


Fylke Sør-Trøndelag	Kommune Malvik	Sted Malvik	UTM 05828 70353 (Euref 89, sone 32)
Byggherre			
Oppdragsgiver NVE Region Midt-Norge			
Oppdrag formidlet av NVE Region Midt-Norge			
Oppdragsreferanse Oppdragsbekreftelse av 30.3.2012			
Antall sider 15	Tegn. nr. 201 - 214	Vedlegg nr. 1 - 8	Antall tillegg -

Prosjekt - tittel

NVE Region Midt-Norge Kvikkleiresone 329 Malvik og 330 Torp

Rapport - tittel

Kvikkleiresone 329 Malvik Stabilitetsvurdering

Oppdrag nr: 6120305	Rapport nr: 1	Rev: 01	Dato: 2013-08-23	Kontr: BKN 
Oppdragsleder: Marit Bratland Pedersen		Utarbeidet av: Marit Bratland Pedersen		
SAMMENDRAG Rambøll har i oppdrag for NVE Region Midt-Norge å utføre utredning av kvikkleiresone 329 Malvik. Utredningen utføres iht vedlegg 1 i NVE sin retningslinje 2/2011 «Flaum- og skredfare i arealplanar». <i>Dette er revisjon 01 av rapporten. Eneste endring i forhold til rapportens rev00 er revisjon av situasjonsplanen, tegning 202, hvor det er lagt til et symbol for poretrykksmåler.</i> Grunnundersøkelsene viser generelt at grunnen i området består av leire, noe overkonsolidert, over fjell. Ut fra grunnundersøkelsene er det målt mest lag av sprøbruddmateriale i sonens midtre del, med ca 15 m tykkelse. Fra midtre del av sonen og oppover kiler sprøbruddmaterialet ut. I sonens nedre del er det registrert et 3-5 m tykt bløtt lag av kvikkleire i boringer utført i sjøkanten (fra ca kt -2 til -5). Stabilitetsberegningene viser at stabiliteten for nedre del av kvikkleiresonen ikke tilfredsstillende NVE sine retningslinjer 2/2011. Sirkler som ikke oppnår tilfredsstillende stabilitet befinner seg ved strandlinja – i området ved jernbanen og ned mot/ut i sjøen. For sørligste del av strandlinja, området ved profil A og B, vil en motfylling kunne øke stabiliteten tilstrekkelig. Da Jernbaneverket planlegger en ny vei langs sjøsida av jernbanen for dette området, bør tiltakene sees i sammenheng. For nordligste del av strandlinja, ved profil D, bør sjøbunnen kartlegges nærmere med grunnundersøkelser og lodding av bunnen. Dette kan vise bedre grunnforhold enn antatt, og dermed tilfredsstillende stabilitet. Dersom dette ikke medfører god nok stabilitet, vil undersøkelsene danne grunnlag for prosjektering av stabiliserende tiltak. Stabiliserende tiltak kan da være motfylling eller kalksementstabilisering. For området ved profil C og E er stabiliteten iht kravene. Revidert utstrekning av kvikkleiresone Malvik er vist på tegning 202_rev01, og viser mindre utstrekning enn den opprinnelige sonen som NGI utarbeidet i 2005.				

INNHOOLD

1	INNLEDNING/ORIENTERING.....	- 4 -
1.1	Generelt.....	- 4 -
1.2	Soneavgrensning.....	- 4 -
2	VURDERINGER IHT. NVE 2/2011 – FORUTSETNINGER.....	- 5 -
2.1	Generelt.....	- 5 -
2.2	Grunnundersøkelser.....	- 5 -
2.3	Terreng/topografi og grunnforhold.....	- 6 -
2.4	Stabilitetsberegninger – generelt.....	- 7 -
2.5	Stabilitetsberegninger – beregningsprofiler.....	- 7 -
2.6	Stabilitetsberegninger – krav til sikkerhet (materialfaktor)	- 8 -
3	STABILITETSBEREKNINGER - MATERIALPARAMETRE.....	- 8 -
3.1	Tyngdetetthet	- 8 -
3.2	Udrenert skjærfasthet	- 8 -
3.3	Effektiv skjærfasthet.....	- 10 -
3.4	Anisotropi og tøyningsskompatibilitet	- 10 -
3.5	Poretrykksforhold	- 10 -
3.6	Terrenglast	- 11 -
4	STABILITETSBEREKNINGER – RESULTATER OG VURDERINGER	- 11 -
4.1	Resultater profil A.....	- 11 -
4.2	Resultater profil B.....	- 12 -
4.3	Resultater profil C.....	- 12 -
4.4	Resultater profil D	- 13 -
4.5	Profil E.....	- 13 -
5	OPPSUMMERING/KONKLUSJON	- 14 -

TEGNINGER

Tegn. nr.	Tittel	Målestokk
201	Oversiktskart	1:50 000
202_rev01	Situasjonsplan sone 329 Malvik	1:2000
203	Profil A - lagdeling	1:500
204	Profil B - lagdeling	1:500
205	Profil C - lagdeling	1:500
206	Profil D - lagdeling	1:500
207	Profil A - Totalspenningsanalyse (ADP) – Dagens situasjon	1:500
208	Profil A - Effektivspenningsanalyse – Dagens situasjon	1:500
209	Profil B - Totalspenningsanalyse (ADP) – Dagens situasjon	1:500
210	Profil B - Effektivspenningsanalyse – Dagens situasjon	1:500
211	Profil C - Totalspenningsanalyse (ADP) – Dagens situasjon	1:500
212	Profil C - Effektivspenningsanalyse – Dagens situasjon	1:500
213	Profil D - Totalspenningsanalyse (ADP) – Dagens situasjon	1:500
214	Profil D - Effektivspenningsanalyse – Dagens situasjon	1:500

VEDLEGG

- 1 Borprofil fra prøvetaking
- 2 Tolkning av trykksondering, CPTU
- 3 Input for tolkning av CPTU
- 4 Poretrykksmålinger
- 5 Tolkning av treaksialforsøk
- 6 Tolkning av ødometerforsøk
- 7 Vurdering av prøvekvalitet basert på utførte treaksialforsøk
- 8 ROS-analyse kvikkleiresone 329 Malvik

1 INNLEDNING/ORIENTERING

1.1 Generelt

Rambøll har i oppdrag for NVE Region Midt-Norge å utføre utredning av kvikkleiresone 329 Malvik og 330 Torp. Utredningene skal utføres iht vedlegg 1 i NVE sin retningslinje 2/2011 «Flaum- og skredfare i arealplanar» (ref./1./).

Kvikkleiresone 329 Malvik er tidligere klassifisert med middels faregrad og i risikoklasse 5.

Rapporten inneholder utredning av kvikkleiresone 329 Malvik. *Dette er revisjon 01 av rapporten. Eneste endring i forhold til rapportens rev00 er revisjon av situasjonsplanen, tegning 202, hvor det er lagt til et symbol for poretrykksmåler.*

1.2 Soneavgrensning

Kvikkleiresone Malvik er i NGI-rapport 840050-2 klassifisert med middels faregrad og i meget alvorlig skadekonsekvensklasse. Utstrekningen av sonen er basert på en enkel undersøkelse, og strekker seg over en distanse NV-SØ på ca 1 km og NØ-SV på ca 0,5 km. Øvre avgrensning av sonen ligger mellom kt 35-70, og sonen strekker seg helt ned til sjøkanten. Sonen er inntegnet på tegning 202_rev01.

På grunnlag av utførte grunnundersøkelser i 2010 og 2011, utført for en privat oppdragsgiver, utførte Rambøll en ny vurdering av utstrekning av sonen - med noe mindre utstrekning enn opprinnelig sone. Denne avgrensningen ble basert på utførte grunnundersøkelser, registrering av fjell i dagen, samt helning 1:15 fra tenkte initialskred i nedre del av sonen (ref. /5/).

I forbindelse med utredning av hele sonen, er det i 2012 utført supplerende undersøkelser innenfor den «nye» avgrensningen av sonen (Rambølls oppdrag 6120521). Ny soneavgrensning, hvor samtlige utførte boringer er hensyntatt, er fremstilt på tegning 202_rev01. Den nye avgrensningen er mindre enn opprinnelig sone, med vesentlig redusert utstrekning mot nordvest.

ROS-analyse for den nye sonen viser uendret faregrad og skadekonsekvensklasse, og foreligger som vedlegg 8. Det kommenteres at dersom det utføres tiltak som medfører stor forbedring (inngrep, forbedring), kan faregradsklassen endres til lav.

2 VURDERINGER IHT. NVE 2/2011 – FORUTSETNINGER

2.1 Generelt

Vurderingene er hovedsakelig basert på grunnundersøkelser utført i 2010-2012, men en del tidligere grunnundersøkelser er også tatt inn for vurdering av lagdeling og omfang av kvikkleire, spesielt i nedre del av sonen.

2.2 Grunnundersøkelser

Grunnundersøkelse utført spesifikt for prosjektet er presentert i følgende rapport:

- 6120521_1A "NVE. Kvikkleiresoner Malvik/Torp" rapport nr. 1A av 19.3.2013, Rambøll.

I tillegg er følgende rapporter utført av Kummeneje og Scandiaconsult AS (i dag Rambøll Norge AS) benyttet i soneavgrensningen og stabilitetsvurderingene:

- O.4 "Grunnundersøkelser for nybygg. Betanien Sykehus, Malvik" Ottar Kummeneje, 30.9.1960
- O.2585(1-3) "Betania etterbehandlingshjem, Malvik. Grunnundersøkelser. Generell vurdering." Ottar Kummeneje, 27.10.1977
- O.3707 "Betania Sykehjem, Malvik. Supplerende undersøkelse for tilbygg." Ottar Kummeneje, 5.10.1981
- O.4013 "Småbåthavn i Malvikbukta. Grunnundersøkelser. Stabilitetsvurdering." Ottar Kummeneje, 28.12.1983
- O.7095(1-2) "Betania pleie- og behandlingshjem, Malvik. Grunnundersøkelser og geoteknisk vurdering." Ottar Kummeneje, 9.11.1988
- O.10469 "Linjeutredning Ranheim-Hommelvik. Tunnelpåhugg v. N. Haugan. Supplerende fjellkontrollboringer." Ottar Kummeneje, 30.4.1994
- O.12560 "Ras i Naustbergvegen. Grunnundersøkelse. Datarapport." Scandiaconsult, 14.8.1998
- O.12622 "Grunnundersøkelse for rørpressing, Nordlandsbanen km 15,04. Grunnundersøkelser. Datarapport", Scandiaconsult av 7.9.1998
- 6030419 "Haugbekken, Malvik. Grunnundersøkelser. Datarapport." Scandiaconsult, 10.11.2003
- 6090834 "Karl-Ove Bjørnstad AS. Jonsborgveien 2" rapport nr. 1 av 2.2.2011, Rambøll.

Sonderinger som danner grunnlag for vurdering av lagdeling ved stabilitetsberegningene er vist i lagdelingstegningene, tegning 203 – 206.

Skjærfasthet i de enkelte lag er basert på trykksonderinger og uforstyrrede prøver. Borprofiler fra prøveseriene er vist i vedlegg 1, tolkede resultater fra trykksonderingene er vist i vedlegg 2, med en samlet oversikt over grunnlaget for tolkningen i vedlegg 3. Resultater fra poretrykksmålinger er vist i vedlegg 4. Treksialforsøk og ødometerforsøk som ligger til grunn for tolkning er vist i vedlegg 5 og 6.

Prøvekvalitet på opptatte 54 mm sylinderprøver er vurdert ut fra volumetrisk tøying ved treksialforsøk (tabell 5.1 i den tekniske veilederen i ref. /1/). OCR – nivå er basert på tolket CPTU i samme borpunkt. Vurdert prøvekvalitet er oppsummert i vedlegg 7, og viser akseptabel kvalitet.

Kvaliteten på trykksonderinger (CPTU) utført før 2012 tilfredsstiller anvendelsesklasse 1 - 4 i samsvar med ref. /6/. Sonderingene utført i 2012 tilfredsstiller alle anvendelsesklasse 1.

Årsaker til at anvendelsesklasse 1 ikke oppnås for alle trykksonderingene er at det opptrer nullpunktsavvik større enn kravene.

Generelt vurderer vi kvaliteten på de utførte trykksonderinger som er benyttet for tolkning av udrenert skjærfasthet som god. Poretrykksrespons for de benyttede trykksonderingene vurderes som god i lag med noenlunde homogene leiravsetninger. Det er utført 8 trykksonderinger i området og da disse gir godt samsvar i tolket udrenert skjærfasthet, underbygger dette vår vurdering om at kvaliteten på sonderingene er god.

2.3 Terreng/topografi og grunnforhold

Kvikkleiresone 329 Malvik er plassert som vist på tegning 202_rev01. Sonen har opprinnelig en total høydeforskjell på 35-70 m, fra sjøkanten og opp til øvre begrensning. Terrenghelningen i sonen er forholdsvis jevn og sonen gjennomskjæres hverken av raviner eller bekkedaler. Store deler av sonen er i dag gårdsbruk og dyrka mark, og resterende områder består i hovedsak av boliger og rehabiliteringssenteret Betania.

Meråkerbanen går omtrent parallelt med nedre begrensning av sonen, og ligger delvis på fylling.

Grunnundersøkelsene viser generelt at grunnen i området består av leire, noe overkonsolidert, over fjell. Ut fra grunnundersøkelsene er det målt mektigst lag av sprøbruddmateriale i sonens midtre del, med ca 15 m tykkelse. Fra midtre del av sonen og oppover kiler sprøbruddmaterialet ut. I sonens nedre del er det registrert et 3-5 m tykt bløtt lag av kvikkleire i boreriger utført i sjøkanten (fra ca kt -2 til -5).

Helning og nivå på sjøbunnen er hentet fra Statens Kartverk sine nettsider. For sørligste halvdel av strandlinja er sjøbunnshelningen tilnærmet flat. For nordligste del faller bunnen med helning ca 1:6.

Det er registrert fjell i dagen flere steder langs ytterbegrensningene av kvikkleiresonen. Plassering av fjell er avmerket på situasjonsplanen, tegning 202_rev01.

For nærmere detaljer vedrørende grunnforholdene vises det til rapportens vedlegg og til de enkelte grunnundersøkelserapporter.

2.4 Stabilitetsberegninger – generelt

Stabilitetsberegningene er utført for dagens situasjon både ved:

- Totalspenningsanalyse – ADP (udrenert korttidstilstand)
- Effektivspenningsanalyse (drenert langtidssituasjon).

Totalspenningsanalysen vurderes som representativ ved de opptredende grunnforhold med leire, stedvis kvikk eller sensitiv, for å ta hensyn til en mulig situasjon med udrenerte spenningsendringer i grunnen.

Effektivspenningsanalysen vurderes som representativ for langtidssituasjonen for skråningene slik de ligger i dag.

Stabilitetsanalysene er utført med beregningsprogrammet GeoSuite Stabilitet, som er en del av GeoSuite - pakken. GeoSuite Stabilitet baserer seg på en likevektsbetraktning av potensielle bruddflater. Beregningene er utført for en plan tøyningstilstand.

Det er utført beregninger både for sirkulære og sammensatte glideflater. Sammensatte glideflater er beregnet der det er vurdert som relevant, i profil med lag av kvikk/sensitiv leire (tilnærmet) parallelt med terrengoverflaten og eventuelt fast lag/fjell. Det kommenteres at det er beregnet langt flere glideflater enn hva som er framstilt på beregningstegningene. En framstilling av samtlige sirkler ville gjort tegningene svært uoversiktlige. Det er derfor valgt å ta med bare et utvalg av beregnede glideflater.

2.5 Stabilitetsberegninger – beregningsprofiler

Det er utført beregninger i totalt 4 profiler, profil A-D. I tillegg er stabiliteten i profil E vurdert. Beliggenheten av profilene er vist på situasjonsplan, tegning 202_rev01.

Valgte beregningsprofil er relevante for vurdering av skredtyper vurdert som relevante; initialskred i strandsonen med retrogressiv skredutvikling, flaskskred og stabiliteten av hele kvikkleireskåningen. Rotasjonsskred er ut fra lagdeling og topografi vurdert mindre aktuelt.

2.6 Stabilitetsberegninger – krav til sikkerhet (materialfaktor)

Det stilles krav til oppnådd materialfaktor $\gamma_M \geq 1.4$ eller vesentlig forbedring iht. fig. 3.1 i ref. /1/.

3 STABILITETSBEREKNINGER - MATERIALPARAMETRE

3.1 Tyngdetetthet

Tyngdetetthet (romvekt) for bruk i stabilitetsberegningene er for de stedlige massene bestemt ut fra laboratorieundersøkelser og/eller erfaringsverdier. Benyttede verdier er presentert på beregningssnittene, tegning 207 – 214.

3.2 Udrenert skjærfasthet

Tolkning – grunnlag

Udrenert skjærfasthet i kvikk/sensitiv leire som benyttes i stabilitetsberegningene er valgt på grunnlag av tolkede CPTU - sonderinger med støtte i skjærfasthetsmålinger utført på uforstyrrede 54 mm prøver i laboratoriet.

Tolkning av CPTU er utført på grunnlag av poretrykksfaktoren $N_{\Delta u}$ og spissmotstandsfaktoren N_{kt} , uttrykt på følgende måte:

$$C_{uC} = \Delta u / N_{\Delta u}$$

$$C_{uC} = q_n / N_{kt}$$

Generelt er $N_{\Delta u}$ benyttet ved B_q – verdi (poretrykksrespons) høyere enn 0,5 - 0,6, og N_{kt} er benyttet ved B_q lavere enn 0,5 - 0,6.

For bestemmelse av faktorene $N_{\Delta u}$ og N_{kt} er korrelasjoner basert på CAUC – treaksialforsøk på blokkprøver av høy kvalitet benyttet, kfr Lunne et al, ref /2/ og Karlsrud, ref /3/. For de valgte korrelasjonene for $N_{\Delta u}$ - og N_{kt} – faktorene er det skilt mellom leire med sensitivitet (S_t) lavere og høyere enn 15. Følgende faktorer er benyttet:

$$N_{kt} = 7,8 + 2,5 \cdot \log OCR + 0,082 \cdot I_p \quad N_{\Delta u} = 6,9 - 4,0 \cdot \log OCR + 0,07 \cdot I_p \quad \text{for } S_t < 15$$

$$N_{kt} = 8,5 + 2,5 \cdot \log OCR \quad N_{\Delta u} = 9,8 - 4,5 \cdot \log OCR \quad \text{for } S_t > 15$$

Det er i tillegg til de ovennevnte faktorene valgt å benytte korrelasjon mellom $N_{\Delta u}$ og B_q , $N_{\Delta u} = 4,0 + 4,5 B_q$ for sammenligning. Denne er en kurvetilpasning (Eggereide) basert på korrelasjoner mellom blokkprøver og målt poretrykksrespons (B_q) presentert i ref /4/.

Ved tolkning av CPTU er det benyttet input-parametere iht vedlegg 3.

In-situ poretrykk benyttet i tolkning av CPTU er fortrinnsvis basert på poretrykksmålinger utført i sonderingspunktene. Der hvor poretrykksmålinger ikke er utført er konservative antagelser ut fra terrengformasjoner og nærliggende poretrykksmåling benyttet som grunnlag for bestemmelse av in-situ poretrykk.

Oversikt over utførte poretrykksmålinger er vist på situasjonsplanen, tegning 202_rev01, og presentert i vedlegg 4. Benyttet in-situ poretrykk ved tolkning av CPTU er presentert i vedlegg 3.

OCR (overkonsolideringsgrad) er beregnet/vurdert ut fra utførte ødometerforsøk, og forkonsolideringsspenningen er vurdert å tilsvare et tidligere terrengnivå som ligger noe høyere dagens nivå. Tidligere terrengnivå benyttet i tolkningen av CPTU er oppsummert i vedlegg 3, samt plottet på hver enkelt CPTU – tolkning samlet i vedlegg 2. Den samme sammenhengen er også benyttet ved Shansepnormaliseringen som er presentert. Ødometerforsøk som er lagt til grunn er presentert i vedlegg 6.

Designverdi

Designverdi benyttet i stabilitetsberegningene er presentert i hvert enkelt plott av tolket CPTU. Generelt er stabilitetsprofilene godt dekt opp av trykksonderinger (CPTU).

Øvre del av sonen

For øvre del av kvikkleiresonen er det ut fra sylinderprøvene og utført treaks i punkt 23 benyttet minimum $C_{uc} = 70$ kPa i «leire» i øvre del av skjærfasthetsprofilene.

Midtre del av sonen

I midtre del av skrånningen, hvor leiravsetningene ikke er dekt opp av CPTU eller prøvetaking, er Shansep - normalisering med følgende sammenheng benyttet:

- $C_{uc} = 0.36 * p_0' * OCR^{0.70}$

Nedre del av sonen

Sondering og prøvetaking i strandsonen ved profil A og B viser et ca 3-5 m tykt bløtt lag ved ca kt -2 til kt -5. Ut fra tolket CPTU og prøvetaking i punkt 15 og 18, samt prøvetaking i punkt 3 fra oppdrag O.4013, er det tolket en gjennomsnittlig C_{uc} i dette laget på 23 kPa. Da beregning med C_{uc} lik 23 kPa gav sikkerhet mot utglidning $< 1,0$, er skjærfastheten økt for å oppnå stabilitet $\approx 1,0$. Der er derfor benyttet skjærfasthet 26 kPa i dette laget.

For profil D er undersøkelsene ved profilet lagt til grunn for parametervalget, punkt 27-29. Følgende tilnærming er benyttet, basert på utført prøvetaking og trykksondering:

- $C_{uc} = 0.30 * p_0' * OCR^{0.65}$

Ut fra prøvetakingene er det satt minimum $C_{uc} = 30$ kPa. For nedre del av profil D (sjøbunnen) er det antatt en aktiv skjærfasthet på 30 kPa for «sprøbruddmateriale» og på 50 kPa for «leire».

Skjærfasthet i kvikk og sensitiv leire i beregningene er iht. anbefaling i NVEs retningslinjer redusert med 15 % der hvor fastheten er tolket fra utført trykksondering. Antatte nivåer for tidligere terreng er tegnet inn i lagdelingstegningene.

Reduksjonen er inkludert/utført i beregningene ved reduksjon av ADP-faktorene, ikke ved selve tolkningen av fastheten fra CPTU. Vurdering av leiras sensitivitet er basert på utførte laboratorieundersøkelser og vurdering/tolkning av sonderingene (trykk – og totalsondering). Lag med tolket kvikkleire og sprøbruddmateriale er vist med rød skravur på lagdelings- og beregningstegningene.

3.3 Effektiv skjærfasthet

Valg av effektivspenningsparametere er gjort på grunnlag av utførte treaksialforsøk på leire, og erfaringsverdier for de øvrige jordlag. Treaksialforsøkene som er lagt til grunn for valg av effektivspenningsparametre er presentert i vedlegg 5.

I de utførte stabilitetsberegninger er følgende verdier benyttet for attraksjon og friksjonsvinkel:

Topplag/tørreskorpe/friksjonsjord -	$a=0$	$\tan\phi=0.60$
Leire, ikke kvikk/sensitiv -	$a=20 \text{ kN/m}^2$	$\tan\phi=0.45$
Kvikk/sensitiv leire -	$a=10 \text{ kN/m}^2$	$\tan\phi=0.42$
Sand/silt/friksjonsmateriale -	$a=0$	$\tan\phi=0.60$

For leire og kvikkleire ligger disse verdiene innefor et "normalområde". For sand og silt vurderes antagelsen som konservativ.

3.4 Anisotropi og tøyningskompatibilitet

I beregningene tas det hensyn til spenningsanisotropi i leira, dvs. at udrenert skjærfasthet varierer med hovedspenningsretningene (ADP-analyse). Utgangspunktet er udrenert aktiv skjærfasthet C_{uC} .

Direkte og passiv skjærfasthet er beregnet ut fra følgende sammenheng:

- $C_{uD} = 0,7 C_{uC}$ (den tilnærmet horisontale delen av glideflaten)
- $C_{uE} = 0,4 C_{uC}$ (der glideflaten ligger i passiv sone)

Anvendt C_{uE}/C_{uC} – forhold og C_{uD}/C_{uC} – forhold er i henhold til erfaringer fra tidligere forsøk utført bl.a. ved NGI.

Det er også tatt hensyn til tøyningskompatibilitet ved at så vel effektive skjærfasthetsparametere som udrenert skjærfasthet tolket fra treaksialforsøk (vedlegg 5) er tatt ut ved små og tilnærmet like deformasjoner (ca 1.0- 2.0 %).

3.5 Poretrykksforhold

In-situ poretrykk benyttet i stabilitetsberegninger er basert på poretrykksmålinger utført i punkt 22, punkt 834-9 og punkt 834-15, plassert i midtre og nedre del av sonen. For øvre del av sonen er det antatt hydrostatisk poretrykksøkning med dybden.

Benyttet poretrykksfordeling for beregningsprofilene er vist på beregningstegningene. For profil hvor GV – linjen er vist med blå strek, er det antatt hydrostatisk poretrykksfordeling i dybden. Der hvor hydrostatisk poretrykksfordeling ikke er benyttet er poretrykket vist med poretrykksprofiler i utvalgte punkter. Poretrykksfordelingen er interpolert mellom disse punktene.

Benyttet poretrykksfordeling ved CPTU – tolkningene er vist i vedlegg 3 og 4.

Det foreligger ingen poretrykksmålinger kontinuerlig over flere år. Det er likevel tatt hensyn til årstidsvariasjoner ved valg av poretrykksfordeling i beregningene ved at det generelt er valgt en konservativ fordeling ved å benytte de ugunstige målinger eller antatt konservativt grunnvannsspeil og hydrostatisk fordeling i dybden.

3.6 Terrenglast

Meråkerbanen går på fylling langs sjøen i nedre del av sonen. Det er benyttet en terrenglast fra togtrafikken på 24 kPa over banebredde ca 6 m for sirkler hvor lasta vil virke drivende. Jernbaneverket oppgir en karakteristisk linjelast på 110 kN pr meter spor for enkeltsporet jernbane, ref. /7/. Dette tilsvarer en lastfaktor på 1,3.

4 STABILITETSBEREGNINGER – RESULTATER OG VURDERINGER

4.1 Resultater profil A

Dagens situasjon

På totalspenningsbasis (ADP) oppnås det en materialfaktor $\gamma_M = 0,95$ til $> 3,0$ for glidesirkler ned i eller gjennom kvikkleire for dagens situasjon. Sirklene som ikke tilfredsstiller kravet om $\geq 1,4$ er alle beregnet i området fra jernbanen og ned mot strandlinja.

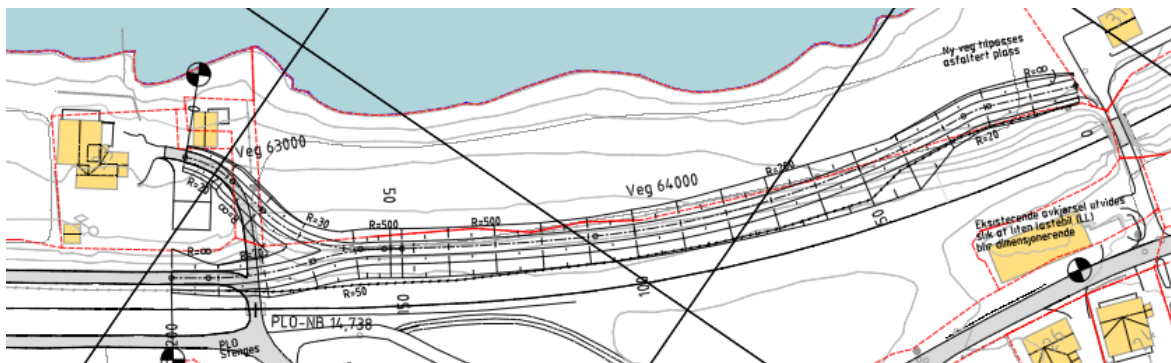
På effektivspenningsbasis oppnås det en materialfaktor $\gamma_M \geq 1,55$.

Beregningene er presentert på tegning 207 og 208.

Stabiliserende tiltak

For å oppnå tilfredsstillende stabilitet for området mellom jernbanen og sjøen, vil det være mulig å legge ut motfylling nedenfor jernbanen.

Jernbaneverket og Multiconsult arbeider med regulering og detaljprosjektering av ny planovergangsløsning for jernbanen gjennom sone Malvik. Per i dag finnes det en undergang, plassert like ved profil A, samt en planovergang lengre nord, plassert omtrent 200 m fra undergangen. Den nye løsningen går ut på å fjerne planovergangen, og å anlegge en vei fra undergangen og til dagens overgang, på sjøsiden av jernbanen (figur 1).



Figur 1: Foreløpig plan ny planovergangsløsning [mottatt fra Multiconsult 15.10.2012]

Utforming av denne veien bør sees i sammenheng med en evt motfylling for jernbanen. Det bør vurderes å utføre noen supplerende sonderinger i sjøbunnen for å kartlegge det bløte leirlaget bedre, slik at grunnlag for detaljprosjektering blir bedre og at prosjekteringen kan utføres mer nøyaktig.

Det har ikke lyktes Rambøll å få oversendt oppdaterte planer for omtalte vei.

4.2 Resultater profil B

Dagens situasjon

På totalspenningsbasis (ADP) oppnås det en materialfaktor $\gamma_M = 0,96-1,90$ for glidesirkler ned i eller gjennom kvikkleire for dagens situasjon. Sirklene som ikke tilfredsstiller kravet om $\geq 1,4$ er alle beregnet i området like ovenfor/ved jernbanen og ned mot strandlinja.

På effektivspenningsbasis oppnås det en materialfaktor $\gamma_M \geq 1,64$

Beregningene er presentert på tegning 209 og 210.

Stabiliserende tiltak

For å oppnå tilfredsstillende stabilitet for området mellom jernbanen og sjøen, vil det være mulig å legge ut motfylling nedenfor jernbanen.

Profil B omfatter også området hvor det er planlagt ny vei, iht figur 1.

4.3 Resultater profil C

På totalspenningsbasis (ADP) oppnås det en materialfaktor $\gamma_M \geq 1,76$ for glidesirkler ned i eller gjennom kvikkleire for dagens situasjon. På effektivspenningsbasis oppnås det materialfaktor $\gamma_M \geq 2,12$. Stabiliteten i profil C er dermed tilfredsstillende.

Beregningene er presentert på tegning 211 og 212.

4.4 Resultater profil D

Dagens situasjon

På totalspenningsbasis (ADP) oppnås det en materialfaktor $\gamma_M = 1,16-1,75$ for glidesirkler ned i eller gjennom kvikkleire for dagens situasjon. På effektivspenningsbasis oppnås det materialfaktor $\gamma_M = 1,22-2,34$.

Beregningene er presentert på tegning 213 og 214.

Videre fremdrift

Det oppnås ikke tilfredsstillende stabilitet for profil D. Sirklene som har for lav sikkerhet har alle utløp i sjøen nedenfor jernbanen. Det antas at profil D er representativ for en strekning på ca 150-200 m, fra soneavgrensningen i nord og sørover mot profil B.

Det er kun utført grunnundersøkelser på land for oppdraget og sjøbunnsheiningen er hentet fra Statens kartverk sine nettsider. Dette er kart med nokså grov oppløsning (5-10 m koter). Slik lagdelingen i profil D er antatt i beregningene, er sprøbruddmaterialet i borpunkt 26 antatt å strekke seg med jevn tykkelse utover sjøbunnen. Fjellflaten er også antatt å falle omtrent med samme helning som sjøbunnen. Dette er antakelser. Det anbefales derfor å utføre grunnundersøkelser fra flåte, samt lodding av sjøbunnen for kontroll av beregningsforutsetningene. Dersom grunnforholdene viser seg å være bedre enn først antatt, kan reviderte beregninger gi tilfredsstillende stabilitet.

Dersom undersøkelsene ikke fører til tilfredsstillende stabilitet, vil undersøkelsene gi grunnlag for å prosjektere stabiliserende tiltak. Aktuelle tiltak kan her være motfylling (ved gode grunnforhold i sjøbunnen) eller kalksementstabilisering.

4.5 Profil E

Etter å ha beregnet tilfredsstillende stabilitet med god margin i profil C, er det valgt å ikke beregne stabilitet for profil E. Profil E er tegnet opp og sammenliknet med profil C. Profil E har mindre høydeforskjell og mindre utbredelse av sprøbruddmateriale enn profil C. Stabiliteten i profilet ansees derfor som tilfredsstillende.

5 OPPSUMMERING/KONKLUSJON

Rambøll Norge AS har utført supplerende grunnundersøkelser og stabilitetsvurderinger av kvikkleiresone 329 Malvik.

Stabilitetsberegningene viser at stabiliteten ikke tilfredsstillende NVE sine retningslinjer 2/2011 for utbygging på kvikkleire og sprøbruddmateriale, ref. /1./, for nedre del av kvikkleiresonen. Sirkler som ikke oppnår tilfredsstillende stabilitet befinner seg i strandlinja – i området ved jernbanen og ned mot/ut i sjøen.

For sørligste del av strandlinja, området ved profil A og B, vil en motfylling kunne øke stabiliteten tilstrekkelig. Da Jernbaneverket planlegger en ny vei langs sjøsida av jernbanen for dette området, bør tiltakene sees i sammenheng.

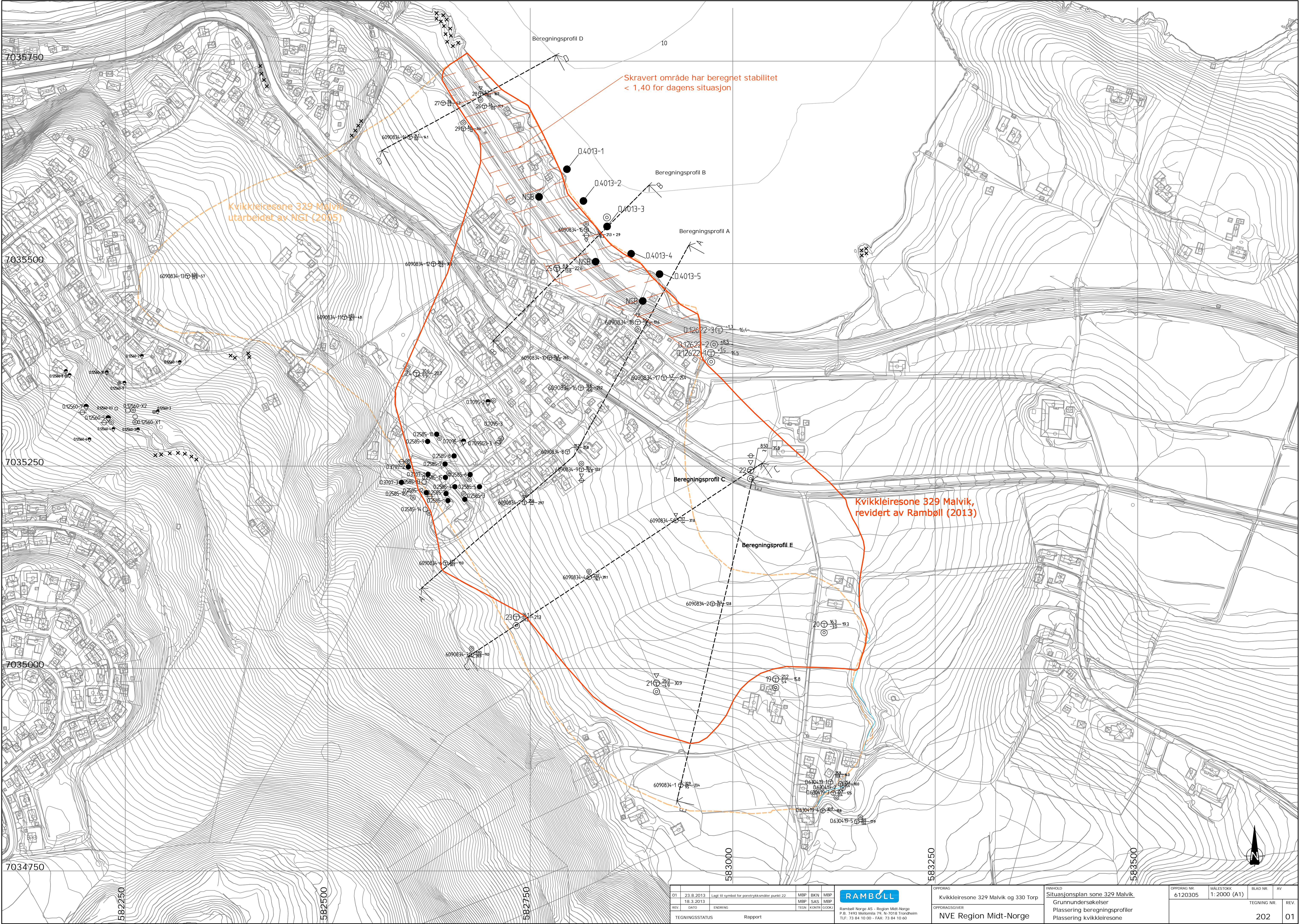
For nordligste del av strandlinja, ved profil D, bør sjøbunnen kartlegges nærmere med grunnundersøkelser og lodding av bunnen. Dette kan vise bedre grunnforhold enn antatt, og dermed føre til tilfredsstillende stabilitet. Dersom dette ikke medfører god nok stabilitet, vil undersøkelsene danne grunnlag for prosjektering av stabiliserende tiltak. Stabiliserende tiltak kan da være motfylling eller kalksementstabilisering.

For området ved profil C og E er stabiliteten iht kravene.

Revidert utstrekning av kvikkleiresone Malvik er vist på tegning 202_rev01, og viser mindre utstrekning enn den opprinnelige sonen som NGI utarbeidet i 2005. Tegning 202_rev01 viser også skravur over området hvor stabiliteten er beregnet ikke tilfredsstillende for dagens situasjon, dvs $< 1,4$.

REFERANSER

1. NVE Retningslinjer 2/2011 rev. 15.4.2011: "Flaum- og skredfare i arealplanar", med veileder for: "Vurdering av områdestabilitet ved utbygging på kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper".
2. Lunne et al, 1997. "Cone penetration test in geotechnical practice".
3. Karlsrud et al, 2005. "CPTU correlations for clays". ICSMGE 2005, Osaka, Japan
4. Karlsrud et al, 1996. "Improved CPTU correlations based on block samples". Nordisk Geoteknikermøte, Reykjavik, Island.
5. Program for økt sikkerhet mot leirskred. Metode for kartlegging og klassifisering av faresoner, kvikkleire. 20001008-2. 31. August 2001, revisjon nr. 3 - 8. Oktober 2008. NGI
6. NGF – melding 5, rev. nr 3, 2010: Veiledning for utførelse av trykksondering.
7. Jernbaneverket, Underbygning/Prosjektering og bygging:
https://trv.jbv.no/wiki/Underbygning/Prosjektering_og_bygging/Generelle_tekniske_krav#Dimensjonerende_laster (mars 2013)



01	23.8.2013	Lagt til symbol for poretrykksmåler punkt 22	MBP	BKN	MBP
REV	18.3.2013		MBP	SAS	MBP
TEGNINGSSTATUS	ENDRING		TEGN	KONTR	GODK
Rapport					

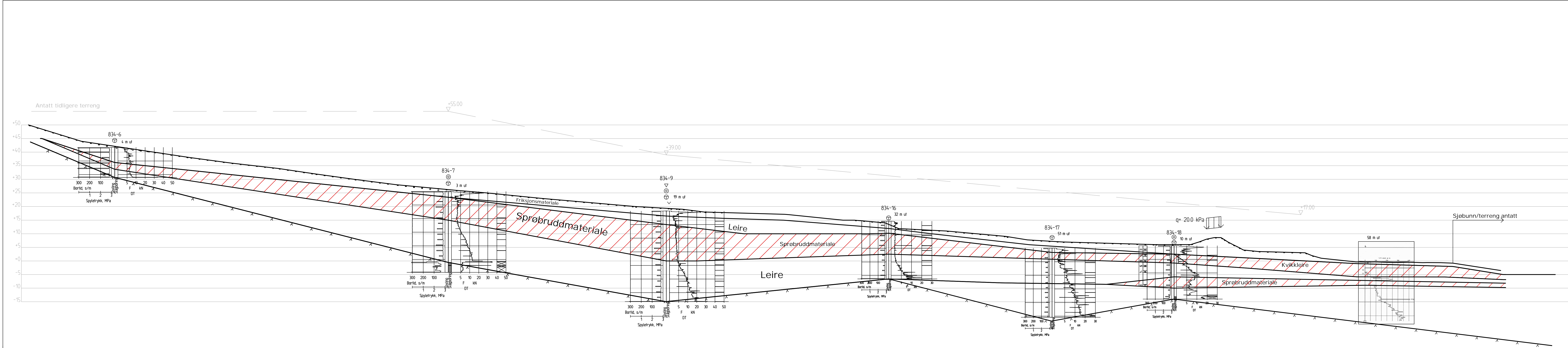
RAMBOLL

Rambøll Norge AS - Region Midt-Norge
P.B. 7449 Mellomlia 79, N-7018 Trondheim
Tlf: 73 84 10 00 - Fax: 73 84 10 60

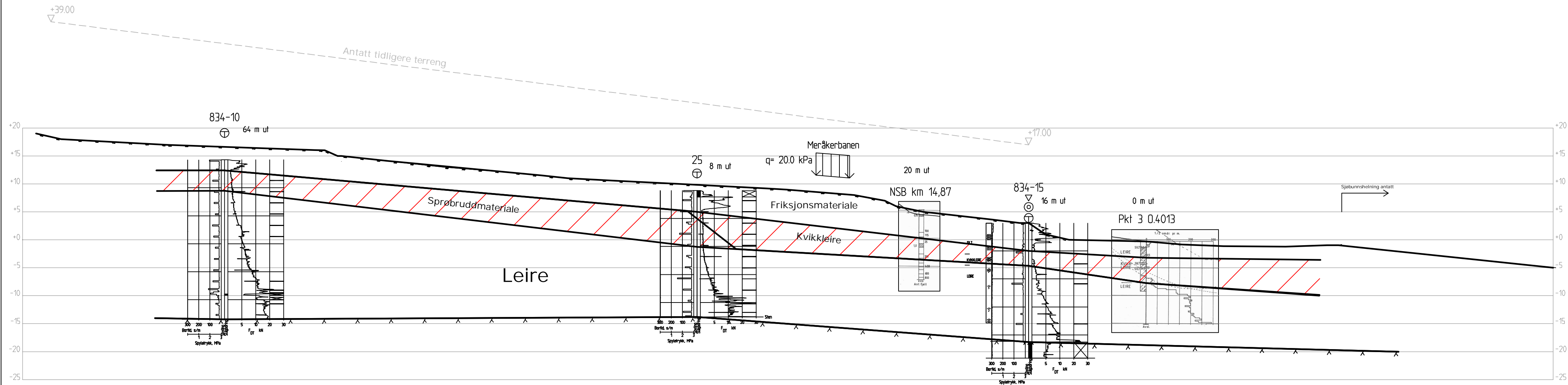
OPPDRAAG	Kvikkleiresone 329 Malvik og 330 Torp
OPPDRAAGSGIVER	NVE Region Midt-Norge

INNHOOLD	Situasjonsplan sone 329 Malvik
	Grunnundersøkelser
	Plassering beregningsprofiler
	Plassering kvikkleiresone

OPPDRAAG NR.	6120305	MÅLESTOKK	1:2000 (A1)	BLAD NR.	AV
TEGNING NR.					REV.
202					01



OO			MBP			SAS			MBP		
REV			DATO			ENDRING			TEGN		
TEGNINGSSTATUS			Vedlegg til rapport								
OPPDRAG			Kvikkleiresone 329 Malvik og 330 Torp			OPPDRAGSGIVER			NVE Region Midt- Norge		
INNHOOLD			Profil A - lagdeling			Grunnundersøkelser			Tidligere terreng		
OPPDRAG NR.			6120305			MÅLSTOKK			1:500		
BLAD NR.			-			TEGNING NR.			203		
AV			-			REV			0		



00	16.1.2013		MBP	SAS	MBP
REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ
TEGNINGSSTATUS Vedlegg til rapport					

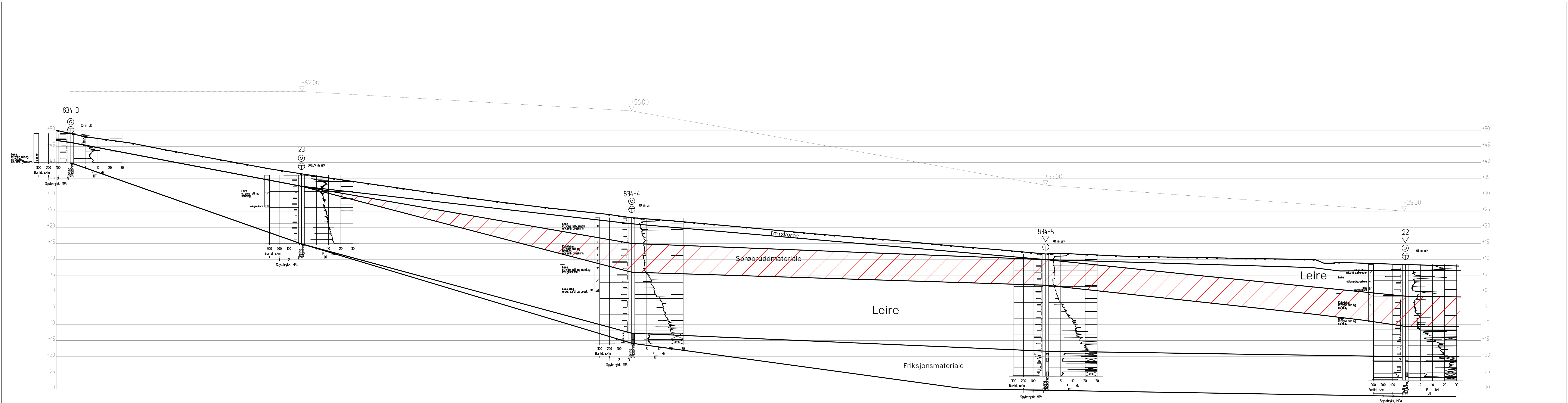


Rambøll Norge AS - Region Midt-Norge
P.B. 7493 Mellomila 79, N-7018 Trondheim
TLF: 73 84 10 00 - FAX: 73 84 10 60

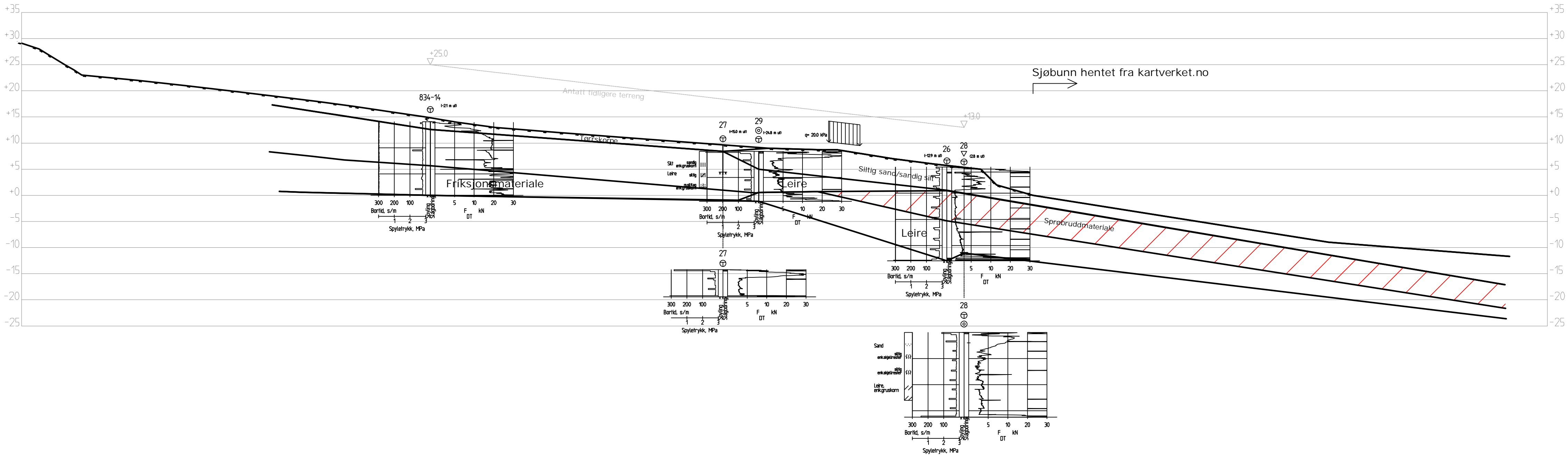
OPPDRAG
Kvikkleiresone 329 Malvik og 330 Torp
OPPDRAGSGIVER
NVE Region Midt-Norge

INNHold
Profil B - lagdeling
Grunnundersøkelser
Tidligere terreng

OPPDRAG NR.	MÅLESTOKK	BLAD NR.	AV
6120305	1:500	-	-
TEGNING NR.			REV.
204			0



						<div><div>RAMBOLL</div><div>Ramboll Norge AS - Region Midt-Norge P.B. 7493 Mellomila 79, N-7018 Trondheim TLF: 73 84 10 00 - FAX: 73 84 10 60</div></div>	OPPDAG		INNHOLD <u>Profil C - lagdeling</u> Grunnundersøkelser Tidligere terreng	OPPDAG NR.	MÅLESTOKK	BLAD NR.	AV
00	17.1.2013			MBP	SAS		MBP	6120305		1:500	-	-	
REV	DATA	ENDRING		TEGN	KONTR		GDOK	TEGNING NR.			REV.		
TEGNINGSSTATUS		Vedlegg til rapport					NVE Region Midt-Norge		205				0



00	17.1.2013		MBP	SAS	MBP
REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKU
TEGNINGSSTATUS Vedlegg til rapport					



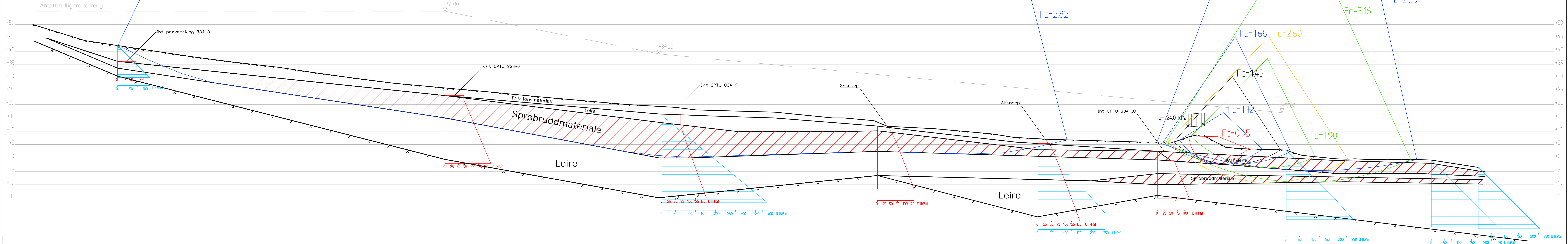
Rambøll Norge AS - Region Midt-Norge
P.B. 7493 Mellomila 79, N-7018 Trondheim
TLF: 73 84 10 00 - FAX: 73 84 10 60

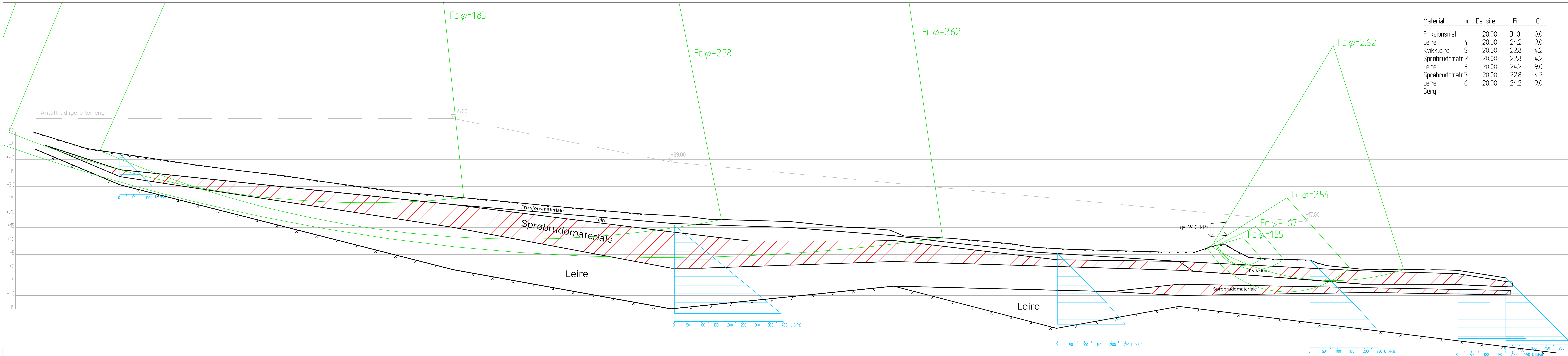
OPPDAG
Kvikkleiresone 329 Malvik og 330 Torp
OPPDAGSGIVER
NVE Region Midt-Norge

INNHold
Profil D - lagdeling
Grunnundersøkelser
Tidligere terreng

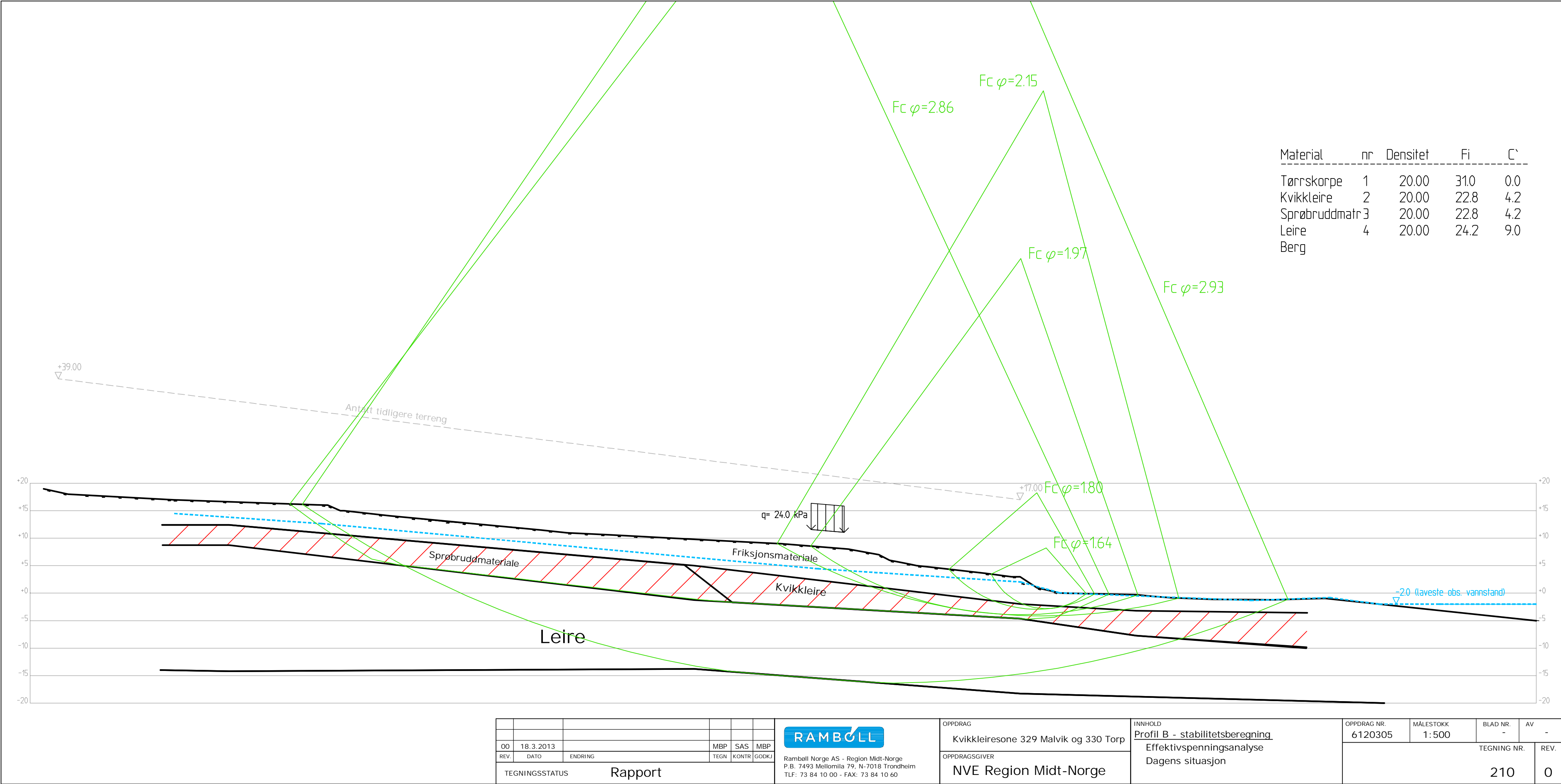
OPPDAG NR.	MÅLESTOKK	BLAD NR.	AV
6120305	1:500	-	-
TEGNING NR.			REV.
206			0

Material	nr	Densitet	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Friksjonsmatr	1	20.00	31.0	0.0				
Leire	4	20.00	---	---	C-profil	100	0.70	0.40
Kvikkleire	5	20.00	---	---	26.0	100	0.70	0.40
Sprøbruddmatr	2	20.00	---	---	C-profil	0.85	0.59	0.34
Leire	3	20.00	---	---	C-profil	100	0.70	0.40
Sprøbruddmatr	7	20.00	---	---	C-profil	0.85	0.59	0.34
Leire	6	20.00	---	---	C-profil	100	0.70	0.40
Berg								





Material	nr	Densitet	Fi	C'
Friksjonsmatr	1	20.00	31.0	0.0
Leire	4	20.00	24.2	9.0
Kvikkleire	5	20.00	22.8	4.2
Sprøbruddmatr	2	20.00	22.8	4.2
Leire	3	20.00	24.2	9.0
Sprøbruddmatr	7	20.00	22.8	4.2
Leire	6	20.00	24.2	9.0
Berg				



00	18.3.2013		MBP	SAS	MBP
REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ
TEGNINGSSTATUS			Rapport		

RAMBOLL

Rambøll Norge AS - Region Midt-Norge
P.B. 7493 Mellomila 79, N-7018 Trondheim
TLF: 73 84 10 00 - FAX: 73 84 10 60

OPPDRAG

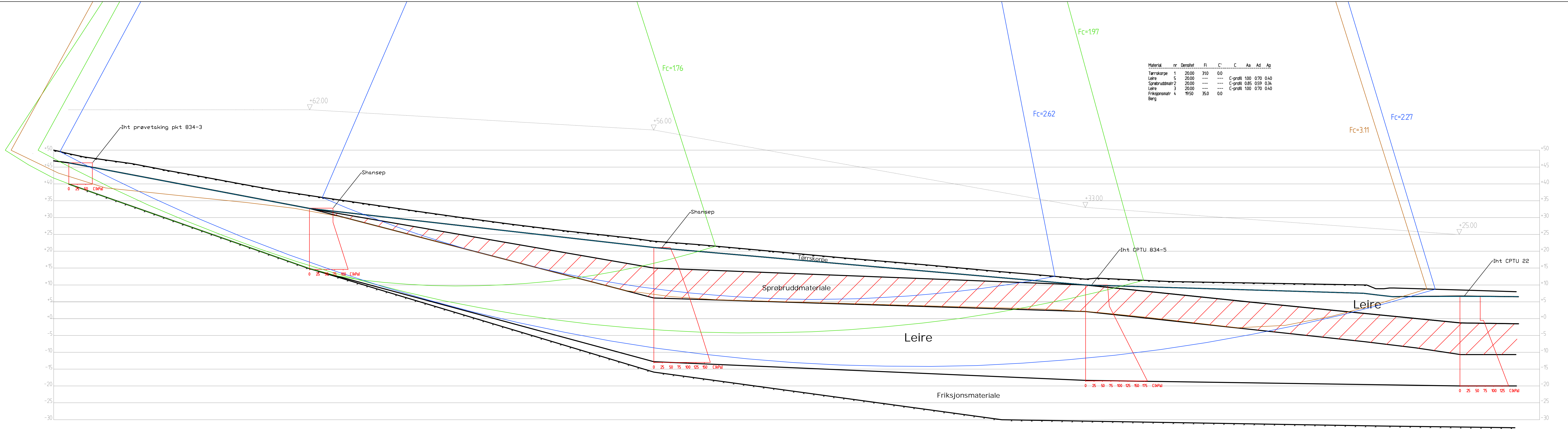
Kvikkleiresone 329 Malvik og 330 Torp

OPPDRAGSGIVER

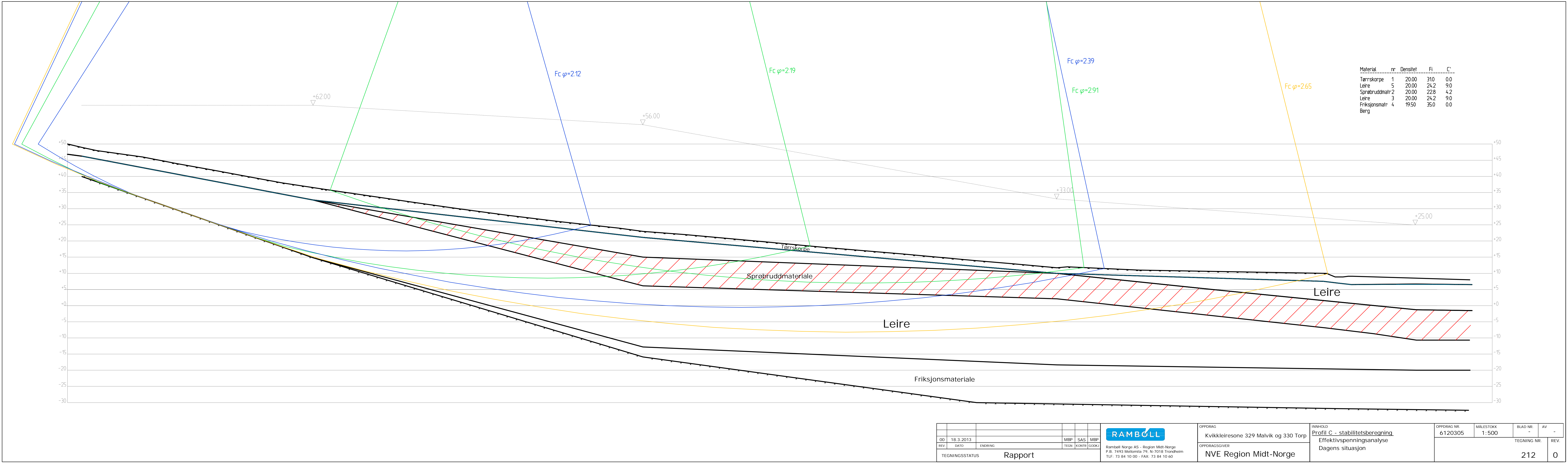
NVE Region Midt-Norge

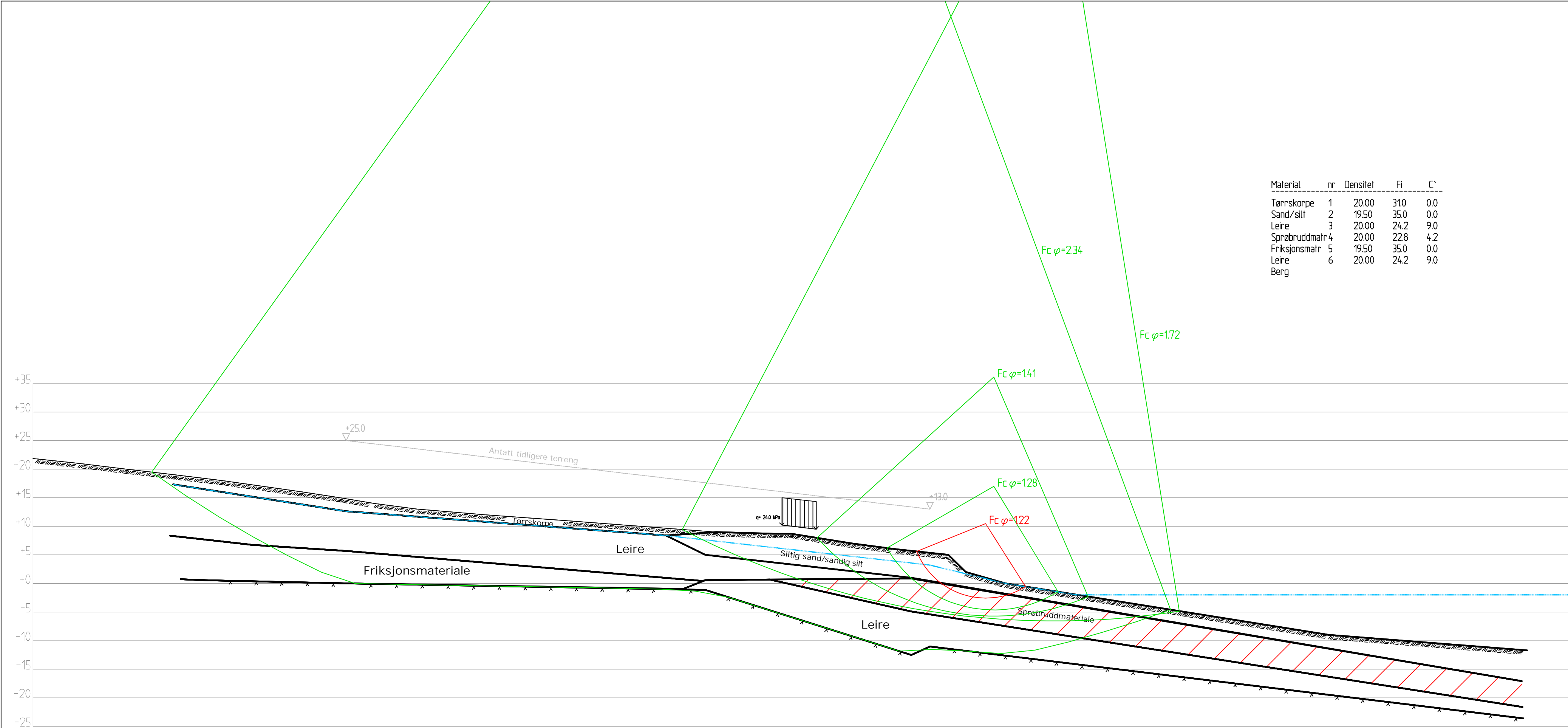
INNHold	Profil B - stabilitetsberegning	
	Effektivspenningsanalyse Dagens situasjon	

OPPDRAG NR.	MÅLESTOKK	BLAD NR.	AV
6120305	1:500	-	-
TEGNING NR.		REV.	
210		0	



Materi	nr	Densitet	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Tørreskorpe	1	2000	310	0.0				
Leire	5	2000	---	---	C-profil	100	0.70	0.40
Sprøbruddmater	2	2000	---	---	C-profil	0.85	0.59	0.34
Leire	3	2000	---	---	C-profil	100	0.70	0.40
Friksjonsmater	4	1950	35.0	0.0				
Berg								





00	18.3.2013		MBP	SAS	MBP
REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ
TEGNINGSSTATUS			Rapport		



Rambøll Norge AS - Region Midt-Norge
P.B. 7493 Mellomila 79, N-7018 Trondheim
TLF: 73 84 10 00 - FAX: 73 84 10 60

OPPDRA
Kvikkleiresone 329 Malvik og 330 Torp
OPPDRASSGIVER
NVE Region Midt-Norge

INNHO
Profil D - stabilitetsberegning
Effektivspenningsanalyse
Dagens situasjon

OPPDRA NR. 6120305	MÅLESTOKK 1:500	BLAD NR. -	AV -
		TEGNING NR. 214	REV. 0

VEDLEGG 1

G-rap-001 Kvikkleiresone 329 Malvik. Stabilitetsvurdering.


BORPROFIL FRA PRØVETAKING

- Punkt 19
- Punkt 20
- Punkt 21
- Punkt 22
- Punkt 23
- Punkt 28
- Punkt 29
- Punkt 3, oppdrag 6090834
- Punkt 4, oppdrag 6090834
- Punkt 9, oppdrag 6090834
- Punkt 15, oppdrag 6090834
- Punkt 18, oppdrag 6090834
- Punkt 7 og 4, TBA4510 Geoteknikk fordypningsprosjekt
- Punkt 3, oppdrag O.4013

(15 sider inkl. forside)

Dybde, m	Jordart	Sign.	Lab. nr	Vanninnhold (w) i % 10 20 30 40	γ kN/m ³	Skjærstyrke (S _u) i kPa 20 40 60 80	S _t
5	LEIRE						
	sand og m.siltlag gruskomf		20		20.7 21.3		7 8
	siltig sandig mye gruskomf		21		21.9 22.1		19 (4)
10	KVIKKLEIRE						
	enksandlag enk.gruskomf		22	H	20.2 19.9		195 185
	m.tynne sandlag		23	T	19.9 20.1		147 120
15	m.tynne siltlag sand og små gruskomf		24		19.9 20.1		80 85
20							

Dybde, m	Jordart	Sign.	Lab. nr	Vanninnhold (w) i % 10 20 30 40	γ kN/m³	Skjærstyrke (S _u) i kPa 20 40 60 80	S _t
5	LEIRE		25		20.5 21.1		9.8
5			26		21.9		
10			27		20.7 20.6		9.8
10			28				
15	KVIKKLEIRE, m.tynne silt og sandlag		29		20.1 19.9		34.0 18.0
15							
20	LEIRE, m.tynne silt og sandlag		30		19.9 20.2		13.13
20							

Enkelt trykkforsøk :  (strek angir def.% v/brudd)

Konusforsøk - Omrørt/uforstyrret: ▼ / ▼

Penetrometerforsøk ☐ Konsistensgrense w_p |-----| w_L

Andre forsøk:

T= Treksialforsøk

Ø = Ødometerforsøk

K= Kornfordeling

[illegible]

Oppdrag nr. 6120521 Målestokk: 1:100

Målestokk: 1:100

Status:

Kvikkleiresone Malvik/Torp
NVE

BORPROFIL HULL NR.: 22

TERRENGHØYDE: +8,5 PRØVETYPE: 54mm

RAMBOLL

P.B. 7493 Mellomila 79
N-7018 Trondheim
TLF: 73 84 10 00 - FAX: 73 84 10 60
www.ramboll.no


Tegning nr.



Rev.

120

Dybde, m	Jordart	Sign.	Lab. nr	Vanninnhold (w) i %				γ kN/m ³	Skjærstyrke (S_u) i kPa				S_t
				10	20	30	40		20	40	60	80	
5	LEIRE m.tynne silt og sandlag		31					20.2 20.2					4 5
10			32					19.8 20.3					8 9
15	enk.gruskom												
20													

[illegible]

Enkelt trykkforsøk :  (strek angir def.% v/brudd) Konusforsøk - Omrørt/uforstyrret: ▾ / ▾

Penetrometerforsøk  Konsistensgrense w_p  w_L Andre forsøk:

T= Treksialforsøk Ø= Ødometerforsøk K= Kornfordeling

[illegible]

Dybde, m	Jordart	Sign.	Lab. nr	Vanninnhold (w) i % 10 20 30 40	γ kN/m³	Skjærstyrke (S _u) i kPa 20 40 60 80	S _t
5	SILT, sandig, enk.gruskorn LEIRE		39		18.8 18.3		
			40		19.2 20.5		->370.0 ->220.0 ->123.0
10	m.siltlag enk.gruskorn		41		19.7 19.4		13 11
15							
20							

[illegible]

Dybde, m		Jordart	Sign.	Lab. nr	Vanninnhold (w) i %				γ kN/m³	Skjærstyrke (S _u) i kPa				S _†																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
					10	20	30	40		10	20	30	40																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
5		Leire, m.tynne siltlag, skrådeling, enk.små gruskorn																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									

Dybde, m		Jordart	Sign.	Lab. nr	Vanninnhold (w) i %				γ	Skjærstyrke (S_u) i kPa				S_f	
					10	20	30	40	kN/m ³	10	20	30	40		
5		Leire, m.tynne silt/sandlag enk.små gruskorn		04						20.6 21.0				19 17	
				05							20.2 20.1				11 14
				06							20.0 20.2				133 240
10		Kvikkleire, m.tynne silt og sandlag, enk.små gruskorn		07						19.9 20.1				90 113	
				08							20.0 20.1				160 39
				09							19.9 19.8				41 29
15		Leire, m.tynne silt og sandlag, enk.gruskorn		10						20.2 20.2				11 4	
				11							21.4 21.5				2 3
20		Leire (utført av NTNU)													
25		Leire,siltig, en del sand og gruskorn													

Enkelt trykkforsøk :

Penetrometerforsøk

T= Treaksialforsøk

(strek angir def.% v/brudd)

Konsistensgrense W_p W_L

Ø= Ødometerforsøk


Konusforsøk - Omrørt/uforstyrret: /

Andre forsøk:


K= Kornfordeling

						Oppdrag nr. 6090834	Målestokk: 1:100	Status: Datarapport	
						Karl-Ove Bjørnstad AS			P.B. 7493 Mellomila 79 N-7018 Trondheim TLF: 73 84 10 00 - FAX: 73 84 10 60 www.ramboll.no
						Jonsborgveien 2			
0	2010-12-9		MBP	MAL	MBP	BORPROFIL HULL NR.: 4		Tegning nr.	Rev.
Rev.	Dato	Tekst	Utarb	Kontr	Godkj	TERRENGHØYDE: 23,0 PRØVETYPE: 54 mm		115	0

Dybde, m	Jordart		Sign.	Lab. nr	Vanninnhold (w) i %				γ kN/m ³	Skjærstyrke (S _u) i kPa				S _f
					10	20	30	40		10	20	30	40	
5	Leire	m.tynne sandlag	///	12					21.2	▼			->54.0	15
		siltig mye sand og gruskorn	///	13					21.0		▼		->53.0	4
		m.sandlag enk.gruskorn	///	14	Ø				21.2			▼	->53.0	2
			///	14					20.8	▼				22
			///	14					19.9	▼				17
10	Kvikkleire, m.tynne silt og sandlag	grusig	///	15					21.1	▼			->53.0	14
		sandig,grusig	///	15					20.6		▼		->56.0	5
		m.tynne sandlag enk.gruskorn	///	16	T				20.1	▼				28
			///	16					20.2	▼				44
			///	17					20.1	▼				80
15	Leire,	enk.gruskorn	///	18	ØT				20.1	▼				85
			///	18					19.9	▼				85
			///	19					20.0	▼				
		tynne silt/sandlag enk.gruskorn skrådeling	///	20					19.4	▼				80
			///	20					20.2	▼				145
20	Leire,	tynne silt/sandlag enk.gruskorn	///	21					20.0	▼				60
			///	21					19.8	▼				60
		m.tynne silt og sandlag	///	22					20.0	▼				30
			///	22					19.9	▼				16
		siltig,gruskorn	///	23					21.2		▼		->72.0	2
25	Leire,		///	23					20.8				->51.0	5
		tynne siltlag, skrådeling, enk.små gruskorn	///	24					20.1		▼		->77.0	6
			///	24					20.4		▼		->70.0	6
			///	24									->74.0	

Enkelt trykkforsøk :  (strek angir def.% v/brudd)

Konusforsøk - Omrørt/uforstyrret: ▼ / ▽


Penetrometerforsøk  Konsistensgrense W_p |————| W_L

Andre forsøk:

T= Treaksialforsøk

Ø= Ødometerforsøk

K= Kornfordeling

						Oppdrag nr. 6090834	Målestokk: 1:100	Status: Datarapport	
						Karl-Ove Bjørnstad AS			
						Jonsborgveien 2			
						BORPROFIL HULL NR.: 9			
						TERRENGHØYDE: 18,4 PRØVETYPE: 54 mm			
						Tegning nr. 116			
						Rev. 0			
0	2010-12-9		MBP	MAL	MBP	P.B. 7493 Mellomila 79			
Rev.	Dato	Tekst	Utarb	Kontr	Godkj	N-7018 Trondheim			
						TLF: 73 84 10 00 - FAX: 73 84 10 60			
						www.ramboll.no			

Dybde, m	Jordart	Sign.	Lab. nr	Vanninnhold (w) i %				γ kN/m ³	Skjørstyrke (S _u) i kPa				S _f
				10	20	30	40		10	20	30	40	
5	Silt		25					19.9 20.3					
			26										
10	Kvikkleire, siltig, sandig, sandlag, gruskorn		27					21.1 21.8					190 105
			28										
15	Leire tynne silt/sandlag enk.gruskorn		29					20.3 21.0					5 3
			30										
20	tynne silt/sandlag små gruskorn		31					19.8 20.2					6 6
25													

Enkelt trykkforsøk : (strek angir def.% v/brudd)

Konusforsøk - Omrørt/uforstyrret: ▼ / ▽

Penetrometerforsøk

Konsistensgrense w_p w_L

Andre forsøk:

T= Treaksialforsøk

Ø= Ødometerforsøk

K= Kornfordeling

0	2011-2-1		MBP	MAL	MBP
Rev.	Dato	Tekst	Utarb	Kontr	Godkj

Oppdrag nr. 6090834 Målestokk: 1:100 Status: Datarapport

Karl-Ove Bjørnstad AS
Jonsborgveien 2

BORPROFIL HULL NR.: 15
TERRENGHØYDE: 3,0 PRØVETYPE: 54 mm/skovl

P.B. 7493 Mellomila 79
N-7018 Trondheim
TLF: 73 84 10 00 - FAX: 73 84 10 60
www.ramboll.no

Tegning nr. 117 Rev. 0

Dybde, m	Jordart	Sign.	Lab. nr	Vanninnhold (w) i % 10 20 30 40	γ kN/m³	Skjørstyrke (S _u) i kPa 10 20 30 40	S _t
5	SAND OG GRUS SILT		32		20.3		
	skjellrester leirig siltig		33		19.8 20.4		15 57
	KVIKKLEIRE						
	siltig sandig, små gruskkorn enk.tynne sandlag		34		21.1 21.5		100 150
	leire,siltig, færrskorpeaktig kvikkleire,siltig, sandig		35		21.4		>89. 6
10	leire,mye sand og gruskkorn,planterester siltig,enk.gruskkorn		36		21.3 22.0		>74. 2
15	LEIRE, enk.tynne siltlag		37		20.1 19.7		63 24
20							

6 Resultater

6.1 Laboratorieresultater

6.1.1 Rutineundersøkelser

Tabell 3: Resultater fra rutineundersøkelser

Punkt	7	7	4
Dybde	9-9,8 meter	15-15,8 meter	19,2-20 meter
Densitet, ρ	2,03 g/cm ³	2,09 g/cm ³	2,06 g/cm ³
Tyngdetetthet, γ	19,95 kN/m ³	20,54 kN/m ³	20,23 kN/m ³
Vanninnhold, w	26,76 %	26,19 %	23,6 %
Konus 1, s_u	35,80 kPa	69,2 kPa	79,50 kPa
Konus 1, s_r	0,20 kPa	6,1 kPa	7,50 kPa
Sensitivitet 1, S_t	179	11,30	10,60
Konus 2, s_u	31,90 kPa	54,40 kPa	87,80 kPa
Konus 2, s_r	0,39 kPa	6,6 kPa	21,10 kPa
Sensitivitet 2, S_t	81,8	8,20	4,16
Enaksial spenning, s_u	31,60 kPa	54,00 kPa	92,00 kPa
Flytegrense, w_l	21,53 %	52,00 %	-
Plastisitetsgrense, w_p	15,30 %	19,3 %	-
Plastisitetsindeks, I_p	6,23 %	32,7 %	-
Flyteindeks, I_l	1,84 %	21,07 %	-
Tørrdensitet, ρ_d	1,71 g/cm ³	1,60 g/cm ³	1,66 g/cm ³
Korndensitet, ρ_s	-	2,68 g/cm ³	-

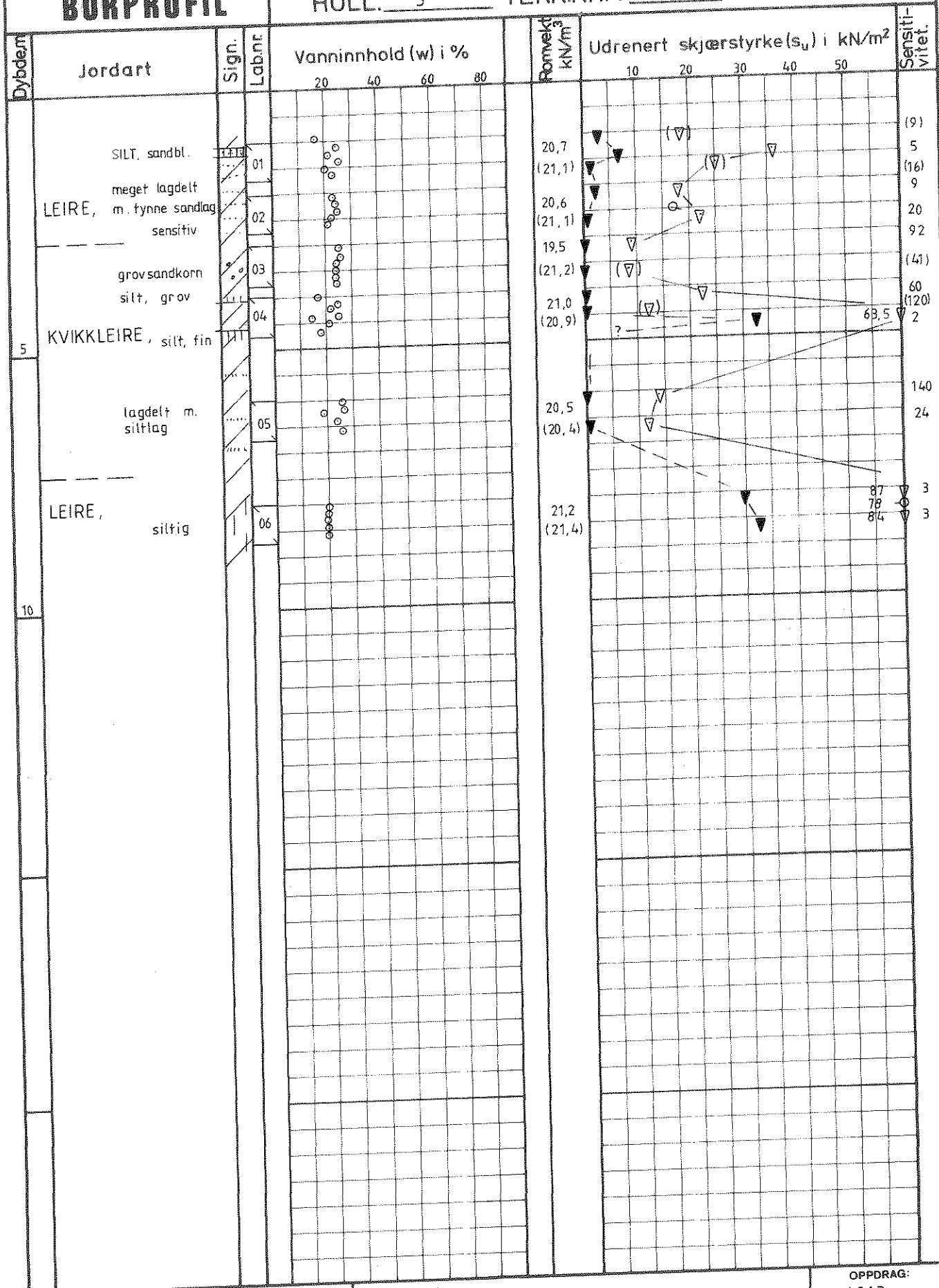
Resultat fra kornfordelingsanalysen er lagt ved i vedlegg. Analysen viste at materialet defineres som en ren leire. Prøven fra punkt 7, 9-9,8 meter hadde imidlertid tydelige lag med silt og prøven kunne enkelt skilles ved disse lagene.

BORPROFIL

HULL: 3

TERR.NIVÅ:

PRÖVE Ø: 54 mm



Kummeneje
Sivilingeniør Ottar Kummeneje



TRONDHEIM
GJØVIK BODØ TROMSØ



Sted: MALVIK

Mnd/år: 10 /83

OPPDRAG:
4013

SYMBOLER:

Enkelt trykkforsøk: σ_0 (strek angir def.% v/brudd)

Konustforsøk - Omrørt: ∇ Uforstyrret: ∇

Penetrometerforsøk: \square

Konsistensgrenser: w_p \rightarrow w_L

BILAG:

7

TEGN.NR.:

07

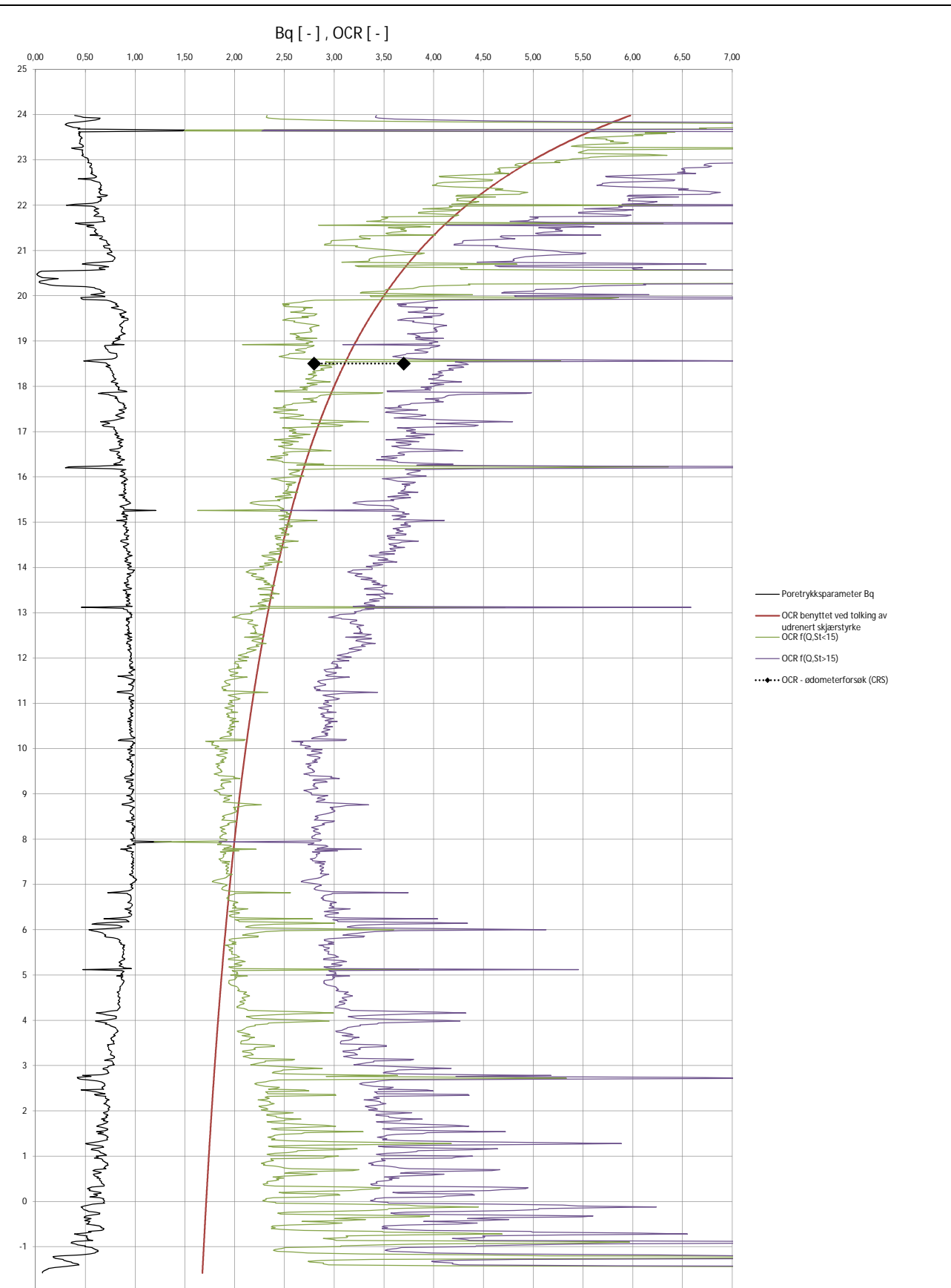
VEDLEGG 2


G-rap-001 Kvikkleiresone 329 Malvik. Stabilitetsvurdering.

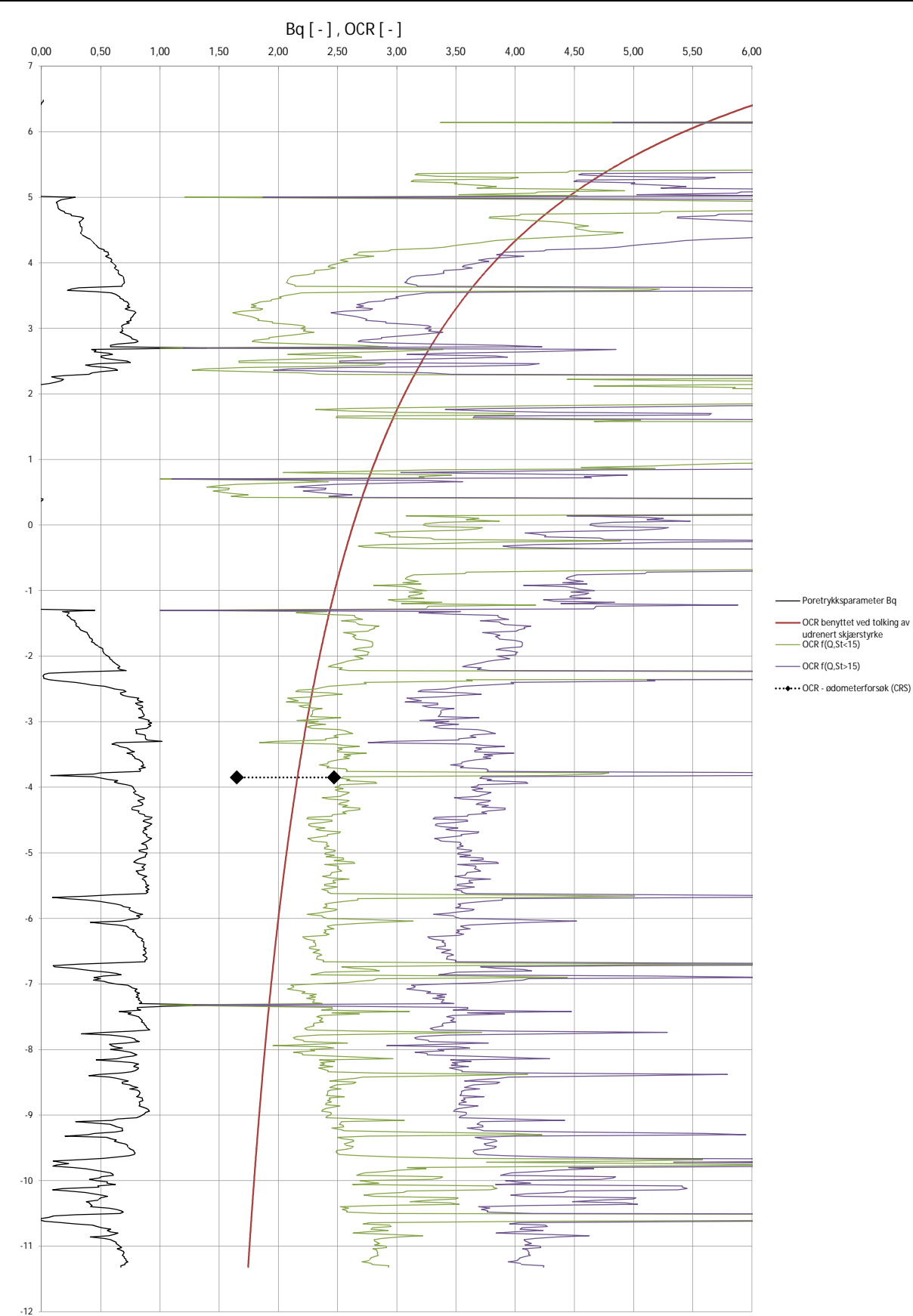
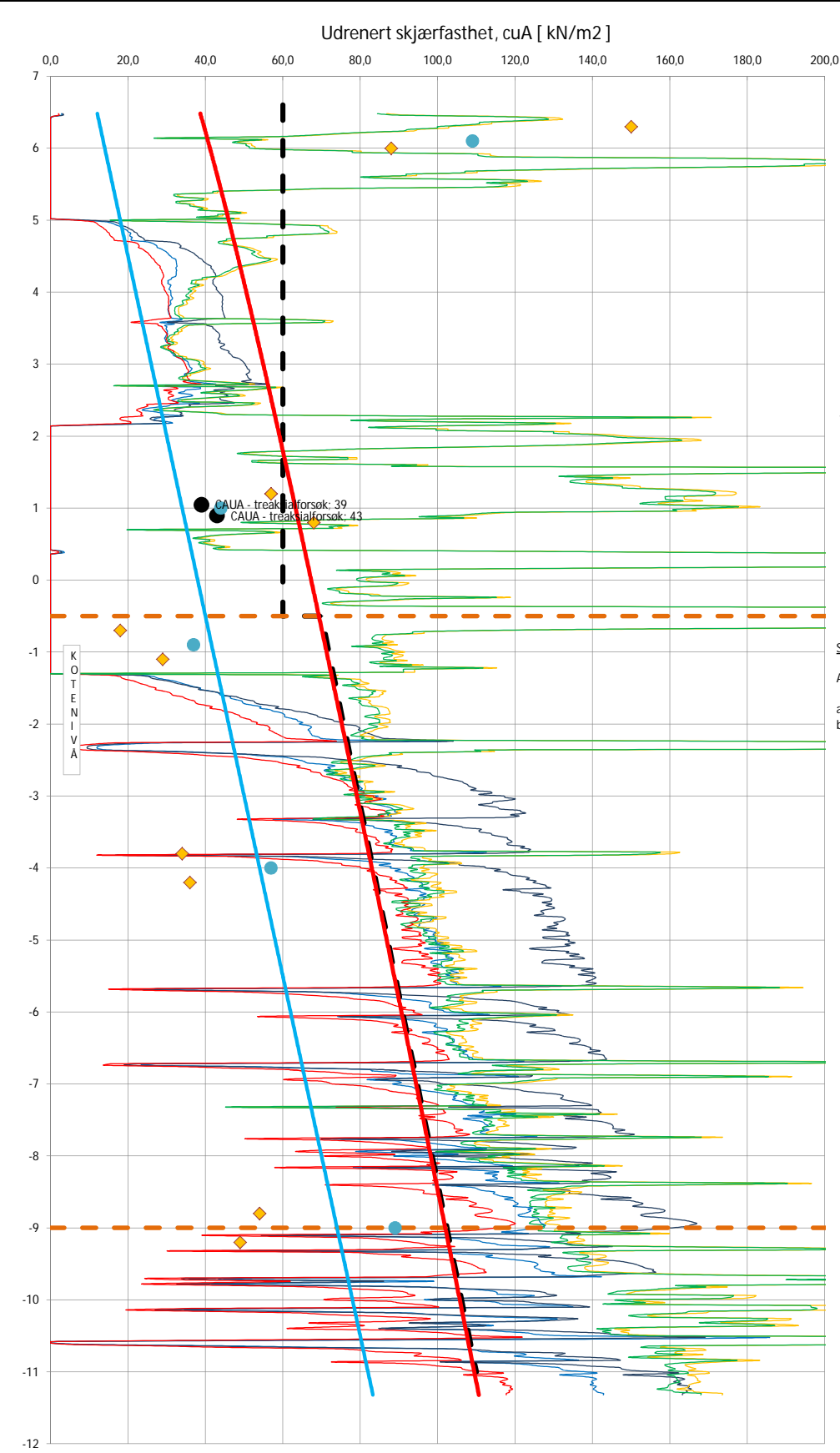
TOLKNING AV TRYKKSONDERING, CPTU

- Punkt 21
- Punkt 22
- Punkt 28
- Punkt 5, oppdrag 6090834
- Punkt 7, oppdrag 6090834
- Punkt 9, oppdrag 6090834
- Punkt 15, oppdrag 6090834
- Punkt 18, oppdrag 6090834

(9 sider inkl. forside)



		NVE Midt Norge			Oppdrag 6120305
		Kvikkleiresone 329 Malvik		Tegn./kontr. MBP/SAS	Vedlegg 2
		Borpunkt: 21	Terrengkote: 26		
		Tolking/presentasjon av CPTU Udrenert skjærfasthet og OCR		Dato 15.11.2012	Tegn. Nr. -



NVE Midt Norge

Kvikkleiresone 329 Malvik

Borpunkt: 22

Terrengkote: 8,5

Tolking/presentasjon av CPTU

Udrenert skjærfasthet og OCR

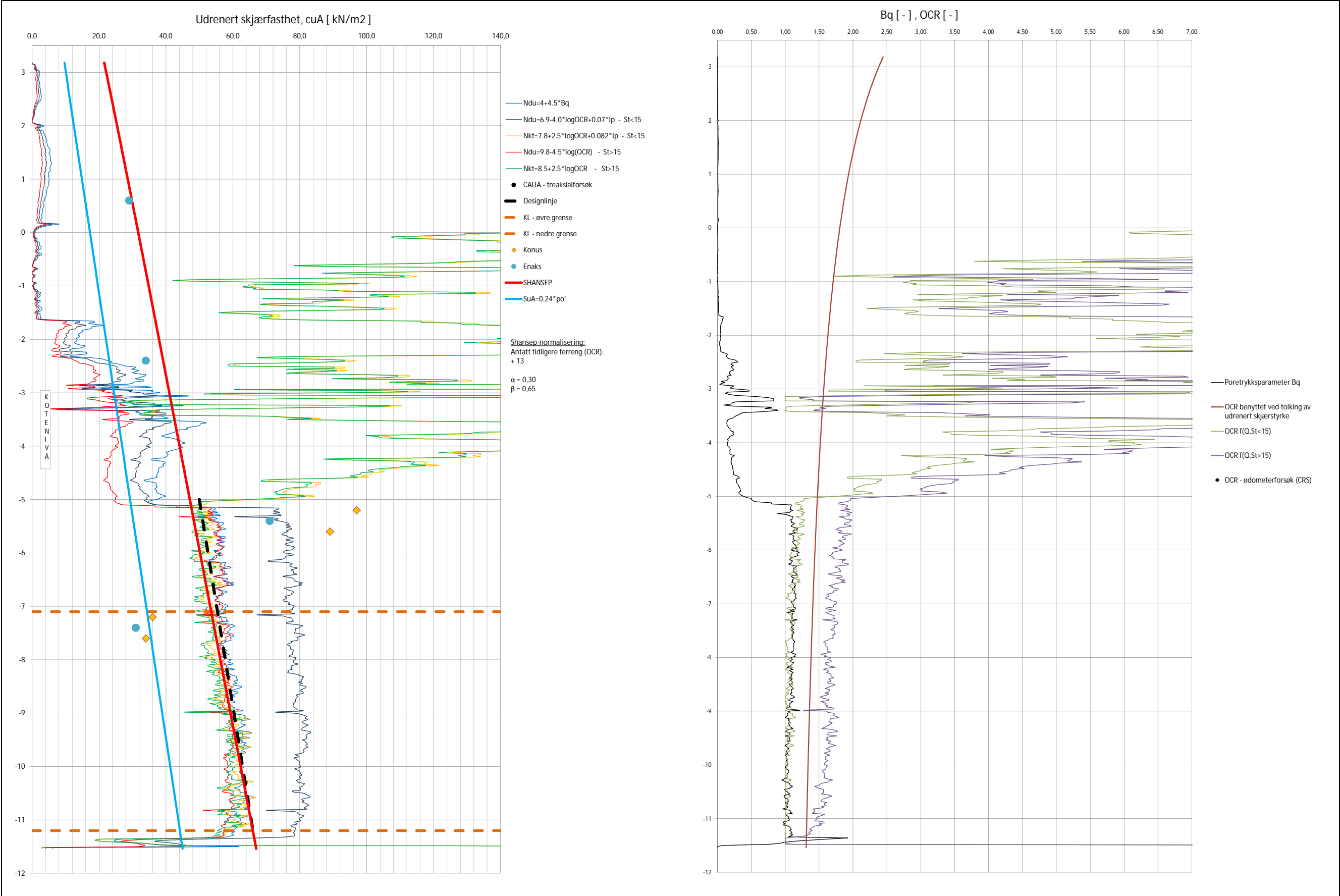
Tegn./kontr.
MBP/SAS

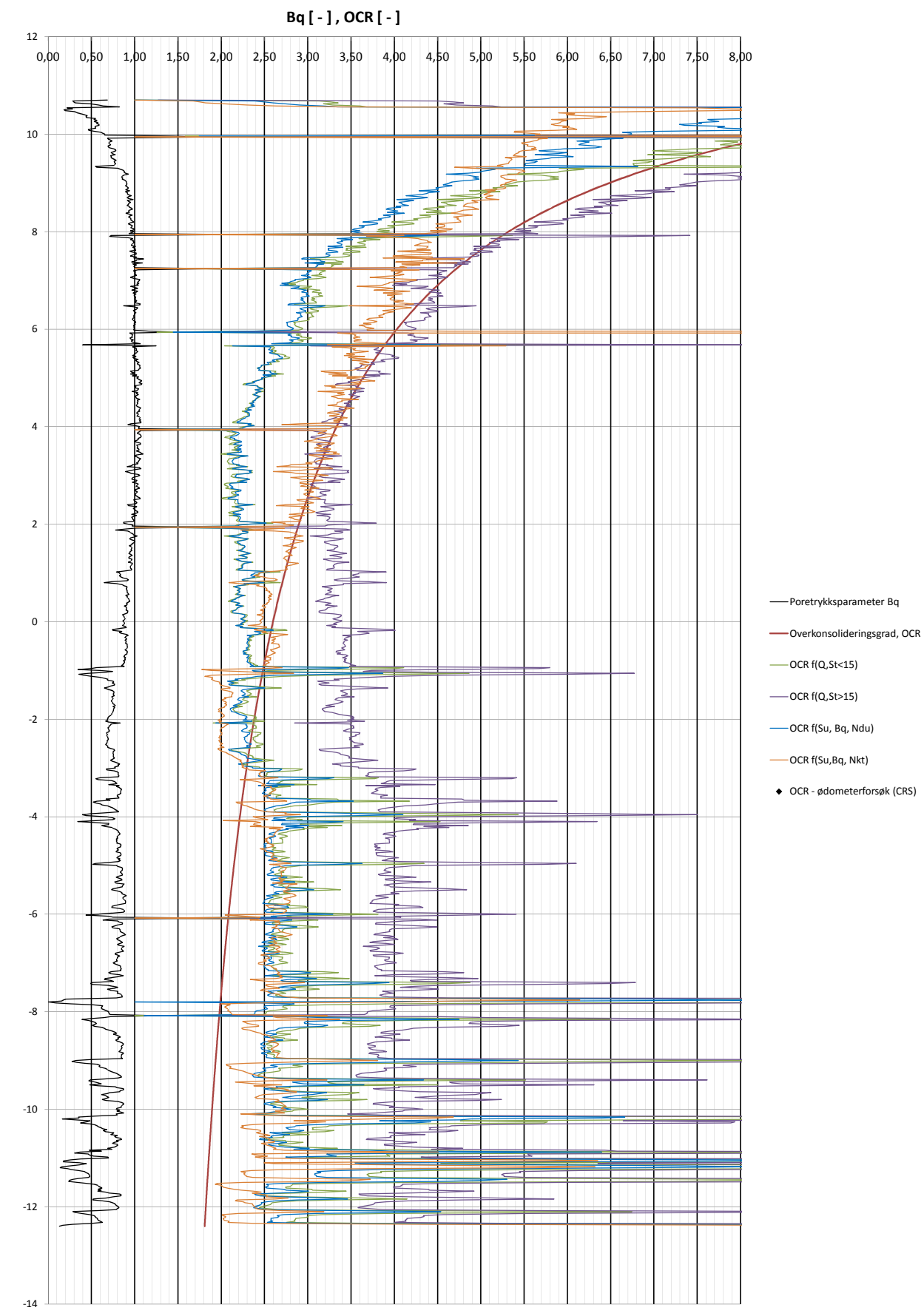
Dato
15.11.2012

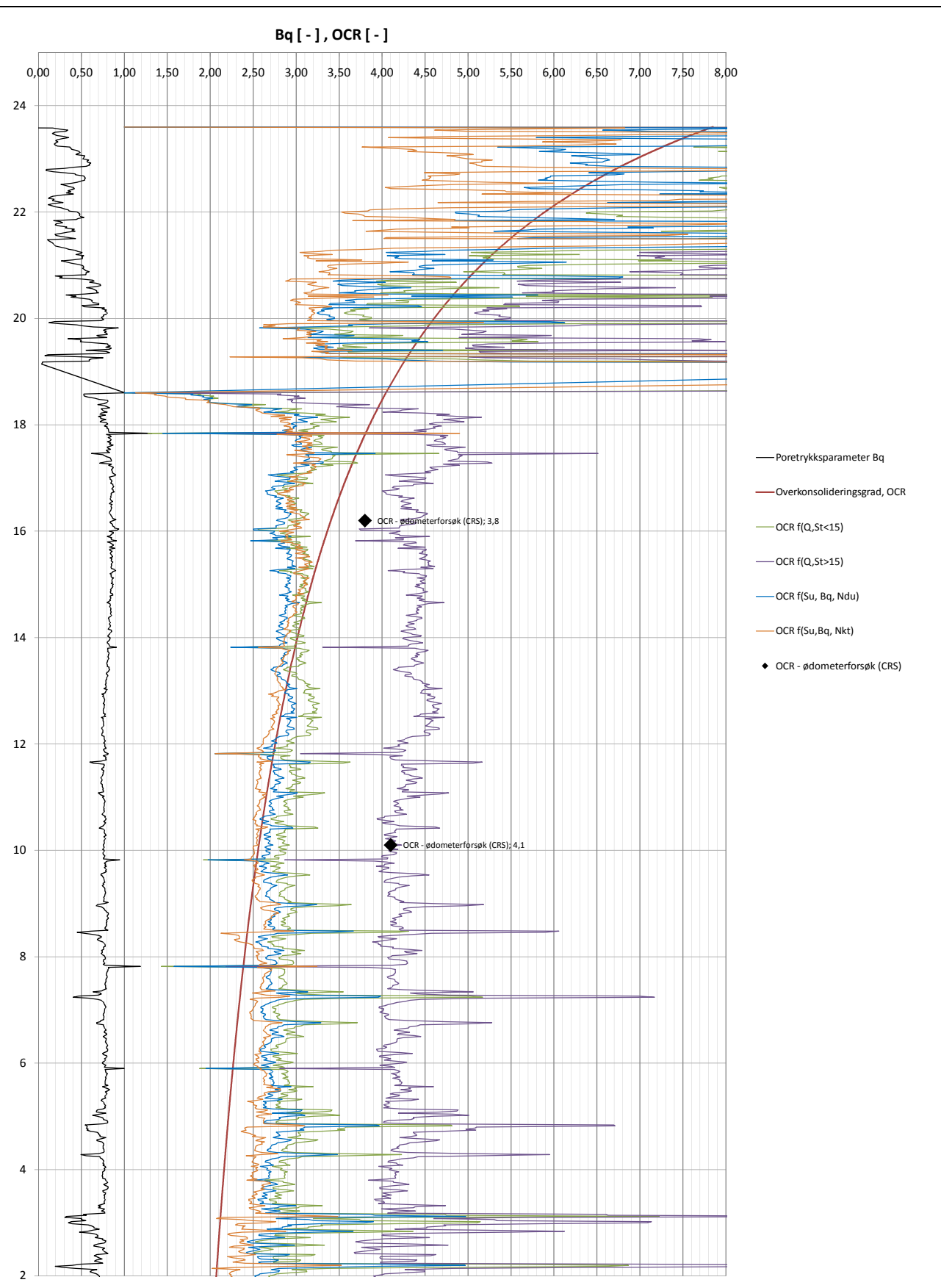
Oppdrag
6120305

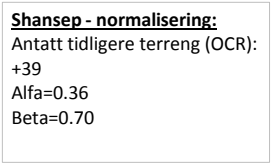
Vedlegg
2

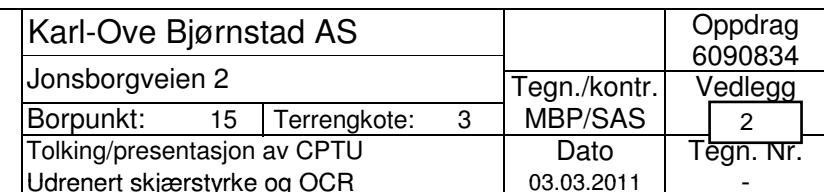
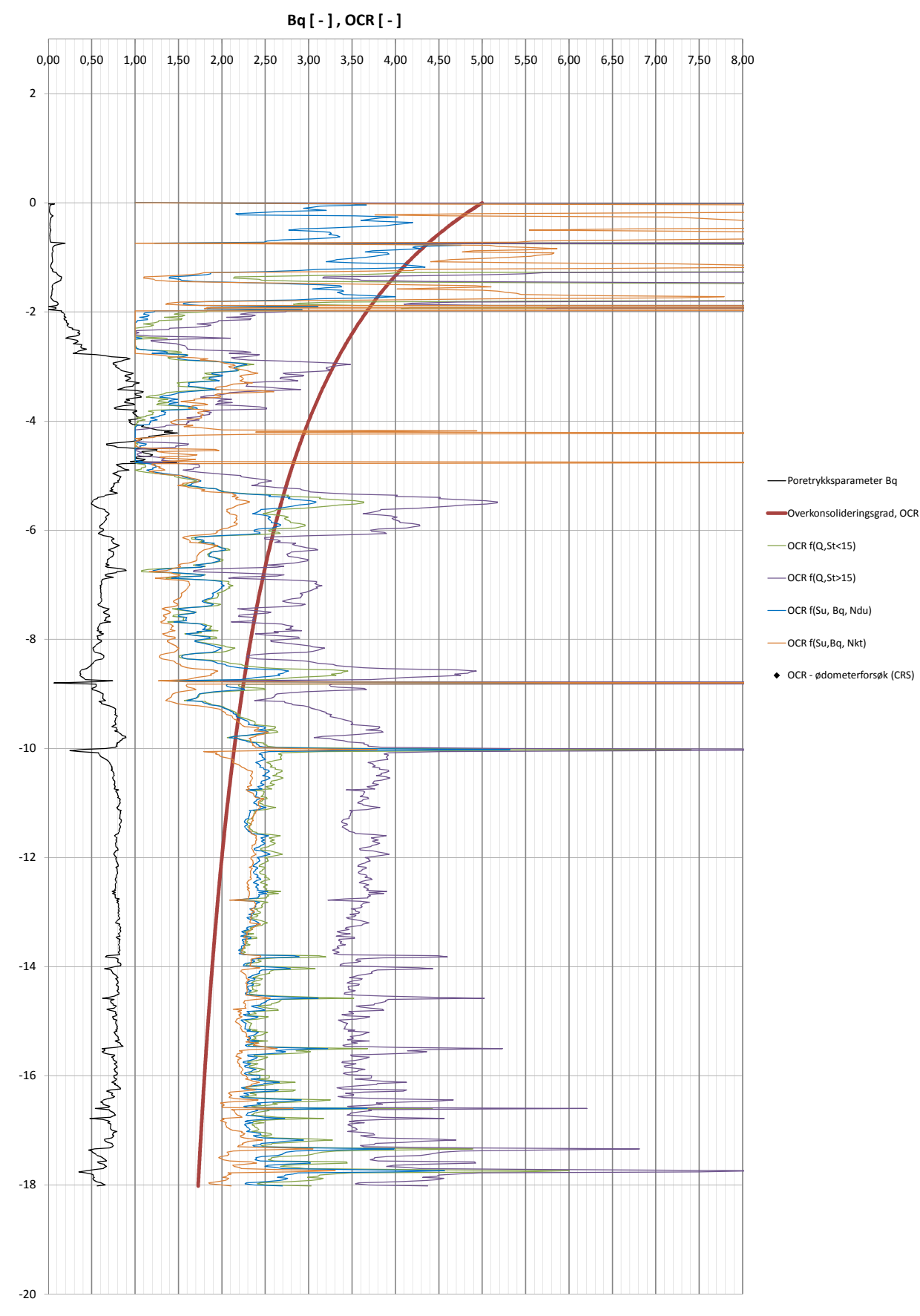
Tegn. Nr.
-

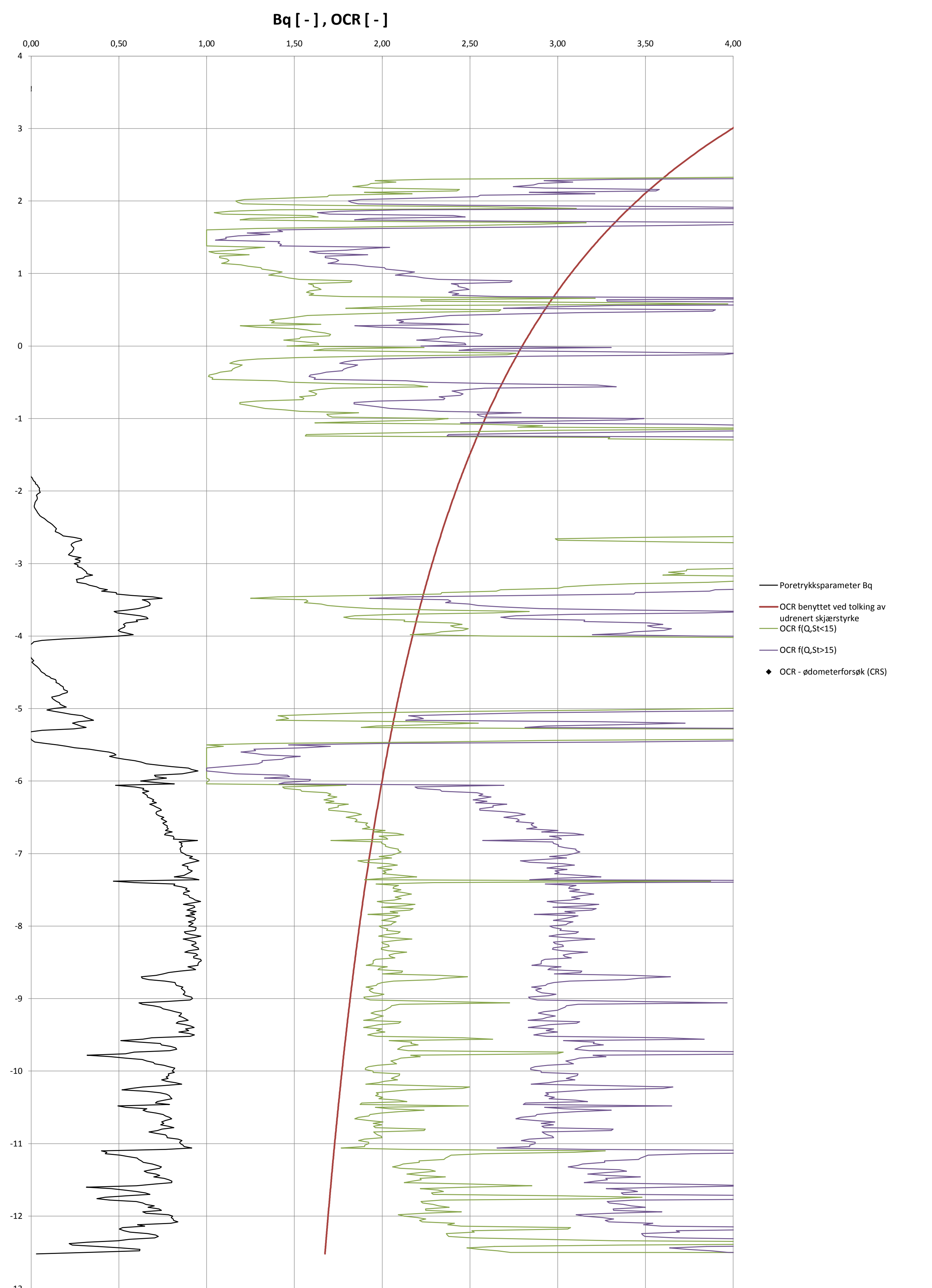













		NVE Midt Norge			Oppdrag 6120305
		Kvikkleiresone 329 Malvik		Tegn./kontr. MBP/SAS	Vedlegg 2
		Borpunkt: 834-18	Terrengkote: 5,6		
		Tolking/presentasjon av CPTU Udrenert skjærfasthet og OCR		Dato 15.11.2012	Tegn. Nr. -

VEDLEGG 3

G-rap-001 Kvikkleiresone 329 Malvik. Stabilitetsvurdering.

INPUT FOR TOLKNING AV CPTU

(2 sider inkl. forside)

Input benyttet ved tolkning av CPTU

Pkt	Dagens terreng	Tidligere terreng	Antatt in-situ poretrykk	Ip	Romvekt	Romvekt tidligere terreng	Alfa	Beta	Anvendelsesklasse		
5*	11,7	33,0	120 % fra kt 9,7	6	20	20	0,36	0,70			
7*	25,6	55,0	120 % fra kt 23,6	6	20	20	0,36	0,70			
9*	18,4	39,0	Ca 104 % (iht. piezometer) fra kt 16,9	6	20	20	0,36	0,70			
15*	3,0	17,0	Hydrostatisk fra kt 2,0	9	20	20	0,36	0,70			
18	5,6	21,0	Hydrostatisk fra kt 3,6	5	20,5	20,5	0,35	0,70	1	1	1
21	26,0	48,0	Hydrostatisk fra kt 24,0	5	20	20	0,35	0,70	1	1	1
22	8,5	25,0	Hydrostatisk fra kt 7,5 (iht. vedlegg 4)	5	20	20	0,36	0,70	1	1	1
28	5,2	13,0	Hydrostatisk fra kt 4,2	5	20	20	0,30	0,65	1	1	1

*Tolkning av CPTU utført i punkt 5, 7, 9 og 15 er hentet fra tidligere oppdrag 6090834 Jonsborgveien 2. Tolkningen er tidligere kontrollert og godkjent av Multiconsult AS i deres notat 414040 Notat RIG01_Jonsborgveien 2.

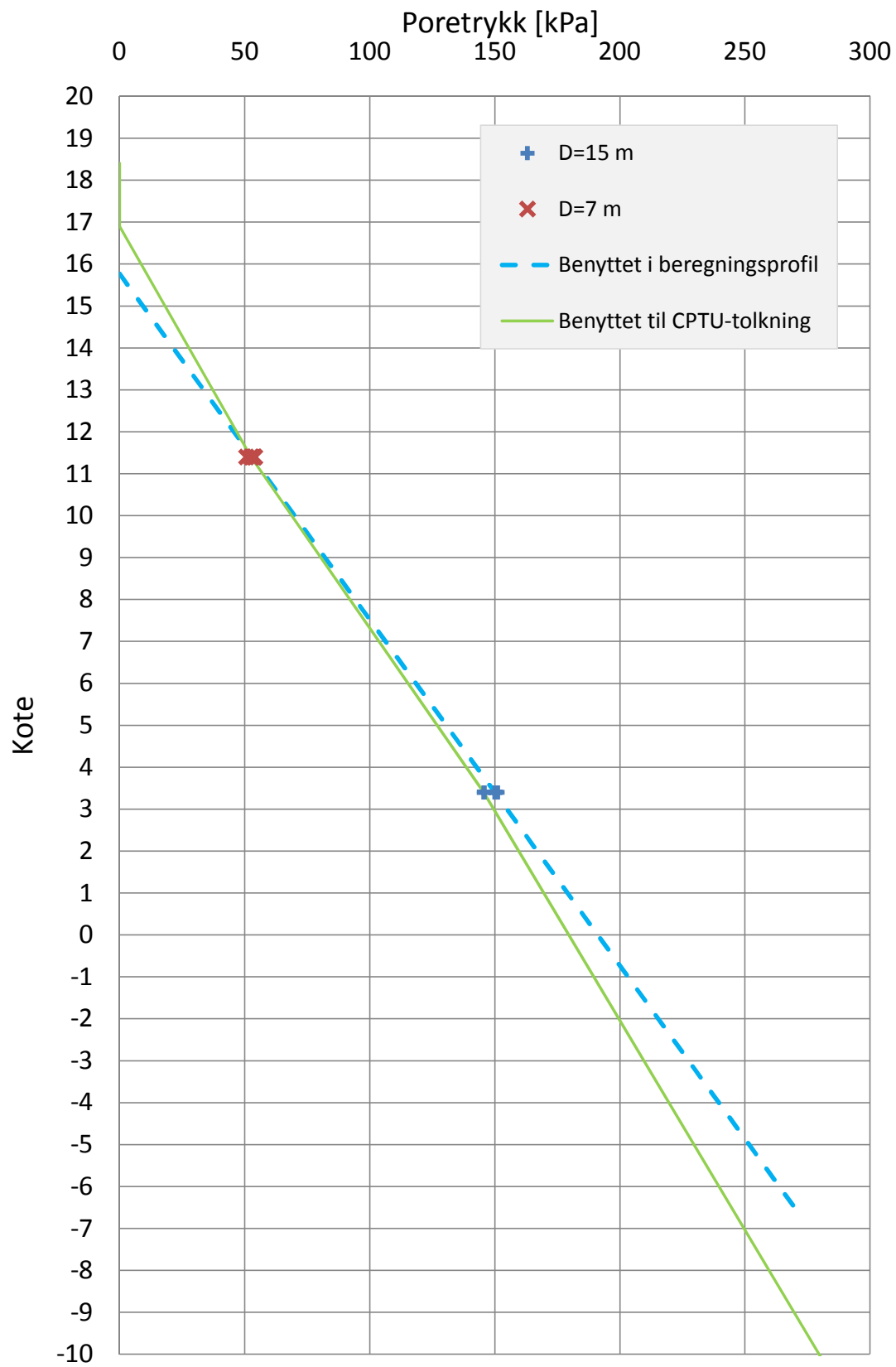
VEDLEGG 4

G-rap-001 Kvikkleiresone 329 Malvik. Stabilitetsvurdering.

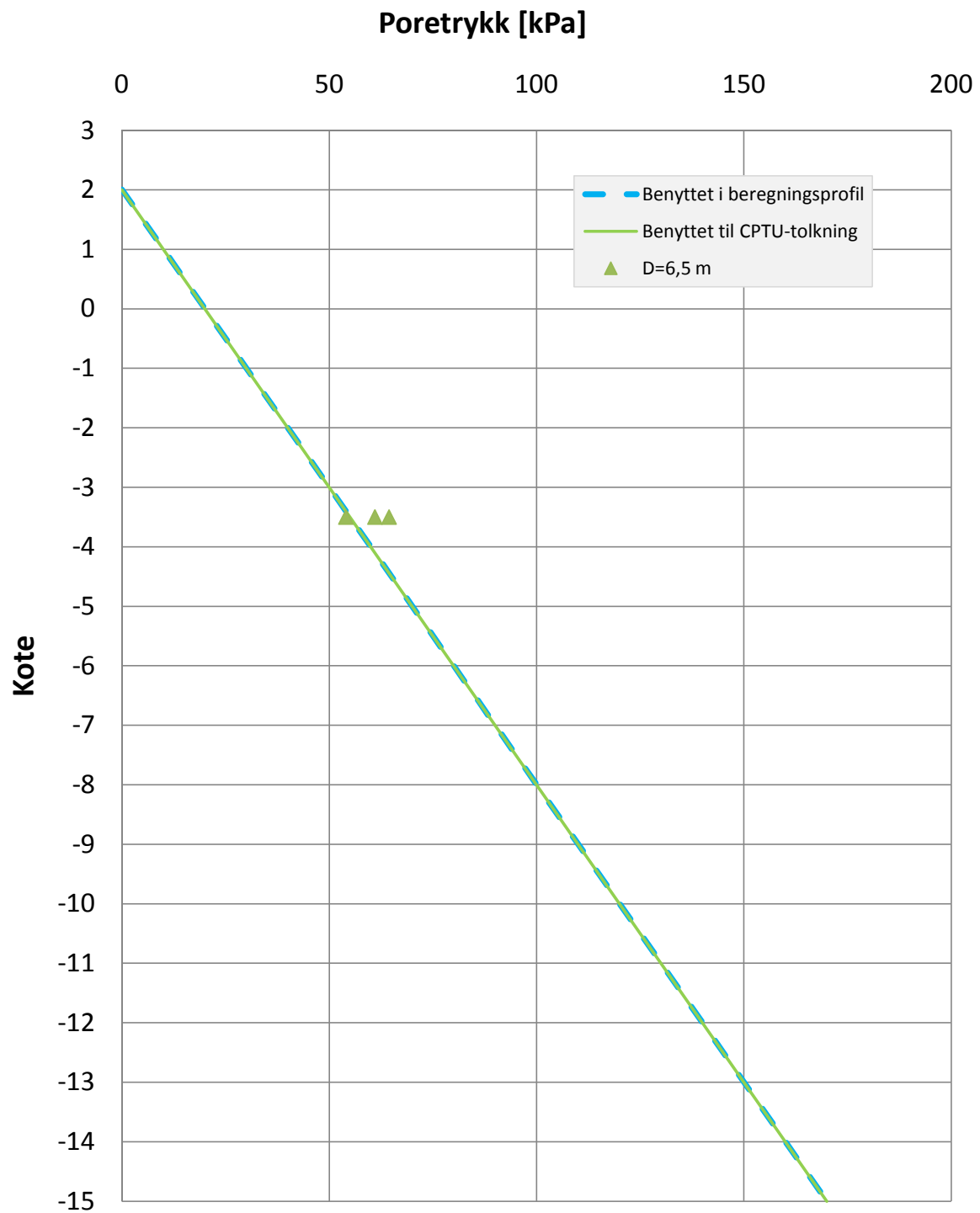
PORETRYKKSMÅLINGER

(4 sider inkl. forside)

Poretrykk punkt 9

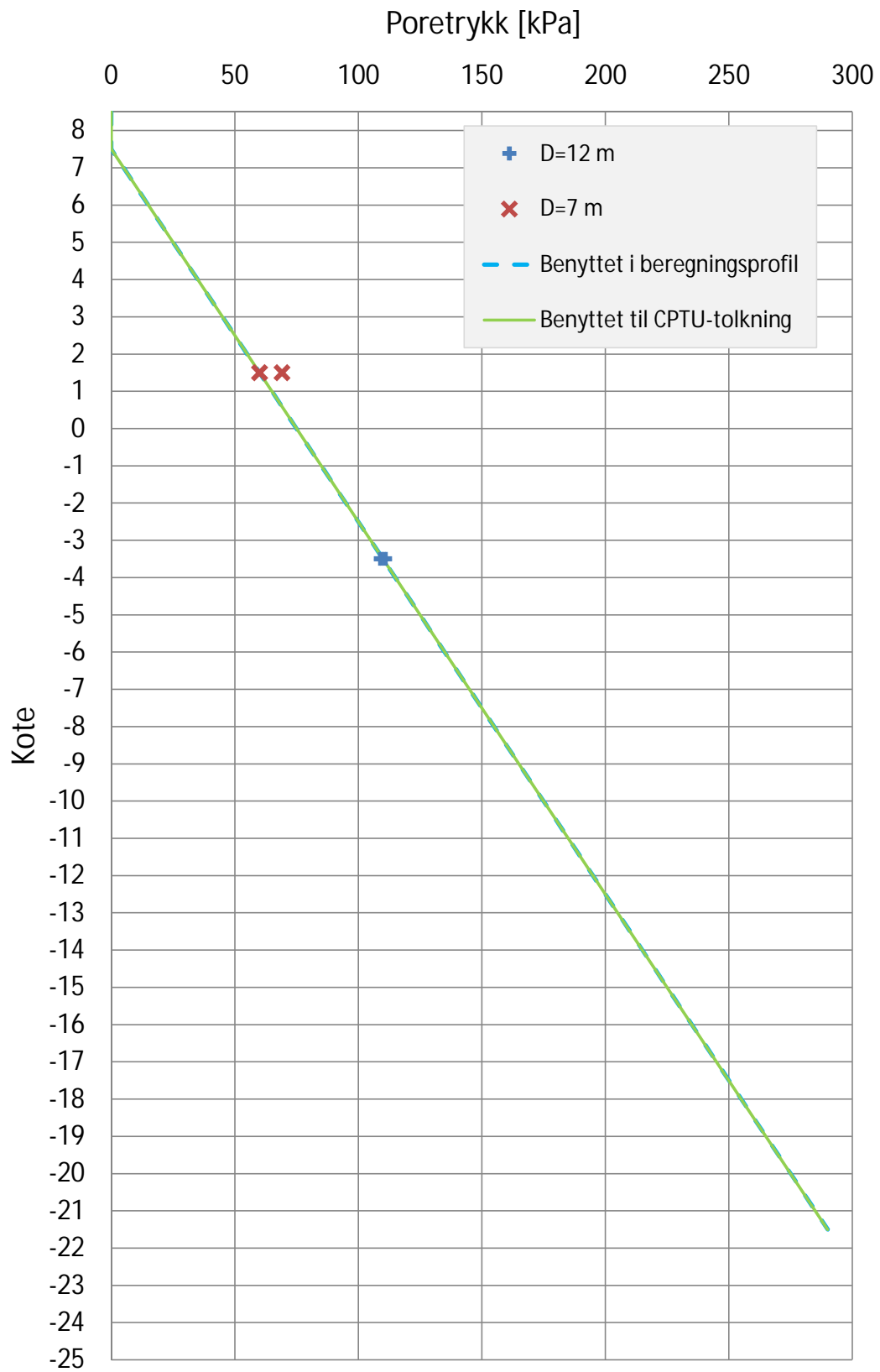


Poretrykk punkt 15



Vannstand ved avlesning		kt	Målt u
05.11.2010	09:45	1,4	54
20.01.2011	09:15	-0,15	64,4
04.02.2011	12:45	1,47	61

Poretrykk punkt 22



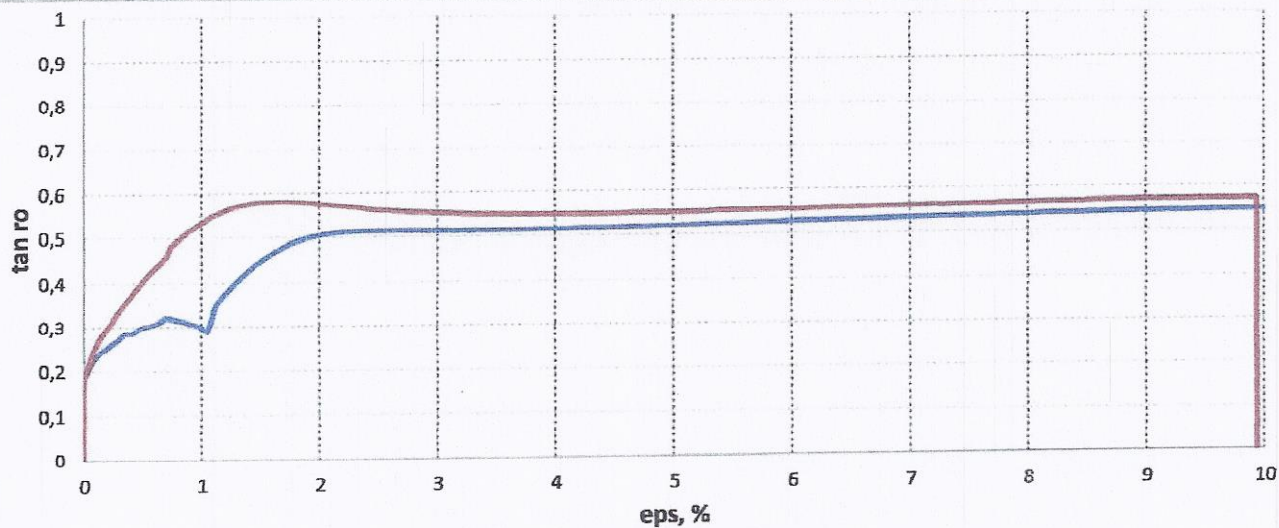
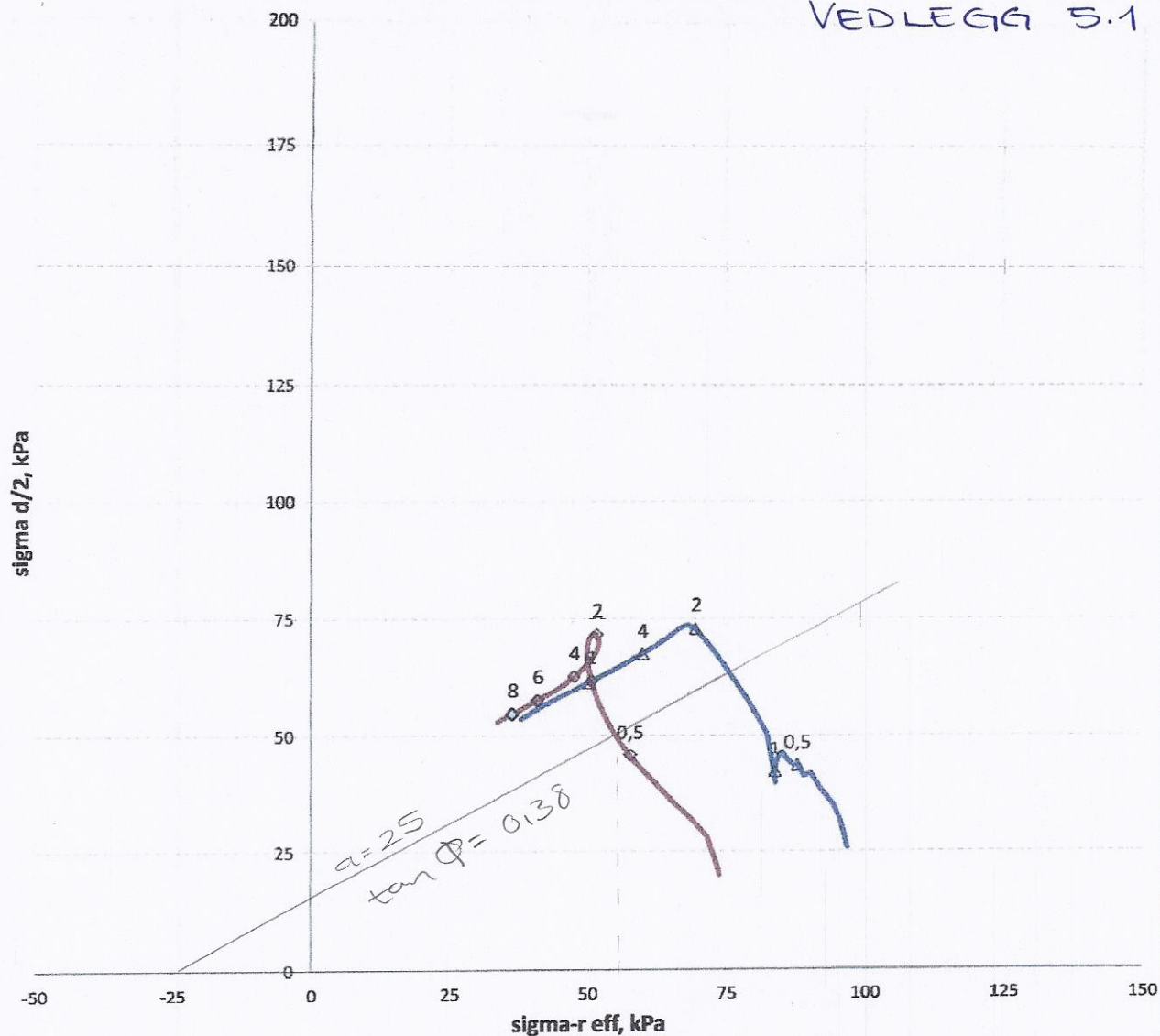
VEDLEGG 5

G-rap-001 Kvikkleiresone 329 Malvik. Stabilitetsvurdering.

TOLKNING AV TREAKSIALFORSØK

- Punkt 21 – dybde 10,50-10,60 (2 sider)
- Punkt 22 – dybde 7,45-7,60 (2 sider)
- Punkt 23 – dybde 9,60-9,70 (2 sider)
- Punkt 9, oppdrag 6090834 – dybde 7,60-7,70 (2 sider)
- Punkt 9, oppdrag 6090834 – dybde 10,60-10,70 (2 sider)

(11 sider inkl. forside)



PRØVE	SYMBOL	PUNKT	LAB	DYBDE	TYPE	dV (cm ³)	KOMMENTAR
1	Δ	21	23	10,60m	CUA	4,7	Kvikkleire, m. tynne sandlag
2	\diamond	21	23	10,50m	CUA	4,8	Kvikkleire, m. tynne sandlag

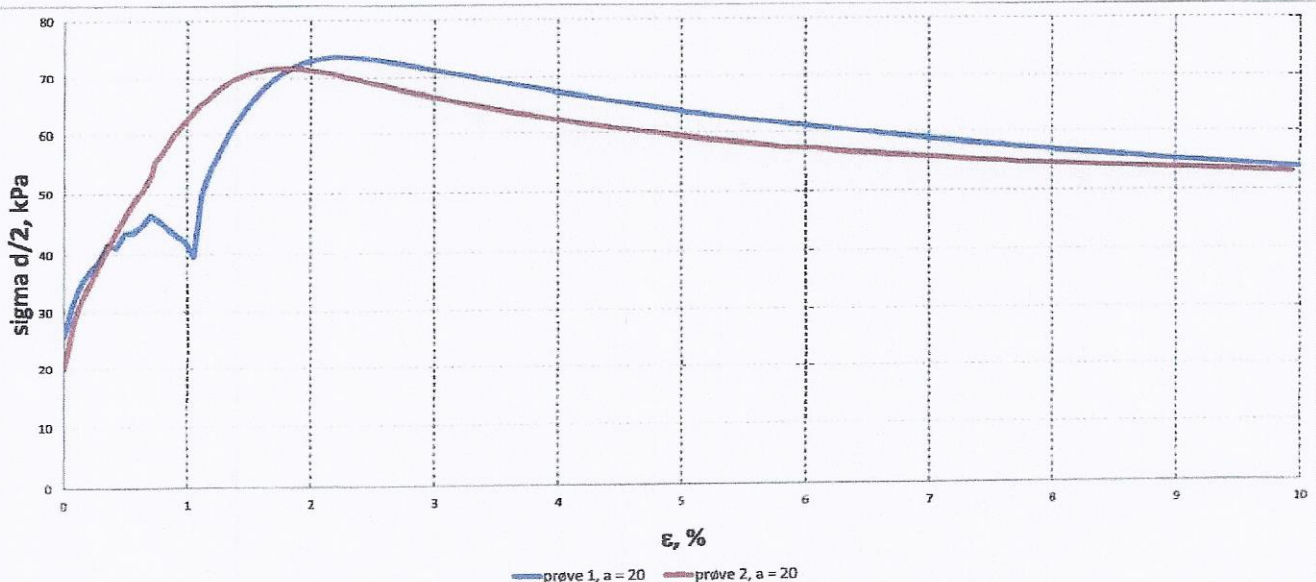
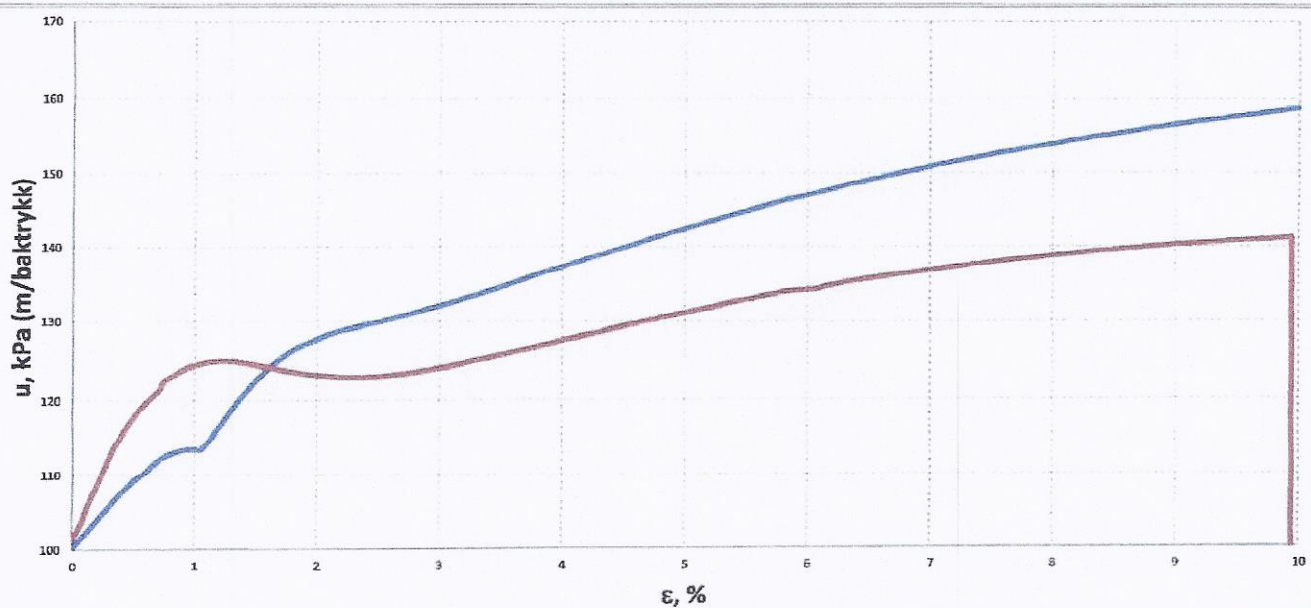
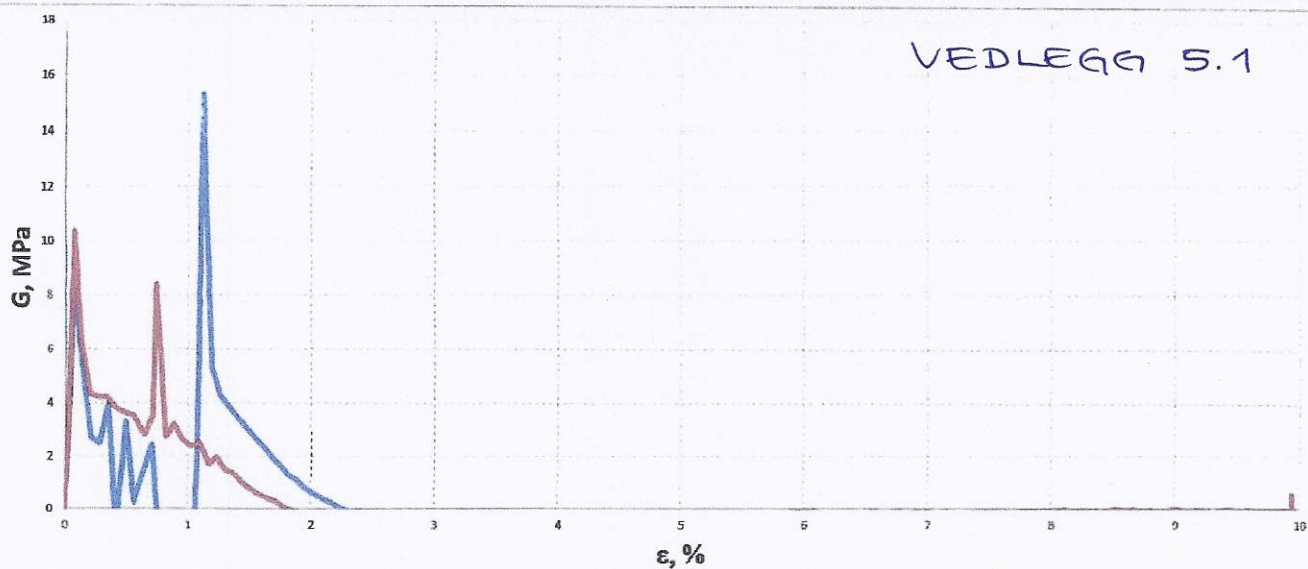
RAMBOLL

KI-soner Malvik/Torp

TREAKS

Tegn./kontr.
/Dato
17.12.2012Oppdrag
6120521Bilag
-Tegn. Nr.
128-A

VEDLEGG 5.1



KI-soner Malvik/Torp

21

23

Kvikkleire, m. tynne sandlag

RAMBOLL

0

KI-soner Malvik/Torp

TREKKS

Oppdrag
6120521

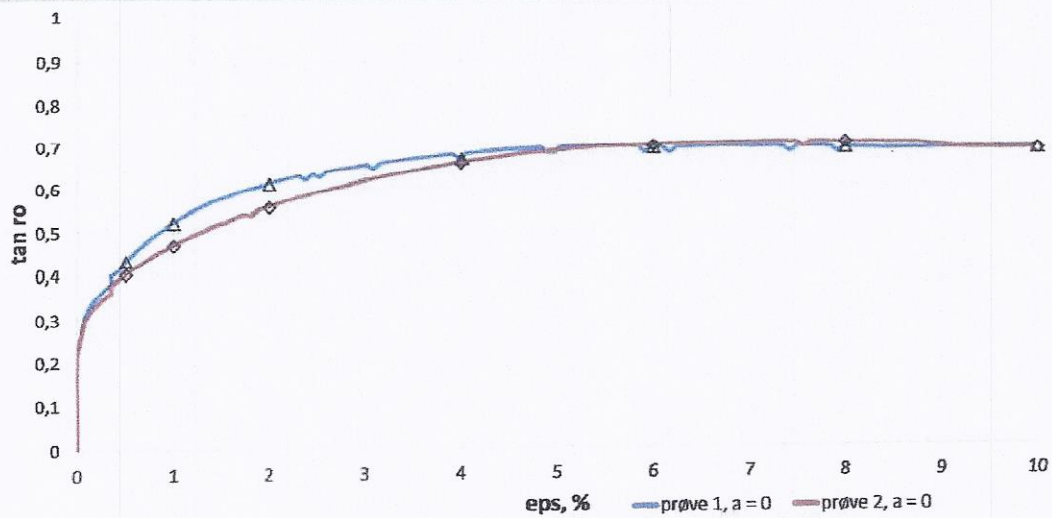
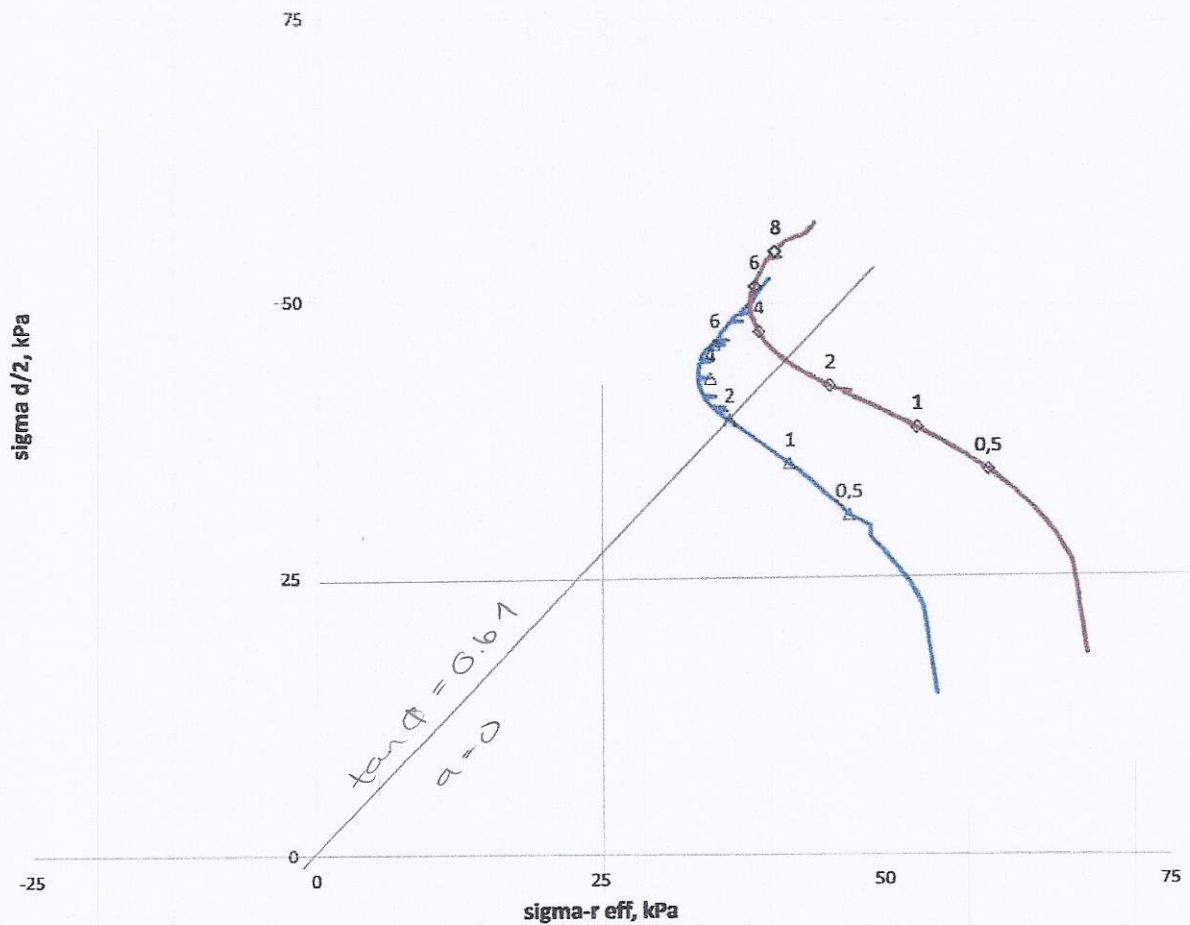
Tegn./kontr.
/

Dato
17.12.2012

Bilag

Tegn. Nr.
128-B

VEDLEGG 5.2



PRØVE	SYMBOL	PUNKT	LAB	DYBDE	TYPE	dV (cm3)	dV (%)	KOMMENTAR
1	Δ	22	27	7,45m	CUIA	5,2	2,3	Leire
2	◊	22	27	7,60m	CUIA	5,8	2,5	Leire

RAMBOLL

KI-soner Malvik/Torp

TREKKS

Tegn./kontr.

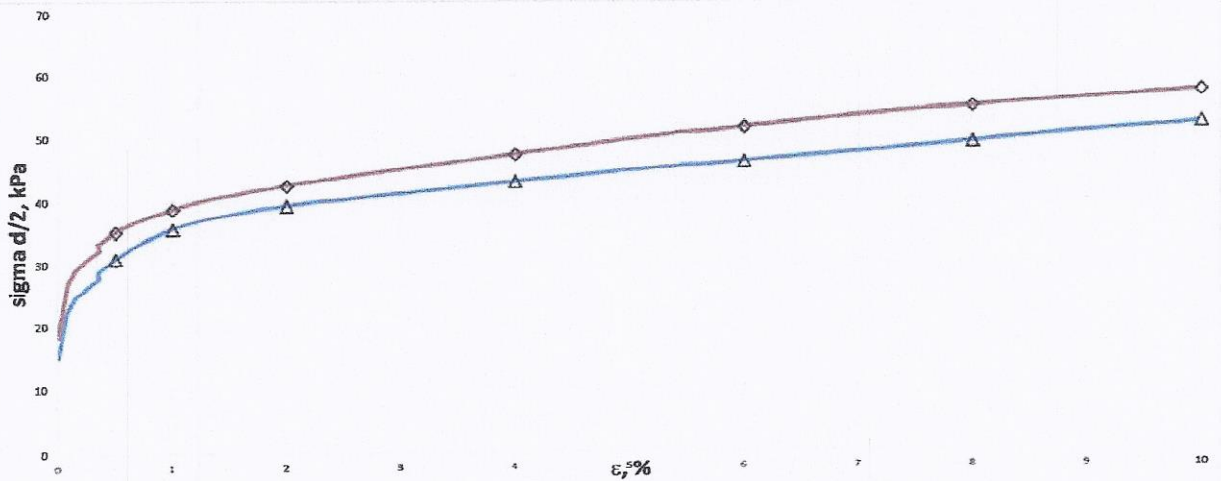
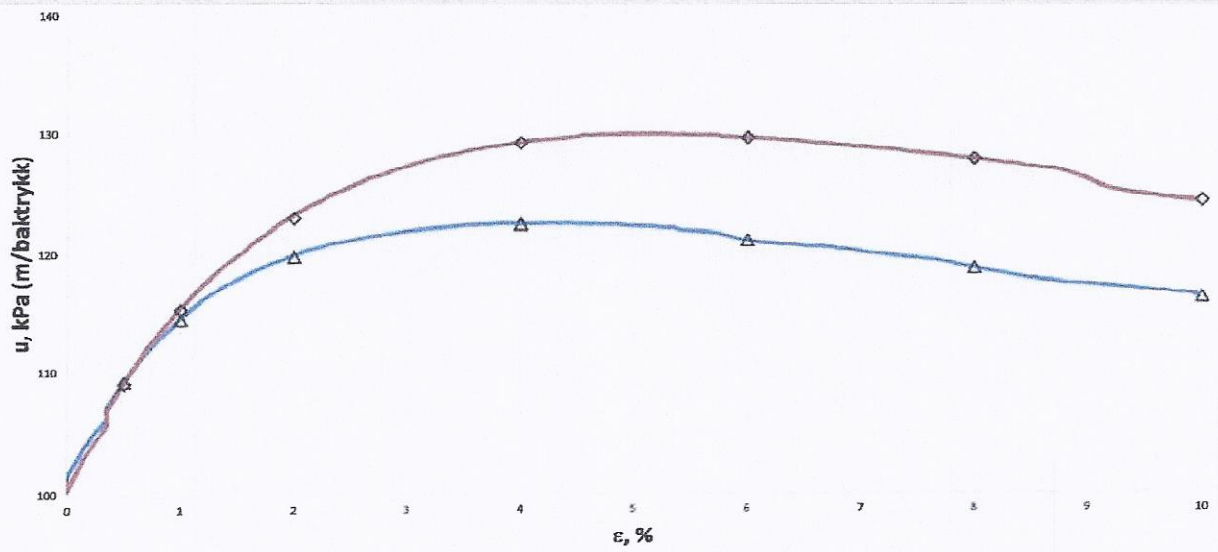
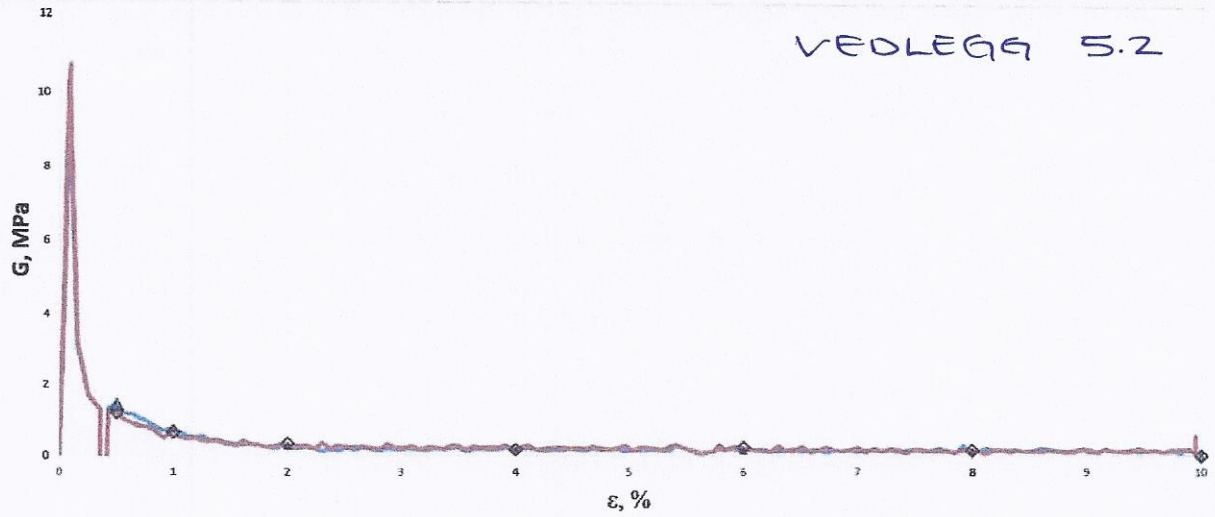
Dato
18.12.2012

Oppdrag
6120521

Bilag

Tegn. Nr.
124-A

VEDLEGG 5.2



PRØVE	SYMBOL	PUNKT	LAB	DYBDE	TYPE	dV (cm3)	dV (%)	KOMMENTAR
1	Δ	22	27	7,45m	CUIA	5,2	2,3	Leire
2	◇	22	27	7,60m	CUIA	5,8	2,5	Leire

RAMBOLL

KI-soner Malvik/Torp

TREKKS

Tegn./kontr.
/

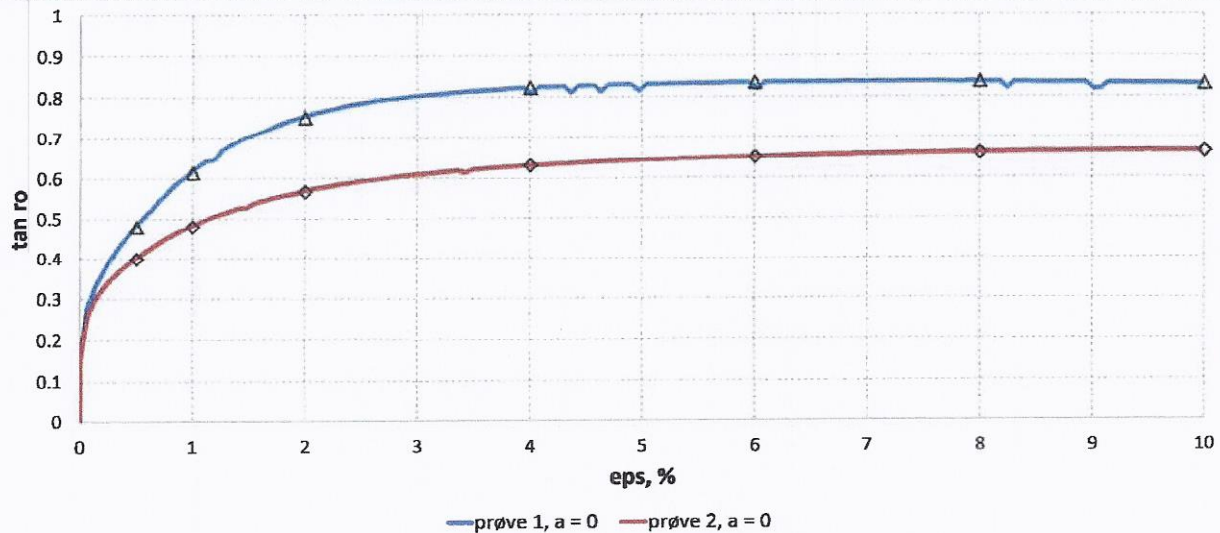
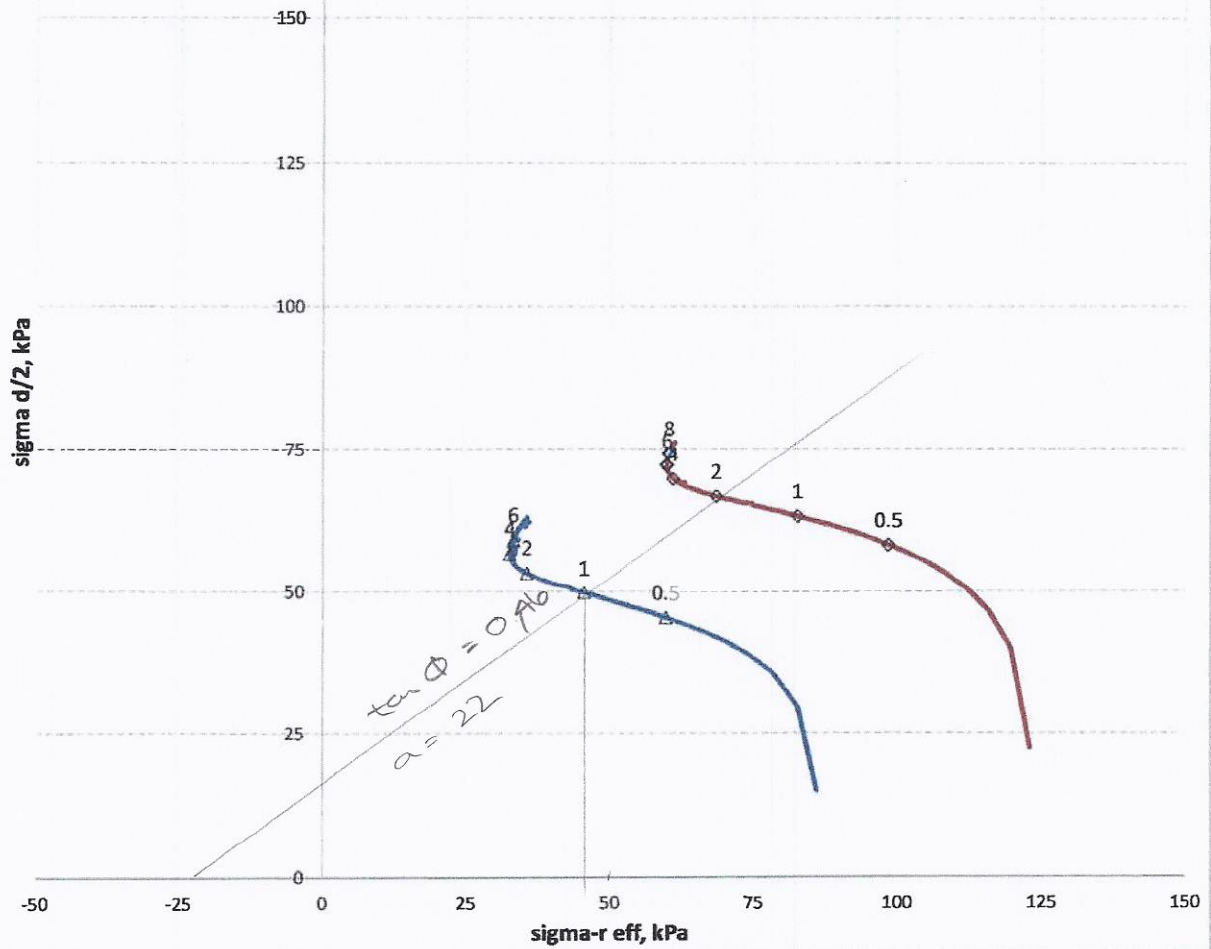
Dato
18.12.2012

Oppdrag
6120521

Bilag
-

Tegn. Nr.
124-B

VEDLEGG 5.3



PRØVE	SYMBOL	PUNKT	LAB	DYBDE	TYPE	dV (cm3)	dV (%)	KOMMENTAR
1	Δ	23	32	9,60m	CUIA	11.3	4.9	Leire, lagdelt
2	◊	23	32	9,70m	CUIA	12.3	5.4	Leire, lagdelt

RAMBOLL

KI-soner Malvik/Torp

TREAKS

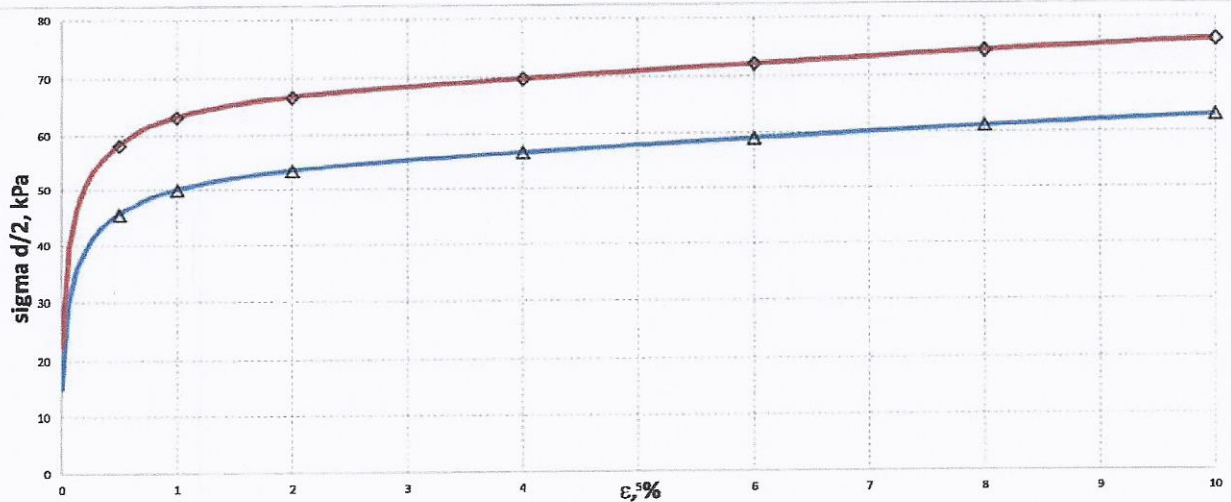
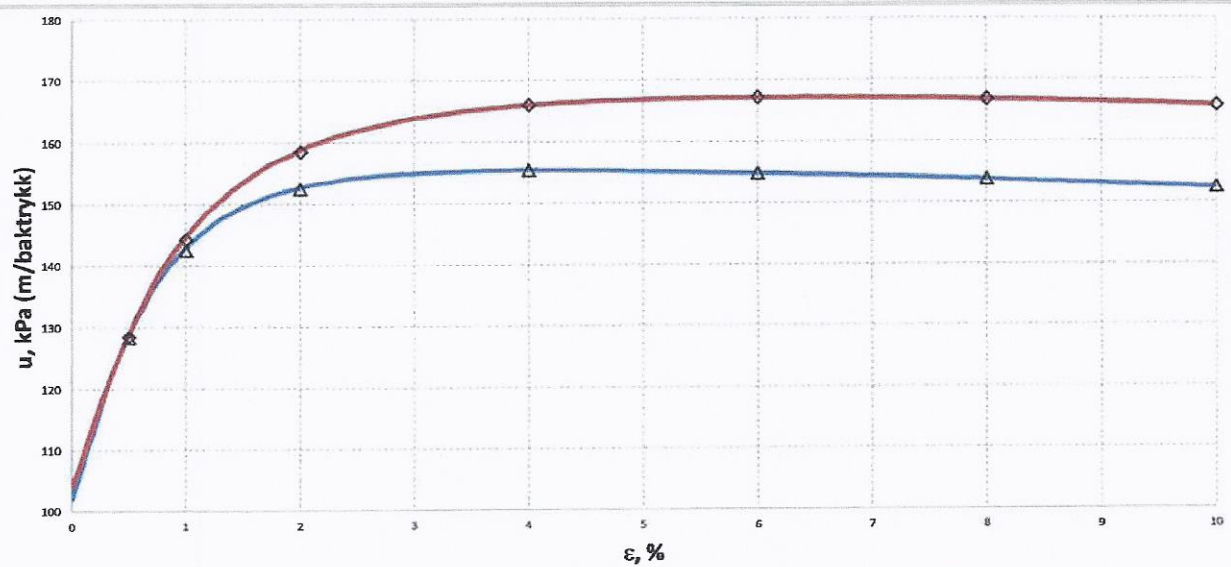
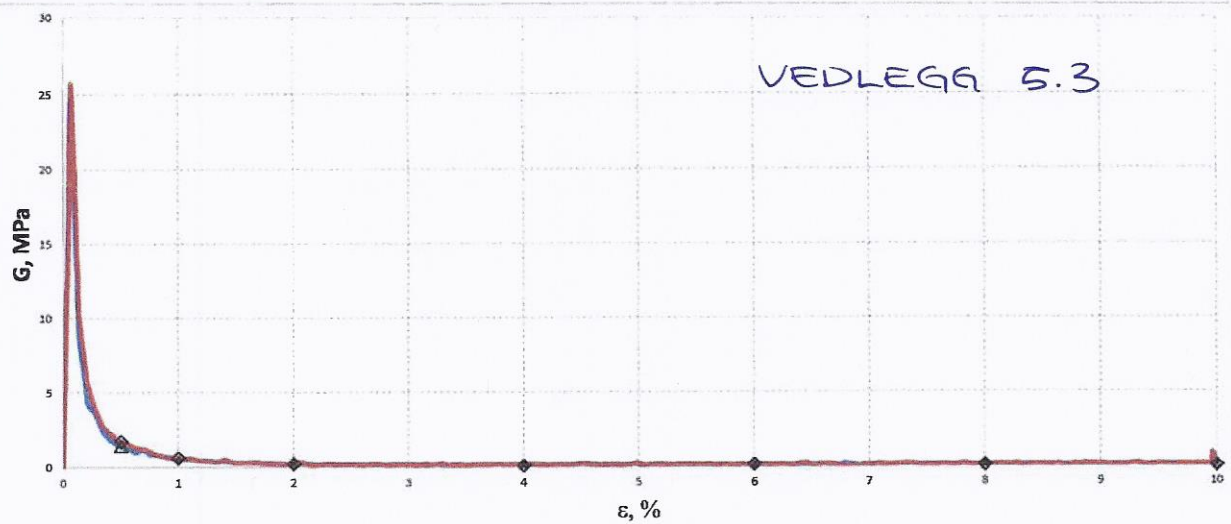
Tegn./kontr.
ESK / BKN

Dato
21.11.2012

Oppdrag
6120521

Bilag
-

Tegn. Nr.
130-A



PRØVE	SYMBOL	PUNKT	LAB	DYBDE	TYPE	dV (cm3)	dV (%)	KOMMENTAR
1	Δ	23	32	9,60m	CUIA	11.3	4.9	Leire, lagdelt
2	◇	23	32	9,70m	CUIA	12.3	5.4	Leire, lagdelt

RAMBOLL

KI-soner Malvik/Torp

TREAKS

Tegn./kontr.
ESK / BKN

Dato
21.11.2012

Oppdrag
6120521

Bilag
-

Tegn. Nr.
130-B

Kommentar
Leire, m. tynne sandlag
Leire, m. tynne sandlag

Korr.
4
4

dV(cm3)
5.50
5.20

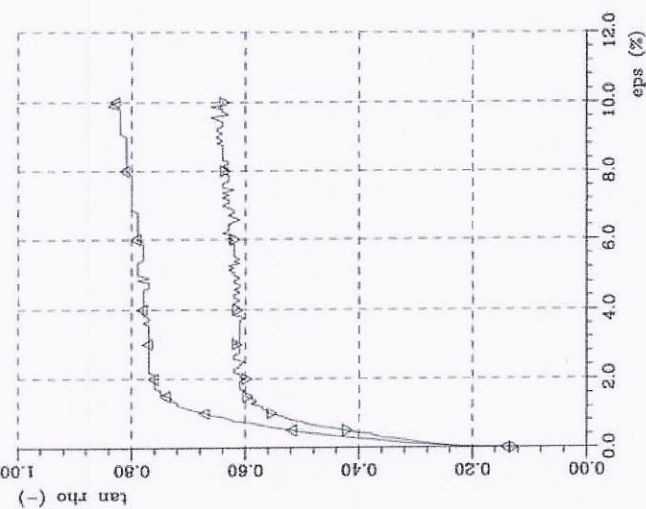
Forsøkstype
CAUA
CAUA

Labnr
16
16

Dybde(m)
7.60
7.70

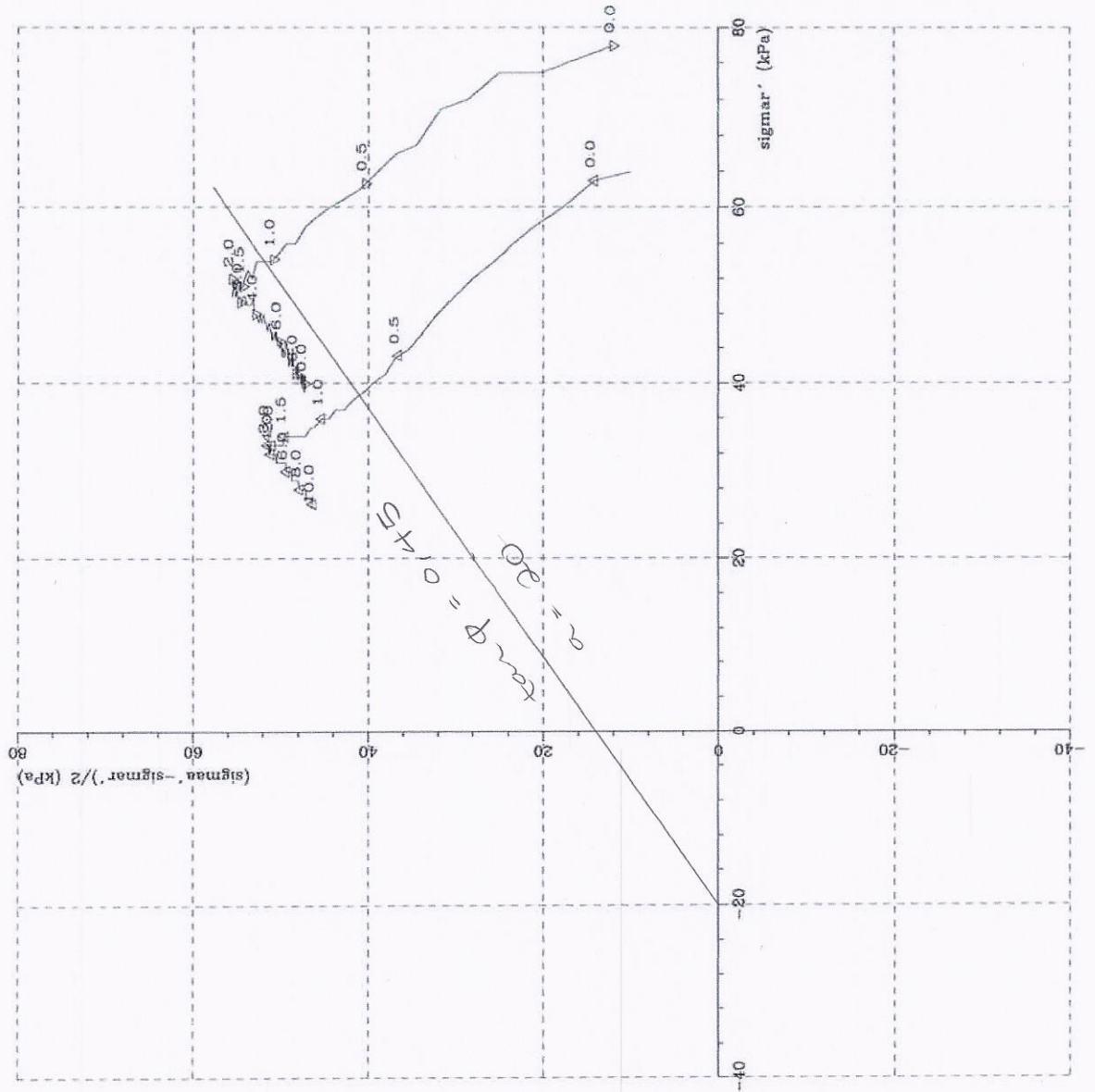
Profil
9
9

Sym
A
A



a (kPa) = 0.00
a (kPa) = 0.00

A
A



TREAKSIALFORSØK

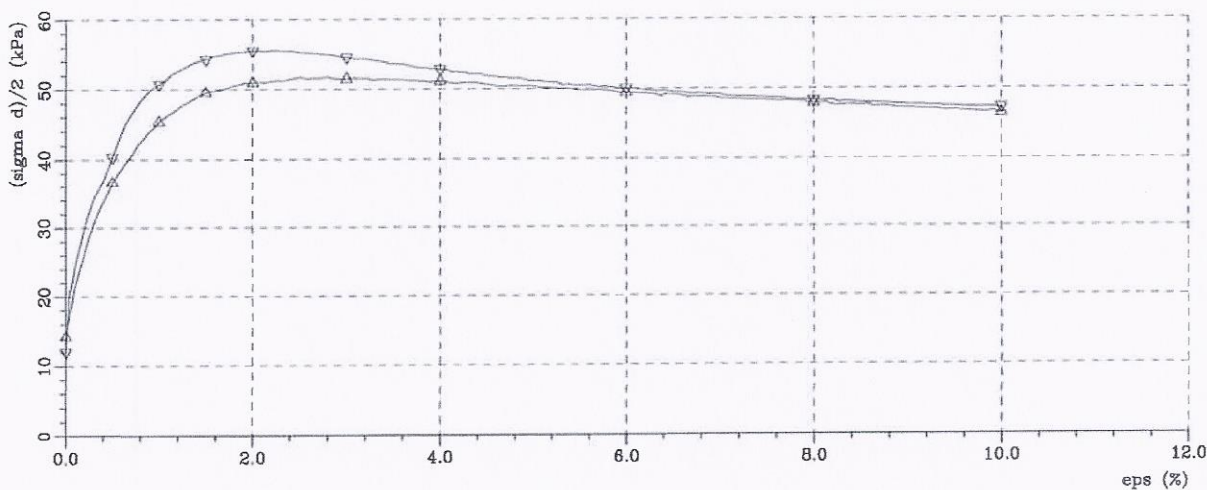
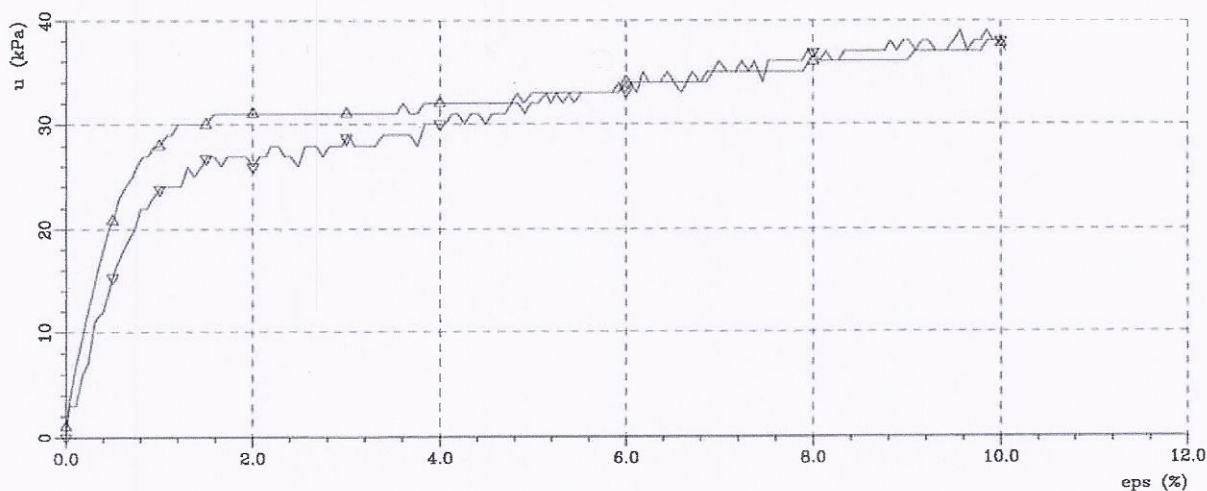
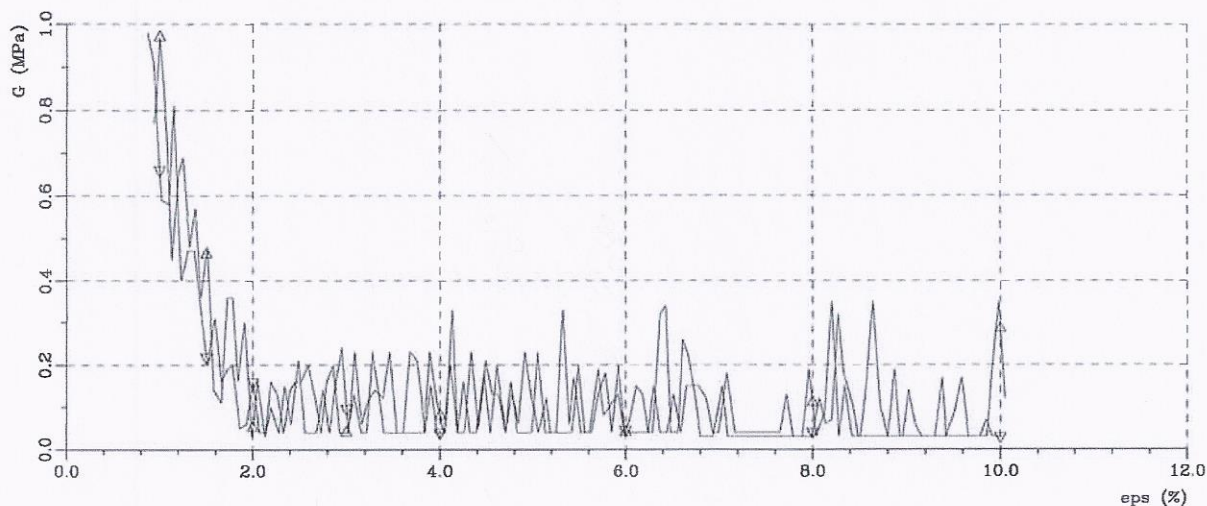
RAMBØLL, divisjon Geo og Miljø

Oppdr nr.
6090834

Dato
25. 1.11

Fig

118



Sym	Profil	Dybde(m)	Labnr	Forsøkstype	dV(cm ³)	Korr.	Kommentar
▲	9	7.60	16	CAUA	5.50	4	Leire,m.tynne sandlag
▼	9	7.70	16	CAUA	5.20	4	Leire,m.tynne sandlag

TREAKSIALFORSØK

RAMBØLL, divisjon Geo og Miljø

Oppdr.nr.
6090834Dato
25. 1.11

Fig.

119

Korrigert

Korr.

dV(cm³)

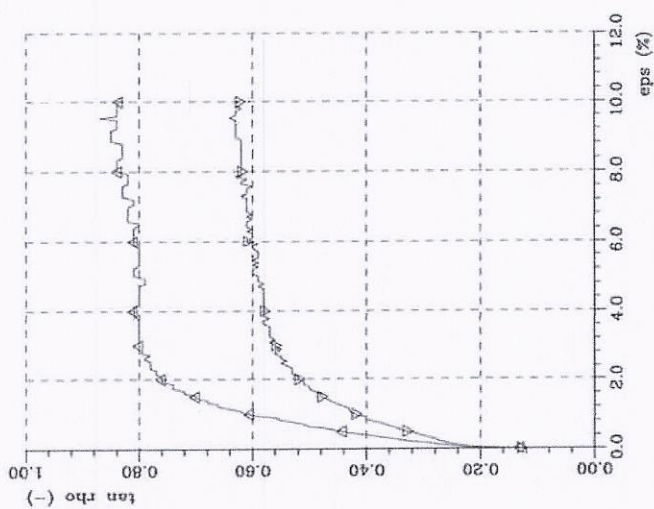
Forsøksstype

Labnr

Dybde(m)

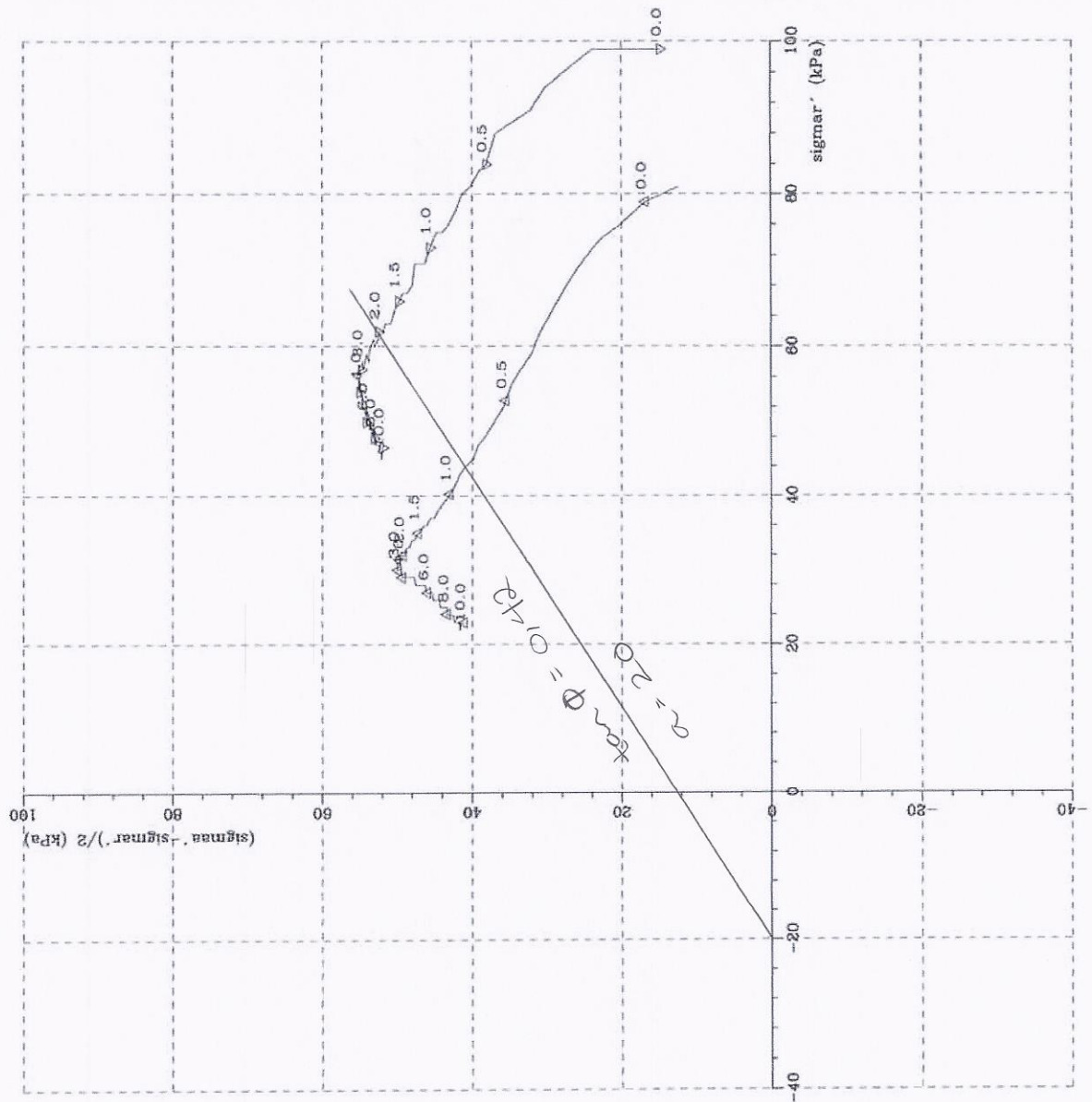
Profil

Sym

Kvikkleire, lagdelt
Kvikkleire, lagdelt4
45.80
6.70CAUA
CAUA18
1810.60
10.709
9△
△

$$a \text{ (kPa)} = 0.00$$

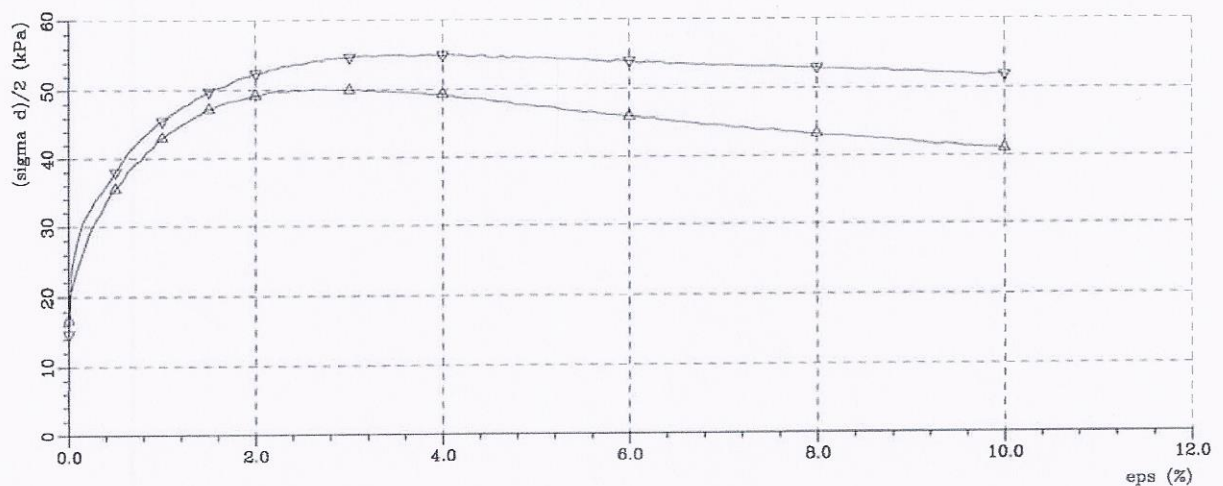
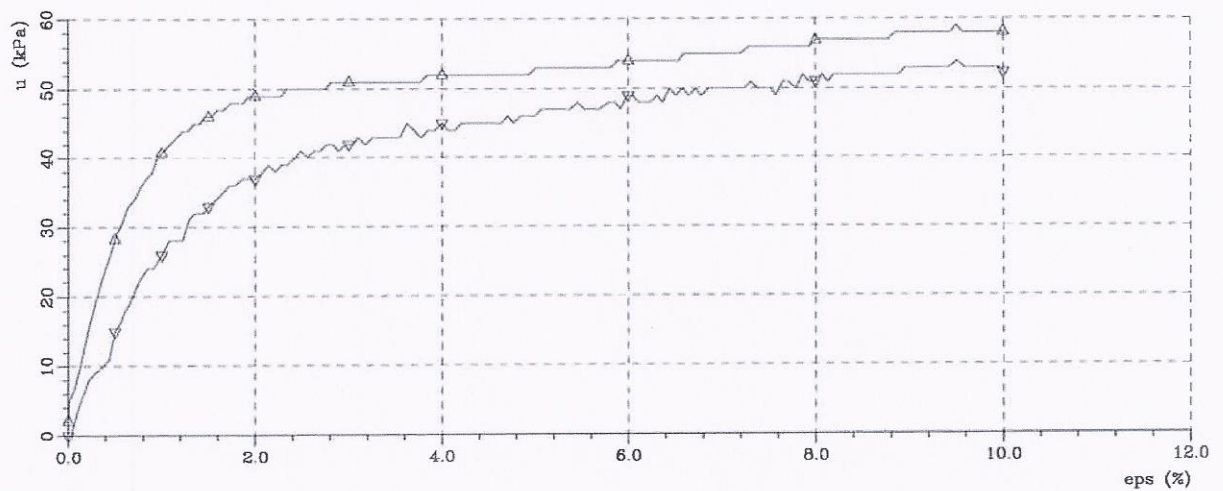
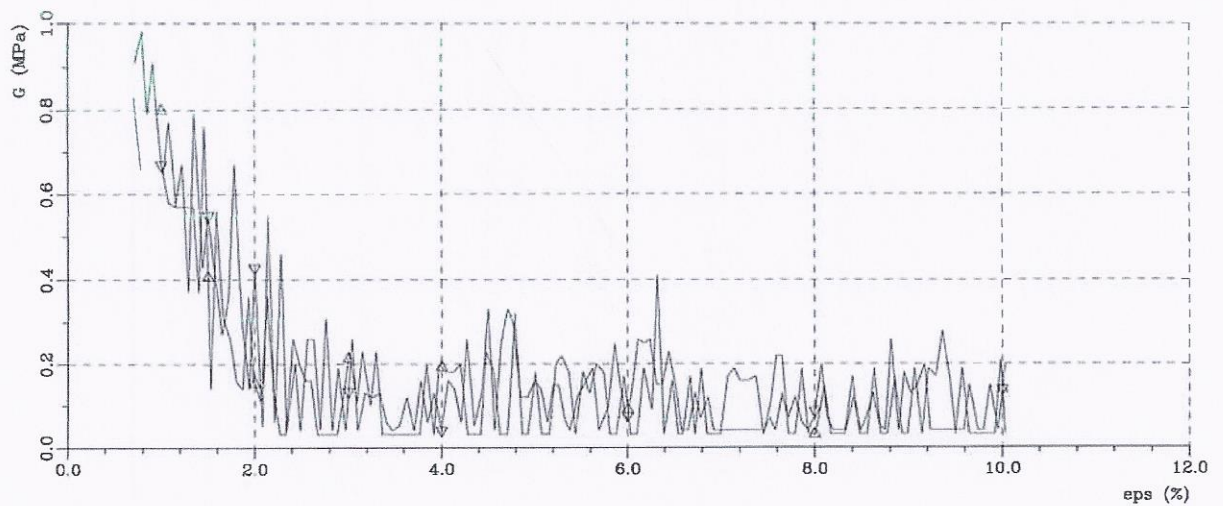
$$a \text{ (kPa)} = 0.00$$

△
△

TREAKSIALFORSØK

RAMBØLL, divisjon Geo og Miljø

Oppdr.nr.
6090834Dato
25. 1.11Fig.
120



Sym	Profil	Dybde(m)	Labnr	Forsøkstype	dV(cm ³)	Korr.	Kommentar
△	9	10.60	18	CAUA	5.80	4	Kvikkleire, lagdelt
▽	9	10.70	18	CAUA	6.70	4	Kvikkleire, lagdelt

TREAKSIALFORSØK

RAMBØLL, divisjon Geo og Miljø

Oppdr.nr.
6090834Dato
25. 1.11Fig.
121

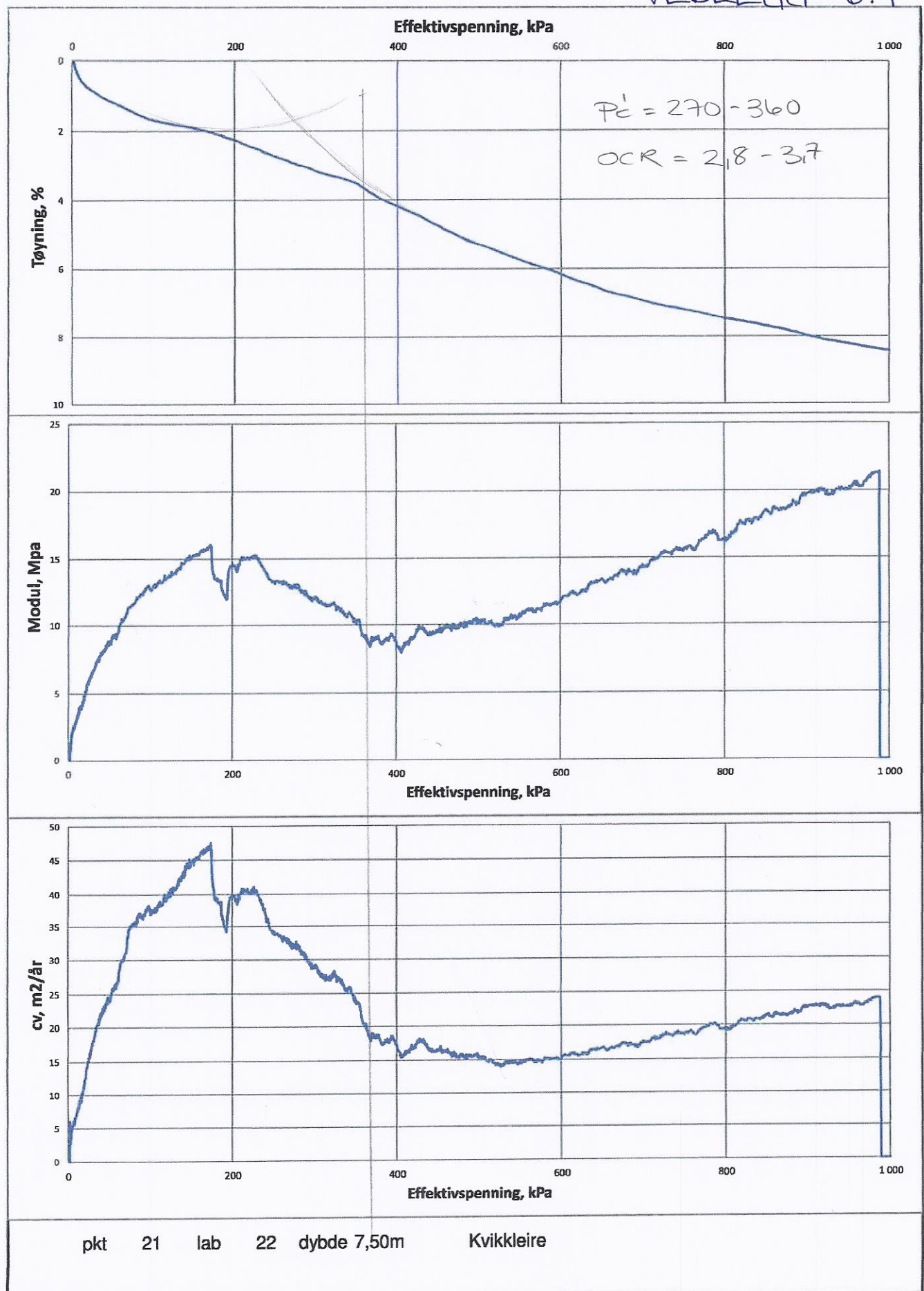
VEDLEGG 6

G-rap-001 Kvikkleiresone 329 Malvik. Stabilitetsvurdering.

TOLKNING AV ØDOMETERFORSØK

- Punkt 21 – dybde 7,50
- Punkt 22 – dybde 12,35
- Punkt 23 – dybde 5,45
- Punkt 28 – dybde 7,65
- Punkt 4, oppdrag 6090834 – dybde 9,50
- Punkt 4, oppdrag 6090834 – dybde 19,80
- Punkt 9, oppdrag 6090834 – dybde 3,30
- Punkt 9, oppdrag 6090834 – dybde 10,50

(9 sider inkl. forside)



RAMBOLL

KI-soner Malvik/Torp

Ødometer

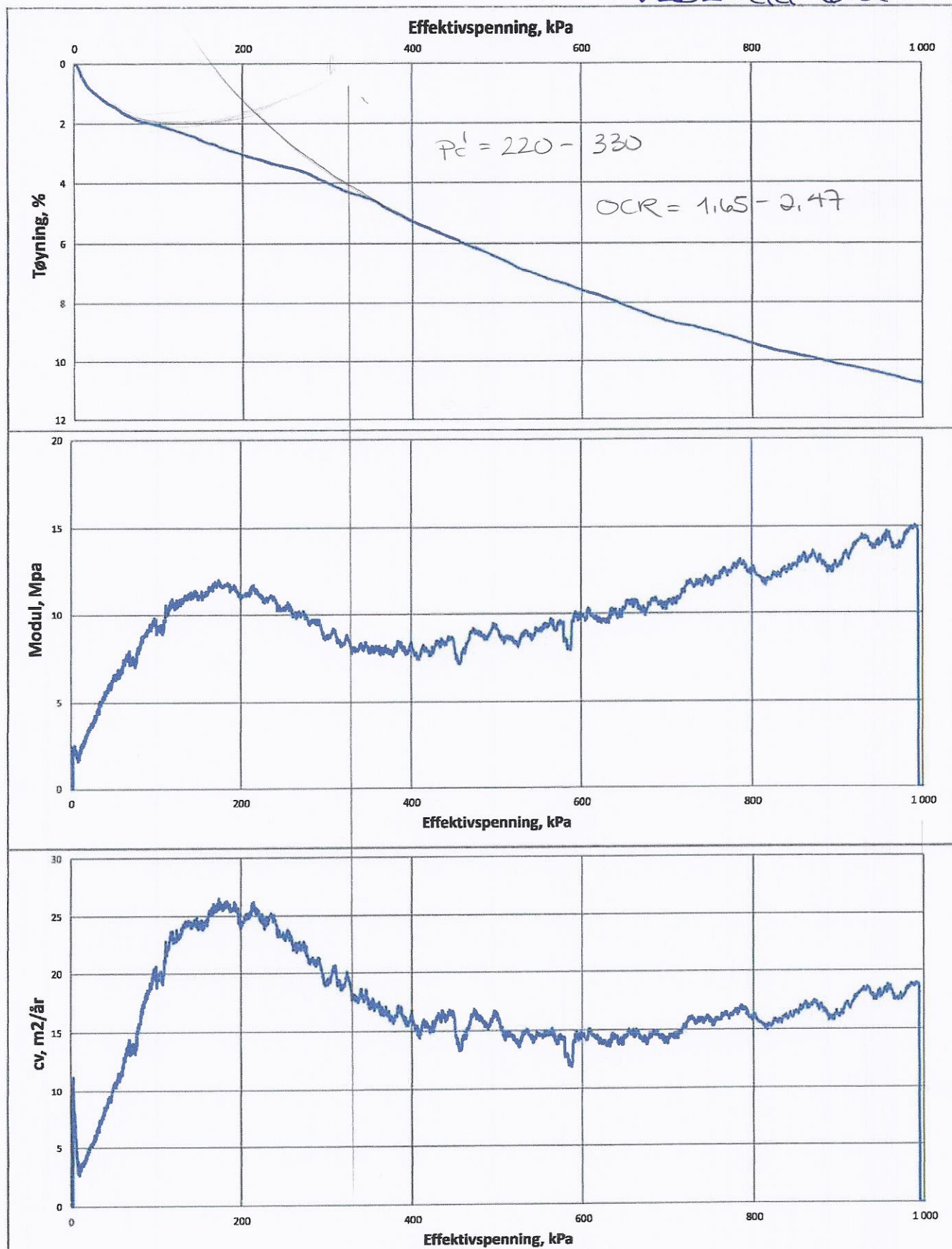
Tegn./kontr.
ESK/BKN

Dato
21.11.2012

Oppdrag
6120521

Bilag
-

Tegn. Nr.
124



pkt 22 lab 29 dybde 12,35m Kvikkleire

RAMBOLL

KI-soner Malvik/Torp

Ødometer

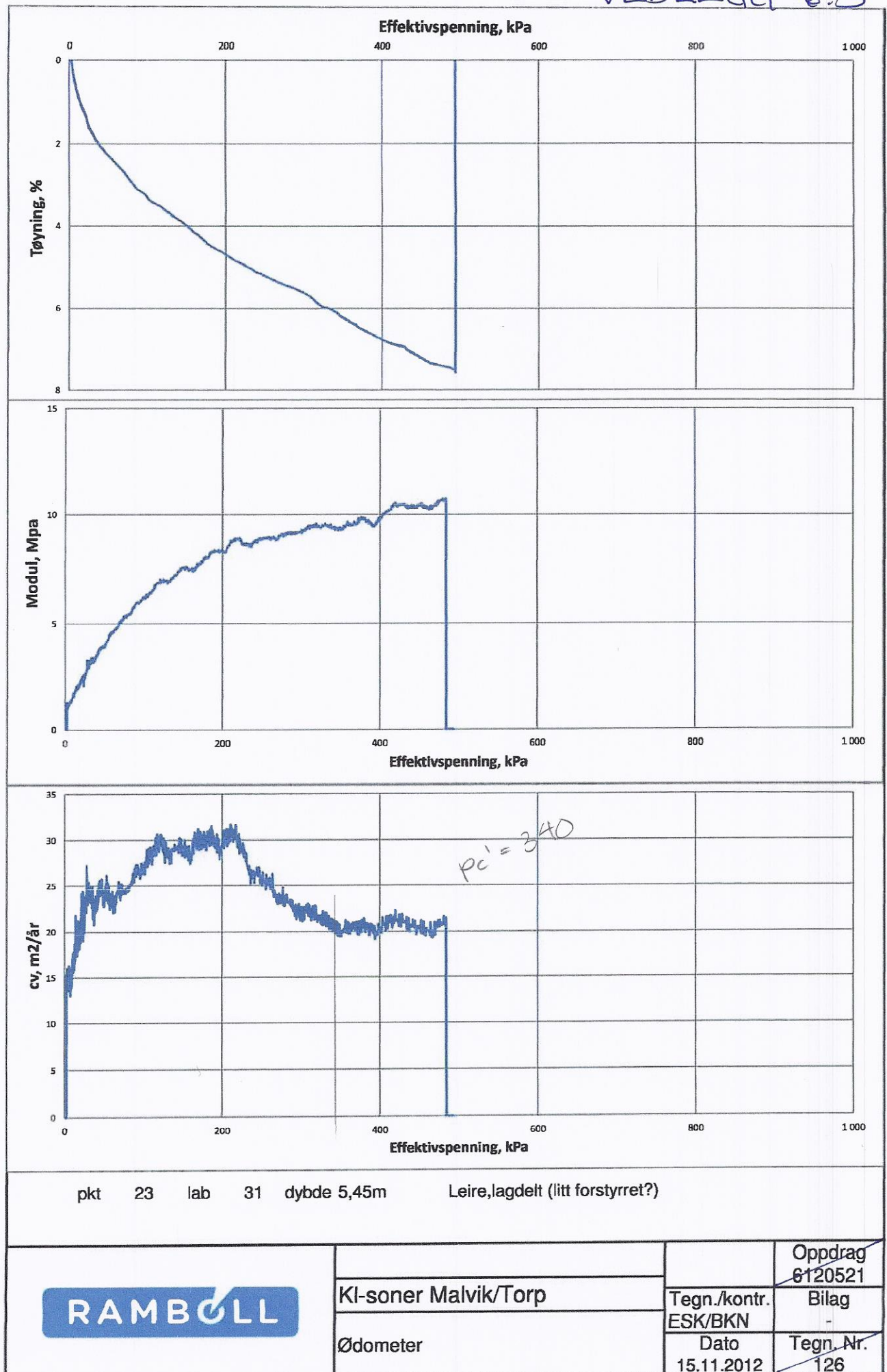
Tegn./kontr.
ESK/BKN

Dato
15.11.2012

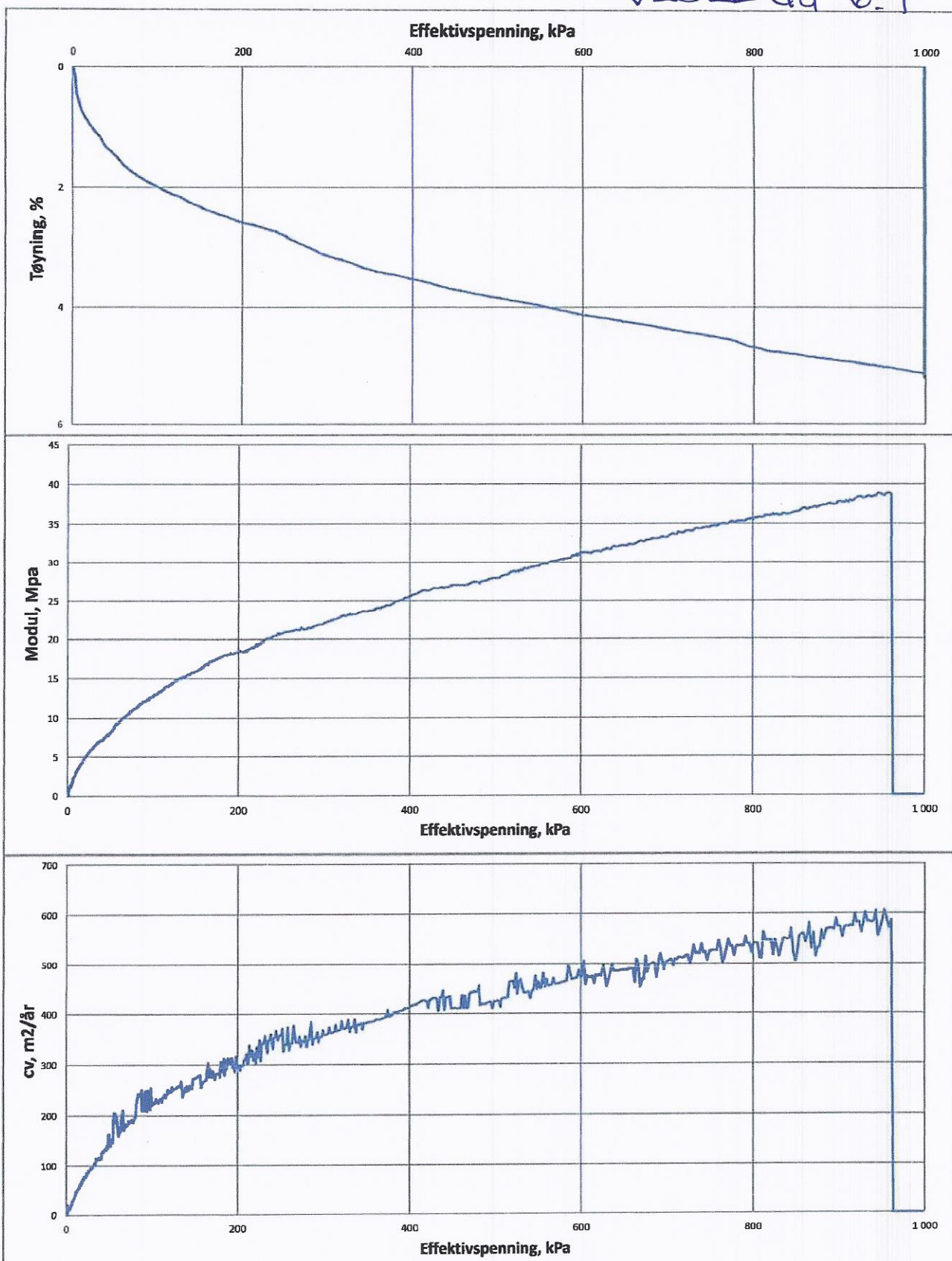
Oppdrag
6120521

Bilag
-

Tegn. Nr.
125



VEDLEGG 6.4



pkt 28 lab 35 dybde 7,65m Sand, siltig, skjellrester

RAMBOLL

Kvikkleiresoner Malvik/Torp

Ødometer

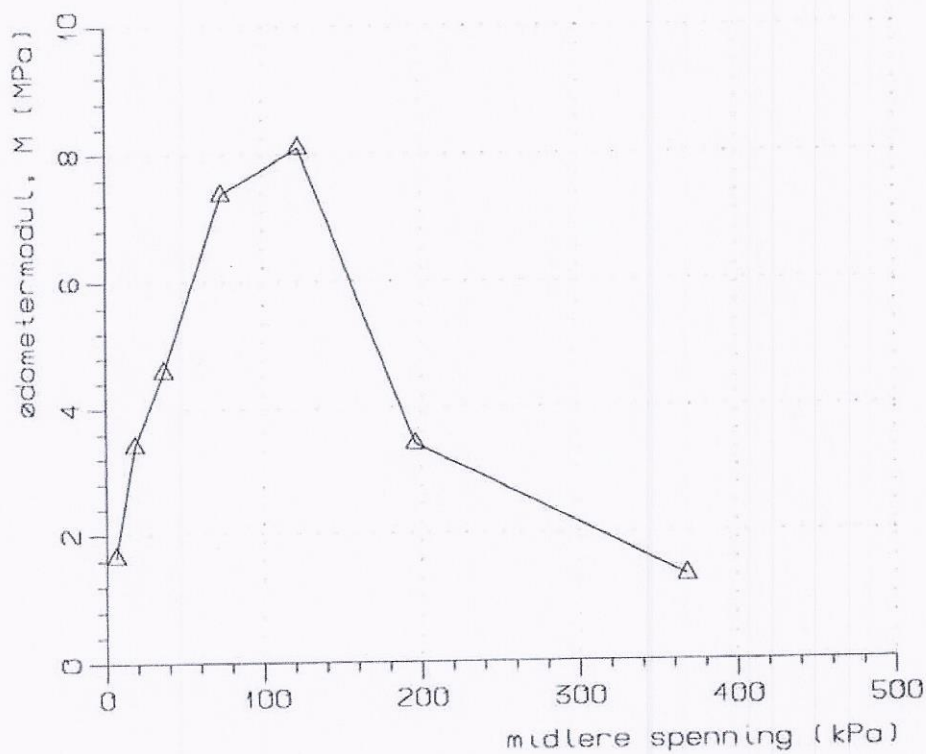
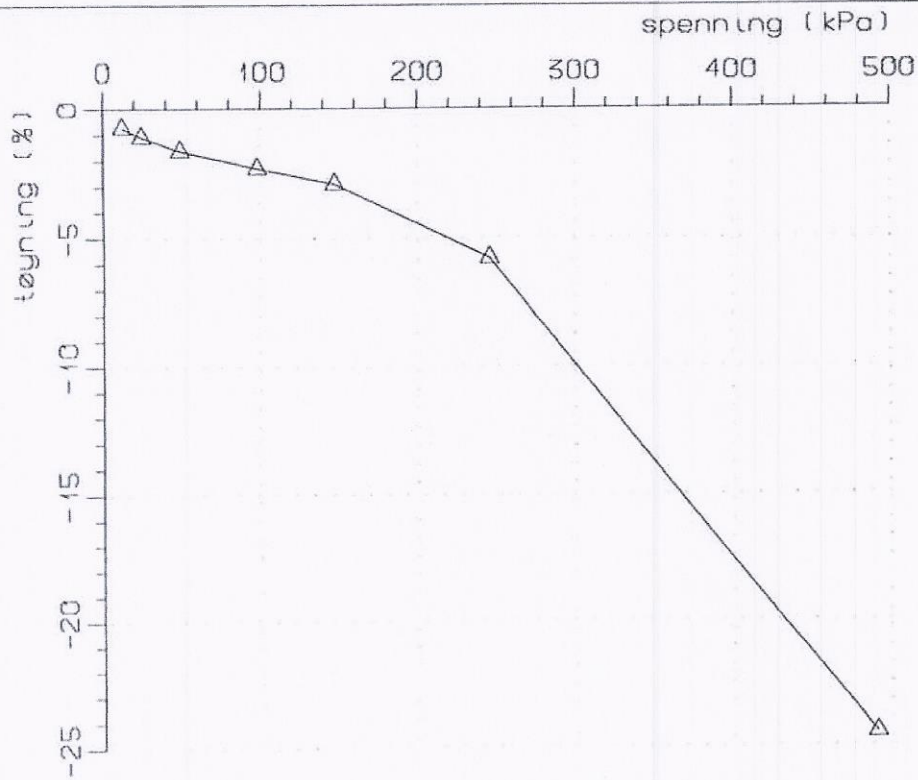
Tegn./kontr.
ESK/BKN

Dato
12.12.2012

Oppdrag
6120521

Bilag
-

Tegn. Nr.
127



Lab.nr. : 06
 Pr.beskr. : Kvikkleire

Dybde : 9.50m
 Prof. LL : 4

TRINNVIS ØDOMETER

RAMBØLL, divisjon Geo og Miljø

Oppdr.nr.:

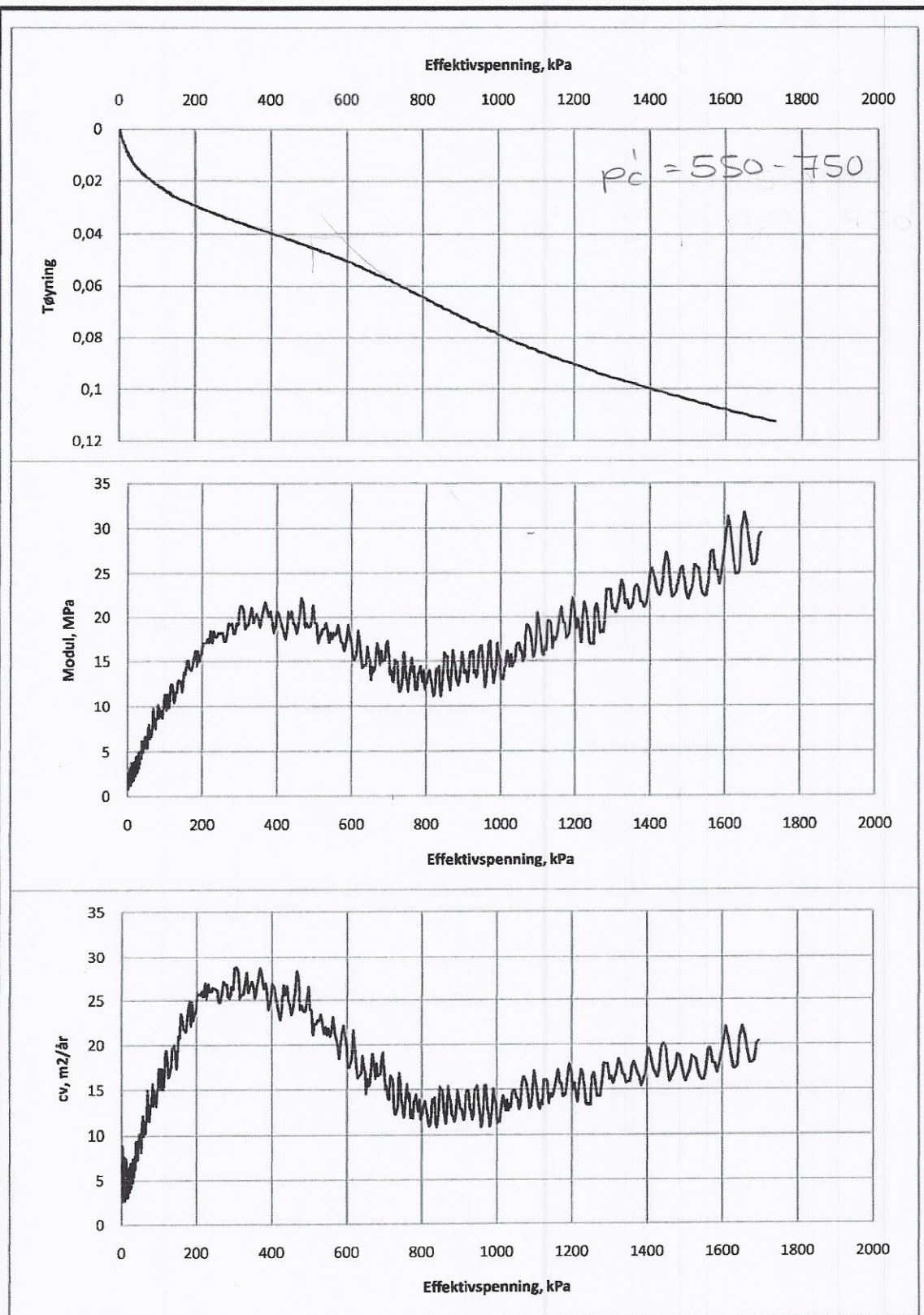
6090834

Date

11-15-2010

Fig.

122

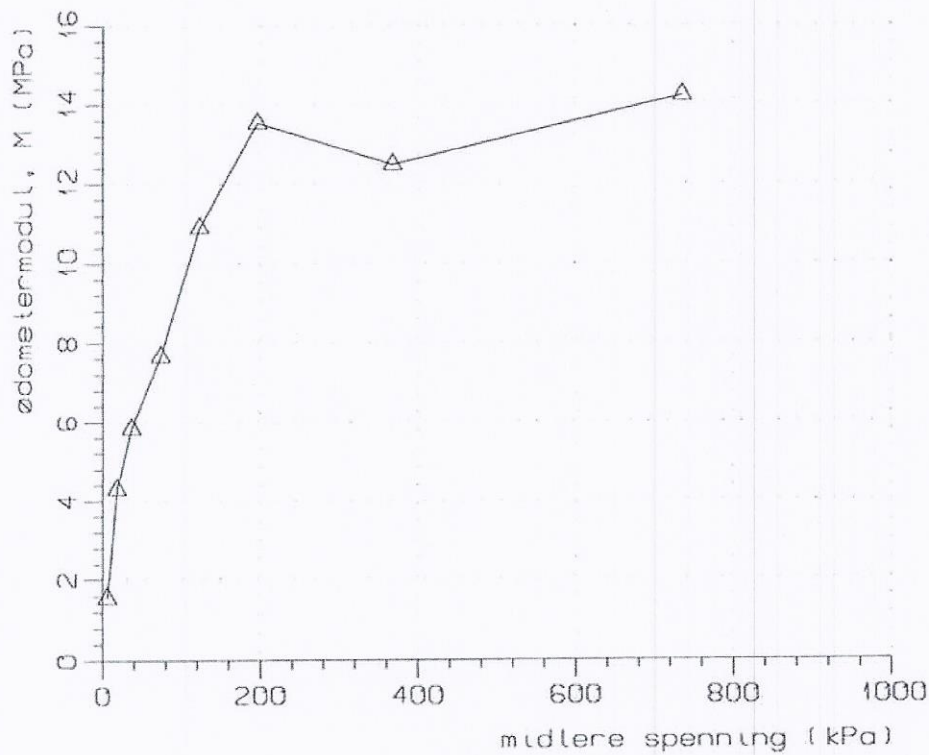
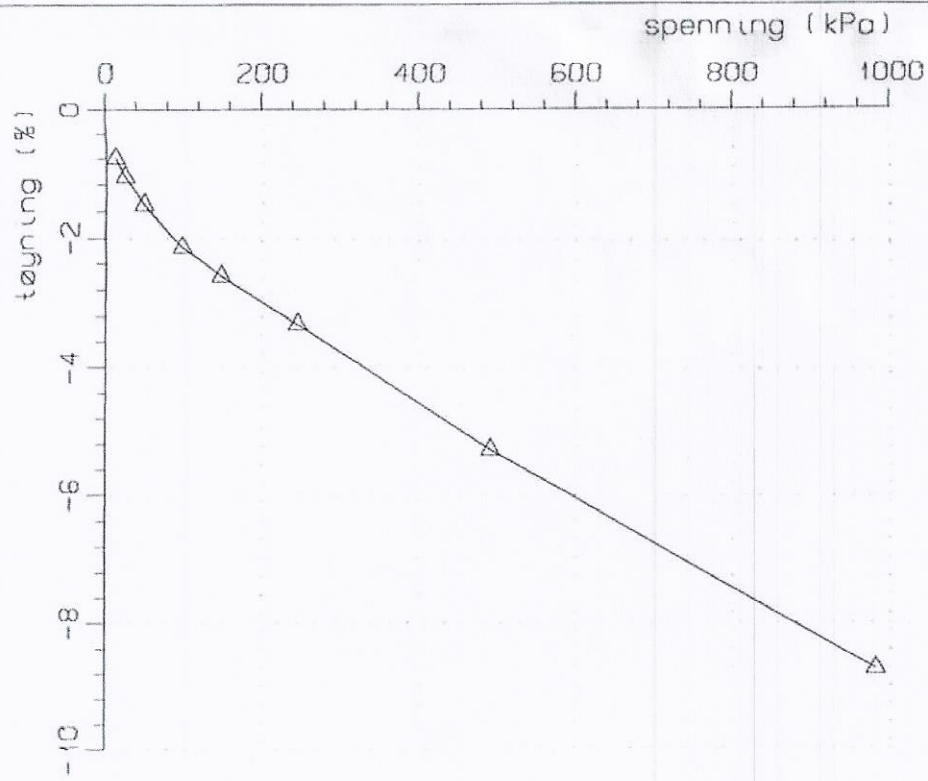


Kontinuerlig ødometer,
utført av NTNU

Lab 10, dybde 19,8 m. Leire.

RAMBOLL

Karl-Ove Bjørnstad AS Jonsborgveien 2	Tegn/kontr. MBP/MAL	Oppdrag 6090834
Borpunkt 4 Ødometer	Dato 25.01.2011	Tegn. Nr 123



Lab.nr. : 14
 Pr.beskr. : Lette, m. tynne s

Dybde : 3.30m
 Profil : 9

TRINNVIS ØDOMETER

RAMBØLL, divisjon Geo og Miljø

Oppdr.nr.

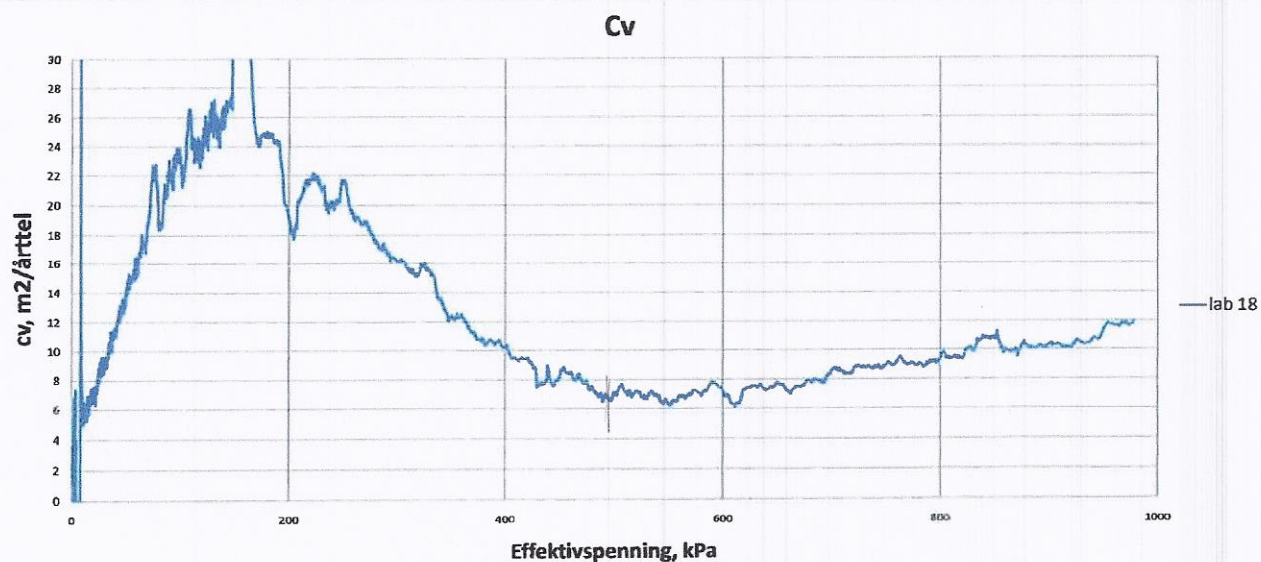
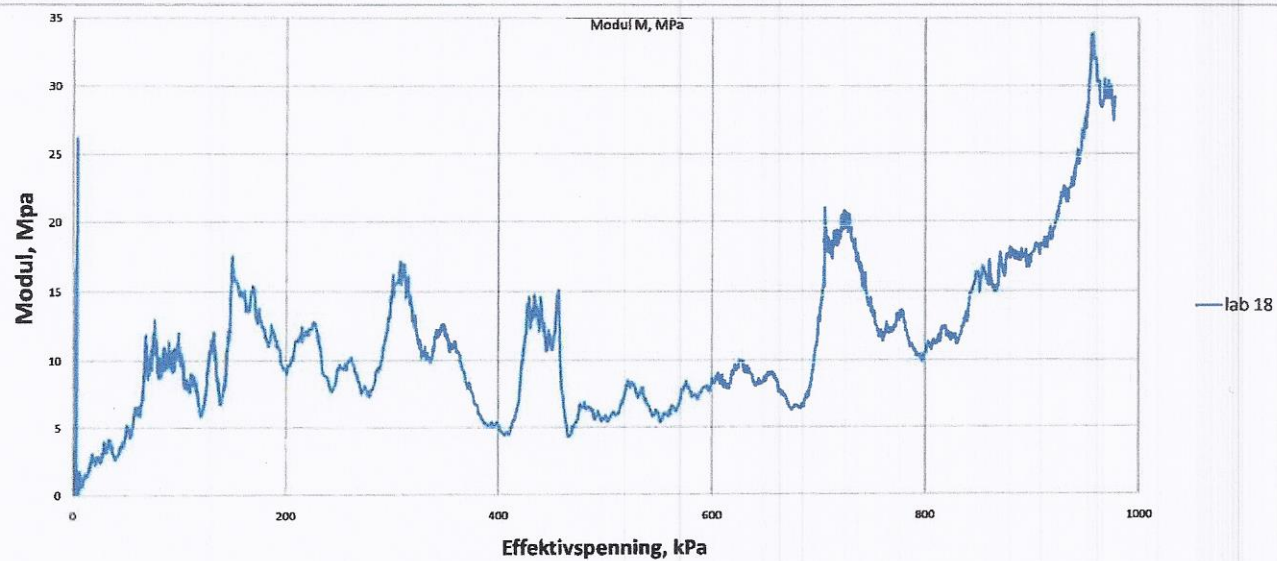
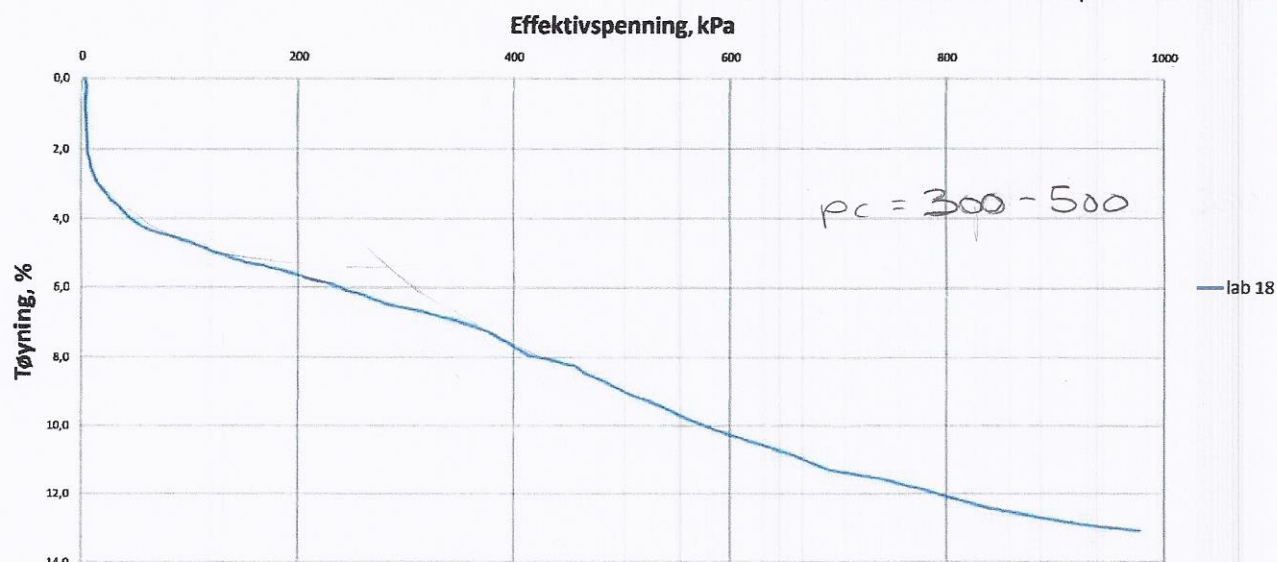
6090854

Date

11-15-2010

Fig.

124



Lab 18, dybde = 10,5 m. Kvikkleire med tynne sand og siltlag.

RAMBOLL

Jonsborgvegen 2

Borpunkt 9
Ødometer

Terreng høyde: +18,4

Tegn./kontr.
MBP/MAL

Dato
25.01.2011

Oppdrag
6090834

Bilag
-

Tegn. Nr.
125

VEDLEGG 7

G-rap-001 Kvikkleiresone 329 Malvik. Stabilitetsvurdering.

VURDERING AV PRØVEKVALITET BASERT PÅ UTFØRTE TREAKSIALFORSØK

(2 sider inkl. forside)

Oppdrag: 6120305 Kvikkleiresone Malvik og Torp

Borprofil	Labnr.	Dybde	OCR	Δv	ε	Kvalitetsklasse	Jordart	a	$\tan\phi$	Tøyning	Kommentar
21	23	10,5	2,6	4,8	2,1	Akseptabel	Kvikkleire	25	0,38	0,5-1 %	
21	23	10,6	2,6	4,7	2,1	Akseptabel					
22	27	7,45	2,8	5,2	2,3	Akseptabel	Leire	0	0,61	ca 2 %	
22	27	7,6	2,8	5,8	2,5	Akseptabel					
23	32	9,6		11,3	4,9	Forstyrret	Leire	22	0,46	1-2 %	
23	32	9,7		12,3	5,4	Forstyrret					
6090834-9	16	7,6	3	5,5	2,4	Akseptabel	Leire	20	0,45	ca 1 %	
6090834-9	16	7,7	3	5,2	2,3	Akseptabel					
6090834-9	18	10,6	2,5	5,8	2,5	Akseptabel	Kvikkleire	20	0,42	1-2 %	
6090834-9	18	10,7	2,5	6,7	2,9	Akseptabel					

VEDLEGG 8

G-rap-001 Kvikkleiresone 329 Malvik. Stabilitetsvurdering.

ROS-ANALYSE KVIKKLEIRESONE 329 MALVIK

(2 sider inkl. forside)

ROS-ANALYSE

ref: "Program for økt sikkerhet mot leirskred, Metode for kartlegging og klassifisering av faresone, kvikkleire"
20001008-2 datert 31 august 2001. Revisjon 3 datert 8 oktober 2008

Oppdrag: **Kvikkleiresone 329 Malvik og 330 Torp**
Oppdragsnummer: **6120305** Dato: **19.03.2013**
Saksbehandler **Marit Bratland Pedersen** Kontrollert: **Stein-Are Strand**

Skadekonsekvens					Forklaring						
vurdering:						Faktor	vektall	Konsekvens, score			
Faktor	vektall	Analyse 2005	Analyse 2013	kommentar				3	2	1	0
Boligheter	4	3	3					Boligheter, antall	4	Tett>5	Spredt >5
Næringsbygg, personer	3	3	3		Næringsbygg, personer	3	>50	10-50	<10	Ingen	
Annen Bebyggelse, verdi	1	0	0		Annen Bebyggelse, verdi	1	Stor	Betydelig	Begrenset	Ingen	
Vei	2	2	2		Vei, ADT	2	>5000	1001-5000	100-1000	<100	
Toglinje	2	2	2		Toglinje, baneprioritet	2	1-2	3-4	5	Ingen	
Kraftnett	1	1	1		Kraftnett	1	Sentral	Regional	Distribusjon	Lokal	
Oppdemming/flo	2	1	1		Oppdemming/flo	2	Alvorlig	Middels	Liten	Ingen	
Poeng (score x vektall):		32		32							
Beregnet skadekonsekvensklasse:		Meget Alvorlig		Meget Alvorlig							
Skadekonsekven		0,71		0,71							
Faregradsklasser (sannsynlighet)					Forklaring						
vurdering:						Faktor	vektall	Faregrad, score			
Faktor	vektall	Analyse 2005	Analyse 2013	kommentar				3	2	1	0
Tidligere skredaktivitet	1	3	3					Tidligere skredaktivitet	1	Høy	Noe
Skråningshøyde	2	3	3		Skråningshøyde, m	2	>30	20-30	15-20	<15	
Tidligere/nåværende terrengnivå	2	1	1		Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	1,0-1,2	1,2-1,5	1,5-2,0	>2,0	
Poretrykk, overtrykk	3	1	1		Poretrykk, overtrykk (kPa)	3	>+30	10-30	0-10	Hydrostatisk	
Poretrykk, undertrykk	-3	0	0		Poretrykk, undertrykk (kPa)	-3	>-50	-(20-50)	-(0-20)	Hydrostatisk	
Kvikkleiremektighet	2	2	2		Kvikkleiremektighet	2	>H/2	H/2-H/4	<H/4	Tynt lag	
Sensitivitet	1	2	2		Sensitivitet	1	>100	30-100	20-30	<20	
Erosjon	3	1	1		Erosjon	3	Aktiv/Glidning	Noe	Lite	Ingen	
Inngrep, forverring	3	0	0		Inngrep, forverring	3	Stor	Noe	Liten	Ingen	
Inngrep, forbedring	-3	0	0		Inngrep, forbedring	-3	Stor	Noe	Liten	Ingen	
Poeng (score x vektall):		23		23							
Beregnet faregradsklasse:		Middels		Middels							
Faregrad		0,45		0,45							
Risiko (skadekonsekvens x faregrad)		3207		3207							
Risikoklasse:		5		5							