

PM Hydrogeologi

Bilaga C Miljöprövning för tunnelbana från Fridhemsplan till Älvsjö

2024-12-16



Titel: PM Hydrogeologi

Konsult: Sweco Sverige AB

Författare: Emad Dehkordi, Emma Brännström och Anders Berzell

Projektledare: Kajsa Nilsson, förvaltning för utbyggd tunnelbana (FUT)

Bilder & illustrationer: Sweco och Region Stockholm om inget annat anges.

Dokument ID: 7300-G271-23-00001

Diarienummer: FUT 2021-1095

Utgivningsdatum: 2024-12-16

Distributör: Region Stockholm, förvaltning för utbyggd tunnelbana

Box 454 36, 104 31 Stockholm. Tel: 08-123 100 00.

E-post: registrator.fut@regionstockholm.se

Innehållsförteckning

Innehållsförteckning	3
Bilagor.....	5
1 Inledning	7
1.1 Bakgrund	7
1.2 Syfte	8
2 Definition och begrepp.....	9
3 Planerad vattenverksamhet.....	12
4 Byggmetoder	12
4.1 Drivnings- och tätningsmetoder för tunnlar	12
4.1.1 Fullortsborrning.....	13
4.1.2 Konventionell drivning genom borrning och sprängning	14
4.2 Drivnings- och tätningsmetoder för schakt	15
5 Utredningsmetodik och underlagsmaterial	15
5.1 Framtagande av utredningsområde	15
5.2 Kartläggning av värden, geologiska och hydrogeologiska egenskaper	17
5.2.1 Berggrund.....	17
5.2.2 Grundvatten i jord.....	17
5.2.3 Föroreningar	18
5.2.4 Jordlager och sättningar	18
5.2.5 Natur och kulturvärden.....	18
5.3 Framtagande av påverkansområde	19
Definition av påverkansområde för grundvatten.....	19
5.4 Bedömning av grundvattenpåverkan.....	20
5.4.1 Beräkningar av sättningar	21
5.4.2 Beräkningar av inläckage	21
5.4.3 Beräkningar av grundvattennivåsänkningar	22
5.5 Identifiering av känsliga objekt	23
5.5.1 Brunnar.....	23
5.5.2 Sättningskänsliga grundläggningar	24
5.5.3 Föroreningar	24
5.6 Framtagande av skadeförebyggande åtgärder.....	25
5.6.1 Tätning av schakt i jord	25
5.6.2 Tätning av bergtunnlar och stationer.....	26
5.6.3 Skyddsinfiltration	27
5.7 Underlagsmaterial	28
5.7.1 Inventeringar	28
5.7.2 Geotekniska, geologiska och hydrogeologiska fältarbeten.....	28
6 Beskrivning av området	29

6.1	Ytvatten.....	32
6.1.1	Mälaren.....	33
6.1.2	Trekanten	34
6.2	Berggrund.....	35
6.2.1	Bergarter.....	35
6.2.2	Strukturgeologi	37
6.2.3	Hydrogeologiska bergdomäner.....	41
6.3	Hydrogeologiska förhållanden	44
6.3.1	Kungsholmen.....	45
6.3.2	Mälarpassagen	51
6.3.3	Liljeholmsområdet.....	55
6.3.4	Västberga och Årsta	61
6.3.5	Östberga till Depå	68
6.4	Känsliga objekt/områden	76
6.4.1	Byggnader och anläggningar	76
6.4.2	Energibrunnar	80
6.4.3	Natur- och kulturmiljöer.....	82
6.4.4	Föreningar	86
7	Påverkan på vattenmiljö.....	89
7.1	Bedömning av inläckage	89
7.1.1	TBM-tunnlar	89
7.1.2	Konventionellt utförda delar	91
7.1.3	Sammanställning av inläckage per delsträcka.....	94
7.2	Påverkansområde	96
7.3	Bedömning av grundvattennivåsänkning med och utan infiltration..	97
7.3.1	Grundvatten i berg.....	97
7.3.2	Grundvatten i jord.....	99
7.3.3	Sammanvägd bedömning av påverkan	101
7.4	Ytvatten.....	112
7.5	Vattenkvalitet.....	112
7.5.1	Sammanvägd riskbedömning av föroreningsspridning	112
7.5.2	Bedömning av länshållningsvattnets kvalitet.....	113
8	Skyddsinfiltation.....	114
8.1	Allmän påverkan från skyddsinfiltation.....	114
8.2	Områden för skyddsinfiltation	116
9	Referenser	118

Bilagor

Bilaga C1 Kartbilagor

Bilaga C1.1 Översiktskarta

Bilaga C1.2 Berggrundskarta

Bilaga C1.3 Hydrogeologiska kartor

Bilaga C1.4 Översiktliga sättningskartor

Bilaga C2 Hydrogeologiska beräkningar

Bilaga C3 Grundvattenmodellering

Bilaga C4 Karta över brunnar och byggnadsgrundläggningar

Bilaga C5 Sättningskänsliga ledningar

Bilaga C6 Trafikverkets och kommunens anläggningar

Bilaga C7 Sättningsutredning

Bilaga C8 Föroreningar i grundvatten

1 Inledning

Region Stockholm avser att ansöka om tillstånd enligt 11 kap. miljöbalken för anläggande och drift av den nya tunnelbanan mellan Fridhemsplan och Älvsjö. Denna PM Hydrogeologi utgör underlag till tillståndsansökan för vattenverksamhet enligt miljöbalken som tas fram med anledning av grundvattenbortledning under anläggande och drift av tunnelbanan.

1.1 Bakgrund

Stockholm hör till de mest snabbväxande städerna i Europa med en tillväxt på drygt 35 000 personer om året. Enligt prognoser förväntas den totala befolkningen i Stockholms län öka från dagens 2,4 miljoner till 3,4 miljoner år 2050. Det ligger en utmaning i att möta denna tillväxt på ett hållbart sätt och parallellt tillgodose de ökade behoven av fler bostäder och arbetsplatser. Samtidigt ökar även trängseln vilket innebär att framkomlighet har blivit en fråga för regionen som kräver lösning.

En nyckelaspekt för att klara utmaningarna är att bygga ut kollektivtrafiken med nya förbindelser och ökad turtäthet. Tunnelbanan är en central utgångspunkt för en långsiktig satsning och utveckling av kollektivtrafiken, eftersom dess funktion och struktur är själva navet i Stockholms kollektivtrafiksystem. Befintligt tunnelbanenät är hårt belastat, speciellt i de centrala delarna av Stockholm. Under högtrafik, det vill säga morgon- och kvällstrafik, nyttjas redan idag tunnelbanans maximala spårkapacitet varför det lätt uppstår störningar. Den nya tunnelbanan är därför en viktig pusselbit för hela Stockholmsregionens utveckling.

För att möta det ökade behovet av bostäder och kollektivtrafik i Stockholms län har staten, Region Stockholm, Stockholms stad, Nacka Kommun, Solna stad och Järfälla kommun utifrån det som kallas 2013 års Stockholmsförhandling tecknat avtal om utbyggnad av 19 kilometer ny tunnelbana, tio nya tunnelbanestationer och nybyggnation av 78 000 bostäder i länet. I april 2017 tecknades ytterligare ett avtal mellan stat, kommun och landsting i den så kallade Sverigeförhandlingen om att investera i nya kollektivtrafikobjekt och möjliggöra nya bostäder. I detta avtal ingick att bygga ut tunnelbana mellan Fridhemsplan och Älvsjö (Figur 1). Denna PM Hydrogeologi för miljöprövning utgör underlag för Region Stockholms ansökan om tillstånd enligt 11 kap. miljöbalken för vattenverksamhet med anledning av anläggande och drift av ny tunnelbana mellan Fridhemsplan och Älvsjö samt för den nya tunnelbanedepån som planeras i Älvsjö. Den nya tunnelbanelinjen blir drygt åtta kilometer lång och planeras få sex stationer: Fridhemsplan, Liljeholmen, Årstaberget, Årstafältet, Östbergahöjden och Älvsjö.

Förberedande arbeten planeras starta år 2025. Byggnation av tunnelanläggningen startar när nödvändiga tillstånd är klara och byggtiden bedöms till cirka nio år.



Figur 1. Utbyggnad av tunnelbanan enligt det avtal om finansiering och medfinansiering som tecknats av staten, Region Stockholm, Stockholm stad, Nacka kommun, Solna stad samt Järfälla kommun.

1.2 Syfte

Den nya tunnelbanan ska byggas ut under mark. Huvuddelen av anläggningarna kommer att byggas i berg under grundvattennivån. När tunnelbanan byggs och när den är i drift kommer en del av grundvattnet att rinna in i tunneln, detta grundvatten kommer behöva ledas bort. Sådan bortledning av grundvatten kräver tillstånd enligt 11 kapitlet miljöbalken.

Att leda bort grundvatten innebär att grundvattennivåer i jord och berg sjunker i tunnelnars omgivning. Sänkt grundvattennivå i jord kan i sin tur medföra sättningar i lera som kan skada mark, byggnader och anläggningar. Sänkt grundvattennivå i jord kan också medföra påverkan på grundvattenberoende vegetation. Sänkning av grundvattennivån i berg kan exempelvis medföra att energibrunnar får sänkt kapacitet.

Denna PM Hydrogeologi beskriver nuvarande grundvattenförhållanden och förväntad påverkan till följd av den planerade vattenverksamheten. Vidare beskrivs objekt som är känsliga för grundvattenpåverkan och bedömda behov av skyddsåtgärder för att minska risken för skador.

2 Definition och begrepp

I Tabell 1 förklaras en del av begrepp som används i denna rapport.

Tabell 1 Begreppsförklaringar.

Begrepp	Förklaring
Arbetstunnel	Tillfällig tunnel under produktion.
Brandgasschakt	Ett schakt eller genomföring för att evakuera brandgaser. Brandgaserna släpps ut till det fria via en schaktöppning.
Byggtid	Den tidsperiod då anläggningen byggs; från byggstart till slutbesiktning inför överlämnande av anläggningen. Under byggtiden pågår byggnation som förändrar bortledningen av grundvatten, till exempel drivning av tunnel och schakt, bergförstärkning, injektering, betongarbeten, m.m.
CRS-analys CRS försök	Ett opåverkat (ostört) lerprov utsätts för tryck för att man ska kunna bedöma lerans sättningsegenskaper, och hur mycket lerjorden kompakteras vid en dränering av porvattenhalten.
Cut and cover	Denna metod innebär att ett öppet schakt byggs från markytan. I det öppna schaktet byggs sedan en betongkonstruktion som däckas (täcks) över så att marken åter kan nyttjas.
Depå	Begränsat område för uppställning, underhåll, reparation, in- och utvändigt tvätt av tunnelbanevagnar.
Drifttid	Den tidsperiod som startar då anläggningen är slutbesiktigad och är i drift; från ibruktage till att den tas ur bruk. Under drifttiden sker inte längre någon större förändring av vattenverksamheten.
Dränvatten	Vatten från dränering av anläggningen under drifttid i syfte av att anläggningen ska vara driftbar.
Fornlämning	Lämningar efter människors verksamheter under forna tider. De ska ha tillkommit genom äldre tiders bruk och vara varaktigt övergivna samt tillkomna före 1850.
Friska marker	En kategorisering av markfuktighetsklasserna där grundvattenytan i genomsnitt ligger på ett djup mellan en och två meter.
Friktionsjord	Jord vars hållfasthet till övervägande del beror på friktion mellan kornen. Grus och sand är exempel på friktionsjord.
Fyllningsjord	Utfyllnadsmassor, jord som inte har bildats i naturliga processer på platsen.
Gnejs	En bergart som är bildad genom omvandling (under höga temperaturer och tryck) av en annan ursprunglig bergart (magmatisk eller sedimentär), så kallad metamorf bergart.
Granit	En bergart som bildas då magma djupt nere i jorden genomgår en långsam avkylningsprocess, en så kallad magmatisk djupbergart. Stora delar av Sveriges berggrund utgörs av granit.

Begrepp	Förklaring
Grundvatten	Grundvatten är vatten (över atmosfärstryck) som helt fyller hålrum och sprickor både i jord och i berg. I jorden rör sig grundvattnet i hålrum mellan jordpartiklarna. Grundvatten i berg finns i sprickor och mellan sprickorna anses bergmassan vara tät.
Grundvattenbildning	Tillflöde av vatten till grundvattenzonen. Grundvatten bildas i inströmningsområden, där vatten strömmar från markvattenzonen till grundvattenzonen. I utströmningsområden sker ett omvänt flöde.
Grundvattendelare	En gräns för ett grundvattenmagasin. Det kan vara en bergtröskel under mark som delar av ett grundvattenmagasin i jordlagren eller topografiskt betingad, så kallad gravitationsvattendelare som gör att grundvattenströmningen riktas åt olika håll.
Grundvattenmagasin	En avgränsad del av ett vattengenomsläppligt jordlager. Även berggrundens vattengenomsläppliga spricksystem brukar kallas för ett (berg-) grundvattenmagasin.
Grundvattennivå Artesiskt grundvatten	Grundvattennivå avser grundvattenytans läge i mark där jämvikt med atmosfärstryck råder och tryckpotentialen är noll. Trycknivån kan avläsas i borrhål, grävda gropar eller liknande. Artesiskt grundvatten har en trycknivå som ligger över markytans nivå.
Hydraulisk konduktivitet	Ett mått på jordlagrets (berggrundens) förmåga att släppa igenom vatten. Ett grundvattenflöde genom ett visst tvärsnitt beror på konduktiviteten och strömningsgradienten (nivå/tryckskillnad) mellan två punkter. Hydraulisk konduktivitet visas vanligtvis med symbolen K och i enheten m/s.
Kolvprovtagning	En geoteknisk provtagningsmetod för att få ostörda prover. Kolvprovtagare innebär att provtagning av jord sker genom nedpressning av en kolv och jordprover tas upp i huvudsak för att utvärdera lera och dess tekniska och mekaniska egenskaper, såsom hållfasthets- och deformationsegenskaper.
Konsolidering	En volymminskning (komprimering) av (ler)jord på grund av belastning eller minskning av portrycket. När en lerjord belastas pressas vatten ut ur jorden (porvolymen minskar). Om trycknivån sänks i under- eller överliggande jordlager kommer lerjordens portryck att minska med en konsolidering som följd. En överkonsoliderad jord har tidigare varit utsatt för en större belastning eller grundvattentrycknivåsänkning än dagens förhållanden. En underkonsoliderad lerjord är utsatt för en belastning eller trycknivåsänkning men har ännu inte anpassats (konsoliderats) för rådande förhållanden.
Luftutbytesschakt	Ett schakt eller genomföring för att jämna ut trycket i anläggningen så att det inte blir höga lufthastigheter i stationen när ett tåg i hög hastighet anländer. Luften leds ut via en schaktöppning vid markytan.
Länshållningsvatten	Inträngande grundvatten, regnvatten eller processvatten som behöver avledas eller pumpas bort från byggarbetsplatser, exempelvis från schaktgropar eller tunnlar under byggtid.
Morän	En jordart som avlagrats av en glaciär eller inlandsis. Den har bildats av en sorterad blandning av stenar, från stora stenar till finkornig sand.

Begrepp	Förklaring
Påverkansområde för grundvatten	Område inom vilket en ansatt grundvattennivåpåverkan kan förutses uppkomma till följd av vattenverksamheten. ¹
Riktvärde	Riktvärden för miljö kvalitet anges av centrala myndigheter och kan vara fastställda av riksdag/regering (till exempel för trafikbuller). Riktvärden är i sig ej rättsligt bindande utan är vägledande för bedömningar och beslut med hänsynstagande till lokala omständigheter. Riktvärde som anges i villkor i dom anger en nivå där verksamhetsutövaren måste vidta åtgärder för att förhindra ett nytt överskridande.
Servicetunnel	En körbar tunnel under driftstiden som uppfyller krav på funktioner för underhåll av järnvägsinstallationer, tillträde till spårtunnel och utrymning från spårtunnel samt räddningstjänstens insatser. Under byggtiden har den funktion som arbetstunnel.
Schakt	Större urtagning i berg eller jord från markytan.
Spårtunnel	Tunnel för spårbunden trafik.
Station	Benämningen station omfattar publika utrymmen med tillhörande teknikrum (det vill säga plattformsrums, mellanplan, etcetera upp till markplan).
Sättning sättningsrörelse	Markytan sjunker på grund av att underliggande jordlager pressats samman (konsoliderats).
Sättningskänslig jord	Finjordar som ler- och siltjordar som konsolideras (trycks ihop) av pålagd last (byggnader, fyllning) eller av sänkning av grundvattnets trycknivå.
Tekniktunnel	Tunnel parallell med plattformsrumsrummet med utrymme för tekniska installationer.
Torrskorpelera	Avvattnad, konsoliderad lerjord vid markytan som ofta är uppsprucken.
Tråg	Betongtunnel utan tak.
Tunnelsektion	Med tunnelsektion menas spårtunnlarnas tvärsnitt med två tunnelrör.
Tvårtunnel	Tunnel som förbinder två tunnlar för att skapa en tvärförbindelse som kan användas för räddning, underhåll och anläggningsarbete och ibland även för aerodynamiska ändamål.
Utredningsområde för grundvatten	Område inom vilket utredningar görs för att klarlägga hydrogeologiska, geologiska och geotekniska förhållanden för att kunna bedöma påverkansområde. Inom utredningsområdet utförs det även inventeringar av naturvärden, kulturvärden, byggnader och anläggningar som kan skadas till följd av vattenverksamheten.
Ventilationsschakt	Samlingsbegrepp för luftutbytesschakt och brandgasschakt.

¹ En grundvattenpåverkan leder inte nödvändigtvis till skada. Skadeförekomst beror på grundvattennivåavsänkningens storlek samt områdets och riskobjektens känslighet. För mer information om påverkansområde se avsnitt 5.3

3 Planerad vattenverksamhet

Den nya tunnelbanan kommer i huvudsak att anläggas i berg. Endast stationsentréerna, vissa biljetthallar, ventilationsschakt för luftutbyte och utrymning av brandgaser, tunnelmynningarna till arbetstunnlar samt uppfarten från tunnlar till depåverkstaden kommer helt eller delvis anläggas ovan jord alternativt i lösa jordlager. För att komma ned till nivån för stationer och tunnlar och anlägga dem behövs det arbetstunnlar i vissa fall. Arbetstunnlarna är planerade så att de ansluter till stationen som ska byggas och mynnar vid lämplig plats vid markytan för att minimera störningar och transportvägar till huvudvägnätet. I andra fall byggs stationerna med så kallat sänkschakt där schaktet borrar och sprängs från markytan och ner till stationens nivå. Sammanlagt fyra nya arbetstunnlar kommer anläggas; två av dessa behövs även för serviceändamål under driftskedet och kallas då servicetunnlar.

Större delen av den nya tunnelbanan kommer att anläggas under grundvattennivån med en grundvattendränering som följd, både under bygg- och drifttid. För denna verksamhet krävs tillstånd från mark- och miljödomstolen för vattenverksamhet enligt 11 kapitlet i Miljöbalken.

De anläggningsdelar som kräver tillstånd för vattenverksamhet är:

- *Spår- och tvärtunnlar, stationsutrymmen* – bortledning av grundvatten under bygg- och drifttid
- *Arbetstunnlar* - bortledning av grundvatten under bygg- och drifttid
- *Bergschakt eller borrhål för ventilation (luftutbytesschakt, brandgasschakt), ledningar med mera* – bortledning av grundvatten under bygg- och drifttid
- *Jordschakt för uppgångar, ventilation med mera* – länshållning av inläckande grundvatten under byggtiden
- Skyddsåtgärd vid risk för skadlig grundvattenpåverkan – *skyddsinfiltration* av vatten till grundvattenmagasin

Anläggningsutformning redovisas mer utförligt i *Teknisk beskrivning*, Bilaga A till tillståndsansökan.

4 Byggmetoder

Nedan följer en kortfattad beskrivning av byggmetoder som kan komma att användas. Tätningssmetoderna redovisas mer utförligt i avsnitt 5.6. Bygg- och tätningssmetoderna redovisas mer utförligt i *Teknisk beskrivning*, Bilaga A till ansökan.

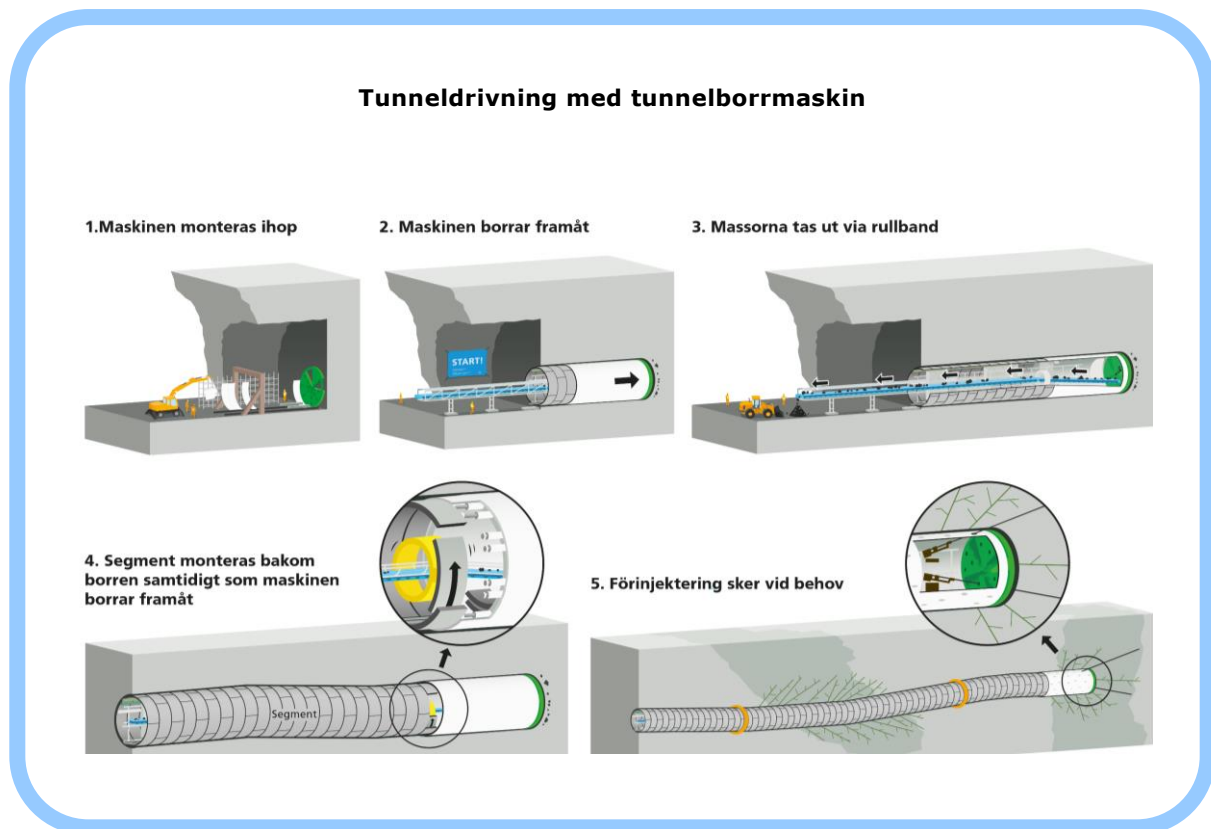
4.1 Drivnings- och tätningssmetoder för tunnlar

Det finns två huvudsakliga tunneldrivningssmetoder som kommer att användas för tunnelbaneutbyggnaden. Den ena är fullortsborrning med tunnelborrmaskin (TBM) och den andra är konventionell drivning genom borrning och sprängning. TBM-tekniken används för spårtunnlarna men tunnlar som till exempel stationer, arbetstunnlar, tvärtunnlar och bergtunnel för vändspår byggs med konventionell drivning genom borrning och sprängning. Uppgångar till markytan eller schakt för ventilation kan komma att utföras med andra metoder. Dessa metoder beskrivs summariskt i avsnitt 4.2.

4.1.1 Fullortsborrning

Fullortsborrning med tunnelborrmaskin (TBM) är en teknik där tunneln borrar ut i berget. Det kommer att behövas två TBM:er för att driva de två spårtunnlarna. Maskinerna har utrustning för att montera betongsegment mot berget efter utförd borrning. En förutsättning för den valda byggmetoden är att berget inte kommer att förinjekteras på samma vis som för en konventionellt borrarad och sprängd spårtunnel varför det temporärt kan bli en större grundvattenpåverkan vid tunneln. Viss förinjektering kommer dock utföras vid passage av svaghetszoner med dålig bergkvalitet. Tunneldrivning med TBM har en uppskattad framdriftshastighet på cirka 50-100 meter per vecka, vilket är snabbare än med borra-sprängmetoden.

När spårtunnlarna är färdiga för att tas i drift kommer den så kallade betonginklädningen utmed tunnlar vara i stort sett tät, tätare än vad som generellt är möjligt att uppnå med borra-sprängmetoden. Läckage kan dock förekomma till exempel vid skarvarna eller övergångarna till borra-spräng. Detta innebär att risk för grundvattenpåverkan under drifttiden blir mindre jämfört med konventionell metod (borra-spräng).



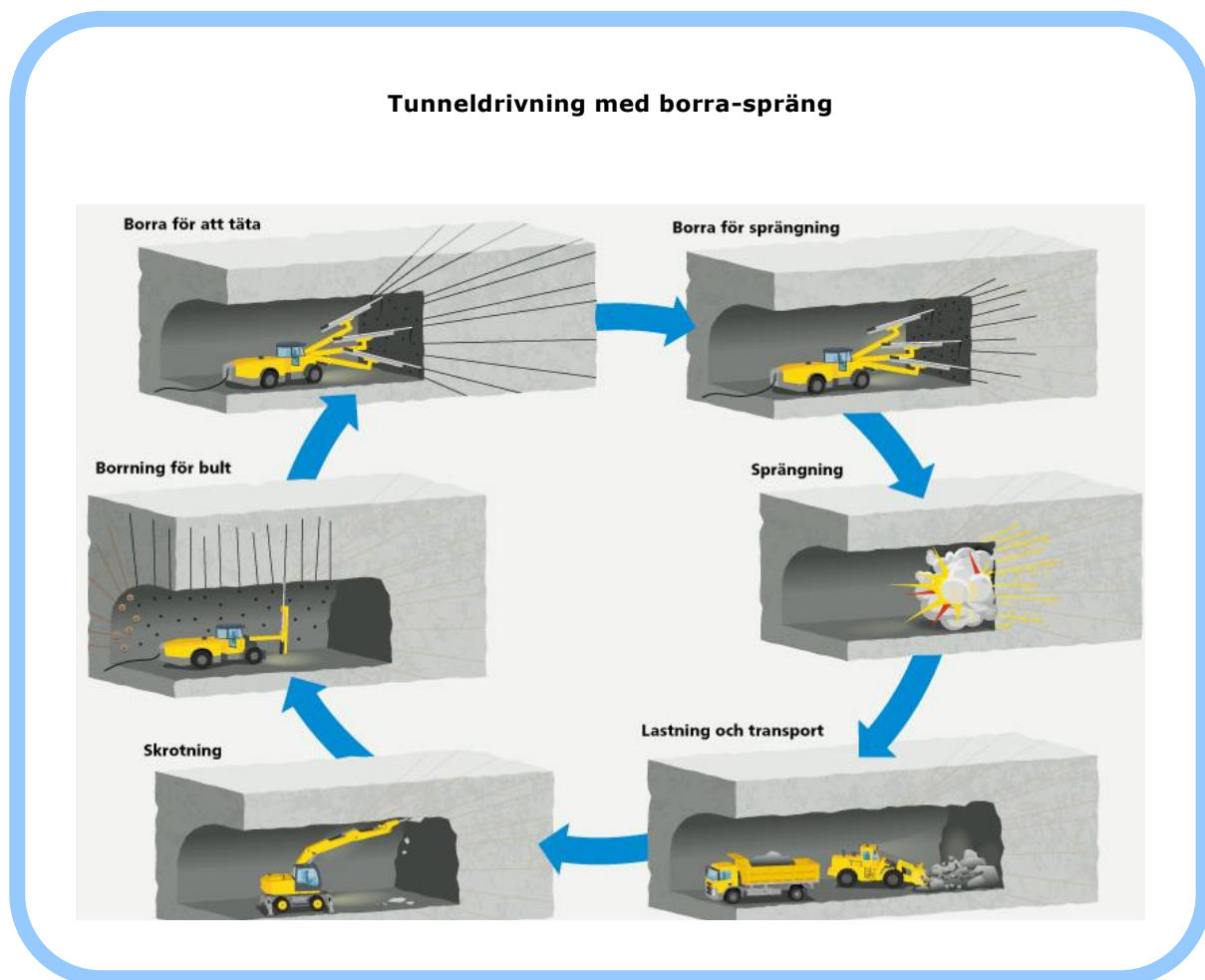
4.1.2 Konventionell drivning genom borrarling och sprängning

Den konventionella drivningen av en tunnel genom borrarling och sprängning, så kallad borra-sprängmetoden, sker genom följande moment: förinjektering, salvborrning, laddning och sprängning, utlastning, bergrensning samt bergförstärkning. Metoden används i de pågående tunnelbaneprojekten och har en framdriftshastighet på cirka 10–15 meter per vecka och tunnelfront.

Syftet med förinjekteringen är att minimera inläckage av vatten. Vid förinjektering borrar normalt 20 till 24 meter långa hål runt den blivande tunneln. Injekteringshålen borrar snett framåt och utåt så att de sticker cirka fem meter utanför tunnelkonturet, det vill säga tunnelns tak, väggar och golv. Därefter injiceras en cementbaserad blandning in i borrhålen för att tätta vattenförande strukturer i berget.

När injekteringen härdat har berget tätats runt den blivande tunneln. Sedan sprängs berget med hänsyn till omgivningen och massorna lastas och transporteras ut. Under normala förhållanden genomförs ungefär en sprängning per dygn. Vid vissa bergförhållanden kan försiktigt berggutttag krävas, vilket innebär fler sprängningar per dygn men med kortare salvlängd.

Skrotning och bergrensning görs därefter för att ta bort kvarsittande löst berg i väggar och tak. Bergförstärkning utförs i normalfall med sprutbetong och bultar, men andra typer av förstärkning kan behövas om exempelvis bergtäckningen är liten.



4.2 Drivnings- och tätningmetoder för schakt

Schakter i jord kommer bland annat av stabilitets- och utrymmesskäl för det mesta att utföras innanför en stödkonstruktion (spont, slitsmur, sekantpålar eller liknande metoder). I förekommande fall görs dessa täta för att förhindra grundvatten från att komma in i schakten. Åtgärder för tätning av schakt i jord under byggtiden ska utgå ifrån konventionella byggmetoder, som beskrivs i avsnitt 5.6.1. För mer detaljerad information om stödkonstruktioner och tätning av dessa se avsnitt 4.2 i *Teknisk beskrivning*, Bilaga A till ansökan.

Tätning i berg utförs genom ridå- och botteninjektering. Ridåinjektering innebär att borrhål borraras ned i berget varefter cementbaserat injekteringsmedel trycks ut för att täta vattenförande sprickor i berget. Botteninjektering innebär borrhål och injektering genom schaktbotten. Schaktning i berg kan göras med olika metoder. Injektering av schakt i berg följer stort sett samma principer som gäller för drivning av tunnlar med borrhning och sprängning, vilka beskrivs under 5.6.2.2. Bygg- och tätningmetoder för bergschakt beskrivs mer ingående i avsnitt 4.1 i *Teknisk beskrivning*.

5 Utredningsmetodik och underlagsmaterial

Region Stockholm har tagit fram en utredningsmetodik rörande grundvatten, som gäller både utredningar som görs för tillståndsansökan och hantering av risk för skador under bygg- och drifttid. Arbetets olika steg beskrivs nedan.

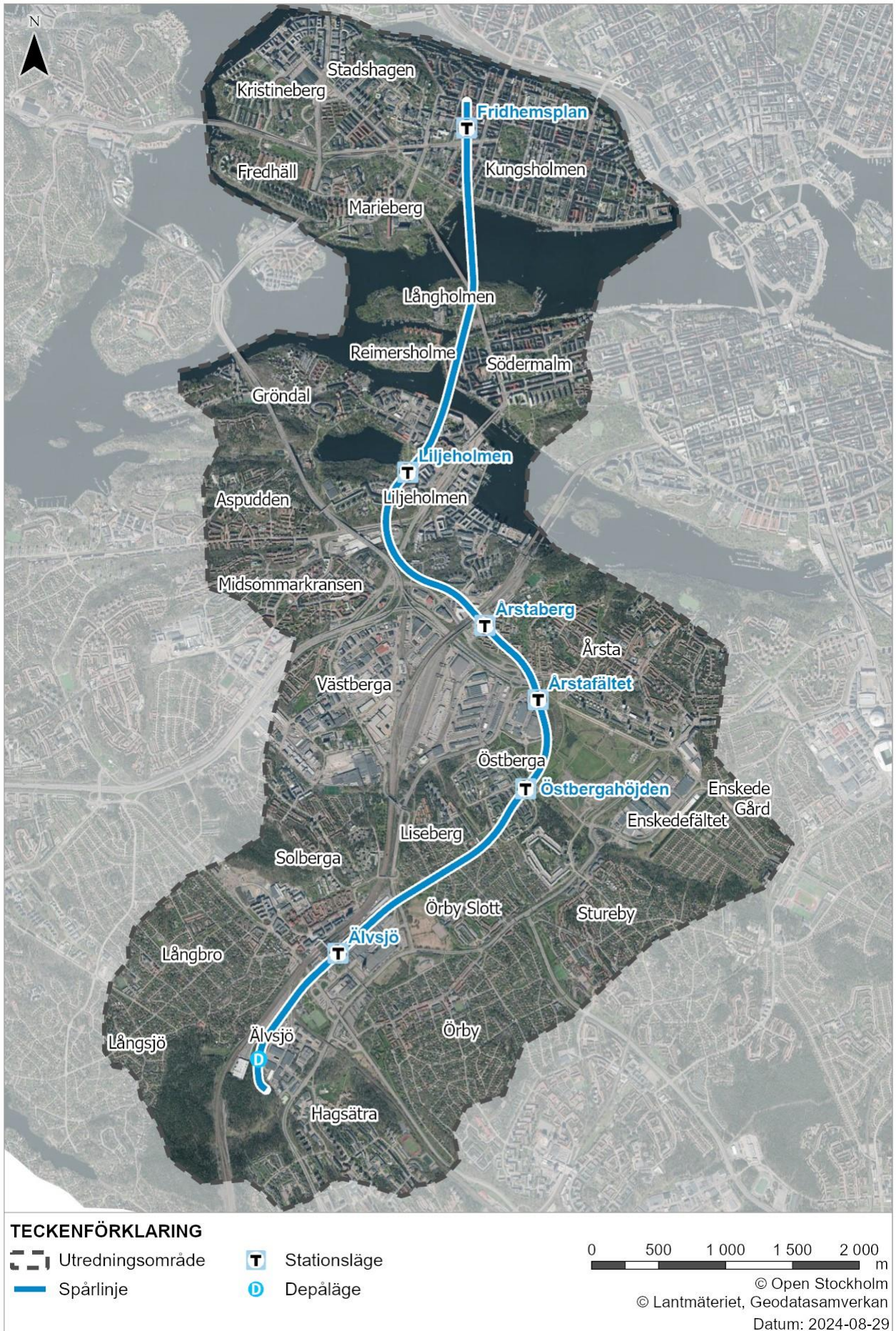
Koordinater och höjder anges i koordinatsystemet SWEREF 99 18 00 och höjdsystemet RH 2000.

5.1 Framtagande av utredningsområde

Utredningsområdet för den aktuella sträckan är redovisat i Figur 2.

Definition av utredningsområde för grundvatten

Område inom vilket utredningar görs för att klarlägga hydrogeologiska, geologiska och geotekniska förhållanden i syfte att förutse påverkan och effekter av planerad vattenverksamhet, tillika det område som nyttjats för avgränsning av samrådskretsen. Inom utredningsområdet utförs det även inventeringar av naturvärden, kulturvärden, byggnader och anläggningar som kan skadas till följd av vattenverksamheten.



Figur 2. Utredningsområde med ortofoto i bakgrunden. Etiketterna i svart text kännetecknar olika stadsdelar.

5.2 Kartläggning av värden, geologiska och hydrogeologiska egenskaper

Inom utredningsområdet har bergarter, sprickbildning, hydrogeologi, grundvattenmagasin samt kultur- och naturvärden undersökts och kartlagts.

5.2.1 Berggrund

Berggrunden har kartlagts genom att inledningsvis studera kartunderlag från Sveriges geologiska undersökning, SGU, och den byggnadsgeologiska kartan för Stockholm. SGU har bland annat karterat bergarter, samt större sprick- och krosszoner. Den byggnadsgeologiska kartan redovisar större sprick- och krosszoner i Stockholm. Dessutom har information från närliggande tunnlar inhämtats från tunnelägare, både vad avser tunnarnas läge, geologi och hur mycket grundvatten som läcker in i tunnarna.

Berggrunden har också kartlagts genom att göra olika typer av förundersökningar. I ett första skede har en kartering utförts av blottade bergytor i befintliga tunnlar och bergrum. Därefter har borrhningar och fälttester utförts:

- Jordbergsonderingar för att klarlägga bergytans läge. Dessa har framför allt betydelse för att säkerställa att tunnarna har erforderlig bergtäckning.
- Geofysiska mätningar för att utreda bergytans läge och att identifiera större svaghetszoner i berget. Mätningarna har omfattat seismisk undersökning och resistivitetmätning.
- Etablering av bergborrade brunnar för att undersöka bergets vattenförande förmåga i identifierade svaghetszoner.
- Kärnborrhning och kartering av upptagna borrhärnor i syfte att klarlägga bergarter, sprickor och bergets egenskaper.
- Vattenförlustmätningar för att klarlägga bergets vattenförande förmåga.

5.2.2 Grundvatten i jord

Grundvatten förekommer i flera olika magasin i jordlagren inom utredningsområdet. Det förekommer också grundvattenmagasin under lerfyllda dalgångar, i friktionsjorden som ligger mellan berget och leran. Detta magasin kallas i fortsättningen undre grundvattenmagasin. Dessutom förekommer det ofta grundvatten i fyllningsmassor ovanpå lera. Detta artificiella magasin kallas i fortsättningen för övre grundvattenmagasin. Undersökningar av grundvatten i jord har utförts enligt följande:

- Grundvattenmagasinens utbredning och avgränsning har bestämts genom att studera tidigare utförda borrhningar, samt genom att utföra nya sonderingsborrhningar.
- Grundvattennivåer har mätts i grundvattenobservationsrör. Utifrån grundvattenmätningarna har grundvattnets flödesriktning och grundvattendelare kunnat bestämmas.
- Hydrauliska försök, såsom provpumpningar, har utförts för att kartlägga grundvattenmagasinens vattenförande egenskaper. Genom att utföra provpumpningar erhålls också information om magasinens känslighet för grundvattenpåverkan.
- Ytvattendelare har kartlagts, då de ofta sammanfaller med grundvattendelarna. Ytvattendelarna utgör också grunden för beräkning av vattenbalanser.

5.2.3 Föroreningar

En övergripande inventering av potentiellt förorenade områden har gjorts baserat på Länsstyrelsens databas över misstänkta och/eller konstaterat förorenade områden (EBH-stödet) samt från kommunens register över miljöfarliga verksamheter. Genomgång har även gjorts av resultat från tidigare miljöundersökningar från enskilda objekt eller fastigheter där föroreningen bedömts ha potential att påverka vattenkvaliteten i grundvattnet. Dessutom har provtagning av grundvatten utförts med avseende på föroreningar, vilket redovisas mer detaljerat i Bilaga C8, *Föroreningar i grundvatten*. Provtagning av jord och grundvatten har skett, främst vid lägen för stationsuppgångar men även längs med planerad linjesträckning. Grundvattenproverna har analyserats med avseende metaller, alifater, aromater, BTEX (bensen, toluen, etylbensen och xylol), polyaromatiska kolväten (PAH), cyanid, klorerade alifater och perfluorerade ämnen (PFAS).

Underlag har även hämtats från Stockholms stads återkommande provtagning av grundvattenkvaliteten och tre av dessa provtagningspunkter ligger inom utredningsområdet.

5.2.4 Jordlager och sättningar

Som underlag för bedömning av skador som kan uppkomma till följd av grundvattenpåverkan har jordlagrens sättningssänslighet utretts. Det har gjorts genom att identifiera områden med lera och undersöka leran:

- Tidigare sonderingsborrningar har samlats in i syfte att kartlägga jordlagerföljder och mäktighet av lera.
- Tidigare provtagning av leran har samlats in i syfte att kartlägga lerans egenskaper, såsom konsolideringsgrad och vattenkvot.
- Nya sonderingsborrningar och provtagning av lera har utförts inom representativa områden. Analys av lerprover har utförts på geotekniskt laboratorium.

5.2.5 Natur och kulturvärden

Natur- och kulturvärden har identifierats genom att inhämta material från berörda kommuner och länsstyrelsen.

5.2.5.1 Naturmiljö

Naturmiljöer kan vara direkt beroende av grundvatten, exempelvis naturmiljöer vid grundvattenkällor eller våtmarker som försörjs av grundvattenkällutflöde. Andra naturtyper där grundvattennivån ligger ytligt, så kallade fuktiga eller friska marker, kan påverkas vid en avsänkt grundvattennivå genom att ovanföriggande markjordlager blir torrare. Finns det arter som är direkt beroende av grundvatten kan de också påverkas. Det är en påverkan av övre eller öppna grundvattenmagasin som kan innebära en påverkan för kulturvärden. En påverkan enbart inom ett undre grundvattenmagasin kan inte orsaka någon negativ effekt för naturmiljön.

Naturvärdesinventeringar har utförts inom projektet i utvalda delar av utredningsområdet under 2022–2024.

5.2.5.2 Forn- och kulturhistoriska lämningar

Metoden för att analysera vilka forn- och kulturhistoriska lämningar som är känsliga för förändringar av grundvattenförhållanden består av flera steg.

Materialet från kulturmiljöregistret har selekterats utifrån lämningstypernas bedömda känslighet för förändringar i grundvattnet, vilken har utgått från lämningarnas potential till organiskt material. Det organiska materialet i kulturlager bryts ned i kontakt med syre. Kulturlagrens

naturliga nedbrytningstakt kan accelerera genom en ökad genomströmning av syreförande vatten, men också av grundvattensänkningar.

Enbart lämningar som bedöms som känsliga för grundvattenpåverkan ingår i underlaget. Redan undersökta och borttagna lämningar samt lämningar som ligger under vatten, så som skeppsvrak, ingår ej i utredningen.

Bedömning av påverkan följer i grund samma princip som redovisas under 5.5.2, avseende grundläggningar, där risk för syresättnings och sättningsskador är högst i övre respektive undre grundvattenmagasin.

5.3 Framtagande av påverkansområde

Vid framtagande av påverkansområdet används framför allt bedömningar från resultat av hydrogeologiska undersökningar och stabila hydrauliska gränser. Påverkansområdet bedöms utifrån att tätning utförs i den utsträckning som beskrivs i *Teknisk beskrivning*. Vid framtagande av påverkansområdet beaktas emellertid inte den skyddsinfiltration som kan behöva utföras.

Definition av påverkansområde för grundvatten

Påverkansområde är området inom vilket det kan förutses uppkomma grundvattenpåverkan till följd av vattenverksamheten. Gränsen för grundvattenpåverkan har ansatts till 0,3 meter grundvattennivåavsänkning i jord och 1 meter grundvattennivåavsänkning i berg då mindre ändringar inte förväntas kunna ge upphov till någon skada.

De fastigheter som innehåller skadeobjekt som faller inom påverkansområdet kan bli sakägare avseende grundvattenbortledningen.

Påverkansområdet för grundvatten i jordlagren har huvudsakligen utsträckts till stabila grundvattendelare eller hydrauliska ränder. Undantag gäller för grundvattenmagasin som är så stora att någon påverkan inte förutses kunna ske ända ut till sådana gränser. I dessa fall har resultat från propumpningar och andra hydrogeologiska undersökningar använts som underlag för teoretiska beräkningar av påverkansområdets utbredning.

Tunneldrivning med TBM sker till stor del utan förinjektering, vilket innebär att påverkan kan sträcka sig över ett större område innan tunneln är tätad med betonginklädning. Tunneldrivningen går emellertid snabbt och de temporärt förhöjda inläckagen längs med TBM-tunnlarna är av kortvarig art, normalt kortare än två månader.

Påverkansområdet har i huvudsak bedömts utifrån numeriska modelleringar samt analytiska beräkningar med hänsyn till tillgänglig grundvattenbildning i respektive delavrinningsområde. En samlad bedömning görs sedan utifrån de olika beräkningarna och grundvattenmagasinens utbredning enligt kriterier och analyssteg nedan:

- Analys av grundvattenavsänkningens utbredning har utförts genom numeriska modeller för stationsområden.
- För TBM-tunnlar har analys av grundvattenavsänkningens utbredning utförts genom generiska och transienta numeriska modeller där bergkonduktiviteten varierats mellan normala och ogyynnsamma förhållanden, det vill säga förekomst av korsande

svaghetszoner, samtidigt som grundvattenbildningen ansätts till noll under tiden tunneln är otät.

- Påverkansavstånd från tunnlar går inte att beräkna med analytiska metoder på grund av deras begränsningar. Därför har influensavstånd² beräknats i stället, i ett konservativt förfarande, i syfte av jämförelse med påverkansavstånd från numeriska modelleringar. Det analytiskt beräknade influensavståndet baseras på stationära förhållanden och under ogynnsamma förutsättningar, det vill säga förekomst av korsande svaghetszoner.
- Empiriska och analytiska metoder har använts för beräkningar av påverkansområde från schakter.
- Vattenbalansanalys har tillämpats till resultat från analytiska beräkningar där inläckage jämförs med den grundvattenbildning som krävs för att tillgodose behovet.
- Förekomst av befintliga och planerade underjordsanläggningar beaktas för bedömning av påverkan och effekter.

Samma analytiska beräkningar och numeriska modeller som utnyttjas för avgränsning av påverkansområde används även för beräkning av grundvattennivåsänkningar i avsnitt 5.4.3.

5.4 Bedömning av grundvattenpåverkan

De resultat som erhållits i hydrogeologiska undersökningar och geologiska karteringar ligger till grund för bedömning av hur grundvattnet kan påverkas vid bygge och drift av tunnelbanan. Huvudsakligen utgår bedömningarna från mätningar och fältundersökningar, kompletterat med beräkningar.

Inläckaget till tunnlar har beräknats baserat på en analytisk beräkningsmodell presenterad i flera publikationer, bland annat *Hydrogeologi för bergbyggare* (Gustavson, 2009).

Beräkningsmodellen har använts i flera tidigare tunnelprojekt och kan appliceras för tunnelanläggningens varierande djup och storlek samt bergets varierande egenskaper längs med sträckningen. För otäta tunnlar, TBM-tunnlar under drivning i detta fall, har en variant av metoden presenterad av Eriksson och Stille (2005) använts. Thiems brunnsekvation har även använts för beräkning av inläckage till schakter. För mer detaljer se Bilaga C2, *Hydrogeologiska beräkningar*.

Utöver traditionella deterministiska beräkningar har de ovannämnda analytiska metoderna tillämpats i en stokastisk beräkningsmodell, så kallad Monte Carlo-metoden. I deterministiska beräkningar används fast indata, vilket kräver kunskap om vilka indata (ett värde per parameter) som är mest lämpliga för beräkningen. Stokastiska beräkningar kan användas bland annat för att göra vissa statistiska beräkningar och osäkerhets- och känslighetsanalyser. Monte Carlo-metoden är en typ av matematisk algoritm som bygger på upprepade beräkningar med slumpade indata. Indata kan vara helt slumpmässiga eller följa olika sannolikhetsfördelningar, till exempel lognormalfördelning för hydraulisk konduktivitet. När stora mängder av slumpmässiga beräkningar utförs kommer genomsnittet ge det mest sannolika svaret. Det går även att ta fram svar med olika sannolikheter för inträffande, till exempel ett inläckagevärde som kommer med 80% sannolikhet inte överskridas. Mer detaljer finns det i Bilaga C2, *Hydrogeologiska beräkningar*.

För jämförelse har bedömning av inläckage och påverkan också utförts numeriskt i programvaran FEFLOW. Det har byggts grundvattenmodeller för alla stationer vad gäller anläggningsdelar som byggs med borra- och sprängmetoden. Generella modeller har också upprättats för att analysera utbredning av påverkan från TBM-drivning. Under drivning kommer den läckande delen av

² Se Bilaga C2, *Hydrogeologiska beräkningar*.

spårtunneln vara relativt kort, vilket gör att antagandet av en oändlig spårtunnel i de analytiska beräkningarna inte uppfylls. För mer detaljer se Bilaga C3, *Grundvattenmodellering*.

Det finns fördelar och nackdelar med de ovannämnda beräkningsmetoderna. Deterministiska beräkningar är enkla och snabba att utföra men deras resultat är helt beroende av indatavärden. Stokastiska beräkningar tar hänsyn till variationer i indata, som är snarare funktioner än fasta värden. Både deterministiska och stokastiska beräkningar här är baserade på analytiska lösningar och har därmed samma begränsningar associerade med dessa. Numeriska modelleringar som har utförts kan däremot ta hänsyn till tredimensionella variationer i topografi, geologi och grundvattennivåer samt vattenbalans.

Sättningsutveckling i lera beror bland annat på trycknivåavsänkningens storlek och varaktighet. Till skillnad från utförande med borra-spräng blir grundvattennivåavsänkning orsakad av TBM-borrning generellt sett kortvarigt, vilket bedöms begränsa sättningsutvecklingen oberoende av trycknivåavsänkningens storlek. För mer detaljer om beräkning av korttids- och långtidssättningar se Bilaga C7, *Sättningsutredning*.

5.4.1 Beräkningar av sättningar

Vid beräkning av potentiella sättningar har arbetet utförts i följande steg:

- Bedömning av lermäktighet genom studier av sedan tidigare utförda borrhningar.
- Kompletterande geotekniska markundersökningar.
- Provtagning och analys av lera i de områden där leran är som djupast och där grundvattenpåverkan kan befaras bli som störst.
- Beräkning av sättningar utifrån lerans egenskaper, beräkningarna har utförts för flera olika scenarier för grundvattennivåavsänkning, både vad avser storlek och varaktighet.
- Utifrån beräkningsresultaten har generella slutsatser om olika områdets sättningskänslighet dragits.

5.4.2 Beräkningar av inläckage

Inläckage till en bergtunnel beror av ett flertal olika faktorer, såsom bergets vattenförande förmåga, tunnelns djup, grundvattenbildning och utförande av tätning. På grund av bergets heterogena egenskaper ökar svårigheten att uppskatta inläckaget med minskad skala. Vid bedömning av inläckage till bergtunnlar har följande princip använts:

- Beräkningar har utförts med metoder och parametrar som tar hänsyn till heterogenitet i berggrundens hydrauliska konduktivitet och bedöms därmed ge robusta och verklighetsförankrade resultat.
- Berggrundens vattenförande förmåga har undersökts genom sammanställning av inläckage till befintliga tunnlar, samt analys av ett stort antal bergborrade brunnar.
- Beräkningarna har kompletterats med erfarenheter från inläckage i andra berganläggningar som byggts i likartad geologisk miljö med likartade byggmetoder.

De delar av tunnlar som drivs med TBM kommer att ge upphov till temporärt större inläckage över en kort sträcka, 200 meter som mest, eftersom tätning sker successivt efter utbrytning av berg. I takt med att tunneln drivs framåt kommer tätning med betonginklädnad att utföras och inläckaget begränsas.

Bedömningar av inläckage till öppna schakt under byggtiden har utförts översiktligt. Det beror på att grundvattennivåavsänkningar effektivt kan motverkas av infiltration och att storleken på inläckaget då inte har någon praktisk betydelse.

5.4.3 Beräkningar av grundvattennivåsänkningar

5.4.3.1 Beräkningar av påverkan i berg

Grundvatten i berggrunden förekommer i de vattenförande spricksystemen. När en dränering sker till en anläggning i berg är det berggrundvattnets trycknivå i spricksystemen som sänks. För att en tunnel på exempelvis 100 meters djup under grundvattentryckytan ska vara torr med endast ett begränsat inläckage behöver trycknivån vid tunnelväggen inuti tunneln avsänkas 100 meter. Lokalt, nära tunnelanläggningen blir tryckavsänkningen stor men avtar snabbt med ökat avstånd från tunneln. Figur 3 visar schematiskt hur grundvattenflöde i ett spricksystem mot en tunnel kan se ut. När man betraktar berget som homogent i numeriska modeller resulterar det till mjuka och symmetriska isolinjer för tryckavsänkningar. I verkligheten är dock berget heterogent och grundvatten förekommer bara i sprickor. Därför är grundvattentryck, och därmed en eventuell trycknivåavsänkning, av betydelse endast i sprickorna i berget.

Vid beräkning av grundvattenpåverkan från TBM-tunnlar används generella modeller där tunnlar simuleras som högkonduktiva strukturer vid olika djup (30, 45 och 60 meter) i berg med olika hydrauliska konduktiviteter. Modellerna har körts som transienta då påverkan från den otäta TBM-fronten är tillfällig och kanske inte uppnår stationära förhållanden. Med en generell modell menas att grundvattenbildning och magasinering i ovanliggande jordlager inte modelleras specifikt för olika områden längs sträckan utan ansätts för hög respektive låg grundvattentillgång. Dessa motsvarar med tillräcklig noggrannhet områden med större grundvattenmagasin i jord respektive områden med ytligt berg och endast tunna grundvattenmagasinerande jordlager. Mer ingående beskrivning och parametrering av dessa modeller redovisas i Bilaga C3, *Grundvattenmodellering*.

Stationerna utgör speciellt komplexa geometrier med hiss- eller rulltrappschakt helt eller delvis i berg och utsprängda stationsutrymmen. De djupa vertikala schakten för stationsuppgångar tillsammans med stationsutrymmen har simulerats genom grundvattenmodeller där de lokala förutsättningarna såsom topografi, jordlagerföljd och grundvattenbildning beaktas. Mer ingående beskrivning och parametrering av dessa modeller finns också i Bilaga C3.

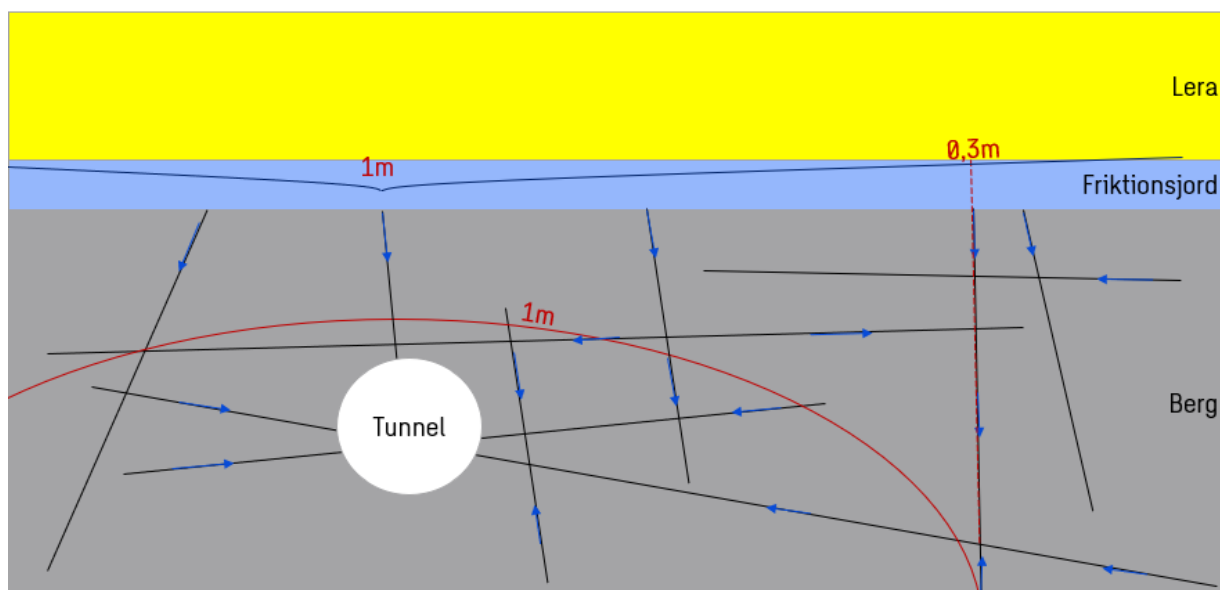
Avsänkningstrattarna kring ventilationsschakten (luftutbytesschakt och brandgasschakt) och stationer (uppgång och stationsutrymme) har kunnat beräknas analytiskt med hjälp av Theis brunnsekvation (Bilaga C2, *Hydrogeologiska beräkningar*).

5.4.3.2 Beräkningar av påverkan i jord

För stationerna, där semi-platsspecifika grundvattenmodeller upprättats, har dessa varit utgångspunkt för bedömning av grundvattennivåavsänkning i friktionsjordlagret. För TBM-tunnlar har påverkanavgränsning utgått från 1 meter avsänkning i djupt berg, 100 meter under markytan, enligt schematisk illustration i Figur 3.

I övrigt utgår beräkningar av grundvattenpåverkan i jordlagren från ett vattenbalansperspektiv. Inom varje delavrinningsområde görs en sammanvägd bedömning med följande ingående parametrar:

- Beräknat inläckage till de anläggningsdelar som kan påverka delavrinningsområdet
- Potentiell grundvattenbildning till övre och undre eller öppna grundvattenmagasin utifrån jordarternas utbredning och markanvändning i form av bebyggelse
- Förekomst av befintliga dränerande anläggningar
- Förutsättningar för läckage genom lerlager mellan övre och undre magasin



Figur 3. Schematisk bild över grundvattenflöde i spricksystem mot en tunnel; figuren visar hur trycknivåavsänkning i djupare berg minskar uppåt pga. påfyllning från ovanförliggande sprickor. Röda siffror visar avsänkning av grundvattnets trycknivåer.

5.5 Identifiering av känsliga objekt

Inom utredningsområdet har känsliga byggnader, anläggningar, ledningar, vatten- och energibrunnar, natur- och kulturvärden identifierats. Detta har utförts genom inhämtning av grundläggningsdata för byggnader och anläggningar inom utredningsområdet, genom utvärdering av jordlagerförhållanden för identifiering av tänkbara grundvattenkänsliga områden samt genom inhämtning av information om de aktuella kultur- och naturvärdena. Vid behov har inventeringar av de senare genomförts för att dokumentera vilka naturvärden som kan vara känsliga för påverkan på grundvattnenivåer. Redovisning av objekten görs dock inom påverkansområdet.

5.5.1 Brunnar

Information om enskilda brunnar har inhämtats från SGU, dit brunnborrare är skyldiga att rapportera utförda borrhningar av brunnar. Kompletterande uppgifter om energibrunnar har inhämtats från kommunen, dit fastighetsägare är skyldiga att anmäla bergvärmepumpar. Kommunernas register omfattar även planerade energibrunnar, vilket innebär att det inte är säkert att alla brunnar som anmälts också har utförts. Av försiktighetsskäl anses dock alla anmälda brunnar också vara utförda i redovisningen av inventeringsresultatet.

SGU:s arkiv har mestadels en ungefärlig lägesangivelse, ofta placerad i fastighetens mittpunkt. Gäller det flera brunnar inom en och samma fastighet redovisas dessa ofta med samma lägeskoordinat. Vissa brunnar, främst de äldre, kan ha en lägesangivelse med endast 100 meters noggrannhet, eller sämre. Kommunernas arkiv innehåller ofta mer exakta uppgifter om brunnarnas placering och om de är gradade, det vill säga borrhade med lutning.

I arbetet med att ta fram den förteckning över fastigheter som har vatten- eller energibrunnar har de olika datakällorna sammanställts utifrån vilken fastighet brunnen är belägen inom. Där uppgifter finns i båda arkiven har lägesangivelsen hämtats från kommunernas databas och SGU:s uppgifter om brunnens utförande förts över.

Uppgifterna baseras på underlag hämtat från SGU daterat 2023-08-07 och från Stockholms stad daterat 2023-06-21.

5.5.2 Sättningskänsliga grundläggningar

Sättningskänsliga jordarter har utretts inom utredningsområdet genom att identifiera områden med lera som inte redan är dränerad. Inom de känsliga områdena har en inventering av grundläggning för byggnader och anläggningar utförts. Inventeringen har utförts genom att inhämta information från kommunens arkiv rörande grundläggning för hus, samt från ledningsägare rörande grundläggning för ledningar. Byggnader och anläggningar som är ej fast grundlagda, eller har okänd grundläggning, betraktas som känsliga för grundvattennivåsänkningar. Klassningen har sammanställts i kategorier enligt Tabell 2.

Tabell 2. Grundläggningskategorier som betraktas som grundvattenberoende och deras känslighet för grundvattennivåavsänkning i övre respektive undre magasin.

Grundläggningskategori	Känslig för grundvattennivåsänkning i övre magasin	Känslig för grundvattennivåsänkning i undre magasin
Grundlagd på lera	Nej	Ja
Grundlagd på träpålar	Ja	Nej
Okänd grundläggning	Ja	Ja

5.5.3 Föroreningar

Negativa effekter kan uppkomma om inläckande grundvatten för med föroreningar. Vidare finns det risk för att ändrade grundvattenförhållanden kring tunneln påverkar eller mobiliserar föroreningar i mark och grundvatten. För att hantera och särskilja potentiellt förorenade områden har en riskklassificeringsmodell använts för att bedöma risken för negativ påverkan på grundvatten vid byggande och drift av den planerade tunnelbanan från de inventerade objekten. Klassificeringen bygger på föroreningarnas farlighet och spridningsegenskaper, riskklass på objekt, avstånd till tunnelbanan samt jordartens grundvattenförande förmåga. Indelningen har utförts enligt följande:

- Föroreningar som är begränsat mobila i mark och föroreningar som inte har förutsättningar att nå grundvattnet har fått klassningen ”låg risk”.
- Föroreningar som ligger på så långt avstånd från planerade anläggningar att förändrade grundvattenströmningar på grund av projektet inte kan medföra en ökad risk för föroreningsspridning har fått klassningen ”låg risk”.
- De föroreningar vars mobilitet kan påverkas, men där påverkan är begränsad till en något större gradient (och därmed ökad strömningshastighet för grundvattnet) har fått klassningen ”mellanrisk”.
- De föroreningar som kan påverkas med förändrade gradienter så att föroreningar sprids till tidigare ej förorenade områden, samt föroreningar som kan läcka in i planerade anläggningar, har fått klassningen ”hög risk”.

De förorenade områden som fått klassningen mellanrisk och hög risk har därefter studerats vidare. Utifrån klassningen och resultat från provtagningar i grundvatten har bedömningar av spridning och påverkan i form av föroreningar i länshållningsvattnet utförts.

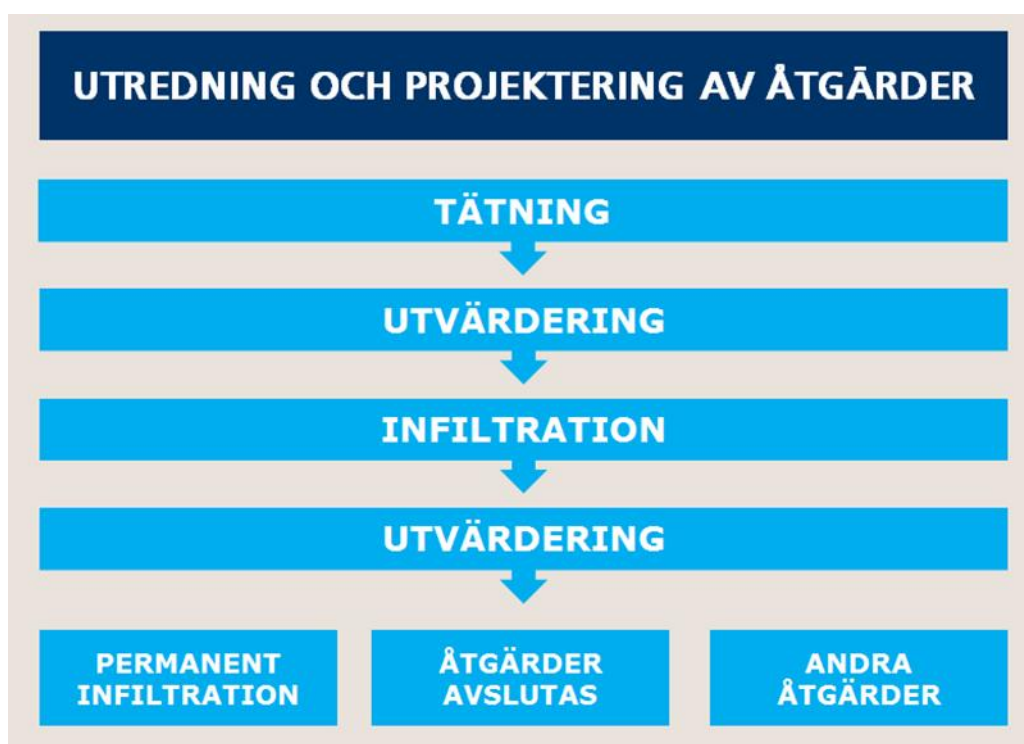
För mer detaljer om föroreningar, undersökningar och riskbedömning se Bilaga C8, *Föroreningar i grundvatten*.

5.6 Framtagande av skadeförebyggande åtgärder

Skador orsakade av sänkning av grundvattennivån uppkommer generellt långsamt. Strategin för de skadeförebyggande åtgärderna är att arbeta i steg, med flera olika skyddsåtgärder och med successiv utvärdering mellan varje steg. Arbetsgången rörande de skadeförebyggande åtgärderna kan sammanfattas i Figur 4.

I denna PM beskrivs förväntade inläckage med angivna tätningsmetoder. Vidare beskrivs förutsättningarna för infiltration, samt förväntad effekt av infiltrationen. Målsättningen med valda tätningsmetoder är att infiltrationen ska minimeras.

För mer ingående beskrivningar av tätningsåtgärder se *Teknisk beskrivning*, Bilaga A till ansökan.



Figur 4. Arbetsgången för hantering av skadeförebyggande åtgärder.

5.6.1 Tätning av schakt i jord

Vid övergång mellan jord- och bergschakt kommer stödkonstruktionens väggar att installeras ned till berg. Val av arbetsmetod anpassas efter bland annat grundvattenförhållanden och risk för upptryckning av botten. Mellan lera och berg finns oftast ett vattenförande friktionsjordlager med både varierande mäktighet och sammansättning, samtidigt som berget ibland lutar brant vid övergången mellan jord och bergschakt. Inom dessa partier installeras stödkonstruktionens väggar in i berg, dels för att kunna tätas i övergången, dels för att erhålla ett horisontellt stöd för konstruktionen. För att skapa en torr schaktgrop utan större påverkan på omgivningen utförs jetinjektering i jord. Jetinjektering tätar jorden bakom stödkonstruktionen och säkerställer att vatten inte tränger förbi spontlås eller ojämnheter mellan element. Utgångspunkten är att tillfälliga stödkonstruktioner som behövs under byggtiden ska utföras täta. Detta kommer emellertid inte att kunna uppnås fullt ut på alla platser, vilket leder till att andra åtgärder, som exempelvis infiltration, kan behöva utföras för att motverka grundvattennivåsänkningar vid känsliga objekt.

De permanenta konstruktionerna i jord blir täta efter färdigställande, men läckage kan ske mellan betong och berg. Kontaktinjektering tätar eventuella hålrum mellan konstruktionen och bergytan och tätar på så vis konstruktionen mot berget.

5.6.2 Tätning av bergtunnlar och stationer

Det föreligger skillnader i tätningsförfarandet mellan tunnlar som drivs med TBM och de som drivs med borrhning och sprängning. Generellt kan det sägas att inläckaget vid drivning av TBM temporärt under byggtiden blir högre, men att tunnarna under drifttiden blir tätare än vid borrspräng. Huvudsakliga tätningsmetoder är där betonginklädnaden, medan tätningen vid borrhning och sprängning huvudsakligen utgörs av injektering med cementbaserade tätningsmedel.

5.6.2.1 Tätning vid drivning med TBM

Tunneldrivning med TBM sker i huvudsak utan förinjektering, förutom i särskilt känsliga områden där berget innehåller svaghetszoner med dålig bergkvalitet eller stora mängder vatten. Permanent tätning med betonginklädnad etableras löpande under drivningen.

Eventuellt kan betonginklädnad utelämnas där berget har bra kvalitet och är tät. Mellanrummet som uppkommer mellan betongsegmenten och berget fylls successivt med en blandning av krossat berg och naturgrus. Inläckande vatten från berget kan rinna längs utsidan på betongsegmenten, genom grusfyllningen. Med jämna intervaller, preliminärt var 200 meter, ”pluggas” mellanrummet mellan betonginklädnaden och berget med så kallade strömningsavskärande barriärer för att förhindra långsgående flöde utanför betonginklädnaden. Barriärerna skapas genom att montera packningar (ringar) bakom betongsegmenten som fylls sedan med cement eller polyuretan och tätar mellanrummet. För ytterligare tätning fylls blandningen av grus och bergkross successivt ut med cement. Det är tekniskt fördelaktigt att utföra denna injektering från serviceenheten, som är cirka 200 meter lång. Detta är anledningen till att strömningsavskärande barriärer installeras åtminstone med ett avstånd på cirka 200 meter emellan. Vid behov kan sådana barriärer etableras tätare, exempelvis på ömse sidor om en större vattenförande svaghetszon, samt före och efter eventuella avbrott i betonginklädnad.

Utgångspunkten är att spårtunnel, driven med den valda TBM-tekniken med tät betonginklädnad, blir i stort sett tät, tätare än vad som skulle annars vara möjligt med den konventionella metoden borrspräng. Under byggtid är det dock oundvikligt att temporära inläckage uppkommer. Små permanenta inläckage kan också förväntas uppkomma i skarvar i betongen och i ändarna av betongtunnlarna, såsom vid tvärtunnlar och stationer.

5.6.2.2 Tätning (injektering) vid drivning med borrhning och sprängning

Tätning av bergtunnlar och stationer som tillskapas med borrhning och sprängning ska i första hand utföras med cementinjektering. Injekteringen utförs som förinjektering som anpassas till de geologiska och hydrogeologiska förhållandena. Region Stockholm har utarbetat en anvisning för projektering av förinjektering med cementbaserade bruk, som har använts i Regionens tidigare genomförda projekt. Denna anvisning kommer att tillämpas i projektet. Om förinjekteringen inte fungerar tillräckligt bra kan efterinjektering behöva utföras. Dimensioneringen av förinjekteringen baseras på ett antal parametrar där de mest grundläggande är:

- Krav på maximalt tillåtet inläckage av grundvatten
- Bergmassans vattenförande egenskaper
- Grundvattentrycket
- Bergtäckning
- Injekteringsbrukets egenskaper
- Kvaliteten på utförandet av tätningsarbetena

Utbyggnaden av tunnelbanan förväntas huvudsakligen att utföras i för Stockholmsområdet normala bergförhållanden. Injekteringskonceptet är baserat på erfarenheter från flera närliggande och nyligen utförda stora projekt i Stockholmsområdet, till exempel Norra Länken, Citybanan och pågående arbeten med utbyggnaden av Blå och Grön linje. Samtliga dessa är utförda inom de bergdomäner som tunnelbanan kommer att passera.

Regionen har erhållit omfattande information från nuvarande utbyggnadsgrenar till Nacka och Söderort, Barkarby, Arenastaden, samt utbyggd depå i Högdalen. Likaså har Regionen inhämtat erfarenheter från andra projekt såsom Förbifart Stockholm. Alla resultat visar på vikten av att arbeta med observationsmetoden som grund. Det innebär att en omfattande dimensionering utförs före byggstart, men att injekteringen sedan förfinas och utvecklas utifrån verkliga förhållanden under byggtiden. Regionen avser att arbeta vidare med detta arbetssätt.

Vid speciellt komplicerade passager kan kemiska tätningsmedel behöva användas. Region Stockholm har en rutin för val och hantering av kemiska injekteringsmedel som baseras på Trafikverkets riktlinjer för kemiska produkter.

Med den metodik som kommer att tillämpas kan det förväntas att tätningen blir så bra att omfattningen av ytterligare skadeförebyggande åtgärder blir liten. En känslighetsanalys avseende bergets konduktivitet och tätningsresultat har genomförts (Bilaga C2, *Hydrogeologiska beräkningar*) som underlag för att bedöma inläckage och tätningsåtgärdernas (förinjekteringen) effekt på inläckage och grundvattennivåsänkningar. Utifrån dessa resultat har områden där skyddsinfiltration kan komma att bli aktuellt identifierats.

5.6.3 Skyddsinfiltration

För att upprätthålla grundvattennivåerna i områden med byggnader eller konstruktioner med grundvattenberoende grundläggning (det vill säga grundläggning helt eller delvis på lera samt grundläggning på träpålar) eller i särskilt sättningskänsliga områden kan så kallad skyddsinfiltration användas. Infiltration sker till jordlagrens undre magasin för att återställa och upprätthålla naturliga grundvattennivåer vid en eventuell grundvattennivåsänkning. Skyddsinfiltration är en i Stockholmsområdet väl beprövad metod som kan användas för att hålla uppe nivåer lokalt kring enskilda byggnaders trägrundläggning, eller för att upprätthålla grundvattennivåer inom större områden för att undvika sättningar.

Anläggningar för skyddsinfiltration, så kallade infiltrationsanläggningar, kommer anläggas inom påverkansområdet. Anläggningarna anpassas och dimensioneras utifrån platsens förhållanden och jordlagrens hydrogeologiska egenskaper, vilket utreds i tidigt skede. Inom hela påverkansområdet finns det mätpunkter för grundvattennivåer (grundvattenrör). Till dessa mätpunkter ansätts åtgärdsnivåer, som används för att styra när och i vilken omfattning infiltration utförs.

Exakta behov av skyddsinfiltration kan inte bestämmas i detta skede. Här redovisas bedömda infiltrationsinsatser, samt förutsättningar för att kunna få erforderlig effekt av infiltrationen.

5.7 Underlagsmaterial

5.7.1 Inventeringar

Följande inventeringar har genomförts:

- Inventering av byggnaders och anläggningars grundläggningar
- Inventering av databaser över brunnar (SGU:s brunnsdatabas och Stockholms stads register över anmälda brunnar)
- Inventeringar av tidigare utförda geotekniska sonderingar och borrhningar inom utredningsområdet (Stockholms stads geoarkiv)
- Inventering och funktionstest av befintliga grundvattenrör samt tillgängliga mätdata inom utredningsområdet (Stockholms stads geoarkiv, kontakt med andra projekt i området, samt inventering i fält)
- Inventering av befintliga undermarksanläggningar
- Inventering av potentiellt förorenade områden (Länsstyrelsernas databas över potentiellt förorenade områden)

Befintligt geotekniskt och hydrogeologiskt underlag har inhämtats från tidigare och pågående större projekt inom eller i närheten av utredningsområdet. Några av de huvudsakliga underlagen är:

- Stockholm Vatten och Avfall, Stockholms framtida avloppsrening ansökningshandlingar (2016)
- Stockholm Vatten och Avfall, Mässtunneln ansökningshandlingar (2019)
- Trafikverket, Egenkontrollprogram för grundvatten, markrörelser, dränvatten och infiltration vid Södra länken (2020)
- Fortum, Kraftledningstunnel Skanstull-Solberga, Bygghandling PM Geoteknik och Geohydrologi (2006)
- Förvaltning för utbyggd tunnelbanan, Miljöprovning för tunnelbana från Kungsträdgården till Nacka och Söderort

5.7.2 Geotekniska, geologiska och hydrogeologiska fältarbeten

Inom pågående projektering av tunnelbana från Fridhemsplan till Älvsjö har följande undersökningar gjorts:

- Geoteknisk sondering av bergytans nivå längs spårlinje och i områden för stationer
- Geotekniska undersökningar för att bestämma jordlagrens uppbyggnad och egenskaper
- Geoteknisk provtagning av friktionsjord för att bestämma hydrauliska egenskaper
- Geoteknisk provtagning av lerjord för att bestämma sättningkänslighet
- Borrhning av kärnborrhål, med kärnkartering, samt borrhning av hammarborrhål
- Utförande av sektionsvis vattenförlust mätningar i bergborrhål
- Installation av grundvattenrör i övre och undre grundvattenmagasin
- Installation av rörbrunnar för hydraultest
- Provpumpning och slugteter i rörbrunnar och grundvattenrör för bestämning av undre grundvattenmagasins hydrauliska egenskaper
- Infiltrationstester i rörbrunnar och grundvattenrör för bestämning av undre magasin hydrauliska egenskaper och möjlighet till skyddsinfiltration i känsliga områden
- Grundvattennivåmätningar
- Provtagning av jord och grundvatten i jord och berg avseende föroreningar och kemisk sammansättning

Läge för grundvattenrör och brunnar som använts för infiltrationstester, slugtester och provpumpningar samt gjorda siktanalyser redovisas i Figur 5.

Läge för installerade och befintliga grundvattenrör som använts till beskrivningen av grundvattenförhållanden redovisas i Bilaga C1.3, *Hydrogeologiska kartor*.

I Bilaga C1.3 samt Figur 11 redovisas läge för utförda bergborrhål.

Utförd provtagning av lerjordens sättningssänslighet redovisas i figurer i kommande avsnitt 6.3 samt Bilaga C7, *Sättningsutredning*.

Provtagning av föroreningar redovisas i avsnitt 6.4.4 och Bilaga C8, *Föroreningar i grundvatten*.

Datautbyte gällande främst grundvattenrör och grundvattenmätningar sker med följande projekt:

- Stockholm Vatten och Avfall, Stockholms framtida avloppsrening
- Stockholm Vatten och Avfall, Mässtunneln
- Stockholms stad, Anläggning av dagvattendamm och ledningsomläggning på Årstafältet
- Stockholms stad, Exploateringskontorets grundvattenmätningar Årstaberget

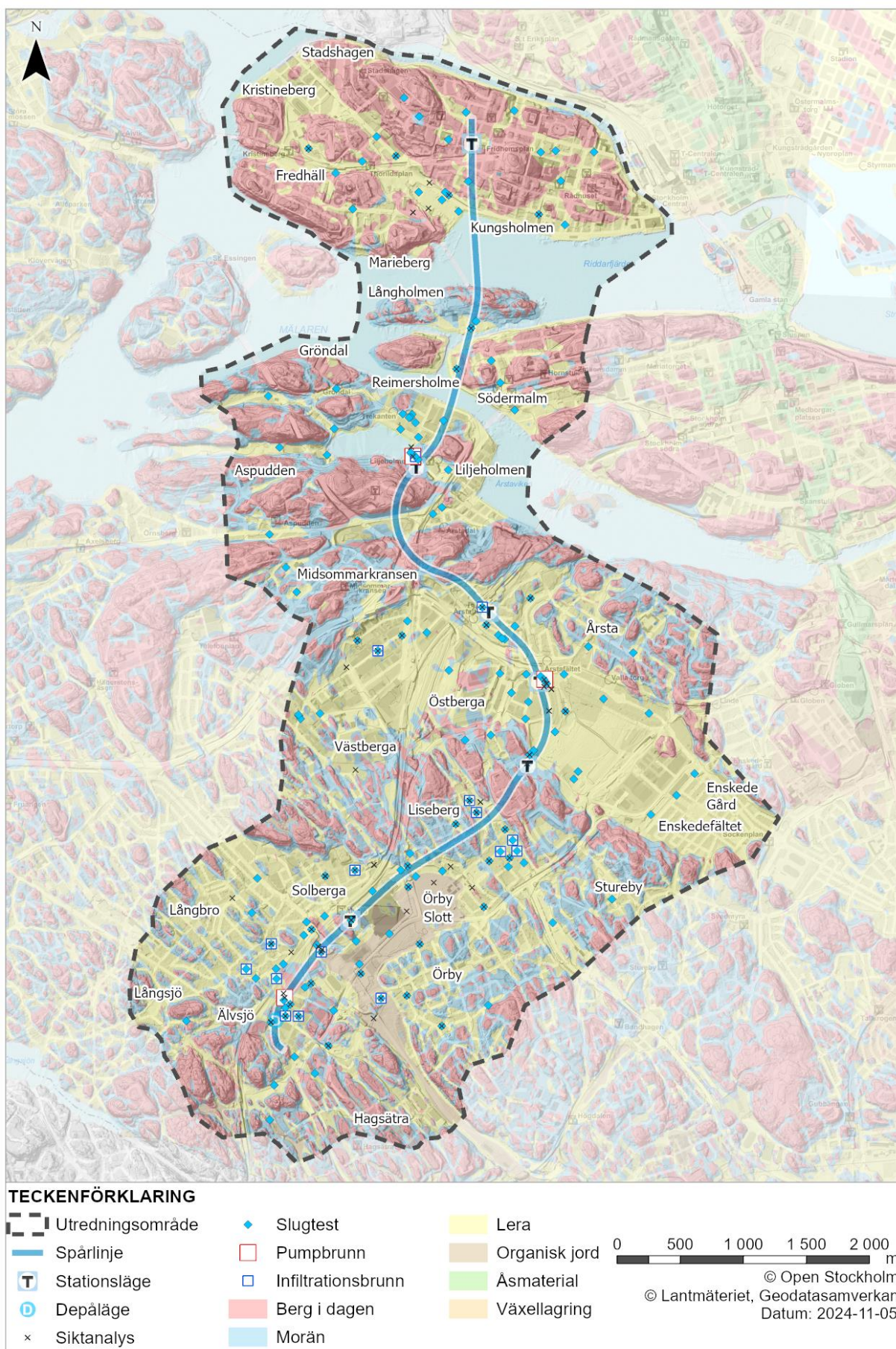
6 Beskrivning av området

Utredningsområdet omfattar ett nära 26 kvadratkilometer stort område från stadsdelsområde Kungsholmen i norr och stadsdelarna Långbro och Hagsätra i söder. Vid Mälarpassagen täcker utredningsområdet in stadsdelarna Långholmen, Reimersholme, västra Södermalm innan det fortsätter söderut. I söderort ingår flera stadsdelar inom Hägersten-Älvsjö och Enskede-Årsta-Vantör i utredningsområdet (Figur 2).

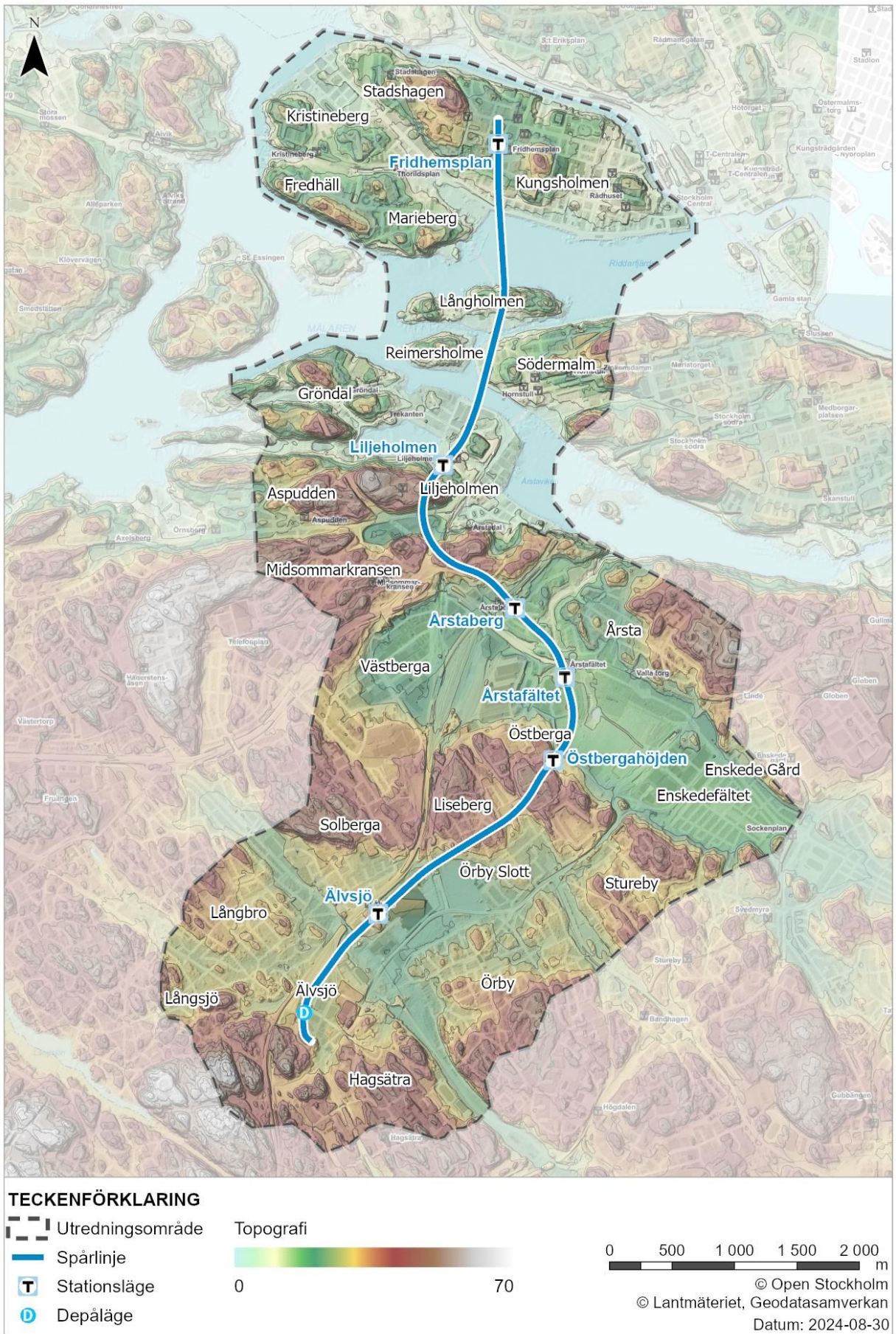
Norra delen fram till och med Liljeholmen karaktäriseras av stadsbebyggelse med slutna kvarter och stor andel hårdgjorda ytor. Båda stadsdelsområden, Kungsholmen och Södermalm, består till cirka en femtedel av park- och naturmark (Stockholms stad, 2024). Den södra delen har mer öppen stadsbebyggelse med naturmark mellan flerfamiljshusen exempelvis inom Årsta och Östberga samt större områden med villa- eller radhusbebyggelse exempelvis inom Örby och Långbro. Skogsområden förekommer vid Årsta skog, Solbergaskogen, Hagsätraskogen och Älvsjöskogen. Dessa har cirka 25-30% av sin yta bestående av park- och naturmark enligt staden (2024). Större områden med industribebyggelse finns bland annat i Lövholmen, Västberga och Älvsjö. Det återfinns även större nybyggnadsområden med pågående omdaning av Årstaberget och Årstafältet.

Utredningsområdet karaktäriseras av höjder med synligt berg eller tunnare moränjordtäcke och mellanliggande lersvackor, betecknande för Stockholmsområdet. Norra delarna, fram till Liljeholmen, karaktäriseras av mindre höjder med synligt berg eller tunnare moränjordtäcke och mindre mellanliggande svackor med lerjord. De mellanliggande lersvackorna följer ofta de huvudsakliga svaghetszonernas orientering. Från Liljeholmen och söderut är lerområdena mellan höjdområdena mer sammanhängande och breddare och har större jorddjup. Lägen för svaghetszoner är mindre uppenbara vid Västberga, Årstafältet och Älvsjö. Tunnelbanan kommer passera flera markanta förkastningsbranter och kommer gå under Mälaren vid Riddarfjärden, Pålundet och Liljeholmsviken.

Figur 5 och Figur 6 nedan visar en översikt av jordarter och topografi inom utredningsområdet.



Figur 5. Översikt över infiltrations- och pumpbrunnar, utförda slugtester och siktanalyser.



Figur 6. Marktopografi inom utredningsområdet.

6.1 Ytvatten

De sjöar som ligger inom utredningsområdet för aktuell tunnelbanelinje är Mälaren-Fiskarfjärden, Mälaren-Riddarfjärden, Mälaren-Årstaviken och Trekanten, som samtliga är ytvattenförekomster med miljö kvalitetsnormer. Information om vattenförekomsternas ekologiska och kemiska status är hämtad från VISS och sammanställts i Tabell 3. Avrinning till Mälaren sker delvis genom direkt avrinning till Riddarfjärden, Årstaviken med flera. En större andel avrinner dock via olika dagvattentunnlar till Årstaviken och till Mälaren vid Aspudden, Hägersten. Trekanten utgör recipient för yt- och grundvattenavrinningen vid Gröndal och Liljeholmen.

Figur 7 visar de vattenområden som ligger inom eller i direkt angränsning till utredningsområdet.



Figur 7. Ytvatten inom och angränsande till utredningsområdet.

Tabell 3. Sjöfakta om Mälaren och Trekanten (Fakta från Stockholms miljöbarometer och VISS).

Sjöfakta	Mälaren-Årstaviken	Mälaren-Riddarfjärden	Mälaren-Fiskarfjärden	Trekanten
Sjö ID	WA51082544	WA42021115	WA96064999	WA69010885
Yta	1 km ²	3 km ²	16 km ²	0,136 km ²
Medeldjup	6 m	15 m	12 m	4,4 m
Nivå	+0,87	+0,87	+0,87	ca +1
Ekologisk status	Otillfredsställande	Otillfredsställande	Måttlig	Måttlig
Kemisk status	Uppnår ej god	Uppnår ej god	Uppnår ej god	Uppnår ej god

6.1.1 Mälaren

Mälaren är Sveriges tredje största sjö med utlopp i Östersjön. Vattennivån i Mälaren regleras med hjälp av dammluckor vid bland annat Slussen och Riksbron i centrala Stockholm samt i Södertälje. Enligt gällande vattendom för Mälaren regleras vattennivån mellan +0,69 och +1,39. Mälarens vattenstånd mäts av Stockholms hamnar vid Hammarbyslussen, belägen i den östra delen av Årstaviken (Tabell 4).

Tabell 4. Mälarens vattenstånd (Andréasson m.fl., 2011).

Högsta nivå under reglerad tid (december 2000)	+1,42
Medelhögvatten (MWH)	+1,14
Medelvattennivå (MW)	+0,87
Medellågvatten (MLW)	+0,73
Lägsta nivå under reglerad tid (oktober 1976)	+0,41

Det totala flödet från Mälaren är summan av flödet från flera tappningsställen vid Riksbron, Stallkanalen, Victoriaslussen, Hammarbyslussen och Södertälje sluss. Tappningskapaciteten, det vill säga den mängd vatten som man kan få ut ur Mälaren till Saltsjön, är idag dryga 800m³/s. Riddarfjärdens omsättningshastighet enligt Stockholms stads miljöbarometer uppgår till mellan 1/3-dygn upp till 14 dagar. Det motsvarar ett utflöde på mellan 760 m³/s som högst till 18 m³/s som lägst.

6.1.1.1 Mälaren-Årstaviken

Mälaren-Årstaviken är en vik av Mälaren som ligger mellan Södermalm och Årsta. Ungefär en fjärdedel av tillrinningen kommer från Södermalm och resterande från Östberga, Västberga och Årsta på vikens södra sida. Årstaviken är ett relativt instängt vattenområde med begränsad vattenomsättning och är därför känsligare för föroreningar än de öppna delarna av Mälaren.

Vattenförekomsten bedöms i dagsläget ha 'Otillfredsställande' ekologisk status på grund av den utslagsgivande parametern bottenfauna. Den kemiska statusen har klassificerats som 'Uppnår ej god' då antracen, bromerad difenyleter, bly, kadmium, kvicksilver, PFOS och tributyltenn (TBT) överskrider sina gränsvärden.

6.1.1.2 Mälaren-Riddarfjärden

Mälaren-Riddarfjärden är en central vattenförekomst i Stockholm mellan Traneberg och Stora Essingen i väst till Riksbron och Centralbron i öst.

Vattenförekomsten bedöms i dagsläget ha 'Otillfredsställande' ekologisk status på grund av den utslagsgivande parametern bottenfauna. Den kemiska statusen har klassificerats som 'Uppnår ej god' då antracen, bromerad difenyleter, bly, kadmium, kvicksilver, PFOS och tributyltenn (TBT) överskrider sina gränsvärden.

6.1.1.3 Mälaren-Fiskarfjärden

Mälaren-Fiskarfjärden är en fjärd i östra Mälaren som sträcker sig mellan Ekerö och Lovön i väst till Stora Essingen i öst och har ett delat tillrinningsområde med Stockholm, Botkyrka, Huddinge, Ekerö och Järfälla.

Vattenförekomsten bedöms i dagsläget ha 'Måttlig' ekologisk status på grund av den utslagsgivande parametern makrofyter. Den kemiska statusen har klassificerats som 'Uppnår ej god' då antracen, bromerad difenyleter, bly, kvicksilver, PFOS och tributyltenn (TBT) överskrider sina gränsvärden.

6.1.2 Trekanten

Trekanten är en liten sjö som ligger i stadsdelarna Gröndal och Liljeholmen. Tillrinning sker från området närmast sjön och via fem dagvattenledningar. På grund av höga föroreningsnivåer i sjön tillsätts dricksvatten till den som har sänkt vattenomsättningstiden från 4,2 år till 0,9 år och föroreningshalterna. Sjön har inget naturligt utlopp, det utgående vattnet leds via ledning till Liljeholmsviken. Idag bedöms den huvudsakliga belastningen till sjön utgöras av föroreningar från diffusa källor som transporteras med tillrinnande dagvatten (Fakta om Trekanten - Stockholms miljöbarometer, 2022).

Vattenförekomsten bedöms i dagsläget ha 'Måttlig' ekologisk status på grund av den utslagsgivande parametern särskilda förorenande ämnen, där koppar och icke-dioxinlika PCB:er inte når god status. Den kemiska statusen har klassificerats som 'Uppnår ej god' då antracen, bromerad difenyleter, bly, kadmium, kvicksilver, PFOS och tributyltenn (TBT) överskrider sina gränsvärden.

6.2 Berggrund

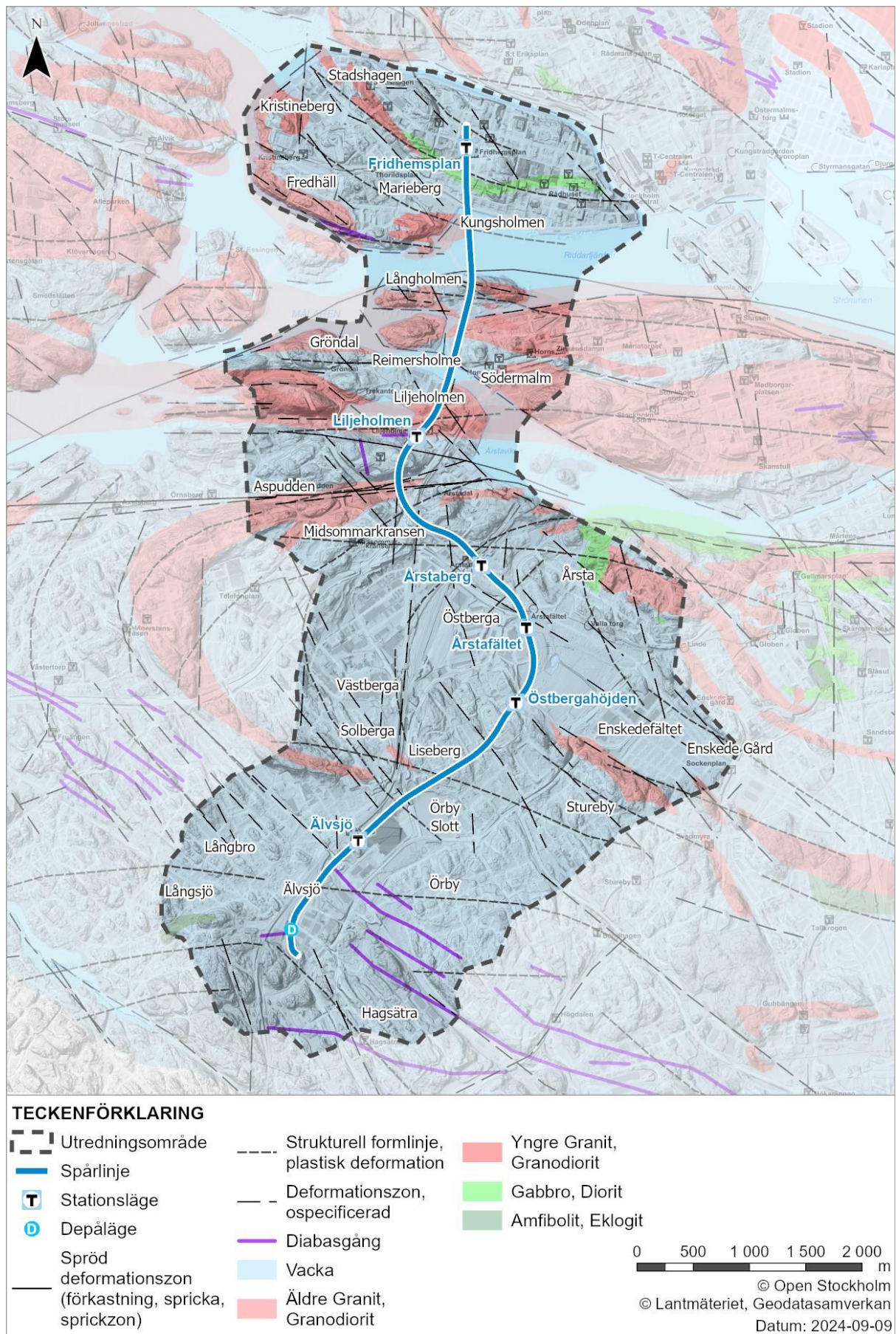
6.2.1 Bergarter

Berggrunden inom utredningsområdet består, enligt SGU:s berggrundskarta, i huvudsak av vacka som har sedimentärt ursprung (Figur 8). I tidigare kartor angav SGU bergarten som en gnejs (mer precist en sedimentådergnejs) vilket är en mer välkänd benämning som fortfarande används.

Vacka är en samlande benämning för bergarter som utgörs av tidigare sjöbottensediment (sandsten, kalksten) som helt eller delvis smälts ned till en magma och stelnat som en ny bergart. Gråvacka till exempel benämnes bergarten ifall lerhalten i tidigare sjösediment överstiger en viss procenthalt. Vackan i området har en gnejsig struktur, det vill säga en karaktäristiskt bandad struktur, och angavs i tidigare geologiskt underlag just som en gnejs. Delar av Kungsholmen, Mälarpassagen, Södermalm samt Liljeholmen har stråk av granit eller granodiorit (de olika rosa nyanserna i Figur 8). De ljusare rosa områdena har också en gnejsig bandad struktur. Granit är en magmatisk bergart som antingen har bildats genom uppsmältning av den tidigare bergart eller för den mörkare rosa nyansen som är yngre, genom uppträngning (intrusiv) av en sur magma.

Inom Kungsholmen och vid delar av Årsta visar SGU:s karta intrusiv av en basisk magma som bildat bergarterna gabbro eller diorit (grön färg i Figur 8). Bergundersökningar längs linjen indikerar dock att basiska bergarter förekommer inom i stort sett hela utredningsområdet fast i mycket liten omfattning. En sur magma, till skillnad från en basisk, har en hög halt av kiseldioxid som ingår i mineralet kvarts. Längs ned i södra delen av utredningsområdet finns ett mindre område med amfibolit, en mörk kvartsfattig medel- till grovkornig bergart som mestadels består av mineralen amfibol och plagioklas. För den planerade tunnelborrningen betyder en kvartsrik bergart att den är hård och kan slita mer på borrarutrustningen än en bergart med mindre kvartsinnehåll. De lila stråken främst inom utredningsområdets södra del är gångar av diabas vilket är en mörk finkornigare bergart. Den har bildats genom att lava trängt upp och stelnat i sprickor som bildats i de ursprungliga äldre bergarterna. Diabasgångarna kan ibland fungera som en vattenförande sprickzon då lavan krymper ihop i samband med att den stelnar till en diabas och den ursprungliga sprickan lavan fyllt ut återfår en viss genomsläpplighet.

Stråken av olika bergarter i figuren och speciellt den båge av granit som finns vid Västertorp och Hägersten visar hur berggrunden har tryckts ihop, veckats och glidits mot varandra i förkastningszoner i samband med när kontinentalplattor har krockat. Över tid har rörelser och sprickbildningar skapat andra spricksystem i berggrunden som ofta har karaktäristiska sprickriktningar som kan följas längs med dalgångar i terrängen. Utöver detta har nedisningen och efterföljande landhöjning skapat nära horisontella sprickplan, så kallade bankningsplan. Dessa bankningsplan förekommer främst i den övre berggrunden.



Figur 8. Berggrund och deformationszoner inom utredningsområdet.³

³ För en ingående beskrivning av Stockholmsområdets geologi och begreppen hänvisas till SGU-rapport 2018:08.

6.2.2 Strukturgeologi

Strukturgeologiskt underlag har hämtats från Stockholms stads Byggnadsgeologiska kartan och SGU:s produkter Svaghetszoner, Jorddjupsmodell och Berggrund. Här används svaghetszon som ett samlingsbegrepp för olika geologiska strukturer och formationer som kan vara vattenförande. De zoner som redovisas som krosszon och sprickzon är hämtade från Byggnadsgeologiska kartan. Med krosszon avses sprickzon av större slag, det vill säga de bredare zonerna med sekundär uppsprickning och högre omvandlingsgrad. Enligt samma underlag avser sprickzon de smalare zonerna med parallellgående sprickor och lägre omvandlingsgrad. Underlag från SGU redovisas som övrig struktur. Se Tabell 5 för referenser.

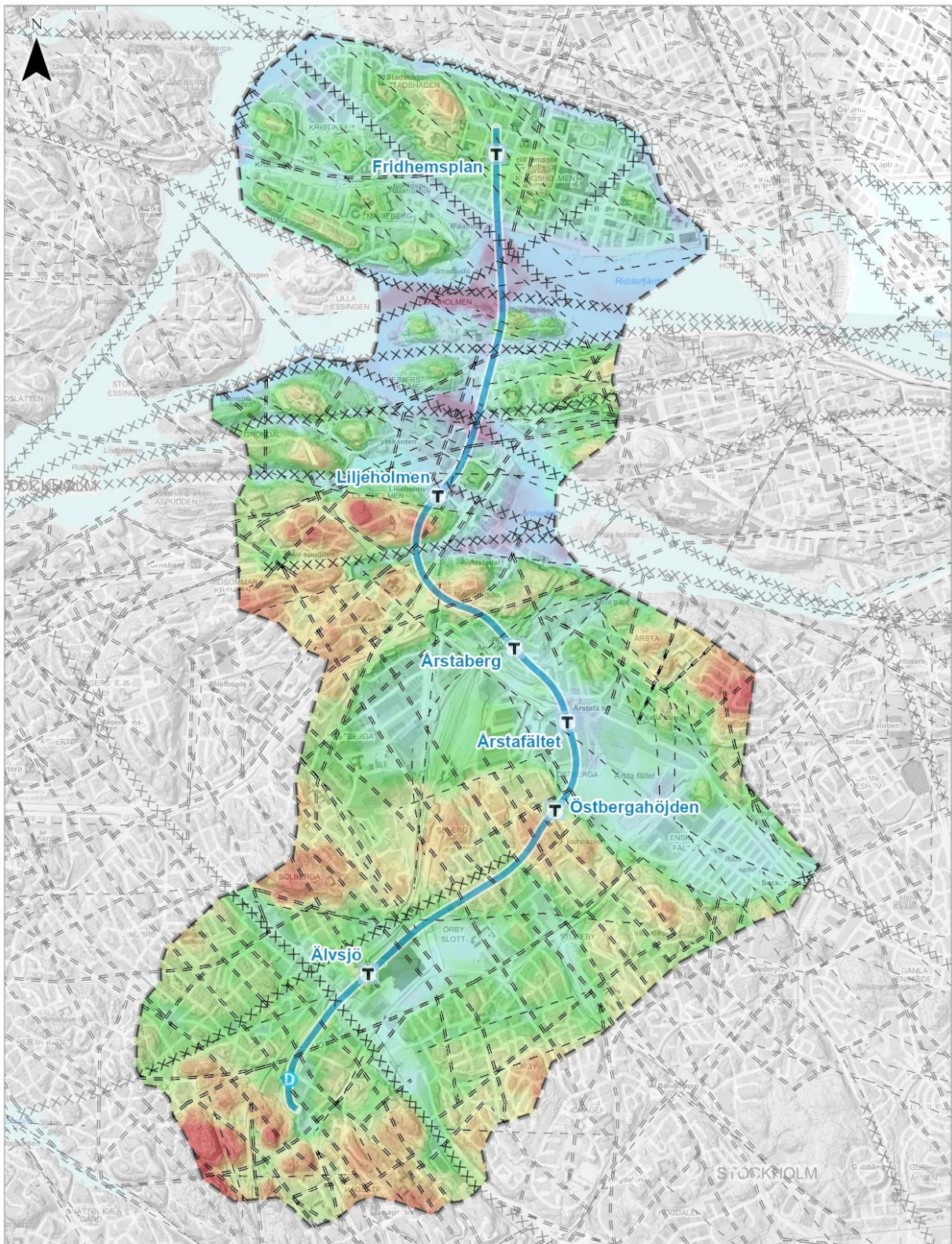
Bergnivåer inom utredningsområdet varierar mellan cirka -40 till cirka +65. Bergnivåerna är som lägst vid sjöpassagerna Riddarfjärden (cirka -40) och Liljeholmsviken (cirka -40) där de stora ostvästliga krosszonerna passerar. Flera av dessa krosszoner fortsätter under land och skapar markanta lerdalgångar, till exempel de två krosszonerna som karakteriserar Kungsholmen. Bergnivåer tillsammans med svaghetszoner redovisas i Figur 9.

Tre krosszoner i ost-västliga riktning igenom Gröndal, Aspudden och Midsommarkransen utformar landskapet vid Liljeholmsområdet. Zonerna möter ett par stora krosszoner under Årstaviken och fortsätter vidare norr och söder om Tantolunden på Södermalm. Vid Liljeholmstorget och Liljeholmskajen skär dessa djupt i berget ner till drygt -15. Där de ost-västliga zonerna möter de dominerande nordväst-sydöstliga zonerna vid Östberga och Älvsjö skapas en uppsprucken bergsvacka under Årstafältet. Bergöverytan varierar kraftigt inom Årstafältet. Berget är djupast ungefär där Södra Länken går in i tunnel (cirka -10) och söder om det. Bergnivåerna stiger något i centrala delar av fältet innan de sjunker igen i höjd med Huddingevägen.

En bergsrygg genom Stureby, Östberga, Liseberg och Solberga med höjder upp till cirka +50 separerar Enskedefältet, Årstafältet och Västberga från söderliggande områden. Från Östberga till Älvsjö kännetecknas området av två krosszoner i nordväst-sydöstlig och nordöst-sydvästlig riktning som skapar mäktigaste jorddjupet i områden mellan Solberga och Örby (knappa -7) och längs med Magelungsvägen. Mindre sprickzoner i nordväst-sydöstlig riktning förekommer som skapar smala och relativt grunda lerdalgångar i Solberga, Örby, Långbro och Hagsåtra.

En prognos, med avseende på svaghetszonernas omfattning (%), har utförts längs med spårlinjen där sträckan har delats upp i 31 områden. Dessa redovisas i Figur 10 och beskrivs i Tabell 5. Prognosområdena definieras utifrån bland annat gränser mellan de olika byggmetoderna (borraspräng och TBM) och strukturgeologiska förhållanden. Mer information av svaghetszonerna i varje område, bland annat ungefärliga lägen, riktning och eventuellt andra kända egenskaper redovisas i Bilaga C1.3, *Hydrogeologiska kartor*. Totalt har 82 korsande svaghetszoner identifierats. Dessa zoner avser hydrogeologiska domäner som redovisas under avsnitt 6.2.3 och utgör grunden till bedömningar i denna PM.

Svaghetszoner i berg är inte helt diskreta och har en kärna med högre sprickfrekvens och omvandlingsgrad som övergår till så kallat normalberg. Svaghetszonerna har olika bredd men här diskretiseras deras bredd i 10 meters intervaller för beräkningar av inläckage. Se avsnitt 2.3 i Bilaga C2, *Hydrogeologiska beräkningar*.

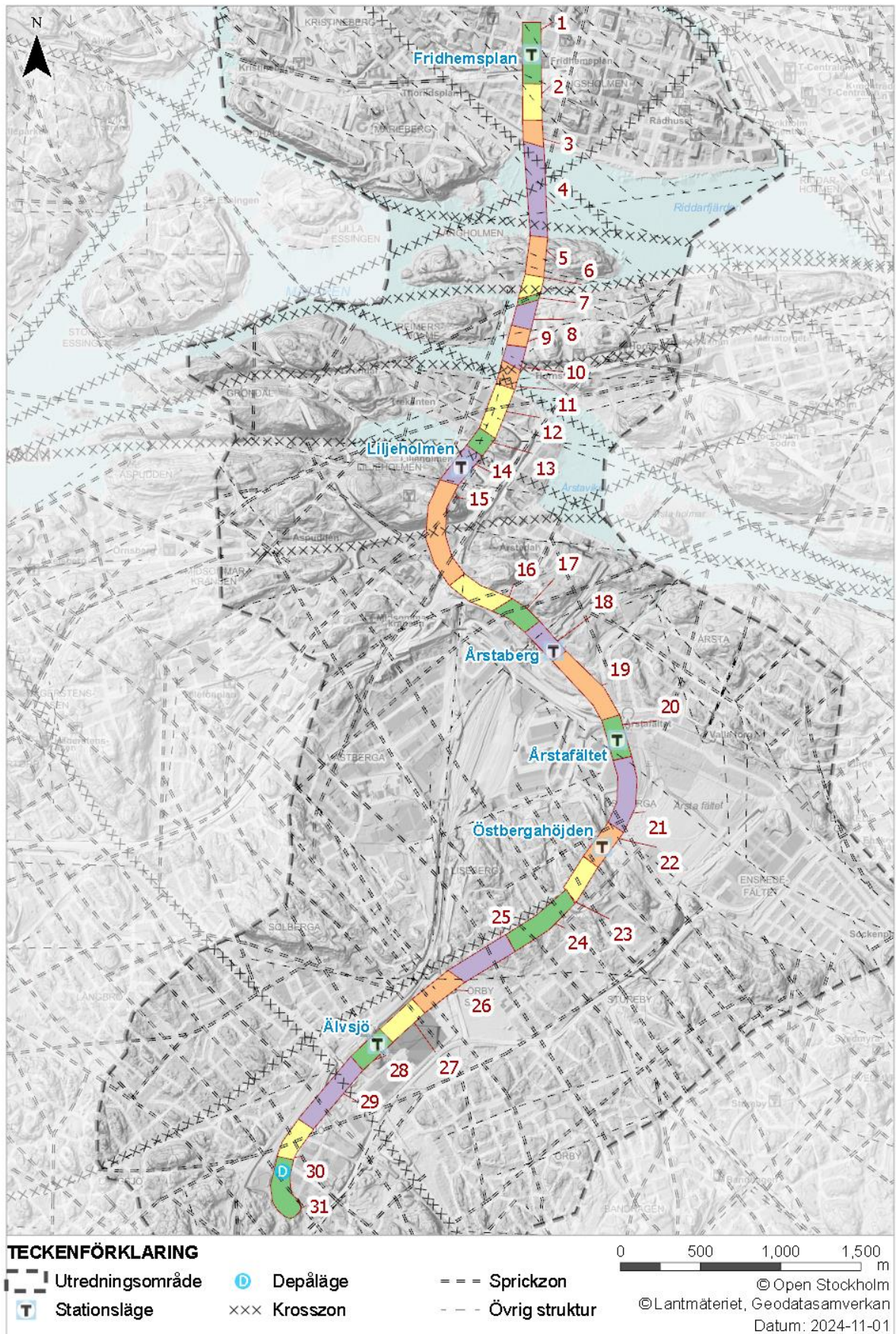


TECKENFÖRKLARING

	Utredningsområde		Sprickzon
	Spårlinje		Övrig struktur
	Stationsläge	Bergnivå m.ö.h.	
	Depåläge		
	Krosszon	-42	67

0 500 1 000 1 500 2 000 m
 © Open Stockholm
 © Lantmäteriet, Geodatasamverkan
 Datum: 2024-09-03

Figur 9. Bergyttnivåer och svaghetszonerna inom utredningsområdet. Svaghetszoner som redovisas är baserade på underlag från SGU och Stockholms stad.



Figur 10. Svaghetszoner och prognosområden längs med spårlinjen. Svaghetszonerna som redovisas är baserade på underlag från SGU och Stockholms stad. Se Bilaga C1.3 för en fullständig sammanställning av svaghetszonerna. Områdenas färger är enbart för utökad läsbarhet och har i övrigt ingen betydelse.

Tabell 5. Beskrivning av prognosområden längs med spårlinje. Ingående svaghetszonerna beskrivs vidare i Bilaga C1.3.

Område	Beskrivning av område	Längdmätning	Andel (%) svaghetszon
1	Tunnelkartering av befintlig tunnelbana och arkivritningar visar uppsprucket berg i NO-SV riktning. Markant infällage observeras från bankningsplan. Borrhål 24ARKB01 visar endast bra och kompetent storbloktigt berg.	-0+160 till 0+220 Station Fridhemsplan	16%
2	Starkt uppsprucket sprickzon enligt SGU och Stockholm stads underlag.	0+220 till 0+450	8%
3	Bedömning baserad på SGU och Stockholm stads underlag.	0+450 till 0+600	7%
4	Borrhål 20W004, 20W017 och 23ARKB14 har utförts för att undersöka bergkvalitet under Långholmen vattenpassage. 20W004 och 20W017 visar tre dominerande sprickgrupper. En brant sprickgrupp går parallellt med spårtunneln, en medelbrant sprickgrupp går vinkelrätt mot spårtunneln, och den tredje sprickgruppen är sub-horisontell. Omvandlat, uppsprucket berg i samband med hög sprickdensitet och lerfyllda sprickor karteras i olika längder av borrhål. Den samlade bedömningen är att det förekommer kraftigt uppsprucket berg som sammanfaller med SGU-zoner under vattenpassagen. Det bedöms att det finns cirka 140 meter uppsprucket genomsläppligt berg mellan längdmätning 0+600 till 1+170.	0+600 till 1+170	19%
5	Krosszon baserad på SGU och Stockholm stads underlag.	1+170 till 1+420	8%
6	Krosszon baserad på SGU och Stockholm stads underlag.	1+420 till 1+560	21%
7	Krosszon baserad på SGU och Stockholm stads underlag.	1+560 till 1+600	25%
8	Krosszon baserad på SGU och Stockholm stads underlag.	1+600 till 1+750	7%
9	Krosszon baserad på SGU och Stockholm stads underlag.	1+750 till 1+870	8%
10	Bedömning baserad på SGU och Stockholm stads underlag. Borrhål 23ARKB09 visar bra och tätt berg i motsvarande områdena.	1+870 till 1+990	8%
11	Borrhål 21W005, 20W018, 23ARKB09, 23ARKB10, 23ARKB11 har utförts för att undersöka bergkvalitet mellan 2+1990 och 2+130. 21W005 och 20W018 visar tre dominerande sprickgrupper. En brant sprickgrupp i V-O-riktning korsar tunneln vinkelrätt. En brant sprickgrupp går längs spårtunneln, och den tredje är sub-horisontell. Alla borrhål visar uppsprucket berg, hög sprickdensitet och lerfyllda sprickor i olika längder av borrhål. 23ARKB09, 10 och 11 visar hög genomsläpplighet i samband med sämre bergförhållanden. Den samlade bedömningen är att det förekommer uppsprucket, omvandlat berg, hög sprickdensitet, lerfyllda sprickor samt hög genomsläpplighet för cirka 60 meter mellan längdmätning 1+190 och 2+130.	1+990 till 2+130	43%
12	Krosszon baserad på SGU och Stockholm stads underlag.	2+130 Till 2+440	10%
13	Krosszon baserad på SGU och Stockholm stads underlag.	2+440 Till 2+575	22%
14	Borrhål 23ARKB08 har utförts genom vertikalschakt, och 23ARKB07 samt 24ARKB10 har utförts genom stationsområdet. 23ARKB08 visar en sprickzon längst ner i borrhålet, vilken tolkas som en brant NV-SO-gående sprickzon och identifieras mellan LM 2+610 och 2+630 enligt SGU-kartan. De borrhål som har undersökts visar uppsprucket berg med hög sprickdensitet vid olika längder. Dominerande sprickgrupper består av två branta sprickgrupper som korsar spårtunneln vinkelrätt i V-O-riktning och en sub-horisontell sprickgrupp. Vattenförlustmätningar visar genomsläppligt berg i samband med hög sprickdensitet i en sektion. 23ARKB07 visar genomsläppligt berg i samband med hög sprickdensitet vid flera sektioner under vattenförlustmätningen. Borrhål 24ARKB10 visar krossat berg i olika längder mellan 8,2 och 32 meter längd på borrhålet. Vattenförlustmätningar visade dock noll flöde. Den samlade bedömningen är att det förekommer cirka 30 meter genomsläppligt berg med hög sprickdensitet mellan längdmätning 2+660 och 2+770.	2+575 till 2+830 Station Liljeholmen	23%
15	Borrhål 20W039 har utförts i detta område och visar subvertikala och måttligt branta sprickgrupper med riktning V-O och NO-SV. Uppsprucket berg med lerfyllning och hög sprickdensitet kartlades längs olika längder av borrhålet. Det bedöms att sammanlagt cirka 60 meter uppsprucket berg eller småblockigt berg med hög sprickdensitet förekommer inom detta område, därav cirka 30 meter mellan längdmätning 3+140 och 3+170	2+820 till 3+500	9%
16	Krosszon baserad på SGU och Stockholm stads underlag.	3+500 till 3+820	3%
17	Krosszon baserad på SGU och Stockholm stads underlag.	3+820 till 4+065	4%
18	Borrhål 23ARKB04 har utförts genom vertikalt schakt och 23ARKB03, 24ARKB06 har utförts genom station Astraberg. Borrhål 23ARKB04 visar en subhorisontell sprickzon som korsar tunneln. Vattenförlustmätningar visade noll flöde i alla sektioner. Borrhål 23ARKB03 visar subhorisontella och vertikala lerfyllda sprickor samt hög sprickdensitet som korsar tunneln vinkelrätt och i en vinkel av 45 grader. Vattenförlustmätningar visar inget flöde i dessa sektioner där hög sprickdensitet karterats. Borrhål 24ARKB06 visar krossat berg i olika längder av borrhålet. En preliminär bedömning är att det kan finnas cirka 40 meter småblockigt berg med hög sprickdensitet, delvis krossat och kan ha hög genomsläpplighet i stationsområdet.	4+065 till 4+310 Station Årstaberg	20%
19	Krosszon baserad på SGU och Stockholm stads underlag.	4+310 till 4+815	2%
20	Borrhål 23ARKB05, 23ARKB06 och 22S001 finns i området. Resultaten från borringarna visar 2 dominerade sprickgrupper med högre sprickdensitet och lerfyllnad. En vertikal sprickgrupp går parallellt med spårtunnel och den andra är sub-horisontell som kan korsa spårtunnel över en längre sträcka. Vattenförlustmätningar visar hög genomsläpplighet i vertikala sprickor som går längs tunneln. 23ARKB06 visar hög genomsläpplighet i sub-horisontella sprickor. Den samlade bedömningen är att det förekommer cirka 70 meter genomsläppligt berg med hög sprickdensitet mellan längdmätning 4+820 och 5+070.	4+815 till 5+070 Station Årstafältet	26%
21	Krosszon baserad på SGU och Stockholm stads underlag.	5+070 till 5+520	9%

Område	Beskrivning av område	Längdmätning	Andel (%) svaghetszon
22	Borrhål 22S002, 23ARKB12 och 23ARKB13 finns i området och har utvärderats. 22S002 visar två dominerande sprickgrupper i NV-SO (subhorisontell och vertikal) inriktning. Den subhorisontella sprickgruppen visar flera lerfyllda sprickor i den uppspruckna kärnan. Dessa subhorisontella sprickor identifieras även i 23ARKB13. 23ARKB12 visar sämre berg mellan längd 6 till 6,8 meter, 13,5 till 14,5 meter och 30,0 till 30,8 meter. 23ARKB13 visar uppsprucket, omvandlat berg med lerfyllning längs 5,2 till 6 meter och 41,3 till 41,6 meter. Den sammanlagda bedömningen är att det kan förekomma cirka 50 meter berg med vattenförande, lerfyllda subhorisontella sprickor längs tunneln.	5+520 till 5+780 Station Östberghöjden	19%
23	Krosszon baserad på SGU och Stockholm stads underlag.	5+780 till 6+020	8%
24	Hammarborrhål 23S12AH, 23S13AH och 23S214H har utvärderats. 23S12AH visade ingen krosszon och ej mätbart flöde. Resultaten från borrhågen visar främst Berg Klass A-B och delvis C. 23S13AH uppvisade cirka 10 meter krosszon, inklusive en övergångszon med hög genomsläpplighet (konduktivitet > 1×10^{-6} m/s) Denna krosszon har en stupning på cirka 70 grader och går tvärs mot tunneln. 23S214H visade cirka 2 meter krossat berg i samband med hög genomsläpplighet (konduktivitet > $8,0 \times 10^{-7}$ m/s). Det krossade berget har en medelstupning på 26–60 grader och korsar spårtunneln mellan 20 och 80 grader. Den samlade bedömningen är att det förekommer cirka 50 meter berg med hög sprickdensitet samt genomsläpplighet mellan längdmätning 6+020 och 6+200.	6+020 till 6+500	10%
25	Krosszon baserad på SGU och Stockholm stads underlag.	6+500 till 6+900	10%
26	23S801H visade ingen krosszon men genomsläppligt berg mellan längd 65 till 115 meter och 130 till 185 meter. SGU och Stockholms stadunderlag visar flertal krosszon i NV-SO riktning. Den samlade bedömningen är att det förekommer cirka 50 meter berg med hög sprickdensitet samt genomsläpplighet mellan längdmätning 6+900 och 7+200.	6+900 till 7+200	17%
27	Krosszon baserad på SGU och Stockholm stads underlag.	7+200 till 7+475	7%
28	Borrhål 23ARKB01 visar tre partier med sämre bergkvalitet vid olika längder längs borrhålet. Två subvertikala sprickzoner korsar spårtunneln vinkelrätt, och en subvertikal sprickzon korsar spårtunneln med en vinkel på 20 grader. Vattenförlustmätningar visade ej mätbart flöde i motsvarande sektioner. Borrhål 23ARKB02 visade inga svaghetszoner och ej mätbart flöde. Den samlade bedömningen är att det kan förekomma cirka 50 meter berg med högre sprickdensitet mellan längdmätning 7+475–7+720.	7+475 till 7+720 Station Älvsjö	19%
29	Borrhål HBH 23S701 visar kraftigt uppsprucket berg och hög genomsläpplighet mellan vertikalt djup på 22 till 40 meter i borrhålet. Den sammanfattande bedömningen är att det kan förekomma cirka 50 meter uppsprucket berg med hög sprickdensitet och genomsläpplighet mellan längdmätning 7+720 – 8+220.	7+720 till 8+270	9%
30	Krosszon baserad på SGU och Stockholm stads underlag.	8+220 till 8+470 TBM-startschakt	8%
31	Geofysiska undersökningar har genomförts för att utvärdera bergkvaliteten inom depåområdet. Resultaten indikerar förekomst av uppsprucken och vittrad bergmassa under jordlagret. Troligtvis har tre sprickzoner eller områden med uppsprucken bergmassa identifierats. Den samlade bedömningen är att cirka 30 till 40 meter hög genomsläpplighet berg med hög sprickdensitet kan förekomma inom depåområdet.	8+470 till 8+770 Depåområde	13%

6.2.3 Hydrogeologiska bergdomäner

Stockholms kristallina berggrund har ingen så kallad primär porositet som till exempel en sandsten som kan lagra och transportera grundvatten. I stället är det förekommande sprickor som utgör en sekundär porositet i berggrunden.

En av de viktigaste parametrarna för beräkning av inläckage och bedömning av påverkan är bergets hydrauliska konduktivitet (K). Bergets vattenförande egenskaper beror helt på dess sprickegenskaper, till exempel sprickfrekvens, sprickfyllnad mm. Alla sprickor har en ändlig utbredning och i berggrunden finns både små lokala spricksystem och större mer utbredda system. Dessa kan ha varierande inbördes kontakt och förmåga att leda grundvatten. Detta gör att två intilliggande bergbrunnar kan ha olika uttagskapacitet.

För bergmassans storskaliga konduktivitet har underlag från SGU:s brunnsdatabas använts. SGU:s brunnar inom utredningsområdet och ett avstånd om cirka 1 kilometer har använts för bedömning av bergets hydrauliska konduktivitet (Figur 11). Brunnsdata från 575 brunnar med angivet borrhåldjup i berg, redovisad flödeskapacitet och grundvattennivå har analyserats. Kapaciteten mäts normalt genom ett enkelt och kortare mättingsförfarande, pumpning, blåsning eller flottörmätning. Resultat redovisas i Bilaga C2.

Bergets hydrauliska konduktivitet är både djup- och skalberoende. Enligt modellen framtagen av Stille (2015) är aritmetiskt medelvärde oberoende av skalan, bortsett från djupberoendet. Det geometriska medelvärdet ökar med ökad skala. Både Gustafson (2012) och Stille (2015) redovisar

att standardavvikelse för hydraulisk konduktivitet minskar med ökad skala och det aritmetiska medelvärdet blir högre än geometriskt medelvärde i mindre skala, till exempel en vattenförlustmätning. Tunnelsystemet och stationerna för tunnelbanan från Fridhemsplan till Älvsjö är belägna cirka 30-70 meter under bergytan varför Stilles (2015) teoretiska modell anses vara lämplig att använda.

Trots bergets heterogenitet brukar man diskritisera det inom olika så kallade domäner inom vilka bergets heterogenitet ska vara mindre. Här har berget delats upp i tre hydrogeologiska domäner:

- Ytberg är de översta 10-20 metrar av berget som brukar vara vittrade eller innehålla bakningsplaner.
- Normalberg, som är den representativa bergmassan i en större skala. Normalberg kan innehålla sprickor med mindre frekvens och i olika riktningar.
- Svaghetszon omfattar en zon med förhöjd sprickfrekvens med småblockigt till uppsprucket berg.

Hydrogeologisk domänindelning, för beräkning av inläckage och påverkansområde, har gjorts utifrån utförda vattenförlustmätningar inom projektet samt utförda vattenförlustmätningar inom Södermalm från tunnelbanans Blå linje till Nacka och söderort. Totalt har 738 datapunkter, det vill säga sektionsvisa vattenförlustmätningar, från 35 bergborrhål utnyttjats. Placering av dessa redovisas i Figur 11.

Hydrogeologiska bergdomäner har tagits fram för tre geografiska delområden:

- Norr bestående av Kungsholmen
- Sjöpassage bestående av västra Södermalm, Långholmen och Reimersholme samt Mälaren
- Söder bestående av söderort, söder om Liljeholmsviken

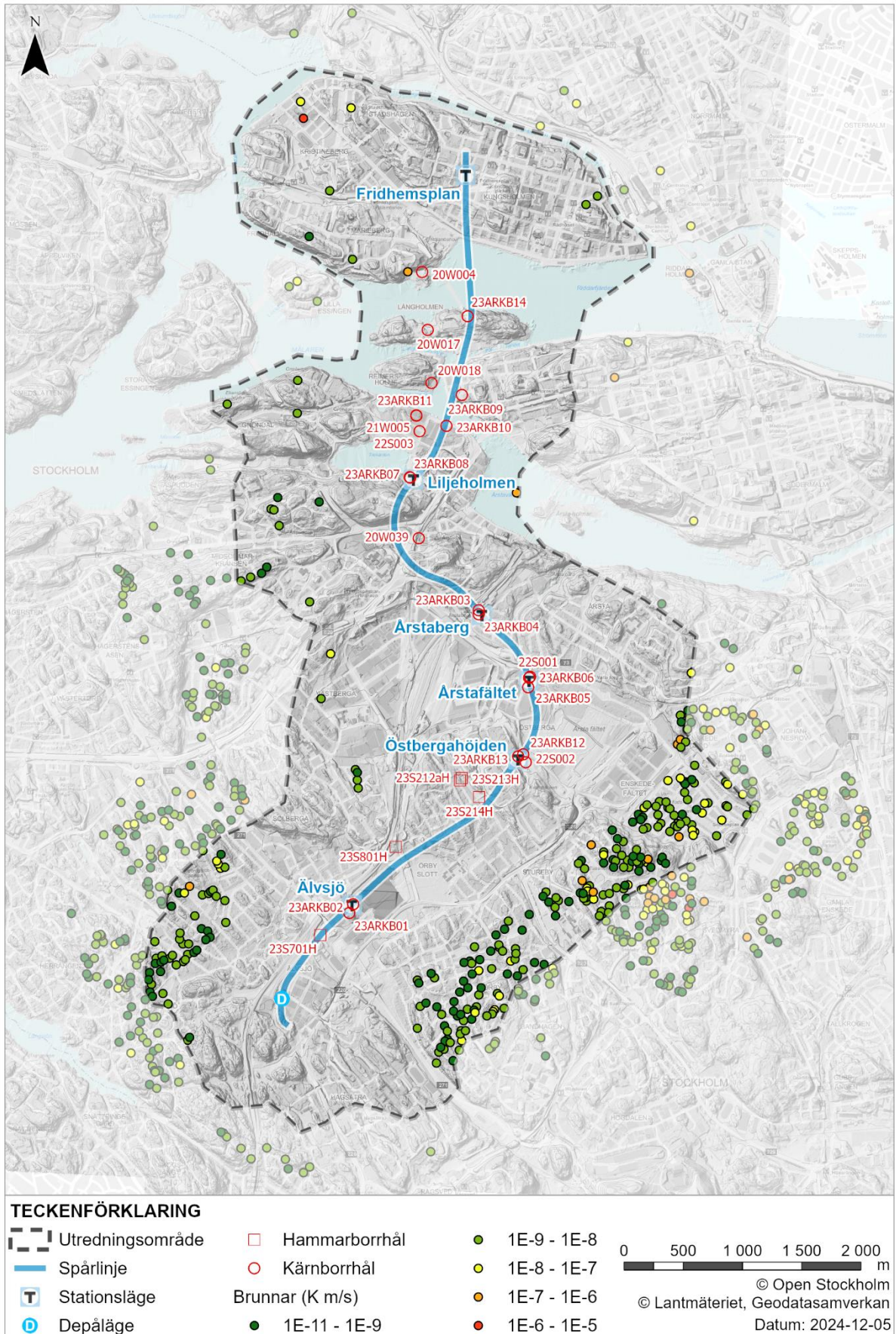
När berggrundens hydrauliska konduktivitet ska redovisas måste skalan anges. Skalan skiljer sig åt om det angivna konduktivetsvärdet avser en mindre volym, till exempel ett bergrum, eller om bergkonduktiviteten, som i detta fall, ska användas för beräkning av inläckage till och påverkan från tunnlar.

Bergets hydrauliska konduktivitet, inom olika delområden och domäner, i relevant skala som har använts för beräkningar redovisas i Tabell 6.

För mer detaljer om beräkningar av bergets vattenförande egenskaper se Bilaga C2.

Tabell 6. Uppskalad hydraulisk konduktivitet och standardavvikelse inom olika hydrogeologiska bergdomäner.

Delområde	Hydrogeologisk domän	Skala	Stdav	Matherons förmodan, K_{3D} (m/s)	Aritmetisk konduktivitet, K_a (m/s)	Karakteristiskt lågt värde för K_a , $p=0.05$	Karakteristiskt högt värde för K_a , $p=0.95$
Norr	Ytberg	100 m	1,5	$1,3 \times 10^{-7}$	$2,6 \times 10^{-7}$	$8,0 \times 10^{-9}$	$1,0 \times 10^{-6}$
	Normalberg	100 m	1,6	$2,5 \times 10^{-8}$	$6,0 \times 10^{-8}$	$5,0 \times 10^{-10}$	$1,0 \times 10^{-7}$
	Svaghetszon	10 m	2,1	$2,0 \times 10^{-7}$	$7,0 \times 10^{-7}$	$3,0 \times 10^{-9}$	$3,0 \times 10^{-6}$
Sjöpassage	Ytberg	100 m	1,5	$1,3 \times 10^{-7}$	$2,6 \times 10^{-7}$	$8,0 \times 10^{-9}$	$1,0 \times 10^{-6}$
	Normalberg	100 m	2,3	$3,0 \times 10^{-8}$	$1,8 \times 10^{-7}$	$1,5 \times 10^{-10}$	$3,0 \times 10^{-7}$
	Svaghetszon	10 m	2,1	$4,0 \times 10^{-7}$	$1,7 \times 10^{-6}$	$5,0 \times 10^{-9}$	$5,0 \times 10^{-6}$
Söder	Ytberg	100 m	1,5	$1,3 \times 10^{-7}$	$2,6 \times 10^{-7}$	$8,0 \times 10^{-9}$	$1,0 \times 10^{-6}$
	Normalberg	100 m	2,5	$2,0 \times 10^{-8}$	$1,5 \times 10^{-7}$	$7,0 \times 10^{-11}$	$2,0 \times 10^{-7}$
	Svaghetszon	10 m	3,1	$1,0 \times 10^{-7}$	$3,1 \times 10^{-6}$	$1,5 \times 10^{-11}$	$5,0 \times 10^{-6}$



Figur 11. Geografisk utbredning av utförda bergborrhål samt utvärderade brunnar tillsammans med deras konduktivitetsvärden.

6.3 Hydrogeologiska förhållanden

Grundvatten förekommer dels i berggrundens olika spricksystem, dels i jordlagren. I jord förekommer grundvatten i alla typer av jordarter, även lerjord, men det är så kallade sorterade jordar – sand och grus – som har hög vattengenomsläpplighetsförmåga och som kan lagra och avge grundvatten i någon betydande mängd. Den vanligt förekommande moränjorden kan vara från i princip tät (till exempel moränlera) till mycket vattengenomsläpplig (till exempel svallad morän).

I kristallint berg lagras och transporteras grundvatten i förekommande spricksystem. Då olika spricksystem kan förekomma utan inbördes kontakt, speciellt inom ett större område, kan det talas om olika berggrundvattenmagasin även om en sådan detaljerad indelning sällan görs. För ett berggrundvattenmagasin gäller generellt att spricksystemen kan ha hög vattengenomsläpplighet men samtidigt inte klarar att magasinera speciellt mycket grundvatten. Bergsprickorna fungerar alltså mer som transportvägar än magasin för grundvattnet.

Spricksystem i den ytliga berggrunden kan stå i god kontakt med överliggande jordlager. Då kan de bägge magasinerna betraktas som en enhet där grundvattenflödet till stor del sker i bergsprickor och där jordlagermagasinet med sin högre magasinkoefficient fungerar som ett lager, magasin, av grundvattnet. Är kontakten dålig, exempelvis på grund av vittrad och leromvandlad bergyta, kommer berggrundvattenmagasinet snabbt att avsänkas vid en grundvattendränning utan att ovanliggande jordlager påverkas i någon större grad.

Grundvattenförekomster delas in i öppet och slutet grundvattenmagasin. I ett öppet grundvattenmagasin står grundvatten i direkt kontakt med luften och grundvattenytan har en trycknivå motsvarande atmosfärtryck. I ett slutet grundvattenmagasin finns det ett tätande lager, till exempel lera, ovanpå akviferen och finns därmed ingen fri grundvattenyta, den piezometriska grundvattenytan kan ligga således högre än magasinet. Om ett öppet grundvattenmagasin underlagras av ett slutet magasin kallas det för övre grundvattenmagasin; det slutna magasinet kallas i så fall för undre grundvattenmagasin. Öppna grundvattenmagasin förekommer inom områden där lerjord saknas, till exempel moränjord inom höjdområden. Övre grundvattenmagasin förekommer exempelvis i den översta uppspruckna metern av lerjordar (så kallad torrskorpelera) och i fyllningsjord. Undre, slutna grundvattenmagasin förekommer i morän-, sand- eller grusjordlager under tätande lerjordlager. Ett slutet magasin övergår till ett öppet magasin när det tätande jordlagret upphör, till exempel vid foten av en berg- och moränhöjd.

Grundvattenbildningen varierar stort över året, dels beroende på att nederbörden inte fördelas jämnt dels då växternas upptag och avdunstningen är som störst under det varmare halvåret. Grundvattenmagasinens fyllnadsgrad minskar därför naturligt under sommaren och fylls sedan på under hösten men stora mellanårsvariationer kan ske. Grundvattenbildningen är normalt låg under sommaren och hög under senhöst och milda vintrar. Vid stränga vintrar magasineras nederbörden i form av snö, för att under perioder med snösmältning ge ett stort tillskott till grundvattenmagasinet. Sammantaget varierar grundvattenbildningen inom området i hög grad, beroende på de hydrometeorologiska förutsättningarna.

Figurerna i kommande avsnitt redovisar enbart ett urval av grundvattenrör för ökad läsbarhet. För komplett läge av grundvattenrör och brunnar som nämns i detta avsnitt se Bilaga C1.3. Grundvattendelarna som redovisas baseras till stor del på berg- och marktopografi. Utifrån topografin och bedömda bergbetingade vattendelare har delavrinningsområden avgränsats och en potentiell grundvattenbildning har beräknats för varje delavrinningsområde. Mer detaljerad beskrivning av beräkningarna finns i Bilaga C2, *Hydrogeologiska beräkningar*.

För mer ingående information angående sättningsunderlag och -beräkningar se Bilaga C7. Härnedan visas resultat från sättningsberäkningarna för två teoretiska scenarier, en grundvattensänkning till lerans underkant i tre månader samt för 1 meter grundvattensänkning i 50 år, som bedöms vara relevanta för påverkan från drivning med TBM respektive borra-spräng.

6.3.1 Kungsholmen

6.3.1.1 Jordlager

Topografin på västra och norra delen av Kungsholmen är kuperad med höjdområden vid Kristineberg, Fredhäll, Marieberg och Stadshagen. På östra Kungsholmen är topografin generellt lägre och flackare men höjdområden finns vid Kronobergsparken och Kungsklippan.

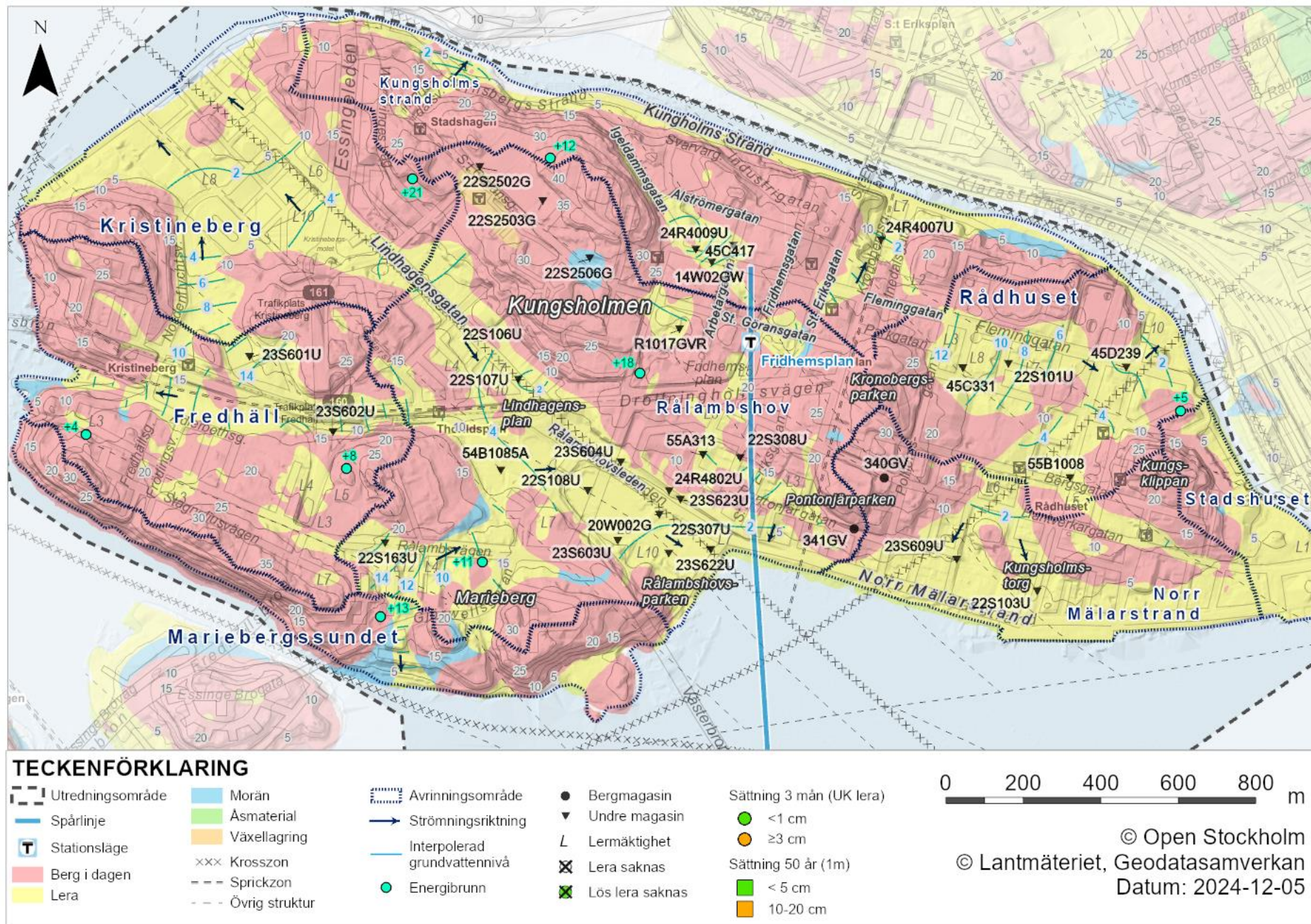
Kungsholmens markförhållanden karakteriseras av mestadels tunna jordlager och berg i dagen – synligt eller marknära berg. Undantaget är längs med två regionala krosszoner, som visas i Figur 12, där jordlagren ställvis överstiger 10 meter samt inom vissa delar längs den utfyllda strandlinjen. Längs med den nordväst-sydostliga zonen förekommer störst jorddjup vid Rålambshovsparken, ned mot strandkanten och vid Hornsbergsstrand. Jorddjup på cirka 20 meter förekommer också där den nordost-sydvästliga zonen passerar tunnelbanans Blå linje vid befintlig station Rådhuset.

Utöver de två nämnda regionala krosszonerna finns mindre sprickzoner som skapat lokala svackor i berggrunden med mäktigare jorddjup. Några exempel på sådana områden är längs Rålambsvägen vid Marieberg, vid korsningen St. Göransgatan-St. Eriksgatan, Igeldammsplan, och söder om Fleminggatan.

Där kajer anlagts är strandlinjen delvis utfylld ut i tidigare vattenområde. Fyllningsjord av mindre mäktighet kan dock förutsättas inom i princip all mark som är bebyggd och inte utgörs av parker.

Friktionsjordlagret som underlagrar leran bedöms i huvudsak utgöras av morän men sandigare eller grusigt material kan förekomma. Bedömningen baseras på jordprovtagning och siktanalys samt utifrån de hydraultest som beräknar jordlagret genomsläpplighet (Se avsnitt 6.3.1.2). Friktionsjordlagrets mäktighet är generellt cirka 0,5-2 meter men mäktigare lager förekommer. Ett undantag är till exempel i området väster om Sankt Eriksgatan, ned mot Barnhusviken där friktionsjordlagret är upp mot 5 till 6 meter mäktigt under lerlagret.

I Figur 12 redovisas lerjordmäktigheter som anges i stadens byggnadsgeologiska karta och var kolvprovtagning är utförd samt sättningsberäkningar i dessa punkter.



Figur 12 Översiktliga jord- och grundvattenförhållanden för Kungsholmen.

Inom lerområdet vid Igeldammsgatan, i avrinningsområde Kungsholms strand, förekommer lös lera punktvis men det bedöms saknas stort sett. Leran bedöms inte heller vara sättningbenägen vid Flemingtorget (korsning Fleminggatan-Sant Eriksgatan) då lös lera saknas. Detsamma gäller för lerområdet söder om Fridhemsplan som sträcker sig längs Fridhemsgatan och vidare längs Pontonjärsgatan västerut fram till Pontonjärparken där ingen lös lera har påträffats vid utförda sonderingar. I det lilla lerområdet mellan Fridhemsgatan och Sankt Eriksgatan ligger berget cirka 10 meter under gatunivå mycket lokalt. Enligt uppgifter från tidigare delen av 1900-talet, när några av husen byggdes, förekom lös lera. Mätning i ett äldre grundvattenrör visar dock att röret var torrt vid mättillfället under 70-talet och leran bedöms därför inte vara sättningbenägen. I det stora lerområdet som sträcker sig från Rålambshovsparken och längs med krosszonen mot avrinningsområde Kristineberg uppgår till 10 meter bland annat vid Rålambshovsparken och Lindhagensplan. Vid beräkningspunkten 22S107U är lermäktigheten 9 meter. Störst sättningsrisk bedöms därför finnas vid Rålambshovsparken och Lindhagensgatan. Uppmätt överkonsolideringsgrad från lerprover visar att det finns risk för pågående sättningar. I lerområden mellan Norr Mälarstrand och Kungsbroplan samt vid Marieberg förekommer lös lera. Grundvattennivåerna ligger dock relativt djupt inom det förstnämnda området, vilket visar sig som avsaknad av lös lera i provpunkten inom avrinningsområde Rådhuset. Sättningsmätningar från stadens Geoarkiv visar att det pågått och möjligen pågår sättningar i området.

6.3.1.2 Grundvatten

Grundvattenförhållanden på Kungsholmen präglas av de regionala svaghetszonerna och Kungsholmens kuperade topografi. Likaså påverkas förhållandena av bebyggelsen, hårdgjorda ytor och hanteringen av dagvatten. En annan bidragande faktor är befintliga dränerande undermarksanläggningar.

Västra Kungsholmen

Västra Kungsholmen omfattar avrinningsområdena Fredhäll, Mariebergsundet och Kristineberg (Figur 12). Området präglas av stora topografiska skillnader och avrinningen sker mot Tranebergsund, Ulvsundasjön respektive Mariebergssundet.

Grundvattenbildningen till undre magasin bedöms vara god inom framför allt Fredhäll beroende på en förhållandevis gles bebyggelse och stor andel natur eller parkmark (Tabell 10). Samtidigt gör det marknära bergytan att större grundvattenmagasin saknas förutom i ett område längs med Drottningholmsvägen. Avrinningen från området är begränsat till en smal passage mellan stigande bergshöjder till en vik, söder om Tranebergsbron, och bedöms till viss del ske via befintliga undermarksanläggningar och dagvattensystem. Exempelvis finns en lokal lågpunkt för grundvattnet i området där Essingeleden passerar över Drottningholmsvägen.

Inom Kristineberg faller grundvattennivåerna ned mot mälarstranden och undre magasinets trycknivå ligger generellt cirka 2 meter under markytan, något djupare där terrängen stiger.

Gränsen mot det större avrinningsområdet Rålambshov vid Drottningholmsvägen respektive Lindhagensgatan är inte fast utan bedömda utifrån dagens grundvattenförhållanden.

Det undre magasinets hydrauliska konduktivitet har undersökts i avrinningsområdena Fredhäll (längs med Drottningholmsvägen) och västra delen av Rålambshov genom så kallade slugtest vars resultat redovisas i Tabell 7. För grundvattenrörens lägen se Figur 12. De två testen inom delområde Fredhäll visade på stor skillnad i konduktivitet. En möjlig förklaring kan vara att rör 23S602U, intill vägen sitter i en fyllningsjord i stället för den ursprungliga moränen. Slugtesten inom avrinningsområde Rålambshov gäller rör inom parken, längs Lindhagensgatan samt i Mariebergsområdet. Dessa visar, med ett undantag, på relativt tätt undre friktionsjordlager. Undantaget är ett rör vid Lindhagensgatan, 22S106U, där fältprotokollet anger ett sandlager under leran.

Tabell 7. Beräknad hydraulisk konduktivitet (*K*) från slugtest på västra Kungsholmen.

Område	Rålambshov						Fredhäll	
ID	22S106U	22S107U	22S108U	22S163U	22S2503G	22S2506G	23S601U	23S602U
<i>K</i> (m/s)	1,5x10 ⁻⁴	3,9x10 ⁻⁷	3,0x10 ⁻⁶	1,5x10 ⁻⁶	5,4x10 ⁻⁶	4,6x10 ⁻⁶	6,6x10 ⁻⁶	1,3 x10 ⁻⁴

Centrala och östra Kungsholmen

Centrala och östra Kungsholmen avrinner antingen mot söder och Riddarfjärden eller norrut till Karlbergssjön, Barnhusviken och Klara sjö. Rålambshovsparken får även ett tillflöde från det högre belägna området vid Marieberg. Vattendelarna som redovisas i Figur 12 baseras till stor del på marktopografien. I området finns ett antal undermarksanläggningar, tunnlar för tunnelbanans Grön och Blå linje, olika ledningstunnlar, berggrumslager för fjärrkyla, parkeringsgarage med mera som påverkar dessa avrinningsförhållande. Detta gäller speciellt för berggrundvattnet men till viss del även för grundvattenförhållanden i jordlagren. Hårdgjorda ytor och dagvattendrängningar har också påverkat grundvattensituationen i jord under en längre tid. Merparten av undermarksanläggningarna är äldre, byggda mellan 1950–1980 där inläckaget har minskat då bergtunnlar till del självtätar över tid. Grundvattennivåer som uppmäts idag kan därmed anses vara stabila förhållanden.

Uppgifter om berggrundvattennivåer finns bara från ett fåtal bergborrade observationspunkter samt redovisat i SGU:s brunnregister med större osäkerhet där vattennivån uppmäts i samband med borrning. Vid Hantverkargatan söder om Kronobergsparken finns ett observationshål i berg (340GV) med en nivå mellan +6 och +6,5 vilket är nästan 15 meter under mark (se Figur 12). Den låga berggrundvattennivån beror på närheten till tunnelbanans Blå linje och andra närliggande tunnlar att borrhålet sannolikt har hydraulisk kontakt med dessa. I området för den nya station Fridhemsplan saknas brunnar eller borrhål med uppmätt vattennivå, men sannolikt är trycknivåerna i berggrunden kraftigt avsänkta kring befintliga anläggningar.

Grundvatten i jord finns i princip där jordartskartan visar på lerjord. Flertalet sådana områden inom den centrala delen har begränsad utbredning och jordlagren är avsatta i mindre svackor, skålar, i berggrunden. Grundvattennivåerna kan därför variera mycket inom måttliga avstånd beroende på att grundvattenflödet mellan magasinen begränsas av höga bergnivåer. Värt att notera är att det finns ett jordlagermagasin vid Stadshagens idrottsplats med jorddjup upp mot 7 meter (grundvattenrör 22S2503U och 22S2502U i Figur 12) där jordartskartan visar på marknära berg. Grundvattenrör 22S2506 inom det mindre området med moränjord är cirka 9 meter djupt. Detta pekar mot att zonen under St. Göransgatan som löper parallellt med den större krosszonen längs Lindhagensgatan har skapat en svacka i berggrunden.

Det undre jordmagasinets hydrauliska konduktivitet inom centrala och östra Kungsholmen, utvärderade från slugtest, redovisas i Tabell 8 respektive Tabell 9. För grundvattenrörens lägen se Figur 12. Testen visar generellt på låga konduktiviteter i det undre magasinet.

Tabell 8. Beräknad hydraulisk konduktivitet (*K*) från slugtest på centrala Kungsholmen.

Område	Rålambshov					Kungsholms strand	
ID	20W002G	22S307U	22S308U	23S623U	R1017GVR	24R007U	24R009U
<i>K</i> (m/s)	1,1x10 ⁻⁷	1,3x10 ⁻⁸	6,2x10 ⁻⁶	8,7x10 ⁻⁷	9,5x10 ⁻⁷	2,5x10 ⁻⁷	1,8x10 ⁻⁵

Tabell 9. Beräknad hydraulisk konduktivitet (K) från slugtest på östra Kungsholmen.

Område	Rådhuset			Norr Mälarstrand
ID	45C331	45D239	22S101U	22S103U
K (m/s)	$7,7 \times 10^{-7}$	$2,7 \times 10^{-7}$	$8,4 \times 10^{-6}$	$8,1 \times 10^{-5}$

Inom Rålambshovsparken finns ett större undre magasin som avrinner mot Riddarfjärden. Nivåmätningar indikerar en viss avsänkt grundvattennivå vid Lindhagensplan, vilket kan bero på dränering till befintliga undermarksanläggningar, bland annat tunnelbanans Grön linje, i området.

Två infiltrationstester har genomförts vid Rålambshovsparken. Ett infiltrationstest utfördes i grundvattenrör 24R4802U, den 19:e november 2024. Testet pågick totalt i cirka 24 timmar och flödet uppgick till cirka 110 l/min. Infiltrationstestet visade störst påverkan på grundvattennivåer i rören som ligger längs med Rålambshovsleden i höjd med Rålambshovsparken både nedströms och uppströms infiltrationspunkten. Höjning i grundvattennivåer uppmättes i flertal andra rör inom parken upp till Lilla Västerbron. Den 20:e november 2024 utfördes ett infiltrationstest i grundvattenrör 23S604U i cirka 24 timmar. Högsta flödet under testet nådde upp till 124 l/min. Infiltrationstestet visade störst påverkan på grundvattennivåer i 22S108U vid Lilla Västerbron, 23S623U och 23S603U nedströms. Påverkan kunde mätas i flera andra rör inom parken från Smedsuddsvägen i syd till Drottningholmsvägen i norr.

I slutet av Fleminggatan där den övergår till Igeldammsgatan och Mariebergsgatan har tre olika nivåer uppmätts för det undre magasinet. Ett rör, 24R009U, på Arbetargatan har en grundvattennivå kring +17. Vid ett annat rör, 14W02GW, som ingår i ett kontrollprogram för Stockholm Exergi, mäts nivåer mellan +12,5 och +15. Slutligen finns ett stadsrör, 45C417, som mäts sedan 1970-talet. Nivån pendlade inledningsvis kring +9 för att under en period mellan år -78 till -84 (eventuellt längre) variera kring +7. Idag pendlar nivån mellan +7 och +11, det vill säga ungefär som under tidigt 70-tal. I området varierar bergöverytan kraftigt och profiler genom kvarteret Dykaren, vid korsning Alströmergatan-Arbetargatan, från stadens geoarkiv visar på två bergsvackor med mellanliggande marknära berg. Den varierande grundvattennivån bedöms bero på bergytans variation. Exempelvis vid rör 14W02GW på södra sidan av Fleminggatan har bergöverytan en nivå kring +15. Nivåskillnaden mellan rören kan alltså antingen bero på att bergtrösklar förekommer och lokalt håller uppe grundvattennivå i mindre skålar, eller så är undre friktionsjord så pass tät att grundvattennivån i jord följer bergytans variationer och inte dräneras ur till lägre liggande områden. Oavsett bedöms grundvattennivån ligga under eller vid underkant av lerlagret då dennas mäktighet också varierar med bergytans nivåer.

Vid korsningen Fridhemsgatan-Drottningholmsvägen, Fridhemsplans sydligaste befintliga uppgång, har det funnits ett grundvattenrör som mättes under 70-talet; då låg grundvattennivån cirka 4 meter under markytan. Även ett kvarter norrut, på Sankt Göransgatan, har det funnits ett grundvattenrör som mättes ett par gånger tidigt 70-tal; de mätningarna påvisade inget grundvatten cirka 6,5 meter under markytan. Tunnelbanans Grön linje byggdes tidigare medan Blå linje byggdes då och invigdes 1975. Inom området söder om Drottningholmsvägen finns ett område med lerjord. Här uppmäts grundvattennivåer mellan +7 till +9, vilket är 4 till 5 meter under markytan och bedöms vara under lerans underkant. Grundvattenrör 55A313 uppvisar samma nivåer som under mätperioden 1975-1979.

Det avgränsade området som i Figur 12 benämns delavrinningsområde Rådhuset har sin naturliga avrinning mot Barnhusviken strax norr om Kungsbron. Gränsen mot området som avrinner till Norr Mälarstrand bestäms till stor del av högre bergnivåer men är inte fast vid passagen av den

större svaghetszonen med nordost-sydvästlig orientering. Här påverkar dränering till befintliga berganläggningar grundvattenförhållandena. Exempelvis rör 55B1008 i korsningen Bergsgatan och Scheelegatan varierar idag mellan cirka +3 till +4. Under perioden 1969 till 1976 uppmättes nivåer under +2 och vid två cirka årslånga tillfällen gick nivån under +0. Även andra rör vid Rådhuset visar på att de var avsänkta under 70-talet.

Grundvattenbalans

Tabell 10 nedan redovisar översiktligt den potentiella grundvattenbildningen och bedömd bortledning för befintliga dränerande anläggningar i berg. Förutom tunnelbanans bergtunnlar för Grön och Blå linje finns olika ledningstunnlar och bergrum för vilka inläckaget uppskattats. Saltsjötunneln som leder Bromma avloppsvatten till Kastellholmen löper längs i princip hela Kungsholms strand. Saltsjötunneln är delvis vattenfylld i varierande grad och dess dränering bedöms vara försumbar.

Tabell 10. Grundvattenbalans per delavrinningsområde inom Kungsholmen.

Delavrinningsområde	Vattenbalans	Övre magasin	Undre magasin (l/min)	Total
Fredhäll	Grundvattenbildning	83	213	296
Kristineberg	Grundvattenbildning	115	106	221
Kungsholms strand	Grundvattenbildningsöverskott	49	111	160
	Grundvattenbildning	+49	+176	+225
	Tunnelbanans Blå linje		-32	
	Bergtunnel 1		-15*	
	Tunnelbanans Grön linje		-18	-65
	Saltsjötunneln		0*	
Mariebergssundet	Bergrum		0*	
	Grundvattenbildning	13	109	122
Norr Mälarstrand	Grundvattenbildningsöverskott	78	45	123
	Grundvattenbildning	+78	+62	+140
	Tunnelbanans Blå linje		-17	-17
Rådhuset	Grundvattenbildningsöverskott	67	73	140
	Grundvattenbildning	+67	+98	+165
	Tunnelbanans Blå linje		-25	-25
Rålambshov	Grundvattenbildningsöverskott	197	193	390
	Grundvattenbildning	+197	+352	+548
	Tunnelbanans Blå linje		-83	
	Tunnelbanans Grön linje		-37	
	Riksarkivet		-10*	
	Bergtunnel 1		-25*	-159
	Bergtunnel 2		-1*	
Bergtunnel 3		-3*		
Stadshuset	Grundvattenbildningsöverskott	34	5	39
	Grundvattenbildning	+34	+13	+47
	Tunnelbanans Blå linje		-8	-8

*Antaget värde

6.3.2 Mälarpassagen

Delområdet Mälarpassagen omfattar öarna Reimersholme och Långholmen samt en del av västra Södermalm.

6.3.2.1 Jordlager

Långholmen är kuperat och norra sidan sluttar brant ned mot Riddarfjärden som har sitt största vattendjup längs med öns norra strand. Markförhållandena är till stor del ytligt berg täckt av ett tunnare moränjordlager. Ett mindre område med lerjord finns mot Långholmskanalen och i ett mindre stråk som sträcker sig tvärs över ön från Långholmskanalen och Pålsundet till Långholmsbadet. Stadens geoarkiv redovisar en lermäktighet på 10 meter vid en punkt vid Pålsundet, medan andra sonderingar visar på ingen eller tunnare lerlager. Stranden mot kanalen är delvis utfylld.

Reimersholmes markförhållanden består likt Långholmen mestadels av en bergshöjd, med en marknivå som högst cirka +30. Den sydöstra sidan, där gamla bränneriet låg, är utfylld tidigare sjöbotten. Längs norra sidan förekommer också ett område med lerjord. Dock framgår av stadens husgrundläggningsskarta att byggnaderna längs med Långholmskanalen till största del är grundlagda direkt på berg så lermäktigheten är förmodat relativt liten.

Västra delen av Södermalms markförhållanden karaktäriseras av varierande topografi med bergshöjder, exempelvis i Högalidsparken och i princip längs med hela Söder Mälarstrand. Mellan Högalidsskolan bergshöjd och bergshöjden vid Pålsundsparken löper en rygg med marknära berg som stänger in ett område med upp till 7 till 10 meter lerjordlager (Figur 13).

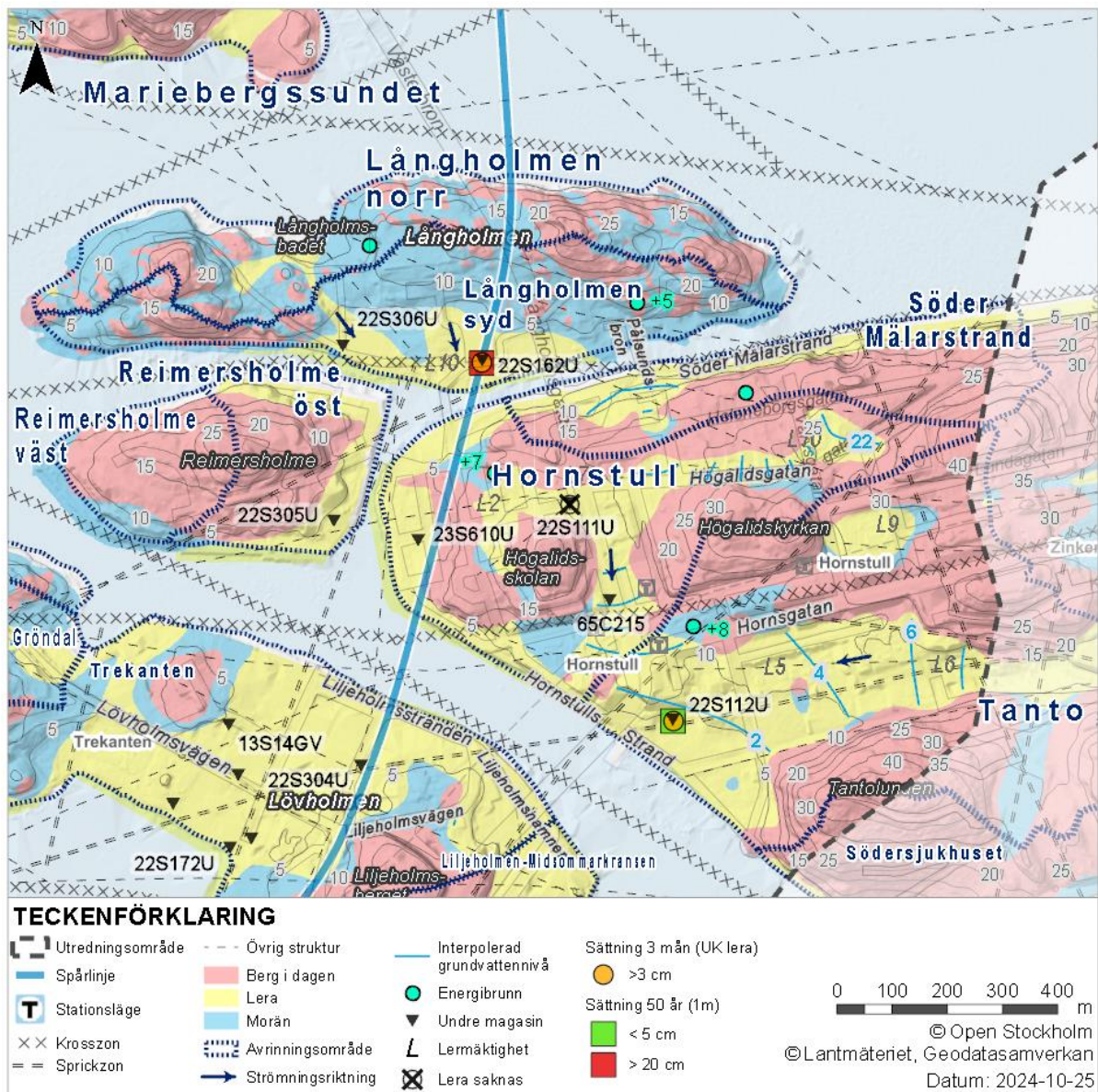
Vid Liljeholmsbrons landfäste och parken bort mot Zinkensdamm ligger marknivåerna lägre och området är utfyllt, områdesvis med upp till 10 meters fyllning. Även längs strandlinjen vid Bergsunds strand och västra delen av Söder Mälarstrand är marken utfylld. Fram till mitten av 1800-talet fanns det två dammar, Zinkensdamm, i området där Tantolundens norra kolonistugeområde är beläget som var kopplade till Fatbursområdet via diken. I Tantolunden breder sig ett stort lertäcke ut med jorddjup upp till 12 meter nära Årstaviken.

Det finns ett antal svaghetszoner i området varav dom flesta sträcker sig mellan öarna, en krosszon sträcker sig även parallellt med Hornsgatan i öst-västlig riktning på Södermalm.

I Figur 13 redovisas lerjordmäktigheter som anges i stadens byggnadsgeologiska karta och var kolvprovtagning är utförd samt teoretiska sättningsberäkningar i dessa punkter.

I södra delen av Långholmen är leran mäktig (upp till 7,5 meter) och sättningsbenägen för både en kortvarig och en långvarig grundvattensänkning. Uppmätt överkonsolideringsgrad från lerprover indikerar att det kan pågå sättningar.

Lerområdet mellan Hornsgatan och Årstaviken, i avrinningsområde Tanto är sättningsbenägen för en kortvarig grundvattensänkning. Uppmätt överkonsolideringsgrad från lerprover indikerar också att det finns risk för pågående sättningar. Uppe på höjdområdet vid Högalidsgatan har ingen lera påträffats vid provpunkten.

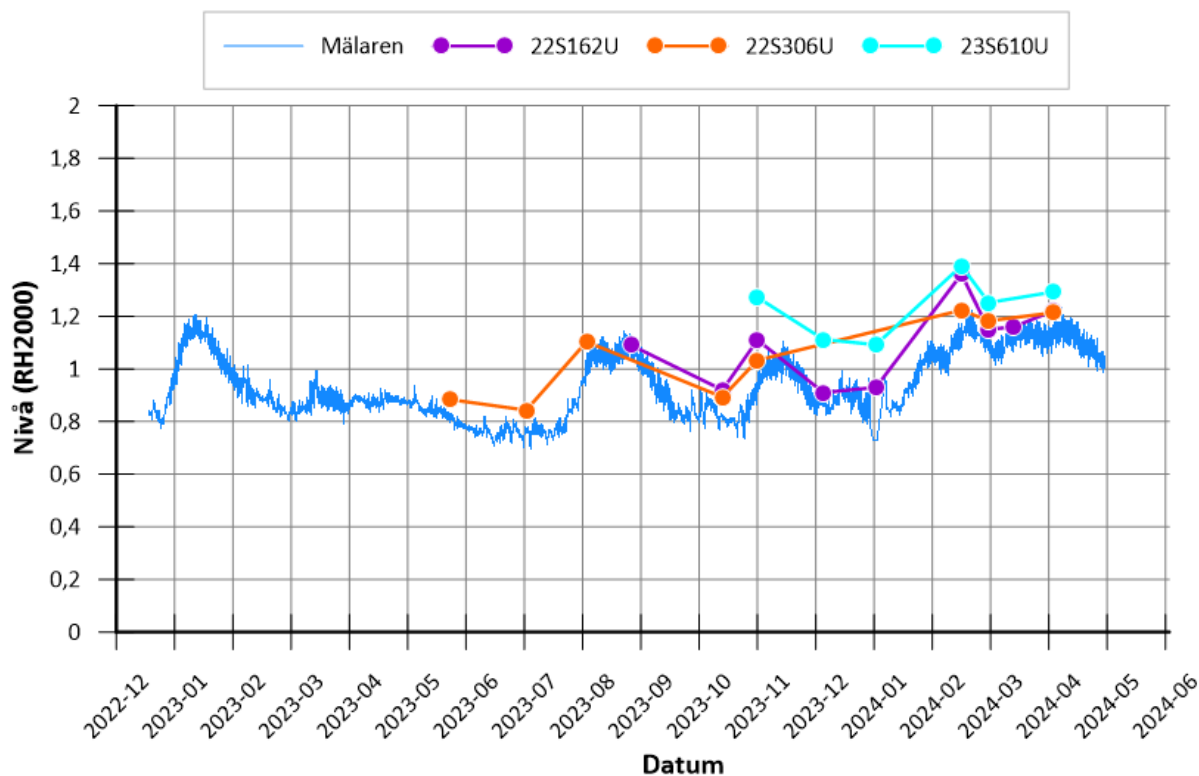


Figur 13. Översiktlig jord- och grundvattenförhållanden för Mälarpassagen.

6.3.2.2 Grundvatten

Långholmen och Reimersholme

Grundvattenmagasin i jord finns främst inom området med något mäktigare jordlager på Långholmens södra sida samt möjligen i vissa moränjordsvackor uppe i de högre delarna av ön. På södra sidan av ön varierar grundvattennivåerna mellan cirka +0,9 och +1,5 vilket är i nivå med Mälarens och grundvattnet följer Mälarens nivåfluktuationer (Figur 14). Långholmens grundvattennivå i berg har mätts i två energibrunnar i samband med installation och nivåerna låg 5 till 8 meter under markytan.



Figur 14. Grundvattennivåer vid Långholmen och Södermalm.

Grundvattenmagasin i jord på Reimersholme antas finnas vid öns stränder, dels i friktionsjordlager under lerjorden, dels i fyllningslager som kan antas ha viss kontakt med Mälaren. Uppmätta nivåer vid sydöstra delen av ön visar en grundvattennivå på cirka +1. Byggnaderna på öns norra sida har källargolvsnivå kring +1,7 som lägst vilket kan indikera vad grundvattennivån är som högst, det vill säga en knapp meter över Mälarens normalnivå.

De undre jordmagasinens hydrauliska konduktivitet i Långholmen har undersökts genom slugtest, Tabell 11. Resultatet pekar mot en moränjord.

Tabell 11. Beräknad hydraulisk konduktivitet (K) från slugtest och siktanalys* vid Långholmen, Reimersholme och Södermalm.

Område	Långholmen syd	Tanto	Hornstull		
ID	22S162U	22S112U	22S111U	23S610*	65C215
K (m/s)	$3,5 \times 10^{-5}$	$4,1 \times 10^{-6}$	$2,0 \times 10^{-7}$	$3,1 \times 10^{-5}$	$8,8 \times 10^{-8}$

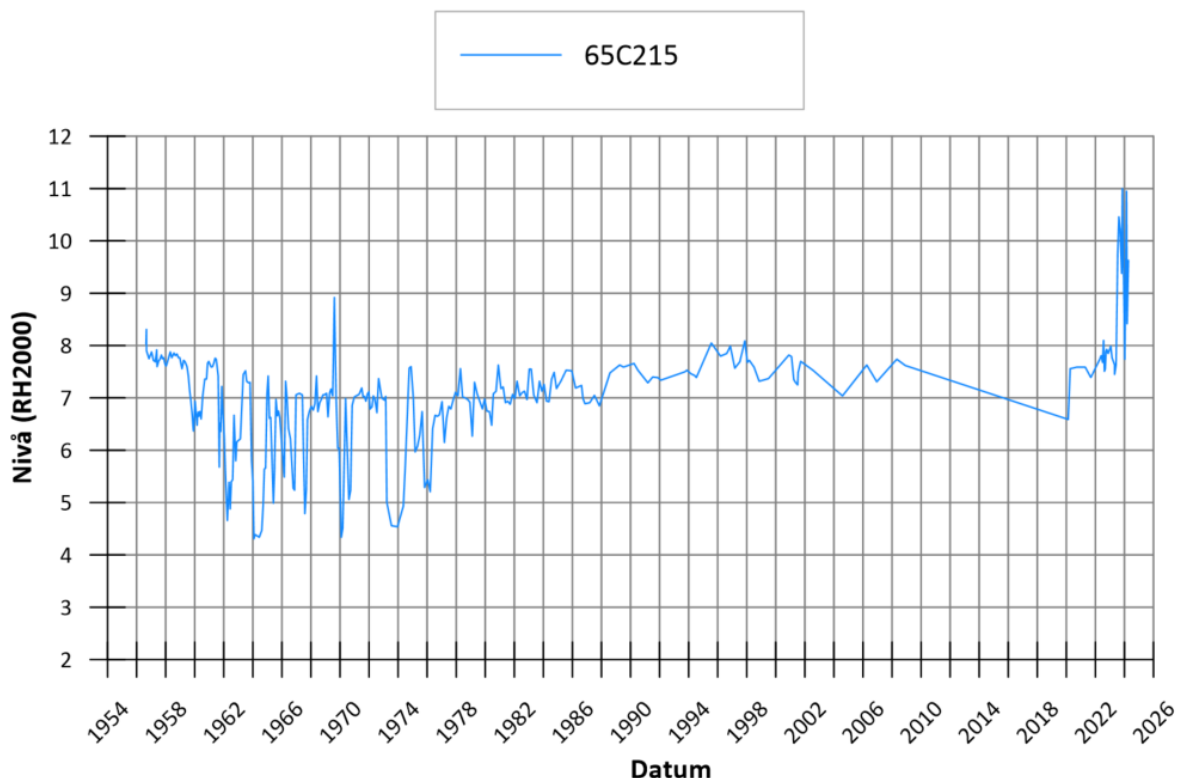
Västra Södermalm

Grundvattenmagasin i jord finns främst i de lerjordtäckta dalsvackorna vid Tantolunden och Hornstull-Högalid samt längs med strandkanterna. Inom Hornstulls avrinningsområde följer grundvattennivån med den stigande marknivån längs med Långholmsgatan och uppmätta nivåer kring +14 ligger endast någon meter under gatunivån. De högsta grundvattennivåerna i jord uppmäts under Högalidsgatan, öster om Högalidskyrkan med nivåer upp till cirka +22. Vid Hornstull tunnelbanestation har grundvattennivåerna varit stabila sedan början av 80-talet. Stationen invigdes 1964 och grundvattennivåerna var avsänkta under och några år efter byggtiden med cirka 3 meter jämfört med dagens nivåer på cirka +7,5 (Figur 15).

I den lerjordstäckta dalsvackan vid Tantolunden sjunker grundvattennivån från cirka +5 i östra delen till Mälarnära nivåer vid strandkanten med en relativt flack grundvattengradient.

Inom höjdryggen längs med Söder Mälarstrand finns två energibrunnsanläggningar med nivåuppgifter, där låg grundvattennivån i borrhålen cirka 6 meter under markytan vid installationstillfället. En anläggning nere vid Hornstulls strands kaj hade grundvattennivån 8 meter under markytan vid installation, vilket är under Mälarens nivå. Det kan peka mot att berggrundvattnet är påverkat av befintlig tunnelbana eller annan undermarksanläggning. O3

De undre jordmagasinens hydrauliska konduktivitet inom västra Södermalm redovisas i Tabell 11 ovan. Resultaten för punkterna inom delavrinningsområde Hornstull och Tanto visar på förhållandevis tätt till ett mycket tätt undre magasin. Se Figur 13 ovan för testpunkternas läge.



Figur 15. Uppmätt grundvattennivå vid Hornstull i grundvattenrör 65C215.

Grundvattenbalans

I Tabell 12 nedan redovisas översiktligt den potentiella grundvattenbildningen och bortledning för befintliga dränerande anläggningar i berg.

Tabell 12. Grundvattenbalans per delavrinningsområde inom Mälarpassagen.

Delavrinningsområde	Vattenbalans	Övre magasin	Undre magasin (l/min)	Total
Hornstull	Grundvattenbildningsöverskott	37	60	97
	Grundvattenbildning	+37	+72	+109
	Tunnelbanans Röd linje		-12	
Långholmen norr	Grundvattenbildning	3	83	86
Långholmen syd	Grundvattenbildning	20	84	104
Reimersholme väst	Grundvattenbildning	0	28	28
Reimersholme öst	Grundvattenbildning	10	23	33
Söder Mälärstrand	Grundvattenbildning	11	32	43
Södersjukhuset	Grundvattenbildning	0	6	6
Tanto	Grundvattenbildningsöverskott	53	65	118
	Grundvattenbildning	+53	+80	+133
	Tunnelbanans Röd linje		-15	

6.3.3 Liljeholmsområdet

6.3.3.1 Jordlager

Området vid Liljeholmen är typiskt för stora delar av Mälardalen med kuperad terräng med mindre höjder med synligt berg eller tunnare moränjordtäckte och mellanliggande dalgångar med lerjord. De mellanliggande dalsvackorna följer de huvudsakliga svaghetszonernas orientering. De största jorddjupen återfinns längs med de tre regionala svaghetszonerna (kryssade linjer i Figur 16) som korsar området, där jorddjupen är generellt uppemot 10 meter, samt vid de utfyllda kajerna. Generellt förekommer ett par meter fyllning i en stor del av området som är bebyggt.

Väster om sjön Trekanten har det, enligt historiska kartor, funnits en mindre sjö fram till under 30-talet. Jordlagermäktigheten där är idag uppemot 20 meter varav 16 meter består av lera.

Sydost om Trekanten, vid Liljeholmstorget, visar profilritningen för tunnelbanans Röd linje att berggrunden är djupt nedskuren till nivå cirka -12, motsvarande knappt 20 meter under markytan eller cirka 25 meter under dagens torgnivå. Bergsvackan följer en regional svaghetszon mot Liljeholmskajen, men berget blir mer marknära vid Södertäljevägen där det formar en grundvattendelare. Vid Liljeholmstorget och Marievik finns relativt mäktiga fyllningslager.

Lövholmen, området mellan Trekanten och Liljeholmsviken har fyllningslager upp mot 15 meter som mest längs med Liljeholmshamnen. Jorddjupet är minst i höjd med Lövholmsvägen och tvärbanan. Söder om dessa förekommer över 5 meter lera i ett par punkter enligt byggnadsgeologiska kartan. Norrut förekommer också ställvis lös lera med mäktigheter >5 meter. Vid Liljeholmstorget är friktionsjordlagret generellt mellan cirka 0,5 upp till 3 meter tjockt men mäktigare lager kan förekomma. Vid befintlig tunnelbanestation har friktionsjordmäktighet upp mot 5 meter påträffats.

I Figur 16 redovisas lerjordmäktigheter som anges i stadens byggnadsgeologiska karta och var kolvprovtagning är utförd samt teoretiska sättningsberäkningar i dessa punkter.

Kring station Liljeholmen och söder om Liljeholmen mellan Nybodadepån och Årstadal är leran relativt sättningbenägen. Uppmätt överkonsolideringsgrad från lerprover tyder på att det finns risk för pågående sättningar vid stationsläget. Risk för pågående sättningar är stor vid Årstadal.

I området har nyligen Stockholm vatten och avfall (SVOA) byggt en tunnel för framtida avloppsrening (SFA). I det tekniska underlaget för deras miljötillstånd framgår att det kan finnas mindre pågående sättningar i lerområdet vid Årstadal och att en dränering till deras tunnel kan medföra ytterligare sättning om inte skyddsåtgärder vidtas. SVOA har ytterligare ett tunnelprojekt i området (Mässtunneln), väster om Essingeleden. Från deras miljödömsansökan framgår att det troligen även finns pågående sättningar i lerjorden i området där Hägerstensvägen går under Essingeleden.

6.3.3.2 Grundvatten

Grundvattenförhållandena vid Liljeholmen präglas av de regionala svaghetszonerna och den förhållandevis branta topografin med de markanta bergshöjderna.

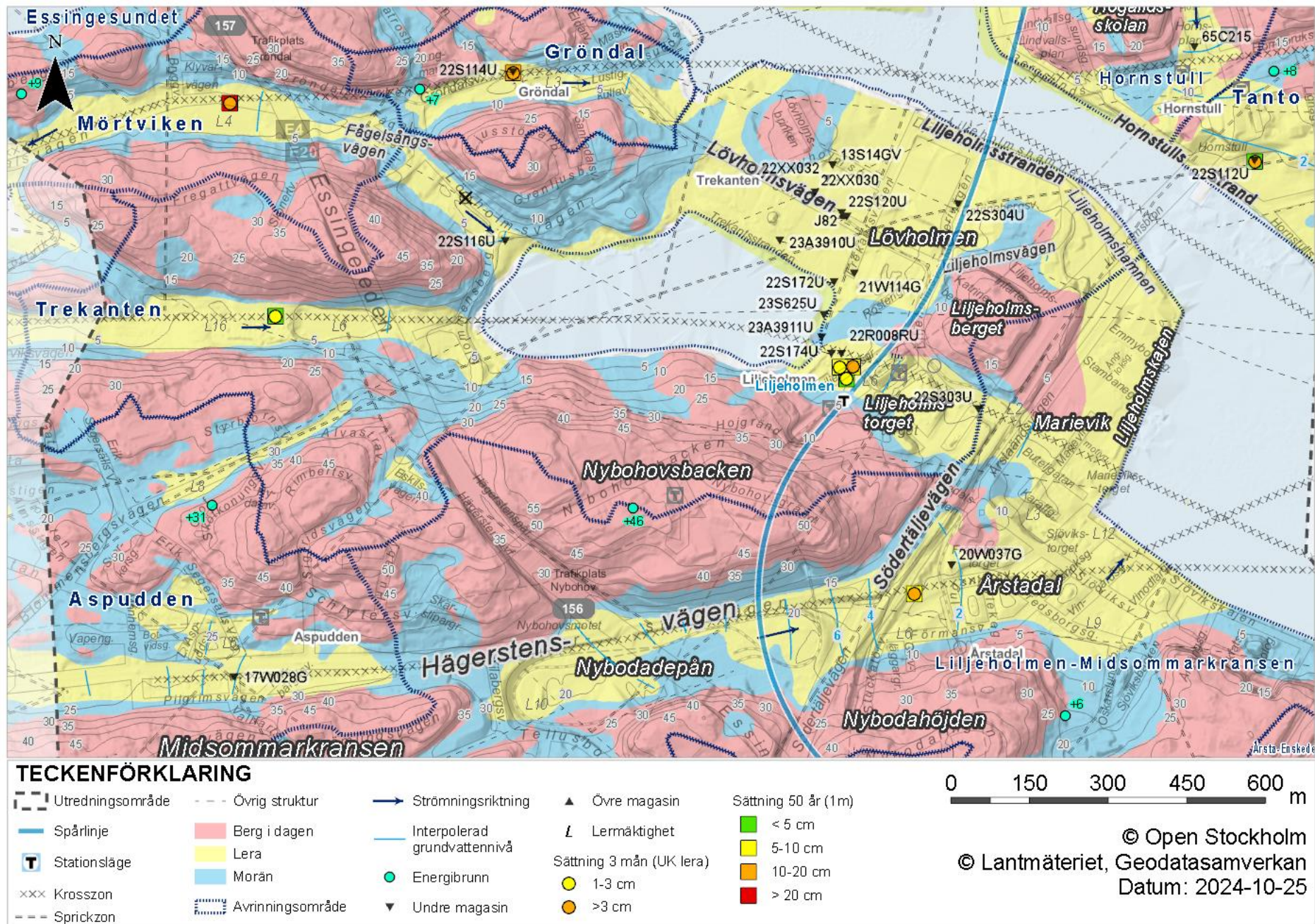
I området finns ett antal undermarksanläggningar: tunnlar för tunnelbanans Röd linje, ledningstunnlar, parkeringsgarage, med mera. Som tidigare nämnt har SVOA nyligen byggt en avloppstunnel i området. Den passerar söder om Trekanten och under det lertäckta området vid Årstadal och vidare in i Årsta. Enligt uppgifter från kontrollprogramsrapport för SFA, bedöms inte någon avsevärd grundvattenpåverkan ha uppkommit vid Årstadal och Liljeholmskajen, men skyddsinfiltration har utförts. Byggnation av SVOA:s andra tunnel, Mässtunneln, är ännu inte påbörjad.

Norra Liljeholmsområdet

Norra och västra delarna av området omfattar delavrinningsområdena Essingesundet, Mörtviken och Gröndal. Området karaktäriseras av en brant topografi och avrinningen sker norrut mot Mälaren, respektive västerut till Mörtviken och österut till Liljeholmsviken. Längs med Gröndalsvägen går en lång lerjordtäckt dalgång. I höjd med Fågelsångsvägen finns en grundvattendelare som separerar avrinningsområdena Gröndal och Mörtviken. På båda sidor om grundvattendelaren är grundvattengradienten flack, och faller från cirka +2,5 till Mälarens nivå (cirka +0,9) vid strandkanten. De undre jordmagasinens hydrauliska konduktivitet redovisas i Tabell 13. Se Figur 16 för grundvattenrörens lägen.

Tabell 13. Beräknad hydraulisk konduktivitet (K) från slugtest i nordvästra Liljeholmsområdet.

Område	Gröndal	Trekanten (väster om sjön)
ID	22S114U	22S116U
K (m/s)	$3,1 \times 10^{-5}$	$5,9 \times 10^{-5}$

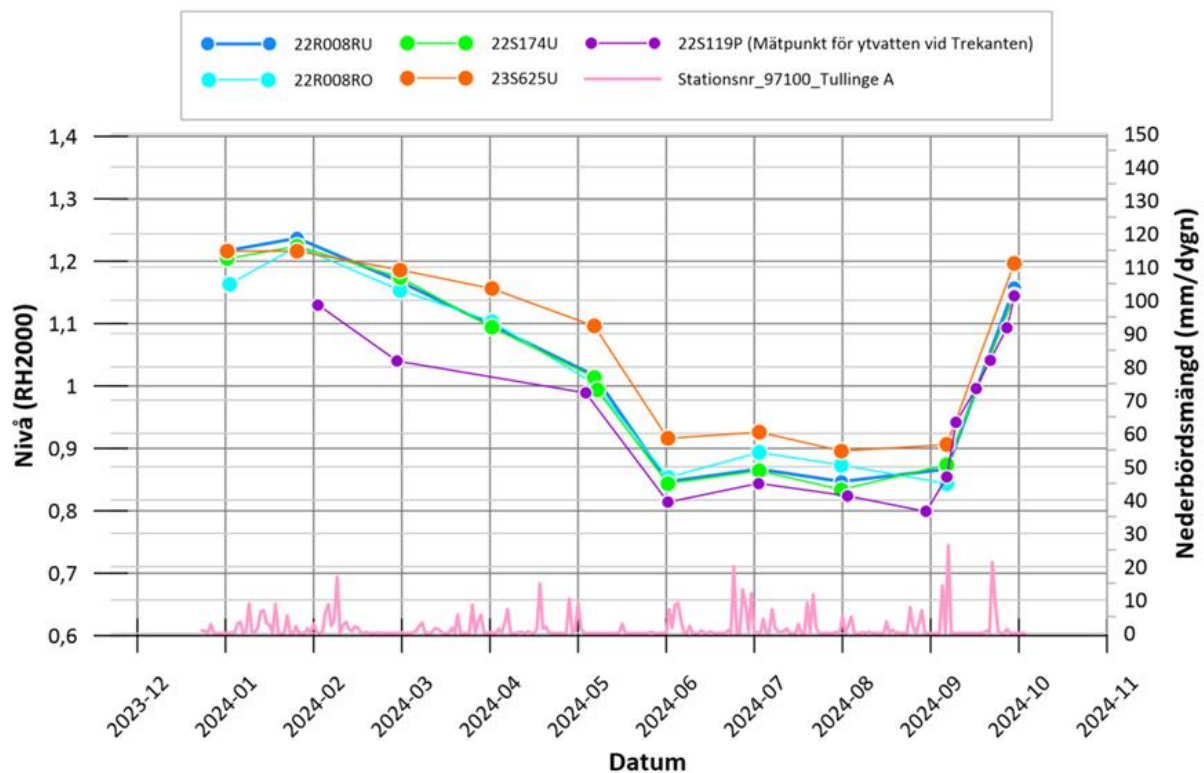


Figur 16. Översiktlig jord- och grundvattenförhållanden för Liljeholmen.

Centrala Liljeholmsområdet

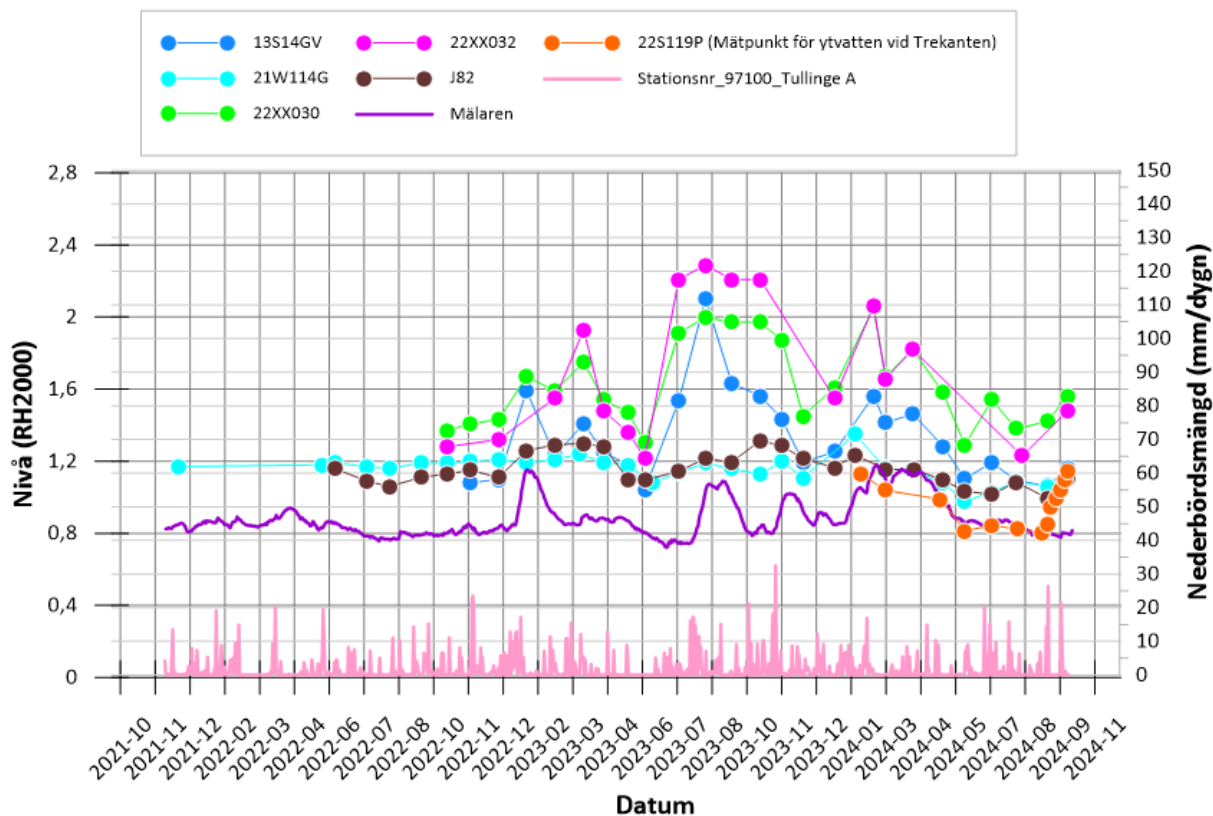
Avrinningsområdet Trekanten utgör centrala delen av Liljeholmsområdet. Avrinningen sker direkt till Liljeholmsviken eller via Trekanten som avrinner till Liljeholmsviken via en ledning.

I magasinet öster om sjön Trekanten, vid Liljeholmstorget, stiger grundvattennivån i undre magasin från cirka +1,2 inom parken vid Trekantens strand till cirka +2 vid Södertäljevägen och den bedömda vattendelaren. Området är ett utströmningsområde för de omkringliggande höjderna och det finns en uppåtriktad grundvattengradient, från berggrunden till undre magasin. Även vidare från undre till övre magasin finns en uppåtriktad gradient; närmast Trekanten är nivåerna samma i magasinen. Berggrundvattennivån i området ligger kring cirka +2,5. Figur 17 visar Trekantens vattenstånd tillsammans med grundvattennivåer inom Trekantparken och samvariationen mellan dem. Diagrammet nedan indikerar att undre grundvattenmagasin och sjön har god kontakt men sjöns medeldjup är bara 4,4 meter (cirka 7 meter som djupast) vilket borde betyda att dess botten gränsar mot lerjord. Sammantaget görs bedömningen att sjöns botten och undre grundvattenmagasin har viss kontakt men att utbytet begränsas av bottensediment eller tunnare lerlager med lägre hydraulisk konduktivitet än för den undre friktionsjorden.



Figur 17. Grundvattennivåer inom Trekantparken, mellan Liljeholmstorget och Trekanten, visar en relativ tydlig samvariation med Trekantens vattennivåer.

Inom Lövhöjden, det vill säga området mellan Trekanten och Liljeholmsviken, visar grundvattenmätningar att grundvattennivån varierar mellan cirka +1 och +2, cirka 2–3 meter under markytan (Figur 18). De högsta nivåerna uppmäts i rör inom den centrala delen av området och en viss gradient finns ned mot både Trekanten och Liljeholmsviken. Detta pekar mot att en viss grundvattenbildning sker till undre magasin i området.



Figur 18. Grundvattennivåer mellan Trekanten och Liljeholmsviken. Förutom nederbörd visar vissa grundvattenrör samvariation med Mälarens (Liljeholmsviken) vattenstånd och vissa med Trekantens vattennivåer.

De undre jordmagasinens hydrauliska konduktivitet, undersökta genom slugtest, redovisas i Tabell 14. De fem första rören är belägna inom Lövholmen, norr om Trekanten och indikerar med ett undantag på hydraulisk konduktivitet undre magasin. Det kan bero på att magasinet delvis utgörs av fyllningsjordar. De två sista rören är placerade vid Trekantsparken intill Liljeholmstorget och indikerar lite tätare förhållande utifrån testresultatet. Se Figur 16 för grundvattenrörens läge.

Tabell 14. Beräknad hydraulisk konduktivitet (K) från slugtester i centrala Liljeholmsområdet.

Område	Trekanten						
ID	22S120U	22S172U	22S304U	23A3910U	21W114G	23A3911U	22R008RU
K (m/s)	$1,4 \times 10^{-5}$	$1,9 \times 10^{-4}$	$1,5 \times 10^{-4}$	$3,6 \times 10^{-4}$	$5,3 \times 10^{-6}$	$5,6 \times 10^{-5}$	$7,1 \times 10^{-5}$

Utöver ovan redovisade slugtest utfördes ett infiltrationstest i grundvattenrör 22R008RU i Trekantsparken med ett maxflöde på 85-90 l/min. En tydlig påverkan uppmättes i 22S174U som ligger cirka 25 meter väster om infiltrationsröret men inte i något av övriga rör i området. En vecka innan utfördes en provpumpning under en dag i grundvattenrör 22S174U med ett maxflöde på 25 l/min. En avsänkning på 44 centimeter uppmättes i 22R008RU men inte i något av övriga rör. Utvärdering av resultat från provpumpningen visar något större genomsläpplighet, jämfört med slugtesterna i området, i det undre friktionslagret, mellan 2×10^{-4} m/s (22R008RU) och 8×10^{-4} m/s (22S174U) som kan förklaras med en positiv hydraulisk rand, Trekanten.

Södra Liljeholmsområdet

Södra delen av området består av avrinningsområden Liljeholmen-Midsommarkransen och Aspudden. Området avrinner till största delen österut mot Årstaviken. Ett mindre område tillhör avrinningsområde Aspudden och avrinner västerut och vidare mot Mälaren.

I den lerjordstäckta dalsvackan längs med Hägerstensvägen visar mätningar att grundvattennivån i västra delen av grundvattenmagasinet hålls uppe av antingen en bergsklack eller av en minskande genomströmningsarea belägen strax väster om Södertäljevägen, från där nivån sedan faller från cirka +8 ned till +3 över en kort sträcka ned mot Liljeholmskajen.

I området vid Nybodadepån, inom västra delen av dalgången har projektet Mässtunneln gjort ett infiltrationstest med ett flöde på cirka 30 l/min. I ett grundvattenrör, installerat cirka 50 meter från infiltrationspunkten kunde en tydlig påverkan (cirka 1 meter nivåhöjning) ses under testet. I östra delen av dalgången mot Årstadal har SFA skyddsinfiltreerat under tiden de byggt i området, som mest med 28-30 l/min.

De undre jordmagasinens hydrauliska konduktivitet redovisas i Tabell 15. Se Figur 16 för grundvattenrörens lägen.

Tabell 15. Beräknad hydraulisk konduktivitet (K) från slugtest i sydvästra Liljeholmsområdet.

Område	Aspudden	Liljeholmen-Midsommarkransen	
ID	17W028G	20W037G	17W021G
K (m/s)	$1,8 \times 10^{-6}$	$7,2 \times 10^{-7}$	$8,8 \times 10^{-5}$

Grundvattenbalans

I Tabell 16 nedan redovisas översiktligt den potentiella grundvattenbildningen och bedömd bortledning för befintliga dränerande anläggningar i berg.

Utöver de befintliga undermarksanläggningarna redovisade i tabellen nedan finns tunnlar och berggrum genom bergshöjden som avgränsar området mot Årsta-Västberga, bland annat tvärbanans spårtunnel. Dessa bedöms inte dränera omkringliggande grundvattenmagasin i jordlagren men kan däremot leda bort en del av grundvattenbildningen. Då bergshöjden endast överlagras av ett tunt jordtäckte bedöms dock dräneringen vara liten till dessa undermarksanläggningar.

Tabell 16. Grundvattenbalans per delavrinningsområde i Liljeholmsområdet.

Delavrinningsområde	Vattenbalans	Övre magasin	Undre magasin	Total
		(l/min)		
Aspudden	Grundvattenbildningsöverskott	24	117	141
	<i>Grundvattenbildning</i>	+24	+130	+153
	<i>Tunnelbanans Röd linje</i>		-13	
Essingesundet	Grundvattenbildning	1	69	70
Gröndal	Grundvattenbildning	12	45	57
Liljeholmen- Midsommarkransen	Grundvattenbildningsöverskott	111	307	418
	<i>Grundvattenbildning</i>	+111	+475	+586
	<i>SFA</i>		-67	
	<i>Mässtunneln</i>		-84	-168
	<i>Tunnelbanans Röd linje</i>		-7	
	<i>Tunnelbanans Röd linje</i>		-10	
Mörtviken	Grundvattenbildning	18	82	100
Trekanten	Grundvattenbildningsöverskott	116	161	277
	<i>Grundvattenbildning</i>	+116	+336	+453
	<i>SFA</i>		-80	
	<i>Mässtunneln</i>		-4	
	<i>Tunnelbanans Röd linje</i>		-48	
	<i>Liljeholmsgaraget</i>		-8	-175
	<i>Bergtunnel 1*</i>		-30	
	<i>Bergtunnel 2*</i>		-5	

*Antaget värde

6.3.4 Västberga och Årsta

6.3.4.1 Jordlager

Topografin i Västberga och Årsta delområde varierar med kuperade höjdområden längs med norra och södra gränsen och centralt de stora flacka Västberga-, Årsta- och Enskedefältet.

Sammanhängande lertäckta områden utgörs av Västberga industriområde med spårområdet samt av Årstafältet och en mindre del av Årstaberget. Inom Västberga industriområde fram till Västberga Allé uppgår lermäktighet till cirka 15 meter för att minska något under spårområdet och mot Årstaberget, där lera ställvis kan saknas.

Marknära eller relativt ytligt berg finns i en kil upp under Årsta partihallar och delvis upp mot Årstaberget där berg delvis finns i dagen.

Årstafältet har mycket varierande jordlagermäktighet med "öar" där bergytan går upp närmare markytan. Generellt återfinns de djupaste jordlagren längs med Årstafältets norra sida med lermäktigheter upp mot 20 meter. Vid centrala och södra sidan förekommer lermäktigheter upp mot cirka 10 meter. Det underliggande friktionsjordlagret är heterogent i sin art och mäktighet. Siktanalyser utförda kring planerad station samt underlag från Geoarkivet visar att friktionsjorden är sandig med inslag av silt som mot Östberga får större inslag av lera. Ställvis saknas det friktionsjord och lerjorden vilar direkt på berg; men mäktigare friktionsjord, 3-4 meter, förekommer.

I området vid Årstabergs pendeltågstation och tvärbanestation varierar jorddjupet från någon meter till upp mot 10 meter i de sonderingar som utförts men långt ifrån alla är jordbergsondering med säker berggrundsnivå. Friktionsjordlagret under leran saknas ibland och bedöms mestadels vara tunt, mindre än 0,5 meter. Enstaka undersökningar visar dock på mäktigare lager över 2 meter vid de delarna där berg är djupast. Detta gör att området inte är så homogent jordlagermässigt som den plana markytan indikerar. Friktionsjorden är av sandigt slag som på vissa ställen underlagras av morän.

Inom Årstas mestadels höglänta område finns marknära berg med endast mindre lerjordstäckta svackor. Tidigare sonderingar gjorda i området visar på begränsade jord- och lerjordsdjup. Dock förekommer fläckvis mäktigare jordlager, bland annat vid Årsta torg och nordväst-sydostgående dalgången där Huddingevägen övergår till tunnel, där jorddjup kan överstiga 10 meter. Vid den senare platsen visar sonderingar att även friktionsjorden kan vara mäktig vid sina håll.

I Figur 19 redovisas lerjordmäktigheter som anges i stadens byggnadsgeologiska karta och var kolvprovtagning är utförd samt teoretiska sättningsberäkningar i dessa punkter.

Förekomst, utbredning och mäktighet av sättningsbenägen jord varierar mycket inom lerområdet vid Årstaberg, öster om järnvägen. Bland annat vid Södra Länken och vid Årsta gårds bollplan förekommer mäktig lera, som överstiger 10 meter, och därmed bedöms områdena som sättningsbenägna. Uppmätt överkonsolideringsgrad från lerprover indikerar att det är låg risk för pågående sättningar.

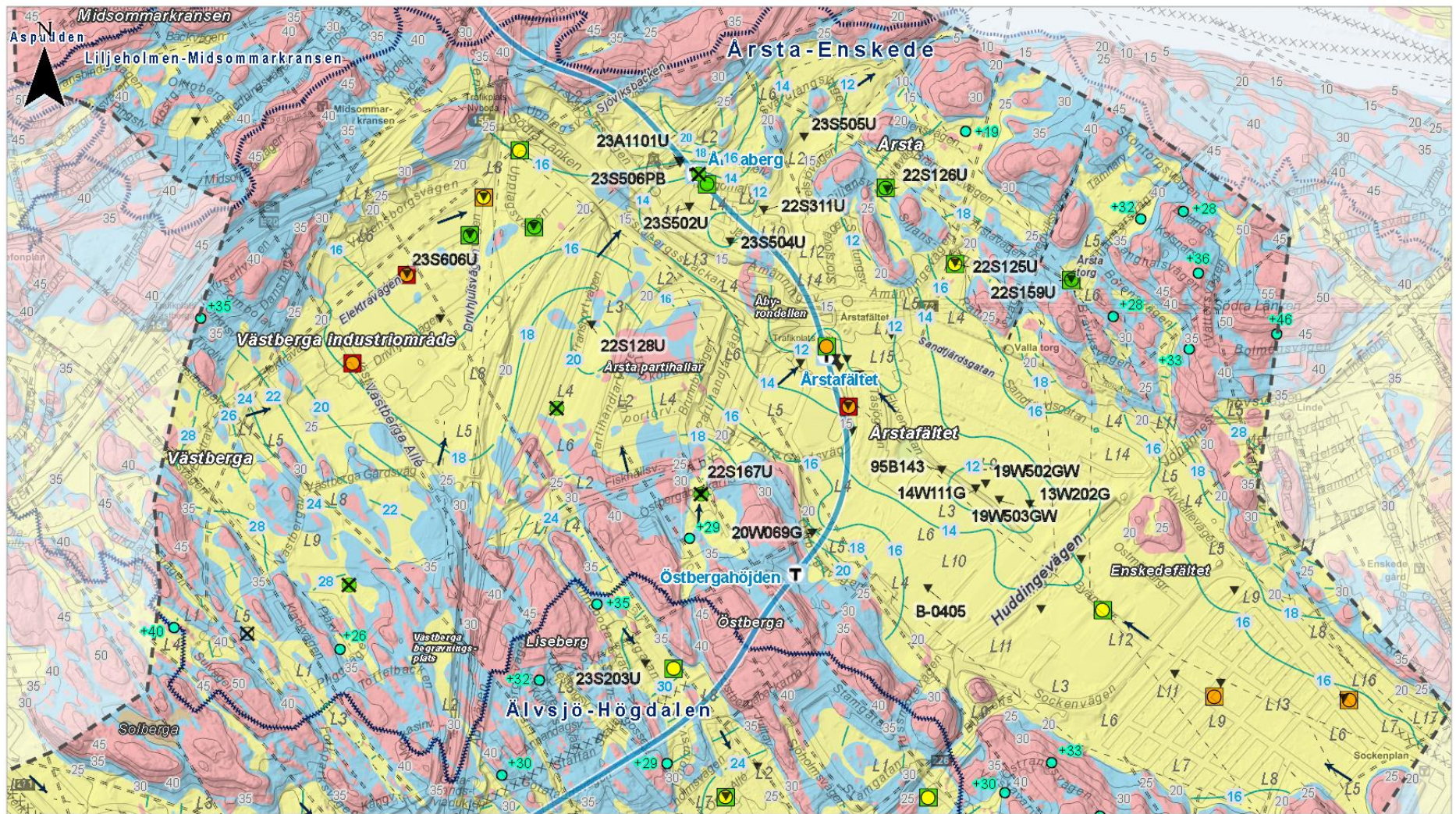
Utifrån beräkningspunkterna i östra delen av Västberga industriområde bedöms det att leran inte är särskilt sättningsbenägen på grund av begränsade mermäktigheter. I Västberga industriområde uppgår den största uppmätta lermäktigheten till cirka 13 meter längs med Västberga Allé. Leran är sättningsbenägen, synnerligen för en långvarig grundvattensänkning i de beräkningspunkterna med störst lerdjup. Uppmätt överkonsolideringsgrad från lerprover tyder på att det pågår sättningar.

Enligt geotekniska undersökningar för planerade utbyggnader i Årstafältet pågår marksättningar då leran inte är fullt ut konsoliderad. Enligt kontrollprogram för ledningsomläggning på Årstafältets finns det pågående sättningsrörelser vid Valla torg och Huddingevägen. I området kring station Årstafältet är leran sättningsbenägen för både en kortvarig och en långvarig grundvattensänkning. Uppmätt överkonsolideringsgrad från lerprover tyder på att det finns risk för pågående sättningar. I de centrala och östliga delarna av Årstafältet finns lermäktigheter på cirka 8-20 meter respektive 3-18 meter vilka bedöms som sättningsbenägna.

6.3.4.2 Grundvatten

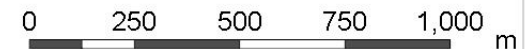
Det avgränsade delavrinningsområdet Årsta-Enskede som visas i Figur 19 sträcker sig från Västberga i väst till Enskedefältet i öst och är en del av ett stort delavrinningsområde som fortsätter österut till Skärmarbrink, Enskededalen och Tallkrogen.

I området finns flera befintliga infiltrationsanläggningar som kan påverka nuvarande förhållanden. Bland annat har Södra länken tre permanenta infiltrationsanläggningar i området, en vid Åbyrondellen och två längs med Årstavägen (en vid Årsta torg och en halvvägs mellan Årsta torg och Linde). Enligt kontrollprogram för stadens ledningsomläggningar inom Årstafältet finns det två infiltrationsbrunnar, en vid Åbyrondellen, ungefär där Södra länken har en av sina infiltrationsanläggningar, och en lite längre österut vid Sandfjärdsgatan.



TECKENFÖRKLARING

- | | | | | |
|------------------|--------------------|------------------------------|--------------------------|---------------------|
| Utredningsområde | Berg i dagen | Interpolerad grundvattennivå | Lera saknas | Sättning 50 år (1m) |
| Spårlinje | Lera | Energibrunn | Lös lera saknas | 10-20 cm |
| Stationsläge | Morän | Undre magasin | Sättning 3 mån (UK lera) | ≥ 20 cm |
| Krosszon | Organisk jord | Övre magasin | <1 cm | |
| Sprickzon | Växellagring | Lermäktighet | 1-3 cm | |
| Övrig struktur | Avrinningsområde | | ≥3 cm | |
| | Strömningsriktning | | | |



© Open Stockholm
 © Lantmäteriet, Geodatasamverkan
 Datum: 2024-11-05

Figur 19. Översiktlig jord- och grundvattenförhållanden för Västberga och Årsta.

Pågående stadsbyggnadsprojekt inom Årstafältet kan också påverka det undre magasinet, dels genom länshållning under byggtid, dels genom de spontväggar som installerats eller kommer att installeras för anläggande av teknisk infrastruktur och byggnader. Ifall sponter kvarlämnas bedöms de kunna förändra grundvattennivåerna lokalt då strömningsvägar kan förändras men inte hindra avrinningen från området generellt. Pågående arbete med att ersätta den stora dagvattenkulverten genom området med en ny, med delvis ny sträckning, skulle kunna medföra en förändring i områdets grundvattenbildning och bortledning.

Västberga och Årstaberg

Grundvattenmagasinet inom Västberga industriområde får sin tillrinning från Östbergahöjden, norra delen av Solberga samt delar av Midsommarkransen. I den södra delen övergår magasinet i mindre magasin mellan ytligt och marknära berg. Terrängen stiger söder ut och med stigande terräng uppmäts högre grundvattennivåer. Grundvattnet bedöms främst avrinna via en passage mellan stambanan och norr om Årsta partihallar.

Som beskrevs under avsnitt 6.3.4.1 är det undre grundvattenmagasinet vid Årstaberg inte så homogent som lerutbredningen i jordartskartan indikerar, utan jordlagermäktigheten och bergnivåerna varierar. Troligen är grundvattnet uppdelat i mindre delmagasin med kontakt sinsemellan. Grundvattnet avrinner norrut förbi Årsta Gård till Årstaviken.

En 5-tums filterbrunn (23S506PB) har installerats vid Årstabergs pendeltågsstation. Filtret installerades i ett fyra meter mäktigt friktionsjordlager. Trots det fick brunnen en begränsad uttagkapacitet på 4 l/min. Ett infiltrationstest utfördes i november 2023 i intilliggande grundvattenrör 23A1101U. Infiltrationstestet pågick i 4,5 timmar och maxflöde var 31 l/min, alltså betydligt bättre än för filterbrunnen. Det syntes en snabb respons i 23S506PB som ligger cirka 20 meter från infiltrationspunkten. I övriga rör kunde ingen tydlig påverkan från infiltrationen ses.

Ett infiltrationstest genomfördes i ett 2-tums grundvattenrör, 23S606U, vid Elektravägen inom Västberga industriområde. Infiltrationstestet utfördes 2-3 juli 2024 under 24 timmar med ett maxflöde på 90 l/min. Testet visade tydlig påverkan på grundvattennivåerna i 22S122U nedströms. Mindre påverkan observerades i andra närliggande rör, bland annat i 23X016 som ligger uppströms infiltrationspunkten. Testet gav en utvärderad hydraulisk konduktivitet på 2×10^{-4} m/s.

Utöver testerna ovan har sammanlagt sex slugtest utförts inom Västberga och Årstaberg. Utvärderad konduktivitet redovisas i Tabell 17 och grundvattenrörens läge i Figur 19.

Tabell 17. Beräknad hydraulisk konduktivitet (K) från slugtest vid Västberga och Årstaberg.

Område	Västberga	Årstaberg				
ID	22S128U	23S502U	23S504U	23S505U	22S311U	23A1101U
K (m/s)	$1,4 \times 10^{-4}$	$5,6 \times 10^{-5}$	$1,6 \times 10^{-5}$	$1,3 \times 10^{-6}$	$2,4 \times 10^{-5}$	$2,2 \times 10^{-5}$

Årstafältet

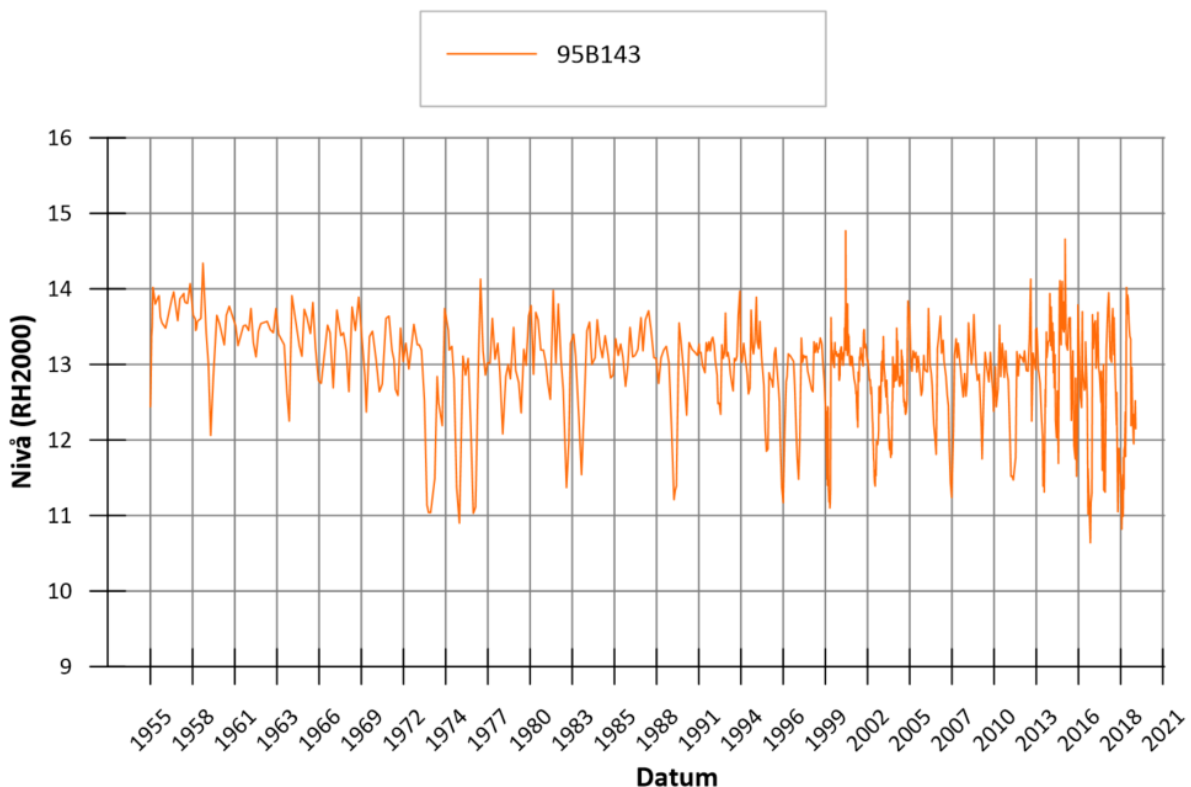
Grundvattenmagasinet i jord inom Årstafältet sträcker sig ända från Enskededalen i öst till Årsta partihallar i väst där marknära bergnivåer begränsar magasinet till att fortsätta in under anslutande vägar mot Södra Länken och sedan ner mot Årstaviken. Grundvattenbildningen till det undre magasinet sker inom de angränsande höjdområdena i Årsta och Östberga. Grundvattenströmningen sker västerut med en flack gradient. Det avsmalnande magasinet har inte i sig kapacitet att avleda grundvattnet utan ursprungligen breddade magasinet till stor del

över till marklagren och avrann via Valla å och Årstaskogens bäckkravin, som passerar Årsta Gård, ned mot Årstaviken. Idag avvattnas området dels via rörlagda och kulverterade dagvattensystem, dels via dränering av befintliga undermarksanläggningar, till exempel Södra länken. Grundvattenbildningen till det undre magasinet sker inom de angränsande höjdområdena i Årsta och Östberga.

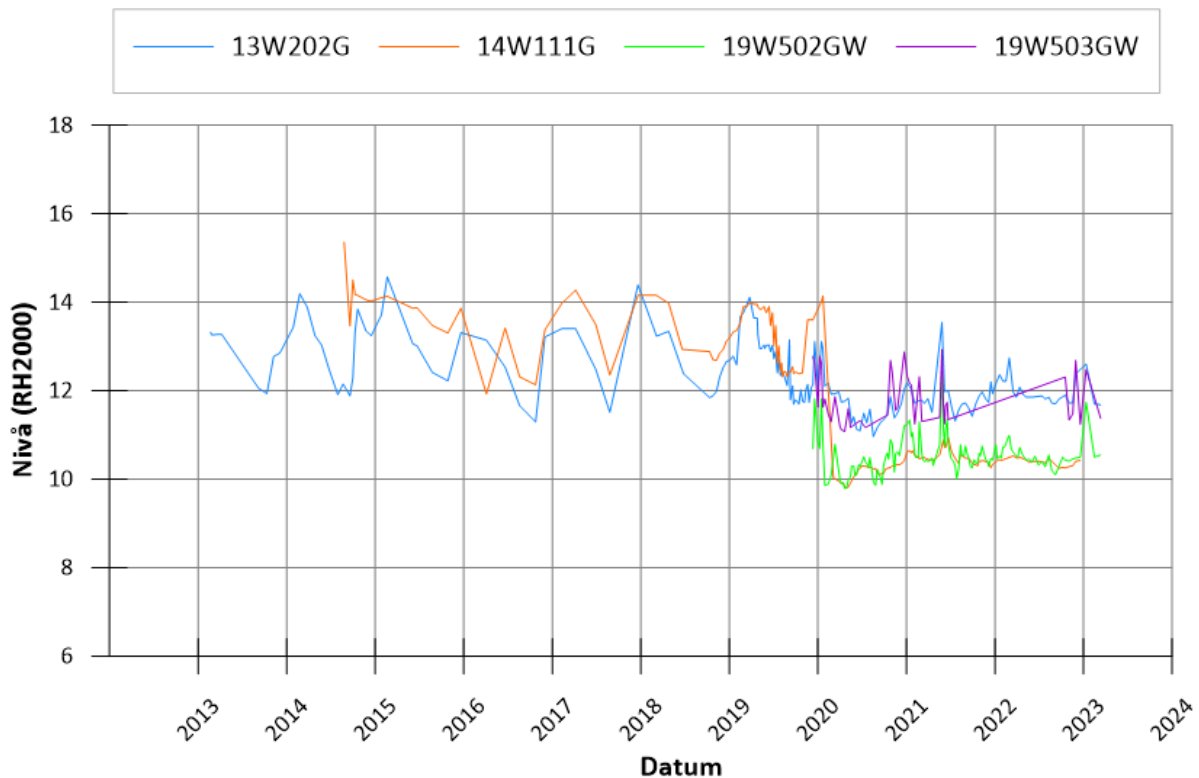
I Årstafältet kan en viss sjunkande trend i grundvattennivåer ses sedan mitten av 50-talet, som sammanfaller med exploatering av Östberga. Sedan början av 70-talet, när den första av befintliga tunnlar anlades i berg under Årstafältet märks större fluktuationer och en lägre årslägstnivå kan ses i grundvattennivåerna (Figur 20). Förändringen kan även bero på ökad exploatering och bortledning av dagvatten samt byggnation av undermarksanläggningar i området.

Södra länken passerar invid Årstafältet och under byggnationen kunde grundvattenpåverkan ses längs med stora delar av tunneln. Flera infiltrationsbrunnar i berg och jord installerades för att hålla upp grundvattennivån i området. En permanent grundvattenavsänkning kan ses, främst på nordvästra hörnet av Årstafältet. Under södra delen av Årstafältet, gränsen mot Enskedefältet, byggdes en ledningstunnel vid ungefär 2009. Här kan man också uppmärksamma en påverkan på grundvattennivåer med utökade fluktuationer och lägre årliga miniminivåer.

Vid Årstafältet pågår projektet ”Anläggning av dagvattendamm och ledningsomläggning på Årstafältet”. Grundvattenmätningar från projektets kontrollprogram indikerar att det finns en lokal grundvattenpåverkan från arbetena. Tydligast kan detta ses i grundvattenrör 14W111G och 13W202G mitt på Årstafältet, Figur 21. Enligt projektets kontrollprogram så finns det pågående sättningar i området. Skyddsinfiltation har periodvis använts med positivt resultat för att hålla upp grundvattennivån i nordvästra delen av fältet.



Figur 20. Grundvattennivåer i centrala Årstafältet – röret numera borttaget och ersatt av andra rör.



Figur 21. Grundvattenpåverkan från ledningsomläggning vid Årstafältet.

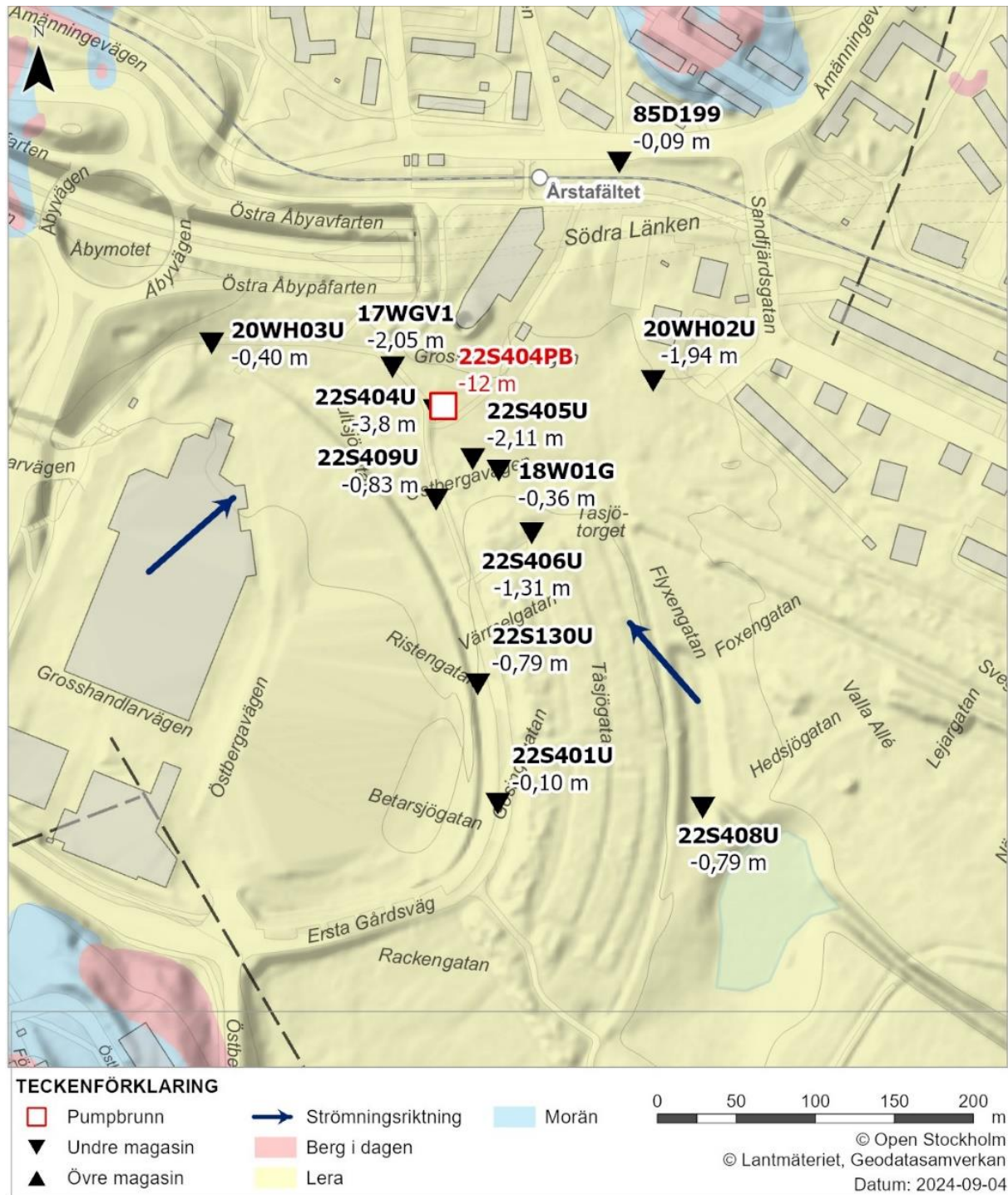
De undre jordmagasinens hydrauliska konduktivitet, har undersökts genom slugtest. Resultatet redovisas i Tabell 18. Se Figur 19 och Figur 22 för grundvattenrörens läge.

Tabell 18. Beräknad hydraulisk konduktivitet (K) från slugtest vid Årstafältet.

Område	Årsta			Årstafältet					Östberga
ID	22S125U	22S126U	22S159U	18WGV1	20W069G	B-0405	22S405U	22S404U	22S167U
K (m/s)	$2,1 \times 10^{-5}$	$7,8 \times 10^{-5}$	$1,9 \times 10^{-5}$	$4,4 \times 10^{-5}$	$4,7 \times 10^{-5}$	$1,5 \times 10^{-5}$	$4,0 \times 10^{-5}$	$1,3 \times 10^{-5}$	$6,3 \times 10^{-5}$

En 5-tums filterbrunn (22S404PB) har installerats i läget för planerad station Årstafältet. Brunnens filter sitter i ett cirka 2,5 meter mäktigt friktionsjordlager och kapaciteten bestämdes vid installationstillfället till 60 l/min. I oktober 2023 utfördes en 2-dygns provpumpning i brunnen. Pumpflöde var cirka 40 l/min under testet och avsänkningen i intilliggande observationsrör (22S404U 2 meter från brunnen) blev cirka 3,8 meter. Västerut observerades cirka 0,40 meter avsänkning (20WHO3U) cirka 150 meter bort. Begränsad påverkan syns sydväst om pumpbrunnen, troligtvis på grund av marknära berg vid Årstapartihallarna som avgränsar magasinet från Västberga. Påverkan i sydlig och sydostlig riktning observerades cirka 250 meter (0,1 meter avsänkning i 22S401U) respektive 300 meter (0,79 meter avsänkning i 22S409U) från brunnen. En stor påverkan (nära 2 meter avsänkning) noterades 140 meter österut i 20WHO2U. Observerad påverkan norrut är begränsad men avsänkning noterades cirka 200 meter nordost om pumpbrunnen (cirka 0,1 meter i 85D199). Påverkade grundvattenrör visas i Figur 22. Utvärdering av provpumpningsresultaten visar på en hydraulisk konduktivitet mellan 2×10^{-4} och 4×10^{-4} m/s i det undre friktionslagret.

Inom projektet Kraftledningstunnel Skanstull-Solberga genomfördes år 2005 en provpumpning i det undre grundvattenmagasinet vid kolonilotterna i östra delen av Årstafältet. Testet pågick i en vecka med ett medelflöde av 21,6 l/min. Påverkan spreds mestadels mot ost och sydost och cirka 0,25 meter avsänkning uppmättes i rör cirka 300 meter från brunnen. Ingen uppgift finns om någon utbredning mot väster. Resultat kan tolkas som en begränsad hydraulisk kontakt mellan västra delen av Årstafältet och östra delen samt bort mot Enskedefältet. Sonderingar visar också på högre bergnivåer mellan dessa områden.



Figur 22. Grundvattenrör påverkade av provpumpning på Årstafältet. Avsänkningssiffror visas för ett urval av grundvattenrören.

Grundvattenbalans

I Tabell 19 redovisas översiktligt den potentiella grundvattenbildningen och bortledning för befintliga dränerande anläggningar i berg.

Tabell 19. Grundvattenbalans per delavrinningsområde i Västberga och Årsta.

Delavrinningsområde	Vattenbalans	Övre magasin	Undre magasin (l/min)	Total
Årsta-Enskede	Grundvattenbildningstillskott	1523	806	2329
	Grundvattenbildning	+1523	+1379	+2902
	Södra länken		-168	
	Solberga-Skanstull tunneln		-274	
	Befintliga tunnlar och bergrum		-60*	
	Mässtunneln		-55	-573
	SFA		-9	
Tunnelbanans Röd linje		-7		

*Antaget värde

6.3.5 Östberga till Depå

6.3.5.1 Jordlager

Delområdet avgränsas från Västberga och Årstafältet av höjdområden som sträcker sig från Solberga förbi Liseberg och sedan fortsätter genom Östberga höjden och vidare till Stureby som också ligger på en bergshöjd. Dessa tillsammans med Örbyområdets högre marknivåer och vidare till höjdområden inom Hagsätra och Älvsjöskogen gör att området är nästan inringat av höjder dominerade och ytligt berg och morän. Inom bergshöjderna vid Solberga, Liseberg, Stureby, Örby och Hagsätra och framträder tydligt de smala lerjordfyllda dalgångarna som mindre spricksystem i berggrunden gett upphov till. Dessa är mestadels orienterade i NV-SO riktning. Även inom Långbro förekommer dessa sprickdalgångar men där framträder de inte lika tydligt då jorddjupen är större. Den svaghetszonen som förmodligen lämnar tydligaste avtrycket i jord- och bergförhållanden är en krosszon som i stort följer Magelungsvägen och Älvsjövägen, vilken syns i Figur 24.

Fältundersökningar visar att lagret med friktionsjord ovan berg är generellt tunt (0,5-2 meter) och saknas helt inom vissa områden. Ett fåtal sonderingspunkter visar på ett mäktigare friktionsjordlager uppemot 5 meter. Lermäktigheten varierar inom området men i de centrala delarna längs Huddingevägen finns mäktigheter upp mot 20 meter eller mer. Även ovan vissa sprickzoner eller i korsningen mellan två zoner finns mäktigare lerlager överstigande 10 meter.

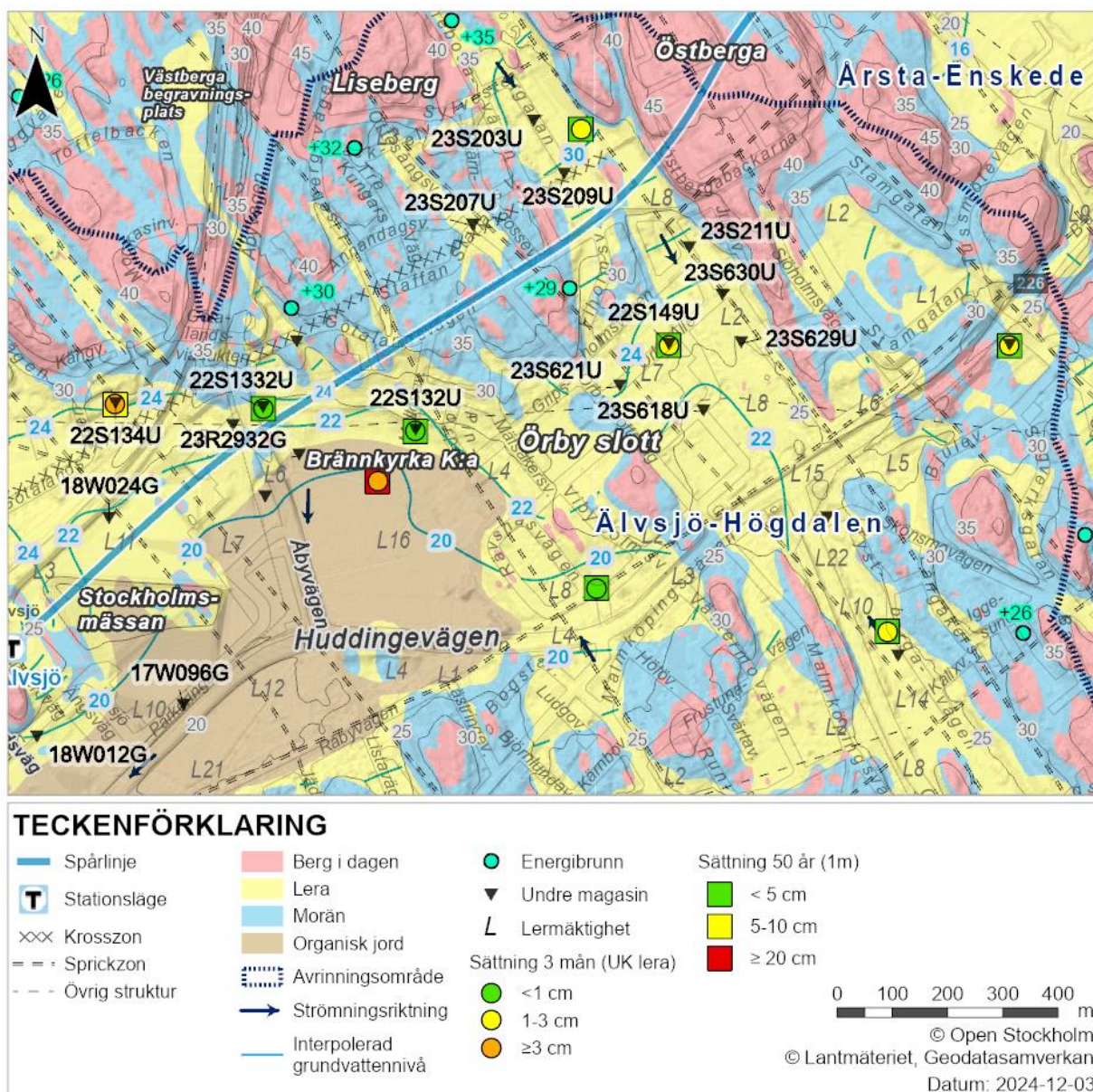
Marklagret mellan Örby och Älvsjö samt söderut längs Magelungsvägen består av en organisk jord, gyttja eller dy, upp till cirka 3 meter som mäktigast.

I Figur 23 och Figur 24 redovisas lerjordmäktigheter som anges i stadens byggnadsgeologiska karta och var kolvprovtagning (en ostörd provtagning av lera) är utförd samt teoretiska sätttningsberäkningar i dessa punkter.

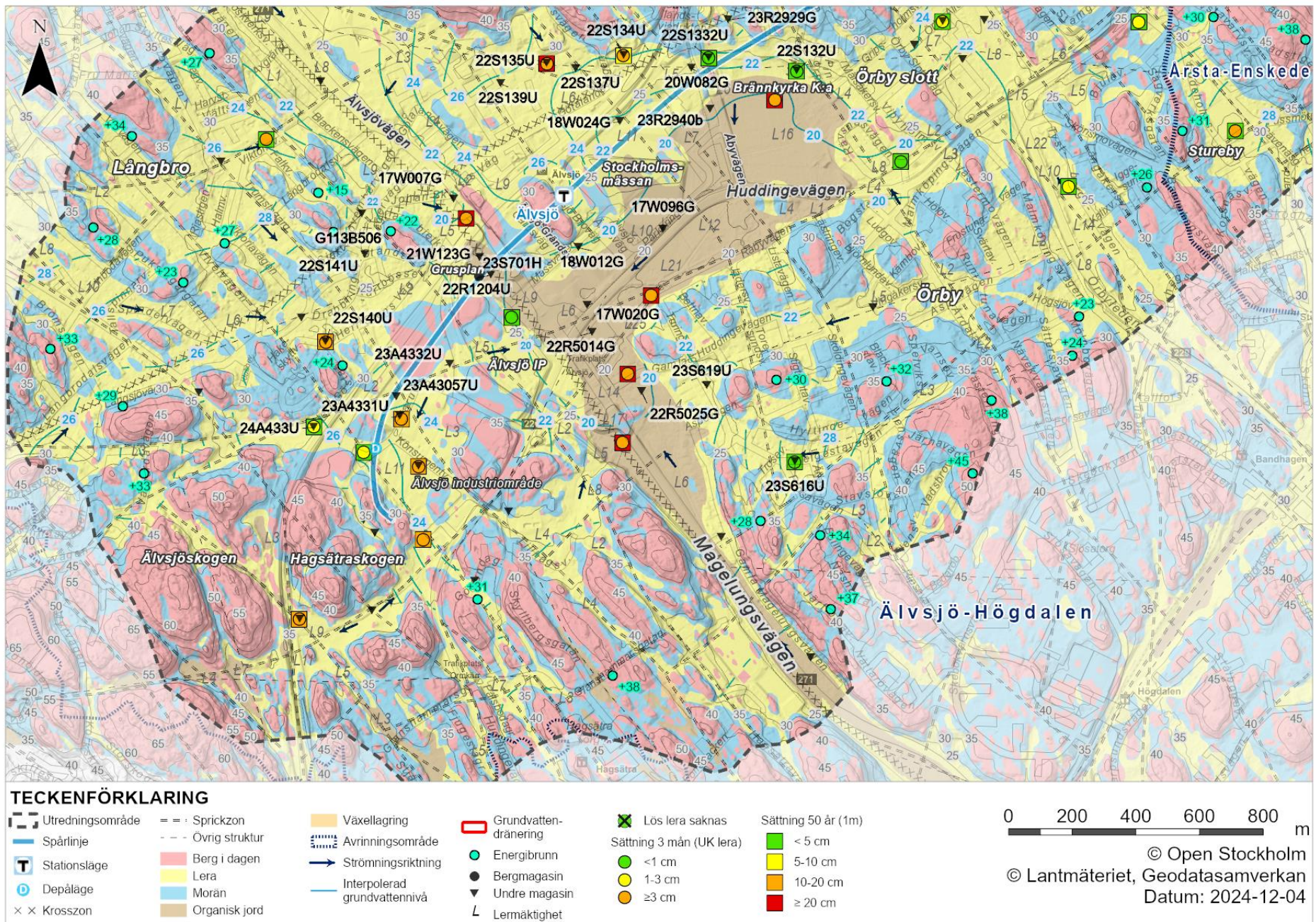
Beräkningspunkterna i lerområdet som sträcker sig från dalgången mellan Liseberg och Östberga vidare längs med Örbyleden visar att leran är någorlunda sätttningsbenägen för en kortvarig grundvattensänkning. Uppmätt överkonsolideringsgrad från lerprover indikerar att det finns låg risk till risk för pågående sättningar.

Lerområdet som visas som område med organisk jord i byggnadsgeologiska kartan består av torv- och gyttja. De beräknade punkterna har en lermäktighet som varierar mellan 4,5-11 meter. Den största uppmätta lermäktigheten är cirka 20 meter vid Älvsvägen. Beräkningar tyder på att leran är mycket sättningsbenägen inom området. Att mindre sättningsrörelser har beräknats i punkten sydväst om Magelungsvägen i höjd med Älvsjö IP bedöms bero på den begränsade lermäktigheten och att leran är överkonsoliderad. Uppmätt överkonsolideringsgrad från lerprover tyder på att det kan pågå sättningar i område. Sättningsmätningar, under 1983-2011, från stadens Geoarkivet visar att det, under den perioden, pågått sättningar vid Trafikplats Älvsjö.

Lerlagret är tunnare inom området som täcker bostadsområdena Örby slott och Örby. Lermäktigheten är cirka 7 meter som högst enligt underlaget, men vid provtagningar har lerlager mäktigare än 1,5 meter inte påträffats. Uppmätt överkonsolideringsgrad från lerprover indikerar att det är låg risk för pågående sättningar.



Figur 23. Översiktlig jord- och grundvattenförhållanden för Liseberg, Örby slott och Solberga.



Figur 24. Översiktlig jord- och grundvattenförhållanden för Örby, Älvsjö och Långbro.

Inom lerområdet mellan Brännkyrka kyrka och Västberga begravningsplats är leran inte sättningbenägen. Den största lermäktigheten som finns inom området är cirka 3 meter. Uppmätt överkonsolideringsgrad från lerprover indikerar att det är låg risk för pågående sättningar.

Ingen lös lera påträffats i den smala lerdalgången mellan Stockholmsmässan och Älvsjö gård där uppgången för station Älvsjö ska anläggas. Den maximala lermäktigheten är cirka 2 meter och leran utgörs av glacial lera. Västra delen av delområdet bedöms vara ej sättningbenägen med anledning av ingen eller den ringa mäktigheten av lös lera. Östra delen av delområdet bedöms vara lite sättningbenägen med anledning av den ringa mäktigheten av lös lera.

I området strax väster om järnvägen vid Älvsjö station är leran sättningbenägen, särskilt vid en långvarig grundvattensänkning där lermäktigheten är som störst. Uppmätt överkonsolideringsgrad från lerprover tyder på pågående sättningar.

Längs Älvsjövägen fram till Magelungsvägen är lerdjupen måttliga och uppgår till cirka 10 meter som högst. Inom Långbro finns det få undersökningar. Enligt information från SGU:s jordarts- och jorddjupskarta samt Stockholms stads Geoarkiv består jorden av glacial lera med en varierad lermäktighet upp till 8 meter. Inom Älvsjö industriområde har lös lera med mäktighet upp till cirka 13,5 meter påträffats vid provtagning.

Leran inom samtliga dessa områden är sättningbenägen och uppmätt överkonsolideringsgrad i de uttagna lerproven visar på att sannolikt pågår sättningsrörelser.

6.3.5.2 Grundvatten

Det avgränsade delavrinningsområdet Älvsjö-Högdalen som visas i Figur 24 är ett stort delavrinningsområde som sträcker sig mellan Hägerstensåsen och Magelungen. Området är instängt och saknar en naturlig utrinningsväg för grundvattnet. Den organiska jorden visar på förekomst av en tidigare sjö och i kartor från tidigt 1900-tal markerades området mellan Stockholmsmässan och Örby som våtmark.

Tidigare bräddade grundvattnet upp i dikessystem och området avvattnades via ett större dike längs Magelungsvägen vidare ned till sjön Magelungen. Dikestillrinning skedde ända från E4/E20 vid Solberga, från Fruängen och från en dalgång ned från Bandhagen i söder. Idag sker avrinningen från området via en dagvattentunnel, Älvsjö-Mälartunneln, som börjar ungefär vid trafikplatsen med Huddingevägens anslutning till Magelungsvägen. Området är markerat som ett område med grundvattenbortledning av Stockholms stad. Grundvattenbortledningen sker således via bortledning av dagvatten.

Liseberg och Örby slott

Där spårtunnlarna kommer passera den smalare dalgången vid Liseberg finns ett område med radhusbebyggelse inom lermark nordväst om spårlinjen. Undre grundvattenmagasinet tryckyta är relativt plan där med nivån cirka +30, motsvarande cirka 2 meter under mark. Dalgången smalnar av ungefär vid korsningspunkt med spårlinjen och grundvattennivån faller ned söderut mot cirka +22 inom villaområdet där lerjorden åter breder ut sig. Den brantare gradienten beror på att det undre jordlagermagasinet varierar i tvärsnittsarea och att nivåerna hålls uppe av bergtrösklar. Sammantaget tyder det på att grundvattenmagasinet i Lisebergs dalgång är ett delvis isolerat, mindre grundvattenmagasin, vilket kan göra det känsligt för en grundvattenavsänkning.

Vid Huddingevägen möts det sydöstliga grundvattenflödet från Lisebergs dalgång av ett nordvästligt flöde med mindre gradient som kommer från dalgångens fortsättning längs med Örbyleden. Grundvattnet strömmar sedan vidare längs med Huddingevägen i sydvästlig riktning.

Infiltrationstest har utförts under en dag, 4 juli 2024, i nordliga delen av dalgången, i grundvattenrören 23S203U och 23S209U, med ett maximalt flöde på cirka 40 l/min respektive cirka 60 l/min. Infiltrationstest resulterade i tydlig påverkan i rören låg inom ett avstånd av omkring 100 meter. Infiltrationen gav god effekt i nordvästlig och sydöstlig riktning längs Sylvestergatan men mer begränsad i tvärgående riktning. Från testet utvärderades konduktiviteten till $1,35 \times 10^{-5}$ m/s vilket är något lägre än vad som erhöles vid utförda slugtest i dessa rör (Tabell 20). Se Figur 23 för grundvattenrörens lägen.

Tabell 20. Beräknad hydraulisk konduktivitet (K) från slugtest vid Liseberg och Örby slott.

Område	Liseberg			Örby slott			
ID	23S203U	23S207U	23S209U	23S211U	22S149U	23S618U	23S621U
K (m/s)	$4,6 \times 10^{-4}$	$8,1 \times 10^{-6}$	$3,7 \times 10^{-5}$	$3,6 \times 10^{-6}$	$2,7 \times 10^{-5}$	$1,2 \times 10^{-7}$	$6,7 \times 10^{-5}$

Inom villaområdet området Örby slott har infiltrationsförsök utförts i två omgångar (november 2023 och april 2024), i sammanlagt fyra grundvattenrör, med varaktigheter cirka 8 till 24 timmar. För ett av rören, 22S149U erhöles ett större infiltrationsflöde, cirka 100 l/min men någon mätbar påverkan i kringliggande rör uppmättes inte. I ytterligare ett rör, 23S630U kunde testet genomföras med ett större infiltrationsflöde på cirka 22 l/min. Inte heller i det testet uppmättes någon märkbar respons i intilliggande rör. Utifrån uppnådda infiltrationsflöden görs bedömningen att skyddsinfiltration går att utföra i området.

Brännkyrka och Stockholmsmässan

Grundvattennivåerna i området mellan Örby och Stockholmsmässan vid Älvsjö har en svag gradient mot Magelungsvägen och dagvattentunneln. Grundvattnets trycknivå ligger dock marknära, cirka en meter under markytan, någon direkt avsänkning av undre magasin kan därmed inte ses i området även om artesiska förhållanden (grundvattentrycknivå ovan markytan) historiskt kan ha förekommit. Det undre jordmagasinets hydrauliska konduktivitet har undersökts genom slugtester. Resultatet redovisas i Tabell 21. Se Figur 24 för grundvattenrörens lägen.

Tabell 21. Beräknad hydraulisk konduktivitet (K) från slugtest vid Stockholmsmässan.

Område	Stockholmsmässan							
ID	17W096G	18W012G	18W024G	20W082G	22S1332U	22S132U	23R2940b	23R2932G
K (m/s)	$3,0 \times 10^{-5}$	$1,3 \times 10^{-6}$	$9,5 \times 10^{-6}$	$4,1 \times 10^{-6}$	$1,4 \times 10^{-4}$	$1,0 \times 10^{-5}$	$9,0 \times 10^{-6}$	$5,3 \times 10^{-6}$

Inom bostadsområdet vid Solberga ligger undre magasinets trycknivå lägre relativt markytan, cirka 4 till 5 meter som mest i de observationsrör som är installerade. Då området ligger relativt lågt jämfört med intilliggande Solbergaskogens bergshöjd kan det antas att nivåerna ursprungligen var högre och att området påverkas av viss dränering och eller att grundvattenbildningen minskat efter området exploaterades. Här kommer den planerade mässtunnel anläggas före tunnelbaneutbyggnaden och området kan vid byggstart vara ytterligare påverkat.

Ett infiltrationstest har utförts i grundvattenrör 22S137U, 5 maj 2023, med ett maximalt infiltrationsflöde på 88 l/min. Påverkan från infiltrationen kunde ses i observationsrör i alla riktningar. I bostadsområdet nordväst om infiltrationspunkten (22S135U) observerades störst påverkan. Påverkan noterades även på andra sidan stambanan (18W024G) och längs med den (22S134U). Infiltrationstest som gjorts av andra projekt i området har infiltrerat med betydligt lägre flöden och sett en mindre påverkan på omgivningen, vilket kan tyda på att friktionsjordens egenskaper och heterogena och varierar i området.

Det undre jordmagasinets hydrauliska konduktivitet har undersökts genom slugtest. Resultatet redovisas i Tabell 22. Se Figur 23 för grundvattenrörens läge.

Tabell 22. Beräknad hydrauliska konduktivitet från slugtest vid Solberga.

Område	Solberga	
ID	22S137U	22S139U
K (m/s)	$2,2 \times 10^{-5}$	$8,1 \times 10^{-8}$

Älvsjö industriområde och Långbro

Inom villaområdet vid Älvsjö och Långbro redovisas uppgifter i SGU:s brunnarkiv att vissa energibrunnar som är borrade i direkt närhet till dagvattentunnlarna Älvsjö-Mälaren eller Älvsjö-Långbro har vattennivåer upp till 8 till 10 meter under markytan vilket pekar mot en viss påverkan av tunnlarna. Då nivåmätningen utförs i samband med brunnborrningen kan dock dessa uppgifter bero av att vattennivån inte stabiliserats efter borrning.

Det undre jordmagasinets hydrauliska konduktivitet har undersökts genom slugtest i tre rör inom Långbro. Resultatet redovisas i Tabell 23. Se Figur 24 för grundvattenrörens läge.

Tabell 23. Beräknad hydraulisk konduktivitet (K) från slugtest eller siktanalys* vid Långbro.

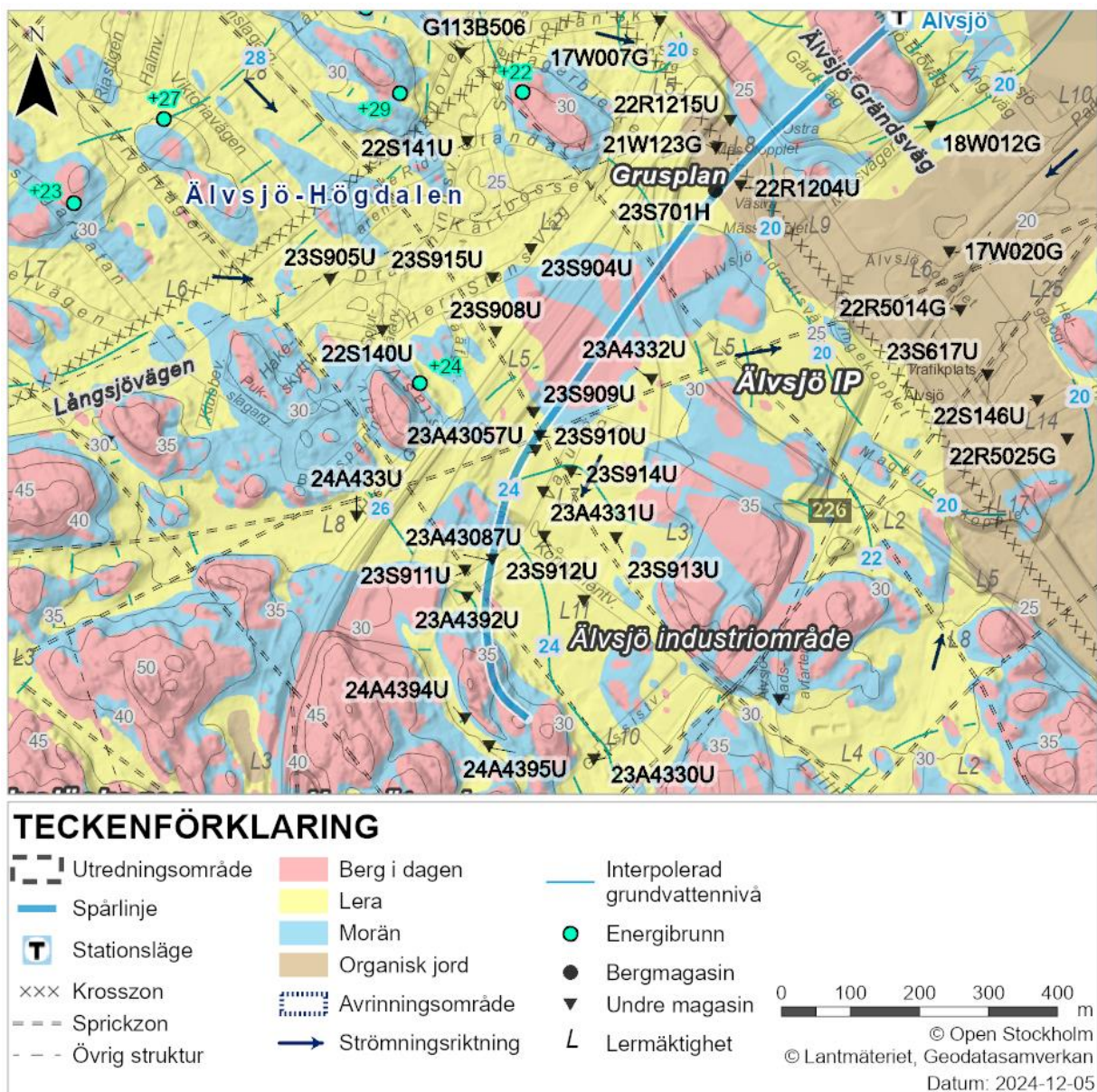
Område	Långbro		
ID	17W007G	22S140U	22S141U*
K (m/s)	$1,7 \times 10^{-6}$	$5,2 \times 10^{-5}$	$1,3 \times 10^{-4}$

Ett antal pump- och infiltrationsteater har genomförts vid och söder om Magelungsvägen-Älvsjövägen, vilka beskrivs nedan. För lägen av omnämnda grundvattenrören se Figur 24 och Figur 25.

Ett infiltrationstest har utförts i grundvattenröret 22S141U, vid nordöstra Långbro. Testet utfördes den 11:e maj 2023 och pågick under en dag med ett maximalt flöde på 74 l/min. Påverkan från infiltrationen kunde ses cirka 100 meter nordväst om infiltrationspunkten (G113B506). I övrigt syntes ingen tydlig påverkan, vilket kan bero på bergtrösklar och heterogenitet i det under magasinet sammansättning. Testet visade på att friktionsjorden har en måttlig hydraulisk konduktivitet ($1,4 \times 10^{-6}$ m/s), vilket är lägre än vad siktanalysen för röret utvärderades till men mer i linje med slugtesten i de övriga rören.

Vid Älvsjö IP:s grusplan har ett infiltrationstest utförts i grundvattenrör 22R1204U. Testet startades den 3:e maj 2023 och pågick i en dag. Infiltrationsflödet kunde stegvis ökas upp till maximalt 96 l/min. Påverkan från infiltrationen kunde främst ses norr (22R1215U) och öster om infiltrationspunkten (17W020G). Ingen påverkan kunde ses på västra sidan av stambanan, vilket är i linje med resultat från infiltrationstest i 22S141U som gjordes senare. Testet visade att friktionsjorden har en måttlig hydraulisk konduktivitet ($6,7 \times 10^{-6}$ m/s), vilket även siktundersökningar och slugtester gjorda i området tyder på. Även ett infiltrationsförsök i berg utfördes under november 2023 i hammarborrhål 23S701H. Testet visade en höjning i observationsrör i undre jordmagasin längs med krosszonen i grundvattenrör 22R1204U och 22R1207U.

Ett infiltrationsförsök utfördes i 22R5025G vid Magelungsvägen, öster om Huddingevägen, den 28:e november 2023. Infiltrationstestet visade att infiltration är möjlig i 22R5025G med ett flöde omkring 25 l/min och att det gav effekt mot nordväst, i 22S146U och 23S617U. Ungefär i höjd med infiltrationspunkten stiger berget upp och skapar en tröskel tvärs Magelungsvägen, vilket kan vara anledningen till inte någon signifikant respons i sydostlig riktning noterades.



Figur 25 Grundvattenrör i området söder om station Älvsjö där pump- och infiltrationstest har utförts.

Ett infiltrationstest har utförts i grundvattenröret 23S908U i östra Långbro intill spårområdet. Testet startades den 17:e september 2024 och pågick totalt i 23 timmar. Högsta flödet under testet var cirka 90 l/min och totalt infiltrerades cirka 99 m³ vatten. En tydlig påverkan observerades i 23S915U. Eventuellt mindre påverkan kan ha uppkommit i 22S140U och 23S904U, på samma sida av järnvägen, till följd av testet. Utifrån utvärdering av testresultat har ett *K*-värde på $2,7 \times 10^{-4}$ m/s skattats.

Den 19:e september 2024 startades ett infiltrationstest, i 23S905U vid Långsjövägen, som pågick också i 23 timmar. Infiltrationstestet startades med ett flöde på 34 l/min och höjdes stegvis till 96 l/min. Totalt infiltrerades cirka 95 m³ vatten under testet. En tydlig påverkan observerades på grundvattennivåer i 22S140U. Utvärdering av testresultat visar ett, relativt högt, *K*-värde som ligger på $9,4 \times 10^{-5}$ m/s.

Den planerade depån och startschaktet för TBM maskinen ligger inom Älvsjö industriområde. Området är omgivet av bergshöjder eller marknära berg men i dess central del finns ett område med större jorddjup med över 10 meters mäktighet. Grundvattengradienten i undre magasin är riktat in mot detta område med en uppmätt lägsta nivå strax över +23. I området för planerad depå ligger grundvattennivåerna i undre magasin mellan cirka +24 och +25. I den lertäckta dalgången väster om stambanan uppmäts nivån till cirka +26,5. Älvsjö industriområde bedöms inte ha någon naturlig avrinningsväg för det undre grundvattenmagasinet utan magasinet breddar upp till det övre magasinet och avrinner sedan via dagvattensystemet. I äldre kartor redovisas att området avvattnades via dikessystem med avrinning norrut mot Långbro.

Bergshöjden i Hagsätraskogens naturreservat som delvis genomkorsas av en järnvägsdepå med anslutande spårtunnlar har en mindre lerfylld svacka med dikesavrinning ned mot industriområdet. Två grundvattenrör är installerade där (24A4394U och 24A4395U) och mätningar under cirka ett halvår visar marknära nivåer under våren; under sommarperioden blev rören torra. I ängsmarken bakom (söder om) bergshöjden ligger undre magasinets grundvattennivå kring +31 eller cirka 2 meter under markytan. Här är strömningsgradienten omväxlande och antingen följer dikesloppet och avrinner mot nordost och Älvsjö industriområde eller svagt riktat mot spåren mot väster med sannolik avrinningsväg är dräneringen av spåren in mot bergtunnlarna till järnvägsdepån.

Det undre jordmagasinets hydrauliska konduktivitet har undersökts genom slugtest. Resultatet redovisas i Tabell 24. Se Figur 24 för grundvattenrörens lägen.

Tabell 24. Beräknad hydraulisk konduktivitet (*K*) från slugtest eller siktanalys* vid Älvsjö depå och Magelungsvägen.

Område	Depå			Magelungsvägen						
ID	23A4332U	23A43057U	23A4331U	17W020G	21W123G	22R1204U	22R5014G*	22R5025G	23S616U	23S619U
<i>K</i> (m/s)	$4,2 \times 10^{-5}$	$1,7 \times 10^{-4}$	$8,9 \times 10^{-6}$	$3,0 \times 10^{-5}$	$2,6 \times 10^{-4}$	$1,5 \times 10^{-5}$	$3,7 \times 10^{-6}$	$1,6 \times 10^{-5}$	$8,7 \times 10^{-6}$	$7,0 \times 10^{-6}$

Under september 2024 genomfördes två infiltrationstester inom Älvsjö industriområde. Första infiltrationstestet, i grundvattenröret 23S912U, startades den 24:e september. Testet pågick i knappt 28 timmar med ett flöde upp till cirka 100 l/min. Infiltrationstestet visade tydlig påverkan på grundvattennivåer stort sett i alla rör inom industriområdet. Utvärdering av testet visade även ett högt K -värde på $3,7 \times 10^{-3}$ m/s. Den andra infiltrationstest, i 23S913U, pågick i 6 timmar med ett flöde på upp till 90 l/min, som nåddes 3 timmar in i testet. Testet visade mindre påverkan på grundvattennivåer mellan infiltrationspunkten och järnvägen. Utvärderat K -värde från det andra testet är också något mindre, $9,8 \times 10^{-5}$ m/s.

Ett tredje, och längre infiltrationstestet (52 timmar), genomfördes 11-13 november 2024 inom Älvsjö industriområde i grundvattenröret 23S910U. Infiltrationsflödet under testet uppgick till 88 l/min. Infiltrationstestet visade tydlig påverkan på grundvattennivåer i närliggande rör inom industriområdet och även delar av östra Långbro (23S915U och 23S908U).

En provpumpning utfördes i Älvsjö industriområde i juni 2024 i ett 2-tums grundvattenrör, 23S910U. Röret är placerat i läget för schaktet för montering och start av TBM. Provpumpningen pågick i cirka 77 timmar med ett flöde kring 50 l/min och med cirka 2 meter avsänkning i pumpröret. En påverkan kunde framför allt observeras syd och sydost om pumpröret. Grundvattenrören 22S912U och 23S914U visade avsänkningar på cirka 8 centimeter respektive 51 centimeter. Rör 23S908 i nordväst på andra sidan av stambanan visade en avsänkning på 7 centimeter. Utvärderad hydraulisk konduktivitet från provpumpningen är $3,1 \times 10^{-4}$ m/s, vilket motsvarar de högre värdena i de utvärderade slugtesten.

Grundvattenbalans

I Tabell 25 nedan redovisas översiktligt den potentiella grundvattenbildningen och bortledning för befintliga dränerande anläggningar i berg.

Tabell 25. Grundvattenbalans per delavrinningsområde från Östberga till Älvsjö.

Delavrinningsområde	Vattenbalans	Övre magasin	Undre magasin (l/min)	Total
Älvsjö-Högdalen	Grundvattenbildningsöverskott	1540	1492	3032
	Grundvattenbildning	+1540	+1698	+3238
	Solberga-Skanstull tunneln		-11	
	Älvsjö - Långbro tunneln		-30	
	Mässtunneln		-86	-206
	Älvsjö-Mälartunneln		-79	

6.4 Känsliga objekt/områden

Objekt under detta kapitel har inventerats inom utredningsområde. Redovisning av objekten görs inom påverkansområde. Påverkansområdets avgränsning beskrivs närmare i kommande avsnitt 7.2.

6.4.1 Byggnader och anläggningar

6.4.1.1 Byggnader

Inventeringsmetodik för byggnader redovisades i tidigare avsnitt 5.5.2.

Totalt finns över 5350 byggnader inom påverkansområdet varav drygt 3000 är inom områden med potentiellt sättningkänslig mark. Av byggnaderna inom potentiellt sättningkänslig mark är cirka 550 utpekade som komplementbyggnader i fastighetsregistret, vilket betyder att de i

huvudsak är garage, bodar eller andra mindre byggnader som inte är sättningskänsliga. De återstående cirka 2450 byggnader utgörs av en- och flerfamiljshus, kontor, industrier, skolor och andra samhällsfunktioner med mera inom sättningskänslig mark och är därmed potentiellt känsliga för en marksättning. Inventeringen har resulterat i fördelning enligt Tabell 26 och Figur 26.

Tabell 26. Antal byggnader och fastigheter inom potentiellt sättningskänslig mark inom påverkansområde.

Känslighetsklass	Antal byggnader	Antal fastigheter *
Ej känslig grundläggning	2301	1217
Känslig grundläggning	193	173
Okänd grundläggning	496	453
Totalt	2990	1664

* En fastighet kan inneha flera byggnader med olika känslighetsklasser

På Kungsholmen finns ett fåtal byggnader med sättningskänslig eller okänd grundläggning inom påverkansområdet, koncentrerade inom de östra delarna. Vid anläggningens nordliga ände, nordväst om korsningen Fridhemsgatan-Fleminggatan, finns en byggnad med sättningskänslig grundläggning. Vid Thorildsplan är Thorildshallen delvis grundlag på lera. Vid Landstingshuset, vid Norr Mälarstrand intill påverkansområdets gräns, finns tre byggnader med okänd grundläggning som har ett kulturhistoriskt värde. Vidare norrut finns det ett fåtal till kulturhistoriskt värdefulla byggnader, belägna söder respektive norr om Polishuset.

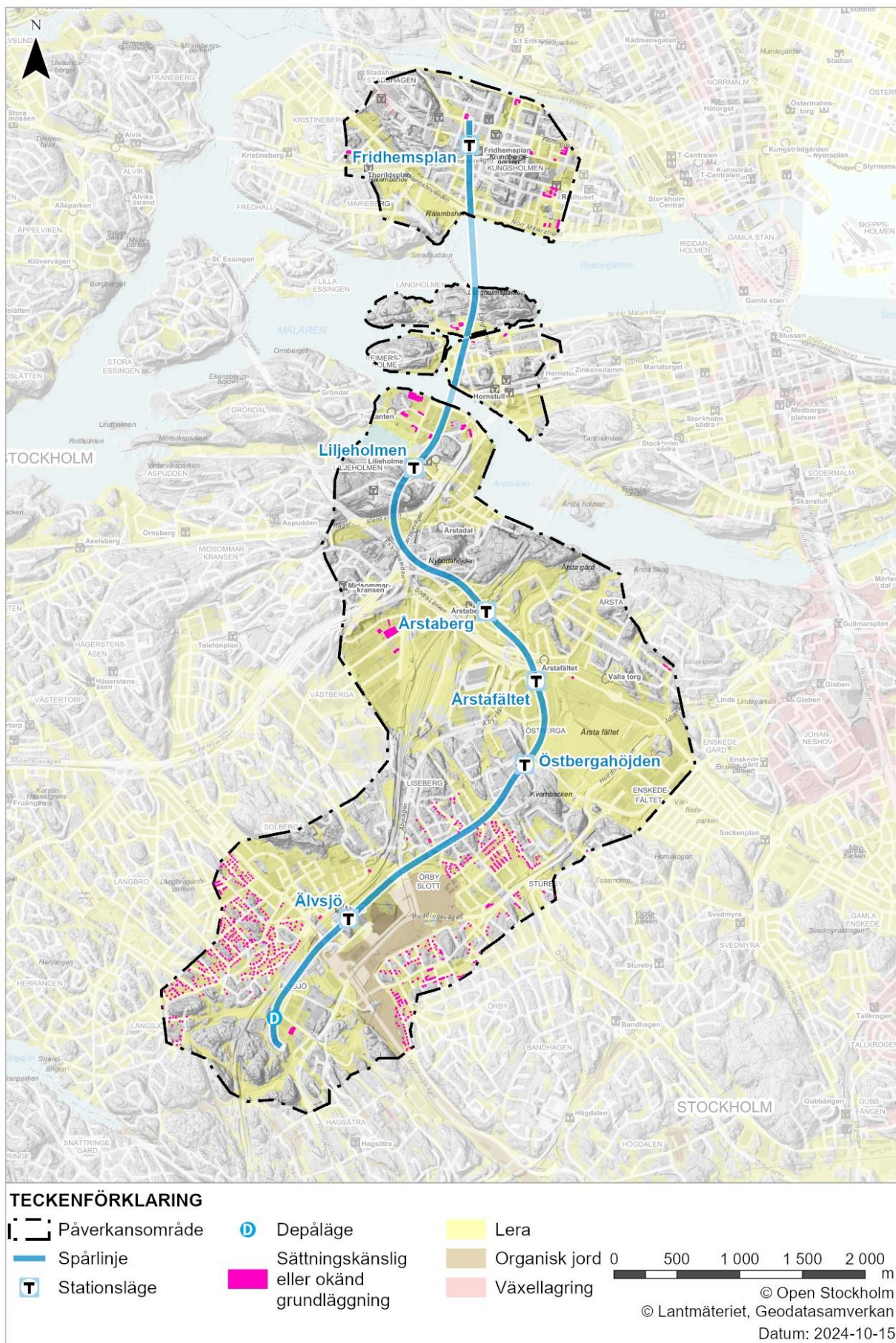
På Långholmen har fem byggnader med okänd grundläggning identifierats vid Långholmsmuren, samtliga med kulturhistoriskt värde.

På Reimersholme har inga byggnader med sättningskänslig eller okänd grundläggning identifierats.

På Södermalm är samtliga byggnader, förutom tre, fastgrundlagda. Ena byggnaden är klassad som kulturhistoriskt värdefull. Alla dessa tre byggnader har okänd grundläggning och är belägna ett stenkast från vatten vid Pålsundet.

Sättningskänsliga byggnader inom påverkansområdet i söderort består huvudsakligen av villor och flerfamiljshus med okänd eller sättningskänslig grundläggning vid Liseberg, Örby slott, Örby, Långbro och Långsjö. I övrigt finns det ett antal byggnader inom industriområdena vid Lövholmen, Västberga, Enskedefältet och Älvsjö. Av byggnader inom söderort, som har sättningskänslig eller okänd grundläggning, är cirka tio kulturhistoriskt värdefulla – belägna inom stadsdelar Liljeholmen (Lövholmen), Västberga, Stureby och Solberga (Älvsjö station).

För en mer detaljerad redovisning av byggnadsgrundläggningar och byggnadernas kulturklassning se Bilaga C4, *Karta över brunnar och byggnadsgrundläggningar*.



Figur 26. Lägesredovisning av byggnader med sättningskänslig eller okänd grundläggning.

6.4.1.2 Ledningar

Inom utredningsområdet finns ledningar för VA, fjärrvärme och fjärrkyla, gas, el, tele- och datatrafik förlagda inom allmän gatumark samt servisledningar inom fastighetsmark som ansluter dessa ledningar till byggnaderna. Ledningar för el-, tele- och datatrafik är inte styva och bedöms inte kunna påverkas av sättningsrörelser.

Styva ledningar omfattar främst VA, fjärrvärme och fjärrkyla samt gas. De större ledningarna i stomnätet för VA, fjärrvärme och fjärrkyla är så tunga i sig att sättningar stort sett har sannolikt skett i fall av äldre ledningar. Men deras sättningskänslighet kan inte uteslutas. Vidare bedöms främst distributionsledningar av mindre diameter och servisledningar vara känsliga för marksättningar. VA-ledningar som bygger på självfallsprincipen är särskilt känsliga för sättningar som ändrar ledningarnas lutning.

Större ledningsägare är Stockholm Exergi, Stockholm Vatten och Avfall samt Gasnätet Stockholm AB. Andra ledningsägare som kan bli berörda är fastighetsägare inom lermark med serviceledningar eller enskilda distributionsledningar inom den egna fastigheten.

För redovisning av sättningskänsliga ledningar se Bilaga C5, *Sättningskänsliga ledningar*.

6.4.1.3 Anläggningar

Det finns statliga vägar och järnvägar samt kommunal spårtrafik på lerjord inom utredningsområdet som kan vara sättningskänsliga.

På Kungsholmen ligger delar av E4 (Essingeleden), Länsväg 275 (Drottningholmsvägen) och delar av tunnelbanans Grön linje ovan mark och passerar områden med lerjord.

Inom söderort passerar också delar av E4 (Essingeleden) samt Riksväg 75 (Södra länken) och Länsväg 226 (Huddingevägen) lermark. Tvärbanan ligger på lera växelvis mellan Gröndal och Linde, där det går ut ur utredningsområdet. Stambanan passerar lermark i längre sträckor mellan Årstaberget och Västberga och därefter vid Älvsjö. Nynäsbanan som avviker från stambanan mellan Älvsjö IP och Älvsjö industriområde korsar till och från lera med begränsat djup. Flera så kallade industrispår finns inom lerområden vid Lövholmen, Årstadal, Västberga och Älvsjö industriområden.

För redovisning av dessa och andra typer av anläggningar, till exempel diverse broar, se Bilaga C6, *Trafikverkets och kommunens anläggningar*.

Det finns flera andra högratifierade kommunala vägar som korsar områden med lera, däribland Norr och Söder Mälarstrand, Södertäljevägen, Årstabergetsvägen, Västberga Allé, Östbergavägen, Huddingevägen och Magelungsvägen.

6.4.2 Energibrunnar

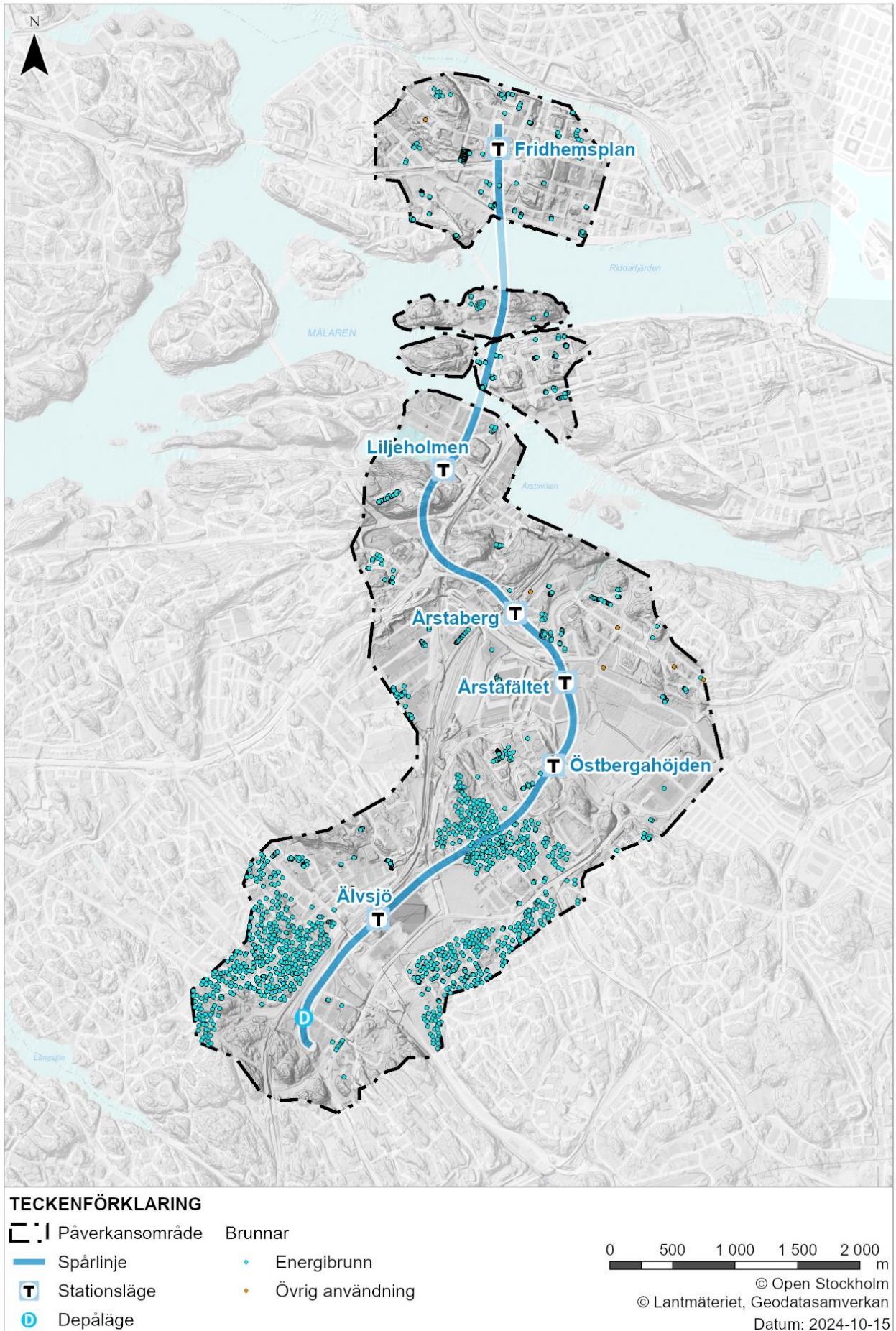
Brunnarna kan påverkas av anläggningen på olika sätt. Lokaliseringen av tunnelbanelinjen har gjorts för att i möjligaste mån undvika bergborrade brunnar, trots detta kommer anläggningen att korsa några brunnar som därmed kommer behöva avvecklas. Frågor rörande dessa brunnar hanteras inom järnvägsplan eftersom det handlar om markanspråk.

Den andra kategorin är brunnar som kommer få eller riskerar att komma få en påverkan av grundvattenbortledningen. En sammanställning av antal brunnar och fastigheter med brunnar inom påverkansområde redovisas i Tabell 27.

Det finns över 350 brunnar inom påverkansområdet på Kungsholmen. Brunnarna består framför allt av anläggningar med flertal energibrunnar. En större anläggning med cirka 70 energibrunnar ligger cirka 200 meter väster om station Fridhemsplan. Situationen är liknande på Långholmen och Södermalm med cirka 20 respektive cirka 120 brunnar. Inga brunnar har identifierats på Reimersholme. I norra delarna av söderort fram till och med Östberga finns det över 400 brunnar inom påverkansområdet, huvudsakligen anläggningar med flera energibrunnar. Resterande cirka 1150 brunnar är mest mindre anläggningar klustrade inom Liseberg, Örby slott, Örby, Långbro och Långsjö. För lägesredovisning av brunnarna se Figur 27 samt Bilaga C4, *Karta över brunnar och byggnadsgrundläggningar*.

Tabell 27. Antal brunnar och fastigheter med brunnar inom påverkansområdet.

Typ av brunn	Antal brunnar	Antal fastigheter
Energibrunn	2065	933
Övriga brunnar	7	3
Totalt	2072	936



Figur 27. Lägesredovisning av brunnar.

6.4.3 Natur- och kulturmiljöer

6.4.3.1 Naturmiljö

Inom utredningsområdet finns ett flertal identifierade områden och objekt som omfattas av skydd enligt miljöbalken (Figur 28). Dessa utgörs av Årstaskogens naturreservat, Hagsåtraskogens naturreservat, Älvsjöskogens naturreservat samt flertalet biotopskyddade alléer. Längs tunnelbanans sträckning finns påträffade naturvärden som utgörs av exempelvis skyddade arter. Även särskilt skyddsvärda träd finns identifierade men omfattas inte av skydd enligt miljöbalken. Inom utredningsområdet för den tänkta sträckningen av tunnelbanan och depån har naturvärdesinventeringar enligt standard utförts gällande naturvärden, groddjur och fladdermöss. Inom Hagsåtraskogens naturreservat har även inventering av häckfågel gjorts.

Naturmiljöer kan vara direkt beroende av grundvatten, exempelvis naturmiljöer vid grundvattenkällor eller våtmarker som försörjs av grundvattenkällutflöde. Fuktiga eller friska marker är andra naturmiljöer som kan påverkas vid en avsänkt grundvattennivå. Även ändrad strömningsriktning kan ge upphov till skador på kort och lång sikt. En förändring i övre eller öppna grundvattenmagasin kan därför innebära en påverkan för naturmiljön i sådana marker medan påverkan inom ett undre grundvattenmagasin inte förväntas orsaka någon negativ effekt för naturmiljön.

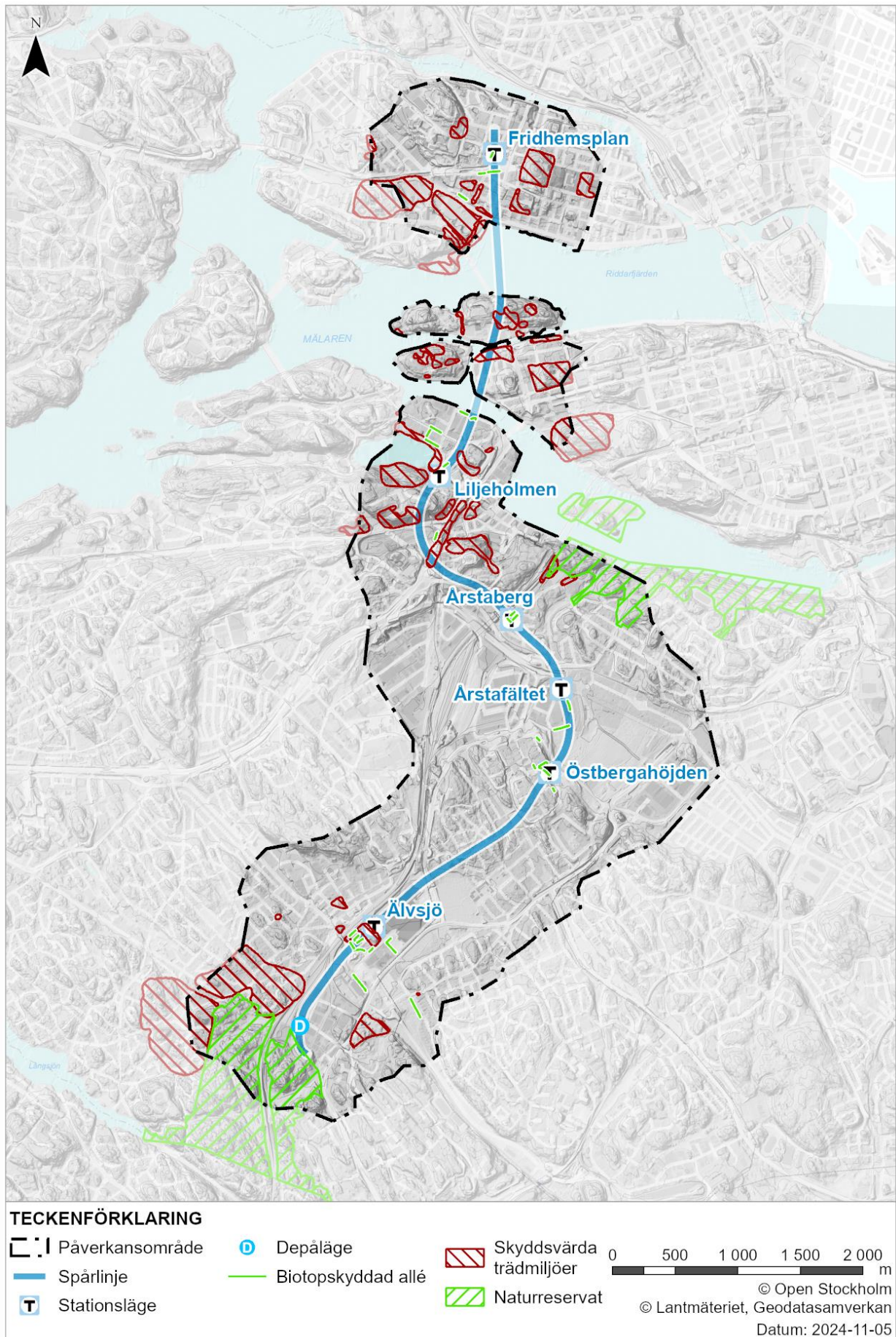
De områden där etableringsytor för stationsområden och arbetstunnlar samt luftutbytesschakt och brandgasschakt planeras utgörs främst av urban stadsmiljö men även ett antal park- och naturmiljöer. I dessa områden finns naturvärden som mestadels består av trädmiljöer som framför allt bedöms påverkas till följd av etableringen och permanent markanspråk, och inte av en grundvattensänkning. Utmed Fridhemsgatan där brandgasschakt ska placeras finns en allé bestående av lindar som delvis kommer att påverkas. Vid Liljeholmsgränd och Liljeholmsstranden finns lindalléer där träd kommer att påverkas. Även vid Årstaberget finns två alléer med olika lövträd som kommer att påverkas. Vid station Östberghöjden och utmed Östbergabackarna återfinns alléer bestående av oxlar respektive lönnar som kommer att påverkas. Alléer omfattas av generellt biotopskydd enligt miljöbalken. Påverkan kopplat till generellt biotopskydd kommer att prövas i järnvägsplanerna för spårlinjen och depån.

Inom Hagsåtraskogens naturreservat finns Ormkärnsdammen som anlades år 2012 i huvudsyfte som en groddjursdamms för att skydda, bevara och utveckla områdets funktion som ekologiskt kärnområde för biologiska mångfald och värdefulla våtmarker. I dammen har både mindre vattensalamander och vanlig groda påträffats och enligt genomförd groddjursinventering (Ohlin och Granberg, 2023) ses en ökande trend av populationerna för båda artgrupperna.

Under år 2024 utförde Sweco AB, på uppdrag av Regionen, en groddjursinventering varpå grodlek av vanlig groda observerades i tre olika områden. Dels i Ormkärnsdammen, dels i två mindre vattensamlingar i den nordöstra delen av naturreservatet. Mindre vattensalamander observerades även i Ormkärnsdammen samt i diket som löper österut från dammen.

Enligt nationella dataunderlaget Våtmarksinventeringen (VMI) finns inga våtmarker, och Skogsstyrelsen redovisar inga objekt med sumpskog, inom utredningsområdet i övrigt. Detta bekräftas av de naturvärdesinventeringar som utfördes av Sweco under år 2023 och 2024, där inga sumpskogar eller våtmarker identifierats inom de inventerade områdena inom utredningsområdet. Ormkärnsdammen som omges av en lövsumpskog svämmas över vid tillskott av vatten ovanifrån. Grodmiljöerna i nordöstra delen av Hagsåtraskogens naturreservat bedöms torka ut under sommarmånaderna. De får inte vatten från grundvatten och området saknar därför förutsättningar för förekomst av sumpskog eller våtmark.

Naturobjekt och skyddade områden inom påverkansområdet som omfattas av skydd enligt miljöbalken redovisas i Figur 28.



Figur 28. Naturobjekt och skyddade områden inom påverkansområdet som omfattas av skydd enligt miljöbalken.

6.4.3.2 Forn- och kulturhistoriska lämningar

Inom utredningsområdet finns ett flertal förhistoriska gravfält och gravar i form av högar och stensättningar. Eftersom dessa ligger på väl-dränerade marker och de vanligen inte har några djupgående anläggningar bedöms känsligheten för grundvattenförändring vara försumbar och de har inte tagits med i sammanställningen.

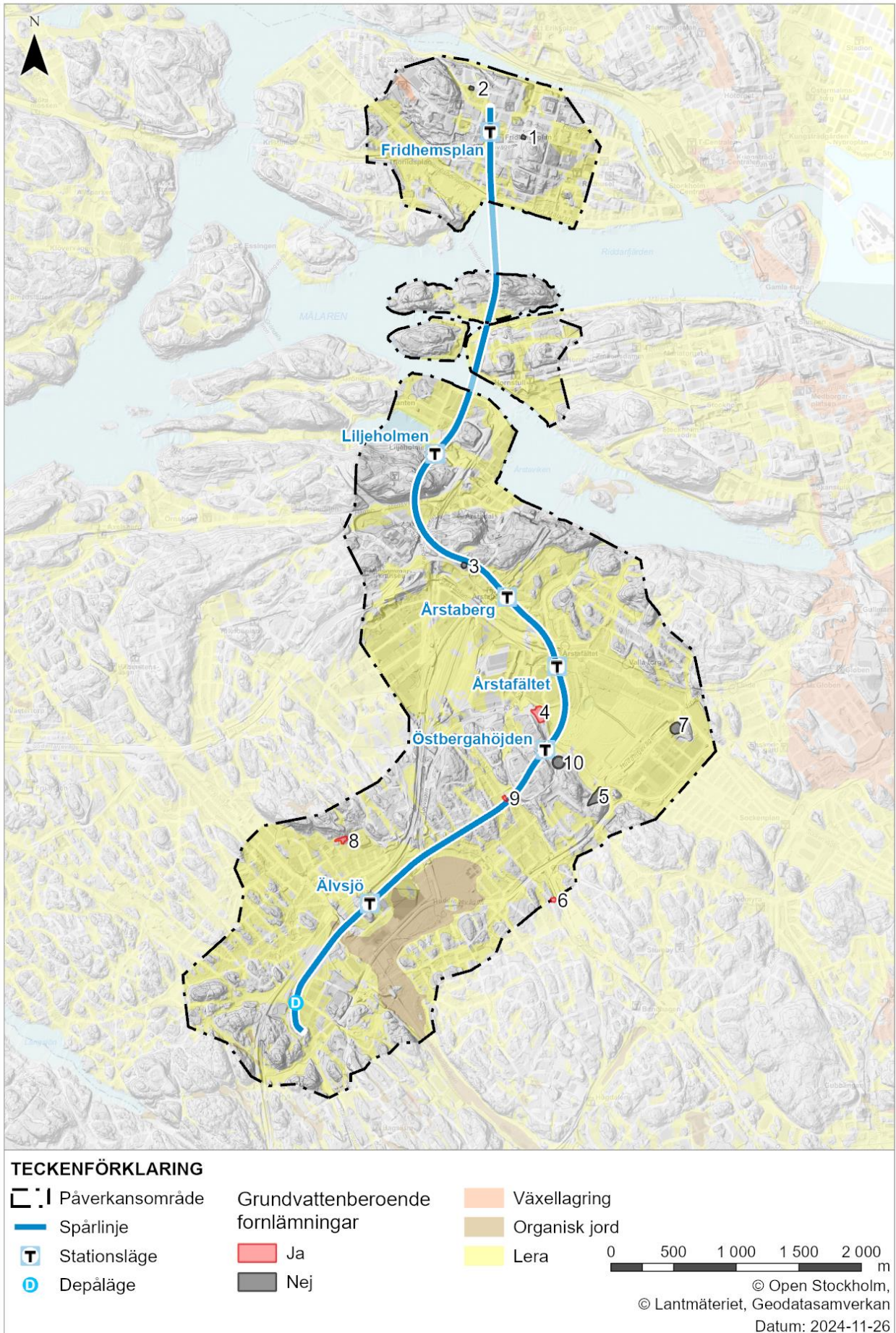
Totalt har ett tiotal forn- och kulturhistoriska lämningar inom påverkansområde bedömts vara potentiellt känsliga för grundvattenförändringar. De utgörs av stadslager, bytomter, torp och begravningsplatser. Se Tabell 28 och Figur 29 för redovisning.

Inte vid något objekt, beläget inom påverkansområdet för grundvatten, bedöms det finnas någon beständigt övre grundvattenmagasin. Vid ett fåtal av objekten kan ett undre grundvattenmagasin återfinnas var en eventuell grundvattenpåverkan har bedömts i Tabell 28.

Tabell 28. Beskrivning av forn- och kulturhistoriska lämningar inom påverkansområde som är potentiellt känsliga för en grundvattensänkning.

Nummer	Typ	Antikvarisk bedömning	Kommentar	Grundvattenkänslighet* (Ja/Nej)
1	L2015:7734 Begravningsplats	Övrig kulturhistorisk lämning	Judisk kyrkogård	Nej - Inget grundvattenmagasin bedöms finnas
2	L2015:7657 Begravningsplats	Övrig kulturhistorisk lämning	Judisk kyrkogård	Nej - Grundvattenytan ligger >4 meter under markytan.
3	L2013:1744 Bytomt/gårdstomt	Fornlämning	Berga gamla bytomt	Nej - Inget grundvattenmagasin bedöms finnas
4	L2013:1666 Bytomt/gårdstomt	Möjlig fornlämning		Ja - Undre grundvattenmagasinets gräns
5	L2013:1637 Bytomt/gårdstomt	Fornlämning		Nej - Lokal höjd söder om Årstafältet med grundvattennivå >2 meter djup
6	L2013:1853 Bytomt/gårdstomt	Fornlämning		Ja
7	L2014:7881 Bytomt/gårdstomt	Fornlämning	Bägersta gamla bytomt	Nej - Lokal höjd med synligt berg i dagen; inget grundvattenmagasin bedöms finnas
8	L2013:138 Bytomt/gårdstomt	Fornlämning		Ja - Undre grundvattenmagasinets gräns
9	L2013:153 Lägenhetsbebyggelse, torp	Möjlig fornlämning		Ja - Litet upphöjt bergsområdet mellan fotbollsplan och bostadsområde, rakt ovanför tunnellini.
10	L2013:1596 Boplats	Fornlämning	Kulturlager (punktobjekt)	Nej - Området har synligt berg och ligger högre än omgivningen. Inget eller djupt (>3 meter) liggande grundvattenmagasin.

* Inte vid någon av fornlämningsplatserna bedöms det finnas något övre grundvattenmagasin.



Figur 29. Karta med forn- och kulturhistoriska lämningar som är känsliga för en grundvattenavsänkning.

6.4.4 Föroreningar

Planerad tunnelbana innebär i sig inte något tillskott av föroreningar. Dock kommer anläggningen att utmed sträckan komma i kontakt med grundvattenmagasin med varierande grundvattenkvalitet och olika halter av förorenande ämnen.

Uppgifter om potentiella föroreningskällor och föroreningar har inhämtats från bland annat länsstyrelsernas databas (EBH-stödet), enligt tidigare avsnitt 5.2.3. Beroende på det förorenande ämnets löslighet i vatten kan föroreningen sedan spridas ned till och vidare i grundvattnet. Lättrörliga föroreningar (föroreningar med hög löslighet) kan spridas ned till och vidare i grundvattnet. Föroreningar med låg löslighet kan i högre grad antas finnas kvar vid källområdet och utgör mer ett potentiellt problem vid hantering av schaktmassor. I områden med lerjord minskar också förutsättningarna för en föroreningsspridning via grundvattnet. En riskklassificeringsmodell har använts för att bedöma risken för påverkan på grundvatten och risk för negativ påverkan vid byggande och drift av den planerade tunnelbanan från de inventerade objekten. Klassificeringen bygger på föroreningarnas spridningsegenskaper, riskklass på objekt, avstånd till tunnelbanesträckningen samt jordartens genomsläpplighet. Bedömd riskklassning redovisas i Figur 30 nedan. Figuren redovisar även utförd provtagning av vattenkvaliteten i grundvattenrör.

6.4.4.1 Kungsholmen

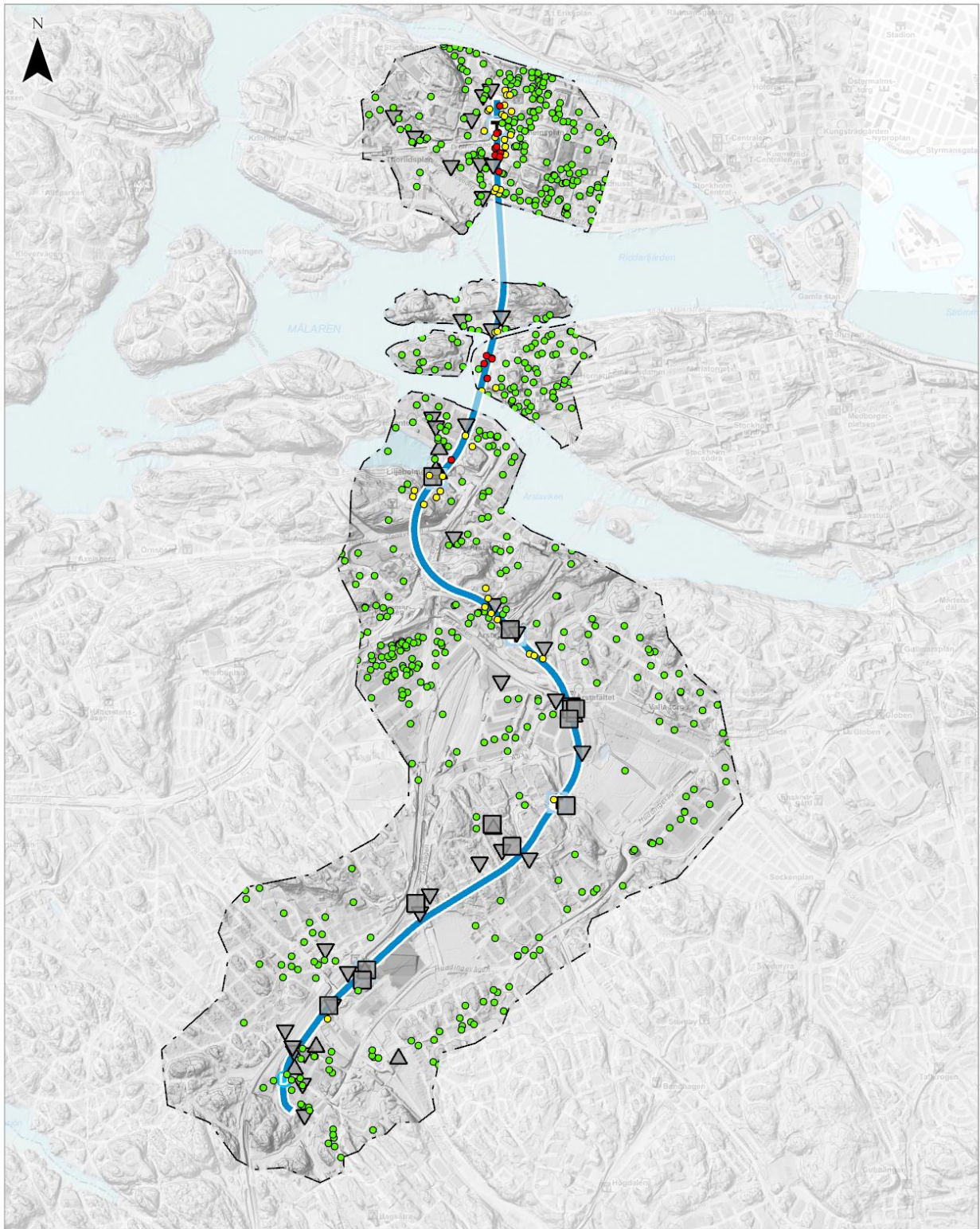
Vid Fridhemsplan finns flertalet objekt i stationsområdets närhet där det är risk för att påträffa föroreningar i grundvatten, exempelvis ett flertal kemtvättar som riskerar att ha spridit klorerade alifater till djupare jordlager och grundvatten. Tidigare undersökningar visar att det finns konstaterade förhöjda halter av alifater och PAH i jord men inte i grundvattnet.

Grundvattenprover från utförda undersökningar visar generellt på måttligt förhöjda halter av metaller i grundvattnet vid Fridhemsplan. I två av nio grundvattenprov har en hög halt av metaller påträffats enligt SGU:s bedömningsgrunder för grundvatten (SGU, 2013). Förhöjd halt av oljeindex har påträffats i en provtagningspunkt samt hög halt av tyngre alifater i tre av nio grundvattenprov. Det förekommer även halter av PFAS över riktvärde i sex av nio grundvattenrör. Klorerade alifater har påvisats i höga halter i en provtagningspunkt och det förekommer även cyanid i mätbara halter.

6.4.4.2 Mälarpassagen

Nio verksamheter från EBH databasen lokaliserade på Långholmen och Hornstull har riskvärderats till mellan hög eller hög risk. Den sammanvägda riskvärderingen för föroreningar bedöms till mellan hög för fyra verksamheter och hög för fem verksamheter. Verksamheterna inom områdena kan ha gett upphov till potentiella föroreningar i form av halogenerade och klorerade alifater från verkstadsindustri och kemtvättar samt metaller, alifatiska kolväten, aromatiska kolväten och polycykliska aromatiska kolväten från grafisk industri och fordonsrelaterad verksamhet. I området finns även båtrelaterade verksamheter (fritidsbåtshamnar och båtuppställningsplatser vilka, utöver tidigare nämnda, kan ha gett upphov till potentiella föroreningar i form av polyklorerade bifenyler, organiska tennföreningar och irgarol.

Inom Långholmen har tre grundvattenprover tagits ut och i samtliga tre påträffas föroreningar. I ett grundvattenrör uppmättes förhöjda halter av arsenik och bly över SGU:s haltgräns för riskklass 5, mycket hög halt (SGU, 2024). I två andra rör på Långholmen uppmättes förhöjda halter av PFAS₁₁ över SGI:s preliminära riktvärde (SGI, 2015).



TECKENFÖRKLARING

- Påverkansområde
- Spårlinje
- T Stationsläge
- D Depåläge

Provtagningspunkter grundvattenrör

- Magasin
- Undre
 - Övre

Vattenprovtagning i bergborrhål

Spridningsrisk föroreningar

- Låg
- Mellan
- Hög



© Open Stockholm
© Lantmäteriet, Geodatasamverkan
Datum: 2024-11-27

Figur 30. Bedömd riskklassning för spridning av föroreningar i grundvatten.

6.4.4.3 Liljeholmen

Flertalet EBH-objekt finns vid Liljeholmen och bland annat har det legat en träimpregnering, bekämpningsmedelstillverkning, verkstadsindustri och tungmetallgjuteri i området. Flertalet verksamheter som funnits kring Liljeholmen har hanterat klorerade alifater som riskerar att ha spridits till djupare jordlager och grundvatten. Tidigare undersökningar visar att det finns konstaterade förhöjda halter av bland annat triklor och DDT i grundvattnet.

Utförd grundvattenprovtagning vid Liljeholmen visar på låga till måttliga halter av metaller. I ett av åtta provtagna grundvattenrör påträffades dock metallhalter i mycket hög halt i nära anslutning till tidigare metallgjuteri och en hög halt av zink noterades i ytterligare en provpunkt. I ett av grundvattenproven noterades också kraftigt förhöjda halter av klorerade alifater. Förhöjda halter av trikloreten har även noterats i ytterligare en provpunkt. Oljekolväten påträffades i hög till mycket hög halt i två av åtta grundvattenrör. I sju av grundvattenproven noterades förhöjda halter av PFAS över tillämpat riktvärde och förhöjd halt av PFAS påträffades även i ett grundvattenprov från kärnborrhål men i betydligt lägre halt än i jordgrundvattnet. Undersökningen visar på att grundvattnet vid Liljeholmen generellt är påverkat av förhöjda PFAS halter.

6.4.4.4 Årstaberg till Liseberg

Tidigare undersökningar intill stationsområdet Årstaberg och vid arbetstunneln Årstakrossen har inte visat förhöjda föroreningshalter i grundvattnet, vilket i stort stämmer överens med nuvarande provtagning som visar låga till måttliga halter av de analyserade ämnena. Två av fem grundvattenprover visar dock höga halter (SGU, 2024) av tungmetaller (nickel, kadmium och/eller bly). Bensen påträffas också i en provtagningspunkt i hög halt (SGU, 2024) men i nivå under skyddsgränsen för ytvatten enligt SPI:s riktvärde (SPI, 2011). PFAS har upptäckts i hälften av grundvattenproverna, samtliga med halter över SGI:s preliminära riktvärde (SGI, 2015). Sammantaget bedöms risken för förorening i grundvatten som låg till måttlig vid stationsområdet Årstaberg.

Tidigare verksamheter intill Årstafältet längre söderut är bland annat kemtvätt, grafisk industri samt industri inom behandling av metaller med elektrolytiska/kemiska processer. Vid Årstafältet har i tidigare undersökningar inte visat att det finns några konstaterade förhöjda halter i grundvatten. Grundvattenprovtagning vid stationsområdet vid Årstafältet visar på mycket låga eller måttliga halter av samtliga analyserade ämnen i tre av fyra analyserade grundvattenprov. I ett grundvattenprov påträffas mycket höga halter (SGU, 2024) av arsenik och bly samt hög halt (SGU, 2024) av nickel. Kadmium påträffas i hög halt (SGU, 2024) i ett av fyra grundvattenprov från kärnborrhål. Tyngre alifater och bensen har påträffats i hög halt (SGU, 2024) i två grundvattenprov, samtliga halter är dock under nivån för skydd av ytvatten enligt SPI:s riktvärde (SPI, 2011). PAH har påvisats i mycket hög halt i ett av grundvattenproverna (SGU, 2024). PFAS detekterades i hälften av provpunkterna (både grundvattenrör och kärnborrhål) men samtliga halter är under SGI:s preliminära riktvärde (SGI, 2015).

Vid Östbergahöjden har det tidigare funnits verksamheter såsom kemtvätt, grafisk industri samt panncentral. Det finns ett objekt avseende kemtvätt som riskerar att ha spridit klorerade alifater till djupare jordlager och grundvatten. Tidigare undersökningar visar dock inte att det finns några konstaterade förhöjda halter i grundvatten. Undersökningar i grundvatten, vid Östbergahöjden och Liseberg, visar på hög till mycket hög halt av tungmetaller i två av tre grundvattenprover. PFAS förekommer över rapporteringsgränsen i fyra av de sju analyserade provpunkterna (både grundvattenrör och kärnborrhål) där fyra prov togs ut från bergborrhål. I två provpunkter var halten av PFAS över SGI:s preliminära riktvärde. Inga förhöjda halter av klorerade alifater som kan kopplas till kemtvättsverksamhet har detekterats i grundvattnet.

6.4.4.5 Älvsjö

För området kring Älvsjö stationsområde och arbetstunnel så finns ett antal olika EBH-objekt, bland annat plantskola, drivmedelsanläggning, verkstadsindustri och anläggning för farligt avfall. Analyser av grundvattenprover vid Älvsjö station och Älvsjö IP:s grusplan visar mycket låga till måttliga halter av samtliga metaller i sex av nio grundvattenprov. Förhöjda halter av bly och nickel har uppmätts över gränsen för hög påverkan (riskklass 4) i tre grundvattenrör. I två av dessa rör har förhöjda halter av alifatiska kolväten också noterats, liksom PAH i ett rör, där halterna överstiger gränsen för mycket hög påverkan (SGU riskklass 5). PFAS har påvisats i ett grundvattenprov av tolv i halter som överstiger SGI:s preliminära riktvärde.

6.4.4.6 Depå

Vid Älvsjö industriområde visar grundvattenprovtagning förhöjda halter av bly i fem av sex prover, vilka var över gränsen för hög till mycket hög påverkan (SGU 2024). Nickel har också påträffats i mycket höga halter i två av provpunkterna (SGU 2024). Klorerade alifater har upptäckts i ett grundvattenrör, men enligt SGU:s bedömningsgrunder är halterna låga. Oljekolväten finns i hög halt i ett av de sex analyserade grundvattenproven. I ett grundvattenrör av fem har en förhöjd halt av PFAS uppmätts, vilket överstiger SGI:s preliminära riktvärde.

7 Påverkan på vattenmiljö

7.1 Bedömning av inläckage

Under detta kapitel redovisas bedömda inläckagevärden för olika anläggningsdelar uppdelat på byggmetod. En kort beskrivning av byggmetoderna presenteras som bakgrund. För mer detaljer om byggmetoder se *Teknisk beskrivning*, Bilaga A.

7.1.1 TBM-tunnlar

De olika skeden som TBM-tekniken medför är av betydelse för beräkningen av inläckage och omgivningspåverkan. Dessa skeden är både åtskilda i tid och i olika avstånd från tunnelfronten.

Sammanfattningsvis går ett område igenom följande tidsmässiga skeden med olika inläckage:

1. Byggtid: TBM-drivning
I detta skede är tunnelfronten öppen och utrymmet mellan bergkontur och betonginklädning är otätat på en sträcka upp till cirka 200 meter bakom tunnelfront, det vill säga fram till den närmsta strömningsavskärande barriären. Störst inläckage uppkommer vid tunnelfronten och fram till där betongsegmenten monteras och bygger en tät betongring, cirka 10 meter bakom tunnelfronten. Mellanrummet som uppkommer mellan betongsegmenten och berget fylls successivt med en blandning av krossat berg och naturgrus. Inläckande vatten från berget kan rinna längs utsidan på betongsegmenten, genom grusfyllningen och avledas vid tunnelfronten. För ett visst område pågår normalt detta skede inte längre än två till tre månader.
2. Byggtid: Betonginklädning
I detta skede är tunneln inklädd, strömningsavskärande barriär har installerats och utrymmet mellan betong och berg har fyllts med stenmaterial och cement, det vill säga att tunneln är i princip tät. Tunneln används för transporter till och från tunnelborrmaskinen och transport ut av bergmaterial på transportband.

3. Byggtid: Anläggande av tvärtunnlar

Tvårtunnlarna anläggs först när transportband med mera monteras ned. Berget förinjekteras efter behov från TBM-tunnlarna. Påslagen för tvärtunnlarna har antingen förberetts redan genom att TBM-maskinen utelämnat betongsegmenten och tagit sig framåt förbi tvärtunnlarna med så kallade grippers som mothåll för borrhuvudet eller görs senare genom håltagning i den täta betonginklädnaden. Det senare alternativet kan innebära att grundvatten läcker in, på ett liknande sätt som ovan, innan övergång mellan TBM-tunnlarnas betonginklädnad och tvärtunnel tätas.

4. Drifftid

Under drifftiden är spårtunnlarna i princip täta förutom ett visst mindre inläckage till tvärtunnlarna eller deras övergång mot spårtunnlarna. För bedömningen av drifftid har dock, konservativt antagits att vissa skarvar mellan betongelementen kan läcka, eller börja läcka.

Inläckage för byggtid med TBM-drivning har beräknats med transienta grundvattenmodeller samt analytiska beräkningar. För byggtid med betonginklädda tunnlar och anläggande av tvärtunnlar samt drifftiden har ett konservativt inläckage antagits, se Tabell 29 nedan. För mer detaljer om beräkningarna se Bilaga C2, *Hydrogeologiska beräkningar* och Bilaga C3, *Grundvattenmodellering*.

Tabell 29. Förväntat inläckageflöde från otäta respektive tätade TBM-tunnlar under olika anläggningskedan.

Anläggningskede	Inläckage	Kommentar
Byggtid: TBM-drivning	ca 10-100 l/min per tunnelrör	Avser 200 meter tunnelsträcka bakom fronten innan betonginklädnad tätas. Transient modellerat för en 90 dagars period utan grundvattenbildning. Initialt kan större inläckage uppkomma.
Byggtid: Betonginklädda tunnlar	2 l/min/100 meter per tunnelsektion* (2 tunnelrör)	Avser spårtunnlar med tätad betonginklädnad.
Byggtid: Anläggande av tvärtunnlar	2 l/min/100 meter per tunnelsektion* (2 tunnelrör) + ca 10-100 l/min per tvärtunnel	Avser spårtunnlar med tätad betonginklädnad samt tvärtunnlar under byggtid. Inläckage till tvärtunnlar under byggtid utgår från värsta scenariot med håltagning i betonginklädnaden.
Drifftid	2 l/min/100 meter per tunnelsektion* (2 tunnelrör) + inläckage till tvärtunnlar enligt Bilaga C2	Avser spårtunnlar med tätad betonginklädnad samt färdiga tvärtunnlar.

*Antaget värde. Se Teknisk beskrivning, Bilaga A till ansökan.

7.1.2 Konventionellt utförda delar

Arbetsstunnlar, stationsutrymmen och tvärtunnlar mellan spårtunnlarna byggs med konventionellt borra och spräng förfarande där berget förinjekteras med cementbaserat injekteringsbruk innan uttag. Schakt såsom ventilationsschakt och hisschakt kan byggas på flera olika sätt, berget förinjekteras oavsett innan uttag. Se *Teknisk beskrivning*, Bilaga A, för mer detaljer.

Styrande för utfallet av bergtätningen är dels själva utförandet. Med utförande menas till exempel antal injekteringsborrhål, antal omgångar som borrar och injekteras innan ett berguttag. Även cementbrukets egenskaper, med vilket tryck och tid som injekteringsbruket fyller sprickorna är en del av utförandet. Med cementbrukets egenskaper menas att det finns en begränsning i hur smala sprickor som cement kan tränga in i. Ett mått på injekteringens effektivitet i att täta berget är tätningseffekt som beräknas enligt Ekvation 1, uttryckt i %. Ibland uttrycks tätningseffekt som kvoten mellan bergets hydrauliska konduktivitet och det av injekterade zonens (Ekvation 2).

$$\frac{K_o - K_i}{K_o} \quad \text{Ekvation 1}$$

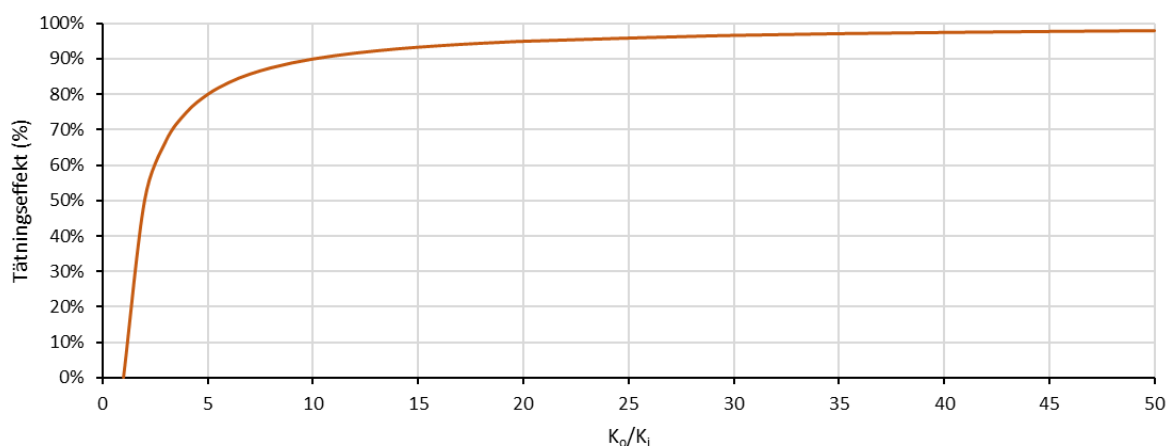
$$\frac{K_o}{K_i} \quad \text{Ekvation 2}$$

Där:

K_o Bergets ursprungliga hydrauliska konduktivitet

K_i Bergets hydrauliska konduktivitet efter injektering

Ett berg som blir tio gånger tätare får tätningseffekten 90%. Detta kan normalt sett uppnås, medan en effektivitet på 95 % (20 gånger tätare berg) innebär en svår eller långtgående tätning som kräver flera injekteringsomgångar. Alltså i detta fall innebär 5% högre tätningseffekt att berget blir två gånger tätare. Relationen mellan dessa redovisas i Figur 31. Tätningens svårighet ökar med ökat behov av tätningseffektivitet. Att uppnå tätningseffekter högre än 90-95% kan vara möjligt med platspecifika injekteringslösningar. Men generellt sett kan en tätning motsvarande högre än 90% effektivitet inte förväntas över långa sträckor.



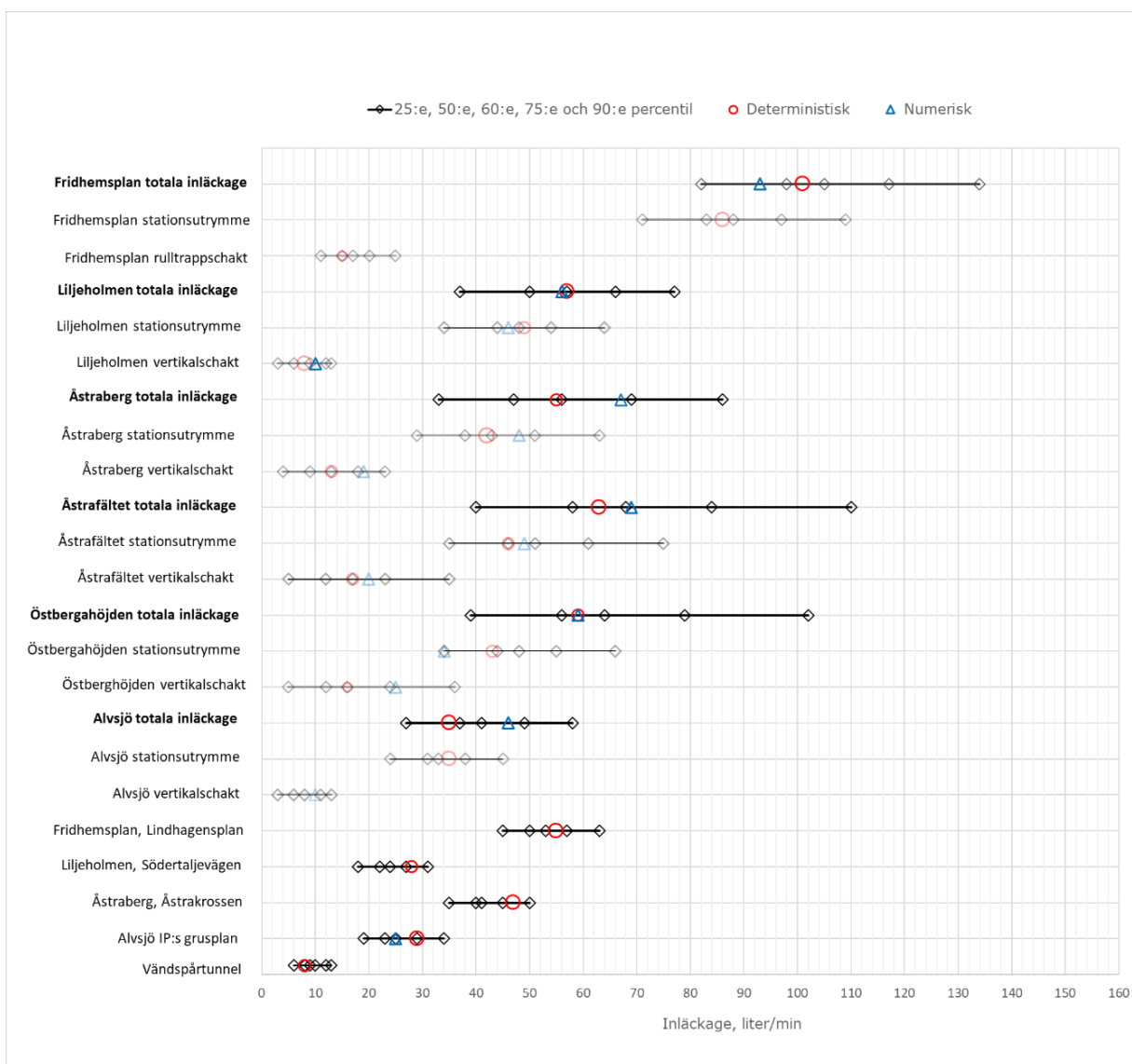
Figur 31. Tätningseffekt (enligt Ekvation 1) vs K_o/K_i . Grafen visar att vid högre tätningseffekter (%) blir det svårare att täta berget mer. Att uppnå 100% täthet är matematiskt och praktiskt inte möjligt.

I beräkningen av inläckaget till stationsutrymmen, arbetsstunnlar etcetera, som utförs med borra-sprängmetoden, har för de genomsläppliga domänerna, ytberg och svaghetszon, använts en genomsnittlig tätningseffektivitet på cirka 85-90% vilket motsvarar ett K -värde ner till 2×10^{-8} m/s efter tätning. Då cementbrukets inträngningsförmåga i smala sprickor är begränsat har

normalberget ansatts kunna tätas ner till 5×10^{-9} m/s som lägst, med ett medel kring 7×10^{-9} m/s, med cementinjektering.

Inläckageflöden till huvudanläggningsdelar utförda med borra-spräng (stationer och arbetstunnlar) presenteras i Figur 32. I figuren visas resultat från stokastiska beräkningar för 25%, 50% (median), 60%, 75% och 90% percentiler. Resultat från deterministiska beräkningar och numeriska modelleringar visas för jämförelse. Resultat från deterministiska och numeriska beräkningar ligger i de flesta fall kring 50-60 percentiler från stokastiska beräkningar. För inläckage till övriga anläggningsdelar såsom ventilationsschakt se Bilaga C2, *Hydrogeologiska beräkningar*.

Av Figur 32 framgår att den numeriska beräkningen (modellberäkningen) ibland resulterar i ett mindre inläckage än för den deterministiska (analytiska beräkningen) och ibland ett större.



Figur 32. Inläckage till stationer och arbetstunnlar. Från vänster till höger visar diamantmarkörer 25%, 50% (median), 60%, 75% respektive 90% percentiler från stokastiska beräkningar. Resultat från deterministiska beräkningar och numeriska modelleringar redovisas också för jämförelse. Som ett exempel är inläckage till station Fridhemsplan med 75% sannolikhet mindre än 117 l/min; sannolikheten att det ska överstiga 98 l/min är 50%.

Vid station Fridhemsplan bedöms inläckage till luftutbytesschakt Fleminggatan och brandgasschakt Fridhemsgatan bli mindre än analytiskt beräknat (redovisas i Bilaga C2) på grund av trycknivåavsänkning i berget orsakad av stationen. Att inläckage till stationsutrymmet är mindre enligt den numeriska modellen jämfört med deterministisk beräkning kan bero på att stationsområdet är beläget högre än sin omgivning och jordlagrets magasineringskapacitet är inte stort i området. Vid befintliga anläggningar beaktade i modellen är inläckaget ännu mindre än vad som visas i Figur 32 (cirka 60 l/min). Vid station Liljeholmen och i mindre grad vid stationer Årstaberget och Älvsjö ligger stationsområdena i relativt lägre terräng än omgivningen, vilket kan förklara större inläckage enligt de numeriska modellerna i de senare fallen, det vill säga stationerna Årstaberget och Älvsjö. Skillnaden är mindre vid station Årstafältet, men där kan det stora grundvattenmagasinet i jord, som beaktas i den numeriska modellen, vara en bidragande faktor. Skillnaderna kan i övrigt bero på olikheter mellan beräkningsmodellerna som nämndes tidigare.

Utifrån de kombinerade resultaten från beräkningar och modelleringar har inläckageflöden till konventionellt utförda berganläggningar bedömts enligt Tabell 30. Inläckagevärden i tabellen har i huvudsak baserats på 75-percentil värden enligt Figur 32, men lokala förutsättningar, enligt ovan, har beaktats i slutlig bedömning av inläckage.

Tabell 30. Inläckage till olika anläggningsdelar i berg som tätas genom injektering. Inläckage till öppna schakt i jord och berg, som i drifttiden ersätts med täta konstruktioner, ingår inte. Siffrorna i parenteser avser hela berganläggningens längd det vill säga inklusive hisschakt och eventuell tekniktunnel vid station.

Anläggningsdel	Inläckage (l/min)	Cirka längd (m)	Kommentar
Station Fridhemsplan**	130	380 (720)	Inklusive luftutbytesschakt Fleminggatan (15 l/min) och brandgasschakt Fridhemsgatan (10 l/min)
Arbetstunnel Lindhagensplan	60	530	
Station Liljeholmen**	70	255 (440)	
Arbetstunnel Södertäljevägen	30	300	
Station Årstaberget**	90	245 (325)	Inklusive brandgasschakt Årsta Skolgränd (ca 10 l/min)
Arbetstunnel Årstakrossen	50	580	
Station Årstafältet**	100	255 (305)	
Station Östberghöjden**	80	260 (310)	
Station Älvsjö**	60	245 (280)	
Arbetstunnel Älvsjö IP:s grusplan	35	190	
Ventilationsschakt*	5-15 per schakt	35-60	Avser övriga luftutbytesschakt och brandgasschakt (Bilaga C2)
Tvårtunnel	<5-20 per tvårtunnel	20-30	Se Bilaga C2.
Bergtunnel för vändspår	15	90	

* Ventilationsschakt innefattar luftutbytesschakt och brandgasschakt.

** I inläckage och längd för stationerna ingår bergschakt för stationsuppgångar och borra-sprängdelar direkt anslutna till stationerna, det vill säga växelpartier med mera.

7.1.3 Sammanställning av inläckage per delsträcka

Inläckage per enhetslängd brukar uttryckas i l/min/100 m. Storleken på inläckaget beror på flera parametrar, bland annat bergets vattengenomsläpplighet, tunnels djup och dess tvärsektionsarea. Nyckeltalet är relativt sett lägre för VA-tunnlar då de ofta är mindre i storlek och delvis vattenfyllda, samt saknar tillhörande anläggningar. För väg- och järnvägstunnlar är nyckeltalet betydligt högre på grund av tunnarnas antal och storlek (ofta flera parallella stora tunnlar) och tillhörande anläggningar såsom ramptunnlar, ventilationsschakt, uppgångar, stationer mm. Stor omfattning av tillhörande anläggningsdelar gör nyckeltalet generellt mindre tillämpningsbart för väg- och järnvägstunnlar.

I Tabell 31 redovisas inläckageflöden per delsträcka under bygg- respektive drifttid. För beskrivning av vilka anläggningsdelar som ingår och inte ingår se tabellbeskrivning. Inläckageflöden i Tabell 31 har beräknats med Tabell 29 och Tabell 30 som underlag och utifrån ingående anläggningsdelar. Delsträckorna har avgränsats i huvudsak utifrån hydrogeologiska ränder, såsom förekomst av ytvatten eller vattendelare, men också anläggningstekniska förutsättningar, såsom förekomst av krön, lågpunkt, tvärtunnel och gräns mellan borra-spräng och TBM där mätningar är möjliga, se Figur 33.

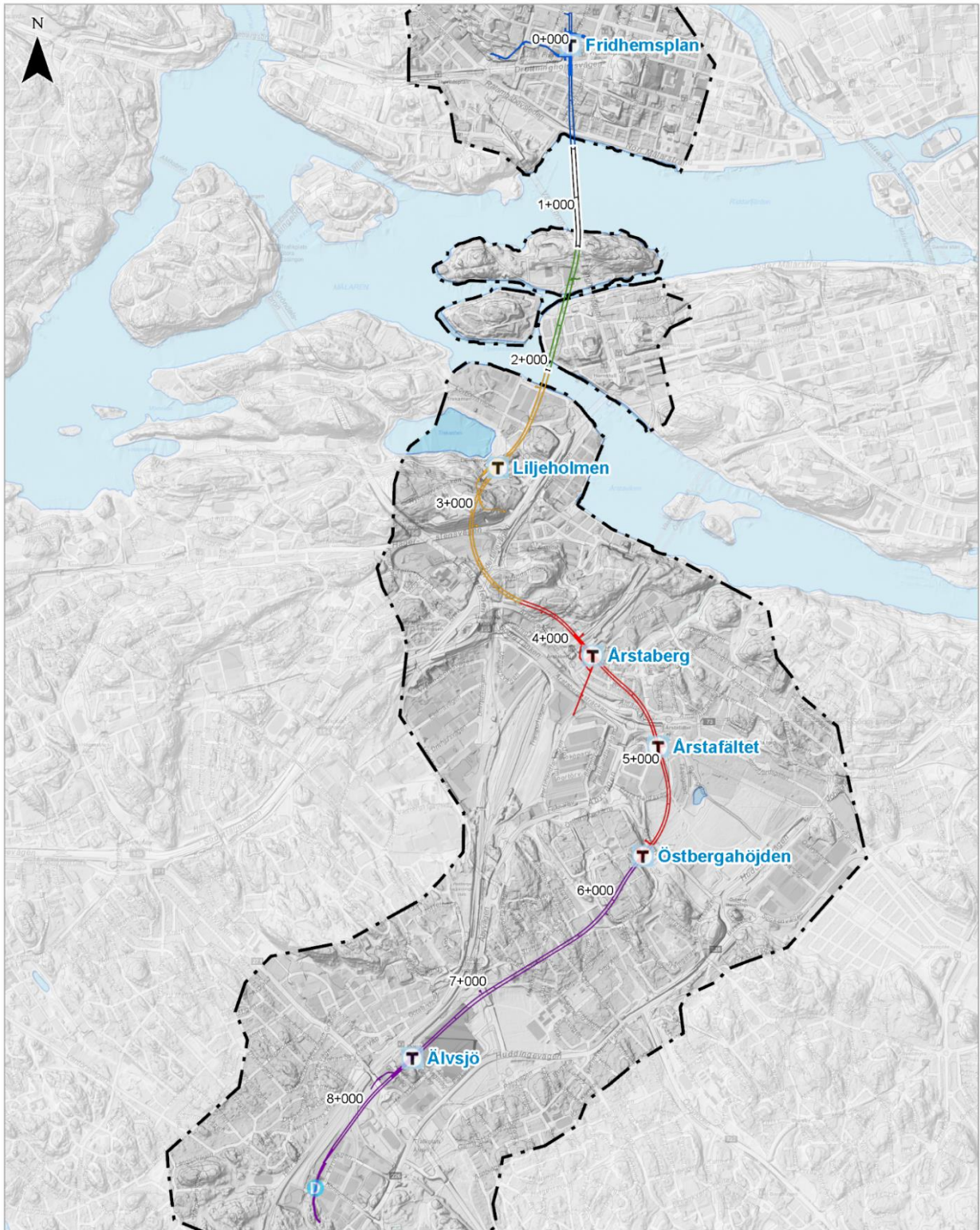
Tabell 31. Sammanlagda inläckagevärden till anläggningen under bygg- och drifttid. Borra och spräng förkortas till B&S i tabellen.

Delsträcka	Längdmätning	Längd* (m)	Inläckage Byggtid** (l/min)	Inläckage Drifttid*** (l/min)	Kommentar
1 Kungsholmen	-0+160 till 0+660	820 (ca 1520)	B&S 190 TBM 220	210	B&S under byggtid består av station Fridhemsplan, ventilationsschakten Fleminggatan och Fridhemsgatan och arbetstunnel Lindhagensplan
2 Mälarpassagen	1+270 till 2+030	760 (ca 820)	- TBM 240	45	
3 Liljeholmen	2+040 till 3+700	1660 (ca 2290)	B&S 110 TBM 290	200	B&S under byggtid består av station Liljeholmen och arbetstunnel Södertäljevägen
4 Årstafältet	3+700 till 5+710	2010 (ca 2870)	B&S 320 TBM 250	370	B&S under byggtid består av stationerna Årstaberget, Årstafältet och Östberga, brandgasschakt Årsta Skolgränd och arbetstunnel Årstakrossen
5 Älvsjö	5+710 till 8+770	3060 (ca 3600)	B&S 110 TBM 315	225	B&S under byggtid består av station Älvsjö, arbetstunnel Älvsjö IP:s grusplan och bergtunnel för vändspår

* Siffrorna i parenteser avser hela anläggningslängder, det vill säga inklusive schakt för uppgång, ventilation och arbetstunnel mm inom respektive delsträcka.

** Under byggtid ingår inläckage till ventilationsschakt (med undantag enligt kommentarskolumnen) och tvärtunnlar i inläckage till TBM-tunnlar. Inläckage till öppna schakt i jord och berg, som i drifttiden ersätts med täta konstruktioner, redovisas inte.

*** Under drifttid ingår inläckage till samtliga anläggningsdelar i berg, däribland stationer, arbetstunnlar, spårtunnlar, tvärtunnlar, ventilationsschakt, betongtunnlar vid Depå och bergtunnel för vändspår.



TECKENFÖRKLARING

- Påverkansområde
- Spårlinje
- T Stationsläge
- D Depåläge

- Delsträcka 1, Kungsholmen
- Delsträcka 2, Mälarpassagen
- Delsträcka 3, Liljeholmen
- Delsträcka 4, Arstafältet
- Delsträcka 5, Älvsjö
- Övrig anläggningssträcka

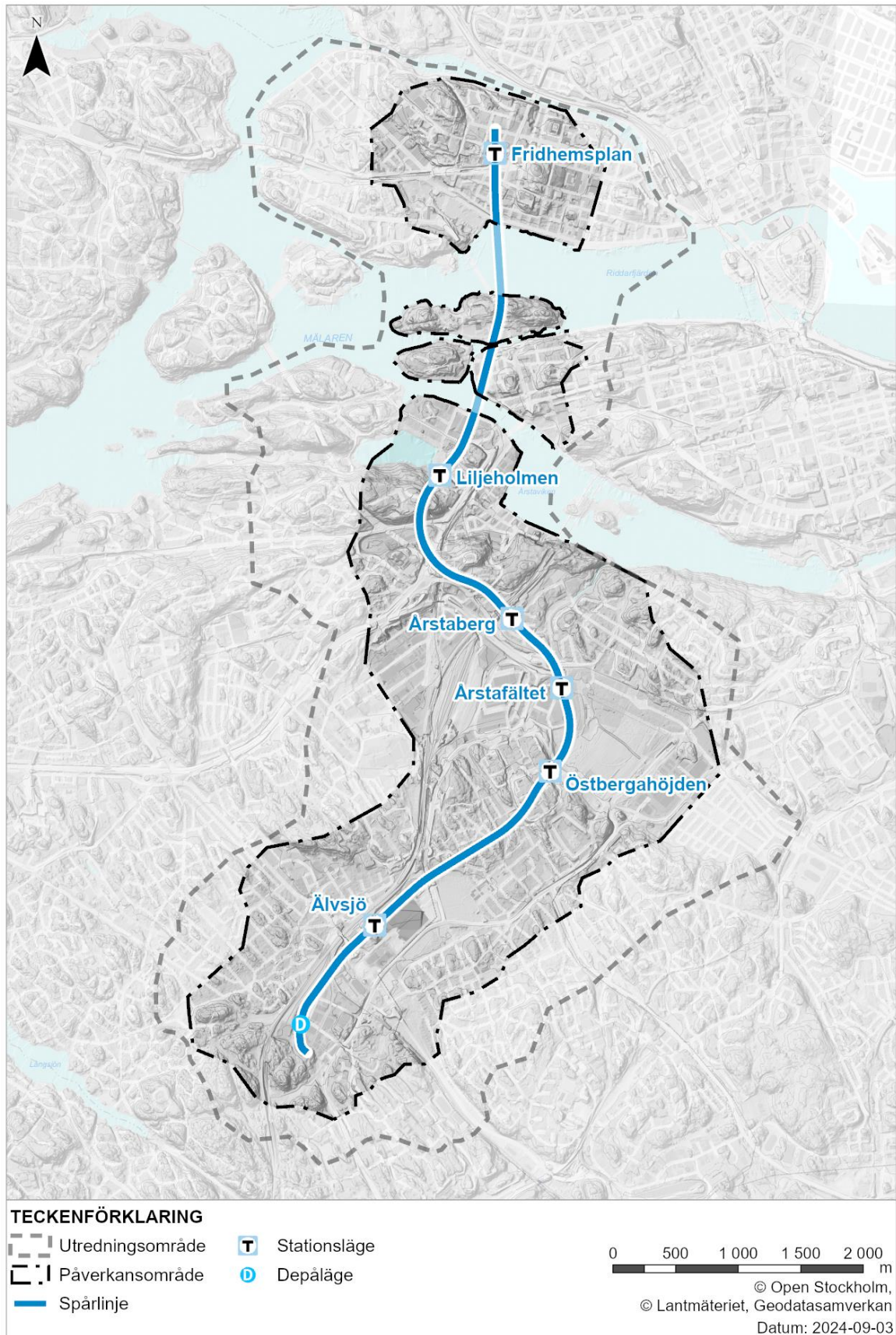
0 500 1,000 m

© Open Stockholm
© Lantmäteriet, Geodatasamverkan
Datum: 2024-10-24

Figur 33. Översiktskarta över anläggningen uppdelad till olika delsträckor med avseende på inläckage.

7.2 Påverkansområde

Påverkansområdet för grundvatten, i förhållande till utredningsområdet redovisas i Figur 34. Under drifttid blir området mindre än för byggtid, då TBM-tunnlarna blir i stort sett täta.



Figur 34. Bedömt påverkansområde för grundvatten. Figuren visar att utredningsområdet inrymmer påverkansområdet.

7.3 Bedömning av grundvattennivåsänkning med och utan infiltration

7.3.1 Grundvatten i berg

Påverkansområdets utbredning i berg kring en bergtunnel blir, som redovisats tidigare större djupare ned i berggrunden än uppe vid bergöverytan. Det beror på att berggrundens spricksystem får sin grundvattenbildning från marklagren. I Tabell 32 redovisas generellt beräknade grundvattennivåsänkningar vid 100 meter under markytan med konservativa antaganden där det finns en hydraulisk koppling mellan spårtunnel och aktuell punkt.

Tabell 32. Översiktlig redovisning av bedömd påverkan på grundvattentrycknivån, 100 meter under markytan, vid olika avstånd från planerad tunnelbana.

Tunneldjup	Typområde	Trycknivåavsänkning 50 meter från		Trycknivåavsänkning 150 meter från	
		Otät TBM-tunnel	Borra-sprängtunnel*	Otät TBM-tunnel	Borra-sprängtunnel*
30 m	Liljeholmen Älvsjö	10 meter	6 meter	1 meter	3 meter
45 m	Årstaberg Årstafältet Östbergahöjden Älvsjö	10 meter	9 meter	1 meter	4 meter
60 m	Fridhemsplan Östbergahöjden	14 meter	16 meter	2 meter	6 meter

* Avser stationer och arbetstunnlar

Påverkan för en bergborrad brunn på ett visst avstånd ut från tunnellen beror alltså på de faktiska bergförhållandena mellan tunneln och den enskilda brunnen. För en bergborrad brunn på ett visst avstånd från anläggningen blir påverkan störst om borrhålet endast har kontakt med vattenförande spricksystem längst ner i borrhålet där grundvattentrycksänkningen är störst och borrhålet längre upp saknar vattenförande sprickor. Generellt har ytligare berg fler sprickor än djupare berggrund. Det är dessutom osannolikt att en djupare sprickgrupp har en uthållighet 100 - 200 meter ut från tunnlarna. Den verkliga påverkan på bergborrade brunnar bedöms därför bli mindre än vad som redovisas i Tabell 32 ovan. Minskningen av effektuttag i en energibrunn är i stort sett linjär mot vattenpelarens höjd i brunnen, det vill säga 1 meter avsänkning motsvarar cirka 0,5% effektminskning i en 200 meter djup brunn.

I Tabell 33 redovisas antal brunnar i olika avståndskategorier beroende på hur de kan komma att påverkas. Fastigheter med brunnar i Kategori 1 och Kategori 2 är de som kan komma märka av en grundvattenpåverkan i form av en viss avsänkt vattennivå i brunnen med en fallande sannolikhetsgrad med avståndet från tunnlarna. Kategori 3 är de som har en liten till ingen risk för påverkan. Brunnarnas lägen redovisas översiktligt i Figur 27. För en mer detaljerad redovisning se Bilaga C4.

Tabell 33. Antal brunnar och fastigheter med brunnar inom olika avstånd från respektive anläggningsdel.

Kategori	Avstånd från respektive anläggningsdel	Anläggningsdel	Påverkansskede	Antal brunnar	Antal fastigheter
1	Inom 50 meter	Borra-spräng tunnel	Bygg och drift	38	3
		TBM-tunnel	Bygg	82	28
2	Inom 50-150 meter	Borra-spräng tunnel	Bygg och drift	80	16
		TBM-tunnel	Bygg	184	95
3	>150 meter till påverkansområdets gräns	Hela anläggningen	Bygg och drift	1841	810

Bedömd grundvattenpåverkan på energibrunnar

Energibrunnarna är nästan uteslutande djupare än 100 meter, med majoritet 100-200 meter.

- Brunnar inom 50 meter från anläggningen riskerar få en märkbar påverkan. Med en märkbar påverkan menas en trycknivåavsänkning större än 5 meter i brunnen.
- Brunnar inom 50-150 meter riskerar få en måttlig till liten påverkan, definierad som mellan 1-5 meter trycknivåavsänkning i brunnen.
- Brunnar utanför 150 meter bedöms få ingen eller en liten påverkan, motsvarande 0-1 meter avsänkning i brunnen.

Påverkan från TBM-tunnlar kommer att vara tillfällig. En förutsedd långvarig påverkan enligt ovan bedöms kunna förekomma kring anläggningsdelar utförda med borrhning och sprängning, framför allt stationer och arbetstunnlar.

Den bedömda påverkan är konservativ utifrån erfarenheter från tidigare tunnelprojekt. Det förutses inte uppkomma en märkbar påverkan längre än 150 meter från anläggningen. Risk för påverkan minskar generellt med ökat avstånd från anläggningen. Den faktiska påverkan går dock inte att specificera exakt på grund av bergets heterogenitet. Det är således möjligt att en energibrunn inom till exempel 50 meter från anläggningen inte märker någon påverkan alls.

7.3.2 Grundvatten i jord

Grundvattenpåverkan från anläggningsdelarna nere i berg bedöms främst kunna orsaka en nivåpåverkan för de undre grundvattenmagasinen i jord. Detta då ett slutet magasin är känsligare för en dränering eftersom det slutna magasinets grundvattentrycknivå påverkas mer än vad en motsvarande dränering av ett öppet magasin ger upphov till. Effekten av en grundvattenpåverkan i undre magasin är främst att marksättningar kan uppkomma i områden med lös lerjord med skador för byggnader och anläggningar som följd.

Förekommande öppna magasin med friktionsjord ovan bergytan är mestadels belägna inom höjdområden där grundvattenytan ofta styrs av bergytans variationer och förekommande bergtrösklar. Effekten av en grundvattensänkning i öppna magasin inom lokala höjdområden kan vara en påverkan för natur- eller kulturobjekt. Då markförhållanden inom höjderna normalt är torra (definieras med att grundvattennivån cirka 2 meter eller mer under markytan) är det främst vid släntfot eller övergången till lägre liggande områden som natur- eller kulturobjekt riskerar vara grundvattenberoende.

Övre magasin ovan lerjord påverkas inte direkt av en dränering till anläggningsdelarna i berg annat än att ett mindre läckage kan ske genom lerlagret ifall trycknivå i det underliggande undre magasinet sänks av. En viss indirekt påverkan för de övre magasinerna kan uppkomma om avrinningen från intilliggande höjdområden avleds till undre magasin och eller berg, vilket kan leda till minskad tillrinning till det övre magasinet.

Som nämnt i tidigare kapitel kommer det största inläckaget för spårtunnlarna ske vid tunnelfront för TBM och upp till 200 meter bakom fronten innan betonginklädningen är på plats och tätats. Med normal framdrift betyder det cirka en till tre månader för ett avgränsat grundvattenmagasin. Effekten från spårtunnlarna kan därför temporärt riskera bli stor i ett grundvattenmagasin, innan tunnelfronten har fortsatt förbi området och magasinet kan återhämta sig. I Bilaga C7, *Sättningsutredning*, har effekten av en avsänkning ned till lerjordlagrets underkant under tre månader beräknats för de olika provtagningspunkterna för att kunna bedöma maximala effekten av en temporär grundvattenavsänkning under TBM-tunnlarnas byggtid. Dessa beräkningar visas även i kartfigurerna i avsnitt 6.3.

Det är viktigt att notera att dessa beräkningar är ett mått på lerans egenskaper och inte en bedömd effekt vid de enskilda punkterna där lerjorden provtagits. Den faktiska sättningen beror, förutom leras egenskaper, på den faktiska grundvattennivåavsänkningen vid aktuell punkt. Det tar en viss tid för en påverkan att utbredas, bland annat beroende på jordlagrens genomsläpplighet. Det är också de punkter där lerlagret är som mäktigast som redovisar de största teoretiska sättningsbeloppen men då krävs betydligt större avsänkning (upp mot 20 meter där lerlagret är som mäktigast) för att nå ned till lerlagrets underkant.

Stationernas bergrum för plattformsutrymme och anslutande tunnlar för växelpartier och dylikt som byggs med traditionell borrh och sprängteknik utförs från anslutande arbetstunnlar eller genom schakt från markytan. Som redovisats tidigare kommer dessa tätas kontinuerligt efter behov men ett visst kvarvarande inläckage kvarstår. Påverkan för grundvattenmagasinen kommer variera något i samband med årstidsvariationerna av grundvattenbildning. Under perioder med grundvattenbildning och litet eller inget växtupptag kommer påverkan vara mindre eller ingen medan det under perioder med naturligt låga grundvattennivåer kan påverkan förstärka avsänkningen. Effekten av en permanent påverkan kring stationerna kan vara succesivt utvecklade marksättningar.

Schakt med öppen släntlutning kan undantagsvis rymmas inom tillgängligt etableringsområde, företrädesvis där schaktdjupen är ringa. De delar av anläggningen som byggs i jordlagren vid markytan är biljetthallar och anslutande schakt för ventilation med mera. Schakt vid flertalet stationslägen kommer, av utrymmes- och stabilitetsskäl samt som en skyddsåtgärd, att utföras med sekantpålar eller annan schaktstabiliserande tät konstruktion. Därmed kommer de djupare schakterna få en tätande konstruktion som reducerar eventuell påverkan utanför schakt vid länshållning av detsamma. Schakt ner till den önskade schaktbotten för stationerna kommer i olika utsträckning vara bergschakt och bara till en del schakt ner i jord. Effekten för grundvattnet i omgivande jordlager beror främst på schaktdjup i jord under grundvattennivån. Om exempelvis det totala schaktdjupet är 10 meter under grundvattennivån men endast 4 meter av dessa är i jordlagren kan grundvattenmagasinet i jordlagren som mest avsänkas 4 meter, resterande grundvattennivåsenkning sker nere i berggrunden och har bara en indirekt påverkan på jordlagren.

I Tabell 34 redovisas översiktligt schaktdjup och grundvattenförhållanden för de olika stationsuppgångarna och övriga schakt.

Tabell 34. Schaktdjup i jord och grundvattenförhållanden vid schakt i jord.

Schakt	Schaktdjup i jord under grundvattennivån	Jord- och grundvattenförhållanden
Fleminggatan, luftutbytesschakt	Inget permanent grundvattenmagasin i jord bedöms finnas vid schaktläget	Marknära bergyta överlagrad av lera och fyllningslager med totalt jorddjup <3 meter.
Fridhemsgatan, brandgasschakt	Inget permanent grundvattenmagasin i jord bedöms finnas vid schaktläget	Marknära bergyta med ringa jorddjup.
Lindhagenplan, arbetstunnel	Inget permanent grundvattenmagasin i jord bedöms finnas vid schaktläget	Marknära bergyta ovanlagrad av ca 3–4 meter fyllningslager.
Långholmen, teknikrum	ca 2 till 3 meter	Schakt i lerjord till undre grundvattenmagasin som bedöms vara genomsläppligt. Jordlager består av någon meter fyllning, ställvis på lera av varierande mäktighet, på ca 2 meter friktionsjord. Totalt jorddjup ca 3-5 meter.
Liljeholmsstranden, luftutbytesschakt	ca 15 till 17 meter Ligger ett tjugotals meter från ytvatten (Liljeholmsviken)	Jordlagren till stor del utskiftat mot fyllningsjord med relativt hög genomsläpplighet. Stort inläckage kan uppkomma om inte täthet uppnås. Totalt jorddjup ca 20 meter. Jorddjupet minskar till <5 meter vid Lövhölmavägen.
Stationsläge Liljeholmen, sänkschakt	ca 8 till 10 meter	Jordlager består av fyllning (2-3 meter) följt av lera (2-3 m) över mäktiga lager av friktionsjord. Totalt jorddjup strax över 10 meter som mest.
Hägerstensvägen, luftutbytesschakt	Inget permanent grundvattenmagasin i jord bedöms finnas vid schaktläget	Marknära berg
Sjöviksbacken, luftutbytesschakt	Inget permanent grundvattenmagasin i jord bedöms finnas vid schaktläget	Marknära berg
Årsta skolgränd, brandgasschakt	Inget permanent grundvattenmagasin i jord bedöms finnas vid schaktläget	Marknära bergyta ovanlagrad av tunna fyllningslager.
Stationsläge Årstaberget, sänkschakt	ca 4 till 5 meter	Ringa jorddjup till ca 5 meter som mest, jämnt fördelat mellan fyllning, lera och friktionslager med måttlig genomsläpplighet.
Årstakrossen, arbetstunnel	ca 2 till 3 meter	Schakt i lerjord till genomsläppligt undre grundvattenmagasin. Jordlager består av fyllning 0-1 meter följt av lera (3-4 meter) över siltig sand (1-2 meter). Totalt jorddjup ca 6 meter.

Schakt	Schaktdjup i jord under grundvattennivån	Jord- och grundvattenförhållanden
Stationsläge Årstafältet, sänkschakt	ca 16 till 18 meter	Schakt i lerjord till undre grundvattenmagasin med relativt hög genomsläpplighet. Stort inläckage kan uppkomma om inte täthet uppnås. Jordlager består av Lera (2-3 meter), följt av siltig lera (15-17 meter) över grusig sand (2-3) meter. Totalt jorddjup ca 20 meter.
Östbergavägen, luftutbytesschakt	ca 2 till 3 meter	Schaktet beläget vid gränsen för grundvattenmagasinet med relativt låg genomsläpplighet. Jordlager består av fyllning (1-2 meter), följt av lera (1 meter) över siltig sand (1-2 meter). Totalt jorddjup ca 5 meter.
Stationsläge Östbergahöjden, sänkschakt	Inget permanent grundvattenmagasin i jord bedöms finnas vid schaktläget	Marknära bergyta med endast tunna fyllningslager.
Östbergabackarna, luftutbytesschakt	Inget permanent grundvattenmagasin i jord bedöms finnas vid schaktläget	Marknära berg
Åbyvägen, luftutbytesschakt	Inget permanent grundvattenmagasin i jord bedöms finnas vid schaktläget	Marknära bergyta ovanlagrad av tunna friktionslager och lera. Totalt jorddjup ca 3-5 meter. Friktionsjorden i området har varierande, men generellt låg till måttlig, genomsläpplighet.
Stationsläge Älvsjö, sänkschakt	Ca 2 till 3 meter	Schaktet beläget vid i en slänt vid marknära berg. Totalt jorddjup ca 2-3 meter som högst med tunna friktionsjord överlagrad av lera och fyllning. Friktionsjorden har måttlig genomsläpplighet.
Älvsjö IP, arbetstunnel	Ca 7 till 8 meter	Schakt i lerjord till undre grundvattenmagasin med varierande genomsläpplighet. Jordlager består av fyllning (1 till 2 meter), följt av lera (5 till 6 meter) över friktionsjord (2 till 3 meter). Totalt jorddjup ca 10 meter.
TBM start	Ca 2 till 6 meter	Schakt ned i berg genom varierande jorddjup (2 till 8 meter), Tunnare jordlager består av fyllning på berg, djupare jordlager består av fyllning (1 till 2 meter), följt av lera (4 till 5 meter) och friktionsjord (1 till 2 meter). Friktionsjordens genomsläpplighet varierar från måttlig till relativt hög.
Älvsjö, depå	Ca 4 till 10 meter	Jordlager består av fyllning (ca 1 meter), följt av lera (1 till 8 meter) över friktionsjord (1 till 2 meter). Friktionsjordens genomsläpplighet varierar från måttlig till hög.

7.3.3 Sammanvägd bedömning av påverkan

Nedan följer en områdesvis sammanställd bedömning av påverkan i jord och berg under bygg- och drifttid för de olika delsträckorna enligt avsnitt o. Påverkan redovisas utan skyddsinfiltration samt med bedömningen om påverkan kan motverkas med infiltration ifall konsekvensen blir eller riskerar bli oacceptabel. Se *Miljökonsekvensbeskrivningen*, Bilaga B till ansökan, för redovisning av bedömda konsekvenser.

7.3.3.1 Kungsholmen

Planerad anläggning inom Kungsholmen är station Fridhemsplan samt en permanent arbetstunnel med mynning vid Lindhagenplan. Utöver det finns ett luftutbytesschakt som mynnar vid Fleminggatan och ett brandgasschakt vid Fridhemsgatan. Till stationen tillhör även uppställningsspår och växelparti som gör stationen relativt lång jämfört med andra stationer. Anläggningen fortsätter mot söder genom TBM-tunnlar med en tvärtunnel mellan Hantverkargatan och Pontonjärsgränd.

Byggtid

Bedömd påverkan för grundvattnet i berg redovisades i tidigare avsnitt 7.3.1. Inom Kungsholmen förekommer endast ett mindre antal fastigheter med energibrunnar men dessa består av flera brunnar. En stor bergvärmeanläggning, vid kv. Vallgossen, med över 70 brunnar riskerar en betydande påverkan då drygt hälften av brunnarna ligger inom 50 meter från arbetstunneln vid Lindhagensplan. Utöver denna finns ytterligare tre anläggningar som kan riskera en mindre påverkan från arbetstunneln eller stationsutrymmena i berg. Söder om station Fridhemsplan finns en anläggning med 8 brunnar som eventuellt riskerar ligga inom de TBM-borrade spårtunnlarnas skyddszon och då behöver ersättas. I området finns ytterligare en fastighet inom cirka 50 meter från TBM-tunnlarna med 9 brunnar som kan få en tillfällig större påverkan, cirka 10 meter avsänkning, samt tre fastigheter med brunnar mellan 50 och 150 meter från spårtunnlarna som riskerar en måttlig påverkan, upp till cirka 5 meter avsänkning, som mest under byggtiden.

Under byggtiden finns viss risk att de TBM-borrade tunnlarne temporärt får ett stort inläckage vid passagen av de regionala svaghetszonerna under Riddarfjärden. En påverkan skulle då kunna nå ut i grundvattenmagasinet i Rålambshovsparken och längs med Lindhagensgatan samt in i området vid Landstingshuset. Utan skyddsåtgärder bedöms nivåpåverkan temporärt kunna bli upp till cirka två meter i Rålambshovsparken. Detsamma gäller för området vid Kungsholmstorg även om det är mindre sannolikt att tunnelpassagen av svaghetszonen under Riddarfjärden skulle fortplanta en påverkan till denna del av Kungsholmen. Där de TBM-borrade spårtunnlarna går in under Kungsholmen och passerar det mindre grundvattenmagasinet vid Pontonjärgatan bedöms även här en temporär påverkan på cirka två till tre meters avsänkning kunna uppkomma i jordlagren.

I anslutning till stationsutrymmena och arbetstunneln bedöms de mindre undre grundvattenmagasin i jord kunna märka av en nivåpåverkan upp till cirka en till två meter, för något magasin eventuellt något mer under del av byggtiden. Detta är också erfarenheterna från anläggande av tidigare undermarksanläggningarna på Kungsholmen. Grundvattnets trycknivå i dessa magasin ligger relativt nära bergytan och för vissa begränsas därmed den maximalt möjliga nivåavsänkningen i jord. För det undre grundvattenmagasinet öster om Sankt Eriksgatan och ned mot Barnhusviken är det osannolikt att en mätbar påverkan uppkommer annat än möjligen temporärt under byggtiden. Detta gäller i än högre grad grundvattenmagasinet längs Fleminggatan öster om Kronobergsparken.

Schakt vid markytan vid mynningen av arbetstunneln och för luftutbytes- och brandgasschakt bedöms inte innebära någon påverkan för något grundvattenmagasin i jord då de sker inom områden med marknära berg.

Förekomst och mäktighet av lös och därmed sättningsbenägen lerjord redovisas i tidigare avsnitt 6.3 samt i Bilaga C7, *Sättningsutredning*. Inom Kungsholmen finns störst potential för en sättning (förekomst av mäktigare lager av lös lerjord) inom Rålambshovsparken och längs delar av Lindhagensgatan samt vid Hornsbergs strand. Även delar av lerområdena som gränsar till Kungsholmens kajer och stränder bedöms delvis ha lager av lös lera. Övriga områden med lera bedöms sakna lös lerjord eller endast i ringa omfattning. Under byggtiden beräknas en viss marksättning på cirka två centimeter kunna uppkomma inom Rålambshovsparken med intilliggande vägar och kring Lindhagensplan.

Området vid Landstingshuset och Rådhuset bedöms eventuellt också riskera en marksättning under byggtiden. Här har sättningar i viss omfattning uppkommit tidigare och det är oklart om en tillkommande grundvattenpåverkan kan orsaka ytterligare sättningar. Känsliga ledningar och ett tiotal byggnader har grundvattenberoende eller okänd grundläggning i området.

I området med lerjord vid Igeldammsgatan bedöms lös lera endast förekomma i liten omfattning och en marksättning bedöms osannolik, här finns en byggnad med grundvattenberoende grundläggning som kommer omfattas av kontrollprogrammet.

Skyddsinfiltration under byggtiden kan komma behövas vid Rålambshovsparken och med mindre sannolikhet i området vid Landstingshuset där en nivåpåverkan bedöms mindre trolig. Infiltrationsförsök i två 2-tums rör för att undersöka förutsättningarna för skyddsinfiltration vid Rålambshov är nyligen avslutade och preliminära resultat gav att infiltration kan utföras med cirka 100 l/min i vardera rör vilket visar att tillräcklig kapacitet i infiltrationsrör kan erhållas för att upprätthålla områdets grundvattennivåer. Infiltrationstesten gav också en påverkan som nådde ut i stora delar av området.

Drifftid

Under drifftiden beräknas inläckaget uppgå till cirka 210 l/min vilket bedöms vara drygt hälften av tillgänglig grundvattenbildning till de undre grundvattenmagasinen och till berg. Då stora delar av anläggningen byggs under eller intill befintliga undermarksanläggningar kommer dock inläckaget att reducera deras bortledning vilket gör att andelen tillkommande bortledning från grundvattenmagasinen blir mindre. Sammantaget bedöms grundvattenbalansen med planerad vattenverksamhet robust och någon betydande permanent grundvattenpåverkan i jordlagermagasinen bedöms inte uppkomma.

De betonginklädda spårtunnlarna med tvärtunnel bedöms under drifftiden inte ge upphov till någon mätbar grundvattennivåpåverkan inom Rålambshovsparken eller vid Kungsholmstorg. Eventuellt kan en liten, mindre än en halv meters avsänkning, kvarstå i grundvattenmagasinet vid Pontonjärgatan orsakat av inläckage till tvärtunneln. Detta bedöms inte ge upphov till någon marksättning då grundvattennivån idag ligger vid lerjordens underkant.

De mindre undre grundvattenmagasin i jord ovan eller i anslutning till stationsutrymmena och arbetstunneln bedöms kunna få en viss permanent påverkan under drifftiden, upp till cirka en meter. Även här bedöms det inte ge upphov till marksättning då lös lera bedöms saknas.

För det undre grundvattenmagasinet öster om Sankt Eriksgatan och ned mot Barnhusviken är det osannolik att en mätbar påverkan uppkommer. Detta gäller i än högre grad grundvattenmagasinet längs Fleminggatan öster om Kronobergsparken.

Under drifftiden kvarstår en viss grundvattenpåverkan i berg vilket kan ge en påverkan för de tidigare nämnda energibrunnsanläggningarna i anslutning till stationsutrymmena eller arbetstunneln. Det är främst den större anläggningen inom kvarter Vallgossen som riskerar påverkan under drifftiden.

Något behov av permanent skyddsinfiltration för att upprätthålla grundvattennivåerna i jordlagermagasinen bedöms därmed inte föreligga.

7.3.3.2 Mälarpassagen

Planerad anläggning inom Långholmen och Södermalm består av TBM-borrade spårtunnlar från Långholmen till Liljeholmsviken, en tvärtunnel under södra delen av Långholmen och en tvärtunnel under Södermalm, mellan Högalidsgatan och Verkstadsgatan. En teknikbyggnad, i höjd med tvärtunneln, kommer medföra ett cirka 10 meter djupt schakt på Långholmen.

Byggtid

De TBM-borrade spårtunnlarna får sitt djupaste läge under norra sidan av Långholmen med bottennivå under -60. Det djupa läget kan temporärt medföra en stor trycknivåavsänkning i berget närmast tunnlarerna när TBM-fronten passerar under Långholmen och västra delen av Södermalm.

Anläggningen passerar inte under Reimersholme men en påverkan genom sprickor i berg kan inte helt uteslutas. Det finns sammanlagt 20 energibrunnar inom 50 meter från spårtunnlarna vilka skulle temporärt kunna få en större påverkan, med upp mot 5 till 10 meter avsänkning, samtliga belägna på Södermalm. En anläggning med fyra brunnar riskerar ligga inom tunnarnas skyddszon och kan behöva ersättas. Ytterligare 11 brunnar finns inom 50 till 150 meter från spårtunnlarna vilka löper mindre risk för en påverkan. Två av dem ingår i en större anläggning på Långholmen med flertalet av sina brunnar längre bort än 150 meter från spårtunnlarna.

På Långholmen förekommer grundvattenmagasin i jord främst vid dess södra strand. Området är utfyllt och grundvatten förekommer dels i fyllningen, dels i friktionsjord under lerlagret. Som redovisats tidigare bedöms det undre magasinet ha kontakt med Mälaren och någon egentlig grundvattenpåverkan kan inte förutses när TBM-fronten passerar men kan inte helt uteslutas.

Provtagning av leran visar på att leran är lös och ifall en temporär avsänkning uppkommer kan det medföra en sättning på två till fyra centimeter. På Långholmen finns fem byggnader med okänd grundläggning inom lerområdet. Av dessa är två byggnader belägna så att en sättningsrelaterad påverkan inte kan uteslutas ifall en grundvattenpåverkan skulle uppkomma. Siktanalys av ett jordprov från det undre magasinet visar på sandig fraktion vilket ger förutsättningarna att hantera en eventuell nivåpåverkan under byggtiden genom infiltration.

Under Södermalm passerar spårtunnlarna den västra delen som mestadels utgörs av bergshöjder. Grundvattenmagasin i jord förekommer längs stränderna men dessa bedöms ha kontakt med Mälaren och därmed inte känsliga för en grundvattendränning till underliggande berg. Ett grundvattenmagasin förekommer under Högalidsgatan och Långholmsgatan ned mot Hornstull. Magasinet närmast spårtunnlarna, väster om Långholmsgatan bedöms avsänkas mellan en och två meter under tiden TBM-fronten passerar. Grundvattennivån idag ligger tre till fyra meter under markytan vilket bedöms vara under eller nära lerans underkant. Någon påverkan i form av marksättning bedöms inte uppkomma.

På Reimersholme har inga energibrunnar eller sättningskänsliga byggnader eller anläggningar påträffats vid inventeringen.

Drifftid

Under drifftiden kommer spårtunnlarna vara huvudsakligen täta. Ett visst inläckage kan ske till tvärtunnlar och deras övergång till spårtunnlarna, i mindre grad till borrhål upp till teknikbyggnaden eller mindre sannolikt via läckande skarvar mellan betonginklädningen. Detta, vilket redovisats tidigare, uppskattas till cirka 45 l/min inom hela delområdet. Det är en mycket liten andel av den bedömda grundvattentillgången som redovisats i tidigare avsnitt 6.3.2.2 och någon märkbar grundvattenpåverkan under drifftiden bedöms inte uppkomma inom delområdet.

Någon infiltration under drifftiden inom delområdet Mälarpassagen bedöms inte nödvändig.

7.3.3.3 Liljeholmen

Planerad anläggning inom denna delsträcka är TBM-borrade spårtunnlar under Liljeholmsviken och Lövholmen samt söder om station Liljeholmen ungefär fram till Nybodahöjden, station Liljeholmen, en permanent arbetstunnel med mynning vid Södertäljevägen samt vertikalschakt för luftutbyte vid Liljeholmsstranden och Hägerstensvägen. Fyra tvärtunnlar planeras i delområdet, vid Lövholmen under Nybohovsberget och två under Nybodahöjden.

Byggtid

Inom delområdet finns endast två energibrunnar inom 150 meter från anläggningen. Dessa är belägna i Marievik, vid Liljeholmsvägen och ligger nära 150 meter från de TBM-borrade spårtunnlarna. Påverkan bedöms som mest uppgå till cirka en meter under byggtiden.

Inom Lövholmen, området mellan sjön Trekanten och Liljeholmsviken, bedöms de mäktiga fyllningslager längs stränderna och kajerna ha god kontakt med ytvatten. Detta jordlager har områdesvis kontakt med undre magasin som i övrigt åtskiljs från fyllningen av ett mellan 2 och 5 meters lerlager. En grundvattendrainering i undre jordlager ned till berg och tunnelfronten bedöms till stor del kompenseras av ett läckage från övre magasin i fyllnadslagret och eller direkt inflöde av ytvatten men en mindre grundvattenavsänkning, cirka 0,5 meter, kan inte uteslutas. En sådan temporär avsänkning bedöms inte ge upphov till några större marksättningar vilket ska verifieras genom planerad provtagning av leran. I området finns ett fåtal byggnader med grundvattenberoende eller okänd grundläggning. Vissa av dessa kommer rivs enligt nyare detaljplaneläggning. Utöver dessa byggnader bedöms tvärbanan och ledningar vara känsliga ifall en marksättning uppkommer.

Vid Liljeholmstorget har påverkan i jord från stationen med anslutande tunnlar och vertikalschakt för hissar bedömts med en numerisk modell, som redovisas i Bilaga C3. Modellen tar inte fullt ut hänsyn till att vertikalschaktet kommer utföras inom en tät sekantpålevägg men har som förutsättning att direkt inläckage från jordlagren till schaktet tätas. Modellberäkningen visar påverkan i jord på 2 till 4 meter kan uppkomma inom Trekantparken ned mot Trekanten och inom delar av Liljeholmstorget. Detta skulle kunna ge upphov till en cirka 4 till 6 centimeter marksättning under en två-årstidsperiod och ytterligare sättning vid längre tider.

Ingen byggnad med grundvattenberoende grundläggning finns i området och torget är till stora delar underbyggd av garage, busstation och centrumbyggnader. Tvärbanans spår antas potentiellt vara känsliga.

I dalgången längs med Hägerstensvägen och vidare ned mot Årstaviken bedöms TBM-tunnlarna tillfälligt ge en påverkan vid passagen av genomsläppligare zoner i berg. Denna bedöms främst ge en avsänkning åt väster och delar av Nybodadepån. En temporär avsänkning upp mot cirka 2 till 3 meter kan inte uteslutas. Provtagning av leran inom depåområdet är planerad men lermäktigheter upp mot 10 meter indikerar att marksättningar kan förutsättas uppkomma även vid en kortvarig påverkan.

Västra delen av området vid Nybodadepån ligger inom påverkansområdet för SVOA:s planerade avloppstunnel (Mässtunneln) och kumulativ påverkan på grundvattennivån skulle kunna uppkomma under byggtiden. Deras miljödom anger riktvärden för inläckage under byggtiden vilket omräknat medger en drainering mellan cirka 30-40 l/min för den sektion av tunneln som kan ge en påverkan för området där kumulativ nivåpåverkan kan riskeras. För Mässtunnelns drifttid är slutligt villkor under prøvotidsföreskrift och de har i domen åtagande om att ange åtgärdsnivåer och vidta infiltration ifall sådan underskrids. Den kumulativa effekten bedöms vara att risken för en nivåpåverkan som kan orsaka marksättning är större vilket gör tillfällig infiltration under byggtiden mer sannolik.

I området vid Årstadal bedöms en temporär avsänkning kunna uppgå till cirka 1 meter. En beräkningspunkt för leran visar på endast marginell sättning (0,5 centimeter) efter tre månader. Området är dock känsligt för större och varaktig påverkan och projekt SFA (SVOA) med sin passerande bergtunnel har två infiltrationsbrunnar som åtminstone periodvis driftsatts.

Ingen byggnad med grundvattenberoende grundläggning finns i området men tvärbanan och ledningar bedöms vara känsliga.

Vid Liljeholmstorget har både en provpumpning och infiltrationsförsök utförts och utifrån dessa tester bedöms skyddsinfiltation kunna motverka bedömd påverkan för grundvattennivåerna. Vid Årstadal har infiltrationsförsök utfört inom projekt SFA (SVOA) som visar att skyddsinfiltation har god effekt för att kunna upprätthålla grundvattennivåerna i området om det skulle behövas under byggtiden.

Drifttid

För drifttiden bedöms grundvattenbortledningen kunna uppgå till cirka 200 l/min. Bedömt grundvattenöverskott eller potentiell grundvattenbildning till berg och undre magasin uppgår till cirka 470 l/min vilket redovisats i tidigare avsnitt om mark och grundvattenförutsättningarna. I beräkningen har då den bedömda bortledningen via befintliga tunnlar och undermarksanläggningar avräknats. Deras bortledning som tillsammans bedöms ha en större grundvattenbortledning kommer till del att minska vilket gör grundvattenbalansen (se avsnitt 6.3.3.2 eller Bilaga C2) än mer robust.

Den numeriska modellen indikerar att en permanent påverkan i jordlagren närmast stationen kan uppgå till så mycket som två meter. Modellen är uppbyggd med ett tätande lerlager mellan Trekantens botten och det undre grundvattenmagasinet i friktionsjorden. Är utbytet med sjön större än den i modellen inducerade läckaget genom lerlagret skulle avsänkningen bli mindre, samtidigt som inläckaget troligen ökar något.

Beräkningar av lerans egenskaper vid Liljeholmstorget visar att det över tid skulle innebära en marksättning över 10 centimeter. Byggnaderna i området är fast grundlagda men tvärbanan och ledningar bedöms vara känsliga samt asfalterade eller plattsatta ytor. Påverkan bedöms inte under drifttiden nå ut under Södertäljevägen till området vid Liljeholmsviken. Mellan Trekanten och Katrinebergsbacken, där moränjordlagret når upp till markytan, kan en mindre påverkan uppkomma, mellan cirka 0,3 upp till en meter. För övriga delar av Lövholmen beräknas ingen påverkan i jord uppstå under drifttiden.

I dalgången längs med Hägerstensvägen fram till Nybodadepån eller ned mot Årstaviken bedöms inte någon märkbar påverkan under drifttiden uppkomma från luftutbytesschakt, arbetstunneln eller eventuellt läckage till spårtunnlarna. Någon kumulativ effekt tillsammans med Mässtunnelns drifttidspåverkan bedöms därmed inte uppkomma i området vid Nybodadepån.

Någon påverkan för energibrunnarna inom Marievik bedöms inte uppkomma under drifttiden.

Skyddsinfiltration under drifttiden kan komma behövas vid Liljeholmstorget för att motverka marksättningar. Inom övriga delar av delområdet bedöms sådant behov inte föreligga.

7.3.3.4 Årstafältet

Delsträckan omfattar en cirka 2 kilometer lång sträcka av TBM-borrade spårtunnlarna med tre stationer, Årstaberg med anslutande dubbelspårstunnel för växelparti, Årstafältet och Östbergahöjden, samt tillhörande borra-spräng tunnlar till dessa. En arbetstunnel med mynningen vid Partihandlarvägen ansluter till station Årstaberg. Vid denna station anläggs även ett brandgasschakt. Två luftutbytesschakt anläggs vid Sjöviksbacken och i anslutning till station Östbergahöjden. Tre tvärtunnlar byggs inom delområdet, en norr om station Årstaberg och två mellan stationerna.

Byggtid

Bedömd påverkan under byggtiden redovisas med samtidig byggnation av alla tre stationer och två TBM-fronter som befinner sig inom den del av det delområdet som beskrivs nedan. Det innebär då en konservativ bedömning av grundvattenpåverkan.

Avseende påverkan i berg förekommer två fastigheter med flera energibrunnar inom 50 meter från spårtunnlarna i Årsta vilka bedöms kunna få en avsänkt vattennivå i brunnarna upp till cirka 10 meter under byggtiden. Ytterligare energibrunnar finns inom 150 meter från tunnlar, för dessa bedöms påverkan temporärt kunna bli mellan cirka 1 och 5 meter. Vid station Årstaberg finns en anläggning cirka 50 meter från stationen som kan riskera en påverkan mellan 5 och 10 meter.

Ytterligare ett par anläggningar förekommer inom 50 till 150 meter från stationerna eller arbetstunneln vilka kan riskera en påverkan upp mot cirka 5 meter.

Vid Årstaberg bedöms avsänkningen i jord under byggtiden kunna uppgå till cirka 3 meter i närområdena kring station Årstaberg. I stationens direkta närhet ligger bergöverytan nära markytan inom delar av området och avsänkningen begränsas naturligt av de ringa jorddjupen. När TBM-fronten närmar sig stationen bedöms påverkan temporärt kunna nå ut inom norra delen av Västberga industriområde och delar av spårområdet med en avsänkning på mellan 0,5 och 1 meter i undre grundvattenmagasin. För spårområdet bidrar arbetstunneln till den bedömda påverkan. Ett inläckage vid TBM-fronten bedöms även kunna ge en påverkan in mot norr längs med dalsvackan ned mot Årsta gård med cirka 1 till 2 meter inom närmast liggande bostadskvarter.

Inom Årstaberg, vid stationen, bedöms ingen lös lera förekomma eller endast med ringa mäktighet. Längs gångvägen ned mot Årsta gård förekommer ett stråk med större lermäktigheter. Provtagningspunkt för leran saknas, konservativt bedöms en marksättning på upp mot 3 till 5 centimeter kunna uppkomma. Inom Västbergas norra del visar samtliga fyra analyser av lerans sättningsegenskaper på små sättningsbelopp vid en temporär avsänkning, mindre än 2 till 3 centimeter. Detta mycket beroende av ringa lermäktigheter.

Ingen byggnad med grundvattenberoende grundläggning finns i Årstaberg, inom Västberga finns ett fåtal byggnader. Anläggningar som kan riskera påverkan är spår-anläggningarna (stambanan, spåren inom godsterminalen och tvärbanan) samt ledningar.

Årstafältet påverkas inledningsvis under byggtiden av arbetet med både station Årstafältet och Östbergahöjden samt den passerande TBM-fronten. Vid station Årstafältet sker arbetet från markytan innanför en tät sekantpålevägg. Vid stationernas direkta närhet bedöms avsänkningen kunna bli cirka 3 till 5 meter i undre grundvattenmagasin vid station Årstafältet och cirka 2 meter norr om station Östbergahöjden. Dessa avsänkingsområden samverkar och med den temporära påverkan från TBM-fronten bedöms påverkan kunna nå ut till Huddingevägen men bedöms inte passera öster om denna. Eventuellt kan befintlig kvarlämnad spont och spont som kan komma att installerats i samband med samtidig planerad stadsutveckling inom Årstafältet styra den faktiska utbredningen mot öster.

Provtagning av leran i en punkt nära den planerade station Årstafältet visar på relativt måttlig sättning, cirka 2 centimeter, vid en temporär avsänkning. En punkt ovan spårlinjen längre söderut visar på något större potentiell sättning vid en temporär påverkan, cirka 4 centimeter. Här gav lerprovet att leran är något överkonsoliderad men uppgifter finns om pågående sättningar inom Årstafältet.

Infiltrationsförsök i ett 2-tums grundvattenrör vid Elektravägen, mitt i Västberga industriområde, visar på goda möjligheter att utföra skyddsinfiltration i området. Ett försök i området där Station Årstaberg ska anläggas visade att jordlagren var lämpliga för infiltration men det bedömdes att marknära bergtrösklar begränsade effektutbredningen. Här utförs skyddsinfiltration vid behov lämpligen i flera mindre anläggningar genom infiltration i 2-tumsrör. Inom Årstafältet visar utförd provpumpning i läge för station Årstafältet samt tidigare utförda provpumpningar närmare Huddingevägen i andra projekt på goda förutsättningar att upprätthålla grundvattennivåerna.

Drifttid

Under drifttiden beräknas inläckaget för delsträckan kunna uppgå till cirka 370 l/min, fördelat på de tre stationerna, arbetstunneln, ventilationsschakten och i mindre grad spår-tunnlarna med deras tvärtunnlar. Grundvattenbildningen till berg och undre jordlagermagasin, reducerat med uppskattad bortledning via befintliga undermarksanläggningar beräknas till drygt 800 l/min som årsmedelvärde. Inläckaget har, som redovisats tidigare, beräknats stokastiskt där olika parametrar

varierar inom sitt osäkerhetsintervall. För att bedöma vilken resulterande avsänkning som kan uppkomma i berg och i jordlagren har en numerisk modell upprättats med de tre stationerna samtidigt dränerande vilket motsvarar drifttiden (Se Bilaga C3). Modellen kan anses ge ett underlag för bedömningen av vilken påverkan som kan uppkomma i jordlagren. Det är viktigt att hålla i minnet att den med nödvändighet är en förenkling av de faktiska förhållandena. Exempelvis har hela berggrunden ned till 20 meter under bergytan ansatts vara genomsläppligt ytberg vilket ger en mer cirkulär utbredning av påverkan runt vertikalschakten vid stationerna än vad sannolikt de faktiska bergförhållanden innebär.

Den samlade påverkan från de tre stationerna och övriga anläggningsdelar bedöms under drifttiden som längst kunna nå ut ungefär till Huddingevägen där nivåpåverkan kan uppgå till någon decimeter som mest. Vid stationernas direkta närhet bedöms avsänkningen kunna bli cirka 3 meter i station Årstafältets direkta närhet och mindre, cirka 2 meter, i närområdena kring station Östbergahöjden och Årstaberg. Speciellt vid station Årstaberg, men även vid Östbergahöjden, ligger bergöverytan nära markytan inom delar av området och avsänkningen begränsas naturligt av de ringa jorddjupen.

Vid Årstaberg bedöms risken för att grundvattenpåverkan under drifttiden ska orsaka marksättningar liten. Lerjordlagren har mestadels ringa mäktigheter och en undre grundvattennivå i medeltal cirka 3 till 4 meter under markytan gör att mäktigheten av lagret med lös lera är liten. Större lerjordmäktigheter finns nere vid Årsta gårds bollplan men där bedöms nivåpåverkan understiga 0,5 meter. Ingen byggnad med grundvattenberoende grundläggning finns i området och risken för sättningar för stambanans och tvärbanans spåranslagning vid stationen bedöms vara liten. Anläggningarna kommer ingå i kontrollprogrammet.

I området för station Årstafältet finns mäktigare lerlager. Två undersökningspunkter där lerprovtagning och analys visar på diametralt motsatta egenskaper. Den ena beräknar att stora sättningar, över 20 centimeter, kan redan vid en meters permanent avsänkning utbildas efterhand medan den andra punkten visar på små sättningar, även över tid. För att kunna hantera risk bedöms området i sin helhet som känsligt för grundvattenpåverkan avseende sättningar. Befintlig bebyggelse har inte grundvattenberoende grundläggning. Tvärbanans grundläggning är inte känd och förmodas därför vara känslig tillsammans med ledningar i området. Området är under utveckling och kommer sannolikt till del vara bebyggt i samband med när tunnelbanans tas i drift. Tillkommande bebyggelse förutsätts vara fast grundlagd.

Station Östbergahöjdens grundvattenpåverkan går ihop med påverkan från station Årstafältet och påverkansbedömningen avseende marksättningar följer det som redovisats för den stationen. Inom Östbergahöjden bedöms ingen lös och därmed ingen sättningsbenägen lera förekomma.

Under drifttiden bedöms skyddsinfiltration komma behövas inom Årstafältet medan det inte bedöms komma behövas inom Västberga och vid station Årstaberg för att undvika skadlig grundvattenpåverkan. Som redovisats i tidigare avsnitt avseende byggtiden visar undersökningar på goda förutsättningar för skyddsinfiltration. Vid permanent infiltration kommer anläggningarna samordnas med Trafikverket som har infiltrationsanläggningar i området som hanterar påverkan av Södra Länken.

7.3.3.5 Älvsjö

Planerad anläggning inom delsträcka Älvsjö består av TBM-borrade spårtunnlar söder om station Östbergahöjden fram till och förbi station Älvsjö. Det finns en dubbelspårtunnel för växelparti söder om station Älvsjö där arbetstunnel ansluts. TBM-tunnlarna fortsätter söderut och avslutas inom Älvsjö industriområde där ett schakt för montering och start av tunnelborrmaskinerna anläggs under byggtid. Spårtunnlarna fortsätter vidare söderut härifrån, i cut-and-cover betongtunnlar, till en cirka 90 meter lång vändspårstunnel i berg. Vändspårtunneln blir den

sydligaste anläggningsdelen, varifrån når spåren upp till depåbyggnaderna vid markytan via ett betongtråg. Två schakt för luftutbytesstationer anläggs, vid Östbergabackarna och vid Åbyvägen.

Byggtid

Vid passage av Liseberg och Örby slott kan ett stort antal (>100) energibrunnar komma tillfälligt utsättas för en mätbar påverkan, varav påverkan kan vara betydande, cirka 10 meter för knappt 30 brunnar. Ingen bestående påverkan bedöms förekomma när betonginklädningen är utförd. Även en anläggning med tre brunnar inom Älvsjö industriområde samt ett knappt 20-tal brunnar inom villabebyggelsen vid Långbro riskerar en påverkan från TBM-borrningen och arbetstunneln. Påverkan bedöms bli en avsänkning från cirka 1 till 5 meter.

TBM-driften av spårtunnlarna bedöms generellt kunna ge upphov till en temporär avsänkning i jord (undre magasin inom lerområden) på mellan 1 och 4 meter beroende på avståndet från spårlinjen och tiden att passera det specifika området. I påverkansbedömningen förmodas att TBM-tunnelfronten vid passagen kan läcka i övre delen av bedömt intervall, det vill säga cirka 100 l/min per tunnelrör. Följande påverkansbedömning följer områdesindelningen och redovisas från norr till söder även om TBM-driften och därmed den temporära påverkan från denna sker i motsatt riktning.

Direkt väster om Östbergahöjden passerar spårtunnlarna en markant svaghetszon i berg med större jorddjup. I dalgången finns i huvudsak radhus och villabebyggelse inom Liseberg samt Örby slott. Fortsatt västerut minskar jorddjupen och spårtunnlarna går in under ett område med ytligt berg, speciellt norr om spårlinjen medan jorddjupen ökar något på dess södra sida. Området med lerjord är dock inte så homogent som jordartskartan antyder utan områden med ytligt berg finns även här. Lerjorden har provtagits och analyserats i en punkt inom Liseberg, norr om spårlinjen samt i två punkter söder om spårlinjen inom Örby slott och intill Örbyleden. För punkten vid Liseberg beräknas sättningar som mest kunna uppgå till lite drygt 1 centimeter även vid långvarig avsänkning, det vill säga en liten risk för skadlig påverkan under byggtiden. Punkten längre söderut vid Örby (nära Örby slottsplan) visade på något större sättningsbelopp, knappt 3 centimeter vid en 3 månaders temporär avsänkning. Här gav beräkningen för 50 års avsänkning cirka 5,5 centimeter. För punkten längre bort från spårlinjen vid Örbyleden beräknades en temporär avsänkning endast ge cirka 1 centimeter sättning.

Villor med grundvattenberoende grundläggning (platta på mark) förekommer inom Örby slottsområdet medan radhusen inom berörd del av Liseberg är fast grundlagda. Övriga sättningskänsliga objekt är hårdgjorda ytor och ledningar.

Fortsatt söderut löper spårtunnlarna under villabebyggelsen i området Örby Slott. Här finns också flerfamiljsbebyggelsen samt Brännkyrka kyrka med kyrkogård. Norra sidan av spårlinjen är främst fastmarksområde med moränjord vid markytan. De smalare stråken med lerjord som förekommer bedöms ha ringa lermäktigheter och i princip sakna lös lera som kan påverkas av en temporär avsänkning. De ringa jordlagren medför att avsänkningen i jordlagren naturligt begränsas. Vid kyrkogården och gräsytan söder om har tre punkter provtagits och analyserats avseende lerans egenskaper. De två punkterna närmast kyrkogården och villabebyggelsen hade mycket liten lermäktighet och ingen risk för skadlig marksättning. Punkten inom den grästäckta parkytan visade att en sättning upp mot 5 centimeter kan uppkomma vid en temporär avsänkning. Sammantaget bedöms risken för marksättning orsakat av temporär bortledning vara mindre inom bebyggelsen och större inom gräsytan invid Åbyvägen ner mot Huddingevägen. Där har inte ledningsunderlaget visat på förekomst av någon sättningskänslig ledning.

För sträckan mellan Åbyvägen och planerad station Älvsjö löper spårtunneln under ett område där byggnadsgeologiska kartan visar på ”öar” av marknära berg och däremellan områden med ringa jordmäktigheter. Översiktligt kan därför området delas upp i två delar. Området ner mot och förbi

Huddingevägen med mäktiga lerlager och lager med organisk jord samt området med stambanan och norr om med bebyggelsen inom Solberga vid Älvsjö station. Där finns också lite mäktigare lerjordlager men området är mer inhomogent. Inom det sista området visar två provtagningspunkter för leran att den generellt bedömda temporära avsänkning kan ge upphov till sättning rörelser upp mot 3 till 5 centimeter. Byggnaderna är med enstaka undantag fast grundlagda. Även stambanan och ledningar bedöms kunna påverkas negativt ifall sådan effekt uppkommer.

Mässtunneln, SVOA:s planerade avloppstunnel passerar under Solbergaskogens bergshöjd och kommer in i bostadsområdet vid Älvsjöstation och avslutas strax söder om den planerade station Älvsjö. Kumulativa effekter bedöms kunna uppstå både under bygg- och drifttiden. I det tekniska underlaget till deras ansökan redovisas en bedömd påverkan på grundvattenmagasinet i jord på upp till tre meter ovanför deras tunnel och en risk för marksättning på cirka sex centimeter under deras byggtid. Vid samtidigt byggnation eller om deras tunnel är utsprängd när projektets anläggningsarbeten påbörjas finns en betydande risk för att grundvattennivåerna behöver upprätthållas med skyddsinfiltration. Detta bör utföras i samverkan med SVOA:s och deras arbete för att undvika skada.

Lerans sättningsegenskaper inom området längs med Huddingevägen har undersökts vid en punkt nära Örby och de tillfälliga bostäderna som byggts i området intill Magelungsvägen. Vid punkten var lerlagret endast cirka 5 meter vilket då gav en måttlig sättning, cirka två centimeter. Där leran är mäktigare förutsätts dock större marksättningar kunna uppkomma även vid en temporär påverkan. Någon byggnad med grundvattenberoende grundläggning har inte påträffats inom detta område utan hårdgjorda ytor och ledningar bedöms kunna påverkas.

Området vid Magelungsvägen, Älvsjö IP och Långbro villaområde påverkas av station Älvsjö, arbetstunneln samt schakterna vid Älvsjö industriområde för TBM-start och betongtunnlar för depån. Under byggtiden kommer två schakt vid depåområdet stå öppna dels för TBM-starten, dels ett arbetsschakt för att anlägga den korta bergtunneln in under norra kanten av Hagsätraskogens bergshöjd. Arbetena vid stationen bedöms kunna ge upphov till en cirka 2 till 3 meters avsänkning i dess närhet vilket förstärker TBM-tunnlarnas påverkan in i Solberga och ned mot Huddingevägen. Arbetstunneln under Magelungsvägen passerar en svaghetszon och kan potentiellt ge upphov till någon meters avsänkning i jord vid vägen ovan tunneln. Schakten vid depån kommer anläggas inom tätande spont och vid behov tätat berg. En påverkan i jord bedöms kunna bli upp till två meter närmast schakten ifall tätningen inte ger önskat resultat och en utbredning som kan nå ut till Långbro villaområde samt omfatta större delen av Älvsjö industriområde.

Vid Magelungsvägen, delar av industriområdet och inom den angränsande delen av villaområdet finns mäktigare lerlager och provtagning vid två punkter visar att under en byggtid på två år skulle en marksättning upp mot 10 centimeter kunna uppkomma. Stambanan och cirka 10 till 20 fastigheter har grundvattenberoende eller okänd grundläggning och även vissa ledningar bedöms vara känsliga.

Hagsätraskogens naturreservat och bergshöjden sydväst om industriområdet bedöms inte påverkas av ovan beskrivna schakt ned i jord och berg inom det lägre belägna industriområdet. En viss påverkan kan uppkomma från bergtunneln där vändspår ska anläggas. Rakt ovanför tunneln inom naturområdet förekommer endast tunna moränjordlager som inte har något varaktigt grundvattenmagasin. Något söder om tunnellen finns en delvis lerfylld svacka som löper parallellt med tunneln. Där visar två grundvattenrör som installerades under mars 2024 inledningsvis på marknära nivåer (cirka +34,5) men som sedan sjönk cirka 3,5 meter (under nivån +31) vilket i stort sett motsvarar bergytans nivå. Något varaktigt grundvattenmagasin i jord förekommer således inte inom bergshöjden och vegetationen är inte heller beroende av

grundvatten. En påverkan från bergtunneln uppkommer därför endast i berggrunden. Påverkan har beräknats i den numeriska modellen och bedöms inte nå ut utanför bergshöjden. Någon risk för den anlagda dammen eller vattendraget söder om bergshöjden bedöms inte föreligga.

Skyddsinfiltration under byggtiden kan kunna behövas inom Liseberg, Örby slott, Solberga samt vid Magelungsvägen och området kring Älvsjö industriområde och Långbro. Förutsättningarna för infiltration har undersökt med infiltrationstest inom alla dessa områden. Dessutom genom den i avsnitt 6.3.5.2 redovisad provpumpning inom Älvsjö industriområde i läget av schaktet för TBM-start. Infiltrationstesten i 2-tums rören visade på goda förutsättningar att infiltrera till undre magasin så att skadlig grundvattenpåverkan motverkas. Provpumpningen gav motsvarande indikation.

Drifftid

Under drifftiden beräknas inläckaget kunna uppgå till cirka 225 l/min varav merparten till den södra eller sydvästra delen med station, arbetstunnel och i mindre omfattning till depån. För den norra, nordöstra delen av sträckan kommer under drifftiden främst ett mindre inläckage ske till de konventionellt tätade tvärtunnlarna men som angivits tidigare antas ett visst inläckage även för spårtunnlarna under drifftiden. Det är en bråkdel av beräknat grundvattenöverskott inom området men delområdets storlek gör att en direkt jämförelse inte går att göra.

Avseende påverkan i berg bedöms, under drifftiden, endast de cirka 10 energibrunnar som ligger inom 50 till 150 meter från station Älvsjö, arbetstunneln eller de konventionellt driva ventilationsschakten riskera en varaktig påverkan upp till cirka 5 meter men troligt mindre.

Delen från Östbergahöjden fram till Åbyvägen där spårtunnlarna passerar områden med ytligt berg bedöms grundvattentillgången stor, jämfört med det mindre inläckage som i huvudsak tvärtunnlar och ventilationsschaktet intill Östbergahöjden kan medföra. Någon märkbar påverkan för grundvattennivåerna i jordlagermagasinen bedöms inte sannolikt under drifftiden.

Påverkan av dränering till station Älvsjö med anslutande arbetstunnel samt depån har modellerats numeriskt som underlag för bedömning av omgivningspåverkan under drifftiden. Bilaga C3 ger ett underlag för bedömning av avsänkning i jord där utbredningen av 0,3 meters kurvan för påverkan når ut till Huddingevägen i söder och fram till Solbergaskogen i norr samt en bit in i Långsjö/Älvsjö villaområde. Modellen bedöms överskatta påverkan från depån under drifftiden in i Långbros villaområde något då betongtunnlar och sannolikt kvarlämnad spont kommer hålla uppe grundvattennivåerna genom att länka av inströmningen från nordost in under stambanan.

Direkt norr om Magelungsvägens bro över stambanan visar en provtagningspunkt (23S906) att en permanent avsänkning på 1 meter medför en marksättning över 20 centimeter på lång sikt. Här finns stambanan, ledningar och angränsande villabebyggelse vilka påverkas negativt ifall en sådan sättning skulle utvecklas. Även inom industriområdet och inom Långbro kan varaktiga avsänkning över en meter innebära marksättning över 10 centimeter.

Skyddsinfiltration bedöms därmed kunna behövas under drifftiden i området vid Magelungsvägen och inom delar av Solberga och som redovisats för byggtiden ovan visar utförda infiltrationsförsök och provpumpningen att skyddsinfiltration kan vidtas som skyddsåtgärd med god effekt för att upprätthålla grundvattennivåerna.

7.4 Ytvatten

Den sökta vattenverksamheten bedöms inte få någon mätbar effekt på ytvattenförhållanden för något av ytvattnen inom utredningsområdet. Där grundvattendränningen genererar ett inflöde av ytvatten till något av intilliggande grundvattenmagasinen blir inflödet av ytvatten försumbart i förhållande till ytvattendragens vattenomsättning.

Under byggtiden planeras länshållningsvattnet ledas till Fiskarfjärden och Årstaviken och under drifttiden till Riddarfjärden. Den beräknade totala mängden dränvatten som behöver bortledas bedöms enligt redovisning i tidigare avsnitt inte överstiga 20 l/s. Denna mängd innebär ingen märkbar påverkan för ytvattenförekomsternas vattenvolym eller dess vattenföring.

7.5 Vattenkvalitet

7.5.1 Sammanvägd riskbedömning av förorenings-spridning

Grundvattnet i Stockholms innerstad betraktas inte som en dricksvattenresurs utan som en teknisk resurs avseende att upprätthålla markstabilitet och för att bevara kvarvarande trägrundläggningar, med mera.

Utredningen av förekomst av förorenad jord och förorenat grundvatten som redovisats i tidigare avsnitt 6.4.4 visar på att ett större antal verksamheter har förekommit längs linjen som har hanterat ämnen som kan förorena mark- och grundvattnet vid ett utsläpp. Att spridning till grundvatten i vissa fall också har inträffat visar utförd provtagning.

På Kungsholmen har en spridning av föroreningar till grundvattnet skett vilket analyserna av förhöjda halter av metaller, oljeindex och tyngre alifater och PFAS i grundvattenrören visar. Spridningen är förväntad då stora delar av Kungsholmen saknar tätande lerlager och läckage från markytan kan ske via djupa husgrundläggningar, etcetera. Risken för ökad spridning till följd av utbyggnad av tunnelbaneanläggningen bedöms vara liten. Detta då den är lokaliserad i samma område som befintliga undermarksanläggningar och inte nämnvärt förändrar eller förstärker någon strömningsgradient.

På Långholmen och inom Södermalm har ett fåtal potentiella föroreningskällor identifierats där spridningsrisken bedömts vara mellan hög till hög. På Långholmen har viss förorening av bland annat PFAS i grundvattnet konstaterats och en liten förhöjd risk för ytterligare spridning till berggrundvattnet vid en dränning till spårtunnlarna under byggtiden bedöms kunna uppkomma. Vid anläggande av teknikbyggnaden på Långholmen följs risken upp inom kontrollprogrammet. På Södermalm är de potentiella föroreningskällorna belägna inom ett område med ytligt berg och där grundvattenmagasin i jord bedöms vara ringa eller saknas helt. Om utsläpp av föroreningar skett från de tidigare verksamheterna bedöms de redan spridits till omgivande områden. Någon ytterligare spridning till andra områden till följd av utbyggnad av tunnelbaneanläggningen bedöms inte uppkomma.

Undersökningar kring Liljeholmen visar att det finns konstaterade förhöjda halter av bland annat klorerade lösningsmedel, tungmetaller och bensen i grundvattnet. Vid läge för station Liljeholmen har förhöjda halter av PFAS, över riktvärde, påträffats i grundvatten i jord. PFAS-halten var betydligt lägre i grundvatten i berg. Det finns redan flera befintliga bergförlagda undermarksanläggningar i området vilket gör att risk för ytterligare mobilisering av föroreningar till berg bedöms vara liten. Störst risk är mobilisering av PFAS vid stationen. Sänkschakt för stationsuppgång vid station Liljeholmen kommer att utföras med sekantpålar, eller motsvarande, vilket reducerar mobiliseringsrisken under byggtiden.

Vid Årstaberg visar resultat från provtagningar på förhöjda halter av metaller. Vattenprov från kärnborrhål visade förhöjda halter av PFAS, över riktvärde, både vid station Årstaberg och vid arbetstunnel Årstakrossen. PFAS detekterades även i jord- och berggrundvatten vid station Årstafältet men i halter under riktvärde. Provresultat visar på förhöjda halter av metaller, PAH, alifater och i grundvatten i jord vid station Årstafältet. Resultatet från provtagningen vid station Östbergahöjden visar PFAS över riktvärde i grundvatten i berg. Risk för att föroreningar i grundvattnet ska mobiliseras och hamna i länshållningsvatten eller dränvatten bedöms sammantaget som liten till måttlig vid dessa tre stationer (Årstaberg, Årstafältet och Östbergahöjden), med störst risk kopplad till PFAS. Det höga grundvattentrycket vid Årstafältet är en bidragande faktor till att risken inte kan försummas för station Årstafältet.

Söder om station Östbergahöjden, vid Liseberg, visar undersökningar på höga halter av nickel och PAH. Här förekommer också PFAS-halter över riktvärde i grundvatten i berg. Det finns risk att PFAS hamnar i länshållningsvatten i TBM-tunnlar under byggtid här.

Analys av grundvattenprover vid station Älvsjö visar generellt låga halter av metaller i merparten av grundvattenrören, men förhöjda halter av alifatiska kolväten. Risk för att föroreningar mobiliseras och hamnar i länshållningsvatten eller dränvatten bedöms till liten på grund av förhållandevis renare grundvatten samt den tunna och ställvis ej sammanhängande friktionslagret.

Vid arbetstunnel Älvsjö IP:s grusplan och vid Älvsjö industriområde har höga halter av PAH tungmetaller, alifatiska kolväten påträffats i förhöjda nivåer i förhållande till SGU:s bedömningsgrunder. Även PFAS över SGI:s preliminära riktvärde, har uppmätts. Här finns det en viss risk för att föroreningar hamnar i länshållningsvattnet under byggtid.

Utöver allmänna och platsspecifika tätningsåtgärder, är skyddsinfiltration en ytterligare skyddsåtgärd som kan användas för att motverka mobilisering av föroreningar, särskilt under byggtid. Principer för detta beskrivs i kommande avsnitt 8.1.

Provtagning av dränvattnet från befintlig tunnelbana (Baudin, 2015) visar att dränvattnet, med något undantag, har en vattenkvalitet i paritet med grundvattenkvaliteten. Någon ny mobilisering av föroreningar i den befintliga tunnelbanans närhet som genererar ett inflöde av förorenat grundvatten verkar alltså inte ha uppkommit. För att generera en mobilisering av en förorening eller en ökad föroreningsspridning krävs att grundvattenbildningen ökar, det vill säga grundvattenströmningens gradient och därmed genomströmningen i marklagren ökar markant. Dräneringen till planerade tunnelanläggningen bedöms inte ge upphov till så stor avsänkning av grundvattennivåerna i jord att grundvattenströmningen ändras i en sådan väsentlig omfattning som orsakar någon ökad spridning av föroreningar inom påverkansområdet.

7.5.2 Bedömning av länshållningsvattnets kvalitet

Hantering och avledningen av länshållningsvattnet redovisas i detalj i *Teknisk beskrivning*, Bilaga A.

Under byggtiden består länshållningsvattnet till stor del av det processvatten som behövs för borrhning och spolning av bergmassor för dammbindning. Från de delar som drivs med borrar-sprängmetod kan länshållningsvattnet vara påverkat av kväve från sprängmedelsrester utöver suspenderat bergmjöl. Cementinjektering av berget kan orsaka förhöjda pH-värden. Efter rening lokalt kommer länshållningsvattnet behöva avledas till spillvattennätet på grund av kväveinnehållet som inte går att rena lokalt. Länshållningsvattnet från de TBM-drivna delarna innehåller inte kväverester från sprängämnen och kan efter den lokala reningen ledas till dagvattennätet och eller till recipient. Från de öppna schakten kommer länshållningsvattnet periodvis även bestå av nederbördsvatten.

Risken att reningen av länshållningsvattnet behöver hantera föroreningar i det inläckande grundvattnet under drifttiden är mindre än för befintliga tunnelanläggningarna under Stockholm. Detta då spårtunnlarna tätas med betonginklädnad och blir i stort sett täta och betydligt tätare än de befintliga tunnarna som tätas med cementinjektering. För stationerna gäller dock inte detta utan risken är lika stor som för befintliga stationer under mark i Stockholms tunnelbanenät.

Trafikförvaltningen i Region Stockholm har undersökt och sammanställt vattenkvaliteten i inläckande dränvatten i befintlig tunnelbana (Baudin, 2015). Vattenprover i tunnelbanan under normal drift har tagits vid 72 tillfällen under åren 2004 till 2016. En jämförelse mot bakgrunds nivåer i Stockholmsregionens grundvatten visar att vattenkvaliteten i tunnelbanan ligger i nivå med Stockholms grundvatten. Värden över bakgrunds nivåer förekommer dock i vissa fall som bedöms vara kopplade till plats specifika förhållanden. För majoriteten av de analyserade föroreningarna ligger medelvärdena långt under tidigare föreslagna riktvärden för utsläpp till ytvattenrecipient. Som redovisats tidigare har grundvattenprover tagits utmed sträckan Fridhemsplan till Älvsjö inom ramen för projektet. Ytterligare provtagning kommer tas före och under byggtiden och VA-anläggningens behov av rening kommer då kunna fastläggas med fullgott bedömningsunderlag.

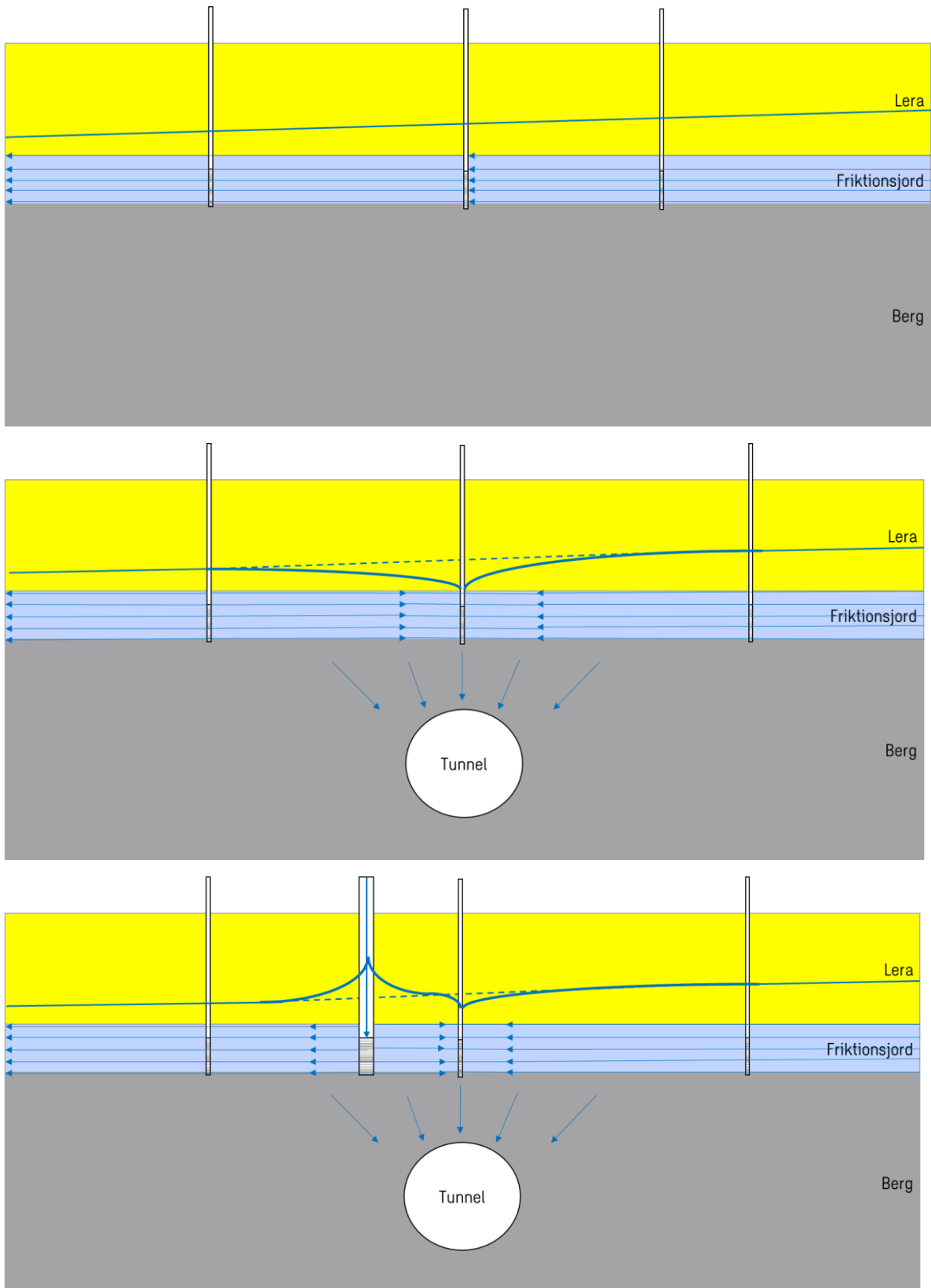
8 Skyddsinfiltration

För att undvika skadliga sänkningar av grundvattennivån som kan ge konsekvenser i form av marksättningar med skada på byggnader eller andra anläggningar kan det vara aktuellt att utföra skyddsinfiltration. Skyddsinfiltration är en effektiv åtgärd för att motverka skada om en grundvattenpåverkan skulle bli större än vad som prognostiserats eller inte fullt ut kan hanteras med noggrann tätning.

8.1 Allmän påverkan från skyddsinfiltration

Inför installation och driftsättning av en infiltrationsanläggning görs en riskbedömning utifrån plats specifika förutsättningar. Förutom att inventera omgivande byggnaders lägsta golvnivåer för att erhålla styrande nivåer för infiltrationen görs en utredning över förekomst av föroreningar, i syfte att begränsa eventuell risk för föroreningstransport, även om risken bedöms som liten.

Skyddsinfiltration bedöms inte ändra den generella grundvattenströmningen i ett grundvattenmagasin något avsevärt. Figur 35 visar ett schematiskt exempel på grundvattenströmningen i ett opåverkat grundvattenmagasin samt ett påverkat grundvattenmagasin av en undermarksanläggning utan respektive med skyddsinfiltration. En lokalt förändrad grundvattengradient närmast infiltrationspunkten kan skapas samtidigt som att grundvattensituationen återställs till mer eller mindre opåverkade förhållanden i områden som annars skulle ha blivit påverkade utan skyddsinfiltration.



Figur 35. Grundvattenströmning i ett opåverkat grundvattenmagasin (överst). En undermarksanläggning påverkar grundvattenströmningen lokalt och en trycknivåavsänkning kan uppmätas i grundvattenrör ovanför anläggningen (mitten). Infiltration startas som skyddsåtgärd för att upprätthålla grundvattennivåerna. En lokalt förändrad grundvattengradient kring infiltrationsanläggningen kan ses. Grundvattengradient i påverkat område återställs till tämligen opåverkad situation (nederst).

8.2 Områden för skyddsinfiltration

Skyddsinfiltration bedöms främst behövas under byggtiden ifall större inläckage uppkommer temporärt vid TBM-fronten. Även vid planerade schakt i jord kan infiltration komma behövas som komplement till den tätning av stödkonstruktion eller ridåinjektering av berg. Skyddsinfiltration används regelmässigt vid byggande under grundvattennivån och det finns mycket stor erfarenhet av att anlägga och driftsätta sådana anläggningar.

Områden där det kan behövas skyddsinfiltration under byggtiden bedöms vara:

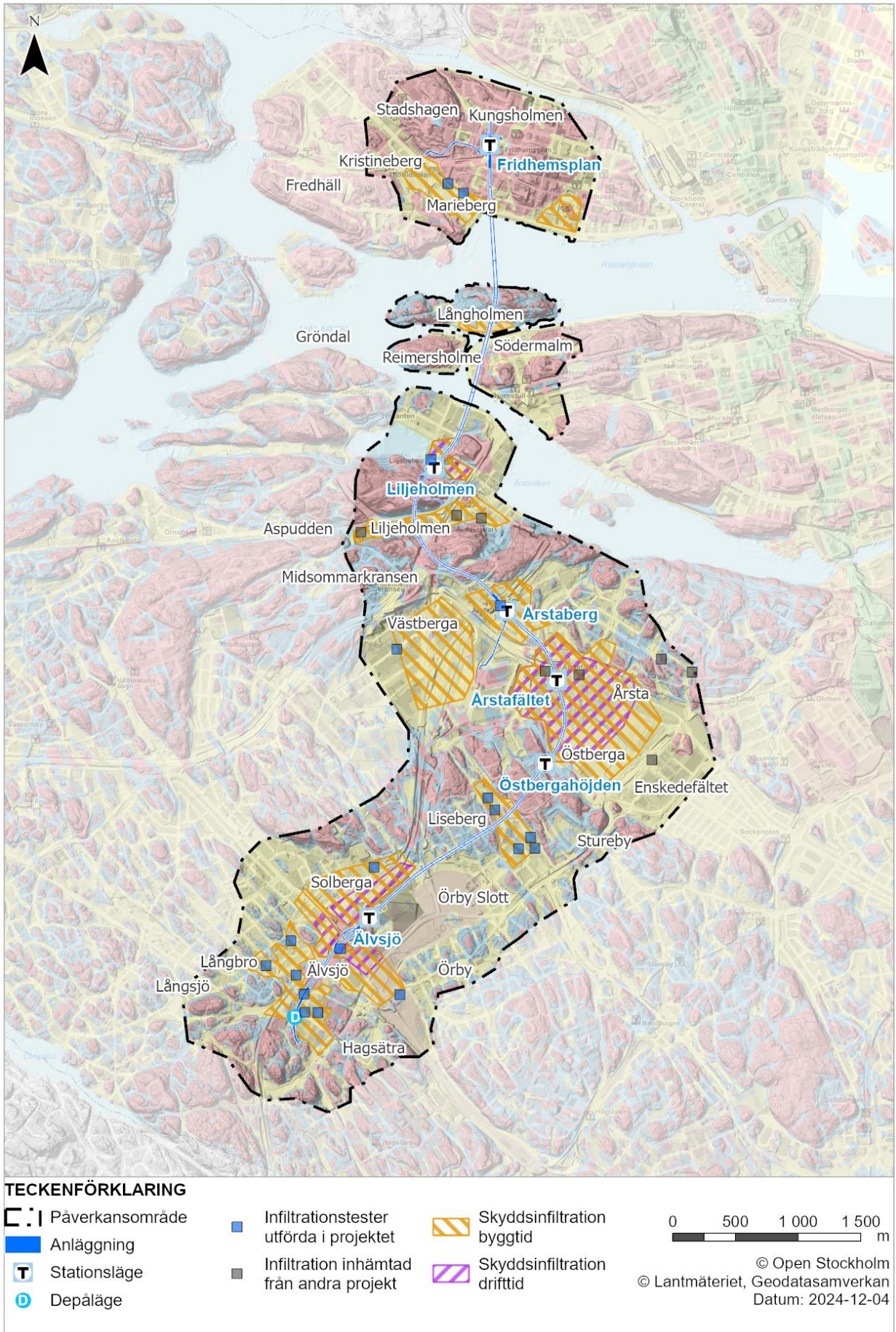
- Rålambshov och området vid Landstingshuset
- Långholmen
- Liljeholmen
- Årstadal och Nybodadepån
- Årstaberg
- Västberga
- Årstafältet
- Liseberg-Örby slott
- Solberga
- Magelungsvägen-Älvsjövägen
- Älvsjö industriområde-Långbro

I några områden kan skyddsinfiltration fordras även under drifttid:

- Liljeholmen
- Årstafältet
- Solberga

I många av dessa områden har infiltrationstest utförts inom projektet eller resultat från andra projekt hämtats för att säkerställa infiltrationsmöjligheterna samt för att undersöka infiltrationskapaciteter vid enskilda infiltrationspunkter. Lägen från utförda infiltrationstester redovisas i Figur 36.

Skulle en oförutsedd påverkan uppkomma även inom andra områden än de ovan redovisade kan skyddsinfiltration bli aktuellt även inom andra delar av redovisat påverkansområde.



Figur 36. Områden där skyddsinfiltration kan behövas under olika skeden samt utförda infiltrationstester.

9 Referenser

Andréasson m.fl. (2011) Rapport Nr 2011-64 Projekt Slussen - Förslag till ny reglering av Mälaren. SMHI.

Baudin (2015) Provtagning av vatten i tunnelbanan - analys av vattenkemi och jämförelse med riktvärden. Trafikförvaltningen, Förvaltningen för utbyggd tunnelbana.

Eriksson & Stille (2005) Cementinjektering i hårt berg. BeFo.

Gustafson (2009) Hydrogeologi för bergbyggare. Forskningsrådet Formas.

Gustafson (2012) Hydrogeology for rock engineers. BeFo.

Ohlin och Granberg (2023). Inventering av groddjur i Stockholms stad – Miljöövervakning 2023. Calluna AB.

Stille (2015) Rock Grouting - Theories and Applications. BeFo.

Stockholms stad Miljöbarometer <https://miljobarometern.stockholm.se/vatten/sjoar/>

VISS Vattenkartan <https://ext-geoportal.lansstyrelsen.se/standard/?appid=1589fd5a099a4e309035beb900d12399>

Tunnelbana mellan Fridhemsplan och Älvsjö är ett samverkansprojekt mellan staten, Stockholms stad och Region Stockholm. Regionen har i uppdrag att planera och bygga den nya tunnelbanelinjen. Linjen är fristående och därför behövs även en ny depå byggas där tågen kan underhållas och ställas upp. Byggtiden beräknas vara cirka nio år.