

Notat RIG – 01_rev 01

Oppdrag:	Nytt kontrolltårn Kjevik	Dato:	13. september 2010
Emne:	Kvikkleirekartlegging	Oppdr.nr.:	312198-1
Til:	Avinor		
Kopi:			
Utarbeidet av:	Trude Ørbeck / Emil D. Olsen	Sign.:	<i>Emil D. Olsen</i>
Kontrollert av:	Arne Schram Simonsen	Sign.:	<i>Arne Schram Simonsen</i>
Godkjent av:	Arne Schram Simonsen	Sign.:	<i>Arne Schram Simonsen</i>
<p>Sammendrag:</p> <p>NVE's retningslinjer for planlegging og utbygging i fareområder langs vassdrag krever at det i kritiske områder gjøres en vurdering av kvikkleiresonens omfang og at områdestabiliteten vurderes.</p> <p>Hovedhensikten med de utførte grunnundersøkelser og beregninger er å vurdere områdestabiliteten ned mot Topdalsfjorden.</p> <p>Utførte grunnundersøkelser bekrefter at det er et sammenhengende kvikkleirelag fra skråningen ned mot Topdalsfjorden til området for planlagte tiltak.</p> <p>Områdestabiliteten for skråningen ned mot Topdalsfjorden er undersøkt. Et skred som starter i denne skråningen kan potensielt utvikle seg innover på området mot de planlagte tiltak. Det er derfor utført beregninger for å undersøke sikkerheten mot utglidning i denne skråningen.</p> <p>Skråningsstabiliteten er vurdert å være tilfredsstillende (dvs sikkerhetsfaktor er større enn 1,4)</p> <p>Det gjøres oppmerksom på at dette notatet omhandler tiltak i forbindelse med nytt kontrolltårn, energisentral og pumpestasjon. Dersom det planlegges ytterligere tiltak i det undersøkte området anser vi det som nødvendig å utføre separate stabilitetsvurderinger.</p> <p>Dersom det skal utarbeides et faresonekart er det nødvendig å utføre ytterligere undersøkelser for å fastsette omfanget av kvikkleire innover på området for flyplassen. En slik undersøkelse vil omfatte i størrelsesorden 10 til 20 totalsonderinger kombinert med enkelte trykksonderinger (CPTU) og prøveserier.</p>			

Innholdsfortegnelse

1. Innledning.....	2
2. Topografi og utførte grunnundersøkelser.....	2
3. Vurdering av risikoklasse og omfang av grunnundersøkelser og stabilitetsanalyser.....	4
4. Grunnundersøkelser.....	6
5. Stabilitetsanalyser.....	7
5.1 Generelt.....	7
5.2 Beregningsforutsetninger / geometri.....	7
5.2.1 Valg av profil.....	7
5.2.2 Kvartærgeologiske forhold.....	10
5.2.3 Jordartsparemetere.....	10
5.2.3.1 Prøveforstyrrelse.....	10
5.2.3.2 Treksialforsøk.....	11
5.2.3.3 Ødometerforsøk.....	11
5.2.3.4 Totalsonderinger.....	11
5.2.3.5 CPTU.....	11
5.2.3.6 Styrkeprofil.....	12
5.3 Stabilitetsanalyser.....	13
6. Referanser.....	14
7. Vedlegg.....	14

1. Innledning

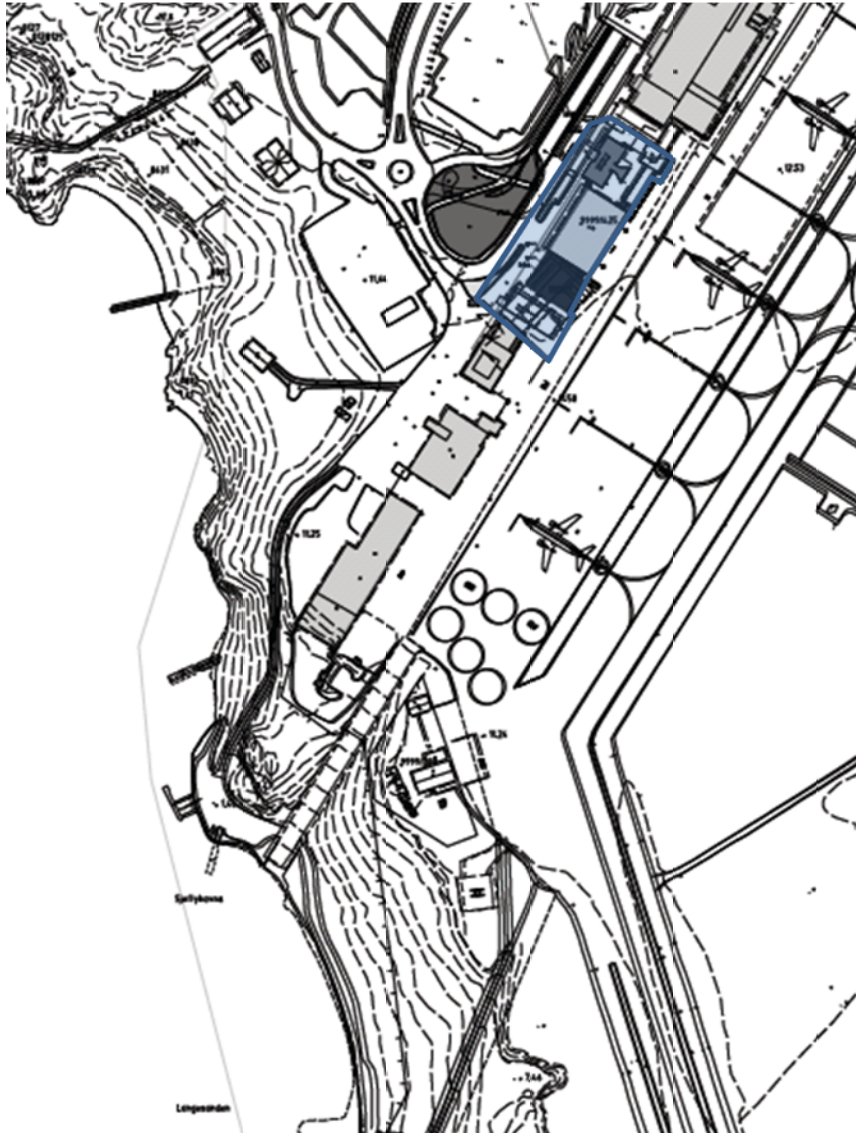
Avinor planlegger å oppføre nytt kontrolltårn og energisentral på Kristiansand Lufthavn, Kjevik. I den forbindelse er det utført en kvikkleirekartlegging og vurdering av områdestabilitet i henhold til NVEs retningslinjer for planlegging og utbygging i fareområder langs vassdrag, /ref. 1/.

Hovedhensikten med de utførte grunnundersøkelser og beregninger er for å vurdere områdestabiliteten ned mot Topdalsfjorden.

2. Topografi og utførte grunnundersøkelser

Flyplassen ligger på en terrasse av løsmasser mest sannsynlig avsatt under siste istid /ref. 6/. Terrassen ligger generelt på ca. kt. 12 og er avskåret av Topdalselva i nordøst og av Topdalsfjorden mot vest. Området for det nye kontrolltårnet ligger på sydvestre side av eksisterende kontrolltårn og energisentralen skal ligge i tomten for tidligere fraktbygg, se situasjonsplan på figur 1. Områdene ligger

ca. 80-150 m fra skråningen ned mot Topdalsfjorden. Denne skråningen er relativt slak (ca. 1:4). Avstanden til Topdalselva er ca 650 m.



Figur 1 Situasjonsplan

I følge kart fra 1936 gikk det tidligere en bekkedal i utbyggingsområdet. Bekkedalen var inntil ca. 7 m dyp i forhold til nåværende terreng, og den ble trolig gjenfylt med overskuddsmasser fra opparbeidelsen av flyplassen i slutten av 1930 årene/begynnelsen av 1940 årene. Tidligere utførte grunnundersøkelser viser i grove trekk at grunnen består av lagdelte masser av sand/silt/leire over kvikkleire ned til fjell. Ved tidligere utførte grunnundersøkelser er det registrert kvikkleire i et område som strekker seg ca. 300 m inn på terrassen. Det er imidlertid ikke tidligere utført undersøkelser i området ved og i selve skråningen ned mot fjorden.

I rapport 15017 datert 5. mars 1975, /ref 7/ er vurderinger gjort i forbindelse med stabiliteten på skråningen ned mot Topdalselven presentert. Det ble ikke påvist kvikkleire i dette området, og det ble vurdert at det ikke er risiko for stabilitetsbrudd ved dypere glidninger.

Utførte grunnundersøkelser i forbindelse med kvikkleirekartleggingen presenteres i datarapport 312198-3, ref. /5/.

3. Vurdering av risikoklasse og omfang av grunnundersøkelser og stabilitetsanalyser

NVE's retningslinjer for "planlegging og utbygging i fareområder langs vassdrag", Ref. /2/, er fulgt for å bestemme nødvendig omfang av grunnundersøkelser/stabilitetsvurderinger.

Utdrag fra NVE's retningslinjer er gjengitt nedenfor:

Klassifisering av risiko er basert på en kvalitativ metode. Skadekonsekvens og faregrad evalueres ved at det beregnes poeng for hver sone i henhold til utarbeidede klassifiseringskriterier. Avhengig av antall poeng beskrives skadekonsekvensklassene som enten 1: *mindre alvorlig*, 2: *alvorlig* eller 3: *meget alvorlig*. Tilsvarende beskrives faregradklassene som enten 1: *lav*, 2: *middels* eller 3: *høy*. Sonene inndeles så i fem risikoklasser, avhengig av poengverdiene for skadekonsekvens og faregrad (Risiko = skadekonsekvens x faregrad).

Skadekonsekvensklasse er delt inn i følgende kategorier

Mindre alvorlig:	Liten risiko for skade på mennesker, tap av liv, begrensede økonomiske og samfunnsmessige konsekvenser.
Alvorlig:	Risiko for skade på mennesker/tap av liv eller betydelige økonomiske og samfunnsmessige konsekvenser.
Meget alvorlig:	Stor risiko for skade på mennesker/tap av liv eller meget store økonomiske og samfunnsmessige konsekvenser.

Skadekonsekvens kan evalueres etter kriteriene gitt i tabell nedenfor.

Tabell 1 Evaluering av skadekonsekvens

Faktorer	Vekt-tall	Konsekvens, score			
		3	2	1	0
Boligheter, antall	4	Tett > 5	Spredt > 5	Spredt < 5	Ingen
Næringsbygg, personer	3	> 50	10 – 50	< 10	Ingen
Annen bebyggelse, verdi	1	Stor	Betydelig	Begrenset	Ingen
Vei, ÅDT	2	>5000	1001-5000	100-1000	<100
Toglinje, baneprioritet	2	1 – 2	3 – 4	5	Ingen
Kraftnett	1	Sentral	Regional	Distribusjon	Lokal
Oppdemning/floam	2	Alvorlig	Middels	Liten	Ingen
Sum poeng		45	30	15	0
% av maksimal poengsum		100 %	67 %	33 %	0 %

Skadekonsekvens for Lufthavnen er vurdert å være stor og det er derfor benyttet 70 % av maksimal poengsum.

Faregraden inndeles i tre klasser som vist nedenfor.

Lav: Gunstige topografiske forhold. Det foreligger grunnundersøkelser som viser at grunnforholdene er gunstige. Det er lite eller ingen aktiv erosjon i vassdraget. Det har vært liten skredaktivitet i området. Ingen terrengingrep/terrengingrep har hatt gunstig innvirkning på stabiliteten.

Middels: Mindre gunstige topografiske forhold. Mangelfulle grunnundersøkelser, eller grunnundersøkelsene viser mindre gunstige grunnforhold. Det er aktiv erosjon i vassdraget. Det har vært betydelig skredaktivitet i området. Eventuelle terrengingrep har liten eller ingen stabilitetsforbedrende virkning.

Høy: Ugunstige topografiske forhold. Mangelfulle grunnundersøkelser eller grunnundersøkelsene viser ugunstige grunnforhold. Det er aktiv erosjon i vassdraget. Det har vært stor skredaktivitet i området. Terrengingrep med stabilitetsforverrende virkning.

Faregraden kan evalueres etter kriteriene gitt i tabell nedenfor.

Faktorer	Vekt tall	Faregrad, score			
		3	2	1	0
Tidligere skredaktivitet	1	Høy	Noe	Lav	Ingen
Skråningshøyde, meter	2	>30	20 – 30	15 – 20	<15
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	1,0-1,2	1,2-1,5	1,5-2,0	>2,0
Poretrykk	Overtrykk, kPa:	> + 30	10 – 30	0 – 10	Hydrostatisk
	Undertrykk, kPa:	> - 50	-(20 – 50)	-(0 – 20)	
Kvikkleiremektighet	2	>H/2	H/2-H/4	<H/4	Tynt lag
Sensitivitet	1	>100	30-100	20-30	<20
Erosjon	3	Aktiv/glidn.	Noe	Lite	Ingen
Inngrep:	forverring	3	Stor	Noe	Liten
	forbedring	-3	Stor	Noe	Liten
Sum		51	34	16	0
% av maksimal poengsum		100 %	67 %	33 %	0 %

Faregraden ble vurdert å ligge på ca. 50% av maksimal poengsum.

Risikoklasser bestemmes etter poengverdiene for skadekonsekvens og faregrad (Risiko = skadekonsekvens x faregrad). Basert på maksimal poengsum 10 000 er det vurdert at området/tiltaket ligger i risikoklasse 4 -5.

- Risikoklasse 1 omfatter alle soner med tallverdi fra 0 til 170
- Risikoklasse 2 omfatter alle soner med tallverdi fra 171 til 630
- Risikoklasse 3 omfatter alle soner med tallverdi fra 631 til 1 900
- Risikoklasse 4 omfatter alle soner med tallverdi fra 1 901 til 3 200
- Risikoklasse 5 omfatter alle soner med tallverdi fra 3 201 til 10 000

Omfang av aktivitetene kan besemmes ut fra foreslåtte aktivitetsmatrise, se tabell nedenfor.

Forslag til aktivitetsmatrise, fase 3:

Aktivitet	Risikoklasse			
	1/2	3	4	5
Grunnundersøkelser	Ingen	Kan være behov for mer pålitelig bestem. av faregrad: dreietrykk, CPTU og poretrykk.	Påkrevet for mer pålitelig bestem. av faregrad: dreietrykk, CPTU og poretrykk.	Påkrevet for mer pålitelig bestem av faregrad og stab.: dreietrykk, CPTU og poretrykk.
Stabilitetsanalyser	Ingen	Neppe	Kan være behov	Påkrevet
Tiltak	Ingen	Neppe	Kan være behov	Kan være behov

Grunnundersøkelser og stabilitetsanalyser er utført basert på risikoklasse 4-5.

Planområdet ligger ikke innenfor eksisterende registrert faresone. Derimot viser tidligere utførte grunnundersøkelser og kvartærgeologiske kart at det finnes marin leire i planområdet. Ut fra terrengforholdene ble det innledningsvis vurdert at det teoretisk kan være potensial for kvikkleireskred i området.

4. Grunnundersøkelser

Utførte grunnundersøkelser for kvikkleirekartleggingen er vist på borplan i vedlegg A.

Det er utført totalsonderinger (T) og trykksonderinger (CPTU). Totalsonderingene gir først og fremst informasjon om massenes relative fasthet. CPTU sonderingene er benyttet for å bestemme massenes lagdeling og styrkeegenskaper. Sonderingene er supplert med prøveserier for å bekrefte om massene består av kvikkleire og for å få en sikrere bestemmelse av materialegenskapene og lagdeling.

Utførte grunnundersøkelser bekrefter at det er et sammenhengende kvikkleirelag fra skråningen ned mot Topdalsfjorden til området for planlagt tiltak. Dersom en utglidning starter i skråningen ned mot fjorden kan dette potensielt utvikle seg innover mot området for tiltaket.

Det er også utført sonderinger fra flåte/båt for bestemmelse av grunnforhold i foten av skråningen.

Det er installert to piezometer ved borpunkt 304 for måling av poretrykk i nivå kt. - 0,7 og kt -8,4. Foreløpig viser piezometerne at det ikke er poreovertrykk i denne delen av skråningen. Piezometerne bør leses av jevnlig og spesielt følges opp i perioder med større nedbørmengder. I beregningene er det antatt hydrostatisk poretrykk i skråningen.

5. Stabilitetsanalyser

5.1 Generelt

Beregningene nedenfor oppsummerer stabilitetsanalysene for kritiske profiler i skråningen ned mot Topdalsfjorden.

Områdene for nytt kontrolltårn og energisentral ligger ca. 80-150 m fra skråningen mot Topdalsfjorden.

Det skal også etableres en pumpestasjon som plasseres på sjøbunn. Denne konstruksjonen skal etableres uten at det medfører tilleggsbelastning på sjøbunn.

De planlagte aktivitetene i forbindelse med utbyggingen vil i seg selv i liten grad påvirke områdestabiliteten. Beregningsmessig vil derfor områdestabiliteten være lik før og etter etablering av tiltaket.

Det er i beregningene forutsatt at det ikke vil pågå aktiviteter som innebærer økt belastning av terreng og/eller oppbygging av poretrykk i nærheten av den kritiske skråningen.

Tiltaket er vurdert å ligge i tiltakskategori K3, ref. /2/.

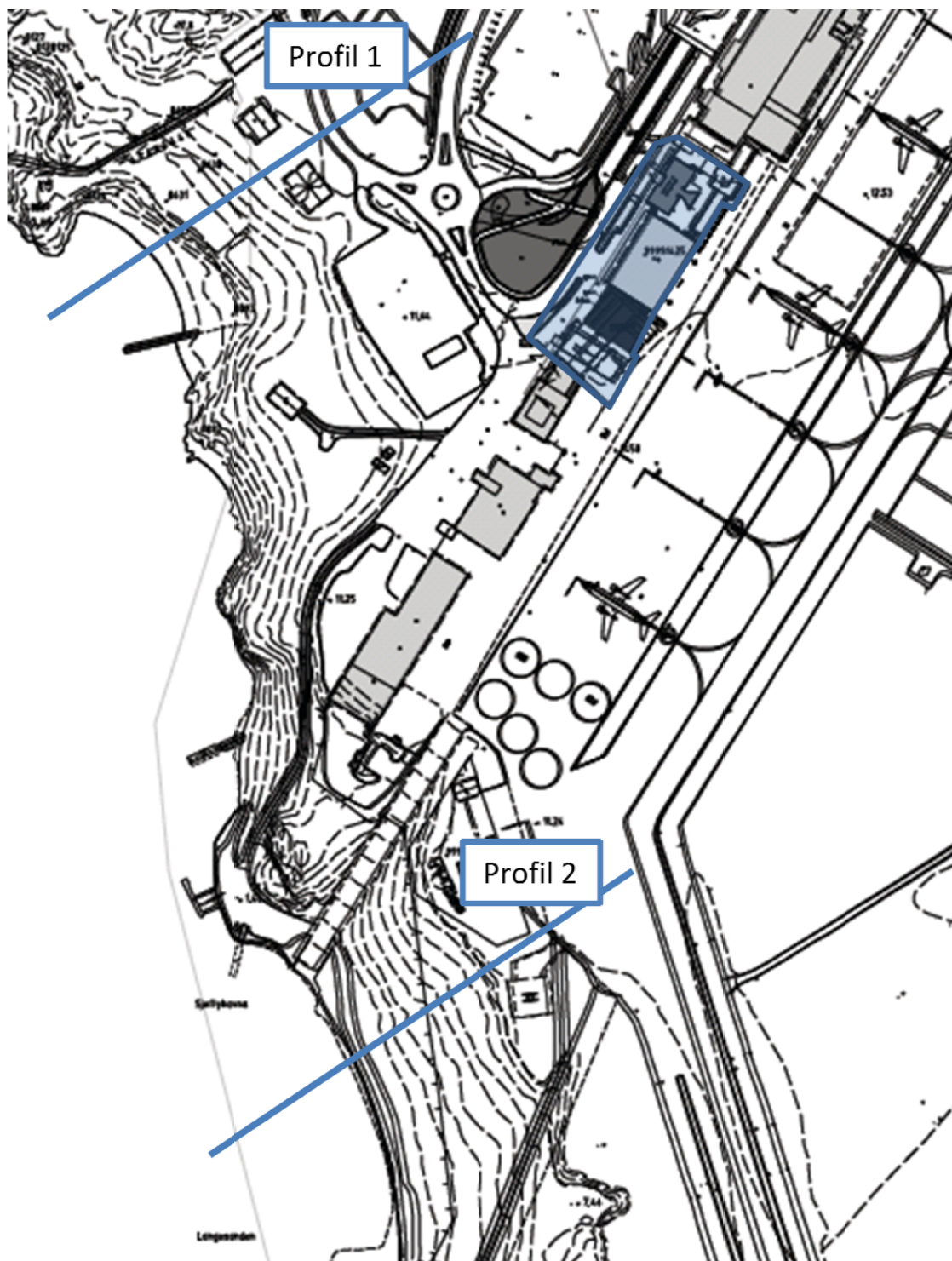
”K3. Tiltak som innebærer tilflytting av mennesker og tiltak som gjelder viktige samfunnsfunksjoner...”

Dette medfører at det skal utføres en stabilitetsanalyse hvor krav til beregningsmessige sikkerhet er 1,4. Tiltaket ligger således i prosjektklasse 3 og skjerpet kontroll av geoteknisk rådgivning skal utføres.

5.2 Beregningsforutsetninger / geometri

5.2.1 Valg av profil

Det er beregnet stabilitet i to kritiske profiler, se figur 2.

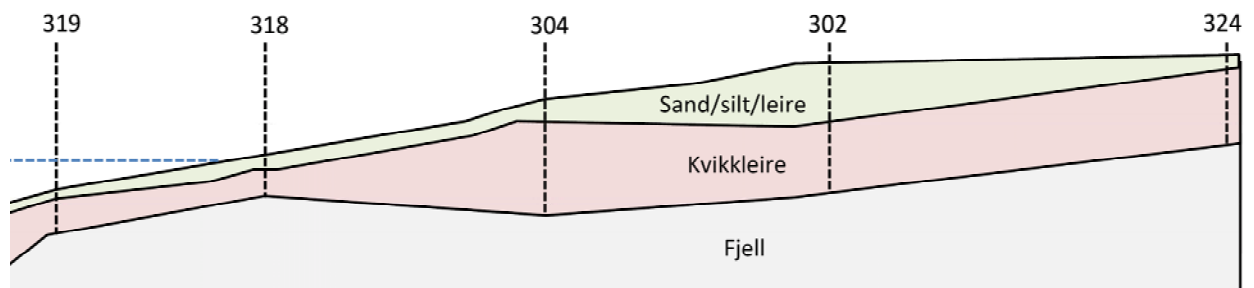


Figur 2 Beregningsprofiler

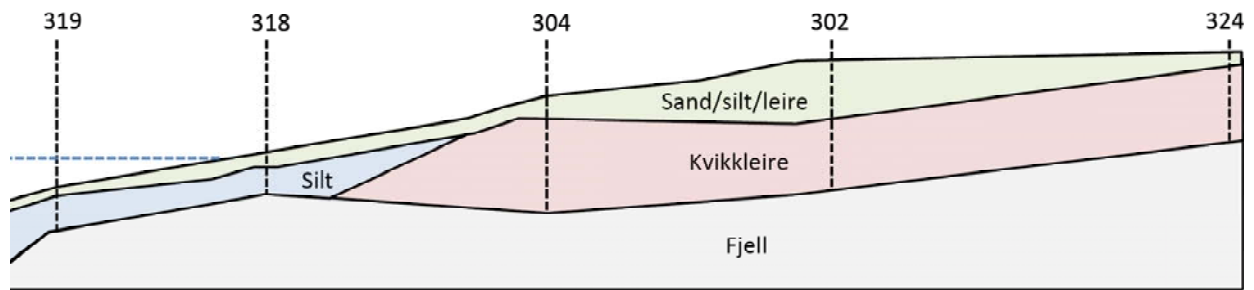
Profil 1 - Profilet går mellom to knauser med fjell i dagen, se Figur 3. Trykksonderingene og prøveserien som er tatt i dette området viser at det er kvikkleire i skråningen og at denne ligger i et nivå som potensielt kan utgjøre fare for utglidning. Utførte grunnundersøkelser bekrefter at det er et sammenhengende kvikkleirelag fra skråningen ved profil 1 til området for planlagt tiltak.

Det er registrert varierende dybde til fjell og løsmassemektheter i skråningen. For eventuelt å vurdere utbredelsen av et kvikkleireskred er beregningsprofilen lagt gjennom området med størst registrert mektighet av kvikkleire og største dybder til fjell.

Jordartsbestemmelse og materialparameter for den delen av skråningen som ligger i strandkanten og sjøen er noe usikker. Det er derfor utført en alternativ beregning med antatt silt i deler av profilet, se Figur 4. Det er vurdert å være tilstrekkelig grunnlag for dokumentasjon av områdestabiliteten i dette profilet. Dersom det planlegges bygging i området ved skråningen bør det utføres ytterligere undersøkelser for å få en sikrere bestemmelse av jordart og materialparameter.



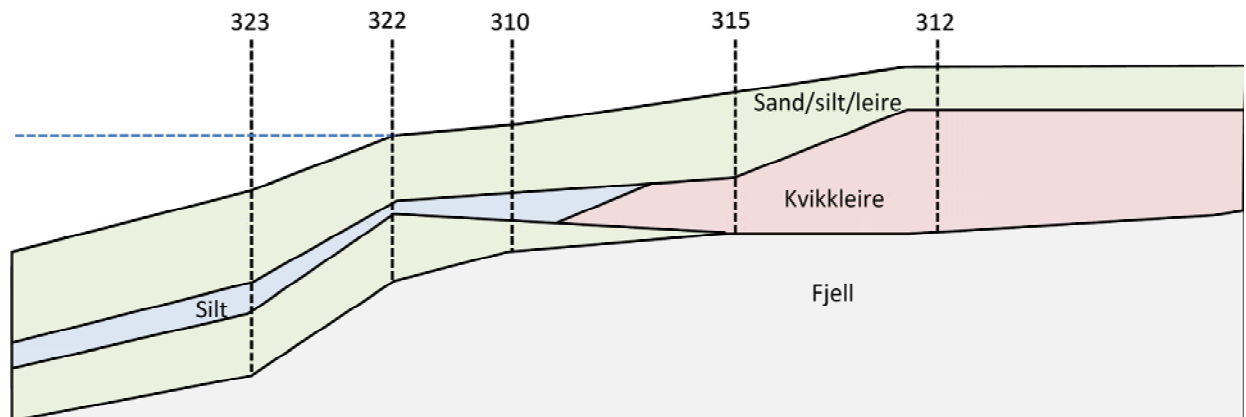
Figur 3 Beregningsprofil 1a- Kvikkleire i hele skråningen



Figur 4 Beregningsprofil 1b – Silt i nedre del av skråningen

Profil 2 – går i skråning ved tankanegget, se Figur 5.

Det er registrert store dybder til fjell og store løsmassemektheter i skråningen. Totalsonderingene viser at det også er stor variasjon i løsmassesammensetning, med lag av sand/silt og kvikkleire i øvre del av skråningen. Sonderinger og prøveserie tatt i strandkanten og videre ut (310, 322 og 323) viser at massene i hovedsak består av sand og silt.



Figur 5 Beregningsprofil 2

5.2.2 Kwartærgeologiske forhold

Kwartærgeologisk kart fra NGU, /ref. 6/ indikerer to terrassenivåer på Kjevik lufthavn, ett ved kysten og ett rett nedenfor de bratte fjellskråningene som omkranser lufthavnen. Ved å studere kotelinjer i kommunens kartdatabase for området antar vi at terrassenivået kan ha ligget et sted mellom kote +25 og +30. Flyplassen ligger i dag på kote +11 til +12 m og vi antar at hele området der flyplassen ligger tidligere lå på kote +25. Dvs at leira er forkonsolidert til ca kote +25. Videre antar vi at skråningen ned mot sjøen tidligere lå på kote +12 m og at leira her er forkonsolidert til kote +12.

Siden hele området lå under vann under istiden var grunnvannstanden i nivå med datidens terreng.

Disse antagelsene gir et generelt overlagringstrykk: $p_0' = \gamma' \times z_1$ [kN/m²], der $\gamma' = 9$ kN/m³ og z_1 er dybde fra topp terreng i antatt terrasse på kote +12 m eller +25 m. Basert på antakelse om tidligere terrassenivåer er det vurdert at leira har overkonsolideringsgrad (OCR) på 1,5. Denne vil variere med dybde, nåværende overlagring samt tidligere overlagring og er derfor bare benyttet til overslagsberegning av nåværende styrke.

5.2.3 Jordartsparemetere

Jordparametere som er benyttet i beregningene er fastlagt basert på utførte laboratorieforsøk og trykksonderinger (CPTU). Der dette ikke har vært tilgjengelig har jordparametere fra figur 2.39 i ref. /3/ blitt benyttet.

Det er utført totalsonderinger og CPTU målinger i området, i tillegg til at det er tatt opp prøveserier. Totalsonderingene gir en oversikt over lagdelinger og CPTU gir oversikt over både lagdelinger og skjærstyrker. På prøveseriene er det i tillegg til rutineforsøk, utført ødometer- og treksialforsøk

5.2.3.1 Prøveforstyrrelse

Kvikkleire er særdeles sensitiv for prøveforstyrrelse og det skal derfor ikke så mye til for at prøve kvaliteten blir dårlig på sylindereprøver. Dårlig prøve kvalitet påvirker styrkeverdiene man

finner i laboratorietesting slik at man måler en generelt lavere udrenert skjærstyrke enn det som er reelt.

I treaksialforsøk begrenses effekten av prøveforstyrrelse i en viss grad av at prøven blir konsolidert til in-situ spenninger.

For å vurdere grad av prøveforstyrrelse i et treaksialforsøk kan figur 2.20 i /3/ benyttes. Dette er en tabell som sammenstiller prøve kvalitet og utpresset porevann ved endt konsolidering. Denne benyttes til å evaluere prøve kvaliteten for treaksialforsøk. En annen indikasjon på at materialet er forstyrret er å se på skjærspenning mot tøyning. Dersom det ikke er en tydelig markert topp/bruddverdi på kurven er det et tegn på at prøven er forstyrret og av dårlig kvalitet. Vi har vurdert kvaliteten på treaksialprøvene.

5.2.3.2 Treaksialforsøk

Det er utført tre treaksialforsøk på materiale fra leirlaget under flyplassen. Treaksialforsøkene viser udrenert aktiv skjærfasthet, s_{uA} , tatt ut ved 4,5-9,5% deformasjon, på 47-59 kPa. Resultatene er presentert i /5/.

Resultater fra treaksialforsøk på materiale tatt ved 6,9 m dybde i borhull 4 viser en udrenert aktiv skjærfasthet på ca 48 kPa. Prøven viser ingen markert topp ved brudd noe som er en indikasjon på dårlig prøve kvalitet, dvs prøveforstyrrelse. Volum av utpresset porevann ved slutt konsolidering kan også gi en indikasjon på prøvens kvalitet, denne ble målt til å være 5,7% og bekrefter at prøven er av dårlig kvalitet, jf. figur 2.20 i /3/.

Det er også utført treaksialforsøk på materiale tatt ved 12,3 m dybde i borhull 12. Resultatene fra denne testen viser en udrenert aktiv skjærfasthet på ca 47 kPa, heller ikke her er det en tydelig topp ved brydd. Volum av utpresset porevann er målt til å være 6,44% og som igjen bekrefter at prøven er av dårlig kvalitet, jf. figur 2.20 i /3/.

Det tredje treaksialforsøket er utført på materiale tatt ved 9,3 m dybde i borhull 1 ved kontrolltårnet. Resultatene fra denne testen viser en aktiv udrenert skjærfasthet på 59 kPa. Ingen markert topp ved brudd og 6,95% utpresset porevann ved slutt konsolidering bekrefter at denne prøven også er av dårlig kvalitet, jf. figur 2.20 i /3/.

5.2.3.3 Ødometerforsøk

Det er utført tre ødometerforsøk på materiale fra samme borhull som treaksialforsøkene. Resultatene viser en "slapp" oppførsel som gjør det vanskelig å tolke konsolideringshistorikken. Det kan se ut som om prøvene i en viss grad er overkonsolidert leire, noe som stemmer med kvartærgeologiske undersøkelser. Fra ødometerforsøkene er overkonsolideringsgraden (OCR) tolket til ca 1,4.

Resultatene fra ødometerforsøkene er presentert i /5/.

5.2.3.4 Totalsonderinger

Totalsonderingene viser at løsmassene stort sett består av sand og grus i de øvre lag, videre er det leire eller kvikkleire til fjell. Totalsonderingene tatt i sjøen viser at bunnen der består av sand, silt eller leire.

5.2.3.5 CPTU

Det er stort sett benyttet en CPTU sonde med kapasitet på 1 tonn. Denne sonden egner seg best for bløte sensitive leirer. I hull 10 og sjøboringene er det benyttet andre sonder enn for resten av CPTU-sonderingene. Alle skjærstyrkeverdiene beregnet fra CPTU sonderingene er redusert med 15% slik anbefalt for bløte/sensitive leirer /1/.

Det stilles krav til kvaliteten på CPTU målinger ved kvikkleirekartlegging skal være i anvendelsesklasse 1. Kvaliteten på målingene blir satt på bakgrunn av nullavlesninger før og etter sonderingen og tabell 5.2 i /8/ viser kravene i de ulike anvendelsesklassene. Alle CPTU målingene, bortsett fra to, som er utført i forbindelse med kvikkleirekartleggingen av Kjevik Lufthavn havner i anvendelsesklasse 1 når det gjelder nullpunktsdrift for måling av spissmotstand, sidefriksjon og poretrykk. De to CPTU målingene som ikke havner i anvendelsesklasse 1, er tatt i hull 4 og hull 10 og begge kan klassifiseres i anvendelsesklasse 2. Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet fra CPTU baserer seg på korrelasjoner framlagt i /9/. Udrenert skjærstyrke utledet fra CPTU målingene ligger stort sett høyere enn skjærstyrke funnet fra labforsøkene. Prøveforstyrrelse kan forklare hvorfor skjærstyrken fra labforsøkene ligger mye lavere enn CPTU verdiene.

5.2.3.6 Styrkeprofil

Vi antar at laboratorieresultatene er påvirket av prøveforstyrrelse og at det vil bli for konservativt å velge disse til styrkeprofil. Siden vi antar at leira er noe overkonsolidert vil også et normalkonsolidert forhold mellom s_u og p_0 gi for konservativt styrkeprofil.

Siden CPTU målingene er i anvendelsesklasse 1 har vi valgt å lage styrkeprofiler ved å bruke styrke fra CPTU som øvre tak for hva styrken til leira kan være. Valgte skjærstyrker ligger i samme området som beregnet normalkonsolidert styrke korrigert for overkonsolidering. Grunnen til at vi ikke har valgt beregnet skjærstyrke korrigert for overkonsolidering som styrkeprofil er at det er vanskelig å si noe om nøyaktig hvor terrassene har gått fra kote +25 til kote +12, og at beregningene derfor ville være preget av stor usikkerhet.

I de tilfellene der det er usikkert om materiale er leire eller friksjonsmateriale (antatt silt) har vi laget styrkeprofil for begge alternativer.

Tabell 1 viser en oversikt over jordartparametre. Tabell 2 og 3 viser valgte s_u -verdier for de to profilene det er beregnet stabilitet.

Tabell 1: Jordartparametre

Jordart	Tyngdetetthet γ [kN/m ³]	Friksjonsvinkel ϕ [°]	Plastisitetsindeks I_p [%]	S_u/p_0' [-]
Sand	17	33	-	-
Leire	18	-	5	0,24*
Silt	18	31	-	-

* En representativ $I_p = 5\%$ er benyttet for å finne forholdet mellom s_u og p_0 fra figur 12 i /4/. Forholdet ble funnet til å være 0,24, dvs: $s_u = 0,24 \times p_0'$

Tabell 2: Udrenert karakteristisk skjærstyrke (aktiv) Profil 1

Hull	Kote [m]	Dybde [m]	Su [kPa]
319	-4	0	10
	-9,5	5,5	20
304	2,5	4	35
	-8,5	14,5	60
302	3	8	53
	0	11	58
	-1,5	12,5	50
324	8,5	4	32
	-9	21,5	60

Tabell 3: Udrenert karakteristisk skjærstyrke(aktiv) Profil 2

Hull	Kote [m]	Dybde [m]	Su [kPa]
315	7	14	40
	17	24	50
312	6	7	22
	-9	22	62

Opptegning av styrkeprofiler er vist i vedlegg C.

5.3 Stabilitetsanalyser

Programmet GeoSuite Stability versjon 5.0.3 er benyttet til beregning av skråningsstabiliteten i de to profilene. Profilene er tegnet opp på bakgrunn av totalsonderingene, prøveserier, CPTU og data fra tidligere rapporter i området. Siden løsmassene i sjøen og strandkanten ved profil 1 ikke er klassifisert og det er usikkerhet mht om det er silt eller leire, er det beregnet stabilitet for begge tilfellene.

I profil 1 er skråningsstabiliteten tilfredsstillende (dvs sikkerhetsfaktor (γ_m) er større enn 1,4) Både for tilfellet med leire i nedre del av skråningen (Beregningsprofil 1a) og med silt i nedre del av skråningen (Beregningsprofil 1b).

I profil 2 er skråningsstabiliteten tilfredsstillende (dvs sikkerhetsfaktor (γ_m) er større enn 1,4)

Opptegning av resultat fra stabilitetsberegningene er vist i vedlegg B.

Det gjøres oppmerksom på at dette notatet omhandler tiltak i forbindelse med nytt kontrolltårn, energisentral og pumpestasjon. Dersom det planlegges ytterligere tiltak i det undersøkte området anser vi det som nødvendig å utføre separate stabilitetsvurderinger. Det anbefales at

det da tas opp prøver for klassifisering i sjøen/strandkanten slik at man får et sikrere grunnlag å beregne stabilitet på.

Dersom det skal utarbeides et faresonekart er det påkrevet med ytterligere undersøkelser for å fastsette omfanget av kvikkleire innover på området for flyplassen. En slik undersøkelse vil omfatte i størrelsesorden 10 til 20 totalsonderinger kombinert med enkelte trykksonderinger (CPTU) og prøveserier.

6. Referanser

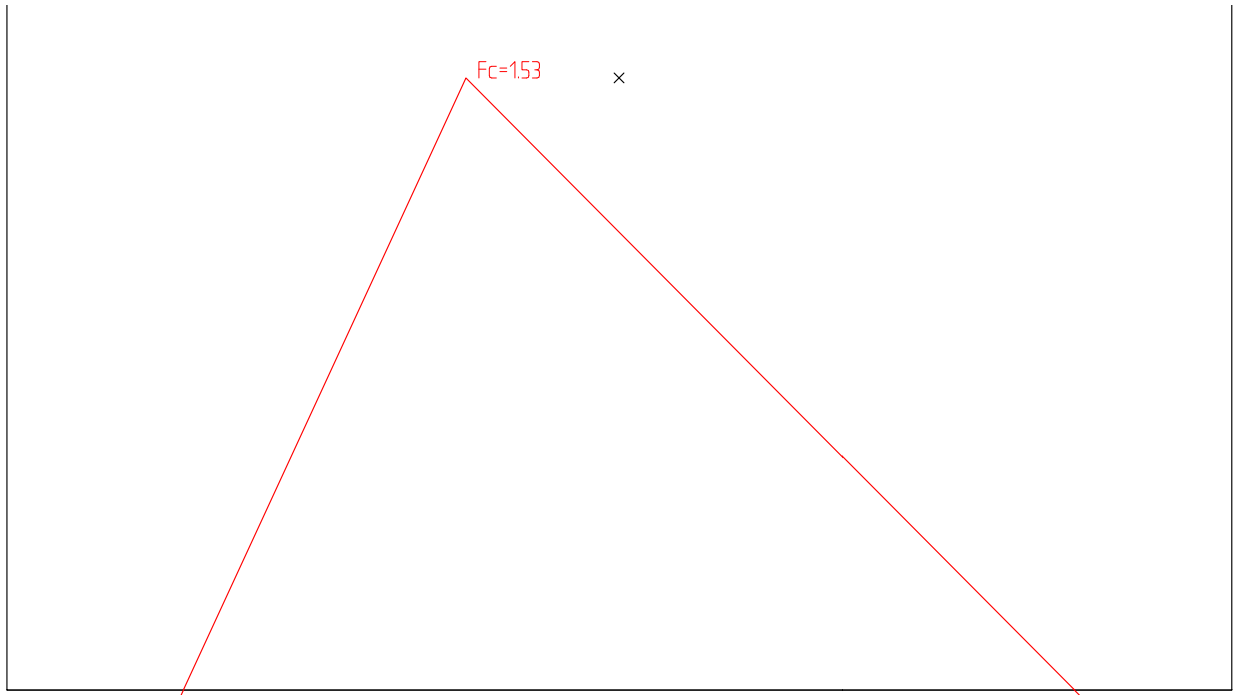
- /1/. Retningslinjer for planlegging og utbygging i fareområder langs vassdrag, NVE 2008, rev. 05.03.09.
- /2/. Metode for kartlegging og klassifisering av faresoner, kvikkleire 20001008-2 31. august 2001 Revisjon 3, 8. oktober 2008 (NVE/NGI)
- /3/. Statens vegvesens Håndbok 016, juni 2010
- /4/. Multiconsults håndbok 24731-21 ”Tolkning av laboratorieundersøkelser”
- /5/. 312198-3 Kjevik Lufthavn – Datarapport kvikkleirekartlegging
- /6/. Vest-Agder fylke, kvartærgeologi og geomorfologi, beskrivelse til kart 1:250 000. Geografisk institutt, Universitetet i Oslo, 1989.
- /7/. Rapport 15017 Stabilitet av elveskråning, Noteby, 05. mars 1975
- /8/. NGF – Melding nr 5: Veiledning for utførelse av trykksondering (rev. nr. 3, 2010)
- /9/. CPTU Correlations for Clays, Karlsrud et.al (ISCMGE 2005, Osaka, Japan, NGI rapport 20041198-1 datert 10. januar 2005)

7. Vedlegg

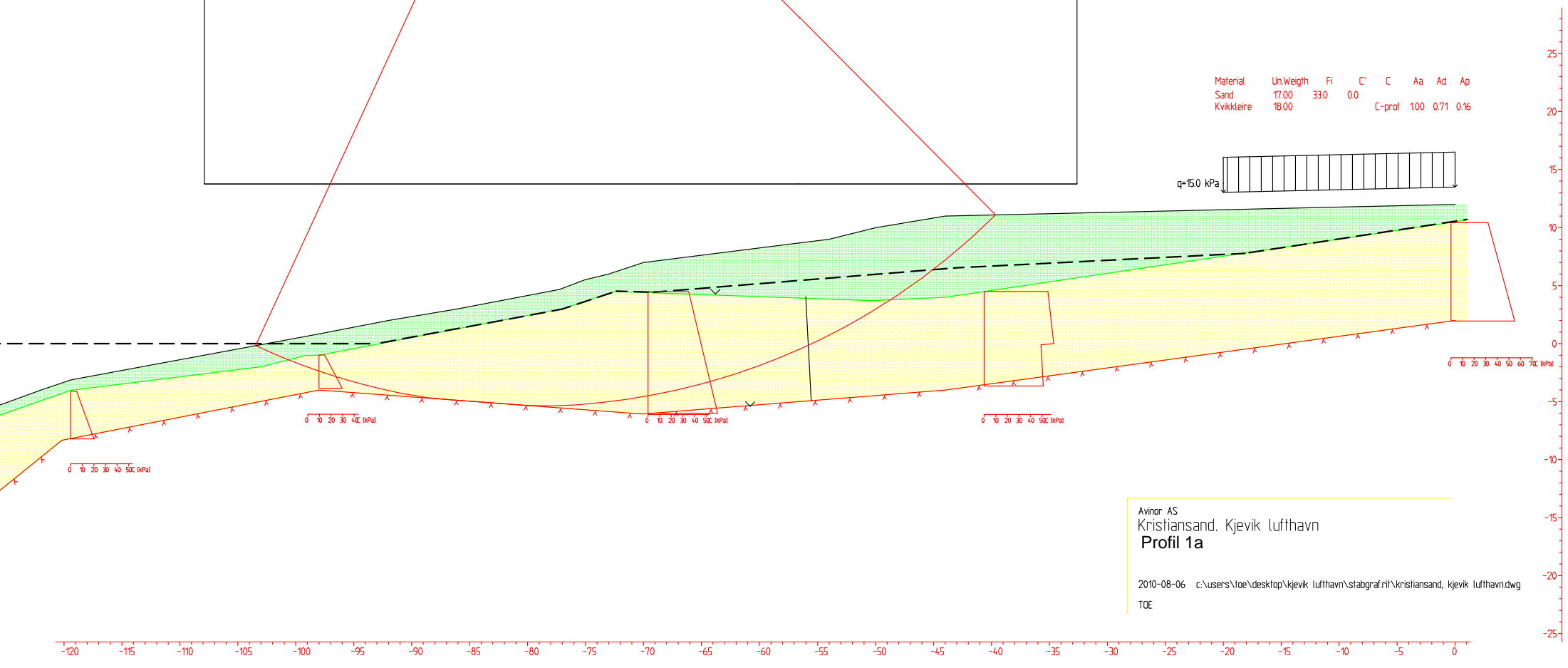
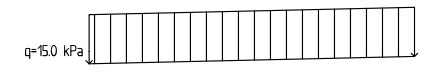
- | | | |
|-----------|---|--|
| Vedlegg A | - | Foreløpig borplan med tidlige utførte undersøkelser |
| Vedlegg B | - | Opptegning av resultater fra stabilitetsberegningene |
| Vedlegg C | - | Styrkeprofiler |

Vedlegg A

Vedlegg B



Material	Un. Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Sand	17.00	33.0	0.0				
Kvikkleire	18.00			C-prof	100	0.71	0.16

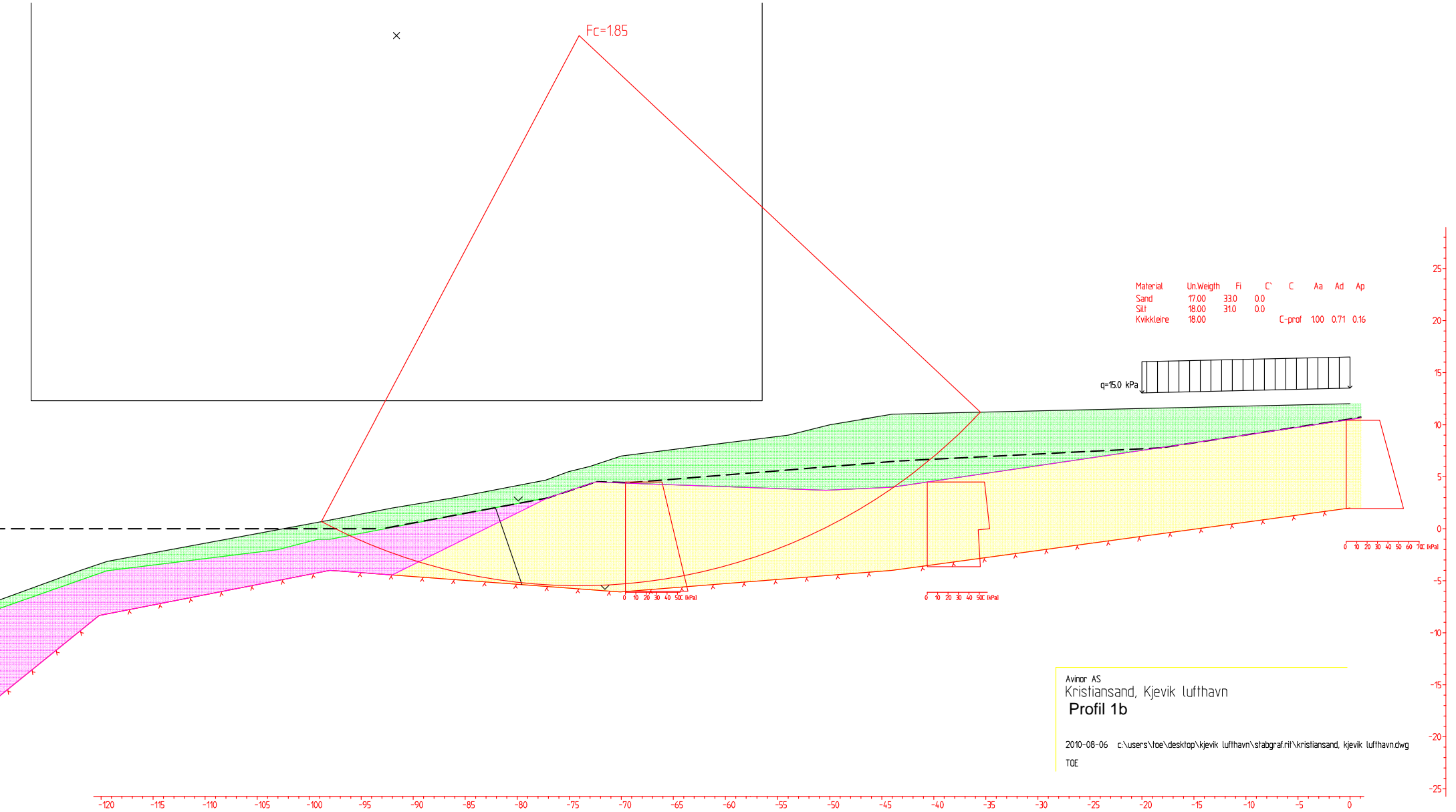
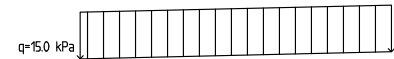


Avinor AS
 Kristiansand, Kjevik lufthavn
Profil 1a
 2010-08-06 c:\users\toe\desktop\kjevik lufthavn\stabgraf\rit\kristiansand, kjevik lufthavn.dwg
 TOE

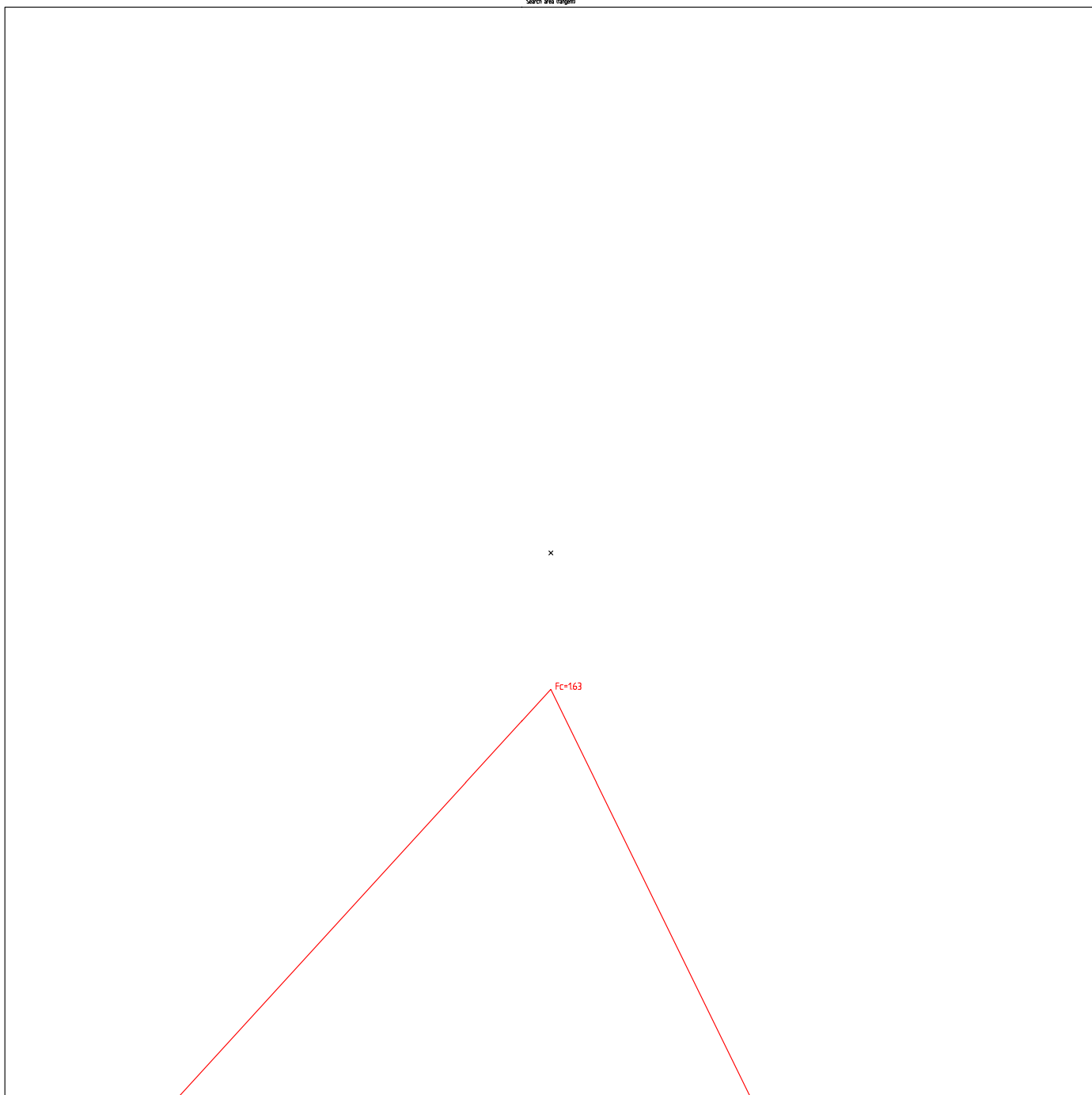
x

Fc=1.85

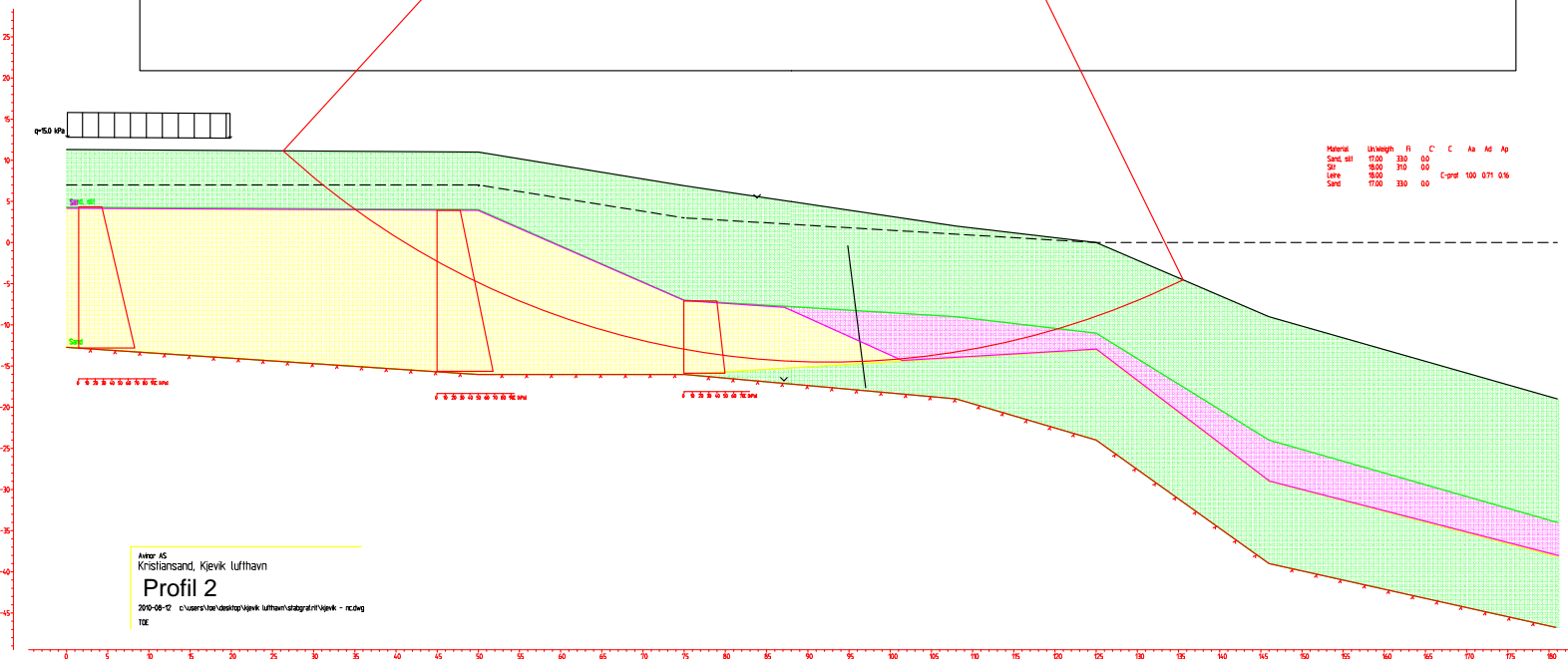
Material	Un. Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Sand	17.00	330	0.0				
Silt	18.00	310	0.0				
Kvikkleire	18.00				C-prof	1.00	0.71 0.16



Avinor AS
 Kristiansand, Kjevik lufthavn
Profil 1b
 2010-08-06 c:\users\toe\desktop\kjevik lufthavn\stabgraf.nit\kristiansand, kjevik lufthavn.dwg
 TOE

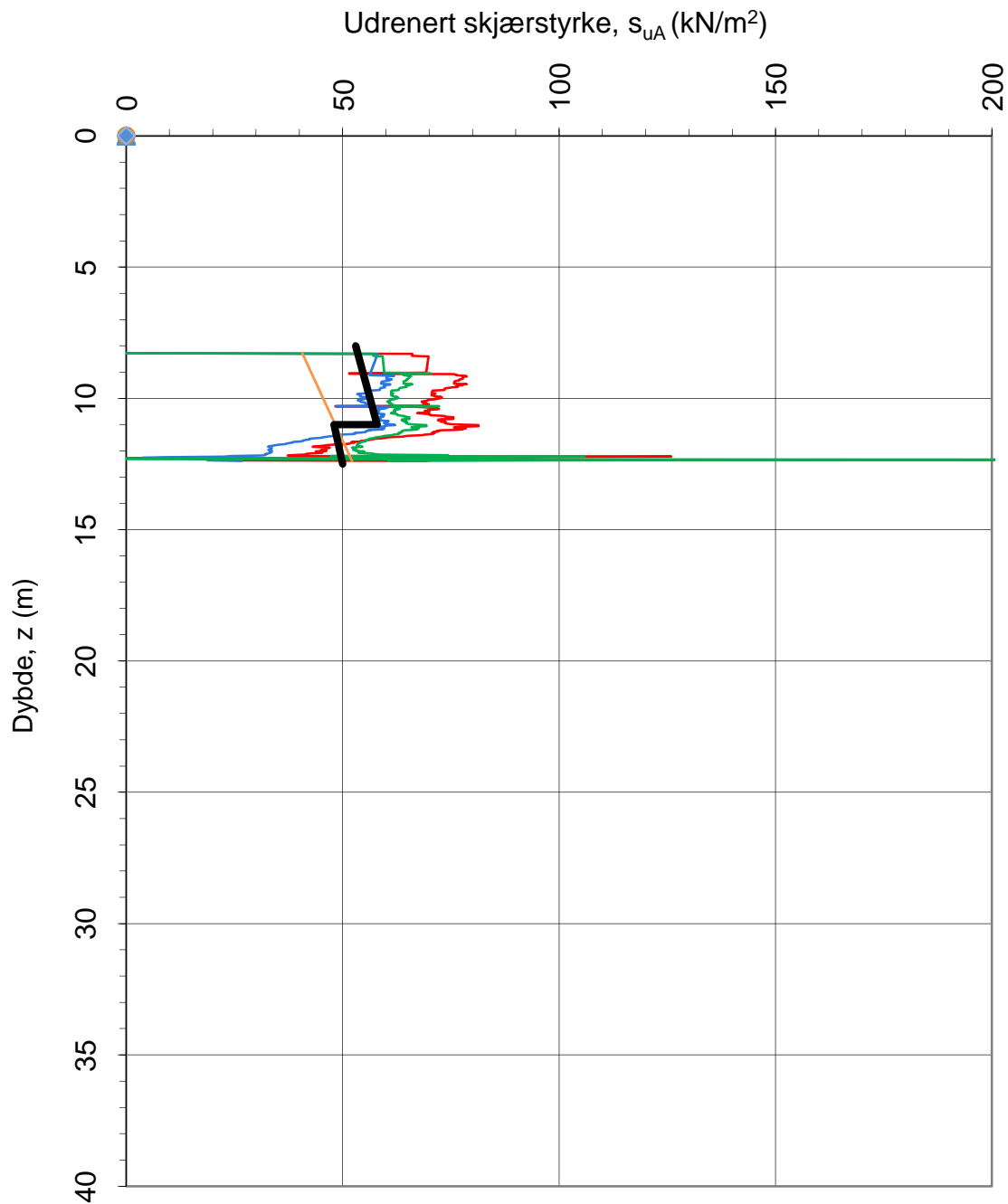


FC=163



Autor AS
Kristiansand, Kjevik lufthavn
Profil 2
2010-08-12 C:\user\kva\desktop\kjevik lufthavn\utbyggr\k\kva - r\dag
TDE

Vedlegg C



- s_{uA} , $N_{kt} = f(St, OCR, I_p)$
- s_{uA} , $N_{ke} = f(St, OCR, I_p)$
- s_{uA} , $N_{du} = f(St, OCR, I_p)$
- s_{uA} , NC, $a(p_o' + a)$
- △ s_{uA} , konus
- ◆ s_{uA} , enaks
- s_{uA} , karakteristisk aktiv skjærfasthet

Sensitivitetsvalg:

St > 15

α_c valgt:

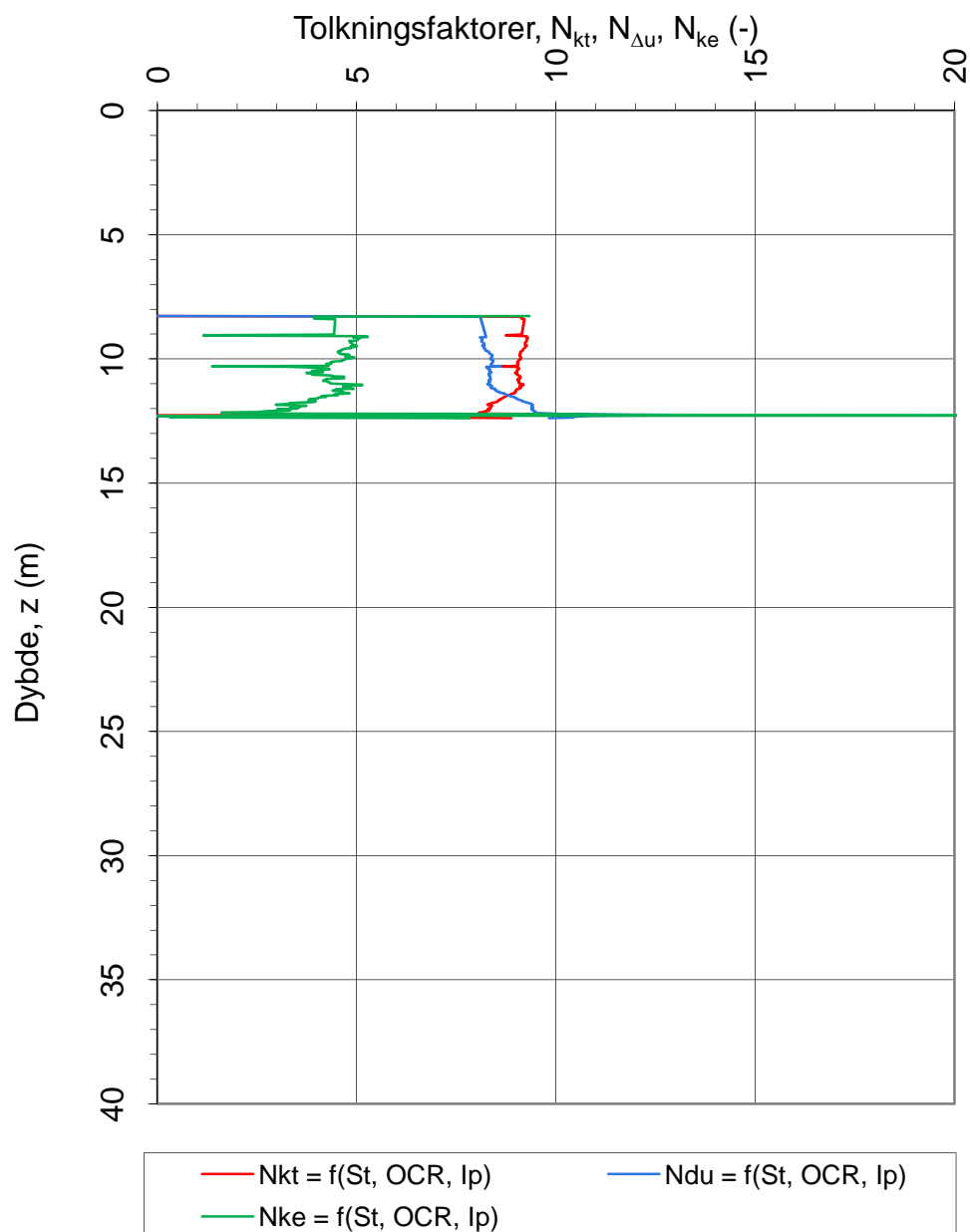
0,35

$$N_{kt} = (8,5 + 2,5 \log OCR + 0 I_p)$$

$$N_{Du} = (9,8 - 4,5 \log OCR + 0 I_p)$$

$$N_{ke} = (12,5 - 11 B_q)$$

Oppdragsgiver: Avinor AS		Oppdrag: Kjevik Lufthavn		Tegningens filnavn: CPTU hull 2
Aktiv udrenert skjærstyrke s_{uA} , korrelert mot S_t , OCR og I_p .				
CPTU id.:	302	Sonde:	3763	
MULTICONSULT AS	Dato: 17.06.2010	Tegnet: TOE	Kontrollert: EDO	Godkjent: ASS
	Oppdrag nr.: 312198	Tegning nr.: C-01	Versjon: 03.10.2009	Revisjon: 0



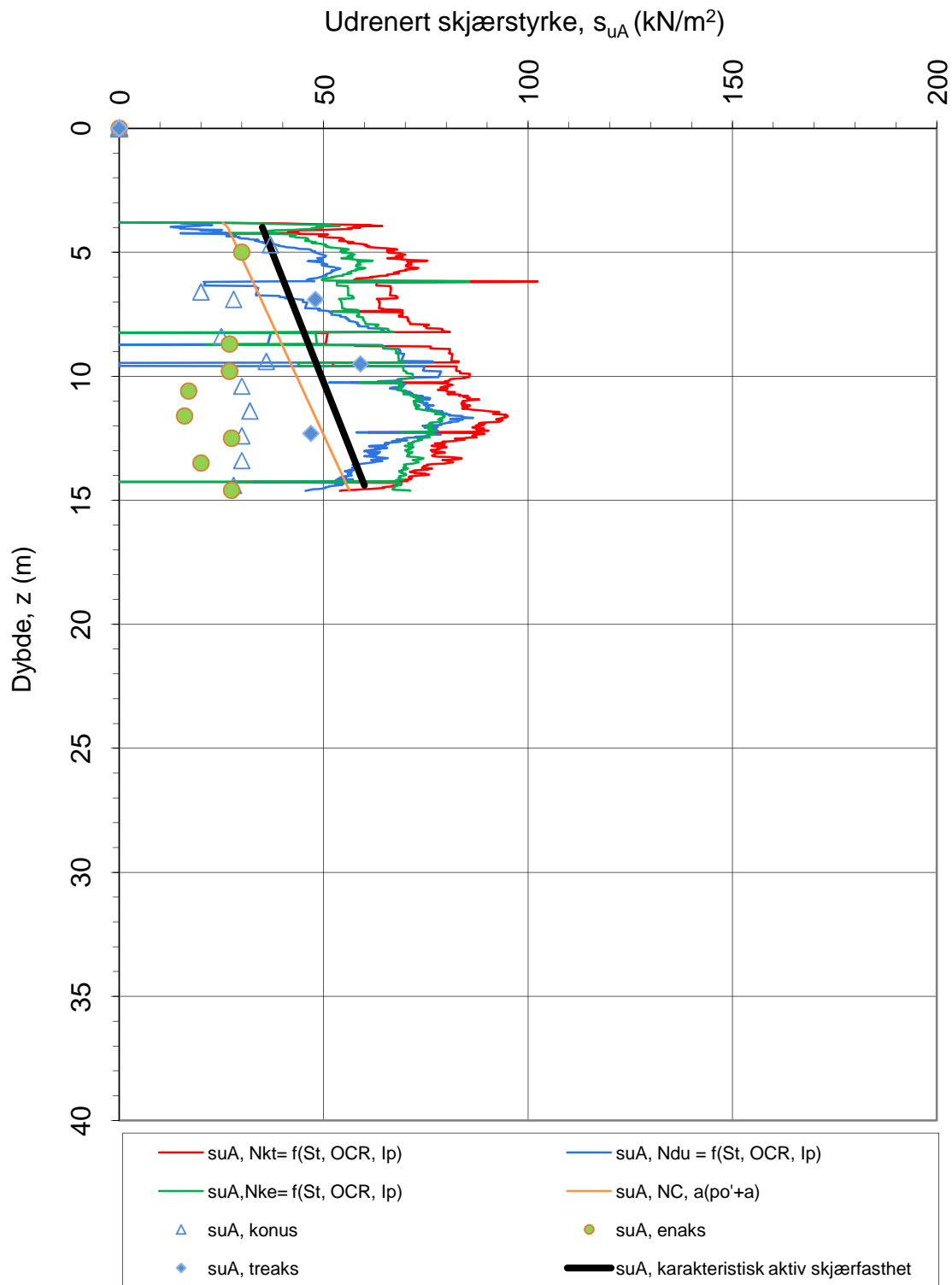
Sensitivitetsvalg: **St > 15**

$N_{kt} = (8,5 + 2,5 \log OCR + 0 I_p)$

$N_{Du} = (9,8 - 4,5 \log OCR + 0 I_p)$

$N_{ke} = (12,5 - 11 B_q)$

Oppdragsgiver: Avinor AS		Oppdrag: Kjevik Lufthavn		Tegningens filnavn: CPTU hull 2	
Faktorer N_{kt} , $N_{\Delta u}$ og N_{ke} korrelert mot S_t , OCR og I_p .					
CPTU id.:	302	Sonde:	3763		
MULTICONSULT AS	Dato: 17.06.2010	Tegnet: TOE	Kontrollert: EDO		
	Oppdrag nr.: 312198	Tegning nr.: C-02	Versjon: 03.10.2009	Revisjon: 0	



Sensitivitetsvalg:

St > 15

α_c valgt:

0,35

$$N_{kt} = (8,5 + 2,5 \log OCR + 0 I_p)$$

$$N_{du} = (9,8 - 4,5 \log OCR + 0 I_p)$$

$$N_{ke} = (12,5 - 11 B_q)$$

Oppdragsgiver:

Avinor AS

Oppdrag:

Kjevik Lufthavn

Tegningens filnavn:

CPTU hull4 rap2

Aktiv udrenert skjærstyrke s_{uA} , korrelert mot S_t , OCR og I_p .

CPTU id.:

304

Sonde:

3763



MULTICONSULT AS

Dato:
15.06.2010

Tegnet:
TOE

Kontrollert:
EDO

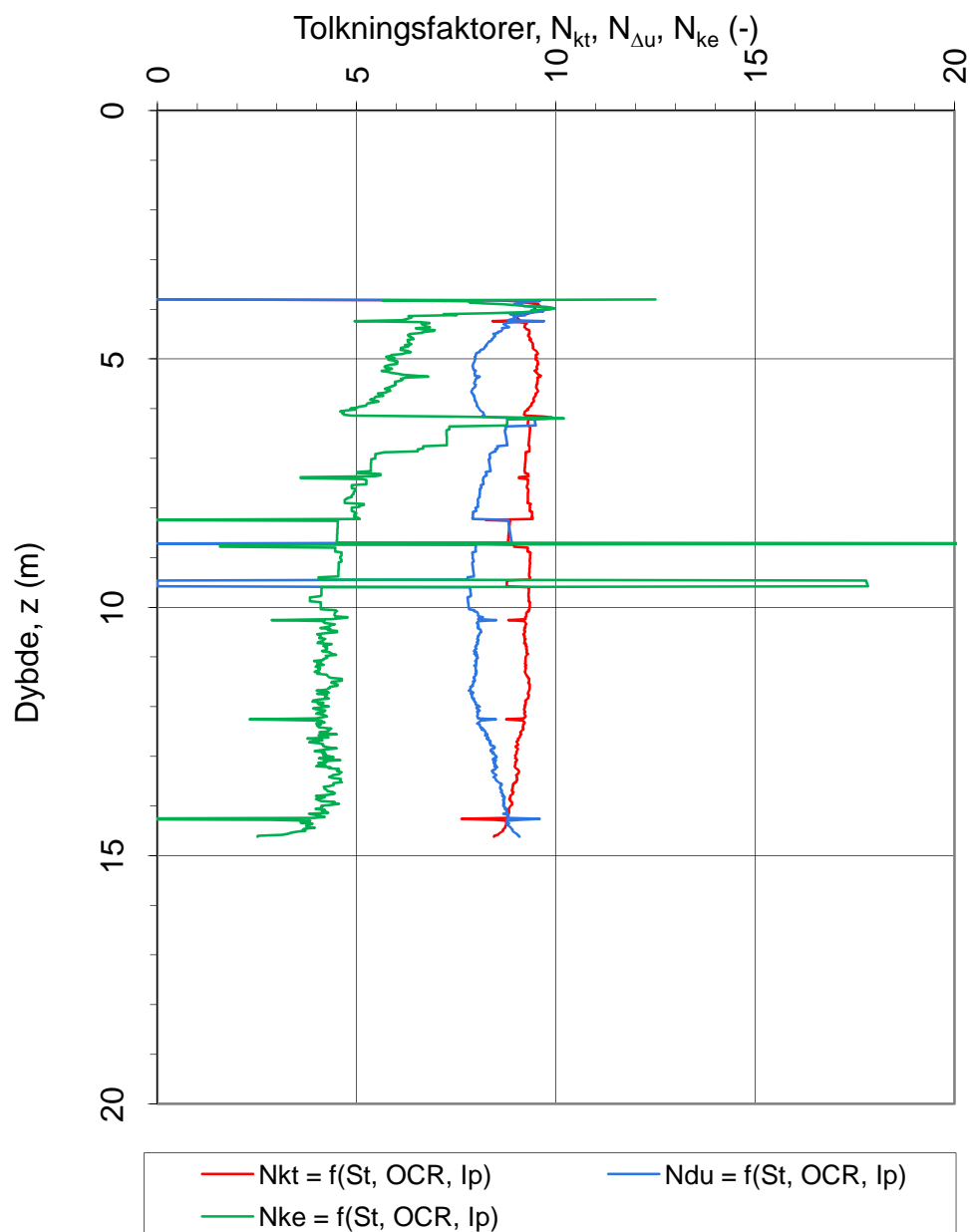
Godkjent:
ASS

Oppdrag nr.:
312198

Tegning nr.:
C-03

Versjon:
03.10.2009

Revisjon:
0



Sensitivitetsvalg: **St > 15**

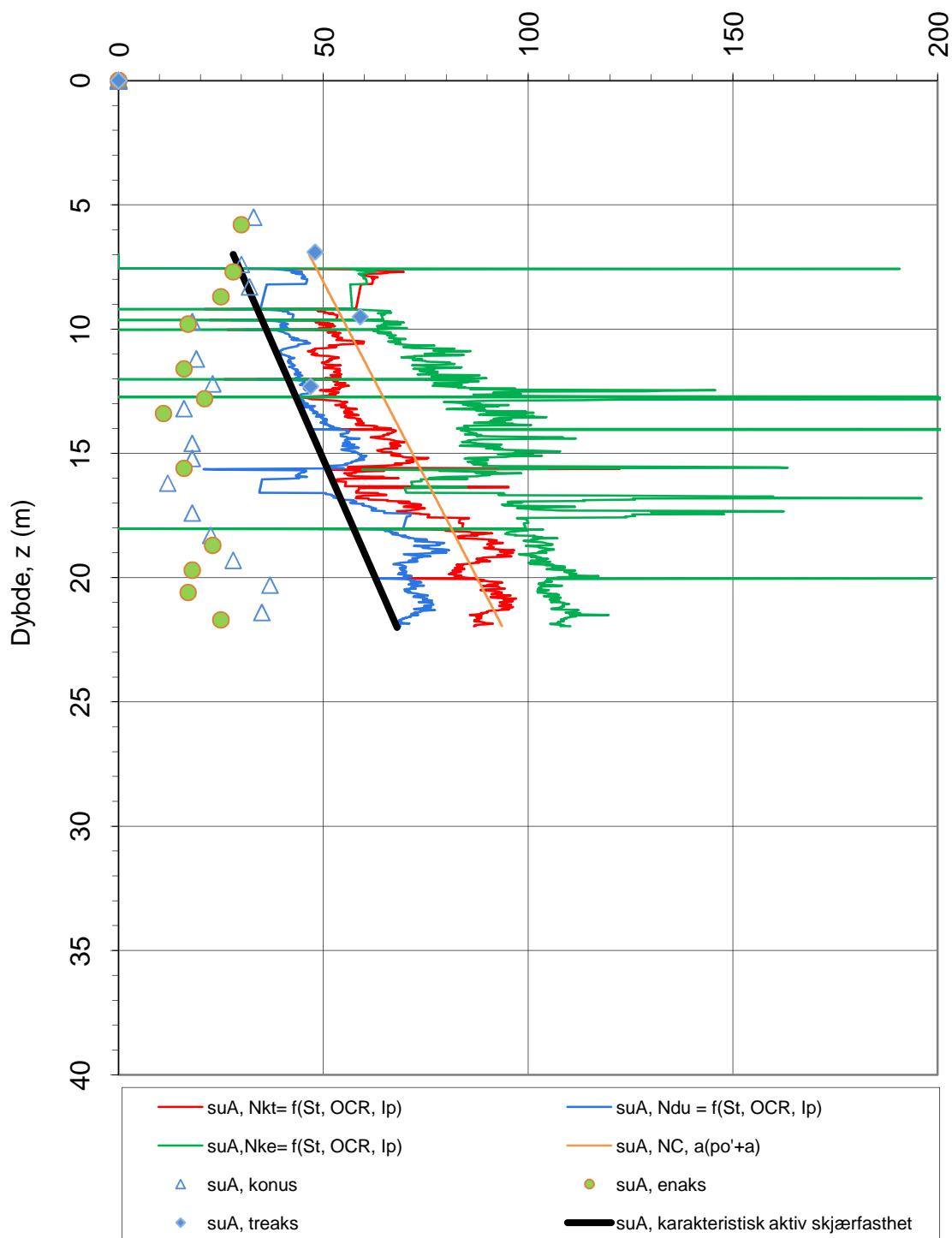
$N_{kt} = (8,5 + 2,5 \log OCR + 0 I_p)$

$N_{du} = (9,8 - 4,5 \log OCR + 0 I_p)$

$N_{ke} = (12,5 - 11 B_q)$

Oppdragsgiver: Avinor AS		Oppdrag: Kjevik Lufthavn		Tegningens filnavn: CPTU hull4 rap2	
Faktorer N_{kt} , $N_{\Delta u}$ og N_{ke} korrelert mot S_t , OCR og I_p .					
CPTU id.:	304	Sonde:	3763		
MULTICONSULT AS	Dato: 15.06.2010	Tegnet: TOE	Kontrollert: EDO	Godkjent: ASS	
	Oppdrag nr.: 312198	Tegning nr.: C-04	Versjon: 03.10.2009	Revisjon: 0	

Udrenert skjærstyrke, s_{uA} (kN/m²)



Sensitivitetsvalg:

St > 15

α_c valgt:

0,35

$$Nkt = (8,5 + 2,5 \log OCR + 0Ip)$$

$$Ndu = (9,8 - 4,5 \log OCR + 0Ip)$$

$$Nke = (12,5 - 11Bq)$$

Oppdragsgiver:

Avinor As

Oppdrag:

Kjevik Lufthavn

Tegningens filnavn:

CPTU hull 12

Aktiv udrenert skjærstyrke s_{uA} , korrelert mot S_t , OCR og I_p .

CPTU id.:

312

Sonde:

3763



MULTICONSULT AS

Dato:

02.08.2010

Tegnet:

TOE

Kontrollert:

EDO

Godkjent:

ASS

Oppdrag nr.:

312198-1

Tegning nr.:

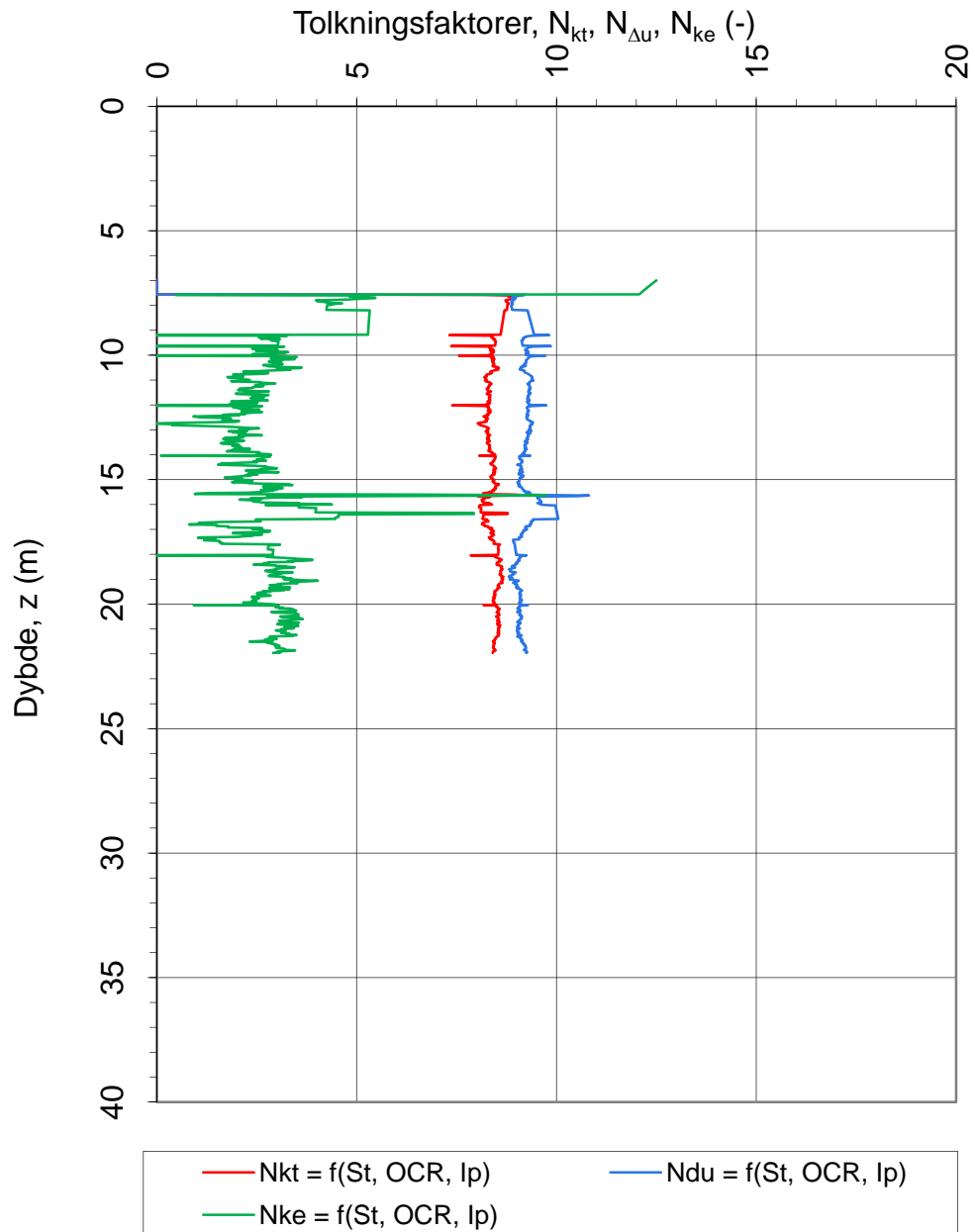
C-05

Versjon:

03.10.2009

Revisjon:

0



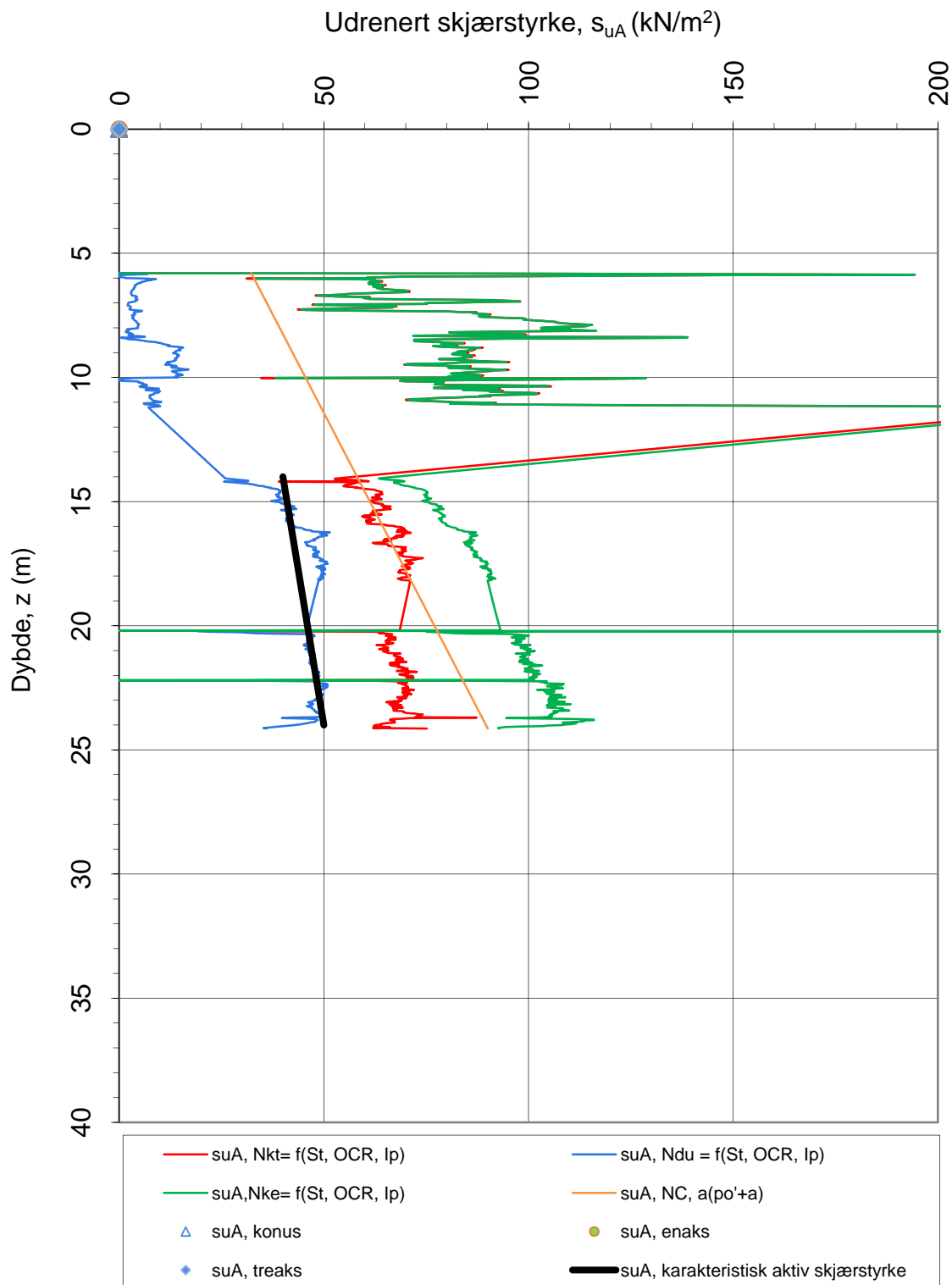
Sensitivitetsvalg: **St > 15**

$N_{kt} = (8,5 + 2,5 \log OCR + 0 I_p)$

$N_{Du} = (9,8 - 4,5 \log OCR + 0 I_p)$

$N_{ke} = (12,5 - 11 B_q)$

Oppdragsgiver: Avinor As		Oppdrag: Kjevik Lufthavn		Tegningens filnavn: CPTU hull 12	
Faktorer N_{kt} , $N_{\Delta u}$ og N_{ke} korrelert mot S_t , OCR og I_p .					
CPTU id.:	312	Sonde:	3763		
MULTICONSULT AS	Dato: 02.08.2010	Tegnet: TOE	Kontrollert: EDO	Godkjent: ASS	
	Oppdrag nr.: 312198-1	Tegning nr.: C-06	Versjon: 03.10.2009	Revisjon: 0	



Sensitivitetsvalg:

St > 15

α_c valgt:

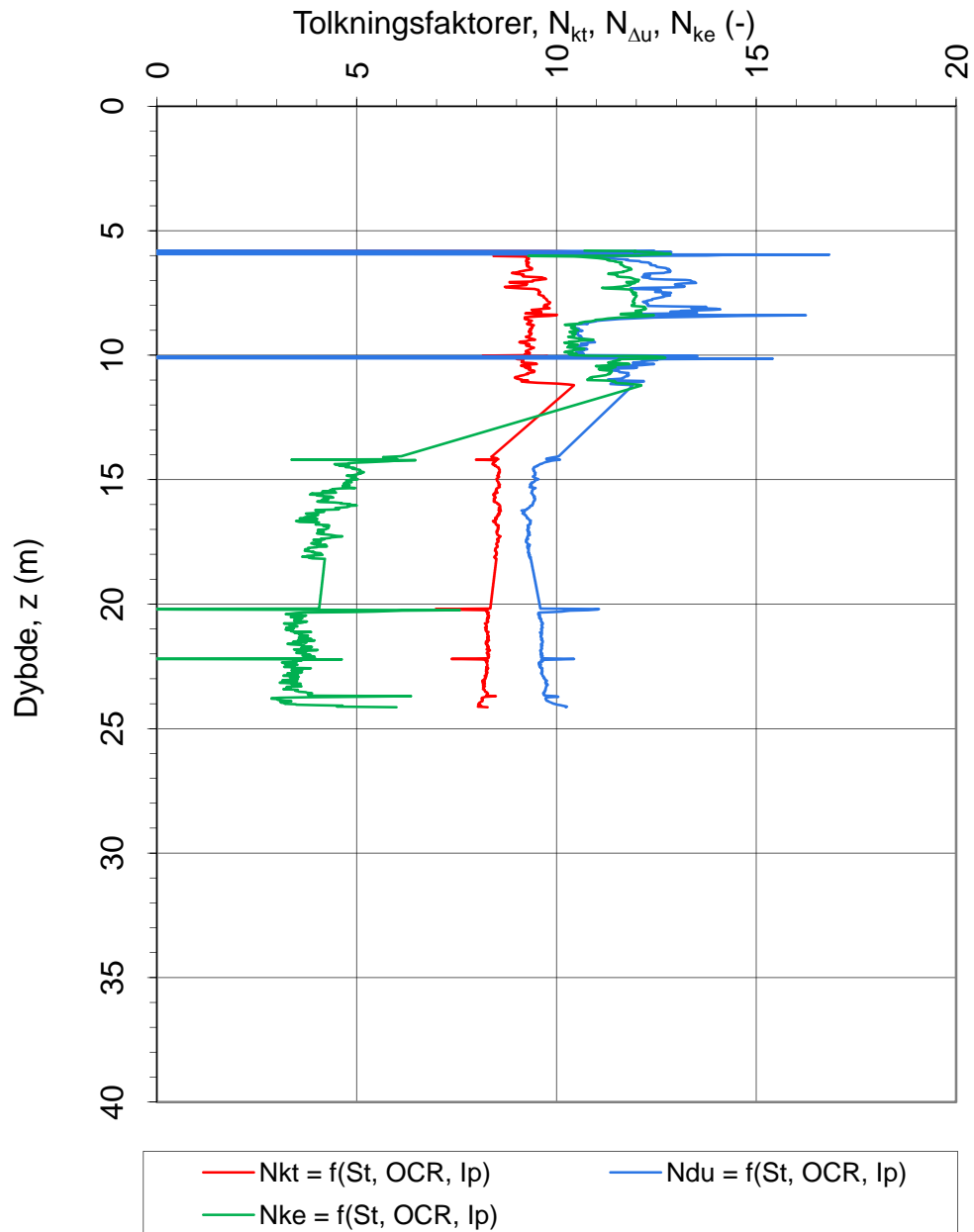
0,35

$$N_{kt} = (8,5 + 2,5 \log OCR + 0 I_p)$$

$$N_{du} = (9,8 - 4,5 \log OCR + 0 I_p)$$

$$N_{ke} = (12,5 - 11 B_q)$$

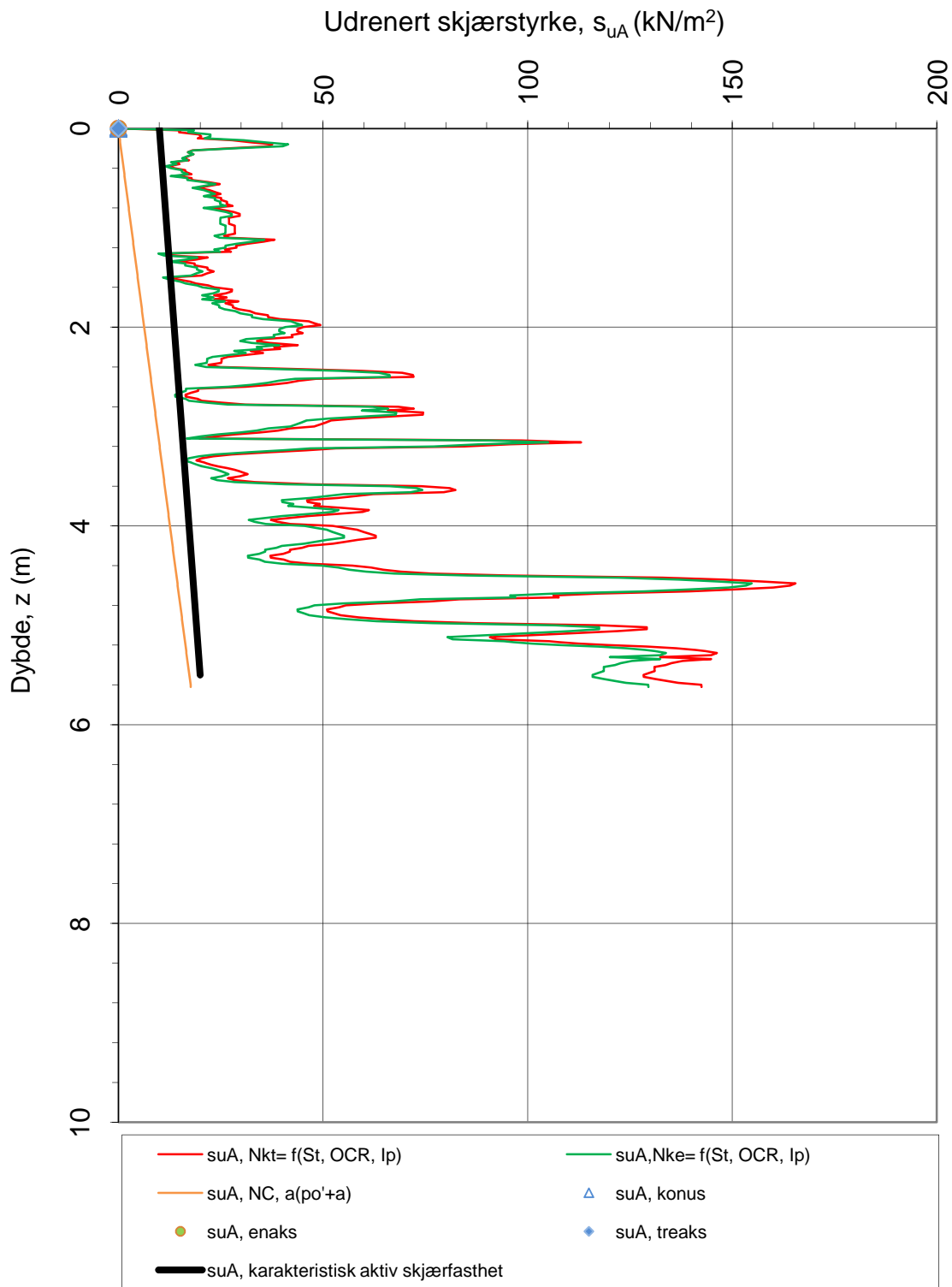
Oppdragsgiver: AvinorAS		Oppdrag: Kjevik Lufthavn		Tegningens filnavn: CPTU hull 17	
Aktiv udrenert skjærstyrke s_{uA} , korrelert mot S_t , OCR og I_p .					
CPTU id.:	315	Sonde:	3763		
MULTICONSULT AS	Dato: 02.08.2010	Tegnet: TOE	Kontrollert: EDO		
	Oppdrag nr.:	312198-1	Tegning nr.:	C-07	Versjon: 03.10.2009



Sensitivitetsvalg: **St > 15**

$N_{kt} = (8,5 + 2,5 \log OCR + 0 I_p)$
 $N_{du} = (9,8 - 4,5 \log OCR + 0 I_p)$
 $N_{ke} = (12,5 - 11 B_q)$

Oppdragsgiver: AvinorAS		Oppdrag: Kjevik Lufthavn		Tegningens filnavn: CPTU hull 17	
Faktorer N_{kt} , $N_{\Delta u}$ og N_{ke} korrelert mot S_t , OCR og I_p .					
CPTU id.:	315	Sonde:	3763		
MULTICONSULT AS	Dato: 02.08.2010	Tegnet: TOE	Kontrollert: EDO		
	Oppdrag nr.:	312198-1	Tegning nr.:	C-08	Versjon: 03.10.2009



Sensitivitetsvalg:

St > 15

$$Nkt = (8,5 + 2,5 \log OCR + 0I_p)$$

$$NDu = (9,8 - 4,5 \log OCR + 0I_p)$$

$$Nke = (12,5 - 11Bq)$$

α_c valgt:

0,35

Oppdragsgiver:

Avinor AS

Oppdrag:

Kjevik Lufthavn

Tegningens filnavn:

CPTU hull 22

Aktiv udrenert skjærstyrke s_{uA} , korrelert mot S_t , OCR og I_p .

CPTU id.:

319

Sonde:

4091



MULTICONSULT AS

Dato:

20.07.2010

Tegnet:

TOE

Kontrollert:

EDO

Godkjent:

ASS

Oppdrag nr.:

312198-1

Tegning nr.:

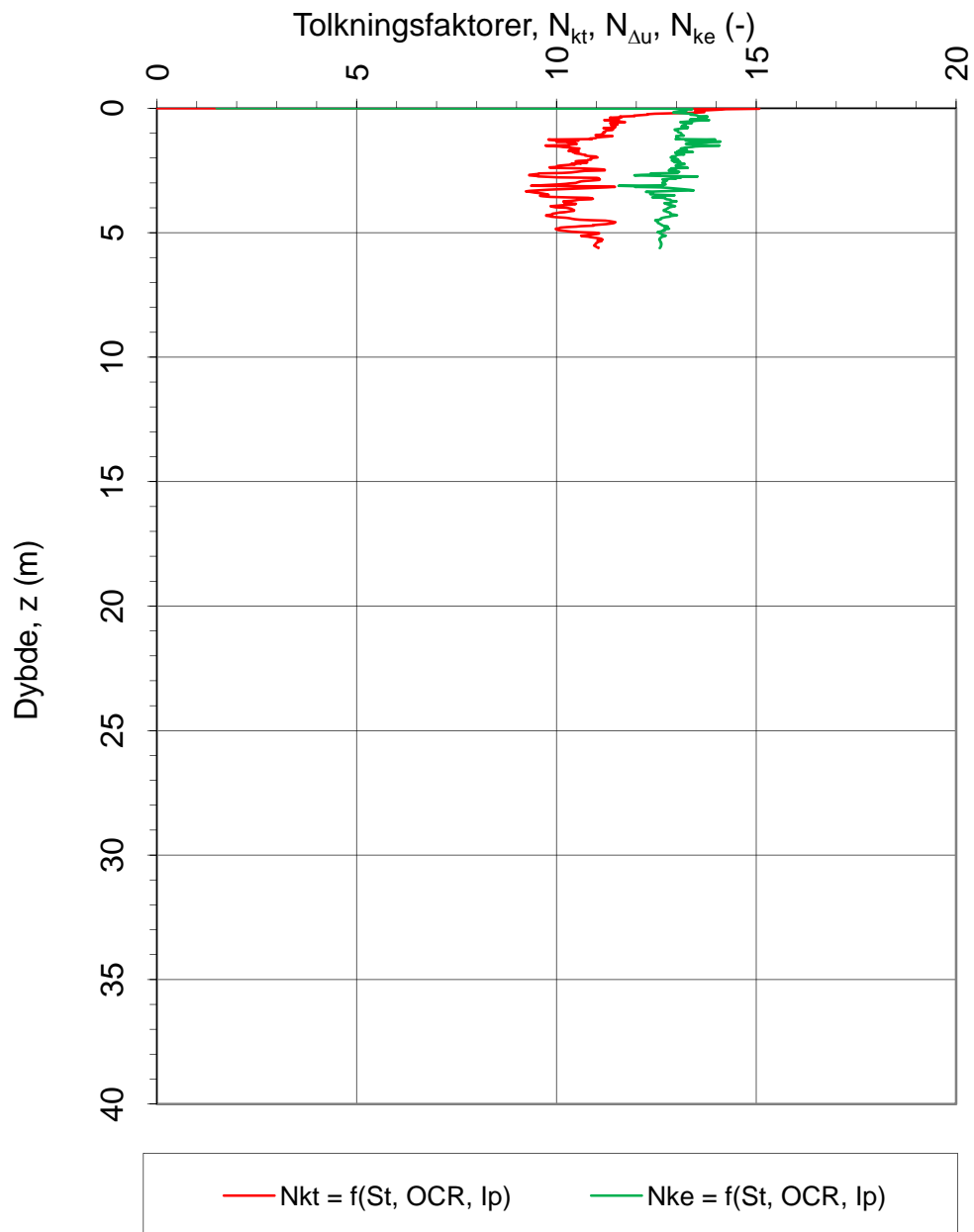
C-09

Versjon:

03.10.2009

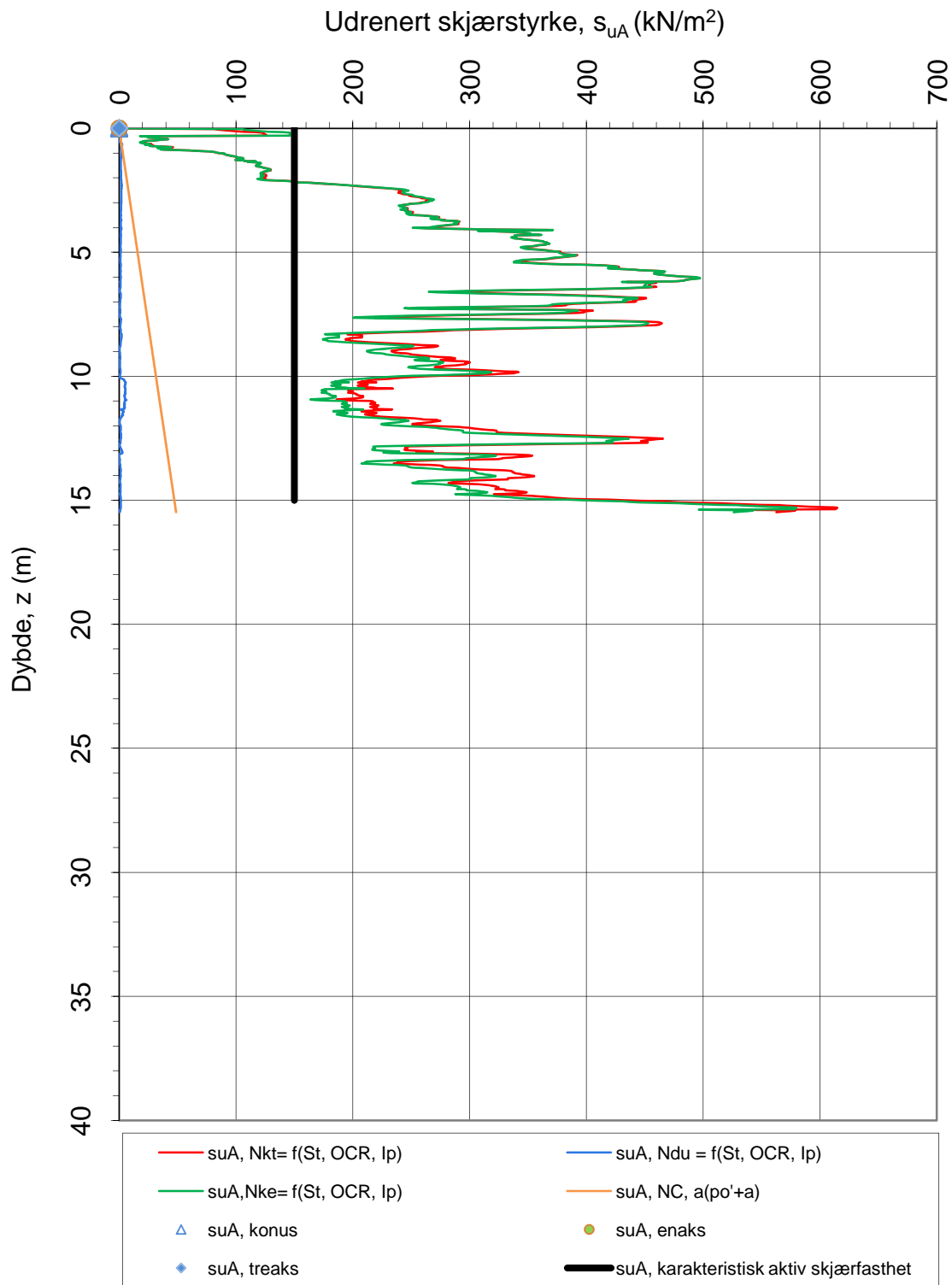
Revisjon:

0



Sensitivitetsvalg: **St > 15**
 $N_{kt} = (8,5 + 2,5 \log OCR + 0 I_p)$
 $N_{Du} = (9,8 - 4,5 \log OCR + 0 I_p)$
 $N_{ke} = (12,5 - 11 B_q)$

Oppdragsgiver: Avinor AS		Oppdrag: Kjevik Lufthavn		Tegningens filnavn: CPTU hull 22	
Faktorer N_{kt} , $N_{\Delta u}$ og N_{ke} korrelert mot S_t , OCR og I_p .					
CPTU id.:	319	Sonde:	4091		
MULTICONSULT AS	Dato: 20.07.2010	Tegnet: TOE	Kontrollert: EDO		
	Oppdrag nr.:	312198-1	Tegning nr.:	C-10	Versjon: 03.10.2009



Sensitivitetsvalg:

St > 15

α_c valgt:

0,35

$$N_{kt} = (8,5 + 2,5 \log OCR + 0 I_p)$$

$$N_{du} = (9,8 - 4,5 \log OCR + 0 I_p)$$

$$N_{ke} = (12,5 - 11 B_q)$$

Oppdragsgiver:

Avinor AS

Oppdrag:

Kjevik Lufthavn

Tegningens filnavn:

CPTU hull 26

Aktiv udrenert skjærstyrke s_{uA} , korrelert mot S_t , OCR og I_p .

CPTU id.:

322

Sonde:

4091



MULTICONSULT AS

Dato:
02.08.2010

Tegnet:
TOE

Kontrollert:
EDO

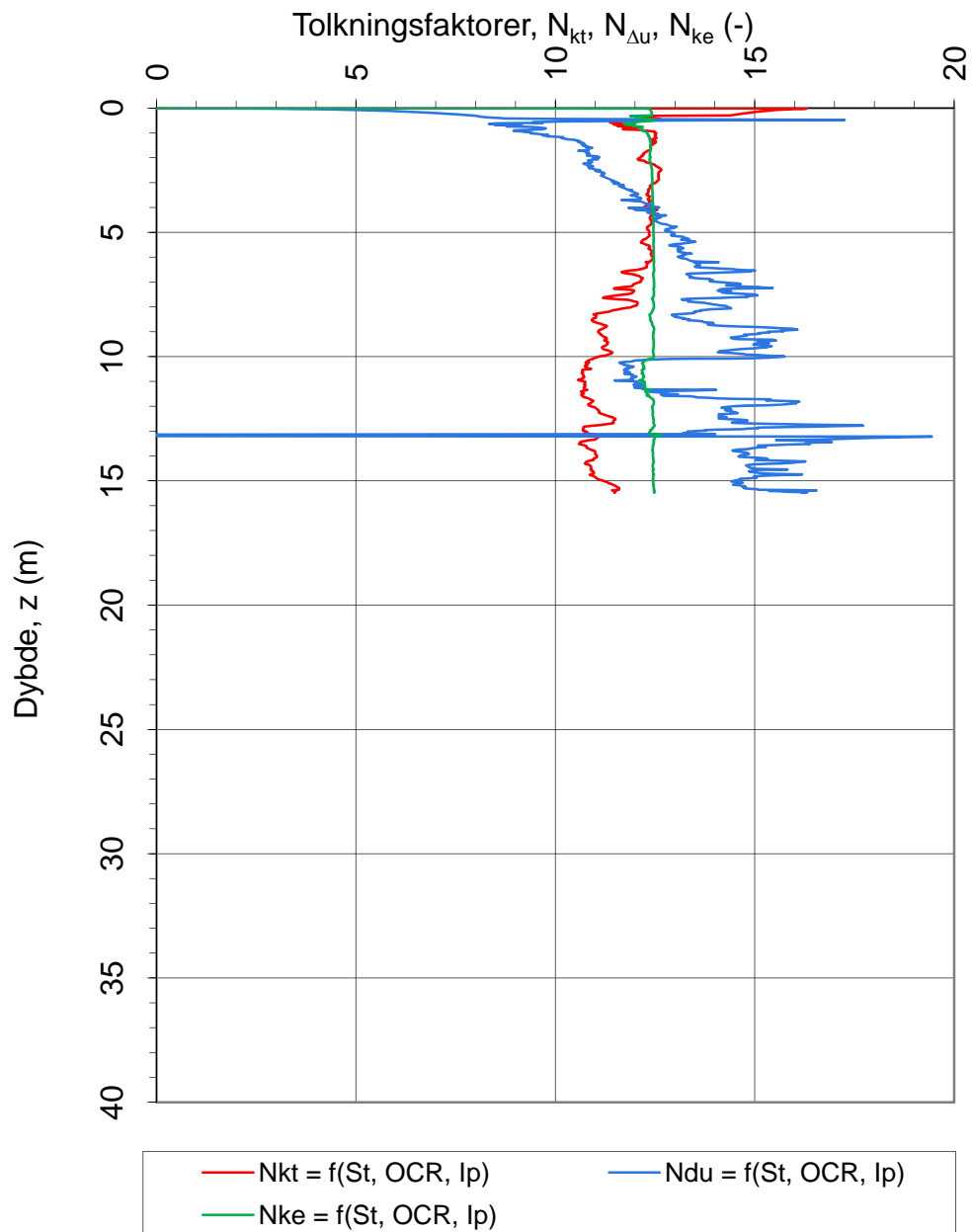
Godkjent:
ASS

Oppdrag nr.:
312198-1

Tegning nr.:
C-11

Versjon:
03.10.2009

Revisjon:
0



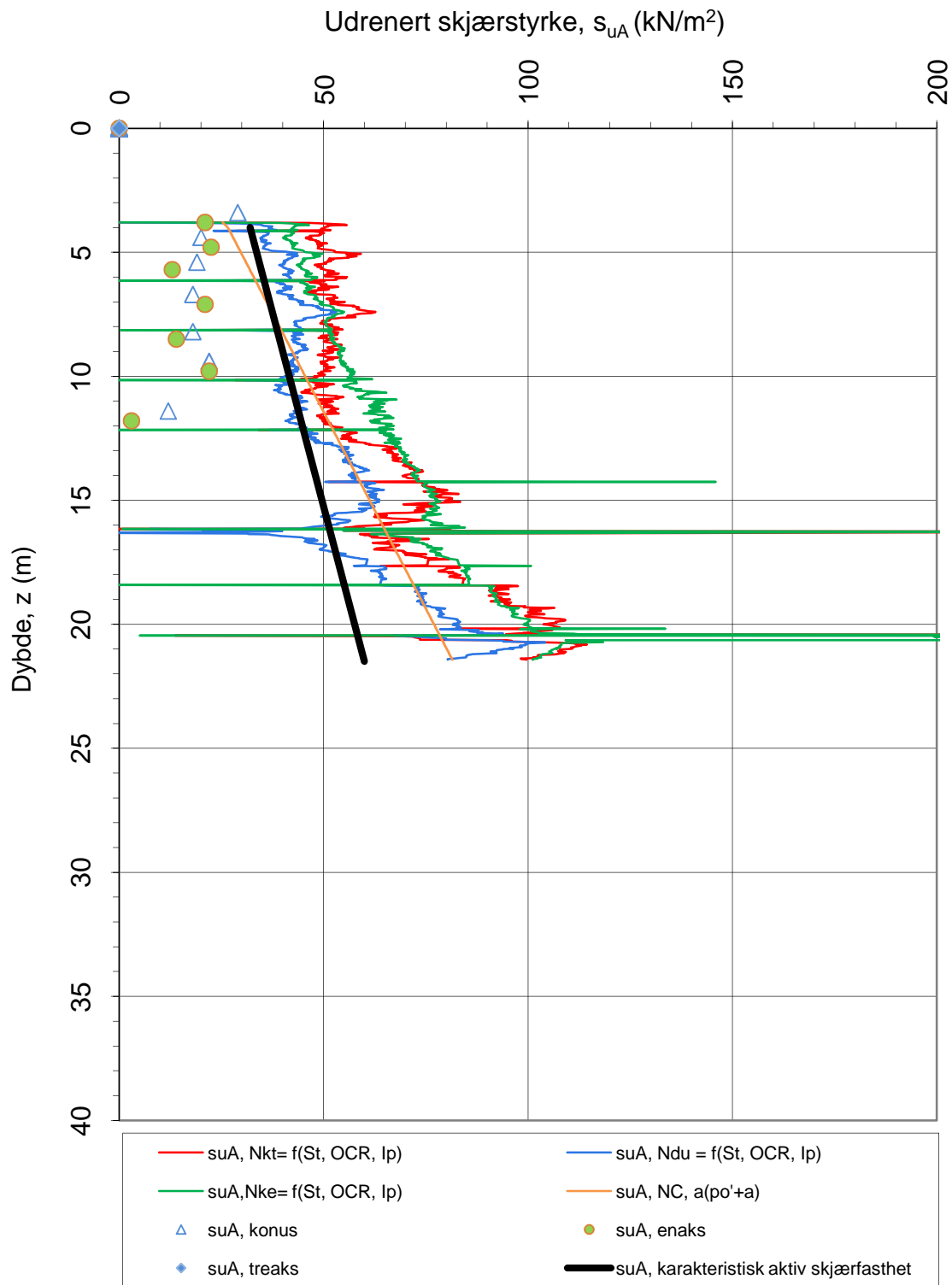
Sensitivitetsvalg: **St > 15**

$N_{kt} = (8,5 + 2,5 \log OCR + 0 I_p)$

$N_{du} = (9,8 - 4,5 \log OCR + 0 I_p)$

$N_{ke} = (12,5 - 11 B_q)$

Oppdragsgiver: Avinor AS		Oppdrag: Kjevik Lufthavn		Tegningens filnavn: CPTU hull 26	
Faktorer N_{kt} , $N_{\Delta u}$ og N_{ke} korrelert mot S_t , OCR og I_p .					
CPTU id.:	322	Sonde:	4091		
MULTICONSULT AS	Dato: 02.08.2010	Tegnet: TOE	Kontrollert: EDO	Godkjent: ASS	
	Oppdrag nr.: 312198-1	Tegning nr.: C-12	Versjon: 03.10.2009	Revisjon: 0	



Sensitivitetsvalg:

St > 15

$$N_{kt} = (8,5 + 2,5 \log OCR + 0 I_p)$$

$$N_{du} = (9,8 - 4,5 \log OCR + 0 I_p)$$

$$N_{ke} = (12,5 - 11 B_q)$$

α_c valgt:

0,35

Oppdragsgiver:

Avinor As

Oppdrag:

Kjevik Lufthavn

Tegningens filnavn:

CPTU Hull 29

Aktiv udrenert skjærstyrke s_{uA} , korrelert mot S_t , OCR og I_p .

CPTU id.:

324

Sonde:

3763



MULTICONSULT AS

Dato:

30.07.2010

Tegnet:

TOE

Kontrollert:

EDO

Godkjent:

ASS

Oppdrag nr.:

312198-1

Tegning nr.:

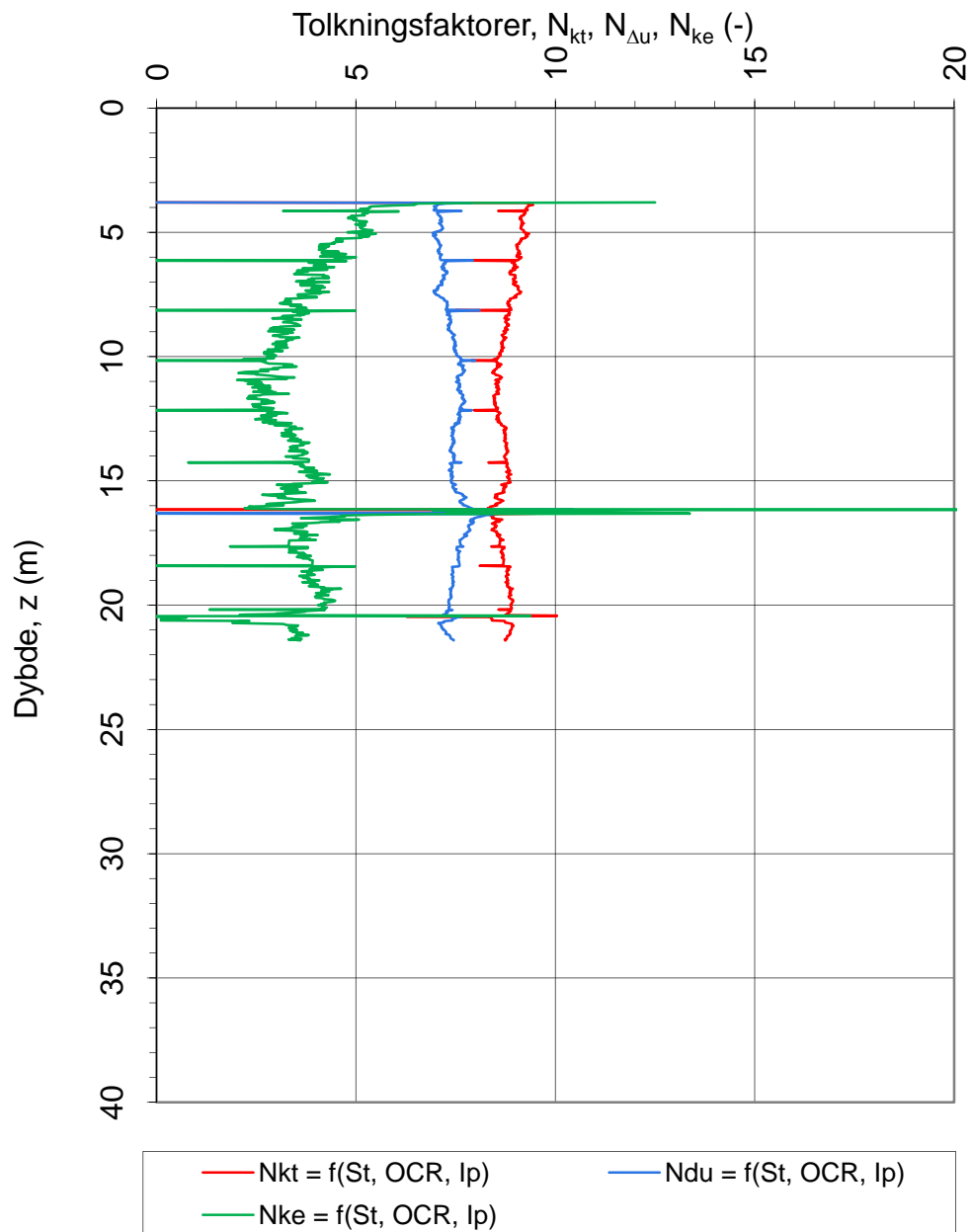
C-13

Versjon:

03.10.2009

Revisjon:

0



Sensitivitetsvalg: **St > 15**

$N_{kt} = (8,5 + 2,5 \log OCR + 0 I_p)$
 $N_{du} = (9,8 - 4,5 \log OCR + 0 I_p)$
 $N_{ke} = (12,5 - 11 B_q)$

Oppdragsgiver: Avinor As		Oppdrag: Kjevik Lufthavn		Tegningens filnavn: CPTU Hull 29	
Faktorer N_{kt} , $N_{\Delta u}$ og N_{ke} korrelert mot S_t , OCR og I_p .					
CPTU id.:	324	Sonde:	3763		
MULTICONSULT AS	Dato: 30.07.2010	Tegnet: TOE	Kontrollert: EDO	Godkjent: ASS	
	Oppdrag nr.: 312198-1	Tegning nr.: C-14	Versjon: 03.10.2009	Revisjon: 0	