

## TEKNISK BESKRIVNING

Tillstånd för vattenverksamhet och arbeten i anslutning till Natura 2000-område

# Varbergstunneln, Väst kustbanan, Varberg - Hamra

*Varbergs kommun, Hallands län*

Ansökan, projektnummer: 101107

2016-12-23



Dokumenttitel: Teknisk beskrivning  
Skapat av: Tyréns AB  
Dokumentdatum: 2016-12-23  
Dokumenttyp: Rapport  
DokumentID: 101107-04-041-002  
Ärendenummer: TRV 2015/15654  
Projektnummer: 101107  
Version: 1

Utgivare: Trafikverket  
Kontaktperson: Kenneth Rosell  
Uppdragsansvarig: Britta Hedman  
Distributör: Trafikverket, telefon: 0771-921 921

# Medverkande

## Trafikverkets organisation

Tf. Projektledare  
Biträdande projektledare  
Delprojektledare mark och konstbyggnader  
Delprojektledare bergtunnel  
Ansvarig Miljö- och tillstånd  
Ansvarig Miljö  
Tillståndsansökan  
Buller  
Förorenad mark  
Naturmiljö  
Ansvarig Teknik  
Geoteknik  
Hydrogeologi  
VA och avvattning

Kenneth Rosell  
Fredrik Karlander  
Björn Bjurklint  
Kenneth Rosell  
Jesper Mårtensson  
Katinka Klingberg Annertz  
Ann-Kristin Lundberg  
Peter Lindqvist  
Sofia Widengren  
Thomas Grönlund  
Hans Hargelius  
Anders Hallingberg, Carina Hultén  
Christian Butron  
Johan Jansson

## Konsultens organisation, Tyréns AB

Uppdragsledare  
Hydrogeologi  
Ytvatten och VA

Britta Hedman  
Sandra Martinsson, Bertil Sundlöf  
Katarina Schmidt

## Innehållsförteckning

1	Bakgrund.....	8
1.1	Projektets syfte.....	8
2	Syfte, omfattning och avgränsning .....	8
3	Planerad anläggning .....	9
3.1	Översikt.....	9
3.2	Anläggningsprocessen .....	14
3.3	Höjd- och koordinatsystem .....	17
4	Anläggningsutformning och byggmetoder .....	17
4.1	Norr om Getteröbron, Km 74+250 – Km 75+450 .....	19
4.2	Söder om Getteröbron inklusive tråg och betongtunnel, Km 75+450 – Km 77+250 .....	19
4.3	Bergtunnlar, Km 77+250 – Km 80+025 .....	22
4.4	Söder om bergtunnlar, Km 80+025 – Km 82+500 .....	26
4.4.1	Betongtunnel och betongtråg .....	26
4.4.2	Österleden.....	27
4.4.3	Vareborg.....	27
5	Förutsättningar – hydrologi och vattendrag.....	28
5.1	Vattendrag .....	30
5.1.1	Dagvattendiken i norr .....	30
5.1.2	Lassabackabäcken.....	30
5.1.3	Monarkbäcken.....	31
5.1.4	Bassängen inom Getteröns fågelreservat .....	31
5.1.5	Hamnbassängen.....	31
5.1.6	Brearedsbäcken .....	32
5.1.7	Dagvattendiken Breared och Vrånga .....	32
5.1.8	Vrångabäcken .....	33
5.1.9	Vare dikningsföretag och Nygårdsbäcken.....	33
6	Förutsättningar - geologi och hydrogeologi .....	34
6.1	Jordlager och grundvattennivåer .....	34
6.1.1	Norr om Getteröbron Km 74+250 – Km 75+450 .....	35
6.1.2	Söder om Getteröbron inklusive tråg och betongtunnel Km 75+450 - Km 77+250 .....	36

6.1.3	Bergtunnlar, Km 77+250 – Km 80+025 .....	36
6.1.4	Söder om bergtunnlar, Km 80+025 – Km 82+500.....	37
6.2	Berggrund.....	37
6.2.1	Sprickzoner .....	40
6.3	Hydrogeologiska förutsättningar.....	42
6.3.1	Grundvattenbildning.....	42
6.3.2	Grundvattnets strömningsriktningar, strömningsförhållanden och hydraulisk kontakt .....	43
6.3.3	Hydrauliska parametrar.....	45
6.3.4	Allmän grundvattenkemi.....	46
7	Övriga förutsättningar .....	46
7.1	Området Getterön.....	46
7.2	Förorenade områden.....	47
7.3	Klimatpåverkan.....	50
8	Modellberäkningar .....	52
8.1	Ytvatten.....	52
8.1.1	Vattendragens läge och avrinningsområden.....	52
8.1.2	Dimensionerande flöden.....	54
8.1.3	Geometri .....	55
8.1.4	Parameterval och kalibrering .....	55
8.1.5	Redovisning av resultat .....	56
8.2	Grundvatten .....	56
8.2.1	Geologiska enheter - generell zonindelning.....	57
8.2.2	Randvillkor .....	60
8.2.3	Hydrauliska parametrar.....	60
8.2.4	Kalibrering .....	60
8.2.5	Beskrivning av grundvattensänkning och inläckage .....	61
9	Beskrivning av planerad vattenverksamhet samt verksamhet med påverkan på Natura 2000 .....	61
9.1	Verksamhet med påverkan på Natura 2000 .....	61
9.1.1	Buller och vibrationer.....	62
9.1.2	Grumling, sedimentation och föroreningsspredning.....	62
9.1.3	Inarbetade skyddsåtgärder.....	63

9.2	Vattenverksamhet – ytvatten.....	63
9.2.1	Inarbetade skyddsåtgärder - generellt.....	66
9.2.2	Bassängen inom Getteröns fågelreservat .....	66
9.2.3	Dagvattendike norr om godsbangård .....	67
9.2.4	Lassabackabäcken.....	67
9.2.5	Monarkbäcken.....	68
9.2.6	Brearedsbäcken .....	69
9.2.7	Dagvattendiken Breared och Vrånga .....	71
9.2.8	Vrångabäckens västra gren (biflöde) .....	71
9.2.9	Vrångabäckens östra gren (huvudfåra).....	73
9.2.10	Möjliga skyddsåtgärder .....	74
9.3	Vattenverksamhet – grundvatten .....	75
9.3.1	Norr om Getteröbron, Km 74+250 – Km 75+450 .....	75
9.3.2	Söder om Getteröbron inklusive tråg och betongtunnel, Km 75+450 – Km 77+250 .....	75
9.3.3	Bergtunnel, Km 77+250 - Km 80+025 .....	81
9.3.4	Söder om bergtunnel, Km 80+025 – Km 82+500 .....	83
9.3.5	Påverkansområde – vattenverksamhet, grundvatten .....	87
9.3.6	Sammanfattning grundvattenbortledning .....	92
10	Hantering av byggavloppsvatten, och inläckande grundvatten.....	93
10.1	Byggskede .....	93
10.1.1	Byggavloppsvattnets bedömda kvalitet, avsnitt 1-7 .....	97
10.1.2	Förslag till reningsåtgärder avseende byggavloppsvatten.....	99
10.1.3	Utsläppspunkter, A-D.....	101
10.1.4	Belastande flöden från schakter .....	101
10.1.5	Belastande flöden från tillfälliga upplagsytor .....	103
10.1.6	Hantering av byggavloppsvatten vid vanlig drift i byggskede .....	103
10.1.7	Hantering vid bräddning i byggskede.....	105
10.1.8	Beräkning av kvävemängder och halter .....	106
10.2	Sammanfattning – hantering av byggavloppsvatten.....	108
10.3	Driftskede.....	111
11	Följdverksamheter.....	111
11.1	Masshantering, byggtransporter och trafikomläggning .....	111

11.2	Luftkvalitet .....	112
11.3	Buller, vibrationer och stomljud.....	112
12	Referenser.....	113

## Bilagor

Bilaga 1 – Planritningar ytvattenverksamhet

Bilaga 2 – Vattendragsprofiler

Bilaga 3 – Flödesschema reningsanläggningar för byggavloppsvatten

# 1 Bakgrund

Västkustbanan mellan Göteborg och Lund är en av Sveriges viktigaste järnvägar för både persontrafik och godstrafik på regional och nationell nivå. Genom sin anslutning till Södra stambanan i Lund förbinder Västkustbanan Sveriges andra och tredje största städer, Göteborg och Malmö, till varandra. Den är även en naturlig förbindelse till Köpenhamn och vidare ut i Europa via Öresundsbron. Den cirka 30 mil långa banan ingår i EU:s utpekade transportnätverk Trans European Network (TEN-T) och i det av Trafikverket utpekade strategiska godsnetet.

Sedan 1980-talet har Västkustbanan byggts ut från enkelspår till dubbelspår med avsikten att skapa ett snabbt, effektivt och miljövänligt transportmedel för både människor och gods. Idag är cirka 88 % av banan utbyggd till dubbelspår. I Halland är det endast sträckan Varberg-Hamra som fortfarande är enkelspårig. Övrig kvarvarande enkelspårig sträcka är sträckan Ängelholm-Helsingborg.

## 1.1 Projektets syfte

Målet för Västkustbanan är dubbelspår längs hela sträckningen, eftersom det behövs för att möta transportsystemets behov av ökad kapacitet. Ett fullt utbyggt dubbelspår ger möjlighet till ökad turtäthet, attraktiva tåglägen för godstrafiken, kortare restider och ökad tillförlitlighet i hela transportsystemet.

Ändamålet för utbyggnaden genom Varberg har formulerats i fyra punkter utifrån tidigare utredningar och de transportpolitiska målen:

- Möta transportsystemets behov av ökad kapacitet
- Ökad trafiksäkerhet
- Förbättrad miljö
- Station i centrum behåller och utvecklar en levande och attraktiv stadskärna

## 2 Syfte, omfattning och avgränsning

Denna tekniska beskrivning utgör en del av den samlade tillståndsansökan avseende vattenverksamhet enligt kapitel 11 i miljöbalken samt verksamhet med påverkan på Natura 2000-område enligt kapitel 7 i miljöbalken.

Denna tekniska beskrivning redovisar hur vattenverksamhet, både med avseende på grund- och ytvatten, kommer att bedrivas vid anläggandet av dubbelspår längs sträckan Varberg-Hamra.

Vattenverksamheten är knuten till grundvattenbortledning i samband med anläggandet av:

- järnväg i betongtråg och betongtunnlar
- järnväg i bergtunnel
- servicetunnlar och tvärtunnlar i berg
- vägportar under järnväg

Vidare omfattar vattenverksamheten även anläggningsarbetenas påverkan på korsande och närliggande vattendrag.

Syftet med den tekniska beskrivningen är:

- Beskriva hur vattenverksamheten kommer att bedrivas samt de anläggningar och arbeten som ger upphov till vattenverksamheten.



- Redovisa vilka vattenmängder som kommer att behöva hanteras och bort- eller omledas.
- Beskriva de anläggningar som planeras för hantering, rening och avledning av byggavloppsvatten i byggskedet samt inläckande grundvatten i driftskedet.

I denna tekniska beskrivning beskrivs framtagna påverkansområden, med avseende på grundvattenbortledning, samt de beräkningar och bedömningar som ligger till grund för dessa. Vidare beskrivs även den direkta påverkan som kommer ske på ytvattendrag och ytvattenmiljöer. Denna tekniska beskrivning behandlar också de skyddsåtgärder som planeras för att minimera påverkan från vattenverksamheten.

Utöver vattenverksamheten beskrivs också kortfattat de verksamheter, arbetsmoment, som kan komma att medföra påverkan på Natura 2000-området Getteröns fågelreservat.

Effekter och konsekvenser som vattenverksamheten, samt verksamheter med påverkan på Natura 2000-området, kommer att ge upphov till beskrivs i MKB:n som tillhör tillståndsansökan.

## **3 Planerad anläggning**

### **3.1 Översikt**

Projektet omfattar en utbyggnad till dubbelspår av Västkustbanan mellan Varberg och Hamra, en sträcka på cirka 7,5 kilometer, se Figur 3-1 och Figur 3-2.

Under centrala Varberg planeras järnvägen gå i en tunnel. I norr ansluter planförslaget till det befintliga dubbelspåret vid Km 74+100 (74 Km och 100 meter från Västkustbanans nollpunkt i Göteborg). I söder ansluter planförslaget till befintligt dubbelspår vid cirka Km 82+800. Översiktsprofil längs hela sträckan visas i Figur 3-4.

Norr om Getteröbron (cirka Km 75+500) anläggs en ny godsbangård. I centrala Varberg kommer järnvägen sänkas ned och gå i tråg och tunnel. Stationen för resandeutbyte planeras ligga cirka 150 meter norr om det befintliga stationshuset. Det nya plattformsområdet ligger nedsänkt cirka 9 meter i ett tråg. Direkt söder om plattformarna övergår tråget i en täckt betongtunnel. Under staden går järnvägen i en gemensam bergtunnel för bägge spåren, i texten även kallad spårtunnel. Parallellt med spårtunneln planeras en service- och räddningstunnel. Service- och spårtunneln kommer att förbindas med tvärtunnlar. Spår-, service- och tvärtunnlar visas i Figur 3-3. Planförslaget ansluter till den befintliga järnvägen vid Vareborg, Hamra.

De hydrogeologiskt mest betydelsefulla delarna av järnvägssträckningen och korsande vägar är de delar som planeras förläggas under markytan, eller mer specifikt under grundvattenytan.

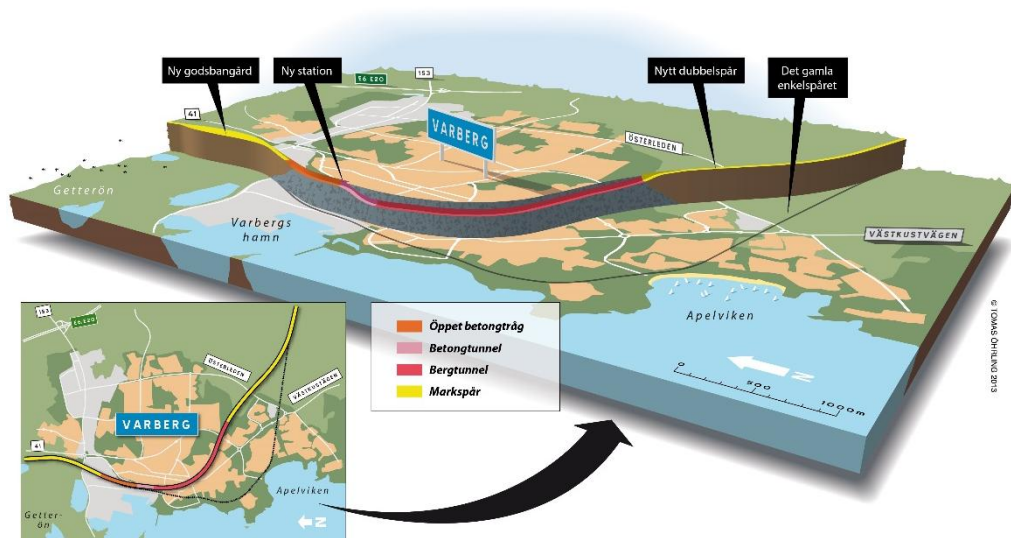
De delar som förläggas under markytan är:

- betongtråg i norr och i söder
- betongtunnel i norr och söder
- bergtunnlar (spårtunnel, servicetunnel och tvärtunnlar)
- vid korsning med Österleden där vägen kommer att förläggas under järnvägen

- vid korsning i Väreborg där lokalvägen kommer att förläggas under järnvägen

Tråget börjar i norr vid cirka Km 76+000 och övergår vid ett djup av cirka 10 meter under markytan till en betongtunnel vid cirka Km 77+000. Betongtunneln övergår vid ett djup av cirka 15 meter under markytan till en bergtunnel vid längdmätning cirka Km 77+250. Bergtunnelns terrass ligger som djupast cirka 35 meter under markytan och sträcker sig fram till cirka Km 80+030 där den ansluter till en betongtunnel cirka 13 meter under markytan. Betongtunneln sträcker sig fram till cirka Km 80+125 där den på ett djup av cirka 7 meter under markytan övergår i ett tråg till cirka Km 80+330 då spåret går upp i markytan.

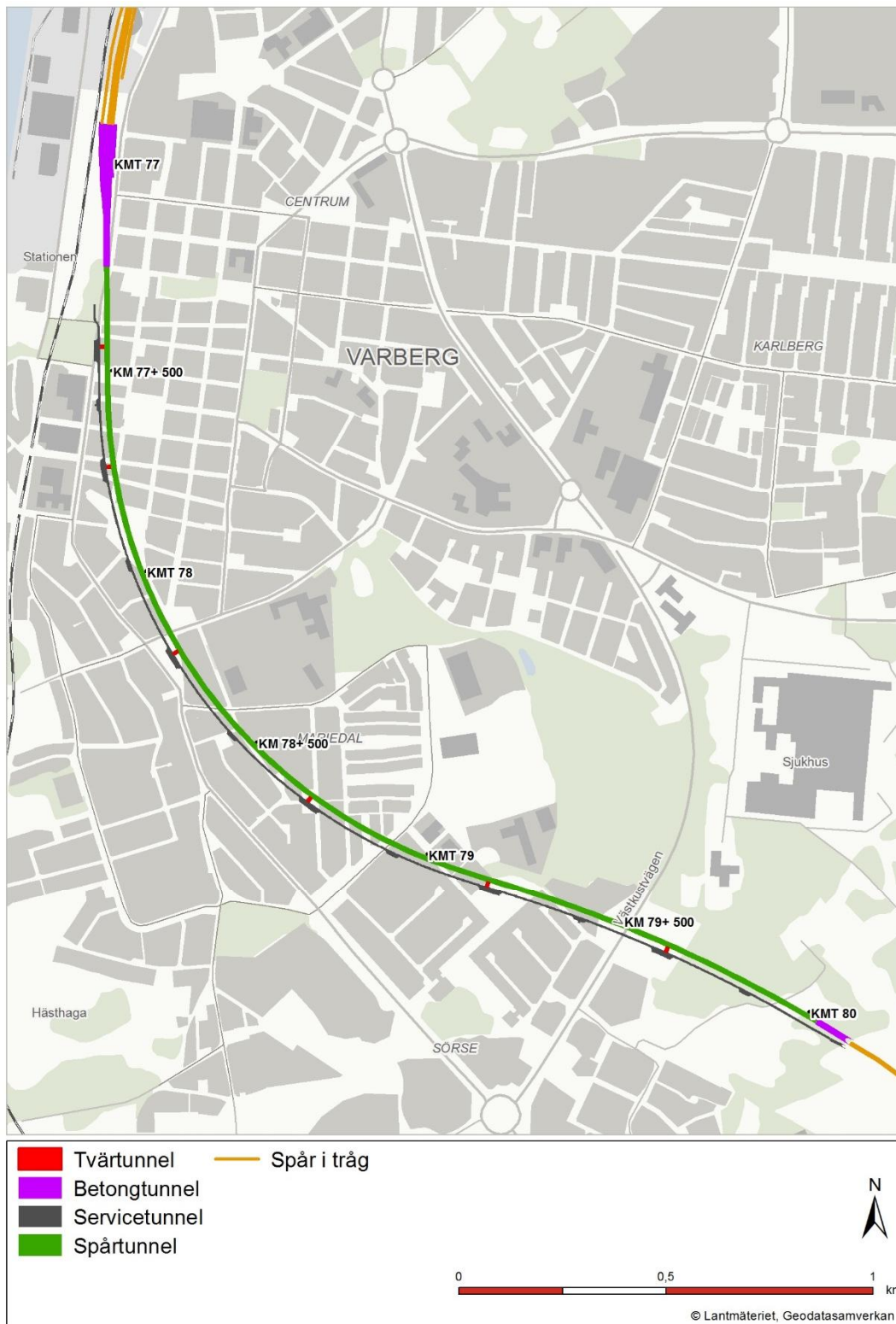
Tråg och betongtunnel kommer byggas som i princip täta konstruktioner varför dessa anläggningar inte ska medföra någon betydande påverkan på grundvattennivåerna i driftskedet. Under byggskedet kommer dock grundvattensänkning att krävas inom och i anslutning till schakter för tråg och betongtunnlar. Bergtunnlarna kommer att tätas genom injektering, men i både bygg- och driftskede kommer ändå ett visst inläckage av grundvatten att föreligga.



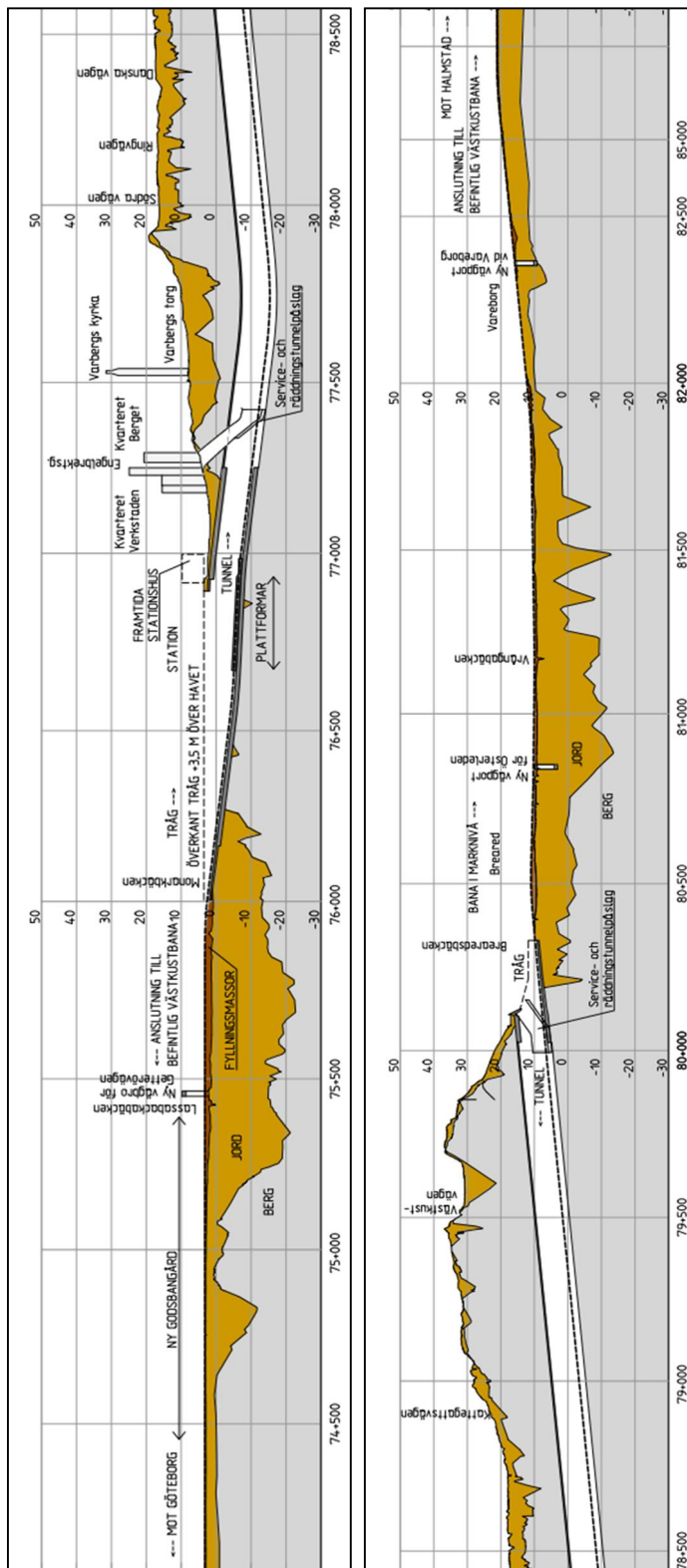
Figur 3-1. Översiktsillustration av hur den planerade järnvägen kommer att löpa genom Väreborg.



Figur 3-2. Översiktsbild över planerad anläggning.



Figur 3-3. Spårtunnel och servicetunnel tillsammans med tvärtunnlar.



Figur 3-4. Översiktsprofiler över utbyggnadssträckan. Observera att figuren är schematisk och generaliserad. Djupet till berg är i vissa delar av figuren något missvisande eftersom kompletterande undersökningar avseende djup till berg har genomförts efter framtagandet av figuren.

### 3.2 Anläggningsprocessen

För att nuvarande järnvägstrafik ska fungera under hela byggskedet krävs byggande i flera etapper, se Tabell 3-1 och Figur 3-5. Den totala byggtiden, inklusive återställning och rivning av befintlig järnväg, är planerad till åtta år, från 2019 till 2026.

Arbetena i den förberedande etappen utgörs framförallt av ledningsomläggningar. För etappindelningen i Tabell 3-1 ligger fokus på de norra och centrala delarna av järnvägssträckningen där de stora järnvägsomläggningarna behöver göras. Mark- och spårarbeten pågår även söder om bergtunneln liksom anläggande av de nya planskildheterna vid Österleden och Vareborg. Dessa arbeten är inte tidskritiska och är oberoende av etappindelningar. De har därför inte beskrivits i tabellen.

Etapperna är styrda av olika beroenden enligt följande:

1. Tråget, betongtunneln och den nya stationen ska byggas där tågtrafiken går idag. Trafiken måste därför flytta till tillfälliga spår under byggtiden.
2. Den tillfälliga stationen planeras där dagens godsbangård ligger. Detta medför att den nya godsbangården i norr måste vara färdigbyggd innan den tillfälliga stationen kan etableras.
3. För att tågen ska nå den tillfälliga stationen och för att den nya godsbangården ska kunna anslutas måste en ny Getteröbro byggas och den gamla rivs.

Tabell 3-1. Möjlig etapputbyggnad.

Etapp	Beskrivning
Förberedande	Ledningsomläggningar längs hela sträckan, framförallt i de norra delarna. Vissa ledningsomläggningar vid nya Getteröbron måste utföras innan grundläggningsarbetena för bron påbörjas.
1	Byggandet av Getteröbron påbörjas. Anläggande av en ny godsbangård påbörjas i norr. Ungefär i samband med detta eller strax efter börjar bergtunnlarna drivas både från norr och söder. Gångbro över befintliga spår byggs. I norr påbörjas också schakt för en mindre del av betongtunneln.
2	Gamla Getteröbron rivs. Påbörjad omläggning av tillfälliga spår. Godstrafiken flyttas till den nya godsbangården. Större trafikpåverkande arbeten i järnvägsanläggningen följt av enkelspårsdrift. Fortsatt bergtunneldrivning.
3	Mindre trafikpåverkande arbeten i järnvägsanläggningen och tillfälliga spår läggs samt en tillfällig station uppförs strax väster om befintlig station. Fortsatt bergtunneldrivning.
4	Tillfälliga spår och tillfällig station är i drift och ett större arbetsområde för betongtråg och betongtunnel frigörs. Byggandet av tråg och betongtunnel påbörjas. Fortsatt bergtunneldrivning.
5	Byggandet av tråg och betongtunnel avslutas. Nya spår läggs i tråg, betong- och bergtunnel, testkörningar.
6	Anslutning till Västkustbanan och Viskadalsbanan.
7	Den färdiga spåranläggningen öppnas för trafik. Inledningsvis med enkelspårsdrift. Tillfällig station tas bort.
8	Återställning och rivning av befintliga spår.





### **3.3 Höjd- och koordinatsystem**

I handlingarna avseende aktuell tillståndsansökan anges plusnivåer enligt RH2000. Tillämpat koordinatsystem i plan är SWEREF 99 12 00.

## **4 Anläggningsutformning och byggmetoder**

I denna tekniska beskrivning, samt även i tillhörande miljökonsekvensbeskrivning, utgår beskrivningar och bedömningar utifrån en indelning av den aktuella järnvägssträckningen i fyra karaktärsområden, se Figur 4-1.

- Norr om Getteröbron , där markspår kommer anläggas
- Söder om Getteröbron, där markspår, betongtråg och betongtunnel kommer anläggas
- Bergtunnlar (spårtunnel, servicetunnel och tvärtunnlar)
- Söder om bergtunnlar, där betongtunnel, betongtråg och markspår kommer anläggas. Vidare kommer även vägportar att anläggas, där Österleden ska sänkas ned under järnvägen och där en lokalväg ska sänkas ned under järnvägen i Vareborg.

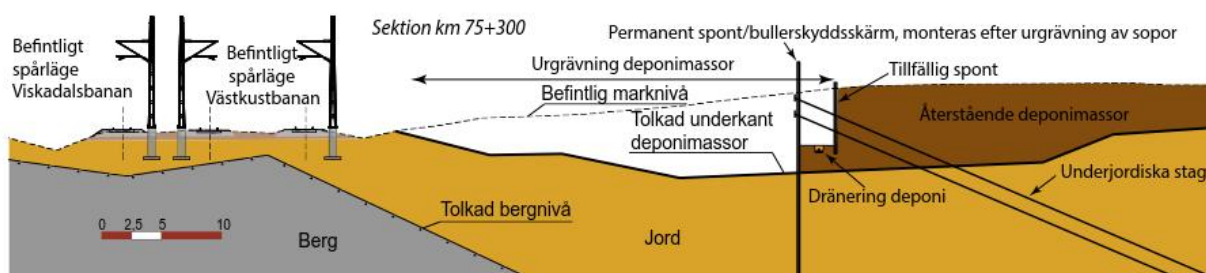
Följande beskrivning av byggmetoder och anläggningsutformning följer denna områdesindelning.



Figur 4-1. Karaktärsområden som beskrivs i texten.

#### 4.1 Norr om Getteröbron, Km 74+250 – Km 75+450

Norr om Getteröbron kommer järnvägen förläggas i marknivå. Vid Lassabackadeponin kommer en ny godsbangård att anläggas, vilket innebär att spårområdet breddas jämfört med nuvarande förhållanden. I samband med detta kommer befintlig dräneringslösning förändras, genom att separata dräneringar för omhändertagande av lakvatten respektive dräneringsvatten från järnvägsområdet anläggs. En spont installeras som avskiljer dessa ledningar och separerar lakvattenflödet från deponin och dräneringsvattnet från järnvägsområdet. En viss urschaktning av deponin kommer att utföras. Vidare planeras ett underjordiskt dagvattenmagasin inom den västra sidan av godsbangården, för omhändertagande av dagvatten från den färdiga bangården. I Figur 4-2 visas en principskiss över järnvägen i förhållande till deponin och planerad urgrävning av deponimassor, samt avgränsande spont.



Figur 4-2. Vy mot söder visande södra delen av den planerade godsbangården. Sektionen visar området där det kommer att krävas utschaktning av deponimassor ur Lassabackadeponin.

#### 4.2 Söder om Getteröbron inklusive tråg och betongtunnel, Km 75+450 – Km 77+250

Från Getteröbron, cirka Km 75+450, till Km 76+000 kommer endast markspår att anläggas. Från Km 76+000 kommer järnvägen att anläggas i tråg och från Km 76+900 i betongtunnel. Vid anläggandet av tråg och betongtunnel kommer stödkonstruktioner att krävas.

Mot bakgrund av rådande förhållanden och förutsättningar bedöms huvudmetoden för anläggandet av tråg och betongtunnel vara att en kraftig stålspont vibreras ned till berg. Grundläggning kommer att ske i berg längs större delen av sträckan.

Sponten förankras och vid övergången mellan spontfot och bergöveryta utförs injektering för att minimera inläckage av grundvatten. Vid behov kan det bli aktuellt med ridå- och/eller botteninjektering av sprickzoner i berget för att minimera grundvatteninläckage.

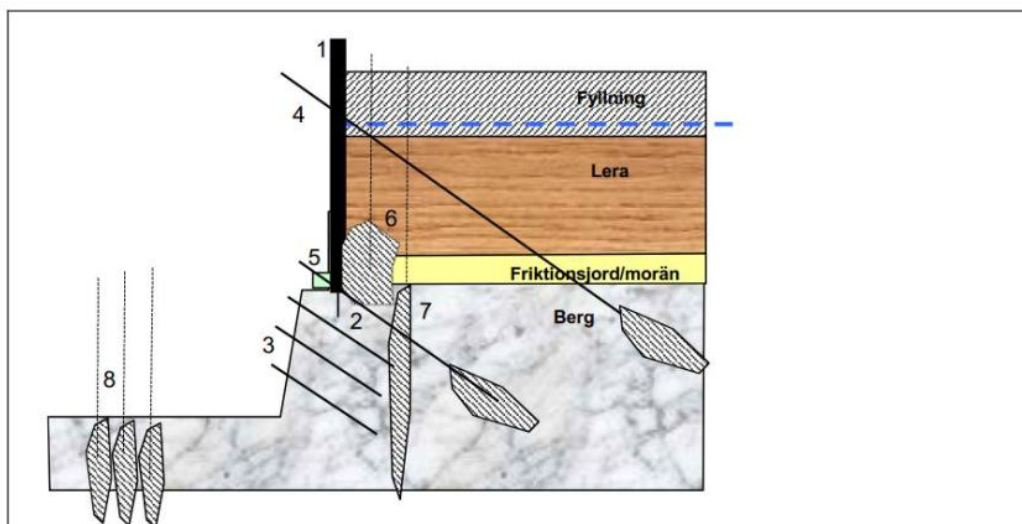
En principskiss som schematiskt visar stödkonstruktioner presenteras i Figur 4-3 (med förklaring i Tabell 4-1) och även i Figur 4-4.

Längs delar av sträckan, vid kvarteret Verkstaden samt den befintliga stationsbyggnaden (cirka Km 77+100 till Km 77+250), är utrymmet alltför begränsat och bebyggelsen ligger alltför nära för att möjliggöra vibrerad spont. Ett möjligt alternativ till vibrerad spont är borrade rörspont som kan installeras närmare bebyggelsen.

Vid bergschakt i det kristallina berget erfordras sprängning. I anslutning till byggnader kommer åtgärder göras för att minska risker för skador genom att

tillämpa så kallad wire-sågning eller slitsborrning i bergschakten innan sprängning.

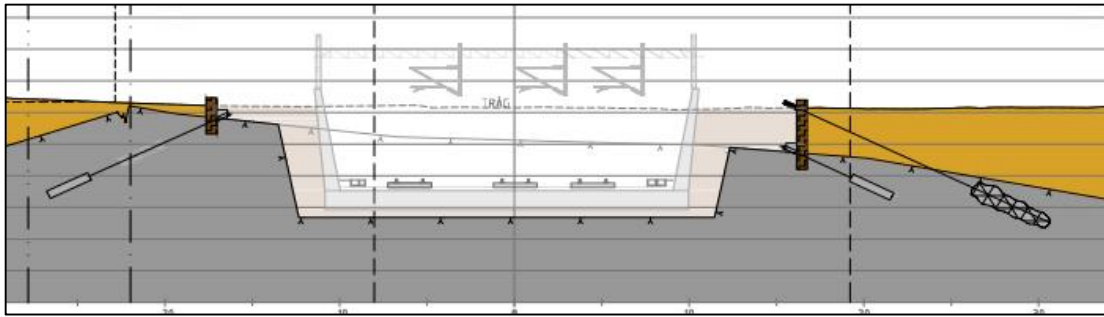
Betongtunneln kommer principiellt anläggas på samma sätt som träget, enligt så kallad "cut and cover"-teknik, se Figur 4-5.



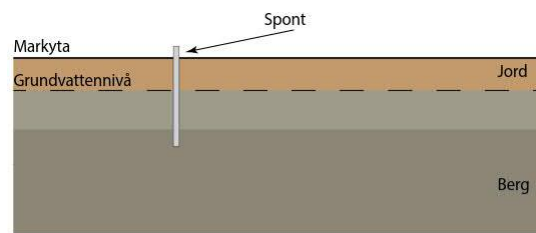
Figur 4-3. Principskiss för schakt och stödkonstruktioner vid anläggandet av betongtunnel. Samma principer gäller i stort sett för schakt och stödkonstruktioner vid anläggandet av träget.

Tabell 4-1. Förklaring till Figur 4-3.

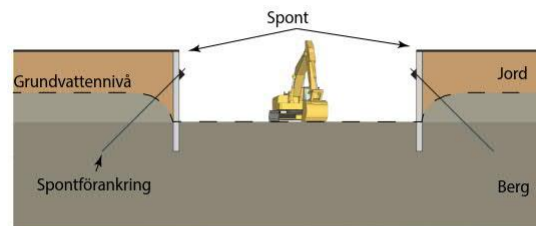
1.	Stålspont vibreras ned
2.	Sponten dubbas i berg
3.	Eventuell förstärkning i bergslänten
4.	Ytliga stag
5.	Stag vid spontfot och hammarband (den sammanbindande horisontella förstärkningen av en spont), här utformad som betongklack
6.	Tätning vid kontakten spont-berg, med hjälp av jet-grout (injektering med cementbruk)
7.	Eventuell ridåinjektering
8.	Eventuell botteninjektering



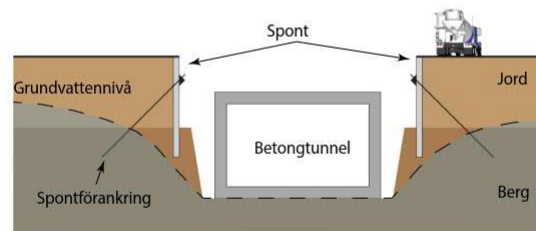
Figur 4-4. Principsektion genom tråget som visar både byggskede, och färdig anläggning med järnvägen i tråget. Utöver det som visas i figuren tillkommer bland annat bottenförankring av betongkonstruktionen.



Spont vibreras eller slås ned



Nedschaktning/urgrävning



Gjutning av tunnel

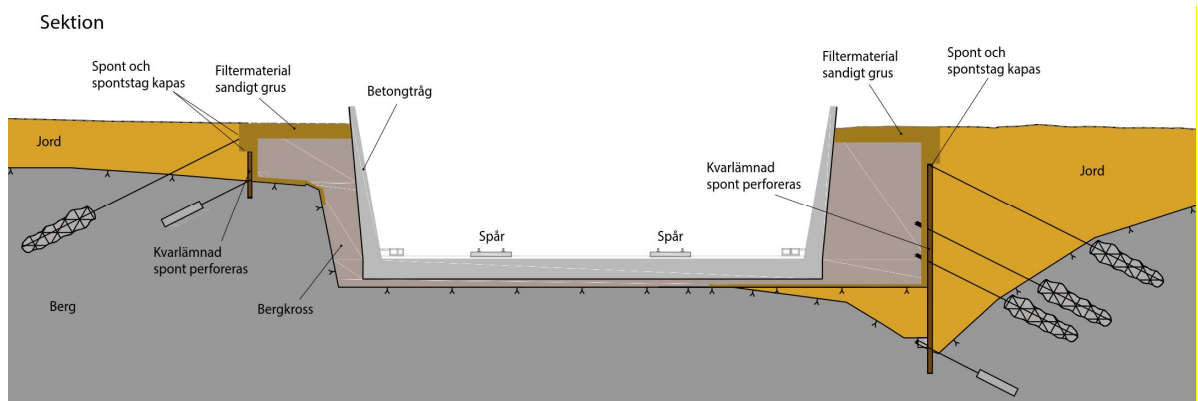


Återfyllning

Figur 4-5. Byggsekvens vid schakt för tråg och betongtunnel, cut & cover. Observera att figuren endast visar principerna för byggmetoden schematiskt, varför inte alla detaljer visas. Exempelvis syns inte bottenförankring av betongkonstruktionen i figuren.

Färdigt tråg och betongtunnel kommer att vara kringfyllt med genomsläppligt material, både i botten och på sidorna, vilket gör att konstruktionerna inte kommer att dämna grundvattenflödet mot havet. Som alternativ eller komplement till genomsläppligt material kan dräneringsledningar användas. Principskiss presenteras i Figur 4-6. Dock finns risk att flödet längs trågets sidor också underlättas så att lokala föroreningar sprids längs tråget om inte "täta skott" anläggs längs tråget för att minimera sådana vattenrörelser. Sådana täta skott kan utformas som barriärer av tätande jord som sträcker sig hela vägen vertikalt ned längs med trågets sidor och in under tråget och på så sätt skär av det dränerande materialet. Sådana barriärer placeras med lämpligt avstånd längs hela tråget, och på så sätt begränsas risken för föroreningstransport i nord-sydlig riktning.

Mellan naturlig jord och genomsläpplig kringfyllning läggs filtersand för att motverka finjordstransport och igensättning av det dränerande skiktet. För att säkra att den genomsläppliga kringfyllningen bibehåller sin funktion under anläggningens livslängd kan ledningar anläggas för att vid behov kunna spola ur kringfyllningen och förhindra igensättning.



Figur 4-6. Principskiss över tråg i driftskede, med kvarvarande spont (i vilken hål kommer att borraras, eller motsvarande, för att göra denna genomsläpplig) kringfyllning med krossmaterial samt filtermaterial för att förhindra igensättning av krossmaterialet. Utöver det som visas i figuren tillkommer bland annat bottenförankring av betongkonstruktionen.

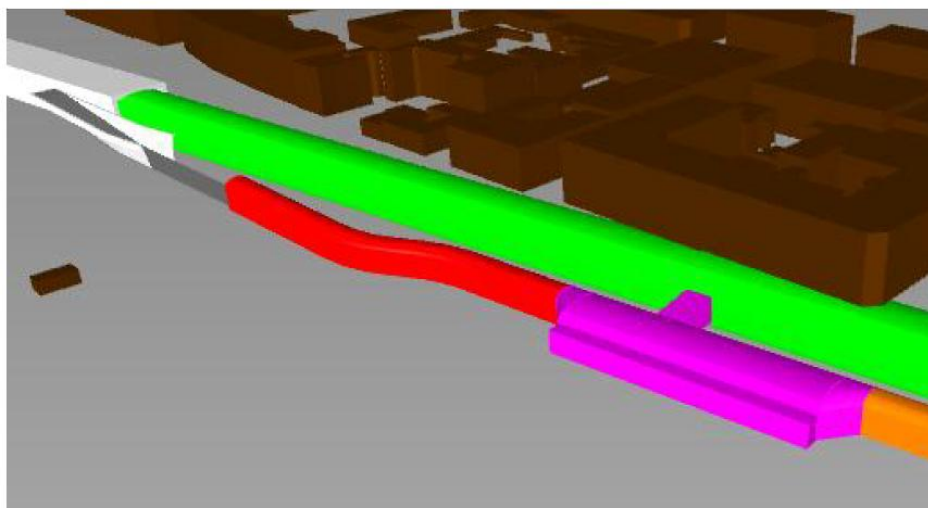
### 4.3 Bergtunnlar, Km 77+250 – Km 80+025

Bergtunneln kommer att bestå av en dubbelspårstunnel med en tvärsnittsarea om cirka 130 m<sup>2</sup> och en cirka 40 m<sup>2</sup> servicetunnel, som nås via en nedfartstunnel. Spårtunneln och servicetunneln förbinds med tvärtunnlar. Servicetunneln ligger parallellt och väster om spårtunneln. Mellan tunnelarna finns en cirka 10 meter bred bergplint. För översikt över bergtunnelarna hänvisas till Figur 3-3, där spårtunnel visas tillsammans med servicetunnel och tvärtunnlar. Servicetunneln ansluter i norr och söder till markytan via betongtråg, betongtunnel och en nedfartstunnel i berg.

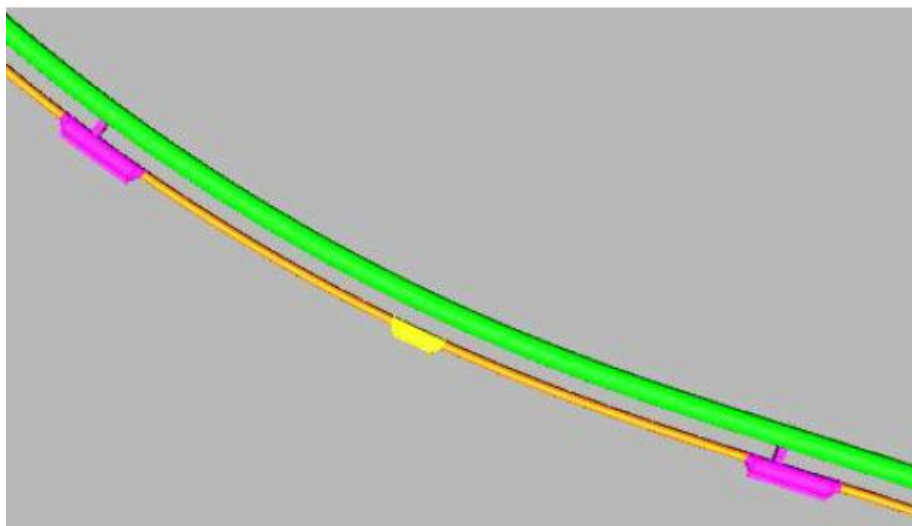
Spårtunnelns samt servicetunnelns norra del och mynning visas i 3D i Figur 4-7. I Figur 4-8 visas spårtunneln och servicetunneln i plan, samt de tvärtunnlar som förbinder dessa. I Figur 4-9 visas spårtunnel och servicetunnel i sektion.

Tunnelarna har en varierande bergtäckning, från cirka 25 meter där den är som störst till cirka 2-3 meter där den är som minst. Den minsta bergtäckningen återfinns i de norra delarna av bergtunnelsträckningen. Vid spårtunnelns norra

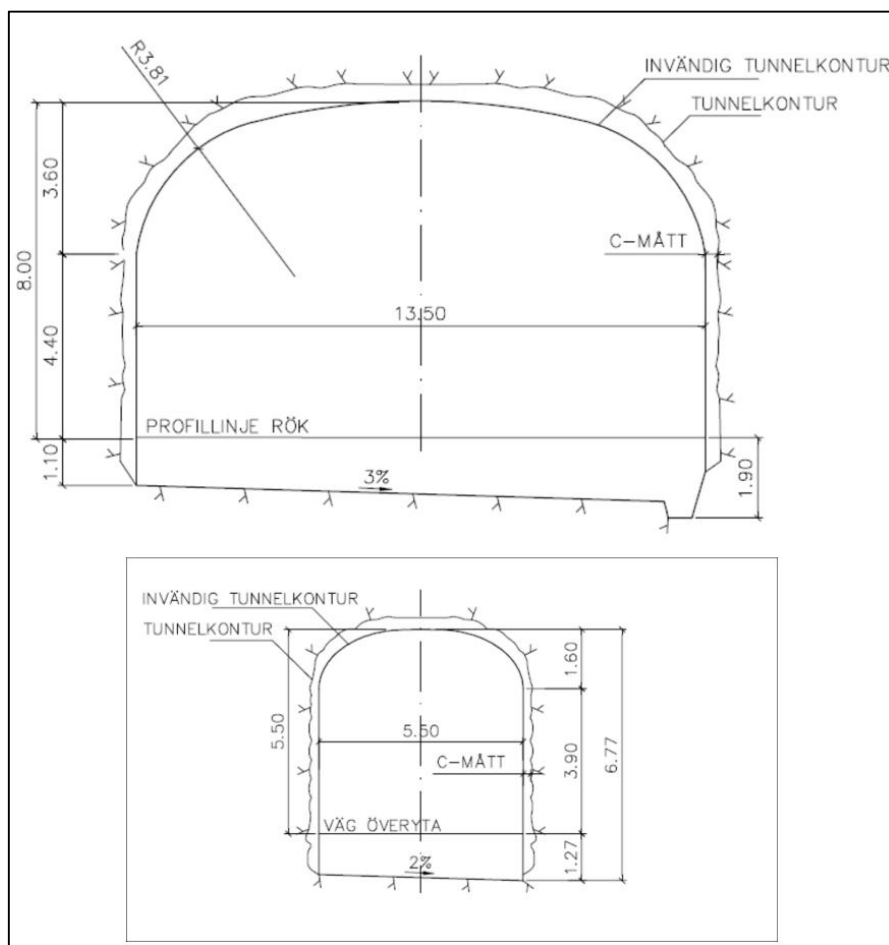
påslag, Km 77+250, är bergtäckningen cirka 4 meter. I de centrala delarna av Varberg, cirka Km 77+400 till Km 77+850 är bergtäckningen som minst, cirka 5-6 meter i medeltal men som lägst 2-3 meter på två kortare delsträckor om cirka 10 meter vardera.



Figur 4-7. Principskiss i 3D som visar spårtunnelns norra del i grönt som ansluter mot betongtunneln i vitt vid Km 77+250. Vidare syns också tvärtunnel och serviceutrymme i cerise, nedfartstunnel i rött och servicetunnel i orange. Byggnader visas i brunt.



Figur 4-8. Spårtunnel (grönt) och servicetunnel (orange/mörkgult) förbinds med tvärtunnlar med tillhörande uppställningsplats och utrymme för teknikrum (rosa/cerise), mellan uppställningsplatserna ligger mötesplatser (ljusgult).



Figur 4-9. Bergsektion för spårtunnel och servicetunnel. Måtten kan variera något längs tunnelsträckningen.

Spårtunneln, servicetunneln och planerade tvärtunnlar tas ut via konventionell tunneldrivning, vilket innebär borrhning och sprängning, som föregås av systematisk förinjektering av berget med primärt cementbruk. Längs vissa delar av tunnelsträckningen, med låg bergtäckning och flera sprickzoner, kommer sprängning göras med delade sprängsalvor för att minska risken för omgivningspåverkan. En principskiss för konventionell tunneldrivning visas i Figur 4-10.

För att förhindra blocknedfall och klara den bergmekaniska stabiliteten görs efter utsprängningen en bergförstärkning med sprutbetong och bult, som dimensioneras utifrån den varierande bergkvaliteten längs tunnelsträckningen.

Längs den norra delen av bergtunnelsträckningen där bergtäckningen är liten, bedöms kompletterande åtgärder kunna bli nödvändiga för att uppnå tillräcklig täthet, och även för att uppnå tillräcklig bergmekanisk stabilitet i tunnarna. Om bergtäckningen är liten och bergmassans hållfasthet låg kan den ovan nämnda förstärkningen med bult och sprutbetong kompletteras med bergförankrade spilingbultar, som borrar snett in mot bergtunneln innan tunneldrivningen enligt principskiss i Figur 4-11. Ett annat alternativ, vid liten bergtäckning, är att

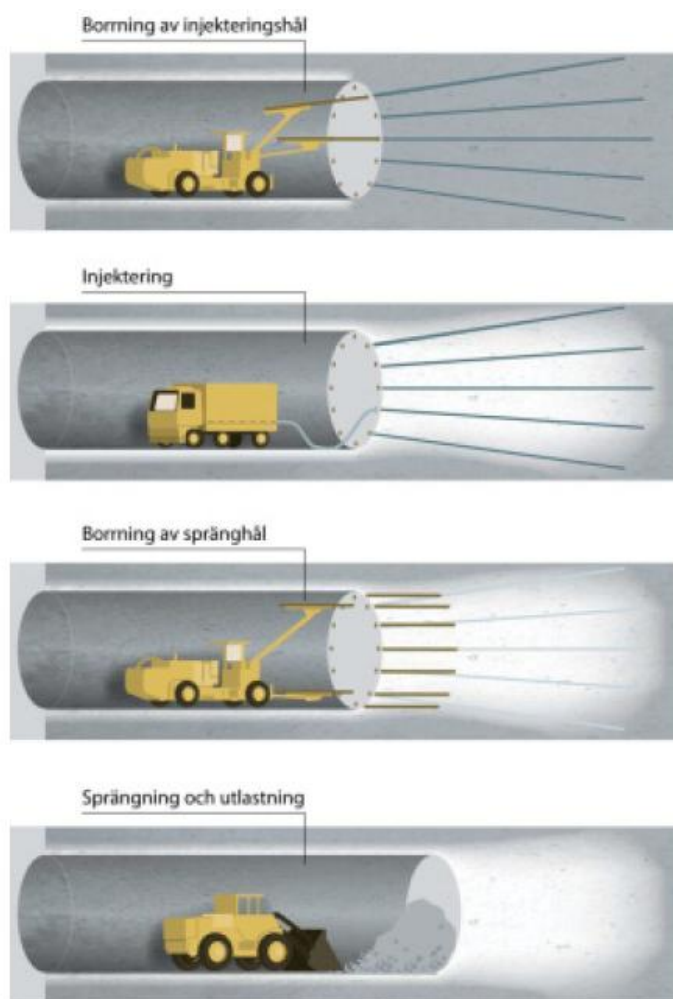


komplettera med förstärkningsbåge av sprutbetong och armeringsjärn alternativt en platsgjuten betongkonstruktion, så kallad lining.

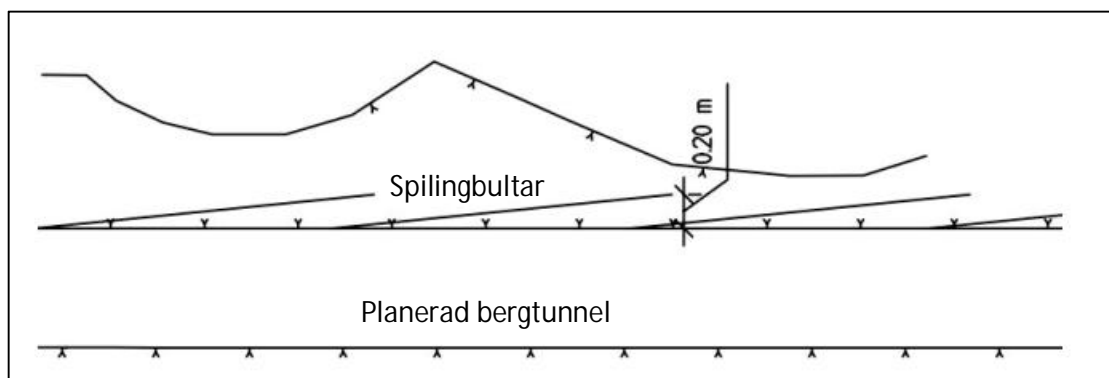
Under dessa arbeten kan grundvattnen lokalt och tillfälligt komma att behöva sänkas ned till nivå för tunneltak.

En möjlig kompletterande åtgärd, för att få tunnelarna tillräckligt täta, är att utföra injektering från markytan, så kallad ridåinjektering, ner till tunnelnivå före tunneldrivningen startar.

Om det skulle visa sig att tillräcklig täthet inte har uppnåtts längs kritiska tunnelavsnitt när tunnelarna är utsprängda, är också efterinjektering en möjlighet för att förbättra tätheten. Alternativa injekteringsmedel kan då bli aktuella.



Figur 4-10. Principskiss tunneldrivning enligt konventionell teknik.



Figur 4-11. Principskiss för förstärkning med spilingbult.

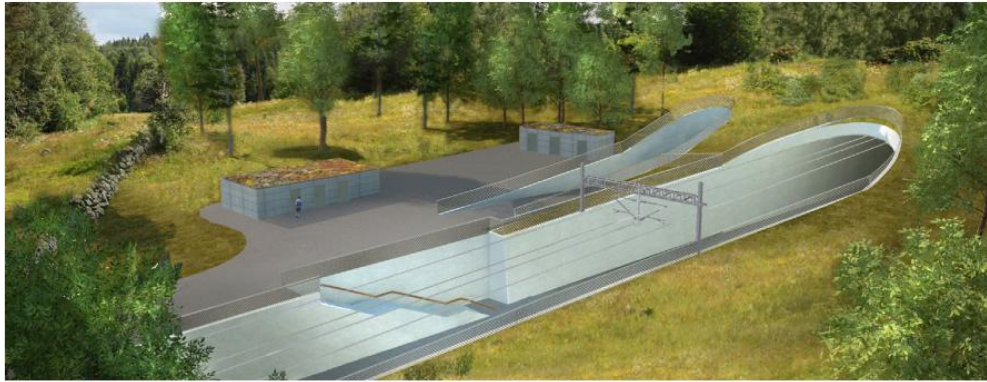
#### 4.4 Söder om bergtunnlar, Km 80+025 – Km 82+500

##### 4.4.1 Betongtunnel och betongtråg

Den södra änden av bergtunnelsträckningen är lik den norra då den följs av byggandet av en betongtunnel och ett betongtråg innan järnvägen övergår till markspår. Konstruktionerna är dock mycket mindre i omfattning, både i bredd och i längd, jämfört med de norra anläggningarna. Byggmetoden är likvärdig med den som tidigare beskrivits, undantaget att större delen av schakten här kan utföras med öppna bergslanter eftersom spont inte behövs då det endast förekommer ett tunt jordlagertäcke på berg. För den södra delen där tråget är på väg upp till markytan ökar dock jordmaktigheterna så att spont behövs ur stabilitetssynpunkt och för att minimera grundvatteninläckaget till schakten.

Tråg och betongtunnel ska utformas som i princip täta konstruktioner, varför de i driftskedet inte förväntas orsaka någon betydande grundvattenavsänkning. Bergskärningen vid betongtunneln samt början av tråget kommer att injekteras för att uppnå en hög täthetsgrad, med syfte att undvika stora inläckage vid eventuellt vattenförande sprickor som kan ha kontakt med det vattenförande lager som underlagrar leran söderut. Konstruktionerna kommer också att kringfyllas med dränerande material, på samma sätt som för norra tråget. Kring betongtunneln krävs en avskärmande sektion i detta dräneringsmaterial för att inte, vid eventuell kontakt med undre magasinet, orsaka trycksänkning och stora flöden mot betong- och bergtunneln. En sådan avskärmande sektion kommer att utformas på samma sätt som de "täta skotten" längs det norra tråget.

En visualisering av södra trågets mynning presenteras i Figur 4-12.



Figur 4-12. Visualisering av järnvägstunnelns södra mynning i Breared, där också servicetunnelns mynning syns till vänster i figuren.

#### 4.4.2 Österleden

För dubbelspåret passage över Österleden byggs en ny järnvägsbro över den nedsänkta Österleden. Vägen får ett nytt läge strax söder om befintligt läge. För att kunna anlägga järnvägsbron och den nedsänkta Österleden därunder krävs schaktning ned till cirka 6 meter under markytan. Järnvägsbron måste grundläggas på pålar som slås till berg cirka 20-25 meter under markytan.

Vid den nedsänkta Österleden kommer vertikaldräner installeras i den skiktade leran inför driftskedet. Detta för att minska grundvattentrycket i permeabla skikt i leran och därmed öka stabilitet i terrassnivå för vägsärningen. Vägporten är planerad som en öppen konstruktion, vilket innebär viss grundvattenbortledning även i driftskede.

En principskiss för vägporten vid korsningen med Österleden visas i Figur 4-13.



Figur 4-13. Vy mot öster. Längdsektion på trefacksbro där Österleden går under järnvägen. Gång- och cykelvägen förläggs norr om Österleden.

#### 4.4.3 Vareborg

Strax innan det nya dubbelspåret ansluter till befintliga spår vid Hamra ska en ny järnvägsbro byggas för enskild väg under spåren. Den enskilda vägen kommer således att behöva sänkas ned under järnvägen, vilket innebär schaktning ned till cirka 7 meter under markytan, vilket kräver grundvattenbortledning. Vägporten är planerad som en öppen konstruktion, vilket innebär grundvattenbortledning även i driftskede.

## 5 Förutsättningar – hydrologi och vattendrag

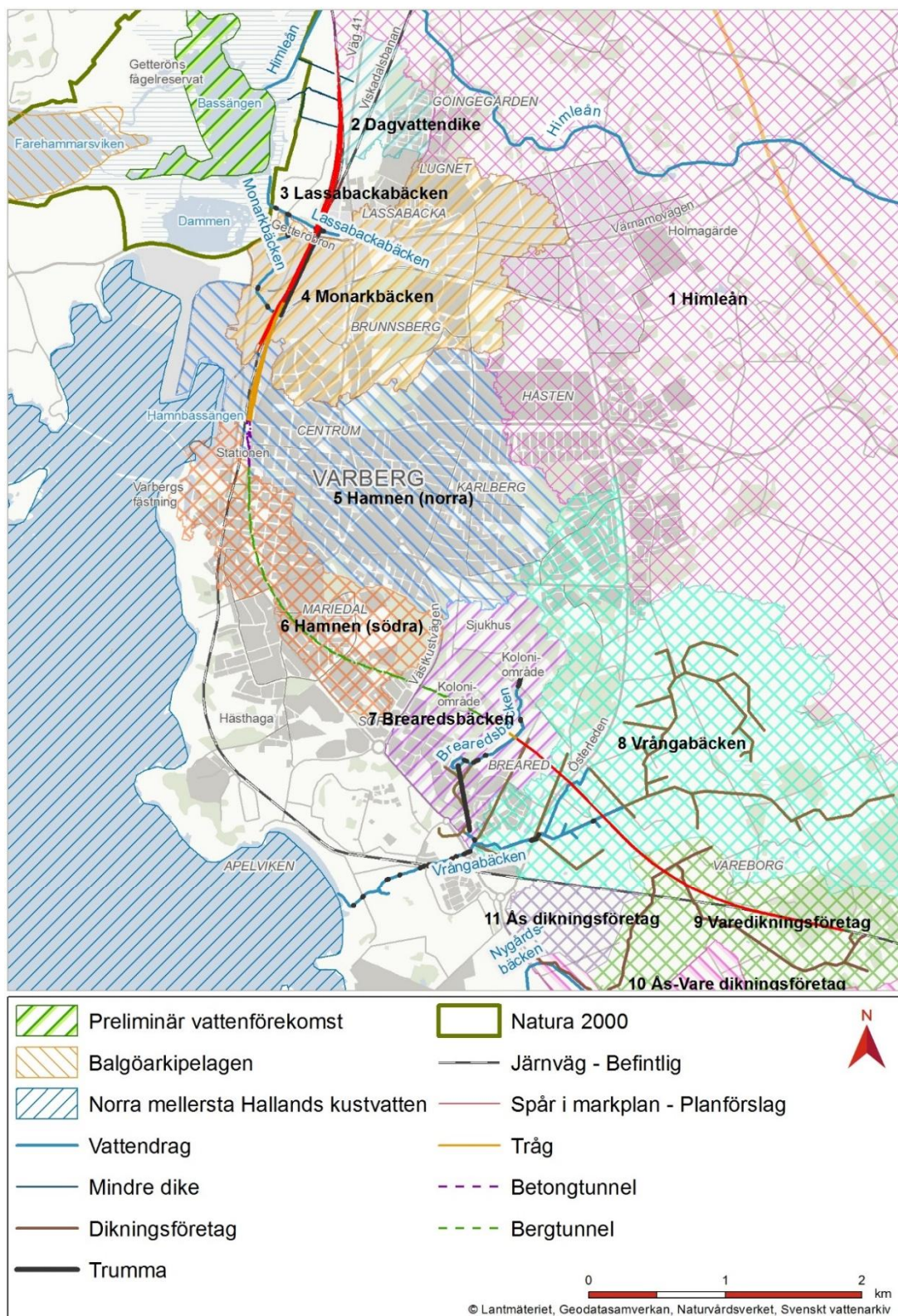
I detta kapitel beskrivs de hydrologiska förutsättningarna inom det område som projektet berör. Vattendrag, i form av naturliga bäckar och grävda diken, samt tillhörande avrinningsområden beskrivs.

I Figur 5-1 visas befintliga avrinningsområden för ytavrinning, utan hänsyn till dagvattenledningsnätet. Avrinningsområdena har tagits fram utifrån en beräkning av ytliga vattenvägar i programmet ArcHydro. I kapitel 5.1 följer sedan en mer ingående beskrivning av de olika vattendragen.

I Tabell 5-1 visas respektive avrinningsområdes (ARO) totala area.

Tabell 5-1. Avrinningsområdenas storlek.

ARO	Recipient	Total area [ha]
1	Himleån	3928
2	Dagvattendike	48
3	Lassabackabäcken	41
4	Monarkbäcken	260
5	Hamnen (norra)	330
6	Hamnen (södra)	154
7	Brearedsbäcken	147
8	Vrångabäcken	585
9	Vare dikningsföretag	289
10	Ås-Vare dikningsföretag	328
11	Ås dikningsföretag	43



Figur 5-1. Översikt befintliga avrinningsområden för ytlig avrinning. Respektive områdes recipient har angetts. Observera att Lassabackabäcken och Monarkbäckens respektive avrinningsområden är sammanslagna i figuren, då Lassabackabäcken mynnar i Monarkbäcken.

## 5.1 Vattendrag

Den nya järnvägssträckningen genom Varberg påverkar fyra bäckar (listade från norr till söder); Lassabackabäcken, Monarkbäcken, Brearedsbäcken och Vrångabäcken samt några mindre dagvattendiken. Lassabackabäcken och Monarkbäcken är dock inte naturliga vattendrag utan i huvudsak anlagda dagvattendiken.

Vattendragens sträckning i förhållande till järnvägskorridoren framgår av Figur 5-1. Här nedan ges en kortfattad beskrivning av vattendragen. En mer utförlig beskrivning av vattenkvalitet samt befintliga naturvärden ges i kapitel 5 i MKB:n.

### 5.1.1 Dagvattendiken i norr

I norr finns tre dagvattendiken vilka avleder dagvatten från järnväg och bostadsområden samt avvattnar omgivande marskland. Dikena har ett i princip stillastående vatten. Det mittersta diket är påverkat av föroreningar typiska för urbant dagvatten såsom näringsämnen, koppar och zink. Det är endast det mittersta diket som kommer påverkas av vattenverksamhet. I Tabell 5-2 redovisas beräknade låg- och medelflöden för dagvattendiket.

Tabell 5-2. Beräknade flöden i dagvattendike

	Beräknat flöde (l/s)
LLQ	0
MLQ	0,4
MQ	9

### 5.1.2 Lassabackabäcken

Lassabackabäcken är kraftigt påverkad av mänsklig aktivitet, bland annat av lakvattnet från den intilliggande Lassabackadeponin. Bäcken uppvisar morfologiska förändringar som rätning vilket kan kopplas till att bäcken är ett grävt dike enligt tillstånd AM 6/1954. Bäcken är även påverkat av föroreningar och syrefria bottnar. Vid referensprovtagning identifierades oljeluktande sediment nedströms befintlig järnväg och Lassabackadeponin. I Tabell 5-3 redovisas beräknade låg- och medelflöden för Lassabackabäcken.

Tabell 5-3. Beräknade flöden i Lassabackabäcken

	Beräknat flöde (l/s)
LLQ	0
MLQ	1,3

Enligt uppgifter från kommunen kan Lassabackabäckens trummor under befintlig järnväg utgöra en flaskhals vid skyfall. Om kapaciteten överskrids dämmer bäcken in i dagvattennätet och riskerar att orsaka lokala översvämningar omkring järnvägstrumman eller längre upp i systemet.

### 5.1.3 Monarkbäcken

Monarkbäcken mynnar i Getteröns fågelreservat och har de första hundratalen meter karaktären av en mynningsvik och är sålunda saltvattenspåverkad. Biflödet Lassabackabäcken ansluter cirka 150 meter nedströms befintlig Getteröbro. Uppströms järnvägen är bäcken kulverterad dels mot Lassabackabäcken, det så kallade Valendiket, och dels in under industriområdena. Inom Monarkbäckens avrinningsområde har det, precis som för Lassabackabäcken, under många år bedrivits industriell verksamhet. Bäckens rinner genom ett område där avfall deponerats vilket innebär att ytvattnet har lakvattenkaraktär och innehåller förhöjda halter av petroleumämnen och metaller. Generellt är sedimenten i Monarkbäcken mer förorenade än i Lassabackabäcken.

Monarkbäcken är till stora delar omgrävd och rätad och har uteslutande ett tillflöde av urbant dagvatten från de norra delarna av Varbergs stad. I Tabell 5-4 redovisas beräknade flöden för Monarkbäcken där 10-årsflödet har erhållits från kommunens upprättade dagvattenmodell över dagvattennätet.

Tabell 5-4. Beräknade flöden i Monarkbäcken vid utloppet från dagvattennätet, tillika korsningen med järnvägen

	Beräknat flöde (l/s)
LLQ	0
MLQ	2,2
MQ	34
HQ10	4500

### 5.1.4 Bassängen inom Getteröns fågelreservat

Getteröns fågelreservat är en av Sveriges art- och individrikaste fågellokalerna. Området har stor betydelse för flyttfåglar som rastar här under vår och höst och hyser också ovanligt många häckande fåglar. Vattenområdena inom Natura 2000-området utgörs av Dammen, Bassängen, och Farehammarsviken, se Figur 5-1. Salthalten skiljer sig åt i de olika vattenområdena vilket har betydelse för olika organismer. I Bassängen mynnar Dammen vilket har bräckt vatten, Himleån med sitt näringsrika sötvatten, och dit leds även det reade vattnet från Varbergs avloppsreningsverk via Monarkbäcken samt vatten från några mindre diken. Bassängen har därför normalt utsötat vatten. Under stormar tillförs dock även saltvatten, eftersom havets vattennivå då stiger. Längre ut mot Farehammarsviken blir vattnet successivt saltare. En mer detaljerad beskrivning av förekommande naturtyp inom bassängen och dess naturvärden ges i kap 5 i MKB:n.

### 5.1.5 Hamnbassängen

Hamnbassängen i Varbergs industrihamn (hädanefter benämnd hamnbassängen) har ett djup på mellan 5 och 8 meter, en uppskattad volym på 6 miljoner kubikmeter och en beräknad omsättningstid på mellan 2,5 och 7 dagar. Den är även recipient för dagvatten från stora delar av centrala Varberg, uppskattningsvis avvattnas ett cirka 185 ha stort område.

Medelvattenståndet (MW) har uppmätts till cirka +0,05 meter, baserat på mätserier från SMHIs stationer Varberg respektive Ringhals. Högvattenstånd med 100 års respektive 200 års återkomsttid har med statistisk analys beräknats till +1,69 meter respektive +1,79 meter.

Tidigare utförd sedimentprovtagning (Marine Monitoring, 2012), strax utanför infarten till hamnbassängen, visar på att det finns måttliga halter av organiska tennföroreningar (TBT) i sedimenten. Referensprovtagning i ytvatten har visat att turbiditet och pH är något över den "naturliga variationsbredden". Halter av näringsämnen och metaller är dock generellt låga.

### 5.1.6 Brearedsbäcken

Brearedsbäcken ingår i Brearedsmossens dikningsföretag och tar emot såväl kommunalt dagvatten som vatten från jordbruksmark. Bäcken löper igenom en dagvattendamm vid Breareds bostadsområde och går därefter i en lång kulvert innan den mynnar i Vrångabäcken. I Tabell 5-5 redovisas beräknade flöden för Brearedsbäcken.

Tabell 5-5. Beräknade flöden i Brearedsbäcken vid korsning med planerad järnväg

	Beräknat flöde (l/s)
LLQ	0,3
MLQ	0,6
MQ	10
MHQ	160
HQ50	1440
HQ200	1800

Referensprovtagning har visat att bl.a. pH och turbiditet ligger något över den naturliga variationsbredden och att halter av näringsämnen samt metallerna bly, kadmium och koppar varit något förhöjda.

### 5.1.7 Dagvattendiken Breared och Vrånga

Strax öster om Brearedsbäcken går ett öppet dagvattendike längs med en grusad ägoväg och längs gång- och cykelvägen vid Österleden går ytterligare ett dike. Dessa ingår i Brearedsmossens dikningsföretag och benämns hädanefter dagvattendike Breared respektive Vrånga. Dikenas främsta funktion är dränering av närliggande väg- och GC-banor samt jordbruksmark och har i dagsläget inte direkt utlopp i någon av de närliggande bäckarna Breareds- eller Vrångabäcken. Vid referensprovtagning har dikena oftast varit torrlagda vilket överensstämmer med beräknade låg- och medelflöden för dagvattendikena som redovisas i Tabell 5-6.



Tabell 5-6. Beräknade flöden i dagvattendiken Breared och Vrånge vid korsning med planerad järnväg

	Dike Breared	Dike Vrånge
	Beräknat flöde (l/s)	
LLQ	0	0
MLQ	0,2	0,2
MQ	0,7	0,5
MHQ	12	9

Referensprovtagning har endast kunnat utföras i dagvattendike Breared. Resultaten visar att vattnet är påverkat av föroreningar som normalt uppmäts i urbant dagvatten.

### 5.1.8 Vrångebäcken

Vrångebäcken, som Brearedsbäcken rinner ut i, går från sin mynning i Apelviken i havet upp genom sandområdena till Västkustvägen och vidare österut mot Björs i en östlig gren och upp längs med Österleden i en annan västlig gren. De översta delarna av vattendraget, från Västkustvägen och uppåt avvattnar stora arealer jordbruksmark via Träslövs dikningsföretag vilket gör den synnerligen näringspåverkad. De högsta värdena finns nedströms Västkustvägen, där beskuggningen är mycket god, vattenhastigheten är strömmade och botten till stor del består av grus. Vid den planerade järnvägen är vattendraget flackt och dess västra gren anses ha stor risk för uttorkning. I Tabell 5-7 redovisas beräknade flöden för Vrångebäckens två grenar.

Tabell 5-7. Beräknade flöden i Vrångebäckens två grenar vid korsning med planerad järnväg

	Västra grenen	Östra grenen
	Beräknat flöde (l/s)	
LLQ	0	1,6
MLQ	0,1	3,2
MQ	1,2	52
MHQ	20	830
HQ50	590	2200
HQ200	730	2740

Referensprovtagning har visat förhöjda värden av metallerna kadmium och koppar. Vid ett tillfälle påträffades tyngre alifatiska kolväten vilket är anmärkningsvärt eftersom det finns få industriella verksamheter inom avvattningsområdet, med den typen av utsläpp.

### 5.1.9 Vare dikningsföretag och Nygårdsbäcken

Vid Vareborg korsar både befintlig järnväg och den nya järnvägen Vare dikningsföretag. Dikningsföretaget är inte ett vattendrag eftersom det är helt kulverterat. Däremot mynnar det i Nygårdsbäcken cirka 1,2 km söder om befintlig järnväg. I Tabell 5-8 redovisas beräknade flöden för Vare dikningsföretag vid korsning med järnvägen. Ingen referensprovtagning har varit

möjlig i den kulverterade ledningen eftersom den varit torrlagd vid samtliga mättillfällen.

Tabell 5-8. Beräknade flöden i Vare dikningsföretag vid korsning med planerad järnväg

	Beräknat flöde (l/s)
LLQ	0
MLQ	2
MQ	7
MHQ	110

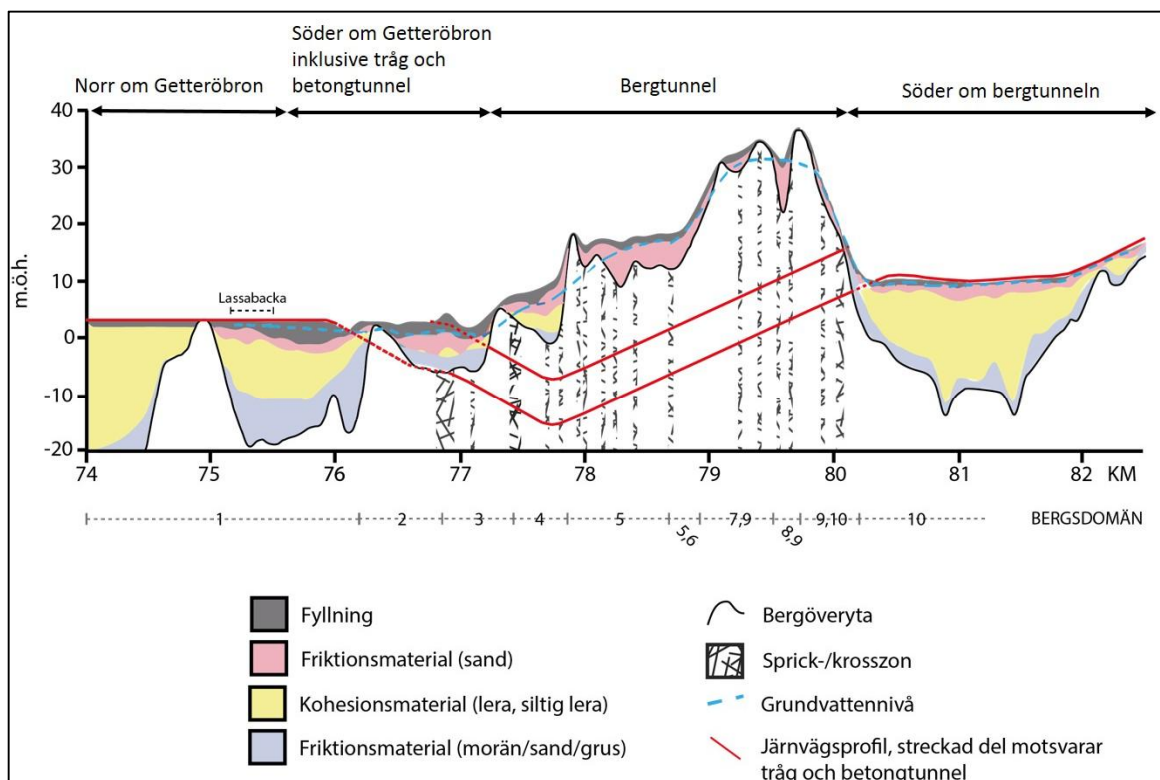
## 6 Förutsättningar - geologi och hydrogeologi

### 6.1 Jordlager och grundvattennivåer

Nedan följer en beskrivning av de geologiska och hydrogeologiska förhållandena längs den projekterade bansträckningen. Beskrivningen följer den tidigare nämnda indelningen i karaktärsområden (se Figur 4-1):

- Norr om Getteröbron, Km 74+250 – Km 75+450
- Söder om Getteröbron inklusive tråg och betongtunnel, Km 75+450 – Km 77+250
- Bergtunnlar, Km 77+250 – Km 80+025
- Söder om bergtunnlar, Km 80+025 – Km 82+500

Beskrivningarna relateras till och illustreras av en längsgående profil (Figur 6-1), som bygger på inom projektet utförda undersökningar. Det bör understrykas att den geologiska heterogenitet som präglar området, med sprickzoner och inom små avstånd kraftigt varierande bergöverytor och jordlagerföljder, inte kan illustreras på tillämpad skala i figuren. Den längsgående profilen är förenklad med syfte att översiktligt åskådliggöra hydrogeologiska enheter och strukturer längs bansträckningen.



Figur 6-1. Principiell skiss över jordlagerföljder, järnvägsspår, grundvattennivåer etc., längs med utredningssträckan. Notera den kraftigt överdrivna skalan i vertikalled.

### 6.1.1 Norr om Getteröbron Km 74+250 – Km 75+450

Området norr om Getteröbron karaktäriseras av en påtagligt varierande bergövertyta med ställvis mäktiga jordlager. Bergövertytan varierar från cirka 20-25 meter djup till att längs en kortare sträcka gå i dagen. Bergets topografi märks dock inte vid markytan, som är relativt flack på nivån cirka +3 m.

En tätande siltig lera, ställvis med inslag av sand, förefaller dominera jordlagerföljden ned till betydande djup. Närmast berget har tidigare studier påvisat förekomst av mer genomsläppligt material av varierande mäktighet, sannolikt bestående av sandig morän (Banverket 2002, SGU 1985). Övertytan för denna enhet har inte kunnat definieras och dess placering i Figur 6-1 är således behäftad med osäkerhet. Leran dominerar även i ytan i de nordligaste delarna av området, men längre söderöver tilltar mäktigheten av mer genomsläppliga jordar i ytan. Dessa består av sand och i de sydligaste delarna av fyllning.

Utifrån ovanstående kan två vattenförande enheter således definieras över större delen av området, åtskilda av den tätande leran; en förhållandevis begränsad yttlig permeabel enhet dominerad av sand och fyllning, samt en djupare liggande och förhållandevis mäktigare enhet sannolikt dominerad av sandig morän.

Grundvattennivåerna i de nordligaste delarna är ej dokumenterade, men bedöms i stora drag vara styrda av ytvattennivåerna. Inom nämnda avsnitt bedöms dock inte planerad anläggning påverka rådande grundvattenförhållanden. I de södra delarna av sträckan, vid den deponi som ligger strax norr om Getteröbron (Lassabackadeponin), finns uppmätta grundvattennivåer. Grundvattennivåerna

uppvisar här stora variationer på korta avstånd, då de till stor del styrs av topografi och närhet till ytvatten och dräneringar.

### **6.1.2 Söder om Getteröbron inklusive tråg och betongtunnel Km 75+450 - Km 77+250**

Söder om Getteröbron återfinns i huvudsak en siltig lera, ställvis med sandskikt, som överlagrar morän som i sin tur överlagrar berget. Jordlagerföljden är således en fortsättning av den som påträffas norr om Getteröbron. Bergets yta återfinns cirka 20-25 meter under markytan men stiger i sydlig riktning (vid cirka 75+900).

I ytan dominerar fyllning, följt av några få meters sand, därunder siltig lera och närmst berget sandig morän. Den siltiga lerans mäktighet förefaller avta i sydlig riktning varpå de båda vattenförande enheterna, det vill säga den ytliga sanden och den djupare liggande moränen, kommer i direktkontakt med varandra omkring Km 76+000/76+200, strax innan berget går i dagen. Från cirka 76+000 domineras således lagerföljden av friktionsmaterial. Denna karaktär är tydligare öster om spåren, emedan tätare material såsom siltig lera påträffas närmre havet. Lagerföljderna kan variera påtagligt på korta avstånd. Söder om bergsblottningen (vid cirka Km 76+275 till Km 76+400) sjunker bergöverytan åter, dock till betydligt grundare nivåer, omkring 5-10 meters djup. Från cirka 76+000 och söderut bedöms bergöverytan generellt falla i riktning mot havet.

Leran bedöms vara överkonsoliderad, baserat på försök gjorda på lera i anslutning till stationshuset, vid cirka Km 77+200. En överkonsoliderad lera reducerar risken för att sättningar ska uppstå vid en lastökning, såsom exempelvis vid en grundvattensänkning.

Markytan ligger generellt längs med sträckan på cirka +1,5 till +2 m.

Från cirka 76+500 till cirka 77+250 återfinns fyllning, som således i huvudsak överlagrar sand, eller sandig morän. Fyllningens mäktighet kan variera påtagligt, men bedöms vanligtvis uppgå till cirka 2-3 m. Närmst berget vilar fortsatt morän, som ibland ter sig sandig, ibland – typiskt söderut - lerig. Inslag av silt och lera i jordlagerföljden hämmar troligtvis genomsläppligheten lokalt och i söder framträder återigen ett till synes mer sammanhängande lerlager. Generellt verkar området (söder om bergsblottningen) dock domineras av en sammanhängande vattenförande enhet i jord ovan berg. Djupet till berg varierar mellan cirka 3-8 m, men kan lokalt uppgå till cirka 13-15 m.

Grundvattenytan i eller direkt ovan berget bedöms i medeltal avta från cirka +2,2 söder om Getteröbron (cirka Km 75+500) till cirka +0,5 i anslutning till bergtunnelns början (Km 77+250).

### **6.1.3 Bergtunnlar, Km 77+250 – Km 80+025**

Geologin längs den planerade bergtunnelsträckningen karaktäriseras av ett ytligt liggande berg och en allt mer framträdande topografi. Markytan stiger från strax över havsnivån i de norra delarna, upp till den planerade bansträckningens högsta punkt omkring 35 meter över havet i områdets södra delar. Berget går i dagen vid ett flertal punkter. Jorddjupet är maximalt cirka 15 m.

En typisk jordlagerföljd är ett ytligt fyllnadslager, om cirka 0,5 till 3 meter, ovan några meter sand, ovan morän. I lokalt djupare sänkor i lägre liggande delar i de norra delarna av området indikeras återigen förekomst av siltig lera mellan den

ytligare sanden och den djupare liggande moränen. Längre söderut tycks de förhållandevis tunna jordlagren vara helt dominerade av friktionsjordarter.

Området domineras generellt av en vattenförande enhet i jord som ej tydligt avgränsas av några tätande lager i vertikalled.

Vid cirka 79+600 finns en lågpunkt i bergtopografin, där också markytan ligger lägre och jorddjupet är större, cirka 10 meter. Här påträffas i huvudsak sand men enstaka skikt med lera har påträffats i djupare svackor i berget.

Från cirka 79+850 faller bergöverytan och så även markytan. Jordlagren är fortsatt tunna, cirka 1-3 meter och bedöms i huvudsak utgöras av sand.

Grundvattennivåerna är till följd av den mycket varierande topografin längs med sträckan också mycket varierande och ökar från cirka +0,5 meter i medeltal till drygt +30 meter vid cirka 79+500, för att sedan avta till cirka +19 meter vid cirka 80+025. Dessa nivåer avser grundvattenytan i berg eller direkt ovan berget.

#### **6.1.4 Söder om bergtunnlar, Km 80+025 – Km 82+500**

Jordtäckets är inledningsvis tunt, men tilltar i mäktighet vid cirka 80+200, där markytan faller till cirka +11 och jorddjupet ökar till cirka 10 m. Markytan ligger därefter relativt flack på cirka +9 till +11 fram till cirka 82+000, varpå den succesivt stiger till cirka +17 m. Jorddjupet ökar succesivt för att vid cirka 80+900 uppgå till cirka 20 m. Jorddjupet förefaller från cirka 81+300 vara varierande och djupen syns minska efter cirka 81+700.

Inledningsvis bedöms jordlagren i huvudsak utgöras av friktionsmaterial (sand). Där jorddjupet tilltar underlagras den ytliga sanden av ett tätare material bestående av lera/siltig lera med en mäktighet uppemot 15 m. Mot djupet påträffas friktionsmaterial som utgörs av morän, eller där jorddjupen är mäktigare bedöms utgöras av ett relativt grovt material bestående av sand och grus.

Precis som i de norra delarna av hela undersökningsområdet kan här alltså konstateras två ifrån varandra avskilda vattenförande enheter.

De genomsnittliga grundvattennivåerna avtar från cirka + 19-20 meter vid cirka Km 80+025 till cirka + 9-10 meter vid cirka Km 80+300 och ligger sedan på denna nivå för att sedan återigen öka till cirka + 14-15 meter vid cirka Km 82+300. Dessa nivåer avser grundvattenytan i berg eller direkt ovan berget. I det flacka parti som är beläget mellan cirka Km 80+300 och Km 80+800 ligger grundvattennivåerna nära och ställvis/tidvis ovan markytan (artesiskt grundvatten).

## **6.2 Berggrund**

Berggrunden utgörs i de norra och centrala delarna av Varberg av charnockit längs ett smalt band. Charnockit är en bergart typisk för Halland. Den har bildats ur gnejs som under högt tryck och hög temperatur, djupt ned i jordskorpan, har omvandlats och fått en mer granitlik struktur (SGU, 2016). Denna bergart är förhållandevis seg, men sprickor förekommer. Sprickor uppträder både i form av vertikala sprickor, men även i form av horisontella svaghetszoner och så kallade bankningsplan, vilket är i princip horisontella sprickor som uppstått vid minskad belastning då inlandsisen dragit sig tillbaka. Bergets vattenförande förmåga kan variera kraftigt på korta avstånd i djup- och planled.

Norr om detta breder graniter ut sig och i söder och öster återfinns en gnejsig granit. Enligt SGUs underlag samt de genomförda undersökningarna utgörs de

centrala delarna av Varberg utgörs av en övergångszon mellan charnockit och granit. Tunnelsträckningen löper genom både charnockit och gnejsig granit. En indelning och karakterisering av så kallade bergdomäner (områden med berggrund av likartade egenskaper) har gjorts längs tunnelsträckningen baserat på undersökningsborrningarna, SGU:s berggrundskarta, SGU:s jorrdjupskarta och topografi. Utbredningen av domänerna i de delar där järnvägen går i tråg och tunnel ges i Figur 6-2.

Tabell 6-1. Sammanfattning av utvärderade konduktiviteter i berg.

Bergdomän	Bedömd bergart
Domän 2	Gnejsig granit - Charnockit
Domän 3	Charnockit
Domän 4	Gnejsig granit
Domän 5,7 och 10	Gnejsig granit
Domän 6 och 9	Charnockit



Figur 6-2. Uppdelning av berggrunden i så kallade bergdomäner, det vill säga områden med olika hydrauliska egenskaper.

### 6.2.1 Sprickzoner

Zontolkning av sprickor/zoner som bedömts vara, eller riskerar att vara vattenförande har tolkats utifrån borrhålsfilmning i kärnborrhål och hammarborrhål samt med vattenförlustmätningar vilket kombinerats med tolkningar av geofysiska undersökningar, topografi och hållkartering, i de fall större sprickor kunnat identifieras i hållarna.

Tolkade zonriktningar har extrapolerats till läget för planerad spårtunnel och arbetstunnel. Denna extrapolering är dock svår att göra för svaghetszoner som har en mer horisontell utbredning, såsom bankningsplan. Generellt förekommer bankningsplan med olika stupning, men dessa visualiseras ej i Figur 6-3.

Generellt bedöms de brant till medelbrantstående vattenförande sprickzonernas strykning vara nordostlig. I norra halvan av bergområdet med bergtunnel bedöms det också finnas sprickzoner med nordvästlig/västnordvästlig – sydostlig/ostsydostlig strykning. Dessa sprickzoner finns också i södra halvan av bergtunneldelen men tenderar att vara tätare och mindre vattenförande.

Ingen större skillnad har kunnat noteras mellan charnockit och den granitiska gnejsen med avseende på riktning på sprickzoner eller horisontella sprickplan, utöver att den granitiska gnejsen generellt är mer uppsprucken än charnockiten.

I Figur 6-3 ges utbredningen på de tolkade brantstående till medelbrantstående sprickzonerna. Två större zoner med eventuellt flackare stupning är också inritade. Dessa har nordvästlig/västnordvästlig – sydostlig/ostsydostlig strykning och sträcker sig in i södra delen av bergtunnelområdet.





Figur 6-3. Lägen för, och bedömd utbredning av, potentiellt vattenförande sprickzoner längs järnvägssträckningen.

## 6.3 Hydrogeologiska förutsättningar

Grundvattenrörelser och grundvattentillgångar i jord är, som i regionen i stort, huvudsakligen knutna till de mer genomsläppliga sedimentförekomsterna under tätande lerlager och/eller i kontakten mellan jord och berg i de djupare delarna av dalgångarna. I berget bedöms vattentillgången regionalt som medelgod och även om bergets grundmassa längs projekterad bansträckning bedömts som relativt tät i ovittrade delar, förekommer mer vattenförande zoner i berget.

Utifrån genomförda hydrogeologiska undersökningar i jord och berglager har en numerisk grundvattenmodell upprättats, med syfte att kunna beskriva och simulera hydrogeologin under opåverkade respektive påverkade förhållanden. Denna 3-dimensionella grundvattenmodell har upprättats i programvaran Feflow, vilket är ett beräkningsprogram som baseras på finita elementmetoden. Med hjälp av modellen har den hydrogeologiska påverkan i både jord- och berglager kunnat studeras.

### 6.3.1 Grundvattenbildning

Avrinningsbildningen eller nettonederbörden, det vill säga den andel av nederbörden som inte avdunstar utan avrinner ytligt i/ovan marken och kan bilda grundvatten, uppgår i området till cirka 325-400 mm/år enligt olika källor:

- Enligt SGUs beskrivning till den hydrogeologiska kartan (SGU, 1985) kan nettonederbörden uppskattas till cirka 325 mm/år.
- Enligt tidigare utredningar (Banverket, 2002) har nettonederbörden uppskattats till cirka 370 mm/år.
- Enligt avrinningsberäkningar genomförda med SMHIs modell S-HYPE (Vattenweb, 2016) ligger avrinningen från området på cirka 400 mm/år.

Beroende på lokal topografi och geologiska förhållanden bidrar olika stor del av tillgänglig avrinningsbildning till grundvattenbildningen. I de centrala delarna av Varberg är hårdgjorda ytor begränsande för grundvattenbildningen. Vidare kan otäta dag- och spillvattenledningarna avleda en märkbar andel av grundvattenbildningen.

I tidigare genomförd utredning (Banverket, 2002) redovisas en inventering som har gjorts i projektets inledande skeden, där en detaljerad områdesindelning har gjorts baserat på marktyp, för större delarna av Varbergs tätort. För respektive marktyp har en bedömning av grundvattenbildningen till jord gjorts, som varierar mellan cirka 50 och 330 mm/år.

Hur stor andel av grundvattenbildningen till jord som når berget är svårt att kvantifiera. Det finns ett fåtal referenser att tillgå när det gäller grundvattenbildning till kristallint berg. Ett par källor indikerar mellan cirka 7 mm/år (Olsson, 1975) och 20 mm/år (Rodhe och Bockgård, 2006). Denna grundvattenbildning kan öka påtagligt vid uttag i berggrunden (bl.a. Mossmark m.fl., 2007).

I de numeriska modellberäkningar som har gjorts inom ramen för projektet har grundvattenbildningen till jord satts till 35-175 mm/år inom olika delar av modellområdet. Det breda intervallet beror på varierande förutsättningar inom modellområdet. Inom bebyggda områden, med betydande andel hårdgjorda ytor är exempelvis grundvattenbildningen lägre jämfört med naturmarksområden.

### 6.3.2 Grundvattnets strömningsriktningar, strömningsförhållanden och hydraulisk kontakt

Inom huvuddelen av de områden som berörs av det planerade projektet har grundvattnet i berg och i djupare marklager en avrinning mot havet i väster, som har en medelnivå på +0,05 m. Variationer från detta huvudmönster kan förekomma i ytligare grundvatten som kan styras av ytavrinningen i mindre diken och vattendrag med lokalt andra avrinningsriktningar. Inom projektområdet finns tydliga höjdskillnader som styrs av bergytetopografin. I de södra delarna av projektområdet ligger markytens nivå på cirka +35 till +40 meter som högst. De lägst belägna delarna av projektområdet återfinns i norr där markytens nivå ligger på cirka +2 m, bland annat i de centrala delarna av Varberg. Himleån avvattnar markområden nord och nordost om projektområdet och bidrar på så sätt till att det utbildas en vattendelare för ytvatten och ytligt grundvatten nordost om planerad bansträckning. Ett utströmningsområde finns även i form av en dalgång, ungefär mellan södra påslaget och Vareborg, som löper i riktning nordost-sydväst. I detta område förekommer ställvis/tidvis s.k. artesiskt grundvattentryck, där trycknivåerna i en underliggande akvifär ligger högre än markytens nivå.

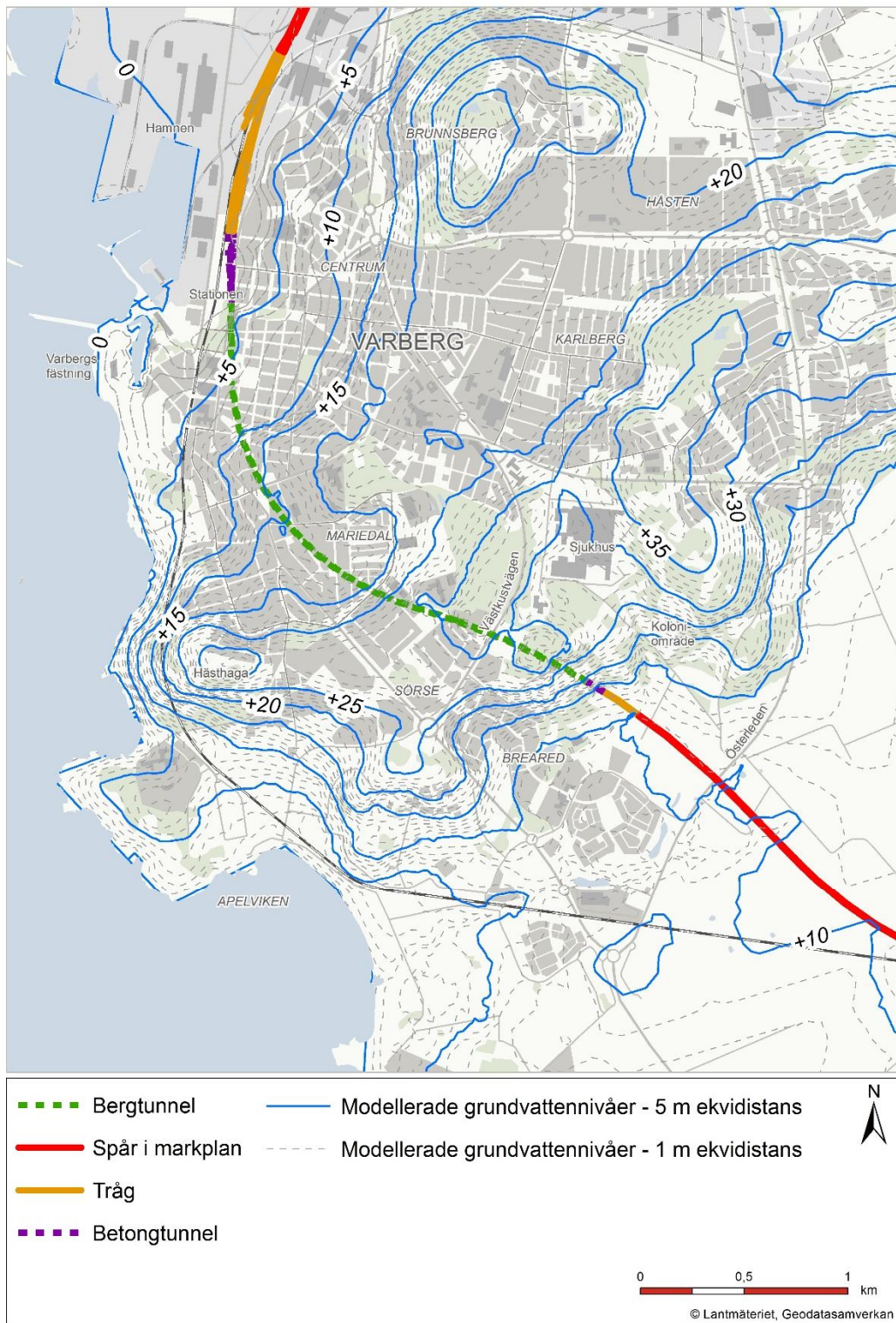
Grundvattengradienten bedöms i huvudsak vara nedåtriktad, det vill säga inget påtagligt uppåtriktat läckage bedöms förekomma, förutom där artesiskt grundvattentryck föreligger.

Den hydrauliska kontakten mellan de djupare delarna av jordlagren och det ytliga berget är generellt god. I jordlagren förekommer ofta tätande ler- eller siltlager som begränsar kontakten mellan grundvattnet i ytlig jord och de djupare delarna av jordlagren/ytberget. Sådana lerlager förekommer främst i de nordligaste respektive sydligaste delarna av aktuell spårsträckning, men förekommer ställvis även i de centrala delarna av Varberg.

Den huvudsakliga vattentransporten bedöms ske i de övre delarna av jordlagren där porositet och hydraulisk konduktivitet normalt är som störst. Av den återstående del av grundvattenbildningen, som inte avrunnit i jordlagren, bedöms huvuddelen av grundvattenrörelserna i berg ske inom de 10-20 översta metrarna i berget, framförallt i den mer genomsläppliga zon som bedöms finnas vid övergången mellan jord- och berglager.

Sett över den sträckning där tråg, betongtunneln och bergtunnel ska anläggas är grundvattenytans gradient riktad mot väst eller sydväst, och gradienten ligger ofta mellan cirka 0,5 och 2 %. Detta skulle, med rimliga antaganden om aktiv, vattenförande mäktighet och hydraulisk konduktivitet i jord och berg motsvara ett grundvattenflöde om i storleksordningen 0,5-5 l/(min\*100 m) vid opåverkade förhållanden. Den tillgängliga grundvattenbildningen som sker till de ytliga jordlagren är påtagligt större än vad siffran för grundvattenflödet avspeglar, men huvuddelen av nederbörden avrinner normalt som mycket ytligt grundvatten, till diken och ledningar, efter endast en kortare transport i de ytliga jordlagren.

Modellerade grundvattennivåer, som har visat en förhållandevis god överensstämmelse med uppmätta nivåer, redovisas i Figur 6-4.



Figur 6-4. Beräknade grundvattennivåer i det översta jordlagret i den numeriska modellen.

### 6.3.3 Hydrauliska parametrar

De undersökningar som ligger till grund för bedömningen av hydrauliska parametrar är:

- Kapacitetstester i hammarborrhål i berg
- Vattenförlustmätningar i kärnborrhål i berg
- Infiltrationsförsök i jord
- Slugtester i jord
- Siktanalyser av jordprover
- Provpumpningar i jord och berg

Nedan beskrivs en sammanfattning av bedömda värden på den hydrauliska konduktiviteten, även kallat K-värdet.

Hydrauliska parametrar i jord och övergångszonen jord/berg är i huvudsak av intresse längs de delar av sträckningen där tråg och betongtunnel ska anläggas.

Lokalt bedöms K-värden uppemot  $1 \cdot 10^{-4}$ - $1 \cdot 10^{-3}$  m/s vara möjliga i övergångszonen mellan jord och berg, men sådana K-värden förekommer sannolikt inte utbrett över större områden, utan i huvudsak lokalt. För övergångszonen jord-berg som helhet bedöms ett mer rimligt intervall vara cirka  $1 \cdot 10^{-5}$ - $1 \cdot 10^{-4}$  m/s.

De hydrauliska parametrarna i överliggande jordlager varierar stort på grund av stor heterogenitet. Längs med det norra tråget och betongtunneln återfinns fyllning som i huvudsak överlagrar sand eller sandig morän. Ställvis återfinns även tätare material såsom silt eller lera. Ofta kan ett moräntäcke med varierande mäktighet skönjas ovan berget. Detta moräntäcke och den översta uppspruckna delen av berget utgör tillsammans övergångszonen mellan jord och berg.

De hydrauliska parametrarna hos jordlagren är ej utredda i detalj, men siktanalyser har genomförts på ett flertal jordprover. Utifrån resultatet från dessa siktanalyser samt generella bedömningar kan följande material, med bedömda K-värden, förväntas förekomma längs det norra tråget och betongtunneln:

- sandmorän, ofta siltig, cirka  $2 \cdot 10^{-6}$ - $3 \cdot 10^{-5}$  m/s
- siltig sand - finsand - sand cirka  $4 \cdot 10^{-6}$ - $1 \cdot 10^{-4}$  m/s
- siltig lera med sandskikt, bedömningsvis cirka  $1 \cdot 10^{-9}$ - $5 \cdot 10^{-8}$  m/s

Längs det södra tråget och betongtunneln kan konstateras att det, längs den södra delen av sträckan, finns ett slutet grundvattenmagasin som utgörs av ett grovt friktionsmaterial under tätande lager av lera. Detta grundvattenmagasin uppvisar en relativt hög hydraulisk genomsläpplighet, baserat på provpumpning och siktanalyser, motsvarande ett K-värde i intervallet cirka  $1$ - $2 \cdot 10^{-4}$  m/s.

Vid Vareborg återfinns en morän som enligt undersökningsresultatet bedöms ha en relativt hög genomsläpplighet, motsvarande ett K-värde i intervallet  $3$ - $6 \cdot 10^{-5}$  m/s.

Ett försök att generalisera bergets egenskaper har gjorts genom den domänindelning som presenteras i kapitel 6.2. Inom respektive domän har en tolkning av de hydrauliska egenskaperna gjorts, baserat på genomförda undersökningar. Den bedömda hydrauliska konduktiviteten i respektive bergdomän presenteras i Tabell 6-2.

Tabell 6-2. Sammanfattning av utvärderade konduktiviteter i berg.

Bergdomän	Bedömd genomsnittlig hydraulisk konduktivitet (m/s)
Domän 2	$5 \cdot 10^{-8}$ - $5 \cdot 10^{-7}$
Domän 3	$1 \cdot 10^{-7}$ - $1 \cdot 10^{-6}$
Domän 4	$1 \cdot 10^{-7}$ - $1 \cdot 10^{-6}$
Domän 5,7 och 10	$1 \cdot 10^{-8}$ - $1 \cdot 10^{-7}$
Domän 6 och 9	$5 \cdot 10^{-9}$ - $5 \cdot 10^{-8}$
Sprickzoner	$1-5 \cdot 10^{-6}$
Charnockit	$1-5 \cdot 10^{-8}$
Gnejsig granit	$1-5 \cdot 10^{-8}$

### 6.3.4 Allmän grundvattenkemi

Allmånkemiskt kan grundvattnet längs den planerade järnvägssträckningen generellt karakteriseras som mjukt, med lågt pH och låg buffringskapacitet samt ofta reducerat, med järn och mangan i löst form.

Längs sträckor nära kusten har vattnet även förhöjda salthalter, som följd av saltvatteninträngning från havet och kvarvarande salt från perioden då havet sträckte sig längre in över nuvarande land.

## 7 Övriga förutsättningar

### 7.1 Området Getterön

Getterön är områdesskyddat på flera sätt.

Enligt 7 kapitlet 4–8 §§ miljöbalken är området utpekad som naturreservat genom ett beslut som fattades av länsstyrelsen år 1970.

Getterön är också utpekad som Natura 2000-område. Natura 2000-området Getteröns fågelreservat utgörs av samma geografiska område som Getteröns naturreservat. Området är totalt 351 hektar stort och antogs av regeringen både enligt fågeldirektivet och habitatdirektivet i december 1995 och i mars 1996. Det har områdeskod SE0510049. Områdets nu gällande bevarandeplan fastställdes 2005, och i den framgår att syftet med Natura 2000-området är att de naturtyper och arter som finns i området ska bevaras långsiktigt.

Bevarandeplanen är under revidering och kommer att uppdateras. Varje naturtyp och art ska bidra till att en gynnsam bevarandestatus kan uppnås inom en större region, den kontinentala regionen. Det främsta bevarandesyftet för Getteröns fågelreservat är att bevara strandängar och de grunda vattenområdena och deras kvaliteter som rast- och häckningslokal för vadare och änder.

Getteröområdet omfattas även av "Konvention om våtmarker av internationell betydelse i synnerhet såsom livsmiljö för våtmarksfåglar, SÖ 1975:76" (Ramsarkonventionen). Området skyddas i enlighet med våtmarkskonventionen (Convention on Wetlands) som tillkom år 1971 i staden Ramsar, Iran. I Sverige finns 51 sådana områden. Precis som alla andra Ramsarsområden i Sverige ingår området i ett Natura 2000-område.

Dessutom utgör samma geografiska område också en del av riksintresset Klosterfjorden – Getterön.

Området Getterön beskrivs mer i detalj i tillhörande MKB.

## 7.2 Förorenade områden

Längs delar av sträckningen har tidigare industriell verksamhet medfört att jord och grundvatten är förorenat i varierande grad. Den dominerande föroreningsproblematiken är knuten till förekomsten av klorerade alifater (klorerade lösningsmedel). Resultatet av historiska inventeringar visar att det är främst verksamheter norr om bergtunneln som har bidragit till föroreningar i mark och grundvatten längs den aktuella sträckan. I Figur 7-1 visas områden där det har funnits verksamheter som har eller kan ha gett upphov till föroreningar i mark- och grundvatten. Den industriella verksamheten har till stor del varit koncentrerad till ett område söder om Getteröbron.

I norr finns Lassabackadeponin som angränsar till spårområdet i öst. Deponin utgörs av blandat avfall såsom hushållsavfall, industriavfall, byggavfall, sjukhusavfall och slakteriavfall. Järnvägsprojektet berör endast den östra delen av Lassabackadeponin.

Lakvatten från deponin avleds idag söderut till Lassabackabäcken via en ledning som ligger mellan järnvägen och deponin. Lakvatten sprids sannolikt även diffust från deponin till omgivningen.

Det område där reningsverket idag ligger, VIVAB:s<sup>1</sup> område, är ett utfyllt område. Under 1950-1960-talet användes området som deponi för bland annat hushållssopor och slaktavfall. Vid undersökningar har metallskrot, tegel, betongrester och även bilvrak påträffats.

Öster om VIVAB:s område, ligger Valenområdet, där industriell verksamhet har bedrivits i form av tillverkning av ståltråd, spik och wire. Området är utfyllt, till viss del med restprodukter från den verksamhet som bedrivits, såsom slagg och aska.

Söder om VIVAB:s område finns ett område där det tidigare har funnits en oljedepå med cisterner. Några cisterner är rivna, men några oljecisterner finns kvar. I cisternerna förvarades eldningsolja, diesel och kreosot. Det finns uppgifter som tyder på att det utfyllda området där cisternerna har stått kan ha varit en gammal deponi.

Söder om Valenområdet och öster om järnvägen ligger det industriområde där Monarks cykelfabrik och Heurlins lackering är belägna. Monarks verksamhet har inneburit avfettning, rostskyddsbehandling i kadmium- eller kopparbad, förnickling, förkromning och förzinkning. Heurlins lackering har bedrivit metallytbehandling, vilket genererat avfall såsom metallhydroxidslam och färgrester. Det har även förekommit processer där klorerade lösningsmedel har använts.

Inom Kvarteret Renen (Renen 13) har det bland annat bedrivits finmekanisk industri med ytbehandling och rengöring med klorerade lösningsmedel. Slam med klorerade lösningsmedel har förvarats i en bassäng. Läckage av klorerade lösningsmedel har medfört att marken, jordgrundvattnet och berggrundvattnet är kraftigt förorenat. Det bedöms finnas två huvudsakliga källområden varifrån dessa föroreningar har spridits, ett större föroreningsområde bestående av två eller flera delområden under industrilokalerna, samt ett mindre

---

<sup>1</sup> Vatten och Miljö i Väst AB

föroreningsområde under och i anslutning till den bassäng där förorenat slam förvarats. Föroreningarna har spridit sig västerut, mot järnvägen, till största delen via det djupare jordgrundvattnet samt berggrundvattnet.

Efterbehandling av jord och grundvatten kommer att ske inom Renen 13. Efterbehandlingen planeras att genomföras bland annat med hjälp av termisk in situ behandling av jord och grundvattnet. Detta innebär att mark och grundvatten hettas upp så att föroreningarna avgår som ångor vilka därefter samlas upp och renas.

Vid efterbehandlingen inom kvarteret Renen kommer källtermerna samt det kraftigt förorenade grundvattnet att åtgärdas. De föroreningar som har spridit sig i en västlig plym, mot järnvägen, kommer att finnas kvar men den fortsatta spridningen kommer att kraftigt reduceras. Denna efterbehandling bedöms dock ej vara slutförd vid byggskedets start, däremot kan den förväntas vara genomförd innan driftskedet tar vid.

Cirka 300 meter söder om norra bergtunnelmynningen, inom kvarteret Trädgården, har rester av klorerade lösningsmedel påträffats i samband med en översiktlig miljöteknisk undersökning inför byggnationer på platsen. Dessa föroreningar har bedömts kunna härröra från en före detta kemtvätt som varit belägen i närområdet. Exakt läge och annan detaljerad information om denna eventuella kemtvätt saknas dock.

Övriga potentiella föroreningskällor är bland annat en bensinstation öster om framtida betongtråg och betongtunnel. Bensinstationen är delvis sanerad men restföroreningar kan finnas kvar. Vidare bör även området för befintlig järnväg, banvall och bangård, nämnas. Typiska föroreningar i sådana miljöer är metaller och PAH från slipers.

En mer detaljerad beskrivning av föroreningsnivåer i mark- och grundvatten, inom respektive karaktärsområde, presenteras i MKB:n.





Figur 7-1. Översikt befintlig och planerad anläggning tillsammans med verksamhetsområden som har eller kan ha gett upphov till föroreningar i mark och grundvatten.

### 7.3 Klimatpåverkan

Enligt SMHI:s klimatanalys för Västra Götalands län bedöms framtida (2100) havsnivå höjas med cirka 1 meter, vilket med hänsyn till landhöjningen innebär en havsnivåhöjning med 0,78 meter i medeltal i området kring Varberg. Vattenstånd med 100 års återkomsttid kan förväntas höjas på samma sätt som medelvattenytan (SMHI, 2014).

En långsiktig ökning av grundvattennivån som motsvarar ökningen av havsytans medelnivå kan antas längs med de delar av spårsträckningen som ligger inom förhållandevis flacka och låglänta områden. Detta under förutsättning att inga diskontinuiteter mellan havet och planerad tunnel stör strömningsförhållandena. Detta gäller för grundvattennivåerna i berget och grundvattenmagasin i jord som inte påverkas nämnvärt av ytliga dräneringar eller lokal topografi.

För att kunna ange säsongsmässiga högnivåer för grundvattnet krävs kännedom om variationsbredd hos grundvattennivåer utmed planerad tunneln. Genomförda grundvattennivåmätningar längs med tråg- och tunnelsträckning har studerats under projektets gång. En bedömning av normala amplituder har gjorts. Sett i perspektivet 100 år, eller än längre, så är dessa värden dock väldigt osäkra, men är det underlag som finns att tillgå.

Den förändring som kan förväntas i framtiden är eventuellt en större variationsbredd hos grundvattennivåerna, jämfört med vad vi kan se idag. Hur mycket större är dock svårt att säga. I klimatanalysen för Västra Götalands län (SMHI, 2011) har exempel från två mätstationer angivits, Hallsberg och Herrljunga, där ökningen hos variationsbredden har beräknats till cirka 16-19%, d.v.s. relativt likartad trots att det rör sig om olika magasin typer på förhållandevis stort avstånd från varandra. Variationsbredden längs med aktuell spårsträckning bedöms idag vara cirka 0,5-1,5 meter i flackare partier och i branta partier uppemot 2-2,5 m. Om variationsbredden ökar med cirka 20 % i ett framtida klimat skulle detta innebära en variationsbredd om cirka 0,6-1,8 meter i flacka partier respektive 2,4-3 meter i mer branta partier.

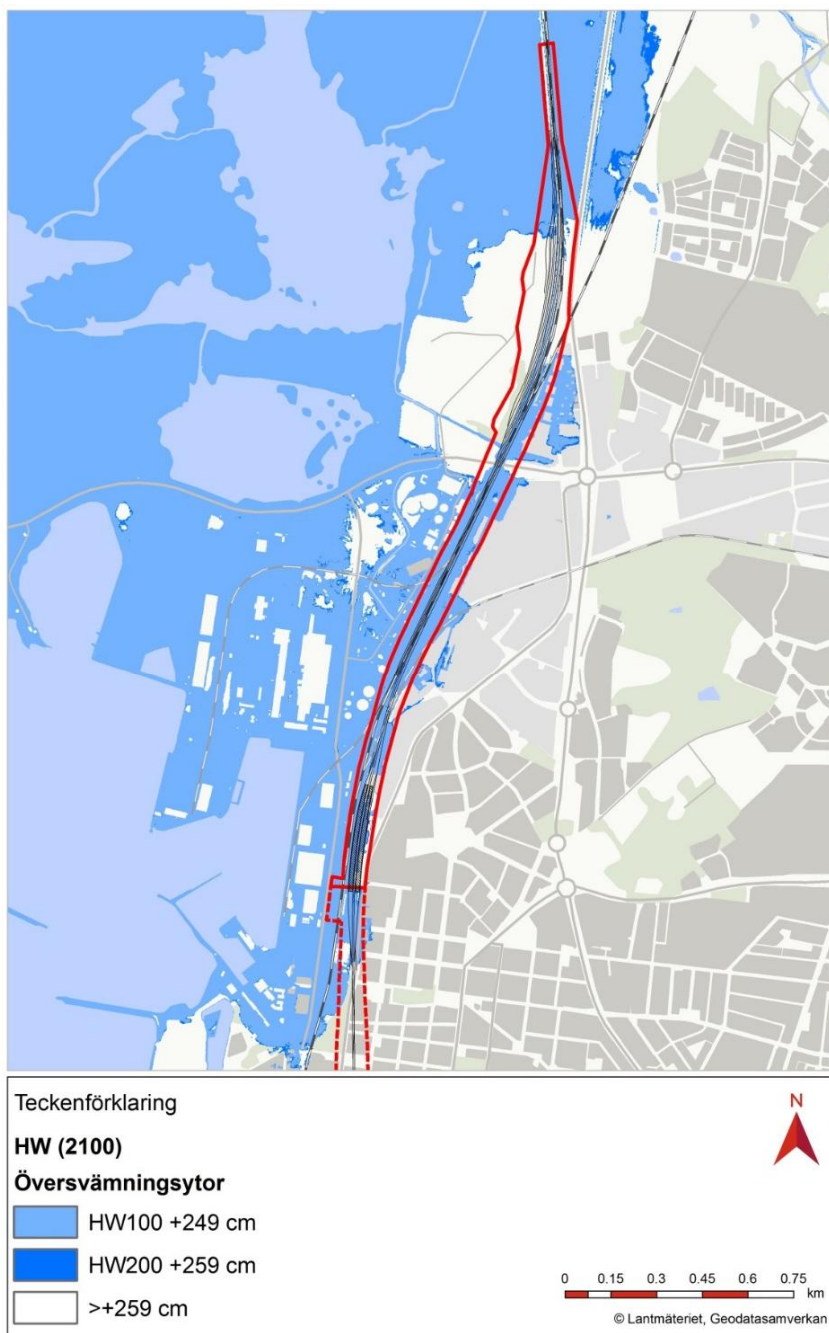
Höga grundvattennivåer är i huvudsak av intresse där grundvattnets lyftkrafter kan ha betydelse d.v.s. för delen söder om bergtunneln där betongtunnel, tråg och vägportar ska anläggas. I området för det norra tråget och betongtunneln kommer framtida extrema havsnivåer att vara dimensionerade, snarare än höga grundvattennivåer.

För tråg och betongtunnel i söder ligger grundvattennivåerna redan idag nära markytan (cirka 0-0,8 meter under markytan), och kan i de södra delarna av tråget ställvis och tidvis förväntas vara artesiska.

Om ökningen av havsnivån med 0,78 meter antas få fullt genomslag i grundvattenmagasinet i jord, längs södra tråget och vid korsningen med Österleden, och en ökad variationsbredd enligt SMHI:s klimatanalys antas, skulle grundvattennivåernas framtida säsongsmässiga högnivå kunna ligga cirka 2,6 – 3,8 meter högre än dagens medelnivåer.

För de kustnära delarna av järnvägssträckningen är ytvattennivåerna dimensionerande. Stigande havsnivåer orsakade av en förväntad klimatförändring har bedömts utifrån tillgängliga forskningsresultat. Översvämningar vid en förhöjd havsnivå har bedömts utifrån Lantmäteriets nationella höjdmodell. Vid en förväntad havsnivåhöjning med 100 cm kommer högvattenståndet med 100 och 200 års återkomsttider, justerat utifrån förväntad

landhöjning, att stiga till +2,49 meter respektive +2,59 meter (SMHI 2012). Förväntade översvämningsytor för sträckan från godsbangården till norra tunnelmynningen framgår av Figur 7-2. Utifrån de risker som föreligger vid översvämning har lämpliga skyddsnivåer för spår, tråg och tunnelmynningar bestämts inom projektet. Med tanke på framtida extrema havsvattenstånd planeras att tråg och betongtunnel i driftskedet ska dimensioneras för en permanent skyddsnivå motsvarande +3,5 m, där beredskap för en påbyggbar skyddsnivå upp till +5 meter ska finnas.



Figur 7-2. Högvattenstånd med 100 och 200 års återkomsttider år 2100.

## 8 Modellberäkningar

Nedan beskrivs de numeriska modeller som har använts för hydrauliska beräkningar med avseende på ytvatten och grundvatten.

### 8.1 Ytvatten

I projektet har hydrauliska modeller upprättats för Brearedsbäcken och Vrångabäckens två grenar med hjälp av programmet HEC-RAS 1 som tagits fram av U.S. Army Corps of Engineers. Programmet är likvärdigt med MIKE 11 (DHI) och används i Sverige av bland annat SMHI, Jordbruksverket och Vattenfall.

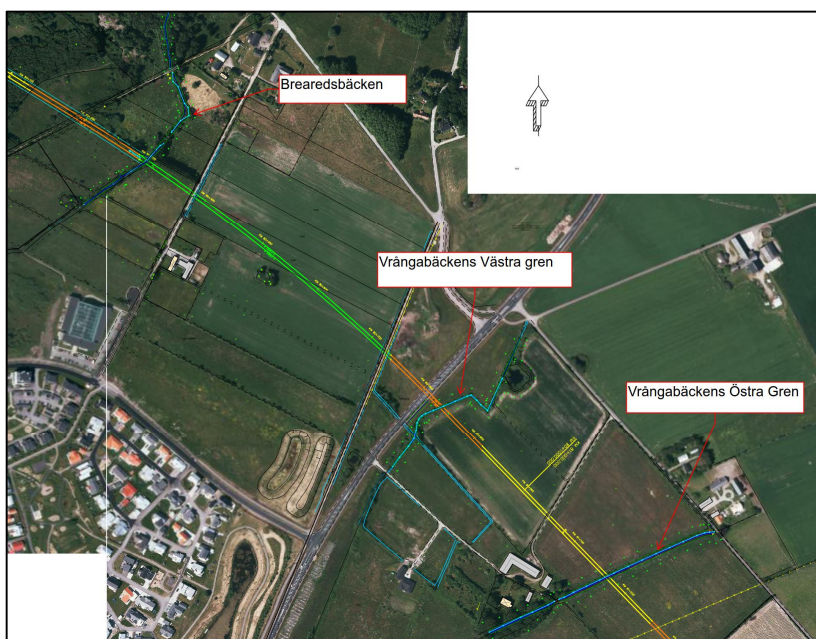
Modellerna har använts till att klarlägga de befintliga vattendragens hydrauliska kapacitet och funktion vid flöden med olika återkomsttider. Högsta högvatten (HHW) har bestämts i de punkter där den planerade järnvägen korsar respektive vattendrag. Dessa nivåer har sedan legat till grund för dimensionering av dykarledning och trummor. Datormodellerna har även använts för att undersöka vilken hydraulisk påverkan olika bro- eller trumtyper ger upphov till såsom vattenståndsförändring och vattenhastigheter. Detta har i sin tur använts för att bedöma om dessa utgör vandringshinder för fisk.

Att upprättande av modeller avgränsats till att omfatta dessa vattendrag baseras på följande:

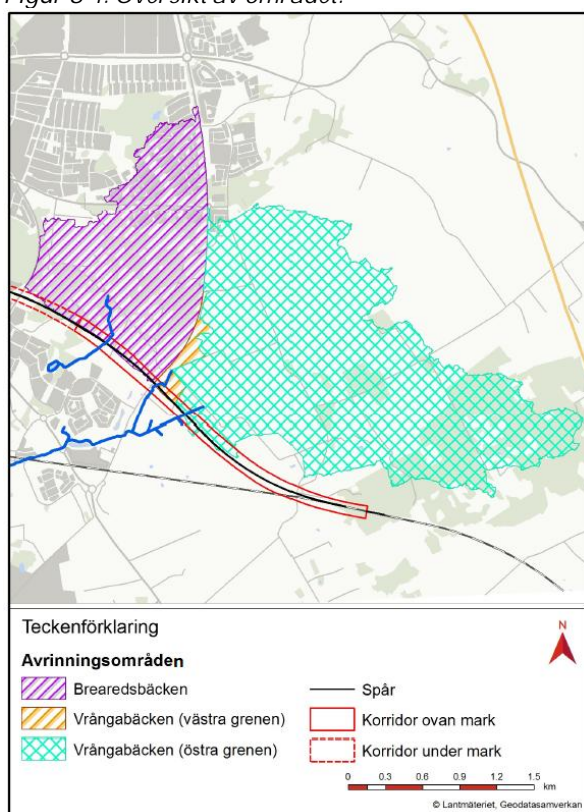
- 1) De mindre dagvattendikena som berörs är inte vattenförande under hela året alternativt kulverterade uppströms järnvägen. Det bedömdes därför inte finnas behov att upprätta hydrauliska modeller för dessa utan dimensionering av trummor har kunnat utföras genom hydrauliska flödesberäkningar. Beräknade flöden redovisas i kapitel 9.2.
- 2) Lassabacka- och Monarkbäcken belastas uteslutande av urbant dagvatten och en hydraulisk modell behöver täcka in hela det kommunala dagvattensystemet. I projektet har därför resultaten från kommunens egna upprättade hydrauliska modell använts. Beräknade flöden redovisas i kapitel 9.2.

#### 8.1.1 Vattendragens läge och avrinningsområden

Beräkningarna omfattar tre vattendrag, Brearedsbäcken (Km 80+303), Vrångabäckens västra gren (Km 80+839) och Vrångabäckens östra gren (Km 81+166). De aktuella vattendragen mynnar i Apelviken via Vrångabäckens huvudflöde. I Figur 8-1 ses en översikt över bäckarna och i Figur 8-2 redovisas bäckarnas avrinningsområden. De delar av vattendragen som är undersökta är de som ligger strax uppströms och strax nedströms den planerade järnvägen.



Figur 8-1. Översikt av området.



Figur 8-2. De korsande vattendragens avrinningsområden vid yttlig avrinning efter anläggning av den planerade järnvägen. Observera att avrinningsområdet för Brearedsbäcken blir större än i nuläget eftersom järnvägen samt vägporten för Österleden blir nya vattendelare. Avrinningsområdet för Brearedsbäcken avser yttlig avrinning vid längre återkomsttider då naturflöden från intilliggande avrinningsområden kommer att belasta bäcken, vilka vid normala flöden avvattnas via kommunala ledningar.

### 8.1.2 Dimensionerande flöden

För beräkning av dimensionerande naturflöden har formler angivna i MB310 använts. I ekvationerna nedan används parametrar angivna i Tabell 8-1.

Tabell 8-1. Aktuella inparametrar

Parameter	Kommentar
N = yta hos avrinningsområdet uppströms beräkningspunkten [km <sup>2</sup> ]	
MQ = medelvattenföring [m <sup>3</sup> /s]	
Mq = specifik medelavrinning [l/(s·km <sup>2</sup> )]	Ansatt Mq=13 l/(s·km <sup>2</sup> ) för Varberg. Baseras på värden från SMHI:s Vattenwebb.
HQ <sub>T</sub> = högvattenföring [m <sup>3</sup> /s]	
S = sjöyta inom N [km <sup>2</sup> ]	
T = återkomsttid [mån. el. år]	
f <sub>mom</sub> = momentanfaktorn	

För bestämmande av medelvattenföring användes följande ekvation:

$$MQ = Mq \cdot N$$

Eftersom alla avrinningsområden uppströms de punkter där naturflöden leds under järnvägen har en area mindre än 10km<sup>2</sup> har följande ekvation för att bestämma flöde med 50-års återkomsttid varit aktuell:

$$HQ_{50} = 0,27 + 0,0344 \cdot Mq \cdot N + 0,03 \cdot N - 0,09 \cdot \frac{S}{N}$$

För att erhålla HQ200 har HQ50 multipliceras med uppräkningsfaktorn 1,25. Momentana toppflöden har beräknats med hjälp av momentanfaktorn enligt Tabell 8-2. 1000-års flöde är endast grovt uppskattat genom att HQ50 uppräknats med antagen faktor om 1,5, detta för att ge en indikation om risker vid högre flöden än dimensionerande.

Tabell 8-2. Faktorer för uppskattning av momentana toppflöden genom multiplikation med HQ50

N [km <sup>2</sup> ]	S/N [%]	f <sub>mom</sub>
10	5	1,4
10	0	1,7
50	5	1,3
50	0	1,4

I Tabell 8-3 redovisas beräknade flöden för de aktuella vattendragen som använts vid beräkningar med de hydrauliska modellerna. Beräkningpunkterna ligger vid korsningen med planerad järnväg.

Tabell 8-3. Hydrologiska uppgifter, dimensionerande flöde med feta siffror. Siffror inom parentes är flöden som uppstår i befintlig situation när Vrångabäcken västra bräddar över till Vrångabäcken Östra, vilket sker vid flöden högre än HQ50. Efter byggnation av järnvägen sker ingen bräddning till Vrångabäcken Östra.

Recipient	Längd-mätning	Konsekvens-klass (MB310)	MLQ	MQ	MHQ	HQ50 (m <sup>3</sup> /s)	HQ50 mom (m <sup>3</sup> /s)	HQ200 (m <sup>3</sup> /s)	HQ1000 (m <sup>3</sup> /s)
Brearedsbäcken	Km 80+303	3	0,0006	0,01	0,16	2,49	4,23	3,11	3,73
Vrångabäcken V	Km 80+839	2	0,0001	0,001	0,016	0,585	0,994	0,731	0,878
Vrångabäcken Ö	Km 81+166	2	0,0032	0,052	0,83	2,19	3,73 (4,13)	2,74 (2,87)	3,29

### 8.1.3 Geometri

Befintliga bäckfåror, anslutande markområden samt befintliga vattennivåer har mätts in av Metria. För att ytterligare komplettera modellen med de översvåmningsytor som omger vattendragen har en terrängmodell med markhöjder från Lantmäteriets höjddata använts. Längs tillåtlighetskorridoren har rådata i form av punktmoln varit tillgängligt vilket tillåter en upplösning på 1 meter i plan. Utanför detta område har Lantmäteriets färdiga terrängmodell, GSD-höjddata grid 2+, använts vilken har en upplösning på två meter i plan.

Det geometriska underlaget har bearbetats med AutoCad Civil 3-D och därefter exporterats till HEC-RAS för modellering av de aktuella vattendragen.

### 8.1.4 Parameterval och kalibrering

Bedömning av Mannings n-koefficienter har genomförts genom observationer av fältuppgifter. Mannings n har bedömts utifrån bäckfåror och översvåmningsplanens karaktär och växtlighet, se Tabell 8-4. Val av nedströms randvillkor har gjorts genom kontroll av nedströms reglerande vattennivåer och vattendragens bottenlutning nedströms modellranden. För samtliga vattendrag har randvillkor nedströms ansatts utifrån bottenlutning som enligt inmätningarna är, för Brearedsbäcken 1 %, Vrångabäcken Västra 0,7 % och för Vrångabäcken Östra 0,15 %. Kalibrering av modellerna har inte genomförts i detta skede eftersom inga tillämpliga kalibreringsdata har varit tillgängliga.

Tabell 8-4. Uppskattade Mannings n.

	Brearedsbäcken	Vrångabäcken V	Vrångabäcken Ö
Bäckfåra	0,025	0,035	0,035
Översvämningsplan	0,04	0,035	0,035

### 8.1.5 Redovisning av resultat

Utifrån dimensionerande flöden har vattennivåer beräknats och redovisas i form av vattenytteprofiler samt sektioner för de modellerade bäckarna. Noggrannheten i beräkningarna för HW bedöms vara i storleksordningen  $\pm 20$  cm. Beräknade vattennivåer redovisas ändå med centimeternoggrannhet för att möjliggöra relativa dämningjämförelser.

För situationen med ny planerad järnväg har lämpliga dimensioner och utformning av dessa tagits fram. Även vattenhastigheter samt dämning kontra befintliga förhållanden har beräknats.

Beräknade vattenytteprofiler redovisas i bilaga 2.

### 8.2 Grundvatten

En tredimensionell grundvattenmodell har satts upp för beräkning av påverkansområde till följd av grundvattenverksamheten. För modelleringen har beräkningsprogrammet Feflow använts.

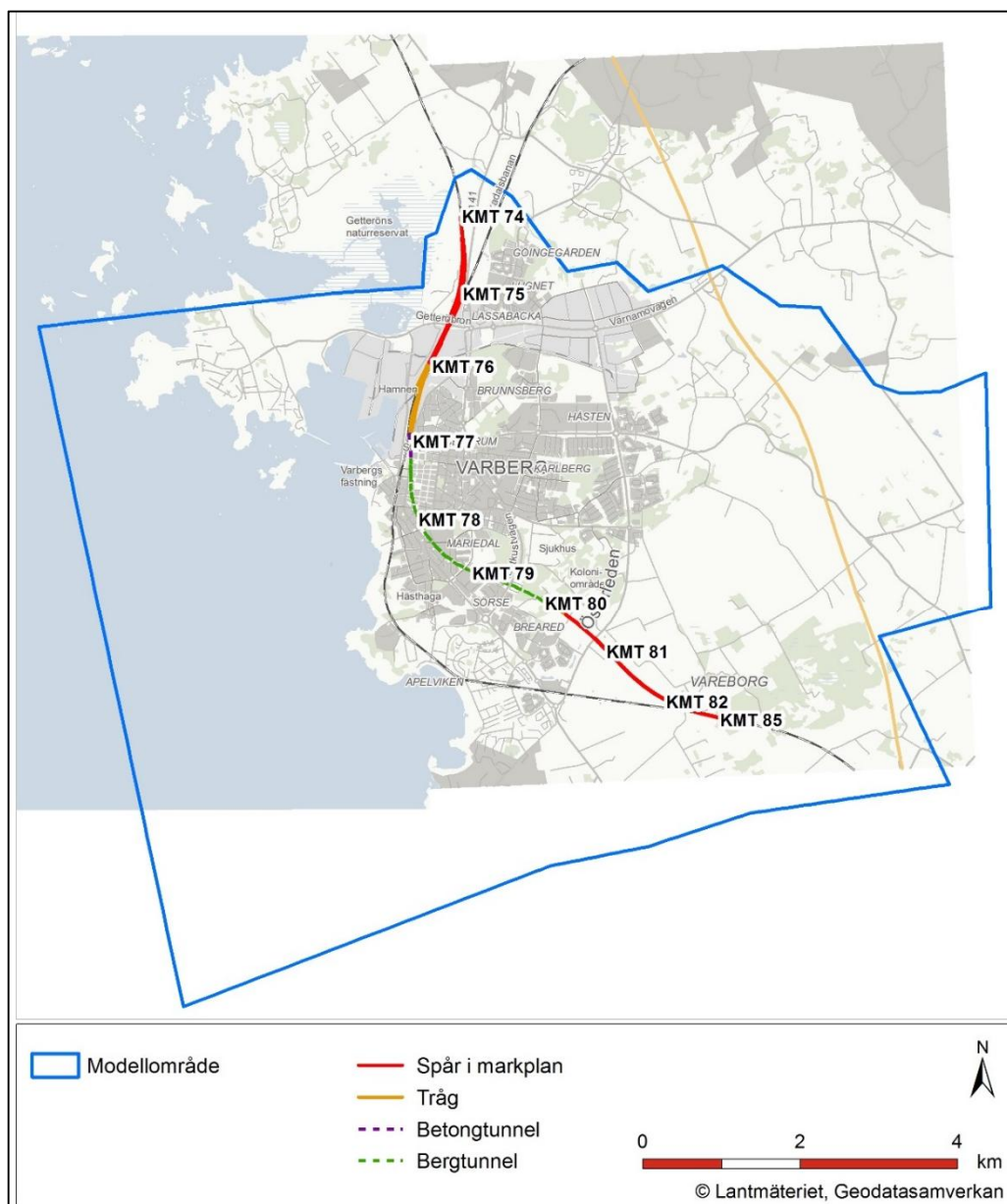
Feflow är ett kommersiellt beräkningsprogram utvecklat av DHI-WASY GmbH för beräkning av grundvattenströmning, mass- och värmetransport i mark i tre dimensioner. Feflow baseras på den så kallade finita elementmetoden vilket möjliggör ett flexibelt beräkningsnät med hög detaljeringsgrad runt tunneln och andra områden där lokala förhållanden bör beskrivas med hög noggrannhet. Feflow kan modellera stationära och tidsberoende förhållanden för öppna och slutna akvifärer.

I Figur 8-3 visas modellens geografiska omfattning.

Modellens uppbyggnad grundar sig på resultaten från genomförda undersökningar avseende jordlagerföljder, sprickzoner i berg och hydrauliska parametrar.

Modellens utbredning i vertikalled sträcker sig från markytan ned till cirka 100 meter ned i berget, och är indelad i 23 beräkningslager, där lagergränserna utgörs dels av geologiska enheter och dels av begränsningsytor för tunnel och tråg. Det numeriska beräkningsnätet är sammantaget komplext och detaljerat både i horisontal- och vertikalled.



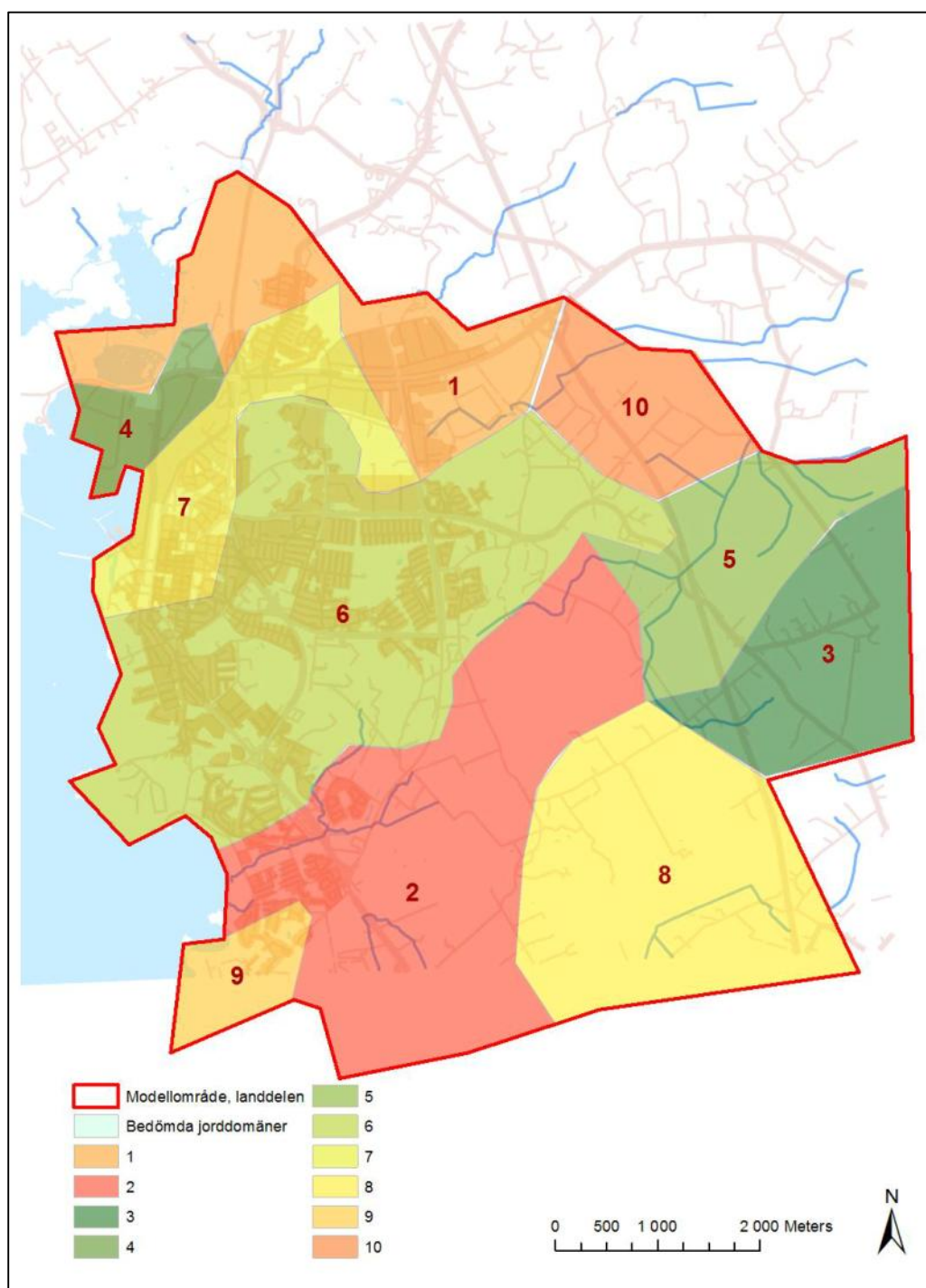


Figur 8-3. Avgränsning av modellområde. Västerut går modellgränsen cirka 5 km utanför kustlinjen i figuren.

### 8.2.1 Geologiska enheter - generell zonindelning

Mäktigheten på respektive geologisk enhet i modellen har baserats på genomförda undersökningar i området, bergöverytans läge och allmänna geologiska kunskaper om området. Strävan har varit att förenkla den komplexa och bitvis dåligt kända verkligheten till en praktiskt användbar modell och vissa generaliseringar har därmed varit nödvändiga.

Generellt har de varierande geologiska enheterna inom området förenklats till principiella lager med samma egenskaper inom större områden. Tio principiella jordlagerdomäner enligt Figur 8-4 har identifierats. Dessa beskrivs även översiktligt i Tabell 8-5.



Figur 8-4 Bedömda jorddomäner inom modellområdet.

Tabell 8-5 Generell beskrivning av jordlagerföljd i jorddomäner

Jorddomän	Generell beskrivning
1	Några meter friktionsmaterial i ytan, sand med cirka 2-3 meter mäktighet. Lera med osäker mäktighet, det finns en uppgift på upp till 20 m Övergångszon/vittringszon med mer genomsläppligt berg
2	Cirka 1-2 meter sand Uppemot 15 meter lera Cirka 5 meter friktionsmaterial
3	Övervägande sand direkt ovan berg. Sanden kan bedömas som relativt genomsläpplig. Ingen uttalad vittringszon i övergången till berg.
4	Fyllningsmaterial, cirka 1-2 meter Friktingsmaterial, cirka 1-2 meter Lera uppmot 20 meter Friktingsmaterial, cirka 2-3 meter
5	Gyttja, cirka 5-10 meter Friktingsmaterial, cirka 5 meter Övergångszon/vittringszon med mer genomsläppligt berg
6	Sand/grus direkt ovan berg. Sanden/gruset kan bedömas som relativt genomsläppligt. Ingen uttalad mer permeabel zon i övergången till berg.
7	Fyllningsmaterial, cirka 1 meter Friktingsmaterial ned till övergångszonen/krosszonen mot berg. Ställvist inslag av lera och silt
8	Övervägande sand/morän (relativt genomsläpplig) direkt ovan berg. Ingen uttalad vittringszon i övergången till berg.
9	Finsand/morän direkt ovan berg. Ingen uttalad vittringszon i övergången till berg.
10	Gyttja, cirka 5-10 meter Friktingsmaterial, cirka 2-3 meter. Övergångszon/krosszon med mer genomsläppligt berg

Berglagrens indelning baseras på genomförda undersökningar, berggrundskartan, SGU:s brunnsarkiv samt generella geologiska kunskaper om området. Genomförda undersökningar har visat på förekomst av en zon med högre genomsläpplighet i anslutning till bergöverytan. Denna har inkluderats i modellbeskrivningen. Kända spricksystem har beskrivits i modellen med en generell bredd och hydraulisk konduktivitet baserat på de undersökningar som gjorts längs planerad tunnelsträckning.

Den indelning/klassning i bergdomäner som redovisas i kapitel 5 har utgjort underlag för beskrivningen av bergets egenskaper.

### 8.2.2 Randvillkor

I öster avgränsas modellområdet av en bedömd grundvattendelare och i väster av havet där strandlinjen utgör en fast utströmningsnivå för det översta beräkningslagret. I norr avgränsas modellen av Himleån och i söder av en bedömd gräns på tillräckligt avstånd från tråg och tunnel, där ingen påverkan kan förväntas. Befintliga vattendrag och öppna diken har beskrivits i de översta jordlagren.

Ytnära dränering har beskrivits med en dräneringsfunktion som blir aktiv då beräknad grundvattenyta når ansatt dräneringsnivå. Syftet med denna funktion är att efterlikna den dränerande effekt som det kommunala VA-nätet och vägdiken i urbana områden har och den effekt som jordbruksdräneringar har inom områden med jordbruksmark.

Grundvattenbildningen till jord har ansatts till mellan 35 och 175 mm/år över modellområdet baserat på bedömningar från jordartskartan, hydrogeologiska kartor samt erfarenheter från liknande områden. De lägre värdena har förutom inom lerområden tillämpats i tätbebyggd stadsmiljö där grundvattenbildningen är begränsad på grund av stor andel hårdgjorda ytor.

### 8.2.3 Hydrauliska parametrar

Parametervärden i modellen baseras på genomförda hydrogeologiska undersökningar. Vid kalibrering har konduktiviteter inom de spann som redovisats från undersökningar i området eftersträvat. I de delar av modellen där inga undersökningar har genomförts har rimliga skattningar av parametervärden tillämpats, baserat på jordartskartan, berggrundskartan och bedömningar utifrån information i SGU:s brunnarsarkiv.

Generellt har antagits isotropa förhållanden vilket innebär att den hydrauliska konduktiviteten antas likadan i vertikalled som i horisontalled. Jorddomän 7, där det noterats inslag av lera och silt i friktionsjorden är ett undantag där den vertikala konduktiviteten justerats nedåt med en faktor 2.

### 8.2.4 Kalibrering

Kalibrering av modellen har utförts mot medelvärden av relevanta uppmätta grundvattennivåer i området samt mot resultat från genomförda provpumpningar. Kunskap om grundvattennivåer utifrån genomförda undersökningar finns i huvudsak i anslutning till tråg och tunnelsträckning. I de delar av modellen där inga undersökningar har genomförts har grundvattennivåer från brunnborrningar i berg från SGU:s brunnarsarkiv använts. Dessa nivåer är behäftade med betydligt större osäkerheter och har därför inte getts lika stor vikt vid kalibreringen som de nivåer som har uppmätts i genomförda undersökningar.

Generellt är överensstämmelsen mycket god mellan beräknade grundvattennivåer och uppmätta medelvärden av grundvattenobservationer längs större delen av planerad järnvägssträckning.

### 8.2.5 Beskrivning av grundvattensänkning och inläckage

Schakt för betongtunnel och betongtråg

Grundvattensänkningen i öppna schakter har beskrivits på så sätt att en fast trycknivå, motsvarande 0,5 meter under schaktbotten, har ansatts inom schaktområdet i modellen. Spont vid tråg har beskrivits med en hydraulisk konduktivitet på  $1 \cdot 10^{-7}$  m/s över en tjocklek på 0,5 meter.

Vid bergschakt för betongtunnel har tätning av berget till en nivå motsvarande 5 l/(min·100 m) beskrivits i modellen, i enlighet med vad som anges för bergtunnelsträckningen nedan. På samma sätt har inflödet via berg begränsats vid schakten för det södra tråget.

Bergtunnel

Bergtunnelsträckningen har i modellen beskrivits på ett sådant sätt att inflödet till bergtunnlarna överensstämmer med den täthet som inom projektet har bedömts rimlig och tekniskt möjlig att uppnå, vilket innebär ett inläckage om 5 l/(min·100 m) för hela bergtunnelsträckningen i driftskedet.

I byggskedet gäller samma inläckage, med undantag för den norra delen av bergtunnelsträckningen där bergtäckningen är mindre, från cirka Km 77+250 till Km 77+550. Längs denna sträcka är grundvattennivån i modellen avsänkt till en nivå motsvarande tunneltak. Inläckaget längs denna delsträcka motsvarar knappt 30 l/(min\*100 m) i byggskedet.

## 9 Beskrivning av planerad vattenverksamhet samt verksamhet med påverkan på Natura 2000

Tråg och betongtunnlar måste anläggas i torrhet, varför en grundvattensänkning i byggskedet är nödvändig. Dock kommer tråg och betongtunnlar att utformas som i princip täta konstruktioner, varför ingen betydande grundvattenbortledningen eller grundvattensänkning kommer att behövas för dessa anläggningar i driftskedet.

Vid anläggandet av bergtunnel kommer grundvattenbortledning att erfordras i byggskedet men även i driftskedet. Vid utsprängning av bergtunneln kommer berget att förinjekteras, vilket innebär att erforderlig täthet i stort sett ska kunna uppnås innan utsprängning av tunneln, med undantag för den norra delen av bergtunneln med mindre bergtäckning där det finns risk för svårigheter att uppnå önskad täthet.

Där diken och ytvattendrag korsar järnvägen kommer dessa att beröras på olika sätt och i olika omfattning. Arbeten kommer att ske i eller i anslutning till dessa diken och ytvattendrag, då trummor byts ut, vattendrag grävs om och/eller dykarledningar anläggs under järnvägen.

I detta kapitel redogörs för vattenverksamhetens art och omfattning.

Beskrivningen omfattar vattenverksamhet både med avseende på yt- och grundvatten. Vidare beskrivs också de delar av verksamheten som kan medföra påverkan på Natura 2000-området Getteröns fågelreservat.

### 9.1 Verksamhet med påverkan på Natura 2000

Påverkan på Natura 2000-området Getteröns fågelreservat förväntas uppstå genom främst buller men även vibrationer samt arbeten i tillrinnande vattendrag, vilket kan medföra risk för grumling, sedimentation samt föroreningsspredning.

### 9.1.1 Buller och vibrationer

Under byggskedet kommer buller inom Getteröns fågelreservat kunna uppstå främst till följd av:

- spontning vid Lassabackadeponin
- sprängning av berg vid anläggandet av godsbangård vid Lassabackadeponin
- lastning och lossning av massor i samband med anläggandet av godsbangård vid Lassabackadeponin
- krossverksamhet inom industriområde i Norra hamnen, söder om Getterövägen

Ett visst buller kommer även anläggningsmaskinerna i allmänhet att medföra, men detta är av en mer konstant karaktär och kan i sammanhanget förväntas ge mindre påverkan, jämfört det buller som ovanstående arbetsmoment ger upphov till. Öster om Natura 2000-området kommer en godsbangård att anläggas. Detta innebär schaktningsarbeten i jord, speciellt vid urgrävning av deponimassor och anläggandet av dräneringsledningar samt det underjordiska dagvattenmagasin som ska omhänderta dagvatten från den färdiga godsbangården.

Vibrationer kommer att uppstå framförallt i samband med spontning vid Lassabackadeponin samt pålning vid Getteröbron.

Under driftskedet är det främst ökad järnvägstrafik som kan medföra en bullerförändring jämfört med idag.

### 9.1.2 Grumling, sedimentation och föroreningsspredning

De arbeten som kommer att utföras i de vattendrag som rinner till Getteröbassängen (ett dagvattendike i norr, Lassabackabäcken och Monarkbäcken) kan medföra grumling och spridning av partiklar, och även föroreningar via ytvattnet. Arbetena omfattar förlängning av trummor, och/eller anläggande av nya trummor. Detta beskrivs närmare i kapitel 9.2.3, 9.2.4 och 9.2.5.

Intill Monarkbäcken kommer en yta för hantering av deponimassor från utgrävningen av Lassabackadeponin att förläggas. Vidare kommer förorenade massor att hanteras inom en tillfällig upplagsyta vid reningsverket. Från dessa ytor kan ett diffust läckage av föroreningar ske till Monarkbäcken, vilket i sin tur kan medföra påverkan på Natura 2000-området. Masshanteringen beskrivs kort i kapitel 11.1.

Marsklandsområdet norr om den tilltänkta godsbangården är låglänt och ingår i vattenområdet för bassängen inom Getteröns fågelreservat. Inom detta marsklandsområde kommer schaktning utföras för anläggande av ett dagvattenmagasin. Schaktarbetet sker således inte i öppet vatten men inom vattenområdet. Vid schaktning för anläggande av utloppsledning till dagvattendiket norr om godsbangården finns risk för spridning av sediment. Denna verksamhet beskrivs i kapitel 9.2.2.

### 9.1.3 Inarbetade skyddsåtgärder

#### Buller och vibrationer

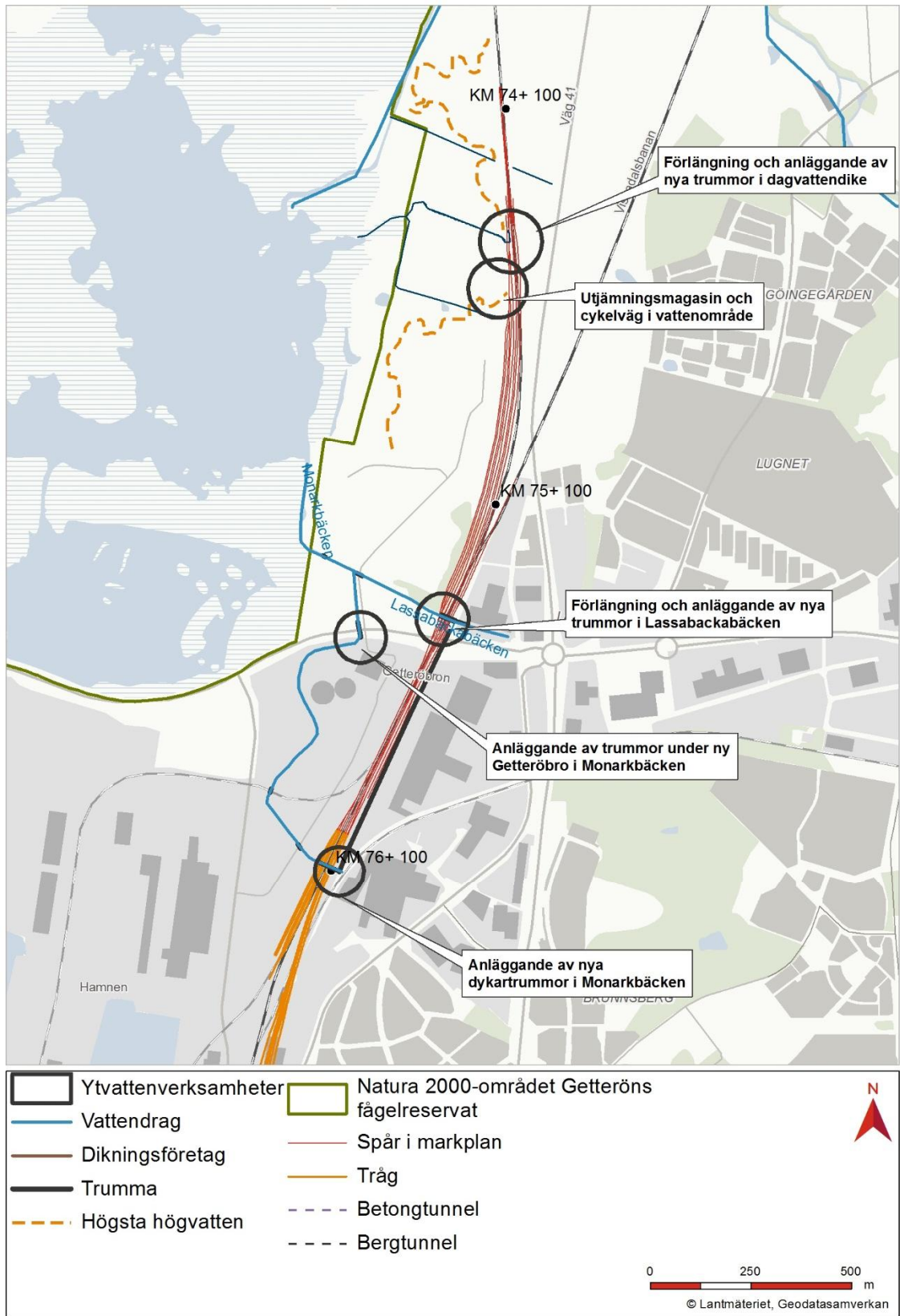
- För byggskedet kommer en bullervall anläggas i anslutning till Trafikverkets planerade krossverksamhet inom upplagsytan Norra hamnen som ligger söder om Natura 2000-området och söder om Getterövägen, (upplagsytans läge visas i karta i kapitel 10.1, Figur 10-2).
- Enligt järnvägsplanen genomförs bullerskyddsåtgärder mellan järnvägsområdet och Getteröns fågelreservat. Bullerskyddet utformas som ett lågt bullerplank eller stenmur de första 50 metrarna längst i norr. Därefter ökar bullerskyddets höjd gradvis mot söder där det sedermera övergår i en bergskärning och därefter en hög spont mot Lassabackadeponin.

#### Grumling, sedimentation och föroreningsspredning

- Vid arbeten i tillrinnande vattendrag upprättas grumlingskydd för att minska grumling och sedimentflykt. Exempel på sådana grumlingskydd är halmbalar som placeras i vattendraget för att förhindra sedimentflykt eller så kallade checkdammar som syftar till att bromsa upp vattnet och främja sedimentation.
- För att minska risken för negativa kumulativa effekter av den grumling och sedimentation som är oundviklig ska arbetena utföras i intervall med en viss mellanliggande tidsperiod, och således ej samtidigt.
- Länshållningsvatten som uppkommer inom tillrinningsområdet till Getteröbassängen kommer pumpas bort och renas innan utsläpp till Hamnbassängen. På så sätt ska inget länshållningsvatten nå Getteröbassängen.
- Vid den tillfälliga upplagsytan intill Monarkbäcken, där deponimassor från Lassabackadeponin ska grovsorteras, kommer en invallning mot Monarkbäcken att anläggas för att minska risken för diffusa utsläpp av förorenat vatten från deponi- och förorenade massor.

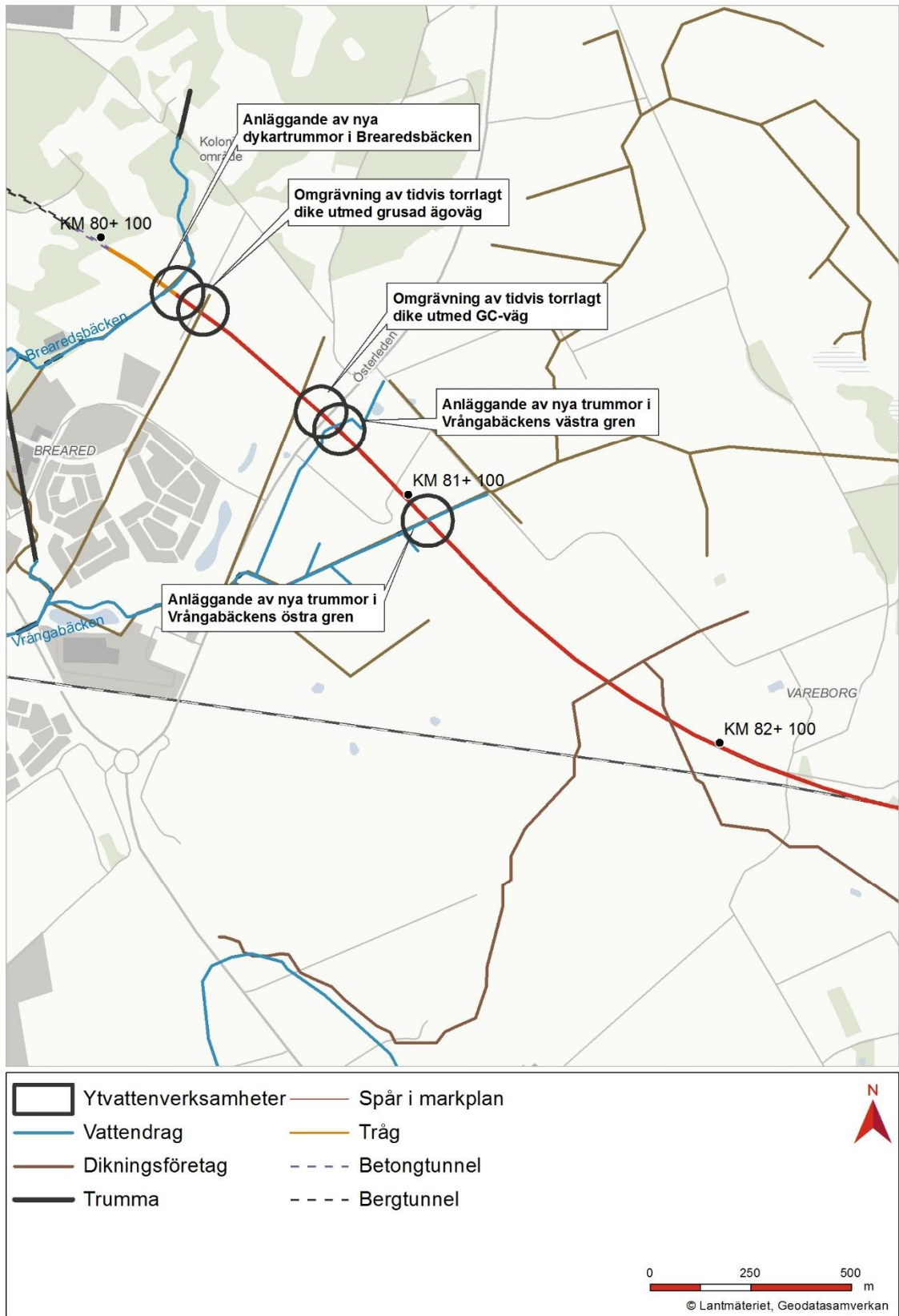
## 9.2 Vattenverksamhet – ytvatten

I Figur 9-1 och Figur 9-2 redovisas en översikt av planerade ytvattenverksamheter norr respektive söder om bergtunneln. I kapitel 9.2.3 till kapitel 9.2.9 följer sedan en beskrivning av ytvattenverksamheten för respektive vattendrag som berörs. I bilaga 1 visas vattendragen nuvarande sträckning samt planerade åtgärder i plan.



Figur 9-1. Planerade ytvattenverksamheter norr om bergtunnel





Figur 9-2. Planerade ytvattenverksamheter söder om bergtunnel

### 9.2.1 Inarbetade skyddsåtgärder - generellt

Ett antal av de inarbetade skyddsåtgärderna kommer att tillämpas vid och/eller inom ett flertal av vattendragen och bassängerna. Dessa skyddsåtgärder beskrivs nedan och anges sedan bara kort vid respektive vattendrag/bassäng.

- Schaktningsarbeten kommer vid flera av vattendragen att göras i torrhet. Detta innebär att vattnet leds om under byggtiden för att minimera påverkan i form av grumling i samband med schaktningsarbeten. Omledning kan göras antingen genom att en temporär bäck- eller dikesfåran grävs för förbiledning under byggskedet, eller genom att bäck- eller dikesvattnet pumpas förbi.
- För de trummor som ska anläggas kommer Trafikverkets publikation 2008:61 VVMB 310 *Hydraulisk dimensionering samt BVS 585.18 Trummor och ledningar* att användas.
- I de fall där det anges att grumlingskydd kommer upprättas kan sådana grumlingskydd utgöras av halmbalar som placeras i vattendraget för att förhindra sedimentflykt eller så kallade checkdammar som syftar till att bromsa upp vattnet och främja sedimentation. Grumlingskydd upprättas nedströms respektive arbetsområde i respektive vattendrag.
- Dikesslänter kommer vid flera vattendrag att gräsbesås, vilket betraktas som en inarbetad skyddsåtgärd. Detta görs för att minska negativa effekter i samband med de ingrepp som behöver göras på den vegetationsklädda kantzonen vid schaktningsarbeten. En del närstående träd och buskar kan behöva fällas och dikesslänter grävas om vilket innebär att den trädbevuxna kanton längs vattendraget minskar samtidigt som riskerna för påverkan från olika typer av markanvändning i närheten av vattendraget ökar. Skyddsåtgärden sätts in för att kantzonen ska etablera sig snabbare och därigenom minska de negativa effekterna av ingreppet.
- Uppkommet byggavloppsvatten kommer att renas enligt vad som anges i kapitel 10.

Generellt kommer biologiskt nedbrytbar olja i användas maskiner inom arbetsområdena i och i anslutning till ytvatten för att minska risken för negativa effekter på vattenmiljöerna vid eventuella olyckor eller spill.

### 9.2.2 Bassängen inom Getteröns fågelreservat

Vid Km 74+490 ska ett nytt dagvattenmagasin anläggas för omhändertagande av järnvägsdagvatten från norra delen av godsbangården från en yta på omkring 4,6 ha. Schaktområdet för magasinet hamnar inom vattenområdet för bassängen inom Getteröns fågelreservat och utgör därmed vattenverksamhet. Vid utloppet från magasinet anläggs en flödesregulator för att kontrollera utflödet som sker till dagvattendiket vid Km 74+425. Utjämningsmagasinet dimensioneras för regn med återkomsttid på 10 år och varaktighet 10 min och med ett utsläppskrav på 5 l/(s\*ha) vid dimensionerande regn.

Längs med järnvägen planeras en cykelväg, vilket medför schaktningsarbeten inom vattenområdet för bassängen inom Getteröns fågelreservat och utgör därmed vattenverksamhet.

Utöver detta kommer schaktningsarbeten att utföras i tillrinnande vattendrag, vilket beskrivs i kapitel 9.2.3, 9.2.4 och 9.2.5. Detta kan medföra en påverkan på bassängen inom Getteröns fågelreservat.

Inarbetade skyddsåtgärder

1. Schaktningsarbeten i dagvattendike, Lassabacka- samt Monarkbäcken sker i torrhet.
2. Vid arbeten i tillrinnande vattendrag (Lassabackabäcken, Monarkbäcken och dagvattendike i norr), upprättas grumlingskydd i vattendragen. Detta ska minska påverkan på bäckarna, men också på bassängen inom Getteröns fågelreservat.
3. Arbeten i tillrinnande vattendrag, (Lassabackabäcken, Monarkbäcken och dagvattendike i norr), som riskerar att ge grumlingspåverkan utförs ej samtidigt. Arbetena i dessa bäckar kommer göras med en viss mellanliggande tidsperiod för att minska risken för negativa kumulativa effekter av grumling och sedimentation i samband med arbetena i dessa bäckar, samt minska risken för föroreningsspredning från sediment.
4. Uppkommet byggavloppsvatten vid vattenverksamhet inom tillrinningsområdet till bassängen inom Getteröns fågelreservat kommer att pumpas bort till reningsanläggning i hamnområdet. Efter rening släpps vattnet ut till hamnbassängen. Detta vatten ska således inte nå bassängen inom Getteröns fågelreservat.

### **9.2.3 Dagvattendike norr om godsbangård**

Befintlig trumma vid Km 74+425 under järnvägen ersätts med en längre 800 mm trumma och dessutom ökas kapaciteten med ytterligare en trumma med dimension 800 mm. Den befintliga trummans vattengång behålls. Vid arbetet kommer ett dagvattendike beröras som avbördar dagvatten från ett bostadsområde och mynnar i bassängen inom Getteröns fågelreservat. Diket som trummorna mynnar i måste grävas om då det kommer i konflikt med det nya markspåret samt för att den nya trumman ska korsas rätvinkligt mot järnvägen. Ingreppet är begränsat men tillstånd söks för vattenverksamheten på grund av närheten till Natura 2000-området.

Inarbetade skyddsåtgärder

1. Schaktningsarbeten sker i torrhet, vilket exempelvis kan göras genom omledning av vattnet via en temporär dikesfåra eller genom att dikesvattnet pumpas förbi.
2. Grumlingskydd upprättas för att minska sedimentflykt och spridning av lagrade föroreningar vid grävning i diket.
3. Uppkommet byggavloppsvatten från schakt kommer att pumpas till reningsanläggning i hamnområdet innan utsläpp till Hamnbassängen.

### **9.2.4 Lassabackabäcken**

Lassabackabäcken är huvudsakligen recipient för det kommunala dagvattensystemet. De två befintliga 1000 mm trummorna för genomledning av Lassabackabäcken under järnvägen vid Km 75+400 kommer att förlängas i samband med anläggning av ytterligare järnvägsspår. Ytterligare två stycken 1000-trummor ska anläggas vid passagen för att öka kapaciteten och därmed minska översvämningsriskerna uppströms järnvägen. I samband med arbetena

kommer en mindre del av bäckfåran att fyllas ut för att bredda järnvägsanläggningen.

Inarbetade skyddsåtgärder

1. Schaktningsarbeten i vattendraget kommer att utföras i torrhet, vilket exempelvis kan göras genom omledning av vattnet via en temporär dikesfåra.
2. Grumlingskydd för att minska grumling, sedimentflykt och spridning av lagrade föroreningar upprättas inom den nedströms delen av arbetsområdet för att skydda den potentiella leklokalen 50 meter nedströms järnvägens skärningspunkt.
3. Gräsbesåning av dikesslänter efter utfört arbete.
4. Uppgrävda sedimentmassor från vattendraget kommer att hanteras och lagras så att de inte kan laka ut till bäcken, genom exempelvis invallning eller övertäckning.
5. Urgrävda deponimassor transporteras till tillfällig upplagsyta benämnd Reningsverket där grovsortering och därefter lämplig sluthantering sker. Denna hantering minskar risken för att hanteringen av deponimassor påverkar Lassabackabäcken.
6. Invallning av schakter som ligger intill bäcken kommer att genomföras, för att möjliggöra uppsamling och bortpumpning av byggavloppsvatten. Byggavloppsvattnet pumpas till reningsanläggningen i hamnområdet för rening och sedermera utsläppt till hamnbassängen.

### 9.2.5 Monarkbäcken

I samband med anläggande av ny järnväg kommer Getteröbron att byggas om vilket innebär att trummorna för genomföring av Monarkbäcken måste förlängas samt att utloppet från reningsverket måste läggas om. Arbetet sker i samråd med huvudmannen Varbergs kommun.

Monarkbäcken är huvudsakligen recipient för det kommunala dagvattenssystemet. I höjd med planerat tråg går idag en kulvert under järnvägen till Monarkbäcken som består av två stycken 1200 mm trummor, en 1000 trumma samt en 900 trumma. Mellan järnvägen och Monark industriområde finns en lågpunkt som enligt hydrauliska beräkningar översvämmas vid ett 100-årsregn. Det finns ett utjämningsmagasin anlagt på östra sidan om befintligt spår för att avlasta lågpunkten. Denna funktion kommer att bibehållas med minst motsvarande kapacitet som idag.

Korsning med järnvägsanläggningen kommer att ske där järnvägen går i betongtråg. Med orsak av järnvägens höjd i korsningspunkten och betongtrågets tjocklek tvingas trummorna ersättas med dykarledningar. Kapaciteten i ny lösning ska minst motsvara befintliga ledningar i kombination med magasin.

Inarbetade skyddsåtgärder

1. Schaktningsarbeten i vattendraget kommer att utföras i torrhet. Vid Getteröbron kan detta exempelvis göras genom omledning av vattnet via en temporär dikesfåra. Där en dykarledning ska anläggas under järnvägen kan denna anläggas vid sidan av dagens bäckfåra, varför dessa arbeten kan göras i torrhet.

2. Grumlingskydd upprättas vid schaktning i vattendraget för att minska grumling och sedimentflykt samt även minska risken för spridning av föroreningar från sediment i bäcken.
3. Gräsbesåning av dikesslänter efter utfört arbete.
4. Uppgrävda sedimentmassor från vattendraget hanteras och lagras så att de inte kan laka ut till bäcken.
5. Uppkommet byggavloppsvatten från schakter och från urgrävda deponimassor inom närliggande upplagsyta kommer att samlas upp och pumpas bort för rening i reningsanläggningen i hamnområdet. Därefter släpps vattnet till hamnbassängen. Detta möjliggörs genom att schakter och upplagsytor invid bäcken kommer att vallas in för att byggavloppsvatten ska kunna samlas upp och inte riskera att avrinna mot bäcken.
6. Arbetet utförs så att inga vandringshinder för fisk uppstår i anslutning till Getteröbron, till exempel avseende stalp eller flödesregim.

### 9.2.6 Brearedsbäcken

Vid Brearedsbäcken ligger planerad järnväg lågt i förhållande till omgivande mark och även i förhållande till Brearedsbäcken eftersom järnvägens profil är anpassad till tunneln och järnvägen ligger i tråg. På grund av detta kommer bäcken ledas under tråget med dykartrummor, det vill säga trummorna ligger lägre än vattendraget gör idag. Vissa justeringar av vattendraget krävs också i närheten av järnvägen.

Tre stycken 1000 mm trummor ska anläggas. Trummorna läggs i en brunn vid både in- och utlopp, med möjlighet till åtkomst för rensning. Vid trummornas inlopp anläggs galler för att hindra större objekt från att komma in i dykartrummorna. I Bilaga 2 visas en vattendragsprofil med planerad järnväg förbi Brearedsbäcken och genomledning med tre stycken 1000 mm dykartrummor.

I Tabell 9-1 redovisas vattennivåer samt vilken dämningseffekt trummorna har i vattendraget. Med föreslagen lösning uppstår ingen dämning vid dimensionerande vattenföring. I likhet med nuvarande förhållanden kan dock vattendraget brädda över något till närmast omgivande mark vid extrema flöden.

Tabell 9-1. Brearedsbäcken. Vattennivåer och dämning för lösning med tre dykartrummor 1000 mm. HQ200 är dimensionerande flöde. Observera att den relativa differensen anges i cm men noggrannheten i beräkningar för absoluta vattennivåer är ±20 cm.

Flöde [m <sup>3</sup> /s]	Vattennivå15 meter nedströms utlopp trumma [m]	Vattennivå15 meter uppströms trumma [m]	Differensen jämfört med befintlig situation (sektion 15 meter uppströms trumma) [m]
MQ	8,98	9,66	0
MHQ	9,12	9,78	-0,01
HQ50	9,63	10,24	0
HQ50_mom	9,69	10,54	+0,06
HQ200	9,65	10,30	-0,01
HQ1000	9,67	10,35	-0,03

Beräknade vattenhastigheter genom trumman är vid medelvattenföring (MQ) och årshögsta (MHQ) 0,01 m/s respektive 0,08 m/s. Dessa flöden är av vikt för vattendragets förutsättningar för akvatiskt liv, vilket beskrivs närmare i tillhörande MKB.

Trummans inlopp samt ovanliggande konstruktion utformas för att tåla vattentryck vid tillfälliga flödestoppar som överstiger dimensionerande flöde. Trumman, inklusive inloppsgaller, ska utformas som en ekologiskt anpassad passage med avseende på fysiska hinder och flödesregim. Brunnarna vid in- och utlopp får inte i någon del utgöra vandringshinder eller stalp när de är vattenfyllda.

Inarbetade skyddsåtgärder

1. Schaktningsarbeten i vattendraget kommer att utföras i torrhet. Eftersom dykarledningen planeras ett stycke från dagens bäckfåra kan denna utan problem anläggas i torrhet.
2. Grumlingsskydd upprättas i vattendraget för att minska grumling, sedimentflykt och även minska risken för spridning av lagrade föroreningar från sedimenten.
3. Grumlande arbeten görs under juni-september, då normalt låga flöden råder, med syfte att minimera problemen med grumling.
4. Uppsamling, utjämning, fördröjning och rening av uppkommet byggavloppsvatten från schakt innan utsläpp sker till Brearedsbäcken. Brearedsbäcken kommer att vara recipient för visst byggavloppsvatten från schaktningsarbeten. Detta byggavloppsvatten kommer genomgå rening enligt vad som beskrivs i kapitel 10 innan utsläpp till Brearedsbäcken.
5. Kvävehaltigt bergtunnelvatten samt kvävehaltigt byggavloppsvatten från de tillfälliga upplagsytorna Breared och Österleden ska samlas upp och pumpas till det kommunala spillvattennätet för inte påverka Brearedsbäcken.

6. Den tillfälliga upplagsytan Breared ska vallas in för att minska risken för diffust läckage av kvävehaltigt byggavloppsvatten från utsprängda bergmassor till Brearedsbäcken.
7. Kontrollerad bräddning av byggavloppsvatten från den tillfälliga upplagsytan Breared sker efter att vattnets kvalitet säkerställts och bedömts vara godtagbart. Detta görs i kontrollprogrammet i samråd med tillsynsmyndigheten.
8. Gräsbesåning av dikesslänter efter utfört arbete
9. Erosionsskydd av rundat material ska anordnas i bäcken i anslutning till dykarledningen.
10. Arbetet under byggskedet utförs så att inga vandringshinder uppstår avseende dykarledning och brunn vid in- och utlopp.

### **9.2.7 Dagvattendiken Breared och Vrånge**

Diket vid Breared, längdmätning Km 80+400, kommer att kulverteras i trumma under järnvägen. I samband med detta kommer grävning ske i diket för att ansluta till in- och utlopp i trumman.

Vid längdmätning Km 80+745 går ett litet och tidvis torrlagt dike utmed GC-vägen parallellt med Österleden som kommer att korsas av den nya järnvägen, benämnt dagvattendike Vrånge. Kring Österleden kommer ett antal nya vägdiken och genomledningar att anläggas. Dagvattendiket Vrånge kommer att grävas om för att vattnet ska kunna sammanledas med Österledens nya diken och ledas genom järnvägen.

Inarbetade skyddsåtgärder

1. Inga inarbetade skyddsåtgärder utöver vad som gäller generellt för samtliga arbeten inom vattendrag och vattenområden.

### **9.2.8 Vrångebäckens västra gren (biflöde)**

Vid Vrångebäckens västra gren görs omfattande justeringar av markförhållandena och även själva vattendraget grävs om längs en sträcka om 25 meter. Nedströms järnvägen anläggs en väg som också kräver genomledning av bäcken.

Tre stycken 600 mm trummor anläggs både under järnvägen och under vägen. Även här är järnvägens låga nivå begränsande och någon fri höjd mellan trumhjässan och vattenytan kan inte uppnås vid dimensionerande flöde. I Bilaga 2 visas en vattendragsprofil med planerad järnväg förbi Vrångebäckens västra gren och genomledning med tre stycken 600 mm trummor.

I Tabell 9-2 redovisas vattennivåer i vattendraget uppströms och nedströms järnvägen och i Tabell 9-3 redovisas motsvarande för den nedströms planerade vägen. Med denna lösning uppstår viss dämning vid extrema flöden, men konsekvenserna av detta är hanterbara och vattnet håller sig huvudsakligen inom vattendragsfåran. Förutom vid momentant höga flödestoppar då det tillfälligt kan brädda över till omgivande mark.

Tabell 9-2. Vrångabäckens västra gren vid järnväg. Vattennivåer för lösning med tre stycken 600 mm trummor. HQ50 är dimensionerande flöde.

Flöde [m <sup>3</sup> /s]	Vattennivå, 15 meter nedströms utlopp trumma [m]	Vattennivå, 15 meter uppströms trumma [m]
MQ	+7,96	+8,32
MHQ	+8,05	+8,36
HQ50	+8,48	+8,74
HQ50_mom	+8,66	+9,31
HQ200	+8,54	+8,91
HQ1000	+8,61	+9,12

Tabell 9-3. Vrångabäckens västra gren vid vägen nedströms järnvägen. Vattennivåer för föreslagen lösningen med 3 stycken 600 mm trummor. HQ50 är dimensionerande flöde.

Flöde [m <sup>3</sup> /s]	Vattennivå, 15 meter nedströms utlopp trumma [m]	Vattennivå, 15 meter uppströms trumma [m]
MQ	+7,74	+7,85
MHQ	+7,82	+7,91
HQ50	+8,20	+8,33
HQ50_mom	+8,31	+8,58
HQ200	+8,24	+8,41
HQ1000	+8,28	+8,51

Vattenhastigheterna genom trumman under järnvägen är vid medelvattenföring (MQ) och årshögsta (MHQ) 0,2 m/s respektive 0,3 m/s. I tillhörande MKB jämförs dessa hastigheter med krav för fiskar och en konsekvensbedömning presenteras.

Lösningen med 600-trummor under järnvägen är ett avsteg från Trafikverkets krav om minsta dimension 800 mm vid trummor längre än 25 meter. Alternativet till detta avsteg hade varit att göra en underhållskrävande dykarledning motsvarande lösningen vid Brearedsbäcken eller att mer än halva trumman grävs ned under botten, eftersom den låga järnvägsprofilen annars inte medger större trumdimension än 600 mm. Motivet till val av 600-trummor istället för dykarlösning är att en dykarlösning är underhållskrävande samt att vattendraget har ett begränsat flöde och att bräddning kan ske utan att allvarliga konsekvenser uppstår, samt att det förläggs mer än en trumma.

Erosionsskydd bestående av rundat material ska anordnas i bäcken. Krossmaterial kommer ej att användas med hänsyn till vattenfaunan.



Trummans inlopp samt ovanliggande konstruktion utformas för att tåla vattentryck vid tillfälliga flödestoppar som överstiger dimensionerande flöde. Trumman ska utformas som en ekologiskt anpassad passage med avseende på fysiska hinder och flödesregim.

### 9.2.9 Vrångabäckens östra gren (huvudfåra)

Även vid Vrångabäckens östra gren är järnvägens låga nivå begränsande och inte heller här kan någon fri höjd mellan trumhjässan och vattenytan uppnås vid dimensionerande flöde. En 1400 mm trumma och en 800 mm förläggs parallellt, där 800-trumman av ekologiska skäl läggs något högre för att koncentrera vattenföringen till 1400-trumman vid lågvattenföring och därigenom minimera risken för att vandringshinder ska uppstå vid lågt vattenflöde. I Bilaga 2 visas en vattendragsprofil med planerad järnväg förbi Vrångabäckens östra gren och genomledning med en 800 mm och en 1400 mm trumma.

I Tabell 9-4 redovisas vattennivåer i vattendraget uppströms och nedströms järnvägen. Med föreslagen lösningen fås viss dämning vid extrema flöden, men vattnet håller sig inom bäckfåran vid dimensionerande vattenföring. Även vid högre flöden än dimensionerande bedöms situationen vara hanterbar.

Tabell 9-4. Vrångabäckens östra gren (huvudfåra). Vattennivåer och dämning för lösning med en 800 mm trumma och en 1400 mm trumma. HQ50 är dimensionerande flöde. Observera att den relativa differensen anges i cm men noggrannheten i beräkningar för absoluta vattennivåer är ±20 cm.

Flöde [m <sup>3</sup> /s]	Vattennivå, 15 meter nedströms utlopp trumma [m]	Vattennivå, 15 meter uppströms trumma [m]	Differensen jämfört med befintlig situation (15 meter uppströms trumma) [m]
MQ	+7,35	+7,41	-0,03
MHQ	+7,88	+7,95	-0,01
HQ50	+8,35	+8,54	+0,13
HQ50_mom	+8,70	+9,24	+0,31
HQ200	+8,49	+8,79	+0,2
HQ1000	+8,62	+9,04	+0,36

Beräknade vattenhastigheter genom trumman är vid medelvattenföring (MQ) och årshögsta (MHQ) 0,2 m/s respektive 0,6 m/s. I tillhörande MKB jämförs dessa hastigheter med krav för fiskar och en konsekvensbedömning presenteras.

Erosionsskydd bestående av rundat material ska anordnas i bäcken.

Krossmaterial kommer ej att användas med hänsyn till vattenfaunan.

Trummans inlopp samt ovanliggande konstruktion utformas för att tåla vattentryck vid tillfälliga flödestoppar som överstiger dimensionerande flöde. Trumman ska utformas som en ekologiskt anpassad passage med avseende på fysiska hinder och flödesregim.

### Inarbetade skyddsåtgärder

1. Schaktningsarbeten sker i torrhet i största möjliga utsträckning, vilket exempelvis kan göras genom omledning av vattnet via en temporär bäckfåra.
2. Grumlingskydd upprättas i vattendraget för att minska grumling, sedimentflykt och även minska risken för spridning av eventuellt lagrade föroreningar från sedimenten.
3. Grumlande arbeten görs under juli-september, då normalt låga flöden råder, med syfte att minimera problemen med grumling.
4. Gräsbesåning av dikesslänter efter utfört arbete.
5. Erosionsskydd av rundat material ska anordnas i bäckens två grenar i anslutning till trummor. Detta kommer också att erbjuda en ny typ av bottenstrat för vattenfaunan i området.
6. Utjämning, fördröjning och uppsamling av uppkommet byggavloppsvatten från schakter för rening innan utsläpp till Vrångabäckens östra gren.
7. Kvävehaltigt bergtunnelvatten samt byggavloppsvatten från de tillfälliga upplagsytorna Breared och Österleden ska samlas upp och pumpas till det kommunala spillvattennätet för inte påverka Vrångabäcken.
8. Kontrollerad bräddning av byggavloppsvatten från den tillfälliga upplagsytan Österleden sker efter att vattnets kvalitet säkerställts och bedömts vara godtagbart. Detta görs i kontrollprogrammet i samråd med tillsynsmyndigheten.
9. Trummor anläggs så att ena trumman ligger något djupare för att möjliggöra fiskvandring även vid lågvattenflöde. De anläggs även utan överfall eller stalp för att undvika att skapa vattenhinder i driftskedet.
10. I byggskedet utförs arbetet så att inga permanenta vandringshinder uppstår, till exempel avseende stalp eller flödesregim.

#### **9.2.10 Möjliga skyddsåtgärder**

Nedan presenteras några möjliga skyddsåtgärder och försiktighetsmått som kan vidtas för att ytterligare minimera effekter och konsekvenser.

- För att erbjuda så goda förhållanden som möjligt för fisken i Vrångabäcken bör djupet i trumman vid Vrångabäckens östra gren överstiga 2 dm vid normalvattenflöde.
- Nygrävda slänter i vattendrag kan erosionsskyddas under byggskedet, till exempel med hjälp av kokosmattor, makadam eller gräsplantering, för att minska grumling vid höga flöden.
- För att minska effekterna av bräddning till hamnbassängen kan dubbla siltgardiner upprättas omkring utloppspunkten vilken hindrar sedimentspridning och minskar det påverkade områdets omfattning betydligt. Siltgardiner kan också användas i kombination med partikelavskiljning i en reningsanläggning.

### **9.3 Vattenverksamhet – grundvatten**

I det följande beskrivs grundvattenverksamhetens art och omfattning för respektive karaktärsområde.

Grundvattensänkingsbelopp i texten anges i förhållande till nuvarande grundvattennivåer, vilka beskrivs i kapitel 6.1.

#### **9.3.1 Norr om Getteröbron, Km 74+250 – Km 75+450**

Norr om Getteröbron kommer endast markspår att anläggas. I samband med anläggandet kommer avfallsmassor att schaktas ur och under tiden kommer lakvatten att behöva avledas och behandlas. Mängden vatten som behöver avledas och behandlas i samband med schaktningsarbetena bedöms uppgå till cirka 60 l/min (cirka 1 l/s), under den del av byggskedet då dessa arbeten pågår.

Dräneringsnivån för framtida dräneringsledningar inom järnvägsområdet kommer inte att avvika nämnvärt från befintliga dräneringsnivåer.

Dräneringsledningarna inom järnvägsområdet bedöms dock även under nuvarande förhållanden tidvis avleda grundvatten, och dessa förhållanden bedöms kvarstå under framtida förhållanden. Även ledningen för omhändertagande av lakvatten kommer att placeras på ungefär motsvarande nivå som nuvarande ledning. Således förväntas inga nämnvärda förändringar inom sträckan norr om Getteröbron, med avseende på grundvattenbortledning, jämfört med nuvarande redan etablerade förhållanden.

#### **9.3.2 Söder om Getteröbron inklusive tråg och betongtunnel, Km 75+450 – Km 77+250**

Byggskede

Vid anläggandet av markspåren mellan Getteröbron och betongträget kommer endast yttlig schaktning att genomföras då planerade spår ligger något högre än befintliga, varför ingen eller möjligen endast mycket begränsad grundvattenbortledning kommer att krävas i byggskedet. Järnvägsdräneringen kommer att läggas på en nivå motsvarande dagens dräneringsnivå, varför den eventuella grundvattenbortledning som sker via dessa dräneringar kommer motsvara dagens förhållanden.

Vid anläggandet av tråg och betongtunnel kommer urschaktning att genomföras innanför spont. Det grundvatten som läcker in i schakten, via spont och schaktbotten, kommer att hanteras med långsgående diken som är anslutna till pumpgropar/pumpstationer. Dessa diken kommer att samla både inläckande grundvatten och nederbörd. Spontning kommer att göras ned till berg men där jordlagren är mäktigare, längs den nordligaste delen av träget, kommer spontning att ske ned till erforderligt djup i jordlagren, och beroende på det exakta spontdjupet, kan geologiska och hydrogeologiska förhållanden medföra att så kallade wellpoints behöver installeras för att möjliggöra tillräcklig trycksänkning i schakten. Där påtagligt förorenat grundvatten förekommer hanteras detta genom pumpning i brunnar utanför spont, se efterföljande beskrivning av inarbetade skyddsåtgärder.

Vid schakten för träget är det viktigt att se till att grundvattengradienten från det förorenade området kvarteret Renen är riktad mot trägschakten och inte mot de djupare delarna av betongtunnelschakten. Till vilken nivå man kommer att behöva sänka av utanför trägschakten beror därför på vilken nivå grundvattenytan i praktiken kommer att ligga på i anslutning till

betongtunnelschakten. Där grundvattensänkningen i schakten är som störst bedöms grundvattennivån behöva sänkas av från nivån cirka +1 meter till cirka -12,5 meter.

Enligt genomförda modellberäkningar kan påverkansområdet från den planerade grundvattenavsänkningen komma att sträcka sig som mest cirka 400 meter från schakten. Beräknat påverkansområde redovisas för samtliga delsträckor i Figur 9-7 till Figur 9-10.

Mängden inläckande grundvatten för trågschakten beräknas uppgå till cirka 360 l/min (cirka 6 l/s). Inläckaget till schakt för betongtunnel styrs av tätningen av berget, som ska tätas så att läckaget minimeras till cirka 5 l/(min\*100 m). Under de inledande delarna av schaktarbetet bedöms dock ett högre inläckage kunna komma att uppstå innan tillräcklig täthet har uppnåtts i bergschakt och vid spont. Detta innebär att det totala inflödet för schakten för betongtunneln bedöms till cirka 120 l/min (2 l/s). Totalt beräknas inläckaget till schakt för betongtunnel och betongtråg därmed bli cirka 480 l/min.

Inarbetade skyddsåtgärder - byggskede

1. För att begränsa inläckaget av grundvatten till den spontade schakten för tråg och betongtunnel, och därmed även påverkansområdets utbredning, kommer sponten att tätas vid övergången mellan jord och berg. Tätningen kommer göras med hjälp av jet-grout, se principskiss i Figur 4-3, kapitel 4.2.
2. Då grundvattnet i anslutning till schakt nedströms kvarteret Renen, cirka Km 76+800 till Km 76+900, till stor del är förorenat av främst klorerade lösningsmedel framförallt i de djupare delarna av jordlagren och i berget, behövs åtgärder för att begränsa inströmningen av förorenat grundvatten till schakten. Detta krävs både av arbetsmiljöskäl och för att förbättra möjligheterna att omhänderta det förorenade grundvattnet. Inför byggskedet kommer därför pumpbrunnar installeras i berg utmed sponten nedströms kvarteret Renen för att under byggskedet sänka grundvattentrycket i berget, och omhänderta förorenat grundvatten på ett något större djup än schaktbotten. Det är dock viktigt att betona att dessa brunnar inte kommer att borras till ett alltför stort djup för att undvika spridning av föroreningar i djupled.
3. Vid cirka Km 76+300, där det har bedömts finnas risk för förekomst av måttligt förorenat grundvatten vid kontakten jord-berg, kommer berget att tätas tvärs tråget genom injektering. Detta görs med syfte att motverka eventuell föroreningstransport i berget längs schakten i byggskedet.
4. För att undvika skadliga sättningar på byggnader inom påverkansområdet kommer beredskap för skyddsinfiltration att finnas. Denna skyddsåtgärd sätts in om kontrollprogrammet visar på ett sådant behov, utifrån de sättningsmätningar och grundvattennivåmätningar som genomförs. Infiltrationsbrunnarna kommer att utformas på ett sådant sätt att vatten tillförs till de djupare liggande jordlagren, ovan berget. De undersökningar och utredningar som har gjorts tyder på att övergångszonen mellan jord och berg ofta är mer genomsläpplig än resterande del av jordlagermäktigheten. Detta bedöms bero på att övergångszonen utgörs av grövre morän som möter ytligt berg, som ofta är mer uppsprucket än berget på lite större djup. I detta material bedöms

förutsättningarna för infiltration vara relativt goda. Infiltration bedöms således vara en för projektet tillämpbar metod för att motverka skadliga sättningar. I samband med detaljprojekteringen kommer infiltrationstester att genomföras för att verifiera denna bedömning.

Infiltration kommer att göras i anslutning till respektive byggnad där kontrollprogrammet visar på att risk för skadliga sättningar föreligger. Uppföljning av grundvattennivåer och byggnaders rörelser kommer att ligga till grund för bedömningen av om/när skyddsinfiltration behövs. Brunnar, med filter i nämnda övergångszon, kommer att installeras inom den fastighet där respektive byggnad ligger. Det går inte i nuläget att säga exakt var infiltration kommer ske, om behovet överhuvudtaget kommer att föreligga. Grundvattennivåmätningar inom ramen för kontrollprogrammet kommer att utvisa om sättningar till följd av grundvattensänkning kan befaras. Först då kommer infiltration att bli aktuellt. Byggnader som löper risk för skadliga sättningar redovisas i MKB:n.

Mängden vatten som kommer att behöva infiltreras bedöms maximalt bli lika stor som den mängd grundvatten som avleds i och vid schakterna, vilket motsvarar cirka 40 l/(min\*100 m). Troligen blir den infiltrerade mängden i praktiken mindre än så, bedömningsvis motsvarande cirka hälften av den uttagna grundvattenmängden, vilket innebär cirka 20 l/(min\*100 m). En bättre bedömning av hur mycket vatten som eventuellt kommer att behöva infiltreras kommer att kunna göras efter genomförda infiltrationsförsök.

Om inte infiltration skulle visa sig fungera för att förhindra skadliga sättningar på utsatta byggnader så finns också möjlighet med kompletterande åtgärder i form av grundförstärkningar. Vanligaste förstärkningsmetoden är normalt borrade stålpålar som via ok förankras i byggnadens grundmurar. Om de geotekniska förhållandena är de rätta kan också nyare förstärkningsmetoder tillämpas som t.ex. jet-grouting (stabilisering med cement). En grundförstärkning stoppar sättningar men måste utföras på rätt sätt så inte omvända problem uppstår då förstärkningen fixerar en del av byggnaden och andra icke förstärkta delar får en fortsatt sättning.

5. Beredskap för stödbevattning av värdefulla träd kommer att finnas vid risk för torkstress. Åtgärden sätts in om kontrollprogrammet visar på ett behov. Värdefulla träd och behovet av stödbevattning behandlas i MKB:n.

#### Driftskede

Tråg och betongtunnel ska utformas som i princip täta konstruktioner, varför det i driftskedet inte kommer finnas något väsentligt behov av grundvattenbortledning längs dessa konstruktioner.

#### Inarbetade skyddsåtgärder - driftskede

1. Eftersom tråget ligger delvis över och delvis under grundvattenytan tvärs grundvattnets flödesriktning kommer tråget att utformas på ett sådant sätt att dämning av grundvattenytan undviks. Detta kommer att åstadkommas genom att tråget kringfylls och underlagras med ett

genomsläppligt material som underlättar grundvattenströmningen från öst till väst, så att den grundvattenströmning som råder idag även ska kunna etablera sig i driftskedet.

Mellan naturlig jord och genomsläpplig kringfyllning läggs filtersand för att motverka finjordstransport och igensättning av det dränerande skiktet. För att säkra att den genomsläppliga kringfyllningen bibehåller sin funktion under anläggningens livslängd kan ledningar anläggas för att vid behov kunna spola ur kringfyllningen och förhindra igensättning.

2. I den genomsläppliga kringfyllningen kommer täta skott att anläggas med jämna mellanrum längs tråget och betongtunnel för att begränsa grundvattenströmning i nord sydlig riktning längs betongkonstruktionerna i driftskedet. Vidare kommer betongtunneln att vara tätad mot tråget, vilket förhindrar föroreningstransport norrifrån vidare längs betongtunneln in i bergtunneln.

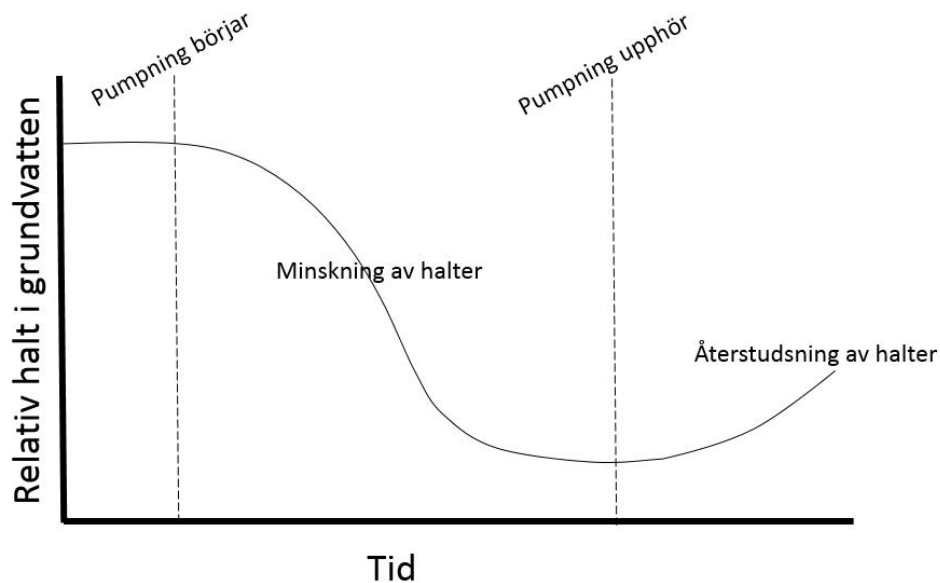
### Möjliga skyddsåtgärder

För att i ett tidigt skede och under kontrollerade former, omhändertaga förorenat grundvatten nedströms Renen 13, kan pumpning utföras i bergborrade brunnar i mer vattenförande zoner i berget i god tid innan byggskedet.

Dessa brunnar kan placeras i de tänkta lägena för brunnarna avsedda för grundvattensänkning i samband med schakt, strax utanför spontens östra sida. Samma brunnar kan således användas för förberedande pumpning som för grundvattensänkning under byggskedet. Dock kan det av praktiska skäl krävas att brunnarna för den förberedande pumpningen placeras på ett något större avstånd från planerad schakt, för att inte komma i konflikt med befintlig infrastruktur och bebyggelse. Brunnarna gradas så att dessa skär de sprickzoner som bedöms förekomma.

Syftet med att pumpa i dessa brunnar är att uppnå en grundvattenomsättning i en sådan omfattning att en lägre föroreningsnivå i grundvattnet kan uppnås inför byggskedet. Tanken är således att grundvattnet i föroreningsplymen till viss del redan ska vara omhändertaget inför byggskedet att halterna redan kan ha börjat avta något innan schaktningen för tråget påbörjas. Principen bakom detta resonemang beskrivs kort nedan. Föroreningssituationen beskrivs i mer detalj i *PM Risker avseende föroreningar i samband med schaktarbeten för järnväg väster om Kv. Renen* som biläggs tillståndsansökan.

Efterhand som den föreslagna pumpningen fortskrider och vattnet i markens porsystem omsätts bedöms föroreningshalterna i det uppumpade grundvattnet komma att sjunka. Detta är en följd av att kontakttiden mellan grundvattnet och de föroreningar som föreligger i fragmenterad, praktiskt taget orörlig, fri fas i porsystemet minskar vid den ökade vattenomsättningen. På så sätt löses inte föroreningarna ut i grundvattnet i samma utsträckning. Även om halterna avtar kan dock den totala transporterade mängden föroreningar öka, jämfört med opåverkade förhållanden, eftersom en betydligt större mängd grundvatten är i rörelse. När sedan grundvattenströmningen återgår till det normala, kommer föroreningshalterna sannolikt att öka något igen, till följd av att kontakttiden mellan grundvatten och förorening i residual frifas återställs. Detta förlopp åskådliggörs i Figur 9-3.

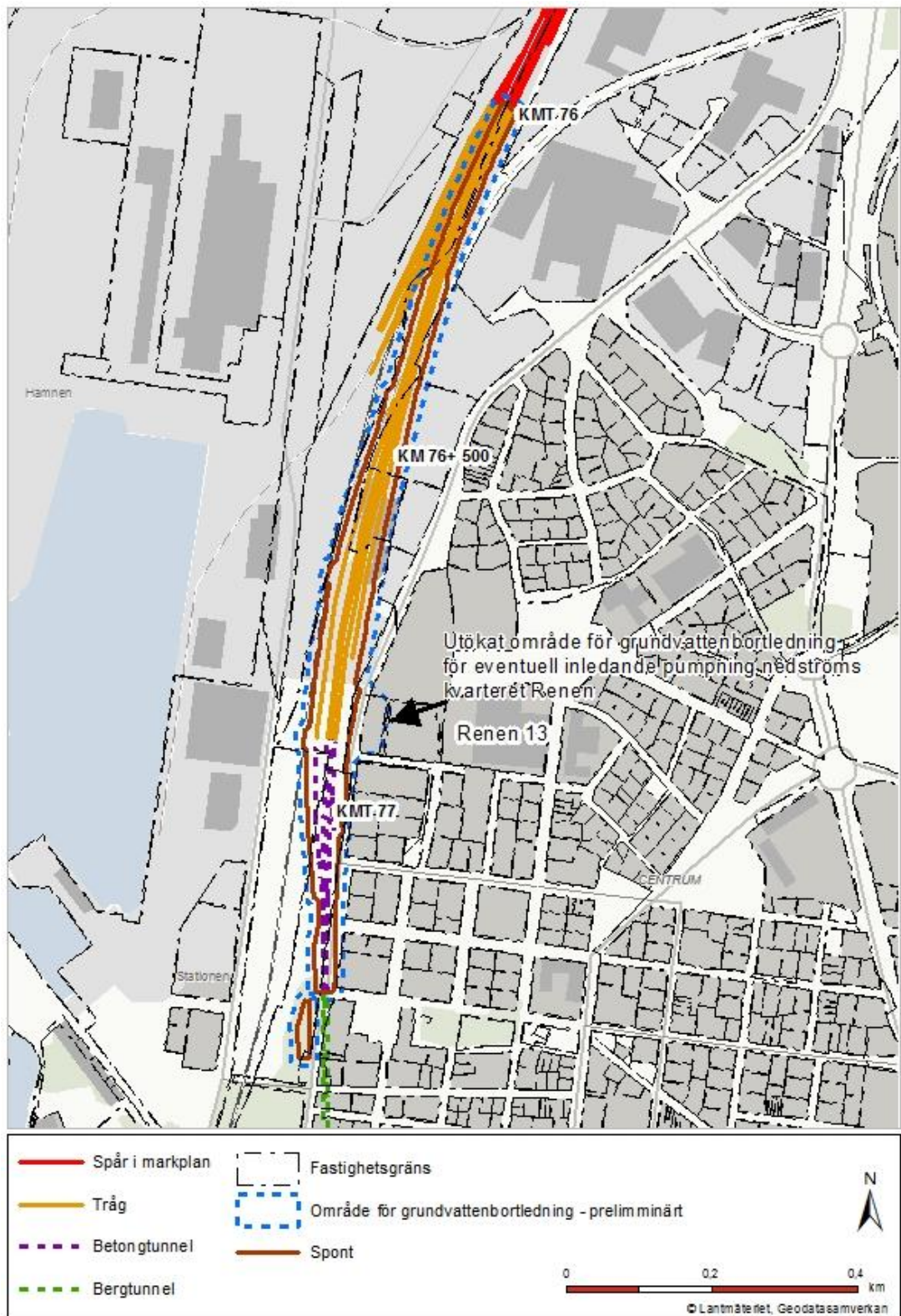


Figur 9-3. Relativ halt av klorerat lösningsmedel i uppumpat grundvatten (USEPA, 1994).

Den förberedande pumpningen kommer att begränsas så att grundvattensänkningen inte blir större, utan snarare mindre, jämfört med grundvattensänkningen för trågschakt under byggskedet. Haltutvecklingen av klorerade kolväten kommer att följas upp under pumpningen. Pumpningen föreslås pågå under några månader.

#### Område för grundvattenbortledning

Ett bedömt område för grundvattenbortledning visas i Figur 9-4 tillsammans med läge för tillfällig spont. Området för grundvattenbortledning sträcker sig cirka 10 meter utanför spont längs hela tråg- och betongtunnelschakten för att dels inrymma de pumpbrunnar utanför spont som krävs nedströms Renen 13 men också för att ta viss höjd för att pumpning strax utanför spont kan komma att krävas även längs andra delar av schakten, av exempelvis praktiska och/eller byggtkniska skäl. Området för grundvattenbortledning är något större nedströms Renen 13 där det kan komma att bli aktuellt med inledande pumpningar före byggskedet, vilket nämns ovan som en möjlig skyddsåtgärd.



Figur 9-4. Tillfällig spont samt bedömt område för grundvattenbortledning inom och kring schakt för tråg och betongtunnel, inklusive område för eventuell pumpning nedströms fastigheten Renen 13.



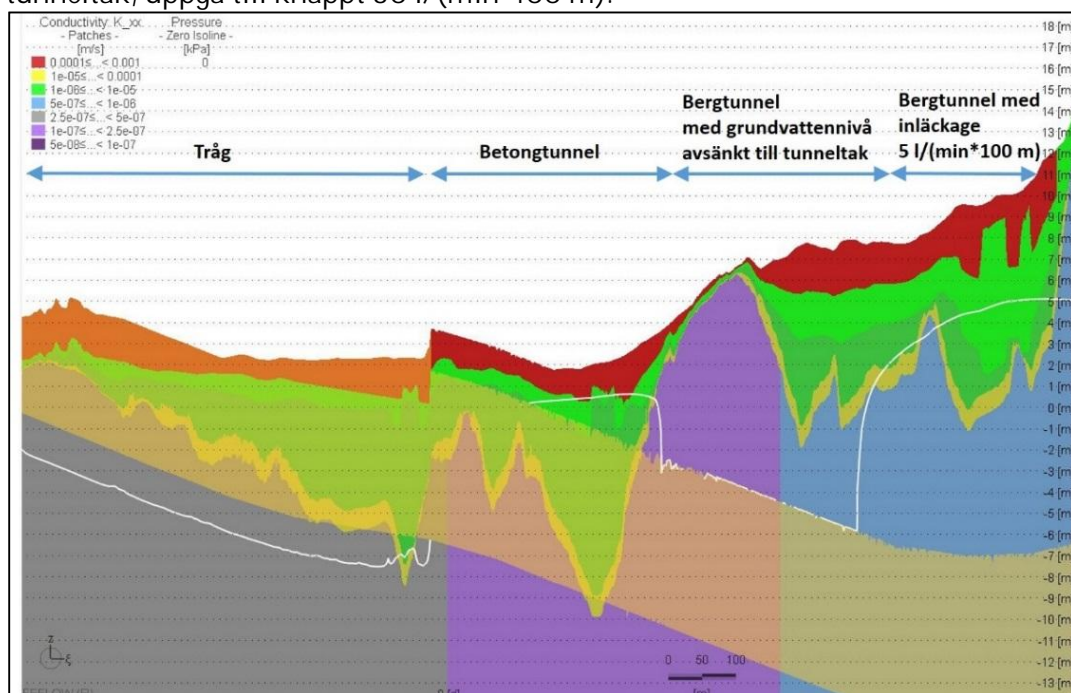
### 9.3.3 Bergtunnel, Km 77+250 - Km 80+025

#### Byggskede

I den norra delen av bergtunnelsträckningen, från Km 77+250 till cirka Km 77+700, är bergtäckningen mindre jämfört med övriga delar av bergtunnelsträckningen. Av detta skäl kommer det krävas kompletterande åtgärder, utöver förinjektering, för att uppnå den önskade tätheten. Detta beskrivs i kapitel 4.3 som beskriver byggmetoder och anläggningsutformning.

Längs denna sträcka med mindre bergtäckning bedöms det finnas risk att en större grundvattensänkning kommer att uppstå. Under byggskedet kan en temporär grundvattensänkning till tunneltak och installation av en platsgjuten betongkonstruktion, så kallad lining, bli nödvändigt för att bygga bergtunnlarna. I de numeriska beräkningarna av påverkansområde förutsätts grundvattennivån sänkas av till en nivå motsvarande spårtunnelns tak, för att ta höjd för ett sådant scenario. I Figur 9-5 visualiseras hur grundvattennivån sänkts av till tunneltak i den numeriska modellen. Detta scenario får bedömas som mindre troligt, och anläggningsarbetena kommer att anpassas för att i möjligaste mån undvika denna förhållandevis stora grundvattensänkning. Längs resterande del av bergtunnelsträckningen förväntas förinjekteringen innebära att det eftersträvade inläckaget, 5 l/(min\*100 meter), uppnås direkt i byggskedet.

Det totala grundvatteninläckaget till bergtunneln beräknas i byggskedet till cirka 360 l/min (6 l/s). Detta innebär ett högre inläckage än 5 l/(min\*100 m) på grund av den större grundvattensänkningen i norra delen av bergtunneln, samt på grund av att det längs kortare delsträckor inledningsvis under tunneldrivningen kan uppstå något större inläckage under en kortare period, bland annat på grund av tillkommande vatten från eventuell skyddsinfiltration. Längs den norra delen av bergtunneln beräknas inläckaget, om grundvattenytan behöver sänkas till tunneltak, uppgå till knappt 30 l/(min\*100 m).



Figur 9-5. Beräknad grundvattennivå med numerisk modell (vit linje i figuren) där den avsänkta grundvattennivån visualiseras för trågschakt, schakt för betongtunnel samt den norra delen av bergtunneln med grundvattennivå avsänkt till tunneltak samt en del av resterande bergtunnel.

## Inarbetade skyddsåtgärder - byggskede

1. Beredskap för återinfiltration av vatten via brunnar ska finnas för att undvika skadliga sättningar. Denna skyddsåtgärd sätts in om kontrollprogrammet visar på ett sådant behov. Uppföljning av grundvattennivåer och byggnaders rörelser kommer att ligga till grund för bedömningen av om/när skyddsinfiltation behövs. I likhet med området söder om Getteröbron bedöms infiltation vara en tillämpbar metod för att undvika skadliga sättningar även längs bergtunneln, eftersom de geologiska förutsättningarna i detta avseende bedöms vara i stora drag likartade inom de båda karaktärsområdena.

Infiltrationsbrunnar kommer att installeras på samma sätt som beskrivits för sträckan söder om Getteröbron, d.v.s. brunnar installeras med filter i övergångszon jord-berg inom den fastighet där respektive byggnad ligger. Kontrollprogrammet kommer att utvisa om skyddsinfiltation behövs och inom vilka fastigheter denna åtgärd i sådant fall kommer att krävas. Byggnader som löper risk för skadliga sättningar redovisas i MKB:n.

Mängden vatten som kommer att behöva infiltreras bedöms maximalt bli lika stor som den mängd grundvatten som avleds från bergtunnlarna, vilket längs den norra delen av bergtunnelsträckningen motsvarar cirka 30 l/(min\*100 m) (Km 77+250 till Km 77+550) och längs resterande del av bergtunnelsträckningen cirka 5 l/(min\*100 m). Troligen blir den infiltrerade mängden i praktiken mindre än så, bedömningsvis motsvarande cirka hälften av den uttagna grundvattenmängden i bergtunnlarna, vilket innebär cirka 15 l/(min\*100 m) längs den norra delen av bergtunnelsträckningen och cirka 2-3 l/(min\*100 m) längs resterande del av bergtunnelsträckningen. En bättre bedömning av hur mycket vatten som eventuellt kommer att behöva infiltreras kommer att kunna göras efter genomförda infiltrationsförsök.

Om inte infiltation skulle visa sig fungera för att förhindra skadliga sättningar så är grundförstärkning eller jet-grouting (stabilisering med cement) alternativa skyddsåtgärder som kan tillämpas, som också har nämnts tidigare för sträckan söder om Getteröbron.

2. Beredskap kommer att finnas för stödbevattning av värdefulla träd vid risk för torkstress. Behovet avgörs utifrån kontrollprogrammet. Värdefulla träd och behovet av stödbevattning behandlas i MKB:n.
3. Vid södra delen av bergtunneln, vid cirka Km 79+800, finns ett lövskogsområde, inom vilket det finns en damm, som har konstaterats utgöra lekvatten för groddjur. Beredskap kommer att finnas för tillförsel av vatten till denna damm. Tillförsel kommer ske från bergborrad brunn/brunnar som kommer att installeras för detta ändamål, om kontrollprogrammet visar på ett sådant behov. Sådan tillförsel kommer troligen i huvudsak att behövas periodvis, för att upprätthålla dammens funktion som livsmiljö för groddjur. Behovet kommer att avgöras utifrån kontrollprogrammet.

### Driftskede

För större delen av bergtunnelsträckningen, med undantag för den norra delen, blir det i praktiken i stort sett ingen skillnad mellan bygg- och driftskede, med avseende på inläckande grundvatten, eftersom man redan innan utsprängningen kommer att ha förinjekterat och därmed uppnått, i stort sett, den önskade tätheten direkt.

Det totala grundvatteninläckaget till bergtunneln beräknas i driftskedet till cirka 180 l/min (cirka 3 l/s).

### Inarbetade skyddsåtgärder - driftskede

1. Visar kontrollprogrammet på att dammen vid södra delen av bergtunneln dräneras på vatten till följd av grundvattenbortledningen i bergtunnlarna, och denna påverkan bedöms kvarstå i driftskedet, kommer en permanent åtgärd vidtas. En sådan åtgärd är att anlägga nya grodvatten för att stärka populationen av de arter som idag lever i den aktuella dammen.

## 9.3.4 Söder om bergtunnel, Km 80+025 – Km 82+500

### Byggskede

#### Betongtråg och betongtunnel

Anläggandet av betongtunneln kommer att göras i öppen bergschakt, emedan betongträget kommer att anläggas innanför spont, driven ned till berg. Det djupare grundvattenmagasinet som ligger under leran i dalgången söder om bergtunnlarna, har goda vattenförande egenskaper. Genomförda kompletterande undersökningar visar dock på att detta grundvattenmagasin ligger djupare än betongtunnel och tråg. Marginalen är dock knapp så trycksänkning bedöms ändå behöva ske i detta grundvattenmagasin för att träget ska kunna anläggas, för att inte riskera hydraulisk bottenuppträckning. Vidare kommer även en grundvattensänkning i de ytliga jordlagren att uppkomma.

Tätning av berget vid schakt för betongtunnel, samt vid schakt för tråg, kommer att göras så att inläckaget via berg begränsas till 5 l/(min\*100 m), vilket är den täthet som inom projektet har bedömts som rimlig och tekniskt möjlig att uppnå. Detta innebär att det totala inläckaget till schakten för den korta sträcka som utgörs av betongtunnel, cirka 100 m, kommer att vara mycket liten när önskad täthet har uppnåtts. Dock kan större inläckage uppstå under de inledande delarna av schaktningsarbetena. Grundvatteninläckaget från jordlager, via spont, och från berg till schakt för betongtunnel och betongtråg bedöms kunna uppgå till cirka 360 l/min (cirka 6 l/s).

#### Järnvägsbro över Österleden

Vid anläggandet av järnvägsbron över Österleden krävs viss sänkning av grundvattentrycket med hjälp av vertikaldräner installerade i vattenförande skikt i den underliggande leran för att förhindra hydraulisk bottenuppträckning. En viss dränering av den ytliga friktionsjorden kommer också ske inom ett begränsat område kring vägporten. Detta bedöms medföra en grundvattenbortledning om cirka 90 l/min (1,5 l/s).

#### Järnvägsbro i Vareborg

Vid anläggandet av järnvägsbron vid Vareborg kommer cirka 6-7 meter grundvattensänkning krävas som mest. Jordlagren består av ytlig friktionsjord, som underlagras av ett tätare material av varierande karaktär (lera, silt,

lermorän). Under detta tätare material påträffas en sandig morän strax ovan berget. Denna zon, bestående av morän och den allra översta delen av berget, bedöms vara förhållandevis genomsläpplig varför grundvattensänkning i detta lager kan medföra en märkbar påverkan i detta undre grundvattenmagasin, se beräknat påverkansområde i Figur 9-7. Grundvattensänkningen kommer i byggskedet att göras med hjälp av pumpbrunnar som installeras i friktionsmaterialet ovan berg, för att undvika hydraulisk bottenuppträckning under schaktning. Om schakten når ned i friktionsmaterialet kan sedan läns hållning göras direkt i schakten via exempelvis diken och pumpgropar. Grundvattensänkningen utförs således i jordlagren, men eftersom moränen bedöms stå i hydraulisk kontakt med berget kommer troligen den beräknade grundvattensänkningen gälla även för det ytliga berget. Vidare är det troligt att grundvattensänkningen kommer beröra även ytligare jordlager, trots tätare material mellan den ytliga friktionsjorden och den djupare moränen. Grundvattenbortledningen bedöms motsvara cirka 180 l/min (3 l/s).

I Figur 9-6 visas område för pumpbrunnar och/eller vertikaldräner för södra träget, samt för vägportar vid korsning med Österleden och vid Vareborg.

Inarbetade skyddsåtgärder - byggskede

1. Vid byggnation av södra träget kommer återinfiltration vid behov utföras inom påverkansområdet för schakten, för att begränsa påverkansområdets utbredning och minimera sättningrisker för bebyggelse i närområdet. De undersökningar och provpumpningar som har genomförts visar på ett mer genomsläppligt material under tätande skikt av lera. Det mer genomsläppliga materialet bedöms lämpa sig väl för återinfiltration via brunnar och metoden bedöms därmed vara fullt tillämplig för att begränsa omgivningspåverkan. I Figur 9-6 visas preliminära områden för infiltration. Vid framtagandet av det redovisade påverkansområdet har hänsyn tagits till nämnda infiltration.
2. Beredskap kommer att finnas för tillförsel av vatten till värdefulla vattenmiljöer, som utgör lekvattnet för groddjur, vid Österleden och Vareborg, om kontrollprogrammet visar på ett sådant behov. Vatten kommer i sådant fall att tillföras från bergborrad brunn till dammen vid Österleden, och vid Vareborg kommer det grundvatten som avleds från vägporten att kunna nyttjas för tillförsel till den närliggande dammen. Dammarnas läge preciseras i MKB:n.

Driftskede

#### Betongtråg och betongtunnel

Betongtråg och betongtunnel kommer att anläggas som i princip täta konstruktioner, som i sig inte ska orsaka någon nämnvärd grundvattensänkning. Dock kommer grundvattenbortledningen i bergtunneln att medföra ett påverkansområde som omfattar även betongtunneln och delar av betongträget. I likhet med träget och betongtunneln i norr kommer även den södra betongtunneln och betongträget att kringfyllas med genomsläppligt material för att inte hindra de naturliga grundvattenrörelserna i området och därmed inte orsaka dämning av grundvattennivån.

#### Järnvägsbro över Österleden

Vid den nedsänkta Österleden har vertikaldräner installerats i den skiktade leran inför driftskedet för att öka på stabilitet i terrassnivå för vägsärningen.

Påverkansområdet bedöms, i likhet med byggskedet, även i driftskedet i huvudsak beröra ytliga jordlager och omfattningen av denna påverkan bedöms motsvara byggskedet.

#### Järnvägsbro i Vareborg

Vid järnvägsbron vid Vareborg kommer grundvatten bortledas även i driftskedet, då denna vägport är planerad som en öppen konstruktion. Störst trycksänkning kommer att göras i de djupare jordlagren, ovan berget, men en grundvattensänkning även i de ytligare jordlagren bedöms uppkomma.

#### Inarbetade skyddsåtgärder - driftskede

1. Om en negativ påverkan på de dammar som utgör värdefulla livsmiljöer för groddjur kan förväntas bli permanent, utifrån vad kontrollprogrammet visar, kommer permanenta åtgärder vidtas. En sådan åtgärd är att anlägga nya grodvatten för att stärka populationen av de arter som idag lever i de aktuella dammarna.



Figur 9-6. Preliminära brunnsområden för södra tråget, samt läget för vägport vid korsning med Österleden, samt för vägporten vid Vareborg.

### 9.3.5 Påverkansområde – vattenverksamhet, grundvatten

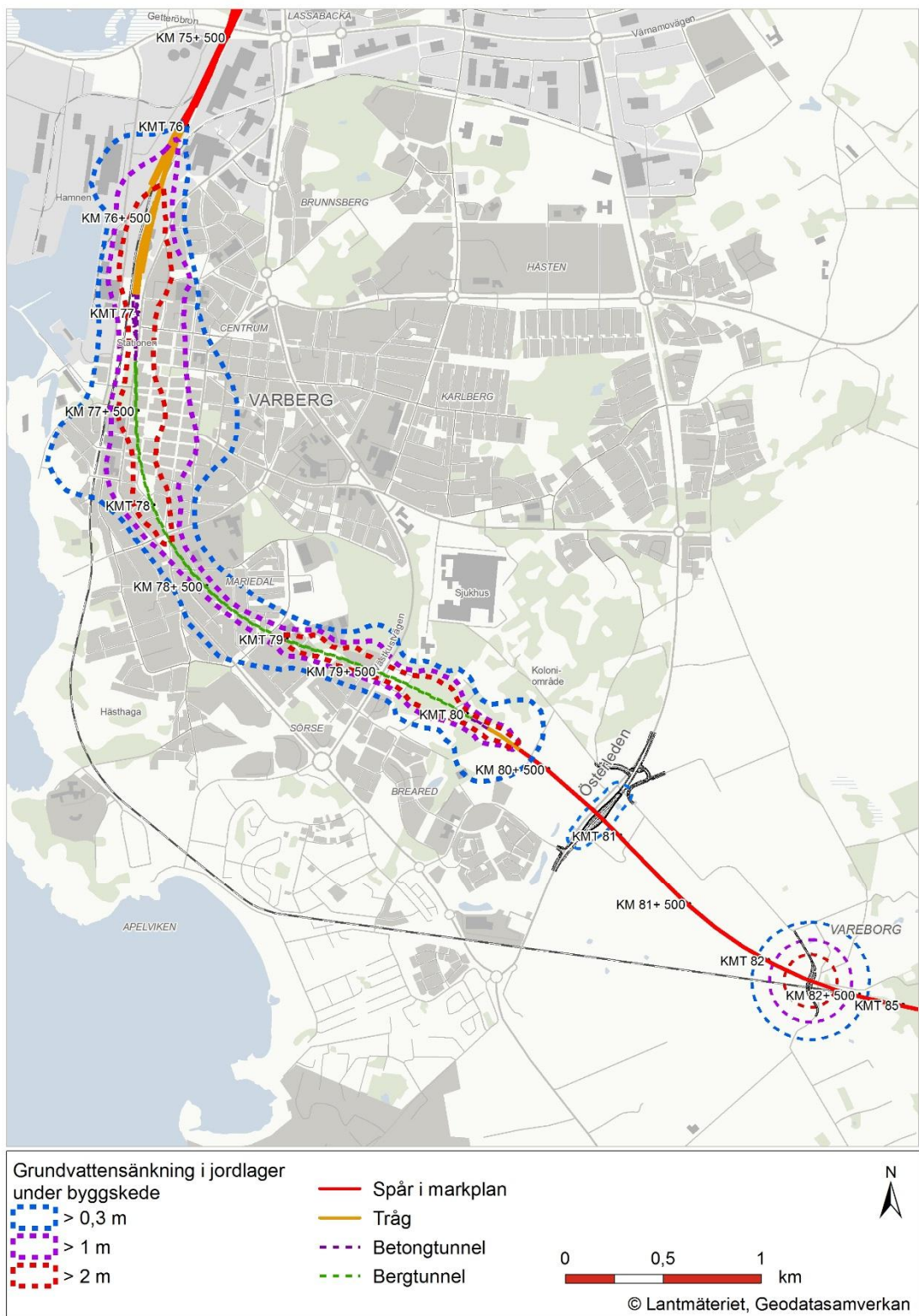
Påverkansområdet för grundvattenbortledningen har definierats som det område inom vilket den beräknade grundvattenavsänkningen uppgår till 0,3 meter eller mer. Definitionen är samma för jord respektive berg. En grundvattenavsänkning mindre än 0,3 meter bedöms normalt inte ha någon praktiskt betydelse för verksamheter, byggnader eller naturmiljö.

I Figur 9-7 - Figur 9-10 visas den grundvattensänkning som beräknats med den numeriska modellen, för tråg och tunnlar, och med analytiska metoder för den nedsänkta Österleden och vägporten vid Vareborg. Vissa justeringar har gjorts av det modellberäknade påverkansområdet för tråg och tunnlar.

Påverkansområden redovisas för jord och berg i bygg- respektive driftskede. Vid framtagande av påverkansområdet för byggskedet har hänsyn tagits till att infiltration kommer göras längs södra tråget i det undre grundvattenmagasinet för att begränsa påverkansområdets utbredning.

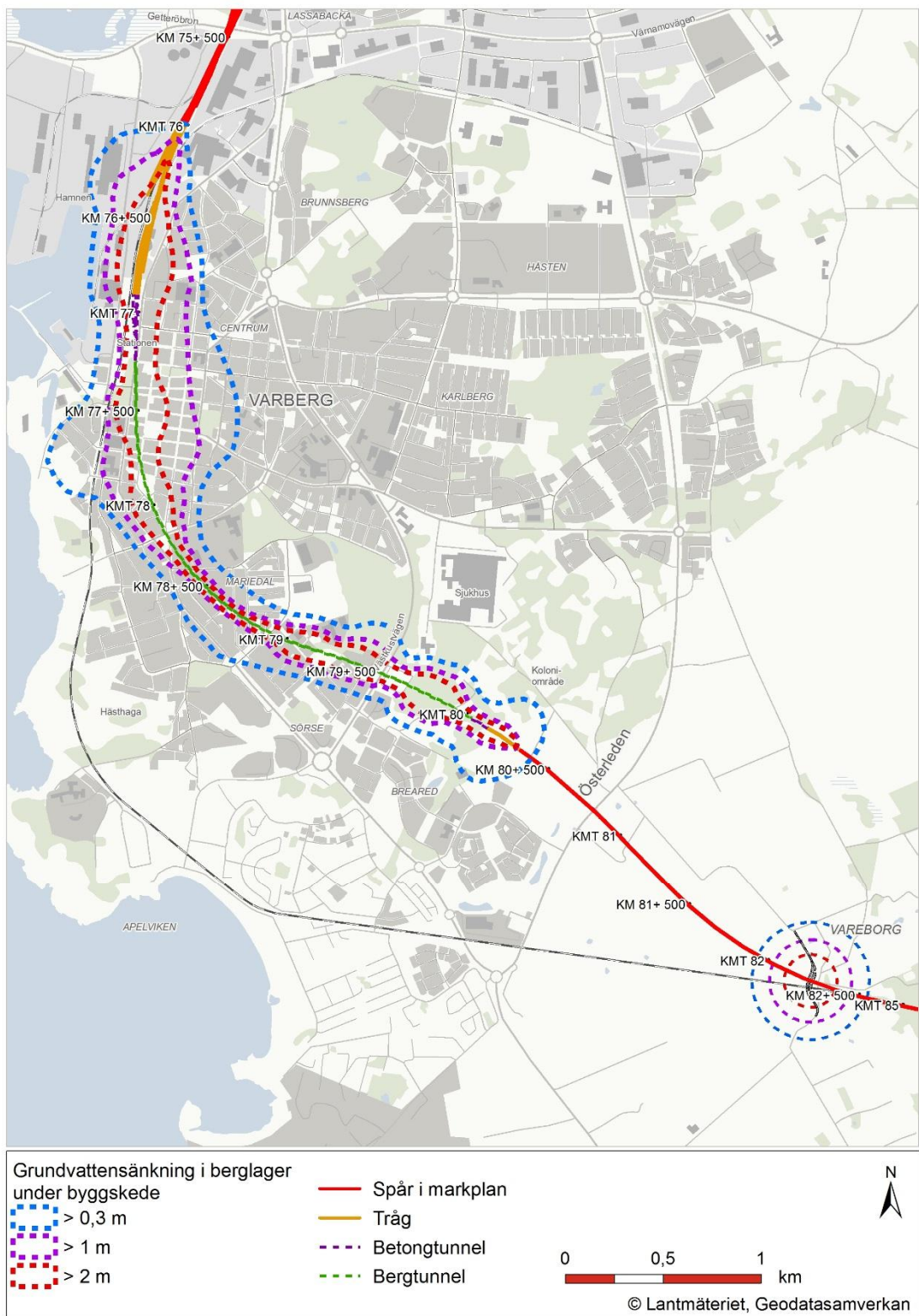
Påverkansområdets utbredning är i huvudsak likartad i berg respektive jord, till stor del beroende på god hydraulisk kontakt mellan grundvattenmagasinet i berg och grundvattenmagasinet i jord, samt att schakterna för tråg och betongtunnlar skär både jord- och berglager.

För vägporten vid Österleden förväntas ingen påverkan i berg. Vid Vareborg görs grundvattensänkningen i jordlagren, men eftersom de djupare jordlagren bedöms stå i hydraulisk kontakt med berget bedöms en motsvarande påverkan komma att föreligga även i det ytliga berget.

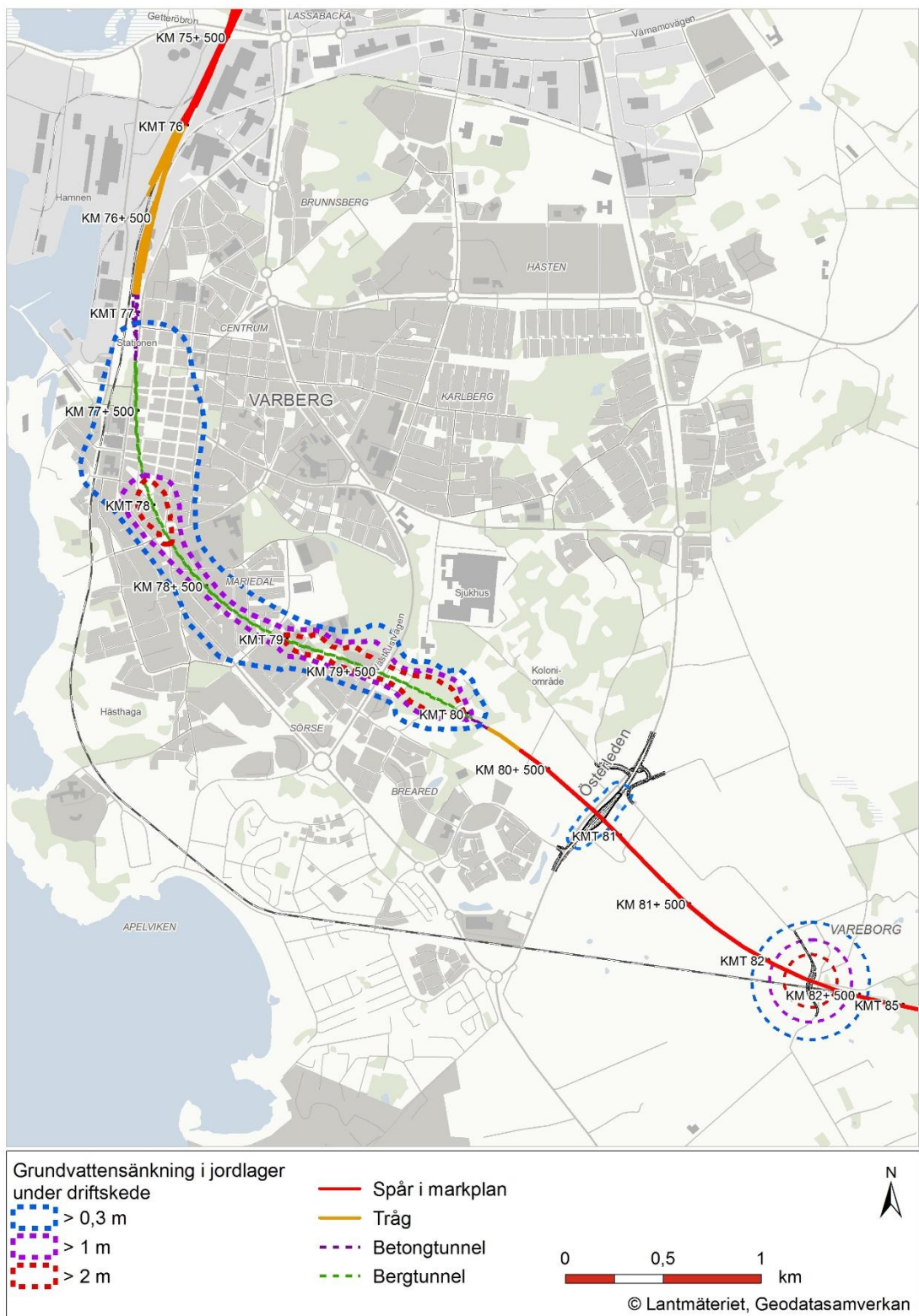


Figur 9-7. Beräknat påverkansområde avseende grundvatten i jordlager under byggskedet.

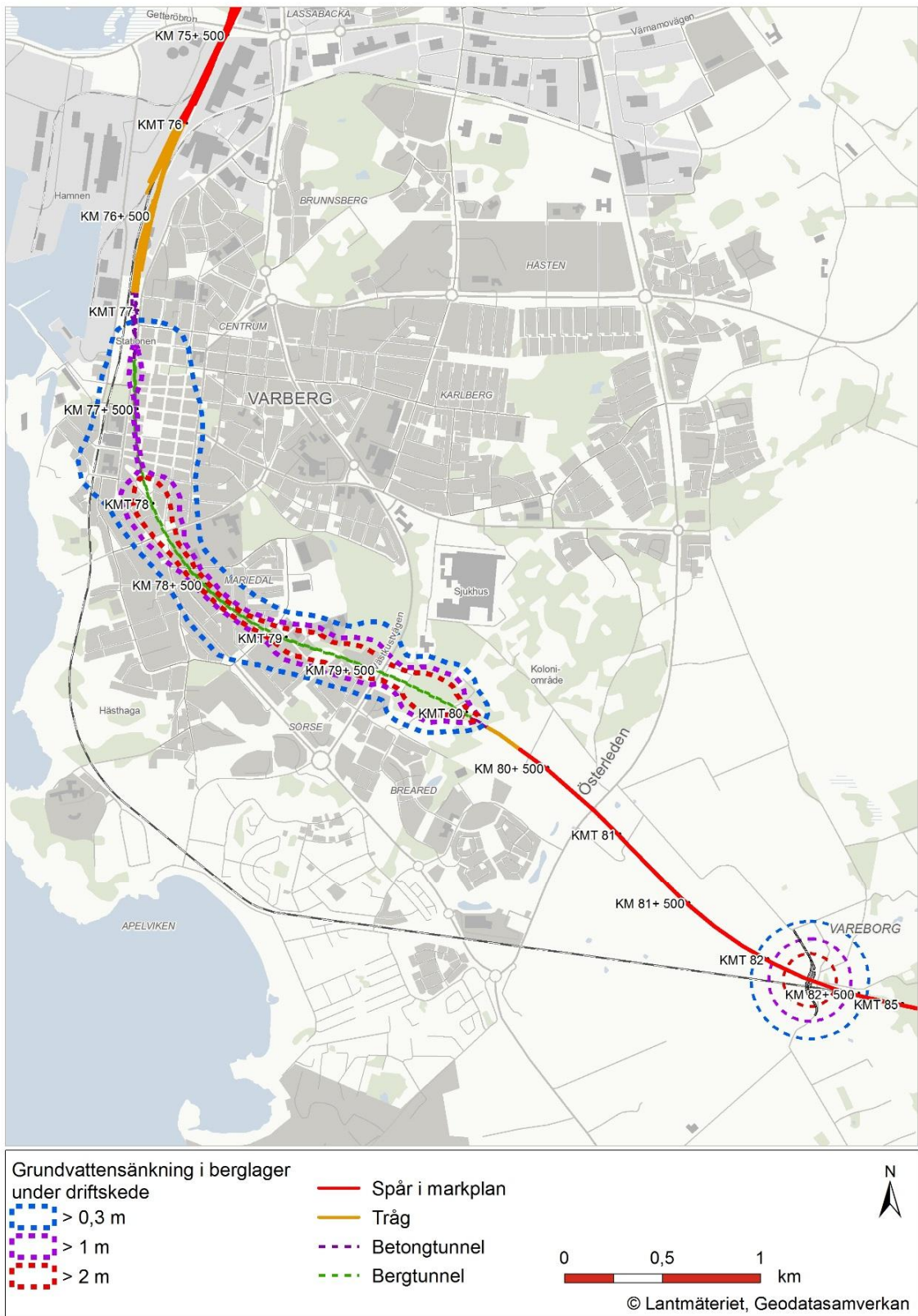




Figur 9-8. Beräknat påverkansområde avseende grundvatten i berglager under byggskedet.



Figur 9-9. Beräknat påverkansområde avseende grundvatten i jordlager under driftskedet.



Figur 9-10. Beräknat påverkansområde avseende grundvatten i berglager under driftskedet.

### 9.3.6 Sammanfattning grundvattenbortledning

Mängden grundvatten som kommer att behöva avledas i bygg- respektive driftskede inom ramen för den tillståndssökta vattenverksamheten sammanfattas i Tabell 9-5.

Tabell 9-5. Sammanfattning av grundvattenbortledning i byggskedet.

Karaktärs- område	Grundvattenbortledning i byggskede	Grundvattenbortledning i driftskede
Söder om Getteröbron inklusive tråg och betongtunnel	Totalt cirka 480 l/min (cirka 8 l/s) i samband med anläggandet av tråg och betongtunnel, förutsatt att hela schakten för tråg och betongtunnel står öppna.	Marginell grundvattenbortledning i driftskedet.
Bergtunnlar	Totalt cirka 360 l/min (cirka 6 l/s) längs bergtunnlarna.	Totalt cirka 180 l/min (cirka 3 l/s) längs bergtunnlarna.
Söder om bergtunnlarna	Cirka 360 l/min (cirka 6 l/s) i samband med anläggande av tråg och betongtunnel, förutsatt att hela schakten för tråg och betongtunnel står öppna. Cirka 90 l/min (cirka 1,5 l/s) vid grundvattenavsänkning i ytliga jordlager i samband med anläggandet av nedsänkning av Österleden under järnvägen. Cirka 180 l/min (cirka 3 l/s) i samband med anläggandet av nedsänkt lokalväg vid Vareborg.	Marginell grundvattenbortledning i driftskedet längs tråg och betongtunnel. Cirka 90 l/min (1,5 l/s) från ytliga jordlager vid den nedsänkta Österleden Cirka 180 l/min (3 l/s) vid den nedsänkta lokalvägen vid Vareborg.

## 10 Hantering av byggavloppsvatten, och inläckande grundvatten

Detta kapitel beskriver hantering och bortledning av byggavloppsvatten.

Här beskrivs vilka mängder byggavloppsvatten som kommer att behöva hanteras och hur detta vatten i övrigt ska hanteras (reningsprocesser, utsläppspunkter etc.).

### 10.1 Byggskede

I samband med vattenverksamheten uppkommer olika typer av vatten som måste bortledas från arbetsplatsen. Dessa vatten benämns gemensamt "byggavloppsvatten".

Inom projektet förekommer följande typer av byggavloppsvatten, kopplat till vattenverksamhet:

- Byggavloppsvatten i öppna jord- och bergschakter, även benämnt länshållningsvatten: Består av inläckande grundvatten, vatten som regnar ner i schakterna och vatten som byggprocesser ger upphov till. Byggavloppsvattnets kvalitet påverkas av eventuell föroreningsituation i jord och grundvatten där schaktning sker. Vidare kan detta vatten förorenas av spill och utsläpp från eventuella olyckor i samband med anläggningsarbetena.
- Byggavloppsvatten i bergtunnelschakt: Består av inläckande grundvatten, vatten som byggprocesser ger upphov till (exempelvis spolvatten och borrhvatten) och vatten/vätska som kan hamna i schakterna till följd av eventuella olyckor.
- Uppumpat grundvatten utanför öppna schakter: Grundvatten förorenat av klorerade lösningsmedel pumpas upp utanför schakterna och blir ett byggavloppsvatten.
- Förorenat vatten som uppstår på tillfälliga upplagsytor bedöms också som ett byggavloppsvatten. Detta vatten uppstår till följd av hanteringen av utsprängt berg från tunneldrivning och bergschakter samt hantering av andra massor. Byggavloppsvattnets kvalitet påverkas av de massor som hanteras inom ytorna, vilket bland annat innebär att byggavloppsvattnet kan innehålla grumlande partiklar, kväve och andra föroreningar inom de områden där förorenade massor hanteras.

I Figur 10-1 visas järnvägsanläggningen uppdelat på markspår, tråg, betong- samt bergtunnel. I figuren har anläggningen delats upp i olika avsnitt beroende på byggarbetsmetod/funktion. I varje rumsligt avsnitt, 1-7, uppstår ett byggavloppsvatten.

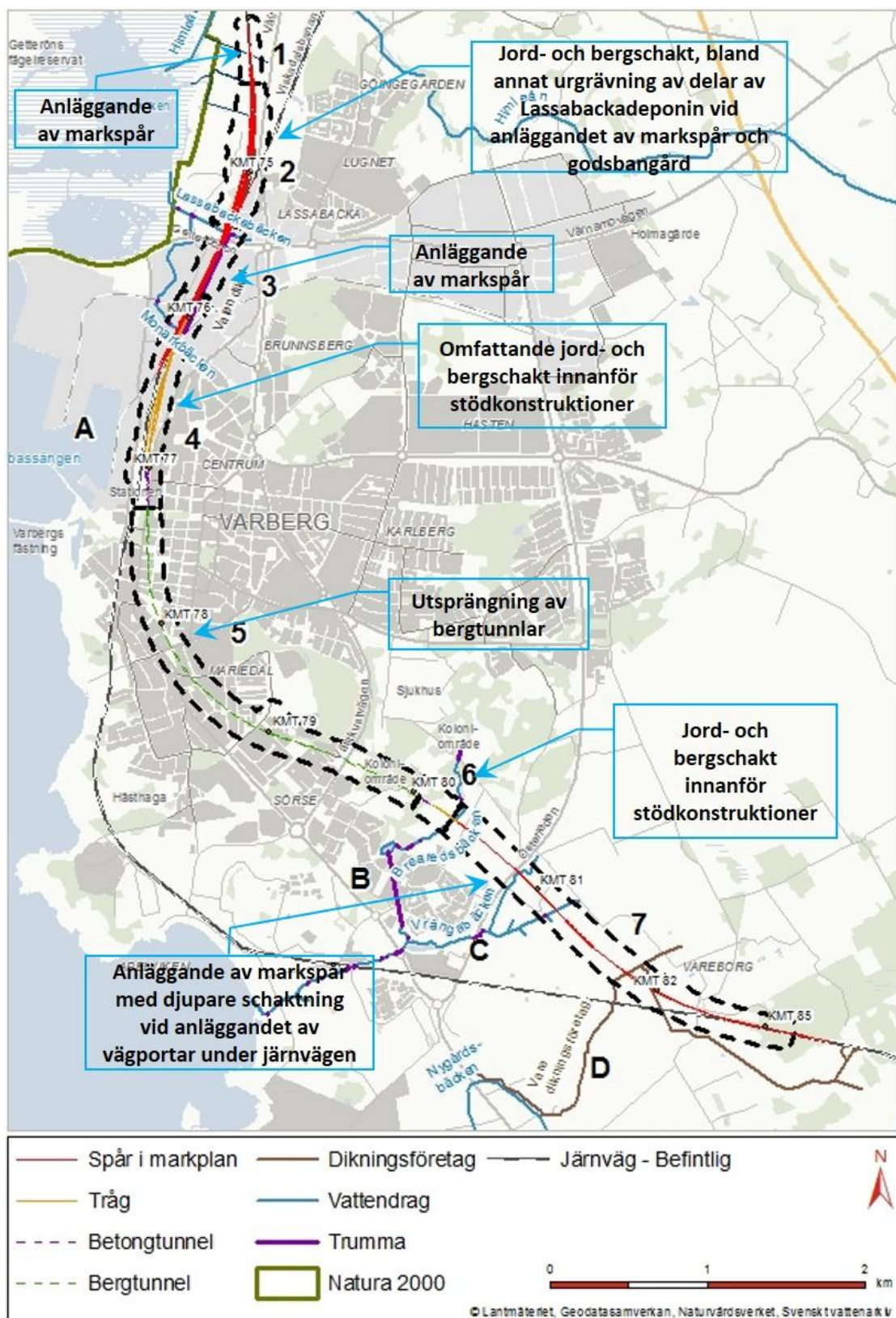
Efter rening kommer byggavloppsvattnet från de olika avsnitten att avledas till olika recipienter som finns markerade med A-D i Figur 10-1.

I projektet har ett antal tillfälliga material-, etablerings- och upplagsytor pekats ut, se Figur 10-2 och Tabell 10-1. Med material- och etableringsytor avses områden som kan användas för bodar, kontor, maskiner, verkstäder och material. Tillfälliga upplagsytor är områden avsedda för hantering och lagring av jord- och bergmassor. Inom dessa områden finns också ytor för sortering av deponiavfall och förorenade massor samt behandling av byggavloppsvatten. Två av dessa ytor (Norra hamnen och Breared) är också lämpliga för etablering av krossanläggning för att skapa användbart krossmaterial av det utsprängda berget. Inom dessa ytor kommer ett byggavloppsvatten också att uppstå.

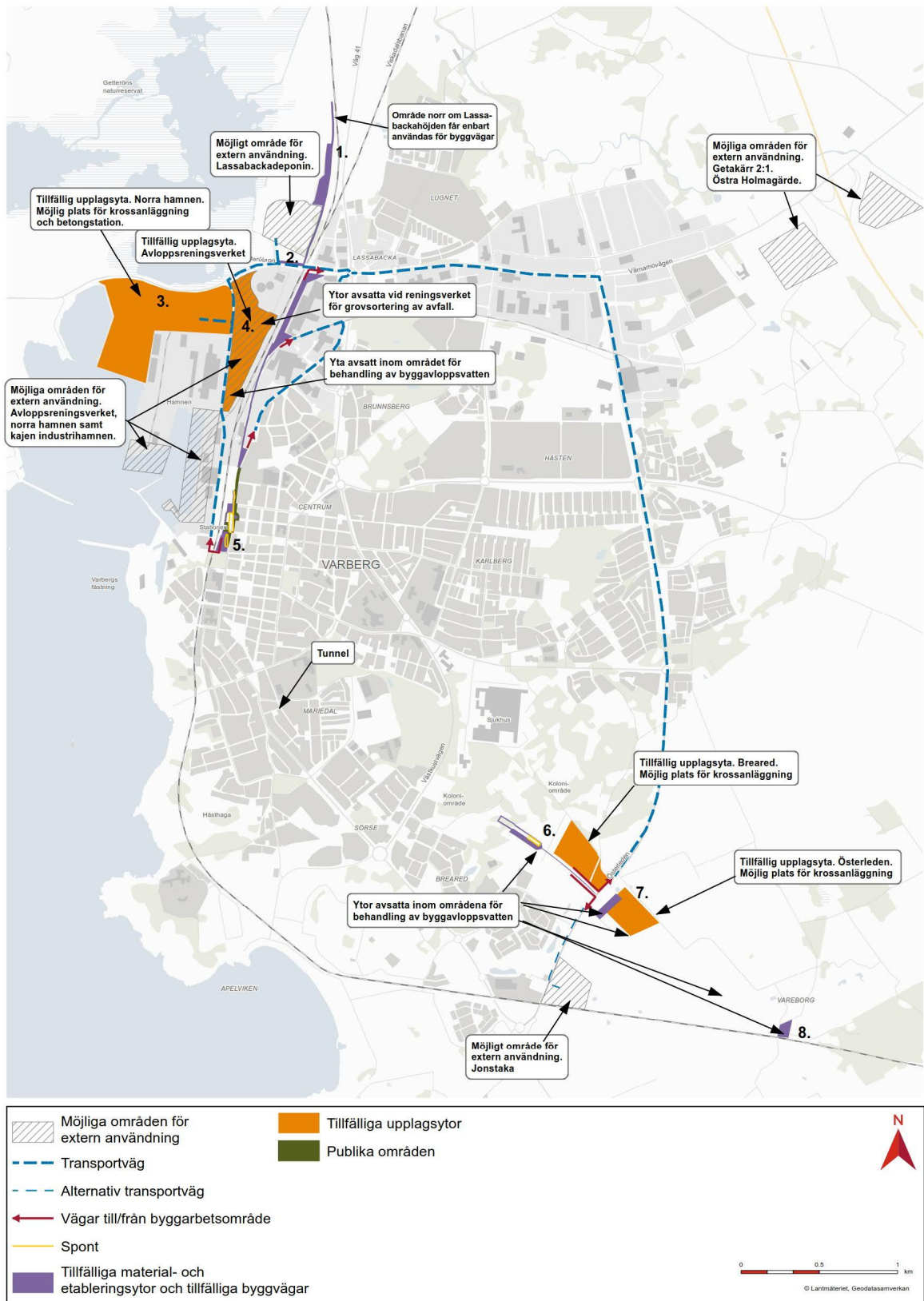
Byggavloppsvattnets kvalitet beskrivs i kapitel 10.1.1. I kapitel 10.1.2 beskrivs föreslagna reningsåtgärder. I kapitel 10.1.3 till kapitel 10.1.8 beskrivs bland annat hur byggavloppsvattnet kommer att hanteras och till vilka recipienter vattnet kommer ledas, efter rening. En sammanfattning av byggavloppsvattnets kvalitet, reningsbehov samt utsläppspunkter ges i kapitel 10.2.

Tabell 10-1. Tillfälliga material-, etablerings- och upplagsytor som identifierats i projektet. Nummer i tabellen är kopplat till ytor i Figur 10-2.

Nummer	Område	Förutsättningar
1	Godsbangården	Ligger i anslutning till Natura 2000 område.
2	I anslutning till tidigare Getterövägen	Tidigare vägyta används. Låga naturvärden, men närhet till Natura 2000.
3	Norra hamnen	Norra hamnen är detaljplanlagt som industri och hamnverksamhet. Inga naturvärden finns inom planlagt område.
4	Reningsverket	Området har vissa naturvärden. Inga fornlämningar i området.
5	Längs med tråg och betongtunnel	Inom tätbebyggt område, stadsmiljö.
6	Breared samt mindre ytor mellan södra tunnelpåslaget och Österleden	Området har påtagliga till höga naturvärden, flera fornlämningar finns i området och dess närhet.
7	Österleden	I området finns naturvärdesobjekt, biflöde till Vrångabäcken.
8	Vareborg	I området finns mägergrav med skyddade arter och flera biotopskydd. Endast öppen mark är tänkt att användas för material- och etableringsyta.



Figur 10-1. I figuren visas projektsträckan indelad i olika avsnitt (1-7) baserat på byggmetod. Vidare visas även utsläppspunkter för byggavloppsvatten (A-D).



Figur 10-2. Material-, etablerings- och upplagsytor samt transportvägar i byggskedet.



### 10.1.1 Byggavloppsvattnets bedömda kvalitet, avsnitt 1-7

I detta kapitel ges en kort beskrivning av kvalitet på inläckande grundvatten, till schakterna, och därmed också byggavloppsvattnet förväntade kvalitet inom respektive avsnitt 1-7 (se Figur 10-1).

Vid bedömningen av föroreningsituationen i grundvattnet tillämpas följande bedömningsgrunder:

- Bedömningsgrunder för grundvatten (Sveriges Geologiska Undersökning, SGU, rapport 2013:01). Skalan för bedömning av vattnets tillstånd är indelad i fem klasser: (1) – Mycket låg halt till (5) – Mycket hög halt. Riktvärden tillämpas för metaller, PAH och bensen.
- Efterbehandling av förorenade bensinstationer och dieselanläggningar (Svenska Petroleum Institutet, SPI, Rekommendation). Vid bedömningen används riktvärden för petroleumförroeringar och exponeringsvägen "miljörisker för ytvatten".
- Specifikt för klorerade kolväten används holländska riktvärden som hämtas från Circular on target values and intervention values for soil remediation (Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu, VROM). I bedömningen används klasserna "Ingen påverkan" till "Kraftig påverkan".

Generellt, om inget annat anges, diskuteras medelvärden av uppmätta föroreningshalter.

#### Avsnitt 1

Inom den allra nordligast avsnittet förkommer inga kända föroreningskällor. Det låglänta marsklandsområdet bedöms vara påverkat av havsvatten, vilket bland annat innebär förhöjda kloridhalter.

#### Avsnitt 2

Lassabackadeponin ligger alldeles intill (väster) schaktområdet för godsbangården. Byggavloppsvattnet i anslutning till Lassabackadeponin kan därför förväntas vara påverkat av lakvatten från deponin. Uttagna grundvattenprover inom tillåtlighetskorridoren – uteslutande från jordlagren – har bland annat uppvisat höga-mycket höga metallhalter i fråga om bly, nickel och zink. Petroleumföroeningar (alifater och aromater) och PAH har påträffats i ett flertal prover från samma grundvatten, om än generellt i halter lägre än SPIs riktvärden för miljörisker för ytvatten. Rester av lösningsmedel i form av BTEX är också vanligt förekommande, ofta i mycket höga halter enligt SGUs bedömningsgrunder. Även klorerade kolväten, klorbensener och klorfenoler har detekterats i grundvatten. Risken för att klorerade lösningsmedel ska påträffas i betydande haltnivåer i byggavloppsvattnet bedöms dock som förhållandevis liten eftersom endast låga halter har påvisats i grundvattnet i området. Innan urgrävning anläggs sponter längs deponin vilket kommer att begränsa inläckaget av förorenat grundvatten.

#### Avsnitt 3

Den nordligaste delen av avsnitt 3 löper längs Lassabackadeponin, varför byggavloppsvattnets föroreningsgrad kan förväntas motsvara vad som beskrivs för avsnitt 2.

Deponering har även skett omkring Monarkbäcken där schakt för markspår söder om Lassabackabäcken samt det norra tråget och betongtunneln ska utföras. Längs denna sträcka har något förhöjda halter av PAH uppmätts i

grundvattnet. Metallhalterna är generellt låga i grundvattnet, med undantag för bly där halterna överlag kan klassas som måttliga.

#### Avsnitt 4

Föroreningar som påträffats i grundvattnet längs järnvägen vid schakten för avsnitt 4 är klorerade lösningsmedel, bensen, toluen, tungmetaller och PAH.

Längs den södra delen av trågschakten kan klorerade lösningsmedel förväntas i grundvattnet i halter som, där de ligger som högst, motsvarar "kraftig påverkan" enligt tillämpade riktvärden. Generellt ökar halterna av klorerade kolväten med djupet, vilket innebär att halterna är högre i det djupare jordgrundvattnet och i berggrundvattnet jämfört med det ytliga jordgrundvattnet.

Organiska föroreningar i form av bensen förekommer också i ställvis mycket höga halter, jämfört med tillämpade bedömningsgrunder.

Längs betongtunneln förekommer också höga halter av bensen. Även tunga alifater förekommer på en haltnivå som teoretiskt kan innebära miljörisk för ytvatten, baserat på riktvärden från SPI. Klorerade kolväten har påträffats även längs denna sträcka, i både jord- och berggrundvattnet, men i lägre halter jämfört med sträckan längs tråget. I jordgrundvattnet överskrider halterna i de flesta provpunkter det holländska riktvärdet för "ingen påverkan", och i några punkter överskrids även riktvärdet för "kraftig påverkan".

Metallhalterna är ställvis förhöjda. Nickel, bly, arsenik och kvicksilver har påträffats i höga-mycket höga halter.

Vid inläckage till schakt kommer föroreningar att blandas i schakten och spädas ut tillsammans med dagvatten vilket försvårar rening. För att kunna omhänderta det grundvattnet som är påtagligt förorenat av klorerade lösningsmedel på ett kontrollerat sätt innan det når schaktbotten, samt öka förutsättningar för att på ett effektivt sätt kunna rena grundvattnet ska detta pumpas upp i strax utanför schakt från brunnar som är något djupare än schaktbotten och renas separat. Trots denna skyddsåtgärd finns ändå risk för inläckage av klorerade lösningsmedel till schakt inom avsnitt 4.

#### Avsnitt 5

Förhöjda halter av klorerade lösningsmedel samt alifatiska kolväten har detekterats lokalt i jordgrundvattnet inom kvarteret Trädgården, väster om den norra delen av planerad bergtunnelsträckning. Källan till dessa föroreningar är ej känd. Det kan ha funnits en före detta kemptvätt i området, men dess exakta läge är ej känt. Fältmätningar längs inledande delar av planerad bergtunnelsträckning har dock inte indikerat förekomst av klorerade lösningsmedel inom det planerade tunnelområdet. Det finns således inga indikationer på att den påträffade föroreningen inom kvarteret Trädgården skulle vara utbredd, utifrån de undersökningar som har genomförts.

Kompletterande undersökningar kommer att genomföras innan byggskedet för att säkerställa att inga risker avseende grundvattenföroreningar förbises.

I övrigt finns inga större kända industriella verksamheter som kan ha förorenat området längs bergtunnelsträckningen. Risken för betydande förekomst av föroreningar i grundvattnet längs bergtunnelsträckningen bedöms generellt som liten.

#### Avsnitt 6-7

Schakten för betongtunneln, tråget samt markspåret i söder görs inom jordbruksmark. Ingen miljöfarlig verksamhet är känd inom området. Då

jordbruk bedrivs i området finns det risk att pesticider använts vilket kan påverka byggavloppsvattnets kvalitet. Risken för betydande förekomst av andra föroreningar bedöms som liten.

#### Tillfälliga upplagsytor

Materialet som läggs upp på tillfälliga upplagsytor för bergkross (Norra hamnen) förväntas ge upphov till dagvatten med höga halter av partiklar och kväve, samt att olja skulle kunna påträffas vid tillbud. Vid större regn kommer kvävehalterna att vara kraftigt utspädda.

Inom den tillfälliga upplagsytan Reningsverket kommer en yta avsättas för grovsortering av urgrävda massor från Lassabackadeponin. Avrinnande lakvatten från denna yta bedöms ha en likartad kvalitet som lakvattnet i deponin, det vill säga höga ammoniumhalter och förhöjda halter av metaller, petroleumämnen och PAH. Vidare kan andra föroreningar, såsom klorerade lösningsmedel förekomma, om massor med sådana föroreningar kommer att hanteras inom ytan.

Dagvatten från etablerings- och materialytor i norr bedöms ha likvärdig kvalitet som dagvatten från övriga hårdgjorda ytor i staden.

### **10.1.2 Förslag till reningsåtgärder avseende byggavloppsvatten**

Utifrån den troliga föroreningsbelastningen i de olika schaktavsnitten samt från de tillfälliga upplagsytorna ska reningsanläggningarna upprättas med relevanta och lämpliga reningsfunktioner. I entreprenaden kommer lämpliga reningsmetoder att väljas som uppfyller de reningsfunktioner som krävs. Detta är även en fördel eftersom reningsteknik hela tiden utvecklas och man kan dra nytta av erfarenheter från pågående infrastrukturprojekt. Platsspecifika villkorshalter kommer att arbetas fram i kontrollprogrammet i samråd med tillsynsmyndigheten.

I Tabell 10-2 sammanfattas de reningsfunktioner som bedöms krävas i projektet för att skydda vattenkvaliteten i recipienterna under och efter byggtiden. I Bilaga 3 redovisas flödesscheman för de olika delströmmarna som belastar recipienterna. Som nämnts tidigare kommer kvävehaltigt vatten från den södra bergtunneldelen samt de tillfälliga upplagsytorna Breared och Österleden att ledas till det kommunala reningsverket via spillvattennätet för att undvika påverkan på närliggande recipienter. För byggavloppsvattnet som leds till det kommunala reningsverket ställs krav på vattenkvalitet utifrån ABVA (allmänna bestämmelser enligt vattentjänstlagen) vilket kan innebära att ett reningssteg före avledning till spillvattennätet kan komma att krävas, exempelvis sedimentation.

Tabell 10-2. Identifierade reningsfunktioner som inarbetats som skyddsåtgärder för att skydda vattenkvaliteten i berörda recipienter.

Reningsfunktion	Berör avsnitt/yta	Beskrivning
Sedimentation	Alla schaktavsnitt samt tillfälliga upplagsytor	Avskiljning av partiklar och partikulärt bundna föroreningar, vilket till stor del utgörs av metaller och PAH. Sedimentavskiljning kan behöva ske i flera steg beroende på inkommande halter av suspenderat material och vid höga halter finkornigt material kan det behöva kombineras med kemisk fällning.
Oljeavskiljning	Alla schaktavsnitt samt tillfälliga upplagsytor, vid behov	Beredskap och utrustning för avskiljning av petroleumämnen ska finnas tillgängligt eftersom utsläpp kan uppstå i samband med uppställning av maskiner, i daglig drift eller vid olycka. För alla avsnitt norr om bergtunneln behövs oljeavskiljning även för att avskilja petroleumämnen från inläckande förorenat grundvatten.
Rening av klorerade lösningsmedel	Avsnitt 4, eventuellt norra delen av avsnitt 5, eventuellt upplagsytan "Reningsverket" samt uppumpat grundvatten utanför schakten nedströms kvarteret Renen	Klorerade lösningsmedel kan inte renas med sedimentation utan kräver särskild rening. Flera möjliga reningsmetoder finns, exempelvis med aktivt kol eller omvänd osmos. Dessa reningssteg föregås av sedimentation och eventuellt sandfilter.
Kväverening	Avsnitt 4, norra delen av avsnitt 5	Kvävehalterna i byggavloppsvattnet förväntas variera stort under byggtiden. Kvävet förekommer i de lösliga formerna ammonium, nitrat samt nitrit och kommer innehålla hög andel ammoniak vid högt pH. Lämpliga reningsmetoder för kväveavskiljning är kemiska metoder såsom jonbyte eller omvänd osmos med avslutande elektrokemiska processer eller biologiska metoder såsom MBR- eller SBR-teknik.  Om biologiska metoder används kan vatten från delar av avsnitt 5, om detta visar sig innehålla klorerade lösningsmedel, först behöva genomgå rening med avseende på dessa föroreningar för att inte riskera att slå ut bakteriekulturen.
pH-justering	Alla avsnitt samt tillfälliga upplagsytor, vid behov	För justering av pH, vilket kan vara förhöjt på grund av cementbaserat injekteringsmedel. För bergtunnelvatten bedöms pH-justering behöva göras till neutrala pH-värden för att minska andelen ammoniak i det kvävehaltiga vattnet.

### 10.1.3 Utsläppspunkter, A-D

Eftersom vattnet i Lassabackabäcken och Monarkbäcken uppvisar höga halter av näringsämnen samt metaller och med hänsyn tagen till mynningsområdets känslighet och det närliggande Natura 2000-området bedöms det vara olämpligt att avleda byggavloppsvatten till bäckarna. Istället kommer det under byggskedet att upprättas en reningsanläggning som succesivt kan ta hand om byggavloppsvattnet från schakter inom avsnitt 1-4 samt upplagsytan Reningsverket. Efter rening släpps byggavloppsvattnet ut i hamnbassängen.

Byggavloppsvatten från bergtunneln kommer att uppstå i norra och södra tunneldelen samtidigt, eftersom drivning sker från två håll. I norr leds byggavloppsvattnet till hamnbassängen, efter rening, och i söder till det kommunala reningsverket via spillvattennätet. Även byggavloppsvattnet från de tillfälliga upplagsytorna Breared och Österleden ska ledas till det kommunala reningsverket.

Byggavloppsvatten från schakt för tråg samt markspår fram till Österleden leds till en reningsanläggning med utsläpp i Brearedsbäcken.

Öster om Österleden pumpas byggavloppsvattnet från schakt till en reningsanläggning med utsläpp i Vrångabäckens östra gren.

Vid schakt för vägporten i Vareborg avleds byggavloppsvattnet till en separat reningsanläggning med utsläpp till Vare dikningsföretag.

En sammanfattning av utsläppspunkter och belastande avloppsvatten från olika schaktavsnitt redovisas nedan.

- *Hamnbassängen (A i Figur 10-1)* - Schakt i avsnitt 1-4, norra delen av bergtunneln (avsnitt 5 norr) samt tillfälliga upplagsytan Reningsverket.
- *Brearedsbäcken (B i Figur 10-1)* - Jordschakt i avsnitt 6 och avsnitt 7 (väster om Österleden).
- *Vrångabäcken (C i Figur 10-1)* - Jordschakt för avsnitt 7 omkring Österleden samt schakt för vägport Österleden.
- *Vare dikningsföretag (D i Figur 10-1)* – Schakt för vägport Vareborg.
- *Kommunala reningsverket* – södra delen av bergtunneln inklusive bergschakt för betongtunnel, samt upplagsytorna Breared och Österleden.

### 10.1.4 Belastande flöden från schakter

I Tabell 10-3 visas en sammanställning av utförda dimensioneringsberäkningarna för reningsanläggningarna samt nödvändig pumpkapacitet för att hålla schakterna torra till och med ett 10-årsregn.

Tabell 10-3. Dimensioneringsberäkningar.

Avsnitt	Schakt- längd [m]	Reningsanläggning 2 års regn				Pump- kapacitet 10 års regn [m <sup>3</sup> /h]
		Flöde regn [m <sup>3</sup> /h]	Flöde grund- vatten [m <sup>3</sup> /h]	Flöde spol- och borrvatten [m <sup>3</sup> /h]	Totalt maxflöde [m <sup>3</sup> /h]	
1	450	14	1-3		cirka 335	cirka 1500
2	900	245	3-5			
3	500	65	2-3			
4	1340	364	30	5,6	cirka 390	cirka 1660
5 (norr)	1400	-	12	11,1	cirka 24	-
5 (söder)	1400	-	9	11,1	cirka 20	-
6	260	72	22, (varav betongtunnel 7 och betongtråg 15)		cirka 73	cirka 320
7	2400	72	7		cirka 80	cirka 350
Öster- leden	550	302	5		cirka 303	cirka 1140
Vareborg	400	50	11		cirka 61	cirka 285

### 10.1.5 Belastande flöden från tillfälliga upplagsytor

Ungefärliga årsmedelflöden för tillfälliga upplagsytor har uppskattats enligt nedan, se Tabell 10-4.

Det dimensionerande flödet från den tillfälliga upplagsytan Reningsverket som avleds till reningsanläggningen inom hamnområdet kommer bero på pumpkapacitet samt hur stor utjämningsvolym som kan skapas inom upplagsytan. Troligtvis kommer de dimensionerande flödena att vara i samma storleksordning som medelflödena eftersom dessa flöden ger upphov till halter som motiverar rening. Byggavloppsvatten från Norra hamnen kommer inte att samlas upp för rening utan kommer infiltrera inom den grusade upplagsytan. I Tabell 10-4 presenteras beräknade årsmedelflöden utifrån specifik avrinning för Varberg 401-600 mm/år (SMHI, 2015).

Tabell 10-4. Uppskattade areor på tillfälliga upplagsytor och beräknade årsmedelflöden

Område	Förklaring	Årsmedelflöden [m <sup>3</sup> /h]
Norra hamnen	Tillfällig upplagsyta, troligtvis med krossanläggning för bergmassor från norra tråget samt betong- och bergtunneldelen	14,4-21,6
Reningsverket	Tillfällig upplagsyta	6,0-8,9
Breared	Tillfällig upplagsyta, möjlig plats för krossanläggning för bergmassor från södra bergtunneldelen	3,1-4,6
Österleden	Tillfällig upplagsyta, möjlig plats för krossanläggning för bergmassor från södra bergtunneldelen	2,2-3,3

### 10.1.6 Hantering av byggavloppsvatten vid vanlig drift i byggskede

Byggavloppsvatten som uppstår i jordschakterna avses avvattnas via öppna dräneringsdiken som löper längs båda schaktsidor. Därifrån pumpas vattnet till föreslagna reningsanläggning.

Där höga halter av föreningar kan förväntas, främst klorerade lösningsmedel, kommer brunnar att installeras utanför spont och borraras ned till ett något större djup än schaktbotten. Detta görs för att i möjligaste mån omhänderta det förorenade grundvattnet under kontrollerade former innan det når schaktbotten. Detta förfarande bedöms bli aktuellt inom avsnitt 4, nedströms kvarteret Renen vid cirka Km 76+800 till cirka Km 76+900.

Byggavloppsvattnet från bergtunnlarna kommer att avledas via längsgående diken varifrån vattnet sedan pumpas vidare för rening och avledning till recipient eller reningsverk.

#### Avsnitt 1-3

Avsnitten 1, 2 och 3, i norra delen föreslås få en gemensam reningsanläggning inom tillfällig upplagsyta Reningsverket med utsläpp i hamnbassängen.

#### Avsnitt 4

Eftersom maxflödet för avsnitt 4 är ungefär lika stort som sammanlagt maxflöde för avsnitt 1, 2 och 3, och eftersom avsnitten 1, 2 och 3 antas vara avslutade innan hela schakten för avsnitt 4 är öppen föreslås att samma reningsanläggning används för avsnitt 4 som för avsnitten 1, 2 och 3. Bortpumpningskapaciteten från avsnitt 4 måste dock klara det beräknade 10-årsflödet som är högre än för avsnitt 1-3.

#### Avsnitt 5

Byggavloppsvattnet från avsnitt 5 består av inläckande grundvatten, spol- och borrhvatten. Flödet från avsnitt 5 är litet i förhållande till flödena från de andra avsnitten. I norr sker utsläpp till hamnbassängen, efter rening. I söder kommer bergtunnelvattnet att ledas till det kommunala reningsverket via spillvattennätet. För att klara VIVAB:s krav på vattenkvalitet kan viss förbehandling i form av exempelvis sedimentering bli aktuell.

#### Avsnitt 6-7

I söder är det osäkert i vilken ordning avsnitten byggs. Om avsnitt 6 byggs färdigt innan avsnitt 7 påbörjas kan byggavloppsvattnen hanteras i samma anläggning men efter varandra. Anläggningen placeras lämpligen i närheten av Vrångabäcken eller Brearedsbäcken, som är de lämpligaste recipienterna i södra delen.

Byggavloppsvattnet från schakten vid ombyggnad av Österleden pumpas upp till reningsanläggning med utsläpp antingen i befintlig dagvattenledning, efter överenskommelse med VIVAB, eller med utsläpp i Vrångabäcken efter överenskommelse med dikningsföretag.

Byggavloppsvattnet från schakten vid ombyggnad av vägporten i Vareborg pumpas upp till reningsanläggning med utsläpp i Vare dikningsföretag efter överenskommelse med dikningsföretaget. Av praktiska skäl kan det även bli aktuellt att reningsanläggningen tar emot en del av byggavloppsvattnet från schakten för markspår i området kring Vareborg.

#### Tillfälliga upplagsytor

Byggavloppsvatten som uppstår där förorenade massor kommer att hanteras (Reningsverket) behöver samlas upp för att möjliggöra rening. Detta sker förslagsvis i större uppsamlingsdiken som även möjliggör utjämning av flödet vilket innebär att reningsanläggningen blir mindre. Flödet till närmaste reningsanläggning, och dimensionering av denna, kommer bero på hur stor utjämningsvolym som kan skapas i uppsamlingsdikena. Eftersom dikena innebär trög avledning är den preliminära bedömningen att stora delar av det suspenderade materialet och partikulärt bundna föroreningar kan avsättas redan i uppsamlingsdikena. Det byggavloppsvatten som avrinner från urgrävda massor på sorteringsytan inom den tillfälliga upplagsytan Reningsverket ska förhindras från att läcka ut diffust mot Monarkbäcken. Detta görs genom att ytan tätas, vallas in och vattnet samlas upp och leds till den gemensamma reningsanläggningen i hamnområdet.

Byggavloppsvatten/dagvatten som uppkommer där bergkross från utsprängningen av bergtunnlar kommer att läggas upp (Norra hamnen) kommer att tillåtas infiltrera och kommer därmed ej att samlas upp.



Uppsamlat byggavloppsvatten från de tillfälliga upplagsytorna Breared och Österleden kommer att ledas till det kommunala reningsverket via spillvattennätet.

#### Tillfälliga material- och etableringsytor

Dagvatten från de tillfälliga material- och etableringsytorna i norr belastar i dagsläget det kommunala dagvattennätet och bedöms därför kunna släppas ut till ledningsnätet även under byggskedet. I söder bedöms dagvatten från de tillfälliga material- och etableringsytorna kunna samlas upp och utjämnas i diken innan utsläpp sker till närmaste recipient för byggavloppsvatten. I enstaka fall kan dock höjdförhållanden medföra att delar av ytorna avvattnas mot jordschakt. I dessa fall behöver reningsanläggningarna dimensioneras upp för att ta emot även detta flöde.

### **10.1.7 Hantering vid bräddning i byggskede**

Samtliga reningsanläggningar dimensioneras för den värsta nederbördssituationen med en återkomsttid på 2 år. För att hålla schakten torr föreslås därutöver att bräddpumpar installeras vilka dimensioneras för det största flödet vid ett 10-årsregn.

Bräddning till hamnbassängen bedöms vara rimligt utifrån ett hydrauliskt perspektiv eftersom flödet på cirka 1,6 m<sup>3</sup>/s är begränsat jämfört med bassängens volym på 6 miljoner m<sup>3</sup>. I jämförelse med övrig dagvattenbelastning från Varberg, som grovt uppskattats till 113 m<sup>3</sup>/s, bedöms flödet vara av mindre betydelse. Ur ett vattenkvalitetsperspektiv kommer bräddning framförallt att orsaka höga halter av grumlande partiklar och till viss del partikelbundna föroreningar. Grundvattenföroreningar samt kvävehalter från schakten i avsnitt 4 kommer vara kraftigt utspädda. För att minska de negativa effekterna av grumling är en möjlig skyddsåtgärd att använda dubbla siltgardiner kring utsläppspunkten i hamnbassängen.

För utsläpp till vattendragen i söder, Breareds- och Vrångabäcken, samt Vare dikningsföretag har en flödesjämförelse gjorts. I Tabell 10-5 redovisas beräknade 10-årsflöden i vattendragen/dikningsföretaget, maximalt bräddat flöde från avsnitt 6 respektive avsnitt 7 vid ett 10-årsregn samt det totala flödet i respektive recipient. Jämförelsen visar att bidraget från byggavloppsvatten ger ett måttligt bidrag till Brearedsbäcken och ett litet bidrag till Vrångabäcken och Vare dikningsföretag.

Risken för ökad erosion till följd av det ökade flödet bedöms som liten i förhållande till det totala flödet vid nederbördstillfället. Det bör påpekas att det är viktigt att erosionsskydda nygrävda slänter i bäcken eftersom finpartiklar lätt frigörs från dessa ytor. Ur ett vattenkvalitetsperspektiv kommer bräddning framförallt att orsaka höga halter av grumlande partiklar. Eventuella oljeföroreningar från jordschakten kommer vara kraftigt utspädda. För att minska de negativa effekterna av grumling är en möjlig skyddsåtgärd att utjämna flödet genom att använda dagvattendammarna vid respektive vattendrag som utjämningsmagasin.

Tabell 10-5. Jämförelse beräknade maxflöden i vattendrag och från delavsnitt samt tillfälliga upplagsytor i söder.

	HQ 10* (m <sup>3</sup> /s)	Maximalt bräddat flöde vid 10-årsregn (m <sup>3</sup> /s)	Totalt flöde i recipienterna (m <sup>3</sup> /s)
Brearedsbäcken	0,51	-	0,63
Vrångabäcken	0,60	-	0,64
Vare dikningsföretag	0,55	-	0,58
Avsnitt 6 (till Brearedsbäcken)	-	0,09	
Avsnitt 7 (fördelas jämnt på recipienterna)	-	0,1	

\* Karakteristiskt flöde beräknat utifrån Vägverket Publ. 1990:11

Förutom schakterna kommer även tillfälliga upplagsytor att avvattnas till bäckarna vid bräddning. För att vid den vanliga driften kunna möta VIVAB:s flödeskrav vid utsläpp till spillvattennätet kommer omfattande utjämningsvolymmer att behöva skapas inom ytorna. Med dessa stora utjämningsvolymmer att tillgå kommer även bräddflödet vid ett 10-årsregn vara mycket begränsat och ligger på i storleksordningen cirka 10 l/s från respektive yta. För att kunna säkerställa vattenkvaliteten på bräddat vatten från ytorna ska bräddning ske kontrollerat, exempelvis genom att en avstängningsventil installeras vid bräddpunkten.

### 10.1.8 Beräkning av kvävemängder och halter

Utgångspunkten för den tekniska beskrivningen och miljökonsekvensbeskrivningen är att kvävehaltigt sprängmedel kommer att användas vid utsprängning av bergtunnlar. Det är i det här skedet osäkert vilka mängder eller typ av sprängmedel som blir aktuella. För att kunna bedöma påverkan på recipienter har dock en schablonmässig beräkning gjorts utifrån siffror och erfarenheter från andra sprängnings- och tunnelprojekt (Larson, 2014; Trafikverket, 2005; Weimann, 2014; Vikan, 2013; Ridderstolpe och Stråe, 2010).

Utifrån givna antaganden (Tabell 10-6) har en översiktlig beräkning av totalmängden kväve som kan uppstå i byggavloppsvattnet vid sprängningsarbeten sammanställts, se Tabell 10-7. Beräkningarna utgår från en byggtid på fyra år.

I beräkningarna summeras kvävebelastningen från byggavloppsvatten från norra tråget, betongtunneln samt den norra delen av bergtunnelsträckningen då byggavloppsvatten från dessa delar kommer avledas till den gemensamma reningsanläggningen för att sedan avledas till hamnbassängen. För byggavloppsvatten från upplagsytan Norra hamnen görs beräkningarna separat eftersom detta vatten inte kommer att samlas upp. Avrinningen från upplagsytan kan förväntas nå hamnbassängen efter infiltration och avrinning i de ytliga

marklagren. Fastläggningen av kväve i de ytliga marklagren bedöms som marginell, varför merparten av kvävet kan antas nå hamnbassängen, men med viss fördröjning.

Tabell 10-6. Antaganden vid beräkning av mängd kväve.

	Mängd	Enhet
Total mängd fast berg	cirka 670 000	m <sup>3</sup>
Erforderlig mängd sprängmedel	2	kg/m <sup>3</sup>
Andel kväve i emulsionssprängmedel	27	%
Andel odetonerat sprängmedel (sprängämnesförluster)	5-15	%
Fördelning kväve i byggavloppsvatten och ospolade massor	60-70	%
Reningsgrad kväve (årsmedel)	80	%

Tabell 10-7. Kvävemängder i ospolade massor samt beräknad årsmedelbelastning före och efter rening.

	Före rening		Efter rening	
	Mängd ton/år	Halt mg/l	Mängd ton/år	Halt mg/l
Total mängd kväve i ospolade massor från projektet	4,5 – 13,6	-	-	-
Årsmedelbelastning hamnbassängen (byggavloppsvatten från norra tråget och betongtunneln samt norra tunneldelen)	0,8-3,3	3,0-13,1	0,2-0,7	0,6-2,6
Årsmedelbelastning hamnbassängen (byggavloppsvatten från upplagsytan Norra hamnen)	1,6-5,7	8,5-44	-	-

Beräkningarna ovan visar att den årliga belastningen varierar stort beroende på sprängämnesförlusterna vilket visar vikten av att arbetet utförs på ett korrekt sätt. Efter rening bedöms det årliga bidraget till kustvattenförekomsten "Norra mellersta Hallands kustvatten" till mellan cirka 1,8 och 6,4 ton. Ingen hänsyn har tagits till den eventuella naturliga reduktion eller upptag som kan ske i ytvattnet. Observera att beräkningarna är preliminära och att slutlig mängd kan bli både större och mindre. Sprängämnesförlusterna kan exempelvis minimeras genom korrekt hantering och optimerad sprängning, därigenom minskar även

kvävebelastningen till recipienterna. Möjliga åtgärder är att upprätta en bra borrh- och laddplan samt att teknik används för effektivare laddning och anpassning till lokala förhållanden. Ytterliga åtgärder för att minska spill är att personal som handhar sprängmedel genomgår relevant utbildning. Även val av sprängmedel är avgörande för mängden kväve som kan spridas till ytvatten.

## **10.2 Sammanfattning – hantering av byggavloppsvatten**

I Tabell 10-8 sammanfattas hanteringen av byggavloppsvatten från de olika avsnitten som visas i Figur 10-1 samt upplagsytorna som visas i Tabell 10-8. I tabellen anges också slutlig recipient för byggavloppsvattnet. Recipienterna (A-D) visas i Figur 10-1.

Tabell 10-8. Sammanfattning av hanteringen av byggavloppsvatten baserat på den avsnittsindelning som visas i Figur 10-1.

Avsnitt	Vattenkvalitet	Reningsbehov	Recipient
1	Grumlande partiklar kan förväntas. I övrigt bedöms ej byggavloppsvattnet vara nämnvärt förorenat.	Sedimentation Oljeavskiljning vid behov pH-justering vid behov	A -Hamnbassängen
2	Byggavloppsvatten som bedöms vara påverkat av lakvatten från Lassabackadeponin, innebärande förhöjda halter av bland annat ammonium, klorid, metaller, petroleumämnen och PAH.	Sedimentation Oljeavskiljning pH-justering vid behov	A -Hamnbassängen
3	Byggavloppsvatten som bedöms vara påverkat av lakvatten från Lassabackadeponin, samt tidigare deponering kring Monarkbäcken, innebärande förhöjda halter av bland annat ammonium, klorid, metaller, petroleumämnen och PAH.	Sedimentation Oljeavskiljning pH-justering vid behov	A – Hamnbassängen
4	Byggavloppsvattnet kommer vara påverkat av tidigare industriella verksamheter inom industriområde vid norra delen av träget (Monarkområdet) samt kvarteret Renen, innebärande förhöjda halter av framförallt klorerade lösningsmedel. Även förhöjda halter av petroleumföreningar i form av bensen, samt metaller kan förväntas.	Sedimentation Oljeavskiljning pH-justering vid behov Rening av klorerade lösningsmedel Kväverening	A – Hamnbassängen
5	Byggavloppsvattnet förväntas innehålla kväve från använt sprängmedel. I övrigt förväntas byggavloppsvattnet ej vara påtagligt förorenat. Förekomst av klorerade lösningsmedel i byggavloppsvattnet kan dock inte uteslutas längs den norra delen av bergtunneln, även om detta bedöms som mindre trolig.	Sedimentation Oljeavskiljning vid behov pH-justering vid behov Eventuell rening av klorerade lösningsmedel Kväverening  Förberedande reningssteg, exempelvis sedimentation, innan avledning till det kommunala reningsverket kan komma att krävas.	A – Hamnbassängen (byggavloppsvatten från norra delen av avsnitt 5)  Kustvattenförekomsten via det kommunala reningsverket (byggavloppsvatten från södra delen av avsnitt 5)

Fortsättning Tabell 10-8.

Avsnitt	Vattenkvalitet	Reningsbehov	Recipient
6	<p>Byggavloppsvatten från bergschakt i samband med anläggandet av betongtunneln förväntas innehålla kväve från använt sprängmedel. Detta vatten avleds till det kommunala reningsverket via spillvattennätet.</p> <p>Byggavloppsvattnet förväntas i övrigt ej vara påtagligt förorenat.</p>	<p>Sedimentation Oljeavskiljning vid behov pH-justering vid behov</p>	<p>B - Brearedsbäcken (byggavloppsvatten från jordschakt)</p> <p>Kustvattenförekomsten via det kommunala reningsverket (byggavloppsvatten från bergschakt för betongtunnel)</p>
7	<p>Grumlande partiklar kan förväntas. I övrigt bedöms ej byggavloppsvattnet vara nämnvärt förorenat.</p>	<p>Sedimentation Oljeavskiljning vid behov pH-justering vid behov</p>	<p>B – Brearedsbäcken (byggavloppsvatten från delen av avsnittet väster om Österleden) C- Vrångabäcken (byggavloppsvatten från delen av avsnittet vid Österleden) D- Vare dikningsföretag (byggavloppsvatten från schaktning för vägport i Vareborg)</p>
Upplagsytan "Norra hamnen"	<p>Byggavloppsvattnet kommer innehålla kväve från de utsprängda bergmassor som kommer att läggas upp inom dessa ytor.</p>	-	<p>Byggavloppsvattnet kommer att infiltrera inom de grusade ytor där massorna läggs upp och kommer efterhand att nå recipienten A - Hamnbassängen</p>

Fortsättning Tabell 10-8.

Avsnitt	Vattenkvalitet	Reningsbehov	Recipient
Upplagsytan "Reningsverket"	Byggavloppsvattnet kommer vara påverkat av de urgrävda massor från Lassabackadeponin och eventuellt andra förorenade massor som kommer att hanteras inom ytan, så tillvida att förhöjda halter av bland annat ammonium, klorid, metaller, petroleumämnen, PAH och eventuellt klorerade lösningsmedel kan förväntas.	Sedimentation Oljeavskiljning vid behov pH-justering vid behov Eventuellt rening av klorerade lösningsmedel	A - Hamnbassängen
Upplagsytorna "Breared" och "Österleden"	Byggavloppsvattnet kommer innehålla kväve från de utsprängda bergmassor som kommer att läggas upp inom dessa ytor.	Förberedande reningssteg, exempelvis sedimentation, innan avledning till det kommunala reningsverket kan komma att krävas.	Kommunala reningsverket

### 10.3 Driftskede

Under driftskedet kommer inläckande grundvatten pumpas bort motsvarande bedömningsvis cirka 3 liter/sekund från hela bergtunneln på totalt cirka 2,8 kilometer. Detta motsvarar ett litet inflöde, sett över den långa sträcka som avses. Risken för inläckage av förorenat grundvatten i den norra delen av bergtunneln bedöms under driftskedet som mycket liten eftersom grundvattensänkningen blir liten och skyddsåtgärder vidtas (se kapitel 9).

Inläckande grundvatten tas omhand i ett tätt magasin i tunneln. Därefter pumpas det upp till ett utjämningsmagasin väster om norra tråget innan utlopp sker i hamnbassängen. Magasinet dimensioneras för att klara släckvattenvolymer vid brand vilket är betydligt större än inläckande grundvattenvolymer. Pumpstation och ledning dimensioneras för att minst klara det grundvatten som riskerar att läcka in i tunneln vid driftskedet, samt släckvatten vid en eventuell olycka.

## 11 Följdverksamheter

### 11.1 Masshantering, byggtransporter och trafikomläggning

Bygg- och anläggningsarbetena kommer pågå under lång tid. För att möjliggöra arbetena kommer både väg- och järnvägstrafik att behöva läggas om. Vidare kommer omfattande transport av massor och byggmaterial att krävas.

Påverkan, effekter och konsekvenser av masshantering, byggtransporter och trafikomläggning beskrivs översiktligt i miljökonsekvensbeskrivningen tillhörande ansökan om vattenverksamhet. Dessa aspekter beskrivs mer utförligt i MKB för järnvägsplan.

## 11.2 Luftkvalitet

Byggtransporter och entreprenadmaskiner ger upphov till utsläpp till luft. Vidare kan damning uppstå till följd av anläggningsarbetena i sig, men också av transporterna och hanteringen av massor.

Byggtransporterna medför ökade utsläpp totalt sett. Trafikomläggningarna kan innebära ökad trafikering inom områden som idag är sparsamt trafikerade, vilket innebär att trafikutsläppen kan komma att fördelas annorlunda inom tätorten jämfört med nuvarande förhållanden.

Påverkan, effekter och konsekvenser med avseende på luftkvalitet beskrivs översiktligt i tillhörande miljökonsekvensbeskrivning.

## 11.3 Buller, vibrationer och stomljud

Bygg- och anläggningsarbetena kan orsaka olika typer av buller:

1. Luftburet buller till följd av arbeten ovan mark
2. Stomljud till följd av arbeten under mark

Dessa arbeten kan också orsaka vibrationer.

Arbeten ovan mark som orsakar buller, och som är knutna till vattenverksamheten är framförallt schaktning och spontning, vid läge för trågschakter och schakter för betongtunnel.

Spontning kommer att bedrivas längs schakternas gränser och vid Getteröbrons brostöd.

Schaktning av jord beräknas pågå under lång tid totalt sett. Under längre eller kortare perioder pågår jordschakt längs hela den planerade sträckningen ovan mark. Vid ramper och nedsänkningar kommer arbetet periodvis att vara intensivt.

Ljudalstrande verksamheter under mark, som är knutna till vattenverksamheten, är framförallt tunneldrivningen (borrning och sprängning). Detta orsakar främst stomljud och vibrationer, så länge det sker under mark. Vid påslagen kan denna verksamhet också orsaka buller.

Borrning och sprängning som orsakar luftburet buller bedrivs dels vid den norra och södra tunnelmynningen och dessutom på andra platser där berg i dagen ska tas bort, till exempel norr om Getteröbron och vid det norra tråget. Borrning beräknas normalt pågå under flera timmar i följd. Sprängning har däremot en väldigt kort varaktighet.

Påverkan, effekter och konsekvenser av buller, vibrationer och stomljud beskrivs översiktligt i tillhörande miljökonsekvensbeskrivning.



## 12 Referenser

- Banverket (2002) Järnvägsutredning Väst kustbanan delen Varberg-Hamra, delrapport Hydrogeologi, BRVT 2002:02-07
- Länsstyrelsen i Halland (2014). Kartmaterial över dikningsföretag i Varberg.
- SGU (2016) *Landskapsstenar i Götaland*, <http://www.sgu.se/om-geologi/berg/sveriges-berggrund/landskapsstenar/landskapsstenar-i-gotaland/>
- SGU (1985): Beskrivning och bilagor till hydrogeologiska kartan över Hallands län, Serie Ah Nr 8
- SMHI (2012) Framtidens havsnivåer i ett hundraårsperspektiv – kunskapssammanställning, Klimatologi nr 5
- SMHI (2011): Klimatanalys för Västra Götalands län, Rapport Nr 2011-45.
- SMHI (2012): Uppmätt medelvattenstånd för mätstation Varberg/Ringhals.
- SMHI (2014): Uppdatering av klimatanalys havsvattenstånd i Västra Götalands län, Rapport Nr 2011-45.
- SMHI Vattenwebb <http://vattenwebb.smhi.se/modelarea/> (Hämtad 2016-11-02)
- SMHI Vattenwebb (2011). Källfördelning för avrinningsområde 1770 Rinner mot N m Hallands kustvatten. <http://vattenwebb.smhi.se/modelarea/> (Hämtad: 2016-06-07)
- Larson, D. (2014). *Konsekvensbedömning för vattenmiljöer – Utbyggnad av SFR*. WSP. Beställare: Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Marine Monitoring (2012). Analys av imposex hos nätsnäckor utanför Varbergs hamn 2012. <http://www.lansstyrelsen.se/halland/SiteCollectionDocuments/Sv/miljo-och-klimat/tillstandet-i-miljon/miljoovervakning/Analys%20av%20imposex%20hos%20n%C3%A4tsn%C3%A4ckor%20utanf%C3%B6r%20Varbergs%20hamn%202012%20webb.pdf> (Hämtad 2015-06-01)
- Mossmark, F. Hultberg, H. Ericsson, L.O. (2007): Effects of groundwater extraction from crystalline hard rock on water chemistry in an acid forested catchment at Gårdsjön, Sweden, *Applied Geochemistry* 22, 1157-1166
- Olsson, T. (1979): Hydraulic properties and groundwater balance in a soil-rock aquifer system in the Juktan area, northern Sweden, STRIAE Volume 12
- Rohde, A. Bockgård, N. (2006): Groundwater recharge in a hard rock aquifer: A conceptual model including surface-loading effects, *Journal of hydrology* 330, 389-401
- Ridderstolpe, P. och Stråe, D. (2010). *Vattenhantering vid ett slutförvar för använt kärnbränsle i Forsmark – läge Söderviken*. WRS Uppsala. Rapport P-10-19. Beställare: Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Trafikverket (2005). *Miljökonsekvensbeskrivning Förbifart Stockholm - Kap. 8*.

- USEPA (1996). *Pump-and-Treat Ground-Water Remediation. A Guide for Decision Makers and Practitioners* EPA/625/R-95/005
- Vikan, H. (2013). *Avrenning av ammoniumnitrat fra uomsatt sprengstoff til vann – Giftvirkninger i resipient og renseløsninger*. VANN 03.
- Weimann, L. (2014). *Utslipp från tunnelsprängning till ytvatten. Med fallstudier vid Gerumstunneln och Ulricehamnstunneln*. Examensarbete. Göteborgs universitet.





**TRAFIKVERKET**

Trafikverket, 405 33 Göteborg.  
Besöksadress: Kruthusgatan 17  
Telefon: 0771-921 921, Texttelefon: 010-123 50 00

[www.trafikverket.se](http://www.trafikverket.se)