

## Rapport

Oppdragsgiver: **Reinertsen AS**

Oppdrag: **Aunetippen  
Tiller**

Emne: **Grunnundersøkelser  
Datarapport**

Dato: **5. juli 2012**

Rev. - Dato

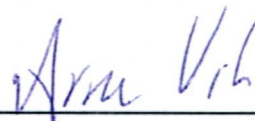
Oppdrag-/  
Rapportnr. **415279 - RIG-RAP-001**

Oppdragsleder: **Arne Vik**

Sign.:

Saksbehandler: **Arne Vik**

Sign.:



Kontaktperson  
hos Oppdragsgiver: **Tedd Arnes**

### Sammendrag:

Multiconsult er engasjert av Reinertsen AS til å utføre grunnundersøkelser i forbindelse med videre utfylling Aunetippen på Tiller i Trondheim. Geotekniske vurderinger utføres av NGI.

Det er utført dreietrykksonderinger i 5 punkt etter borplan fra NGI. I tillegg er det utført prøvetaking og cptu-sondering samt nedsatt to elektriske poretrykksmålere i et av borpunktene.

Dette er en ren datarapport uten tolking av resultatene.

## Innholdsfortegnelse

1.	Innledning.....	4
1.1	Bakgrunn.....	4
1.2	Myndighetskrav .....	4
2.	Grunnundersøkelser.....	4
2.1	Feltundersøkelser .....	4
2.2	Laboratorieundersøkelser.....	4
3.	Grunnforhold.....	5
4.	Referanser.....	5

## Tegninger

415279-RIG-TEG -000	Oversiktskart
-001	Borplan
-010	Geotekniske data PR 1
-040.1	CPTU BP.1, rådata q-z, u-z, f-z, i-z
-040.2	CPTU BP.1, rådata $q_n$ -z, $q_n$ - $\sigma'_{v0}$ , $\Delta u$ -z
-040.3	CPTU BP.1, rådata $N_m$ -z, $B_q$ -z, $R_f$ -z
-040.4	CPTU PB.1, rådata $q_t$ - $B_q$
-040.5	CPTI BP.1, dokumentasjon måldata
-075.1	Kontinuerlig ødometerforsøk, PR. 1, d=7,25 m, Plott A
-075.2	Kontinuerlig ødometerforsøk, PR. 1, d=7,25 m, Plott B
-076.1	Kontinuerlig ødometerforsøk, PR. 1, d=17,25 m, Plott A
-076.2	Kontinuerlig ødometerforsøk, PR. 1, d=17,25 m, Plott B
-090.1	Aktivt treksforsøk, PR. 1, d=7,5 m, spenningssti NTNU-plot
-090.2	Aktivt treksforsøk, PR. 1, d=7,5 m, spenningssti NGI-plot
-090.3	Aktivt treksforsøk, PR. 1, d=7,5 m, spenningssti q-p'-plot
-090.4	Aktivt treksforsøk, PR. 1, d=7,5 m, mobiliseringsplot
-090.5	Aktivt treksforsøk, PR. 1, d=7,5 m, vannutpressing – volumtøyning
-091.1	Aktivt treksforsøk, PR. 1, d=17,5 m, spenningssti NTNU-plot
-091.2	Aktivt treksforsøk, PR. 1, d=17,5 m, spenningssti NGI-plot
-091.3	Aktivt treksforsøk, PR. 1, d=17,5 m, spenningssti q-p'-plot
-091.4	Aktivt treksforsøk, PR. 1, d=17,5 m, mobiliseringsplot
-091.5	Aktivt treksforsøk, PR. 1, d=17,5 m, vannutpressing – volumtøyning
-150	Borutskrift, BP. 1, PZ 1A, PZ 1B, PR 1, CPTU 1
-151	Borutskrift, BP. 2, BP. 3
-152	Borutskrift, BP. 4, BP. 5

## Bilag

1. Geotekniske bilag - feltundersøkelser
2. Geotekniske bilag - laboratorieundersøkelser
3. Metodestandarder og retningslinjer – feltundersøkelser
4. Metodestandarder og retningslinjer - laboratorieundersøkelser

## 1. Innledning

### 1.1 Bakgrunn

Multiconsult AS er engasjert av Reinertsen AS til å utføre grunnundersøkelser i forbindelse med videre utfylling på Aunetippen på Tiller i Trondheim. Hensikten med grunnundersøkelsene er å avklare stabilitetsforholdene i området. Omfanget av grunnundersøkelsene er beskrevet av NGI, som også foretar nødvendige geotekniske vurderinger. I foreliggende datarapport presenteres resultatene fra de utførte undersøkelsene.

### 1.2 Myndighetskrav

Oppdraget er kvalitetssikret i henhold til Multiconsults styringssystem. Systemet er bygget opp med prosedyrer og beskrivelser som er dekkende for kvalitetsstandard NS-EN ISO 9001:2008 [1]. Oppdraget er også gjennomført i henhold til Eurokode EN-1997, del 2 Geoteknisk prosjektering – Del 2: Regler basert på grunnundersøkelser og laboratorieprøver [3] og tilhørende tilgjengelige metodestandarder. I tillegg er NS 8000-serien benyttet ved utførelse av laboratorieundersøkelsene, mens feltundersøkelsene er utført i henhold til Norsk Geoteknisk Forenings meldinger. Se for øvrig bilag nr. 3 og 4 for samlet oversikt over utvalgte metodestandarder.

## 2. Grunnundersøkelser

### 2.1 Feltundersøkelser

Feltarbeidet ble utført i uke 9 i 2012. Undersøkelsene ble ledet av borleder Vidar Tøndervik med borerigg av typen Geotech 605d.

Feltundersøkelsene omfatter:

- Dreietrykkssondering i 5 borpunkter.
- Opptak av uforstyrrede 54 mm prøveserier i ett borpunkt
- CPTU sondering i ett borpunkt.
- Poretrykksmålinger i 2 dybder i ett borpunkt.

Borpunktene er satt ut av borleder etter borplan fra NGI. Punktene er senere innmålt med vår GPS. Den har en nøyaktighet på +/-2 cm i horisontalplanet +/-4 cm i høyde. Alle kotehøyder refererer til NGO NN1954.

Plassering av borpunkt er vist på borplanen, tegning 415279-RIG-TEG-001.

Boreresultatene er opptegnet på tegning -150, -151 og -152.

Resultatene fra CPTU-sonderingene er presentert på tegning -40.1 tom -40.5.

Boringenes utførelse og tilhørende resultater er generelt beskrevet i geoteknisk bilag 1.

### 2.2 Laboratorieundersøkelser

De opptatte prøvene er undersøkt i vårt geotekniske laboratorium i Trondheim med tanke på klassifisering og identifisering av jordartene, samt bestemmelse av prøvenes mekaniske egenskaper. Ved denne undersøkelsen er prøvene geoteknisk klassifisert og beskrevet med måling av vanninnhold og tyngdetetthet. Der det lar seg gjøre er det også målt udrenert og omrørt skjærfasthet i massene. Setningsegenskaper er bestemt ved ødometerforsøk på 3 prøver.



Det er også utført aktive treaksialforsøk (CAUa) på to prøver og kontinuerlige ødometerforsøk (CRS) på to prøver.

Resultat fra rutineundersøkelsene er presentert som geotekniske data på tegning nr. 415279-RIG-TEG-10. Resultatene fra ødometerforsøkene fremgår av tegn -75.1 t.o.m. -76.2, mens treaksialforsøkene er presentert på tegning -90.1 t.o.m. -91.5.

Utførelsen av laboratorieundersøkelsene er generelt beskrevet i geoteknisk bilag 2.

### 2.2.1 Grunnvann

Det er satt ned 2 elektriske poretrykksmålere ved borpunkt 1 hhv. 10 og 25 m under terreng. Målerne er avlest 1 gang ca. 3 uker at de ble installert. Tabell 1 viser målte poretrykk og tilsvarende grunnvannsnivå.

Tabell 3 Poretrykksavlesning

Borpunkt	Kote terreng	Kote piezometerspiss	Løsmasser ved pz-spiss	Høyeste avleste poretrykk [kPa]	Grunnvannsnivå fra poretrykk [kote]*
1A	+113,5	+103,5	Kvikkleire	39	+107,4
1B	+113,5	+88,5	Antatt sand/grus	68	+95,3

\* Hydrostatisk poretrykksfordeling.

## 3. Grunnforhold

Dette er en ren datarapport uten tolking av felt- og laboratorieresultatene. For beskrivelse av grunnforholdene vises til rapportens regninger.

## 4. Referanser

- [1] NS-EN ISO 9001:2008. *Systemer for kvalitetsstyring. Krav (ISO 9001:2008)*. November 2008.
- [2] Eurokode 7: *Geoteknisk prosjektering – Del 1: Allmenne regler*. NS-EN 1997-1:2004+NA2008.
- [3] Eurokode 7: *Geoteknisk prosjektering – Del 2: Regler basert på grunnundersøkelser og laboratorieprøver*. NS-EN 1997-2:2007+NA2008.

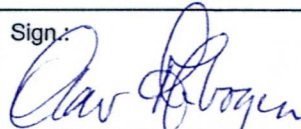
**Arkivreferanser:**

Fagområde:	geoteknikk		
Stikkord:	datarapport, leire		
Land/Fylke:	Sør-Trøndelag	Kartblad:	1621 IV
Kommune:	Trondheim	UTM koordinater, Sone:	32V
Sted:	Tiller	Øst: 5713	Nord: 70230

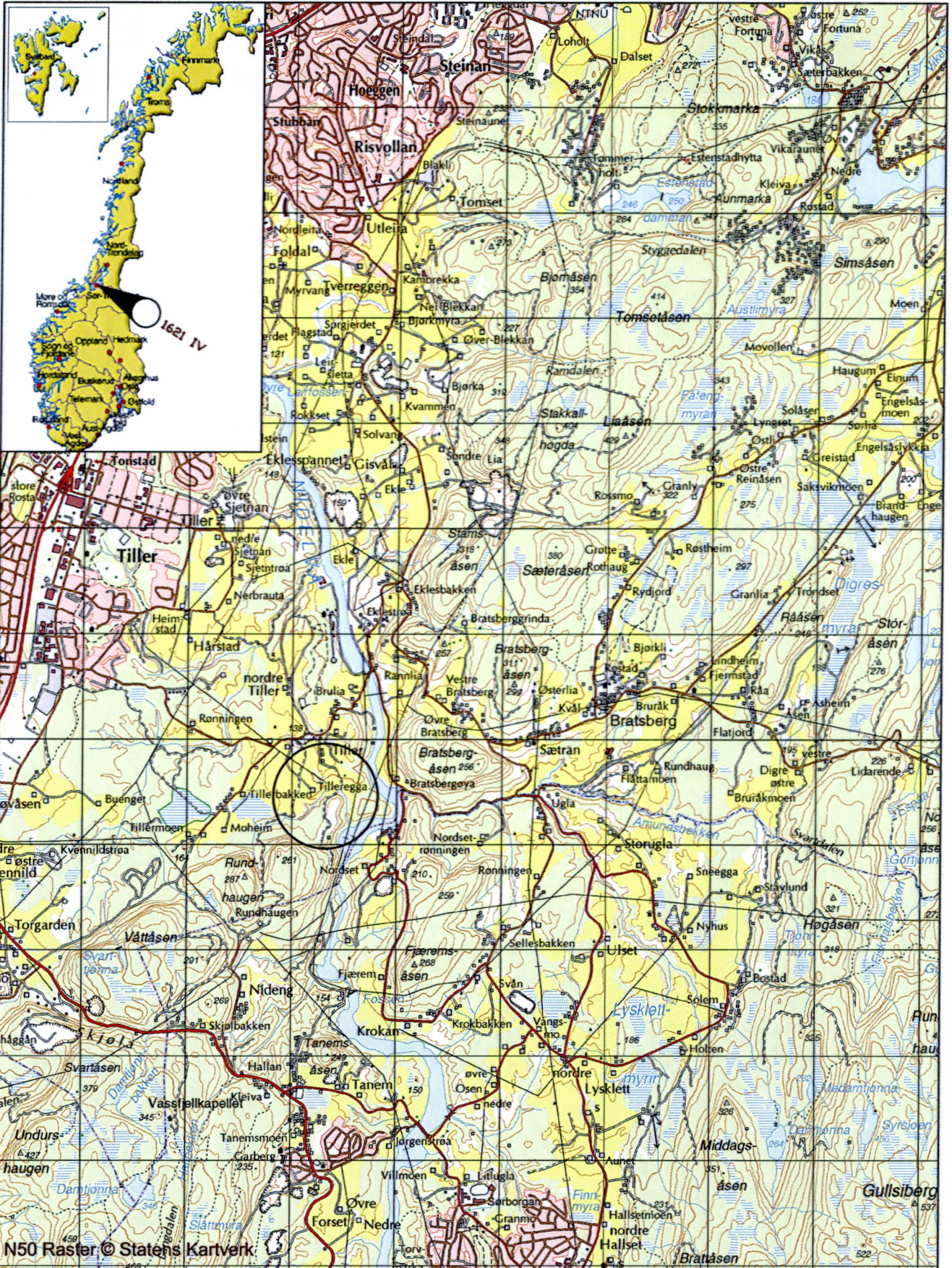
**Distribusjon:**

- Begrenset (Spesifisert av Oppdragsgiver)  
 Intern  
 Fri

**Dokumentkontroll:**

		Dokument 5. juli 2012		Revisjon 1		Revisjon 2		Revisjon 3	
		Dato	Sign	Dato	Sign	Dato	Sign	Dato	Sign
Forutsetninger	Utarbeidet	05.07.12	AW						
	Kontrollert	05.07.12	RLK						
Grunnlagsdata	Utarbeidet	05.07.12	ARV						
	Kontrollert	05.07.12	RLK						
Teknisk innhold	Utarbeidet	05.07.12	ARV						
	Kontrollert	05.07.12	RLK						
Format	Utarbeidet	05.07.12	ARV						
	Kontrollert	05.07.12	RLK						
Anmerkninger									
Godkjent for utsendelse (Oppdragsansvarlig)				Dato:		Sign.:			
				09.07.12					





OVERSIKTSKART

Reinertsen AS  
Aunetippen, Trondheim kommune

MULTICONSULT AS

7486 Trondheim  
Tlf: 73 10 62 00 - Faks: 73 10 62 30/70

Borplan nr.

001

Målestokk

1:50 000



Dato 14.06.2012

Oppdragsnr. 415279

Tegnet AMG

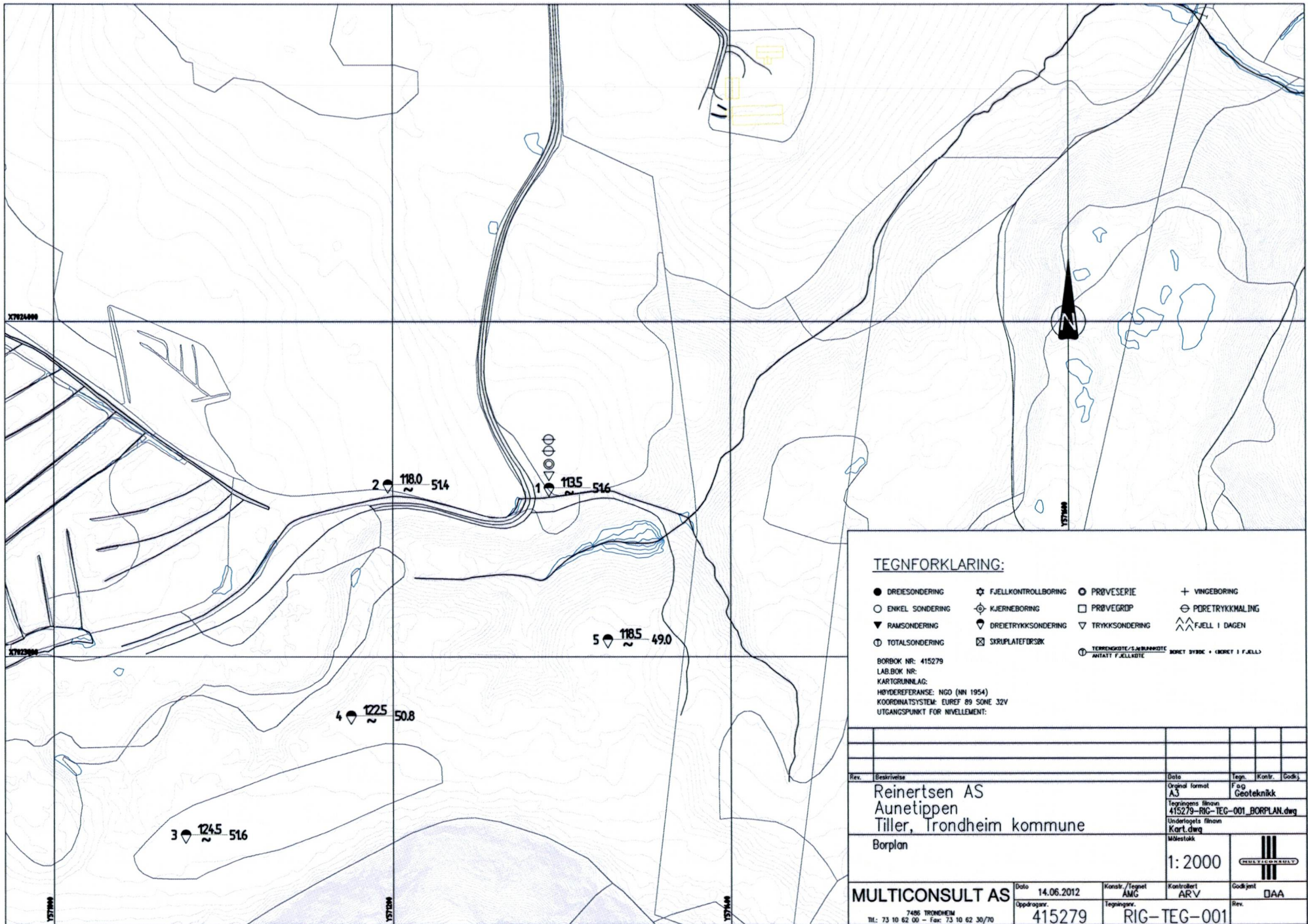
Tegningsnr. RIG-TEG-000

Kontrollert ARV

Godkjent DAA

Rev.





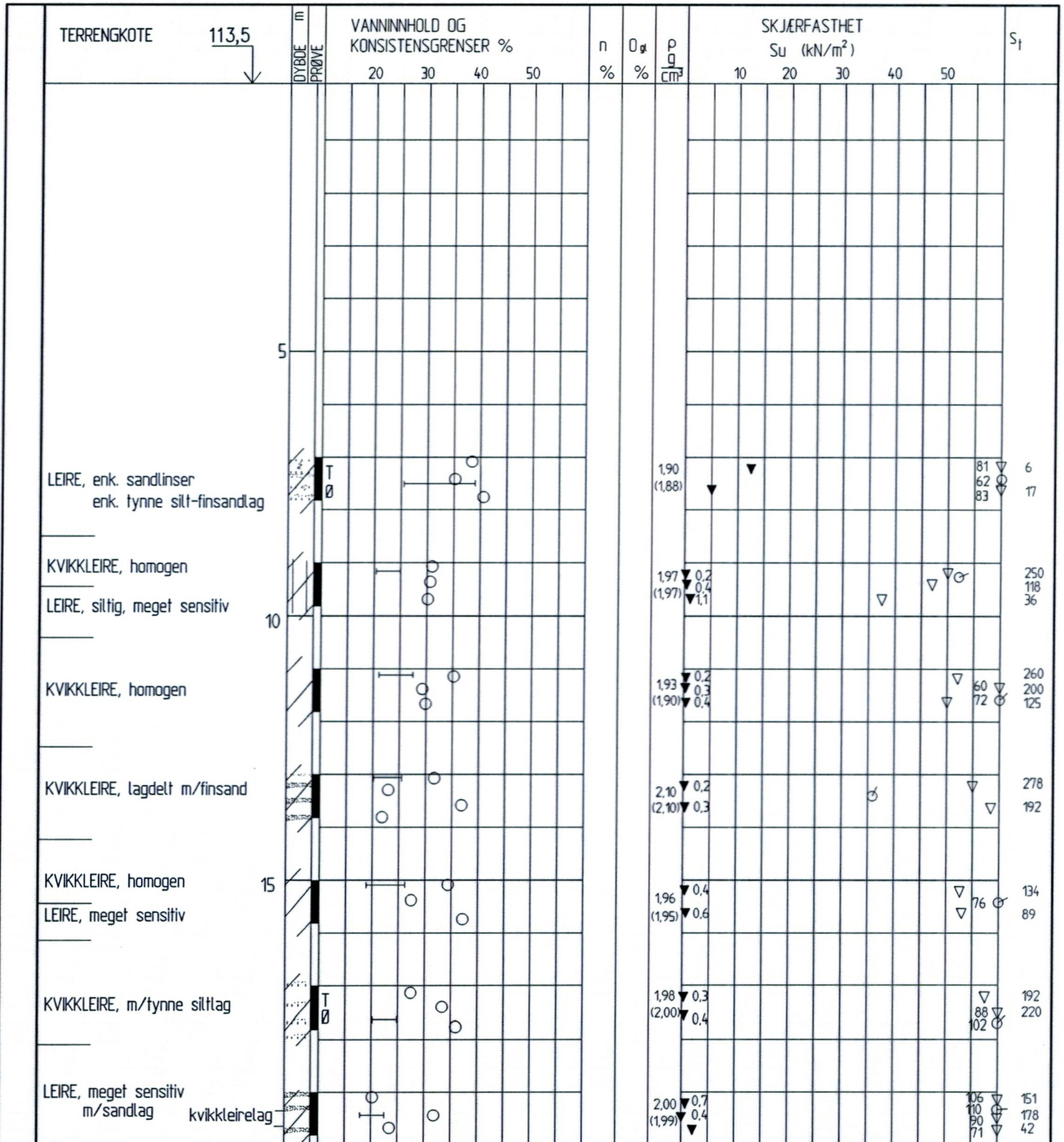
**TEGNFORKLARING:**

- DRIESONDERING
- ENKEL SONDERING
- ▼ RAMSONDERING
- ① TOTALSONDERING
- ⊛ FJELLKONTROLLBORING
- ⊕ KJERNEBORING
- ⚡ DREIETRYKKSONDERING
- ⊠ SKRIPLATEFORSØK
- PRØVESERIE
- PRØVEGRIP
- ▽ TRYKKSONDERING
- ⊕ VINGEBORING
- ⊕ PORETRYKKNALING
- ⊕ FJELL I DAGEN

BORBOK NR: 415279  
 LAB.BOK NR:  
 KARTGRUNNLAG:  
 HØYDEREFERANSE: NGO (NN 1954)  
 KOORDINATSYSTEM: EUREF 89 SONE 32V  
 UTGANGSPUNKT FOR NIVELLEMENT:  
 ⊕ TERRENGHØI/SLABHØI  
 ⊕ AVTATT FJELLHØI    ⊕ BOKET DYBDE + (KORREKT I FJELL)

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.
	Reinertsen AS Aunetippen Tiller, Trondheim kommune	Original format A3	Fag Geoteknikk	Godkj.
	Borplan	Tegningens filnavn 415279-RIG-TEG-001_BORPLAN.dwg Underlegges filnavn Kart.dwg		
		Målestokk 1:2000		
<b>MULTICONSULT AS</b>		Dato 14.06.2012	Konstr./Tegnet AMG	Kontrollert ARV
7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Oppdragsnr. 415279	Tegningsnr. RIG-TEG-001	Godkjent DAA





PR = PRØVESERIE  
 SK = SKOVLEBORING  
 PG = PRØVEGROP  
 VB = VINGEBØRING  
 BORBOK NR.: 26225  
 LAB.BOK NR.: 2198

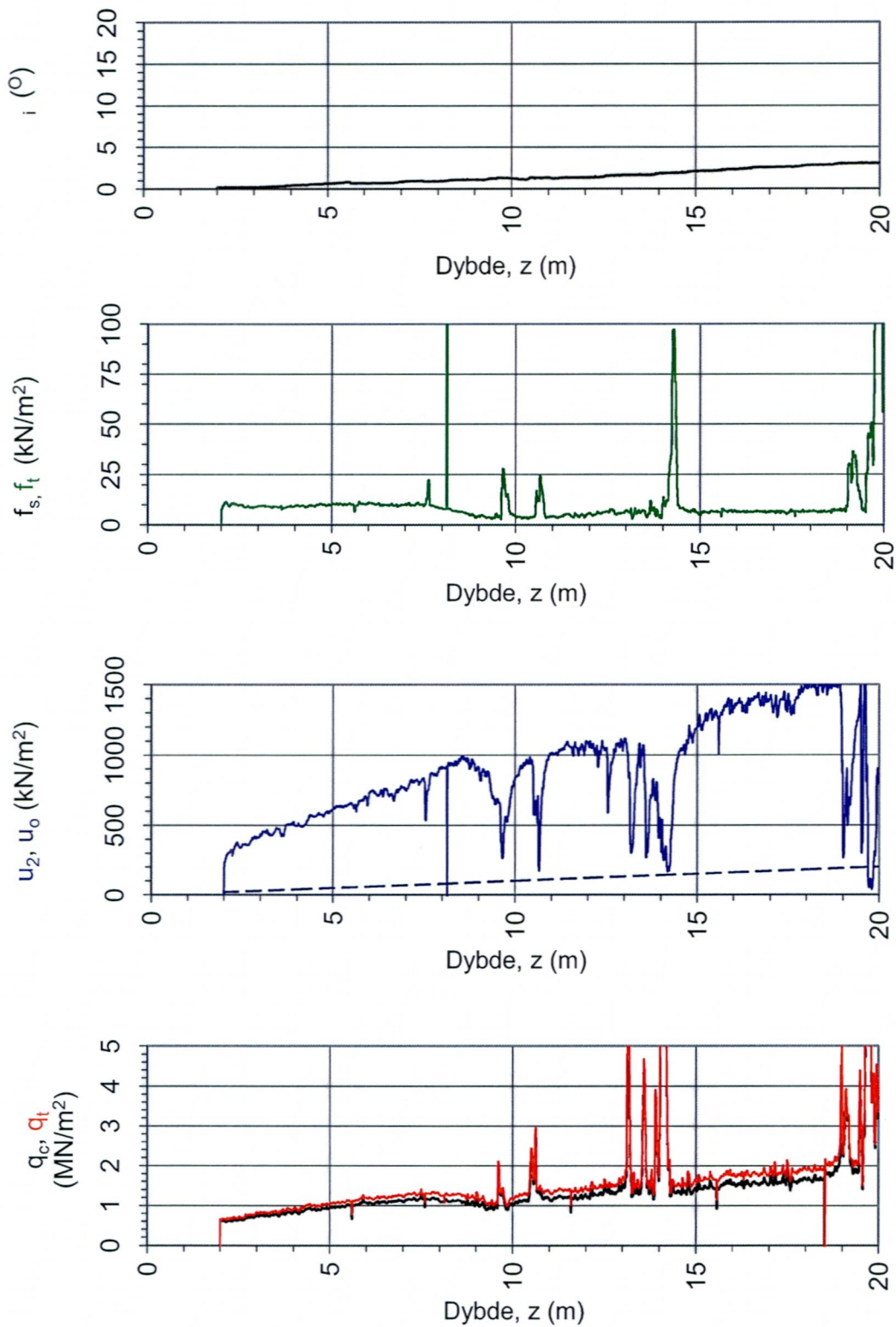
○ NATURLIG VANNINHOLD  
 — W<sub>L</sub> FLYTEGRENSE  
 — W<sub>F</sub> — " — KONUSMETODE  
 — W<sub>P</sub> PLASTISITETSGRENSE

n = PORØSITET  
 D<sub>Na</sub> = HUMUSINHOLD  
 D<sub>g</sub> = GLØDETAP  
 ρ = DENSITET

▼ KONUSFORSØK  
 ▼ ØMRØRT SKJÆRFESTHET  
 ○ TRYKKFORSØK  
 15 ○ 5 % DEFORMASJON VED BRUDD  
 + VINGEBØRING  
 S<sub>t</sub> SENSITIVITET

Ø = ØDOMETERFORSØK P = PERMEABILITETSFORSØK K = KORNGRADERING T = TREAKSIALFORSØK

<h2 style="text-align: center;">GEOTEKNISKE DATA</h2>		Boring nr.	Tegningens filnavn	
		1	415279-RIG-TEG-010_H1.dwg	
Reinertsen AS Aunetippen, Tiller Grunnundersøkelser		Borplan nr.		
		Boredato:		
<b>MULTICONSULT AS</b> 7486 TRØNDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70	Dato	28.05.2012	Tegnet	kjt
	Oppdragsnr.	415279	Tegningsnr.	RIG-TEG-010
		Kontrollert	ARV	Godkjent
				DA
				Rev.



Oppdragsgiver:

**Reinertsen AS**

Oppdrag:

**Aunetippen**

Tegningens filnavn:

CPTU\_1

Spissmotstand  $q_{c,t}$ , poretrykk  $u_2$ , sidefriksjon  $f_{s,t}$  og helning  $i$ .

CPTU id.:

1

Sonde:

4406



**MULTICONSULT AS**

Dato:

02.07.2012

Tegnet:

Arv

Kontrollert:

RK

Godkjent:

OAA

Oppdrag nr.:

415279

Tegning nr.:

40,1

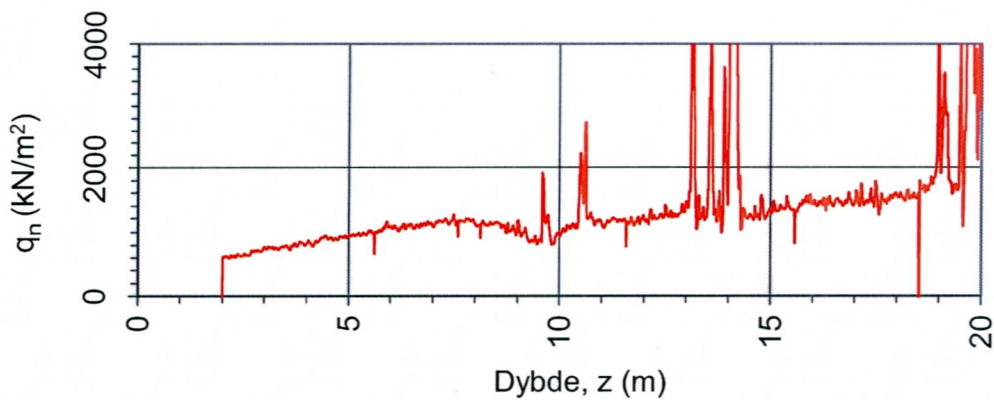
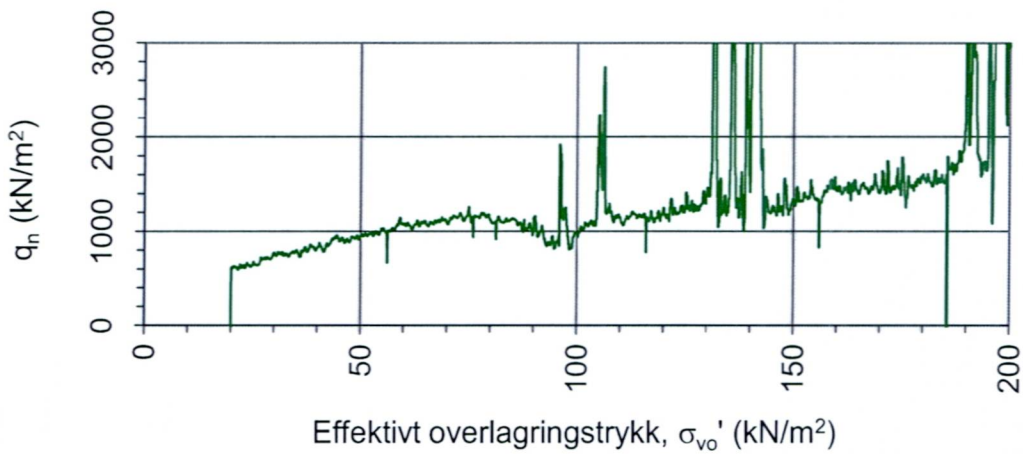
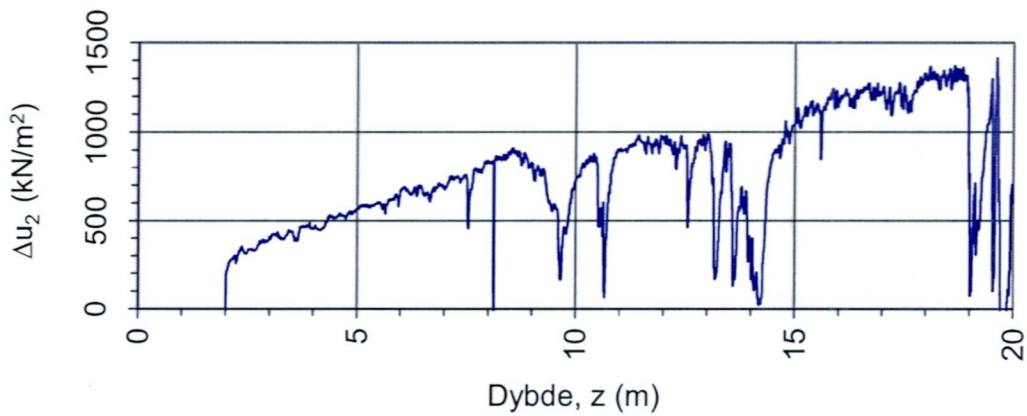
Versjon:

25.02.2011

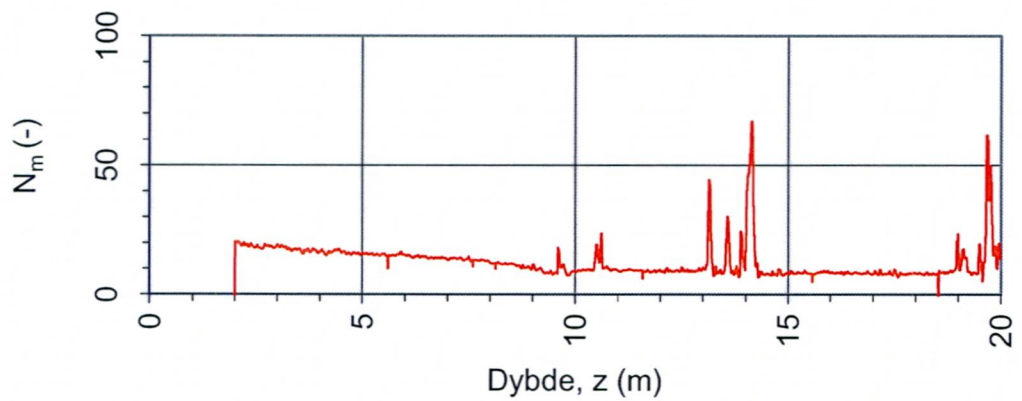
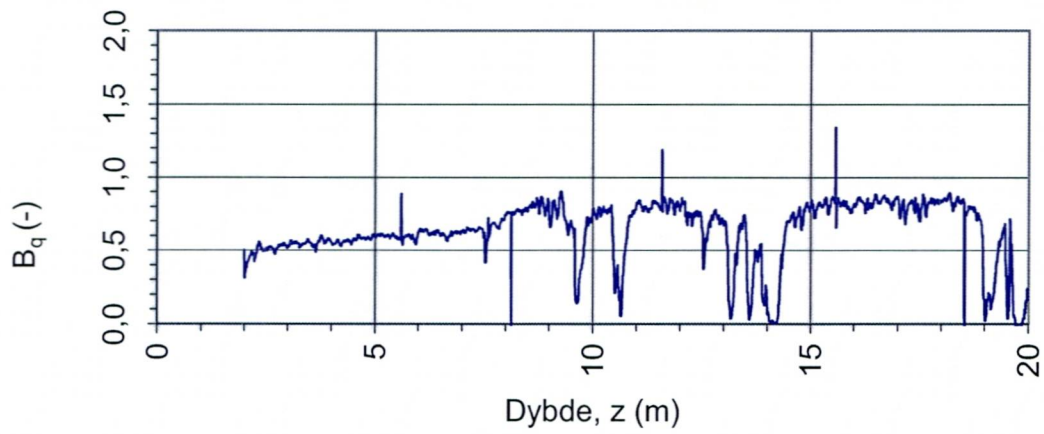
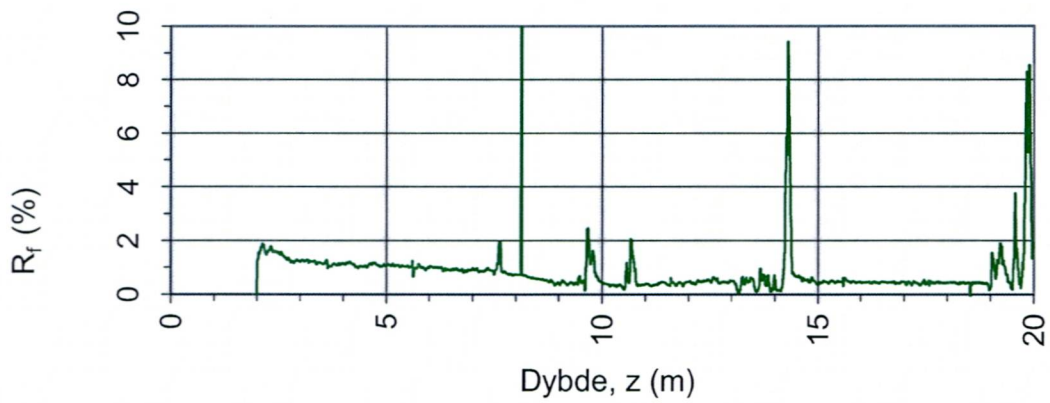
Revisjon:


0



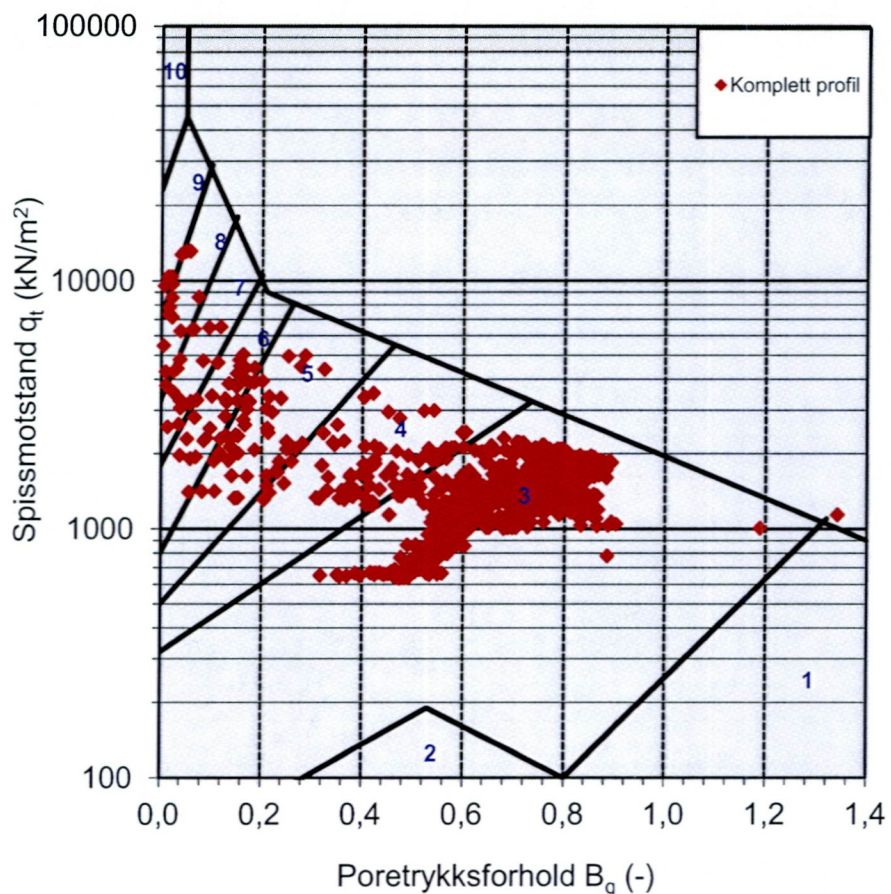


Oppdragsgiver: <b>Reinertsen AS</b>		Oppdrag: <b>Aunetippen</b>		Tegningens filnavn: CPTU_1	
Netto spissmotstand $q_n$ og poreovertrykk $\Delta u_2$ .					
CPTU id.:	1	Sonde:	4406		
MULTICONSULT AS	Dato: 02.07.2012	Tegnet: Arv	Kontrollert: RK	Godkjent: OAA	
	Oppdrag nr.: 415279	Tegning nr.: 40,2	Versjon: 25.02.2011	Revisjon: 0	




Oppdragsgiver: <b>Reinertsen AS</b>		Oppdrag: <b>Aunetippen</b>		Tegningens filnavn: CPTU_1	
Spissmotstandstall $N_m$ , poretrykks- $B_q$ og friksjonsforhold $R_f$ .					
CPTU id.:	1	Sonde:	4406		
MULTICONSULT AS	Dato: 02.07.2012	Tegnet: Arv	Kontrollert: RK		
	Oppdrag nr.:	415279	Tegning nr.:	40,3	Revisjon: 0
			Versjon: 25.02.2011		






Jordartsid.	Beskrivelse	Identifikasjon
1	Sensitivt, finkornig materiale	
2	Organisk materiale	
3	Leire	Ved variasjon i jordartgruppe brukes begge Id-boksene for å beskrive materialet (eks. 5-7)
4	Leire - siltig leire	
5	Leirig silt - siltig leire	
6	Sandig silt - leirig silt	
7	Siltig sand - sandig silt	
8	Sand - siltig sand	
9	Sand	
10	Grusig sand - sand	
11	Meget fast, finkornig materiale	
12	Sand - leirig sand	

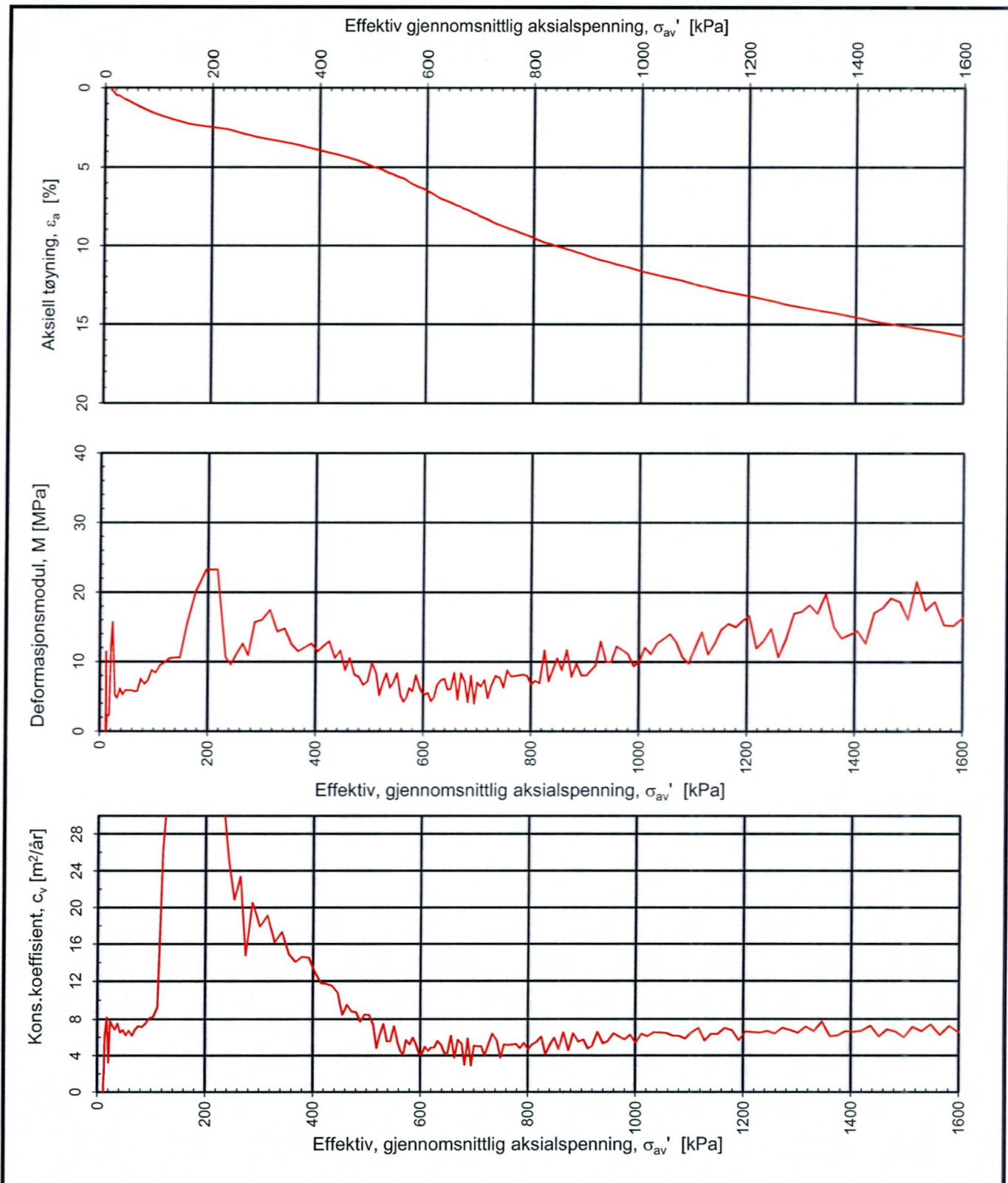
Oppdragsgiver: <b>Reinertsen AS</b>		Oppdrag: <b>Aunetippen</b>		Tegningens filnavn: CPTU_1	
Jordartsidentifikasjon fra CPTU data - $q_t$ og $B_q$ .					
CPTU id.:	1	Sonde:	4406		
MULTICONSULT AS	Dato: 02.07.2012	Tegnet: Arv	Kontrollert: RK		
	Oppdrag nr.: 415279	Tegning nr.: 40,4	Versjon: 25.02.2011	Revisjon: 0	



# DOKUMENTASJON MÅLEDATA - GEOTECH SONDER

Sonde nr.:	4446	Sondetype:	Nova
SONDEDATA			
Arealforhold, a:	0,838	Arealforhold, b:	0,000
Kalibreringsdato:	30.06.2010	Utførende:	Geotech AB
EGENSKAP (fra kalibreringsark)	SPISSMOTSTAND	SIDEFRIKSJON	PORETRYKK
Maksimum spenning (MPa):	50,0	0,5	2,0
Måleområde (MPa):	50,0	0,5	2,0
Oppløsning, 2 <sup>12</sup> bit (kPa):	0	0	0
Oppløsning, 2 <sup>18</sup> bit (kPa):	0,65	0,01	0,02
Max. temp. effekt, ubelastet (kPa):	21,58	0,50	1,15
Temperaturområde (°C):	0-40	0-40	0-40
Merknad 1:			
Merknad 2:			
UTFØRELSE			
Borleder:	VT	Assistent:	BEK
Filtertype:	Porøst filte	Mettemedium:	Glyserin
Mettemetode:	Lufttemperatur (°C):		
Forankring:	Max. helning (°):		2,6
Merknad 1:			
MÅLEVARIALE			
EGENSKAP	SPISSMOTSTAND	SIDEFRIKSJON	PORETRYKK
Maksimal temperatureffekt (kPa):	3,24	0,08	0,17
NULLPUNKTKONTROLL			
Faktor	NA (q)	NB (f)	NC (u)
Før sondering (DOS):			
Etter sondering (DOS):			
Avvik (DOS) (kPa):	0,0	0,0	0,0
Før sondering (Windows):	7.1738	130.3	265.1
Etter sondering (Windows):	0,004	-2,100	-0,400
Avvik (Windows) (kPa):	3,5	-2,1	-0,4
NØYAKTIGHETSVURDERING GEOTECH - VURDERING AV ANVENDELSESKLASSE			
Målestørrelse	Spissmotstand	Friksjon	Poretrykk
Samlet nøyaktighet, $\Delta_{TOT}$ (kPa)	7,39	2,19	0,59
Tillatt nøyaktighet A1, $\Delta_k$ (kPa)	35,0	5,0	10,0
Tillatt nøyaktighet A2, $\Delta_k$ (kPa)	100,0	15,0	25,0
Tillatt nøyaktighet A3, $\Delta_k$ (kPa)	200,0	25,0	50,0
Vurdering profil	1		
ANVENDELSESKLASSE	1	1	1
Oppdragsgiver: <b>Reinertsen AS</b> Dokumentasjon av utstyr og målenøyaktighet.	Oppdrag: <b>Aunetippen</b>		
CPTU id.:	1	Sonde:	4446
MULTICONSULT AS	Dato: 02.07.2012	Tegnet: Arv	Kontrollert: RK
	Oppdrag nr.: 415279	Tegning nr.: 40,5	Versjon: 25.02.2011





**Reinertsen AS**  
**Aunetippen, Tiller**

Kontinuerlig ødometerforsøk, CRS-rutine. Plott A:  $\sigma_{av}' - \epsilon_a$ , M og  $c_v$ .

Tegningens filnavn:

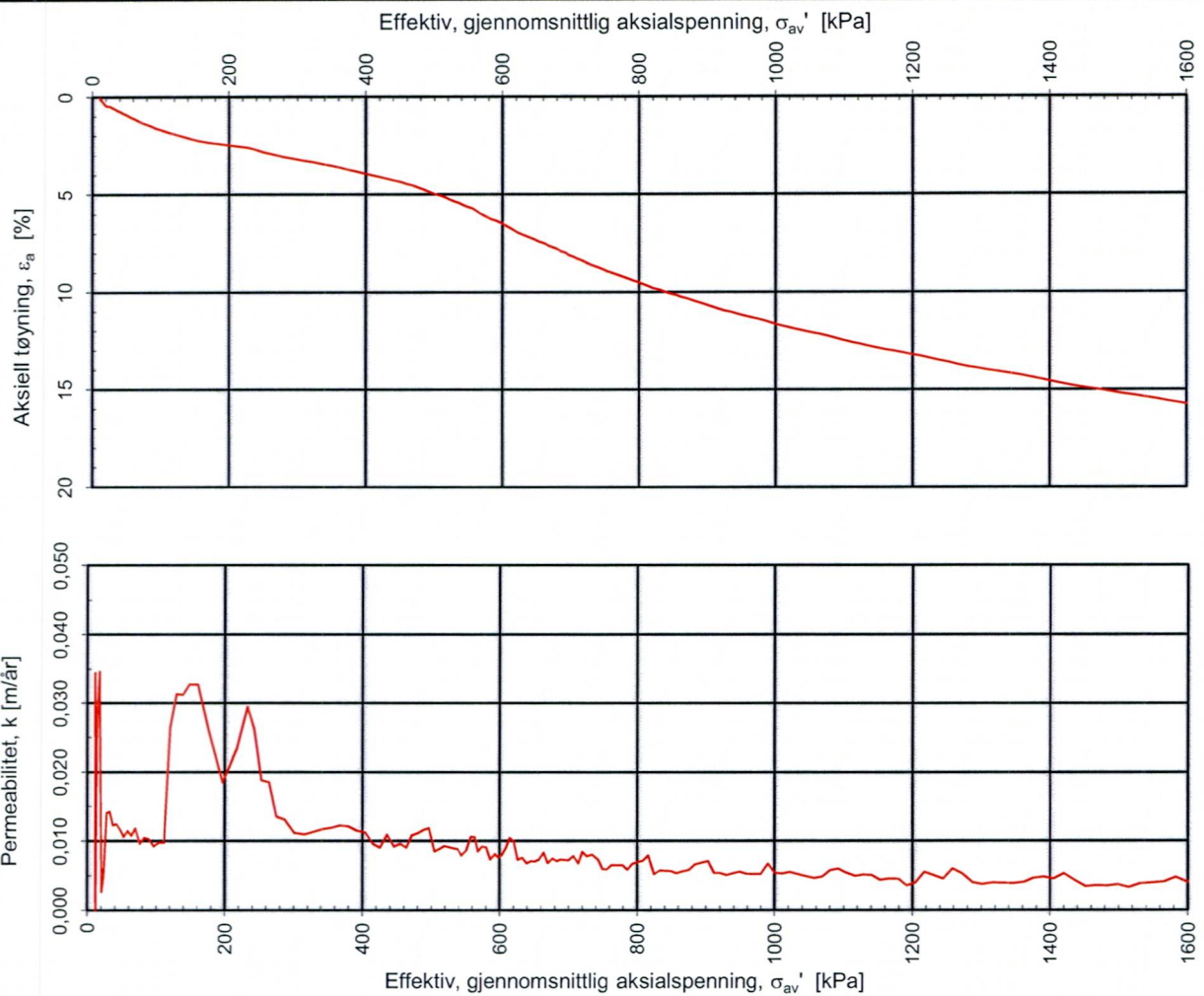
415279-RIG-TEG-075\_h1-d7,60xlsx



**MULTICONSULT AS**

Sluppenvegen 23,  
 7486 TRONDHEIM  
 Tlf.: 73 10 62 00

Forsøksdato: 23.05.2012	Dybde, z (m): 7,60	Borpunkt nr.: 1	Godkjent: oaa Programrevisjon: 01.06.2011
Forsøknr.: 1	Tegnet av: kjt	Kontrollert: arv	
Oppdrag nr.: 415279	Tegning nr.: RIG-TEG-075.1	Prosedyre: CRS	



**Reinertsen AS**

**Aunetippen, Tiller**

Kontinuerlig ødometerforsøk, CRS-rutine. Plott B:  $\sigma_{av}' - \epsilon_a$ ,  $k$  og  $u_b/\sigma$ .

Tegningens filnavn:

415279-RIG-TEG-075\_h1-d7,60xlsx



**MULTICONSULT AS**

Sluppenvegen 23,  
7486 TRONDHEIM  
Tlf.: 73 10 62 00

Forsøksdato:

23.05.2012

Dybde,  $z$  (m):

7,60

Borpunkt nr.:

1

Forsøknr.:

1

Tegnet av:

kjt

Kontrollert:

arv

Godkjent:

Oaa

Oppdrag nr.:

415279

Tegning nr.:

RIG-TEG-075.2

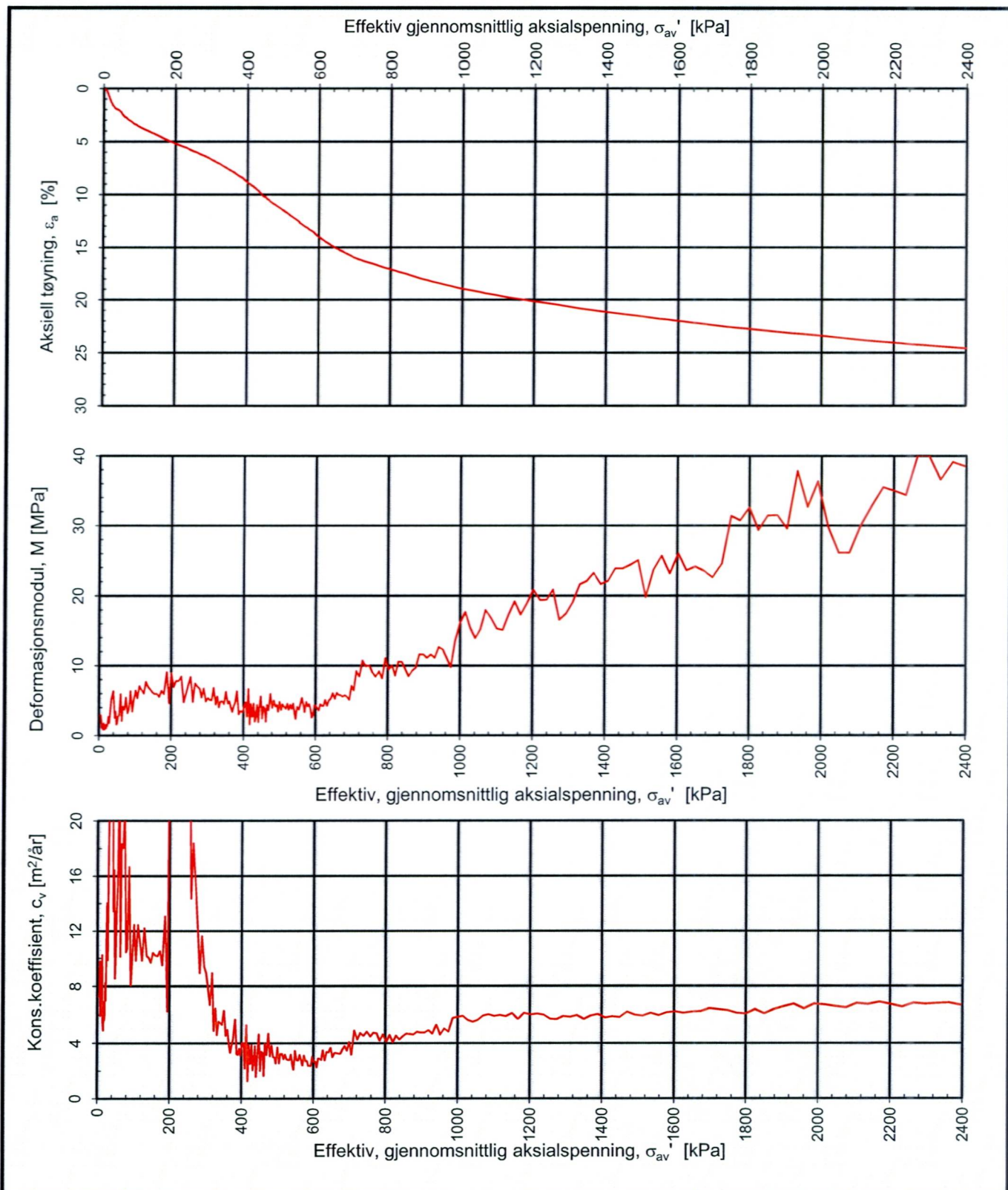
Prosedyre:

CRS

Programrevisjon:

01.06.2011





**Reinertsen AS**  
**Aunetippen, Tiller**

Kontinuerlig ødometerforsøk, CRS-rutine. Plott A:  $\sigma_{av}' - \epsilon_a$ , M og  $c_v$ .

Tegningens filnavn:

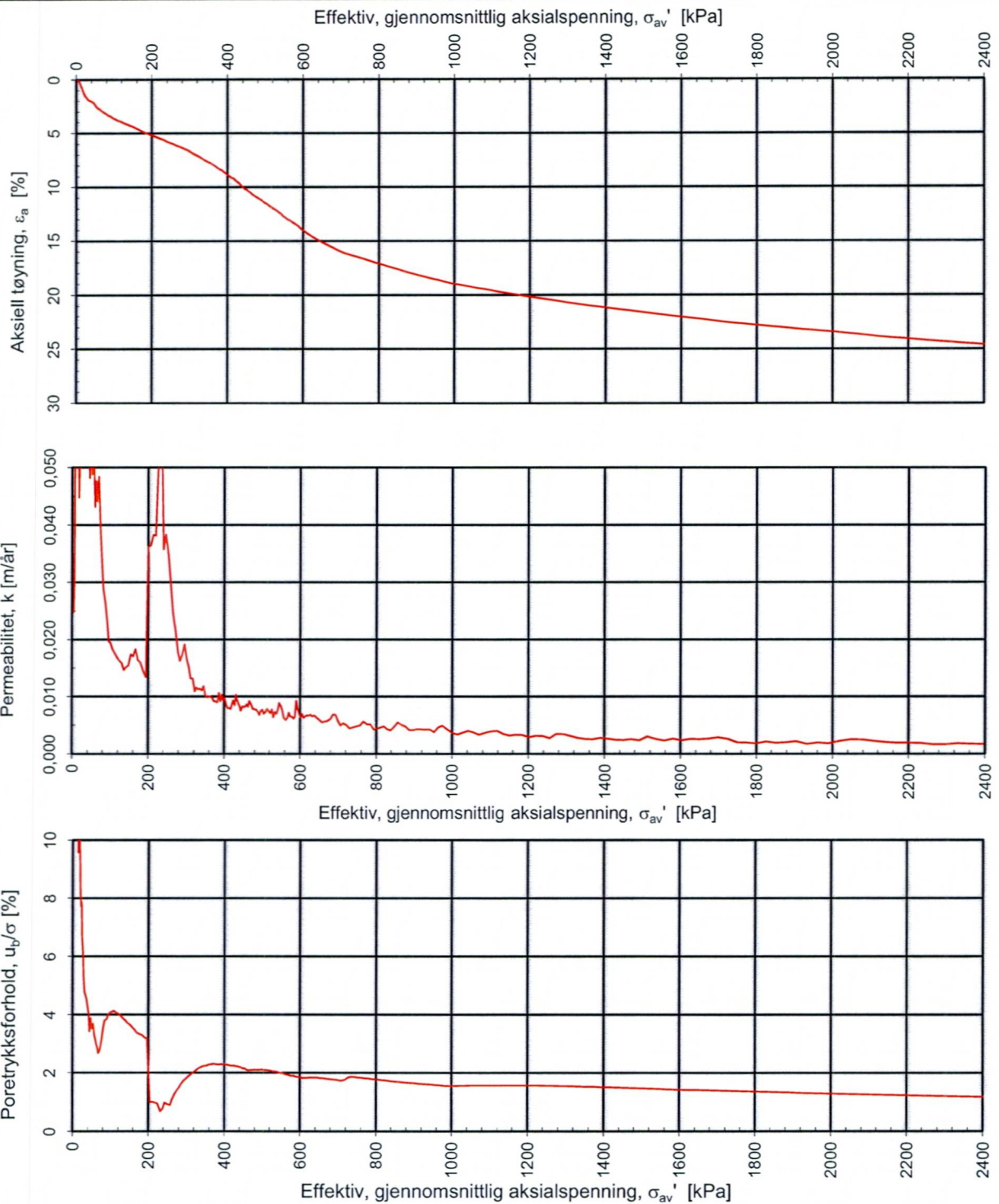
415279-RIG-TEG-076\_h1-d17,25xlsx



**MULTICONSULT AS**

Sluppenvegen 23,  
 7486 TRONDHEIM  
 Tlf.: 73 10 62 00

Forsøksdato: 23.05.2012	Dybde, z (m): 17,25	Borpunkt nr.: 1	Godkjent: oaa Programrevisjon: 01.06.2011
Forsøknr.: 1	Tegnet av: kjt	Kontrollert: arv	
Oppdrag nr.: 415279	Tegning nr.: RIG-TEG-076.1	Prosedyre: CRS	



**Reinertsen AS**

**Aunetippen, Tiller**

Kontinuerlig ødometerforsøk, CRS-rutine. Plott B:  $\sigma_{av}' - \epsilon_a$ ,  $k$  og  $u_b/\sigma$ .

Tegningens filnavn:

415279-RIG-TEG-076\_h1-d17,25xlsx



**MULTICONSULT AS**

Sluppenvegen 23,  
7486 TRONDHEIM  
Tlf.: 73 10 62 00

Forsøksdato:

23.05.2012

Dybde,  $z$  (m):

17,25

Borpunkt nr.:

1

Forsøknr.:

1

Tegnet av:

kjt

Kontrollert:

arv

Godkjent:

oaa

Oppdrag nr.:

415279

Tegning nr.:

RIG-TEG-076.2

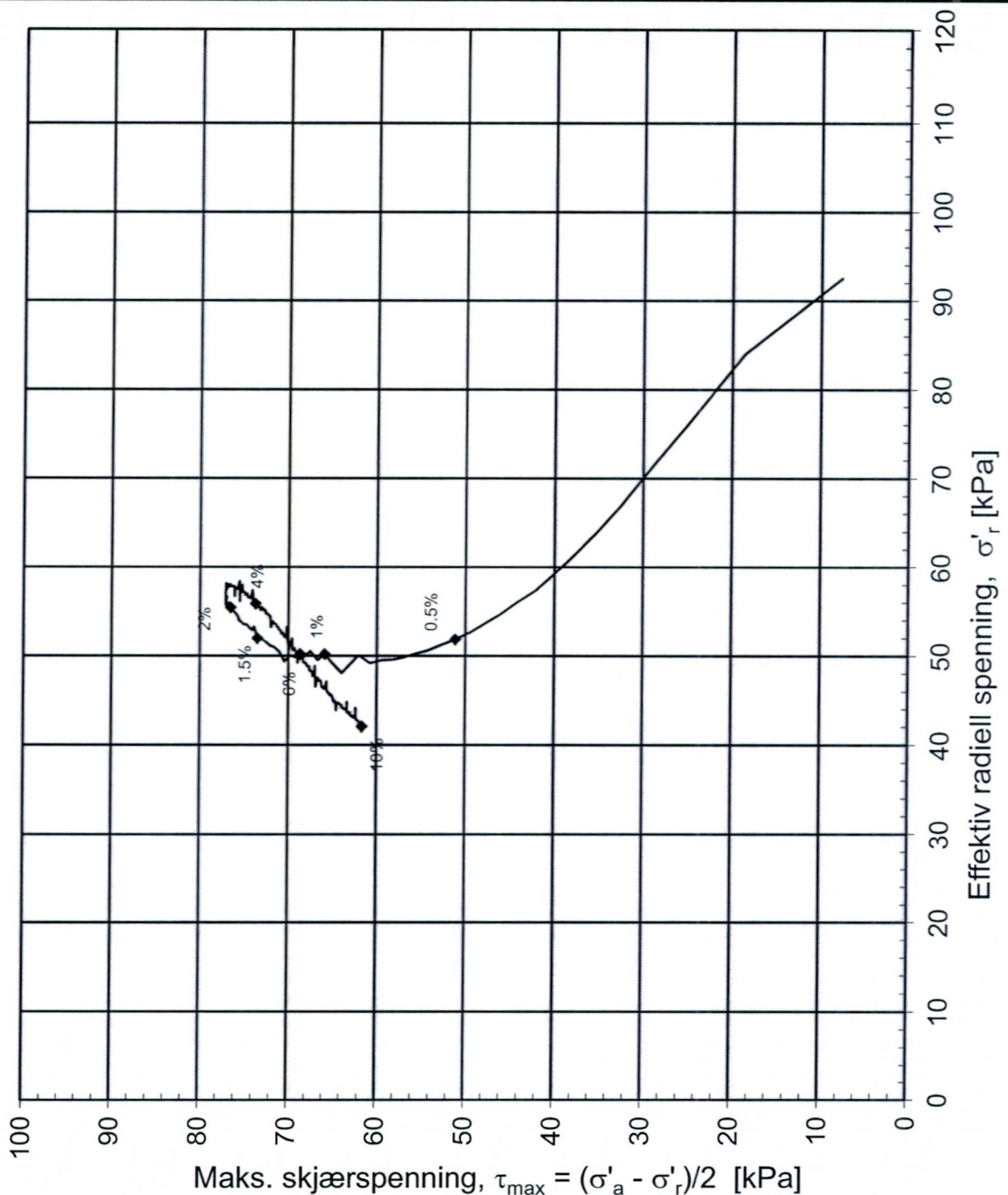
Prosedyre:

CRS

Programrevisjon:

01.06.2011





Konsolideringsspenning, aksial:	$\sigma'_{ac}$ (kPa):	107,86
Konsolideringsspenning, radial:	$\sigma'_{rc}$ (kPa):	92,55
Volumtøyning i konsolideringsfase:	$\varepsilon_{vol}$ (%) = $\Delta V/V_0$ :	2,17
Baktrykk $u_b$ (kPa):	400	B - verdi = $\Delta u/\Delta \sigma_c$ (-): 0,78
Vanninnhold $w_i$ (%):	38,90	Densitet $\rho_i$ (g/cm <sup>3</sup> ): 1,89

**Reinertsen AS**

**Aunetippen, Tiller**

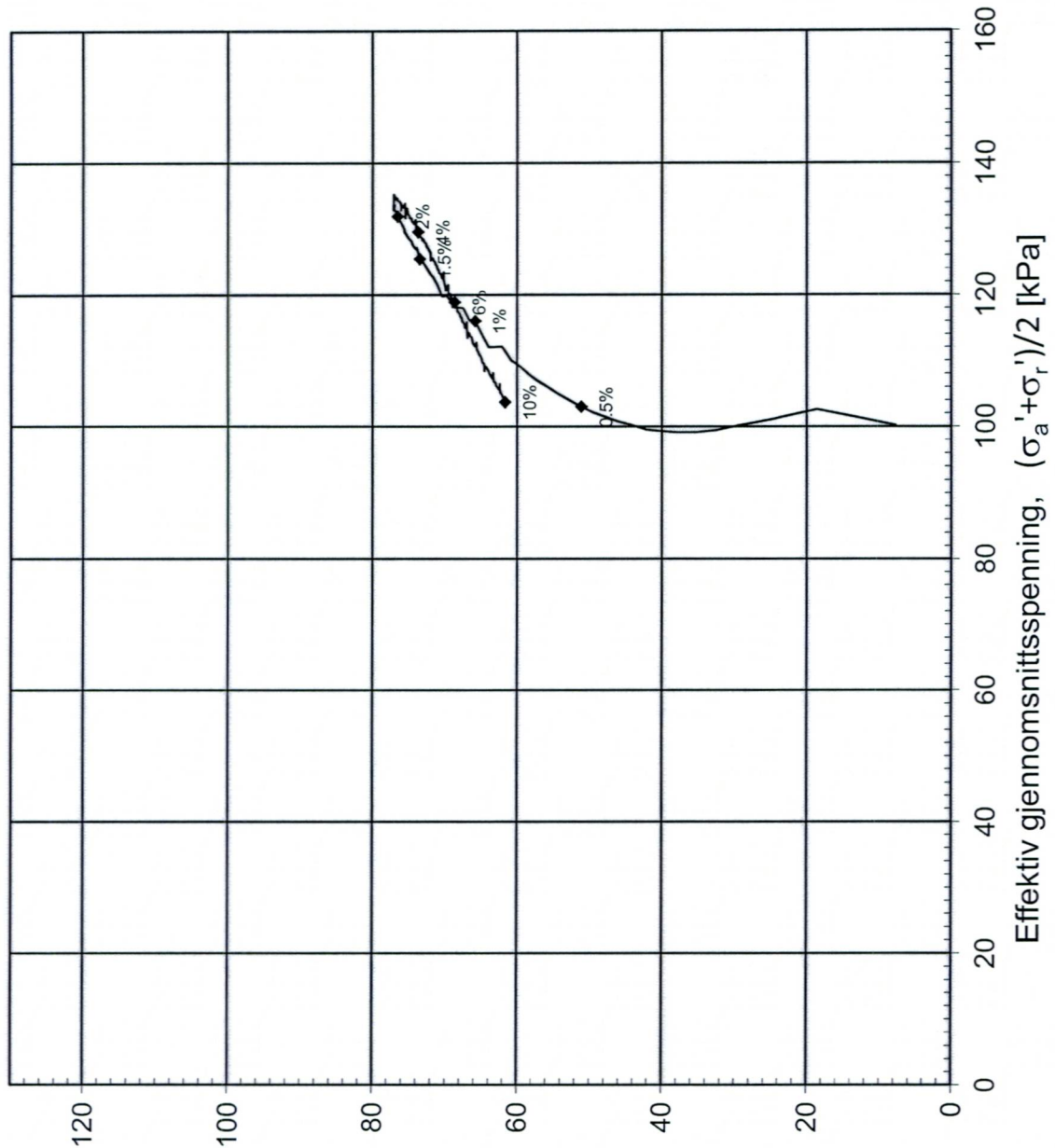
Treaksialforsøk. Deviatorspenningssti. NTNU-plott.

Tegningens filnavn:  
415279-RIG-TEG-090\_h1\_d7,50.xlsx



**MULTICONSULT AS**  
Sluppenvegen 23,  
7486 TRONDHEIM  
Tlf.: 73 10 62 00  
Faks: 73 10 62 30

Forsøksdato: 28.05.2012	Dybde, z (m): 7,50	Borpunkt nr.: 1	Godkjent: oaa
Forsøk nr.: 1	Tegnet: kjt	Kontrollert: arv	
Oppdrag nr.: 415279	Tegning nr.: RIG-TEG-090.1	Prosedyre: CAUa	
			Programrevisjon: 02.02.2011



Maks. skjærspenning,  $\tau_{max} = (\sigma'_a - \sigma'_r)/2$  [kPa]

Konsolideringsspenning, aksial:	$\sigma'_{ac}$ (kPa):	107,86
Konsolideringsspenning, radial:	$\sigma'_{rc}$ (kPa):	92,55
Volumtøyning i konsolideringsfase:	$\epsilon_{vol} (\%) = \Delta V/V_0$ :	2,17
Baktrykk $u_b$ (kPa):	400	B - verdi = $\Delta u/\Delta \sigma_c$ (-): 0,78
Vanninnhold $w_i$ (%):	38,90	Densitet $\rho_i$ (g/cm <sup>3</sup> ): 1,89

**Reinertsen AS**

**Aunetippen, Tiller**

Treaksialforsøk. Deviatorspenningssti. NGI-plott.

Tegningens filnavn:

415279-RIG-TEG-090\_h1\_d7,50.xlsx



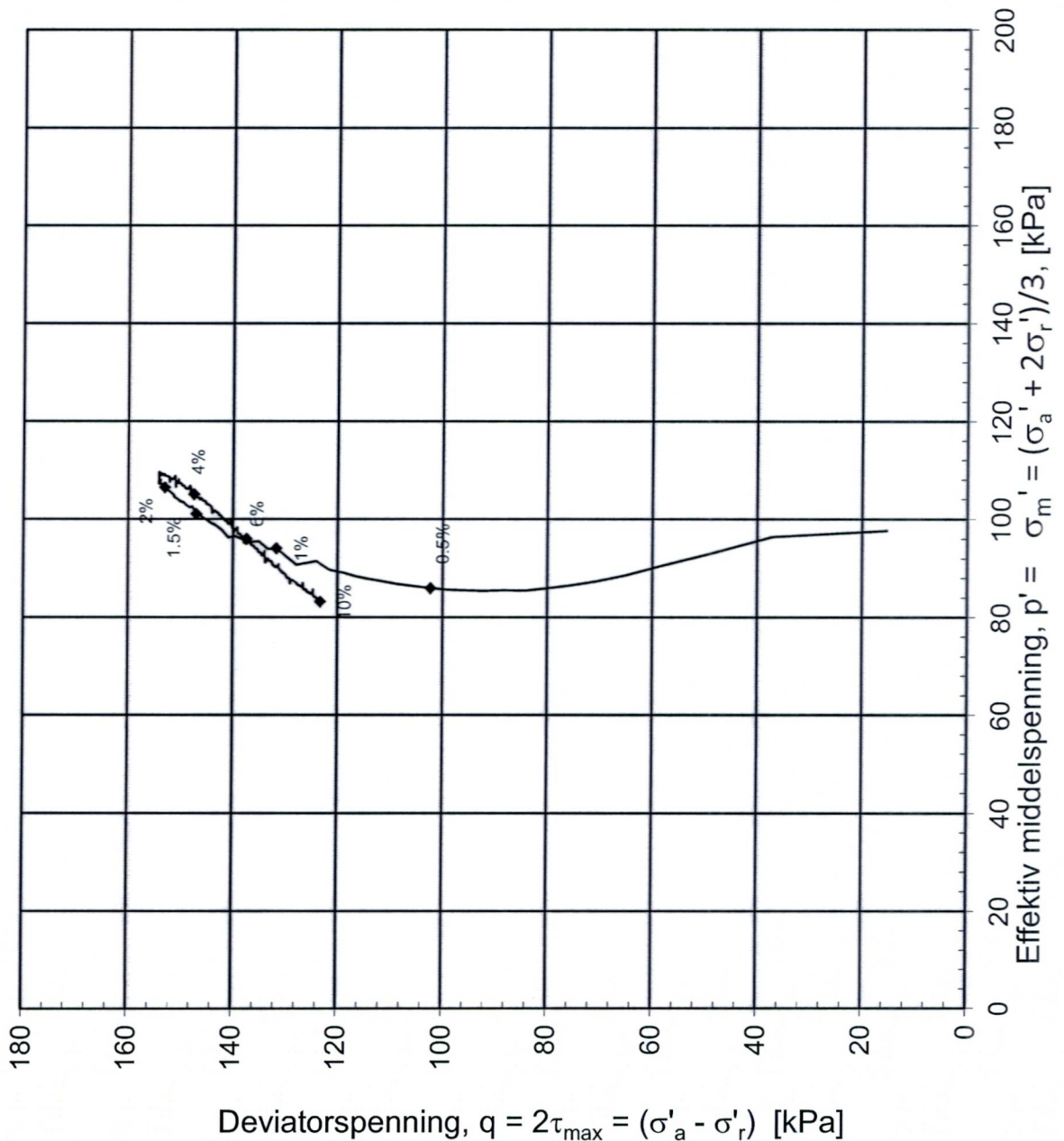
**MULTICONSULT AS**

Sluppenvegen 23,  
7486 TRONDHEIM  
Tlf.: 73 10 62 00  
Faks: 73 10 62 30

Forsøksdato: 28.05.2012	Dybde, z (m): 7,50	Borpunkt nr.: 1
Forsøk nr.: 1	Tegnet: kjt	Kontrollert: arv
Oppdrag nr.: 415279	Tegning nr.: RIG-TEG-090.2	Prosedyre: CAUa

Godkjent: oaa
Programrevisjon: 02.02.2011





Konsolideringsspenning, aksial:	$\sigma'_{ac}$ (kPa):	107,86
Konsolideringsspenning, radial:	$\sigma'_{rc}$ (kPa):	92,55
Volumtøyning i konsolideringsfase:	$\varepsilon_{vol}$ (%) = $\Delta V/V_0$ :	2,17
Baktrykk $u_b$ (kPa):	400	B - verdi = $\Delta u/\Delta \sigma_c$ (-): 0,78
Vanninnhold $w_i$ (%):	38,90	Densitet $\rho_i$ (g/cm <sup>3</sup> ): 1,89

**Reinertsen AS**

**Aunetippen, Tiller**

Treaksialforsøk. Deviatorspenningssti. q - p'- plott.

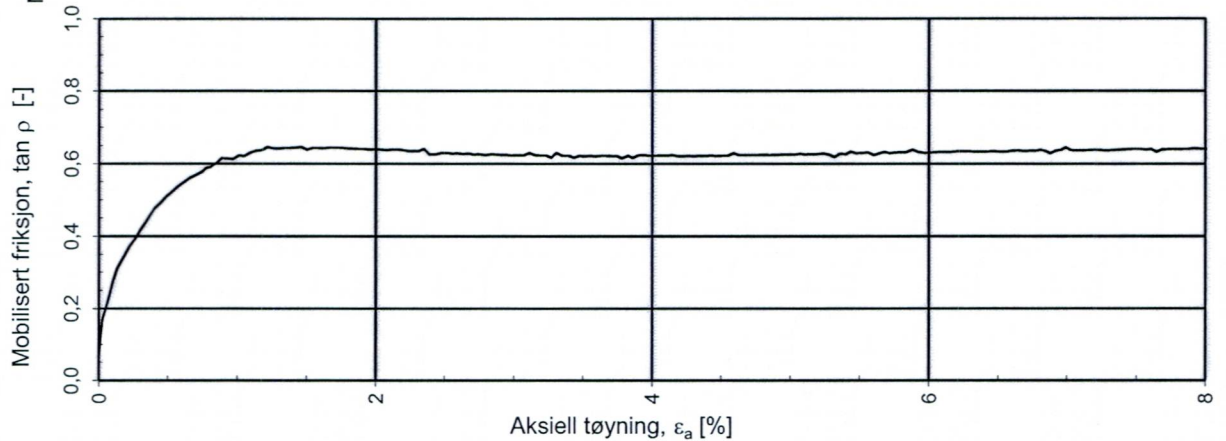
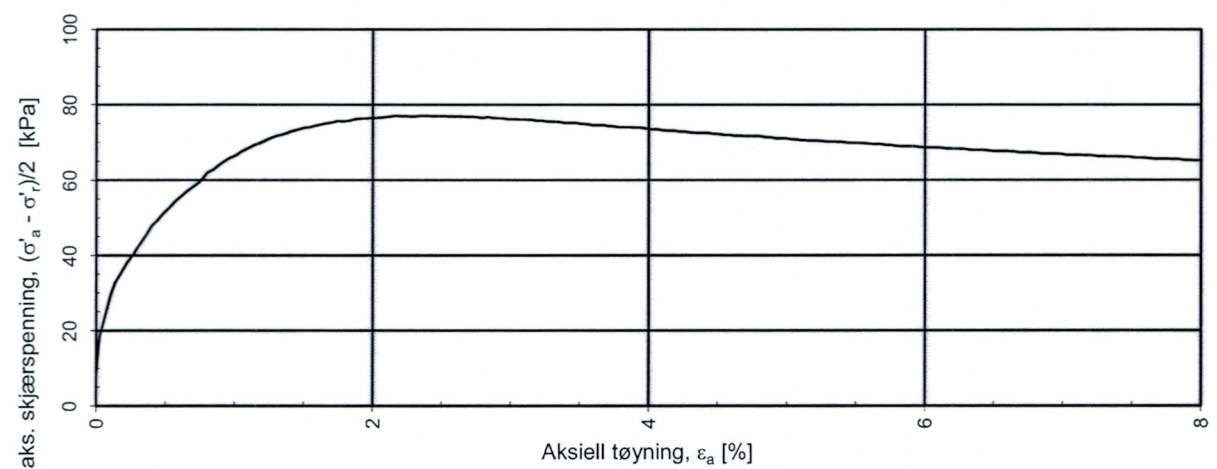
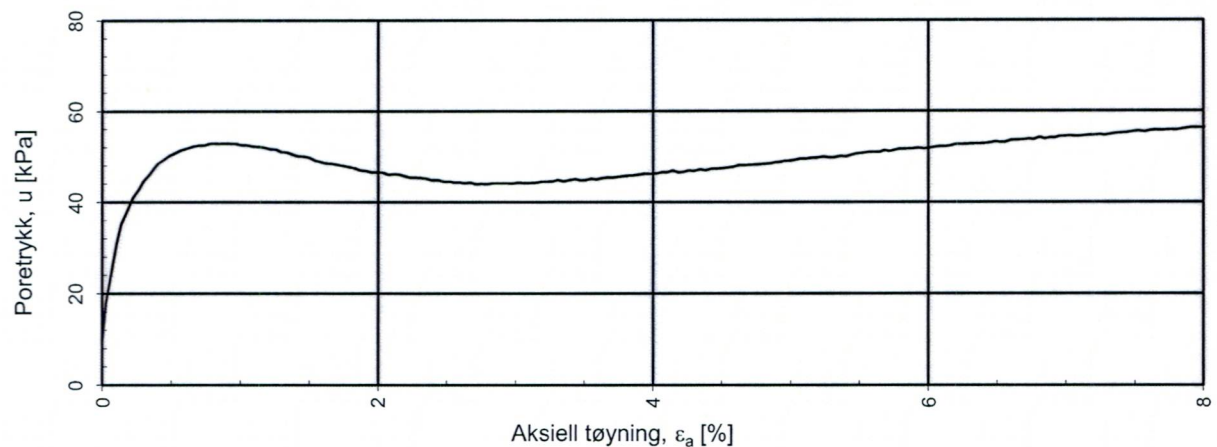
**MULTICONSULT AS**  
 Sluppenvegen 23,  
 7486 TRONDHEIM  
 Tlf.: 73 10 62 00  
 Faks: 73 10 62 30

Forsøksdato: 28.05.2012	Dybde, z (m): 7,50	Borpunkt nr.: 1
Forsøk nr.: 1	Tegnet: kjt	Kontrollert: arv
Oppdrag nr.: 415279	Tegning nr.: RIG-TEG-090.3	Prosedyre: CAUa

Tegningens filnavn:  
415279-RIG-TEG-090\_h1\_d7,50.xlsx



Godkjent: oaa
Programrevisjon: 02.02.2011



a = 10 kPa benyttet for tolkning av tan ρ

## Reinertsen AS

Aunetippen, Tiller

Treaksialforsøk. Poretrykks- og mobiliseringsforløp.

### MULTICONSULT AS

Sluppenvegen 23,  
7486 TRONDHEIM  
Tlf.: 73 10 62 00  
Faks: 73 10 62 30

Forsøksdato:

28.05.2012

Dybde, z (m):

7,50

Borpunkt nr.:

1

Forsøk nr.:

1

Tegnet:

kjt

Kontrollert:

arv

Oppdrag nr.:

415279

Tegning nr.:

RIG-TEG-090.4

Prosedyre:

CAUa

Tegningens filnavn:

415279-RIG-TEG-090\_h1\_d7,50.xlsx



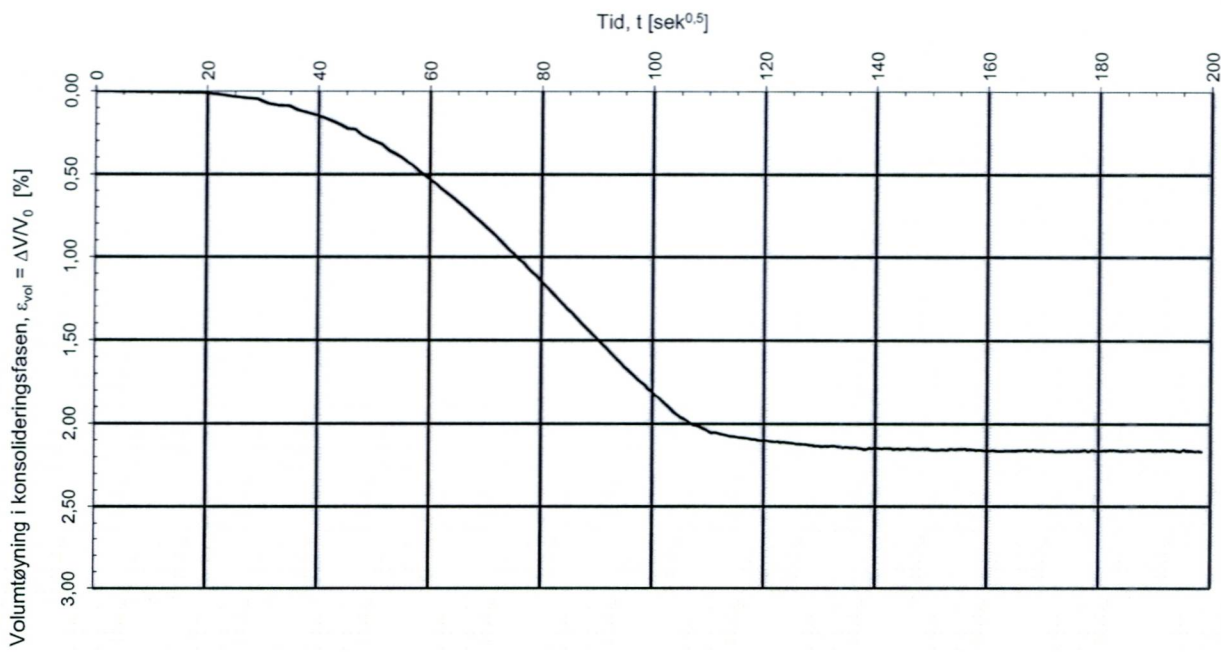
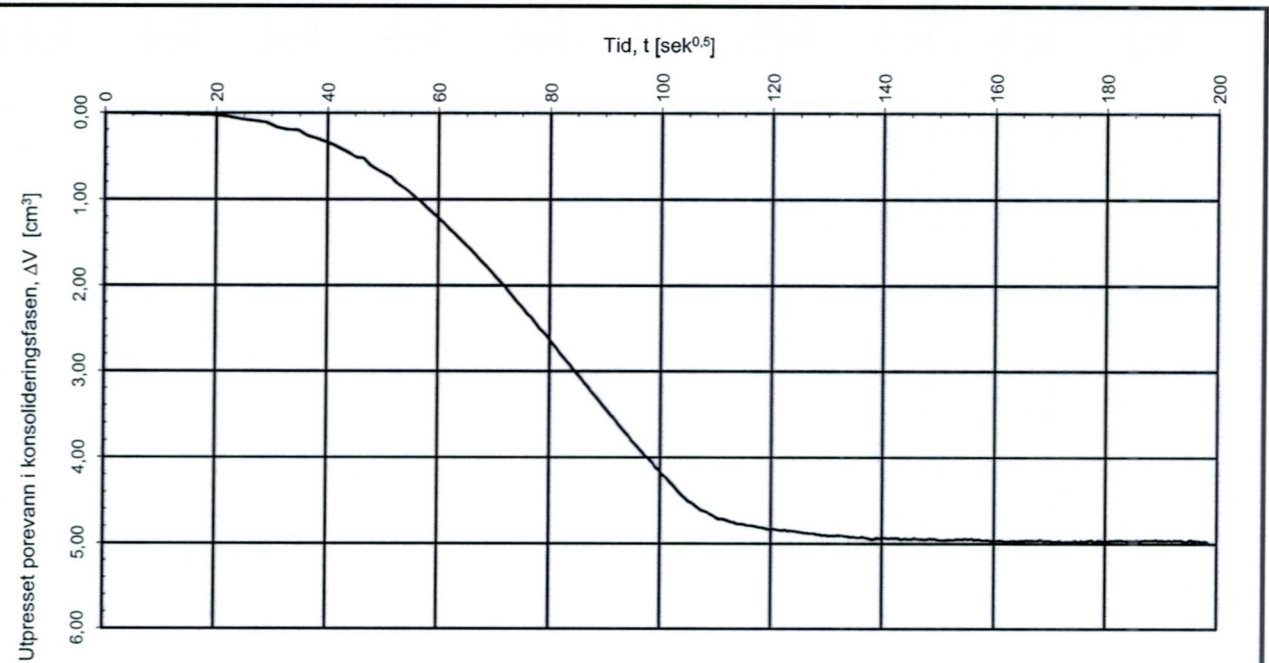
Godkjent:

oaa

Programrevisjon:

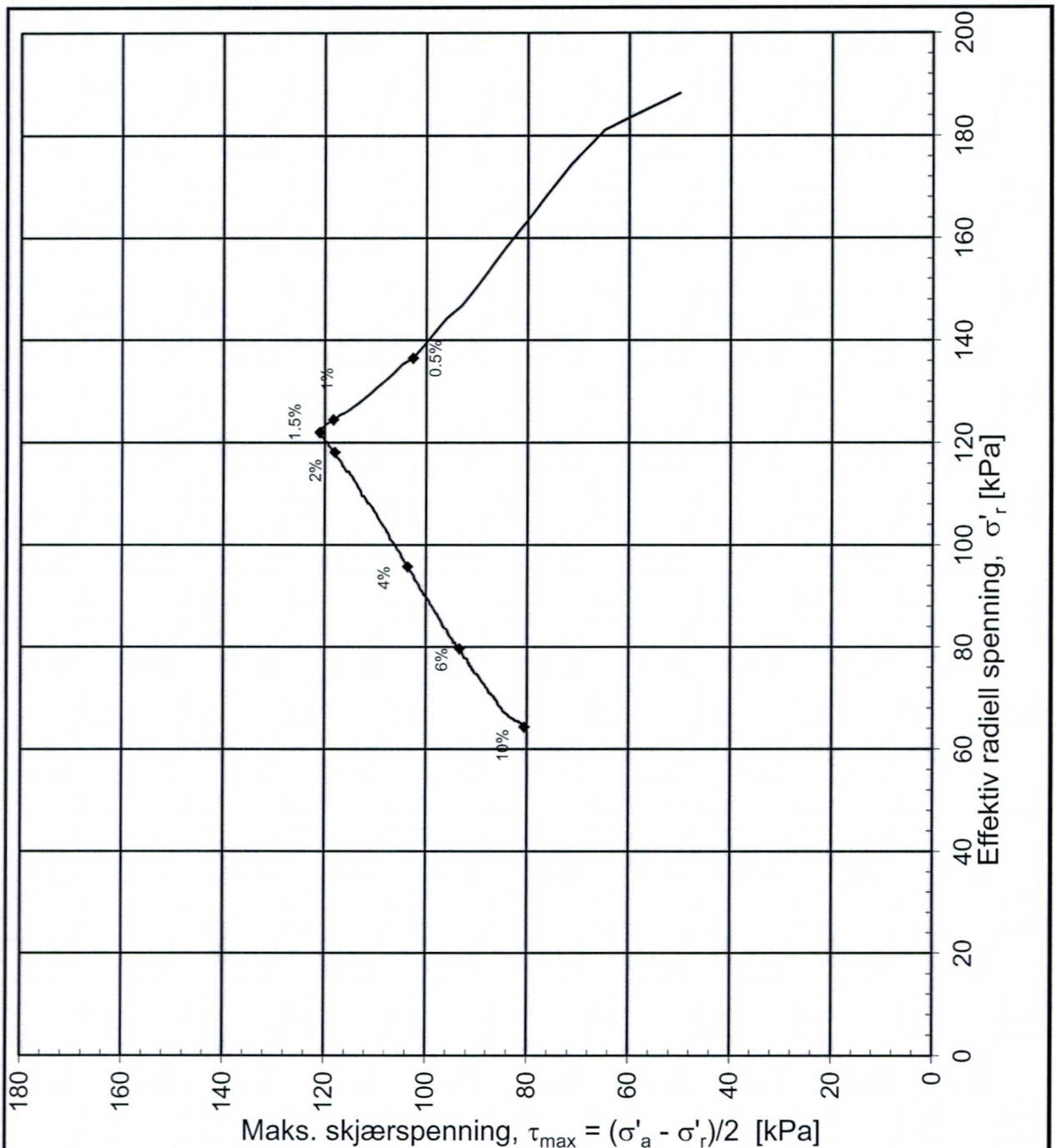
02.02.2011





Konsolideringsspenning, aksial:  $\sigma'_{ac}$  (kPa): 107,86  
 Konsolideringsspenning, radial:  $\sigma'_{rc}$  (kPa): 92,55  
 Volumtøyning i konsolideringsfase:  $\epsilon_{vol}$  (%) =  $\Delta V/V_0$ : 2,17  
 Baktrykk  $u_b$  (kPa): 400 B - verdi =  $\Delta u/\Delta\sigma_c$  (-): 0,78

<b>Reinertsen AS</b>			Tegningens filnavn: 415279-RIG-TEG-090_h1_d7,50.xlsx		
<b>Aunetippen, Tiller</b>					
Treaksialforsøk. Vannutpressing - tid, konsolideringsfase.					
<b>MULTICONSULT AS</b> Sluppenvegen 23, 7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 Faks: 73 10 62 30	Forsøksdato: 28.05.2012	Dybde, z (m): 7,50	Borpunkt nr.: 1	Godkjent: oaa	
	Forsøk nr.: 1	Tegnet: kjt	Kontrollert: arv		Programrevisjon: 02.02.2011
	Oppdrag nr.: 415279	Tegning nr.: RIG-TEG-090.5	Prosedyre: CAUa		



Konsolideringsspenning, aksial:	$\sigma'_{ac}$ (kPa):	288,32
Konsolideringsspenning, radial:	$\sigma'_{rc}$ (kPa):	188,27
Volumtøyning i konsolideringsfase:	$\epsilon_{vol}$ (%) = $\Delta V/V_0$ :	2,68
Baktrykk $u_b$ (kPa):	400	B - verdi = $\Delta u/\Delta \sigma_c$ (-): 0,61
Vanninnhold $w_i$ (%):	30,50	Densitet $\rho_i$ (g/cm <sup>3</sup> ): 1,98

**Reinertsen AS**

**Aunetippen, Tiller**

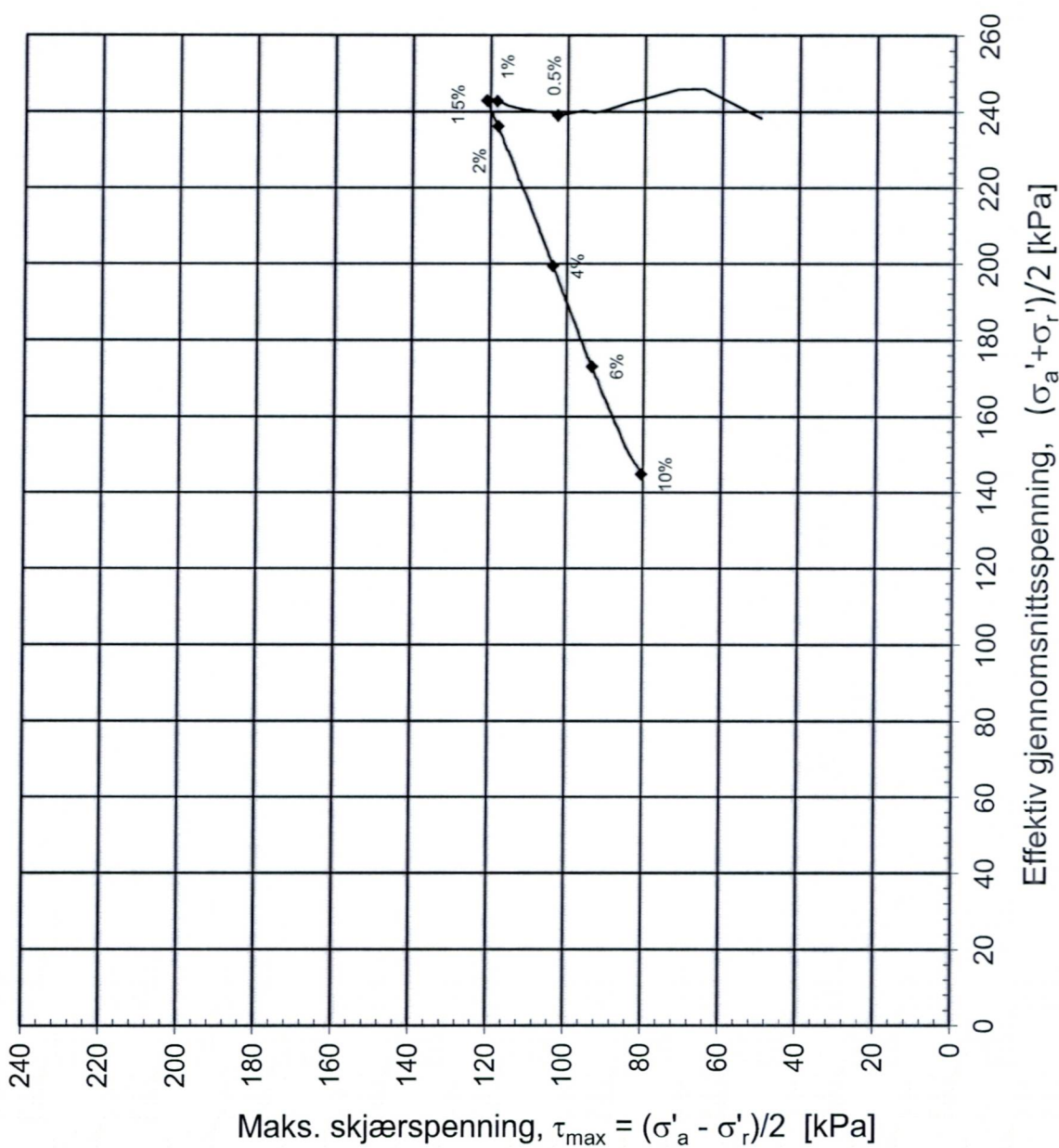
Treaksialforsøk. Deviatorspenningssti. NTNU-plott.

Tegningens filnavn:  
415279-RIG-TEG-091\_h1\_d17.50.xlsx




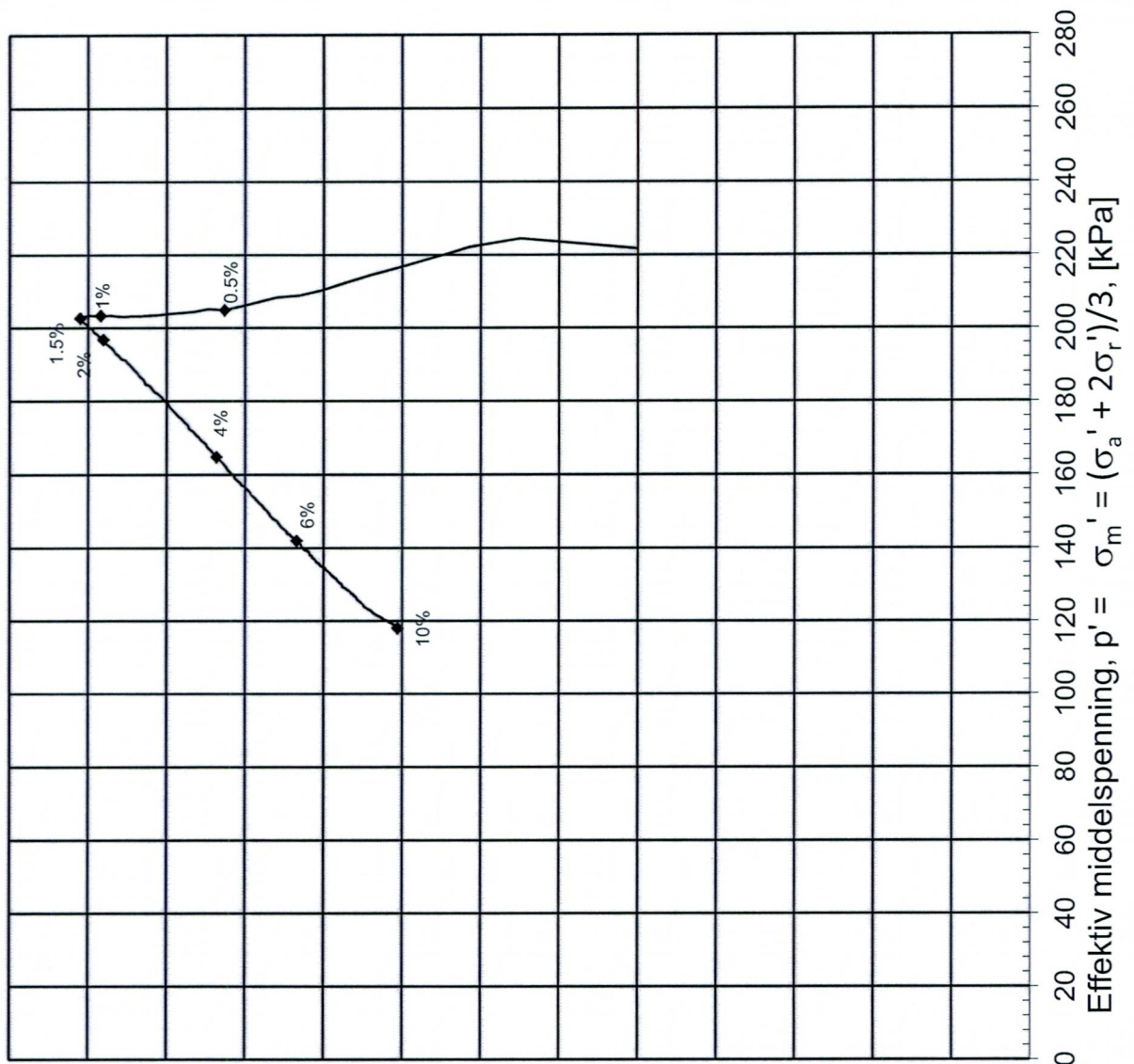
<b>MULTICONSULT AS</b> Sluppenvegen 23, 7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 Faks: 73 10 62 30	Forsøksdato:	Dybde, z (m):	Borpunkt nr.:	
	23.05.2012	17,50	1	
	Forsøk nr.:	Tegnet:	Kontrollert:	
2	kjt	arv	oaa	
Oppdrag nr.:	Tegning nr.:	Prosedyre:	Programrevisjon:	
415279	RIG-TEG-91.1	CAUa	02.02.2011	





Konsolideringsspenning, aksial:  $\sigma'_{ac}$  (kPa): 288,32  
 Konsolideringsspenning, radial:  $\sigma'_{rc}$  (kPa): 188,27  
 Volumtøyning i konsolideringsfase:  $\epsilon_{vol}$  (%) =  $\Delta V/V_0$ : 2,68  
 Baktrykk  $u_b$  (kPa): 400 B - verdi =  $\Delta u/\Delta \sigma_c$  (-): 0,61  
 Vanninnhold  $w_i$  (%): 30,50 Densitet  $\rho_i$  (g/cm<sup>3</sup>): 1,98

<b>Reinertsen AS</b>			Tegningens filnavn: 415279-RIG-TEG-091_h1_d17.50.xlsx	
<b>Aunetippen, Tiller</b>				
Treaksialforsøk. Deviatorspenningssti. NGI-plott.				
<b>MULTICONSULT AS</b> Sluppenvegen 23, 7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 Faks: 73 10 62 30	Forsøksdato: 23.05.2012	Dybde, z (m): 17,50	Borpunkt nr.: 1	Godkjent: oaa
	Forsøk nr.: 2	Tegnet: kjt	Kontrollert: arv	Programrevisjon: 02.02.2011
	Oppdrag nr.: 415279	Tegning nr.: RIG-TEG-91.2	Prosedyre: CAUa	



Deviatorspenning,  $q = 2\tau_{\max} = (\sigma'_a - \sigma'_r)$  [kPa]

Konsolideringsspenning, aksial:	$\sigma'_{ac}$ (kPa):	288,32
Konsolideringsspenning, radial:	$\sigma'_{rc}$ (kPa):	188,27
Volumtøyning i konsolideringsfase:	$\epsilon_{vol}$ (%) = $\Delta V/V_0$ :	2,68
Baktrykk $u_b$ (kPa):	400	B - verdi = $\Delta u/\Delta\sigma_c$ (-): 0,61
Vanninnhold $w_i$ (%):	30,50	Densitet $\rho_i$ (g/cm <sup>3</sup> ): 1,98

**Reinertsen AS**

**Aunetippen, Tiller**

Treaksialforsøk. Deviatorspenningssti. q - p'- plott.

Tegningens filnavn:  
415279-RIG-TEG-091\_h1\_d17,50.xls



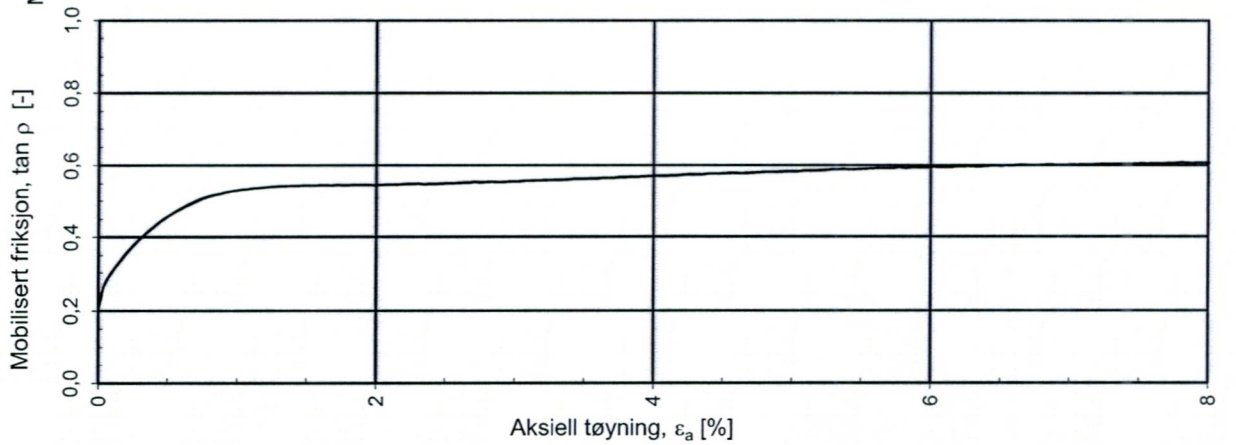
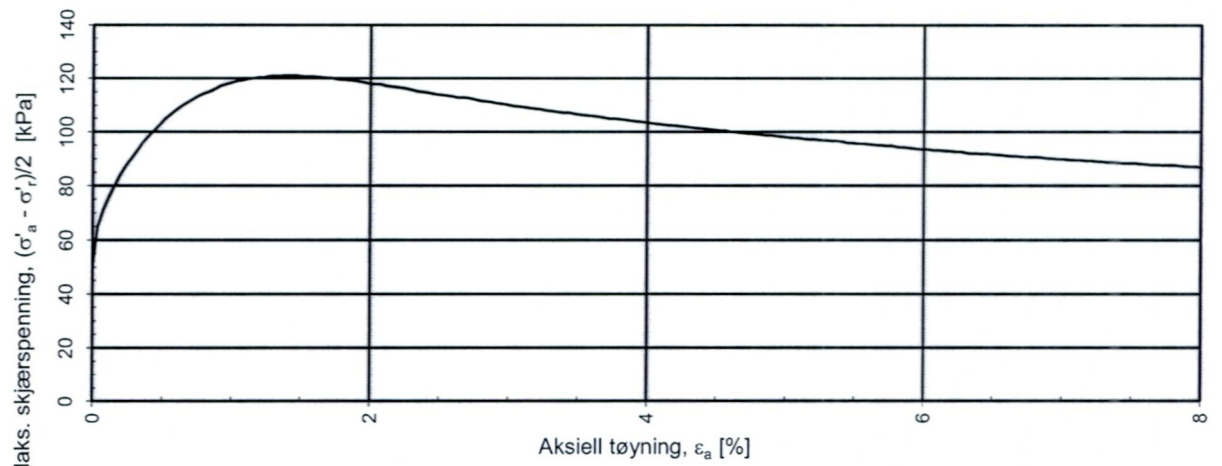
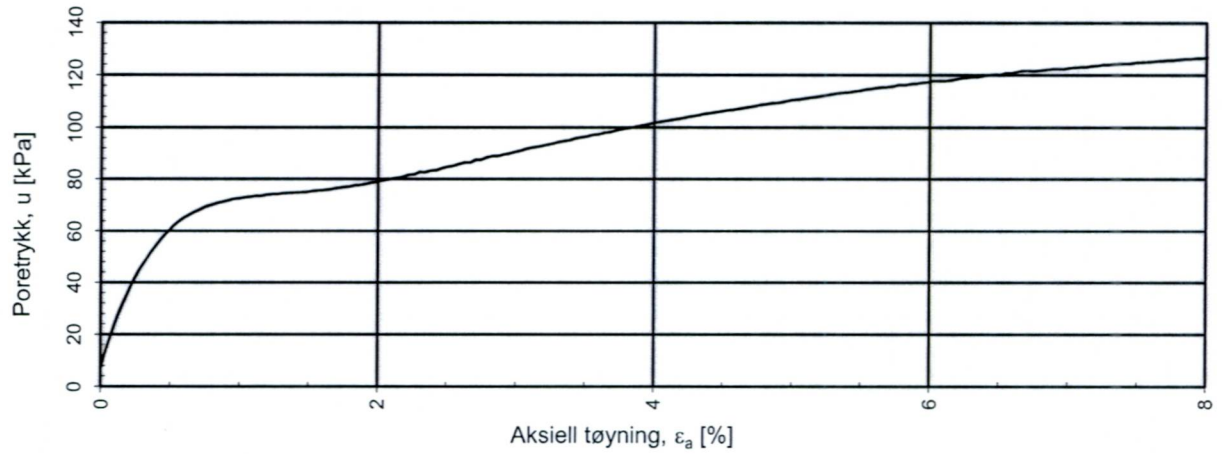
**MULTICONSULT AS**

Sluppenvegen 23,  
7486 TRONDHEIM  
Tlf.: 73 10 62 00  
Faks: 73 10 62 30

Forsøksdato: 23.05.2012	Dybde, z (m): 17,50	Borpunkt nr.: 1
Forsøk nr.: 2	Tegnet: kjt	Kontrollert: arv
Oppdrag nr.: 415279	Tegning nr.: RIG-TEG-91.3	Prosedyre: CAUa

Godkjent: oaa
Programrevisjon: 02.02.2011





$a = 10 \text{ kPa}$  benyttet for tolkning av  $\tan \rho$

**Reinertsen AS**

**Aunetippen, Tiller**

Treaksialforsøk. Poretrykks- og mobiliseringsforløp.

Tegningens filnavn:

415279-RIG-TEG-091\_h1\_d17,50.xls

**MULTICONSULT AS**

Sluppenvegen 23,  
7486 TRONDHEIM  
Tlf.: 73 10 62 00  
Faks: 73 10 62 30

Forsøksdato:  
23.05.2012

Dybde,  $z$  (m):  
17,50

Borpunkt nr.:  
1

Forsøk nr.:  
2

Tegnet:  
kjt

Kontrollert:  
arv

Oppdrag nr.:  
415279

Tegning nr.:  
RIG-TEG-91.4

Prosedyre:  
CAUa

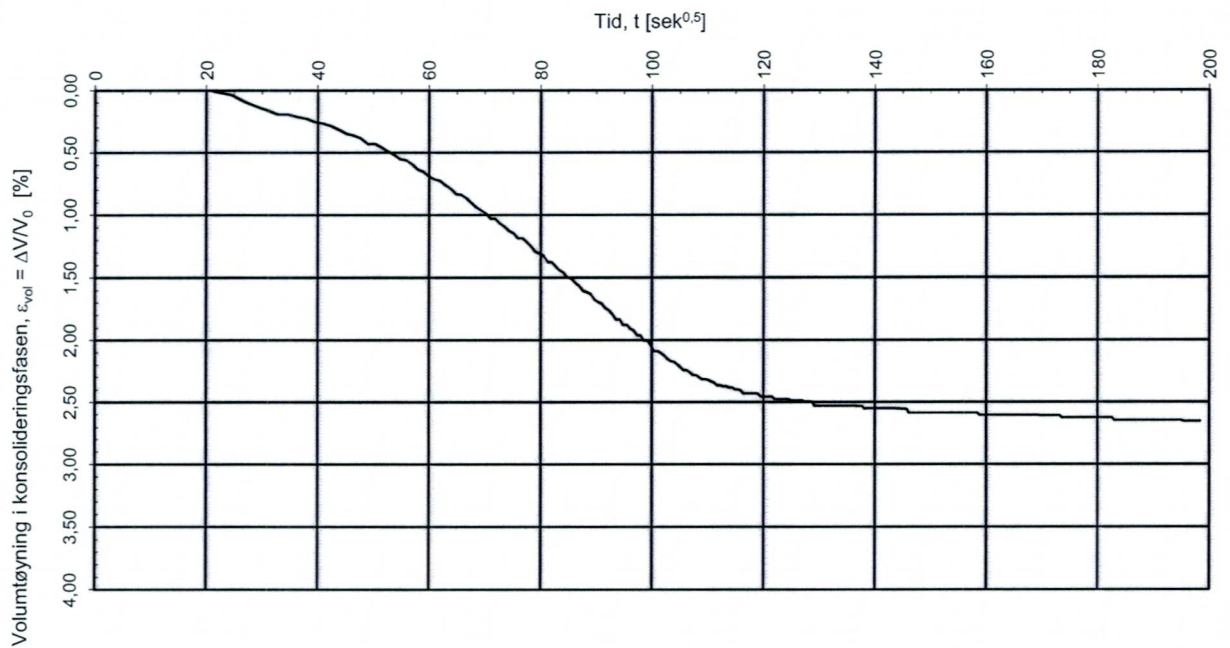
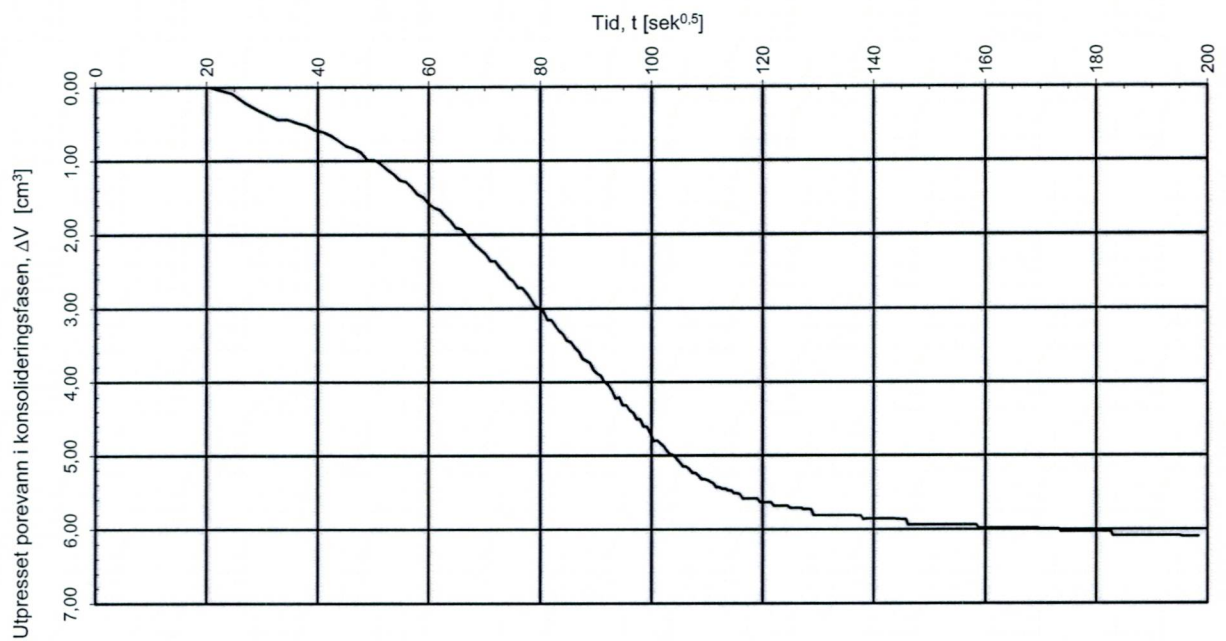
Godkjent:



oaa

Programrevisjon:

02.02.2011



Konsolideringsspenning, aksial:	$\sigma'_{ac}$ (kPa):	288,32
Konsolideringsspenning, radial:	$\sigma'_{rc}$ (kPa):	188,27
Volumtøyning i konsolideringsfase:	$\epsilon_{vol}$ (%) = $\Delta V/V_0$ :	2,68
Baktrykk $u_b$ (kPa):	400	B - verdi = $\Delta u/\Delta \sigma_c$ (-): 0,61
Vanninnhold $w_i$ (%):	30,50	Densitet $\rho_i$ (g/cm <sup>3</sup> ): 1,98

### Reinertsen AS

### Aunetippen, Tiller

Treaksialforsøk. Vannutpressing - tid, konsolideringsfase.

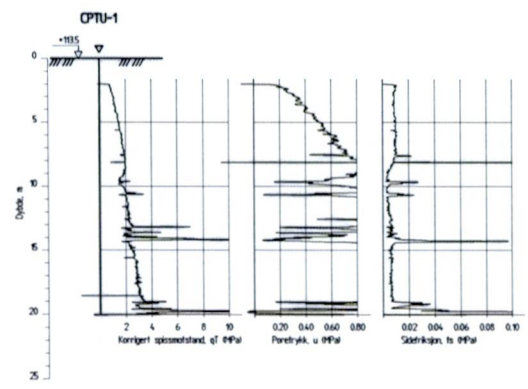
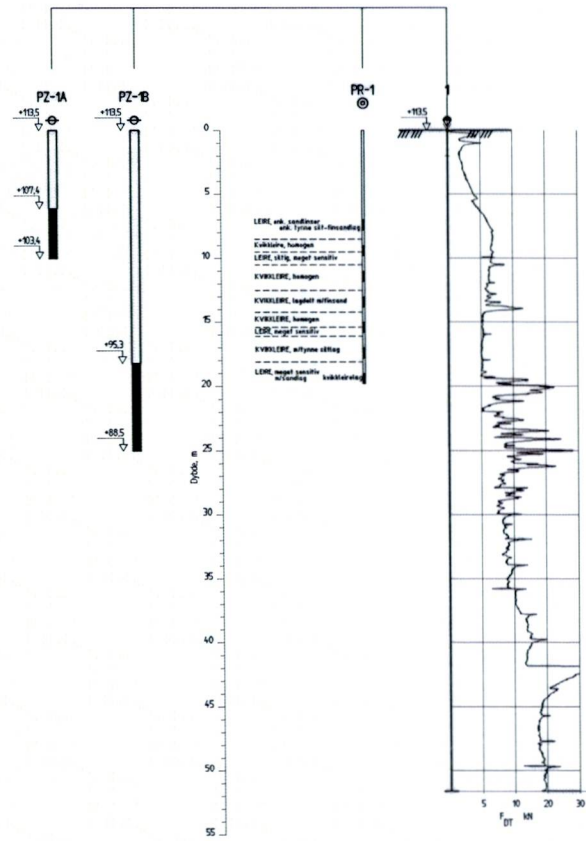
### MULTICONSULT AS


Sluppenvegen 23,  
7486 TRONDHEIM  
Tlf.: 73 10 62 00  
Faks: 73 10 62 30

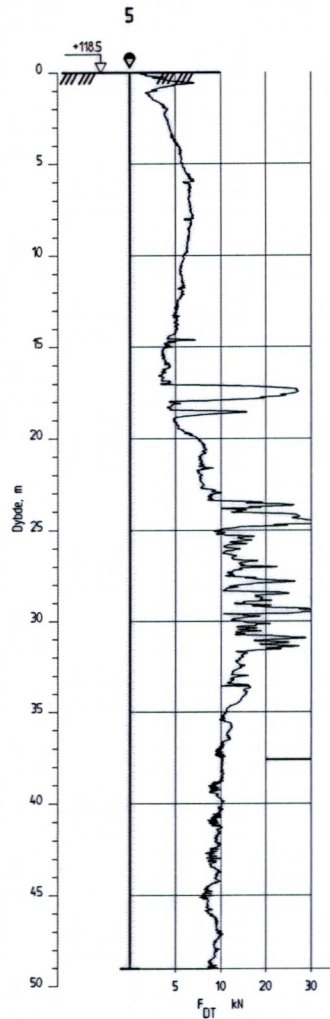
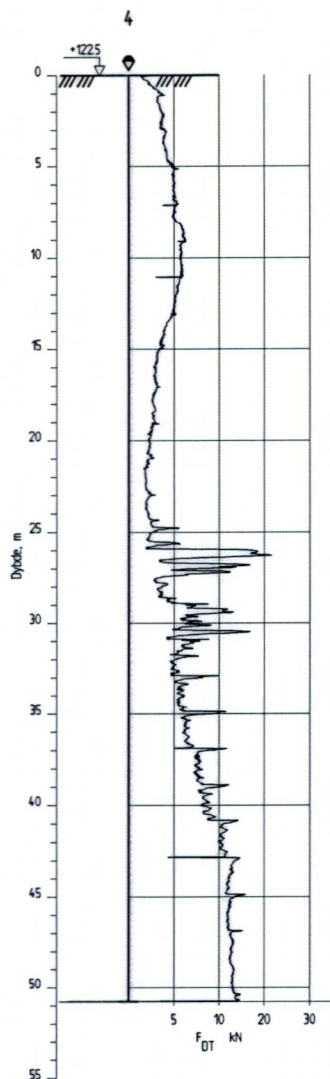
Forsøksdato:	Dybde, z (m):	Borpunkt nr.:	Tegningens filnavn:
23.05.2012	17,50	1	415279-RIG-TEG-091_h1_d17,50.xlsx
Forsøk nr.:	Tegnet:	Kontrollert:	Godkjent:
2	kjt	arv	oaa
Oppdrag nr.:	Tegning nr.:	Prosedyre:	Programrevisjon:
415279	RIG-TEG-91.5	CAUa	02.02.2011






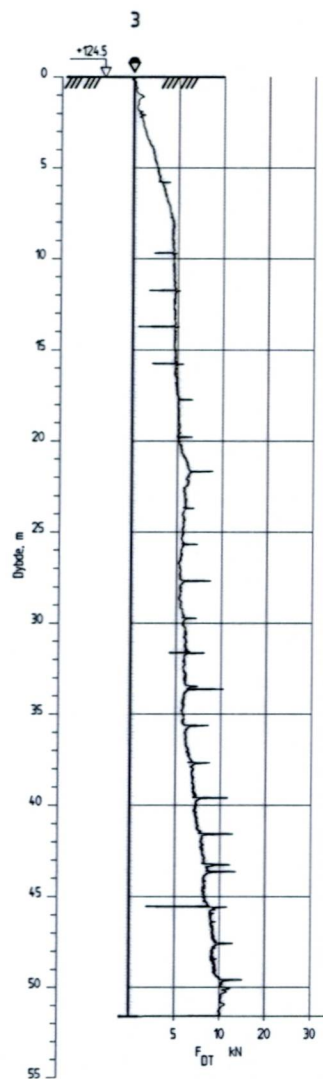
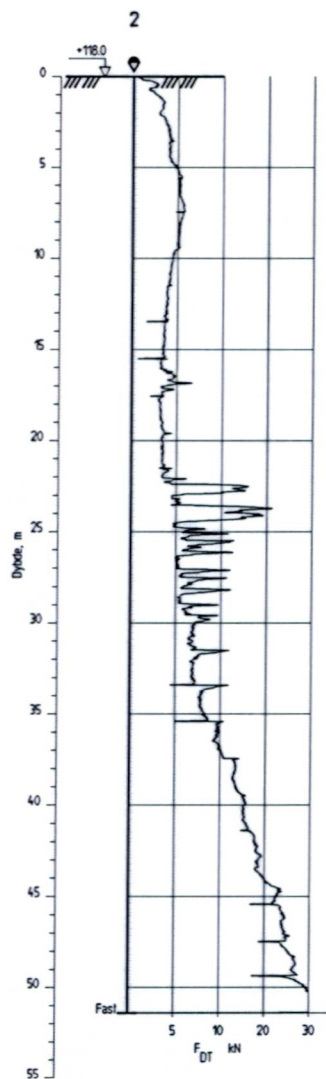



Rev.		Beskrivelse		Dato		Tegn. Kontr. Godk.	
Reinertsen AS Aunetippen Tiller, Trondheim kommune				Original format A3		Fag Geoteknikk	
Borutskrift bp1, PZ-1A, PZ-1B, PR-1, CPTU-1				Tegningsnavn RIG-TEG-150_BORUTSKRIFT.dwg		Underlaget Kart.dwg	
				Målestokk 1:400			
<b>MULTICONSULT AS</b>		Dato 15.06.2012	Konstr./Tegnet AMC	Kontrollert ARV	Godkjent PAA		
7400 TRONDHEIM Tlf: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Oppdragnr. 415279	Tegningsnavn. RIG-TEG-150	Rev.			



Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Reinertsen AS Aunetippen Tiller, Trondheim kommune	Original format A4	Fag Geoteknikk		
	Borutskrift bp4, bp5	Tegningens filnavn RIG-TEG-150_BORUTSKRIFT			
		Underlagets filnavn Kart.dwg			
		Målestokk 1:400			
<b>MULTICONSULT AS</b>		Dato 15.06.2012	Konstr./Tegnet AMG	Kontrollert ARV	Godkjent AA
7486 TRONDHEIM Tlf: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Oppdragsnr. 415279	Tegningsnr. RIG-TEG-152		Rev.





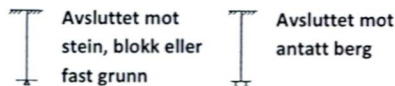
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Reinertsen AS Aunetippen Tiller, Trondheim kommune	Original format A4	Fag Geoteknikk		
		Tegningens filnavn RIG-TEG-150_BORUTSKRIFT			
	Borutskrift bp2, bp3	Underlagets filnavn Kart.dwg			
		Målestokk 1:400			
<b>MULTICONSULT AS</b>		Dato 15.06.2012	Konstr./Tegnet AMG	Kontrollert ARV	Godkjent <input type="checkbox"/> AA
7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Oppdragsnr. 415279	Tegningsnr. RIG-TEG-151		

BILAG 1

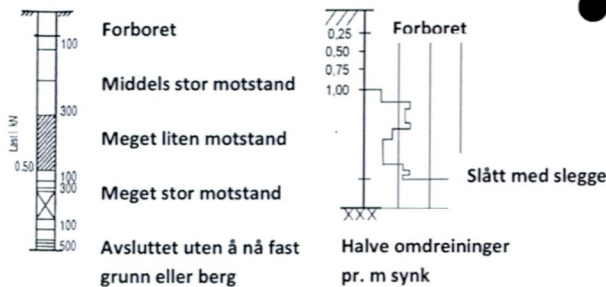
**Geotekniske bilag - feltundersøkelser**

(2 sider)

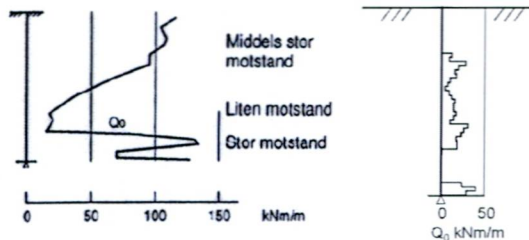




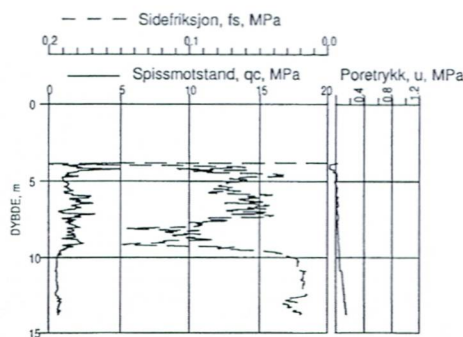
**Sonderinger** utføres for å få en indikasjon på grunnens relative fasthet, lagdeling og dybder til antatt berg eller fast grunn.



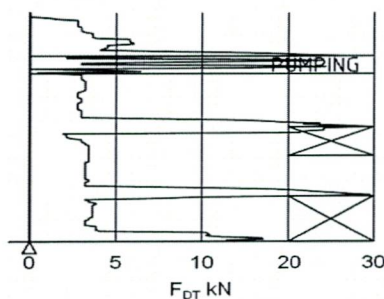
**DREIESONDERING (NGF MELDING 3)**  
Utføres med skjøtbare  $\phi 22$  mm borstenger med 200 mm vridd spiss. Boret dreies manuelt eller maskinelt ned i grunnen med inntil 1 kN (100 kg) vertikalbelastning på stengene. Hvis det ikke synker for denne lasten, dreies boret maskinelt eller manuelt. Antall  $\frac{1}{2}$ -omdreininger pr. 0,2 m synk registreres. Boremotstanden presenteres i diagram med vertikal dybdeskala og tverrstrekk for hver 100  $\frac{1}{2}$ -omdreininger. Skravur angir synk uten dreining, med påført vertikallast under synk angitt på venstre side. Kryss angir at borstengene er rammet ned i grunnen.



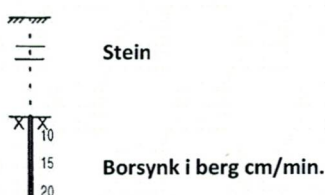
**RAMSONDERING (NS-EN ISO 22476-2)**  
Boringen utføres med skjøtbare  $\phi 32$  mm borstenger og spiss med normert geometri. Boret rammes med en rammeenergi på 0,38 kNm. Antall slag pr. 0,2 m synk registreres. Boremotstanden illustreres ved angivelse av rammemotstanden  $Q_0$  pr. m nedramming.  
 $Q_0 = \text{loddets tyngde} \cdot \text{fallhøyde/synk pr. slag (kNm/m)}$



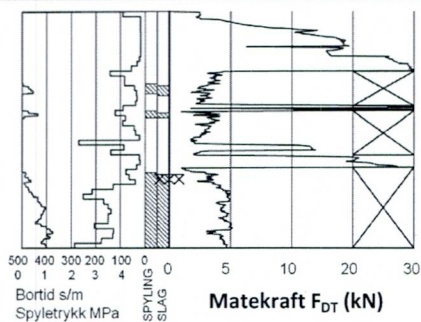
**TRYKKSONDERING (CPT - CPTU) (NGF MELDING 5)**  
Utføres ved at en sylindrisk, instrumentert sonde med konisk spiss presses ned i grunnen med konstant penetrasjonshastighet 20 mm/s. Under nedpressingen måles kraften mot konisk spiss og friksjonshylse, slik at spissmotstand  $q_c$  og siderfriksjon  $f_s$  kan bestemmes (CPT). I tillegg kan poretrykket  $u$  måles like bak den koniske spissen (CPTU). Målingene utføres kontinuerlig for hver 0,02 m, og metoden gir derfor detaljert informasjon om grunnforholdene. Resultatene kan benyttes til å bestemme lagdeling, jordart, lagringsbetingelser og mekaniske egenskaper (skjærfasthet, deformasjons- og konsolideringsparametre).



**DREIETRYKKSONDERING (NGF MELDING 7)**  
Utføres med glatte skjøtbare  $\phi 36$  mm borstenger med en normert spiss med hardmetallsveis. Borstengene presses ned i grunnen med konstant hastighet 3 m/min og konstant rotasjonshastighet 25 omdreininger/min. Rotasjonshastigheten kan økes hvis nødvendig. Nedpressingskraften  $F_{DT}$  (kN) registreres automatisk under disse betingelsene, og gir grunnlag for å bedømme grunnforholdene. Metoden er spesielt hensiktsmessig ved påvisning av kvikkleire i grunnen, men den gir ikke sikker dybde til bergoverflaten.



**BERGKONTROLLBORING**  
Utføres med skjøtbare  $\phi 45$  mm stenger og hardmetall borkrone med tilbakeslagsventil. Det benyttes tung slagborhammer og vannspyling med høyt trykk. Boring gjennom lag med ulike egenskaper, for eksempel grus og leire, kan registreres, likedan penetrasjon av blokker og større steiner. For verifisering av berginntrengning bores 3 m ned i berget, eventuelt med registrering av borsynk for sikker påvisning.



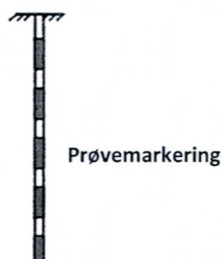
**T TOTALSONDERING (NGF MELDING 9)**

Kombinerer metodene dreietrykksondering og bergkontrollboring. Det benyttes  $\phi 45$  mm skjøtbare borstenger og  $\phi 57$  mm stiftborkrone med tilbakeslagsventil. Under nedboring i bløte lag benyttes dreietrykkmodus, og boret presses ned i bakken med konstant hastighet 3 m/min og konstant rotasjonshastighet 25 omdreininger/min. Når faste lag påtreffes økes først rotasjonshastigheten. Gir ikke dette synk av boret benyttes spyling og slag på borkronen. Nedpressingskraften  $F_{DT}$  (kN) registreres kontinuerlig og vises på diagrammets høyre side, mens markering av spyletrykk, slag og bortid vises til venstre.



**O MASKINELL NAVERBORING**

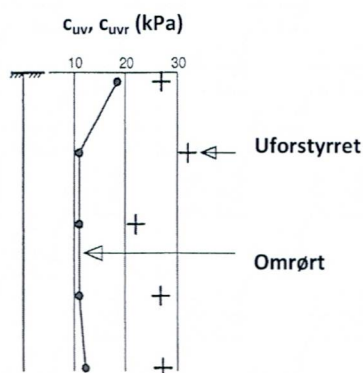
Utføres med hul borstang påsveiset en metallspiral med fast stige høyde (auger). Med borrhigg kan det bores til 5-20 m dybde, avhengig av jordart, lagringsfasthet og beliggenhet av grunnvannstanden. Med denne metoden kan det tas forstyrrede poseprøver ved å samle materialet mellom spiralskivene. Det er også mulig å benytte enklere håndholdt utstyr som for eksempel skovlprøvetaking.



**O PRØVETAKING (NGF MELDING 11)**

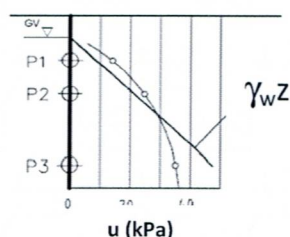
Utføres for undersøkelse av jordlagenes geotekniske egenskaper i laboratoriet. Vanligvis benyttes stempelprøvetaking med innvendig stempel for opptak av 60-100 cm lange sylinderprøver. Prøvesylindren kan være av plast eller stål, og det kan benyttes utstyr både med og uten innvendig prøvesylinder. På ønsket dybde blir prøvesylindren presset ned mens innerstangen med stempelen holdes i ro. Det skjæres derved ut en jordprøve som trekkes opp til overflaten, der den blir forseglet for transport til laboratoriet. Prøvediameteren kan variere mellom  $\phi 54$  mm (vanligst) og  $\phi 95$  mm. Det er også mulig å benytte andre typer prøvetakere, som for eksempel ramprøvetakere og blokkprøvetakere.

Prøvekvaliteten inndeles i Kvalitetsklasse 1-3, der 1 er høyeste kvalitet. Stempelprøvetaking gir vanligvis prøver i Kvalitetsklasse 1-2 for leire.



**+ VINGEBORING (NGF MELDING 4)**

Utføres ved at et vingekorset med dimensjoner  $b \times h = 55 \times 110$  mm eller  $65 \times 130$  mm presses ned i grunnen til ønsket målenivå. Her blir vingekorset påført et økende dreiemoment til jorden rundt vingen når brudd. Det tilhørende dreiemomentet blir registrert. Dette utføres med jorden i uforstyrret ved første gangs brudd og omrørt tilstand etter 25 gjentatte omdreininger av vingekorset. Udrenert skjærfasthet  $c_{uv}$  og  $c_{ur}$  beregnes ut fra henholdsvis dreiemomentet ved brudd og etter omrøring. Fra dette kan også sensitiviteten  $S_r = c_{uv}/c_{ur}$  bestemmes. Tolkede verdier må vanligvis korrigeres empirisk for opptredende effektivt overlagingstrykk i måledybden, samt for jordartens plastisitet.



**O PORETRYKKS MÅLING (NGF MELDING 6)**

Målingene utføres med et standrør med filterspiss eller med hydraulisk (åpent)/elektrisk piezometer (poretrykksmåler). Filteret eller piezometerspissen påmontert piezometerør presses ned i grunnen til ønsket dybde. Stabilt poretrykk registreres fra vannets stige høyde i røret, eller ved avlesning av en elektrisk trykkmåler i spissen. Valg av utstyr vurderes på bakgrunn av grunnforhold og hensikten med målingene. Grunnvannstand observeres eller peiles direkte i borhullet.



**MULTICONSULT**

## **BILAG 2**

### **Geotekniske bilag - laboratorieundersøkelser**

**(2 sider)**

**MINERALSKE JORDARTER (NS-EN ISO 14688-1 & 2)**

Ved prøveåpning klassifiseres og identifiseres jordarten. Mineralske jordarter klassifiseres vanligvis på grunnlag av korngraderingen. Betegnelse og kornstørrelser for de enkelte fraksjoner er:

Fraksjon	Leire	Silt	Sand	Grus	Stein	Blokk
Kornstørrelse (mm)	<0,002	0,002-0,063	0,063-2	2-63	63-630	>630

En jordart kan inneholde en eller flere av fraksjonene over. Jordarten benevnes i henhold til korngraderingen med substantiv for den fraksjon som har dominerende betydning for jordartens egenskaper og adjektiv for medvirkende fraksjoner (for eksempel siltig sand). Leirinnholdet har størst betydning for benevnelse av jordarten. Morene er en usortert breavsetning som kan inneholde alle fraksjoner fra leire til blokk. Den største fraksjonen angis først i beskrivelsen etter egne benevningsregler, for eksempel grusig morene.

**ORGANISKE JORDARTER (NS-EN ISO 14688-1 & 2)**

Organiske jordarter klassifiseres på grunnlag av jordartens opprinnelse og omdanningsgrad. De viktigste typer er:

Benevnelse	Beskrivelse
<b>Torv</b>	Myrplanter, mer eller mindre omdannet.
• <i>Fibrig torv</i>	Fibrig med lett gjenkjennelig plantestruktur. Viser noe styrke.
• <i>Delvis fibrig torv, mellomtorv</i>	Gjenkjennelig plantestruktur, ingen styrke i planterestene.
• <i>Amorf torv, svarttorv</i>	Ingen synlig plantestruktur, svampig konsistens.
<b>Gytje og dy</b>	Nedbrutt struktur av organisk materiale, kan inneholde mineralske bestanddeler.
<b>Humus</b>	Planterester, levende organismer sammen med ikke-organisk innhold.
<b>Mold og matjord</b>	Sterkt omvandlet organisk materiale med løs struktur, utgjør vanligvis det øvre jordlaget.

**SKJÆRFASTHET**

Skjærfastheten uttrykkes ved jordens skjærfasthetsparametre  $a$ ,  $c$ ,  $\phi$  ( $\tan\phi$ ) (effektivspenningsanalyse) eller  $c_u$  ( $c_{uA}$ ,  $c_{uD}$ ,  $c_{uP}$ ) (totalspenningsanalyse).

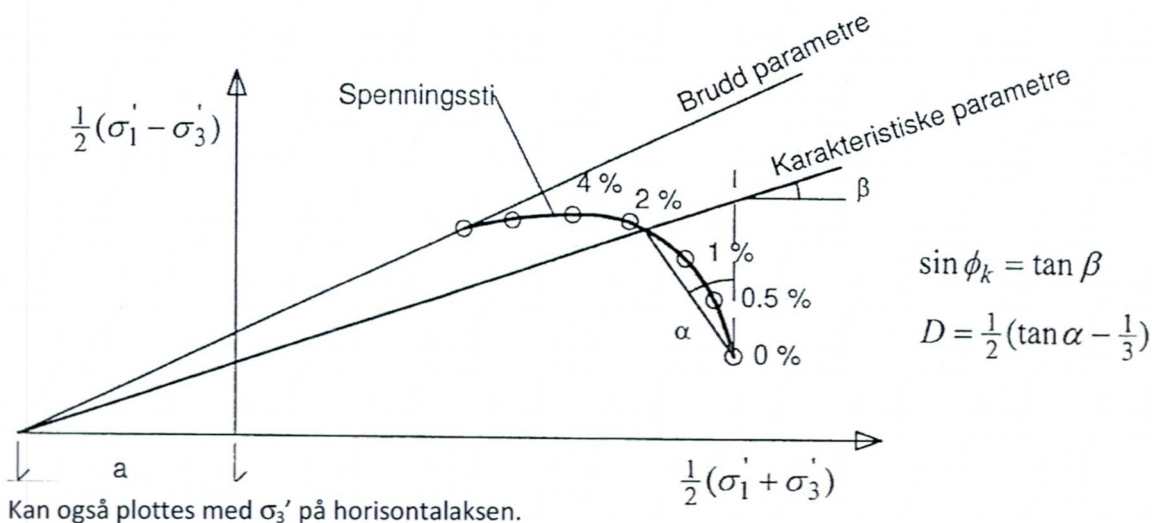
**Effektivspenningsanalyse: Effektive skjærfasthetsparametre  $a$ ,  $c$ ,  $\phi$  ( $\tan\phi$ ) (kPa, kPa, °, (-))**

Effektive skjærfasthetsparametre  $a$  (attraksjon),  $\tan\phi$  (friksjon) og eventuelt  $c = a \tan\phi$  (kohesjon) bestemmes ved treaksiale belastningsforsøk på uforstyrrede (leire) eller innbyggede prøver (sand). Skjærfastheten er avhengig av effektiv normalspenning (totalspenning – poretrykk) på kritisk plan. Forsøksresultatene fremstilles som spenningsstier som viser spenningsutvikling og tilhørende tøyingsutvikling i prøven frem mot brudd. Fra disse, samt fra annen informasjon, bestemmes karakteristiske verdier for skjærfasthetsparametre for det aktuelle problemet.

For korttids effektivspenningsanalyse kan også poretrykkparametrene  $A$ ,  $B$  og  $D$  bestemmes fra forsøksresultatene.

**Totalspenningsanalyse: Udrenert skjærfasthet,  $c_u$  (kPa)**

Udrenert skjærfasthet bestemmes som den maksimale skjærspenning et materiale kan påføres før det bryter sammen. Denne skjærfastheten representerer en situasjon med raske spenningsendringer uten drenering av poretrykk. I laboratoriet bestemmes denne egenskapen ved enaksiale trykkforsøk ( $c_{ut}$ ) (NS8016), konusforsøk ( $c_{uk}$ ,  $c_{ukr}$ ) (NS8015), udrenerte treaksialforsøk ( $c_{uA}$ ,  $c_{uP}$ ) og direkte skjærforsøk ( $c_{uD}$ ). Udrenert skjærfasthet kan også bestemmes i felt ved for eksempel trykksøndering med poretrykkmåling (CPTU) ( $c_{u-cptu}$ ) eller vingebor ( $c_{uv}$ ,  $c_{ur}$ ).



**SENSITIVITET  $S_t$  (-)**

Sensitiviteten  $S_t = c_u/c_r$  uttrykker forholdet mellom en leires udrenerte skjærfasthet i uforstyrret og omrørt tilstand. Denne størrelsen kan bestemmes fra konusforsøk i laboratoriet (NS 8015) eller ved vingeborforsøk i felt. Kvikkleire har for eksempel meget lav omrørt skjærfasthet  $c_r$  ( $< 0,5$  kPa), og viser derfor som regel meget høye sensitivitetsverdier.



### VANNINNHOLD (w %) (NS 8013)

Vanninnholdet angir masse av vann i % av masse tørt (fast) stoff i massen og bestemmes fra tørking av en jordprøve ved 110°C i 24 timer.

### KONSISTENSGRENSER – FLYTEGRENSE (w<sub>l</sub> %) OG PLASTISITETSGRENSE (w<sub>p</sub> %) (NS 8002 & 8003)

Konsistensgrensene (Atterbergs grenser) for en jordart angir vanninnholdsområdet der materialet er plastisk (formbart). Flytegrensen angir vanninnholdet der materialet går fra plastisk til flytende tilstand. Plastisitetsgrensen (utrullingsgrensen) angir vanninnholdet der materialet ikke lenger kan formes uten at det sprekker opp. Plastisiteten  $I_p = w_l - w_p$  (%) angir det plastiske området for jordarten og benyttes til klassifisering av plastisiteten. Er det naturlige vanninnholdet høyere enn flytegrensen blir materialet flytende ved omrøring (vanlig for kvikkleire).

### DENSITETER (NS 8011 & 8012)

**Densitet** ( $\rho$ , g/cm<sup>3</sup>) Masse av prøve pr. volumenhet. Bestemmes for hel sylinder og utskåret del.  
**Korndensitet** ( $\rho_s$ , g/cm<sup>3</sup>) Masse av fast stoff pr. volumenhet fast stoff  
**Tørr densitet** ( $\rho_d$ , g/cm<sup>3</sup>) Masse av tørt stoff pr. volumenhet

### TYNGDETTETTER

**Tyngdetetthet** ( $\gamma$ , kN/m<sup>3</sup>) Tyngde av prøve pr. volumenhet ( $\gamma = \rho g = \gamma_s(1+w/100)(1-n/100)$ , der  $g = 10$  m/s<sup>2</sup>)  
**Spesifikk tyngdetetthet** ( $\gamma_s$ , kN/m<sup>3</sup>) Tyngde av fast stoff pr. volumenhet fast stoff ( $\gamma_s = \rho_s g$ )  
**Tørr tyngdetetthet** ( $\gamma_d$ , kN/m<sup>3</sup>) Tyngde av tørt stoff pr. volumenhet ( $\gamma_d = \rho_d g = \gamma_s(1-n/100)$ )

### POREALL OG PORØSITET (NS 8014)

**Porøsitet e** (-) Volum av porer dividert med volum fast stoff ( $e = n/(100-n)$ ) der n er porøsitet (%)  
**Porøsitet n** (%) Volum av porer i % av totalt volum av prøven

### KORNFORDELINGSANALYSER (NS 8005)

En kornfordelingsanalyse utføres ved våt eller tørr sikting av fraksjonene med diameter  $d > 0,063$  mm. For mindre partikler bestemmes den ekvivalente korndiameteren ved slemmeanalyse og bruk av hydrometer. I slemmeanalysen slemmes materialet opp i vann og densiteten av suspensjonen måles ved bestemte tidsintervaller. Kornfordelingen kan da bestemmes fra Stokes lov om sedimentering av kuleformede partikler i vann. Det vil ofte være nødvendig med en kombinasjon av metodene.

### DEFORMASJONS- OG KONSOLIDERINGSEGENSKAPER (NS 8017 & 8018)

Jordartens deformasjons- og konsolideringsegenskaper benyttes ved setningsberegning og bestemmes ved hjelp av belastningsforsøk i ødometer. Jordprøven bygges inn i en stiv ring som forhindrer sideveis deformasjon og belastes vertikalt med trinnvis eller kontinuerlig økende last. Sammenhengende verdier for last og deformasjon (tøyning  $\epsilon$ ) registreres, og materialets deformasjonsmodul (stivhet) kan beregnes som  $M = \Delta\sigma'/\Delta\epsilon$ . Denne presenteres som funksjon av vertikalspenningen  $\sigma'$ . Deformasjonsmodulen viser en systematisk oppførsel for ulike jordarter og spenningstilstander, og oppførselen kan hensiktsmessig beskrives med modulfunksjoner og inndeles i tre modeller:

Modell	Moduluttrykk	Jordart - spenningsområde
Konstant modul	$M = m_{oc}\sigma_a$	OC leire, $\sigma' < \sigma'_c$ ( $\sigma'_c$ = prekonsolideringsspenningen)
Lineært økende modul	$M = m(\sigma' \pm \sigma_r)$	Leire, fin silt, $\sigma' > \sigma'_c$
Parabolisk økende modul	$M = m\sqrt{\sigma'\sigma_a}$	Sand, grov silt, $\sigma' > \sigma'_c$

### PERMEABILITET (k cm/sek eller m/år)

Permeabiliteten defineres som den vannmengden  $q$  som under gitte betingelser vil strømme gjennom et jordvolum pr. tidsenhet. Generelt bestemmes permeabiliteten fra følgende sammenheng:  $q = kiA$ , der A er bruttoareal av tverrsnittet normalt på vannets strømningsretning og  $i$  = hydraulisk gradient i strømningsretningen (= potensialforskjell pr. lengdeenhet). Permeabiliteten kan bestemmes ved strømningsforsøk i laboratoriet ved konstant eller fallende potensial, eventuelt ved pumpe- eller strømningsforsøk i felt.

### KOMPRIMERINGSEGENSKAPER

Ved komprimering av en jordart oppnås tettere lagring av mineralkornene. Komprimeringsegenskapene for en jordart bestemmes ved at prøver med forskjellig vanninnhold komprimeres med et bestemt komprimeringsarbeid (Standard eller Modifisert Proctor). Resultatene fremstilles i et diagram som viser tørr densitet  $\rho_r$ , som funksjon av innbyggingsvanninnhold  $w_i$ . Den maksimale tørrdensiteten som oppnås ( $\rho_{dmax}$ ) benyttes ved spesifikasjon av krav til utførelsen av komprimeringsarbeider. Det tilhørende vanninnhold benevnes optimalt vanninnhold ( $w_{opt}$ ).

### TELEFARLIGHET

En jordarts telefarlighet bestemmes ut i fra kornfordelingskurven eller ved å måle den kapillære stighøyde for materialet. Telefarligheten klassifiseres i gruppene T1 (Ikke telefarlig), T2 (Litt telefarlig), T3 (Middels telefarlig) og T4 (Meget telefarlig).

### HUMUSINNHOLD

Humusinnholdet bestemmes ved kolorimetri og bruk av natronlut (NaOH-forbindelse). Metoden angir innholdet av humufiserte organiske bestanddeler i en relativ skala. Andre metoder, som glødning av jordprøve i varmeovn og våt-oksidasjon med hydrogenperoksyd, kan også benyttes.

## BILAG 3

### **Metodestandarder og retningslinjer - feltundersøkelser**

(1 side)



### METODESTANDARDER OG RETNINGSLINJER – FELTUNDERSØKELSER

Feltundersøkelsesmetoder beskrevet i geotekniske bilag, samt terminologi og klassifisering benyttet i rapportering, baserer seg på følgende norske veiledninger fra NGF (Norsk Geoteknisk Forening), norske standarder (NS) og andre referansedokumenter:

<b>NGF Veiledninger</b> <b>Norske standarder NS</b>	<b>Tema</b>
NGF 1 (1982)	SI Enheter
NGF 2, rev.1 (2012)	Symboler og terminologi
NGF 3, rev. 1 (1989)	Dreiesondering
NGF 4 (1981)	Vingeboring
NGF 5, rev.3 (2010)	Trykksondering med poretrykksmåling (CPTU)
NGF 6 (1989)	Grunnvanns- og poretrykksmåling
NGF 7, rev. 1 (1989)	Dreietrykksondering
NGF 8 (1992)	Kommentarkoder for feltundersøkelser
NGF 9 (1994)	Totalsondering
NGF 10, rev.1 (2009)	Beskrivelsestekster for grunnundersøkelser
NGF 11 rev.1 (2012) NS-EN ISO 22475-1 (2006)	Prøvetaking
Statens vegvesen Geoteknisk felthåndbok 280 (2010)	Feltundersøkelser

## BILAG 4

### **Metodestandarder og retningslinjer - laboratorieundersøkelser**

(1 side)



**METODESTANDARDER OG RETNINGSLINJER – LABORATORIEUNDERSØKELSER**

Laboratorieundersøkelser beskrevet i geotekniske bilag, samt terminologi og klassifisering benyttet i rapportering, baserer seg på følgende norske standarder (NS) og referansedokumenter:

<b>Norske standarder NS</b>	<b>Tema</b>
NS8000 (1982)	Konsistensgrenser – terminologi
NS8001 (1982)	Støtflytegrense
NS8002 (1982)	Konusflytegrense
NS8003 (1982)	Plastisitetsgrense (utrullingsgrense)
NS8004 (1982)	Svinggrense
NS8005 (1990)	Kornfordelingsanalyse
NS8010 (1982)	Jord – bestanddeler og struktur
NS8011 (1982)	Densitet
NS8012 (1982)	Korndensitet
NS8013 (1982)	Vanninnhold
NS8014 (1982)	Poretall, porøsitet og metningsgrad
NS8015 (1987)	Skjærfasthet ved konusforsøk
NS8016 (1987)	Skjærfasthet ved enaksialt trykkforsøk
NS8017 (1991)	Ødometerforsøk, trinnvis belastning
NS8018 (1993)	Ødometerforsøk, kontinuerlig belastning
NS14688-1 og -2 (2009)	Klassifisering og identifisering av jord
NS-EN ISO/TS 17892-8 + -9 (2005)	Treaksialforsøk (UU, CU)
Statens vegvesen Håndbok 015 (2005)	Laboratorieundersøkelser