

Teknisk beskrivning

Bilaga A

Miljöprövning för tunnelbana från Fridhemsplan till Älvsjö

2024-12-16



Titel: Teknisk beskrivning
Konsult: Sweco Sverige AB
Författare: Hanna Landquist
Projektledare: Kajsa Nilsson, förvaltning för utbyggd tunnelbana (FUT)
Bilder & illustrationer: Sweco och Region Stockholm om inte annat anges.
Dokument ID: 7100-C72-22-00017
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

Bilageförteckning.....	5
1 Inledning.....	6
1.1 Bakgrund och syfte	6
2 Tekniska förutsättningar	10
2.1 Referenssystem.....	10
2.2 Geologi.....	10
2.3 Befintliga och planerade anläggningar	12
3 Planerade tunnlar och tillhörande anläggningar.....	13
3.1 Översikt av spårlinjen.....	13
3.2 Spårtunnlar.....	14
3.3 Tvärtunnlar.....	15
3.4 Arbetstunnlar.....	16
3.4.1 Arbetstunnel Fridhemsplan (Lindhagensplan)	16
3.4.2 Arbetstunnel Liljeholmen (Södertäljevägen).....	16
3.4.3 Arbetstunnel Årstaberg (Årstakrossen).....	17
3.4.4 Arbetstunnel Älvsjö (Älvsjö IP:s grusplan).....	17
3.5 Stationer och uppgångar.....	17
3.5.1 Fridhemsplan.....	19
3.5.2 Liljeholmen.....	21
3.5.3 Årstaberg	22
3.5.4 Årstafältet	24
3.5.5 Östbergahöjden.....	25
3.5.6 Älvsjö	27
3.6 Övriga vertikala schakt	28
3.6.1 Luftutbytesschakt	30
3.6.2 Brandgasschakt.....	31
3.7 Teknikbyggnad	32
3.8 Depå.....	33
4 Byggmetoder.....	37
4.1 Fullortsborrning	37
4.1.1 Tätning vid drivning med TBM	40
4.2 Konventionell drivning genom borra-sprängmetoden.....	42
4.2.1 Tätning.....	43
4.3 Anpassad tunneldrivningsmetod.....	44
4.4 Öppna schakt i jord och berg.....	44
4.4.1 Öppna schakt i jord.....	44
4.4.1.1 Stödkonstruktioner.....	45
4.4.2 Öppna schakt i berg	46
4.4.2.1 Sänkschakt - Vertikalschakt för station utan arbetstunnel	47
4.4.2.2 Vertikalschakt för station med arbetstunnel – raiseborrning i kombination med borra-sprängmetoden.	48

4.4.3	Ytnära schakt genom borra-sprängmetoden	49
4.4.4	Övriga schakt	49
4.4.5	Betongtunnel och tråg	49
4.4.6	Tätning av öppna schakt i jord och berg	49
4.5	Etableringsområden	50
4.6	Masshantering och transportrörelser	51
4.7	Material och produkter	54
5	Anläggningar för bortledning av grundvatten och infiltration	55
5.1	Länshållning under byggtiden	55
5.1.1	Länshållning från drivning med TBM	55
5.1.2	Länshållning från drivning med borra-sprängmetoden	56
5.1.3	Länshållning från öppna jordschakt	56
5.1.4	Dagvatten från etableringsytor	56
5.2	Bortledning under drifttiden	56
5.3	Skyddsinfiltation	59
6	Tidplan	60
	Ord- och begreppslista	62

Bilageförteckning

- Bilaga A1 Översiktskarta
- Bilaga A2 Profil spårtunnlar med befintligheter
- Bilaga A3 Plan och profil spårtunnlar, stationer och depå
- Bilaga A4 Tvärsektioner spårtunnlar, stationer och depå
- Bilaga A5 Byggmetod per anläggningsdel
- Bilaga A6 Översiktskarta öppna jord- och bergschakt under byggtid
- Bilaga A7 Principskiss infiltrationsanläggning

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 tekniska beskrivning (TB) utgör underlag till tillståndsansökan för vattenverksamhet enligt miljöbalken som tas fram med anledning av grundvattenbortledning under anläggande och drift av tunnelbanan.

1.1 Bakgrund och syfte

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, se Figur 1. Denna tekniska beskrivning 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. Linjen planeras trafikeras med självkörande tåg.

Tunnelbanelinjen kommer att gå under mark längs hela sträckan och vara belägen under befintliga grundvattennivåer. Detta innebär att bortledning av grundvatten från anläggningen under bygg- och drifttiden kommer att vara aktuellt, en åtgärd som kräver tillstånd enligt 11 kap. 9 § miljöbalken.

Syftet med denna tekniska beskrivning är att beskriva de arbeten som krävs för att bygga tunnelbana Gul linje mellan Fridhemsplan och Älvsjö. Den tekniska beskrivningen är en del av tillståndsansökan och utformad utifrån vad som ska prövas i målet i mark- och miljödomstolen. Lokalisering av anläggningsdelar förklaras med hjälp av referenser till platser och gator men också med referenser till längdmätning utmed spårtunnlarna. Längdmätningen för spårlinjen börjar vid norra änden av plattformen vid station Fridhemsplan KM 0+000 och avslutas söder om Älvsjö station där depå tar vid.

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



Figur 1. Planerat och befintligt tunnelbanesystem i Stockholmsregionen.

Den nya tunnelbanelinjen, kallad Gul linje, ansluter till befintliga stationer vid Fridhemsplan och Liljeholmen. Vid Årstaberget, Årstafältet, Östbergahöjden och Älvsjö byggs nya stationer med anslutning från entré och biljetthall vid markyta till plattform via hissar. Gul linje mellan Älvsjö och Fridhemsplan blir fristående från resten av tunnelbanenätet och en komplett depå planeras för daglig service och underhåll av tågen som ska trafikera den. Depån planeras söder om Älvsjö station.

Hela sträckan med befintliga och nya stationer redovisas i plan i Bilaga A1, där bland annat längdmätning för spårtunnel, stationsplaceringar, depåplacering och arbetstunnlar framgår. En översikt visas i Figur 2.

Underlag till denna tekniska beskrivning är hämtat från den systemhandlingsprojektering och fördjupad lokaliseringstudie för depån som utförts för utbyggnaden av tunnelbanan. Det gäller bland annat anläggningens utformning, byggmetoder och tekniska lösningar för vattenverksamheten.

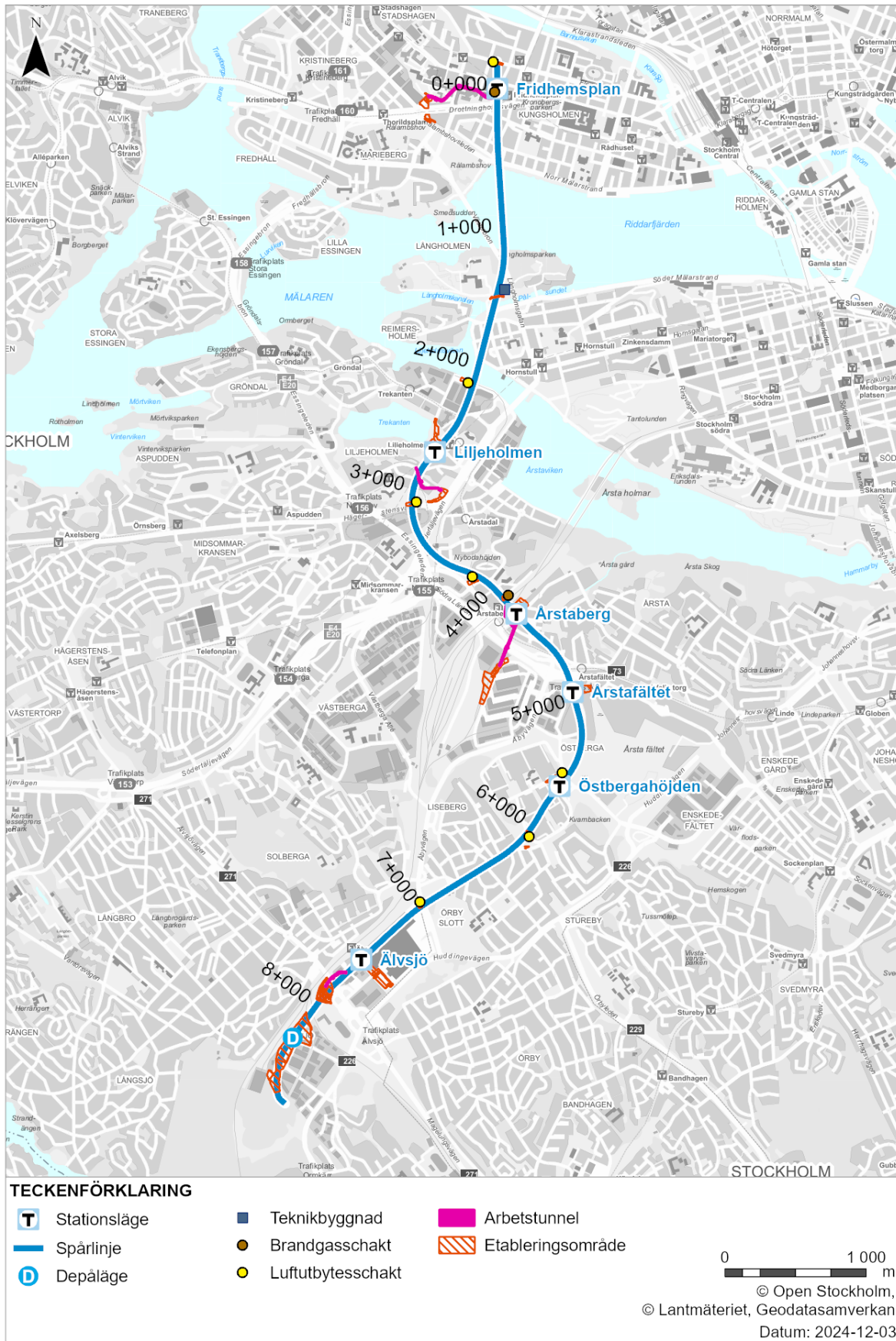
Tunnelbaneanläggningen kommer att bestå av spårtunnlar, tvärtunnlar, arbetstunnlar, schakt, stationer och ramper. Spårtunnlarna planeras drivas med en så kallad tunnelbormaskin (TBM). Spårtunnlarna kläs huvudsakligen med betongsegment som i kombination med ytterligare tätningsåtgärder ger en i princip tät tunnel. Övriga delar av anläggningen drivas med borrar-sprängmetoden samt raiseborring och tätas med konventionella metoder.

Projektets val att rikta in sig på TBM-drivning av spårtunnlarna beror på flera olika faktorer där en väsentlig faktor har varit att inläckage av grundvatten under drifttid förväntas bli mindre och risken för sättningsskador därmed låg längs med spårtunnlarna. TBM ger en snabbare framdrift

med mindre risk för vibrationsskador på omgivande anläggningar. En kombination av TBM och borra-sprängmetoden för uttag av bland annat stationer kan därmed anses vara bästa möjliga teknik för utbyggnad av ny tunnelbana. Ytterligare motivering till val av drivning med TBM ges i Bilaga B Miljökonsekvensbeskrivning, avsnitt 5.4.

De anläggningsdelar som kräver tillstånd för vattenverksamhet är:

- spår- och tvärtunnlar, stationsutrymmen – bortledning av grundvatten under bygg- och drifttid,
- service- och 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 byggtid,
- skyddsåtgärd vid risk för skadlig grundvattenpåverkan – skyddsinfiltation av vatten till grundvattenmagasin.



Figur 2. Översiktskarta. Spårlinje, stationer, arbetstunnlar, etableringsytor samt luftutbytes- och brandgasschakt.

2 Tekniska förutsättningar

2.1 Referenssystem

De koordinater och höjder som förekommer i den tekniska beskrivningen anges i koordinatsystemet SWEREF 99 18 00 och höjdsystemet RH 2000.

2.2 Geologi

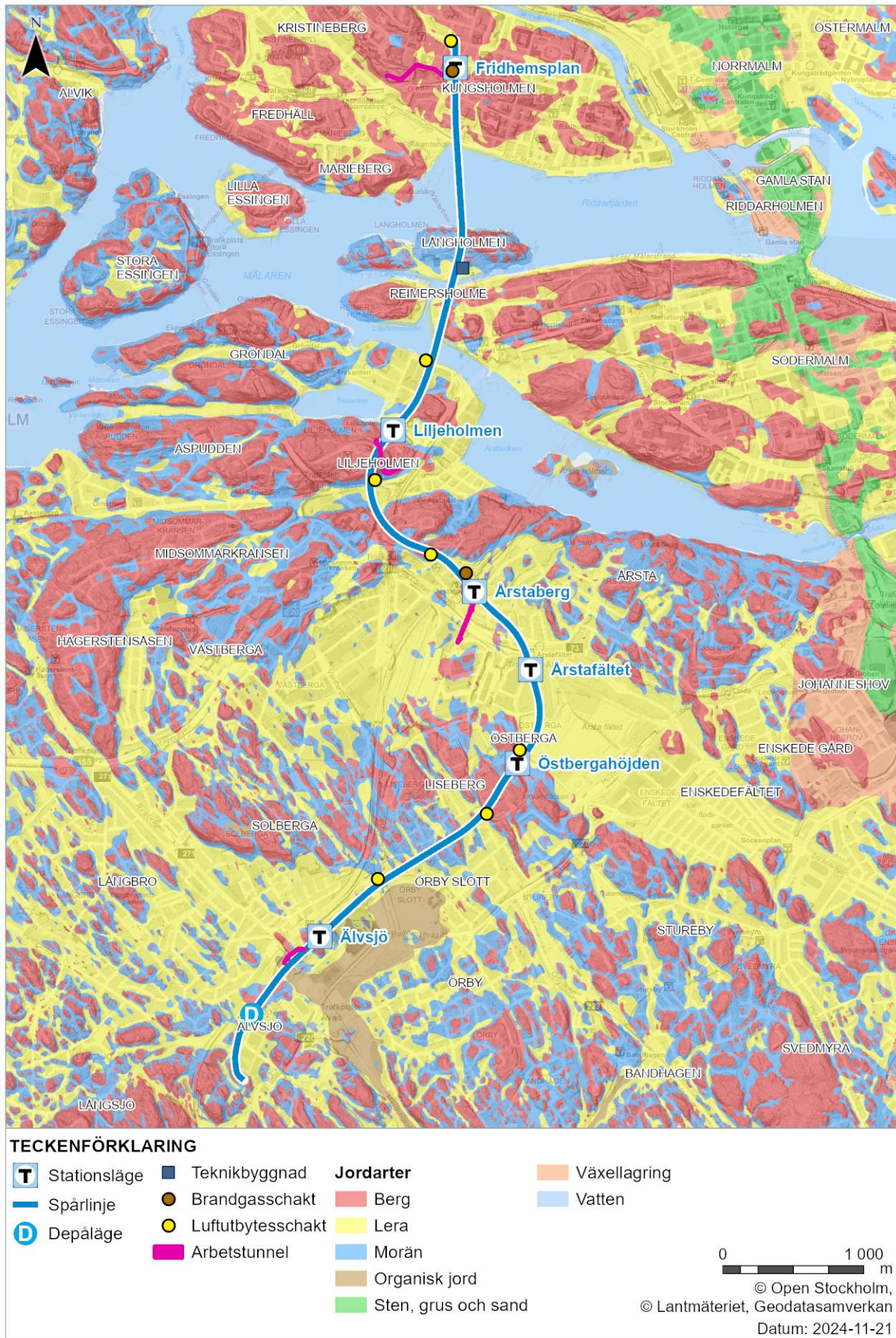
Området där tunnelbanan till Älvsjö planeras är typiskt för stora delar av Mälardalens kuperade terräng med mindre höjder med synligt berg eller tunnare moränjordtäckte och mellanliggande dalgångar med lerjord. De mellanliggande dalsvackorna följer ofta de huvudsakliga sprick- och svaghetszonernas orientering. Där terrängen generellt är lägre kan bergsryggarna vara helt jordtäckta. I områden med högre liggande mark saknas i stället större jordlagermaktigheter i dalsvackorna och terrängen är mer brant och varierande.

Berggrunden i utredningsområdet består i huvudsak av gnejsig (bandad struktur) vacka som har sedimentärt ursprung. Vackan angavs i äldre berggrundskartor som gnejs. Magmatiska bergarter som gabbro, diorit och stråk av gnejsig granit eller granodiorit förekommer. Stråk av diabasgångar förekommer främst inom utredningsområdets södra del.

Figur 3 ger en översikt av geologiska förhållanden. En mer ingående beskrivning av jordlager och berggrund finns att läsa i PM Hydrogeologi (Bilaga C till ansökan).

Geologin ger tekniska förutsättningar för anläggningen. Berg i dagen kan generellt anses vara en indikation på få sprickor i relation till en dalgång som ofta sammanfaller med en sprickzon. En dalgång överlagras också ofta av jord och sättningkänsligt material såsom lera. Sprickor kan leda grundvatten i högre utsträckning än berg med högre hållfasthet.

Bergets kvalitet och förekomst av jord ger också förutsättningarna för omfattningen av stöd-konstruktioner och förstärkningsarbeten samt tätning och andra åtgärder för att minska inläckage av grundvatten i anläggningen.



Figur 3. Anläggningens delar på geologisk karta.

2.3 Befintliga och planerade anläggningar

Inom påverkansområdet (Bilaga C PM Hydrogeologi) finns flera befintliga och planerade ovan- och underjordsanläggningar som kan komma att påverkas av planerad tunnelbana. Exempel på ovanjordsanläggning är Västra stambanan och Tvärbanan och för underjordsanläggning befintlig tunnelbana Blå, Röd och Grön linje samt pågående tunnelbyggnation som utförs av Stockholm Vatten och Avfall. Samtliga anläggningar har inventerats och för de anläggningar som passeras av den nya tunnelbanesträckningen har teknisk lösning och projektering anpassats i erforderlig omfattning.

För befintliga och planerade undermarkansläggningar har relevanta åtgärder vidtagits i projekteringen för närliggande anläggningar samt beräkningar utförts med avseende på kumulativa effekter för grundvattenavsänkning. Beräkningarna redovisas i Bilaga C PM Hydrogeologi.

Under byggtiden för planerad tunnelbana kommer merparten av anläggningarna vara i drift och planerade arbeten behöver begränsas för till exempel arbeten som skapar vibrationer i omgivningen. För vibrationsalstrande arbeten har det tagits fram en riskanalys i enlighet med svensk standard. Hur kontrollerna samt uppföljningen kommer gå till redovisas i Bilaga B3 Åtgärdsplan för vibrationer gällande kulturbyggnader till Bilaga B Miljökonsekvensbeskrivning.

Bilaga A2 redovisar befintliga anläggningar under mark i relation till spårlinjens profil.

3 Planerade tunnlar och tillhörande anläggningar

Planerad utbyggnad av tunnelbana mellan Fridhemsplan och Älvsjö sträcker sig över drygt 8 kilometer. Den nya tunnelbanesträckningen omfattar spårtunnlar, servicetunnlar, arbetstunnlar, tvärtunnlar, fläkttunnlar, brandgasschakt, luftutbytesschakt, tekniktunnlar och stationer, vilka i huvudsak anläggs under mark. Stationerna inbegriper plattformsutrymme, schakt för uppgångar (hissar och trappor/rulltrappor), biljetthallar, teknikutrymmen, stationsentréer och nödutgångar. Utbyggnaden innefattar också en ny depå förlagd i Älvsjö samt en teknikbyggnad på Långholmen. Norr om station Fridhemsplan i anslutning till stationen anläggs uppställningsspår.

Övriga installationer som omfattas av planerad verksamhet är bland annat anläggningar för bortledning av vatten invid jord- och bergschakt, samt anläggningar för skyddsinfiltration invid jord och bergschakt och/eller längs med tunnelanläggningen.

En översikt av anläggningen ges i Figur 2 (avsnitt 1) och detaljer i plan och profil i Bilaga A1 till A4. Etableringsområden beskrivs vidare i avsnitt 4.5 samt Bilaga A1.

3.1 Översikt av spårlinjen

Spårnivå för den planerade anläggningen varierar mellan 22 och 83 meter under mark. Cirka 750 meter av spåret kommer byggas under vattenpassage.

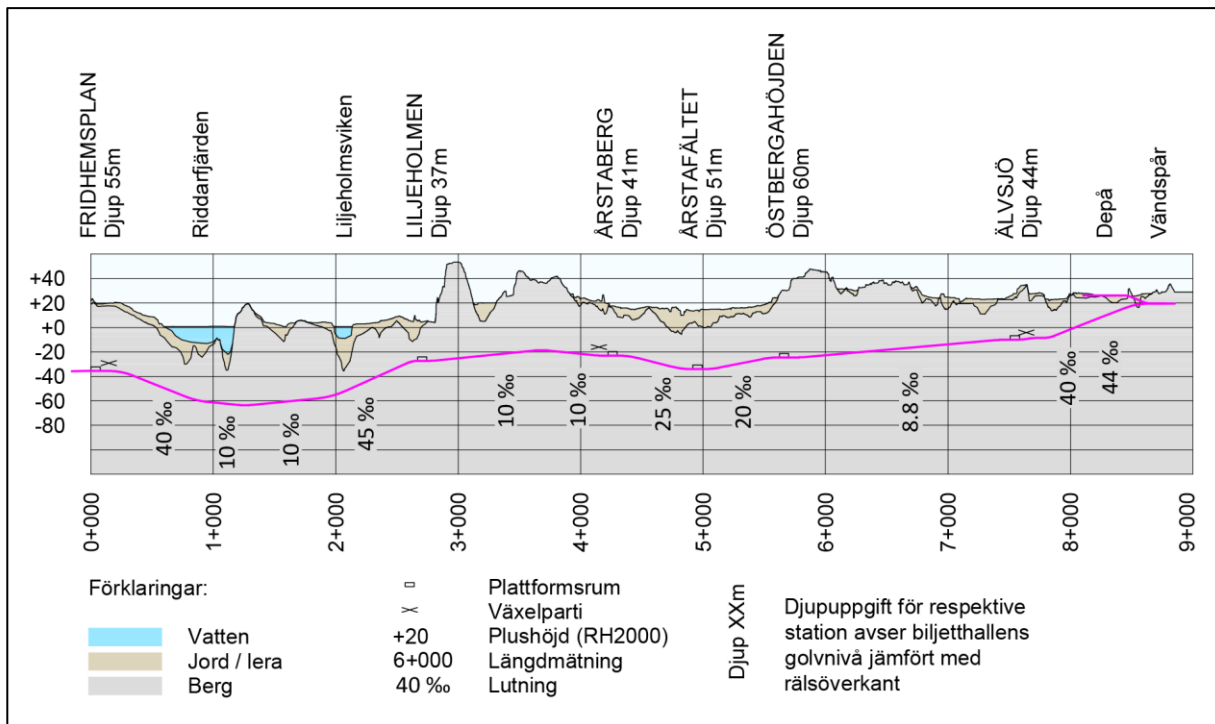
Spårlinjen utgörs av två spårtunnlar som löper parallellt i ett södergående och ett norrgående spår. Den längdmätning som redovisas är baserad på norrgående spår. Spårlinjen börjar vid nivå -35 meter vid station Fridhemsplan som är linjens norra ändstation, se Figur 4. Vid station Fridhemsplan kommer en ny plattform för tunnelbanelinjen att byggas under den befintliga stationen för Grön och Blå linje. För att nå den nya tunnelbanelinjen kommer resenären att använda samma stationsentréer som redan finns.

Söder om station Fridhemsplan dyker spårlinjen djupare ner i berget med 40 promilles lutning under Riddarfjärden och vidare fram mot Liljeholmsviken. Här vänder spårlinjen, för att stiga med 45 promilles lutning fram till station Liljeholmen på nivå -27. En ny plattform byggs under den befintliga stationen. Den nya tunnelbanan kommer att dela stationsentréer med befintlig Röd linje från Liljeholmstorget, men med en tydligare stationsentré mot Trekantsparken. Nuvarande biljetthall byggs delvis om.

Efter station Liljeholmen stiger spårlinjen något fram till station Årstaberget vid nivå -23. Placering av den nya stationen vid Årstaberget är på sydöstra sidan om de befintliga järnvägsspåren, intill Svärdlångsplan med en entré som kopplar till pendeltåg, buss och Tvärbanan.

Mellan station Årstaberget och station Östbergahöjden (nivå -25) finns en sänka och spårlinjen går vid station Årstafältet ner till nivå -34. Station Årstafältet placeras i den västra delen av de nya kvarteren som byggs i området med stationsentré ut mot huvudgatan.

Station Östbergahöjden får en entré som ansluter till det gångstråk som knyter samman Östberga centrum med nya Årstafältet utmed Östbergabackarna. Från station Östbergahöjden följer en längre stigning av profilen fram till spårlinjens södra ändstation Älvsjö som planeras på nivå -10. Station Älvsjö placeras nära buss- och pendeltågstation. Spårlinjen löper vidare söderut under pendeltågets spår mot Nynäshamn innan spårlinjen med 40 till 45 promilles lutning lyfter mot markytan där den når platsen för depån i Älvsjö industriområde vid nivå +26.



Figur 4. Spårsträckning (i rosa) under markytan från Fridhemsplan till Älvsjö i förhållande till stationslägen, djup och lutning.

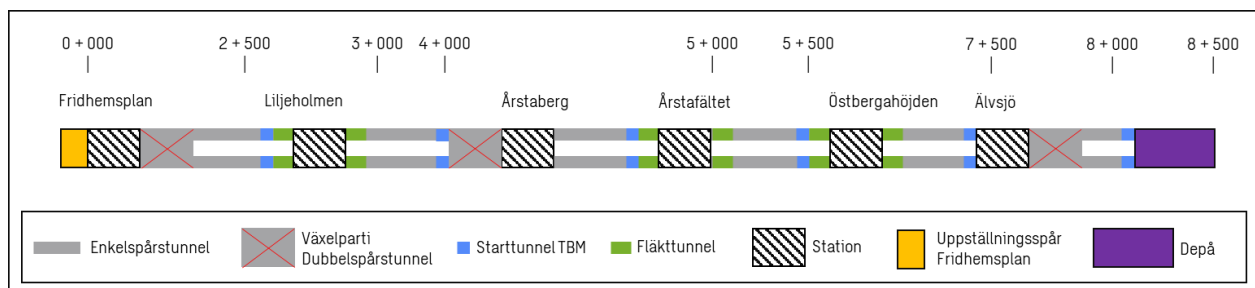
3.2 Spårtunnlar

Spårtunnlarna byggs i huvudsak som två parallella enkelspårtunnlar förbundna med tvärtunnlar. Enkelspårtunnlar (spårtunnlar drivna med TBM) utgör cirka 6,7 kilometer av anläggningen. Avståndet mellan enkelspårtunnlarnas spårmitt kommer att variera mellan 18 och 25 meter. Spårtunnlarna går ihop där det planeras för växelpartier och benämns då dubbelspårstunnel. Växelpartier möjliggör spårbyte och planeras söder om station Fridhemsplan och Älvsjö samt norr om station Årstaberget.

Från station Älvsjö fortsätter spårtunnlarna söder ut i dubbelspårstunnel för att sedan övergå i två parallella enkelspårstunnlar innan spåren går ihop till ett spår i tunnel för vändning upp mot depån.

Tunnlar med utrymme för fläktar avsedda för att skapa säker utrymning planeras vid stationerna Liljeholmen, Årstafältet och Östbergahöjden.

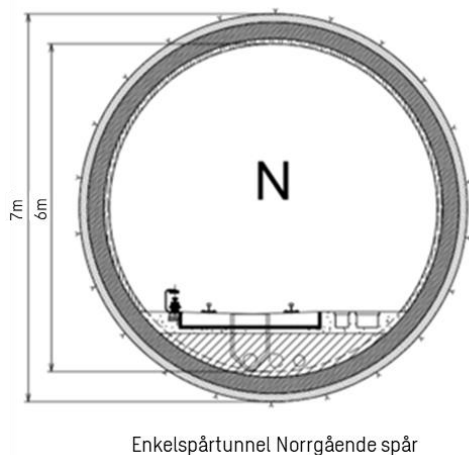
Vid varje station förutom station Fridhemsplan anläggs starttunnlar för TBM norr om stationen. Figur 5 ger en schematisk översikt över tunnelbanesträckan.



Figur 5. Schematisk översikt spårtunnlar med växelpartier, starttunnlar för TBM och fläkttunnlar. Längdangivelserna är ungefärliga och inte skalenna.

Tunnlarnas invändiga konstruktioner utgörs av spår, ledningar för vatten och kraftförsörjning samt utrymningsväg. Spårtunnlar inklusive stationer planeras anläggas med ballastfritt spår, vilket innebär att sliprar och ballast ersätts med en spårplatta av betong vilket till exempel är mindre underhållskrävande.

Som en följd av att spårtunnlarna byggs med TBM har de en cirkulär tunnelgeometri med cirka 6 meter i inre diameter och sju meter i yttre. De förses i huvudsak med en i princip vattentät betonginklädnad. Spårtunnlarnas konstruktion beskrivs vidare i avsnitt 4. I Figur 6 redovisas principskiss av tvärsektion för spårtunnel.

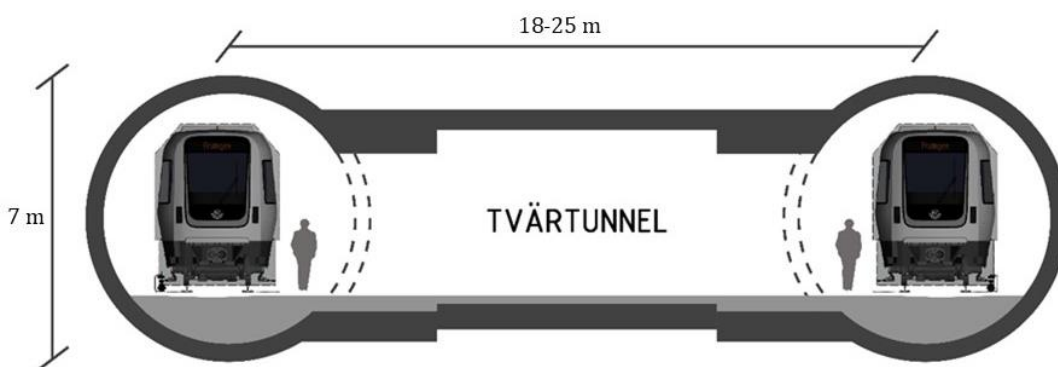


Figur 6. Tvärsektion spårtunnel driven med TBM.

3.3 Tvärtunnlar

Spårtunnlarna sammanbinds med 19 stycken tvärtunnlar. Dessa anläggs med maximalt avstånd på upp till 320 meter utifrån krav på brandutrymning. Tvärsnittsarean på en tvärtunnel uppgår till cirka 32 kvadratmeter och längden varierar mellan 18 och 25 meter. Längs vissa sträckor blir dock avstånden mindre och placeringarna kommer att anpassas efter rådande geologi. Tvärtunnlarna kommer under drifttiden att användas som utrymningsvägar för evakuering av tunnelbanan vid driftsstopp och övriga nödsituationer samt för underhållsarbeten. I tvärtunnlarna finns också till exempel teknisker och pumpar.

Tvärtunnlarnas utformning och storlek är anpassade till utrymmesbehov för installationer. Exempel på tvärsektion visas i Figur 7. Planerad lokalisering av tvärtunnlar redovisas i Bilaga A1 samt A3. För att täta och förstärka övergången från spårtunnel till tvärtunnel behövs en konstruktion i form av en balk, så kallad krage.



Figur 7. Schematisk tvärsektion spårtunnlar med tvärtunnel.

3.4 Arbetstunnlar

För att bygga en station som inte anläggs genom sänkschakt krävs det en arbetstunnel. Det gäller stationerna Fridhemsplan, Liljeholmen, Årstaberget och Älvsjö. Tunnlarna benämns under byggtiden som arbetstunnlar. Bilaga A1 och A3 visar arbetstunnlar i plan och profil och en översikt av arbetstunnlarnas placering redovisas i Figur 2. Bilaga A4 visar exempel på tvärsnitt.

Arbetstunnlarna för station Fridhemsplan och station Liljeholmen kommer även att användas för anläggningen i drift och kallas då servicetunnlar, övriga kommer att stängas igen.

Arbetstunnlarna används under byggtiden till att få ner utrustning för utsprängning av plattformsrummet och senare även för utlastning av bergmassor. Avslutningsvis används arbetstunnlarna för byggnation av olika konstruktioner och installationer i plattformsrummet. Arbetstunneln vid Årstakrossen kommer också att användas för att transportera in betongsegment och annat material till TBM samt avlägsna massor från framdrivningen via transportband.

Servicetunnlarna används för att få tillträde till anläggningen och kunna utföra drift- och underhållsåtgärder under drifttiden. Servicetunnlarna utgör också angreppsväg för räddningstjänsten. Mynningen för de tunnlar som permanentas förläggs i ramp och utformas med en betongkonstruktion med grind eller port för att servicefordon och gods ska kunna tas in direkt i tunneln.

Vid de stationer där servicetunnel saknas kan gods för drift och underhåll tas in via stationsbyggnaden. Spårtunnlarna kommer också att kunna nås för större underhållsåtgärder via depån och depåtunnlarna som ansluter till station Älvsjö.

Tunnlarna kräver viss bergtäckning för att bli stabila. För att nå djupt nog anläggs därför först en tillfartsramp. Arbetstunnlarna blir mellan cirka 190 och 500 meter långa. Tvärsnittsarean, ej räknat vändnischer, varierar mellan cirka 30 och 60 kvadratmeter. Arbetstunnlarna med undantag för Liljeholmen ska vara breda nog för mötande byggtrafik och arean kan utökas vid till exempel kurvor.

3.4.1 Arbetstunnel Fridhemsplan (Lindhagensplan)

Arbetstunneln utgår från etableringsyta vid Lindhagensplan. Tunneln går inledningsvis österut runt södra delen av St. Görans Sjukhus och viker sedan av norrut under St. Görans sjukhus. Därefter viker tunneln av österut runt Stockholms sjukhem och ansluter till stationens tekniktunnel (se Kap 3.5.1).

Arbetstunneln kommer under drifttid användas som servicetunnel. För att angöra tunneln vid Fridhemsplan anläggs en väg i anslutning till tunnelmynningen, vilken också kommer att utgöra infartsväg för räddningstjänsten.

Tunneln blir cirka 500 meter lång med en cirka 40 meter lång tillfartsramp.

3.4.2 Arbetstunnel Liljeholmen (Södertäljevägen)

Vid station Liljeholmen anläggs en arbetstunnel med tillhörande etableringsyta vid Södertäljevägen för att bygga stationen. Tunnelpåslaget delas med annan blivande anläggning på platsen men två tunnelrör skapas redan vid påslaget genom en betongkonstruktion för att möjliggöra separata mynningar.

Tunneln löper inledningsvis västerut, fortsätter i nordvästlig riktning och passerar över de blivande tunnelspåren, under spår för Röd linje och ansluter till stationen söderifrån via dess tekniktunnel (se Kap 3.5.2).

Tunneln blir cirka 300 meter lång.

3.4.3 Arbetstunnel Årstaberg (Årstakrossen)

Vid station Årstaberg anläggs en arbetstunnel med tillhörande etableringsyta vid Årstakrossen för att bygga stationen. Tilltänkt tunnelmynning ligger idag på en yta som används för krossning av bergmaterial. Arbetstunneln går i nordostlig riktning och passerar under Södra länken för att sedan ansluta till station Årstaberg.

När TBM når station Årstaberg flyttas all tillhörande logistik med massor, byggmaterial med mera från etableringsytan för TBM i Älvsjö industriområde till arbetstunnel och etableringsyta vid Årstakrossen. För att denna logistik för TBM ska fungera har Årstakrossen en förgrening så att den ansluter på två ställen vid station Årstaberg.

Tunneln blir cirka 550 meter lång, inklusive förgrening. En cirka 180 meter lång ramp i berg och jord kommer att krävas för att komma ner till önskat djup för tunnelmynningen. Längd utreds för optimering efter rådande geologiska förutsättningar.

3.4.4 Arbetstunnel Älvsjö (Älvsjö IP:s grusplan)

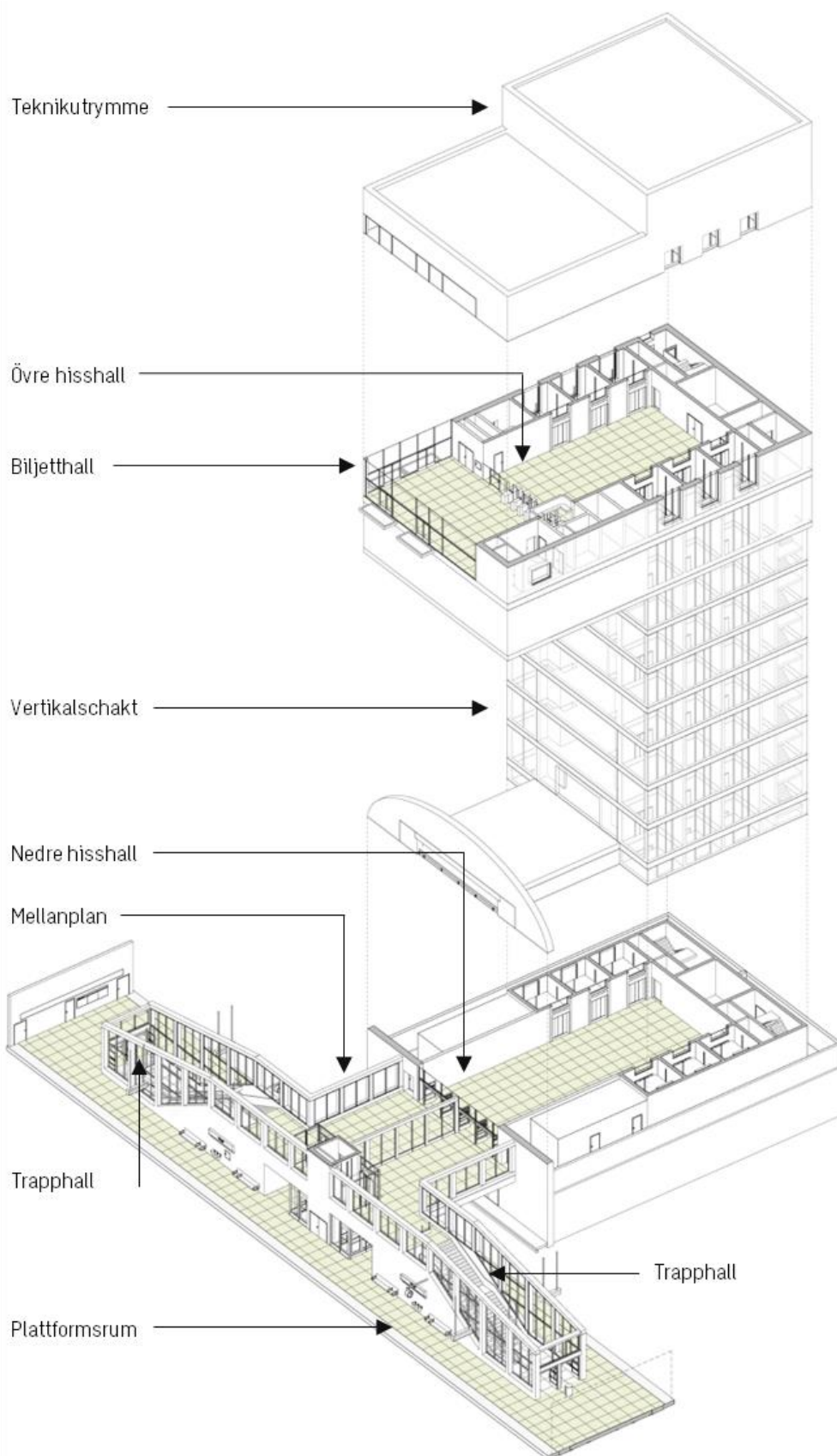
Station Älvsjö planeras att byggas via en arbetstunnel med tillhörande etableringsyta och tunnelmynning från Älvsjö IP:s grusplan. Arbetstunneln löper i nordostlig riktning mot växelpartiet i södra änden av stationsläget.

Tunneln blir cirka 190 meter lång med en cirka 190 meter lång tillfartsramp i berg och jord.

3.5 Stationer och uppgångar

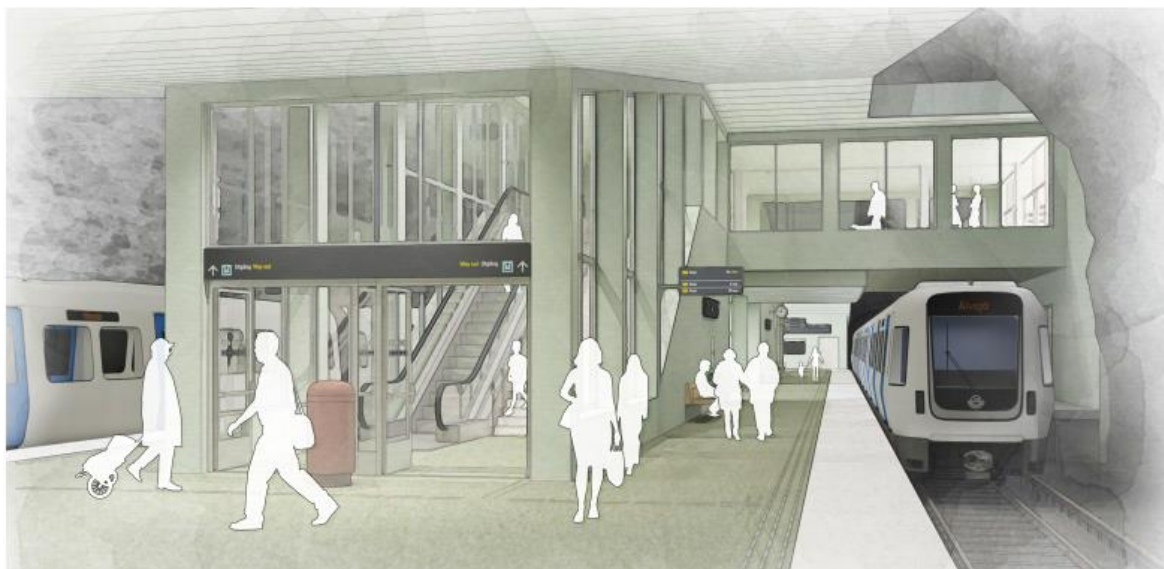
Längs med Gul linje kommer fyra nya stationer med tillhörande entréer att anläggas. Två befintliga stationer kompletteras också med ytterligare plattformsrums och anläggningar för persontransport från markyta eller befintlig anläggning (Figur 2, avsnitt 1).

För de fyra nya stationerna (Årstaberg, Årstafältet, Östbergahöjden samt Älvsjö) samt Liljeholmen gäller en gemensam utformningsprincip, så kallad typstation, i denna ingår fyra huvudanläggningsdelar: plattformsrums, mellanplan, vertikalschakt samt entrébyggnad med biljetthall (Figur 8). Stationerna Fridhemsplan och Liljeholmen anpassas för möjlighet för resenären att byta tunnelbanelinje innanför spärrlinje i befintliga biljetthallar. I vertikalschaktet ryms utöver högkapacitetshissar för persontransport, till exempel utrymmen för brandgasschakt och fläktrum samt trappor för utrymning. Samtliga vertikalschakt är cirka 400 kvadratmeter i genomskärning.



Figur 8. Gemensam utformningsprincip för de fyra nya stationerna, Älvsjö, Östbergahöjden, Årstafältet och Årstaberget, samt station Liljeholmen. Entrébyggnaden innefattar biljetthall och övre hisshall.

Biljetthallen på markplan förbinds med den nedre hisshallen genom högkapacitetshissar. Hisshallen leder till mellanplanet som löper över det ena spåret och vidare till plattformen via trappor, rulltrappor eller hissar (Figur 9).



Figur 9. Illustration av plattformrum.

Stationerna är så kallade enkelvalsstationer och utformas med plattformrum i ett sammanhängande rum med gemensam plattform för spårtrafiken i båda riktningar. Plattformarna blir 75 meter långa, vilket är ungefär hälften så långt som de nuvarande plattformarna i Stockholms tunnelbana. Även för station Fridhemsplan, som inte är en typstation, blir plattformen 75 meter lång.

I plattformsrummet finns också ett antal tekniska utrymmen varav de flesta placeras under själva plattformen eller i separat tekniktunnel för stationerna Fridhemsplan och Liljeholmen.

Stationer visas i plan och profil i Bilaga A1 till A4.

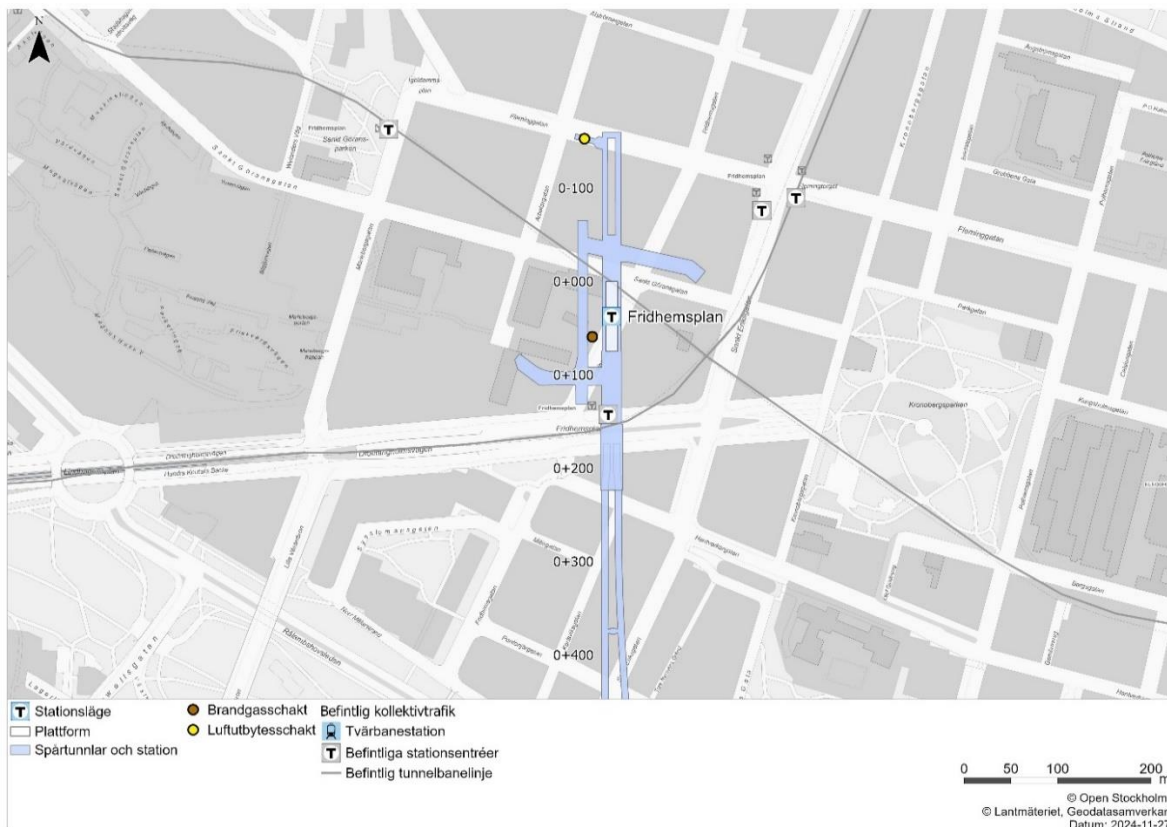
3.5.1 Fridhemsplan

Stationsentréer och biljetthallar finns vid Drottningholmsvägen och Fleminggatan, samt S:t Eriksgatan (Figur 10). Vid Mariebergsgatan finns ytterligare en biljetthall som nås via plattform för Blå linje.

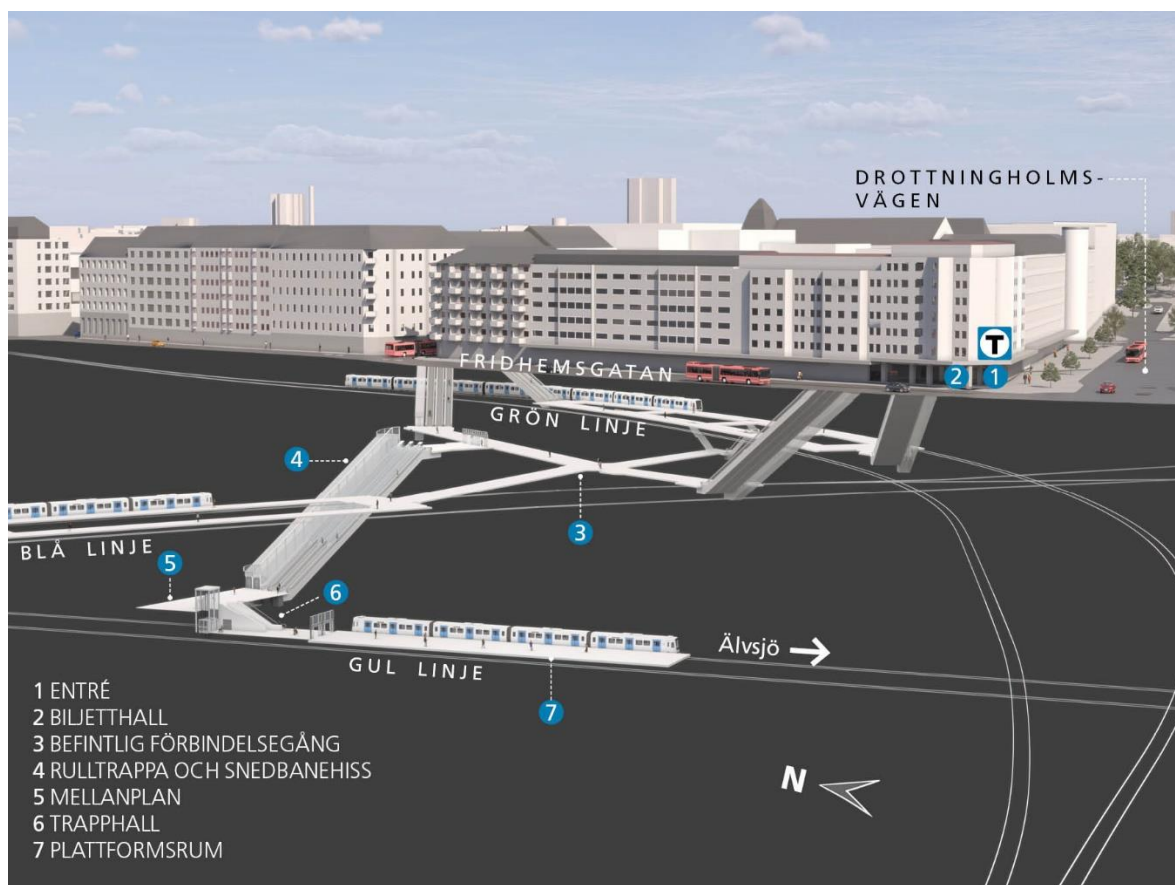
En ny plattform för den nya tunnelbanelinjen kommer att byggas under befintliga tunnelbanelinjer. Befintlig förbindelsegång ansluts med rulltrappor och snedbanehissar till ett nytt mellanplan i den nya plattformens norra ände. Plattformens norra ände utgör linjens startpunkt, KM 0+000 och stationen i sin helhet sträcker sig från cirka KM 0-050 till cirka KM 0+220.

Parallellt med plattformsrummet anläggs också ytterligare en tunnel för tekniska installationer. Tekniktunneln inrymmer till exempel VA-station och betjänar stationen via två tvärtunnlar norr och söder om stationen. Tekniktunneln kopplar till arbets- och servicetunneln.

Figur 11 visar en illustration över stationen i genomskärning och kopplingen till Blå och Grön linje.



Figur 10. Situationsplan station Fridhemsplan.



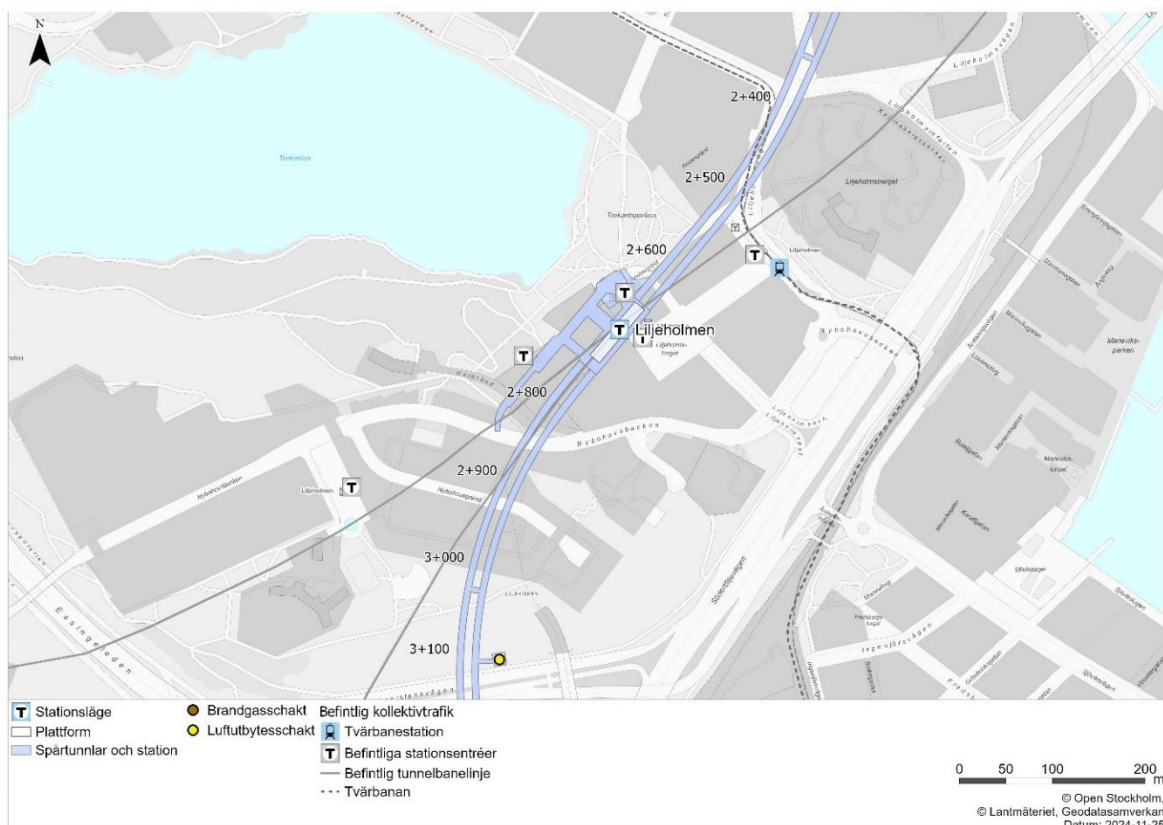
Figur 11. Illustration genomskärning för station Fridhemsplan.

3.5.2 Liljeholmen

Station Liljeholmen trafikeras i dag av Röd linje och vid Liljeholmstorget finns två biljetthallar. En anslutning finns också vid Nybohovsbacken genom en bergbana som ansluter till södra biljetthallen. Den nuvarande södra biljetthallen kompletteras med en hisshall mot nordväst, vars hissar kommer att leda till den nya tunnelbanelinjen, Figur 12. Station Liljeholmen är placerad mellan cirka KM 2+670 och 2+760.

Förutom tillbyggnad över mark, hisschakt, mellanplan och ny plattform tillkommer en tekniktunnel. Tekniktunneln planeras parallellt med den nya plattformen och betjänar stationen via schaktet samt två tvärtunnlar, en central och en i söder.

Figur 13 visar en översiktlig utformning av station Liljeholmen i genomskärning.



Figur 12. Situationsplan station Liljeholmen. Den nuvarande södra biljetthallen kompletteras med en hisshall mot nordväst och befintlig stationsentré mot Trekantsparken får ett nytt läge.



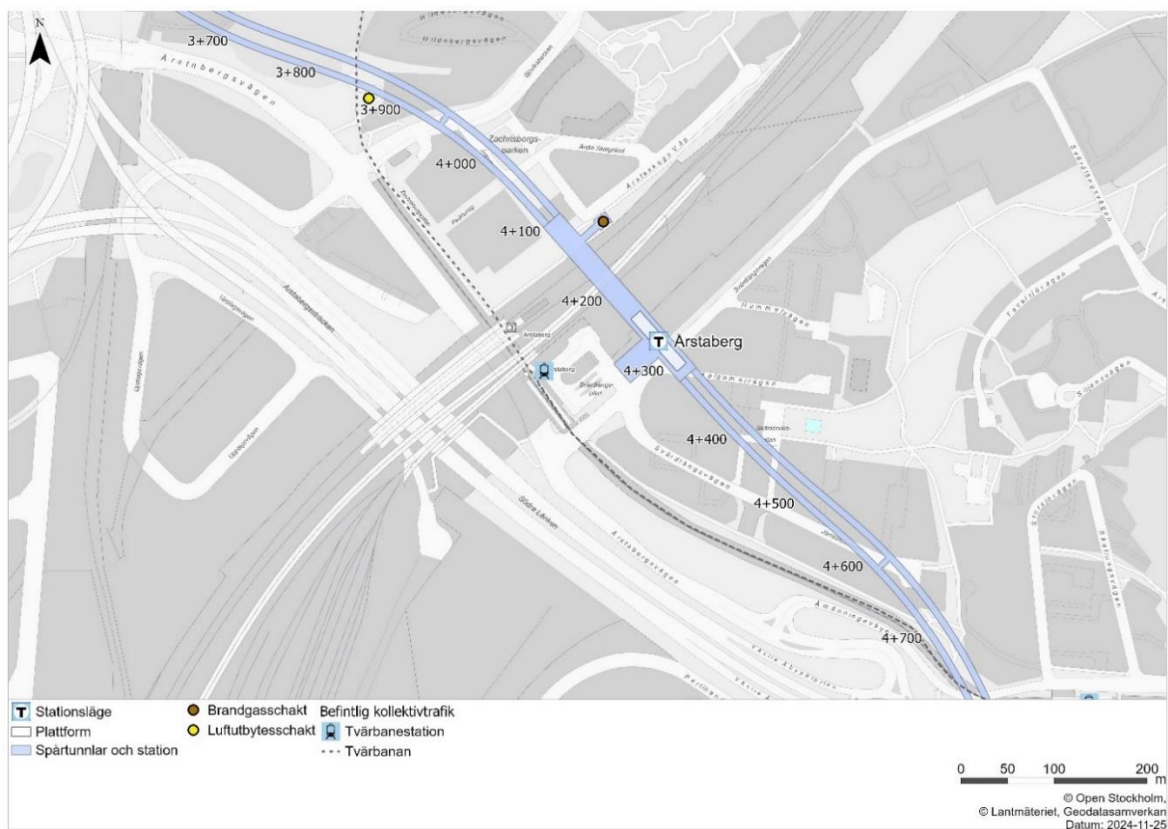
Figur 13. Station Liljeholmen. Illustration genomskärning.

3.5.3 Årstaberget

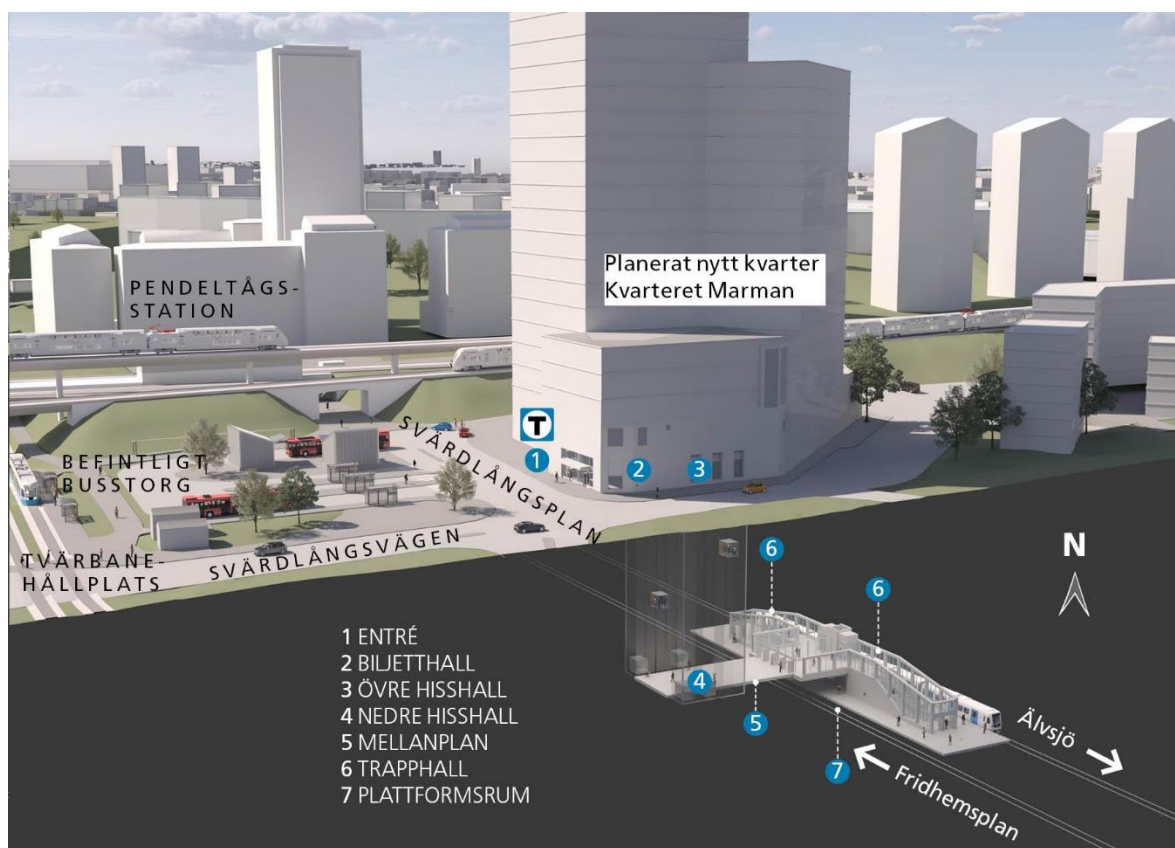
Ny station Årstaberget är placerad mellan cirka KM 4+090 och 4+310. Stationsentrén placeras i sydvästra hörnet av kvarteret Marman med en kompakt biljetthall som möjliggör en integrering i ett framtida kvarter (Figur 14). Stationen får en stationsentré som kopplar till pendeltåg, buss och tvärbanan.

Stationens vertikalschakt anläggs i berg och jord sydväst om plattformens centrala del. Under plattformen görs ett berguttag för en kulvert med teknikutrymmen.

Figur 15 visar en illustration av genomskärning av stationen.



Figur 14. Situationsplan station Årstaberg.



Figur 15. Station Årstaberg. Illustration genomskärning.

3.5.4 Årstafältet

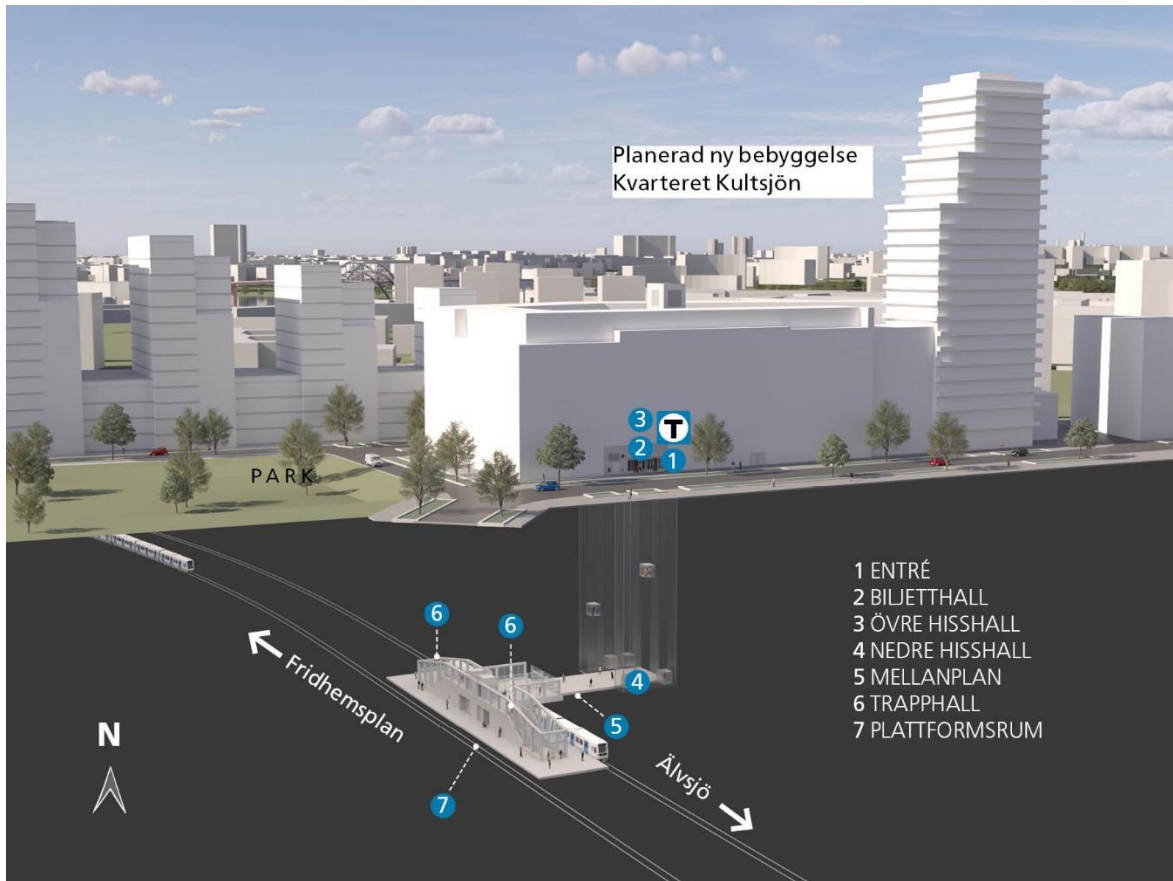
Ny station Årstafältet är placerad mellan cirka KM 4+920 och 5+010. Entrén med biljetthall planeras ovan mark och är en del av en bottenvåning i ett planerat bostadskvarter. Stationens entré vänder sig mot en huvudgata i det nya området, Figur 16.

Stationens vertikalschakt anläggs i berg och jord öster om plattformens centrala del. Under plattformen görs ett berguttag för en kulvert med teknikutrymmen.

Figur 17 visar en illustration av stationen i genomskärning.



Figur 16. Situationsplan station Årstafältet.



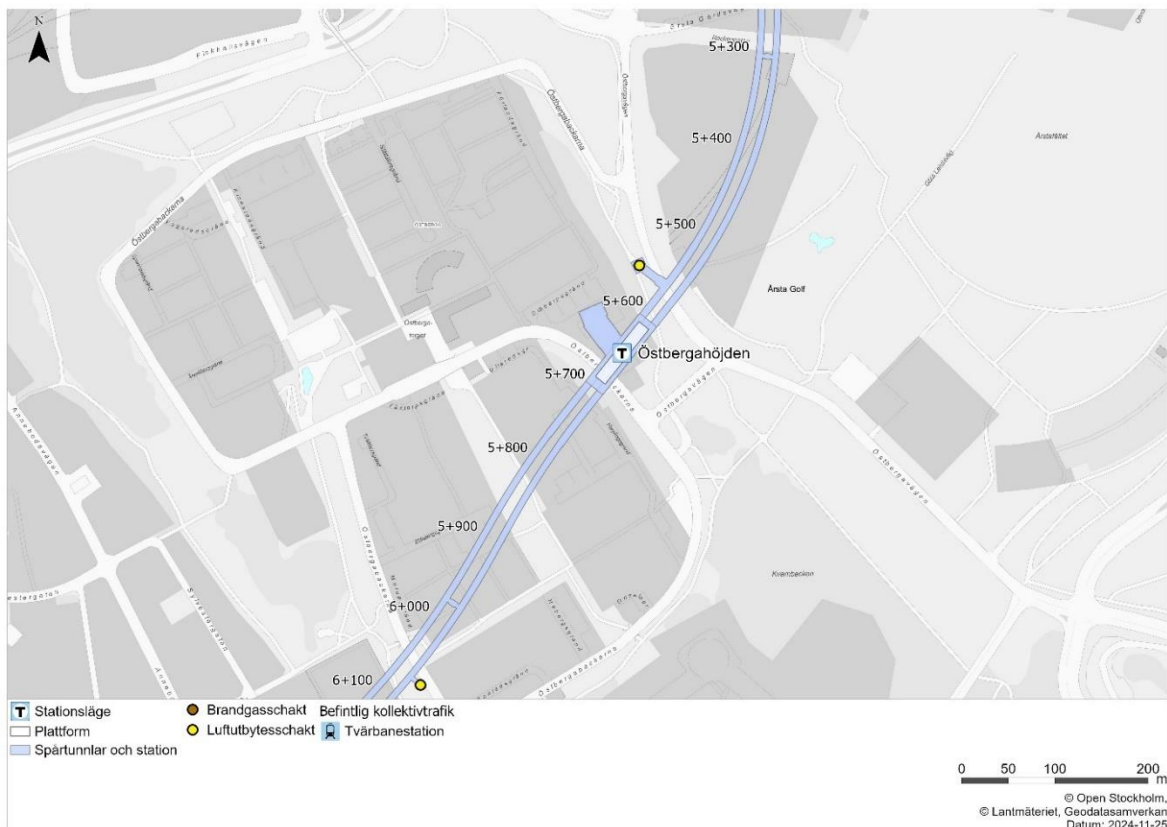
Figur 17. Station Årstafältet. Illustration genomskärning.

3.5.5 Östbergahöjden

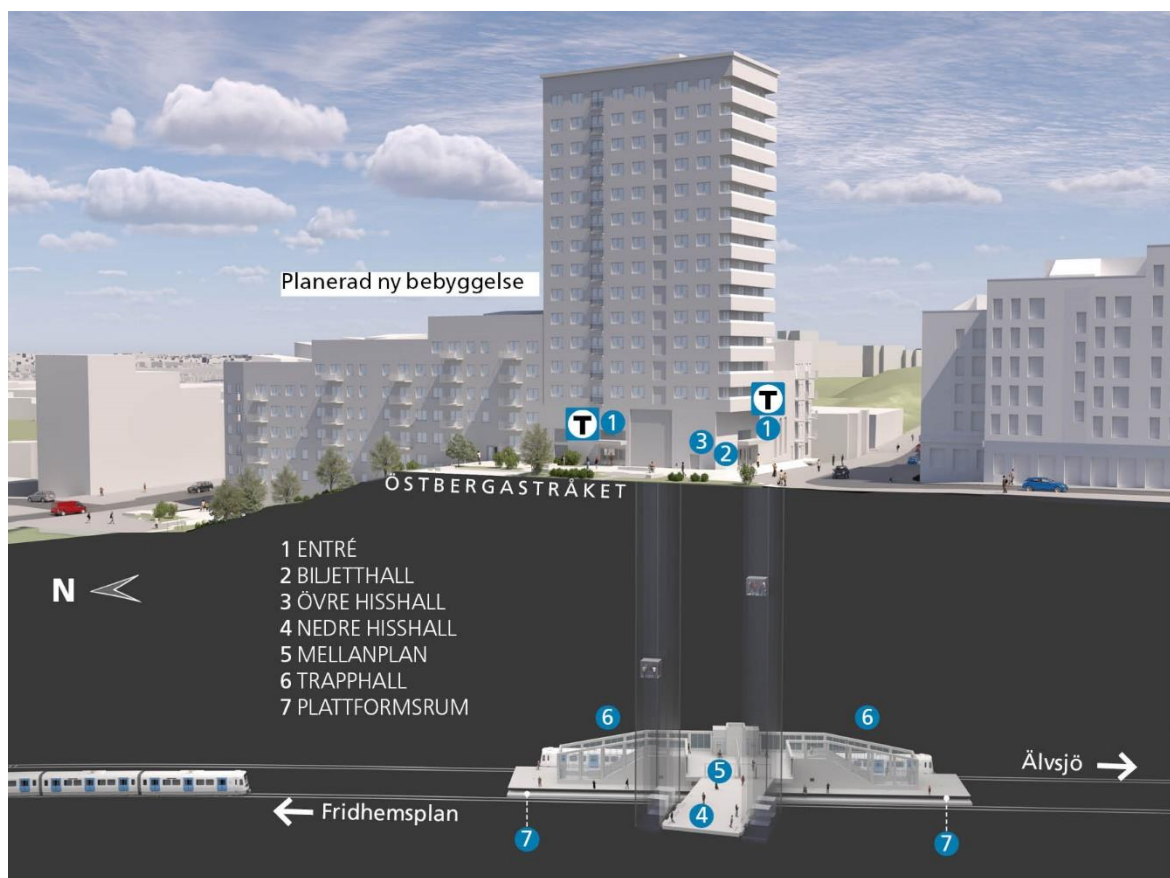
Stationen har två entréer, en större entré från Östbergabackarna och en mindre entré från det gångstråk som knyter samman planerade Östberga torg med Årstafältet utmed Östbergabackarna. Biljetthallen integreras i ett framtida bostadshus, Figur 18. Ny station Östbergahöjden är placerad mellan cirka KM 5+620 och 5+710.

Stationens vertikalschakt anläggs i berg och jord nordväst om plattformens centrala del. Under plattformen görs ett berguttag för en kulvert med teknikutrymmen.

Figur 19 redovisar en illustration av stationen i genomskärning.



Figur 18. Situationsplan station Östberghöjden.



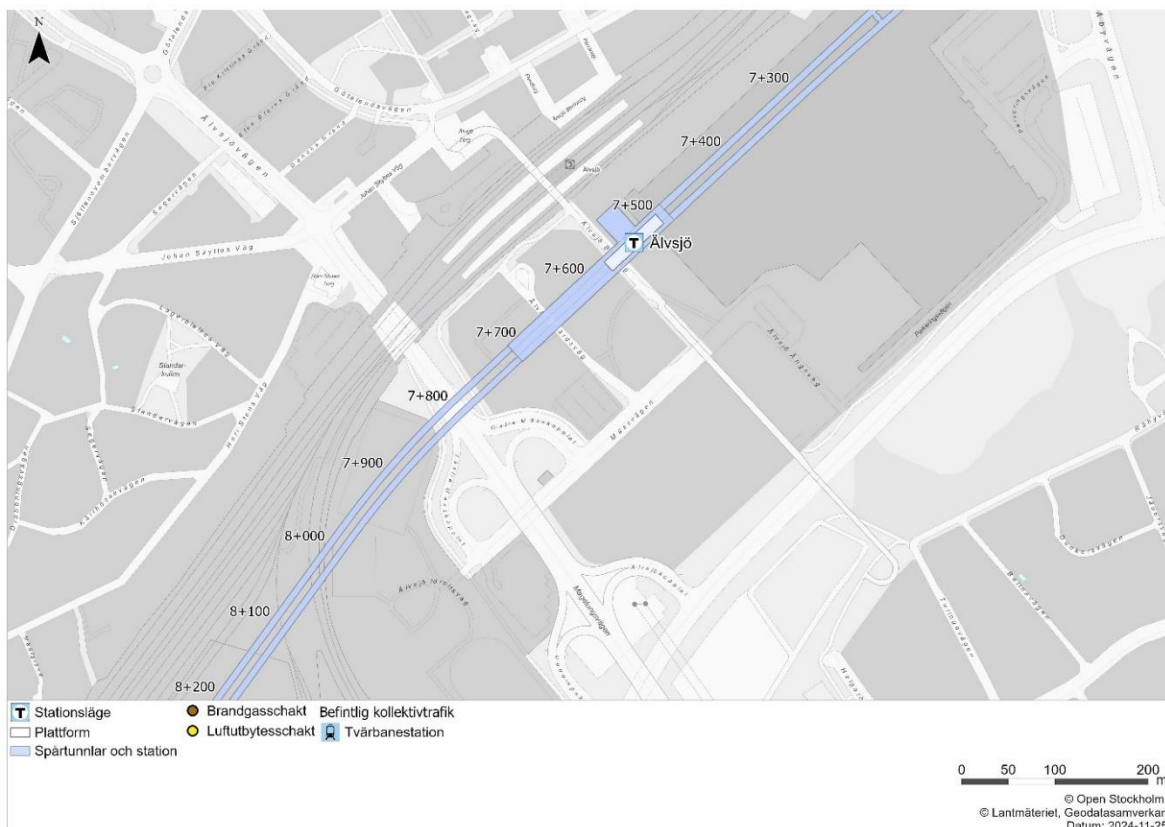
Figur 19. Station Östberghöjden. Illustration genomskärning.

3.5.6 Älvsjö

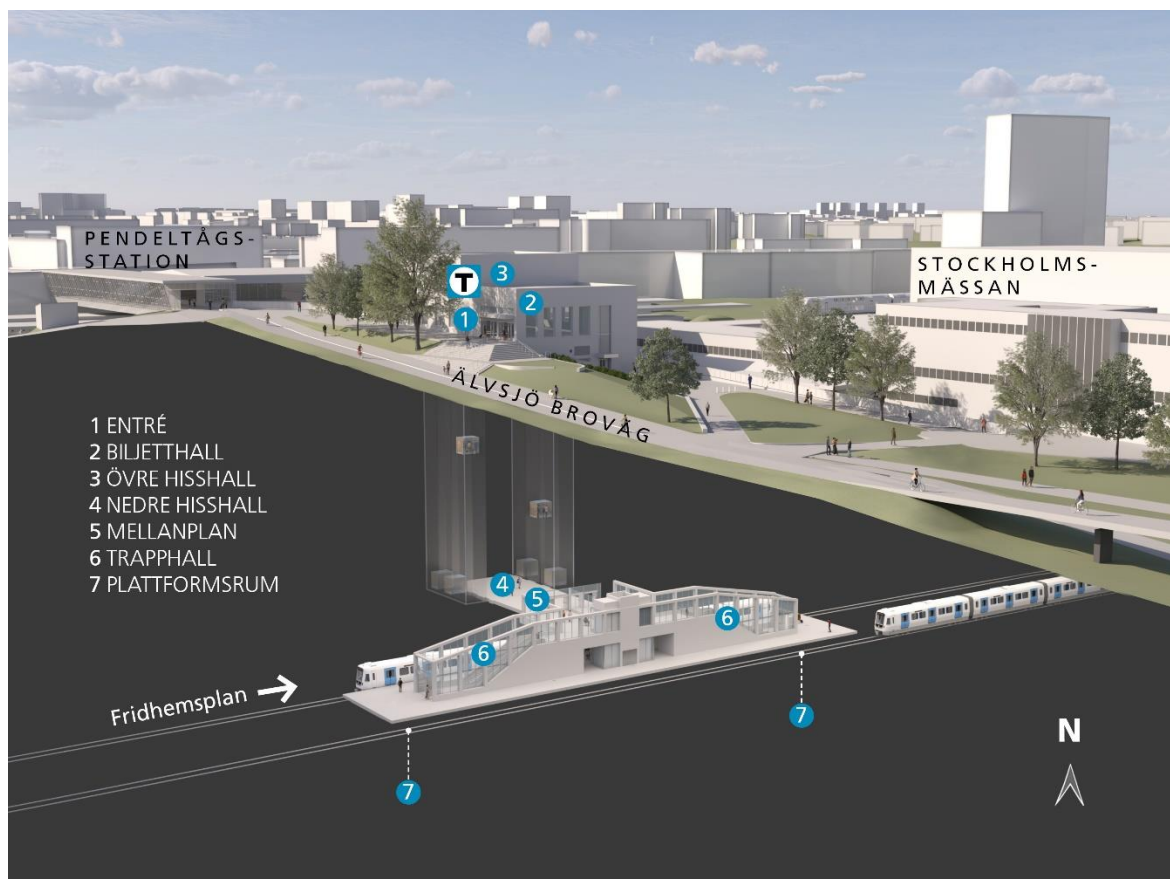
Stationen placeras intill och i nivå med gång- och cykelstråket Älvsjö Broväg, nära befintlig Älvsjö station med pendeltåg- och busstrafik. Stationens biljetthall utformas som en fristående byggnad i parkmiljön mellan Älvsjö Broväg och Stockholmsmässan. Stationsbyggnaden får en entré mot Älvsjö Broväg, Figur 20. Det kommer också att finnas hiss från parknivå upp till biljetthallen och en utvändigt avlämningsplats i anslutning till denna. Station Älvsjö är placerad mellan cirka KM 7+500 och 7+720.

Stationens vertikalschakt anläggs nordväst om plattformens centrala del. Under plattformen görs ett bergguttag för en kulvert med teknikutrymmen.

Figur 21 visar en illustration av stationen i genomskärning.



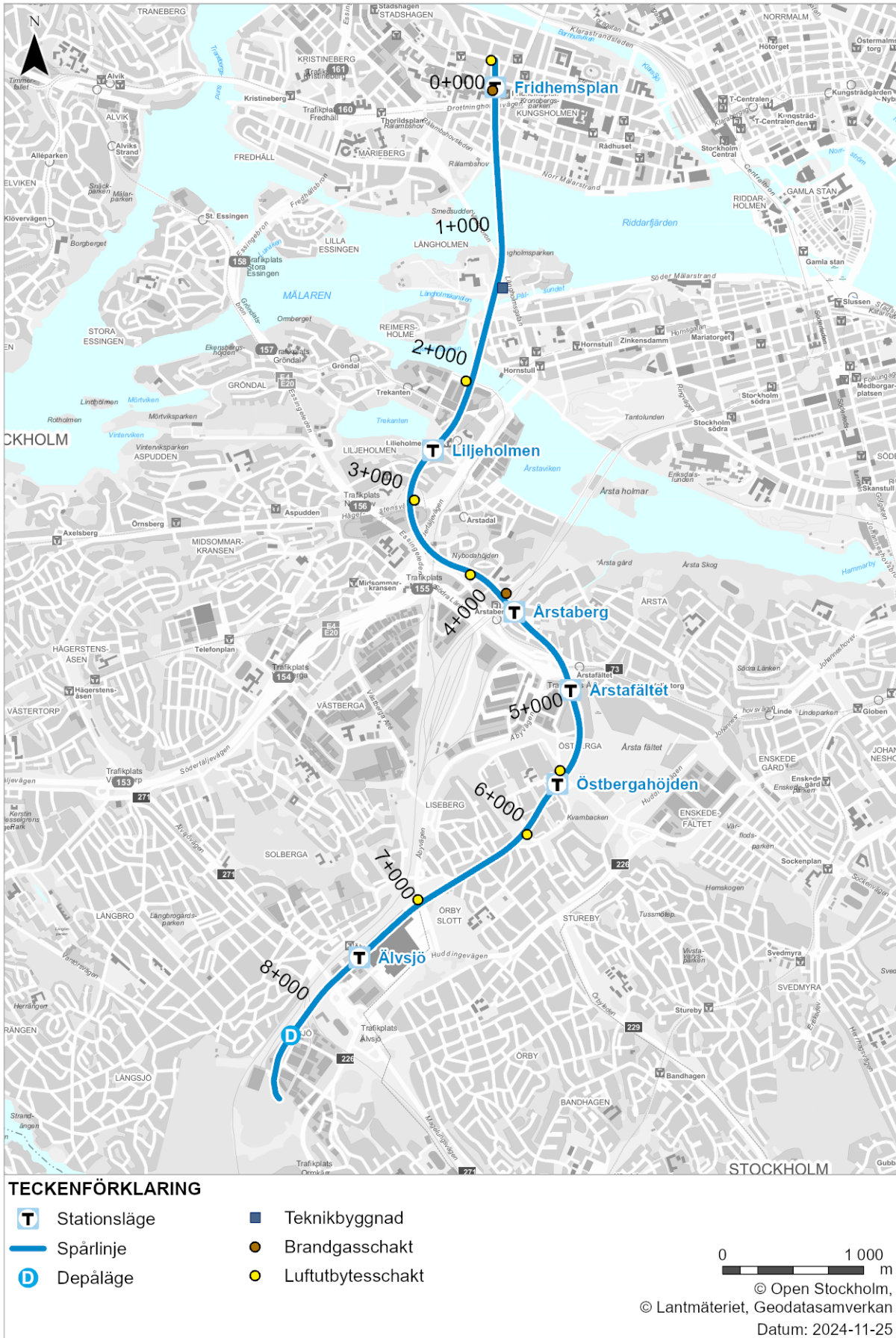
Figur 20. Situationsplan station Älvsjö.



Figur 21. Station Älvsjö. Illustration genomskärning.

3.6 Övriga vertikala schakt

Längs med tunnelbanesträckningen anläggs ett antal tekniska vertikala schakt, se Figur 22. Dessa utgörs främst av brandgasschakt och luftutbytesschakt. Långborrhål avsedda för kablar görs också mellan tvärtunnel och den teknikbyggnad som placeras på Långholmen.

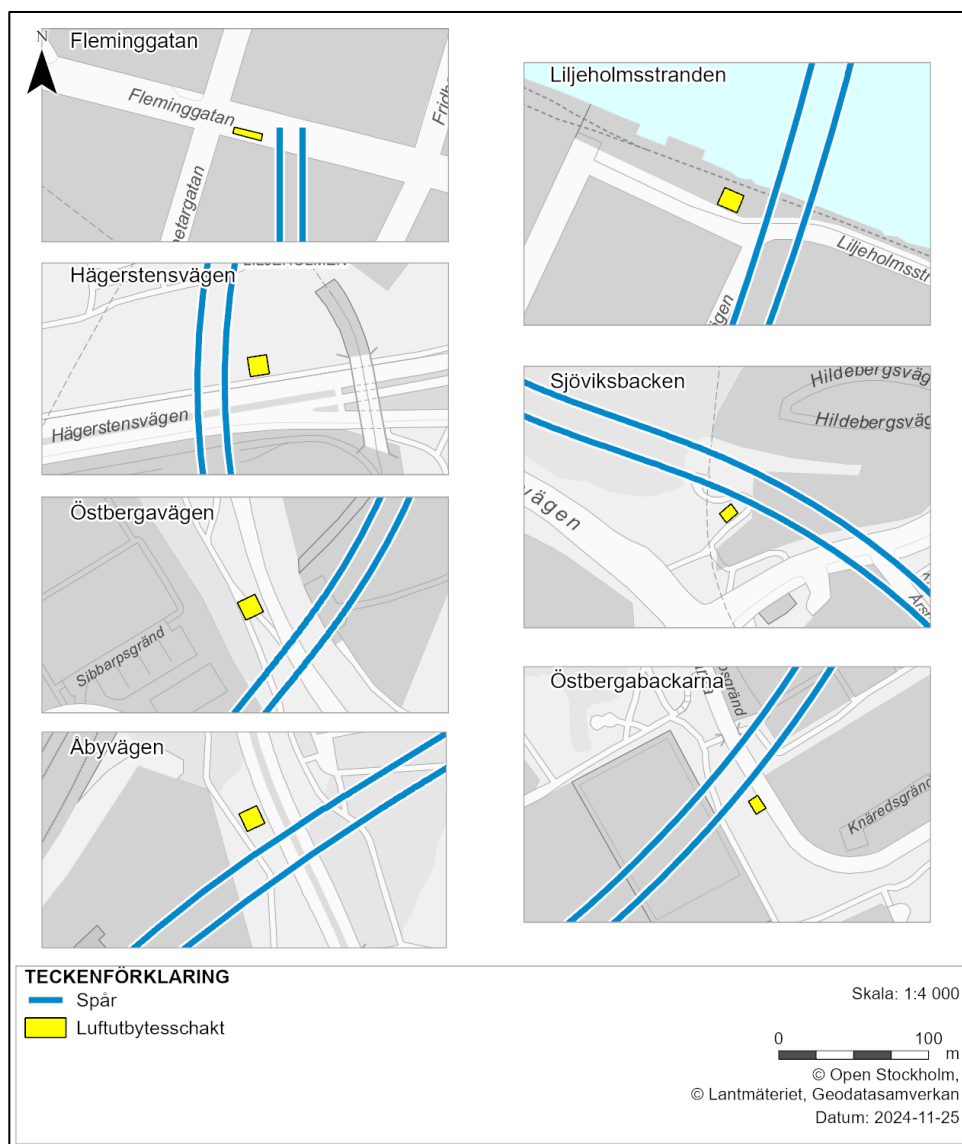


Figur 22. Översiktskarta med placering av fristående brandgasschakt, luftutbytesschakt samt teknikbyggnad.

3.6.1 Luftutbytesschakt

Syftet med luftutbytesschakt är att minska tryckförändringarna i anläggningen orsakade av tågens rörelser och därmed reducera lufthastigheten i de publika miljöerna, exempelvis vid dörröppningar och på plattformar.

Luftutbytet sker genom sju luftutbytesschakt som står i förbindelse med tunnelnarna. För översiktlig placering se Figur 22. Detaljerad placering redovisas i Figur 23. Luftutbyte sker även vid tunnelmynning i depån. Luftutbytesschakten ansluter till spårtunnel via en kort anslutningstunnel.



Figur 23. Luftutbytesschakt, lokalisering.

För station Fridhemsplan planeras en separat lösning där fyra vertikala schakt anläggs. Dessa borras med fem meters mellanrum och med en diameter om cirka tre meter. Schaktet vid Östbergavägen har en vertikal tvärsnittsarea om 31 kvadratmeter och övriga mäter 17 kvadratmeter.

Schaktöverbyggnad ovan mark planeras att utformas enligt en standardiserad, igenkännbar utformning men med vissa variationer (se Figur 24). Vid Fleminggatan utformas en lägre och i plan mer utbredd konstruktion.



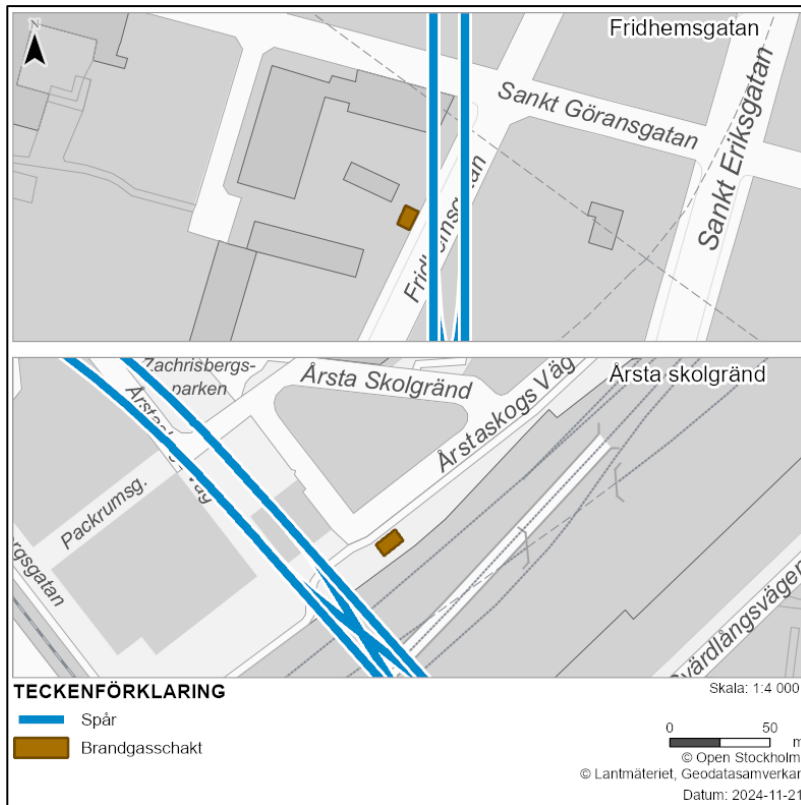
Figur 24. Exempel på utformning vid Hägerstensvägen.

3.6.2 Brandgasschakt

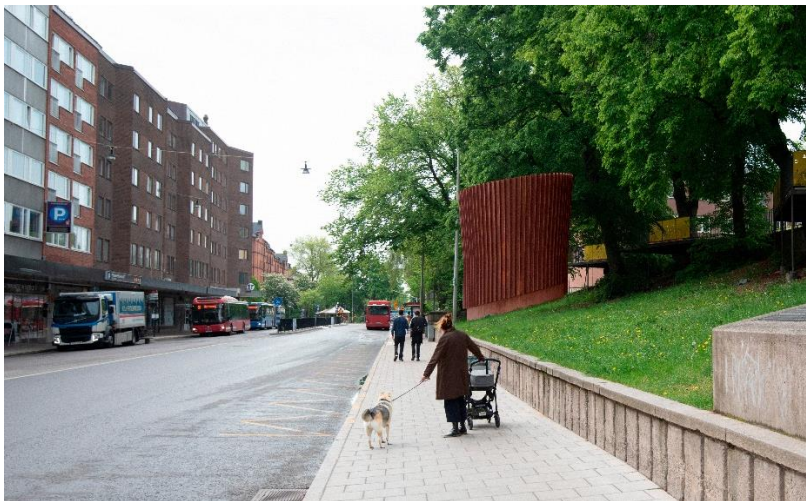
Den planerade brandgasventilationen syftar till att skapa säkra förhållanden för utrymning i händelse av brand samt stödja räddningstjänstens insats genom att hålla angreppsvägarna fria från brandgaser. Brandgaserna planeras att släppas ut till det fria via brandgasschakt i stationens vertikalschakt.

Vid eventuell brand i spårtunnlar eller anslutande tunnlar planeras brandgaserna även kunna släppas ut via ytterligare två planerade brandgasschakt placerade vid anläggningens växelpartier vid station Fridhemsplan samt station Årstaberget (Se Figur 22 för översiktlig placering och Figur 25 för mer detalj). Tvärsnittsarea för schakten är cirka 12 kvadratmeter med undantag för brandgasschakt i depå som är cirka 22 kvadratmeter. Brandgasfläktar monteras vid dessa platser i fläkthus på markytan. Från fläkthus går brandgasschakt ner till kort anslutningstunnel som kopplar ihop det vertikala schaktet med uppställningsspår eller fläkttunnel.

Figur 26 visar exempel på utformning av brandgasschakt vid markytan.



Figur 25. Placering av brandgasschakt.



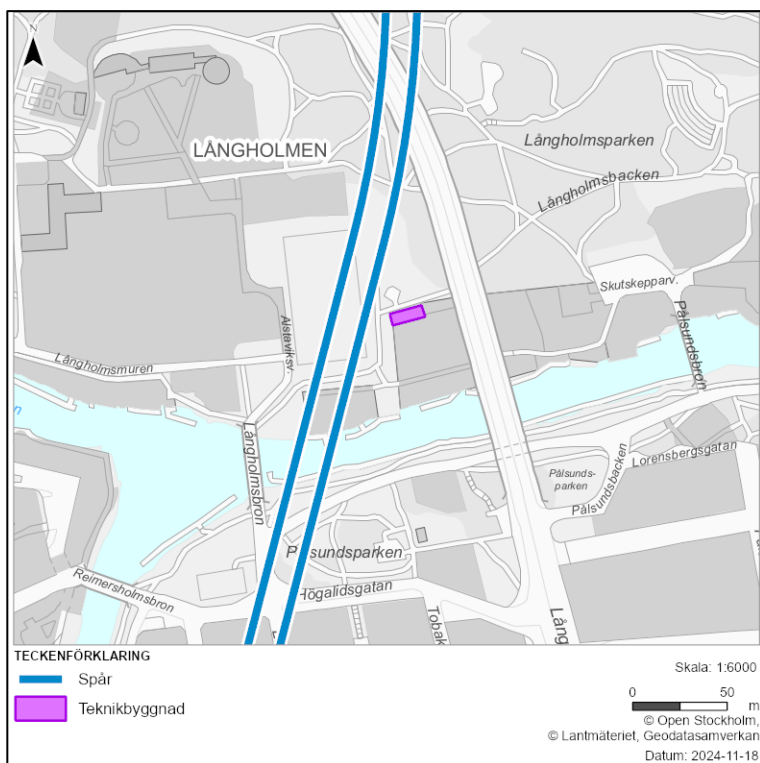
Figur 26. Illustration av brandgasschakt Fridhemsplan.

3.7 Teknikbyggnad

En teknikbyggnad placeras på Långholmen i norra kanten av en yta som används för båtuppställning vintertid och campingbilar sommartid (Figur 27).

Teknikbyggnaden byggs med en våning ovan mark, ett källarplan och ett undre källarplan för att ta emot kablar från fyra borrhål ner till tvärtunnel.

Byggnaden blir cirka 160 kvadratmeter och långsmal. Figur 28 visar en illustration av teknikbyggnaden ovan mark.



Figur 27. Lokalisering, teknikbyggnad.



Figur 28. Illustration av teknikbyggnad ovan mark.

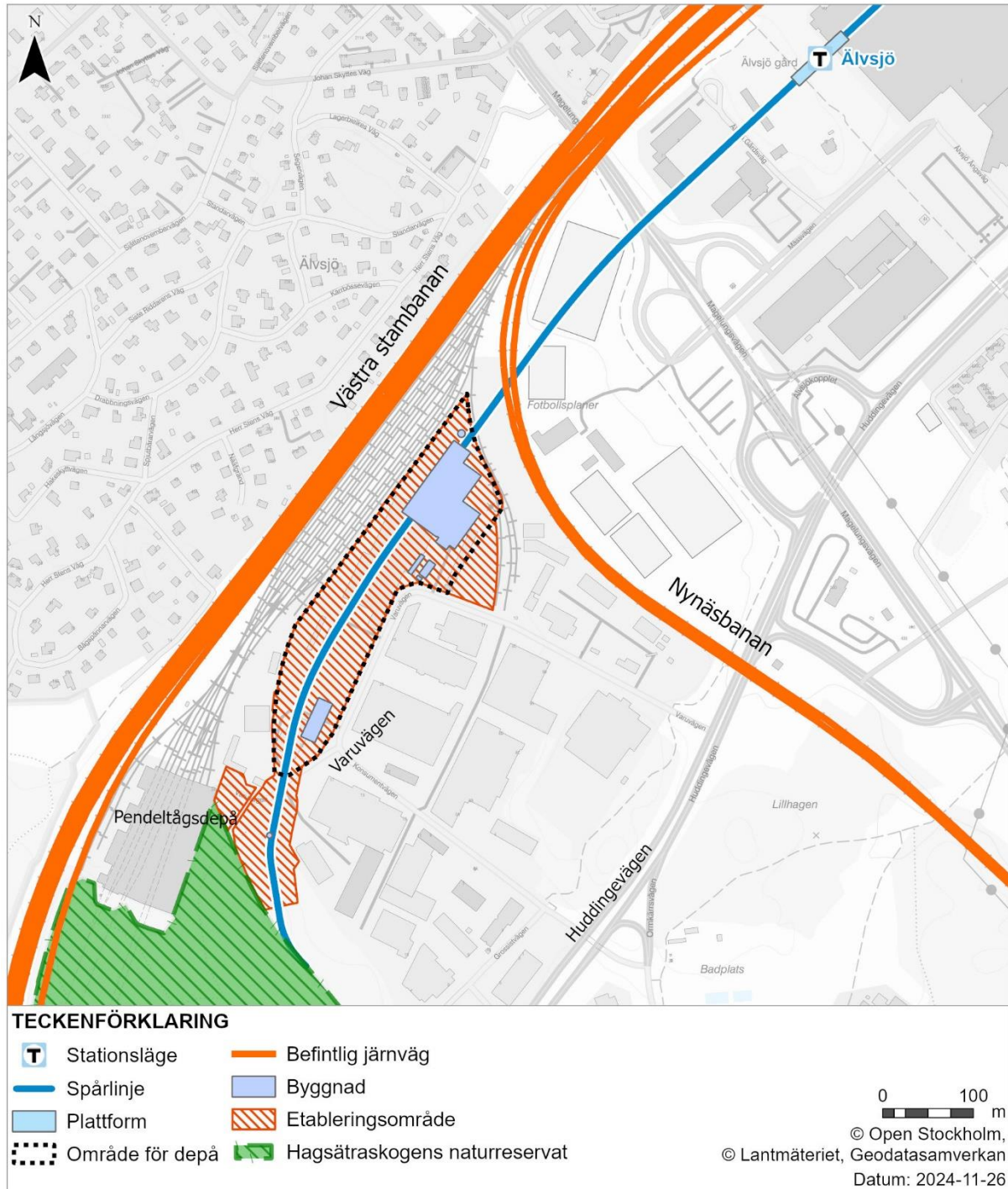
3.8 Depå

Gul linje mellan Fridhemsplan och Älvsjö blir en fristående linje utan koppling till övriga tunnelbanelinjer. För att kunna underhålla, serva och ställa upp tåg behöver linjen en egen depå då koppling saknas för att nyttja befintliga depåer längs existerande tunnelbanelinjer.

Depån ska användas för fordonsunderhåll och parkering av tågen när de inte går i trafik. Depån dimensioneras för komplett underhåll av de sju tåg som planeras trafikera Gul linje, varav sex går i trafik och ett är underhålls- och trafikreserv. Fem tåg är nattuppställda i depån och två är nattuppställda i tunnelrör norr om station Fridhemsplan.

Depån placeras i Älvsjö industriområde söder om station Älvsjö med Nynäsbanan i norr, Huddingevägen i öst, Västra stambanan i väst och Hagsätraskogens naturreservat i söder (Figur 29). Befintlig Älvsjö pendeltågsdepå är förlagd väster om den planerade depåns södra ände.

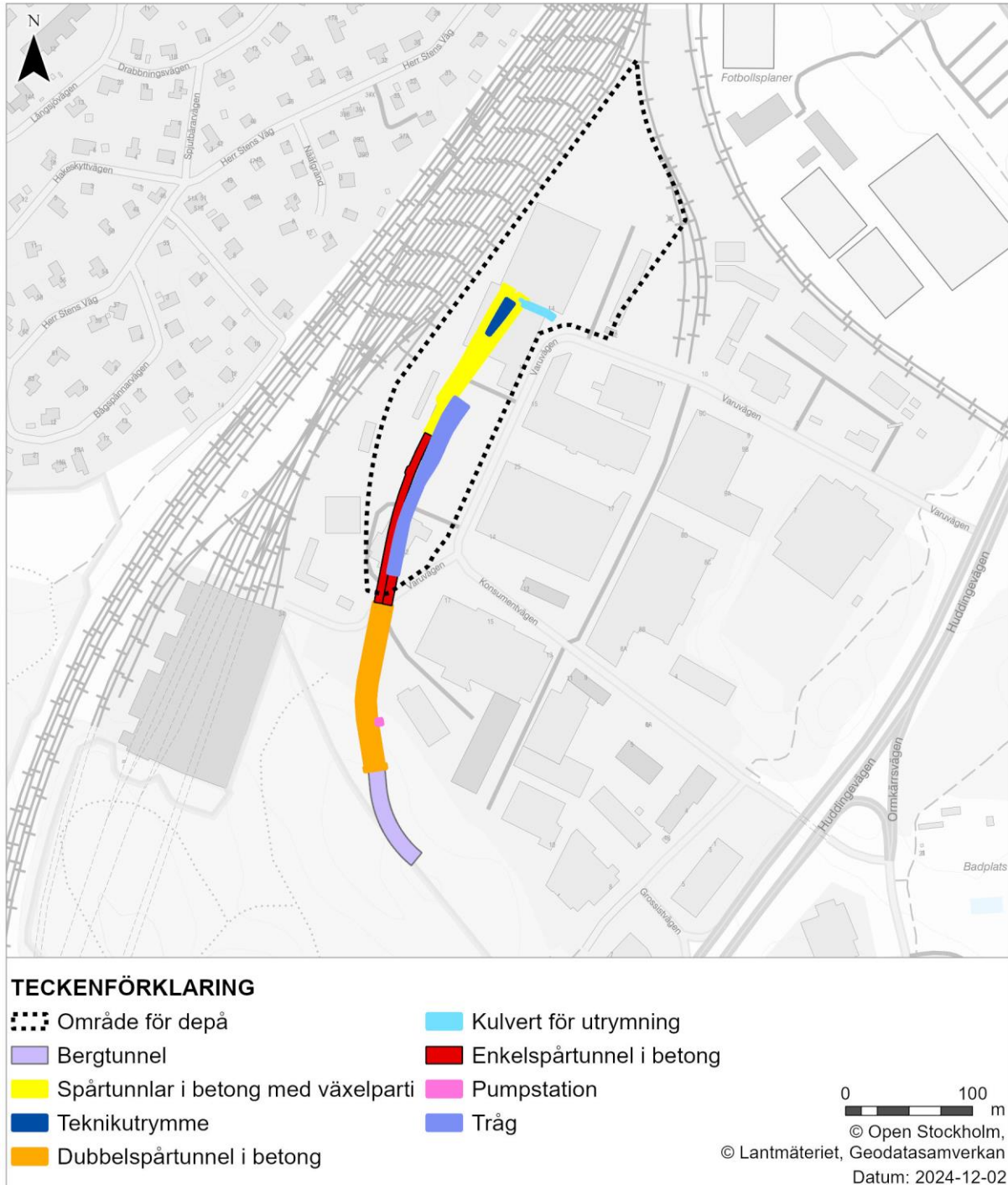
Depån redovisas i plan och profil i Bilaga A1 till A4.



Figur 29 Lokalisering, depå. Konstruktioner och byggnader ovan mark.

Depåns alla funktioner är placerade i anläggning ovan mark och anslutning till depån sker från linjens ändstation i söder, station Älvsjö. Eftersom station Älvsjö ligger under mark (nivå -10) och depåns anläggning ovan mark (nivå +26) förläggs anslutningsspåren i tunnlar.

Från station Älvsjö mot depån stiger spåren och är inledningsvis förlagda i tunnlar drivna med TBM. I det som tidigare varit schakt för etablering av TBM övergår spåranläggningen i två separata betongtunnlar (anläggningsdel markerad i gult i Figur 30). Mellan betongtunnlarna planeras utrymmen för ett brandvattenmagasin, två tryckstegringsstationer och allmänt teknikutrymme (anläggningsdel markerad i mörkblått i Figur 30) samt en kulvert för utrymning (ljusblå anläggningsdel i Figur 30) som leder från de båda tunnelrören upp till markytan.



Figur 30. Anläggningsdelar i depå helt eller delvis under mark.

Från betongtunnlarna stiger spåren ytterligare i sydlig riktning under depåområdet för att sedan gå ihop till ett gemensamt spår för båda färdriktningarna. Här finns också utrymme för två skyddsväxlar. Övergång till enkelspår sker norr om passagen under Varuvägen. Efter att spåren

gått samman ansluter en betongtunnel för enkelspår (röd anläggningsdel i Figur 30). Denna fortsätter under Varuvägen. Här tar en dubbelspårtunnel i betong vid (orange anläggningsdel i Figur 30). I tunneln anläggs ventilationskanal för brandgas.

Dubbelspårtunneln i betong ansluter i söder mot en svängd bergtunnel (ljuslila anläggningsdel i Figur 30) som fortsätter under den norra utkanten av Hagsätraskogens naturreservat med avslut utanför naturreservatet. I bergtunneln kan tågen byta riktning för förflyttning av tåg mellan linje och depå i marknivå.

Efter vändning passerar spåret i nordlig riktning än en gång under Varuvägen i enkelspårtunnel i betong innan den sista stigningen mot depåområdet.

Den sista sträckan innan spåret stigit till depåytans huvudsakliga nivå, förläggs spåret i ett tråg (öppet schakt inklätt i betong) (lila anläggningsdel i Figur 30). Trågets huvudsakliga funktion är, förutom att skapa nivåskillnader som här krävs mellan omgivningen och spåret, att vara en tät betongkonstruktion som förhindrar att avrinning från dagvatten, skyfall, och grundvatten tränger ned i anläggningen.

Alla betongtunnlar konstrueras för att klara laster från uppfyllnader och verksamheter ovan mark. Betongtunnlarna är vattentäta och bergtunneln för del av vändspåret tätas mot inträngande grundvatten. Trots tätning kan en mindre mängd grundvatten läcka in i tunnlar. Det inläckande grundvattnet leds nedåt i tunnelsystemet och omhändertas i en VA-station vid station Fridhemsplan.

En VA-pumpänläggning placeras i en nisch i depåområdets dubbelspårtunnel i betong. Pumpänläggningen tar hand om ytvatten som kan rinna ner till tunneln via tråget och mynningen. Ytvattnet hanteras med övrigt dagvatten inom depåområdet.

Spåren i de delar som planeras under mark i bergskärning, tunnlar och tråg planeras att byggas ballastfritt medan spåren ovan mark, i depå bangård, anläggs på ballast.

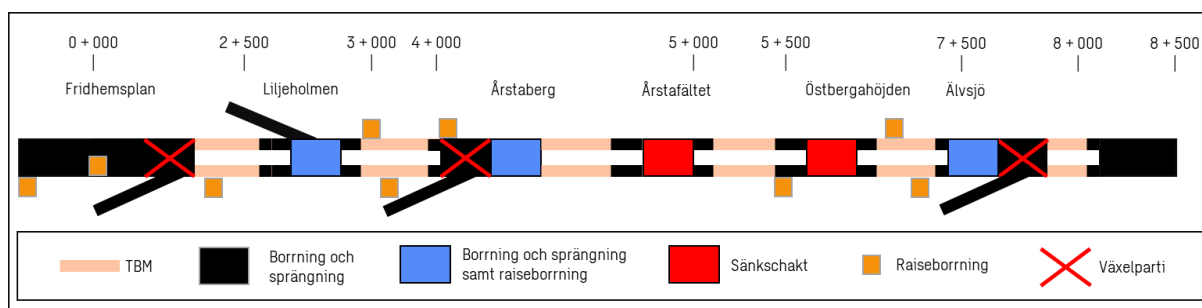
Brandgasventilering från tunneln sker genom ett brandgasschakt placerat på betongtunneltaket upp till markytan. Ventilationshuven placeras cirka tio meter söder om Varuvägen.

Ovan mark lokaliseras en större depåbyggnad som innehåller uppställningsplatser, verkstads- och städplatser, tvätt- och klottersaneringshall samt förråd och utrymmen för personal. Källaren för denna byggnad ska göras vattentät, då den planeras lägre än grundvattennivån. Byggnaden har även ett källarplan för i huvudsak teknikutrymmen. På depåområdet finns även en verkstadsbyggnad för arbetsfordon, teknikbyggnader och en sprinklercistern, se Figur 29.

4 Byggmetoder

De flesta av byggarbetena kommer att ske under mark i berg. I detta avsnitt ges en beskrivning av planerade byggmetoder för tunnlar och stationer i berg och jord samt övriga vertikala schakt. En översikt av huvudsaklig byggmetod per anläggningsdel ges i Figur 31. En detaljerad översikt av huvudsaklig byggmetod per anläggningsdel i plan ges i Bilaga A5.

Tättningsförfarandet mellan drivning med TBM och drivning med borra-sprängmetoden skiljer sig åt. Generellt kan det sägas att inläckaget vid drivning av TBM temporärt under byggtiden blir lite högre, men att tunnarna under drifttiden blir i princip täta. Huvudsakliga tättningsmetoder är där betonginklädnad, medan tätningen vid borra-sprängmetoden huvudsakligen utgörs av injektering med cementbaserade tättningsmedel. Projektets primära skyddsåtgärd, tätning, beskrivs under respektive byggmetod. Sekundär skyddsåtgärd, infiltration, beskrivs i avsnitt 5.3.



Figur 31. Schematisk översikt av byggmetoder. Längdangivelserna är ungefärliga och inte skalenna.

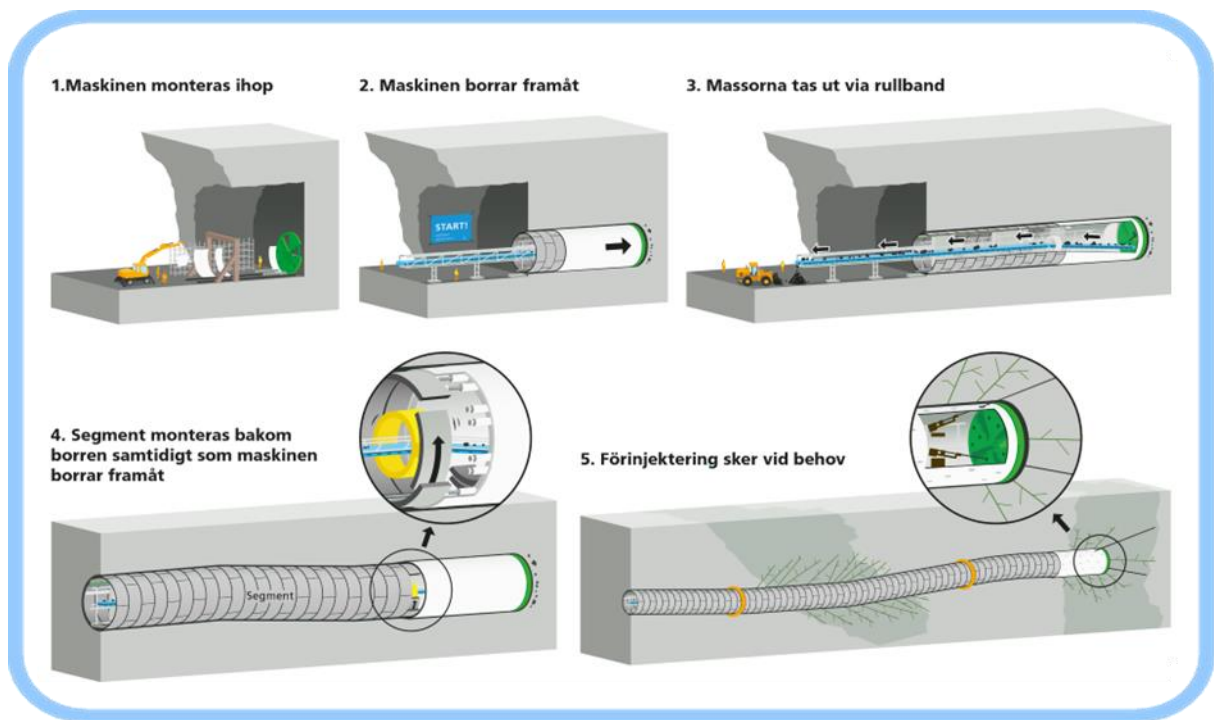
4.1 Fullortsborrning

Spårtunnlarna kommer att anläggas med tekniken fullortsborrning där hela tunnelns tvärsnittsarea samtidigt borrar ut igenom berget. Tunneldrivning går snabbare genom drivning med TBM, uppskattningsvis cirka 50 till 100 meter per vecka, än med borra-sprängmetoden, uppskattningsvis cirka 10 till 15 meter per vecka. Angiven framdrivningshastighet är total hastighet, det vill säga inklusive den tid TBM står still på grund av till exempel underhåll.

Översiktligt går tunneldrivning med TBM till på följande sätt:

- 1 TBM monteras ihop i Älvsjö.
- 2 TBM borrar och berg tas ut.
- 3 Massor transporteras bort på ett transportband.
- 4 Prefabricerade betongsegment placeras i huvudsak längs med hela tunnelväggen bakom tunnelfront innanför en skyddande sköld.
- 5 Där förundersökningar indikerar risk för kraftigt vattenförande zoner undersöks berget med försondering och vid behov genomförs förinjektering. En barriär för att förhindra vattenflöde längs med tunnel och vid avbrott för till exempel stationer installeras.

Figur 32 ger en översiktlig bild av tunnelbyggande med TBM.

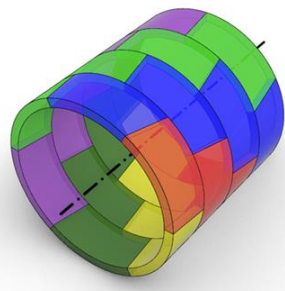


Figur 32. Illustration över olika steg i bygget av spårtunnlar med en tunnelbormaskin (TBM).

I maskinens front finns ett antal skärhuvuden (cutters) monterade på ett roterande borrhuvud (Figur 33). Dessa maler sönder berget till en storlek (fraktion) av cirka 0–80 mm. Skärhuvuden slits och flera byts varje dag vid borrhning i hårt berg. Därpå följer motorer för att rotera borrhuvudet. I maskinens främre del sitter också skölden, den omgärdar maskinen som ett skal, och sträcker sig från borrhuvudet och 10–12 meter bakåt. Beroende på val av maskin skyddar skölden mot vattenintrång, den ger plats för att montera den permanenta betonginklädnaden (Figur 34 och Figur 35) samt skyddar motorer och annan utrustning. Hydrauliska cylindrar trycker maskinen framåt mot de redan monterade betongsegmenten. Alternativt kan framdrift ske med grippers. Grippers är tryckplattor som pressas mot tunnelväggen och som maskinen tar spjörn mot istället för mot senast byggda segmentring.



Figur 33. Exempel på skärhuvud.

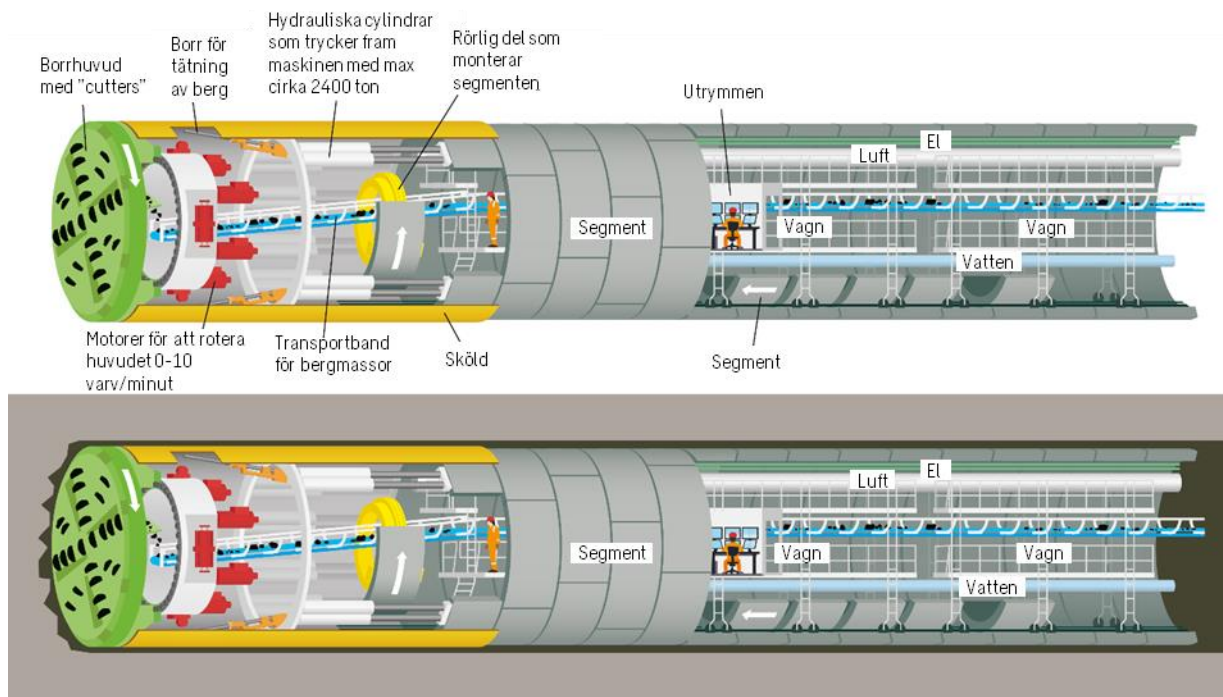


Figur 34. Betongsegmenten formar ringar som succesivt placeras när tunneldriften fortgår.



Figur 35. Betongsegment utgör del av tunnelns betonginklädnad. Vid det som blir segmentens fogar finns en gummilist.

Bakom maskinens främre del följer flertalet vagnar i en serviceenhet av en total längd om cirka 200 meter. I serviceenheten finns elsystem, operatörskabin, dammsugare för att fånga det damm som bildas då berget krossas, räddningscontainer, ventilation, vattenhantering, generator med mera. Ett transportband löper genom maskinen hela vägen upp till markytan där berget samlas för vidare transport (Figur 36).



Figur 36. Tunnelbormaskin, TBM. Principskiss, utseendet kan skilja sig åt mellan olika typer av maskiner.

En TBM ger ett cirkulärt tvärsnitt. För anläggande av tunnelbanan behöver betonginklädnaden ha en inre diameter på sex meter och en yttre på runt sju meter. Två parallella enkelspåriga tunnelrör för spårtrafik planeras att anläggas och därför planeras två TBM borra tunnlarna.

Etablering för de två TBM:erna sker i Älvsjö industriområde där depån kommer att uppföras efter att TBM är avetablerad. Där utförs ett schakt med ramp för tillfart och TBM monteras sedan i schaktet. Tunneln startar vid schaktets norra kortsida som planeras i ett läge där bergtäckning är cirka fem meter ovan tunneltak. Vid återstart efter passage av stationer (dessa är utsprängda innan TBM:en anländer) krävs särskilda starttunnlar för TBM.

Via etableringsytan sker transporter till och från TBM. Detta innefattar till exempel segment för betonginklädnad, processvatten, länsvatten och elförsörjning. TBM kräver kylvatten under borrhningen som cirkuleras och återanvänds, nytt vatten fylls också på allt eftersom maskinen rör sig framåt eftersom ledningslängden ökar vid framdrift.

Betonginklädnaden ger både strukturell stabilitet genom att hindra blockutfall och kollaps samt bidrar till tätningen av tunneln. Denna består uppskattningsvis av sex betongsegment som tillverkas i en särskild segmentfabrik och sedan transporteras till tunneln (Figur 34 och Figur 35). Segmenten monteras cirka 10 meter bakom tunnelfront innanför en skyddande sköld. Varje segment omgärdas av en gummilist för att konstruktionen ska bli tät. Ringen med gummilist komprimeras och trycks mot bakomliggande segment när TBM transporteras framåt (Figur 36). Vid kompression av gummitätningarna bultas segmenten ihop med varandra. Bultarna tas bort då ringen är komplett, efterinjekterad och tät.

Segmenten har en bestämd form, men möjlighet finns att variera armering och betongkvalitet för att producera segment som motstår högre tryck för montage vid till exempel svaghetszoner i berget för att undvika ras. En särskild konstruktion och/eller modifierade segment kan anläggas där det krävs uttag i betonginklädnad för till exempel tvärtunnel. Betonginklädnaden blir en del av tunnelns bärande system.

Ringens av segment har varierande djup runt omkretsen. Detta är för att kunna svänga betonginklädnaden med tunnelns radie. Ska tunneln vara rak skiftas segmenten. Segmenten

placeras med en förskjutning om 30° så att horisontella fogar i varje ring inte möts utan istället bildar ett "T".

Mellan betongsegment och bergvägg blir vid framdrivning ett mellanrum om cirka 0,15 meter. Detta fylls med en blandning av krossat berg och naturgrus direkt bakom skölden. Utrymmet stabiliseras sedan permanent med cementbaserad injektering. I betongsegmenten finns en pluggad genomföring genom vilken material kan blåsas in. Vid bormaskinens sköld finns en fjädrande plåt mot berget som förhindrar att materialet hamnar mellan skölden och tunnelnfronten.

Massorna som genereras från TBM för spårtunnlarna kommer att transporteras via transportband genom och bakom maskinen till avsedd etableringsyta för vidare borttransport. Masstransporten är i princip kontinuerlig när TBM är igång. Transportband finns i båda tunnelrören, alla massor transporteras till Älvsjö industriområdet respektive Årstakrossen.

TBM monteras ned vid växelpartiet söder om station Fridhemsplan. Delarna transporteras ut ur stationsutrymmet via arbetstunnel.

Normal drivning av TBM innebär borrhning cirka 40 till 50 procent av tiden. Resterande tid är maskinen stillastående för montage av betongsegment, byte av skärhuvuden, servicearbete och bygg- och tilläggsarbeten kring TBM. Vid stillastående sker även sondering och eventuell förinjektering och stabilisering.

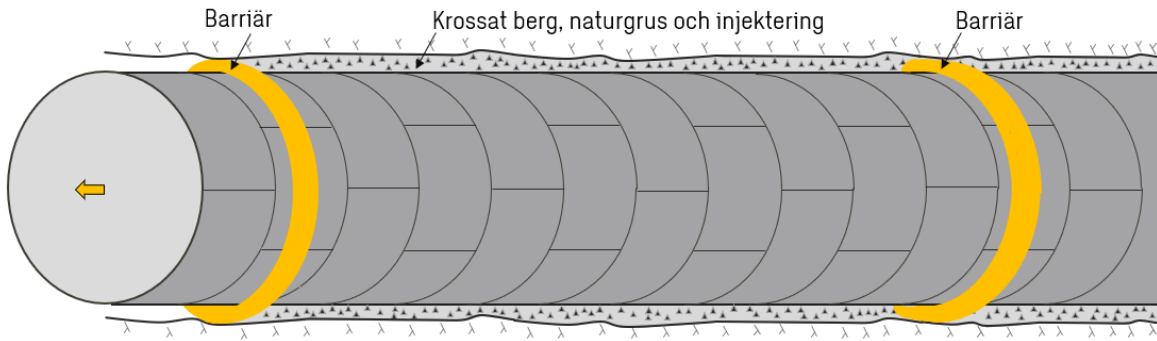
4.1.1 Tätning vid drivning med TBM

Utgångspunkten för en tunnel driven med den valda TBM-tekniken och betonginklädnad är att den blir i princip tät. Under byggtiden är det dock oundvikligt att temporära inläckage uppkommer eftersom tätningen inte är på plats i direkt anslutning till tunnelnfronten. Visst inläckage kan också förväntas uppkomma i skarvar i betongen och i ändarna av betongtunnlarna, såsom vid tvärtunnlar och stationer.

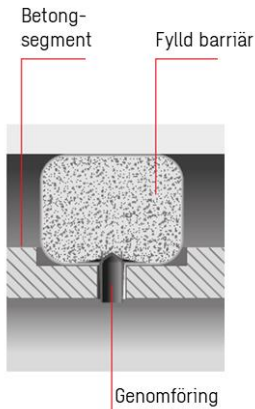
En barriär monteras för att förhindra att inläckande grundvatten rinner längs med utrymmet mellan berg och tunnelns betonginklädnad eller rinner in i angränsande utrymmen som till exempel stationer med angränsande starttunnlar och fläkttunnlar, luftutbytesschakt, brandgasschakt, vid tunnelpåslag och tvärtunnlar eller andra avbrott i betonginklädnaden. Denna installeras runt utsidan av betonginklädnaden mot berget. För barriären krävs ett specialegment. Specialegmentet placeras normalt med cirka 200 meters mellanrum och har en förtagning i betongsegmenten där barriären placeras. Barriären expanderas sedan genom att den fylls med cement eller polyuretan för att skapa en tät barriär mellan bergvägg och tunnel (Figur 37). Barriären kan fyllas från betonginklädnadens insida genom förkonstruerade hål i segmenten (Figur 38). I sin helhet tar det ungefär ett halvt dygn att montera specialegment och barriär.

Utrymmet mellan bergvägg och betongsegment som fyllts med krossat berg och naturgrus injekteras med i huvudsak en cementblandning för att stabilisera konstruktionen men också för att minska grundvattenflöde och erhålla en i princip tät tunnel. Detta sker igenom segmenten vid platser med förkonstruerade hål från serviceenheten bakom skölden.

Anledningen till ett avstånd om cirka 200 meter mellan barriärer är att det är tekniskt fördelaktigt att utföra injekteringen av krossat berg och naturgrus från serviceenheten, som är cirka 200 meter lång. Barriärer kan installeras tätare om behov uppstår.



Figur 37. Principskiss för placering av täta barriärer samt krossat berg, naturgrus och injektering.



Figur 38. Specialsegment med uttag för barriär installeras. Så snart själva huvuddelen av TBM har passerat kan barriären fyllas (Källa DSI Underground).

Övergångar från spårtunneln till tvärtunnlar, vertikala schakt och andra installationer skall utföras. Beroende på val av maskin kan dessa utföras genom att hål borrar upp i den betonginklädnad som byggts, alternativt kan segmenten utelämnas. En barriär byggs före och efter avbrott i betonginklädnad oavsett metod. Det senare kan göras om en tunnelbormaskin med grippers väljs. En förutsättning är då också att bergmassan vid tvärtunneln sonderats och injekterats vid behov.

Tätning av tunneln sker successivt under pågående borrning. Under den tid det tar att driva cirka 200 meter (i normalfallet ungefärliga avståndet mellan två barriärer) riskeras ett förhöjt inläckage jämfört med det som kommer att förekomma när tätning med betonginklädnad, tätande barriärer, krossat berg och naturgrus och injektering är färdigställd. Sammantaget innebär detta tillsammans med uppehåll för reparations- och underhållsarbeten att de temporära förhöjda inläckaget längs med TBM-tunnlarna är av kortvarig art, normalt mindre än två månader.

Förutom tätning med betonginklädnad finns det möjlighet att utföra en begränsad förinjektering med cementbaserade tätningsmedel. Detta kan bli aktuellt om särskilt komplicerade passager längsmed tunnlar påträffas där större vattenflöden sker. Som underlag för injekteringen och för att utreda bergkvalitet kan sonderingsborrning och inläckagemätning utföras i tunnelns front. Sonderingen sker genom förborrning och insamling av borrhdata. Borrning och sondering görs framför borrhuvudet och utförs via genomföringar i skölden. Detta kan till exempel resultera i tätare placering av barriärer eller i fall av mycket dålig bergkvalitet eller större inläckage att TBM helt stannas medan förinjektering och förstärkning genomförs.

Utgångspunkten för en tunnel driven med TBM-teknik med betonginklädnad är att erhålla en tät och stabil tunnel med ett lågt inläckage som understiger 1 l/min och 100 meter per tunnelrör,

vilket är betydligt lägre än motsvarande värde för en tunnel anlagd med borra-sprängmetoden. Stockholms bergmassa är heterogen, och består både av vattenförande delar men också av plintar med massivt och tätt berg med liten eller ingen vattenföring. Grundprincipen för genomförandet av tunnarna är att de ska tätas med betonginklädnad så som beskrivs i denna tekniska beskrivning. Det finns dock tunnelborrmaskiner som har möjlighet att lämna enskilda sträckor utan betonginklädnad. Om försondering av berg visar på mycket god bergkvalitet och att inläckaget bedöms understiga 1 l/min och 100 meter per tunnelrör kan betonginklädnad eventuellt utgå på just dessa sträckor, då tätning inte fyller något syfte.

4.2 Konventionell drivning genom borra-sprängmetoden

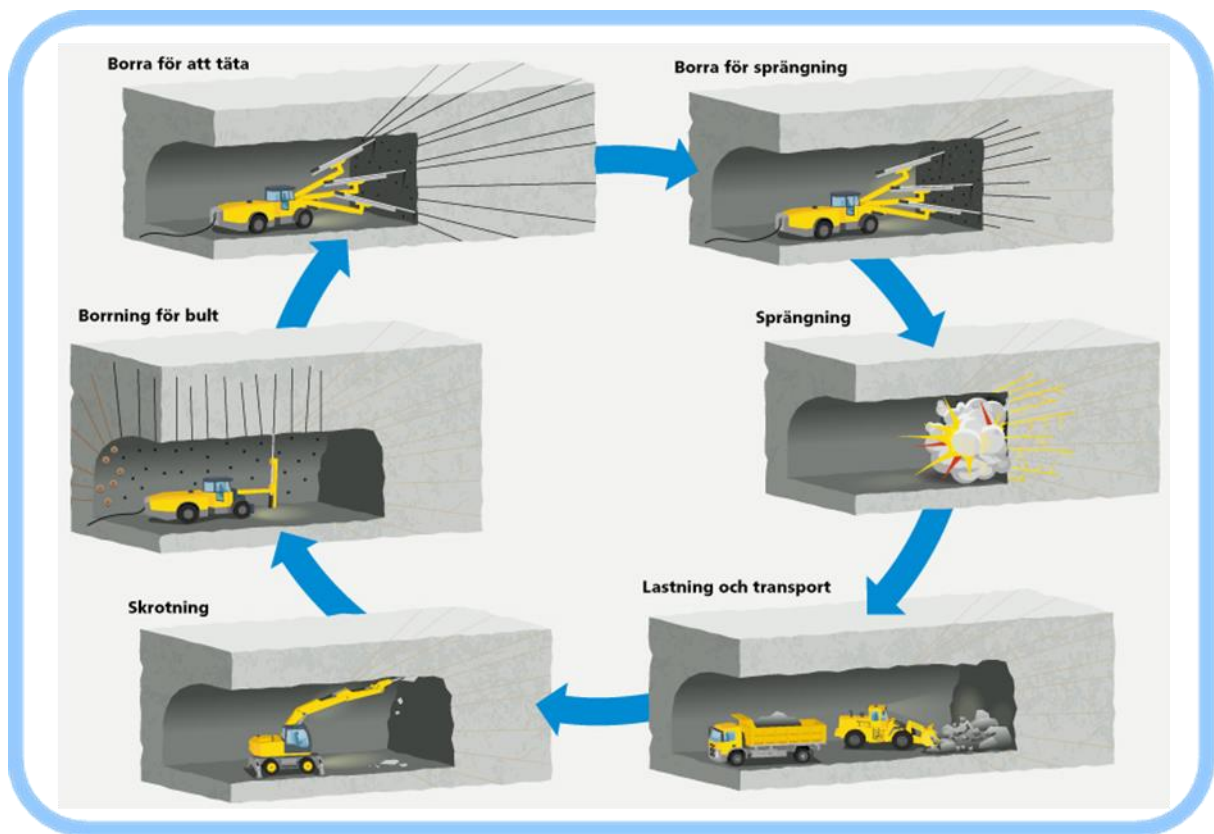
Arbetstunnlar, bergtunnel i depå, tvärtunnlar, öppna bergschakt, stationsutrymmen, starttunnlar för TBM efter station, fläktstunnlar, anslutningstunnlar till luftutbytes- och brandgasschakt samt dubbelspårstunnlar i berg kommer till största delen drivas med konventionell metod, den metod som kallas borra-spräng. Denna metod är den i Sverige vanligast förekommande och omfattar följande huvudsakliga arbetsmoment: förinjektering, salvborrning (en salva är en omgång sprängning), laddning och sprängning, utlastning, bergskrotning samt bergförstärkning, se Figur 39 nedan.

Det första momentet är förinjektering. Syftet är att med injekteringsbruk täta det närmast omgivande bergets sprickor. Tätningen görs för att minimera inläckage av grundvatten till tunneln. En förinjektering utförs genom att ett antal borrhål borrar utanför tunnelns ytterkant. Därefter pumpas cementbaserat injekteringsbruk in i borrhålen och ut i sprickor i berget. När bruket härdat har det bildats en tätare zon runt den blivande tunneln. Vid behov kan kontroll av utförd injektering och kompletterande injektering utföras innan salvborrning påbörjas samt senare under tunneldrivningen. Kontrollhål kan borrar där vattenförlustmätningar genomförs i syfte att kontrollera bergets vattenförande egenskaper innan eller efter tätning.

Nästa moment är borrning av salvhålen. Hålen, och därmed salvlängden, anpassas med hänsyn till risker för skador på närliggande anläggningar/fastigheter till följd av vibrationer orsakade av sprängning. Efter borrningen laddas hålen normalt med ett tvåkomponents sprängämne som efter ett tag bildar ett sprängämne i hålen. Laddningen sprängs och tunneln ventileras på spränggaser innan utlastning av bergmassor kan påbörjas. Sprängningsarbetena anpassas med hänsyn till risker för skador till följd av vibrationer.

Bergrensning (skrotning) utförs efter utlastningen. Kvarsittande löst berg i väggar och tak tas bort maskinellt och för hand med skrotspett. Därefter spolats bergytan ren med vatten och en besiktning och ingenjörsgelogisk kartering görs för att utvärdera behovet av bergförstärkning.

Bergförstärkning utförs i normalfall med sprutbetong och bultar. Om bergtäckningen är liten, bergkvaliteten är kraftigt nedsatt eller vid passager nära känsliga objekt kan andra typer av förstärkning behövas. I dessa områden anpassas även drivningen efter föreliggande förhållanden.



Figur 39. Borra-sprängmetoden för uttag av tunnel.

I övergångarna mellan jord och berg sprängs berget i öppna schakter med konventionell ovanjordssprängning. Ovanjordssprängning följer i princip samma arbetsmoment som för sprängning under jord med eventuella behov av tätning och förstärkning. Se också avsnitt 4.4.2. Massor från utrymmen som genereras av drivning med borra-sprängmetoden transporteras ut med hjälp av lastbilar.

4.2.1 Tätning

Tätning mot inläckande grundvatten vid borra-sprängmetoden kommer huvudsakligen att ske med kontinuerlig förinjektering med cementbaserade injekteringsmedel. 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

Redan i projekteringskedet bedöms ovanstående parametrar genom beräkningar, mätningar och provningar. Även förutsägelser om bergets vattenförande egenskaper och injekterings förväntade effektivitet upprättas. Tekniska lösningar som är anpassade efter de förväntade förutsättningarna utformas och åtgärder förbereds som kan vidtas om avvikelser skulle påträffas.

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. Baserat på erfarenheter från tidigare projekt

är det troligt att krav på täthet kan uppfyllas med kontinuerlig förinjektering med normalt en injekteringsomgång, med beredskap att utföra kompletteringar genom en andra injekteringsomgång. Utifrån dessa förutsättningar bedöms preliminärt att tre injekteringsklasser kan användas för att på ett acceptabelt sätt hantera huvuddelen av de förväntade dimensioneringssituationerna. Med injekteringsklass avses ett specificerat utförande avseende till exempel antal borrhål, injekteringsbruk och kriterier för kompletterande injektering.

- Injekteringsklass 1: Injektering med en omgång, med kompletterande injektering basera på resultatet av den första omgången och utförande enligt injekteringsklass 2.
- Injekteringsklass 2: Injektering med två omgångar, med kompletterande injektering baserat på resultatet från de båda omgångarna.
- Injekteringsklass 3: Injektering med fler än två omgångar, med kompletterande injektering baserat på resultat från utförda omgångar.
- Dessutom kommer specifika tekniska lösningar att tas fram för områden med särskilt dålig bergkvalitet eller för områden särskilt känsliga för omgivningspåverkan.

Med specifika anpassningar är injekteringsklasserna även tillämpliga vid låg bergtäckning, passage av större svaghetszoner med dålig bergkvalitet, passage genom skyddszoner tillhörande befintliga bergutrymmen samt för vertikala schakt. I de fall injekteringsklasser inte är tillämpliga kommer projektspecifika tekniska lösningar att utformas. Under byggtiden kommer bergets vattenförande egenskaper och injekteringens funktion verifieras genom kontroller och observationer/mätningar. Resultat av kontroller och mätningar möjliggör att löpande bedöma om tätningssatserna för när kompletterande injektering ska utföras.

Region Stockholm 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.

Förutom förinjektering kommer Regionen ha beredskap för att utföra efterinjektering efter att stationerna och angränsande tunnlar sprängts ut. Sådan injektering behöver anpassas till lokala förhållanden och kan inte definieras eller beslutas på förhand.

4.3 Anpassad tunneldrivningsmetod

I passager där den konventionella borra-sprängmetoden anses störa omgivningen mer än vad som kan anses acceptabelt, till exempel på grund av känsliga installationer, byggnader, anläggningar eller verksamheter, kan restriktioner för schaktarbete bli aktuellt. Restriktionerna gäller främst vibrationer. Områden där sådana restriktioner kan bli aktuella bedöms till exempel vara korsningar med befintliga undermarksanläggningar, nära känsliga installationer eller byggnader eller vid mycket känsliga verksamheter.

4.4 Öppna schakt i jord och berg

4.4.1 Öppna schakt i jord

Schakt i jord kommer till exempel att utföras vid biljetthallar och uppgångar, vid arbetstunnlar samt vid ledningsomläggningar. På de ställen där det krävs arbeten i jord förutsätts arbetena genomföras i öppet schakt, alltså med fritt utrymme uppåt.

Där utrymme finns och vid begränsade schaktdjup kan jordschakt utföras som schakt med slänter. Oftast krävs dock att en stödkonstruktion används för att stabilisera schaktsidorna samt för att förhindra grundvatten från att komma in i schakten. Stödkonstruktion används även då det finns begränsat utrymme för slänterna.

Tabell 34 i Bilaga C PM Hydrogeologi ger en översikt över schaktdjup i jord och grundvattenförhållanden i anslutning till dessa.

4.4.1.1 Stödkonstruktioner

Ett antal olika typer av stödkonstruktioner för schakt i jord finns tillgängliga. Nedan följer några exempel. Stödkonstruktioner visas också i Figur 42.

Spont

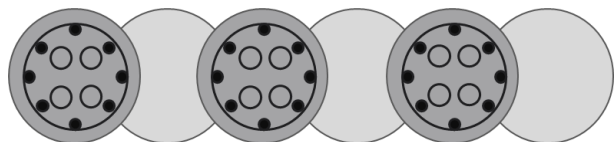
Stålspont finns i olika dimensioner och stålprofiler. Sponten slås, borras, trycks eller vibreras ner i jorden. Spontplankorna är försedda med så kallade spontlås som förenar plankorna och gör väggen tät och styv. När sponten når berg kan spontväggen förankras i berg med ståldubb.

Stålrören borras ner med ett bestämt avstånd och plåtar svetsas mellan rören. För en tät rörspont används rör med påsvetsade spontlås som borras intill varandra och på så vis bildar en tät vägg. Dimensionen på stålrören kan varieras och rören kan fyllas med betong och även kompletteras med stålbalkar för att öka styvheten. Borrade rörspont är lämplig vid svårare markförhållanden som fastare och blockrik friktionsjord tillsammans med höga grundvattennivåer, samt vid högt ställda krav på exempelvis låga vibrationsnivåer i omgivande mark, lägre bullernivå och sättningar i intilliggande anläggningar.

Sekantpålar

Sekantpålar är platsgjutna betongpålar som utförs med visst överlapp för att skapa en styv och tät konstruktion. Foderrör borras ner, oftast till eller ner i berg, och jordmaterialet ersätts med betong. Sekantpålarnas styvhet anpassas genom val av betongkvalitet, påldiameter och armeringsmängd. Sekantpålar kan nyttjas som permanent konstruktion.

Vid station Årstafältet och station Liljeholmen planeras en ring av sekantpålar runt vertikalschaktet av pålar med en diameter omkring 1,5 meter. Pålarna grundläggs en bit ned i berg. Varannan påle är en så kallad primärpåle och gjuts oarmerad (Figur 40 visar en principskiss). Varannan påle är förberedd med armeringskorg och rör för injektering av berget samt installation av dubb för förankring i berget (Figur 41 visar exempel på sådan sekundärpåle med armeringskorg med rör för injektering och dubb). Hål för injektering borras via rör i armeringskorg och kan borras till djupare nivå än själva pålen. Injektering beskrivs utförligt i avsnitt 4.4. När sekantpåleringen är klar schaktas jorden innanför ringen ut och transporteras bort. Schaktning utförs med grävmaskin och gripskopa från markytan samt slutligen, då schaktet blir djupare, med lastflak eller container som fylls med grävmaskin och lyfts med kran. Tätning av berg samt eventuell bultning av sekantpålar i berg sker också innan bergguttaget startar.



Figur 40. Oarmerad primärpåle och sekundärpåle med armering sett ovanifrån. Cirkulär korg med ett antal vertikala armeringsjärn (Svarta fyllda cirklar). Rör för borring installerade inuti armeringskorgen (Cirklar med svart kontur).



Figur 41. Armeringskorgar för sekantpåle samt rör för ridåinjektering och dubb.

Stabilisering av geokonstruktion och byggelement

Stödkonstruktionens väggar måste stöttas för att kunna bära trycket från jord, vatten och yttre laster (Undantag är sekantpålar i ring). Efter varje schaktetapp monteras horisontella hammarband på stödkonstruktionens vägg som fördelar trycklasten längs med sponten. På hammarbandet monteras stabiliseringselement i form av stämp eller bakåtförankrade stag. Hörnstävor kan stötta spontens hammarband i hörnen av ett schakt.

Stödkonstruktioner med begränsat djup (upp till cirka 3-3,5 meter) kan utföras som konsolsponter där stödkonstruktionen borrar in i berg. Vid djupare schakt måste väggarna stöttas med horisontella hammarband, på en eller flera nivåer, som stämpas (stämp är en typ av monteringsstöd) inåt i schakten eller förankras bakåt med dragstag som fästs i berg.

Vid installation av stag behöver hål tas i spontväggen. Om dessa hål ligger under grundvattenytan behöver de tätas. Där det ska utföras bergschakt inom stödkonstruktionen kommer en kantbalk att gutas mot stödkonstruktionens fot för att säkra ett horisontellt stöd under bergschakten.



Figur 42. Exempel på stödkonstruktioner, konventionell stålspont med hammarband och stagförankring samt sekantpålar i ring.

4.4.2 Öppna schakt i berg

Schakt i berg kommer att utföras på ett antal olika platser längs linjesträckningen och i depån. Dessa schakt utförs bland annat för stationer, luftutbytes- och brandgasschakt.

För stationerna Östbergahöjden och Årstafältet utförs vertikalschakt enbart genom bergguttar från markytan, så kallat sänkschakt. Stationerna Älvsjö, Årstaberget samt Liljeholmen kommer att utföras genom en kombination av arbetstunnel och schakt från markytan. För station Fridhemsplan anläggs inget vertikalschakt, stationen tas endast ut med hjälp av arbetstunnel.

Bilaga A1 ger en översikt över alla etableringsytor, inom dessa förekommer större eller mindre schakt. Bilaga A6 redovisar mer i detalj var dessa schakt anläggs.

4.4.2.1 Sänkschakt - Vertikalschakt för station utan arbetstunnel

Station Östbergahöjden och Årstafältet kommer anläggas med borra-sprängmetoden genom sänkschakt.

Berget vid markytan för biljetthall sprängs bort genom försiktig sprängning. Sprängning av schaktet utförs sedan med salvor med omkring tre till fyra meter pallhöjd (en pall motsvarar det bergparti som sprängs eller har sprängts ut). Salvhål borras och laddas varefter täckning för att förhindra okontrollerade uppkast av berg sker. Därefter sker sprängning. Spränggaser ventileras och utlastning av massor sker genom att lyfta massorna till markytan för vidare transport. Bergytan skrotas, kontrolleras och förstärks med bult och sprutbetong. Schaktbotten rensas innan borring för nästa salva (omgång av sprängning). Inför varje salva lyfts borrhög och annan utrustning för sprängning ned i schaktet.

Efter utförd skrotning lyfts utrustning för applikation av sprutbetong ned. Utrustningen lyfts upp innan finrensning av botten vilket sker med grävmaskin. Grävmaskinen lyfts upp och ned ur schaktet. Varje pall kommer vara helt färdigförstärkt innan nästa pall påbörjas.

Schaktet drivs ned till mellanplanet varefter bergguttar av mellanplanets tak och övre del (även kallat galleri) sker. För dessa arbeten används tunnelborrigg. När mellanplanet är uttaget kan viss utrustning stanna kvar. Vidare kan en hiss installeras för transport av personal och mindre material.

Därefter tas plattformens tak och övre del ut med konventionell tunneldrivning. Botteninjektering för färdigt schakt sker vid behov. Figur 43 ger en översikt över arbetsmetoden.



Figur 43. Principskiss för arbetsmetoden sänkschakt med kranar. 1) Borra-spräng, 2) Bergmassor lyfts upp till en lastbil, 3) Bergväggarna förstärks med bultar och betong. (OBS dessa aktiviteter sker inte samtidigt).

4.4.2.2 Vertikalschakt för station med arbetstunnel – raiseborrning i kombination med borra-sprängmetoden.

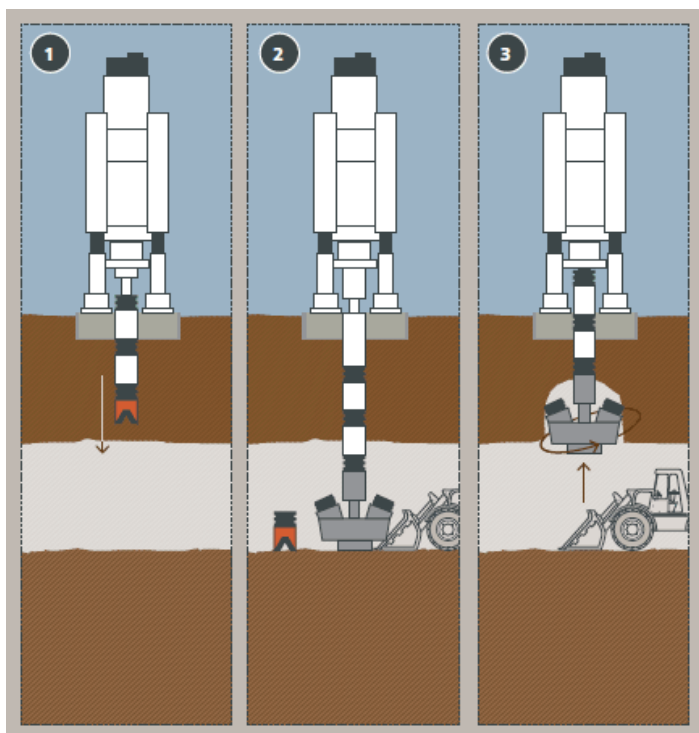
Station Älvsjö, Årstaberget samt Liljeholmen kommer att drivas genom en kombination av arbetstunnel, raiseborrning och borra-sprängmetoden.

Först drivs arbetstunneln genom konventionell borra-sprängmetod. Berguttag sker sedan fortsatt under jord för mellanplan, dubbelspårstunnel, plattformsrums och eventuellt uppställningsspår. Transporter av maskiner, personal, material och massor sker via arbetstunnel. När mellanplanet har sprängts ut kan vertikalschaktet påbörjas.

Eventuell plansprängning för biljetthall vid markytan utförs innan berguttaget av schaktet. Raiseborrmaskin installeras och ett pilothål (borrat mindre hål som underlättar styrning av en större borrhål) borrar från markytan ner till underliggande tunnel. Därefter kopplas en större borkrona på nere i tunneln och borrhålet utökas nerifrån och upp. Se principskiss och bild i Figur 44 och Figur 45. Bergmaterial från raiseborrningen rasar ned till tunneln varefter det transporteras bort via arbetstunneln.

Schaktet utökas sedan till slutlig storlek. Detta utförs normalt i pallar om tre till fyra meter. Borrning, sprängning, ventilation, skrotning och förstärkning sker enligt metod beskriven för sänkschakt.

Utrustning för till exempel bultborrning, grävmaskin för utlastning via hål skapat av raiseborrning, sprutrobot för applicering av sprutbetong och andra maskiner lyfts ned i schaktet vid behov för varje arbetsmoment.



Figur 44. Illustration över raiseborrning.



Figur 45. Tv. Raisebormaskin sedd från ytan. Foto: Region Stockholm. Th. Raiseborring. Borrkrona monteras inför raiseborring av vertikalschakt. Foto: Master Drilling Europe.

4.4.3 Ytnära schakt genom borra-sprängmetoden

Schaktarbetet vid markytan för exempelvis tråg, startgrop för TBM, teknikbyggnad, förskärningar, entréer och biljetthallar utförs genom att jordlagren schaktas bort, varefter bergschakten utförs. Schaktarbetet vid markytan kommer att ske med eller utan någon typ av stödkonstruktion, se avsnitt 4.4.1.1. Bergschakt från markytan kan utföras genom borra-sprängmetoden i kombination med grävmaskin. Alternativt kan schaktets kontur vid känsliga förhållanden utföras genom vajersågning. Vid sågning utförs schakten genom att hål borraras, en sågvajer installeras i borrhålen och därefter sågas berget vid behov.

4.4.4 Övriga schakt

Luftutbytesschakt samt brandgasschakt kan i sin helhet utföras genom raiseborring. Schaktet kopplas till spårtunnel i nivå med spårtunnel genom en kort anslutningstunnel utförd genom borra-sprängmetoden. Luftutbytesschakten och brandgasschakten beskrivs närmare i avsnitt 3.6.

För teknikbyggnaden på Långholmen används metoden långhålsborring för att koppla samman teknikbyggnaden med spårlinjen.

Vid arbetstunnlarnas infarter anläggs en ramp, ett lutande schakt i berg och jord, innan bergtäckningen är tillräcklig för bergtunnel. Vid ramper krävs slänt eller stödkonstruktioner för stabilitet längs med rampen.

4.4.5 Betongtunnel och tråg

För anslutning mellan station Älvsjö och depån anläggs delar av spåren i betongtunnlar och tråg (betongtunnel utan tak), se Figur 30 för lokalisering. Samtliga betongtunnlar är projekterade för att byggas ”cut and cover” vilket innebär att öppna schakt för betongtunnlarna byggs med borra-sprängmetoden. I schaktet gjuts betongtunnlarna som täcks med fyllnadsmassor upp till marknivå för depåanläggningen. För betongtunnel söder om Varuvägen i depån kommer bergschakt tas ut via en arbetsramp invid schaktet. Tråg anläggs med borra-sprängmetoden.

4.4.6 Tätning av öppna schakt i jord och berg

Anläggande av öppna schakt under grundvattennivå i jord utförs inom täta stödkonstruktioner. Tätningåtgärder kommer att vidtas för att undvika grundvattenavsänkningar utanför stödkonstruktionen. Det görs genom injektering i berg genom så kallad ridåinjektering, samt vid behov även botteninjektering. Ridåinjektering innebär att borrhål borraras utanför spanten ned i

berget varefter injekteringsmedel trycks ut. Botteninjektering innebär borrhål och injektering genom schaktbotten. Principen för ridå- och botteninjektering är samma som för tunnelinjektering.

Tätning i jordlagren mellan stödkonstruktion och berg utförs genom kontakt- och jetinjektering. Kontakt- och jetinjektering tätar eventuella hålrum mellan stödkonstruktionens nedre del och bergytan samt jorden bakom stödkonstruktionen och säkerställer att vatten inte tränger förbi spontlås eller ojämnheter. Vid jetinjektering eroderas jorden bort och ersätts med cementsuspension under högt tryck. På så vis skapas en tät jetpelare i glappet mellan stödkonstruktion och berget.

Vid övergång mellan jord- och bergtunnel och uppgångar i jord 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 täta i övergången, dels för att erhålla ett horisontellt stöd för konstruktionen. För att skapa en torr schaktgrop utan större påverkan på omgivningen utförs injektering i både berg och jord.

Vid alla anslutningar av schakt till markytan kommer de temporära konstruktionerna i jord att ersättas av täta konstruktioner i betong mellan färdig mark och anslutning till bergtunnel. Kontaktinjektering kommer att utföras vilket innebär att tätning utförs vid genomföringar och mellan betongkonstruktionens nedre del och bergytan.

4.5 Etableringsområden

Under byggtiden kommer ett antal större eller mindre tillfälliga etableringsytor vid markytan att tas i anspråk. Etableringsytorna anläggs till exempel i anslutning till arbetstunnlar, vertikala schakt för stationsuppgångar, luftutbytesschakt och brandgasschakt, teknikbyggnad samt depå. En översikt av etableringsytornas lokalisering ges i Figur 2 och mer detalj i Bilaga A1. Etableringsyta för montering av TBM förläggs inom etableringsyta för depå. Utöver de större etableringsområdena kommer också mindre ytor att tas i anspråk för till exempel flytt av ledningar.

Ytorna används för att bygga anläggningen vid till exempel stomresning och fasadarbeten. De används också till exempel för hantering och borttransport av bergmassor, underhåll av tunnelventilation, upplag av material och arbetsbodar, lokala mobila reningsanläggningar för läns hållningsvatten samt för arbetsmaskiner och fordon. Där det behövs placeras verkstads- och förrådsutrymmen. Under hela byggtiden sker transporter till och från etableringsytorna i form av byggtrafik. Etableringsytorna kommer att användas tillfälligt.

Etableringsytorna är utformade för att byggtrafiken ska kunna vända inom ytorna för att minska störningar i trafikflödena. Ytornas storlek varierar på grund av läge, framkomlighet och produktionsmetod.

I inledningen av byggtiden kan ytan för etableringsområdet behöva anpassas och utjämnas för att förankra och ställa upp maskiner och kranar. Det kan krävas nermontering av befintliga konstruktioner, borttagande av buskar och träd samt schakt i jord och berg. I de fall bergytan ligger under befintlig markyta behöver en temporär stödkonstruktion byggas så att utrymmeskrävande slänter kan undvikas. Innanför stödkonstruktionen schaktas jordmassorna bort för att komma ner till berg där bergdrivningen av till exempel arbetstunnel eller sänkschakt börjar. Det kan bli aktuellt med schakt under grundvattennivån vid etableringsytorna vilket

behöver hanteras liksom inläckande vatten från omgivningen eller nederbörd. En station som byggs via arbetstunnel är mer ytkrävande totalt sett (etableringsyta för arbetstunnel samt stationsområde) än de som byggs via sänkschakt med undantag för station Fridhemsplan. Betydligt mindre etableringsytor krävs för byggandet av brandgasschakt samt luftutbytesschakt.

Utöver ovan nämnda moment kräver TBM plats för ett lokalt lager för de betongsegment som används vid tätning av tunneln. Ytor för detta behövs i närheten av TBM-etableringen eftersom de transporteras från tunnelmynning till den plats där tunnelfronten är för tillfället.

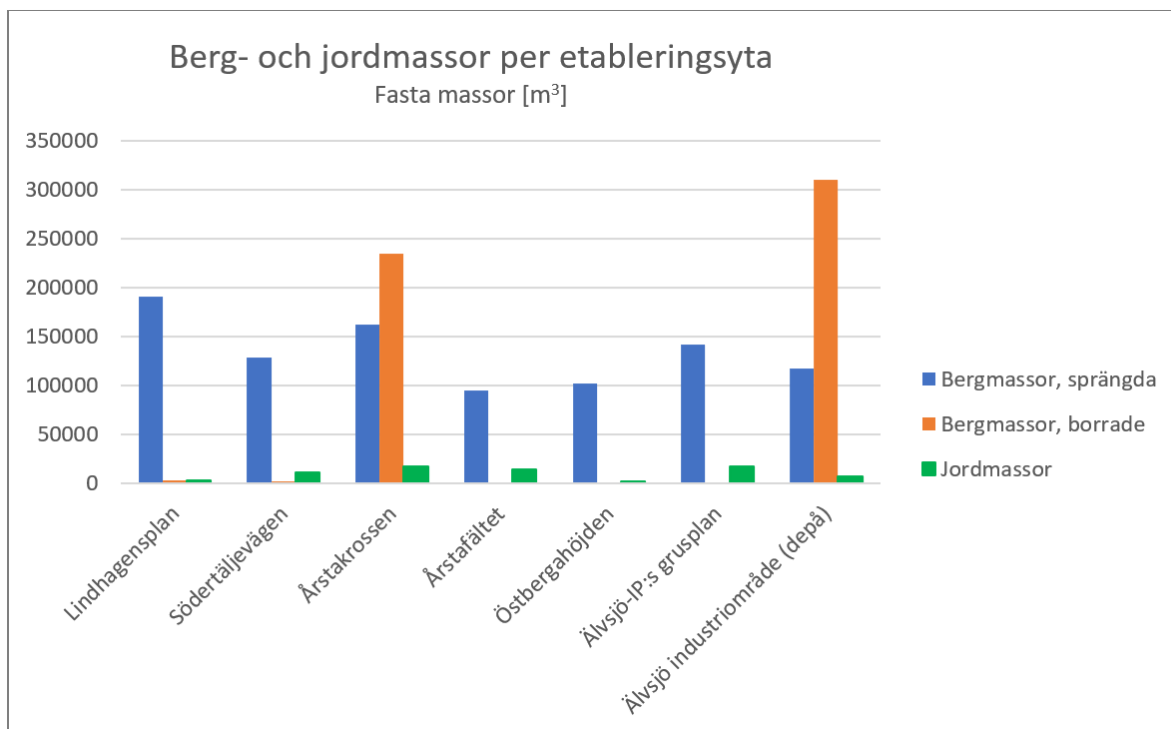
I slutet av byggtiden återställs den mark som tillfälligt har använts som etableringsytor under byggtiden. För de arbetstunnlar som ska finnas kvar som servicetunnlar när tunnelbanan tagits i drift, samt övriga anläggningsdelar ovan mark, kommer en viss del av ytorna att avsättas för permanent åtkomst. För depå kommer stora delar av etableringsytan övergå i permanent område för depå.

Förvaring av bränsle, kemikalier, brandfarliga produkter och sprängämnen inom etableringsområdena kommer att hanteras med erforderliga skyddsanordningar för uppsamling av eventuellt spill, påkörningsskydd med mera, i enlighet med gällande lagar och förordningar.

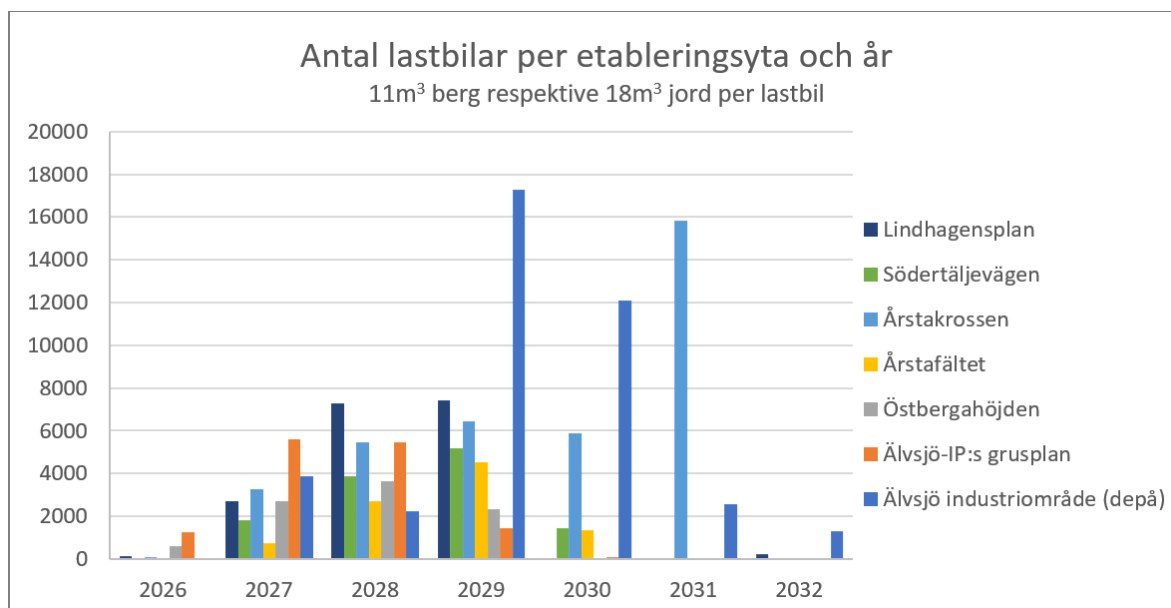
4.6 Masshantering och transportrörelser

Större delen av anläggningen är förlagd i berg, vilket innebär att stora volymer bergmaterial kommer att schaktas ur under anläggandet. Vid schakt i markytan kommer det på vissa ställen även inkludera jordschakt där jordlager förekommer på berg.

Det totala berguttaget för hela anläggningen uppskattas till cirka 1 500 000 kubikmeter fasta massor (innan berget är uttaget), varav 65% genereras från borra-sprängmetoden och 35% generas från TBM. Mängden jordschakt uppskattas till cirka 70 000 kubikmeter. Uppskattade volymer berg- och jordmassor per etableringsyta redovisas i Figur 46. En översiktlig redovisning av mängden massor per etableringsyta och år under byggtiden redovisat i antal lastbilstransporter kan ses i Figur 47. Bilaga A1 redovisar lokalisering av etableringsytor.



Figur 46. Uppskattade volymer berg- och jordmassor per etableringsyta.A



Figur 47. Transportrörelser över tid per etableringsyta. Jord- och bergmassor.

Bergmassorna transporteras med lastbil kortast möjliga sträcka från de etableringsområden där det är aktuellt till större allmän väg och vidare till mottagningsanläggningar och/eller anläggningsverksamheter såsom väg- eller bostadsbyggen. Antalet fordon per dygn kommer att styras av vilken mängd som kan transporteras per fordon. Generellt kan sägas att ju större lastbilar som används desto färre blir transporterarna. Vilken mängd som kan transporteras per fordon beror också på vägarnas respektive bärighetsklasser, där en väg klassad med bärighetsklass 1 (BK 1) kan bära tyngre och större fordon än en väg klassad med bärighetsklass 2 (BK 2). Vilka fordon som väljs beror inte enbart på vägarnas bärighet utan även på entreprenörernas bedömning av de effektivaste sätten att hantera transporter vid olika tidpunkter och platser. Vissa vägvägsnitt kan komma att behöva förstärkas. Huvudsakliga transportvägar redovisas i Bilaga A1 samt i Tabell 6 i Bilaga B Miljökonsekvensbeskrivning.

Bergmassorna som genereras från TBM för spårtunnlarna kommer att transporteras via transportband bakom maskinen till en etableringsyta vid Älvsjö depå och vidare med lastbil. När TBM passerat Årstaberget flyttas bergguttaget till arbetstunneln tillhörande Årstaberget (Årstakrossen). Bergguttaget kommer att vara relativt jämnt under byggtiden, eftersom drivning med TBM sker med relativt jämn hastighet. Vid borrning av spårtunnlarna med TBM-metoden beräknas framdriften vara cirka 50 - 100 meter per vecka vilket innebär att cirka 2000 till 4000 kubikmeter fasta bergmassor kommer att köras ut per vecka och TBM vilket för två TBM motsvarar cirka 360 till 720 lastbilar á 11 kubikmeter där en något större andel genereras vid Älvsjö depå jämför med Årstakrossen.

Sprängda massor genereras vid samtliga större etableringsytor. Tabell 1 redovisar uppskattning av maximalt samt minimalt antal lastbilar som krävs för att transportera bort massorna under den tid sprängning sker vid respektive etableringsyta.

Tabell 1. Transport av fasta bergmassor genererade av borra-sprängmetoden vid större etableringsområden. Antal lastbilar per etableringsyta och vecka där en lastbil beräknas kunna transportera 11 kubikmeter fasta massor.

ETABLERINGSYTA VID	MAX	MIN
Lindhagensplan	140	50
Södertäljevägen	95	25
Årstakrossen	120	10
Årstafältet	85	25
Östbergahöjden	70	10
Älvsjö-IP:s grusplan	105	10
Älvsjö industriområde (depå)	70	15

Möjligheten att återanvända massorna inom den egna entreprenaden är begränsad eftersom den fas då massorna utvinns inte sammanfaller med den fas då det föreligger ett behov av massor och för att projektet har ett begränsat behov av återfyllnad av bergmassor. För att minimera miljöpåverkan från masshanteringen eftersträvas i stället i första hand återanvändning av massorna inom andra projekt i närområdet. När det är möjligt körs massorna direkt till mottagningsprojektet. I andra hand transporteras massorna till en närliggande mottagningsanläggning. I Stockholmsområdet finns ett antal mottagningsanläggningar för bergmassor. Bilaga B Miljökonsekvensbeskrivning samt Masshanteringsplan Bilaga B4 till densamma beskriver masshantering mer ingående.

I det fortsatta arbetet kommer schaktplaner och provtagningsplaner tas fram av de entreprenörer som kontrakteras, i enlighet med regionens rutiner och krav. Det innebär bland annat att jordmassorna ska klassificeras enligt Naturvårdsverkets riktvärden för förorenad mark avseende känslig markanvändning (KM) och mindre känslig markanvändning (MKM). Schakt i områden med förorening hanteras enligt gällande lagstiftning och praxis med bedömning om föroreningens

omfattning och påföljande beslut om åtgärd. Förorenade massor transporteras till godkänd upphandlad mottagare för deponering eller behandling.

4.7 Material och produkter

Exakt vilka produkter som kommer att användas vid byggnation av anläggningen, liksom den exakta omfattningen, är inte möjligt att ange i detta skede då det bestäms av entreprenörerna. Produkter och kemikalier kommer att listas i en kemikalieförteckning. Produktvalsprincipen, vilken är grundläggande vid hantering av kemiska produkter, kommer att tillämpas. Den innebär att om det finns flera likvärdiga produkter ska de användas som innebär minst risker för människors hälsa och miljö. Nedan presenteras översiktligt aktuella ämnen.

Betong

Tunneln kommer att kläs med betongsegment. Betongsegment utgör del av tunnelns betonginklädnad.

Vid bergförstärkning används sprutbetong. Bultar gjuts in med cementbruk.

Vidare kommer betong att användas vid gjutning av betongkonstruktioner för till exempel ballastfritt spår, förstärkning och huskroppar.

Betong blandas upp med tillsatsmedel som flytmedel och härdare för att anpassas till användningen.

Injekteringsbruk

Tätning av berget kommer i huvudsak att ske med cementbaserade injekteringsbruk. Dessa blandas liksom betong med olika tillsatser (flyttillsatser och/eller härdare) för att skapa för ändamålet anpassade egenskaper. Tillsatsmedlen blandas i injekteringsbruket med doseringsutrustning.

Kemiska tätningsmedel

I särskilt komplicerade fall kan behov av kemiska tätningsmedel uppkomma.

Sprängmedel

Sprängningar kommer att genomföras med både bulksprängämne och patronerat sprängämne. Den övervägande delen kommer att utgöras av bulksprängämnen, vilka kännetecknas av att sprängämnet hålls eller pumpas ner i borrhålen till skillnad från patronerade sprängmedel som är förpackade i rör eller korvar.

Drivmedel

Dieselbränsle kommer att uppfylla kraven för miljöklass 1 eller likvärdigt. Alkylatbränsle används för motorerna i bensindrivna arbetsmaskiner och arbetsredskap i de fall dessa inte är försedda med katalytisk rening.

Dessutom kan bränslen som bidrar till minskad energiåtgång eller förbättrad miljöprestanda, men som inte till alla delar uppfyller kraven för miljöklass 1, komma att användas. Del av maskinparken som används i produktionscykeln är eldrivna. Detta gäller borrhöggregat, injekteringsutrustning och laddningsutrustning.

5 Anläggningar för bortledning av grundvatten och infiltration

Behovet av bortledning av vatten skiljer sig åt mellan bygg- och drifttid. Oavsett tunneldrivning med borra-sprängmetoden eller med TBM kommer det ske ett visst inläckage av grundvatten efter att tätning genomförts. Mängden inläckande grundvatten beror på hur tätt berget blivit efter tätning. Vid tunneldrivning används processvatten vid borrhning, injektering, spolning av sprängmassor, för kylning och renspolning av anläggningen. Sammansättningen på länshållningsvattnet (grundvatten, regnvatten eller processvatten som behöver avledas under byggtid) skiljer sig dock åt mellan de olika framdrivningsmetoderna.

För anläggningen över tid kommer två typer av vatten som kräver bortledning att förekomma, under byggtiden är det processvatten från tunneldrivning med TBM, från drivning med borra-sprängmetoden, inläckande grundvatten och regnvatten (länshållningsvatten), och under drifttiden naturligt inläckande grundvatten samt eventuellt spol- och släckvatten (dränvatten).

Information om recipient finns i Bilaga B1 Miljö kvalitetsnormer för ytvatten till Bilaga B Miljökonsekvensbeskrivning.

5.1 Länshållning under byggtiden

Länshållning under byggtiden kommer ske med ett ökande flöde allt eftersom anläggningen tar form genom framdrift av tunnel- och stationsdrivningen. Länshållningsvattnet särskiljs mellan TBM och borra-sprängmetoden med både fysiska barriärer och olika system för vattenhantering. Lokala reningsanläggningar kommer att nyttjas och dessa är anpassningsbara och kan modifieras för att möta behov som uppstår under byggskedet. Dessa tekniker kan bland annat inkludera sedimentation, oljeavskiljning, filtrering och kemisk rening.

Processvatten och inläckande grundvatten samlas upp i tillfälliga pumpgropar och bortleds via arbetstunnlarna till etableringsytorna, där anläggningar för nödvändig rening kommer att placeras. Det blandade process- och grundvattnet från berganläggningarna kan under byggtiden vara grumligt av bland annat sediment från bergarbetena och ha förhöjda kvävehalter från sprängmedlen och troligen en viss förhöjd oljehalt.

För att särskilja inläckande grundvatten från processvattnet mäts flödet över mätdammar och i pumpgropar efter perioder utan tillfört processvatten. Övergripande mätning utförs under hela byggtiden på in- och utgående vatten.

5.1.1 Länshållning från drivning med TBM

Det processvatten som TBM behöver under borrhningen består av kylvatten som cirkuleras och återanvänds samt vatten för sonderingsborrning, injektering, rengöring med mera. Det länshållningsvattnet som uppstår vid drivning av spårtunnlarna inkluderar även inläckande grundvatten. Länshållningsvattnet som innehåller höga halter suspenderat material och oljespill från maskiner och hydraulsystem kan förekomma. Till skillnad från borra-sprängmetoden ger TBM-metoden inte upphov till kväveföreningar i länshållningsvattnet då sprängmedel inte används och den har även en begränsad påverkan på pH eftersom betydligt mindre cement används för tätning av berget. Vattnet pumpas från tunnelfronten i en ledning bakom maskinen till etableringsytan. Länshållningsvattnet behandlas och renas lokalt på etableringsytan med sedimentering. Efter att station Årstaberg passerats flyttas reningsanläggningen till

etableringsytan vid Årstakrossen. Efter den lokala reningen, avleds vattnet till dagvattennätet och vidare till ytvattenrecipient.

5.1.2 Länshållning från drivning med borra-sprängmetoden

Vid arbeten som innebär borra-sprängmetoden planeras det länshållningsvatten som uppkommer att hanteras i lokala reningsanläggningar på närmast liggande etableringsyta. Länshållningsvatten från exempelvis stationerna kan innehålla cementrester som genererar partikulärt material och kan orsaka förhöjda pH-värden. Då sprängmedel innehåller kväveföreningar vilka inte kan renas i de lokala reningsanläggningarna, kommer vattnet efter rening i de lokala reningsanläggningarna att avledas till spillvattennätet och de kommunala reningsverken för kväverening. Stationer som byggs med metoden arbetstunnel genererar mer vatten jämfört med sänkschaktsmetoden. Vatten med låga halter av kväve kan ledas till dagvattennätet efter rening.

5.1.3 Länshållning från öppna jordschakt

Öppna jordschakt vid markytan för bland annat uppgångar, stationsentréer, vertikalschakt och arbetstunnlarnas mynningar kommer länshållas för att arbete ska kunna utföras i torrhet. Länshållning sker från brunnar i botten av schakten inom de temporära stödkonstruktioner som beskrivits i avsnitt 4.4.1.1. Länshållningsvattnet kommer att renas genom sedimentation och oljeavskiljning innan det avleds till spill- alternativt dagvattennätet (recipient). En möjlighet till provtagning ska finnas efter rening. Om provtagningen visar att det behövs ytterligare rening så kommer ytterligare reningssteg att utföras alternativt så kommer vattnet att ledas till spillvattennätet.

5.1.4 Dagvatten från etableringsytor

Dagvatten är regn- och smältvatten som rinner från ytor. Mängden dagvatten beror mest på mängden nederbörd som kommer. Vattnet kan innehålla oljeföreningar och ha höga partikelhalter. Generellt ska höjdsättning av etableringsområdena anordnas så att tillrinning av nederbördsvatten till arbetstunnlar och sänkschakt minimeras.

Den nederbörd som faller på etableringsytorna ska rinna till dagvattenledningar. Vattnet går först via en oljeavskiljare innan påkopplingen till det kommunala dagvattennätet som leder vattnet vidare till ytvattenrecipient. Undantaget är etableringsytor där utsprängda massor förvaras temporärt, dvs vid Årstafältet och Östbergahöjden. Nederbördsvatten från dessa ytor kan innehålla förhöjda kvävehalter, varför detta dagvatten kan komma att avledas till spillvattennätet.

5.2 Bortledning under drifttiden

Under drifttiden kommer dränvattnet till största del utgöras av inläckande grundvatten från stationer, spår-, och servicetunnlar samt stängda arbetstunnlar. Avvattningssystemet dimensioneras också för att omhänderta annat vatten under drifttiden, exempelvis släckvatten från räddningstjänstens brandbekämpning. Detta vatten avleds via självfallsledningar, pumpstationer och tryckledningar för att omhändertas med en vatten- och avloppsstation. Utgångspunkten för tunnelbanans vattenhantering är att volymen dränvatten begränsas genom att tunnarna tätas.

Avvattning av spår-tunnlarna sker med hjälp av uppsamlingsledningar och tryckuppsamlingsledningar. Vattnet leds till närmaste lågpunkt där det pumpas vidare. I varje station finns en pumpstation som pumpar vattnet vidare genom systemet, i vissa fall genom den plana stationen, i andra fall pumpas vattnet även i höjddled. Det finns även en pumpstation i lågpunkten på systemet mellan station Fridhemsplan och station Liljeholmen. Figur 48 illustrerar översiktligt vattnets flödesväg.

Vatten från tvärtunnlar, luftutbytesschakt och brandgasschakt leds till uppsamlingsledningarna i spårtunnlarna, som i sin tur leder vattnet till en pumpstation. Härifrån trycks vattnet via pumpar upp till nästa högpunkt där vattnet återigen släpps till en uppsamlingsledning osv.

Vid servicetunnlarnas samt stängda arbetstunnlars mynning hindras dagvatten från att transporteras ner i tunneln. Dränvatten i dessa tunnlar leds till spårtunnel för vidare transport till pumpstation vid station Fridhemsplan.

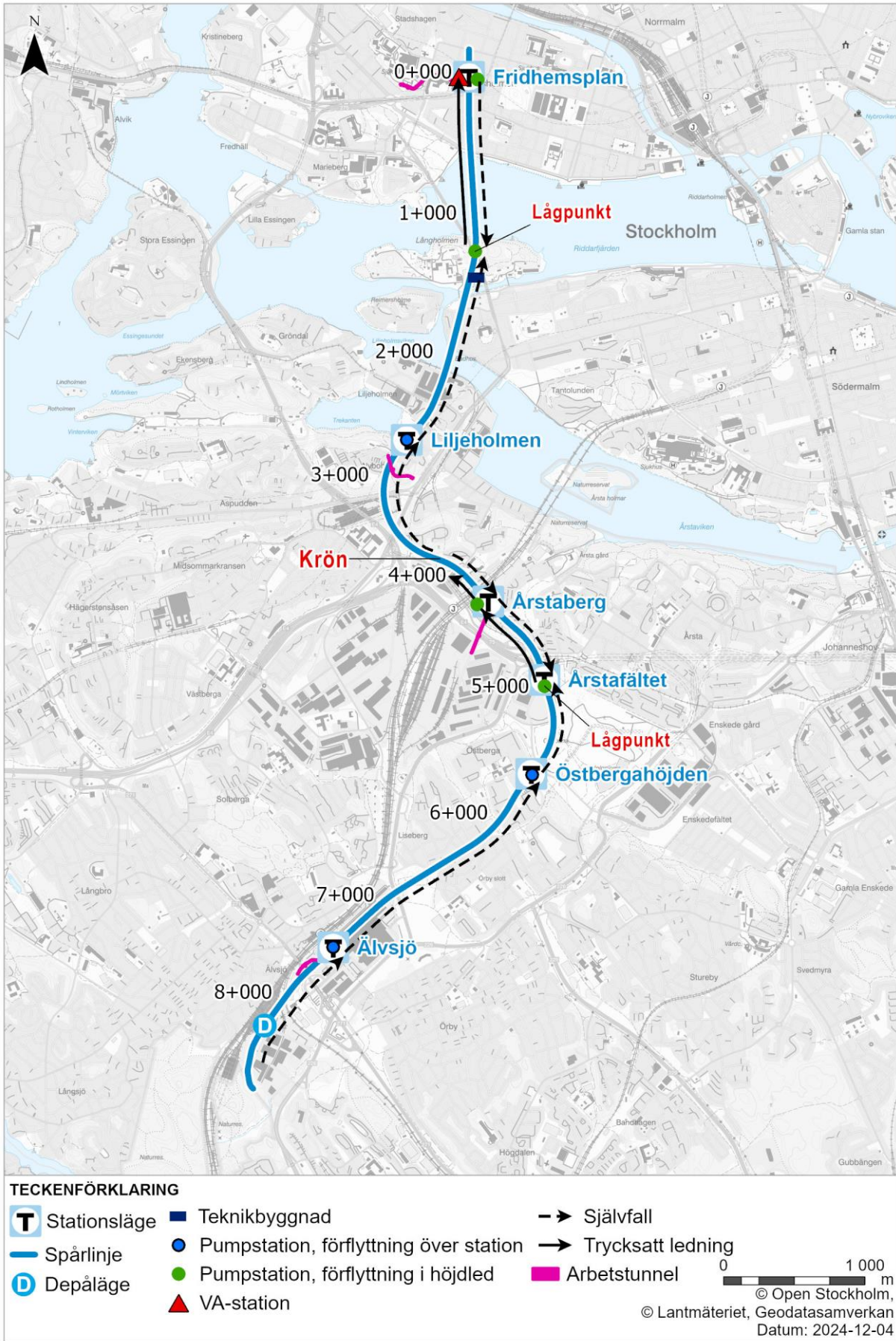
Vattnet från tunnlar under drifttiden rinner och pumpas till station Fridhemsplan. För att avlägsna eventuella föroreningar i tunnelvattnet anläggs där en behandlingsanläggning (VA-station). Anläggningen planeras omfatta sedimentation, oljeavskiljning och tungmetallavskiljare. I VA-stationen kan även finnas möjlighet till provtagning av vatten samt styr- och reglering av systemet. VA-stationen förbereds så att det finns ytor som möjliggör installationer av ytterligare reningssteg, om det i framtiden framkommer behov av rening av idag okända ämnen och föroreningar. Från VA-stationen kan vattnet ledas vidare till dagvattennätet och slutligen till recipient Riddarfjärden. Under drifttiden förväntas det avledda vattnet hålla samma kvalitet som grundvattnet. Vid reningsanläggningen sker flödesmätning för total volym utpumpat vatten.

VA-systemet i tunnelbanan utformas så att det under drifttiden är möjligt att avbryta utpumpningen till recipient och omhändertaga vattnet separat, till exempel genom att föra vattnet till extern rening med fordon. Detta kan bli aktuellt för att förhindra föroreningsspridning till exempel i händelse av brand eller annan olycka eller verksamhet i tunnelbanan som innebär risk för förorening av vattnet.

Mängden dränvatten ska mätas för olika valda delsträckor. De definitiva sträckorna där mätning ska ske avgörs efter kommande miljödom.

För depån kommer pumpstation för omhändertagande av dagvatten att förläggas i betongtunneln strax söder om Varuvägen. För omhändertagande av dagvatten på depåområdet finns magasin med rening och fördröjning med koppling till det kommunala nätet.

Vatten från toaletter, städrum, rulltrapps- och hissmaskinrum bortleds till spillvattennätet efter oljeavskiljning. Vatten från övriga delar av stationen bortleds till tunnelbanelinjens avvattningssystem eller dagvattennätet efter oljeavskiljning.



Figur 48. Kartillustration som översiktligt visar dräneringsvattnets flödesväg genom självfall eller trycksatta ledningar samt pumpstationernas placering i plan.

5.3 Skyddsinfiltration

Som sekundär skyddsåtgärd för att undvika skadliga grundvattennivåsänkningar till följd av det grundvatten som, trots omfattande tätningsåtgärder oundvikligen läcker in till tunnelanläggningen, finns också beredskap för skyddsinfiltration vid grundvattennivåkänsliga objekt eller i känsliga områden. Det är en effektiv åtgärd för att motverka skada om en grundvattenpåverkan blir större än vad som prognosticerats eller inte fullt ut kan hanteras med noggrann tunneltätning. Infiltration sker till jordlagrens undre magasin för att återställa och upprätthålla naturliga grundvattennivåer vid en eventuell grundvattennivåsänkning.

Skyddsinfiltration kan främst behövas under byggtiden men även permanent infiltration kan vara nödvändig i vissa specifika områden.

Under byggtiden används skyddsinfiltration främst vid anläggande av temporära schakter i jord för byggnation av stationsentréer och biljetthallar. Behovet avgörs av erhållen täthet av spont, injektering osv. Skyddsinfiltration används regelmässigt vid byggande under grundvattennivån. När väl dessa anläggningsdelar är färdiga blir dessa konstruktioner täta varför skyddsinfiltration kan avslutas eller minskas i omfattning.

Det kan även bli aktuellt med skyddsinfiltration i känsliga områden längs med tunnelsträckningen där det finns byggnader eller anläggningar som kan skadas av grundvattennivåsänkningar. Skyddsinfiltration kommer förberedas som åtgärd för att motverka grundvattentrycknivåsänkningar i friktionsjorden som underlagrar sättningskänsliga lerområden där mäktigheten av leran är så stor att sättningar annars kommer utbildas.

Infiltrationsanläggningarna anpassas och dimensioneras utifrån platsens förhållanden och jordlagrens hydrogeologiska egenskaper, vilket utreds i tidigt skede genom undersökningsborrning samt infiltrationstest.

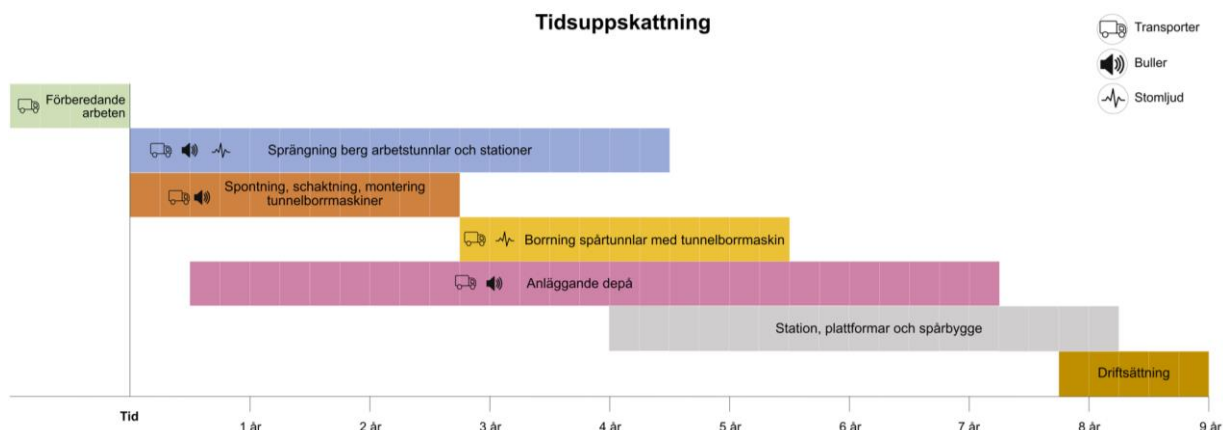
Principlösningen för en infiltrationsanläggning består av en infiltrationsbrunn från markytan ner i jordlagrets undre magasin och i berg. Då vatten tillförs röret passerar det ett filter innan det når grundvattenmagasinet. Infiltration av vatten till jordlagren kan ske med ett konstant vattenflöde eller genom reglering av flödet genom styrning med nivåvakt. Det vatten som infiltreras under byggtiden inom påverkansområdet är kommunalt ledningsvatten från Stockholm vatten och avfall (SVOA). Under byggtiden är det inte aktuellt att infiltrera med det inläckande grundvattnet. Regionen kommer i samarbete med SVOA ta fram principer för hur vattenförsörjning under drifttid till infiltrationsanläggningarna ska ske på bästa sätt. Principskiss för infiltrationsanläggning visas i Bilaga A7.

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.

Ytterligare detaljer om skyddsinfiltration för det aktuella projektet finns i Bilaga C PM Hydrogeologi.

6 Tidplan

Byggarbeten för tunnelbanan mellan Fridhemsplan och Älvsjö är planerade att inledas cirka 2025 under förutsättning att alla tillstånd finns på plats. Tidplanen för byggnation av tunnelbanan och tillhörande depå uppskattas till cirka 9 år. Vissa förberedande arbeten som ej kräver tillstånd kan påbörjas tidigare. Figur 49 redovisar översiktlig tidsuppskattning för olika arbetsmoment inom projektet. Som framgår nedan kommer vissa moment att utföras parallellt.



Figur 49. Översiktlig tidsuppskattning.

Byggprocessen börjar med förberedande arbeten som till exempel ledningsomläggningar under drygt ett år. Det sker också upprättande av etableringsytor i anslutning till starten för TBM och planerad depå vid Älvsjö industriområde, arbetstunnlarnas mynning, stationerna och övriga schakt. Sedan sker installation av bullerskydd om detta visar sig vara nödvändigt. Inom etableringsytorna påbörjas sedan installation av stödkonstruktioner där det krävs och sedan utförs jord och bergschakt från markytan ner till stationsnivåerna.

Etablering för TBM planeras pågå i cirka tre år och därefter startar bergborrningen av spårtunnlarna, som bedöms ta cirka två och ett halvt år från start i Älvsjö till Fridhemsplan. De två bormaskinerna planeras monteras en åt gången och borrningen av de två spårtunnlarna kommer därför ske med en tidsförskjutning och inte parallellt. Allt berg från TBM tas ut via etableringsytan vid Älvsjö Industriområde och senare via arbetstunnel Årstakrossen efter att TBM kommit till station Årstaberget. Efter att bormaskinerna lämnat Älvsjö industriområde kan arbeten för ny depå påbörjas, med byggnation av tråg, betongtunnlar, vändspår, teknikutrymmen med mera.

Allteftersom spårtunnlarna är klara och inte längre används för massuttag från TBM påbörjas arbetet med tvärtunnlarna. Bergmassor från tvärtunnlarna transporteras ut till närmsta arbetstunnel.

Innan TBM når stationerna måste berget där vara helt uttaget för att TBM ska kunna förflyttas genom stationsutrymmet för att sedan försätta mot nästa station. Detta innebär att arbetena med berguttag för arbetstunnlar och stationer utförs samtidigt som startschaktet för TBM byggs och maskinerna monteras. Jord- och bergmassor kommer transporteras ut till respektive etableringsyta via arbetstunnlarna och sänkschakten. Byggtiden för berguttag av arbetstunnlar och stationer bedöms pågå i cirka tre år.

När arbetet med berguttagen är avslutat påbörjas installationsarbeten av stationen, spår, fläktar, hissar med mera och detta arbete planeras pågå i cirka fyra år. Efter att alla installationer är på plats bedöms det ta cirka ett år att slutföra samtliga arbeten innan tunnelbanan kan drifställas.

Ord- och begreppslista

Arbetstunnel. Tillfällig tunnel under produktion.

Bergpåslag. Den bergyta där man påbörjar tunneldrivning i berg. För att frilägga bergpåslaget kan schaktarbeten i jord behövas. Ett bergpåslag till bergtunnel kan föregås av en betongtunnel.

Betonginklädnad. Konstruktion av betongsegment som ramar in tunnelns kontur för att förhindra vattenläckage och stabilisera konstruktionen. Kompletteras med ytterligare tätning.

Biljetthall. Utrymme innanför stationsentré som vanligtvis innehåller spärrlinje, biljettautomat, trafikinformation, kundservice med mera.

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.

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. Område för uppställning, underhåll, reparation, in- och utvändig tvätt av tunnelbanevagnar.

Detaljplan. En detaljplan upprättas av kommunen för att reglera markanvändning i ett geografiskt avgränsat område.

Drifttid. Den tidsperiod som startar då anläggningen är slutbesiktigad, under vilken anläggningen är i drift; från ibruktagande 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.

Etableringsyta/etableringsområde. Yta som behövs i anslutning till byggverksamhet för till exempel lagring av byggmaterial och uppställning av arbetsbodas.

Fullortsborrning. Bergteknisk metod att driva tunnlar utan sprängning, dvs där hela tunnelarean borrar ut simultant.

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.

Grundvattenmagasin. En avgränsad del av ett vattengenomsläppligt jordlager. Även berggrundens vattengenomsläppliga spricksystem brukar kallas för ett (berg-) grundvattenmagasin.

Grundvattennivå. Grundvattennivå avser grundvattenytans läge i mark där jämvikt med atmosfärstryck råder och tryckpotentialen är noll. Trycknivån kan avläsas i borrhål, grävda gropar eller likande.

Järnvägsplan. I järnvägsplanen redovisas spårutbyggnaden i detalj. Järnvägsplanen ger verksamhetsutövaren möjligheter att lösa den mark som behövs för att bygga tunnelbanan. Järnvägsplanen fastställs av Trafikverket.

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.

Mellanplan. Våningsplan mellan plattform och vertikalschakt.

Plattform. Område invid spår för påstigande och avstigande resenärer.

Plattformorum. Avgränsas av brandglaspartier, väggar, golv och tak. Utrymmet för tåg vid sidan av plattformen utgör en del av rummet.

Processvatten. Det vatten som används för byggprocessen.

Påverkansområde för grundvatten. Område inom vilket en ansatt grundvattennivåpåverkan kan uppkomma till följd av vattenverksamheten.

Raiseborrning. Metod för borrning av vertikala schakt. Pilothål borrar till underliggande tunnel varpå en borrkrona monteras på och schaktet ryms till full storlek nerifrån och upp.

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.

Schaktöverbyggnad. Fundament och/eller byggnad inklusive galler som sticker upp ovan mark och som täcker till exempel luftutbytesschakt och brandgasschakt.

Släckvatten. Det förorenade vattnet som använts i släckningsarbete eller för utspädning av spill och som ska omhändertas. (Släckvatten hamnar på spår/plattform/tråg med mera efter räddningstjänstens insats).

Spårtunnel. Tunnel för spårbunden trafik.

Station. Benämningen station omfattar publika utrymmen med tillhörande teknikrum (det vill säga plattformorum, mellanplan, etcetera upp till markplan).

Stationsentré. Ingång för resenärer till tunnelbanan från det fria eller från en annan byggnad.

Sänkschakt. Sänkschakt är en arbetsmetod som innebär att vertikalschaktet för stationens hissar används för byggnation av stationerna. Berguttag sker från markyta och nedåt. Via schaktet tas alla schaktmassor ut och material och maskiner tas in och ut. Etableringsytorna placeras i direkt anslutning till sänkschaktet.

Sättning. Markytan sjunker på grund av att underliggande jordlager pressas samman (konsoliderats).

Tekniktunnel. Tunnel parallell med plattformorummet med utrymme för tekniska installationer.

TBM. Tunnelborrmaskin.

Tråg. Betongtunnel utan tak.

Tunnelmynning. Den fysiska plats där en tunnel kommer upp i det fria eller till befintlig tunnel. En tunnelmynning kan ha flera funktioner, till exempel påslag, utrymning till det fria, utsläpp av spränggaser under byggtid och så vidare.

Tvärtunnel. 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.

Vertikalschakt. Samlat begrepp för hisschakt, luftutbytesschakt och brandgasschakt.

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.