

Rapport

Oppdragsgiver: **NVE Region midt**

Oppdrag: **Kvikkleiresone 1527 Koa Inderøy**

Emne: **Kvikkleirekartlegging
Vurdering av områdestabilitet**

Dato: **3. juli 2012**

Rev. - Dato: **Rev. 02 – 7. august 2013**

Oppdrag- / Rapportnr.: **413698 - RIG - RAP - 001**

Oppdragsleder: **Joar Spencer Gloppestad** Sign.: *Joar S. Gloppestad*

Saksbehandler: **Christian Rekdal Havnegjerde** Sign.:

Kontaktperson hos Oppdragsgiver: **Mads Johnsen**



02	07.08.2013	Godkjent rapport	22+56	jsg	arv	oaa
01	10.04.2013	Revidert rapport etter uavhengig kontroll	22+52	crh	jsg	oaa
00	03.07.2012	Utsendt for 1. gangs uavhengig kontroll	21+50	crh	jsg	oaa
Rev	Dato	Beskrivelse	Ant. sider	Utarbeidet	Kontrollert	Godkjent

Sammendrag og konklusjoner

Multiconsult AS er engasjert av Noregs vassdrags- og energidirektorat region midt (NVE) for å tolke geotekniske parametere, utføre stabilitetsanalyser og gjøre en vurdering av dagens kvikkleiresone (sone 1572) på Koa i Inderøy kommune i Nord-Trøndelag. NVE har engasjert NGI som uavhengig kontrollør på prosjektet.

Revisjon 02 av denne rapporten er godkjent versjon etter tredjepartskontroll fra NGI. Endringene fra revisjon 01 omfatter kun fjerning av endringsmarkeringer fra revisjon 00, samt at goskjenning fra tredjepartskontroll er lagt ved i vedlegg F.

Vurderingen av områdestabiliteten og eventuelle tiltak for forbedring av denne er i foreliggende rapport sett i sammenheng med Inderøy kommune sine overordnede planer for utvikling av sentrumsområdet av Koa.

Prosjektet er vurdert i henhold til NVEs retningslinjer / 1 /, Eurokode 0 / 2 / og Eurokode 7 / 3 / til:

- Tiltakskategori K3
- Geoteknisk kategori 3
- Pålitelighetsklasse 3
- Kontrollklasse U for prosjektering og utførelse

Det er påvist to kvikkleiresoner i utførte grunnundersøkelser. Det er evaluert faregrad for begge sonene før tiltak, og for sone 1572 Koa etter tiltak. I tillegg er konsekvensklasse og risikoklasse vurdert for sone 1572 Koa før og etter tiltak. Dette er vist i tabellen under:

Sone	1572 Koa		«Salberg»
	Før tiltak	Etter tiltak	Før tiltak
Faregrad	”Middels”	”Lav”	”Lav”
Konsekvensklasse	”Alvorlig”		-
Risikoklasse	”Risikoklasse 3”		-

Analysen viser beregningsmessig partialkoeffisient $\gamma_M \leq 1,4$. Da stiller NVEs veileder / 1 / krav om tiltak for å forbedre stabiliteten. I denne rapporten er topografiendring vurdert som tiltak. Da Inderøy kommune ønsker å videreutvikle sentrumsområdet av Koa stiller NVEs veileder / 1 / krav om vesentlig forbedring av beregningsmessig partialkoeffisient.

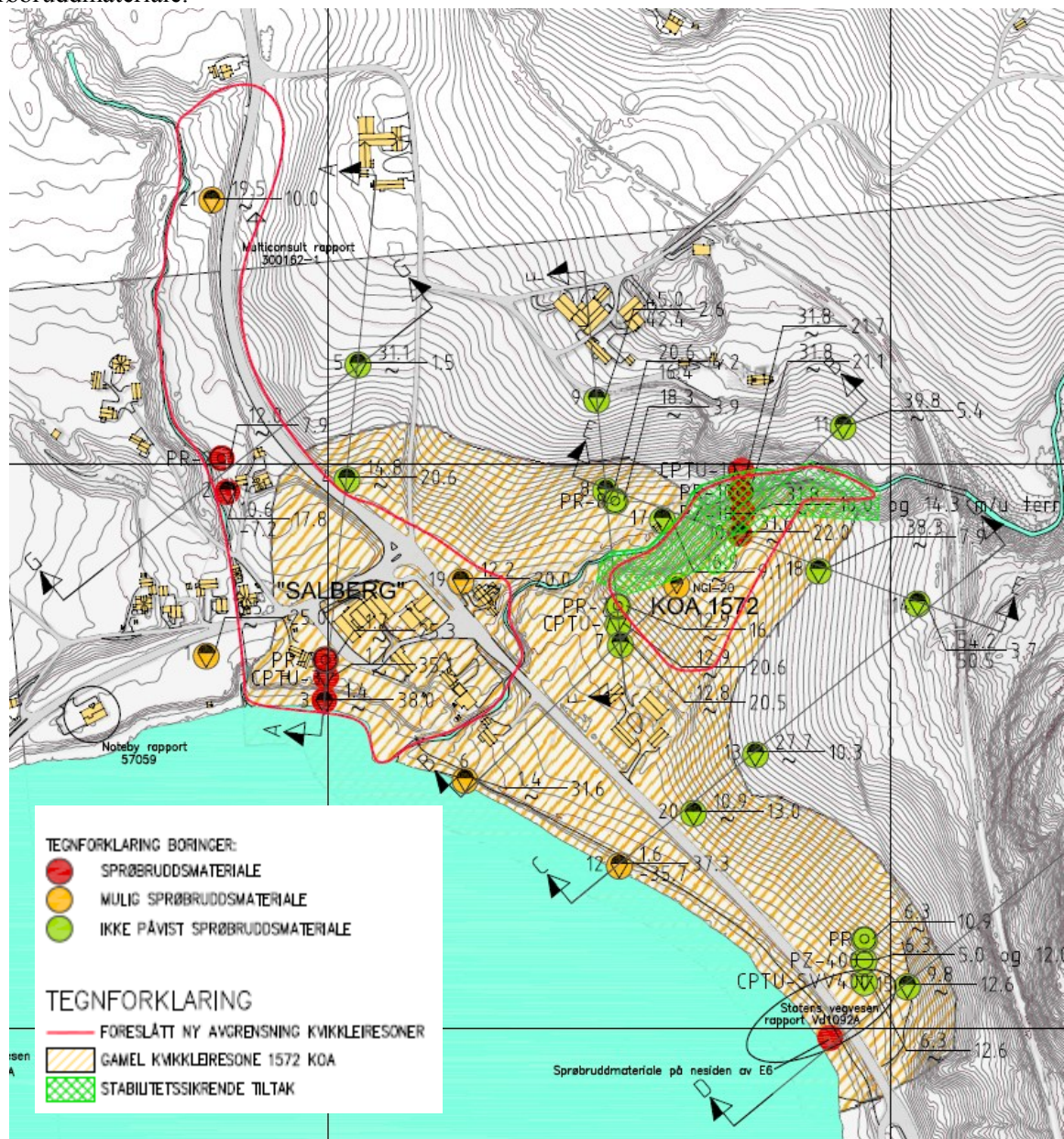
Analysene viser et behov for å slake ut skråningen ned mot Koabekken til 1:3,3, og nedskjæring av terrengtopp i profil B-B til kt +32,0. Dette gir et volum på topografiendringene på ca 16 500 m³. I tillegg vil det være behov for erosjonssikring langs Koabekken i en lengde på ca 300 m for å forhindre graving i sensitive masser.

Rekkefølgen tiltakene utføres i vil være viktig for å sikre at man ikke får en reduksjon av sikkerheten i området under anleggsfasen.

De skisserte tiltakene er vurdert ut fra antatte lagdelinger i profil E-E ned mot Koabekken. Mer detaljert kunnskap om lagdelingen og poretrykksforholdene fra toppen av skråningen og ned mot skråningsfoten vil kunne redusere størrelsen på de skisserte tiltakene. Vi tilrår at det gjennomføres en supplerende geoteknisk undersøkelse sammen med geoelektriske målinger. Dette gjøres for å fremskaffe mer informasjon om lagdeling i profil B-B og E-E, men også for å kartlegge den nye foreslåtte kvikkleiresonen «Salberg» og området vest for denne.

Det vil være nødvendig med geoteknisk detaljprosjektering av tiltakene som er skissert i denne rapporten.

Utsnitt av tegning 431698-RIG-TEG-002_rev00 er vist på Figur 0-1. Denne viser avgrensning av kvikkleiresonen, terrengprofilene i plan og vurdering av sonderingspunkter med tanke på forekomst av sprøbruddmateriale.



Figur 0-1: Utdrag fra tegning 431698-RIG-TEG-002_rev00, Avgrensning av kvikkleiresone.

Innholdsfortegnelse

Sammendrag og konklusjoner	2
1. Innledning	6
1.1 Kort omtale av prosjektet.....	6
2. Myndighetskrav	7
3. Arbeidsgrunnlag.....	7
3.1 Plangrunnlag.....	7
3.2 Utførte grunnundersøkelser	7
4. Terreng- og grunnforhold.....	8
4.1 Kvantærgeologisk kart	8
4.2 Områdebeskrivelse	8
4.3 Grunnforhold	8
5. Avgrensning og klassifisering av kvikkleiresone.....	9
5.1 Generelt	9
5.2 Avgrensning av kvikkleiresone	9
5.2.1 Avgrensning 1572 Koa.....	10
5.2.2 Avgrensning «Salberg»	10
5.2.3 Strandsonen i gamle 1572 Koa	10
5.3 Faregradsevaluering av kvikkleiresone	11
5.3.1 1572 Koa.....	11
5.3.2 Ny kvikkleiresone «Salberg».....	12
5.4 Bestemmelse av skadekonsekvens- og risikoklasse	12
5.5 Bestemmelse av tiltaksklasse.....	12
6. Sikkerhetsprinsipper.....	13
6.1 Geotekniske problemstillinger.....	13
6.2 Vurdering av sikkerhetskrav (myndighetkrav).....	13
6.2.1 Geoteknisk kategori.....	13
6.2.2 Pålitelighetsklasse (CC/CR)	13
6.2.3 Kontrollklasse og utførelseskontroll.....	13
6.2.4 Tiltakskategori	13
6.2.5 Bruddmekanisme	14
6.3 Krav til sikkerhetsnivå.....	14
6.4 Dimensjonerende laster og lastfaktorer	14
7. Områdestabilitet	15
7.1 Skredteknisk vurdering.....	15
7.2 Stabilitetskritiske profiler	15
7.3 Beregningsparametere	15

7.4	Stabilitetsberegninger	16
7.4.1	Generelt	16
7.4.2	Beregningsresultater	16
7.4.3	Diskusjon av beregningsresultater	18
8.	Vurdering av tiltak	19
8.1	Generelt	19
8.2	Terrengtiltak	19
8.2.1	Profil B-B	19
8.2.2	Profil E-E	19
9.	Videre arbeider	20
10.	Referanser	21

Tegninger

413698-RIG-TEG-001	Borplan med tolkning og profiler
-002	Avgrensning av kvikkleiresone og utbredelse av tiltak
-040.1A	CPTU 3, udrenert skjærstyrke, s_{uA} , korrelert mot B_q og SHANSEP
-040.2A	CPTU 3, udrenert skjærstyrke, s_{uA} , korrelert mot S_t , OCR og I_p
-040.3	CPTU 3, overkonsolideringsgrad, OCR
-041.1	CPTU 7, udrenert skjærstyrke, s_{uA} , korrelert mot B_q og SHANSEP
-041.2	CPTU 7, udrenert skjærstyrke, s_{uA} , korrelert mot S_t , OCR og I_p
-041.3	CPTU 7, overkonsolideringsgrad, OCR
-042.1A	CPTU 10, udrenert skjærstyrke, s_{uA} , korrelert mot B_q og SHANSEP
-042.2A	CPTU 10, udrenert skjærstyrke, s_{uA} , korrelert mot S_t , OCR og I_p
-042.3	CPTU 10, overkonsolideringsgrad, OCR
-043.1	CPTU SSV-400 udrenert skjærstyrke, s_{uA} , korrelert mot B_q og SHANSEP
-043.2	CPTU SSV-400, udrenert skjærstyrke, s_{uA} , korrelert mot S_t , OCR og I_p
-043.3	CPTU SVV-400, overkonsolideringsgrad, OCR
-120	Tolket lagdeling profil B-B
-121	Tolket lagdeling profil E-E
-300	ADP-analyse, eksisterende terreng, profil B-B
-301	ADP-analyse, terrengtiltak, profil B-B
-310	aφ-analyse, eksisterende terreng, profil B-B
-320A	ADP-analyse, eksisterende terreng, profil E-E
-321A	ADP-analyse, terrengtiltak, profil E-E
-330	aφ-analyse, eksisterende terreng, profil E-E
-331	aφ-analyse, terreng tiltak, profil E-E

Vedlegg

Vedlegg A	- Faregrads- og konsekvensevaluering	i
Vedlegg B	- Teknisk beregning	v
Vedlegg C	- Tolking spesialforsøk	xiv
Vedlegg D	- Tolking av hydraulisk poretryksmåling	xxiii
Vedlegg E	- Klassifisering av borpunkt	xxvi
Vedlegg F	- Godkjenningsnotat fra tredjepartskontroll	xxix

1. Innledning

Multiconsult AS er engasjert av Noregs vassdrags- og energidirektorat region midt (NVE) for å tolke geotekniske parametere, utføre stabilitetsanalyser og gjøre en vurdering av dagens kvikkleiresone (sone 1572) på Koa i Inderøy kommune i Nord-Trøndelag. NVE har engasjert NGI som uavhengig kontrollør på prosjektet.

All ny byggevirksomhet innenfor en faresone for kvikkleire, samt bygg som kan påvirkes av skred fra nærliggende faresoner, er underlagt krav i henhold til NVEs Retningslinjer 2/2011 / 1 /

Retningslinjene / 1 / gir detaljerte krav til beregningsmessig sikkerhet før, under og etter gjennomføringen av et tiltak. Om beregningsmessig sikkerhet ikke er tilfredsstillt må det i utgangspunktet gjennomføres nødvendige stabiliserings- og sikringstiltak før ny utbygging kan gis tillatelse til gjennomføring. Sikkerhetskravet gjelder ikke bare kvikkleireskred som kan utløses innenfor tiltaksområdet, men også dersom tiltaket ligger i utløpsområdet (skredbanen) for kvikkleireskred utløst i tilgrensende områder.

Denne rapporten inneholder en vurdering av stabilitetsforholdene i området med hensyn på følgende forhold:

Klassifisering og avgrensning av kvikkleiresonen

- Avgrensning av kvikkleiresone
- Faregradsevaluering
- Skadekonsekvensklasse
- Bestemmelse av tiltaksklasse for aktuelt prosjekt

Stabilitetsvurderinger

- Vurdering av stabilitetskritiske profiler
- Valg av beregningsparametre
- Vurdering av skredmekanismer og beregningsmetodikk for stabilitetsberegninger
- Resultater fra stabilitetsberegninger
- Forslag til eventuelle sikrings- og stabiliseringstiltak

Rapporten gir en vurdering av stabiliteten i området, basert på stabilitetsberegninger i utvalgte terrengprofiler. Vurderingene baserer seg på resultater fra tidligere og nyere grunnundersøkelser i det aktuelle området, og inkluderer tilgjengelige data for skjærfasthet, konsolideringsparametre og poretrykk som grunnlag for stabilitetsberegninger. Grunnlaget for stabilitetsberegninger er foreslått i tidligere utgitt parameternotat / 4 /. Dette notatet er gjengitt i Vedlegg B, med nødvendige endringer etter tredjepartskontroll inkludert / 5 /.

1.1 Kort omtale av prosjektet

Inderøy kommune ønsker å utvikle sentrumsområdet av Koa. Dette betinger dokumentasjon av beregningsmessig materialfaktor $\geq 1,4$ eller en prosentvis forbedring av områdestabilitet i henhold til / 1 / i de områder der en skredhendelse berører sentrumsområdet direkte eller indirekte gjennom utløp fra et mulig kvikkleireskred.

Formålet med prosjektet er å sikre og stabilisere kvikkleireforekomsten som grenser mot Koabekken. Kvikkleireforekomst som grenser mot Salbergbekken er ikke regnet som en del av dette prosjektet da det i utgangspunktet ligger uten for den opprinnelige kvikkleiresonen som vurderes her.

2. Myndighetskrav

Dette prosjektet er underlagt følgende standarder og retningslinjer:

NVEs Retningslinjer nr 2/2011, Flaum- og skredfare i arealplaner	/ 1 /
Eurokode 0, Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner	/ 2 /
Eurokode 7, Geoteknisk prosjektering. Del 1: Allmenne regler	/ 3 /

3. Arbeidsgrunnlag

3.1 Plangrunnlag

I prosjektet har vi mottatt/anskaffet følgende plangrunnlag.

Tegning/dokument	Tittel/kommentar	Mottatt dato	
32_1729xxx.sos	Digitalt kartgrunnlag, flere filer. xxx=objekttype, (f.eks. høydekurver)	19.06.2009	
Sikring av Salbergbekken ved Røra	NVE, sikringstiltak	11.05.2012	/ 6 /
Erosjonssikring og biotoptiltak i Koabekken ved Røra	NVE, Tiltak i vassdrag	11.05.2012	/ 7 /

3.2 Utførte grunnundersøkelser

Grunnundersøkelser utført av NGI for kvikkleirekartleggingen er presantert i / 8 /. Det er tidligere utført grunnundersøkelser i området. Relevante tidligere grunnundersøkelser er listet opp i

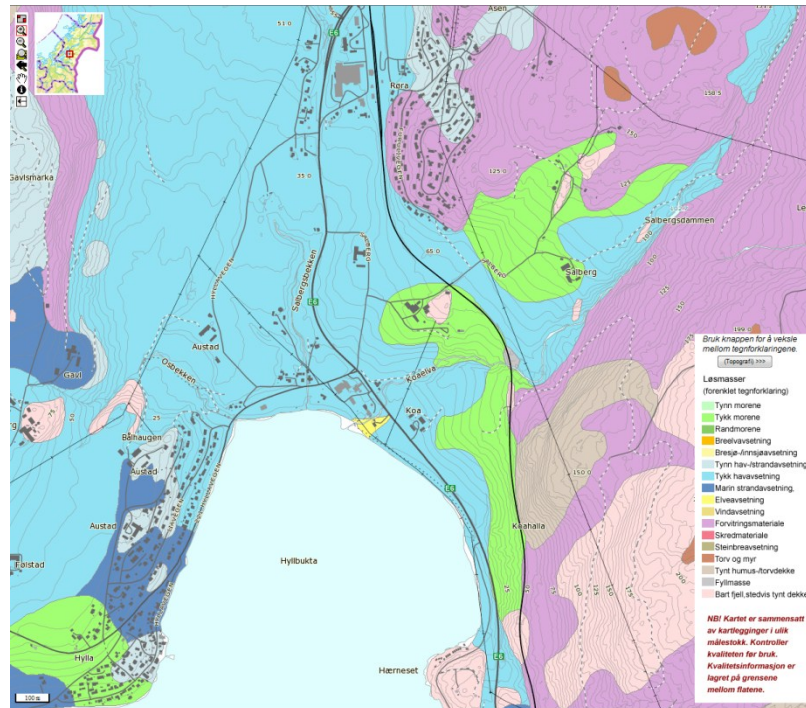
Tabell 3-1: Tidligere geotekniske grunnundersøkelser i tillegg til prosjektspesifikk undersøkelse i / 8 /.

Rapport nr.	Firma	År	Oppdragsnavn	
VD-1092 A	Statens vegvesen	1999	E 6 Fleskhus – Rambergsmyra Koa, Grunnundersøkelse Datarapport	/ 9 /
86024-2	NGI	1994	Kartlegging av kvikkleireområder	/ 10 /

4. Terreng- og grunnforhold

4.1 Kvartærgeologisk kart

Kvartærgeologisk kart viser tykk marin avsetning i store deler av området rundt Koa og Røra. Dette gjelder også vest for Salbergbekken som ikke er kartlagt på nåværende tidspunkt. Utsnitt av kvartærgeologisk kart er vist på Figur 4-1.



Figur 4-1: Kvartærgeologisk kart av området rundt Koa og Røra / 12 /

4.2 Områdebeskrivelse

Vi viser generelt til borplan på tegning 413698-RIG-TEG-001 og avgrensning av kvikkleiresoner på tegning 413698-RIG-TEG-002. Området som er undersøkt ligger rundt Røra i Inderøy kommune i Nord-Trøndelag.

Terrenget stiger slakt fra Hyllebukta til ca kt +10,0 - +15,0 i nord og øst. Over dette nivået har terrenget en helning på ca 1:5. På sørsiden av Koabekken ligger et flatere parti på ca kt +30, dette området har bratte skråninger ned mot Koabekken. Det er tydelig at Koabekken har erodert i dette området.

På vestsiden av Salbergbekken er skråningene bratte og opp mot 10 m høye, på toppen av skråningen er terrenget slakere med en helning på ca 1:25 i nordligretning, dette ca mellom kt + 15,0 - +30,0.

4.3 Grunnforhold

Vi henviser generelt til NGIs datarapport / 8 / og spesielt til **Vedlegg B**

5. Avgrensning og klassifisering av kvikkleiresone

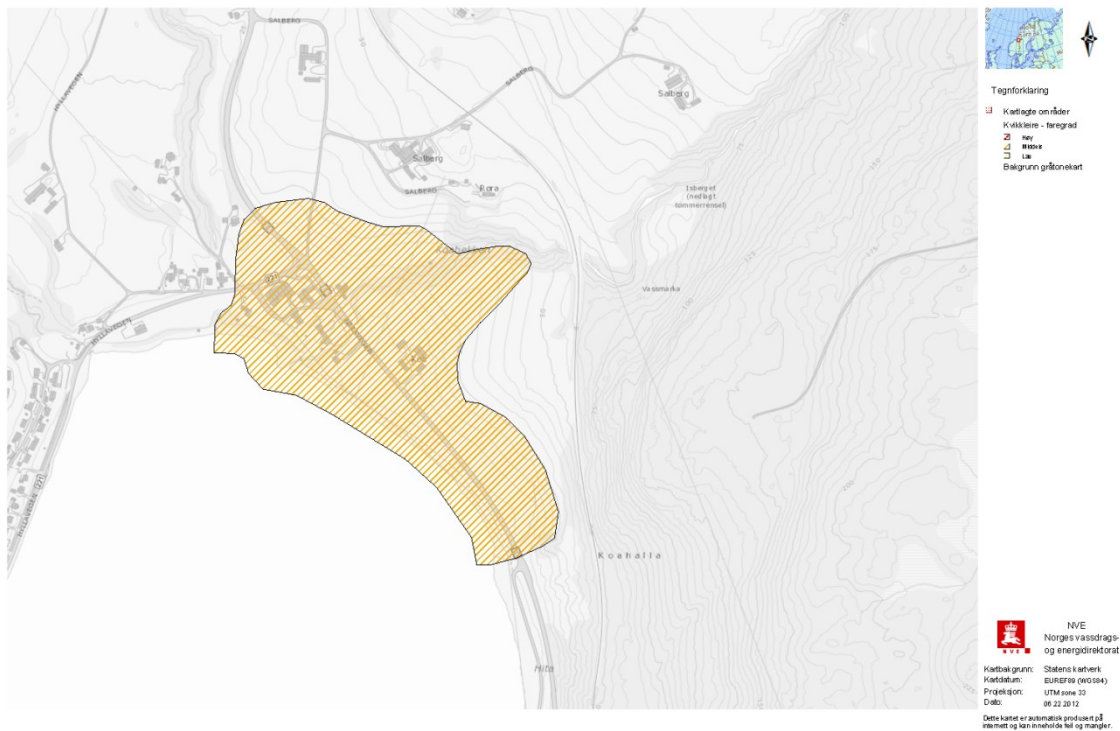
5.1 Generelt

I henhold til NVEs retningslinjer / 1 / stilles det ulike krav til sikkerhetsmessig vurdering på byggesaksnivå, avhengig av hvilken faregradsklasse sonen faller innenfor og hvilken tiltakskategori planlagt tiltak faller inn under. Kravet til sikkerhetsnivå, og eventuelt forbedring av dette, er avhengig av matrisen presentert i tabell 3.1 i vedlegg 1 til NVEs retningslinjer / 1 /. Generelt grunnlag for vurdering av faregrad er vist i **Vedlegg A**.

For vurdering av områdestabiliteten er det lagt vekt på å dokumentere utbredelsen av kvikkleire, samt vurdere stabiliteten i antatt kritiske profiler i det berørte området. I arbeidet er det nødvendig å dokumentere tilstrekkelig $\gamma_m > 1,4$, alternativt gjennomføre tiltak som kan gi en tilstrekkelig prosentvis forbedring av stabiliteten i området.

5.2 Avgrensning av kvikkleiresone

Grunnundersøkelsen / 8 / gjennomført i kvikkleiresone 1572 Koa skal gi et grunnlag for å vurdere kvikkleirens utbredelse og sannsynliggjøre en avgrensning av kvikkleiresonen. Figur 5-1 viser antatt utbredelse av kvikkleiresonen før gjennomføring av prosjektspesifikke grunnundersøkelser.



Figur 5-1: Dagens antatte utbredelse av kvikkleiresone 1572 Koa / 13 / før vurderinger i denne rapporten

Det vil være nødvendig å opprette nye kvikkleiresoner ved Koa. I dette prosjektet har hovedfokus vært på området som grenser opp mot Koabekken. Sonen som ligger her har vi valgt å videreføre som 1572 Koa. Det er også påvist kvikkleire ved Salbergbekken, og denne sonen har vi valgt å døpe «Salberg» i denne rapporten.

Basert på utførte grunnundersøkelser og topografiske forhold, er det gjort en vurdering av utbredelse av kvikkleire i området. Dette har resultert i et forslag om å etablere 2

kvikkleiresoner i området (Se Figur 0-1). Følgende vurderinger ligger til grunn for grenselinjene:

- Alle kjente grunnundersøkelser i området er tatt med i vurderingen. Plassering av borpunkt er vist på situasjonsplanen, tegning nr. 413698-RIG-TEG-002 (utdrag vist i Figur 0-1)
- Sonene er trukket ut i fra de registrerte boringene med kvikkleire/sprøbruddegenskaper.
- Videre er sonene avgrenset mot områder med bråe topografiske overganger
- Kwartærgeologisk kart (marine avsetninger)

5.2.1 Avgrensning 1572 Koa

Sentralt i nye 1572 Koa ligger borpunkt 10 med ca 13 meters mektighet av kvikkleire og sprøbruddmateriale. Sonen er i nord avgrenset av Koabekken, da det ikke er funnet indikasjoner på sprøbruddmateriale på nordsiden av vassdraget. Mot øst er sonen avgrenset på ca samme kotehøyde som borpunkt 11, som ikke viser sprøbruddtendenser. Mot sør/sørøst har vi valgt å legge avgrensningen i overgangen til skråningen opp mot Nordlandsbanen; dette fordi borpunktene 13 og 18 ikke gir indikasjoner på sprøbruddmateriale og at terrengformasjonen tilsier at det er sannsynlig med en marin avsetning til dette nivået. Mot vest/sørvest er det valgt å legge avgrensningen på på kotehøyden rettover borpunkt 7 mot Koabekken. Dette borpunktet viser ikke sprøbrudd materialer.

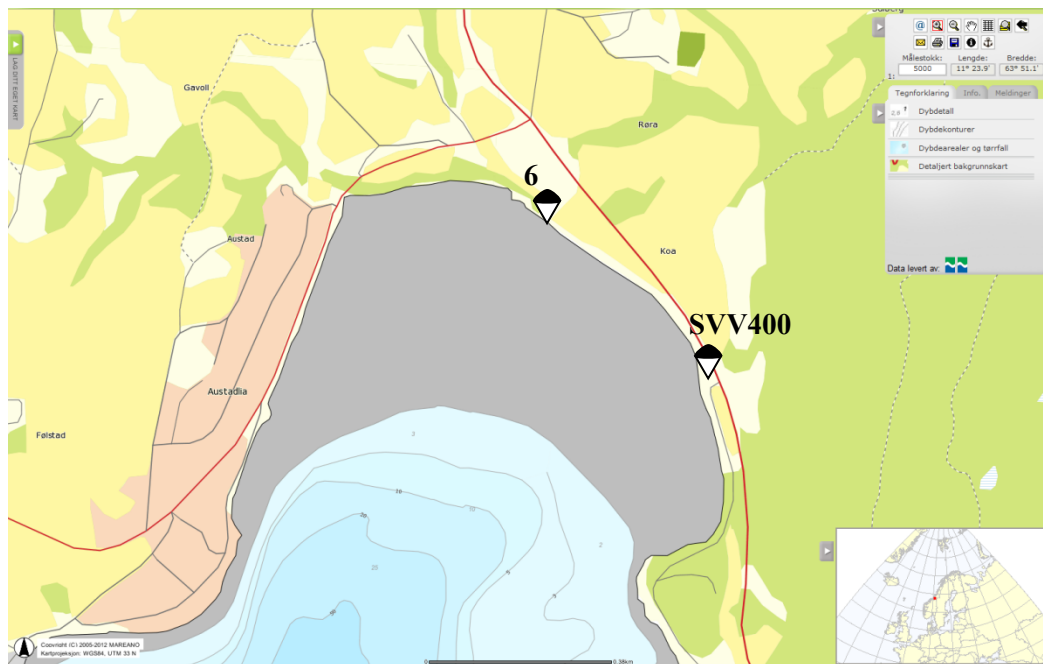
5.2.2 Avgrensning «Salberg»

Det er påvist kvikkleire/sprøbruddmateriale i borpunktene 2 og 3 i denne sonen, og i tillegg er borpunktene 19 og 21 vurdert som noe usikre. Mot vest er sonen antatt avgrenset av Salbergbekken, denne avgrensningen er basert på hva som kan tenkes å bli med i et eventuelt skred og det er vurdert at en skredhendelse på østsiden vil stabilisere vestsiden. Dette utelukker ikke at det kan være en forekomst av kvikkleire/sprøbruddmateriale på vestsiden av Salbergsbekken, men dette er ikke undersøkt i denne omgang og er derfor heller ikke vurdert nå. En vurdering av utbredelse av sonen på vestsiden må forankres i et nytt grunnundersøkellesprogram som også omfatter dette området. Mot nord er sonen antatt avgrenset av en sidebekk/tilsig til Salbergsbekken. Mot øst er sonen antatt avgrenset av Koabekken til denne treffer foten av skråningen opp mot Salberg og følger denne mot nord. I sør er sonen antatt avgrenset av strandlinjen.

5.2.3 Strandsonen i gamle 1572 Koa

Overkant av kvikkleire påvist i borpunkt SVV400, og mulig sprøbruddmateriale i borpunkt 6 og 12, har en beliggenhet fra ca 5 – 22 m under terreng. Ved SVV400 er det ikke påvist sprøbruddmateriale på oversiden av E6 og avstanden ut til skråning/marebakke er ca 200-300 m. Det er derfor lite trolig at utglidninger i dette området kan initiere kvikkleireskred. I borpunkt 6 er mulig sprøbruddmateriale identifisert ca 22 meter under terreng og dypere. Utbredelsen av dette laget mot E6 er ukjent, men det er ikke påvist sprøbruddmateriale i borpunkt 7 som ligger ca 80 m på oversiden av E6. Avstanden fra strandsona til skråning/marebakke er ca 400-500 m, med slakt og flatt terreng. Stabilitetsberegninger i profil B-B viser at stabiliteten ikke er kritisk og at de verste skjærflatene her ikke påvirkes av erosjon eller mindre utglidninger i strandsona på nedsida av vegen. Det er derfor lite trolig at utglidninger her vil initiere kvikkleireskred i de bakenforliggende områdene. Ut fra områdetopografi synes det heller ikke sannsynlig at kvikkleireskred utløst i kvikkleiresone «Koa» vil kanaliseres ned mot dette området av strandsona, mellom borpunkt 6 og borpunkt SVV400. Ut fra disse vurderingene av beliggenheten av kvikkleire og mulig sprøbruddmateriale i strandsona synes det ikke rimelig å inkludere strandsona som en del av kvikkleiresonene «Koa» eller forslåtte nye sone «Salberg». Det vurderes heller ikke som

nødvendig å opprette ny egen kvikkleiresone for strandsona. Figur 5-2 viser detaljerte dybdeedata for sjøbunnen og avstanden fra strandsonen til skråningstopp/marebakke.



Figur 5-2: Detaljerte dybdeedata. Kartutsnitt fra MAREANO [3]

5.3 Faregradsevaluering av kvikkleiresone

Utførte grunnundersøkelser gir grunnlag for en kraftig innsnevring av kvikkleire sone 1527 Koa, samt grunnlag for opprettelsen av en ny kvikkleire sone vi har døpt «Salberg». (Merk at det kreves ytterligere undersøkelser i vest for å kunne avgrense den nye sonen i den retningen). Det utføres separate faregradsevalueringer av de to sonene for dagens situasjon. Nye 1527 Koa evalueres også for situasjonen etter gjennomføring av foreslåtte stabiliseringstiltak.

Grunnlag for vurderingene er området topografi, data fra foreliggende grunnundersøkelser i området, stabiliserende tiltak og beregningsresultater, tidligere utførte erosjonssikringer i bekkene, samt generell metode for klassifisering av faresoner, kvikkleire / 14 /

Vurderingene er vist i **Vedlegg A**.

5.3.1 1527 Koa

Før oppstart av dette prosjektet var kvikkleiresone 1527 Koa klassifisert med middels faregrad, meget alvorlig konsekvens og skredrisiko 4.

I denne rapporten er det den nye avgrensningen av kvikkleiresone 1527 Koa som er vurdert. Faregradsevaluering av kvikkleiresone 1527 Koa er utført for dagens tilstand og for situasjonen når tiltaket er ferdig.

Vurdering av dagens situasjon:	faregrad ” Middels ”
Vurdering av situasjon etter tiltak:	faregrad ” Lav ”

5.3.2 Ny kvikkleiresone «Salberg»

Denne kvikkleiresonen ble oppdaget i forbindelse med grunnundersøkelser for kartlegging og avgrensning av kvikkleiresone 1572 Koa, det er derfor ikke tidligere utført faregradsevaluering av denne sonen.

I denne rapporten vurderes kun dagens situasjon for denne sonen, da den ikke er vurdert noe utover klassifiseringen av sonen.

Vurdering av dagens situasjon: faregrad "Lav"

5.4 Bestemmelse av skadekonsekvens- og risikoklasse

Skadekonsekvensene av et kvikkleireskred i dette området forventes å være betydelig på grunn av E6 som går gjennom området, derfor er det utført en vurdering av skadekonsekvens- og risikoklasse etter retningslinjer utarbeidet av NGI / 14 / (se Vedlegg A).

Skadekonsekvensklasse: **Alvorlig**

Risikoklasse: **3**

Resultatene av evalueringen viser at skadekonsekvensklassen karakteriseres med 24 av 45 oppnåelige poeng. Med beregnet faregrad 18 for kvikkleiresone 1572 Koa tilsvarer dette en risikoklassifisering på $35 \% * 54 \% = 1890$ som da medfører Risikoklasse 3.

Utvikling av sentrumsområdet vil kunne påvirke skadekonsekvensklassen og derved også risikoklassen, ved tilflytting av personer i form av boliger og næring. Samtidig vil en gjennomføring av stabiliserende tiltak redusere skredfaren betydelig.

5.5 Bestemmelse av tiltaksklasse

Tiltaksklassen sonen plasseres i må vurderes særskilt for hver enkelt byggesak. Sentrums utvikling ved Koa er antatt å medføre tilflytting. Prosjektet vil derved plasseres i **Tiltakskategori K3: Tiltak som innebærer viktige samfunnsfunksjoner**, i henhold til / 1 /

For alle faregradsklasser før utbygging kreves det altså følgende vurderinger i denne kategorien:

- Faregradsevaluering
- Stabilitetsanalyse med $\gamma_m \geq 1,4$ eller prosentvis forbedring
- Utvidet kontroll tilsvarende Pålitelighetsklasse 3, NS-EN 1990, «Eurokode 0"

I arbeidet er det nødvendig å dokumentere tilstrekkelig γ_m eller foreta en forbedring av stabiliteten i sonen, dersom det er lav sikkerhet mot kvikkleireskred. Dette vurderes nærmere i kapittel 8.

6. Sikkerhetsprinsipper

6.1 Geotekniske problemstillinger

Geotekniske problemstillinger for gjennomføring av sikringstiltak er hovedsakelig relatert til:

- Områdestabilitet, både i anleggsfasen og permanent tilstand.
- Stabilitet mot Koabekken.
- Erosjonssikring/Terrengnedplanering.

6.2 Vurdering av sikkerhetskrav (myndighetkrav)

6.2.1 Geoteknisk kategori

Eurocode 7 / 3 / stiller krav til prosjektering ut fra tre ulike geotekniske kategorier. Valg av kategori gjøres ut fra standardens punkt 2.1 "Krav til prosjektering".

Det planlegges en utvikling av sentrumsområdet ved Koa, dette betyr at det må gjennomføres terrengtiltak i område med kvikkleire. Dette er vurdert til å tilfredsstille kravene til geoteknisk kategori 3.

6.2.2 Pålitelighetsklasse (CC/CR)

Tabell NA.A1(901) i nasjonalt tillegg av Eurocode 0 / 2 / gir veiledende eksempler på plassering av byggverk, konstruksjoner og konstruksjonsdeler i Pålitelighetsklasser (CC/RC) 1-4.

Terrengtiltakene lang Koabekken er vurdert å falle innunder "*Grunn- og fundamenteringsarbeider og undergrunnsanlegg i kompliserte tilfeller*", dette på grunn av lav overdekning til antatt sprøbruddmateriale i foten av skråningen i profil E-E. Tiltaket plasseres av den grunn i pålitelighetsklasse 3.

6.2.3 Kontrollklasse og utførelseskontroll

Eurocode 0 / 2 / gir videre føringer for krav til omfang av prosjekteringskontroll og utførelseskontroll avhengig av pålitelighetsklasse.

I henhold til tabell NA.A1 (902) og NA.A1 (903) i / 2 / settes prosjekteringskontroll og utførelseskontroll av geotekniske arbeider til kontrollklasse U (Utvidet)

For **prosjektering** gjelder dermed at det utføres *grunnleggende kontroll* ("egenkontroll"). Og en intern systematisk kontroll "Kollegakontroll", samt en uavhengig kontroll av et annet foretak som er uavhengig av foretaket som utførte prosjekteringen.

For **utførelse** innebærer kontrollklasse "U" at det skal utføres *basis kontroll og intern systematisk kontroll, samt uavhengig kontroll* av utførelsen.

6.2.4 Tiltakskategori

NVEs veiledning / 1 / definerer tre tiltakskategorier (K1-K3). Krav til sikkerhetsnivå, vurderinger, beregninger og kontroller avhenger av tiltakskategori og områdets faregradsklasse.

Planlagt utvidelse av sentrumsområdet noe som er antatt å medføre en forventet økning av antall personer i området. Prosjektet vil da i henhold til / 1 / plasseres i **Tiltakskategori K3: Tiltak som innebærer viktige samfunnsfunksjoner.**

For alle faregradsklasser før utbygging kreves det følgende vurderinger i denne kategorien:

- Faregradsevaluering
- Stabilitetsanalyse med krav om $\gamma_m \geq 1,4$ eller prosentvis forbedring

- Skjerpet kontroll tilsvarende Pålitelighetsklasse 3, Eurokode 0 / 2 /

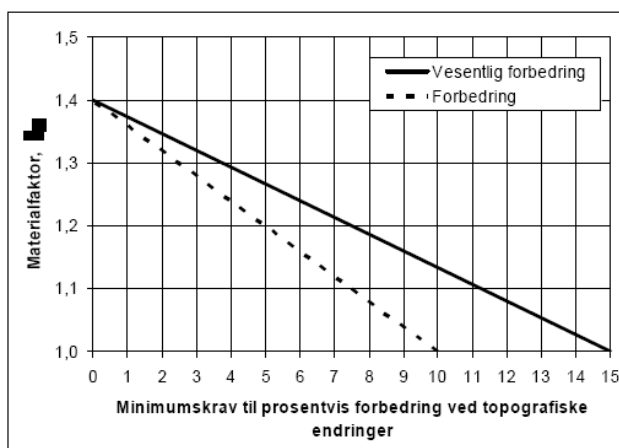
6.2.5 Bruddmekanisme

Løsmassene i området består i hovedsak av kohesjonsmasser av leire. Store deler av leiren er sensitiv og definert som sprøbruddmateriale og kvikkleire. Basert på en totalvurdering vurderes gjeldende bruddmekanisme å være sprø, kontraktant.

6.3 Krav til sikkerhetsnivå

Eurokode 7 / 3 / stiller krav om en beregningsmessig partialkoeffisient $\gamma_M \geq 1,25$ for effektivspenningsanalyser og $\gamma_M \geq 1,40$ for totalspenningsanalyser.

NVEs veileder stiller / 1 / krav om en beregningsmessig partialkoeffisient $\gamma_M \geq 1,40$ for både effektivspenningsanalyser og totalspenningsanalyser eller en prosentvis forbedring av den beregningsmessige partialkoeffisienten γ_M for eksisterende terreng. Krav til prosentvis forbedring er avhengig av sikkerhetsnivået i utgangspunktet, og må følge retningslinjenes figur 3.1 (gjengitt i under)



Figur 6-1: Krav til prosentvis forbedring av materialkoeffisient som funksjon av materialkoeffisient for dagens situasjon.

For områdestabilitet følger kravene til sikkerhetsnivå NVEs veileder. For lokal stabilitet for konkrete utbygginger i kvikkleireområder følger kravene til sikkerhetsnivå Eurokode om kravene i Eurokode er strengere enn kravene i NVEs retningslinjer / 1 /.

6.4 Dimensjonerende laster og lastfaktorer

Det er ikke vurdert som relevant å regne med terrenglast i dette prosjektet, da det ikke er noen virkninger fra ytre last som vil påvirke stabiliteten.

7. Områdestabilitet

7.1 Skredteknisk vurdering

Stabilitetsberegningene er begrenset til analyse av et mindre antall profiler for stabilitetsberegninger, med en tilhørende vurdering av konsekvensene av et mulig skred. Kritiske bruddflater kan være enten sirkulærsylindriske eller sammensatte glideflater. I stabilitetsvurderingene er både langstrakte profiler med sammensatt geometri og sirkulærsylindriske profiler vurdert.

Der terrenget består av terrasser eller andre større uregelmessigheter kan overflatestabiliteten være lav, og en retrogressiv bruddutvikling kan starte fra et initialskred på slike steder. Initialskred kan typisk utløses ved menneskelige inngrep i terrenget, for eksempel ved en utgravning i bunn av skråning (avlastningsutløst) eller ved plassering av masse på eller nær skråningstopp (pålastningsutløst). I det aktuelle området er det bekkedrag/elv. Det er derfor ikke usannsynlig at erosjon forårsaket av elver eller bekker vil kunne være en utløsende skredårsak.

Større flakskred, der et stort skredvolum sklir ut over meget kort tid, kan også i prinsippet inntreffe i etterkant av et lite initialskred. Andre og mer globale utløsningsmekanismer er imidlertid mer vanlige for denne type skred.

Tiltak for bedring av stabiliteten og reduksjon av skredrisiko innenfor kvikkleiresonen er også vurdert med hensyn på omfang og gjennomførbarhet.

7.2 Stabilitetskritiske profiler

Basert på topografi og grunnforhold har følgende profiler blitt vurdert som kritiske med tanke på skråningsstabilitet. Disse vil i det videre bli benyttet som beregningsprofiler:

- Profil B-B, se tegning 413698-RIG-TEG-120
- Profil E-E, se tegning 413698-RIG-TEG-121

Plassering av beregningsprofilene B-B og E-E er vist på tegning nr. 413698-RIG-TEG-001.

Lagdelingen for profilene har blitt tolket og er lagt til grunn for stabilitetsanalysene. Valg av profiler er gjennomgått i detalj i Vedlegg B i avsnitt B.3.

7.3 Beregningsparametere

I Tabell 7-1 er styrkeparametere som er benyttet i beregninger presentert. Valgte styrkeprofil for ADP-analyser er vist på tegning 413698-RIG-TEG-040.1 til -043.1. Bestemmelse av parametere er gjennomgått i detalj i **Vedlegg B**.

Tabell 7-1: Materialparametere, drenerte analyser

Lag	Tyngdetetthet, γ	Friksjon, $\tan \phi_k$	Attraksjon, a
Tørrskorpe	19,0 kN/m ³	0,58 ($\phi_k = 30,0^\circ$)	0 kPa
Ikke sensitiv leire	19,5/20,5 kN/m ³	0,55 ($\phi_k = 29,0^\circ$)	5 kPa
Sprøbruddmateriale	20,0 kN/m ³	0,49 ($\phi_k = 26,0^\circ$)	5 kPa

7.4 Stabilitetsberegninger

7.4.1 Generelt

Det er i denne fasen utført beregninger for:

1. Dagens geometri
2. Topografiendringer som gir vesentlig forbedring etter NVE retningslinjer / 1 /

Både dagens geometri og stabilitet etter forbedrende tiltak er beregnet både ved udrenert totalspenningsanalyse (ADP-analyse) og ved drenert effektivspenningsanalyse (aφ-analyse).

Der beregningsmessig sikkerhet er for lav, er det vist tiltak som gir vesentlig forbedring av stabiliteten ved vurdering av områdestabilitet (jfr. krav i / 1 /).

En detaljert gjennomgang av forutsetninger i stabilitetsberegninger er gitt i **Vedlegg B**.

7.4.2 Beregningsresultater

I tabellene under er sikkerhetsfaktor γ_M for kritisk skjærflate presentert for beregninger med ADP-analyse og aφ-analyse for eksisterende terreng og med terrengtiltak nødvendig for å tilfredsstille myndighetskravene.

Det er gitt flere detaljer rundt beregningsresultatene i **Vedlegg B**.

Profil B-B

Profil for vurdering av områdestabilitet mot E6 og utløp mot sentrumsbebyggelse

Udrenert skjærfasthet er vurdert ut i fra opptatte prøveserier i BP. 7 og 10, og CPTU-sonderinger i BP. 7 og 10.

I udrenerte beregninger er det regnet med vannfylte sprekker, sprekke dybde 1,0 m og vanddybde 0,5 m.

Tabell 7-2: Beregningsresultater profil B-B

Tegning nr.	Beregning	Analyse	Sikkerhetsfaktor γ_M for kritisk skjærflate
413698-RIG-TEG-300	Profil B-B, Eksisterende terreng , sirkulærglideflate	ADP-analyse	1.37
413698-RIG-TEG-300	Profil B-B, Eksisterende terreng , sammensatt glideflate	ADP-analyse	1.61
413698-RIG-TEG-301	Profil B-B, <u>Stabiliserende tiltak</u> , terrengplanering, sirkulærglideflate	ADP-analyse	1.42
413698-RIG-TEG-310	Profil B-B, Eksisterende terreng , sirkulærglideflate	aφ-analyse	1.79

Med beskrevet/angitt topografiendring oppnås en beregningsmessig forbedring av stabiliteten (ADP-analyse) på ca. 3,6 %. Stabiliteten er etter tiltak innenfor kravet $\gamma_M \geq 1,40$.

Profil E-E

Profil for vurdering av områdestabilitet mot Koabekken og utløp mot sentrumsbebyggelsen.

Udrenert skjærfasthet er vurdert ut i fra opptatte prøveserier i BP 10 og CPTU sonderinger i BP 10. Vurderinger fra CPTU sondering i BP 7 er trukket inn i profil E-E.

I udrenerte beregninger er det regnet med vannfylte sprekker, sprekke dybde 1,0 m og vanddybde 0,5 m.

Terrengtiltaket vil medføre en avlastning og således en reduksjon i skjærfasthet basert på dagens terreng. Vi har benyttet SHANSEP prinsippet for å vurdere størrelsen på reduksjonen. Vi har på dette valgt å redusere s_u profilet under maksavlastning med 8 %, og beholder su-profiler tilsvarende dagens situasjon i topp og bunn av området som avlastes. Reduksjon i mellomliggende områder interpoleres mellom disse randbetingelsene.

Tabell 7-3: Beregningsresultater profil E-E

Tegning nr.	Beregning	Analyse	Sikkerhetsfaktor γ_M for kritisk skjærflate før tiltak	Sikkerhetsfaktor γ_M for kritisk skjærflate etter tiltak
413698-RIG-TEG-320A	Profil E-E, Eksisterende terreng, kritisk sirkulær-sylindrisk glideflate	ADP-analyse	1.14	1.48
413698-RIG-TEG-320A	Profil E-E, Eksisterende terreng, kritisk sirkulær-sylindrisk glideflate i sprøbruddmateriale	ADP-analyse	1.14	1.62
413698-RIG-TEG-320A	Profil E-E, Eksisterende terreng, sammensatt glideflate	ADP-analyse	1.21	1.52
413698-RIG-TEG-321A	Profil E-E, <u>Stabiliserende tiltak</u> , terrengplanering 1:3,3, kritisk sirkulær-sylindrisk glideflate	ADP-analyse	1.21	1.31
413698-RIG-TEG-321A	Profil E-E, <u>Stabiliserende tiltak</u> , terrengplanering 1:3,3, kritisk sirkulær-sylindrisk glideflate i sprøbruddmateriale	ADP-analyse	1.25	1.34
413698-RIG-TEG-330	Profil E-E, Eksisterende terreng, kritisk sirkulær-sylindrisk glideflate	aφ-analyse	1.10	
413698-RIG-TEG-330	Profil E-E, Eksisterende terreng, kritisk sirkulær-sylindrisk glideflate	aφ-analyse	1.11	
413698-RIG-TEG-331	Profil E-E, <u>Stabiliserende tiltak</u> , terrengplanering 1:3,3, kritisk sirkulær-sylindrisk glideflate	aφ-analyse		1.27
413698-RIG-TEG-331	Profil E-E, <u>Stabiliserende tiltak</u> , terrengplanering 1:3,3, kritisk sirkulær-sylindrisk glideflate	aφ-analyse		1.27

Med foreslått topografiendring oppnås en minste beregningsmessig forbedring av stabiliteten (ADP-analyse) på ca. 7,2 %. Stabilitetsforbedringene er for alle glideflatene i tabellen over i overensstemmelse med kravet om vesentlig forbedring av stabiliteten etter NVE retningslinjer (se figur i 3.1 ref. / 1 /)

7.4.3 Diskusjon av beregningsresultater

Med foreliggende grunnlag virker beregningsresultatene fornuftig.

Det kan diskuteres om tiltaket i ADP-analysen for profil B-B er nødvendig. Valgte parametere og lagdeling er konservative antagelser basert på det grunnlaget vi har. Når beregnet sikkerhet i utgangspunktet er 1,37, skal det ikke store endringen til i enten parametere eller lagdeling før beregningsmessigsikkerhet er over kravet på 1,4. Et annet moment er at det ikke er noen naturlige utløsningsmekanismer i dette profilet, og det må forutsettes menneskelig inngrep for at en skredhendelse skal inntreffe her.

I profil E-E er den drenerte analysen styrende for terreng nedplaneringen, og beregningene er svært følsomme for poretrykksforholdet som legges inn i analysen. På grunn av noe usikkerhet rundt poretrykksmålere i borpunkt 10 er det valgt å benytte en konservativ antagelse. Lagdelingen ut i skråningen i profil E-E er trukket på et svært tynt grunnlag og en kartlegging av lagdelingen i skråningen ned mot Koabekken vil kunne redusere omfanget av sprøbruddmateriale her. En slik kartlegging vil også være relevant med tanke på at overdekningen til antatt sprøbruddmateriale blir svært lav med foreslåtte tiltak.

8. Vurdering av tiltak

8.1 Generelt

Analysen viser at beregningsmessig partialkoeffisient γ_M er mindre enn 1,4. Da stiller NVEs veileder / 1 / krav om tiltak for å forbedre stabiliteten. Topografiendringer tillates som tiltak ved forbedring eller vesentlig forbedring av stabilitet. Velges det andre tiltak som ikke er topografiendringer (for eksempel grunnforsterkning, lette fyllmasser etc), er kravet at beregningsmessig partialkoeffisient γ_M er større enn 1,4 etter tiltaket.

I denne rapporten er det topografiendring som tiltak som er vurdert.

8.2 Terrengtiltak

I beregningsprofilene på tegning 413698-RIG-TEG-301 til -331 er det skissert inn terrengtiltak som må til for å tilfredsstille NVEs veileder / 1 /. Det er sannsynlig at tiltakene kan reduseres etter en runde med supplerende grunnundersøkelser, spesielt gjelder dette profil E-E.

Under følger en kort beskrivelse av terrengtiltakene som er lagt inn i utførte beregninger.

Tiltakene må detaljeres før de kan iverksettes.

8.2.1 Profil B-B

I dette profilet er det nødvendig å redusere skråningshøyden ved å nedplanere toppen av skråningen til kt +32,0. Det forutsettes at nedplaneringen skjer fra toppen og at massen transporteres ut av området.

Tiltaket er begrenset og dekker ca et areal på 665 kvm, noe av dette vil overlappe tiltaket i profil E-E. Det vil være behov for å frakte vekk ca 450 m³ stedlige masser for dette tiltaket alene. Sett i sammenheng med profil E-E er det ca 200 – 300 m³ som må fjernes for «B-B»-tiltaket i tillegg til tiltaket skissert for profil E-E.

8.2.2 Profil E-E

Det vil være nødvendig med en erosjonssikring av Koabekken langs hele kvikkleiresonen i tillegg til en nedplanering av skråningen for å oppnå tilstrekkelig beregningsmessig sikkerhet.

I beregninger er det funnet at det er nødvendig med en utslakning av skråningen mot kvikkleiresonen til 1:3.3. I profil E-E tilsvarer dette et tvernsnittsareal på ca 55 m². Tiltaket må utføres på hele skråningen der kvikkleiresonen grenser mot Koabekken, dette er en lengde på ca 290 m. Et meget grovt estimat på volumet som må transporteres ut av området blir da ca 16 000 m³. I tillegg må Koabekken erosjonssikres for å forhindre graving inn i sensitive masser.

Utslakningen av skråningen må gjennomføres før erosjonssikringen påbegynnes slik at stabiliteten i anleggsfasen er ivaretatt.

9. Videre arbeider

Det er en del usikkerhet vedrørende lagdelingen i profil B-B og E-E og poretrykksmålinger i borpunkt 10, samt at den nye sonen «Salberg» og området vest for denne må kartlegges bedre. På dette grunnlaget tilrår vi at det utføres en supplerende geoteknisk grunnundersøkelse . Denne bør kombineres med geoelektriske målinger i skråningen i profil B-B for å kunne opprette kontinuerlige profiler for evaluering av lagdeling.

Vi mener det er grunn til å tro at tiltakene kan reduseres noe i profil B-B og E-E med mer informasjon tilgjengelig om lagdelingen og poretrykkene utover i skråningen.

Når det gjelder den nye sonen «Salberg» er det tidligere gjennomført erosjonsikring i Salbergbekken / 6 /. Stabiliteten må dokumenteres for den opprinnelige topografien og dagens topografi for å dokumentere stabilitetsforbedringen. Elvebunnen er her hevet ca 1,7 m i snitt så det er ikke sikkert det er behov for topografiendringer utover dette. Det vil spesielt være aktuelt med supplerende undersøkelser på vestsiden av Salbergsbekken, da det er denne siden som har det bratteste skråningene ned mot Salbergsbekken og det ikke foreligger undersøkelser der nå.

10. Referanser

-
- / 1 / NVE (2011) Retningslinjer nr. 2/2011, Flaum- og skredfare i arealplaner
-
- / 2 / NS-EN 1990-1:2002 + NA:2008 (Eurocode 0)
-
- / 3 / NS-EN 1997-1:2004 + NA:2008 (Eurocode 7)
-
- / 4 / Multiconsult (2010) Notat nr 413698-NOT-001 revisjon 00, *Kvikkleiresone 1527 Koa Inderøy. Parameternotat*. Datert 30.01.2012
-
- / 5 / NGI (2012) Koa, Inderøy. Kvikkleiresoneutredning. Tredjepartskontroll, 20091747-00-17-TN, 22. februar 2012
-
- / 6 / NVE (1994) Sikring av Salbergbekken ved Røra, Inngreps nr: VV8717, saks nr: 94/5057, datert 16.12.1994
-
- / 7 / NVE (2004) Tiltak i vassdrag, Erosjonssikring og biotopiltak i Koabekken ved Røra, Saksnr. 2001/7798, datert 26.02.2004
-
- / 8 / NGI (2011) *Grunnundersøkelser I Inderøy kommune – Datarapport grunnundersøkelser kvikkleiresone Koa*, 20100685-00-3-R, 26. april 2011.
-
- / 9 / Statens vegvesen (1999) rapport VD-1092 A, *E 6 Fleskhus – Rambergsmyra Koa, Grunnundersøkelse Datarapport*, datert 1999-07-12
-
- / 10 / NGI (1994) Rapport nr 86024-2 Kartlegging av kvikkleiresoner, datert 24.02.1994
-
- / 11 / E-mail fra Kristoffer Kåsin (kristoffer.kaasin@ngi.no). SV: [413698] Spørsmål NGI datarapport Koa. Datert 21.12.2011.
-
- / 12 / www.ngu.no (2012) Kartutsnitt kvartærgeologisk kart – løsmasser. Sist besøkt 03.07.2012
-
- / 13 / www.skrednett.no (2012) Kartutsnitt faresonekart – kvikkleire. Sist besøkt 22.06.2012
-
- / 14 / NGI (2008) rapport nr. 20001008-2. Vurdering av risiko for skred. Metode for klassifisering av faresoner, kvikkleire. Rev 3, datert 08.10.2008.
-
- / 15 / Statens Vegvesen (2010) Håndbok 016 Geoteknikk i vegbygging
-
- / 16 / Karlsrud K. et al. (1996). Improved CPTU correlations based on block samples. Proceedings, NGM 1996, Reykjavik

-
- / 17 / Karlsrud, K. et al. (2005). CPTU correlations for clays. Proceedings, ICSMGE, Osaka s 693 - 702.
-
- / 18 / Karlsrud, K. (2003). Tolkning og fastlegging av jordparametere. Karakteristisk jordprofil. NGF-kurs. Stabilitetsanalyser av skråninger, skjæringer og fyllinger, innlegg 4.1. 20-22 mai 2003, Hell.
-
- / 19 / Ladd, C.C., and Foot, R. (1974). New design procedure for stability of soft clays. J. of the Geotech. Eng. Div., 100 (GT7), 763-786.
-
- / 20 / Andresen, A. & Kolstad, P. 1979. The NGI 54 mm samplers for undisturbed sampling of clays and representative sampling of coarser materials. *Proceedings, International Symposium on Soil Sampling. Singapore*: 13-21.
-
- / 21 / Multiconsult (2012) Notat nr 413698-RIG-NOT-003 revisjon 00, *Kvikkleiresone 1527 Koa Inderøy. Tilbakemelding på NGIs kontrollpunkter*. Datert 19.11.2012
-
- / 22 / NGI (2012) Koa, Inderøy. Kvikkleiresoneutredning. Tredjepartskontroll, 20091747-00-17-TN-rev.1, 14. september 2012
-
- / 23 / NGI (2013) Koa, Inderøy. Kvikkleiresoneutredning. Tredjepartskontroll, 20091747-00-17-TN-rev.2, 31. januar 2013

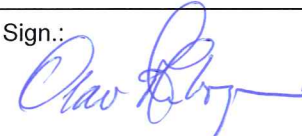
Arkivreferanser:

Fagområde:	Geoteknikk		
Stikkord:	kvikkleire, områdestabilitet, geosuite, parameter tolking		
Land/Fylke:	Norge/Nord-Trøndelag	Kartblad:	1722IV
Kommune:	Inderøy	UTM koordinater, Sone:	32V
Sted:	Koa	Øst: 618240	Nord: 7082320

Distribusjon:

- Begrenset (Spesifisert av Oppdragsgiver)
 Intern
 Fri

Dokumentkontroll:

		Dokument 03. juli 2012		Revisjon 1 10. april 2013		Revisjon 2 07. august 2013		Revisjon 3	
		Dato	Sign	Dato	Sign	Dato	Sign	Dato	Sign
Forutsetninger	Utarbeidet	3.7.12	crh	8.4.13	crh	07.08.13	jsg		
	Kontrollert	3.7.12	jsg	9.4.13	jsg	07.08.13	arv		
Grunnlagsdata	Utarbeidet	3.7.12	crh	8.4.13	crh	07.08.13	jsg		
	Kontrollert	3.7.12	jsg	9.4.13	jsg	07.08.13	arv		
Teknisk innhold	Utarbeidet	3.7.12	crh	8.4.13	crh	07.08.13	jsg		
	Kontrollert	3.7.12	jsg	9.4.13	jsg	07.08.13	arv		
Format	Utarbeidet	3.7.12	crh	8.4.13	crh	07.08.13	jsg		
	Kontrollert	3.7.12	jsg	9.4.13	jsg	07.08.13	arv		
Anmerkninger									
Godkjent for utsendelse (Oppdragsansvarlig)						Dato: 07.08.2013	Sign.: 		

**Generell faregradsevaluering av ny avgrensning for kvikkleiresone 1527 Koa
– før og etter tiltak**

Før tiltak:

Faktorer	Vekttall	Score	Produkt	Merknad/vurdering
Tidl. skredaktivitet	1	2	2	Antatt noe skredaktivitet i området
Skråningshøyde	2	1	2	Total høydeforskjell innenfor sonen er 18 m
OCR	2	0	0	Basert på tolking av utførte forsøk er overkonsolideringsgrad (OCR) i dybden >2
Poretrykk	3/-3	0	0	Poretrykksmålinger i topp av skrånning ved BP 10 viser klart undertrykk i målinger 8.12.11 og 31.5.12. differanse mellom hydrostatisk og faktisk fordeling er i intervallet - (20 – 50). Antar konservativt hydrostatisk fordeling i vurderingen.
Kvikkleiremektighet	2	3	6	Mektighet av kvikkleireforekomsten er maksimalt registrert til ca.12 m, dvs. = > H/2, der H=18 m
Sensitivitet	1	2	2	$S_t = 30-90$ er målt i kvikkleire/sprøbruddmateriale ved BP10.
Erosjon	3	2	6	Noe erosjon mot Koa
Inngrep	3	0	0	Det er tatt utgangspunkt i dagens situasjon.
Poengverdi			18	Gir faregradsklasse "Middels"

Etter tiltak:

Faktorer	Vekttall	Score	Produkt	Merknad/vurdering
Tidl. skredaktivitet	1	2	2	Antatt noe skredaktivitet i området
Skråningshøyde	2	1	2	Total høydeforskjell innenfor sonen er 18 m
OCR	2	0	0	Basert på tolking av utførte forsøk er overkonsolideringsgrad (OCR) i dybden >2
Poretrykk	3	0	0	Poretrykksmålinger i topp av skrånning ved BP 10 viser klart undertrykk i målinger 8.12.11 og 31.5.12. differanse mellom hydrostatisk og faktisk fordeling er i intervallet - (20 – 50). Antar konservativt hydrostatisk fordeling i vurderingen.
Kvikkleiremektighet	2	3	6	Mektighet av kvikkleireforekomsten er maksimalt registrert til ca.12 m, dvs. = > H/2, der H=18 m
Sensitivitet	1	2	2	$S_t = 30-90$ er målt i kvikkleire/sprøbruddmateriale ved BP10.
Erosjon	3	0	0	Tiltak eliminerer erosjon.
Inngrep	-3	2	-6	Det er tatt utgangspunkt i dagens situasjon. Ved større inngrep i tiltaksklasse K2-K3 kreves det dokumentert sikkerhet og evaluering for det aktuelle prosjektet.
Poengverdi			6	Gir faregradsklasse "Lav"

Generell faregradsevaluering av ny kvikkleiresone "Salberg"
 – dagens situasjon

Dagens situasjon

Faktorer	Vekttall	Score	Produkt	Merknad/vurdering
Tidl. skredaktivitet	1	3	3	I plan for sikring av Salbergsbekken utarbeidet av NVE i 1994 er terrenget beskrevet som preget av at det tidligere har funnet sted utrasninger av betydelig omfang.
Skråningshøyde	2	1	2	Total høydeforskjell innenfor sonen er $H < 15\text{m}$
OCR	2	0	0	OCR målt til > 2 i BP3
Poretrykk	3	0	0	Antatt hydrostatisk poretrykksfordeling
Kvikkleiremektighet	2	3	6	Mektighet av sprøbruddmateriale er maksimalt registrert til ca. 8 m, dvs. $> H/2$, der $H = 15\text{ m}$
Sensitivitet	1	2	2	$S_t = 15-30$ i sprøbruddmateriale, målt opp mot 85 i kvikkleire.
Erosjon	3	0	0	Ingen pågående erosjon er registrert.
Inngrep	-3	2	-6	NVE har gjennomført sikring av Salbergsbekken, dette innebærer i snitt en heving av bunnen med 1,5m, og at sidene kles med samfengt sprengstein 2-3 m ut fra bunnfylling, gjennomsnittelig tykkelse i sidene er ca 0,7 m .
Poengverdi			7	Gir faregradsklasse "Lav"

Evaluering av skadekonsekvensklasse for kvikkleiresone KOA 1572
 – generelt grunnlag og data for skredtruet område / 14 /

Generelt grunnlag skadekonsekvensklasse

Faktorer	Vekttall	Konsekvens, score			
		3	2	1	0
Boligenheter, 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, flom	2	Alvorlig	Middels	Liten	Ingen
Sum poeng		45	30	15	0
% av maksimal poengsum		100	67	33	0
Klassifisering		Meget alvorlig	Alvorlig	Mindre alvorlig	Ingen

Vurdering skadekonsekvensklasse

Skadekonsekvensklasse - skredtruet område, inkludert nytt renovasjonsanlegg				
Faktorer	Vekttall	Score	Produkt	Merknad/vurdering
Boligenheter, antall	4	2	8	Sentrumsbebyggelse kan rammes av utløp fra utglidning. Få boliger.
Næringsbygg, personer	3	2	6	Antar at det vil oppholde seg mellom 10-50 personer i næringsbygg i utløpsområdet
Annen bebyggelse, verdi	1	0	0	Ingen annen bebyggelse rammes
Vei, ÅDT	2	3	6	E6 antatt >5000
Toglinje, baneprioritet	2	0	0	Jernbane vil ikke rammes av skredhendelse
Kraftnett	1	2	2	Regional, gjennom utløpsområdet
Oppdemning, flom	2	1	2	Eventuell flom vil ikke berøre bebyggelse, og ved dambrudd vil vannet følge eksisterende raviner.
Sum poeng			24	Gir skadekonsekvensklasse ”Alvorlig”
% av maksimal poengsum			54 %	

Vedlegg B - Teknisk beregning

Vedleggets tekst er hentet fra parameternotatet tidligere gitt ut og behandlet i tredjepartskontroll i dette prosjektet / 5 /. Med unntak av poretrykksforhold benyttet i drenerte stabilitetsberegninger (kapittel B.4.1) er det ikke gjort endringer i grunnlaget for beregninger. Dette vedlegget omhandler også stabilitetsberegninger og forutsetningene for disse.

B.1 Grunnundersøkelser

Supplerende grunnundersøkelsene ble gjennomført av NGI i uke 9 og 10 i 2011 og er presentert (sammen med Statens vegvesens dreietrykksonderinger fra 2009) i NGI-rapport 20100685-00-3-R / 8 /. Det er gjennomført boringer i til sammen 12 borhull. Totalt 21 poseprøver og 24 uforstyrrede 54 mm og 72 mm sylinderprøver er tatt opp og analysert i NGIs laboratorium. Videre er det satt ned 4 poretrykksmålere i området. Avanserte forsøk er utført på utvalgte prøver for å kartlegge materialets styrke-, og stivhetsparametere. Til sammen er det utført 2 CRS ødometerforsøk og 3 CAUa treksialforsøk. For ytterligere detaljer vedrørende grunnundersøkelsene henvises det til grunnundersøkelsesrapporten / 8 /.

Tegning 413698-RIG-TEG-001 viser bearbeidet borplan med klassifisering av borpunkter og lengdeprofiler.

B.2 Klassifisering av borpunkter

Alle boreresultater er klassifisert med utgangspunkt i NVEs retningslinjer / 1 /. Følgende tre fargekoder er benyttet:

- Rød: Sprøbruddmateriale
- Oransje: Mulig sprøbruddmateriale
- Grønn: Ikke påvist sprøbruddmateriale

Kvikkleire (omrørt skjærfasthet $s_r < 0,5$ kPa) og sensitiv leire (sensitivitet $S_t > 15$ og omrørt skjærfasthet $0,5$ kPa $< s_r < 2,0$ kPa) benevnes samlet som sprøbruddmateriale i tråd med retningslinjene. Således er det bare borpunkter med prøveserie, som man med rimelig sikkerhet kan betrakte som sprøbruddmateriale og som får rød status utifra definisjonene gitt ovenfor. Følgelig vil et borpunkt med en sondering (ingen prøveserie) som indikerer sprøbruddmateriale få oransje status.

B.3 Valg av kritiske profiler

Basert på topografi og grunnforhold har følgende profiler blitt vurdert som kritiske med tanke på skråningsstabilitet og vil i det videre bli benyttet som beregningsprofiler:

- Profil B-B, se tegning 413698-RIG-TEG-120
- Profil E-E, se tegning 413698-RIG-TEG-121

Lagdelingen for profilene har blitt tolket (se tegning 413698-RIG-TEG-120 og -121) og vil bli lagt til grunn for stabilitetsanalysene. Når det gjelder profil A-A viser grunnundersøkelsene dokumentert i / 9 / at det forekommer sprøbruddmateriale på nedsiden av E6. Basert på topografi på oversiden av E6 og videre ut i strandsonen, og det faktum at det ikke er funnet sprøbruddmateriale på oversiden av E6, er ikke profil A-A vurdert som kritisk med tanke på skråningsstabilitet. Området på vestsiden av elven som går gjennom profil G-G er ikke undersøkt. Ettersom det er påvist sprøbruddmateriale i borpunkt 2 og mulig sprøbruddmateriale i borpunkt 1 og 21 anbefales det at dette området kartlegges med supplerende undersøkelser. Aktuelle problemstillinger er skråningsstabilitet på vestsiden av elven, elveerosjon og blottlegging av sprøbruddmateriale. Dette anses dog ikke å ligge innenfor dette prosjektets rammer per nå.

B.4 Tolkning av beregningsparametre

Tolkning av parametre er utført på basis av CPTU-sonderinger og opptatte 54 mm og 72 mm prøveserier. CPTU-tolkningen er basert mottatte rådatafiler fra NGI. Tolkning av avanserte labforsøk (ødometer og treaks) er basert på datarapportens tegningspresentasjon direkte.

B.4.1 Poretrykk og grunnvannstand

Det er installert 4 hydrauliske poretrykksmålere i 2 borpunkter (Borpunkt 10 og SVV-400). Tabell 10-1 oppsummerer borpunkt og dybde til poretrykksmålerne.

Tabell 10-1: Oppsummering av poretrykksmålere

Borpunkt [-]	Dybde til filterspiss 1 [m]	Dybde til filterspiss 2 [m]
10	10,0	14,3
SVV-400	5,0	12,0

Det skal nevnes at det var noen uklarheter vedrørende avlesningene presentert i / 8 /, og disse verdiene er ikke brukt direkte i tolkningen. Uklarhetene ble avklart gjennom korrespondanse med NGI / 11 / og nye avlesninger er utført av Multiconsult i desember 2011 og juni 2012. Poretrykksfordelingen benyttet i CPTU-tolkningen er presentert i Vedlegg D (korrigert avlesningsskjema mottatt fra NGI). Basert på konservative antagelser ble grunnvannstanden satt til 1,5 m og 2,0 m under terreng for henholdsvis borpunkt 10 og SVV-400. Tyngdetettheten på vann ble tilpasset avleste verdier.

CPTU-tolkningen for borpunkt 3 og 7 er basert på grunnvannstand på henholdsvis 0,5m og 1,0 m under terreng og hydrostatisk poretrykksfordeling i dybden. Dette er hovedsaklig på basert på poretrykksresponsen i trykksonderingen og sammenligning med poretrykksmålingene i borpunkt 10 og SVV-400.

Grunnvannstand i stabilitetsanalysene er generelt lagt til underkant av tørrskorpelaget med hydrostatisk poretrykksfordeling. I profil E-E for drenert analyse er det lagt større vekt på topografien og de siste avlesningene av poretrykket i borpunkt 10. Her benyttes grunnvannstand ca 6,0 m underterreng i bp 10 og at grunnvannspeilet følger toppen av laget med sprøbruddmateriale til foten av skråningen. Det benyttes hydrostatisk grunnvannsstand.

Vannivå i fjorden vil ikke bli inkludert i stabilitetsanalysene. Dette skyldes at terrenget flater ut ned mot fjorden, det er ikke funnet sprøbruddmateriale i dette området for de aktuelle beregningsprofilene og det er meget langgrunt i området. Dette gjør at stabiliteten i fjæra og videre ut til marbakken ikke er vurdert som kritisk.

B.4.2 Prøveforstyrrelse

Basert på mottatte rådatafiler havnet alle 4 trykksonderingene i anvendelsesklasse 1.

Prøvekvaliteten for de opptatte sylinderprøvene er i datarapporten / 8 / vurdert til meget god til god basert på volumtøyning i konsolideringsfasen av treaksialforsøk.

B.4.3 Udrenerte styrkeparametre

Skjærstyrkeprofilene som vil bli benyttet i beregninger for vurdering av områdestabiliteten i sonen er vist på tegningene 413698-RIG-TEG-040.1 til -043.3. Bakgrunn for tolkningen av disse profilene vises videre dette kapitlet.

B.4.3.1 s_u fra enaks- og konus-forsøk

Verdier for udrenert skjærstyrke, s_u fra rutineundersøkelser på opptatte prøver (enaks og konus) er tatt direkte fra datarapporten / 8 /. Den udrenerte skjærstyrken fra enaks og konus er vurdert til å representere den direkte skjærstyrken, s_{uD} . Den aktive skjærstyrke, s_{uA} er beregnet ved hjelp av et anisotropiforhold

(s_{uD}/s_{uA}) på 0,65. Verdien ble satt til gjennomsnittsverdien for sprøbruddmateriale og ikke-sensitiv leire (se kapittel B.4.5).

B.4.3.2 s_{uA} fra treaksialforsøk

Karakteristiske verdier (s_{uA}) er tatt ut ved brudd (peak-verdien). Dette inntraff ved 1,5-2,0 % tøyning. Tolkning av spesialforsøk er presentert i rapportens vedlegg C.

B.4.3.3 s_{uA} fra CPTU-sonderinger

For bestemmelse av udrenert skjærstyrke er CPTU-sonderingene korrelert iht. empirisk baserte tolkningsfaktorer etter Karlsrud m. fl. (/ 16 /, / 17 /). For bløte, finkornige masser med relativt homogene forhold betraktes tolkning av CPTU på poretrykksbasis normalt som den mest egnede metoden. Udrenert skjærstyrke er også vurdert i forhold til SHANSEP-metodikk.

Der den udrenerte skjærstyrken er bestemt på bakgrunn av CPTU tolkning vil den aktive styrken bli redusert med 15 % i sprøbruddmateriale i henhold til NVEs retningslinjer / 1 /.

Metode basert på poretrykksrespons, Δu

På poretrykksbasis bestemmes s_{uA} som:

$$s_{uA} = \frac{\Delta u}{N_{\Delta u}} = \frac{u_2 - u_0}{N_{\Delta u}}$$

- der, Δu = poreovertrykk
 u_2 = målt poretrykk i CPTU
 u_0 = in situ poretrykk
 $N_{\Delta u}$ = bæreevnefaktor

Verdier for faktoren $N_{\Delta u}$ kan etableres både empirisk og teoretisk. Teoretisk er det vist at faktoren $N_{\Delta u}$ vil variere mellom 2 – 20. Vanligvis bestemmes imidlertid s_{uA} ved hjelp av empirisk baserte verdier for $N_{\Delta u}$, der resultater fra anisotropt konsoliderte treaksialforsøk på blokkprøver med høy kvalitet er benyttet som referanser.

s_{uA} på poretrykksbasis er tolket med korrelasjoner til B_q og til S_t , OCR og I_p .

Metode basert på spissmotstand, q_N

På spissmotstandsbasis bestemmes s_{uA} som:

$$s_{uA} = \frac{q_N}{N_{kt}} = \frac{q_t - \sigma_{v0}}{N_{kt}}$$

- der, q_N = netto spissmotstand
 q_t = korrigert spissmotstand
 σ_{v0} = vertikalt overlagingstrykk
 N_{kt} = bæreevnefaktor

Verdier for faktoren N_{kt} kan etableres både empirisk og teoretisk. Teoretisk er det vist at faktoren N_{kt} vil variere mellom 8 – 29. Vanligvis bestemmes imidlertid s_{uA} ved hjelp av empirisk baserte verdier for N_{kt} , der resultater fra anisotropt konsoliderte treaksialforsøk på blokkprøver med høy kvalitet er benyttet som referanser.

s_{uA} på spissmotstandsbasis er tolket med korrelasjoner til B_q og til S_t , OCR og I_p .

Korrelasjonene for $N_{\Delta u}$ og N_{kt} basert på B_q og S_t , OCR og I_p er oppsummert i Tabell 10-2.

Tabell 10-2: Empiriske verdier for bæreevnefaktorene

	Empirisk middelvariasjon bæreevnefaktor	
Poretrykksbasis, $N_{\Delta u}$	$N_{\Delta u} = 1,8 + 7,25 \cdot B_q$	
	$S_t > 15 \rightarrow$	$N_{\Delta u} = 9,8 - 4,5 \cdot \log OCR + 0 \cdot I_p$
	$S_t < 15 \rightarrow$	$N_{\Delta u} = 6,9 - 4,0 \cdot \log OCR + 0,07 \cdot I_p$
Total spissmotstandsbasis, N_{kt}	$N_{kt} = 18,7 - 12,5 \cdot B_q$	
	$S_t > 15 \rightarrow$	$N_{kt} = 8,5 + 2,5 \cdot \log OCR + 0 \cdot I_p$
	$S_t < 15 \rightarrow$	$N_{kt} = 7,8 + 2,5 \cdot \log OCR + 0,082 \cdot I_p$

B.4.3.4 Udrenert skjærstyrke modellert etter SHANSEP-prinsippet

Udrenert skjærstyrke er nært relatert til in-situ effektivspenninger og leiras overkonsolideringsgrad. Udrenert skjærstyrke øker med økning i effektivspenning. Denne økningen er avhengig av overkonsolideringsgraden. Den udrenerte skjærstyrkens avhengighet av overkonsolideringsgrad kan modelleres etter SHANSEP-prinsippet etter Ladd et al. / 19 / og Karlsrud / 18 /:

$$s_{uA} = \alpha \cdot OCR^m \cdot p_0'$$

der, α = Normalisert styrke av helt ung leire (OCR = 1,0)
 OCR = Overkonsolideringsgrad = p_c'/p_0'
 m = Eksponent som for norske leirer typisk har vist seg å variere mellom ca. 0,6 og 0,9 avhengig av leira og forsøkstype.
 p_0' = In-situ vertikal effektivspenning
 p_c' = Prekonsolideringsspenning

I tolkningen er det valgt å bruke:

α = 0,30
 m = 0,70

I valgte styrkeprofiler er det lagt inn verdi for s_{uA} basert på rutinedata og tolket styrke fra treaksialforsøk og CPTU. To SHANSEP-linjer er gitt i figurene. Den laveste linjen tilsvarer samme overflatelast (pre-overburden pressure, POP) som er benyttet for designlinjen for overkonsolideringsgraden, OCR. Den høyeste linjen er ment å representere en øvre grense.

B.4.4 Deformasjonegenskaper

Prekonsolideringsforhold og grunnens deformasjonsegenskaper er tolket ut i fra CPTU-sonderingene. Data fra CPTU er benyttet til å ekstrapolere dataene fra ødometerforsøk mot dybden. Det er benyttet tolkning fra CPTU både på spissmotstands- og poretrykksbasis.

For spissmotstand er følgende forhold benyttet i tolkningen:

$$OCR = \frac{\sigma_{cq}'}{\sigma_{v0}'}$$

$$\sigma_{cq}' = \frac{q_n}{\alpha \cdot N_{kt}} - a$$

der, α = normalkonsolideringsforhold; $\alpha=0,25$ er benyttet
 N_{kt} = spissmotstandsfaktor; $N_{kt} = 10$ er benyttet

OCR fra registrert poretrykk er tolket som:

$$OCR = \frac{\sigma_{cu}'}{\sigma_{v0}'}$$

$$\sigma_{cu}' = \frac{\Delta u}{\alpha \cdot N_{\Delta u}} - a$$

der, α = normalkonsolideringsforhold; $\alpha=0,25$ er benyttet
 $N_{\Delta u}$ = poretrykksfaktor; $N_{\Delta u} = 8$ er benyttet

Overkonsolideringsgraden fra ødometerforsøkene er beregnet til 3,4 og 2,6 for henholdsvis borpunkt 3 (z = 8,2 m) og borpunkt 10 (z = 11,2 m). Dette stemmer godt overens med CPTU-tolkningen (ødometerforsøkene ligger noe høyere enn CPTU9. Tolkning av ødometerforsøkene er presentert i Vedlegg C.

B.4.5 Anisotropi

Det er ikke utførte passive treaksialforsøk eller direkte skjærforsøk. Følgelig er anisotropiforholdene basert på erfaringstall. Det er utført måling av konsistensgrenser på prøver fra en rekke borpunkter og I_p fra disse er omtrent 15 %. ADP-faktorer i kvikkleire/ leire er basert på erfaringstall fra tidligere laborieforsøk på høykvalitets prøver, bl.a. presentert av Karlsrud et.al / 17 /. For typiske magre kvikkleirer ($I_p < 5$ %) er det tidligere dokumentert svært lave ADP-forhold. Anisotropiforholdene som vil bli brukt i stabilitetsanalysene er oppsummert i Tabell 10-3.

Tabell 10-3: Oppsummering av anisotropiforhold

	Anisotropiforhold for direkte skjærstyrke: $\frac{S_{uD}}{S_{uA}}$	Anisotropiforhold for passiv skjærstyrke: $\frac{S_{uP}}{S_{uA}}$
Ikke-sensitiv leire	0,70	0,40
Sprøbruddmateriale	0,60	0,30

B.4.6 Effektivspenningsparametre, friksjonsvinkel, ϕ_k

For effektivspenningsparametre for leiren og sprøbruddmaterialet er det tatt ut a - ϕ parametre fra de udrenerte treaksialforsøkene og fra CPTU. Sistnevnte er vurdert til å overestimere friksjonsvinkelen noe i bløte leirer.

Tørrskorpe: Basert på erfaringsdata er karakteristisk friksjonsvinkel for tørrskorpeleiren satt til $\phi_k = 30,0^\circ$ ($\tan \phi_k = 0,58$) og attraksjon $a = 0$ kPa.

Ikke-sensitiv leire: Bruddstyrke er tatt ut ved ca. 1,5 % tøyning. To treaksialforsøk ble kjørt på materiale som har blitt tolket som ikke-sensitiv leire. Karakteristisk friksjonsvinkel er vurdert til å være $\phi_k = 30^\circ$ ($\tan \phi_k = 0,58$) og $\phi_k = 33^\circ$ ($\tan \phi_k = 0,65$) for henholdsvis borpunkt 3 ($z = 8,30$ m) og borpunkt 10 ($z = 5,45$ m). Som et konservativt lavt estimat vil $\phi_k = 29^\circ$ ($\tan \phi_k = 0,55$) bli brukt i stabilitetsberegningene. Attraksjon er satt lik 5 kPa i tolkningene.

Sprøbruddmateriale: Bruddstyrke er tatt ut ved ca. 1,5 % tøyning. Karakteristisk friksjonsvinkel er vurdert til å være $\phi_k = 26^\circ$ ($\tan \phi_k = 0,49$). Attraksjon er satt lik 5 kPa.

B.5 Stabilitetsberegninger

B.5.1 Generelt

I denne fasen er det utført beregninger for:

1. Dagens geometri
2. Topografiendringer som gir vesentlig forbedring etter NVE retningslinjer / 1 /.

Både dagens geometri og stabilitet etter forbedrende tiltak er beregnet både ved udrenert totalspenningsanalyse (ADP-analyse) og ved drenert effektivspenningsanalyse (a ϕ -analyse).

Plassering av profilene er vist på tegning nr. 413698-RIG-TEG-001. Der beregningsmessig sikkerhet er for lav, er det vist tiltak som gir vesentlig forbedring av stabiliteten ved vurdering av områdestabilitet (jfr. krav i / 1 /).

For beregninger på totalspenningsbasis (ADP-analyser) er det benyttet anisotropisk jordmodell.

I beregningene er det forutsatt at alle topografiendringer utføres på en slik måte at stabiliteten ikke forverres i anleggsfasen.

B.5.1.1 Beregningsverktøy

Stabilitetsberegningene er utført med beregningsprogrammet "GeoSuite Stability" versjon 5.0.6 med beregningsmetode Beast 2003. Beregningsmetoden er basert på grenselikevektsmetode, og anvender en versjon av lamellmetoden som tilfredsstillende både kraft- og momentlikevekt. Programmet søker selv etter kritisk sirkulærsylindrisk glideflate for definerte variasjonsområder av sirkelsentrum. Det er også mulig å definere egne glideflater i programmet.

B.5.1.2 Laster

Det er ikke tatt med noen terrenglaster i vurderingene.

B.5.2 Beregningsresultater

Det er utført stabilitetsberegninger i to utvalgte profiler B-B og E-E. Disse profilene er antatt å være mest kritiske på bakgrunn av grunnforhold og topografi.

Følgende fremgangsmåte benyttes for å identifisere kritiske sirkulære glideflater. Det utføres først ett eller flere grovsøk i profilet med *tangent* søkemethode med stort søksområde (20-50). Deretter utføres det finsøk med *r-tangent* søkemethode der det på grunn av beregningstid benyttes et mindre søksområde (5-20).

Sirkulære glideflater med sirkelsentrum lavere enn skråningstopp er vurdert som irrelevante.

Sammensatte flater er i hovedsak benyttet for å vurdere glidning i et lag.

B.5.2.1 Profil B-B

Profil for vurdering av områdestabilitet mot E6 og utløp mot sentrumsbebyggelse

Udrenert skjærfasthet er vurdert ut i fra opptatte prøveserier i BP. 7 og 10, og CPTU-sonderinger i BP. 7 og 10.

I udrenerte beregninger er det regnet med vannfylte sprekker, sprekkedybde 1,0 m og vanddybde 0,5 m.

Tabell 10-4: Beregningsresultater profil B-B

Tegning nr.	Beregning	Analyse	Sikkerhetsfaktor γ_M for kritisk skjærflate
413698-RIG-TEG-300	Profil B-B, Eksisterende terreng, sirkulærglideflate	ADP-analyse	1.37
413698-RIG-TEG-300	Profil B-B, Eksisterende terreng, sammensatt glideflate	ADP-analyse	1.61
413698-RIG-TEG-301	Profil B-B, Stabiliserende tiltak, terrengplanering, sirkulærglideflate	ADP-analyse	1.42
413698-RIG-TEG-310	Profil B-B, Eksisterende terreng, sirkulærglideflate	aφ-analyse	1.79

Med beskrevet/angitt topografiendring oppnås en beregningsmessig forbedring av stabiliteten (ADP-analyse) på ca. 3,6 %. Stabiliteten er etter tiltak innenfor kravet $\gamma_M \geq 1,40$.

B.5.2.2 Profil E-E

Profil for vurdering av områdestabilitet mot Koabekken og utløp mot sentrumsbebyggelsen.

Udrenert skjærfasthet er vurdert ut i fra opptatte prøveserie i BP 10 og CPTU sonderinger i BP 10. Vurderinger fra CPTU sondering i BP 7 er trukket inn i profil E-E.

I udrenerte beregninger er det regnet med vannfylte sprekker, sprekkedybde 1,0 m og vanddybde 0,5 m.

Terrengtiltaket vil medføre en avlastning og således en reduksjon i skjærfasthet basert på dagens terreng. Vi har benyttet SHANSEP prinsippet for å vurdere størrelsen på reduksjonen. Vi har på dette valgt å redusere s_u profilet under maksavlastning med 8 %, og beholder s_u -profiler tilsvarende dagens situasjon i topp og bunn av området som avlastes. Reduksjon i mellomliggende områder interpoleres mellom disse randbetingelsene.

Terrengnivået i foten av skråning er tatt fra digitalt kartgrunnlag og elvekant er lagt inn i kartgrunnlaget. Det er derfor grunn til å tro at terrengprofilet følger vannspeilet på Koaelven. Tilleggsvekten dette medfører i foten av skråningen er tilstede både før og etter tiltak. Dette betyr at beregnet sikkerhet i dagens situasjon og etter tiltak er noe høyere enn den ville vært med et reelt oppmålt profil gjennom Koaelven. Vi vurderer det slik at prinsippet om vesentlig forbedring er i varetatt da tiltaket ikke berører denne tilleggsvekten.

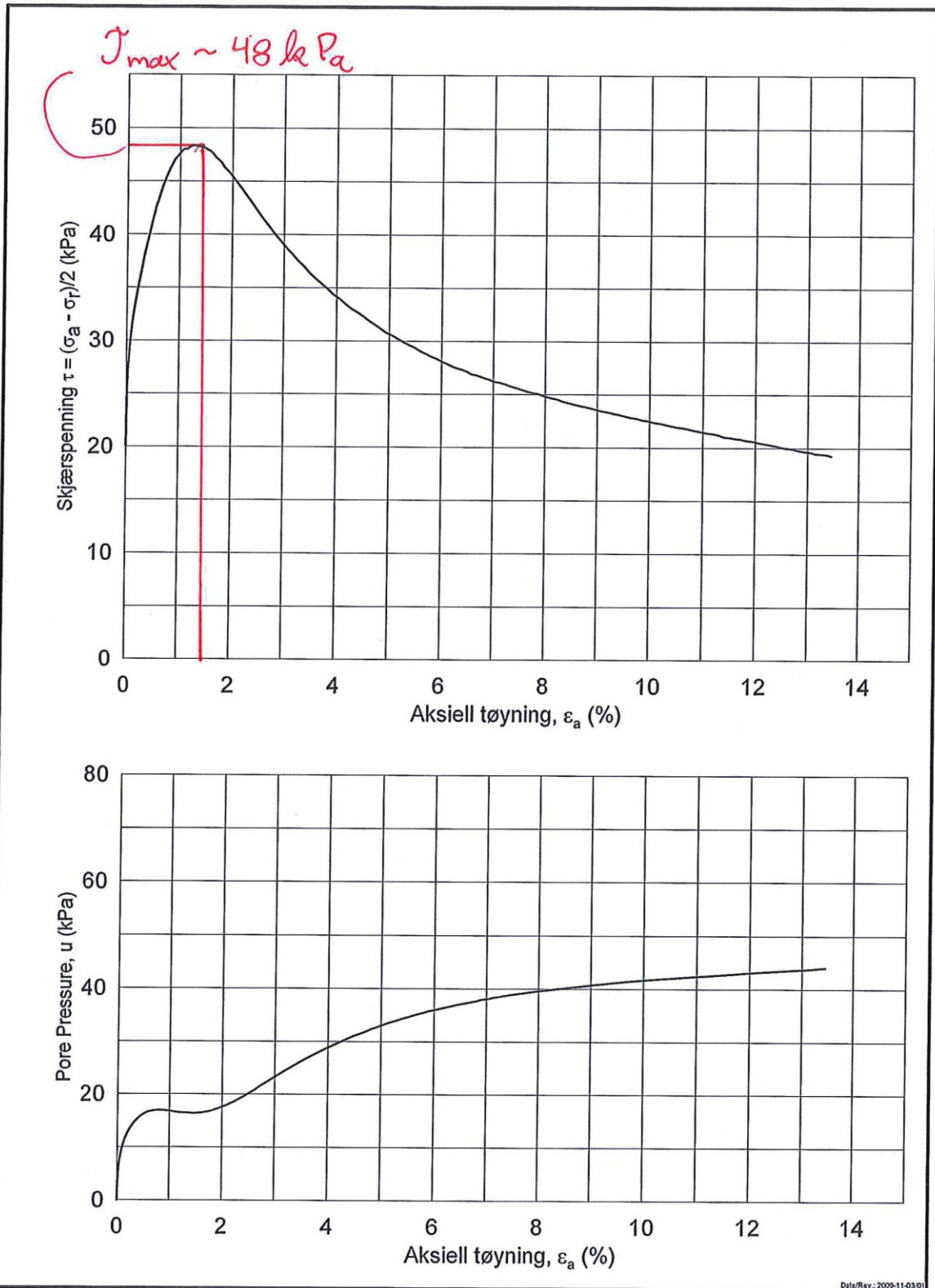
Tabell 10-5: Beregningsresultater profil E-E

Tegning nr.	Beregning	Analyse	Sikkerhetsfaktor γ_M for kritisk skjærflate før tiltak	Sikkerhetsfaktor γ_M for kritisk skjærflate etter tiltak
413698-RIG-TEG-320A	Profil E-E, Eksisterende terreng, kritisk sirkulær-sylindrisk glideflate	ADP-analyse	1.14	1.48
413698-RIG-TEG-320A	Profil E-E, Eksisterende terreng, kritisk sirkulær-sylindrisk glideflate i sprøbruddmateriale	ADP-analyse	1.14	1.62
413698-RIG-TEG-320A	Profil E-E, Eksisterende terreng, sammensatt glideflate	ADP-analyse	1.21	1.52
413698-RIG-TEG-321A	Profil E-E, <u>Stabiliserende tiltak</u> , terrengplanering 1:3,3, kritisk sirkulær-sylindrisk glideflate	ADP-analyse	1.21	1.31
413698-RIG-TEG-321A	Profil E-E, <u>Stabiliserende tiltak</u> , terrengplanering 1:3,3, kritisk sirkulær-sylindrisk glideflate i sprøbruddmateriale	ADP-analyse	1.25	1.34
413698-RIG-TEG-330	Profil E-E, Eksisterende terreng, kritisk sirkulær-sylindrisk glideflate	a ϕ -analyse	1.10	1,27
413698-RIG-TEG-330	Profil E-E, Eksisterende terreng, kritisk sirkulær-sylindrisk glideflate	a ϕ -analyse	1.11	1,27
413698-RIG-TEG-331	Profil E-E, <u>Stabiliserende tiltak</u> , terrengplanering 1:3,3, kritisk sirkulær-sylindrisk glideflate	a ϕ -analyse	1,10	1.27
413698-RIG-TEG-331	Profil E-E, <u>Stabiliserende tiltak</u> , terrengplanering 1:3,3, kritisk sirkulær-sylindrisk glideflate	a ϕ -analyse	1,11	1.27


Med foreslått topografiendring oppnås en beregningsmessig forbedring av stabiliteten (ADP-analyse) på ca. 7,2 %. Stabilitetsforbedringene er for alle glideflatene i tabellen over i overensstemmelse med kravet om vesentlig forbedring av stabiliteten etter NVE retningslinjer (se figur i 3.1 ref. / 1 /)

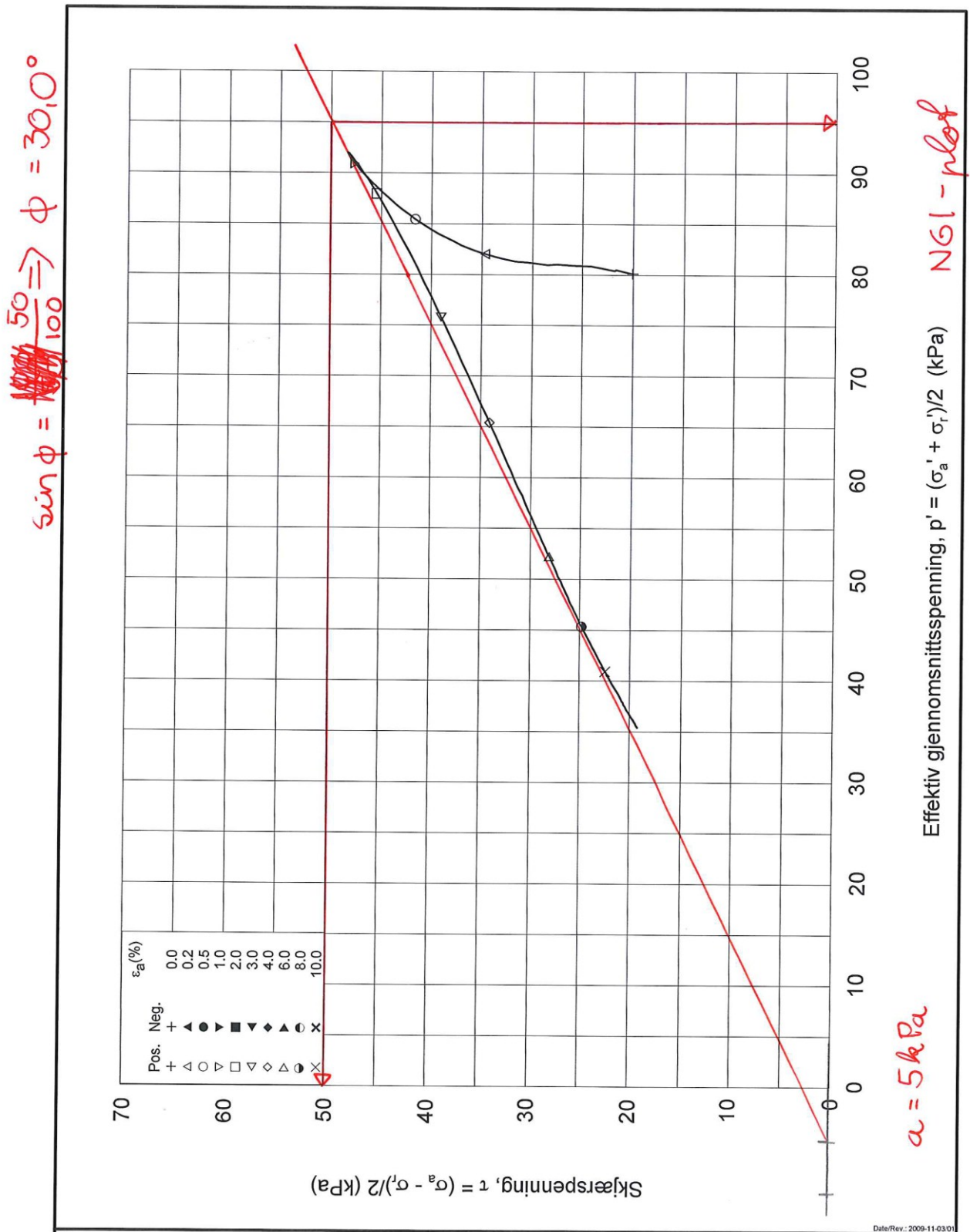
Vedlegg C - Tolking spesialforsøk

I dette vedlegget er tolkning av spesialforsøk presentert. Spesialforsøkene inngår som en del av grunnundersøkelsen utført av NGI, presentert i / 8 /.

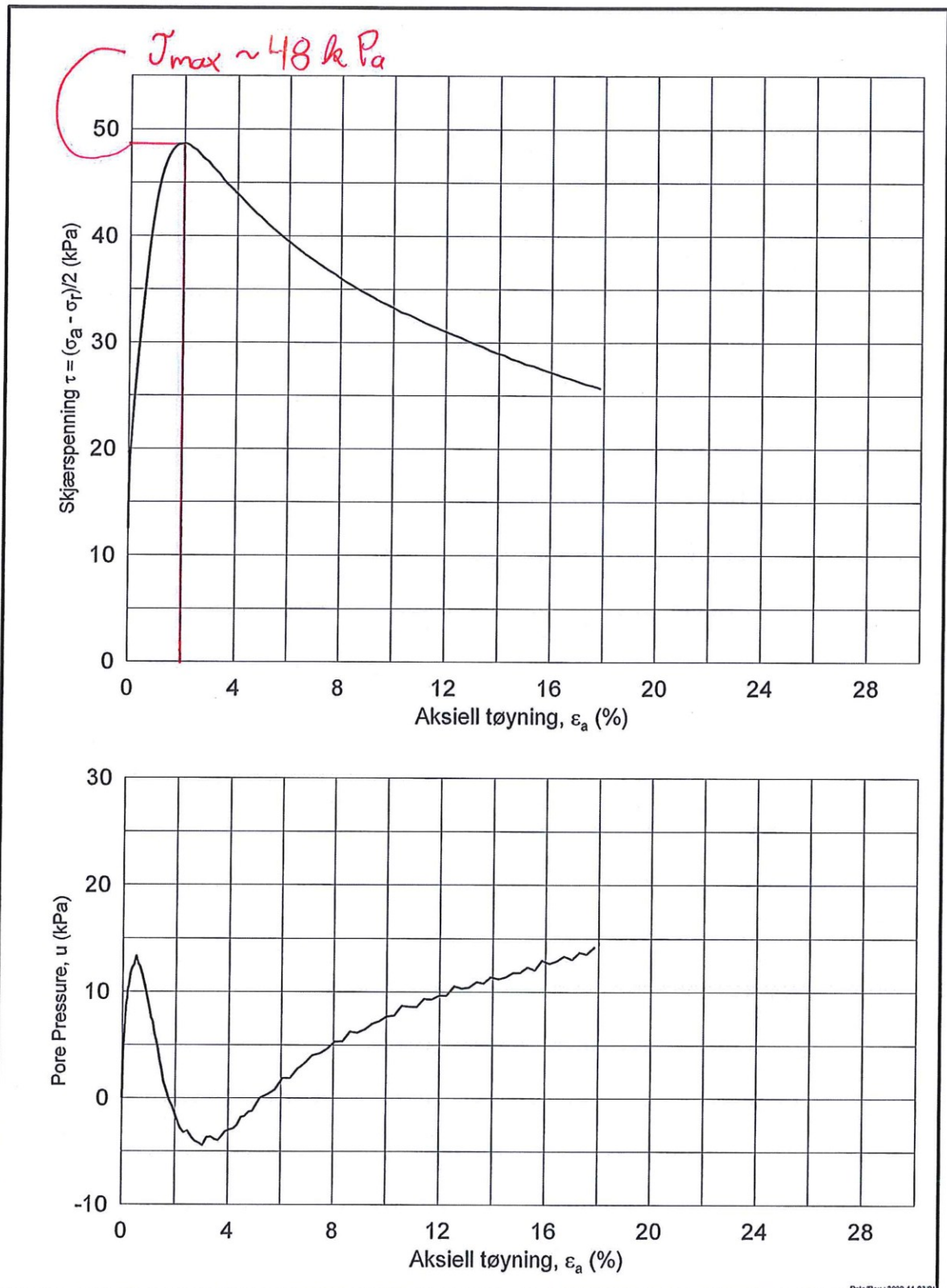


3-NTH125-C-1-Plot1.grf

Kvikkleirekartlegging Koa			Dokument nr. 20100685-00-3-R	
Treaksial forsøk: CAUa	Leire		Dato 2011-04-29	
Boring: 3	Dybde = 8.30 m	Konsolidering-spenninger		
Sylinder: NTH125	$p_o' = 100.0$ kPa	(kPa)	maks.	min. endelig
Del: C	$w_i = 31.9$ %	$\sigma_{ac}' =$	-	- 100.2
Test: 1	$w_c = 31.2$ %	$\sigma_{rc}' =$	-	- 60.1
			Figur nr. F1	
			Tegnet av MAS	



Kvikkleirekartlegging Koa			Dokument nr. 20100685-00-3-R	
Treksial forsøk: CAUa		Leire		
Boring: 3	Dybde = 8.30 m	Konsolidering-spenninger		
Sylinder: NTH125	po' = 100.0 kPa	(kPa)	maks.	min.
Del: C	w _i = 31.9 %	σ _{ac} ' =	-	-
Test: 1	w _c = 31.2 %	σ _{rc} ' =	-	60.1
		Figur nr. F2		
		Tegnet av MAS		

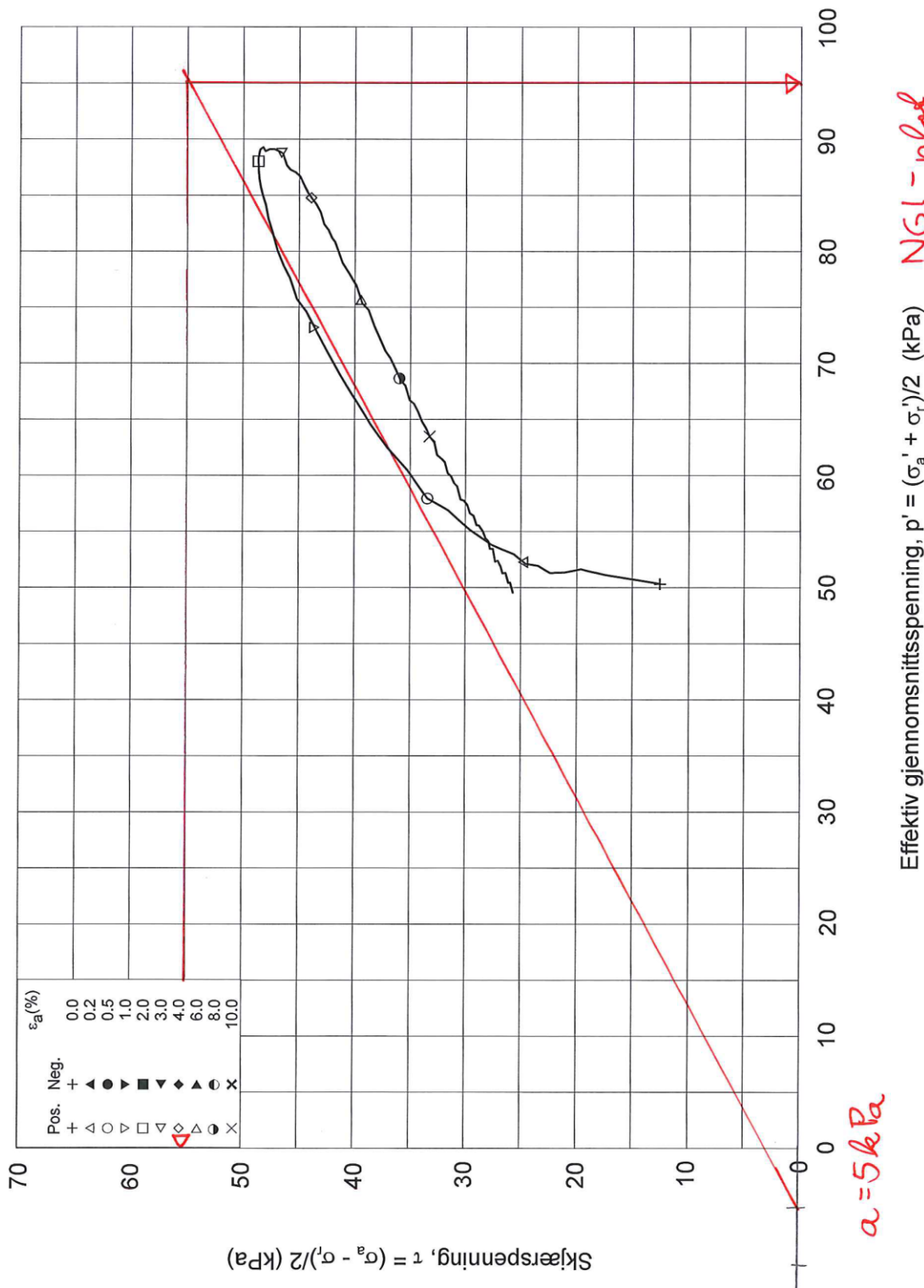


Date/Rev.: 2009-11-03/0


Kvikkleirekartlegging Koa		Dokument nr. 20100685-00-3-R
Treaksial forsøk: CAUa	Leire	Dato 2011-04-29
Boring: 10	Dybde = 5.45 m	Konsolidering-spenninger (kPa) maks. min. endelig $\sigma_{ac}' = - - 63.0$ $\sigma_{rc}' = - - 37.8$
Sylinder: 6	$p_{o'}$ = 63.0 kPa	
Del: B	w_i = 29.2 %	
Test: 1	w_c = 29.1 %	
		Figur nr. F3
		Tegnet av MAS

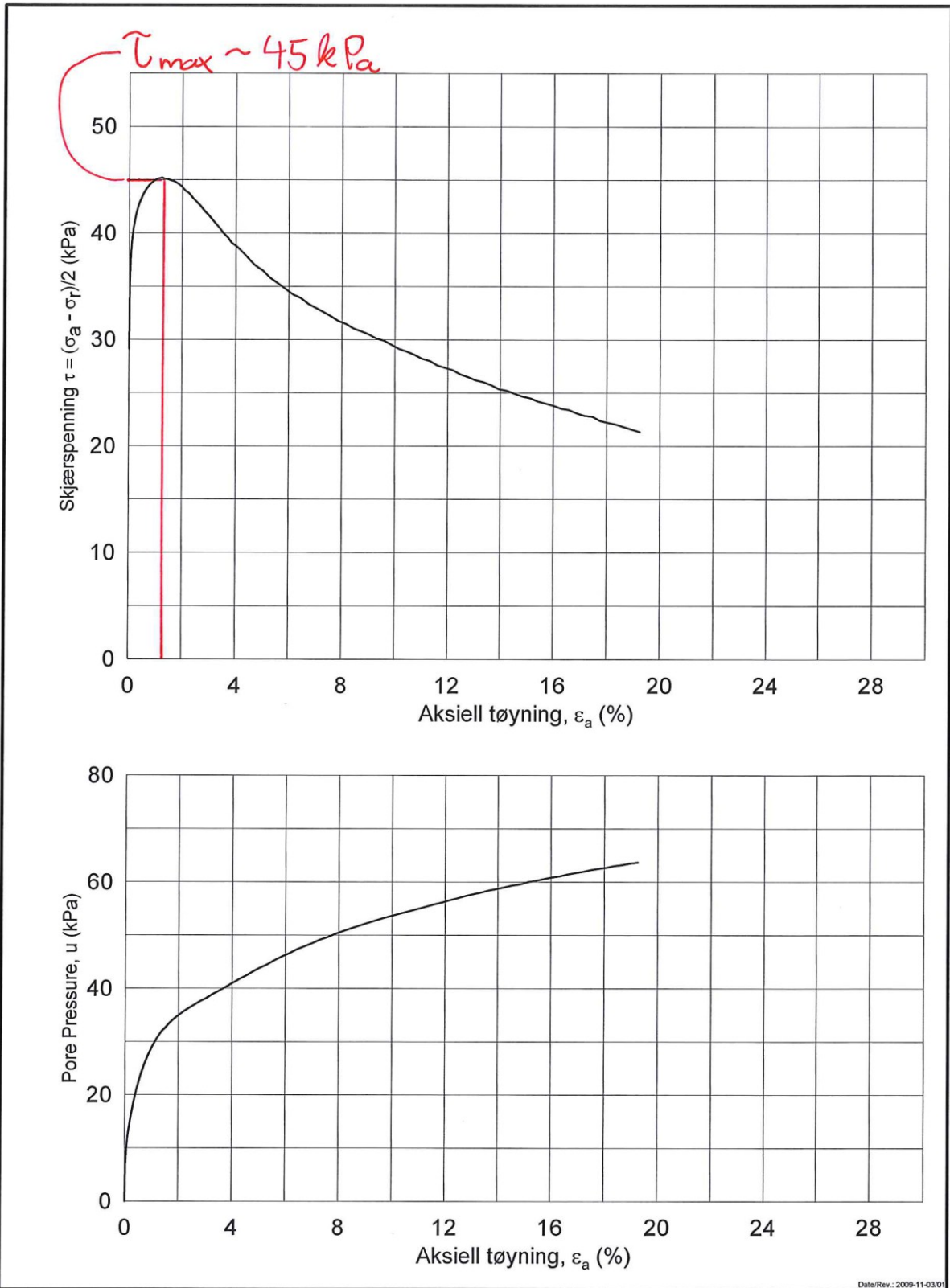
10-6-B-1_Plot1.grf

$\frac{55}{100} \Rightarrow \phi = 33,4^\circ$
 $\sin \phi = 0,55$




10-6-B-1_Plot2.grf

Kvikkleirekartlegging Koa			Dokument nr. 20100685-00-3-R
Treksial forsøk: CAUa	Leire		Dato 2011-04-29
Boring: 10	Dybde = 5.45 m	Konsolidering-spenninger	
Sylinder: 6	$p_{o'}$ = 63.0 kPa	(kPa)	maks. min. endelig F4
Del: B	w_i = 29.2 %	σ_{ac}' = - - 63.0	Tegnet av MAS
Test: 1	w_c = 29.1 %	σ_{rc}' = - - 37.8	

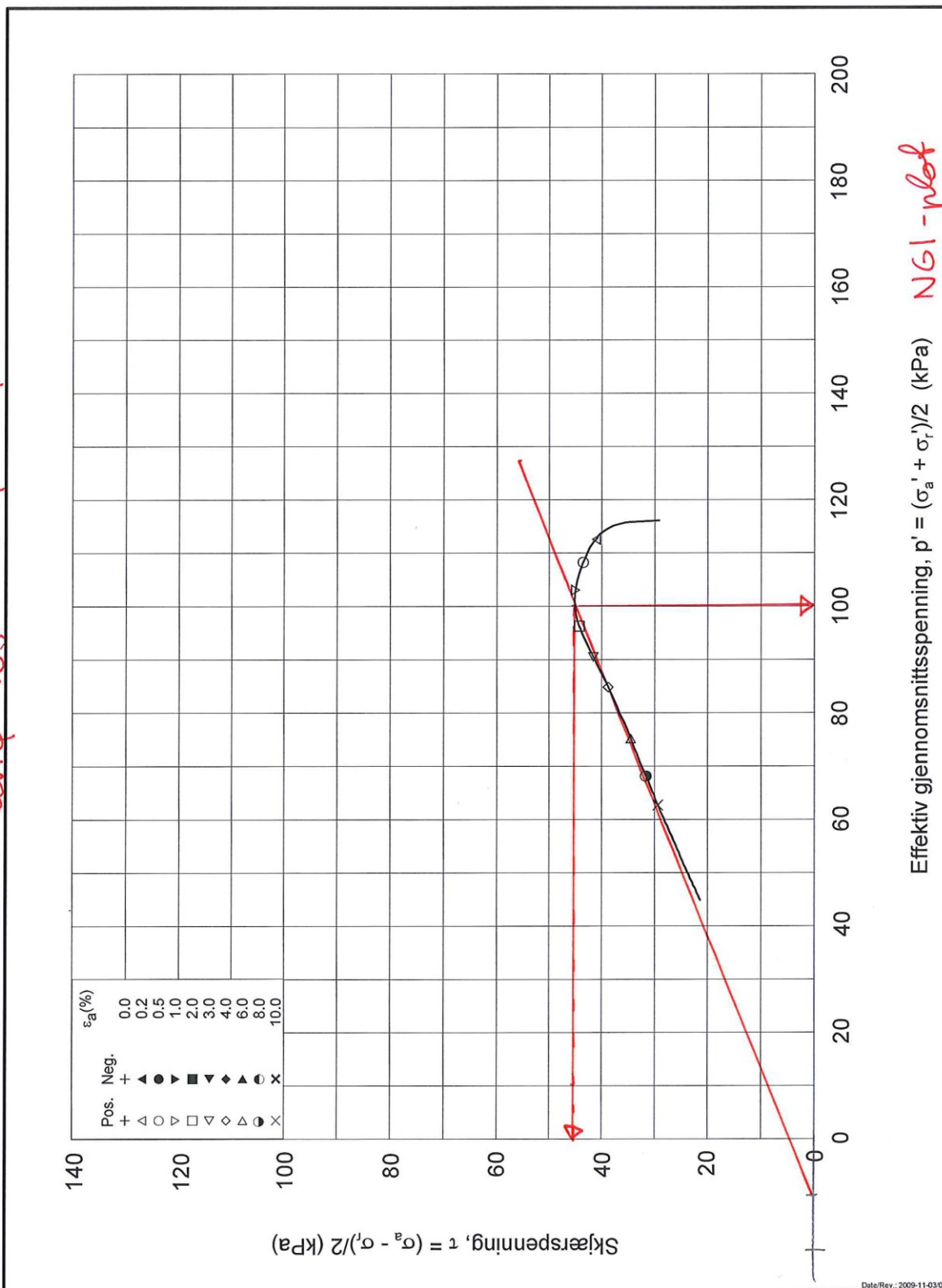


Date/Rev.: 2009-11-03/01


Kvikkleirekartlegging Koa			Dokument nr. 20100685-00-3-R	
Treaksial forsøk: CAUa	Leire		Dato 2011-04-29	
Boring: 10	Dybde = 11.38 m	Konsolidering-spenninger		
Sylinder: 9	$p_{o'}$ = 145.0 kPa	(kPa)	maks.	min.
Del: B	w_l = 30.3 %	σ_{ac}' =	-	-
Test: 1	w_c = 28.5 %	σ_{rc}' =	-	-
			145.0	87.0
			Figur nr. F5	
			Tegnet av MAS	
				

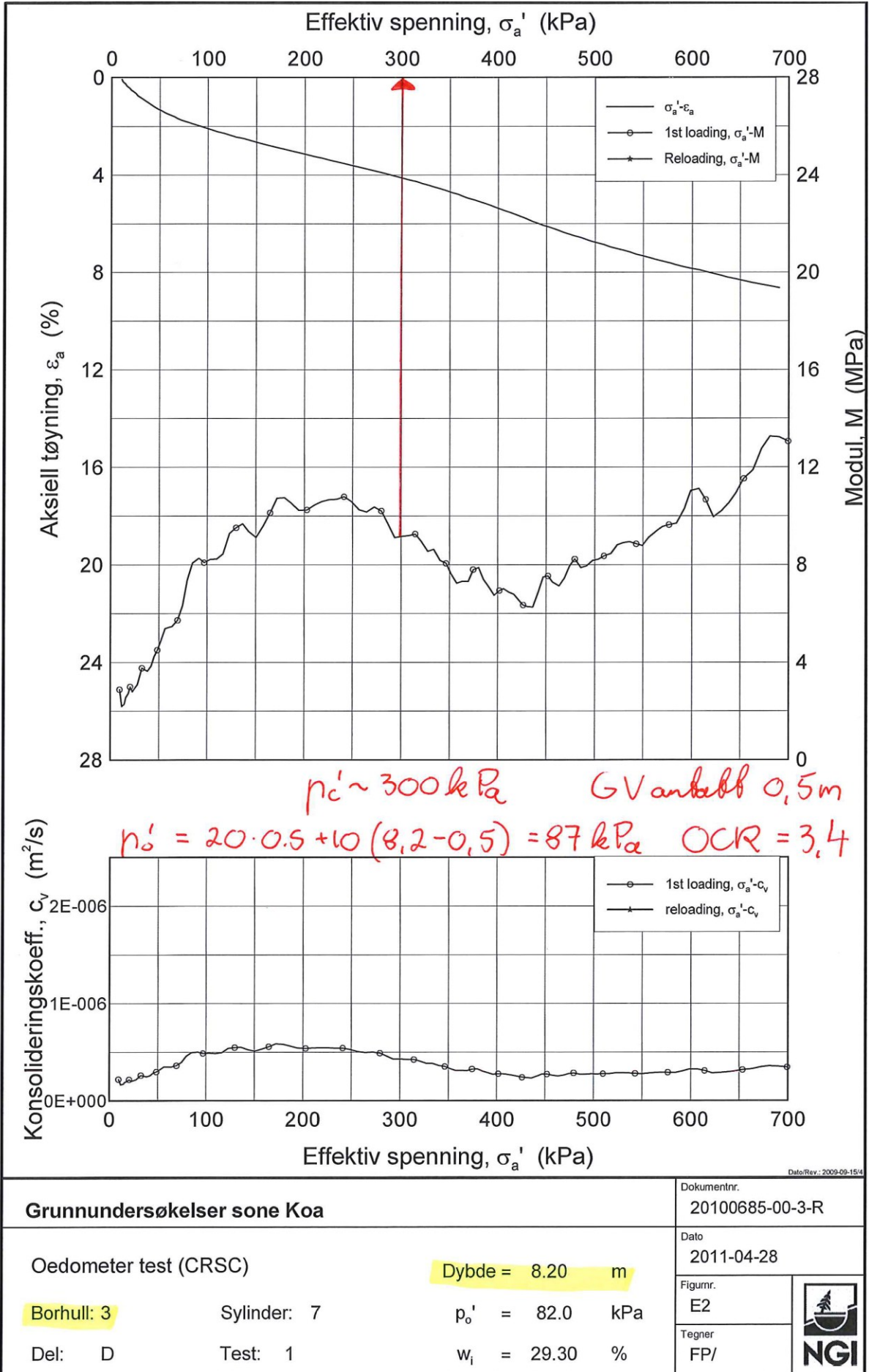
10-9-B-1_Plot1.grf

$\sin \phi = \frac{46}{105} \Rightarrow \phi = 26,0^\circ$

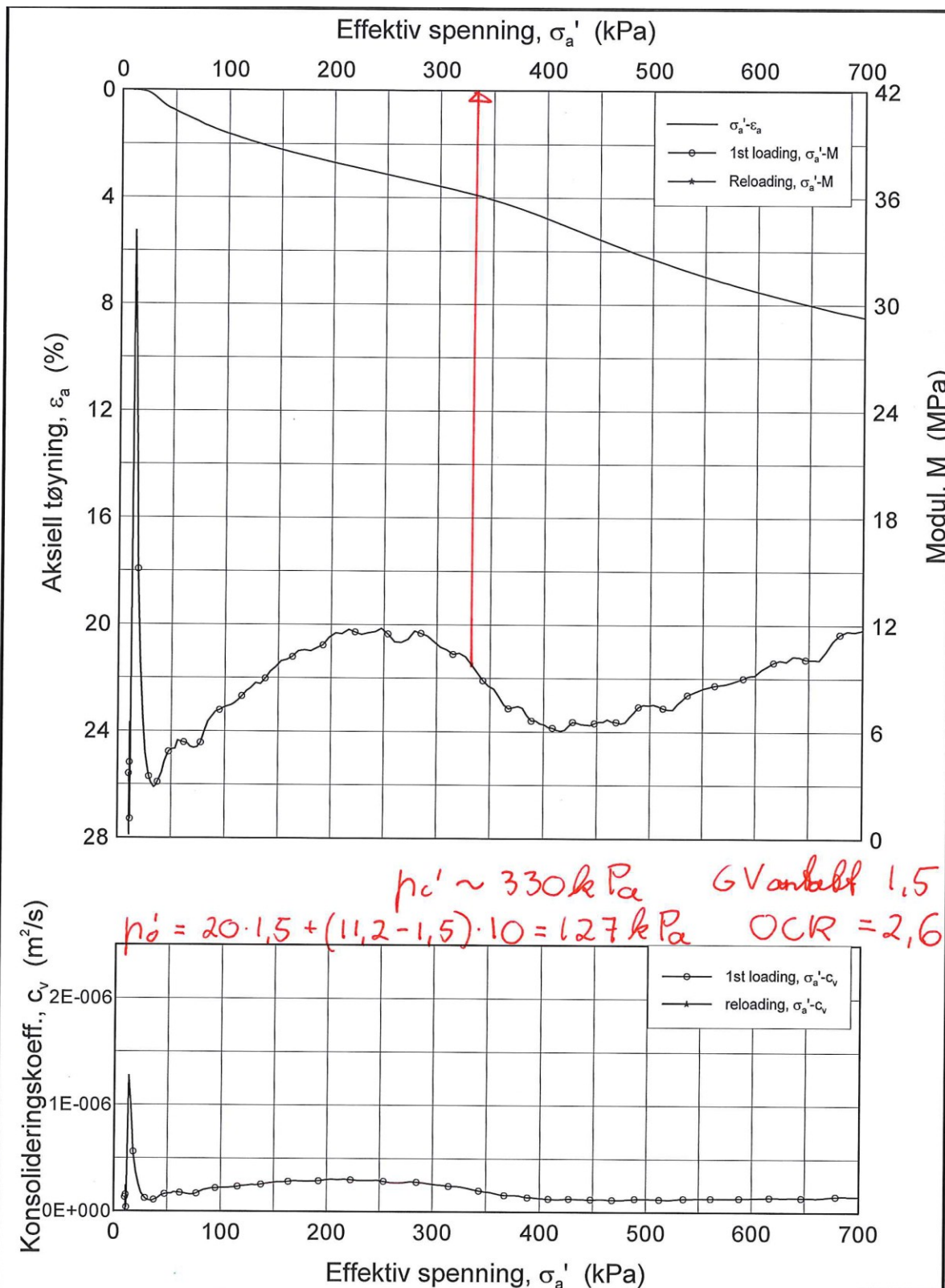


Effektiv gjennomsnittsspenning, $p' = (\sigma_a' + \sigma_r')/2$ (kPa) **NGI - plot**

Kvikkleirekartlegging Koa		Dokument nr. 20100685-00-3-R	
Treaksial forsøk: CAUa		Leire	
Boring: 10		Dybde = 11.38 m	
Sylinder: 9		Konsolidering-spenninger	
Del: B		(kPa) maks. min. endelig	
Test: 1		$p_o' = 145.0$ kPa	
		$w_i = 30.3$ %	
		$w_c = 28.5$ %	
		$\sigma_{ac}' = - - 145.0$	
		$\sigma_{rc}' = - - 87.0$	
		Figur nr. F6	
		Tegnet av MAS	
			



P:\2010\06\20100685\Labarbeid\Oedom\3-7-D-1 lin-2 (crs1830).grf



P:\2010\06\20100685\Labarbeid\Oedom\10-9-A-1 lin-2 (crs1829).grf

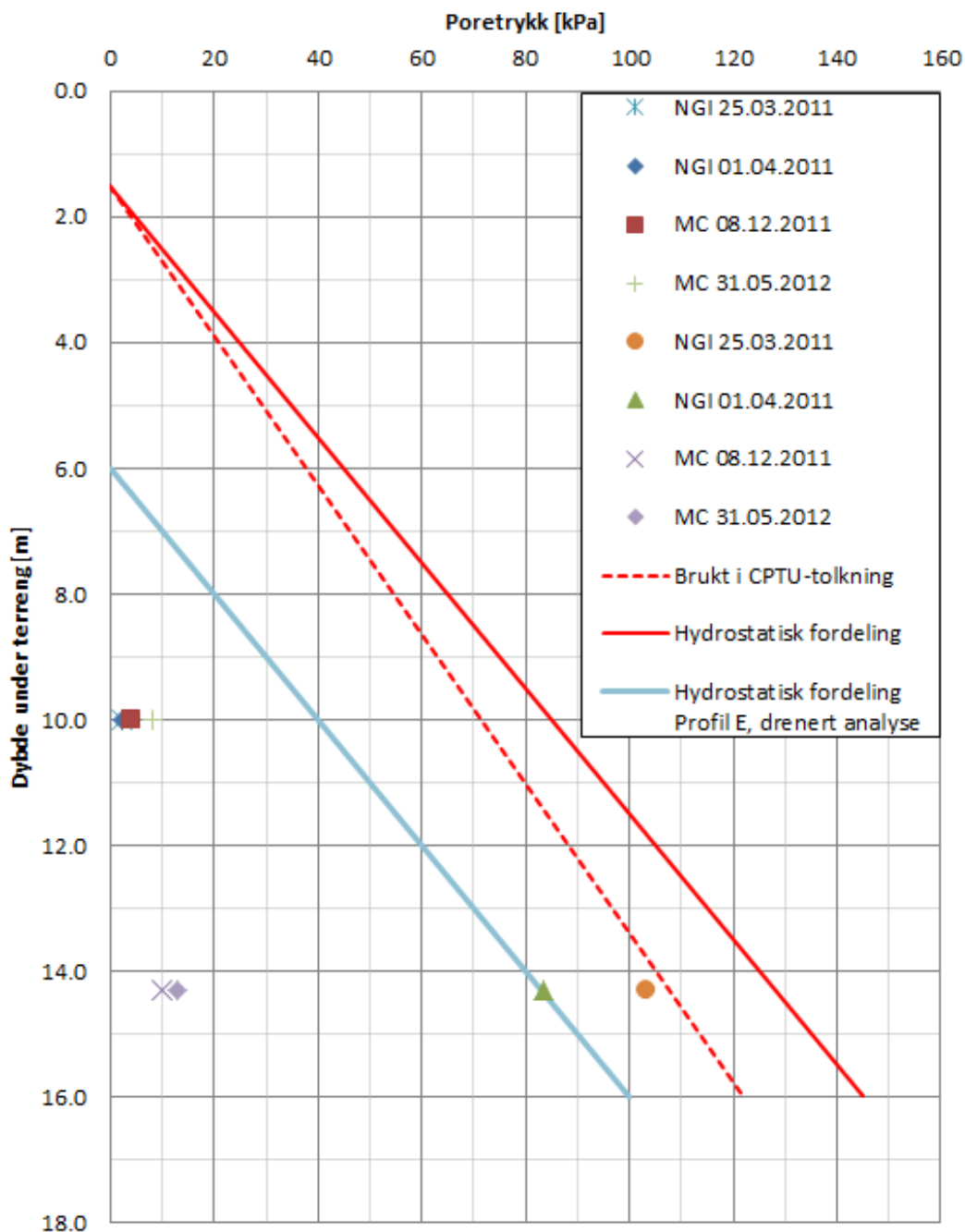
Grunnundersøkelser sone Koa		Dokumentnr. 20100685-00-3-R
Oedometer test (CRSC)		Dato 2011-04-28
Borhull: 10	Sylinder: 9	Figurnr. E5
Del: A	Test: 1	Tegner FP/
	Dybde = 11.20 m	
	$p'_0 = 112.0 \text{ kPa}$	
	$w_i = 30.70 \%$	

Det har i tillegg blitt gjennomført en ny avlesning av poretryksmålere i borpunkt 10 31.5.2012, avlesningen gav følgende verdier:

Måler	Dato	Dybde, D (m)	Høyde, H (m)	Kote terr, k	Kote topp, t	Kote spiss, s	L(m)	Pot.nivå, n (kote)
10A	31.5.2012	10,0	1,0	31,8	32,8	21,8	10,2	22,6
10B	31.5.2012	14,3	1,0	31,8	32,8	17,5	14,0	18,8

Tolket grunnvann og poretrykk som er benyttet i CPTU-tolkningen. Hydrostatisk poretrykksfordeling benyttes i stabilitetsanalysene. I drenert analyse for profil E-E er topografien vektlagt sammen med avlesninger. Det er antatt at grunnvannet følger toppen av laget med sprøbruddmateriale.

Poretrykk borpunkt 10



Vedlegg E - Klassifisering av borpunkt

Borpunkt	Metode	Profil	Tolkning	Dybdeintervall med sprøbruddmateriale	Kommentar
1	DrT	-	Mulig sprøbruddmateriale	-	Dreietrykksonderingen kan indikere innslag av sprøbrudd dypere enn 12 m.
2	DrT, PR	G-G	Sprøbruddmateriale	5-11 m	Rutineundersøkelsene (5-8 m) viser sprøbrudd. Ingen prøver dypere enn 8 m. Dreietrykksonderingen indikerer sprøbrudd ned til ca. 11m
3	DrT, PR, CPTU	A-A	Sprøbruddmateriale	7,5-17,5 m 25,5-35 m	Ingen prøver dypere enn 25,5 m. Dreietrykksonderingen indikerer sprøbrudd dypere enn ca. 25,5 m og ned til et fastere lag ved ca. 35 m.
4	DrT	A-A	Ikke påvist sprøbruddmateriale	-	-
5	DrT	A-A G-G	Ikke påvist sprøbruddmateriale	-	Veldig grunt til faste lag.
6	DrT	B-B	Mulig sprøbruddmateriale	-	Dreietrykksonderingen kan indikere innslag av sprøbrudd dypere enn 22 m.
7	DrT, PR, CPTU	B-B	Ikke påvist sprøbruddmateriale	-	Dreietrykksonderingen isolert kan indikere innslag av sprøbrudd mellom 10 og 15 m. Prøvene og CPTU er dog tolket til ikke å inneholde sprøbrudd.
8	DrT, PR	E-E F-F	Ikke påvist sprøbruddmateriale	-	Grunt til faste lag.
9	DrT	F-F	Ikke påvist sprøbruddmateriale	-	Grunt til faste lag.
10	DrT, PR, CPTU, PZ	B-B E-E	Sprøbruddmateriale	6-18,5 m	
11	DrT	B-B	Ikke påvist sprøbruddmateriale	-	-
12	DrT	C-C	Mulig sprøbruddmateriale	-	Dreietrykksonderingen kan indikere innslag av sprøbrudd.
13	DrT	C-C	Ikke påvist sprøbruddmateriale	-	-
14	DrT	C-C E-E	Ikke påvist sprøbruddmateriale	-	-
15	DrT	D-D	Ikke påvist sprøbruddmateriale	-	-

16	DrT	-	Ikke påvist sprøbruddmateriale	-	-
17	DrT	E-E	Ikke påvist sprøbruddmateriale	-	-
18	DrT	E-E	Ikke påvist sprøbruddmateriale	-	-
19	DrT	-	Mulig sprøbruddmateriale	-	Dreietrykksonderingen kan indikere innslag av sprøbrudd i fra 3-9 m.
20	DrT	C-C	Ikke påvist sprøbruddmateriale	-	-
21	DrT	-	Mulig sprøbruddmateriale	-	Dreietrykksonderingen kan indikere innslag av sprøbrudd i dybdeintervallene 2-5 m og 7-8,5 m.
NGI-20	DrT	B-B	Mulig sprøbruddmateriale	-	Dreietrykksonderingen indikerer sprøbrudd fra 18-27 m.
SVV-400	PR, CPTU, PZ		Ikke påvist sprøbruddmateriale	-	-

Vedlegg F - Godkjenningsnotat fra tredjepartskontroll

Kun notatets hovedtekst, uten notatets vedlegg (sjekklister), er gengitt i dette rapportvedlegget.

Teknisk notat



Til: Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), Region Midt-Norge
v/: Mads Johnsen
Kopi: Multiconsult v/ Joar Spencer Gløppestad
Fra: NGI
Dato: 22. februar 2012
Dokumentnr.: 20091747-00-17-TN-rev.3, 02. Mai 2013
Prosjekt: Koa, Inderøy. Kvikkleiresoneutredning. Tredjepartskontroll.
Utarbeidet av: Jean-Sébastien L'Heureux
Prosjektleder: Vidar Gjelsvik
Kontrollert av: Vidar Gjelsvik

Hovedkontor:
Pb. 3930 Ullevål Stadion
0806 Oslo

Avd Trondheim:
Pb. 1230 Pilsenteret
7462 Trondheim

T 22 02 30 00
F 22 23 04 48

Kontonr 5096 05 01281
Org. nr 958 254 318 MVA

ngi@ngi.no
www.ngi.no

Uavhengig kontroll

Innhold

1	Innledning	2
2	Kontroll dokumenter	2
3	Vurdering og konklusjon	3
4	Referanser	3

Kontroll- og referanseside

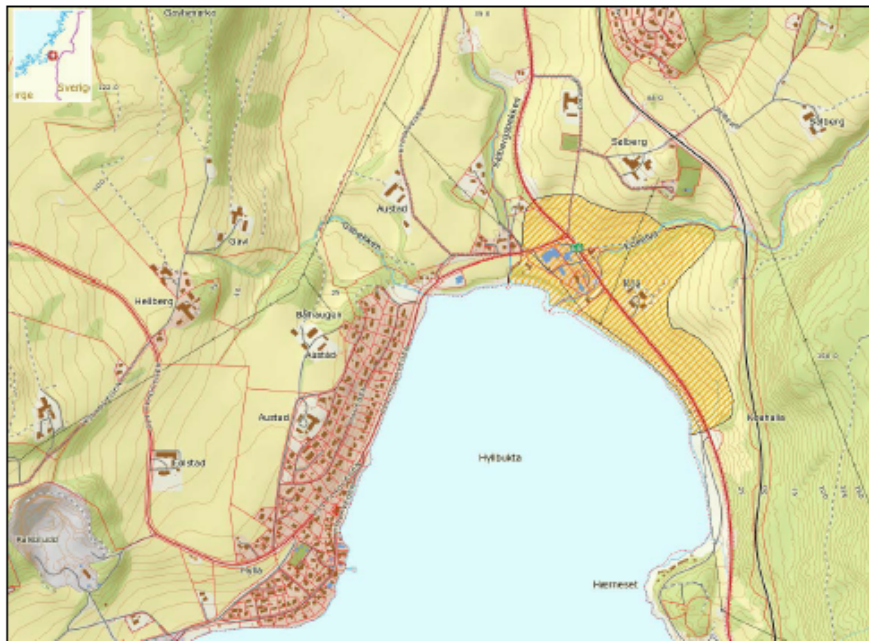
BS EN ISO 9001
Certified by BSI
Reg. No. FS 32989



Dokumentnr.: 20091747-00-17-TN
Dato: 2013-05-02
Side: 2

1 Innledning

Multiconsult har utredet reell skredfare på reguleringsplannivå for kvikkleiresone 1527 Koa i Inderøy kommune som tidligere er kartlagt mht. potensiell skredfare, jf. oversiktskart på Figur. 1.



Figur 1: Oversiktskart med faresone 1527 Koa.

Multiconsults utredning er rapportert i ref. /1/. Utredningen er utført iht. NVEs retningslinje for flom- og skredfare i arealplaner, ref. /3/. NVEs retningslinjer setter krav om at det skal utføres uavhengig kontroll av prosjektering, og NGI er engasjert av NVE til å utføre denne kontrollen.

Dette notatet dokumenterer NGIs uavhengig kontroll av Multiconsults skredfarevurdering ref. /1-2/. Notatet inkluderer også kontroll av tilbakemeldinger fra Multiconsult, ref. /4-5/ etter kommentarer og tidligere kontroll utført av NGI ref. /6-7/.

2 Kontroll dokumenter

NGIs uavhengige kontroll omfatter gjennomgang og tolkning av grunnundersøkselsesdata, beregningsforutsetninger og vurderinger. Egne beregninger er ikke utført. Dokumenter i ref /1-2 og 4-5/ er kontrollert. Etter tilbakemelding fra Multiconsult i ref. /4/ har NGI ingen flere kommentarer som medfører behov for tilsvar. Multiconsults har nå innarbeidet tilsvar og utdypninger i revidert versjon av rapport nr. 413698 – RIG – 001 ; ref. /2/. NGI gir



Dokumentnr.: 20091747-00-17-TN
Dato: 2013-05-02
Side: 3

anbefaling om at denne godkjennes. En endelig utgave av vår sjekkliste er presentert i Vedlegg A og B.

3 Vurdering og konklusjon

Multiconsult har utredet reell skredfare på reguleringsplannivå og foretatt justering av sonens utbredelse for kvikkleiresone 1527 Koa i Inderøy. I tillegg har Multiconsult opprettet en ny kvikkleiresone kalt "Salberg" og utredet den til kommunedelplannivå. Basert på tilbakemelding gitt av Multiconsult i ref. /4/ anses dokumentasjonen som tilstrekkelig for utredning av områdestabilitet og stabilitet etter utført tiltak. Det anbefales at revidert versjon av Multiconsult rapporten nr. 413698 – RIG – 001-REV-1 datert 10.04.2013 godkjennes.

4 Referanser

- /1/ Multiconsult AS. (2012) Rapport nr. 413698 – RIG – 001-REV-0. Kvikkleiresone 1527 Koa Inderøy. Kvikkleire kartlegging – Vurdering av områdestabilitet. 2012-07-03.
- /2/ Multiconsult AS. (2012) Rapport nr. 413698 – RIG – 001-REV-1. Kvikkleiresone 1527 Koa Inderøy. Kvikkleire kartlegging – Vurdering av områdestabilitet. 2013-04-10.
- /3/ NVE (2011) Retningslinjer nr. 2-2011. Flaum- og skredfare i arealplaner. 2011-04-15.
- /4/ Multiconsult AS. (2012) Notat 413698-RIG-NOT-003. Kvikkleiresone 1527 Koa Inderøy. Tilbakemelding på NGIs kontrollpunkter. 2012-19-11.
- /5/ Multiconsult (2010) Notat nr 413698-NOT-001 revisjon 00, Kvikkleiresone 1527 Koa Inderøy. Parameternotat. Datert 30.01.2012
- /6/ NGI (2012) Koa, Inderøy. Kvikkleiresoneutredning. Tredjepartskontroll. – Notat nr. 20091747-00-17-TN, datert 22.02.2012
- /7/ NGI (2012) Koa, Inderøy. Kvikkleiresoneutredning. Tredjepartskontroll. – Notat nr. 20091747-00-17-TN-Rev 1, datert 14.09.2012

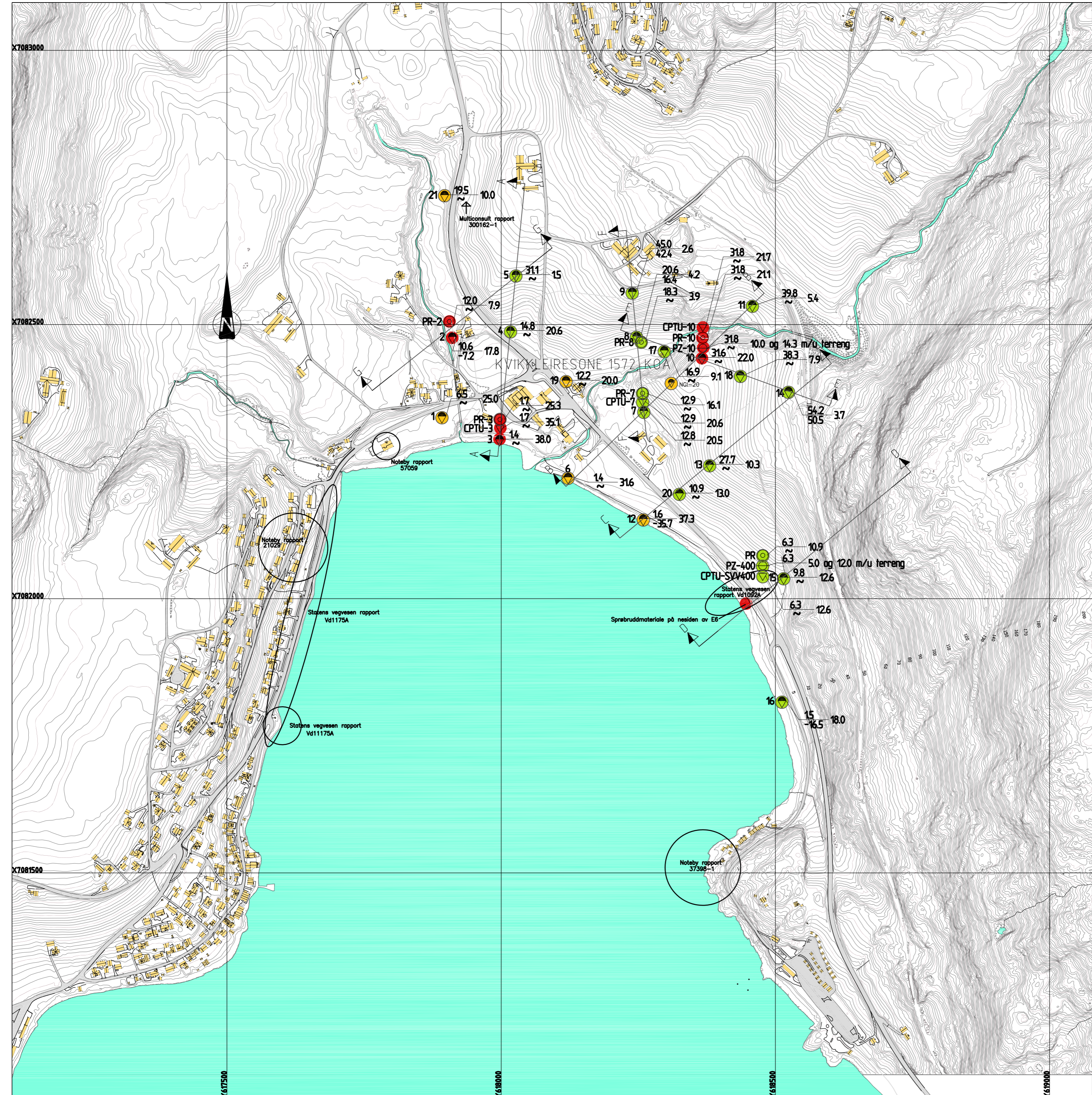
7.4	Stabilitetsberegninger	16
7.4.1	Generelt	16
7.4.2	Beregningsresultater	16
7.4.3	Diskusjon av beregningsresultater	18
8.	Vurdering av tiltak	19
8.1	Generelt	19
8.2	Terrengtiltak	19
8.2.1	Profil B-B	19
8.2.2	Profil E-E	19
9.	Videre arbeider	20
10.	Referanser	21

Tegninger

413698-RIG-TEG-001	Borplan med tolkning og profiler
-002	Avgrensning av kvikkleiresone og utbredelse av tiltak
-040.1A	CPTU 3, udrenert skjærstyrke, s_{uA} , korrelert mot B_q og SHANSEP
-040.2A	CPTU 3, udrenert skjærstyrke, s_{uA}, korrelert mot S_b, OCR og I_p
-040.3	CPTU 3, overkonsolideringsgrad, OCR
-041.1	CPTU 7, udrenert skjærstyrke, s_{uA} , korrelert mot B_q og SHANSEP
-041.2	CPTU 7, udrenert skjærstyrke, s_{uA} , korrelert mot S_t , OCR og I_p
-041.3	CPTU 7, overkonsolideringsgrad, OCR
-042.1A	CPTU 10, udrenert skjærstyrke, s_{uA} , korrelert mot B_q og SHANSEP
-042.2A	CPTU 10, udrenert skjærstyrke, s_{uA}, korrelert mot S_b, OCR og I_p
-042.3	CPTU 10, overkonsolideringsgrad, OCR
-043.1	CPTU SSV-400 udrenert skjærstyrke, s_{uA} , korrelert mot B_q og SHANSEP
-043.2	CPTU SSV-400, udrenert skjærstyrke, s_{uA} , korrelert mot S_t , OCR og I_p
-043.3	CPTU SVV-400, overkonsolideringsgrad, OCR
-120	Tolket lagdeling profil B-B
-121	Tolket lagdeling profil E-E
-300	ADP-analyse, eksisterende terreng, profil B-B
-301	ADP-analyse, terrengtiltak, profil B-B
-310	aφ-analyse, eksisterende terreng, profil B-B
-320A	ADP-analyse, eksisterende terreng, profil E-E
-321A	ADP-analyse, terrengtiltak, profil E-E
-330	aφ-analyse, eksisterende terreng, profil E-E
-331	aφ-analyse, terreng tiltak, profil E-E

Vedlegg

Vedlegg A	- Faregrads- og konsekvensevaluering	i
Vedlegg B	- Teknisk beregning	v
Vedlegg C	- Tolking spesialforsøk	xiv
Vedlegg D	- Tolking av hydraulisk poretrykkmåling	xxiii
Vedlegg E	- Klassifisering av borpunkt	xxvi



- TEGNFORKLARING BORINGER:
- SPRØBRUDDSMATERIALE
 - MULIG SPRØBRUDDSMATERIALE
 - IKKE PÅVIST SPRØBRUDDSMATERIALE

- TEGNFORKLARING
- DREIESONDERING
 - ENKEL SONDERING
 - ▼ RAMSONDERING
 - ⊕ TOTALSONDERING
 - ★ FJELLKONTROLLBORING
 - ⊕ KJERNEBORING
 - ⬇ DREITRYKKSONDERING
 - ⊗ SKRUPLEFORSØK
 - ⊙ PRØVESERIE
 - PRØVEGRØP
 - ▽ TRYKKSONDERING
 - ⊕ PORETRYKSMÅLING
 - ⋈ FJELL I DAGEN
 - ⊕ TERRENGKOTE/SJE BUNNKOTE
ANTATT FJELLKOTE BØRET DYBDE «BØRET I FJELL»

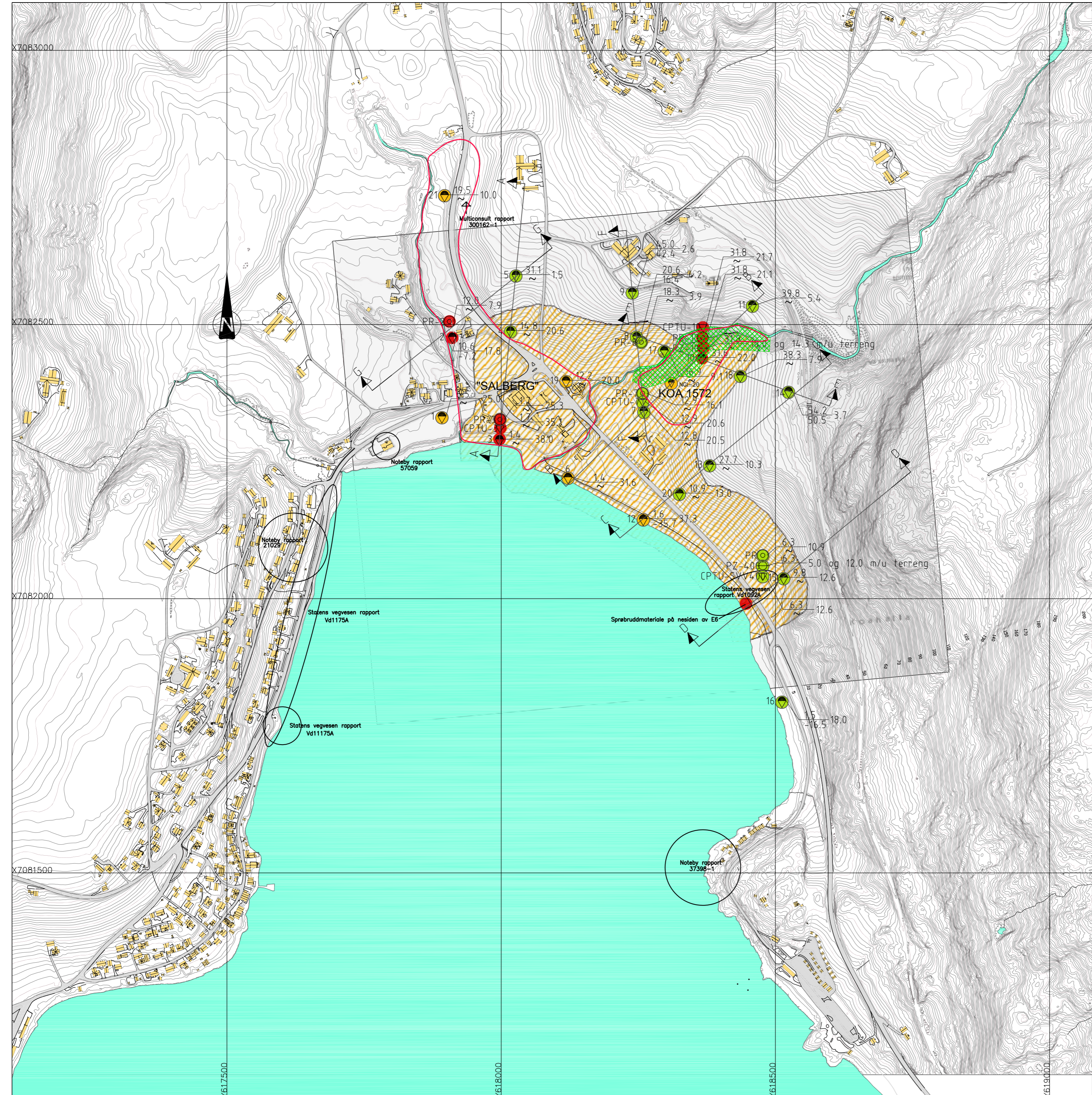
KARTGRUNNLAG: SOSI filer fra NVE
 HØYDEREFERANSE: NGO (NN 1954)
 KOORDINATSYSTEM: EUREF 89 SONE 32V

TIDLIGERE GRUNNUNDERSØKELSER (Statens Vegvesen/ Multiconsult/NGI):

- * VD-1092 A- E6 Fleskhus -Rambergsmyra, Koa (1999).
- * VD-1175A -Fv 221 Hylla -Grunnundersøkelser for fylling ut mot sjøen (1999)
- * VD-11175A - Fv221 Hylla -Utgiliding av fylling for lokalveg (2000)
- * Multiconsult rapport 300162-1: Lensmyra industriområde 2, Røra (2000)
- * Noteby rapport 57059-1: Røra avløpsrensaneanlegg (1995)
- * Noteby rapport 37398-1: Koa Camping/Røra Småbåthavn ? Småbåthavn KoaBjerga, stabilitet Molo (1994)
- * Noteby rapport 21029: Tomtefelt Austlia (1980)
- * NGI rapport 860024-2: Kartlegging av områder med potensiell fare for kvikkleireskred. Kartblad Stiklestad (1993)

- * Dreietrykksonderinger 1-16 er boret av SW Nord-Trøndelag i november 2009.
- * Sonderingene er inkl. i rapport 20100685-00-3-R utført av NGI april 2011.
- * Supplerende grunnundersøkelser er sonderinger 17-21, samt prøver, poretrykksmålinger og CPTU.

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	NVE Kvikkleiresone, Koa Inderøy	Original format A2	Fag	Geoteknikk	
	Borplan	Målestokk 1:5000			
MULTICONSULT AS 7486 TRONDHEIM Tlf: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
		24.01.2012	JMP/Erís	ROS	OAA
		Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.	
		413698	RIG-TEG-001	-	



- TEGNFORKLARING BORINGER:
- SPRØBRUDDSMATERIALE
 - MULIG SPRØBRUDDSMATERIALE
 - IKKE PÅVIST SPRØBRUDDSMATERIALE

- TEGNFORKLARING
- FORESLÅTT NY AVGRENSNING KVIKKLEIRESONER
 - GAMEL KVIKKLEIRESONE 1572 KOA
 - STABILITETSSIKRENDE TILTAK

- DREIESONDERING
- ENKEL SONDERING
- ▼ RAMSONDERING
- ⊕ TOTALSONDERING
- ★ FJELLKONTROLLBORING
- ⊙ KJERNEBORING
- ⬇ DREIETRYKKSONDERING
- ⊠ SKRUPLATEFORSØK
- ⊗ PRØVEGRØP
- ▽ TRYKKSONDERING
- ⊖ PORETRYKSMÅLING
- ⊕ FJELL I DAGEN
- ⊕ TERRENGKOTE/SJØBUNNKOTE
ANTATT FJELLKOTE
- ⊕ BØRET DYBDE «BØRET I FJELL»

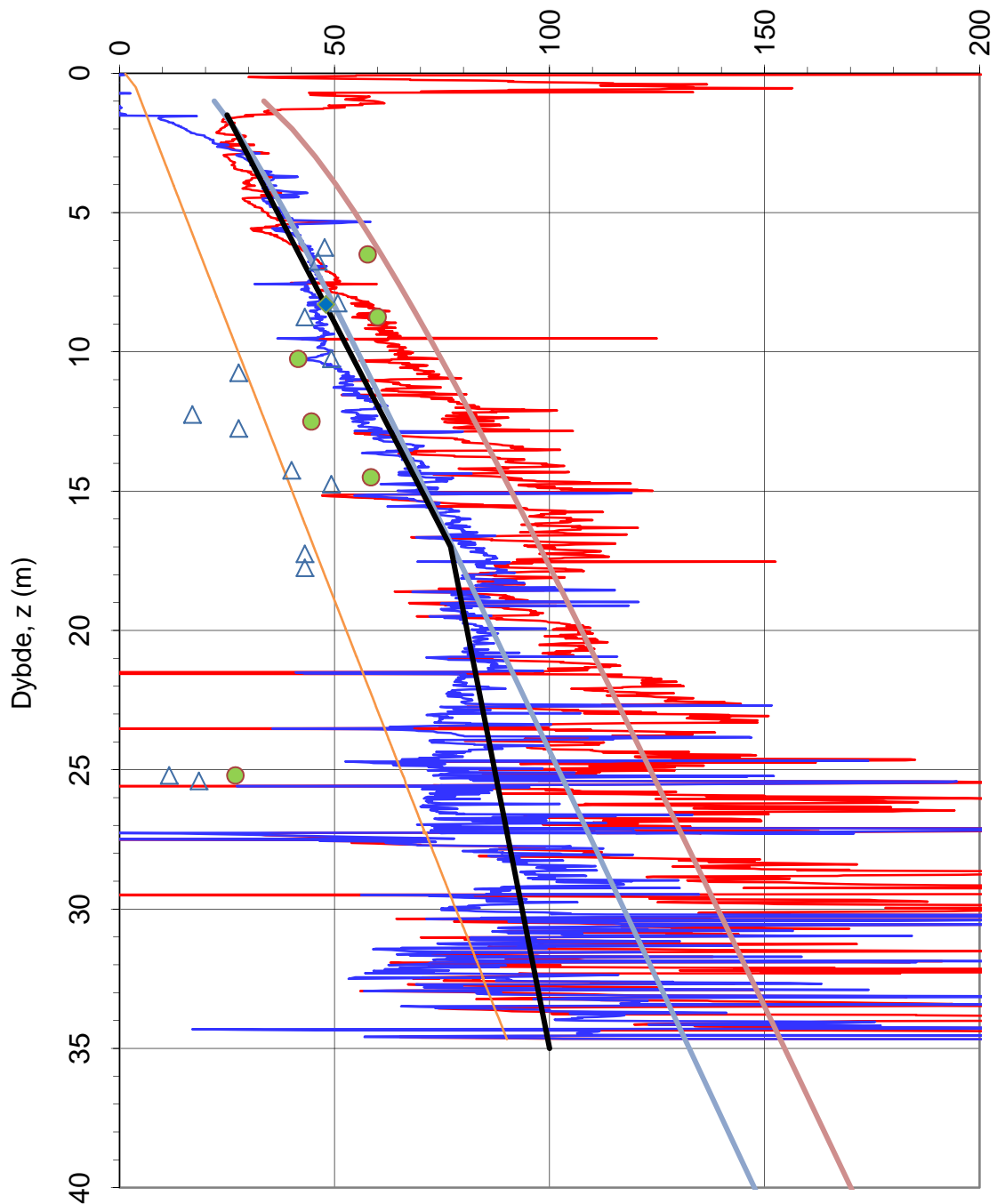
KARTGRUNNLAG: SOSI filer fra NVE
 HØYDEREFERANSE: NGO (NN 1954)
 KOORDINATSYSTEM: EUREF 89 SONE 32V

- TIDLIGERE GRUNNUNDERSØKELSER (Statens Vegvesen/ Multiconsult/NGI):
- * VD-1092 A – E6 Fleskhus – Rambergsmyra, Koa (1999).
 - * VD-1175A – Fv 221 Hylla – Grunnundersøkelser for fylling ut mot sjøen (1999)
 - * VD-11175A – Fv221 Hylla – Utgliding av fylling for lokalveg (2000)
 - * Multiconsult rapport 300162-1: Lensmyra industriområde 2, Røra (2000)
 - * Noteby rapport 57059-1: Røra avløpsrensaneanlegg (1995)
 - * Noteby rapport 37398-1: Koa Camping/Røra Småbåthavn ? Småbåthavn KoaBjørga, stabilitet Molo (1994)
 - * Noteby rapport 21029: Tomtefelt Austlia (1980)
 - * NGI rapport 860024-2: Kartlegging av områder med potensiell fare for kvikkleireskred. Kartblad Stiklestad (1993)

- * Dreietrykksonderinger 1-16 er boret av SW Nord-Trøndelag i november 2009.
- * Sonderingene er inkl. i rapport 20100685-00-3-R utført av NGI april 2011.
- * Supplerende grunnundersøkelser er sonderinger 17-21, samt prøver, poretrykksmålinger og CPTU.

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	NVE Kvikkleiresone, Koa Inderøy	Original format A2	Fag	Geoteknikk	
	Avgrensning kvikkleiresone Tiltaksområde markert	Målestokk 1:5000			
MULTICONSULT AS		Dato 22.06.2012	Konstr./Tegnet CRH	Kontrollert JSG	Godkjent OAA
7486 TRONDHEIM Tlf: 73 10 62 00 – Fax: 73 10 62 30/70		Oppdragsnr. 413698	Tegningsnr. RIG-TEG-002	Rev. 00	

Udrenert skjærfasthet, s_{uA} (kN/m²)



- suA, $N_{kt} = f(B_q)$
- suA, SHANSEP, $D_{s1}' = 130 \text{ kPa}$
- suA, NC, $a(p_o' + a)$
- sue, enaks
- suA, designlinje
- suA, $N_{du} = f(B_q)$
- suA, SHANSEP, $D_{s2}' = 250 \text{ kPa}$
- △ suk, konus
- ◆ sutc, treaks

N_{kt} : (18,7-12,5 B_q)

α_c valgt: 0.25

N_{du} : (1,8+7,25 B_q)

Oppdragsgiver:

NVE

Oppdrag:

KOA

Tegningens filnavn:

Tolkning CPTU-3

Aktiv udrenert skjærfasthet s_{uA} , verdier fra SHANSEP-analyse.

CPTU id.:

3

Sonde:

4320 (NGI)



MULTICONSULT AS

Dato:

02.07.2012

Oppdrag nr.:

413698

Tegnet:

CRH

Tegning nr.:

40.1

Kontrollert:

JSG

Versjon:

04.01.2012

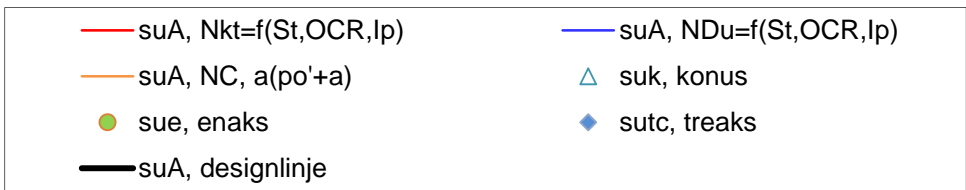
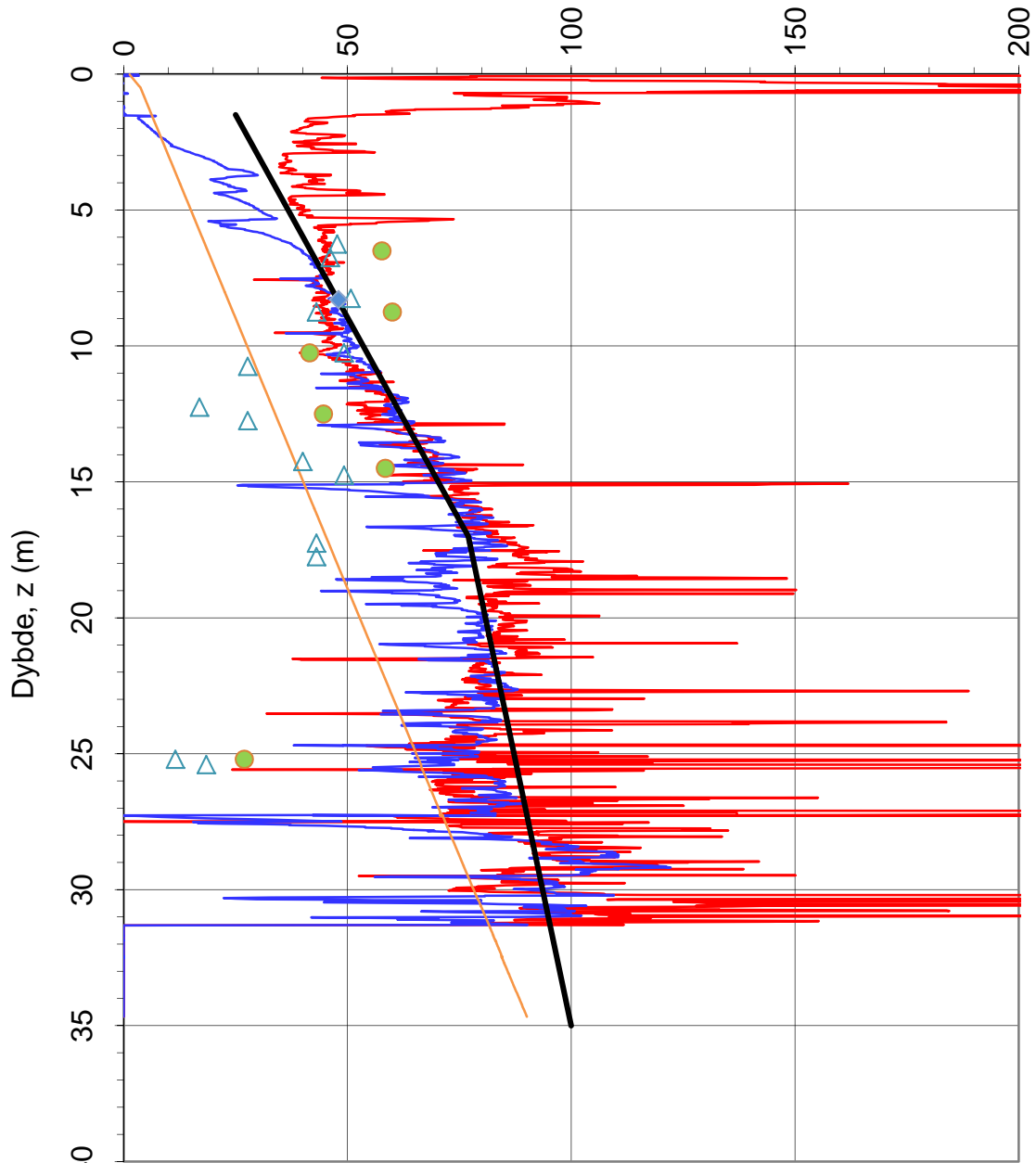
Godkjent:

OAA

Revisjon:

A

Udrenert skjærfasthet, s_{uA} (kN/m²)



Sensitivitetsvalg:

St > 15

α_c valgt:

0.25

$$Nkt = (8.5 + 2.5 \log OCR + 0Ip)$$

$$Ndu = (9.8 - 4.5 \log OCR + 0Ip)$$

Oppdragsgiver:

NVE

Oppdrag:

KOA

Tegningens filnavn:

Tolkning CPTU-3

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

CPTU id.:

3

Sonde:

4320 (NGI)



Dato:

19.10.2012

Tegnet:

CRH

Kontrollert:

ROS

Godkjent:

OAA

MULTICONSULT AS

Oppdrag nr.:

413698

Tegning nr.:

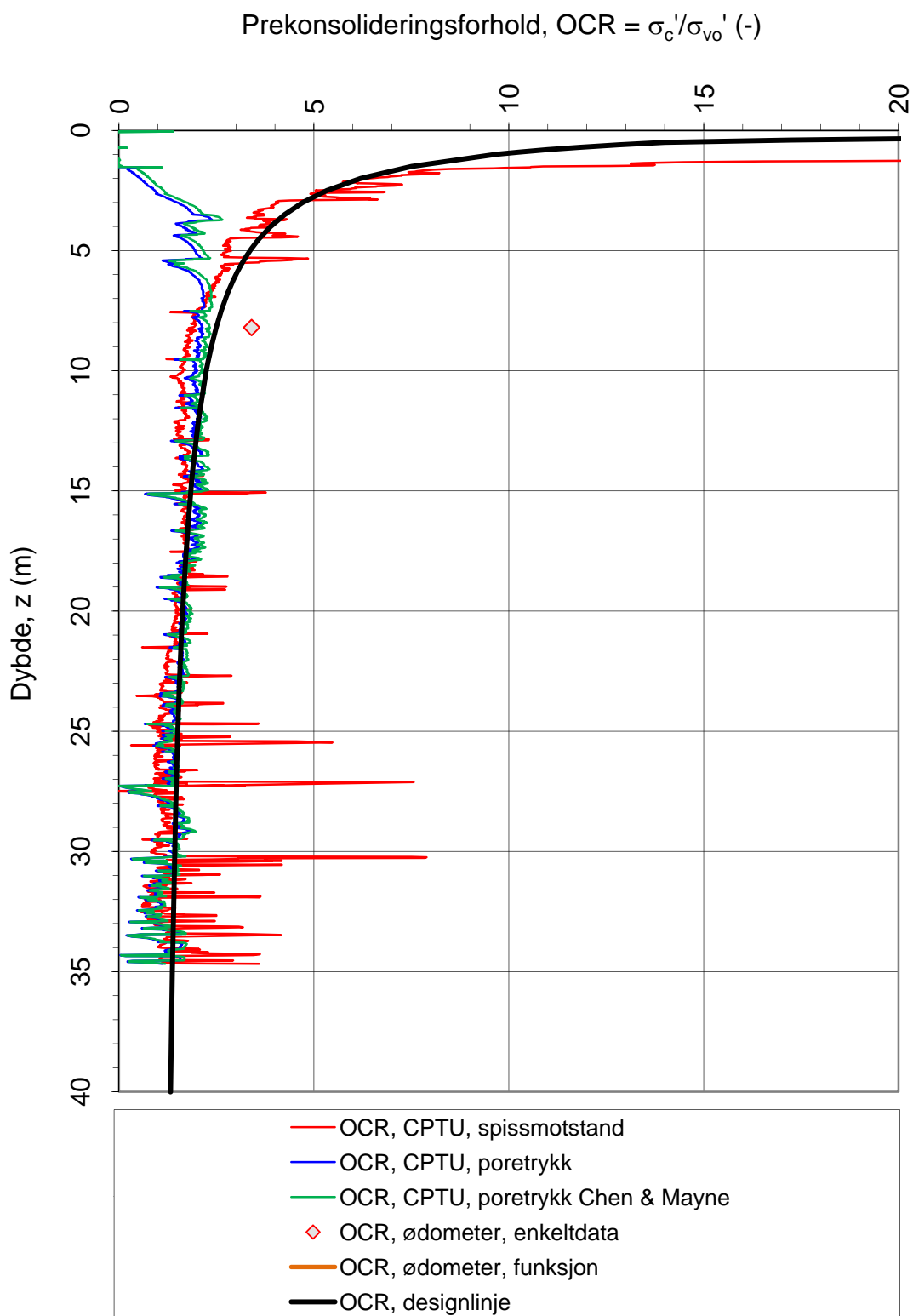
40.2

Versjon:

04.01.2012

Revisjon:

A



Oppdragsgiver:

NVE

Oppdrag:

KOA

Tegningens filnavn:

Tolkning CPTU-3

Overkonsolideringsforhold, $OCR = \sigma'_c / \sigma'_{vo}$.

CPTU id.:

3

Sonde:

4320 (NGI)

MULTICONSULT

MULTICONSULT AS

Dato:

27.01.2012

Tegnet:

EriS

Kontrollert:

ROS

Godkjent:

OAA

Oppdrag nr.:

413698

Tegning nr.:

40.3

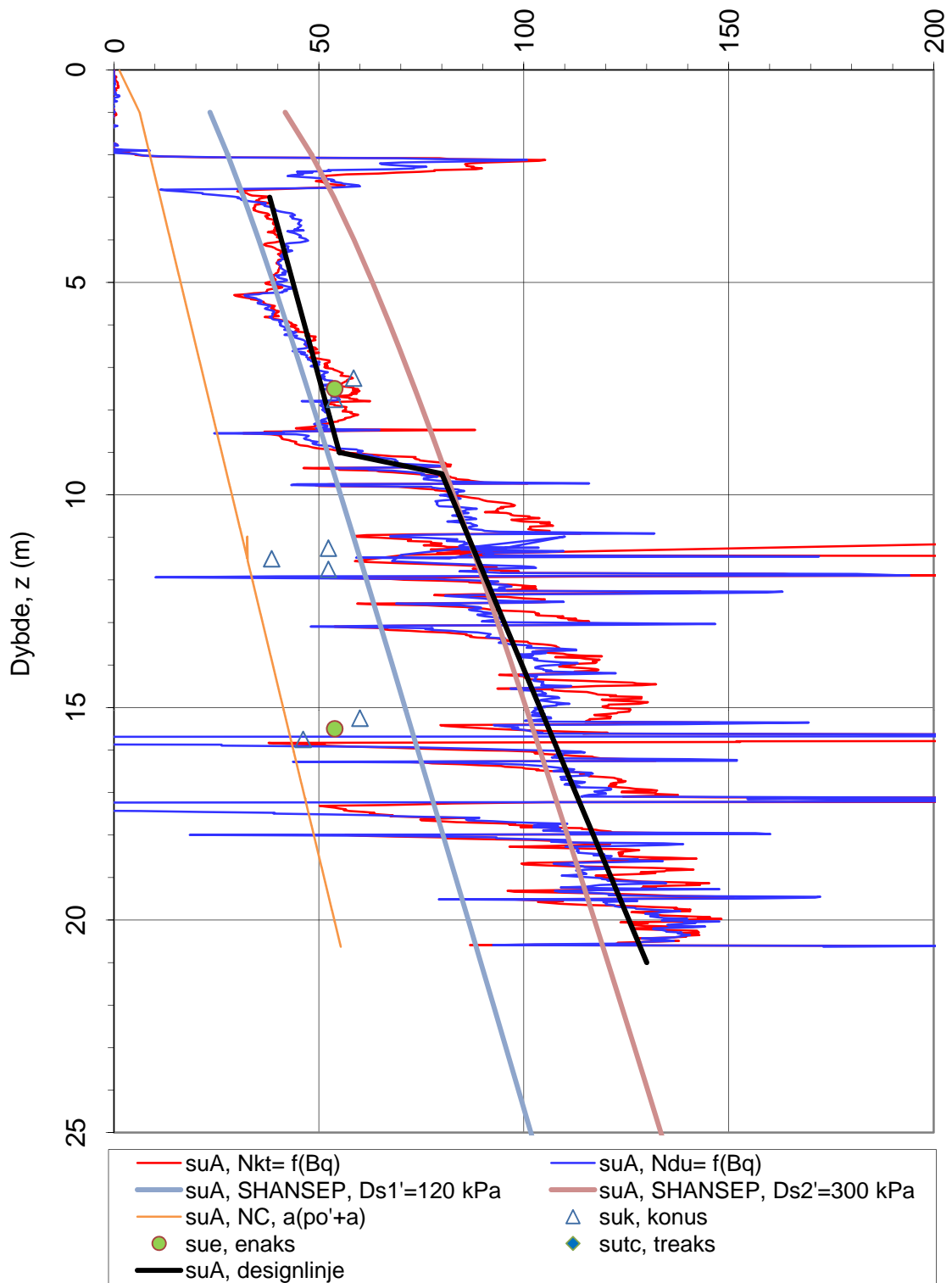
Versjon:

04.01.2012

Revisjon:

0

Udrenert skjærfasthet, s_{uA} (kN/m²)



N_{kt} : (18,7-12,5 B_q)
 N_{Du} : (1,8+7,25 B_q)

α_c valgt: 0.25

Oppdragsgiver:

NVE

Oppdrag:

KOA

Tegningens filnavn:

Tolkning CPTU-7

Aktiv udrenert skjærfasthet s_{uA} , verdier fra SHANSEP-analyse.

CPTU id.:

7

Sonde:

4320 (NGI)



MULTICONSULT AS

Dato:
27.01.2012

Oppdrag nr.:
413698

Tegnet:
EriS

Tegning nr.:
41.1

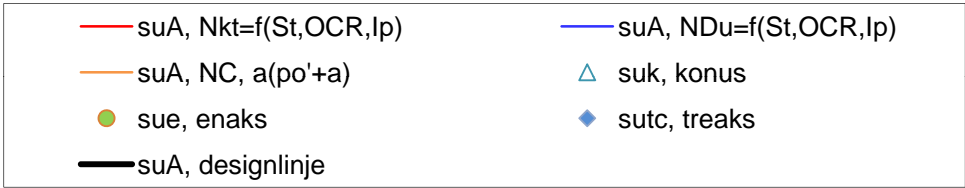
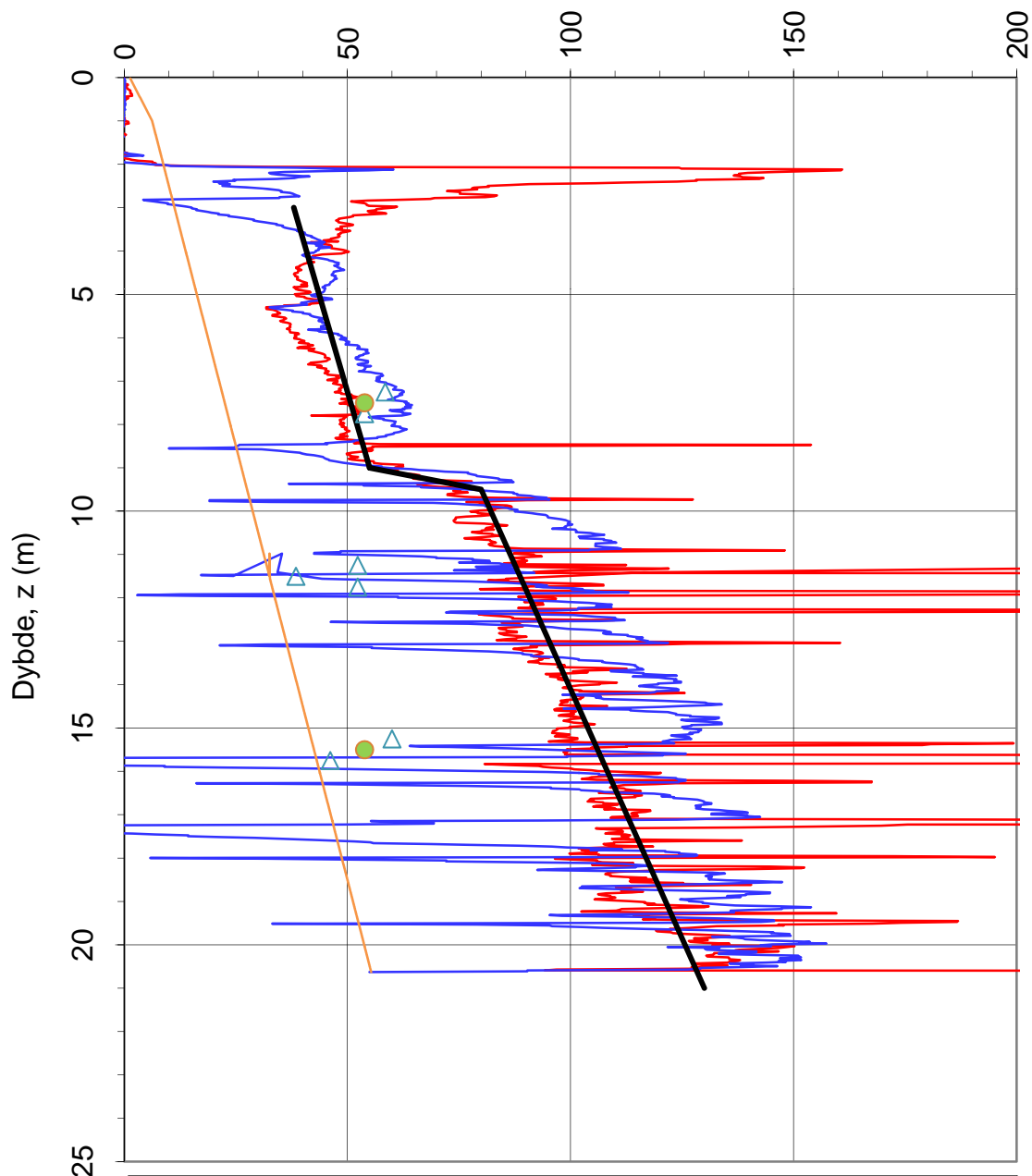
Kontrollert:
ROS

Versjon:
04.01.2012

Godkjent:
OAA

Revisjon:
0

Udrenert skjærfasthet, s_{uA} (kN/m²)



Sensitivitetsvalg:

St < 15

α_c valgt:

0.25

$$N_{kt} = (7.8 + 2.5 \log OCR + 0.082 I_p)$$

$$N_{Du} = (6.9 - 4 \log OCR + 0.07 I_p)$$

$$N_{ke} = (11.5 - 9.05 B_q)$$

Oppdragsgiver:

NVE

Oppdrag:

KOA

Tegningens filnavn:

Tolkning CPTU-7

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

CPTU id.:

7

Sonde:

4320 (NGI)



MULTICONSULT AS

Dato:

27.01.2012

Tegnet:

EriS

Kontrollert:

ROS

Godkjent:

OAA

Oppdrag nr.:

413698

Tegning nr.:

41.2

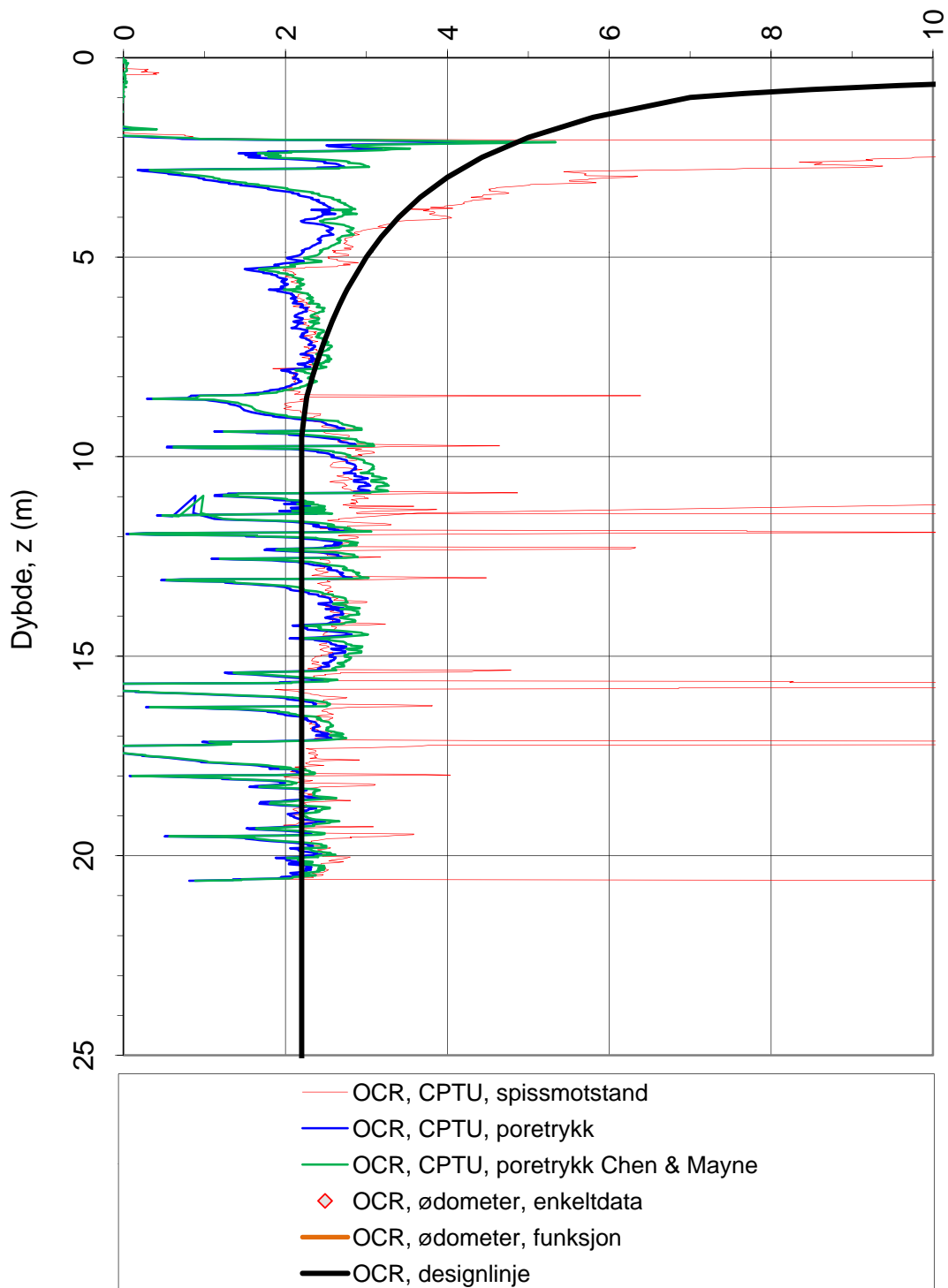
Versjon:

04.01.2012

Revisjon:

0

Prekonsolideringsforhold, $OCR = \sigma_c' / \sigma_{vo}' (-)$



Oppdragsgiver:

NVE

Oppdrag:

KOA

Tegningens filnavn:

Tolkning CPTU-7

Overkonsolideringsforhold, $OCR = \sigma_c' / \sigma_{vo}'$.

CPTU id.:

7

Sonde:

4320 (NGI)

MULTICONSULT

MULTICONSULT AS

Dato:

27.01.2012

Tegnet:

EriS

Kontrollert:

ROS

Godkjent:

OAA

Oppdrag nr.:

413698

Tegning nr.:

41.3

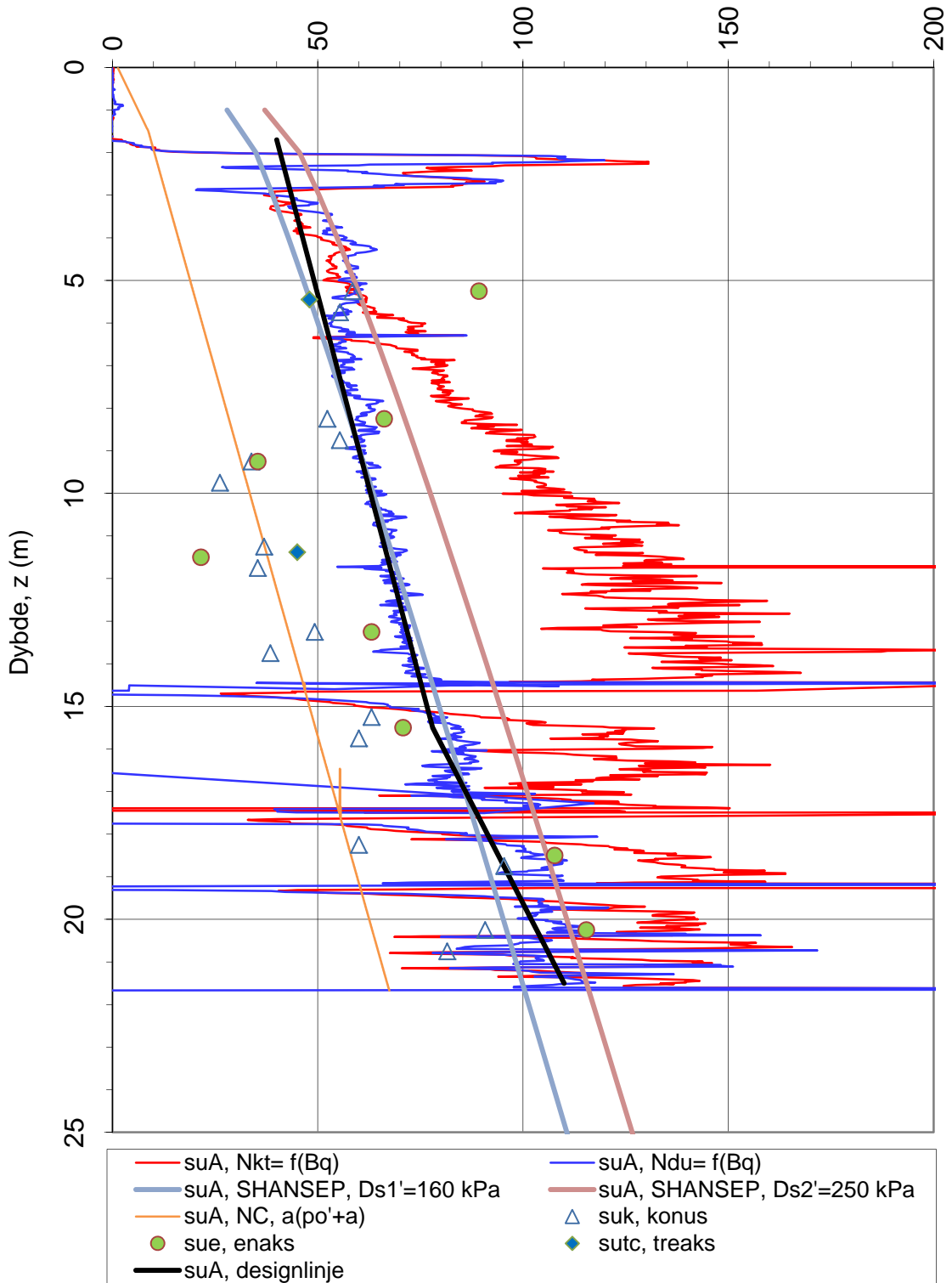
Versjon:

04.01.2012

Revisjon:


0

Udrenert skjærfasthet, s_{uA} (kN/m²)

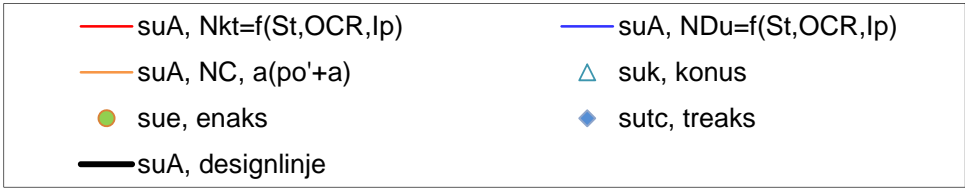
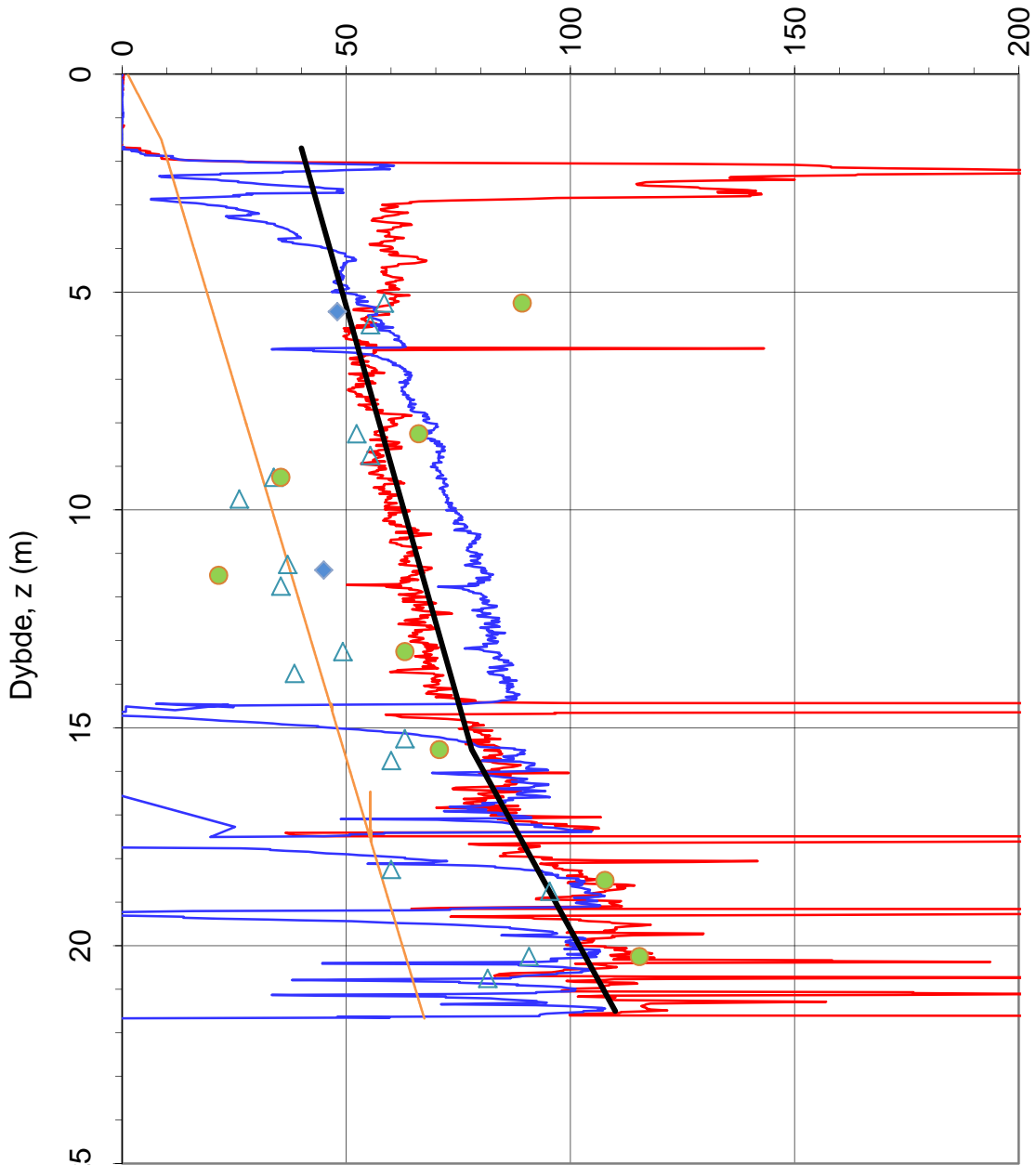


N_{kt} : (18,7-12,5 B_q)
 N_{Du} : (1,8+7,25 B_q)

α_c valgt: 0.25

Oppdragsgiver: NVE		Oppdrag: KOA		Tegningens filnavn: Tolkning CPTU-10	
Aktiv udrenert skjærfasthet s_{uA} , verdier fra SHANSEP-analyse.					
CPTU id.:	10	Sonde:	4320 (NGI)		
MULTICONSULT AS	Dato: 27.01.2012	Tegnet: CRH	Kontrollert: JSG		
	Oppdrag nr.: 413698	Tegning nr.: 42.1	Versjon: 04.01.2012	Revisjon: A	

Udrenert skjærfasthet, s_{uA} (kN/m²)



Sensitivitetsvalg:

St > 15

α_c valgt:

0.25

$$N_{kt} = (8.5 + 2.5 \log OCR + 0 I_p)$$

$$N_{Du} = (9.8 - 4.5 \log OCR + 0 I_p)$$

Oppdragsgiver:

NVE

Oppdrag:

KOA

Tegningens filnavn:

Tolkning CPTU-10

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

CPTU id.:

10

Sonde:

4320 (NGI)



Dato:

19.10.2012

Tegnet:

CRH

Kontrollert:

JSG

Godkjent:

OAA

MULTICONSULT AS

Oppdrag nr.:

413698

Tegning nr.:

42.2

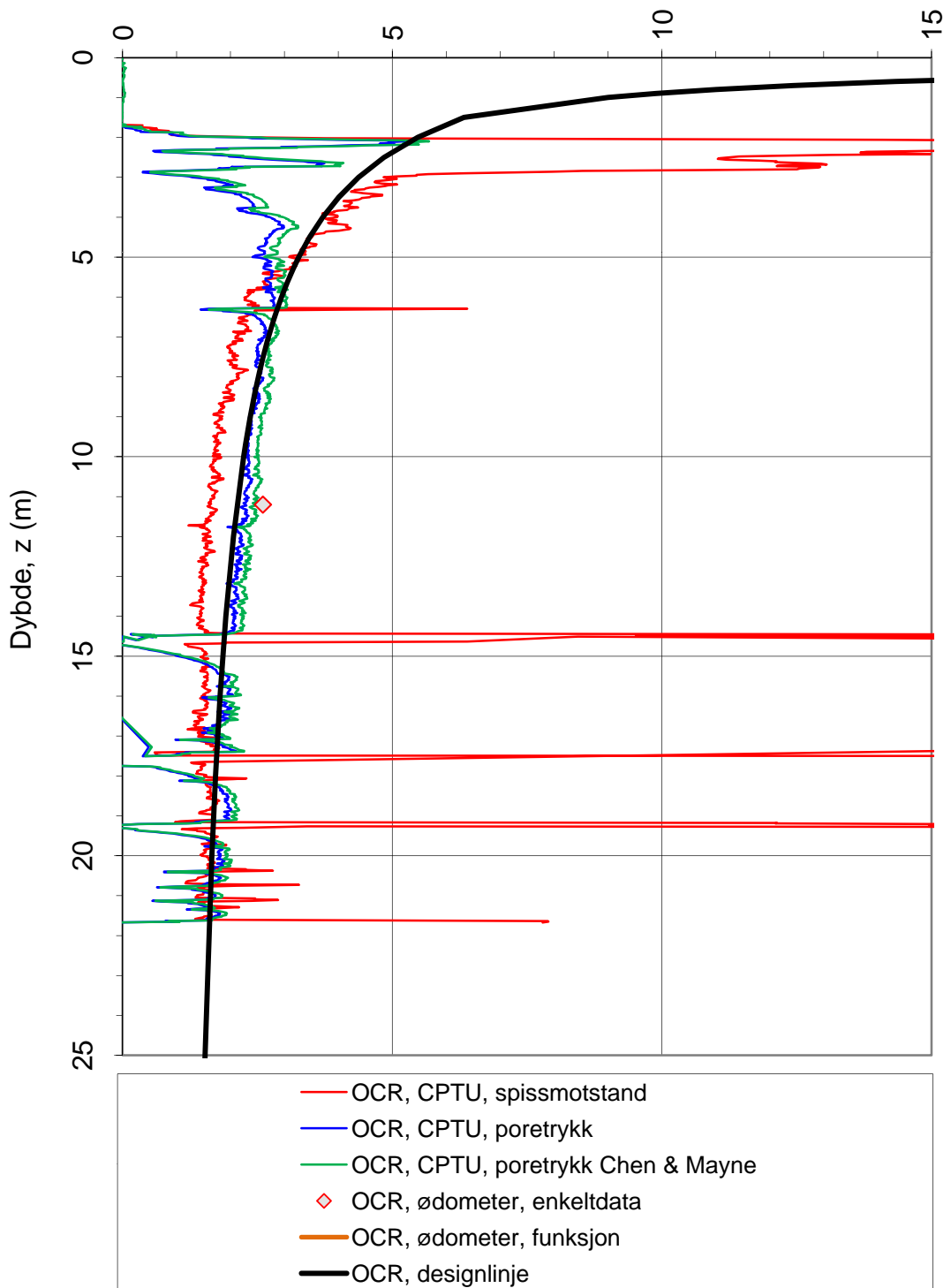
Versjon:

04.01.2012

Revisjon:

A

Prekonsolideringsforhold, $OCR = \sigma'_c / \sigma'_{vo}$ (-)



Oppdragsgiver:

NVE

Oppdrag:

KOA

Tegningens filnavn:

Tolkning CPTU-10

Overkonsolideringsforhold, $OCR = \sigma'_c / \sigma'_{vo}$.

CPTU id.:

10

Sonde:

4320 (NGI)

MULTICONSULT

MULTICONSULT AS

Dato:

27.01.2012

Tegnet:

EriS

Kontrollert:

ROS

Godkjent:

OAA

Oppdrag nr.:

413698

Tegning nr.:

42.3

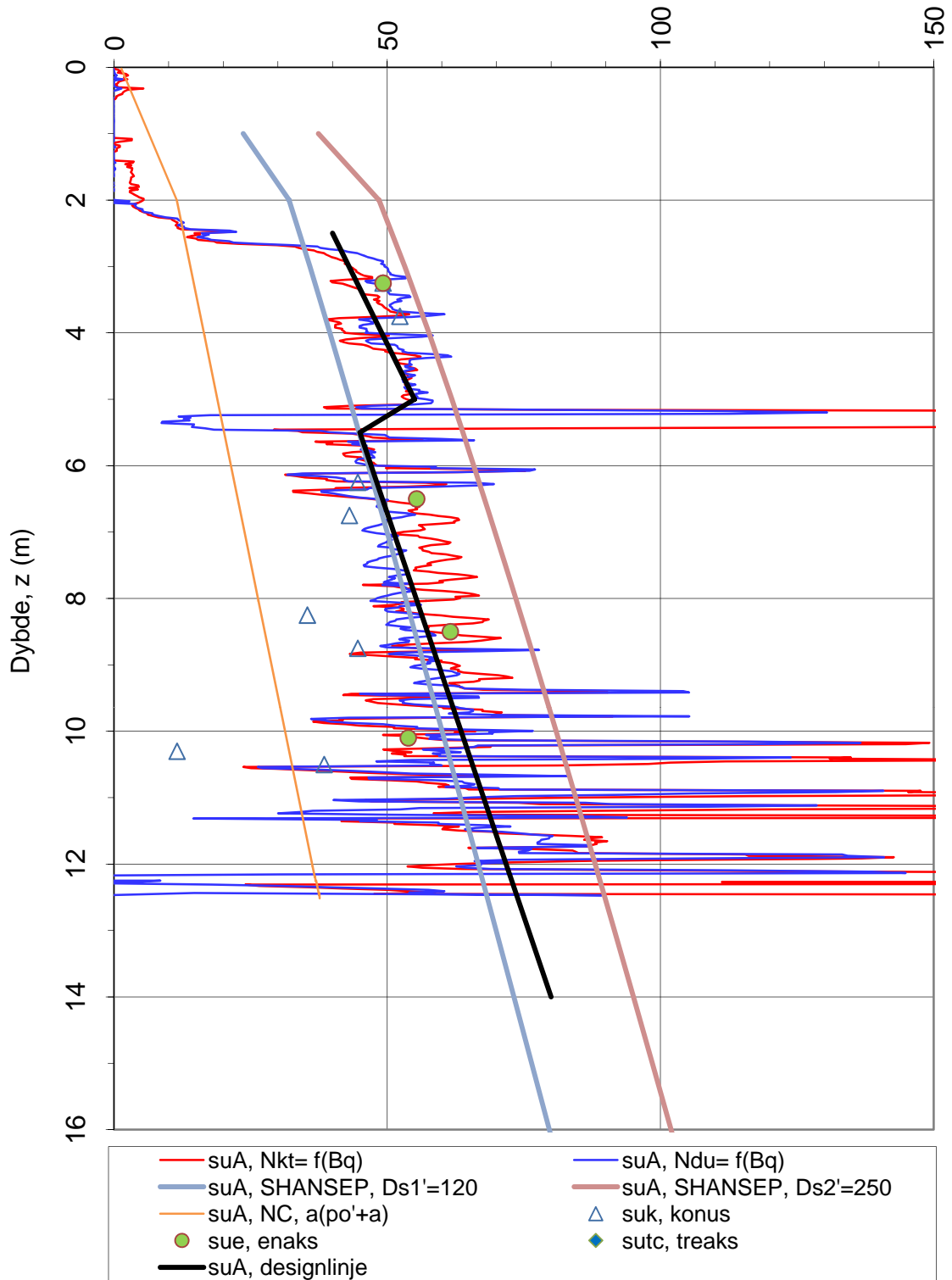
Versjon:

04.01.2012

Revisjon:

0

Udrenert skjærfasthet, s_{uA} (kN/m²)



N_{kt} : (18,7-12,5 B_q)

N_{du} : (1,8+7,25 B_q)

α_c valgt: 0.25

Oppdragsgiver:

NVE

Oppdrag:

KOA

Tegningens filnavn:

Tolkning CPTU-SVV400

Aktiv udrenert skjærfasthet s_{uA} , verdier fra SHANSEP-analyse.

CPTU id.:

SVV400

Sonde:

4320 (NGI)



MULTICONSULT AS

Dato:

27.01.2012

Oppdrag nr.:

413698

Tegnet:

EriS

Tegning nr.:

43.1

Kontrollert:

ROS

Versjon:

04.01.2012

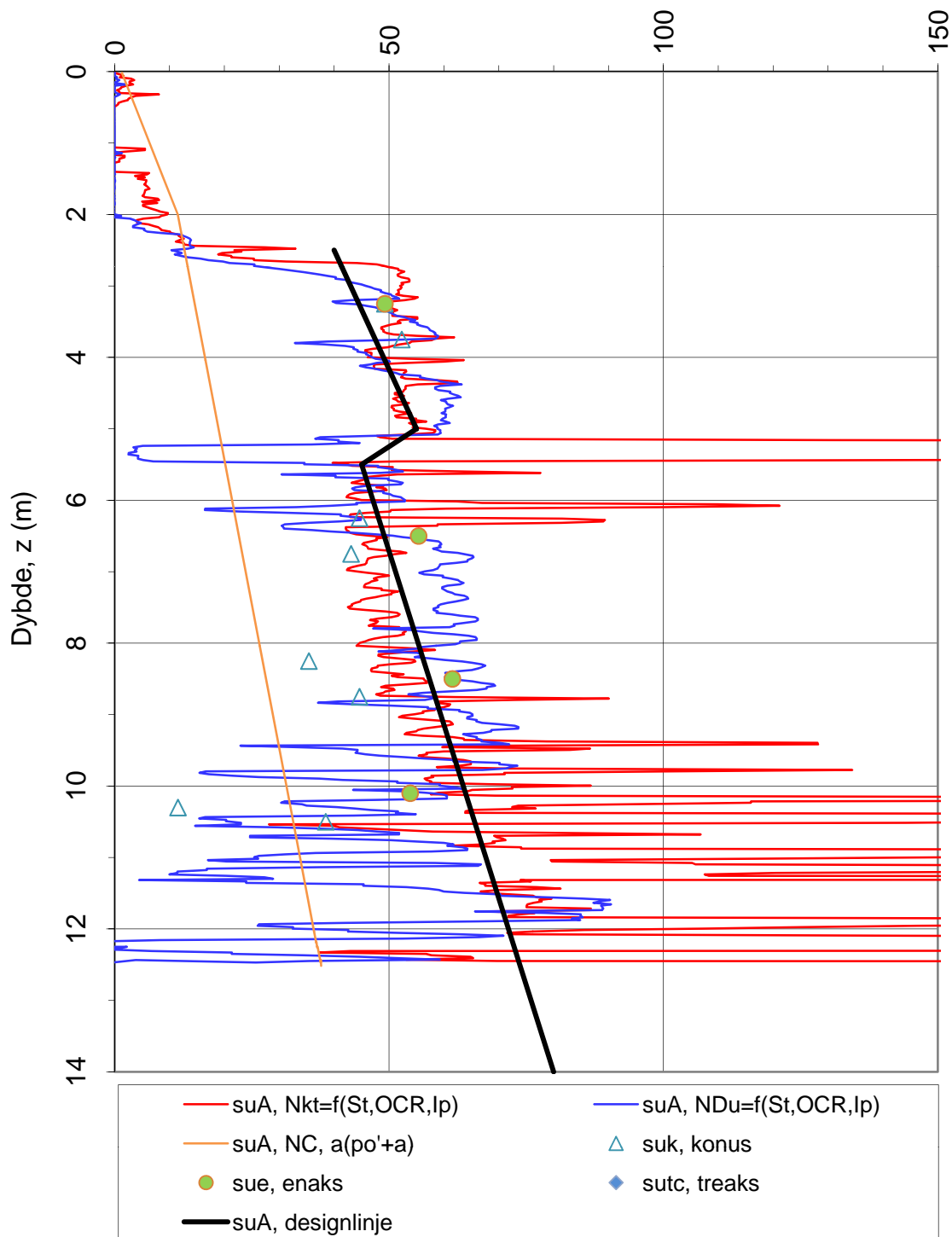
Godkjent:

OAA

Revisjon:

0

Udrenert skjærfasthet, s_{uA} (kN/m²)



Sensitivitetsvalg:

St < 15

α_c valgt:

0.25

$$N_{kt} = (7.8 + 2.5 \log OCR + 0.082 I_p)$$

$$N_{Du} = (6.9 - 4 \log OCR + 0.07 I_p)$$

$$N_{ke} = (11.5 - 9.05 B_q)$$

Oppdragsgiver:

NVE

Oppdrag:

KOA

Tegningens filnavn:

Tolkning CPTU-SVV400

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

CPTU id.:

SVV400

Sonde:

4320 (NGI)



MULTICONSULT AS

Dato:

27.01.2012

Tegnet:

EriS

Kontrollert:

ROS

Godkjent:

OAA

Oppdrag nr.:

413698

Tegning nr.:

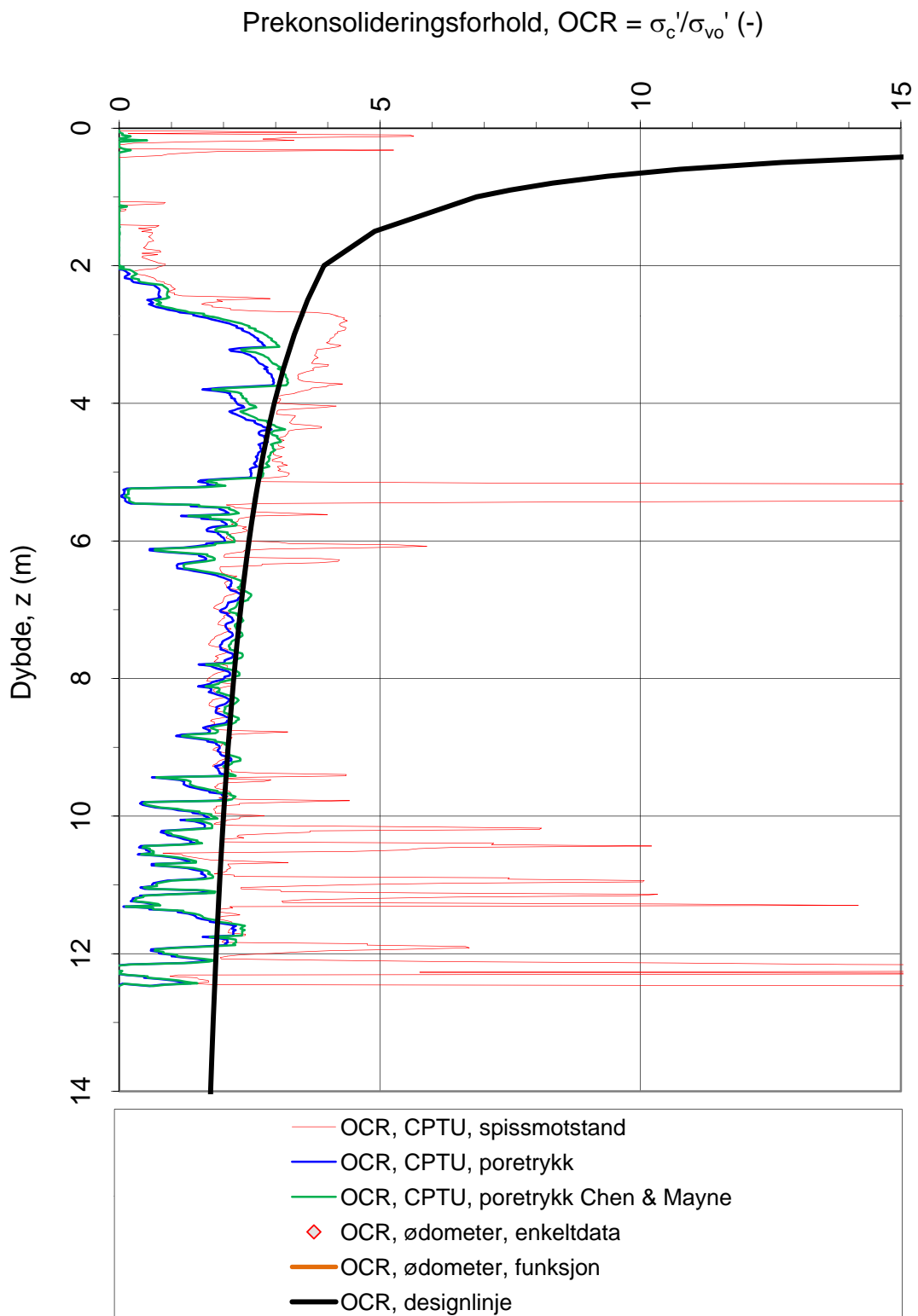
43.2


Versjon:

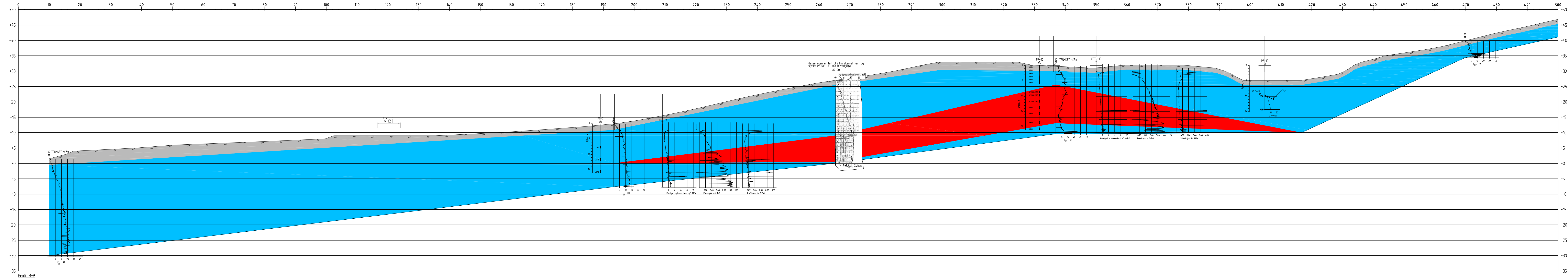
04.01.2012

Revisjon:

0



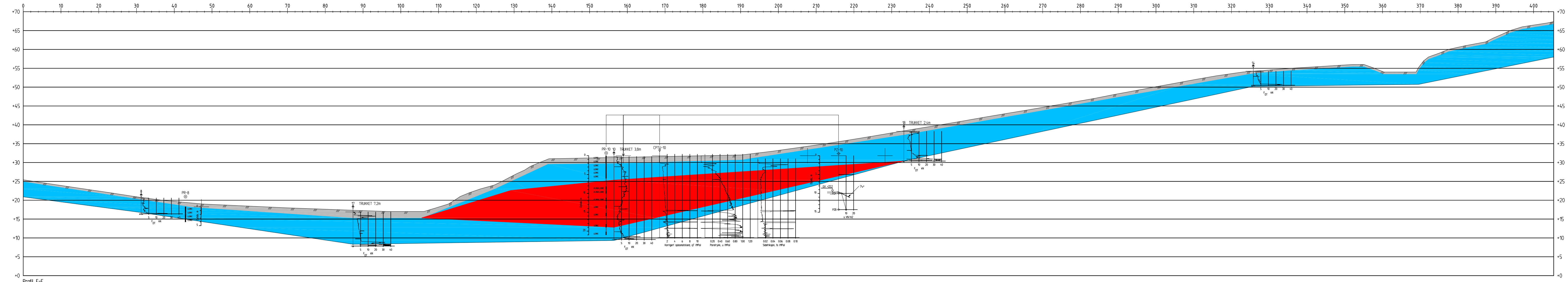
Oppdragsgiver: NVE		Oppdrag: KOA		Tegningens filnavn: Tolkning CPTU-SVV400	
Overkonsolideringsforhold, $OCR = \sigma'_c / \sigma'_{vo}$.					
CPTU id.:	SVV400	Sonde:	4320 (NGI)		
MULTICONSULT AS	Dato: 27.01.2012	Tegnet: EriS	Kontrollert: ROS	Godkjent: OAA	
	Oppdrag nr.: 413698	Tegning nr.: 43.3	Versjon: 04.01.2012	Revisjon: 0	



Profil B-B

- Tegnforklaring:
- Sprøbruddsmateriale
 - Tørrskorpeleire
 - Leire

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn. fag	Kontr. fag	Godkj.
	NVE Kvikkleiresone, Koa Inderøy	Original format A3-forlenget	Geoteknikk		
	Profil B-B Tolket lagdeling	Tegningens filnavn RIG-TEG-120-Tolket lagdeling profil B-B	Underlagets filnavn 32_1729Hoydekurver-reduisert.dwg		
		Målestokk 1: 500			
MULTICONSULT AS		Dato 24.01.2012	Konstr./Tegnet EriS	Kontrollert ROS	Godkjent OAA
7486 TRONDHEIM Tlf: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Oppdragsnr. 413698	Tegningsnr. RIG-TEG-120	Rev. -	

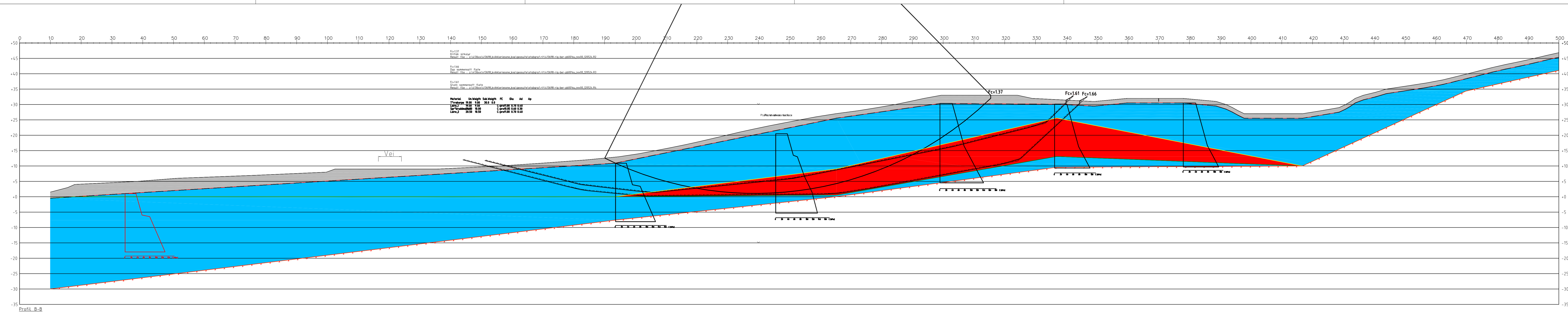


Profil E-E

Tegnforklaring

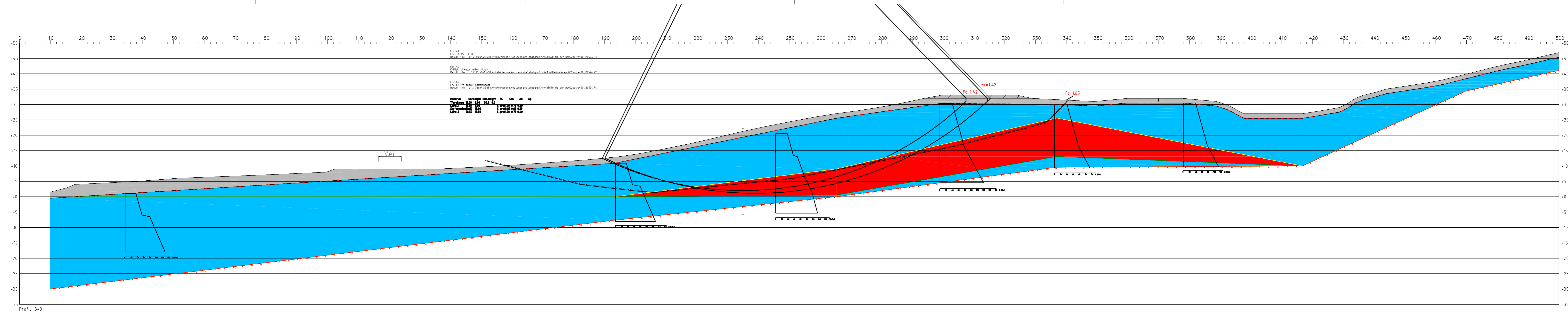
- Sprøbrudsmateriale
- Tørrskorpeleire
- Leire

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	NVE Kvikkleiresone, Koa Inderøy	Original format A3-forlenget	Fag	Geoteknikk	
	Profil E-E Tolket lagdeling	Målestokk 1:500			
MULTICONSULT AS		Dato 25.01.2012	Konstr./Tegnet Eris	Kontrollert ROS	Godkjent OAA
7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Oppdragsnr. 413698	Tegningsnr. RIG-TEG-121	Rev.	-



- Tegnforklaring:
- Sprøbruddsmateriale
 - Tørrskorpeleire
 - Leire

<p>Rev. Beskrivelse</p> <p>NVE Kvikkleiresone, Koa Inderøy</p> <p>Profil B-B ADP-Analyse Eksisterende terreng</p>	<p>Dato Original format A3-forlenget</p> <p>Tegn. Kontr. Godkj. F.o.g. Geoteknikk</p> <p>Tegningens filnavn 413698-RIG-TEG-300_REV00_120621_ADP_PB.dwg</p> <p>Underlagets filnavn 413698-RIG-BER-PB001SU_REV00_120524.dwg</p> <p>Målestokk 1:500</p>
<p>MULTICONSULT AS 7486 TRONDHEIM Tlf: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70</p>	<p>Dato Oppdragsnr. 21.06.2012 413698</p> <p>Konstr./Tegnet CRH RIG-TEG-300</p> <p>Kontrollert JSG</p> <p>Godkjent OAA</p> <p>Rev. 00</p>



Fc1.42
Fct1.37 F* Tiltak
Resultat File: z:\1478\k\13698_kvikkleiresone_koa\geosult\stab\graf\rit\1478\rig-ber-pb002\zu_rev00_120524_R3

Fc1.42
Kritisk sirkular etter tiltak
Resultat File: z:\1478\k\13698_kvikkleiresone_koa\geosult\stab\graf\rit\1478\rig-ber-pb002\zu_rev00_120524_R2

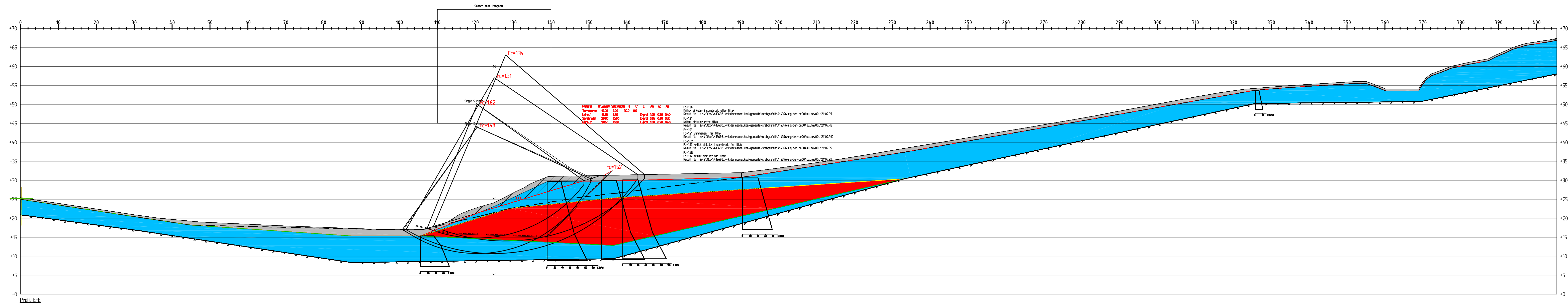
Fc1.65
F* Tiltak sammensatt
Resultat File: z:\1478\k\13698_kvikkleiresone_koa\geosult\stab\graf\rit\1478\rig-ber-pb002\zu_rev00_120524_R4

Material	Uk-Midgh	Sub-Midgh	FC	Qs	Ad	Ap
Leire_1	19.50	9.50	C-pre1.00	0.70	0.04	
Sprøbruddmateriale	19.50		C-pre0.85	0.60	0.30	
Leire_2	28.50	18.50	C-pre1.00	0.70	0.04	


Profil B-B

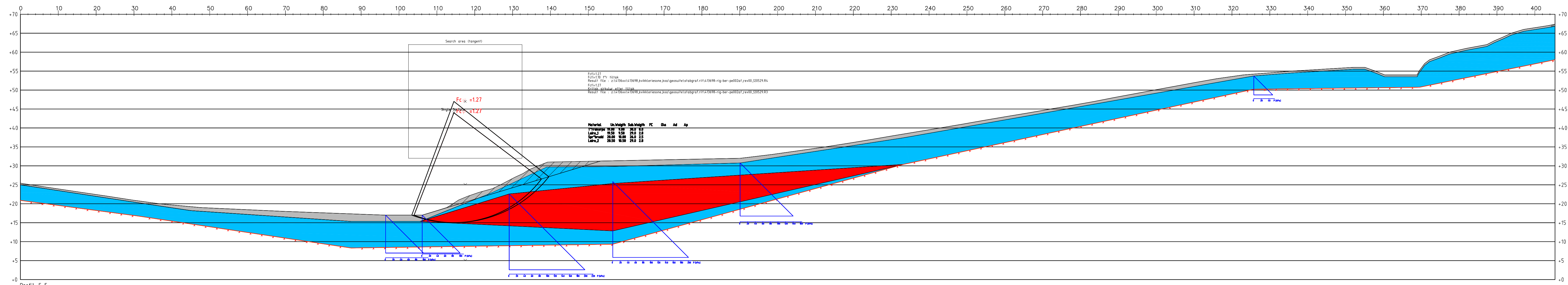
- Tegnforklaring:
- Sprøbruddsmateriale
 - Tørrskorpeleire
 - Leire
 - Nedplanering

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn. F.o.g.	Kontr. Godkj.
	NVE Kvikkleiresone, Koa Inderøy	Original format A3-forlenget	Geoteknikk	
	Profil B-B ADP-Analyse, Tiltak nedplanering til kt +32,0	Tegningens filnavn 413698-RIG-TEG-301_REV00_120621_ADP_PB_Tiltak.dwg	Underlagets filnavn 413698-RIG-BER-PB002SU_REV00_120621.dwg	
		Målestokk 1:500		
MULTICONSULT AS		Dato 21.06.2012	Konstr./Tegnet CRH	Kontr./Tegnet JSG
7486 TRONDHEIM Tlf: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Oppdragsnr. 413698	Tegningsnr. RIG-TEG-301	Godkjent OAA
				Rev. 00




- Tegnforklaring:**
- Sprøbrudsmateriale
 - Tørrskorpeleire
 - Leire
 - Nedplanering

A		Tiltak og skjærfasthet endret etter uavhengig kontroll		15.11.2012	CRH	JSG	OAA
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.	Godkj.	Godkj.
	NVE Kvikkleiresone, Koa Inderøy	Original format A3-forlenget	Fag		Geoteknikk		
	Profil E-E ADP-analyse terrengtiltak Nedplanering skråning 1:3.3	Målestokk	1:500				
MULTICONSULT AS		Dato	20.06.2012	Konstr./Tegnet	CRH	Kontrollert	JSG
7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Oppdragsnr.	413698	Tegningsnr.	RIG-TEG-321	Godkjent	OAA
		Rev.					A



Tegnforklaring:

- Sprøbruddsmateriale
- Tørrskorpeleire
- Leire
- Nedplanering

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn. Kontr.	Godkj.
	NVE Kvikkleiresone, Koa Inderøy	20.06.2012	CRH	OAA
Profil E-E a-phi-analyse terrengetiltak Nedplanering av skråning til 1:3,3		Målestokk		
MULTICONSULT AS 7486 TRONDHEIM Tlf: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Oppdragsnr.	Konstr./Tegnet	Godkjent
		413698	RIG-TEG-331	OAA
		Rev.	00	