

# Tekniskt PM-Geoteknik

## Bohusbanan, delen Brunnsbo station

Göteborgs Stad, Västra Götalands län

Järnvägsplan 2019-02-15

Projektnummer: 109405



Dokumenttitel: Tekniskt PM-Geoteknik

Skapat av: Axel Josefson (ÅF-Infrastructure AB), Christina Edström (COWI AB)

Dokumentdatum: 2018-11-01

Dokumenttyp: Rapport

Ärendenummer: TRV 2018/33019

Projektnummer: 109405

Version: B

Utgivare: Trafikverket

Kontaktperson: Jan Olofsson

Uppdragsansvarig: ÅF-Infrastructure AB

Distributör: Trafikverket, 405 33 Göteborg, telefon<sup>2</sup>0771-921 921

# Innehåll

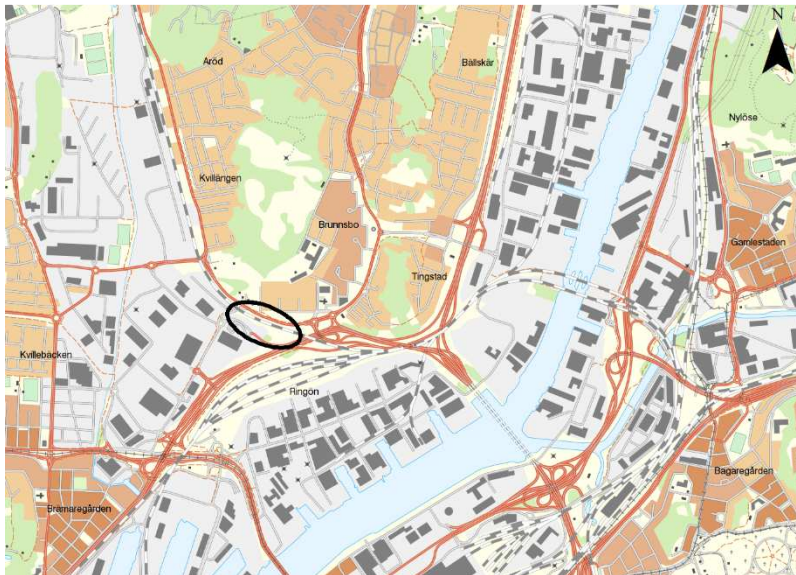
1. OBJEKT	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
2. SYFTE OCH BEGRÄNSNINGAR	5
3. UNDERLAG	5
4. STYRANDE DOKUMENT	5
5. BOHUSBANAN KM 5+100 – 5+560	6
5.1. Befintliga konstruktioner	6
5.1.1. Tidigare konstruktioner och anläggningar	6
5.2. Blivande konstruktioner och anläggningar	7
5.3. Geotekniska förutsättningar Bohusbanan km 5+100 – 5+350	7
5.3.1. Topografi	7
5.3.2. Geotekniska förhållanden	7
5.3.3. Hydrogeologiska förhållanden	8
5.4. Geotekniska förutsättningar Bohusbanan km 5+350 – 5+560	9
5.4.1. Topografi	9
5.4.2. Geotekniska förhållanden	9
5.4.3. Hydrogeologiska förhållanden	10
5.5. Förstärkningsåtgärder	11
5.6. Omgivningspåverkan	11
5.7. Masshantering	12

# 1. Objekt

På uppdrag av Trafikverket har ÅF Infrastructure AB och COWI AB, upprättat föreliggande PM Geoteknik i samband med framtagande av järnvägsplan för Brunnsbo station.

Trafikverkets projekt *E6.21 Lundbyleden, Brantingsmotet-Ringömotet*, som utöver utbyggnad av Bohusbanan till dubbelspår innefattar utbyggnad av Lundbyleden från Brantingsmotet i väst till Ringömotet i öst, är en förutsättning för byggandet av Brunnsbo station. De förutsättningar som påverkar järnvägsplanen men även berör väg- och järnvägsplanen för Lundbyleden och Bohusbanans utbyggnad beskrivs och hanteras i väg- och järnvägsplanen enbart, detta för att undvika dubbla beskrivningar och åtgärder. Avgränsningarna beskrivs i detalj i Plan och miljöbeskrivningen under avsnitt 3.4 Avgränsning.

Projektets läge framgår av Figur 1 nedan.



Figur 1 Orienteringsfigur. Svart cirkel visar område för Brunnsbo station. © Lantmäteriet.

## 2. Syfte och begränsningar

Syftet med denna tekniska PM är att utgöra underlag för framtagande av järnvägsplan för Brunnsbo station. Syftet är också att fastställa de geotekniska förhållandena i området samt att utreda lämpliga förstärkningsåtgärder för planerad utbyggnad och att bedöma behov av markanspråk.

## 3. Underlag

Underlag för denna tekniska PM har utgjorts av:

- Digital Grundkarta, tillhandahållen av beställaren.
- Ledningsunderlag, tillhandahållet av berörda ledningsägare genom ledningskollen.se samt kompletterat med uppgifter från enstaka ledningsägare.
- Information om konstbyggnaders grundläggning, hämtad från BaTMan.
- Trafikverket, *E6.21 Lundbyleden, delen Brantingsmotet-Ringömotet, Göteborg Stad, Västra Götalands län. Väg- och järnvägsplan, 2017-06-22, Planbeskrivning, Projektnummer 109405, Fastställelsehandling.*

## 4. Styrande dokument

För beräkningar gäller nedan listade handlingar.

- Trafikverkets föreskrifter om ändring i Vägverkets föreskrifter (VVFS 2004:43) om tillämning av europeiska beräkningsstandarder, TRVFS 2011:12, daterad 2011-10-17
- Trafikverkets tekniska krav för geokonstruktioner TK Geo 13, TDOK 2013:0667, daterad 2014-05-01
- AKJ, Anläggningsspecifika krav järnväg Nya Brunnsbo dubbelspår, Bdl 601.

## 5. Bohusbanan km 5+100 – 5+560

### 5.1. Befintliga konstruktioner

Projekt *E6.21 Lundbyleden, delen Brantingsmotet-Ringömotet* innebär att Lundbyleden utvidgas med Kvillemotet och Kvilleleden söder om stationsområdet och att banvallen för Bohusbanan byggs om och höjs. Även de kommunala gatorna inom östra Backaplan, i synnerhet Backavägen norr om stationen, kommer att byggas om. Ombyggnaden av vägar och gator innebär att ytorna närmast i anslutning till stationen helt förändras. Sammanfattat innebär de viktigaste förändringarna följande:

- Planskilda passager under nya broar i bägge stationsändar där marknivå och brospann anpassats för att möjliggöra byggande av station
- I norr gränsar stationen till ny gång- och cykelväg och en nedsänkt Backaväg
- I sydväst gränsar stationsområdet till påfartsramper för Kvilleleden

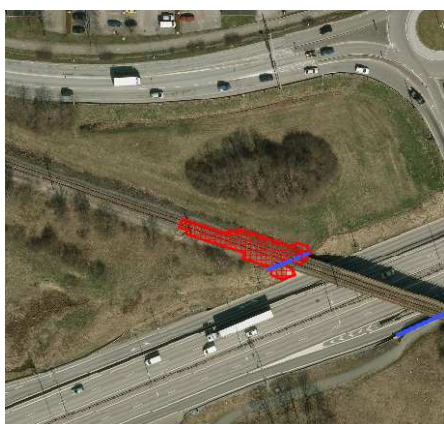
För förstärkningsåtgärder i projektet *E6.21 Lundbyleden, Brantingsmotet-Ringömotet*, se PM Geoteknik dokument 109405-50GT-025-0000-0001.

Den utbyggda dubbelspåriga järnvägen kommer att grundläggas på påldäck mellan broarna. Påldäcket grundläggs med stödpålar.

Slänterna och stödmurarna vid skärningen för Backavägen förstärks med kalkcementpelare som installeras i skivor. För att uppnå erforderlig säkerhetsfaktor mot stabilitetsbrott krävs att den utlagda fyllningen mellan befintlig Bohusbana och Östra Magårdsvägen delvis schaktas av. För att uppnå erforderlig säkerhetsfaktor mot stabilitetsbrott mot Lundbyleden i sydväst förstärks järnvägsbank med lättfyllning.

#### 5.1.1. Tidigare konstruktioner och anläggningar

Bohusbanan passerade över Lundbyleden via en 4-spanssbro väster om Brunnsbomotet. Bron är grundlagd på betongpålar till fast botten. Järnvägsbanken som ansluter till norra änden av bron är bankpälad med 18 m träpålar, se Figur 2.



Figur 2. Översikt över utbredning av befintlig bankpålning. Bankpålning är markerat med rött och spont med blått.

En tryckbank till nivån ca +2,5 till +3 var utlagd väster om befintligt spår.

Från km 5+300 till km 5+350 var deponimassor utlagda väster om befintligt spår. Dessa deponimassor fungerade som en tryckbank.

Inom området finns markförlagda ledningar.

## 5.2. Blivande konstruktioner och anläggningar

I projektet E6.21 Lundbyleden, delen Brantingsmotet-Ringömotet byggs två nya broar, en över Lundbyleden och en över Backavägen. Det är mellan dessa nya broar som projektet förberett plats för de två sidoplattformar som ska utgöra den nya stationen, se figur 3. Sträckningen för den planerade dubbelspåriga järnvägen kommer att gå parallellt med, och väster om, nuvarande järnvägssträckning.



Figur 3. Grönt område innefattar Brunnsbo station.

Tillgängligheten till plattformar med hissar och trappor ordnas i bägge plattformsändar. Ramp och uppställningsyta för brandbilar planeras i anslutning till norra plattformen. Ramp planeras för servicefordon i anslutning till södra plattformen. Stödmurar kommer att placeras i bakkant av plattform, vid ramper och serviceytan mot Backavägen.

## 5.3. Geotekniska förutsättningar Bohusbanan km 5+100 – 5+350

### 5.3.1. Topografi

Ovankant befintlig järnvägsbank ligger på nivå ca +6,5 vid järnvägsbron över Lundbyleden. Från bron sluttar Bohusbanan västerut. Längs med befintlig järnvägsbank består terrängen av gräsbevuxna ytor med inslag av träd och buskage.

### 5.3.2. Geotekniska förhållanden

Jordlagren i delområdet består överst av fyllning. Fyllningen underlagras av lera ovan friktionsjord på berg. Jorddjupen ökar västerut, från ett djup på ca 30 m vid befintlig järnvägsbro till ett djup på ca 55 m vid delområdets västra gräns.

**Fyllnadsmaterialet** består av en blandning av mulljord, sand, grus, silt, lera och torrskorpelera i varierande sammansättning och förekomst. Fyllningens mäktighet varierar mellan ca 1 och 2,5 m. Fyllnadsmäktigheten avtar västerut.

**Leran** har ner till omkring 5 m djup inslag av sand, silt och växtdelar. Lerans mäktighet varierar mellan ca 30 och 52 m, med ökande djup åt väster. Lokalt har leran påträffats med utbildad torrskorpa i det övre skiktet.

Lerans uppmätta densitet varierar normalt mellan 1,45 och 1,7 t/m<sup>3</sup>, med ökande trend mot djupet. I upptagna prover från större djup, med inslag av sand, kan uppmätt densitet öka till ca 1,9 t/ m<sup>3</sup>.

Uppmätt naturlig vattenkvot i lerprofilens övre del varierar mellan 30 % och 110 %. Därunder, i den homogena leran, varierar den naturliga vattenkvoten mellan ca 100 och 50 %, med avtagande trend mot djupet.

Lerans uppmätta konflytgräns varierar i lerprofilens översta del mellan ca 40 och 80 %. I den homogena leran därunder varierar uppmätt konflytgräns mellan ca 50 och 80 %, med avtagande trend mot djupet.

Uppmätt sensitivitet varierar i lerprofilens översta del mellan ca 35 och 10 och klassificeras där som hög- till mellansensitiv. Uppmätt sensitivitet i den homogena leran varierar generellt mellan ca 15 och 30, med avtagande trend mot djupet. Leran klassificeras under den övre delen som mellansensitiv.

Skjuvhållfastheten är utvärderad till 12 kPa i lerprofilens övre del. Därunder ökar den mot djupet med 1,35 kPa/m. Skjuvhållfastheten klassificeras som mycket låg ner till nivån ca -6.

CRS-försök och kolvprovtagning från området visar att leran är överkonsoliderad med OCR över 1,5 ner till ca 40 m djup. Överkonsolideringsgraden avtar mot djupet. För in-situ spänningen har portrycket modellerat som hydrostatiskt från grundvattenytan, placerad 1,5 m under befintlig markyta.

**Friktionsjordens** ovkant har påträffats ca 25 m under markytan vid Brunnsbomotet och ca 50 m under markytan vid delområdets västra gräns. Friktionsjordens mäktighet varierar mellan ca 3 och 7 m. Friktionsvinkeln, utvärderad från utförda hejarsoneringar, varierar mellan ca 34 och 42°, med ökande trend mot djupet.

### 5.3.3. Hydrogeologiska förhållanden

Nivån för grundvattenytan i det övre magasinet ligger mellan ca +1 och + 2,5, vilket motsvarar ett djup på ca 0-1,5 m under befintlig markyta.

Enligt avläsningar från grundvattenröret i det undre magasinet i undersökningspunkt AFX0704V så ligger grundvattenytan på nivån ca +2. Nivån motsvarar ungefär befintlig markyta i undersökningspunkt AFX0704V, men för området generellt motsvarar nivån ett djup på ca 1 m under befintlig markyta.

Avläsningar från portrycksstationer i undersökningspunkterna AFX0512V och AFX0704V visar en portrycksprofil motsvarande hydrostatiskt tryck från ca 0,5- 1 m



under befintlig markyta. Uppmätt portryck visar på en tendens till ett svagt övertryck på ca 10 m djup, vilket kan bero på inslag av skal på ca 10 m djup i lerprofilen.

Tryckutjämning i bottenfriktionen i samband med CPT-sondering motsvarar generellt ett hydrostatiskt portryck från en nivå mellan ca +1,2 till +1,6, vilket generellt motsvarar ca 1-2 m under befintlig markyta.

För fullständiga hydrogeologiska förhållanden för delområdet, se teknisk PM Hydrogeologi.

## 5.4. Geotekniska förutsättningar Bohusbanan km 5+350 – 5+560

### 5.4.1. Topografi

Aktuellt delområde utgörs till huvudsaklig del av lokalgator, befintlig järnvägsbank, grönytor med gräs, enstaka träd och buskage.

Området är i huvudsak flackt och markytans nivå varierar mellan ca +1,5 och +5 enligt avvägning av utförda undersökningspunkter. Ovankant befintlig järnvägsbank varierar inom delområdet mellan nivå ca +3,4 och +4,5.

### 5.4.2. Geotekniska förhållanden

Jordlagren i delområdet består överst av fyllning. Under fyllningen utgörs jordlagren av lera. Leran är avsatt på friktionsjord på berg alternativt direkt på berg. Enligt utförda jord-bergsonderingar varierar djup till berg mellan ca 4 och 71 m. De största jorddjupen har uppmätts i delområdets södra del. Jorddjupet minskar mot fastmarkspartiet i norr.

**Fyllnadsmaterialet** har påträffats med en varierande sammansättning av mulljord, sten, grus, sand, silt och lera men även trä- och tegelrester har påträffats. Fyllningens tjocklek har vid skruvprovtagning uppmätts till 0,5-4,5 m.

**Leran** förekommer med innehåll av skal, silt, grus och sand. Lokalt i undersökningspunkt CW228 har leran påträffats med innehåll av gyttja. Ställvis har leran påträffats med utbildad torrskorpa i det övre skiktet. Torrskorpelerans tjocklek har uppmätts till 0,3-1,5 m. Lerans mäktighet, tolkad utifrån utförda tryck- CPT- respektive jord-bergsonderingar, varierar inom aktuellt delområde från ca 1 m i anslutning till fastmarken i norr, till ca 60 m i söder. Lokalt i nordväst, i sonderingspunkt CW217, har ingen lera påträffats i samband med utförd trycksondering.

Lerans densitet varierar i allmänhet mellan ca 1,45 och 1,65 ton/m<sup>3</sup> i lerprofilens övre del och ner till nivå -7. Densiteten ökar mot djupet till ca 1,65-1,75 t/m<sup>3</sup> på nivå -25 till -40. Uppmätt naturlig vattenkvot i lerprofilens övre del varierar mellan 30 % och 110 %. Därunder, i den homogena leran, varierar den naturliga vattenkvoten mellan ca 100 och 50 %, med avtagande trend mot djupet. Lerans uppmätta konflytgräns varierar i lerprofilens översta del mellan ca 40 och 80 %. I den homogena leran därunder varierar uppmätt konflytgräns mellan ca 50 och 80 %, med avtagande trend mot djupet.

Lerans skjuvhållfasthet har bestämts utifrån direkta skjuvförsök, konförsök, vingförsök och utvärderade CPT-sonderingar. Den korrigerade odränerade skjuvhållfastheten,  $c_u$ , varierar i huvudsak från ca 7-20 kPa i lerprofilens övre del, till ca 35-60 kPa på nivå -30 till -40. Lerans hållfasthet klassificeras som extremt låg till medelhög. Lerans sensitivitet

dvs känslighet för störning, varierar mellan ca 5 och 40 vilket innebär att leran är låg- till högsensitiv.

CRS-försök har utförts på ostörda lerprover från 5 provtagningspunkter, CW210, CW212, CW228, CW230 och CW243. I punkt CW228 har även stegvisa ödometerförsök utförts på tre nivåer. Resultaten visar att överkonsolideringsgraden, OCR, varierar inom delområdet i huvudsak mellan 1,1-1,7. Vid spänningsanalyserna har antagits en portrycksfördelning motsvande en grundvattenyta som ligger ca 1,0 m under markytan samt att en hydrostatisk portrycksfördelning (10 kPa/m) råder ner till 7 m djup. Portrycksfördelningen från 7 m ner till 15 m djup har antagits vara 11,6 kPa/m och från 15 m djup och ner till 24 m under markytan har portrycksökningen antagits vara 10,5 kPa/m. Från 24 m djup ökar portrycket med 9,2 kPa/m.

I punkt CW210 och CW228 visar CRS-resultaten att överkonsolideringsgraden i flera av försöken ligger under eller omkring 1,0, framförallt i lerprofilens övre del. Detta bedöms bero på att tidigare utförd uppfyllning av delområdet skapat effektivspänningsförändringar och gett upphov till pågående sättningar. Dessutom kan lerprovernas innehåll av skal respektive silt ha försämrat försökens kvalitet.

**Friktionsjordens** ovankant har påträffats mellan ca 1 m under markytan, i anslutning till fastmarken i norr, och 63 m under markytan i den södra delen av området. I samband med jord-bergsonderingar utförda i delområdets centrala delar har ingen eller enbart tunnare skikt av friktionsjord påträffats underlagrande leran. Vid övergången från lera till friktionsjord, återfinns i delområdets centrala och västra delar, ställvis växellagrade skikt av friktionsjord och lera. Friktionsjordens mäktighet har uppmätts till ca 0,2-22 m utifrån tolkningar av genomförda jord-bergsonderingar. Den största mäktigheten har påträffats i delområdets södra del. Friktionsjordens hållfasthetsegenskaper har ej undersökts.

#### 5.4.3. Hydrogeologiska förhållanden

Inom aktuellt delområde har geohydrologiska undersökningar utförts i två undersökningspunkter, CW210 och CW215.

I punkt CW210 har portrycksspetsar installerats på två nivåer i lerlagret, på 7 m och 16 m djup under omgivande markyta samt på en nivå i friktionsjorden under leran på 38 m djup. Portrycksspetsarna på 7 och 16 m djup har loggat värden en gång per dygn och stabiliserade värden har uppmätts under en period mellan december år 2014 och september år 2016. Portrycksspetsen på 38 m djup har avlästs 11 gånger under en period mellan februari år 2015 och september år 2016. Mätningar på 7 m djup visar på en portrycksnivå i leran motsvarande en fri grundvattenyta ca 0,5-1,3 m under befintlig markyta. Mätningar på 16 m djup visar på en portrycksnivå i leran motsvarande en fri grundvattenyta ca 0,4-1,4 m över markytan och mätningar på 38 m djup visar på en trycknivå i friktionsjorden motsvarande en fri grundvattenyta ca 0,1-0,5 m under markytan.

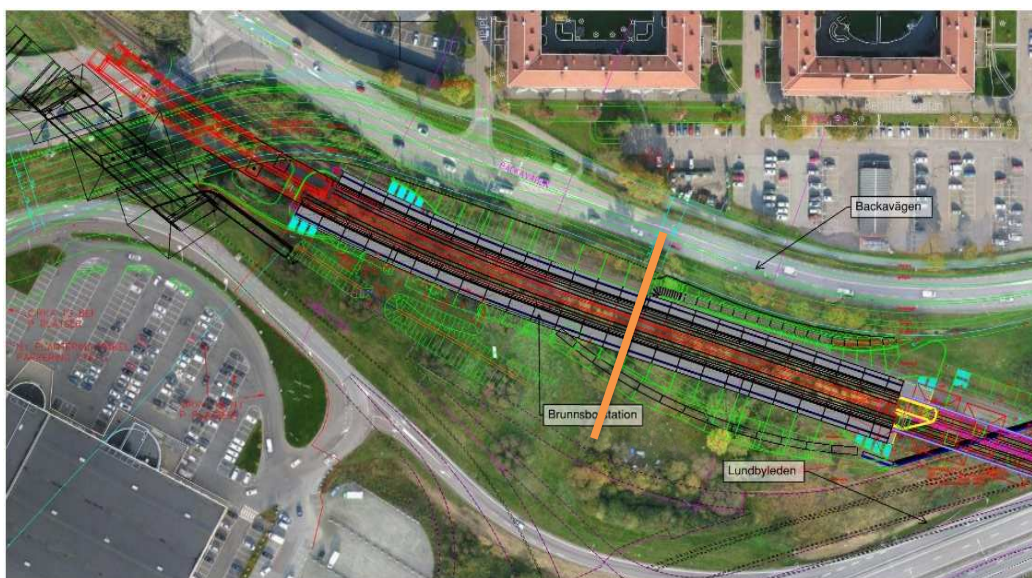
I punkt CW215 har portrycksspets installerats på en nivå i friktionsjorden under leran på ca 16 m djup under markytan. Portrycksspetsen har avlästs 11 gånger under en period

mellan februari år 2015 och september år 2016. Mätningarna visar på en trycknivå i friktionsjorden motsvarande en fri grundvattenyta ca 1,0-1,5 m under markytan.

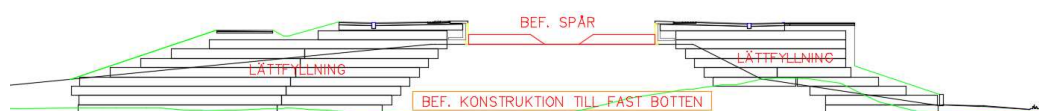
## 5.5. Förstärkningsåtgärder

Inga pågående sättningar bedöms förekomma inom delområdet km 5+100 – 5+350. Inom delområdet km 5+350 – 5+560 bedöms sättningar att pågå på grund av tidigare utförd uppfyllnad strax söder om befintlig järnväg.

Plattformarna och ramperna föreslås att byggas upp med lättfyllning för att uppnå erforderlig säkerhet mot stabilitetsbrott och för sättningskrav, se figur 4 och 5. Förstärkningen av plattformarna och ramperna ska anpassas till och fungera ihop med förstärkt spår. Som alternativ till lättfyllning kan förstärkningsåtgärd med bankpålning/påldäck i kombination med lättfyllning utföras.



Figur 4. Översiktskarta över aktuellt område med planerad konstruktion och ca sektion (orange linje) för figur 5.



Figur 5. Schematisk sektion förstärkningsåtgärd lättfyllning.

## 5.6. Omgivningspåverkan

I samband med pålningsarbeten och installation av kalkcementpelare finns risk för att viss hävning och förskjutning av omgivande mark och jordlager kan inträffa. För att undvika att närliggande befintliga byggnader, ledningar och anläggningar skadas bör installationsordning och installationsriktning för pålar respektive kalkcementpelare samt eventuellt behov av lerproppsdragning anpassas efter de i området rådande förutsättningarna. Även i anslutning till djupa schakter i lera kan jordrörelser uppstå beroende på aktuella stödkonstruktioners utformning. Den befintliga Bohusbanan kommer troligtvis att vara i drift under åtminstone delar av byggskedet varför eventuella

rörelser på grund av grundläggningsarbetena, bör följas upp. Pålningsarbeten kan även orsaka vibrationer som kan skada närliggande byggnader. Under byggskedet bör även eventuella vibrationer följas upp.

## 5.7. Masshantering

Lös och organisk jord schaktas bort innan bank- eller förstärkningsmaterial läggs ut.

Resultaten av nu utförd miljöteknisk markundersökning bör beaktas vid beslut angående masshantering i samband med schakt- och fyllningsarbeten inom aktuellt delområde, se PM Markmiljö i projektet *E6.21 Lundbyleden, Brantingsmotet-Ringömotet*, dokument 109405-04-027-0300-0002. Fyllnadsmaterial kan eventuellt användas som bankmaterial efter klassificering och bedömning av materialtyp och tjälfarlighetsklass. Schaktmassor i form av lera kan användas för markmodellering om slänter läggs i lutning flackare än 1:2,5.



**TRAFIKVERKET**

Trafikverket Region Väst, Vikingsgatan 2-4, 40533 Göteborg  
Telefon: 0771-921 921, Texttelefon: 010-123 50 00

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