



Uppdragsnamn SFR Utbyggnad	Ärendenr	Uppdragsnr 23U0999
Författare (Namn) Maria Kaneteg	Sekretess C1 - Öppen	Filnamn 6-OJ-111-G-PM-0002
Revision A	Status Informationshandling	Dokumenttyp Rapport
Granskad Ibrahim Al-Zubaidi	Godkänd av Ibrahim Al-Zubaidi	Datum 2025-09-26

## PM Geoteknik Tillståndsprövning Piren

### Revisionsförteckning

Rev	Beskrivning	Granskad	Godkänd
A	Kompletterad med beräkningsbilaga samt ytterligare underlag	IAZ	2026-03-04



## Innehåll

1	Objekt .....	3
2	Syfte.....	3
3	Underlag för undersökningen .....	3
3.1	Geotekniska undersökningar .....	3
3.2	Övriga underlag.....	3
4	Styrande dokument.....	4
4.1	Författningar .....	4
4.2	Styrande dokument, råd och anvisningar .....	4
5	Geoteknisk kategori och säkerhetsklass.....	4
5.1	Geoteknisk kategori .....	4
5.2	Säkerhetsklass.....	5
6	Planerade konstruktioner.....	5
7	Topografi-, mark- och geotekniska förhållanden .....	6
7.1	Topografi och ytbeskaffenhet.....	6
7.2	Geotekniska förhållanden .....	6
8	Materialegenskaper .....	6
8.1	Härledda egenskaper .....	6
8.2	Valda materialparametrar .....	6
8.3	Omräkningsfaktorer.....	7
9	Stabilitetsförhållanden .....	7
9.1	Förutsättningar .....	8
9.2	Resultat .....	8
10	Rekommendationer .....	9
10.1	Massutskiftning genom nedpressning.....	9
10.2	Kompletterande undersökningar.....	10
11	Referenser .....	10
12	Bilagor.....	10

# 1 Objekt

Bjerring AB har på uppdrag av SKB utfört en geoteknisk undersökning på del av fastigheten Östhammar Forsmark 6:8 som underlag för kommande utbyggnader. Det undersökta området ligger i Forsmark, Östhammar.



Figur 1-1: Undersökt område ungefärligt markerat med streckad gränslinje. Forsmark kärnkraftverk sydväst i bild (Lantmäteriet 2025).

## 2 Syfte

Syftet med uppdraget har varit att utreda de geotekniska förutsättningarna för utfyllnad av befintlig pir. Observera, sekretessbelagd information redovisas ej i denna rapport.

## 3 Underlag för undersökningen

### 3.1 Geotekniska undersökningar

Resultaten från utförda undersökningar framgår av Markteknisk undersökningsrapport (MUR) SFR Utfyllnad med filnamn 6-OJ-100-G-RA-0001, daterad 2025-09-26, upprättad av Bjerring AB. Även Markteknisk undersökningsrapport (MUR) SFR Havsvik Forsmark, daterad 2022-12-22, och PM Geoteknik SFR Havsvik Forsmark, daterad 2023-01-13, upprättade av Sigma Civil AB har utgjort geotekniskt underlag.

### 3.2 Övriga underlag

Följande handlingar har utgjort underlag för undersökningen:

- Arbetsmaterial över planerad utfyllnad daterat 2025-05-08 och 2025-05-15 från Structor
- Situationsplan erhållen 2024-04-08
- Modell över bottenyta erhållen 2026-02-26

## 4 Styrande dokument

Denna rapport ansluter till SS-EN 1997 med tillhörande nationell bilaga enligt Boverkets föreskrifter och allmänna råd om tillämpning av europeiska konstruktionsstandarder (Eurokoder), grundförfattningen BFS 2011:6 med senaste ändringsförfattningen för EKS BFS 2022:4.

### 4.1 Författningar

Tabell 4-1: Författningar.

Publikation	Publikationsnummer	Publicerad av
Boverkets föreskrifter och allmänna råd om tillämpning av europeiska konstruktionsstandarder (eurokoder)	BFS 2011:10	Boverket
Byggnads- och anläggningsarbete	AFS 1999:03	Arbetsmiljöverket
Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om tillämpning av eurokoder	TSFS 2018:57	Transportstyrelsen

### 4.2 Styrande dokument, råd och anvisningar

Tabell 4-2: Styrande dokument, råd och anvisningar.

Publikation	Publikationsnummer	Publicerad av
Geokonstruktion, Administrativa regler	TRVINFRA-00229	Trafikverket
Geokonstruktion, Dimensionering och utformning	TRVINFRA-00230	Trafikverket
Allmän material- och arbetsbeskrivning för anläggningsarbeten (AMA)	AMA Anläggning	Svensk Byggtjänst
Grundläggande dimensioneringsregler för bärverk	SS-EN 1990	Svensk Standard
Laster på bärverk	SS-EN 1991	Svensk Standard
Dimensionering av Geokonstruktioner	SS-EN 1997	Svensk Standard

## 5 Geoteknisk kategori och säkerhetsklass

Val av geoteknisk kategori och säkerhetsklass skall analyseras och väljas för respektive anläggningsdel och konstruktion.

### 5.1 Geoteknisk kategori

Geokonstruktioner ska utifrån geoteknisk komplexitet och risk klassificeras i geoteknisk kategori enligt SS-EN 1997-1.

Med hänsyn till följande förutsättningar skall schakt och stödkonstruktion utföras och kontrolleras enligt minst Geoteknisk Kategori 2 (GK2):

- Undergrunden är av sådan beskaffenhet att den kan beskrivas med egenskaper och metoder enligt svensk praxis.
- Grundvattensituationen kan analyseras och hanteras med allmänt vedertagna metoder.
- Allmän praktisk erfarenhet föreligger av geokonstruktionen. Dimensionering och utförande görs med allmänt vedertagna metoder.

## 5.2 Säkerhetsklass

Indelning av byggnadsverksdelar i säkerhetsklasser och säkerhetsindex ska göras i enlighet med "Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om tillämpning av Eurokoder" (TSFS 2018:57) Avdelning I, 2 kap.

Med hänsyn till omfattningen av de personskador som kan befaras vid brott i en byggnadsverksdel, skall samtliga byggnadsverksdelar i den nya geokonstruktionen hänföras till säkerhetsklass 2 (SK2) enligt följande förutsättningar:

- Byggnadsverket är så utformat och använt att personer vistas i, på, under eller invid det.
- Byggnadsverksdelen är av sådant slag att kollaps medför medelstor risk för personskador.

## 6 Planerade konstruktioner

För att erhålla ytterligare verksamhetsytor som behövs för det planerade Kärnbränsleförvaret och för utbyggnaden av Slutförvaret för kortlivat avfall (SFR) planeras utfyllnader vid befintlig pir. Utfyllnaden planeras att ske med sprängsten som uppstår av berguttaget för de underjordiska utrymmena.



*Figur 6-1: Skiss – Planerad utfyllnad i gult med tillhörande strandbank i vitt.*



## 7 Topografi-, mark- och geotekniska förhållanden

### 7.1 Topografi och ytbeskaffenhet

Området som har undersökts ligger i en havsvik i Öregrundsgrepen och kring undersökt område finns utfyllda landtungor.

Geoteknisk undersökning är utförd från vattenytan.

### 7.2 Geotekniska förhållanden

Sjöbotten består ytligt av grusig sand med växtdelar och jordmaterialet utgörs sedan av lera på friktionsjord på berg. Förekomsten av lerjord har främst påträffats i sonderingar utförda i områdets mellersta och västra delar.

**Leran** är varvig med inslag av sandkorn och siltskikt. I områdets östra delar, punkt QFR067 och QFR068, har även gyttig lera påträffats. Lerans skrymdensitet har testats i laboratorium och bedöms variera mellan ca 1,6 – 2,0 t/m<sup>3</sup>. Vattenkvoten i leran varierar mellan 26 - 80% och konflytgränsen mellan 23-67%, leran anses därför variera mellan lågplastisk och högplastisk. Leran bedöms tillhöra materialtyp 4B och tjälfarlighetsklass 3. Lerans skjuvhållfasthet har uppmätts till, korrigerad med hänsyn till konflytgräns, 2-10 kPa och benämns extremt låg till mycket låg.

**Friktionsjorden** utgörs av sandig lermorän och bedöms tillhöra materialtyp 5A och tjälfarlighetsklass 4. Lermoränens skrymdensitet är ca 2,0 t/m<sup>3</sup>. Lermoränens skjuvhållfasthet har uppmätts till 10-85 kPa och benämns mycket låg till hög. Utförda hejarsonderingar i lermoränen påvisar en friktionsvinkel som varierar mellan ca 33°- 42° och en elasticitetsmodul som varierar mellan 5 MPa – 80 MPa. Lermoränens relativa fasthet anses variera mellan mycket låg och mycket hög. Block förekommer i friktionsjorden vilket har registrerats i 1 av 6 jordberg-sonderingar.

Av 6 utförda JB-sonderingar tyder 1 sondering på att borrning i sprickigt berg har utförts.

## 8 Materialegenskaper

### 8.1 Härledda egenskaper

Friktionsvinkel för friktionsjorden har härletts från hejarsondering. Lerans och lermoränens odränerade skjuvhållfasthet har utvärderats genom CPT-sondering och vingförsök.

### 8.2 Valda materialparametrar

Materialegenskaperna har ansatts enligt härledda värden samt enligt Bilaga A i TRVINFRA-00230.

Tabell 8-1: Valda materialparametrar för beräkning.

Jordlager	Jordparameter	Valda värden
Ny fyllning packad enligt AMA, (ovan VY)	Tunghet, $\gamma$ ( $\gamma'$ )	18 kN/m <sup>3</sup> (8 kN/m <sup>3</sup> )
	Odränerad skjuvhållfasthet, $c_u$	-
	Effektiv kohesion, $c'_k$	-
	Friktionsvinkel, $\phi$	42°
	E-modul	50 MPa

Jordlager	Jordparameter	Valda värden
Ny fyllning (under VY)	Tunghet, $\gamma$ ( $\gamma'$ ) Odränerad skjuvhållfasthet, $c_u$ Effektiv kohesion, $c'_k$ Friktionsvinkel, $\phi$ E-modul	21 kN/m <sup>3</sup> (11 kN/m <sup>3</sup> ) - - 40° 20 MPa
Gyttig lera	Tunghet, $\gamma$ ( $\gamma'$ ) Odränerad skjuvhållfasthet, $c_u$ Effektiv kohesion, $c'_k$ Friktionsvinkel, $\phi$ E-modul	15 kN/m <sup>3</sup> (5 kN/m <sup>3</sup> ) 2-6 kPa 0,1*c <sub>u</sub> 30° -
Lerig morän / Lermorän	Tunghet, $\gamma$ ( $\gamma'$ ) Odränerad skjuvhållfasthet, $c_u$ Effektiv kohesion, $c'_k$ Friktionsvinkel, $\phi$ E-modul	20 kN/m <sup>3</sup> (10 kN/m <sup>3</sup> ) 6-70 kPa 0,1*c <sub>u</sub> 30-33° 5-20 MPa

### 8.3 Omräkningsfaktorer

Bestämning av omräkningsfaktorer i tabell 8-2 har utförts i enlighet med kapitel 3.4.2 IEG rapport 6:2008.

För materialegenskaper valda enligt Bilaga A i TRVINFRA-00230 har omräkningsfaktorn 1,0 ansatts då egenskaperna inte är bestämda mot bakgrund av sondering eller provtagning.

Tabell 8-2. Omräkningsfaktor för lera och lermorän. Avser stabilitetsberäkningar.

Delfaktor	Förklaring	Intervall	Skjuvhållfasthet	Friktionsvinkel
$\eta_{(1,2)}$	Beror av antal oberoende undersökningspunkter och den aktuella materialegenskapens naturliga variation.	0,9–1,0	0,95	1,0
$\eta_3$	Beaktar osäkerheter i bestämningen av jordens egenskaper.	0,9–1,0	1,0	0,95
$\eta_{(4,5,6,7)}$	Beaktar omfattningen av en potentiell brottyta.	0,9–1,0	1,0	1,0
$\eta_8$	För dimensionering av banker och slänter.	1,0	1,0	1,0
<b><math>\eta</math></b>	<b><math>\eta = \eta_{(1,2)} \cdot \eta_3 \cdot \eta_{(4,5,6,7)} \cdot \eta_8</math></b>		<b>0,95</b>	<b>0,95</b>

## 9 Stabilitetsförhållanden

Stabilitetskontroll har utförts i fyra sektioner, se figur 9-1. Utförd kontroll har utvärderats enligt partialkoefficientmetoden med dimensionerande värden varpå erforderlig säkerhetsfaktor uppgår till minst 1,00 både vid odränerad analys och kombinerad analys.



Figur 9-1: Beräkningssektioner i relation till strandbank.

## 9.1 Förutsättningar

Geometrier för strandbank är uppritade enligt normalsektion 6-OJ-111-M-31-2-00-0001 (arbetsmaterial daterat 2025-05-15).

Beräkningar är utförda med lägsta vattenstånd och medelvattenstånd där vattennivåer (RH2000) kommer från SMHI webbdatab (inom perioden 2015-08 till 2025-07).

- Lägsta vattenstånd -0,60
- Medelvattenstånd +0,10
- Högsta vattenstånd +1,10

## 9.2 Resultat

Tabell 9-1 redovisar erhållna säkerhetsfaktorer vid de olika analyserna där erforderlig stabilitet uppnås för samtliga sektioner.

Tabell 9-1: Resultat från stabilitetskontroll.

Sektion	Vattenstånd	Lägsta erhållna säkerhetsfaktor vid odränerad analys / kombinerad analys	
		Vänster slänt	Höger slänt
A-A	-0,60	1,36 / 1,37	1,01 / 1,00
	+0,10	1,37 / 1,39	1,02 / 1,02
	+1,10	1,42 / 1,42	1,09 / 1,09
B-B	-0,60	1,71 / 1,71	1,16 / 1,18

Sektion	Vattenstånd	Lägsta erhållna säkerhetsfaktor vid odränerad analys / kombinerad analys	
		Vänster slänt	Höger slänt
	+0,10	1,76 / 1,78	1,23 / 1,17
C-C	-0,60	2,08 / 1,97	1,96 / 1,82
	+0,10	2,15 / 2,06	2,00 / 1,89
D-D	-0,60	1,03 / 1,04	1,18 / 1,18
	+0,10	1,10 / 1,10	1,21 / 1,23

## 10 Rekommendationer

Området är översiktligt undersökt och kompletterande geotekniska undersökningar rekommenderas. Följande rekommendationer är preliminära och bör verifieras med vidare undersökning under fortsatt projektering. Notera att utskiftning av material skall anpassas till den planerade verksamhetens behov och krav på planerade konstruktioner. Vid framtagande av bygghandlingar skall arbetsordningen för schakt- och uppfyllnadsarbeten beskrivas.

Innan etablering av en mobilkran, betongpumpbil eller andra tyngre arbetsfordon ska geotekniker kontaktas för att kontrollera att jorden har erforderlig bärförmåga.

För anläggande av planerad utfyllnad rekommenderas massutskiftning genom nedpressning för vidare analys och projektering.

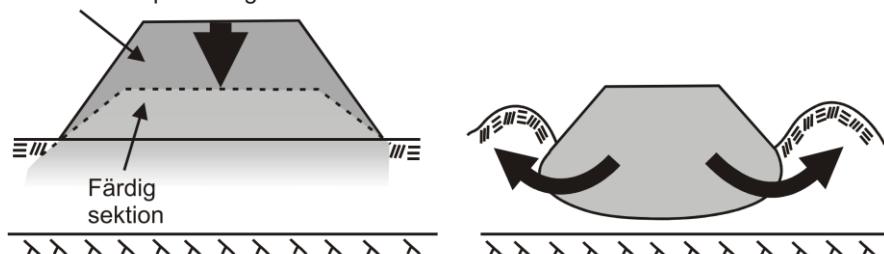
### 10.1 Massutskiftning genom nedpressning

Utfyllnad utförs genom överhöjning över den projekterade ytan där de befintliga lösa jordarna pressas undan succesivt genom kontrollerade skred och ersätts med fyllnadsmassor, se figur 10-1 för principskiss. För att verifiera stabilitet och sättningar under och efter anläggande krävs kontrollprogram.

Undanpressning kräver inte urgrävning och kan spara tid, särskilt vid successiv undanpressning. Metoden kan vara billigare än alternativa metoder, då schaktning i och vid vatten kan vara logistiskt svårt.

Observera att det är svårt att exakt styra skredens utbredning och djup, vilket kan leda till kvarvarande kompressibla jordlager. Undanpressning kan också orsaka hävning och sidoförskjutningar vilken kan påverka närliggande ledningar och marknivåer.

Bank innan undanpressning



Figur 10-1. Principsktion undanpressning (Trafikverket, 2025)



## 10.2 Kompletterande undersökningar

Nedan ges några förslag på kompletterande undersökningar som bör utföras vid fortsatt projektering:

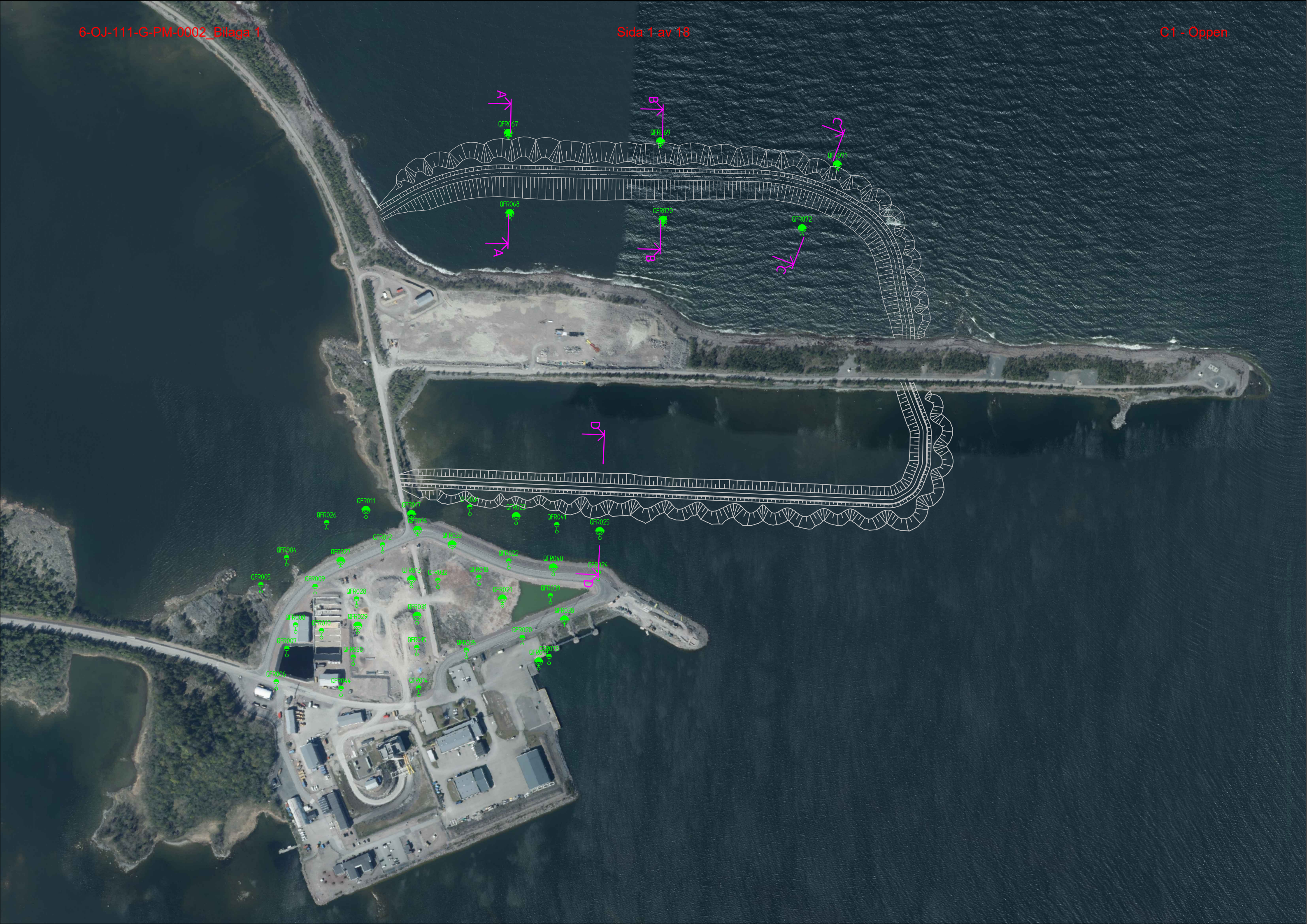
- I tidigare utförda geotekniska undersökningar har endast den yttre norra vallen undersökts och analyserats. Vid fortsatt projektering bör övriga ytor samt det södra området undersökas för att få bättre kännedom i området samt att minimera de geotekniska riskerna.
- Underliggande lermorän bör analyseras vidare i syfte att klarlägga dess sättningsegenskaper vid påförande av planerad återfyllnad.
- I utförda undersökningar har ett avstånd mellan sonderingspunkterna ansatts till ca 100 m. Vid vidare projektering bör avståndet mellan undersökningspunkter minskas för att reducera de geotekniska riskerna i projektet.

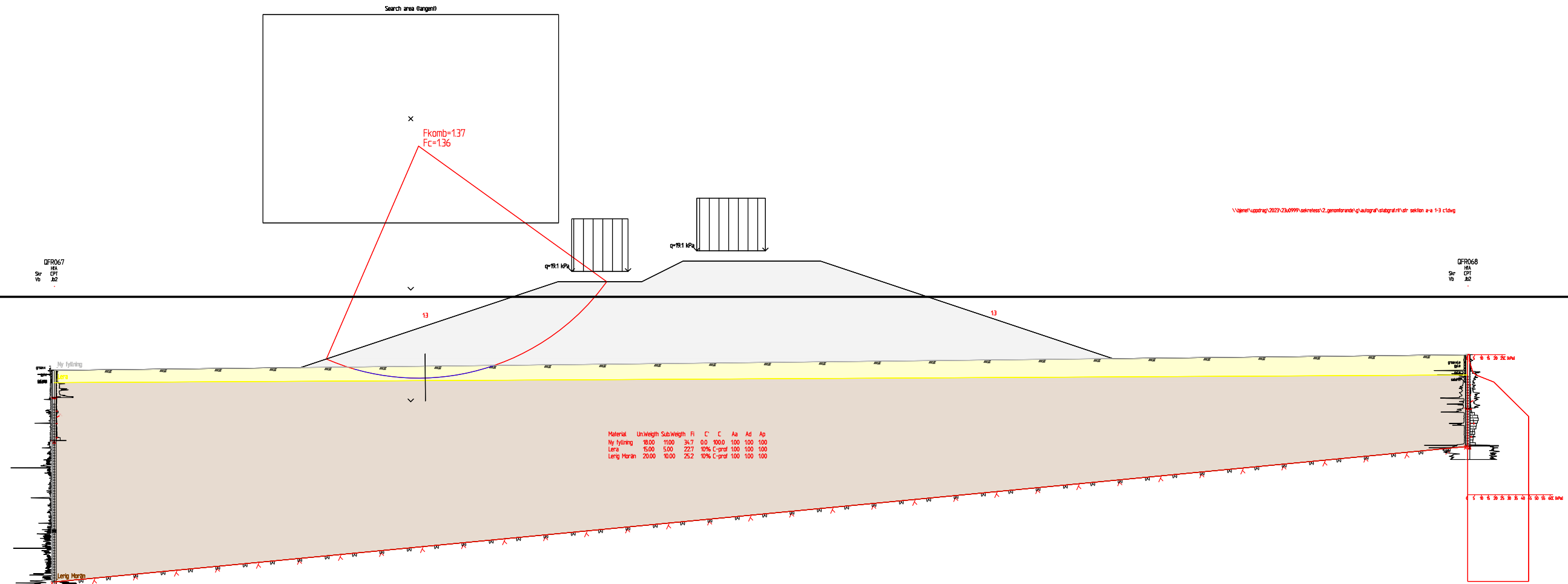
## 11 Referenser

Trafikverket. (2025). *TRVINFRA-00230*. Borlänge: Trafikverket.

## 12 Bilagor

Bilaga 1      Stabilitetsanalys (18 sidor)





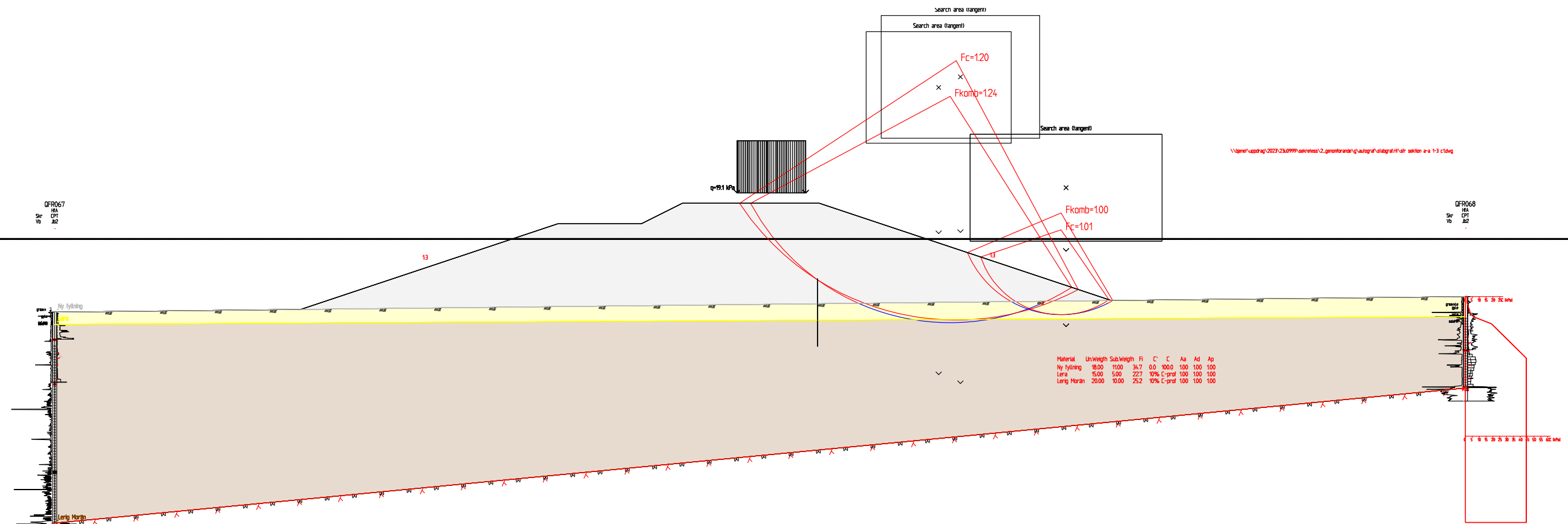
SEKSION A-A

V LVS Fc=1.36

Result file : \\bjene\updrag\2023\23.0999\sekres\2\_genomforande\g\autogra\stabgral\ufdr\seksjon a-a 1-3 c1RB

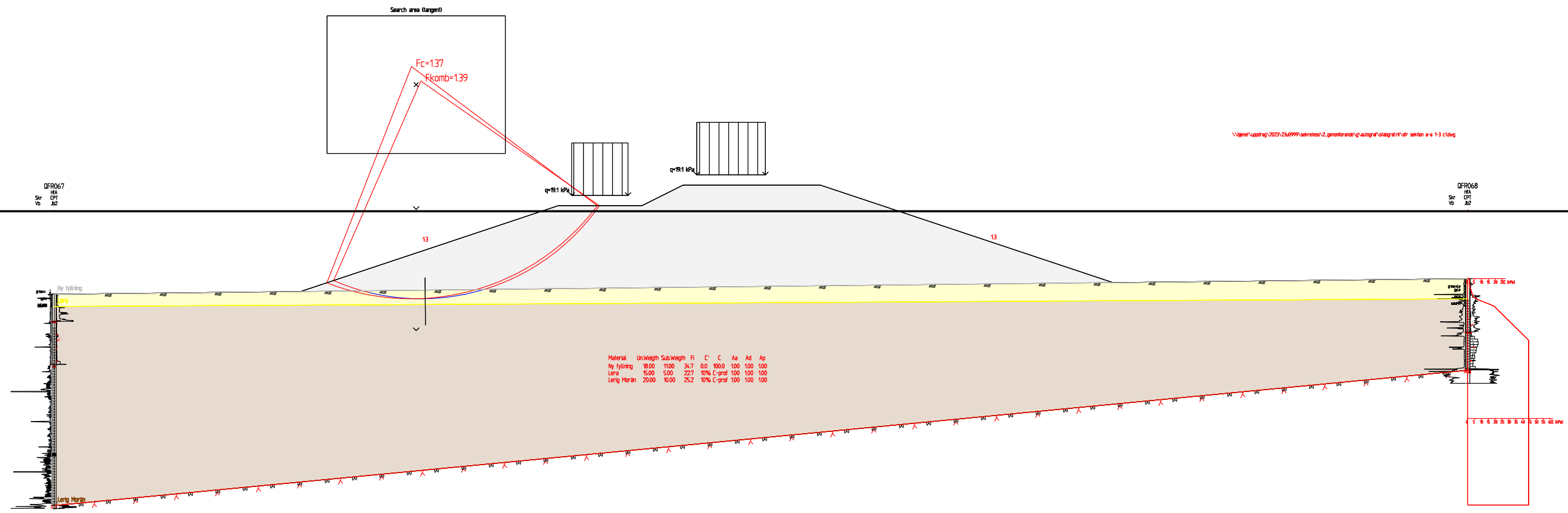
V LVS Fkomb=1.37

Result file : \\bjene\updrag\2023\23.0999\sekres\2\_genomforande\g\autogra\stabgral\ufdr\seksjon a-a 1-3 c1R%



SEKTION A-A

- H LVS Fc=100  
Result file : \\bjemel\updrag\2023\23\_0999\sekretess\2\_genomforande\g\autogra\stabgral\fr\fr\sektion a-a 1-3 c1R8
- H LVS Fc=101  
Result file : \\bjemel\updrag\2023\23\_0999\sekretess\2\_genomforande\g\autogra\stabgral\fr\fr\sektion a-a 1-3 c1R9
- H LVS Fc=120  
Result file : \\bjemel\updrag\2023\23\_0999\sekretess\2\_genomforande\g\autogra\stabgral\fr\fr\sektion a-a 1-3 c1R20
- H LVS Fc=124  
Result file : \\bjemel\updrag\2023\23\_0999\sekretess\2\_genomforande\g\autogra\stabgral\fr\fr\sektion a-a 1-3 c1R19



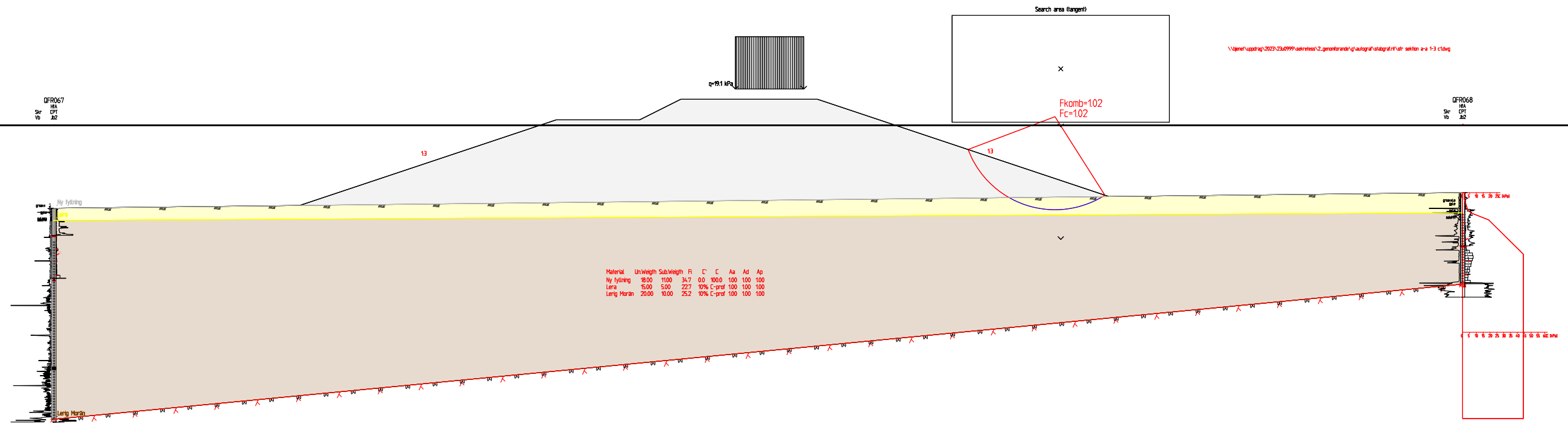
SEKTION A-A

V M/S Fc=139

Result file : \\bjene\uppdrag\2023\23.0999\sekretess\2\_genomforande\g\autograf\stabgraf\fr\str\sektion a-a f-3 c1R11

V M/S Fc=137

Result file : \\bjene\uppdrag\2023\23.0999\sekretess\2\_genomforande\g\autograf\stabgraf\fr\str\sektion a-a f-3 c1R12



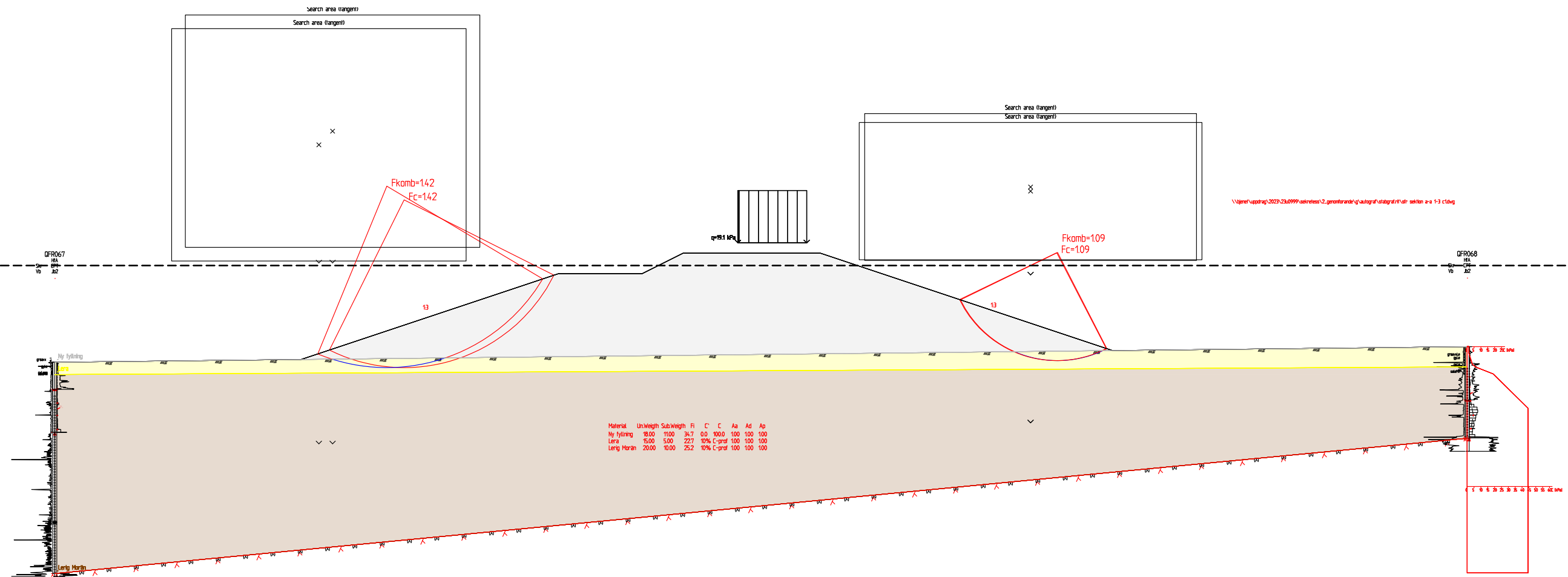
SEKSION A-A

H M/S Fc=102

Result file : \\bjenet\updrag\2023\23.0999\sekretess\2\_genoerforande\g\autograf\stabgrat\ri\ufir sektion a-a 1-3 c1R7

H M/S Fcomb=102

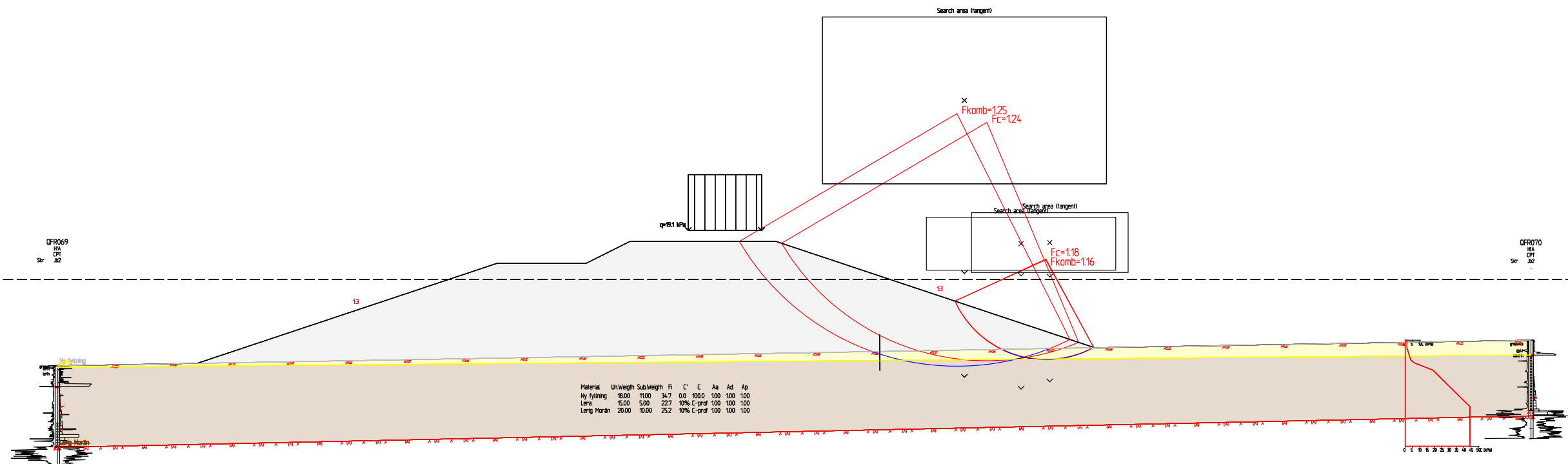
Result file : \\bjenet\updrag\2023\23.0999\sekretess\2\_genoerforande\g\autograf\stabgrat\ri\ufir sektion a-a 1-3 c1R0



SEKTION A-A

H HVS Fc=109  
 Result file : \\bjørn\appdrag\2023\23.0999\sekretess\2\_genoerforande\g\autograf\stabgraf\ri\uftr sektion a-a 1-3 c1R6  
 H HVS Fkomb=109  
 Result file : \\bjørn\appdrag\2023\23.0999\sekretess\2\_genoerforande\g\autograf\stabgraf\ri\uftr sektion a-a 1-3 c1R5  
 V HVS Fkomb=142  
 Result file : \\bjørn\appdrag\2023\23.0999\sekretess\2\_genoerforande\g\autograf\stabgraf\ri\uftr sektion a-a 1-3 c1R8  
 V HVS Fc=142  
 Result file : \\bjørn\appdrag\2023\23.0999\sekretess\2\_genoerforande\g\autograf\stabgraf\ri\uftr sektion a-a 1-3 c1R7





SEKSION B-B

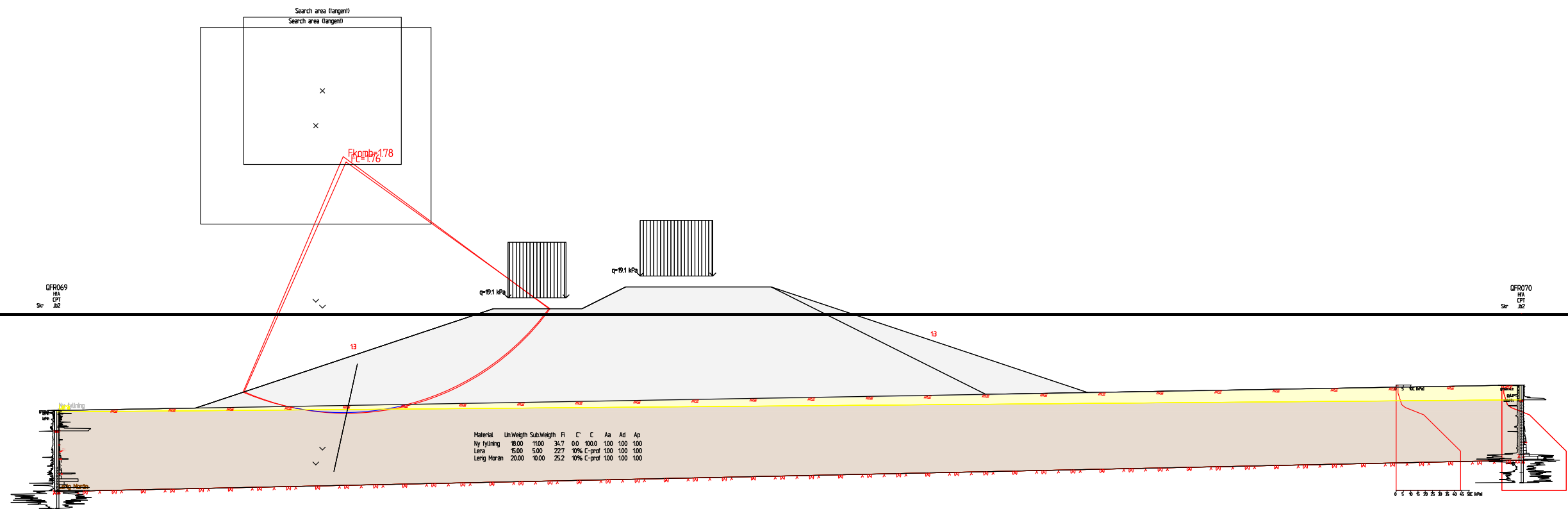
H LVS Fc=118  
 Result file : \\bjernet\supdrag\2023\23.0999\sekretess\2.gemontforand\g\autograf\stabgraf\lfr\sektion b-b c1R1

H LVS Fcomb=116  
 Result file : \\bjernet\supdrag\2023\23.0999\sekretess\2.gemontforand\g\autograf\stabgraf\lfr\sektion b-b c1R8

H LVS Fc=124  
 Result file : \\bjernet\supdrag\2023\23.0999\sekretess\2.gemontforand\g\autograf\stabgraf\lfr\sektion b-b c1R0

H LVS Fcomb=125  
 Result file : \\bjernet\supdrag\2023\23.0999\sekretess\2.gemontforand\g\autograf\stabgraf\lfr\sektion b-b c1R11

\\bjernet\supdrag\2023\23.0999\sekretess\2.gemontforand\g\autograf\stabgraf\lfr\sektion b-b c1dag



SEKTION B-B

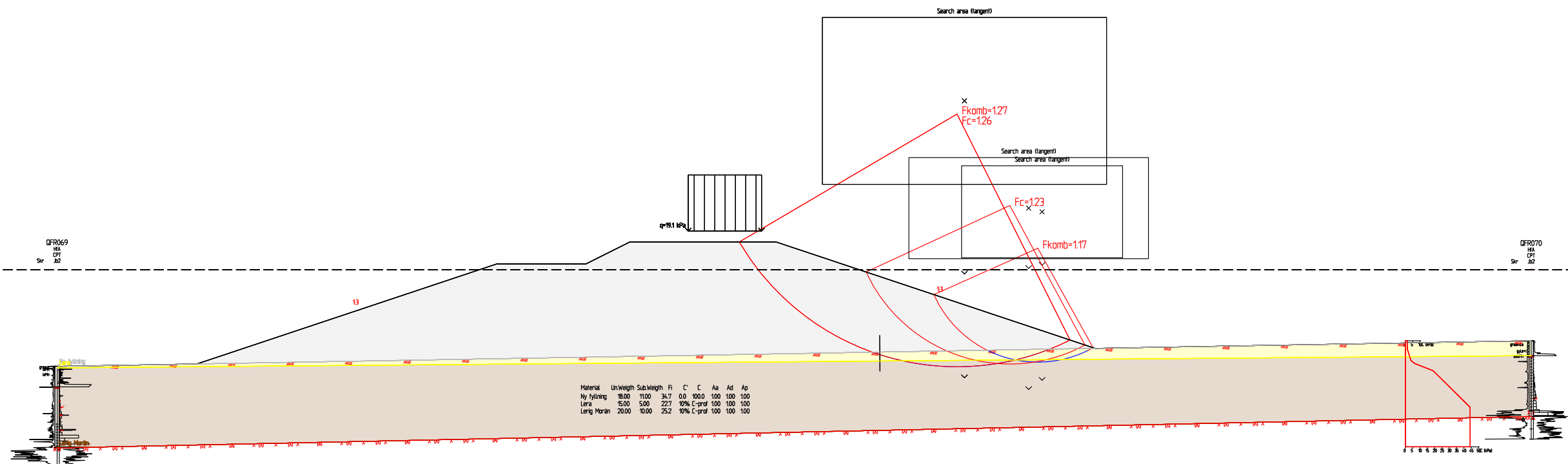
V MYS Fc=176

Result file : \\bjene\supdrag\2023\23.0999\sekretess\2\_grenforande\g\autograf\stabgraf\uf\ sektion b-bR5

V MYS Fcamb=178

Result file : \\bjene\supdrag\2023\23.0999\sekretess\2\_grenforande\g\autograf\stabgraf\uf\ sektion b-bR6

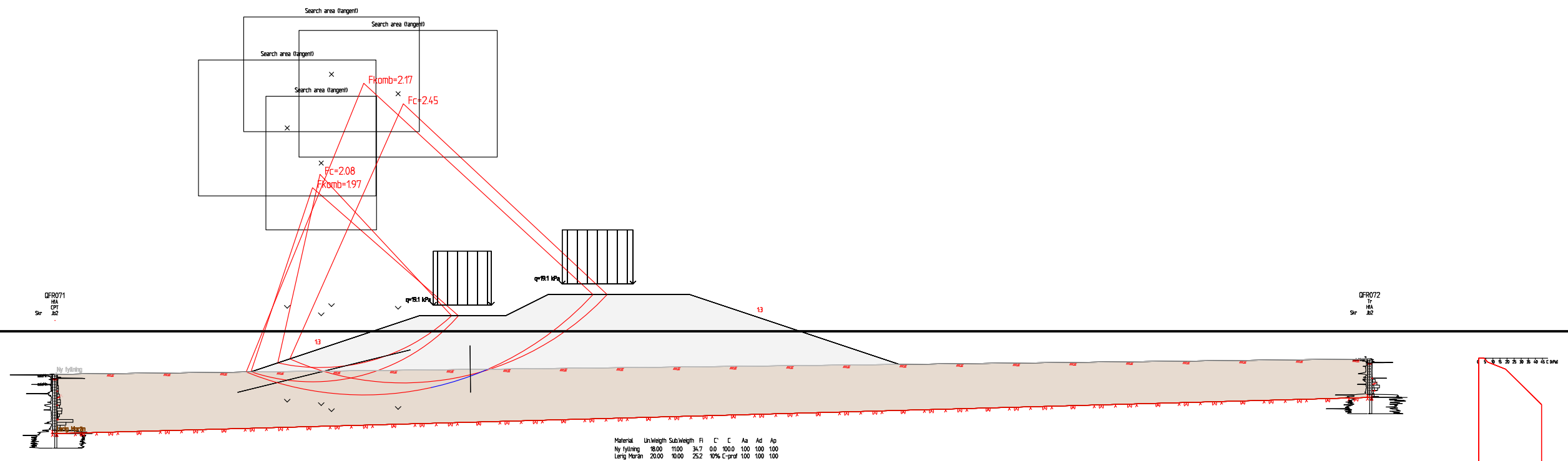
\\bjene\supdrag\2023\23.0999\sekretess\2\_grenforande\g\autograf\stabgraf\uf\ sektion b-b c1aig



SEKSION B-B

- H MVS Fkomb=117
- Result file : \\bjemel\updrag\2023\23.09999\sekretess\2.genomforande\g\autograf\stabgraf\rl\stf\seksjon b-b c187
- H MVS Fc=123
- Result file : \\bjemel\updrag\2023\23.09999\sekretess\2.genomforande\g\autograf\stabgraf\rl\stf\seksjon b-b c188
- H MVS Fc=126
- Result file : \\bjemel\updrag\2023\23.09999\sekretess\2.genomforande\g\autograf\stabgraf\rl\stf\seksjon b-b c189
- H MVS Fkomb=127
- Result file : \\bjemel\updrag\2023\23.09999\sekretess\2.genomforande\g\autograf\stabgraf\rl\stf\seksjon b-b c190

\\bjemel\updrag\2023\23.09999\sekretess\2.genomforande\g\autograf\stabgraf\rl\stf\seksjon b-b c186



SEKSION C-C

- V LVS Fkomb=1.97  
Result file : \\bjemel\updrag\2023\23.0999\sekretess\2.genomforand\g\autogra\stabgr\ri\stf\sektion c-c c1R13
- V LVS Fkomb=2.17  
Result file : \\bjemel\updrag\2023\23.0999\sekretess\2.genomforand\g\autogra\stabgr\ri\stf\sektion c-c c1R16
- V LVS Fc=2.45  
Result file : \\bjemel\updrag\2023\23.0999\sekretess\2.genomforand\g\autogra\stabgr\ri\stf\sektion c-c c1R15
- V LVS Fc=2.08  
Result file : \\bjemel\updrag\2023\23.0999\sekretess\2.genomforand\g\autogra\stabgr\ri\stf\sektion c-c c1R14

\\bjemel\updrag\2023\23.0999\sekretess\2.genomforand\g\autogra\stabgr\ri\stf\sektion c-c c1dag



