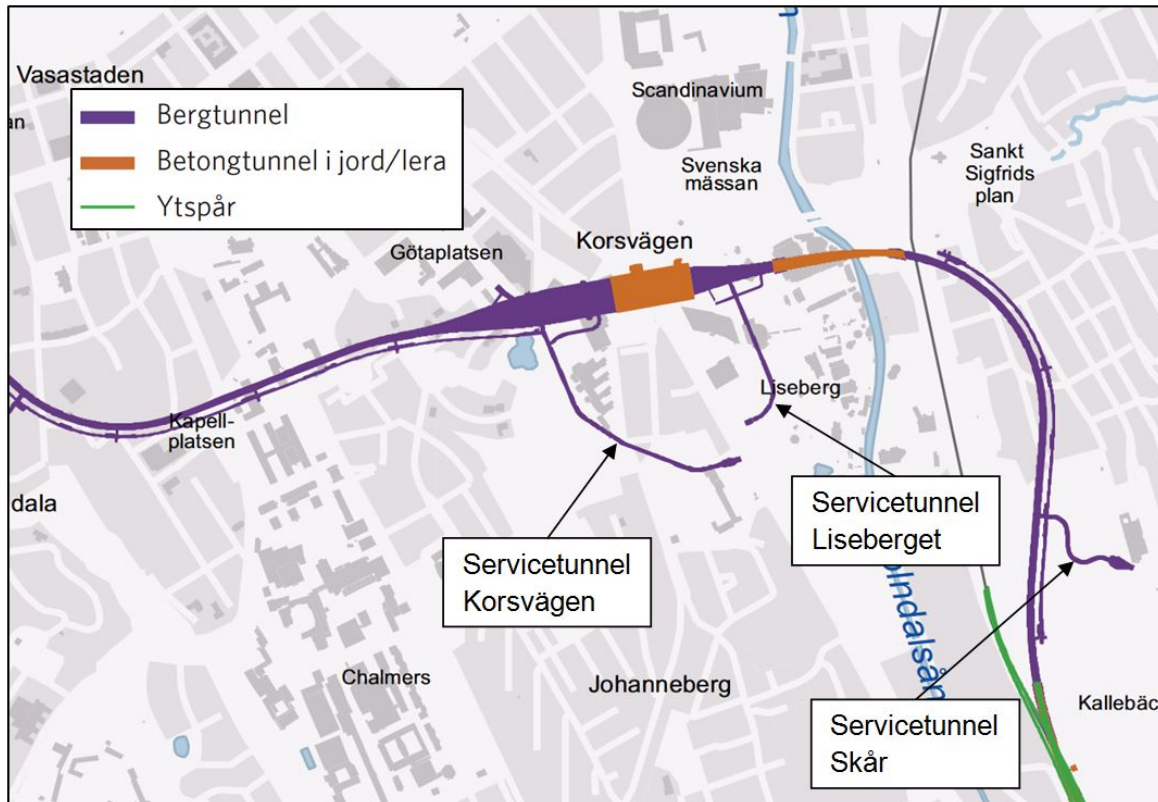




Masshantering i projekt Västlänken

Effektiv hantering av bergmassor ur ett hållbarhetsperspektiv
Kandidatarbete inom civilingenjörsprogrammet Väg- och vattenbyggnad

NASKA ABBASSI
JESPER ERIKSSON
HANNA LUNDBORG

Masshantering i projekt Västlänken
Effektiv hantering av bergmassor ur ett hållbarhetsperspektiv
Kandidatarbete inom civilingenjörsprogrammet Väg- och vattenbyggnad

NASKA ABBASSI
JESPER ERIKSSON
HANNA LUNDBORG

© Naska Abbassi, Jesper Eriksson, Hanna Lundborg, 2016

Institutionen för bygg- och miljöteknik
Chalmers tekniska högskola
SE/412 96 Göteborg
Sverige
Telefon: +46 (0)31-722 1000

Omslag: Översikt servicetunnlar, modifierad från (Trafikverket, 2014:d, s. 198).

Förord

Denna rapport är resultatet av ett kandidatarbete utfört under våren 2016 av tre studenter på civilingenjörsprogrammet Väg- och Vattenbyggnad på Chalmers tekniska högskola, institutionen för bygg- och miljöteknik.

Tack till följande personer som har bidragit till arbetet med rapporten:

Johan Bengtsson, samordnare av överskottsmassor hos Trafikverket, som bidragit med information om arbetet med Västlänkens överskottsmassor.

Fia Börjesson, fackspråk på Chalmers, som har hjälpt till med rapportens språk och struktur.

Lina Ganestam, arkivarie på Trafikverkets arkivcenter i Mölndal, som har hjälpt till med informationssökningen om referensobjekten.

Liza Nordfeldt, bibliotekarie på Chalmers bibliotek, som har hjälpt till med hanteringen av referenser i rapporten.

Claes Johansson, *Gunnar Lannér* och *Anders Markstedt*, handledare till projektet.

Göteborg, maj 2016

Masshantering i projekt Västlänken
Effektiv hantering av bergmassor ur ett hållbarhetsperspektiv

NASKA ABBASSI
JESPER ERIKSSON
HANNA LUNDBORG

Institutionen för bygg- och miljöteknik
Chalmers tekniska högskola

Sammanfattning

Västlänken är ett infrastrukturprojekt som ska underlätta kollektivresandet i Göteborgs stad. Projektet består av en dubbelspårig järnväg som kommer användas för pendel- och regionaltåg. Lokaliseringen av projektet medför att totalt fyra kilometer av tunneln kommer gå i berg vilket omfattar cirka 1 710 000 m³ bergmassor. En stor utmaning i projektet Västlänken är masstransporterna eftersom dessa kan bidra till stora kostnader och negativ påverkan på boendemiljön och miljön.

Rapporten fokuserar på effektiviseringen av masstransporter och användningen av bergmassorna från tre servicetunnlar i projektet: Korsvägen, Liseberget och Skår. Genom olika typer av litteraturstudier, intervjuer och studiebesök undersöks hanteringen av bergmassor i Västlänken och tre olika förslag på mottagningsplatser studeras. Förslag 1 går ut på att sälja bergmassorna till krossanläggningar, förslag 2 innebär försäljning av massorna till Göteborgs Hamn och förslag 3 behandlar återanvändning av massorna inom Trafikverket. Jämförelsen av förslagen genomförs med hjälp av fyra kriterier: ekonomi, boendemiljö, miljö och risker.

Det mest fördelaktiga förslaget utifrån kriterierna blev förslag 3 som innefattar användning av bergmassorna i Trafikverkets andra anläggningsprojekt i närheten av Västlänken, exempelvis ombyggnation av E45. Att analysen av förslagen endast baseras på fyra kriterier kan betraktas som en brist. Det hade varit önskvärt att kunna analysera förslagen utifrån fler kriterier för att få en bättre helhetsbild av de alternativa masstransporterna. Studien utesluter aspekter som av- och pålastningstider för transporterna, kostnaderna för lastbilstransporterna och utsläppsmängden från transporterna.

På grund av att Västlänken är ett pågående projekt som i skrivande stund är i planeringsfasen uppdateras informationen ständigt. Detta tillsammans med svårigheten att få fram information om ämnet anses vara en ytterligare brist i rapporten. En stor del av informationen har dock hämtats från Trafikverkets hemsida och från mejlkommunikation med Johan Bengtsson. Bengtsson är samordnare för överskottsmassor i Västlänken vilket gör att informationen får anses som trovärdig, vidare blir då även resultatet av studien trovärdigt.

Nyckelord: Masshantering, masstransporter, Västlänken

Management of masses in The West Link Project
Effective management of rock masses from a sustainability perspective

NASKA ABBASSI
JESPER ERIKSSON
HANNA LUNDBORG

Department of Civil and Environmental Engineering
Chalmers University of Technology

Abstract

The West Link Project is an infrastructure project that will facilitate traveling with public transport in Gothenburg. The project is composed of a double-track railway and four kilometers of the tunnel will go through the bedrock which comprises about 1 710 000 m³ of rock materials. One of the biggest challenges in this project is the mass transports which may cause major costs, negative impacts on housing environment and on the environment.

The focus of the report is efficiency of mass transports and area of use of the rock masses from three service tunnels in the project: Korsvägen, Liseberget and Skår. Three different proposals on the handling of rock masses investigates by different types of literature studies, interviews and visits to knowledgeable people. Proposal number one is about selling the masses to crushing plants, the second proposal is about selling the masses to Port of Gothenburg and the third proposal is recycling the masses within Trafikverket, the Swedish Transport Administration. The proposals are compared to each other using four criterias: economy, housing environment, environment and risks.

The most advantageously proposal set by the criterias was the third proposal which is using the rock masses within Trafikverket and other construction projects nearby the West Link, for example the reconstruction of the road E45. The fact that the proposals are analyzed based on only four criterias could be a lack. To get a better overview of the alternative mass transports it would be desirable to analyze the proposals by more than four criterias. This study excludes aspects as the time it takes to load and unload the transports, the costs of the trucks and the amount of the emissions of the transports.

In the present situation the West Link is a project in the planning stage and the information about it is constantly updated. It is hard to get information about the subject, those two things together can be another lack in the report.

A bigger part of the information has been taken from the website of Trafikverket and by e-mail communication with Johan Bengtsson who is coordinator for surplus materials in the West Link. That is why the information still can be seen as credible; further the result is credible as well.

Keyword: Mass management, mass transport, The West Link Project

Innehållsförteckning

Förord	III
Sammanfattning	IV
Abstract	V
Innehållsförteckning.....	VI
1 Inledning.....	1
1.1 Bakgrund	1
1.1.1 Västlänken.....	1
1.2 Syfte.....	3
1.3 Avgränsningar	3
1.4 Metod.....	4
1.4.1 Litteraturstudie.....	4
1.4.2 Studiebesök	4
1.4.3 Förslag.....	5
1.4.4 Analys utifrån valda kriterier	5
2 Litteraturstudie om masshantering.....	6
2.1 Hantering av bergmassor	6
2.1.1 Bergarter i Göteborg	6
2.2 Teori om masstransporter	7
2.2.1 Bärighetsklasser	7
2.2.2 Lokala restriktioner i Göteborg.....	8
2.3 Masshantering i andra projekt	9
2.3.1 Citybanan, Stockholm.....	9
2.3.2 Citytunneln, Malmö	11
2.3.3 E4 Förbifart, Stockholm.....	11
2.3.4 Götatunneln, Göteborg.....	12
3 Nulägesanalys av masshanteringen i Västlänken.....	14
3.1 Geologiska förhållanden på platsen.....	14
3.2 Västlänkens tunneldrivning i berg.....	14
3.3 Arbetstunnlar och tunnelmynningar	14
3.4 Volymer på Västlänkens bergmassor	17
3.5 Trafikverkets planerade försäljning av bergmassorna.....	18
4 Kriterier för jämförelse av förslag.....	20
4.1 Kriterie 1: Ekonomi	20

4.2 Kriterie 2: Boendemiljö	20
4.3 Kriterie 3: Miljö.....	21
4.3.1 Klimatpåverkan.....	21
4.3.2 Luft.....	21
4.3.3 Vatten – grundvatten & ytvatten.....	21
4.4 Kriterie 4: Risker	21
5 Framtagna förslag för masshanteringen i Västlänken	22
5.1 Gemensamma förutsättningar för förslagen	22
5.1.1 Förutsättningar för mängden bergmassor	22
5.1.2 Förutsättningar för inkomst vid försäljning av bergmassor	22
5.1.3 Gemensamma val av transportvägar	23
5.1.4 Gemensamma val av transportfordon	24
5.2 Förslag 1: Försäljning till krossanläggningar	25
5.2.1 Analys ur ett ekonomiskt perspektiv i förslag 1	26
5.2.2 Analys ur ett boendemiljöperspektiv i förslag 1	26
5.2.3 Analys ur ett miljöperspektiv i förslag 1.....	26
5.2.4 Analys utifrån risker i förslag 1	26
5.3 Förslag 2: Försäljning till utbyggnad av Göteborgs Hamn	27
5.3.1 Analys ur ett ekonomiskt perspektiv i förslag 2	28
5.3.2 Analys ur ett boendemiljöperspektiv i förslag 2	28
5.3.3 Analys ur ett miljöperspektiv i förslag 2.....	28
5.3.4 Analys utifrån risker i förslag 2	29
5.3.5 Lämpligaste alternativet för masstransporter för förslag 2	29
5.4 Förslag 3: Användning av bergmassorna i Trafikverkets projekt i närheten.....	29
5.4.1 Analys ur ett ekonomiskt perspektiv i förslag 3	30
5.4.2 Analys ur ett boendemiljöperspektiv i förslag 3	30
5.4.3 Analys ur ett miljöperspektiv i förslag 3.....	30
5.4.4 Analys utifrån risker i förslag 3	30
6 Analys och jämförelse av förslagen	31
6.1 Analys ur ett ekonomiskt perspektiv	31
6.2 Analys ur ett boendemiljöperspektiv	31
6.3 Analys ur ett miljöperspektiv	31
6.4 Analys utifrån risker	31

6.5 Det mest effektiva förslaget.....	31
7 Diskussion	33
7.1 Diskussion om masshantering	33
7.2 Diskussion av resultatet och dess brister	33
7.3 Diskussion om tillförlitlighet och aktualitet hos källor	35
8 Slutsats	36
Källförteckning.....	37

Figurförteckning

Figur 1	Karta över Västlänkens utsträckning (Trafikverket, 2015:c).	2
Figur 2	Entreprenadindelningen för Projekt Västlänken (Brunnbäck, 2014, s. 17).	4
Figur 3	Delar ur kartan över olika bärighetsklasser i Göteborgs kommun (Trafikkontoret, 2007).....	8
Figur 4	Karta över området med längdrestriktioner i Göteborg (Göteborgs Stad, 2016:a). 9	
Figur 5	Karta över Citybanan i Stockholm (Trafikverket, 2015:a).	10
Figur 6	Karta över Citytunneln i Malmö, CC BY-SA 3.0 (Rjaber, 2009).	11
Figur 7	Karta över E4 Förbifart i Stockholm (Trafikverket, 2015:e).	12
Figur 8	Karta över Götatunneln, Göteborg, Modifierade från (Lantmäteriet, 2016).	13
Figur 9	Arbetsmoment vid tunneldrivningen (Trafikverket, 2014:b, s. 118).	14
Figur 10	Översikt servicetunnlar, modifierad från (Trafikverket, 2014:d, s. 198).	15
Figur 11	Servicetunnel Korsvägen och Servicetunnel Liseberget med transportvägar från tunnelmynningar modifierad från (Trafikverket, 2016:a, s. 51).	16
Figur 12	Servicetunnel Skår (Trafikverket, 2016:a, s. 54).	17
Figur 13	Delsträckor för beräknade volymer i tabell 1, modifierad från (Trafikverket, 2014:d, s. 198).	18
Figur 14	Karta över adresserna som används i förslagen, modifierad från (Lantmäteriet, 2016)	23

1 Inledning

Detta kapitel beskriver bakgrunden till rapporten, dess syfte, avgränsningar samt utförda metoder.

1.1 Bakgrund

I dagens samhälle är hållbarhet något som alltid är i fokus, såväl ur ett ekonomiskt perspektiv som ur ett miljömässigt. Biltrafiken är ett stort miljöproblem och för att få människor att minska bilanvändningen behöver kollektivtrafiken bli mer lättillgänglig och pålitlig. Befolkningen i Göteborgsområdet ökar, därför behövs det också bättre infrastruktur för att underlätta framkomligheten (Christiansson, 2012).

Västlänken är ett projekt som ska underlätta kollektivt resande och därmed öka antalet kollektivtrafikresor per invånare. En dubbelspårig järnväg för pendel- och regionaltåg ska anläggas i en tunnel under centrala Göteborg och tre nya stationer ska upprättas: Göteborgs central, Haga och Korsvägen. Två tredjedelar av tunneln kommer att gå i berg (Trafikverket, 2014:b, s. 10). Detta motsvarar ca 1 710 000 m³ bergmassor vilka behöver transporteras bort från arbetsplatsen och tas om hand (Hermansson, 2014, s. 5).

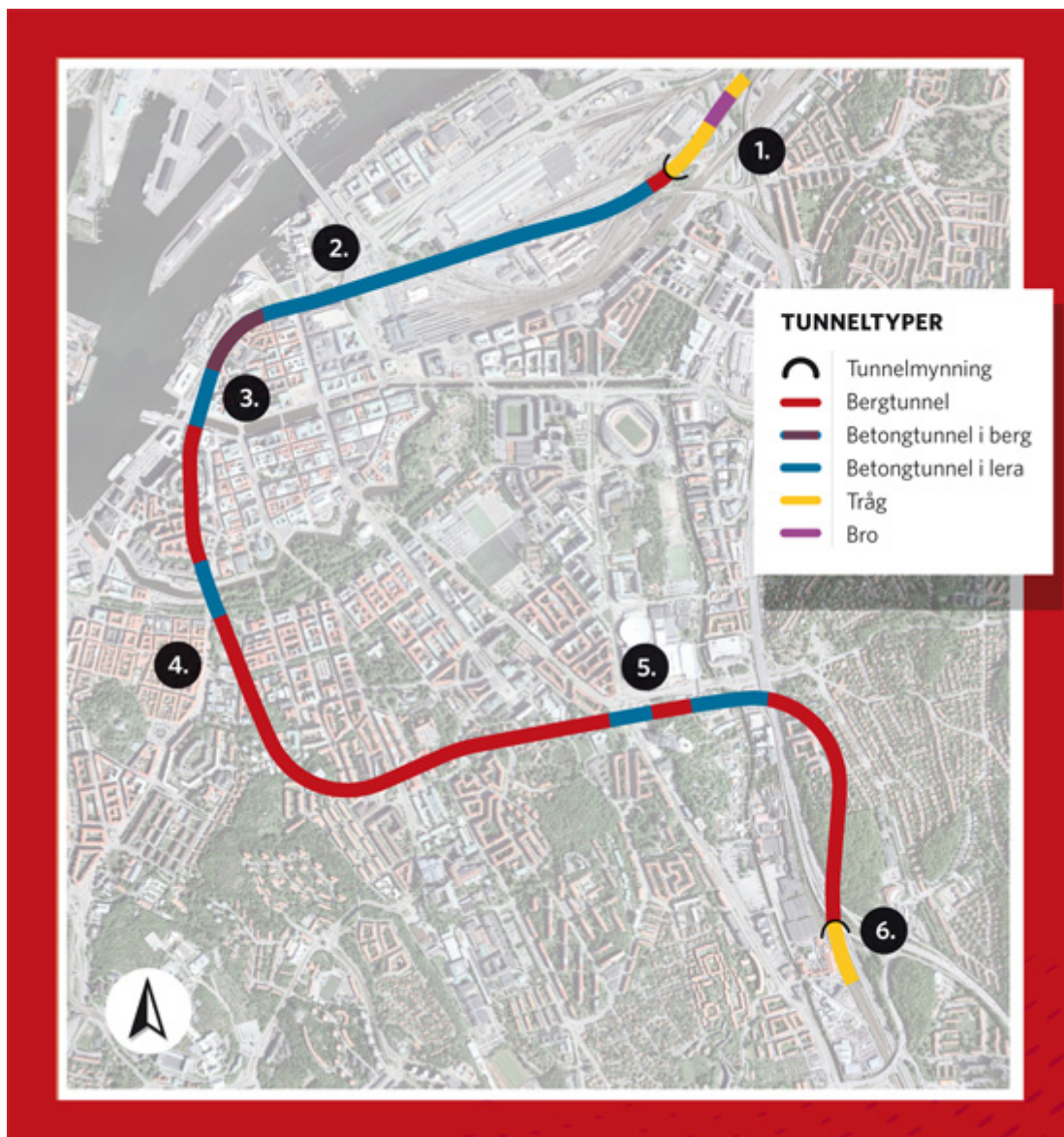
Masstransporterna utgör ungefär hälften av byggtrafiken (Hermansson, 2014, s. 20) och har en stor påverkan på miljön, ekonomin och boendemiljön i berörda områden. Boendemiljön påverkas av bullret och utsläppen från byggtrafiken, likaså miljön. Många gånger behöver masstransporterna ta en längre väg eller ett mindre fordon på grund av att vägen har för låg bärighetsklass (Transportstyrelsen, 2015, s. 4), detta gör att transporterna blir dyrare och utsläppen blir större.

1.1.1 Västlänken

I nuläget är Göteborgs central byggd på det sättet att alla tåg måste åka ut samma väg som de kom, med Västlänken kommer trycket på Göteborgs central och på kollektivtrafiken bli mindre. Tanken med Västlänken är att fler människor kan nå sina arbetsplatser inom rimlig pendlingstid och på så sätt minska biltrafiken och klimatpåverkan. Dessutom kommer resenärerna kunna resa med färre byten vilket gör resandet mer bekvämt och attraktivt. Västlänken kommer bli cirka åtta kilometer lång varav sex kilometer kommer gå i tunnel (Trafikverket, 2015:c).

Västlänken medför även byggnationen av tre nya underjordiska stationer. Station Centralen kommer byggas norr om den nuvarande centralstationen i Göteborg och kommer att ligga strax under marknivå. En ny knutpunkt, Station Haga, kommer anläggas cirka 25 meter under marknivå. Den sista stationen, Station Korsvägen, kommer anläggas i ett underjordiskt plan under Korsvägen, se figur 1. Målet när Station Korsvägen byggs är att knutpunkten Korsvägen ska kunna användas under tiden som Västlänken byggs (Trafikverket, 2014:h).

Här kommer Västlänken gå:



Figur 1 Karta över Västlänkens utsträckning (Trafikverket, 2015:c).

1. Startar strax öster om E6 i höjd med Olskroken och bergtunnel under Skansen Lejonet.
2. Tunneln fortsätter till Station Centralen.
3. Går över Götatunneln, rundar Kvarnberget och går under Stora Hamnkanalen.
4. Bergtunnel till Haga Kyrkoplan, Station Haga.
5. Station Korsvägen byggs i anslutning till den nuvarande knutpunkten Korsvägen.
6. Slutar vid Almedal där den ansluter till Västkustbanan och Kust till kust-banan.

Västlänkens tunnel kommer att gå i både lera och berg. Arbetet i leran kommer ske genom urschaktning för att sedan gjuta betongtunnlar. I berget kommer sprängning ske. Tunneln kommer gå fyra kilometer i berg och två kilometer i lera. Under hela byggtiden kommer arbetet följa Trafikverkets restriktioner för omgivningspåverkan. Dessa gäller bland annat buller, vibrationer, arbetstider och påverkan på grundvattnet (Trafikverket, 2015:c).

Vid byggnation av bland annat större infrastrukturprojekt kan det behövas ett tillåtighetsbeslut från regeringen. 2014 beslutade regeringen att tillåta att Västlänken byggs under följande sex villkor (Trafikverket, 2014:f):

1. Begränsa negativa konsekvenser för kulturmiljön.
2. Upprätta en masshanteringsplan.
3. Upprätta en plan för att begränsa energianvändning samt utsläpp av klimatpåverkande gaser och luftföroreningar.
4. Utarbeta riktlinjer för att minimera risken för översvämningar.
5. Upprätta ett kontrollprogram för skydd av ytvatten och grundvatten.
6. Utarbeta en plan för säkerhet så att självutrymning möjliggörs i tunneln (Trafikverket, 2015:d, s. 2).

För att få bygga Västlänken måste alltså villkor 2 och 3 uppfyllas, vilket innebär att massorna från projektet behöver tas om hand på ett effektivt sätt.

1.2 Syfte

Syftet med rapporten är att beskriva hur hantering av bergmassor sker, både med avseende på transport och på användningsområde samt med avseende på ett hållbart samhälle. Syftet är också att studera förslag på mottagningsplatser för effektiv masshantering i Västlänken, detta för att hanteringen i sin tur ska gå så smidigt och bli så ekonomiskt lönsam som möjligt. Målet är att kunna presentera ett förslag på hur bergmassorna ska kunna tas om hand på ett effektivt sätt.

1.3 Avgränsningar

I denna rapport kommer endast den södra delen av Västlänken behandlas, vilket motsvarar Entreprenad Korsvägen, se figur 2. Även om den norra delen är längre så är det större andel berg i den valda södra delen, den norra delen har störst andel lera.



Figur 2 Entreprenadindelningen för Projekt Västlänken (Brunnbäck, 2014, s. 17).

Vidare kommer jämförelsen i rapporten framförallt göras mellan transportsträckorna i de olika förslagen. Jämförelsen kommer även att bero på framtida användning av massorna samt på vilken typ av väg masstransporterna sker.

1.4 Metod

Nedanstående metoder har använts för att insamla information till rapporten och utvärdera resultatet.

1.4.1 Litteraturstudie

En litteraturstudie har utförts för att insamla allmän information om Västlänken, masshantering och masstransporter. En stor del av informationen har hämtats från Trafikverkets hemsida och från facklitteratur inom ämnet.

Projektet Västlänken har jämförts med fyra referensobjekt för att få en fördjupad insikt i hur masshantering utförs i ett infrastrukturprojekt. Information om referensobjekten har bland annat tagits från Trafikverkets hemsida och via mejlkontakt från aktörer som har arbetat med objekten. För att få kompletterande information om referensobjekten har Trafikverkets arkivcenter i Mölndal besökts.

1.4.2 Studiebesök

Ett studiebesök hos Johan Bengtsson, samordnare överskottsmassor på Trafikverket, har gjorts i syfte att få mer uppdaterad information om läget i planeringen av Västlänkens masshantering. Syftet med studiebesöket var även att få generell kunskap om masshantering.

1.4.3 Förslag

Vidare tas olika förslag på hur masshanteringen i Västlänken kan ske fram med hjälp av litteraturstudien och studiebesöket. Dessa beskrivs med hjälp av fyra valda kriterier: ekonomi, boendemiljö, miljö och risker. De fyra kriterierna är valda för att de aspekterna påverkas mycket vid hantering av massor.

1.4.4 Analys utifrån valda kriterier

Utifrån de fyra kriterierna analyseras varje förslag och jämförs med varandra. Det förslaget som tillfredsställer alla fyra kriterier bäst är det som utses till det mest fördelaktiga. I kapitel 4 presenteras kriterierna utförligt.

2 Litteraturstudie om masshantering

För att kunna sätta sig in i förslagen som beskrivs senare i rapporten behövs en djupare förståelse för hur masshantering och masstransporter vanligtvis fungerar. Därför beskriver det här kapitlet masshantering och masstransporter av bergmassor. För att få en djupare inblick om ämnet studeras även hur massorna hanteras i andra projekt.

Vid ett anläggningsprojekt uppstår alltid massor som måste tas om hand. Planeringen av hur massorna kommer tas om hand under och efter byggnationen är det som kallas för masshantering. Vid skärning av den befintliga jorden uppstår överskottsmassor. Det mest effektiva alternativet för hantering av överskottsmassorna är att använda dessa för byggnation av bank inom samma projekt. Det betyder att massbalans uppnås, vilket är den mest lönsamma lösningen. Vid anläggningsprojekt under marken uppstår stora mängder överskottsmassor, vilket medför att massbalans inte kommer uppnås och då kan masshanteringen bli relativt omfattande. Uppgrävda massor utgörs oftast av jord- och bergmassor som har olika egenskaper samt olika användningsområden. För att överblicka arbetet med massorna tas en masshanteringsplan fram för varje projekt. Denna har som syfte att beskriva hur massorna ska återanvändas inom eller utanför projektet (Trafikverket, 2014:c).

Hur hantering av massorna kan ske beror på hur massorna klassas (Trafikverket, 2014:c). Enligt Vägverket kan alla uppgrävda massor utgöra avfall och det finns två kriterier som är avgörande för att kunna klassificera massorna. Det ena kriteriet beror på massornas kvalitet och renhet, det andra beror på sannolikheten att massorna kommer till användning. För att de uppgrävda massorna inte ska klassificeras som avfall måste båda kriterierna uppfyllas. Om massorna klassificeras som avfall måste dessa tas om hand enligt avfallsreglerna i avfallsförordningen (Vägverket, 2007, ss. 5-7).

Massor som uppfyller kriterierna ovan kan anses som naturresurser och användas inom samma eller andra projekt. Användningsområden av dessa beror på egenskaperna hos massorna, exempel på användningsområden kan vara ballast i betong eller fyllnadsmaterial. (Vägverket, 2007, s. 7).

2.1 Hantering av bergmassor

Bergmassor anses som en resurs och kan, till skillnad från andra massor, säljas från ett anläggningsprojekt (Sveriges geologiska undersökning, 2015, s. 5). Användningsområdena avgörs av kvaliteten hos bergmassorna som i sin tur beror på bland annat bergart, kornstorlek, hållfasthet, densitet, motstånd mot korrosion (Sveriges geologiska undersökning, 2016). För att få en djupare inblick kring användningsområden och kvaliteten hos bergmassor studeras olika bergarter och dess egenskaper i avsnitt 2.1.1.

2.1.1 Bergarter i Göteborg

Det finns olika bergarter med olika bergkvaliteter, nedan följer de vanligaste bergarterna i Göteborg:

Granit: En magmatisk bergart som består av mineralerna kvarts, amfibol och kalifältspat. Granit är en hård bergart med högt tryckmotstånd och har god motståndskraft mot förurning (Sveriges geologiska undersökning, 2016). Denna bergart kan vara radonförande, vilket betyder att vid användning av granit som byggnadsmaterial måste en bedömning av radonhalten utföras. Granit kan även användas för järnvägs- och vägprojekt om den fria glimmerhalten inte överskrider 10 respektive 30 volymprocent (Loorent, 2006, s. 16).

Gnejs: En metamorf bergart som kan ha olika ursprung. Gnejs kan ha omvandlats från en vulkanit, granitisk eller sedimentär bergart (Sveriges geologiska undersökning, 2016). Gnejser som har en fri glimmerhalt som inte överskrider 30 volymprocent kan användas som byggnadsmaterial i vägprojekt (Loorent, 2006, s. 15).

Diabas: En magmatisk bergart som består framförallt av mineralerna plagioklas, pyroxen och olivin. Diabas är en hård och tät bergart tack vare sin avkylningshastighet vid uppkomst. Platådiabasen är den vanligaste diabasen som finns i Västra Götaland (Sveriges geologiska undersökning, 2016).

Pegmatit: En gångbergart som består av mineralerna kvarts, plagioklas, kalifältspat och glimmer (Johansson, 2015).

Metabasit: En basisk magmatisk bergart som huvudsakligen består av mineralerna hornblände, pyroxen och plagioklas (West, 1995, s. 11).

2.2 Teori om masstransporter

En stor del av masshanteringen utgörs av masstransporter från arbetsplats till mottagningsplats, plats för avlastning av överskottsmassor. Transporterna är den delen i masshanteringen som påverkar ekonomin, boendemiljön och miljön mest. Masstransporter kan göras med lastbilar, båt och tåg. Det effektivaste och mest lönsamma alternativet beror på projektets lokalisering (Sveriges geologiska undersökning, 2015, s. 6). Beroende på vilken typ av fordon som väljs för masstransporterna finns det olika krav som måste uppfyllas.

2.2.1 Bärighetsklasser

Vid masstransporter med lastbilar tas det hänsyn till transportvägens bärighetsklass. Det finns tre olika bärighetsklasser i Sverige för det allmänna vägnätet och den maximala tillåtna fordonsvikten är olika för dessa tre klasser (Sveriges riksdag, 1998).

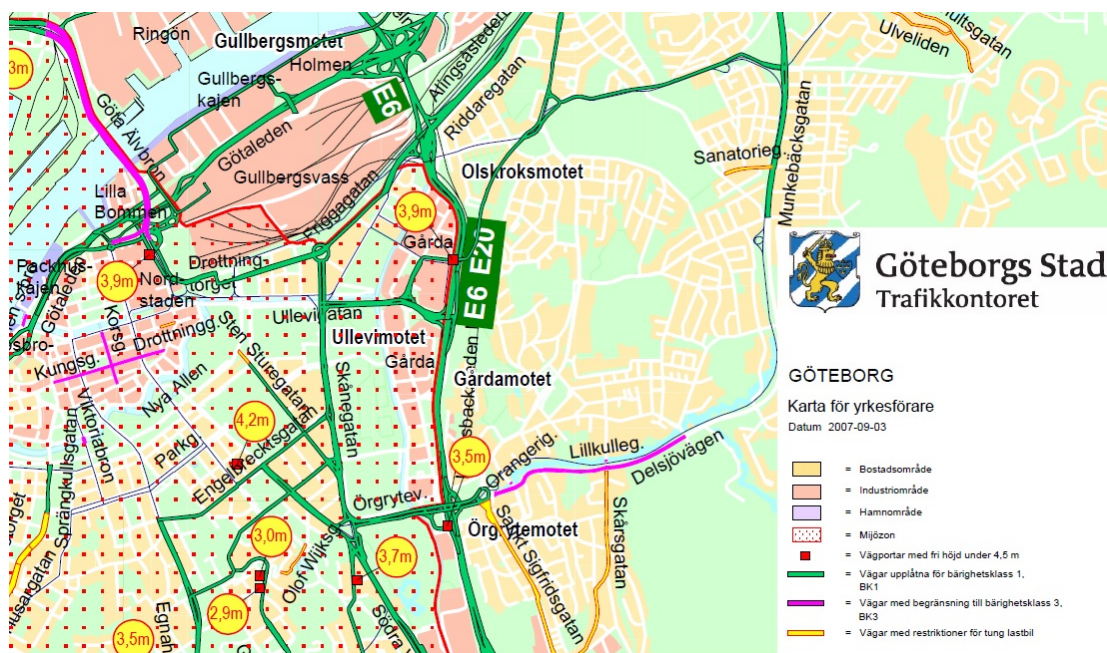
Enligt dokumentet *Lasta lagligt* från Transportstyrelsen är den vanligaste bärighetsklassen BK1, bärighetsklass 1, som följer bland annat EU:s bestämmelser. Det är cirka 95 procent av det allmänna vägnätet som klassificeras med BK1. Gator med denna klassificering är ovanliga inom tätorter. På broar och vägar med BK1 tillåts högre fordonsvikter än på vägar med BK2 och BK3. Bärighetsklass 2, som är den näst vanligaste klassen, tillåter lägre bruttovikter på fordonen än i BK1. Vägar och broar som har lägst standarder klassificeras med BK3 (Transportstyrelsen, 2015, ss. 3-11).

De maximala vikterna för ett fordonståg, det vill säga ett motorfordon med ett eller flera tillkopplade fordon, på vägar med de olika bärighetsklasserna beror på flera faktorer, bland annat vikterna över fordonstågets olika axlar och avståndet mellan axlarna. Trots detta finns det maximala bruttovikter för fordonståg som inte får överskridas på de olika vägarna. Den maximala tillåtna bruttovikten för BK1, summan av tjänstevikten och lasten, är 64 ton. För BK2-vägar gäller 51,4 ton och för BK3-vägar 37 ton (Transportstyrelsen, 2015, ss. 3-14).

Det finns kartor över bärighetsklasser för alla vägar, gator och broar i Sverige och dessa kartor används ofta av Trafikverket vid planering av exempelvis byggtransporter. En väg med bärighetsklass 1 är inte skyltad, förare som kör tunga fordon förväntas ha koll på var det tillåts att framföra tunga fordon (Jordbruksaktuellt, 2013). Kartorna uppdateras av Trafikverket varje år och det finns tre typer av kartor:

- Kartor över huvudvägnätet
- Regionkartor
- Länskartor

Förutom bärighetsklasser innehåller kartorna även information om var låga vägportar finns och speciell information för tung trafik (Transportstyrelsen, 2015, s. 3). Det finns en karta över olika bärighetsklasser i Göteborgs kommun på Göteborgs stads hemsida, se figur 3.



Figur 3 Delar ur kartan över olika bärighetsklasser i Göteborgs kommun (Trafikkontoret, 2007).

2.2.2 Lokala restriktioner i Göteborg

Enligt en överenskommelse mellan bland andra Trafikkontoret och berörda åkerier får inte lastbilar längre än 10 meter framföras inom Vallgraven och Västra Nordstaden, se figur 4. Förbudet gäller alla tider, dygnet runt förutom klockan 6-8. Undantag gäller för bussar (Göteborgs Stad, 2016:a).



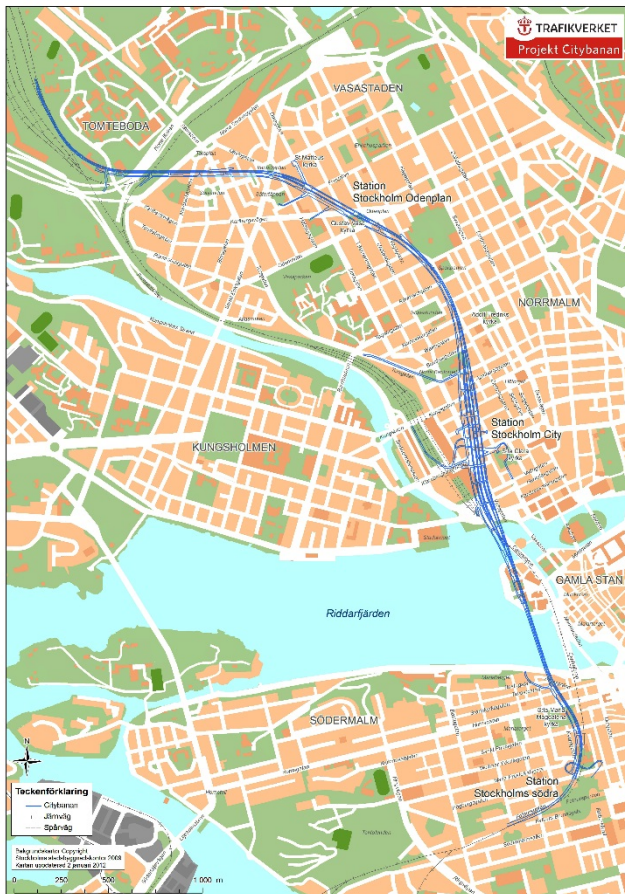
Figur 4 Karta över området med längdrestriktioner i Göteborg (Göteborgs Stad, 2016:a).

2.3 Masshantering i andra projekt

För en fördjupad inblick i masshantering i stora infrastrukturprojekt beskrivs nedan masshanteringen i några projekt liknande Västlänken. Samtliga referensobjekt är tunnelprojekt utförda på begäran av Trafikverket, tidigare Vägverket och Banverket, i närhet av storstadsmiljö.

2.3.1 Citybanan, Stockholm

Citybanan är en dubbelspårig järnvägstunnel som byggs under centrala Stockholm för att öka flödeskapaciteten in och ut från Stockholm Central. Pendeltågen kommer att köras i den nya tunneln medan regional-, fjärr- och godståg fortsätter använda det befintliga dubbelspåret förbi Stockholm Central. Dessutom byggs två nya stationer i tunneln: station Odenplan och station City, se figur 5. Tunneln beräknas vara klar för trafikstart till 2017 (Banverket, 2007:a, s. 1). Sträckningen är sex kilometer och beräknas generera cirka fyra miljoner ton bergmassor. Bergarterna i området består till störst del av graniter och gnejs men även amfiboliter, diabaser och pegmatiter finns (Banverket, 2007:b, ss. 4-7).



Figur 5 Karta över Citybanan i Stockholm (Trafikverket, 2015:a).

Eftersom projektet utförs i en tätbebyggd stadsmiljö finns ingen möjlighet till mellanlagring nära banans sträckning. Massorna är därför tvungna att transporteras till anläggningar i utkanten av staden för att krossas och sorteras. Transporterna av bergmassor planerades i masshanteringsplanen att till största del köras med boggiebilar som tar 11-12 ton per last. Större fordon som kan ta mellan 18 och 25 ton per last beräknades kunna användas från vissa större arbetstunnlar. Vid beräkning med en genomsnittslast av 15 ton per fordon skulle hela projektet generera totalt cirka 300 000 lastbilslast (Banverket, 2007:b, s. 7).

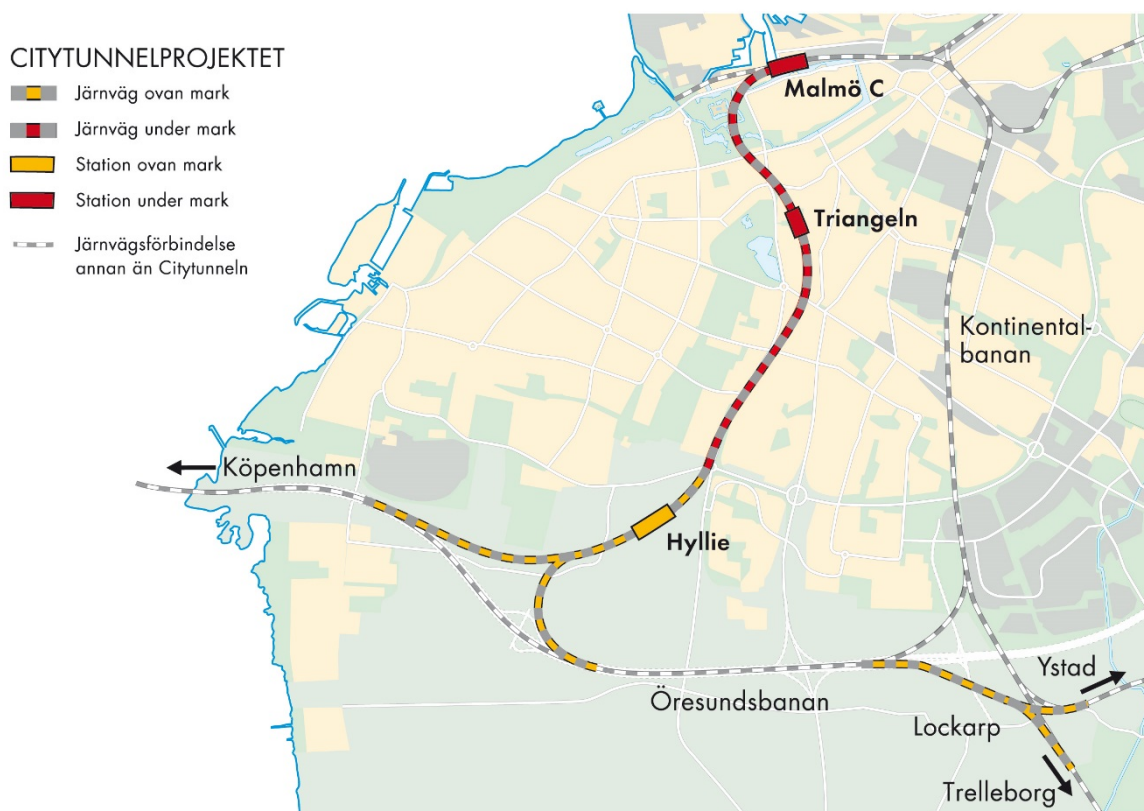
I projekt Citybanan i Stockholm gjordes en inventering av möjliga platser för båttransporter av överskottsmassorna. Båt- och pråmtransporter kräver både lämpliga platser att lasta massorna och ett lämpligt styckefall, det vill säga genomsnittlig storlek på sprängstenen. För att kunna transportera massorna på bandtransportör till båtarna eller pråmarna behövs ett styckefall på 0-90 mm, för att uppnå detta skulle bergmassorna behöva krossas. Den enda platsen för krossning med hänsyn till buller, dammbildning och platsbrist skulle varit nere i tunnarna, vilket inte skulle ha godkänts av Arbetsmiljöverkets krav på verksamhet i tunnel. Även vid lastning direkt på pråmar utan förkrossning skulle lastbilstransporter behövas för uttransport. Därtill skulle det krävas omlastning på mottagningsplatsen med hjälp av grävmaskin eller gripskopa. Bedömningen i masshanteringsplanen var att det skulle bli kostsamt, tidsödande och påverka miljön i den omfattningen att det inte skulle ge några miljöfördelar (Banverket, 2007:b, s. 13).

Bergmassorna från Citybanan planerades i masshanteringsplanen att inte återanvändas inom projektet. Detta berodde främst på att de hinner omsättas i andra projekt innan de skulle komma till användning inom Citybanan. Men det berodde även på bergets kvalitet då det i

betongtillverkning främst användes naturgrus och Banverket satte speciella krav på spårballast (Banverket, 2007:b, s. 13).

2.3.2 Citytunneln, Malmö

Järnvägsprojektet Citytunneln är en 17 kilometer lång järnvägsförbindelse genom Malmö. Förbindelsen består av ett 11 kilometer långt dubbelspår mellan Malmö C och Öresundsbanan västerut samt ett sex kilometer långt järnvägsspår mot Trelleborg och Ystad, se figur 6. Det är cirka sex kilometer av dubbelspåret som består av stationer och tunnlar under mark (Vägverket, 2000, ss. 4-6). Byggstarten för projektet skedde under 2005 och december 2010 öppnades det för trafiken (Malmö stad, 2016). Den totala kostnaden för projektet blev cirka 7,7 miljarder kronor (Trafikverket, 2014:g).



Figur 6 Karta över Citytunneln i Malmö, CC BY-SA 3.0 (Rjaber, 2009).

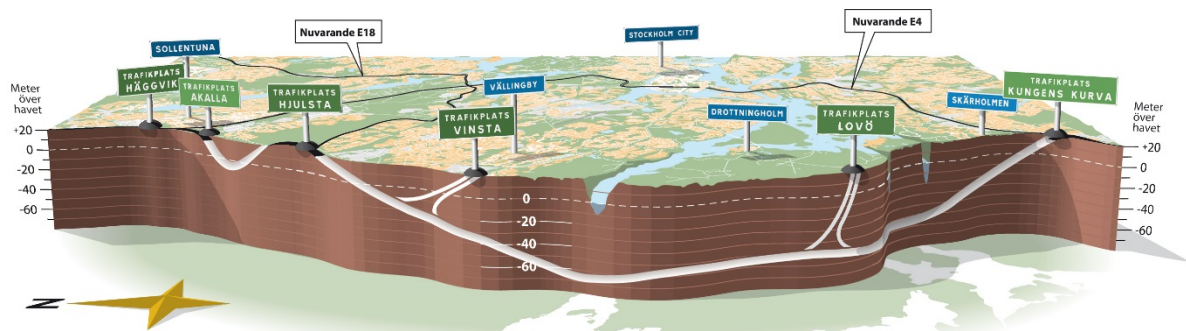
Citytunneln består av två tunnelrör som förbinds med 13 stycken tvärtunnlar. Tvärtunnlarna används för tekniska installationer och som utrymningsvägar (Vägverket, 2000, s. 6). Schaktmassorna uppskattades till 3 miljoner kubikmeter där överskottsmassorna i form av kalkbreg uppskattades till 890 000 m³ (Vägverket, 2000, s. 29). Enligt miljökonsekvensbeskrivningen, MKB, för projektet kunde massorna placeras i anslutning till arbetsområdena för att minska transportarbeten.

Den största delen av överskottsmassorna från Citytunneln användes för utfyllnad av Malmö Norra hamn och för bullervallar som var en av åtgärderna för bullret från järnvägsdriften (Vägverket, 2000, ss. 9-10). Överskottsmassorna som transporterades till Norra hamnen var 116 000 tfm³, teoretisk fast volym (Länsstyrelsen i Skåne län, 2008, s. 3).

2.3.3 E4 Förbifart, Stockholm

E4 Förbifart Stockholm är en ny motorvägsförbindelse som binder samman Stockholmsregionens norra och södra delar. Större delen av den 25 kilometer långa nya

sträckan ska gå i tunnel med en huvudtunnel som är 16,5 kilometer och en kortare tunnel som är 1,8 kilometer, se figur 7. Tunneldelarna består av två separata tunnelrör med tre filer vardera och byggs med borrhning och sprängning (Trafikverket, 2011:b, s. 9).



Figur 7 Karta över E4 Förbifart i Stockholm (Trafikverket, 2015:e).

I projektets masshanteringsplan beräknades projektet totalt generera cirka 21 miljoner ton berg varav cirka 16,6 miljoner ton kommer från tunneldelarna fördelat på 5 års bergsdrift. Bergmaterialet förutsätts stanna inom Stockholmsregionen enligt direktiv från Länsstyrelsens riktlinjer om hushållning med grus- och bergtillgångar. Transport och hantering av massorna varierar mellan olika arbetstunnlar (Trafikverket, 2011:c, s. 4). Det okrossade tunnelberget för lastbilstransport såldes i projektet för omkring 4-12 kr/ton¹.

Från arbetena vid Kungens kurva, Vinsta, Hjulsta, Akalla och Haggvik kommer transportererna av bergmassor köras på lastbilar. En del av bergmaterialet körs till befintlig mottagningsanläggning i söder för krossning för att sedan användas till all vägunderbyggnad vid byggnationen i Skärholmen och Sättra. Om möjligt kommer en del av bergmassorna från ovanjordschakt att krossas på plats för att sedan återanvändas i vägunderbyggnaden. Detta görs där det finns behov och utrymme för krossning och mellanlagring. Även andra mottagningsplatser utreddes för det bergmaterialet som inte återanvänds inom projektet (Trafikverket, 2011:c, s. 8).

Från arbetstunnlarna i Sättra varv, Lovö Edeby och Na Lovö kommer bergmassorna i huvudsak transporteras med fartyg. Detta beror på att arbetsplatsen vid Sättra varv är beläget i ett naturreservat med begränsad vägförbindelse. Transporter till och från Lovö görs med sjötransport för att minska lastbilstransporterna förbi världsarvet kring Drottningholms slott, se figur 7. Vägförbindelsen till Na Lovö är dessutom begränsad för tung trafik (Trafikverket, 2011:c, ss. 9-10).

2.3.4 Götatunneln, Göteborg

Götatunneln är en vägtunnel i Göteborg bestående av två separata tunnelrör, en för varje körriktning, med vardera tre körfält som sträcker sig från Järntorget i väster till Lilla Bommen i öster. Tunnelns sträckning går genom både berg och lera. Bergtunnlarna är vardera cirka en kilometer och betongtunnlarna i leran uppgår till cirka 350 meter i väster mot Järntorget och 220 meter i öster mot Lilla Bommen, se figur 8. Mellan de två tunnelrören byggdes tvärförbindelser var 150:e meter (Vägverket, 1994, s. 1).

¹ Johan Bengtsson (samordnare överskottsmassor, Trafikverket) mejlkommunikation 5 april 2016



Figur 8 Karta över Götatunneln, Göteborg. Modifierade från (Lantmäteriet, 2016).

För att minska störningarna på omgivningen utfördes Götatunnelns bergtunneldrivning via arbetstunnlar som planerades från St. Badhusgatan och Smedjegatan. Tunneldrivningen skedde genom borrar och sprängning. Den totala bergvolymen som skulle fraktas ut uppskattades till cirka 275 000 tfm³. Berget sågs som en värdefull naturresurs och föreslogs användas endast där dess egenskaper kommer till användning. Det ansågs även möjligt att krossa en del av bergmaterialet och använda det inom byggnationen av Götatunneln eller i andra projekt (Vägverket, 1998:a, s. 31).

Berggrunden i området för Götatunneln består till störst del av grå, rödgrå och röd gnejs med inslag av amfibolitisk gnejs och kvarts- och pegmatitgångar, bergarterna beskrivs i avsnitt 2.1.1. Berget ansågs vara av god kvalitet med diverse lokala svaghetszoner i sprickzoner. Sprickbeläggningarna antogs bestå av klorit och kalcit (Vägverket, 1998:b, s. 18).

Bergtunnlarna utfördes av Vägverket Produktion, nuvarande Svevia. I deras kontrakt ingick att transportera bergmassorna, som Skanska hade köpt i ett separat kontrakt, till Skanskas täkt Vikans Kross¹. Vikans Kross skulle ta emot berg från entreprenaderna inom Götatunneln samt leverera krossmaterial till entreprenörerna inom projektet. En stor del av bergmaterialet skulle även användas till förstärkningsarbeten i Vädermotet, där det användes för att bygga invallningar av mottagningar av jordmassor².

Bergmassorna från tunnelsprängningarna lastades med stor hjullastare inne i tunneln till lastbilar med släp eller semi-trailers. Dessa tog cirka 32-36 ton vardera per vända, för detta anlätades Göteborgs Lastbilscentral. Endast en försumbart liten andel berg återanvändes direkt i byggnationen³.

¹ Christian Werner (Regionchef, Skanska) mejlkommunikation, 1 mars 2016

² Roy Barresten (Projektledare investering Väst, Trafikverket) mejlkommunikation 29 februari 2016

³ Peter Svenningsson (Arbetschef Vägverket Produktion) mejlkommunikation 7 mars 2016

3 Nulägesanalys av masshanteringen i Västlänken

Eftersom ett syfte med rapporten är att beskriva hur hantering av bergmassor sker beskriver följande kapitel den studerade delen av Västlänkens bergmassor och hur Trafikverket i dagsläget planerar att utföra hanteringen av dessa. Trafikverket arbetar i enlighet med villkor två i tillåtlighetsbeslutet med att ta fram en masshanteringsplan som planeras vara klar under hösten 2017 (Trafikverket, 2016:a, s. 138).

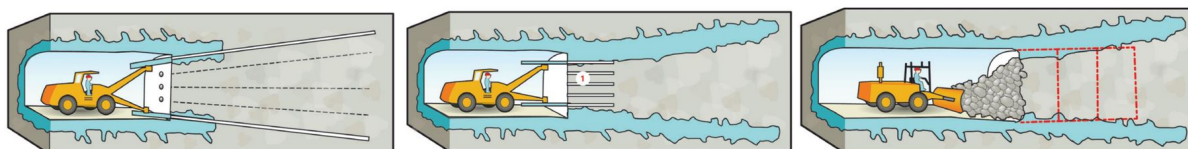
3.1 Geologiska förhållanden på platsen

Berggrunden inom entreprenad Korsvägen består nästan enbart av bergarten gnejs som beskrivs närmare i avsnitt 2.1.1. Det finns även mindre områden med bergarterna pegmatit och metabasit. I området är det vanligt med sprickfyllnader av kalcit, klorit och lera. Det finns även sprickor med svällande lera vilket ställer ytterligare krav på tunnelbyggnationen. Vidare kompliceras arbetet av att området runt Korsvägen är ett av de områden inom Västlänken som vid prover med borrhärlor har identifierats med flest svaghetszoner (Trafikverket, 2014:e, ss. 13-14).

Bergmassorna beräknas uppfylla de fysikaliska krav ställda på material som underballast, bär- och förstärkningslager vid byggnation av järnvägsbank. Berget består nästan enbart av lågradonförande gnejs. De övriga delarna som består av pegmatit och metabasit räknas även de som lågradonförande men även mindre områden med högre radioaktivitet kan förekomma (Trafikverket, 2014:e, s. 15).

3.2 Västlänkens tunneldrivning i berg

Den största delen av Västlänkens bergtunnlar kommer att byggas med konventionell tunneldrivning i form av borrhning och sprängning, se figur 9. En metod som ger ett styckefall på cirka 200-400 mm (Hermansson, 2014, s. 9) och sker i cykler som består av flera arbetsmoment. En cykel tar normal cirka en dag.

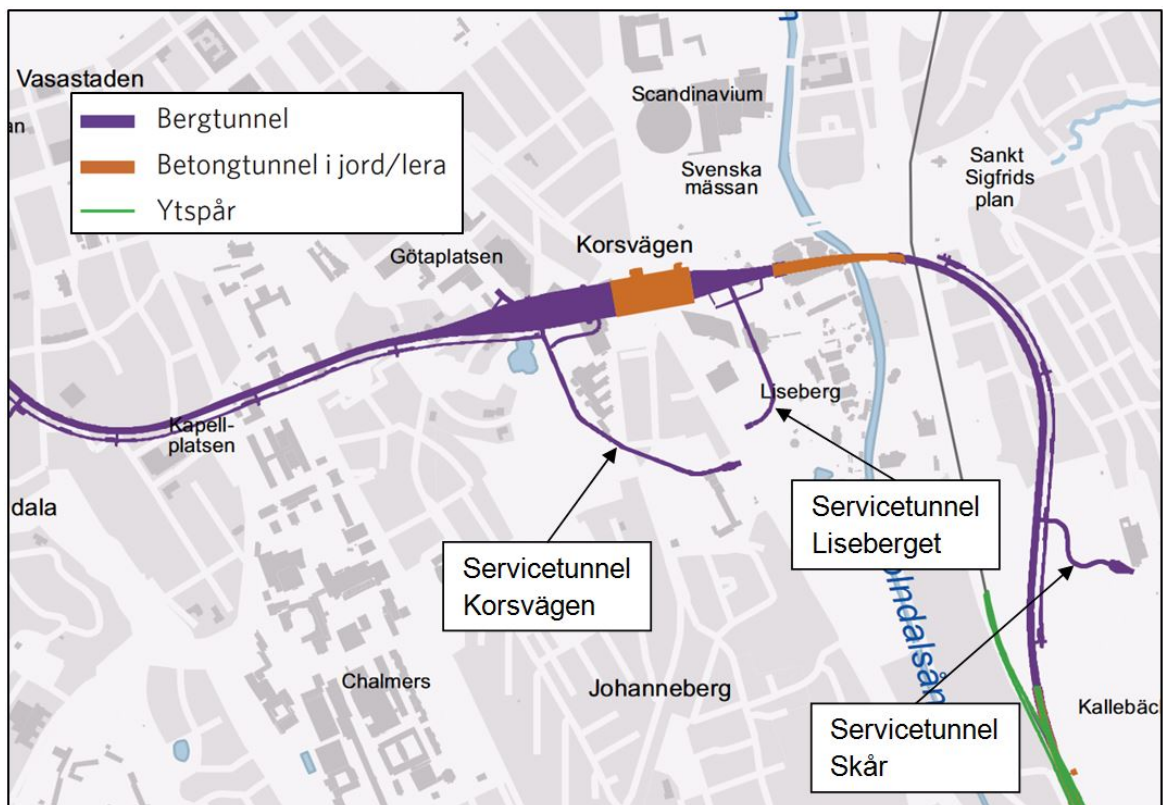


Figur 9 Arbetsmoment vid tunneldrivningen (Trafikverket, 2014:b, s. 118).

Det första momentet kallas förinjektering och innebär att berget tätas för att hindra inläckage av vatten som riskerar att sänka grundvattennivån i området. Sedan borrar hål i hela tunnelfronten som laddas med sprängladdningarna. Borrhålens längd är cirka 6 meter men kan variera på grund av olika känsliga områden. Vid extra känsliga områden kan andra metoder som vadersågning eller hydraulisk spräckning av berget användas. Efter sprängning tas löst berg ner, tunneln förstärks med sprutbetong och bultar samtidigt som bergmassorna transporteras ut genom arbetstunnlarna, se figur 9 (Trafikverket, 2014:b, ss. 117-118).

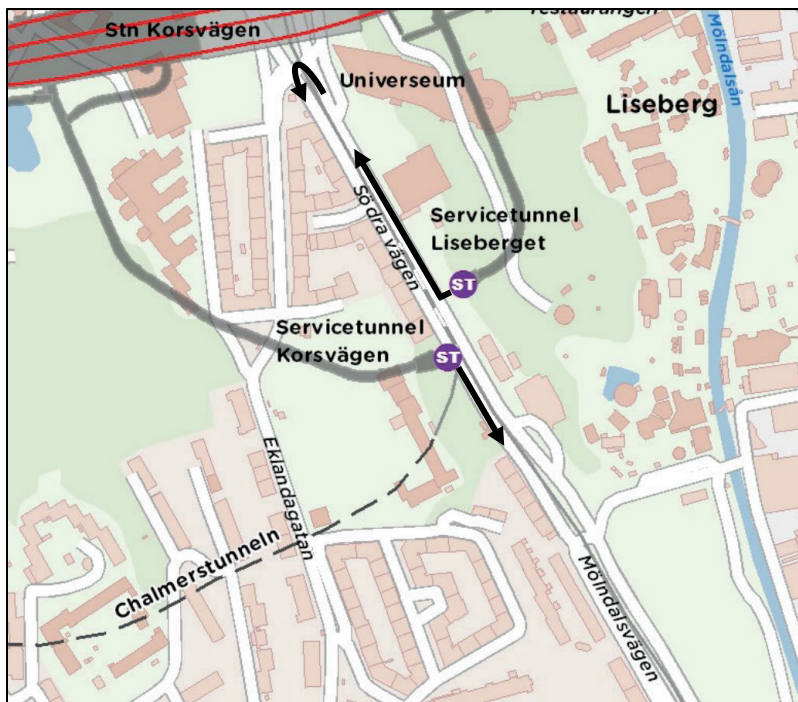
3.3 Arbetstunnlar och tunnelmynningar

Vid byggnationen av Västlänken kommer bergtunnlarna byggas genom att i princip allt berg tas ut via arbetstunnlarna. En liten mängd berg kan eventuellt transporteras från de öppna schakten vid byggnationen av kopplingarna mellan betong- och bergtunnel. Denna volym blir dock försumbart liten i förhållande till den totala mängden berg (Hermansson, 2014, s. 9). I den studerade delen av Västlänken ingår arbetstunnlarna Korsvägen, Liseberget och Skår, se figur 10. Efter Västlänkens färdigställande kommer samtliga arbetstunnlar inom det studerade området att fungera som servicetunnlar. Dessa servicetunnlar fungerar som utrymningsvägar, tillfart för räddningsfordon och vid service under driftskedet (Trafikverket, 2014:b, s. 43).



Figur 10 Översikt servicetunnlar. Modifierad från (Trafikverket, 2014:d, s. 198).

Den västra delen av Station Korsvägen och tunneln mot Station Haga byggs via Servicetunnel Korsvägen som har sin mynning strax norr om Chalmertunnelns östra mynning längs Södra Vägen, se figur 11. All tillfart till arbetsområdet kring servicetunnelns mynning sker från norr och all utfart sker mot söder med hjälp av trafiksignal som inordnas i befintligt signalsystem. Detta eftersom vänstersväng inte är tillåtet på grund av spårvagnstrafiken. Byggnationen av Servicetunnel Korsvägen beräknas till drygt ett år och den västra stationsdelen tre år (Trafikverket, 2015:b, s. 29).



Figur 11 Servicetunnel Korsvägen och Servicetunnel Liseberget med transportvägar från tunnelmynningar. Modifierad från (Trafikverket, 2016:a, s. 51).

Från Servicetunnel Korsvägen kommer även berg från Västlänkens tunnel mot Station Haga tas ut. Bergtunneln mellan Station Korsvägen och Station Haga kommer även att drivas från Servicetunnel Haga, som ligger utanför denna studie. Tunnel drivningarna från respektive servicetunnel beräknas sedan att mötas någonstans mitt emellan stationerna (Trafikverket, 2013:b, s. 9).

Den östra delen av Station Korsvägen byggs via Servicetunnel Liseberget med mynning söder om Världskulturmuseet vid Södra Vägen. Mynningen är på en parkeringsyta där det under byggtiden kommer anläggas en etableringsyta, det vill säga en yta för uppställning av bodar, maskiner och material. All tillfart till arbetsområdet sker från söder och all utfart sker mot norr och vänder i höjd med Eklandagatan, se figur 11. Detta då genomfart vid Korsvägen inte alltid är möjlig under byggtiden och vänstersväng inte är möjlig på grund av spårvagnstrafiken. Byggnationen av Servicetunnel Liseberget beräknas till drygt ett år och den östra stationsdelen två och ett halvt år (Trafikverket, 2015:b, s. 32).

Tunneln mellan Örgryte och Almedal byggs via Servicetunnel Skår med mynning vid Sankt Sigfridsgatan, se figur 12. Mynningen är på en parkeringsyta där det under byggtiden kommer anläggas en etableringsyta. Byggnationen av Servicetunnel Skår beräknas till knappt ett år och tunnel delen mellan Örgryte och Almedal ett och ett halvt år. Tunnel påslaget vid Almedal beräknas ta knappt två år att bygga (Trafikverket, 2015:b, ss. 34-36).



Figur 12 Servicetunnel Skår (Trafikverket, 2016:a, s. 54).

Vid planering av Västlänkens masshantering 2014 studerades det översiktligt om bergmassorna skulle kunna krossas i någon tunneldel för att kunna återanvändas direkt. Detta bedömdes vara möjligt och i det fortsatta arbetet skulle lämpliga platser för krossning och miljöaspekterna närmare studeras (Hermansson, 2014, s. 15).

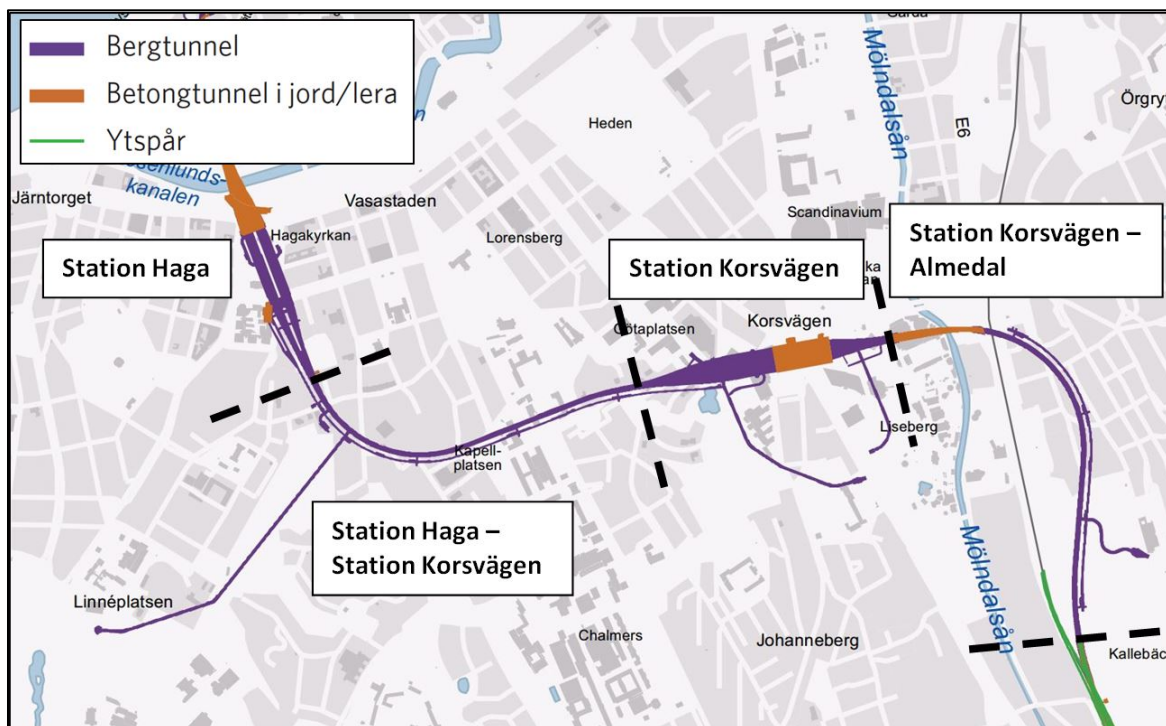
3.4 Volymen på Västlänkens bergmassor

Tabell 1 redogör för av Trafikverket uppskattade volymer berg som kommer behövas transporteras ut.

Tabell 1 Preliminär mängddata. Modifierad från (Hermansson, 2014, s. 10).

Delsträcka	Volym berg [t _{fm} ³]
1. Station Haga - Station Korsvägen	330 000
2. Station Korsvägen	470 000
3. Station Korsvägen - Almedal	280 000
Totalt	1 080 000

Delsträckorna i tabell 1 visualiseras i kartan i figur 13 där de svarta, streckade linjerna visar var gränserna går mellan delsträckorna.



Figur 13 Delsträckor för beräknade volymer i tabell 1. Modifierad från (Trafikverket, 2014:d, s. 198).

3.5 Trafikverkets planerade försäljning av bergmassorna

I upphandlingsstrategin för Projekt Västlänken ingår att omhändertagandet av jord- och bergmassor inte bör ingå i entreprenadkontrakten. Massorna ska istället handlas upp i separata kontrakt och anläggningsentreprenören har då endast ansvar för att transportera massorna till en anvisad plats. Anledningen till dessa val är att uppnå konkurrensneutralitet, minska tidskrävande myndighetshantering och optimerande av resurser då detta ger Trafikverket möjlighet att samordna med andra projekt för att minska transporterna (Brunnbäck, 2014, s. 13).

Trafikverket är i nuläget inne i en period av förhandling och kontraktstecknande för försäljningen av bergmassorna i Västlänken, för tidsplan se tabell 2. Kontrakten säger att berget ska vara i fraktioner 0/400 mm och i enlighet med upphandlingsstrategin transporteras till en av Trafikverket specificerad plats. Detta innebär att förslaget att krossa berget till mindre fraktioner i någon tunneldel övergetts. Att förhandlingarna ännu inte är klara gör att handlingarna inte är offentliga och därför inte kan studeras närmare. Massorna från Västlänken kommer endast säljas i Göteborgsområdet eftersom det annars blir oekonomiskt på grund av att det kostar för mycket att transportera massorna långt¹.

¹ Johan Bengtsson (samordnare överskottsmassor, Trafikverket) studiebesök 22 mars 2016

Tabell 2 Tidsplan för försäljning av överskottsmassor¹.

Datum	Händelse
2015-11-03	Informationsmöte hålls och intresseanmälan ges ut
2015-11-18	Sista dag för intresseanmälan
Ca 2015-11-19	Utvalda leverantörer bjuds in
Ca 2015-11-19 – 2016-03-01	Räkningstid
Ca 2016-03-01	Anbud in
2016-03-01 – 2016-06-10	Förhandling och kontraktstecknande
2016-06-30	Kontrakt klart
2018	Byggstart

Enligt Johan Bengtsson används för transportberäkningarna av överskottsmassorna lastbilar med lastkapaciteten 15 ton respektive 30 ton. I beräkningarna tas ingen hänsyn till fordonsvikten, det vill säga tjänstevikten, eftersom beräkningarna ska ge en överslagsmässig siffra på antal lastbilstransporter som kan uppstå vid transport av bergmassorna².

¹ Johan Bengtsson (samordnare överskottsmassor, Trafikverket) mejlkommunikation 22 mars 2016

² Johan Bengtsson (samordnare överskottsmassor, Trafikverket) mejlkommunikation 13 april 2016

4 Kriterier för jämförelse av förslag

För att, i enlighet med syftet, kunna presentera ett förslag på en mottagningsplats för effektiv masshantering i Västlänken behöver olika förslag jämföras med varandra. Till hjälp har fyra kriterier tagits fram, nedan redogörs för vilka de fyra kriterierna är och vad de innefattar.

Kriterierna som belyses i rapporten är ekonomi, boendemiljö, miljö och risker. Dessa valdes då aspekterna påverkas mycket vid hanteringen av massor och tar med påverkan både på entreprenörer och beställare samt de som påverkas av projektet. Det viktiga när en slutsats ska göras är att förslagen bedöms ur ett helhetsperspektiv så att alla fyra bedömningskriterier är någorlunda tillfredsställda och att hänsyn tas till om något kriterie är viktigare att uppfylla än något annat.

I alla kriterier, förutom riskerna, är transportsträckan en betydande faktor. En längre transportsträcka ger mer utsläpp som påverkar miljön. Även bränsle- och fordonskostnader ökar vilket i sin tur påverkar ekonomin. När transportsträckan ökar medför det även en större risk att masstransporterna passerar fler bostadsområden. Även klassificeringen på transportvägarna är en viktig faktor. Finns möjligheten är det till fördel att köra på stora vägar med BK1 klassificering. Detta gynnar ekonomin då större volymer bergmassor går att köra åt gången och färre transporter krävs. Vidare genererar de stora lastbilarna som får köra på BK1-vägar mindre utsläpp relativt lastkapaciteten, även detta på grund av att färre transporter krävs.

4.1 Kriterie 1: Ekonomi

Ekonomin i ett infrastrukturprojekt påverkas av många olika faktorer. När det gäller masshantering av bergmassor spelar mängden material som behöver förflyttas samt transportsträckorna och vilken typ av fordon som används stor roll. För att göra det så kostnadseffektivt som möjligt bör billiga drivmedel och drivmedelsnåla fordon användas. Detta i kombination med att massorna förflyttas så kort sträcka som möjligt och helst direkt till den slutgiltiga platsen. Att behöva mellanlagra massorna innan de flyttas till den slutgiltiga köparen är något som bör undvikas så gott det går. Detta eftersom det är ett kostsamt alternativ då det krävs plats som kostar pengar. Det blir även mer tidskrävande att behöva lasta av massorna för att sedan lasta på dem igen lite senare, en process som kostar både tid och pengar.

I förslagen studeras kostnaderna av transporterna översiktligt som direkta följder av transportlängderna. Dessa kostnader kommer i praktiken betalas av anläggningsentreprenören som enligt kontraktet har transportansvar till en anvisad plats. Eftersom Trafikverket betalar anläggningsentreprenören för att utföra arbetet, därmed även masstransporterna¹, kommer Trafikverket indirekt att tjäna på kortare masstransporter. Därför studeras ekonomin i varje förslag som om Trafikverket stod för dessa kostnader. Inkomsten av försäljning av bergmassorna kommer dock att gå till Trafikverket som har separata kontrakt med mottagarna.

4.2 Kriterie 2: Boendemiljö

Definitionen av en god människohälsa innebär att personen i fråga mår bra såväl psykiskt som fysiskt och socialt. Hänsyn ska även tas till speciellt känsliga människor som exempelvis allergiker. När ett byggprojekt påverkar hälsan negativt med något som inte är tillfälligt betyder det att projektet har misslyckats med att tillgodose människans hälsa (Trafikverket, 2012:c).

¹ Johan Bengtsson (samordnare överskottsmassor, Trafikverket) studiebesök 22 mars 2016

Buller och vibrationer från byggarbetsplatser är en faktor som kan påverka boendemiljön och människohälsan med till exempel sömnsvårigheter och hörselproblem. Andra faktorer som kan påverka boendemiljön är exempelvis farliga utsläpp i luft, vatten och mark (Trafikverket, 2013:a). Riksdagen har riktvärden för trafikbuller i boendemiljöer, riktvärdena är olika beroende på inomhus- eller utomhusmiljö samt nattetid eller dagtid (Trafikverket, 2012:c).

4.3 Kriterie 3: Miljö

När förslagen betygsätts utifrån miljösynpunkt ska effekterna på miljön bedömas. Nedan följer några aspekter som bör beaktas i bedömningen av miljöpåverkan. Det finns många fler aspekter som bör tas hänsyn till men de som beskrivs är de som är mest aktuella med fokus på masshantering.

4.3.1 Klimatpåverkan

Klimatpåverkan är en viktig del i miljöaspekten. Utsläpp av växthusgaser är något som påverkar miljön. I transportsektorn handlar det främst om koldioxid, metan och lustgas där koldioxid utgör den största andelen (Trafikverket, 2012:a).

4.3.2 Luft

Riksdagen definierar ren luft: *”Luften skall vara så ren att människors hälsa samt djur, växter och kulturvärden inte skadas”*. När partiklar och gaser som verkar negativt på miljön och människans hälsa blandas med luften blir luften förorenad. Dessa partiklar och gaser kan komma från slitage på vägbanor och däck samt avgaser från byggtrafik och maskiner (Trafikverket, 2012:b).

4.3.3 Vatten – grundvatten & ytvatten

Vatten påverkas av exempelvis pålning, rensning, grävning, avvattning av mark och bortledning av grundvatten. När påverkan på vattnet ska bedömas tas hänsyn till vattnets kvalitet, vattenflöden och fysisk påverkan (Trafikverket, 2012:d).

Utsläpp från anläggningar och fordon kan förorena vatten. Detta går även in under miljöbedömningsgrunden luft eftersom det kan vara luftburna ämnen som sedan beblandas med och förorenar vattnet. Förorenat vatten ger även konsekvenser för bedömningsgrunderna växt- och djurliv, biologisk mångfald och människohälsa, i form av dricksvatten (Trafikverket, 2012:d).

4.4 Kriterie 4: Risker

I bedömningen av ett projekt bör de risker som finns reflekteras över. De risker som kan finnas är att masstransporterna är beroende av andra faktorer som kan riskera att påverka projektet. Exempelvis kan projektet vara beroende av ett annat projekt och blir då tidsplanen försenad i det andra projektet påverkas hela kedjan.

5 Framtagna förslag för masshanteringen i Västlänken

Ett av målen med rapporten är att presentera förslag på hur masshanteringen i Västlänken ska kunna utföras på ett effektivt sätt. Med hjälp av kriterierna beskrivna i kapitel 4 redovisas i detta kapitel förslag på olika sätt att ta hand om bergmassorna från den behandlade delen av Västlänken. Först beskrivs de delar av masshanteringen som är gemensamma för alla förslagen, därefter följer en beskrivning och studie av de olika förslagen.

5.1 Gemensamma förutsättningar för förslagen

Eftersom flera av förutsättningarna är gemensamma för förslagen, bland annat mängden berg och val av transportfordon, beskrivs dessa först innan förslagen presenteras och beskrivs närmare.

5.1.1 Förutsättningar för mängden bergmassor

Eftersom inga uppgifter finns på hur mycket berg som kommer tas ut ur respektive servicetunnel görs uppskattningar baserade på tabell 1 och figur 13 i avsnitt 3.4. Genom Servicetunnel Korsvägen antas hälften av bergmassorna från "Station Haga – Station Korsvägen" och tre fjärdedelar från "Station Korsvägen" tas ut. Genom Servicetunnel Liseberget antas en fjärdedel av "Serviketunnel Korsvägen" tas ut. Allt berg från "Station Korsvägen - Station Almedal" antas tas ut genom Servicetunnel Skår. Dessa antaganden tillsammans med informationen i tabell 1 ger tabell 3.

Tabell 3 Beräknade volymer bergmassor från varje servicetunnel.

Serviketunnel	Volym berg [tfm ³]
Korsvägen	517 500
Liseberget	117 500
Skår	280 000
Totalt	915 000

Volymerna är uttryckta i tfm³ och omvandlas sedan till ton med en konverteringsfaktor 2,65 ton/tfm³¹. Se tabell 4 för den beräknade vikten bergmassor från respektive servicetunnel.

Tabell 4 Beräknade vikter bergmassor från varje servicetunnel.

Serviketunnel	Vikt [ton]
Korsvägen	1 371 375
Liseberget	311 375
Skår	742 000
Totalt	2 424 750

5.1.2 Förutsättningar för inkomst vid försäljning av bergmassor

Priset på bergmassorna från Västlänken kan inte studeras på grund av pågående förhandlingar och att inga krossanläggningar vill uppge ett ungefärligt pris på grund av konkurrensen med andra aktörer. Därför får istället priset jämföras med redan upphandlade, liknande projekt. Som beskrivet i avsnitt 2.3.3 såldes bergmassorna i ett liknande projekt för 4-12 kr/ton. Bergmassorna i projekt Västlänken är av högre kvalitet än i E4 Förbifart Stockholm¹ vilket borde innebära att priset för berget kommer ligga närmre 12 kr än 4 kr per ton. Priset kommer dock även bero på andra faktorer som till exempel rådande efterfrågan på berg i Göteborgsregionen vid tidpunkten för försäljning. I dagsläget finns ett överskott av

¹ Johan Bengtsson (samordnare överskottsmassor, Trafikverket) studiebesök 22 mars 2016

bergmassor i Göteborgsregionen¹ vilket kan innebära att försäljningen inte skulle generera någon inkomst.

Vid en låg uppskattning att berget ger 4 kr/ton skulle den totala inkomsten bli 9 699 000 kr och vid en hög uppskattning på 12 kr/ton hade berget genererat en total inkomst på 29 097 000 kr. Genomsnittligt räknat att försäljningen av berget ger 8 kr/ton blir den totala inkomsten 19 398 000 kr. I alla beräkningar används bergmassor från tabell 3. Se tabell 6 för priser för varje servicetunnel med en prisuppskattning på 8kr/ton.

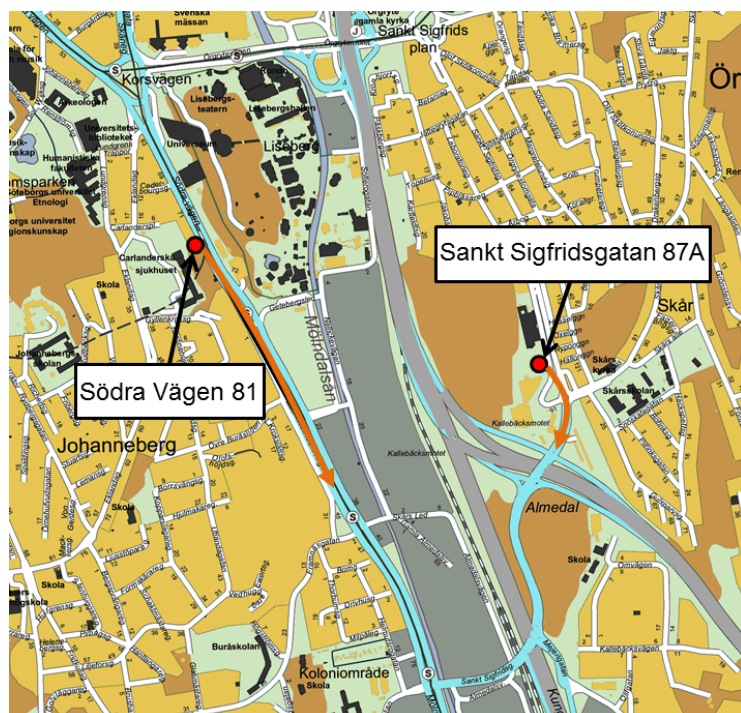
Tabell 5 Beräknade inkomster för bergmassorna från varje servicetunnel vid ett pris på 8kr/ton.

Servicetunnel	Pris [kr]
Korsvägen	10 971 000
Liseberget	2 491 000
Skår	5 936 000
Totalt	19 398 000

5.1.3 Gemensamma val av transportvägar

Som beskrivet i avsnitt 3.3 är mynningarna till Servicetunnel Korsvägen och Servicetunnel Liseberget belägna nära varandra och trafiken till och från dessa kommer att använda samma vägar. Detta medför att beräkningarna av transportvägarna från båda mynningarna kommer beräknas från samma plats, närmare bestämt adressen Södra Vägen 81. Masstransporterna från Servicetunnel Skår beräknas från adressen Sankt Sigfridsgatan 87A, se figur 14.

Eftersom framkomligheten vid Korsvägen kommer vara begränsad under byggtiden måste lastbilarna från Korsvägen och Liseberget köra Mölndalsvägen söder ut och väljs sedan att direkt köra på E6/R40 vid Kallebäcksmotet. Även transportererna från Skår väljs att enbart köra söder ut till samma mot. Detta eftersom det är de kortaste vägarna och påverkar boendemiljön i så liten utsträckning som möjligt.



Figur 14 Karta över adresserna som används i förslagen. Modifierad från (Lantmäteriet, 2016)

¹ Sebastian Walker (säljare, Viavest) telefonintervju 13 april 2016

Då inga av de studerade servicetunnlarna ligger inom området med längdrestriktioner på fordon, beskrivet närmare i avsnitt 2.2.2, undviks dessa vägar om möjligt i alla förslag. Att köra genom detta område skulle ge negativ påverkan på ekonomin och miljön då fler fordon skulle behövas. Dessutom skulle det ge en stor negativ påverkan på boendemiljön i området då det hade höjt andelen tung trafik avsevärt.

Att transporter från alla studerade servicetunnlar kommer att trafikera samma vägar medför även att alla servicetunnlar kommer studeras tillsammans i förslagen. Att studera masshanteringen för varje servicetunnel för sig hade inte varit relevant då transporter trafikera samma vägar och bergmassorna från de olika servicetunnlarna har samma egenskaper.

5.1.4 Gemensamma val av transportfordon

Som beskrivet i avsnitt 2.2 beror storleken på masstransporterna bland annat på transportvägarnas bärighetsklasser och längdrestriktioner. Enligt avsnitt 2.2.1 beror den tillåtna vikten hos transportfordon på de olika bärighetsklasserna på flera faktorer. För att maximera lastkapaciteten bör fordonets axlar vara utspridda på rätt sätt och vara tillräckligt många men utan att fordonet får en för hög tjänstevikt. Vid en optimering av fordonen skulle lastkapaciteten kunna bli över 40 ton för lastbil med släp på en BK1-väg¹.

Att anta att en lastkapacitet över 40 ton skulle kunna utnyttjas inom Västlänken anses dock inte som troligt. I de studerade referensobjekten i avsnitt 2.3 utnyttjas inte lastkapacitet över 36 ton för lastbilstransporter. Eftersom Trafikverket, som beskrivet närmare i avsnitt 3.5, lägger ansvaret för transporter på anläggningsentreprenören som i sin tur köper in ett åkeri blir det inte ett optimalt val av transportfordon. Detta eftersom åkeriet inte har möjlighet att ha lastbilstyper som är optimala för varje uppdrag utan använder de fordon de har tillgängliga².

Användandet av fordonståg med lastkapacitet över 40 ton försvåras även av förutsättningarna på arbetsplatserna. Då dessa transportfordon måste vara tillräckligt långa för att sprida ut lasten över vägen när de färdas på vägnätet, men inne på arbetsplatserna är de för långa för att kunna manövreras¹.

För att göra en rimlig studie av masstransporterna inom Västlänken studeras mer troliga lastkapaciteter istället för de teoretiskt största. Därför studeras olika lastkapaciteter som åkerier brukar använda vid transporter på olika bärighetsklasser. I tabell 6 redovisas olika ungefärliga lastkapaciteter för olika bärighetsklasser som används av ett åkeri.

Tabell 6 *Ungefärliga lastkapaciteter med lastbil respektive lastbil med släp på olika bärighetsklasser².*

	Lastbil	Lastbil + släp	Antal axlar
Bärighetsklass 1	17 ton	33 ton	Fyra (tridem)
Bärighetsklass 2	13 ton	26 ton	Tre (boggie)
Bärighetsklass 3	9 ton	-	Två (enkel)

Transporterna i alla förslag som går på vägar med samma bärighetsklass förutsätts använda samma lastbilar med samma lastkapacitet. Vidare förutsätts transporter generera lika mycket utsläpp och samma bullernivå. Det antas att transporter med större lastkapacitet är mer kostnadseffektiva och genererar mindre utsläpp i slutändan. Anledningen är att de kan ta mer last åt gången även om den är dyrare i drift. Eftersom transportvägarna som kommer studeras i förslagen undviker vägar med längdrestriktioner kommer lastbil med släp användas

¹ Janne Ivarsson (konstruktör/säljare, Kolstad Försäljning AB) telefonintervju 13 april 2016

² Sebastian Walker (säljare, Viavest) telefonintervju 13 april 2016

för vägar med bärighetsklass 1 och bärighetsklass 2. Se tabell 7 för valda lastkapaciteter vid olika bärighetsklasser i förslagen.

Tabell 7 Lastkapaciteter på olika bärighetsklasser som studeras i förslagen.

	Lastkapacitet
Bärighetsklass 1	33 ton
Bärighetsklass 2	26 ton
Bärighetsklass 3	9 ton

Om alla transporter endast utnyttjar BK1-vägar resulterar detta i 73 478 transporter sammanlagt från de tre servicetunnlarna. Skulle istället alla transporter gå på BK2-vägar resulterar det i 93 261 transporter och BK3-vägar skulle resultera i 269 418 transporter. Se tabell 8 för antalet transporter från varje servicetunnel vid transport på vägar med olika bärighetsklasser. Eftersom transporter på BK3-vägar resulterar i nästan tre gånger fler transporter än på BK1- och BK2-vägar kommer dessa undvikas i största möjliga utsträckning i förslagen.

Tabell 8 Beräknade antal transporter vid transport på vägar med olika bärighetsklasser.

Servicetunnel	Antal transporter på BK1-vägar	Antal transporter på BK2-vägar	Antal transporter på BK3-vägar
Korsvägen	41 557	52 746	152 375
Liseberget	9 436	11 976	34 598
Skår	22 485	28 539	82 445
Totalt	73 478	93 261	269 418

Vissa standardtimpriser för hyra av fordonståg går att ta fram. Men eftersom transportarbetet i Entreprenad Korsvägen är så omfattande är det möjligt att anläggningsentreprenören som betalar för transporterna kommer förhandla sig till ett annat pris än standardtimpriset vilket ger en osäkerhet angående priset. I jämförelsen av de olika förslagen kan det antas att en längre transportsträcka medför längre tidsåtgång och därmed större kostnad. Därför studeras endast transportsträckorna i förslagen.

5.2 Förslag 1: Försäljning till krossanläggningar

Ett alternativ för bergmassorna är försäljning till krossaranläggningar. Som beskrivet i avsnitt 3.5 är Trafikverket i förhandlingar och kontraktstecknande med eventuella köpare av bergmassorna, däribland krossar, och dessa förhandlingar kan inte studeras närmare. Eftersom förfrågningsunderlaget och anbudet är sekretessbelagda tills beslut om köpare är klart¹ görs antaganden om eventuella krossanläggningar och priser.

För att kunna göra en bedömning av förslaget att sälja till krossar studeras några alternativa krossanläggningar översiktligt. Nedan följer en tabell där fyra större krossanläggningar i Göteborgsområdet har studerats närmare med närmsta väg från de olika arbetsområdena. Avståndet är beräknade med hjälp av vägbeskrivning på Eniro.se. Se bilaga 1 för närmare beskrivning av transportvägarna.

¹ Johan Bengtsson (samordnare överskottsmassor, Trafikverket) mejlkommunikation 22 mars 2016

Tabell 9 Avstånd till fyra olika krossanläggningar från servicetunnlarna (Eniro, 2016).

Krossanläggning	Avstånd Korsvägen/Liseberget [km]	Avstånd Skår [km]
Vikan (Skanska)	15,8	14,0
Tagene (NCC)	12,7	11,0
Landvetterkrossen	24,3	22,7
Härryda Kross	10,8	9,2
Genomsnitt	15,9	14,225

Alla transportvägar till de studerade krossarna har bärighetsklass 1 (Göteborgs Stad, 2016:b) och går inte genom områden med restriktioner för maximal längd på fordon (Göteborgs Stad, 2016:a). Detta medför att den största typen av lastbil kan utnyttjas. Även vid eventuell försäljning till andra krossanläggningar tros även dessa ha transportvägar med bärighetsklass 1 eftersom de ständigt är beroende av tunga transporter av bergmassor till och från anläggningen.

5.2.1 Analys ur ett ekonomiskt perspektiv i förslag 1

Då inga anbud från de olika krossarna kan studeras närmare i rapporten antas här att alla krossar betalar samma summa för bergmassorna.

Eftersom anläggningsentreprenören, därmed indirekt Trafikverket som är beställare av projektet, står för transporten till krossen blir det den närmsta krossanläggningen som är den mest kostnadseffektiva i denna studie. Då det inte kan antas att det är den närmsta krossen som kommer att vinna upphandlingen av bergmassorna får istället en genomsnittlig sträcka användas vid jämförelse med de övriga förslagen.

Att sälja tunnelberget till krossar för att sedan behöva köpa in bergmaterial för byggnationen skulle betyda en ekonomisk förlust. För att minska denna förlust kan försäljningskontraktet innehålla en klausul om återköp (Trafikverket, 2016:a, s. 141). Detta skulle innebära att Trafikverket säljer tunnelberget till en krossanläggning som krossar materialet till rätt fraktioner och sedan säljer tillbaka berget till ett reducerat pris.

5.2.2 Analys ur ett boendemiljöperspektiv i förslag 1

Den krossanläggning som är bäst med avseende på boendemiljön är den som kräver transportvägar som belastar mindre vägar så lite som möjligt. De flesta krossanläggningar ligger utanför centrala Göteborg, antingen i industriområden eller vid bergtäkter inte i direkt anslutning till annan bebyggelse. Transporterna till dessa anläggningar kan således ske på större trafikleder som inte påverkas i större utsträckning av den ökade trafiken. Detta resulterar i sin tur i en liten påverkan på boendemiljön.

5.2.3 Analys ur ett miljöperspektiv i förslag 1

Vid antagandet att alla krossar utför krossningen med samma metod och bortser från hur miljövänlig användningen av bergmassorna sedan blir kan det antas att den närmsta krossanläggningen är den mest miljövänliga. Vid en jämförelse med andra förslag till användning av bergmassorna bör dock inte enbart den närmaste krossanläggningen studeras eftersom det inte är säkert att det är den krossen som är mest ekonomisk lönsam och får kontraktet. Därför används istället ett genomsnittligt avstånd mellan tunnelmynning och krossanläggning för jämförelse med övriga förslag, vilket blir cirka 15 kilometer.

5.2.4 Analys utifrån risker i förslag 1

Försäljning till krossar är ett förhållandevis riskfritt alternativ. Detta eftersom Trafikverket vid kontraktstecknande får en säker mottagare av sina överskottsmassor som inte beror på så många yttre faktorer som annars kan förstöra tidsplanen. En eventuell risk hade varit att

krossanläggningen skulle gå i konkurs och därför inte kunna ta emot överskottsmassorna. Detta anses dock inte som troligt vid kontrakt med större, väletablerade företag.

5.3 Förslag 2: Försäljning till utbyggnad av Göteborgs Hamn

Göteborgs Hamn planerar ett stort infrastrukturprojekt där behovet av bergmassor är stort (Göteborgs Hamn, 2016:b). Projekt Risholmen omfattar utbyggnad av en ny energihamn som kommer vara 600 000 m² stor. Byggstarten för projektet beräknas till 2018 och ingivningen till 2030 (Göteborgs Hamn, 2016:a). Stora delar av terminalområdet för projektet kommer att hamna där det finns vatten idag vilket medför att första etappen av anläggningen blir att bygga vallar av sprängsten och fylla dessa med fyllnadsmaterial. Nästa etapp blir att lägga en överbyggnad som klarar av att bära lasterna (Ramböll Sverige AB, 2015).

För projektet behövs det cirka 500 000 m³, det vill säga 883 333 ton, sprängsten med fraktioner 30/400 mm. En stor del av bergmassorna för detta projekt kommer från Göteborgs Hamns egna bergtäkter och närliggande bergtäkter som Skanska Vikan och Skanska Halvorsäng¹. Från Västlänken planeras att använda sprängsten för utbyggnad av terminalområdet, bergmassorna kommer vara tillgängligt från januari 2018².

Lokaliseringen av Risholmen påverkar val av transportsätt för bergmassorna eftersom det finns ett Natura 2000-område i närheten av projektet¹. Området är till för att bevara speciella naturtyper och skydda hotade djurarter. Syftet med Natura 2000-området nära Risholmen är att skydda hotade fågelarter (Länsstyrelsen Västra Götalands Län, 2015, s. 1).

Ett antagande som gäller endast för detta förslag är att bergmassorna från servicetunnel Skår antas vara ointressanta. Enligt beräkningar i avsnitt 5.1 uppskattades bergmassorna från servicetunnel Korsvägen och Liseberget till 635 000 tfm³ det vill säga 1 682 750 ton, vilket täcker behovet av bergmassorna för Risholmen.

Det finns två alternativ för transporter av massorna, det ena är att transportera alla massor med lastbilar och det andra är att välja båttransport för en del av transportvägen. För att kunna göra en bedömning av vilket som är det lämpligaste transportsättet för massorna studeras de två olika transporttyperna.

Alternativ 1 är att endast använda lastbilar för transporter av bergmassorna. Med detta alternativ fås en transportväg från servicetunnlarna Korsvägen och Liseberget till Risholmsvägen som är cirka 20,8 kilometer lång (Eniro, 2016), se bilaga 2, figur 1 för karta över transportvägen. Alternativ 2 är att transportera massorna med pråm från Stora Bommen till Risholmsvägen, vilket betyder att massorna delvis kommer transporteras med lastbilar. Transportsträckan för alternativ 2 visas i bilaga 2, figur 2. Vägtransporten är cirka 8,7 kilometer lång (Eniro, 2016).

Transportsträckorna för båda alternativen passerar endast vägar med BK1 (Göteborgs Stad, 2016:b) och inga vägar med längdrestriktioner passeras (Göteborgs Stad, 2016:a). Detta betyder att lastbilar som har en lastkapacitet på 33 ton är den lämpligaste lastbilsmodellen för transportererna i båda alternativen. Det totala antalet lastbilar för masstransportererna blir 26 768 stycken.

¹ Fredrik Ternström (senior manager port development, Göteborgs Hamn) mejlkommunikation, 21 april 2016.

² Johan Bengtsson (samordnare överskottsmassor, Trafikverket) mejlkommunikation 25 april 2016.

Kostnader för pråmar beror bland annat på antal pråmar som behövs, lastkapaciteterna och utsläppskraven². En pråm kan ha en lastkapacitet från några ton upp till flera tusen ton. Då det i dagsläget inte är bestämt hur stora pråmar som ska användas¹ antas för alternativ 2 en pråm med kapaciteten 200 ton. Detta medför att det blir cirka 4 167 stycken pråmtransporter från Stora Bommen till terminalområdet för projektet Risholmen.

Transporter med pråmar tar oftast längre tid än transporter med lastbilar. Anledningen till det är att den tillåtna hastighetsgränsen för transporter med fartyg är betydligt lägre än hastighetsgränsen för vägtransporter. Inom Göteborgs hamnområde finns det olika hastighetsgränser för transporter med fartyg. För området som passeras med pråmar i alternativ 2 är den högsta tillåtna hastigheten 8 knop, det vill säga 15 km/h (Sjöfartsverket, 2014). Däremot är den tillåtna hastigheten för tunga lastbilar 80 km/h (Transportstyrelsen, 2014).

5.3.1 Analys ur ett ekonomiskt perspektiv i förslag 2

Eftersom antalet lastbilstransporter är samma för de båda alternativen påverkas kostnaderna endast av körsträckan. Alternativ 1 har en körsträcka som är dubbelt så lång som körsträckan i alternativ 2, vilket betyder att kostnaderna för vägtransporterna blir mindre för alternativ 2. Däremot utgörs en stor del av körsträckan för alternativ 2 av pråmar som kan ge större kostnader än lastbilar. Anledningen till det är att transporter med pråmar kan ta längre tid och flexibiliteten hos pråmsystem är mindre än lastbilar (Tyréns, 2006, s. 4), detta medför att kostnaderna blir större för masstransporter med pråmar.

5.3.2 Analys ur ett boendemiljöperspektiv i förslag 2

Transportsträckorna för båda alternativen passerar stora vägar vilket betyder att ljudnivån i bostadsområden i närheten inte skulle få en stor negativ påverkan. Transporter med pråmar kan påverka stadsmiljön och det kan upplevas som oljud för befolkningen i närheten. Pråmtransporter i alternativ 2 kommer till störst del passera i närheten av industriområden och det gör att den visuella påverkan inte kommer upplevas lika negativ.

5.3.3 Analys ur ett miljöperspektiv i förslag 2

Storleken på miljöpåverkan av masstransporterna skiljer sig för alternativen. Utsläpp av koldioxid och andra luftföroreningar är oftast mindre med fartygstransporter än lastbilstransporter (Trafikverket, 2011:a). Fartygstransporterna kommer även ha en mindre påverkan på Natura 2000-området som ligger i närheten av terminalområdet. Transporterna i alternativ 1 kommer ha en större miljöpåverkan. Eftersom transportsträckan passerar i närheten av Natura 2000-området innebär det att den kommer ge en ökad bullernivå och luftföroreningar som kan påverka djuren i området.

För utbyggnaden av Risholmen behövs endast bergmaterial med fraktioner 30/400 mm vilket betyder att material med fraktioner mindre än 30 mm kommer spolas bort vid nedläggning i havet². Det finns en risk att vattenmiljön kan påverkas negativt i båda alternativen, dock innehåller inte bergmaterialet från Västlänken farliga ämnen som kan skada djurlivet eller sänka vattenkvaliteten.

¹ Johan Bengtsson (samordnare överskottsmassor, Trafikverket) mejlkommunikation 25 april 2016.

² Fredrik Ternström (senior manager port development, Göteborgs Hamn) mejlkommunikation, 22 april 2016.

5.3.4 Analys utifrån risker i förslag 2

En av riskerna med detta förslag är om Göteborgs Hamn inte får tillstånd 2017¹ vilket skulle innebära att bergmassorna från Västlänken inte kommer kunna användas för utbyggnad av Risholmen. Vid senare byggstart än 2018 behövs mellanlagringsplatser för bergmassorna från Västlänken vilket ger en större kostnad för hanteringen av massorna. Att transportera bergmassorna till en mellanlagringsplats skulle innebära en större påverkan på miljön i form av ökade utsläpp och luftföroreningar. Lokaliseringen av mellanlagringsplatsen kan även påverka boendemiljön eftersom det kan innebära masstransporter i närheten av bostadsområden som kan ge en ökad bullernivå.

5.3.5 Lämpligaste alternativet för masstransporter för förslag 2

Enligt beskrivningen i avsnitt 5.3.2 och 5.3.3 är alternativ 2 ett bättre val för masstransporter eftersom påverkan på boendemiljö och miljön är mindre än i alternativ 1. Det mest lönsamma alternativet ur ett ekonomiskt perspektiv blir alternativ 1, se avsnitt 5.3.1. Även om kostnaderna blir mindre för alternativ 1 gör påverkan på miljön och boendemiljön att alternativet inte kan anses som ett lönsamt val för masstransporter till hamnen. Detta medför att det mest lönsamma alternativet för att transportera bergmassorna från arbetstunnlarna till terminalområdet för Risholmen blir alternativ 2. Det vill säga att använda vägtransporter från arbetstunnlarna till Stora Bommen och därefter använda pråm till terminalområdet.

5.4 Förslag 3: Användning av bergmassorna i Trafikverkets projekt i närheten

I nuläget planerar Trafikverket många infrastrukturprojekt i Göteborgsområdet där flera projekt kan pågå samtidigt eller överlappa varandra. Därför är ett förslag att återanvända bergmassorna i Trafikverkets egna projekt i närheten av Västlänken. För att kunna återanvända bergmassorna behöver de krossas till rätt fraktioner vilket troligtvis skulle ske på Gullbergsvass². Därefter kan bergmaterialen säljas till Trafikverkets anläggningsentreprenörer eller ingå i kontrakten med dessa att de ska använda bergmaterial från krossanläggningen på Gullbergsvass.

Ett exempel på ett projekt som till viss del kommer att fortskrida samtidigt som Västlänken, och som behöver bergmassor, är nedsänkningen av E45:an¹. I samband med att den befintliga Göta Älvbron ska ersättas med en ny samtidigt som en viadukt ska byggas över bangården öster om Göteborgs centralstation kommer en ombyggnation av E45 från Lilla Bommen till Marieholm att behöva ske. E45:an kommer att sänkas ned för att ge högre trafiksäkerhet i området samt för att skapa möjligheter för central stadsutveckling (Trafikverket, 2014:a, s. 6). Huvudentreprenaden startar 2016 och projektet beräknas vara färdigt år 2020 (Trafikverket, 2016:b).

Enligt Eniro.se är resvägen från Liseberget och Korsvägen till Gullbergsvass 7,9 kilometer lång. För karta över vägvalet se i bilaga 3, figur 1. Från Servicetunnel Skår till Gullbergsvass blir transportsträckan kortare eftersom servicetunneln ligger närmare Kungsbackaleden. Transportsträckan är 6,2 kilometer lång (Eniro, 2016), se bilaga 3, figur 2 för vägval.

De båda vägalternativen går endast på vägar med BK1-klassificering (Göteborgs Stad, 2016:b) och utan några restriktioner på hur långt fordonet får vara (Göteborgs Stad, 2016:a). Detta innebär att en lastbil med maxkapacitet 33 ton kan användas. Vägalternativen som används hade kunnat kortas ner om transporterna hade körts på vägar som inte har BK1-

¹ Fredrik Ternström (senior manager port development, Göteborgs Hamn) mejlkommunikation, 22 april 2016.

² Johan Bengtsson (samordnare överskottsmassor, Trafikverket) studiebesök 22 mars 2016

klassificering. Med tanke på ekonomi, boendemiljö och miljö är alternativet med längre transportsträcka, men med BK1-vägar, ett bättre alternativ.

5.4.1 Analys ur ett ekonomiskt perspektiv i förslag 3

Eftersom Trafikverket själva tar hand om bergmassorna i förslaget kan detta betraktas som ekonomiskt lönsamt. Förslaget medför kortare transportsträckor av både bergmassor från Västlänken och för bergmaterial till byggnationer i närområdet. Trafikverket slipper även betala någon krossanläggning för förädlingen av bergmassorna till bergmaterial. Dock medför förslaget en extra kostnad för krossningen av bergmassorna på Gullbergsvass. Denna kostnad antas dock vara mindre än vinsten av de kortare transportsträckorna och att Trafikverkets anläggningsentreprenör slipper köpa in bergmaterialet från någon annan krossanläggning.

Lönsamheten i förslaget kan även bero på mängden berg som krossas. Utnyttjas krossen på Gullbergsvass endast till en liten mängd berg kanske vinsterna inte överskrider kostnaderna från införskaffande av krossen. I förslaget antas dock att alla bergmassor krossas på Gullbergsvass vilket bör betyda att förslaget blir lönsamt.

5.4.2 Analys ur ett boendemiljöperspektiv i förslag 3

Både projekt Västlänken och Gullbergsvass ligger centralt men på Gullbergsvass finns det inga bostadshus vilket gör att det endast är boendemiljön vid servicetunnlarna som kommer påverkas. Vägarna mellan servicetunnlarna och Gullbergsvass är i detta förslag större trafikleder vars andel tung trafik inte kommer öka så mycket att boendemiljön störs.

5.4.3 Analys ur ett miljöperspektiv i förslag 3

Att välja en mottagningsplats så pass nära de studerade servicetunnlarna anses fördelaktigt ur miljösynpunkt. Lastbilarna kommer inte behöva köra särskilt långt och därmed reduceras utsläppen kraftigt jämfört med om massorna hade körts några mil bort, exempelvis utanför Göteborgsområdet.

Förutom de korta transporterna är även förslagets användning av bergmassorna positivt ur ett miljöperspektiv. När överskottsberget krossas till bergprodukter på Gullbergsvass kan detta sedan användas i närliggande projekt. Det medför då även ett minskat behov av långväga transporter av bergprodukter till projekt som har ett underskott av bergprodukter. Därmed blir förslaget positivt ur miljöperspektivet för Trafikverket även utanför projekt Västlänken.

5.4.4 Analys utifrån risker i förslag 3

Att krossa bergmaterialet på Gullbergsvass för användning i andra projekt kan innebära en risk vid obalans mellan bergmassor transporterade till och från krossanläggningen. Om för mycket bergmassor transporteras till krossanläggningen måste de läggas på mellanlagring innan användning vilket kan bli utrymmeskrävande och därmed kostsamt. Även om tidsplanen i Västlänken blir försenad skulle det innebära förseningar för den anläggningsentreprenör som ska köpa bergprodukterna.

En annan risk med att använda bergmassorna i andra projekt är att det kan vara svårt att veta exakt hur mycket massor som behöver användas och då måste en plan B finnas för de massorna som inte kommer till användning.

6 Analys och jämförelse av förslagen

De tre förslagen beskrivna i kapitel 5 jämförs här med varandra utifrån de fyra kriterierna beskrivna i kapitel 4. För att komma fram till ett förslag som är det mest fördelaktiga kommer först alla tre förslagen analyseras ur varje kriteries perspektiv. Därefter kommer ett slutgiltigt förslag presenteras som det bästa med avseende på alla kriterier.

6.1 Analys ur ett ekonomiskt perspektiv

Eftersom alla förslagen endast kör på BK1-vägar kommer det förslaget som kör kortast sträcka och där massorna kommer till störst ekonomisk nytta vara det mest lönsamma. Förslag 3 innebär kortast transportvägar och anses ha den mest lönsamma användningen av bergmassorna. Genom att Trafikverket återanvänder massorna direkt i närområdet undviks inköp av bergprodukter och långväga transporter till andra projekt. Detta gör förslag 3 till det bästa förslaget ur det ekonomiska perspektivet.

6.2 Analys ur ett boendemiljöperspektiv

Förslag 2, där massorna transporteras med lastbil en del av vägen och med pråmar resterande del, anses som det sämsta förslaget ur boendemiljöperspektiv. Detta på grund av att pråmarna kan upplevas som störande för befolkningen. Även om pråmarna till störst passerar industriområden kör de också förbi bostadsområden vilket gör att förslag 2 anses vara det sämsta av de tre förslagen ur boendemiljöperspektivet.

I förslag 1 körs masstransporterna ut på Kungsbackaleden och sen direkt bort till krossar som ligger i industriområden, alltså inte i närheten av något bostadsområde. I förslag 3 körs masstransporterna på större trafikleder och bort till Gullbergsvass där det inte finns några bostadshus. Detta gör att förslag 1 och förslag 3 egentligen påverkar boendemiljön i samma utsträckning men eftersom masstransportsträckan är kortare i förslag 3 kommer det förslaget påverka boendemiljön minst i slutändan. Motiveringen till det är att om en kortare sträcka körs, kommer färre bostadshus att passeras.

6.3 Analys ur ett miljöperspektiv

Eftersom alla transporter i förslagen går på BK1-vägar är de avgörande faktorerna för miljöpåverkan i denna studie transportsträckan och användandet av bergmassorna. Därmed är förslag 3, användning i Trafikverkets andra projekt i närområdet, det miljövänligaste förslaget.

6.4 Analys utifrån risker

Det förslag i studien som anses vara bäst enbart med hänsyn till risker är förslag 1, försäljning till krossanläggningar. Detta eftersom förslaget inte är beroende av yttre faktorer, såsom tidsplaner i andra projekt, i samma utsträckning som de övriga förslagen.

6.5 Det mest effektiva förslaget

Efter att ha analyserat alla tre förslagen utifrån de fyra kriterierna har ett slutgiltigt förslag framtagits som det mest fördelaktiga. Förslag 3 är det förslaget som har kortast transportsträckor och på det sättet påverkar både ekonomi, boendemiljö och miljö i minst utsträckning. Att bergmassorna dessutom kan återanvändas inom Trafikverkets egna projekt i närheten gör att det gynnar ekonomin ytterligare. Masstransporterna kommer att köras på större vägar som inte är i direkt anslutning till bostadsområden vilket gör att boendemiljön inte kommer att påverkas märkbart. Anledningen till att förslag 3 har utsetts som det bästa i boendemiljökriteriet är på grund av den korta körsträckan.

När kriteriet risker analyserades var förslag 1 det bästa. Problemet med förslag 3 är att tidsplanen i de projekten som massorna ska till kan ställa till det. För att minska riskerna i

förslag 3 bör projekten samordnas noggrant för att se till att flödet till och från krossanläggningen är optimalt. Riskerna kan även minskas genom att ha reservplaner för både bergmassorna från Västlänken och bergprodukterna till projektet med underskott av berg. Med tanke på att kriterierna miljö, boendemiljö och ekonomi är väl uppfyllda och riskerna i förslag 3 inte är alltför stora väljs ändå förslag 3 som det bästa i slutändan. Inget av de andra förslagen uppfyller kriterierna lika bra.

Det valda förslaget är ett förslag som är effektivt, smidigt och ekonomiskt lönsamt. Dessutom är det ett förslag som gynnar både miljön och boendemiljön.

7 Diskussion

I detta kapitel diskuteras först området masshantering och hur det kan utvecklas i framtiden. Därefter diskuteras resultatet av rapporten, dess tillförlitlighet och brister med studien.

7.1 Diskussion om masshantering

Lösningar på masshantering som är beprövade och riskfria är troligtvis de lösningar som oftast används vid infrastrukturprojekt. Tyvärr är det något som hämmar utvecklingen eftersom lösningar som kanske är mer riskfyllda och då inte särskilt beprövade väljs bort trots att de egentligen kan vara mer effektiva. Om nya förslag och metoder aldrig provas på grund av de eventuella riskerna är det svårt att veta om de är effektivare eller inte. Om tidsplanen i exempelvis nedsänkningen av E45:an håller, är förslag 3 ett förslag som är bättre och effektivare än de övriga förslagen. I dagsläget hade förmodligen förslag 1, försäljning till krossar, använts eftersom det är ett säkert och riskfritt alternativ.

Förutom att prioritera hållbarhetsperspektivet vid val av användningsområden för bergmassorna skulle även masstransporterna kunna bli mer miljövänliga. I dagsläget är det upp till åkeriet, som köps in av anläggningsentreprenören, att välja fordon för transporten av bergmassorna. Åkeriet väljer då de fordon som finns tillgängliga och som troligtvis inte är de mest optimala för att maximera lastkapaciteten för transportvägarna. Att minska påverkan på miljön och boendemiljön, genom att optimera lastkapaciteten, skulle dock påverka ekonomin negativt. För att uppnå detta skulle Trafikverket troligtvis behöva specificera kontrakten vid upphandlingen av projektet mer än att bara lägga transportansvaret på anläggningsentreprenören. Detta skulle troligtvis kosta mer för Trafikverket men skulle vara nödvändigt för att effektivisera masstransporterna med avseende på fler kriterier än bara ekonomin.

Att sälja bergmassorna för 8 kr/ton, som antagits i rapporten, skulle troligtvis inte vara lönsamt utan snarare en mindre förlust. Vid användning av det största fordonståget, lastbil med släp, som har en lastkapacitet på 33 ton skulle det innebära att varje last var värd 264 kr. Genomsnittsavståndet till en krossanläggning beräknades till ungefär 15 kilometer vilket skulle innebära en körsträcka på ungefär tre mil per vända. Troligtvis skulle de sammanlagda kostnaderna för transportfordonet och förare för denna sträcka överstiga de 264 kr vilket skulle medföra att försäljningen går med förlust. Då skulle det kanske till och med vara billigare att lämna massorna någonstans närmare servicetunnlarna utan försäljning. Detta skulle dock inte vara något alternativ då det skulle ha mycket stor negativ påverkan på miljön. Bergmassorna måste tas om hand på något sätt och då är försäljning för användning av massorna bättre än att inte få något alls för det. Att sälja bergmassorna till krossar kan vara fördelaktigt då det ger möjlighet att i kontraktet ta med en klausul om återköp. Om bergprodukter sedan kan köpas tillbaka från krossen till ett reducerat pris kan även det medföra positiva effekter på ekonomin.

7.2 Diskussion av resultatet och dess brister

Om tidsplaner håller och samordningen fungerar kan förslag 3 vara mycket fördelaktigt. Masstransporterna från Korsvägen, Lisberget och Skår till Lilla Bommen kör större delen på Kungsbackaleden där varken arbetsplatser eller bostadsområden störs. Transportsträckan för förslag 3 är kort, endast 6,2 – 7,9 kilometer, vilket leder till minimala utsläpp och påverkan på miljön samtidigt som transportkostnaderna hålls låga.

Flera av resultaten i rapporten, som till exempel inkomsterna av försäljning av massorna, är mycket överslagsmässiga. Resultatet grundar sig på flera andra resultat som även de är uppskattade och kan ha en felmarginal. Detta beror på att mycket utav informationen till

rapporten har varit svår att få tag på då det antingen inte är ett så studerat område eller information som berörda parter inte vill lämna ut på grund av konkurrens med andra aktörer.

Jämförelsen av förslagen tros däremot vara mer tillförlitlig. Detta beror på att jämförelsen inte har grundats på lika mycket osäker fakta och uppskattningar. Den utgår istället från kvalitativa bedömningar och mer säkra konstateranden som att längre transportsträckor medför större kostnader och utsläpp. Därigenom antas resultatet, att förslag 3 är det bästa av de tre förslagen, som tillförlitligt.

De kriterier som rapporten fokuserar på är egentligen för få för att kunna få en fullständig överblick. För att få en mer verklighetsbaserad uppfattning bör förslagen bedömas utifrån många fler kriterier. För att kunna bedöma förslagen utifrån fler kriterier måste även varje förslag beskrivas och utredas ännu mer i detalj och mer utförligt. Om förslagen hade analyserats utifrån fler kriterier är det möjligt att ett annat förslag hade utsetts till det bästa. Kriterierna som analysen utgår ifrån antas dock vara tillräckligt övergripande för att få ett tillförlitligt resultat.

För att komma fram till det optimala förslaget med den effektivaste masshanteringen kanske fler förslag hade behövts tas fram och studeras. Om fler förslag analyserats i rapporten hade kanske slutresultatet blivit ett annat. Speciellt tillsammans med att ha fler kriterier att analysera utifrån.

Att enbart Entreprenad Korsvägen studerades i rapporten kan ha haft påverkan på resultatet. Hade hela Västlänkens sträckning studerats är det möjligt att något av de andra förslagen hade varit bättre eller ett annat icke studerat förslag varit det bästa. Till exempel skulle det kanske varit fördelaktigt att kombinera entreprenaderna Korsvägen och Haga eftersom de har en gemensam bergtunnel mellan varandra, se figur 2 i avsnitt 1.3. Då hade kanske transporterna av bergmassorna från bergtunnlarna kunnat kombineras för att få större volymer som då skulle kunna påverka valet av mottagare av massorna. Förslagen som har studerats har dock inte haft restriktioner på maximal mottagningskapacitet eller så har det antagits att alla bergmassor kan tas emot, vilket bör medföra att detta inte skulle påverka resultatet av rapporten utan förslag 3 skulle fortsätta vara det bästa förslaget.

Antagandet att förslag 3 kan ta emot alla studerade överskottsmassor skulle även det kunna påverka resultatet av rapporten. Om inte alla bergmassor skulle kunna tas om hand av den mottagningsplatsen skulle det bästa vara att köra övriga massor till det näst bästa förslaget. Då Trafikverket och flera andra aktörer kommer att utföra flertalet andra projekt i området kring Gullbergsvass och området vid Centralen borde detta medföra att det kommer finnas ett behov av krossmaterial i närheten av mottagningsplatsen i förslag 3. Det hade då varit fördelaktigt att ta material från krossen på Gullbergsvass och inte från krossanläggningar belägna längre från området. Detta skulle dock kräva en hel del samordning mellan de olika projekten och aktörerna vilket skulle kunna vara avskräckande så att inköp istället sker från mer riskfria krossanläggningar. Det hade dock varit önskvärt att få till detta samarbete som hade varit bra för miljön, boendemiljön och ekonomin då det skulle minska transportarbetet avsevärt.

I studien av förslagen har inte utsläppen eller kostnaderna för transporterna av överskottsmassorna beräknats. Istället har endast transportvägarnas längd beräknats och kvalitativa bedömningar har gjorts. Detta gjordes eftersom alla förslag antas utföras av samma typ av lastbil så att utsläppen antas vara proportionella mot transporterad kilometer. Vidare visade det sig att transportvägarna hade BK1 i alla tre förslagen. Detta medför att endast transportvägarnas längd var relevant och något som gick att räkna på. Om transportvägarna hade haft olika bärighetsklass skulle det medföra att olika lastbilar med olika lastkapacitet

hade varit tvungna att användas, vilket innebär att det hade blivit olika många masstransporter i de olika förslagen.

Det går att hitta information om hur mycket en lastbil kostar att hyra per timme men eftersom Västlänken är ett så omfattande projekt som pågår under lång tid finns stor anledning till att tro att det priset inte stämmer om en lastbil skulle hyras i flera år. Entreprenörerna har förmodligen också ett avtal som gör att timpriset blir billigare än ett timpris vid korttidshyra. När transportvägarna räknas ut med hjälp av Eniro finns möjligheten att även få reda på hur lång tid det tar att köra vägen men den tiden anses inte vara särskilt tillförlitlig då lastbilarna troligen inte kommer kunna köra lika snabbt och smidigt som en personbil, dessutom kan köbildning skapa förseningar.

Priset som uppgetts för berg är 4 – 12 kr/ton vilket är ett ganska stort spann med tanke på hur många ton som ska säljas. Priset beror på bergkvaliteten och på hur mycket krossföretagen kan tänka sig att betala. Tyvärr vill de som köper bergmaterialet inte uppge hur mycket de är villiga att betala, vilket gör att det är svårt att ta reda på en mer exakt siffra för bergmassorna i Göteborg och Västlänken.

7.3 Diskussion om tillförlitlighet och aktualitet hos källor

Största delen av informationen till rapporten är hämtad från Trafikverket, vilket anses som en tillförlitlig och opartisk källa. Att Trafikverket planerar många infrastrukturprojekt där hantering av bergmassor ingår gör att de anses som mycket kunniga inom ämnet. Vidare är Västlänken Trafikverkets egna projekt vilket gör att deras information om Västlänken definitivt ses som tillförlitlig och relevant.

Några av rapporterna där information har hämtats är ett par år gamla men i det stora hela har inte så mycket ändras eftersom planeringen inte kommit längre. Ett studiebesök hos Johan Bengtsson på Trafikverket har gjorts vilket gör att informationen är mer uppdaterad.

Eftersom Västlänken är ett projekt som i skrivande stund är i planeringsfasen innebär det att planerna hela tiden kan ändras. Detta innebär i sin tur att ett dokument där information till rapporten har hämtats kan ändras på en månad eller några veckor. Förmodligen är det ingen information som är helt ogiltig men den kan ha ändrats något. Detta gör att rapporten brister i sin information. Att ett studiebesök gjordes med den ansvarige för samordningen av överskottsmassorna höjde aktualiteten hos informationen. Dock gjordes studiebesöket i mars och rapporten färdigställdes i maj. Under tiden mellan studiebesök och slutgiltig rapport kan viss information och planer ha ändrats. Däremot har mejlkontakt med Bengtsson hållits under perioden efter studiebesöket vilket gör informationen mer uppdaterad.

8 Slutsats

I dagsläget väljs sannolikt riskfria och ekonomiskt lönsamma alternativ för masshantering. För att sträva efter en hållbar masshantering skulle miljöaspekten behöva bli mer prioriterad. Eftersom detta påverkar ekonomin och kräver mer samordning skulle Trafikverket, i egenskap av beställare, behöva välja hållbara mottagningsplatser och specificera mer till entreprenörerna.

Utifrån de förslag som studeras i rapporten dras slutsatsen att förslag 3, användning av bergmassor i närliggande projekt, bör tillämpas. Detta eftersom förslaget är det mest fördelaktiga efter en jämförelse utifrån de fyra kriterierna: ekonomi, boendemiljö, miljö och risker. Dock måste samordningen fungera väl om förslag 3 ska vara genomförbart. För att massorna inte ska behöva ligga för länge på mellanlagringsplatsen i Gullbergsvass behöver projekten fortgå enligt tidsplanerna. På grund av att en del information har varit svår att få tag i, exempelvis exakta siffror på utsläpp och försäljningspriser, har många av jämförelserna mellan förslagen baserats på transportsträckans längd. Val av fordonståg beror på lokaliseringen på mottagningsplatserna eftersom bärighetsklasserna på vägarna kan begränsa framkomligheten för stora fordon.

Källförteckning

- Banverket. (2007:a). *Citybanan i Stockholm : Järnvägsplan*. Stockholm: Banverket.
- Banverket. (2007:b). *Citybanan i Stockholm : Masshanteringsplan*. Stockholm: Banverket.
- Brunnbäck, L. (2014). *Upphandlingsstrategi projekt Västlänken*. Göteborg: Trafikverket.
- Christiansson, C. (2012). *Befolkningsprognos Västra Götalands 2011-2025*. Hämtat från Västra Götalandsregionen:
http://www.vgregion.se/upload/Regionkanslierna/regionutveckling/kortrapport/Kortrapport_befolkningsprognos%20.pdf
- Eniro. (den 27 04 2016). *Vägbeskrivning*. Hämtat från www.eniro.se:
<http://kartor.eniro.se/vagbeskrivning>
- Göteborgs Hamn. (2016:a). *Risholmen*. Hämtat från [goteborgshamn.se](http://www.goteborgshamn.se):
<http://www.goteborgshamn.se/Om-hamnen/Hamnen-vaxer/Risholmen/> den 01 04 2016
- Göteborgs Hamn. (2016:b). *Se hur hamnen växer*. Hämtat från [goteborgshamn.se](http://www.goteborgshamn.se):
<http://www.goteborgshamn.se/Om-hamnen/Hamnen-vaxer/Se-hur-hamnen-vaxer/> den 01 04 2016
- Göteborgs Stad. (den 02 05 2016:a). *Långa fordon*. Hämtat från goteborg.se:
http://goteborg.se/wps/portal/foretag/tillstand-och-regler/trafik-och-transporter/langa-fordon!/ut/p/z1/hY7BCoJAGISfxuv-v6252m07GKmoQZDtJTS2VVBXdGuhp8-OQdHchvmGGRBQghiqR6sq0-qh6hZ_Fv6lcONDSHU55rswv0xKaIsSb08Y3D6B4glxh_iCDGItu6JvfYECVIPGQ0CRpkfrpGt3vt8qGm
- Göteborgs Stad. (den 11 05 2016:b). *Vägar med bärighetsklass 1*. Hämtat från goteborg.se:
http://goteborg.se/wps/portal/foretag/tillstand-och-regler/trafik-och-transporter/tung-trafik/vagar-med-barighetsklass-1!/ut/p/z1/hY6xDcIwEEVXYQLfJYYklEGKEDSIakjcoHMwjgVOkG1hiXmYgQVYDOhB_O7pveKDgBpET1ejKZihp_ObG5HtNwmui1lS4mq7zXGx5BlWc-TzCmH3LxBvjT9WlixBG
- Hermansson, K. (2014). *Masshanteringsplan*. Göteborg: Trafikverket.
- Johansson, Å. (den 26 11 2015). *Magmatiska bergarter*. Hämtat från [nrm.se](http://www.nrm.se):
<http://www.nrm.se/faktaomnaturenochrymden/geologi/bergarterochmalmer/magmatiskabergarter.1605.html>
- Jordbruksaktuellt. (den 04 06 2013). *Tunga transporter ställer höga krav – men reglerna är inte busenkla*. Hämtat från ja.se: <http://ja.se/?p=42919&pt=144&pg=>
- Lantmäteriet. (2016). *Tätortskartan*. Hämtat från Geodata: <https://www.geodata.se/> den 05 05 2016

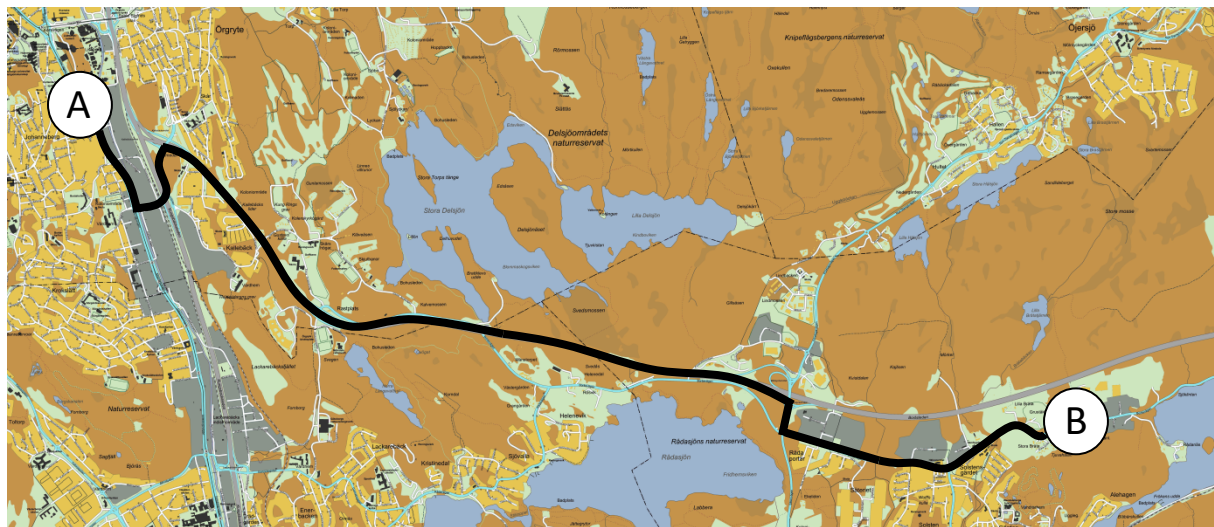
- Loorent, K.-J. (2006). *Bergmaterial i väglinjen : Delrapport*. Linköping: VTI.
- Länsstyrelsen i Skåne län. (2008). *Citytunnel- funktion Miljö*. Malmö: Länsstyrelsen i Skåne län.
- Länsstyrelsen Västra Götalands Län. (2015). *Bevaradeplan för Natura 2000-område : SE0520055 Torsviken*. Göteborg: Länsstyrelsen Västra Götalands Län.
- Malmö stad. (den 20 04 2016). *Citytunneln i Malmö*. Hämtat från malmo.se:
<http://malmo.se/Stadsplanering--trafik/Trafik--hallbart-resande/Nar-du-aker-kollektivt/Citytunneln.html>
- Ramböll Sverige AB. (2015). *Framtidens hållbara hamn – Risholmen*. Göteborg: Göteborgs Hamn.
- Rjaber. (den 01 09 2009). *Karta med Citytunnelns hela sträckning med stationer tunnlar och järnväg markerade*. Hämtat från
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Citytunneln_karta_20090907.jpg
- Sjöfartsverket. (den 14 04 2014). *Hamninformation Göteborg*. Hämtat från sjofartsverket.se:
<http://www.sjofartsverket.se/sv/Sjofart/Lotsning/Lotsomraden/Lotsomrade-Goteborg/Goteborg/>
- Sveriges geologiska undersökning . (2015). *Resurseffektivisering och minskade transporter – förslag till hur insamling av produktionsuppgifter från entreprenadberg kan utformas*. Uppsala: Sveriges geologiska undersökning .
- Sveriges geologiska undersökning. (den 10 02 2016). *Landskapsstenar i Götaland*. Hämtat från sgu.se: <http://www.sgu.se/om-geologi/berg/sveriges-berggrund/landskapsstenar/landskapsstenar-i-gotaland/>
- Sveriges riksdag. (den 17 09 1998). *Trafikförordning (1998:1276)*. Hämtat från riksdagen.se:
https://www.riksdagen.se/sv/Dokument-Lagar/Lagar/Svenskforfattningssamling/Trafikforordning-19981276_sfs-1998-1276/
- Trafikkontoret. (2007). *Karta för yrkes förare*. Hämtat från trafikkontoret:
http://www2.trafikkontoret.goteborg.se/resourcelibrary/Karta_yrkesforare_2007-09-03.pdf
- Trafikverket. (2011:a). *E4 Förbifart Stockholm*. Stockholm: Trafikverket.
- Trafikverket. (2011:b). *E4 Förbifart Stockholm : Arbetsplan*. Stockholm: Trafikverket.
- Trafikverket. (2011:c). *E4 Förbifart Stockholm: Masshanteringsplan*. Stockholm: Trafikverket.
- Trafikverket. (den 10 09 2012:a). *Miljöaspekt Klimatfaktorer*. Hämtat från Trafikverket.se:
http://www.trafikverket.se/contentassets/773398c783ec4fc0afe4938de1b90c7c/miljoaspekt_klimatfaktorer_120910_.pdf den 03 03 2016

- Trafikverket. (den 10 09 2012:b). *Miljöaspekt Luft*. Hämtat från Trafikverket.se:
http://www.trafikverket.se/contentassets/773398c783ec4fc0afe4938de1b90c7c/miljoaspekt_luft_20120910.pdf den 03 03 2016
- Trafikverket. (den 10 09 2012:c). *Miljöaspekten "Människors hälsa"*. Hämtat från Trafikverket.se:
http://www.trafikverket.se/contentassets/773398c783ec4fc0afe4938de1b90c7c/miljoaspekt_manniskors_halsa_20120910.pdf den 03 03 2016
- Trafikverket. (den 10 09 2012:d). *Miljöaspekten Vatten*. Hämtat från Trafikverket.se:
http://www.trafikverket.se/contentassets/773398c783ec4fc0afe4938de1b90c7c/miljoaspekt_vatten_20120910.pdf den 03 03 2016
- Trafikverket. (den 19 09 2013:a). *Beräkna och utreda buller och vibrationer*. Hämtat från Trafikverket.se: <http://www.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/Planera-och-utreda/Planerings--och-analysmetoder/Berakna-och-utreda-buller-och-vibrationer/> den 03 03 2016
- Trafikverket. (2013:b). *Samrådshandling lägesrapport november 2013*. Göteborg: Trafikverket.
- Trafikverket. (2014:a). *E45 delen Lilla Bommen - Marieholm*. Göteborg: Trafikverket.
- Trafikverket. (2014:b). *Järnvägsplan, Västlänken, Planbeskrivning*. Göteborg: Trafikverket.
- Trafikverket. (den 21 01 2014:c). *Masshantering*. Hämtat från Trafikverket.se:
<http://www.trafikverket.se/nara-dig/Vasternorrland/Vasternorrland/E4-Sundsvall/Miljo/Masshantering/>
- Trafikverket. (2014:d). *Olskroken planskildhet och Västlänken, Miljökonsekvensbeskrivning*. Göteborg: Trafikverket.
- Trafikverket. (2014:e). *Olskroken planskildhet och Västlänken, Underlagsrapport Geologi och hydrogeologi*. Göteborg: Trafikverket.
- Trafikverket. (den 30 06 2014:f). *Regeringens tillåtlighet*. Hämtat från Trafikverket.se:
http://www.trafikverket.se/contentassets/bd44ae1aadf342599c1d2c6d68f96a41/regeringsbeslut_tillatlighet_vastlanken_140626.pdf den 13 04 2016
- Trafikverket. (den 25 04 2014:g). *Vad kostar ett infrastrukturprojekt?* Hämtat från Trafikverket.se: <http://www.trafikverket.se/om-oss/var-verksamhet/sa-har-jobbar-vi-med/Fran-planering-till-byggande/Vad-kostar-ett-infrastrukturprojekt/>
- Trafikverket. (den 08 07 2014:h). *Västlänkens stationer*. Hämtat från Trafikverket.se:
<http://www.trafikverket.se/nara-dig/Vastra-gotaland/projekt-i-vastra-gotalands-lan/Vastlanken---smidigare-pendling-och-effektivare-trafik/Om-Vastlanken/Vastlankens-stationer/> den 03 03 2016

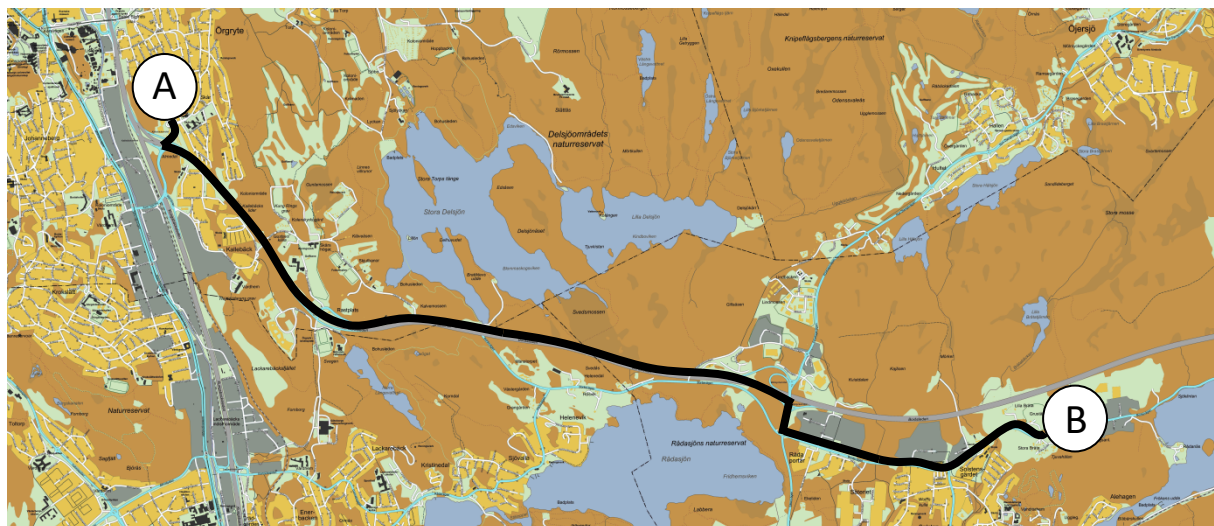
- Trafikverket. (den 01 10 2015:a). *Citybanan i Stockholm*. Hämtat från Trafikverket.se:
<http://www.trafikverket.se/citybanan>
- Trafikverket. (2015:b). *Järnvägsplaner Olskroken planskildhet och Västlänken, Byggbeskrivning*. Göteborg: Trafikverket.
- Trafikverket. (den 10 11 2015:c). *Om Västlänken*. Hämtat från Trafikverket.se:
<http://www.trafikverket.se/nara-dig/Vastra-gotaland/projekt-i-vastra-gotalands-lan/Vastlanken---smidigare-pendling-och-effektivare-trafik/Om-Vastlanken/> den 03 03 2016
- Trafikverket. (den 10 11 2015:d). *Planbeskrivning Västlänken 2015-11-10*. Hämtat från Trafikverket.se:
http://www.trafikverket.se/contentassets/d1e8316758784fd282184dae5c5f3b09/planlaggningsbeskrivning_vastlanken_november2015.pdf
- Trafikverket. (den 13 10 2015:e). *Tunnlarna i Förbifart Stockholm*. Hämtat från Trafikverket.se: <http://www.trafikverket.se/nara-dig/Stockholm/projekt-i-stockholms-lan/Forbifart-stockholm/Tunnlar/>
- Trafikverket. (2016:a). *Ansökan om tillstånd enligt miljöbalken för anläggandet av Västlänken och Olskroken planskildhet, Teknisk Beskrivning*. Göteborg: Trafikverket.
- Trafikverket. (den 21 04 2016:b). *E45, Lilla Bommen - Marieholm*. Hämtat från www.trafikverket.se: <http://www.trafikverket.se/e45lillabommenmarieholm>
- Transportstyrelsen. (den 23 05 2014). *Hastighetstablå*. Hämtat från transportstyrelsen:
<https://www.transportstyrelsen.se/globalassets/global/vag/trafikregler/hastighetstabla.pdf>
- Transportstyrelsen. (2015). *Lasta lagligt*. Hämtat från transportstyrelsen.se:
http://www.transportstyrelsen.se/globalassets/global/publikationer/vag/yrkestrafik/lasta-lagligt/tran-030-lasta_lagligt_sv_web.pdf
- Tyréns. (2006). *Masstransporter från Lovön : JÄMFÖRANDE MILJÖBEDÖMNING AV TRANSPORTALTERNATIV*. Stockholm: Trafikverket.
- West, A. (1995). *Berg för krossning i Melleruds kommun*. Vänersborg : Länsstyrelsen i Älvsborgs län, Miljö- och planenheten .
- Vägverket. (1994). *Götatunneln : Vägutredning* . Göteborg : Vägverket.
- Vägverket. (1998:a). *Götatunneln : Arbetsplan*. Göteborg: Vägverket.
- Vägverket. (1998:b). *Götatunneln : Tekniskt PM, Geologi och Bergteknik*. Göteborg: Vägverket.
- Vägverket. (2000). *Citytunnelprojektet-Miljökensekvensbeskrivning*. Malmö: Vägverket.
- Vägverket. (2007). *Hantering av uppgrävda massor - administrativa krav*. Borlänge: Samhälle och trafik, Teknikavdelningen, Sektionen för vägteknik.

BILAGOR

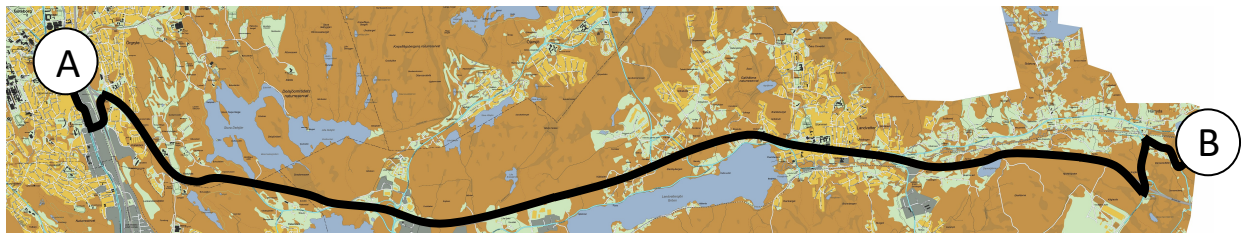
Bilaga 1 - Transportvägar till krossanläggningar



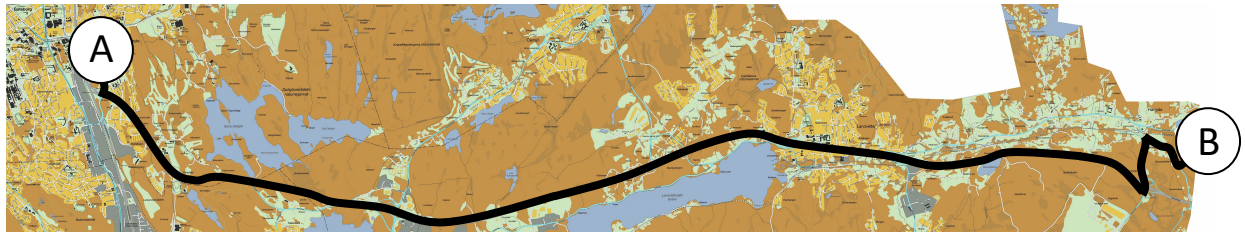
Figur 1 *Transportväg från Servicetunnel Korsvägen och Liseberget till Härryda Kross. Modifierad från (Lantmäteriet, 2016).*



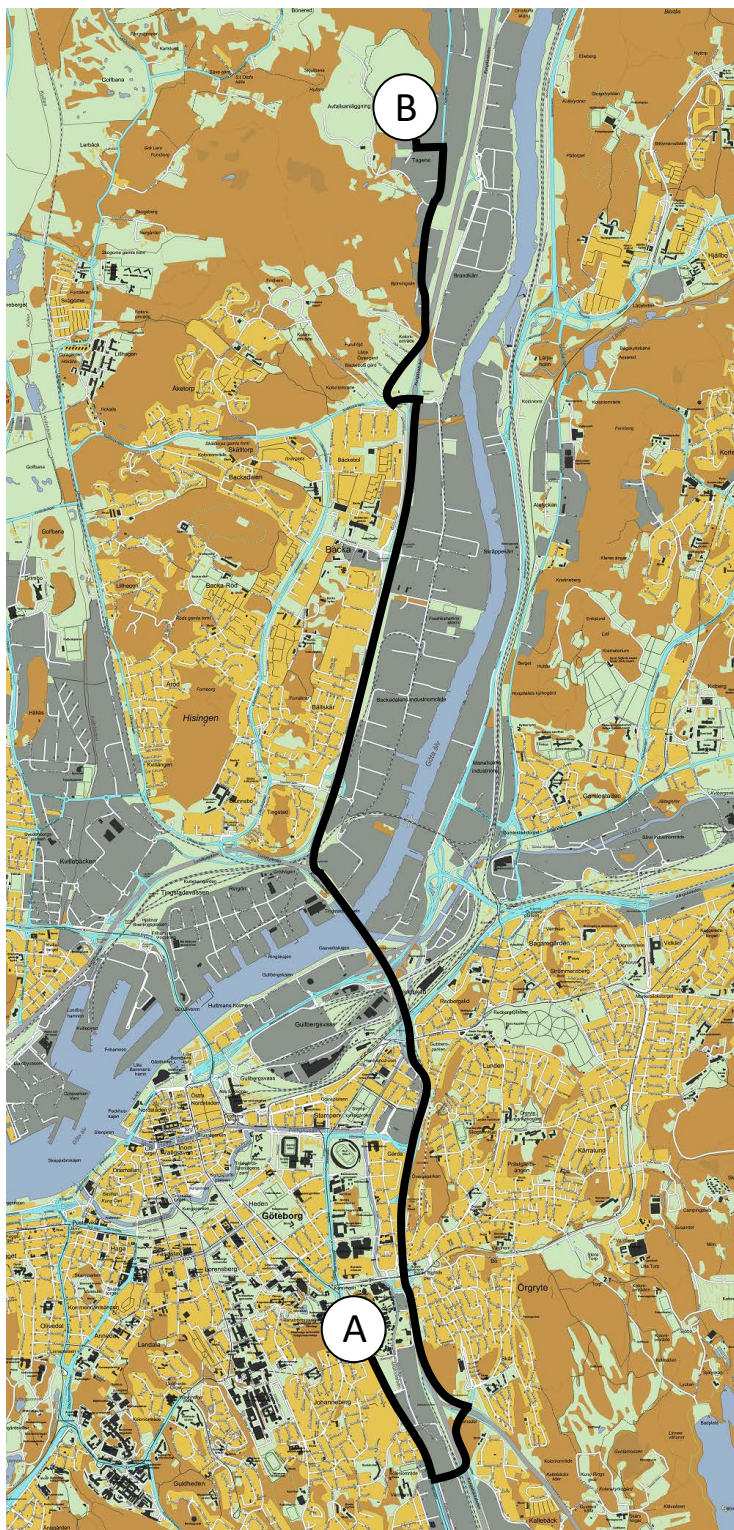
Figur 2 *Transportväg från Servicetunnel Skår till Härryda Kross. Modifierad från (Lantmäteriet, 2016).*



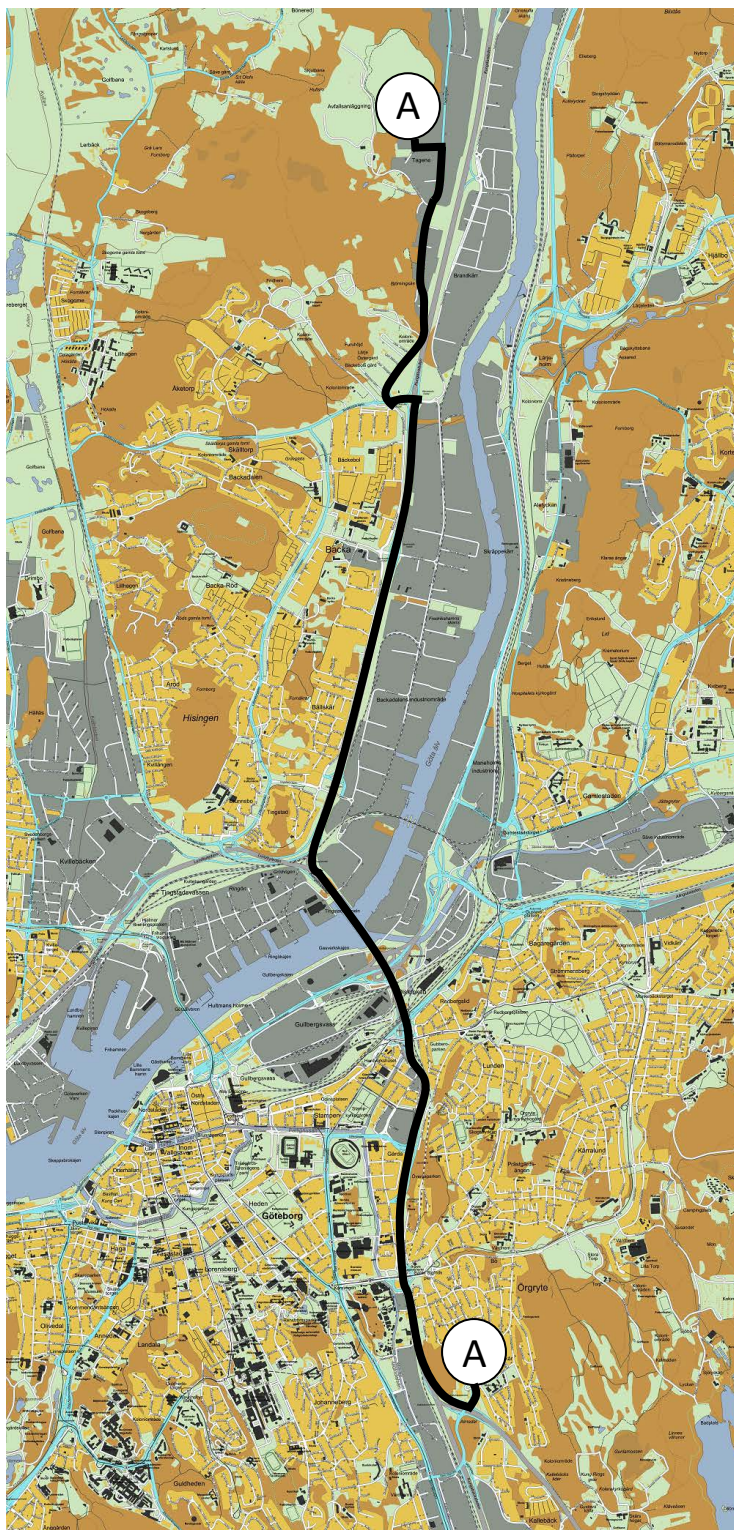
Figur 3 Transportväg från Servicetunnel Korsvägen och Liseberget till Landvetterkrossen. Modifierad från (Lantmäteriet, 2016).



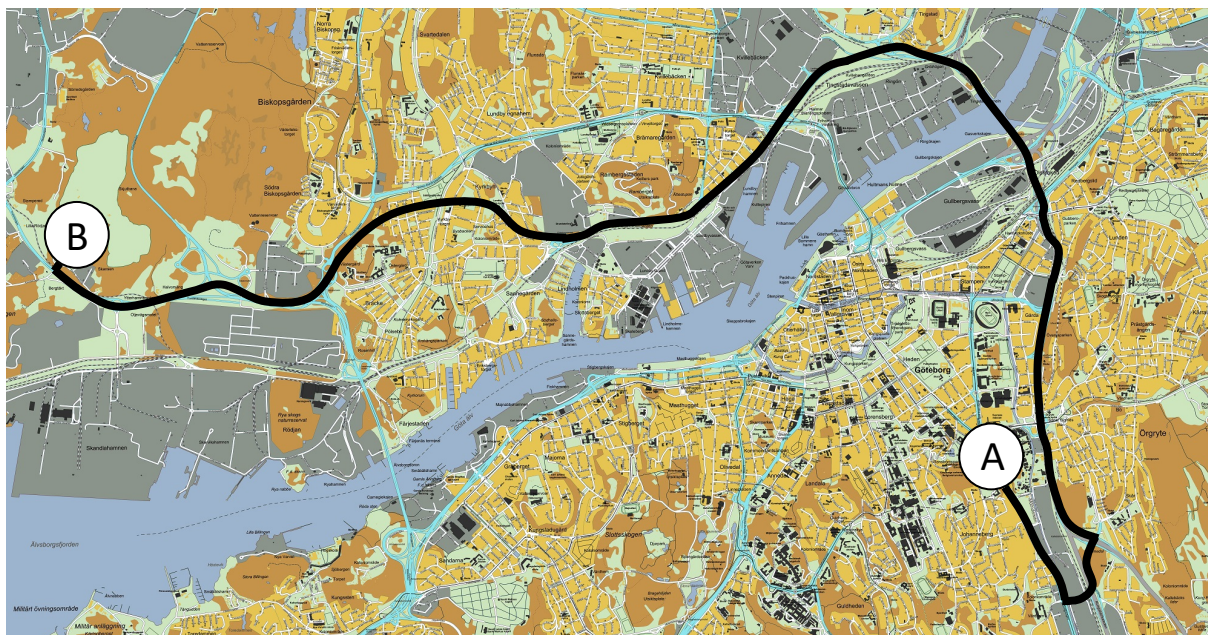
Figur 4 Transportväg från Servicetunnel Skår till Landvetterkrossen. Modifierad från (Lantmäteriet, 2016).



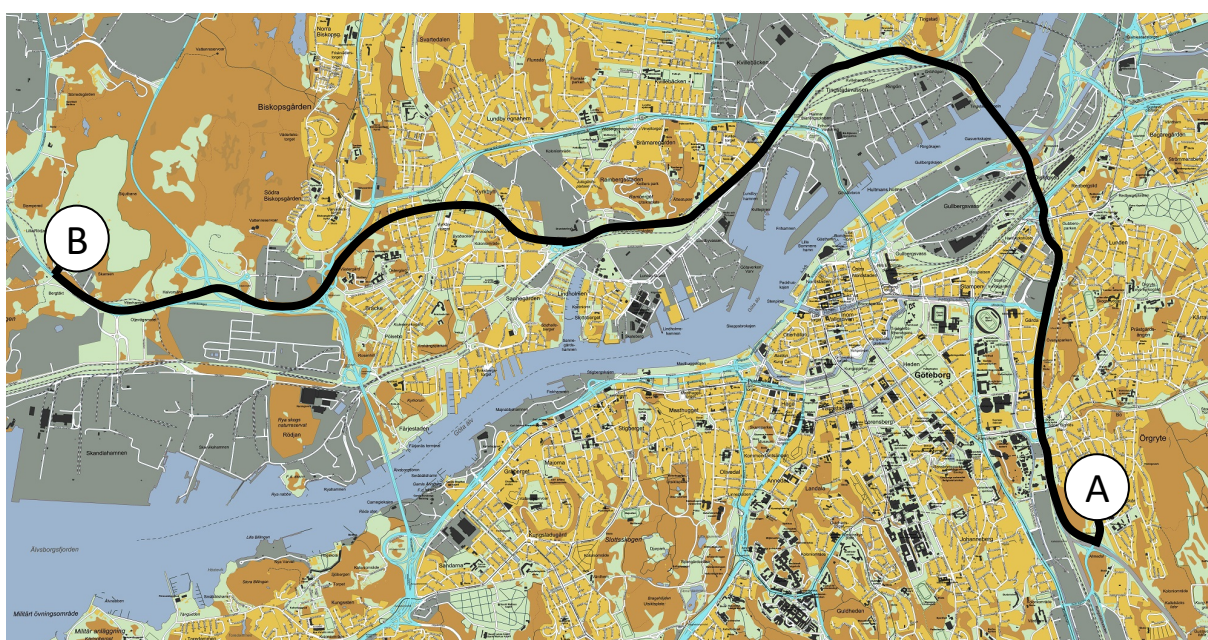
Figur 5 Transportväg från Servicetunnel Korsvägen och Liseberget till Tagenekrossen. Modifierad från (Lantmäteriet, 2016).



Figur 6 Transportväg från Servicetunnel Skår till Tagenekrossen. Modifierad från (Lantmäteriet, 2016).



Figur 7 Transportväg från Servicetunnel Korsvägen och Liseberget till Vikans Kross. Modifierad från (Lantmäteriet, 2016).

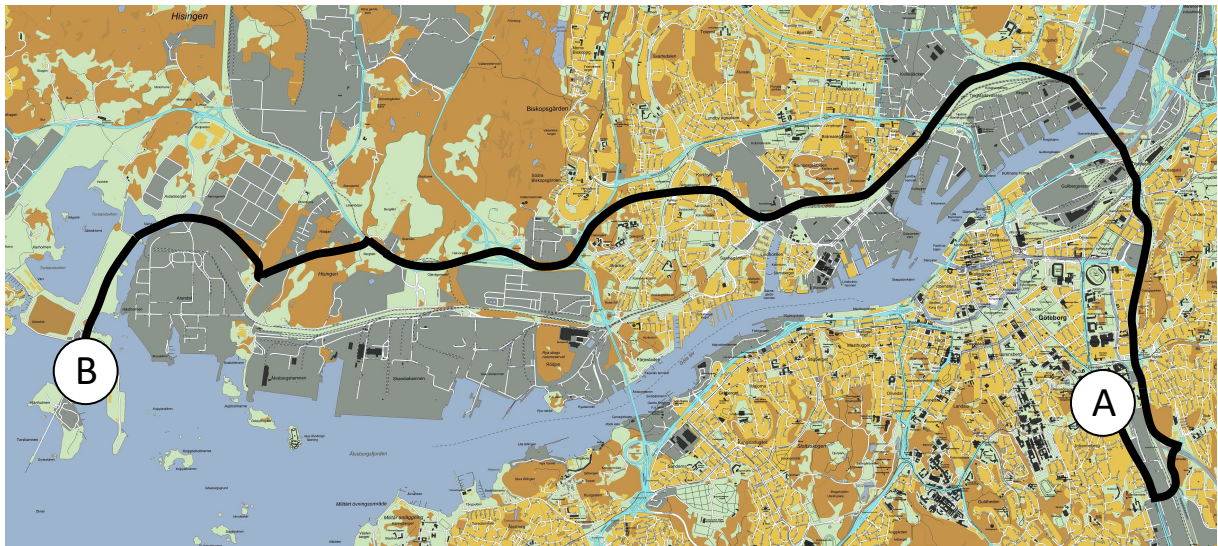


Figur 8 Transportväg från Servicetunnel Skår till Vikans Kross. Modifierad från (Lantmäteriet, 2016).

Källförteckning

Lantmäteriet. (2016). Hämtat från Geodata: <https://www.geodata.se/> den 05 05 2016

Bilaga 2 - Transportvägar till Göteborgs Hamn



Figur 1 Transportväg från Servicetunnel Korsvägen och Liseberget till Göteborgs Hamn. Modifierad från (Lantmäteriet, 2016).



Figur 2 Transportväg från Servicetunnel Korsvägen och Liseberget till Göteborgs Hamn. Streckad linje visar transportväg med pråmar. Modifierad från (Lantmäteriet, 2016).

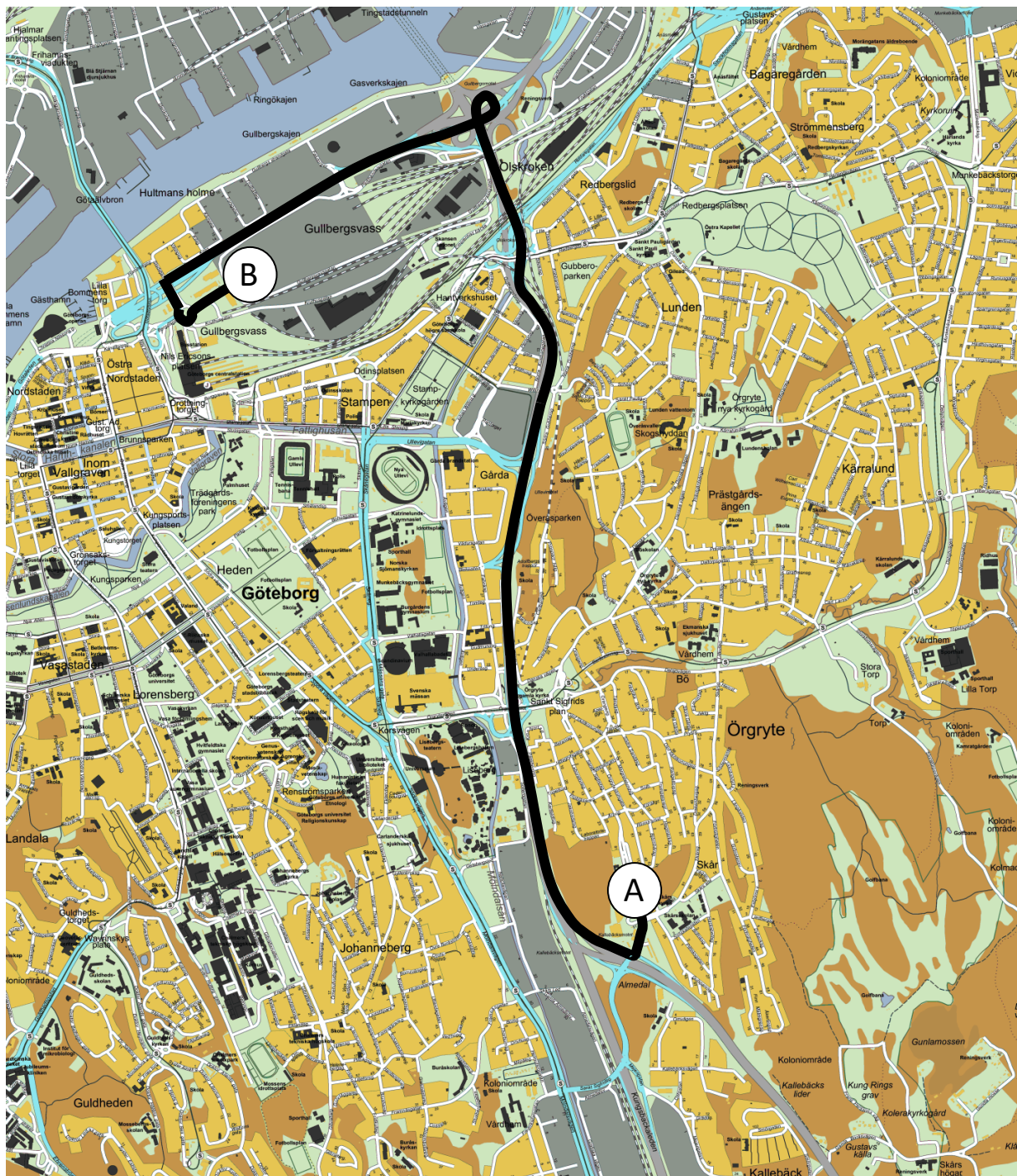
Källförteckning

Lantmäteriet. (2016). *Tätortskartan*. Hämtat från Geodata: <https://www.geodata.se/> den 05 05 2016

Bilaga 3 - Transportvägar till Gullbergsvass



Figur 1 Transportväg från Servicetunnel Korsvägen och Liseberget till Gullbergsvass. Modifierad från (Lantmäteriet, 2016).



Figur 2 Transportväg från Servicetunnel Skår till Gullbergsvass. Modifierad från (Lantmäteriet, 2016).

Källförteckning

Lantmäteriet. (2016). *Tätortskartan*. Hämtat från Geodata: <https://www.geodata.se/> den 05 05 2016