

PM Geoteknik

Johannisborgsförbindelsen etapp 2, Norrköping
Detaljerad stabilitetsutredning Södra kajen



Uppdrag:	Johannisborgsförbindelsen et II, Norrköping
Uppdragsnummer:	30043588
Kund:	Norrköpings kommun
Handläggare:	Märta Lidén
Granskare:	Magnus Strömhag
Datum:	2022-11-30
Dokumentreferens:	LM p:\22284\30043588_johannisborgsförbindelsen_etapp _ii_norrköping\000\10_text\pm\30043588 pm stabilitetsutredning.docx

Innehållsförteckning

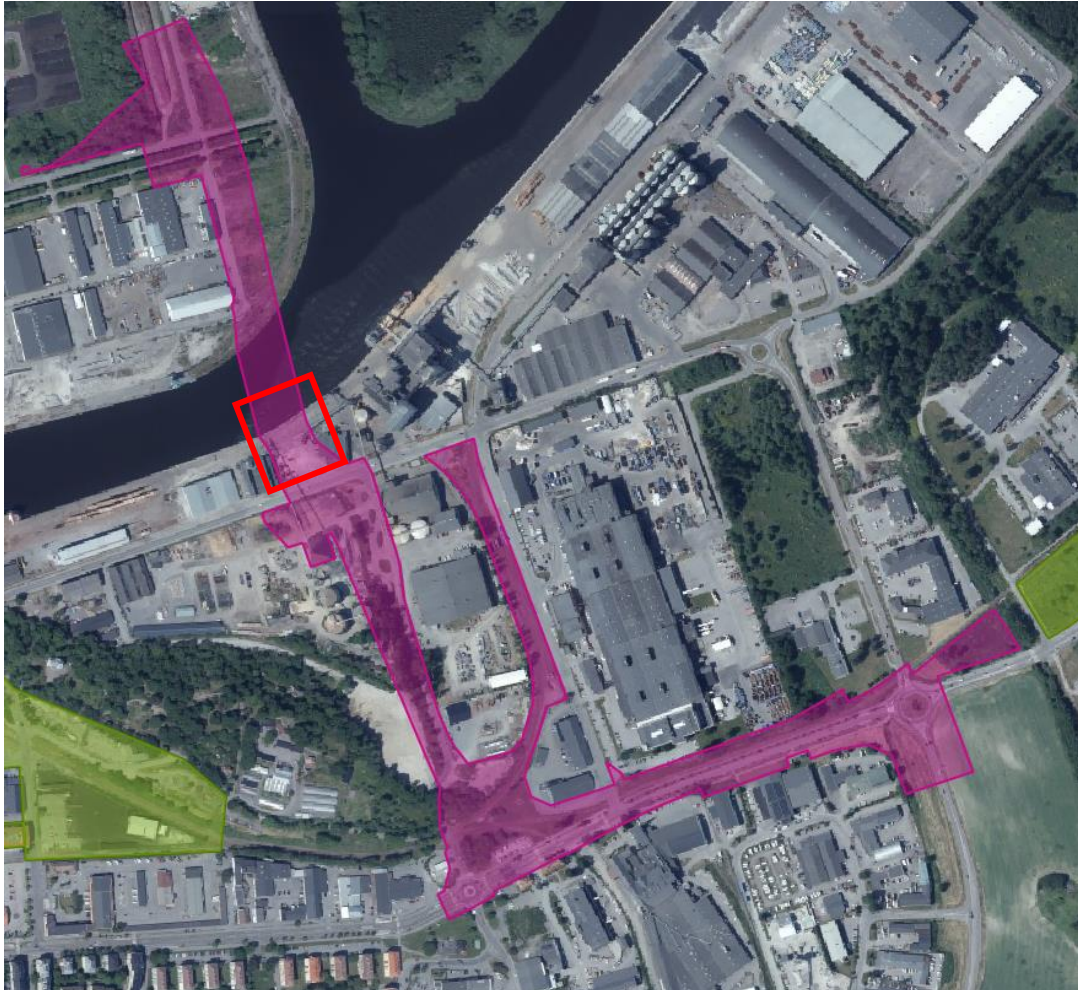
1	Objekt	3
2	Syfte	3
3	Underlag	4
3.1	Tidigare utförda geotekniska undersökningar	4
4	Styrande och rådgivande dokument.....	4
5	Befintliga förhållanden	4
5.1	Topografi och ytbeskaffenhet	4
5.2	Befintliga anläggningar	5
6	Geotekniska förhållanden	5
6.1	Jordlager.....	5
6.2	Valda värden	6
7	Grundvatten och vattenståndsnivåer.....	7
8	Stabilitetsberäkningar	8
8.1	Beräkningsmetodik	8
8.2	Krav	9
8.3	Förutsättningar	9
8.4	Resultat	12
8.5	Känslighetsanalyser	13
9	Slutsats och rekommendationer	16
9.1	Slutsats	16
9.2	Åtgärdsförslag	16
9.3	Förslag på fortsatt utredning	16

Bilagor

<i>Beteckning</i>		<i>Datum</i>	<i>Rev. datum</i>	<i>Sidor</i>	<i>Sidnummer</i>
Bilaga 1	Stabilitetsberäkningar sektion S1	2022-10-28		12	17-28
Bilaga 2	Stabilitetsberäkningar sektion S2	2022-10-28		12	29-40
Bilaga 3	Planritning belastningsrestriktion/åtgärd	2022-10-28		1	41
Bilaga 4	Sammanställd värdering av vald kravnivå	2022-10-28		6	42-47

1 Objekt

På uppdrag av Norrköpings kommun har Sweco utfört en geoteknisk utredning i detaljplaneskede för etapp 2 av Johannisborgsförbindelsen i Norrköping. I denna utredning ingår en detaljerad stabilitetsutredning av södra kajen mot Motala ström, se Figur 1, som redovisas i denna PM.



Figur 1. Översikt över detaljplaneområdet för Johannisborgsförbindelsen etapp 2, hämtad från NOKA 2022-08-18. Aktuellt utredningsområde vid Södra kajen som berörs i föreliggande PM är ungefärligt markerat i rött.

2 Syfte

Undersökningen har utförts i syfte att utreda rådande stabilitetsförhållanden för södra kajen mot Motala ström och identifiera åtgärdsbehov inför planläggning av området.

PM Geoteknik syftar till att beskriva rådande geotekniska förhållanden och stabilitetsituation, redovisa utförda analyser samt ge rekommendationer för fortsatt hantering av geotekniska risker.

3 Underlag

Underlag för utredningen har varit:

- Markteknisk undersökningsrapport (MUR) för objektet, upprättad av Sweco, daterad 2022-11-30.
- Baskarta och höjddata över området, tillhandahållet av kommunen 2021-09-02.
- Bottenskanning utförd av Clinton 2015-11-17. Uppdragsnummer 2015160.
- Norrköpings hamn, Tillståndsbedömning kajer. Upprättad av Ramböll, uppdragsnummer 61411249745, revidering A daterad 2012-10-29.
- Tidigare geotekniska undersökningar enligt kapitel 3.1
- Platsbesök maj-juni 2022.
- Vattennivåer Motala ström, tillhandahållna av Norrköpings kommun 2022-09-29.

3.1 Tidigare utförda geotekniska undersökningar

Arkivmaterial hos Norrköpings kommun har inventerats av Sweco i tidigare skede och redovisas i PM Geoteknik med uppdragsnummer 30029869, daterad 2021-11-02. Bland annat har en detaljerad stabilitetsutredning utförts för norra kajen. Utredningen är utförd av AFRY med uppdragsnummer 775 569, daterad 2019-12-19 och med Id-nr i NOKA: 6E5A4Z8H.

Undersökningar som inarbetats i aktuell utredning är:

- Geoteknisk undersökning i Motala ström, MUR och PM upprättade av WSP med uppdragsnummer 10240282, daterade 2017-06-07. Id-nr i NOKA: 58BH203X.

4 Styrande och rådgivande dokument

Styrande dokument:

- SS-EN 1997-1 och 2 med tillhörande nationell bilaga

Rådgivande dokument:

- IEG Rapport 4:2010 *Tillståndsbedömning/klassificering av naturliga slänter och slänter med befintlig bebyggelse och anläggningar. Vägledning för tillämpning Skredkommissionens rapport 3:95 i enlighet med Eurokod.*
- Skredkommissionens rapport 3:95 *Anvisningar för släntstabilitetsutredningar.*

5 Befintliga förhållanden

5.1 Topografi och ytbeskaffenhet

Marken utgörs av hårdgjorda ytor med nivåer som varierar mellan ca +1,1 och +1,6 vid undersökningspunkterna. Kajkrönet har nivå +1,9 á +2,0. Det är synligt att pålade konstruktioner som kajen och byggnader står fast medan sättningar skett i kringliggande mark.

Från kajkonstruktionens bakkant går en slänt under den pålade kajen ner mot farleden i Motala ström med lutning ca 1:1,4 enligt ritningar. Bottennivån i Motala ström varierar mellan ca -7,5 och -8,5.

Ingen synlig erosion finns på markytan, som exempelvis slukhål. Generellt bedöms erosionsrisken i Motala ström vara relativt låg med hänsyn till bottens geometri och strömningshastigheten. Hur propellererosion eventuellt påverkat slänten under kajen är inte känt.

5.2 Befintliga anläggningar

Befintligheter utgörs av kajkonstruktionen som beskrivs närmre i kapitel 9.3.2 samt kringliggande industribyggnader. Befintliga industrispår på kajplanet är inte i drift och den spårburna kranen som syns på försättsbladet är idag bortplockad. Området avgränsas söderut av Sjtöullsgatan, som är belägen ca 80 m från kajkant.

6 Geotekniska förhållanden

6.1 Jordlager

6.1.1 Kajplanet

Under asfalten utgörs jordprofilen överst av ca 1 m fyllning av stenig grusig sand. I den östra sektionen S2, i punkten närmast kajkonstruktionen, påträffades ytterligare 0,6 m fyllning av lättklinker under den tunga fyllningen.

Under fyllning följer lera till djup omkring 25 - 30 m under befintlig markyta. Lermäktigheten är som störst närmast Motala ström och avtar söderut. Lerans övre delar är gyttjig och sulfidhaltig. Ställvis förekommer ett tunt torvlager i leran vid djup varierande mellan 1 - 2 m under befintlig markyta, samt överlag ett ca 0,5 m mäktigt sandlager vid djup varierande mellan ca 2 - 3 m under markytan. Möjligen är även dessa lager och ovanliggande lera fyllning (muddermassor).

Den sulfidhaltiga leran har konflytgräns mellan ca 85-96 %. Den odränerade skjuvhållfasthet är mycket låg med uppmätta värden mellan ca 15-23 kPa (korrigerade värden). Från djup ca 12 m, motsvarande nivå ca -11, får leran en hållfasthetstillväxt mot djupet med ca 1,2 kPa/m och övergår till varvig lera. Mot djupet blir den varviga lera siltig och skiktad. I den varviga leran har konflytgränser uppmätts till 83% i övre delen och 40% mot djupet.

Vid 25 - 30 m under markytan övergår leran till lös och medelfast friktionsjord, sannolikt silt och sand. Vid ca 30 - 35 m under markytan följer mycket fast friktionsjord, sannolikt morän. Bergnivån intill Motala ström är ca -48, motsvarande ca 49 m under befintlig marknivå.

6.1.2 Motala Ström

I Motala ström är lermäktigheten mellan ca 12 - 18 m. Lermäktigheten är störst närmast södra kajen och avtar mot norra. Även i vattendraget sker en övergång från sulfidhaltig lera till varvig siltskiktad lera omkring nivå -11, vilket motsvarar ca 2 m under bottennivån. Leran har mycket låg odränerad skjuvhållfasthet med härledda värden som varierar mellan ca 10 och 20 kPa. I den övre sulfidhaltiga leran är konflytgränsen 87% och i den undre varviga siltiga leran 50 - 66%.

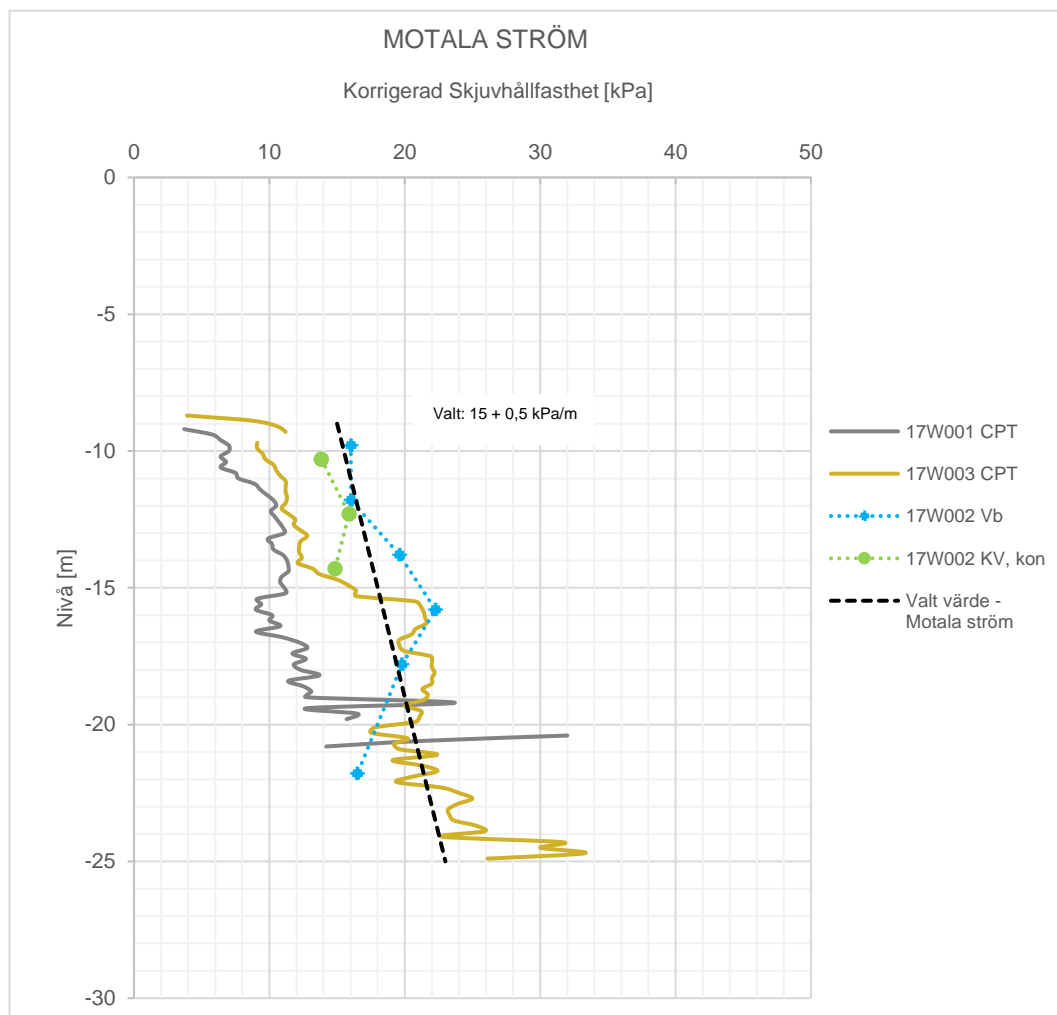
Under leran följer friktionsjord med mäktighet som varierar mellan ca 5 - 25 m. Bergnivån sjunker från ca -26 vid norra delen av vattendraget till ca -51 vid södra.

6.2 Valda värden

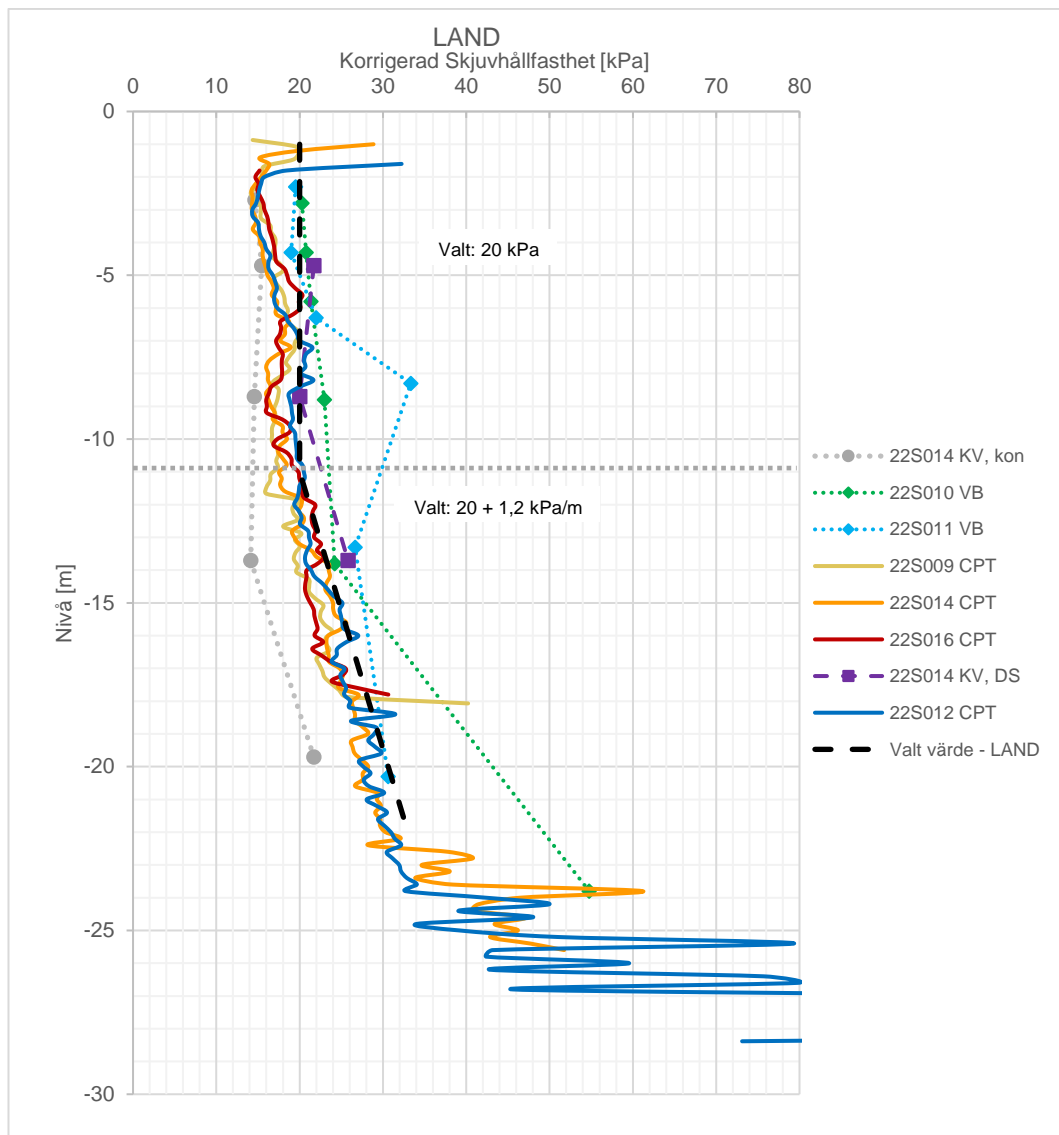
För detaljer kring härledda värden hänvisas till MUR för objektet, upprättad av Sweco, daterad 2022-11-30. Figur 2 och 3 visar härledda värden tillsammans med vald skjuvhållfasthetsprofil för kajplanet respektive i Motala ström.

De direkta skjuvförsök som utförts visar god överensstämmelse med utförda vingförsök och störst vikt har därför lagts vid dessa metoder. Fallkonförsöken i punkt 22S014 visar avvikande låga värden vid de djupare nivåerna. Erfarenhetsmässigt blir värdena från fallkonförsök ofta för låga på prover tagna på större djup än ca 10-15 m, på grund av spänningsrelaxation. Även varvigheten och siltinnehållet mot djupet kan medverka till att ge för låga.

I Figur 2 – 3 nedan redovisas härledd odränerad skjuvhållfasthet tillsammans med valda skjuvhållfasthetsprofiler som använts i beräkningar. Se samtliga valda materialparametrar för stabilitetsanalyser i kapitel 8.3.1.



Figur 2. Härledd odränerad skjuvhållfasthet (korrigerad) och valt värde i Motala ström.



Figur 3. Härledd odränerad skjuvhållfasthet (korrigerad) och valt värde för kajplan.

7 Grundvatten och vattenståndsnivåer

Grundvattenförhållandena har undersökts i punkt 22S016 söder om Sjötullsgatan. Ett djupt filterförsedd grundvattenrör installerats i den vattenförande friktionsjorden och tre portrycksspetsar har installerats i leran, se detaljer i MUR (Sweco, 2022). En likadan mätstation har även installerats på norra sidan av Motala ström i punkt 22S008. Fyllningsmängdheten nära kajen är mer lik 22S008 (ca 1 m tung fyllning) än 22S016 (ca 3 m tung fyllning) och har därför studerats i en jämförande beräkning.

Utförda korttidsmätningar under utredningstiden visar i 22S016 en trycknivå i underliggande friktionsjord vid ca +0,5, motsvarar ca 0,7-1,1 m under befintlig markyta inom utredningsområdet. Portryckgivarna visar ett övertryck om ca 15 kPa vid mitten av lerprofilen. I punkt 22S008 norr om strömmen är motsvarande övertryck ca 8 kPa.

Fritt vatten i mark har påträffats i fyllningen vid nivåer mellan -0,1 och +0,7, motsvarande mellan ca 1,0 - 1,2 m under befintlig markyta.

Uppgifter om vattennivåer har erhållits från Norrköpings kommun. Följande nivåer har använts i denna utredning:

Medelvatten (MW):	+0,12
Lägsta lågvatten (LLW):	-0,54

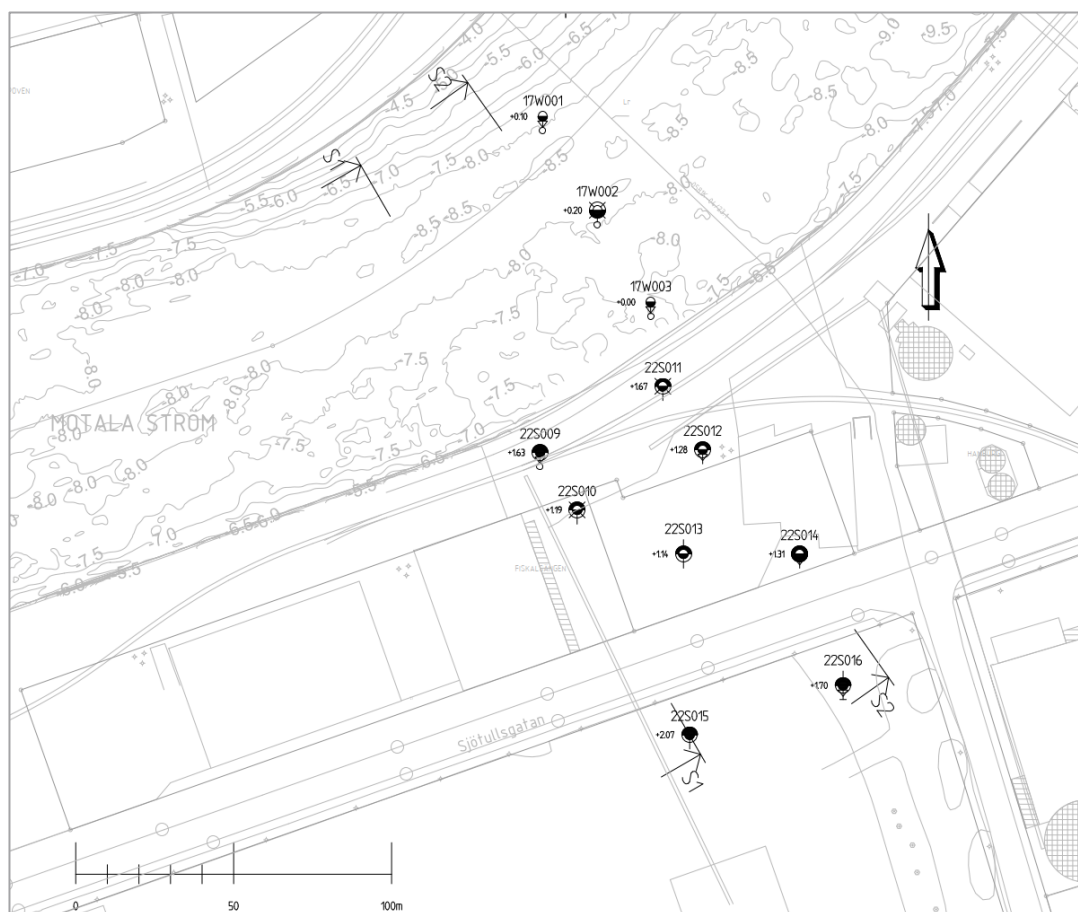
Prognosticerad högsta högvattennivå för Bråviken år 2100 är +2,38.

8 Stabilitetsberäkningar

8.1 Beräkningsmetodik

Stabilitetsberäkningar har utförts i programmet GeoStudio 2021 (Slope/W) med analysmetod Morgenstern-Price. Beräkningar har utförts enligt totalsäkerhetsfilosofi med karakteristiska värden.

Beräkningar har utförts för de två undersökta sektionerna S1 och S2, se Figur 4, med såväl odränerade som kombinerade analyser och för ett antal varierande belastningsfall.



Figur 4. Plan över beräkningssektioner S1 och S2.

8.2 Krav

Krav för erforderlig beräkningsmässig säkerhetsfaktor väljs enligt Tabell 4.2 i IEG Rapport 4:2010, se Figur 5, för aktuell detaljerad utredningsnivå och aktuellt skede.

		Markanvändning			
		Nyexploatering		Befintlig bebyggelse och anläggning	Annan mark
		Nybyggnation	Planläggning		
Tillståndsbedömning	Översiktlig utredning	Ej tillämpligt för denna rapport	Minst detaljerad utredning ska utföras	$F_c > 2 +$ $F_{c\phi} > 1,5$	$F_c > 2 +$ $F_{c\phi} > 1,5$
	Detaljerad utredning		$F_c \geq 1,7-1,5 +$ $F_{komb} \geq 1,5-1,4$ $F_\phi \geq 1,3$ (sand)	$F_c \geq 1,7-1,5 +$ $F_{komb} \geq 1,5-1,3$ $F_\phi \geq 1,3$ (sand)	$F_c \geq 1,6-1,4 +$ $F_{komb} \geq 1,4-1,3$ $F_\phi \geq 1,3$ (sand)
	Fördjupad utredning		$F_c \geq 1,5-1,4 +$ $F_{komb} \geq 1,4-1,3$ $F_\phi \geq 1,3$ (sand)	$F_c \geq 1,4-1,3 +$ $F_{komb} \geq 1,3-1,2$ $F_\phi \geq 1,3$ (sand) Under förutsättning att restriktioner införs	$F_c \geq 1,3-1,2 +$ $F_{komb} \geq 1,2$ $F_\phi \geq 1,2$ (sand)
Projektering		Dimensionering utförs enligt TD "Slänter och bankar" alternativt TK Geo	Beroende på utredningsnivå, F_c och F_{komb} enligt tabellvärde ovan	Stabilitetsförbättrande åtgärd enligt kap 4.5.2.4 alternativt TD "Slänter och bankar" / TK Geo	

Figur 5. Krav erforderlig säkerhetsfaktor markerad i rött, Tabell 4.2 i IEG Rapport 4:2010.

Vald säkerhetsnivå inom spannen har valts genom värdering av gynnsamma och ogynnsamma förutsättningar med ledning av Tabell 4.1a – 4.1i. Se värderingen i Bilaga 4.

Kravnivåer inför detaljplanläggning av området väljs till:

Odränerad analys: $F_c \geq 1,57$

Kombinerad analys: $F_{komb} \geq 1,43$

8.3 Förutsättningar

8.3.1 Jordmodell

Använda materialparametrar i stabilitetsberäkningar sammanställs i Tabell 1. Dränerade egenskaper i kohesionsjord har ansatts enligt empiriska samband:

Friktionsvinkel $\varphi' = 30^\circ$

Effektiv kohesion $c' = 0,1 \cdot c_u$

Tabell 1. Indata jordparametrar

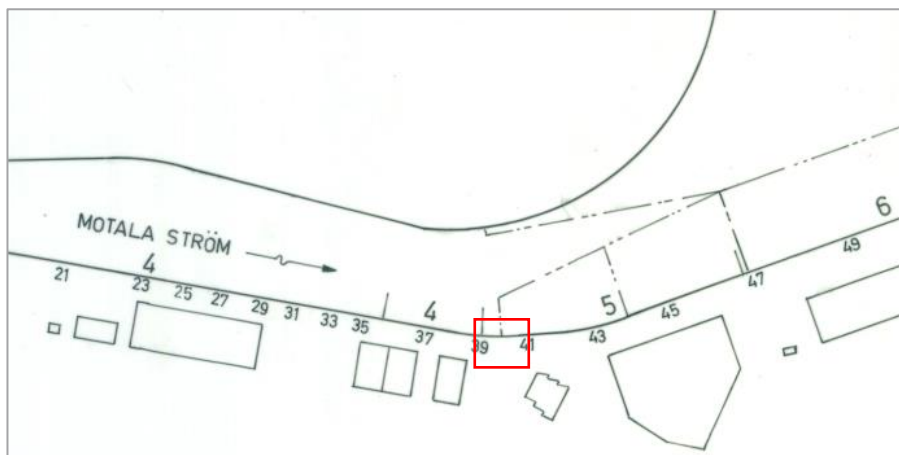
Benämning jordlager	Kommentar	Tunghet [kN/m ³]	Friktionsvinkel [°]	Odränerad skjuvhållfasthet, cu [kPa]
Tung fyllning	Överbyggnad	20	45	-
Lättklinker*	Lättfyllning	5	40	-
Sa	Ytligt sandlager	18	35	-
Cl1_land	Lera över nivå -11	15	30	20
Cl2_land	Lera under nivå -11	16	30	20+1,2 kPa/m
Cl_strömmen	Lera i Motala ström	16	30	15+0,5 kPa/m
Si	Silt under lera	18	30	45
Fr	Fast friktionsjord	20	40	-

*Förekommer endast i sektion S2.

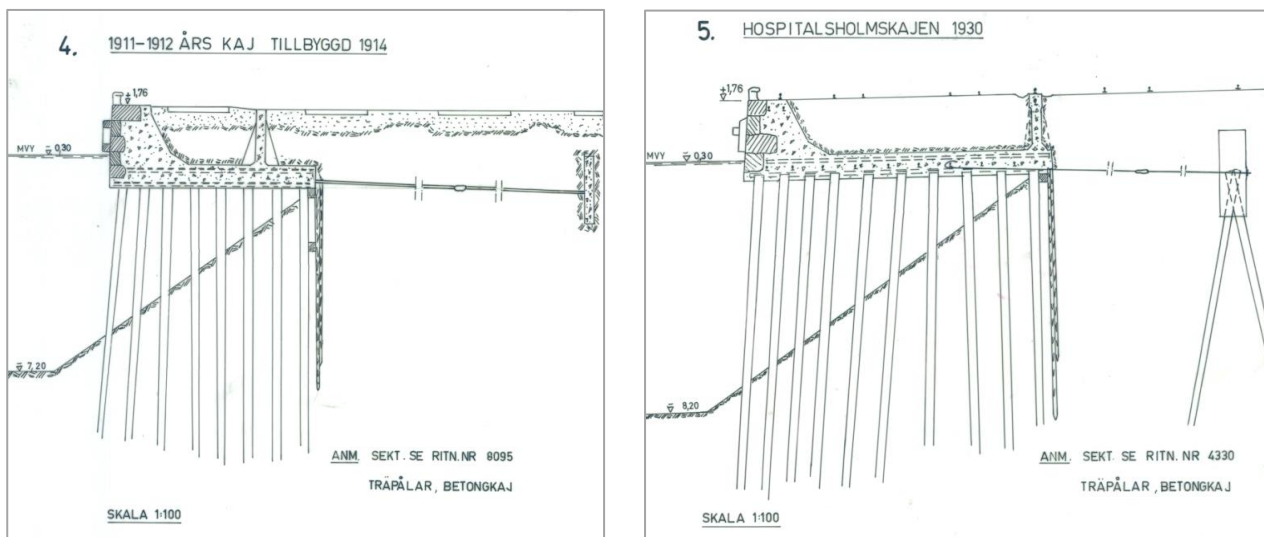
8.3.2 Befintlig kajkonstruktion

Enligt tillhandahållet underlag över befintlig kajkonstruktion är aktuellt område beläget vid övergången från kajtyp 4 (1911-1912 års kaj) och kajtyp 5 (Hospitalholmskajen 1930), se Figur 6. Konstruktionerna är relativt lika, betongkajer med stensatt front grundlagda på träpålar och bakåtförankrade till antingen ankarplattor eller pålbockar.

Sektioner över kajtyperna redovisas i Figur 7. Den äldre kajtyp 4 har en något mindre utbredning med 8 st pålrader, medan den senare kajtyp 5 har 10 st pålrader. I stabilitetsberäkningar har kajtyp 4 förutsatts i sektion S1 och kajtyp 5 i sektion S2.



Figur 6. Översiktsplan kajtyper, aktuellt område markerat i rött.



Figur 7. Sektioner förekommande kajtyper.

Stabilitetsberäkningar har utförts med och utan stabilitetshöjande tillskott från träpålarna under kajen. Det mothållande tillskottet från pålarna har uppskattats till 8 kN/påle enligt Tabell 2, med ledning av Pålkommissionen rapport 96:1 och SS-EN 1995-1-1.

Tabell 2. Indata befintliga träpålar.

Hållfasthet vid tvärskjuvning	f_{v90k}	2000 kPa
Reduktion för klimatklass	f_{v90d}	$0,5 \cdot 2000 = 1000$ kPa
Diameter påle	$D_{påle}$	0,15 m
Reduktion för sprickbildning	D_{eff}	$0,67 \cdot 0,15 = 0,10$ m
Effektiv area	A_{eff}	$(0,10/2)^2 \cdot \pi = 0,008$ m ²
Mothållande kraft per påle	V_{rd}	$1000 \cdot 0,008 = 8$ kN

Pållängder framgår inte av ritningsunderlaget. Med hänsyn till de stora lerdjupen och lerans låga odränerade skjuvhållfasthet bör pålarna ha drivits relativt djup för att uppnå erforderlig bärförmåga genom endast kohesion. Dessutom skiljer sig inte nuvarande nivå på kajkrönet markant från angiven nivå på ritningar, vilket tyder på att inte betydande mäktighet lera finns kvar under pålningen.

I beräkningar har pållängden antagits till 20 m.

8.3.3 Byggnader

Befintliga byggnader förutsätts vara pålgrundlagda. Det har synbart skett marksättningar relativt byggnaderna och justeringar med ramper och trappsteg har utförts vid ingångar.

8.3.4 Laster

Idag pågår inte någon omfattande hamnverksamhet inom den aktuella ytan. Området är inhägnat och inte tillgängligt för allmänheten. Ytan mellan befintliga byggnader nyttjas som uppställningsplats.

Beräkningar har utförts med varierande last på kajplanet. Tyngre trafik motsvaras av trafiklast 20 kPa, medan belastning med gång-, cykel- och lättare fordonstrafik motsvaras av trafiklast 5 kPa.

Laster på markytan har beaktats i både odränerade och kombinerade analyser och kan därmed representera även andra mer långvariga belastningar, som framtida höjningar av marknivåer. Som jämförelse motsvarar en belastning om 20 kPa ca 1 m uppfyllning med konventionell tung fyllning.

8.3.5 Vattennivåer

I beräkningar har tre olika fall studerats enligt nedan. I samtliga fall har den dimensionerande lägsta lågvattennivån -0,54 använts i Motala ström.

1. Utgångspunkt i inledande beräkningar för att visa effekten av att beakta befintliga tröpålar och visa skillnaden med och utan last på markytan. Hydrostatiskt grundvattentryck från uppmätt nivå i underliggande friktionsjord ca +0,5 på land, i kombination med LLW -0,54 i Motala ström.
2. Höjd vattennivå med hydrostatisk fördelning för att illustrera höga flöden i ett framtida klimat. Motsvarar förhöjd vattentrycknivå i både övre fyllningen och leran, vilket är ogynnsamt. Samtidig LLW i Motala ström är osannolikt, vilket gör detta till ett extremfall. Studeras i känslighetsanalyser i stycke 8.5.
3. Förhöjt portryck i leran enligt uppmätta nivåer i portryckstationer på vardera sida av Motala ström. I leran under Motala ström förutsätts hydrostatisk tryckfördelning, med portrycksnivå i jorden motsvarande MW +0,12, men mothållande vattennivå motsvarande LLW -0,54. Tänkbart scenario i nuläget och det fall som ligger till grund för rekommendationerna.

8.4 Resultat

Beräknade säkerhetsfaktorer sammanställs i Tabell 3 nedan. Stabilitetsberäkningar redovisas grafiskt i Bilaga 1 och 2. Grundvattenförhållanden enligt stycke 8.3.5 ovan.

Grönmarkerade resultat uppfyller krav för aktuell detaljerad utredningsnivå.

Gulmarkerade resultat uppfyller inte krav för aktuell utredningsnivå, men indikerar att säkerhetsnivån möjligen kan accepteras om en fördjupad utredning utförs.

Rödmarkerade resultat uppfyller varken krav för aktuell utredningsnivå eller fördjupad nivå.

Tabell 3. Sammanställning beräknade säkerhetsfaktorer.

	Beskrivning beräkningsfall	Grundvatten	Fc	Fkomb	Bilaga
Sektion S1	Befintliga förhållanden, utan last, tröpålar inte beaktade.	1	1,43	1,13	1.1
	Befintliga förhållanden, utan last, tröpålar beaktade	1	1,68	1,44	1.2
	Befintliga förhållanden, last 5 kPa, tröpålar beaktade	1	1,52	1,34	1.3

	Beskrivning beräkningsfall	Grundvatten	Fc	Fkomb	Bilaga
	Belastningsrestriktion samt förhöjda portryck enl 22S016, alla Fkomb<1,43	3	-	1,36	1.4
	Belastningsrestriktion samt förhöjda portryck enl 22S008, alla Fkomb<1,43	3	-	1,38	1.5
	Ny vägbank från Ledugnsrondellen med nivå ca +5 mot bro över Motala ström, utan förstärkning	1	0,91	0,88	1.6
Sektion S2	Befintliga förhållanden, utan last, tråpålar inte beaktade.	1	1,43	1,24	2.1
	Befintliga förhållanden, utan last, tråpålar beaktade	1	1,71	1,55	2.2
	Befintliga förhållanden, last 5 kPa, tråpålar beaktade	1	1,55	1,43	2.3
	Belastningsrestriktion samt förhöjda portryck enl 22S016, alla Fkomb<1,43	3	-	1,43	2.4
	Belastningsrestriktion samt förhöjda portryck enl 22S008, alla Fkomb<1,43	3	-	1,43	2.5
	Ny vägbank från Ledugnsrondellen med nivå ca +5 mot bro över Motala ström, utan förstärkning	1	0,87	0,85	2.6

Analyserna visar att befintliga tråpålar har stor stabilitetshöjande effekt och att stabiliteten är otillfredsställande om inte pålarna beaktas. Det medför också att sektion S1 (med 8 st pålrader) har lägre stabilitet än sektion S2 (med 10 st pålrader). Även förekommande lättfyllning i sektion S2 bidrar till den något högre stabiliteten.

I bägge sektioner uppnås erforderlig säkerhetsfaktor för aktuell detaljerad utredningsnivå endast utan yttre belastning på kajplanet. Beaktas uppmätta förhöjda portryck i leran på land påverkas de kombinerade analyserna negativt. Glidytor med teoretisk säkerhetsfaktor lägre än kravnivån sträcker sig 23 m bakom kajkanten.

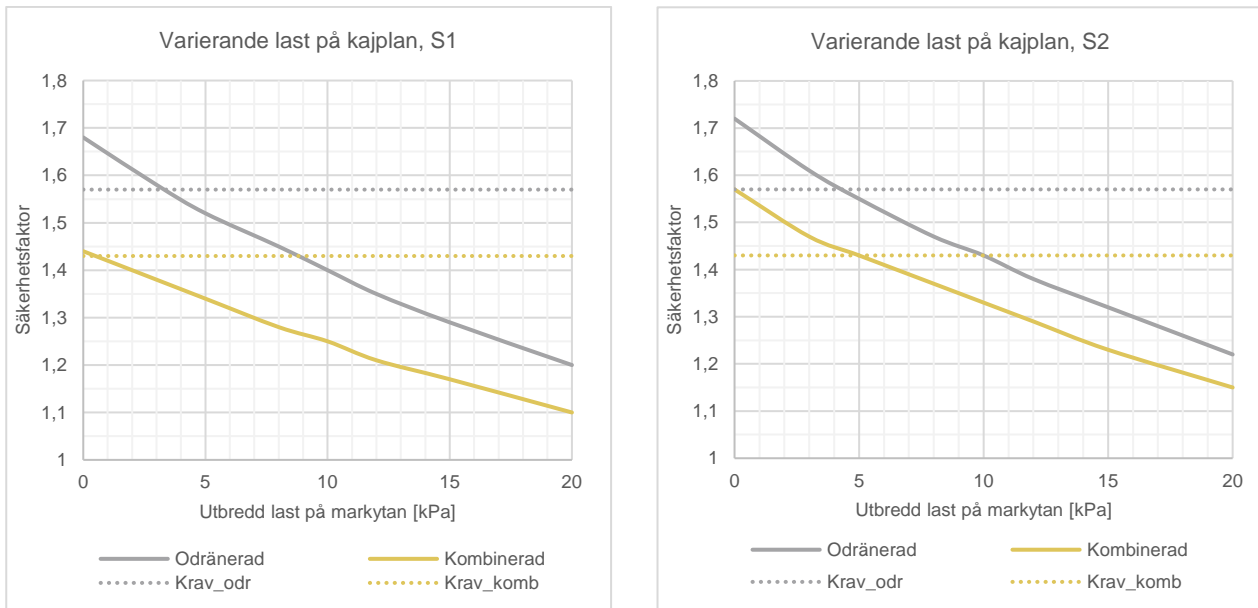
Lastfallet med en större last motsvarande blivande Johannisborgsförbindelsen visar att anläggande av högre bankar innebär skredrisk om inte åtgärder vidtas.

8.5 Känslighetsanalyser

Känslighetsanalyser har delvis utförts i analyser som redovisas i Tabell 3. Ytterligare analyser har sedan utförts där ett urval av parametrar har varierats. Dels för att identifiera vilket jordlagers skjuvhållfasthet som har störst påverkan och dels för att illustrera hur varierande yttre förutsättningar, som förändrad markanvändning och klimat, kan påverka stabiliteten. Sammanställningar redovisas i Figurer 8-11.

8.5.1 Varierande last

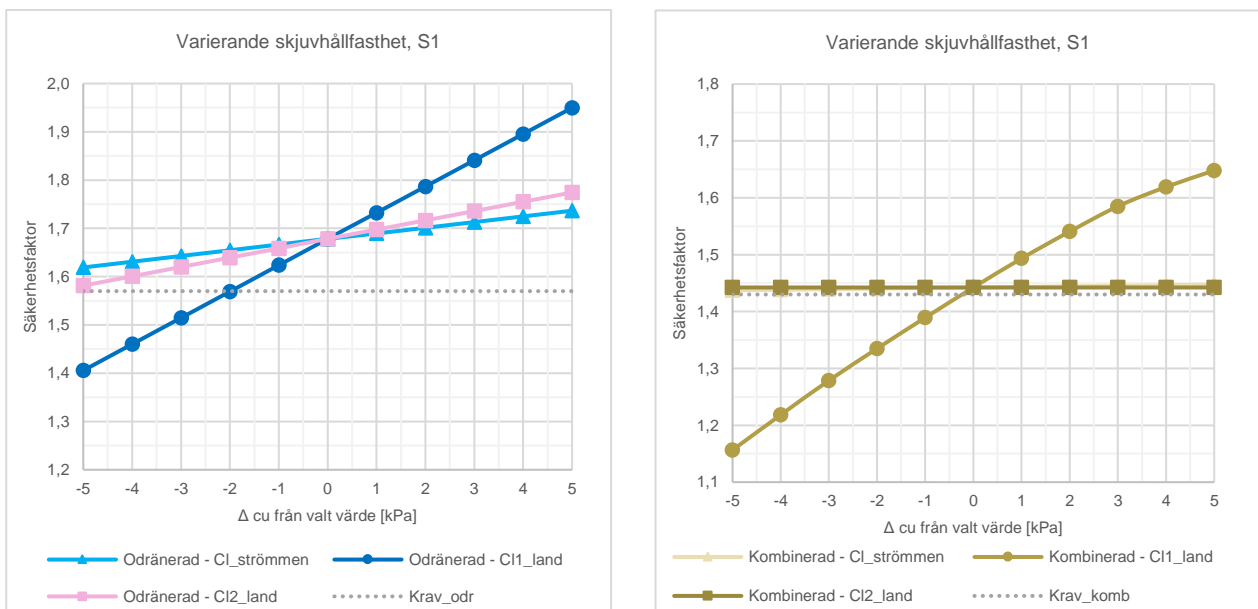
Resultat av varierande utbredd last på markytan redovisas i Figur 8. Tillfredsställande stabilitet uppnås utan belastning. Med belastning 20 kPa, motsvarande tung trafiklast eller ca 1 m uppfyllning minskar säkerhetsnivån med ca 25-30%.



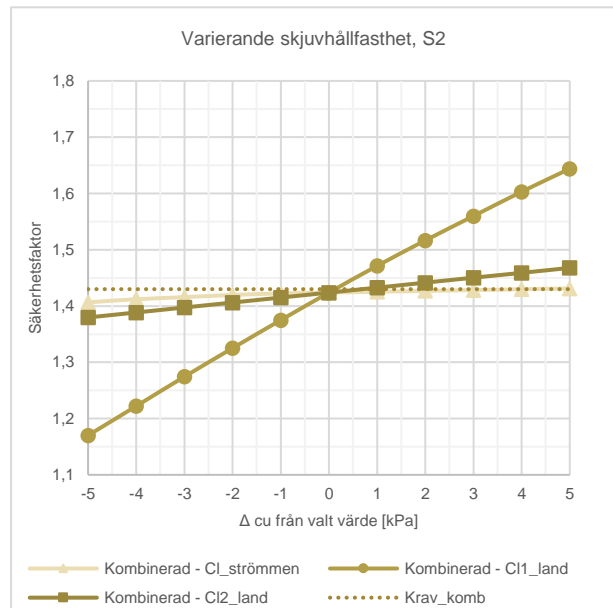
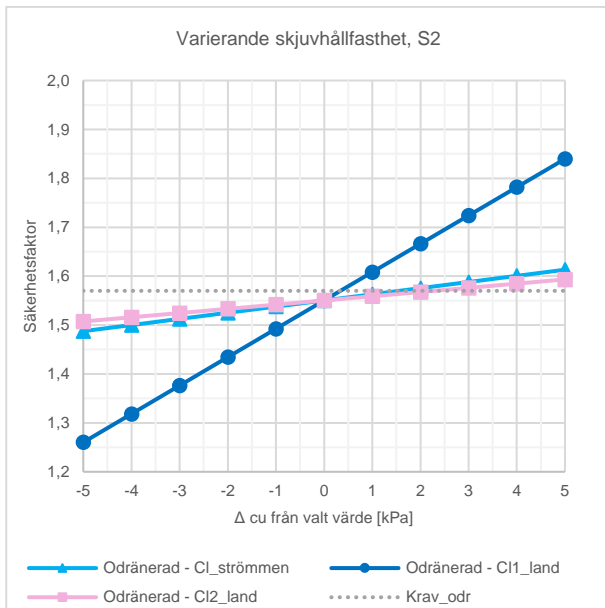
Figur 8. Känslighetsanalys - utbredd last på kajplan.

8.5.2 Varierande skjuvhållfasthet

Resultat av varierande odränerad skjuvhållfasthet med ± 5 kPa från valt värde i respektive lerlager redovisas i Figur 9 och 10. Analysen visar att vald skjuvhållfasthet i det övre lerlagret bakom kajen har störst inverkan på beräknad säkerhetsfaktor. Härledda värden varierar inom spannet som studerats, men de direkta skjuvförsöken ökar tillförlitligheten för valt värde.



Figur 9. Känslighetsanalys - skjuvhållfasthet, odränerad analys till vänster och kombinerad analys till höger. Sektion S1.

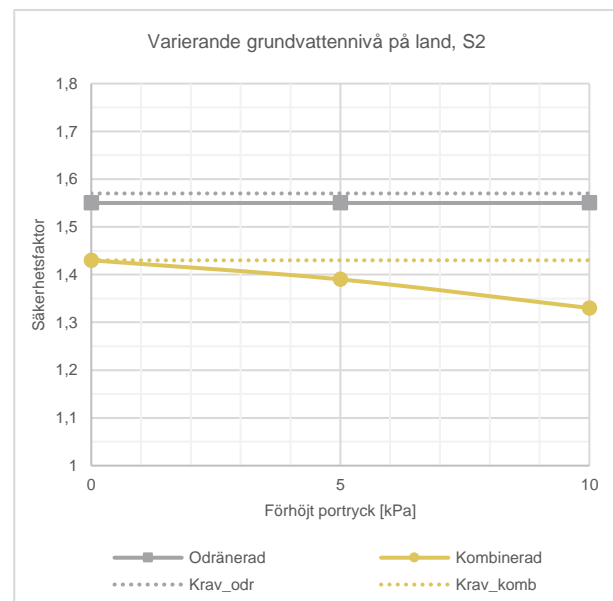
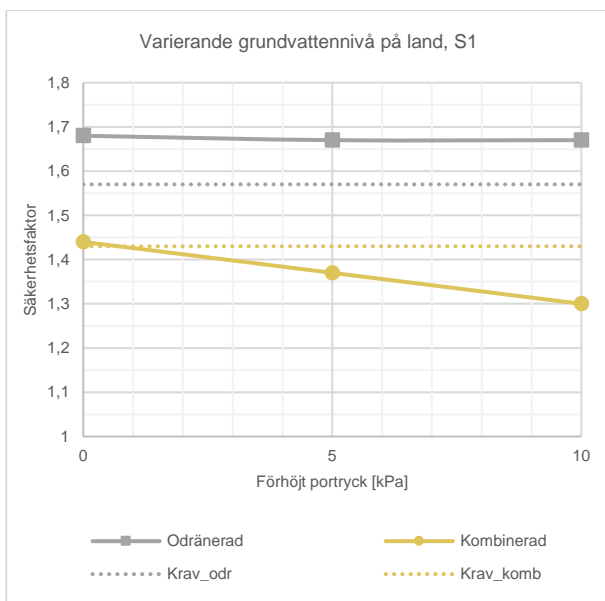


Figur 10. Känslighetsanalys - skjuvhållfasthet, odränerad analys till vänster och kombinerad analys till höger. Sektion S2.

8.5.3 Varierande grundvattennivå

Resultat av varierande grundvattennivå med hydrostatisk fördelning i jorden bakom kajen redovisas i Figur 11. Det kan jämföras med analysen med förhöjda portryck i endast lerlagren i Bilagor 1.6-1.7 och 2.6-2.7 som ger liknande resultat. Det är alltså portrycket i leran som har störst inverkan beräknad säkerhetsfaktor och eventuellt stående vatten i fyllningen har mindre betydelse.

Det är endast de kombinerade analyserna som påverkas av förhöjda portryck. Portrycken måste vara under längre tid för att ett dränerat brott ska kunna ske.



Figur 11. Känslighetsanalys - grundvattennivå på land bakom kajen. Förhöjt portryck relativt uppmätt trycknivå i friktionsjord.

9 Slutsats och rekommendationer

9.1 Slutsats

Stabiliteten är avhängig funktionen hos befintliga träpålar, som dels förutsätts bära hela kajens tyngd och dels bidra med skjuvmotstånd där glidyta skär pålarna. I tillhandahållen tillståndsbedömning av kajerna (Ramböll, 2012) bedömdes träpålarna längs de besiktigade delarna av samma konstruktionstyp och ålder då vara i relativt gott skick, vilket styrker att pålarnas stabilitetshöjande effekt kan nyttjas vid bedömning av befintlig stabilitet.

Utförda analyser visar att området är stabilt för befintliga förhållanden och obelastad markyta, förutsatt hydrostatiska grundvattenförhållanden. Beaktas förhöjda portryck i leran på land uppfylls dock inte aktuell kravnivå i kombinerad analys i sektion S1. Stabiliteten är inte heller tillfredsställande med belastning på kajplanet, varför en belastningsfri zon närmast kajen rekommenderas. Glidytor med otillfredställande säkerhetsfaktor sträcker sig 23 m från kajkant.

För framtida exploatering kan konstateras att höjning av befintliga marknivåer kommer att kräva geotekniska förstärkningsåtgärder. Med hänsyn till befintlig kajs ålder bör förutsättas att den ersätts med en ny kaj i samband med exploatering som innebär att kajområdet görs tillgängligt för allmänheten.

9.2 Åtgärdsförslag

Med aktuell utredningsnivå är rekommendationen att markytan inom 23 m från kajkant bör hållas belastningsfri, planritning i Bilaga 3. Bortom detta avstånd bör endast lättare belastning, motsvarande max 5 kPa tillåtas. Inga förändringar som verkar negativt på stabiliteten bör tillåtas. Utförs en fördjupad utredning kan lägre säkerhetsnivå tillåtas och sannolikt utbredningen av belastningsfri yta minskas.

Långsiktigt bör befintlig kajkonstruktion ersättas vid framtida exploatering som innebär höjning av marknivåer, vilket också är planerat att utföras inom projektet inför anläggandet av nya bron med tillfartsbankar. Alternativt krävs att nya konstruktioner och vägbankar grundläggs på ett sätt som inte medför tillskottslaster i jorden, t.ex. pålning, samt att området närmast kajen hålls avstängt och obelastat.

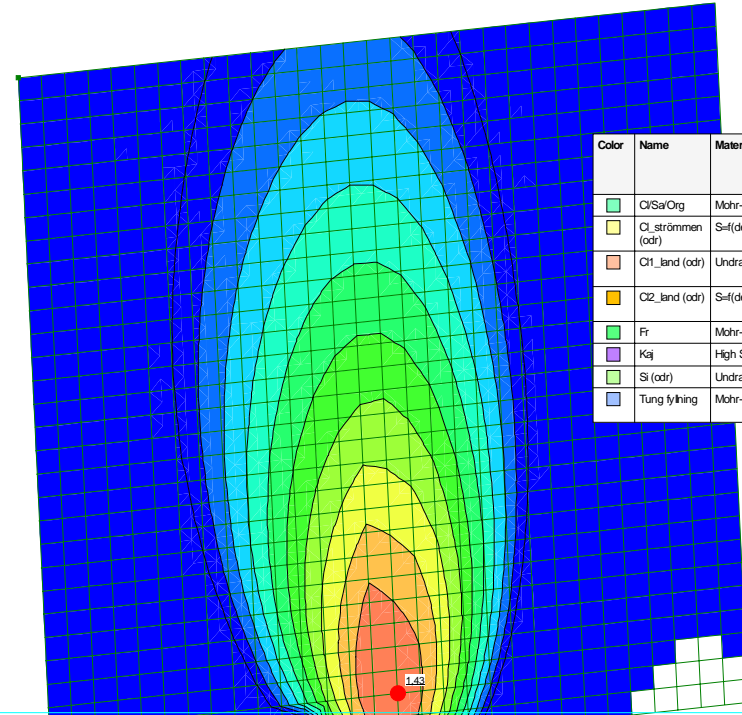
9.3 Förslag på fortsatt utredning

Om det är önskvärt att optimera den belastningsrestriktion som föreslås kan fördjupad utredning utföras. De kompletteringar som bör utföras för att uppfylla kraven för fördjupad utredning är ostörda provtagning i området närmre kajkanten, med direkta skjuvförsök för att verifiera lerans skjuvhållfasthet inom riskområdet. Då utförda känslighetsanalyser visar att förhöjda portryck i leran har stor inverkan bör även portrycksmätningar kompletteras närmre kajen vid en fördjupad utredning.

Sektion S1
 Befintliga förhållanden
 Utan pålar beaktade
 Utan last på kajplan

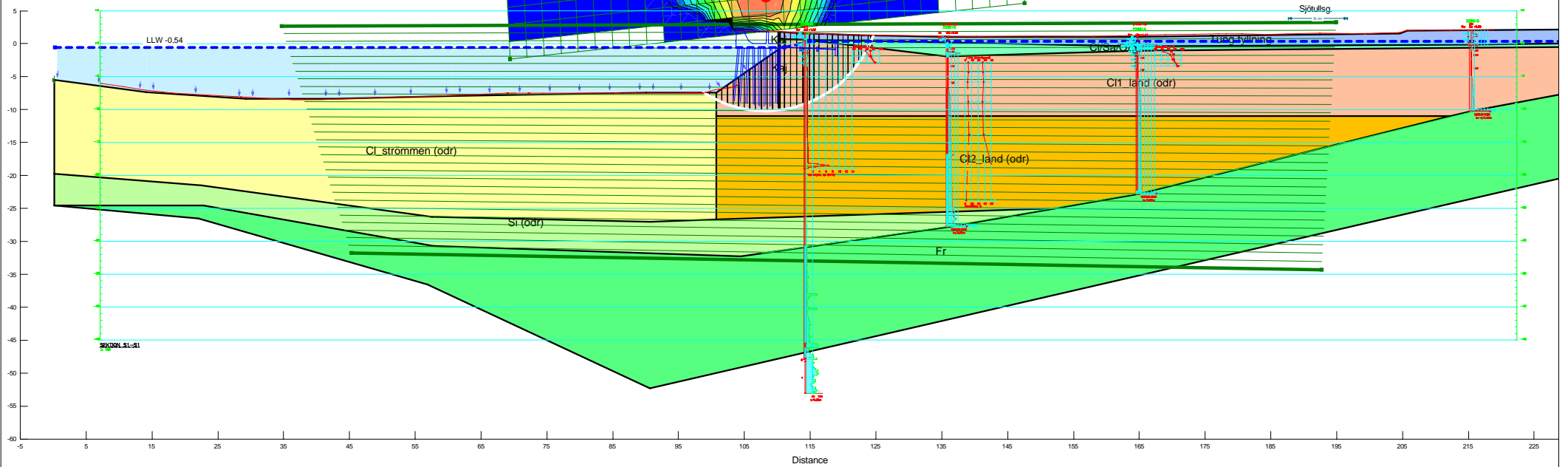
Uppdrag: Johannisborgsförbindelsen et 2, Norrköping
 Unr: 30043588

Material Model: Undrained ($\Phi=0$)



Color	Name	Material Model	Unit Weight (kNm ³)	Cohesion (kPa)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kNm ² /m)	C-Maximum (kPa)	Effective Friction Angle (°)
Light Green	Cl/Sa/Org	Mohr-Coulomb	16					30
Yellow	Cl strömmen (odr)	S=f(depth)	16		15	0,5	0	
Light Orange	Cl1_land (odr)	Undrained ($\Phi=0$)	15	20				
Orange	Cl2_land (odr)	S=f(depth)	16		20	1,2	0	
Green	Fr	Mohr-Coulomb	20					40
Purple	Kaj	High Strength	0,01					
Light Green	Sl (odr)	Undrained ($\Phi=0$)	18	45				
Blue	Tung fylning	Mohr-Coulomb	20					45

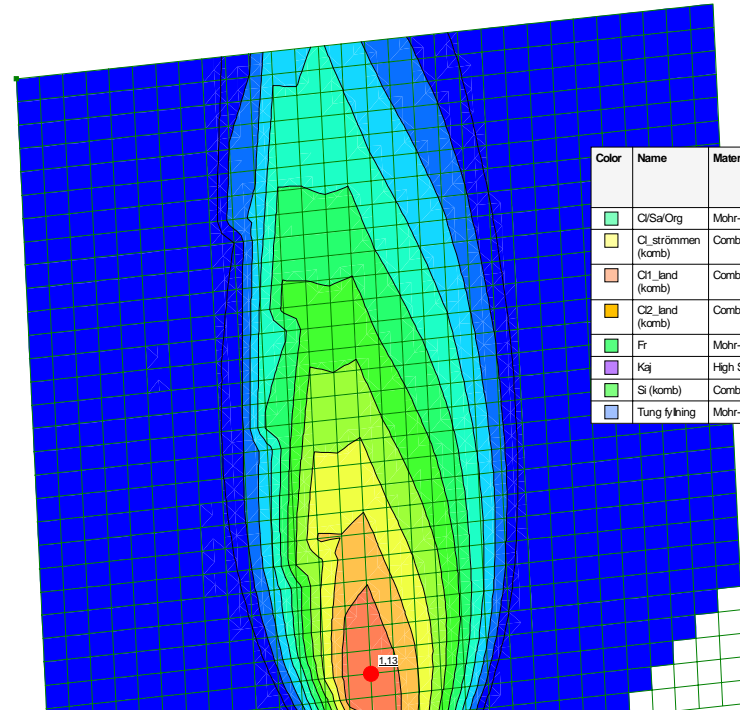
Factor of Safety: 1,43



Sektion S1
 Befintliga förhållanden
 Utan pålar beaktade
 Utan last på kajplan

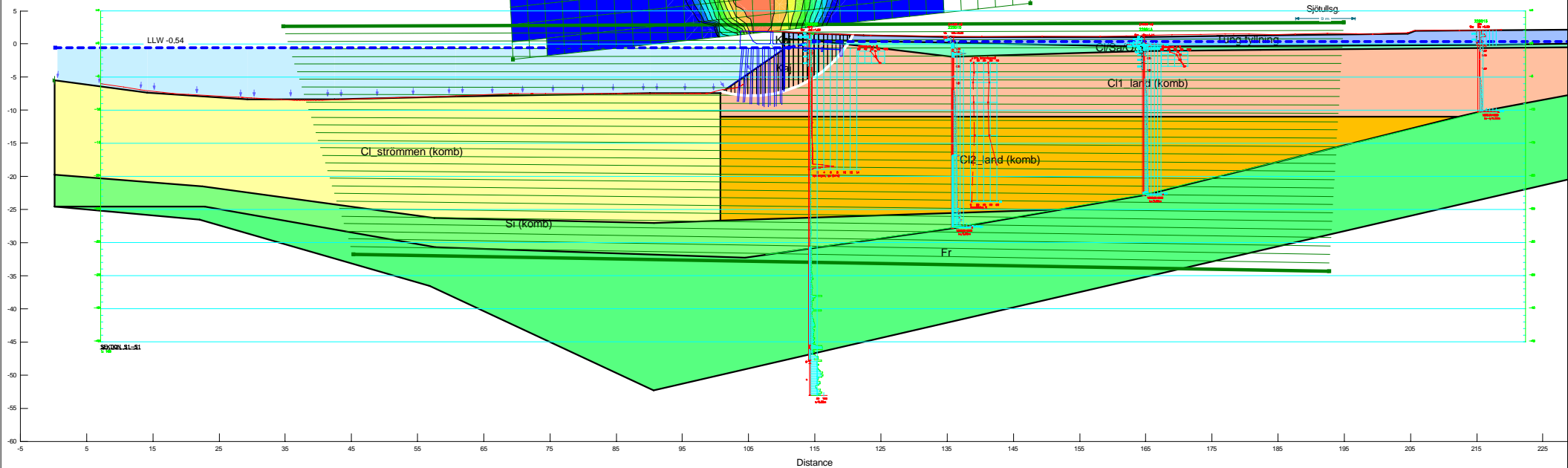
Uppdrag: Johannisborgsförbindelsen et 2, Norrköping
 Unr: 30043588

Material Model: Combined, S=f(depth)



Color	Name	Material Model	Unit Weight (kN/m ³)	Effective Friction Angle (°)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m ²)/m)	Cu-Top of Layer (kPa)	Cu-Rate of Change ((kN/m ²)/m)	C/Cu Ratio
Light Green	Cl/Sa/Org	Mohr-Coulomb	18	35					
Yellow	Cl_strömmen (komb)	Combined, S=f(depth)	16	30	0	0	15	0,5	0,1
Light Orange	C1_land (komb)	Combined, S=f(depth)	15	30	0	0	20	0	0,1
Orange	C2_land (komb)	Combined, S=f(depth)	16	30	0	0	20	1,2	0,1
Green	Fr	Mohr-Coulomb	20	40					
Purple	Kaj	High Strength	0,01						
Light Green	Sl (komb)	Combined, S=f(depth)	18	30	0	0	45	0	0,1
Blue	Tung fylning	Mohr-Coulomb	20	45					

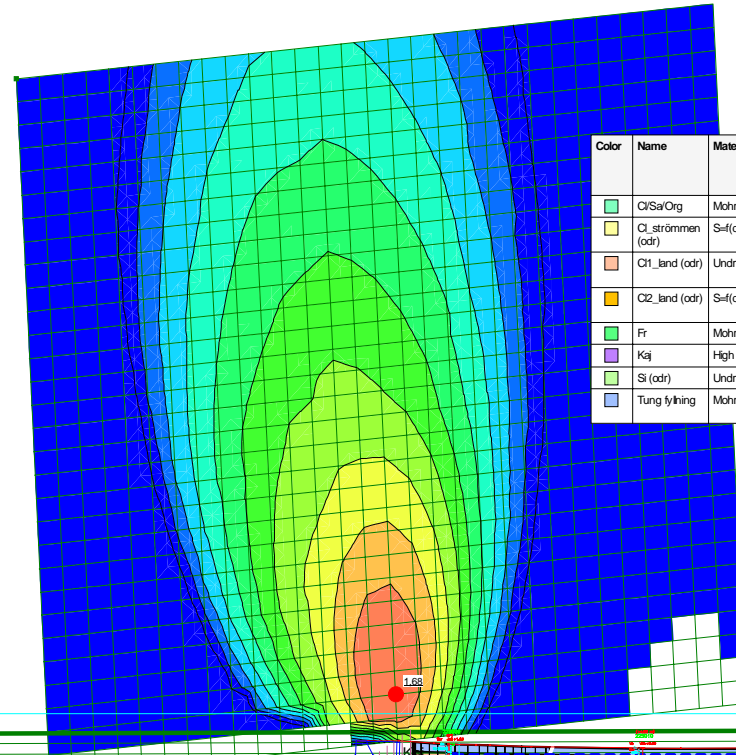
Factor of Safety: 1,13



Sektion S1
 Befintliga förhållanden
 Med pålar beaktade
 Utan last på kajplan

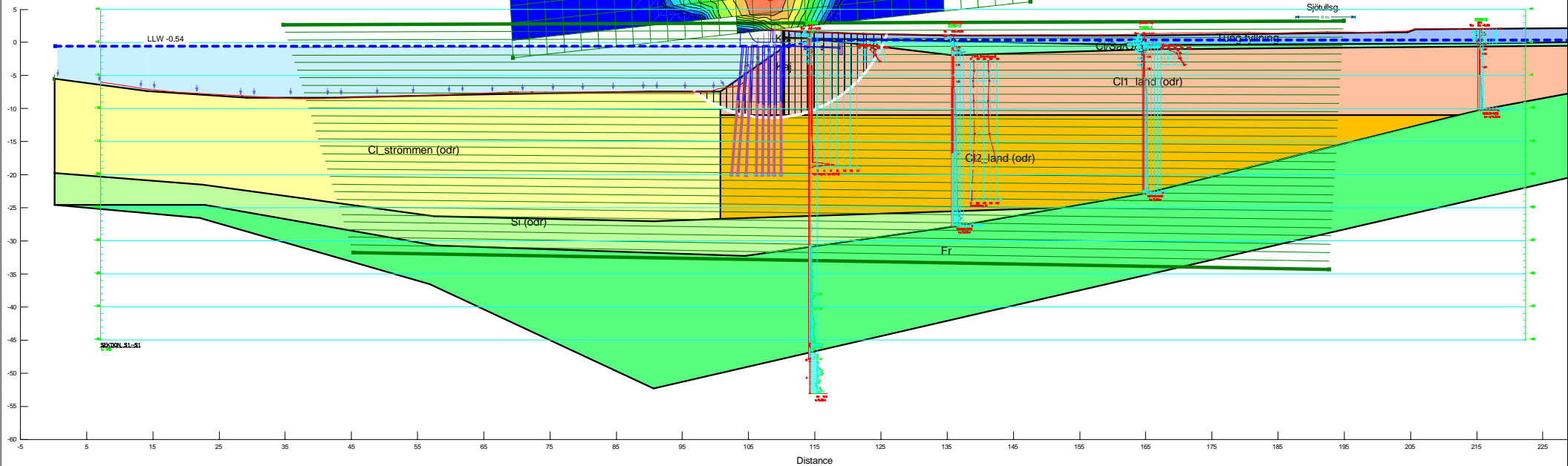
Uppdrag: Johannisborgsförbindelsen et 2, Norrköping
 Unr: 30043588

Material Model: Undrained ($\Phi=0$)



Color	Name	Material Model	Unit Weight (kNm ³)	Cohesion (kPa)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kNm ² /m)	C-Maximum (kPa)	Effective Friction Angle (°)
Light Green	Cl/Sa/Org	Mohr-Coulomb	16					30
Yellow	Cl strömmen (odr)	S=f(depth)	16		15	0,5	0	
Light Orange	Cl1_land (odr)	Undrained ($\Phi=0$)	15	20				
Orange	O2_land (odr)	S=f(depth)	16		20	1,2	0	
Green	Fr	Mohr-Coulomb	20					40
Purple	Kaj	High Strength	0,01					
Light Green	Sl (odr)	Undrained ($\Phi=0$)	18	45				
Blue	Tung fylning	Mohr-Coulomb	20					45

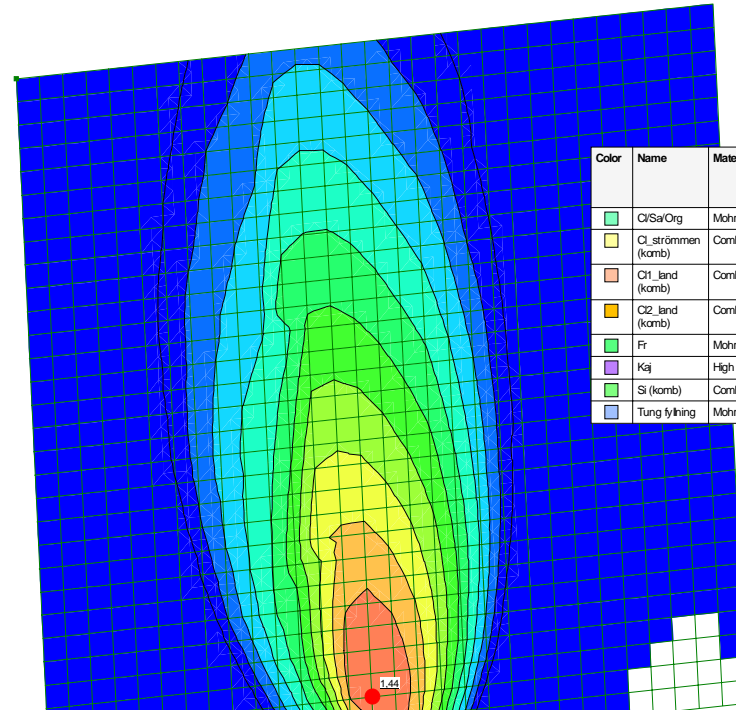
Factor of Safety: 1,68



Sektion S1
 Befintliga förhållanden
 Med pålar beaktade
 Utan last på kajplan

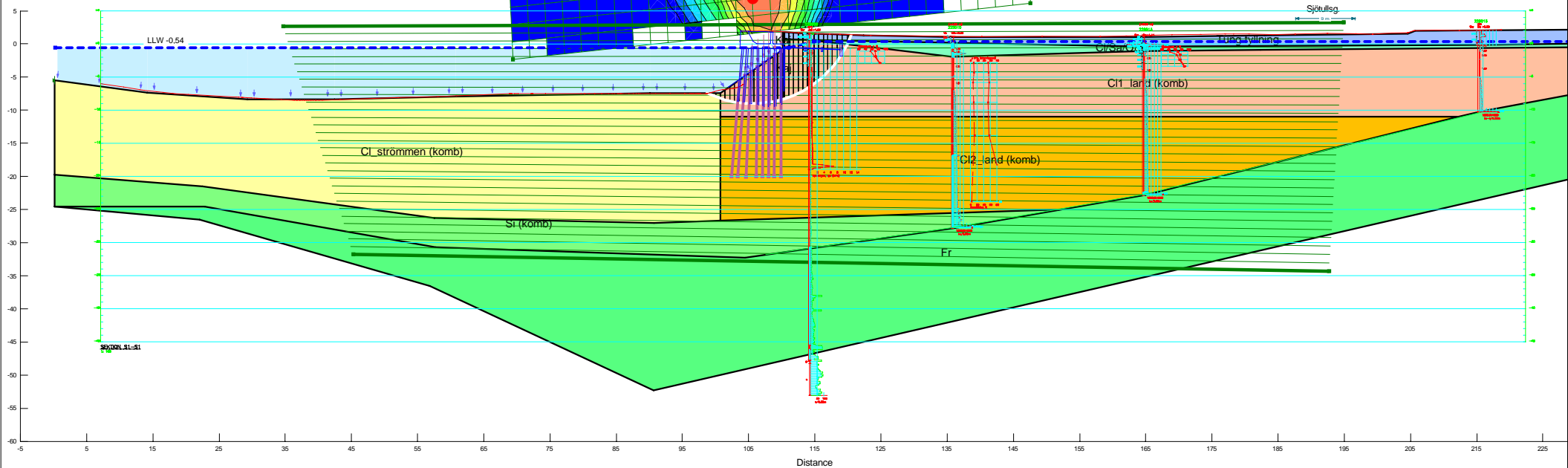
Uppdrag: Johannisborgsförbindelsen et 2, Norrköping
 Unr: 30043588

Material Model: Combined, $S=f(\text{depth})$



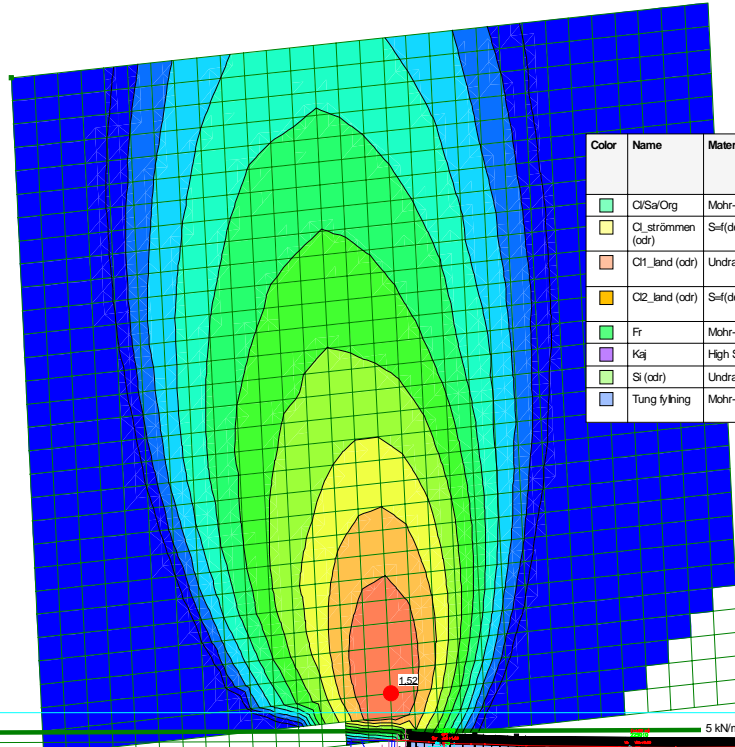
Color	Name	Material Model	Unit Weight (kN/m ³)	Effective Friction Angle (°)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m ²)/m)	Cu-Top of Layer (kPa)	Cu-Rate of Change ((kN/m ²)/m)	C/Cu Ratio
Light Green	Cl/Sa/Org	Mohr-Coulomb	16	30					
Yellow	Cl_strömmen (komb)	Combined, S=f(depth)	16	30	0	0	15	0,5	0,1
Light Orange	C1_land (komb)	Combined, S=f(depth)	15	30	0	0	20	0	0,1
Orange	C2_land (komb)	Combined, S=f(depth)	16	30	0	0	20	1,2	0,1
Green	Fr	Mohr-Coulomb	20	40					
Purple	Kaj	High Strength	0,01						
Light Green	Sl (komb)	Combined, S=f(depth)	18	30	0	0	45	0	0,1
Blue	Tung flyning	Mohr-Coulomb	20	45					

Factor of Safety: 1,44



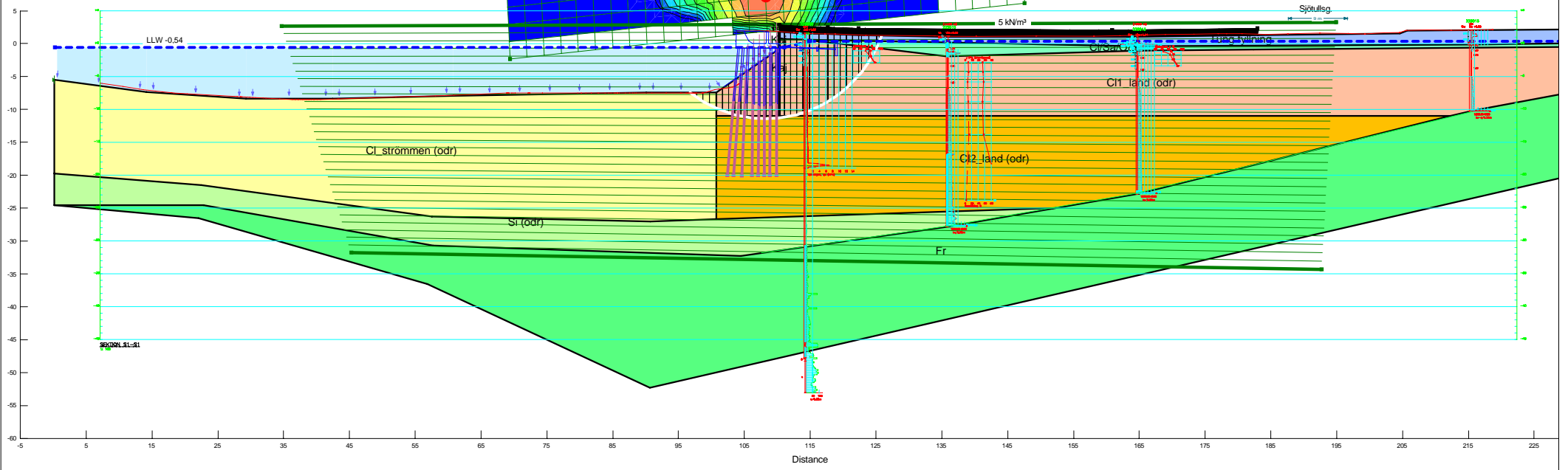
Last på kajplan: 5 kN/m²

Material Model: Undrained (Phi=0)



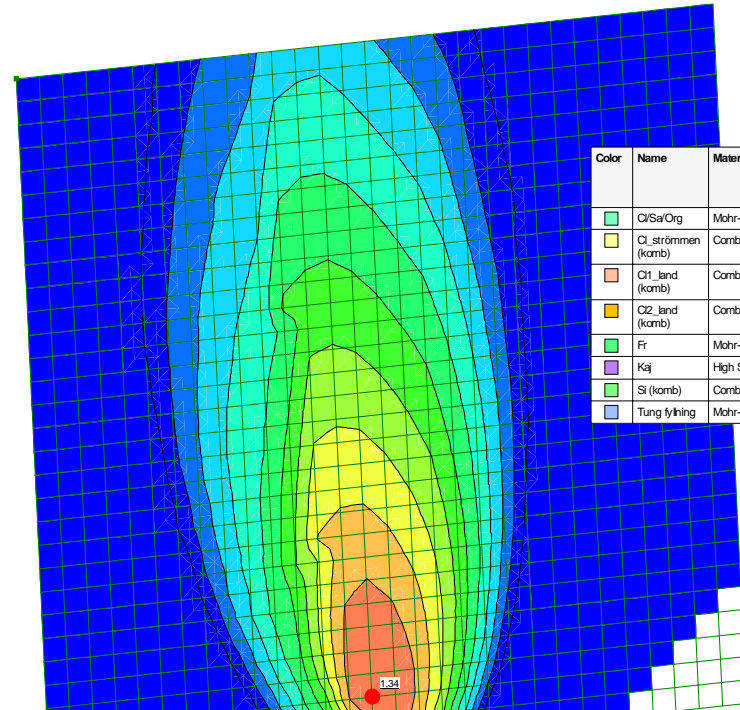
Color	Name	Material Model	Unit Weight (kNm ³)	Cohesion (kPa)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kNm ² /m)	C-Maximum (kPa)	Effective Friction Angle (°)
Light Green	Cl/Sa/Org	Mohr-Coulomb	16					30
Yellow	Cl strömmen (odr)	S=f(depth)	16		15	0,5	0	
Light Orange	Cl1_land (odr)	Undrained (Phi=0)	15	20				
Orange	Cl2_land (odr)	S=f(depth)	16		20	1,2	0	
Green	Fr	Mohr-Coulomb	20					40
Purple	Kaj	High Strength	0,01					
Light Green	Sl (odr)	Undrained (Phi=0)	18	45				
Blue	Tung fylning	Mohr-Coulomb	20					45

Factor of Safety: 1,52



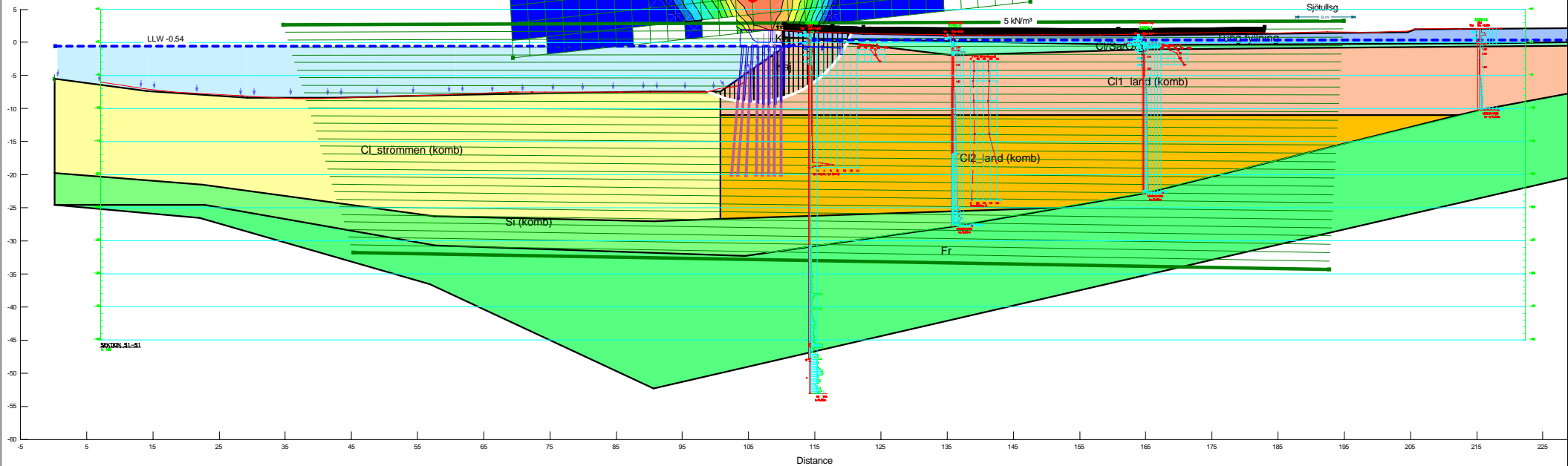
Last på kajplan: 5 kN/m²

Material Model: Combined, S=f(depth)



Color	Name	Material Model	Unit Weight (kN/m ³)	Effective Friction Angle (°)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m ²)/m)	Cu-Top of Layer (kPa)	Cu-Rate of Change ((kN/m ²)/m)	C/Cu Ratio
Light Green	Cl/Sa/Org	Mohr-Coulomb	16	30					
Yellow	Cl_strömmen (komb)	Combined, S=f(depth)	16	30	0	0	15	0,5	0,1
Light Orange	C1_land (komb)	Combined, S=f(depth)	15	30	0	0	20	0	0,1
Orange	C2_land (komb)	Combined, S=f(depth)	16	30	0	0	20	1,2	0,1
Green	Fr	Mohr-Coulomb	20	40					
Purple	Kaj	High Strength	0,01						
Light Green	Sl (komb)	Combined, S=f(depth)	18	30	0	0	45	0	0,1
Blue	Tung fylning	Mohr-Coulomb	20	45					

Factor of Safety: 1,34



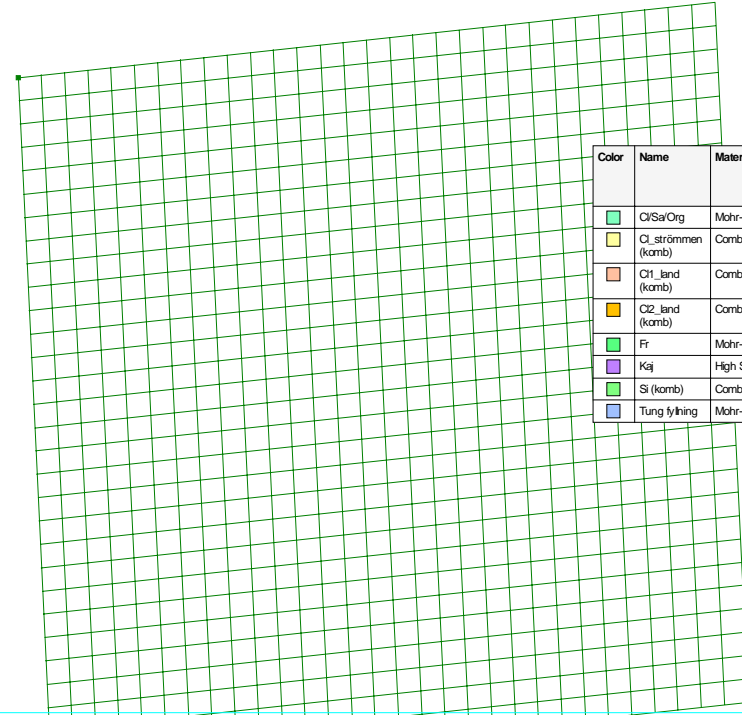
BILAGA 1.4 (Definierad portrycksprofil)

Sektion S1
Befintliga förhållanden

Portrycksprofil i lera enligt 22S016
(förhöjt 10-15 kPa relativt hydrostatiskt)

Last på kajplan: 5 kN/m³

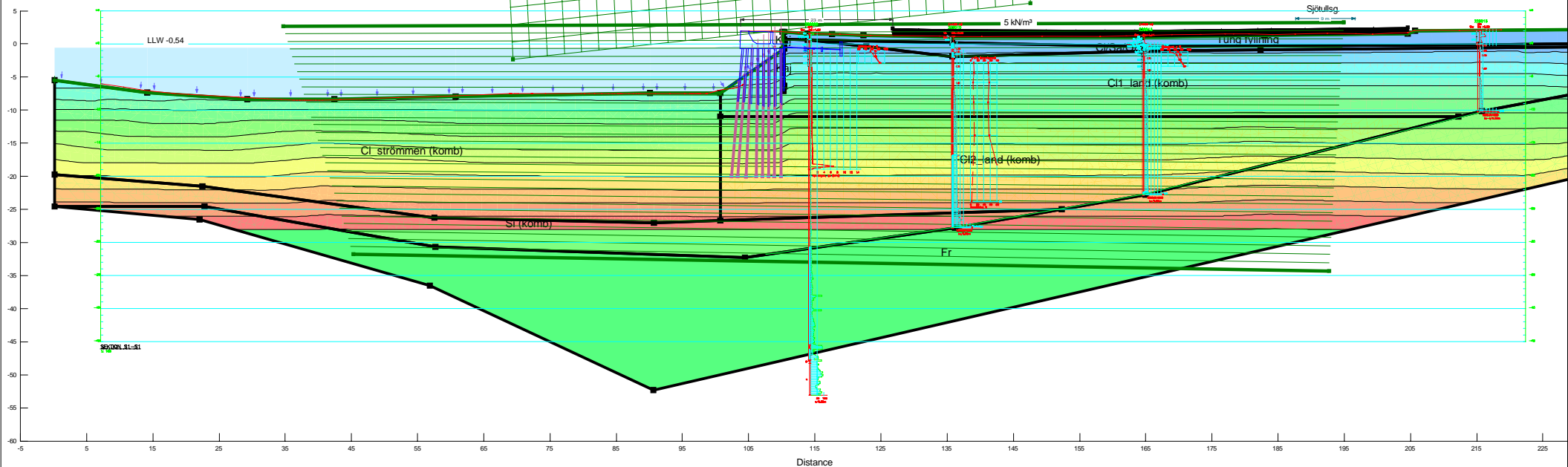
Material Model: Combined, S=f(depth)



Color	Name	Material Model	Unit Weight (kN/m ³)	Effective Friction Angle (°)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m ²)/m)	Cu-Top of Layer (kPa)	Cu-Rate of Change ((kN/m ²)/m)	C/Cu Ratio
Light Green	Cl/Sa/Org	Mohr-Coulomb	16	30					
Yellow	Cl strömmen (komb)	Combined, S=f(depth)	16	30	0	0	15	0,5	0,1
Light Orange	C1_land (komb)	Combined, S=f(depth)	15	30	0	0	20	0	0,1
Yellow-Orange	C2_land (komb)	Combined, S=f(depth)	16	30	0	0	20	1,2	0,1
Green	Fr	Mohr-Coulomb	20	40					
Purple	Kaj	High Strength	0,01						
Light Green	Sl (komb)	Combined, S=f(depth)	18	30	0	0	45	0	0,1
Blue	Tung fylning	Mohr-Coulomb	20	45					

Water Pressure

0 - 20 kPa
20 - 40 kPa
40 - 60 kPa
60 - 80 kPa
80 - 100 kPa
100 - 120 kPa
120 - 140 kPa
140 - 160 kPa
160 - 180 kPa
180 - 200 kPa
200 - 220 kPa
220 - 240 kPa
240 - 260 kPa
260 - 280 kPa



BILAGA 1.4 (Resultat)

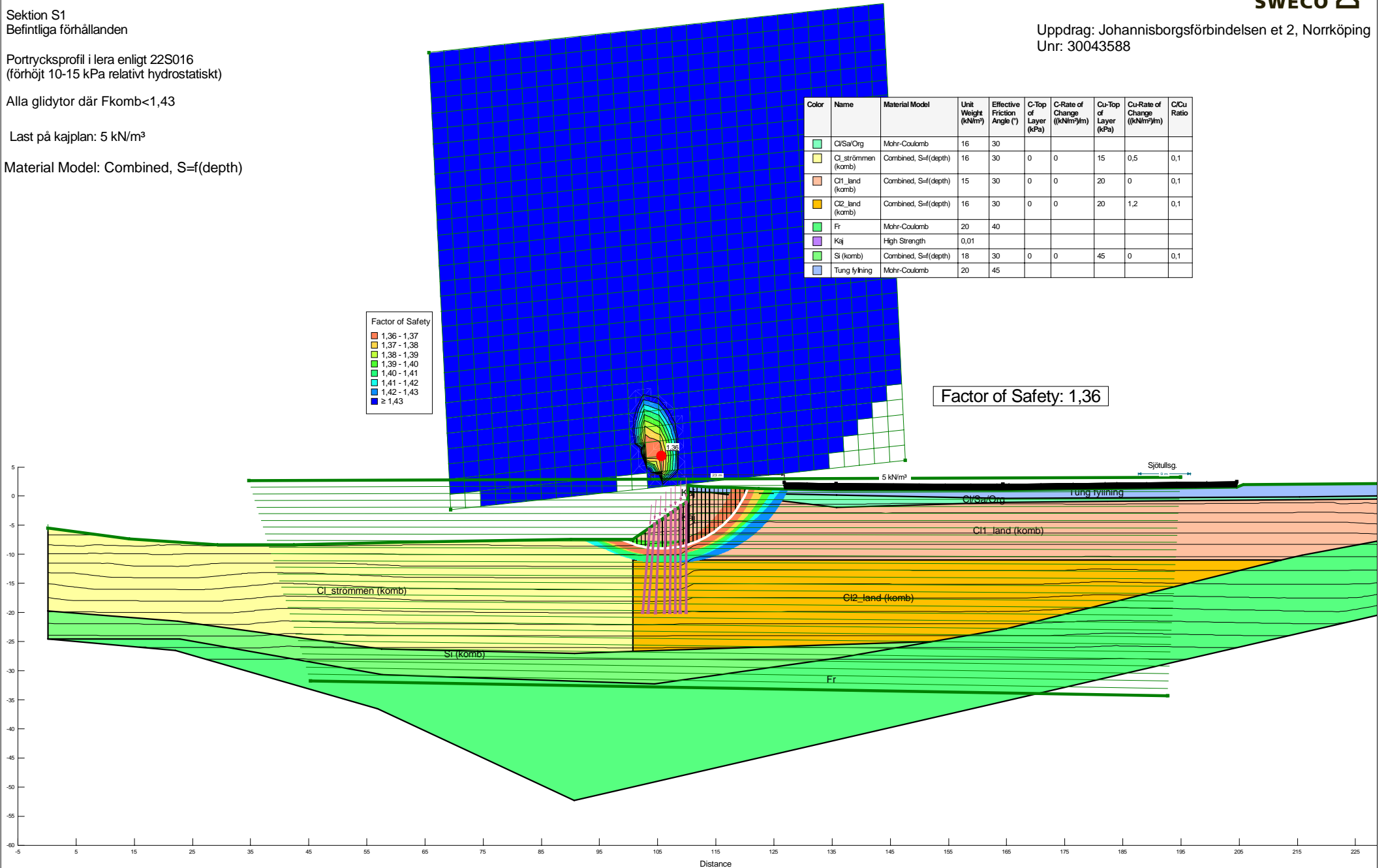
Sektion S1
Befintliga förhållanden

Porttrycksprofil i lera enligt 22S016
(förhöjt 10-15 kPa relativt hydrostatiskt)

Alla glidytor där $F_{komb} < 1,43$

Last på kajplan: 5 kN/m^2

Material Model: Combined, $S=f(\text{depth})$



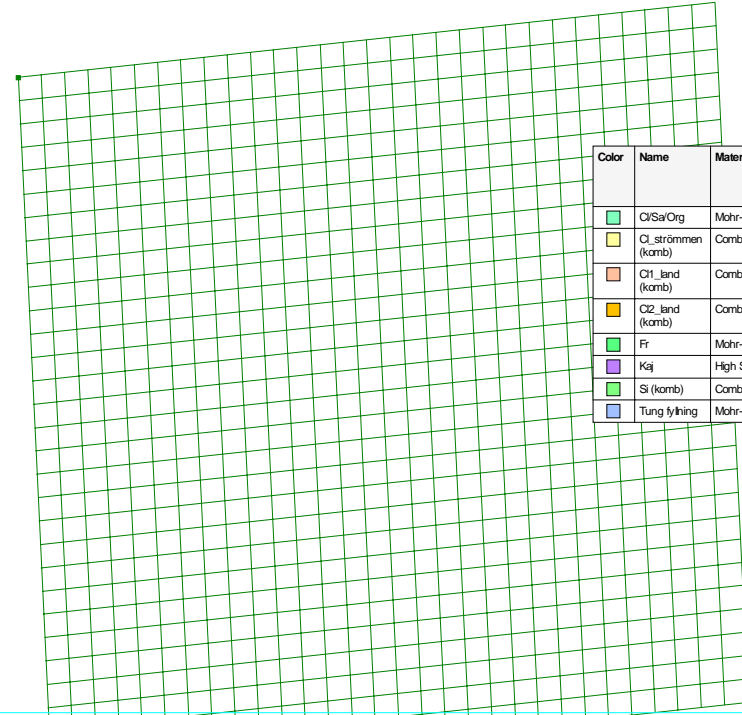
BILAGA 1.5 (Definierad portrycksprofil)

Sektion S1
Befintliga förhållanden

Portrycksprofil i lera enligt 22S008
(förhöjt 5-8 kPa relativt hydrostatiskt)

Last på kajplan: 5 kN/m²

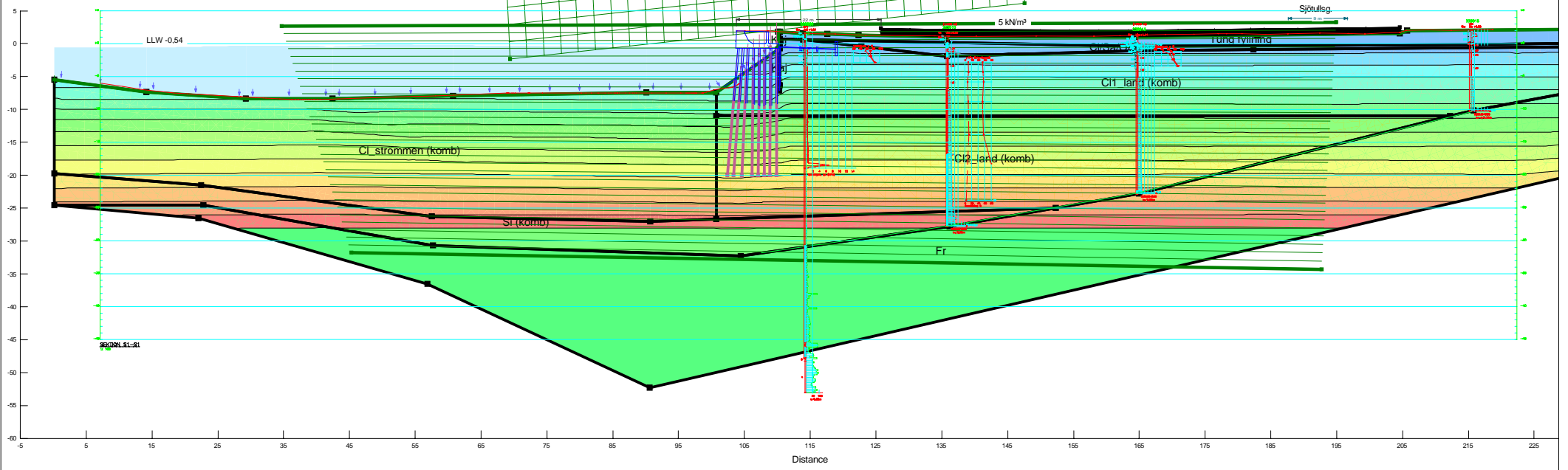
Material Model: Combined, S=f(depth)



Color	Name	Material Model	Unit Weight (kN/m ³)	Effective Friction Angle (°)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m ²)/m)	Cu-Top of Layer (kPa)	Cu-Rate of Change ((kN/m ²)/m)	C/Cu Ratio
Light Green	Cl/Sa/Org	Mohr-Coulomb	16	30					
Yellow	Cl strömmen (komb)	Combined, S=f(depth)	16	30	0	0	15	0,5	0,1
Light Orange	C1_land (komb)	Combined, S=f(depth)	15	30	0	0	20	0	0,1
Yellow-Orange	C2_land (komb)	Combined, S=f(depth)	16	30	0	0	20	1,2	0,1
Green	Fr	Mohr-Coulomb	20	40					
Purple	Kaj	High Strength	0,01						
Light Green	Sl (komb)	Combined, S=f(depth)	18	30	0	0	45	0	0,1
Blue	Tung fylning	Mohr-Coulomb	20	45					

Water Pressure

0 - 20 kPa
20 - 40 kPa
40 - 60 kPa
60 - 80 kPa
80 - 100 kPa
100 - 120 kPa
120 - 140 kPa
140 - 160 kPa
160 - 180 kPa
180 - 200 kPa
200 - 220 kPa
220 - 240 kPa
240 - 260 kPa
260 - 280 kPa



BILAGA 1.5 (Resultat)

Sektion S1
Befintliga förhållanden

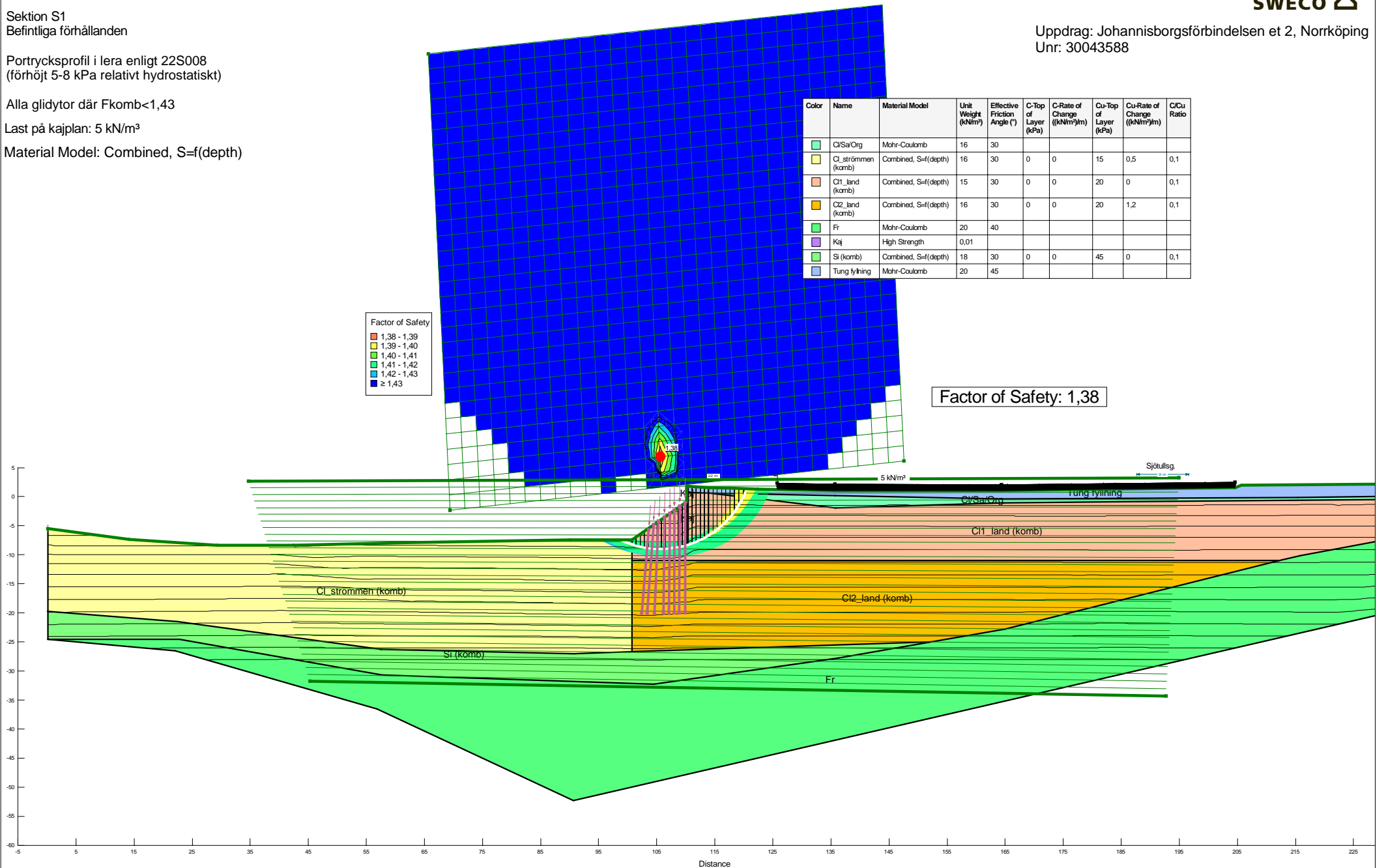
Porttrycksprofil i lera enligt 22S008
(förhöjt 5-8 kPa relativt hydrostatiskt)

Alla glidytor där $F_{komb} < 1,43$

Last på kajplan: 5 kN/m³

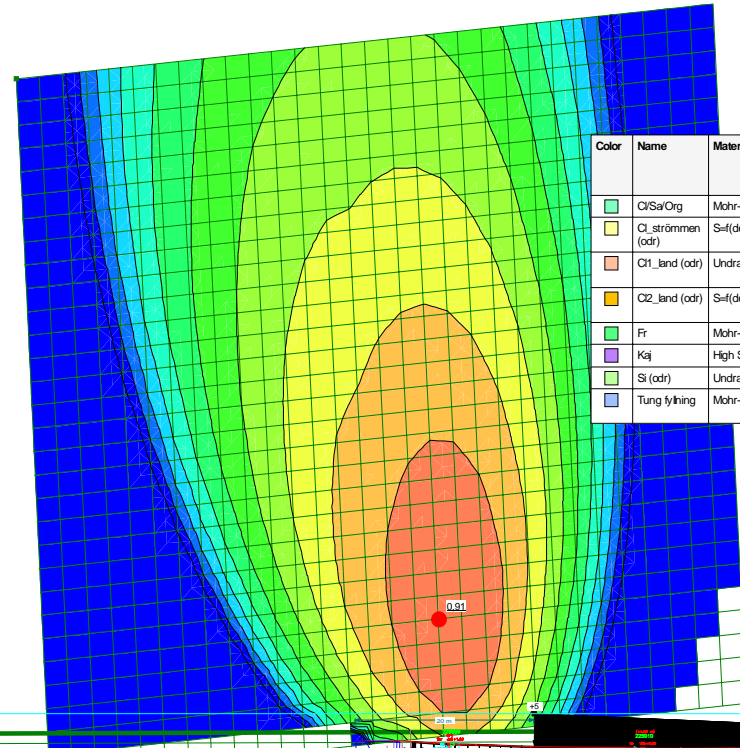
Material Model: Combined, $S=f(\text{depth})$

Uppdrag: Johannisborgsförbindelsen et 2, Norrköping
Unr: 30043588



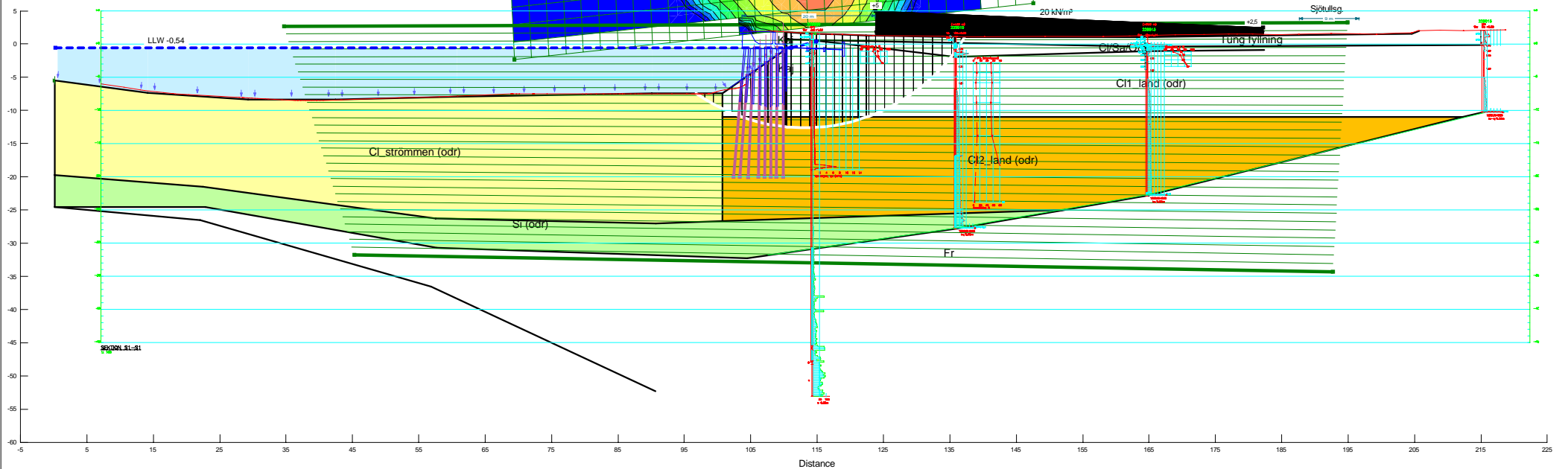
Last på kajplan: 20 kN/m³
Ökande från nivå +2,5 vid Sjötullsgatan till +5 vid
20 m från kajkant

Material Model: Undrained (Phi=0)



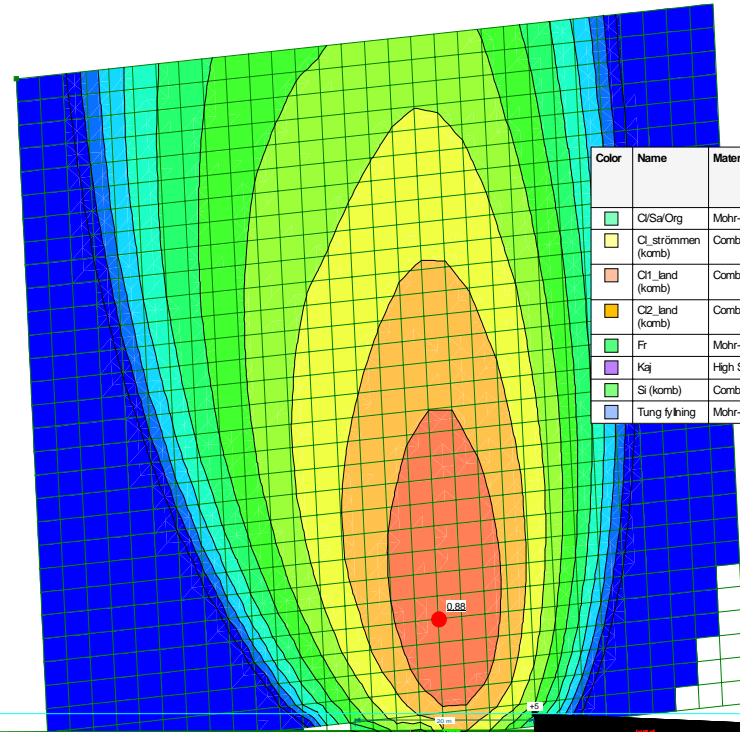
Color	Name	Material Model	Unit Weight (kNm ³)	Cohesion (kPa)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kNm ² /m)	C-Maximum (kPa)	Effective Friction Angle (°)
Light Green	Cl/Sa/Org	Mohr-Coulomb	16					30
Yellow	Cl strömmen (odr)	S=f(depth)	16		15	0,5	0	
Light Orange	C1_land (odr)	Undrained (Phi=0)	15	20				
Orange	O2_land (odr)	S=f(depth)	16		20	1,2	0	
Green	Fr	Mohr-Coulomb	20					40
Purple	Kaj	High Strength	0,01					
Light Green	Sl (odr)	Undrained (Phi=0)	18	45				
Blue	Tung fyllning	Mohr-Coulomb	20					45

Factor of Safety: 0,91



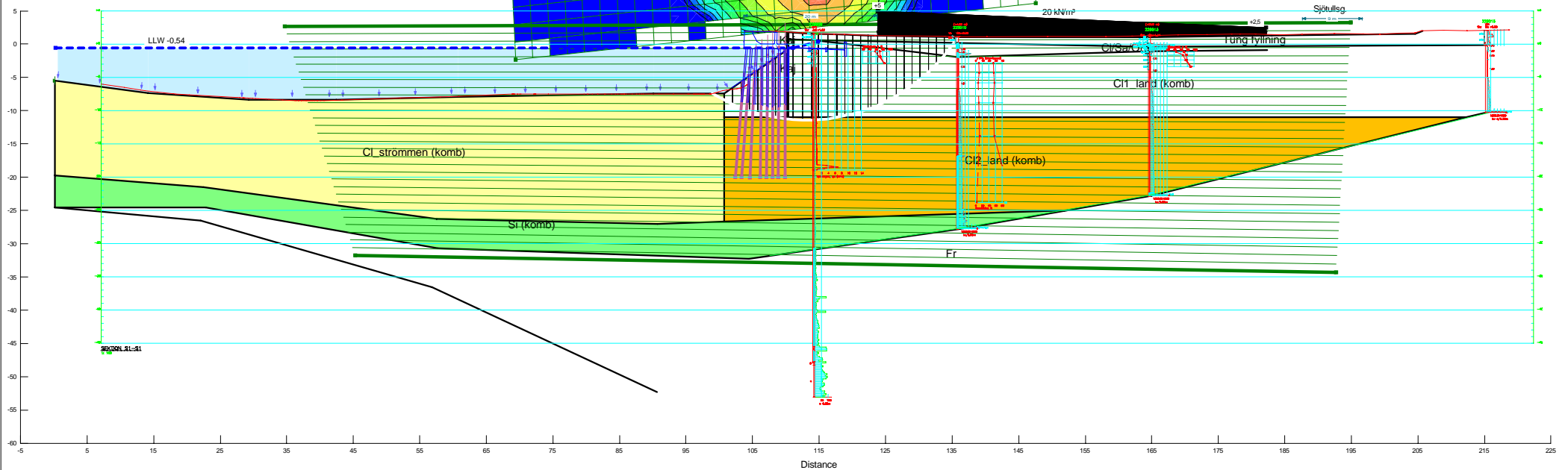
Last på kajplan: 20 kN/m³
Ökande från nivå +2,5 vid Sjötullsgatan till +5 vid
20 m från kajkant

Material Model: Combined, S=f(depth)



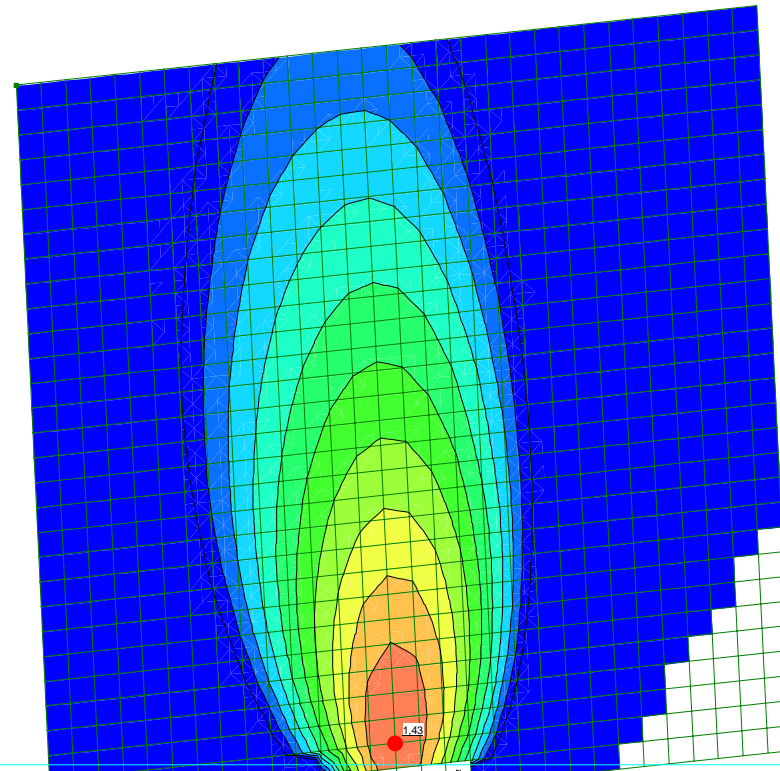
Color	Name	Material Model	Unit Weight (kN/m ³)	Effective Friction Angle (°)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m ² /m)	Cu-Top of Layer (kPa)	Cu-Rate of Change ((kN/m ² /m)	C/Cu Ratio
Light Green	Cl/Sa/Org	Mohr-Coulomb	16	30					
Yellow	Cl_strömmen (komb)	Combined, S=f(depth)	16	30	0	0	15	0,5	0,1
Light Orange	C1_land (komb)	Combined, S=f(depth)	15	30	0	0	20	0	0,1
Orange	C2_land (komb)	Combined, S=f(depth)	16	30	0	0	20	1,2	0,1
Green	Fr	Mohr-Coulomb	20	40					
Purple	Kaj	High Strength	0,01						
Light Green	Sl (komb)	Combined, S=f(depth)	18	30	0	0	45	0	0,1
Blue	Tung fylning	Mohr-Coulomb	20	45					

Factor of Safety: 0,88

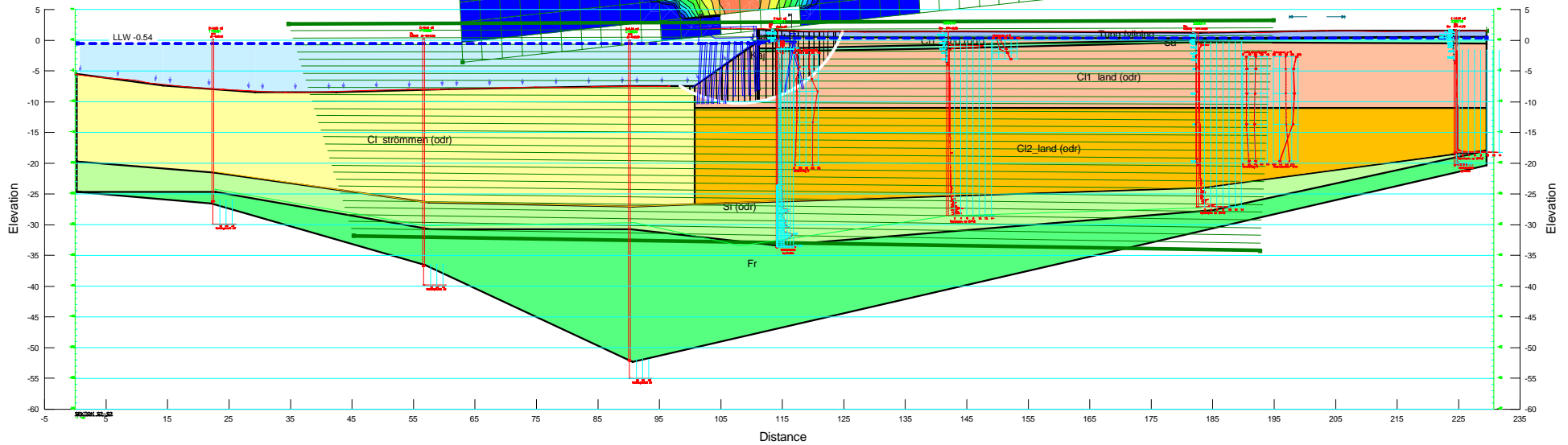


Material Model: Undrained ($\Phi=0$)

Color	Name	Material Model	Unit Weight (kN/m ³)	Effective Friction Angle (°)	Cohesion (kPa)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change (kN/m ² /m)	C-Maximum (kPa)
Yellow	C1_strömmen (odr)	S=f(depth)	16			15	0.5	0
Orange	C1_land (odr)	Undrained ($\Phi=0$)	15		20			
Light Orange	C2_land (odr)	S=f(depth)	16			20	1.2	0
Green	Fr	Mohr-Coulomb	20	40				
Purple	Kaj	High Strength	16					
Pink	Lätbänker	Mohr-Coulomb	5	40				
Light Green	Sa	Mohr-Coulomb	18	35				
Light Yellow	Sl (odr)	Undrained ($\Phi=0$)	18		45			
Blue	Tung fyllning	Mohr-Coulomb	20	45				



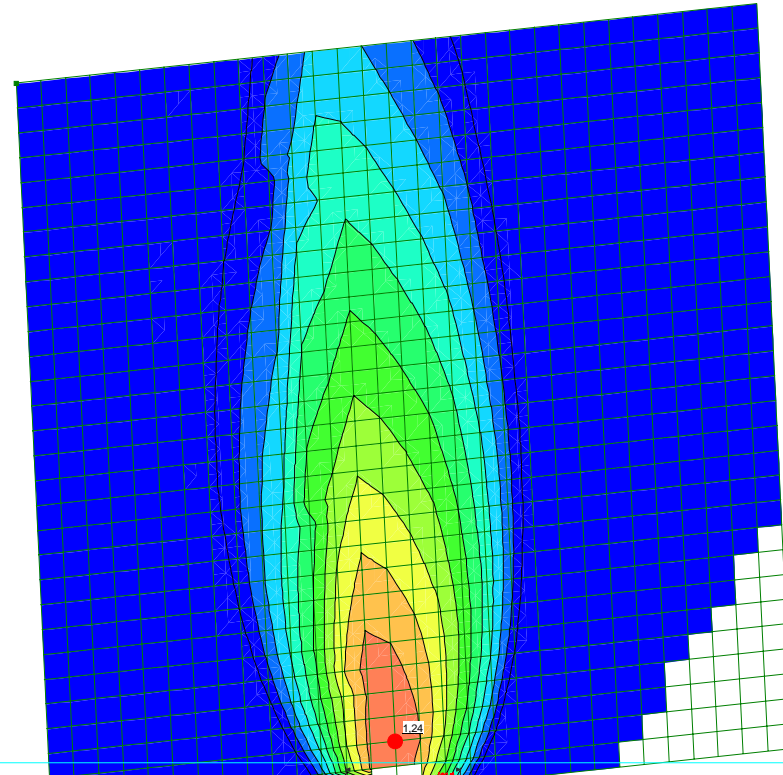
Factor of Safety: 1,43



Sektion S2
 Befintliga förhållanden
 Utan pålar beaktade
 Utan last på kajplan

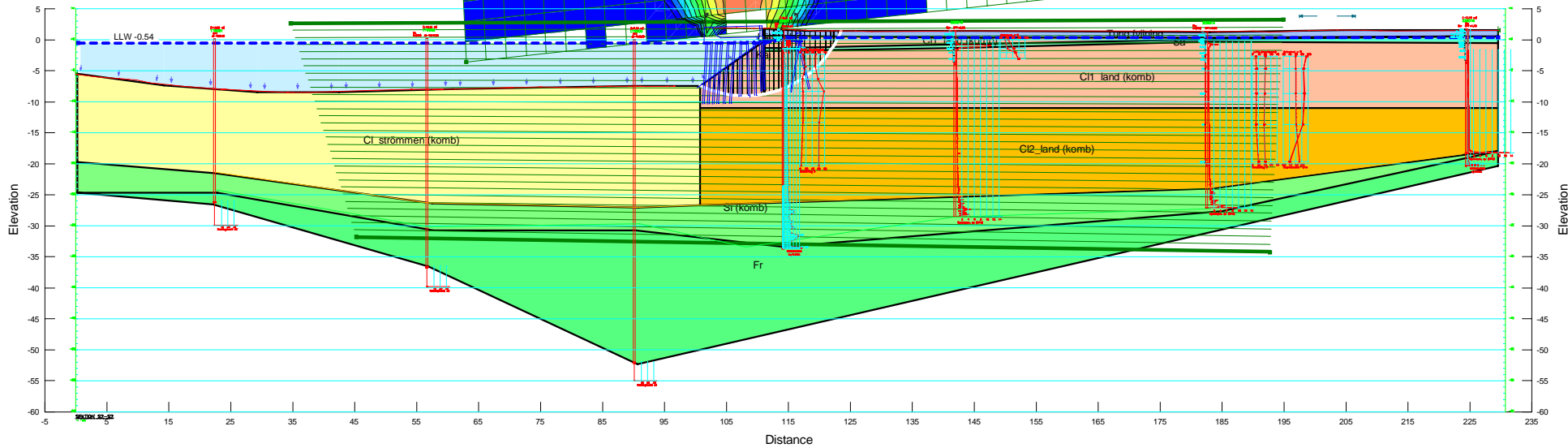
Uppdrag: Johannisborgsförbindelsen et 2, Norrköping
 Unr: 30043588

Material Model: Combined, S=f(depth)



Color	Name	Material Model	Unit Weight (kN/m ³)	Effective Friction Angle (°)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change (kN/m ² /m)	Cu-Top of Layer (kPa)	Cu-Rate of Change (kN/m ² /m)	OCu Ratio
Yellow	Cl_strömmen (komb)	Combined, S=f(depth)	16	30	0	0	15	0.5	0.1
Orange	C1_land (komb)	Combined, S=f(depth)	15	30	0	0	20	0	0.1
Light Orange	C2_land (komb)	Combined, S=f(depth)	16	30	0	0	20	1.2	0.1
Green	Fr	Mohr-Coulomb	20	40					
Purple	Kaj	High Strength	16						
Pink	Lätbänker	Mohr-Coulomb	5	40					
Light Green	Sa	Mohr-Coulomb	18	35					
Light Green	Sl (komb)	Combined, S=f(depth)	18	30	0	0	45	0	0.1
Blue	Tung fylning	Mohr-Coulomb	20	45					

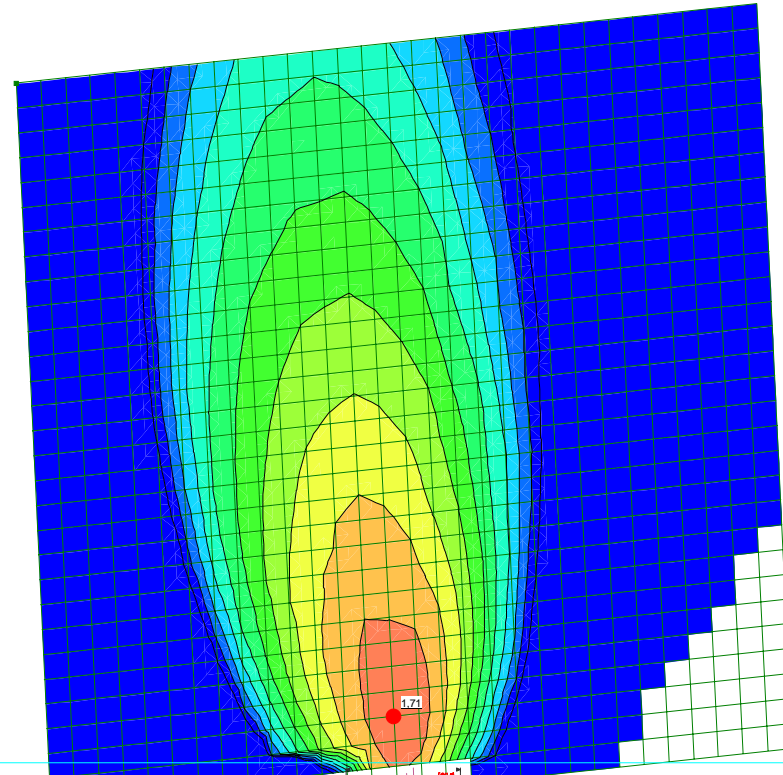
Factor of Safety: 1,24



Sektion S2
 Befintliga förhållanden
 Med pålar beaktade
 Utan last på kajplan

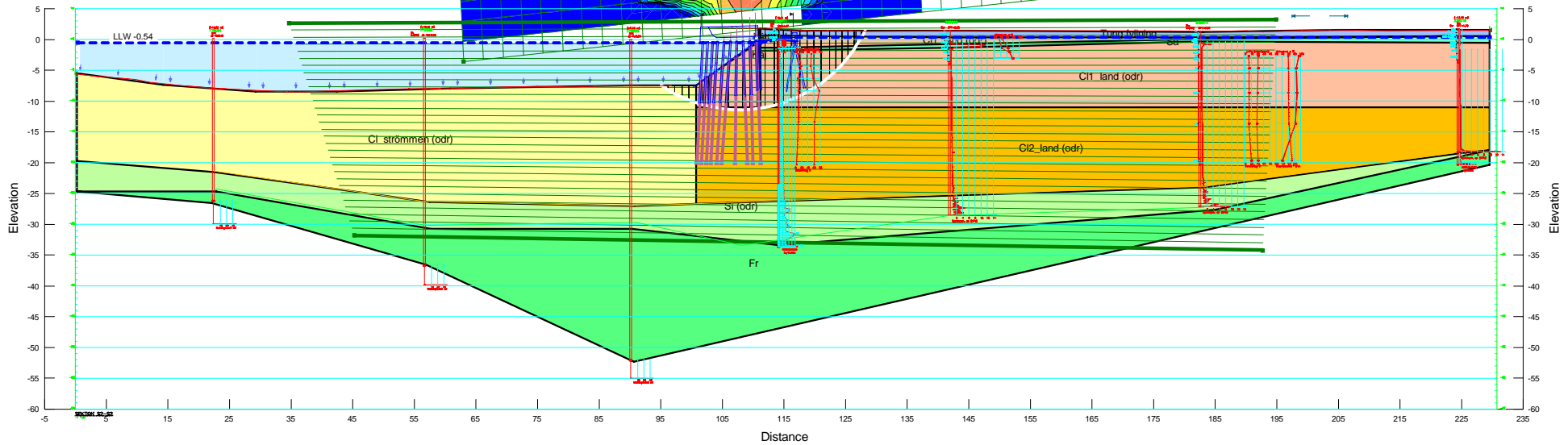
Uppdrag: Johannisborgsförbindelsen et 2, Norrköping
 Unr: 30043588

Material Model: Undrained ($\Phi=0$)

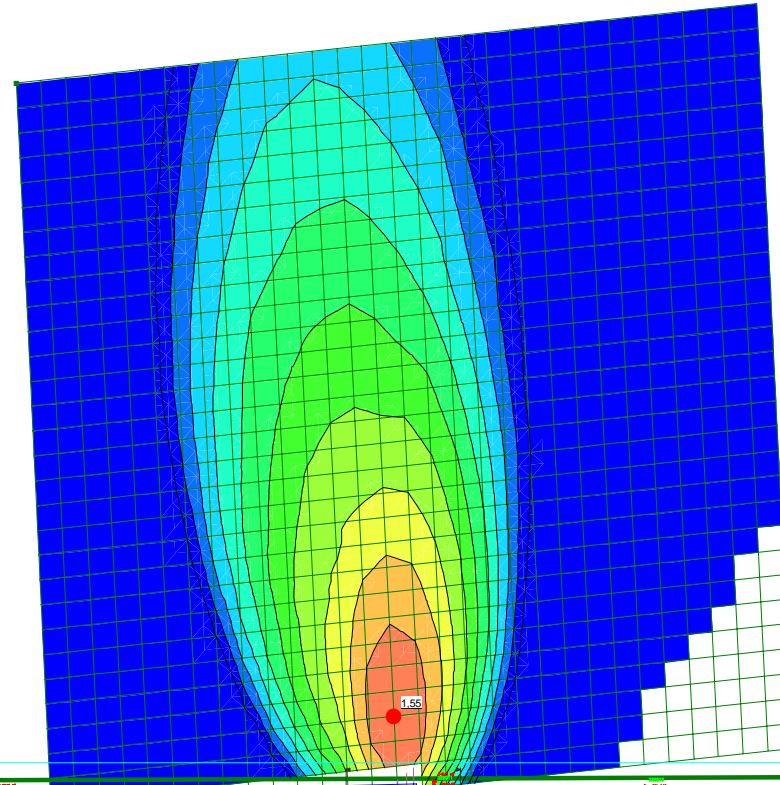


Color	Name	Material Model	Unit Weight (kN/m ³)	Effective Friction Angle (°)	Cohesion (kPa)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change (kN/m ² /m)	C-Maximum (kPa)
Yellow	C1_strömmen (odr)	S=f(depth)	16			15	0.5	0
Orange	C1_land (odr)	Undrained ($\Phi=0$)	15		20			
Yellow-Orange	C2_land (odr)	S=f(depth)	16			20	1.2	0
Green	Fr	Mohr-Coulomb	20	40				
Purple	Kaj	High Strength	16					
Pink	Lätbänker	Mohr-Coulomb	5	40				
Light Green	Sa	Mohr-Coulomb	18	35				
Light Green	Sl (odr)	Undrained ($\Phi=0$)	18		45			
Blue	Tung fyllning	Mohr-Coulomb	20	45				

Factor of Safety: 1,71

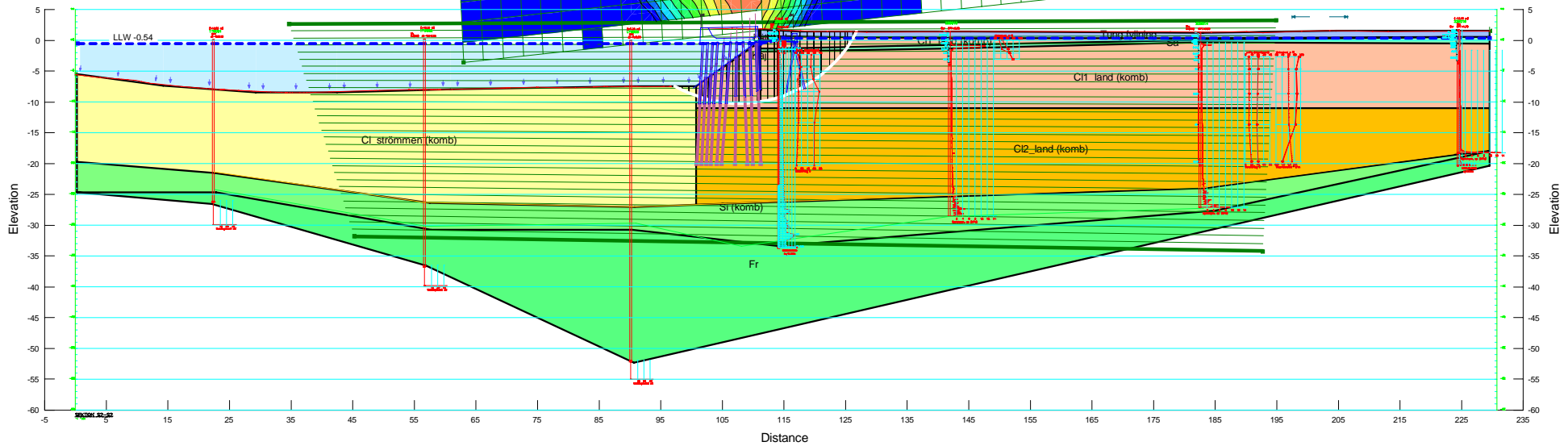


Material Model: Combined, S=f(depth)



Color	Name	Material Model	Unit Weight (kN/m ³)	Effective Friction Angle (°)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change (kN/m ³ /m)	Cu-Top of Layer (kPa)	Cu-Rate of Change (kN/m ³ /m)	OCu Ratio
Yellow	Cl_strömmen (komb)	Combined, S=f(depth)	16	30	0	0	15	0.5	0.1
Orange	C1_land (komb)	Combined, S=f(depth)	15	30	0	0	20	0	0.1
Yellow-Orange	C2_land (komb)	Combined, S=f(depth)	16	30	0	0	20	1.2	0.1
Green	Fr	Mohr-Coulomb	20	40					
Purple	Kaj	High Strength	16						
Pink	Lätbänker	Mohr-Coulomb	5	40					
Light Green	Sa	Mohr-Coulomb	18	35					
Light Green	Sl (komb)	Combined, S=f(depth)	18	30	0	0	45	0	0.1
Blue	Tung fylning	Mohr-Coulomb	20	45					

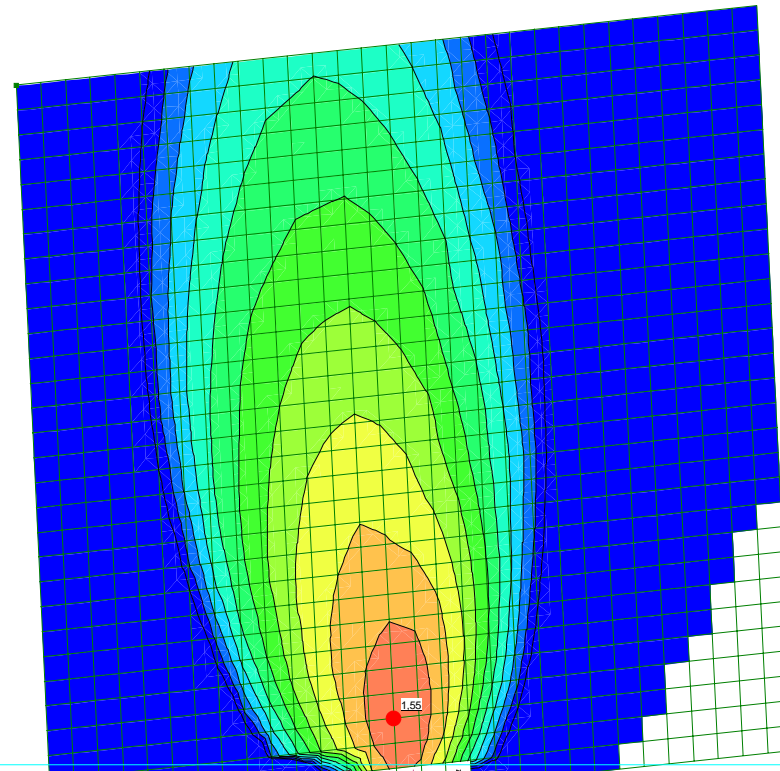
Factor of Safety: 1,55



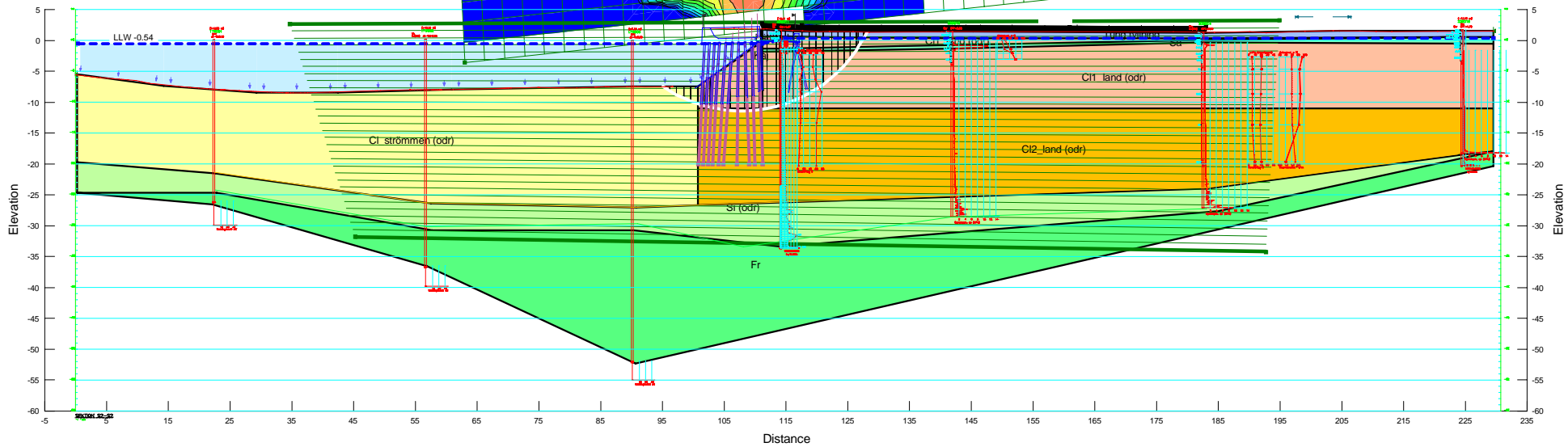
Last på kajplan: 5 kN/m³

Material Model: Undrained (Phi=0)

Color	Name	Material Model	Unit Weight (kN/m ³)	Effective Friction Angle (°)	Cohesion (kPa)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change (kN/m ² /m)	C-Maximum (kPa)
Yellow	C1_strömmen (odr)	S=f(depth)	16			15	0.5	0
Orange	C11_land (odr)	Undrained (Phi=0)	15		20			
Yellow-Orange	C12_land (odr)	S=f(depth)	16			20	1.2	0
Green	Fr	Mohr-Coulomb	20	40				
Purple	Kaj	High Strength	16					
Pink	Lätbänker	Mohr-Coulomb	5	40				
Light Green	Sa	Mohr-Coulomb	18	35				
Light Yellow	Sl (odr)	Undrained (Phi=0)	18		45			
Blue	Tung fyllning	Mohr-Coulomb	20	45				



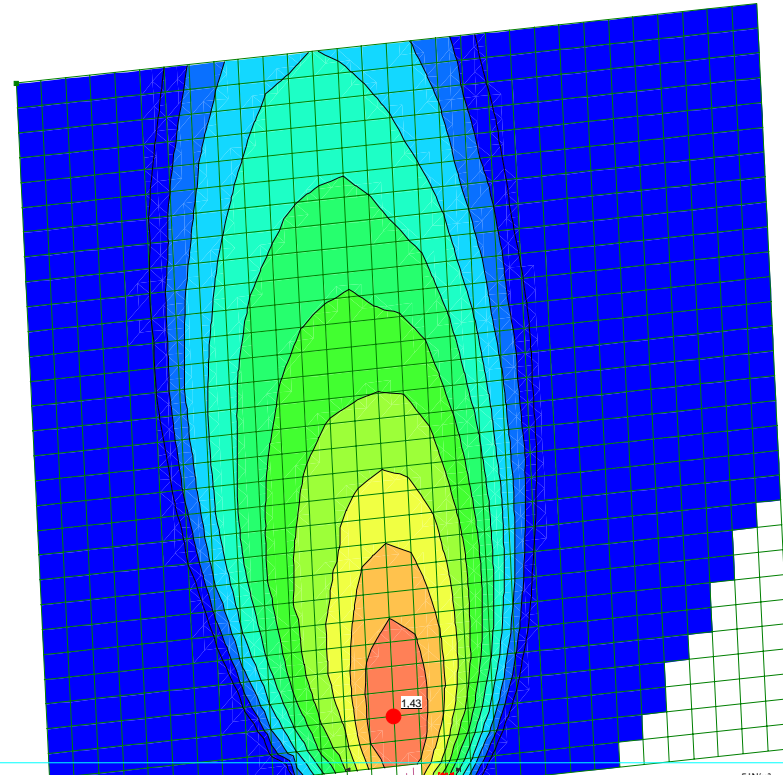
Factor of Safety: 1,55



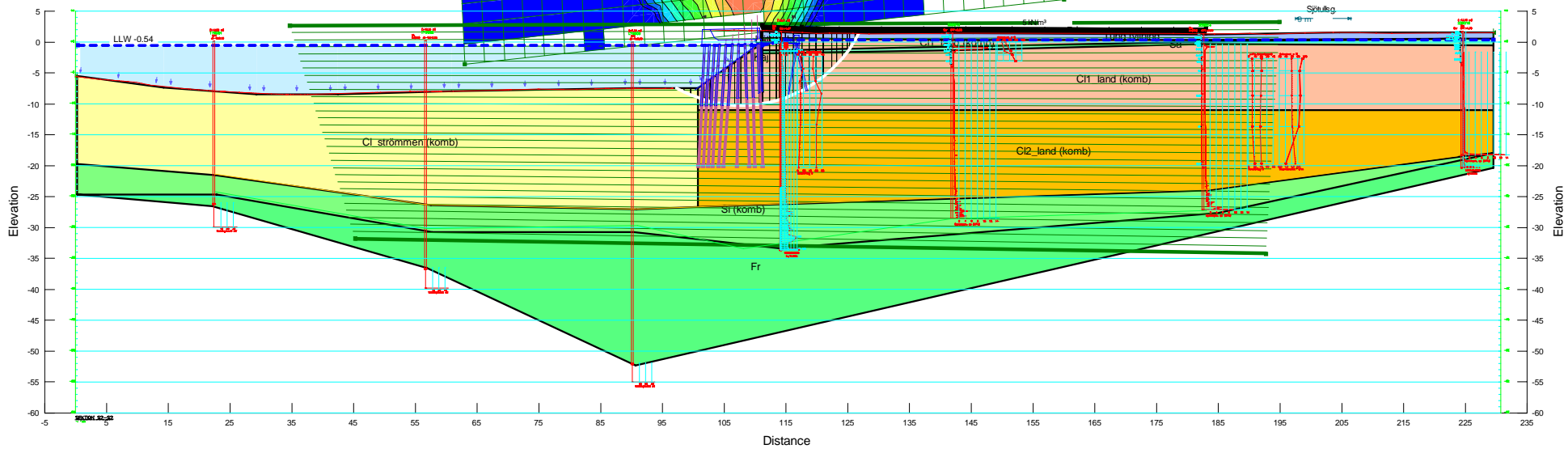
Last på kajplan: 5 kN/m³

Material Model: Combined, S=f(depth)

Color	Name	Material Model	Unit Weight (kN/m ³)	Effective Friction Angle (°)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change (kN/m ³ /m)	Cu-Top of Layer (kPa)	Cu-Rate of Change (kN/m ³ /m)	OCu Ratio
Yellow	Cl_strömmen (komb)	Combined, S=f(depth)	16	30	0	0	15	0.5	0.1
Orange	C1_land (komb)	Combined, S=f(depth)	15	30	0	0	20	0	0.1
Light Orange	C2_land (komb)	Combined, S=f(depth)	16	30	0	0	20	1.2	0.1
Green	Fr	Mohr-Coulomb	20	40					
Purple	Kaj	High Strength	16						
Pink	Lätbänker	Mohr-Coulomb	5	40					
Light Green	Sa	Mohr-Coulomb	18	35					
Light Green	Sl (komb)	Combined, S=f(depth)	18	30	0	0	45	0	0.1
Blue	Tung fylning	Mohr-Coulomb	20	45					



Factor of Safety: 1,43



BILAGA 2.4 (Definierad portrycksprofil)

Sektion S2
 Befintliga förhållanden

Portrycksprofil i lera enligt 22S016
 (förhöjt 10-15 kPa relativt hydrostatiskt)

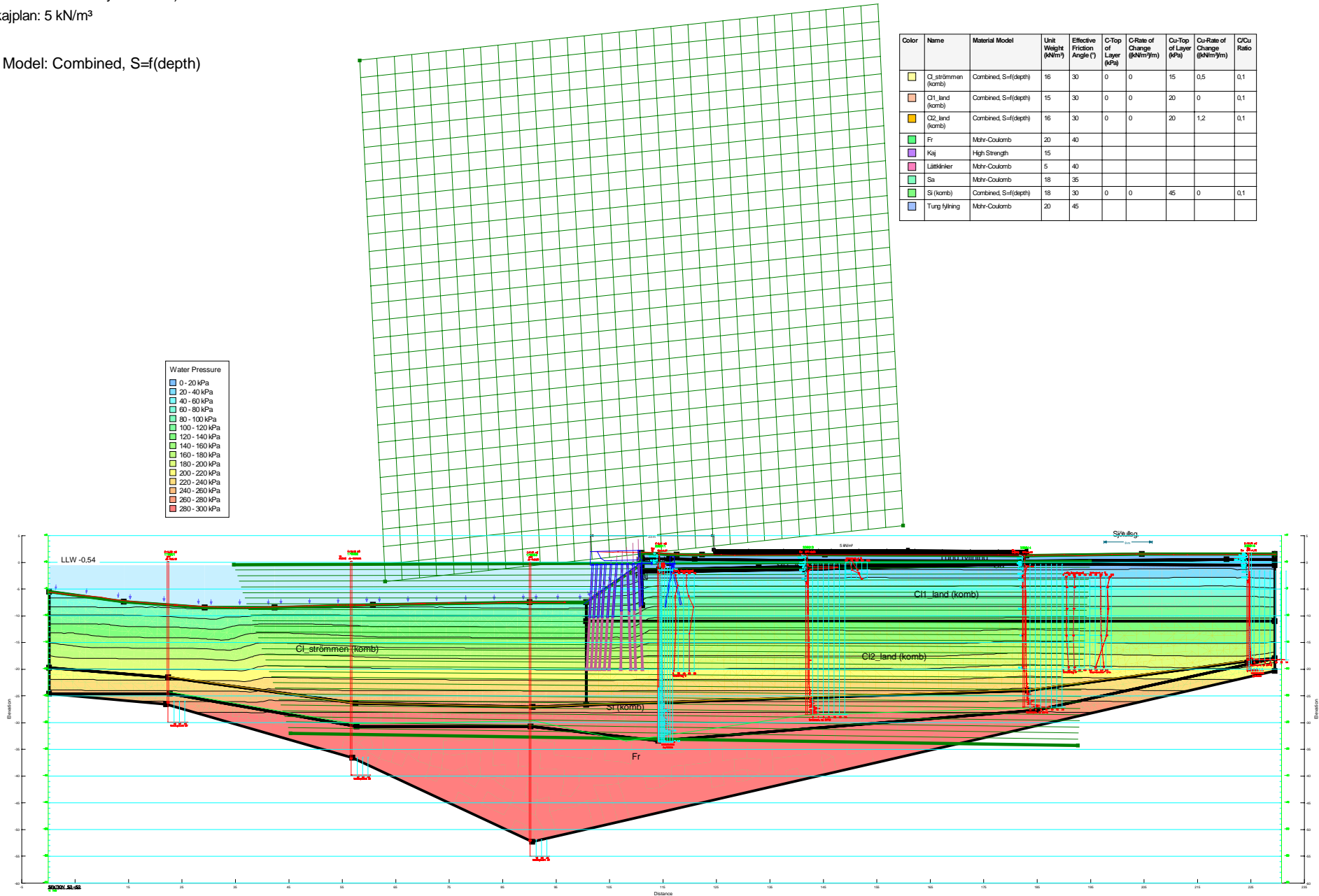
Last på kajplan: 5 kN/m²

Material Model: Combined, S=f(depth)

Color	Name	Material Model	Unit Weight (kN/m ³)	Effective Friction Angle (°)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change (kN/m ² /m)	Cu-Top of Layer (kPa)	Cu-Rate of Change (kN/m ² /m)	C/Cu Ratio
Yellow	C1_strömmen (komb)	Combined, S=f(depth)	16	30	0	0	15	0,5	0,1
Orange	C1_land (komb)	Combined, S=f(depth)	15	30	0	0	20	0	0,1
Light Green	C2_land (komb)	Combined, S=f(depth)	16	30	0	0	20	1,2	0,1
Green	Fr	Mohr-Coulomb	20	40					
Purple	Kaj	High Strength	15						
Pink	Lättkliner	Mohr-Coulomb	5	40					
Light Blue	Sa	Mohr-Coulomb	18	35					
Light Green	S1 (komb)	Combined, S=f(depth)	18	30	0	0	45	0	0,1
Blue	Tung fyllning	Mohr-Coulomb	20	45					

Water Pressure

Blue	0 - 20 kPa
Light Blue	20 - 40 kPa
Light Green	40 - 60 kPa
Green	60 - 80 kPa
Light Green	80 - 100 kPa
Green	100 - 120 kPa
Light Green	120 - 140 kPa
Green	140 - 160 kPa
Light Green	160 - 180 kPa
Green	180 - 200 kPa
Light Green	200 - 220 kPa
Green	220 - 240 kPa
Light Green	240 - 260 kPa
Green	260 - 280 kPa
Light Green	280 - 300 kPa



BILAGA 2.4 (Resultat)

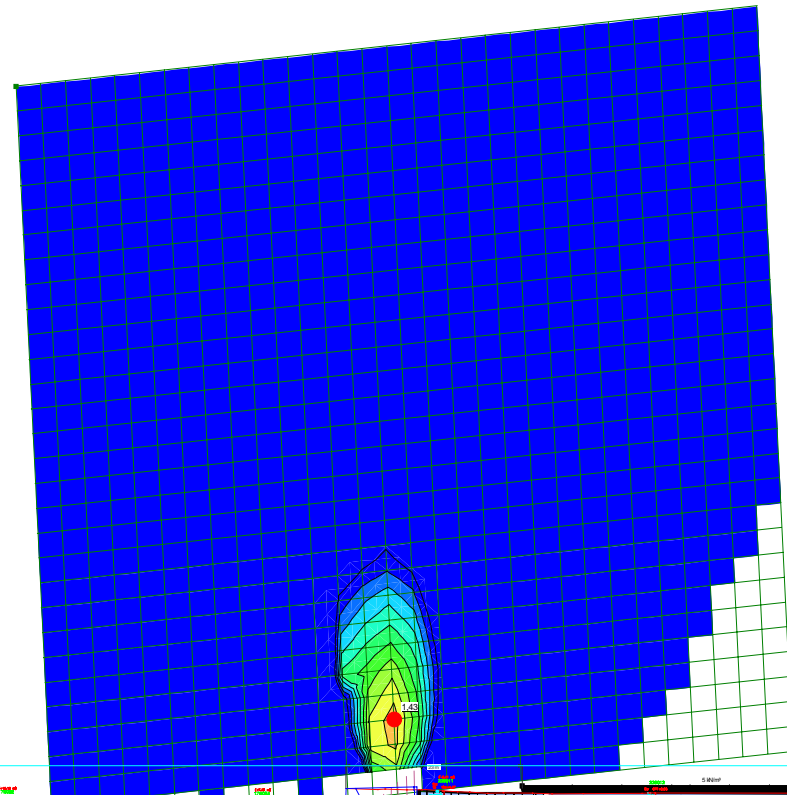
Sektion S2
Befintliga förhållanden

Portrycksprofil i lera enligt 22S016
(förhöjt 10-15 kPa relativt hydrostatiskt)

Alla glidytor där $F_{komb} = 1,43$

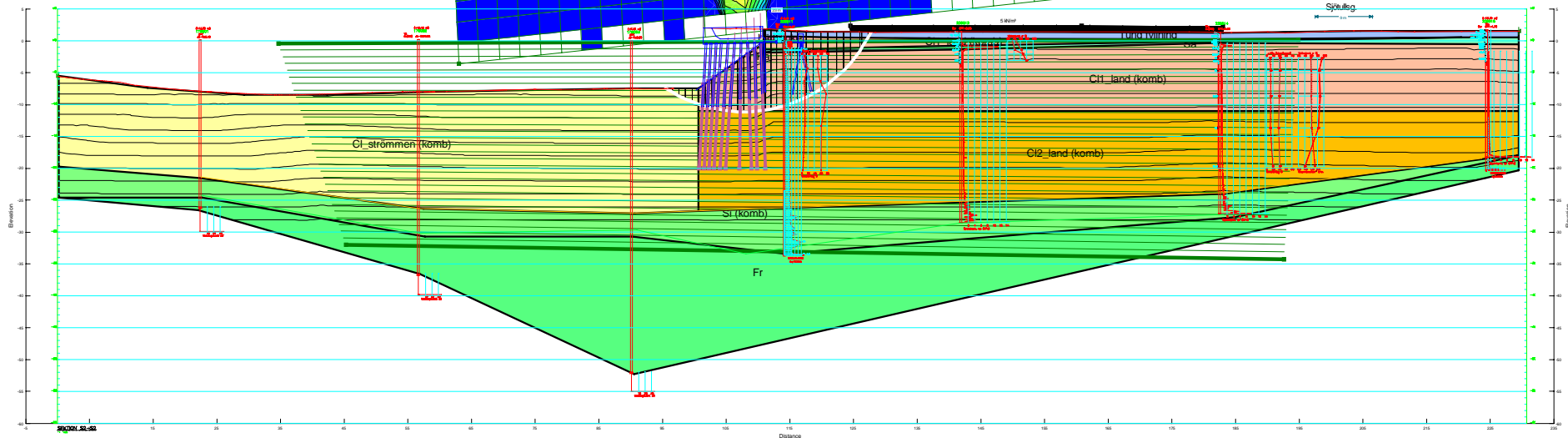
Last på kajplan: 5 kN/m^3

Material Model: Combined, $S=f(\text{depth})$



Color	Name	Material Model	Unit Weight (kN/m³)	Effective Friction Angle (°)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change (kN/m³m)	Cu-Top of Layer (kPa)	Cu-Rate of Change (kN/m³m)	C/Cu Ratio
Yellow	C1 strömmen (komb)	Combined, S=f(depth)	16	30	0	0	15	0,5	0,1
Orange	C11 land (komb)	Combined, S=f(depth)	15	30	0	0	20	0	0,1
Light Yellow	C12 land (komb)	Combined, S=f(depth)	16	30	0	0	20	1,2	0,1
Green	Fr	Mohr-Coulomb	20	40					
Purple	Kaj	High Strength	15						
Pink	Lättkliner	Mohr-Coulomb	5	40					
Light Green	S1 (komb)	Mohr-Coulomb	18	35					
Light Yellow	S1 (komb)	Combined, S=f(depth)	18	30	0	0	45	0	0,1
Blue	Tung fyllning	Mohr-Coulomb	20	45					

Factor of Safety: 1,43



BILAGA 2.5 (Definierad portrycksprofil)

Sektion S1
Befintliga förhållanden

Portrycksprofil i lera enligt 22S008
(förhöjt 5-8 kPa relativt hydrostatiskt)

Last på kajplan: 5 kN/m³

Material Model: Combined, S=f(depth)

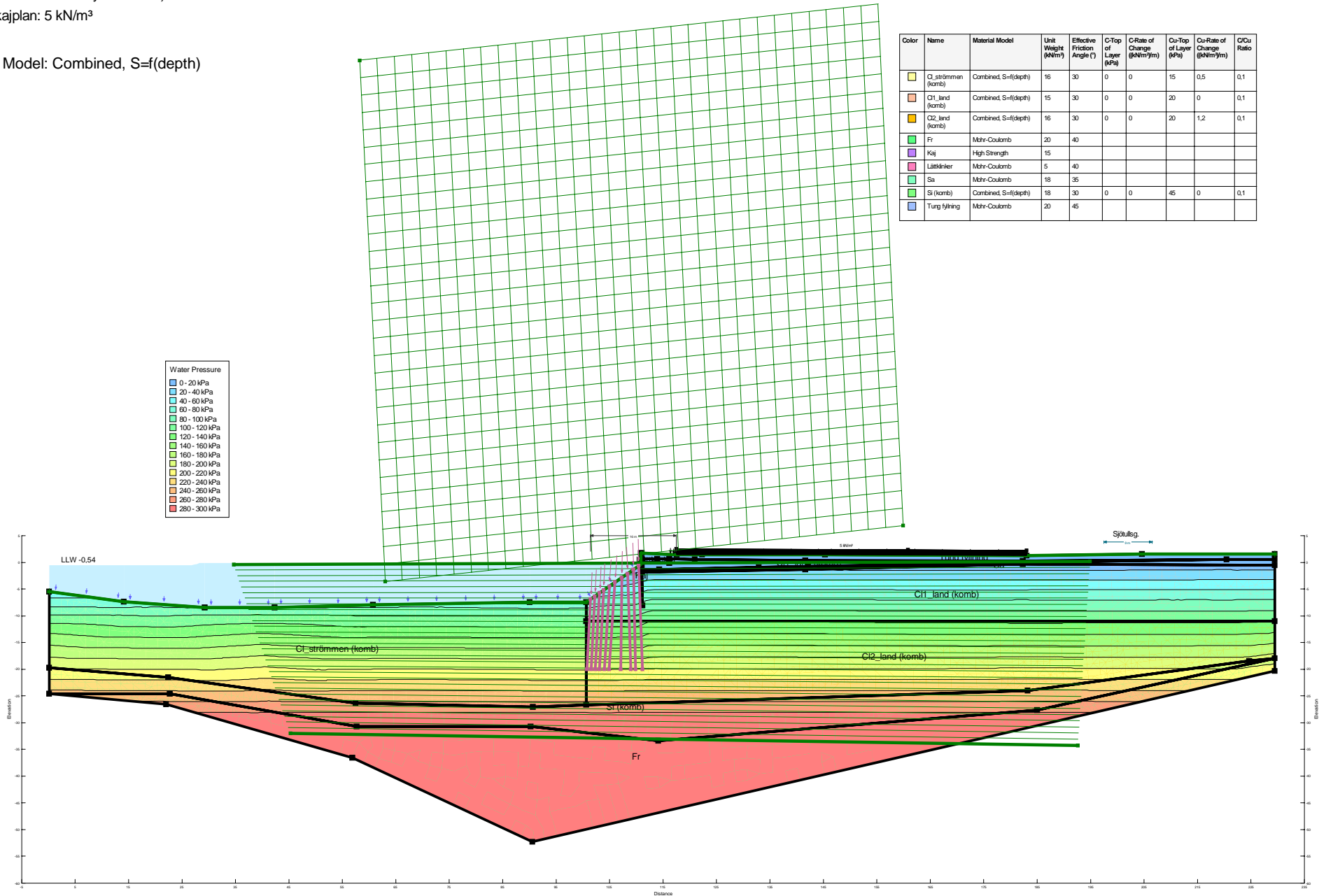


Uppdrag: Johannisborgsförbindelsen et 2, Norrköping
Unr: 30043588

Color	Name	Material Model	Unit Weight (kN/m ³)	Effective Friction Angle (°)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change (kN/m ² /m)	Cu-Top of Layer (kPa)	Cu-Rate of Change (kN/m ² /m)	C/Cu Ratio
Yellow	C1 strömmen (komb)	Combined, S=f(depth)	16	30	0	0	15	0.5	0.1
Orange	C11_land (komb)	Combined, S=f(depth)	15	30	0	0	20	0	0.1
Light Green	C12_land (komb)	Combined, S=f(depth)	16	30	0	0	20	1.2	0.1
Green	Fr	Mohr-Coulomb	20	40					
Purple	Kaj	High Strength	15						
Pink	Länklinier	Mohr-Coulomb	5	40					
Light Blue	Sa	Mohr-Coulomb	18	35					
Light Green	Sl (komb)	Combined, S=f(depth)	18	30	0	0	45	0	0.1
Blue	Tung fyllning	Mohr-Coulomb	20	45					

Water Pressure

Blue	0 - 20 kPa
Light Blue	20 - 40 kPa
Light Green	40 - 60 kPa
Green	60 - 80 kPa
Light Green	80 - 100 kPa
Green	100 - 120 kPa
Light Green	120 - 140 kPa
Green	140 - 160 kPa
Light Green	160 - 180 kPa
Light Green	180 - 200 kPa
Light Green	200 - 220 kPa
Light Green	220 - 240 kPa
Light Green	240 - 260 kPa
Light Green	260 - 280 kPa
Light Green	280 - 300 kPa



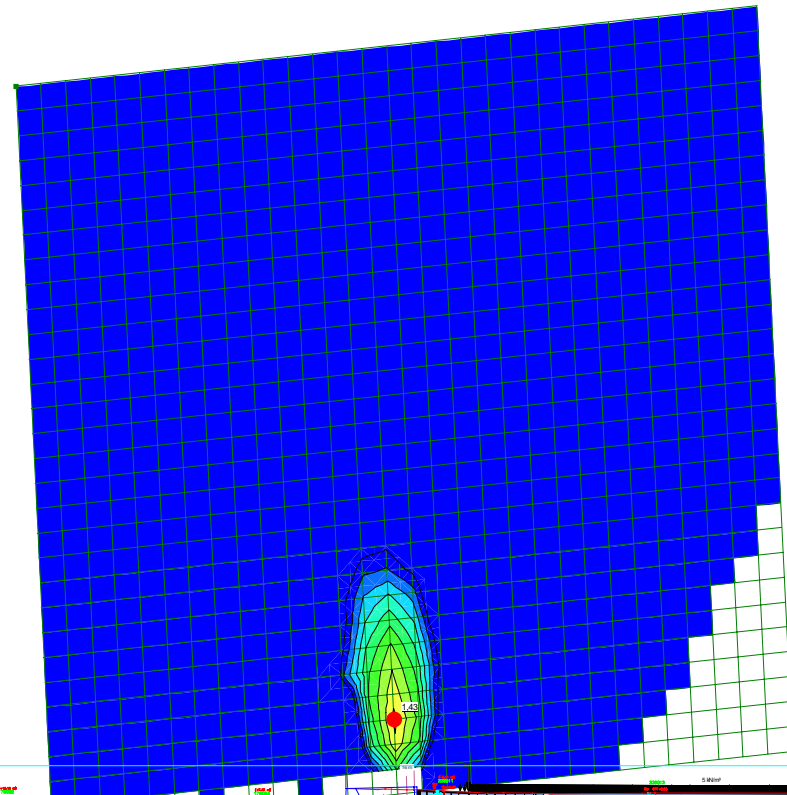
BILAGA 2.5 (Resultat)

Sektion S2
 Befintliga förhållanden

Porttrycksprofil i lera enligt 22S008
 (förhöjt 5-8 kPa relativt hydrostatiskt)

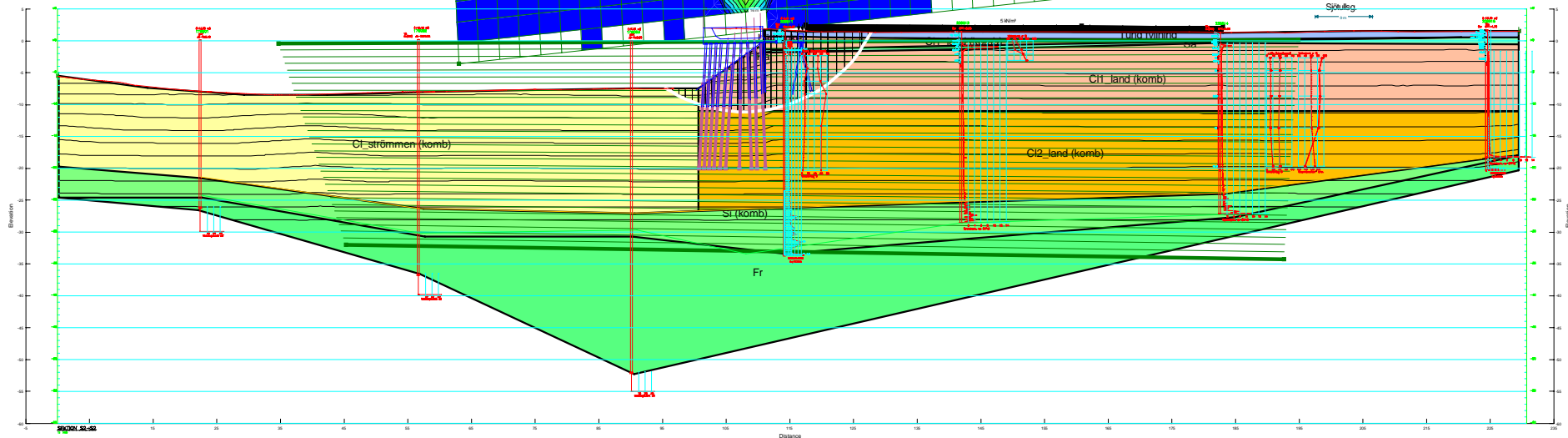
Alla glidytor där $F_{komb} < 1,43$
 Last på kajplan: 5 kN/m^3

Material Model: Combined, $S=f(\text{depth})$



Color	Name	Material Model	Unit Weight (kN/m ³)	Effective Friction Angle (°)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change (kN/m ³ m)	Cu-Top of Layer (kPa)	Cu-Rate of Change (kN/m ³ m)	C/Cu Ratio
Yellow	C1 strömmen (komb)	Combined, S=f(depth)	16	30	0	0	15	0,5	0,1
Orange	C11_land (komb)	Combined, S=f(depth)	15	30	0	0	20	0	0,1
Light Yellow	C12_land (komb)	Combined, S=f(depth)	16	30	0	0	20	1,2	0,1
Green	Fr	Mohr-Coulomb	20	40					
Purple	Kaj	High Strength	15						
Pink	Lättkliner	Mohr-Coulomb	5	40					
Light Green	S1	Mohr-Coulomb	18	35					
Light Yellow-Green	S1 (komb)	Combined, S=f(depth)	18	30	0	0	45	0	0,1
Blue	Tung fylning	Mohr-Coulomb	20	45					

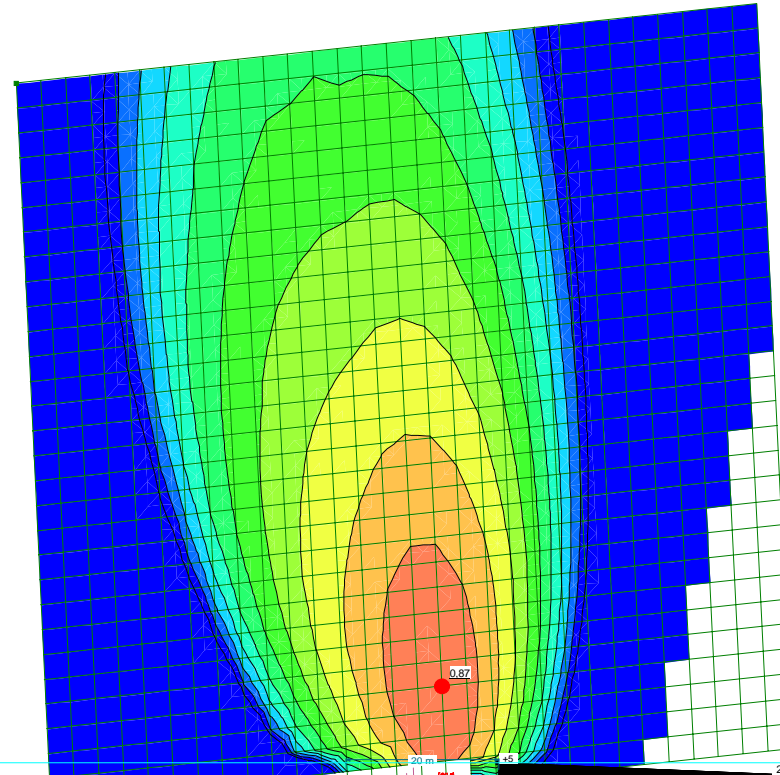
Factor of Safety: 1,43



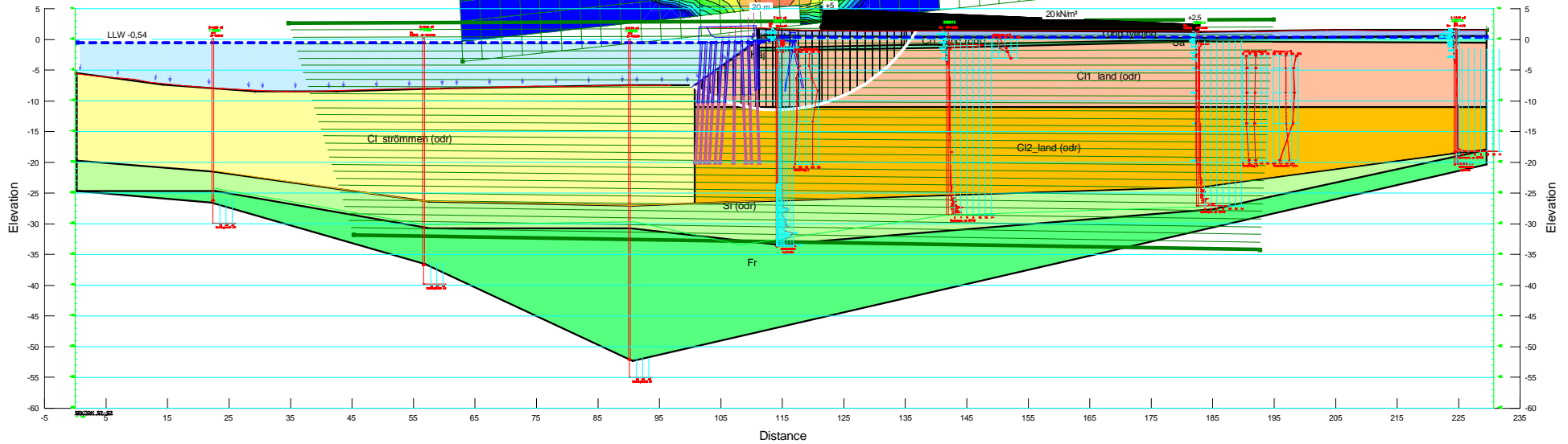
Last på kajplan: 20 kN/m³
Ökande från nivå +2,5 vid Sjötullsgatan till +5 vid
20 m från kajkant

Material Model: Undrained (Phi=0)

Color	Name	Material Model	Unit Weight (kN/m ³)	Effective Friction Angle (°)	Cohesion (kPa)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change (kN/m ² /m)	C-Maximum (kPa)
Yellow	C1_strömmen (odr)	S=(depth)	16			15	0.5	0
Orange	C1_land (odr)	Undrained (Phi=0)	15		20			
Light Green	C2_land (odr)	S=(depth)	16			20	1.2	0
Green	Fr	Mohr-Coulomb	20	40				
Purple	Kaj	High Strength	16					
Pink	Lätbänker	Mohr-Coulomb	5	40				
Light Green	Sa	Mohr-Coulomb	18	35				
Light Green	Si (odr)	Undrained (Phi=0)	18		45			
Blue	Tung fyllning	Mohr-Coulomb	20	45				

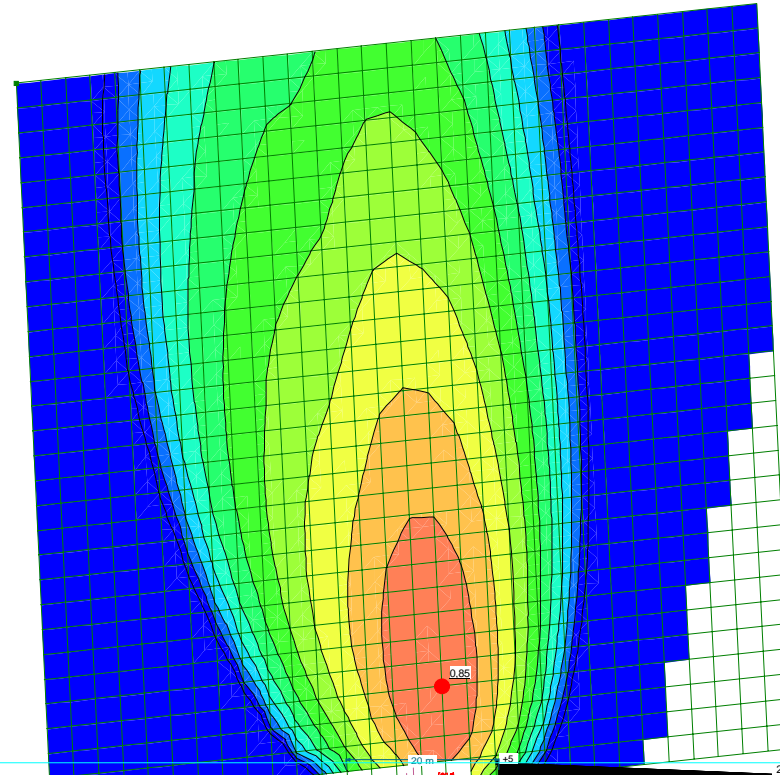


Factor of Safety: 0,87



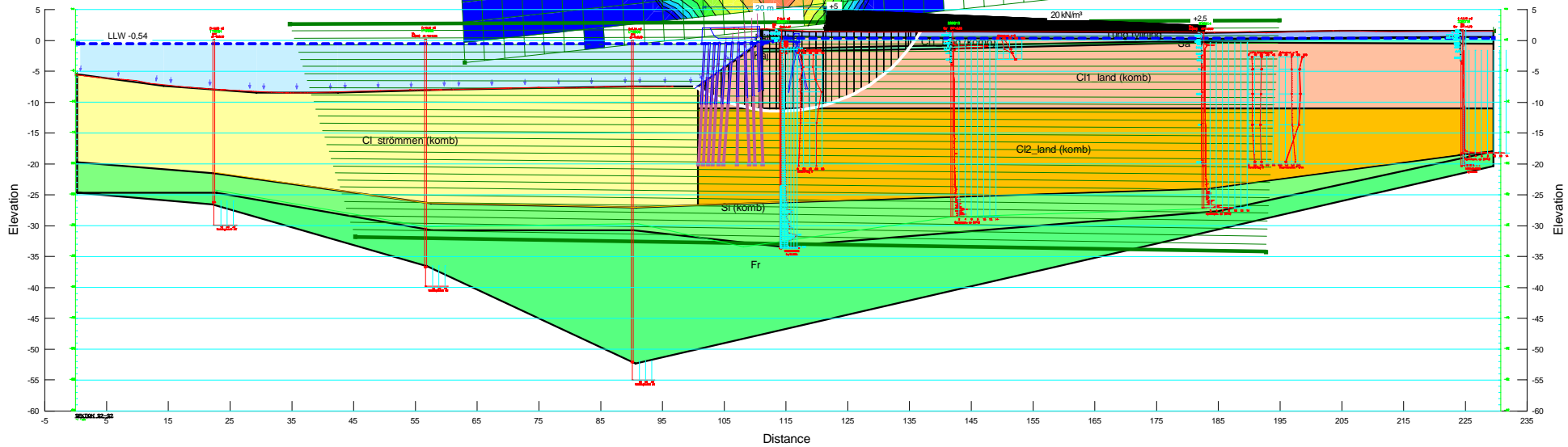
Last på kajplan: 20 kN/m³
Ökande från nivå +2,5 vid Sjötullsgatan till +5 vid
20 m från kajkant

Material Model: Combined, S=f(depth)



Color	Name	Material Model	Unit Weight (kN/m ³)	Effective Friction Angle (°)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change (kN/m ³ /m)	Cu-Top of Layer (kPa)	Cu-Rate of Change (kN/m ³ /m)	OCu Ratio
Yellow	Cl_strömmen (komb)	Combined, S=f(depth)	16	30	0	0	15	0.5	0.1
Orange	C1_land (komb)	Combined, S=f(depth)	15	30	0	0	20	0	0.1
Red	C2_land (komb)	Combined, S=f(depth)	16	30	0	0	20	1.2	0.1
Green	Fr	Mohr-Coulomb	20	40					
Purple	Kaj	High Strength	16						
Pink	Lätbänker	Mohr-Coulomb	5	40					
Light Green	Sa	Mohr-Coulomb	18	35					
Light Green	Si (komb)	Combined, S=f(depth)	18	30	0	0	45	0	0.1
Blue	Tung fylning	Mohr-Coulomb	20	45					

Factor of Safety: 0,85



BILAGA 4

Val av säkerhetsfaktor enl. IEG 4:2010 4.5.2

I normalfallet ska störst vikt läggas vid tabell 4.1a med nedåtgående viktning till tabell 4.1i.

Tabell 4.1a Konsekvenser av skred

Gynnsamma förhållanden	Ogynnsamma förhållanden	Vikt	Gynnsamma	Ogynnsamma	Motiv
Ingen risk för människoliv och ringa ekonomisk skada	Risk för människoliv eller stor ekonomisk skada	8		x	Urban miljö där människor rör sig, närhet till till konstruktioner (kajer, bro, stora ledningar etc)
Begränsad utbredning av skred	Risk för bakåt- eller framåtgripande skred	8	x		Leran är låg till mellansensitiv
Ingen risk för omgivningspåverkan eller sekundär påverkan	Risk för omgivningspåverkan eller sekundär påverkan	8		x	Närhet till till konstruktioner (kajer, bro, stora ledningar etc)
Ej kvicklera	Kvicklereområde enligt kap 4.4.3	8	x		

Tabell 4.1b Släntens beständighet

Gynnsamma förhållanden	Ogynnsamma förhållanden	Vikt	Gynnsamma	Ogynnsamma	Motiv
Inga tecken på rörelser i slänten	Observerade rörelser i slänten, sprickbildning m m	8	x		Inga kända tecken på horisontalrörelser.
Ingen risk för ytvatten- och/eller yterrosion	Risk för erosion/pågående ytvatten- och/eller yterrosion	8		x	Erosion pågår sannolikt under kajfronten
Intakt gräs-, busk- eller trädvegetation	Vegetationsfria eller avverkade områden alt. lutande och/eller nedfallna träd	8			Hårdgjord yta

Tabell 4.1c Tidigare förändringar i slänten

Gynnsamma förhållanden	Ogynnsamma förhållanden	Vikt	Gynnsamma	Ogynnsamma	Motiv
Utlagda fungerande erosionsskydd	Pågående erosion	7		x	Erosion pågår
Utförda stabilitetsförbättrande åtgärder	Ingrepp som försämrat stabiliteten	7		x	Marken är uppfylld
Belastningsminskningar	Belastningsökningar	7		x	Marken är uppfylld
Ogynnsam reglering av vattendrag	Gynnsam reglering av vattendrag	7	x		
	Avverkning	7			

Tabell 4.1d Jordens egenskaper

Gynnsamma förhållanden	Ogynnsamma förhållanden	Vikt	Gynnsamma	Ogynnsamma	Motiv
Friktionsjordar	Kohesionsjordar	6		x	Lera
Låg sensitivitet	Hög sensitivitet, kvicklera	6	x		Låg till mellansensitiv
Liten spridning i bestämda hållfasthetsegenskaper	Stor spridning i bestämda hållfasthetsegenskaper	6	x		Inom normalspannet
Homogen jord	Skiktade jordar	6	x		Homogent inom glidyttans djup

Tabell 4.1e Analys- och beräkningsarbetets tillförlitlighet

Gynnsamma förhållanden	Ogynnsamma förhållanden	Vikt	Gynnsamma	Ogynnsamma	Motiv
Stort antal beräknade glidytor	Litet antal beräknade glidytor	5	x		Beräkningsprogram används, två sektioner, olika lastsituationer kontrolleras
Känslighetsanalys utförd på valda parametrar	Ingen känslighetsanalys utförd på valda parametrar	5	x		Känslighetsanalyser utförda
Samtidigt valda ogynnsammaste extremvärden för last, portryck och vattenstånd. Ringa sannolikhet för att vald kombination inträffar samtidigt	Vald kombination för last, portryck och vattenstånd motsvarar normaltillståndet för slänten	5	x		Både normaltillstånd och extremvärden undersöks.
Utförd känslighetsanalys av svårtolkade förutsättningar ger endast ringa förändring på beräkningsresultatet	Utförd känslighetsanalys av svårtolkade förutsättningar ger betydelsefull förändring på beräkningsresultatet	5	x		Det finns mycket data på lerans egenskaper, inte särskilt svårtolkade förutsättningar
Kritiska glidyttan omfattar mycket stor jordvolym med ett stort antal hållfasthetsbestämningar och mindre glidytor har god beräkningsmässig säkerhet	Kritiska glidyttan omfattar mindre jordvolym med ett fåtal hållfasthetsbestämningar	5	x		Stora glidytor, medelvärde bedöms representerativt.
Förhållandena är enkla med små variationer i yta, jordlagerföljd eller hållfasthet	Förhållandena är komplicerade med stora variationer i yta, jordlagerföljd eller hållfasthet	5	x		Relativt likartade förhållanden inom sträckan.
Glidyttans läge i plan vald i farligaste delen av slänten ur stabilitetssynpunkt.	Glidyttans läge i plan representerar släntens genomsnittliga geometri.	5	x		Likartad geometri, finns inte mycket lokala geometriska variationer.
Tvådimensionell analys (som regel något på säkra sidan)	Tredimensionell analys (begränsad erfarenhet för stora slänter)	5	x		2D-beräkningar utförs

Tabell 4.1f Fält- och laboratorieundersökningens innehåll och omfattning

Gynnsamma förhållanden	Ogynnsamma förhållanden	Vikt	Gynnsamma	Ogynnsamma	Motiv
Tätt undersökt, d.v.s undersökningarna ger bra geotekniskt underlag av hela utredningsområdet	Glest undersökt vilket kräver antaganden som påverkar stabilitetsberäkningen	4	x		Bra underlag för relativt kort sträcka. Resultat överensstämmer med kringliggande arkivundersökningar.
CPT-sonderingar är utförda	Endast sonderingar typ Tr, Vim är utförda	4	x		CPT utförd
Stort antal undersökta prover i lab	Litet antal undersökta prover i lab	4	x		Störda och ostörd provtagningar finns.
Kompressionsförsök utförda	Kompressionsförsök saknas	4	x		CRS finns i närområdet
Direkta skjuvförsök är utförda	Direkta skjuvförsök saknas	4	x		CRS finns i närområdet
Triaxialförsök är utförda	Triaxialförsök saknas	4		x	Triax ej utförd
In situ-provning är utförd med vingförsök och/eller dilatometerförsök	Ingen eller ringa provning i fält (vingförsök och/eller dilatometerförsök)	4	x		Vb utförd

Tabell 4.1g Släntens geometri

Gynnsamma förhållanden	Ogynnsamma förhållanden	Vikt	Gynnsamma	Ogynnsamma	Motiv
Välkänd geometri (bra grundkarta, utförda avvägningar, lodningar etc.)	Glest avvägt och/eller lodat	3	x		Plan yta på kajen. Bottenscanning utförd i Motala ström.
Flack slänt	Brant slänt	3	x		Slänt under pålade kajen
Lokala branta partier finns ej i slänten	Lokala branta partier finns i slänten	3	x		Konstruerad slänt.

Tabell 4.1h Grundvatten- och portrycksförhållanden

Gynnsamma förhållanden	Ogynnsamma förhållanden	Vikt	Gynnsamma	Ogynnsamma	Motiv
Känslighetsanalys med avseende på grundvatten- och portrycksförhållandena utförd	Känslighetsanalys med avseende på grundvatten- och portrycksförhållandena inte utförd	2	x		Känslighetsanalyser utförda
Långtidsobservationer finns	Långtidsobservationer saknas	2		x	
Begränsade förväntade tryckvariationer	Risk för stora tryckvariationer	2		x	beräkningar utförs för stora tryckförändringar
God kännedom om portrycksfördelning såväl med djupet som i slänten som helhet	Ringa kännedom om portrycksfördelningen i slänten	2	x		Portrycksmätning finns i närområdet. Inte inom glidyttans utbredning, men i samma lera med samma fyllningsmaktighet.

Tabell 4.1i Ytvattenförhållanden

Gynnsamma förhållanden	Ogynnsamma förhållanden	Vikt	Gynnsamma	Ogynnsamma	Motiv
Karaktäristiska vattenstånd är kända	Karaktäristiska vattenstånd är okända	1	x		Vattenståndsdata finns
Små vattenståndsvariationer	Stora vattenståndsvariationer	1		x	beräkningar utförs för stora förändringar
Långsam förändring i vattenstånd	Hastiga förändringar i vattenstånd	1		x	Beräkningar utförs för snabba förändringar
Väldränerat och dikat område	Stor risk för lokala vattensamlingar	1	x		Stor del grusbelagda yta

	Utan viktning	Med viktning
Gynnsamma förhållanden	69,2%	67,4%
Ogynnsamma förhållanden	30,8%	32,6%

4.5.2.2 Markanvändning

Vid bedömning av erforderlig säkerhetsfaktor vid markanvändning för olika ändamål skiljer man på:

✓ **Nyexploatering/nybyggnation**

Avser alla byggnader eller anläggningar som tillkommer genom lov enligt PBL eller annat sätt (vägar, järnvägar, ledningar i mark, hamnar etc) samt förändringar i form av t.ex. om- och tillbyggnader där konsekvenser av ett skred eller ras är betydande eller mycket stora med avseende på ekonomiska, sociala eller miljömässiga konsekvenser t ex allmänna byggnader, bostads- och kontorsbyggnader, parkeringar, idrottsanläggningar, vägar och järnvägar.

✓ **Nyexploatering/Planering**

Avser tidiga skeden i fysisk planering, t ex detaljplaner, av byggnader och anläggningar som tillkommer genom planläggning enligt PBL eller annat sätt (vägar, järnvägar, ledningar i mark, hamnar, kanaler etc).

✓ **Befintlig bebyggelse eller anläggning**

Tidigare exploaterade områden där konsekvenser av ett skred eller ras är betydande eller mycket stora med avseende på ekonomiska, sociala eller miljömässiga konsekvenser t ex allmänna byggnader, bostads- och kontorsbyggnader, parkeringar, idrottsanläggningar, vägar och järnvägar. Varje form av tilläggsbelastning eller nyanläggning inom området betraktas som nyexploatering.

✓ **Annan mark**

Med annan mark avses markanvändning som endast medför dagvistelse och/eller anläggningar av mindre betydelse. Exempel är parker, befintliga gång-, cykel- och mopedvägar (GCM-vägar), bodar, garage, andra ledningar än huvudledningar samt frekvent använda fritidsområden och områden med små miljömässiga konsekvenser av skred.

✓ **Naturmark**

Naturmark avser mark som endast utnyttjas för dagvistelse av enstaka personer och som inte inrymmer några anläggningar av betydelse.

För naturmark tillåts säkerhetsfaktorn i princip vara nära 1,0 förutsatt att eventuella skred är ytliga, att skreden inte kan bli framåt- eller bakåtgripande så att angränsande markanvändningsområden berörs, eller att stabiliteten för denna påverkas, samt att inga miljökonsekvenser, eller annan påverkan på andra områden uppstår.

För de olika markanvändningstyperna ställs olika krav på erforderlig säkerhetsfaktor med hänsyn till den risk för personskada och materiell eller miljömässig förlust som är involverad. Ur denna synvinkel bör nyexploatering och befintlig bebyggelse jämföras. Motivet till att en något lägre säkerhetsfaktor ändå under vissa förhållanden kan accepteras för befintlig bebyggelse är att det ur samhällsekonomisk synpunkt är viktigt att använda rimliga risker som mål med en åtgärd. Härvid kan då bl.a. beaktas att de osäkerhetsmoment som är förknippade med belastningsökningar och vibrationer vid pågående anläggningsarbeten är eliminerade samt att strängare restriktioner för framtida verksamheter införs.

Tabell 4.2 Val av rekommenderad säkerhetsfaktor

		Markanvändning			
		Nyexploatering		Befintlig bebyggelse och anläggning	Annan mark
		Nybyggnation	Planläggning		
Tillståndsbedömning	Översiktlig utredning	<i>Ej tillämpligt för denna rapport</i>	Minst detaljerad utredning ska utföras	$F_c > 2 +$ $F_{c\phi} > 1,5$	$F_c > 2 +$ $F_{c\phi} > 1,5$
	Detaljerad utredning		$F_c \geq 1,7-1,5 +$ $F_{komb} \geq 1,5-1,4$ $F_\phi \geq 1,3$ (sand)	$F_c \geq 1,7-1,5 +$ $F_{komb} \geq 1,5-1,3$ $F_\phi \geq 1,3$ (sand)	$F_c \geq 1,6-1,4 +$ $F_{komb} \geq 1,4-1,3$ $F_\phi \geq 1,3$ (sand)
	Fördjupad utredning		$F_c \geq 1,5-1,4 +$ $F_{komb} \geq 1,4-1,3$ $F_\phi \geq 1,3$ (sand)	$F_c \geq 1,4-1,3 +$ $F_{komb} \geq 1,3-1,2$ $F_\phi \geq 1,3$ (sand) Under förutsättning att restriktioner införs	$F_c \geq 1,3-1,2 +$ $F_{komb} \geq 1,2$ $F_\phi \geq 1,2$ (sand)
Projektering		Dimensionering utförs enligt TD "Slänter och bankar" alternativt TK Geo	Beroende på utredningsnivå, F_c och F_{komb} enligt tabellvärde ovan	Stabilitetsförbättrande åtgärd enligt kap 4.5.2.4 alternativt TD "Slänter och bankar" / TK Geo	

Utan viktning					Med viktning				
		Planläggning	Befintlig	Annan mark			Planläggning	Befintlig	Annan mark
Översiktlig		x	2,00	2,00	Översiktlig		x	2,00	2,00
	F_{komb}	x	1,50	1,50		F_{komb}	x	1,50	1,50
	F_ϕ	x	1,50	1,50		F_ϕ	x	1,50	1,50
Detaljerad	F_c	1,56	1,56	1,46	Detaljerad	F_c	1,57	1,57	1,47
	F_{komb}	1,43	1,36	1,33		F_{komb}	1,43	1,37	1,33
	F_ϕ	1,30	1,30	1,30		F_ϕ	1,30	1,30	1,30
Fördjupad	F_c	1,43	1,33	1,23	Fördjupad	F_c	1,43	1,33	1,23
	F_{komb}	1,33	1,23	1,20		F_{komb}	1,33	1,23	1,20
	F_ϕ	1,30	1,30	1,20		F_ϕ	1,30	1,30	1,20