

Filnamn: OLP4-04-025-42000-0_0-0442.docx

Projektnamn

Program Ostlänken

Ärendenummer

TRV 2019/65712

Skapat av (Leverantör)

Aymirot Abitew, Pauline
Meneust, Magnus Palm

Granskat av (Leverantör)

Lovisa Hassellund

Godkänt av (Leverantör)

Henrik Tham

Godkänt datum

2023-03-21

Sidor

1(24)

Rev Datum

-

Version

_.3



TRAFIKVERKET

PROGRAM OSTLÄNKEN

OLP4 SÖDERTÄLJE - TROSA

LÅNGSJÖN - SILLEKROG

Bandel 506, KM 14+700 - 27+860

Bilaga C, Teknisk beskrivning Vattenverksamhet 4.2

Bilaga C.6 PM Stabilitetsutredning

Ansökan om tillstånd enligt 11 kap. miljöbalken

MILJÖPRÖVNING



Innehållsförteckning

1	Inledning	3
2	Underlag för beräkningarna.....	3
3	Styrande dokument	3
4	Krav och allmänna förutsättningar	3
4.1	Val av säkerhetsklass.....	3
4.2	Stabilitetsberäkning	3
4.2.1	Krav på beräknad säkerhetsfaktor.....	3
4.2.2	Antagna partialkoefficienter vid stabilitetsberäkning	4
4.2.3	Antagna materialegenskaper	4
4.2.4	Övrigt.....	4
5	Geotekniska beräkningar	4
5.1	Dike till Norasjön, passage för planerad järnväg	4
5.1.1	Geotekniska och hydrogeologiska förutsättningar.....	5
5.1.2	Odränerad skjuvhållfasthet i naturligt tillstånd.....	6
5.1.3	Beräkningar	7
5.2	Dike till Norasjön, passage för planerad byggväg till arbetstunnel Tullgarn syd...9	
5.2.1	Geotekniska och hydrogeologiska förutsättningar	9
5.2.2	Odränerad skjuvhållfasthet i naturligt tillstånd.....	10
5.2.3	Beräkningar.....	11
5.3	Trosaån, passage för planerad järnväg	13
5.3.1	Geotekniska och hydrogeologiska förutsättningar.....	14
5.3.2	Odränerad skjuvhållfasthet och friktionsvinkel i naturligt tillstånd	16
5.3.3	Beräkningar	18
5.4	Stabilitetsberäkningar för föreslagna skyddsinfiltrationsytor vid Trosaån väster om järnvägen. 21	
5.4.1	Geotekniska och hydrogeologiska förutsättningar	21
5.4.2	Geotekniska egenskaper	23
5.4.3	Beräkningar.....	23

Bilagor:

Bilaga C.6.1 Stabilitetsberäkningar ([OLP4-04-025-42000-0_0-0445](#))

1 Inledning

Föreliggande dokument är en bilaga till dokument *OLP4-04-025-42000-0_0-0022, Bilaga C, Teknisk beskrivning Vattenverksamhet 4.2*, som är en del av ansökan om tillstånd för vattenverksamhet enligt miljöbalken. Dokumentet beskriver resultat från utförda geotekniska stabilitetsberäkningar som har utförts i anslutning till befintliga vattendrag som i denna PM omfattar dike till Norasjön (ca km 19+370) och Trosaån (ca km 23+050).

2 Underlag för beräkningarna

Underlag för beräkningarna är de fält- och laboratoriearbeten som utförts i systemhandlingskedet.

3 Styrande dokument

Krav på anläggningen baseras på följande styrande dokument:

- TK Geo 13, version 2.0, TDOK 2013: 0667, 2016-02-29
- TSS NGJ, version 4.1, revidering A, TRV 2019/40102, 2019-04-04.

Tekniska råd vid dimensionering har inhämtats från TR Geo 13, version 2.0, TDOK 2013:0668 och Slänter och bankar, svenska tillämpningsdokumentet till Eurokod 7, 6:2008.

4 Krav och allmänna förutsättningar

Samtliga nivåer i denna PM är angivna i höjdsystem RH2000 om inget annat anges.

4.1 Val av säkerhetsklass

Val av säkerhetsklass ska ske med hänsyn till risk för personskada i enlighet med VVFS 2004:43 för vägar och BFS 2011:10 för järnvägar.

I projektet har säkerhetsklass 3 (SK3) använts vid brottgränsberäkningar för konstruktioner som påverkar ny järnväg i driftskedet, alternativt som påverkar befintlig järnväg i drift. Exempel på sådant fall är stabilitetsberäkningar för ny järnvägsbank för Ostlänken i driftskedet. Säkerhetsklass 2 (SK2) har använts för övriga anläggningsdelar. Säkerhetsklass 2 har exempelvis använts för stabilitetsberäkningar för ny järnvägsbank i byggskedet som inte påverkar befintlig järnväg i drift.

4.2 Stabilitetsberäkning

Vid stabilitetsberäkningar har följande krav och förutsättningar tillämpats.

4.2.1 Krav på beräknad säkerhetsfaktor

- För konstruktioner i byggskedet där glidyta ej påverkar befintlig järnvägsanläggning som hänförs till SK2 enligt:
 - odränerad analys, $F_{c,EN} > 1,00$ (med partialkoefficienter)
 - kombinerad analys, $F_{komb,EN} > 1,00$ (med partialkoefficienter).

Projektnamn	Skapat av (Leverantör)	Godkänt datum	Rev Datum
Program Ostlänken	Aymiro Abitew, Pauline Meneust, Magnus Palm	2023-03-21	-
Ärendenummer	Granskat av (Leverantör)	Sidor	Version
TRV 2019/65712	Lovisa Hassellund	4(24)	_.3
	Godkänt av (Leverantör)		
	Henrik Tham		

- För konstruktioner i driftskedet där glidyta påverkar järnvägsanläggningen som hänförs till SK3 enligt:
 - odränerad analys, $F_{c,EN} > 1,10$ (med partialkoefficienter)
 - kombinerad analys, $F_{komb,EN} > 1,10$ (med partialkoefficienter).

4.2.2 Antagna partialkoefficienter vid stabilitetsberäkning

- $\gamma_M = 1,5$ för odränerad skjuvhållfasthet c_u
- $\gamma_M = 1,3$ för friktionsvinkeln φ' och kohesionsinterceptet c'
- $\eta_{tot} = 1,0$ antas i samtliga fall (om inget annat anges) vilket kan anses vara på säkra sidan då c_u utvärderats baserat på såväl CPT-sonderingar, fallkonförsök som via empiriskt samband baserat på förkonsolideringstrycket σ'_c utvärderad från CRS-försök.

4.2.3 Antagna materialegenskaper

- Karaktäristiska värden på dränerade hållfasthetsegenskaper i lera har antagits till $\varphi' = 30^\circ$ och $c' = 0,1 \times c_u$. Vid beräkning används dimensionerande värden varpå $c_d = 0,115 \times c_{ud}$ då partialkoefficienten är 1,3 respektive 1,5 beroende på dränerat eller odränerat brott.
- Övriga materialegenskaper i lera har utvärderats baserat på geotekniska undersökningar
- I fyllnadsmaterial i bankfyllning (inklusive överlast) har tungheten antagits vara $\gamma = 20$ kN/m³ (ovan grundvattenytan)
- I fyllnadsmaterial för tryckbankar har tungheten antagits vara $\gamma = 17 - 18$ kN/m³ och friktionsvinkeln $\varphi' = 28^\circ$.
- I fyllnadsmaterial för övriga uppfyllnader har tungheten antagits vara $\gamma = 19-20$ kN/m³.

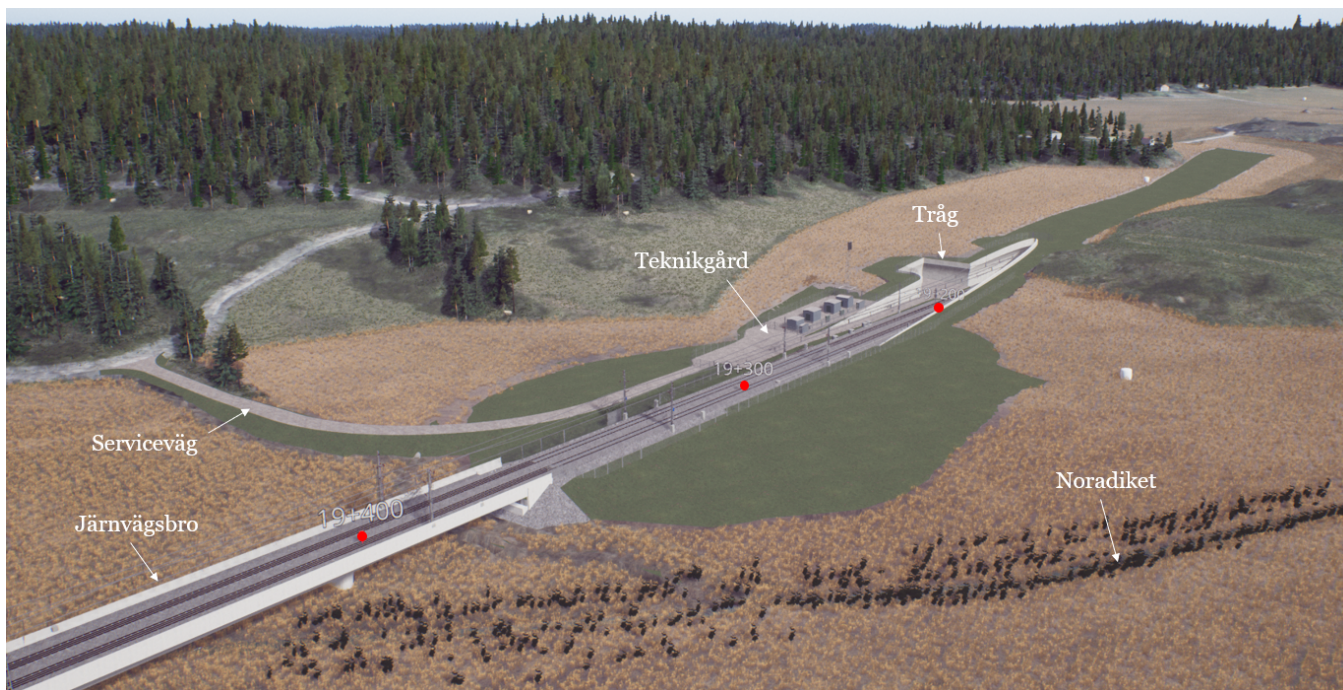
4.2.4 Övrigt

Stabilitetsberäkningar har utförts i programmet Slope/W som är en del av programserien GeoStudio. Endast säkerhetsfaktorer beräknade för cirkulär cylindriska och plana glidytor har beaktats. Beräkningsprogrammets optimeringsfunktion används enbart för att ge en vägledning om var kritiska plana glidytor eller sammansatta glidytor kan förekomma.

5 Geotekniska beräkningar

5.1 Dike till Norasjön, passage för planerad järnväg

Järnvägsbanken grundläggs på KC-pelare i kombination med tryckbank fram till km 19+315. Därefter grundläggs järnvägsbanken på bankpålar innan den går ut på bro i km 19+370. Tryckbanken används som stabilitetshöjande åtgärd och har full höjd i km 19+315 och släntas därefter av fram till km 19+365 mot dike till Norasjön.



Figur 1. Översikt över delsträckan km 19+245–19+370 med de anläggningsdelar som planeras för Ostlänken, vy mot norr.

5.1.1 Geotekniska och hydrogeologiska förutsättningar

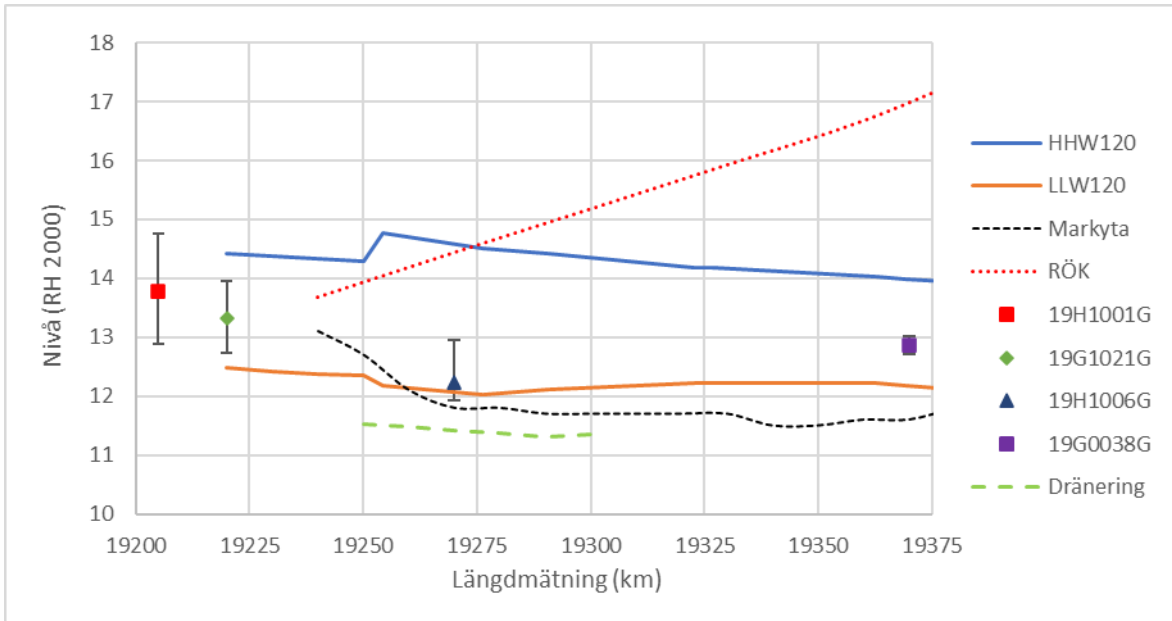
Jordlagren längs delsträckan utgörs av lösa jordlager på friktionsjord som underlagras av berg.

De lösa jordlagren utgörs överst av torrskorpelera som har en uppmätt mäktighet mellan 0,5 och 1 meter. Därunder utgörs de lösa jordlagren av varvig lera med tunna silt-/finsandsskikt. Lokalt är leran något sulfidhaltig och ställvis är den gyttjig med skalrester. Leran är mellansensitiv förutom där leran är sulfidhaltig. Här har högsensitiv lera med en uppmätt sensitivitet på 34–35 påträffats. Leran har en uppmätt mäktighet mellan 4 och 18 meter, en uppmätt vattenkvot om 62–131 % (utvärderad från rutinförsök på ostörda prover) och en uppmätt konflytgräns om 49–103 % (utvärderad från rutinförsök på ostörda prover). Leran är generellt överkonsoliderad med ett OCR som är 1,5 ca 5 meter under markytan för att därefter öka linjärt mot djupet till 1,7 på ett djup av ca 17 meter under markytan.

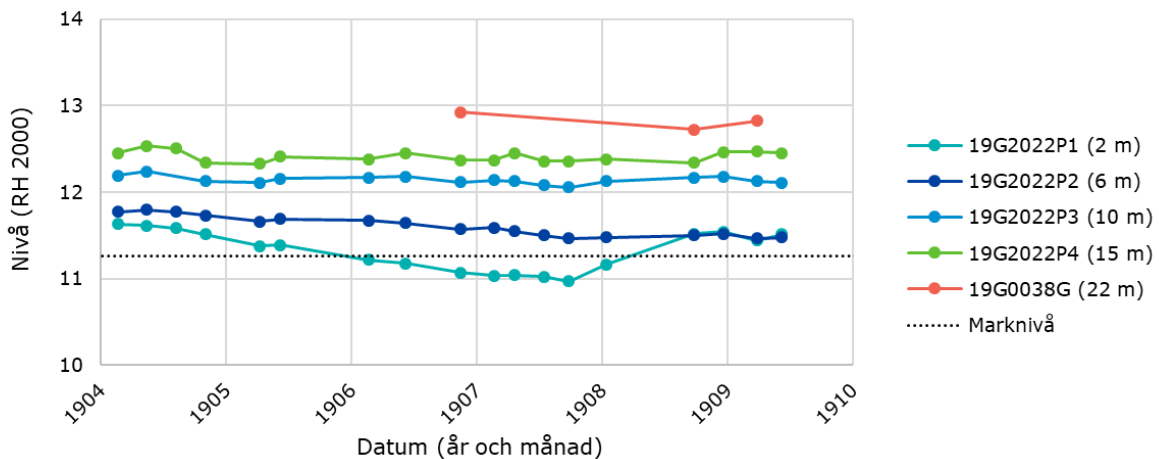
Den underliggande friktionsjorden har i huvudsak en fast lagringstäthet. Troligtvis består friktionsjorden i den övre delen av isälvsavlagringar av sand och grus inlagrat i morän och i den undre delen av mer ”rent moränlikt” material. Bergytan har påträffats på djup mellan 13 och 35 meter under markytan och bergytan sluttar generellt mot sydost.

Fyra grundvattenrör har installerats i friktionsjord i eller i anslutning till sträckan. Medelvärde (inklusive årstidsvariationer) för grundvattennivån i grundvattenrören redovisas i Figur 2. Portrycksmätningar har utförts i anslutning till dike till Norasjön (ca km 19+370) och redovisas i Figur 3. Grundvattenmagasinet som består av friktionsjord under leran är klassat som en grundvattenförekomst.

Artesiska trycknivåer förekommer längs aktuell delsträcka vilket kan ses i Figur 2 och Figur 3.



Figur 2. Profil som redovisar RÖK, markyta, lägsta lågvatten (LLW) och högsta högvatten (HHW) för en återkomsttid om 120 år vid delsträckan km 19+245–19+370. Profilerna är redovisade i läget för nedspåret.

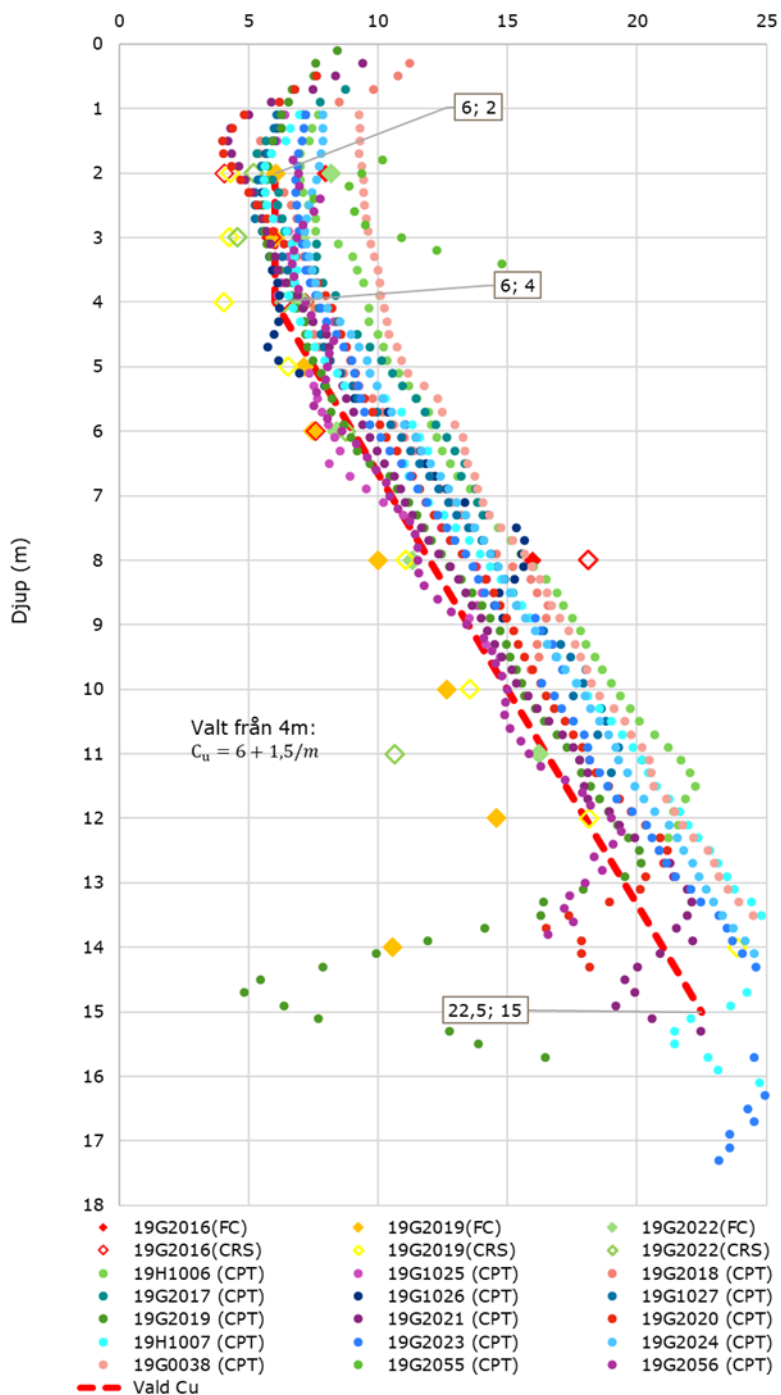


Figur 3. Portrycksmätningar i km 19+370 (19G2022P1–P4) tillsammans med uppmätta grundvattennivåer (19G0038G).

5.1.2 Odränerad skjuvhållfasthet i naturligt tillstånd

I Figur 4 nedan återges utvärderade härledda värden på c_u i naturligt lagrad lera från fallkon (FC), empiri (CRS – empiri baserat på σ'_c) och CPT-sonderingar tillsammans med valt värde.

Skjuvhållfasthet C_u (kPa) 19+260-19+370



Figur 4. Sammanställning av skjuvhållfasthet samt valt värde för beräkningar vid dike till Norasjön.

5.1.3 Beräkningar

Stabilitetsberäkningar har utförts med programmet Slope/W (v. 10.2.0.19460). Beräkningsmetoden som har använts på beräkningarna är "grid and radius" i Slope/W.

Kontroll av stabiliteten för planerad tryckbank längs med planerad sträckning mot diket till Norasjön har utförts för den del av tryckbanken som inte anläggs på någon markförstärkning. Beräkningen utförs för att kontrollera att säkerheten mot stabilitetsbrott till följd av fyllningen för tryckbanken i sig är tillräcklig. Tryckbankens största mäktighet uppgår till ca 2,4 meter.

Hydrogeologiska förhållanden

Vid stabilitetsberäkningarna används en grundvattennivå motsvarande LLW120 (LLW120 (lägsta lågvatten med en återkomsttid på 120 år) respektive HHW120 (högsta högvatten med en återkomsttid på 120 år).

Karakteristiska och dimensionerande värden

Tabell 1. Karakteristiska/dimensionerande värden ($\eta=1,0$) km 19+250–19+370.

Jordart	Tunghet γ/γ' [kN/m ³]	Kar. friktionsvinkel ϕ'_k [°]	Kar. skjuvhållfasthet $c_{u,k}$ [kPa]	Dim. friktionsvinkel ϕ'_d [°]	Dim. skjuv- hållfasthet $c_{u,d}$ [kPa]
Bankfyllning	20/13	42/38**	-	34/31**	-
Tryckbank km	17/10	28	-	22,2	-
Torrskorpa 0–1 m*	17/7	30	25	23,9	16,7
Lera 1, 1–4 m	15/5	30	6	23,9	4
Lera 2, >4 m	15/5	30	6+1,5/m	23,9	4+1/m
Friktionsjord	20/18	37	-	30	-

* Torrskorpans mäktighet varierar något längs aktuell sträcka.

** Det lägre värdet avser residualvärdet.

Resultat

En sammanställning av resultat från utförda beräkningar redovisas i Tabell 2 och i Bilaga C.6.1 Stabilitetsberäkningar (OLP4-04-025-42000-0_0-0442).

Tabell 2. Beräknad säkerhetsfaktor F_{EN} för tryckbank längs planerad sträckning mot dike till Norasjön.

Sektion	Geometri	F_{EN}		Bilaga C.6.1 Sid
		Odränerad analys (HHW120/LLW120)	Kombinerad analys (HHW120/LLW120)	
Oförstärkt driftskede med full tryckbankshöjd till km 19+315	Cirkulär	1,26/1,26	1,20/1,20	sid. 1–8
	Plan	1,22/-	1,15/-	

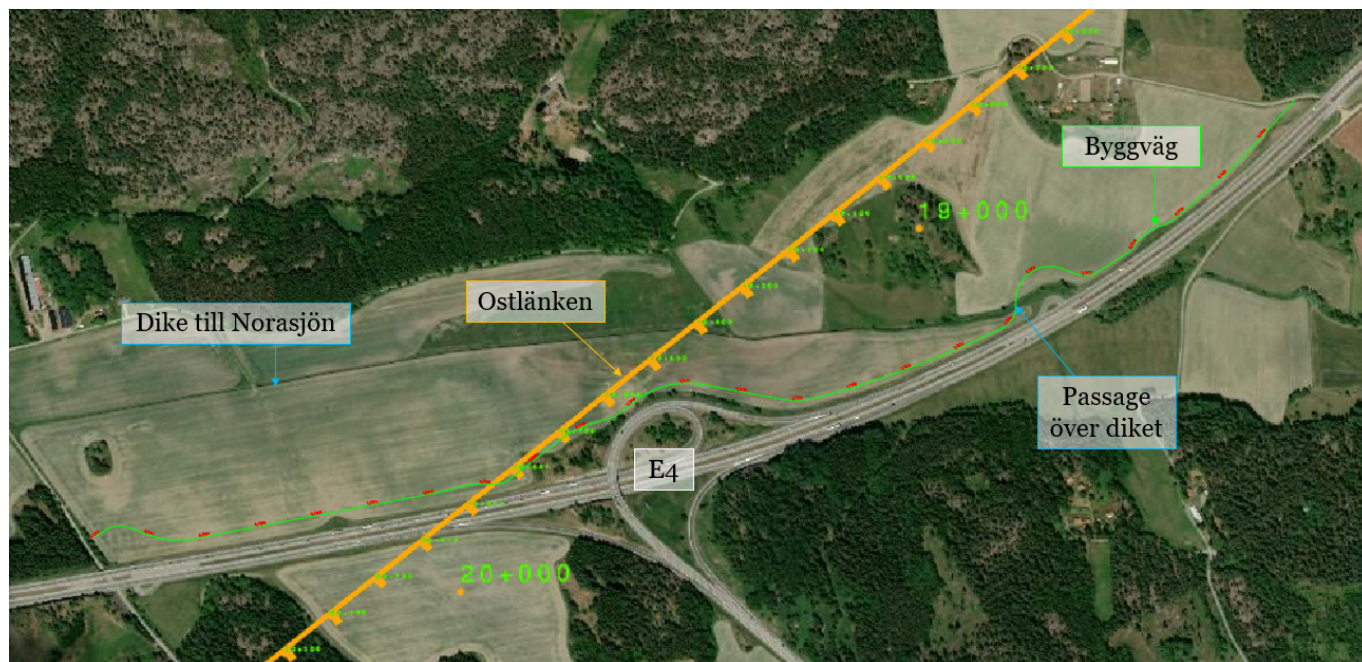
Säkerheten mot släntstabilitetsbrott, till följd av tryckbankens fyllning, är tillräcklig. Inga åtgärder erfordras.



5.2 Dike till Norasjön, passage för planerad byggväg till arbetstunnel Tullgarn syd

Söder om järnvägslinjen vid ca km 18+500 kommer arbetstunnel/tillfartstunnel Tullgarn syd att utföras. Från södra tunnelmynningen till Fredriksdalsvägen planeras en byggväg som kommer att passera längs E4, se Figur 5. Vägen korsar dike till Norasjön vid lm 1/730. Vid korsningen kommer diket att ledas under byggvägen genom två trummor.

Byggvägen är belägen mer än 300 meter från järnvägslinjen vid aktuell delsträcka.

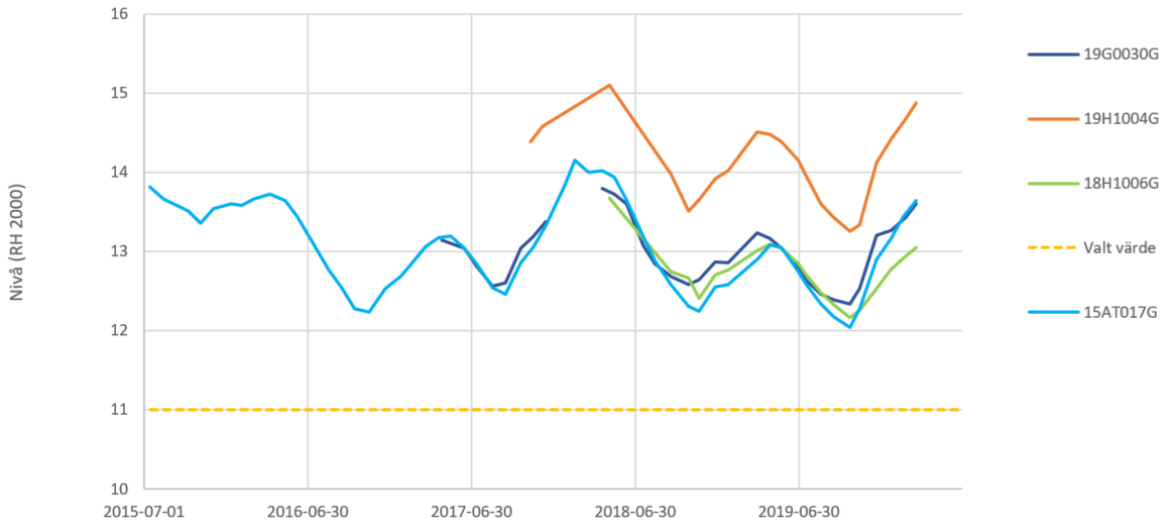


Figur 5. Översikt över Noradiketets dalgång som visar planerad järnvägssträckning och byggväg.

5.2.1 Geotekniska och hydrogeologiska förutsättningar

Enligt SGU:s jordartskarta passerar byggvägen över ett område med postglacial lera vid passage över dike till Norasjön. Det geotekniska underlaget är begränsat i området. Vid stabilitetsberäkningar har jordlagarsföljden antagits bestå av 0,5–1 meter torrskorpelera ovan 5,5–10 meter lera ovan ett mäktigt friktionsjordlager på berg.

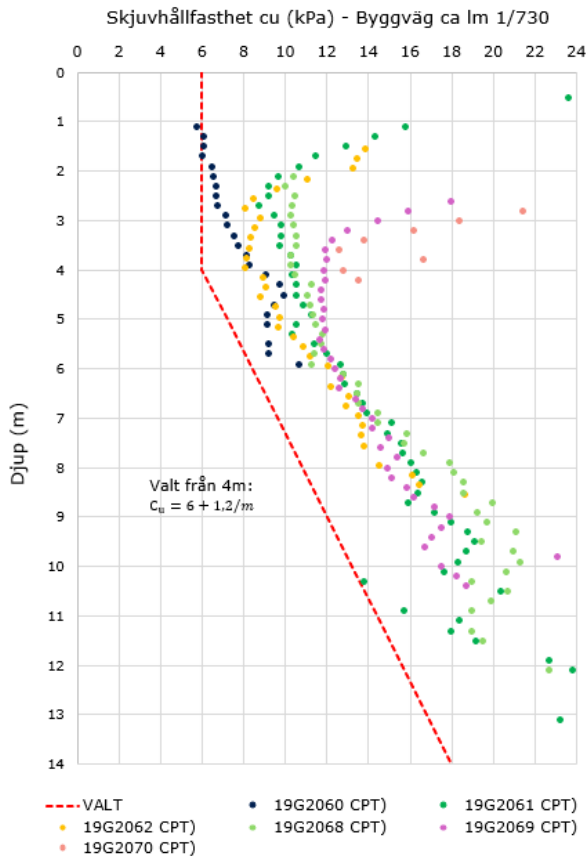
Uppskattning av grundvattennivån som användes för stabilitetsberäkningarna kommer från en sammanställning av grundvattenmätningar i de fyra grundvattenrörerna som är belägna i närheten av aktuell delsträcka, 19G0030G, 19H1004G, 18H1006G och 15AT017G. Diagrammet i Figur 6 nedan redovisar mätningarna som utfördes i dessa rör under år 2015–2020. Grundvattennivån valdes på säkra sida vid stabilitetsberäkningarna, dvs. 1 meter under den lägsta uppmätta nivån.



Figur 6. Redovisning av uppmätta grundvattennivåer vid aktuell delsträcka mellan år 2015–2020.

5.2.2 Odränerad skjuvhållfasthet i naturligt tillstånd

Geotekniska parametrar som gäller för passage för planerad järnväg används även för aktuellt område, se kapitel 5.1.2. Valda värden för odränerad skjuvhållfasthet för leran redovisas i Figur 7 tillsammans med härledda värden utvärderade från de CPT-sonderingar som utförts i området för den planerade byggvägen. Som synes så är den valda skjuvhållfasthetsprofilen antagligen konservativt antagen.



Figur 7. Sammanställning av skjuvhållfasthet samt valt värde för beräkningar vid dike till Norasjön.

5.2.3 Beräkningar

Vägen är en temporär anläggning och därför fokuserar beräkningarna på brottgränstillstånd med trafiklast (berör endast odränerad analys) under byggtiden. Dimensionerande trafiklast har beräknats till 20 kPa och har ansatts på 3 meters bredd. Beräkningsmetoden som har använts på beräkningarna är "entry and exit" i Slope/W.

Stabiliteten kontrollerades först utan förstärkning och för värsta fallet, dvs. med trafiklast (odränerad analys) för att uppskatta det säkerhetsavstånd mellan vägens släntfot och dikeskrönet som krävs för att undvika förstärkningsåtgärder. Vid korsningen med diket mellan lm 1/690 och lm 1/790 kommer markförstärkning erfordras för byggvägen. För denna sträcka har KC-pelare projekterats. Stabilitetsberäkningar för dimensionering av KC-pelare utfördes för sektioner 1/710 söder om diket samt för sektioner 1/740 och 1/760 norr om diket. I samband med stabilitetsberäkningar för jord förstärkt med KC-pelare har beräkningar med en oförstärkt bank utförts för att se om singulära pelare kan medräknas som stabilitetshöjande, dvs. om $F_{c,ostab} \geq 0,67$ i enlighet med TK Geo 13 kap. 13.2.1. Resultaten från beräkningarna redovisas i Tabell 5–Tabell 7 nedan. Beräknade säkerhetsfaktorer gäller för cirkulär cylindriska glidytor.

Karakteristiska och dimensionerande värden

Tabell 3. Karakteristiska/dimensionerande värden ($\eta=1,0$) lm 1/690–1/790.

Jordart	Tunghet γ/γ' [kN/m ³]	Kar. friktionsvinkel ϕ'_k [°]	Kar. skjuvhållfasthet $c_{u,k}$ [kPa]	Dim. friktionsvinkel ϕ'_d [°]	Dim. skjuvhållfasthet $c_{u,d}$ [kPa]
Bankfyllning	20/13	35	-	28,3	-
Torrskorpa 0– 1,5 m	17/7	-	30	-	20
Lera 1	15/5	30	6	23,9	4
Lera 2	15/5	30	6+1,2/m	23,9	4+0,8/m
Morän/ Friktionsjord	20/18	37	-	30	-

Resultat

Säkerhetsavstånd mellan vägens släntfot och dikeskrönet som krävs för att undvika förstärkningsåtgärder beräknas till ca 18 meter på den södra sidan och till ca 24 meter på den norra sidan. Resultaten från beräkningarna redovisas i Tabell 4 nedan. Grafisk redovisning av resultaten framgår av Bilaga C.6.1 Stabilitetsberäkningar (OLP4-04-025-42000-0_0-0442).

Tabell 4. Beräkningsresultat för planerad byggväg vid lm 1/690 och lm 1/790 utan markförstärkning.

Sektion	Geometri	Beräknad säkerhetsfaktor F_{EN} mot brott		Avstånd till diket [meter]	Bilaga C.6.1 Sid.
		Odränerad			
1/690	Cirkulär glidyta mot dike	1,02		17,6	9
1/790	Cirkulär glidyta mot dike	1,00		24,1	10

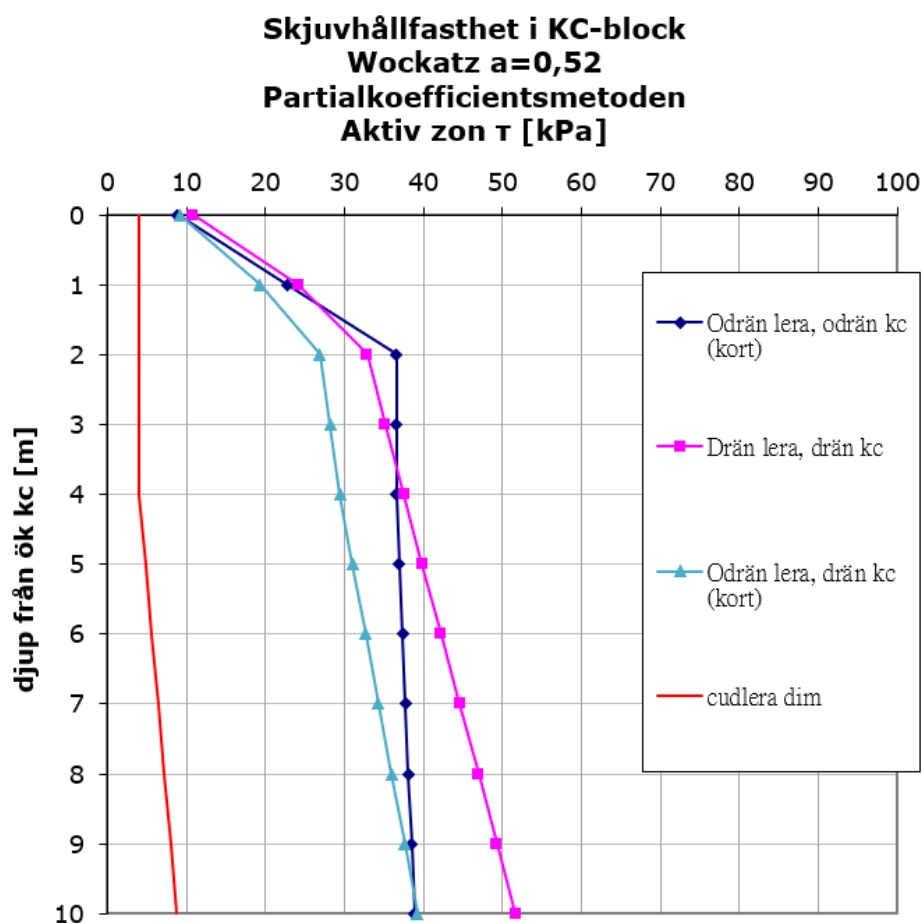


Beräkningarna indikerar att det behövs någon form av förstärkning för byggvägen vid passagen med diket. Resultaten visar att $F_{c,ostab} \leq 0,67$ i lm 1/710 och 1/740, se Tabell 5, varpå stabilitetshöjande effekt från singulära pelare inte kan påräknas.

Tabell 5. Beräkningsresultat för planerad byggväg vid lm 1/710, 1/740 och lm 1/760 utan markförstärkning.

Sektion	Geometri	Beräknad säkerhetsfaktor F_{EN} mot brott	Avstånd till diket [meter]	Bilaga C.6.1 Sid.
		Odränerad		
1/710	Cirkulär glidyta mot dike	0,65	10	11
1/740	Cirkulär glidyta mot dike	0,38	0	12
1/760	Cirkulär glidyta mot dike	0,77	15	13

Diagrammet i Figur 8 nedan redovisar skjuvhållfasthetsprofilen för pelare i skivor med $\Phi=600$ mm och ett c/c avstånd på 1,0 meter. Egenskaper enligt Tabell 6 har beräknats utifrån TK Geo 13 med en täckningsgrad på 0,52 och använts vid stabilitetsberäkningar med KC-pelarförstärkt jord.



Figur 8. Redovisning av antagit skjuvhållfasthet i KC-pelarförstärkt lera i aktiv skjuvzon för delsträckan lm 1/690-1/790.



Tabell 6. Framräknad skjuvhållfasthet i KC-pelarförstärkt jord i lm 1/710, 1/740 och 1/760, aktiv skjuvzon.

Jordart	Djup under överbyggnad [m]	Tunghet γ/γ' [kN/m ³]	Dim. skjuvhållfasthet $c_{u,d}$ [kPa] odränerad analys	Dim. Skjuvhållfasthet $c_{u,d}$ [kPa] kombinerad analys
KC 1-Aktiv (a)	0–1	15/5	8,9+13,9	8,9+10,4
KC 1-Aktiv (b)	1–2	15/5	22,7+13,9	19,3+7,7
KC 2-Aktiv	2–4	15/5	36,6	26,9+1,3
KC 3-Aktiv	4–10	15/5	36,6+0,4	29,4+1,6

Resultaten från beräkningarna redovisas i Tabell 7 nedan. Grafisk redovisning av resultaten redovisas i Bilaga C.6.1 Stabilitetsberäkningar (OLP4-04-025-42000-0_0-0442).

Tabell 7. Beräkningsresultat för planerad byggväg vid sektioner 1/710, 1/740 och 1/760 med KC-pelare.

Sektion	Geometri	Beräknad säkerhetsfaktor F_{EN} mot brott		Bredd för KC-skivor under vägen	Bilaga C.6.1 Sid.
		Odränerad	Kombinerad		
1/710	Cirkulär glidyta från söder	1,06	1,02	4 m under ena vägshalvan	14–15
1/740	Cirkulär glidyta från söder	1,09	1,00	4 m under ena vägshalvan	16–17
1/760	Cirkulär glidyta från söder	1,22	1,18	4 m under ena vägshalvan	18–19

Säkerhetsavståndet mellan vägens släntfot och dikeskrönet som erfordras för att undvika förstärkningsåtgärder beräknas till ca 18 meter på den södra sidan och till ca 24 meter på den norra sidan. Beräkningarna indikerar att det behövs någon form av förstärkning av byggvägen vid passagen över diket. Säkerheten mot släntstabilitetsbrott erhålls med KC-pelare i skivor med $\Phi = 600$ mm och ett c/c avstånd på 1,0 meter.

5.3 Trosaån, passage för planerad järnväg

Järnvägen grundläggs på bro över Trosaåns dalgång där Trosaån passeras i ca km 23+050. Stabilitetsberäkningar har utförts både för befintliga förhållanden (även representativa för driftskedet) och med laster från uppfyllnad för arbetsyta och arbetsfordon under byggskedet.

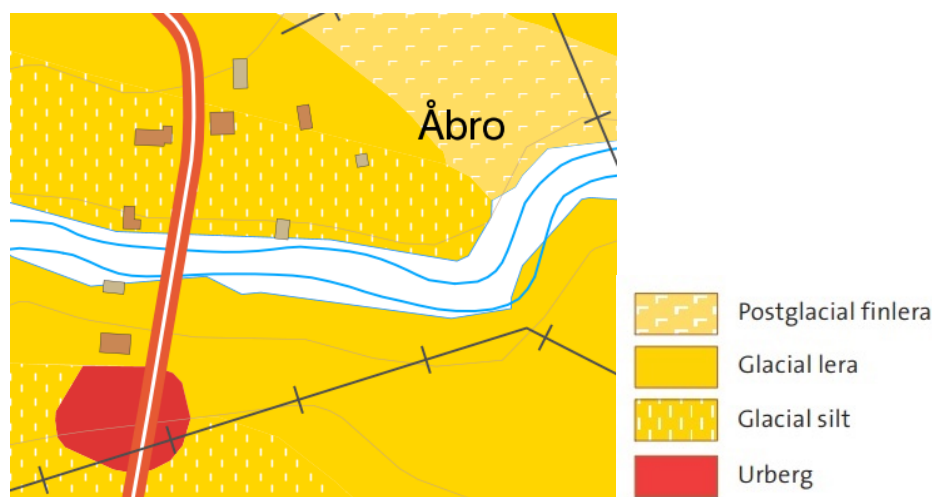


Figur 9. Bro över Trosaån.

5.3.1 Geotekniska och hydrogeologiska förutsättningar

Enligt SGU:s jordartskarta, se Figur 10, utgörs marken på norra sidan av ån av glacial silt och på södra sidan av glacial lera. De undersökningar som är utförda vid Trosaån indikerar att det förekommer silt på båda sidor av ån. Vid beräkningar har silten delats in i två delar utifrån skillnad i utvärderad friktionsvinkel, där den övre delen (silt 1) har en högre friktionsvinkel än den undre delen (silt 2). På norra sidan om Trosaån har silten en mäktighet på upp till ca 15,5 meter medan det söder om ån förkommer silt ner till ca 7,5 meter under markytan.

Silten underlagras av en grusig sandig siltmorän som vilar på berg. På norra sidan har bergövertytan observerats på mellan 11 och 17 meters djup under markytan och på södra sidan mellan 5 och 14,5 meters djup under markytan.



Figur 10. Jordartskartan från kartvisaren på www.sgu.se.

Fyra grundvattenrör, två på var sida om ån, finns installerade i området och redovisas i Tabell 8.

Tabell 8. Installerade grundvattenrör med uppmätta grundvattennivåer.

Grundvattenrör	Placering	Nivå markyta	Uppmätt nivå min (m under markyta)	Uppmätt nivå medel (m under markyta)	Uppmätt nivå max (m under markyta)
23G0004G (km 22+997 V2)	Norr om Trosaån	+12,21	+8,90 (3,31)	+10,09 (2,12)	+11,15 (1,06)
23G0006G (km 23+023 V3)	Norr om Trosaån	+8,97	+6,60 (2,37)	+7,33 (1,64)	+8,18 (0,79)
23G0010G (km 23+048 V20)	Söder om Trosaån	+10,36	+8,68 (1,68)	+9,24 (1,12)	+10,08 (0,28)
23G0011G (km 23+079 H3)	Söder om Trosaån	+11,72	+8,42 (3,30)	+9,27 (2,45)	+10,48 (1,24)

Tio portrycksspetsar, fem på var sida om ån, finns installerade i området och redovisas i Tabell 9.

Tabell 9. Installerade portrycksspetsar med uppmätta portryck.

Portrycksspets	Placering	Spetsdjup under markytan [m]	Spetsnivå	Uppmätt tryck min [kPa]	Uppmätt tryck medel [kPa]	Uppmätt tryck max [kPa]
23G0006P (km 23+023 V3)	Norr om Trosaån	3,03	+7,70	-4	8,23	20,48
23G0016P (km 23+023 V3)	Norr om Trosaån	5	+5,69	19,48	29,40	42,24
23G0017P (km 23+023 V3)	Norr om Trosaån	7	+3,70	34,56	48,83	62,68
23G0018P (km 23+023 V3)	Norr om Trosaån	9	+1,73	60,72	69,99	82,92
23G0019P (km 23+023 V3)	Norr om Trosaån	11	-0,25	80,36	89,86	102,48
23G0010P (km 23+048 V20)	Söder om Trosaån	5,5	+4,86	36	44,04	56,48
23G0020P (km 23+048 V20)	Söder om Trosaån	4,5	+5,86	25,12	33,05	44,4
23G0021P (km 23+048 V20)	Söder om Trosaån	3,5	+6,86	4,4	21,95	33,72
23G0022P (km 23+048 V20)	Söder om Trosaån	2,5	+7,86	4,4	11,30	22,1
23G0023P (km 23+048 V20)	Söder om Trosaån	1,5	+8,86	-6,4	1,99	10,92



I Tabell 10 nedan redovisas vattenståndet i Trosaån. Högvattennivåer är modellerade med hydraulisk modell (Hec-Ras). Medel- och lågvattennivåer är approximativt uppskattade utifrån underlag från markavvattningsföretaget Daga Härad vattenavledningsföretag 1993, jämförelser med laserdata samt bedömning av krön vid nedströms liggande dammbyggnad vid Mølna bro.

Tabell 10. Vattenståndsuppgifter.

Vattenflöde	Nivå
MLQ	+8,2
MQ	+8,4
HQ100	+10,2

där:

MLQ = medel lägsta flöde

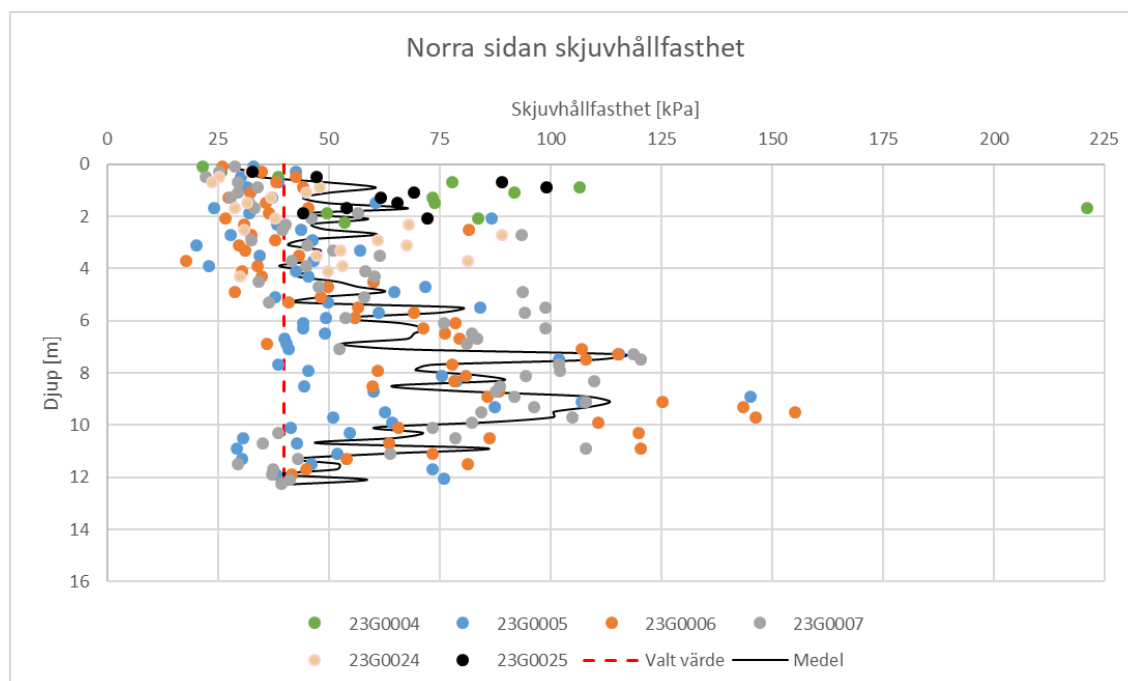
MQ = medelflöde

HQ100 = 100-årsflöde

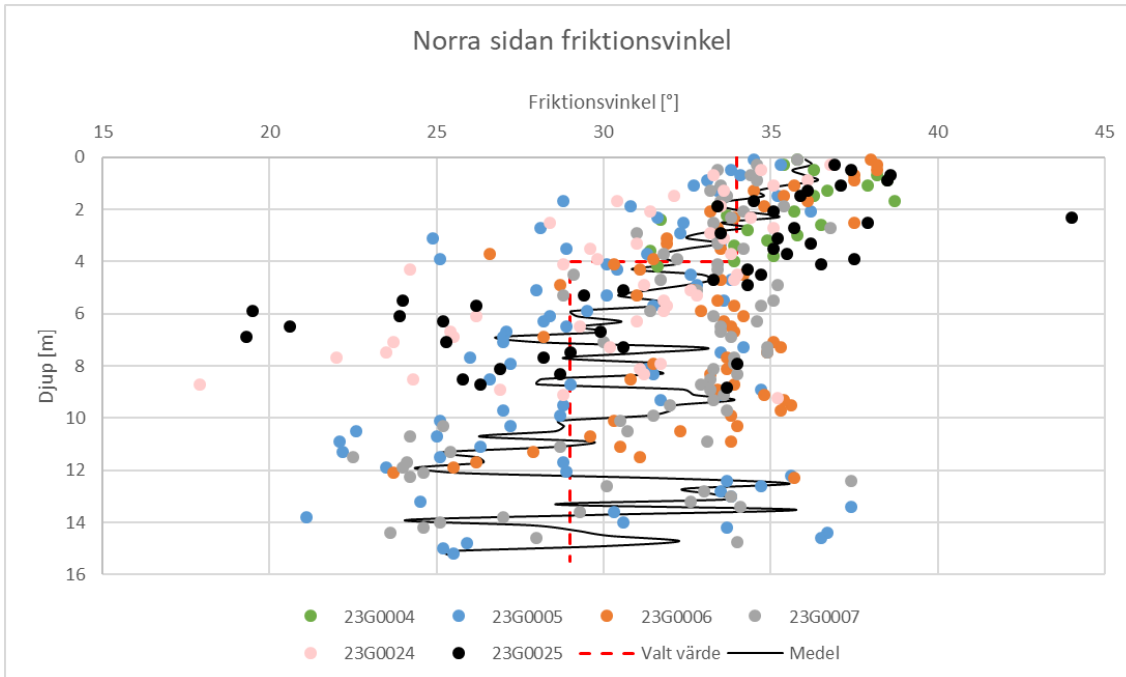
5.3.2 Odränerad skjuvhållfasthet och friktionsvinkel i naturligt tillstånd

Som underlag för stabilitetsberäkningar har undersökningar för bestämning av jordlagerföljd samt jordlagrens friktionsvinkel och odränerade skjuvhållfasthet utförts i området kring ån. Baserat på CPT-sonderingar bedöms silten kunna ha ett dränerat eller odränerat beteende vid brott vilket föranlett att såväl dränerade, kombinerade som odränerade analyser utförts.

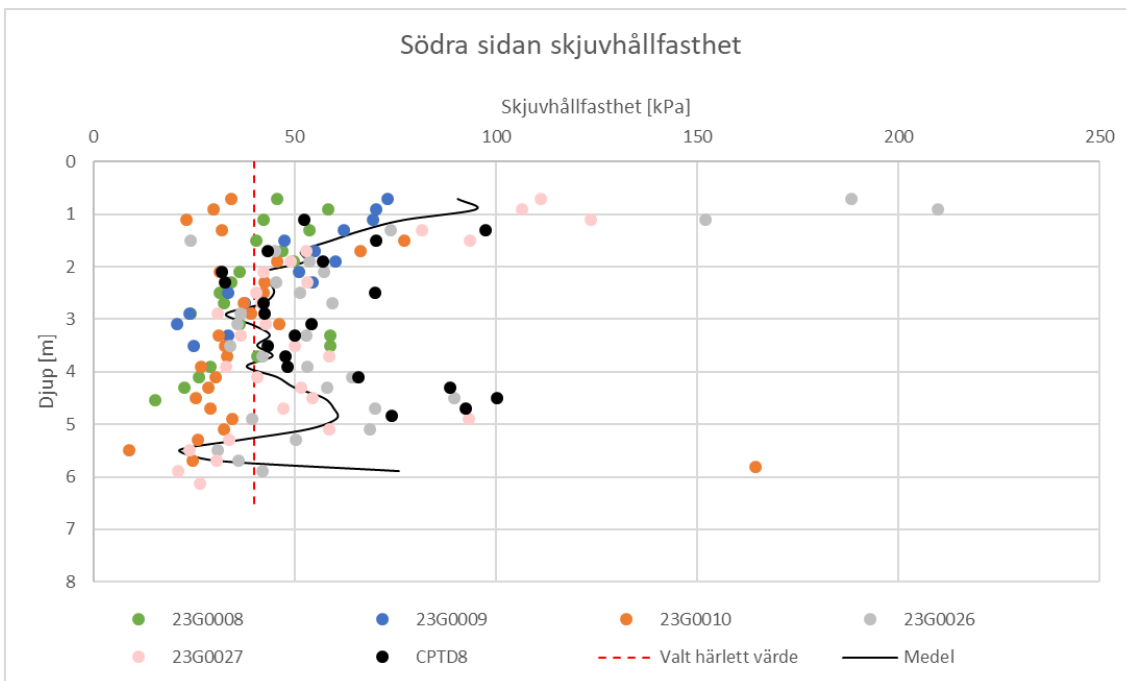
I Figur 11 till Figur 14 återges utvärderade härledda värden på odränerad skjuvhållfasthet och friktionsvinkel baserat på resultat från utförda CPT-undersökningarna.



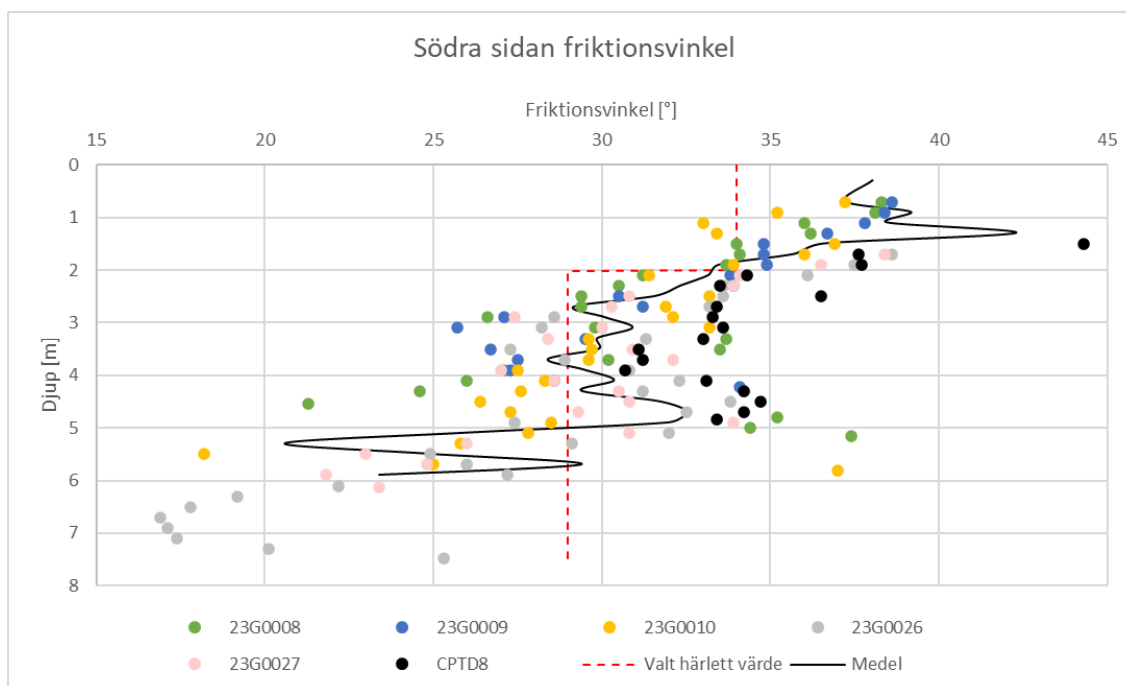
Figur 11. Härledda värden för odränerad skjuvhållfasthet på norra sidan av ån.



Figur 12. Härledda värden för friktionsvinkeln på norra sidan av ån.



Figur 13. Härledda värden för odränerad skjuvhållfasthet på södra sidan av ån.



Figur 14. Härledda värden för friktionsvinkeln på södra sidan av ån. Medelvärde under 6 meter redovisas inte då det enbart består av 23G0026.

5.3.3 Beräkningar

Stabilitetsberäkningar har utförts enligt partialkoefficientmetoden (se TK Geo 2013) med programmet Slope/W (v. 9.1.1.16749). Beräkningsmetoden som har använts på beräkningarna är "entry and exit" i Slope/W. Beräkningar har utförts med odränerad, dränerad och kombinerad analys för befintliga förhållanden och med laster som kan uppträda under byggtiden. I resultatet redovisas den glidyteberäkning med lägst säkerhetsfaktor.

Då jorden inom analyserat område ligger inom samma geologiska bildningsområde och utförda sonderingsresultat är likartade för sektionerna inom hela området bedöms jordlagren ha samma materialegenskaper i berörda beräkningssektioner. Tre sektioner med olika geometrier (sektion A, B och C) har analyserats, både på den norra och på den södra sidan.

Laster

Då befintliga förhållanden i Trosaåns slätter har studerats har inga laster påförts.

Vid beräkningar av släntstabilitet har dimensionerande last om 112 kPa använts. Lasten motsvarar en arbetsmaskin vid tex spontnings- och pålningsarbeten med ett anaget larvtryck på 88 kPa. Larverna antas vara 1 meter breda och avståndet mellan ytterkant på larverna antas vara 5 meter. Beräkningar har även utförts med last på 11 kPa med en bredd på 2 m vilket skulle kunna motsvara en 0,5 meters arbetsbädd eller liknande.

Hydrogeologiska förhållanden

Vid stabilitetsberäkningen används en grundvattennivå som placerats på nivån +10,1. Vattennivån i Trosaån har satts till nivån vid medel lägsta flöde, d.v.s. en vattennivå på +8,2, enligt Tabell 10.



Valda värden

Tabell 11. Valda värden som används vid stabilitetsberäkningar vid Trosaån.

Jordmaterial	Djup från markytan* [m]	c_u [kPa]	c [kPa]	ϕ' [°]	Tunghet γ/γ' [kN/m ³]
Silt 1	0–4 (norra sidan) 0–2 (södra sidan)	40	4	34	17/9
Silt 2	4–15,5 (norra sidan) 2–7,5 (södra sidan)	40	4	29	17/9
Morän (grsaSiTi)	under silt 2	-	-	35	20/12
Berg	under morän	-	-	-	-
Fyllningsjord	-	-	-	37	19/12

* Djupen är ungefärliga och varierar något längs sektionerna.

Omräkningsfaktorer

Omräkningsfaktorer för jordens friktionsvinkel och skjuvhållfasthet redovisas i Tabell 12.

Tabell 12. Utvärderade omräkningsfaktorer.

Jordmaterial	Djup från markytan* [m]	$\eta_{1,2}$	η_3	$\eta_{4,5,6,7}$	η_8	$\eta_{tot (1-8)}$
Silt 1	0–4 (norra sidan) 0–2 (södra sidan)	1,0	0,9	1,0	1,0	0,9
Silt 2	4–15,5 (norra sidan) 2–7,5 (södra sidan)	1,0	0,9	1,0	1,0	0,9
Dränerad skjuvhållfasthet och friktionsvinkel i kohesionsjord	0 till 5–16,5	-	-	-	-	1,0
Morän (grsaSiTi)	Från 2,5–14,5 till 5–16,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Fyllningsjord	-	-	-	-	-	1,0

* Djupen är ungefärliga och varierar något längs sektionerna.



Dimensionerande värden

Beräknade dimensionerande värden redovisas i Tabell 13.

Tabell 13. Dimensionerande värden för jorden vid Trosaån.

Jordmaterial	Djup* från markyta [m]	c_{ud} [kPa]	c_d [kPa]	φ_d [°]
Silt 1	0–4 (norra sidan)	24	3,1	27,4
	0–2 (södra sidan)			
Silt 2	4–15,5 (norra sidan)	24	3,1	23,1
	2–7,5 (södra sidan)			
Morän (grsaSiTi)	under Silt 2	-	-	28,3
Berg	under morän	-	-	-
Fyllningsjord	-	-	-	30,1

* Djupen är ungefärliga och varierar något längs sektionerna.

Resultat

En sammanställning av resultat från utförda beräkningar redovisas i Tabell 14. Beräknade sektioner redovisas i Bilaga C.6.1 Stabilitetsberäkningar (OLP4-15-025-42000-0_0-0442).

Tabell 14. Beräknad säkerhetsfaktor F_{EN} .

Sektion	Analys	F_{EN} befintliga förhållanden	F_{EN} planerad byggnation, 11 kPa	F_{EN} planerad byggnation, 112 kPa	Bilaga C.6.1 Sid.
A, norr	Dränerad	2,7			20
A, norr	Kombinerad	2,7	2,5	1,8	21-23
A, norr	Odränerad 40 kPa	5,6			24
A, söder	Dränerad	2,1			25
A, söder	Kombinerad	2,1	2,0	1,6	26-28
B, norr	Dränerad	2,3			29
B, norr	Kombinerad	2,3	2,2	1,5	30-32
B, söder	Dränerad	2,0			33
B, söder	Kombinerad	2,0	1,9	1,3	34-36
B, söder	Odränerad 40 kPa	5,5			37
C, norr	Dränerad	2,1			38
C, norr	Kombinerad	2,1	2,0	1,6	39-41
C, söder	Dränerad	2,7			42
C, söder	Kombinerad	2,7	2,4	1,8	43-45

Samtliga beräkningsfall, både analyser för befintliga förhållanden och för förhållanden under byggtiden, visar att kravet på erforderlig säkerhetsfaktor mot stabilitetsbrott är uppfyllt med god marginal. Inga åtgärder behövs.

5.4 Stabilitetsberäkningar för föreslagna skyddsinfiltrationsytor vid Trosaån väster om järnvägen.

Stabilitetsberäkningar har utförts i två sektioner, sektion A och sektion B inom fastigheter Lundby 1:9 och Sille 2:1, se Figur 15. Beräkningarna syftar till att kontrollera risk för skred som kan orsakas av eventuella portrycksökningar i anslutning till de föreslagna skyddsinfiltrationsytorna enligt Figur 15.

Skyddsinfiltrationsytorna föreslogs med syftet att återställa de förväntade grundvattensänkningarna som kan uppstå i samband med schakt under grundvattenytan vid byggandet av järnvägsbron över Trosaån.

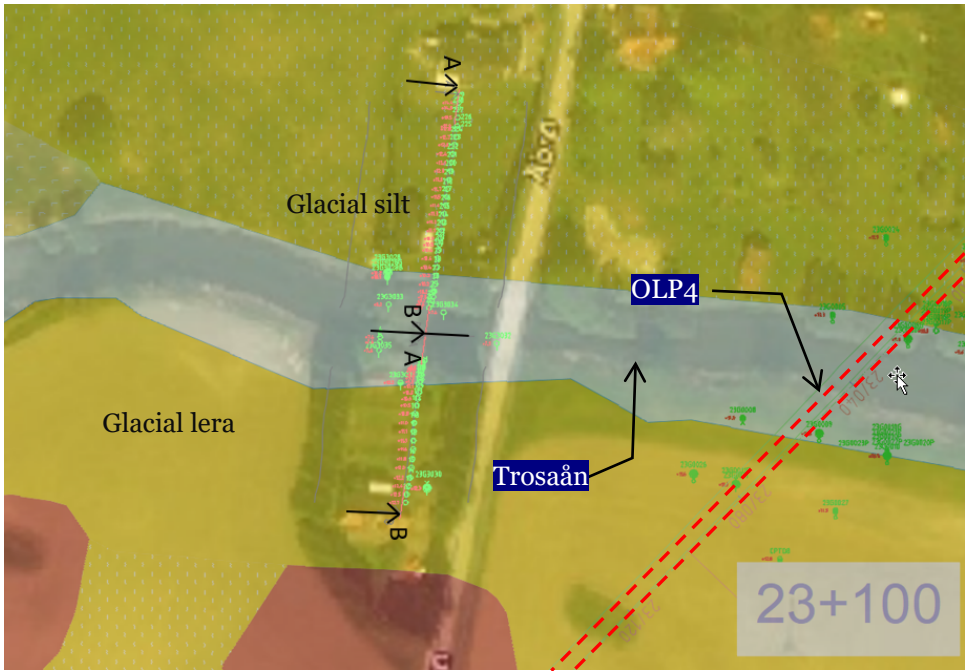


Figur 15. Föreslagna skyddsinfiltrationsytor.

5.4.1 Geotekniska och hydrogeologiska förutsättningar

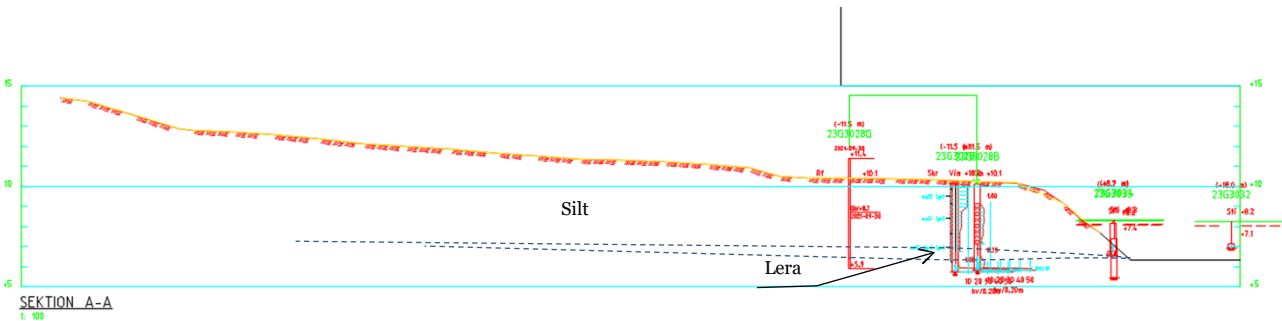
Enligt SGU:s jordartskarta består området norr om Trosaån av glacial silt medan södra sidan utgörs av glacial lera. Se Figur 16.

Ett fåtal undersökningar utfördes längs beräkningssektionerna. Undersökningarna har utförts med handhållen viktsonderingsutrustning. Borrrigg kunde inte användas på grund av närliggande kulturvärden. Bedömningen av jordlagerföljd och materialparametrar har baserats på resultat från de utförda sonderingarna samt från tidigare undersökningar inom närliggande områden för järnvägen.

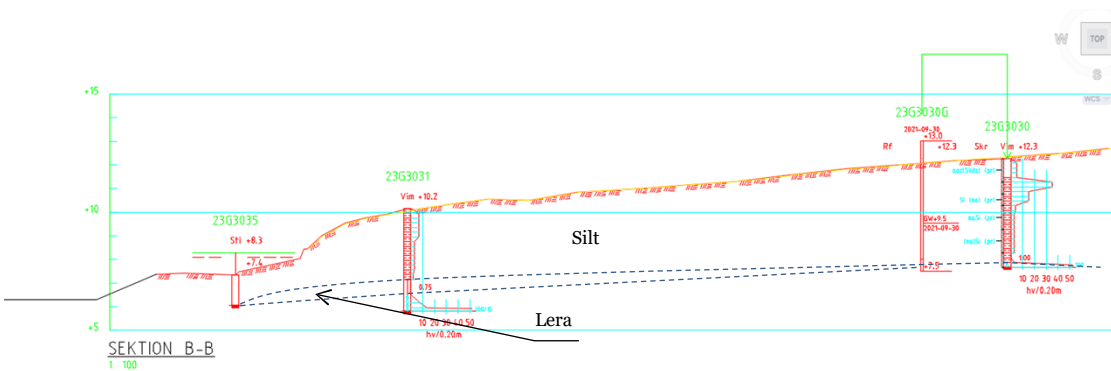


Figur 16. SGU:s jordartskarta med beräkningssektioner.

Marken längs beräkningssektionerna består av ca 2,8–3,3 meter silt på ca 0,5 meter lera på friktionsjord.



Figur 17. Sektion A/Norra sidan.



Figur 18. Sektion B/Södra sidan.

Hydrogeologiska förhållanden

Avläsning av två grundvattenrör (23G3028G och 23G3030G) i närheten av beräkningssektioner visar grundvattennivåer mellan +8,7 och +11,2. Vid stabilitetsberäkningarna ansattes grundvattennivåer enligt mätningarna och dessutom en grundvattentrycknivå som motsvarar förväntade portrycksökningar från påverkan från skyddsinfiltrationsytorna.

5.4.2 Geotekniska egenskaper

Omräkningsfaktorn (η) för kohesionsjord = 0,81

Omräkningsfaktorn (η) för friktionsjord = 0,95

Tabell 15. Antagna materialegenskaper.

Jordart	Tunghet γ/γ' [kN/m ³]	Kar. friktionsvinkel ϕ'_k [°]	Dim. friktionsvinkel ϕ'_d [°]	Valda värden skjuvhållfasthet $t_{c_{u,k}}$ [kPa]	Kar. skjuvhållfasthet $c_{u,k}$ [kPa]	Dim. skjuv- hållfasthet $c_{u,d}$ [kPa]
Silt	17/9	29,5	23,5	40	32,4	21,6
Lera	16/6	30	23,9	12	9,7	6,5
Friktionsjord	18/10	35	28,3	-	-	-

5.4.3 Beräkningar

Stabilitetsberäkningar har utförts med programmet Slope/W (Geostudio 2021 R2 v. 11.1.3.22700) och beräkningsmetod Morgenstern-Price Entry and Exit. Odränerad och kombinerad analys har utförts. Beräknade sektioner redovisas i Bilaga C.6.1 Stabilitetsberäkningar (OLP4-15-025-42000-0_0-0442).

5.4.3.1 Resultat

Tabell 16. Beräknad säkerhetsfaktor F_{EN} med olika (ΔPp) portrycksökningar. Cirkulära / Plana glidyta.

Sektion		F_{EN} Kombinerad, C/P	F_{EN} Odränerad, C/P	Bilaga C.6.1 Sid
A, norra	Bef. förhållanden	0,97/0,95	1,76/1,19	46–49
	$\Delta Pp = 5k$ 0,5m	0,85/0,93	1,58/1,12	50–53
	$\Delta Pp = 10k$ 1,0m	0,52/0,89	1,36/1,02	54–57
	$\Delta Pp = 15k$ 1,5m	0,46/0,83	1,16/0,94	58–61
	$\Delta Pp = 20k$ 2,0m	0,43/0,76	0,71/0,84	62–65
B, Södra	Bef. förhållanden	0,99/0,89	1,68/1,30	66–69
	$\Delta Pp = 5k$ 0,5m	0,89/0,89	1,68/1,48	70–73
	$\Delta Pp = 10k$ 1,0m	0,99/0,71	1,60/1,26	74–77
	$\Delta Pp = 15k$ 1,5m	0,82/0,44	1,36/1,02	78–81
	$\Delta Pp = 20k$ 2,0m	0,4/0,37	1,05/0,9	82–85

Filnamn: OLP4-04-025-42000-0_0-0442.docx

Projektnamn

Skapat av (Leverantör)

Godkänt datum

Rev Datum

Program Ostlänken

Aymirow Abitew, Pauline
Meneust, Magnus Palm

2023-03-21

-

Ärendenummer

Granskat av (Leverantör)

Sidor

Version

TRV 2019/65712

Lovisa Hassellund

24(24)

_.3

Godkänt av (Leverantör)

Henrik Tham



TRAFIKVERKET

Slutsats

Enligt resultaten kan man konstatera att de föreslagna skyddsinfiltrationsytorna kan påverka stabilitetsförhållandena inom området och orsaka ras/skred om trycknivån i jordlagren höjs. Skyddsinfiltration bedöms därmed inte vara en lämplig åtgärd för att skydda byggnaderna. Andra skyddsåtgärder såsom tätskärm kopplat till jetinjektering eller vattenfyllda schakter är att föredra för att minska grundvattensänkningar under byggnaderna vid byggnation av Ostlänken för aktuell sträcka.