

RAPPORT

PM Geoteknik



Trafikverket

Postadress: Trafikverket, Ärendemottagningen, TRV 2021/111626,
Box 810, 781 28 Borlänge

E-post: trafikverket@trafikverket.se

Telefon: 0771-921 921

Dokumenttitel: PM Geoteknik

Författare: Oskar Skoglund

Dokumentdatum: 2024-04-01

Ärendenummer: TRV 2021/111626

Uppdragsnummer: 168312

Version: 1.0

Kontaktperson: Charlii Enström, projektledare. 010-123 20 10

Fotografier/illustrationer: AFRY om inte annat anges

Innehåll

1 Inledning	4
1.1 Objekt.....	5
1.2 Underlag för projekteringen.....	6
1.3 Styrande dokument	6
2 Projekteringsanvisningar	7
2.1 Allmänt	7
2.2 Sättningskrav	8
2.3 Stabilitetsberäkningar.....	8
3 Geotekniska förhållanden och rekommendationer.....	9
3.1 Km 112+500 – 113+500.....	11
3.2 Ny tunnel under järnvägen (ca km 112+725).....	13
4 Övriga rekommendationer.....	18

1 Inledning

Heby station ligger söderut längs Dalabanan, se Figur 1. Dalabanans kapacitet är begränsad och för att öka kapaciteten på banan planeras en byggnation av ett nytt mötesspår samt ytterligare en plattform för att medge både tågmöte samt resandeutbyte åt båda hållen samtidigt. Det planeras också för en planskild passage vid Heby station. De planerade åtgärderna förväntas öka trafiksäkerheten, tillgängligheten och framkomligheten vid Heby station.

Projektet innebär nytt mötesspår och plattform på norra sidan av järnvägen, uppställningsspår samt en planskild passage under järnvägsspåren för oskyddade trafikanter. Projektet förbättrar tillgängligheten på befintlig plattform. Planerna i Heby är bara en av de många åtgärder som Trafikverket planerar längs Dalabanan. Tillsammans bidrar åtgärderna till kortare restider och ökad kapacitet för person- och godstrafik på sträckan.

Detta PM utgör underlag till järnvägsplan Heby station, Mötesspår och planskild passage.



Figur 1. Orienteringskarta.

1.1 Objekt

AFRY har på uppdrag av Trafikverket utfört geotekniska och hydrogeologiska undersökningar för ombyggnation av Heby station (se Figur 2).

Undersökningarna syftar till att klargöra de geotekniska- och hydrogeologiska förhållandena för bedömning av behovet av grundförstärkningar och tjäna som underlag för överbyggnadsdimensionering med mera.

Detta Projekterings-PM Geoteknik syftar till att beskriva de geotekniska och hydrogeologiska förhållandena och förslag på geotekniska åtgärder.

Resultat från utförda fält- och laboratorieundersökningar redovisas i Markteknisk undersökningsrapport (MUR) Geoteknik och miljö, 168312-12-081-2001.



Figur 2. Utredningsområdet.

1.2 Underlag för projekteringen

Till denna Projekterings PM Geoteknik har följande underlag använts:

- Markteknisk undersökningsrapport MUR Geoteknik och miljö 168299-12-025-2001, upprättad av AFRY, 2024-04-01
- Spårlinjer, upprättade av AFRY
- Markmodeller upprättade av AFRY
- SGU:s jordarts- och jorddjupskarta

1.3 Styrande dokument

- TK Geo 13 version 2.0 Tekniska krav (Publikation TDOK 2013:0667)
- TR Geo 13 version 2.0 Tekniska råd (Publikation TDOK 2013:0668)
- AMA Anläggning 20
- Trafikverkets ändringar och tillägg till AMA Anläggning 20

2 Projekteringsanvisningar

2.1 Allmänt

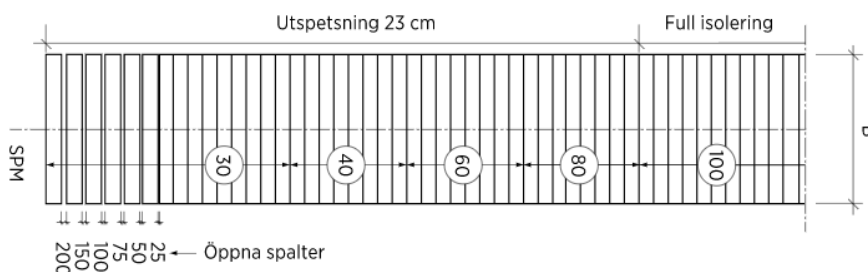
Geokonstruktioner beräknas, utförs och verifieras i geoteknisk kategori 2. Säkerhetsklass 3 tillämpas i de fall då stabilitetsbrott vid anläggningsarbetet kan beröra trafikerad bana, annars SK2.

Frostfritt djup enligt AMA Anläggning 20 figur RA CEB.42/1 är 1900 mm för klimatzon 3. Erforderlig mäktighet för underballast blir då enligt AMA Anläggning 20 tabell DCH.1/1 1400 mm (varav 600 mm är frostskyddslager).

För att minska mängden schakt och schaktdjup kan i stället cellplast (termoisolering) utläggas med isoleringens överyta minst 0,3 m under slipers underkant (AMA Anläggning figur DBG.12/1). Som full isolering används 100 mm (se Figur 3). Utspetsning av cellplast och ballast ska ske utanför den nybyggda sträckan in i den befintliga anläggningen. Detta innebär 23 m utspetsning för cellplast i både den östra och västra änden (Figur 4).



Figur 3. Figur RA DBG.12/1 Tjocklek för full termoisolering enligt AMA Anläggning 20.

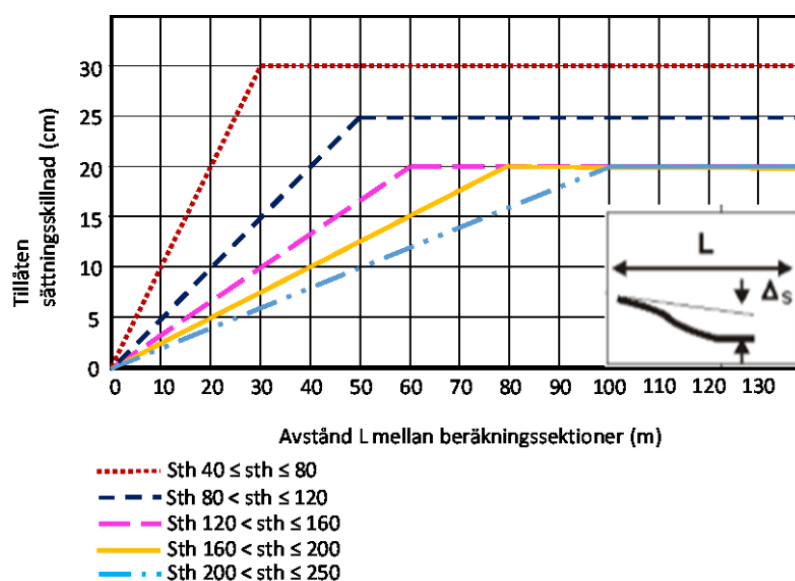


Figur 4. Figur AMA DBG.12/2. Utformning i plan av utspetsning vid termisk isolering av järnväg enligt AMA Anläggning 20.

2.2 Sättningskrav

Förväntade sättningar ska uppfylla standardiserade krav dimensionerade för hastighet 130/140/150 för tågkategori A/B/S. Kurvan i västra änden dimensioneras för hastighet 110/120/135.

Det innebär, enligt TK Geo 13 kap 3.3.1, att största tillåten totalsättning i enskild sektion är 20 cm (Figur 5). Kravställning på sättningsskillnad i längdled enligt TK Geo 13 visas i Figur 5 nedan. Största tillåtna sättning i tvärlägg är 1% enligt TK Geo 13 kap 3.3.2. Detta motsvarar en maximal sättningsskillnad mellan upp- och nerspår om 4,5 cm.



Figur 5. Tillåten sättningsskillnad i längdleds (Figur 3.3-1 i TK Geo 13).

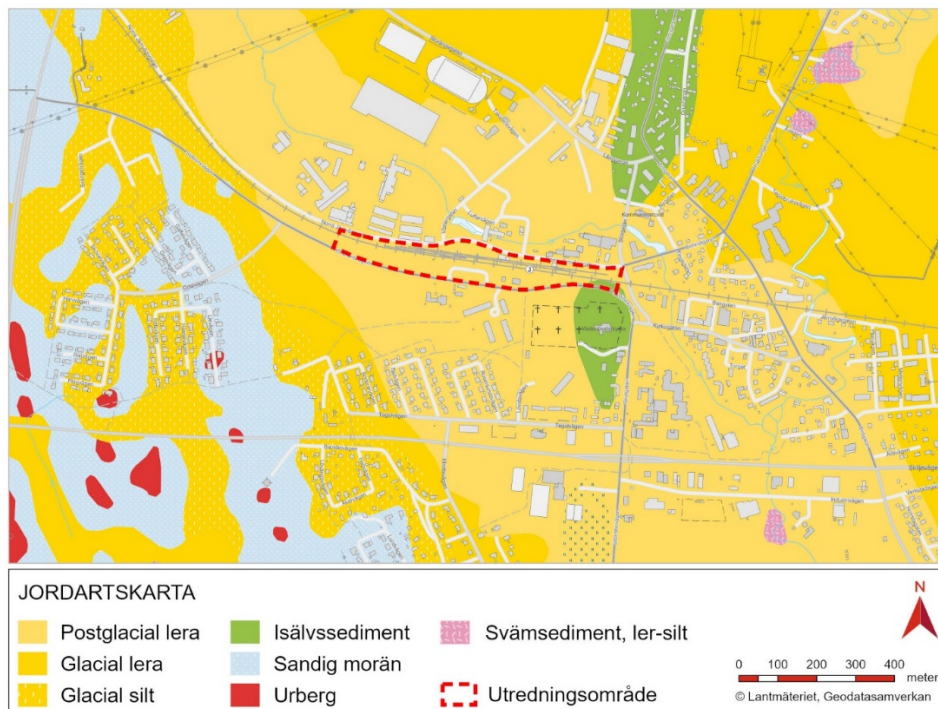
2.3 Stabilitetsberäkningar

Beräkningar har utförts med totalsäkerhetsmetoden enligt anvisningar i TKGeo13. Detta innebär att lägsta godtagbara säkerhetsfaktor vid totalsäkerhetsanalys är $F_c/F_{komb} > 1,50/1,30$ för SK2 och $F_c/F_{komb} > 1,65/1,40$ för SK3. Beräkningar har enbart utförts mot anläggningsdelar som ej berör järnvägsspåret. Där har en utbred trafiklast på 20 kPa ansatts ovan släntrön. GS Stability med beräkningsmodell BEAST 2003 har använts vid beräkningar både med kombinerad och odränerad analys.

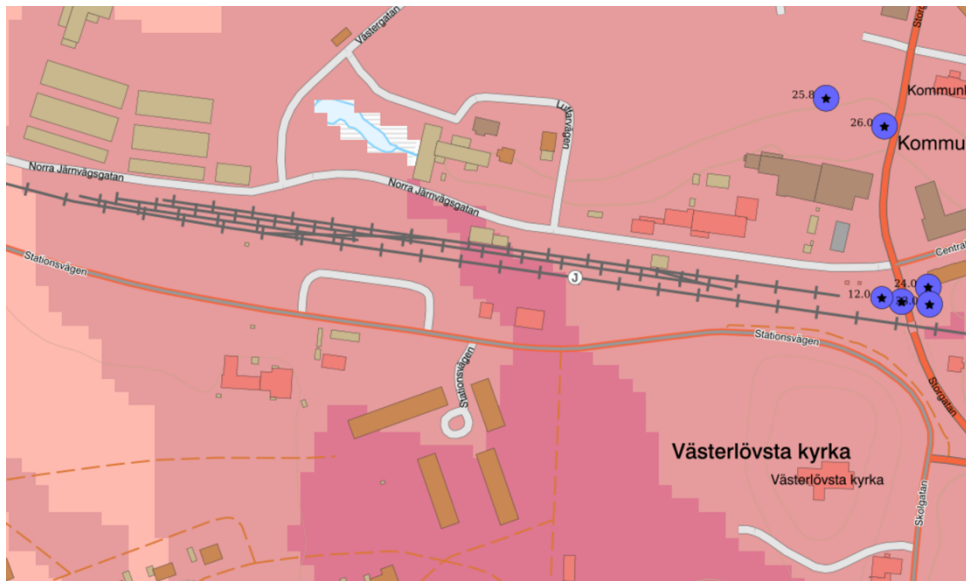
3 Geotekniska förhållanden och rekommendationer

Vid området närmast järnvägen består jorden enligt SGU:s jordartskarta (Figur 6) av postglacial lera. I den sydöstra delen, vid kyrkan, finns ett område med isälvsediment som är en del av Enköpingsåsen.

Enköpingsåsen är en rullstensås som sträcker sig från söder om Mälaren via Enköping och Heby och vidare norrut. Jorddjupet i utredningsområdet varierar enligt SGU:s jordartskarta mellan 20 och 40 meter (Figur 7).



Figur 6. SGU:s jordartskarta



Figur 7. Urklipp ur SGU jorddjupskarta. Mörkrosa 30-50 m jorddjup, rosa 20-30m.

Geohydrologiska förhållanden

Geohydrologiska förhållanden beskrivs bäst i PM Hydrogeologi, men grundvattennivån i underliggande friktionsjord kan förutsättas variera mellan ca +35 och +37, vilket innebär ca 15 – 17 m under markytan.

3.1 Km 112+500 – 113+500

Järnvägsförslag

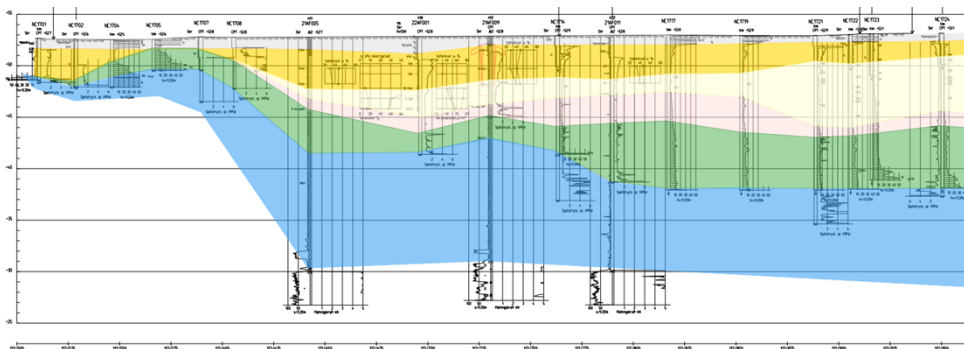
På sträckan ska nytt spår och ny plattform anläggas och befintlig plattform ska justeras. För tolkad jordlagerprofil se Figur 8 och Figur 9.

Geotekniska förhållanden

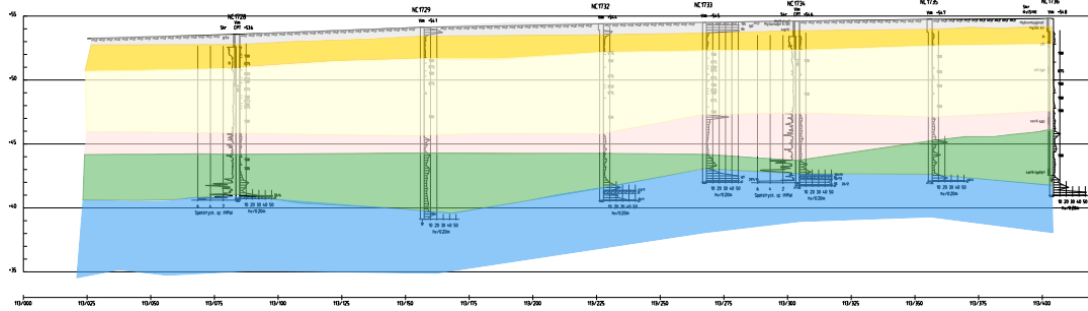
Enligt tidigare utförda geotekniska undersökningar består bankroppens fyllning, eller det som egentligen ska vara ballast ovanpå naturlig jord, av ca 0,6 – 0,9 m sandigt grus eller siltig sand med en finhalt varierande mellan ca 4 till 30% ovanpå torrskorpelera.

Torrskorpelerans mäktighet bedöms till ca 4 m i områdets centrala delar. Kring km ca 113+000 och bakåt bedöms den minska till ca 2,0 m mäktighet. I läget för åsen kring km 112+575 bedöms åsen gå upp i dagen, varför ingen lera noterats här.

Under den befintliga torrskorpan bedöms leran ha låg odränerad skjuvhållfasthet (ca 25 kPa) och dess mäktighet antas variera mellan ca 4 m i områdets centrala delar till ca 7 m i öster (från ca 113+000 och bakåt). Under leran blir materialet succesivt grövre och där består jorden direkt under leran av ca 2 - 3 m sandig och lerig silt. Utifrån sonderingar har det tolkats att det därunder först kommer sandig friktionsjord som sedan övergår i stenig och blockig friktionsjord på berg (Figur 8 och Figur 9). Berg har påträffats mellan ca 22 och 31 m djup.

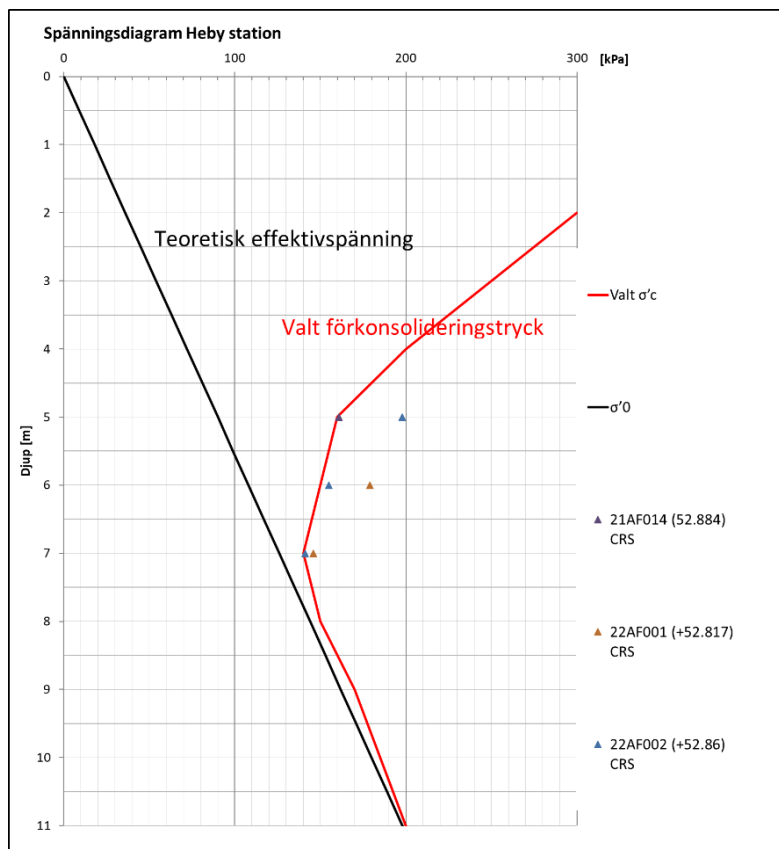


Figur 8. Tolkad jordlagerprofil Km 12+500 – 13+000 (grå = fyllning, mörkgul = torrskorpelera, ljus gul = lera, rosa = silt, grön = sand, blå = grövre friktionsjord)



Figur 9. Tolkad jordlagerprofil Km 13+000 – 13+500 (grå = fyllning, mörkgul = torrskorpelera, ljus gul = lera, rosa = silt, grön = sand, blå = grövre friktionsjord)

Utförda CRS-försök indikerar att leran är överkonsoliderad de översta 6 m med OCR kring 1,4 – 1,7 och svagt överkonsoliderad med OCR kring 1,05 – 1,1 mot botten av lerskiktet på ca 8 m djup (se Figur 10).



Figur 10. Effektivspänningsdiagram.

Geotekniska åtgärder

Då det inom området finns en väl utvecklad och mäktig torrskorpelera som är överkonsoliderad bedöms inga sättningar av betydelse uppkomma för mindre laster såsom anläggande av spår, plattformar eller mindre (lätta) teknikhus.

I stället för utskiftning av jord ner till 1,9 m under RUK för anläggning av nytt spår och plattform, rekommenderas termoisolering med maximal tjocklek 100 mm (kap. 4.1). Cellplastlagrets överyta ska vara minst 0,3 m under slipers underkant. Utspetsning ska ske mot befintligt ballastlager med lutning minst 1:10, vilket i det fallet då kan handla om en sträcka på ca 5 m i både öster och väster. Även cellplasten utspetsas enligt kap. 4.1. På detta sätt minimeras schakter mot befintliga spår men för att avgöra om detta kan utföras trots trafikerad bana krävs detaljstudier. Ny järnvägsöverbyggnad skall utgöras av 500 mm ballast, 100 mm cellplast och 800 mm förstärkningslager.

Schaktslänter bedöms kunna ställas i släntlutning ca 1:1 ner till 3,0 m i förekommande torrskorpelera. Om djup schakt sker intill trafikerat spår måste schakt ske inom tillfällig spont (stödkonstruktion) alternativt användande av zonschakt.

Kontaktledningsstolpar bedöms kunna grundläggas med standardfundament i befintlig jord.

3.2 Ny tunnel under järnvägen (ca km 112+725)

Tunnelförslag

En ny tunnel med tillhörande hissgröp och pumpstation föreslås anläggas under befintlig järnväg och nytt spår. Schaktbotten för anläggande av tunneln bedöms hamna på ca +47,0, d.v.s. ca 5,5 – 6,0 m under markytan. Schakt för hissgroppen kan nuläget förutsättas hamna ca 1,0 m djupare än tunnelgolvet på en begränsad yta.

Geotekniska förhållanden

I läget för föreslagen tunnel består jorden överst av ca 0,9 m fyllning ovanpå ca 4,0 m torrskorpelera.

Under torrskorpeleran består jorden av ca 2 m lera med vattenkvot på mellan ca 30 – 40% och konflytgräns på mellan ca 40 – 55 %. Den odränerade skjuvhållfastheten korrigerad m.a.p. konflytgränsen är bedömd till 25 – 35 kPa.

Under leran bedöms jorden först bestå av ett par meter lerig silt och sedan stegvis grövre friktionsmaterial vilket är typiskt för isälvsavlagringar där successivt grövre material påträffas mot djupet. Berg har påträffats mellan ca 22 och 31 m djup.

Geotekniska rekommendationer - grundläggning tunnel

Tunneln bedöms kunna plattgrundläggas med hel styv bottenplatta i befintlig lera på bädd av minst 0,3 m gruskrossmaterial enligt AMA 20 CEB.414 på geotextil minst klass N4. Anläggande av tunneln bedöms inte innebära ökad belastning varför heller inga sättningar bedöms uppstå. Detta då jorden som schaktas bort förväntas överstiga tunnelns egentyngd. Vid schakt måste stödkonstruktion typ spont användas m.h.t. närliggande spår och det rekommenderas att tunneln anläggs genom platsgjutning.

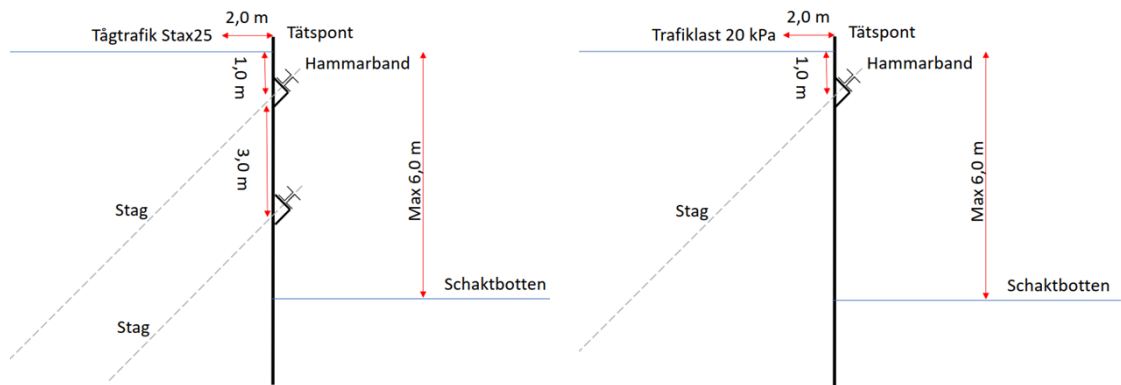
Geotekniska rekommendationer – principschakt tunnel

Ingen dimensionering av sponten har utförts i detta skede. Spontdimensionering utförs av entreprenören.

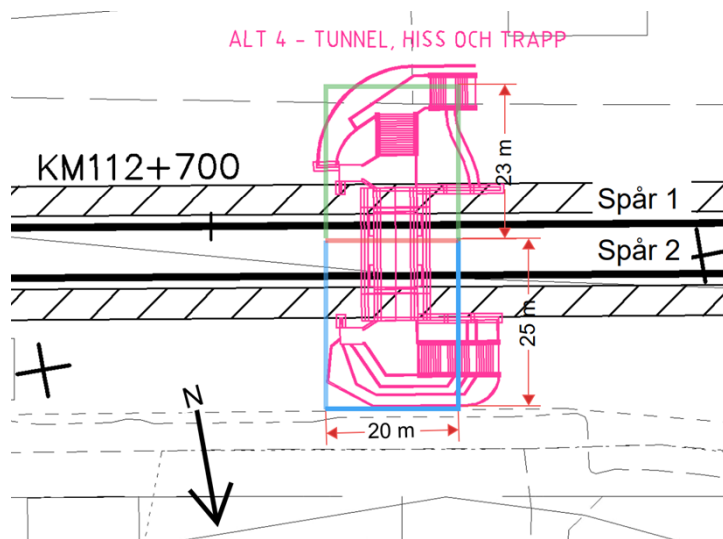
Schakt ned till 6 m djup rekommenderas utföras inom spont. På grund av storleken på schakten förutses det i detta skede att sponten utförs inom hel spontgrop, se principskiss i Figur 11 och Figur 12. Sponten rekommenderas att utföras som bakåtförankrad stålspont med en till två hammarbandsnivåer. Det förutses även att ett antal vertikala stöd som borraras ned i berg kommer krävas för respektive spontvägg. För att inte orsaka sättningar och att grundvatten från det övre magasinet ska kunna infiltrera ner till åsen rekommenderas sponten att bli kvarstående men att den kapas. Sponten skall placeras på ett sådant vis att den ej är i vägen för planerade arbeten och eventuellt skadar befintliga driftsatta anläggningar till exempel dagvattenkylverten intill tunneln åt väster.

Tunneln förutses byggas i två etapper där norra delen byggs först och efter färdigställanden byggs södra delen. Vid norra delen slås sponten mot befintlig järnvägsspår (spår 1) och övriga sidor. När norra sidan är färdigställd kapas sponten och samma process upprepas på södra sidan men i stället för att ha spont mot nya spåret (spår 2) kommer tunneln i kombination med tex L-stöd utgöras som temporär stödkonstruktion.

Sponten rekommenderas i detta skede att utföras som stålspont, PU12 eller motsvarande, med 10 m plankor. Vertikalstöd antas vara pålar av typ RR170/10 som drivs ned till berg. Bakåtförankringen antas vara MAI-stag (176N) med cc-avstånd på mellan 3 till 5 m.



Figur 11. Principskiss spontlösning mot järnväg (till vänster) övriga sidor (till höger).



Figur 12. Principskiss spontlösning plan. Blå linje = spont övriga sidor norr, röd linje spont mot spår 1, grön linje = spont övriga sidor norr

Kontrollberäkning av schakt mot delar av anläggning som inte utgörs av järnvägsspår har utförts för tunnelschakten. Beräkningar visar att schakten kan utföras med släntlutning 1:2, vilken har beräknats i SK2 med karakteristiska värden (bilaga 1). Dessa slänter kan då ansluta mot till exempel byggtrafik. En förutsättning för användande av schakt med slänt är att det finns utrymme och att det inte är mer ekonomiskt fördelaktigt använda spont.

Geotekniska rekommendationer – alternativ principschakt tunnel

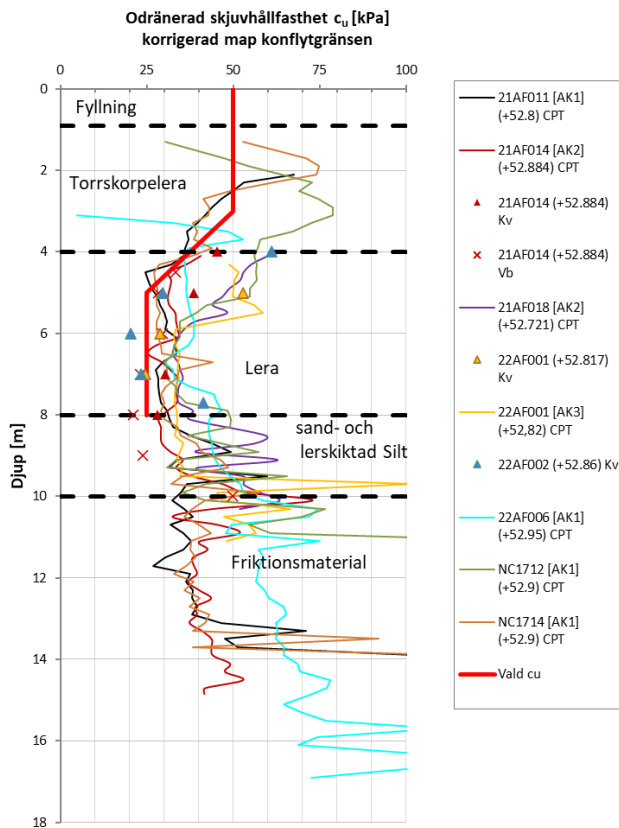
Som alternativ till bakåtförankrad spont kan spont med stämp utföras. Men pga. spännvidderna och att stämpan eventuellt är i vägen för tunnelbygget bedöms detta ej som ett lämpligt alternativ i sammanhanget.

Karakteristiska värden

Karakteristiska materialparametrar redovisas i Tabell 1 och Figur 13.

Tabell 1 Karakteristiska värden.

Djup [m]	Jordart	Tunghet [kN/m ³]	Effektiv tunghet [kN/m ³]	τ_{fuk} [kPa]	φ'_k [°]	E [MPa]	M ₀ [kPa]	M [kPa]
0-0,9	Fyllning	21	11	-	37	30	-	-
0,9-4,0	Torrskorpelera	17	7	50	-	-	10000	10000
4,0-8,0	Lera	16	6	25	-	-	4000	1000
8,0-10,0	Silt	17	7	-	30	5	-	-
10,0-13,0	Sand	18	8	-	33	20	-	-
13,0-25,0	Friktionsjord	19	10	-	37	30	-	-
Ca 25	Berg							



Figur 13. Utvärderade och valt värde för odränerad skjuvhållfasthet i tunnelläget vid km 112+725.

Dimensionering av spont i brotts- och bruksgräns

Dimensionering av tunnel och spont utförs i brottgräns med dimensionerande parametrar enligt Tabell 2.

Tabell 2 Dimensionerande parametrar.

Djup [m]	Jordart	Tunghet [kN/m ³]	Effektiv tunghet [kN/m ³]	τ_{fud} [kPa]	φ'_d [°]	E [MPa]	M0 [kPa]	M [kPa]
0-0,9	Fyllning	21	11	-	30,1	30	-	-
0,9-4,0	Torrskorpelera	17	7	33,3	-	-	10000	10000
4,0-8,0	Lera	16	6	16,5	-	-	4000	1000
8,0-10,0	Silt	17	7	-	23,9	5	-	-
10,0-13,0	Sand	18	8	-	26,5	20	-	-
13,0-25,0	Friktionsjord	19	10	-	30,1	30	-	-
Ca 25	Berg							

Grundvattenytan kan förutsättas befinna sig ca 15 m under markytan

4 Övriga rekommendationer

Innan markarbeten utförs ska en riskanalys med avseende på vibrationer (och sättningar) tas fram för att bestämma besiktningsomfattning samt erforderliga kontrollåtgärder av omkringliggande anläggningar och byggnader

Trafikverket, 781 89 Borlänge. Besöksadress: Röda vägen 1

Telefon: 0771-921 921, Texttelefon: 010-123 50 00

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