

Sammenligningsstudie av laboratorieundersøkelse fra E6 Klett

Cecilie Myklebust Helle
Antonios Nikolaos Tzatzakis

Geotechnics and Geohazards

Innlevert: juni 2015

Hovedveileder: Arnfinn Emdal, BAT

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for bygg, anlegg og transport

TBA4900 Geoteknikk masteroppgave, vår 2015

Stud. techn.

Cecilie Myklebust Helle og Antonios Nikolaos Tzatzakis

Sammenligningsstudie av laboratorieundersøkelse fra E6 Klett

Comparison of laboratory investigations from E6 Klett

BAKGRUNN

Utbygging av E6 ved Klett i Trondheim gjøres på områder med store mengder kvikk leire av lav plastisitet. Statens vegvesen har ønsket en best mulig fastsettelse av jordparametre for å optimalisere design av fyllinger og utgravinger. I denne sammenheng ble det hentet opp prøver som ble sendt til forskjellige laboratorier for umiddelbar testing. På tross av dette viste resultatene forskjeller som det er interessant å gå innpå. Det ble høsten 2014 utført et studentprosjekt innen temaet og denne masteroppgaven er en forlengelse av dette. Laboratorier hos SVV, Multiconsult og NTNU er engasjert, og prøver er tatt med 54 mm, 75 mm og miniblokk prøvetaker. Det er av studentene ikke utført egne forsøk i forbindelse med oppgaven

OPPGAVE

Studentene skal sette seg inn i problemstillingen rundt prøveforstyrrelse og hvordan dette kvantifiseres og identifiseres ved utføring og tolkning av laboratorieforsøk.

Studentene skal gjennomgå tilgjengelig rådatamateriale fra de aktuelle laboratorier og fremstille selvstendig bearbeiding og vurderinger av dette.

Basert på gjennomgangen skal dataene vurderes med hensyn på kvalitet i henhold til de gjeldende metoder for dette og vise forskjeller og likheter.

Det skal om mulig angis forklaringer på de ulikheter som måtte identifiseres, herunder om dette kan forklares i laboratorieprosedyrer og tekniske egenskaper ved de forskjellige laboratorier.

Innlevering:

10. juni 2015

Organisering

Oppgaven er basert på et prosjekt i regi av Statens vegvesen ved Svein Hove med deltagende konsulent Multiconsult, repr. ved Alberto Montafia.

Arnfinn Emdal

Amanuensis

Institutt for Bygg, Anlegg og Transport

Faggruppe for Geoteknikk

FORORD

Masteroppgaven er gjennomført ved Norges Tekniske Naturvitenskapelig Universitet i det fjerde og avsluttende semesteret av det internasjonale masterprogrammet «Geotechnics and Geohazards».

Oppgaven var et samarbeid mellom to studenter og vi vil gjerne takke alle på den geotekniske avdeling ved NTNU for deres hjelp. Først og fremst ønsker vi å takke Arnfinn Emdal for sin hjelp, motivasjon og veiledning med arbeider. Så vil vi takke Helene Alexandra Amundsen for hennes hjelp, for rådata til oppgaven og for å gi oss et intervju om laboratorienes prosedyrer. En spesiell takk til Multiconsult Trondheim og spesielt Alberto Montafia og Rolf Sandven for data, hjelp og råd, samt Kjell Troøien som forklarte laboratorienes prosedyrer og utstyr i detalj. Takk rettes også til Svein Hove fra Statens Vegvesen og Alf Kristian Lund fra Norges Geotekniske Institutt som ga oss rapporter og data for å gjennomføre oppgaven.

“An optimist sees a glass half full. A pessimist sees it half empty. An engineer sees it twice as large as it needs to be.”

SAMMENDRAG

Statens Vegvesen skal oppgradere E6 sør for Trondheim fra to til fire felt over en distanse på 8,2km. Geotekniske undersøkelser ble utført for å skaffe viktig informasjon om grunnen. For å få best mulig resultater er det investert i dagferske stempel- og blokkprøver i tillegg til vanlige stempelprøver. Kvaliteten på dataene som er blitt undersøkt er noe varierende og det er derfor ønskelig å undersøke disse nærmere. Det er utført flere felt- og laboratorieundersøkelser for å bestemme de faktiske jordparameterne. Disse undersøkelsene ble utført av Multiconsult AS, NTNU, Statens Vegvesen og NGI. Alle aktører har utført undersøkelser av vanlige stempelprøver. Multiconsult, NTNU og Statens vegvesen har i tillegg undersøkt prøver fra miniblokketaker. De ulike laboratoriene oppnådde ulike resultater og det viser viktigheten av en sammenligningsstudie. Siden dette er laboratorier som er kjent for sin høye kvalitet og erfarne medarbeidere er det klart at potensielle forskjeller i resultatene kan baseres på forskjeller i prosedyrer som benyttes av hvert laboratorium. Videre er det viktig å undersøke om det er noen korrelasjon mellom kvaliteten på prøvene og resultatene de gir. Dette gir en god pekepinn på viktigheten av riktig og uforstyrret prøvetaking, håndtering og testing. Blokkprøvetaking er en dyr undersøkelse som krever erfaring, samt gode geotekniske evner og forståelse. Dokumentasjon av miniblokkprøvens egenskaper kan illustrere betydningen av å investere i slike dyre og detaljerte undersøkelser for å oppnå mer nøyaktige designparametere. Bedre parametere vil redusere byggekostnadene og øke sikkerheten.

SUMMARY

Statens Vegvesen is upgrading the current E6 from two to four lanes over a distance of 8,2km. Geotechnical investigations were undertaken in order to attain the best possible results. Both dayfresh and regular samples were tested, deriving either from common pistons or from miniblock. The quality of data considered is variable, thus a more thorough investigation is required. Totalsounding and CPTU are some of the field investigations that were performed at the project area. Laboratory tests such triaxial tests, oedometer tests and index tests were carried out and conducted in these laboratories: Multiconsult AS, NTNU, Statens vegvesen and NGI. Each laboratory performed investigations on samples from common pistons. Multiconsult, NTNU and Statens Vegvesen also investigated miniblock samples. Different laboratory results showed the necessity for a comparison study, which will include these data, gathered and illustrated in such a way that can be helpful in determining the actual soil properties. Since these laboratories are known for their high quality and their experienced staff, it is clear that potential differences in the results are based on the differences in the procedures applied by each laboratory. Moreover, it is crucial to examine if there is any correlation between the quality of the samples and the results that they provide. This can give a strong clue about the importance of the correct and undisturbed sample taking, handling and testing. It is common knowledge that block sampling gives higher quality and results, despite the fact that it is an expensive investigation which requires experience as well as good geotechnical abilities and understanding. Therefore, the documentation of the miniblock properties could illustrate the importance of investing on such expensive and detailed ground investigations, in order to have better and more accurate design parameters. These parameters will reduce the construction cost and increase safety. Finally, a discussion on the results and a conclusion show the outcome of the thesis.

INNHold

1.	INNLEDNING.....	13
2.	TEORI.....	15
2.1	Feltundersøkelser.....	15
2.1.1.	Prøvetaking	15
2.1.2.	Trykksondering	16
2.2.	Laboratorieundersøkelser	17
2.2.1.	Rutineundersøkelser.....	18
2.2.2.	Ødometerforsøk	18
2.2.3.	Treaksialforsøk	19
2.3.	Prøvekvalitet.....	19
2.3.1.	Kvalitetsklasser	19
2.4.	Prøveforstyrrelse.....	20
2.4.1.	Prøvetakingsprosedyre	20
2.4.2.	Spenningsavlastning	21
2.4.3.	Geometriens innvirkning	22
2.4.4.	Transport og håndtering av prøver.....	22
2.4.5.	Lagringsforhold.....	23
2.4.7.	Laboratoriehåndtering	23
2.4.8.	Annet.....	24
2.5.	Vurdering av prøvekvalitet.....	24
2.5.1.	visuell bedømmelse.....	25
2.5.3	Vurdering av resultater fra ødometerforsøk.....	27
2.5.4.	Vurdering av resultater fra treaksialforsøk	29
2.5.5.	Skjærbølgehastighet.....	30
2.5.6.	pH-verdi	31

3.	METODE	32
4.	BAKGRUNN	33
	4.2 Geografisk beliggenhet og topografi	33
	4.3 Grunnforhold	34
	4.4 Risiko og sårbarhet	34
5.	GRUNNLAGSMATERIALE	35
	5.1 Generelt	35
	5.2 Data.....	36
	5.2.1 Rutineundersøkelser.....	36
	5.2.2 Ødometerforsøk	38
	5.2.3 Treksialforsøk.....	39
6.	VURDERE PRØVENES KVALITET	40
	6.1 Prøvekvalitet basert på visuell bedømmelse.....	40
	6.2 Prøvekvalitet basert på utpresset porevann	41
	6.3 Prøvekvalitet basert på modulverdier fra Ødometer.....	42
	6.4 Prøvekvalitet basert på referansespenning	43
	6.5 Prøvekvalitet basert på spenningssti	43
	6.6 Samlet vurdering av prøvekvalitet.....	46
7.	Dokumentasjon av miniblokkprøvetakerens egenskaper	48
	7.2. Indekstester	49
	7.3. Ødometer forsøk	51
	7.4. Treksial forsøk	53
8.	VURDERE LABORATORIENES PROSEDYRES INVIRKNING.....	58
	8.2. Prøvepreparasjon	58
	8.3. Prosedyre	58
	8.4. Testingen	59
	8.5 Oppsummering av forskjeller i laboratoriehåndtering.....	60

9.	DISKUSJON OG SAMMENLIGNING	62
10.	KONKLUSJON	64
11.	REFERANSER	66
	Vedlegg A Borplan.....	68
	Vedlegg B Sikteanalyse	71
	Vedlegg C Indekstest	77
	Vedlegg D Ødometerforsøk	83
	Vedlegg E Treksialforsøk.....	105
	Vedlegg F Tolkning av CPTU	142

TABELLER

TABELL 1 BEDØMMELSE AV PRØVEKVALITET I FØLGE ANDRESEN OG KOLSTAD (1979) REF. [15]	27
TABELL 2 BEDØMMELSE AV PRØVEKVALITET I T. LUNNE M.FL. (1997) REF. [15]	27
TABELL 3 BEDØMMELSE AV PRØVEKVALITET BASERT PÅ MODULFORHOLD	28
TABELL 4 BEDØMMELSE AV PRØVEKVALITET BASERT PÅ SKJÆRBØLGEHASTIGHET REF. [17]	30
TABELL 5 TYPE PRØVETAKINGSMETODE	38
TABELL 6 TYPE PRØVETAKINGSMETODE	39
TABELL 7 OBSERVERT FORSTYRRELSE	40
TABELL 8 UDRENERT SKJÆRFASTHET	48
TABELL 9 SPENNINGSMODUL M FOR DAGFERSKE PRØVER	52
TABELL 10 DAGFERSKE PRØVER OG UDRENERT SKJÆRFASTHET	54
TABELL 11 DAGFERSKE PRØVER OG UDRENERT SKJÆRFASTHET	56
TABELL 12 FORSKJELLER VED MINIBLOKKPRØVER	61

FIGURER

FIGUR 1 TOLKEDE PARAMETERE FRA ØDOMETER-FORSØK. FIGUR HENTER FRA KARLSRUD(2014) REF.[7].....	18
FIGUR 2 PRØVEFORSTYRRELSE UNDER PRØVETAKING, REF. [1].....	21
FIGUR 3 JORDPRØVE FØR (VENSTRE) OG ETTER (HØYRE) TREAKSIALFORSØK REF. [26]	25
FIGUR 4 INTAKT OG FORSTYRRET SPENNINGSSTI FRA ØDOMETERFORSØK REF. [1].....	28
FIGUR 5 SPENNINGSSTIENE TIL PRØVER FRA TRE FORSKJELLIGE PRØVETAKINGSMETODER REF. [1]	29
FIGUR 6 INTAKT OG FORSTYRRET SPENNINGSSTI VED TREAKSIALFORSØK REF.[1]	30
FIGUR 7 DAGENS E6 (VENSTRE) OG PLANLAGT UTBYGGING AV NY E6 (HØYRE) REF. [18] OG [19]	33
FIGUR 8 GEOGRAFISK BELIGGENHET REF. [22]	34
FIGUR 9 PORETALLESENDRING, ØDOMETERFORSØK VS. DYBDE	41
FIGUR 10 PORETALLESENDRING, TREAKSIALFORSØK VS. DYBDE	42
FIGUR 11 MODULFORHOLD VS. DYBDE	42
FIGUR 12 REFERANSESPENNING VS. DYBDE	43
FIGUR 13 VURDERING AV SPENNINGSSTIER FRA ØDOMETERFORSØK.....	43
FIGUR 14 VURDERING AV SPENNINGSSTIER FRA ØDOMETERFORSØK.....	44
FIGUR 15 VURDERING AV SPENNINGSSTIER FRA TREAKSIALFORSØK.....	45
FIGUR 16 VURDERING AV SPENNINGSSTIER FRA TREAKSIALFORSØK.....	45
FIGUR 17 SAMLET VURDERING AV ØDOMETERFORSØK.....	46
FIGUR 18 SAMLET VURDERING AV ØDOMETERFORSØK.....	47
FIGUR 19 SAMMENSTILLING AV RESULTATER FRA INDEKSTESTER.....	51
FIGUR 20 SPENNINGSMODUL VS. DYBDE	53
FIGUR 21 SKJÆRFASTHET DAGFERSKE PRØVER VS. DYBDE	55
FIGUR 22 SKJÆRFASTHET FRA HULL 1406 OG 1502.....	57

Symbolliste

NORSK

a	=	attraksjon ($=c' \cot \phi$)
a	=	areal av CPT kjegle ($=A_n/A_c$)
B_q	=	poretrykk parameter ($=\frac{u_2-u_o}{q_t-\sigma_{vo}}$)
c	=	kohesjon
c_v	=	konsolideringskoeffisient
D	=	dilatansparameter
e	=	poretallet
E	=	Youngs modul
f_s	=	sidefriksjon
F_r	=	normalisert friksjonsforhold ($=\frac{f_s}{q_t-\sigma_{vo}}$)
G_s	=	partikkeltetthet
I_p	=	plastisitetsindeks
K_o	=	hviletrykkskoeffisient for totalspenninger ($=\frac{\sigma_{ho}}{\sigma_{vo}}$)
m	=	modultall
n	=	porøsitet
N_k	=	konfaktor
N_{ke}	=	bæreevnefaktor for s_u fra CPTU
N_{kt}	=	bæreevnefaktor for s_u fra CPTU, spissmotstand
$N_{\Delta u}$	=	bæreevnefaktor for s_u fra CPTU, poretrykk
M	=	modultallet
M	=	Modul
M_o	=	overkonsolideringsmodul
M_L	=	laveste modul
p'_c	=	effektiv prekonsolideringstrykk
p'_r	=	referansespenning
q'	=	deviatorspenning
q_c	=	registrert spissmotstand
q_t	=	korrigert spissmotstand ($=q_c + (1+a)u_2$)
Q_t	=	normalisert spissmotstand ($=\frac{q_t-\sigma_{vo}}{\sigma_{vo}}$)
r_s	=	tidsmotstand
S_r	=	omrørt skjærfasthet
S_u	=	udrenert skjærfasthet
S_{ue}	=	udrenert skjærfasthet enaks
S_{uk}	=	udrenert skjærfasthet konus
S_{ukr}	=	udrenert skjærfasthet omrørt konus
S_{uA}	=	udrenert skjærfasthet fra aktiv treaksialforsøk
S_r	=	metningsgrad
S_t	=	sensitivitet
t_p	=	primær konsolideringstid
u	=	poretrykk
u_o	=	poretrykk in situ
u_2	=	registrert poretrykk bak CPTU kjegle
V_s	=	Skjærbølgehastigheten in situ
V_{vh}	=	Skjærbølgehastigheten i laboratorier
w	=	vanninnhold
w_i	=	vanninnhold før kjøring av testen
w_p	=	plastisitetsgrense
w_L	=	flytegrense
$\Delta e/e_0$	=	poretallsendring
Δu	=	overporetrykk
z	=	dybde

GRESK

γ	=	tyngdetetthet
γ_d	=	tørr tyngdetetthet
γ_s	=	tyngdetetthet av faststoff (mineralet)
γ_w	=	tyngdetetthet for vann
δ	=	vertikal deformasjon
Δu	=	endring i poretrykk ($=u-u_o$)
ε	=	tøyning ($\varepsilon = \frac{\delta}{h_o}$)
ρ	=	massetetthet
σ'_c	=	effektiv prekonsolideringstrykk
σ'_{av}	=	effektiv gjennomsnittlig aksialspenning
σ, σ'	=	normalspenning (total, effektiv)
σ_m	=	middelspenning ($\sigma_m = \frac{1}{3}(\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3)$)
σ_r	=	radialspenning
σ_v, σ'_v	=	vertical spenning (total, effektiv)
$\sigma_{vo}, \sigma'_{vo}$	=	initial vertikal spenning (total, effektiv)
τ	=	skjærspenning
τ_f	=	skjærspenning ved brudd
τ_c	=	største tillatte skjærspenning i brukstilstand
ϕ	=	friksjonsvinkel
ϕ'	=	effektiv friksjonsvinkel
ν	=	Poissons tall

FORKORTELSER

<i>E6</i>	=	Europavei 6
<i>E39</i>	=	Europavei 39
<i>NTNU</i>	=	Norges Tekniske Naturvitenskapelige Universitet
<i>NGI</i>	=	Norges Geotekniske Institutt
<i>SVV</i>	=	Statens Vegvesen
<i>MC</i>	=	Multiconsult
<i>NGF</i>	=	Norsk Geoteknisk Forening
<i>CAD</i>	=	"Consolidated Anisotropic Drained"
<i>CAUa</i>	=	"Anisotropic Consolidated Undrained Triaxial Test Sheared in Compression"
<i>CID</i>	=	"Consolidated Isotropic Drained"
<i>CIU</i>	=	"Consolidated Anisotropic Undrained"
<i>CIUa</i>	=	"Consolidated Anisotropic Undrained, active"
<i>CAUp</i>	=	"Consolidated Anisotropic Undrained, passive"
<i>CPT</i>	=	"Cone Penetration Test"
<i>CPTU</i>	=	"Cone Penetration Test with Pore Pressure"
<i>IL</i>	=	"Incremental Loading"
<i>CRS</i>	=	"Constant Rate of Strain"
<i>CRP</i>	=	"Constant Rate of Power"
<i>NC</i>	=	normalkonsolidert
<i>OC</i>	=	overkonsolidert
<i>OCR</i>	=	overkonsolideringsgrad

1. INNLEDNING

Opptak av uforstyrrede prøver er viktige for den geotekniske designen. De opptatte prøvene benyttes for å bestemme jordens styrke- og stivhetsparametere. En feilestimering av parametere kan få store følger. Overestimering av parametere kan få sikkerhetsmessige konsekvenser, og underestimering kan få økonomiske konsekvenser. Opptak av uforstyrrede prøver blir tradisjonelt foretatt med sylinderprøvetaker. Ved store prosjekter og forskning blir det benyttet blokkprøvetaker. Det er knyttet høyere kostnader og ressursbruk til blokkprøvetaking enn stempelprøvetaking. For å forsvare kostnadene ved bruk av dyre undersøkelser er det viktig å bekrefte at prøvene har tilfredsstillende kvalitet. Prøveforstyrrelser kan oppstå under flere ulike faser. Prøvetakingsmetoder, behandlingsprosedyrer og utførelse av laboratorieundersøkelser er nøye studert for å redusere prøveforstyrrelser.

Statens Vegvesen skal utvide dagens E6 sør for Trondheim til motorvei. Prosjektet omfatter utbygging av E6 til firefelts veg over en strekning på 8,2 km. I den forbindelse er det foretatt geotekniske undersøkelser for å skaffe viktig informasjon om grunnen veien skal bygges på. For å få best mulig resultater har man investert i dagsferske stempel- og blokkprøver i tillegg til vanlige stempelprøver. Kvaliteten på dataene som er blitt undersøkt er noe varierende og det er derfor ønskelig å vurdere disse. Denne oppgaven vil gå gjennom resultatene fra grunnundersøkelsene og fokusere på tre siktemål:

- 1. å vurdere prøvenes kvalitet*
- 2. å vurdere laboratorienes prosedyrers innvirkning*
- 3. å produsere dokumentasjon av miniblokkprøvetakerens egenskaper*

Masteroppgaven er en forlengelse av prosjektoppgaven utført forrige semester. Oppgaven sammenlignet hovedsakelig dagsferske prøver utført ved forskjellige laboratorier. Resultatene fra fjorårets oppgave er videreført og jobbet mer med.

Oppgaven innledes med teori om prøvetaking, laboratorieundersøkelser, prøveforstyrrelse og vurdering av prøve kvalitet i kapittel 2. Kapittel 3 presenterer metoden vi har brukt under arbeidet. Kapittel 4 presenterer bakgrunnen for prosjektet. Kapittel 5 presenterer dataene som brukes i oppgaven. I kapittel 6, 7 og 8 presenteres og diskuteres de ulike siktemålene. Resultatene blir sammenlignet og diskutert i kapittel 9, før konklusjonen presenteres i kapittel 10.

2. TEORI

2.1 Feltundersøkelser

Felt- og laboratorieundersøkelser skal gi grunnlag for sikker indentifisering av jordart og bestemmelse av tilhørende materialparametere. [1] I det følgende kapittelet vil de viktigste momentene ved ulike felt- og laboratorieprosedyrer bli presentert. Det henvises til Statens vegvesens Håndbok 014, 015 og meldinger utgitt av Norsk Geoteknisk Forening for detaljerte beskrivelser av prosedyre og utstyr. [1][2][3]

2.1.1. Prøvetaking

Ved prøvetaking tas jordprøver opp av grunnen for å foreta videre undersøkelser i laboratoriet. Jordprøver tas opp enten i “omrørt”, “forstyrret” eller “uforstyrret” tilstand. En “omrørt” prøve har endret materialstruktur og mekaniske egenskaper. En “forstyrret” prøve har uendret lagrekke, men endrede mekaniske egenskaper. Strukturen til “omrørte” og “forstyrrede” prøver har endret seg slik at den ikke lenger er representativ for in-situ forhold. En jordprøve i “uforstyrret” tilstand har tilnærmet like forhold(materialstruktur, sammensetning og vanninnhold) som jord in-situ.

De to vanligste metodene for å hente opp «uforstyrrede» jordprøver på, er bruk av stempelprøve- og blokkprøvetaking. Tradisjonelt benyttes NGI 54 mm stempelprøvetaker, da det er høye kostnader forbundet med blokkprøvetaking. ”Tidligere studier(Ørbech, 1999, Sjursen, 1996, Hight et al., 1992 og Lunne et al., 1997) har vist betydelig bedre prøve kvalitet for prøver tatt med blokkprøvetaker i forhold til ordinær stempelprøvetaking [4][5][13][15].

2.1.1.1 Stempelprøver

Stempelprøver har som hensikt å hente opp uforstyrrede jordprøver. Ved uthenting av stempelprøver forbores det ned til ønsket dybde. Prøven skjæres ut ved rolig å presse en tom sylinder ned i grunnen. Prøven løsnes enten ved rotasjon eller trekk. Rotasjon utføres ved å vri prøven 1-2 omdreininger slik at den utsettes for torsjon slik at den løsner før den trekkes opp. Ved trekk løftes sylindren litt opp (maks 2 cm) slik at prøven utsettes for strekk. Ved å vente

litt vil prøven gå til brudd og man kan så trekke den helt opp. Det finnes forskjellige typer stempelprøvetakere. Plastsylinder med diameter 54mm er mest brukt, men andre vanlige størrelser er 72, 75 og 95 mm. Standard lengde er ca. 80cm. Man kan også benytte stålsylindere [1].

2.1.1.2. Blokkprøver

Blokkprøver har som hensikt å hente opp uforstyrrede jordprøver. Disse kan håndskjæres ut fra bunnen eller veggene i en utgraving, eller det kan benyttes spesialutviklet prøvetakingsutstyr (Sherbrooke Block Sampler). Blokkprøver tatt med spesialutviklet prøvetakingsutstyr er sylindriske og kan ha ulike dimensjoner; Ø 160 mm, Ø 250 mm, Ø 350 mm. Det må forbores ned til nivået man ønsker å hente prøven fra. Hullet må være stabilt og vegger og bunn i borehullet må være så jevne som mulig. Leirprøven skjæres ut med et spesielt rotasjonsbor som spyer bort løsrevne masser. Prøven kuttes fra underlaget ved å løse ut et knivsystem. Prøven hviler på knivbladene når den løftes ut av hullet [1]. Det er knyttet høyere kostnader og ressursbruk til blokkprøvetaking enn stempelprøvetaking, og blokkprøvetaking blir derfor oftest benyttet ved store prosjekt og forskning.

2.1.2. Trykksondering

Trykksondering med poretrykkmåling /CPTU (Cone Penetration Test with pore pressure) brukes til å foreta in-situ undersøkelser for å karakterisere og lagdele grunnen. Undersøkelsen foregår ved at en sylindrisk sonde med en konisk spiss føres ned i jorden med konstant hastighet. Sonden måler spissmotstanden (q_c), sidefriksjon (f_s) og poretrykk(u) [3]. Fra trykksondering er det mulig å tolke friksjon ($\tan\phi$), sensitivitet (s_t), deformasjonsmodul (M_m) konsolideringsparameter (c_v), pre-konsolideringsspenning (p'_c) og spesielt skjærstyrke (s_u) [3].

For å tolke skjærstyrke, s_u , fra CPTU bruker man bæreevnefaktorene $N_{\Delta u}$, N_{kt} og N_{ke} . Bæreevnefaktorene er basert på empiri. Ved å bruke resultater fra laboratorieundersøkelser (indeks, ødometer, treaks) kan man re-determinere parameterne N_{kt} og $N_{\Delta u}$ og få en mer nøyaktig s_u -verdi. $N_{\Delta u}$ kalles konusfaktor og beregnes fra in-situ poretrykk (u_0) og poretrykk (u_2) som måles fra konussensoren i trykksonden, se likning 2.1.1. [7]

$$(2.1.1.) \quad N_{\Delta u} = \frac{u_2 - u_0}{s_u}$$

N_{kt} kalles spissmotstand-faktor og beregnes fra den korrigerede spissmotstanden (q_t) og totalspenningen (σ_{v0}), se likning 2.1.2.

$$(2.1.2) \quad N_{kt} = \frac{q_t - \sigma_{v0}}{s_u}$$

N_{ke} kalles effektiv konusfaktor og er en faktor som kombinerer både poretrykk (u_2) og spissmotstand (q_t), se likning 2.1.3

$$(2.1.3) \quad N_{ke} = \frac{q_t - u_2}{s_u}$$

Disse parametrene er enten basert på overkonsolideringsgraden (OCR) eller på poretrykksfaktoren (B_q). B_q beregnes fra poretrykk som måles fra konussensor på CPTU (u_2), in-situ poretrykk (u_0), den korrigerede spissmotstanden (q_t) og totalspenningen (σ_{v0}), se likning 2.1.4. [7]

$$(2.1.4) \quad B_q = \frac{(u_2 - u_0)}{(q_t - \sigma_{v0})}$$

Ifølge Karlsrud et al. (Correlations for Clays Osaka 2005) gir bæreevnefaktor $N_{\Delta u}$ bedre resultater enn bæreevnefaktor N_{kt} . Det forklares med at poretrykk har bedre korrelasjon enn spissmotstand. Bæreevnefaktoren N_{ke} er en kombinasjon $N_{\Delta u}$ og N_{kt} , og verdien vil dermed ligge i mellom de to andre bæreevnefaktorene. Resultatene fra $N_{\Delta u}$ har høyest nøyaktighet og brukes derfor mest. Man må være bevisst på hvilke parametre som er avhengig av hverandre. $N_{\Delta u}$ avhenger av leirens sensitivitet (S_t), overkonsolideringsgrad (OCR) og plastisitet (I_p). N_{kt} er avhengig av sensitivitet (S_t) og dybde - jo dypere desto dårligere resultater. [7]

2.2. Laboratorieundersøkelser

Opptatte jordprøver danner grunnlaget for de styrke- og deformasjons-parametrene som bestemmes i laboratoriet. De fleste geotekniske parametre vi bruker blir bestemt ut fra

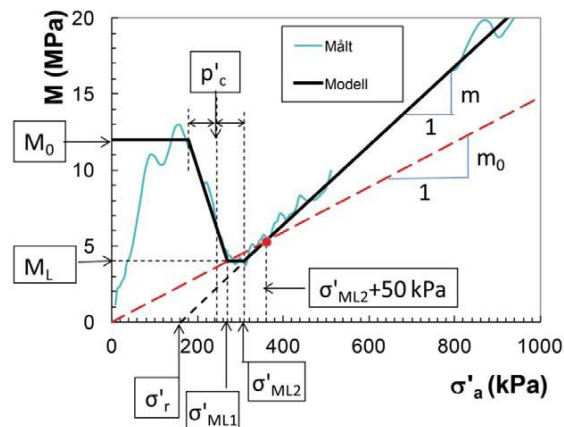
tester/målinger i laboratoriet. Følgende kapittel tar for seg en rask oppsummering av de mest relevante laboratorieundersøkelsene.

2.2.1. Rutineundersøkelser

Rutineundersøkelser gjennomføres primært som grunnlag for klassifisering og identifisering av jordmaterialene. [3] Undersøkelsene består hovedsakelig av visuell klassifisering, måling av vanninnhold (w), densitet(ρ), udrenert og omrørt skjærstyrke (s_u og s_r), saltinnhold, Atterbergs konsistensgrenser (w_p og w_L) og kornfordelingskurve.

2.2.2. Ødometerforsøk

Ødometerforsøk gir informasjon om jordas stivhet og deformasjonsegenskaper. Forsøket gjennomføres ved at en mett jordprøve blir utsatt for en endimensjonal deformasjonstilstand [6]. Prøven blir utsatt for en økende belastning enten trinnvis (IL) eller kontinuerlig (CRS/CRP). De kontinuerlige forsøkene kan kjøres med konstant deformasjonshastighet (Constant Rate of Strain) der poretrykket utgjør 3-10 % av vertikal totalspenning. Eller med kontinuerlig last (Constant Rate of Power) der forholdet mellom poretrykk og vertikalspenning holdes konstant. De fleste ødometerforsøk utføres som CRS-forsøk [2]. Resultatene fra ødometertester presenteres i grafer og forteller hvor prøven er overkonsolidert og normalkonsolidert, overkonsolideringsgraden (OCR), konsolideringskoeffisient (c_v), modultall (m) og tidsmotstand (r_s). Andre relevante parametre tolkes som vist i figur 1



definert av Karlsrud(2014) [7].

Figur 1 Tolkede parametre fra ødometer-forsøk. Figur henter fra Karlsrud(2014) ref.[7]

2.2.3. Treaksialforsøk

Treaksialforsøk brukes hovedsakelig til å bestemme skjærstyrkeparametere for en jordprøve. En sylindrisk prøve (d 54 mm, h 100 mm) bygges inn i en gummimembran og plasseres i en trykkcelle. Først konsolideres prøven til en ønsket spennings- og deformasjonstilstand. Deretter belastes/avlastes prøven til brudd [2]. Det er mulig å kjøre passive eller aktive treaksialforsøk. Ved en aktiv test, som også kalles kompresjonstest, vil belastningsformen ha en høyere aksiellspenning enn radiellspenning. Passiv test, som også kalles strekktest, har høyest radiellspenning [6]. Drensbedingungen og belastningsform velges med hensyn til jordas faktiske situasjon. Treaksialutstyret registrerer prøvens omkringliggende væsketrykk (celletrykk), poretrykk, vertikale belastning og vertikale deformasjon(ϵ_v) [2]. Fra resultatene av et treaksialforsøk kan styrkeparametere (s_u , $\tan\phi$,) og poretrykks-parametere bestemmes [6].

2.3. Prøvekvalitet

Opptak av uforstyrrede prøver av god kvalitet er viktig for den geotekniske designen. Det kan ligge store besparelser i å utnytte jordens egenskaper bedre. Ingeniører baserer seg på empirisk testede verdier. Resultater fra undersøkelser som gir bedre parametere enn tidligere må sees i sammenheng med den kunnskapen vi har. “Vi kan ikke benytte f.eks. skjærstyrke fra blokkprøver helt ukritisk som om de var tatt fra tradisjonelle verdier” [8]. Ved å sikre god prøvekvalitet gjennom klassifisering kan vi lettere akseptere nye parametere.

2.3.1. Kvalitetsklasser

Det finnes flere måter å klassifisere jordprøvers kvalitet på. Eurokode 7(NS.EN-1997-2:2007) klassifiserer prøver som testes i laboratoriet fra 1-5, og kategoriserer prøvetakingsmetodene i tre deler:

«*Uforstyrrede prøver* – Høy kvalitet / Kvalitetsklasse 1& 2 – skal ha materialstruktur og vanninnhold så lik som mulig det jordarten har i sin naturlige lagring i grunnen. Prøvene egner seg til generell identifisering og klassifisering av jordartene, og til bestemmelse av fysisk/mekaniske egenskaper. Kvalitetsklassen kan som regel oppnås med blokkprøver og sylinderprøver for leire.» [1]

«*Forstyrrede prøver* – Akseptabel kvalitet/ Kvalitetsklasse 3 & 4 – skal inneholde alle faste bestanddeler fra det lag de er tatt, og skal ikke ha vært utsatt for kjemiske endringer under og etter prøvetakingen. En forstyrret prøve egner seg kun for generell identifisering og klassifisering av jordartene. Kvalitetsklassen kan oppnås med sylindrerprøver for løst middels fast lagret silt, sand og grus, Leire, fin silt, organiske material og løst lagret sand, grov silt.» [1]

«*Omrørte prøver* – Forstyrret kvalitet/Kvalitetsklasse 5 – Har fullstendig forstyrret materialstruktur og kan inneholde bestanddeler fra andre lag enn det de er hentet fra Slike prøver egner seg kun til en grov eller foreløpig identifisering av jordartene. Kvalitetsklassen kan oppnås ved graving, skovling, kanneboring, naverboring, ramprøvetaking for alle jordartene.»[1]

2.4. Prøveforstyrrelse

Opptak av uforstyrrede prøver er en stor utfordring. Lite plastiske leirer og silt blir ofte forstyrret, selv om man følger rutiner for god prøvetakning. Det kan også være andre årsaker til prøveforstyrrelse da prøven blir utsatt for påkjenninger i flere trinn, fra grunnen til laboratoriet. Det kan være vanskelig å bestemme betydningen av de ulike trinnene. Det er viktig at man i enhver fase har best mulig utførelse for å hindre at kvaliteten reduseres. Hight og Leroueil (2003) oppsummerer de mest betydelige virkningene av prøveforstyrrelse som reduksjon i stivhet, kompresjonsindeks, maksimal skjærstyrke, pre-konsolideringstrykk og en sammentrekning av hele limit state-kurven [9]. I dette kapittelet vil forhold som kan gi prøveforstyrrelse bli belyst.

2.4.1. Prøvetakingsprosedyre

Under prøvetaking er det flere forhold som kan føre til prøveforstyrrelser:

Forboring

Når det forbores ned til ønsket dybde reduseres poretrykket, skjærtøyninger og det totale overlagingstrykket. Dersom man venter en stund før man tar opp prøven etter boring kan leiren svulle og redusere midlere effektivspenninger [1].

Nedpressing av prøvetaker

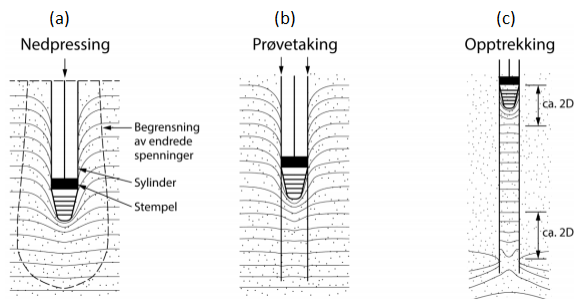
Ved bruk av stempelprøvetaker presses prøvetakeren ned i grunnen ved massefortrengning. I lite permeable masser øker dette poretrykket i forkant av prøvetakeren. Dette medfører en forstyrret sone i toppen av prøven (se fig 2. a). Prøveforstyrrelsen kan anslås å være 1,5-2 ganger ytre diameter på prøvetakeren [1].

Prøveutskjæring

Når sylindere løses ut og presses ned i jorden vil det skje en massefortrengning der det oppstår friksjon mellom materiale og sylinder. Jordmaterialet vil i sonen rundt sylindere få endret struktur og poretrykk (se fig 2.b). Størrelsen på sonen avhenger av prøvetakerens geometri og friksjon og materialets oppførsel. [1]

Opptrekking

Prøven løsnes ved å vri 1-2 omdreininger eller å trekke den litt opp, la den stå en stund, før den trekkes videre opp. Disse metodene medfører en forstyrret sone i bunnen. (se fig 2. c) [1].



Figur 2 Prøveforstyrrelse under prøvetaking, ref. [1]

2.4.2. Spenningsavlastning

Etter prøvetaking er det overliggende jordtrykket til jordprøven fjernet. På grunn av denne endringen kan jordprøven “slappe av”. Leiren kan svulle og redusere midlere effektivspenninger. Avlastningen øker ved økt prøvedybde. Dype jordprøver som plutselig avlastes kan få negativt poretrykk. I lagdelte leirer kan det oppstå en variasjon i hva silt- eller sandlag kan tåle av sug. Disse lagene dreneres. Porevannet vil migrere til leiren som igjen vil svulle [10].

2.4.3. Geometriens innvirkning

Valg av prøvetakerens geometri og sylinter spiller en avgjørende rolle for hvilken grad av prøveforstyrrelse man kan forvente å få [1].

Arealforhold

Det er ønskelig å ha en så slank sylinter som mulig for at jordvolumet som fortrenses av prøvetakeren er lavt. Arealforholdet beskriver forholdet mellom jordvolum som fortrenses og volum av jordprøven som blir tatt opp. Det er også viktig at sylindere er kraftig nok så den ikke blir ødelagt under nedpressing [1].

Egg

Egg-vinkelen vil sammen med arealforholdet påvirke spenningskonsentrasjonene i nærheten av sylinderveggen under utskjæring. Den skal derfor spesifiseres i sammenheng med kravet til arealforhold [1]. Det er foretatt analyser (Clayton & Siddique, 1999) som viser virkningen av hva ulike egg-utforminger har å si for prøveforstyrrelse [11]. Det er viktig at eggen er skarp, sirkulær og fri for skader.

Diameter/lengde

Prøveforstyrrelser oppstår langs sylinderveggen under nedpressing. En stor prøvediameter gir mulighet for bort-trimming av disse forstyrrelsene, slik at man sitter igjen med en uforstyrret kjerne. Men en større diameter øker vekten av prøven noe som kan skape problemer med å få prøven opp uforstyrret. Det kan resultere i økte skjærspenninger og påvirker prøve kvaliteten negativt. NGF melding 11(rev.2003) ref.[1] setter følgende krav til dimensjoner av prøvesylindere for å ta opp uforstyrrede prøver; Diameteren til prøvesylindere bør ikke være mindre enn 50mm. Prøvesylindere lengde bør være 5-15 ganger indre diameter av sylindere. Sylindere overflater må være glatte og fri for skader [1].

2.4.4. Transport og håndtering av prøver

For å beholde prøven uforstyrret er behandlingen av prøvene etter opptak veldig viktig. Blokkprøver må avstives, forsegles og merkes etter opptak. Prøvesylindere må forsegles, merkes. Alle prøvene må pakkes i godt forede, isolerte støtdempende

transportkasser. Det er viktig at prøvene ligger fast og stødig under transport fra felt til laboratoriet. Slag, støt og vibrasjoner må unngås [1].

2.4.5. Lagringsforhold

Vanligvis blir ikke prøvene testet rett etter de er tatt opp pga. begrenset kapasitet i laboratoriene. Ventetiden varierer, men ligger mellom dager, uker og iblant måneder. Det er derfor viktig at prøvene lagres på en så lik mulig måte som i grunnen. Prøvene skal lagres vertikalt med temperatur i prinsippet tilsvarende grunnens middeltemperatur (7 °C), og under høyt relativt fuktighetsinnhold. Prøven skal være godt forseglet så den ikke tørkes ut eller tilføres væske. Den må oppbevares frostfritt og ikke i sterk varme eller direkte sol. Prøven må ikke bli utsatt for støt eller vibrasjoner [1].

2.4.6. Lagringstid

Lagring av leirprøver over tid kan endre jordens mekaniske egenskaper selv under de beste lagringsforhold. Pga. avlastning kan jordprøven svelle, porevann kan migrere, det kan oppstå geokjemiske prosesser innad i prøven. Vanninnhold endres også over lang tid. Dagferske prøver har derfor bedre kvalitet enn prøver som testes etter noen dager/uker. Langtidslagring reduserer troverdigheten og skaper større usikkerhet bak dimensjonerende verdier. L'Heureux og Kim (2013) har undersøkt effekten av lagringstid på prøve kvalitet. Rapporten viser at lagringstid kan være viktig for de mekaniske egenskapene i de tidlige stadiene av lagringstiden(ca.10 dager) og anbefaler å utføre laboratorieundersøkelsene så fort som mulig. Dette gjelder særlig for prøver samlet med stempelprøvetaker(54-72mm) [10]. Konsekvensene av prøvelagring blir sjelden evaluert i prosjekter.

2.4.7. Laboratoriehåndtering

Ekstrusjon/utskyvning

Det er viktig å følge riktig fremgangsmåte når jordprøven skal tas ut av sylindren. Når endeproppen skal fjernes fra sylindren kan det oppstå et sug ved uttrekking. Dette er det viktig å utligne. Det er også lurt å fjerne litt av prøven i bunnen for å sikre en sikker styring av

utskyvningsstempelet inn i sylindren. Utskyvningen skal foregå ved en jevn bevegelse og i samme høyde [1].

Trimming og håndtering av prøver som skal analyseres

Etter utskyvningen av prøven deles den opp til ulike formål. Gjennom denne prosessen kan det oppstå forstyrrelser i prøven. Ved ødometertest må jordprøven plasseres i en stårling. Hvis prosedyren ikke blir utført riktig kan man få en veldig lokal forstyrrelse av prøven. Det er derfor viktig at de som håndterer prøvene gjør det med best mulig utførelse [1].

Prøveprosedyre

For å få riktige og sammenlignbare resultater fra ulike laboratorier er det viktig at man utfører prøveprosedyrene tilnærmet likt. Fremgangsmåter og retningslinjer blir fastsatt av bl.a. Standard Norge, Statens Vegvesen og Norges Geotekniske Forening.

2.4.8. Annet

I tillegg til krav for teknisk utstyr stilles det krav til utførelsen i alle steg. God kompetanse og erfaring er viktig for å holde høyest mulig standard gjennom hele prosessen.

Man må huske på at bygningsarbeid vil også være med på å skape forstyrrelser i jordmaterialet. Forstyrrelser kan føre til avvik fra den geotekniske designen og de materialeegenskapene som er blitt fastsatt.

2.5. Vurdering av prøve kvalitet

Å vurdere prøvens kvalitet er viktig for å bedømme om prøveforstyrrelsen er akseptabel. Det er flere måter å bedømme prøve kvalitet på. Det er mulig å vurdere kvaliteten visuelt eller å vurdere prøvens oppførsel under ulike laboratorieundersøkelser. Ved å vurdere prøvens oppførsel under forsøk kan man klassifisere prøvenes forstyrrelse numerisk. Denne metoden er lettest å forholde seg til i forhold til andre prøver. Følgende beskriver metoder for å vurdere prøve kvalitet.

2.5.1. Visuell bedømmelse

Man kan vurdere jordprøvens kvalitet visuelt, men denne metoden medfører en viss usikkerhet. Forstyrrelser og er ikke alltid synlige. Vurderingen avhenger av erfaring og skjønn og er ikke alltid like presis. Derfor foreslås det å bruke klassifiserings-metoder som kan beskrive prøvens egenskaper numerisk. Ved å utføre laboratorieundersøkelser kan man få en bredere og mer sikker beskrivelse av prøvens kvalitet.



Figur 3 Jordprøve før (venstre) og etter (høyre) treksialforsøk ref. [26]

Den visuelle bedømmelsen bør gjøres ved ulike stadier. Etter prøvens ekstrusjon fra stempelsylindren bør man vurdere prøvens overflate. Tegn på forstyrrelse kan være sprekker, sår eller omrørte soner på overflaten. Etter at laboratorieforsøkene er utført kan det også være hensiktsmessig å bedømme prøven visuelt. Figur 3 viser en prøve før (til venstre) og etter (til høyre) en aktiv treksial test. Etter testen er det vanlig at prøven har en tønneform. Det er viktig å huske på at en visuell bedømmelse ikke kan si noe sikkert om prøvens strukturforandringer og at den derfor ikke er presis[6].

2.5.2. Konsolidering

Ved konsolidering under ødometerforsøk og treksialforsøk utvises noe av porevannet fra prøven. Vannutpressingen er avhengig av jordarten, type konsolidering, konsolideringsspenning og konsolideringstid. En prøve med lite porevannutpressing vil ha høy kvalitet. Man ønsker at prøven skal respondere så likt som mulig in-situ. Når prøven

belastes tilbake til in-situspenningnivå, vil mye utpresset porevann indikere endring i struktur og egenskaper. Volumet av utvist porevann og aksial tøyning registreres under forsøket, og prøvens forstyrrelse kan bestemmes basert på arbeidet fra Andresen og Kolstad (1979) ref. [14] og Lunne et al.(1997) ref. [15]. Det finnes to måter å evaluere konsolideringsfasen. Man kan enten se på volumtøyningen ε_{vol} eller poretallendringen $\Delta e/e_0$. Begge måtene beskriver den samme endringen. Volumtøyning viser til forandringen i porevolum i forhold til det totale initielle volumet. I ødometer er den volumetriske belastningen, ε_{vol} , lik den aksiale belastningen ε_a . Poretallsendring viser til forandring i porevolum i forhold til det initielle porevolumet. Man finner poretallsendring $\Delta e/e_0$ ved likning 2.5.1 og 2.5.2:

$$(2.5.1.) \quad \Delta e = \varepsilon_{vol}(1+e_0) = \varepsilon_a(1+e_0)$$

$$(2.5.2.) \quad e_0 = G_s * w_i$$

der G_s er partikkeltetthet og w_i er vanninnholdet før kjøring av testen.

Klassifiseringen er avhengig av overkonsolideringsgraden OCR som blir bestemt fra ødometerforsøk, og prøvens dybde. Begge de nevnte metodene er i bruk og gir noenlunde like resultater, men det er blitt mest vanlig å benytte poretallforholdet, $\Delta e/e_0$, til å bedømme prøve kvalitet. I tabellene som følger kan man se bedømmelsen av prøve kvalitet i følge Andresen og Kolstad (1979) ref. [14] og T. Lunne m.fl. (1997) henholdsvis ref. [15].

Tabell 1 Bedømmelse av prøve kvalitet i følge Andresen og Kolstad (1979) ref. [15]

Bedømmelse av prøve kvalitet – Volumtøyning (Andresen & Kolstad, 1979)				
OCR	Dybde	Perfekt kvalitet	Akseptabel kvalitet	Forstyrret kvalitet
σ_c'/σ_{vo}'	Z	$\epsilon_{vol} <$	$< \epsilon_{vol} <$	$\epsilon_{vol} >$
[-]	[m]	[%]	[%]	[%]
1,0 - 1,2	0 - 10	3,00	3,00 - 5,00	5,00
1,2 - 1,5	0 - 10	2,00	2,00 - 4,00	4,00
1,5 - 2,0	0 - 10	1,50	1,50 - 3,50	3,50
2,0 - 3,0	0 - 10	1,00	1,00 - 3,00	3,00
3,0 - 8,0	0 - 10	0,50	0,50 - 1,00	1,00

Tabell 2 Bedømmelse av prøve kvalitet i T. Lunne m.fl. (1997) ref. [15]

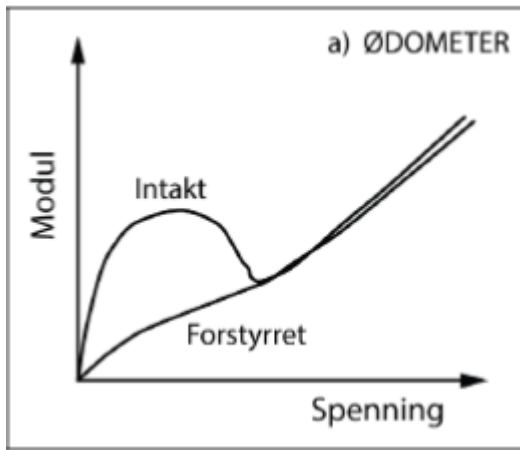
Bedømmelse av prøve kvalitet – Volumtøyning (Andresen & Kolstad, 1979)				
OCR	Dybde	Perfekt kvalitet	Akseptabel kvalitet	Forstyrret kvalitet
σ_c'/σ_{vo}'	$\Delta e/e_o <$	$< \Delta e/e_o <$	$< \Delta e/e_o <$	$\Delta e/e_o >$
[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
1 - 2	0,04	0,04 - 0,07	0,07 - 0,14	0,14
2-4	0,03	0,03 - 0,05	0,05 - 0,10	0,10

Prøvene ved treksialforsøk har ofte lavere poretallforhold enn prøvene ved ødometerforsøk. Prøvene ved treksialforsøk får dermed en bedre klassifisering. Dette kan skyldes ulik forberedelsesmetode av prøvene. Treksialprøven blir til skjært av en tynn ståltråd, mens ødometerprøven blir presset ut av en stålring, noe som kan gi lokal forstyrrelse av prøven [15].

2.5.3 Vurdering av resultater fra ødometerforsøk

Kvaliteten på jordprøven kan vurderes basert på resultater fra ødometerforsøk. Ved en eventuell forstyrrelse vil materialoppførselen til prøven påvirkes. Forstyrrelser kan føre til reduserte deformasjonsparametere i det pre-konsoliderte spenningsområdet. Tøyning- (ϵ) spennings- (σ') grafen og kan gi gode indikasjoner på prøveforstyrrelser. Hvis pre-

konsolideringsspenning p'_c ikke oppnås ved en knekk, betyr det at prøven kan være forstyrret. Modul- (M) spenning- (σ') grafen kan også identifisere prøveforstyrrelse. Figur 4 viser spenningsstien til en forstyrret og uforstyrret prøve. Spenningsstien til den forstyrrede prøven viser at kornstrukturen er brutt ned. Den klarer derfor ikke å stå imot spenninger den tidligere har vært utsatt for like godt [1]. Vurdering av spenningskurven er subjektiv og basert på erfaring.



Figur 4 Intakt og forstyrret spenningssti fra ødometerforsøk ref. [1]

Parametere som kan tallfeste ødometerkurvens form og indikere prøve kvalitet numerisk er forholdet mellom overkonsolideringsmodul, M_0 , og laveste modul, M_L (se fig. 1). Hos overkonsoliderte leirer, vil M -modulens verdier være høye for spenningsnivå som er mindre enn effektiv pre-konsolideringsspenningsnivå p'_c . Jo lavere forholdet M_0/M_L er desto dårligere kvalitet har prøven. I tabell 3 som følger kan man se prøve kvalitet basert på modulverdier fra ødometerforsøk i følge Karlsrud og Hernandez Martinez (2013) [16]

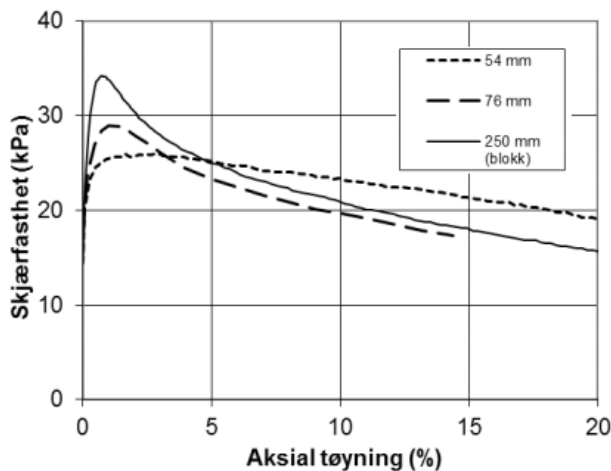
Tabell 3 Bedømmelse av prøve kvalitet basert på modulforhold

Bedømmelse av prøve kvalitet - modulverdier fra ødometerforsøk (Karlsrud og Hernandez Martinez, 2013) ref. [16]			
Meget god til perfekt	God til ganske god	Dårlig	Meget Dårlig
M_0/M_L	M_0/M_L	M_0/M_L	M_0/M_L
> 2	1.5-2	1-1.5	<1

I tillegg kan referansespenningen (p'_r) si noe om prøve kvaliteten. Negative verdier viser forstyrrede prøver, mens positiv referansespennning kan indikere at prøven har god kvalitet [7].

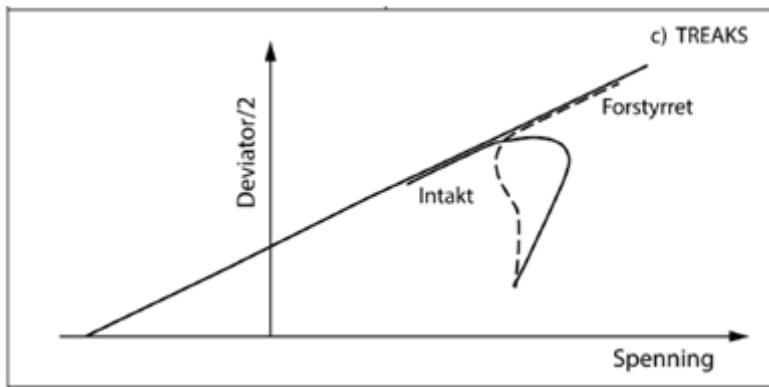
2.5.4. Vurdering av resultater fra tre aksialforsøk

I tillegg til endring i prøvens volum og poretall kan man også vurdere de plottede grafene fra tre aksialforsøk for å si noe om prøve kvaliteten. Hos skjærfasthet (τ)–tøynings(ϵ)–kurven kan forstyrrelsen identifiseres fra spenningsstien og fra hvordan prøven er kjørt til brudd. I tre aksialforsøk vil sprø brudd (godt bevart struktur) ved lavt tøyningsnivå indikere høy prøve kvalitet. Brudd med en mildere sti eller ved høyt tøyningsnivå kan indikere at prøvens kvalitet er dårlig og kanskje ikke akseptabel (Ørbech, 1999, Sjursen, 1996, Hight et al., 1992, Lunne et al., 1997) ref. [4][5][13][15]. Figur 5 sammenligner tre forskjellige prøvetakingsmetoder (54mm- 75 mm stempel og blokkprøve). Det er lett å identifisere høyere kvalitet ved blokkprøven.



Figur 5 Spenningsstiene til prøver fra tre forskjellige prøvetakingsmetoder ref. [1]

I deviator spenningsgrafene kan forstyrrelsen identifiseres fra spenningsstien slik det vises i figur 6.



Figur 6 Intakt og forstyrret spenningssti ved treaksialforsøk ref.[1]

Poretrykkparameteren D kan også si noe om prøve kvalitet. Etter konsolideringsfasen blir prøven kjørt til brudd i det som kalles skjærfasen. I løpet av denne fasen endrer skjærspenningene poretrykket, og effektivspenningene blir lavere enn totalspenningene. Det betyr at dilatansparameteren ikke kan være null, men verdier nær null indikerer en lite forstyrret prøve.

2.5.5. Skjærbølgehastighet

Kvaliteten på jordprøven kan også evalueres basert på målinger av skjærbølgehastighet in-situ og av prøvene i laboratoriet. Skjærbølgehastigheten, V_s , avhenger av spenningstilstanden, spenningshistorien, poretall og aldringeffekten til prøven. Ved å sammenligne resultatene av målt skjærbølgehastigheten in-situ og den av prøven i laboratoriet i lik spenningstilstand kan man si noe om prøve kvaliteten. Store forskjeller tyder på forstyrrelser av materialet. [12] I tabellen som følger kan man se bedømmelsen av prøve kvalitet i følge Landon et al. (2007) ref. [17]. som baserer seg på resultater fra Boston Blue-Clay.

Tabell 4 Bedømmelse av prøve kvalitet basert på skjærbølgehastighet ref. [17]

Quality class			
1-2		3	4
Very good to excellent	tol	Good to fair	Poor
V_{vh}/V_{SCPTU}		V_{vh}/V_{SCPTU}	V_{vh}/V_{SCPTU}
$\geq 0,60$		0,35-0,60	$< 0,35$

2.5.6. pH-verdi

Ved å måle leirens pH-verdi i feltet og senere når forsøk skal utføres i laboratoriet kan man identifisere effekten av lagring av prøven. pH-verdien er følsom for oksidasjon tidlig i aldringsprosessen. En endring vil indikere endringer av de fysiokjemiske og mekaniske egenskapene [10].

3. METODE

Master-oppgaven er en forlengelse av prosjektoppgaven utført i forrige semester. Oppgaven sammenlignet hovedsakelig dagsferske prøver utført ved forskjellige laboratorier. Innholdet fra den oppgaven er videreført og jobbet mer med i masteroppgaven. Den videre problemstillingen for masteroppgaven ble diskutert i møte med veileder Arnfinn Emdal, NTNU.

Opgaven er en sammenligningsstudie og har tre hovedmål:

1. Vurdere prøvenes kvalitet
2. Produsere dokumentasjon av miniblokkprøvetakerens egenskaper
3. Vurdere laboratorienes prosedyrers innvirkning

For å besvare siktemål 1 og 2 har vi mottatt rådata fra Multiconsult AS og NTNU og ferdige rapporter fra NTNU, Multiconsult AS, Statens Vegvesen og Norges Geotekniske Institutt. Alle partene er involvert i prosjektet E6 Klett og har utført felt- og laboratorieundersøkelser på det aktuelle området. Vi har gått gjennom rapportene og opparbeidet oss god oversikt over test-området og grunnforholdene der. Vi har videre foretatt en bredere litteraturgjennomgang for å opparbeide oss nødvendig kunnskap om temaet. Deretter har vi anvendt teorien til å beskrive og behandle dataene.

For å få svar på siktemål 3 har vi hatt direkte kontakt med NTNU og Multiconsult. Intervjuer ble gjennomført med MC ved Kjell Troøien pr. epost- og NTNU ved Helene A. Amundsen i person. Disse er utførende laborant hos de to ulike aktørene. Vi har hatt en semistrukturert intervjuguide som tilnærming, der vi har stilt hovedspørsmål for så å stille oppfølgingsspørsmål ved behov. Dermed har vi fått den nødvendige informasjonen vi mener er sentral for oppgaven. Vi har forsøkt å ha en objektiv innfallsvinkel og dermed få et så likt sammenligningsgrunnlag som mulig for lettere å identifisere forskjeller.

Underveis har vi fått god veiledning og hjelp fra NTNU (Arnfinn Endal og Helene Kornbrekke) og Multiconsult (Alberto Mantafia og Kjell Troøien).

4. BAKGRUNN

4.1 Planlagt prosjekt: Jaktøyen-Klett-Sandmoen

Statens vegvesen skal utvide dagens E6 til motorvei på strekningen Jaktøyen-Sandmoen. Det innebærer å fjerne rundkjøringen på Klett der de to norske riksveiene E39 og E6 møtes, se fig. 7.



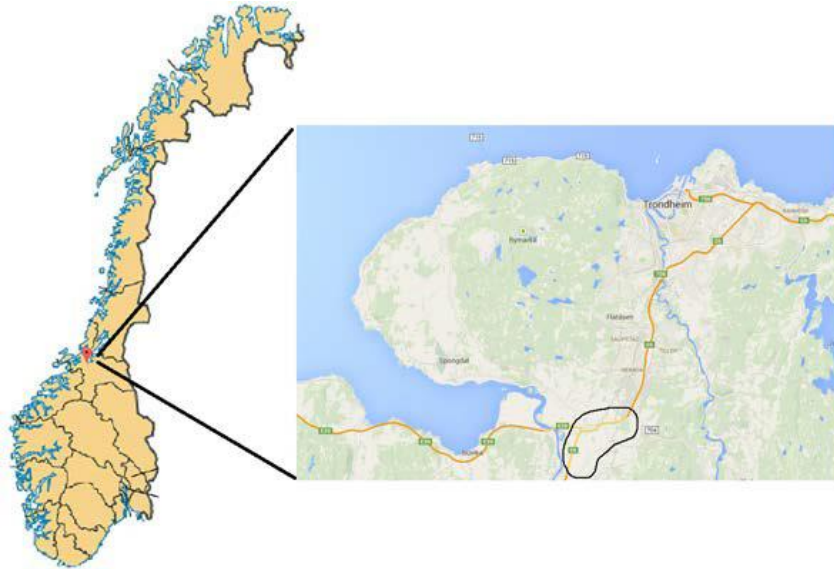
Figur 7 Dagens E6 (venstre) og planlagt utbygging av ny E6 (høyre) ref. [18] og [19]

«Prosjektet omfatter utbygging av E6 til firefelts veg over en strekning på 8,2 km. Fra Jaktøya til Sandmoen følges i hovedsak dagens vegtrase. På den første delen vil det bli bygd parallell lokalveg, og opp til Sandmoen blir stigningen slakket ut fra 7 til 6 pst. Fra Sandmoen til Sentervegen flyttes E6 litt østover. Dovrebanen legges om med ny jernbanebru over E6, og like nord for denne bygges en viltovergang. Prosjektet omfatter også bygging av planskilte kryss på Klett og Hårstad og ombygging av dagens planskilte kryss på Sandmoen. Tilrettelegging for gående og syklende ivaretas ved bygging av 3,5 km gang- og sykkelveg fra Klett og nordover til Heimdal langs fv. 900 (Heimdalsvegen) [20].» Pågående prosjektering er ledet av Dr. Ing. A Aas-Jakobsen Trondheim AS. Norges Geotekniske Institutt (NGI) og Geovita AS er geoteknisk rådgiver i prosjekteringsgruppen.

4.2 Geografisk beliggenhet og topografi

Planområdene ligger helt sør i Trondheim kommune, se fig 8, nær tettsted Klett i Trondheim kommune. «Området er klassifisert som egnet for matjorddyrking. Jordbruksarealene er av høyeste kvalitet, og vurderes å ha stor verdi [21].» «Mot Melhus er det jord med gårdstun som ligger spredt i landskapet, se fig 7. Området er flatt med noen mindre jord-koller som bryter opp slettelandskapet. Planområdet er åpent og forholdsvis flatt, med kun elveraviner som

deler opp dyrkamarka [21].» Fra Klett nord mot Storler er det en ganske kraftig stigning, "Klettbakken" og det er for bratt til å dyrke korn.



Figur 8 Geografisk beliggenhet ref. [22]

4.3 Grunnforhold

«Sprø skorpe på ca.1-2m. Under domineres løsmassene av marine hav- og fjordavsetninger, dvs. hovedsakelig leire og silt. Grunnundersøkelser viser i store deler av området tykke forekomster av kvikkleire som er sammenhengende over et stort område [23].»

4.4 Risiko og sårbarhet

«Den planlagte omlegginga av E6 mellom Jaktøya og Dovrebanen går gjennom flere kvikkleiresoner. Planlagt vegskjæring gjennom kvikkleiresone nr. 440 *Klett-Sørnypan* medfører graving i kvikkleire. Videre er det planlagt lokalveger og ramper ut mot de bratte elveskråningene til Sørå. I tillegg er det planlagt høye fyllinger i områder med kvikkleire. Kritiske forhold i forbindelse med planlagt utbygging vil være relatert til bygge- og anleggsfasen. Det er av avgjørende betydning at stabiliteten ikke forverres i noen fase av utbyggingen, og at det gjennomføres stabiliserende tiltak for de mest stabilitetsutsatte områdene i forkant av utbyggingen. Dette vil sette krav til rekkefølge av anleggsarbeidene og utførelse av arbeidene [21].»

5. GRUNNLAGSMATERIALE

Vi vil i dette kapittelet presentere og beskrive de tilgjengelige dataene vi bruker i oppgaven.

5.1 Generelt

Vi har fått tilgang til data fra tre ulike grunnundersøkelser i forbindelse med vegprosjektet E6 Klett. Multiconsult AS (MC) utførte høsten2012/våren 2013 grunnundersøkelser på Klett ref. [24] og [25].

En stor andel av de opptatte prøvene fra den første undersøkelsen ligger i Kvalitetsklasse 2; “forstyrret kvalitet”. I uke 12-14, 2014 ble det derfor utført spesialforsøk på dagsferske prøver for å oppnå prøver med bedre kvalitet. Disse prøvene ble behandlet hos Statens vegvesen, NTNU og Multiconsult ref [26]. Det er disse dagsferske prøvene som hovedsakelig danner grunnlaget for masteroppgaven. Vi har mottatt rådata og ferdige rapporter fra de nevnte laboratoriene. Supplerende grunnundersøkelser ble utført av NGI våren 2014 ref. [27].

Feltundersøkelser utført i uke 12-14 i 2014 ble utført av Statens vegvesen (sonderinger og 75 mm prøvetaking) og NTNU (160 mm blokkprøver) og omfattet:

- Totalsondering i fire borepunkt
- Trykksondering med poretrykksmåling(CPTU) i fire borepunkt
- Opptak av uforstyrrede 75mm prøveserier i fire borepunkt
- Opptak av blokkprøver i ett borepunkt

Laboratorieundersøkelser ble utført etter opptak av prøver. De opptatte prøvene ble fordelt mellom laboratoriene til SVV, NTNU og Multiconsult og omfattet:

- Rutineundersøkelser
- Ødometertest
- Treksialtest

Prosedyrer, tøyningshastighet og konsolideringsspenninger ble oppgitt av oppdragsgiveren.

5.2 Data

I dette kapittelet vil vi presentere og oppsummere resultater og tolkede verdier fra de dagsferske blokk- og stempelprøvene i tabeller. Det er viktig å vite at miniblokkprøvene kommer fra samme dybde, mens vanlige stempelprøver ikke gir prøver fra samme dybde. Når man skal sammenligne stempelprøver er man derfor nødt til å sammenligne disse prøvene med "lignende" dybder. Resultatene fra dagsferske 54mm stempelprøver fra MC-rapport ref. [24] og vanlige 72mm fra NGI-rapport ref. [27] vil også bli presentert da disse vil bli vurdert opp mot resultatene fra de dagsferske prøvene i senere kapittel. Boreplanen er fremstilt i vedlegg A og viser lokasjonen prøvene er hentet opp fra.

5.2.1 Rutineundersøkelser

I det følgende kapittelet vil resultatene fra rutineundersøkelsene bli presentert med kommentarer. Alle resultatene er presentert i tabellform i vedlegg C og D.

Sikteanalyse

I vedlegg B er en samling av sikteanalysene presentert. Prøvene klassifiseres som Leire og siltig leire.

Tyngdetetthet

I vedlegg C1 er tyngdetetthet og enaksial skjærstyrke med tilhørende bruddtøyning fremstilt i tabellform. Tyngdetettheten varierer fra: 18,6-20,7kN/m³, med gjennomsnittsverdi 19,36kN/m³.

Gjennomsnittlige målinger av romvekt fra supplerende undersøkelser utført av NGI ref. [27] varierer mellom 18-21,3kN/m³. Det er valgt å benytte 19,5kN/m³ som karakteristisk romvekt.

Udrenert skjærstyrke fra enaksialforsøk

Den udrenerte skjærstyrken fra enaksialforsøk har en stor spredning og varierer fra 6-70kPa, med gjennomsnitt på 22,3kPa. Blokkprøvene har noe varierende skjærstyrke(7,7-24kPa) og de har ikke de høyeste s_{ue} -verdiene, se vedlegg C2. Målinger av enaksial styrke fra supplerende undersøkelser utført av NGI ref. [27] varierer mellom 10-190kPa, med gjennomsnitt på 57kPa. Prøvedybden varierer mer hos NGI sine undersøkelser (0,1-29,6m)

Vanninnhold

Vanninnholdet varierer fra 22,0-36,2 %, med gjennomsnitt på 31,6 %. Vanninnholdet er noe spredt og ser ut til å synke med dybden, foruten prøve 1505, dybde 6,03m som skiller seg ut fra resten med et veldig lavt vanninnhold på 22 %. Når det gjelder blokkprøvene viser de ikke store forskjeller i vanninnhold(32-35 %), se vedlegg C2. Gjennomsnittlige målinger av vanninnhold fra supplerende undersøkelser utført av NGI ref. [27] er 32 % for kvikkleire. Det samme gjelder for dype prøver, samt noen få grunne prøver. Grunne prøver av leire og tørrskorpe har et gjennomsnittlig vanninnhold på om lag 22 %.

Konsistensgrense:

Plastisitetsgrensen(w_p) har liten variasjon (15,5-23 %), mens det er store forskjeller (19,1-39 %) i flytgrense (w_L). Konsistensgrensene til blokkprøvene er veldig like ($w_p = 17-18 %$, $w_L = 20,5-22 %$), se vedlegg C2.

Plastisitet

Målinger av plastisiteten (I_p) ligger på verdier fra 2-16 %. 93 % av målingene ligger under 10 % og betegnes som lite plastisk, se vedlegg C2. Gjennomsnittlige målinger av plastisitet fra supplerende undersøkelser utført av NGI ref. [27] ligger i området 7 % for kvikkleire. Det er flere målinger av sensitiv leire med lav plastisitet, men som ikke kan defineres som kvikkleire. Det er lite leire med plastisitet høyere enn 20 %.

Konusforsøk

Vedlegg C3 viser resultatene fra konusforsøk; uforstyrret skjærstyrke (S_{uk}), omrørt skjærstyrke (S_{ukr}) og sensitivitet (S_t). Antall konusforsøk varierer, men som oftest er det utført to forsøk fra hver sylinder. Uforstyrret skjærstyrke varierer fra 5-58kPa og er i det samme spekter som enaksial skjærstyrke. Omrørt skjærstyrke varierer fra 0,1-0,9kPa med unntak av en ekstrem prøve (1505, dybde 6,3m) med verdi på 27kPa. Kvikkleire forstås som en leire som i omrørt tilstand er flytende ($S_{ukr} < 0,5$). De ulike blokkprøvene har lik skjærstyrke ($S_{uk} = 24kPa$ og $S_{ukr} = 0,1-0,2kPa$), men de har ikke høyest skjærstyrke.

Sensitivitet

Sensitiviteten varierer fra 2-240, se vedlegg C3. 4,7 % av prøvene klassifiseres som lite sensitiv, 14,3 % klassifiseres som middels sensitiv og 81 % klassifiseres som meget sensitiv.

Høye S_t -verdier kan tyde på at prøven inneholdt silt. Trend: prøven nederst i hver sylinder har høyest sensitivitet.

5.2.2 Ødometerforsøk

I det følgende kapittelet vil resultatene fra ødometer-undersøkelsene bli presentert med kommentarer. Alle resultatene er presentert i tabellform i vedlegg D1. Dette inkluderer også resultatene fra Multiconsult tidlige undersøkelser ref. [24] og NGI's supplerende undersøkelser ref. [27] Ødometerforsøkene er grafisk fremstilt i vedlegg D2-41. Tabell 5 viser antall og type prøver som det er utført ødometerforsøk på.

Tabell 5 Type prøvetakingsmetode

Antall	Type	Lab
7 vanlige	54mm stempelprøver	MC
15 dagsferske	75mm stempelprøver	NTNU
6 dagsferske	160mm blokkprøver	MC SVV
19 vanlige	72 mm stempelprøver	NGI

Klassifiseringsdata av prøvene viser verdier i samme område som indekstestene. Tolkede verdier varierer noe mellom de ulike prøvetakingsmetodene. Over-konsolideringsmodulen (M_0) til de dagsferske prøvene varierer mellom 2-7 MPa. M_0 fra blokkprøvene skiller seg ikke ut i forhold til 75mm-prøvene, M_0 fra tidlige undersøkelser utført av MC varierer fra 3-14 MPa. M_0 fra supplerende undersøkelser utført av NGI varierer fra 6,6-14 MPa, se vedlegg D1.

Modultallet (m) til de dagsferske prøvene varierer fra 15,3-22,9. Modultallet fra tidlige undersøkelser utført av MC varierer fra 13,2-23,5 MPa. m fra supplerende undersøkelser utført av NGI varierer mellom 15,6-20,8.

Pre-konsolideringsspenningen (p'_c) til de dagsferske prøvene varierer fra 115-280 kPa. Blokkprøvene har mindre spredning på 140-210 kPa. p'_c fra tidlige undersøkelser utført av MC har en større spredning på 100-520 kPa. Pre-konsolideringsspenningen fra supplerende undersøkelser utført av NGI har også større spredning enn de dagsferske prøvene og varierer mellom 210-590 kPa.

5.2.3 Treksialforsøk

I det følgende kapittelet vil resultatene fra treksialforsøk bli presentert med kommentarer. Dette inkluderer også resultatene fra Multiconsults tidligere undersøkelser ref. [24] og NGI's supplerende undersøkelser ref. [27]. Alle resultatene er presentert i tabellform i vedlegg E1. Treksialforsøkene er grafisk fremstilt i vedlegg E. Tabell 6 viser antall og type prøver som det er utført treksialforsøk på.

Tabell 6 Type prøvetakingsmetode

Antall	Type	Lab
11 dagferske	54mm stempelprøver	MC
16 dagferske	75mm stempelprøver	NTNU
6 dagferske	160mm blokkprøver	MC SVV
22 vanlige	72 mm stempelprøver	NGI

Klassifiseringsdata av prøvene viser verdier i samme spekter som indekstestene. Skjærfasthet (S_{uA}) tolket fra treksialforsøkene varierer fra 36-78 kPa for de dagsferske prøvene. Dette er i det samme spekteret, men noe høyere, enn skjærfasthet fra konus (S_{uk} : 5-58 kPa) og enaks (S_{ue} : 6-70 kPa). Den aksielle tøyningen (ϵ_{peak}) ved brudd var lav for alle dagsferske prøver (< 3,3 kPa). Blokkprøvene skiller seg ikke ut fra de andre dagsferske prøvene. Skjærfasthet (S_{uA}) fra tidlige undersøkelser utført av MC er lavere og varierer fra 30-54 kPa. Den aksielle tøyningen var lav (<4 kPa). Skjærfasthet (S_{uA}) fra supplerende undersøkelser utført av NGI har stor spredning og varierer mellom 33-99 kPa. De fleste forsøkene hadde lav aksiell tøyning(68 % < 4).

6. VURDERE PRØVENES KVALITET

Det er flere måter å vurdere prøve kvaliteten til en jordprøve på (se kap.2.5). For å vurdere prøve kvaliteten har vi fokusert på disse kriteriene: Visuell bedømmelse av prøven, utpisset porevann i henhold til NGF's krav [1], og subjektiv vurdering av plottede resultater. For ødometerforsøkene vurderes i tillegg referansespenning p'_r (positiv=godt forsøk), og modulforholdet ($M_0/M_L \geq 1.5$ godt forsøk). Først presenteres en vurdering av hvert enkelt kriterium for seg, deretter følger en samlet vurdering.

6.1 Prøvekvalitet basert på visuell bedømmelse

Observerte forstyrrelser er subjektive og ikke sikre. De brukes derfor for å gi en pekepinn på videre klassifisering. Tabell 7 viser prøver med observert forstyrrelse etter ekstrusjon.

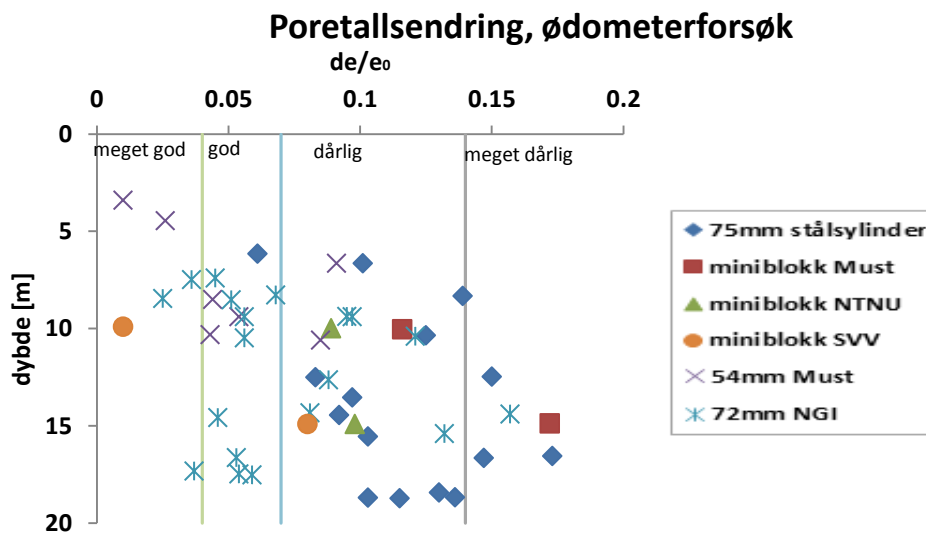
Tabell 7 Observert forstyrrelse

Lab	Borhull	Prøvediam.	Dybde[m]	Observert:
NTNU	1502	75mm-stål	18.0-18.8	Forstyrret
NTNU	1503	75mm-stål	18.0-18.8	Forstyrret
MC	1502	75mm-stål	12.2	Meget forstyrret
MC	1503	75mm-stål	8.2	Forstyrret
MC	1503	75mm-stål	16.2	Forstyrret
MC	1504	75mm-stål	10.2	Forstyrret
MC	1504	75mm-stål	16.2	Meget forstyrret
SVV	1502	76mm	6.43	Forstyrret overflate
SVV	1502	76mm	18.4	Forstyrret
SVV	1503	76mm	6.4	Forstyrret overflate
SVV	1503	76mm	14.4	Forstyrret
SVV	1503	76mm	18.4	Forstyrret
SVV	1504	76mm	6.25	Delvis forstyrret
SVV	1504	76mm	15.4	Delvis forstyrret
NGI	2010	72mm	14.5	Forstyrret
NGI	2058	72mm	1.2	Forstyrret

6.2 Prøvekvalitet basert på utpresset porevann

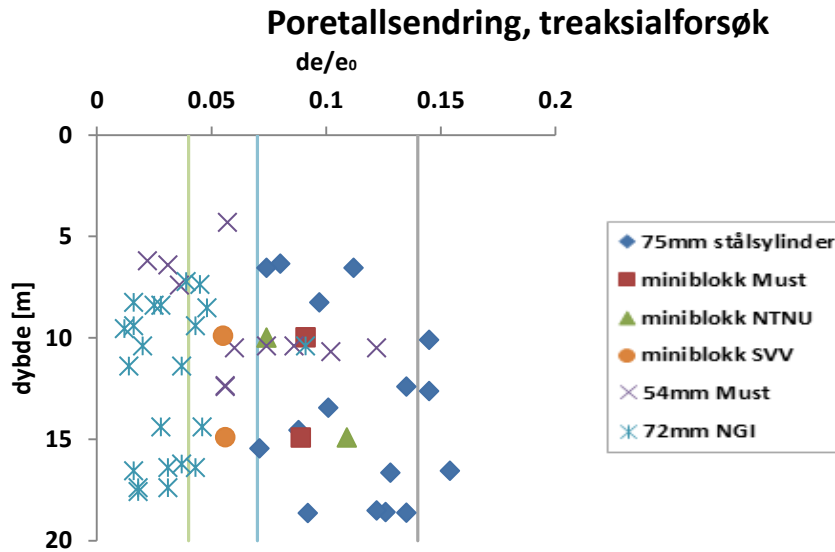
Siden volumtøyning, ε_{vol} , og poretallsendring, $\Delta e/e_0$, beskriver den samme endringen har vi valgt å bruke poretalls-forholdet til å bedømme prøve kvaliteten da den er mest vanlig.

Figur 9 viser poretallsendringen ved ødometerforsøk mot dybden. Kvaliteten av miniblokk- og 75mm stålsylinderprøvene viser høyest poretallsendring og er ut ifra kriteriet til Lunne klassifisert som dårlig kvalitet med unntak av en blokkprøve fra SVV. Det kan se ut som prøvetakingsmetoden har hatt noe å si for klassifisering av prøve kvaliteten/utpressing av porevann. 54mm- og 72mm prøvene ser ut til å ha flere prøver med god kvalitet. Det stemmer ikke overens med teorien som sier at større prøvediameter skal gi bedre prøve kvalitet. Faktorer som kan ha ført til bedre kvalitet kan være at 54mm prøvene er grunne. Grunne prøver gir bedre kvalitet. Det at 72mm prøvene ikke er dagferske kan ha noe å si på resultat, men da skal de ifølge teorien ha dårligere kvalitet.



Figur 9 Poretallsendring, ødometerforsøk vs. dybde

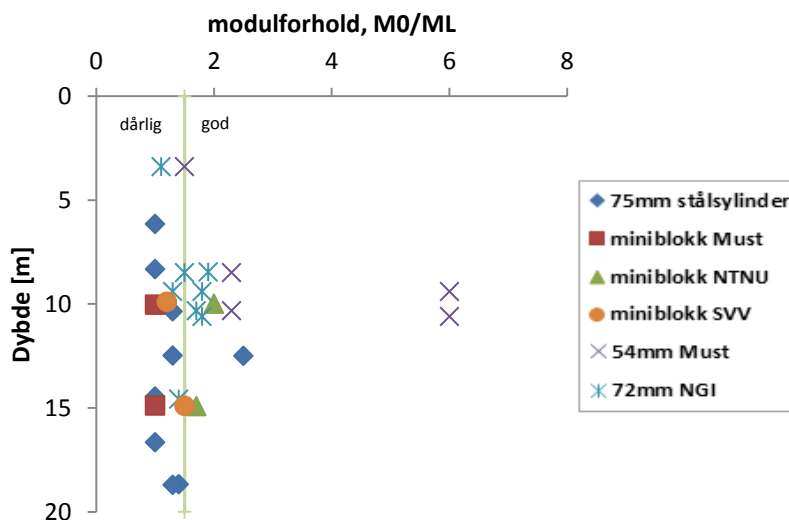
Figur 10 viser poretallsendring ved treksialforsøk mot dybden. Miniblokk- og 75mm stålsylinderprøvene viser høy poretallsendring og dårlig kvalitet med unntak av SVV sine blokkprøver. Forskjellene fra de ulike prøvetakingsmetodene kommer klarere frem, og stemmer ikke overens med teorien. 54- og 72mm har flest prøver klassifisert som god kvalitet. For disse prøvene har 54mm flere dypere prøver.



Figur 10 Poretallsendring, treaksialforsøk vs. dybde

6.3 Prøvekvalitet basert på modulverdier fra Ødometer

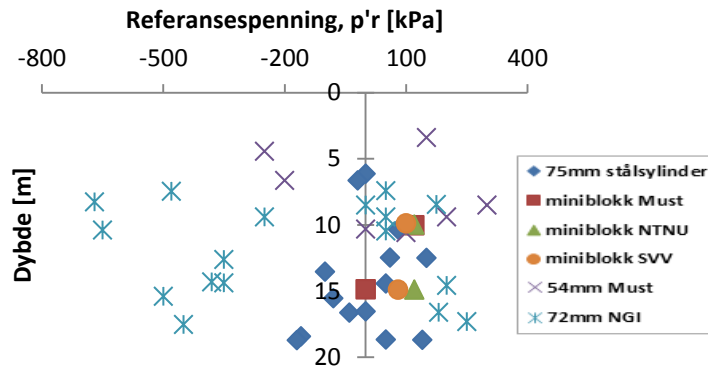
Figur 11 viser modulforholdet M_0/M_L fra ødometerforsøk mot dybden. Det er viktig å huske på at modultall blir tolket som vist i kap.2.1.5 og kan ha små variasjoner avhengig av hvem som vurderer modul-spenningsgrafene. Modulforholdet klassifiserer 54 mm-prøvene, NTNU blokkprøvene og mange av 72 mm-prøvene som gode. De andre prøvetakingsmetodene klassifiseres hovedsakelig som dårlige ut ifra kriteriet til Karlsrud og Hernandez Martinez [16]. Det var ikke mulig å tolke modulforholdet fra flere borehull (1417, 1504 (6,65m 15,55m 16,55m 18,43m), 1505, 2010,2011, 2012).



Figur 11 Modulforhold vs. dybde

6.4 Prøvekvalitet basert på referansespenning

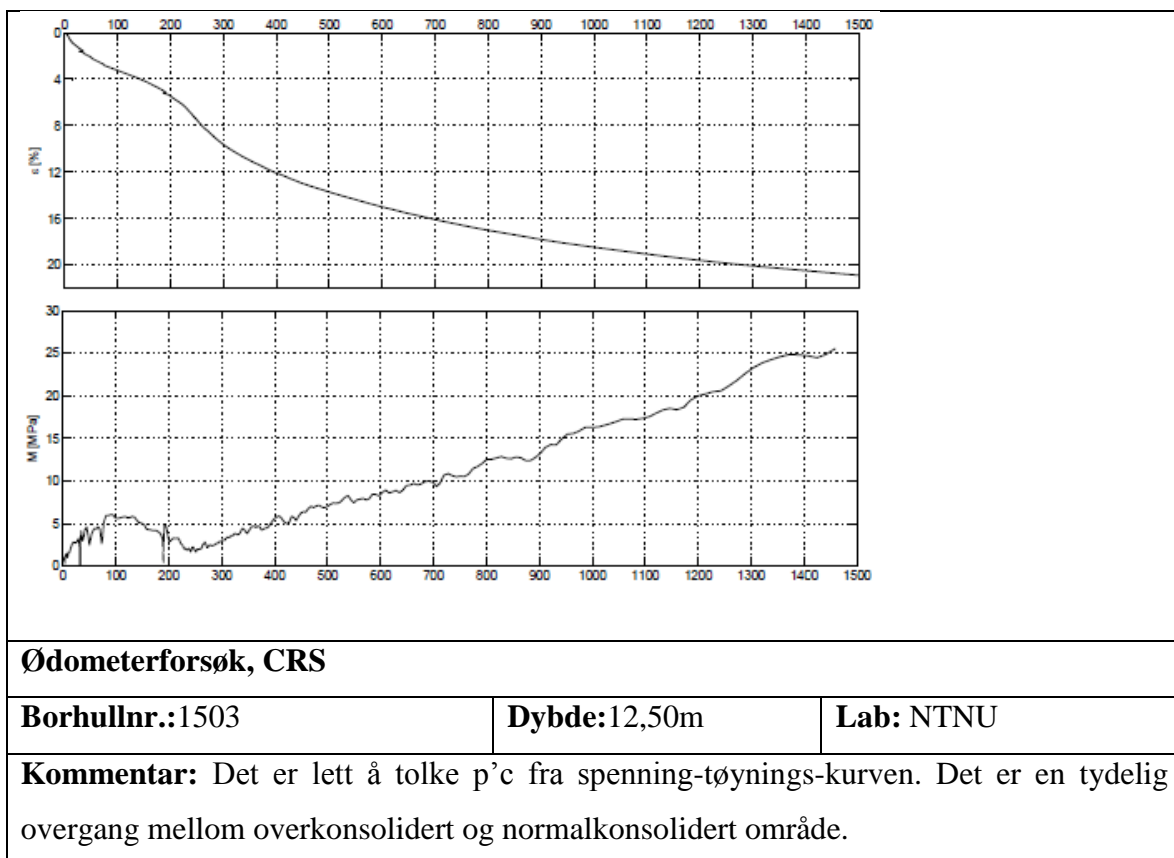
Figur 12 viser referansespenningen, p'_r , målt fra ødometerforsøk. Positiv referansespenning indikerer et godt forsøk. Det er viktig å huske på at referansespenningen blir tolket som vist i kap. 2.1.5 og kan ha små variasjoner avhengig av hvem som vurderer modul-spennings-grafen. Referansespenningen indikerer at miniblokk- og noen av 75 mm-prøvene er gode forsøk.



Figur 12 Referansespenning vs. dybde

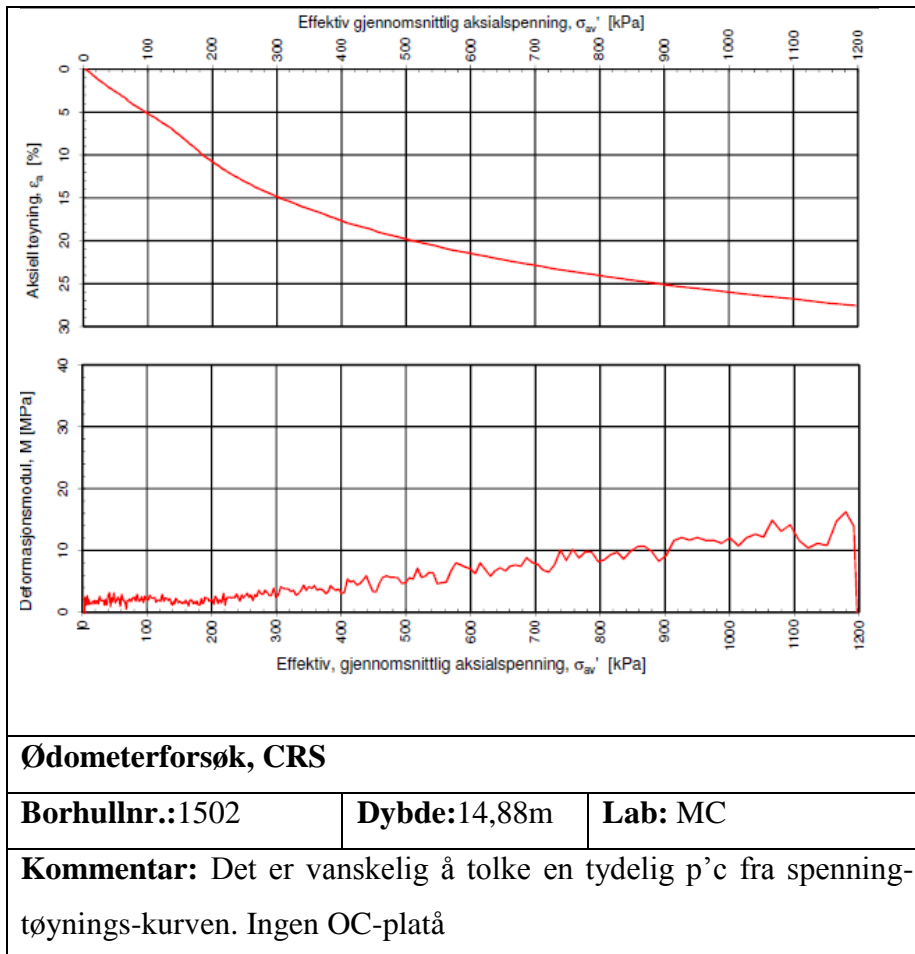
6.5 Prøvekvalitet basert på spenningssti

Figur 13 viser et eksempel på en ødometertest der de plottede resultatene indikerer god prøvekvalitet. For vurdering av spenningsstien til alle ødometerforsøk se vedlegg D.



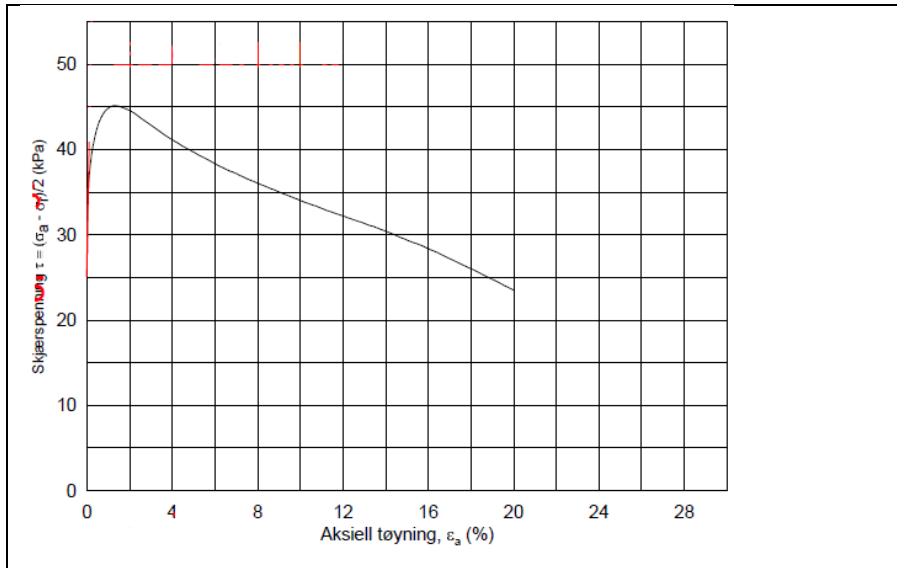
Figur 13 Vurdering av spenningsstier fra ødometerforsøk

Figur 14 viser et eksempel på en ødometertest der de plottede resultatene indikerer dårlig prøve kvalitet.



Figur 14 Vurdering av spenningsstier fra ødometerforsøk

Figur 15 viser et eksempel på en treaksialtest der de plottede resultatene indikerer god prøve kvalitet. For vurdering av spenningsstien til alle treaksialforsøk se vedlegg E.



Treaksialforsøk, CAUA

Borhullnr.:2010

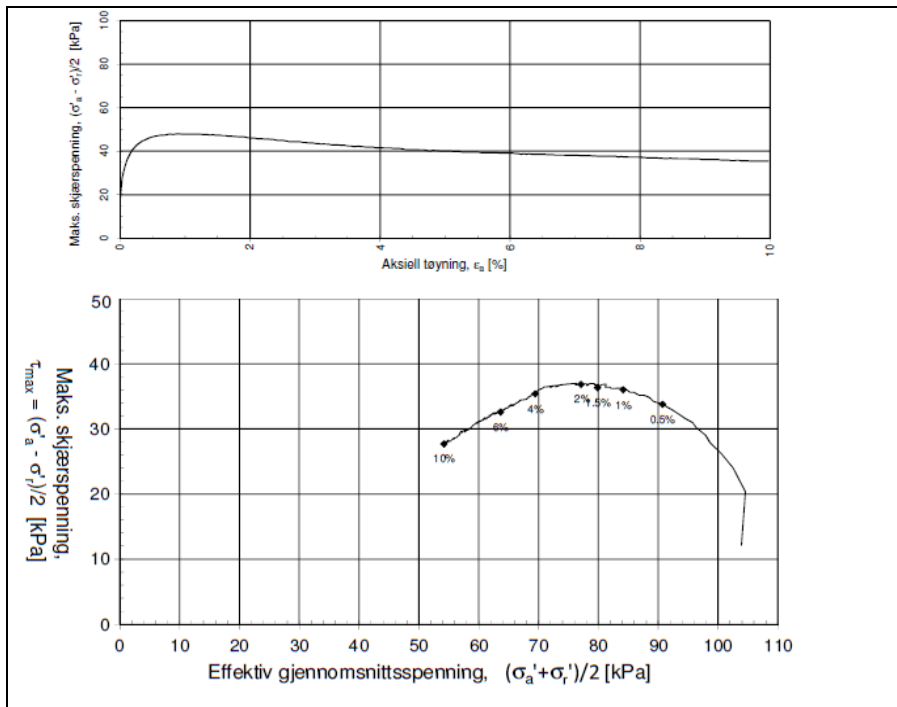
Dybde:9,40m

Lab: NGI

Kommentar: tydelig knekk og lavt tøyingsnivå ved brudd.

Figur 15 Vurdering av spenningsstier fra treaksialforsøk

Figur 16 viser et eksempel på en treaksialtest der de plottede resultatene indikerer dårlig prøve kvalitet.



Treaksialforsøk, CAUA

Borhullnr.:1503

Dybde: 16,55

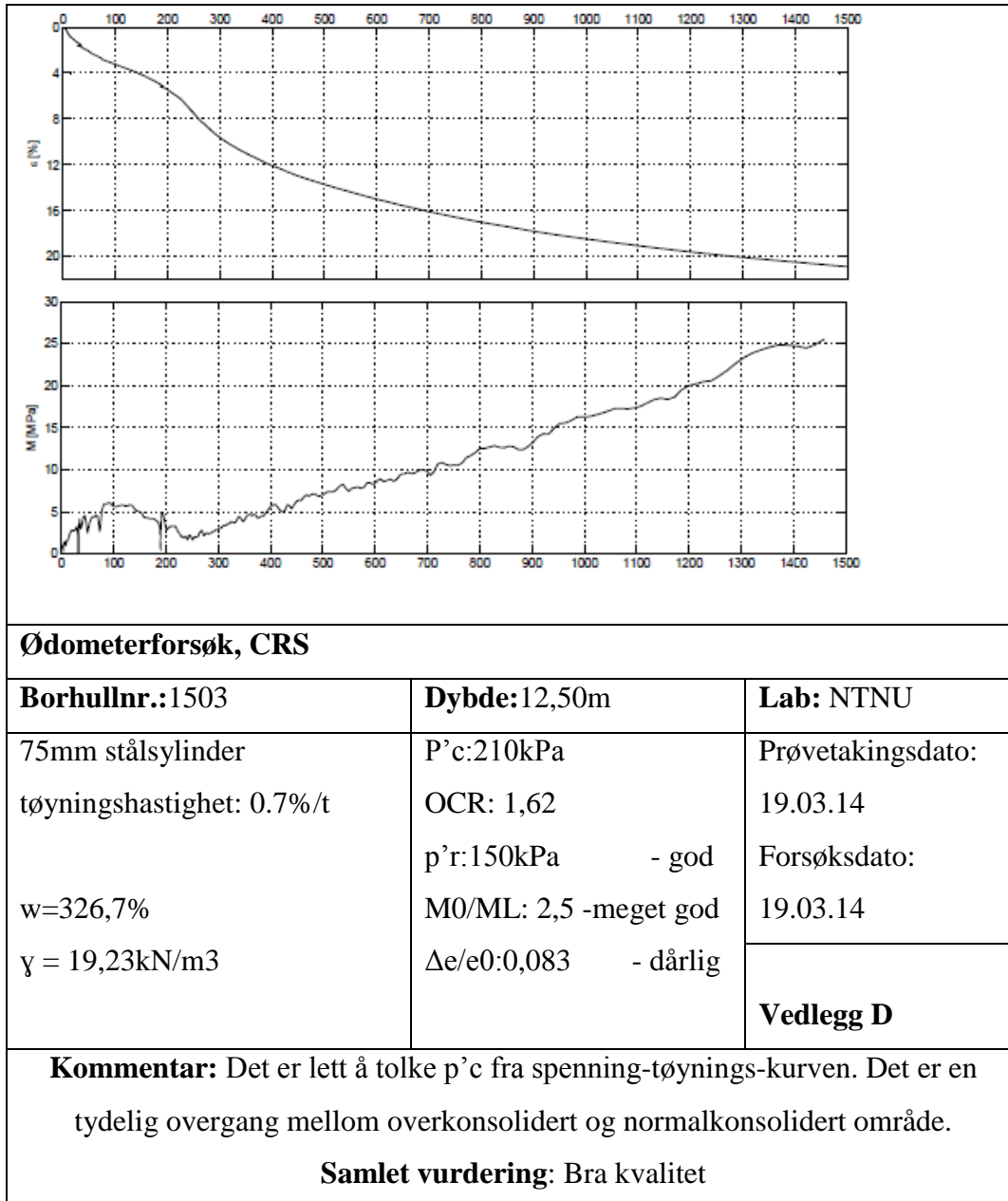
Lab: MC

Kommentar: Spenningsstien er dårlig, Høy dilatans

Figur 16 Vurdering av spenningsstier fra treaksialforsøk

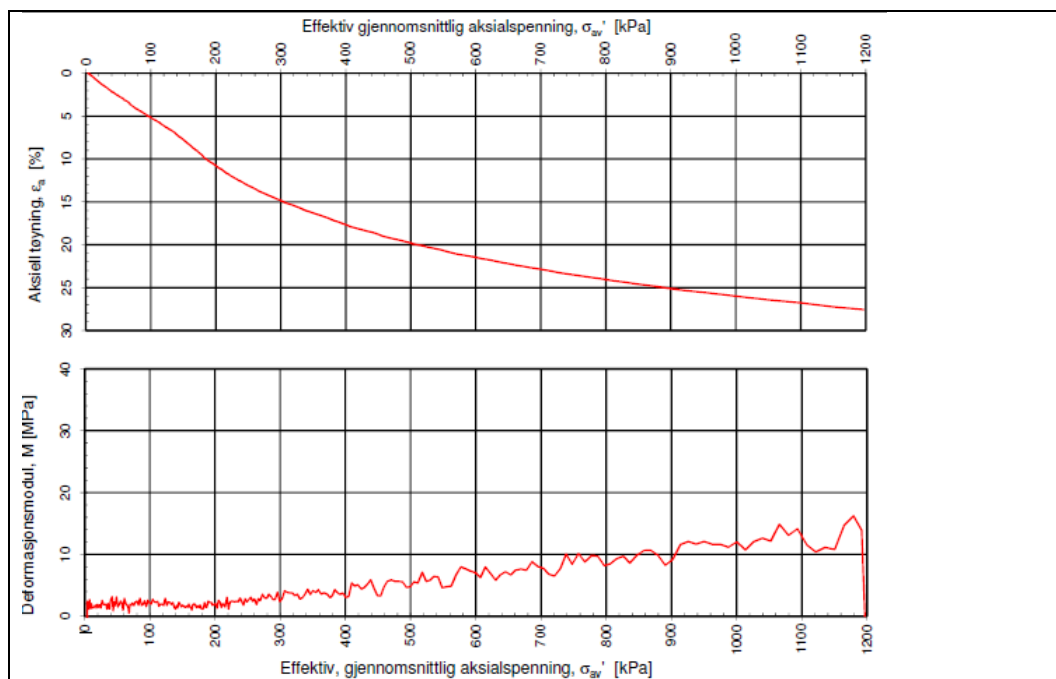
6.6 Samlet vurdering av prøve kvalitet

Figur 17 viser et eksempel på en samlet vurdering av en god ødometertest. Modulforholdet, referansespenningen og de plottede resultatene indikerer god prøve kvalitet. Utpresset porevann klassifiserer prøven som dårlig, men er ikke langt unna grensen til et godt forsøk. Den samlede vurdering er at prøve kvaliteten til prøven er god.



Figur 17 Samlet vurdering av ødometertest

Figur 18 viser et eksempel på en samlet vurdering av en ødometertest. Modulforholdet, utpresset porevann og de plottede resultatene indikerer dårlig og meget dårlig prøve kvalitet. Referansespenningen er nøytral. Den samlede vurdering er at prøve kvaliteten til prøven er dårlig.



Figur 18 Samlet vurdering av ødometerforsøk

Ødometerforsøk, CRS

Borhullnr.: 1502	Dybde: 14,88m	Lab: MC
160mm miniblokk	P' _c : 180kPa	Forsøksdato:
tøyningshastighet: 0.7%/time	OCR: 1,13	31.03.14
w=32,59%	p' _r : 0kPa -nøytral	Vedlegg D
γ = 19,03kN/m ³	M ₀ /ML: 1 - dårlig	
	Δe/e ₀ :0,172 -meget dårlig	
Kommentar: Det er vanskelig å tolke en tydelig p' _c fra spenning-tøyningskurven. Ingen OC-platå.		
Samlet vurdering: Dårlig prøve kvalitet		

Mange av forsøkene ble klassifisert som dårlige. Det er derfor en grad av usikkerhet knyttet til bestemmelsen av sikre materialparameterene (ødometermoduler, prekosolideringsspenninger).

En sammenstilling av prøve kvaliteten for alle ødometerforsøk finnes i vedlegg D1. En sammenstilling av prøve kvaliteten for alle treaksialforsøk finnes i vedlegg E1.

MINIBLOKKPRØVETAKERENS EGENSKAPER

Miniblokkprøver brukes for å oppnå høy prøve kvalitet fra laboratorieundersøkelser for å få de beste resultatene, og bestemme jordas egenskaper så nøyaktig som mulig. I dette kapitlet sammenlignes miniblokkprøver og 75mm stålsylinderprøver for å dokumentere miniblokkprøvetakerens egenskaper. Resultater fra CPTU-målinger, Indekstester, ødometerforsøk og treaksialforsøk vil bli vurdert. Målet er å vise forskjell i kvalitet mellom vanlige prøver og miniblokkprøvene fra E6-Klett prosjektet. Vi vil også vurdere korrelasjonen mellom laboratorieundersøkelser og feltundersøkelser.

7.1. CPTU

Teori om trykksondering er beskrevet i kapittel 2.1.3. CPTU-målingene i denne oppgaven er utført av Multiconsult og alle grafene som brukes er plottet av Multiconsult. Resultatene fra trykksonderingen sammenlignes med resultatene fra treaksialundersøkelsene av miniblokkprøvene. I den følgende tabell 8 presenteres resultatene av udrenert skjærfasthet fra CPTU og treaksialforsøk.

Tabell 8 Udrenert skjærfasthet

Udrenert skjærfasthet S_u (kPa)		Dybde 9,99m		Dybde 14,91m	
		Basert på OCR	Basert på B_q	Basert på OCR	Basert på B_q
CPTU	N_{kt}	42	48	55	68
	$N_{\Delta u}$	42	43	65	53
	N_{ke}	41	49	59	74
Treaksialforsøk	Multiconsult	36		53	
	NTNU	48.5		68.5	
	SVV	45		64	

I denne sammenligningen benyttes tre ulike parametere for å bestemme skjærfasthet fra CPTU: Bæreevnefaktorene N_{kt} , $N_{\Delta u}$ og N_{ke} . Tabell 8 viser at verdiene fra N_{ke} , basert på B_q , ikke ligger mellom N_{kt} og $N_{\Delta u}$. N_{ke} , basert på OCR, ligger mellom N_{kt} og $N_{\Delta u}$. Vi kan se at på

ved dybde 9,99m har N_{kt} , $N_{\Delta u}$ og N_{ke} , basert på OCR, den samme verdien. Verdiene basert på B_q varierer mer. Det antyder at resultatene basert på OCR har bedre kvalitet enn resultatene basert på B_q . B_q er avhengig av sensitivitet og dybde. Det kan påvirker resultatene ved dype dybder og visse sensitive leirer.

Sammenligning mellom CPTU og treaksialforsøk:

Dybde 9,99m:

Her kan man se at CPTU-resultater basert på OCR ligger mellom resultatene fra Multiconsult og NTNU. CPTU-resultater basert på B_q ligger nærmere NTNU og SVV sine resultater.

Dybde 14,99m:

CPTU-resultater basert på OCR er delt. N_{kt} og Multiconsult har nesten den samme verdien, mens $N_{\Delta u}$, Statens Vegvesen og NTNU har like verdier. Ifølge teorien forventes det at N_{ke} skal ligge mellom N_{kt} og $N_{\Delta u}$, her blir teorien bekreftet. CPTU-resultater basert på B_q har N_{kt} - og N_{ke} -verdier liggende nærmere NTNU og SVV sine resultater. $N_{\Delta u}$ -verdien er lik som hos multiconsult.

Siden NTNUs treaksialforsøk har en lavere dilatans-parameter (D) enn Multiconsult, SVV og NTNU har like resultater, og NTNUs skjærfasthet er nesten lik $N_{\Delta u}$ kan det virke som om NTNU har bedre resultater. Men man må være kritisk fordi treaksialforsøkene utført på blokkprøvene ikke har god kvalitet (se kapittel 6). NTNU sine resultater gir høyere skjærfasthet og det kan være mindre konservativt.

7.2. Indekstester

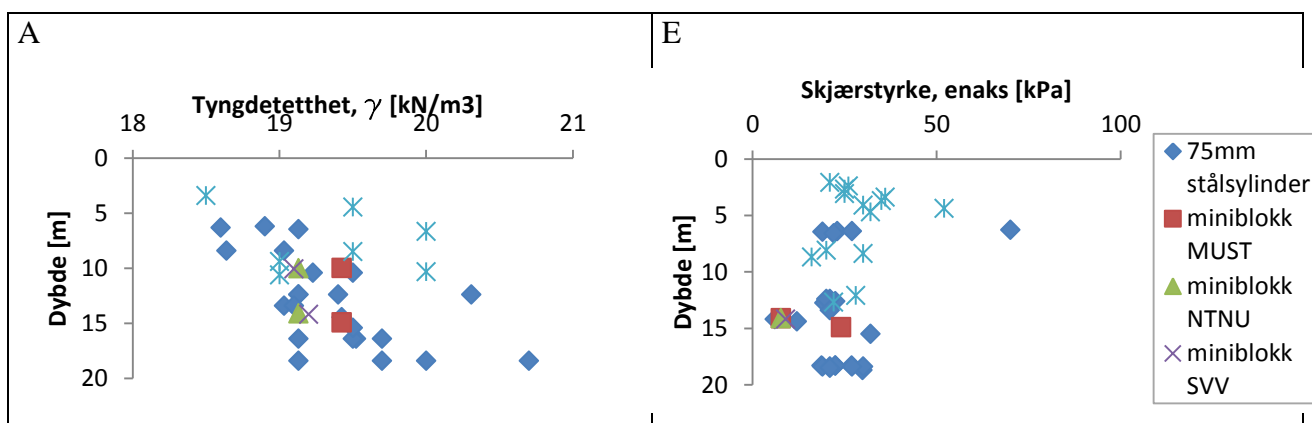
Rutineundersøkelser brukes hovedsakelig til å karakterisere jordprøven. I dette kapitlet sammenlignes resultatene fra rutineundersøkelser av dagferske 160mm miniblokkprøver, 75mm og 54mm stålsylinderprøver for å se om det er noen store forskjeller i jordmaterialet. En sammenstilling av resultatene er vist i figur 7.2.1. Resultatene er presentert i tabellform i vedlegg C.

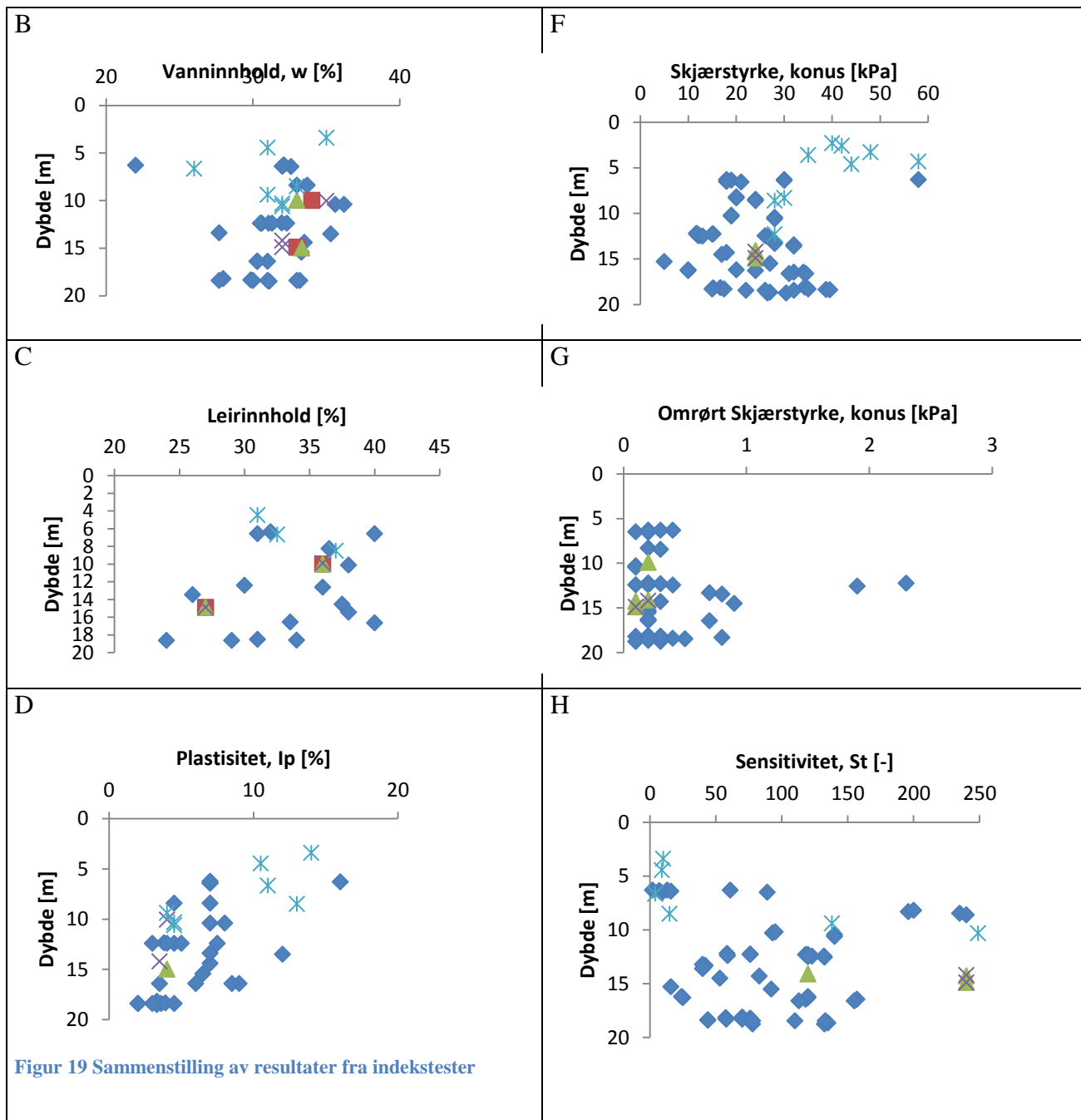
Dersom det er store forskjeller i indeksparametere kan det være med på å forklare forskjeller

man ser ved ødometer- og treaksial-forsøk. Rutineundersøkelsene er også tatt med for å se om resultatene er like for de tre ulike laboratoriene forsøkene er utført ved. Prøvetakingsmetoden, lagringsbetingelsene og mineralogien er tilnærmet lik for de dagferske prøvene. Man kan derfor anta at det er sedimentets naturlige variasjon som gir spredninger i klassifiseringsparameterne. Forskjeller i styrke- og stivhetsparametere er nærmere relatert til prøveforstyrrelse og derfor mer interessante.

Fra figur 19 kan man se at alle miniblokkresultatene er nærliggende for hverandre, med to unntak: høyere skjærstyrke (fig. 19.E.) fra enaksialforsøk for miniblokk fra MC (1502,14,9m) og lavere sensitivitet (fig. 19.H.) for miniblokk fra NTNU (1502, 14,1m). Miniblokkresultatene skiller seg ikke ut fra de andre prøvediameterene. Ifølge teorien øker den udrenerte skjærfastheten med dybden. Fra figur 19.E. kan vi se at udrenert skjærfasthet fra enaksialforsøk har like verdier rundt 5 m som ved 20m. I figur 19.F kan vi se at den udrenerte skjærfastheten fra konus har en større spredning enn ved enaks. Det kan virke som skjærstyrken øker noe med dybden, men trenden er ikke tydelig. Den høye skjærfastheten til 54mm prøver i sjiktet 0-5 m kan skyldes tørt og stivt skorpelag. Det virker ikke som ulike prøvetakere har påvirket resultatet av skjærstyrken. Det er mer nærliggende å skylde på dårlig prøve kvalitet, også hos blokkprøvene.

For å få et bedre bilde av udrenert skjærfasthet er det gjort flere sammenligninger basert på flere felt- og labundersøkelser (se kap 7.1 og 7.3).





7.3. Ødometer forsøk

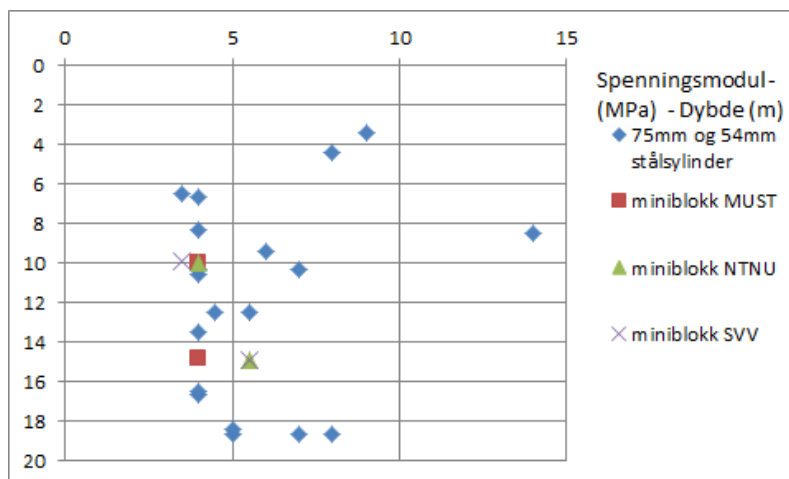
Teori om ødometerforsøk er beskrevet i kapittel 2.1.5. I dette kapittelet blir resultater fra ødometerforsøk av dagferske 54 mm (12/1400-serien) -, 75mm(1500-serien) stålsylinderprøver og 160mm miniblokkprøver tolket og sammenlignet slik at man kan vurdere miniblokkprøvetakerens egenskaper. Jordas stivhet skal også bli bedømt da det er hensikten med ødometerforsøk.

Tabell 9 og figur 20 som følger viser spenningsmodul M for alle dagferske prøver. De fleste prøvene har dårlig kvalitet og det kan føre til feil vurdering av stivhet. Man må være konservativ når man skal velge riktige design-parametere. Resultatene viser en dårlig korrelasjon og da kan det være vanskelig å bedømme in-situ-situasjonen. Det er mulig at denne variasjonen er et resultat av å bruke flere laboratorier da ulike fremgangsmåter kan forekomme. Plottede ødometerforsøk (vedlegg D) hjelper oss å vurdere prøve kvaliteten. NTNUs modul- og spenningsgraf indikerer god kvalitet (ref. kap.2.5.3), men utpisset porevann fra konsolideringsfasen indikerer dårlig kvalitet (ref. kap.2.5.2). Andre faktorer som referansespenning og modul-forhold (ref. kap.2.5.3) indikerer god kvalitet og vi kan antyde at NTNU og SVV har bedre resultater. I tillegg varierer ikke Multiconsults resultater med dybden. M_{oc} er stabil (4MPa) for hullene 1502, 1503, 1504 og 1505. Det kan indikere at testene ikke har gitt riktige resultater. Ved dybde 14,91 ser vi at Multiconsult ikke har fått resultater i nærheten av NTNU. Ser vi nærmere på modul-grafen kan den antyde en forstyrret prøve. Vi kan i tillegg se at NTNU og Statens Vegvesen har like resultater.

Tabell 9 Spenningsmodul M for dagferske prøver

Dagferske	Lab	Hullnummer	Dybde [m]	M [MPa]
54mm- og 75mm- stålsylinder	MC	1210	4,45	8
	MC	1210	9,4	6
	MC	1403	10,32	7
	MC	1406	10,6	4
	MC	1417	6,65	4
	MC	1445	3,4	9
	MC	1445	8.5	14
	MC	1503	8.32	4
	MC	1503	16.65	4
	MC	1504	10.35	4
	MC	1504	16.55	4
	MC	1505	13.55	4
	SVV	1502	6.5	3.5
	NTNU	1502	18.67	5
	NTNU	1503	12.5	5.5

	NTNU	1503	18.7	8
	NTNU	1504	12.48	4.5
	NTNU	1504	18.43	5
	NTNU	1505	18.73	7
Miniblokk	MC	1502	10.04	4
	MC	1502	14.88	4
	NTNU	1502	9.99	4
	NTNU	1502	14.91	5.5
	SVV	1502	9.9	3.5
	SVV	1502	14.9	5.5



Figur 20 Spenningsmodul vs. dybde

7.4. Treksial forsøk

Teori om treksialforsøk beskrives i kapittel 2.1.6. På samme måte som ødometerforsøk skal resultatene fra treksialforsøk av dagferske 54 og 75 mm stålsylinder- og 160 mm miniblokkprøver bli tolket og sammenlignet for å vurdere miniblokkprøvetakerens egenskaper. Det er spesielt interessant å vurdere den udrenerte skjærfastheten siden det er målet med treksialforsøket. Miniblokkprøvene kommer fra samme dybde, vanlige stempelprøver gir ikke prøver fra samme dybde og man er nødt til å sammenligne disse prøvene med “lignende” dybder.

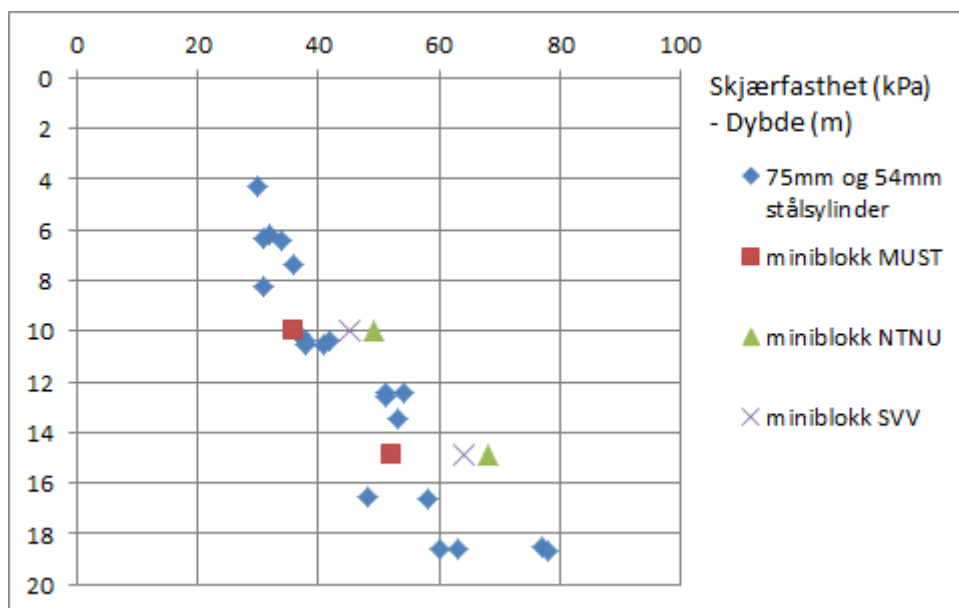
Tabell 10 og figur 21 som følger viser udrenert skjærfastheten for alle dagferske prøver. Vurderingen til prøvene ble gjort basert på NTNU-, NGI- og p' - q' plott (se vedlegg E).

Dataene kommer fra Multiconsult, NTNU og Statens Vegvesen og ble beregnet på nytt når det var mulig for å sjekke resultatene. De fleste prøvene har dårlig kvalitet. Derfor må man være spesielt forsiktig når man skal velge riktige design-parametere fordi den udrenerte skjærfastheten spiller en så viktig rolle for anleggs-sikkerheten.

Tabell 10 Dagferske prøver og udrenert skjærfasthet

Dagferske	Lab	Hullnummer	Dybde [m]	ϵ_{vol} [%]	$\Delta e/e_0$	NGFkrav	Su[kPa]
75mm og 54mm stålsylinder	MC	1403	4.3	2.53	0.057	god	30
	MC	1403	10.4	3.29	0.074	dårlig	42
	MC	1403	10.5	5.43	0.122	dårlig	41
	MC	1406	6.4	1.52	0.031	veldig god	34
	MC	1406	10.4	4.03	0.086	dårlig	38
	MC	1406	10.5	2.81	0.06	god	38
	MC	1417	6.2	0.9	0.022	veldig god	32
	MC	1431	7.4	1.49	0.036	veldig god	36
	MC	1431	12.4	2.39	0.056	god	54
	MC	1503	8.25	4.89	0.097	dårlig	31
	MC	1503	16.55	7.32	0.154	veldig dårlig	48
	MC	1054	10.1	7.1	0.145	veldig dårlig	37
	MC	1504	16.65	5.7	0.128	dårlig	58
	MC	1505	13.45	4.3	0.101	dårlig	53
	SVV	1502	6.35	3.85	0.08	dårlig	31
	NTNU	1502	18.59	6.1	0.126	dårlig	60
	NTNU	1503	12.41	6.5	0.135	dårlig	51
	NTNU	1503	18.63	6.2	0.135	dårlig	63
NTNU	1504	12.62	7.5	0.145	veldig dårlig	51	

	NTNU	1504	18.51	5.2	0.122	dårlig	77
	NTNU	1505	18.64	3.9	0.092	dårlig	78
Miniblokk	MC	1502	9.98	4.4	0.091	dårlig	36
	MC	1502	14.91	4.22	0.089	dårlig	52
	NTNU	1502	9.99	3.4	0.074	dårlig	49
	NTNU	1502	14.91	5	0.109	dårlig	68
	SVV	1502	9.99	2.62	0.055	god	45
	SVV	1502	14.91	2.66	0.056	god	64



Figur 21 Skjærfasthet dagferske prøver vs. dybde

I følge teorien øker den udrenerte skjærfastheten med dybden. Figur 21 viser den udrenerte skjærfasthet fra treaksialforsøkene. Vi kan se at i det øvre laget(4-10m) er skjærstyrken tilnærmet konstant. Deretter øker skjærstyrken lineært med dybden. Dette stemmer overens med teorien.

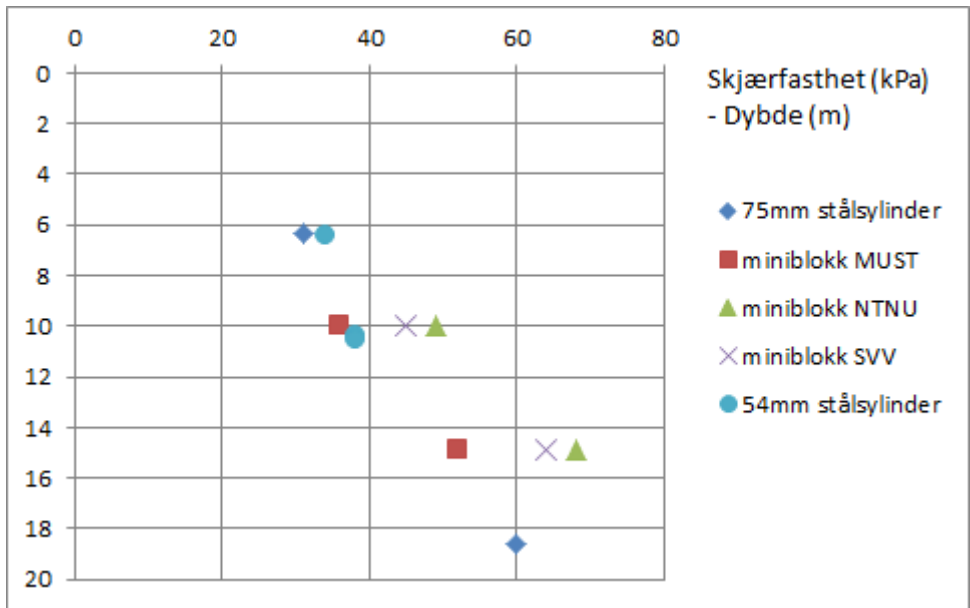
Når det gjelder skjærstyrken til miniblokkprøvene kan vi se at resultatene varierer noe. Statens Vegvesen og NTNU har oppnådd høyere skjærfasthet enn Multiconsult og de andre prøvetakerne for begge dybdene. NTNUs treaksialspenningssti indikerer en lavere dilatansparameter (D) enn Multiconsult sin (se vedlegg E) noe som antyder en mindre forstyrret prøve. I tillegg samsvarer skjærfastheten til NTNU og SVV bedre overens med skjærfastheten målt med CPTU (se kap 7.1) enn Multiconsult sine.

I følgende tabell 11 og sammenlignes tolkede resultater fra miniblokkprøvene fra Multiconsult og NTNU. Man kan se alle plottede grafer i vedlegg E.

Tabell 11 Dagferske prøver og udrenert skjærfasthet

Resultater treksialforsøk		Multiconsult		NTNU	
		NGI plott	NTNU plott	NGI plott	NTNU plott
Dybde 9,99m	Su [kPa]	36		48,5	
	a [kPa]	10	0	10	10
	tan ϕ	0,45	0,5	0,55	0,55
	D	-0,5		-0,29	
Dybde 14,91m	Su [kPa]	53		68,5	
	a [kPa]	10	5	10	10
	tan ϕ	0,45	0,55	0,55	0,55
	D	-0,41		-0,25	

Skjærstyrken fra Hull 1406 (54mm) og 1502 er fremstilt i Figur 22 under. Disse borehullene er av særlig interesse fordi de er lokalisert veldig nære hverandre. Man kan se at Multiconsults miniblokkresultater er veldig like som resultatene fra 54mm stålsylinder i samme høyde. Det kan indikere at prøve kvaliteten til miniblokkprøven ikke er bedre enn kvaliteten til 54 mm stålsylinderen. Siden Multiconsult sin blokkprøve stammer fra samme blokk som NTNU og SVV sine prøver kan det tyde på at prøve kvaliteten til miniblokkprøven ble forringet etter at den ble oppdelt og fordelt. Et viktig poeng å få med seg er prøvene fra borehull 1406 vurderes til å ha god kvalitet. Mens av prøvene fra borehull 1502 er det kun miniblokkprøvene fra SVV som vurderes å ha god kvalitet.



Figur 22 Skjærfasthet fra hull 1406 og 1502

8. VURDERE LABORATORIENES PROSEDYRES INVIRKNING

Vi vil i dette kapittelet snakke om laboratoriehåndtering og se om det er noen ulikheter ved fremgangsmåter hos de forskjellige laboratoriene. De to laboratoriene som gjorde de fleste dagferske grunnundersøkelsene er Multiconsult og NTNU. Siden resultatene fra de to laboratoriene ikke samsvarer ønsker vi å undersøke om noe ved de ulike prosedyrene som følges, spesielt i treksialforsøk, som gir disse avvikene. Vi vil derfor beskrive treksialforsøkens prosedyre basert på CAUc for miniblokkprøvene i detalj for å vurdere laboratorienes prosedyrens innvirkning. Beskrivelsen skal være sammenlignende og fokuserer på miniblokkens treksial-konsoliderings-parametere (B-verdi, baktrykk og konsolideringstid). All informasjonen ble gitt fra NTNU- og Multiconsult sine laboratorier enten som rådata, rapporter eller via intervju.

8.1. Transport og oppbevaring

Blokkprøvene ble tatt opp av grunnen av NTNU og så kjørt fra E6 Klett til NTNUs laboratorium på Gløshaugen (ca.14km). Der ble prøvene delt og deretter sendt videre til Multiconsult sitt laboratorium ved Sluppen (ca.3km). Prøvene er dagferske og ble testet fortløpende fra felt.

8.2. Prøvepreperasjon

Prøvene ble trimmet i hver lab ned til den samme størrelsen, 54 mm diameter og 100 mm høy. Multiconsult måler noen ganger på tre steder (i topp, midt og bunn) og bruker gjennomsnittet som kalles middels diameter. NTNU måler prøven kun en-gang. Denne ulikheten påvirker ikke resultatene, siden diameterne er tilnærmet like. Prøven bygges inn i en gummimembran og plasseres i treksialscellen. Prøven er klar til å kjøres.

8.3. Prosedyre

Prosedyre for spesialforsøk ble oppgitt av oppdragsgiver, ref. [26] vedlegg C. Prosedyren inkluderte hvilke laboratorieundersøkelser som skulle gjennomføres, spesifiserte

tøyningshastighet($\dot{\epsilon}$:0,7 %/t og treaks:1,2 %/t), konsolideringsspenninger og hvordan resultatene skulle fremstilles.

8.4. Testingen

Først skal prøven konsolideres til in-situ spenningen. Så skal prøven kjøres til brudd i skjærfasen.

Pålastingen skjer hydraulisk og begynner i konsolideringsfasen. Under konsolideringsfasen vil det økte celletrykket føre til at noe porevann presses ut av prøven. Vannets volum registreres for å vurdere prøveforstyrrelsen. Det er ikke ønskelig å ha for mye utpresset porevann. Prøvene krever at pålastingen ikke skjer for fort (da kommer det for mye vann ut) og ikke for sakte. Det kan være lurt å følge med siden jordprøvene responderer forskjellig på belastningen. Multiconsult kjører konsolideringsprosessen automatisk. De prøver å konsolidere til de oppnår en lav gradient for utpresset porevann på 5 mm^3 pr. 5 min. Erfaringsmessig er ikke utpressing av porevann 5 mm^3 pr. 5 min oppnådd før ved 14-20 timer konsolidering (snitt) ved CAUa og CAUp forsøk i Trondheim. NTNU kjører konsolideringsprosessen manuelt. Testens operatør fulgte med på volumendringen, hvor mye vann som kom ut, og hvordan prøven reagerte på påsatt celletrykk. Operatøren justerte slik at det ikke kom for mye vann ut av prøven og slik at kurven ikke gikk rett ned. Det oppnås ved å holde konstant tøyningshastighet og mengde utpresset porevann på samme nivå. Celletrykket må justeres underveis. I tillegg er det verdt å nevne at den automatiske målingen gjøres hver 2 minutt hos Multiconsult, mens NTNU måler hvert sekund. Det kan være små detaljer MC ikke får målt og det kan påvirke formen på kurvene.

Konsolideringstid:

Konsolideringstid avhenger ellers av om man kjører anisotrop (CAUa) eller isotrop (CIUa) konsolidering. Det tar vanligvis mye kortere tid ved isotrop (CIUa) konsolidering. Kortere konsolideringstid oppnås også ved sandige og siltige leirprøver. For denne oppgaven har vi bare CAUa tester. Konsolideringstiden er et resultat av hvor mye porevann som kommer ut (man vil ikke at det skal være for mye og det kan derfor ta lang tid), og hvordan prøven responderer til cellerykket. Vanligvis lastes prøvene delvis over natt. NTNU har lengre konsolideringstid enn Multiconsult (se tabell 12). Vi kan se fra tabell 12 at konsolideringstiden varierer med flere timer mellom de to ulike laboratoriene. Multiconsult bruker et fast forhold mellom utvist porevann og tid (5 mm^3 per. 5 min). NTNU bestemmer

konsolideringstiden som et resultat av hvor mye porevann som kommer ut, og hvordan prøven responderer til cellerykket. NTNU har ikke en fast forhold og det har i dette forsøket ført til lengre konsolideringstid.

B-verdi:

Multiconsult har muligheter til å påføre metningstrykk (baktrykk) med B-test som kontrollerer prøvens metning. B-verdi sjekkes ved å øke celletrykket med 10 kPa (vanligvis) samtidig som man måler poretrykksøkningen etter først å ha påført et fast baktrykk på 500 kPa. NTNU har en manuell prosedyre og operatør har ansvar og sjekke celletrykket og påføre baktrykk.

Baktrykk:

Multiconsult påfører for det meste 500 kPa i baktrykk, men det kan variere i forhold til metningsgrad og type leire eller silt. Prøvene fra E6 Klett begynner testene med et baktrykk på 400 kPa for hullene 1403, 1406, 1417 og 1431 og med 500 kPa for hullene 1502, 1503, 1504 og 1505. Baktrykket øker etterhvert med hensyn til prøvens reaksjon. NTNU bruker baktrykket basert på erfaring og bruker vanligvis et baktrykk på 500 kPa. Men det kan variere avhengig av prøvens respons. Prøvene fra E6 Klett startet med et mindre baktrykk hos NTNU på omtrent 200 kPa (se tabell 12)

Standard:

Det finnes ingen spesiell standard for treaxskjøring og prosedyren er erfaringsbasert. Standard er til utredning og er basert på en teknisk spesifikasjon (TS) som eksisterer nå (NS-EN ISO 17892/TS – SERIEN). Det forventes å komme på høring sent i år eller tidlig 2016.

NTNU kjører treaxsialforsøk manuelt, mens hos Multiconsult kjøres det for det meste automatisk. Dette skjer fordi Multiconsult har bedre og nyere utstyr og balanserer kostnad og effektivitet.

8.5 Oppsummering av forskjeller i laboratoriehåndtering

Siden det ikke er en standard for treaxsialforsøk, følger laboratoriene sin egen prosedyre innenfor anbefalingene. Tabell 12 oppsummerer forskjellene nevnt tidligere i kapittelet. Tabellen viser miniblokkprøvene fra hullnummer 1502 og dybde 9,99m og 14,91m

henholdsvis. Vi fokuserer på miniblokkprøvene fordi de skulle gi de mest nøyaktige resultatene, men de skiller seg ikke ut fra de andre prøvetakingsmetodene.

Tabell 12 Forskjeller ved miniblokkprøver

1502 (9.99m)	Multiconsult	NTNU
Konsolideringstiden (min)	898	1203
Baktrykk (kPa)	500 (583)	199
Målingstiden (sek)	120	1
Testtype	automatisk	manuelt
<i>MINIBLOKKPRØVENE</i>		
1502 (14.91m)	Multiconsult	NTNU
Konsolideringstiden (min)	798	1372
Baktrykk (kPa)	500 (620)	199
Målingstiden (sek)	120	1
Testtype	automatisk	manuelt

Til slutt må vi si noe om prøvens kvalitet i forbindelse med belastningen. Forskere (Leroueil og Hight, 2003, Lacasse 1995) har vist at en stor endring i belastning kan endre resultatet av CAUa- tester, særlig for leire med høy plastisitet. Leiren fra E6 Klett har lav plastisitet (ifølge Atterbergsgrenser, for høy plastisitet, må I_p være større enn 30, mens her har vi $I_p=4$) og endringen i belastningen utgjør ikke stor forskjell. [9][28ⁱ]

9. DISKUSJON OG SAMMENLIGNING

Denne oppgaven hadde tre siktemål: å vurdere prøvenes kvalitet, å produsere dokumentasjon av miniblokkprøvetakerens egenskaper og vurdere laboratorienes prosedyrers innvirkning. En kort diskusjon følger for å illustrere de viktigste punktene ved masteroppgaven.

Først skal vi begynne med prøve kvalitet som er basert på volumtøyning ε_{vol} og poretallsendring $\Delta e/e_0$. Begge måtene beskriver den samme endringen. Volumtøyning viser til forandringen i porevolum i forhold til det initielle totale volumet. Poretallsendring viser til forandringen i porevolum i forhold til det initielle porevolumet. Poretallsendring er kanskje alene et dårlig mål for denne leiren siden det er mange lag med silt, noe som kan drenere prøvene. Leiren er homogen i så måte at siltsjiktene ligger på samme sted gjennom leira horisontalt, dvs. lagdelingen er homogen. Man kunne kanskje klart å oppnå bedre kvalitet på prøvene ved å utføre flere prøvetakinger i felt. Ettersom arbeiderne blir mer vant til forholdene og hvordan grunnen responderer kunne kvaliteten ha bedret seg noe. Men man hadde kanskje bare fått små forbedringer i kvalitet og man måtte ha brukt masse penger- og det hadde ikke vært kostnadseffektivt. Poretallsendring er ikke den eneste måten å vurdere prøve kvalitet på. Ifølge teori ref. [1] kan man også bruke sin egen erfaring til å vurdere grafene fra ødometer- og treksialforsøk. Prøver som klassifiseres som dårlig kvalitet basert på poretallsendring kan likevel klassifiseres som gode prøver basert på spenningsstier. Gode grafer gjør at man lettere kan bestemme jordas materialparametre.

Miniblokkprøvetakerens egenskaper er viktige for å forsvare økte kostnader ved grunnundersøkelser. Det var en stor forskjell mellom resultatene hos Multiconsults lab og NTNU/SVV lab for miniblokkprøvene. NTNU og Statens Vegvesen gir resultater som passer med CPTU bedre enn Multiconsult. I tillegg viser Multiconsults treksialgrafer større dilatansparameter som indikerer forstyrrelse. Hvis man antar at NTNU og Statens Vegvesen har bedre kvalitet, kan man sette udrenert skjærfasthet høyere (ca. 20 %) enn hva som ble målt fra 75 mm og 54 mm stålsylindere. Det kan redusere prosjektets kostnad, men man må være forsiktig. Siden det er knyttet usikkerhet til kvaliteten, er det viktig å være konservativ. Til tross for at miniblokkprøvene er dyre, kan de gi resultater med bedre kvalitet og høyere egenskaper som kan redusere prosjektkostnader. Derfor anbefaler vi at man må investere

penger på mer nøyaktige undersøkelser med miniblokkprøver for å fastsette empiriske verdier og øke sikkerheten.

Til slutt handler denne oppgaven om laboratorienes prosedyrers innvirkning. Laboratorienes innvirkning har spilt en viktig rolle for resultatene. Vi ser at laboratorier (Multiconsult, NTNU og Statens Vegvesen) med mye erfaring og godt utstyr oppnår ulike resultater, spesielt ved treksialforsøk. Dette kan skyldes forskjellige prosedyrer som ble brukt ved testene. Påføringen av baktrykk og hvor mye baktrykk som trenges påvirker resultatene. En automatisk prosedyre som benytter et fast baktrykk i forhold til metningsgrad og type kan gi dårligere resultater enn en manuell prosedyre hvor operatør øker baktrykk manuelt med hensyn på prøvenes reaksjon. Men manuelle prosedyrer er ikke foreslått siden de kan føre til høyere kostnad uten at de kan garantere bedre resultater. I tillegg er det mulig at man får bedre resultater når den samme operatøren behandler alle testene fordi det kan redusere feil og forskjeller som skjer på grunn av menneskelig svikt. Man må også være veldig forsiktig med konsolideringstid og pålastning. Begge to parametere påvirker prøvenes reaksjon og spenningssti. Det er en selvfølge at laborantene har mye erfaring og godt utstyr for å gi gode resultater. Dette er særlig viktig når man behandler miniblokkprøver som er en veldig dyr undersøkelse.

10. KONKLUSJON

På bakgrunn av de tre hovemålene vi hadde kan det trekkes flere konklusjoner når det gjelder prøvekvallitet, prosedyrenes innvirkning og dokumentering av miniblokkprøvetakeren. Vi har belyst viktige faktorer som påvirker prøvetaking og prøvekvallitet.

Først og fremst er det viktig å bruke metodene beskrevet i teorien for å evaluere prøvenes forstyrrelse. Klett har ekstra utfordrende grunnforhold når det gjelder å ta opp prøver med god kvallitet. Da er det ekstra viktig å gjøre en god evaluering av validiteten til resultatene. Poretallsendring er ikke god nok alene til å vurdere prøvekvallitet i sensitiv leire med siltlag. Det anbefales at fremtidige prøver analyseres gjennom røntgen og CT-skann fotografier. Da kan siltlag identifiseres uten å forstyrre prøven. Dermed kan man velge de beste prøvene som skal testes i laboratoriet. Erfaring trengs for å vurdere prøvenes kvallitet. Det er viktig å ha best mulig utførelse i en hver fase (fra felt-transport-oppbevaring-lab) for å hindre at kvalliteten reduseres. Vi kan ikke konkludere med at økende diameter på stempelprøvetakeren gir mindre forstyrrelser og det er dermed ikke grunnlag i denne oppgaven for å konkludere med at ulike forsøksstyper gir bedre prøvekvallitet.

Blokkprøver skal gi resultater med bedre kvallitet og høyere egenskaper enn vanlige stempelprøver. Miniblokkprøvene ga ikke entydige resultater da det var forskjell på verdiene mellom Multiconsults lab og NTNU/SVV lab. Prøvekvalliteten til miniblokkprøvene sett i forhold til stempelprøvetakerne med 54, 72 og 75mm tar ikke entydig prøver med best kvallitet.

En sammenligning av resultater fra de forskjellige laboratoriene viste at de oppnådde ulike resultater og ulik prøvekvallitet. Sammenligningen av prosedyrene utført ved NTNU og Multiconsult viste forskjeller som kan påvirke prøvekvalliteten. Men det er ikke funnet årsaker som forklarer disse fullstendig. Det viser at det er viktig å være bevisst på prosedyrene og hele tiden prøve å forbedre dem. Laboratoriens prosedyrers innvirkning kan reduseres dersom labene bruker en felles standard som er presis for alle typer leirer. Det jobbes for tiden med en felles standard for utføring av treaksialforsøk. Ved universiteter er det lettere å fokusere på de teoretiske detaljene. For bedrifter ønsker man å utføre undersøkelsene så kostnadseffektivt

som mulig. Det er derfor hensiktsmessig å kombinere store prosjekt og forskning av så vel faglige som kostnadshensyn.

11. REFERANSER

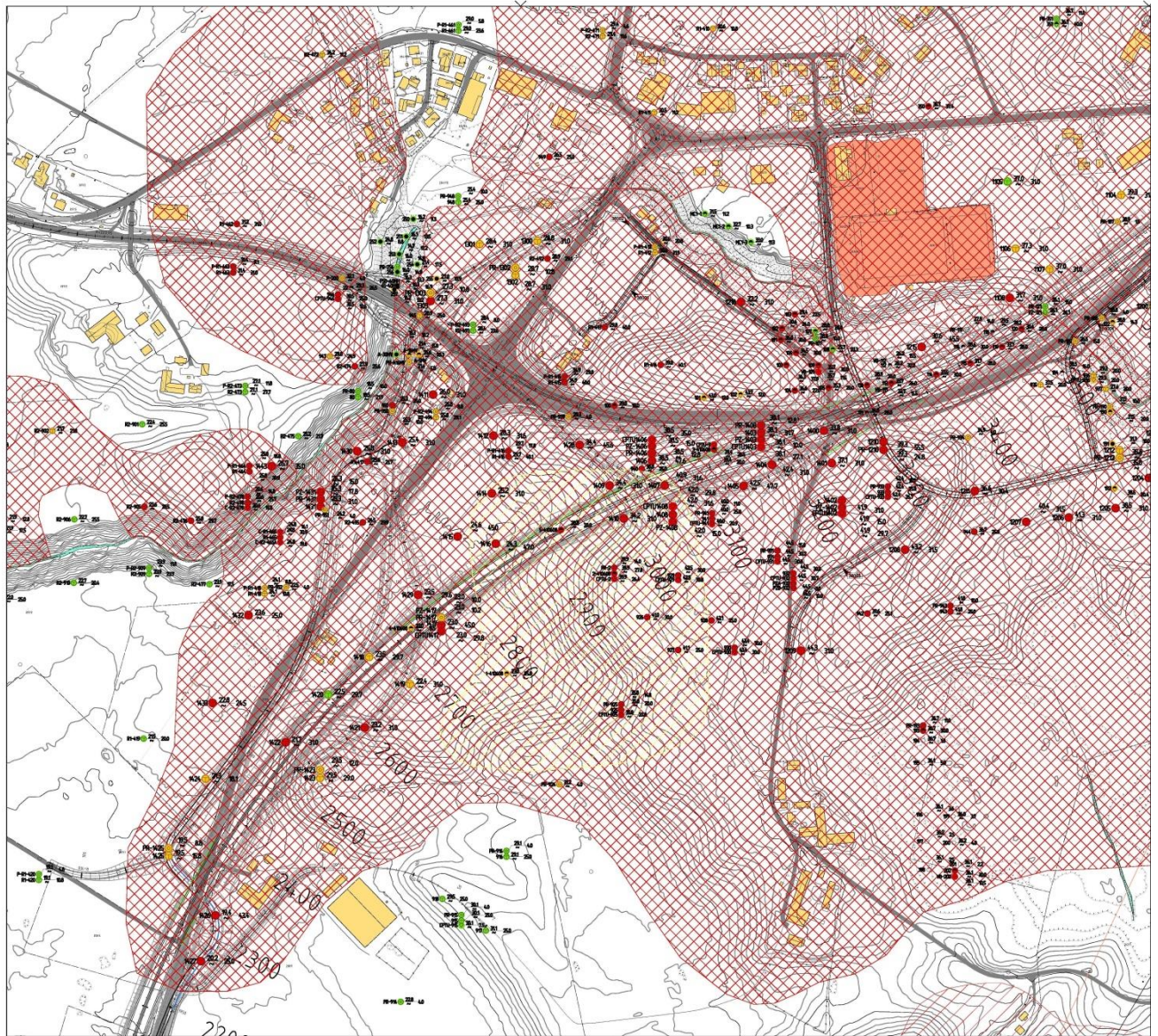
- [1] Norsk Geoteknisk Forening, «Veiledning for prøvetaking,» NGF, Oslo, 2013
- [2] Statens Vegvesen, (1997) Håndbok 014, Laboratorieundersøkelser
- [3] Statens Vegvesen, (1997) Håndbok 015, Feltundersøkelser
- [4] T. Ørbech, (1999) “Prøveforstyrrelse i leire og silt,” Hovedoppgave, NTNU
- [5] M. Sjursen (1996) “Prøveforstyrrelse i leire,” Hovedoppgave, NTNU
- [6] NTNU Geotechnical division, (2013) «Geotechnics, Field and Laboratory Investigations»
- [7] K. Karlsrud, T. Lunne, D. Kort og S. Strandvik, «CPTU Correlations for Clays,» i *Proceedings of the 16th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*, Osaka, 2005.
- [8] H.H. Seierstad (2000) “Prøveforstyrrelse i leire, Vurdering av Ø75 mm stempelprøvetaker” Hovedoppgave, NTNU
- [9] Hight, D. W., Leroueil, S. (2003). Characterisation of soils for engineering purposes. *Characterisation and engineering properties of natural soils*, 1, 255-362.
- [10] NIFS, «Rapport 67-2014 “Effekt av lagring på prøve kvalitet”»
- [11] Siddique, A., Clayton, C. R. I., Hopper, R. J. 1999. The effects of varying centerline tube sampling disturbance on the behavior of reconstituted clay. *Geotech. Test. J.*, 22(3), 245–256.
- [12] NIFS, «Rapport 41-2013, “State of the art: Blokkprøver”»
- [13] D.W. Hight (1992) “A review of sampling effects in clays and sands”
- [14] Andresen, A., Kolstad, P. 1979. The NGI 54 mm samplers for undisturbed sampling of clays and representative sampling of coarser materials. *Proc. Int. Symposium on Soil Sampling*, Singapore 1979, pp.13-21.
- [15] Lunne, T., Berre, T., and Strandvik, S. 1997. Sample disturbance effects in soft low plastic Norwegian clay. In *Proceedings of the Conference on Recent Developments in Soil and Pavement Mechanics*, Rio de Janeiro, Brazil, 25–27 June 1997. Edited by M. Almeida. A.A. Balkema, Rotterdam, The Netherlands. pp. 81–102.
- [16] Karlsrud, K., Hernandez-Martinez, F.G. (2013). Strength and deformation properties of Norwegian clays from laboratory tests on high quality block samples.
- [17] Landon, M.M., DeGroot, D.J., Sheahan, T.C. (2007). Nondestructive sample quality assessment of a soft clay using shear wave velocity. *Journal of geotechnical and geoenvironmental engineering*, 133(4), 424-432.
- [18] {“<http://kart.gulesider.no/?q=klett>”}
- [19] Reguleringsplan E6 Klett, Vedlegg 1, plankart 1 og 2
- [20] {<https://www.stfk.no/upload/A/2013/Samferdsel/Faktaark%20Prioriteringer%20S%C3%B8r-Tr%C3%B8ndelag%20veg.pdf>}

- [21] Delegasjonsvedtak i plansak NR. FBR 2236/13. ref 12/41569-20
- [22] www.google.no/maps
- [23] NGI, Grunnundersøkelser - Datarapport. Rapportnr. 20130642-01-R, Trondheim: Norges Geotekniske Institutt, 2014.
- [24] Multiconsult AS, Grunnundersøkelser Datarapport, Rapportnr. 415531-RIGRAP-001, Trondheim: Multiconsult AS, 2013.
- [25] Multiconsult AS, Geotekniske vurderinger Datarapport, Rapportnr. 415531-RIGRAP-002, Trondheim: Multiconsult AS, 2013.
- [26] Multiconsult AS, Datarapport grunnundersøkelser, dagsferske prøver. Rapportnr.: 415531-RIG-RAP-003, Trondheim: Multiconsult AS, 2014.
- [27] NGI, Grunnundersøkelser - Datarapport. Rapportnr. 20130642-09-R, Trondheim, Norges Geotekniske Institutt, 2014
- [28] Lacasse, S. (1995). Stress – strain behaviour: Importance of mode and rate of load application for engineering problems. *Proceedings Pre-failure Deformation of Geomaterials*, Shibuya et al. (eds.), Balkema, 887 – 907.

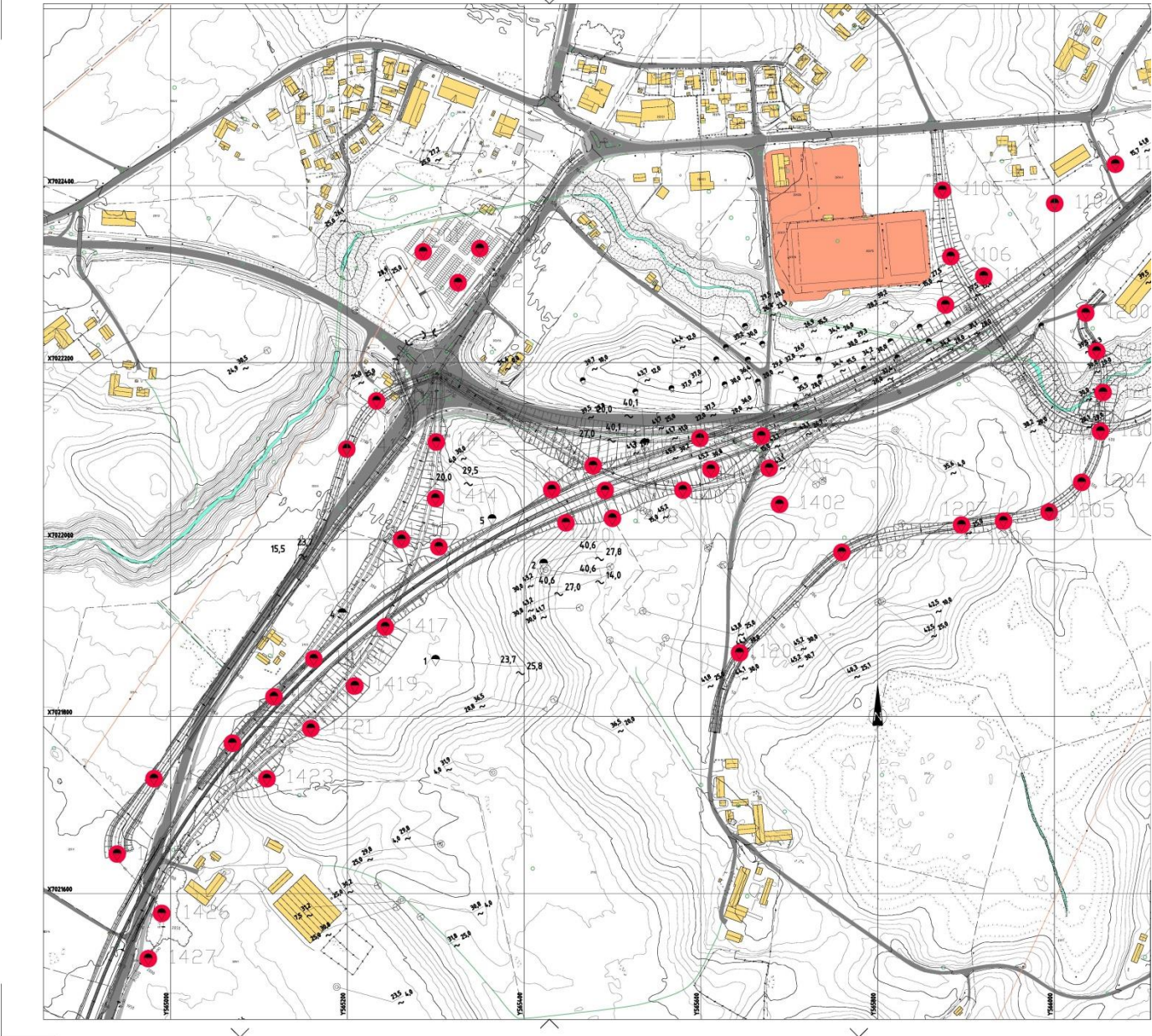
Vedlegg A Borplan

(Grafene er plottet av multiconsult for vegvesenet, datarapport grunnundersøkelser, dagsferske prøver DOKUMENTKODE: 415531-RIG-RAP-003)

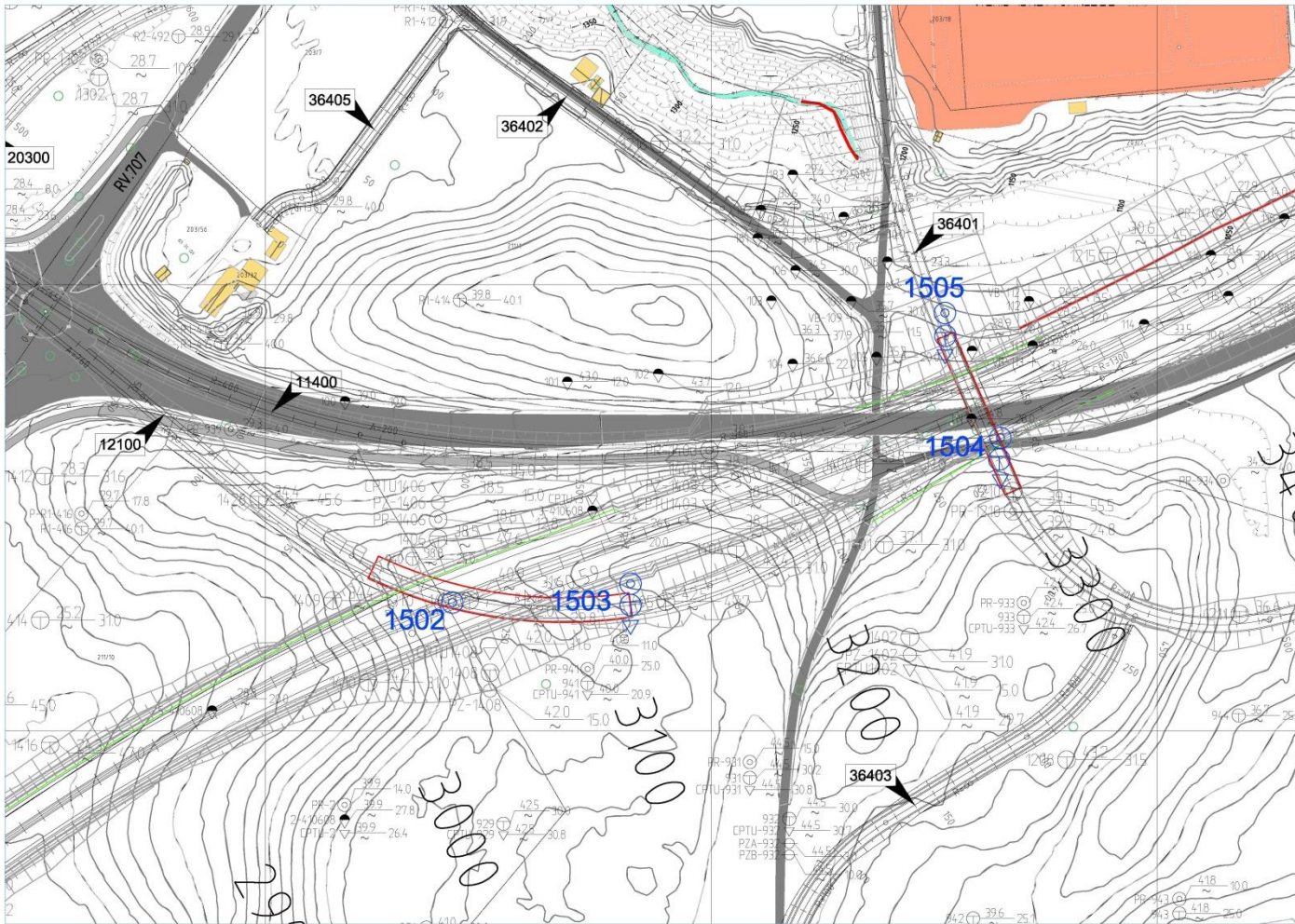
Borplan over området



Borplan (fokuset på hullnummer 1400 og 1200)

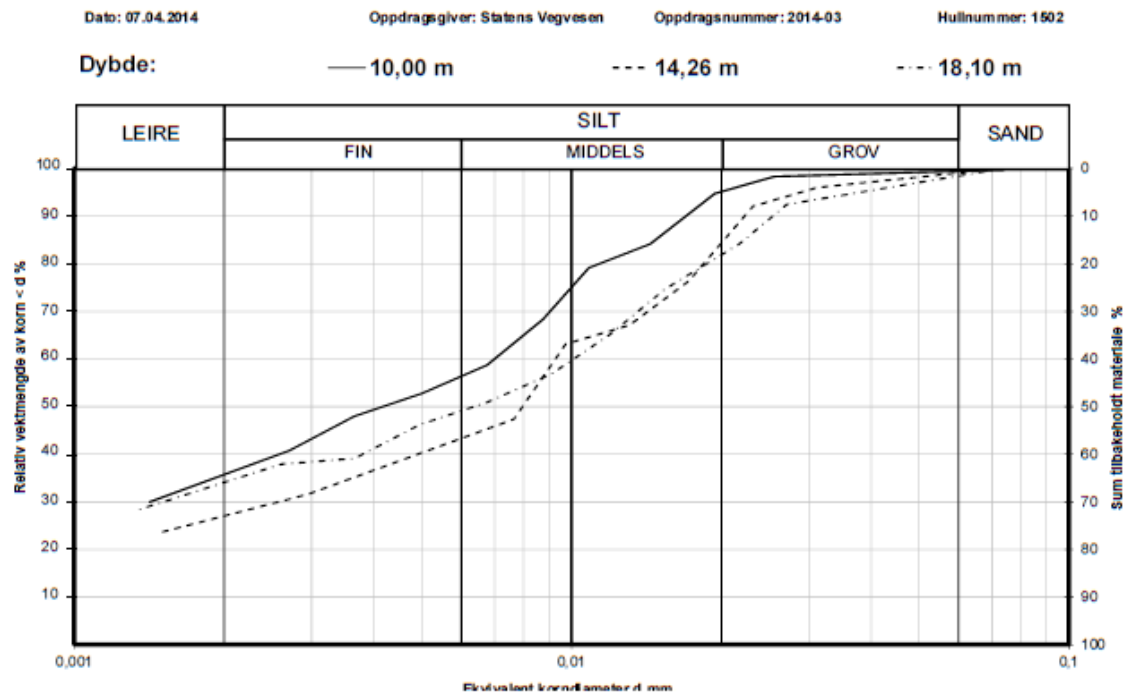


Borplan (fokusert på hullnummer 1500)



Vedlegg B Sikteanalyse

Vedlegg B1- Sikteanalyse Hull nr. 1502, NTNU



Vedlegg B2- Sikteanalyse Hull nr. 1503, NTNU



HYDROMETERANALYSE

Dato: 07.04.2014

Oppdragsgiver: Statens Vegvesen

Oppdragsnummer: 2014-03

Hullnummer: 1503

— 12,51 m

--- 14,26 m

Vedlegg B3- Sikteanalyse Hull nr. 1504, NTNU



HYDROMETERANALYSE

Dato: 07.04.2014

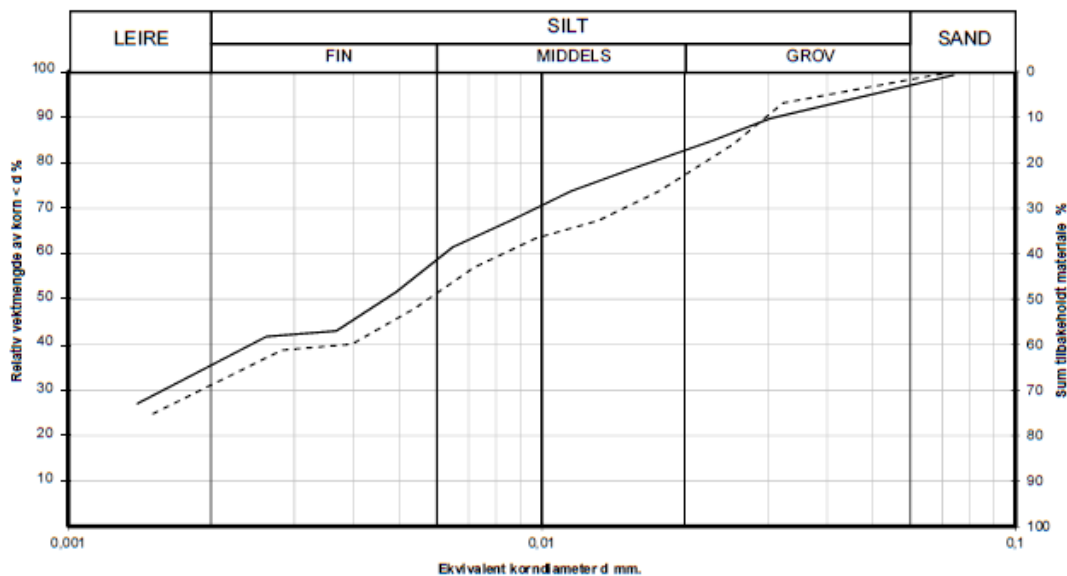
Oppdragsgiver: Statens Vegvesen

Oppdragsnummer: 2014-03

Hullnummer: 1504

— 12,55 m

--- 18,15 m



Vedlegg B4- Sikteanalyse Hull nr. 1505, NTNU



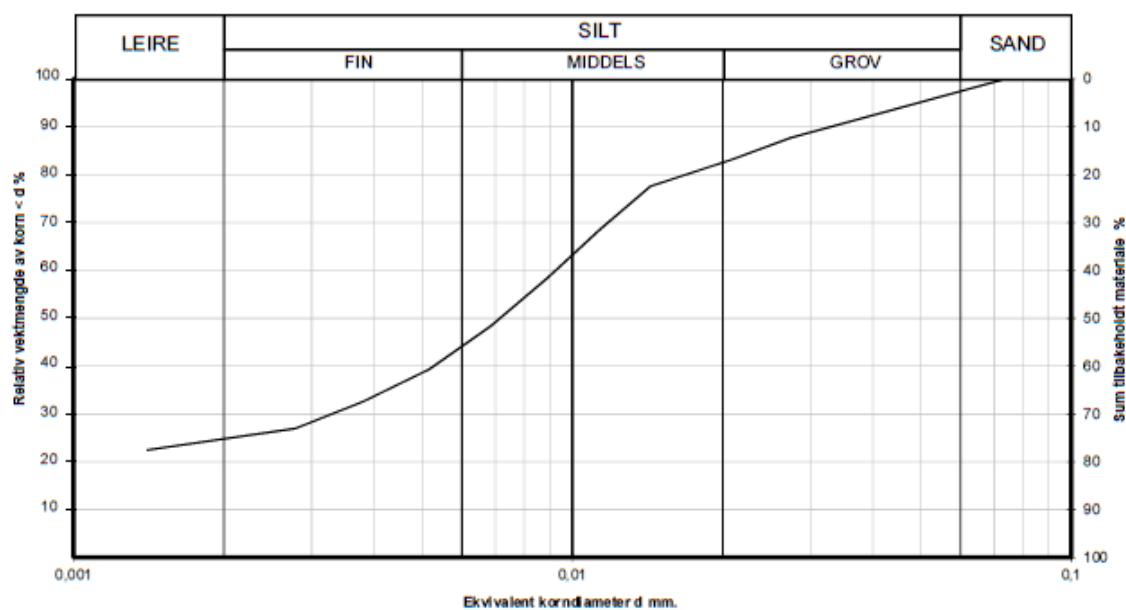
HYDROMETERANALYSE

Dato: 07.04.2014

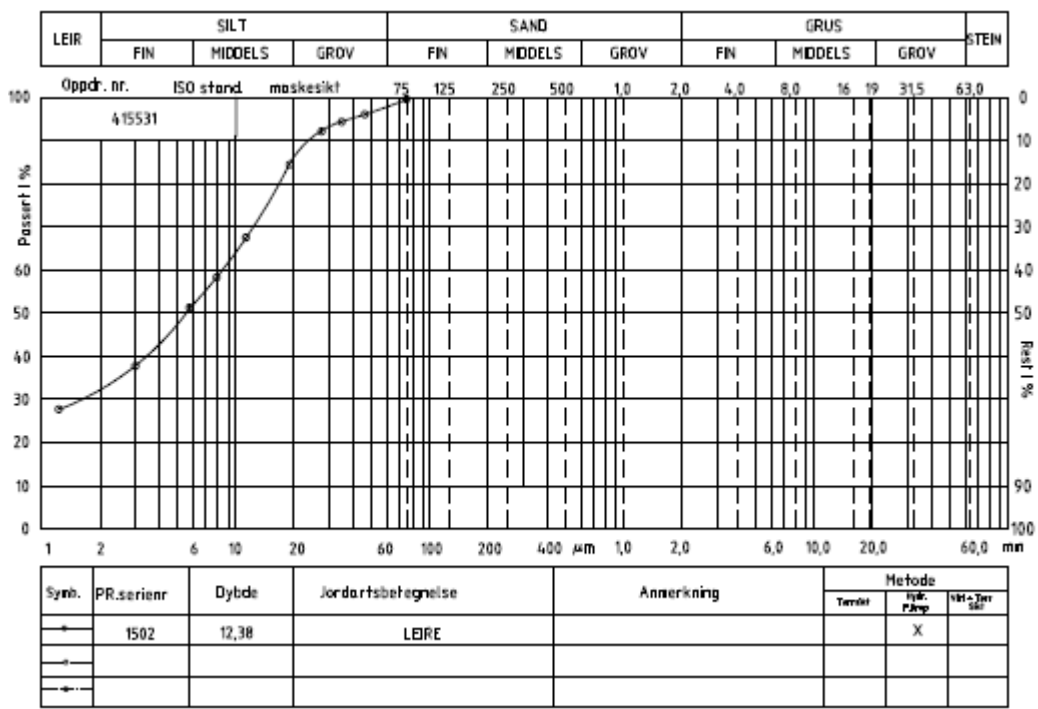
Oppdragsgiver: Statens Vegvesen

Oppdragsnummer: 2014-03

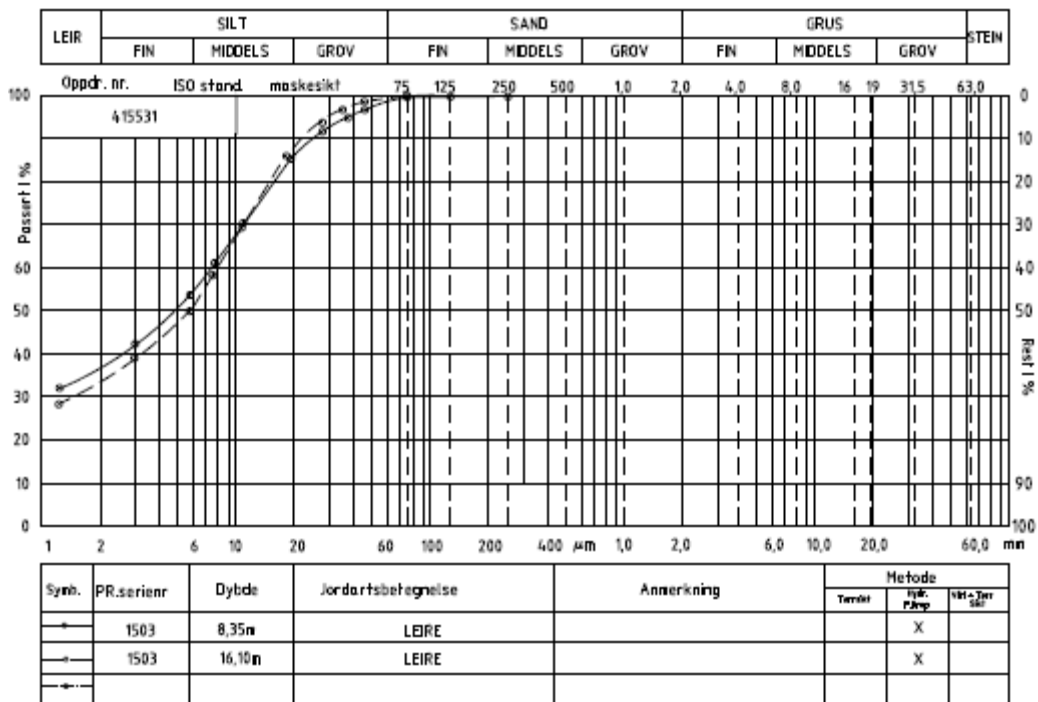
Hullnummer: 1504 — 18,70 m



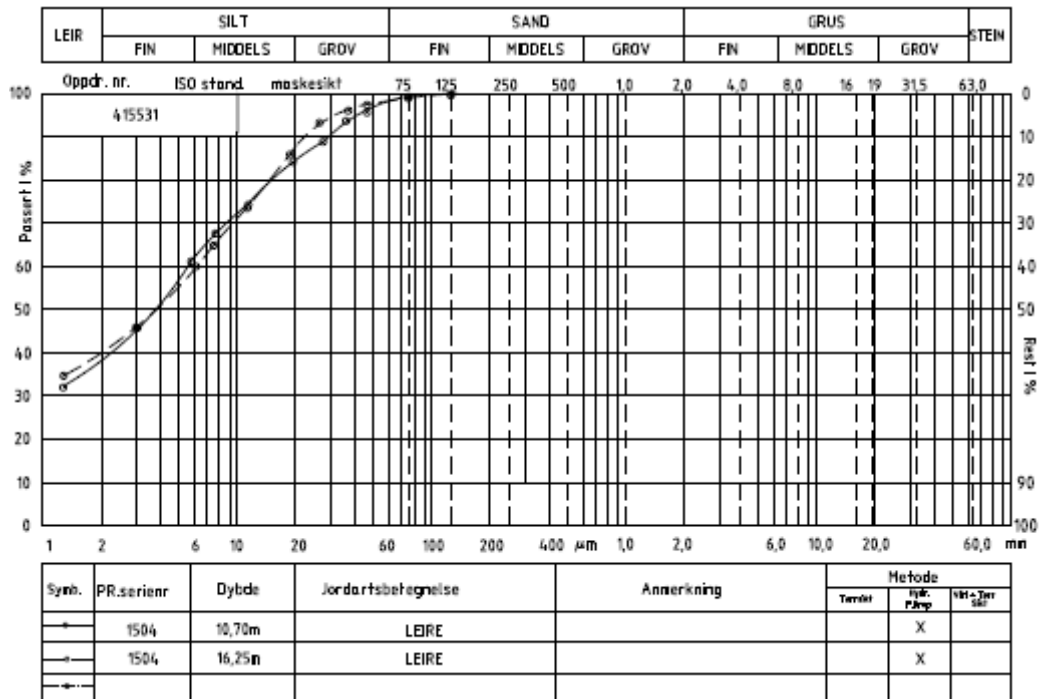
Vedlegg B5- Sikteanalyse Hull nr. 1502, Multiconsult



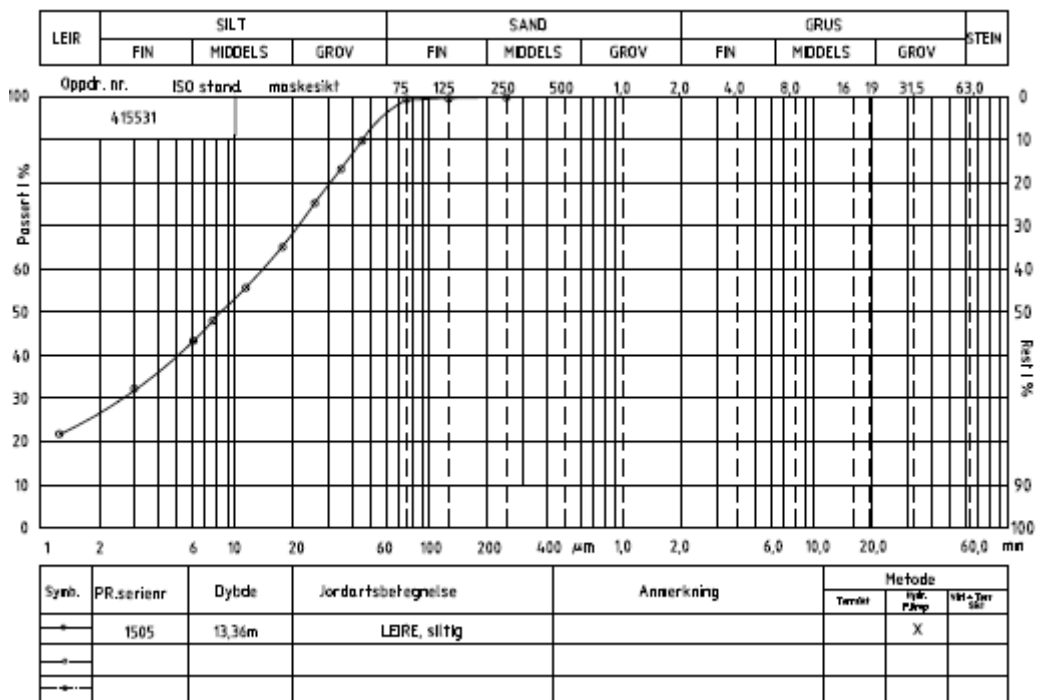
Vedlegg B6- Sikteanalyse Hull nr. 1503, Multiconsult



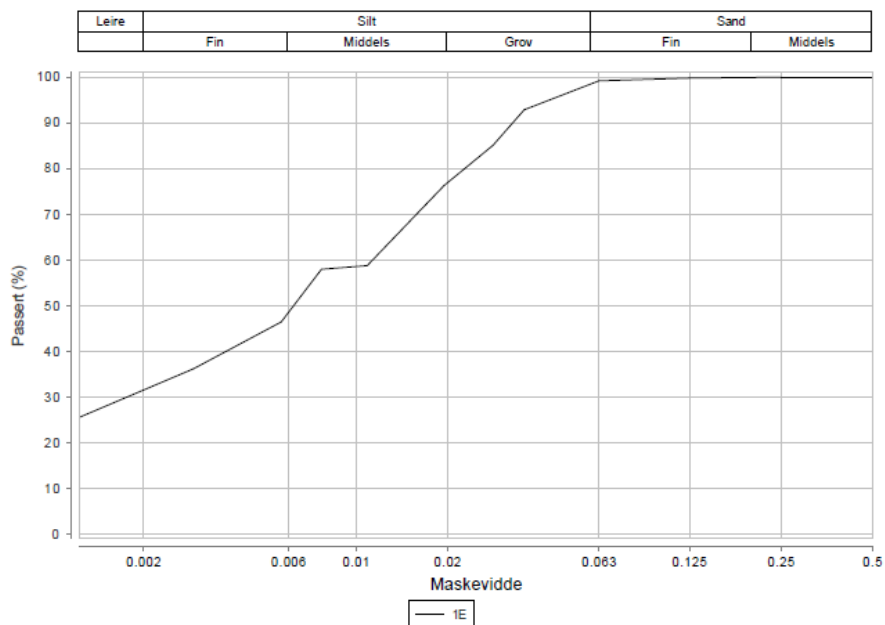
Vedlegg B7- Sikteanalyse Hull nr. 1504, Multiconsult



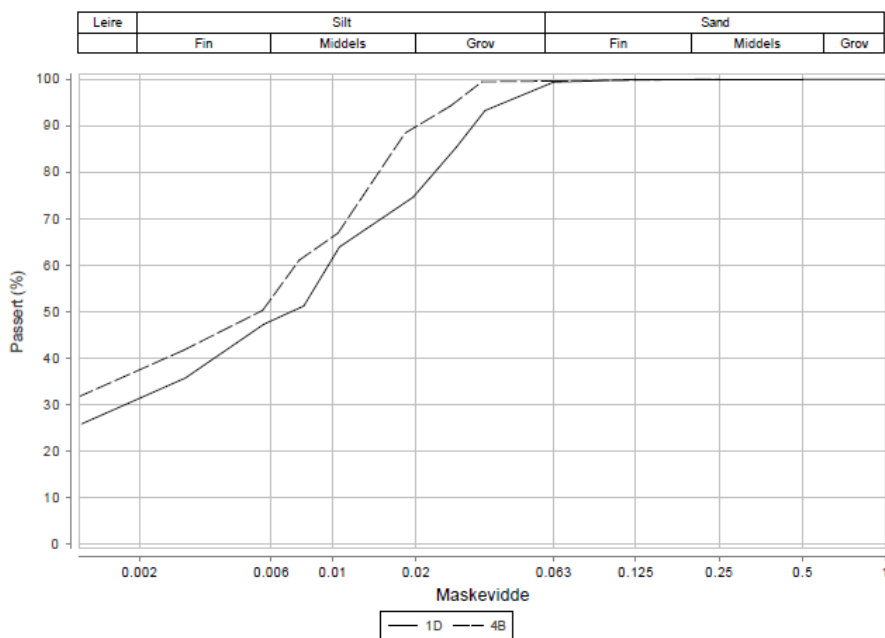
Vedlegg B8- Sikteanalyse Hull nr. 1505, Multiconsult



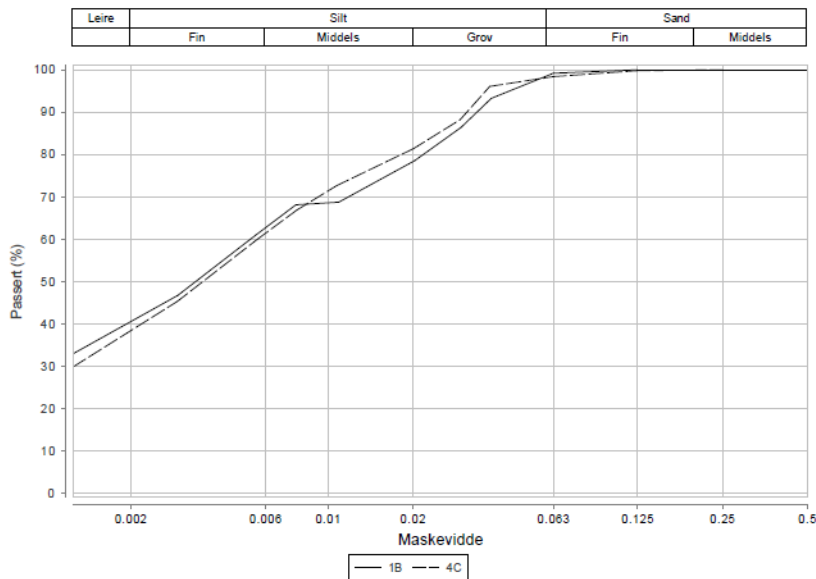
Vedlegg B9- Sikteanalyse Hull nr. 1502, Statens vegvesen



Vedlegg B10- Sikteanalyse Hull nr. 1503, Statens vegvesen



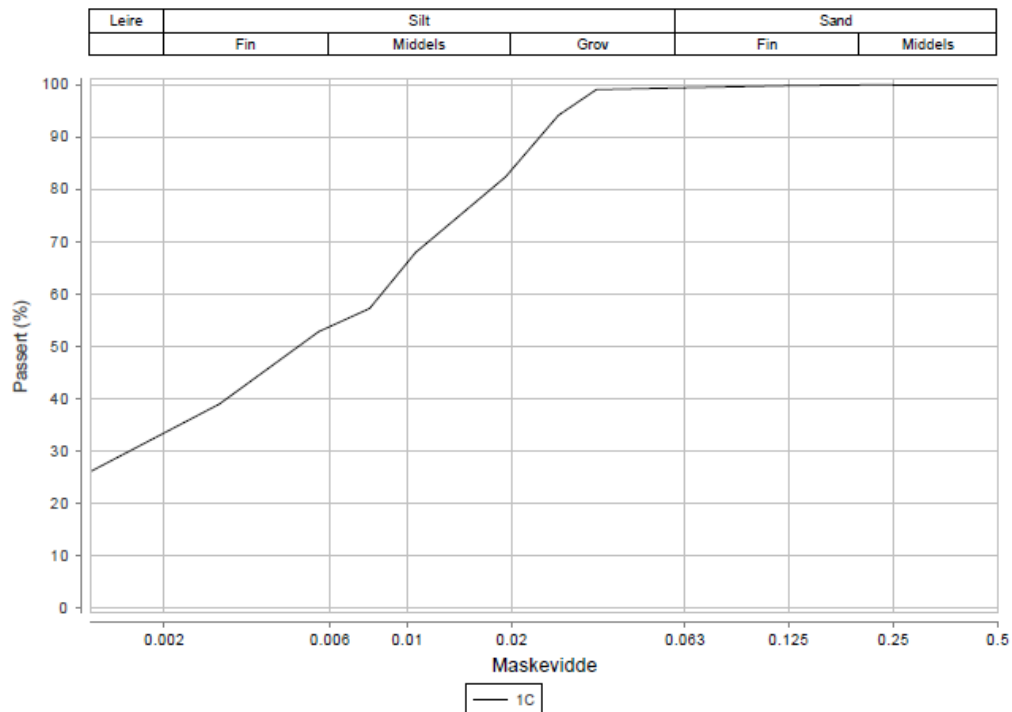
Vedlegg B11- Sikteanalyse Hull nr. 1504, Statens vegvesen



Hullnr.: 1504,

Prøvenr.	Vegnr	Dybde	Jordart	Cu	TG
1B	EV6	6.0 - 6.8	Leire	0.0	T3
4C	EV6	15.0 - 15.8	Leire	0.0	T4

Vedlegg B12- Sikteanalyse Hull nr. 1504, Statens vegvesen



Hullnr.: 1505,

Prøvenr.	Vegnr	Dybde	Jordart	Cu	TG
1C	EV6	6.0 - 6.8	Leire	0.0	T4

Vedlegg C Indekstest

Vedlegg C-1 Tygndetthet, enaksial skjærstyrke med tilhørende bruddtøyning

Borhullnr.	Lab	prøvediam.	Dybde	g [kN/m ³]	sue [kPa]	e[%]
1502	NTNU	160miniblo	10	19.1	-	-
1502	NTNU	160miniblo	14.1	19.2	7.7	3
1502	NTNU	75mm-stål	18.13	20.3	22.5	5
1503	NTNU	75mm-stål	12.65	19.0	22.5	5
1503	NTNU	75mm-stål	18.5	19.5	18.7	13
1504	NTNU	75mm-stål	12.4	19.2	19.5	6.5
1504	NTNU	75mm-stål	18.3	19.1	29.9	7
1505	NTNU	75mm-stål	18.15	19.0	26.9	8.5
1502	MC	75mm-stål	6.6	-	22	-
1502	MC	75mm-stål	12.4	19.1	-	-
1502	MC	75mm-stål	14.2	-	6	-
1502	MC	75mm-stål	18.3	-	22.5	-
1502	MC	75mm-stål	18.5	-	21	-
1502	MC	blokk	14.1	-	7.7	-
1502	MC	blokk	14.9	-	24	-
1503	MC	75mm-stål	8.4	19.1	-	-
1503	MC	75mm-stål	16.4	19.1	-	-
1504	MC	75mm-stål	10.4	18.6	-	-
1504	MC	75mm-stål	16.4	19.1	-	-
1505	MC	75mm-stål	13.4	19.4	-	-
1502	SVV	75mm-stål	6.4	-	23	12
1502	SVV	blokk	10.05	19.1	-	-
1502	SVV	75mm-stål	12.4	19.5	-	-
1502	SVV	blokk	14.2	19.2	9	3
1502	SVV	75mm-stål	18.4	20.7	21	5
1503	SVV	75mm-stål	6.45	18.6	27	12
1503	SVV	75mm-stål	8.4	19.5	-	-
1503	SVV	75mm-stål	12.4	19.4	21	5
1503	SVV	75mm-stål	14.45	19.5	12	12

1503	SVV	75mm-stål	16.4	19.7	-	-
1503	SVV	75mm-stål	18.4	20	19	12
1504	SVV	75mm-stål	6.3	18.9	19	12
1504	SVV	75mm-stål	10.4	19.1	-	-
1504	SVV	75mm-stål	12.4	19.7	20	8
1504	SVV	75mm-stål	15.4	19.6	32	8
1504	SVV	75mm-stål	16.4	19.7	-	-
1504	SVV	75mm-stål	18.4	19.5	30	8
1505	SVV	75mm-stål	6.2	19.3	70	15
1505	SVV	75mm-stål	13.4	19.3	21	10
1505	SVV	75mm-stål	18.4	19.4	27	9

Vedlegg C-2 Vanninnhold, konsistensgrenser og plastisitet

Borhullnr.	Lab	Prøvediam.	Dybde[m]	W[%]	Wp[%]	WI[%]	Ip[%]
1502	NTNU	160miniblokk	14.99	33.34	17.3	21.3	4
1502	NTNU	75mm	18.4	33.2	15.5	19.1	3.6
1503	NTNU	75mm	12.4	31.07	17.4	21.9	4.5
1503	NTNU	75mm	18.5	31.1	18.7	22	3.3
1504	NTNU	75mm	12.35	31.96	19.7	23.5	3.8
1504	NTNU	75mm	18.2	27.97	18.3	21.6	3.3
1505	NTNU	75mm	18.35	29.86	21	25.2	3.9
1502	MC	75mm	12.4	31.3	16	23.5	7.5
1503	MC	75mm	8.4	33.7	18	25	7
1503	MC	75mm	16.4	30.3	18	24	6
1504	MC	75mm	10.4	36.2	18	25	7
1504	MC	75mm	16.4	30.3	17.5	26	8.5
1505	MC	75mm	13.5	35.3	19	31	12
1502	SVV	75mm	6.43	32.6	23	30	7
1502	SVV	blokk	10.05	35	18	22	4
1502	SVV	75mm	12.4	30.6	17	22	5
1502	SVV	blokk	14.2	32	17	20.5	3.5
1502	SVV	blokk	14.9	32	-	-	-
1502	SVV	75mm	18.4	33	17	20	3
1503	SVV	75mm	6.4	32	23	30	7
1503	SVV	75mm	8.4	33	18.5	23	4.5
1503	SVV	75mm	12.4	30.5	18	21	3
1503	SVV	75mm	14.4	33.5	20	27	7
1503	SVV	75mm	16.4	30.3	18.5	22	3.5
1503	SVV	75mm	18.4	31	19	21	2
1504	SVV	75mm	6.25	32.1	20	27	7
1504	SVV	75mm	10.4	35.6	18	26	8
1504	SVV	75mm	12.4	32.3	20	24	4
1504	SVV	75mm	15.44	33.3	19.5	26	6.5
1504	SVV	75mm	16.4	31	19	28	9

1504	SVV	75mm	18.4	27.7	19	21	2
1505	SVV	75mm	6.3	22	23	39	16
1505	SVV	75mm	13.4	27.7	20	27	7
1505	SVV	75mm	18.4	30	20.5	25	4.5

Vedlegg C-3 Uforstyrret og omrørt skjærstyrke fra konustest og sensitivitet.

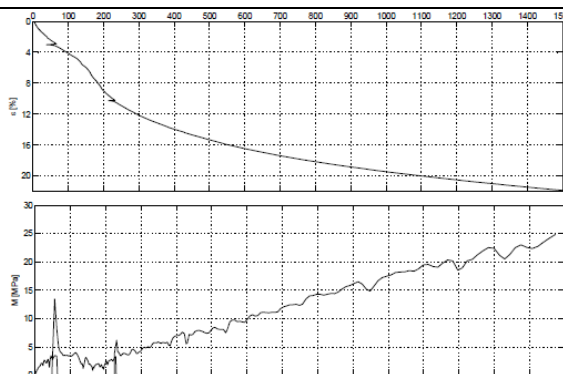
Borhullnr.	Lab	Prøvediameter	Dybde[m]	Suk[kPa]	Sukr [kPa]	St [-]
1502	NTNU	160miniblokk	14.1	24	0.2	120
1502	NTNU	160miniblokk	14.27	24	0.1	240
1502	NTNU	160miniblokk	14.9	24	0.1	240
1502	NTNU	75mm-stål	18.15	16.7	0.3	57.6
1502	NTNU	75mm-stål	18.65	27	0.2	135
1503	NTNU	75mm-stål	12.25	15.2	0.2	76
1503	NTNU	75mm-stål	12.55	26.5	0.2	132.5
1503	NTNU	75mm-stål	18.2	15.2	0.2	76
1503	NTNU	75mm-stål	18.75	26.5	0.2	132.5
1504	NTNU	75mm-stål	12.2	11.7	0.2	58.5
1504	NTNU	75mm-stål	18.35	38.7	0.9	44
1505	NTNU	75mm-stål	18.1	34.3	0.5	70
1505	NTNU	75mm-stål	18.75	30.4	0.4	77.9
1502	MC	75mm-stål	12.2	12.5	0.1	120
1502	MC	75mm-stål	12.6	12.5	0.1	120
1503	MC	75mm-stål	8.2	20	0.1	200
1503	MC	75mm-stål	8.6	24	0.1	240
1503	MC	75mm-stål	16.2	20	0.2	120
1503	MC	75mm-stål	16.6	31	0.2	155
1504	MC	75mm-stål	10.2	19	0.2	95
1504	MC	75mm-stål	10.6	28	0.2	140
1504	MC	75mm-stål	16.2	10	0.4	24
1504	MC	75mm-stål	16.6	34.5	0.3	113
1505	MC	75mm-stål	13.2	28	0.7	40
1505	MC	75mm-stål	13.6	32	0.8	40
1502	SVV	75mm-stål	6.35	19	2.8	7
1502	SVV	75mm-stål	6.55	21	2.4	9
1502	SVV	160miniblokk	10.05	-	0.2	
1502	SVV	75mm-stål	12.3	11.8	0.1	118

1502	SVV	75mm-stål	12.45	12.3	0.1	123
1502	SVV	160miniblokk	14.2	24	0.1	240
1502	SVV	160miniblokk	14.9	24	0.1	240
1502	SVV	75mm-stål	18.3	17.5	0.3	58
1502	SVV	75mm-stål	18.45	22	0.2	110
1503	SVV	75mm-stål	6.3	30	2.3	13
1503	SVV	75mm-stål	6.4	30	1.9	16
1503	SVV	75mm-stål	8.3	20	0.1	196
1503	SVV	75mm-stål	8.45	24	0.1	235
1503	SVV	75mm-stål	12.3	15	0.2	76
1503	SVV	75mm-stål	12.45	26	0.2	132
1503	SVV	75mm-stål	14.3	18	0.2	83
1503	SVV	75mm-stål	14.5	17	0.3	53
1503	SVV	75mm-stål	16.3	24	0.2	120
1503	SVV	75mm-stål	16.45	32	0.2	157
1503	SVV	75mm-stål	18.3	15	0.2	76
1503	SVV	75mm-stål	18.45	26	0.2	133
1504	SVV	75mm-stål	6.3	18	0.3	61
1504	SVV	75mm-stål	6.5	18	0.2	89
1504	SVV	75mm-stål	10.3	19	0.2	93
1504	SVV	75mm-stål	10.45	28	0.2	140
1504	SVV	75mm-stål	12.4	12	0.2	59
1504	SVV	75mm-stål	15.3	5	0.3	16
1504	SVV	75mm-stål	15.5	27	0.3	92
1504	SVV	75mm-stål	16.3	10	0.4	25
1504	SVV	75mm-stål	16.45	34	0.3	118
1504	SVV	75mm-stål	18.4	39.5	0.9	44
1505	SVV	75mm-stål	6.3	58	27	2
1505	SVV	75mm-stål	13.3	28	0.7	42
1505	SVV	75mm-stål	13.45	32	0.8	41
1505	SVV	75mm-stål	18.3	35	0.5	70
1505	SVV	75mm-stål	18.45	32	0.4	78

Vedlegg D Ødometerforsøk

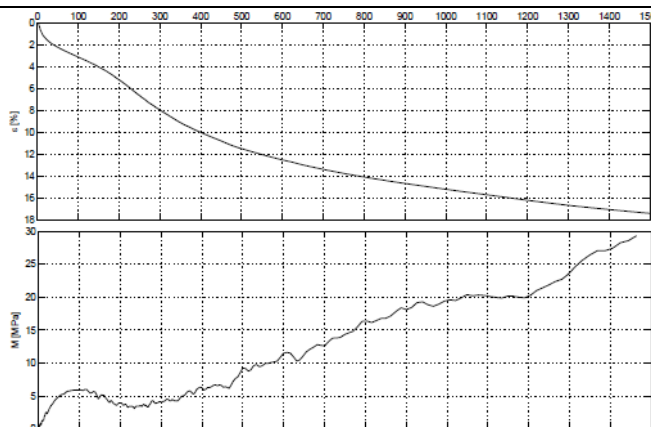
VEDLEGG D1 VURDERING AV PRØVEKVALITET BASERT PÅ ØDOMETERFORSØK-

Borhulnr.	Lab	Prøvediam.	Dybde	Klassifisering						tolking						utpresset porevann					
				wl	wp	wl	ip	gamma ei	leitrist	p ⁰	p _c	OCR	M0	ML	M0/ML	p ^r	dv/v ved e/ε ₀ ed p ⁰	Samlet vurdering			
1502	NTNU	blokk	9,99	37	18,5	22,5	4	19,5	1,02	36	240	105	160	1,52	3,4	1,7	2	120	4,5	0,089	bra
1502	NTNU	blokk	14,91	33,6	17,5	21,5	4	19,5	0,92	27	240	150	210	1,4	6	3,5	1,7	120	4,7	0,098	bra
1502	NTNU	75mm	18,67	33,2	15,5	19,1	3,6	19,5	0,91	34	96	187	250	1,34	5	3,5	1,4	50	6,5	0,136	bra
1503	NTNU	75mm	12,5	31	17,5	22	4,5	19,5	0,85	30	104	130	210	1,62	5	2	2,5	150	3,8	0,083	bra
1503	NTNU	75mm	18,7	32	18,5	22	3,5	20	0,88	29	104	205	280	1,37	7	5,5	1,3	140	4,8	0,103	bra
1504	NTNU	75mm	12,48	32	19,7	23,5	3,8	19,5	0,88	36	59	130	200	1,54	4	3	1,3	60	7	0,15	bra
1504	NTNU	75mm	18,43	31	18,5	21,5	3	19,5	0,85	31	44	185	-	-	-	-	-	-160	6	0,13	dårlig
1502	MC	blokk	18,73	29,9	21,2	25,2	4	19,5	0,82	25	74	190	-	-	-	-	-	-170	5,2	0,115	dårlig
1502	MC	blokk	10,04	34	18	22	4	20	0,94	-	240	110,4	140	1,27	2	2	1	120	5,6	0,116	dårlig
1503	MC	75mm	14,88	33	18	22	4	20	0,88	37	220	93,2	180	1,13	2	2	1	0	8,2	0,172	dårlig
1503	MC	75mm	8,32	32	18	25	7	20	0,81	37	220	93,2	184	1,13	2	2	1	0	6,5	0,139	dårlig
1504	MC	75mm	16,65	33	18	23,5	5,5	19,5	0,91	33	138	184	184	1	2,5	2,5	1	-40	7	0,147	dårlig
1504	MC	75mm	10,35	36	18	25	7	19	0,99	38	118	113,5	115	1,01	2,5	2	1,3	80	6,2	0,125	nøytral
1504	MC	75mm	16,55	28	18	26	6	19,5	0,83	40	69	175,3	-	-	-	-	-	0	7,8	0,173	dårlig
1502	SVV	75mm	13,55	38	20	26	6	19,5	0,77	26	40	145,5	-	-	-	-	-	-100	4,2	0,097	nøytral
1502	SVV	75mm	6,15	35	22	31	9	19,5	0,96	32	8	74	130	1,76	3	3	1	0	3	0,061	nøytral
1502	SVV	blokk	9,9	37	18	22	4	19	1,02	-	100	170	1,7	3,5	3	1,2	100	0,5	0,01	dårlig	
1502	SVV	blokk	14,9	33	18	21	3	19	0,91	-	240	150	190	1,27	4,5	3	1,5	50	3,8	0,08	bra
1504	SVV	75mm	14,45	32	20	27	7	19,5	0,88	47	68	161	160	0,99	3,5	3,5	1	80	4,3	0,092	bra
1504	SVV	75mm	6,65	33	20	26	6	19	0,91	42	75	70	-	-	-	-	-	-20	4,8	0,101	dårlig
1504	SVV	75mm	15,55	34	19	26	7	19,5	0,94	39	54	160	-	-	-	-	-	-80	5	0,103	dårlig
Borhulnr.	Lab	Prøvediam.	Dybde	wl	wp	wl	ip	gamma ei	leitrist	st	p ⁰	p _c	OCR	M0	ML	M0/ML	p ^r	dv/v ved e/ε ₀ ed p ⁰			
2010	NGI	72mm	9,38	30	18	24	6	19,5	0,83	31	9	50,1	100	2	-	-	-	-250	1,2	0,026	dårlig
2010	NGI	72mm	9,4	29,2	18	24	6	19,5	0,8	-	250	119	-	-	-	-	-	-250	4,3	0,097	dårlig
2010	NGI	72mm	14,4	34,1	18	26	8	19,5	0,94	-	75	167	-	-	-	-	-	-350	7,6	0,157	dårlig
2011	NGI	72mm	10,4	27,6	17	25	8	19,5	0,76	-	36	127	-	-	-	-	-	-650	5,2	0,121	dårlig
2011	NGI	72mm	15,4	29,5	17	24	7	19,5	0,81	-	37	180	-	-	-	-	-	-500	5,9	0,132	dårlig
2012	NGI	72mm	12,63	25,3	19,5	33	13,5	18	0,7	-	1	157	-	-	-	-	-	-350	3,6	0,088	dårlig
2012	NGI	72mm	17,48	28,8	18	30	12	20,5	0,79	-	10	214	-	-	-	-	-	2,4	0,054	dårlig	
2012	NGI	72mm	17,53	28,9	18	30	12	20,5	0,79	-	10	214	-	-	-	-	-	-450	2,6	0,059	dårlig
2015	NGI	72mm	9,4	34,2	16	25	9	19	0,94	-	74	111,6	260	2,33	7,7	4,3	1,8	50	2,7	0,056	bra
2017	NGI	72mm	8,46	33,4	17	26,5	9,5	19	0,92	-	102	84,8	490	5,78	13,6	8	1,7	175	1,2	0,025	bra
2017	NGI	72mm	14,58	30,7	18	26	8	19	0,84	-	43	141,8	530	3,74	13,3	7,5	1,8	200	2,1	0,046	bra
2018	NGI	72mm	8,52	31,8	17	24	7	19	0,87	-	72	84,8	250	2,95	6,6	6	1,1	0	2,4	0,051	dårlig
2030	NGI	72mm	7,48	20,7	19	29	10	21,5	0,57	-	1	85,7	-	-	-	-	-	-480	1,3	0,036	dårlig
2036	NGI	72mm	8,28	23,8	19	31	12	20	0,65	27,2	1	101,4	-	-	-	-	-	-670	2,7	0,068	dårlig
2036	NGI	72mm	10,48	34,2	17	27	10	19	0,94	-	16	118	230	1,95	8	5,4	1,5	50	2,7	0,056	bra
2036	NGI	72mm	14,33	27,8	17	23	6	19,5	0,76	-	95	152,4	-	-	-	-	-	-380	3,5	0,081	dårlig
2040	NGI	72mm	16,63	38,2	20	43	23	18,5	1,05	33,7	5	168	510	3,04	10	7,5	1,3	180	2,7	0,053	bra
2040	NGI	72mm	17,33	33,9	20	42	22	19	0,93	33,7	5	178	590	3,31	14	7,2	1,9	250	1,8	0,037	bra
2051	NGI	72mm	7,41	34,8	20	37,5	17,5	19	0,96	-	9	91	210	2,31	5,5	4	1,4	50	2,2	0,045	bra



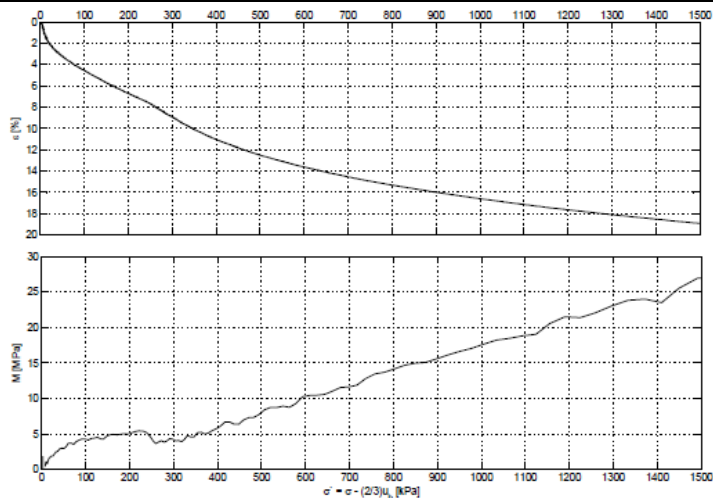
Ødometerforsøk, CRS

Borhullnr.: 1502	Dybde: 9,99m	Lab: NTNU
160mm miniblokkprøve tøyningshastighet: 0.7 %/time w=37,0% $\gamma = 19,13\text{kN/m}^3$	OCR:1,52 P ['] c: 160kPa p ['] r: 120kPa -bra M0/ML: 2 -bra $\Delta e/e_0$:0,089 -dårlig	Dato prøvetaking: 28.03.14 Forsøksdato: 31.03.14
		Vedlegg D-2
<p>Kommentar: Det er mulig å tolke p[']c fra spenning-tøynings-kurven, det er en tydelig overgang mellom overkonsolidert og normalkonsolidert område i muodul-spenningsgrafene.</p> <p>Samlet vurdering: Bra kvalitet</p>		



Ødometerforsøk, CRS

Borhullnr.: 1502	Dybde: 14,91 m	Lab: NTNU
160mm miniblokkprøve tøyningshastighet: 0.7 %/time w=35,4% $\gamma = 19,03\text{kN/m}^3$	OCR:1,40 P ['] c: 210kPa p ['] r: 120kPa -bra M0/ML: 1,7 - bra $\Delta e/e_0$:0,098 - dårlig	Dato prøvetaking: 03.02.14 Forsøksdato: 04.04.14
		Vedlegg D-3
<p>Kommentar: Det er mulig å tolke p[']c fra spenning-tøynings-kurven, Det er en tydelig overgang mellom overkonsolidert og normalkonsolidert område i muodul-spenningsgrafene.</p> <p>Samlet vurdering: Bra kvalitet</p>		

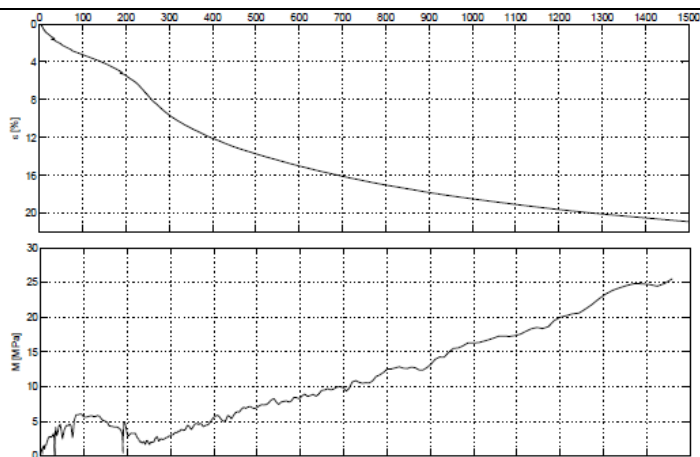


Ødometerforsøk, CRS

Borhullnr.: 1502	Dybde: 18,67m	Lab: NTNU
75mm stålsylinder tøyningshastighet: 0.7 %/time w=34,2% $\gamma = 19,03\text{kN/m}^3$	P' _c : 250kPa m: 18,4 p' _r : 50kPa -bra M ₀ /M _L :1,4 -dårlig $\Delta e/e_0$:0,136 -veldig dårlig	Dato prøvetaking: 17.03.14 Forsøksdato: 11.04.14
		Vedlegg D-4

Kommentar: Det er mulig å tolke p'_c fra spenning-tøynings-kurven, men knekket er ikke like tydelig. Modul-spennings-grafen viser tydelig overgang mellom konsolidering.

Samlet vurdering: Bra kvalitet

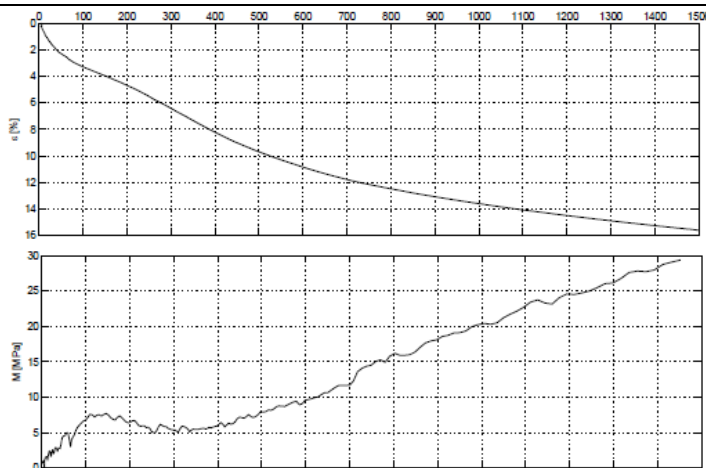


Ødometerforsøk, CRS

Borhullnr.: 1503	Dybde: 12,50 m	Lab: NTNU
75mm stålsylinder tøyningshastighet: 0.7 %/time w=36,7% $\gamma = 19,23\text{kN/m}^3$	OCR: 1,62 P' _c : 210kPa p' _r : 150kPa -bra M ₀ /M _L : 2,5 - bra $\Delta e/e_0$:0,083 - dårlig	Dato prøvetaking: 19.03.14 Forsøksdato: 19.03.14
		Vedlegg D-5

Kommentar: Det er mulig å tolke p'_c fra spenning-tøynings-kurven,
Det er en tydelig overgang mellom overkonsolidert og normalkonsolidert område i
muodul-spenningsgraf.

Samlet vurdering: Bra kvalitet

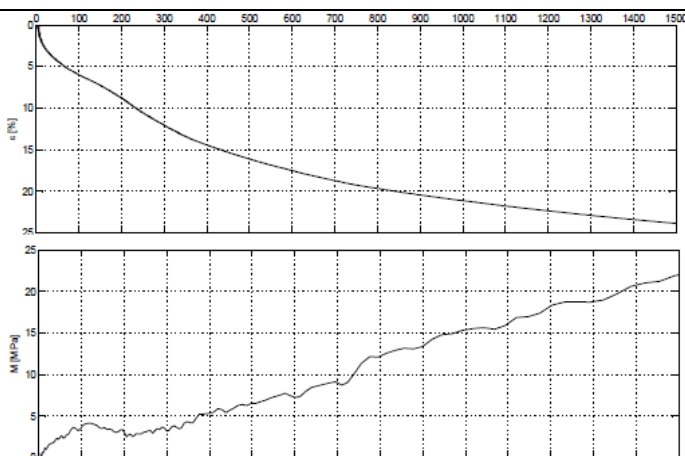


Ødometerforsøk, CRS

Borhullnr.: 1503	Dybde: 18,70m	Lab: NTNU
75mm stålsylinder tøyningshastighet: 0.7 %/time	OCR: 1,37 P'_c : 280kPa p'_r : 140kPa -bra M0/ML: 1,3 - dårlig $\Delta e/e_0$: 0,103 - dårlig	Dato prøvetaking: 21.03.14
$w=31,9\%$ $\gamma = 19,52\text{kN/m}^3$		Forsøksdato: 21.03.14
		Vedlegg D-6

Kommentar: Det er mulig å tolke p'_c fra spenning-tøynings-kurven,
Det er en tydelig overgang mellom overkonsolidert og normalkonsolidert område i
muodul-spenningsgraf.

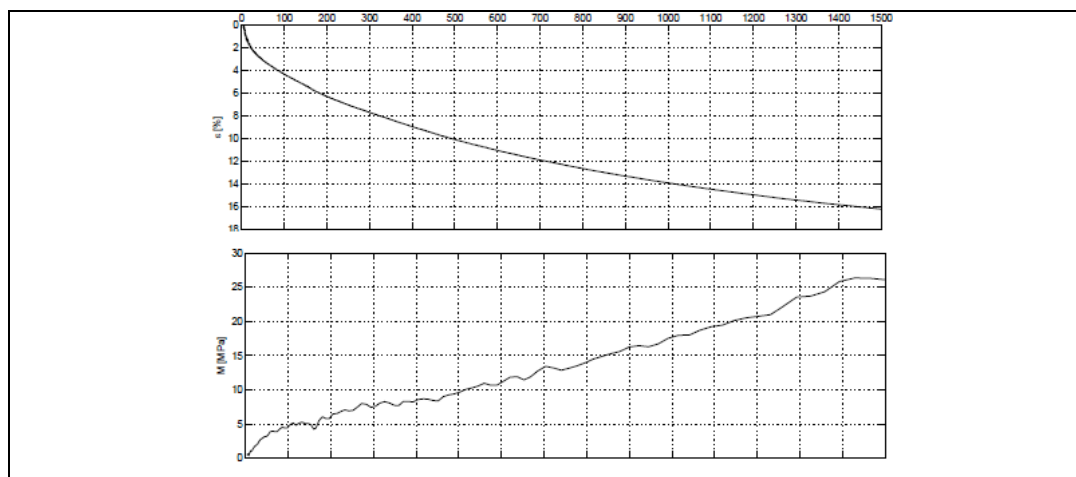
Samlet vurdering: Bra kvalitet



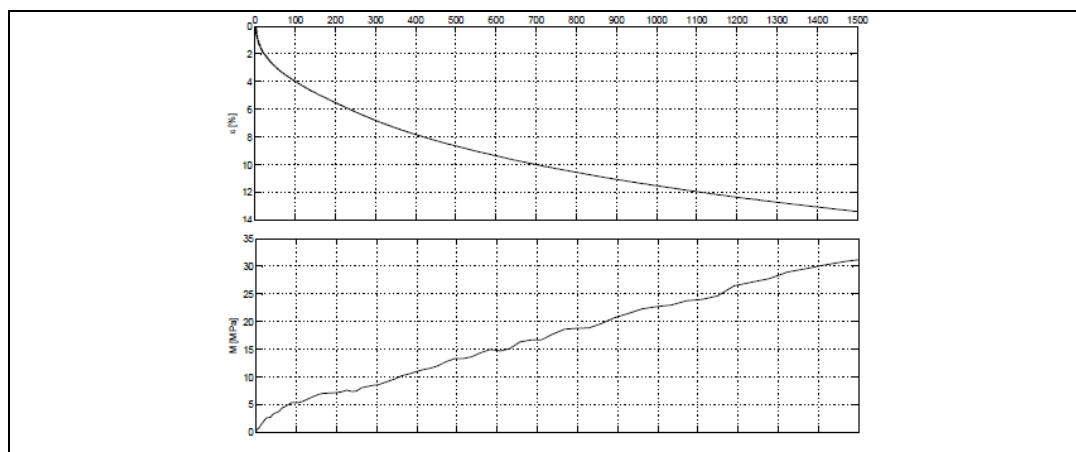
Ødometerforsøk, CRS

Borhullnr.: 1504	Dybde: 12,48m	Lab: NTNU
75mm stålsylinder	OCR: 1,62	Dato prøvetaking:

tøyningshastighet: 0.7%/time w=42,1% $\gamma = 17,85\text{kN/m}^3$	P'_c : 200kPa p'_r : 60kPa -bra M_0/M_L : 1,3 - dårlig $\Delta e/e_0$: 0,150 -veldig dårlig	24.03.14 Forsøksdato: 24.03.14 Vedlegg D-7
Kommentar: Det er mulig å tolke p'_c fra spenning-tøynings-kurven, Det er en tydelig overgang mellom overkonsolidert og normalkonsolidert område i muodul-spenningsgraf. Samlet vurdering: Bra kvalitet		



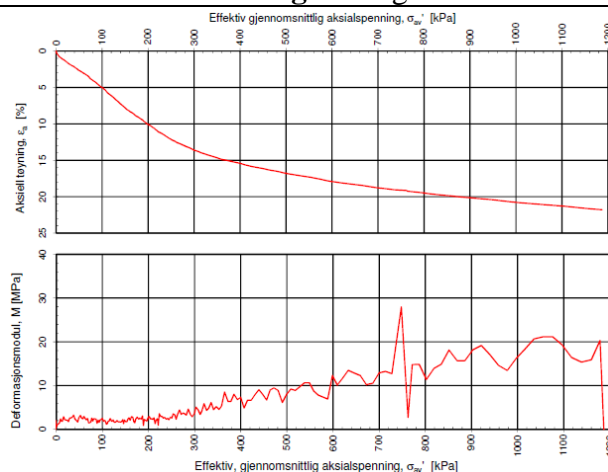
Ødometerforsøk, CRS		
Borhullnr.: 1504	Dybde: 18,43m	Lab: NTNU
75mm stålsylinder tøyningshastighet: 0.7%/time w=30,8% $\gamma = 19,23\text{kN/m}^3$	OCR: - P'_c : - kPa p'_r : -160kPa -dårlig M_0/M_L : - $\Delta e/e_0$: 0,130 -dårlig	Dato prøvetaking: 26.03.14 Forsøksdato: 26.03.14 Vedlegg D-8
Kommentar: Det er ikke mulig å tolke p'_c fra spenning-tøynings-kurven, Ingen OC-platå. Samlet vurdering: Dårlig kvalitet		



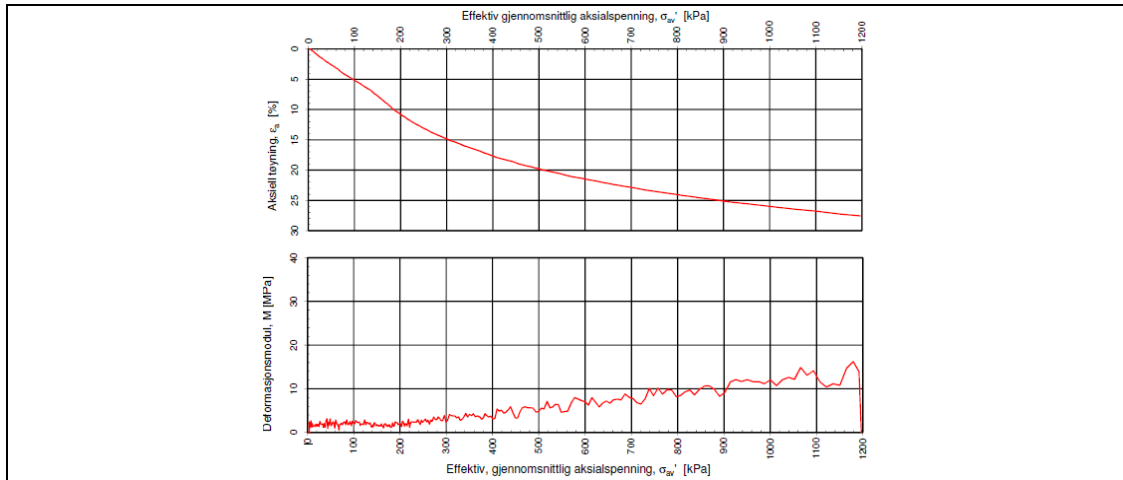
Ødometerforsøk, CRS		
Borhullnr.: 1505	Dybde: 18,73m	Lab: NTNU
75mm stålsylinder tøyningshastighet: 0.7%/time	OCR: P' _c : - kPa p' _r : -170kPa - dårlig M ₀ /M _L : - Δe/e ₀ : 0,115 - dårlig	Dato prøvetaking: 28.03.14 Forsøksdato: 08.04.14
w=29,8 % γ = 18,84kN/m ³		Vedlegg D-9

Kommentar: Det er ikke mulig å tolke p'_c fra spenning-tøyings-kurven,
Ingen OC-platå

Samlet vurdering: Dårlig kvalitet



Ødometerforsøk, CRS		
Borhullnr.: 1502	Dybde: 10,04 m	Lab: Multiconsult
160mm miniblokk tøyningshastighet: 0.7 %/time	OCR: 1,27 P' _c :140kPa (fra cv- verdier) p' _r : 120kPa -bra M ₀ /M _L :1,0 - dårlig Δe/e ₀ :0,116 - dårlig	Forsøksdato: 31.03.14 Vedlegg D-10
w=33,72 % γ = 19,42kN/m ³		
Kommentar: Det er ikke mulig å tolke p' _c fra spenning-tøyings-kurven, Man kan så vidt skimte overgangen mellom overkonsolidert og normalkonsolidert område.		
Samlet vurdering: Dårlig kvalitet		

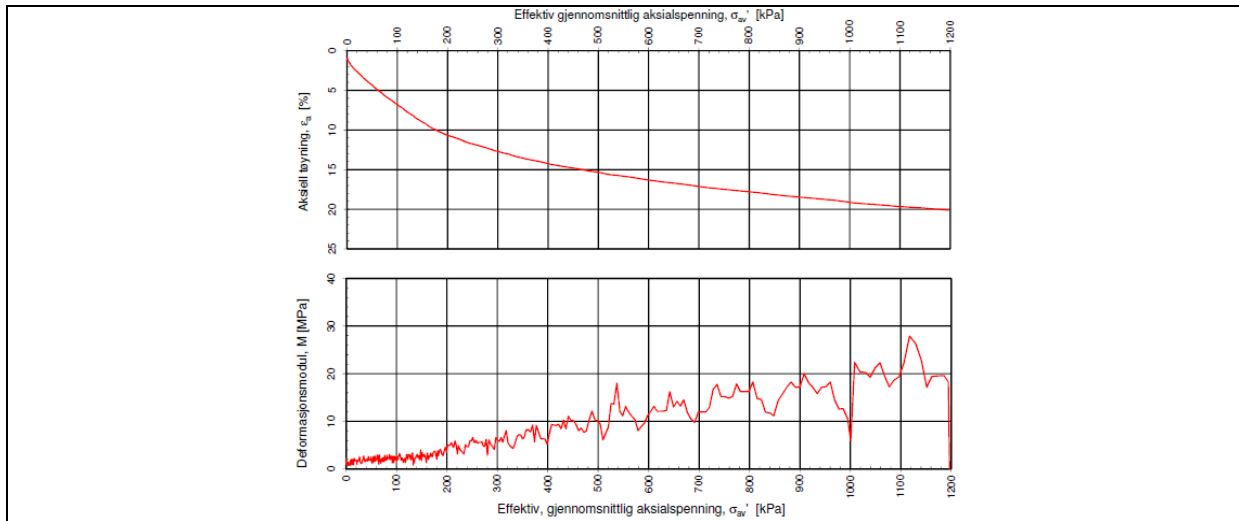


Ødometerforsøk, CRS

Borhullnr.: 1502	Dybde: 14,88m	Lab: Multiconsult
160mm miniblokk tøyningshastighet: 0.7%/time	P'_c : 180kPa OCR: 1,13 p'_r :0,0kPa - nøytral	Forsøksdato: 31.03.14
$w=32,59\%$ $\gamma = 19,42\text{kN/m}^3$	M_0/M_L : 1,0 - dårlig $\Delta e/e_0$:0,172 -meget dårlig	Vedlegg D- 11

Kommentar: Det er vanskelig å tolke en tydelig p'_c fra spenning-tøynings-kurven.
Ingen OC-plata

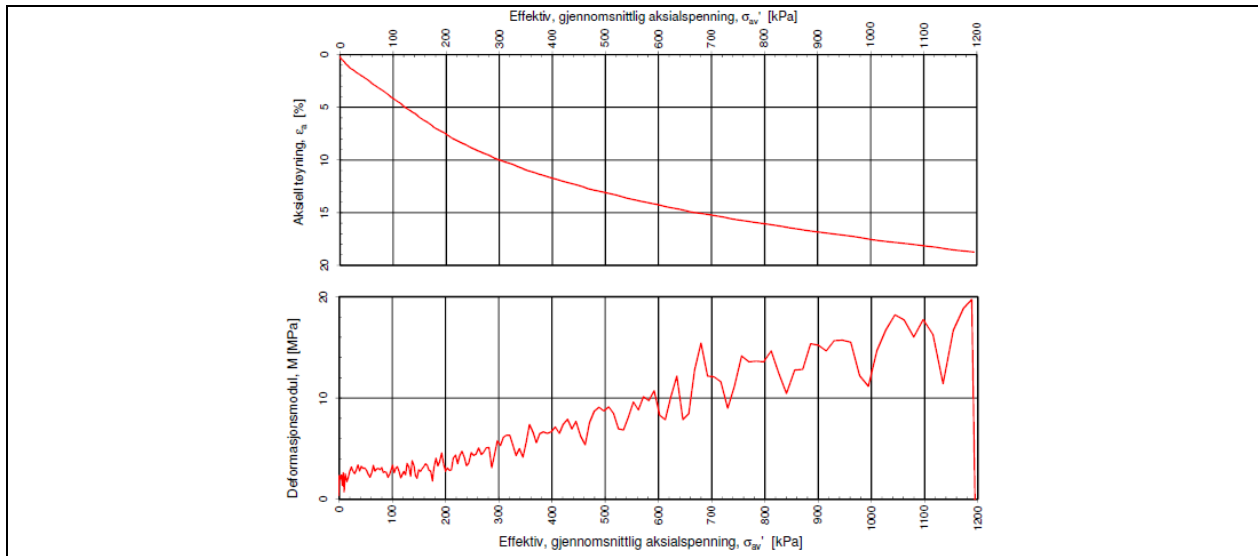
Samlet vurdering: Dårlig kvalitet



Ødometerforsøk, CRS

Borhullnr.: 1503	Dybde: 8,32m	Lab: Multiconsult
75mm stålsylinder tøyningshastighet: 0.7 %/time	OCR: 1,27 P'_c : - p'_r : -	Forsøksdato: 19.03.14
$w=32,24\%$ $\gamma = 19,52\text{kN/m}^3$	M_0/M_L :1,0 - dårlig $\Delta e/e_0$:0,139 - dårlig	Vedlegg D-12

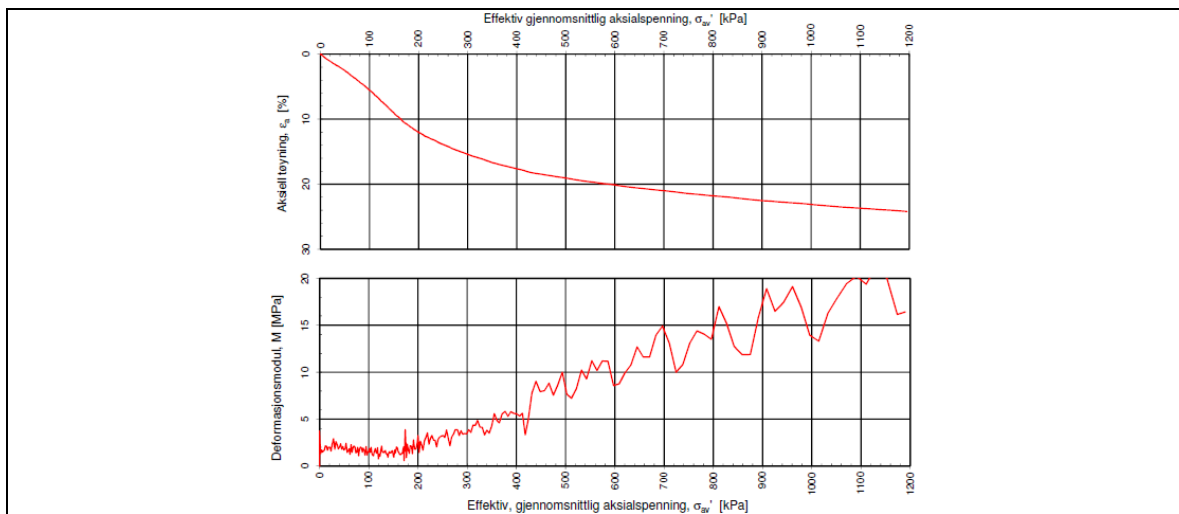
Kommentar fra lab: prøven mister poretrykk (kan skyldes kanaldannelse i prøven) og dårlig forsøk
Samlet vurdering: Dårlig kvalitet



Ødometerforsøk, CRS

Borhullnr.: 1503	Dybde: 16,65m	Lab: Multiconsult
75mm stålsylinder tøyningshastighet: 0.7 %/time	OCR: 1,0 P' _c :184kPa (fra cv-verdier) p' _r : -40kPa - dårlig M ₀ /M _L :1,0 - dårlig Δe/e ₀ :0,147 - veldig dårlig	Forsøksdato: 21.03.14
w=32,49 % γ = 19,13kN/m ³		Vedlegg D-13

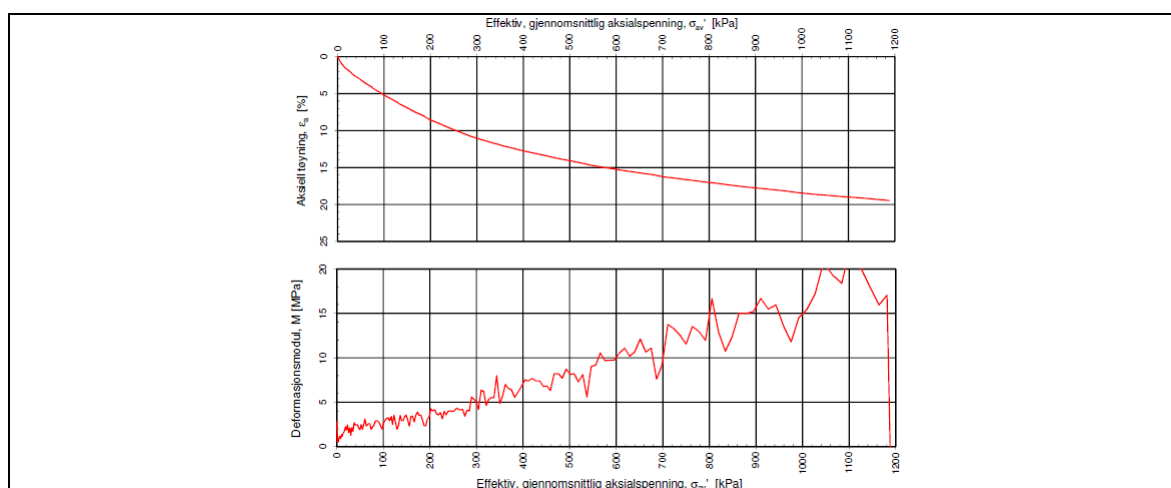
Kommentar: Det er vanskelig å tolke p'_c fra spenning-tøynings-kurven, Man kan skimte overgangen mellom overkonsolidert og normalkonsolidert område.
Samlet vurdering: Dårlig kvalitet



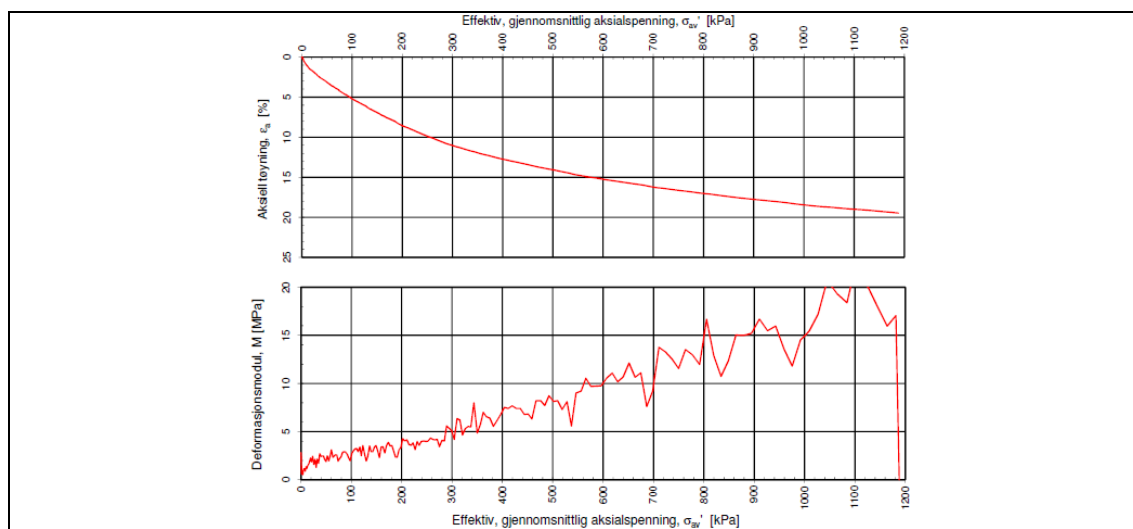
Ødometerforsøk, CRS

Borhullnr.: 1504	Dybde: 10,35m	Lab: Multiconsult
-------------------------	----------------------	--------------------------

75mm stålsylinder tøyningshastighet: 0.7 %/time w=38,28 % $\gamma = 18,74\text{kN/m}^3$	OCR: 1,0 P' _c :115kPa p' _r : 80kPa - bra M ₀ /M _L :1,3 - dårlig $\Delta e/e_0$:0,125 - dårlig	Forsøksdato: 24.03.14
		Vedlegg D-14
Kommentar: Det er lett å tolke p' _c fra spenning-tøynings-kurven, Man kan se overgangen mellom overkonsolidert og normalkonsolidert område. Samlet vurdering: Nøytral kvalitet		

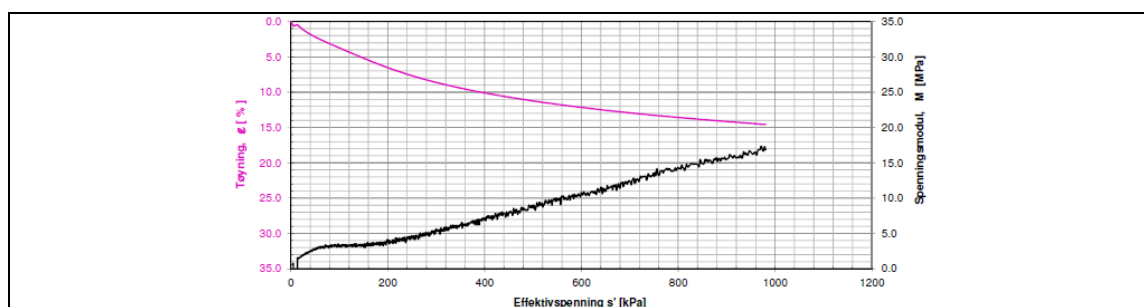


Ødometerforsøk, CRS		
Borhullnr.: 1504	Dybde: 16,55m	Lab: Multiconsult
75mm stålsylinder tøyningshastighet: 0.7 %/time w=29,18 % $\gamma = 19,23\text{kN/m}^3$	OCR: - P' _c : - p' _r : 0kPa M ₀ /M _L :- $\Delta e/e_0$:0,1735 -veldig dårlig	Forsøksdato: 26.03.14
		Vedlegg D-15
Kommentar: Det er ikke mulig å tolke p' _c fra spenning-tøynings-kurven, Ingen OC-platå Samlet vurdering: Dårlig kvalitet		

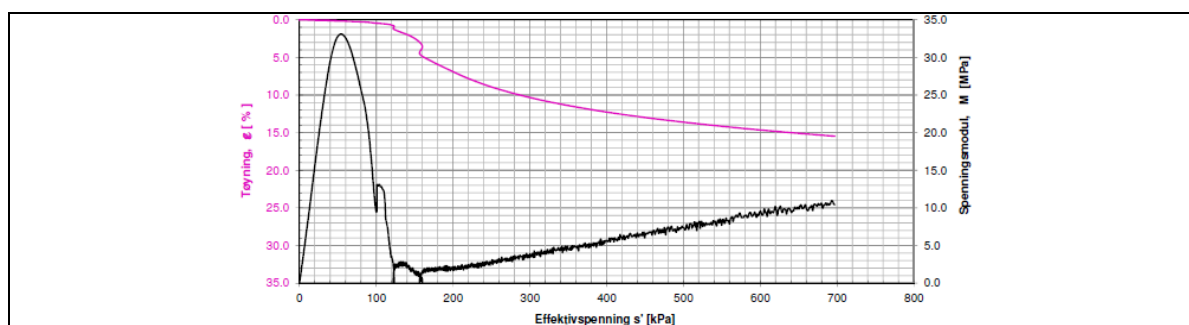


Ødometerforsøk, CRS		
----------------------------	--	--

Borhullnr.: 1505	Dybde: 13,55	Lab: Multiconsult
75mm stålsylinder tøyningshastighet: 0.7 %/time	OCR: - P' _c : - p' _r : -100kPa - dårlig M ₀ /M _L :- Δe/e ₀ :0,097 - dårlig	Forsøksdato: 05.04.14
w=26,96 % γ = 19,13kN/m ³		Vedlegg D-16
Kommentar: Det er ikke mulig å tolke p' _c fra spenning-tøynings-kurven, Ingen OC-platå		
Samlet vurdering: Nøytral kvalitet		

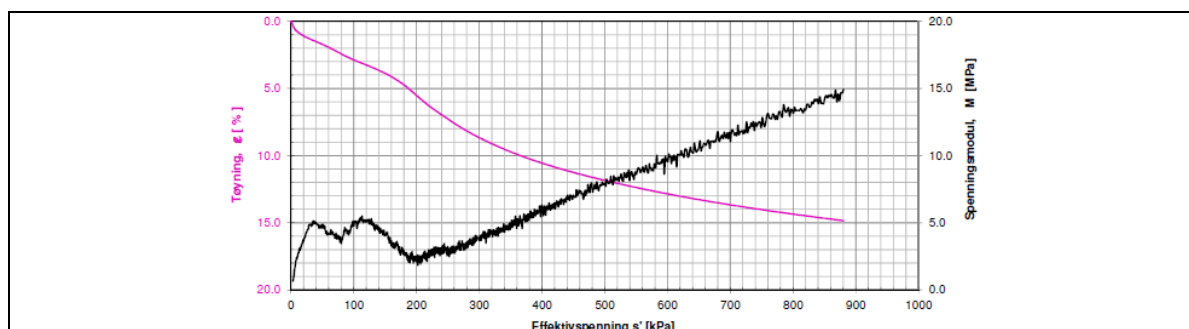


Ødometerforsøk, CRS		
Borhullnr.: 1502	Dybde: 6,15m	Lab: Statens Vegvesen
75mm stålsylinder tøyningshastighet: 0.7 %/time	OCR: 1,76 P' _c : 130kPa p' _r : 0kPa - nøytral M ₀ /M _L :1,0 - dårlig Δe/e ₀ :0,061 - bra	Forsøksdato: 17.03.14
w=35,0 % γ = kN/m ³		Vedlegg D-17
Kommentar: Det er vanskelig å tolke p' _c fra spenning-tøynings-kurven, Samlet vurdering: Nøytral kvalitet		

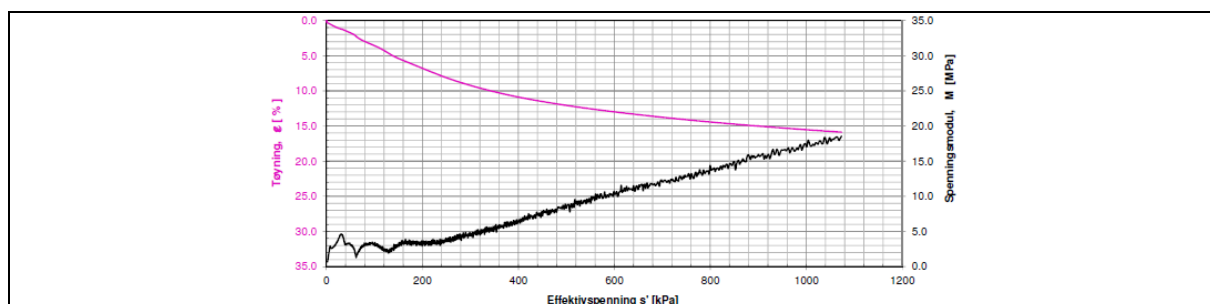


Ødometerforsøk, CRS		
Borhullnr.: 1502	Dybde: 9,99m	Lab: Statens Vegvesen
160mm miniblokk	OCR: 1,70	Forsøksdato: 01.04.14

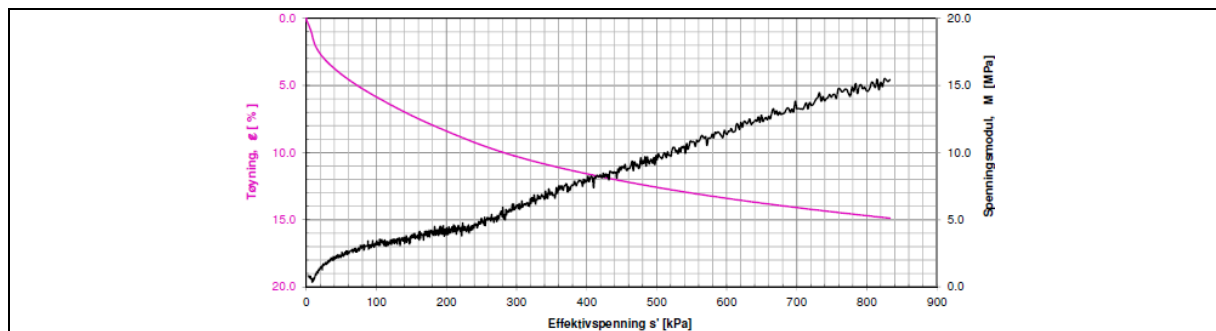
tøyningshastighet: 0.7 %/time w=37,0 % $\gamma = 19,0\text{kN/m}^3$	P'_c : 170kPa p'_r : 100kPa - bra M_0/M_L : 1,2 - dårlig $\Delta e/e_0$: 0,010 - veldig god	Vedlegg D-18
Kommentar: Rart forsøk Samlet vurdering: Dårlig kvalitet		



Ødometerforsøk, CRS		
Borhullnr.: 1502	Dybde: 14,9m	Lab: Statens Vegvesen
160mm miniblokk tøyningshastighet: 0.7 %/time w=33,0 % $\gamma = 19,0\text{kN/m}^3$	OCR: 1,27 P'_c : 190kPa p'_r : 80kPa - bra M_0/M_L : 1,5 - bra $\Delta e/e_0$: 0,080 - dårlig	Forsøksdato: 04.04.14
Kommentar: Det er lett å tolke p'_c fra spenning-tøynings-kurven, Man kan se overgangen mellom overkonsolidert og normalkonsolidert område.		Vedlegg D-19
Samlet vurdering: Bra kvalitet		



Ødometerforsøk, CRS		
Borhullnr.: 1503	Dybde: 14,45m	Lab: Statens Vegvesen
75mm stålsylinder tøyningshastighet: 0.7 %/time w=32,0 % $\gamma = 19,5\text{kN/m}^3$	OCR: 0,99 P'_c : 160kPa p'_r : 50kPa - bra M_0/M_L : 1,0 - dårlig $\Delta e/e_0$: 0,092 - dårlig	Forsøksdato: 21.03.14
Kommentar: Det er mulig å tolke p'_c fra spenning-tøynings-kurven, Man kan se en slags overgang mellom overkonsolidert og normalkonsolidert område.		Vedlegg D-20
Samlet vurdering: Bra kvalitet		

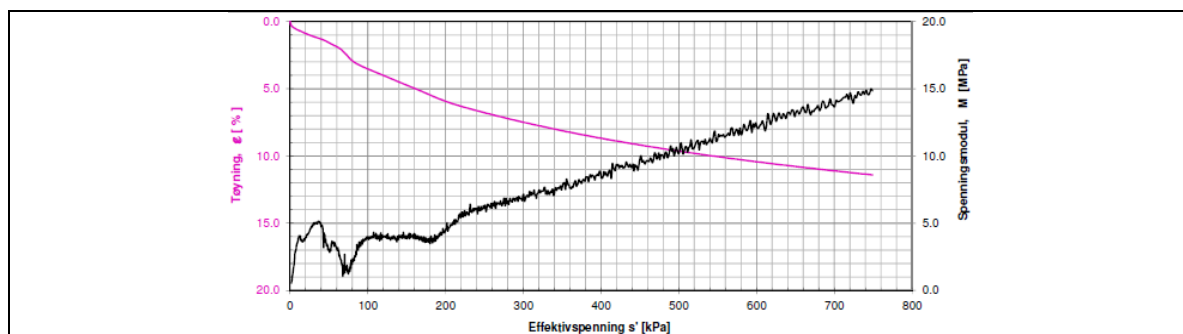


Ødometerforsøk, CRS

Borhullnr.: 1504	Dybde: 6,65m	Lab: Statens Vegvesen
75mm stålsylinder tøyningshastighet: 0.7 %/time	OCR: - P' _c : - p' _r : -20kPa - dårlig	Forsøksdato: 26.03.14
w=33,0 % γ = 19,0kN/m ³	M ₀ /M _L :- Δe/e ₀ :0,101 - dårlig	Vedlegg D-21

Kommentar: Det er ikke mulig å tolke p'_c fra spenning-tøynings-kurven, Ingen OC-platå.

Samlet vurdering: Dårlig kvalitet

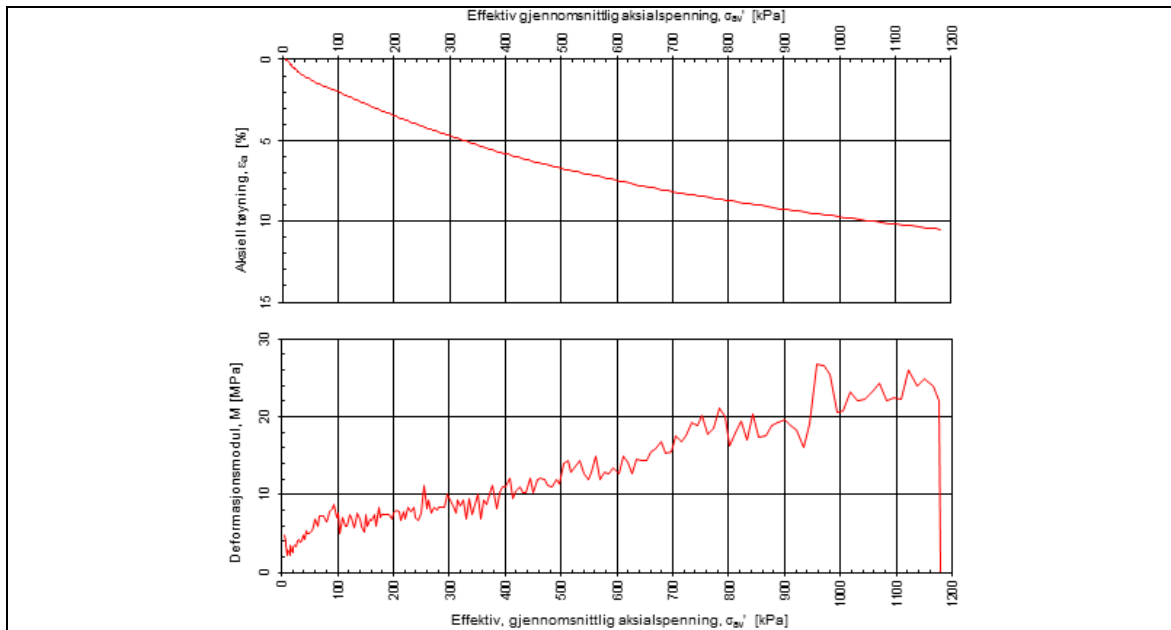


Ødometerforsøk, CRS

Borhullnr.: 1504	Dybde: 15,55m	Lab: Statens Vegvesen
75mm stålsylinder tøyningshastighet: 0.7 %/time	OCR: - P' _c : - p' _r : -80kPa - dårlig	Forsøksdato: -
w=34,0 % γ = 19,5kN/m ³	M ₀ /M _L :- Δe/e ₀ :0,103 - dårlig	Vedlegg D-22

Kommentar: Det er ikke mulig å tolke p'_c fra spenning-tøynings-kurven. Ingen OC-platå.

Samlet vurdering: Dårlig kvalitet

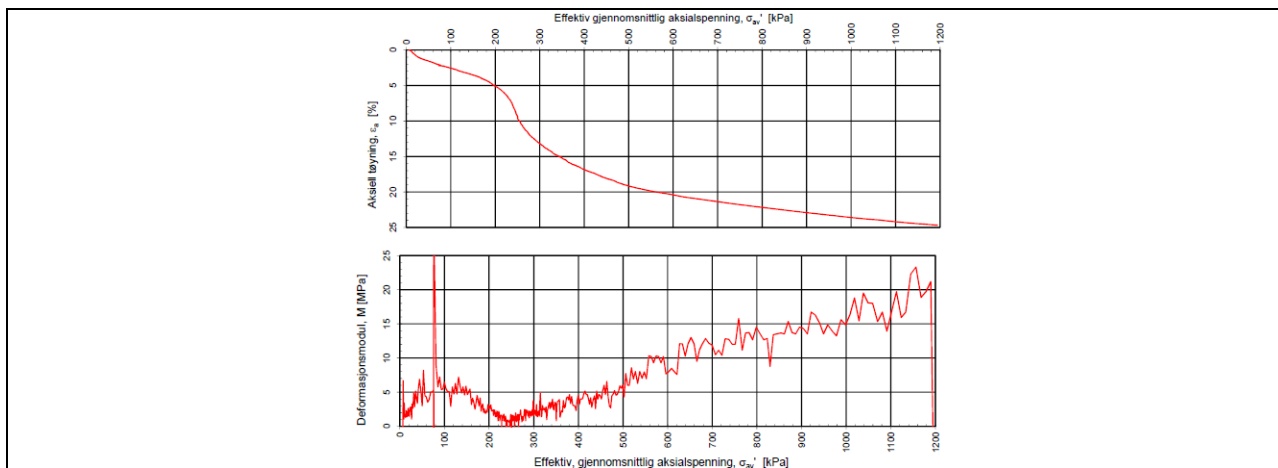


Ødometerforsøk, CRS

Borhullnr.: 1210	Dybde: 4,45m	Lab: Multiconsult
54mm stålsylinder tøyningshastighet: 0.7 %/time	OCR: 2 P' _c : 100kPa p' _r : -250kPa - dårlig	Forsøksdato: 18.03.2013
w=31,0 % γ = 19,5kN/m ³	M ₀ /M _L :- Δe/e ₀ :0,026 - bra	Vedlegg D-23

Kommentar: Det er vanskelig å tolke p'_c fra spenning-tøynings-kurven,
Ingen OC-platå

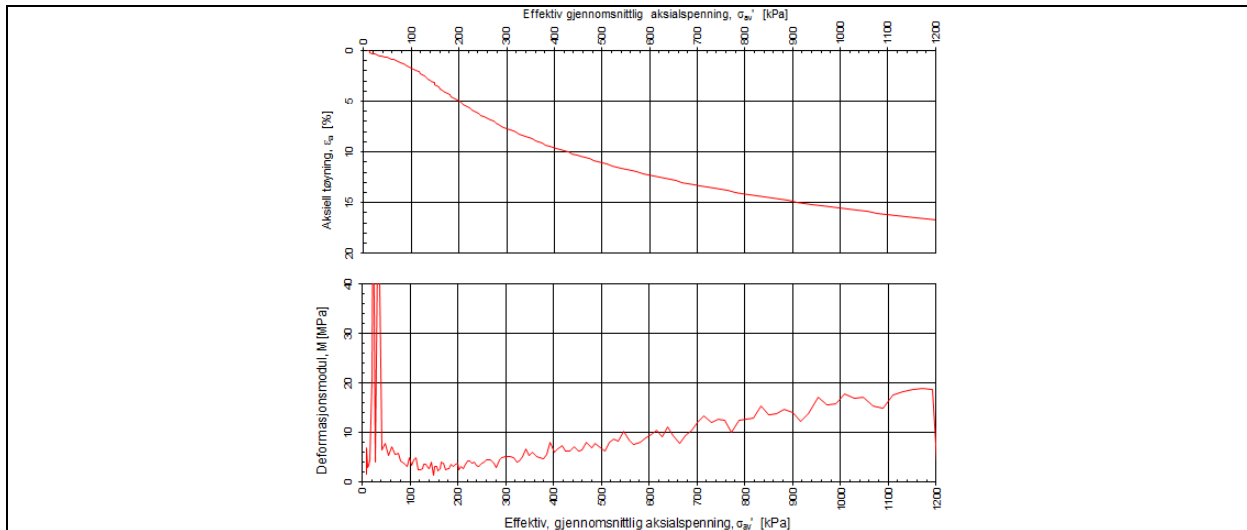
Samlet vurdering: Dårlig kvalitet



Ødometerforsøk, CRS

Borhullnr.: 1210	Dybde: 9,40m	Lab: Multiconsult
54mm stålsylinder tøyningshastighet: 0.7 %/time	OCR: 2,33 P' _c : 220kPa p' _r : 200kPa - bra	Forsøksdato: 18.03.13
w=31,0 % γ = 19,0kN/m ³	M ₀ /M _L : 6,0 - bra Δe/e ₀ :0,054 - bra	Vedlegg D-24

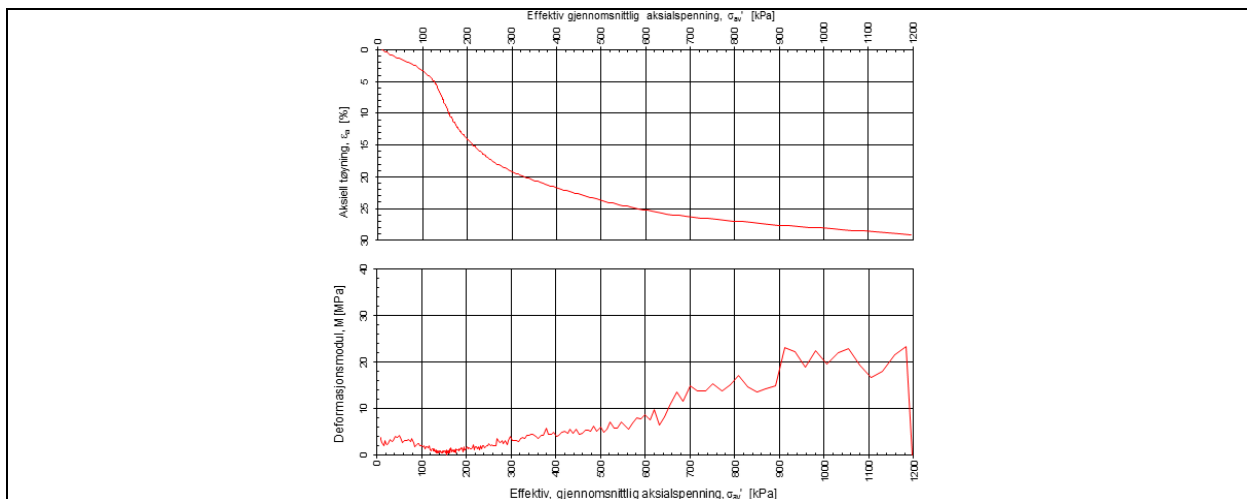
Kommentar: Det er mulig å tolke p'_c fra spenning-tøynings-kurven,
 Man kan se overgangen mellom overkonsolidert og normalkonsolidert område.
Samlet vurdering: Bra kvalitet



Ødometerforsøk, CRS

Borhullnr.: 1403	Dybde: 10,32m	Lab: Multiconsult
54mm stålsylinder tøyningshastighet: 0.7 %/time	OCR: 0,96 P'_c : 110kPa p'_r : 0kPa - nøytral	Forsøksdato: 30.11.12
$w=32,0$ % $\gamma = 20,0\text{kN/m}^3$	M_0/M_L : 2,3 - bra $\Delta e/e_0$: 0,043 - bra	Vedlegg D-25

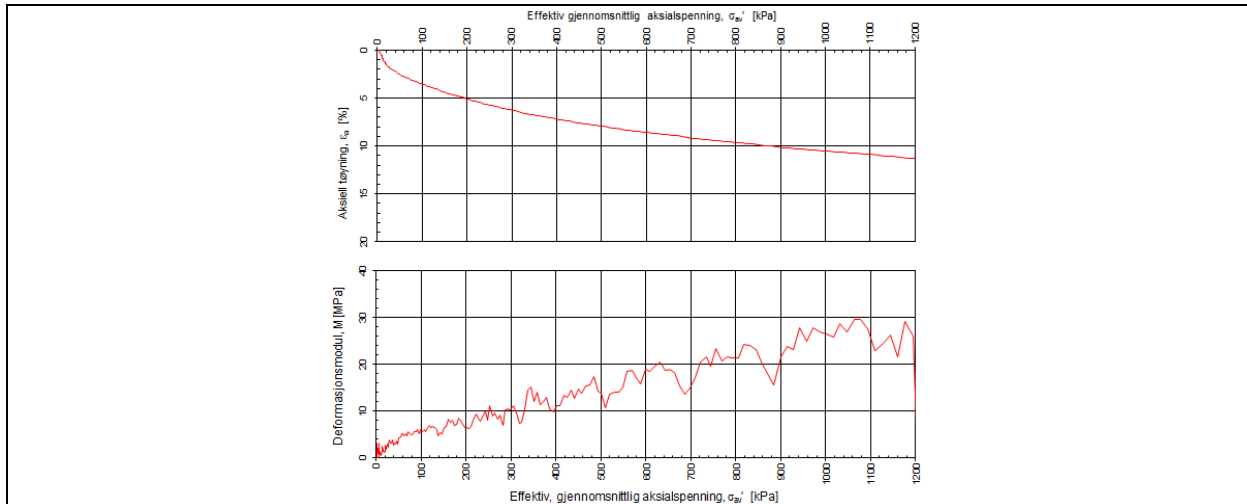
Kommentar: Det er mulig å tolke p'_c fra spenning-tøynings-kurven,
 Man kan se overgangen mellom overkonsolidert og normalkonsolidert område.
Samlet vurdering: Bra kvalitet



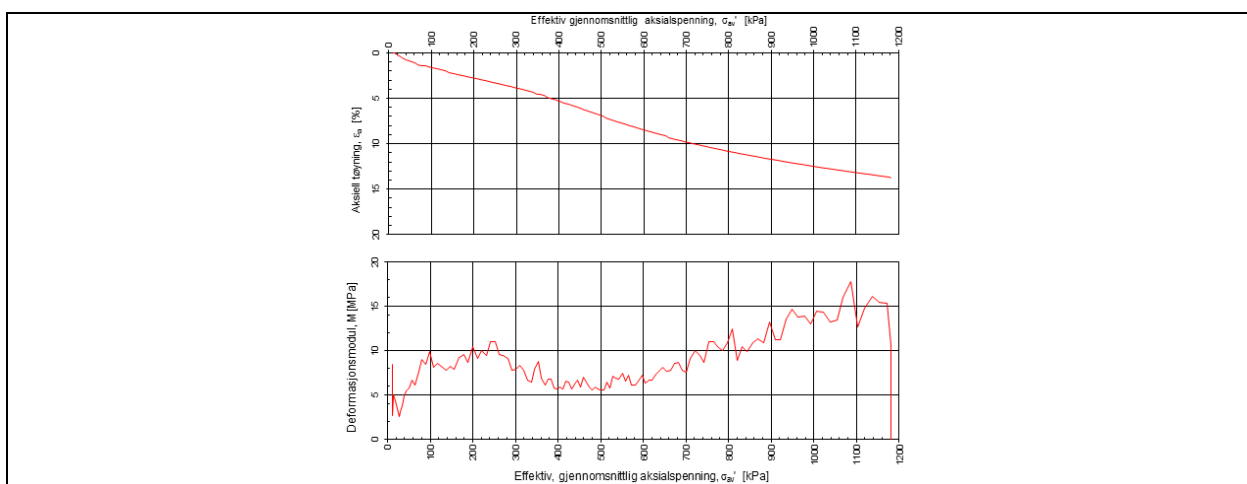
Ødometerforsøk, CRS

Borhullnr.: 1406	Dybde: 10,60m	Lab: Multiconsult
54mm stålsylinder tøyningshastighet: 0.7 %/time	OCR: 1,13 P'_c : 130kPa p'_r : 100kPa - bra	Forsøksdato: 23.11.12
$w=32,0$ %	M_0/M_L : 6,0 - bra	Vedlegg D-26

$\gamma = 19,0 \text{ kN/m}^3$	$\Delta e/e_0: 0,085$ - dårlig	
Kommentar: Det er mulig å tolke p'_c fra spenning-tøynings-kurven, Man kan se overgangen mellom overkonsolidert og normalkonsolidert område. Samlet vurdering: Bra kvalitet		

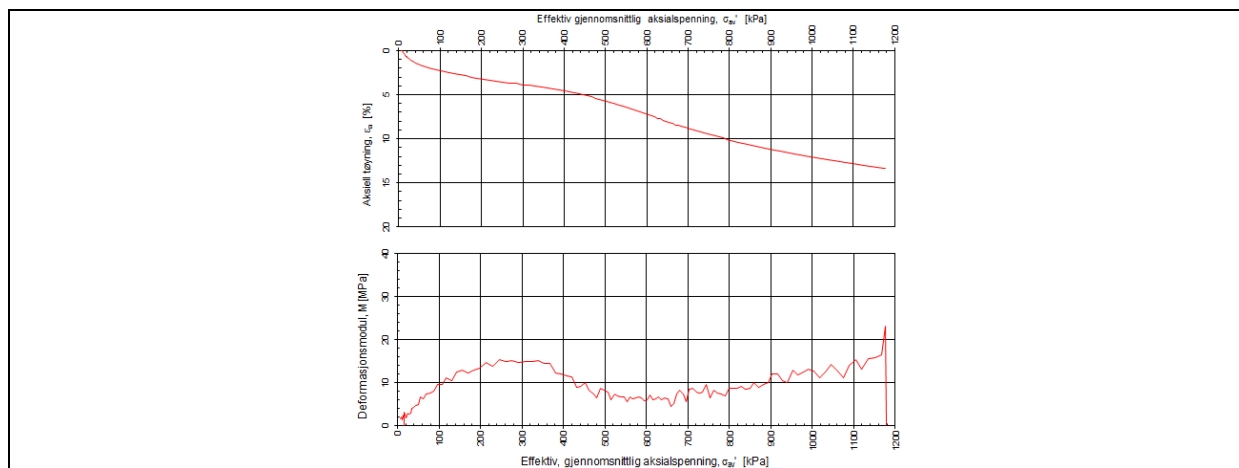


Ødometerforsøk, CRS		
Borhullnr.: 1417	Dybde: 6,65m	Lab: Multiconsult
54mm stålsylinder tøyningshastighet: 0.7 %/time	OCR: - P'_c : - p'_r : -200kPa - dårlig	Forsøksdato: 13.12.12
$w=26,0$ % $\gamma = 20,0 \text{ kN/m}^3$	M_0/M_L : $\Delta e/e_0: 0,091$ - dårlig	Vedlegg D-27
Kommentar: Det er ikke mulig å tolke p'_c fra spenning-tøynings-kurven, Ingen OC-platå Samlet vurdering: Dårlig kvalitet		

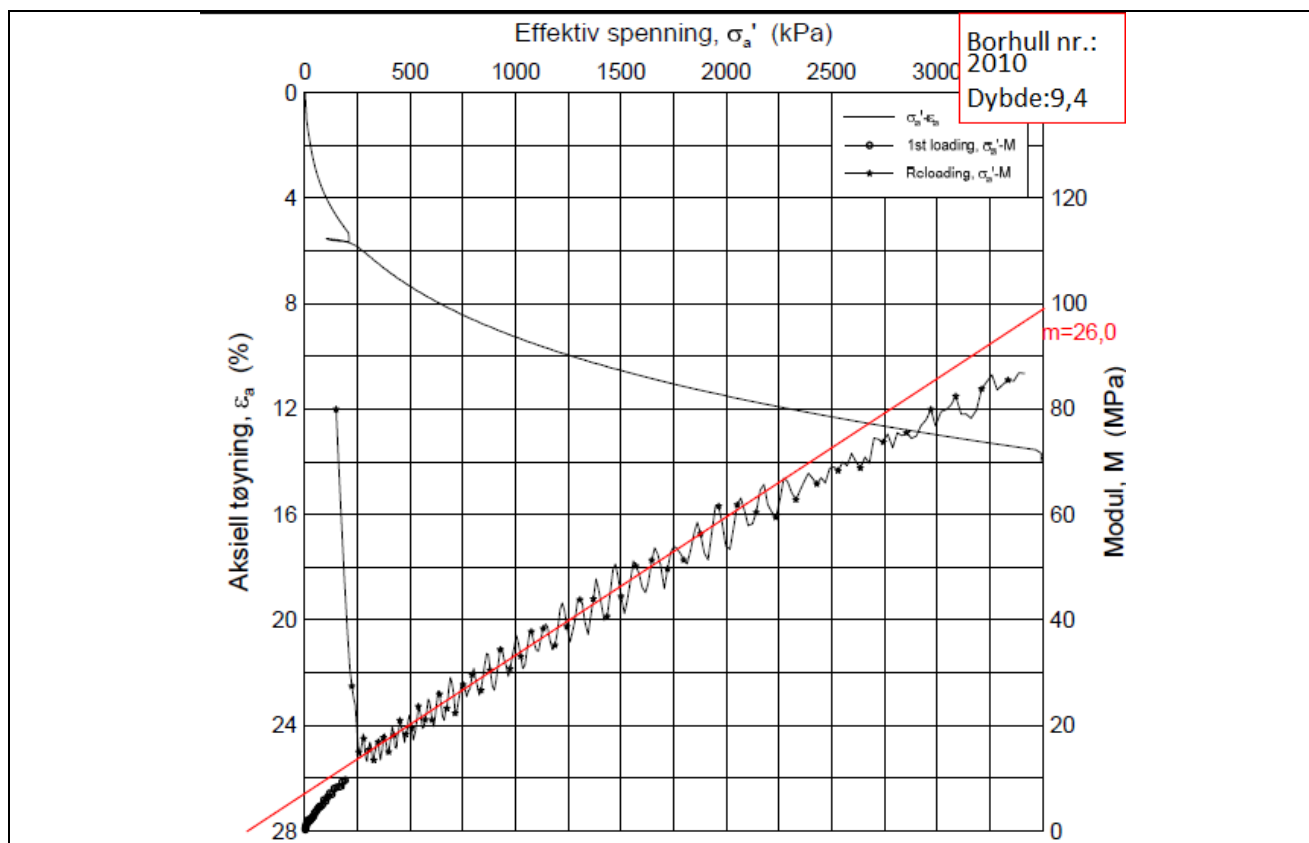


Ødometerforsøk, CRS		
Borhullnr.: 1445	Dybde: 3,40m	Lab: Multiconsult
54mm stålsylinder tøyningshastighet: 0.7 %/time	OCR: 13,99 P'_c : 400kPa p'_r : 150kPa - bra	Forsøksdato: 28.02.13
		Vedlegg D-28

$w=35,0\%$ $\gamma = 18,5\text{kN/m}^3$	$M_0/M_L: 1,5$ - bra $\Delta e/e_0: 0,010$ - bra	
Kommentar: Det er mulig å tolke p'_c fra spenning-tøynings-kurven, Man kan se overgangen mellom overkonsolidert og normalkonsolidert område. Samlet vurdering: Bra kvalitet		

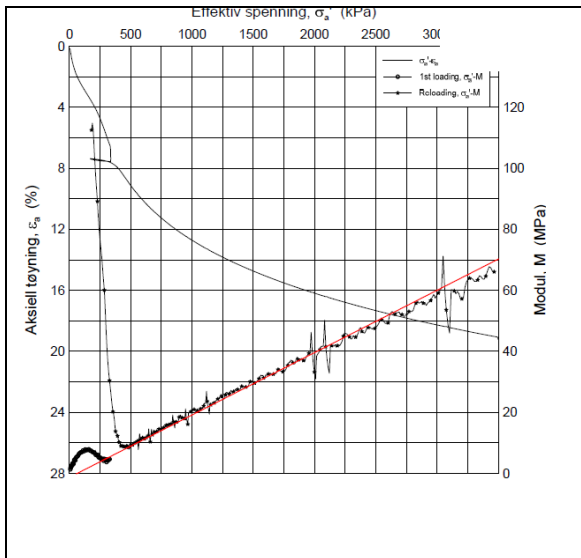


Ødometerforsøk, CRS		
Borhullnr.: 1445	Dybde: 8,50m	Lab: Multiconsult
54mm stålsylinder tøyningshastighet: 0.7 %/time	OCR: 6,01 P'_c : 520kPa p'_r : 300kPa - bra	Forsøksdato: 28.02.13
$w=33,0\%$ $\gamma = 19,5\text{kN/m}^3$	$M_0/M_L: 2,3$ - bra $\Delta e/e_0: 0,044$ - bra	Vedlegg D-29
Kommentar: Det er mulig å tolke p'_c fra spenning-tøynings-kurven, Man kan se overgangen mellom overkonsolidert og normalkonsolidert område. Samlet vurdering: Bra kvalitet		

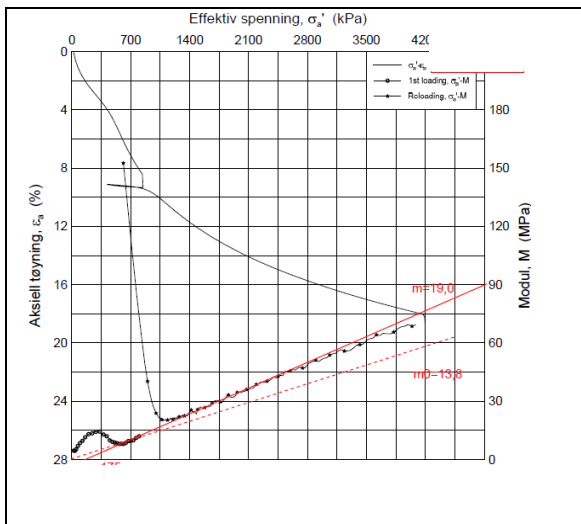


Ødometerforsøk

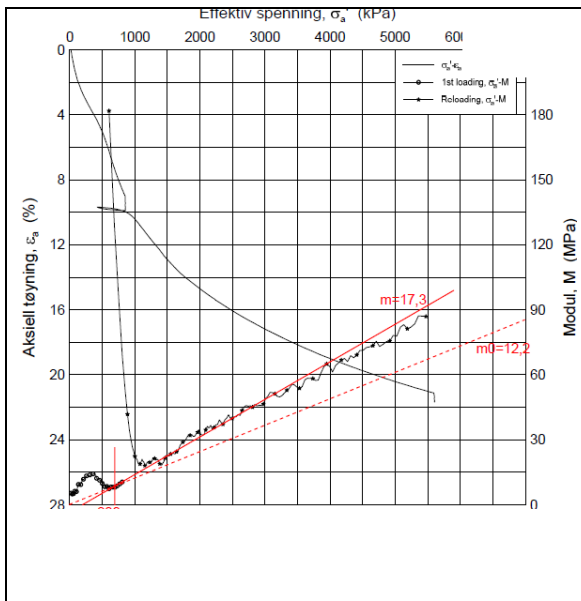
Borhullnr.:	Dybde:	Prøvetype	Lab: NGI
2010	9,38	IL	
2010	9,40	CRS	
2010	14,40	CRS	
2011	10,40	CRS	
2011	15,40	CRS	
2012	12,63	CRS	
2012	17,48	IL	
2012	17,53	CRS	
72mm	stålsylinder	OCR: -	Forsøksdato: 28.02.13
w=30,0	%	P' _c : -	Vedlegg D-30
γ = 19,5kN/m ³		p' _r : (-650)- (-250) -dårlig	
		M ₀ /M _L : -	
		Δe/e ₀ : 0,054-0,157 - dårlig/veldig dårlig	
Kommentar: Det er ikke mulig å tolke p' _c fra spenning-tøynings-kurven, Ingen OC-platå			
Samlet vurdering: Bra kvalitet			



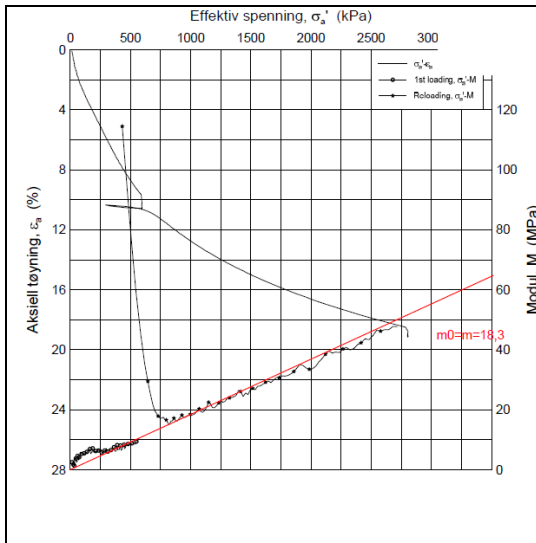
Ødometerforsøk, CRS		
Borhullnr.: 201 5	Dybde: 9,40m	Lab: NGI
72mm stålsylinder	OCR: 2,33 P' _c : 260kPa p' _r : 50kPa - bra M ₀ /M _L : 1,8 - bra Δe/e ₀ :0,056 - dårlig	Forsøksdato : 26.05.14
w=34,2 % γ = 19,0kN/m ³		Vedlegg D-31
Kommentar: Det er mulig å tolke p' _c fra spenning-tøynings-kurven, Man kan se overgangen mellom overkonsolidert og normalkonsolidert område. Samlet vurdering: Bra kvalitet		



Ødometerforsøk, CRS		
Borhullnr.: 201 7	Dybde: 8,46m	Lab: NGI
72mm stålsylinder	OCR: 5,78 P' _c : 490kPa p' _r : 175kPa - bra M ₀ /M _L : 1,7 - bra Δe/e ₀ :0,025 - bra	Forsøksdato : 24.07.14
w=33,4 % γ = 19,0kN/m ³		Vedlegg D-32
Kommentar: Det er mulig å tolke p' _c fra spenning-tøynings-kurven, Man kan se overgangen mellom overkonsolidert og normalkonsolidert område. Samlet vurdering: Bra kvalitet		



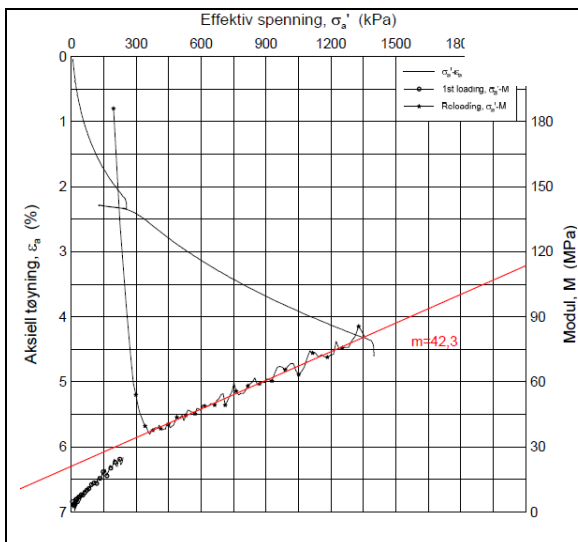
Ødometerforsøk, CRS		
Borhullnr.: 201 7	Dybde: 14,58m	Lab: NGI
72mm stålsylinder	OCR: 3,74 P' _c : 530kPa p' _r : 200kPa - bra M ₀ /M _L : 1,8 - bra Δe/e ₀ :0,046 - dårlig	Forsøksdato : 24.07.14
w=30,7 % γ = 19,0kN/m ³		Vedlegg D-33
Kommentar: Det er mulig å tolke p' _c fra spenning-tøynings-kurven, Man kan se overgangen mellom overkonsolidert og normalkonsolidert område. Samlet vurdering: Bra kvalitet		



Ødometerforsøk, CRS

Borhullnr.: 201 8	Dybde: 8,52m	Lab: NGI
72mm stålsylinder	OCR: 2,95 P' _c : 250kPa p' _r : 0kPa - nøytral M ₀ /M _L : 1,1 - dårlig Δe/e ₀ :0,051 - dårlig	Forsøksdato : 24.07.14
w=31,8 % γ = 19,0kN/m ³		Vedlegg D-34

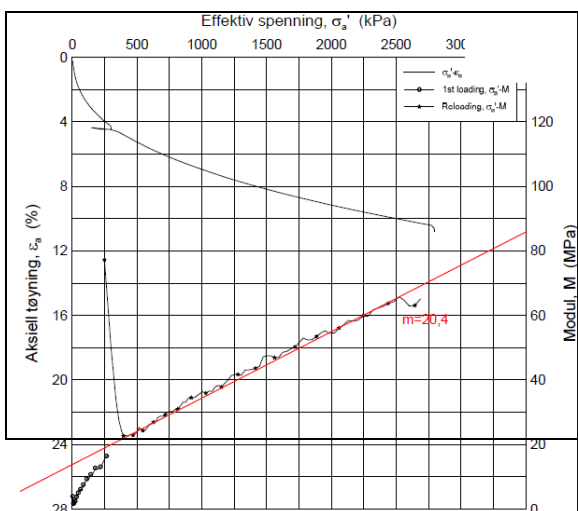
Kommentar: marginalt OC-platå.
Samlet vurdering: Dårlig kvalitet



Ødometerforsøk, CRS

Borhullnr.: 203 0	Dybde: 7,48m	Lab: NGI
72mm stålsylinder	OCR: P' _c : p' _r : -480kPa - dårlig M ₀ /M _L : Δe/e ₀ :0,036	Forsøksdato : 24.07.14
w=20,7 % γ = 21,5kN/m ³		Vedlegg D-35

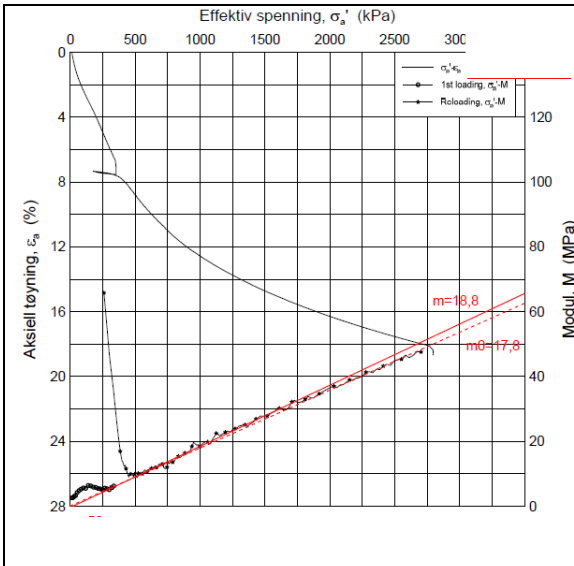
Kommentar: Ikke mulig å tolke p'_c, Ingen OC-platå.
Samlet vurdering: Dårlig kvalitet



Ødometerforsøk, CRS

Borhullnr.: 203 6	Dybde: 8,28	Lab: NGI
72mm stålsylinder	OCR: - P' _c : - p' _r : -670kPa - dårlig M ₀ /M _L : Δe/e ₀ :0,068	Forsøksdato : 24.07.14
w=23,8 % γ = 20,0kN/m ³		Vedlegg D-36

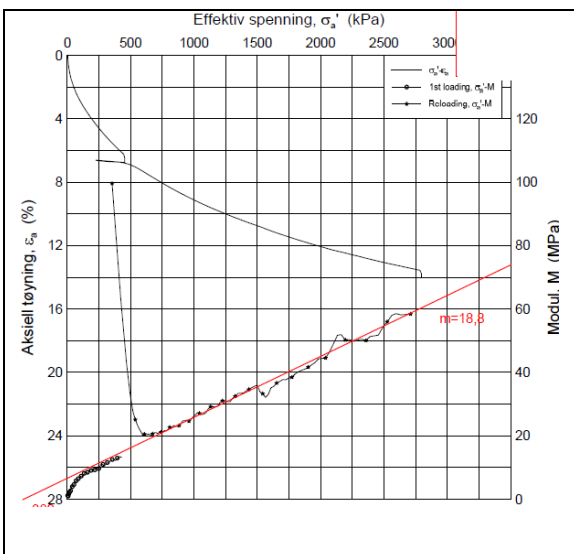
Kommentar: Ikke mulig å tolke p'_c , Ingen OC-plata.
Samlet vurdering: Dårlig kvalitet



Ødometerforsøk, CRS

Borhullnr.: 203 6	Dybde: 10,48m	Lab: NGI
72mm stålsylinder	OCR: 1,95 P' _c : 230kPa p' _r : 200kPa - bra M ₀ /M _L : 1,5 - bra Δe/e ₀ :0,056 - bra	Forsøksdato : 24.07.14
w=34,2 % γ = 19,0kN/m ³		Vedlegg D-37

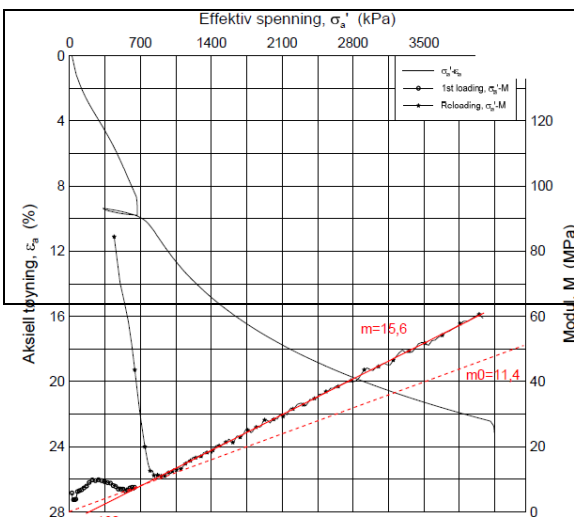
Kommentar: Det er mulig å tolke p'_c fra spennings-tøynings-kurven, Man kan se overgangen mellom overkonsolidert og normalkonsolidert område.
Samlet vurdering: Bra kvalitet



Ødometerforsøk, CRS

Borhullnr.: 203 6	Dybde: 14,33	Lab: NGI
72mm stålsylinder	OCR: - P' _c : - p' _r : -380kPa - dårlig M ₀ /M _L : Δe/e ₀ :0,081	Forsøksdato : 24.07.14
w=27,8 % γ = 19,5kN/m ³		Vedlegg D-38

Kommentar: Ikke mulig å tolke p'_c , Ingen OC-plata.
Samlet vurdering: Dårlig kvalitet



Ødometerforsøk, CRS

Borhullnr.: 204 0	Dybde: 16,63m	Lab: NGI
72mm stålsylinder	OCR: 3,04 P' _c : 510kPa p' _r : 180kPa - bra M ₀ /M _L : 1,3 - dårlig	Forsøksdato : 24.07.14

	$w=38,2$ % $\gamma = 18,5\text{kN/m}^3$	$\Delta e/e_0:0,053$ - dårlig	Vedlegg D-39
Kommentar: Det er mulig å tolke p'_c fra spenning-tøynings-kurven, Man kan se overgangen mellom overkonsolidert og normalkonsolidert område. Samlet vurdering: Bra kvalitet			

	Ødometerforsøk, CRS		
	Borhullnr.: 204 0	Dybde: 17,33m	Lab: NGI
72mm stålsylinder $w=33,9$ % $\gamma = 19,0\text{kN/m}^3$	OCR: 3,31 P'_c : 590kPa p'_r : 250kPa - bra M_0/M_L : 1,9 - bra $\Delta e/e_0:0,037$ - bra	Forsøksdato : 24.07.14	Vedlegg D-40
Kommentar: Det er mulig å tolke p'_c fra spenning-tøynings-kurven, Man kan se overgangen mellom overkonsolidert og normalkonsolidert område. Samlet vurdering: Bra kvalitet			

	Ødometerforsøk, CRS		
	Borhullnr.: 205 1	Dybde: 17,33m	Lab: NGI
72mm stålsylinder $w=34,8$ % $\gamma = 19,0\text{kN/m}^3$	OCR: 2,31 P'_c : 210kPa p'_r : 50kPa - bra M_0/M_L : 1,4 - dårlig $\Delta e/e_0:0,045$ - bra	Forsøksdato : 25.07.14	Vedlegg D-41
Kommentar: Det er mulig å tolke p'_c fra spenning-tøynings-kurven, Man kan se overgangen mellom overkonsolidert og normalkonsolidert område. Samlet vurdering: Bra kvalitet			

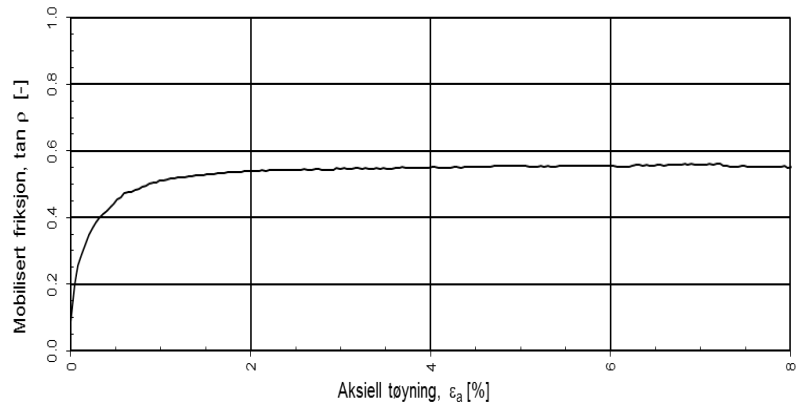
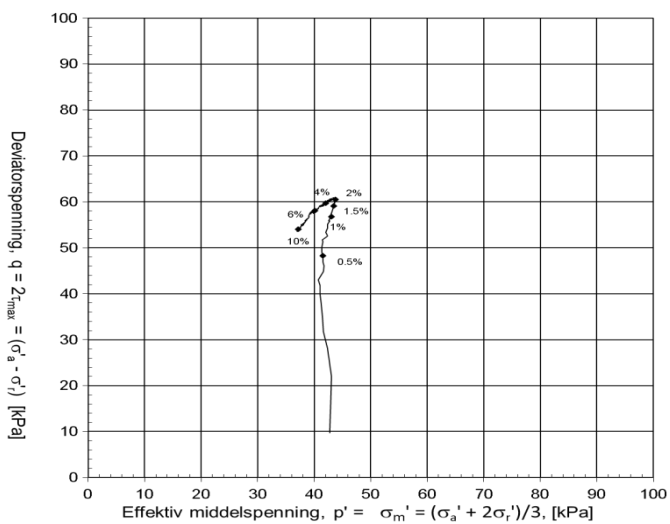
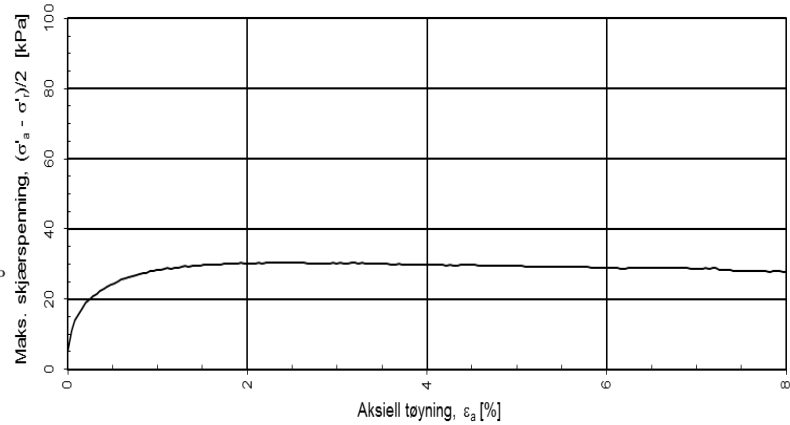
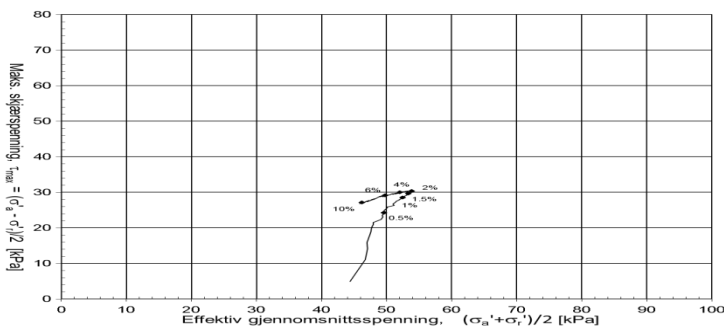
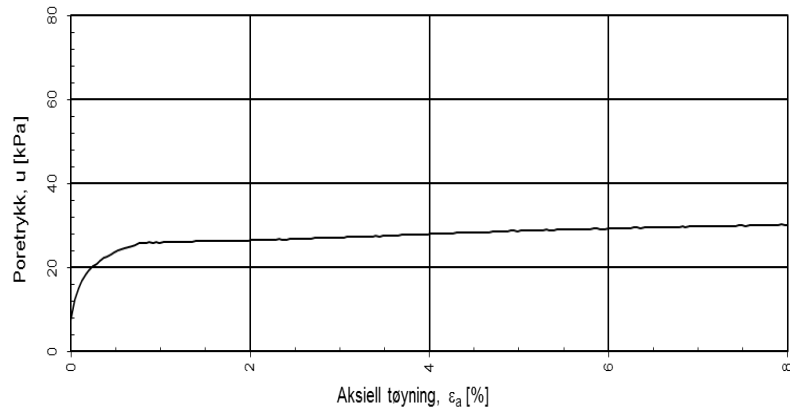
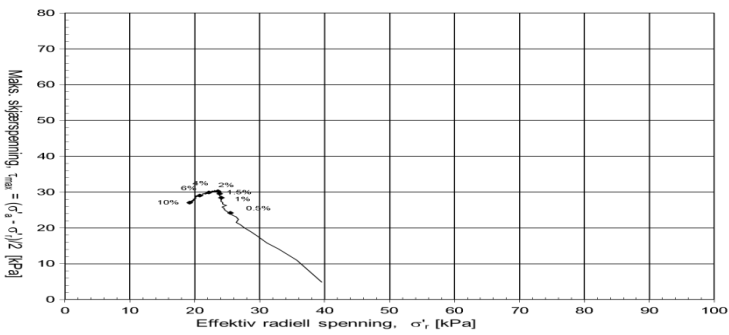
Vedlegg E Treksialforsøk

VEDLEGG E1- VURDERING AV PRØVEKVALITET BASERT PÅ ØDOMETERFORSØK

borpunkt nr. prøvedia.	dybde	Lab	wi	wp	wL	ip	Leif-innh.	ytot	St	p'0v	sigma ac	sigma trc	K'0	dV/V'0 ved p de/e'0 ved p'	OCR	prøvekalite speak	SuA
1403	54 CAUA	4.3 MC	29	20.5	30	9.5	29.5	20	12	49	49.2	39.5	0.8	2.53	0.057	1 God	2
1403	54 CAUA	10.4 MC	29	15	19.5	4.5	-	20	249	106	110.3	88.7	0.8	3.29	0.074	1.14 Dårlig	1.2
1403	54 CAUA	10.5 MC	29	15	19.5	4.5	-	20	249	106	109.4	78	0.71	5.43	0.122	1.14 Dårlig	3
1406	54 CAUA	6.4 MC	34	21.5	30.5	9	30	20	19	78	56.1	35.7	0.64	1.52	0.031	1 Veldig god	1.6
1406	54 CAUA	10.4 MC	32	16	20.5	4.5	-	19.5	253	114	105.9	83.7	0.79	4.03	0.086	1.13 Dårlig	0.8
1406	54 CAUA	10.5 MC	32	16	20.5	4.5	-	19.5	253	115	109.7	87.6	0.8	2.81	0.06	1.13 God	0.8
1406	54 CAUP	10.68 MC	32	16	20.5	4.5	-	19.5	253	115	78.2	57.5	0.74	4.78	0.102	1.13 Dårlig	4
1417	54 CAUA	6.2 MC	26	22	33	11	32.5	20	4	64	62.4	50.2	0.8	0.9	0.022	1 Veldig god	1.5
1431	54 CAUA	7.4 MC	26	24	33	9	-	20	2	87.5	66.2	42.1	0.64	1.49	0.036	1 Veldig god	1.5
1431	54 CAUP	12.35 MC	31	18	24	6	-	19.5	224	137	123.5	93.5	0.76	2.58	0.056	1 God	1.5
1431	54 CAUA	12.4 MC	27	18	24	6	-	20	224	137.5	131.4	90.5	0.69	2.39	0.056	1 God	1.5
1502 Blokk	CAUA	9.99 NTNU	31	18.5	22.5	4	36	19.5	-	114	110	88	0.8	3.4	0.074	1.32 Dårlig	1.3
1502 Blokk	CAUA	14.91 NTNU	31	18.5	22.5	4	27	19.5	240	166	159	127	0.8	5	0.109	1.27 Dårlig	1.1
1502	75 CAUA	18.59 NTNU	34	15.5	19	3.5	34	20	96	204	196	157	0.8	6.1	0.126	1.24 Dårlig	1.25
1503	75 CAUA	12.41 NTNU	34	17.5	22	4.5	30	19.5	104	139	194	107	0.8	6.5	0.135	1.5 Dårlig	2
1503	75 CAUA	18.63 NTNU	31	18.5	22	3.5	29	20	104	205	196	157	0.8	6.2	0.135	1.24 Dårlig	1.2
1504	75 CAUA	12.62 NTNU	39	19.5	23.5	4	36	20	59	141.4	136	109	0.8	7.5	0.145	1.36 Veldig dårlig	3.3
1504	75 CAUA	18.51 NTNU	31	18.5	21.5	3	31	20	44	208.5	195	156	0.8	5.2	0.122	-	2.7
1505	75 CAUA	18.64 NTNU	27	21	25	4	24	19	74	204.9	196	157	0.8	3.9	0.092	-	7.7
1502 Blokk	CAUA	9.98 MC	34	18	22	4	36	20	-	114	107.6	85.8	0.8	4.4	0.091	1.2 Dårlig	2.1
1502 Blokk	CAUA	14.91 MC	33	18	22	4	27	20	240	166	158.6	126.6	0.8	4.22	0.089	1.1 Dårlig	0.8
1503	75 CAUA	8.25 MC	37	18	25	7	36.5	20	220	96	92.6	73.4	0.79	4.89	0.097	1.35 Dårlig	1
1503	75 CAUA	16.55 MC	33	18	23.5	5.5	33.5	19.5	138	183	174	139	0.8	7.32	0.154	1 Veldig dårlig	1
1504	75 CAUA	10.1 MC	35	18	25	7	38	19	118	113.1	116	91.8	0.79	7.1	0.145	1 Veldig dårlig	2
1504	75 CAUA	16.65 MC	29	18	26	8	40	19.5	69	187.3	174.7	140.3	0.8	4.21	0.088	1.24 Dårlig	1
1505	75 CAUA	13.45 MC	27	20	26	6	26	19.5	40	150.9	150.9	122	0.81	4.3	0.101	-	5.8
1502	75 CAUA	6.35 SVV	34	22	31	9	32	19	8	76	74.5	59.8	0.8	3.85	0.08	1.49 Dårlig	8
1502	75 CAUA	9.9 SVV	33	18	22	4	36	19	-	113	110.8	88.7	0.8	2.62	0.055	1.3 God	31
1502	75 CAUA	14.9 SVV	33	18	22	4	27	19	240	166	160.3	128.4	0.8	2.66	0.056	1.15 God	1
1503	75 CAUA	6.55 SVV	30	23	30	7	31	18.6	15	78	74.9	59.7	0.8	5.07	0.112	1.4 Dårlig	6
1503	75 CAUA	14.55 SVV	33	20	27	7	37.5	19.5	68	162	155.5	124.6	0.8	4.21	0.088	1.24 Dårlig	1
1504	75 CAUA	6.55 SVV	33	20	26	6	40	19	75	76.4	77.1	61.6	0.8	3.51	0.074	-	3.4
1504	75 CAUA	15.45 SVV	35	19	24	5	38	19.5	54	174.7	166.9	133.5	0.8	3.5	0.071	-	6.2
2010	72 CAUA	9.4 NGI	33	18	24	6	-	19.5	58	119	119	71	0.6	2.05	0.043	-	4.5
2011	72 CAUA	10.4 NGI	29	17	25	8	-	19.5	36	126.9	126.9	76	0.6	4.05	0.091	-	3
2012	72 CAUA	17.4 NGI	29	18	30	12	-	19.5	10	213	213	128	0.6	1.39	0.031	-	50
2015	72 CAUP	9.4 NGI	31	16	25	9	-	19	74	108	111.5	66.9	0.6	0.73	0.016	2.3 Veldig god	1.3
2015	72 CAUA	9.55 NGI	31	16	25	9	-	19	74	109	112.8	67.7	0.6	0.56	0.012	2.3 Veldig god	1.5
2015	72 CAUA	16.4 NGI	32	18	31	13	-	20	19	187	190.7	114.5	0.6	1.43	0.031	1.9 Veldig god	1
2015	72 CAUP	16.55 NGI	32	18	31	13	-	20	19	189	192	115.3	0.6	0.76	0.016	1.9 Veldig god	1.3
2018	72 CAUA	8.25 NGI	33	17.4	24.2	6.8	-	18.6	90	83.6	83.6	50.2	0.6	0.76	0.016	3.2 Veldig god	2
2018	72 CAUA	11.4 NGI	33	17.8	26.7	8.9	-	18.8	58	84.8	83.6	50.2	0.59	1.78	0.028	3.2 Veldig god	10
2018	72 CAUP	11.4 NGI	33	17.8	26.7	8.9	-	18.8	58	113.3	113.2	68	0.6	1.78	0.037	2.7 God	1.2
2030	72 CAUA	7.22 NGI	22	19	27	8	15.3	21.3	2	84.3	84.2	50.5	0.6	1.66	0.039	1.6 Veldig god	1.5
2030	72 CAUP	7.37 NGI	22	19	27	8	15.3	21.3	2	85.7	84.2	50.5	0.6	1.69	0.045	1.6 God	9
2036	72 CAUA	8.4 NGI	22.5	19.3	31.2	11.9	-	20.1	1	101.4	101.4	60.8	0.6	0.97	0.025	1.5 Veldig god	16
2036	72 CAUP	8.52 NGI	22.5	19.3	31.2	11.9	-	20.1	1	102.4	102.4	61	0.6	1.83	0.048	1.5 God	13
2036	72 CAUA	10.4 NGI	28	17.8	27	9.2	-	19.2	23	118.4	118.4	71.3	0.6	0.87	0.02	1.4 Veldig god	1.6
2036	72 CAUP	14.4 NGI	29.5	17.4	23.1	5.7	-	20.1	50	152.4	145.1	91.3	0.6	2.05	0.046	1.33 God	4
2036	72 CAUA	14.4 NGI	29.5	17.4	23.1	5.7	-	20.1	140	152.4	145.1	91.3	0.63	1.24	0.028	1.93 Veldig god	10
2040	72 CAUP	16.23 NGI	38	20	42.9	22.9	-	18.5	5	166.6	166.6	100.8	0.6	1.89	0.037	2.2 Veldig god	7
2040	72 CAUA	16.4 NGI	38	20	42.9	22.9	-	18.5	5	168	167.8	100.8	0.6	2.22	0.043	2.2 God	4
2040	72 CAUP	17.4 NGI	35	20.2	42.9	22.7	-	18.9	4	178	177.8	106.6	0.6	0.86	0.018	2.2 Veldig god	1.8
2040	72 CAUP	17.58 NGI	35	20.2	42.9	22.7	-	18.9	4	179.4	179.4	107.6	0.6	0.9	0.018	2.2 Veldig god	2

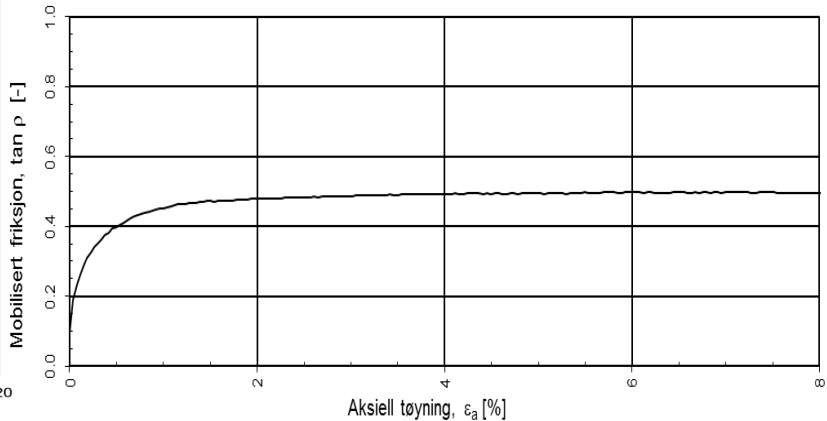
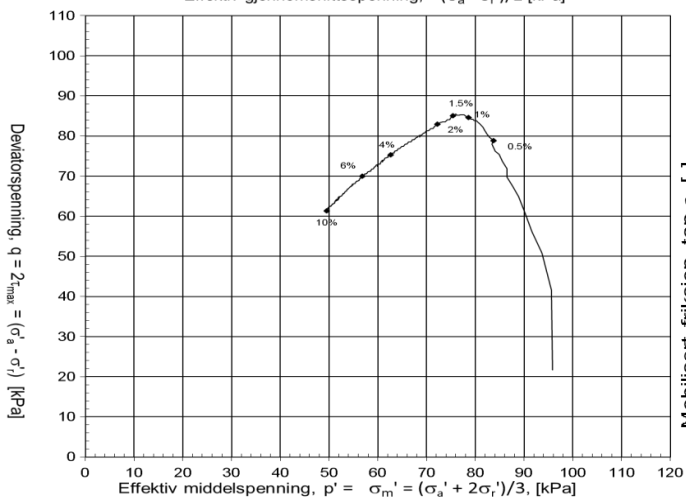
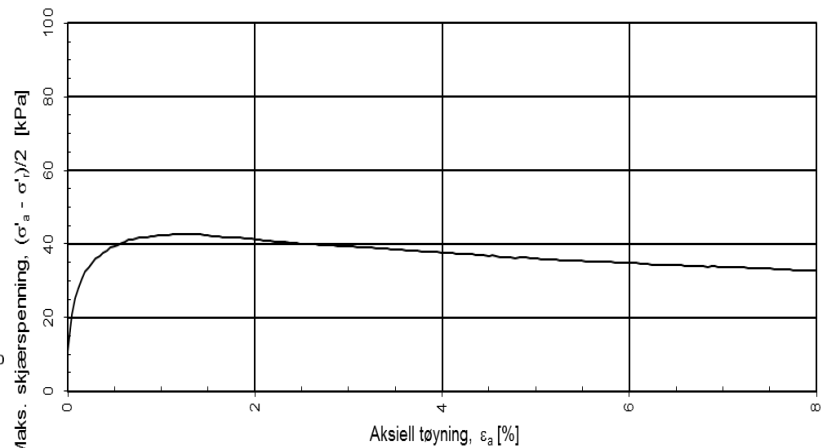
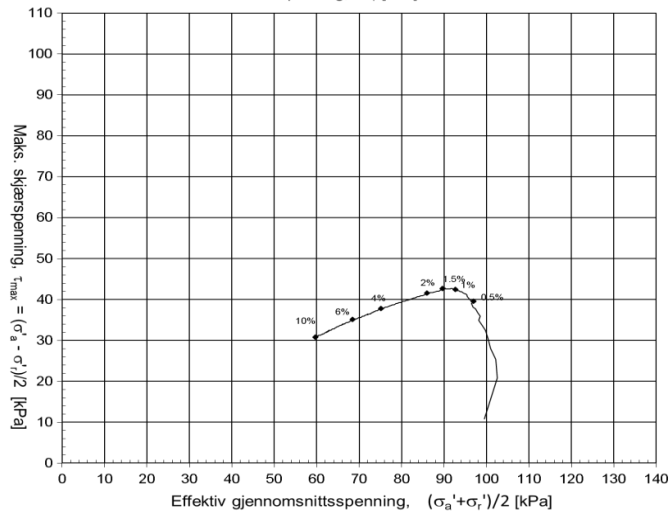
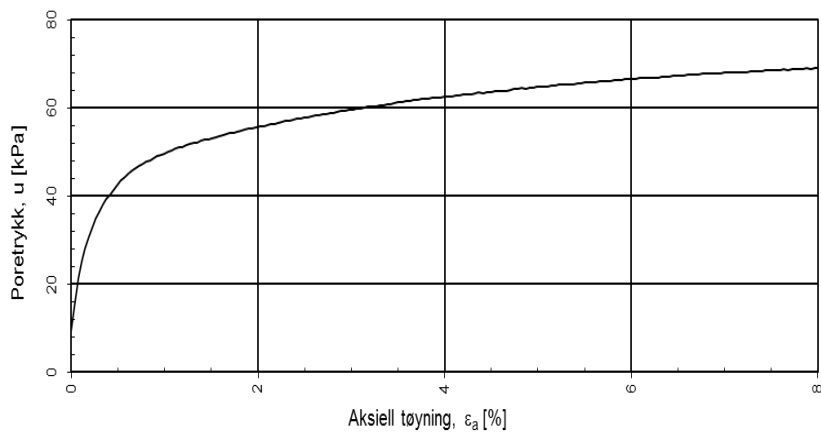
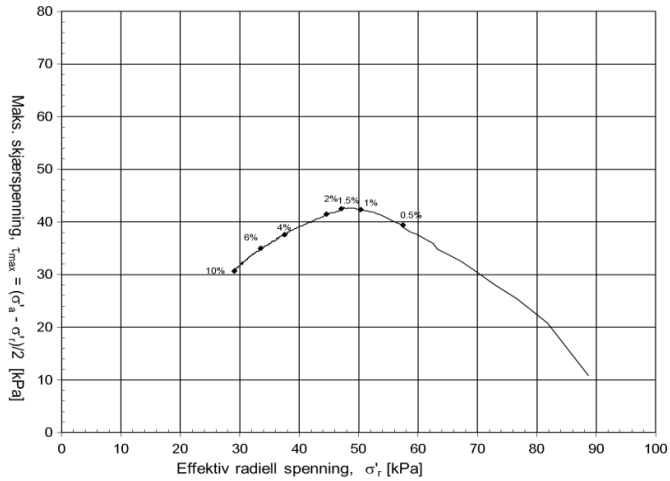
MC Hullnummer 1403, dybde:4,30m :

Konsolideringsspenning, aksial:		σ'_{ac} (kPa):	49.24
Konsolideringsspenning, radial:		σ'_{rc} (kPa):	39.54
Volumtøyning i konsolideringsfase:		ε_{vol} (%) = $\Delta V/V_0$:	2.53
Baktrykk u_b (kPa):	400	B - verdi = $\Delta u/\Delta \sigma_c$	-0.90
Vanninnhold w_i (%):	28.60	Densitet ρ_i (g/cm ³):	1.97



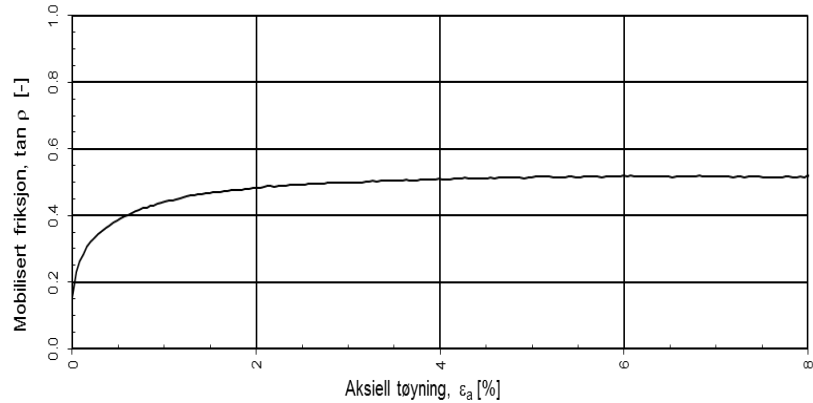
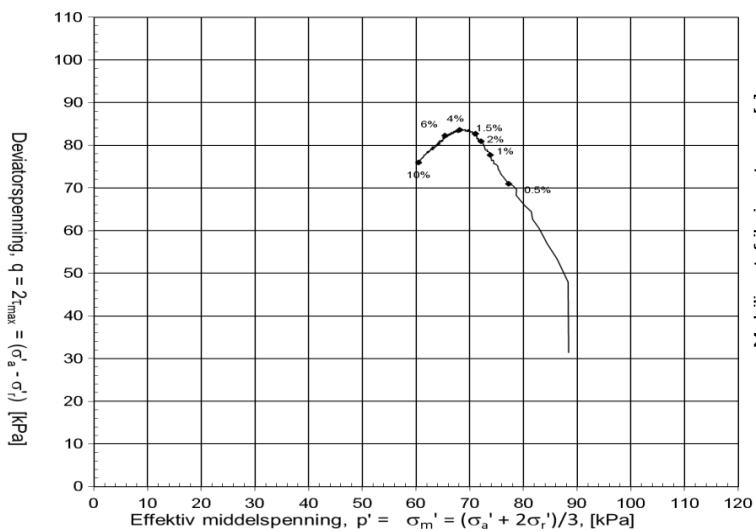
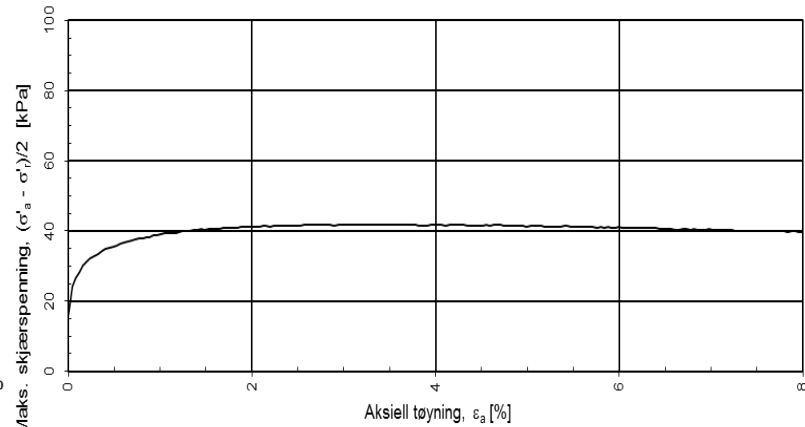
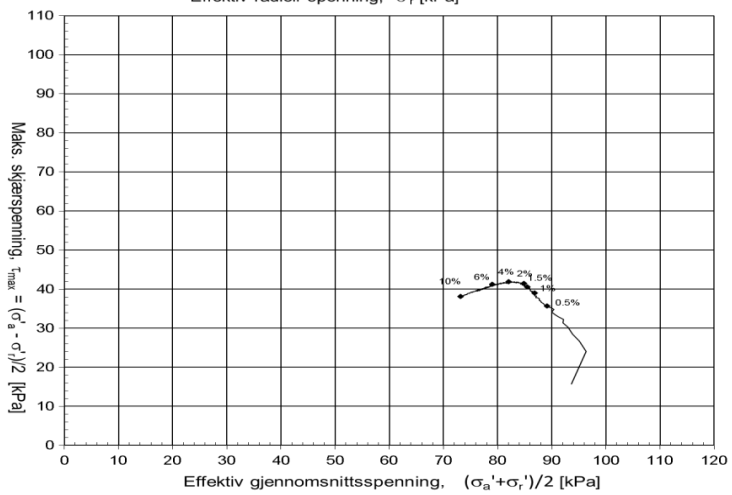
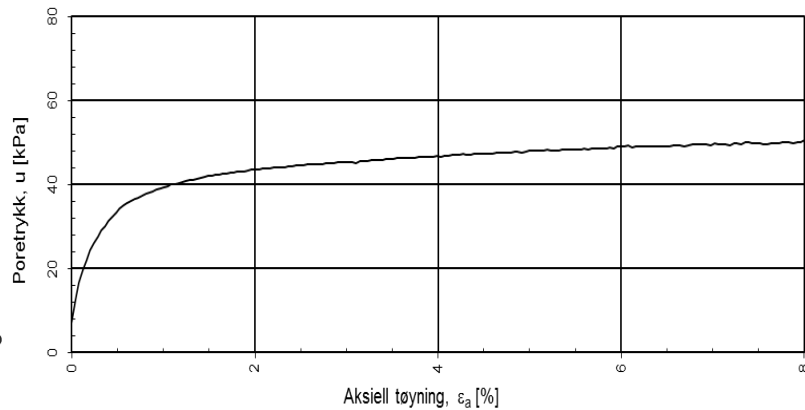
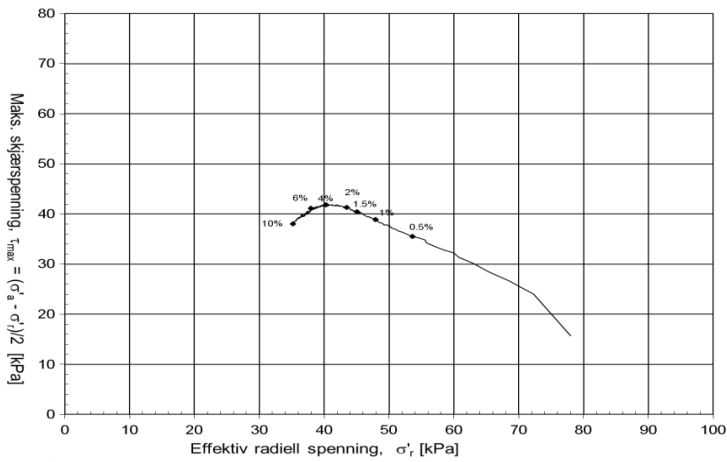
MC Hullnummer 1403, dybde:10,40m :

Konsolideringsspenning, aksial:		σ'_{ac} (kPa):	110.33
Konsolideringsspenning, radial:		σ'_{rc} (kPa):	88.65
Volumtøyning i konsolideringsfase:		ε_{vol} (%) = $\Delta V/V_0$:	3.29
Baktrykk u_b (kPa):	400	B - verdi = $\Delta u/\Delta\sigma_c$:	-0.90
Vanninnhold w_i (%):	28.60	Densitet ρ_i (g/cm ³):	1.98



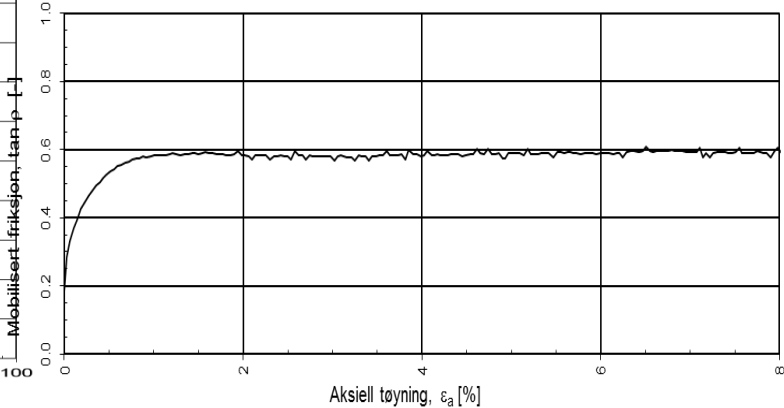
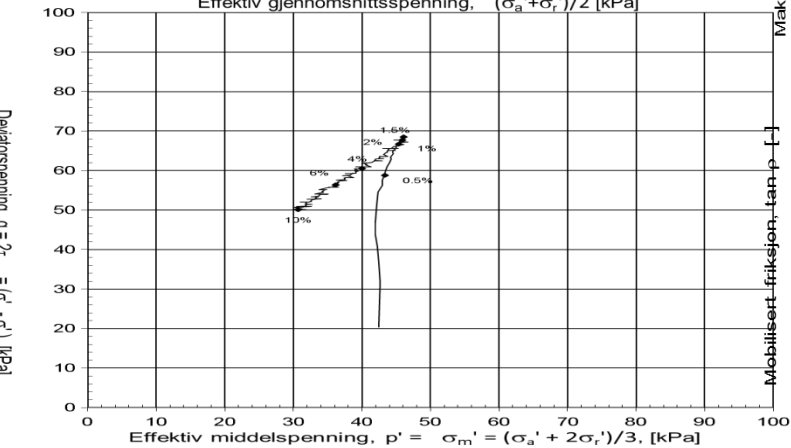
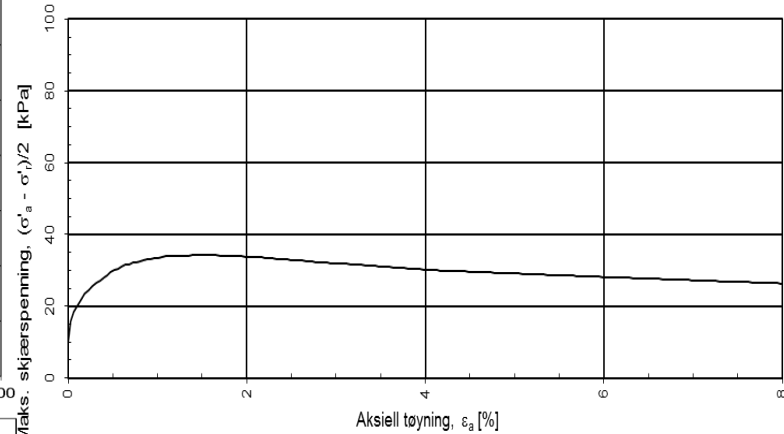
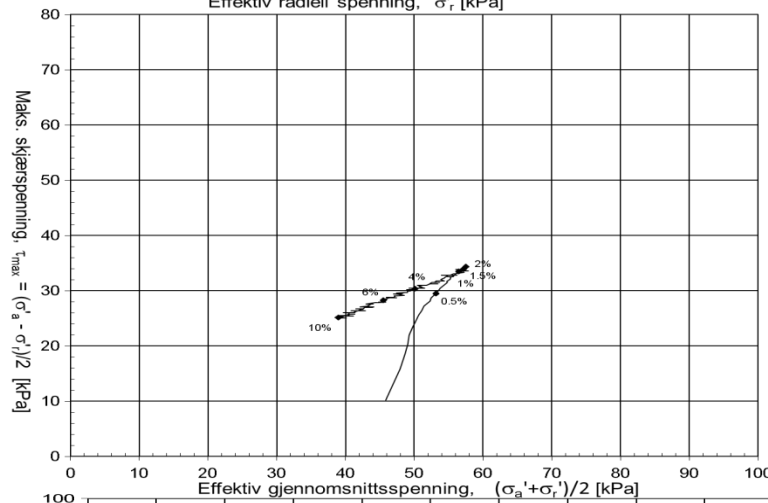
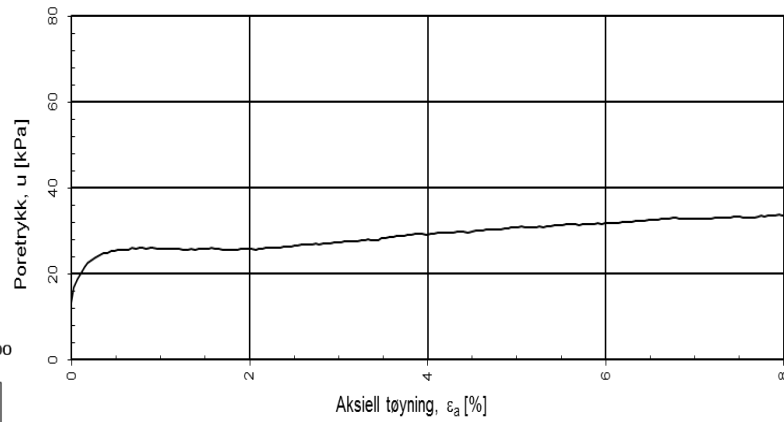
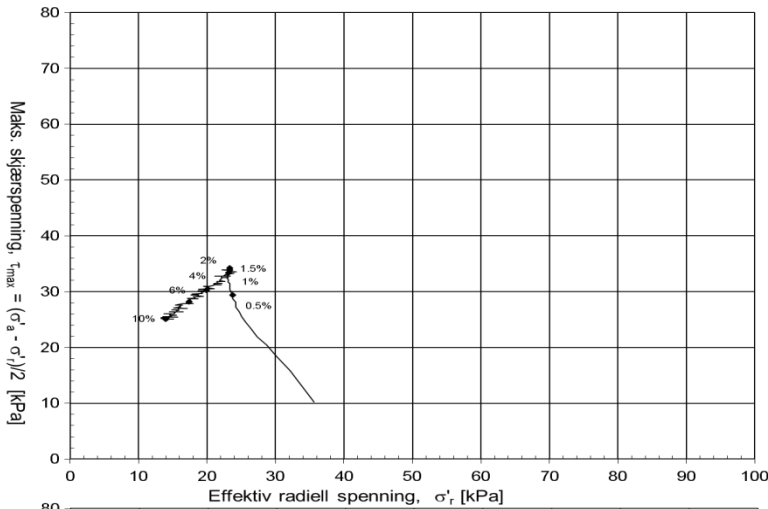
MC Hullnummer 1403, dybde:10,50m :

Konsolideringsspenning, aksial:		σ'_{ac} (kPa):	109.40
Konsolideringsspenning, radial:		σ'_{rc} (kPa):	78.01
Volumtøyning i konsolideringsfase:		ε_{vol} (%) = $\Delta V/V_0$:	5.43
Baktrykk u_b (kPa):	400	B - verdi = $\Delta u/\Delta\sigma_c$:	-0.89
Vanninnhold w_i (%):	28.60	Densitet ρ_i (g/cm ³):	1.98



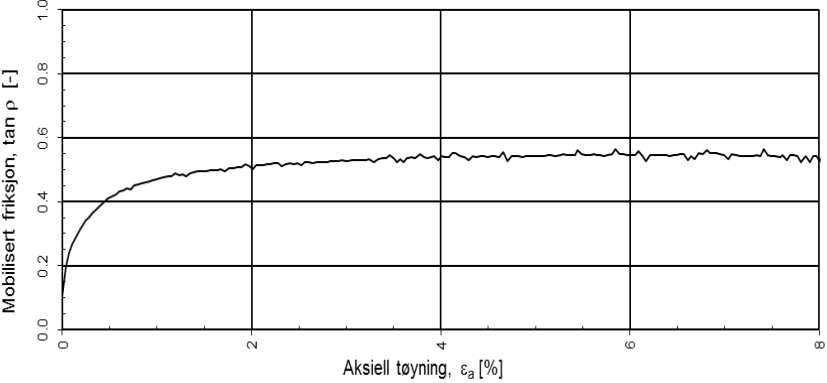
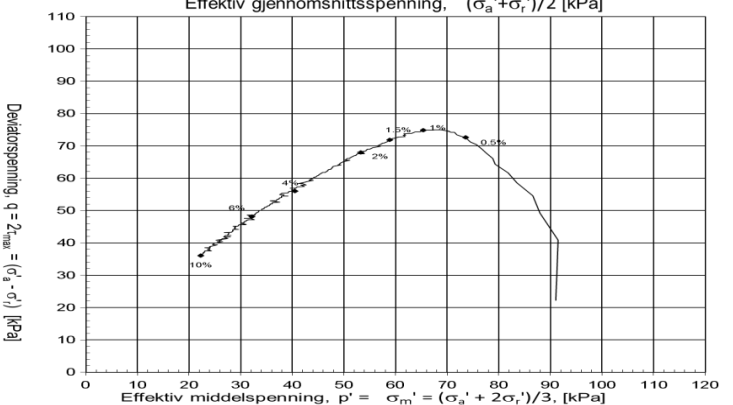
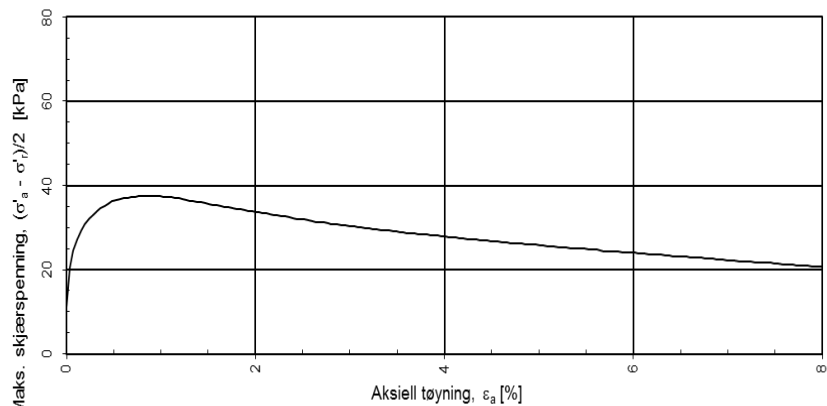
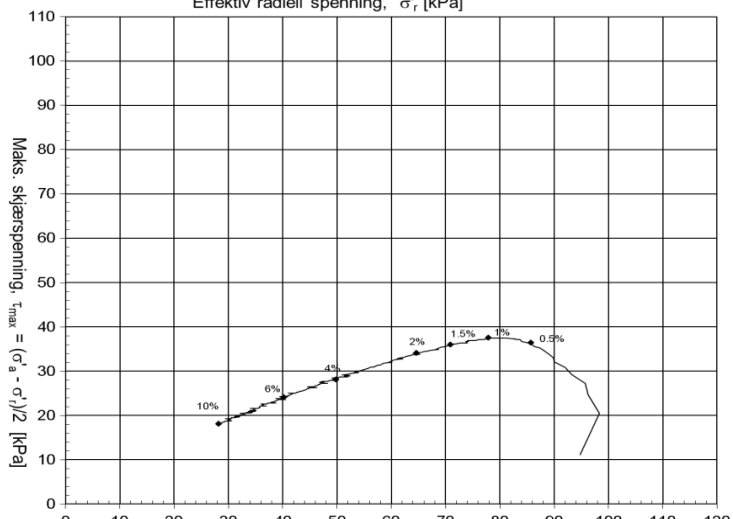
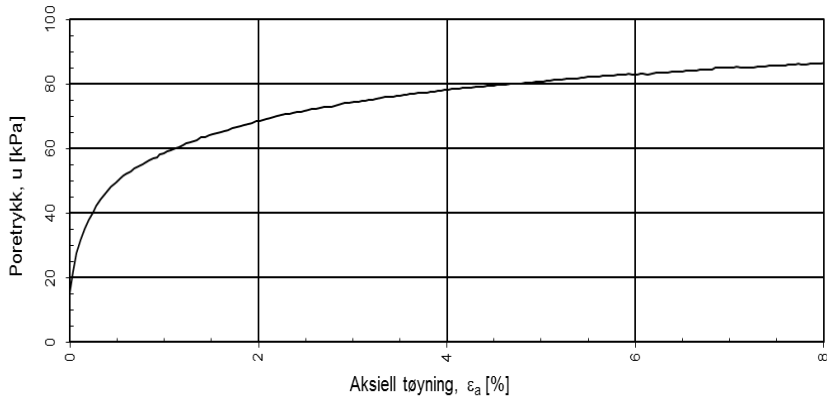
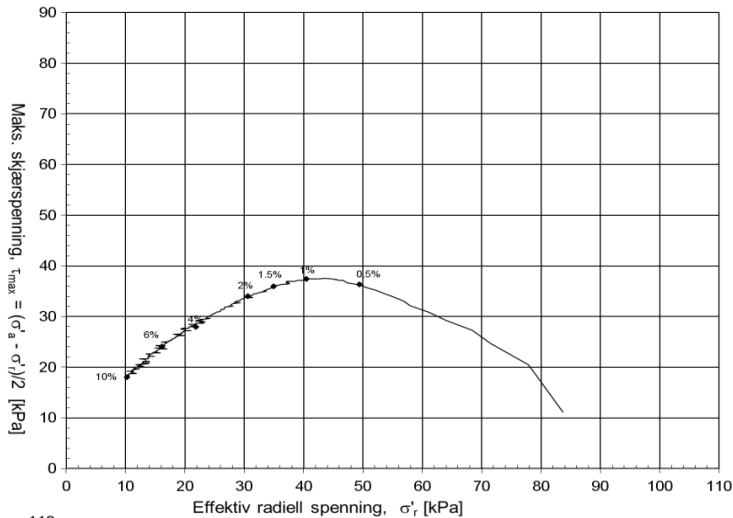
MC Hullnummer 1406, dybde:6,40m :

Konsolideringsspenning, aksial:		σ'_{ac} (kPa):	56.06
Konsolideringsspenning, radial:		σ'_{rc} (kPa):	35.65
Volumtøyning i konsolideringsfase:		ε_{vol} (%) = $\Delta V/V_0$:	1.52
Baktrykk u_b (kPa):	400	B - verdi = $\Delta u/\Delta\sigma_c$:	-0.76
Vanninnhold w_i (%):	33.84	Densitet ρ_i (g/cm^3):	1.97



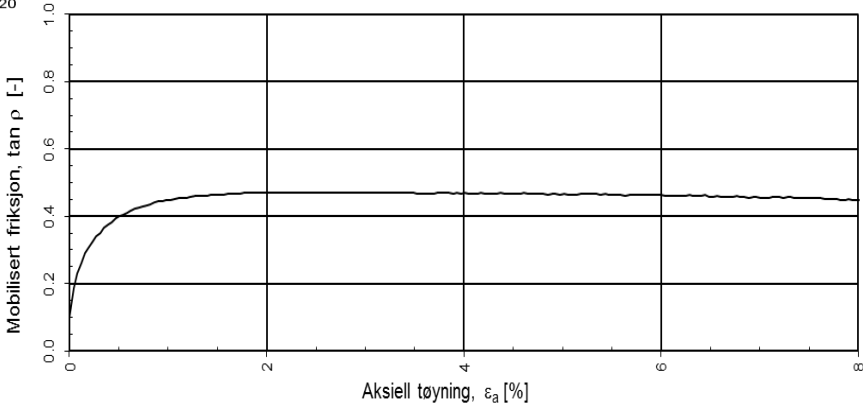
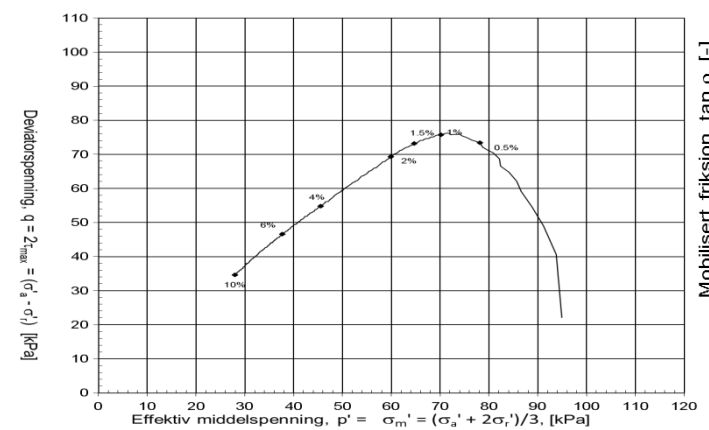
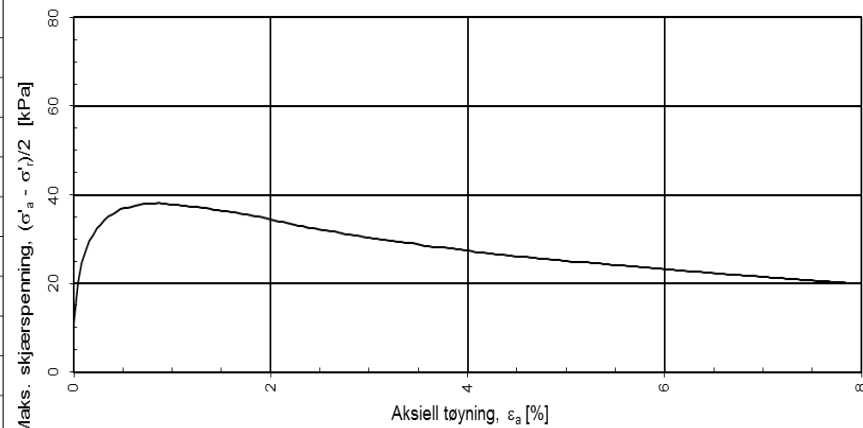
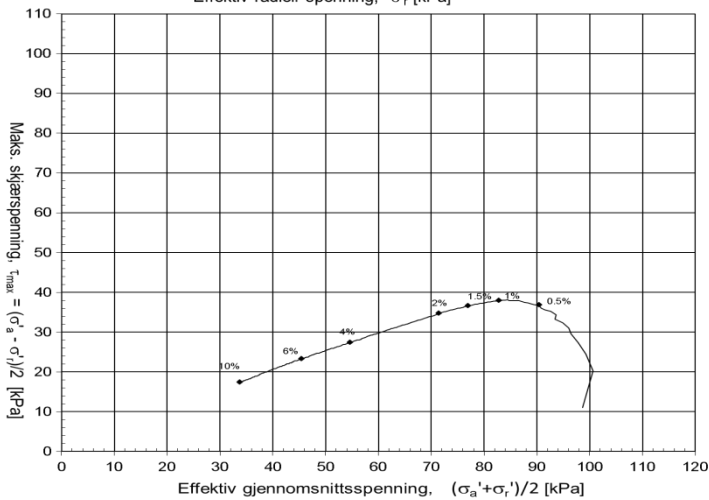
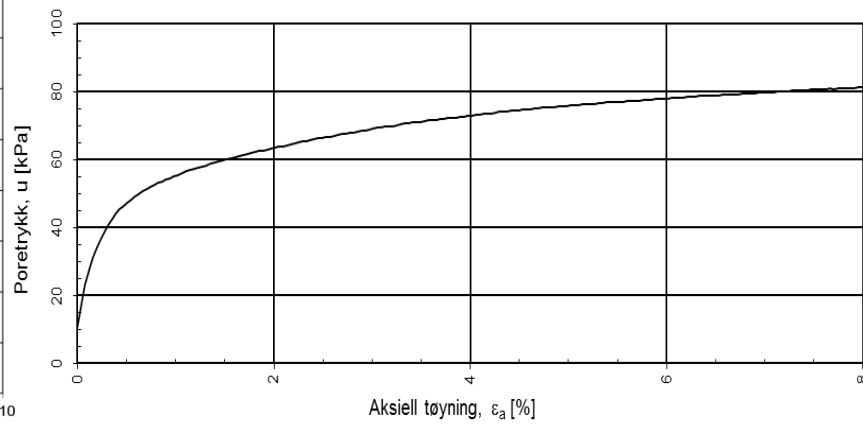
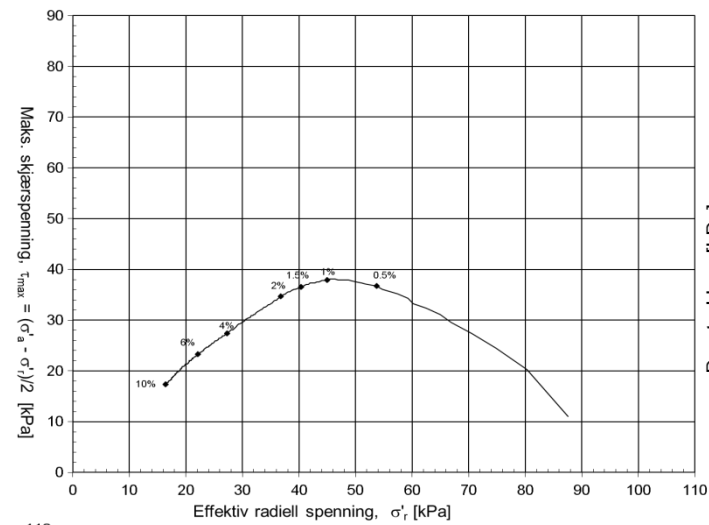
MC Hullnummer 1406, dybde:10,40m :

Konsolideringsspenning, aksial:		σ'_{ac} (kPa):	105.92
Konsolideringsspenning, radial:		σ'_{rc} (kPa):	83.70
Volumtøyning i konsolideringsfase:		ε_{vol} (%) = $\Delta V/V_0$:	4.03
Baktrykk u_b (kPa):	400	B - verdi = $\Delta u/\Delta \sigma_c$:	-0.84
Vanninnhold w_i (%):	32.04	Densitet ρ_i (g/cm ³):	1.94



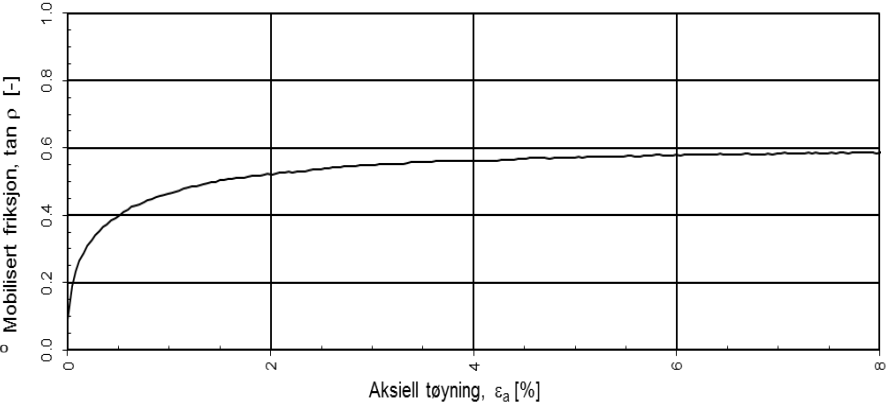
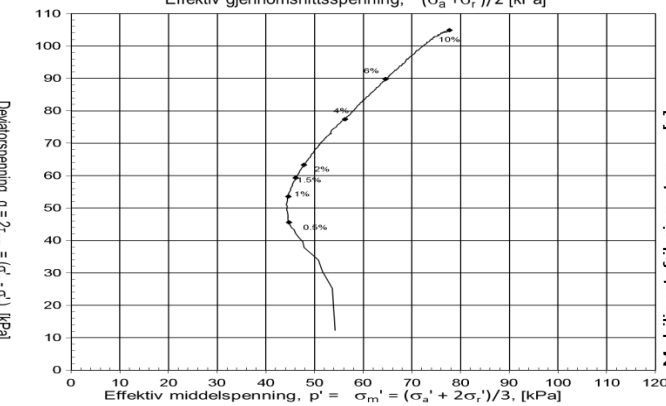
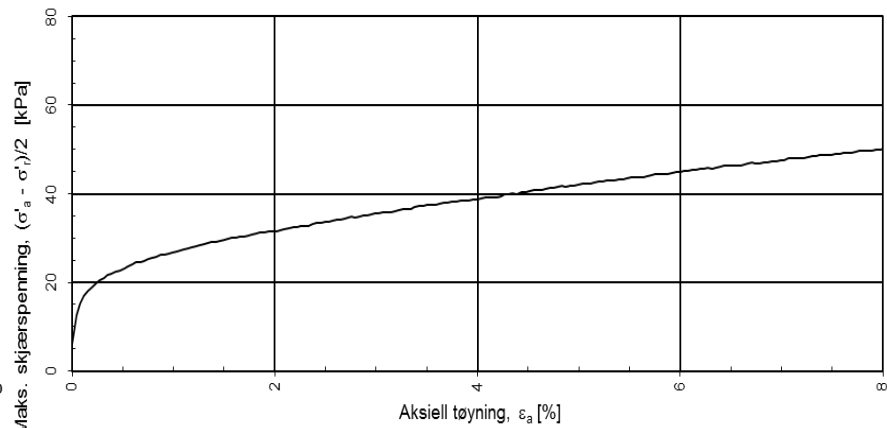
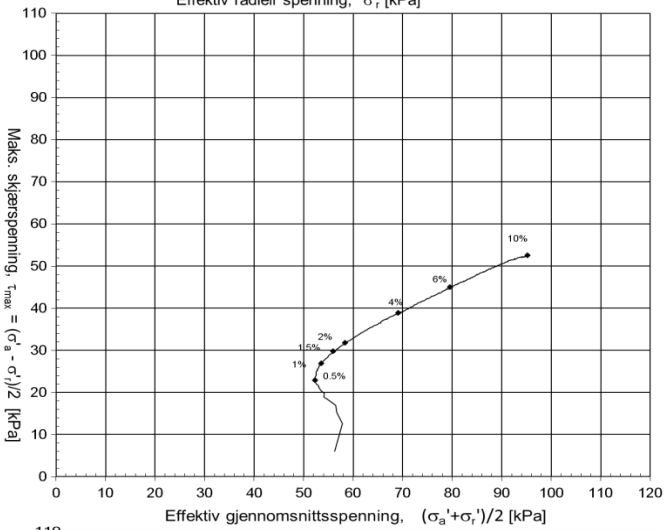
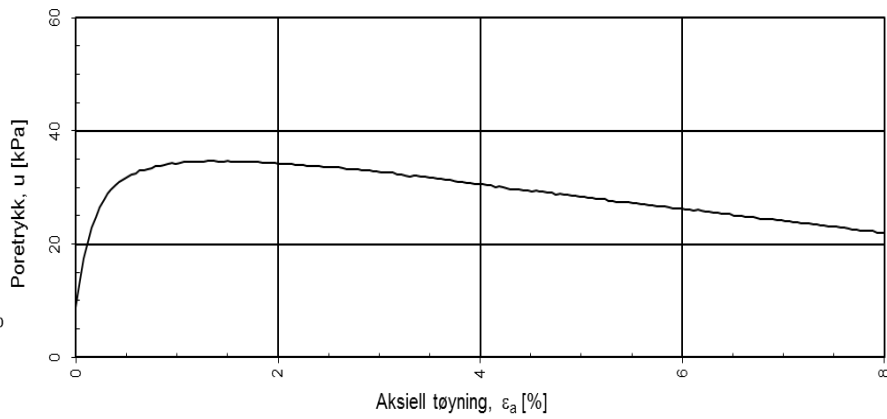
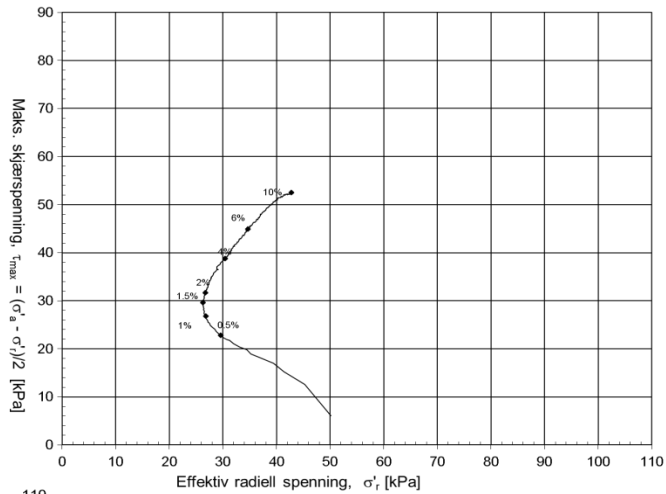
MC Hullnummer 1406, dybde:10,50m :

Konsolideringsspenning, aksial:		σ'_{ac} (kPa):	109.68
Konsolideringsspenning, radial:		σ'_{rc} (kPa):	87.60
Volumtøyning i konsolideringsfase:		ε_{vol} (%) = $\Delta V/V_0$:	2.81
Baktrykk u_b (kPa):	400	B - verdi = $\Delta u/\Delta\sigma_c$:	-0.94
Vanninnhold w_i (%):	32.04	Densitet ρ_i (g/cm ³):	1.94



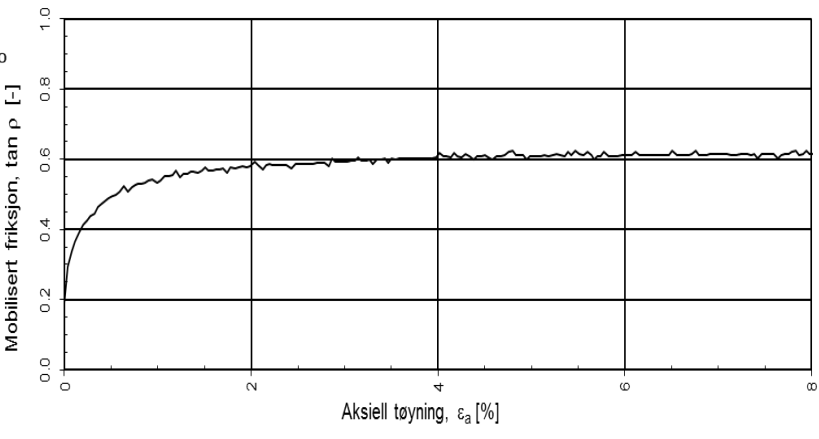
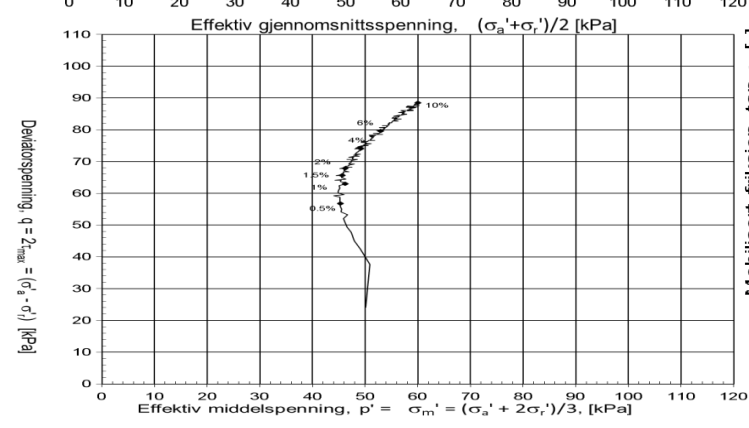
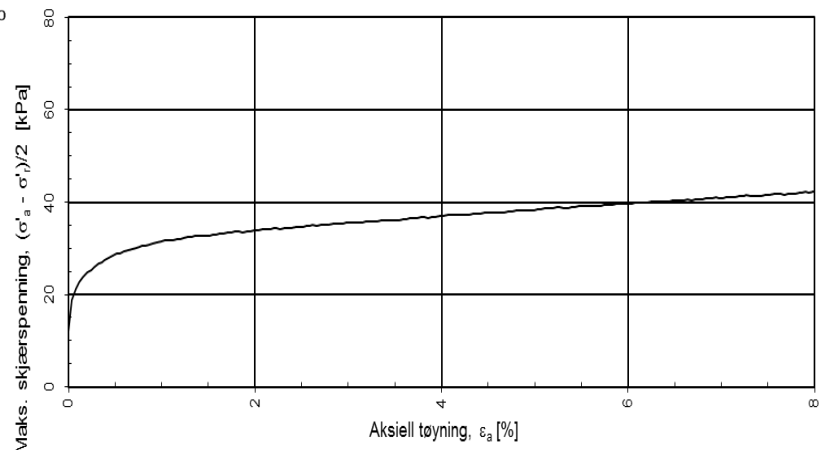
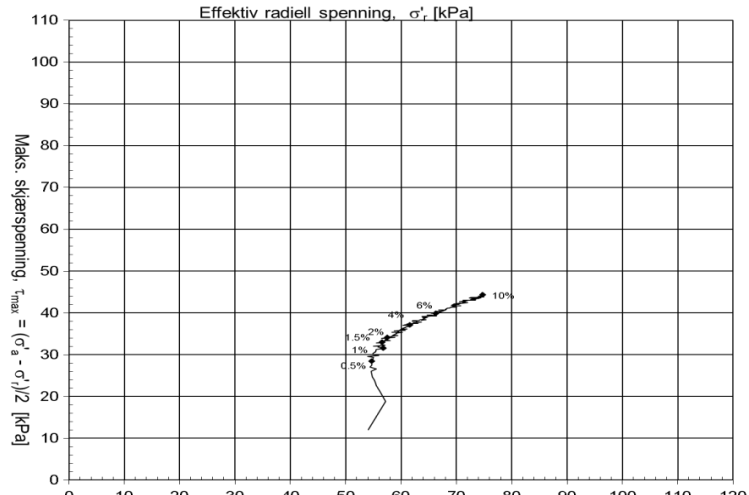
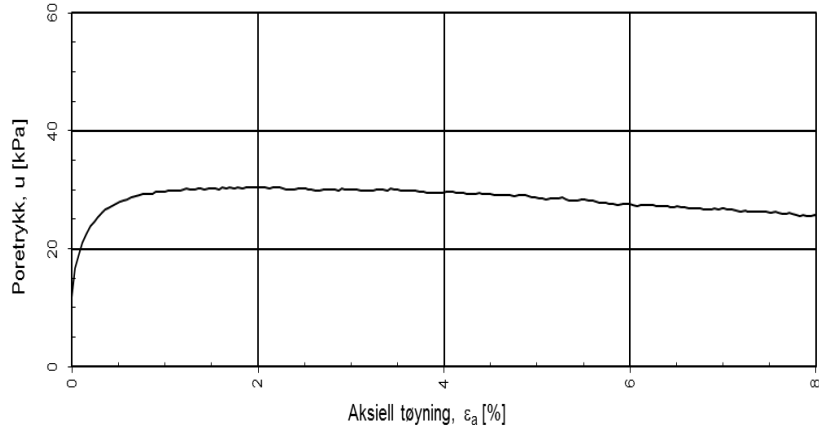
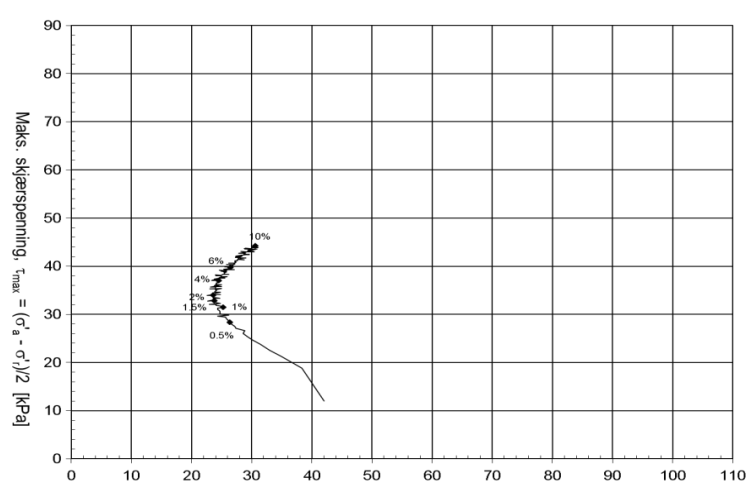
MC Hullnummer 1417, dybde:6,20m :

Konsolideringsspenning, aksial:		σ'_{ac} (kPa):	62.37
Konsolideringsspenning, radial:		σ'_{rc} (kPa):	50.17
Volumtøyning i konsolideringsfase:		ε_{vol} (%) = $\Delta V/V_0$:	0.90
Baktrykk u_b (kPa):	400	B - verdi = $\Delta u/\Delta\sigma_c$:	-0.92
Vanninnhold w_i (%):	25.47	Densitet ρ_i (g/cm ³):	2.00



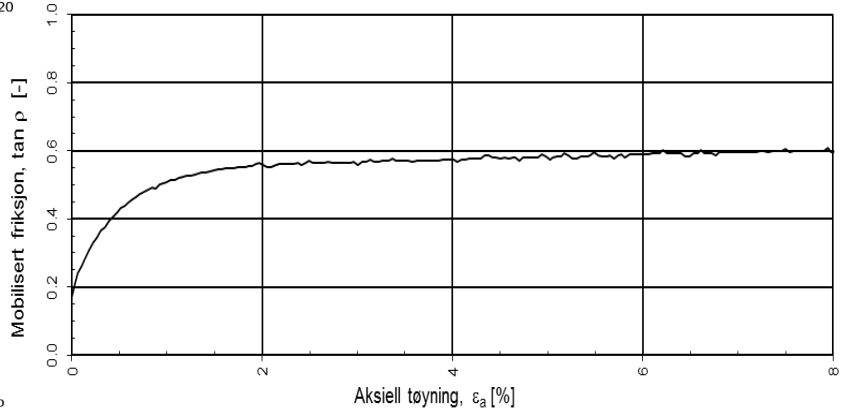
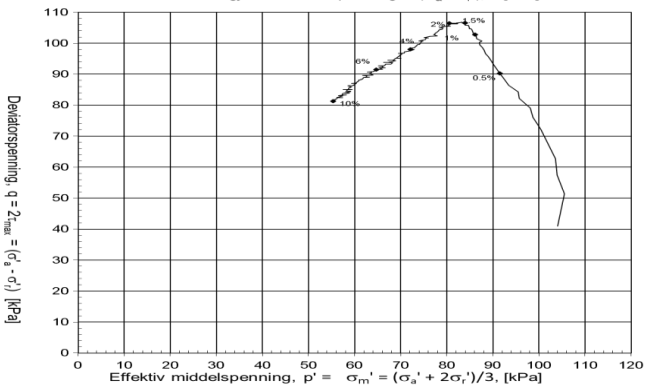
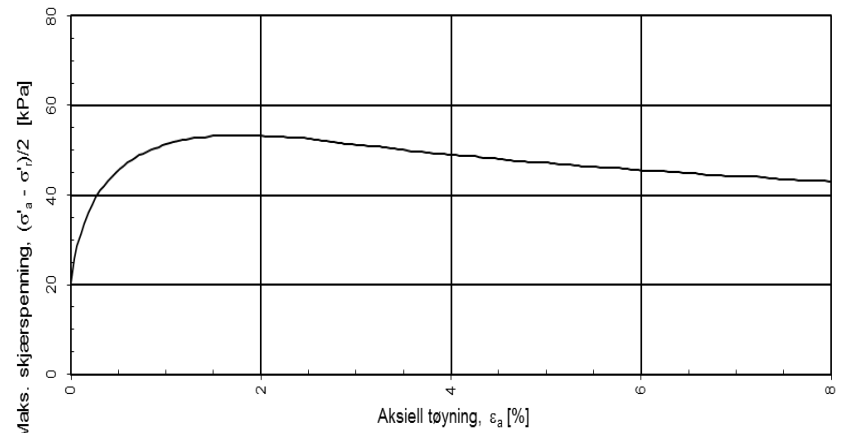
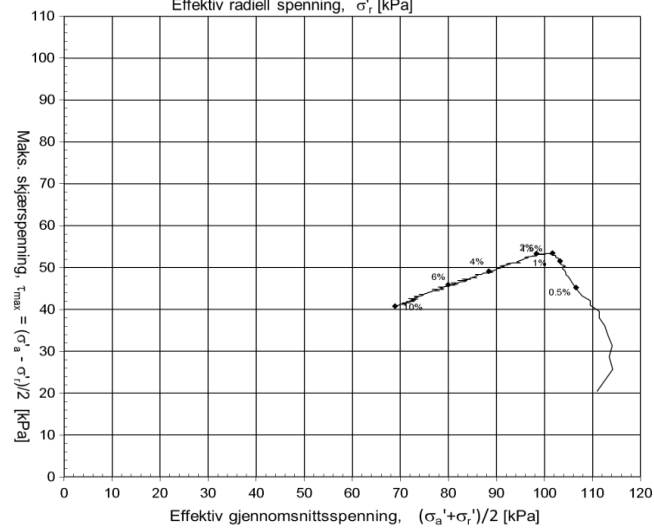
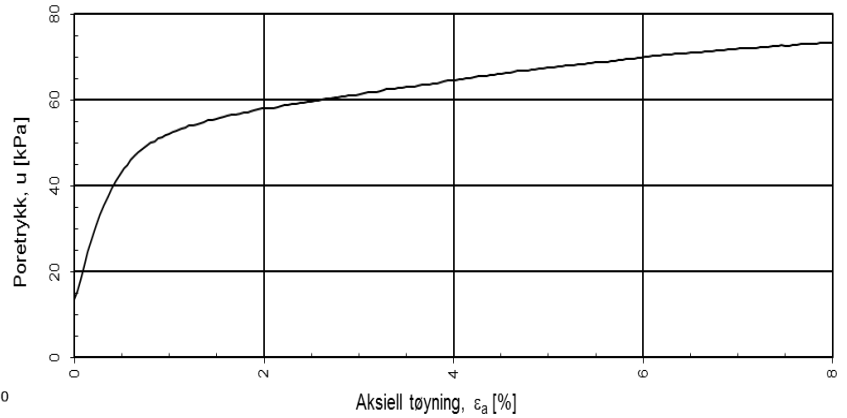
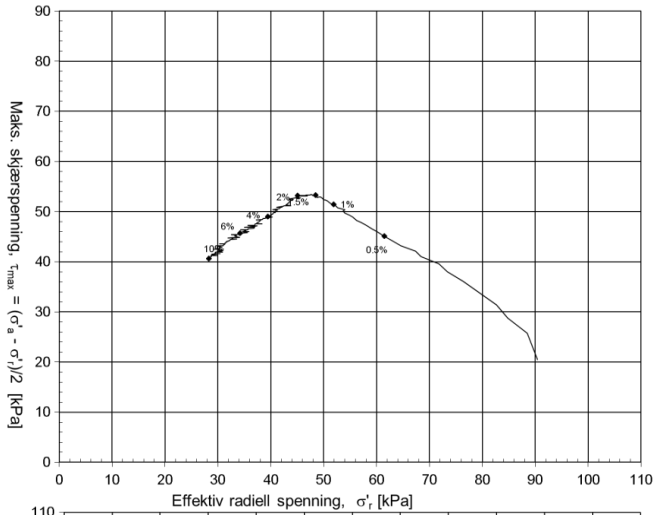
MC Hullnummer 1431, dybde:7,40m :

Konsolideringsspenning, aksial:		σ'_{ac} (kPa):	66.15
Konsolideringsspenning, radial:		σ'_{rc} (kPa):	42.05
Volumtøyning i konsolideringsfase:		ε_{vol} (%) = $\Delta V/V_0$:	1.49
Baktrykk u_b (kPa):	400	B - verdi = $\Delta u/\Delta \sigma_c$:	-0.82
Vanninnhold w_i (%):	26.04	Densitet ρ_i (g/cm ³):	2.02



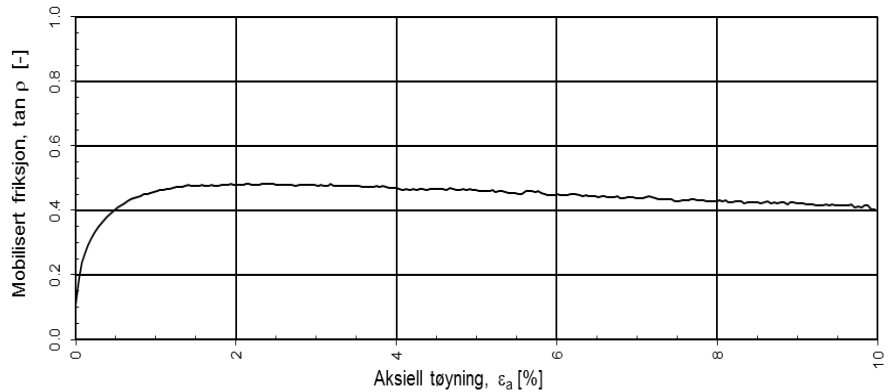
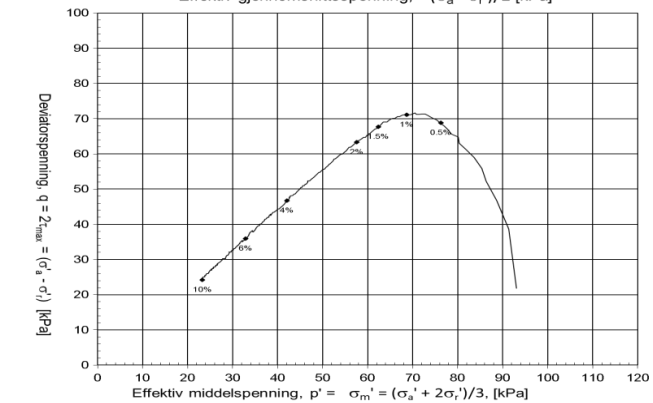
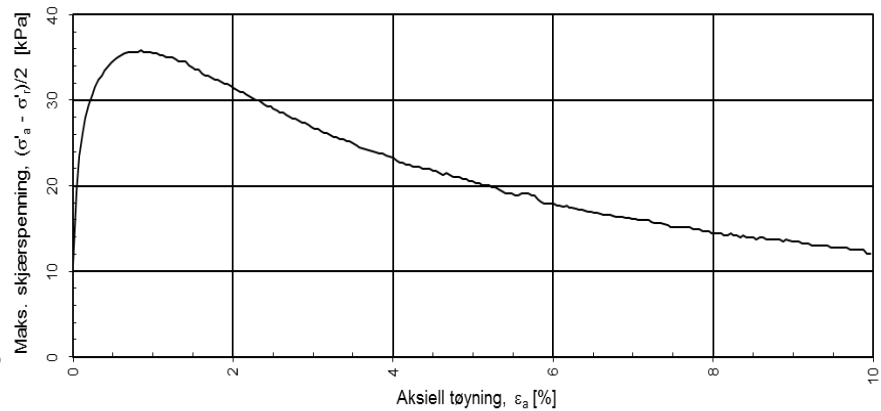
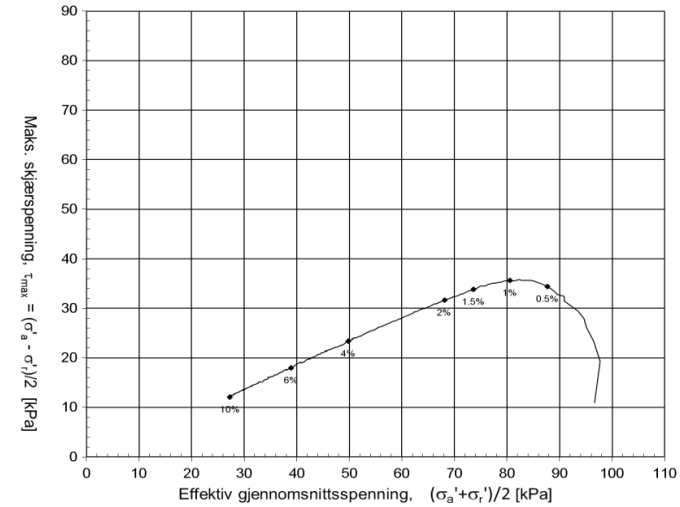
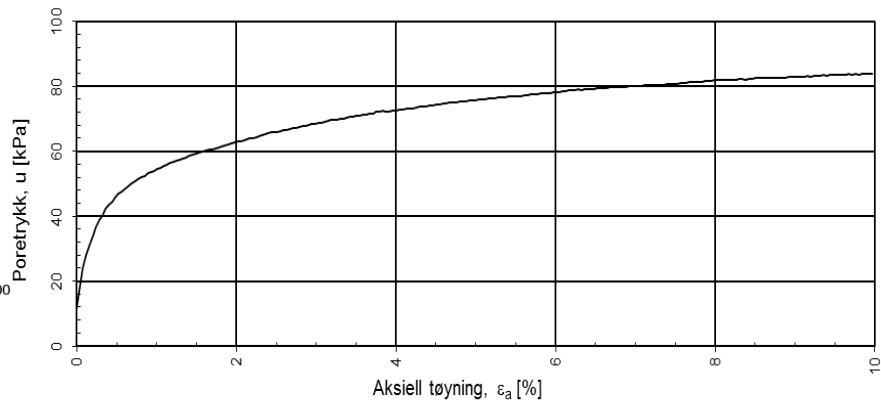
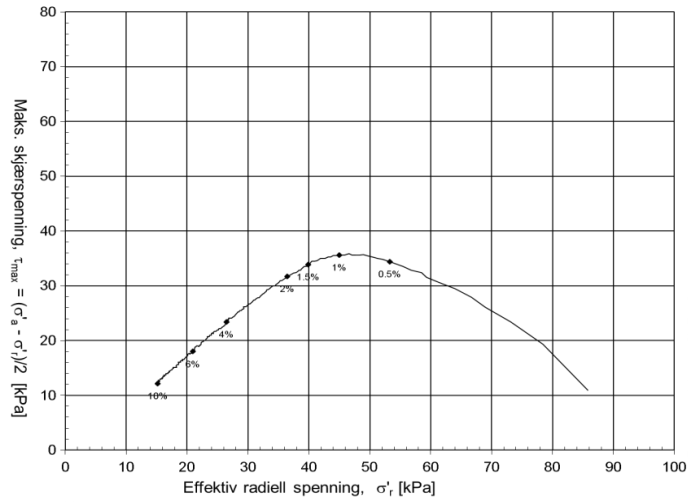
MC Hullnummer 1431, dybde:12,40m :

Konsolideringsspenning, aksial:		σ'_{ac} (kPa):	131.44
Konsolideringsspenning, radial:		σ'_{rc} (kPa):	90.47
Volumtøyning i konsolideringsfase:		ε_{vol} (%) = $\Delta V/V_0$:	2.39
Baktrykk u_b (kPa):		400	B - verdi = $\Delta u/\Delta \sigma_c$
Vanninnhold w_i (%):	27.44	Densitet ρ_i (g/cm ³):	1.97



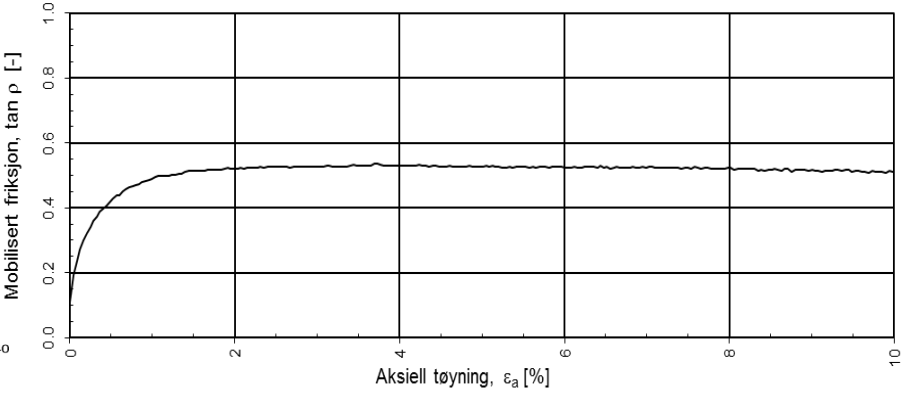
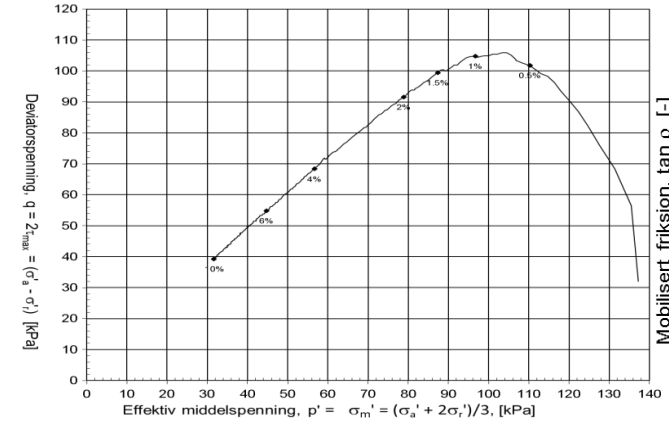
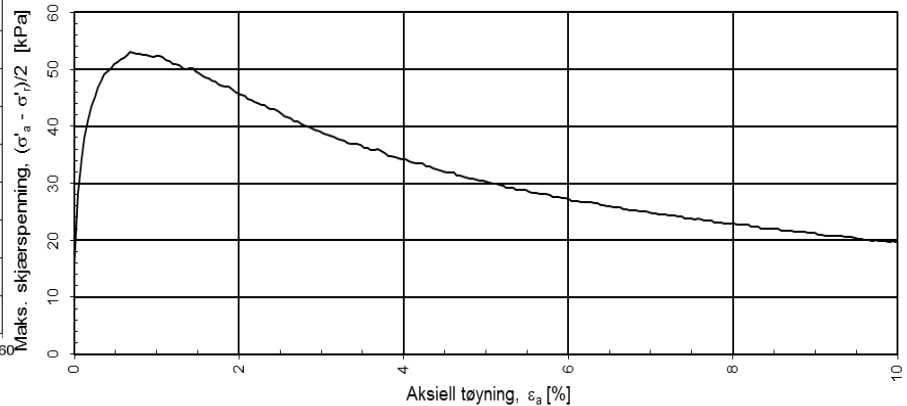
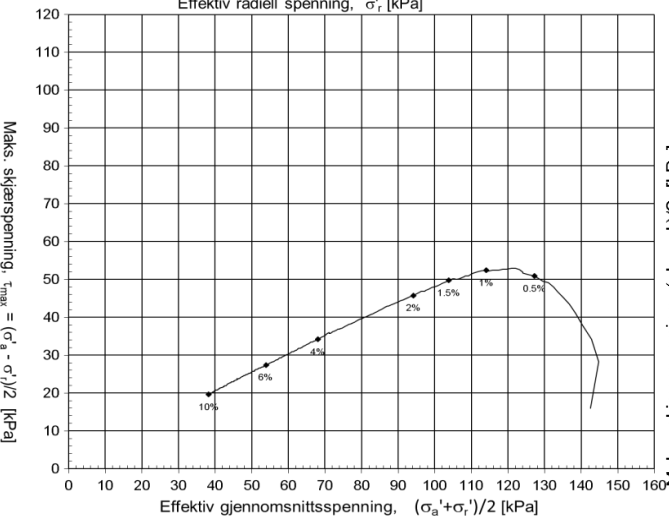
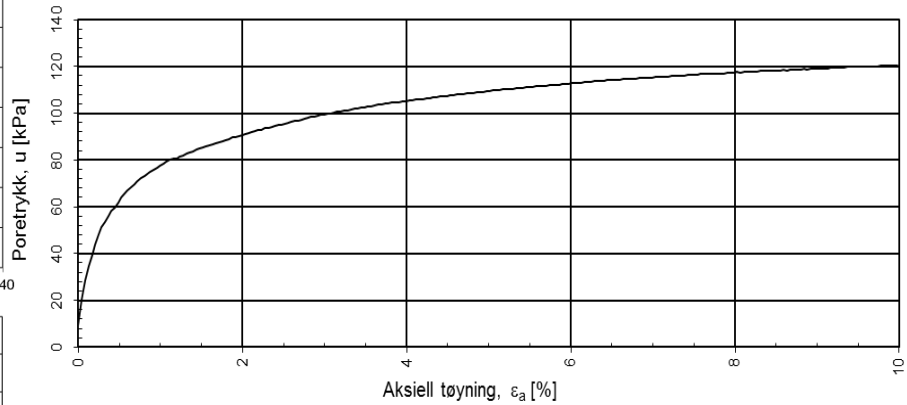
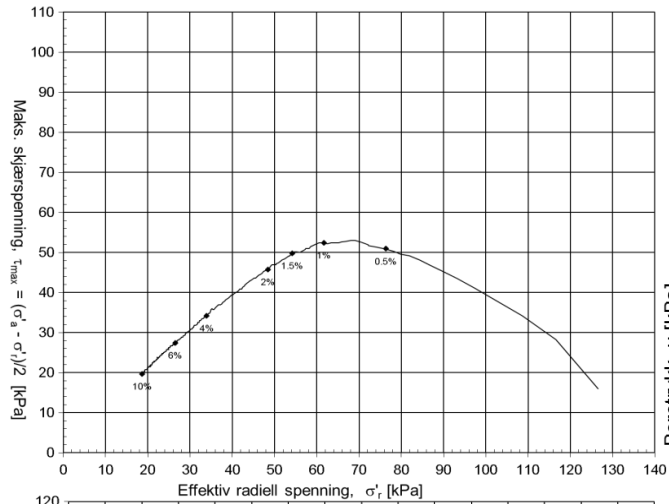
MC Hullnummer 1502, dybde:9,98m :

Konsolideringsspenning, aksial:		σ'_{ac} (kPa):	107.61
Konsolideringsspenning, radial:		σ'_{rc} (kPa):	85.79
Volumtøyning i konsolideringsfase:		ε_{vol} (%) = $\Delta V/V_0$:	4.40
Baktrykk u_b (kPa):	500	B - verdi = $\Delta u/\Delta\sigma_c$:	-0.96
Vanninnhold w_i (%):	33.95	Densitet ρ_i (g/cm ³):	1.98



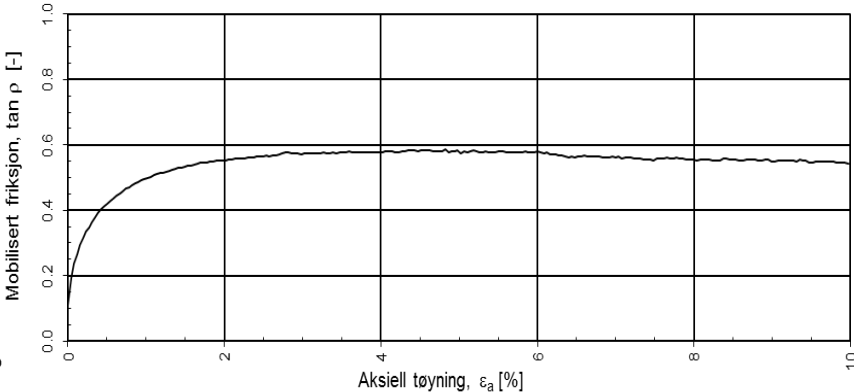
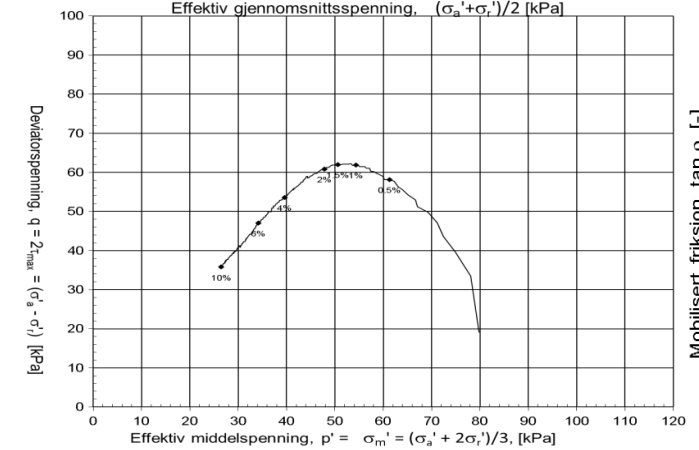
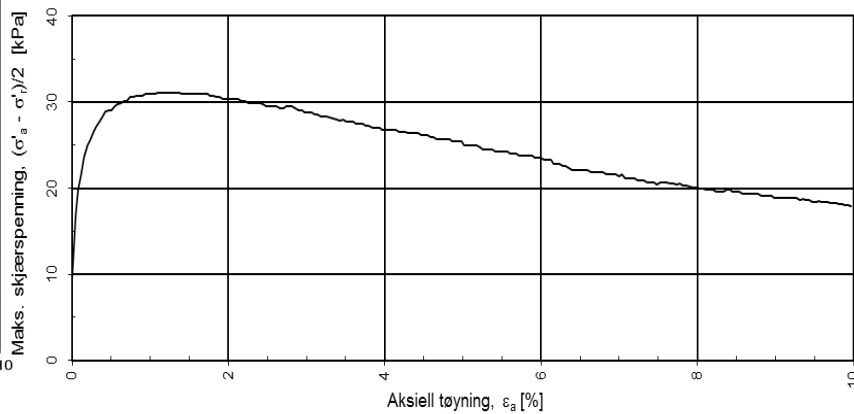
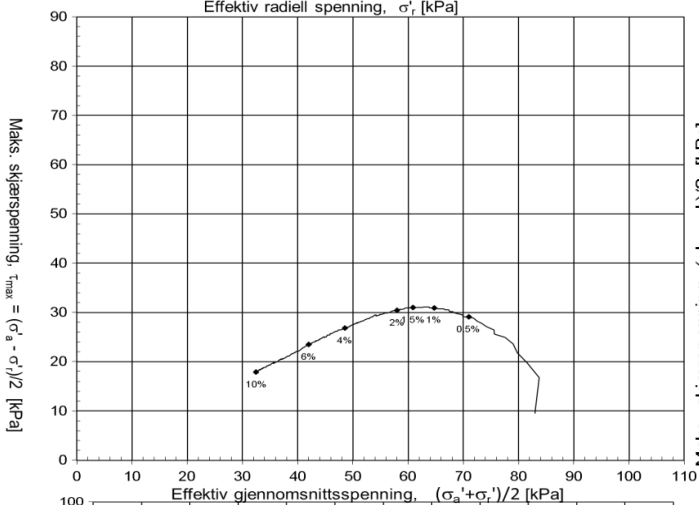
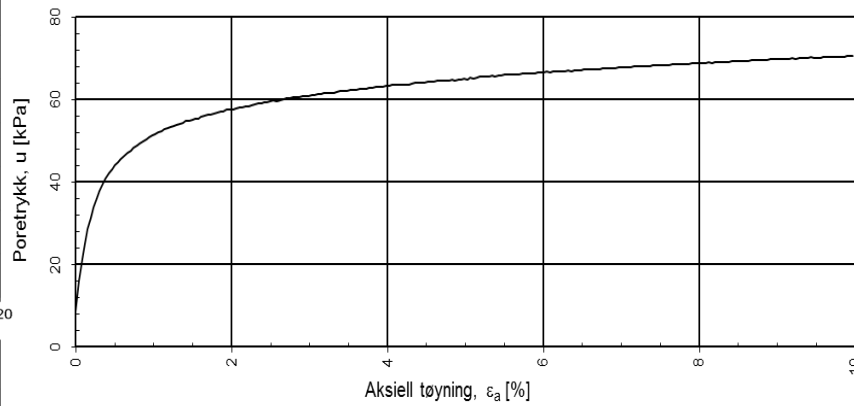
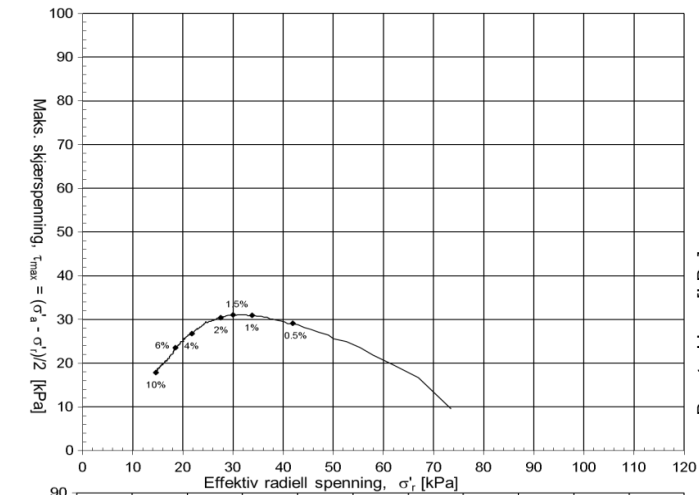
MC Hullnummer 1502, dybde:14,91m :

Konsolideringsspenning, aksial:		σ'_{ac} (kPa):	158.58
Konsolideringsspenning, radial:		σ'_{rc} (kPa):	126.58
Volumtøyning i konsolideringsfase:		ε_{vol} (%) = $\Delta V/V_0$:	4.22
Baktrykk u_b (kPa):	500	B - verdi = $\Delta u/\Delta \sigma_c$:	-0.95
Vanninnhold w_i (%):	32.59	Densitet ρ_i (g/cm^3):	1.98



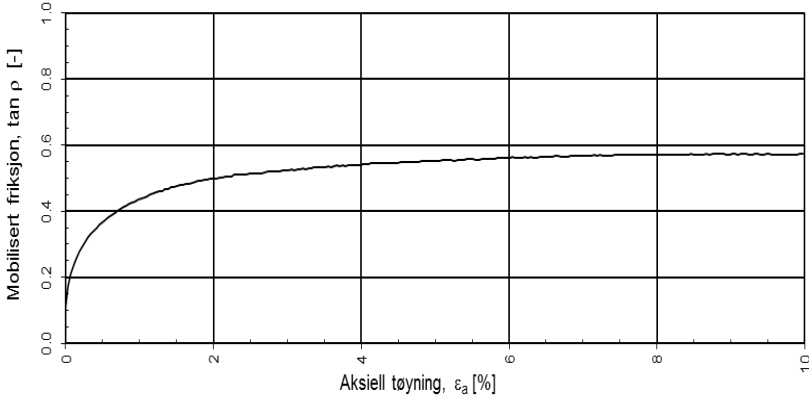
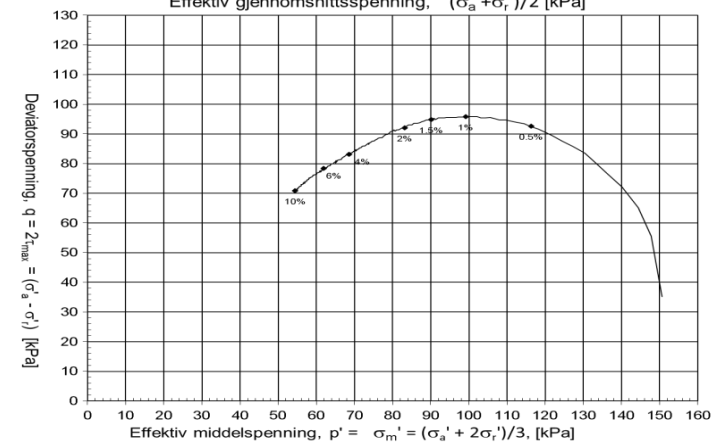
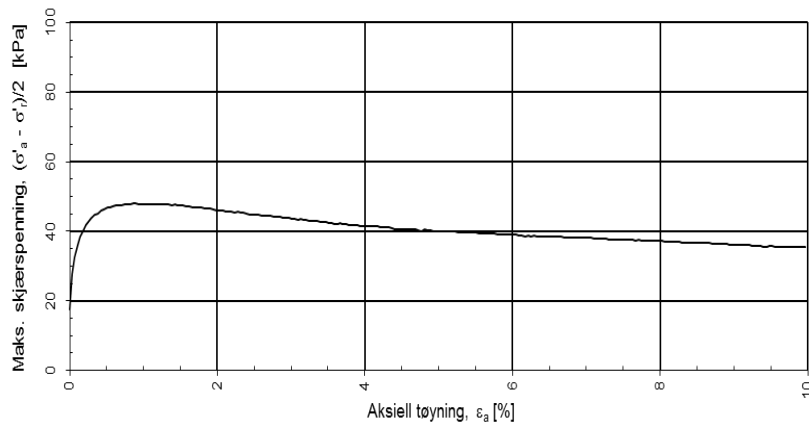
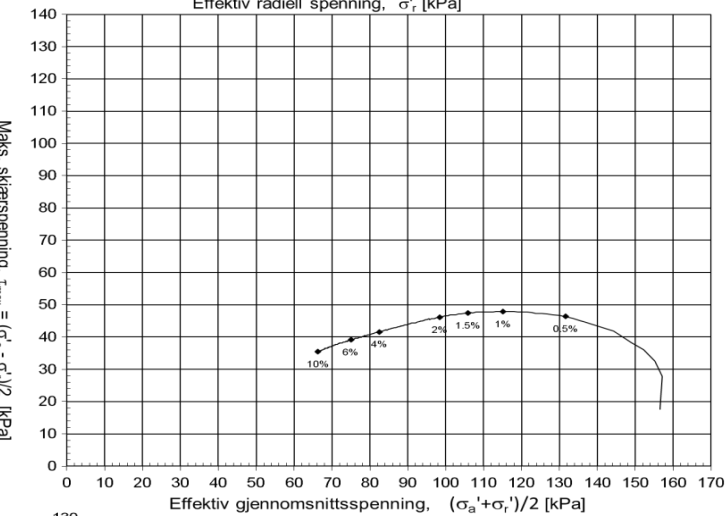
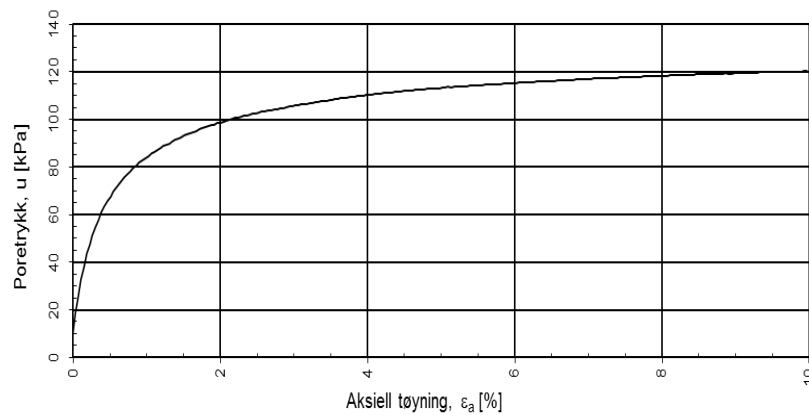
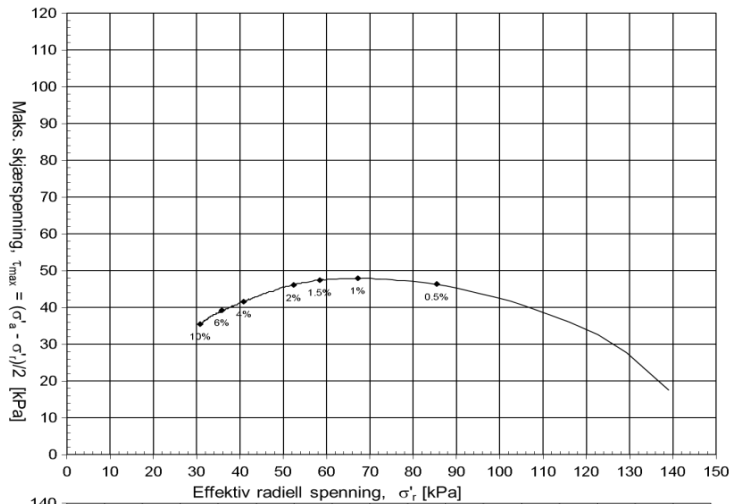
MC Hullnummer 1503, dybde:8,25m :

Konsolideringsspenning, aksial:		σ'_{ac} (kPa):	92.59
Konsolideringsspenning, radial:		σ'_{rc} (kPa):	73.42
Volumtøyning i konsolideringsfase:		ε_{vol} (%) = $\Delta V/V_0$:	4.89
Baktrykk u_b (kPa):	500	B - verdi = $\Delta u/\Delta \sigma_c$:	-0.96
Vanninnhold w_i (%):	36.48	Densitet ρ_i (g/cm ³):	1.99



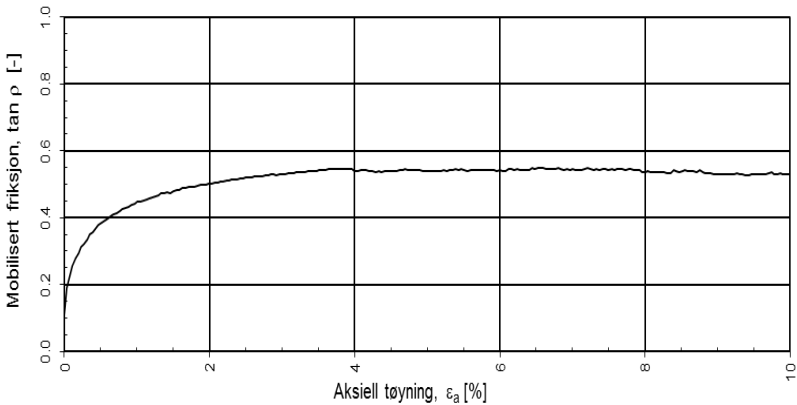
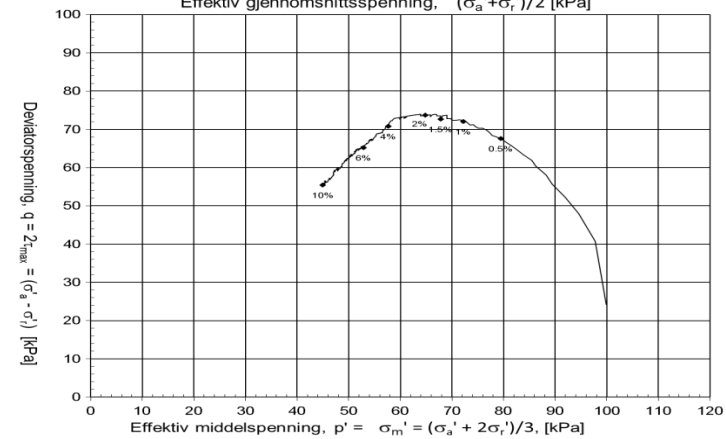
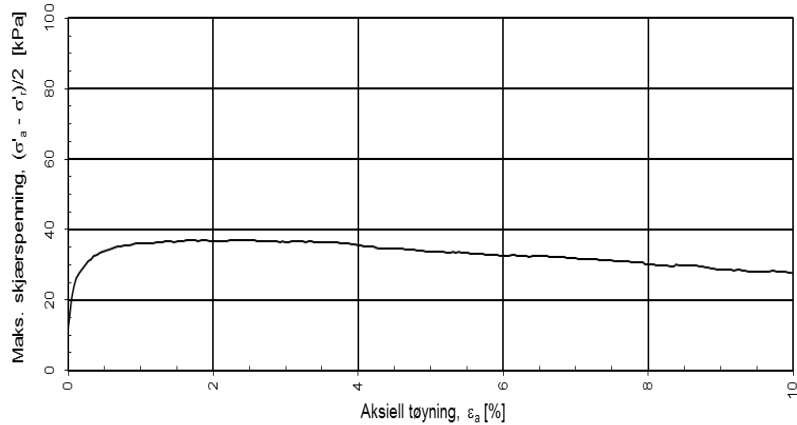
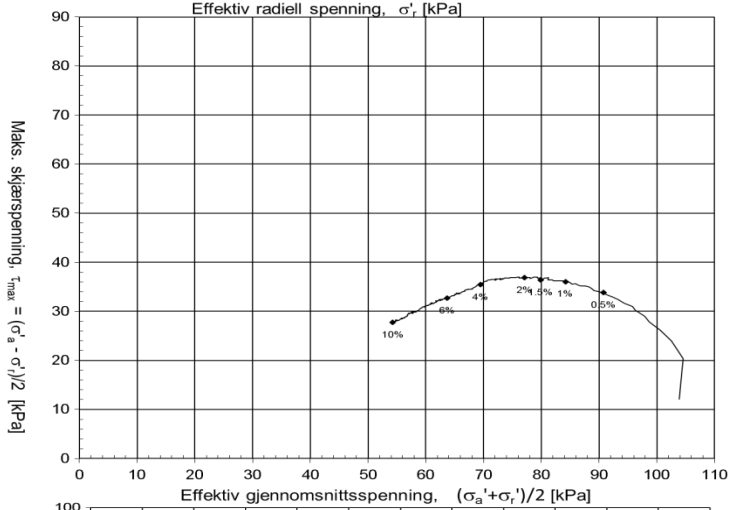
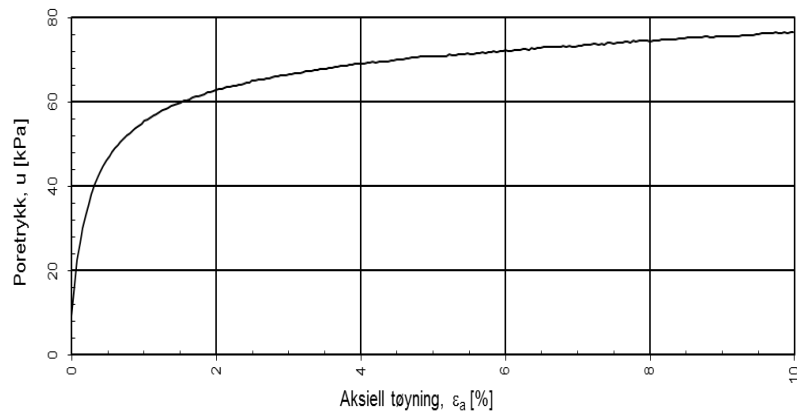
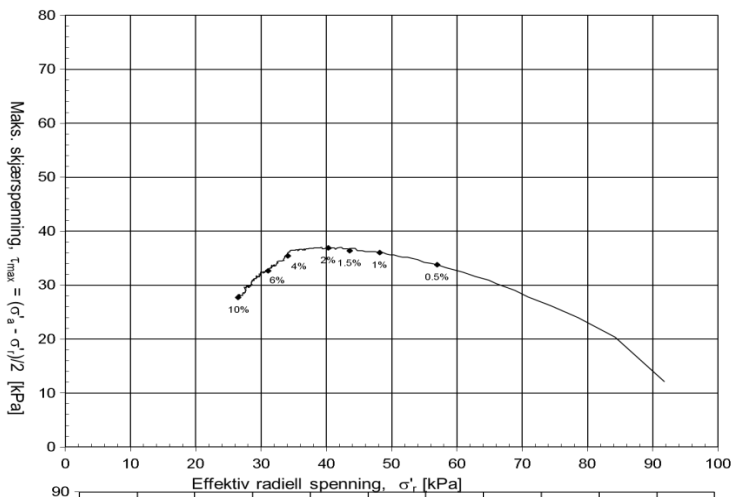
MC Hullnummer 1503, dybde:16,55m :

Konsolideringsspenning, aksial:		σ'_{ac} (kPa):	174.16
Konsolideringsspenning, radial:		σ'_{rc} (kPa):	139.00
Volumtøyning i konsolideringsfase:		ε_{vol} (%) = $\Delta V/V_0$:	7.32
Baktrykk u_b (kPa):	500	B - verdi = $\Delta u/\Delta\sigma_c$:	-0.46
Vanninnhold w_i (%):	32.49	Densitet ρ_i (g/cm ³):	1.95



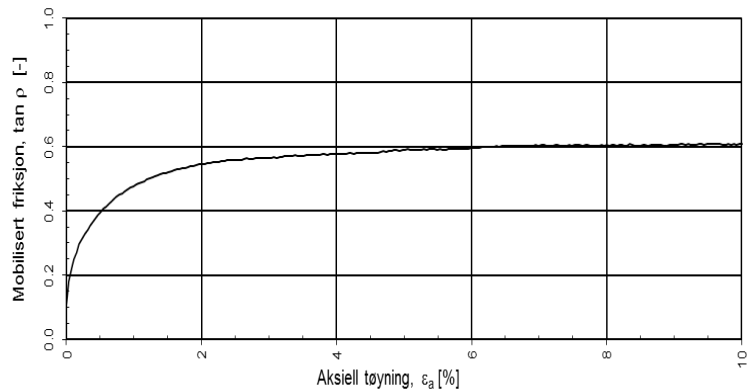
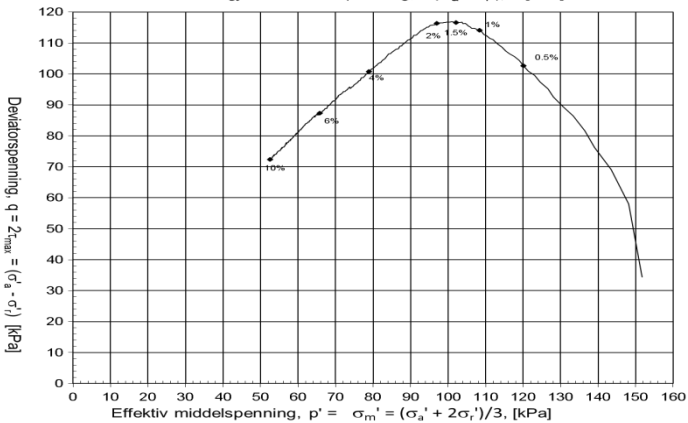
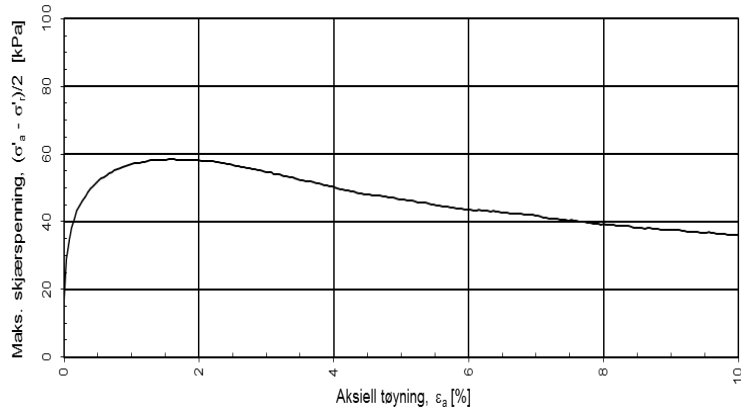
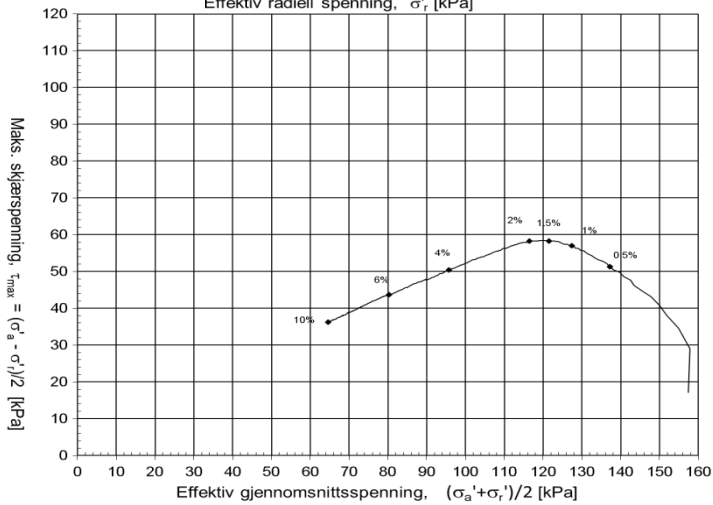
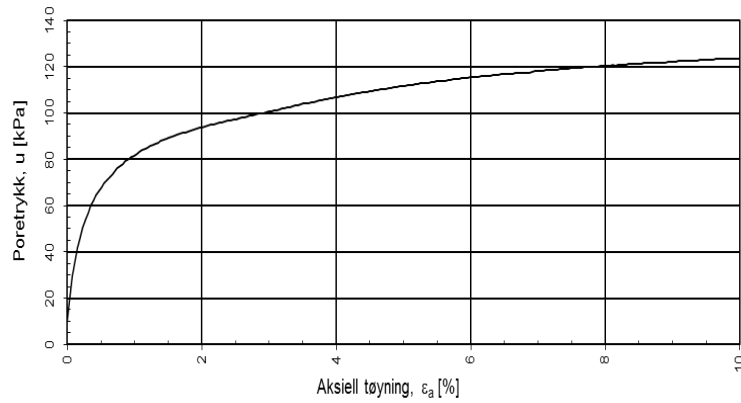
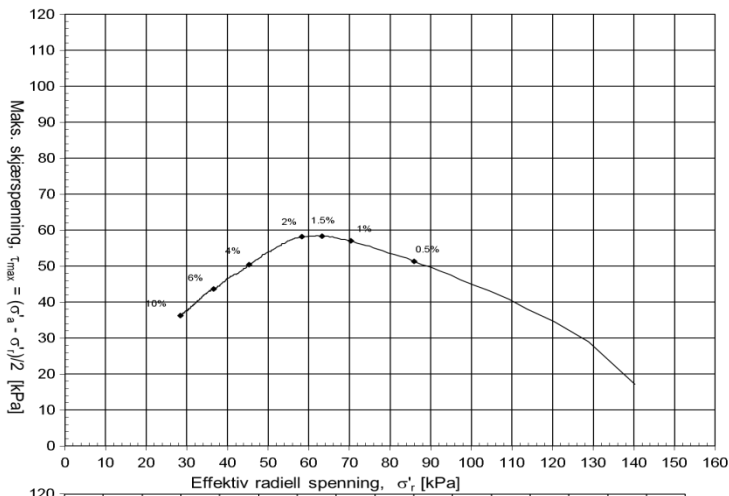
MC Hullnummer 1504, dybde:10,10 m :

Konsolideringsspenning, aksial:		σ'_{ac} (kPa):	116.03
Konsolideringsspenning, radial:		σ'_{rc} (kPa):	91.79
Volumtøyning i konsolideringsfase:		ε_{vol} (%) = $\Delta V/V_0$:	7.10
Baktrykk u_b (kPa):	500	B - verdi = $\Delta u/\Delta\sigma_c$:	0.97
Vanninnhold w_i (%):	35.07	Densitet ρ_i (g/cm^3):	1.91



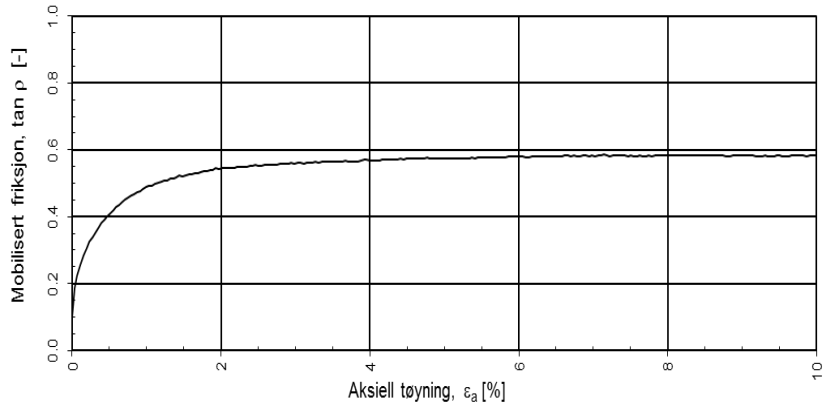
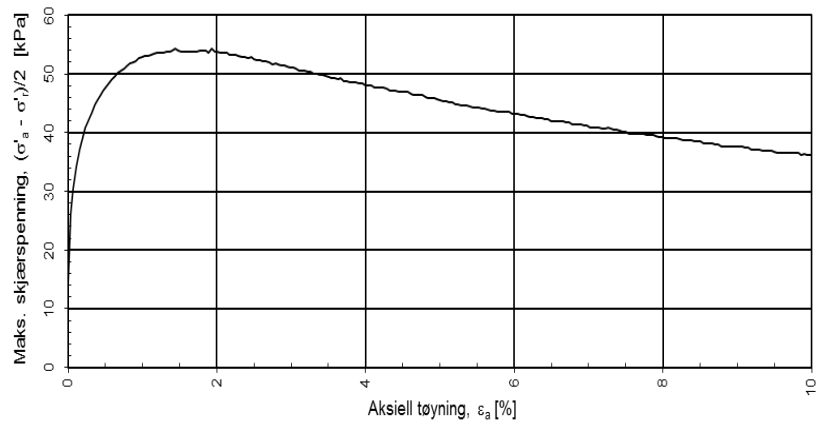
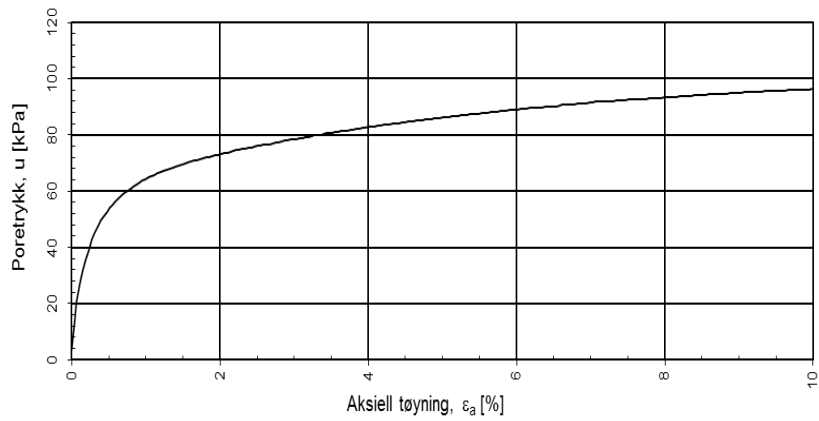
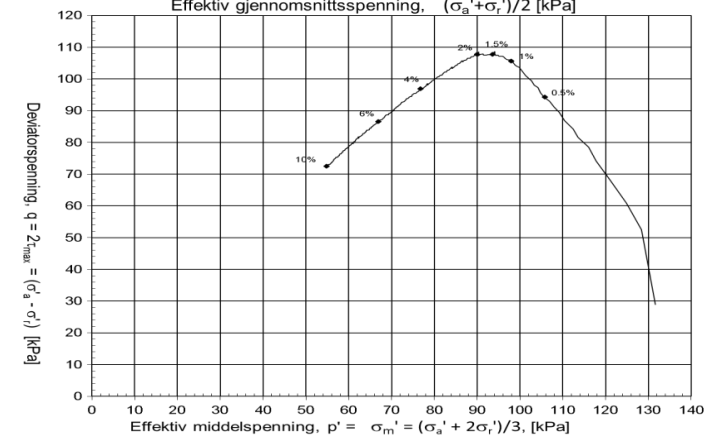
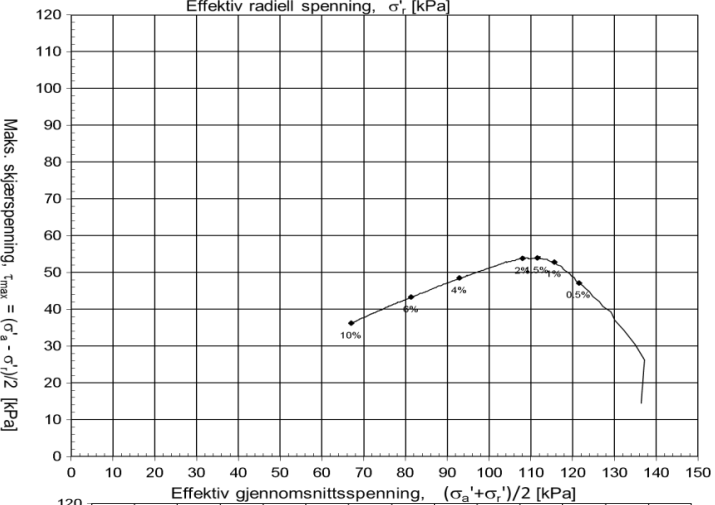
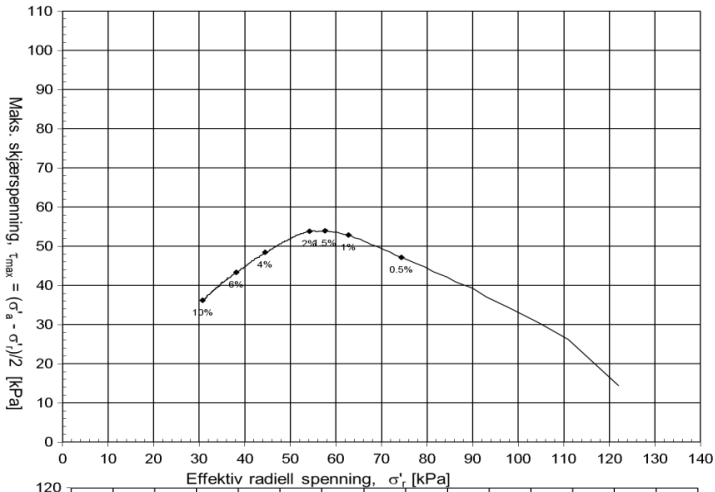
MC Hullnummer 1504, dybde:16,65 m :

Konsolideringsspenning, aksial:		σ'_{ac} (kPa):	174.68
Konsolideringsspenning, radial:		σ'_{rc} (kPa):	140.32
Volumtøyning i konsolideringsfase:		ε_{vol} (%) = $\Delta V/V_0$:	5.70
Baktrykk u_b (kPa):	500	B - verdi = $\Delta u/\Delta\sigma_c$:	-0.96
Vanninnhold w_i (%):	29.18	Densitet ρ_i (g/cm^3):	1.96

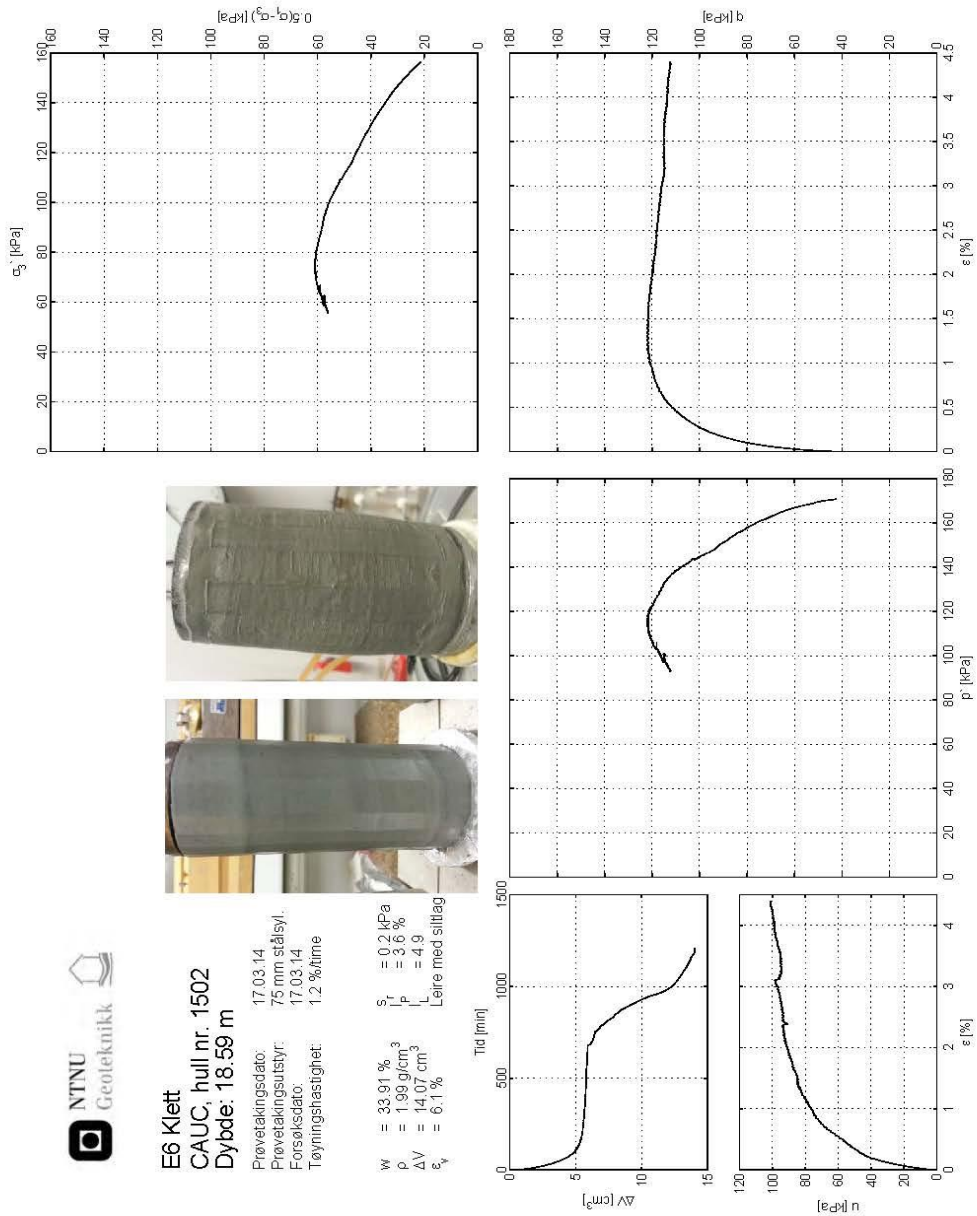


MC Hullnummer 1505, dybde:13,45 m :

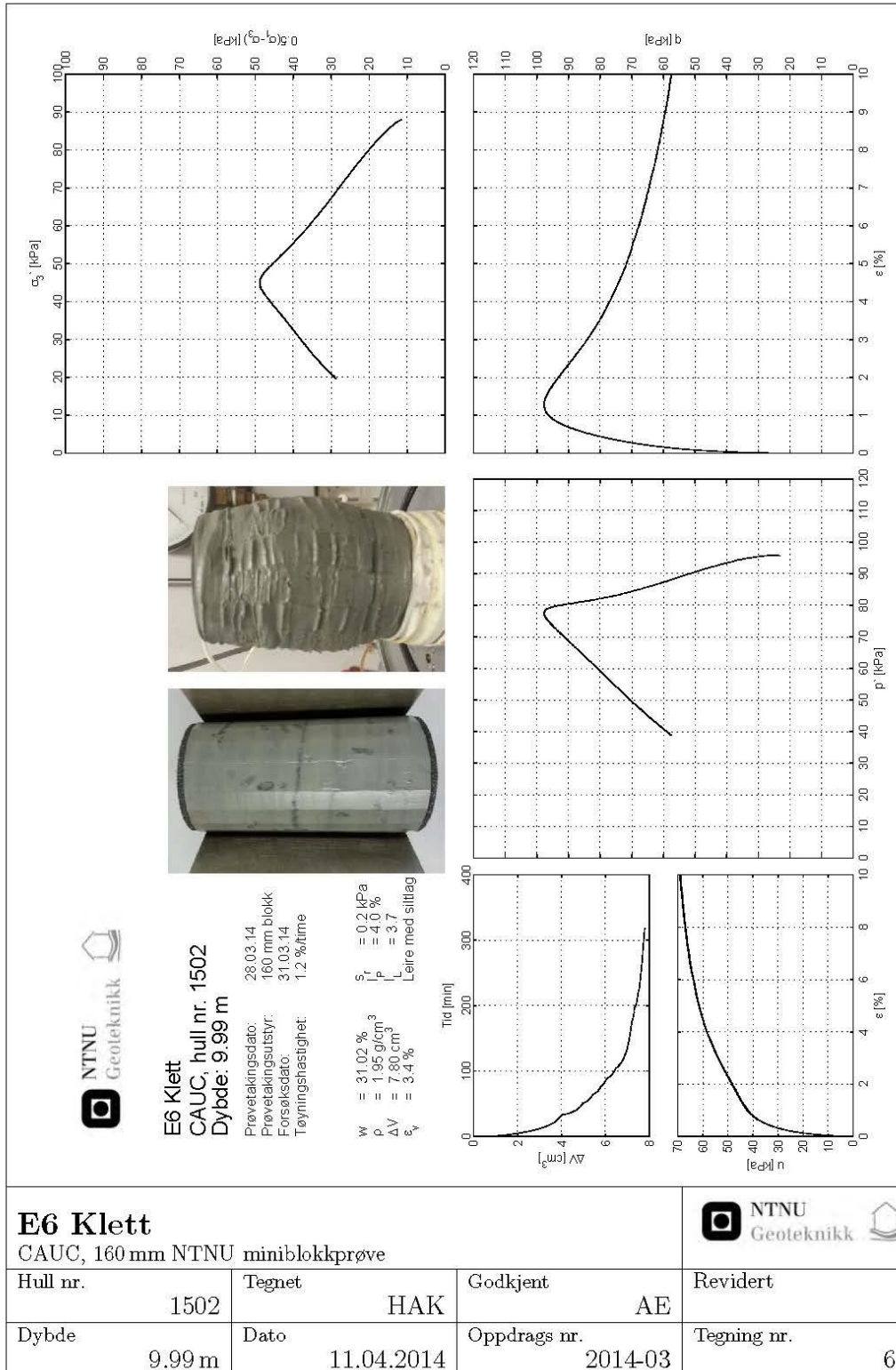
Konsolideringsspenning, aksial:		σ'_{ac} (kPa):	150.94
Konsolideringsspenning, radial:		σ'_{rc} (kPa):	122.04
Volumtøyning i konsolideringsfase:		ε_{vol} (%) = $\Delta V/V_0$:	4.30
Baktrykk u_b (kPa):	500	B - verdi = $\Delta u/\Delta \sigma_c$:	-0.93
Vanninnhold w_i (%):	26.96	Densitet ρ_i (g/cm ³):	1.96



(Grafene er plottet av NTNU for vegvesenet, datarapport grunnundersøkelser, dagsferske prøver
 DOKUMENTKODE: 415531-RIG-RAP-003)



E6 Klett CAUC, 75 mm stålsylinder							
Hull nr.	1502	Tegnet	HAK	Godkjent	AE	Revidert	
Dybde	18.59m	Dato	11.04.2014	Oppdrags nr.	2014-03	Tegning nr.	3



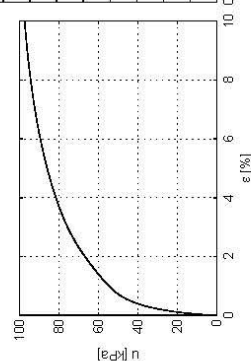
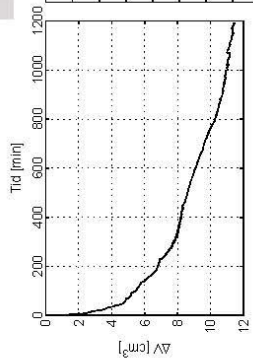
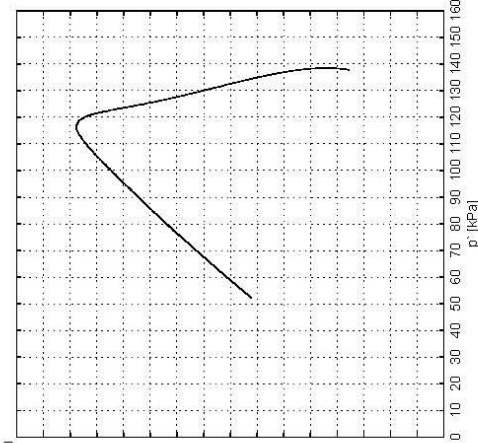
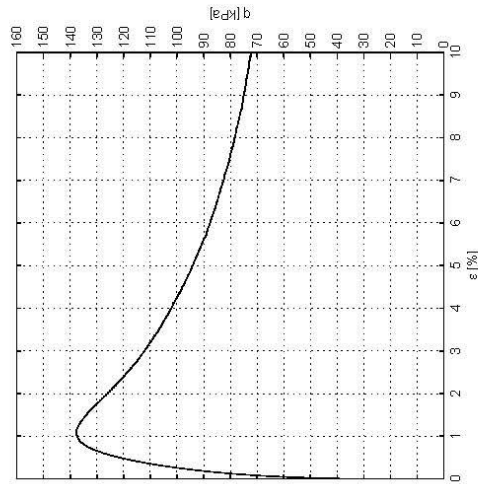
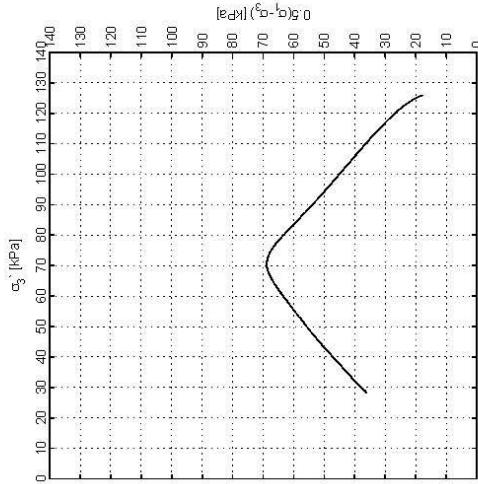


E6 Klett
CAUC, hull nr. 1502
Dybde: 14.91 m

Prøvetakingsdato: 03.04.14
 Prøvetakingsutstyr: 160 mm blokk
 Forsøksdato: 04.04.14
 Tøyningshastighet: 1.2 %/time

$w = 31.01\%$
 $\rho = 1.93 \text{ g/cm}^3$
 $\Delta V = 11.49 \text{ cm}^3$
 $s_y = 5.0\%$

$s_r = 0.1 \text{ kPa}$
 $i_p = 4.0\%$
 $i_L = 4.0$
 Sluttig leire



E6 Klett

CAUC, 160 mm NTNU miniblokkprøve



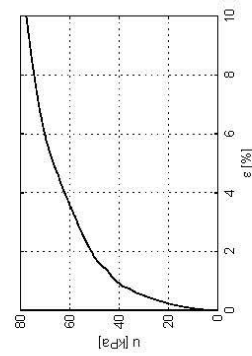
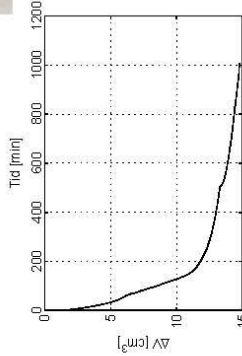
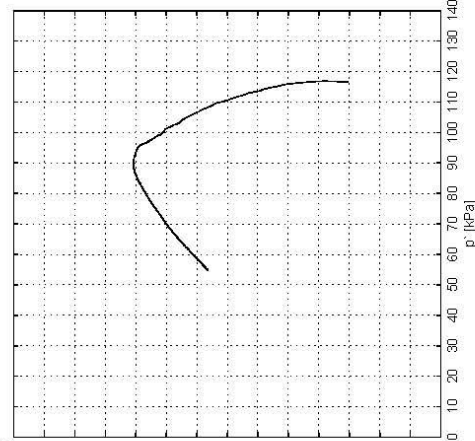
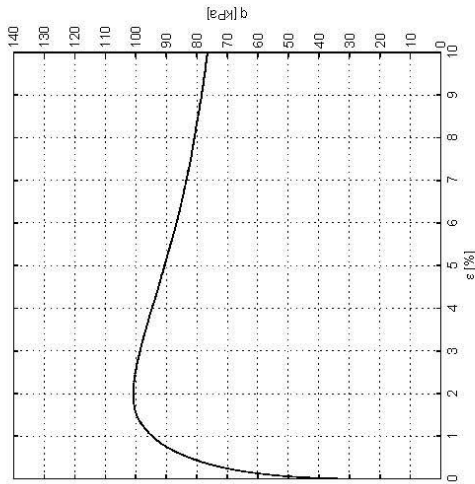
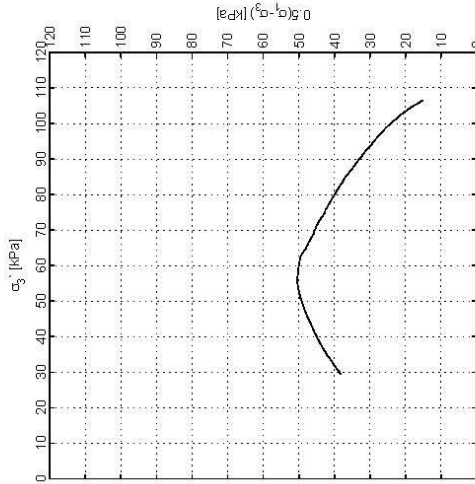
Hull nr.	1502	Tegnet	HAK	Godkjent	AE	Revidert
Dybde	14.91 m	Dato	11.04.2014	Oppdrags nr.	2014-03	Tegning nr.
						10



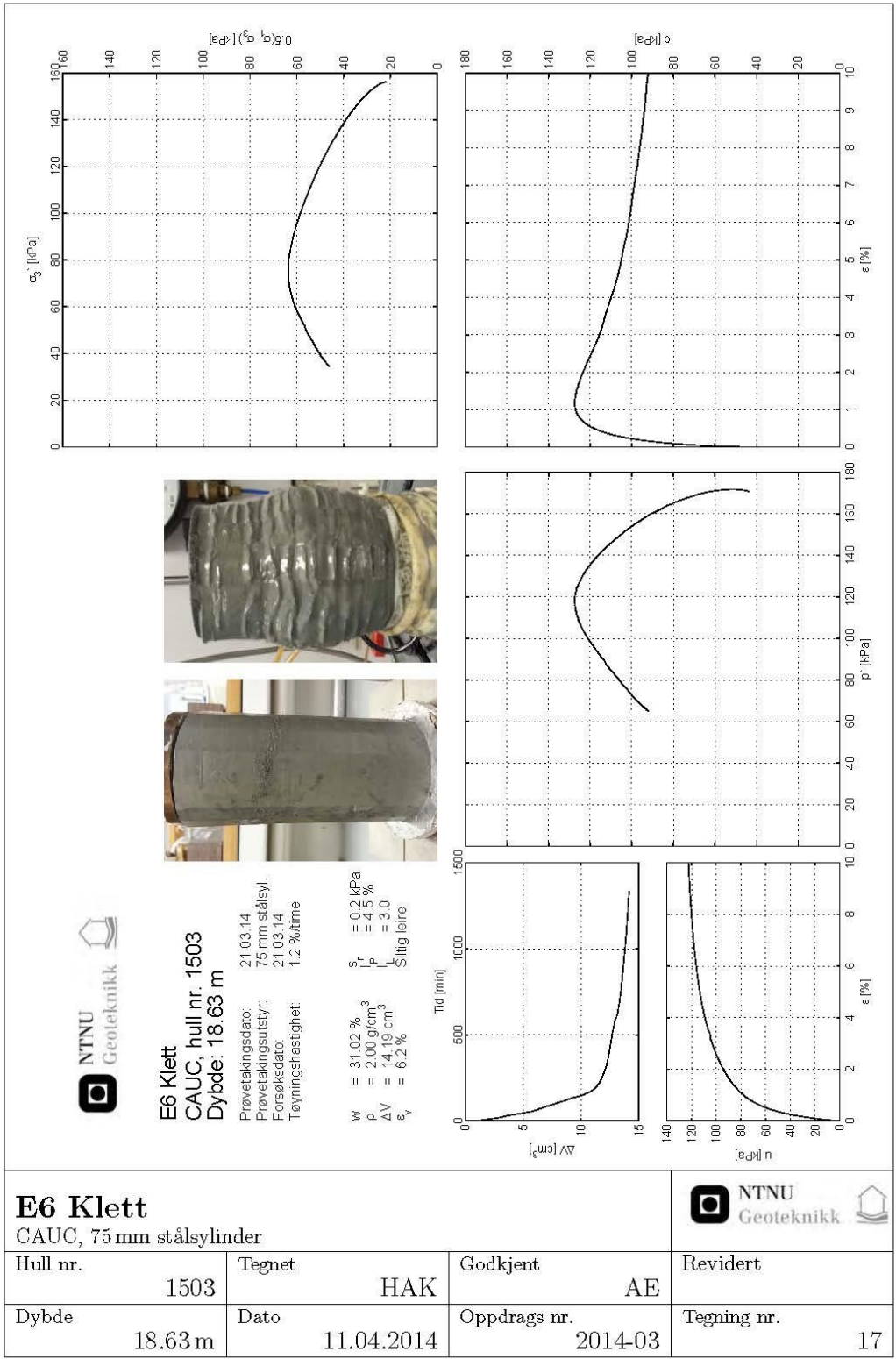
E6 Klett
CAUC, hull nr. 1503
Dybde: 12.41 m

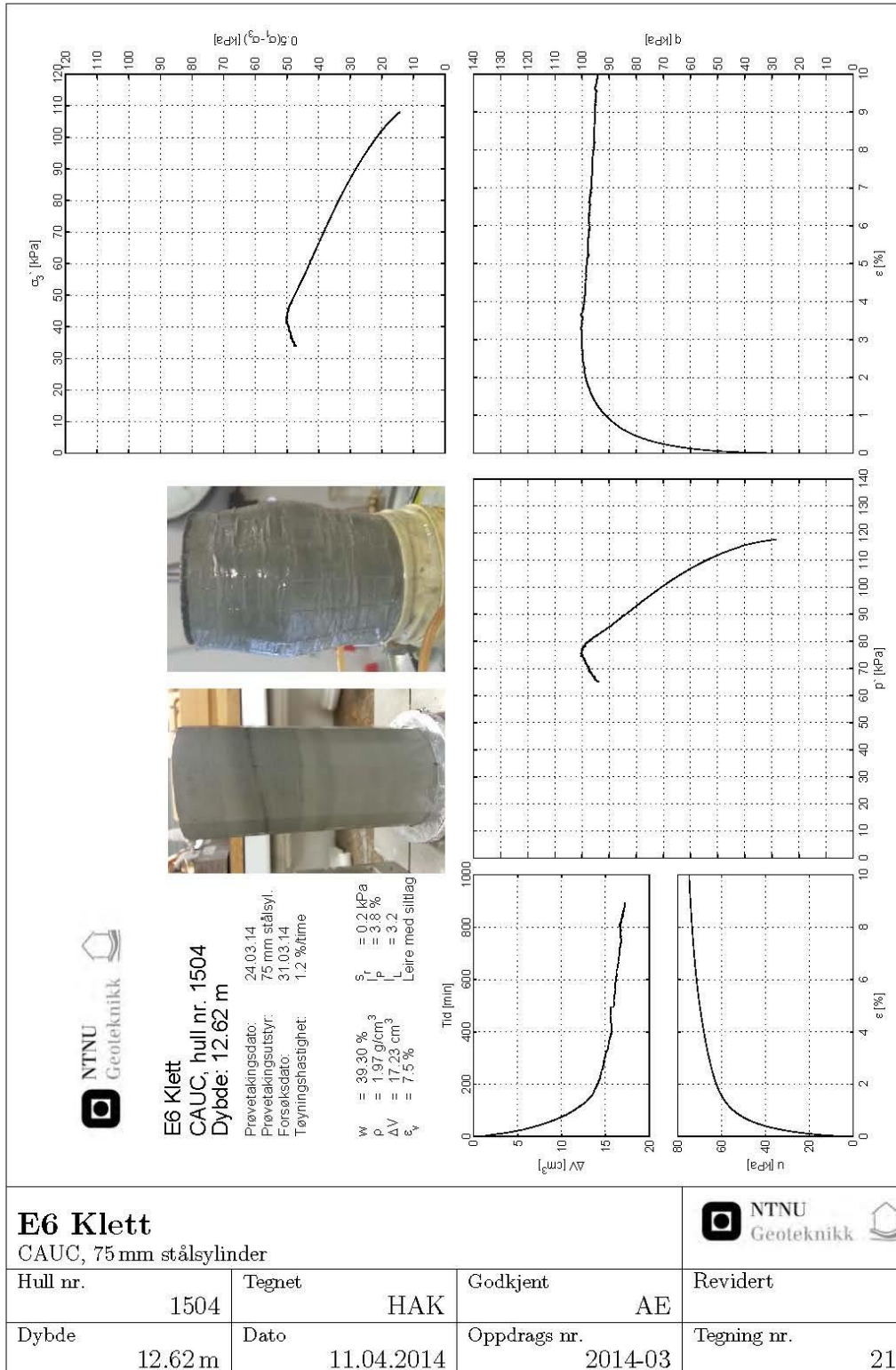
Prøvetakingsdato: 19.03.14
 Prøvetakingsutstyr: 75 mm stålsyl.
 Forsøksdato: 19.03.14
 Tøyningshastighet: 1.2 %/time

$w = 34.23\%$ $s_r = 0.2 \text{ kPa}$
 $\rho = 1.94 \text{ g/cm}^3$ $I_p = 4.5\%$
 $\Delta V = 14.80 \text{ cm}^3$ $I_L = 3.0$
 $s_y = 6.5\%$ Sluttig leire

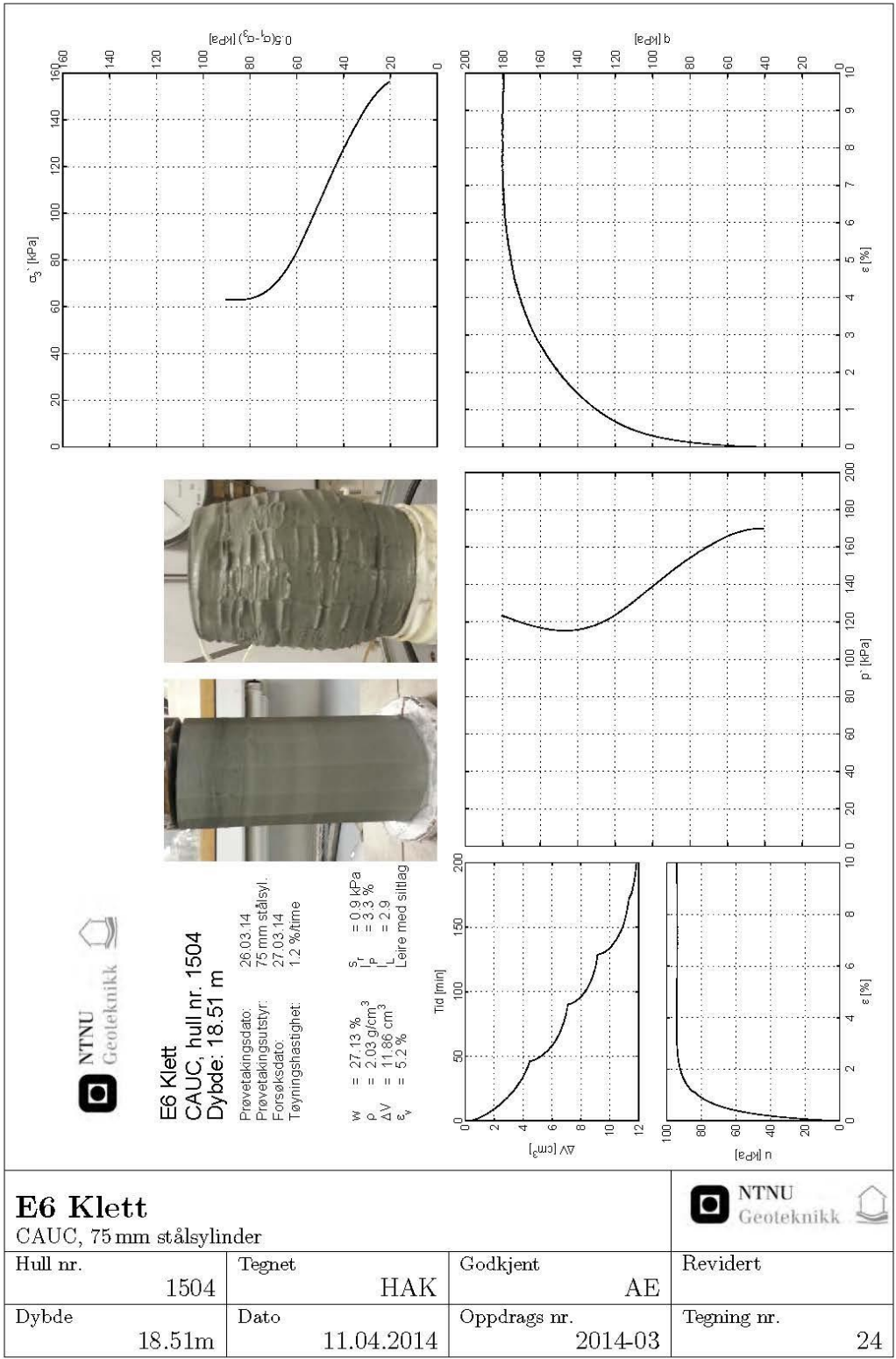


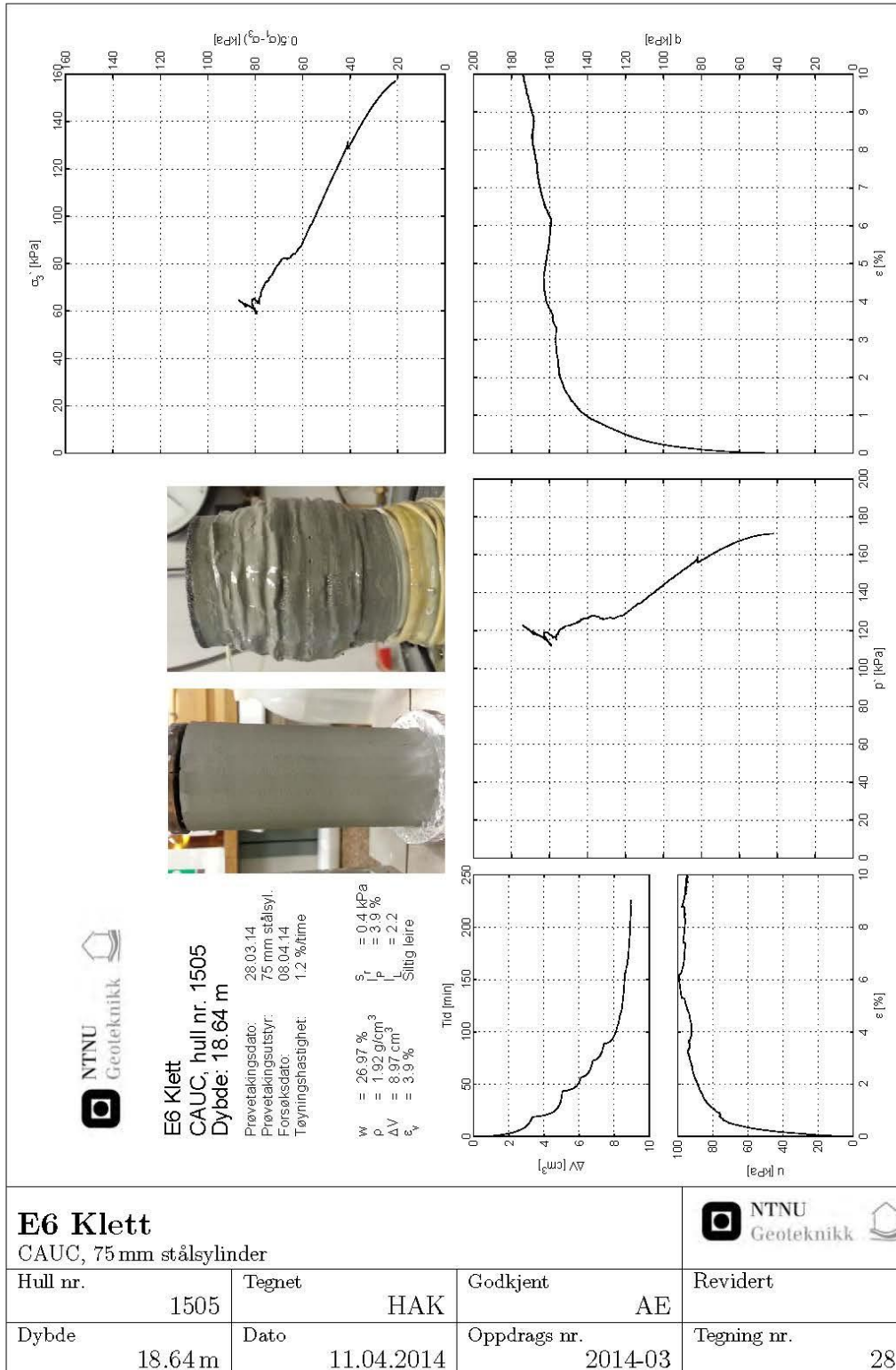
E6 Klett CAUC, 75 mm stålsylinder							
Hull nr.	1503	Tegnet	HAK	Godkjent	AE	Revidert	
Dybde	12.41 m	Dato	11.04.2014	Oppdrags nr.	2014-03	Tegning nr.	14



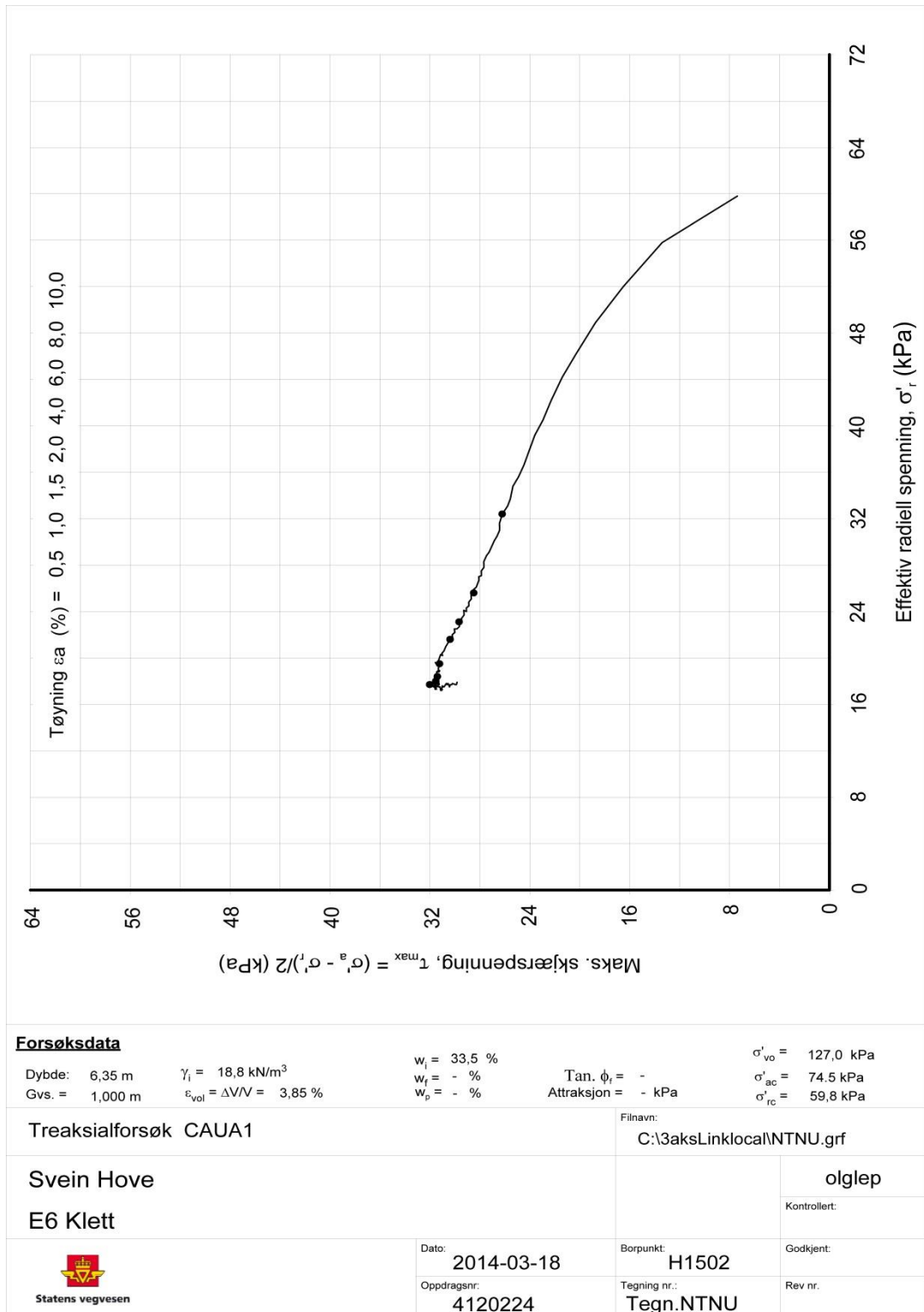


E6 Klett CAUC, 75 mm stålsylinder			NTNU Geoteknikk				
Hull nr.	1504	Tegnet	HAK	Godkjent	AE	Revidert	
Dybde	12.62 m	Dato	11.04.2014	Oppdrags nr.	2014-03	Tegning nr.	21





(Grafene er plottet av Statens Vegvesen, datarapport grunnundersøkelser, dagsferske prøver
DOKUMENTKODE: 415531-RIG-RAP-003)



Forsøksdata

Dybde: 6,35 m	$\gamma_t = 18,8 \text{ kN/m}^3$	$w_i = 33,5 \%$	$\sigma'_{vo} = 127,0 \text{ kPa}$
Gvs. = 1,000 m	$\epsilon_{vol} = \Delta V/V = 3,85 \%$	$w_f = - \%$	$\sigma'_{ac} = 74,5 \text{ kPa}$
		$w_p = - \%$	$\sigma'_{rc} = 59,8 \text{ kPa}$
		Tan. $\phi_t = -$	
		Attraksjon = - kPa	

Treaksialforsøk CAUA1

Filnavn:
C:\3aksLinklocal\NTNU.grf

Svein Hove

olglep

E6 Klett

Kontrollert:



Statens vegvesen

Dato: 2014-03-18

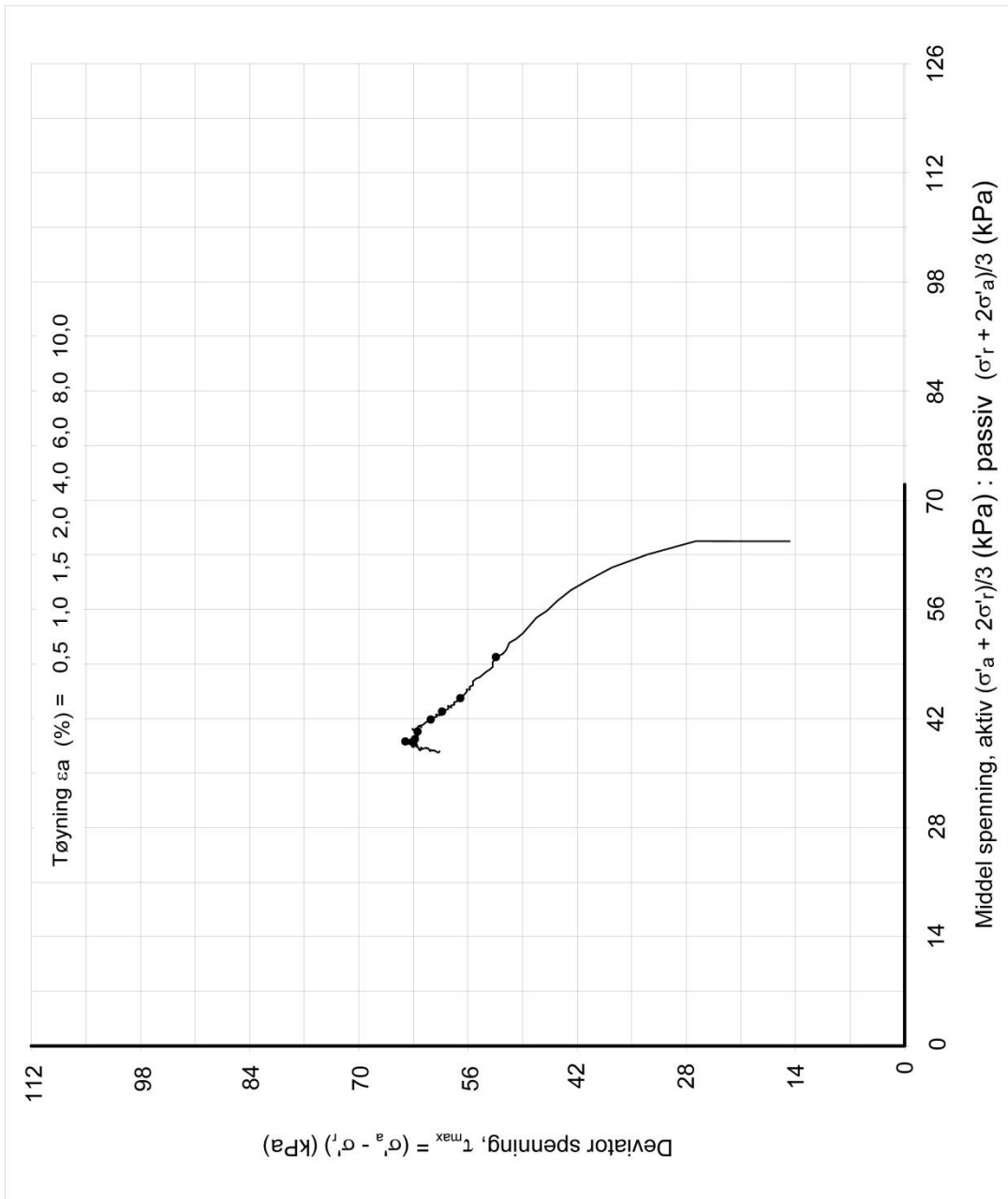
Borpunkt: H1502

Godkjent:

Oppdragsnr: 4120224

Tegning nr.: Tegn.NTNU

Rev nr.



Forsøksdata

Dybde: 6,35 m	$\gamma_i = 18,8 \text{ kN/m}^3$	$w_i = 33,5 \%$	Tan. $\phi_f = -$	$\sigma'_{vo} = 127,0 \text{ kPa}$
Gvs. = 1,000 m	$\varepsilon_{vol} = \Delta V/V = 3,85 \%$	$w_f = - \%$	Attraksjon = - kPa	$\sigma'_{ac} = 74,5 \text{ kPa}$
		$w_p = - \%$		$\sigma'_{rc} = 59,8 \text{ kPa}$

Treaksialforsøk CAUA1

Filnavn:
C:\3aksLinklocal\Q-P.grf

Svein Hove

ølgep

E6 Klett

Kontrollert:



Dato: 2014-03-18

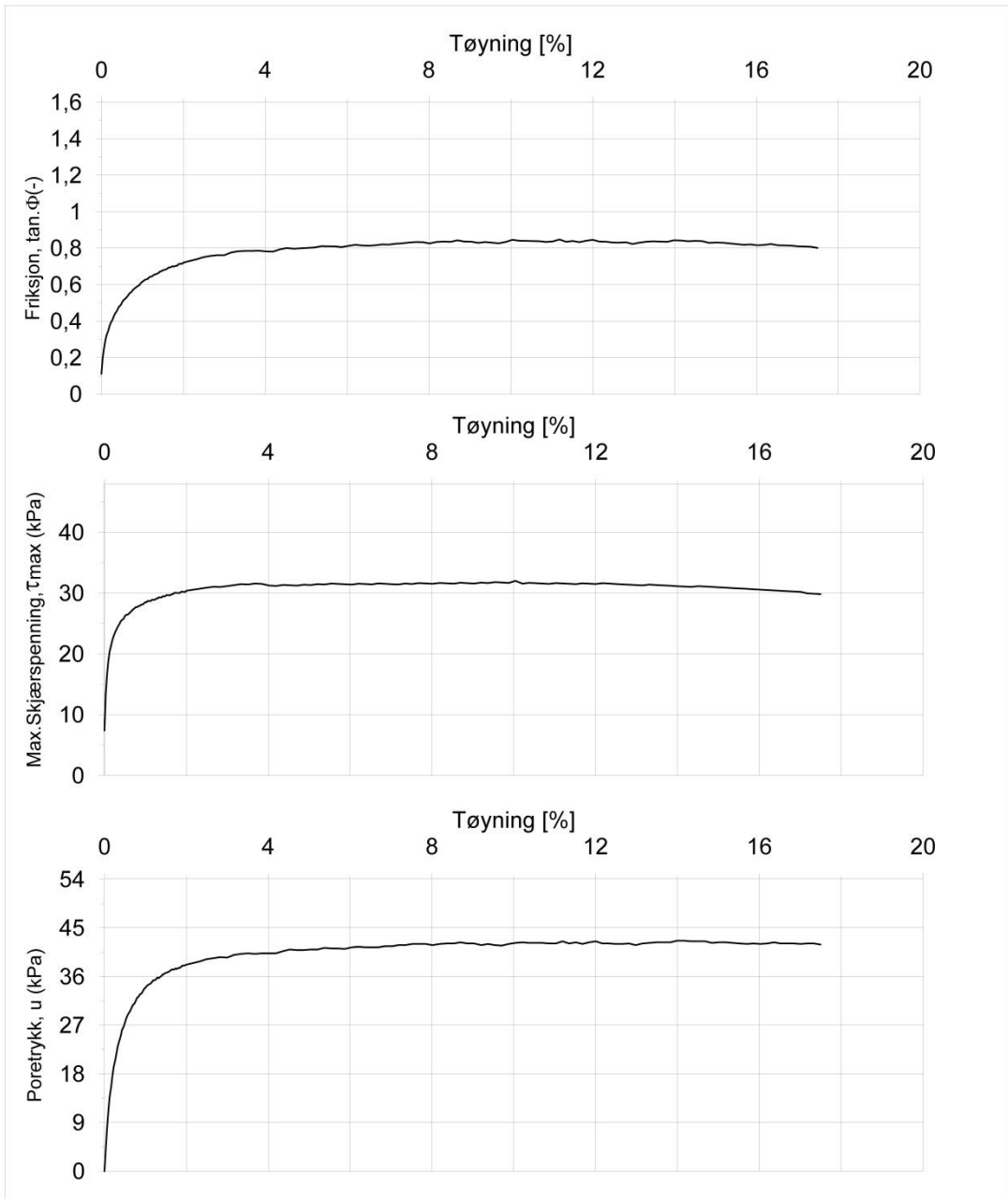
Borpunkt: H1502

Godkjent:

Oppdragsnr: 4120224

Tegning nr.: Tegn.QP

Rev nr.



Forsøksdata

Dybde: 6,35 m	$\gamma_i = 18,8 \text{ kN/m}^3$	$w_i = 33,5 \%$	$\sigma'_{vo} = 127,0 \text{ kPa}$
Gvs. = 1,000 m	$\epsilon_{vol} = \Delta V/V = 3,85 \%$	$w_f = - \%$	$\sigma'_{ac} = 74,5 \text{ kPa}$
		$w_o = - \%$	Atraksjon = - kPa
			$\sigma'_{rc} = 59,8 \text{ kPa}$

Treksialforsøk, CAUA1

Filnavn:

Svein Hove

Tegnet: **olglep**

E6 Klett

Kontrollert:



Statens vegvesen

Dato: 2014-03-18

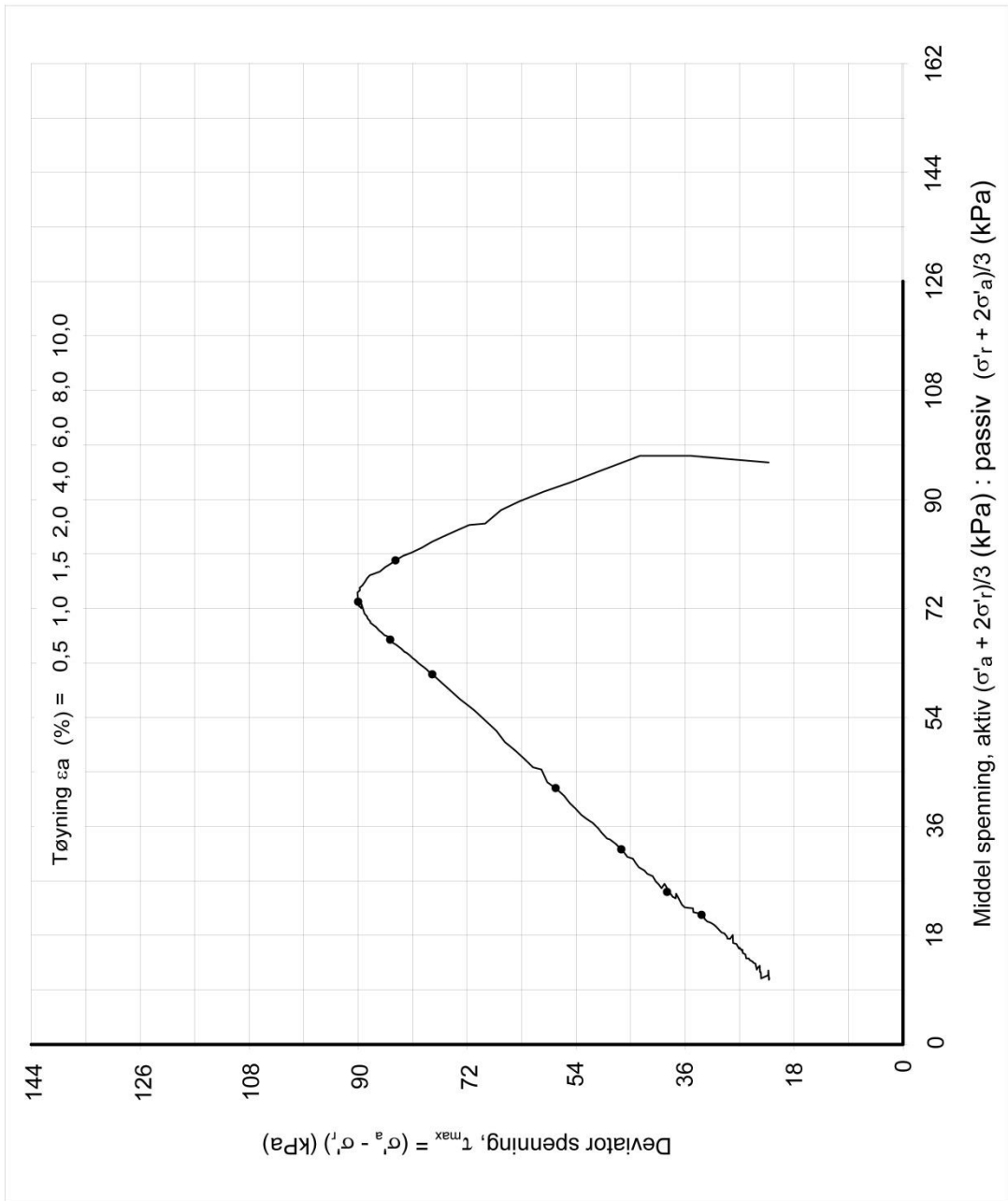
Borpunkt: H1502

Godkjent:

Oppdragsnr: 4120224

Tegning nr.: Tegn.Mob

Rev nr.



Forsøksdata

Dybde: 9,90 m	$\gamma_i = 19,1 \text{ kN/m}^3$	$w_i = 32,7 \%$	Tan. $\phi_f = -$	$\sigma'_{vo} = 199,8 \text{ kPa}$
Gvs. = 1,000 m	$\varepsilon_{vol} = \Delta V/V = 2,62 \%$	$w_r = - \%$	Attraksjon = - kPa	$\sigma'_{ac} = 110,800003052 \text{ kPa}$
		$w_p = - \%$		$\sigma'_{rc} = 88,7 \text{ kPa}$

Treaksialforsøk CAUA1

Filnavn:
C:\3aksLinklocal\Q-P.grf

Svei Hove

ølgep

E6 Klett

Kontrollert:



Dato: 2014-04-01

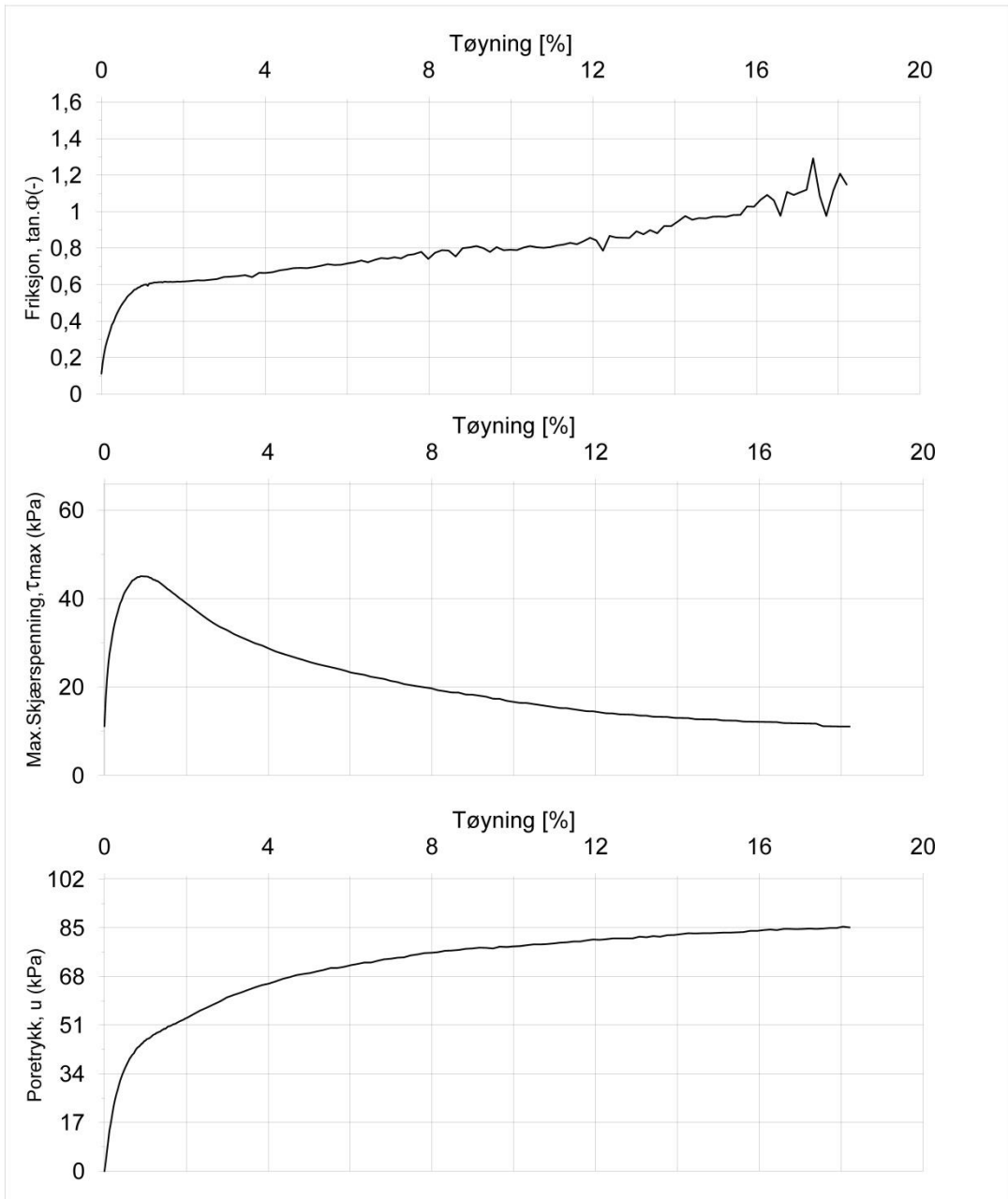
Borpunkt: H1502

Godkjent:

Oppdragsnr: 4120224

Tegning nr.: Tegn.QP

Rev nr.



Forsøksdata

Dybde: 9,90 m	$\gamma_i = 19,1 \text{ kN/m}^3$	$w_i = 32,7 \%$	$\sigma'_{vo} = 199,8 \text{ kPa}$
Gvs. = 1,000 m	$\epsilon_{vol} = \Delta V/V = 2,62 \%$	$w_f = - \%$	$\sigma'_{ac} = 110,800003052$
		$w_o = - \%$	Atraksjon = - kPa
			$\sigma'_{rc} = 88,7 \text{ kPa}$

Treksialforsøk, CAUA1

Filnavn:

Svei Hove

Tegnet: **olglep**

E6 Klett

Kontrollert:



Dato: 2014-04-01

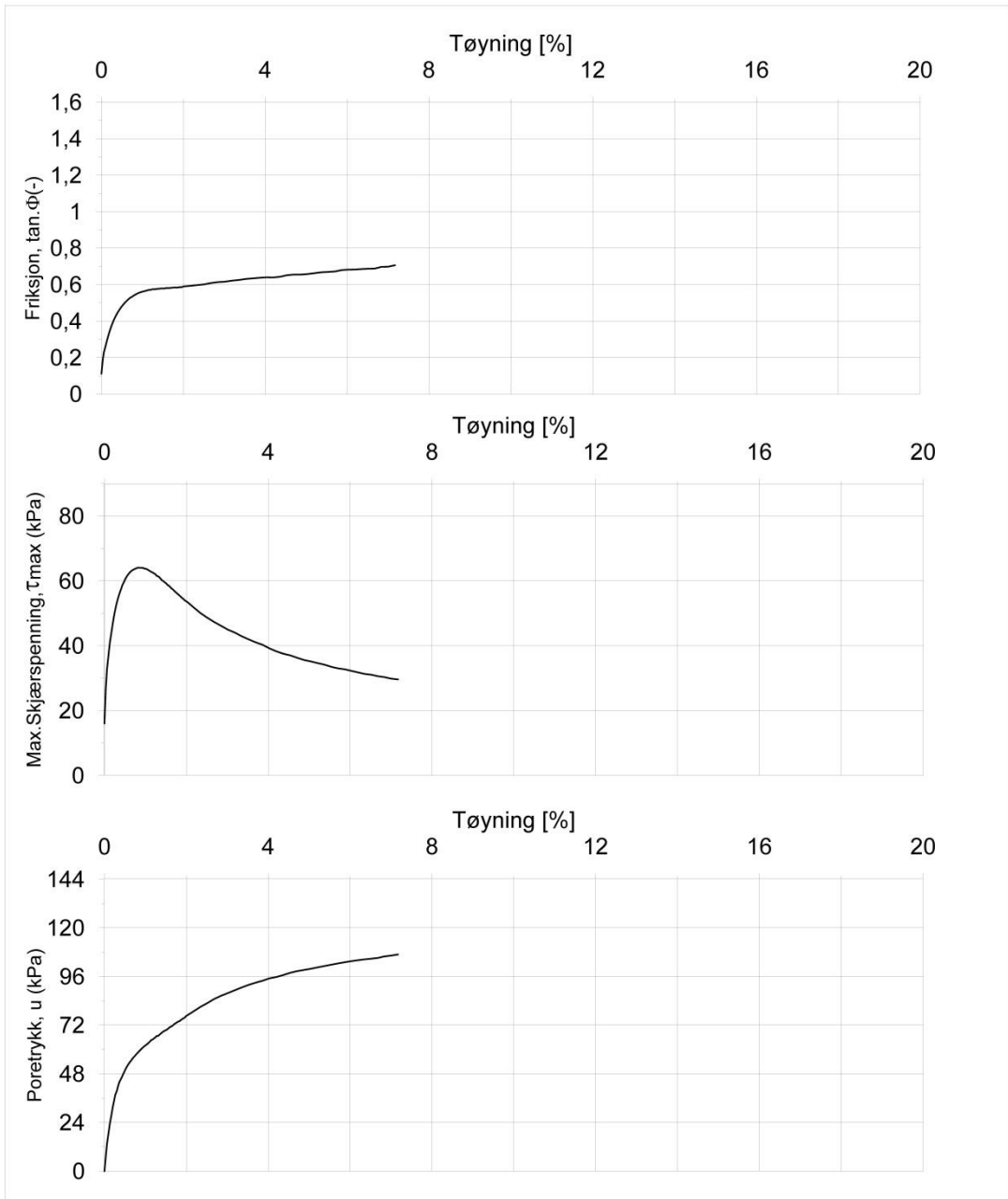
Borpunkt: H1502

Godkjent:

Oppdragsnr: 4120224

Tegning nr.: Tegn.Mob

Rev nr.



Forsøksdata

Dybde: 14,90 m	$\gamma_i = 19,1 \text{ kN/m}^3$	$w_i = 32,6 \%$	$\sigma'_{vo} = 159,0 \text{ kPa}$
Gvs. = - m	$\epsilon_{vol} = \Delta V/V = 2,66 \%$	$w_f = - \%$	$\sigma'_{ac} = 160.300003052$
		$w_o = - \%$	Atraksjon = - kPa
			$\sigma'_{rc} = 128,4 \text{ kPa}$

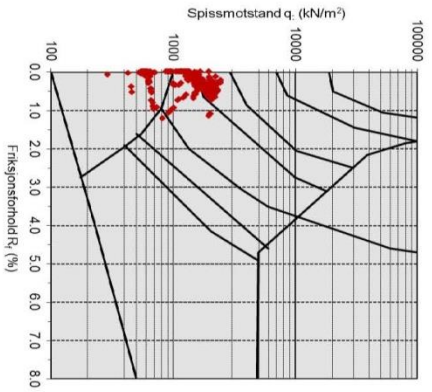
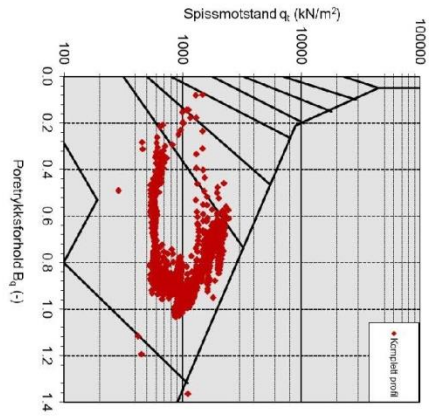
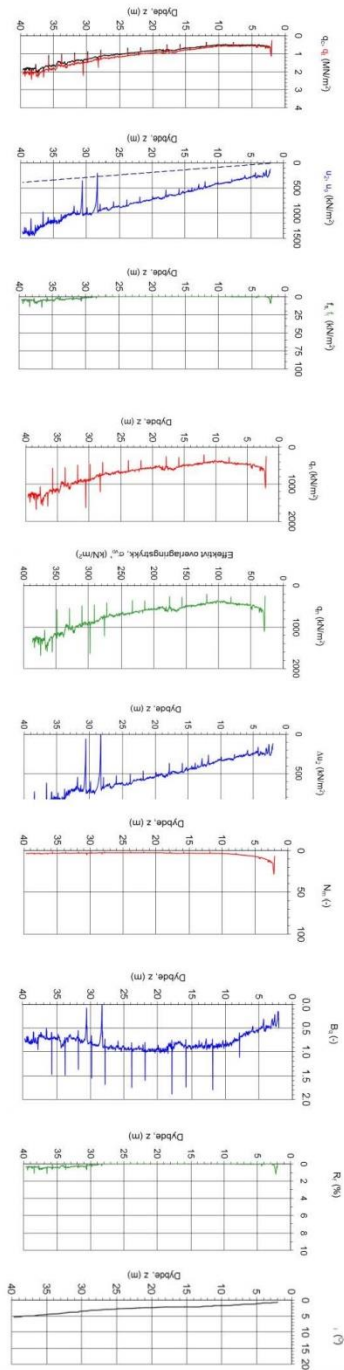
Treksialforsøk, CAUA1		Filnavn:	
Svein Hove		Tegnet: olglep	
E6 Klett		Kontrollert:	
 Statens vegvesen	Dato: 2014-04-04	Borpunkt: H1502	Godkjent:
	Oppdragsnr: 4120224	Tegning nr.: Tegn.Mob	Rev nr.:

Vedlegg F Tolkning av CPTU

Vedlegg F Tolkning av CPTU

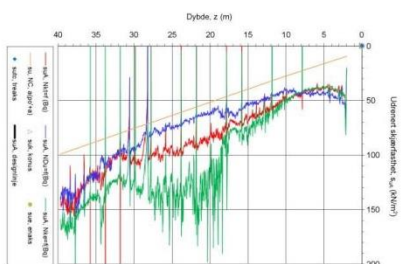
(Grafene er plottet av multiconsult for vegvesenet, datarapport grunnundersøkelser, dagsfertske prøver DOKUMENTKODE: 415531-RIG-RAP-003)

Hullnummer 1502

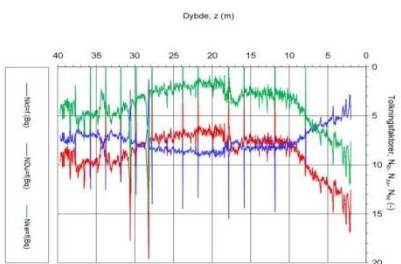


Jordarts/id	Beskrivelse	Identifikasjon
1	Sensitivt finkornig materiale	
2	Organisk materiale	
3	Leire	
4	Leire - siltig leire	Ved variasjon i jordartgruppe brukes begge
5	Leirig silt - siltig leire	Id-boksene for
6	Sandig silt - leirig silt	å beskrive
7	Siltig sand - sandig silt	materialet
8	Sand - siltig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

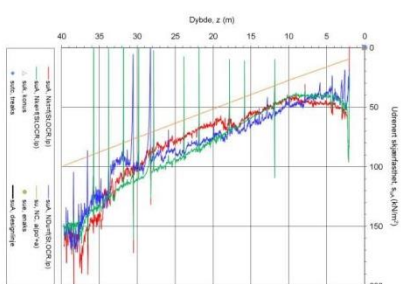
s_u og Bq korrelasjon



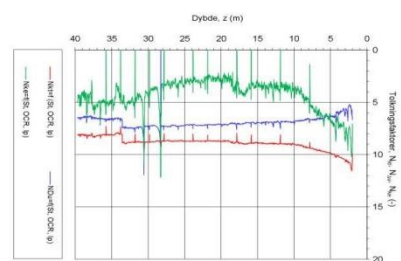
$f(Bq)$



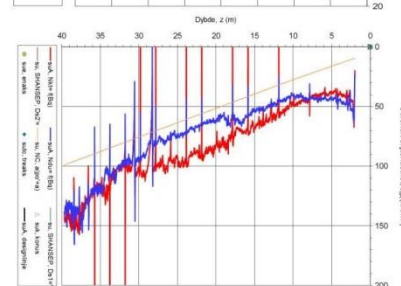
s_u og S_r , OCR og I_p korrelasjon



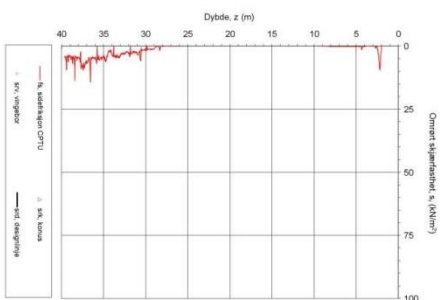
$f(S_r, OCR og I_p)$



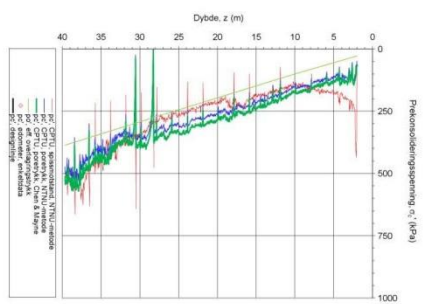
s_u SHANSEP



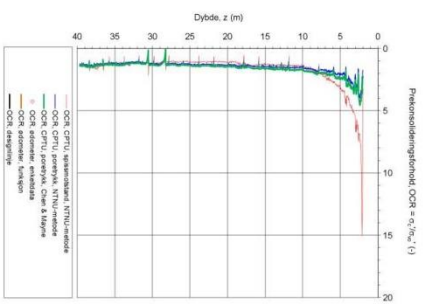
Omrørt skjærfasthet s_f



Prekonsolideringspressning σ'_c



Prekonsolideringsforhold OCR = σ'_c / σ'_{vm} (%)



Deformasjonsmodul M (MPa)

