

E39 Rogfast. Utfylling i sjø, Krågøy. Geoteknisk vurdering.

Sammendrag/konklusjon

Denne rapporten omfatter fylling i sjø utenfor Krågøy.

Beregninger tilsier at fyllingen for utfylling Krågøy kan legges ut med en kombinasjon av lekter fylling og med tipp. Det kan fylles ut fra land på Krågøy og nordover opp til kote +5,0 med front helning på 1:1,5. Av sikkerhetsmessige årsaker ved utfyllingsarbeider anbefaler vi at det fylles med lekter opp til kote -10 med en ekstra sjeté i ytre del av fyllingen, og videre med tipp opp til endelig nivå.

Variasjoner i bergoverflaten tilsier at fyllingen lokalt ikke vil tilfredsstillende krav til sikkerhet på 1,3 ved kun fylling med tipp Dette gjelder for utlegging i anleggsfasen. Sikkerheten i alle faser av utfyllingsarbeidet bedres ved å fylle til kote -10 med lekter først. I det nordvestre området er det størst lokale variasjoner i bergoverflaten. Det bør vises ekstra stor aktsomhet ved fylling i dette området. I endelig tilstand anses fyllingen som stabil. Det kan bli behov for utslaking av fyllingskråninger dersom disse blir brattere enn forutsatt underveis. Dette kan utføres med gravemaskin med lang arm eller med lekter der gravemaskin ikke er egnet.

Det må utføres systematisk kontroll av skråningshelning for å unngå utrasing i anleggsperioden og for å sikre stabilitet av fyllingen permanent. Det forutsettes at utfyllingsarbeidene følges opp nøye med gjentatte mengde- og nivåkontroller.

00A	2018-05-14	Konkurransesgrunnlag	OMTro	SHY	BjKle
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

1 Innledning

Denne rapporten omfatter geotekniske vurderinger ved fylling i sjø utenfor Krågøy..

Utsnitt av illustrasjonsplan for området er på Figur 1.



Figur 1 Utsnitt av landskapsplan ved utfylling Krågøy, tegning nr. 02-O01-600, utarbeidet av Norconsult Konkurransgrunnlag 2018-02-09.

2 Geoteknisk prosjektering – forutsetninger og sikkerhetskrav

2.1 Regelverk

Gjeldende regelverk legges til grunn for prosjekteringen. For geoteknisk prosjektering gjelder

- Håndbok V220 Geoteknikk i vegbygging (2010)
- Håndbok V221 Grunnforsterkning, fyllinger og skråninger (2012)
- Eurokode 0
- Eurokode 7

Det vises også til Dimensjoneringsforutsetninger utarbeidet for byggeplan, dokumentnummer Felles-001.

2.2 Geoteknisk kategori og pålitelighetsklasse/konsekvensklasse

Fylling i sjøen er klassifisert som følger

- Geoteknisk kategori: 2.
- Pålitelighets- og konsekvensklasse (RC/CC): 2

Det vises til V220 figur 0.1 og kapittel 0.6. Dette omfatter både anlegg –og permanent fase.

2.3 Kontroll

Konsekvensklasse 2 krever normal kontroll, figur 0.8 i håndbok V220.

2.4 Krav til partialfaktor

2.4.1 Jordparametere

Et eventuelt brudd i fyllingen vurderes å kunne karakteriseres som seigt, dilatant brudd.

Krav til partialfaktor blir dermed iht. figur 0.3 i håndbok V220 vist med rødt i tabellen under:

Tabell 1 - Partialfaktor for jordparametere avhengig av bruddmekanisme og konsekvensklasse fra håndbok V220

Konsekvensklasse	Bruddmekanisme		
	Seigt, dilatant brudd	Nøytralt brudd	Sprøtt, kontraktant brudd
CC1 Mindre alvorlig	1,25 / 1,4 *	1,3 / 1,4 *	1,4
CC2 Alvorlig	1,3 / 1,4 *	1,4	1,5
CC3 Meget alvorlig	1,4	1,5	1,6

* NS-EN 1997-1:2004+NA:2008 krever at $\gamma_M \geq 1,4$ ved totalspenningsanalyser

2.4.2 Laster

For trafikklaster benyttes en partialfaktor $\gamma_f=1,3$ iht. V220 kap. 0.3.5.

2.5 Lastforutsetninger

2.5.1 Trafikk og terrenglaster

For stabilitetsberegninger regnes det med en trafikklast på 10 kPa på hele fyllingen i både anleggsfasen og permanent fase.

Laster for permanent fase etter at anlegget er ferdig er ikke kjent.

2.5.2 Jordskjelv

Dette er ikke vurdert.

2.5.3 Sjøvannstand og poretrykk.

Laveste lavvann i Stavanger er benyttet som ytre vannstand ved stabilitetsberegningene, kote -0,85. Poretrykk er regnet hydrostatisk.

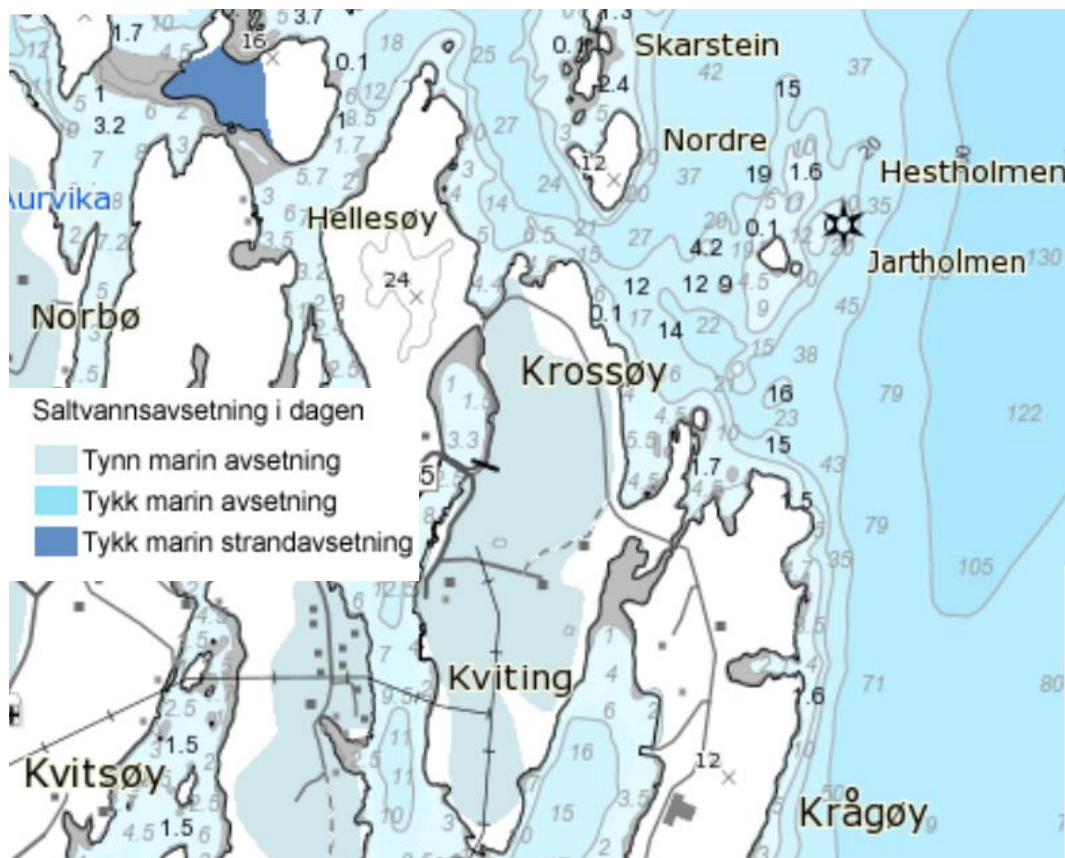
Det er ikke utført beregninger med poretrykksoppbygging da dette anses som lite sannsynlig med grunnforholdene som er påvist i området. Alle prøvene som inneholder silt, viser også innhold av sand og grus (sandig, grusig og siltig materiale). Utfyllingen vil uavhengig av fyllingsmetode, pågå over lang tid slik at eventuelle økte poretrykk under oppfylling vil dreneres ut før ferdig fyllingshøyde er oppnådd.

3 Grunnundersøkelser og grunnforhold

Multiconsult har utført grunnundersøkelser i sjøen, det vises til geoteknisk datarapport 215943-RIG-RAP-006_rev00; E39 Rogfast. Massedeponi Kvitsøy 2011032186-006, datert 3. september 2014.

Beskrivelse av grunnforhold er hentet fra denne rapporten.

Løsmassekart som viser saltvannsavsetninger er vist i figuren under.



Figur 2 Løsmasser, nasjonal løsmassedatabase, <http://geo.ngu.no/kart/losmasse/>

3.1 Vestre del av området

Bunnkotekart viser at sjøbunnen faller av fra Krossøy i vest ned til ca. kote -22 sentralt i området. Det er enkelte undersjøiske «koller» hvor sjøbunnen ligger opp mot kote -13.

Løsmassemektigheten nærmest land er beskjeden (0-3 m). Her er det i hovedsak påtruffet middels fast lagrede masser som antas å bestå av sand og grus med skjellrester.

Løsmassemektigheten øker mot øst og den sentrale delen av området og det er registrert inntil 18 m løsmasser (punkt MC-227). Prøver viser at løsmassene består av sand med skjell og gruskorn. Skjellinnholdet minker med dybden. Fastheten øker generelt med dybden og det er delvis benyttet slag og spyling for å penetrere massene.

3.2 Nord-vestre del av området

Bunnkotecart viser at sjøbunnen like vest for Jartholmen ligger på ca. kote -16 til -20. Sjøbunn faller mot nord-nordvest ned i en dalbunn/renne før det stiger opp mot Nordre Hestholmen.

Løsmassemektigheten er størst i denne dalbunnen med mektigheter opptil 8 m. For øvrig under planlagt utfylling er det små løsmassemektigheter (0-3 m).

Løsmassene består av antatt sand og grusig sand og det er registrert skjell eller skjellrester i alle prøver som er tatt opp (MC-206). Skjellinnholdet av avtar generelt med dybden.

3.3 Østre del av området

Bunnkotecart viser at sjøbunnen like sør for Jartholmen ligger på ca. kote -9 til kote -18 og faller av videre sørover ned til kote -24 før det stiger opp mot Krågøy/Krossøy i sør. Mot øst faller sjøbunn av mot antatt stort havdyp. Sjøbunn i borpunktene lengst øst er registrert på kote -46.

Løsmassemektigheten mellom Jartholmen og Krågøy varierer mellom 0 og 3,0 m. Nærmest Jartholmen er det ikke registrert løsmasser, eller et meget tynt lag over berg. Mot øst er det registrert inntil 5,3 m løsmasser.

Løsmassene i prøvepunktene MC-231, MC-246 og MC-256 består av sand med skjellrester og grusig sand. Lengst øst tyder boringene på at det også er fast lagret morene under sandlaget.

Seismiske profiler utført i området tyder på løsmassemektigheter i størrelsesorden 2-9 m, noe som er høyere enn boringene viser.

4 Beregningsgrunnlag og parametervalg

4.1 Forutsetninger for fyllingsarbeidene

4.1.1 Skjellsand

Sjøbunn i området er dekket av skjellsand som betraktes som en ikke fornybar ressurs. Det har vært diskutert fjerning av skjellsand før utfyllingsarbeider. Det er utført beregninger både med og uten skjellsand på sjøbunn. Beregningene viser at sikkerheten fra med til uten skjellsand endres marginalt. Det er dermed ikke et krav om at skjellsanden må fjernes av hensyn til stabilitet ved utfylling.

4.1.2 Skråningshelning

Figur 2-3-3 i håndbok V221 viser bratteste stabile skråningshelning for fylling over og under vann.

Tabell 2 - Stabil skråningshelning for steinfyllinger. Fra håndbok V221.

Stein fra	Bratteste stabile skråningshelning			
	God stein kvalitet og kubisk kornform		Dårlig steinkvalitet og skifrig kornform	
	Over vann	Under vann	Over vann	Under vann
Dagbrudd	1 : 1,25	1 : 1,3	1 : 1,4	1 : 1,5- 1 : 2
Tunnelsprengning	1 : 1,3	1 : 1,3 - 1 : 1,5	1 : 1,4 - 1 : 1,5	1 : 1,5 – 1 : 1,6
Fullprofilmaskin	1 : 1,5	---	1 : 2-1 : 4	---

Figur 2-3-3 Antyder bratteste stabile fyllingsskråning avhengig av måten steinen er produsert på og steinkvalitet.

Tunnelstein fra tunneltraseen under Kvitsøy antas å bestå av bergartene grønnstein, grønnskifer, gabbro, gneis, fyllitt og noe svartskifer. Det er videre grovt regnet at ca. 15 % av massene består av fraksjon 20 mm eller finere.

Iht. håndbok V221 kan fyllinger som bygges opp av sprengt stein med dårlig kvalitet og/eller skifrig kornform og ugunstig størrelsesfordeling, eller ved fri fylling fra tipp, få betydelig slakere helning på skråningene.

Iht. tabellen over karakteriseres bergartene ved Kvitsøy som dårlig steinkvalitet, og det forutsettes at bratteste stabile skråningshelning under vann blir 1:1,5. Samme skråningshelning forutsettes over vann der reguleringsplan ikke angir en annen skråningshelning.

4.2 Lagdeling og materialparametere

Det er benyttet lagdeling og materialparametere iht. anbefalingene i rapport fra Multiconsult. Alle lagene foreligger ikke nødvendigvis i alle beregningsprofilene.

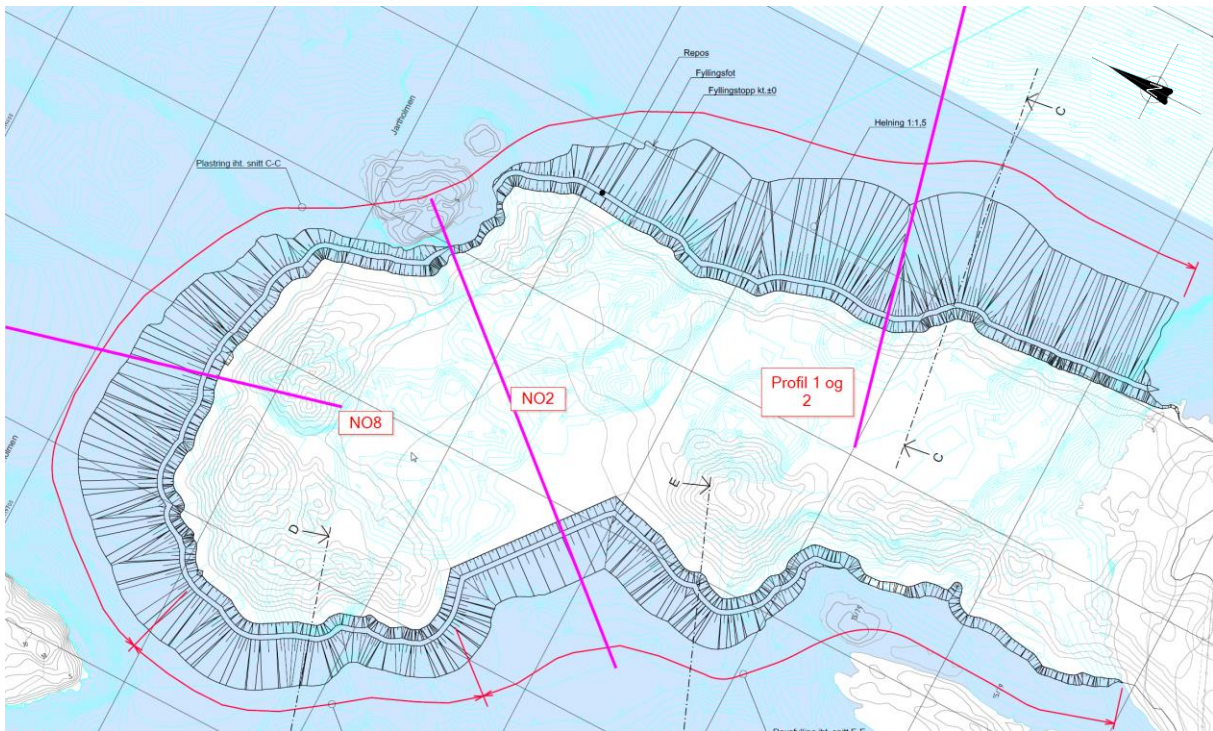
Tabell 3 Materialparametere

Parameter	Friksjonsvinkel ϕ'	Attraksjon a (kN/m ²)	Tyngdetetthet over vann γ (kN/m ³)	Tyngdetetthet under vann γ (kN/m ³)
Jordart				
Fylling	40	0	19	12
Skjellsand	34	0	17	7
Sandig, siltig materiale	32	5	18	8
Morene	36	10	19	9

5 Stabilitetsanalyser

5.1 Valg av beregningsprofil

Det er utført stabilitetsanalyser i total fire profiler. Disse er videre omtalt som: Profil 1, Profil 2, NO2 og NO8. Plasseringen av de ulike beregningsprofilene fremgår av figur 3.



Figur 3 – Lilla linje viser plasseringen av de ulike beregningsnittene. Fyllingen er inntegnet med en fronthelning på 1:1,5

Stabilitetsberegninger er utført med programmet Geosuite Stabilitet versjon 15.1.3.0. Beregningene er utført med sirkulære og egendefinerte glideflater.

Beregningene er i denne revisjonen kontrollert med opprinnelig skjellsand på sjøbunn. Beregningene viser marginale endringer i sikkerhet, og er dermed ikke ytterligere kommentert for hvert profil under.

5.1.1 Beregningsprofil: Profil 1 og Profil 2

Terrenghelningen på østsiden vurderes til å være relativt jevn og anslås til omtrentlig 10°. For å vurdere stabiliteten mot øst er det utført beregninger for to representative snitt, med henholdsvis 10° og 15° helning på bergoverflaten for å ivareta eventuelle lokale variasjoner. Profil 1 har minst helning på bergoverflaten. For begge snittene er det valgt å legge inn et lag med skjellsand med mektighet 2 meter over berg.

5.1.2 Beregningsprofil: NO2

Beregningsprofilene dekker vestsiden av utfyllingsområdet. Terrenget anses som relativt flatt, men det er i dette området det er påvist størst løsmassemektighet. Mest kritiske situasjon vil være ved opparbeidelse av fyllingen i anleggsfasen grunnet større løsmassemektighet lenger inn enn foten av fyllingen.

5.1.3 Beregningsprofil: NO8

Beregningsprofilen dekker antatt mest kritiske område mot nord. Løsmassemektingen er i området inntil ca. 5 m.

5.2 Resultater

Resultater av beregningene er vist i tabellen under. Alle beregninger er også vist i vedlegg.

Tabell 4 Resultater beregninger

Profil/Tegningsnummer	Sikkerhetsfaktor
Profil 1	1,30
Profil 2	1,25
NO-2	1,44
NO-8	1,43
Krav	1,3

5.2.1 Profil 1

Beregningene viser en sikkerhetsfaktor på 1,30 for sirkulærsylindrisk glideflate og 1,32 for egendefinert flate for ferdig utlagt fylling. Glideflate vil gå ned i skjellsandlaget og helningen på berg er styrende for hvilken sikkerhetsfaktor som oppnås.

5.2.2 Profil 2

Beregningen er tilsvarende som for profil 1, men med 15° helning på bergoverflaten. Brattere helning medfører en lavere sikkerhetsfaktor, 1,25 for sirkulærsylindrisk glideflate og tilsvarende for en egendefinert flate. Dette anses likevel som akseptabelt da innmålinger av sjøbunnen tyder på at denne helningen ikke forekommer over lengre partier og borer tyder på mindre løsmasser enn forutsatt i beregningene.

5.2.3 Profil NO2

Beregningen viser en sikkerhetsfaktor på 1,44.

Det er forutsatt at det ligger sand i det dypeste området på sjøbunn. Over sandlaget er det et gjenværende skjellsandlag på inntil 2 m.

5.2.4 Profil NO8

Beregningene viser en sikkerhetsfaktor på 1,43.

Kritisk glideflate vil gå ned i skjellsandlaget på sjøbunn, men styres av at det også er områder med berg under fyllingen. Dette medfører at kritisk flate ligger i ytre del av fyllingen.

6 Geotekniske vurderinger

Beregninger tilsier at fyllingen for utfylling Krågøy kan legges ut fra tipp. Det kan fylles ut fra land på Krågøy og nordover opp til kote +5,0 med front helning på 1:1,5. Av sikkerhetsmessige årsaker ved utfyllingsarbeider anbefaler vi at det fylles med lekter opp til kote -10 og fra tipp opp til endelig nivå.

Variasjoner i bergoverflaten tilsier at fyllingen lokalt ikke vil tilfredsstillende krav til sikkerhet på 1,3 ved kun fylling fra tipp. Dette gjelder for utlegging i anleggsfasen. Sikkerheten i alle faser av utfyllingsarbeidet bedres ved å fylle til kote -10 med lekter først. I det nordvestre området er det størst lokale variasjoner i bergoverflaten. Det bør vises ekstra stor aktsomhet ved fylling i dette området. I endelig tilstand anses fyllingen som stabil. Det kan bli behov for utslaking av fyllingskråninger dersom disse blir brattere enn forutsatt underveis. Dette kan utføres med gravemaskin med lang arm eller med lekter der gravemaskin ikke er egnet.

7 Kontroll og oppfølging

Det skal benyttes sprengstein fra tunnel i fyllingene. Fyllingen skal legges ut fra lekter opp til kote -10 og fra tipp opp til endelig nivå. Ved fylling fra tipp skyves massene ut over tippene med doser. Det må utvises forsiktighet ved arbeider ved fyllingsfronten.

Det må utføres systematisk kontroll av skråningshelning for å unngå utrasing i anleggsperioden og sikre stabiliteten permanent. Det forutsettes at utfyllingsarbeidene følges opp nøye med gjentatte mengde- og nivåkontroller, for eksempel med utarbeidelse scanning for kontroll av fyllingsgeometri.

Det vises også til håndbok V221.

8 Referanser

- /1/ Multiconsult AS
E39 Rogfast. Massedeponi Kvitsøy. 2011032186-006.
Dokumentkode 215943-RIG-RAP-006_rev00, datert 3. september 2014.

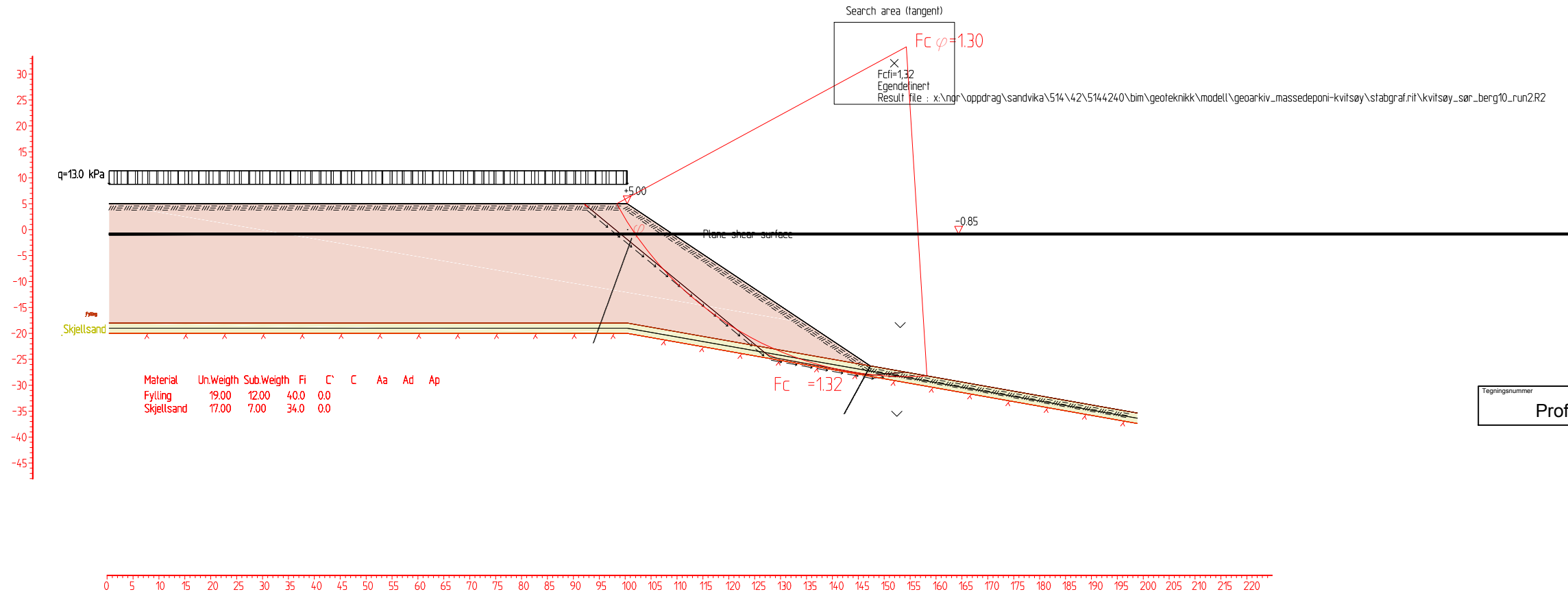
- /2/ Norconsult AS
Dok.nr.: Felles-001, revisjon 03
Dimensjoneringsforutsetninger. Byggeplanfasen, datert 2014-12-05.

- /3/ Norconsult AS
Utnyttelse av skjellsand i utfyllingsområdet ved Kvitsøy og Arsvågen.
Dok.nr.: NO-053-YM, versjon J03, datert 2016-02-16.

9 Vedlegg

- Tegning: Profil 1
- Tegning: Profil 2
- Tegning: NO-2
- Tegning: NO-8
- Borplaner, tegning 00-V01-510, -511 og -512

N:\514240\BIM\Geoteknikk\Arhiv\Stabilitetsberegning\514240 - Rogfast-kvitsøy sør-Profil1.rgp2.dwg - EIKLI - Plottet: 2016-05-19, 10:25:07 - LAYOUT = Profil 1 - XREF = KVITSØY_SØR_BERG10_RUN2, KVITSØY_SØR_BERG15_RUN1, KVITSØY_SØR_CS_01.dwg



Tegningsnummer	Revisjon
Profil 1	

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som fremgår nedenfor. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

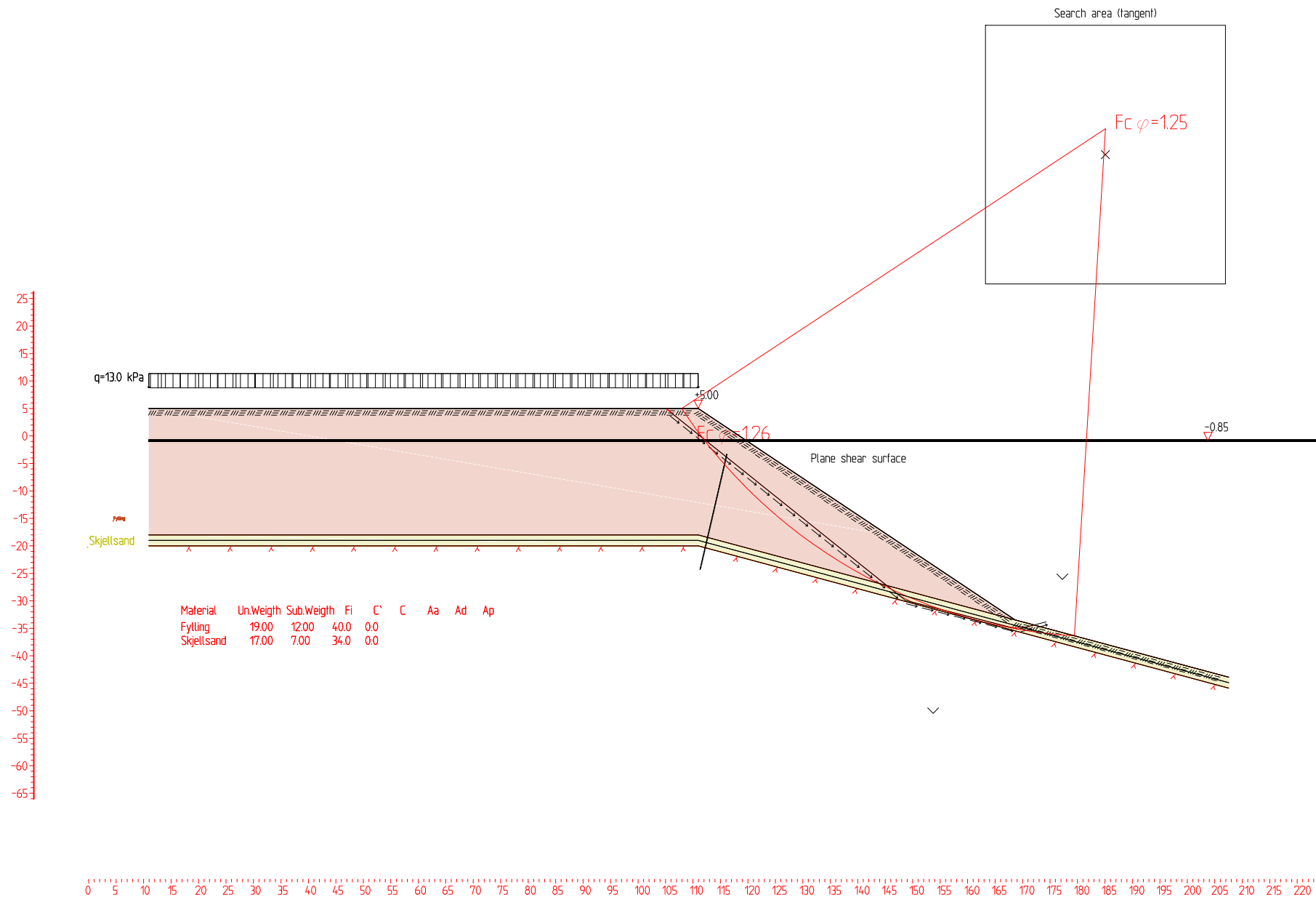
Målestokk (gjelder A1)

1:500

Rogfast
Kvitsøy sør
Profil 1
Egendefinert - og sirkulær skjærfalte

Norconsult	Oppdragsnummer	Tegningsnummer	Revisjon
	5144240	Profil 1	

N:\5142\5142\5142\4240\BIM\Geoteknik\Kvitt\Stabilitetsberegning\514240 - Rogfast-kvitsøy sør-Profil2.dwg - EIKLI - Plottet: 2016-05-19, 10:26:46 - LAYOUT = Profil 2 - XREF = KVITSDY_SØR_BERG00_RUNG_KVITSDY_SØR_BERG15_nur1_Kvitsøy_sør_GS.ctb



Tegningsnummer: Profil 2
Revisjon:

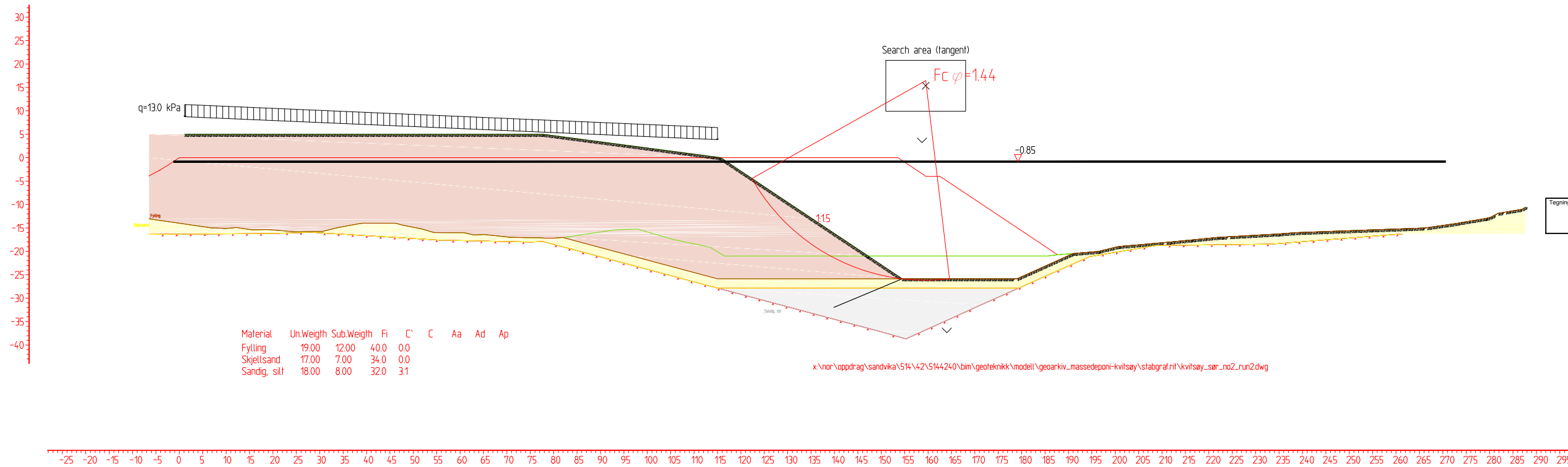
Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som fremgår nedenfor. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

Målestokk (gjelder A1): 1:500

Rogfast
Kvitsøy sør
Profil 2
Egendefinert - og sirkulær skjærfalte

Norconsult	Oppdragsnummer: 5144240	Tegningsnummer: Profil 2	Revisjon:
------------	-------------------------	--------------------------	-----------

N:\51424\51424\BIM\Geoteknikk\Arhiv\Stabilitetsberegning\514240 - Rogfast-kvitsøy sør-NO2.dwg - EIKLI - Plottet: 2016-05-19, 10:30:11 - XREF = Kvitsøy_sør_CS_NO2_KVITSØY_SØR_NO2_RUN2_EIKLI



Tegningsnummer	NO2	Revisjon
----------------	-----	----------

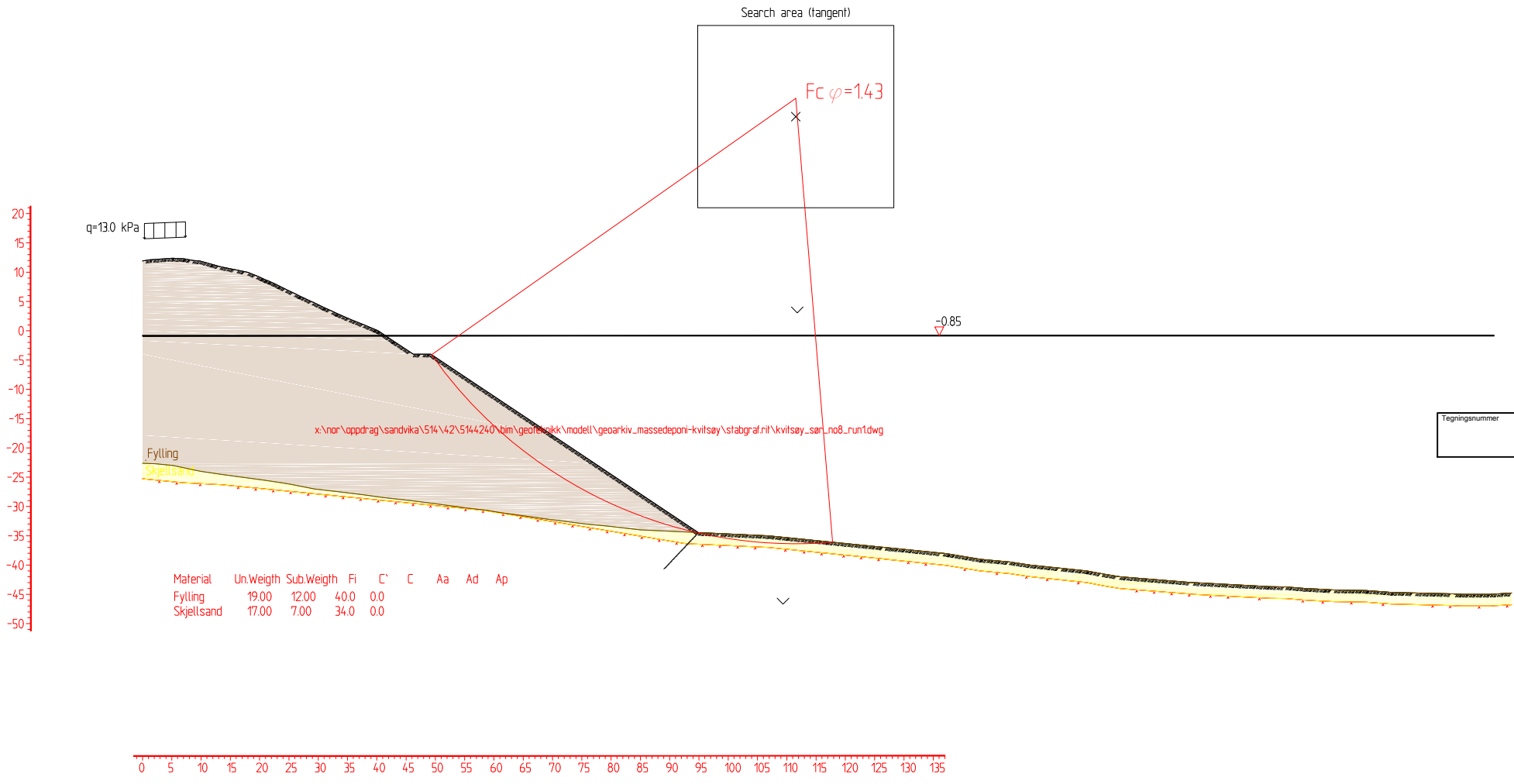
FORELØPIG 2016-04-18

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som fremgår nedenfor. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tillater.

Målestokk (gjelder A1)
1:500

Rogfast
Kvitsøy sør
NO2

Norconsult	Oppdragsnummer	Tegningsnummer	Revisjon
	5144240	NO2	



Tegningsnummer	Revisjon
NO8	

FORELØPIG 2016-04-18

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som fremgår nedenfor. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

Målestokk (gjelder A1)
1:500

Rogfast
Kvitsøy sør
NO8

Norconsult	Oppdragsnummer	Tegningsnummer	Revisjon
	5144240	NO8	

N:\514\2\5144240\BM\Geoteknik\Ar\fil\Stabilitetsberegning\5144240 - Rogfast-kvitsay sor-NO8.dwg - EKL1 - Plottet: 2016-05-19, 10:32:36 - XREF = Kvitsay_sor_GS_NO8, kvitsay_sor_no8_run1

