

Markanvändning vid byggnation av höghastighetsjärnväg

En jämförelsestudie mellan höghastighetsjärnväg
på bank och höghastighetsjärnväg på viadukt.



LUNDS
UNIVERSITET
Lunds Tekniska Högskola

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Institutionen för teknik och samhälle

Examensarbete:
Niclas Andersson
Hamzeh Hassoun

© Copyright Niclas Andersson, Hamzeh Hassoun

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Lunds universitet
Box 882
251 08 Helsingborg

LTH School of Engineering
Lund University
Box 882
SE-251 08 Helsingborg
Sweden

Tryckt i Sverige
Media-Tryck
Biblioteksdirektionen
Lunds universitet
Lund 2017

Sammanfattning

Vid nybyggnation av höghastighetsjärnväg är en viktig utgångspunkt att göra så lite markintrång som möjligt. Det är därför av stor vikt att noggrant undersöka vilket byggnationsalternativ som är det mest fördelaktiga. Syftet med detta arbete är att jämföra och utvärdera markanvändningen för byggande på bank med byggande på viadukt.

Undersökningen utfördes med hjälp av litteratur- samt intervjustudier. Typsektioner för de olika konstruktionsmetoderna används för att räkna på hur mycket mark som behövs i de olika fallen. Utöver en generell markberäkning för viadukt samt bank kommer även ett geografiskt område, första etappen av ostlänken, att väljas ut för att sedan beräkna markanvändningen för stråket.

Resultatet av beräkningarna är att bankalternativet ger som minst en totalbredd på 26,8 meter och som mest 62,8 meter. Viaduktalternativet har en konstant bredd på 15,4 meter oavsett höjd. Redan vid 1 meters höjd nyttjar viadukten 42 % mindre mark i anspråk än bankalternativet. Vid 10 meters höjd nyttjar viadukten 75 % mindre mark i anspråk än bankalternativet. Viaduktkonceptet ger en mer positiv bild av järnvägen då det sparar pengar både i markperspektiv och yta.

Viaduktalternativet kan vara bra på ställen där marken har högt värde som på många ställen i till exempel Skåne. Det är även bra vid passager genom trånga städer då man vill ha en station i centrum. Detta eftersom man kan använda marken under viadukten för affärer med mera. Vi anser därför att man ska försöka komma fram till en slutprodukt som innehåller både bank och viadukt för att minska markanvändningen. Genom att till exempel innan samt efter tunnlar och skärningar så kan bank vara ett alternativ, för att slippa köra iväg överskottsmassorna, men även bank där landskapsbilden väger mer jämfört med markanspråket.

Nyckelord: *höghastighet, järnväg, markanvändning, ostlänken.*

Abstract

In the construction of high-speed railways, an important starting point is to make as little intrusion on land as possible, therefore it is of high importance to carefully investigate which construction alternatives are the most advantageous. The purpose of this work is to compare and evaluate land use and building on viaduct. The work will be based on literature and interview studies. Sections of the different design methods will be used to calculate the amount of land that may be needed. In addition to a general land calculation for viaduct and embankment, a geographical area will also be selected to calculate the land use for the selected distance. The results of the calculations are that the embankment option gives at least a total width of 26.81 meters and at most 62.81 meters. The viaduct option has a constant width of 15.4 meters regardless of height. Already at 1m altitude, the viaduct uses 42% less land than the embankment. At 10 meters' altitude, the viaduct uses 75% less land than the embankment. The concept of a viaduct gives a more positive picture of the railway, saving both money in the perspective of field use and surface. For an investment in infrastructure of this size, one can not only look at one aspect, but also look at building time, cost, socio-economic benefits and maintenance costs. The viaduct option may be good at places where the land is of high value, such as in many places in Skåne. It is also good in crowded cities where a railway station is wanted in the centre, because you can use the area under the viaduct for shops, etc. We therefore consider trying to reach a product that includes both embankments and viaducts to reduce land use. For example, one can have embankments before and after tunnels and cuts, to avoid transport of the excess masses, but also embankments where there is more weight on the landscape image compared to the use of land.

Main title: *high speed, railroad, land use, ostlänken.*

Förord

Denna rapport skrevs som ett examensarbete, under våren 2017, som en del av vår utbildning ”byggteknik med inriktning järnväg” vid Lunds Tekniska Högskola. Hela utbildningen täcker 180 högskolepoäng därav 22,5 motsvarar detta examensarbete.

Vi vill rikta ett stort tack till Oskar Bruneby, vår handledare och brokonstruktör på Peab, och Ingemar Braathen, lektor på LTH, för tiden och hjälpen vi har fått under arbetet samt även tacka alla utomstående som lagt ner sin tid åt att hjälpa oss.

Vi vill även passa på och tacka Sven Assarsson från Rejlers och Per Corshammar för hjälpen med korrekturläsning och tips.

Helsingborg, 2017

Niclas Andersson
Hamzeh Hassoun

Innehållsförteckning

1 Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte och målsättning	2
1.3 Problemformulering	2
1.4 Avgränsningar	2
2 Allmänt om höghastighetsjärnväg	4
2.1 Relevanta krav för markanvändning för höghastighetsjärnväg	4
2.1.1 Säkerhet vid användning – Fysisk barriär	4
2.1.2 Krav på säkerhet	4
2.1.3 Faunapassager och liknande	5
2.1.4 Trädsäkring	5
2.1.5 Krav på krisberedskap	5
2.1.6 Spåravstånd	5
2.1.7 Lutning	6
3 Konventionell järnvägsbank	7
3.1 Banunderbyggnad	7
3.2 Banöverbyggnad	7
3.2.1 Ballastspår	8
3.2.2 Ballastfria spårssystem	8
3.3 Bank	9
3.4 Skärning	9
4 Järnväg på viadukt	10
4.1 Underbyggnad	10
4.2 Överbyggnad	10
4.3 Byggmetoder	10
5 Markåtkomst	12
5.1 Trädsäkring	13
5.2 Servitutsrätt	14
6 Markanvändning	15
6.1 Markanvändning under byggprocessen vid järnvägsbank .	15
6.2 Markanvändning under byggprocessen vid viadukt	15
6.3 Markanvändning efter byggprocessen vid järnvägsbank	16
6.3.1 Markberäkningar vid järnvägsbank	16
6.4 Markanvändning efter byggprocessen vid viadukt	18
6.4.1 Markberäkningar viadukt.....	19
7 Geografisk sträcka	20
7.1 Utvald sträcka	20

7.2 Planerad dragning	22
7.2.1 Beskrivning av UA1	22
7.2.2 Beskrivning av UA2	22
7.3 Markberäkningar för den utvalda sträckan	22
7.3.1 Uträkning av bank	22
7.3.2 Uträkning av skärning	23
7.3.3 Uträkning av viadukt.....	24
7.3.4 Uträkning av tunnel	25
8 Resultat	26
8.1 Resultat generellt	26
8.1.1 Under byggnation	26
8.1.2 Efter byggnation	26
8.2 Resultat utvald sträcka	28
8.2.1 Ritning 1	28
8.2.2 Ritning 2	29
8.2.3 Ritning 3	30
8.2.4 Ritning 4	31
8.2.5 Hela sträckan	32
9 Diskussion	33
10 Slutsats och vidare studier	35

1 Inledning

1.1 Bakgrund

De nya banorna måste uppfylla de transportpolitiska målen, vilka är att ”säkerställa en samhällsekonomiskt effektiv och långsiktigt hållbar transportförsörjning för medborgare och näringsliv i hela landet” (Regeringskansliet, 2016). Funktionsmålet är att ge alla en förbättrad tillgänglighet inom Sverige samt mellan Sverige och övriga länder med god kvalitet (stärker den internationella konkurrenskraften) och anpassad användbarhet för funktionsnedsatta.

Europakommissionen har fastlagt målet *Transport 2050*, där det tas upp både långsiktiga och medelsiktiga mål. De långsiktiga är att bygga ett europeiskt järnvägsnät för höghastighetståg, och de medelsiktiga målen är bl.a. att bygga ut höghastighetsnät i varje medlemsland. Byggandet av höghastighetsjärnvägen är ett faktum, men hur kommer det egentligen att byggas? Då detta projekt kommer att kosta en hel del, är det av vikt att den vinnande lösningen är hållbar och framförallt bäst i jämförelse med de andra.

Det finns tre olika tillvägagångssätt att bygga höghastighetsjärnvägar:

- Bygga tunnel
- Bygga på mark
- Bygga på ”bro”

Första alternativet, att bygga tunnel är minst prioriterad på grund av kostnadsmässiga skäl, risk för oförutsägbara förhållanden/händelser och att byggtiden är betydligt längre än de andra två. Alternativ två och tre har rimliga förutsättningar som kommer att behandlas i denna rapport. Dock kommer denna rapport inte behandla alla aspekter, utan enbart markanvändningen för respektive alternativ - under och efter byggprocessen. Detta eftersom de järnvägstekniska aspekterna kommer att vara detsamma oavsett alternativ.

1.2 Syfte och målsättning

Vid nybyggnation av höghastighetsjärnväg är det en viktig utgångspunkt att göra så lite markintrång som möjligt. Det är därför av en stor vikt att noggrant undersöka vilket byggnationsalternativ som är det mest fördelaktiga.

Eftersträvan av så lite intrång på mark beror dels på den ekonomiska aspekten, men även undvika så gott det går intrång på naturskyddsområden. Därför är syftet med detta arbete att jämföra och utvärdera markanvändningen för byggande på bank med byggande på viadukt.

Undersökningen utfördes med hjälp av litteratur- och intervjustudier.

Typsektioner för de olika konstruktionsmetoderna används för att räkna på hur mycket mark som behövs i de olika fallen. Utöver en generell markberäkning för viadukt samt bank, kommer även ett geografiskt område att väljas ut för att sedan beräkna markanvändningen för stråket. Detta för att få en så verklighetsbaserad aspekt som möjligt.

1.3 Problemformulering

Hur mycket mark som behövs under- och efter byggprocessen, där ett viadukt- samt konventionellt järnvägskoncept kommer att behandlas. Mer detaljerat; ett specifikt geografiskt område kommer att väljas ut, för att senare behandla alternativen för att få en opartisk illustration på markanvändningen.

1.4 Avgränsningar

Examensarbetet avgränsas till markanvändningen beroende av konstruktionsmetod för att fokusera på hur mycket mark som behöver tas i anspråk vid byggandet. Även om fokus är främst på konstruktionsmetod järnvägsbank samt viadukt har beräkningar även utförts på skärning samt tunnel, då det är nästintill omöjligt att undvika dem vid beräkningar över en godtycklig sträcka.

Examensarbetet kommer inte behandla barriäreffekterna av dem olika konstruktionsmetoderna eftersom det är dels beroende på var sträckan går och hur omgivningen ser ut. Rapporten utgår ifrån höjdprofiler, där markens höjdnivå definieras och inte hur omgivningen ser ut.

Byggtiden kommer inte heller att behandlas eftersom det beror på antalet angreppspunkter, beroende på vilka resurser som finns att tillgå kommer antalet angreppspunkter att variera. Då resurserna som finns att tillgå är svåra att definiera så är det svårt att behandla byggtiden.

Utöver byggtid samt barriäreffekter kommer inte heller de geotekniska, järnvägstekniska samt kostnader behandlas i detta arbete, då det dels beror på brist på tid samt att fokus för rapporten ligger på markanvändningen.

2 Allmänt om höghastighetsjärnväg

Höghastighetsjärnväg är en kombination av olika element som tillsammans utgör ett system. Nybyggnation av banor som klarar av hastigheter >250 km/h, tåg som är konstruerade för högre hastigheter och mindre energiåtgång, vilka driftförhållande som finns att tillgå samt vilken sorts teknik som har installerats (UIC, International union of railways;, 2015).

För att järnvägen ska kunna konkurrera med snabbare resalternativ så som måste hastigheten på dagens järnväg öka. Resenärer värderar restiden och kostnaden högst när det kommer till val av resalternativ. Några andra faktorer som är viktiga att ta med är komfort, turtäthet samt tillförlitlighet (Andersson, Berg, & Stichel, 2000).

2.1 Relevanta krav för markanvändning för höghastighetsjärnväg

För att bygga den nya höghastighetsbanan har Trafikverket kommit ut med ett nytt kravdokument som måste uppfyllas. I TDOK 2014:0159 *Teknisk systemstandard för höghastighetsbanor* beskrivs de tekniska kraven för projektering, planering, byggande och drift av höghastighetsbanor med STH 320 km/h. TDOK 2014:0159 är framtaget med hjälp av TSD *Infrastuktur för höghastighetsjärnväg* kategori 1 (Trafikverket, 2014).

2.1.1 Säkerhet vid användning – Fysisk barriär

Höghastighetsjärnvägen ska ha en fysisk barriär i hela sin sträckning för att minimera risken för person- och djurpåkörningar. Barriären ska vara minst 2.5 m hög och kan bestå av stängsel, bullerdämpande åtgärder eller andra gestaltningsåtgärder. Barriären utformas så att det förebygger eller försvårar klättring, klotter eller annan skadegörelse. Barriären ska placeras minst 5 meter från spårmittpå hela sträckan för att möjliggöra för underhållspersonal att röra sig längs banan under pågående trafik för transporter och underhållsåtgärder. Anpassningar av personskyddet för att förhindra suicid och personolyckor ska utformas utifrån lokala behov. Åtgärder på driftplatser med resandeutbyte ska särskilt beaktas (Trafikverket, 2014).

2.1.2 Krav på säkerhet

Anläggningen ska utformas med hög säkerhetsnivå, både vad det gäller trafiksäkerhet, personsäkerhet och suicid för att minimera allvarliga tillbud

och olyckor. Säkerhetszonen sträcker sig normalt minst 2,2 meter ut från rälen, men för höghastighetsbanor är säkerhetszonen utökad till 3,5 meter. Banan ska utformas så att personer, djur eller främmande föremål inte kan komma in i trafikerat spår. Det ska vara möjligt med flexibla bromssträckor i systemet vid problem med väglag vintertid, lövhalka etc. (Trafikverket, 2014).

2.1.3 Faunapassager och liknande

För att minimera risken för djurpåkörning samt skapa möjlighet för vilddjur att röra sig obehindrat ska faunapassager, viltportar/viltbroar eller ekodukter anläggas längs banan enligt *Trafikverkets Publikation 2012:179* och *Trafikverkets Publikation 2012:181*. Antalet passager anpassas utifrån lokala behov och krav från myndigheter. Fågelskydd eller alternativa anordningar som skrämmer fåglarna, ska sättas upp vid potentiella fågelstråk för att förhindra att större fåglar flyger in och skadas eller dör samt orsakar skador på anläggningen (Trafikverket, 2014).

Om banan byggs som en upphöjd konstruktion är behovet av särskilda djurpassager inte aktuella.

2.1.4 Trädsäkring

Banan ska inom sin hela utsträckning vara fri från markvegetation och sly samt vara trädsäkrad genom att skötselgator anläggs minst 20 meter ut från närmaste spårmit i enlighet med Trafikverkets standard. Ett upphöjt alternativ gör att området för kravet på trädsäkring minskar (Trafikverket, 2014).

2.1.5 Krav på krisberedskap

Tillfartsvägar ska utformas så att dessa även kan användas av räddningsfordon. Det ska finnas åtkomst till banan minst var 5:e km för möjlighet till underhåll, räddningsarbeten, evakuering, etc. (Trafikverket, 2014).

2.1.6 Spåravstånd

Banan ska generellt byggas med 4,5 m spåravstånd mellan normalhuvudspåren. (Trafikverket, 2014).

2.1.7 Lutning

Svenska höghastighetsbanor ska byggas med maximal medellutning över 10 km med 25 ‰. Upp till 35 ‰ kan undantagsvis tillåtas på högst 2 km längd. Större än 25 ‰ lutning bör dock undvikas inom 10 km från uppehållsplats där tåg stannar för resandeutbyte.

Lutning på spår invid plattform får inte överstiga 5 ‰. där till- och fränkoppling av vagnar sker får inte lutningen överstiga 2,5 ‰ (Trafikverket, 2014).

3 Konventionell järnvägsbank

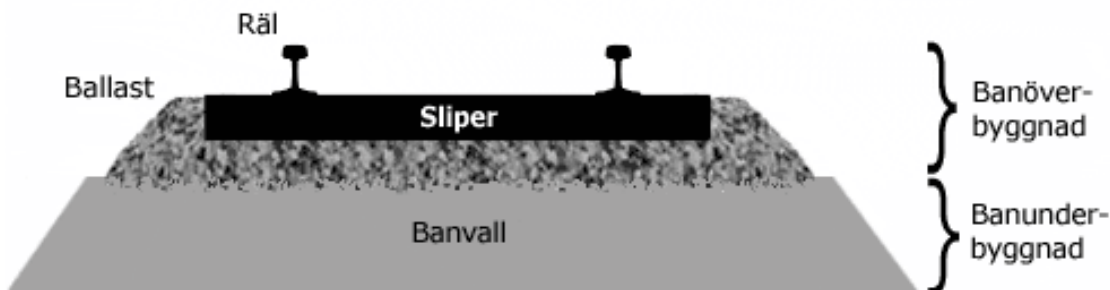
3.1 Banunderbyggnad

Banunderbyggnaden är förlagd på eller inuti undergrunden och har som uppgift att ta upp egenkrafter från tågtrafiken samt dränera banan. Eftersom markprofilen ofta inte uppfyller de krav som järnvägen ställer, måste banunderbyggnadens höjd variera för att tillfredsställa järnvägskravet för tillåtna lutningar. För höghastighetsjärnväg får det vara upp till 25 ‰ lutning över 10 km. Undantag kan göras för 35 ‰ över 2 km (Trafikverket, 2014).

Underbyggnadens geometri i höjd- och tvärled ska vara anpassad till kravet på fritt utrymme för tågtrafiken och för vissa anordningar intill spåret. (Bårström & Granbom, 2012). Banunderbyggnaden har olika styvhet beroende på var den befinner sig. Broar och skärningar är styvare vilket kan kompenseras med ett större ballastdjup. Vid ler och silt så ska marken pålas innan byggandet av järnvägsbank påbörjas. Vid berg blottläggs berget och jämns till med fyllnadsmassor. (Corshammar, 2012).

3.2 Banöverbyggnad

Banöverbyggnaden ligger på banunderbyggnaden och utgörs av spårkomponenter samt ballast. Ballasten ska bestå av grus eller bergkross, som har en högre inre friktion för att motverka krafter i spåret (Trafikverket, 2015). Överbyggnaden har samma släntlutning som underbyggnaden. Banöverbyggnaden består antingen av ballastfritt spår eller ballastspår. Ballastens uppgift är att ta upp höjd- och sidokrafter från spåret och fördela dessa till underbyggnaden (Bårström & Granbom, 2012).



Figur 1. Typsektion av över- och underbyggnad (källa: Järnväg, 2006).

3.2.1 Ballastspår

Ballastspår är det som främst förekommer i Sverige i dagsläget och är uppbyggt så att ballasten ska hålla slipern på plats och överföra krafterna som tåget skapar. Om friktionen är för liten i ballasten kommer krafterna från tåget eller egenkrafterna i rälen att flytta spåren, vilket leder till sänkta hastigheter och ibland stopp. Det kan även uppstå solkurvor och uppfrysningar som orsakar skevningsfel och urspårningar. Ballastens storlek varierar mellan 30–60 mm. Stenarna är kantiga för att minska den kapillära sugkraften och därmed minska risken för tjällyft. Ballastdjupet varierar beroende på banans bärighetskrav (Bårström & Granbom, 2012).



Figur 2. Ballastspår (källa: Järnväg, 2016).

3.2.2 Ballastfria spårssystem

I ballastfria spår är rälen fastgjuten i en stor betongplatta som sedan läggs på underbyggnaden. Det ballastfria spåret kräver hög precision vid konstruktion, men vid drift behövs spårläget inte justeras. Detta är bra för höghastighetjärnväg då ett litet spårlägesfel kan leda till urspårning. Solkurvor kan inte uppstå i ballastfritt spår. För att åstadkomma den nödvändiga elasticiteten i spåret ligger det elastiska mellanlägg under rälsfästena samt betongplattorna. (Bårström & Granbom, 2012). För ballastfritt spår måste banunderbyggnaden vara frostfri för att tjällyftningar inte ska uppstå, samt för att sättningar inte ska förekomma. Det ballastfria spårets bygghöjd är cirka 0.25 meter lägre i jämförelse med ballastspårets, vilket gör det fördelaktigt vid tunnlar. Egenvikten är även lägre, vilket gör det fördelaktigt vid järnväg på broar (Corshammar, 2012).



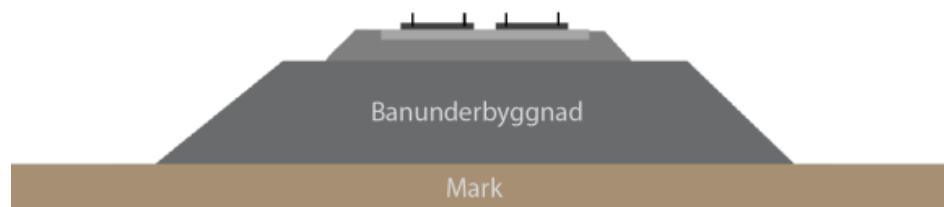
Figur 3. Slabtrack (källa: Trafikverket, 2016).

3.3 Bank

När järnvägens höjdprofil ligger ovanför marknivån byggs en bank. En järnvägsbank består av både banunderbyggnad samt banöverbyggnad och utgör spårets geometri. Bankens höjd bestäms utefter hur landskapet ser ut på det specifika stället samt efter vilka lutningar som är tillåtna, men höjden begränsas vid 10 meter. Är det högre än 10 meter ska bro byggas.

Järnvägsbankar byggdes tidigare med 1:1,5 på släntlutningarna, men på banor för högre hastigheter ska det byggas med lutningen 1:2 (Trafikverket, 2014).

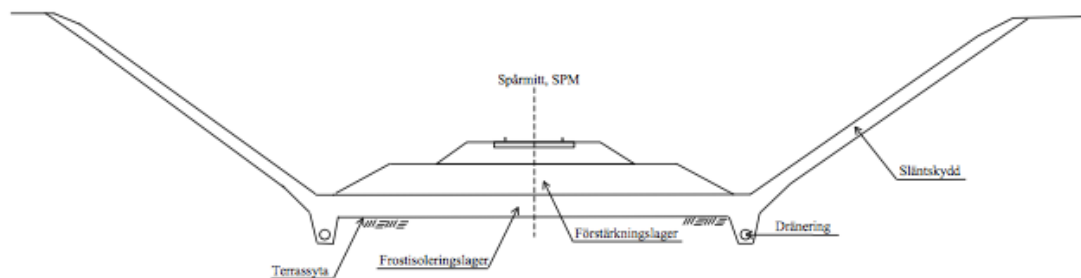
Järnvägsbanken kan delas upp i tre geometriska former, där mitten är en rektangel och slänterna blir två trianglar. Eftersom rektangelns bredd är konstant, är det endast trianglarnas bredd som är beroende av höjden, då de har förhållandet 1:2.



Figur 4. Typsektion av järnvägsbank (källa: Trafikverket, 2016).

3.4 Skärning

Skärning används när järnvägens höjdprofil är lägre än den befintliga marknivån. Beroende på vilka geotekniska förutsättningar som finns kommer bredden att variera. Vid jordskärning är lutningen på slänten 1:2, men vid bergskärningar har man 1:15 men kan tillåta upp till 5:1 beroende på kvalitet. Bredden av skärningen kommer att variera beroende på djupet. Då banken kommer att ha konstant höjd, kommer slänterna på skärningen att variera beroende på djupet, se figur 5 (Trafikverket, 2015).



Figur 5. Typsektion av skärning (källa: Trafikverket, 2015).

4 Järnväg på viadukt

4.1 Underbyggnad

Underbyggnaden fungerar som en mellanlänk, som tar upp laster från överbyggnaden, vilka i sin tur förs vidare till undergrunden. Underbyggnaden består av fundament och mellanstöd. Vid dålig bärighet på marken under bron måste pålning utföras för att komma ner till fast mark, alternativt att hela bottenplattan grävs ner till det djupet. Vanligtvis görs underbyggnaden i betong, men kan även förekomma i sten eller vanligt murverk (Nationalencyklopedin , 2017).

4.2 Överbyggnad

Överbyggnaden på en bro är själva brodelen som byggs över barriären. Beståndsdelarna i överbyggnaden är åkbanan och huvudbalkar. Huvudbalkarnas uppgift är att överföra krafterna från överbyggnaden till brobyggnadens bärkonstruktion t.ex. balkar eller bågar. De tre främsta brotyperna är balkbroar, bågbroar och hängbroar. Valet av brokonstruktion på en specifik plats beror på flera faktorer som längden på bron, höjden på bron samt grundförhållandena (Nationalencyklopedin , 2017).

4.3 Byggmetoder

Den traditionella broproduktionen gjuts på plats. Med den traditionella metoden behövs former konstrueras för överbyggnaden, vilket är en kostnad som gärna vill undvikas, se figur 6. Istället för att bygga nya former vid varje pelare kan föregående form återanvändas. Metoden medför dock mer användning av mark längs sträckan då utrymme behövs för att bygga formerna, förflytta formerna med mera (Bruneby, 2017).

Fördelen med denna metod är att byggnation kan ske på fler ställen längs sträckan under tiden som föregående betong torkar (Bruneby, 2017).



Figur 6. Platsgjutning (källa: Stockholms stad, 2014).

Förutom metoden platsgjuten bro kan man prefabricera betongbroar. Detta innebär att överbyggnaden, underbyggnaden eller båda, redan är prefabricerade och ska enbart monteras på plats. Broelementen tillverkas på en fabrik för att sedan transporteras till arbetsplatsen. Genom att arbeta på detta sätt förkortas produktionstiden på arbetsplatsen, samtidigt som det är ett resurssnålt alternativ då man effektiviserar tiden, undviker stillastående maskiner och materialspill. Prefabricerade broelement i en kontrollerad miljö ger även högre kvalitet på elementen. Med prefabricerat material behöver den färdiga produkten transporteras ut för att sedan läggas rätt. Det finns olika tillvägagångssätt att få den färdiga brodelen på plats. En av dessa är med maskin som går på pelarna och lägger dit den färdiga brodelen, se figur 7. Ett problem med denna metod är att maskinen är väldigt stor, vilket kommer att medföra att tunnlar måste borraras extra stora för att maskinen ska få plats. Metoden medför även att byggnationstiden ökar, då man endast kan bygga i den takten som maskinen går. Metoden är bra att använda vid brokonstruktion i stadsmiljöer, då man inte är i behov av plats på marken längs sträckan utan konstruktionen utförs uppe på pelarna (Bruneby, 2017).



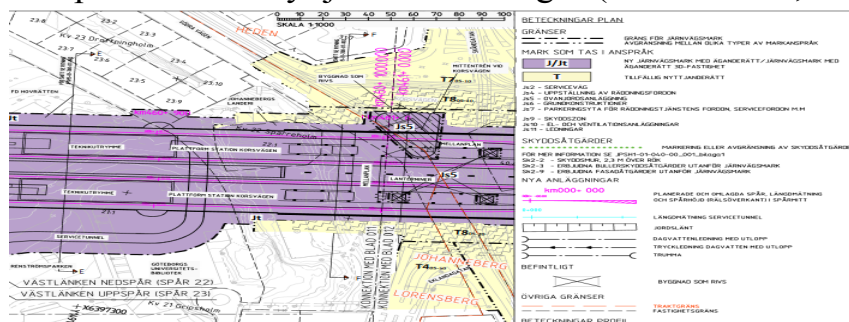
Figur 7. Alternativ lösning för utsättning av prefabbrodelar (källa: Robosoon, 2017).

5 Markåtkomst

En aspekt som är en viktig del i järnvägsbyggandet och kommer in tidigt i planeringsprocessen är säkerställning av rättigheterna till nyttjande av mark. Vid byggande av ny järnväg krävs mark som tas i anspråk, både tillfällig nyttjanderätt som är enbart under byggandet men även permanent markåtkomst. Lag (1995:1649) om byggande av järnväg fastställer rättssaken för den fysiska planläggningsprocessen och möjligheterna till markåtkomst. I planläggningsprocessen utreds var och hur järnvägen ska byggas och som slutligen leder till en järnvägsplan. En järnvägsplan är en ingående beskrivning av hur sträckningen på ett nytt eller ombyggt järnvägsavsnitt ska se ut, vad som ska göras, hur tillfälliga sträckningar ska ligga och hur det kommer att påverka omgivningen, främst under byggnationen men även efter. När en järnvägsplan färdigställs och vunnit laga kraft kan Trafikverket nyttja rätten att förvärva mark enligt planen (Trafikverket, 2017 b).

I en järnvägsplan beskrivs även den mark som ska tas i anspråk, både permanent och tillfälligt. I det permanenta markanspråken kommer själva järnvägsanläggningen vara belägen och övriga fasta anordningar som behövs för spårens drift, bestånd och brukande, se det lila i figur 8 (Trafikverket, 2017 b).

I den tillfälliga nyttjanderätten inkluderas det som behövs under järnvägsbygget, såsom tillfälliga transportvägar och uppställningsplatser, se det gula i figur 8. På uppställningsplatserna skall det finnas plats för arbetsbodas, kontor, upplag, maskiner, byggnadsmaterial med mera. Generellt placeras uppställningsplatserna vid ett konstbygge till exempel bro. Beroende på konstbyggnadens storlek, utseende på banan och de arbetsinsatser som krävs kan uppställningsplatsen vara i behov av ca 1000–2000 kvadratmeter mark (Viberg, 2017). Utöver sträckningen på det tillfälliga markanspråken måste även tidsperioden för nyttjanderätten anges (Trafikverket, 2017 b).



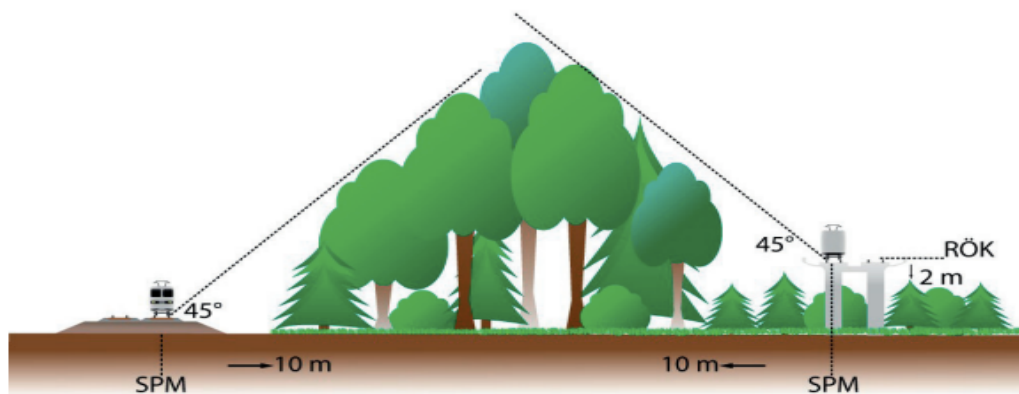
Figur 8. Exempelritning över permanent samt tillfällig markanspråk (källa: Trafikverket, 2009).

En viktig utgångspunkt vid utformning av en järnvägsplan är att göra så lite intrång på marken som möjligt, samt att åstadkomma så lite problem som möjligt för omkringboende. Intrånget beror helt på val av konstruktionsmetod, vilket kommer att behandlas senare i denna rapport (Trafikverket, 2017 b).

5.1 Trädsäkring

Träd och buskar intill järnvägen kan utgöra stora problem för driften och därför utför man trädsäkring längs sträckan. Vid nybyggnationen görs två skötselgator på var sida längs spåret för att minimera risken att träd faller över järnvägen eller kontaktledningarna.

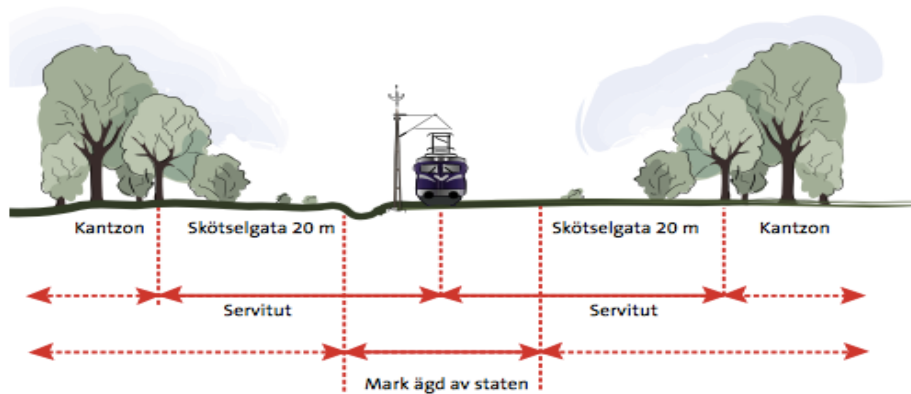
Vid utformning av skötselgator används RÖK (rälsöverkant) som utgångspunkt och breddar ut sig med 45° vinkel upp till 20 meter. Intill järnvägen får det inte finnas någon växlighet 2 meter under eller över på en bredd av 10 meter av brandsäkerhetsskäl, se figur 9. Detta betyder att vid ett upphöjt alternativ kommer trädsäkringsgatorna bli mindre då RÖK ligger 10 meter ovanför marken. Bankalternativet kommer att medföra varierande bredd på skötselgatorna eftersom bredden är beroende av höjden. Viaduktkonceptet har en konstant bredd och därmed kommer skötselgatorna bli lika längs hela dragningen (Banverket, 2009).



Figur 9. Trädsäkringsutformning (källa: Banverket, 1999).

5.2 Servitutsrätt

Servitutsrätt utgår ifrån trädssäkringsavstånden, se figur 10. Vid upprättande av skötselgator längs spåret ingår Trafikverket och berörd markägare i servitut. Det betyder att markägaren blir kompenserad för marken som inte längre kan användas för skogsbruk samt de träd som fällts. Servitut ger Trafikverket rätt att använda marken för åtkomst till järnvägsanläggningen. Markägaren får i uppgift att ta hand om skötselgatorna så träd och dylikt inte växer upp och riskerar att förstöra anläggningen (Trafikverket, 2017 a).



Figur 10. Servitutsrättsutformning (källa: Trafikverket, 2003).

6 Markanvändning

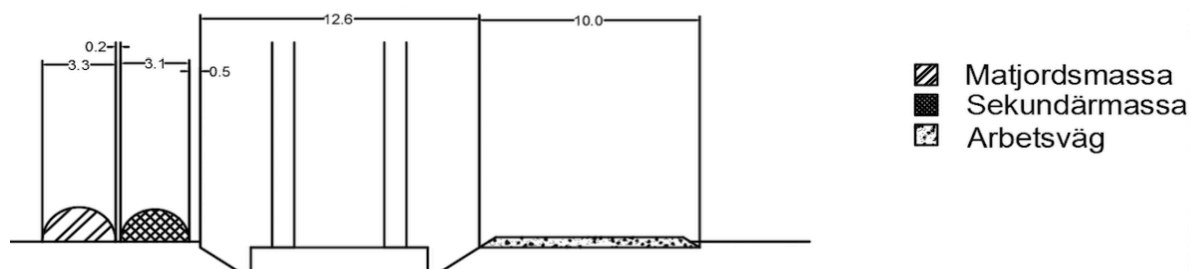
Markanvändningen under samt efter byggprocessen beror främst på val av konstruktionsmetod. Beroende på konstruktionsmetod kommer den permanenta samt tillfälliga markanspråken att skiljas åt. Det som är gemensamt för alternativen är att det alltid krävs transportvägar, uppställningsplatser och trädsäkringsavstånd (Viberg, 2017).

6.1 Markanvändning under byggprocessen vid järnvägsbank

Markanvändningen under byggprocessen vid järnvägsbank är helt beroende av höjden på banken. Därför är det svårare att förutse hur mycket mark som kommer att tas i anspråk. Utöver banken ska det även finnas två transportvägar på cirka 3,5 meter på var sida och uppställningsplatser vid konstbygge. En bra utgångspunkt för den tillfälliga markanvändningen är cirka 45 meter för trädsäkringsgatorna vid 1 meter hög bank. Detta är beroende av trädens höjd men även järnvägsbankens. Skulle det inte vara någon vegetation kommer det tillfälliga markanspråket att minska (Viberg, 2017).

6.2 Markanvändning under byggprocessen vid viadukt

Markanvändningen under byggprocessen vid viadukt illustreras i figur 11. Typsektionen visar den totalbredd som behövs under konstruktion. Schaktmassan längst till vänster i figuren illustrerar matjordsmassan, som är det första markskiktet av markytan cirka 0,3 meter. Matjordsmassan schaktas sidledes och placeras en bit ifrån gropen för bottenplattan. Därefter grävs sekundärmassan ur och placeras mellan matjordsmassan och gropen för bottenplattan. All schaktmassa kommer enbart att förflyttas sidledes. Till höger i figuren illustreras transportvägen som kommer att användas för att bl.a. transportera material m.m. (Bruneby, 2017).



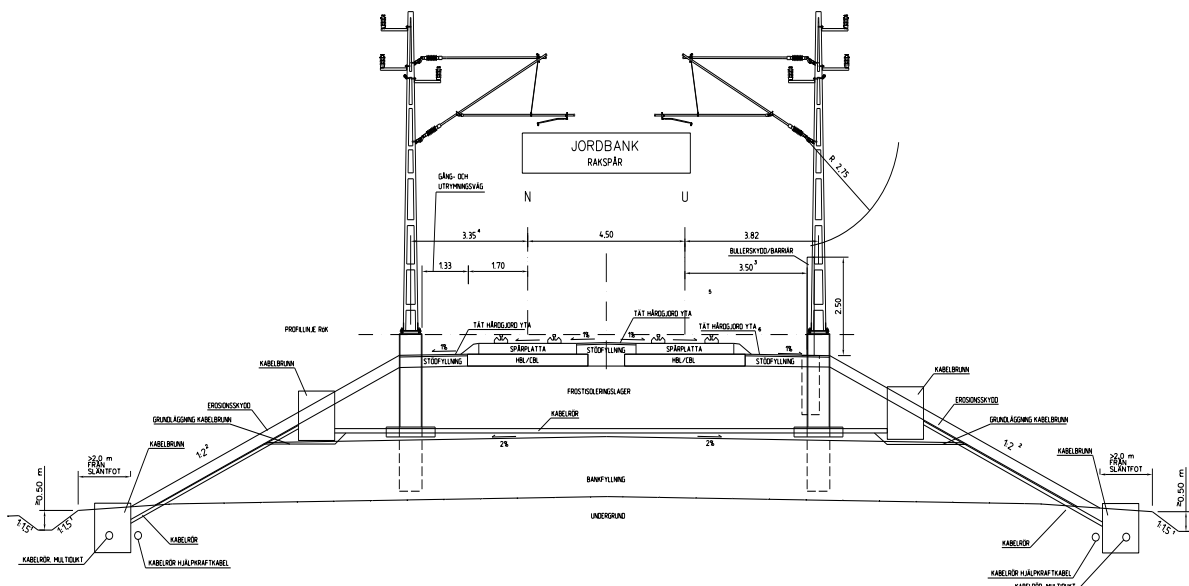
Figur 11. Illustration av markanvändning under byggprocessen vid viadukt (egen bild).

6.3 Markanvändning efter byggprocessen vid järnvägsbank

I markanvändningen efter byggprocessen kommer det enbart att finnas järnvägsbank samt servicevägar. Trädsäkringsmarken kommer att ligga under servitutsrätt och kommer inte beaktas i beräkningarna. Rapporten tar inte hänsyn till markanvändningen för teknikhus och liknande, då det är beroende på valet av signalsystem. Med detta i åtanke skulle den totala markanvändningen öka något. Planskilda korsningar skulle även öka markanvändningen då det befintliga vägnätet måste byggas under eller över järnvägen (Viberg, 2017).

6.3.1 Markberäkningar vid järnvägsbank

Den totala bredden beror på konstanta värden så som överbyggnadens bredd, serviceväg, dike, stängsel och den varierande höjden. Formeln för totalbredden är $T = (12,31 + 10,5) + 4 * h$, där 12,3 m är överbyggnadens bredd, 10,5 m är bredden för serviceväg, dike och stängsel och $4 * h$ är släntlutningens bredd för både sidorna beroende av höjden. All data är tagen ur figur 12, som illustrerar en typsektion jordbank med mått.



Figur 12. Typsektion jordbank (källa: Rejlers, 2017).

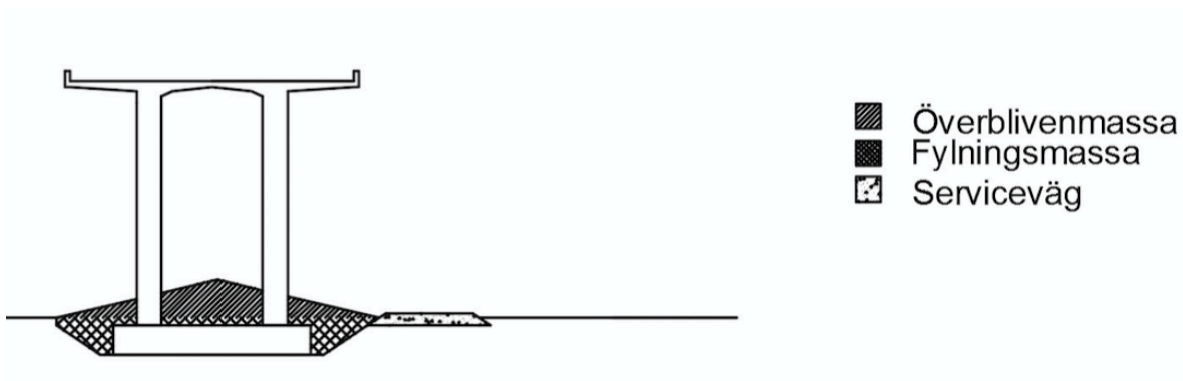
Beroende på höjden kommer totalbredden att ändras, detta beror främst på att släntlutningen är 1:2 vilket resulterar i att ju högre banken är desto bredare kommer slänten att vara. Tabell 1 visar hur totalbredden varierar beroende på höjden. Det som kan uppmärksammas är hur totalbredden ökar med nästan 60 % när höjden ändras från en meter till fem meter, och hela 130 % när höjden ändras från en meter till tio meter.

Tabell 1. Markanvändning vid järnvägsbank med stigande höjd

Höjd (m)	Totalbredd (m)
1	26,81
1,5	28,81
2	30,81
2,5	32,81
3	34,81
3,5	36,81
4	38,81
4,5	40,81
5	42,81
5,5	44,81
6	46,81
6,5	48,81
7	50,81
7,5	52,81
8	54,81
8,5	56,81
9	58,81
9,5	60,81
62,81	10

6.4 Markanvändning efter byggprocessen vid viadukt

Efter att betongplattan har gjutits, förflyttas massorna tillbaka till sin ursprungliga plats, se figur 13. Först ut blir sekundärmassan/fyllningsmassan, därefter matjordsmassan/överblivenmassa, som bildar en kulle på grund av betongplattan. Sist kommer transportvägen smalnas av från 10 meter till 3,5 meter. (Bruneby, 2017).



Figur 13. Markanvändningen efter byggprocessen vid viadukt (egen bild).

Vid korsning över värdefulla naturområden kan de överblivna schaktmassorna transporteras bort istället för att bilda en kulle som i figur 12, så att det resulterar så lite markpåverkan som möjligt.

För viadukten kommer planskilda korsningar med det befintliga vägnätet att ske automatiskt och kommer därför inte påverka markanvändningen. Teknikhus och liknande kan man lägga under viadukten för att inte påverka markanvändningen (Braathen, 2017).

6.4.1 Markberäkningar viadukt

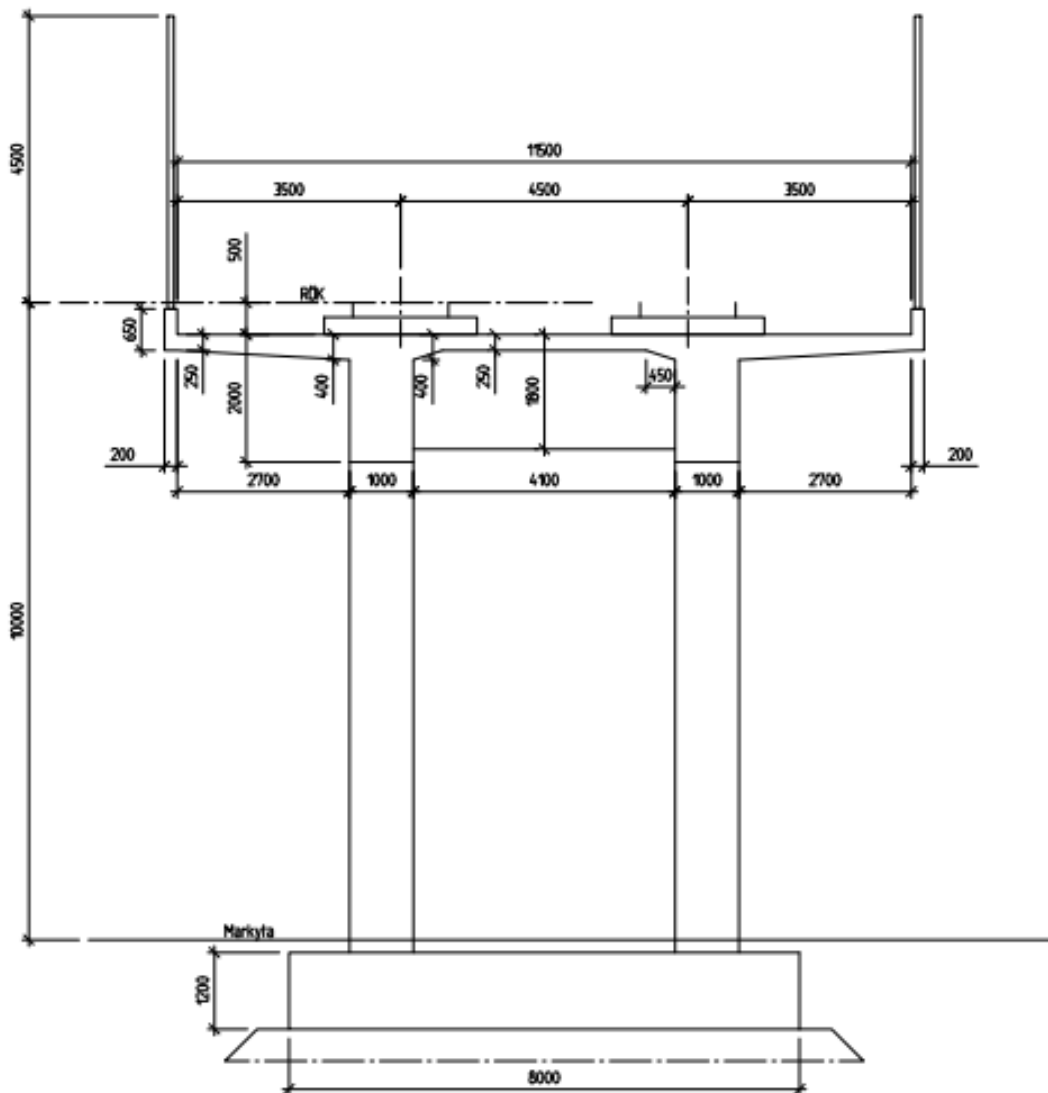
Vid uträkning av markanvändningen finns olika tillvägagångssätt.

Första tillvägagångssättet är att räkna på överbyggnadens bredd vilket resulterar i:

$A = (11,9 + 3,5) \cdot L$, där 11,9 är överbyggnadens bredd, 3,5 är servicevägens bredd, A är arean i m^2 och L är sträckans längd. Alltså kommer den totala bredden vara 15,4 m.

Andra tillvägagångssättet är att enbart räkna markanvändningen för bottenplattan.

Arean för en bottenplatta är $1,2 \cdot 8 = 9,6 m^2$ vilket resulterar $A = 9,6 \cdot x$ där $9,6 m^2$ är bottenplattans area, A är arean i m^2 och x är antal bottenplattor.



Tvårsektion balkrambro 4x15 m

Figur 14. Typsektion av viadukt (Inhouse Tech, 2016)

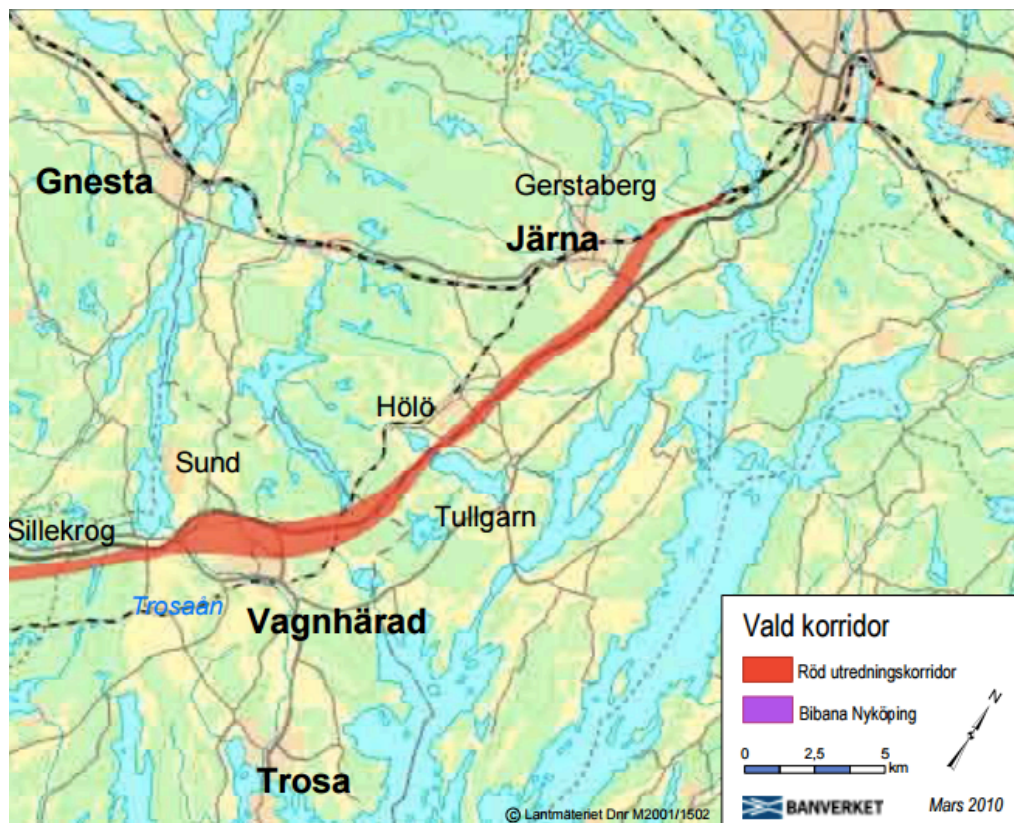
7 Geografisk sträcka

7.1 Utvald sträcka

Ostlänken är den första delen av det planerade höghastighetsnätet i Sverige som så småningom kommer att sträcka sig mellan Stockholm-Göteborg och Stockholm-Malmö. Mer detaljerat är Ostlänken en ny dubbelspårig höghastighetsjärnväg mellan Järna och Linköping för tåg med hastigheter upp till 320 km/h (Trafikverket, 2016 e).

Den utvalda delsträckan som kommer behandlas i den här rapporten är en del av Ostlänken och är den första etappen som sträcker sig mellan Gerstabergr och Långsjön, se figur 15. Stråket utgörs till övervägande del av mosaik- och omväxlande skogslandskap. Mosaiklandskap utmärks av sprickdalar med mellanliggande höjder (Trafikverket, 2009).

Stråket som kommer att behandlas är på ca 18 km och ligger mestadels öster om E4:an (Trafikverket, 2009).



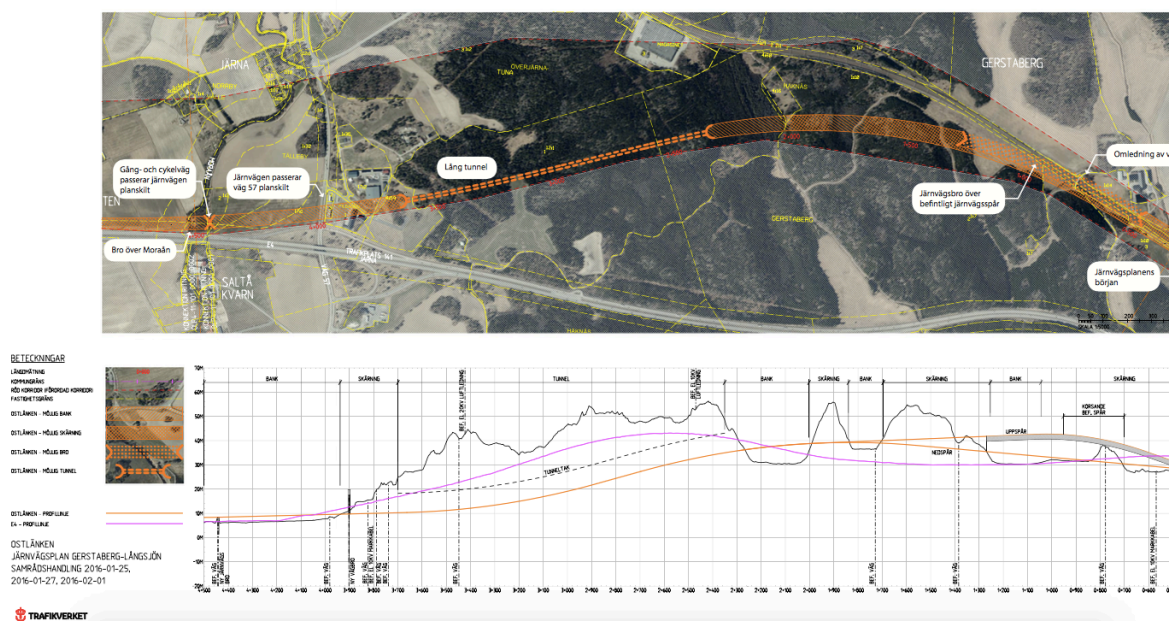
Figur 15. Stråkets geografiska läge (källa: Lantmäteriet, 2017)

I detta kapitel har beräkningar gjorts över sträckan Gerstabergr – Långsjö för att få en tydlig bild över hur mycket mark som måste tas i anspråk permanent. För att simplificera beräkningarna har det endast tittats på bankroppens, skärningens och brobyggnadens bredd. Servicevägar har inte tagits med då förutsättningarna är lika för båda alternativen. Anspråket som tunnlarna påverkar har angivits vara samma för båda alternativen.

Uträkningarna utgår från fyra höjdprofiler av Trafikverket som behandlar den första etappen av Ostlänken, där dragningen för byggnation av bank är ritad. Viadukt alternativet är en avbildning av Trafikverkets dragning, men upphöjd. Uträkningarna på kartan har gjorts manuellt med linjal och har delats upp i 5 mm segment i längdled.

Vid skärning har uträkningarna utgått från bergsskärning för båda alternativen, då de geotekniska förutsättningarna är avgränsade i denna rapport. Viaduktkonceptets bredd är taget från överbyggnadens bredd eftersom attraktiviteten hos marken under minskar.

Skalorna på höjdprofilerna av Trafikverket är 100 meter i längdled och 10 meter i höjddled, därför upplevs bilden som ett berglandskap med stora höjdskillnader, se figur 16. De största höjdskillnaderna är cirka 50 m och höghastighetsjärnvägen får ha en höjdskillnad på 25 meter per kilometer (Trafikverket, 2016 a).



Figur 16. Höjdprofil på den första delen av valda sträckan (källa: Trafikverket, 2016)

7.2 Planerad dragning

Övergripande utformning.

Kartor avseende de alternativa sträckningarna finns tillgängliga i bilaga 1 - 4.

7.2.1 Beskrivning av UA1

Utredningsalternativ, 1, fortsättningsvis benämnt UA1, har en förslagen sträckning på främst järnvägsbank som Trafikverket har projekterat. UA1 sträcker sig ifrån km 1+840 till 18+000 (Trafikverket, 2016 e).

7.2.2 Beskrivning av UA2

Utredningsalternativet har projekterats med utgångspunkt för så mycket viadukt som möjligt, fortsättningsvis benämnt UA2. Den förslagna sträckningen på främst viadukt sträcker sig ifrån km 1+860 till 18+000. Påbörjas 20 meter efter UA1 då UA2 är upphöjt och träffar inte skärningen förrän 20 meter senare (Trafikverket, 2016 e).

7.3 Markberäkningar för den utvalda sträckan

7.3.1 Uträkning av bank

Uträkningarna för järnvägsbankarna har utgått från ritningen som finns på sida 15, se figur 12, och kommer från exempel på typritningar för höghastighetsjärnväg. I exemplet är bredden uppe på överbyggnaden 12,31 meter med släntlutningen 1:2 på respektive sida (Rejlers, 2017).

Ekvationen blir då följande: $X = (12.31 + 4 \cdot h) \cdot L$,

Där X är total markanvändningen (m^2), L är längden på delen (m), h är höjden (m).

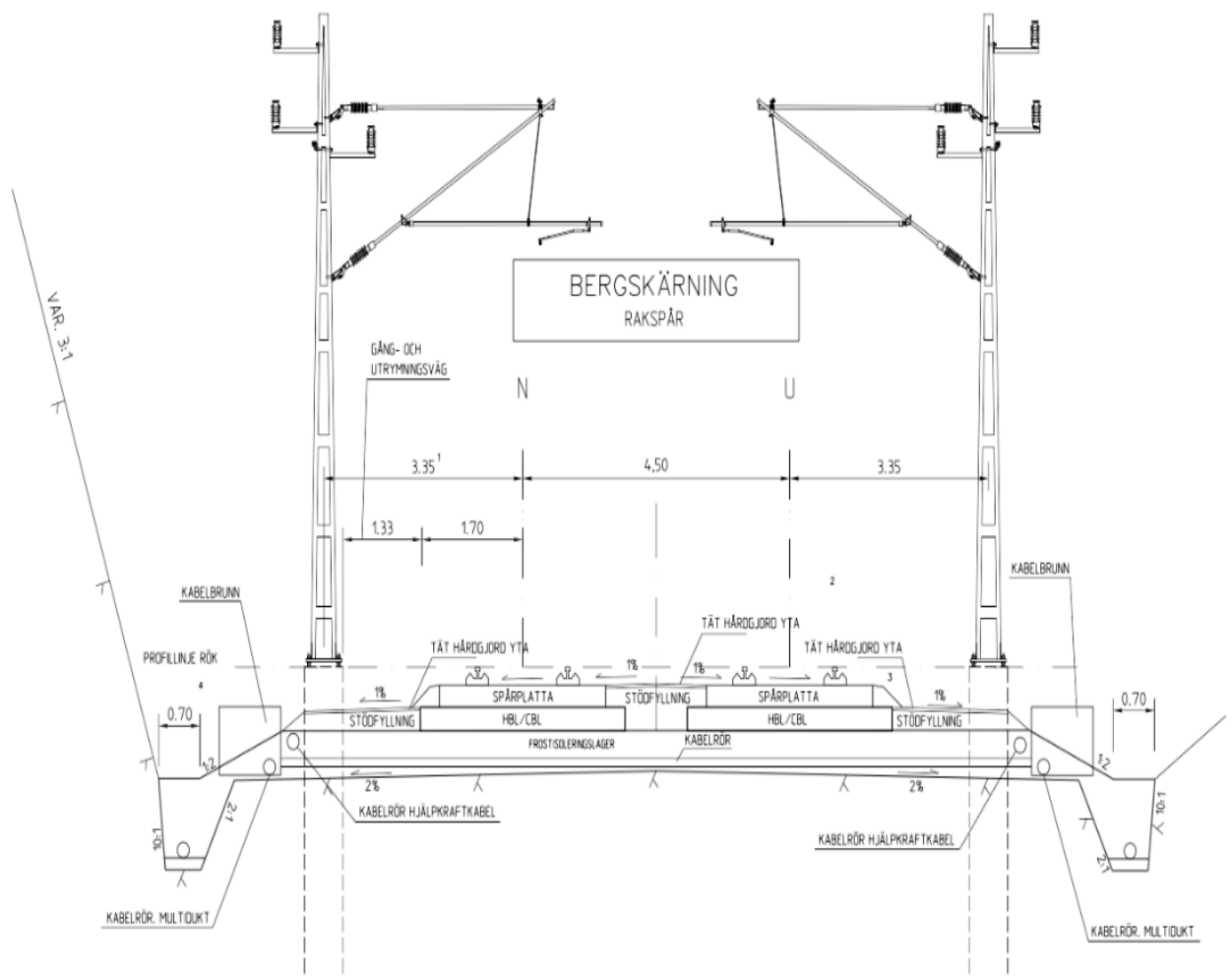
7.3.2 Uträkning av skärning

Uträkningarna för skärning har utgått från ritningen nedan, se figur 18, och kommer från exempel på typritningar för höghastighetsjärnväg.

I exemplet är bredden på överbyggnaden 11,84 meter. Bankens höjd är satt till 1,0 meter med släntlutning på 1:2 på respektive sida. Bergsskärningen har släntlutning på 3:1 på respektive sida (Rejlers, 2017).

Ekvationen blir då följande: $X = (11.84 + 4 \cdot h + 0.7 \cdot 2 + \left(\frac{1}{3}\right) \cdot d) \cdot 2 \cdot L$,

Där X är total markanvändningen (m^2), h är höjden på banken (m), d är djupet på skärningen (m), L är längden på skärningen (m)

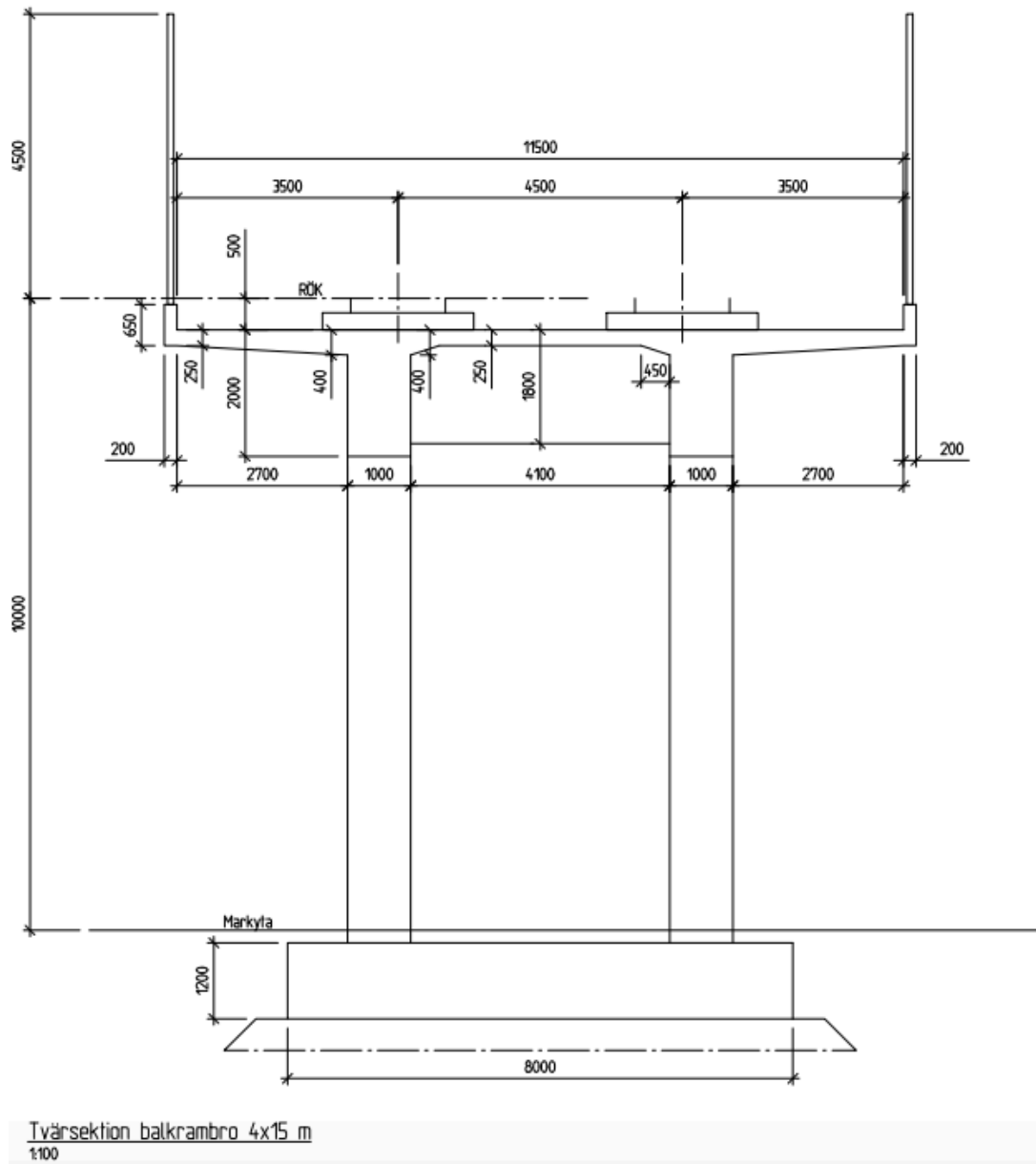


Figur 17. Typsektion av bergskärning (källa: Trafikverket, 2017).

7.3.3 Uträkning av viadukt

Uträkningarna för viadukten har utgått från exempelritningen nedan, se figur 19, och kommer från Inhouse Techs beräkningar.

I exemplet är bredden på viaduktens överbyggnad 11,9 meter, eftersom bredden är konstant blir ekvationen: $X = 11,9 \cdot L$, Där X är total markanvändning (m^2), L är längden på sträckan (m) (Inhouse Tech, 2016).

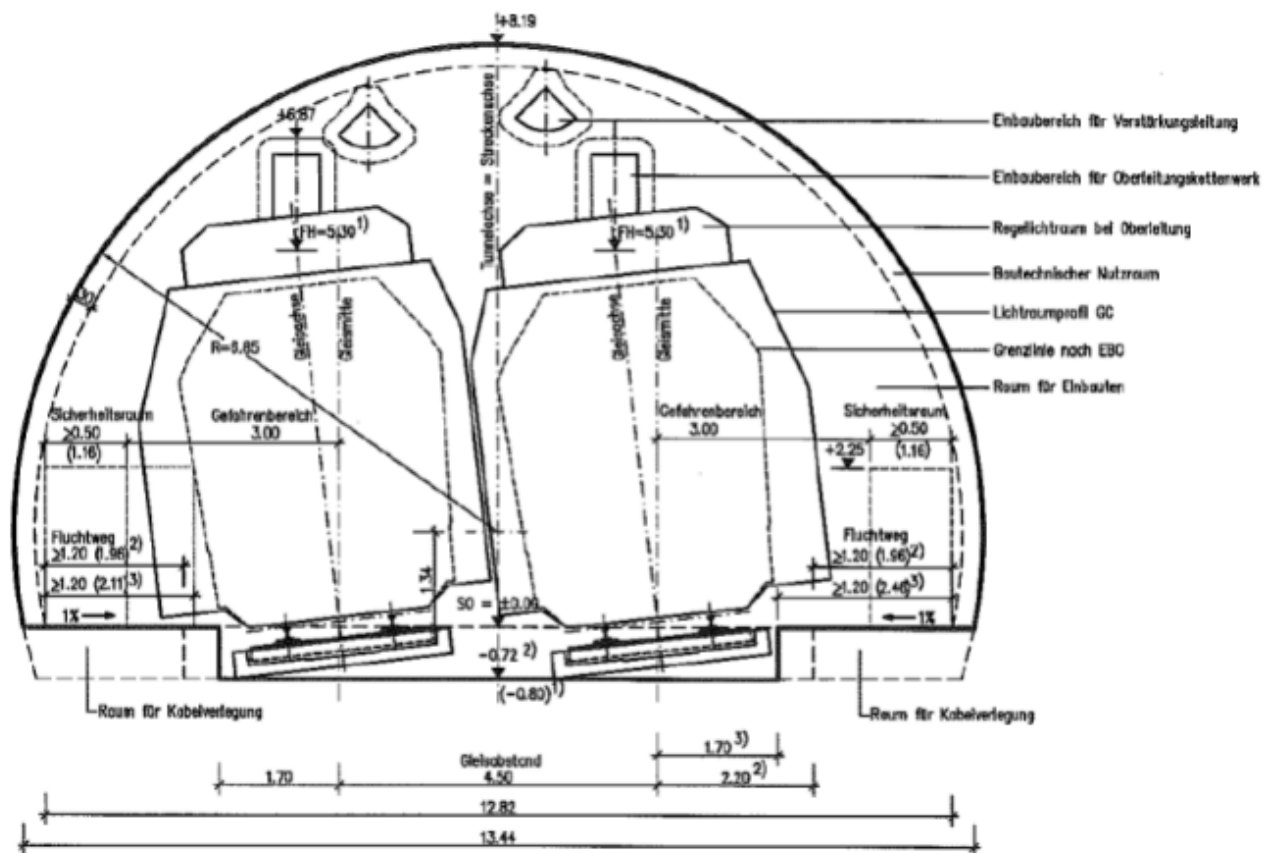


Figur 18. Tvärsektion av viadukt (källa: Inhouse Tech, 2016).

7.3.4 Uträkning av tunnel

Uträkningarna för tunnlarna har utgått från exempelritningen nedan, se figur 20, och kommer från Deutsche Bahns projekteringsanvisningar för hastigheter upp till 300 km/h.

I exemplet är bredden på tunneln vid diametern 13.44 meter eftersom bredden är konstant blir ekvationen: $X = 13.44 \cdot L$, Där X är total markanvändning (m^2), L är längden på sträckan (m). Tunnelarna på ostlänken är fortfarande under utredning och blir troligen något större (Lindeberg, 2017).



Figur 19. Typsektion av tunnel (källa: Structor, 2016).

8 Resultat

8.1 Resultat generellt

8.1.1 Under byggnation

Under konstruktion är markanspråket för bank väldigt svårt att fastställa då det beror på många faktorer. Beroende på mängden av konstbyggnationer, höjd på bank och hur landskapet ser ut, kommer markanspråket att variera. En bra utgångspunkt för bredden vid järnvägsbank är 45 meter för att få med trädsäkring. Denna utgångspunkt är dock vid en låg bank och skulle öka med bredden av banken. Behövs det ingen trädsäkring kommer anspråket att minska men behovet av transportvägar och uppställningsplatser finns kvar.

Viaduktalternativet är i behov av 29,7 meter längs sträckan under konstruktion. I det är en 10 meter bred väg inräknat. Trädsäkring kommer även att behövas vid viadukten men i mindre utsträckning. Vid en jämförelse görs viadukt och bank kommer viadukten använda 33 % mindre markanspråk under konstruktion.

8.1.2 Efter byggnation

Bankalternativet ger som minst en totalbredd på 26,8 meter och som mest 62,8 meter, se tabell 1. Viaduktalternativet har en konstant bredd på 15,4 meter oavsett höjd. Redan vid en meter hög bank har viadukten 42 % mindre mark i anspråk än bankalternativet. Vid tio meter hög bank tar viadukten 75 % mindre mark i anspråk än bankalternativet.

Har marken där dragningen ska gå ett stort naturvärde kan man lämna marken orörd mellan pelarna. Det betyder att marken där betongplattan ska befinna sig kommer bli marken som tas i anspråk, vilket skulle minska markanvändningen väldigt mycket. Detta gör att viaduktalternativet är fördelaktigt att använda vid naturreservat m.m. för att minska inverkan på marken.

Beroende på hur landskapet ser ut där järnvägen ska förläggas kommer markanvändningen att variera. Vid kuperat landskap kommer bankalternativets markanvändning öka, eftersom järnvägsanläggningen inte får ha större höjdskillnader än 25 %. Järnvägsbankarnas höjd ökar för att tillfredsställa kraven samtidigt som bredden ökar.

Servicevägar längs sträckan är beroende av det befintliga vägnätet då TDOK 2014:0159 säger att var 5:e kilometer ska det finnas åtkomst till banan. Detta är till för krisberedskap vid olyckor m.m. Ofta ligger det befintliga vägnätet tillräckligt nära och då borde behovet av servicevägar minska. Detta kan leda till att markanspråket minskar.

Faunapassager vid skogsområden kan komma att behövas när järnvägen byggs med bank. Viadukten kommer automatiskt att ge fri gångväg för djur- och naturliv. Detta kan komma att öka markanspråket för bankalternativet, beroende på hur landskapet ser ut.

8.2 Resultat utvald sträcka

8.2.1 Ritning 1

Den första sträckan går från skärningen efter stationen som planeras i Gerstaberget och ner mot Järna, se bilaga 1. Skillnaderna beroende på vilken konstruktions metod man använder för järnvägen blir relativt stor med avseende på markanvändningen. Diagram 1 visar antal kvadratmeter mark som måste tas i anspråk permanent av bara bankroppen. I diagrammet framgår det att bank är den konstruktionsmetod som tar mest markanspråk. Ett viadukt-koncept skulle minska markanvändningen för skärning med 50 % och den totala markanvändningen med 30 % (Trafikverket, 2016 a).

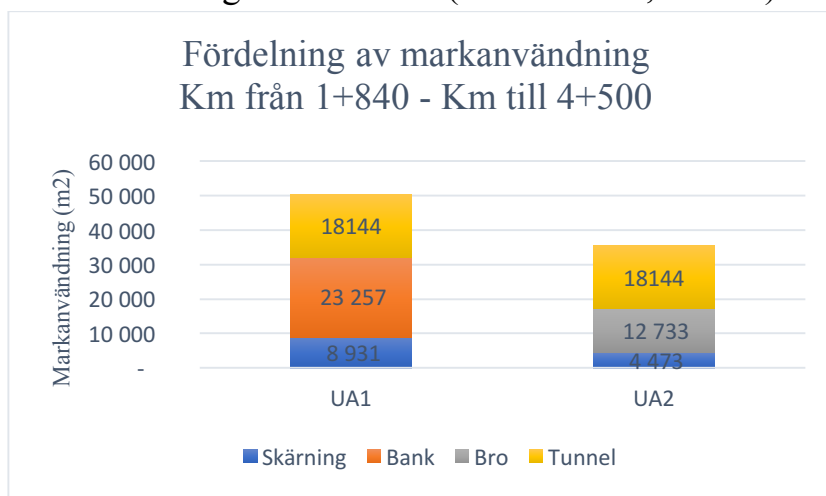


Diagram 1. Hur stor markanvändning de olika bygghuset behövs vid UA1 (järnvägsbank) samt vid UA2 (viadukt).

I diagram 2 framgår längderna för de olika konstruktionsmetoder från den första höjdprofilen. Viadukt-konceptet (UA2) visar att längden på skärningen kommer minska med 7 %. Detta beror på att viadukten ligger högre upp än UA1 samt att bergen smalnar av uppåt. Banken har en kortare längd än viadukten men tar mer mark i anspråk, vilket beror på att bankens bredd är beroende av höjden. Redan vid 1 meters höjd har banken större bredd än viadukten som har konstant bredd (Trafikverket, 2016 a).

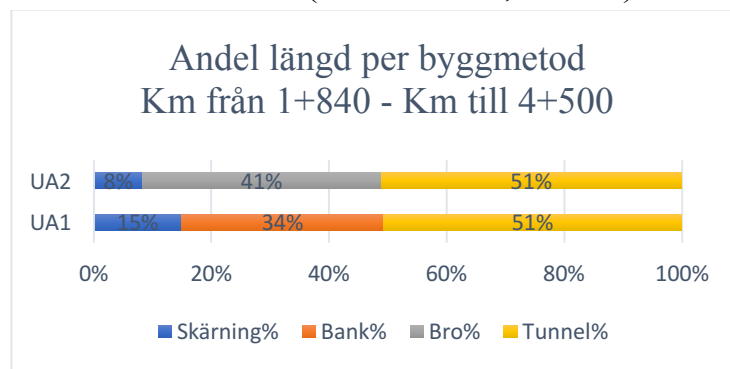


Diagram 2. Hur stor andel bygghuset på sträckan vid UA1 (järnvägsbank) samt vid UA2 (viadukt).

8.2.2 Ritning 2

Andra delen av sträckan går mellan Järna och Ytterjärna, se bilaga 2.

Diagrammet nedan visar att UA2 minskar skärningens markanvändning med 67 % och den totala markanvändningen med 41 % jämfört med UA1. Även i den andra delen av sträckan är det banken som har störst markanspråk.

Alternativen har samma förutsättningar för tunnlarna vilket medför att de kommer få lika stora markanvändningar. Tunnlarnas längd kan komma att bli olika för viadukt-koncept jämfört med järnvägsbank då ingången samt utgången kommer vara högre upp (Trafikverket, 2016 b)

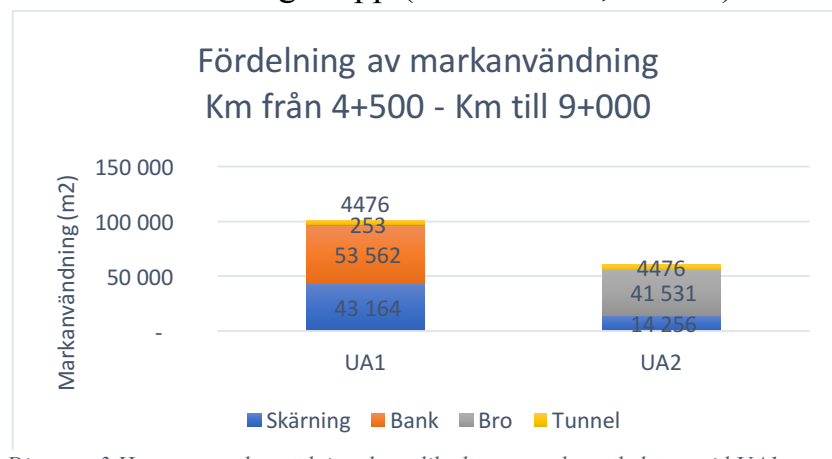


Diagram 3. Hur stor markanvändning de olika bygghuset behövs vid UA1 (järnvägsbank) samt vid UA2 (viadukt).

Även i den andra delen av sträckan har skärningens längd minskat betydligt för UA 2, hela 31 % minskning på skärningens längd. Banken har en kortare längd än viadukten fast tar mer mark i anspråk, vilket beror på att bankens bredd är beroende av höjden. Redan vid 1 meters höjd har banken större bredd än viadukten som har konstant bredd (Trafikverket, 2016 b).

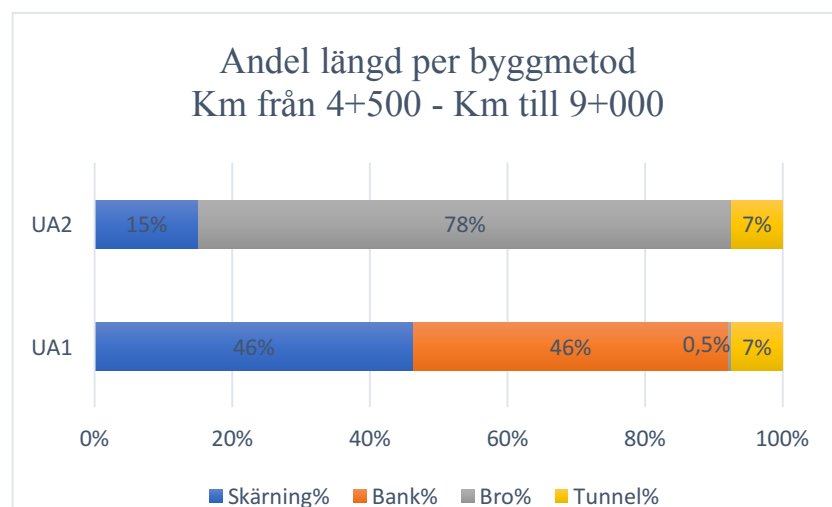


Diagram 4. Hur stor andel bygghuset på sträckan vid UA1 (järnvägsbank) samt vid UA2 (viadukt).

8.2.3 Ritning 3

Den tredje delen av sträckan går mellan Yttrejärna och Lillsjön, se bilaga 3. Diagram 5 visar att UA2 minskar skärningens markanvändning med 67 % och den totala markanvändningen med 45 % jämfört med UA1. Även i den tredje delen av sträckan är det banken som har störst markanspråk men det skiljer mindre än den andra delsträckan. Skillnaden beror på delsträcka tre har större höjdskillnader, vilket gör att broar måste byggas vid UA1 då järnvägsbanken överstiger 10 meter (Trafikverket, 2016 c).

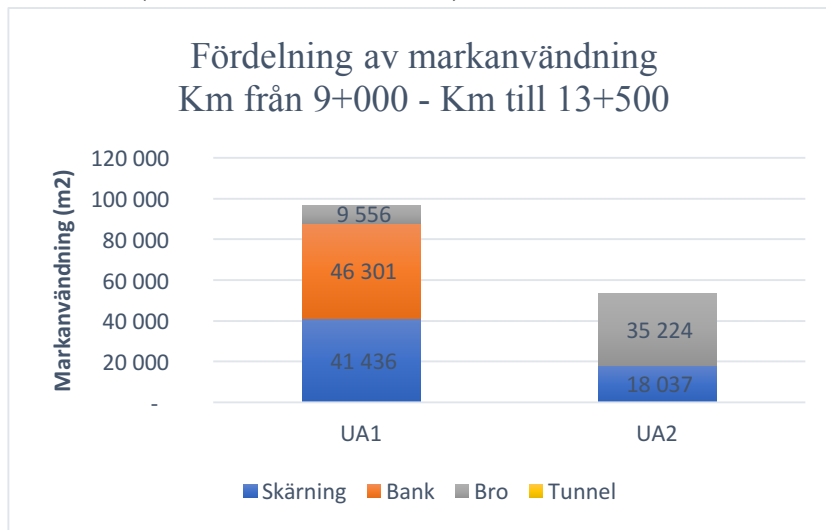


Diagram 5. Hur stor markanvändning de olika bygghuset behövs vid UA1 (järnvägsbank) samt vid UA2 (viadukt).

Även i den tredje delen av sträckan har skärningens längd minskat för UA 2, skärningen blir 16 % kortare. Banken har en kortare längd än viadukten fast tar mer mark i anspråk, vilket beror på att bankens bredd är beroende av höjden. Redan vid 1 meters höjd har banken större bredd än viadukten som har konstant bredd (Trafikverket, 2016 c).

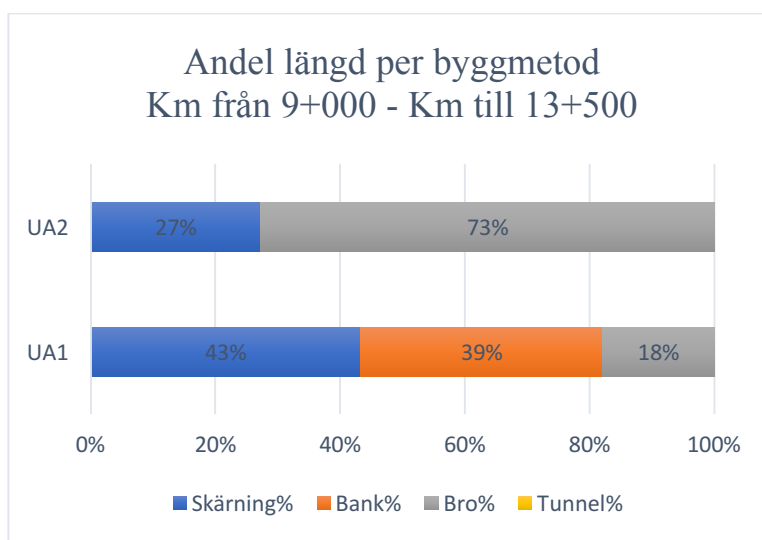


Diagram 6. Hur stor andel bygghuset på sträckan vid UA1 (järnvägsbank) samt vid UA2 (viadukt).

8.2.4 Ritning 4

Den fjärde delen av sträckan går mellan Lillsjön och Långsjön och är den sista delen av sträckan, se bilaga 3. Diagram 7 visar att UA2 minskar skärningens markanvändning med 66 % och den totala markanvändningen med 44 % jämfört med UA1. Även i den fjärde delen av sträckan är det banken som har störst markanspråk men det skiljer mindre än den tredje delsträckan. Skillnaden beror på att delsträcka fyra har två långa broar i slutet (Trafikverket, 2016 d).

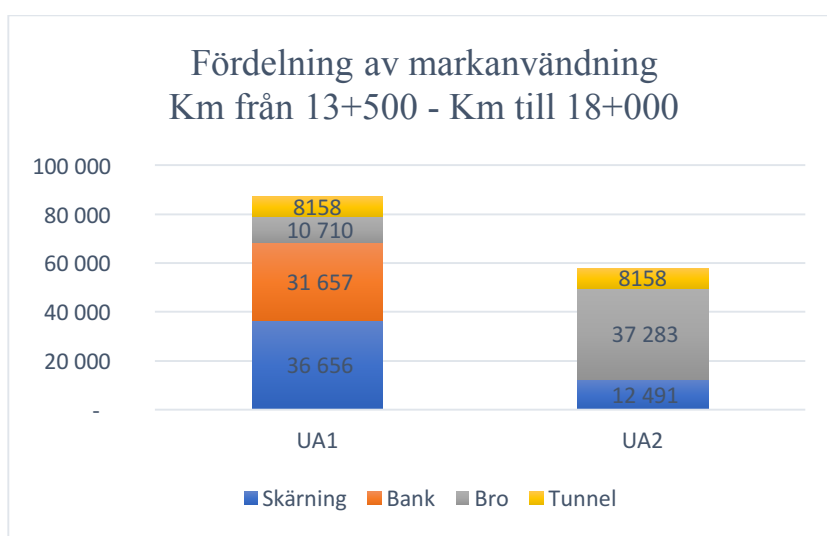


Diagram 7. Hur stor markanvändning de olika byggmetoderna behöver vid UA1 (järnvägsbank) samt vid UA2 (viadukt).

Även i den tredje delen av sträckan har skärningens längd minskat för UA 2, skärningen blir 21 % kortare. Banken har en kortare längd än viadukten men tar mer mark i anspråk, vilket beror på bankens bredd är beroende av höjden. Redan vid 1 meters höjd har banken större bredd än viadukten som har konstant bredd (Trafikverket, 2016 d).

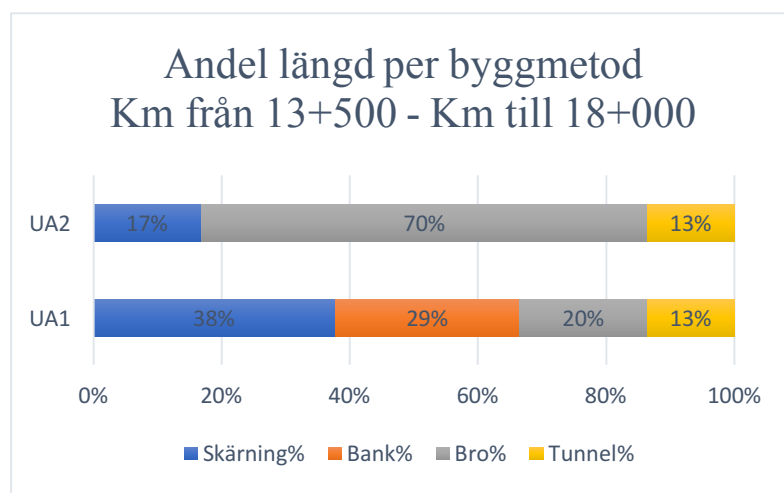


Diagram 8. Hur stor andel byggmetod på sträckan vid UA1 (järnvägsbank) samt vid UA2 (viadukt).

8.2.5 Hela sträckan

Skillnaden på hela sträckan blir att UA2 använder 38 % mindre mark än UA1. Största anledningen till detta är att bankerna på UA1 aldrig blir mindre än viadukterna i UA2 samt att skärningarna minskar för det upphöjda alternativet. UA1 behöver alltså 129 500 m² mer än UA 2 vilket motsvarar ungefär 36 fotbollsplaner.

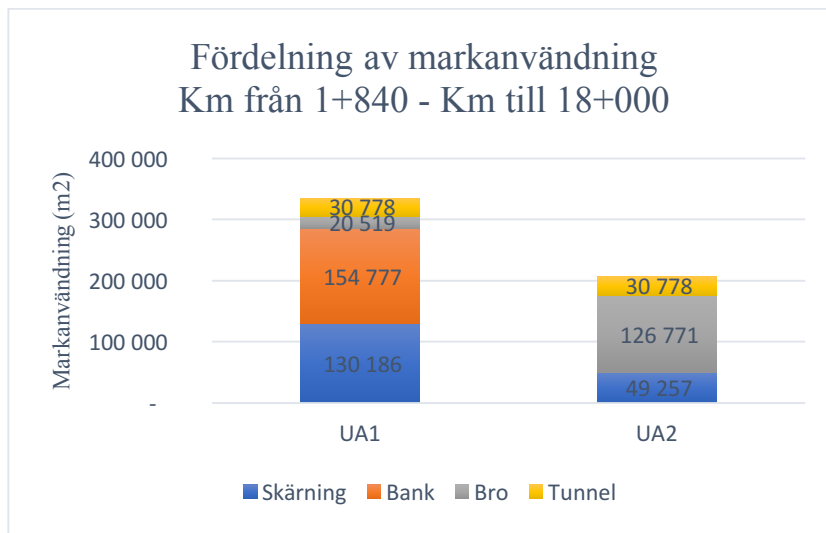


Diagram 9. Hur stor markanvändning de olika bygghänslagerna behöver vid UA1 (järnvägsbank) samt vid UA2 (viadukt).

På hela sträckan kommer längden av skärningarna att minska med 20 %. Ur diagram 9 och 10 kan det utläsas att banken är den bygghänslag som behöver mest mark i anspråk då den har kortast längd. Viadukten är nästan dubbelt så lång som järnvägsbanken men kräver 18 % mindre permanent anspråk.

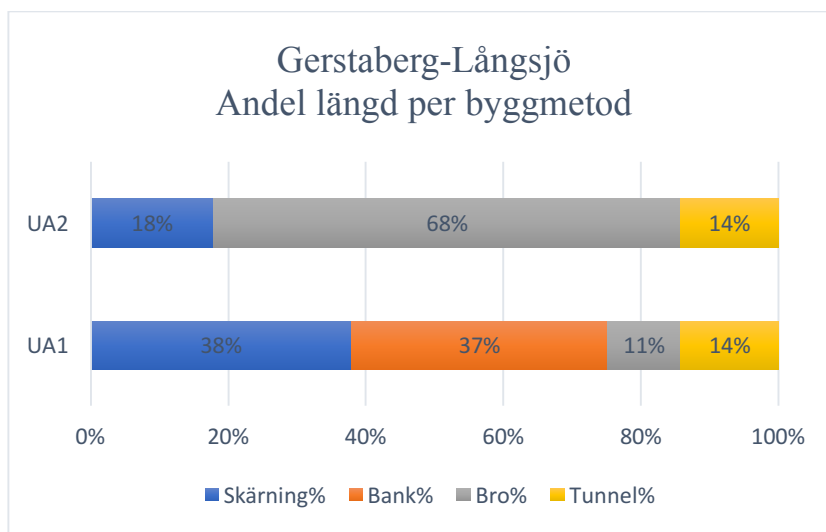


Diagram 10. Hur stor andel bygghänslag på sträckan vid UA1 (järnvägsbank) samt vid UA2 (viadukt).

9 Diskussion

Vid val av konstruktionsmetod med avseende på markanvändningen, så anser vi på grund av resultatet i rapporten att viadukt är den mest effektiva metoden. Viaduktalternativet minskar markanvändningen avsevärt jämfört med bankalternativet.

Under litteraturstudien har vi utgått från specifika typsektionsexempel, vilket ger ett specifikt resultat. Bankalternativet kan inte ändras speciellt mycket då det har specifika krav från Trafikverket. Viaduktalternativet som utgår från Inhouse Techs rapport är bara ett av olika alternativ. Viaduktens överbyggnad som är utgångspunkten för bredden av viadukten kan då variera. Det bör även tänkas på att överbyggnadens bredd kanske bara borde vara utgångspunkten vid bostäder men inte för lantbruk. Jordbruket kommer fortfarande att kunna bedrivas under viadukten förutom där själva pelarna möter marken. Attraktivitet hos marken kan komma att minska något för lantbrukare eftersom soltimmarna hos växterna minskar.

Planskilda korsningar är idag ett krav hos Trafikverket vilket sker automatiskt när viaduktkonceptet tillämpas. Bankalternativet kommer att öka markanvändningen då det befintliga vägnätet kommer att behövas byggas under eller över järnvägsanläggningen, så länge inte järnvägen byggs under eller över det befintliga vägnätet. Faunapassager och viltbroar kan komma att behövas beroende på hur landskapet ser ut där järnvägen ska anläggas. Det kan komma att öka markanvändningen för bankalternativet men kommer inte påverka viaduktalternativet.

Tunnlar och skärningar är svårt att undvika då landskapet har olika höjder. En viadukt kommer flytta upp järnvägen vilket kan komma att minska längden och djupet på skärningar. Mindre skärningar kommer spara tid och mark vid anläggning av järnvägen och borde därför vara något man strävar efter. Beroende på de geotekniska förhållandena längs sträckan kommer skärningarnas släntlutning att variera. Studien har utgått ifrån att alla skärningar på den geografiska sträckan är bergsskärning, vilket ger ett mindre resultat. Bergsskärning använder en släntlutning på 3:1 medan jordskärningar använder 1:2. Detta kommer göra stor skillnad på hur mycket mark som kan

komma att användas. Tunnlarna på järnvägen är ett konstruktionssätt som man helst vill slippa då det tar lång tid och kostar väldigt mycket, till exempel Hallandsåsen. Tunnlarna längs den geografiska sträckan kan komma att försvinna då viadukten höjer upp ingången och utgången. Tas dem inte bort och blir skärningar kommer dem med största sannolikhet att minskas.

Studien är avgränsad så att den enbart undersöker hur mycket mark som måste tas i anspråk för respektive alternativ. Men för att få ett bra svar på vilket konstruktionssätt som är mest effektivt måste fler aspekter tas med.

Byggtiden, barriäreffekt och kostnad är tre stora aspekter som kommer påverka valet. Ju längre byggtid varar desto längre tid tar det innan järnvägen betalar av sig själv. Bankalternativet har väldigt lång sättnings tid för att ta bort små ojämnheter som inte får förekomma när man bygger på ballastfritt.

Viaduktalternativet kan ha längre byggtid beroende på tillgång till arbetskraft och hur många utgångspunkter som används. Barriäreffekten för bankalternativet blir svårigheterna att ta sig förbi järnvägen, både för djur och människor. Viadukten blir en visuell barriär som stör landskapsbilden. Längs sträckan kan större konstbyggnationer komma att behövas. I rapporten har vi utgått ifrån att bredden för konstbygge har samma bredd som viadukten vilket kan vara vilseledande. Större konstbyggnationer över sjöar m.m. ska passa in estetiskt i landskapsbilden. Därför kan de vara i behov av större markanspråk. Detta gäller då för respektive alternativ.

10 Slutsats och vidare studier

Valet av konstruktionsmetod är viktigt när det kommer till att bygga det nya höghastighetsnätet i Sverige. Viaduktalternativet tar mindre mark i anspråk än bankalternativet. Detta ger en positiv effekt av järnvägen då man sparar både pengar i markperspektiv och yta. För en infrastruktursatsning av denna storlek kan inte bara en aspekt tas med, utan måste även se på byggtid, kostnad, samhällsekonomisk nytta och underhållskostnad.

Viaduktalternativet kan vara bra på platser där marken har högt värde så som på många ställen i till exempel Skåne. Det är även bra vid passager genom trånga städer då man vill ha en station i centrum. Detta eftersom marken under viadukten kan användas för affärer med mera. Vi anser därför att man ska försöka komma fram till en slutprodukt som innehåller både bank och viadukt för att minska markanvändningen. Genom att till exempel före samt efter tunnlarna och skärningar så kan bank byggas för att slippa köra iväg överskottsmassorna, men även bank där landskapsbilden väger mer jämfört med markanspråket.

Förslag till vidare studier:

- Undersöka byggtiden för respektive alternativ.
- Undersöka om 10 meter är en realistisk brytpunkt mellan bank och bro.
- Undersöka en överbyggnadsbredd på viadukten som innehåller servicevägar och möjliga lösningar.
- Undersöka en lågbrolösning och hur man ska få dem att passa in i landskapet.
- Undersöka kostnader för viadukt-koncept Prefab.

Litteraturförteckning

- Andersson, E., Berg, M., & Stichel, S. (2000). *Spårfordons dynamik*. Stockholm: KTH.
- Banverket. (2009). *Järnvägen i samhällsplaneringen*. Borlänge: Banverket.
- Bårström, S., & Granbom, P. (2012). *Den svenska järnvägen*. Borlänge: Trafikverket.
- Braathen, I. (den 3 April 2017). Markanvändning. (H. Hassoun, & N. Andersson, Intervjuare)
- Bruneby, O. (den 20 Mars 2017). Byggprocess bro/viadukt. (H. Hassoun, & N. Andersson, Intervjuare)
- Corshammar, P. (2012). *Perfekt spår*. Järnvägsskolan.
- Inhouse Tech. (2016). *Mängdberäkning av balkrambrokoncept för höghastighetsbana*. Göteborg: Inhouse Tech.
- Lindeberg, L. (den 5 April 2017). Typsektion tunnel. Structor.
- Nationalencyklopedin . (den 25 April 2017). *ne*. Hämtat från www.ne.se: <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/bro>
- Regeringskansliet. (den 20 September 2016). *Regeringskansliet*. Hämtat från Regeringen.se: [http://www.regeringen.se/regeringspolitik/transporter-och-infrastruktur/](http://www.regeringen.se/regeringspolitik/transporter-och-infrastruktur/mal-for-transporter-och-infrastruktur/)
- Rejlers. (den 1 Mars 2017). Exempelritning på typsektioner. Malmö: Rejlers.
- Stockholms stad. (den 13 Februari 2017). *Stockholms stad*. Hämtat från Projekt A-Ö: <http://bygg.stockholm.se/Alla-projekt/Rinkeby-bro-Rinkeby-Ursvik/>
- Trafikverket. (den 01 September 2009). *Trafikverket*. Hämtat från www.trafikverket.se: <http://www.trafikverket.se/nara-dig/projekt-i-flera-lan/Ostlanken/Dokument-Ostlanken/>
- Trafikverket. (2014). *Teknisk systemstandard för höghastighetsbanor*. Trafikverket.
- Trafikverket. (2015). *BVS 1585.005 - Typsektioner för banan*. Trafikverket.
- Trafikverket. (den 1 Februari 2016 a). Järnvägsplan Gerstabergr-Långsjön Samrådhandling Ritning 1. Borlänge.
- Trafikverket. (den 1 Februari 2016 b). Järnvägsplan Gerstabergr-Långsjön Samrådhandling Ritning 2. Borlänge.
- Trafikverket. (den 1 Februari 2016 c). Järnvägsplan Gerstabergr-Långsjön Samrådhandling Ritning 3. Borlänge.
- Trafikverket. (den 1 Februari 2016 d). Järnvägsplan Gerstabergr-Långsjön Samrådhandling Ritning 4. Borlänge.
- Trafikverket. (den 14 Januari 2016 e). *Trafikverket*. Hämtat från www.trafikverket.se: <http://www.trafikverket.se/nara-dig/projekt-i-flera-lan/Ostlanken/>
- Trafikverket. (den 9 Februari 2017 a). *Trafikverket*. Hämtat från www.trafikverket.se: <http://www.trafikverket.se/resa-och->

trafik/underhall-av-vag-och-jarnvag/Sa-skoter-vi-jarnvagar/Tradsakra-jarnvagar/Hur-vi-genomfor-tradsakringen/<http://www.trafikverket.se/resa-och-trafik/underhall-av-vag-och-jarnvag/Sa-skoter-vi-jarnvagar/Tradsakra-jarnvagar/Hur-vi-genomfor-tradsakringen/>

Trafikverket. (den 1 April 2017 b). Väg eller järnväg på min mark. Borlänge, Borlänge, Sverige: Trafikverket.

UIC, International union of railways;. (den 1 Juni 2015). High speed rail, fast track to sustainable mobility.

http://www.uic.org/IMG/pdf/high_speed_brochure.pdf. Paris, Île-de-France, Frankrike. Hämtat från UIC:

<http://www.uic.org/highspeed#What-is-High-Speed-Rail>

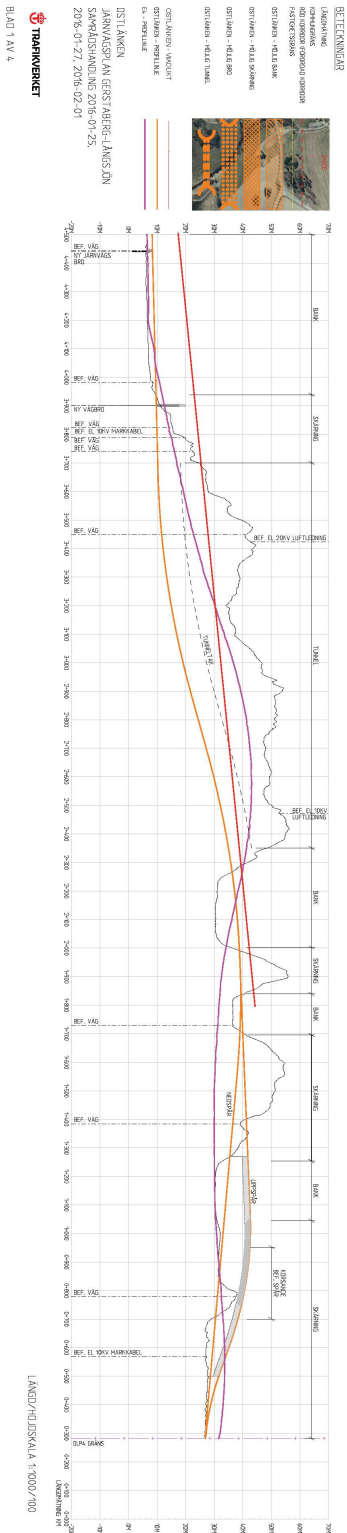
Viberg, B. (den 20 Mars 2017). Tillfällig nyttjanderätt. (H. Hassoun, & N. Andersson, Intervjuare)

Figurteckning

Figur 1. Typsektion av över- och underbyggand (källa: Järnväg, 2006).	7
Figur 2. Ballatsspår (källa: Järnväg, 2016).	8
Figur 3. Slabtrack (källa: Trafikverket, 2016).	8
Figur 4. Typsektion av järnvägsbank (källa: Trafikverket, 2016).	9
Figur 5. Typsektion av skärning (källa: Trafikverket, 2015).	9
Figur 6. Platsgjutning (källa: Stockholms stad, 2014).	10
Figur 7. Alternativ lösning för utsättning av prefabbrodelar (källa: Robosoon, 2017).	11
Figur 8. Exempelritning över permanent samt tillfällig markanspråk (källa: Trafikverket, 2009).	12
Figur 9. Trädsäkringsutformning (källa: Banverket, 1999).	13
Figur 10. Servitutsrättsutformning (källa: Trafikverket, 2003).	14
Figur 11. Illustration av markanvändning under byggprocessen vid viadukt (egen bild).	15
Figur 12. Typsektion jordbank (källa: Rejlers, 2017).	16
Figur 13. Markanvändningen efter byggprocessen vid viadukt (egen bild). ...	18
Figur 14. Typsektion av viadukt (Inhouse Tech, 2016).	19
Figur 15. Stråkets geografiska läge (källa: Lantmäteriet, 2017).	20
Figur 16. Höjdprofil på den första delen av valda sträckan (källa: Trafikverket, 2016)	21
Figur 18. Typsektion av bergskärning (källa: Trafikverket, 2017).	23
Figur 19. Typsektion av viadukt (källa: Inhouse Tech, 2016)).	24
Figur 20. Typsektion av tunnel (källa: Structor, 2016).	25

Bilagor

Höjdprofiler från Trafikverket, Gerstabergh – Långsjön (ritning 1 av 4).



Höjdprofiler från Trafikverket Gerstaberget – Långsjön. (ritning 4 av 4)

