

Järnvägsutredning inklusive
miljökonsekvensbeskrivning (MKB)

Västlänken

en tågtunnel under Göteborg

Underlagsrapporter

- | | |
|-------------------------------|--------------------------------------|
| 03 Byggskedet | 13 Mark, vatten och resursanvändning |
| 04 Gestaltning | 14 Park- och naturmiljö |
| 05 Grundvatten | 15 Samhällsekonomisk bedömning |
| 06 Kapacitet | 16 Samrådsredogörelse, utökat samråd |
| 07 Kostnadskalkyl och byggtid | 17 Sociala konsekvenser |
| 08 Kulturmiljö | 18 Stationslägen och stadsutveckling |
| 09 Linjesträckningar | 19 Säkerhet och robusthet |
| 10 Ljud och vibrationer | 20 Trafikering och resanalys |
| 11 Luftmiljö | 21 Teknik |
| 12 Magnetfält | |



Banverket Västra banregionen
Box 1014
405 21 GÖTEBORG
e-post: vastrabanregionen@banverket.se
www.banverket.se

Västlänken Underlagsrapport Grundvatten



Underlagsrapport
Grundvatten

Obs! En del mindre justeringar i materialet har gjorts efter det att denna underlagsrapport godkänts. Där det finns skillnader gentemot huvudrapporten gäller vad som sägs i den.

Projektledare:	Gabriella Burel	Banverket
Författare:	Ulf Sundqvist	Aqualog
Övriga medverkande:	Anders Anger	Aqualog
	Jakob Svensson	Aqualog

INNEHÅLL

Sammanfattning	5
1 Inledning.....	8
1.1 Allmänt och syfte.....	8
1.2 Mål för Västlänken	9
1.3 Grundvatten i jord och berg	10
1.4 Geohydrologiska frågeställningar	10
2 Risker för påverkan och möjliga skyddsåtgärder	12
2.1 Allmänt	12
2.2 Påverkan under byggskedet	12
2.3 Påverkan under driftskedet	14
2.4 Identifierade skyddsobjekt	14
3 Genomförd utredning.....	16
3.1 Inventering	16
3.2 Analysmetodik.....	17
3.3 Restriktioner och skyddsåtgärder	19
4 Påverkan från projektet.....	20
4.1 Sättningar i mark, byggnader och anläggningar	20
4.2 Park- och naturpåverkan.....	22
4.3 Påverkan på brunnar	22
4.4 Mobilisering av föroreningar.....	23
4.5 Dämning.....	23
4.6 Påverkan på befintliga berganläggningar	23
4.7 Påverkan för olika utredningsalternativ och förslag till åtgärder	24
5 Restriktioner och influensområde	35
6 Skyddsåtgärder.....	42
7 Jämförelse av alternativ samt måluppfyllelse	43
8 Fortsatt arbete under järnvägsplaneskedet.....	45
9 Källförteckning.....	46
9.1 Medverkande	46
9.2 Referenslista	46

BILAGA

Bilaga 1 Hydrogeologisk inventering

Sammanfattning

För att styra utredningsarbetets inriktning och för att kunna utvärdera alternativen så objektivt som möjligt, har ett antal projektmål preciserats. När det gäller grundvatten kan följande mål anges:

Stadsmiljön bevaras

- Kulturvärden får inte skadas
- Parker skall värnas

Mycket liten påverkan på omgivningen

- Inga nya föroreningar tillförs, befintliga föroreningar sprids inte i marken eller grundvattnet
- Inga skador på liv och egendom

Västlänken kommer att byggas under nuvarande grundvattennivå i jord och berg. Trots tätningsåtgärder kommer bortledning av inläckande grundvatten att ge upphov till sänkta grundvattennivåer samt påverka grundvattenbalansen.

Grundvattenmiljön i Göteborg är sedan lång tid påverkad av olika dränerande anläggningar samt åtgärder som på olika sätt minskat grundvattenbildningen. Följden har blivit att grundvattennivån sjunkit och att bland annat sättningsskador uppkommit. Vattenbalansen har därmed förändrats och området har blivit mer känsligt för ytterligare påverkan.

Den självklara utgångspunkten är att inga större grundvattenrelaterade skador skall uppkomma som en konsekvens av Västlänken. Erfarenheter från liknande byggverksamheter i Sverige visar att det är möjligt att uppnå om rätta metoder används och om rätta krav ställs när det gäller grundvattenpåverkan i form av läckage, grundvattensänkning och skyddsåtgärder.

Områden som är speciellt känsliga för grundvattenpåverkan är övergångar mellan betong- och bergtunnel samt områden där öppna schakter kommer i kontakt med berg och ovanliggande vattenförande jordar. Resultatet av denna påverkan, som kommer att vara som mest markant under byggskedet, kan vara sättningar i mark och byggnader, sänkta vattennivåer i brunnar,

mobilisering av befintliga markföroreningar och ändrade vegetationsförhållanden. Om inte åtgärder vidtas kan även dämning av grundvatten uppkomma.

I järnvägsutredningen har ett antal alternativa linjer jämförts med utgångspunkt från grundvattenpåverkan. Resultat av denna jämförelse är sammanställd i Figur 1.

Utgående från utredda grundvattenfrågor görs bedömningen att de olika alternativen kan ordnas med nedanstående prioritering, med det alternativ som ger minst påverkan överst och störst påverkan underst. Alternativen anges i tre prioriteringsgrupper och ingen prioritering är gjord inom varje grupp.

- 1) Nollalternativet
Förstärkningsalternativet
- 2) Haga – Chalmers via Älvstranden
Haga – Korsvägen via Älvstranden
Korsvägen via Johannebergsgatan
- 3) Haga – Korsvägen via Stora Hamnkanalen
Haga – Chalmers via Stora Hamnkanalen
Korsvägen via Skånegatan

För att undvika grundvattenrelaterade skador krävs att bergtunnlar utförs med hög eller mycket hög täthet, att betongtunnlar utformas så att grundvattenpåverkan undviks samt att man vid val av byggteknik tar stor hänsyn till rådande grundvattenförhållanden. Vidare är det viktigt med god kontroll och effektiva skyddsåtgärder.

Preliminära influensområden för de olika alternativen har tagits fram (Figur 2). Utredningen visar att i de områden som berörs av Västlänkens olika alternativ finns byggnader med grundvattenberoende grundläggningar, det vill säga om sänkta grundvattennivåer uppkommer i det övre eller undre grundvattenmagasinet i jord kan skadliga sättningar uppstå. Beroende på sträckning berörs även områden med värdefull park- och naturmark, förorenad mark och bergvärmebrunnar.

För att upprätthålla tillräckligt höga grundvattennivåer krävs skyddsåtgärder i form av tätning

av bergtunnel och jordschakt. Speciellt angeläget är det att åstadkomma tillräcklig tätning i anslutning till betongtunnlar. Vid behov krävs skyddsinfiltration (injektering av vatten), vilken kan behöva permanentas där bestående stora inläckage uppstår. Skador på vegetation bedöms kunna undvikas genom skyddsåtgärder. Enstaka bergvärmebrunnar kan komma att skadas, men kan normalt åtgärdas genom att nya brunnar anläggs. Risken för att föroreningar skall spridas från mark till omgivande grundvattenmiljö bedöms som liten.

Bedömda influensområden för de olika alternativen visas i Figur 2. De olika utredningsalternativen berör i varierande utsträckning områden där det finns risk för skadlig grundvattenpåverkan. Eftersom fördelningen mellan berg- och betongtunnel varierar mellan alternativen, liksom järnvägstunnelns totala längd, uppkommer tydliga skillnader när det gäller risker för skadlig grundvattenpåverkan. En jämförelse mellan alternativen visas i Figur 1.

När det gäller sättningar och skador på byggnaders grundläggningar uppvisar samtliga linjer utom Förstärkningsalternativet på betydande risker, speciellt alternativen som berör Stora Hamnkanalen och Korsvägen via Skånegatan. Samtliga alternativ berör i någon utsträckning värdefull park- och naturmark och förorenade markområden. Riskerna minskas betydligt om slitsmurar används i stället för bakåtförankrad

stålspont.

Nollalternativet innebär att ingen järnvägsutbyggnad utförs. Enligt alternativet utförs inget arbete under grundvattennivån, och därmed föreligger inga av de risker som utreds i denna PM. Banverket avser söka samordna olika aktörers infiltrationsbehov inom de delar som berörs av Västlänken. Vid nollalternativet kommer denna samordning inte att genomföras. Ej heller kommer sanering av förorenad mark att göras.

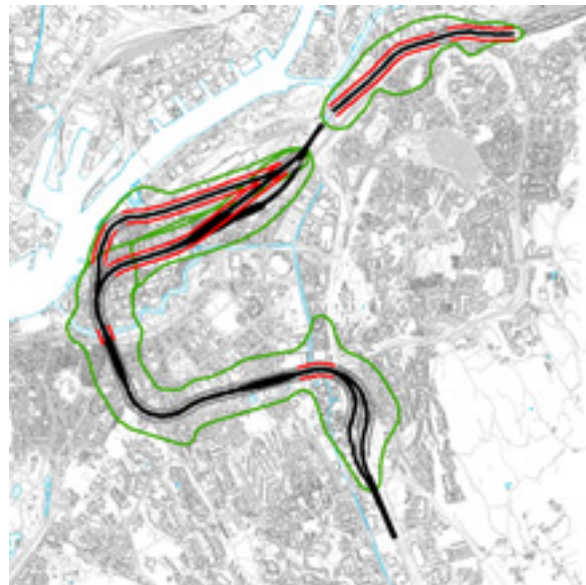
För att öka kunskapen om grundvattenförhållandena inom området kommer kompletterande undersökningar att utföras, främst undersökningsborrning och tester för att fastställa jordlagrens och berggrundens vattenförande förmåga. För att kunna avgöra olika områdets sättningskänslighet krävs sättningsutredningar. Kunskapen om föroreningssituationen i jord och vatten bör stärkas. Erforderliga kompletteringar kommer att utföras i kommande skeden.

	Alternativ							
Skyddsobjekt	N	H-K via Ä	H-K via SH	H-C via Ä	H-C via SH	K via J	K via SS	F
Grundvattenberoende grundläggning	0,0 km	2,2 km	2,5 km	1,4 km	1,7 km	1,6 km	1,6 km	0 km
Park- och naturvärden	0 st	Hagakyrkan Korsvägen Liseberg	Hagakyrkan Korsvägen Liseberg	Hagakyrkan	Hagakyrkan	Trädgårdsföreningen	Trädgårdsföreningen Korsvägen	Lövträdbestånd
Föroreningar	Ingen sanering	Flertal äldre 8 befintliga	Flertal äldre 12 befintliga	Några äldre 6 befintliga	Några äldre 10 befintliga	Flertal äldre 10 st	Några äldre	Fåtal äldre 5 befintliga
Bergvärme	0 st	5 – 6 st	5 – 6 st	4 – 5 st	4 – 5 st	Saknas	2 – 3 st	2 – 3 st

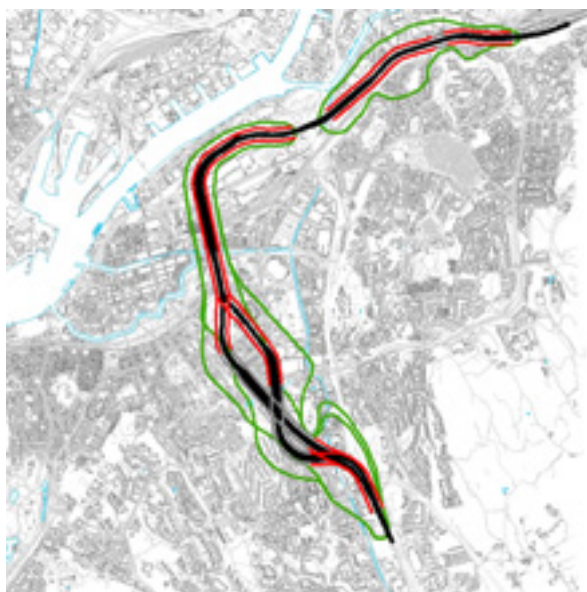
Figur 1 Jämförelse mellan olika alternativ



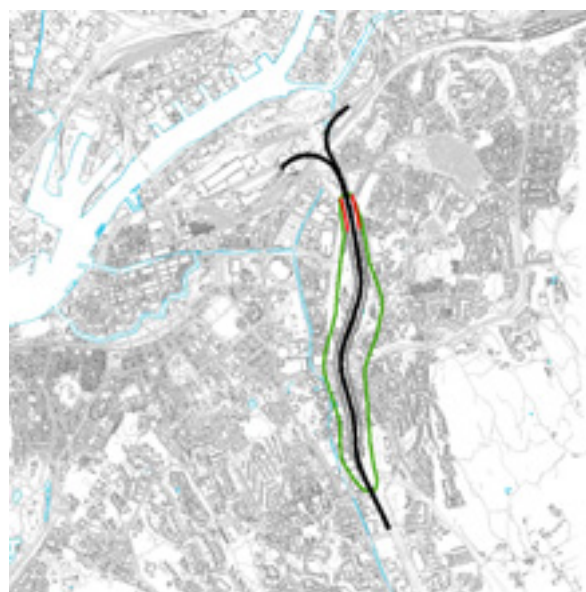
Haga – Chalmers



Haga – Korsvägen



Korsvägen



Förstärkningsalternativet

Figur 2 Bedömt influensområde för alternativa sträckningar. Sträckning i betongtunnel eller -tråg markeras med rött. Sträckning i berg markeras med grönt. Influensområde markeras med grönt

1 Inledning

1.1 Allmänt och syfte

Järnvägsnätet i Västsverige behöver förstärkas för att regionen ska kunna utvecklas i gynnsam riktning och Göteborgs Central är navet i spårsystemet. Kapaciteten vid Göteborgs Central är maximalt utnyttjad.

I en förstudie år 2002 presenterades Västlänken som en lösning på problemet. Västlänken är en tunnel för genomgående tågtrafik under centrala Göteborg. Med Västlänken kan nya stationer för pendeltågen byggas i staden så att fler resenärer kan nå sitt mål utan att behöva byta färdmedel.

Tre utbyggnadsalternativ med nya stationer studeras vidare i järnvägsutredningen samt ett förstärkningsalternativ. Alternativen benämns efter stationslägena:

- Haga – Chalmers
- Haga – Korsvägen
- Korsvägen

Förstärkningsalternativet innebär utbyggnad av befintlig säckbangård med anslutning till befintlig bana mellan Olskroken och Almedal.

Utbyggnadsalternativen jämförs med Nollalternativet, det vill säga att ingen utbyggnad sker.



Figur 3 Översikt för alternativa sträckningar. Sträckorna via Älvstranden och via Stora Hamnkanalen är gemensamma alternativ till sträckningarna Haga – Korsvägen och Haga – Chalmers.

Tågtunneln innehåller två spår för persontrafik. Godset kommer att köras via Gårdatunneln, i princip som i dag. Den nya tunneln går i berg på vissa sträckor och utförs som betongtunnel i jord på andra.

Syftet med föreliggande rapport är att redovisa geohydrologiska förutsättningar och konsekvenser för de olika alternativen, samt lämpliga åtgärder för att begränsa skadlig grundvattenrelaterad påverkan. Största påverkan bedöms uppkomma i samband med uppförandet av betongkonstruktioner i jordlager. Permanent påverkan samt påverkan från bergtunnlar bedöms bli relativt liten och kunna bemästras med skyddsåtgärder, främst tätningsåtgärder och skyddsinfiltration. Som underlag för kommande miljöprövning och utredningsarbeten redovisas förslag till restriktioner och skyddsåtgärder längs olika tunnelavsnitt.

1.2 Mål för Västlänken

Den självklara målsättningen är att inga större grundvattenrelaterade skador skall uppkomma som en konsekvens av Västlänken. Erfarenheter från liknande byggverksamheter i Sverige visar att det är möjligt att uppnå denna målsättning om rätta metoder används och om rätta krav ställs när det gäller grundvattenpåverkan i form av läckage, grundvattensänkning och skyddsåtgärder. Grunden för detta arbete är att det finns tillräckligt med geologiskt och geohydrologiskt faktaunderlag i form av undersökningar och erfarenhetsdata från tidigare verksamheter.

Riksdagen antog 1999 femton nationella miljö kvalitetsmål. Av dessa bedöms följande ha relevans för Västlänken;

Grundvatten av god kvalitet:

- Grundvattnets kvantitativa tillstånd (Delmål 5). Mark och vatten skall nyttjas så, att sådana långsiktiga förändringar av grundvattennivån som har negativa konsekvenser på vattenförsörjning, markstabilitet eller djup- och växtliv i angränsande ekosystem inte förekommer

Miljömålet innebär för Västlänken att skadliga grundvattensänkningar inte ska förekomma. Det innebär i sin tur att grundvattnets vattenbalans endast får påverkas i liten utsträckning. Målet

innebär också att Västlänken måste utformas och skyddsåtgärder vidtas för att undvika skador på områdets växtliv (parker).

Eftersom grundvattentillgångar i Göteborg inte kan anses uppfylla kvalitetskrav för dricksvatten, har övriga mål inte beaktats.

God bebyggd miljö:

- Transporter och transportanläggningar lokaliseras och utformas så att skadliga intrång i stads- eller kulturmiljön begränsas och så att de inte utgör hälso- och säkerhetsrisker eller i övrigt är störande för miljön.
- Användningen av energi, vatten och andra naturresurser sker på ett effektivt, resursbesparande och miljöanpassat sätt och främst förnybara energikällor används.

Dessa miljömål innebär att Västlänken skall utformas så att skador på viktiga kulturvärden begränsas. Det innebär att sänkning av grundvattennivåer måste undvikas eller begränsas.

Miljömålet innebär även att användning av vatten skall ske på ett resursbesparande och miljöanpassat sätt. Det kan innebära att dränvatten från tunneln i största möjliga utsträckning skall användas för permanent infiltration.

Med utgångspunkt från dessa mål har kriterier tagits fram som berör Västlänkens betydelse för miljön. De kriterier som berör grundvatten är följande:

DRIFTSKEDET

Stadsmiljön bevaras

- Kulturvärden får inte skadas
- Parker skall värnas

Mycket liten påverkan på omgivningen

- Inga nya föroreningar tillförs, befintliga föroreningar sprids inte i marken eller grundvattnet
- Inga skador på liv och egendom

BYGGSKEDET

Minsta möjliga påverkan på omgivningen

- Inga skador på liv och egendom
- Inga nya föroreningar tillförs, befintliga föroreningar sprids inte i marken eller grundvattnet

1.3 Grundvatten i jord och berg

Grundvatten förekommer i jordlagrens porer samt i berggrundens system av öppna sprickor av olika storlek och omfattning. Hur mycket grundvatten som finns beror på jordlagrens och bergets vattenförande förmåga samt på hur mycket av nederbörden som kan tränga ner och bilda grundvatten. I en stad är grundvattenbalansen kraftigt påverkad genom dräneringar och bortledning av vatten, infiltrationsanläggningar, och läckande ledningar. Grundvattenbildningen reduceras genom bortledning av dagvatten från till exempel hårdgjorda ytor.

I Göteborg är berggrunden kuperad, med omväxlande berg i dagen och dalgångar med maktiga jordlager. Berggrunden i Göteborg består av urberg där grundvattenflödet sker i sprickor och zoner. Sprickornas storlek och antal varierar, vilket medför att bergets vattenförande förmåga och grundvattennivåer varierar (heterogena förhållanden).

I norra delen av utredningsområdet, i anslutning till Göta älvs dalgång, är jorrdjupen ofta betydande och markytan förhållandevis plan. Lokalt förekommer höjdparter med tunna eller inget jordtäck. Längre mot söder stiger topografin och området karakteriseras av bergryggar samt mellanliggande nord-sydliga dalgångar. I Möln-dalsåns dalgång finns maktiga jordlager medan övriga dalgångar har måttliga jorrdjup.

Vanligen förekommer två skilda grundvattenmagasin i jord, ett övre i fyllningsmaterial och torrkorpelera och ett undre i friktionsjord under lera. De två magasinerna separeras av lera, vars vattenförande förmåga (permeabilitet) är låg. Punkteras lera, t ex i samband med borrhning eller i anslutning till djupgrundlagda byggnader, kan hydraulisk kontakt uppkomma lokalt mellan de två magasinerna.

Grundvattennivån i det övre magasinet kontrolleras i första hand av nederbörd samt läckande ledningar (vilka kan tillföra eller bortleda vatten).

Grundvattennivån i det undre magasinet styrs i första hand av grundvattenbildning i gränsen mot berg, tillförsel av grundvatten från underliggande berg, samt trösklar och hydrauliska ränder.

Grundvattennivåerna i det undre grundvattenmagasinet påverkas lokalt av läckage till befintliga bergtunnlar. För att kompensera för detta läckage förekommer permanenta infiltrationsbrunnar i stadsdelarna Otterhällan, Kungshöjd, Pustervik, Heden, Haga och inom vallgraven.

Utgående från mätningar i grundvattenrör har trycknivån i jordlagren tolkats i form av en geohydrologisk karta, Bilaga 1. Tolkningen representerar ett typiskt årsmedelvärde i det undre grundvattenmagasinet.

Grundvattenförhållandena i berg är kända från tidigare tunnelbyggnationer. Bergets vattenförande förmåga är generellt måttlig i Göteborg, förutom lokalt i samband med olika typer av zoner där berget kan ha hög eller mycket hög vattenförande förmåga.

Under kommande utredningsskeden kommer jordlagrens och berggrundens vattenförande förmåga att klarläggas ytterligare (kapitel 8).

1.4 Geohydrologiska frågeställningar

Västlänken byggs under grundvattennivån i jordlager och i berggrund. Trots tätningsåtgärder kommer grundvatten att läcka in i tunneln och vattenbalansen kommer att påverkas. Resultatet av denna påverkan, som kommer att vara som mest markant under byggskedet, skulle kunna vara sättningar i mark och byggnader, ändrade flödesriktningar, sänkta vattennivåer i brunnar, mobilisering av befintliga markföroreningar och ändrade vegetationsförhållanden.

Grundvattenmiljön i Göteborg har sedan lång tid påverkats av olika dränerande anläggningar samt åtgärder som på olika sätt minskat grundvattenbildningen. Följden har blivit att grundvattennivån sjunkit och att bland annat sättnings-skador uppkommit. Vattenbalansen har därmed

förändrats och området har blivit mer känsligt för ytterligare påverkan.

Vi har bedömt att följande frågeställningar kan vara kritiska och som därmed har beaktas vid utredningsarbetet:

Grundvattenpåverkan i berggrund

Bortledning av det grundvatten som läcker in i Västlänkens bergtunnlar kan påverka grundvattenbalansen och därmed kunna ge sänkta grundvattennivåer och ändrade flödesriktningar.

Följande påverkan kan uppkomma i berg:

- sänkta vattennivåer i brunnar, främst bergvärmebrunnar
- ökad inläckning i befintliga berganläggningar, lokalt där Västlänken passerar direkt intill anläggningarna

Grundvattenpåverkan i jordlager

Stora delar av det område som berörs av Västlänken är täckta med jordlager av varierande mäktighet och hydrauliska egenskaper.

Följande påverkan kan uppkomma i jord:

- sänkta grundvattennivåer i övre grundvattenmagasin, främst i anslutning till jordschakt och betongkonstruktioner
- sänkta grundvattennivåer i undre grundvattenmagasin i jord, främst i anslutning till jordschakt, betongkonstruktioner och vattenförande sprickor och zoner i berg
- sänkta och höjda grundvattennivåer som påverkar park- och naturmark
- förändrade grundvattennivåer och flödesriktningar som mobilisera befintliga föroreningar i mark och vatten
- höjda vattennivåer på grund av dämning och infiltration

2 Risker för påverkan och möjliga skyddsåtgärder

Västlänkens påverkan på grundvattenmiljön varierar stort beroende på en rad olika lokala geohydrologiska förutsättningar samt teknisk utformning av planerade tunnlar. Olika påverkan kommer även att uppkomma under bygg- och driftskede. I kapitel 1 redogjordes översiktligt för olika geohydrologiska frågeställningar som kan vara relevanta för Västlänken. I föreliggande kapitel redovisas mer utförligt de olika frågeställningarna och vilka effekter på grundvattenmiljön som kan uppkomma vid olika byggskedet beroende på de geohydrologiska förutsättningarna och tunnelarnas utformning. Vidare redovisas möjliga åtgärder för att begränsa skadlig påverkan.

2.1 Allmänt

Västlänken kommer att byggas under rådande grundvattenyta för huvuddelen av sträckan oberoende av linjealternativ. Längs de olika alternativen varierar dock de geologiska, geotekniska och geohydrologiska förhållandena. Eftersom tunnelarna kommer att förläggas på varierande djup kommer olika grundvattenmagasin att beröras.

Den största påverkan på grundvattenmiljön bedöms uppkomma under byggskedet. Den största påverkan förväntas:

- vid övergång mellan betongtunnel och bergtunnel
- där betongtunnelns grundläggning kommer i kontakt med berg eller undre friktionsjordlager
- där grundvattentrycket måste sänkas för att undvika bottenuppträckning
- vid passage av större vattenförande sprickzoner i berg

Den mest allvarliga konsekvensen av en skadlig grundvattenpåverkan är sättningar i kulturhistoriskt värdefulla byggnader. God kunskap om geohydrologiska och geotekniska förhållanden är avgörande vid val av lämpliga byggtekniker så att allvarliga skador undviks. Genom kontrollprogram kan eventuell påverkan övervakas och lämpliga skyddsåtgärder vidtas.

Betongtunnlar utförs täta och påverkan på grundvattenmiljön under driftskedet bedöms i huvudsak relateras till läckage vid anslutning till bergtunnel samt genom kortslutning längs med och utanför betongtunnel (se nedan). Genom höga täthetskrav och tekniska lösningar kan risken för påverkan begränsas. Uppkommer trots allt skadlig grundvattensänkning måste permanenta skyddsåtgärder vidtas.

Bergtunnelars inläckning reduceras genom tätningssarbeten. Tunnlar utförda i Göteborg de senaste åren, till exempel Lundbytunneln, Chalmerstunneln och Götatunneln, visar att man kan utföra mycket täta bergtunnlar som inte ger upphov till skadlig grundvattensänkning. Vid behov måste permanent skyddsinfiltration vidtas, en effektiv och inte speciellt kostsam åtgärd.



Figur 4 Övergång mellan betong- och bergtunnel vid Götatunnelns södra del.

Under 1970-talet byggdes flera tunnlar som orsakat, och som fortfarande orsakar, sättningsskador i områden med lera. Flera av dessa tunnlar utfördes dock med inga eller med endast små tätningssinsatser.

2.2 Påverkan under byggskedet

Betongtunnel

Betongkonstruktionerna byggs som öppna betongtråg, betongtunnel samt som betongtunnel med bergbotten, Figur 5.

För att möjliggöra byggandet av dessa konstruktioner krävs någon form av stödskonstruktion

samt åtgärder för att klara olika former av stabilitetsproblem, till exempel bottenuppträckning. Beroende på lokala förutsättningar används olika typer av stödkonstruktioner. Den vanligaste metoden är stålspont slagen till stopp (berg), tätning med jetgrout vid underkant stålspont, ridåinjektering av ytligt berg (10 meter) och eventuellt kompletterande tätning genom botteninjektering.

Vid byggandet av Västlänken kommer sannolikt slitsmurar av betong att användas. Metoden, som bl a användes vid Götatunneln (Lilla Bommen), bedöms ge mindre påverkan på omgivande byggnader. Användande av slitsmurar bedöms som positivt ur grundvattensynpunkt.

Bakåtförankrade stödkonstruktioner bör undvikas i anslutning till befintliga byggnader, speciellt i områden med mäktiga lager av silt och friktionsjordlager samt i berg med hög vattenförande förmåga.

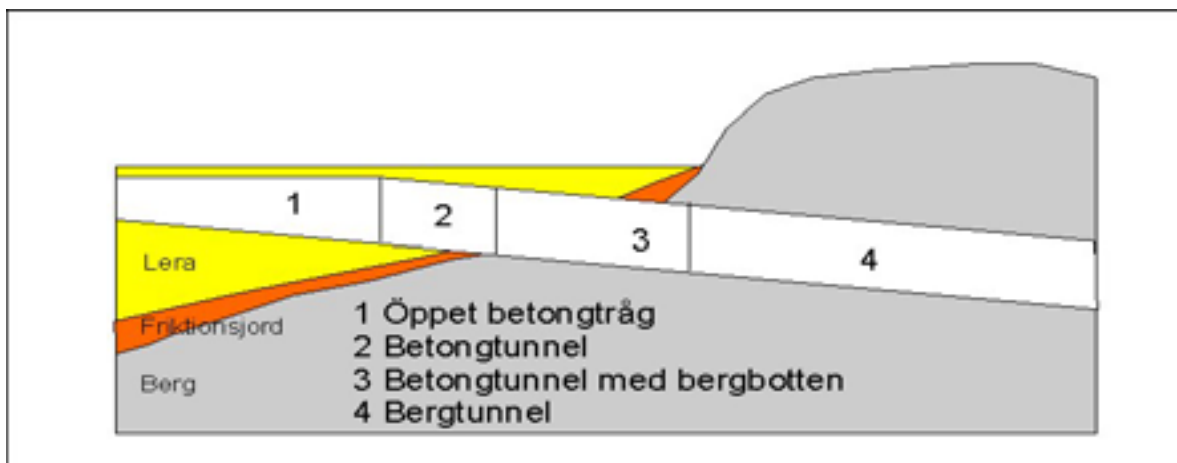
Som framgår av principskiss i Figur 5 utförs betongkonstruktioner på olika sätt beroende på främst jorddjup:

- (1) Öppet betongtråg används där jorddjupet understiger tunnels höjd. Betongkonstruktionens överkant läggs på sådan nivå att dränering av övre grundvattenmagasin undviks och inflöde av ytvatten inte uppkommer. För att undvika vertikala rörelser kan det bli aktuellt med montage av dragstag, alternativt pålar. Vid borrning genom lera kan grundvattenpåverkan uppkomma i undre vattenmagasin.

- (2) Betongtunnel med betongtak och betongbotten anläggs ovanpå lera och friktionsjord. Betongtunnel grundlagd på lera kräver vanligtvis pågrundläggning. Vid kontakt med friktionsjord kan grundvattenpåverkan uppkomma.
- (3) Betongtunnel med bergbotten grundläggs på frilagd eller avjämnad bergyta. Vid sprängning av bergbotten uppkommer vanligtvis en vattenförande skadezon. I anslutning till branta bergslänter finns ofta mer eller mindre vattenförande sprickzoner, vilka kan vara svår att täta och som därmed kan ge betydande grundvattenpåverkan i omgivningen. Pågrundläggning kan behövas.

Påverkan av övre och undre grundvattenmagasin uppkommer i huvudsak genom läckor i tätkonstruktionen eller via schaktbotten. Genom noggrann uppföljning under byggarbetena söker man åtgärda läckor med kompletterande tätning. I takt med att schaktens fördjupas ökar denna problematik. Uppkommer större grundvattensänkningar i omgivningen utanför tätkonstruktionen utförs skyddsinfiltation för att undvika sättningsskador.

Rester av äldre grundläggningar samt fyllningar förekommer frekvent inom områden där schakter i jord kommer att utföras. I samband med spontning och pålning, samt schaktning i jord, kan undre grundvattenmagasin påverkas.



Figur 5 Betongkonstruktion vid övergång jordlager - berggrund

Bergtunnel

Västlänkens bergtunnlar kommer att tätas omsorgsfullt för att begränsa omgivningspåverkan och för att uppnå en god tunnelmiljö.

Lokalt kan det krävas omfattande kompletterande tätningsarbeten och/eller skyddsinfiltration. Vi bedömer att grundvattenproblem kan komma att uppstå vid följande situationer:

2. Liten bergtäckning kan innebära svårigheter att utföra tätningsarbeten med konventionella metoder. Övre delen av berget har ofta ökad sprickighet och relativt hög vattenförande förmåga. Överlagras berget med sättning-skänslig mark finns risk för skadlig grundvattenpåverkan. Uppkomna problem åtgärdas med anpassade tätningsåtgärder, i vissa fall krävs icke-konventionella tätningsåtgärder (till exempel tät lining) samt skyddsinfiltration.
3. Sprick- eller krosszoner och uppspruckna avsnitt vid bergartsgränser kan innebära svårigheter att utföra tätningsarbeten samt stora grundvattenflöden. Om zonerna har stor utsträckning kan omgivningspåverkan sträcka sig långt ut från tunneln. Uppkomna problem åtgärdas vanligen med kompletterande tätning och vid behov med skyddsinfiltration.

2.3 Påverkan under driftskedet

Generellt gäller att påverkan på grundvattenmiljön är mindre under driftskedet jämfört med byggskedet. Vissa processer är dock så långsamma att skador kan uppkomma lång tid efter byggskedet, till exempel sättningar i områden med mäktiga lerlager samt naturpåverkan. Genom noggrann uppföljning (kontrollprogram) och lämpliga skyddsåtgärder kan allvarliga skador normalt undvikas.

Påverkan från betongkonstruktioner under driftskedet är normalt begränsad. Beroende på rådande geohydrologiska förhållanden och betongkonstruktionens utformning, kan dock påverkan uppkomma, trots att betongtunneln i princip kan betraktas som tät. Den största risken för skadlig påverkan finns där betongtunneln

ligger i ett område med kraftigt lutande grundvattenyta.

De partier som är svårast att åtgärda är övergången mellan betongtunnel och bergtunnel. Här är grundvattengradienten som störst och berget som svårast att få tätt (ytliga sprickor).

Grundvattenpåverkan kan även uppkomma genom kortslutning längs med och utanför en betongkonstruktion om kringfyllnaden görs med vattengenomsläppligt material. Ur denna aspekt är slitsmurar att föredra framför traditionell stålspont.

Påverkan från bergtunnlar under driftskedet är normalt mycket begränsad. I den berggrund som finns i Göteborg bedöms det vara helt möjligt att med ordinära tätnings- och skyddsåtgärder klara täthetskrav för huvuddelen av sträckorna.

Där bestående grundvattensänkning uppkommer krävs permanent skyddsinfiltration.

Det som många gånger kan vara kritiskt för driftskedet är att vidmakthålla ett alert genomförande av kontrollprogram och vid behov snabbt få till stånd nödvändiga skyddsåtgärder. Tydligt fördelat ansvar och regelbundna möten med ansvariga brukar vara en framkomlig väg. Så länge som tunneln existerar kommer den att påverka grundvattenmiljön, och förändringar uppkommer inte minst på grund av andra aktörers verksamheter. En samordning av olika aktörers kontroll- och skyddsåtgärder har bedömts vara eftersträfvansvärt.

2.4 Identifierade skyddsobjekt

Baserat på genomförd inventering och analys med utgångspunkt från bedömd grundvattenrelaterad påverkan, har de mest signifikanta skyddsobjekten översiktligt identifierats.

Sättningskänsliga byggnader, ledningar och mark

Den sannolikt största risken för grundvattenrelaterade skador härrör till sättningar i byggnader, ledningar och mark. Alla lerområden kan betraktas som potentiella riskområden, trots att det är stor skillnad mellan lerans sättning-känslighet i olika områden.

Uppkommer marksättningar finns risk att befintliga byggnader och ledningar skadas. Skador kan uppkomma genom sänkta nivåer i såväl övre som undre grundvattenmagasin. Befintliga byggnaders grundläggningssätt har här avgörande betydelse. Byggnader grundlagda på rustbädd, grundmur och platta på lera har hög känslighet för markrörelser, speciellt vid varierande lerdjup. Även på pålade konstruktioner uppkommer ökad belastning vid marksättningar, som i värsta fall kan ge upphov till skador. Om grundvattennivån sänks kan träkonstruktioner utsättas för luftens syre och den biologiska nedbrytningen kan ske snabbare. Även bakteriella processer under grundvattennivån kan under vissa förhållanden påskynda nedbrytningen av trägrunden (kan uppkomma om spillvattenledningar skadas vid marksättningar).

Även byggnader med god grundläggning i lera (betongpålar till berg) kan vara känsliga för sättningar. Skador uppkommer främst på entréer och ledningar i samband med markrörelser i anslutning till byggnaderna.

Naturvärden

Växtligheten försörjs till största delen av sjunkvatten i den omättade zonen (ovan grundvattenytan) samt av vatten i ytliga grundvattenmagasin. Vid mindre jorddjup kan djupgående rotsystem hämta grundvatten från undre magasin. Sänkt grundvattennivå under byggskedet kan leda till att träd får djupare rotsystem. När nivåerna sedan återgår till normal nivå, i driftskedet, skadas träden av syrebrist vid rotsystemet. Även vid permanent grundvattensänkning kan växtlighet skadas, oftast i samband med torrperioder.

Risk för påverkan på naturvärden förekommer i första hand i anslutning till öppna schakt under byggskedet. Påverkan från bergtunnlar kan uppkomma där bergtäckningen över tunneln är liten och där sedimentlagren över berget är tunt, eller består av permeabelt material.

Genom byggteknik och kompensationsåtgärder kan vattenförhållandena kontrolleras under byggskedet, varför någon omfattande påverkan på naturvärden inte påräknas. Större träd kan skyddas genom ytlig invallning med spont samt stödbevattning.

Brunnar

Inom delar av området finns bergförlagda energibrunnar. Sjunker vattennivån reduceras den maximala uttagbara energimängden. Det finns dock flera möjligheter att åtgärda en påverkad brunn och i de flesta fall kommer ingen bestående påverkan, efter eventuella åtgärder, att uppkomma.

Grundläggning över nuvarande grundvattennivå

Byggandet av Västlänken kan lokalt innebära höjda grundvattennivåer, t ex där dämning sker eller i anslutning till infiltrationsanläggningar. Höjda nivåer kan orsaka fuktskador eller problem med inläckage av vatten.

Dämning kan uppkomma där tillfälliga och permanenta konstruktioner hindrar det naturliga grundvattenflödet. Exempel är tätkonstruktioner som går ner till berg eller betongtunnlar som grundläggs på berg. Dämning kan ge höjda nivåer på uppströmssidan av den dämmande konstruktionen och lokalt sänkta nivåer nedströms.

Permanent dämningseffekter bör i första hand åtgärdas genom att konstruktionen byggs så att grundvatten tillåts passera. Det finns ett flertal lösningar för att uppnå tillfredställande flöden antingen under eller över konstruktionen. Används tätkonstruktioner för att klara byggskedet kan det vara nödvändigt att delvis dra upp spontan för att öppna erforderliga strömningsvägar.

Om dämningseffekterna begränsas till byggskedet kan överpumpning av vatten vara ett alternativ.

I anslutning till infiltrationsanläggningar kan förhöjda grundvattennivåer uppkomma. Genom att anpassa infiltrationsbrunnarnas lägen samt infiltrationsflöden och -tryck kan påverkan begränsas.

Befintliga berganläggningar

Västlänken kommer generellt att minska inläckaget till befintliga berganläggningar. Det bedöms vara en positiv effekt. Arbeten i anslutning till befintliga berganläggningar kan lokalt ge ökad sprickighet och ökad inläckning i befintlig tunnel. Genom att utföra arbetet försiktigt kan denna påverkan minimeras. Vid behov kan det bli aktuellt att utföra olika former av skyddsåtgärder för att minska eventuella negativa effekter.

3 Genomförd utredning

Grundvattenmiljön i Göteborg är sedan lång tid påverkad av olika verksamheter, framförallt av byggnationer som på olika sätt förändrat vattenbalansen. Flertalet av befintliga bergrum och tunnlar har tillkommit innan Vattenlagens och Miljöbalkens regler trätt i kraft, varför inga tillstånd finns och dagens kännedom om bortledning och infiltration av vatten är begränsad. Vattendomar och kontrollprogram finns dock för Götatunneln och Chalmerstunneln.

I en urban miljö är vattenbalansen sedan tidigare kraftigt påverkad, med påföljd att toleransen för ytterligare påverkan är försämrad. För att kunna prognostisera Västlänkens påverkan på grundvattenmiljön är därför nödvändigt att känna till vattenbalansen i de områden som berörs, eller i vart fall ha tillräckligt underlag för att kunna göra tillförlitliga bedömningar avseende påverkansområde, restriktioner när det gäller tunnelns byggteknik och täthet, samt behov av skyddsåtgärder.

Huvuddelen av Västlänken kommer att byggas under rådande grundvattennivå vilket medför grundvattenbortledning under såväl byggskede som driftskede. Den största grundvattenbortledningen uppkommer sannolikt i samband med byggskedet, i huvudsak i anslutning till läns hållna öppna jordschakt samt innan tätningsarbeten i bergtunnlar slutförts. Trots tätningsarbeten och andra skyddsåtgärder, kommer en viss inläckning och medföljande grundvattenbortledning att förekomma.

För att kunna ställa rätta krav när det gäller grundvattenpåverkan genomförs beräkningar och mer eller mindre specificerade bedömningar. Vid dessa beräkningar och bedömningar är *vattenbalansen* för olika grundvattenområden av primärt intresse. Vid en studie av vattenbalansen söker man med olika angreppssätt beräkna rådande grundvattenflöde. I detta utredningsskede utförs i huvudsak preliminära beräkningar, som i senare skeden kommer att kontrolleras.

3.1 Inventering

Inventering av befintliga förhållanden utfördes vid inledande skede av järnvägsutredningen, se kapitel 9.

Inventering av sättningskänsliga områden

Generellt betraktas områden med lera som känsliga för grundvattensänkningar, medan övriga områden betraktas som okänsliga. Utbredning av olika jordarter framgår av den geohydrologiska kartan i Bilaga 1. Vid upprättande av jordarternas fördelning har använts Stadsbyggnadskontorets Geokartor, Geohydrologisk karta för Chalmerstunneln samt SGU:s jordartskarta.

Förutom den areella fördelningen av jordarter har områdena även studerats med avseende på jordlagerföljd med utgångspunkt från utförda sonderingar. Från Stadsbyggnadskontorets Geokartor har erhållits information om lerdjup. Generellt ligger grundvattenytan ovanför lerans underkant vilket innebär risk för marksättning vid sänkta trycknivåer.

Inventering av byggnaders grundläggning har utförts inom delar av området. Förutom olika grundläggningsmetoder redovisas konstaterade sättningskador i byggnader. Där skador noterats har bedömning gjorts av orsaken till skadans uppkomst. Det konstateras att ofta har en sänkt övre grundvattennivå spolierat ett tidigare fungerande skydd mot rötangrepp i trärustbäddar och träpålar, men att angrepp även förekommer under grundvattenytan där bakterier kan ha gynnsamma levnadsbetingelser.

Byggnader med grundläggning på trärust och träpålar utgör ett speciellt problem relaterat till vattennivån i övre grundvattenmagasin. Byggnader vars grundläggning gör dem känsliga för påverkan i övre magasin har markerats i Figur 6. De känsliga grundläggningarna är stödpålar och kohesionspålar av trä samt kallmur på rustbädd. Byggnader grundlagda på rustbädd har ofta även stöd- eller kohesionspålar av trä. I Göteborg är sättningskador vanliga i byggnader med dessa typer av grundläggning.

Befintliga byggnader inom lerområden har olika grundläggningssätt och uppvisar varierande sättningskänslighet. Speciellt känsliga är byggnader som inte är grundlagda på berg eller fastmark. Genomförd inventering visar att sättningskaddade byggnader finns inom speciella områden, huvudsakligen äldre byggnation på lera där området grundvattenbalans påverkats under lång tid. Inventeringen visar även att sättningskador uppkommit av orsaker som inte direkt beror på grundvattenpåverkan. Områden med sättningskaddade byggnader visas i Figur 7.

Inventering av brunnar

Inventering av brunnar har utförts genom att i första hand inhämta information från SGU:s brunnsarkiv. För att anlägga så kallade bergvärmeanläggningar krävs anmälan till kommunen, varför även kommunens register har inhämtats. I arkiven förekommer mer än 300 brunnar varav endast ett fåtal kommer i konflikt med aktuella linjealternativ. Inventerade brunnar redovisas på den geohydrologiska kartan, Bilaga 1.

Inventering av befintliga berganläggningar

Inventering av befintliga undermarksanläggningar i berg har utförts genom kontakter med tunnelägare och sammanställning av olika kartmaterial. Eftersom befintliga ledningstunnlar (tele, fjärrvärme och VA) enligt tunnelägarna är sekretessbelagda, redovisas inte tunnarnas läge på annat sätt än områden med grundvattenpåverkan (geohydrologisk karta, Bilaga 1). För vissa tunnlar finns data om inläckning och flöden i infiltrationsanläggningar. Utöver tunnlar finns större berganläggningar som i huvudsak används för bilparkering och förråd.

Chalmerstunneln och Götatunneln berörs av några utredningsalternativ. Uppgifter har inhämtats från dessa tunnlar vad avser grundvattenpåverkan, inläckning och infiltrationsanläggningar.

Inventering av miljöfarlig verksamhet

Inventering av kommunens arkiv har utförts med avseende på miljöfarlig verksamhet längs de aktuella alternativen. Resultatet är sammanställt i ett antal kartor och vid en samlad bedömning har områdena mellan Almedal och Korsvägen, Gullbergsvass, Stampen samt områden inom Vallgraven speciellt pekats ut. Därtill kommer ett antal mindre områden vid Partihallarna, Vasastaden och Lorensberg samt sediment i åar och kanaler.

Med sannolikt förhöjda bakgrundshalter, stora utfyllda områden och ett stort antal potentiella föroreningskällor, görs bedömningen att det finns förutsättningar att hitta mer eller mindre förorenat grundvatten var som helst i Göteborgsregionen. Förutom förhöjda halter av polycykliska aromatiska kolväten (PAH), finns speciellt i fyllnadsmassor och sediment förhöjda halter av metaller såsom koppar, zink och bly.

Informationen om föroreningar i de undre grundvattenmagasinen är begränsad eftersom inga analysresultat har hittats vid utförd inventering.

Inventering av värdefull naturmark

Uppgifter om förekomst av värdefull naturmark och parkmark har erhållits från motsvarande underlagsrapport. Värdefulla områden visas i Figur 8.

Kompletterande undersökningar

Kompletterande undersökningar har utförts inom speciellt känsliga områden. Utöver undersökningsborrning i jord har nya grundvattenrör satts och en provpumpning utförts i Mölndalsåns dalgång.

3.2 Analysmetodik

Konceptuella modeller

För sammanställning av geologisk, hydrologisk och geoteknisk data har enklare geohydrologiska konceptuella modeller upprättats. Modellerna har i första hand använts vid beräkningar och bedömningar av olika typer av grundvattenpåverkan.

Vid utförd konceptualisering har följande tre typiska geohydrologiska miljöer definierats:

- Stora utsträckta jord- och bergområden där i huvudsak homogena geohydrologiska förhållanden råder
- Jordfyllda dalsänkor där grundvattenflödet i jord och berg i huvudsak följer dalgångens utsträckning
- Flöde i vattenförande sprick- och krosszoner i berg

Jordlagrens och bergets vattenförande förmåga varierar inom ett stort intervall. I föreliggande utredning har karakteristiska värden antagits för olika geologiska bildningar samt i viss utsträckning värden från utförda hydrauliska tester.

Vattenbalans

Tillgång till och nybildning av grundvatten är av avgörande betydelse vid byggnation under grundvattenytan, eftersom dessa faktorer till stor del styr hur stora avsänkningar som uppkommer

vid ett visst läckage (bortledning av vatten). Genom att studera vattenbalansen söker man med olika angreppssätt beräkna mängden vatten som passerar genom ett område under en viss tidsperiod.

Som framgår av kapitel 2 uppkommer de mer allvarliga grundvattenproblemen i samband med påverkan av jordlagrens vattenmagasin. Vattenbalansen i berg har därför ofta underordnad betydelse.

Vattenbalansen inom ett avgränsat område (avrinningsområde) uttrycker relationen mellan olika flöden. Avrinning från ett område (yt- och grundvattenavrinning) motsvaras av mängden nederbörd reducerad med avdunstningen. Uppgifter om dessa parametrar för Göteborg har inhämtats från SMHI. För beräkning av grundvattenavrinningen måste man ha kunskap om grundvattenbildningen till jord och berg. Speciellt bestämningen av grundvattenbildning till berg är behäftad med betydande osäkerheter.

För Västlänken har följande värden antagits gälla:

Nederbörd	600 mm
Total avrinning	400 mm
Avdunstning	200 mm

Grundvattenbildningen (del av total avrinning) har antagits till:

Grundvattenbildning jord	100 mm
Grundvattenbildning berg	20 – 40 mm

Inom det område som berörs av Västlänken finns ett stort antal byggnader och anläggningar som på olika sätt påverkar vattenbalansen. I en urban miljö krävs det sålunda omfattande data för att ställa upp en vattenbalans, till exempel uppgifter om bortledning och tillförande av vatten från olika typer av anläggningar och konstruktioner. I några fall har vi erhållit sådana uppgifter, till exempel inläckning av vatten från några bergtunnlar samt flertalet infiltrationsanläggningar. I de fall data saknas har rimlighetsbedömningar gjorts.

När det gäller vattenbalansen för övre marklager har vi generellt en bristande kunskap, som därför måste omhändertas genom kontroll och åtgärder under byggskedet.

Genom att studera grundvattennivåns utveckling under långa tidsserier är det möjligt att få viss information om vattenbalansen i olika grundvattenmagasin i vattenförande jordlager. Speciellt de områden som påverkats av tidigare störningar på vattenbalansen har identifierats med sådan analys.

Beräkningar

Vid utvärdering av Västlänkens påverkan på grundvattennivåer i jord och berg har olika beräkningsmodeller använts. Samtliga bygger på kunskap om olika avrinningsområdets vattenbalans samt olika geologiska miljöers hydrauliska egenskaper. Syftet med utförda beräkningar är att översiktligt prognostisera inom vilket område påverkan uppkommer (influensområde) samt hur stor grundvattensänkning som förväntas. Denna påverkan baseras naturligtvis på vilken byggteknik som använts, vilken inläckning som tillåts vid olika skeden (bygg- och driftskede) och om skyddsinfiltration utförs.

Västlänken kommer att byggas i en mängd olika geohydrologiska miljöer, beroende vilket linjealternativ som väljs. Olika geohydrologiska miljöer kräver i princip olika beräkningsmodeller, vilka måste anpassas till dataunderlagets omfattning och kvalitet. Genomförda beräkningar har en viss osäkerhet, men är tillräckligt säkra för utredningsskedet och syftet att ge underlag för val mellan olika linjealternativ.

Beräkning av influensområde

Vid beräkning av influensområde har generellt konservativa betraktelsesätt och metoder använts, vilket medför att predikterade influensområden kommer att sträcka sig längre ut från Västlänken än vad som beräknats och bedömts. I princip har följande fyra angreppssätt använts:

1. *Hydrauliska gränser* har antagits begränsa influensområdets utbredning, till exempel positiva hydrauliska ränder. Även befintliga tunnlar kan i vissa lägen antas begränsa influensområdets utsträckning.
2. *Vattenbalansmetoden*, vilken bygger på en flödesbalans mellan antaget inläckage och grundvattenbildning inom influensområdet. Metoden bygger på principen att inläckaget i tunneln motsvaras av grundvattenbildningen inom ett visst

influensområde. Vid värdering av influensområdets utbredning tas hänsyn till lokala förutsättningar såsom topografi, förekomst av vattenförande sprickzoner med mera.

3. *Kanalflödesmetoden*, vilken förutsätter i princip linjärt flöde mot tunneln. Metoden utgår från ett antaget inläckage och bygger på kunskap om grundvattenbildning eller det vattenförande lagrets permeabilitet. Metoden innebär att den vattenförande förmågan inte behöver vara känd om grundvattenbildningen (flödet) kan ansättas med rimligt hög tillförlitlighet. Metoden överskattar oftast influensområdet storlek.
4. *Erfarenheter* om influensområdets utbredning finns från ett stort antal tunnlar där de geohydrologiska förutsättningarna liknar de som gäller för Västlänken. Dessa erfarenheter utgör ett viktigt underlag eftersom det saknas viktiga data om påverkan på grundvattenmiljön från befintliga tunnlar i Göteborg.

I områden där det förekommer grundvatten i jord inom tunnelns influensområde i berg, kan de två magasinerna samverka och därmed påverka resulterande influensområde. Avsänkningen i berg kan reduceras genom inflöde från ovanliggande grundvattenmagasin i jord, vilket sålunda begränsar utbredningen i berg. Inflensen i jord, å andra sidan, kan beroende på magasinets geohydrologiska förhållanden (vattenbalans, magasinets geometri med mera), bli både mindre och större än i underliggande berggrund.

Beräkning av grundvattensänkning

När det gäller grundvattensänkning i berg är ett konservativt antagande att avsänkning sker till i nivå med tunnelbotten. Erfarenheter från en rad tunnelanläggningar visar dock att grundvattentrycket i berg ofta ligger över tunneltak, undantaget i vissa enstaka sprickor i direkt anslutning till tunneln.

Vid genomförda översiktliga beräkningar av grundvattensänkning har enkla analytiska modeller använts beroende på flödesförutsättningar, vattenbalans och hydrauliska ränder. Eftersom den största risken för skador förekommer i om-

råden med sättningskänslig lera har fokus legat på grundvattensänkningar i jord.

Generellt har konservativa beräkningar genomförts, dvs verklig påverkan torde bli mindre än beräknad.

3.3 Restriktioner och skyddsåtgärder

Erforderlig täthet för Västlänken har bedömts utifrån känsliga objekt, prognostiserad grundvattensänkning samt risker för skador. Dessutom har behovet av andra skyddsåtgärder bedömts, till exempel skyddsinfiltration. Det bör poängteras att inga sättningsutredningar genomförts inom ramen för järnvägsutredningen, varför lerans sättningskänslighet endast är grovt uppskattad utgående från erfarenhet. Hur stor grundvattensänkning i jord området tål har bedömts bland annat beroende på tidigare historia. Det har antagits att grundvattensänkning i undre grundvattenmagasin i jord kan ligga mellan 0 och 1 meter utan att skador uppkommer. Generellt gäller att övre grundvattenmagasin inte får påverkas där trägrundlagda byggnader finns.

Tätheten, vilken avser både bygg- och driftskede, anges som ett riktvärde för inläckage för längre sträckor men uttrycks som [l/min per 100 m tunnel]. Värdet avser nettoinläckaget, det vill säga om skyddsinfiltration utförs kan ett större faktiskt inläckage tillåtas. Vid val av riktvärdets undre gräns har tagits hänsyn till vad som kan anses tekniskt möjligt att klara med konventionell teknik vid rådande geologiska och geohydrologiska miljöer.

Skyddsinfiltration är en effektiv metod för att begränsa påverkan och därmed skadornas omfattning, speciellt under byggskedet. Trots att det finns flera exempel på lyckade anläggningar bör om möjligt permanent skyddsinfiltration undvikas, och i första hand i rimlig omfattning söka reducera inläckaget med tätning.

4 Påverkan från projektet

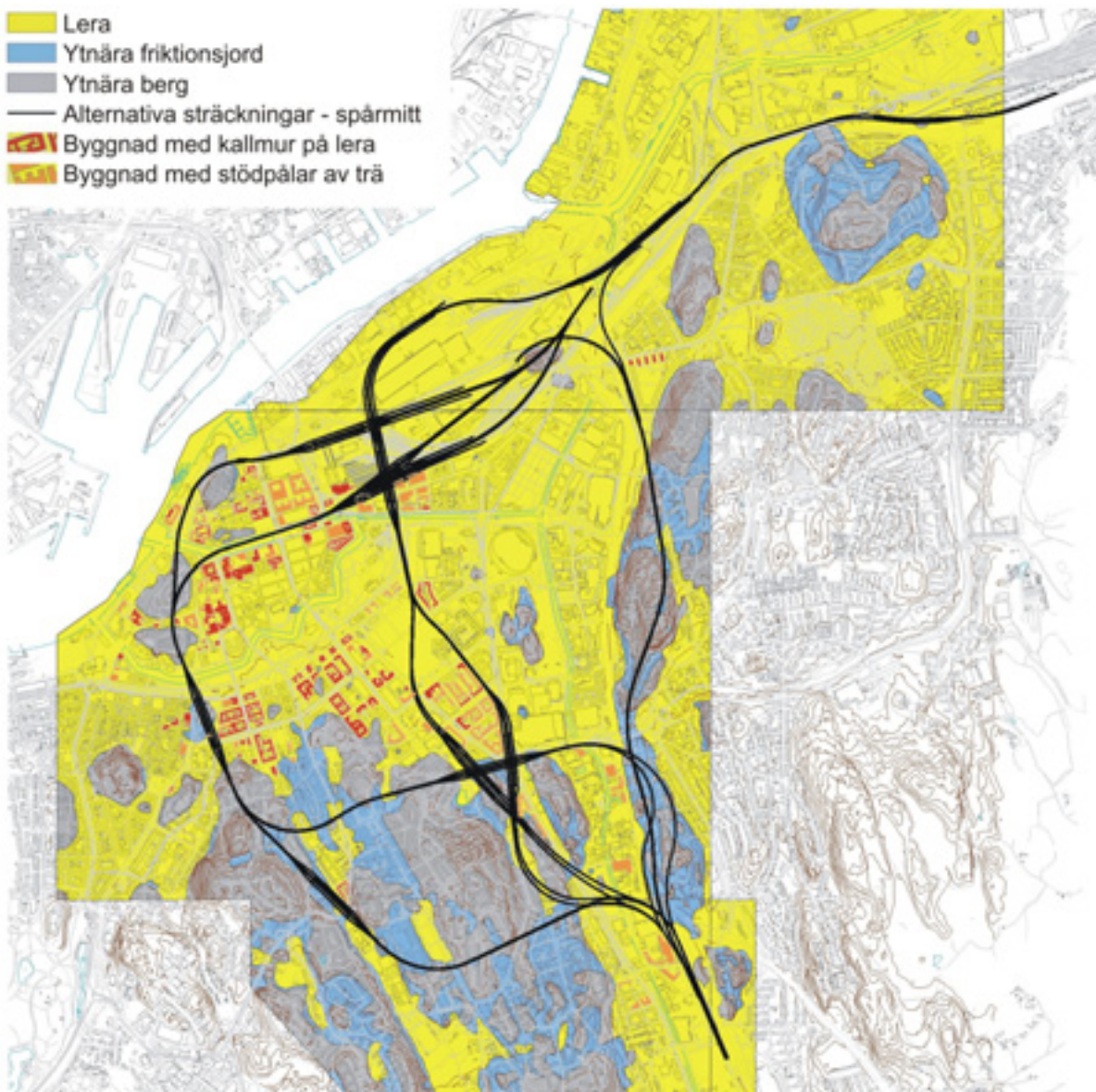
Med utgångspunkt från områdets geohydrologiska förutsättningar och planerad utformning av Västlänkens tunnlar, har projektets påverkan på grundvattenmiljön utretts. Utförda beräkningar och prognoser är översiktliga, med huvudsakligt syfte att belysa var mer allvarliga skador kan uppkomma. Beskrivningen avser hela korridorerna.

I föreliggande kapitel redovisas översiktligt vilka områden som kan utsättas för grundvattenrelaterade skador. Varje frågeställning redovisas och kommenteras separat.

De olika utredningsalternativen, passerar olika geologiska, geotekniska och geohydrologiska förhållanden. Identifierade skyddsobjekt och prognostiserade konsekvenser redovisas varje alternativ för sig. I kapitel 4.7 redovisas prognostiserad påverkan inom påverkansområdena för de olika utredningsalternativen var för sig.

4.1 Sättningar i mark, byggnader och anläggningar

Lerområden bedöms generellt vara sättningskänsliga (Figur 6), vilket innebär risk för skadlig grundvattensänkning vad gäller samtliga typer



Figur 6 Byggnader känsliga för grundvattensänkning i övre grundvattenmagasin p g a trägrundläggning

av byggnader och konstruktioner samt mark. Konsekvensen av skadorna varierar dock kraftigt beroende av grundläggningens utformning och status, samt de geotekniska förutsättningarna. Riskområdet för skadlig grundvattensänkning i undre grundvattenmagasin i jord är således preliminärt samtliga lerområden enligt den geohydrologiska kartan. De områden som kan påverkas av Västlänken ligger inom angivet influensområde, kapitel 5.

Riskområden för skador relaterade till grundvattensänkning i övre grundvattenmagasin, utgör lokala områden i anslutning till öppna schakt i jord (byggskede) och betongkonstruktioner (driftskede). Skador på trägrundläggning

har konstaterats inom området i samband med dränering av vatten och åtgärder som minskat grundvattenbildningen. Identifierade objekt redovisas i Figur 7. För att kompensera för negativa effekter finns ett flertal infiltrationsanläggningar (perkolutionsanläggningar).

Riskområden för skador relaterade till grundvattensänkning i undre grundvattenmagasin i jord, utgör områden i anslutning till öppna schakt vars påverkan når undre magasin i jord (byggskede), betongkonstruktioner som påverkar undre grundvattenmagasin i jord (driftskede), samt bergtunnlar som påverkar ovanliggande grundvattenmagasin (bygg- och driftskede).



Figur 7 Sättningsskador. Orange markering visar synliga skador på byggnader. Blå infärgning markerar inventerat område

4.2 Park- och naturpåverkan

Naturpåverkan kan uppkomma i anslutning till öppna schakt i jord (byggskede) och betongkonstruktioner (driftskede), samt i ytliga magasin som påverkas av bergtunnlar (bygg- och driftskede). Värdefulla områden redovisas i Figur 8. Speciellt utsatta bedöms Trädgårdsföreningens anläggning, Haga kyrkoplan med tillhörande park samt Johannebergs landeri med tillhörande park- och trädgårdsanläggning vara. Vissa områden kommer att påverkas i samband med öppna jordschakt beroende på vilket linjealternativ som blir aktuellt.

4.3 Påverkan på brunnar

Påverkan kan uppkomma i brunnar anlagda i berg, huvudsakligen bergvärmebrunnar. Utförd inventering visar att dessa främst förekommer i utredningsområdets södra och östra delar, och berör således inte samtliga utredningsalternativ. Eventuell skadlig påverkan bedöms ligga inom 50 meter från bergtunnlarna. Identifierade objekt framgår av geohydrologisk karta, Bilaga 1.



Värdefulla parker, torg och naturmiljöer

Parker

- P1 Bergslagsbanans stationspark
- P2 Brunnsparken
- P3 Trädgårdsföreningen
- P4 Kungsparken
- P5 Kungsparkens östra del
- P6 Hagakyrkan
- P7 Lorensbergsparken
- P8 Johannebergs landeri
- P9 Renströmsparken
- P10 Gubberoparken

Alléer

- A1 Östra Hamngatans allé
- A2 Stampgatan, hamlade lindar
- A3 Nya Allén
- A4 Stensturegatan, allé
- A5 Gamla allén

Torg och platser

- T1 Lilla torget
- T2 Gustav Adolfs torg
- T3 Drottningtorget och Slussplatsen
- T4 Åkareplatsen
- T5 Stureplatsen
- T6 Korsvägen

Övriga värdefulla områden

- Ö1 Packhuskajen
- Ö2 Heden
- Ö3 Liseberg

Vattendrag

- V1 Stora Hamnkanalen
- V2 Fattighusån
- V3 Vallgraven
- V4 Mölndalsån
- V5 Gullbergsån

Figur 8 Områden med värdefulla parker, torg och naturmiljöer

4.4 Mobilisering av föroreningar

Inom det område som berörs av Västlänken finns förorenade mark, huvudsakligen i fyllningsmaterial. Föroreningarna domineras av oljekolväten och metaller, vilka förekommer i jord och i främst övre grundvattenmagasin. Schaktarbeten, förändrade strömningsvägar, ökade hydrauliska gradienter med mera kan ge upphov till att föroreningar mobiliseras och att grundvattnet förorenas. Risken för negativa konsekvenser i det område som berörs av Västlänken är emellertid begränsad eftersom grundvattnet inte används som dricksvatten. Förorenat vatten kan komma att läcka in i tunnelarna, vilket medför behov av kontroller och att dränvattnet eventuellt måste renas.

Djupare liggande grundvatten har förhöjd salt-halt. Detta gäller sannolikt samtliga linjealternativ.

4.5 Dämning

Dämning kan uppkomma där tätkonstruktioner och betongkonstruktioner hindrar grundvattenflödet. Identifierade områden redovisas i Figur 9.

4.6 Påverkan på befintliga berganläggningar

I det område som berörs av Västlänkens tunnlar finns ett flertal berganläggningar. Chalmerstunneln och Götatunneln samt bergrum i Kvarnberget och Otterhällan redovisas på den geohydrologiska kartan, Bilaga 1. Ett flertal ledningstunnlar och bergrum redovisas inte på grund av sekretesskäl.

De vattenrelaterade konsekvenserna bedöms som små och därmed inte alternativskiljande.



Figur 9 Tunnelavsnitt med risk för dämningseffekt.

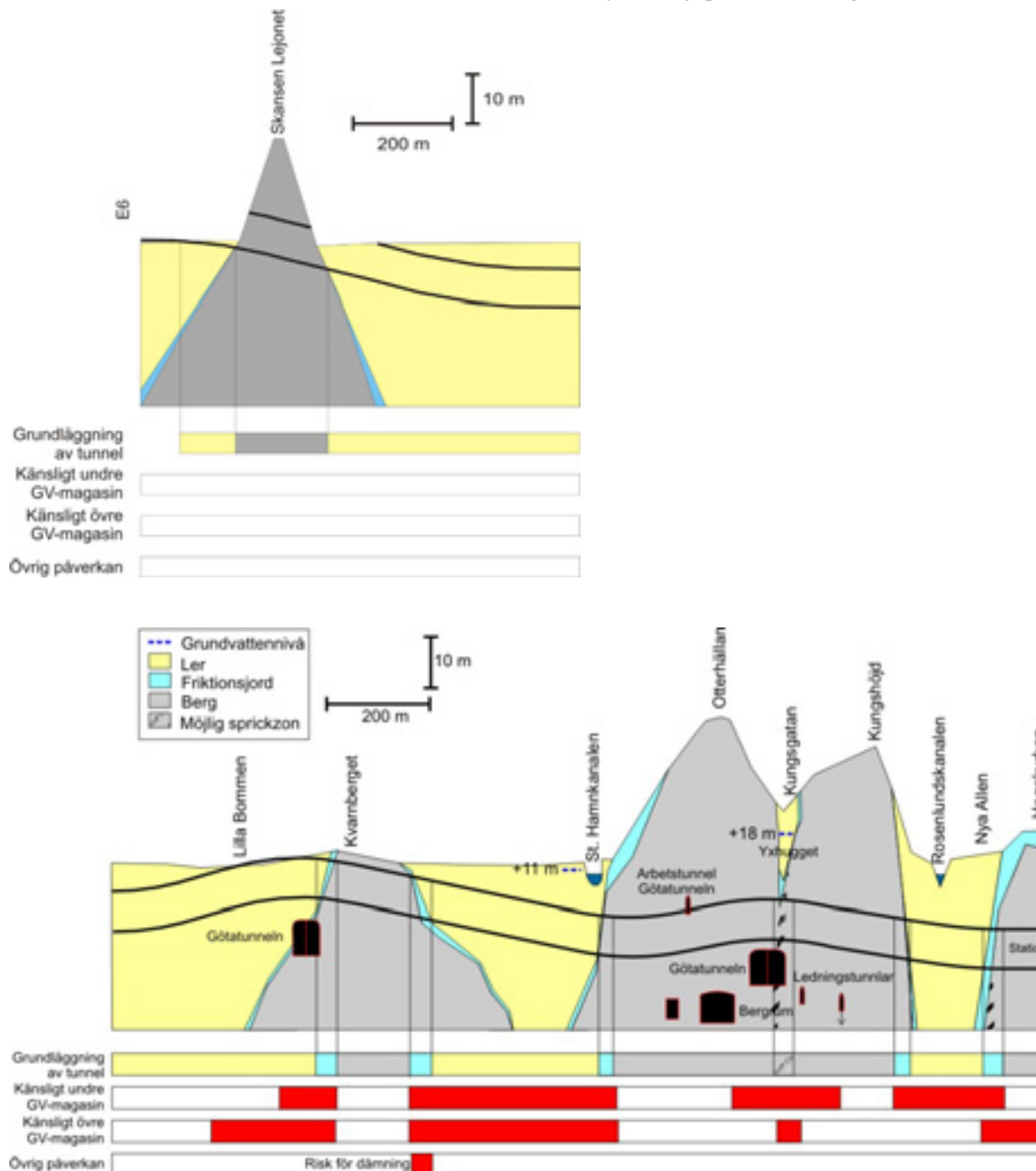
4.7 Påverkan för olika utredningsalternativ och förslag till åtgärder

För jämförelse mellan olika utredningsalternativ redovisas nedan skyddsobjekt och predikterade konsekvenser för de olika alternativen var för sig. Även lämpliga skyddsåtgärder redovisas. Visade profiler avser redovisat läge för tunnel.

Alternativ Haga - Korsvägen och Haga - Chalmers via Älvstranden, delen Skansen Lejonet - Haga

För alternativets läge i plan hänvisas till Figur 3 och Bilaga 1.

Järnvägen förläggs omväxlande i betongkonstruktioner grundlagda i lera och i bergtunnlar och schakt (Figur 10). De lerfyllda sänkorna är mycket djupa och betongtunnlarnas botten



Figur 10 Profil alternativ Haga – Korsvägen och Haga – Chalmers via Älvstranden, delen Skansen Lejonet – Haga. Den övre figuren visar tunnelns inledning vid Skansen Lejonet. Sträckan genom Gullbergsvass och Nordstan har stort lerdjup och visas inte i profil. Informationen under profilen avser känsligt övre och undre grundvattenmagasin längs tunneln. På större avstånd från tunneln kan utsträckningen variera (se kapitel 5.)

kommer i kontakt med berg och friktionsjord endast i anslutning till bergpåslagen. Mellan Skansen Lejonet och Kvarnberget förläggs tunneln i betongkonstruktion med stödkonstruktion mot berg. Genom bergpartiet vid Otterhällan och Kungshöjd förläggs järnvägen i bergtunnel, och passerar bland annat genom en kraftig sprickzon med liten bergtäckning (Yxhugget). Utgången i jord, söder om Kungshöjd, sker i en brant bergslänt cirka 20 meter under mark. Rosenlundskanalen passerar med cirka 14 meter jordtäckning över tunneltak. Söder om kanalen byggs Station Haga i berg.

Grundvattenmiljön i området är kraftigt påverkad från tidigare verksamheter. Grundvattenbalansen är störd i både övre och undre grundvattenmagasin. Påverkade grundvattenmagasin i jord finns till exempel vid Nordstan samt öster om Otterhällan och Kungshöjd samt vid Rosenlundskanalen. Med infiltrationsanläggningar hålls grundvattentrycket hjälpligt på sådan nivå att sättningsskador begränsas. Sänkan vid Rosenlundskanalen påverkas redan av två ledningstunnlar, och trots skyddsinfiltration har en grundvattensänka utbildats ungefär där Västlänken planeras. Genom att tolka grundvattendata konstateras att jordlagren är mycket känsliga för störningar, varvid en grundvattensänkning snabbt kan fortplanta sig större på avstånd.

Förutom en verifierad sprickzon på bergpartiet Otterhällan och Kungshöjd (Yxhugget, Göta-tunneln), har sprickzoner predikterats väster om Kvarnberget (SGU), Rosenlundskanalen (Göta-tunneln och ledningstunnlar) och söder om Hagakyrkan (ledningstunnel).

Längs sträckan finns följande skyddsobjekt identifierade:

Övre grundvattenmagasin i jord: Längs sträckan finns ett flertal byggnader som är känsliga för påverkan i övre grundvattenmagasin (Figur 6):

- Parkeringshus i östra Nordstan
- Vid Kvarnbergets norra bergpåslag (västra Nordstan)
- Packhusplatsen
- Kvarteren norr och söder om Stora Hamnkanalen
- Kungsgatan (Yxhugget)
- Kvarteren öster och väster om Hagakyrkan

Påverkan reduceras genom anpassade byggåtgärder samt infiltration, möjligen även invallning.

Undre grundvattenmagasin i jord: Det undre grundvattenmagasinet är känsligt längs hela tunnelns sträckning, men speciellt de avsnitt som redovisas i Figur 7. Läckage kan uppkomma vid bergpåslagen, där kontakt med moränjord uppkommer. Beroende på jordlagrens hydrauliska egenskaper, och om skyddsinfiltration utförs eller inte, påverkas områden på större avstånd från tunneln. Påverkan reduceras genom skyddsinfiltration.

Grundvattenmagasin i berg: Nivåerna i berg är sänkta genom läckage till undermarksanläggningar. Ytterligare sänkt nivå kan ge upphov till sänkt trycknivå i omgivande jordmagasin. Påverkan reduceras genom skyddsinfiltration

Några påtagliga skador om befintliga berganläggningar förväntas inte.

Dämning: Väster om Kvarnberget. Någon skadlig påverkan förväntas inte uppkomma, eventuellt krävs någon form av åtgärd.

Naturvärden: Vid Hagakyrkan finns endast ett jordmagasin. Sänkt grundvattennivå kan, om sänkningen är stor, leda till att träd i parken skadas.

Brunnar: Inga brunnar har identifierats.

Alternativ Haga – Korsvägen och Haga – Chalmers via Stora Hamnkanalen, delen Skansen Lejonet – Haga

För alternativets läge i plan hänvisas till Figur 3 och Bilaga 1.

Järnvägen förläggs omväxlande i betongkonstruktioner grundlagda i lera eller på berg och i bergtunnlar. Genom berget vid Skansen Lejonet anläggs tunneln som bergtunnel. Förbi Göteborg C och fram till Östra Hamngatan förläggs tunneln som betongkonstruktion i lera utan stöd mot berg. Vid Gustav Adolfs Torg minskar jorddjupet, och betongtunneln grundläggs i princip på berg längs Stora Hamnkanalen fram till Lilla Torget.

Genom bergpartiet vid Otterhällan och Kungshöjd förläggs järnvägen i bergtunnel, och passerar bland annat genom en kraftig sprickzon med liten bergtäckning (Yxhugget). Utgången i jord, söder om Kungshöjd, sker i en brant bergslänt cirka 20 meter under mark. Rosenlundskanalen passeras med cirka 14 meter jordtäckning över tunneltak. Söder om kanalen byggs Station Haga i berg.

Grundvattenmiljön i området är kraftigt påverkad från tidigare verksamheter. Grundvattenbalansen är störd i både övre och undre grundvattenmagasin. Påverkade grundvattenmagasin i jord finns till exempel längs Stora Hamnkanalen

och Kungshöjd samt vid Rosenlundskanalen. Med infiltrationsanläggningar hålls grundvattentrycket hjälpligt på sådan nivå att sättningsskador begränsas. Genom att tolka grundvattendata konstateras att jordlagren är känsliga för störningar, varvid en grundvattensänkning snabbt kan fortplanta sig större avstånd.

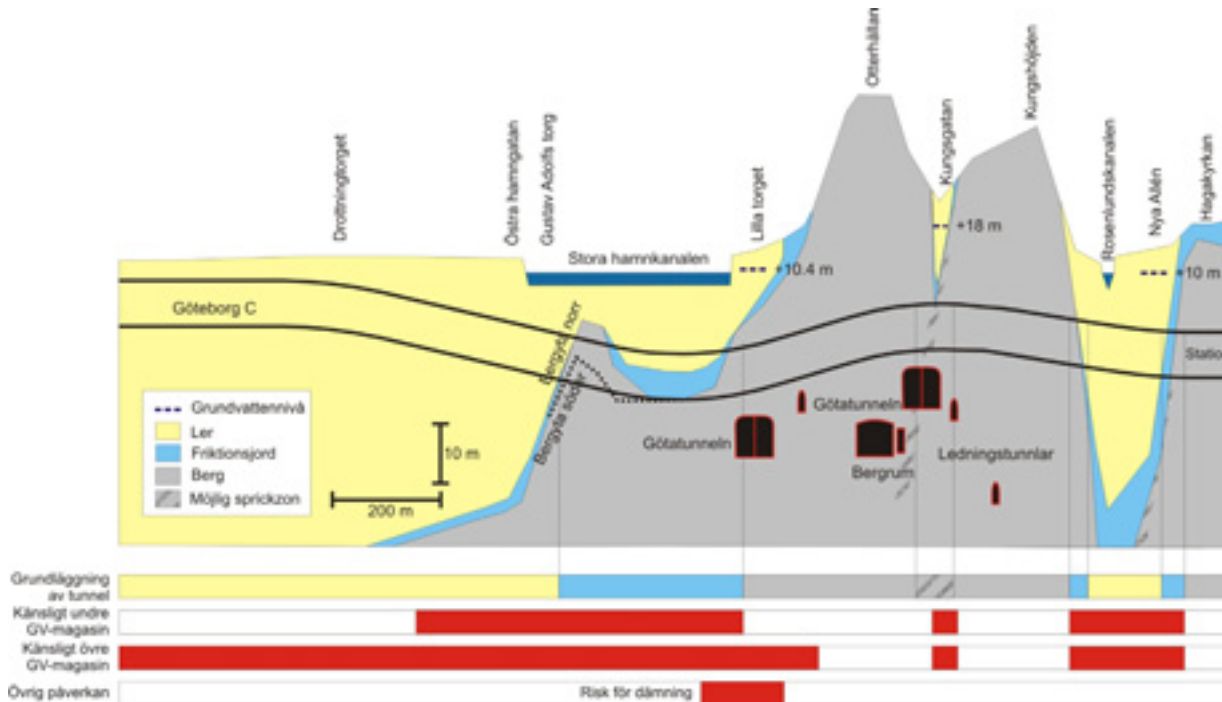
Längs sträckan finns följande skyddsobjekt identifierade.

Övre grundvattenmagasin i jord: Längs sträckan finns ett flertal byggnader som är känsliga för påverkan i övre grundvattenmagasin (Figur 6).

- Längs Odinsgatan
- Kvarteren runt Drottningtorget
- Kvarteren norr och söder om Stora Hamnkanalen
- Kungsgatan (Yxhugget)
- Kvarteren öster och väster om Hagakyrkan

Påverkan reduceras genom anpassade byggåtgärder samt infiltration, möjligen även invallning.

Undre grundvattenmagasin i jord: Det undre grundvattenmagasinet är känsligt längs hela tunnelns sträckning. Avsevärt läckage kan uppkomma längs Stora Hamnkanalen där kontakt med moränjord ovanpå berg förekommer. Även vid bergpåslag kan påverkan på det undre



Figur 11 Profil alternativ Haga – Korsvägen och Haga – Chalmers, delen Göteborg C - Haga. För delen Skansen Lejonet – Göteborg C hänvisas till Figur 10.

grundvattenmagasinet uppkomma. Påverkan reduceras genom skyddsinfiltration.

Grundvattenmagasin i berg: Nivåerna i berg vid Otterhällan och Kungshöjden är sänkta genom läckage till undermarksanläggningar. Ytterligare sänkt nivå kan ge upphov till sänkt trycknivå i omgivande jordmagasin. Påverkan reduceras genom infiltration.

Dämning: Vid Stora Hamnkanalen, mellan Korsgatan och Lilla Torget, kan dämning uppkomma om inga åtgärder utförs, se Figur 6. Tunnelns tätkonstruktion kan komma att skära av grundvattenflöde som går västerut längs kanalen.

Naturvärden: Vid Hagakyrkan finns endast ett jordmagasin. Sänkt grundvattennivå kan, om sänkningen är stor, leda till att träd i parken skadas. Kungsparkens västra del påverkas av schaktarbeten.

Brunnar: Inga brunnar har identifierats.

Alternativ Haga – Korsvägen, delen Haga Almedal

För alternativets läge i plan hänvisas till Figur 3 och Bilaga 1.

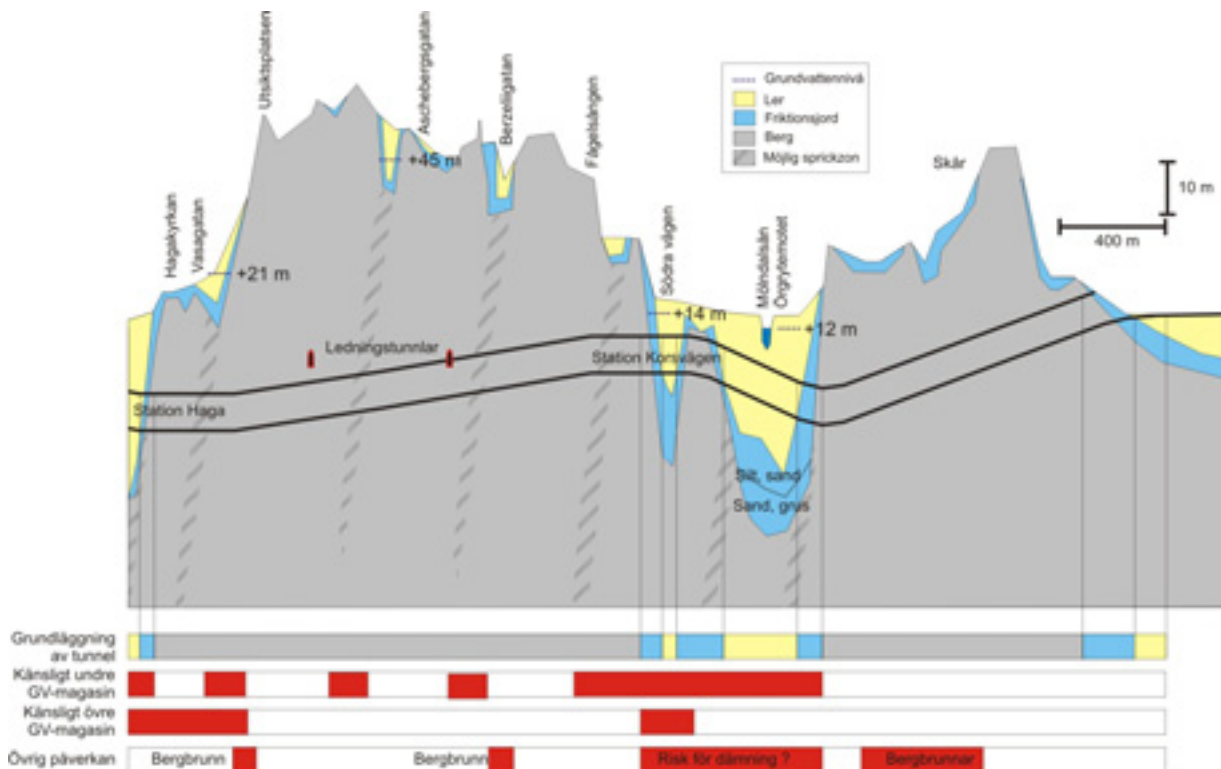
Tunneln förläggs från Station Haga till Station Korsvägen i berg, till största delen på stort djup. Under Södra vägen utförs tunneln som betongkonstruktion. Öster om Södra vägen passeras en utlöpare från berget i Lisebergsparken, där bergschakt krävs. Tunneln dyker under Mölndalsån och skär in i berg mot Skår med cirka 15 meter jordtäckning. Tunneln mynnar vid Almedal.

Den stora bergtäckningen innebär låg skaderisk längs delar av sträckan. Mindre sprickzoner korsas av tunneln på ett antal platser.

Sträckans skyddsobjekt finns framförallt koncentrerade till dalgångarna vid Södra vägen och Mölndalsån.

Följande objekt har identifierats:

Övre grundvattenmagasin i jord: Byggnader som är känsliga för sänkt grundvattennivå i jord förekommer öster och väster om Hagakyrkan och vid Vasagatan. Känsliga byggnader finns även kring Korsvägen, norr om sträckningen,



Figur 12 Profil alternativ Haga – Korsvägen, delen Haga – Almedal. Lägen för befintlig tunnel är ungefärlig.

samt söder om sträckningen i Mölndalsåns dalgång. Påverkan reduceras genom skyddsinfiltration, möjligen även invallning.

Undre grundvattenmagasin i jord: Söder om Vasagatan finns en försänkning i berget, som eventuellt är känslig för grundvattenbortledning. Möjligen går en sprickzon i området. Vid behov utförs skyddsinfiltration.

Högt belägna dalgångar som Aschbergsgatan och Berzeliigatan förväntas ha god vattentillgång, och därmed mindre känslig för påverkan.

Vid Södra vägen och Mölndalsån kan läckage ge upphov till skador. Vattenförande lager i Mölndalsåns dalgång innebär att täthetskraven blir höga. Utförd provpumpning nordost om Liseberg visar att sänkta nivåer kan fortplanta sig inom dalgången. Skyddsinfiltration kan bli aktuell under byggskedet.

Grundvattenmagasin i berg: Läckage till bergtunnlar kan leda till sänkt grundvattennivå i omgivande jordmagasin. I Vasastaden och Lorensberg, norr om sträckningen, finns områden som är känsliga för sänkt grundvattennivå. Påverkan reduceras genom skyddsinfiltration.

Västlänken kommer i nära konflikt med befintlig tunnel.

Dämning: Beroende på vilken byggmetod som används kan dämning eventuellt uppkomma vid Mölndalsåns dalgång. Ett relativt stort nordligt grundvattenflöde förekommer i ett mäktigt undre friktionsjordlager. Vidtas lämpliga åtgärder förväntas ingen skadlig dämning.

Naturvärden: Vid Hagakyrkan finns endast ett jordmagasin. Sänkt grundvattennivå kan, om sänkningen är stor, leda till att träd i parken skadas. Vid tunnelns korsning med Södra vägen finns ett antal stora träd tillhörande Johannebergs landeri, som kan komma att påverkas om grundvattennivån sänks under anläggningsstiden.

Brunnar: Enstaka bergbrunnar för energiuttag har identifierats söder om Vasagatan och vid Berzeliigatan. I Skår finns närmare 10 brunnar som kan komma att påverkas av tunneln. Vissa av dessa brunnar måste troligtvis ersättas med nya.

Alternativ Haga – Chalmers, delen Haga – Almedal

För alternativets läge i plan hänvisas till Figur 3 och Bilaga 1.

Tunneln förläggs i huvudsak i berg, vilket framgår av profilen i Figur 13. Under Hagakyrkan planeras en station, vilken i söder sträcker sig upp mot Vasagatan. Bergtäckningen uppgår enligt utförda sonderingar till minst 10 meter. Vidare följer ett 2 km långt avsnitt där bergtäckningen är 30 – 50 meter. Österut stiger tunneln och passerar ut i lera i Mölndalsåns dalgång. Tunneln övergår öster om ån till betongtråg som förenas med befintlig järnväg vid Almedal.

Västlänken kommer i konflikt med en befintlig tunnel. Vid denna norra punkten ligger tunnlar på samma nivå.

Grundvattentillgången i området bedöms, förutom i närheten av Hagakyrkan och Vasagatan, vara relativt god. Förutom vid nordvästra delen av sträckningen har inga sättningsskador framkommit vid inventeringen. Sättningar pågår vid Mossens idrottsplats i Chalmersområdet, men inte på grund av låg grundvattennivå.

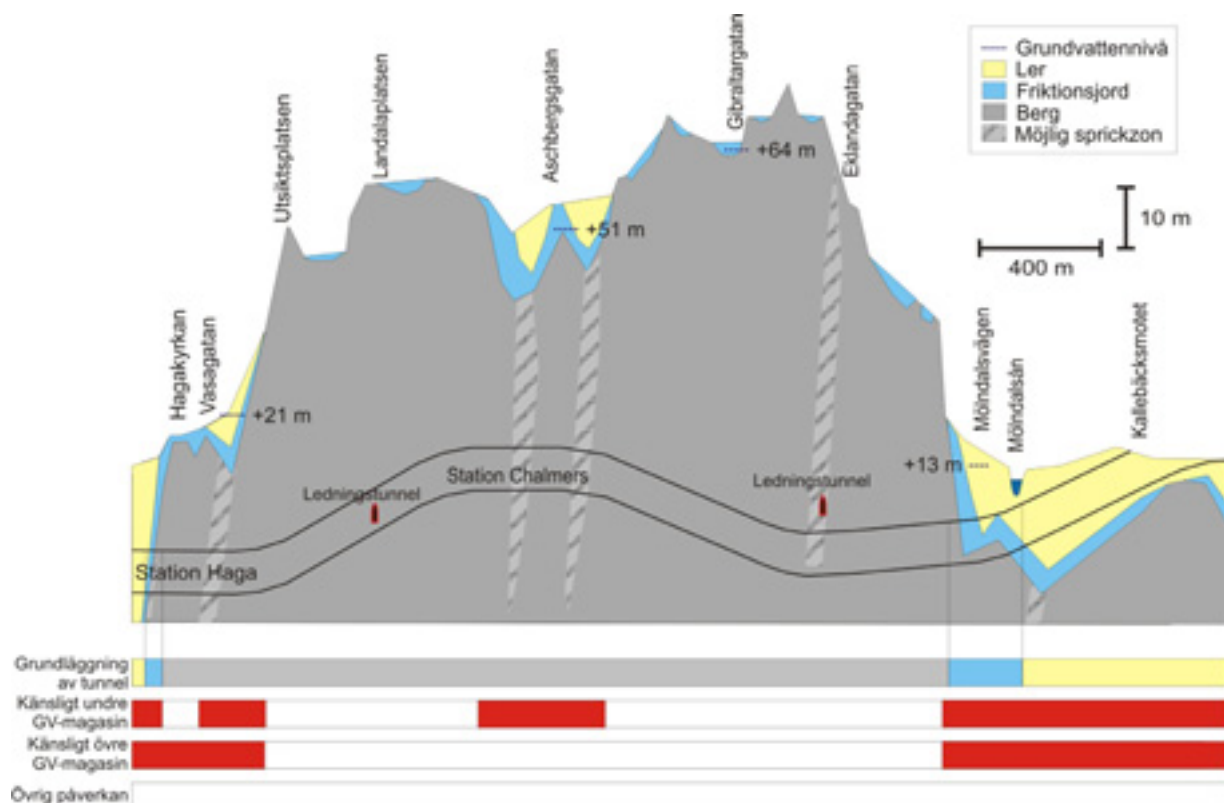
Längs sträckan finns följande skyddsobjekt identifierade:

Övre grundvattenmagasin i jord: I områden med tunn jordmån förekommer endast ett grundvattenmagasin i jord. Övre grundvattenmagasin påverkas inte i dalsänkor som passeras i bergtunnel.

I Mölndalsåns dalgång förekommer byggnader som är känsliga för trycksänkning i övre magasin. Påverkan reduceras genom anpassade byggtåtgärder samt infiltration, möjligen även invallning.

Undre grundvattenmagasin i jord: Söder om Vasagatan finns en försänkning i berget, som eventuellt är känslig för grundvattenbortledning. Möjligen förekommer en sprickzon på platsen. Påverkan reduceras med infiltration.

Vid Södra vägen och Mölndalsån kan läckage ge upphov till skador. Ett stort flöde i Mölndalsåns dalgång innebär att täthetskraven blir höga. Vid passagen förekommer mäktiga lager friktionsjord. Utförd provpumpning nordost om Liseberg visar att sänkta nivåer kan fortplanta sig långt. Skyddsinfiltation kan bli aktuell under byggskedet.



Figur 13 Profil över alternativ Haga – Chalmers, delen Haga – Almedal

Grundvattenmagasin i berg: Läckage till berg-tunnlar kan leda till sänkt grundvattennivå som i vissa fall fortplantar sig till jordmagasin. Möjligen behövs skyddsinfiltration lokalt.

Naturvärden: Vid Hagakyrkan finns endast ett jordmagasin. Sänkt grundvattennivå kan, om sänkningen är stor, leda till att träd i parken skadas.

Brunnar: I Landala och Krokslätt finns ett 20-tal privata energibrunnar som kan få minskad kapacitet. Enstaka brunnar kan behöva ersättas.

Alternativ Korsvägen via Johannebergsgatan

För alternativets läge i plan hänvisas till Figur 3 och Bilaga 1.

Undergrunden består längs den norra delen av sträckningen av tjocka sedimentlager (Figur 14). Tunneln förläggs som betongtunnel med spårn ungefär 16 meter under markytan. Bergpåslag sker vid Johannebergsgatans korsning med Berzeliigatan. Under lera finns i detta område friktionsjord med varierande mäktighet, upp till fem meter. Friktingsjord tycks dock saknas vid bergpåslaget.

Vidare mot sydost passerar tunneln ett bergparti, med två dalsänkor, längs Eklandagatan och Södra vägen. Bergtäckningen vid dalsänkorna blir drygt 6 meter. Öster om Södra vägen passe-

rar tunneln ut i jord i Mölndalsåns dalgång. Jordmånen består av tjocka lager friktionsjord täckt av lera. Tunneln stiger uppåt för att ansluta till befintlig järnväg. Vid passagen under ån blir jordtäckningen över tunneln liten.

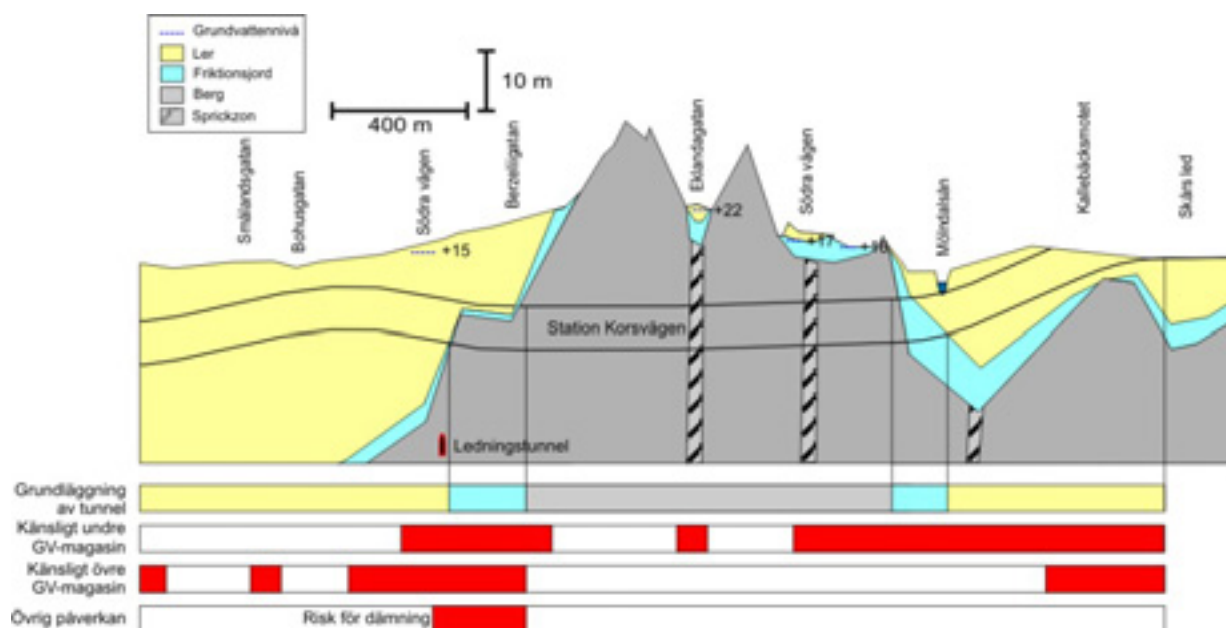
Längs hela sträckningen, från Göteborg C till Almedal, finns objekt som är känsliga för grundvattenpåverkan:

Övre grundvattenmagasin i jord: I Gullbergsvass finns ingen inventering av byggnaders grundläggning. I övrigt förekommer byggnader med grundläggning som är beroende av det övre grundvattenmagasinet längs hela sträckningen (Figur 6).

- Centralstationens huvudbyggnad
- Norr och söder om Odingsgatan i området Stampen
- Söder om Nya Allén och Smålandsgatan
- Öster och väster om Södra vägen norr om Korsvägen. Sättningsskador är vanliga i området.
- I kilen mellan Eklandagatan och Södra vägen
- I Mölndalsåns dalgång, norr och söder om tunnelns sträckning

Påverkan reduceras genom anpassade byggåtgärder samt infiltration, möjligen även invallning.

Undre grundvattenmagasin i jord: Det undre



Figur 14 Profil över alternativ Korsvägen via Johannebergsgatan

grundvattenmagasinet är känsligt längs hela sträckningen. I norr kommer dock ingen kontakt med det undre magasinet att uppkomma, eftersom lermäktigheten är stor.

Vid Berzeliigatan är förhållandena störda av en läckande bergtunnel från 1970-talet. Grundvattennivån kontrolleras i området av infiltration. I området är sättningsskador vanliga. Dessa kan dock bero på sänkt grundvattennivå i övre magasin, men även på utlagd fyllning. Påverkan reduceras med skyddsinfiltration.

Vid Södra vägen och Mölndalsån kan läckage ge upphov till skador. Ett stort flöde i Mölndalsåns dalgång innebär att täthetskraven blir höga. Vid passagen förekommer mäktiga lager friktionsjord. Utförd provpumpning nordost om Liseberg visar att sänkta nivåer kan fortplanta sig långt. Skyddsinfiltration kan bli aktuell under byggskedet.

Grundvattenmagasin i berg: Begränsning av inläckage till bergtunneln bestäms för att ingen negativ effekt ska uppkomma vid Korsvägen och längs Södra vägen.

Naturvärden: Tunneln passerar strax öster om Trädgårdsföreningen vilken klassats som byggnadsminne. Om trycknivån i övre grundvattenmagasin sänks under byggskedet finns risk för att naturvärden påverkas. Vid tunnelns korsning med Södra vägen finns ett antal stora träd (till-

hörande Johannebergs landeri) som kan komma att påverkas om grundvattennivån sänks under anläggningstiden.

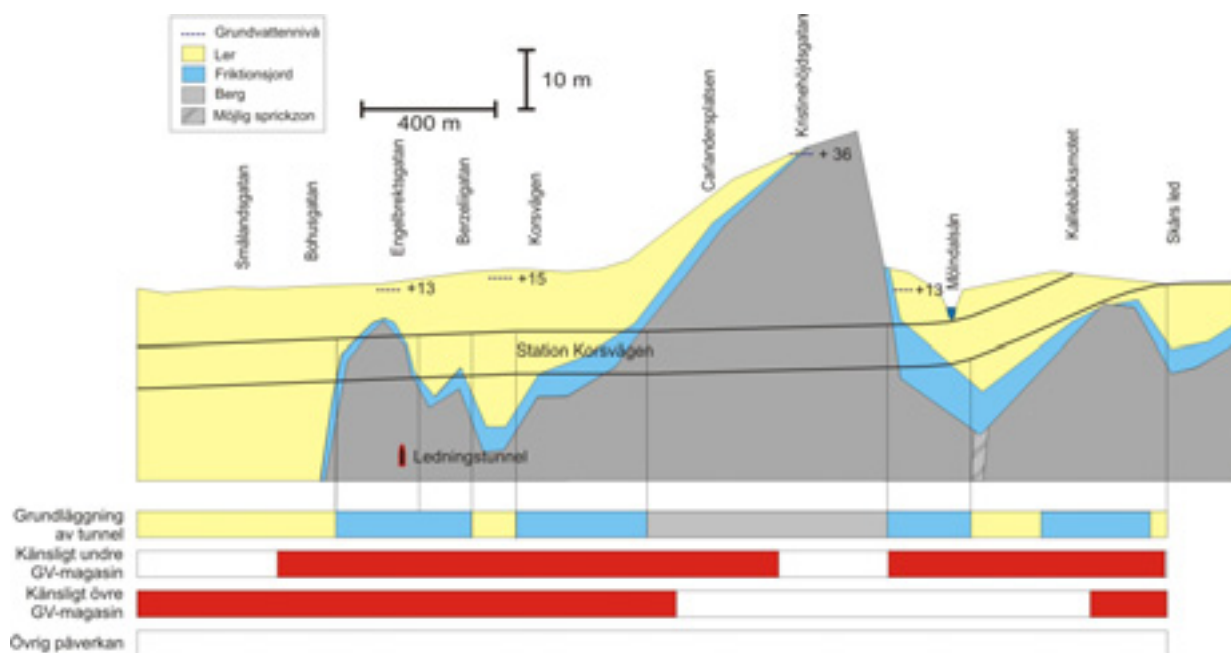
Brunnar: Inga brunnar som kan skadas av tunneln framkom vid inventeringen.

Alternativ Korsvägen via Skånegatan

För alternativets läge i plan hänvisas till Figur 3 och Bilaga 1.

Tunneln förläggs i norra delen som betongtunnel i lera. Sedimentmäktigheten är stor fram till korsningen med Bohusgatan, vilket framgår av profilen i Figur 15. Här skär tunneln in i berg och byggs med bergschakt fram till Englebrektsgratan. Mellan Englebrektsgratan och Berzeliigatan byggs tunneln med kontakt med berg eller friktionsjord. Tunneln går i en sänka i berget. Söder om Berzeliigatan passerar tunneln ett parti med djupare sediment. Vid Korsvägen finns mäktiga friktionsjordlager.

Mot söder ökar bergtäckningen för att nå en högsta punkt strax öster om Kristinehöjdsgratan. Västerut stupar berget mot Mölndalsåns dalgång, där tunneln går ut i sediment. Även här förekommer mäktiga friktionsjordlager. Tunneln passerar tätt under ån och stiger upp till befintlig järnväg.



Figur 15 Profil över alternativ Korsvägen via Skånegatan

Längs hela sträckningen finns objekt som är känsliga för grundvattenpåverkan:

Övre grundvattenmagasin i jord: I Gullbergsvass finns ingen inventering av byggnaders grundläggning. I övrigt förekommer byggnader med grundläggning som är beroende av det övre grundvattenmagasinet längs hela sträckningen (Figur 6).

- Centralstationens huvudbyggnad
- Norr och söder om Odinsgatan i området Stampen
- Söder om Nya Allén och Smålandsgatan
- Väster om Skånegatan, söder om Engelbrektsgatan. Sättningskador är vanliga.
- Kvarteren mellan Skånegatan och Södra vägen. Sättningskador är vanliga
- I kilen mellan Eklandagatan och Södra vägen
- I Mölndalsåns dalgång, norr och söder om tunnelns sträckning

Undre grundvattenmagasin i jord: Det undre grundvattenmagasinet är känsligt längs hela sträckningen. I norr kommer dock ingen kontakt med det undre magasinet att uppkomma, eftersom lermäktigheten är stor.

Inläckage från undre magasin kan uppkomma från korsningen med Bohusgatan. Tunneln passerar en lång sträcka med kontakt med friktionsjord. Förhållandena i undre magasinet är störda och grundvattennivån kontrolleras i av infiltration. I området är sättningskador vanliga. Dessa kan dock bero på sänkt grundvattennivå i övre magasin. Skyddsinfiltration krävs.

Vid Korsvägen förekommer mäktiga friktionsjordlager, vilka kan sprida en eventuell grundvattensänkning till ett stort område. Skyddsinfiltration krävs.

Vid Södra vägen och Mölndalsån kan läckage ge upphov till skador. Ett stort flöde i Mölndalsåns dalgång innebär att täthetskraven blir höga. Vid passagen förekommer mäktiga lager friktionsjord. Utförd provpumpning vid Liseberg visar att sänkta nivåer kan fortplanta sig långt. Skyddsinfiltration kan bli aktuell under byggskedet.

Grundvattenmagasin i berg: Begränsning av inläckage till bergtunneln vid Eklandagatan

bestäms så att ingen negativ effekt ska uppkomma vid Korsvägen och längs Södra vägen.

Naturvärden: Tunneln passerar strax öster om Trädgårdsföreningens anläggningar, vilka är byggnadsminne och del i riksintresse. Om trycknivån i övre grundvattenmagasin sänks under byggskedet finns risk för att naturvärden påverkas. Vid tunnelns korsning med Södra vägen finns ett antal stora träd som kan komma att påverkas om grundvattennivån sänks under anläggningstiden.

Brunnar: Inga brunnar som kan skadas av tunneln framkom vid inventeringen.

Förstärkningsalternativet

För alternativets läge i plan hänvisas till Figur 3 och Bilaga 1.

Spåren övergår från bro till betongtråg i lera vid Norra Gubberogatan, Figur 16. Banan har bergpåslag vid en brant bergvägg. Förbi Gårda har tunneln stor bergtäckning, där högt belägna bostadsområden med tunna jordlager passeras. Vid passagen under Örgrytevägen ligger befintliga tunneln i ett bergtråg med tak av betong. Den nya tunneln läggs öster om befintlig Gårdatunnel med en profil som ger bergtäckning på hela sträckan. Söderut följer tunneln en lägre bergrygg och når markplan vid Skårs led. Vid det södra bergpåslaget krävs betongtunnel och betongtråg på en kort sträcka.

Stora delar av området är okänsligt för sänkt grundvattennivå. Grundvattnet påverkas av inläckage till den befintliga Gårdatunneln, samt till en djupt liggande ledningstunnel. Tillgången på grundvatten tycks ännu vara god, och inga sättningsskador har framkommit vid inventeringen.

Övre grundvattenmagasin i jord: Ingen grundläggning som är beroende av övre magasin har inventerats vid norra påslaget. Örgryte kyrka är grundlagd på friktionsjord.

I Mölndalsåns dalgång i närheten av södra bergpåslaget förekommer byggnader vars grundläggning är beroende av grundvatten i övre magasin. Med anpassade byggåtgärder och skydds-

infiltration, eventuellt med invallning, bör skador kunna undvikas.

Undre grundvattenmagasin i jord: Stora lermäktigheter väster om det norra bergpåslaget gör området känsligt för sänkt grundvattennivå. Skyddsinfiltration kan krävas.

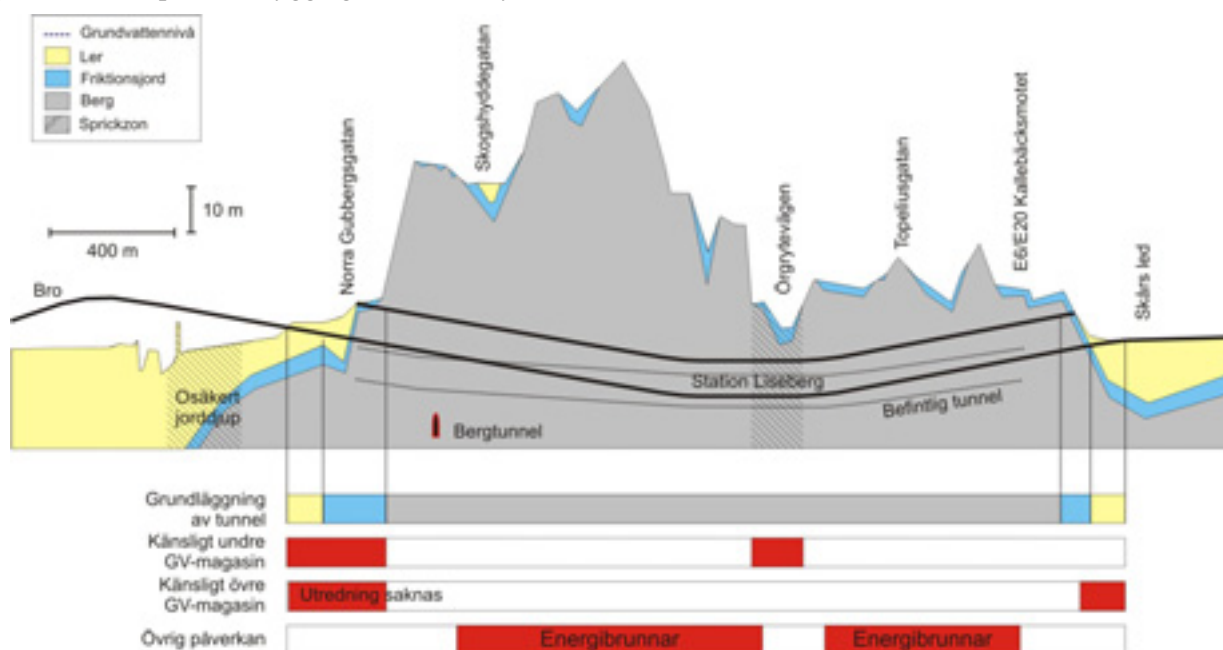
En lerfylld dalgång förekommer parallellt och öster om tunneln från Skogshyddegatan och söderut längs Valåsgatan. Grundvattentillgången i dalgången bedöms som god, men kan komma att påverkas av ett eventuellt läckage till tunneln. Skyddsinfiltration kan bli aktuell.

Vid Lisebergs station är bergtäckningen liten vilket försvårar tätning av tunneln. Mindre läckage bedöms inte ge upphov till skadliga grundvattensänkning.

Grundvattenmagasin i berg: Grundvattenmagasinet i berg påverkas i dagsläget av inläckage till den befintliga Gårdatunneln, samt till en djupt liggande ledningstunnel. Inläckaget bör begränsas för att undvika påverkan i angränsande lerområden.

Naturvärden: Lövsöksområde med höga naturvärden finns över bergtunneln.

Brunnar: Ett 40-tal energibrunnar ligger inom 200 meter från tunneln. Längre österut finns ytterligare brunnar. Kapacitetsminskning kan uppkomma för vissa brunnar och ett fåtal kan behöva ersättas.



Figur 16 Profil över Förstärkningsalternativet

Alternativ Haga – Korsvägen och Haga – Chalmers, delen Sävenäs - Olskroken

För alternativets läge i plan hänvisas till Figur 3 och Bilaga 1.

Figur 17 visar den gemensamma profilen för alternativen Haga – Korsvägen och Haga – Chalmers. Tunneln dyker vid Munkebacksmotet, i ett område som utgör fyllningsmaterial på lera. Fram till Gustavsplatsen ligger tunneln i ett relativt ytligt läge, men lokalt i kontakt med berg. Mot väster passerar tunneln ett område med förhållandevis stor lermäktighet, varefter linjen stiger för att nå markplanet.

Ett alternativ är att järnvägen förläggs på mark fram till Gustavsplatsen och väster därom som bro över befintliga vägar och järnvägar.

Generellt sett är området relativt okänsligt för grundvattenbortledning. Grundvattenmagasinen försörjs från högre belägna områden söder om området.

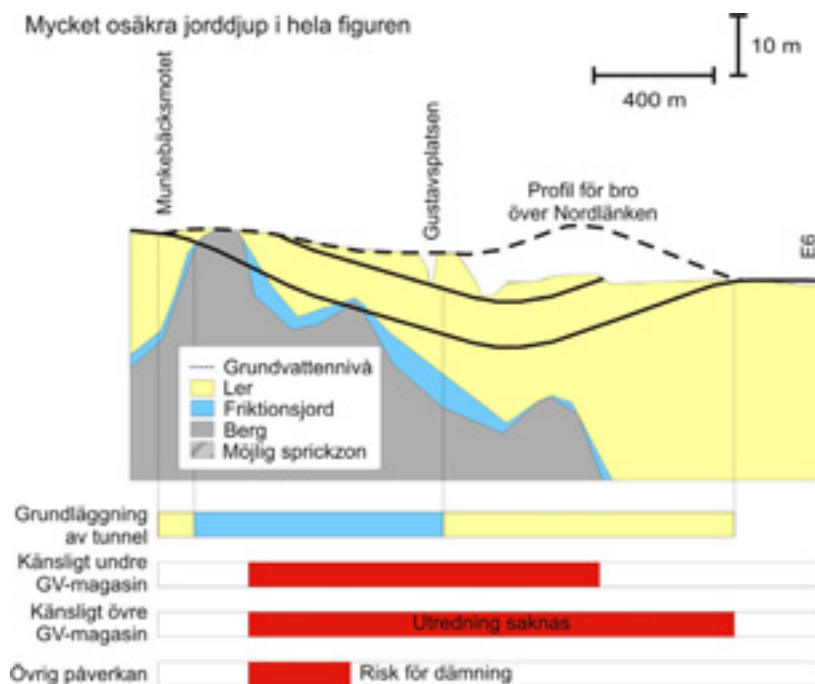
Övre grundvattenmagasin i jord: I de större dalsänkorna finns ett övre magasin utvecklat i fyllnadsmaterial ovanpå leran. Eventuella byggnader med grundläggning av rustbädd eller på träpålar kan vara känsliga för grundvattensänkning i övre magasin.

Undre grundvattenmagasin i jord: Tunnelns profilläge medför stor risk för betydande grundvattensänkning i området. Särskilda byggåtgärder krävs för att motverka betydande omgivningspåverkan. Skyddsinfiltration krävs.

Grundvattenmagasin i berg: Tunnelsträckningen ligger inom området relativt ytligt i berg, och bedöms därför som relativt okänsligt för inläckage.

Naturvärden: Inga områden har identifierats med speciellt värdefulla naturvärden.

Brunnar: Inga brunnar har inventerats inom det område som berörs av Västlänken.



Figur 17 Profil alternativ Olskroken – Sävenäs.

5 Restriktioner och influensområde

Målsättningen är att i möjligaste mån begränsa skadliga följdverkningar av en grundvattensänkning. Denna målsättning måste beaktas under kommande skeden samt vid projekteringsarbetet. Även vid kommande ansökan för vattenverksamhet måste detta krav beaktas. Angivna täthetsnivåer skall i huvudsak vara möjliga att uppnå med användande av i huvudsak traditionella drivnings- och tätningsmetoder. Det pågår forskning på nya tätningsmedel vars resultat förhoppningsvis kan användas. På vissa sträckor kan det bli nödvändigt med speciella tätningsåtgärder för att undvika skadlig påverkan.

Även funktionskraven i tunnarna innebär att inläckaget behöver begränsas. Detta gäller speciellt för stationerna.

Täthetskraven för bergtunnarna redovisas som läckagevärden uttryckta som årsgenomsnittliga riktvärden [l/min per 100 m tunnel] för längre sträckor (samtliga tunneldelar inom ett avsnitt). Angivna värden är nettovärden, det vill säga exkluderar vatten som härrör från närliggande skyddsinfiltration. Riktvärdet innefattar ej heller vatten som i princip inte medför någon skadlig påverkan, till exempel större flöden i samband med kraftiga regn och tö.

Följande riktvärden har preliminärt ansatts för bergtunnarna:

- Högsta täthetskrav:
2 l/min per 100 m tunnel
- Höga täthetskrav:
4 l/min per 100 m tunnel
- Mindre höga täthetskrav:
5 l/min per 100 m tunnel

För betongtunnelavsnitt redovisas inga riktvärden. Generellt gäller för betongkonstruktionerna att det grundvatten som läcker in genom tätkonstruktioner (byggskede) och via otäta anslutningar i berg (driftskede) måste fullt ut kompenseras med skyddsinfiltration. Stora flöden skall undvikas för att inte ge upphov till jorderosion (silt) och täthetsproblem.

Betongtunnarna byggs i mycket känsliga områden och för att undvika skador under såväl

byggskede som driftskede anges följande restriktioner:

- För betongtunnarna gäller att högsta möjliga täthet skall eftersträvas, samt att en omfattande skyddsinfiltration skall förutsättas.
- För undvikande av bottenuppträckning blir det sannolikt nödvändigt att sänka grundvattentrycket i undre friktionsjordlager där betongtunnarna ansluter till berg. För att undvika omfattande grundvattenpåverkan krävs robusta tätkonstruktioner och sannolikt skyddsinfiltration.
- Dränering längs betongtunnlar måste undvikas längs sträckan och anslutning mellan betongtunnel och berg måste ha hög täthet.

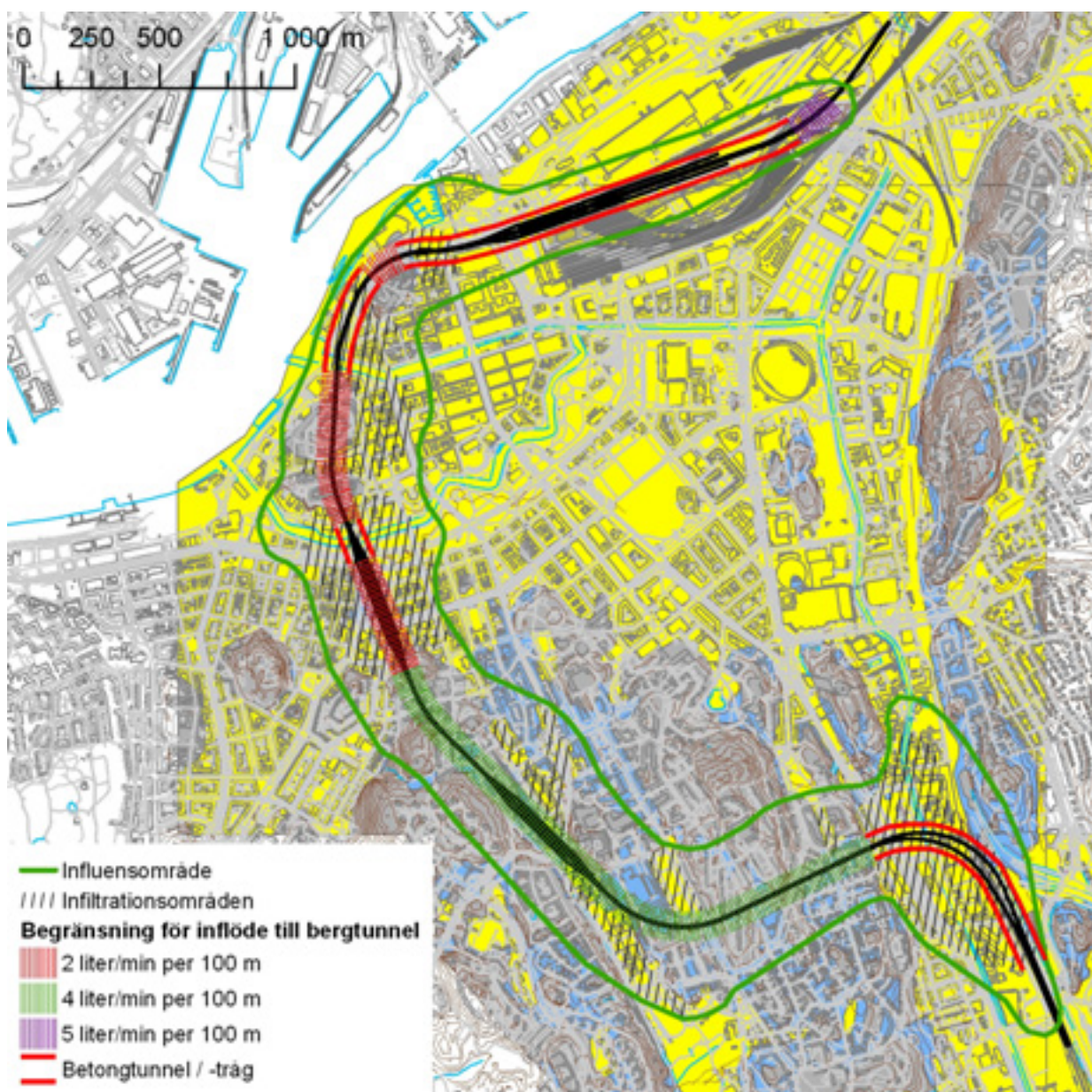
Vid upprättande av influensområde har används de beräkningsmodeller som nämns i kapitel 3. Vidare har erfarenheter från tidigare tunnelarbeten används för att uppnå rimlighet i influensområdets utsträckning. Områdets utsträckning bedöms vara konservativt, det vill säga verklig influens kommer sannolikt att understiga redovisade områden. I vissa områden kommer att krävas infiltration.

Alternativ Haga – Chalmers via Älvstranden

För undvikande av skador ansätts högsta täthetskrav för sträckans bergtunnlar norr om Station Haga, det vill säga 2 l/min per 100 m tunnel. För resterande sträcka mot Almedal har kravet satts till 4 l/min per 100 m tunnel (Figur 18). Kraftigare vattenförande zoner finns i området, vilka måste lokaliseras och karakteriseras hydrauliskt som underlag för projekteringsarbetet och tillståndsprocessen. Det gäller speciellt vid passage av Rosenlundskanalen, söder om Hagakyrkan och vid Station Chalmers.

Uppfyllda angivna restriktioner predikteras ett

influensområde med en utbredning som framgår av Figur 18. Influensområdets utsträckning förutsätter skyddsinfiltration i samtliga påverkade lerområden under byggskedet, samt under driftskedet vid Kvarnberget, Kungshöjd och Rosenlundskanalen samt på båda sidor om berget vid Hagakyrkan.

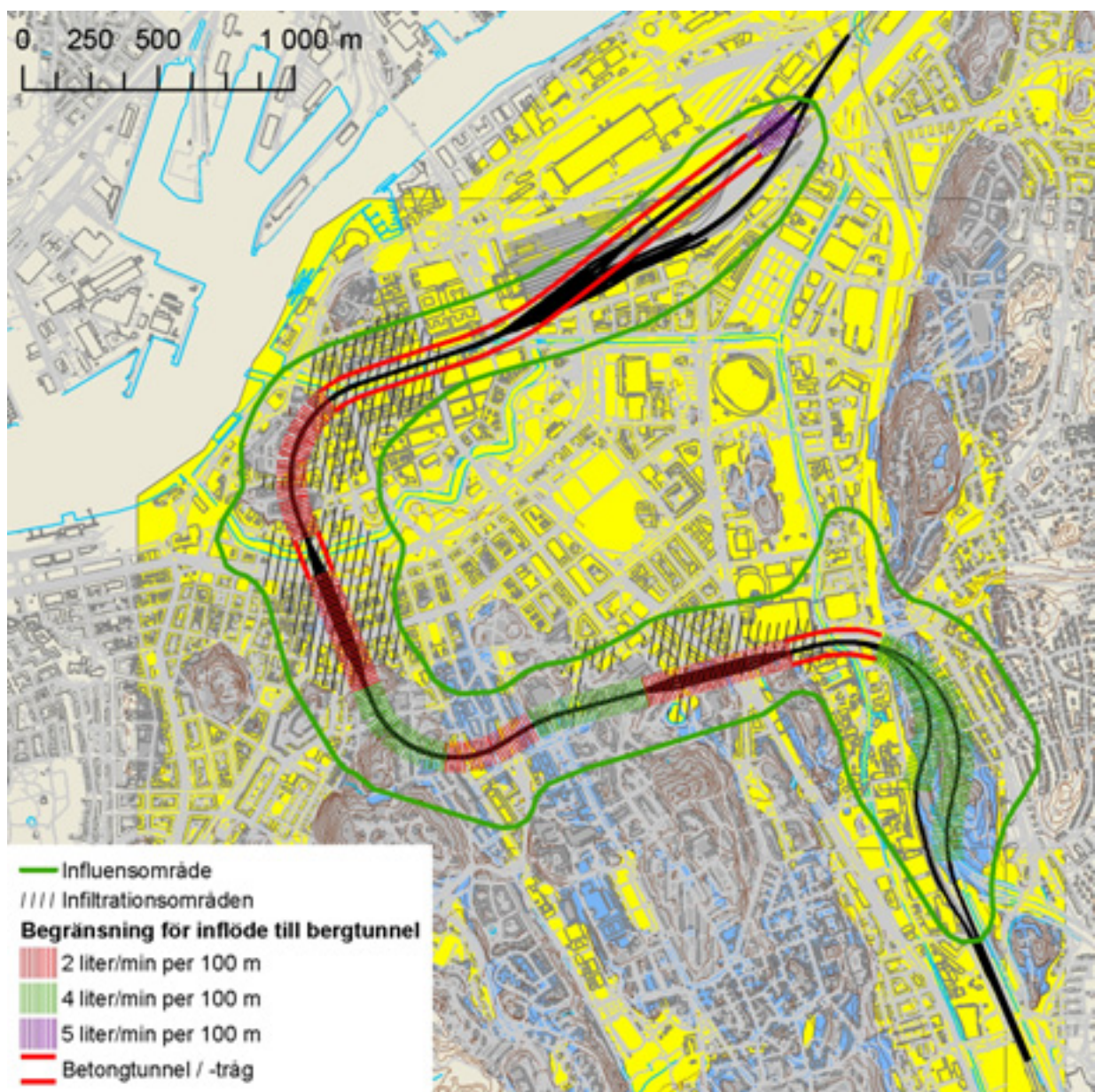


Figur 18 Preliminärt influensområde för alternativ Haga – Chalmers via Älvstranden.

Alternativ Haga – Korsvägen via Stora Hamnkanalen

För undvikande av skador ansätts högsta täthetskrav för sträckans bergtunnlar, det vill säga 2 l/min per 100 m tunnel, förutom avsnitt norr om Guldheden, söder om Vasastaden och öster om Mölndalsåns dalgång, där kravet satts till 4 l/min per 100 m tunnel (Figur 19). Kraftigare vattenförande zoner finns i området, vilka måste lokaliseras och karakteriseras hydrauliskt som underlag för projekteringsarbetet och tillståndsprocessen. Det gäller speciellt vid passage av Rosenlundskanalen, söder om Hagakyrkan, Landala och vid Station Korsvägen.

Uppfylls angivna restriktioner predikteras ett influensområde med en utbredning som framgår av Figur 19. Influensområdets utsträckning förutsätter skyddsinfiltration i samtliga påverkade lerområden under byggskedet, samt under driftskedet vid Kvarnberget, Kungshöjd och Rosenlundskanalen samt mellan Södra vägen och Örgrytemotet.

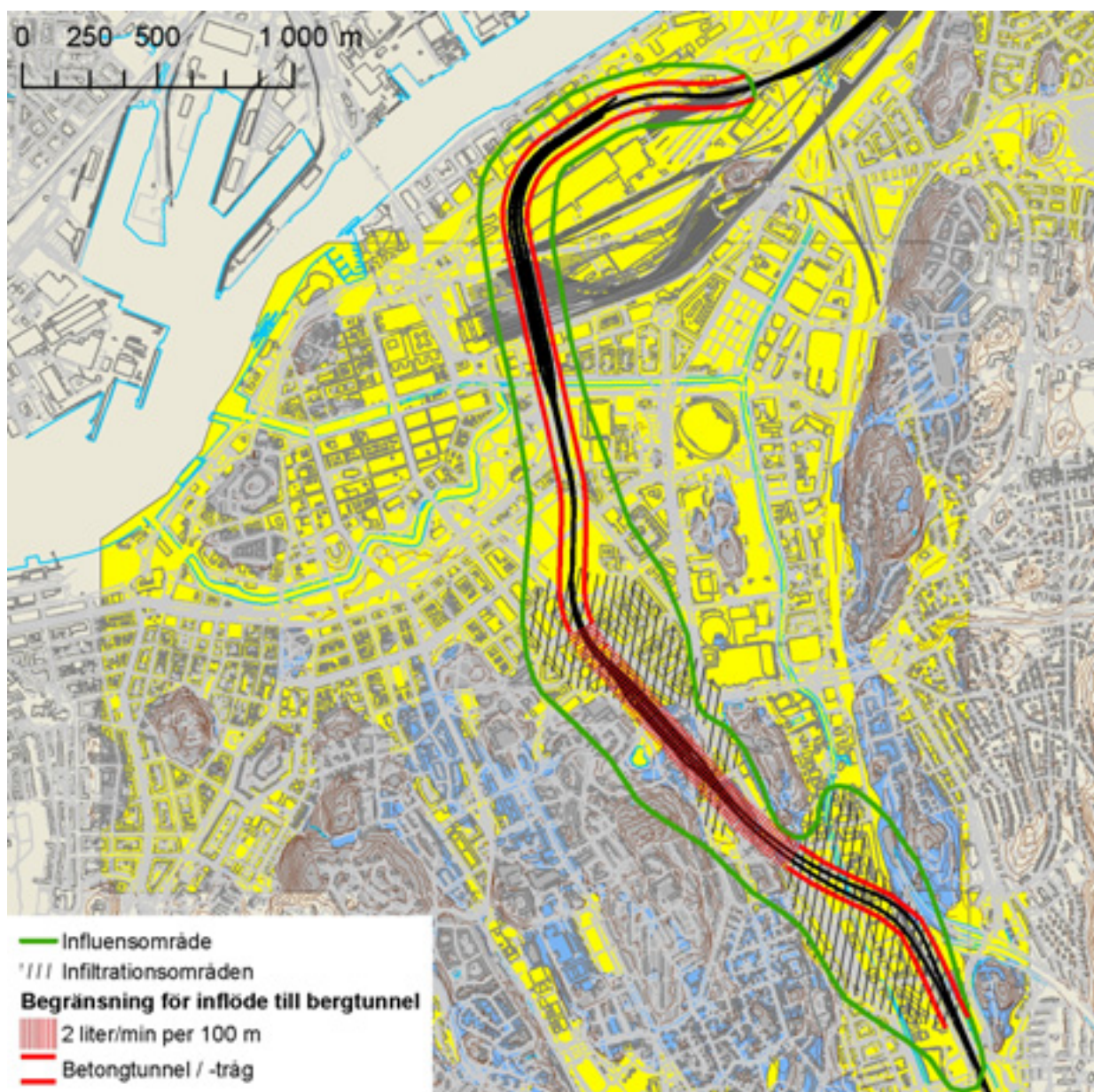


Figur 19 Preliminärt influensområde för alternativ Haga – Korsvägen via Stora Hamnkanalen.

Alternativ Korsvägen via Johannebergsgatan

För undvikande av skador ansätts högsta täthetskrav för sträckans bergtunnlar, det vill säga 2 l/min per 100 m tunnel (Figur 20). Kraftigt vattenförande zoner kan medföra omfattande tätningsinsatser.

Uppfylles angivna restriktioner predikteras ett influensområde med en utbredning som framgår av Figur 20. Influensområdets utsträckning förutsätter skyddsinfiltration i samtliga påverkade lerområden under byggskedet, samt under driftskedet i området mellan Heden och Liseberg södra.



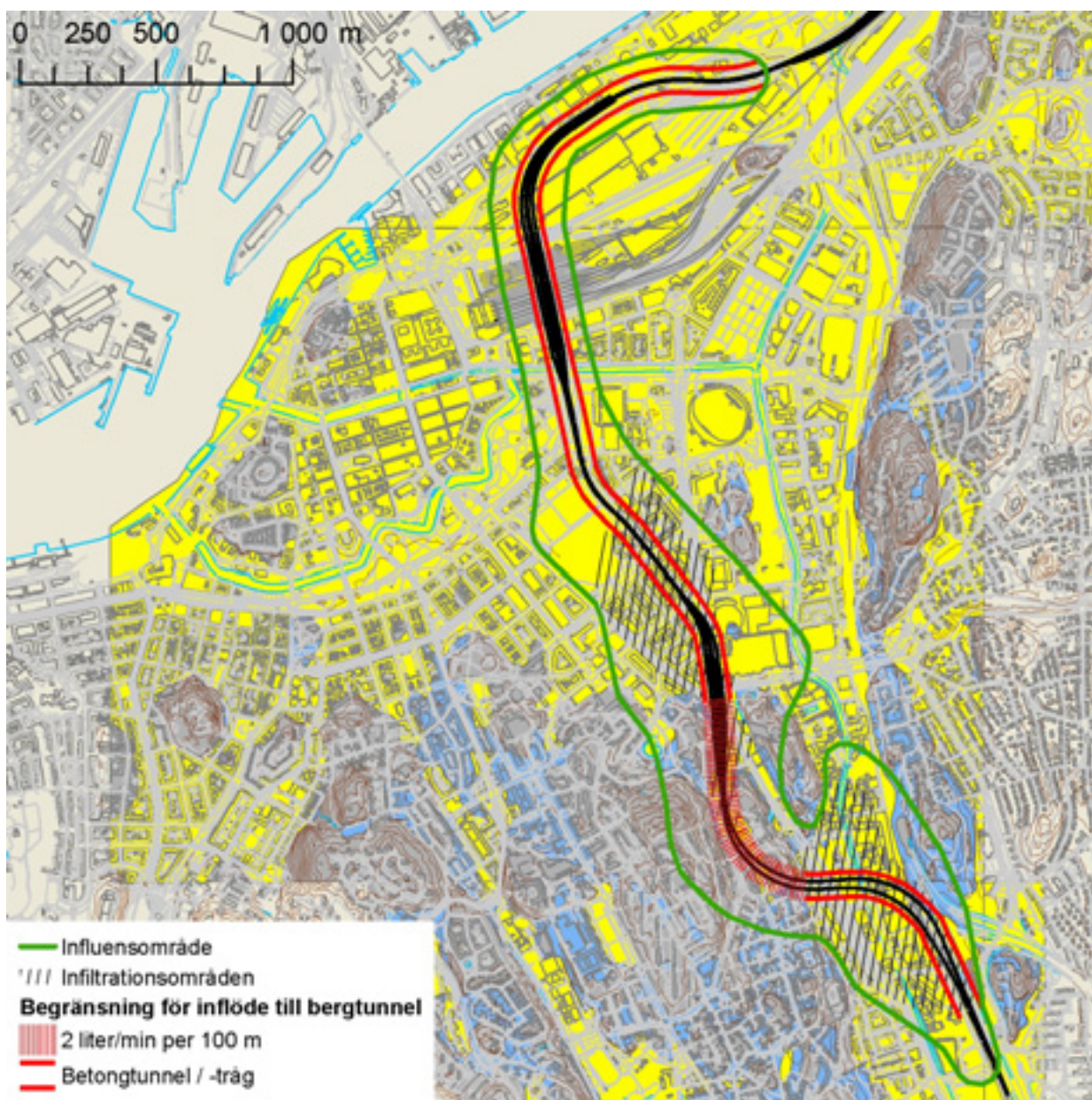
Figur 20 Preliminärt influensområde för alternativ Korsvägen via Johannebergsgatan

Alternativ Korsvägen via Skånegatan

För undvikande av skador ansätts högsta täthetskrav för sträckans bergtunnlar, det vill säga 2 l/min per 100 m tunnel (Figur 21). Kraftigt vattenförande zoner kan medföra omfattande tätningsinsatser.

Uppfylls angivna restriktioner predikteras ett influensområde med en utbredning som framgår av Figur 21. Influensområdets utsträckning förutsätter skyddsinfiltration i samtliga påverkade lerområden under byggskedet, samt under driftskedet i området mellan Heden och Korsvägen.

Möjligheten att använda TBM för betongtunneln har undersökts. Metoden bedöms medföra ökad risk för grundvattenpåverkan längs sträckor där tunneln ligger nära friktionsjord på berg och nära bergöverytan.



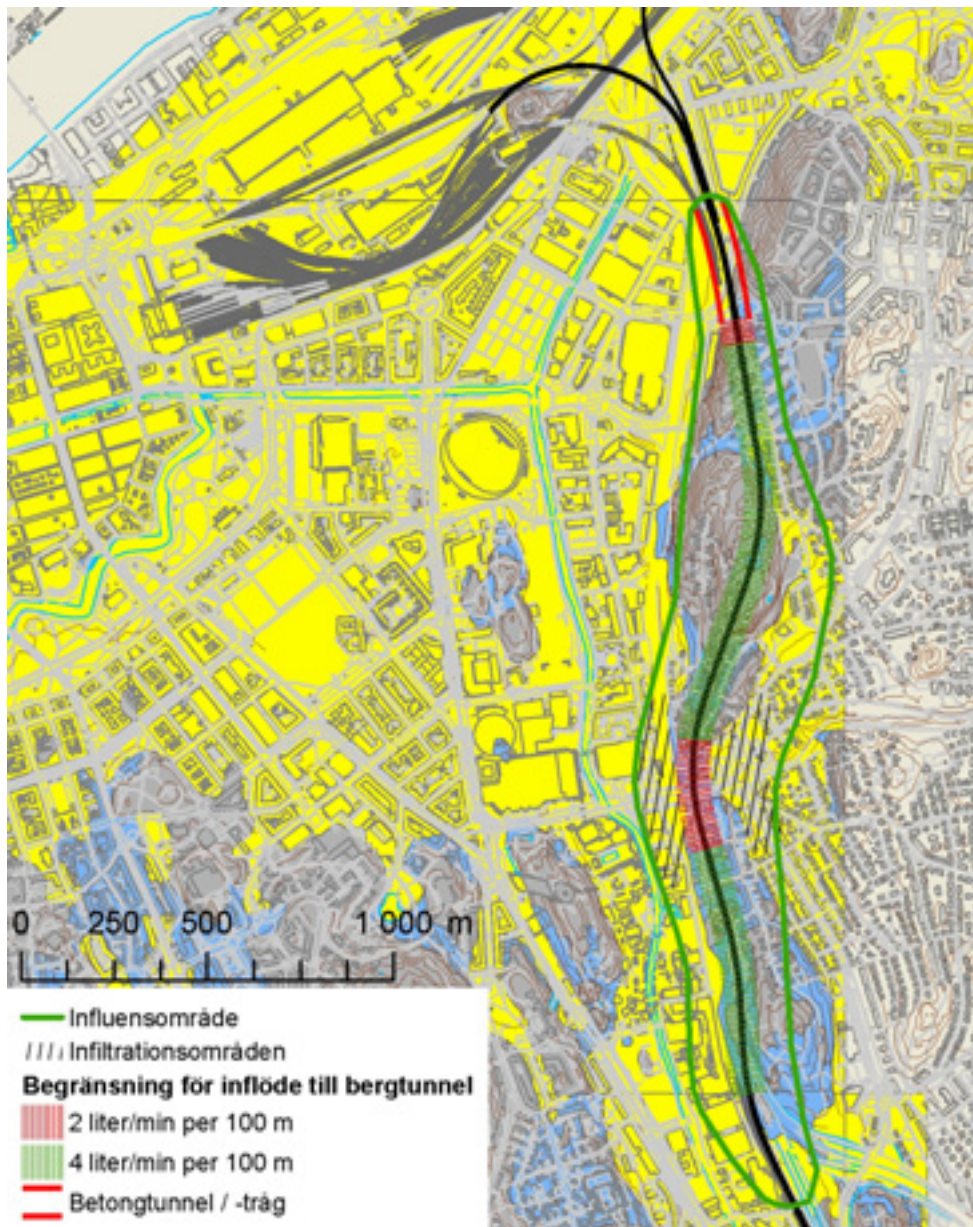
Figur 21 Preliminärt influensområden för alternativ Korsvägen via Sten Sturegatan

Förstärkningsalternativet

förutom möjligen vid Örgrytemotets östra del.

För undvikande av skador ansätts högsta täthetskrav för bergtunneln vid passage av sänkan sydväst om Örgryte kyrka, det vill säga 2 l/min per 100 m tunnel (Figur 22). För övriga sträckor ansätts värdet 4 l/min per 100 m tunnel. Kraftigare vattenförande zoner finns sannolikt, vilket lokalt innebär utökade tätningsinsatser. Speciellt måste beaktas att tunneln i stort går parallellt med dominerande förskiffring.

Uppfylls angivna restriktioner predikteras ett influensområde med en utbredning som framgår av Figur 22. Influensområdets utsträckning förutsätter ingen permanent skyddsinfiltration,



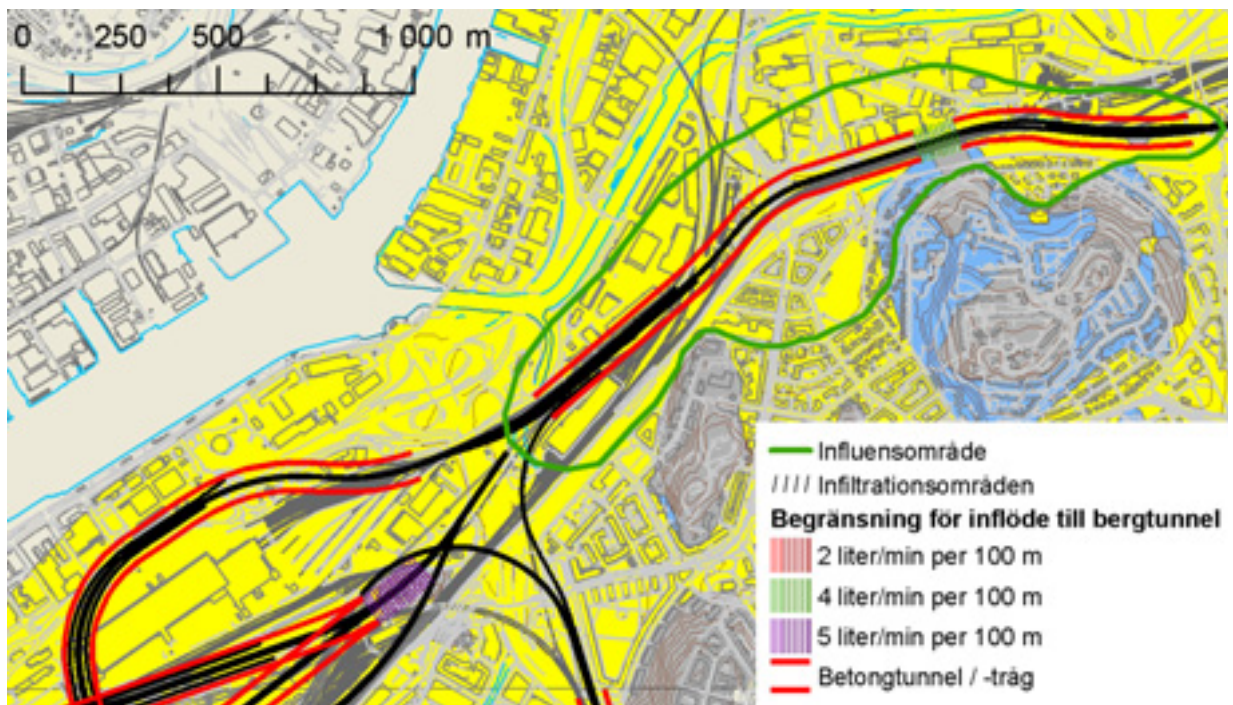
Figur 22 Preliminärt influensområde för Förstärkningsalternativet

Alternativ Haga – Korsvägen och Haga – Chalmers, delen Sävenäs - Olskroken

Influensområdet har bedömts för tunnelalternativet. Alternativen på mark eller bro ger små grundvatteneffekter.

Helt dominerande för influensområdets utbredning är betongtunnelns utformning. Det krävs speciella åtgärder för att reducera påverkan och skyddsinfiltration bör vidtas endast i de fall åtgärderna inte visar sig tillfredsställande.

Det influensområde som redovisas i Figur 23 förutsätter åtgärder i form av skyddsinfiltration i angränsande lerområden.



Figur 23 Preliminärt influensområde för alternativ Haga – Korsvägen och Haga Chalmers, delen Sävenäs - Olskroken

6 Skyddsåtgärder

I första hand kommer direkta åtgärder vidtas för att minska risken för skadlig grundvattenpåverkan. Detta åstadkoms med god byggteknik. Slitsmurar och användning av stämp i stället för bakåtförankrade konstruktioner är exempel på sådan god byggteknik.

En permanent påverkan innebär vanligtvis extra underhållsinsatser vilka skall undvikas. Om en bestående grundvattenpåverkan trots allt uppstår, kommer skyddsåtgärder att vidtas för upprätthållande av erforderlig grundvattennivå.

Följande åtgärder kan listas:

- Reducering av inläckande grundvatten genom tätningar under arbetets gång, främst i form olika tätkonstruktioner och tätningsåtgärder
- Upprätthållande av grundvattennivåer med tätskärmar utanför betongkonstruktioner
- Beredskap för eventuella infiltrationsåtgärder. Infiltrationen kan vara tillfällig, under tiden tätningsarbeten utförs, eller permanent om det visar sig att nödvändig täthet inte kunde uppnås
- Invallning av byggnader som är beroende av en oförändrad övre grundvattennivå, eventuellt tillsammans med infiltration.

För att undvika skador på naturvärden kan det bli aktuellt med:

- Invallning av träd och buskar
- Stödbevattning

För att undvika skador på grund av dämning kan det bli aktuellt med:

- Överpumpning av vatten under byggske
- Permanenta strömningsvägar anordnas för driftskedet.

7 Jämförelse av alternativ samt måluppfyllelse

Utgående från de konsekvenser och behov av skyddsåtgärder som redovisats i denna rapport har en jämförelse mellan olika utredningsalternativ utförts. Jämförelsen har i första hand syftat till att belysa i vilken omfattning olika skyddsobjekt berörs. Jämförelsen är kvantitativ, där antalet skyddsobjekt framgår, alternativt tunnellängd (km).

Följande sträckningsalternativ har bedömts:

0. Nollalternativet
1. Haga – Korsvägen via Älvstranden
2. Haga – Korsvägen via Stora Hamnkanalen
3. Haga – Chalmers via Älvstranden
4. Haga – Chalmers via Stora Hamnkanalen
5. Korsvägen via Johannebergsgatan
6. Korsvägen via Skånegatan
7. Förstärkningsalternativet

Alternativet Olskroken – Sävenäs ingår i samtliga utredningsalternativ med undantag för Förstärkningsalternativet. Alternativet är sålunda inte alternativskiljande och omfattas inte av denna jämförelse.

Nollalternativet innebär att ingen järnvägsutbyggnad görs. Därmed utförs inget arbete under grundvattennivån, och därmed föreligger inga av de risker som utreds i denna PM.

Nollalternativet innebär att inga schaktarbeten i jord kommer att genomföras. Därmed kommer befintliga markföroreningar sannolikt att finnas kvar under lång tid framåt, och grundvattnet kan komma att påverkas på sikt. Vid byggande av Västlänken skulle vissa markföroreningar omhändertas.

En jämförande sammanställning visas i Figur 24.

Utgående från utredda grundvattenfrågor görs bedömningen att de olika alternativen kan ordnas i nedanstående prioritering, med det alternativ som ger minst påverkan överst och störst påverkan nederst. Alternativen anges i tre prioriteringsgrupper. Ingen prioritering är gjord inom varje grupp.

- 1) Nollalternativet
Förstärkningsalternativet
- 2) Haga – Chalmers via Älvstranden
Haga – Korsvägen via Älvstranden
Korsvägen via Johannebergsgatan
- 3) Haga – Korsvägen via Stora Hamnkanalen
Haga – Chalmers via Stora Hamnkanalen
Korsvägen via Skånegatan

	Alternativ							
Skyddsobjekt	N	H-K via Ä	H-K via SH	H-C via Ä	H-C via SH	K via J	K via SS	F
Grundvattenberoende grundläggning	0,0 km	2,2 km	2,5 km	1,4 km	1,7 km	1,6 km	1,6 km	0 km
Park- och naturvärden	0 st	Hagakyrkan Korsvägen Liseberg	Hagakyrkan Korsvägen Liseberg	Hagakyrkan	Hagakyrkan	Trädgårdsföreningen	Trädgårdsföreningen Korsvägen	Lövträdbestånd
Föroreningar	Ingen sanering	Flertal äldre 8 befintliga	Flertal äldre 12 befintliga	Några äldre 6 befintliga	Några äldre 10 befintliga	Flertal äldre 10 st	Fåtal äldre	Fåtal äldre 5 befintliga
Bergvärme	0 st	5 – 6 st	5 – 6 st	4 – 5 st	4 – 5 st	Saknas	2 – 3 st	2 – 3 st

Figur 24 Jämförelse mellan olika alternativ. Grundvattenberoende grundläggning avser områden där sättningar kan uppkomma.

Den största risken i samband med grundvattenpåverkan bedöms vara betongtunnlarna längs Stora Hamnkanalen och Skånegatan, samt bergtunnelpåslag vid Lilla torget, Hagakyrkan och Korsvägen. Även passagen av Yxhugget och Otterhällan innebär betydande risk för påverkan.

I kapitel 1.2 redogjordes för uppställda mål för Västlänken. Genomförd utredning visar att målen bör kunna uppfyllas förutsatt följande förutsättningar:

- att Västlänken byggs enligt de tekniska lösningar som presenterats
- att uppställda krav kan innehållas
- att redovisade skyddsåtgärder vidtas

8 Fortsatt arbete under järnvägsplaneskedet

projektering samt uppföljning under bygg- och driftskede.

Föreliggande rapport har i huvudsak baserats på befintligt geohydrologiskt underlag. Endast få kompletterande undersökningar har utförts i syfte att öka kunskapen om grundvattenförhållandena i området. Brister i det geohydrologiska underlaget gör till viss del prognoser osäkra och att föreslagna restriktioner och åtgärder kan bli onödigt omfattande och kostsamma. Nedan lämnas förslag på kompletterande undersökningar för det fortsatta arbetet. Det förutsätts att endast ett alternativ utreds.

- hydrauliska utredningar och tester för att undersöka undre friktionsjordlagrets geohydrologiska förhållanden i de av följande områden som berörs: Nordstan, Lilla Bommen, Stora Hamnkanalen, Rosenlundskanalen, Hagakyrkan, Heden – Korsvägen och Mölndalsåns dalgång.
- borrhning för att verifiera eller förkasta prognostiserade sprickzoner i berg, samt hydrauliska tester i påträffade zoner inom följande områden: Vasagatan, Sven Hultins gata, Södra vägen samt i anslutning till tunnelpåslag i berg.
- sättningsutredningar för att klarlägga vilken grundvattensänkning som kan accepteras, kortsiktigt och långsiktigt
- undersöka infiltrationsförmågan i känsliga områden
- undersöka områden med mäktiga siltlager i anslutning till kraftigt vattenförande jordar eller zoner i berg
- undersöka förekomst och hydrauliska egenskaper av vattenförande sprickzoner, främst i sprickdalar och i anslutning till bergtunnelpåslag.
- undersöka värdefulla naturområden med avseende på känslighet för grundvattensänkning samt möjlighet till skyddsåtgärder.
- på tidigt stadium komplettera med nya observationspunkter i jord för kontroll av grundvattennivåer. Kommer att vara ett viktigt underlag för miljöprövning,

9 Källförteckning

9.1 Medverkande

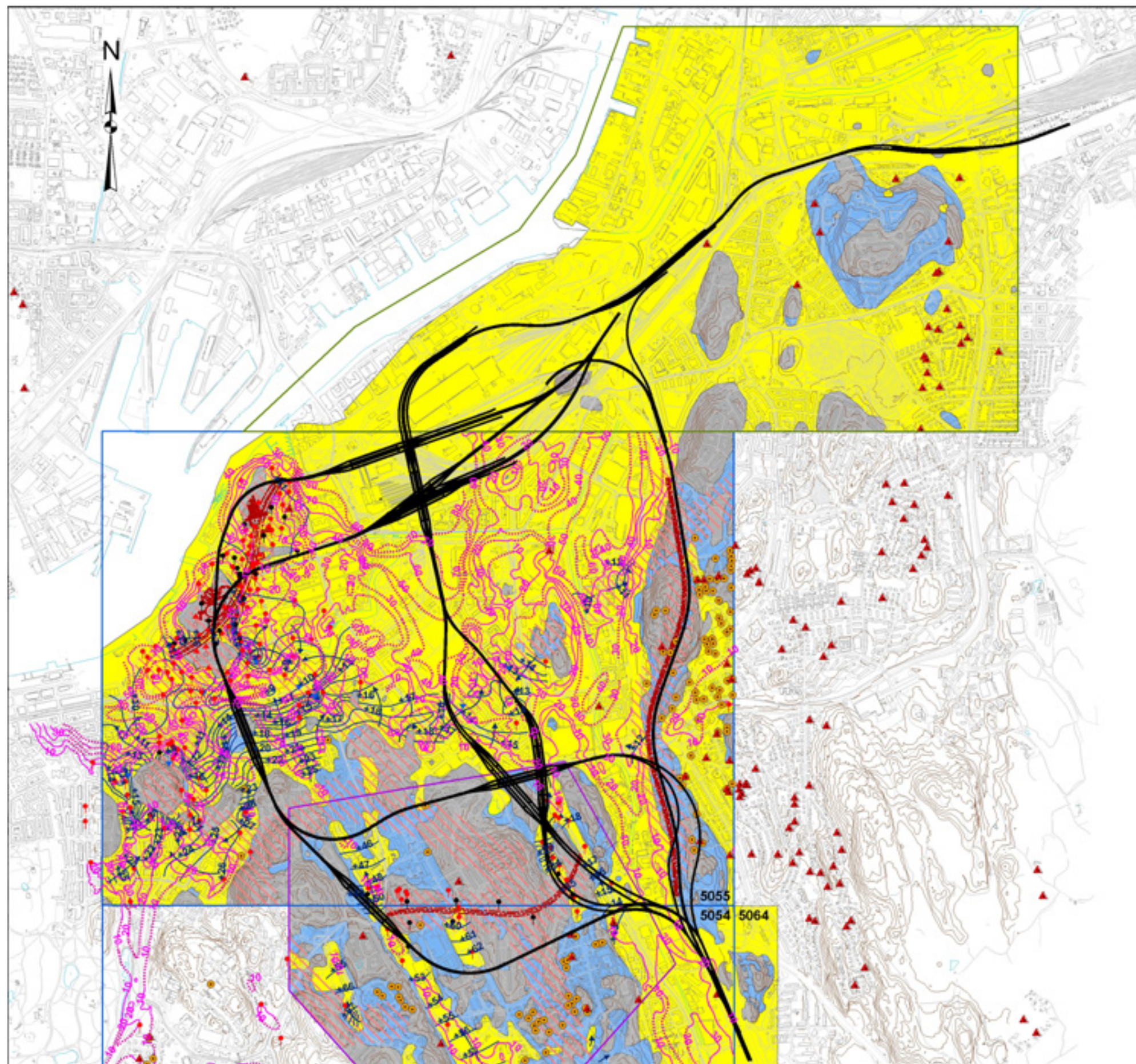
Vid framtagande av denna rapport har medverkat Ulf Sundqvist, Anders Anger och Jakob Svensson, samtliga vid Aqualog AB. Synpunkter på innehåll och upplägg har erhållits från Banverket samt av Anna Samuelsson och Lenart Svensson vid WSP.

9.2 Referenslista

- Aqualog AB. *PM – Provpumpning Liseberg*. 2005-09-02. Del av Järnvägsutredning Västlänken
- Banverket. *PM – Geoteknisk, geohydrologisk och bergteknisk arkivborrning (aktivitet 33)*. 2004-11-16. Del av Järnvägsutredning Västlänken
- Gatubolaget. Grundvattennivådata för utvalda observationspunkter. Driftsdata för utvalda infiltrationspunkter
- Gatubolaget. Grundvattennivåer i området runt Götatunneln, personlig kommunikation med Roger Oskarsson
- Gatubolaget. *Grundvattennivåkarta*, interpolerad data från långtidsmonitoring i grundvattenrör. Skala 1:4000
- Gatubolaget. Tolkad lerdjupskarta
- Lång, L.-O., opubl.: *Beskrivning till kartan över Grundvattentillgångar i Göteborgs kommun*, SGU ser An18
- SGU. *Berggrundskarta över Göteborgs kommun*, Specialkarta Ba 59, ISSN 0373-2657
- SGU. *Jordartskartan 7A Marstrand SO/7B Göteborg SV*. Ae nr 72
- SGU. Jordlagerföljd i sonderingspunkter ur databas sammanställd i Göteborgsprojektet.
- Stadsbyggnadskontoret. *Geokarta, kartblad 5054, 5055 och 5064*. Handritade kartor sammanställda av Lars-Gunnar Hellgren. Originalskala 1:4000
- Stadsbyggnadskontoret. *Fastighetskarta med 5-meters höjdkurvor*
- Stadsbyggnadskontoret. Befintliga berganläggningar, sammanställt på *Geokarta, kartblad 5055*
- TeliaSonera. Sammanställning av inläckage av grundvatten till teletunnlar
- Trafikkontoret. *Ansökan om tillstånd enligt vattenlagen. Kringen, Tunnel, Södra vägen – Chalmers*. 1998-12-16

Trafikkontoret. Geohydrologisk karta ingående i *"Ansökan om tillstånd enligt miljöbalken Miljöprovning Kringen – Chalmerstunneln"*

Vägverket. Översikt av externa kontrollpunkter i befintliga anläggningar för vattenflöden och vattenkvalitet, Bilaga 1 i *"Ansökan om tillstånd enligt miljöbalken Miljöprovning Väg 45, Götatunneln"*



KOORDINATSYSTEM

PLAN: GÖTEBORGS LOKALA
HÖJD: RH70 +10,07 METER

BETECKNINGAR

- Grundvattenrör - jord undre magasin
- Grundvattenrör - berg
- GV-bortledning/pumpbrunn
- Infiltrationsbrunn
- Brunnar ur SGU:s brunnarkiv
- Energibrunnar (miljöförvaltningen)
- GV-nivå 1m ekv. (tolkad)
- GV-flödesriktning
- Topografi 5m ekv.
- Sträckningsalternativ - spårmit
- Befintliga tunnlar och undermarksanläggningar

Geologiskt underlag

- Lerdjup
- osäkert läge
- säkert läge
- Lera
- Friktionsjord
- Yttnära berg
- Chalmerstunnelkarta avgränsning
- Kartblad Stadsbyggnadskontoret
- Källa jordartskarta SGU, avgränsning
- /// Område med GV-påverkan

Anmärkning:
Grundvattenrör, GV-bortledning, Infiltrationsbrunnar samt områden med grundvattenpåverkan har endast inventerats inom området för kartblad från Stadsbyggnadskontoret.

Aqualog AB Jerntorget 3 41304 Göteborg Tel: 031-7754550 Fax: 031-7754559 www.aqualog.se			
Projektnamn: Gränslös handläggare JS/OG US Godkänd: 2005-02-19	Uppdragsnummer: 04011		
WSP Geoteknik Rubensgränd 5 415 26 Göteborg Tel: 031-727 25 00 Fax: 031-727 25 01 www.wspgruppen.se			
Projektnamn: Gränslös handläggare T. Olsson	Uppdragsnummer: 10049795	BET	ART
Godkänd: 2005-02-19		JÄRNVÄGSUTREDNING	
BANVERKET VÄSTRA BANREGIONEN BOX 916, 402 21 GÖTEBORGS TEL: 031 82328 FAX: 031 82321		VÄSTLÄNKEN Geohydrologisk karta	
DATUM	RTAD	ANMÄRKNINGAR	SPRÅKAD
FASTTÄLID	SKALA	NUMMER	REG
	1:5000	G-11.001	

