



# **E4 Förbifart Stockholm**

**FSE501**  
**Trafikplats Hjulsta Södra**

**Teknisk beskrivning**  
**Tillståndsansökan för vattenverksamhet**

**SYSTEMHANDLING**  
**ARBETSHANDLING**  
2017-04-18  
5G140081.doc

Granskare	Godkänd av	Ort	Datum
Kenji Tsujita	Kaisa Nugin	Stockholm	2017-04-18

Objektnamn	E4 Förbifart Stockholm
Entreprenadnummer	FSE501
Entreprenadnamn	Trafikplats Hjulsta Södra
Beskrivning 1	Teknisk beskrivning
Beskrivning 2	Tillståndsansökan för vattenverksamhet
Beskrivning 3	
Beskrivning 4	
Status	Granskat
Diarienummer	
Konstruktionsnummer	
Objektnummer	8448590
Projekteringssteg	SYSTEMHANDLING
Statusbenämning	ARBETSHANDLING
Företag	Tyréns AB
Författare/Konstruktör	Anders Hamnö
Externnummer	

## Innehåll

1	Bakgrund.....	4
2	Inledning.....	4
3	Höjdsystem och fixpunkt .....	4
4	Aktuell vägsträcka .....	5
4.1	Bergtunnelanläggningar .....	6
4.2	Betongtunnel- och tråganläggningar .....	7
4.3	Frånluftsstationsanläggning.....	7
5	Byggmetoder .....	7
5.1	Bergtunnlar .....	8
5.1.1	Generell beskrivning av tunneldrivning .....	8
5.2	Öppen bergschakt i skärningar .....	9
5.3	Tät stödkonstruktion vid jordschakt.....	9
5.3.1	Stålspont.....	9
5.4	Konstruktioner .....	11
5.4.1	Betongtunnlar .....	11
5.4.2	Tråg.....	11
5.4.3	Viktiga aspekter vid byggande av betongtunnlar och tråg.....	11
6	Anläggningar och åtgärder som utgör vattenverksamhet.....	12
6.1	Bortledning av länshållningsvatten. ....	12
6.1.1	Byggskedet.....	12
6.1.2	Driftskedet.....	12
6.2	Skyddsinfiltration.....	12

## Bilageförteckning:

Bilaga 1. Punktbeskrivning fixpunkt, 500 11 138

## Figurförteckning:

Figur 1. Plan för sträckan ca 25/800 – 26/300 med anläggningsdelar. ....	5
Figur 2. Typsektion huvudtunnel med 3 körfält. Se även ritning i Bilaga 3-1. ....	6
Figur 3. Typsektion betongtunnel 26/110. Principskiss, slutgiltig design utarbetas av entreprenör.....	7
Figur 4. Frånluftsstation Lunda och anslutande betongkonstruktioner i form av tunnlar och tråg. Principskiss, slutgiltig design utarbetas av entreprenör (avlufstornet fulla höjd redovisas inte i denna figur).....	7
Figur 5. De fyra huvudsakliga momenten vid tunneldrivning genom borrhning och sprängning. ....	8
Figur 6. Exempel på stålspons med hammarband och bakåtförankring.....	10
Figur 7. Exempel på rörbrunn för skyddsinfiltation. ....	13

## Tabellförteckning:

Tabell 1. Koordinater för fixpunkt .....	4
Tabell 2. Anläggningsdelar längs sträckan 25/800 – 26/300.....	6

## 1 Bakgrund

Förbifart Stockholm kommer i huvudsak att gå i bergtunnlar förutom vid anslutning till vägnätet i markplan, där vägen anläggs i betongtunnlar och betongtråg. Ett undantag är vid trafikplats Hjulsta där vägen går på en bro över Spångaåns/Bällstaåns dalgång fram till och förbi trafikplatsen. Förhållanden på platsen, skadeobjekt, genomförda undersökningar/utredningar och omgivningspåverkan beskrivs i *PM Hydrogeologi*. Beskrivning av effekter och konsekvenser för människor, miljö, hushållning med naturresurser mm, görs i miljökonsekvensbeskrivning *MKB Vattenverksamhet*.

Förbifart Stockholm kommer till största del att förläggas i bergtunnel. Anläggningen kommer att utgöras av två parallella tunnelrör med en normalektion på ca 120 m<sup>2</sup>. Övergång från huvudtunnelns två tunnelrör till trafikplatser sker via betongtunnlar (tvärsnittsarea ca 80 m<sup>2</sup>) och betongtråg.

I anslutning till tunnelmynningen vid Vålberga kommer en frånluftsstation att anläggas.

## 2 Inledning

Denna tekniska beskrivning utgör tekniskt underlag för kompletterande tillståndsansökan till Mark och miljödomstolen avseende vattenverksamhet för Förbifart Stockholms anläggningar längs sträckan 25/600 – 26/200 och syftar till att beskriva omfattningen av sökt vattenverksamhet samt anläggningars läge, utformning och utförande.

Tillståndsansökan för vattenverksamhet avser grundvattenbortledning och infiltration. Denna tekniska beskrivning omfattar de anläggningar och verksamheter som medför grundvattenbortledning både under bygg- och driftskede samt att möjliggöra för infiltration.

## 3 Höjdsystem och fixpunkt

I projektet används det geodetiska referenssystemet Sweref 99 18 00 för plankoordinater.

Nivåer anges i rikets höjdsystem år 1900, RH00.

Närmast belägna fixpunkt är 500 11 138 belägen på ett skogsklätt höjdparti mellan Vålberga och Bergslagsvägen. Se Bilaga 1 för fullständig redovisning av fixpunkt.

Tabell 1. Koordinater för fixpunkt

Punktnummer	N	E	Z	Markering
500 11 138	6 586 736,327	142 854,752	32,001	db

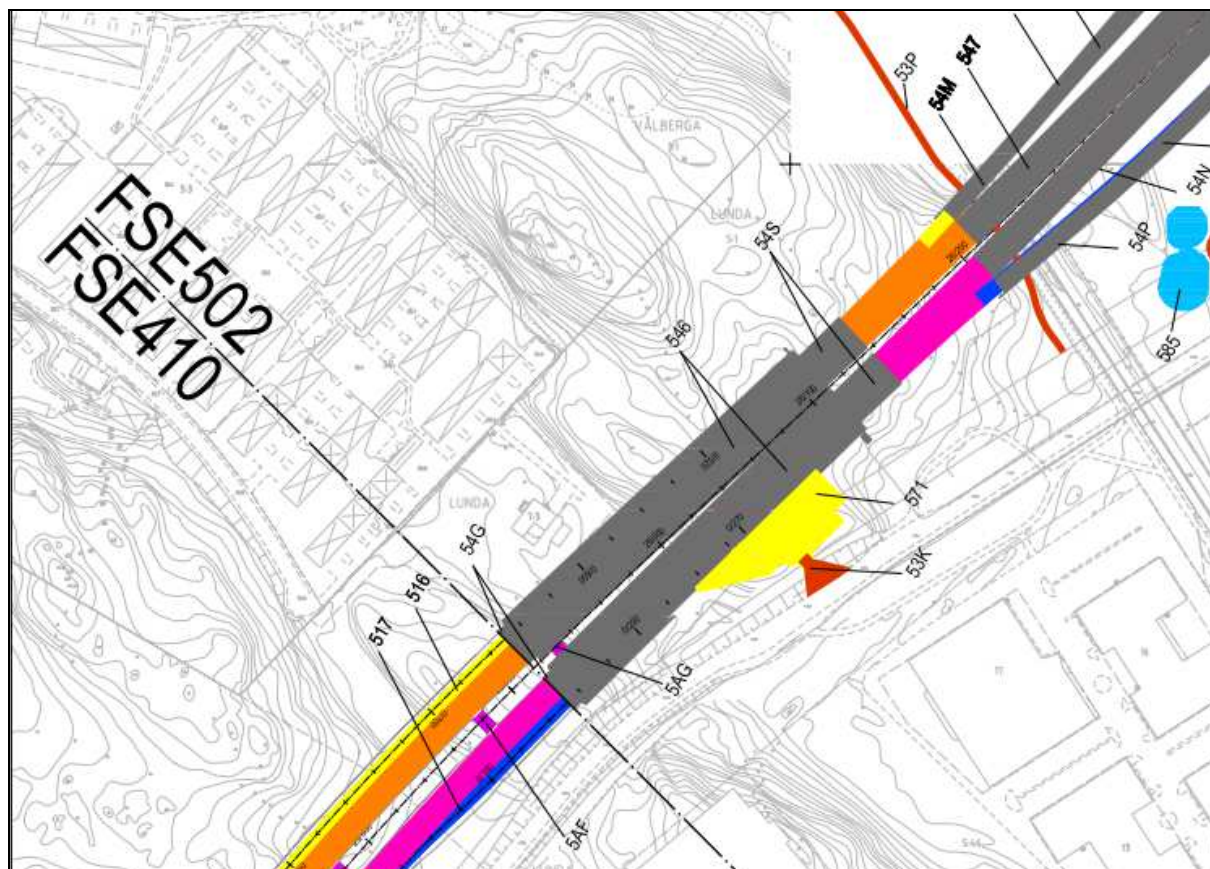
## 4 Aktuell vägsträcka

Beskrivning görs från söder mot norr med huvudtunnelns längdmätning som referens. Siffror inom parentes i de beskrivande texterna nedan avser anläggningsnummer.

Förbifart Stockholm kommer att förläggas i två parallella tunnlar i berg som övergår till två separata betongtunnlar som via betongtråg leder ut på broar inom aktuell delsträcka. En frånluftsstation anläggs nära tunnelns mynning på den östra sidan om huvudtunnlarna.

Huvudtunneln i berg går längs en stigande profil och övergår via ett 5,5 meter långt påslagsvalv (54G) som vid nivån ca. +6 mynnar i en 190 meter lång betongtunnel (546). Där betongtunneln slutar har nivåskillnad mellan väg och markyta minskat så att vägen i stället kan ledas ut i ett ca 27 meter långt betongtråg med rökgasskärm (54S) som vid sektion km 26/137 övergår i väg på bank. Broarna över Bällstaån och tpl Hjulsta börjar i sektion 26/200.

I Figur 1 och Tabell 2 redovisas respektive anläggningsdel och aktuella längdmätningangivelser.



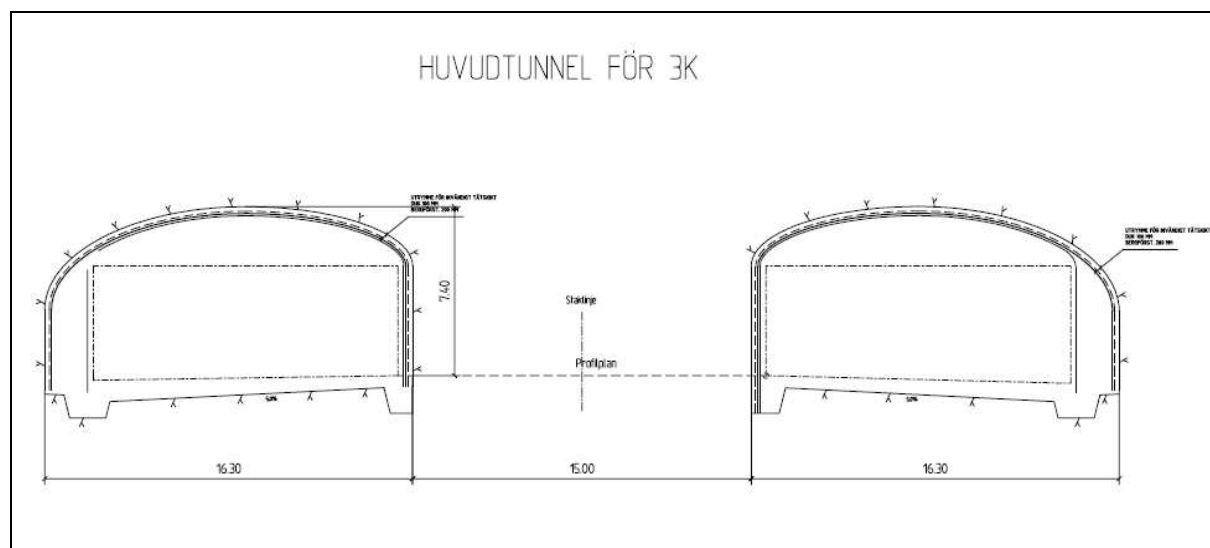
Figur 1. Plan för sträckan ca 25/800 – 26/300 med anläggningsdelar.

Tabell 2. Anläggningsdelar längs sträckan 25/800 – 26/300.

Anläggnings- nummer	Anläggningsdel	Längdmätning		Kommentar
		Start	Stopp	
	Bergtunnlar	25/800	25/915	Bergtunnel fortsätter längre söderut än angiven längdmätning 25/800
54G	Påslagsvalv	25/915	25/920,5	
546	Betongtunnlar	25/920,5	26/110	
571	Frånluftsstation	25/997	26/110	Frånluftstationen anläggs på öster om betongtunnlarna, i direkt anslutning till tunnelröret för norrgående trafik.
54S	Betongtråg	26/110	26/137	
	Väg på bank	26/137	26/200	
54N, 54M, 54P & 547	Broar	26/200	26/300	Broarna fortsätter längre norrut än angiven längdmätning, 26/300

#### 4.1 Bergtunnelanläggningar

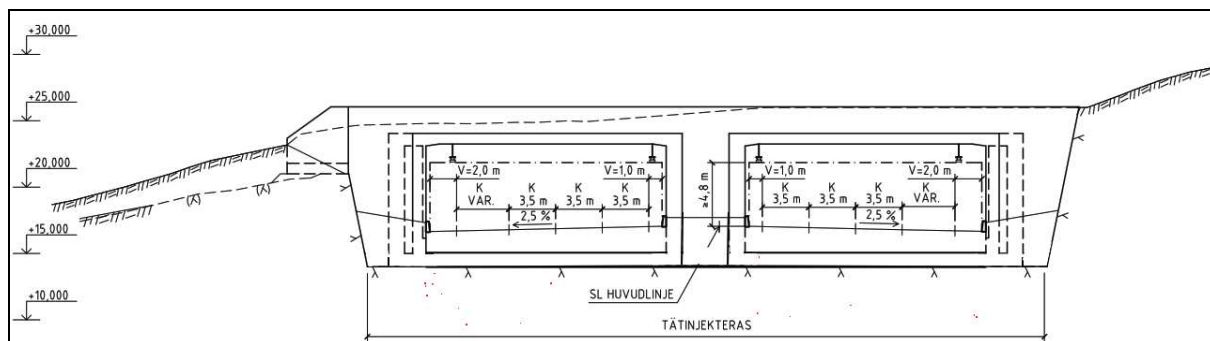
Tunnelarna byggs som separata bergtunnlar för varje körriktning och med tre körfält i vardera riktningen. Tunnelrörens mått kommer att uppgå till cirka 16 x 8 meter (tvärsnittsarean anges till cirka 124 m<sup>2</sup>) med en åtskiljande bergplint på cirka 15 m enligt typsektionen redovisad i Figur 2, se nedan.



Figur 2. Typsektion huvudtunnel med 3 körfält. Se även ritning i Bilaga 3-1.

## 4.2 Betongtunnel- och tråganläggningar

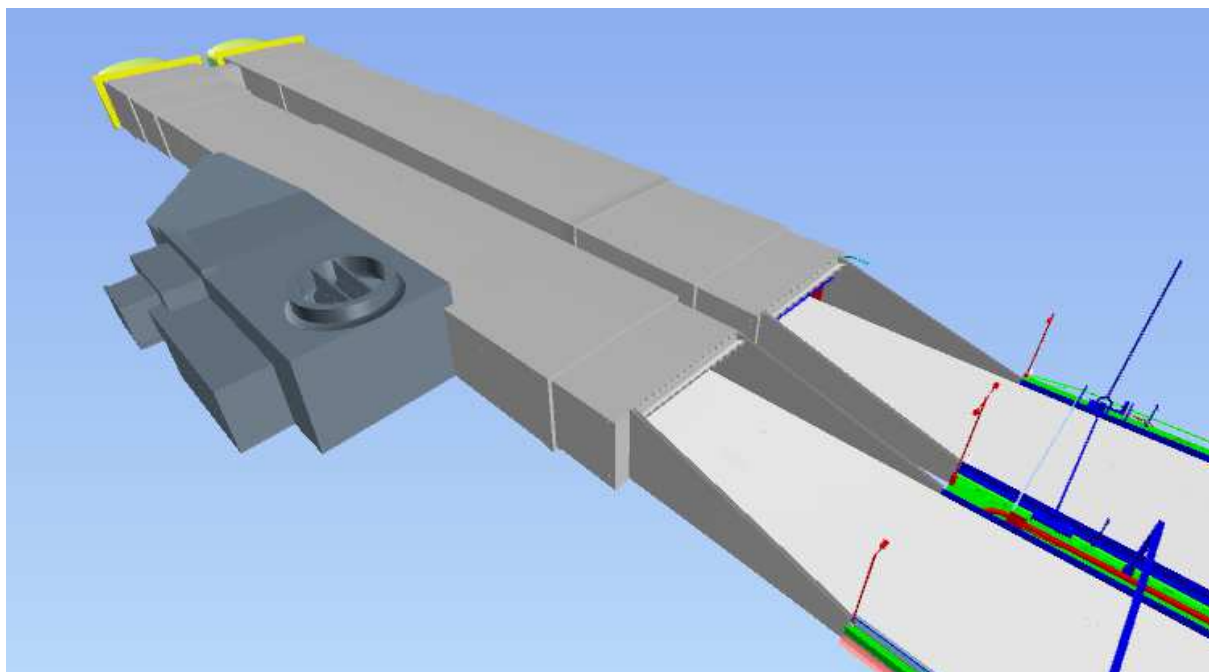
Vid Vålberga övergår bergtunnlarna i betongtunnlar och tråg varefter vägen sedan går i ytläge. Betongtunnlar och tråg utförs med sluten botten i betong.



Figur 3. Typsektion betongtunnel 26/110. Principskiss, slutgiltig design utarbetas av entreprenör.

## 4.3 Frånluftsstationsanläggning

I anslutning till tunnelmynningen behöver tunnelluften ventileras bort för att minska halten av föroreningar vid mynningen. Detta sker genom en frånluftsstationer med ett s.k. avluftstorn.



Figur 4. Frånluftsstation Lunda och anslutande betongkonstruktioner i form av tunnlar och tråg. Principskiss, slutgiltig design utarbetas av entreprenör (avluftstornets fulla höjd redovisas inte i denna figur).

## 5 Byggmetoder

Avsnittet beskriver olika metoder som kan användas under anläggande av Förbifart Stockholm vid byggande under markytan i jord och berg. Trafikverket har valt en byggmetod för bergtunnlar och bergutrymmen som innebär borrhning och sprängning.

För att kunna ta tillvara ny kunskap och erfarenhet kommer Trafikverket att låta entreprenörer ha en viss frihet att föreslå olika tekniska lösningar. Det finns några möjliga alternativ till tekniska lösningar som vanligen används och dessa beskrivs nedan.

## 5.1 Bergtunnlar

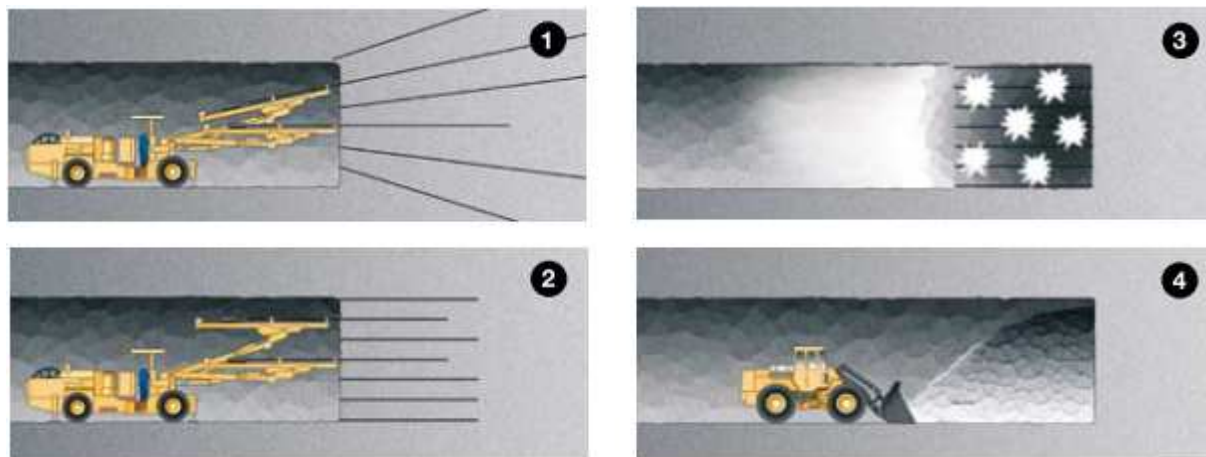
Förbifart Stockholm kommer till största delen att gå i bergtunnlar. Stockholm har en berggrund som är lämplig för tunnlar. Den metod som kommer användas för tunneldrivningen är den som traditionellt använts vid flertalet bergtunnelprojekt i Stockholmsregionen och som innebär att man genom borrhning och injektering först skapar en tätskärm i den bergvolym som sedan borrar och apteras med sprängmedel och sprängs innan utlastning sker. I det följande avsnittet beskrivs byggande av bergtunnlar men samma principer gäller även för byggande av andra berganläggningar.

I Förbifart Stockholm används förinjektering, baserad på cementbaserade injekteringsmedel, som generell tätningsmetod för att motverka inläckage och åtföljande risk för grundvattensänkning. Efterinjektering kan bli aktuell om erforderlig täthet ej uppnås med förinjektering.

Tunnlarna sprängs ut succesivt med konventionell tunneldrivningsteknik där hela tunnelarean vanligtvis sprängs samtidigt. Vid sämre bergförhållande och när tunnelarean och takhöjden är större, såsom vid tunnelförgreningar, kan bergschakt behöva utföras i mindre etapper. Vid mycket liten bergtäckning och/eller där bergkvaliteten är dålig kommer bergschakt med stor sannolikhet att utföras med minskad indriftslängd och/eller pilotunnel som stegvis utökas till full area, detta med eller utan successiv bergförstärkning, allt för att säkerställa stabila förhållanden.

### 5.1.1 Generell beskrivning av tunneldrivning

Tunneldrivningen, dvs. byggandet av en bergtunnel, innebär i huvudsak fyra successiva moment enligt nedan följande beskrivning samt *Figur 5*.



Figur 5. De fyra huvudsakliga momenten vid tunneldrivning genom borrhning och sprängning.

Förklaring av de olika huvudsakliga momenten vid tunneldrivningen:

1. Förinjektering  
Förinjektering innebär att berget runt den blivande tunneln tätas med injekteringsmedel.
2. Borrhning och laddning av spränghål  
Efter förinjektering borrar cirka 100-250 stycken 2-6 m långa hål som fylls med sprängmedel.
3. Sprängning  
En sprängsalva består av 100-250 styrda detonationer. Sprängningen sker enligt ett förutbestämt mönster för att berget ska falla ut på rätt sätt.
4. Utlastning  
Utlastning av bergmaterial sker med schaktmaskin



## 5.2 Öppen bergschakt i skärningar

Öppen bergschakt utförs vid skärningar i berg och innan tillräcklig bergtäckning har erhållits så att tunneldrivning kan påbörjas.

Vid tråg och betongtunnel utförs ridå- och botteninjektering vid behov före berguttagets början för att begränsa inläckaget av grundvatten i den blivande bergskärningen. Ridå- och botteninjektering utförs oftast som kontinuerlig och systematisk förinjektering med cementbaserat injekteringsmedel och kompletteras vid behov med efterinjektering.

Ridåhål placeras någon meter utanför planerad schaktkontur och så nära spanten som möjligt. Placering av kompletterande ridåhål anpassas till rådande förhållande såsom förekomst av vattenförande sprickor. Slutlig placering av ridåhål bestäms vid genomförandet och med hänsyn till bland annat bergytan, rådande grundvattenförhållande samt eventuell förekomst av skyddsobjekt.

Botteninjektering utförs huvudsakligen efter ridåinjektering och oftast före bergschaktningsarbetenas början. Injekteringshålen borras i ett rutnämönster till minst samma undre nivå som ridåinjekteringen.

## 5.3 Tät stödkonstruktion vid jordschakt

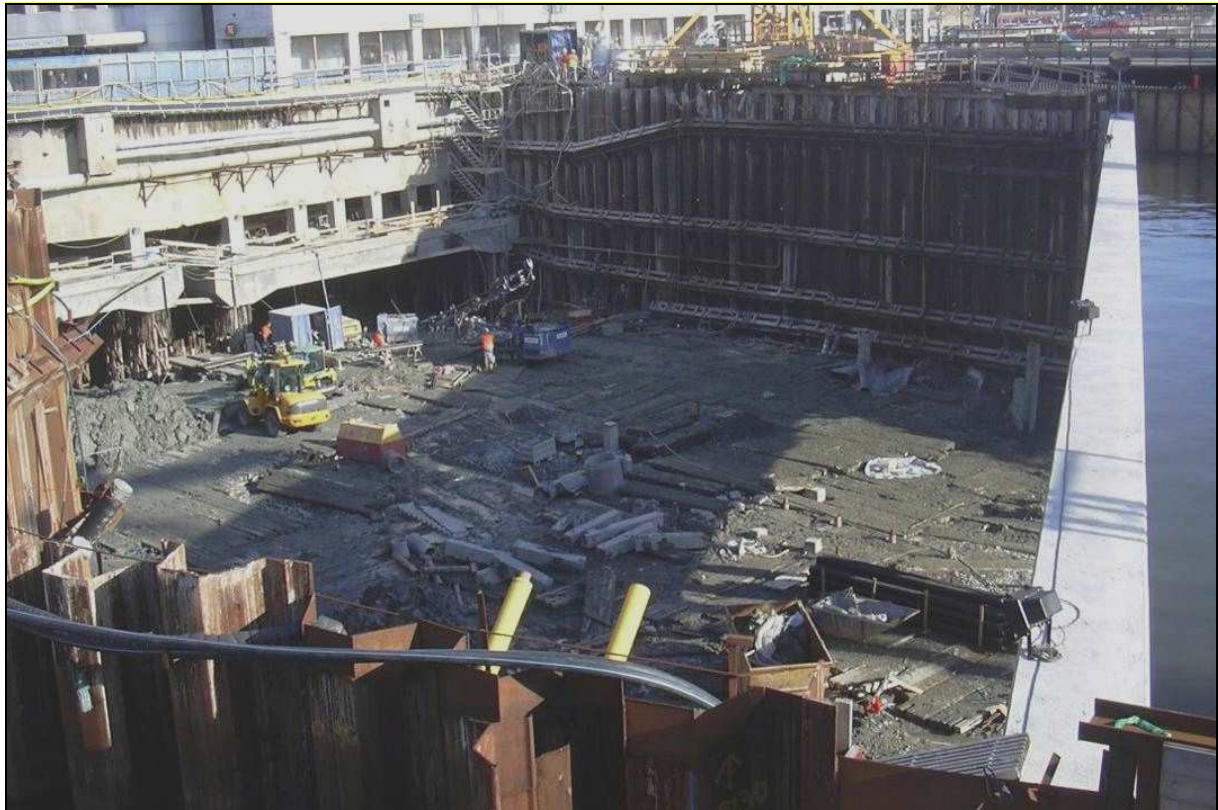
Djupa jordschakt utförs inom tillfälliga eller permanenta täta stödkonstruktioner (benämns härefter tätkonstruktion) av stabilitets- och utrymmesskäl samt för hydraulisk avskärmning för att förhindra grundvattensänkning i omgivningen. Schaktning kommer att utföras i torrhet, vilket som grundprincip innebär att grundvattensänkning endast utförs inom tätkonstruktion och till lägst 0,5 m under blivande schaktbotten, eller till sådant djup att stabilitetsproblem inte uppstår. I vissa fall kan det krävas eller vara lämpligt att sänka grundvattennivåer även utanför en tätkonstruktion.

För att klara stabiliteten hos en tätkonstruktion används i huvudsak bakåtförankrade stag som borras snett utåt och förankras i berg eller i jord. I samband med borring för stagsättning uppkommer läckage som påverkar grundvattnets trycknivå och som kan medföra jorderosion med lokala marksättningar till följd. Tätning av hål utförs med expanderande tätuffar eller med kemiska tätningsmedel (polyuretan).

För kontroll av tätningsåtgärdernas effekt utförs provpumpning. Vid kontrollen sänks grundvattennivån inom tätkonstruktionen samtidigt som grundvattennivåer mäts inom och utanför densamma. Konstateras ett för stort inläckage görs kompletterande tätningar. För att undvika skadlig grundvattensänkning kan skyddsåtgärd i form av skyddsinfiltration komma att erfordras.

### 5.3.1 Stålspont

Tillfällig tätning med stålspont är ett vanligt tillvägagångssätt och är användbart eftersom det är en relativt snabb och inte så utrymmeskrävande metod, se *Figur 6* för exempel. Metoden är väl beprövad bland entreprenörer och projektörer.



Figur 6. Exempel på stålspont med hammarband och bakåtförankring.

En konstruktion med stålspont utförs som bakåtförankrad tätspont eller med stämp mellan spontväggar. De enskilda spontplankorna slås genom jordlagren ner till stopp. Med tätspont menas att spontplankorna hakar i varandra för minsta möjliga glipor. Stopp kan ske mot block eller berg. För tätning av spontfot, dvs. från spontens underkant till berg, utförs jetinjektering med cement, som s.k. jetpelare. Stabilisering av spontfot vid berg görs med ståldubbar som gjuts fast. I samband med tätning av sprickzoner i berg görs lokal anpassning. Vid behov tätas även berget inom spontväggarna med botteninjektering.

#### *Tätning av spontfot*

Jetpelare utförs nerifrån och uppåt, från ca 0,5 m under uppsprucket och vittrat ytberg, genom jordlager vid spontfot upp till minst 0,3 m över spontplankans underkant. Vid etablering av dessa jetpelare tas särskild hänsyn till tolkad bergyta samt närliggande spontplankors underkant så att en fullständig överlappning erhålls. För styrning och analys av jetpelare används uppgifter från förborring (borrsjunkning, matningskraft etc.) och jetinjektering (cementåtgång, injekteringstryck, återflöde etc.). Jetpelare utförs lämpligast genom rör som är svetsade på utsida spont, men kan även utföras utan rör.

Provpelare för jetinjektering utförs inom schakten för att kontrollera lämpliga tryck och utmatningsmängd. Provpelarna kontrolleras med kärnborring alternativt framschaktning.

I avsnitt längs spontfot där ordinär jetinjektering med cement inte ger erforderlig täthet kan särskild tätningsmetodik användas. Exempel på detta är användning av kemiska medel enskilt eller i kombination med cement.

I de avsnitt där berget schaktas fram vid spontfot kan en förankrad tätande kantbalk av armerad betong utföras. Kantbalken förankras i berg med bultar som har en längd som är anpassad till planerat

schaktdjup. Balken tätar mot grundvatteninläckage och säkerställer att sponten hålls fast mot berg i samband med sprängning. Balken och dess bultar hjälper även till att förstärka berget. Vid bergschakt djupare än ca 2 m under kantbalken kan dock ytterligare bultning av berget bli nödvändig.

#### *Ridåinjektering och botteninjektering i berg*

För att reducera inflöde av grundvatten via berg genomförs tätning under och längs med spont med ridåinjektering samt av bergbotten med botteninjektering. Ridåinjektering i spontlinjen utförs vanligen efter att jetpelare installerats. Ridåinjekteringen utförs genom samma rör som jetpelarna installerats genom eller i särskilda rör. Rören urborras och tätningsmanschett installeras ofta på olika djup i borrhålen för sektionering av tätningsinsatserna. Ridåinjekteringen görs så att man får en sammanbindning med ovanliggande tätning med jetpelare.

Botteninjektering görs från frilagd naturlig bergyta innan sprängning ner till färdig schaktbotten, alternativt genom foderrör innan bergytan frilagts. Injektering görs i huvudsak med cementbaserade tätningsmedel, i vissa fall används alternativa tätningsmedel som t.ex. polyuretan. Vid botteninjektering tas hänsyn till dominerande sprickriktningar samt utförs så att tätningen ansluter till ridåinjekteringen i berg.

## **5.4 Konstruktioner**

Konstruktioner som beskrivs i detta avsnitt består av betongtunnlar och tråg. Dessa konstruktioner byggs från markytan och i torrhet. Byggnad i torrhet under grundvattennivåer medför att grundvattenbortledning behöver genomföras under byggskedet

I följande avsnitt beskrivs planerade utförande för betongtunnlar och tråg. I det följande avsnittet beskrivs viktiga aspekter på utformning och byggande av dessa konstruktioner med avseende på grundvattenpåverkan.

### **5.4.1 Betongtunnlar**

Betongtunnel utförs under markytan, från det läge där tunneln ska överfyllas till att bergtäckning medger att bergtunnel kan utföras.

Betongtunnlar grundläggs på berg och genomförs som ”cut-and-cover”, dvs. att konstruktioner byggs i ett schakt som sedan återfylls.

Konstruktioner utförs med tak, väggar och botten av betong. Under grundvattenytan utförs dessa konstruktioner med vattentät betong.

### **5.4.2 Tråg**

Tråget är en konstruktion med väggar och botten som används vid vägens övergång från markläge till undermarksläge där slänter inte utförs. Vanligen används tråg för att bibehålla grundvattennivåer i omgivningen.

Tråg utförs med sammanhängande betongväggar och betongbotten. Grundläggning sker på jord eller direkt på berg. Under grundvattenytan utförs dessa konstruktioner med vattentät betong.

### **5.4.3 Viktiga aspekter vid byggande av betongtunnlar och tråg**

Avsnitt med tråg och betongtunnlar är i princip täta och inga större mängder inläckande vatten uppkommer.

## 6 Anläggningar och åtgärder som utgör vattenverksamhet

I föreliggande bedömning av vattenverksamhet upptas inte de delar som redan behandlats i den tekniska beskrivning som ingick i ansökan om vattenverksamhet för laga kraft vunnen dom för tillstånd till vattenverksamhet för Förbifart Stockholm (Mål nr M 3346-11).

Till följd av ökad kunskapsnivå om rådande hydrogeologiska förutsättningar i Vålberga efter utförande av kompletterande undersökningar och analyser bedöms följande åtgärder leda till vattenverksamhet.

### 6.1 Bortledning av länshållningsvatten.

Det grundvatten som leds bort, länshållningsvatten, kommer att avledas på olika sätt beroende på vilket skede som avses, bygg- eller driftskede.

#### 6.1.1 Byggskedet

Jord- och bergschakt kommer utföras i direkt anslutning till bedömd magasinsgräns för grundvattenmagasin Järva 4 (Se PM Hydrogeologi för redogörelse för magasinindelning) och den kommer att skära vinkelrätt mot konstaterad skarp grundvattengradient. En tydlig risk för påverkan på grundvattennivåerna väster om schakt har kunnat konstateras. Mot öster faller grundvattennivån och sannolikt uppkommer ingen påverkan i denna riktning.

Större delen av jord- och bergschakten utförs under grundvattennivå och tillfällig tätkonstruktion behövs för att bygga i torrhet. Bergschakten för betongtunneln omfattar även schakten för frånluftsanläggningen som ligger parallellt med betongtunneln. Efter betongtunnelns slut vidtar ett betongtråg.

Under byggskedet kommer bortledning av länshållningsvatten att ske från bergtunnel samt jord- och bergschakt mellan Vålberga och Lunda. Identifierade vattenförande sprickzoner som schaktet skär bedöms vara svåra att injektera så att tillräcklig täthetsgrad uppnås. Bortledningen av vatten inom denna delsträcka föranleder därmed en risk för utökning av påverkansområde i nordvästlig riktning vilket omfattar stora delar av Vålberga.

#### 6.1.2 Driftskedet

De tätade bergtunnlarna kommer att medföra ett visst inläckage av länshållningsvatten under driftskedet. Inläckaget medför grundvattenpåverkan i berg och i grundvattenmagasin i jord.

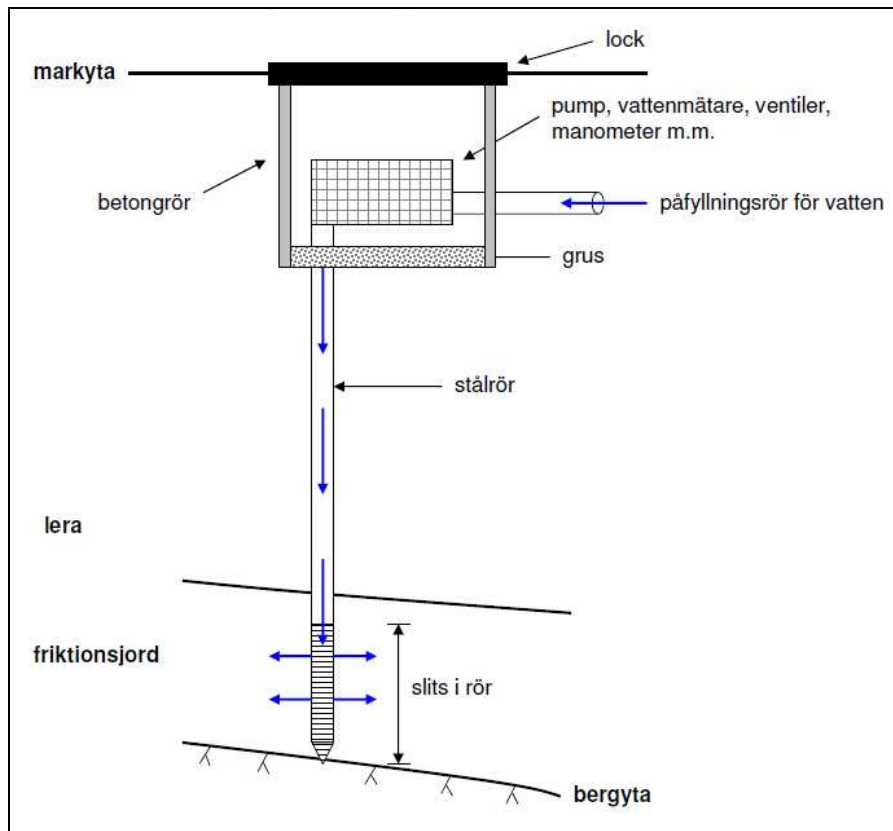
Det tätade jord- och bergschaktet kommer ge upphov till grundvattentransport från grundvattenmagasin Järva 4 till betongtunnelns återfyllda schakt. Fyllnadsmassorna runt betongtunnelrören är permeabla och utgör därmed en effektiv transportväg för det inläckande grundvatten. Bergschaktets geometri kommer att leda till att ett stalp skapas i höjd med betongtråget, vilket kommer att reglera grundvattennivån i hela det återfyllda schaktet. Anläggningens utformning bedöms medföra avledning av grundvatten från grundvattenmagasin Järva 4.

### 6.2 Skyddsinfiltation

För att minska omgivningspåverkan kommer tillförsel av vatten att göras till grundvattenmagasin, så kallad skyddsinfiltation, i anslutning till bergtunnlar och jord- och bergschakter. Infiltration görs i syfte att upprätthålla grundvattennivåer i jord i områden med identifierad sättningsproblematik.

Det bedöms vara aktuellt med tillfällig och eventuell permanent skyddsinfiltation längs delsträcka 25/600-26/200 i höjd med Vålberga. Placering sker på lämplig plats inom bedömt påverkansområde i anslutning till skyddsobjekt.

Infiltrationsbrunnar dimensioneras utifrån utförda geotekniska och hydrogeologiska undersökningar och beräkningar. Infiltrationsbrunnar utförs som grusfilterbrunnar, se Figur 7 för exempel på rörbrunn för skyddsinfiltation.




Figur 7. Exempel på rörbrunn för skyddsinfiltation.

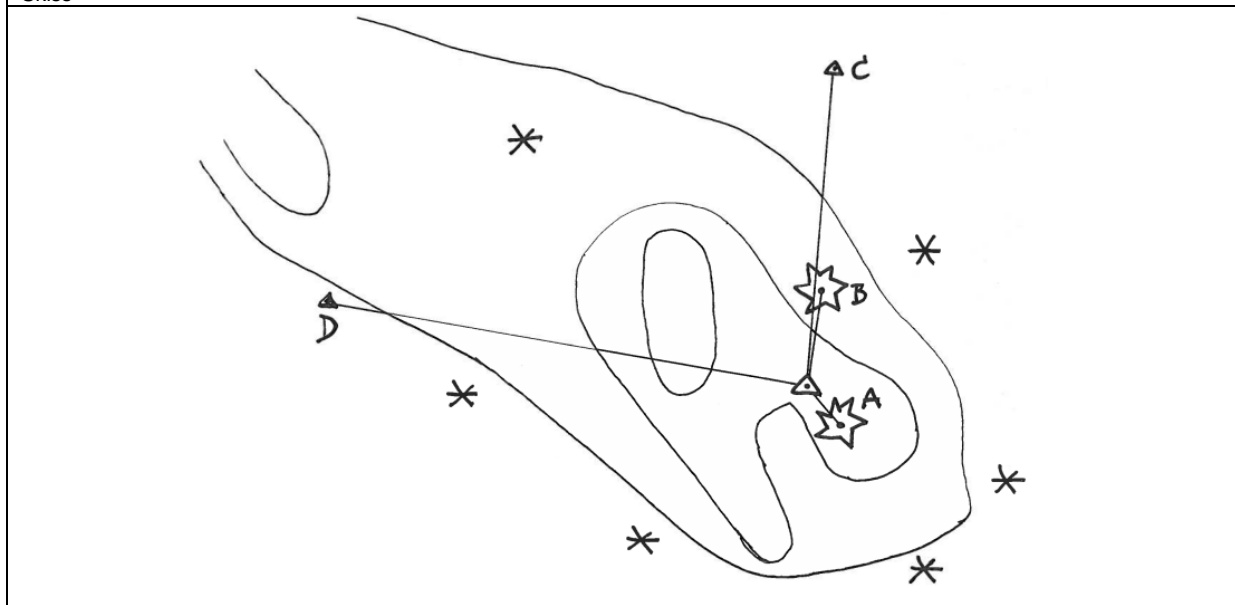
**Bilaga 1.**

**Punktbeskrivning fixpunkt, 500 11 138**

Punktnummer
<b>500 11 138</b>

Konsult/Entreprenör 	<b>PUNKTBESKRIVNING</b>	
	Punkttyp	
	Brukspunkt	
Kommun	Område	Anläggningsdel (om relevant)
Stockholm	Lunda / Vålberga	FSK05
Typ av markering (för mätarm, konsol e. dyl. ange fabrikat, längd och prismatyp)		
Dubbs i berg (db)		
Belägenhet (text)		
På skogklätt höjdparti med gles tallskog, ca 50 m NV Bergslagsvägen, ca 100 m SO närmaste radhus i Lunda		

Skiss



Försäkringsmarkeringar

punkt	Markering	Riktning (gon)	Avstånd (meter)
A	Tall med bricka	152	2,35
B	Tall	8	4,60
C	PP SBK 142460 (rb)	5	15,0
D	PP SBK 129784 (rb)	312	23
E			

Upprättad av

Anders Boberg

Kartklipp

Upprättad

2013-11-21

Beräkningsdatum

Fotografi

