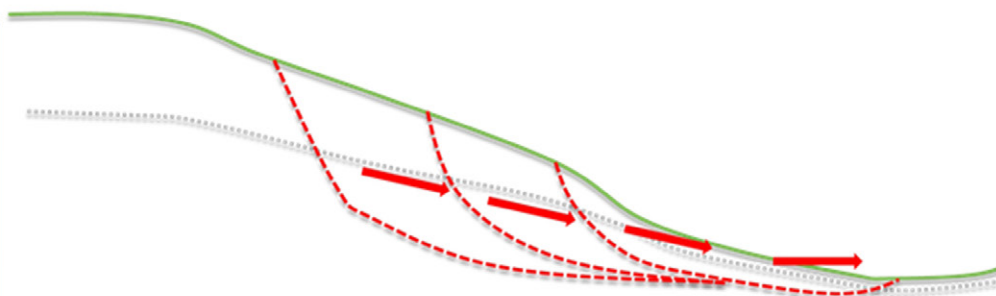


Stabilisering av kvikkleirer med kaliumklorid

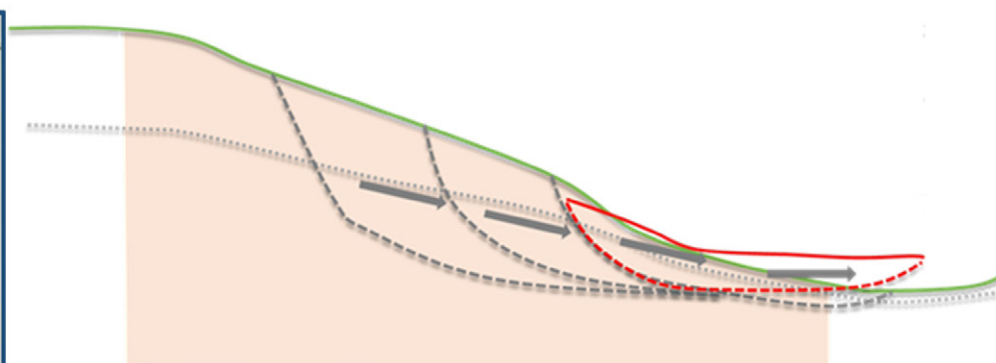
Langtidseffekt Ulvensplitten og Dragvoll

STATENS VEGVESENS RAPPORTAR

Nr. 223



Kvikkleire



Saltstabilisert

Tittel

Stabilisering av kvikkleirer med kaliumklorid

Undertittel

Langtidseffekt Ulvensplitten og Dragvoll

Forfattar

Tonje Eide Helle

Avdeling

Vegavdelingen

Seksjon

Geoteknikk og skred

Prosjektnummer

605385

Rapportnummer

Nr. 223

Prosjektleder

Tonje Eide Helle

Godkjent av

Eigil Haugen

Emneord

Kvikkleire, grunnforsterking, geokjemi, mineralogi, geotekniske eigenskapar, grunnundersøkingar, laboratorieforsøk

Samandrag

Hausten 2018 utførte Statens vegvesen nye grunnundersøkingar og laboratorieforsøk på dei kaliumklorid-stabiliserte kvikkleireområda Ulvensplitten i Oslo og Dragvoll i Trondheim, 46 og 6 år etter installasjon av saltbrønner. Målsetjinga med studiet er å dokumentere langtidseffekten av kaliumklorid på dei geotekniske eigenskapane i kvikkleirer med høg sensitivitet.

Studiet viser at kaliumklorid forbetrar dei geotekniske eigenskapane tilstrekkeleg til å hindre retrogressiv skredutvikling, og reduserar risikoen for progressiv brotutvikling i kvikkleireområder.

Title

Stabilising quick clays by using potassium chloride

Subtitle

Long-term effect Ulvensplitten and Dragvoll

Author

Tonje Eide Helle

Department

Roads Department

Section

Geotechnical

Project number

605385

Report number

No. 223

Project manager

Tonje Eide Helle

Approved by

Eigil Haugen

Key words

Quick clay, ground improvement, geochemistry, mineralogy, geotechnical properties, site investigations, laboratory tests

Summary

New site investigations and laboratory tests were conducted on the potassium-chloride treated quick-clay sites Ulvensplitten, Oslo and Dragvoll, Trondheim fall 2018; 46 years and 6 years after installation of salt wells respectively. The aim of the study is to document the long-term effect of potassium-chloride treatment on geotechnical properties in highly sensitive quick-clays.

The study shows that potassium-chloride treatment improves the geotechnical properties to such an extent that retrogressive quick-clay landslides may be inhibited, and the risk for progressive failures is reduced.

Innhald

1	Innleiing.....	5
2	Bakgrunn	6
2.1	Porevasskjemi i marint avsette leirer	6
2.2	Kaliumklorid som grunnforsterking i kvikkleirer.....	7
2.3	Innverknad av porevasskjemi på geotekniske eigenkapar	8
3	Grunnundersøkingar og laboratorieforsøk – 2018.....	11
3.1	Grunnundersøkingar	12
3.2	Laboratorieforsøk	13
3.2.1	Metodar	13
3.2.2	Kvalitet på laboratorieforsøk	15
4	Langtidseffekt av KCl på geotekniske eigenskapar	17
4.1	Poretrykk.....	17
4.2	Kornfordeling, mineralogi og kationebyttekapasitet	17
4.3	Porevasskjemi.....	18
4.3.1	Ulvensplitten	18
4.3.2	Dragvoll	18
4.4	Rutine, flyte- og utrullingsgrenser	21
4.5	Ødometer	22
4.5.1	Ulvensplitten	22
4.5.2	Dragvoll	22
4.6	Treaksialforsøk.....	24
4.6.1	Ulvensplitten	24
4.6.2	Dragvoll	27
5	Diskusjon.....	28
6	Konklusjonar.....	32
7	Referansar.....	33

Vedlegg

- A. Koordinatliste
- B. Kornfordelingskurver – Ulvensplitten
- C. Samleplott ødometerforsøk – Ulvensplitten og Dragvoll
- D. Ødometerforsøk – Ulvensplitten
- E. Treaksialforsøk – Ulvensplitten
- F. Geoteknisk datarapport – Dragvoll
- G. Liste over publikasjonar Ulvensplitten og Dragvoll

Symbolliste

Forkortelser

CAU _A	anisotropisk konsolidert udrenert aktivt treaksialforsøk
CAU _P	anisotropisk konsolidert udrenert passivt treaksialforsøk
CEC	kationebyttekapasitet (meq/100 g tørr jord)
CRS	ødometerforsøk med constant aksial tøyningshastighet (Constant Rate of Strain)
RCPTU	trykksondering med resistivitetsmodul (Resistivity Cone Penetration Test)

Parametere

a	attraksjon (kPa)
c _u	udrenert skjærstyrke (kPa)
c _{uc}	maksimal udrenert skjærstyrke tolka frå CAU _A -forsøk (kPa)
c _{ud}	direkte udrenert skjærstyrke (kPa)
c _{ue}	udrenert skjærstyrke frå CAU _P -forsøk (kPa)
c _{u,Nkt}	udrenert skjærstyrke tolka frå RCPTU-data (kPa)
c _{ur}	omrørd skjærstyrke (kPa)
EB	elektrisk ladningsbalanse (%)
e ₀	poretal ved start av test (-)
Δe	forskjell i poretal frå e ₀ til poretalet ved in-situ effektivt overlagingstrykk (-)
ε _f	aksiell bruddtøyning (%)
ε	aksiell tøyning (%)
I _L	flyteindeks (-)
I _P	plastisitetsindeks (%)
K ₀ '	kviletrykkskoeffisient (-)
M	modultall (-)
M _{OC}	ødometermodul tolka for spenningar lågare enn p _c ' (MPa)
N _{kt}	faktor for net spissmotstand (-)
OCR	overkonsolideringsforhold (-)
p'	effektiv middelspenning ($1/3 * (\sigma_1' + 2\sigma_3')$) (kPa)
p _c '	tilsynelatande forkonsolideringsspenning (kPa)
Q _t	normalisert spissmotstand
q	deviatorspenning ($\sigma_1 - \sigma_3$) (kPa)
q _t	korrigert spissmotstand
ρ	våt bulkdensitet (g/cm ³)
σ'	effektivspenning (kPa)

σ_{ac}'	effektiv aksiell konsolideringsspenning påført i CAU _{A/P} forsøk (kPa)
σ_{rc}'	effektiv radiell konsolideringsspenning påført i CAU _{A/P} forsøk (kPa)
σ_{v0}/σ_{v0}'	total og effektiv vertikalspenning (overlagringstrykk) (kPa)
σ_1'/σ_3'	effektive vertikal- og horisontalspenningar (kPa)
u_0	in-situ poretrykk (kPa)
u_2	poretrykk i spalte mellom kon og friksjonshylse på RCPTU-sonden (kPa)
w	vassinnhald (%)
w_L	flytegrense (%)
w_P	utrullings- eller plastisitetsgrense (%)
ϕ	friksjonsvinkel (°)

Kjemiske symbol

Na^+	natrium
K^+	kalium
KCl	kaliumklorid
Mg^{2+}	magnesium
Ca^{2+}	kalsium
Cl^-	klor
F^-	fluor
Br^-	brom
SO_4^{2-}	sulfat
PO_4^{3-}	fosfat
NO_3^-	nitrat

1 Innleiing

Utvaska marine leirer kan bli kvikke dersom saltinnhaldet reduserast til under 2 g/L med ein kationekomposisjon i porevatnet dominert av natrium (Na^+). Brønnar fylt med saltet kaliumklorid (KCl) er blitt installert for å forbetre dei geotekniske eigenskapane i kvikkleirer i samband med utbygging av ringvegen på Ulvensplitten i Oslo i 1972 (Eggestad og Sem, 1976) og som PhD-arbeid på Dragvoll i Trondheim i 2013 (Helle, 2017a).

Tidlegare studiar av kjemisk stabilisering av kvikkleirer fokuserar i hovudsak på dei omrørde eigenskapane som omrørd skjerststyrke (c_{ur}) og flyte- og utrullingsgrenser (w_L , w_P) (bl.a. Moum et al., 1968; Løken, 1968, 1970; Eggestad and Sem, 1976, Helle et al., 2017). Det er utført nokre laboratoriestudiar for å undersøke effekten av å fjerne og tilsetje salt til leirer på forkonsolideringsspenninga (p_c') og volumendringar (Bjerrum, 1967; Kenney et al., 1967; Torrance, 1974; Gjengedal, 2012; Bryntesen, 2014; Helle et al. 2015). Helle et al. (2018b) presenterar resultat frå ødometerforsøk på 54 mm stålsylinderprøvar frå saltstabilisert leire på Dragvoll.

Formålet med dette studiet er å dokumentere langtidseffekten av kaliumklorid på designparameterar i kvikkleirer. Denne rapporten presenterar resultat frå rutine, ødometer- og treaksialforsøk utført på prøvar tatt opp med miniblokkprøvetakar, 54 mm og 75 mm stålsylinderar frå in-situ KCl-stabiliserte kvikkleirer på Ulvensplitten og Dragvoll, 46 år og nesten 6 år etter installasjon av saltbrønnar.

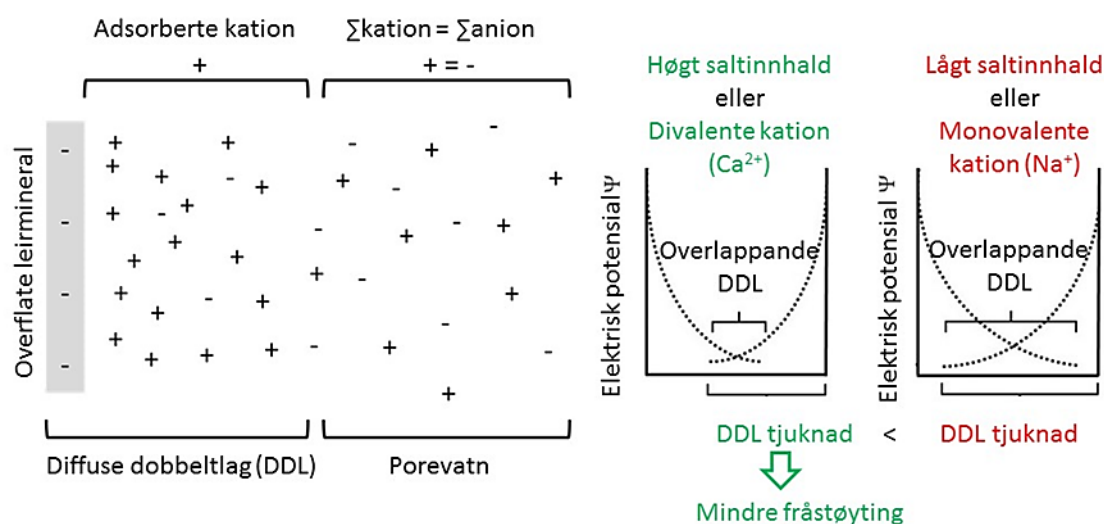
I august 2018 blei det utført nye grunnundersøkingar i og utanfor dei saltstabiliserte områda på Ulvensplitten, og i oktober 2018 blei det utført nye grunnundersøkingar rundt saltbrønn nr. 1 på Dragvoll. Grunnundersøkingane blei utført av Statens vegvesen Region Sør og Region Midt. Laboratorieforsøka blei utført av Sentrallaboratoriet, Region midt og Multiconsult i Trondheim. Porevasskjemi, kationebyttekapasitet og mineralogi er analysert ved Universitet i Oslo. Arbeidet er finansiert av Statens vegvesen Region sør, Sentrallaboratoriet og Vegdirektoratet.

I tillegg utførte Norges Geologiske Undersøkelser (NGU) resistivitetsmålingar på Dragvoll (ERT), og seismisk dilatometer (SDMT) blei utført av NGI. Resultata frå ERT og SDMT er presentert i prosjektoppgåva til Vikse (2018). MASW blei utført av University College Dublin. Skjerbølgéhastigheiten tolka frå desse undersøkingane er presentert i Helle et al. (In press).

2 Bakgrunn

2.1 Porevasskjemi i marint avsette leirer

Norske kvikkleirer består i hovudsak av illitt og kloritt (Rosenqvist, 1955). Desse leirminerala er netto negativt ladde, og er dermed elektrokjemisk aktive. For å minimere overflateladninga, tiltrekk leirminerala seg positivt ladde ion (kation) frå porevatnet. Den negativt ladde overflata og dei adsorberte kationa utgjer det diffuse dobbeltlaget (DDL) (Figur 1). Både saltinnhaldet og ionekomposisjonen i porevatnet er avgjerande for korleis det elektriske potensialet minkar i avstand frå mineraloverflata. DDL er definert som avstanden frå mineraloverflata til tyngepunktet under kurva for det minkande elektriske potensialet. Tjuknaden på DDL avgjer kor store dei fråstøytande kreftene mellom leirpartiklane er. Dess tjukkare DDL, dess større overlapp mellom DDL og dess større fråstøytande krefter mellom leirpartiklane. Dermed er både saltinnhaldet og ionekomposisjonen i porevatnet er avgjerande for storleiken på dei fråstøytande kreftene mellom leirpartiklane, og dermed også for dei geotekniske eigenskapane i leirer. Meir utfyllande forklaring fins i bl.a. van Olphen (1963).



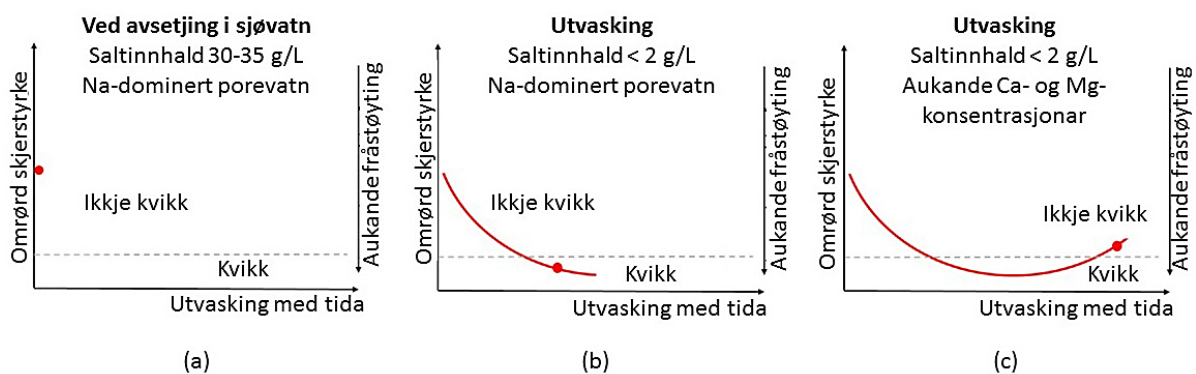
Figur 1 Tjuknaden på det diffuse dobbeltlaget (DDL) og fråstøytinga mellom leirpartiklane avheng av porevasskjemien. Frå Helle (2017b).

Det høge saltinnhaldet i avsetjingsmiljøet til dei norske leirene (30–35 g/L) (Moum et al., 1971, 1972; Appelo og Postma, 2005) medførte at leirminerala flokkulerte og danna ein open struktur med store vassfylte porar (Rosenqvist, 1946). Så lenge saltinnhaldet er høgt, er denne strukturen sterk sidan dei fråstøytande kreftene mellom leirpartiklane er små (Figur 2a). Utvasking og diffusjon etter istida har redusert saltinnhaldet og introdusert nye ion til leirvatn systemet. Dei fråstøytande kreftene aukar mellom leirpartiklane når saltinnhaldet minkar. Ved tilstrekkeleg lågt saltinnhald (< 2 g/L), blir leirene lettare å røre om og kan bli kvikke (Rosenqvist, 1946, 1977; Torrance, 1979) med ein omrørd skjerstyrke lågare enn 0,5 kPa (NGF, 2011). Ved saltinnhald lågare enn 1 g/L, kan leirene bli heilt flytande og oppføre seg nærmast

som flytande væsker (Moum et al., 1971). Lågt saltinnhald er likevel ikkje einstydande med at leirene er kvikke, då dette avheng av komposisjonen av kation i porevatnet.

Ulike kation har ulik innverknad på tjuknaden av DDL rundt leirminerala (Moum et al., 1971, 1972; van Olphen, 1963; Rosenqvist, 1968). Natrium (Na^+) er det dominerande kationet i sjøvatn, og i leirer avsett i sjøvatn er både dei adsorberte posisjonane på leirmineraloverflata og porevatnet dominert av Na^+ . Divalente ion slik som kalsium (Ca^{2+}) og magnesium (Mg^{2+}) reduserar tjuknaden på DDL i større grad enn Na^+ (Figur 1). Grunnvasstraumar reduserar saltinnhaldet og introduserer Ca^{2+} og Mg^{2+} til porevatnet i dei marine leirene. Desse er divalente (toverdige), og blir lettare adsorbent til leirmineraloverflata (har større affinitet) enn Na^+ . Tilført Ca^{2+} og Mg^{2+} blir adsorbent frå porevatnet til leirmineraloverflata som dermed frigjer Na^+ til porevatnet. Det vil seie at så lenge det er Na^+ igjen på leirmineraloverflata, så vil tilført Ca^{2+} og Mg^{2+} bli fjerna frå porevatnet, og Na^+ bli løyst til porevatnet. Grunna denne kationebyttereaksjonen er Na^+ fortsatt det dominerande kationet i porevatnet i kvikkeleirer (Figur 2b).

Utvaskinga er ein pågåande prosess som etter kvart vil føre til at konsentrasjonen av Na^+ i leir-vatn-systemet bli redusert etter som Ca^{2+} og Mg^{2+} kontinuerleg tilførast leir-vatn-systemet. Utvaska, marine leirer med lågt saltinnhald som likevel ikkje er kvikke har eit høgare innhald av divalente kation i porevatnet. Dermed minkar dei fråstøytande kreftene, og den omrørde skjerstyrken aukar slik at leirene ikkje lenger er kvikke (Figur 2c). Dette er ein pågåande naturleg stabilisering som truleg tek tusenvis av år. Stabiliseringsprosessen kan framskundast ved tilsetjing av kjemikaliar som for eksempel kalium. Dette forklarast nærmare i neste avsnitt.



Figur 2 a) Leire avsett i sjøvatn med høgt saltinnhald. b) Utvaska leire med porevatn dominert av natrium (Na^+). c) Utvaska leire med aukande konsentrasjonar av kalsium (Ca^{2+}) og magnesium (Mg^{2+}). Frå Helle (2017b).

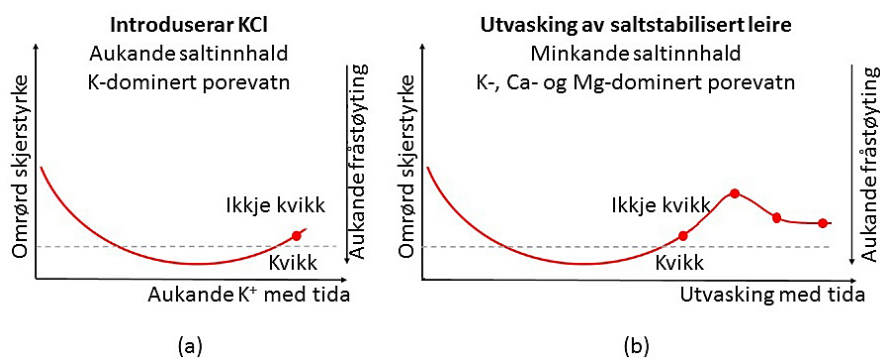
2.2 Kaliumklorid som grunnforsterking i kvikkeleirer

Den hydratiserte ioneradiusen til kalium (K^+) er mindre enn for Na^+ . Sjølv om både Na^+ og K^+ er monovalente (einverdige), så medfører den hydratiserte radiusen at ladninga for K^+ er meir effektiv. Dermed har K^+ større affinitet enn Na^+ , og reduserer DDL tjuknaden meir enn Na^+

slik at dei fråstøytande kreftene mellom leirpartiklane avtek. Ved same normalitet (meq/L) har K^+ større innverknad på å forbetre dei geotekniske eigenskapane enn Na^+ , Mg^{2+} og Ca^{2+} (Moum et al., 1968; Løken, 1968, 1970).

Ved å installere kaliumkloridbrønner (KCl) i kvikkleirer så vil saltinnhaldet auke i den omkringliggjande leira, og dei geotekniske eigenskapane blir forbetra som følgje av mindre fråstøytande krefter mellom leirpartiklane (Figur 3a). Ionebyttereaksjonar medfører at dei adsorberte posisjonane på leirmineraloverflata etter kvart blir dominert av K^+ . Adsorberte kation blir løyst til porevatnet i følgjande rekkefølge Na^+ , Mg^{2+} og Ca^{2+} . Dei løyste iona diffunderar vekk frå området rundt brønnen saman med klorid (Cl^-). Etter som dei adsorberte posisjonane etter kvart blir fylt opp med K^+ , så vil K^+ også diffundere utover i leirvolumet. Dermed vil ein i eit punkt i avstand X frå brønnen først observere aukande konsentrasjon av Na^+ og Cl^- , deretter aukande konsentrasjon av Mg^{2+} etterfulgt av Ca^{2+} , og til slutt K^+ .

Konsentrasjonen av KCl vil etter kvart avta i saltbrønnane dersom dei ikkje blir etterfylt. Leira rundt brønnane vil fungere som eit reservoir med salt så lenge det er konsentrasjonsforskjellar mellom saltstabilisert leire og omkringliggjande leire. Diffusjonen fortset til denne konsentrasjonsforskjellen er utlikna. Med tida vil grunnvasstraumar vaske ut også den saltstabiliserte leira. Diffusjon og utvasking medfører at saltinnhaldet blir redusert (Figur 3b). Sidan Na^+ er vaska ut av systemet, og grunnvatnet tilfører Ca^{2+} og Mg^{2+} , så vil leira imidlertid ikkje bli kvikk igjen sidan porevatnet i den utvaska saltstabiliserte leira består av K^+ , Ca^{2+} og Mg^{2+} som alle reduserer dei fråstøytande kreftene i større grad enn Na^+ .



Figur 3 a) Saltinnhaldet og konsentrasjonen av kalium (K^+) aukar i tida etter installasjon av saltbrønner. b) Utvasking av saltstabilisert leire reduserer saltinnhaldet og aukar konsentrasjonen av kalsium (Ca^{2+}) og magnesium (Mg^{2+}) i porevatnet. Frå Helle, 2017b.

2.3 Innverknad av porevasskjemi på geotekniske eigenkapar

Norske kvikkleirer har låg plastisitet. Plastisiteten aukar imidlertid med aukande saltinnhald (Løken, 1968). Ved å tilføre salt reduserast fråstøytninga, og dei mekaniske eigenskapane blir forbetra.

Normalkonsoliderte leirer har som oftast høgare overskonsolideringsgrad (OCR) enn 1 i den øvre delen av jordprofilen, og kan også ha høgare plasistisitet enn den underliggjande leira. $OCR > 1$ skuldast bl.a. kapillært sug, forvitring og ferskvatn som medfører at leir-vatn-systemet blir tilført stabiliserande kation. Dermed framstår leira som om den har opplevd større forkonsolidering enn dagens overlaging (Bjerrum, 1967; Mitchell og Soga, 2005).

På 1960- og 1970-talet blei det utført fleire studium for å finne kva innverknad ulike typar salt, inkludert KCl, hadde på geotekniske eigenskapar i norske, utvaska marine leirer. Det blei funne at uomrørd og omrørd konus skjærstyrke auka, og flyte- og utrullingsgrensene auka som følgje av aukande saltinnhald. Bjerrum (1967) presenterer resultat som viser at p_c' og peak skjærstyrke aukar i K^+ -stabilisert leire. Når plasistiteten og skjærstyrken aukar som følgje av tilsatt K^+ , så vil leira deformere seg mindre ved auka pålasting enn kvikkleire med låg plasistisitet. Torrance (1974) utførte utvaskingsforsøk på leirer, og fann at p_c' blei redusert og deformasjonane auka i utvaska leirer med saltinnhald lågare enn 2 g/L. Dette er truleg forårsaka av at auka saltinnhald minkar fråstøytinga mellom leirpartiklane, og strukturen dermed blir forbetra. Leirstrukturen kan difor ta større laster før strukturen kollapsar sidan partiklane kan komme tettare saman før DDL overlappar kvarande. Dermed vil redusert DDL tjuknad (som er eit resultat av endra porevasskjemi) føre til reduserte deformasjonar og auka skjærstyrke (Santamarina, 2002).

I 1972 blei det installert saltbrønner i kvikkleire på Ulvensplitten i Oslo (Eggestad og Sem, 1976). Brønnane blei installert til 15–16 m djupne, og fylt med KCl. Det blei totalt installert 2630 brønner med c/c-avstand på 1,5 m som i alt dekkar eit område på 6000 m². To år etter installasjon var den omrørde skjærstyrken auka frå <0,5 kPa til 10–45 kPa, og sensitiviteten var redusert frå 12–80 til 1–3. Flytegrensa auka til over det naturlege vassinnhaldet. Saltstabiliseringa førte til at utgravingane i området i samband med eit vegprosjekt kunne utførast utan å forårsake utglidingar.

I 2013 blei det utført nye grunnundersøkingar innanfor og like utanfor det saltstabiliserte området, 41 år etter installasjon. Den saltstabiliserte leire var tydeleg blitt utsatt for utvasking då saltinnhaldet var langt lågare enn mengde tilført salt. I toppen av det saltstabiliserte profilen var saltinnhaldet på berre 11,7 g/L, og i botnen av profilen på 15 m djup var saltinnhaldet berre 0,5 g/L (Figur 4). Til trass i at saltinnhaldet var tilbake til opprinneleg nivå på ca. 0,5 g/L, så var leira ikkje blitt kvikk igjen. Like utanfor det saltstabiliserte området var saltinnhaldet også om lag 0,5 g/L. Leira var heller ikkje her kvikk med $c_{ur} > 1,1$ kPa. Dette skuldast komposisjonen av kation i porevatnet.

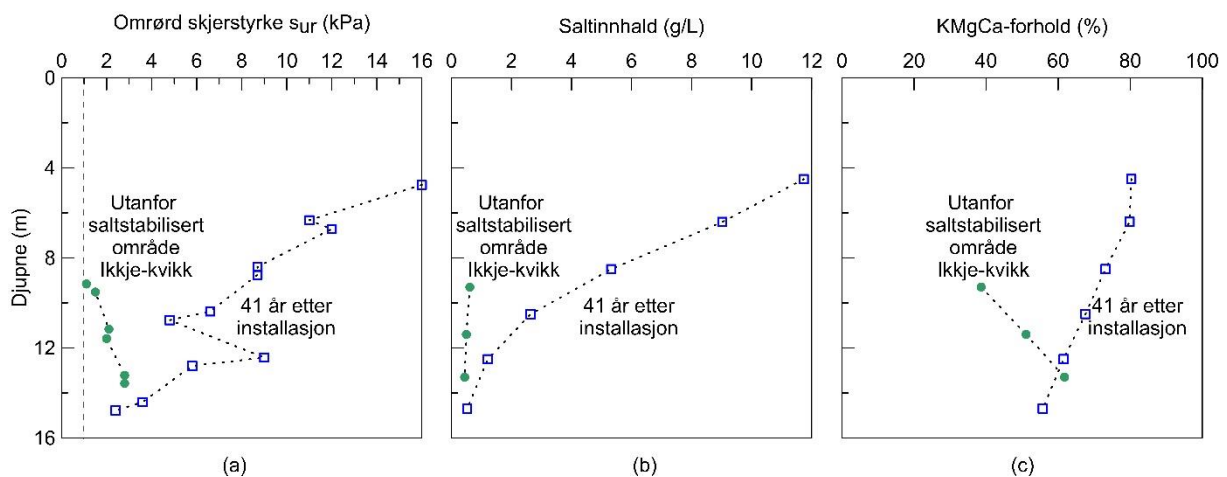
Seks saltbrønner blei installert på Dragvoll for å dokumentere effekten av endra porevasskjemi på geotekniske eigenskapar, og for å finne ut kor lang tid det tek å stabilisere kvikkleirer tilstrekkeleg til å hindre kvikkleireskred.

Basert på resultat frå Ulvensplitten og Dragvoll innførte Helle et al. (2017) kalium–magnesium–kalsium–forholdet (KMgCa–forholdet i Likning 1) med alle konsentrasjonar gitt i meq/L. Når KMgCa–forholdet overstig 20%, er $c_{ur} > 1$ kPa, flyteindeksen (I_L) < 1,2 og $I_P > 10\%$.

$$KMgCa - \text{forholdet} = \frac{K^+ + Mg^{2+} + Ca^{2+}}{Na^+ + K^+ + Mg^{2+} + Ca^{2+}} \quad (1)$$

Helle et al. (2018b) presenterar resultat frå ødometerforsøk utført på 54 mm stålsylinderprøvar frå saltstabilisert leire på Dragvoll. Basert på korrelasjonar mellom in-situ testar og laboratorieforsøk blei det foreslått at deformasjonane grunna pålasting og sprøheitsoppførselen til leirer avtek, og p_c' , peak skjærstyrke (c_{ur}) og post-peak styrke aukar når $I_p > 15\%$ som inntreff når KMgCa-forholdet $> 60\%$ ved låge saltinnhald, eller ved saltinnhald > 6 g/L.

I leirer vil saltet i hovudsak spreie seg i leirvolumet som følgje av kjemisk diffusjon som skuldast konsentrasjonsgradientar. Kationebyttekapasiteten (CEC) i leira og den effektive diffusjonskoeffisienten (D_e) for kjemikaliane er avgjerande for kor lang tid det tek å stabilisere kvikkleira. CEC avheng av leirinnhaldet og det spesifikke overflatearealet til leirpartiklane, og D_e av porøsiteten og mettingsgraden i leira. Hydrogeologiske forhold på staden (hydraulisk gradient, vassførande lag), original porevasskjemi og adsorberte ion vil også ha innverknad på kor fort kjemikalia vil spreie seg i leirvolumet. Berekningar for leira på Dragvoll viste at etter 40 månadar er ein minimum diameter rundt brønnen på 1,2 m stabilisert tilstrekkeleg til å hindre retrogressiv skredutvikling ($c_{ur} > 1$ kPa ved KMgCa-forhold $> 20\%$) (Helle og Aagaard, 2018). Ved å nytte kriteriet for redusert risiko for progressiv brotutvikling ved KMgCa-forhold $> 60\%$, er leira stabilisert over ein minimum diameter på minimum 1,0 m 40 månadar etter installasjon (Helle, 2017a).



Figur 4 Resultat frå Ulvensplitten. Blå symbol frå området som blei stabilisert med salt i 1972, og grøne symbol i den ikkje-kvikke leira i området utanfor det saltstabiliserte området. a) Omrørd skjærstyrke. b) Saltinnhald. c) KMgCa-forhold. Frå Helle (2017b).

3 Grunnundersøkingar og laboratorieforsøk – 2018

Tabell 1 viser utførte grunnundersøkingar og laboratorieforsøk på Ulvensplitten og Dragvoll. Resultat frå to miniblokkprøvar frå kvikkleire (MD1(2015)) og ein miniblokkprøve 0,5 m frå saltbrønn nr. 1 (MD2(2015)) på Dragvoll er inkludert i rapporten. Desse resultatata er tidlegare publisert i Helle (2017a) og Helle et al. (2017, 2018b).

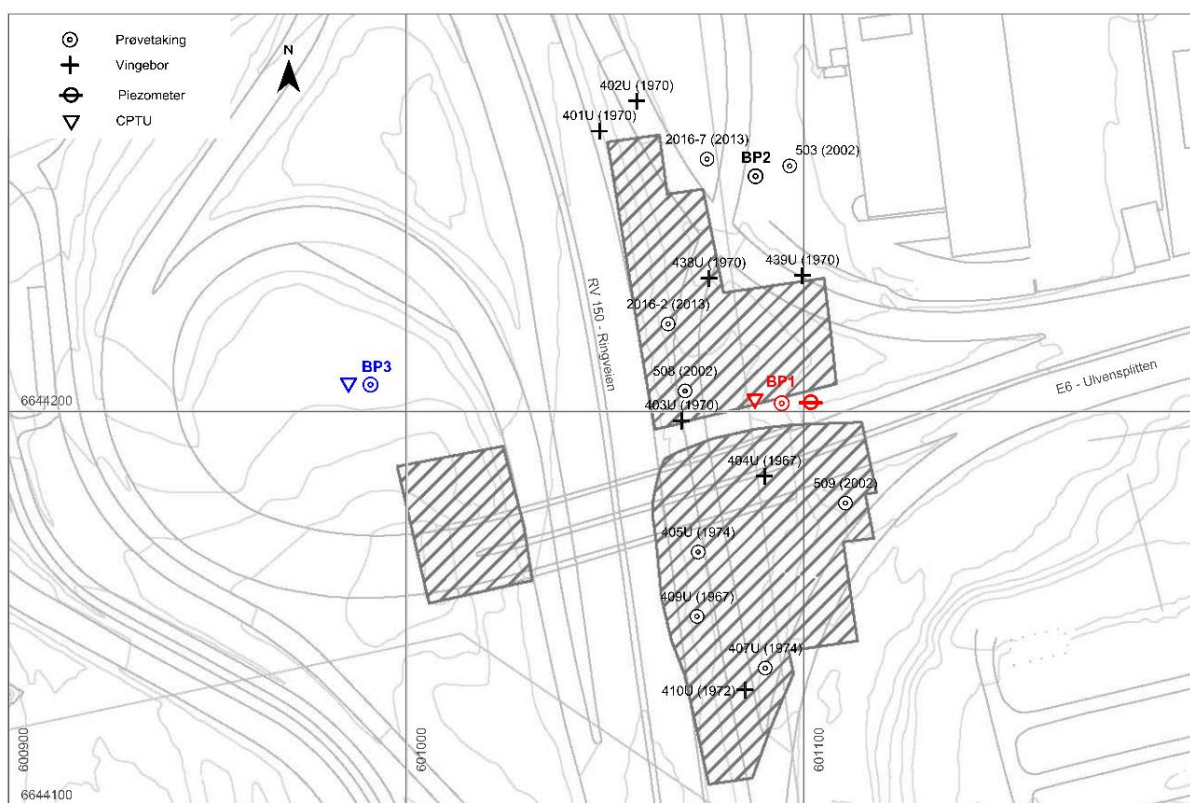
Tabell 1 Utførte grunnundersøkingar og laboratorieforsøk

	Grunnundersøkingar				Laboratorieforsøk						
	In-situ test	Piezometer	Prøvetaking	Djupne	w, w _L , w _P , C _u , C _{ur}	K ¹	CAU _A	CAU _P	CRS	PVK ²	
Ulvensplitten											
BP1	CPTU	6 og 10 m	160 mm	6,0–6,3	x					x	
			54 mm	5,0–5,8	x					x	
			54 mm	5,8–6,6	x		x			x	x
			54 mm	6,6–7,4	x		x			x	x
			54 mm	7,4–8,2	x						x
			54 mm	8,2–9,0	x		x			x	x
			54 mm	9,0–9,8	x		x			x	x
			54 mm	9,8–10,0	x		x			x	x
BP2			160 mm	6,0–6,3	x	x	x		x	x	
			160 mm	10,0–10,3	x	x	x		x	x	
BP3	CPTU		160 mm	8,0–8,3	x	x	x		x	x	
			160 mm	10,0–10,3	x	x	x		x	x	
Dragvoll											
MD1 (2015)			160 mm	4,7–5,0	x	x	x		x	x	
			160 mm	5,7–6,0	x	x	x		x	x	
MD2 (2015)			160 mm	4,4–4,8	x	x	x		x	x	
			75 mm	4,0–4,8	x	x	x		x		
			75 mm	5,0–5,8	x	x	x		x	x	
108			75 mm	4,0–4,8	x	x	x		x		
			75 mm	5,0–5,8	x	x	x		x	x	
			75 mm	6,0–6,8	x	x				x	
109			160 mm	5,0–5,3	x	x	x	x	x	x	
			160 mm	6,0–6,3	x	x	x		x	x	
113			75 mm	4,0–4,8	x	x	x		x	x	
			75 mm	5,0–5,8	x	x	x		x	x	
100	RCPTU										
101	RCPTU										
102	RCPTU										
103	RCPTU										
104	RCPTU										
105	RCPTU										
106	RCPTU										
107	RCPTU										
110	RCPTU										
111	RCPTU										
112	RCPTU										
114	SDMT										

¹ Kornfordeling, ² Porevasskjemi

3.1 Grunnundersøkingar

I august 2018 blei det utført nye grunnundersøkingar på Ulvensplitten. Borhol BP1 blei plassert i det saltstabiliserte området. BP2 blei plassert i nærleiken av borholet der det blei funne ikkje-kvikkleire med lågt saltinnhald i 2013 (Helle et al., 2016 og Figur 4). BP3 blei plassert eit godt stykke unna det saltstabiliserte området for å få prøvar frå kvikkeleire. Det blei utført CPTU i borhol BP1 og BP3. Poretrykksmålarar blei installert på 6 m og 10 m djupne ved BP1. Miniblokkprøvar blei tatt opp frå borhol BP2 og BP3. Det blei gjort forsøk på å ta opp miniblokkar frå BP1, men den seige, saltstabiliserte leira sette seg fast i prøvetakaren. Det blei i staden tatt opp 54 mm stålsylinderprøvar frå BP1.



Figur 5 Borplan på Ulvensplitten. Borhol BP1, BP2 og BP3 blei utført i 2018. Dei andre undersøkingane er presentert i Helle et al. (2016). EUREF89 UTM32.

I oktober/november 2018 blei det utført nye grunnundersøkingar på Dragvoll (Figur 6). Miniblokkprøvar blei tatt opp frå borhol 109. 75 mm stålsylinderprøvar blei tatt opp frå borhol 108 og 113. Åtte RCPTU blei utført rundt saltbrønn nr. 1 (SW1) for å kartleggje korleis saltet hadde spreidd seg i tida etter installasjon (5 år og 9 mndr). Dei fleste sonderingane hamna i anvendelsesklasse 1. Den tette plasseringa av RCPTU medførte imidlertid at poretrykkresponsen blei for låg i dei aller fleste sonderingane. Resultata frå RCPTU i borhol 112 er rekna som pålitelege, og er difor den einaste sonderingane som er nytta til tolking av geotekniske data.

Karlsrud et al. (2005) sine CPTU korrelasjonar for leirer er brukt for å tolke OCR og skjærstyrke ($C_{uc,Nkt}$) frå RCPTU 112 (Likning 2-5).

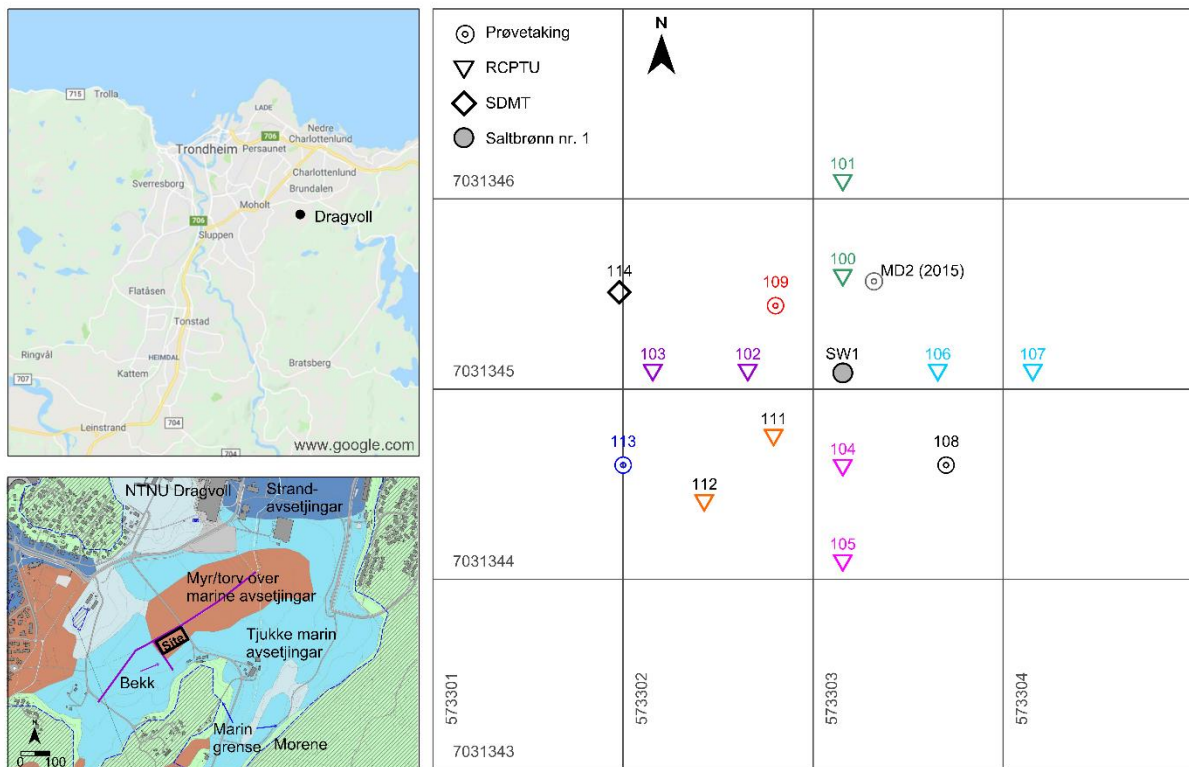
$$N_{kt} = 7.8 + 2.5 \cdot \log(\text{OCR}) + 0.082 \cdot \text{IP} \quad (2)$$

$$c_{u,Nkt} = (q_t - \sigma_{v0}) / N_{kt} \quad (3)$$

$$Q_t = (q_t - \sigma_{v0}) / \sigma'_{v0} \quad (4)$$

$$\text{OCR} = (Q_t / 3)^{1.20} \quad (5)$$

Der N_{kt} er faktor for net spissmotstand, q_t er korrigert spissmotstand, σ_{v0} and σ'_{v0} er totalt og effektivt overlagingstrykk, Q_t er normalisert spissmotstand.



Figur 6 Utførte grunnundersøkingar på Dragvoll. Borhola for prøvetaking og RCPTU i kvikkleire er utanfor utsnittet.

3.2 Laborieforsøk

Sentrallaboratoriet hos Statens vegvesen Region øst utførte laboriearbeidet på prøvane frå Ulvensplitten (Labsysnr. 1180368). Statens vegvesen Region midt (Labsysnr. 4180201) og Multiconsult AS i Trondheim (Vedlegg F) utførte laboriearbeidet på prøvane frå Dragvoll.

3.2.1 Metodar

Alle prøvane blei opna og testa innan 48 timar etter prøvetaking. Vassinnhald, flyte- og utrullingsgrenser, konus uomrørd og omrørd skjerstyrke, kornfordeling, korndensitet og organisk innhald blei bestemt for alle prøvane. Anisotropisk konsoliderte udrenerte aktive treaksialforsøk (CAU_A) blei utført på dei fleste prøvane. Eitt anisotropisk konsolidert passivt treaksialforsøk (CAU_P) blei utført på ein prøve frå saltstabilisert leire på Dragvoll. Kontinuerlege ødometerforsøk (CRS) blei utført på dei fleste prøvane (Tabell 1).

Det blei valt ein kviletrykkskoeffisient (K_0') på 0,7. Prøvane i treaksialforsøka blei først isotropisk konsolidert til radiell spenning (σ_{rc}') lik beste estimat av in-situ horisontal effektivspenning. Deretter blei vertikalspenninga (σ_{ac}') auka til beste estimat av effektivt overlagingstrykk (σ_{vo}'). På Ulvensplitten blei konsolideringsspenningane berekna med utgangspunkt i ein tyngdetettheit på 19,0 kN/m³. Denne var imidlertid lågare, og i gjennomsnitt 18,4 kN/m³. I tillegg var det feil ved nokre av treaksialcellene som medførte at K_0' blei lågare enn bestilt i enkelte av forsøka på leirene frå både Ulvensplitten og Dragvoll. Dermed er $\sigma_{ac}'/\sigma_{vo}'$ høgare enn planlagt for dei fleste forsøka (Tabell 2).

Skjerforsøka for Ulvensplitten er køyrt med ein hastigheit på 2,0%/time, med unntak av forsøket i BP2 6.10 m (1D) som blei køyrt med ein hastigheit på 1,5%/time. Alle forsøka på Dragvoll er køyrt med skjerhastigheit på 1,5%/time.

CRS-forsøka på leira frå Ulvensplitten er køyrt med ein hastigheit på 1,05%/time (0,0035 mm/min), og 0,75%/time (0,0025 mm/min) på leira frå Dragvoll.

Mineralogien er kvantitativt tolka frå X-Ray Diffraction forsøk (XRD). CEC er bestemt etter prosedyren beskrive av Polemio and Rhoades (1977) og Wang et al. (2005). Leira blir først metta med Na⁺. Deretter blir Na⁺ bytta ut med Mg²⁺. CEC er rekna ut frå kor mykje Na⁺ som blir løyst frå leirmineraloverflata til porevatnet.

Tabell 2 Aksielle (σ_{ac}') og radielle (σ_{rc}') konsolideringsspenningar og kviletrykkskoeffisient (K_0') for treaksialforsøk ved start av skjerforsøk. Effektivt overlagingstrykk (σ_{vo}') er rekna ut med gjennomsnittleg tyngdetettheit på 18,4 kN/m³ for prøvane frå Ulvensplitten, og 18,7 kN/m³ for prøvane frå Dragvoll. Skjerfasen i prøven BP2 6.10 (1D) er køyrt med 1,5%/time.*

Borhol	Djupne m	σ_{ac}' kPa	K_0' –	σ_{rc}' kPa	$\sigma_{ac}'/\sigma_{vo}'$ –
Ulvensplitten					
BP2	6,10 (1A)	88,7	0,64	56,5	1,10
BP2	6,10 (1B)	88,6	0,63	56,2	1,10
BP2	6,10 (1D)*	83,2	0,66	55,1	1,03
BP2	10,10 (1A)	119,4	0,66	78,4	1,11
BP2	10,10 (1C)	111,9	0,68	76,6	1,04
BP3	8,10 (1A)	102,4	0,64	65,9	1,09
BP3	8,20 (2B)	98,2	0,69	67,9	1,04
BP3	10,10 (1A)	123,1	0,66	81,2	1,15
BP3	10,10 (1C)	121,3	0,65	79,3	1,13
Dragvoll					
MD1	4,90 (B)	47,2	0,69	32,8	0,99
MD1	5,90 (A)	58,6	0,66	39,0	1,04
108	5,45	60,4	0,62	37,3	1,15
109	5,10	47,5	0,67	32,0	0,96
109	5,10 CAU _p	56,4	0,61	34,3	1,14
109	6,08	64,0	0,62	39,7	1,11
113	4,50	51,8	0,61	31,6	1,17
113	5,40	48,7	0,68	33,3	0,94

Fire stk 50 ml polyetylen (PE) sentrifugerøyr blei fylt med ca. 100 g leire og sentrifugert i 15–30 min. Til saman blei det sentrifugert ut 10–20 ml porevatn som blei filtrert gjennom 0,45 µm sprøytefilter og frose ned i 15 ml PE-sentrifugerøyr fram til analyse. Porevassprøvar der det etter filtrering fortsatt var partiklar i vatnet (gulfarga) blei filtreret på nytt gjennom 0,20 µm sprøytefilter før nedfrysing.

Komposisjonen av kat- og anion blei analysert ved hjelp av ionekromatografi. Saltsyre (HCl) titrering blei brukt for å bestemme alkalinitet (her tolka som bikarbonat HCO_3^-) og pH. pH blei også målt direkte på omrørde leirprøvar ved hjelp av ein Sentix SP innstikk-elektrode.

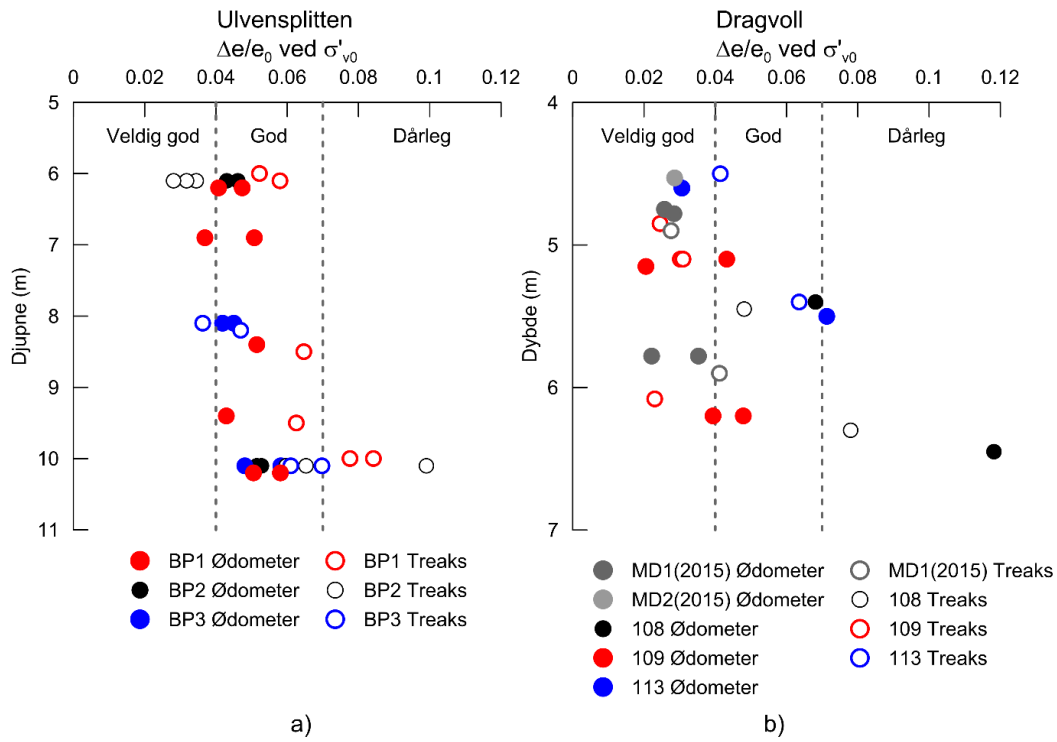
3.2.2 Kvalitet på laboratorieforsøk

Kvaliteten av porevasskjemien er basert på elektrisk laddningsbalanse (EB). Likning 6, med alle konsentrasjonar i meq/L og med negativt forteikn for anion, kan brukast til å estimere EB. «Sum kation» i Likning 6 er summen av Na^+ , K^+ , Mg^{2+} og Ca^{2+} , medan «Sum anion» er summen av Cl^- , bikarbonat (HCO_3^- , som her er lik alkalinitet), sulfat (SO_4^{2-}) og nitrat (NO_3^-). Ideelt sett skal det vere like mange positive som negative ladningar i løysninga. EB blir meir nøyaktig rekna ut ved å nytte programmet PHREEQC som kan lastast ned gratis frå www.usgs.gov. Det kan vere stor forskjell i resultatata rekna ut med Likning 6 og PHREEQC sidan PHREEQC inkluderar ion som bidreg mykje under basiske forhold, for eksempel jern og ammonium, og sure forhold, for eksempel hydrogen og aluminium. Prøvane er av god kvalitet når $\text{EB} < 5\%$ (Appelo og Postma, 2005).

$$EB(\%) = \frac{(\text{Sum kation} + \text{Sum anion})}{(\text{Sum kation} - \text{Sum anion})} \cdot 100 \quad (6)$$

I denne rapporten er EB rekna ut ved hjelp av PHREEQC. Porevassprøvane for Ulvensplitten og Dragvoll er av god kvalitet med unntak av prøven frå MD2 der EB er 8.05%. Dessverre var porevassprøvane frå 10 m djupne i borhol BP2 og BP3 på Ulvensplitten av dårleg kvalitet. Resultata er difor ikkje inkludert her.

Kvalitetsvurderinga av treksial- og ødometerforsøka er basert på relativ endring av poretal ($\Delta e/e_0$) ved rekonsolidering til in-situ spenningar (Lunne et al., 1997). Prøvane frå BP1 er tatt opp med 54 mm stålsylinderar. Til trass i at kvaliteteten er klassifisert som god, så viser σ' -M-kurvane i Figur C-1 i Vedlegg C at desse ødometerforsøka er utført på forstyrra prøvar. Treksialforsøka utført på prøvar frå BP1 dilaterar. Forstyrra prøvar med leirinnhald mindre enn 40%, eller plastisitetsindeks mindre enn 20%, kan vise dilaterande oppførsel i treksialforsøk (Long, 2006). Med utgangspunkt i dette, og grunna resultatata frå ødometerforsøka, så er treksialforsøka frå BP1 ikkje inkludert i den vidare tolkinga.



Figur 7 Prøve kvalitet for treaksial- og ødometerforsøk utført på prøvar frå a) Ulvensplitten og b) Dragvoll.

4 Langtidseffekt av KCl på geotekniske eigenskapar

4.1 Poretrykk

Vasstanden på Ulvensplitten blei funne på 4 m djup i BP1 (Tabell 3). Poretrykket blei målt i piezometer installert på 6 og 10 m djup nær borhol BP1, og på 13 og 20 m djup i borhol 508 (Stuvøy et al., 2007). Grunnvasstanden på Dragvoll fluktuerar mellom 0,5 og 1,0 m djup. Poretrykket blei målt i BAT filter installert på 6 m djup, og viste hydrostatisk poretrykksfordeling.

Tabell 3 Poretrykk i BP1 og 508.

Borhol	Djupne m	Poretrykk kPa	Inkrement kPa/m
BP1	4	0?	15,1?
BP1	6	30	11,8
BP1	10	77	14,2
508	13	120	12,1
508	20	205	

4.2 Kornfordeling, mineralogi og kationebyttekapasitet

Leirene på Ulvensplitten og Dragvoll har svært lik samansetjing (Tabell 4–7). Bulkmineralogien er dominert av kvarts og illitt i leira frå Ulvensplitten, og kvarts og albitt i leira frå Dragvoll (Tabell 5). Leirminerala i leirfraksjonen i begge leirene er dominert av illitt (Tabell 6).

CEC er noko høgare for Dragvoll-leira enn Ulvensplitten-leira. Ein høgare CEC fører til at fleire plassar på leirmineraloverflata byttast ut med kalium før kaliumet transporterast vidare i leirvolumet. Dette kan medføre at diffusjon av kalium tek lenger tid i Dragvoll-leira enn på Ulvensplitten.

Tabell 4 Kornfordeling og organisk innhald.

	Leirinnhald %	Siltinnhald %	Sand %	Organisk innhald %
Ulvensplitten	40–46	54–60	0–2	<2,5
Dragvoll	36–42	56–62	2	<1,4

Tabell 5 Bulkmineralogi.

	Kvarts %	Albitt %	Illitt %	Kloritt %	Hornblende %	K-feltspat %	Epidot %	Kalsitt %	Spessartin %
Ulvensplitten	24–26	18–19	33–36	7–8	3–4	8–10		2	
Dragvoll	24–31	21–23	15–17	12–13	7–10	3–7	2	<1–3	<1

Tabell 6 Mineralogi i leirfraksjonen og kationebyttekapasitet (CEC).

	Illitt %	Kloritt %	CEC meq/100 g tørr jord
Ulvensplitten	65–73	27–35	5,6–6,0
Dragvoll	67	33	6,3–7,7

4.3 Porevasskjemi

Saltinnhaldet i kvikkleirer er som oftast lågare enn 2 g/L, med ein kationekomposisjon dominert av natrium (Moum et al., 1971; Rosenqvist, 1977; Torrance, 1979). Kvikkleirene på Ulvensplitten (borhol BP2) og Dragvoll (borhol MD1) har begge saltinnhald <0,72 g/L (Tabell 7).

4.3.1 Ulvensplitten

Borhol BP3 ligg utanfor det saltstabiliserte området vest for E6 Ringveien. Til trass i at borholet ligg langt frå det saltstabiliserte området, er saltinnhaldet høgare enn i kvikkleira i BP2; 1,57–2,66 g/L kontra 0,65 g/L. KMgCa–forholdet er lågare enn 20%, men leira er likevel ikkje kvikk sidan saltinnhaldet har auka samanlikna med i kvikkleira. Både Cl⁻ og Na⁺–konsentrasjonen er høgare enn i kvikkleira. Dette er truleg forårsaka av at saltet spreier seg frå det saltstabiliserte området mot BP3. Na⁺–fronten er komen fram medan konsentrasjonane av Mg²⁺, Ca²⁺ og K⁺ vil fortsetje å auke i åra framover.

Saltinnhaldet i borhol BP1 innanfor det saltstabiliserte området aust for E6 Ringveien 2,8–22,5 g/L, med KMgCa–forhold > 76,6%.

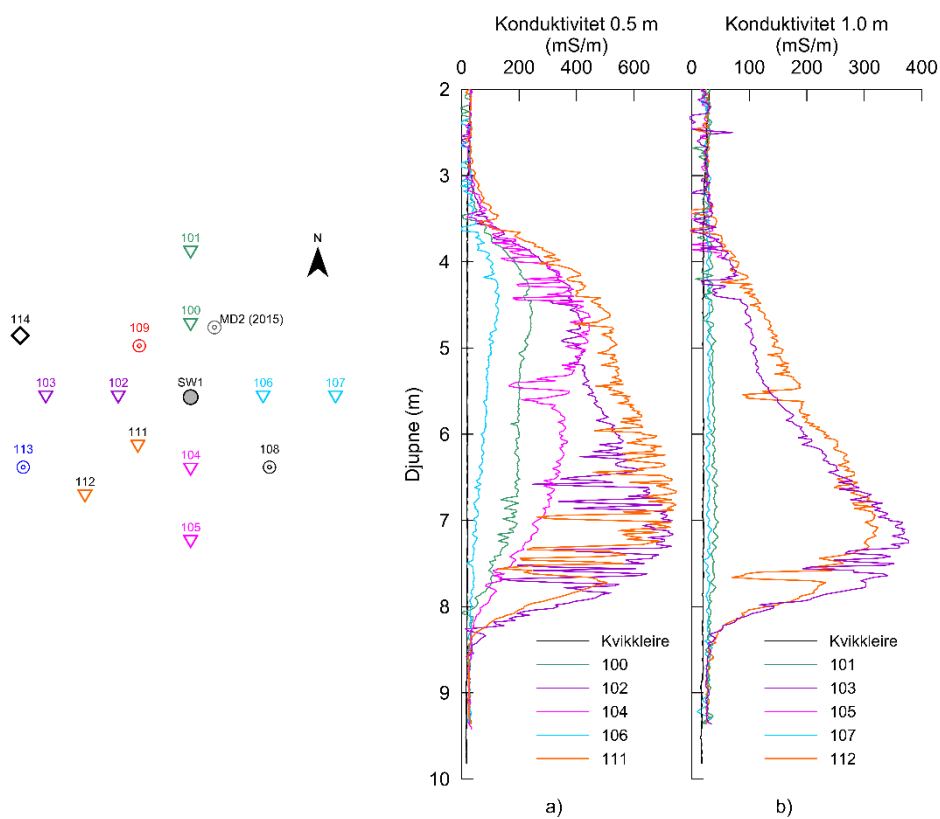
4.3.2 Dragvoll

Konduktivitetmålingane rundt saltbrønn nr. 1 på Dragvoll viser at saltet har spreidd seg raskast i retning sør–vest, mot borhol 113 (Figur 8). Konduktiviteten aukar også med djupna. Dette skuldast truleg at saltløyninga i brønnen har høgare densitet (1,2 g/cm³) enn grunnvatnet i den omkringliggjande leira (1,0 g/cm³). Saltløyninga vil dermed presse seg ut langs silt–/sandlag i avsetjinga. Det er difor observert ulike retningar for raskast saltspreiing rundt dei seks installerte brønnane på forsøksfeltet (Helle et al., 2017).

I borhol 108 (75 cm søraust for saltbrønn nr. 1) er saltinnhaldet 1,12–1,37 g/L, og KMgCa–forholdet er lågare enn 11,7%. Til trass i dette er leira ikkje kvikk i prøvane grunnare enn 6,0 m. Som i BP3 på Ulvensplitten, er konsentrasjonane av Na⁺ og Cl⁻ høgare enn i kvikkleira. I tillegg er også konsentrasjonane av Mg²⁺, Ca²⁺ og K⁺ auka i forhold til i kvikkeira.

På motsett side av brønnen, i borhol 109 (0,5 m nordvest for saltbrønn nr. 1), har saltinnhaldet auka til 6 g/L. Konsentrasjonen av Na⁺, K⁺, Mg²⁺ og Ca²⁺ er langt høgare enn i kvikkleira og i borhol 108. Den høge K⁺–konsentrasjonen (38 meq/L kontra 0,3 meq/L i kvikkleira) tyder på at leirvolumet nærmast saltbrønnen begynner å bli metta med K⁺. Dvs. at dei adsorberte posisjonane på leirmineraloverflata er dominert av K⁺.

Saltinnhaldet har auka til meir enn 3,4 g/L og KMgCa-forholdet er høgare enn 55% i borhol 113 som ligg 1,0 m frå saltbrønn nr. 1 i retninga der saltet spreier seg raskast. Saltbrønn nr. 6 på Dragvoll blei monitorert ved å ta grunnvassprøvar frå BAT-filter installert på 6 m djup i avstand 0,5 og 1,0 m frå brønnen (Helle et al. 2017; Helle og Aagaard 2018). Tre år og fem månadar etter installasjon var saltinnhaldet 1,1 g/L og KMgCa-forholdet 8,6% i avstand 1 m frå brønnen i den retninga der saltet spreidde seg raskast. Det er dermed tydeleg at saltdiffusjonen fortsatt pågår til trass i at etterfyllinga av KCl i saltbrønn nr. 1 blei avslutta i juni 2015 (3 år og 4 månadar før prøvetaking av 113). Det saltstabiliserte leirvolumet fungerer som eit reservoar, og saltdiffusjonen vil forsetje så lenge det er konsentrasjonsgradientar mellom saltstabilisert leire og omkringliggende kvikkleire.



Figur 8 Konduktivitetmålingar a) 0,5 m og b) 1,0 m frå saltbrønn nr. 1. RCPTU 105 (magenta kurve i b) stoppa i ein stein på ca. 4 m djup.

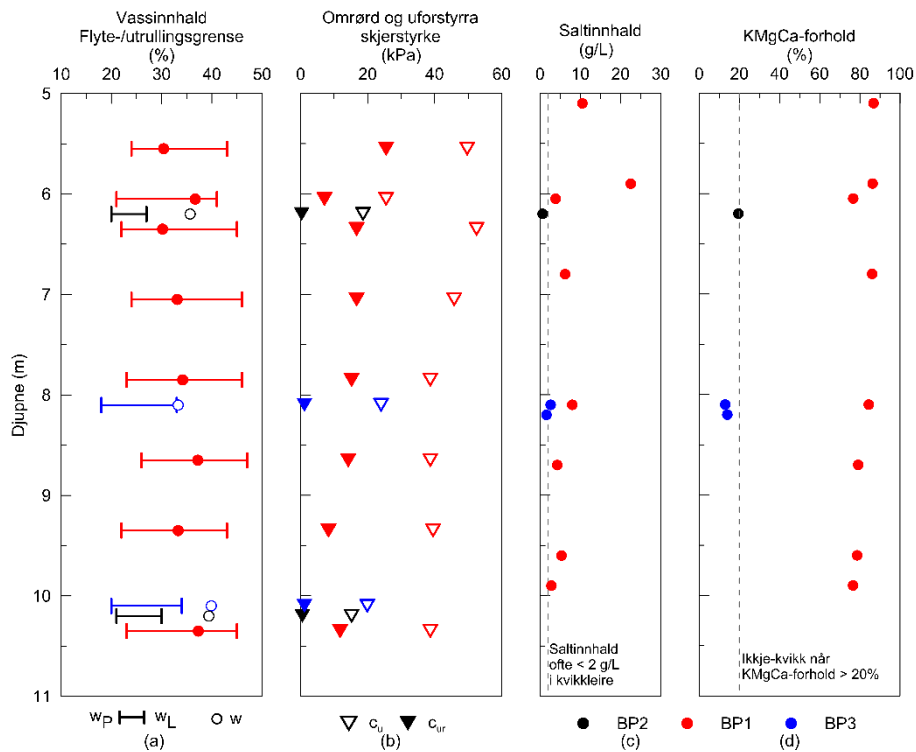
Tabell 7 Ionekomposisjon i porevassprøver frå Ulvensplitten og Dragvoll

Borholnsnr,	Djupne m	Na ⁺ meq/l	K ⁺ meq/l	Mg ²⁺ meq/l	Ca ²⁺ meq/l	Cl ⁻ meq/l	F ⁻ meq/l	Br ⁻ meq/l	SO ₄ ²⁻ meq/l	PO ₄ ³⁻ meq/l	NO ₃ ⁻ meq/l	Alkalinitet meq/l	pH	EB* %	Saltinnhald g/L	KMgCa %
Ulvensplitten																
BP1	5,1	20,46	102,47	22,89	9,62	150,01	0,02	0,18	0,45	0,00	0,07	3,52	8,2	0,25	10,52	86,8
BP1	5,9	45,26	223,46	43,74	20,01	327,12	0,04	0,35	0,76	0,00	0,06	2,71	8,6	0,12	22,54	86,4
BP1	6,1	13,32	28,82	10,59	4,33	56,33	0,02	0,10	0,22	0,00	0,04	3,35	8,6	-2,94	3,86	76,7
BP1	6,8	12,40	61,81	10,62	4,62	86,05	0,03	0,12	0,19	0,00	0,05	3,94	8,5	-0,75	6,24	86,1
BP1	8,1	18,25	79,49	13,47	6,01	110,90	0,02	0,14	0,37	0,00	0,06	4,12	8,3	0,52	8,03	84,4
BP1	8,7	13,17	37,99	8,30	3,80	58,27	0,01	0,10	0,31	0,00	0,05	3,64	8,3	0,50	4,28	79,2
BP1	9,6	17,02	48,48	9,79	4,56	73,94	0,02	0,11	0,22	0,00	0,06	3,43	8,4	1,07	5,35	78,7
BP1	9,9	9,59	23,65	4,91	2,81	37,32	0,01	0,08	0,19	0,00	0,05	3,70	8,2	-0,77	2,83	76,6
BP2	6,2	6,74	0,28	0,85	0,51	0,40	0,13	0,05	0,35	0,28	0,05	6,55	8,7	-0,99	0,65	19,5
BP3	8,1	34,74	0,87	3,20	1,10	20,18	0,09	0,11	4,33	0,28	0,06	13,37	8,7	0,03	2,66	13,0
BP3	8,2	20,97	0,58	1,93	0,91	12,30	0,10	0,08	2,62	0,25	0,00	7,32	8,7	2,24	1,57	14,0
Dragvoll																
MD1(2015)	4,9	7,83	0,30	0,41	0,33	0,27	0,25	0,041	0,05	0	0	8,07	8,6	1,09	0,72	12,3
MD1(2015)	5,9	7,50	0,24	0,18	0,22	0,27	0,28	0,42	0,05	0,02	0	7,16	8,8	2,13	0,65	8,0
MD2(2015)	4,6	20,59	1,09	4,14	1,56	17,91	0,12	0,05	0	0	0	5,28	8,62	8,05	1,56	24,7
108	5,2	19,12	0,61	1,14	0,79	13,67	0,15	0,06	0,01	0,00	0,00	6,38	8,5	2,82	1,37	11,7
108	6,4	15,60	0,46	0,59	0,44	8,29	0,22	0,06	0,01	0,23	0,00	6,80	8,8	2,62	1,12	8,8
109	5,2	34,42	38,34	16,24	8,81	87,55	0,05	0,11	0,07	0,00	0,05	3,34	8,0	3,41	5,99	64,8
109	6,0	37,94	38,73	13,44	8,32	88,94	0,04	0,11	0,07	0,00	0,00	2,95	8,0	3,30	6,06	61,4
113	4,4	26,62	11,37	14,62	6,95	50,64	0,06	0,08	0,00	0,00	0,04	3,63	8,0	4,31	3,40	55,3
113	5,3	33,59	23,27	13,17	7,25	68,09	0,04	0,10	0,00	0,00	0,00	3,63	8,0	3,61	4,63	56,5

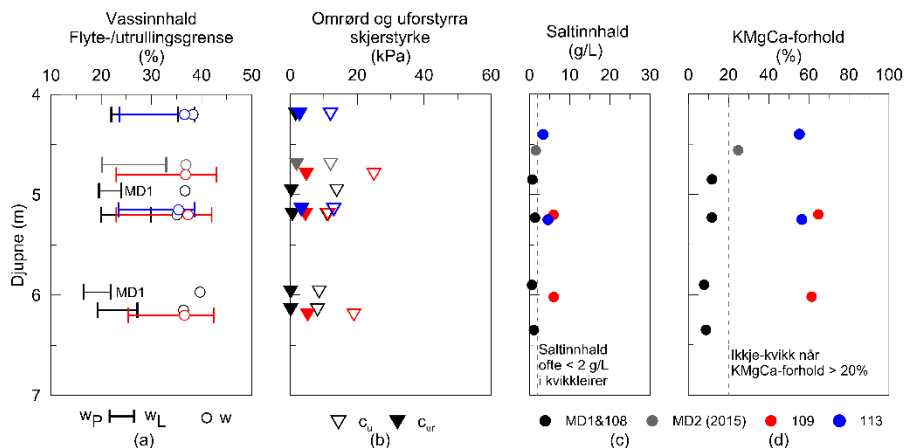
* Rekna ut ved hjelp av PHREEQC

4.4 Resultat frå rutineforsøk, flyte- og utrullingsgrenser

Dei omrørde eigenskapane er forbetra som følgje av endra porevasskemi. Vassinnhaldet er uendra, medan omrørtd skjærstyrke (c_{ur}), flyte- og utrullingsgrensene (w_L , w_P) aukar (Figur 9 og Figur 10). Omrørtd skjærstyrke aukar til over 1 kPa både på Ulvensplitten og Dragvoll. Flyteindeksen (I_L) minkar frå rundt 2 til 0,3–1,4 i den saltstabiliserte leira på Ulvensplitten, og frå 3 til 0,7–0,9 i den saltstabiliserte leira på Dragvoll. Plastisitetsindeksen aukar frå <10% til 13–23% både på Ulvensplitten og Dragvoll.



Figur 9 Kvikkleire og saltstabilisert leire på Ulvensplitten, a) Vassinnhald, flyte- og utrullingsgrenser, b) konus uomrørtd og omrørtd skjærstyrke, c) saltinnhald og d) KMgCa-forhold.



Figur 10 Kvikkleire og saltstabilisert leire på Dragvoll, a) Vassinnhald, flyte- og utrullingsgrenser, b) konus uomrørtd og omrørtd skjærstyrke, c) saltinnhald og d) KMgCa-forhold.

4.5 Resultat frå ødometerforsøk

4.5.1 Ulvensplitten

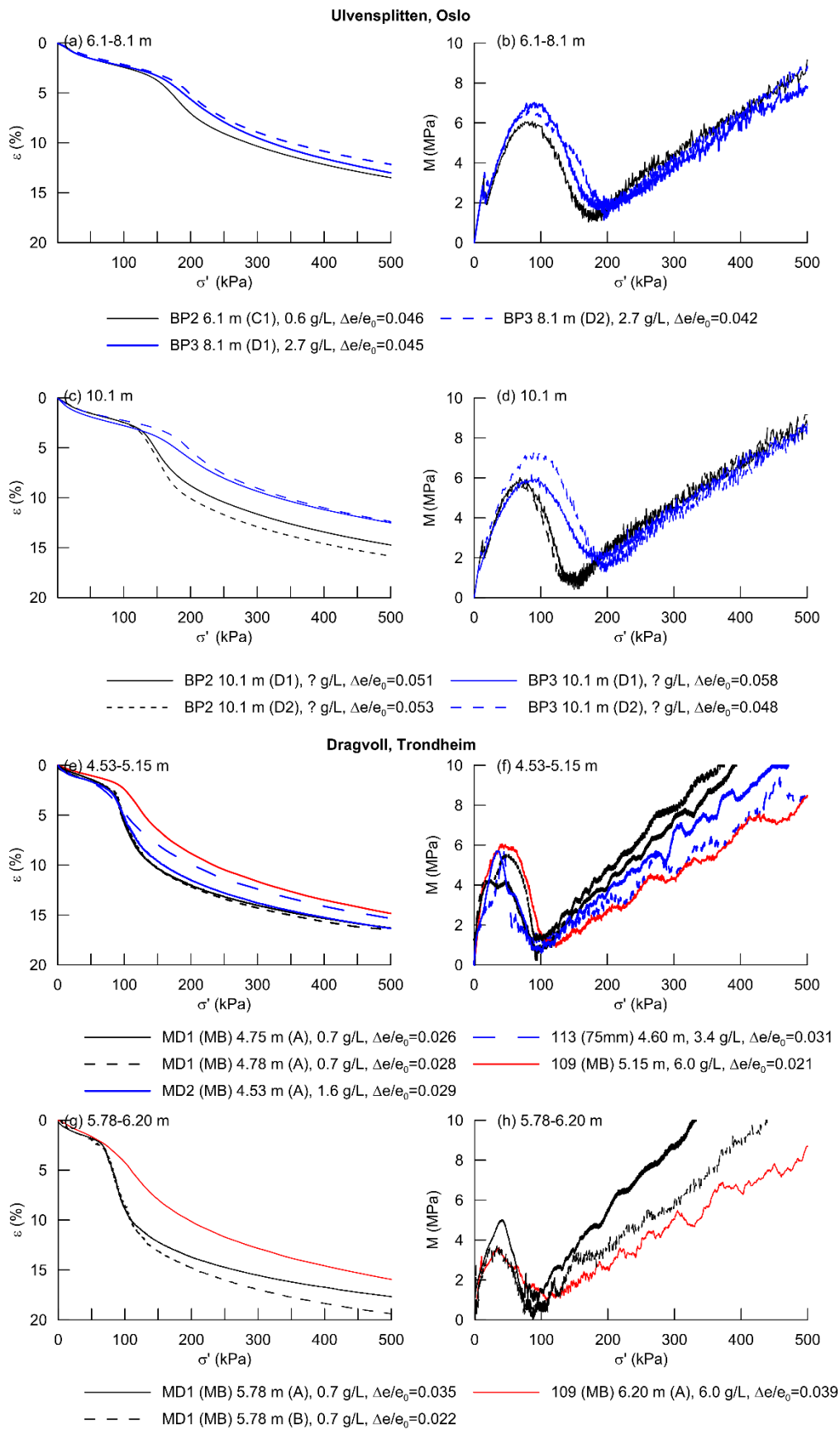
Overkonsolideringsgraden (OCR) er som oftast høgare i toppen av jordprofilen enn djupare ned. Dette er også tilfelle i kvikkleira på Ulvensplitten der OCR er 1.8 på 6.1 m djup, og 1.2 på 10.1 m djup (Tabell 8). Aukande saltinnhald og KMgCa-forhold aukar plastisitetsindeksen. Aukande plastisitet kan medføre auka OCR og reduserte deformasjonar i leirer (Bjerrum, 1967). Dei umiddelbare deformasjonane ved pålastning like over p_c' er store i kvikkleira frå Ulvensplitten (svarte kurver i Figur 11 a og c). Ødometerforsøka på saltstabilisert leire (blå kurver i Figur 11 a og c) viser at p_c' aukar og deformasjonane ved pålastning like over p_c' minkar som følgje av endra porevasskjemii. Ødometermodulen i overkonsolidert område (M_{oc}) ser ut til å auke frå 6 MPa til 7 MPa i den saltstabiliserte leira (Figur 11 b og d). Modultalet (m) på 20–25 er som forventa uendra.

4.5.2 Dragvoll

Ødometerforsøk utført i 2015 på miniblokkprøvar med kvikkleire frå Dragvoll (MD1) og 0,5 m frå saltbrønn nr. 1 (MD2) er inkludert i Figur 11 e–h. OCR i kvikkleira på Dragvoll minkar frå 1,8 på 4,78 m djup til 1,3 på 5,78 m djup (Tabell 8). Dei umiddelbare deformasjonane ved pålastning like over p_c' er store (Figur 11 e og g). I_p i den saltstabiliserte leira på Dragvoll er også auka som følgje av saltstabiliseringa. Som på Ulvensplitten, medfører dette auka p_c' og reduserte umiddelbare deformasjonar ved pålastning like over p_c' . M_{oc} ser ut til å vere uendra som følgje av saltstabiliseringa. Dei mange silt-/sandlaga og skjellfragmenta kan vere årsaka til den store variasjonen i m frå den eine prøven til den andre. Endringane som ein ser i m i den saltstabiliserte leira skuldast truleg desse naturlege variasjonane, og ikkje som resultat av saltstabiliseringa.

Tabell 8 Samanstilling av saltinnhald, KMgCa-forhold, plastisitetsindeks (I_p) og overkonsolideringsforhold (OCR) frå forsøka på miniblokkprøvar frå Ulvensplitten og Dragvoll.

	Djupne m	Saltinnhald g/L	KMgCa %	Djupne m	I_p %	Djupne m	OCR –
Ulvensplitten							
BP2	6,20	0,60	19,5	6,20	7,0	6,10 (C1)	1,8
BP2				10,20	9,0	10,10 (D1)	1,2
BP2				10,20	9,0	10,10 (D2)	1,2
BP3	8,10	2,70	13,0	8,10	15,0	8,10 (D1)	1,7
BP3	8,10	2,70	13,0	8,10	15,0	8,10 (D2)	1,8
BP3				10,10	14,0	10,10 (D1)	1,4
BP3				10,10	14,0	10,10 (D2)	1,5
Dragvoll							
MD1 (2015)	4,85	0,72	11,7	4,96	4,4	4,78 (A)	1,8
MD1 (2015)	5,90	0,65	7,9	5,97	5,4	5,78 (A)	1,3
MD1 (2015)	5,90	0,65	7,9	5,97	5,4	5,78 (B)	1,3
MD2 (2015)	4,56	1,56	24,8	4,70	12,8	4,53 (C)	1,9
109	5,20	5,99	64,8	5,20	19,0	5,15	2,0
109	6,02	6,06	61,4	6,20	17,0	6,20 (A)	1,3

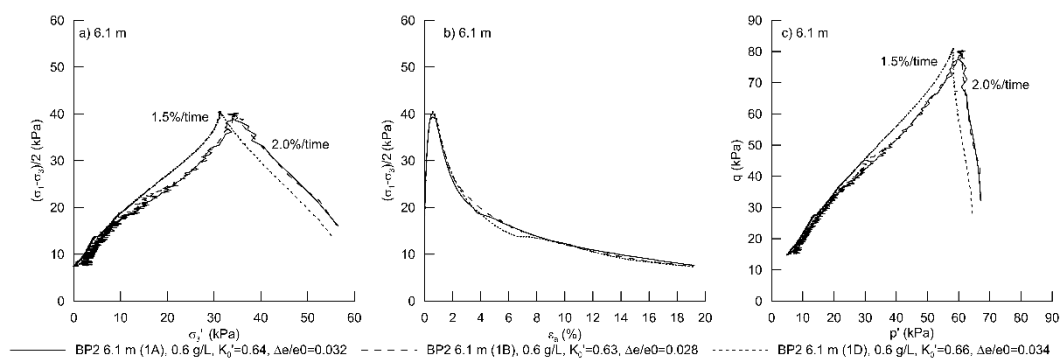


Figur 11 Resultat frå CRS ødometerforsøk på prøvar frå a)-d) Ulvensplitten, e)-h) Dragvoll. MB = miniblokk og 75mm = 75 mm stålsylinder.

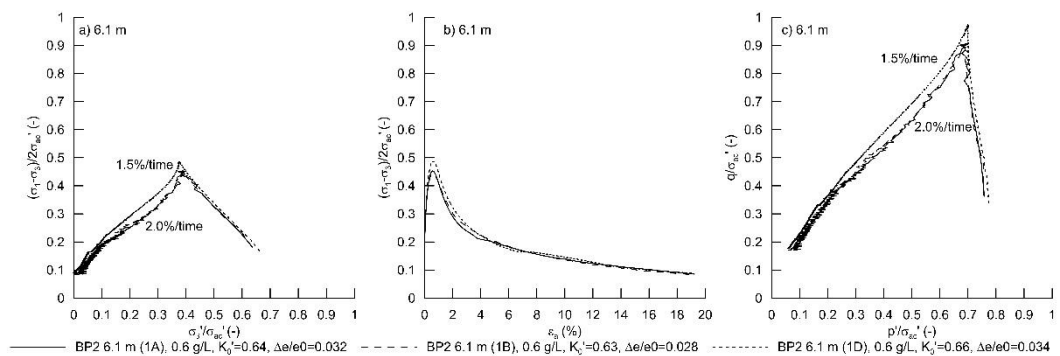
4.6 Resultat frå treaksialforsøk

4.6.1 Ulvensplitten

Treksialforsøka på Ulvensplitten blei køyrd med skjærhastigheit på 2,0%/time. Forsøket for BP2 6,1 m (1D) blei køyrd med 1,5%/time for å undersøke korleis dette påverka resultatata. Peak skjærstyrke og friksjonsvinkel er upåverka (Figur 12 Samanlikning av CAU_A-forsøk køyrd med skjærhastigheit 1,5%/time og 2,0%/time Figur 12). Det er ei parallellforskyving av spenningsstiane i Figur 12a og c grunna ulikt $\sigma_{ac}'/\sigma_{vo}'$ -forhold (Tabell 2). Ved å normalisere spenningsstiane på σ_{ac}' blir skjærstyrken marginalt høgare for forsøka køyrd med skjærhastighet 1,5%/time enn med 2,0%/time (Figur 13). Vanlegvis fører raskare skjærforsøk til at styrken aukar (Lunne et al., 2006).



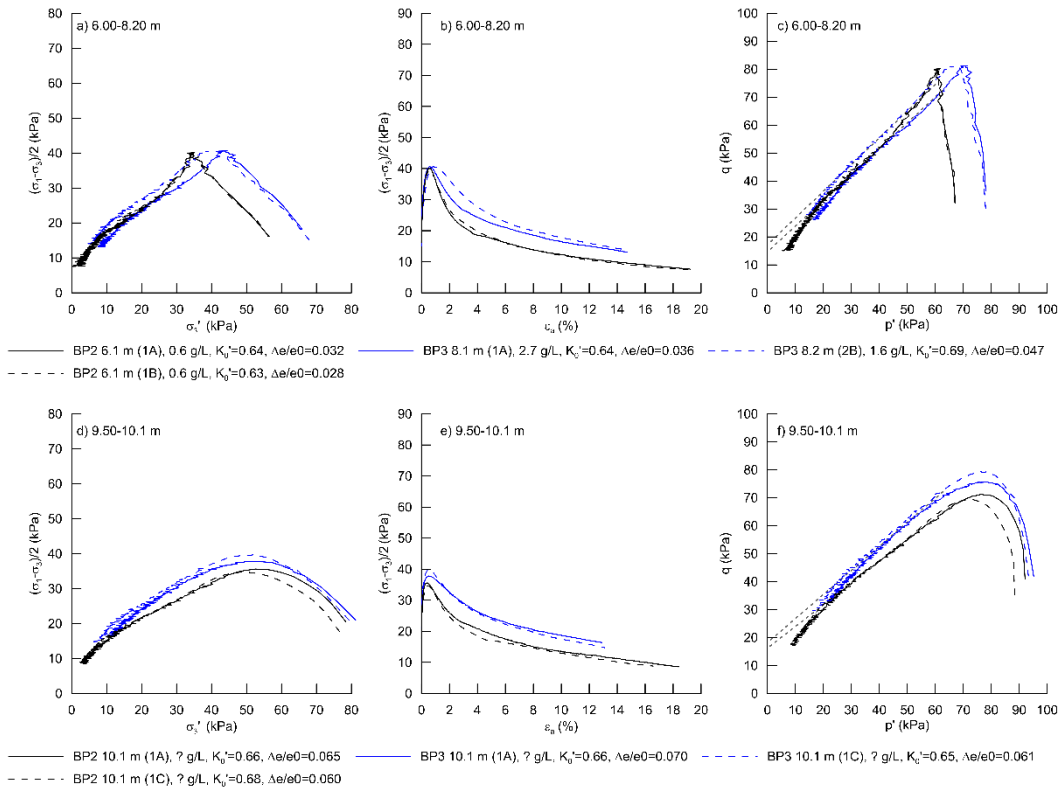
Figur 12 Samanlikning av CAU_A-forsøk køyrd med skjærhastigheit 1,5%/time og 2,0%/time.



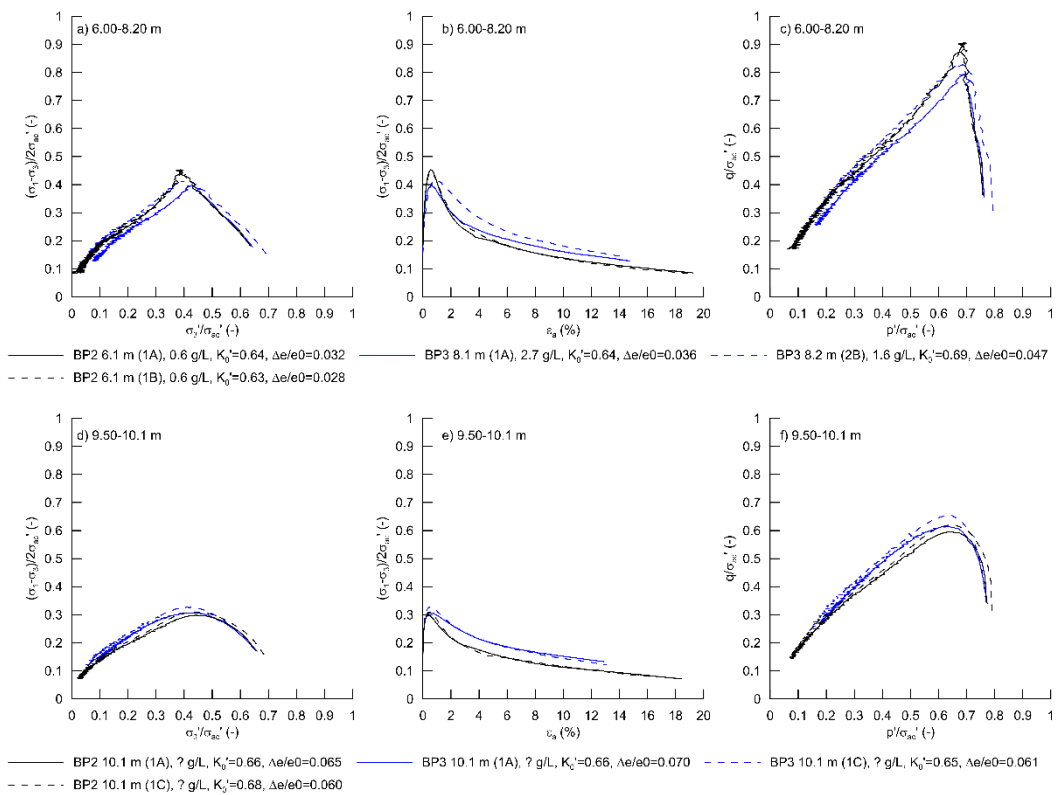
Figur 13 Spenningsstiane i Figur 12 normalisert på σ'_{ac} .

Kvaliteten på prøvane frå BP2 og BP3 er av veldig god og god kvalitet på 6,1 m og 8,1 m djup. Dessverre er det ulik djupne på dei grunne prøvane frå BP2 og BP3. Resultata frå BP2 6,1 m og BP3 8,1 m er difor ikkje heilt samanliknbare (Figur 14a-c). Kvaliteten av forsøka utført på prøvar frå 10,1 m djup er av god kvalitet (Figur 14d-f). Grunna ulike djupner og ulike $\sigma_{ac}'/\sigma_{vo}'$ er resultatata også normalisert på σ_{ac}' (Figur 15).

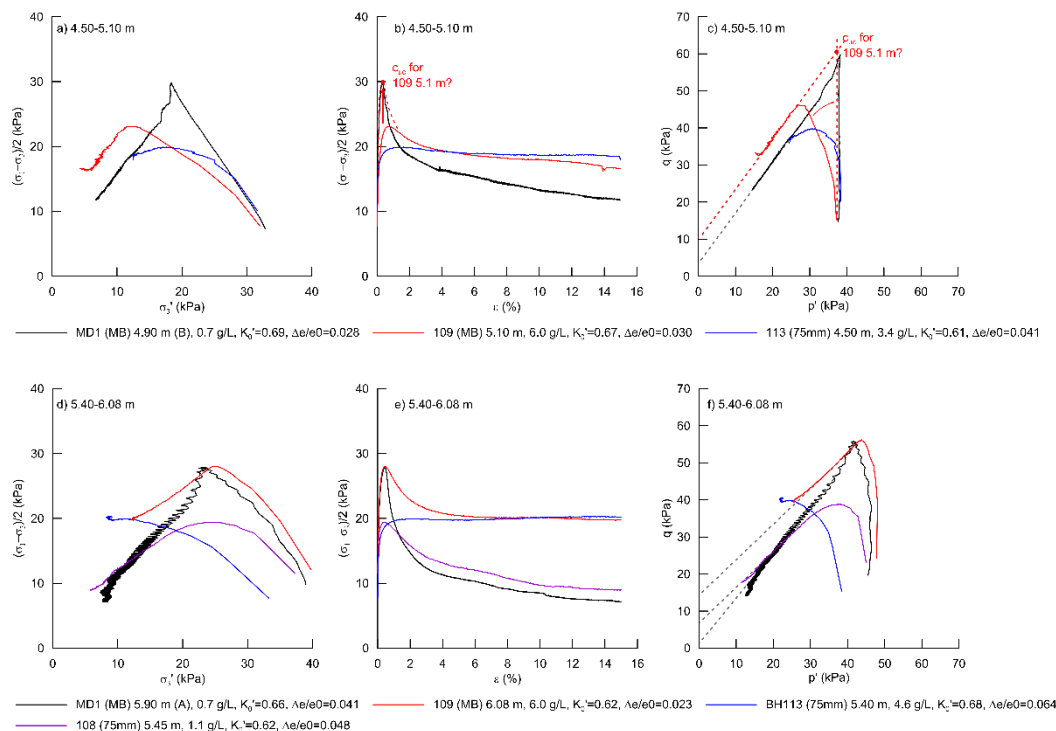
Peak skjærstyrke (c_{uc}) er så å seie uendra mellom kvikk og saltstabilisert leire i dei grunnaste prøvane, og aukar med 8,9–11,5% i den saltstabiliserte leira på 10,1 m. Friksjonsvinkelen og attraksjonen er så å seie uendra. Auka saltinnhald og følgjeleg auka I_p , fører til at styrken etter brot (post-peak styrke) er auka i den saltstabiliserte leira frå BP3 i forhold til i kvikleira (BP2).



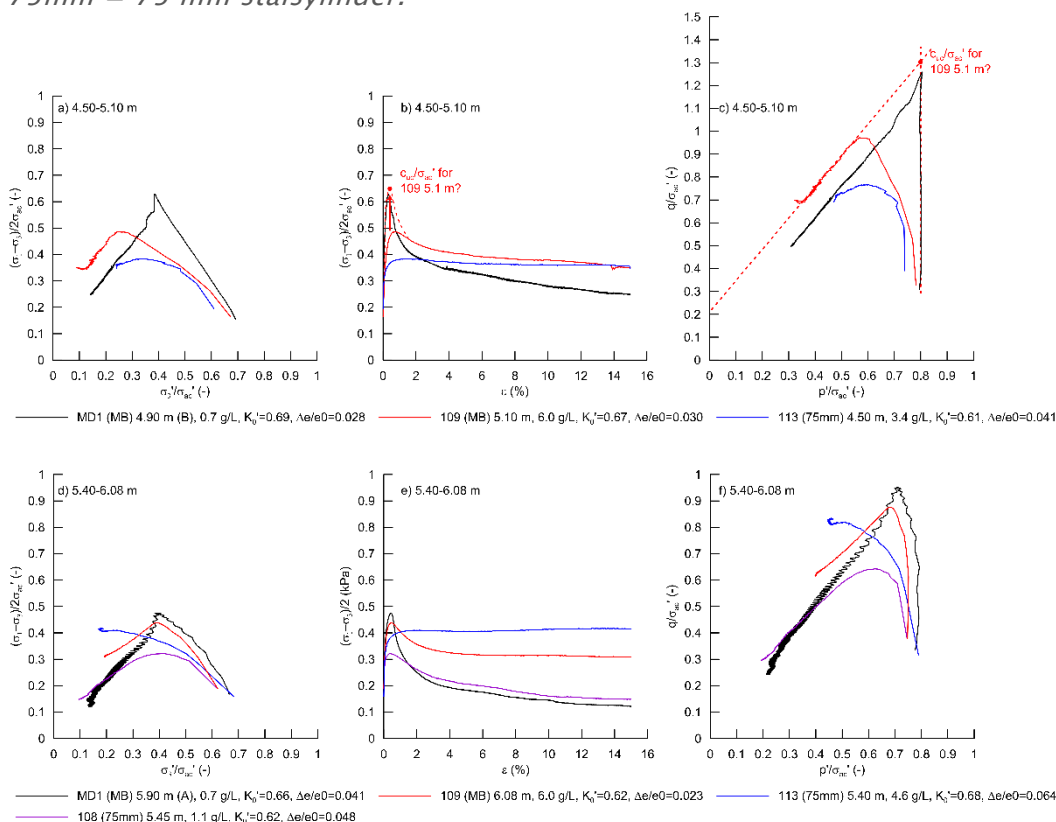
Figur 14 CAU_A-resultat frå kvikk (svarte kurver) og saltstabilisert (blå kurver) leire på Ulvensplitten. Kun resultat frå miniblokker er presentert.



Figur 15 CAU_A-resultat frå kvikk (svarte kurver) og saltstabilisert (blå kurver) leire på Ulvensplitten normalisert på σ'_{ac} . Kun resultat frå miniblokker er presentert.



Figur 16 CAU_A-resultat fra Dragvoll, Stipla raude linjer i b) og c) viser antatt spenningssti for CAU_A-forsøk på leire fra 5,1 m fra borhol 109. MB = miniblokk og 75mm = 75 mm stålsylinder.



Figur 17 CAU_A-resultat fra Dragvoll normalisert på σ_{ac}' , Stipla raude linjer i b) og c) viser antatt spenningssti for CAU_A-forsøk på leire fra 5,1 m fra borhol 109. MB = miniblokk og 75mm = 75 mm stålsylinder.

4.6.2 Dragvoll

Resultat frå miniblokkprøvar tatt opp frå kvikkleire på Dragvoll i 2015 (MD1) er inkludert for å kunne samanlikne med forsøk utført på saltstabilisert leire. Til trass i at kvaliteten er vurdert til å vere veldig god i miniblokkprøvane frå borhol 109, så viser spenningsstiane at prøvane er meir forstyrta (Figur 16). Prøvane frå borhol 108 og 113 er tatt med 75 mm stålsylinderar, og er tydeleg forstyrta.

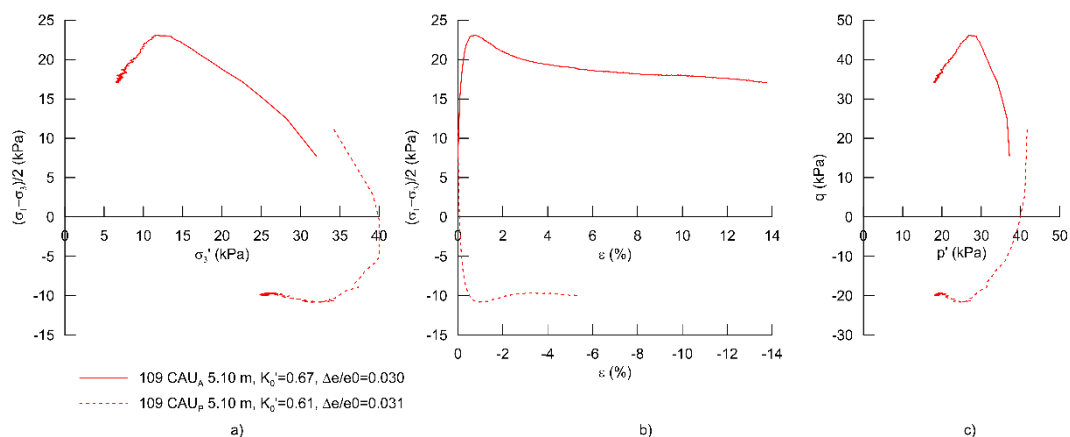
Peak skjærstyrke (c_{uc}) i saltstabilisert leire på 5,1 m i borhol 109 er lågare enn for kvikkleira (MD1). Grunna auka OCR i saltstabilisert leire er det imidlertid meir sannsynleg at c_{uc} også aukar. Ved rein elastisk deformasjon er $\Delta p' = 0$ før brot i udrenerte treksialforsøk (Wood, 1990). I udrenerte forsøk vil dermed prøvar av god kvalitet ofte ha $\Delta p'$ tilnærma lik 0 fram til brot. Stipla raud linje i Figur 16c viser sannsynleg spenningssti for CAU_A-forsøk for saltstabilisert leire på 5,1 m i borhol 109. Ved å anta at denne spenningsstien representerer oppførselen til den saltstabiliserte leira, så er det ein liten auke i c_{uc} som følgje av saltstabiliseringa. Normaliserte resultat (Figur 17) kan tyde på marginalt auka c_{uc} .

Attraksjonen aukar frå 2,8 kPa i kvikkleira til 8,0 kPa i den saltstabiliserte leira på 4,50–5,10 m djup. Tan ϕ er uendra.

I både kvikk og saltstabilisert leire er c_{uc} på 28 kPa på 5,90 og 6,08 m djup (Figur 16 d–f). Attraksjonen aukar i den saltstabiliserte leira medan tan ϕ minkar.

Post-peak styrke aukar i den saltstabiliserte leira. Dei forstyrta forsøka på leira frå borhol 108 og 113 har om lag same post-peak styrke som i miniblokkprøvane frå borhol MD1 og 109.

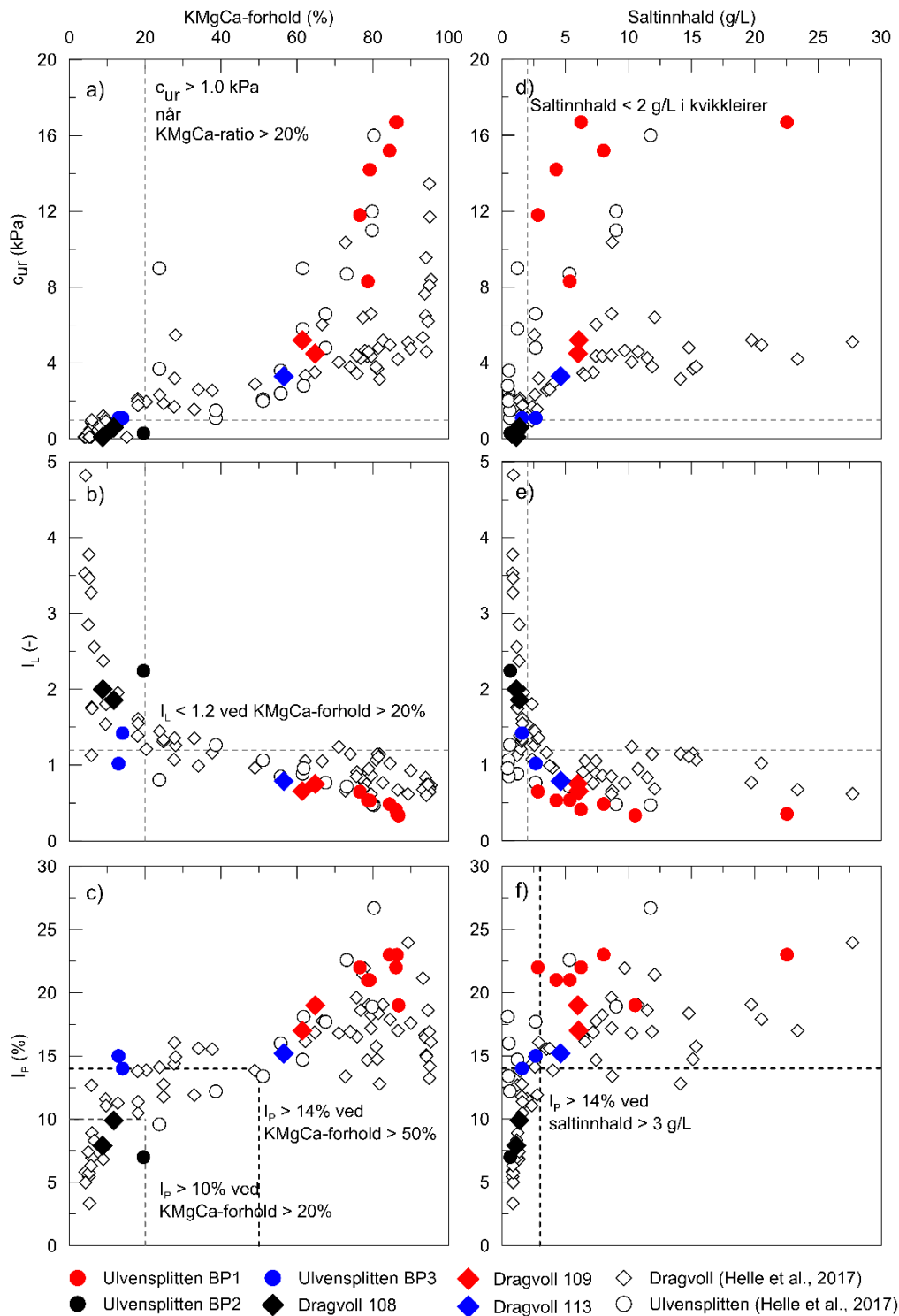
Anisotropien minkar med aukande I_p (Ladd, 1991). Ein CAU_P-test blei utført på saltstabilisert leire frå Dragvoll på 5,10 m (borhol 109) (Figur 18). Då CAU_A og CAU_P var køyrd med ulike $\sigma_{ac}' / \sigma_{v0}'$ (Tabell 2), er maksimal skjærstyrke normalisert på σ_{ac}' . Forholdet mellom normalisert passiv og aktiv styrke (c_{ue} / c_{uc}) er 0,39.



Figur 18 Aktivt og passivt udrenert treksialforsøk utført på saltstabilisert leire frå borhol 109 på Dragvoll.

5 Diskusjon

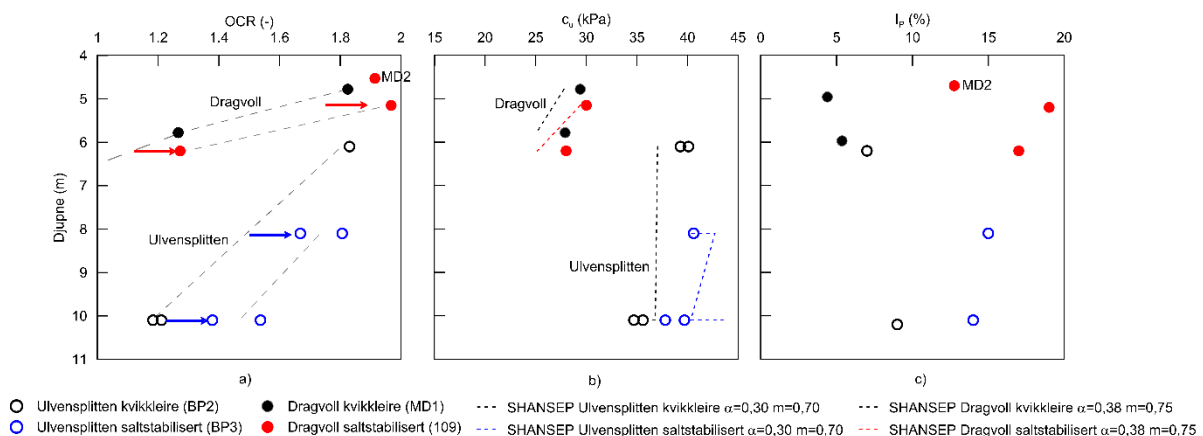
Resultata frå dei nye undersøkingane er i samsvar med tidlegare undersøkingar på Ulvensplitten og Dragvoll der $c_{ur} > 1$ kPa, $I_L < 1.2$ og $I_p > 10\%$ når KMgCa-forholdet $> 20\%$ (Figur 19).



Figur 19 KMgCa-forholdet korrelert til a) omrørd skjærstyrke, b) flyteindeks og c) plastisitetsindeks. Saltinnhald under 30 g/L korrelert til d) omrørd skjærstyrke, e) flyteindeks og f) plastisitetsindeks.

CRS-forsøka er utført på ulike djup i kvikkleira og den saltstabiliserte leira, og er difor ikkje direkte samanliknbare. For å vurdere auken i OCR er OCR plotta mot djupna i Figur 20. OCR aukar i den saltstabiliserte leira både på Ulvensplitten og Dragvoll som følgje av endra porevasskjemii. M_{OC} er aukar frå 6 MPa til 7 MPa i den saltstabiliserte leira på Ulvensplitten. Prøvene frå kvikkleira på Dragvoll ($\Delta e/e_0=0,022-0,028$ i Figur 11 e-h) er av høgare kvalitet enn kvikkleireprøvane frå Ulvensplitten ($\Delta e/e_0=0,046-0,053$ i Figur 11 a-d). Det er ikkje observert auka M_{OC} i forsøka på saltstabilisert leire på Dragvoll. Det er difor antatt at auken i M_{OC} på Ulvensplitten kan skuldast at kvikkleireprøvane viser lågare M_{OC} grunna prøve kvaliteten. Modultalet er uendra som følgje av saltstabiliseringa.

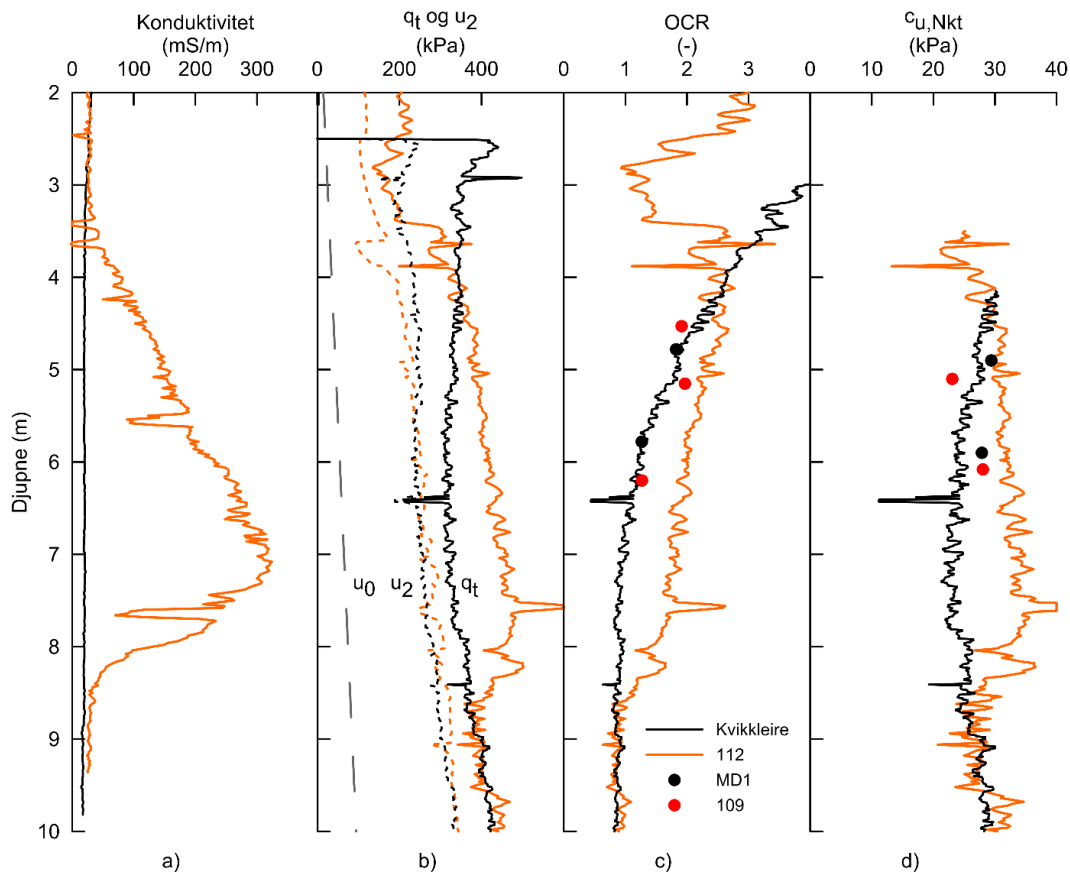
Skjerstyrken aukar som oftast med aukande OCR og plastisitet (Bjerrum, 1967; Ladd og Foott, 1974). Auken i c_{UC} på Ulvensplitten og Dragvoll er marginal. Det er relativt godt samsvar mellom c_{UC} tolka frå CAU_A -forsøk og c_u tolka frå SHANSEP (Ladd og Foott, 1974). For leira på Ulvensplitten er SHANSEP c_u tolka ved å bruke gjennomsnittleg $\alpha=0,30$ og $m=0,70$ for norske leirer (Karlsrud og Hernandez-Martines, 2013) (Figur 20). For Dragvoll-leira er SHANSEP c_u rekna ut ved å bruke $\alpha=0,38$ og $m=0,75$ (Helle et al., 2018a).



Figur 20 a) Overkonsolideringsgrad (OCR), b) skjerstyrke frå CAU_A og tolka ved hjelp av SHANSEP, og c) plastisitetsindeks mot djupne. Pilene i a) indikerar auken i OCR.

OCR og $c_{u,Nkt}$ tolka frå RCPTU er langt høgare enn tolka frå CRS og CAU_A -forsøka. Tolking av geotekniske parameterar frå CPTU-forsøk i saltstabilisert leire bør kontrollerast mot laboratorieforsøk på prøvar av høg kvalitet for å unngå overestimat av styrken i saltstabiliserte leirer.

Attraksjonen aukar med aukande saltinnhald. $\tan\phi$ er uendra ved saltinnhald $< 6/L$. Ved høgare saltinnhald blir $\tan\phi$ i leira på Dragvoll redusert. Det er ikkje nok data i dette studiet til å konkludere kva innverknad saltinnhaldet har på $\tan\phi$. Mitchell og Soga (2005) presenterar imidlertid korrelasjonar som viser at $\tan\phi$ minkar med aukand I_p og aktivitet ($A = PI/\%$ leire) i normalkonsoliderte leirer.



Figur 21 Tolka geotekniske parameterar frå RCPTU utført i kvikkleire og borhol 112 på Dragvoll. a) Konduktivitet, b) korrigert spissmotstand (q_t), målt poretrykksrespons (u_2) og in-situ poretrykk (u_0). c) Tolka OCR og OCR frå CRS-forsøk, og d) tolka $c_{u,Nkt}$ og c_{uc} frå CAU_A -forsøk på kvikkleire (MD1) og saltstabilisert leire (109).

Forholdet mellom passiv og aktiv styrke i salstabilisert leire på Dragvoll på 5,10 m djupne er 0,39. Dette stemmer godt overens med korrelasjonane i Thakur et al. (2014). Basert på formlane for anisotropiforhold i Tabell 9, så fører saltstabiliseringa til redusert anisotropi som følgje av aukande plastisitetesindeks (Tabell 10). Til trass i at c_{uc} er så og seie uendra i den saltstabiliserte leira, så kan redusert anisotropi medføre auka berekna sikkerheitsfaktor i skråningar.

Tabell 9 Anisotropiforhold basert på empiriske data (Thakur et al. (2014))

	$I_p < 10\%$	$I_p > 10\%$
c_{ud}/c_{uc}	0,63	$0,63 + 0,00425 \cdot (I_p - 10)$
c_{ue}/c_{uc}	0,35	$0,35 + 0,00375 \cdot (I_p - 10)$

Tabell 10 Anisotropiforhold i saltstabilisert leire basert på formlane i Tabell 9.

	I_p	c_{ud}/c_{uc}	c_{ue}/c_{uc}
Ulvensplitten	14,0-15,0	0,65	0,37
Dragvoll	12,8-19,0	0,64-0,67	0,36-0,38

Kvikkleirer er sprøbrotsmateriale der strukturen i leira kollapsar ved overbelastning. Post-peak styrken i kvikkleirene på Ulvensplitten og Dragvoll er langt lågare enn c_{uc} . Saltstabiliseringa har ført til post-peak styrke er forbetra, også ved låge saltinnhald (1,57 g/L i BP3, Tabell 7 og Figur 14) som følgje av auka I_p . Både saltstabilisert leire på Ulvensplitten og Dragvoll hadde høgare post-peak styrke enn i kvikkleire og $I_p > 14\%$. I_p er høgare enn 14% når KMgCa-forholdet er over 50% eller når saltinnhaldet er høgare enn 3 g/L (Figur 19 c og f).

Når den saltstabiliserte leira med tida igjen blir utvaska av grunnvasstraumar, så er Na^+ vaska ut av systemet. Grunnvasstraumane vil tilføre Ca^{2+} og Mg^{2+} . Dermed vil KMgCa-forholdet mest truleg forbli høgare enn 50% og $I_p > 14\%$. I eit langtidsperspektiv vil dermed c_{ur} forbli høgare enn 1 kPa og $I_p > 14\%$ slik at sprøheiten i leira er redusert. Ei forbetring som medfører hindring av utvikling av retrogressive skred, og redusert risiko for progressiv brotutvikling.

6 Konklusjonar

- Resultata frå dei nye undersøkingane stemmer overeins med tidlegare korrelasjonar for porevasskjemi og omrørde eigenskapar; $c_{ur} > 1$ kPa, $I_L < 1,2$ og $I_p > 10\%$ når KMgCa-forholdet $> 20\%$.
- OCR aukar i saltstabilisert leire.
- Ødometermodulen i overkonsolidert område (M_{OC}) og modultalet (m) er uendra i saltstabilisert leire.
- Det kan ikkje påvisast nokon endring i peak skjærstyrke (c_{uc}) som følgje av saltstabiliseringa.
- I leira på Dragvoll auka attraksjonen med aukande saltinnhald. Det var ingen endring av attraksjon i leira frå Ulvensplitten med saltinnhald $< 2,7$ g/L. Friksjonsvinkelen påvirkast ikkje når saltinnhaldet er mindre enn 6 g/L.
- CAU_p-forsøk på saltstabilisert leire og empiriske korrelasjonar, tyder det på at anisotropien er redusert i saltstabilisert leire.
- Sprøbrotsoppførselen er redusert i saltstabilisert leire. Post-peak styrke aukar når I_p aukar over 14%. I_p aukar til over 14% når KMgCa-forholdet er større enn 50%, eller når saltinnhaldet er høgare enn 3 g/L.
- Installasjon av kaliumkloridbrønner i kvikkleire vil kunne forhindre store retrogressive kvikkleireskred og redusere risikoen for progressive skred. Effekten er varig grunna irreversible endringar av porevasskjemien.

7 Referansar

- Appelo CAJ and Postma D (2005) *Geochemistry, groundwater and pollution*. 2nd edn. Balkema, Leiden, the Netherlands.
- Bjerrum L (1967) Engineering Geology of Norwegian normally-consolidated marine clays as related to settlements of buildings. *Géotechnique* 17(2): 83–118, <http://dx.doi.org/10.1680/geot.1967.17.2.83>.
- Bryntesen RN (2014) Laboratory investigation on salt migration and its effect on the geotechnical strength parameters in quick clay mini-block samples from Dragvoll. Master's thesis, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway, pp. 1–105.
- Eggestad A and Sem H (1976) Stability of excavations improved by salt diffusion from deep wells. In *Proceedings of the 6th European conference on soil mechanics and foundation engineering*, Vienna, Austria, pp. 211–216.
- Gjengedal I (2012) Laboratoriestudie av saltdiffusjon i kvikkleire. Master's thesis, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway, pp. 1–73 (in Norwegian).
- Helle TE (2017a) Quick-clay landslide mitigation using potassium chloride. Doctoral theses at Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway.
- Helle TE (2017b) Saltstabilisering av kvikkleirer. *Geoteknikkdagen*, Norsk Geoteknisk Forening, Oslo, Norge.
- Helle TE and Aagaard P (2018) Predicting required time stabilising Norwegian quick clays by potassium chloride. *Environmental Geotechnics ICE*, published online ahead of print. <https://doi.org/10.1680/jenge.17.00032>
- Helle TE, Bryntesen RN, Amundsen HA, Emdal A, Nordal S and Aagaard P (2015) Laboratory setup to evaluate the improvement of geotechnical properties from potassium chloride saturation of a quick clay from Dragvoll, Norway. In *Proceedings of 68th Canadian Geotechnical Conference GeoQuebec 2015*, Quebec, Canada. (Côté J and Allard M (eds)). Agora Communication Inc., Quebec, QC, Canada. 8 pp.
- Helle TE, Nordal S, Aagaard P and Lied OK (2016) Long-term effect of potassium chloride treatment on improving the soil behavior of highly sensitive clay — Ulvensplitten, Norway. *Canadian Geotechnical Journal* 53(3): 410–422. <http://dx.doi.org/10.1139/cgj-2015-0077>.
- Helle TE, Aagaard P and Nordal S (2017) In-situ improvement of highly sensitive clays by potassium chloride migration. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering ASCE* 143(10): 1–13. [dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)GT.1943-5606.0001774](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)GT.1943-5606.0001774).
- Helle TE, Long M, Nordal S (2018a) Interpreting improved geotechnical properties in KCl-treated highly sensitive quick clays. I *Proceedings of the 4th International Symposium on Cone Penetrating Testing (CPT'18)*, Delft, Nederland.

Helle TE, Nordal S and Aagaard P (2018b) Improved geotechnical properties in salt-treated highly sensitive landslide-prone clays. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Geotechnical Engineering* 171(3): 232–242. <https://doi.org/10.1680/jgeen.17.00071>

Helle TE, Aagaard P, Nordal S, Long M, Bazin S (In press) Research site Dragvoll, Trondheim, Norway – a low plastic, highly sensitive glaciomarine clay. 1st International Symposium on GeoTest Sites (ISGTS), Oslo, Norge.

Karlsrud K., Lunne T, Kort DA and Strandvik S (2005) CPTU correlations for clays. In *Proceedings of the 16th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*, Osaka, Japan. Millpress Science Publishers, Rotterdam, the Netherlands. pp. 693–702.

Kenney TC, Moum J and Berre T (1967) An experimental study of bonds in natural clay. In *Proceedings of the Geotechnical Conference*, Oslo, Norway. pp. 65–69.

Ladd CC (1991). Stability evaluation of staged construction. *Journal of Geotechnical Engineering Division ASCE* 117(4): 540–615

Ladd CC and Foott R (1974) New design procedure for stability of soft clays. *Journal of the Geotechnical Engineering Division (ASCE)* 100(7): 763–786.

Long M (2006) Sample disturbance effects on medium plasticity clay/silts. *Proceedings of the ICE – Geotechnical Engineering* 159(2): 99–111, <https://doi.org/10.1680/geng.2006.159.2.99>.

Lunne T, Berre T and Strandvik S (1997) Sample disturbance effects in soft low plastic Norwegian clay. In *Proceedings of Recent Developments in Soil and Pavement Mechanics* (Marcio (ed.)). Rio de Janeiro, Brazil, 25–27 June 1997. A.A. Balkema, Amsterdam, the Netherlands, pp. 81–102.

Lunne T, Berre T, Andersen KH, Strandvik S og Sjørusen M (2006) Effects of sample disturbance and consolidation procedures on measured shear strength of soft marine Norwegian clays. *Canadian Geotechnical Journal* 43: 726–750. <https://doi.org/10.1139/T06-040>.

Løken, T (1968) Kvikkleiredannelse og kjemisk forvitring i norske leirer. Norwegian Geotechnical Institute, Oslo, Norway, NGI Publication no. 75, pp. 1–9 (in Norwegian).

Løken T (1970) Recent research at the Norwegian Geotechnical Institute concerning the influence of chemical additions on quick clay. *Geologiska Föreningen i Stockholm, Sweden, Förhandlingar* 92(2): 133–147.

Mitchell JK and Soga K (2005) *Fundamentals of soil behaviour*. 3rd edition. John Wiley & Sons Inc., Hoboken, NJ, USA.

Moum J, Sopp OI and Løken T (1968) Stabilization of undisturbed quick clay by salt wells. *Väg- och vattenbyggaren* no. 8. Reprinted in Norwegian Geotechnical Institute, Oslo, Norway, NGI publication no. 81, pp. 1–7.

Moum J, Løken T and Torrance JK (1971) A geochemical investigation of the sensitivity of a normally consolidated clay from Drammen, Norway. *Géotechnique* 21(4): 329–340, <https://doi.org/10.1680/geot.1971.21.4.329>.

NGF (Norsk Geoteknisk Forening) (2011) Veiledning for symboler og definisjoner i geoteknikk: Identifisering og klassifisering i jord. Norwegian Geotechnical Society, Oslo, Norway, NGF–notification no. 2 2nd revision, first published in 1982. pp. 1–54 (In Norwegian).

Polemio M and Rhoades JD (1977) Determining cation exchange capacity: A new procedure for calcareous and gypsiferous soils. *Soil Science Society of America Journal* 41(3): 524–527, <https://dx.doi.org/10.2136/sssaj1977.03615995004100030018x>.

Rosenqvist IT (1946) Om leirers kvikkaktighet. Available from the Norwegian Public Roads Administration, Oslo, Norway. *Meddelelsen fra Vegdirektøren* No. 3. pp. 29–36 (in Norwegian).

Rosenqvist IT (1955) Investigations in the clay–electrolyte–water system. Norwegian Geotechnical Institute, Oslo, Norway, NGI Publication no. 9, pp. 1–125.

Rosenqvist, I.T. (1968). Mechanical properties of soils from a mineralogical–physical–chemical viewpoint. Communication from Institutt for Geologi, Univ. of Oslo, Oslo, Norway.

Rosenqvist IT (1977) A general theory for quick clay properties. In *Proceedings of the 3rd European Clay Conference*, Oslo, Norway, pp. 215–228.

Santamarina JC, Klein KA, Palomino A and Guimaraes MS (2002) Micro–scale aspects of chemical–mechanical coupling: Interparticle forces and fabric. In *Chemo–Mechanical Coupling in Clays: From nano–scale to engineering applications* (Di Maio C, Hueckel T and Loret B (eds)). Swets & Zeitlinger, Lisse, the Netherlands, pp. 47–63.

Stuvøy A, Gunnes I og Føyn T (2007) Rv 150 Ring 3 Ulven–Sinsen Entreprise 3: Geoteknisk datarapport. Rapportnr. 3717200–GEO–07, Norconsult AS, Oslo, Noreg.

Thakur V, Oset F, Viklund M, Strand SA, Gjelsvik V, Christensen S and Fauskerud OA (2014) En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i norske leirer. NIFS report no. 14/2014.

Torrance JK (1974) A laboratory investigation of the effect of leaching on the compressibility and shear strength of Norwegian marine clays. *Géotechnique* 24(2): 155–173, <https://doi.org/10.1680/geot.1974.24.2.155>.

Torrance JK (1979) Post–depositional changes in the pore water chemistry of the sensitive marine clays of the Ottawa area, eastern Canada. *Engineering Geology* 114(2–3), 135–147.

van Olphen H (1963) An introduction to clay colloid chemistry. John Wiley & Sons, Inc, New York, NY, USA.

Vikse T (2018) In–situ detection of improved geotechnical properties in salt–treated clay. Prosjektoppgåve, Norges Teknisk–Naturvitenskaplige Universitet, Trondheim, Norge, pp. 1–26.

Wang Q, Li Y and Klassen W (2005) Determination of Cation Exchange Capacity on Low to Highly Calcareous Soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 36(11–12): 1479–1498, <https://doi.org/10.1081/CSS-200058493>

Wood DM (1990) *Soil behaviour and critical state soil mechanics*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

A. Koordinatliste

Euref89 UTM32

Ulvensplitten, Oslo

Borhol nr.	Nord	Øst	Høgde	Grunnundersøkningsmetode
BP1	6644202.416	601094.505	96.764	54 mm stål, CPTU, Piezometer 6 m og 10 m
BP2	6644259.025	601088.087	96.821	160 mm miniblokk
BP3	6644206.514	600990.791	93.654	160 mm miniblokk, CPTU

Dragvoll, Trondheim

Borhol nr.	Nord	Øst	Høgde	Grunnundersøkningsmetode
100	7031345.585	573303.156		RCPTU
101	7031346.085	573303.156		RCPTU
102	7031345.085	573302.656		RCPTU
103	7031345.085	573302.156		RCPTU
104	7031344.585	573303.156		RCPTU
105	7031344.085	573303.156		RCPTU
106	7031345.085	573303.656		RCPTU
107	7031345.085	573304.156		RCPTU
108	7031344.600	573303.700		75 mm stål
109	7031345.439	573302.802		160 mm miniblokk
110	7031345.084	573308.156		RCPTU
110b	7031343.070	573307.220	156.050	RCPTU
111	7031344.743	573302.792		RCPTU
112	7031344.400	573302.427		RCPTU
113	7031344.600	573302.000		75 mm stål
114	7031345.510	573301.980		SDMT
115	7031342.160	573299.150	156.070	SDMT

B. Kornfordelingskurver – Ulvensplitten



Kornkurve

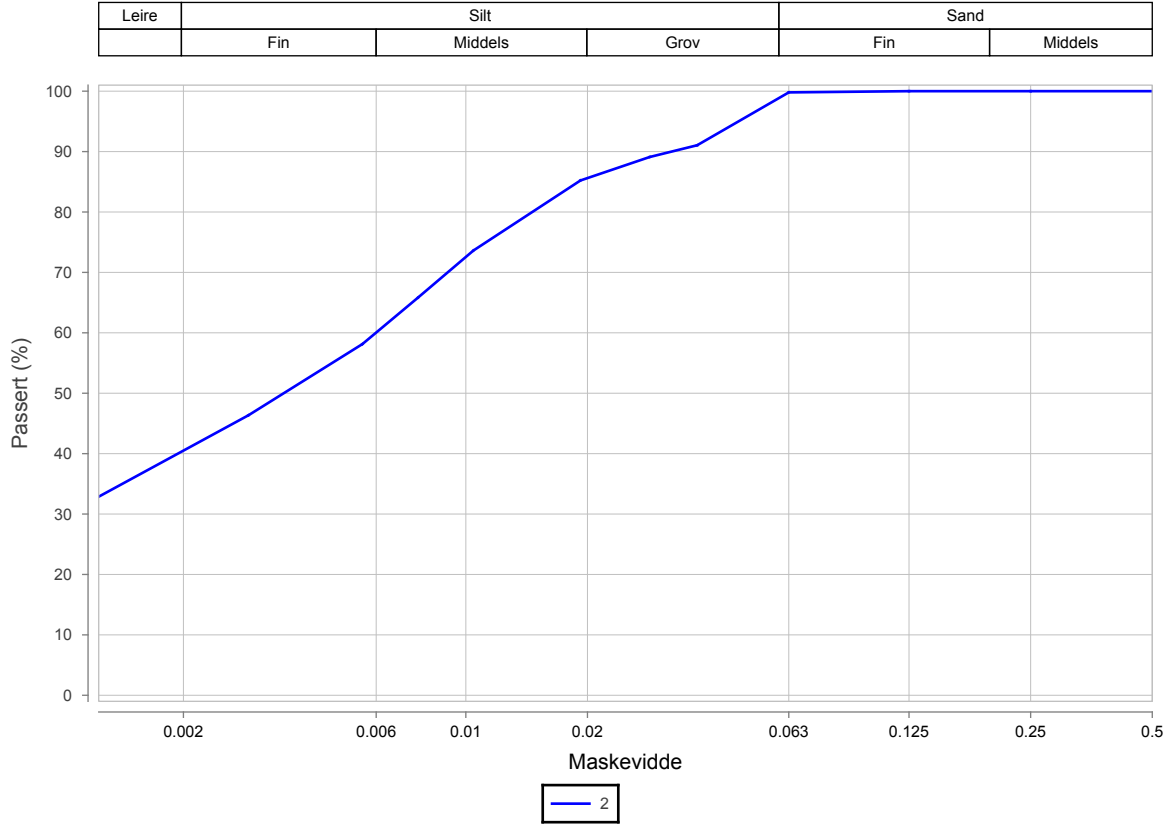
Oppdragsnr.	1180368	Oppdragsnavn	Ulvensplitten
Prosjektnr.	111530	Prosjektnavn	Langtidseffekt av KCl-stabilisering på sprøbr
Ansvarsområdenr.	18250	Ansvarsområdenavn	Vegteknologi og geofag

Serienr.: 3^(B), Hullnr.: BP1, koordinater: EUREF89 UTM, Sone 32, N:0.0 Ø:0.0 H:0.0

Prøvenr.	2			
Uttaksdato	04.09.2018			
Analysetype	Våtsikt			
Humus (Glødetap)	2.3			
Vanninnhold (%)				
% <63µm av <delsikt	99.8 (20 mm)			
% <20µm av <delsikt	85.6 (20 mm)			

Siktedata - Passert (%)

Pr.nr.	µm			
	63	125	250	500
2	99.8	100.0	100.0	100.0



Prøvenr.	Vegnr	Dybde	Jordart	Cu	TG
2	EV6	6.0 - 6.1	Leire, humusholdig	0.0	T3

Sted: _____ Dato: _____ Signatur: _____



Kornkurve

Oppdragsnr. 1180368
 Prosjektnr. 111530
 Ansvarsområdenr. 18250

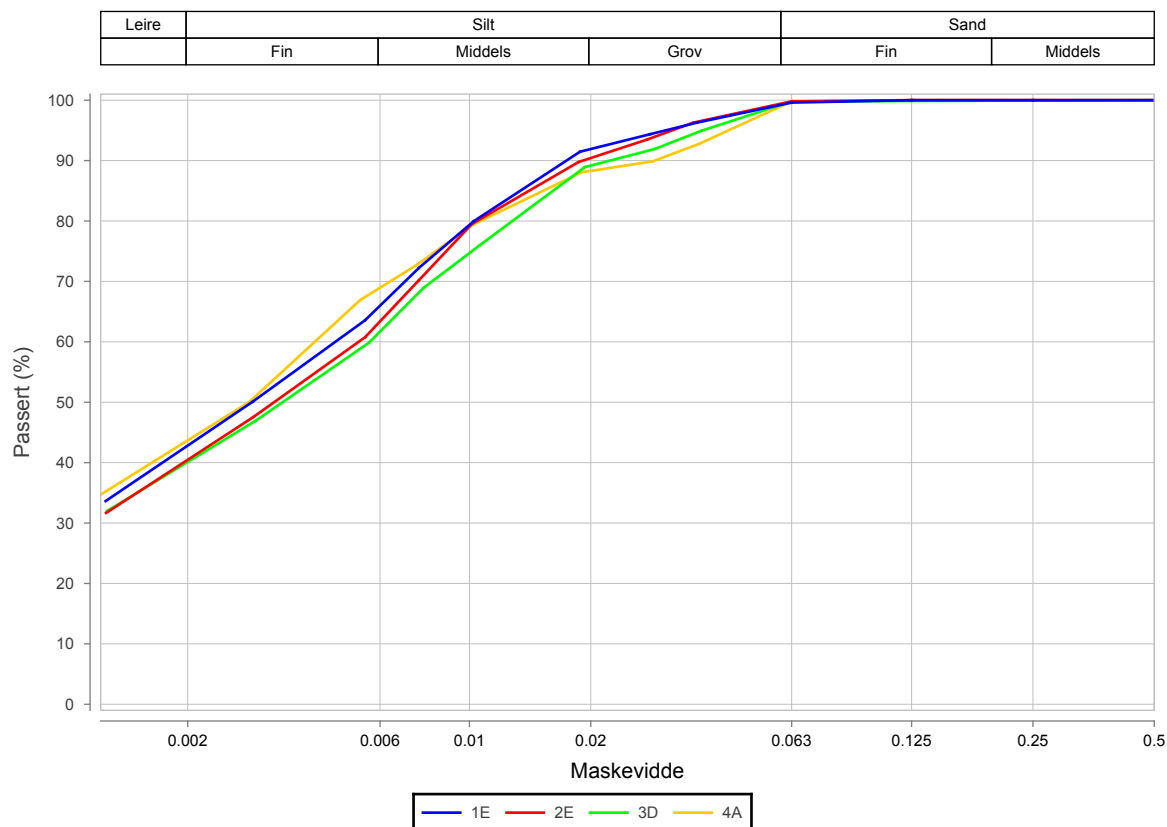
Oppdragsnavn Ulvensplitten
 Prosjektnavn Langtidseffekt av KCl-stabilisering på sprøbr
 Ansvarsområdenavn Vegteknologi og geofag

Serienr.: 4^(B), Hullnr.: BP1B, koordinater: EUREF89 UTM, Sone 32, N:0.0 Ø:0.0 H:0.0

Prøvenr.	1E	2E	3D	4A	
Uttaksdato	05.09.2018	05.09.2018	05.09.2018	05.09.2018	
Analysetype	Våtsikt	Våtsikt	Våtsikt	Våtsikt	
Humus (Glødetap)	2.5	2.5	2.5	1.9	
Vanninnhold (%)	30.4	30.2	33.1		
% <63µm av <delsikt	99.6 (20 mm)	99.8 (20 mm)	99.8 (20 mm)	99.8 (20 mm)	
% <20µm av <delsikt	91.9 (20 mm)	90.4 (20 mm)	89.2 (20 mm)	88.3 (20 mm)	

Siktedata - Passert (%)

Pr.nr.	µm			
	63	125	250	500
1E	99.6	100.0	100.0	100.0
2E	99.8	100.0	100.0	100.0
3D	99.8			100.0
4A	99.8	100.0	100.0	100.0



Prøvenr.	Vegnr	Dybde	Jordart	Cu	TG
1E	EV6	5.0 - 5.8	Leire, humusholdig	0.0	T3
2E	EV6	5.8 - 6.6	Leire, humusholdig	0.0	T3
3D	EV6	6.6 - 7.4	Leire, humusholdig	0.0	T3
4A	EV6	7.4 - 8.2	Leire	0.0	T3

Sted: _____

Dato: _____

Signatur: _____



Kornkurve

Oppdragsnr. 1180368
 Prosjektnr. 111530
 Ansvarsområdenr. 18250

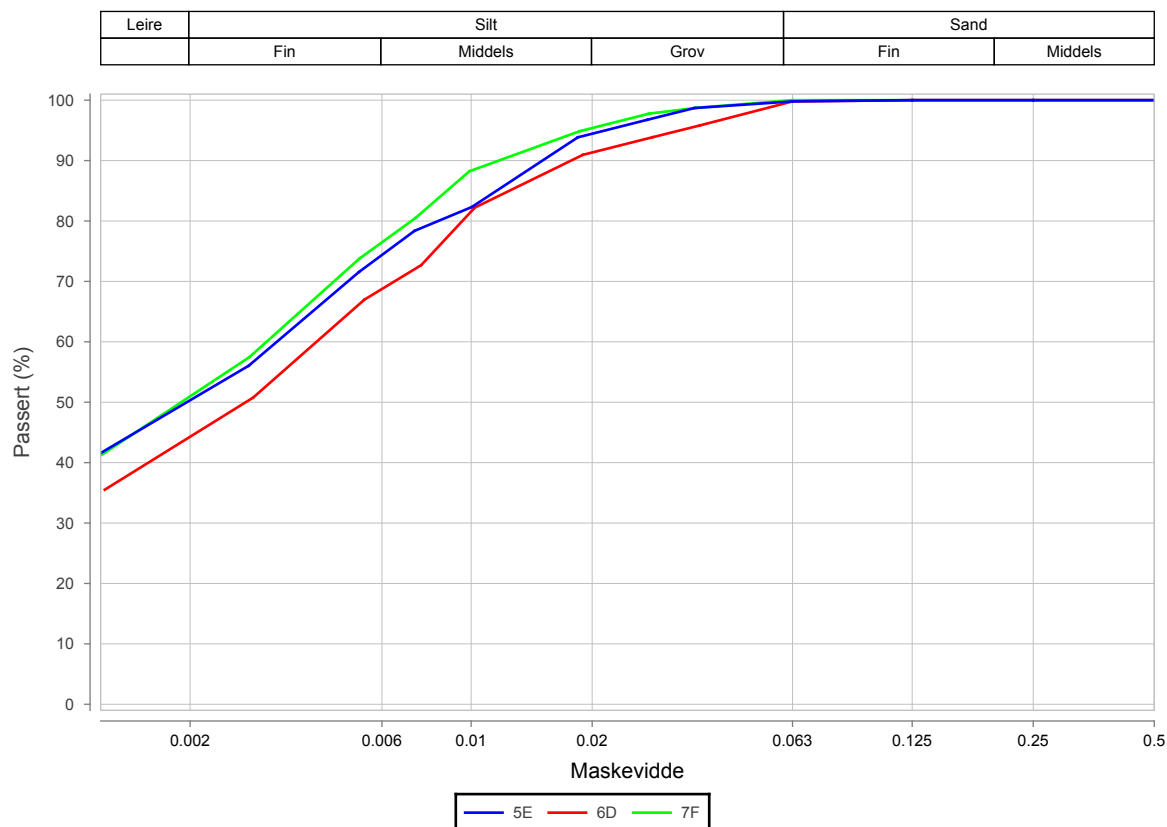
Oppdragsnavn Ulvensplitten
 Prosjektnavn Langtidseffekt av KCl-stabilisering på sprøbr
 Ansvarsområdenavn Vegteknologi og geofag

Serienr.: 4^(B), Hullnr.: BP1B, koordinater: EUREF89 UTM, Sone 32, N:0.0 Ø:0.0 H:0.0

Prøvenr.	5E	6D	7F		
Uttaksdato	05.09.2018	05.09.2018	05.09.2018		
Analysetype	Våtsikt	Våtsikt	Våtsikt		
Humus (Glødetap)	2.7				
Vanninnhold (%)	36.2	34.8			
% <63µm av <delsikt	99.8 (20 mm)	99.8 (20 mm)	0.0 (20 mm)		
% <20µm av <delsikt	94.4 (20 mm)	91.3 (20 mm)	95.4 (20 mm)		

Siktedata - Passert (%)

Pr.nr.	µm			
	63	125	250	500
5E	99.8	100.0	100.0	100.0
6D	99.8	100.0	100.0	100.0
7F	100.0	100.0	100.0	100.0



Prøvenr.	Vegnr	Dybde	Jordart	Cu	TG
5E	EV6	8.2 - 9.0	Leire, humusholdig	0.0	T3
6D	EV6	9.0 - 9.8	Leire	0.0	T3
7F	EV6	9.8 - 10.6	Leire	0.0	T3

Sted: _____

Dato: _____

Signatur: _____



Kornkurve

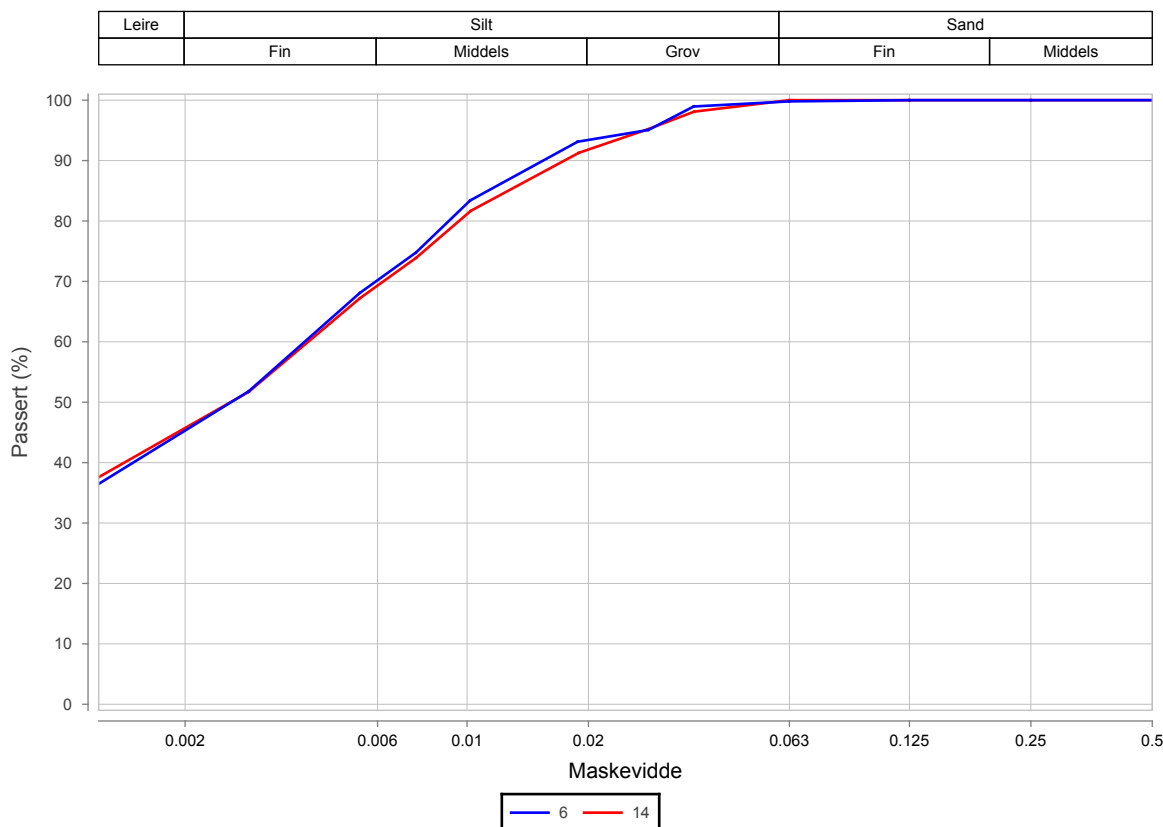
Oppdragsnr.	1180368	Oppdragsnavn	Ulvensplitten
Prosjektnr.	111530	Prosjektnavn	Langtidseffekt av KCl-stabilisering på sprøbr
Ansvarsområdenr.	18250	Ansvarsområdenavn	Vegteknologi og geofag

Serienr.: 2^(B), Hullnr.: BP2, koordinater: EUREF89 UTM, Sone 32, N:0.0 Ø:0.0 H:0.0

Prøvenr.	6	14		
Uttaksdato	28.08.2018	28.08.2018		
Analysetype	Våtsikt	Våtsikt		
Humus (Glødetap)				
Vanninnhold (%)	34.9			
% <63µm av <delsikt	99.8 (20 mm)	0.0 (20 mm)		
% <20µm av <delsikt	93.4 (20 mm)	91.8 (20 mm)		

Siktedata - Passert (%)

Pr.nr.	µm			
	63	125	250	500
6	99.8	100.0	100.0	100.0
14	100.0	100.0	100.0	100.0



Prøvenr.	Vegnr	Dybde	Jordart	Cu	TG
6	EV6	6.2 - 6.2	Leire	0.0	T3
14	EV6	10.2 - 10.2	Leire	0.0	T3

Sted: _____

Dato: _____

Signatur: _____



Kornkurve

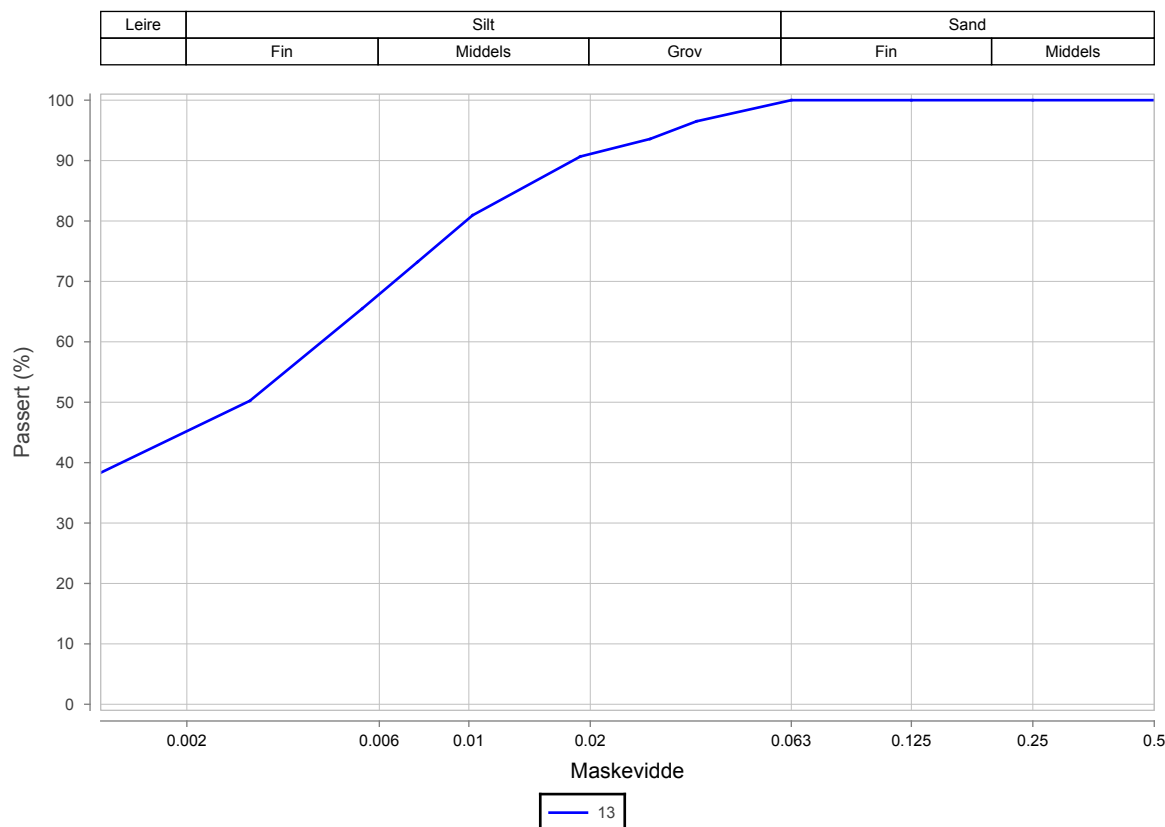
Oppdragsnr.	1180368	Oppdragsnavn	Ulvensplitten
Prosjektnr.	111530	Prosjektnavn	Langtidseffekt av KCl-stabilisering på sprøbr
Ansvarsområdenr.	18250	Ansvarsområdenavn	Vegteknologi og geofag

Serienr.: 1^(B), Hullnr.: BP3, koordinater: EUREF89 UTM, Sone 32, N:0.0 Ø:0.0 H:0.0

Prøvenr.	13			
Uttaksdato	22.08.2018			
Analysetype	Våtsikt			
Humus (Glødetap)	2.1			
Vanninnhold (%)	39.9			
% <63µm av <delsikt	0.0 (20 mm)			
% <20µm av <delsikt	91.1 (20 mm)			

Siktedata - Passert (%)

Pr.nr.	µm			
	63	125	250	500
13	100.0	100.0	100.0	100.0



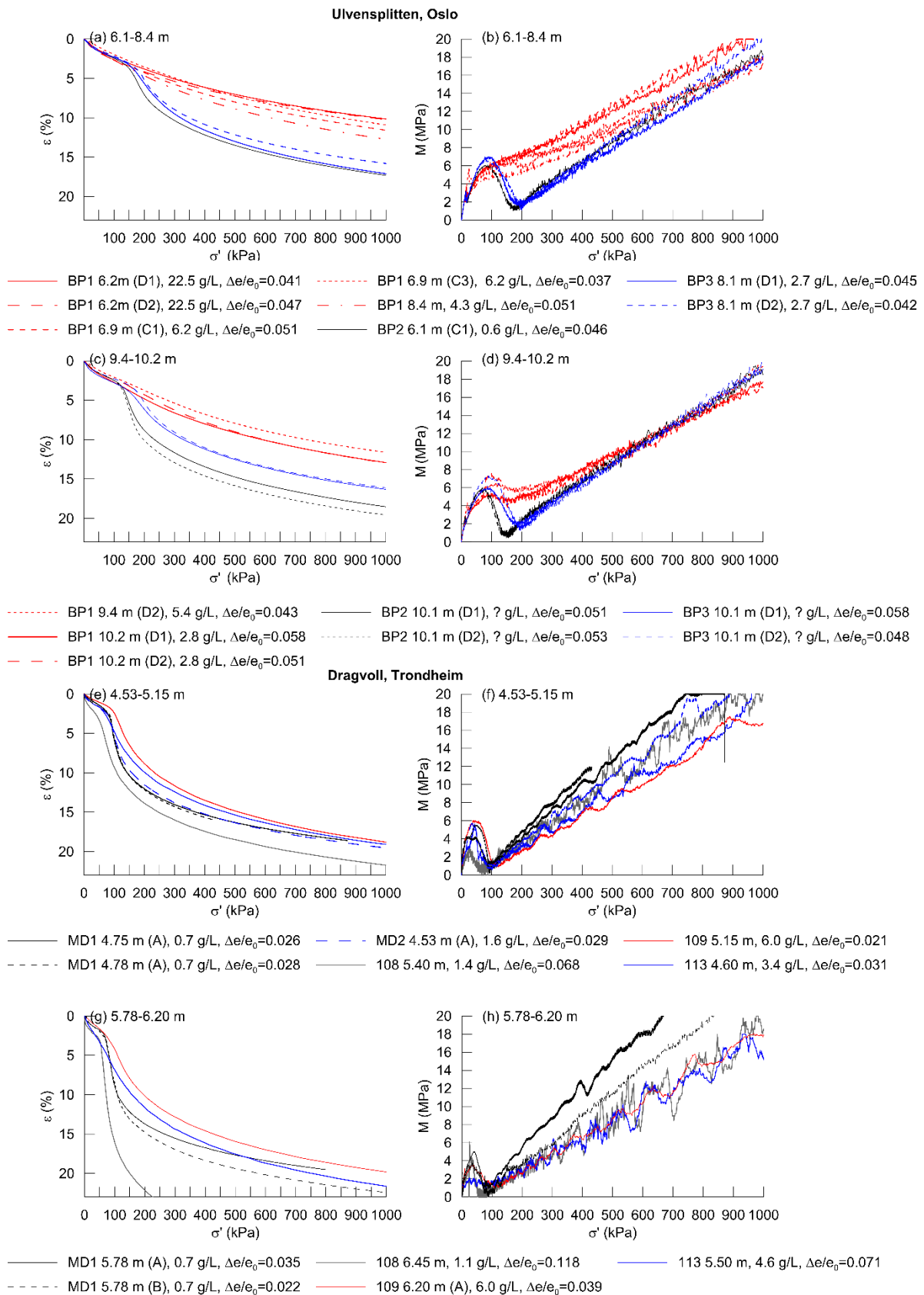
Prøvenr.	Vegnr	Dybde	Jordart	Cu	TG
13	EV6	10.2 - 10.2	Leire, humusholdig	0.0	T3

Sted: _____

Dato: _____

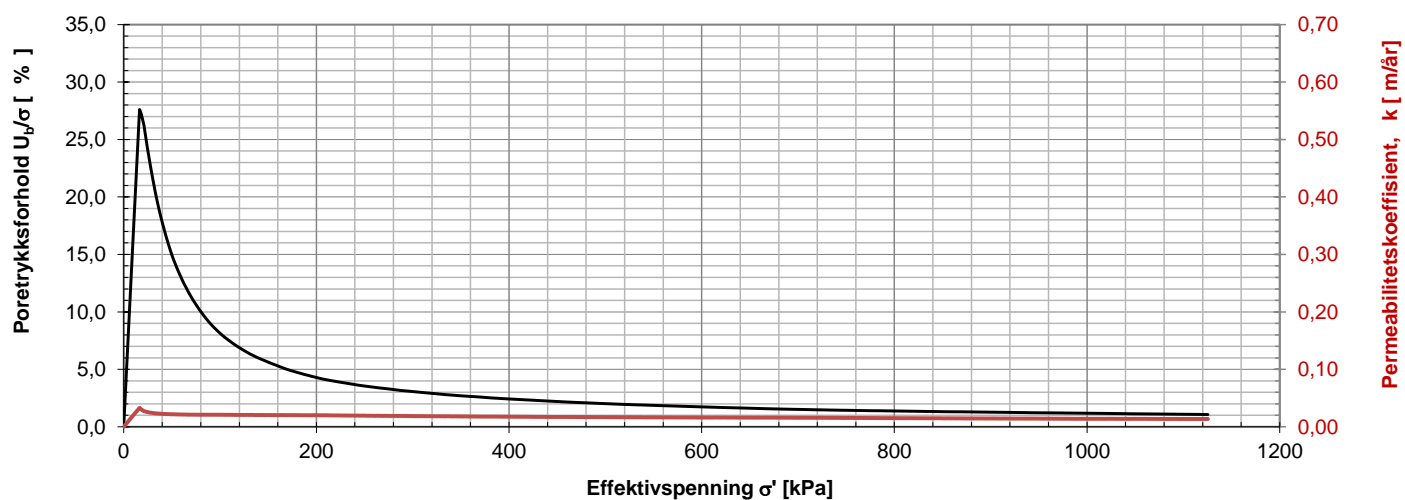
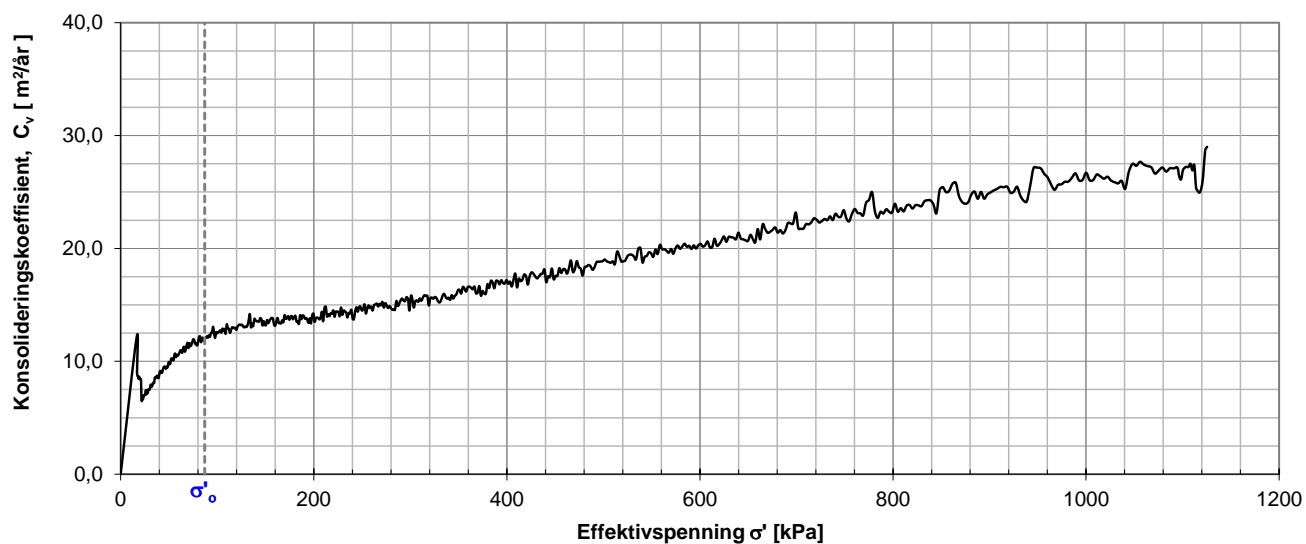
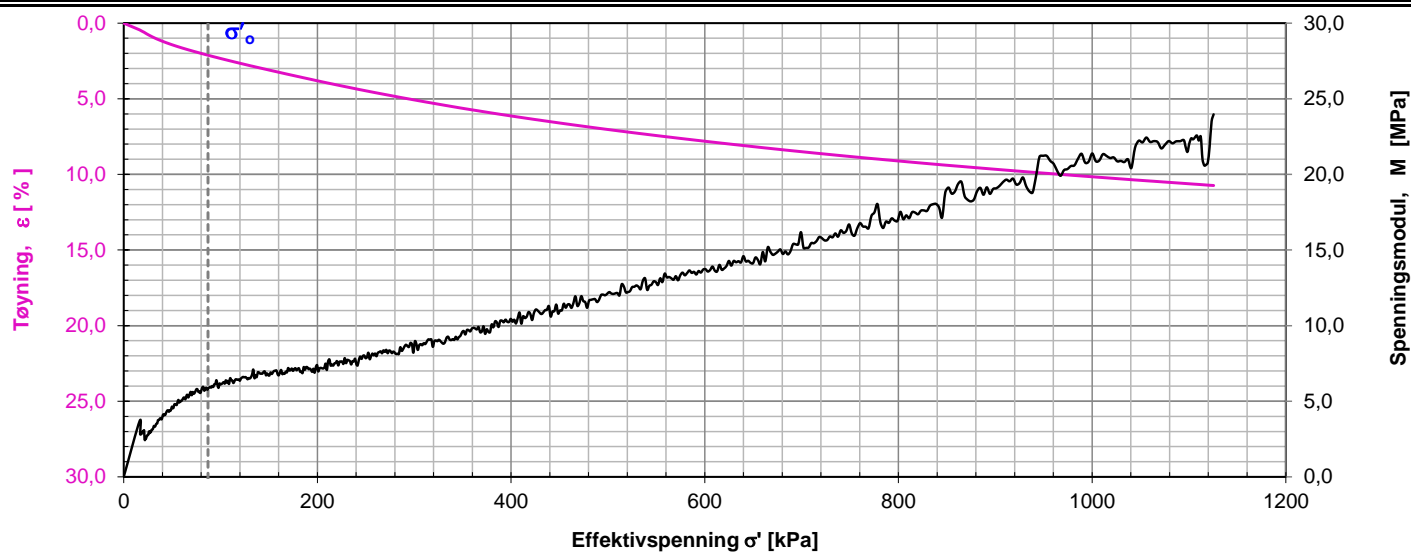
Signatur: _____

C. Samleplott ødometer – Ulvensplitten og Dragvoll



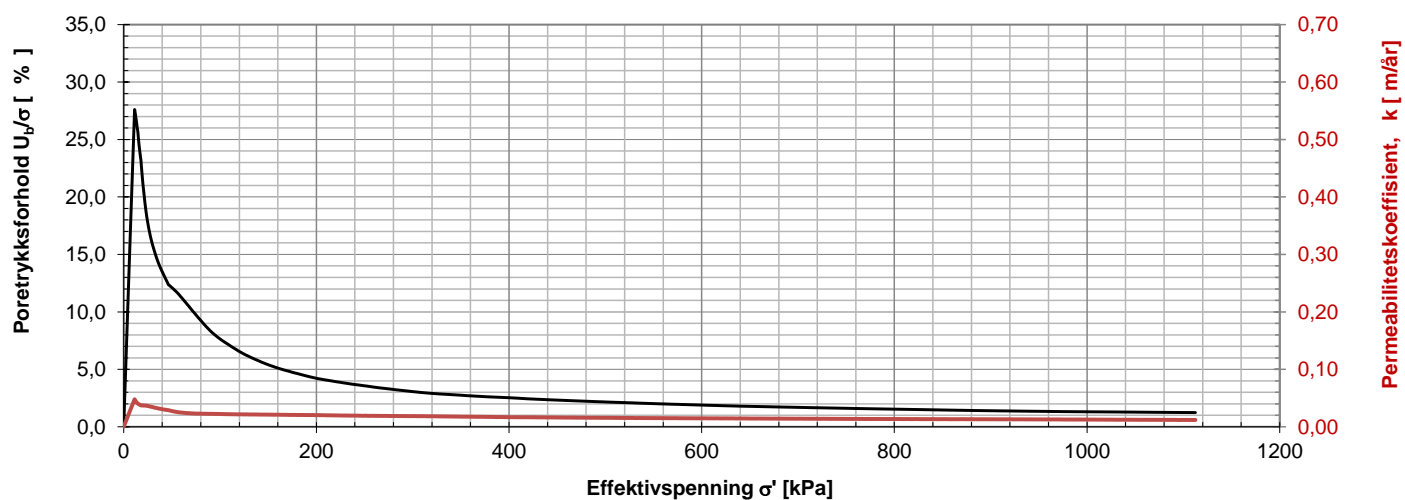
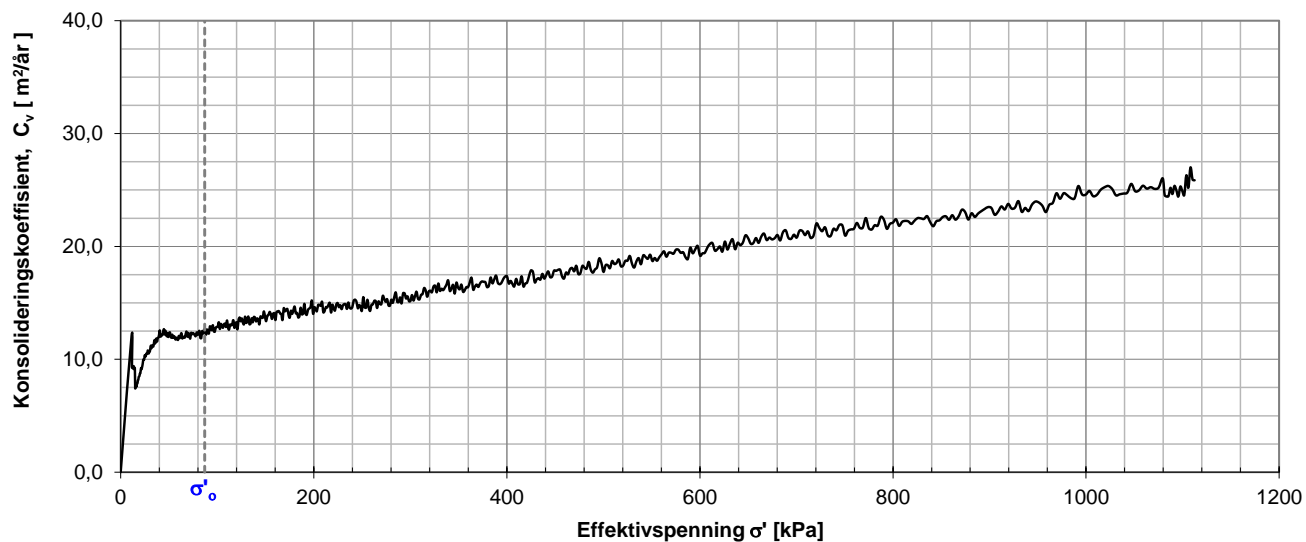
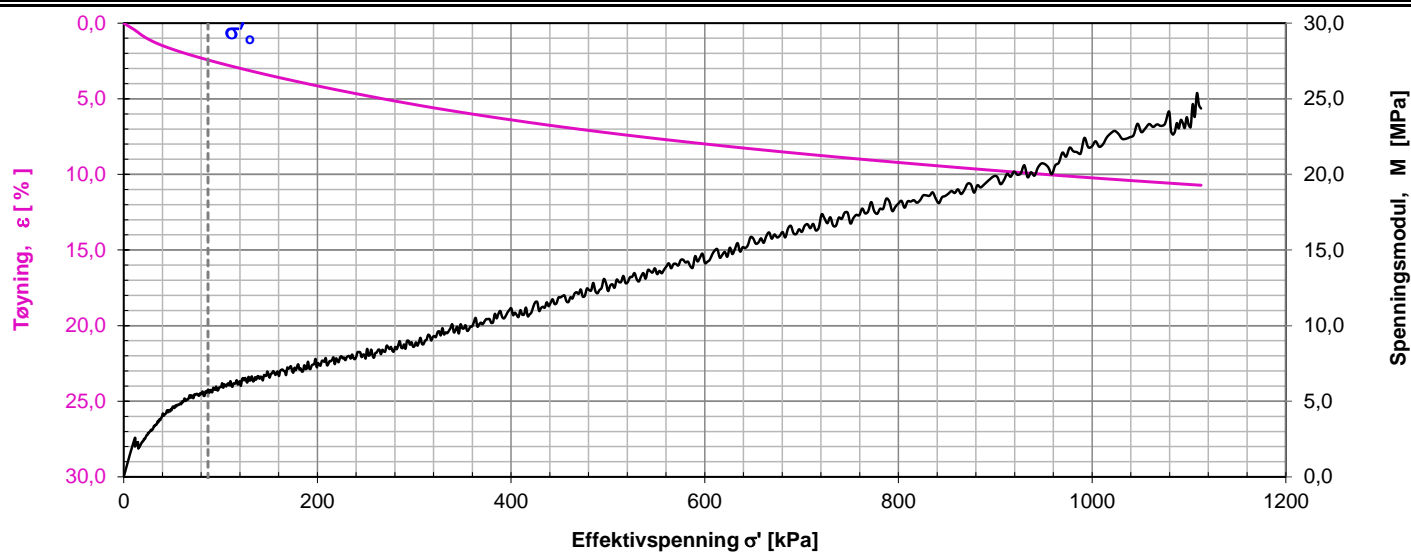
Figur C-1 Samleplott CRS-forsøk Ulvensplitten og Dragvoll

D.Ødometerforsøk – Ulvensplitten




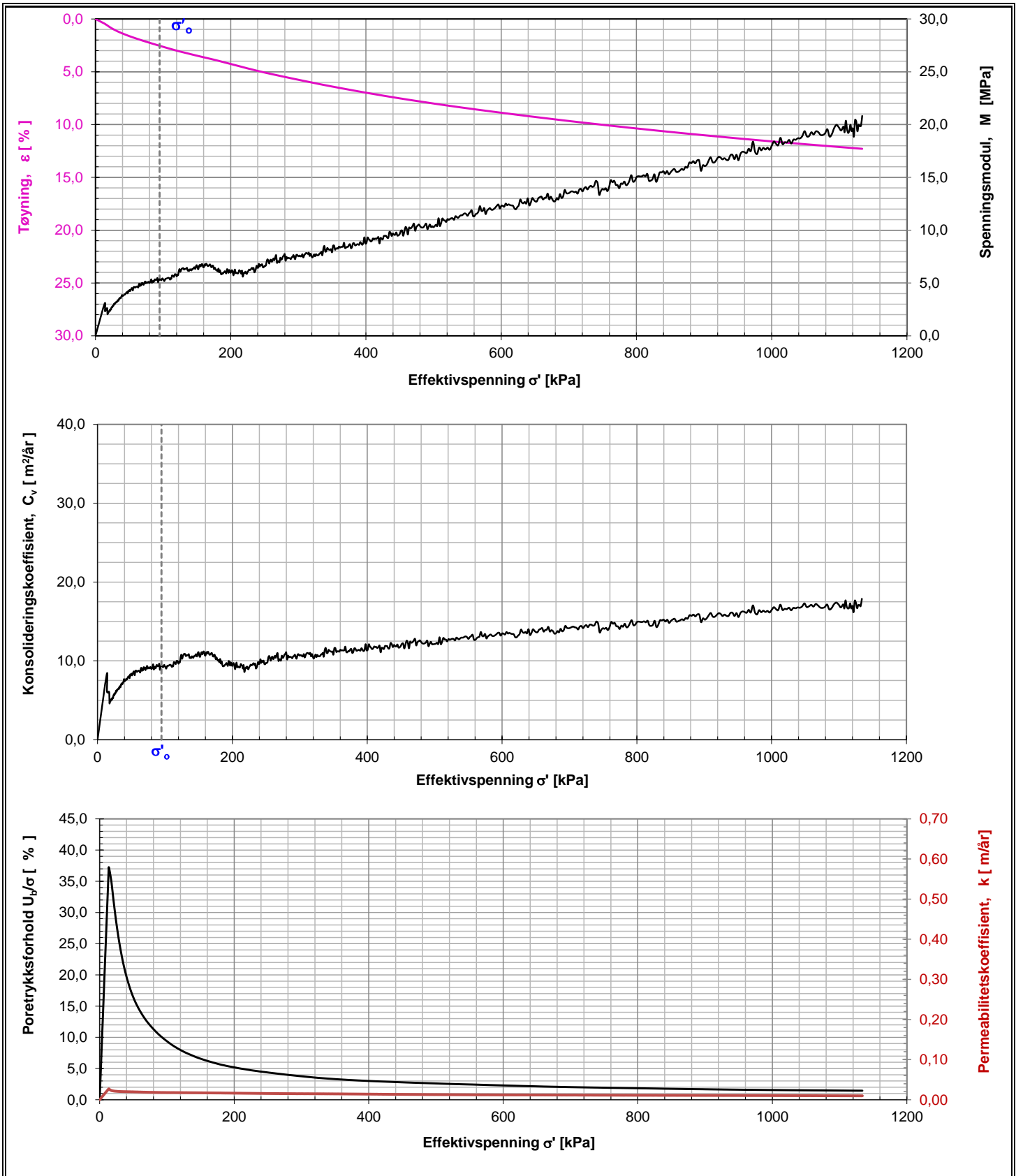
Merknader:

Oppdrags nr.	Lab nr.	Hull nr.	Dybde (m)	σ'_o	Oppdragsnavn	Merknad		
1180368	4_2D1	BP1B	6,2	87,04	Ulvensplitten			
 Statens vegvesen Østingsjøveien 34, 0667 Oslo	ØDOMETERFORSØK Sentrallab.- Oslo st.1				Prøvens høyde [mm]	20	Diameter [mm]	50
					Vanninnhold [%]	33,9	Grunnvannstand [m]	3,0
					Tyngdetetthet, [kN/m³]	19,2	Kornetthet [kN/m³]	27,28
					Tøyningshastighet [mm/min]	0,0035	Metningsgrad [%]	100
					Anvendt prosedyre	CRS	Dato	05.09.2018
Utført av: Jansen		Kontrollert: Mariad		Godkjent				



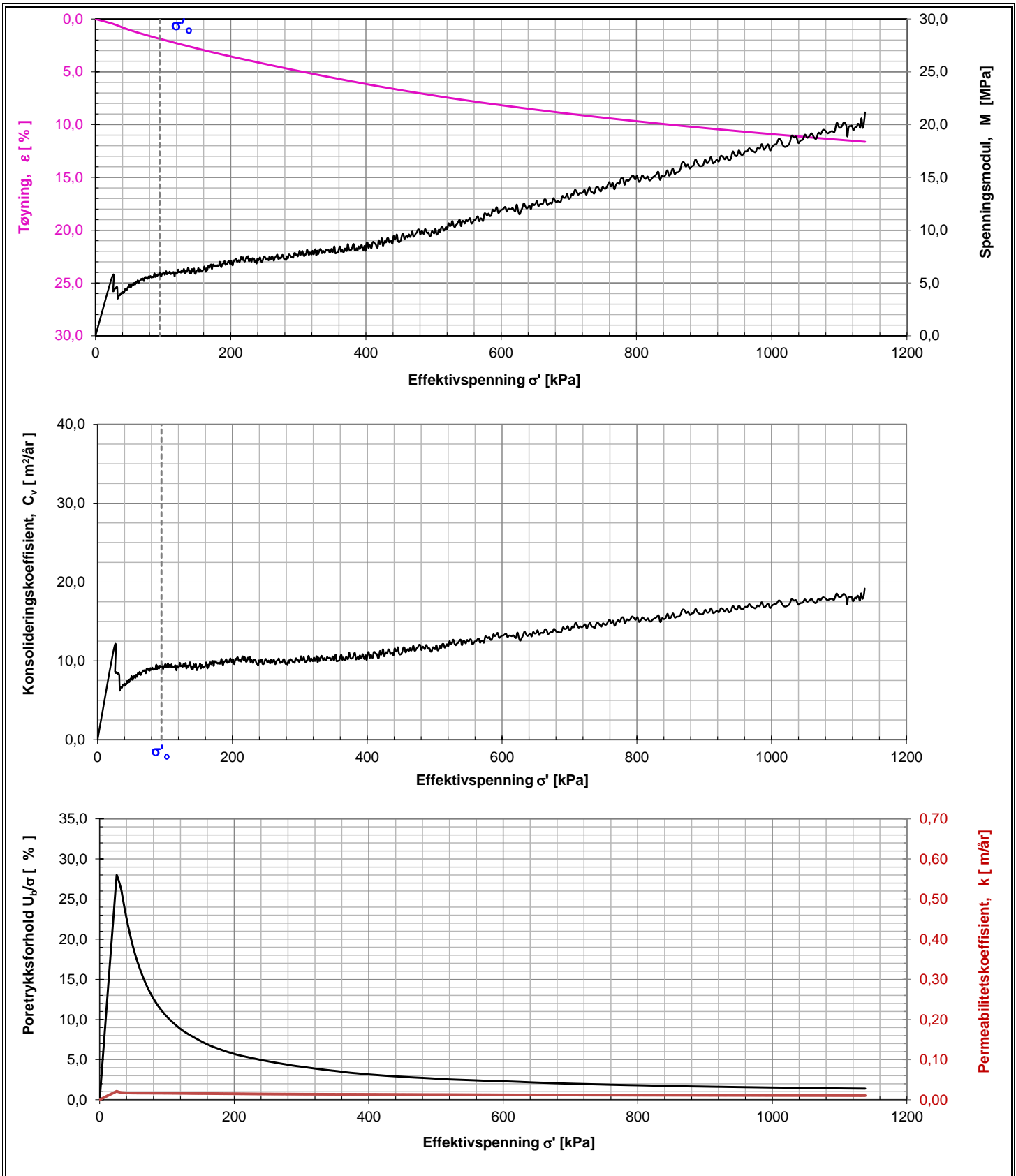
Merknader:

Oppdrags nr.	Lab nr.	Hull nr.	Dybde (m)	σ'_0	Oppdragsnavn	Merknad		
1180368	4_2D2	BP1B	6,2	87,04	Ulvensplitten			
 Statens vegvesen Østingsjøveien 34, 0667 Oslo	ØDOMETERFORSØK Sentrallab. Oslo st.2				Prøvens høyde [mm]	20	Diameter [mm]	50
					Vanninnhold [%]	33,9	Grunnvannstand [m]	3,0
	Tyngdetetthet, [kN/m³]	19,1	Kornetthet [kN/m³]	27,28				
	Tøyningshastighet [mm/min]	0,0035	Metningsgrad [%]	100				
	Anvendt prosedyre	CRS	Dato	05.09.2018				
Utført av: Jansen		Kontrollert: Mariad		Godkjent				




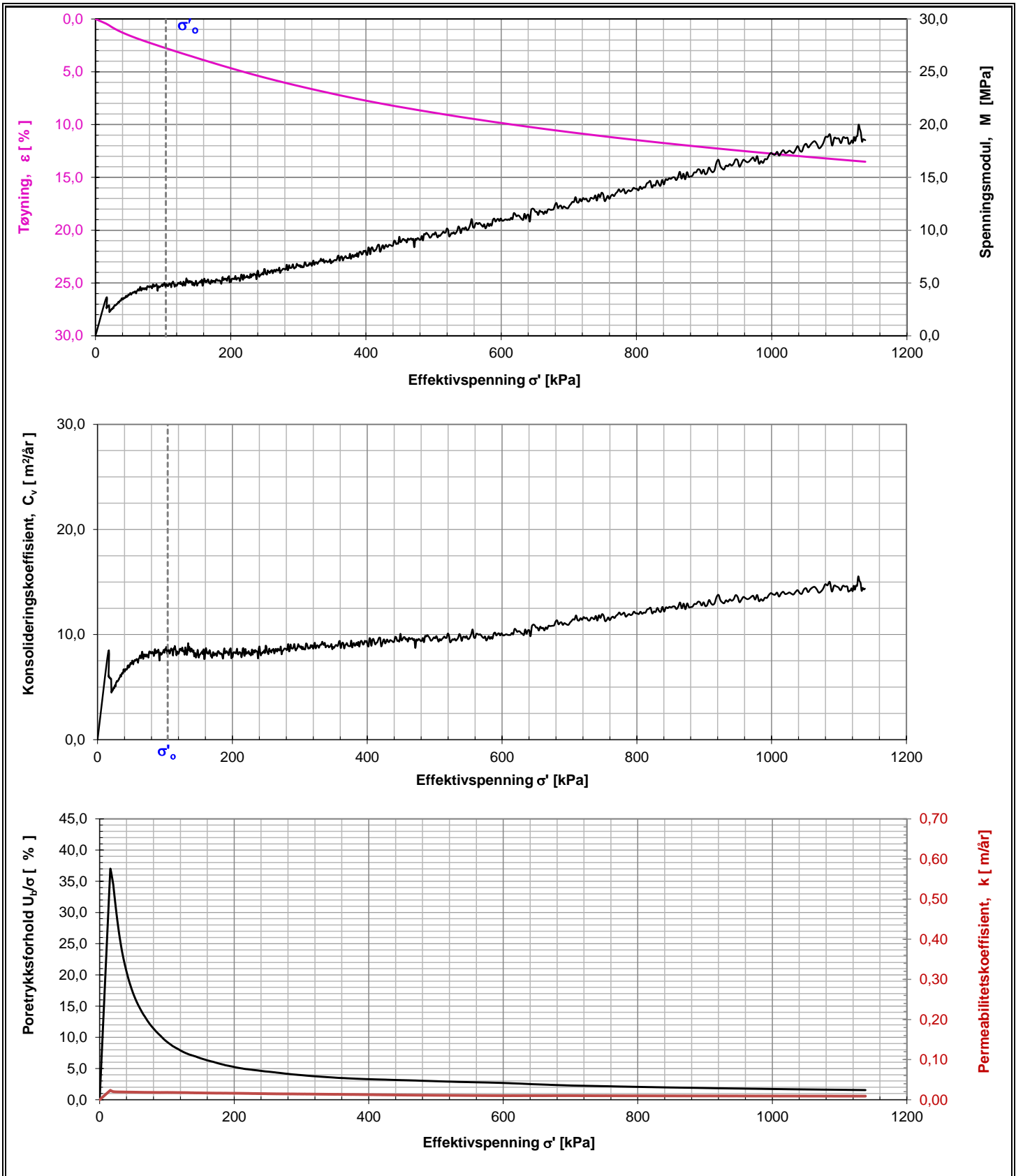
Merknader:

Oppdrags nr.	Lab nr.	Hull nr.	Dybde (m)	σ'_o	Oppdragsnavn	Merknad		
1180368	4_3C1	BP1B	6,9	94,86	Ulvensplitten			
 Statens vegvesen Østingsjøveien 34, 0667 Oslo	ØDOMETERFORSØK Sentrallab oslo st1				Prøvens høyde [mm]	20	Diameter [mm]	50
					Vanninnhold [%]	32,4	Grunnvannstand [m]	3,0
					Tyngdetetthet, [kN/m ³]	18,7	Kornetthet [kN/m ³]	27,36
					Tøyningshastighet [mm/min]	0,0035	Metningsgrad [%]	96,8
					Anvendt prosedyre	CRS	Dato	06.09.2018
Utført av: Mariad		Kontrollert: Jansen		Godkjent				



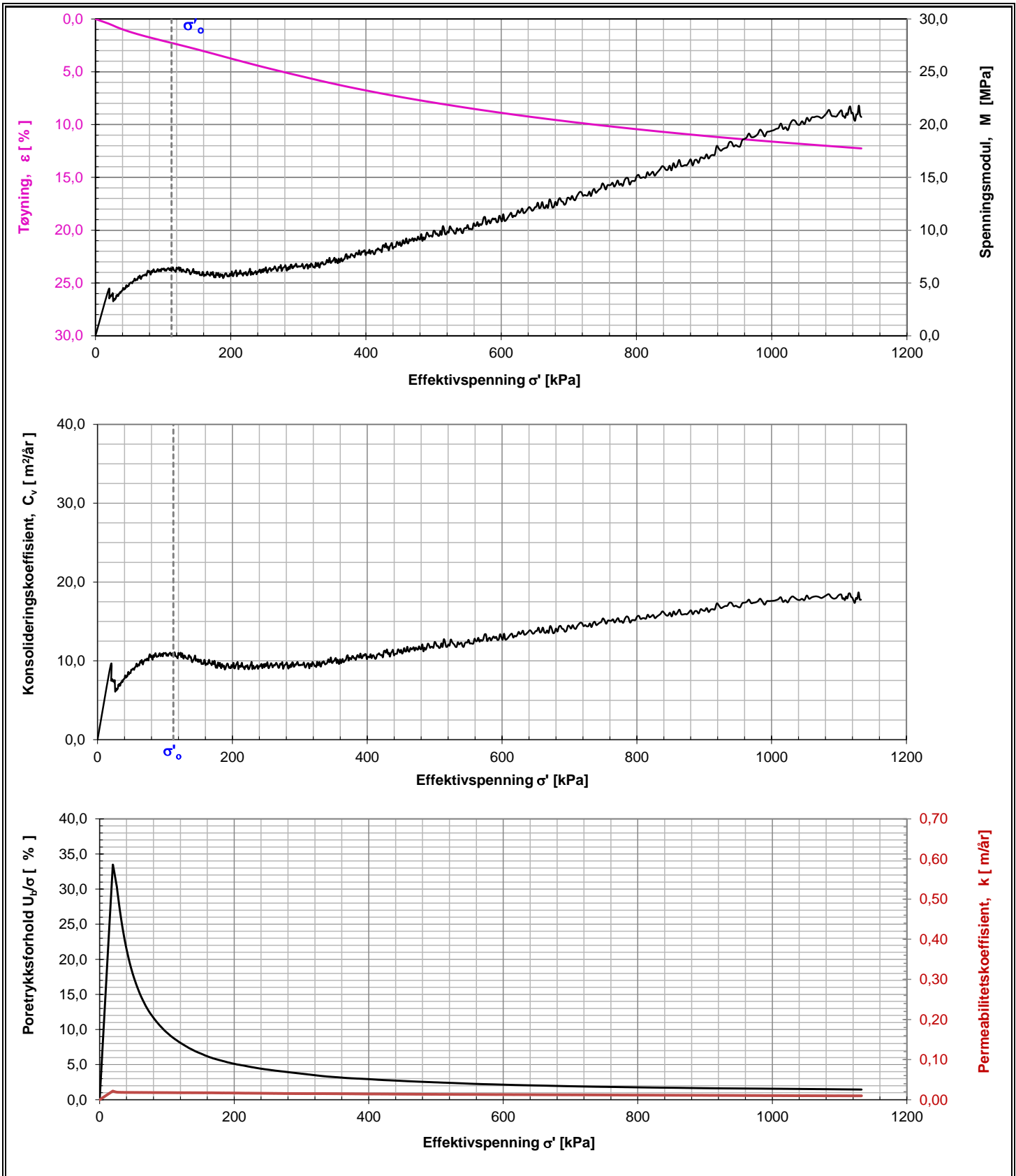
Merknader:

Oppdrags nr.	Lab nr.	Hull nr.	Dybde (m)	σ'_o	Oppdragsnavn	Merknad		
1180368	4_3C3	BP1B	6,9	94,86	Ulvensplitten			
 Statens vegvesen Østingsjøveien 34, 0667 Oslo	ØDOMETERFORSØK Sentrallab oslo st2				Prøvens høyde [mm]	20	Diameter [mm]	50
					Vanninnhold [%]	32,4	Grunnvannstand [m]	3,0
					Tyngdetetthet, [kN/m ³]	18,7	Korntetthet [kN/m ³]	27,36
					Tøyningshastighet [mm/min]	0,0035	Metningsgrad [%]	96,3
					Anvendt prosedyre	CRS	Dato	06.09.2018
Utført av: Mariad		Kontrollert: Jansen		Godkjent				



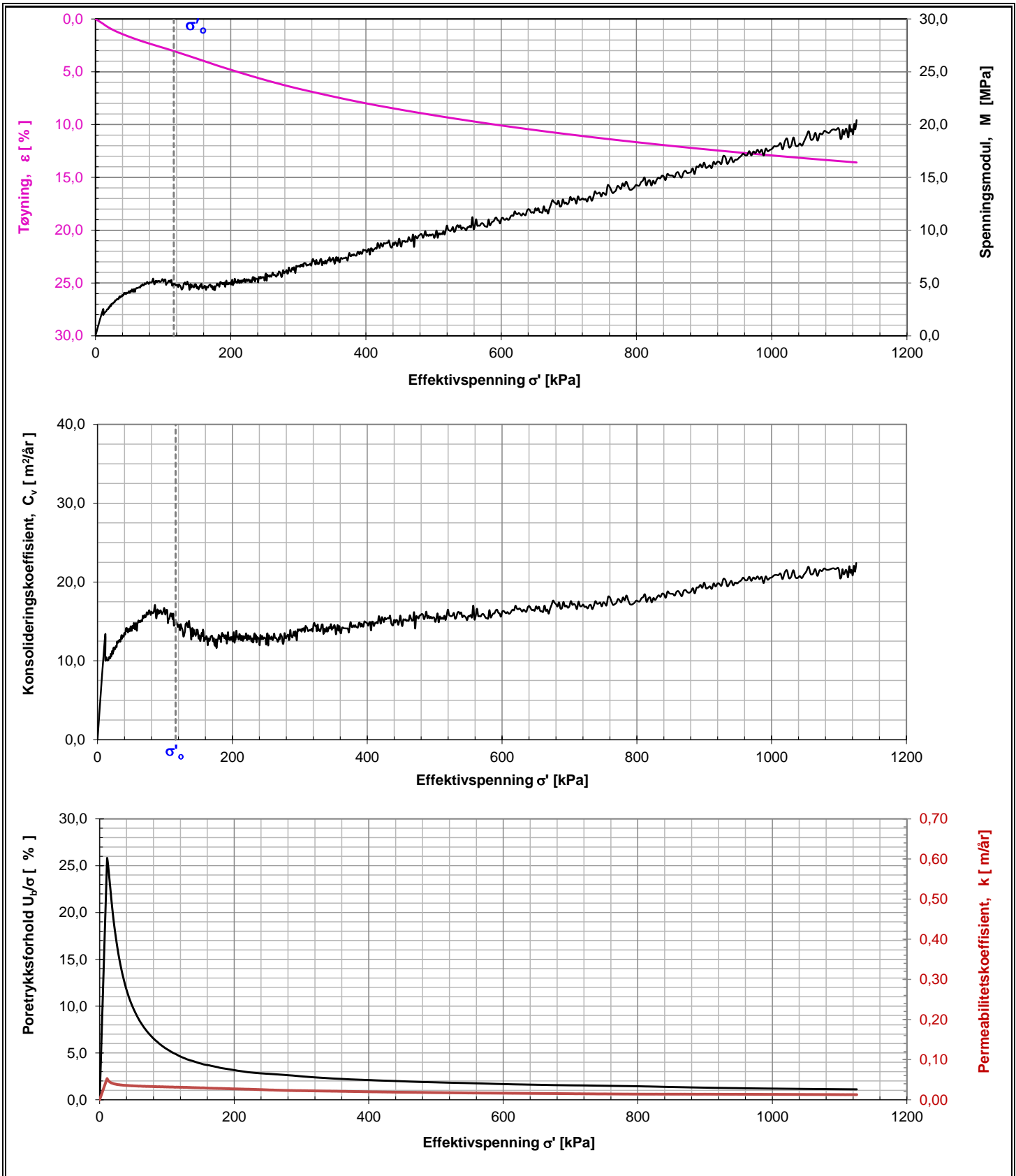
Merknader:

Oppdrags nr.	Lab nr.	Hull nr.	Dybde (m)	σ'_o	Oppdragsnavn	Merknad		
1180368	4_5B	BP1B	8,4	104,12	Ulvensplitten			
 Statens vegvesen Østingsjøveien 34, 0667 Oslo	ØDOMETERFORSØK Sentrallab Oslo				Prøvens høyde [mm]	20	Diameter [mm]	50
					Vanninnhold [%]	36,9	Grunnvannstand [m]	2,6
					Tyngdetetthet, [kN/m^3]	18,4	Korntetthet [kN/m^3]	27,34
					Tøyningshastighet [mm/min]	0,0035	Metningsgrad [%]	99,2
					Anvendt prosedyre	CRS	Dato	10.09.2018
Utført av: eivboe		Kontrollert: Mariad		Godkjent				




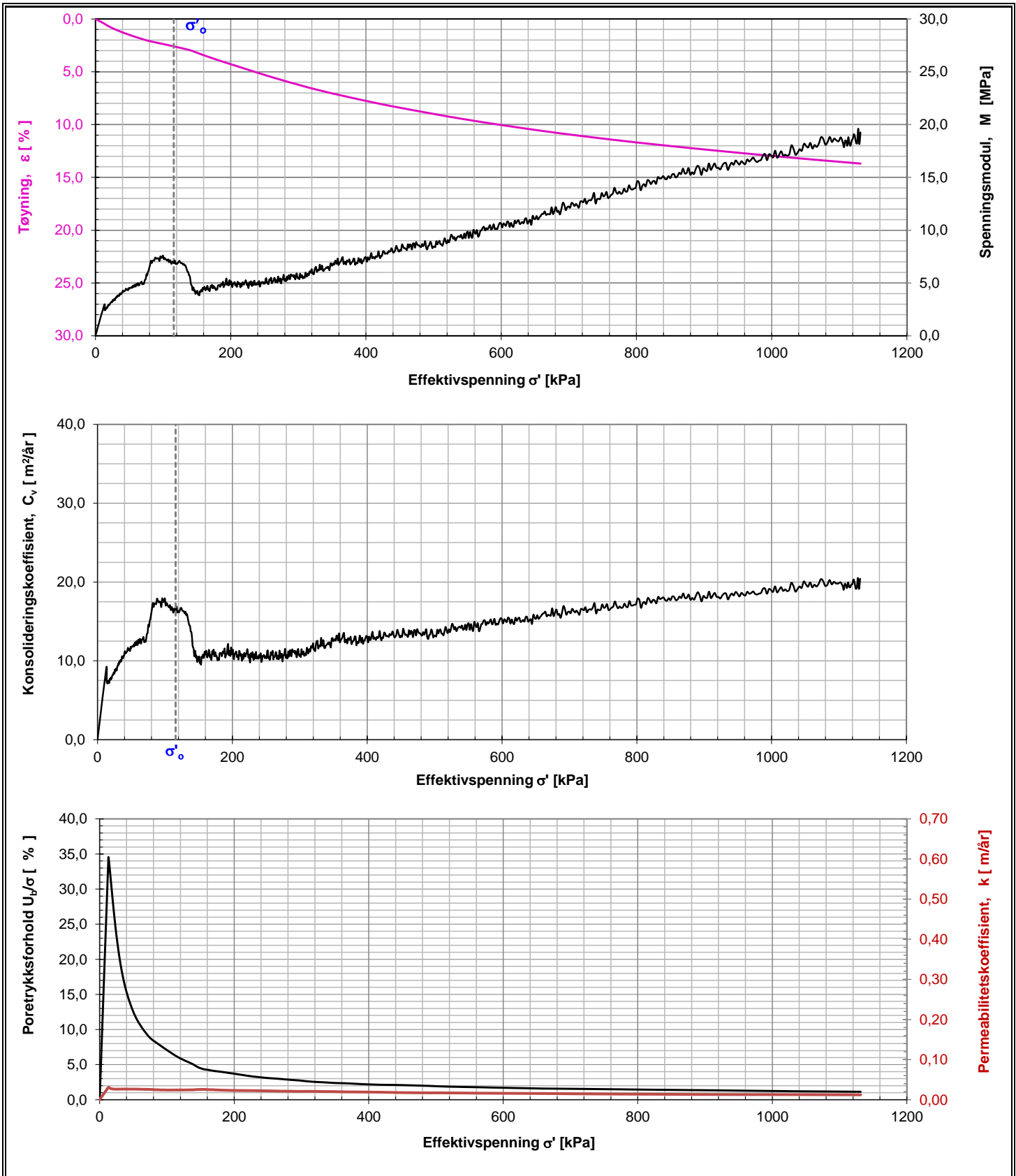
Merknader:

Oppdrags nr.	Lab nr.	Hull nr.	Dybde (m)	σ'_o	Oppdragsnavn	Merknad		
1180368	4/6D2	BP1B	9,4	112,48	Ulvensplitten			
 Statens vegvesen Østingsjøveien 34, 0667 Oslo	ØDOMETERFORSØK sentrallab oslo st2				Prøvens høyde [mm]	20	Diameter [mm]	50
					Vanninnhold [%]	34,8	Grunnvannstand [m]	2,6
					Tyngdetetthet, [kN/m ³]	18,7	Kornetthet [kN/m ³]	27,35
					Tøyningshastighet [mm/min]	0,0035	Metningsgrad [%]	99,4
					Anvendt prosedyre	CRS	Dato	11.09.2018
Utført av: Mariad		Kontrollert: Jansen		Godkjent				




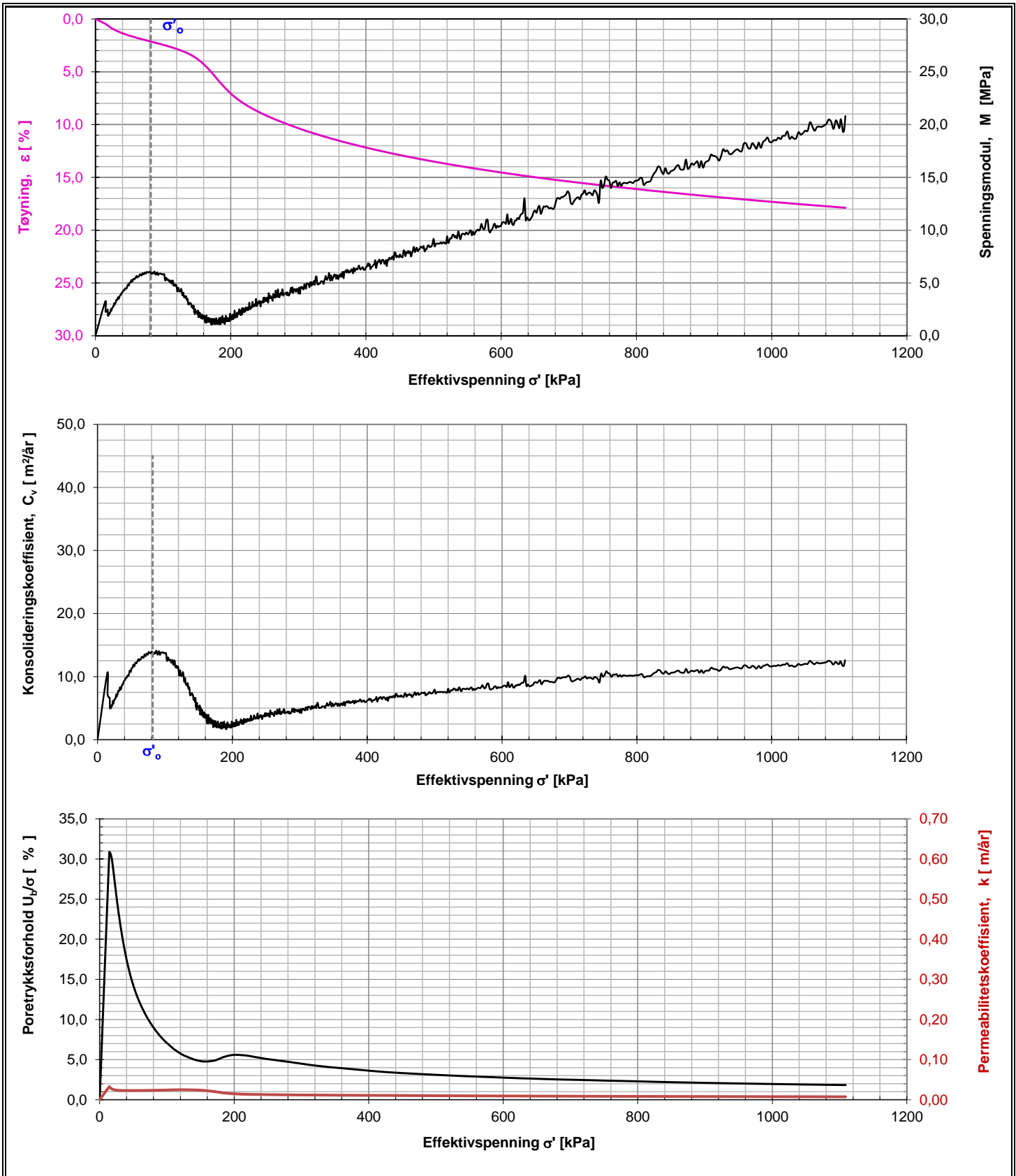
Merknader:

Oppdrags nr.	Lab nr.	Hull nr.	Dybde (m)	σ'_o	Oppdragsnavn	Merknad		
1180368	4/7D1	BP1B	10,2	115,82	Ulvensplitten			
 Statens vegvesen Østingsjøveien 34, 0667 Oslo	ØDOMETERFORSØK sentrallab oslo st1				Prøvens høyde [mm]	20	Diameter [mm]	50
					Vanninnhold [%]	36,2	Grunnvannstand [m]	2,3
					Tyngdetetthet, [kN/m^3]	18,4	Kornetthet [kN/m^3]	27,34
					Tøyningshastighet [mm/min]	0,0035	Metningsgrad [%]	100
					Anvendt prosedyre	CRS	Dato	07.09.2018
Utført av: Mariad		Kontrollert: Jansen		Godkjent				




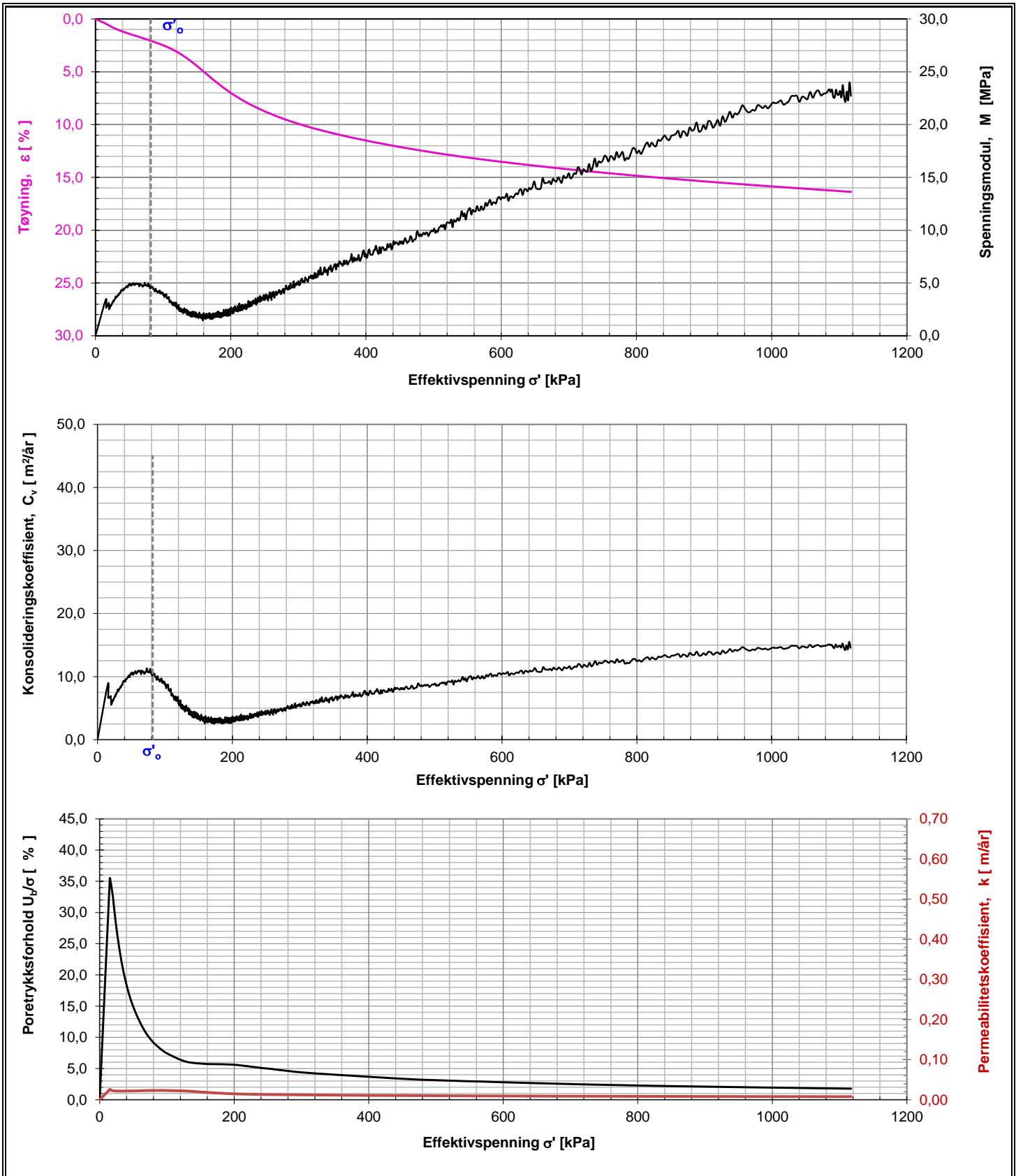
Merknader:

Oppdrags nr.	Lab nr.	Hull nr.	Dybde (m)	σ'_o	Oppdragsnavn	Merknad		
1180368	4/7D2	BP1B	10,2	115,82	Ulvensplitten			
 Statens vegvesen Østensjøveien 34, 0667 Oslo	ØDOMETERFORSØK sentrallab oslo st2				Prøvens høyde [mm]	20	Diameter [mm]	50
					Vanninnhold [%]	36,2	Grunnvannstand [m]	2,3
					Tyngdetetthet, [kN/m^3]	18,2	Korntetthet [kN/m^3]	27,34
					Tøyningshastighet [mm/min]	0,0035	Metningsgrad [%]	96,2
					Anvendt prosedyre	CRS	Dato	07.09.2018
Utført av: Mariad		Kontrollert: Jansen		Godkjent				




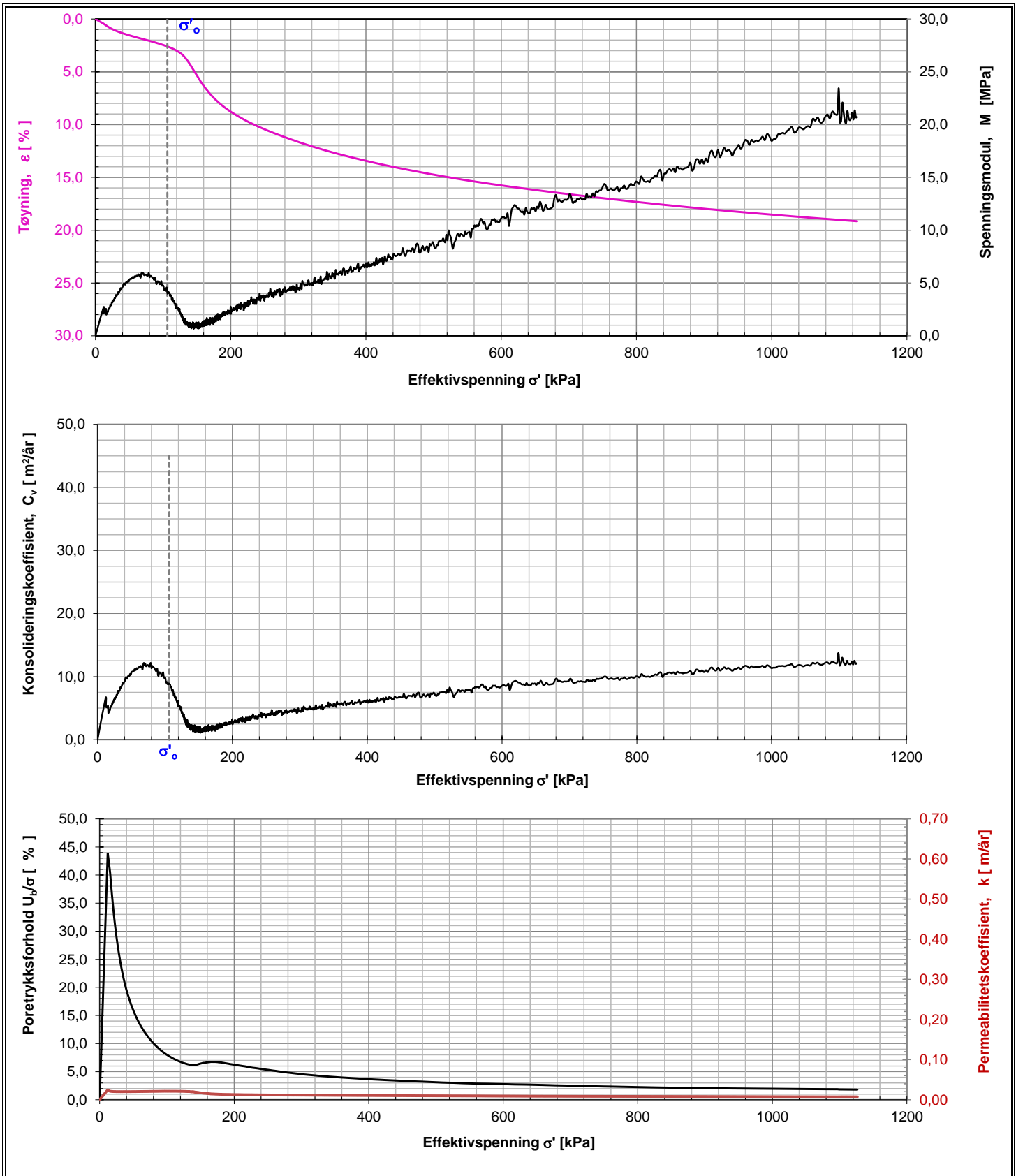
Merknader:

Oppdrags nr.	Lab nr.	Hull nr.	Dybde (m)	σ'_0	Oppdragsnavn	Merknad	
1180368	2_3	BP2	6,1	81,85	Ulvensplitten		
 Statens vegvesen Østingsjøveien 34, 0667 Oslo	ØDOMETERFORSØK Sentrallab oslo st1			Prøvens høyde [mm]	20	Diameter [mm]	50
				Vanninnhold [%]	32,8	Grunnvannstand [m]	3,0
				Tyngdetetthet, [kN/m ³]	18,3	Korntetthet [kN/m ³]	27,25
				Tøyningshastighet [mm/min]	0,0035	Metningsgrad [%]	93,1
				Anvendt prosedyre	CRS	Dato	28.08.2018
Utført av: mariad		Kontrollert: jansen		Godkjent			




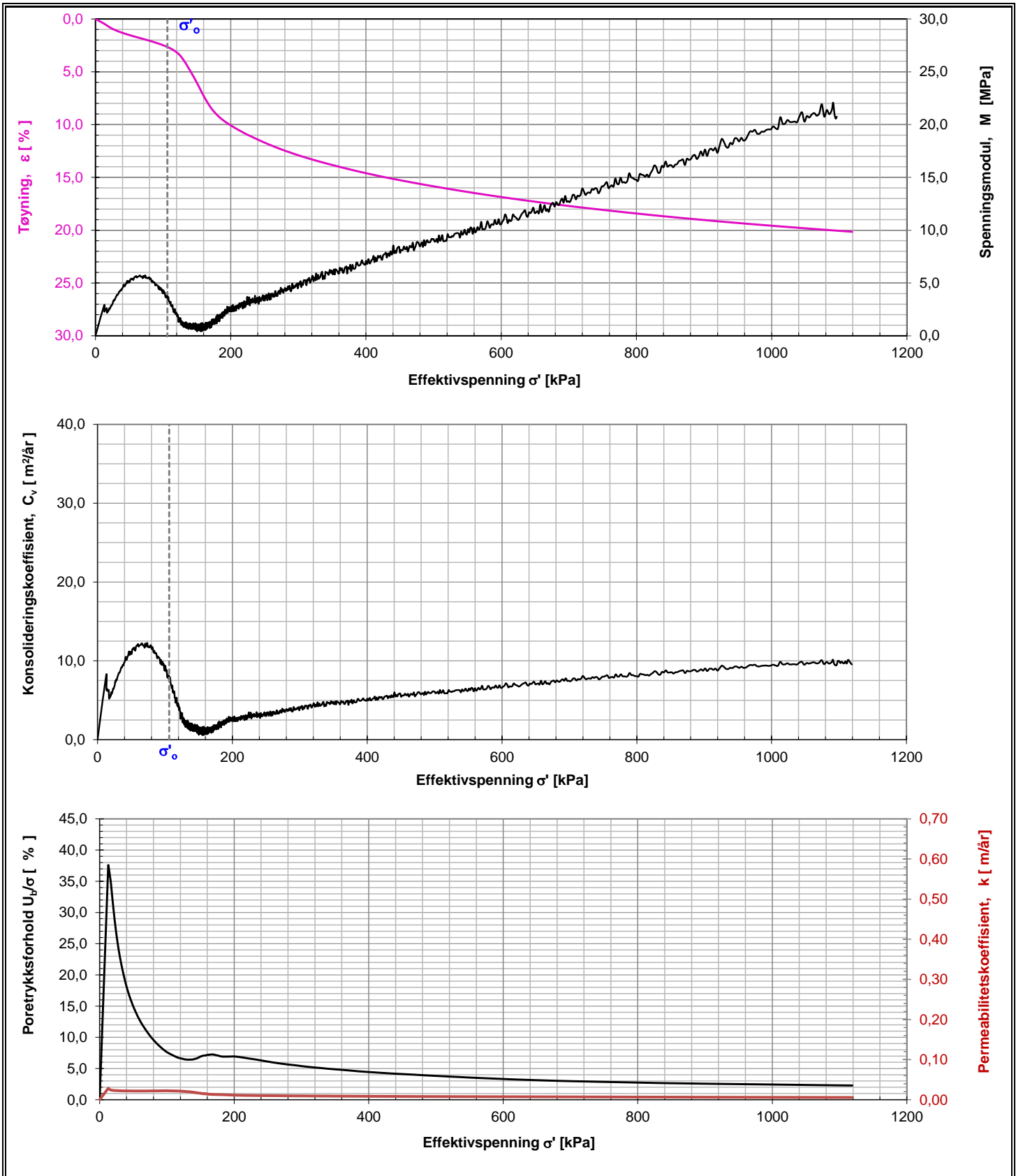
Merknader:

Oppdrags nr.	Lab nr.	Hull nr.	Dybde (m)	σ'_0	Oppdragsnavn	Merknad	
1180368	2_3nr2	BP2	6,1	81,85	Ulvensplitten		
 Statens vegvesen Østingsjøveien 34, 0667 Oslo	ØDOMETERFORSØK Sentrallab oslo st1			Prøvens høyde [mm]	20	Diameter [mm]	50
				Vanninnhold [%]	32,8	Grunnvannstand [m]	3,0
				Tyngdetetthet, [kN/m ³]	18,8	Kornetthet [kN/m ³]	27,25
				Tøyningshastighet [mm/min]	0,0035	Metningsgrad [%]	98,0
				Anvendt prosedyre	CRS	Dato	28.08.2018
Utført av: mariad		Kontrollert: jansen		Godkjent			



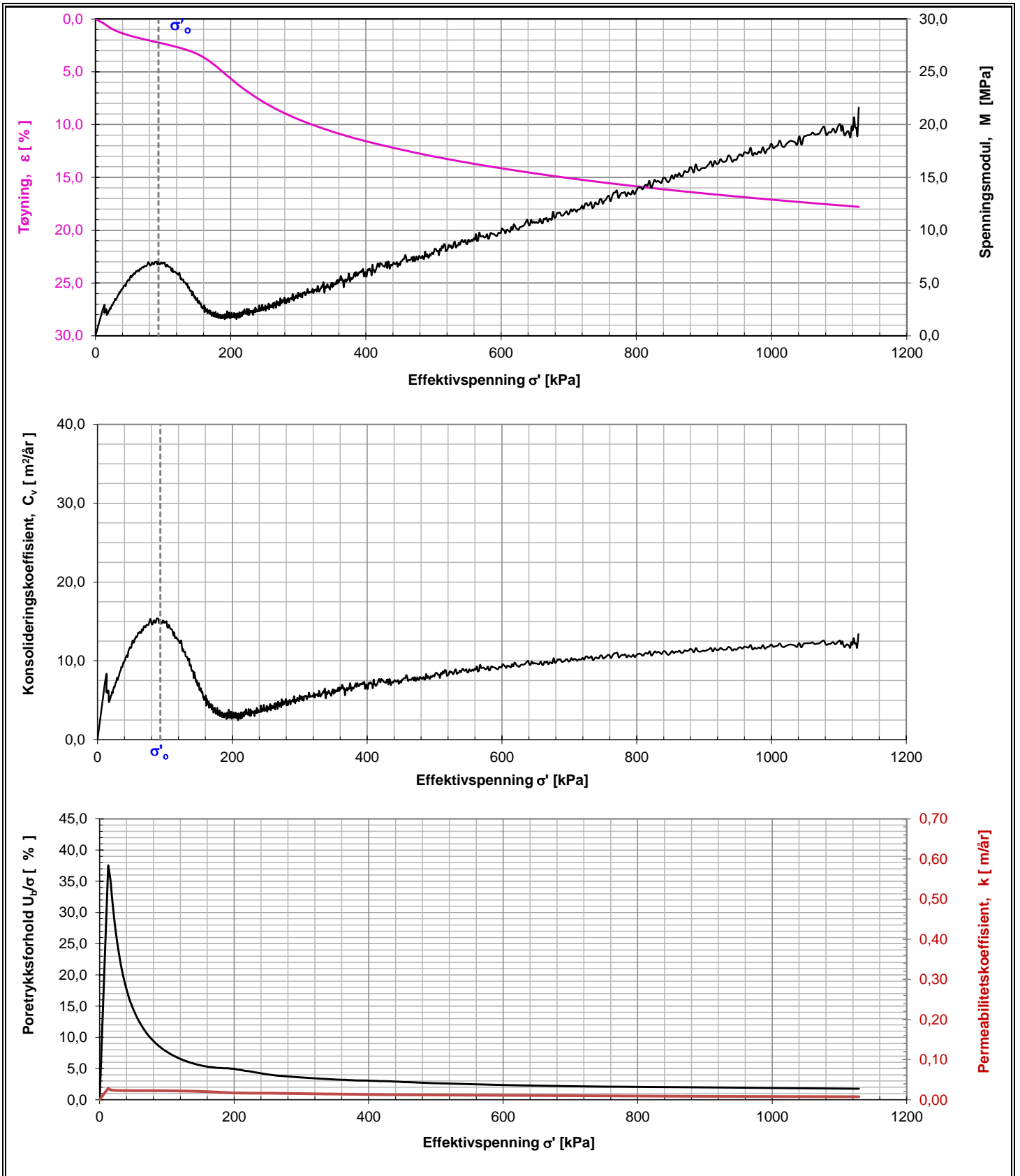
Merknader:

Oppdrags nr.	Lab nr.	Hull nr.	Dybde (m)	σ'_0	Oppdragsnavn	Merknad		
1180368	2_12 1D1	BP2	10,1	106,33	Ulvensplitten			
 Statens vegvesen Østingsjøveien 34, 0667 Oslo		ØDOMETERFORSØK Sentrallab oslo st.1			Prøvens høyde [mm]	20	Diameter [mm]	50
					Vanninnhold [%]	38,1	Grunnvannstand [m]	2,3
					Tyngdetetthet, [kN/m^3]	18,2	Kornetthet [kN/m^3]	27,28
					Tøyningshastighet [mm/min]	0,0035	Metningsgrad [%]	98,5
					Anvendt prosedyre	CRS	Dato	30.08.2018
Utført av: mariad		Kontrollert: jansen		Godkjent				




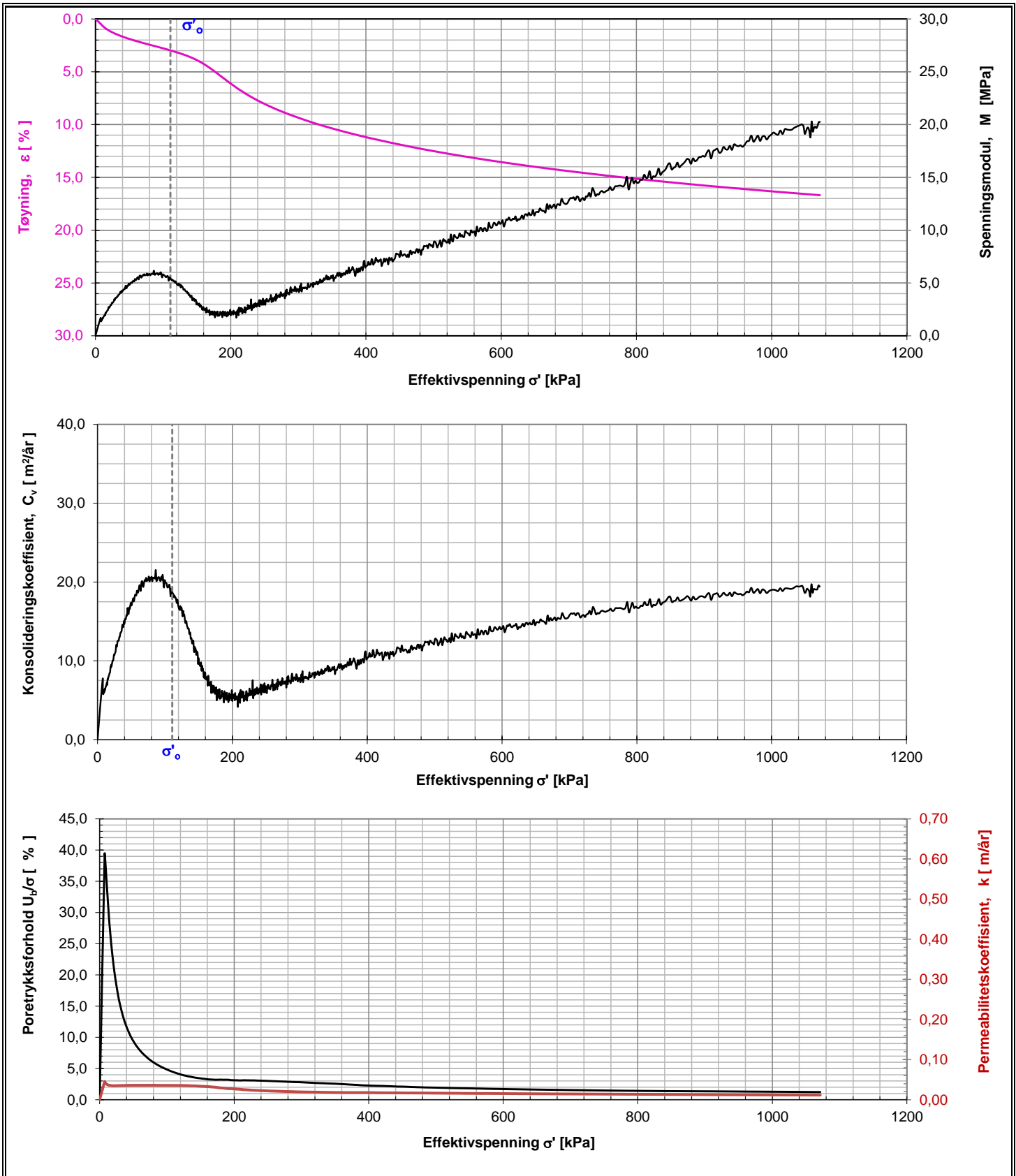
Merknader:

Oppdrags nr.	Lab nr.	Hull nr.	Dybde (m)	σ'_o	Oppdragsnavn	Merknad		
1180368	2_12 1D2	BP2	10,1	106,33	Ulvensplitten			
 Statens vegvesen Østingsjøveien 34, 0667 Oslo	ØDOMETERFORSØK Sentrallab Oslo St2				Prøvens høyde [mm]	20	Diameter [mm]	50
					Vanninnhold [%]	38,1	Grunnvannstand [m]	2,3
					Tyngdetetthet, [kN/m^3]	18,1	Korntetthet [kN/m^3]	27,28
					Tøyningshastighet [mm/min]	0,0035	Metningsgrad [%]	97,5
					Anvendt prosedyre	CRS	Dato	30.08.2018
Utført av: eivboe		Kontrollert: mariad		Godkjent				



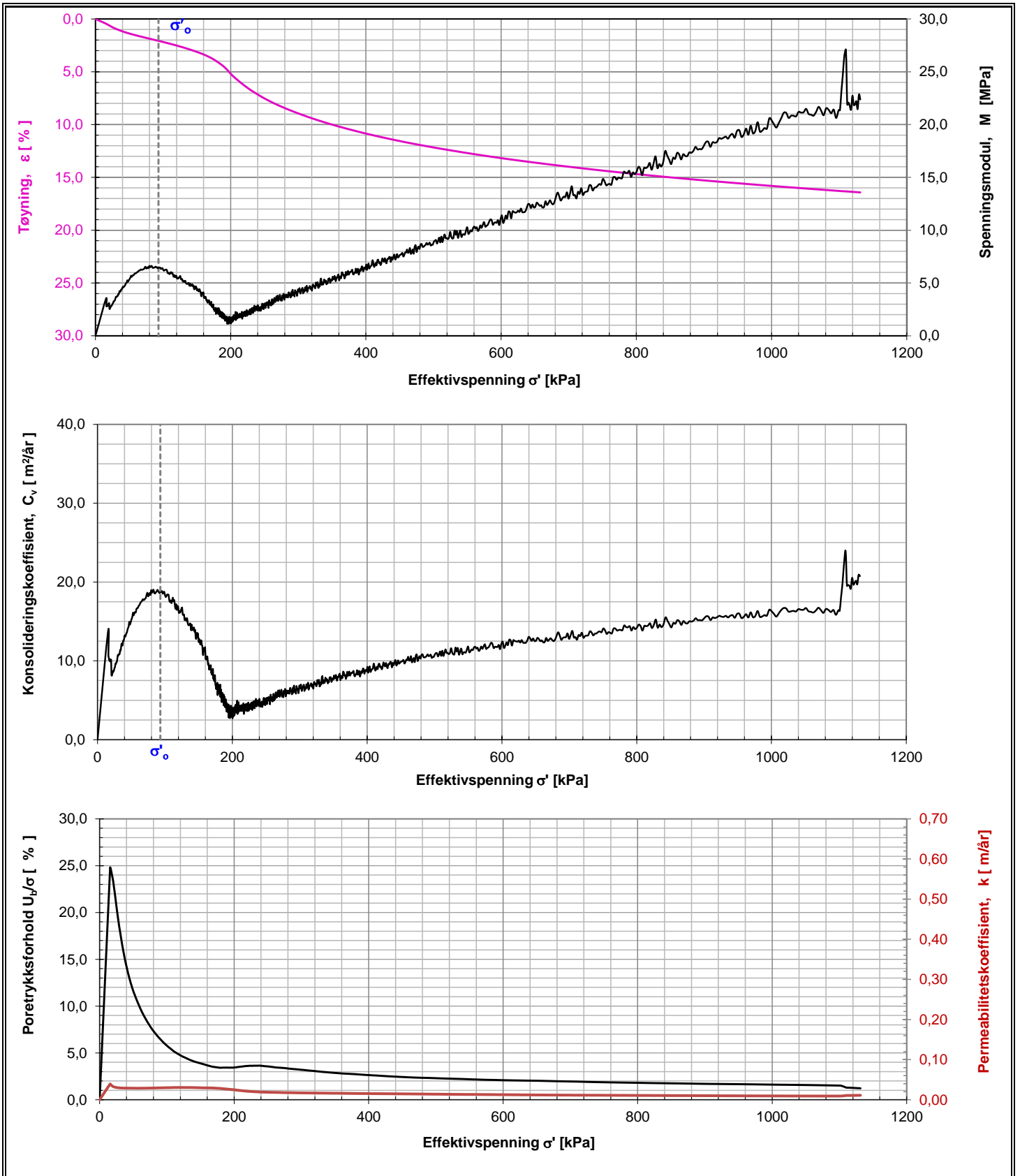
Merknader:

Oppdrags nr.	Lab nr.	Hull nr.	Dybde (m)	σ'_o	Oppdragsnavn	Merknad		
1180368	1D1	BP3	8,1	93,23	Ulvensplitten			
 Statens vegvesen Østingsjøveien 34, 0667 Oslo	ØDOMETERFORSØK Sentrallab. Oslo St.1				Prøvens høyde [mm]	20	Diameter [mm]	50
					Vanninnhold [%]	36	Grunnvannstand [m]	2,6
					Tyngdetetthet, [kN/m ³]	18,3	Korntetthet [kN/m ³]	27,26
					Tøyningshastighet [mm/min]	0,0035	Metningsgrad [%]	97,5
					Anvendt prosedyre	CRS	Dato	22.08.2018
Utført av: Jansen		Kontrollert: mariad		Godkjent				




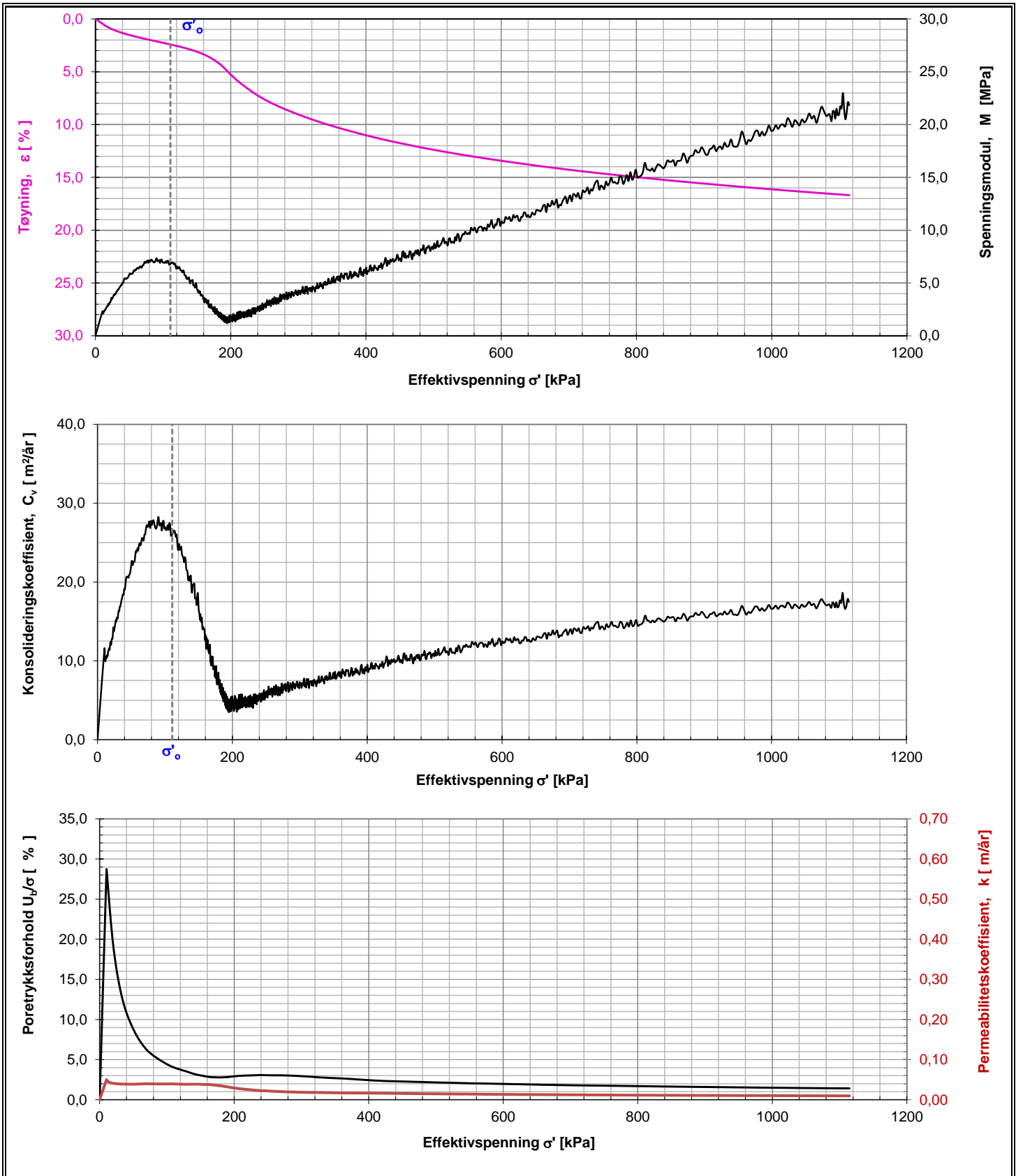
Merknader:

Oppdrags nr.	Lab nr.	Hull nr.	Dybde (m)	σ'_0	Oppdragsnavn	Merknad	
1180368	1D	BP3	10,1	110,84	Ulvensplitten		
 Statens vegvesen Østingsjøveien 34, 0667 Oslo	ØDOMETERFORSØK Sentrallab Oslo st1			Prøvens høyde [mm]	20	Diameter [mm]	50
				Vanninnhold [%]	36,4	Grunnvannstand [m]	2,6
				Tyngdetetthet, [kN/m ³]	18,429	Kornetthet [kN/m ³]	27,30
				Tøyningshastighet [mm/min]	0,0035	Metningsgrad [%]	99,2
				Anvendt prosedyre	CRS	Dato	24.08.2018
Utført av: mariad		Kontrollert: jansen		Godkjent			




Merknader:

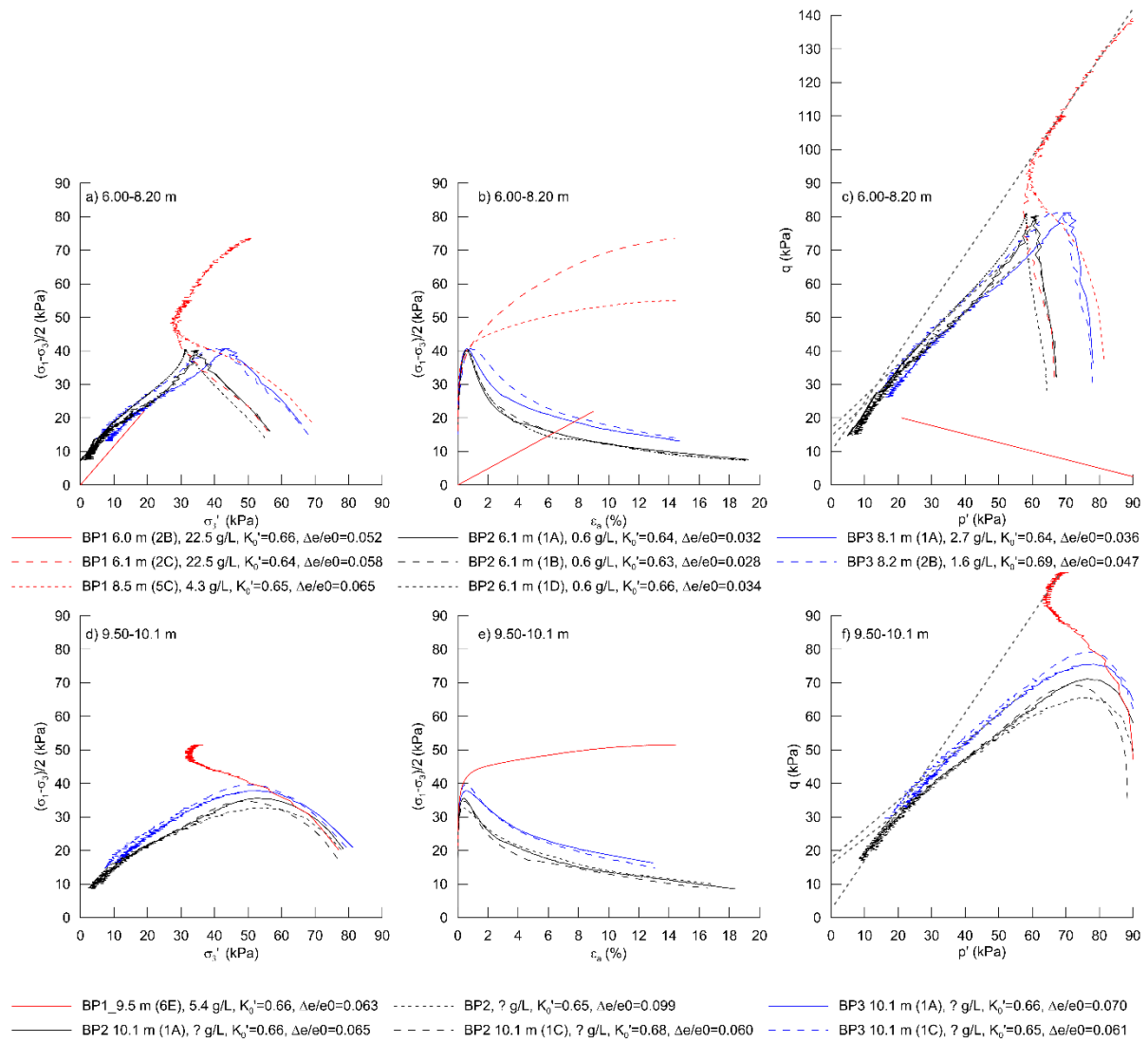
Oppdrags nr.	Lab nr.	Hull nr.	Dybde (m)	σ'_o	Oppdragsnavn	Merknad		
1180368	1D2	BP3	8,1	93,23	Ulvensplitten			
 Statens vegvesen Østingsjøveien 34, 0667 Oslo	ØDOMETERFORSØK Oslo Sentrallab St2				Prøvens høyde [mm]	20	Diameter [mm]	50
					Vanninnhold [%]	36	Grunnvannstand [m]	2,6
					Tyngdetetthet, [kN/m^3]	18,4	Kornetthet [kN/m^3]	27,26
					Tøyningshastighet [mm/min]	0,0035	Metningsgrad [%]	99,1
					Anvendt prosedyre	CRS	Dato	22.08.2018
Utført av: eivboe		Kontrollert: jansen		Godkjent:				



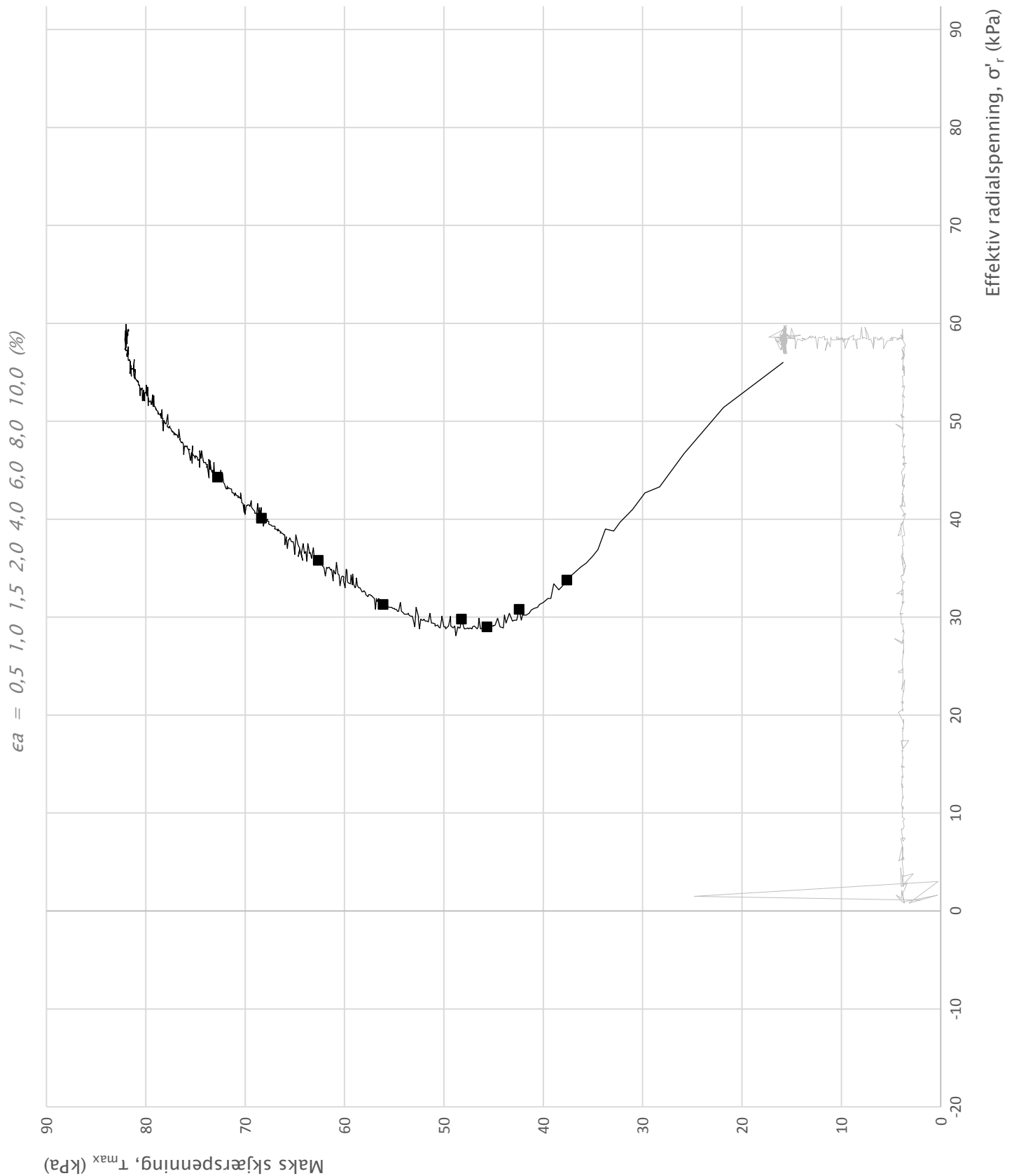
Merknader:

Oppdrags nr.	Lab nr.	Hull nr.	Dybde (m)	σ'_0	Oppdragsnavn	Merknad		
1180368	1D-2	BP3	10,1	110,84	Ulvensplitten			
 Statens vegvesen Østingsjøveien 34, 0667 Oslo	ØDOMETERFORSØK Sentrallab Oslo st2				Prøvens høyde [mm]	20	Diameter [mm]	50
					Vanninnhold [%]	36,4	Grunnvannstand [m]	2,6
					Tyngdetetthet, [kN/m^3]	18,1	Kornetthet [kN/m^3]	27,30
					Tøyningshastighet [mm/min]	0,0035	Metningsgrad [%]	96,2
					Anvendt prosedyre	CRS	Dato	24.08.2018
Utført av: mariad		Kontrollert: jansen		Godkjent				

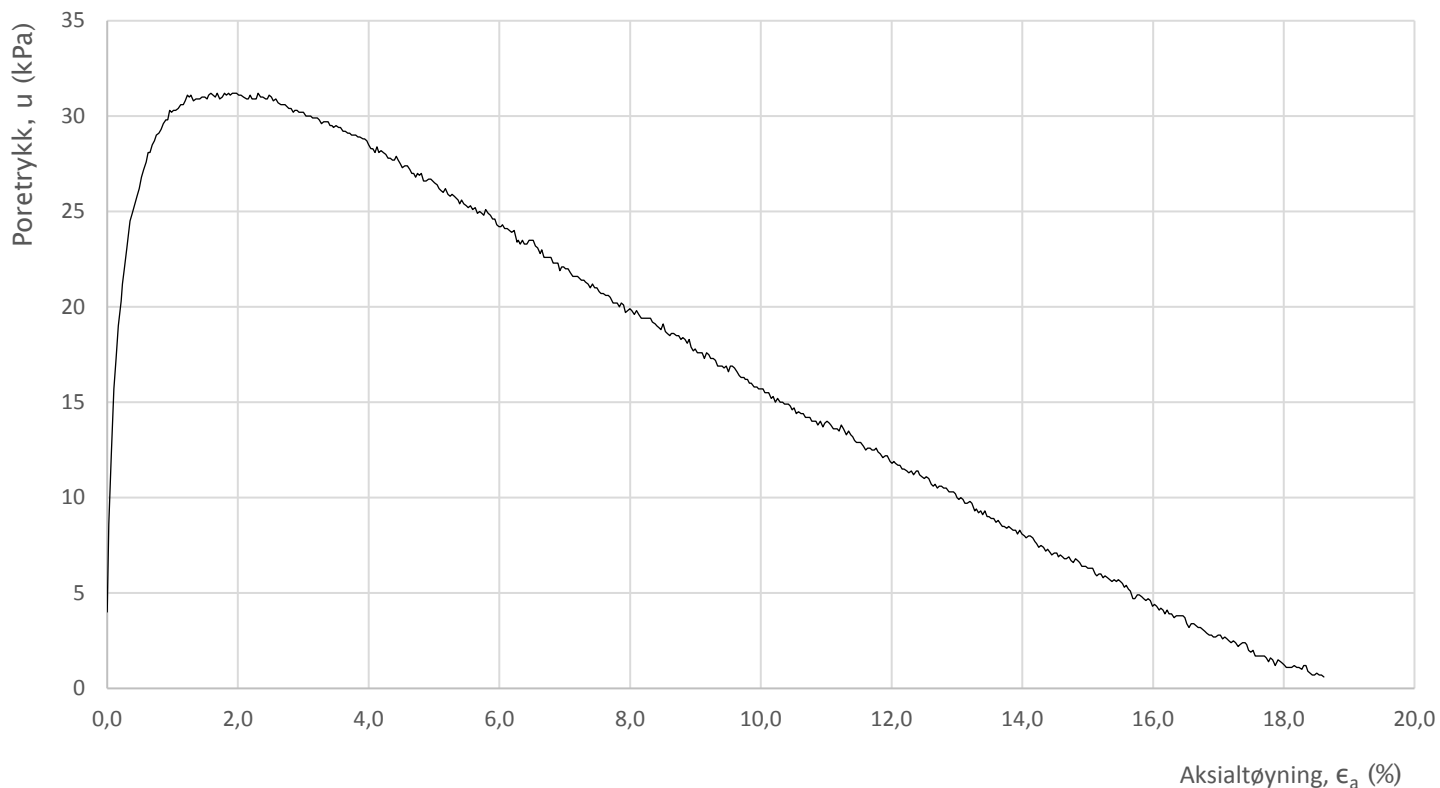
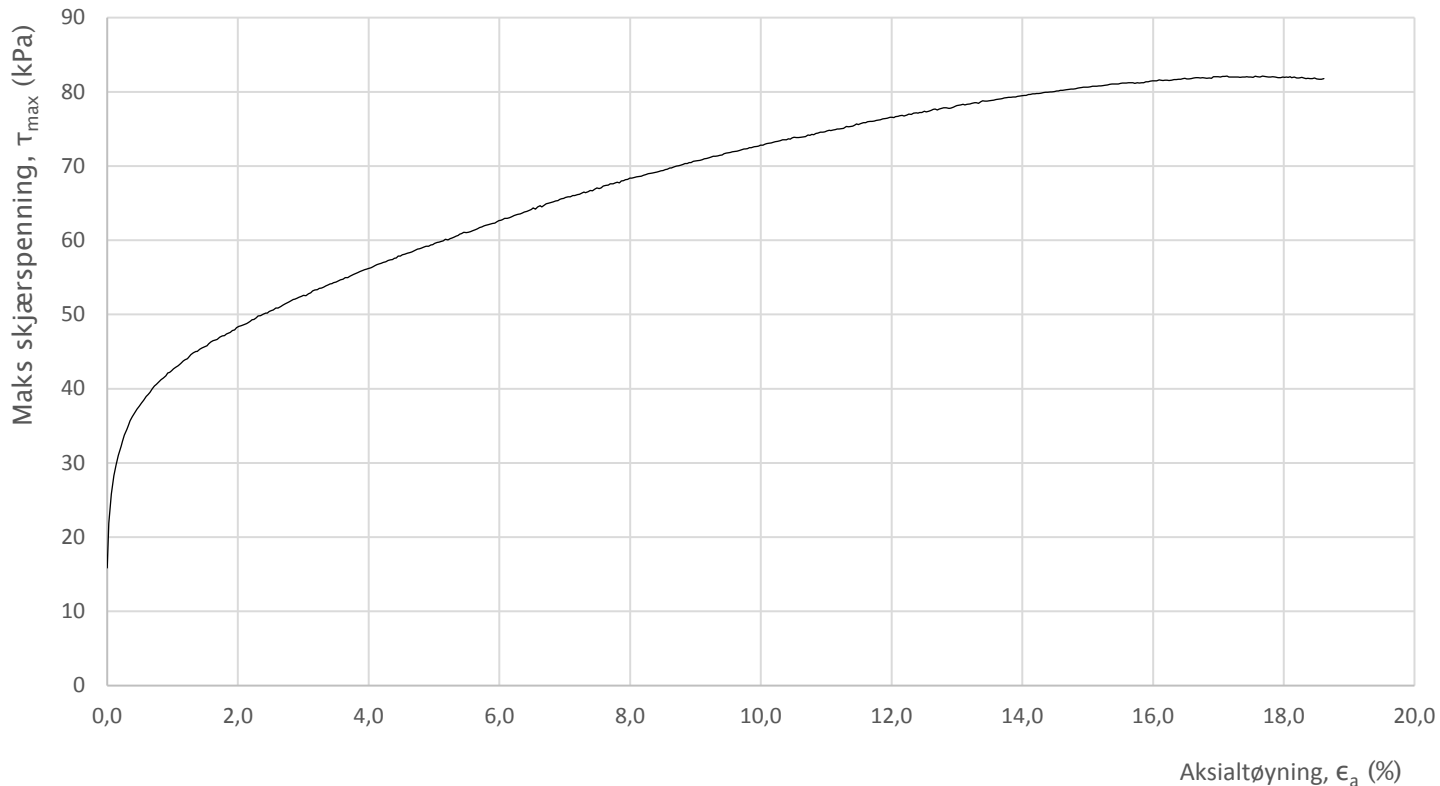
E. Treksialforsøk – Ulvensplitten



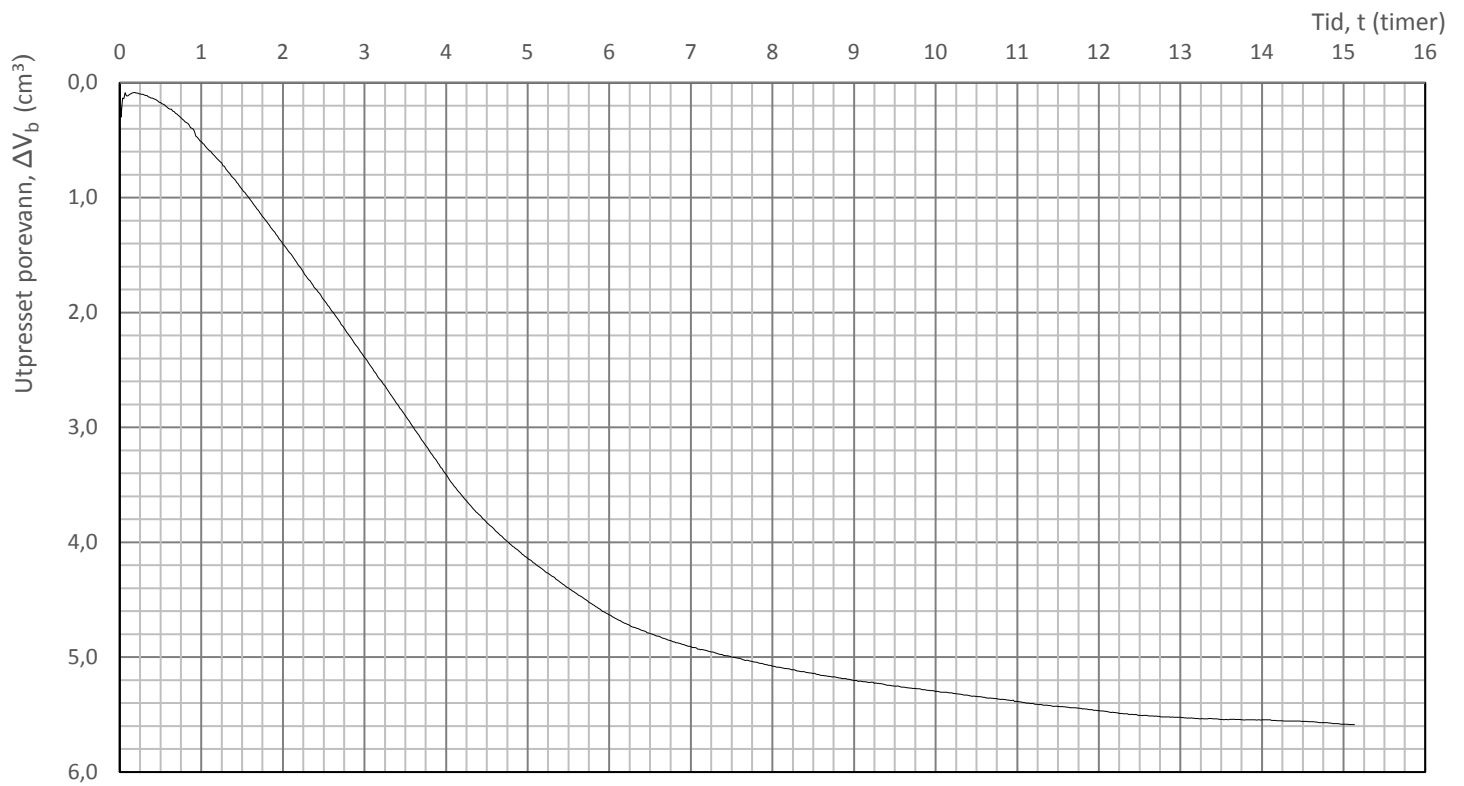
Figur E-1 Samleplott treksialforsøk Ulvensplitten



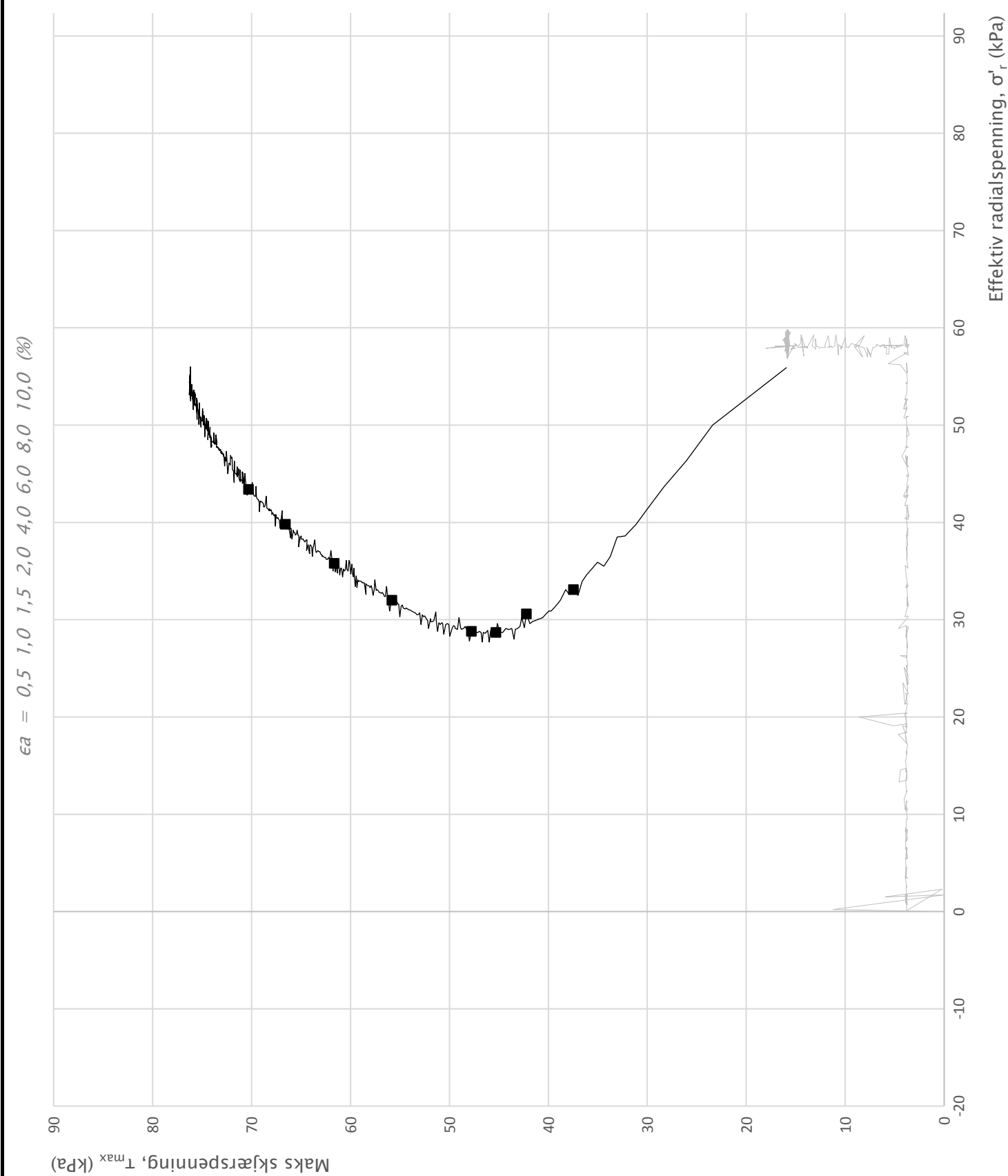
Prosjekt		Prosjektnummer: 1180368		Borhull
Ulvensplitten				BP1B
Innhold				Dybde (m)
Spenningssti i skjærfase, σ'_r - τ plott (NTNU)				6,00
 Statens vegvesen	Utført	Kontrollert	Godkjent	Forsøkstype
	Region	Dato utført	Rev. dato	Figur
	mariad	jansen	Godkjent	CAUC
	Øst	05.09.2018		1




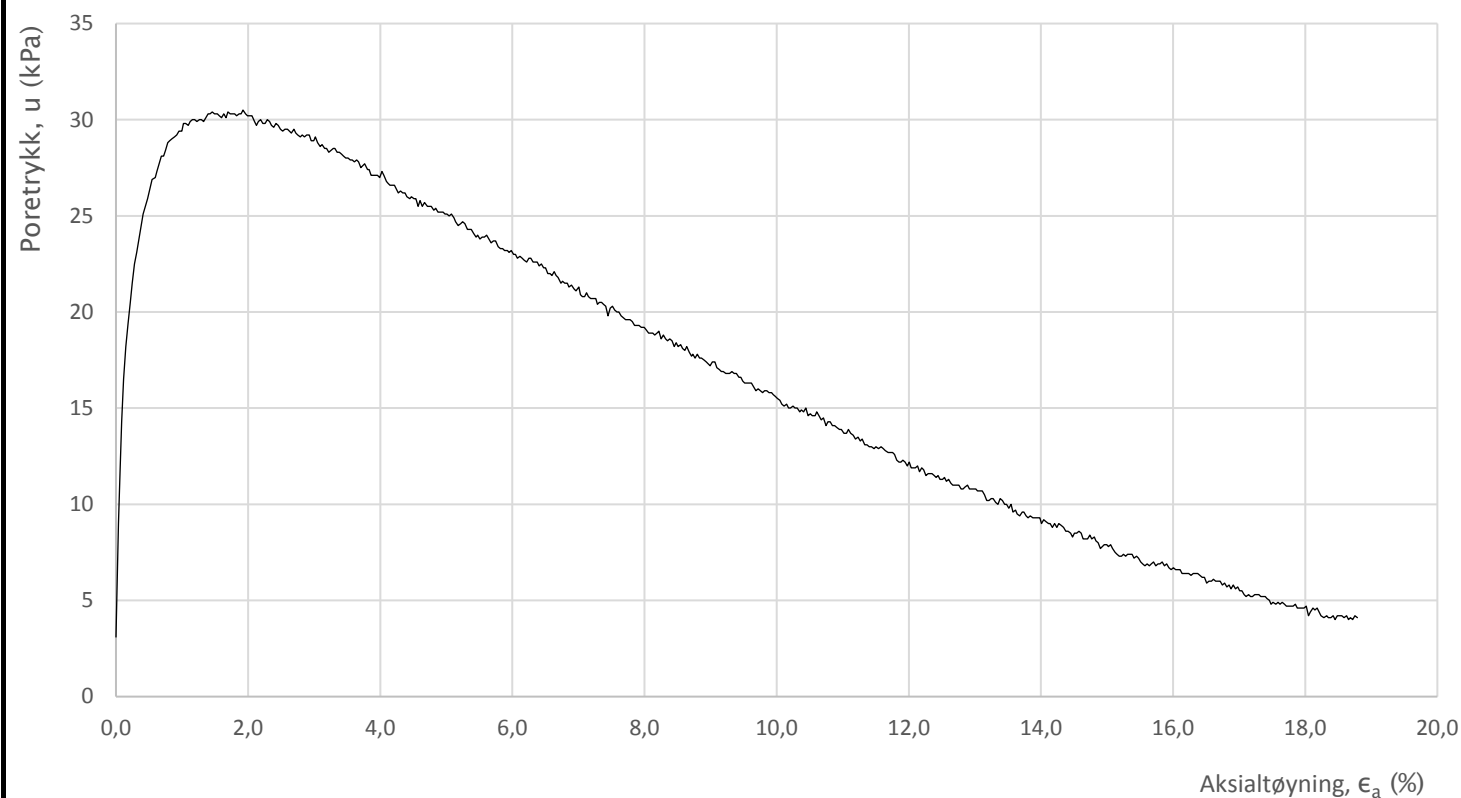
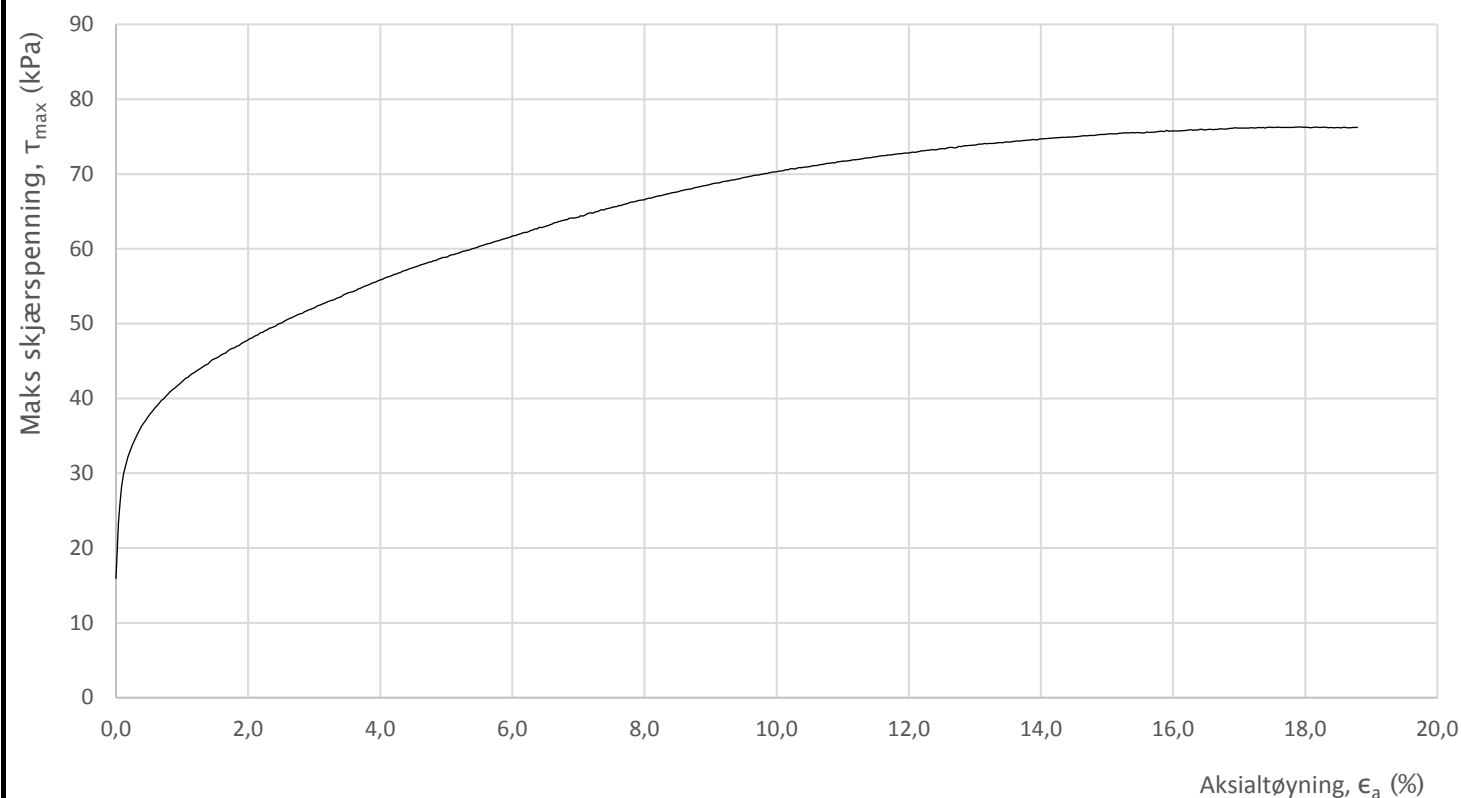
Prosjekt		Prosjektnummer: 1180368		Borhull
Ulvensplitten				BP1B
Innhold				Dybde (m)
Bruddutvikling i skjærfase, ϵ_a - τ og ϵ_a -u plott				6,00
 Statens vegvesen	Utført	Kontrollert	Godkjent	Forsøkstype
	mariad	jansen	Godkjent	CAUc
Region	Dato utført	Revisjon	Figur	4
Øst	05.09.2018	Rev. dato		



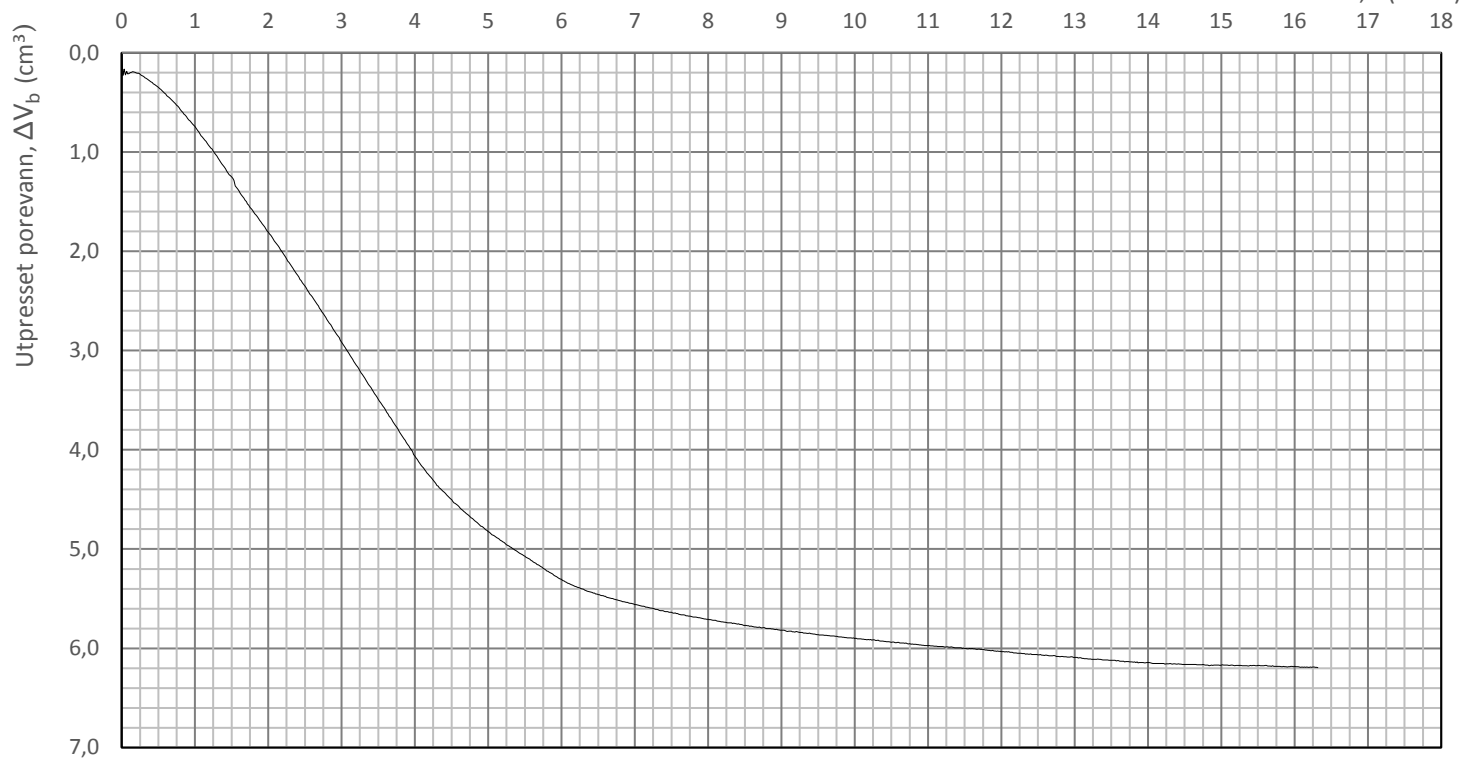
Prosjekt		Prosjektnummer: 1180368		Borhull
Ulvensplitten				BP1B
Innhold				Dybde (m)
Konsolidering				6,00
 Statens vegvesen	Utført	Kontrollert	Godkjent	Forsøkstype
	mariad	jansen	Godkjent	CAUc
Region	Dato utført	Revisjon	Figur	
Øst	05.09.2018	Rev. dato	6	



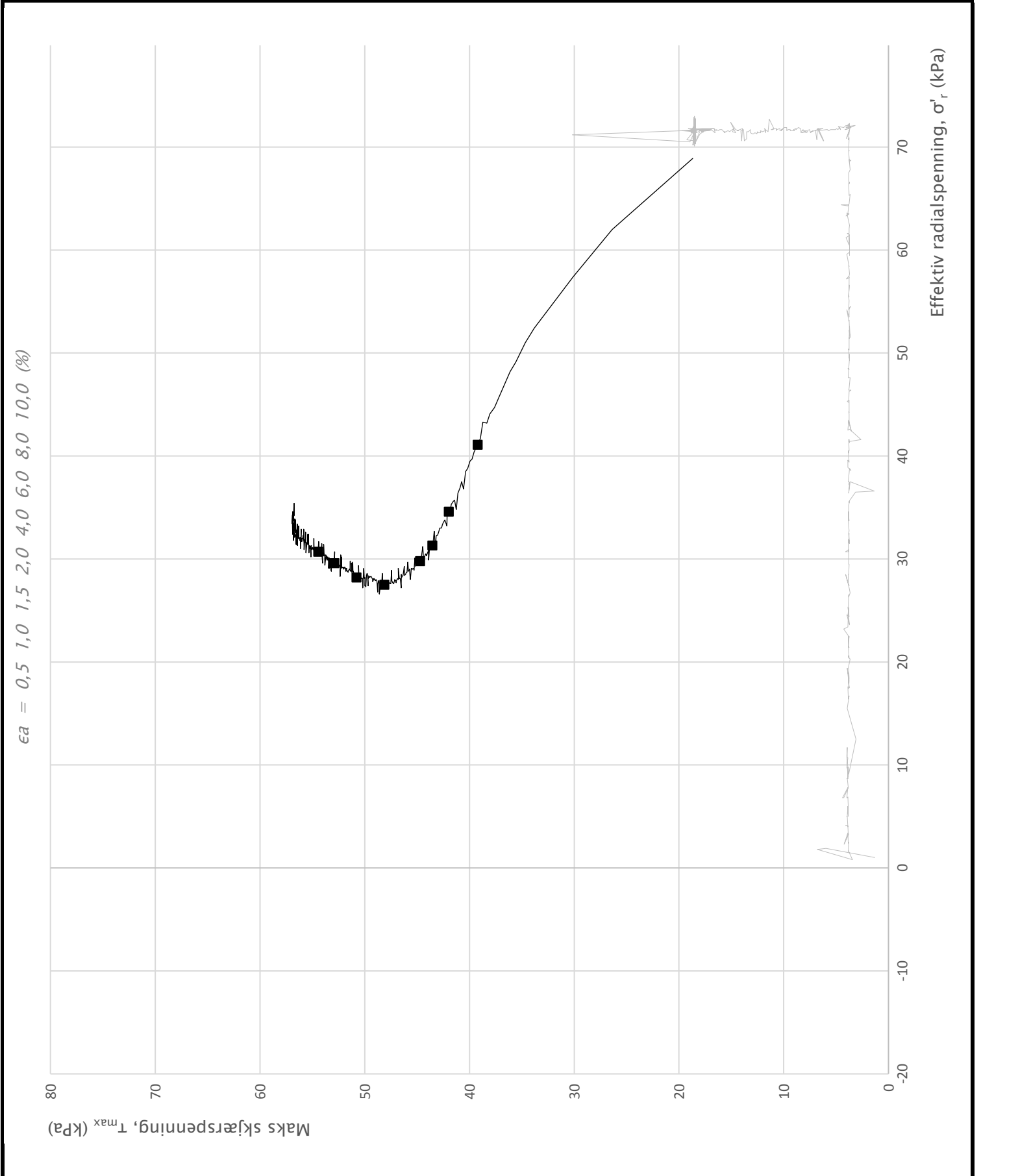
Prosjekt		Prosjektnummer: 1180368		Borhull
Ulvensplitten				BP1B
Innhold				Dybde (m)
Spenningssti i skjærfase, σ'_r - τ plott (NTNU)				6,10
 Statens vegvesen	Utført	Kontrollert	Godkjent	Forsøkstype
	Region	Dato utført	Revisjon	Figur
	Øst	05.09.2018	Godkjent	1
			Rev. dato	




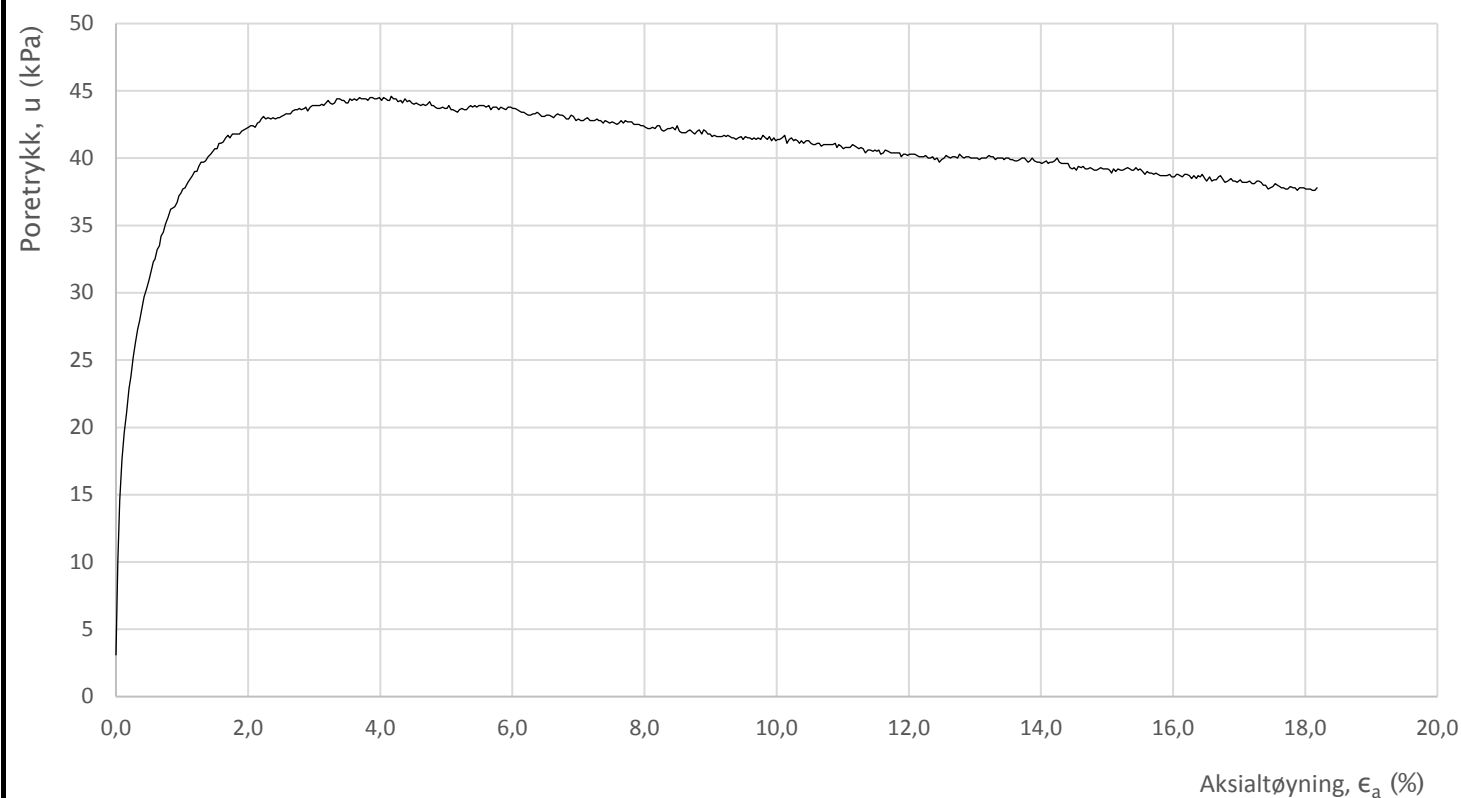
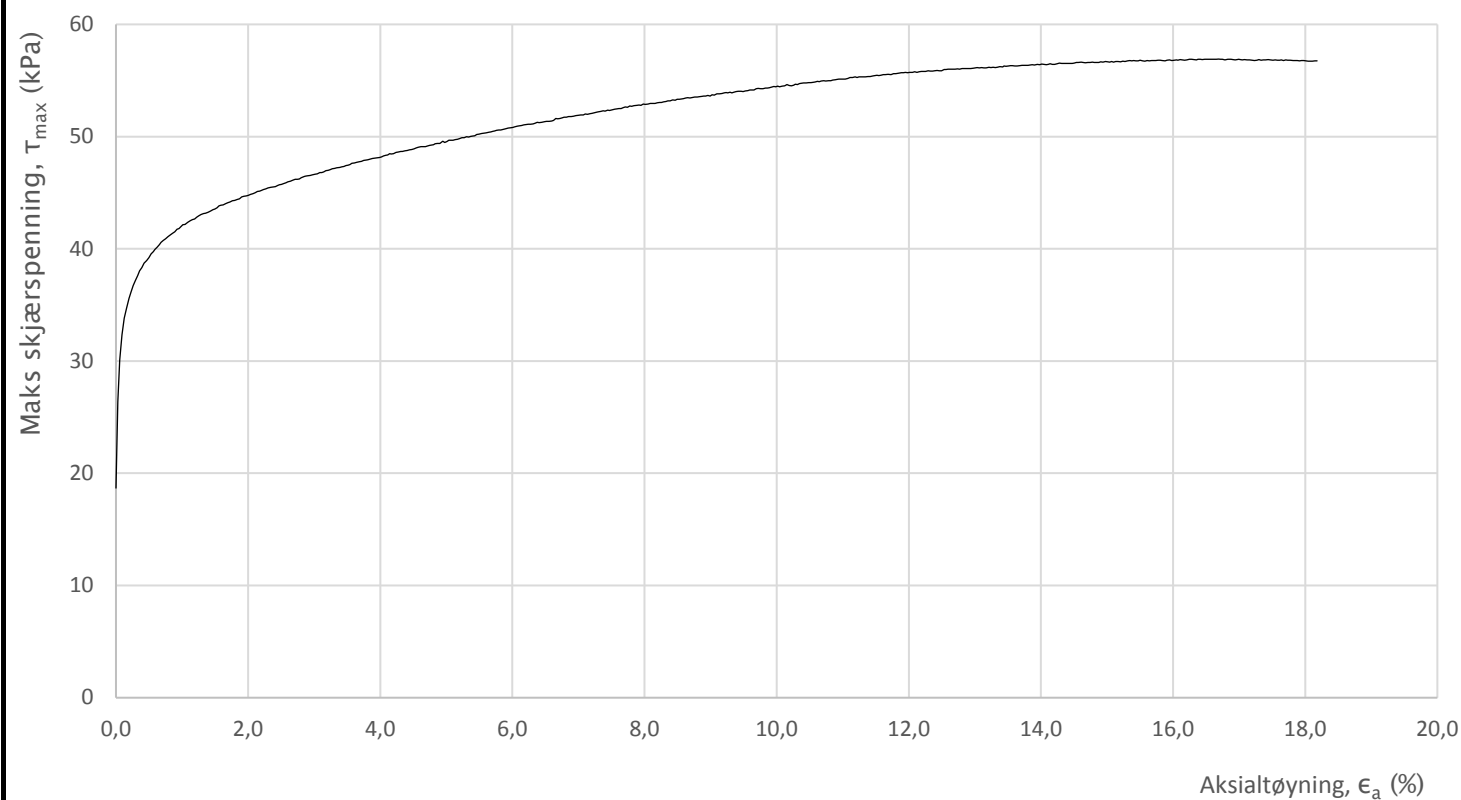
Prosjekt Ulvensplitten		Prosjektnummer: 1180368		Borhull BP1B
Innhold Bruddutvikling i skjærfase, ϵ_a - τ og ϵ_a -u plott				Dybde (m) 6,10
 Statens vegvesen	Utført marriad	Kontrollert jansen	Godkjent Godkjent	Forsøkstype CAUc
	Region Øst	Dato utført 05.09.2018	Revisjon Rev. dato	Figur 4



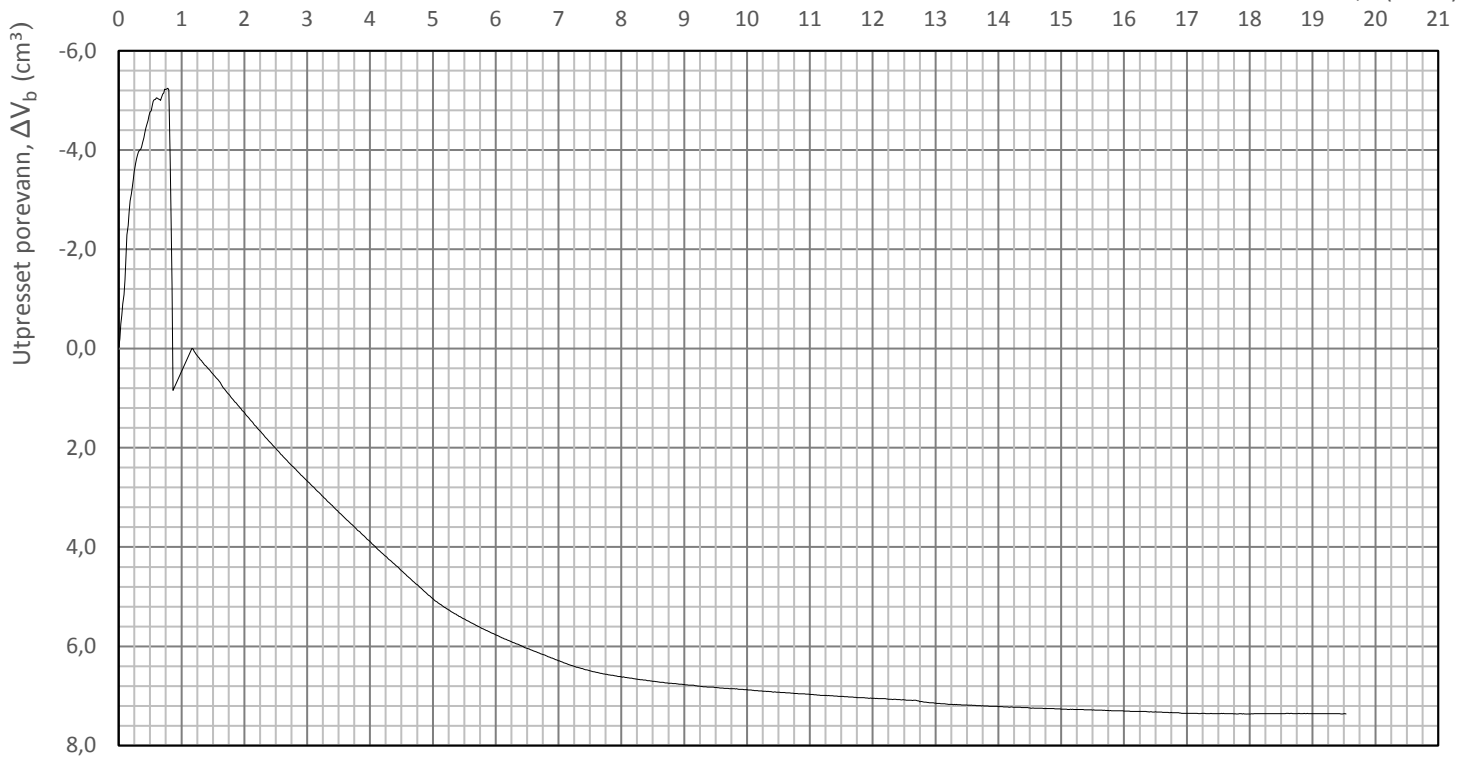
Prosjekt		Prosjektnummer: 1180368		Borhull
Ulvensplitten				BP1B
Innhold				Dybde (m)
Konsolidering				6,10
 Statens vegvesen	Utført	Kontrollert	Godkjent	Forsøkstype
	Region	Dato utført	Revisjon	Figur
	Øst	05.09.2018	Godkjent	6
			Rev. dato	



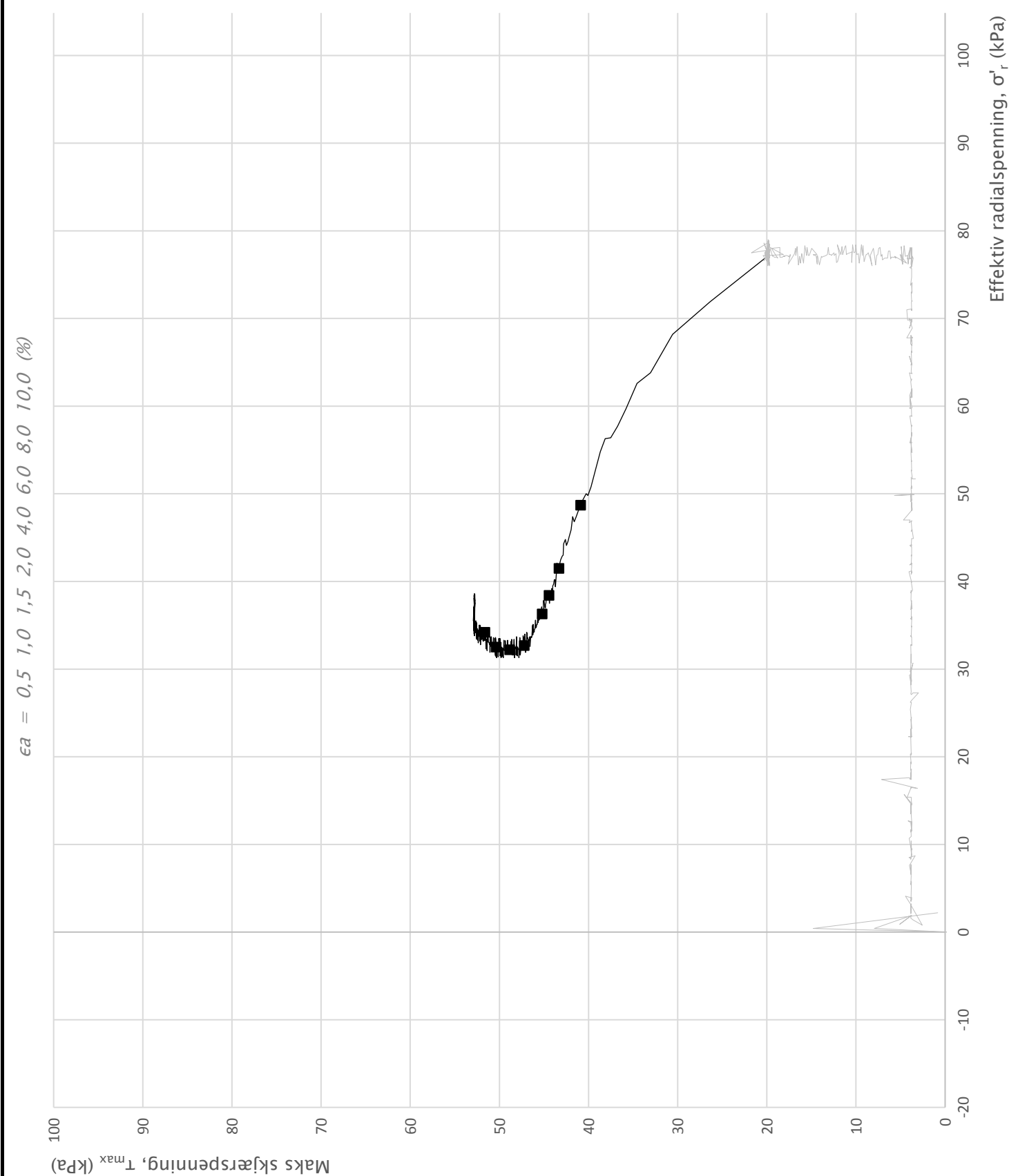
Prosjekt		Prosjektnummer: 1180368		Borhull
Ulvensplitten				BP1B
Innhold				Dybde (m)
Spenningssti i skjærfase, σ'_r - τ plott (NTNU)				8,50
 Statens vegvesen	Utført	Kontrollert	Godkjent	Forsøkstype
	Region	Dato utført	Revisjon	Figur
	Øst	10.09.2018	Godkjent	1
			Rev. dato	



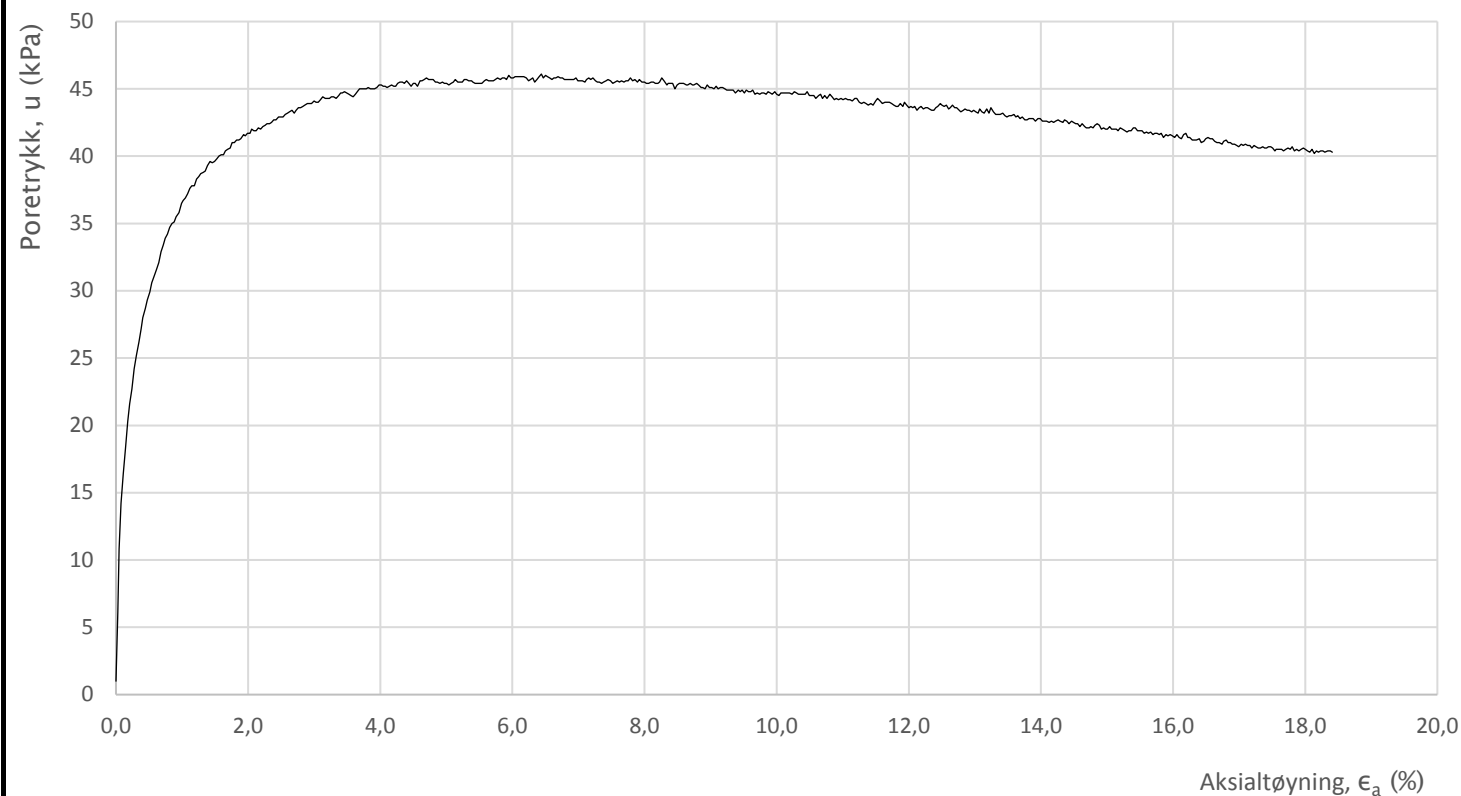
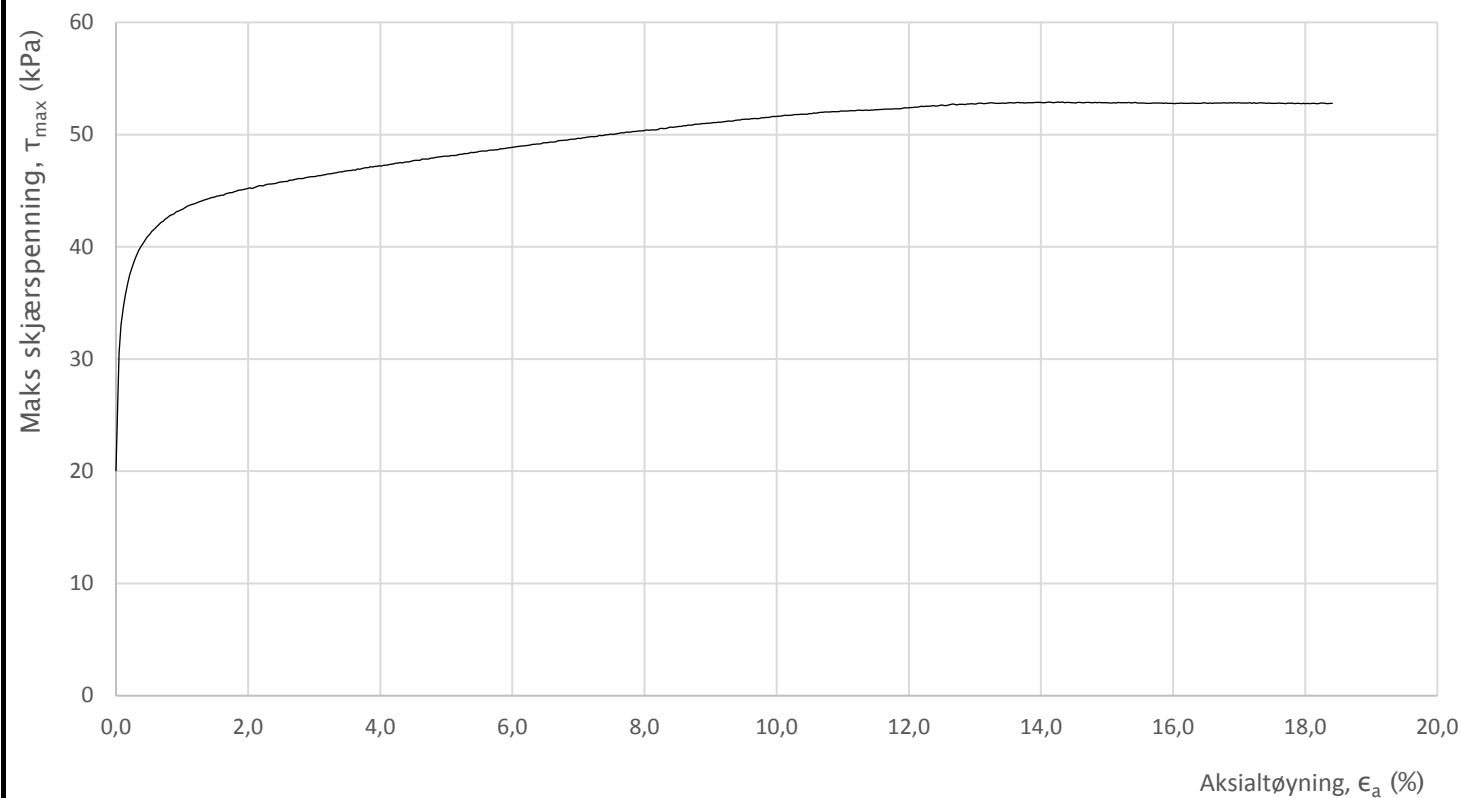
Prosjekt		Prosjektnummer: 1180368		Borhull
Ulvensplitten				BP1B
Innhold				Dybde (m)
Bruddutvikling i skjærfase, ϵ_a - τ og ϵ_a -u plott				8,50
 Statens vegvesen	Utført	Kontrollert	Godkjent	Forsøkstype
	Region	Dato utført	Revisjon	Figur
	Øst	10.09.2018	Godkjent	4
			Rev. dato	



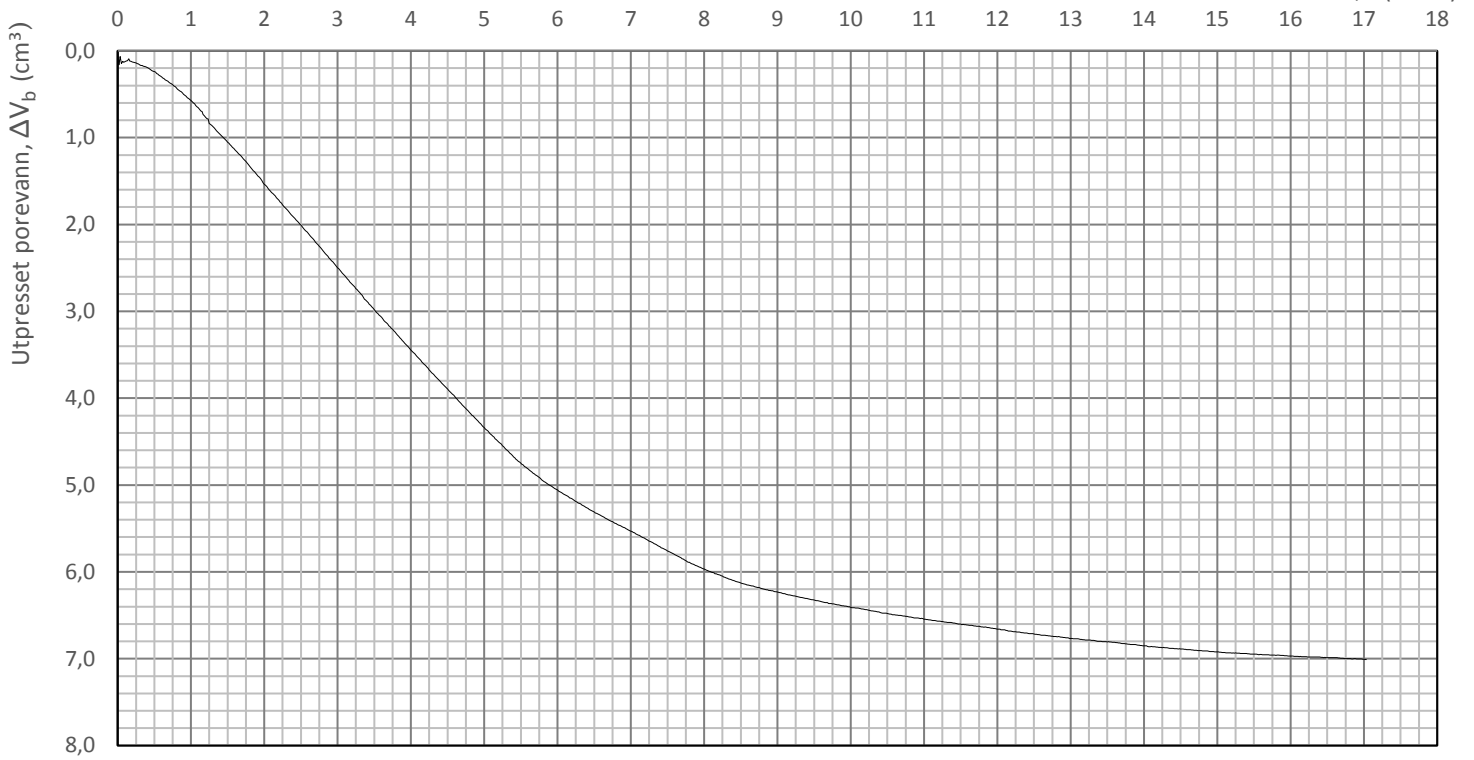
Prosjekt Ulvensplitten		Prosjektnummer: 1180368		Borhull BP1B
Innhold Konsolidering				Dybde (m) 8,50
 Statens vegvesen	Utført mariad	Kontrollert jansen	Godkjent Godkjent	Forsøkstype CAUc
	Region Øst	Dato utført 10.09.2018	Revisjon Rev. dato	Figur 6



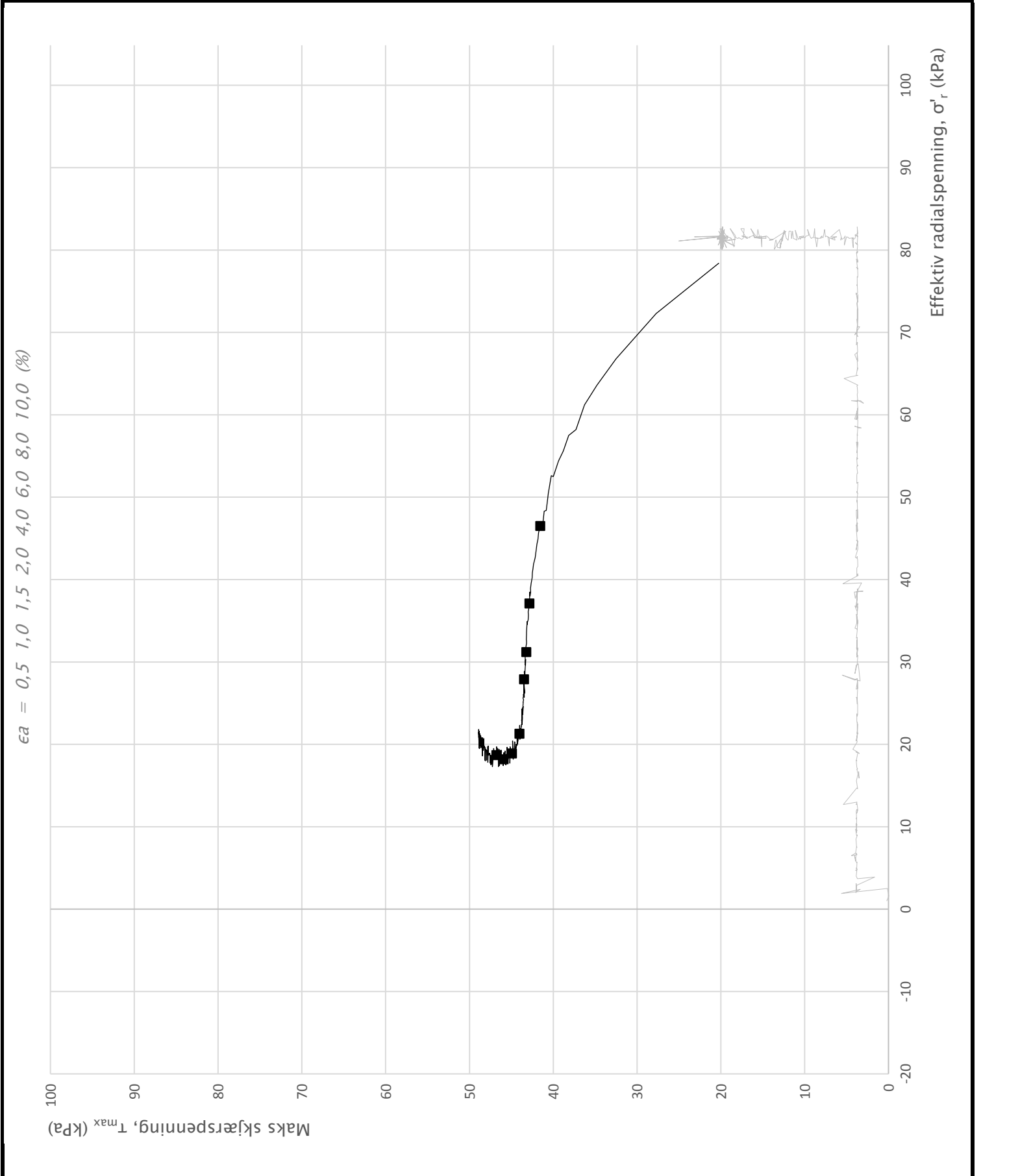
Prosjekt		Prosjektnummer: 1180368		Borhull
Ulvensplitten				BP1B
Innhold				Dybde (m)
Spenningssti i skjærfase, σ'_r - τ plott (NTNU)				9,50
 Statens vegvesen	Utført	Kontrollert	Godkjent	Forsøkstype
	Region	Dato utført	Revisjon	Figur
	Øst	10.09.2018	Godkjent	1
			Rev. dato	




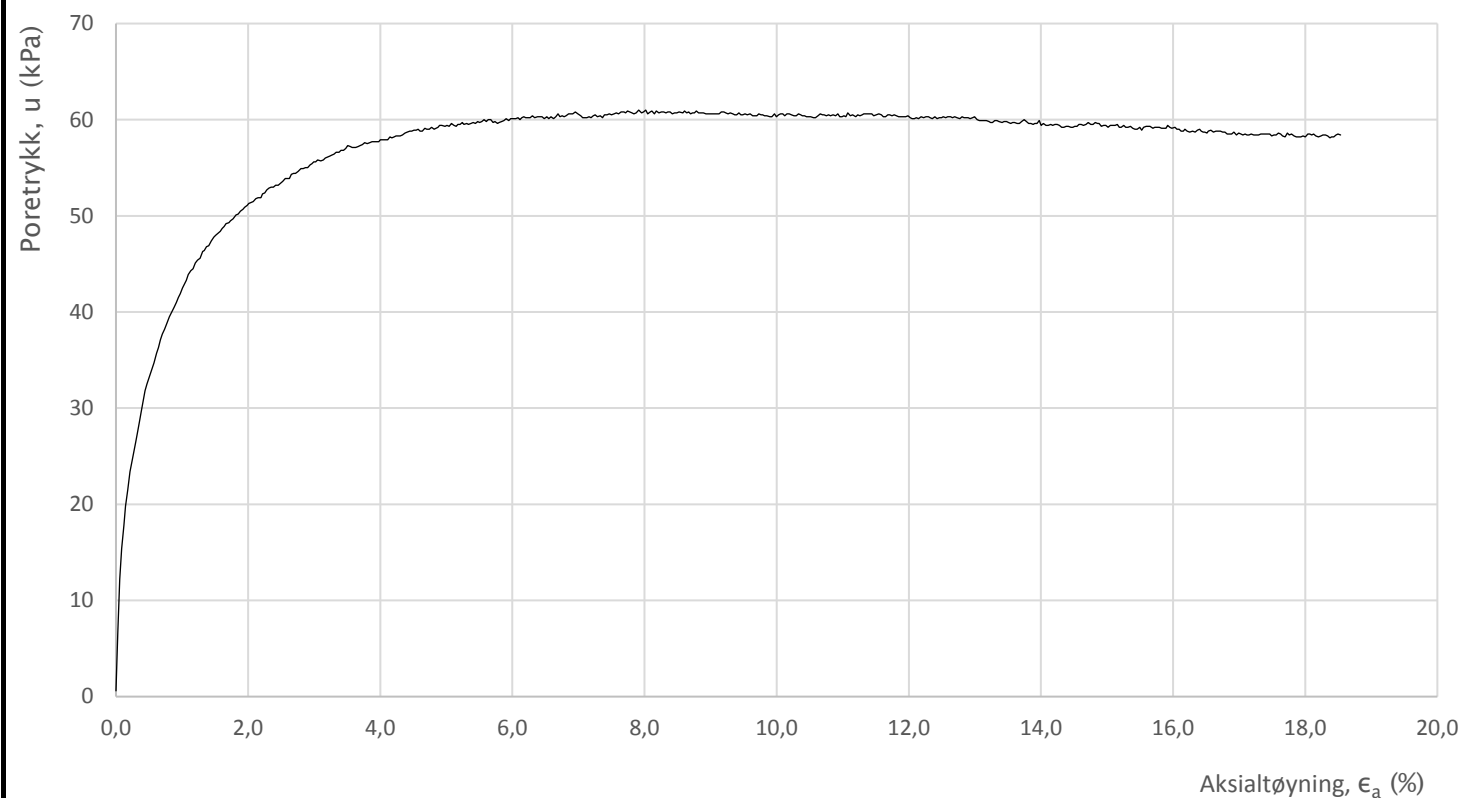
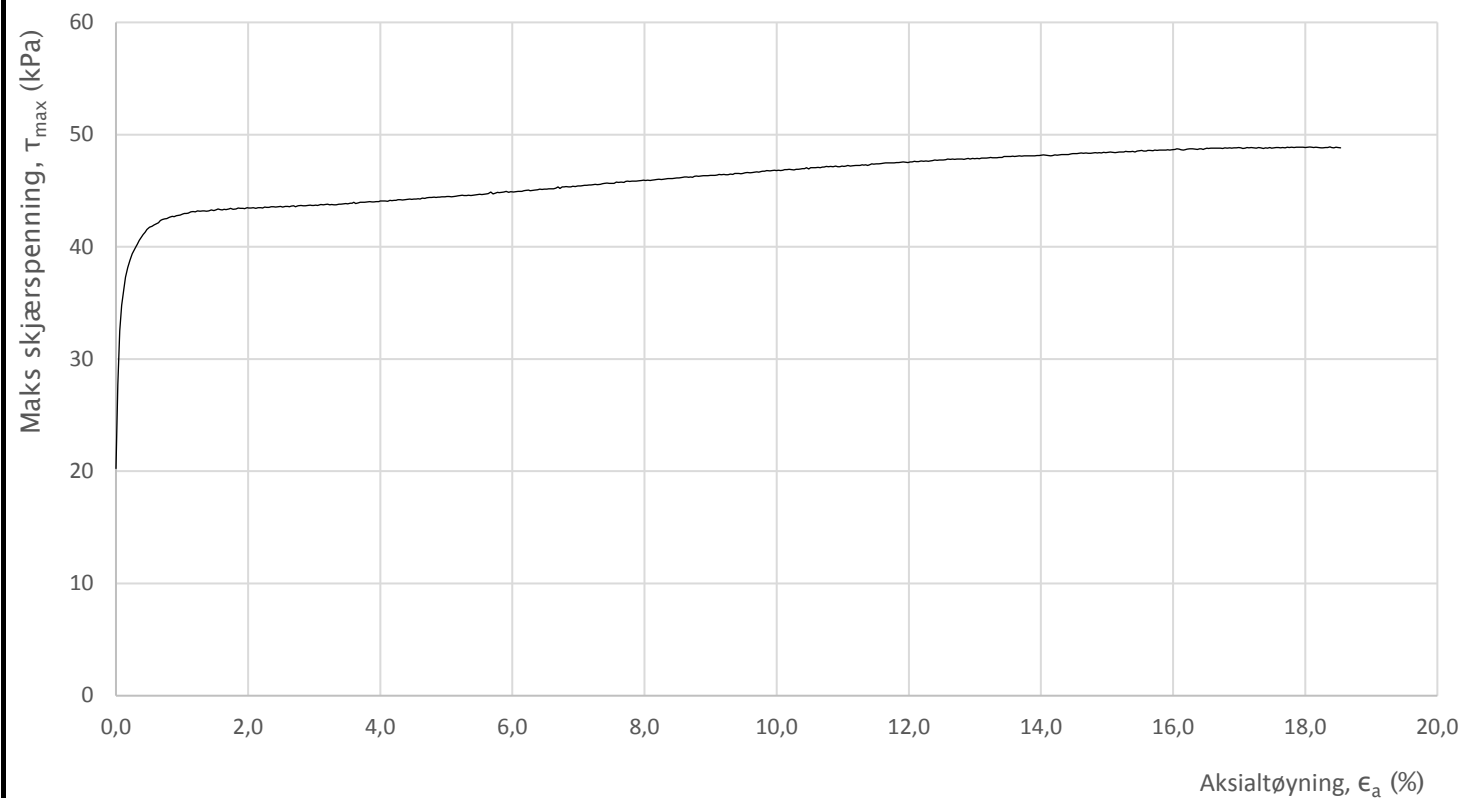
Prosjekt		Prosjektnummer: 1180368		Borhull
Ulvensplitten				BP1B
Innhold				Dybde (m)
Bruddutvikling i skjærfase, ϵ_a - τ og ϵ_a -u plott				9,50
 Statens vegvesen	Utført	Kontrollert	Godkjent	Forsøkstype
	Region	Dato utført	Revisjon	Figur
	Øst	10.09.2018	Godkjent	4
			Rev. dato	




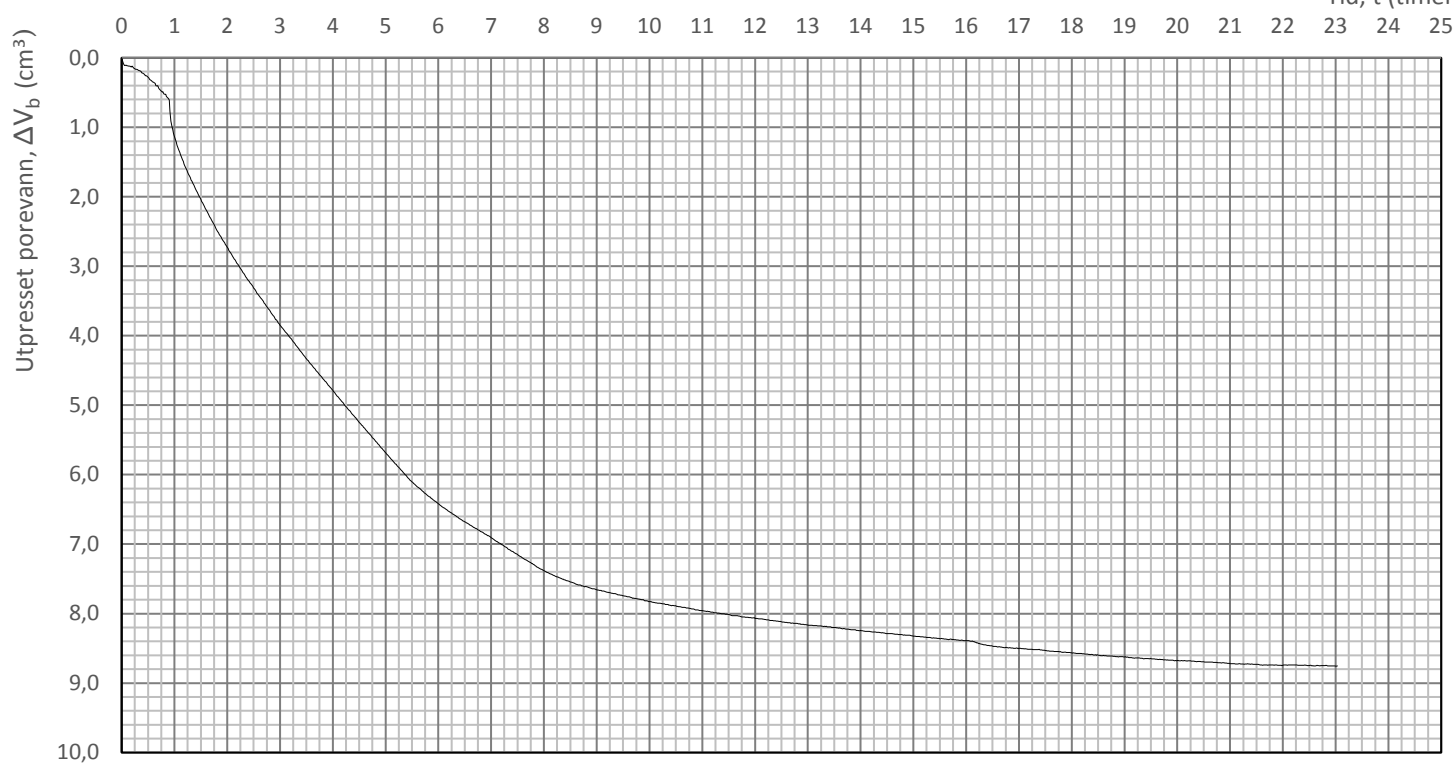
Prosjekt		Prosjektnummer: 1180368		Borhull
Ulvensplitten				BP1B
Innhold				Dybde (m)
Konsolidering				9,50
 Statens vegvesen	Utført	Kontrollert	Godkjent	Forsøkstype
	Region	Dato utført	Revisjon	Figur
	Øst	10.09.2018	Godkjent	CAUc
			Rev. dato	6



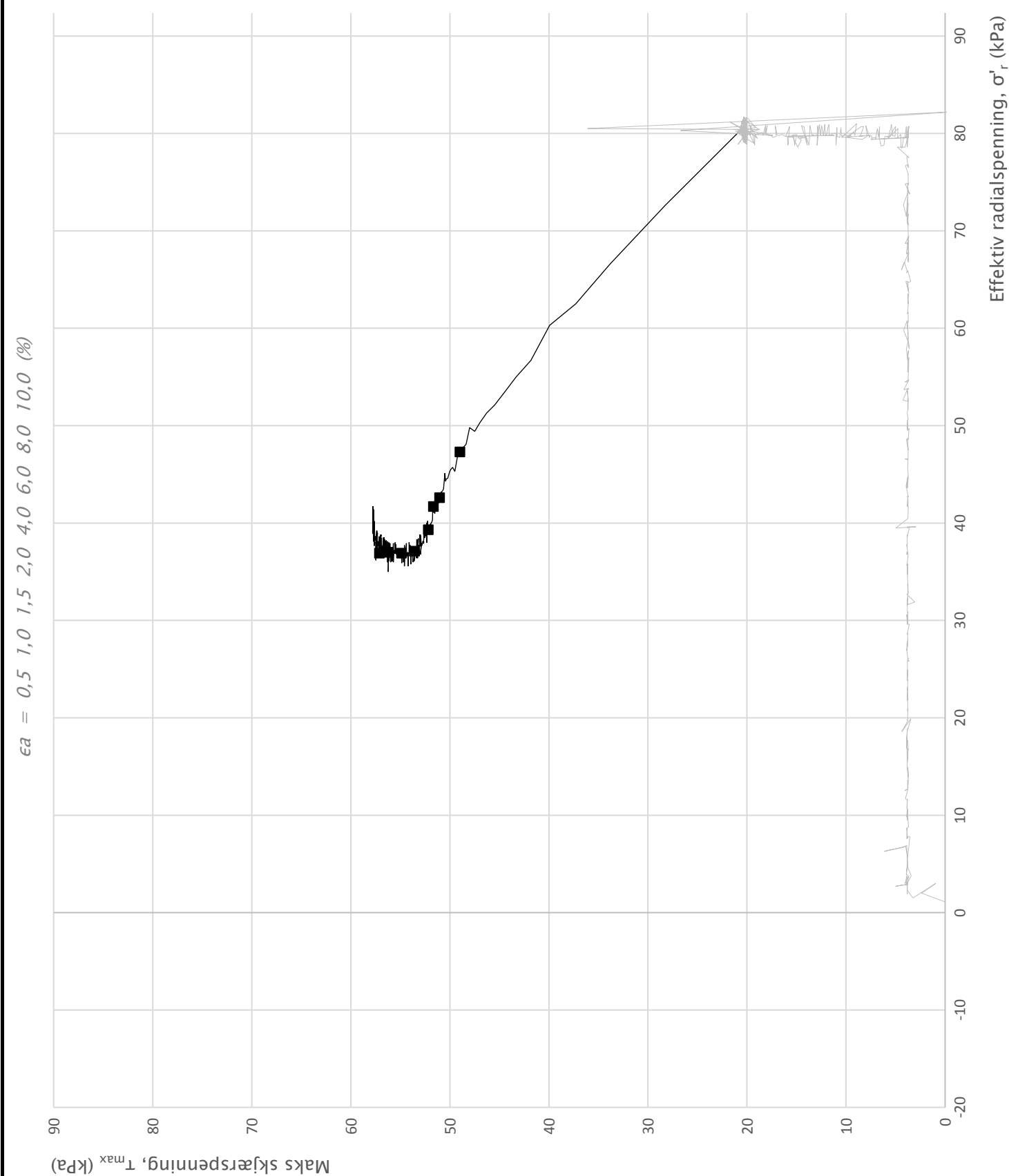
Prosjekt		Prosjektnummer: 1180368		Borhull
Ulvensplitten				BP1B
Innhold				Dybde (m)
Spenningssti i skjærfase, σ'_r - τ plott (NTNU)				10,00
 Statens vegvesen	Utført	Kontrollert	Godkjent	Forsøkstype
	eivboe	mariad	Godkjent	CAUc
Region	Dato utført	Revisjon	Figur	1
Øst	07.09.2018	Rev. dato		




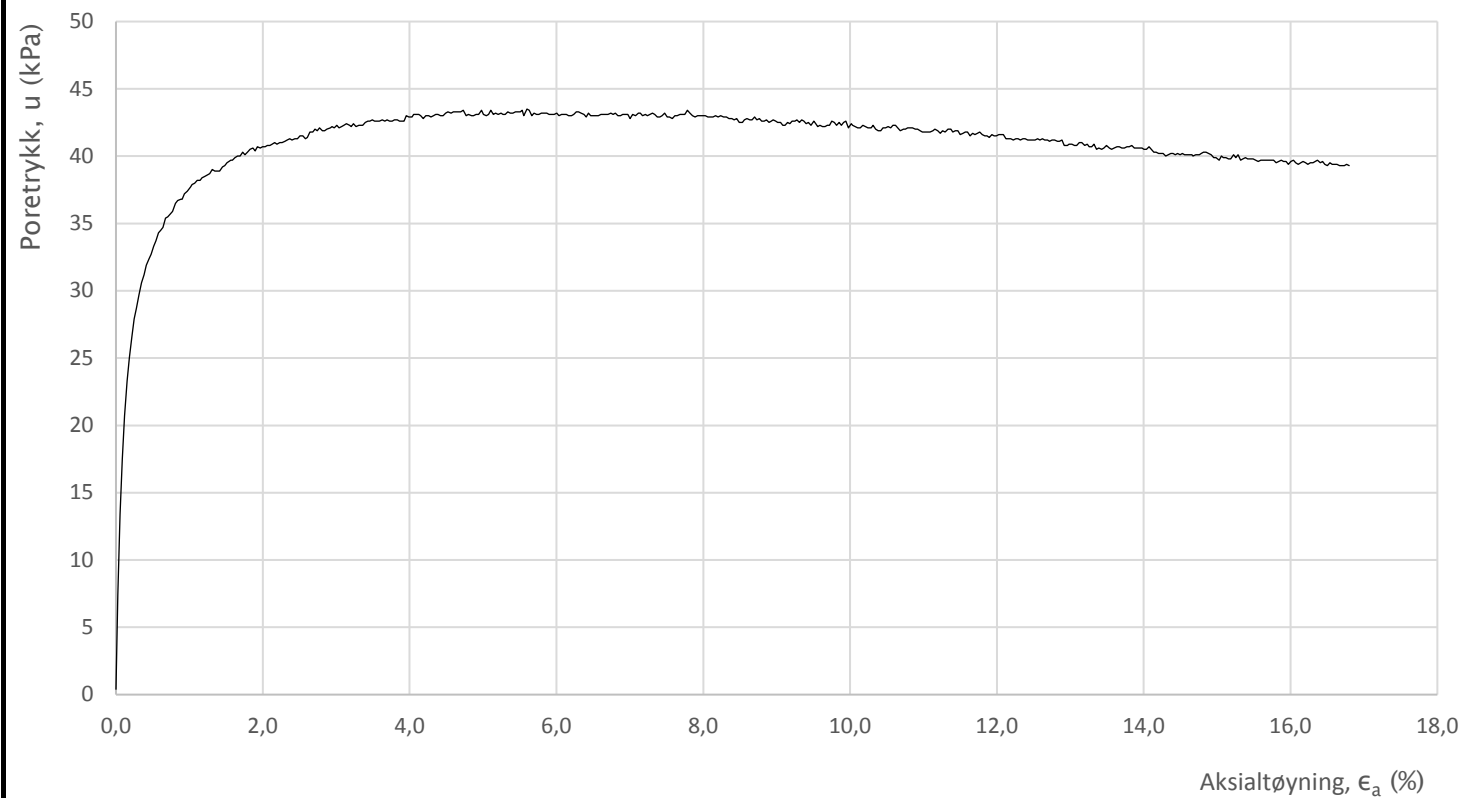
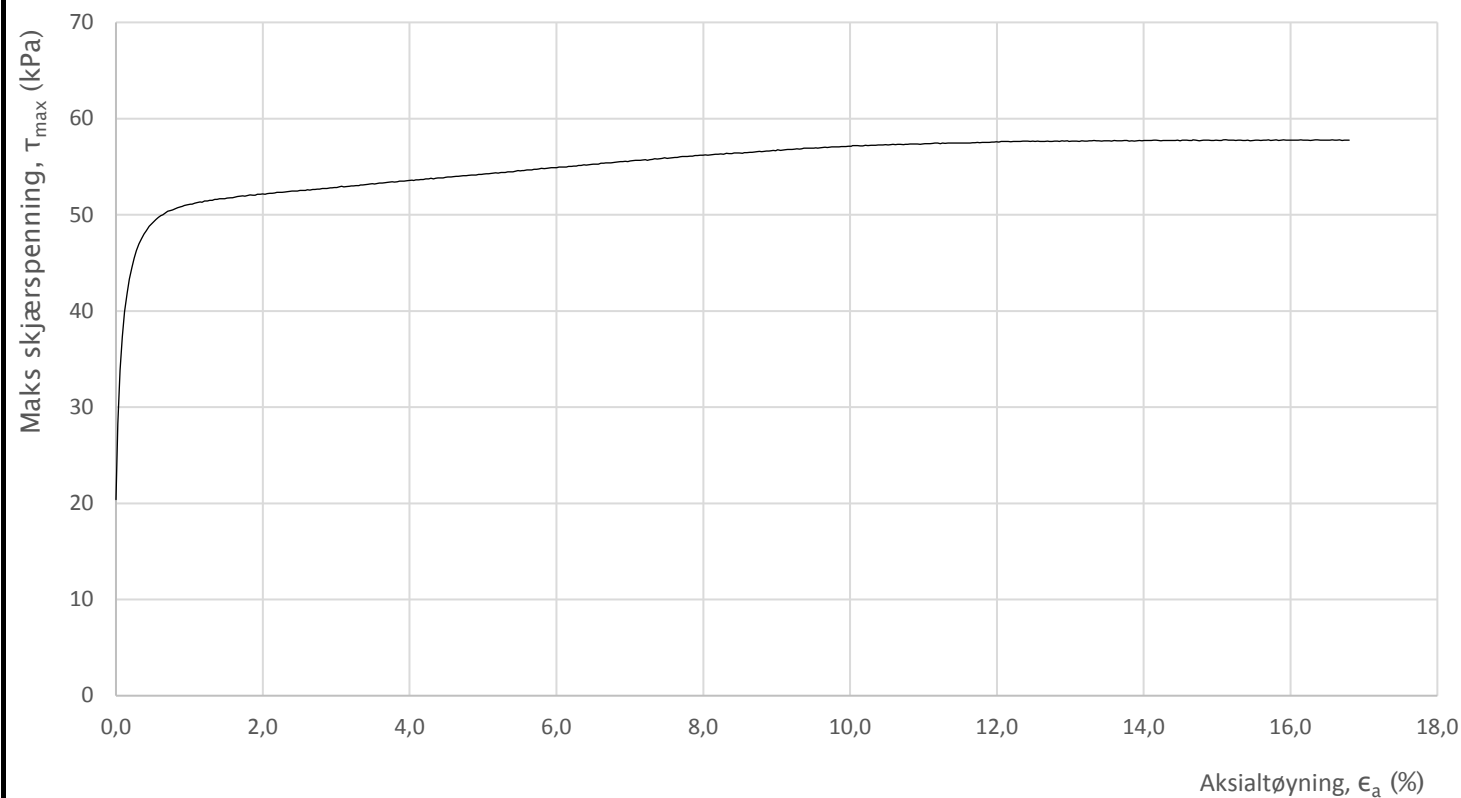
Prosjekt		Prosjektnummer: 1180368		Borhull
Ulvensplitten				BP1B
Innhold				Dybde (m)
Bruddutvikling i skjærfase, ϵ_a - τ og ϵ_a -u plott				10,00
 Statens vegvesen	Utført	Kontrollert	Godkjent	Forsøkstype
	eivboe	marriad	Godkjent	CAUc
Region	Dato utført	Revisjon	Figur	4
Øst	07.09.2018	Rev. dato		



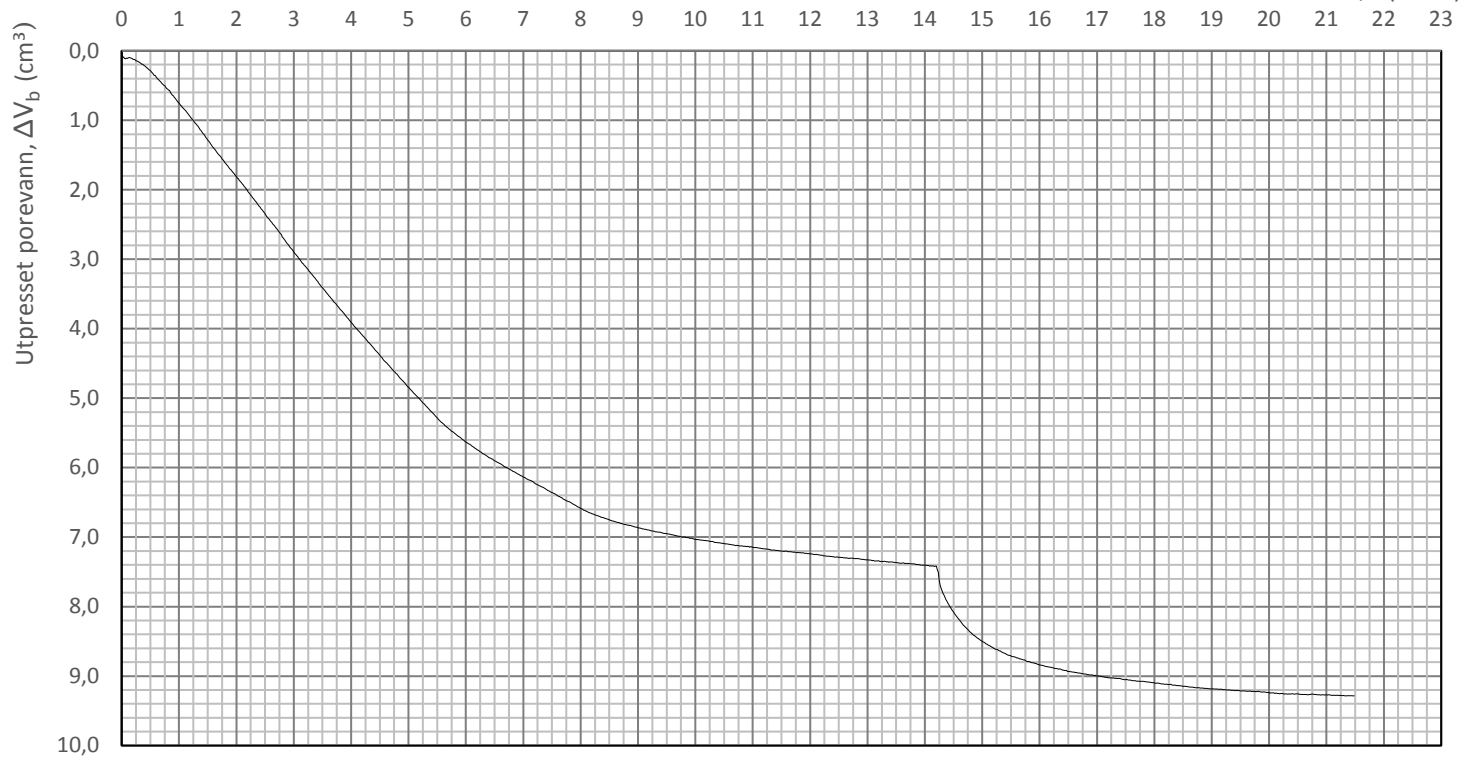
Prosjekt Ulvensplitten		Prosjektnummer: 1180368		Borhull BP1B
Innhold Konsolidering				Dybde (m) 10,00
 Statens vegvesen	Utført eivboe	Kontrollert mariad	Godkjent Godkjent	Forsøkstype CAUc
	Region Øst	Dato utført 07.09.2018	Revisjon Rev. dato	Figur 6




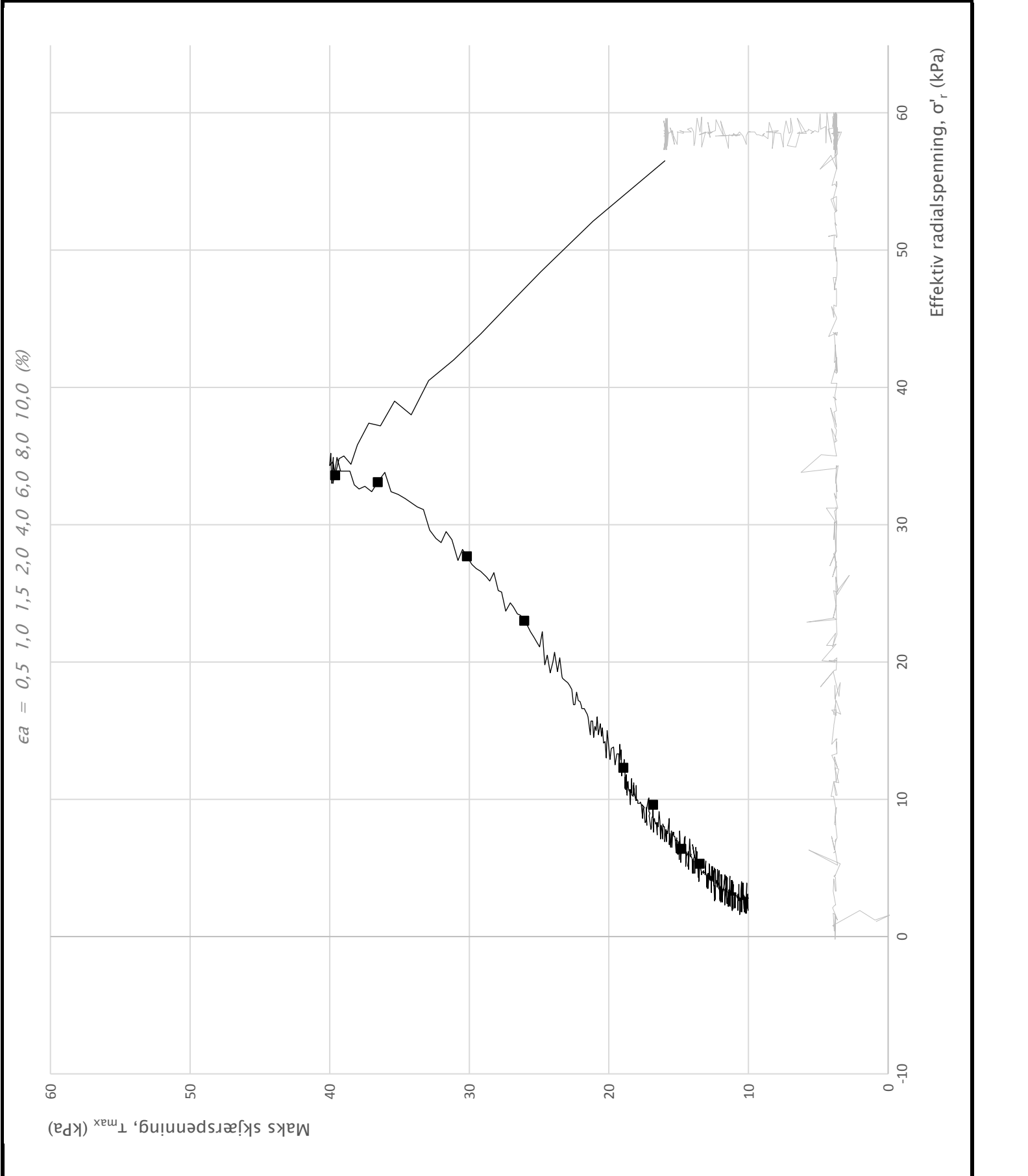
Prosjekt		Prosjektnummer: 1180368		Borhull
Ulvensplitten				BP1B
Innhold				Dybde (m)
Spenningssti i skjærfase, σ_r - τ plott (NTNU)				10,10
 Statens vegvesen	Utført	Kontrollert	Godkjent	Forsøkstype
	jansen	mariad	Godkjent	CAUc
Region	Dato utført	Revisjon	Figur	1
Øst	07.09.2018	Rev. dato		




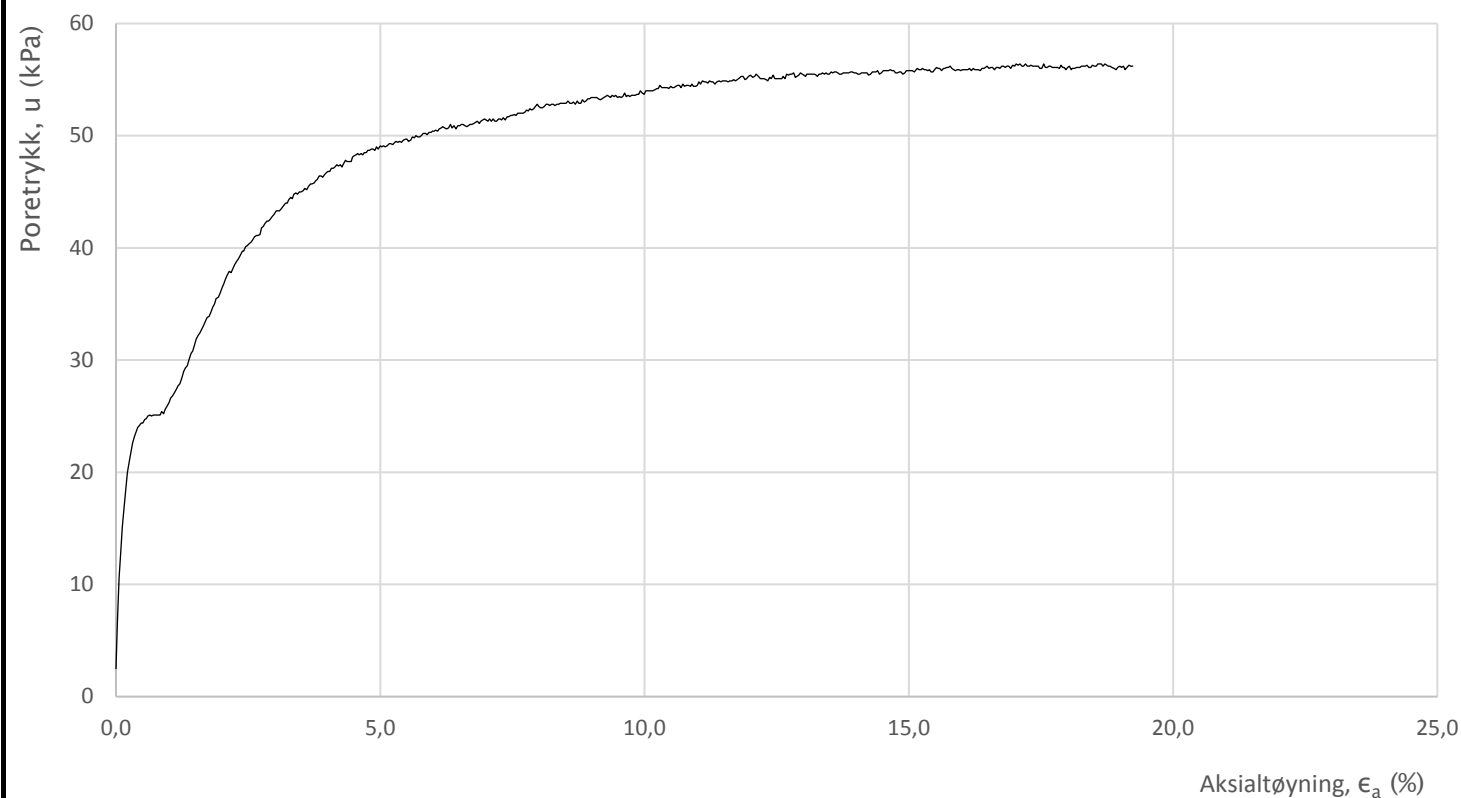
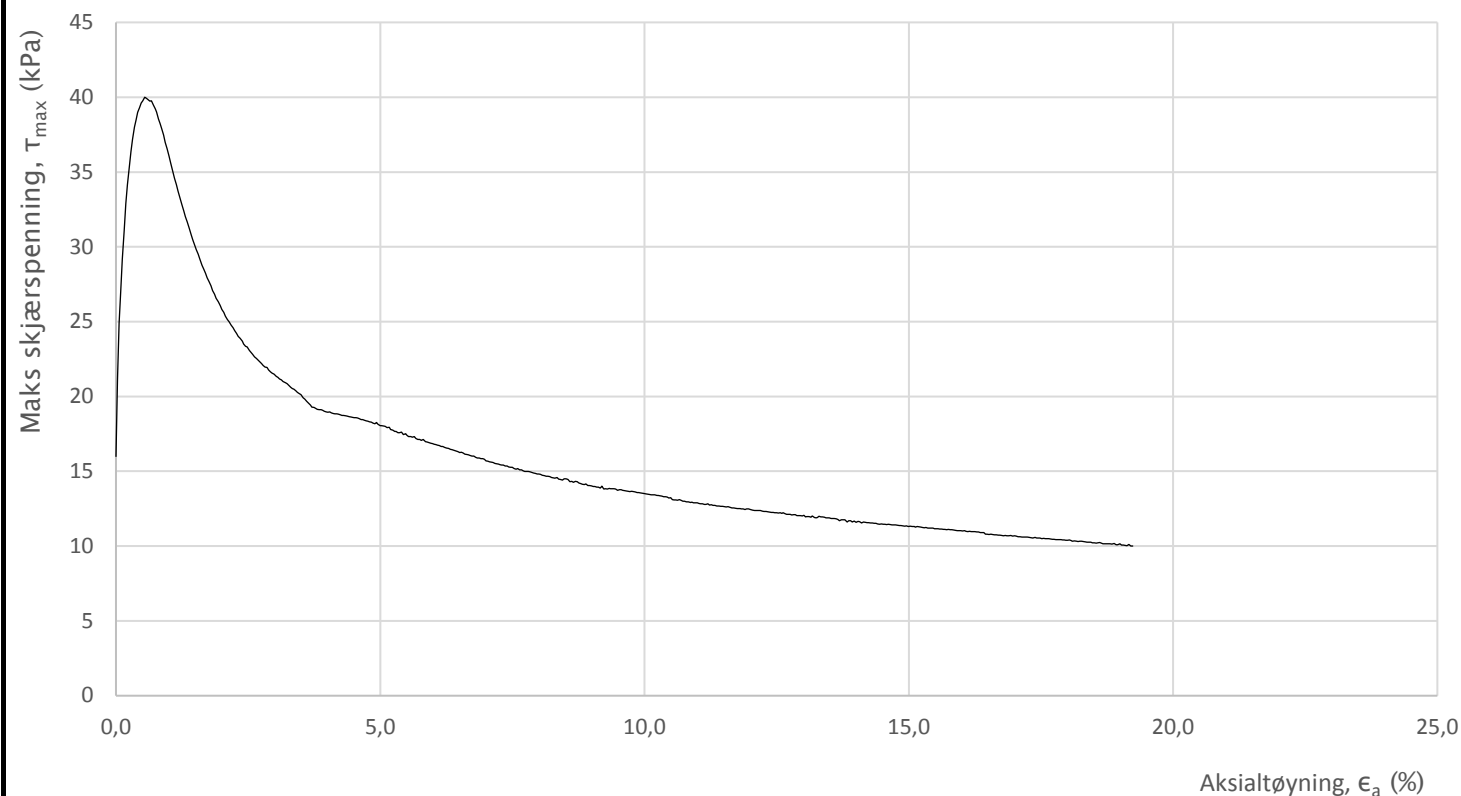
Prosjekt		Prosjektnummer: 1180368		Borhull
Ulvensplitten				BP1B
Innhold				Dybde (m)
Bruddutvikling i skjærfase, ϵ_a - τ og ϵ_a -u plott				10,10
 Statens vegvesen	Utført	Kontrollert	Godkjent	Forsøkstype
	jansen	mariad	Godkjent	
Region	Dato utført	Revisjon	Rev. dato	Figur
Øst	07.09.2018			




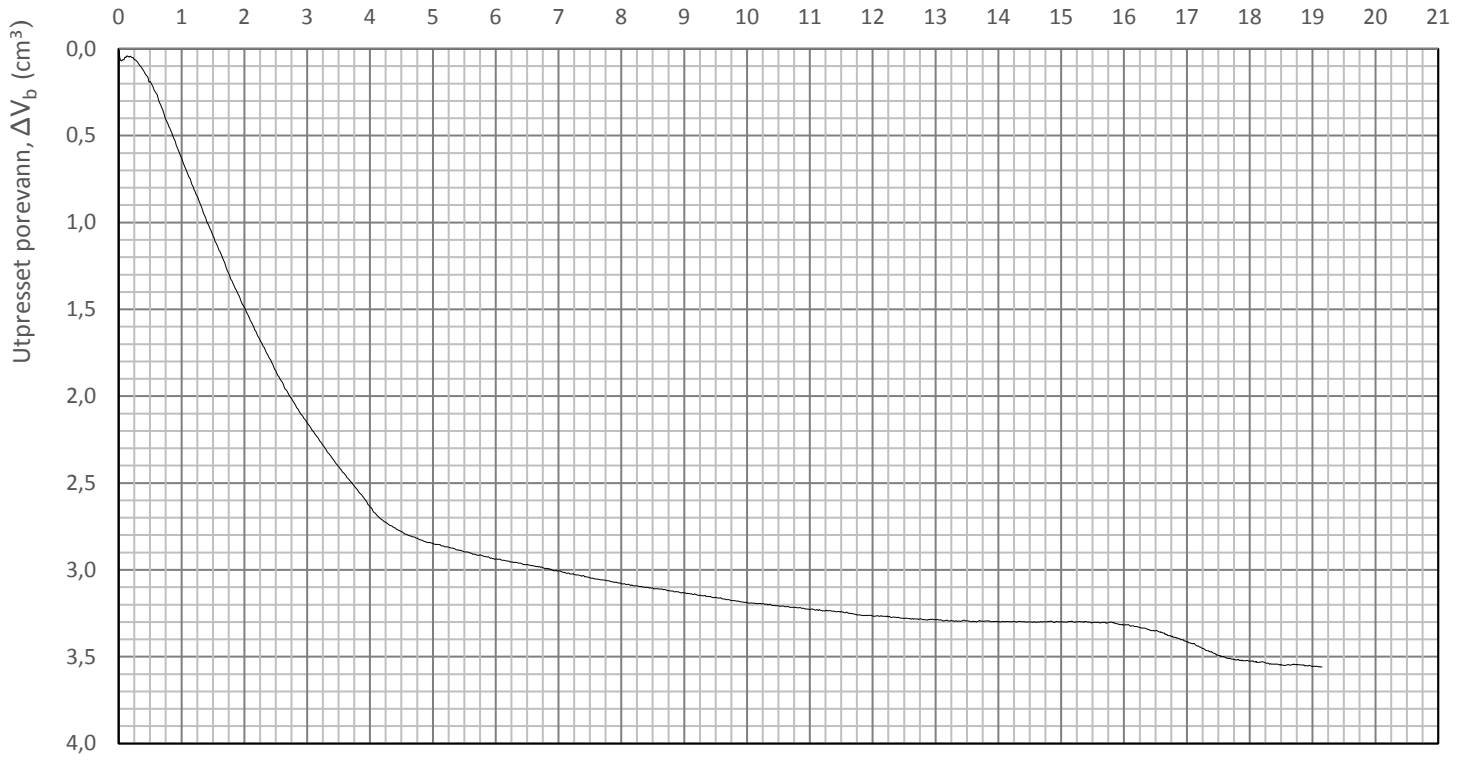
Prosjekt Ulvensplitten		Prosjektnummer: 1180368		Borhull BP1B
Innhold Konsolidering				Dybde (m) 10,10
 Statens vegvesen	Utført jansen	Kontrollert mariad	Godkjent Godkjent	Forsøkstype CAUc
	Region Øst	Dato utført 07.09.2018	Revisjon Rev. dato	Figur 6



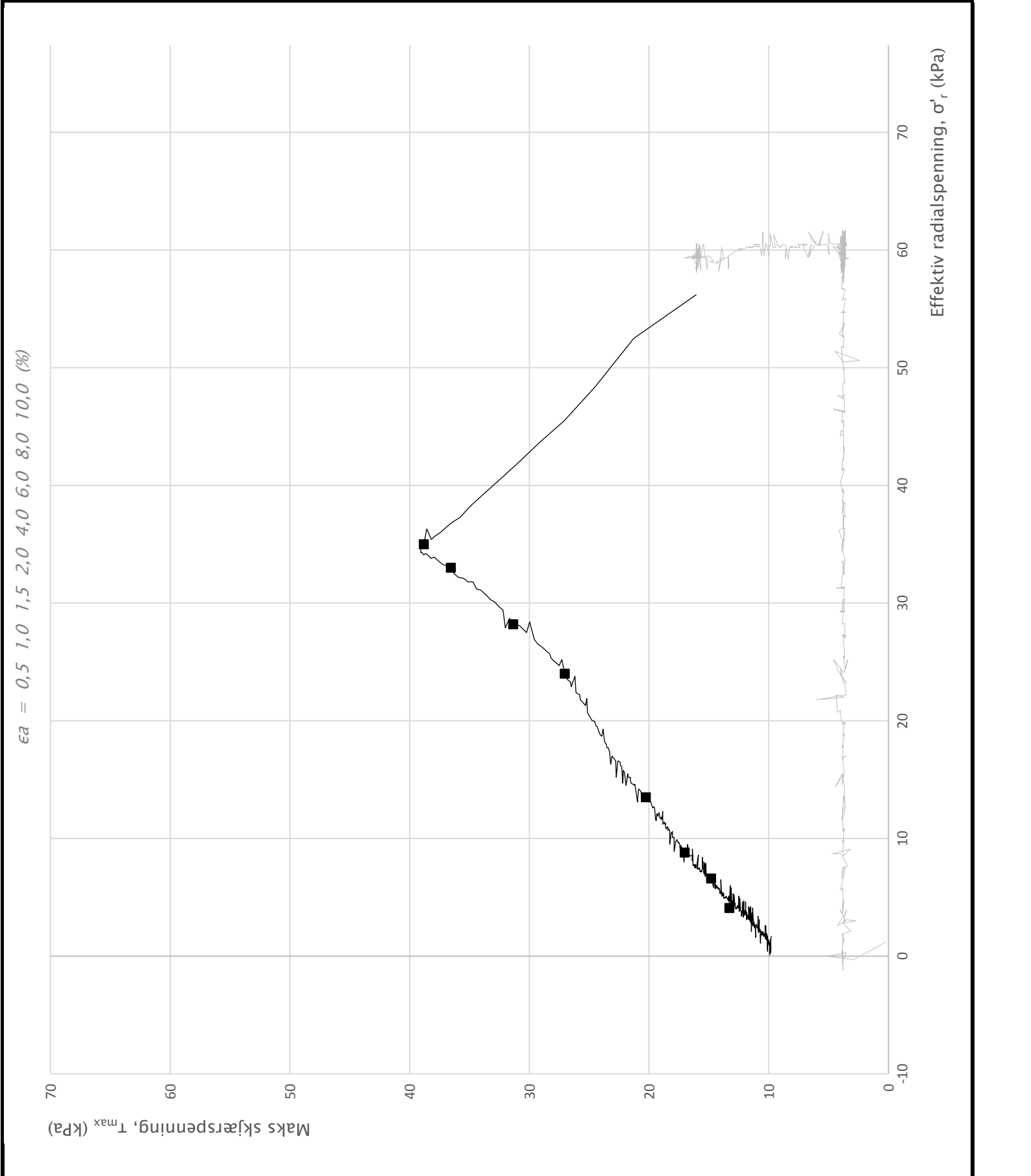
Prosjekt		Prosjektnummer: 1180368		Borhull
Ulvensplitten				BP3
Innhold				Dybde (m)
Spenningssti i skjærfase, σ'_r - τ plott (NTNU)				6,10
 Statens vegvesen	Utført	Kontrollert	Godkjent	Forsøkstype
	mariad	jansen	Godkjent	CAUc
Region	Dato utført	Revisjon	Figur	1
Øst	28.08.2018	Rev. dato		




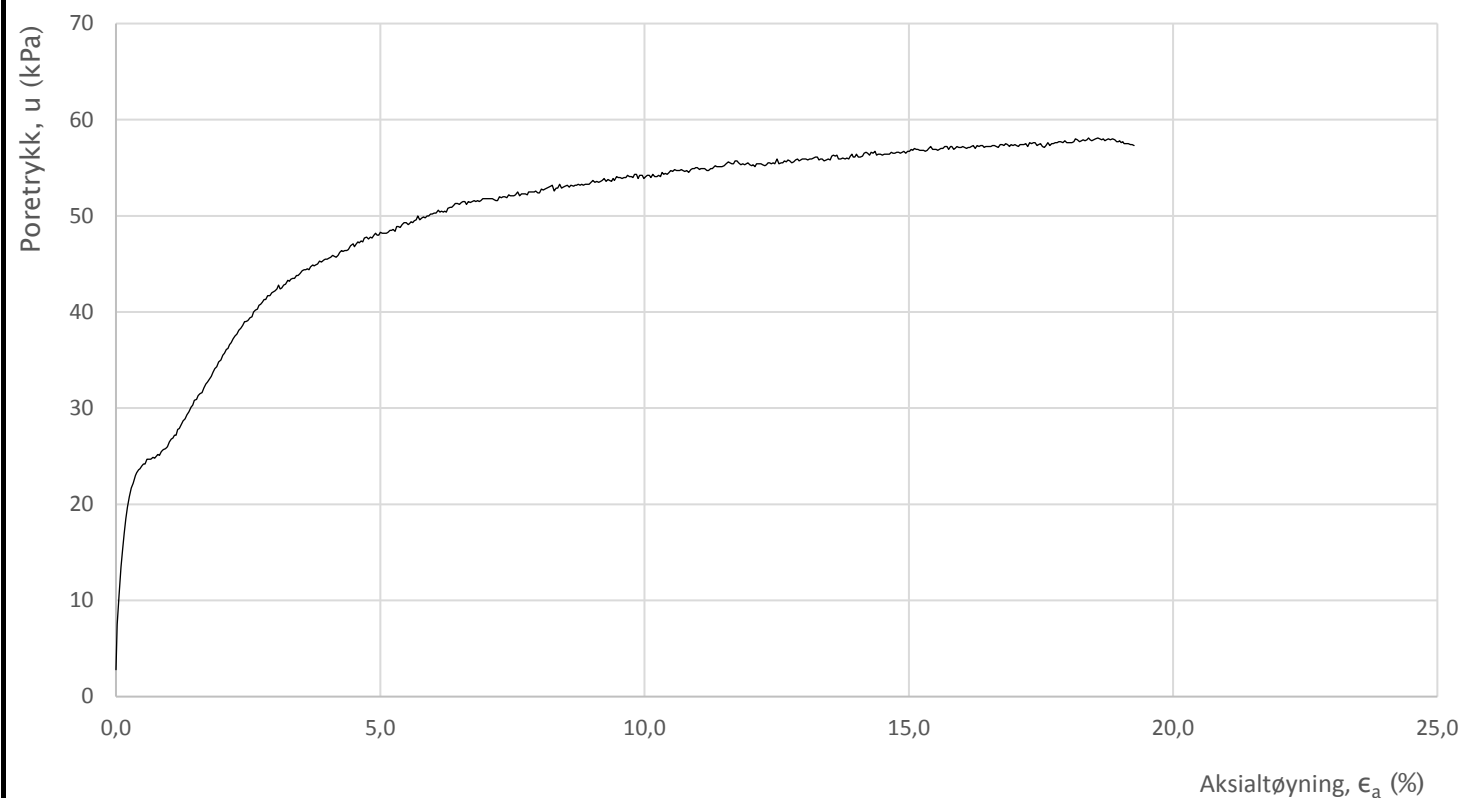
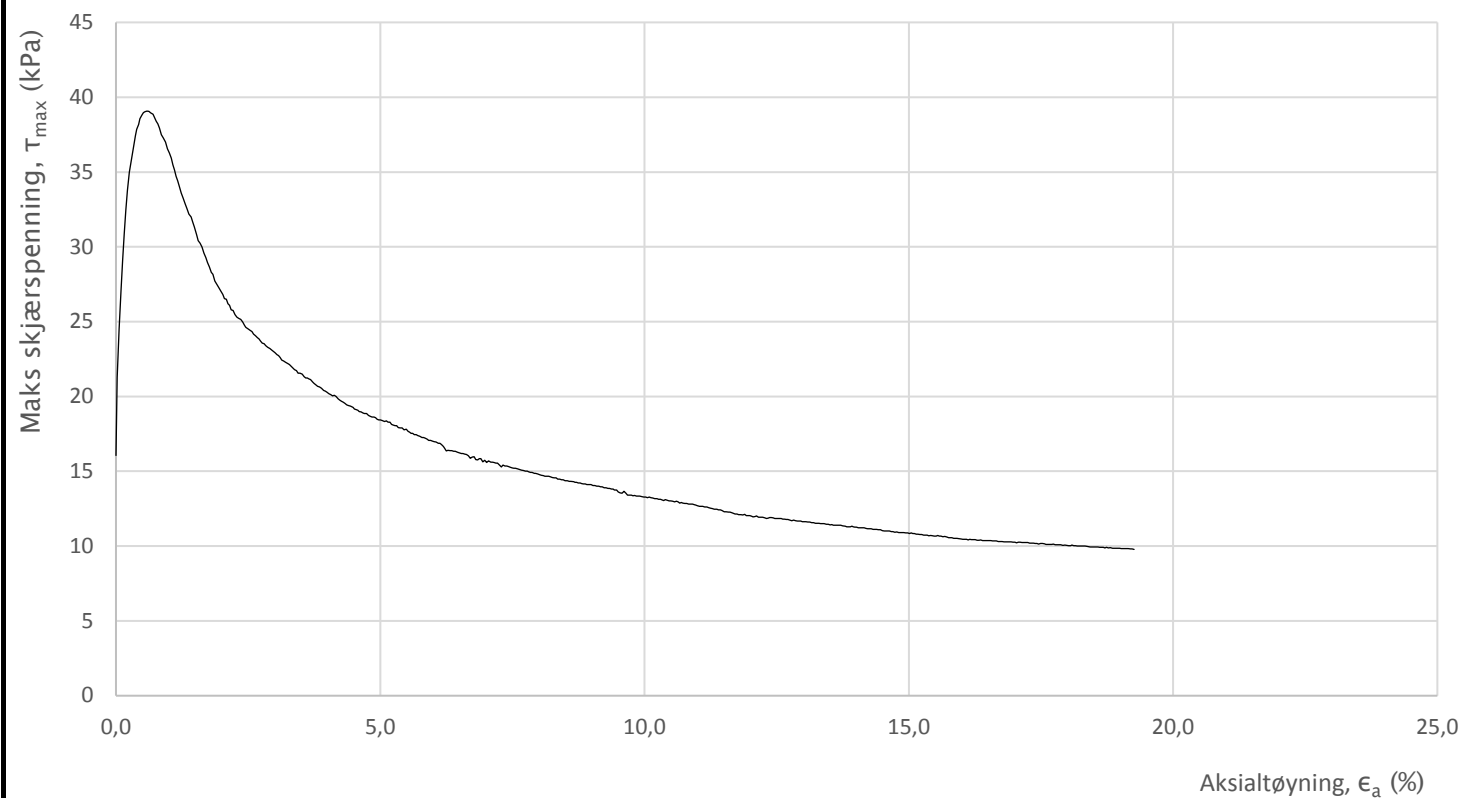
Prosjekt		Prosjektnummer: 1180368		Borhull
Ulvensplitten				BP3
Innhold				Dybde (m)
Bruddutvikling i skjærfase, ϵ_a - τ og ϵ_a -u plott				6,10
 Statens vegvesen	Utført	Kontrollert	Godkjent	Forsøkstype
	Region	Dato utført	Revisjon	Figur
	Øst	28.08.2018	Godkjent	4
			Rev. dato	




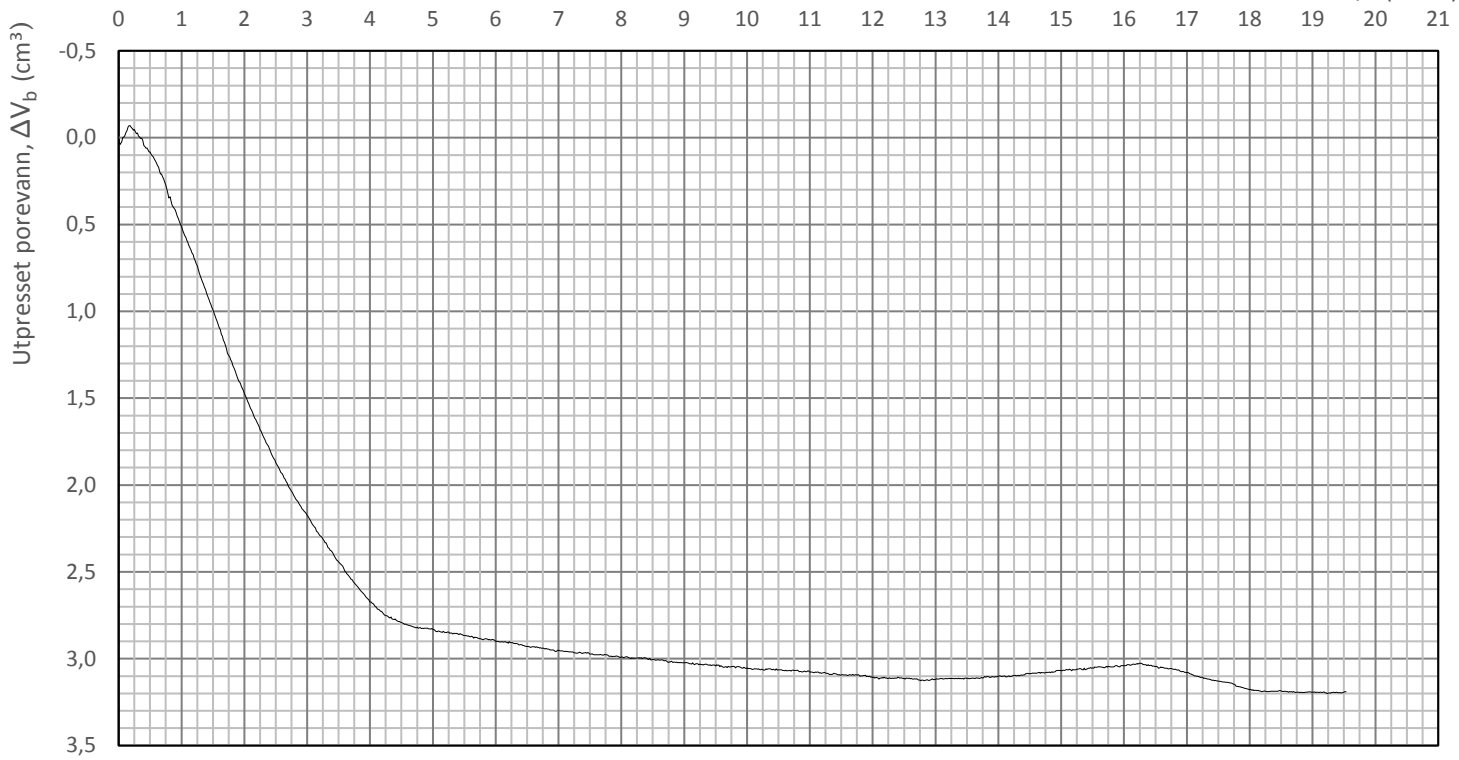
Prosjekt Ulvensplitten		Prosjektnummer: 1180368		Borhull BP3
Innhold Konsolidering				Dybde (m) 6,10
 Statens vegvesen	Utført mariad	Kontrollert jansen	Godkjent Godkjent	Forsøkstype CAUc
	Region Øst	Dato utført 28.08.2018	Revisjon Rev. dato	Figur 6



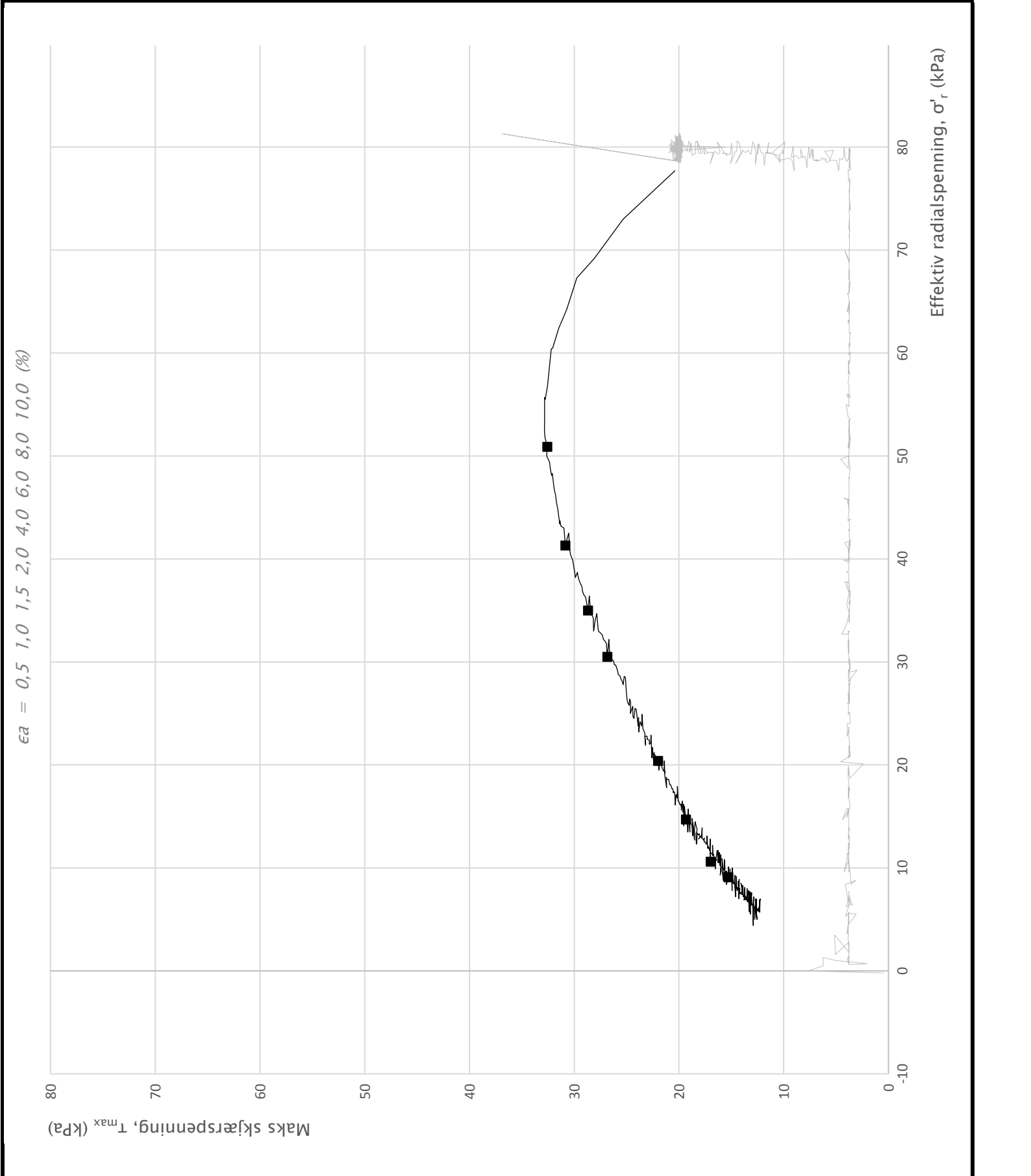
Prosjekt		Prosjektnummer: 1180368		Borhull
Ulvensplitten				BP2
Innhold				Dybde (m)
Spenningssti i skjærfase, σ'_r - τ plott (NTNU)				6,10
 Statens vegvesen	Utført	Kontrollert	Godkjent	Forsøkstype
	eivboe	marriad	Godkjent	CAUc
Region	Dato utført	Revisjon	Figur	1
Øst	28.08.2018	Rev. dato		




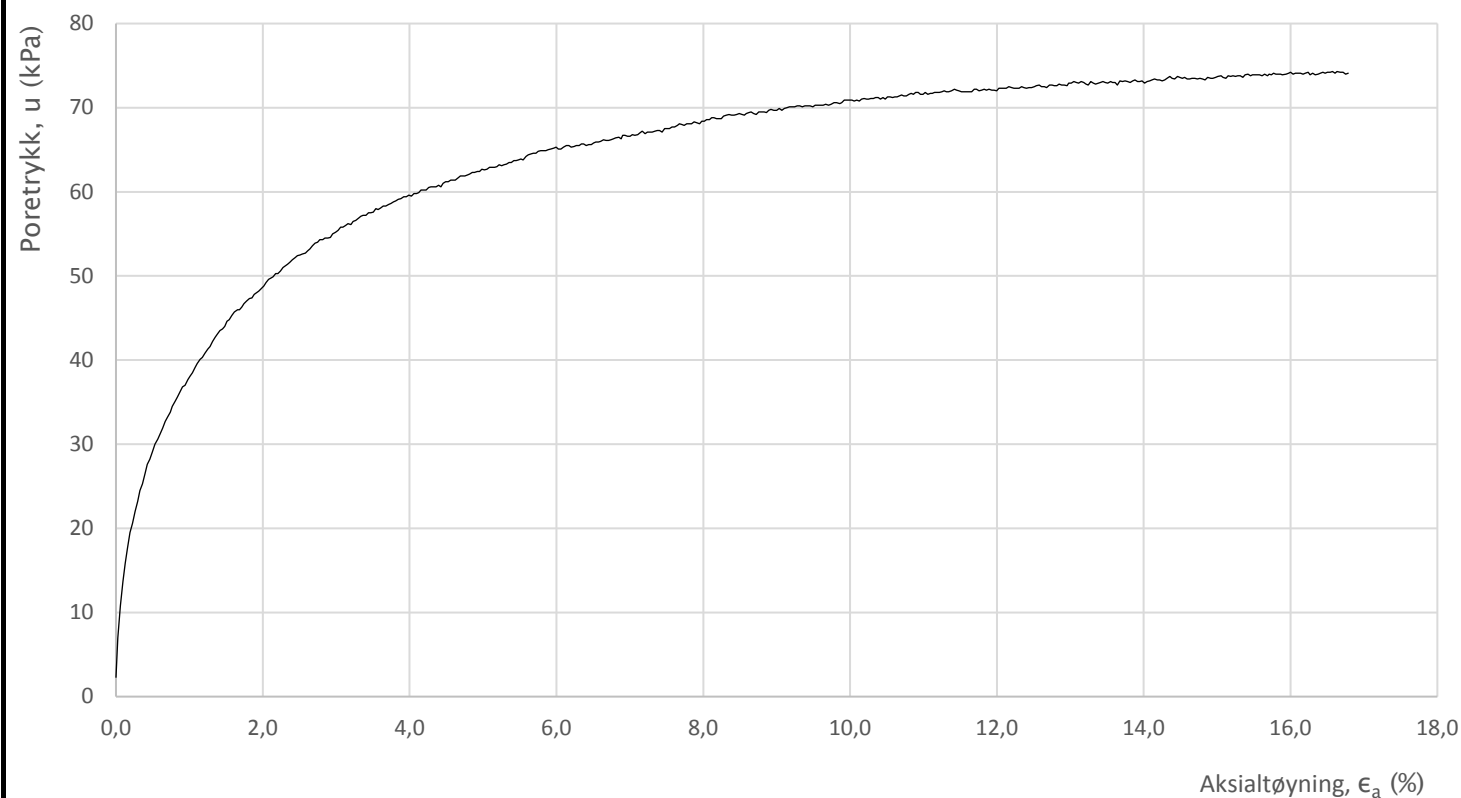
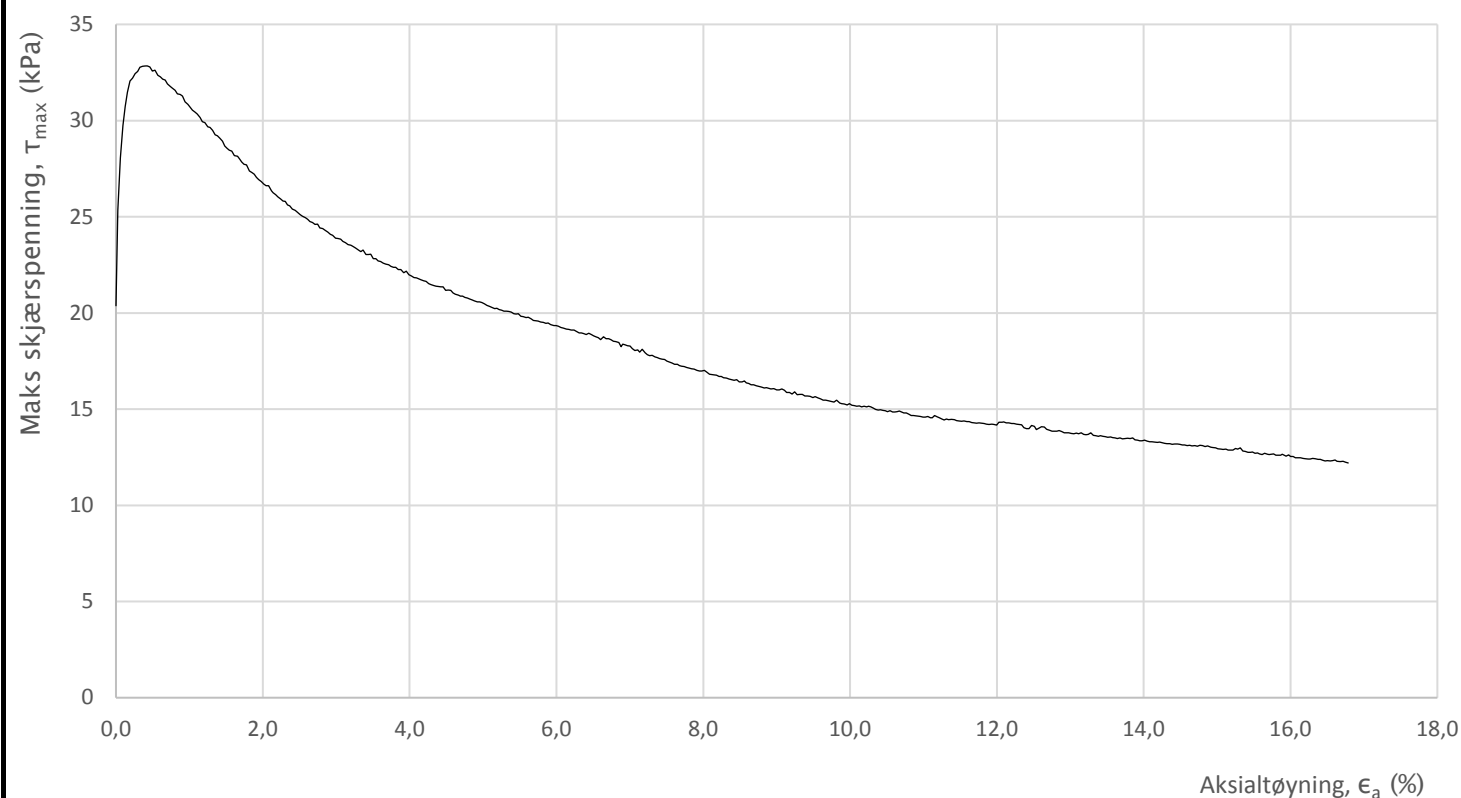
Prosjekt		Prosjektnummer: 1180368		Borhull
Ulvensplitten				BP2
Innhold				Dybde (m)
Bruddutvikling i skjærfase, ϵ_a - τ og ϵ_a -u plott				6,10
 Statens vegvesen	Utført	Kontrollert	Godkjent	Forsøkstype
	eivboe	marriad	Godkjent	
	Region	Dato utført	Revisjon	Figur
	Øst	28.08.2018	Rev. dato	




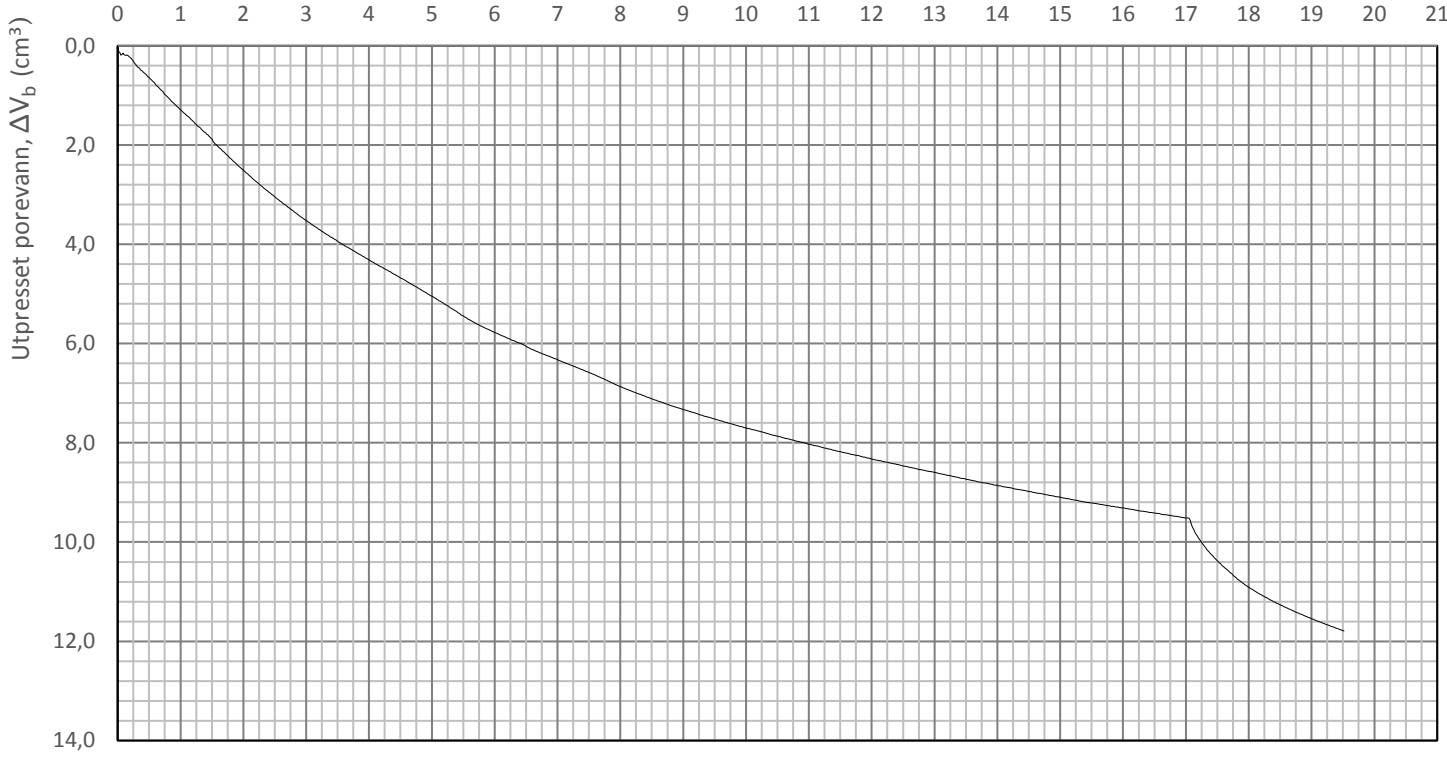
Prosjekt Ulvensplitten		Prosjektnummer: 1180368		Borhull BP2
Innhold Konsolidering				Dybde (m) 6,10
 Statens vegvesen	Utført eivboe	Kontrollert mariad	Godkjent Godkjent	Forsøkstype CAUc
	Region Øst	Dato utført 28.08.2018	Revisjon Rev. dato	Figur 6




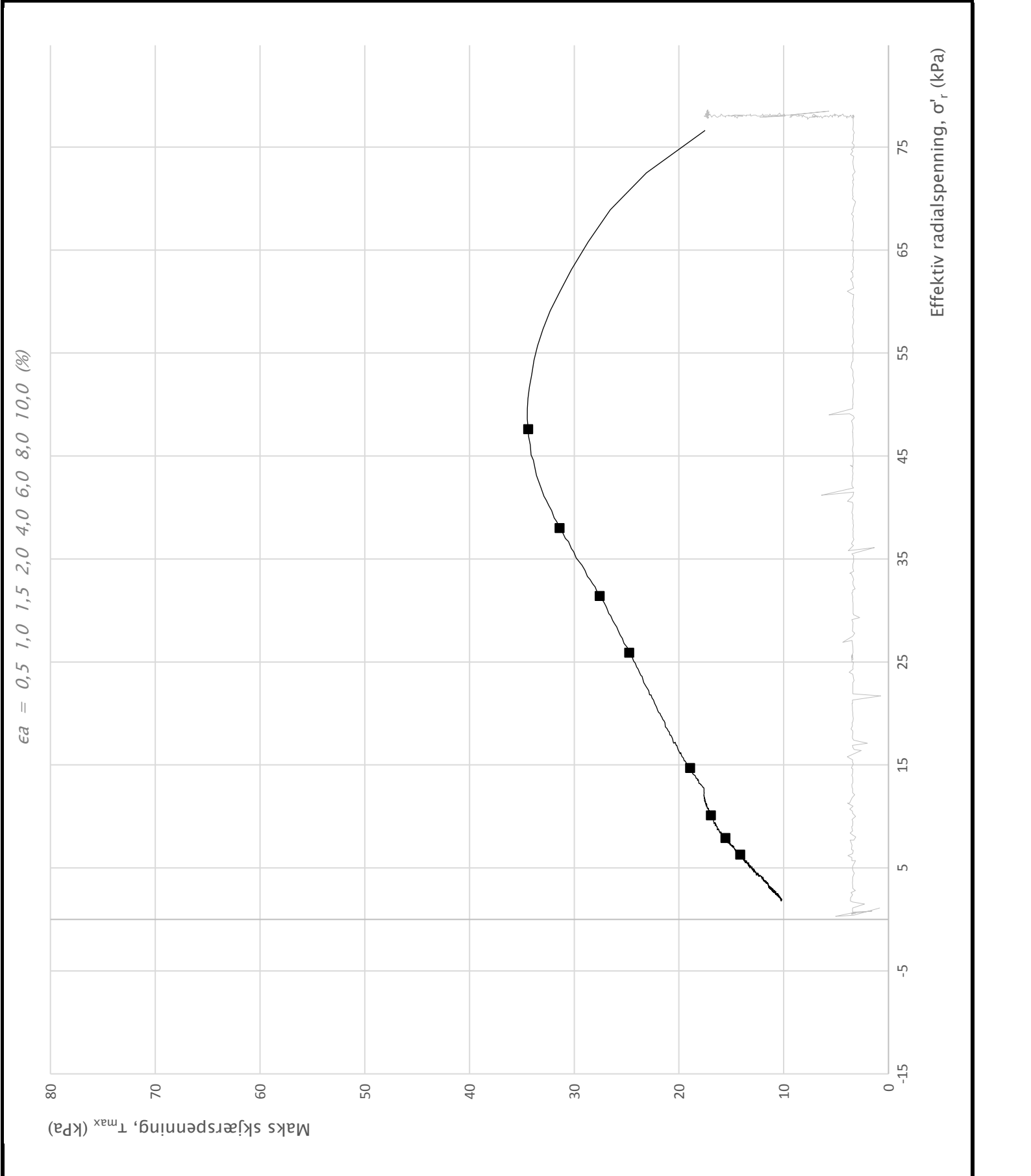
Prosjekt		Prosjektnummer: 1180368		Borhull
Ulvensplitten				BP2
Innhold				Dybde (m)
Spenningssti i skjærfase, σ_r - τ plott (NTNU)				10,10
 Statens vegvesen	Utført	Kontrollert	Godkjent	Forsøkstype
	Region	Dato utført	Revisjon	
	marriad	jansen	Godkjent	CAUc
	Øst	30.08.2018	Rev. dato	




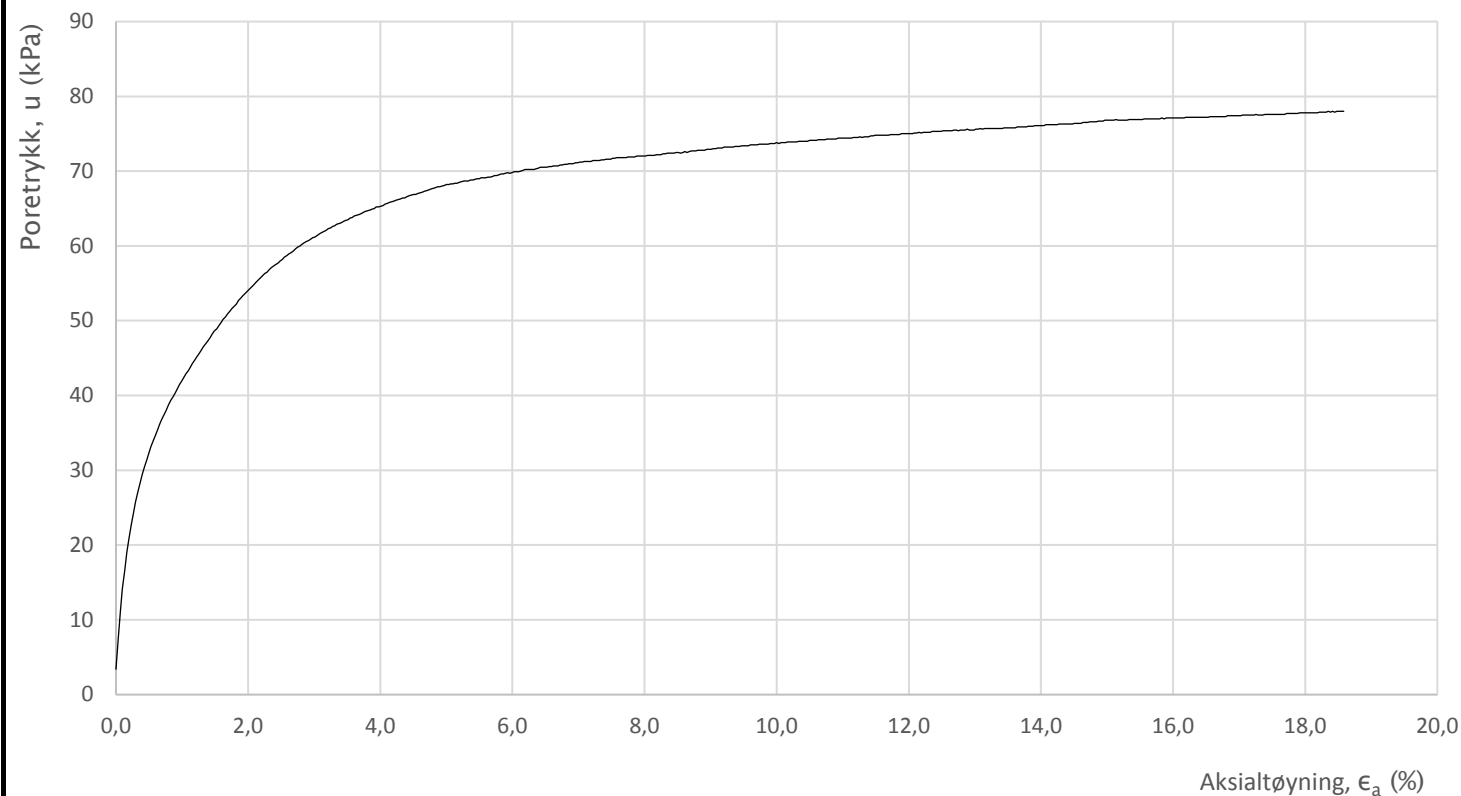
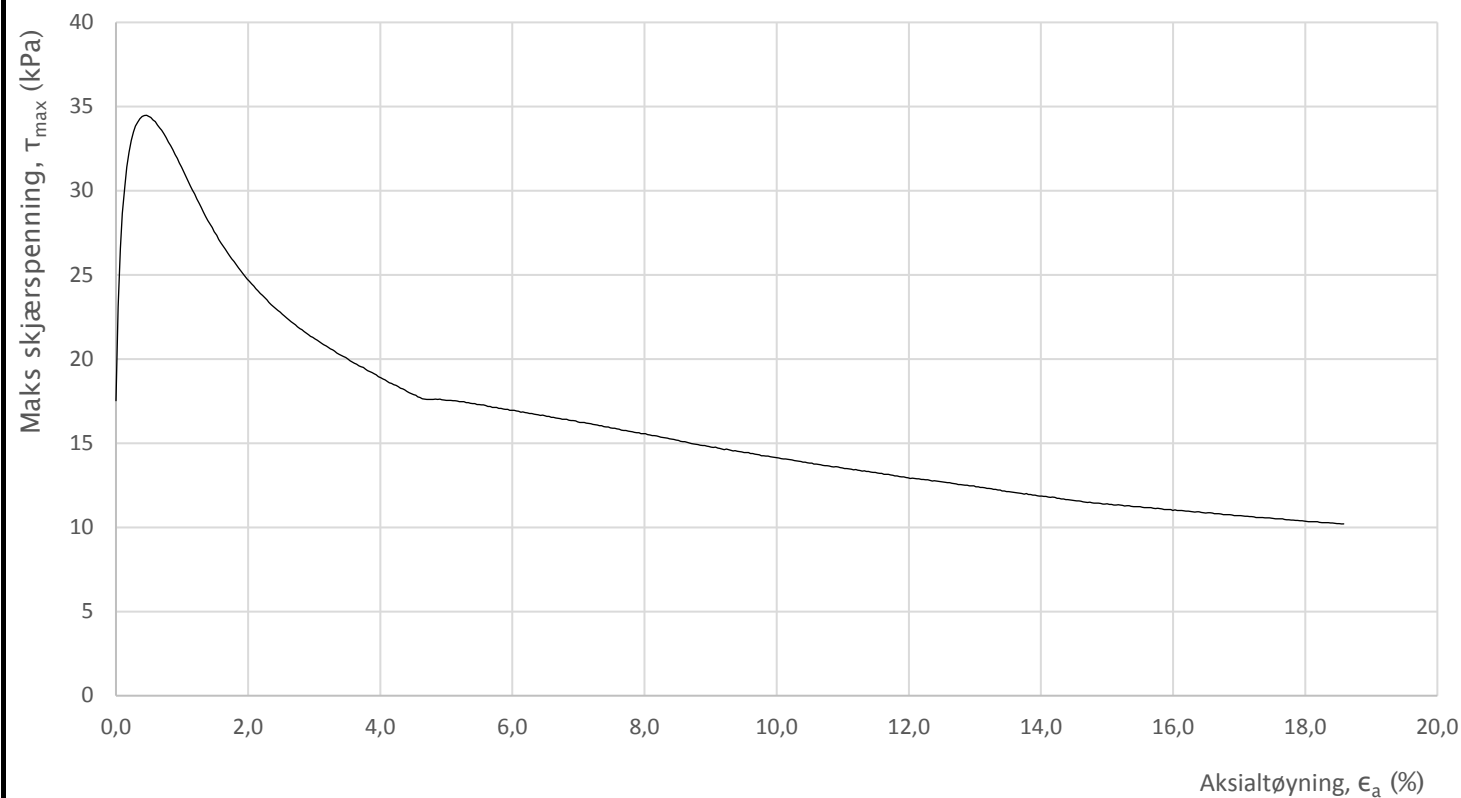
Prosjekt		Prosjektnummer: 1180368		Borhull
Ulvensplitten				BP2
Innhold				Dybde (m)
Bruddutvikling i skjærfase, ϵ_a - τ og ϵ_a -u plott				10,10
 Statens vegvesen	Utført	Kontrollert	Godkjent	Forsøkstype
	mariad	jansen	Godkjent	CAUc
Region	Dato utført	Revisjon	Figur	
Øst	30.08.2018	Rev. dato		
				4



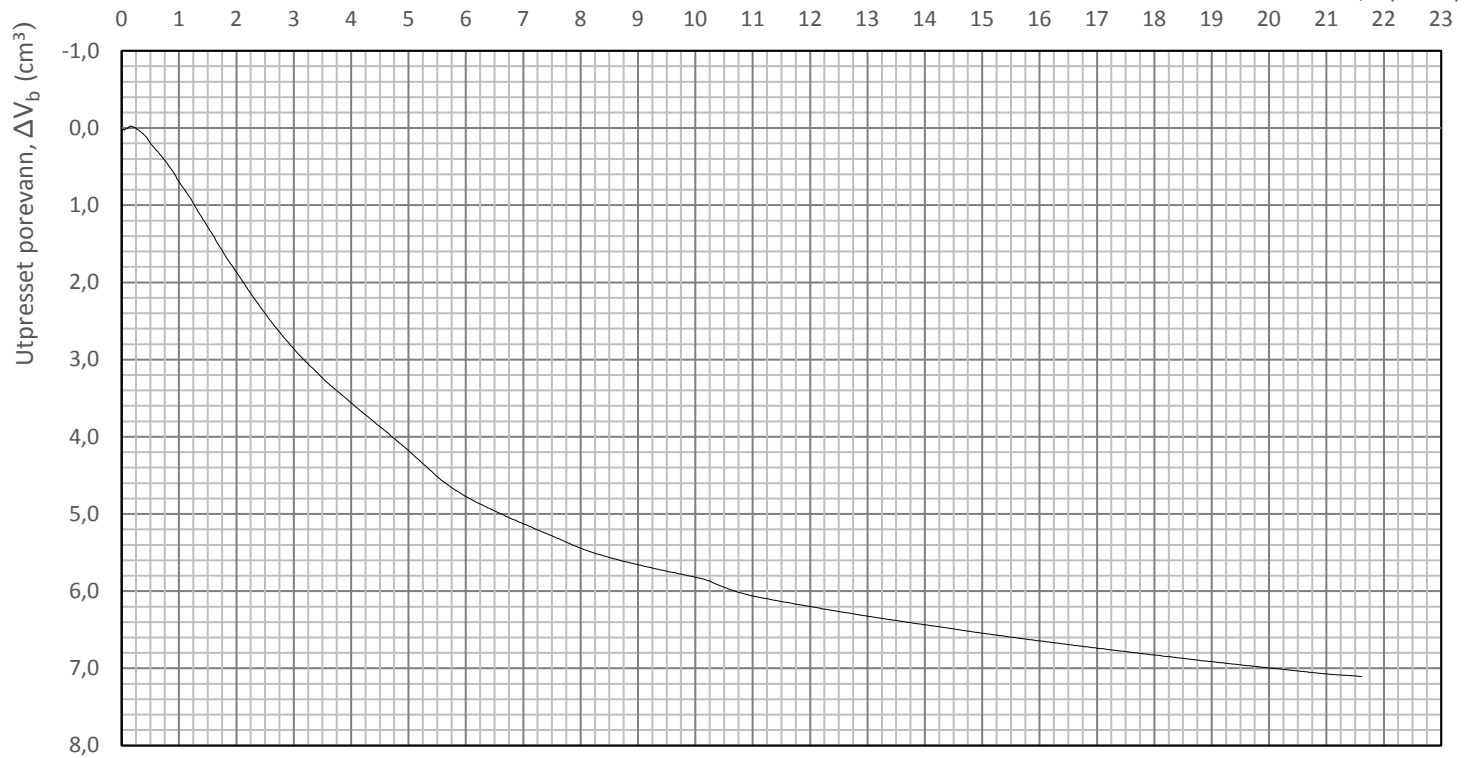
Prosjekt		Prosjektnummer: 1180368		Borhull
Ulvensplitten				BP2
Innhold				Dybde (m)
Konsolidering				10,10
 Statens vegvesen	Utført	Kontrollert	Godkjent	Forsøkstype
	mariad	jansen	Godkjent	CAUc
Region	Dato utført	Revisjon	Figur	
Øst	30.08.2018	Rev. dato	6	



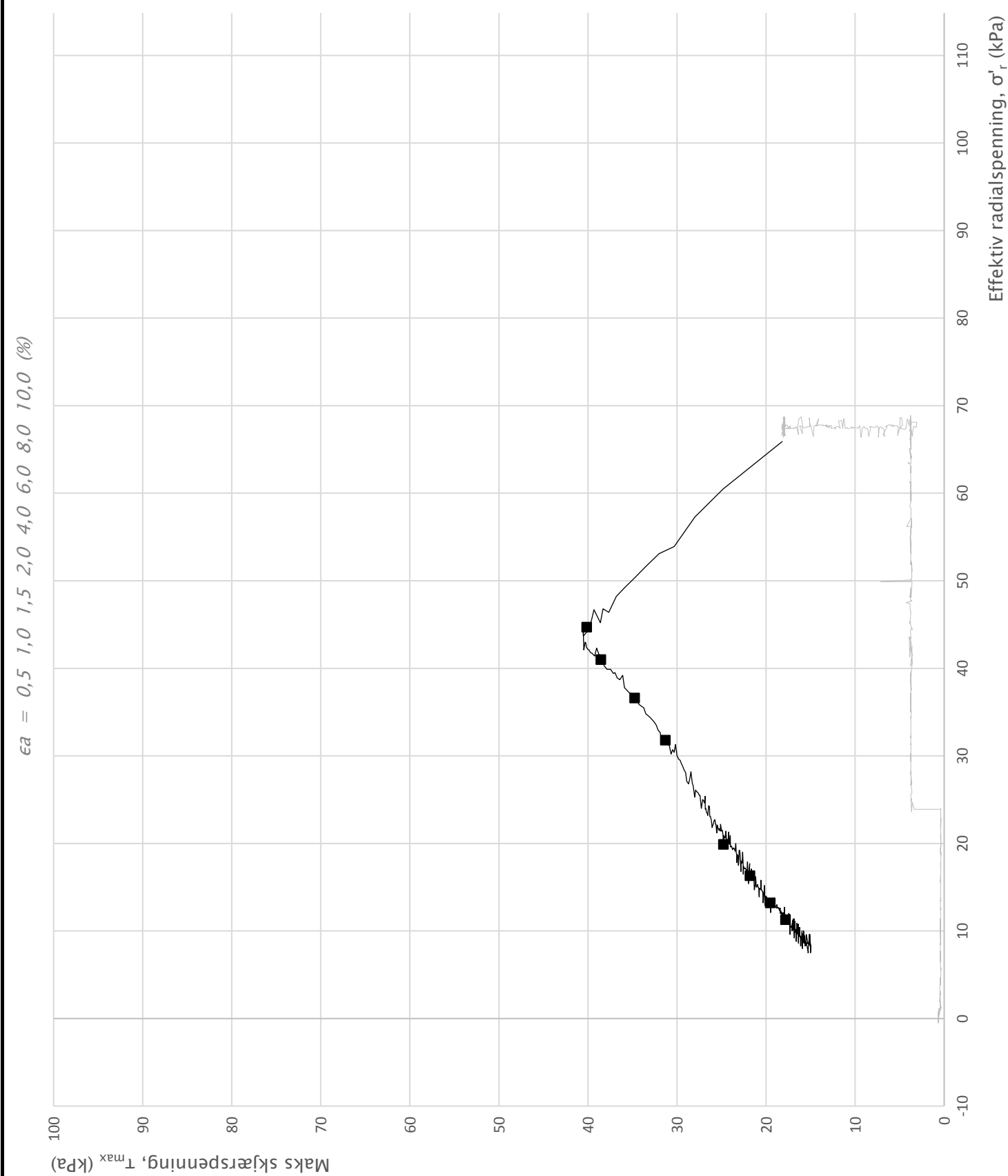
Prosjekt KCI stabilisering Ulvensplitten				Borhull BP2
Innhold Spenningssti i skjærfase, σ'_r - τ plott (NTNU)				Dybde (m) 10,10
 Statens vegvesen	Utført marriad	Kontrollert jansen	Godkjent	Forsøkstype CAUc
	Region Vegdirektoratet	Dato utført 31.08.2018	Revisjon Rev. dato	Figur 1




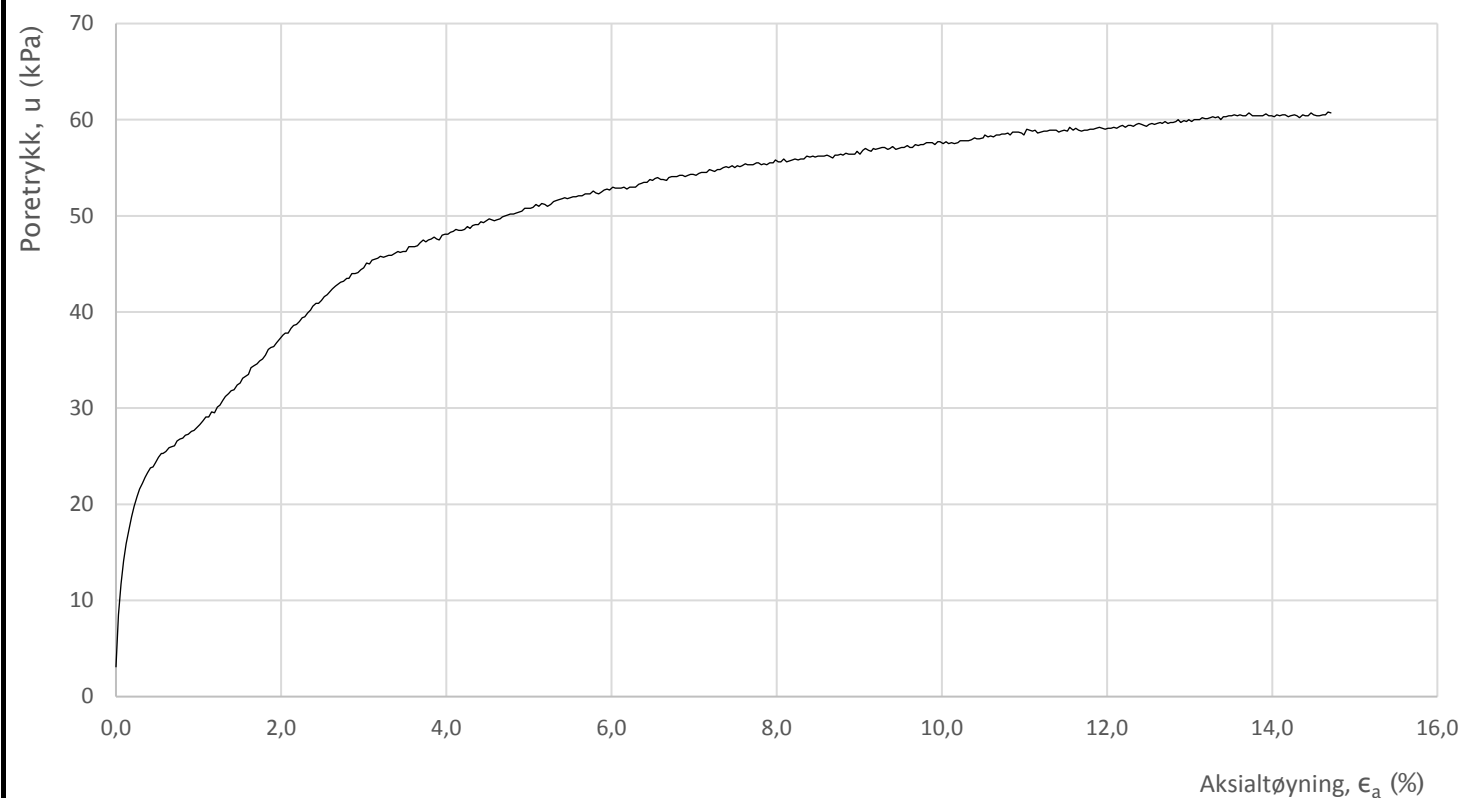
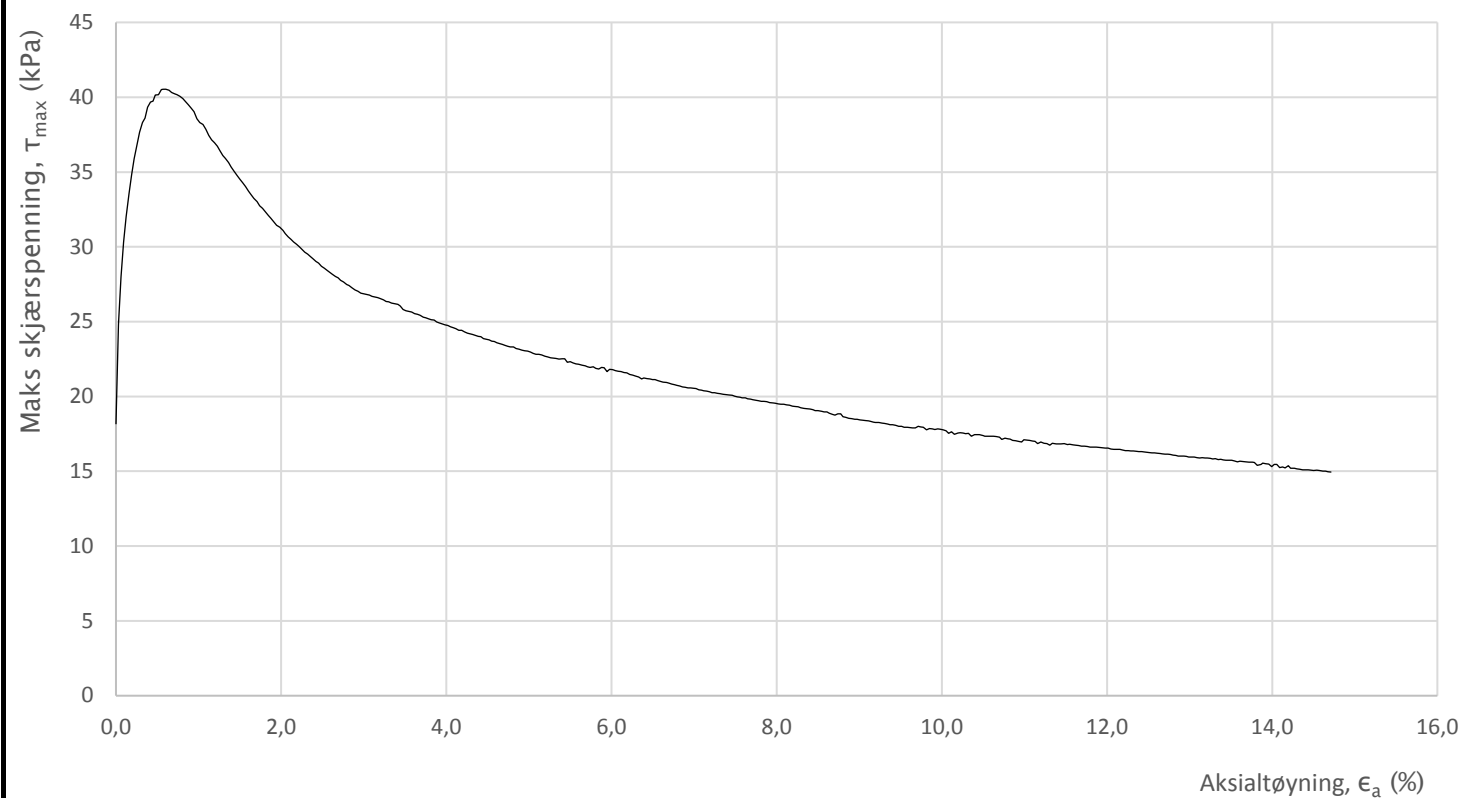
Prosjekt KCI stabilisering Ulvensplitten				Borhull BP2
Innhold Bruddutvikling i skjærfase, ϵ_a - τ og ϵ_a -u plott				Dybde (m) 10,10
 Statens vegvesen	Utført marriad	Kontrollert jansen	Godkjent	Forsøkstype CAUc
	Region Vegdirektoratet	Dato utført 31.08.2018	Revisjon Rev. dato	Figur 4




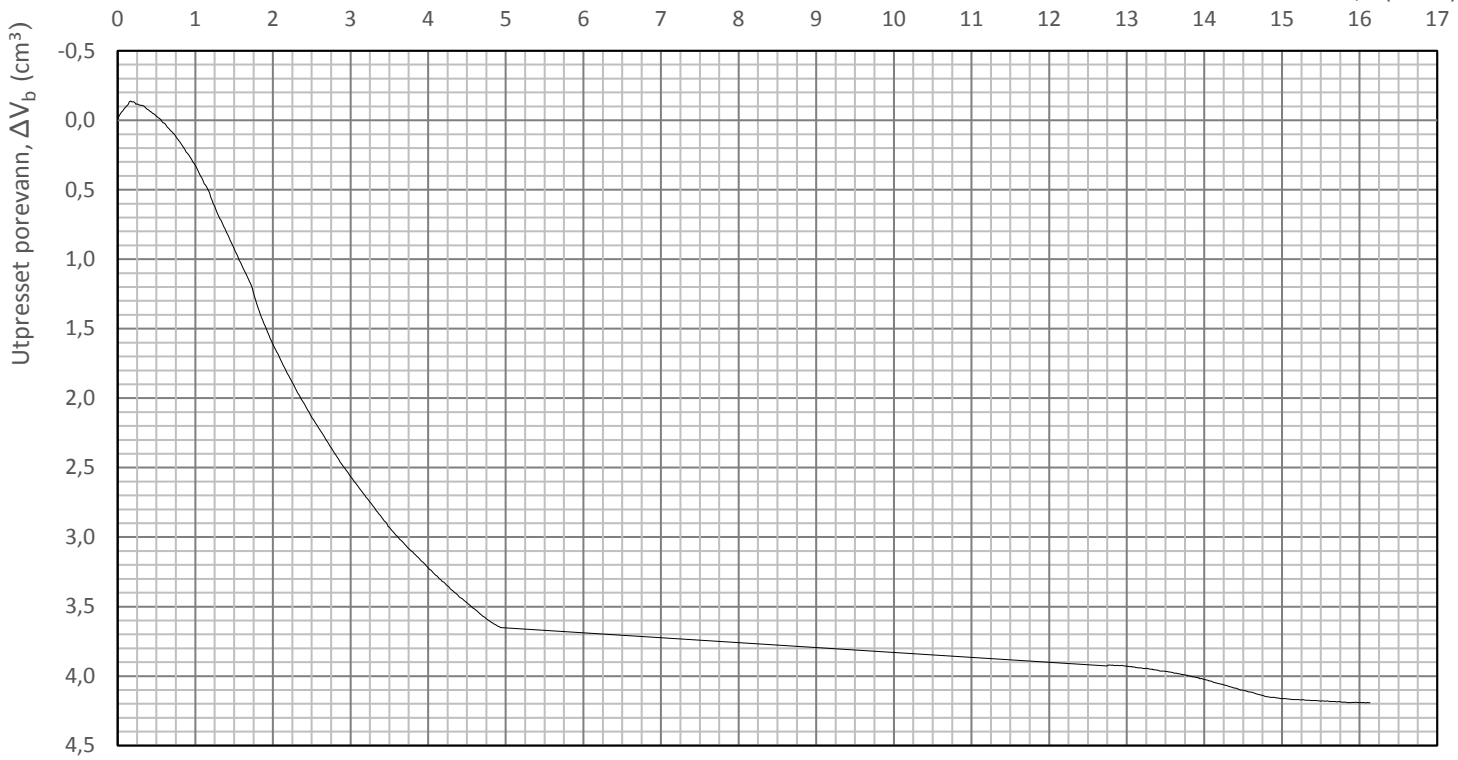
Prosjekt KCI stabilisering Ulvensplitten				Borhull BP2
Innhold Konsolidering				Dybde (m) 10,10
 Statens vegvesen	Utført mariad	Kontrollert jansen	Godkjent	Forsøkstype CAUc
	Region Vegdirektoratet	Dato utført 31.08.2018	Revisjon Rev. dato	Figur 6



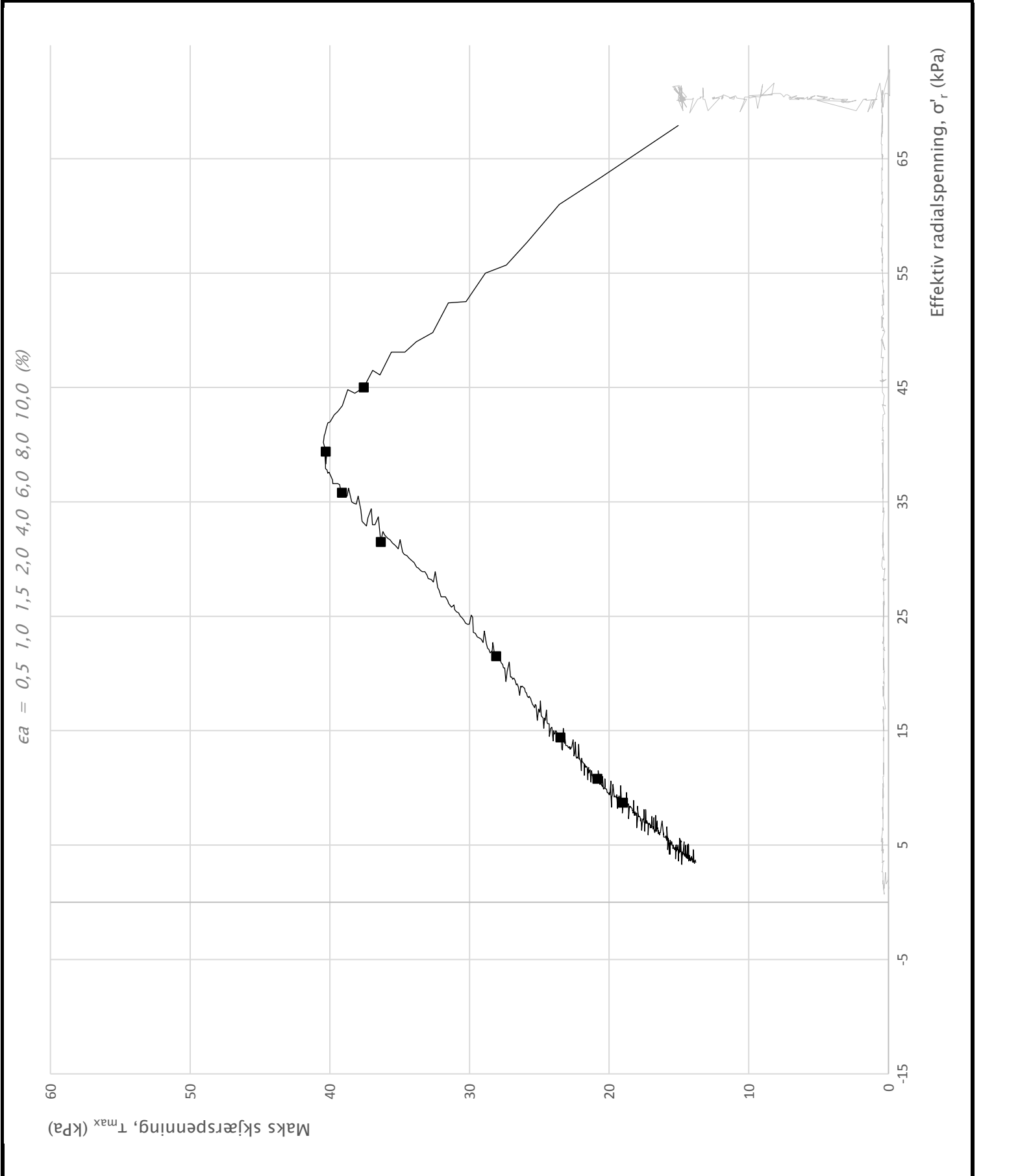
Prosjekt		Prosjektnummer: 1180368		Borhull
Ulvensplitten				BP3
Innhold				Dybde (m)
Spenningssti i skjærfase, σ'_r - τ plott (NTNU)				8,10
 Statens vegvesen	Utført	Kontrollert	Godkjent	Forsøkstype
	Region	Dato utført	Revisjon	Figur
	Øst	22.08.2018	Godkjent	1
			Rev. dato	




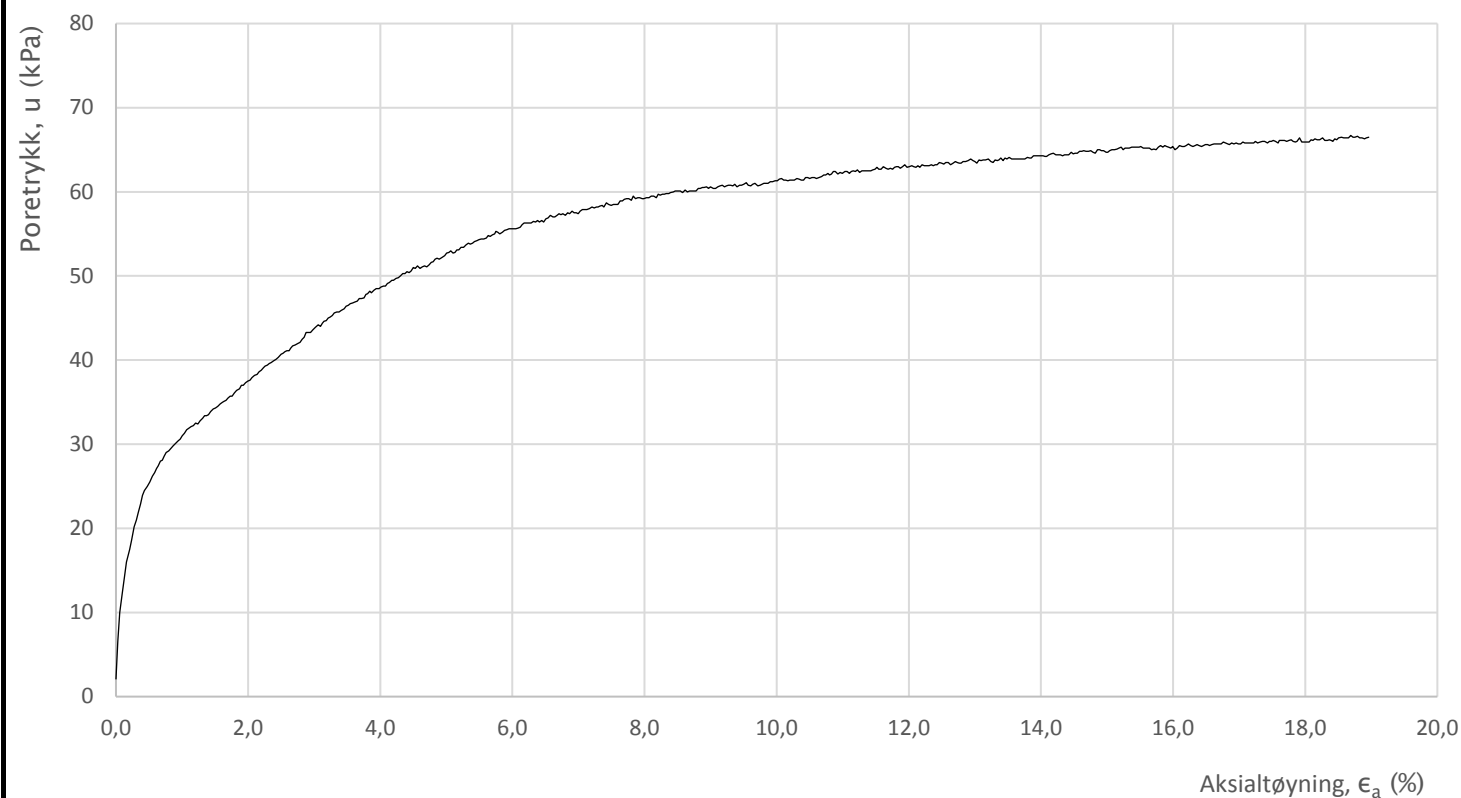
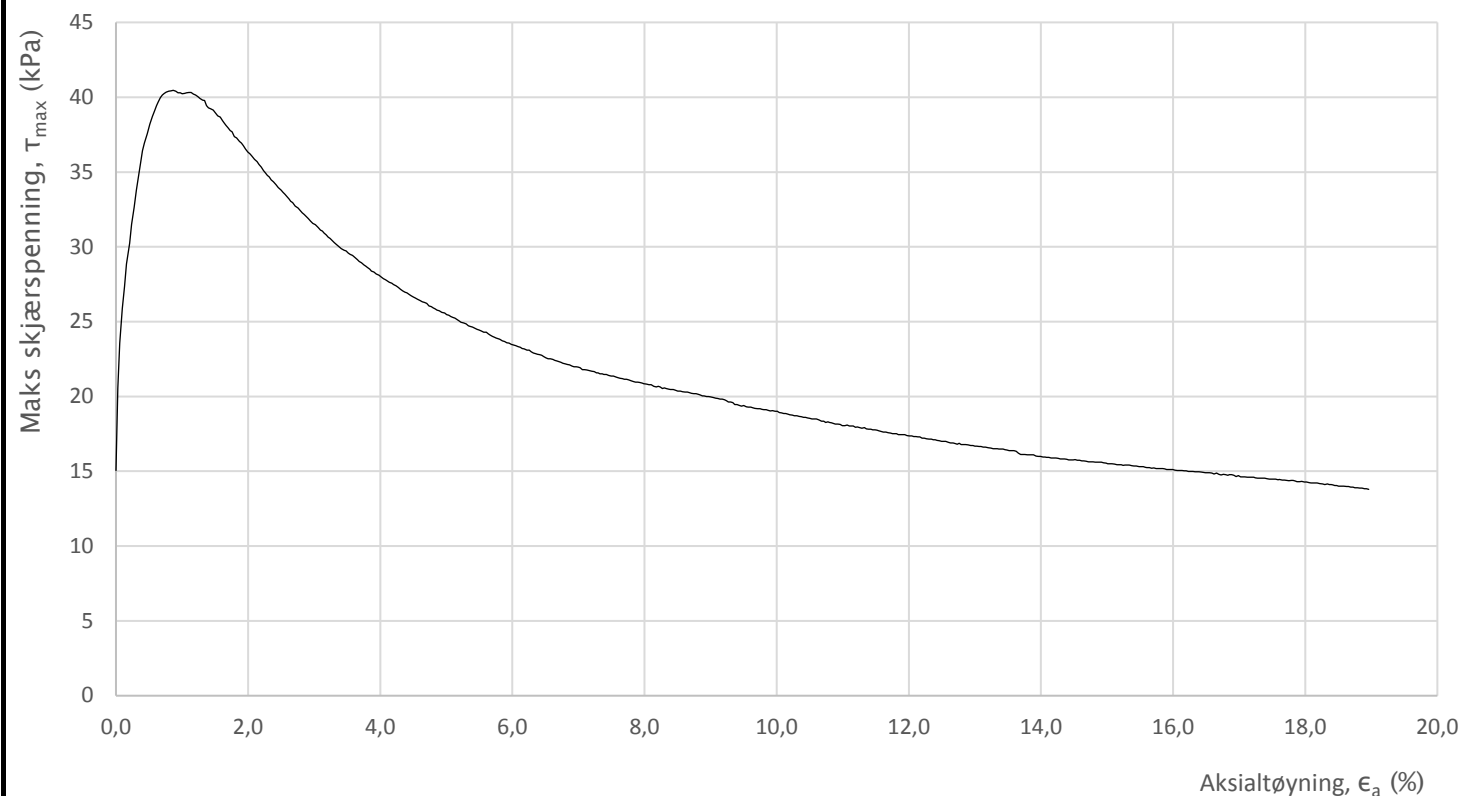
Prosjekt		Prosjektnummer: 1180368		Borhull
Ulvensplitten				BP3
Innhold				Dybde (m)
Bruddutvikling i skjærfase, ϵ_a - τ og ϵ_a -u plott				8,10
 Statens vegvesen	Utført	Kontrollert	Godkjent	Forsøkstype
	mariad	jansen	Godkjent	CAUc
Region	Dato utført	Revisjon	Figur	4
Øst	22.08.2018	Rev. dato		



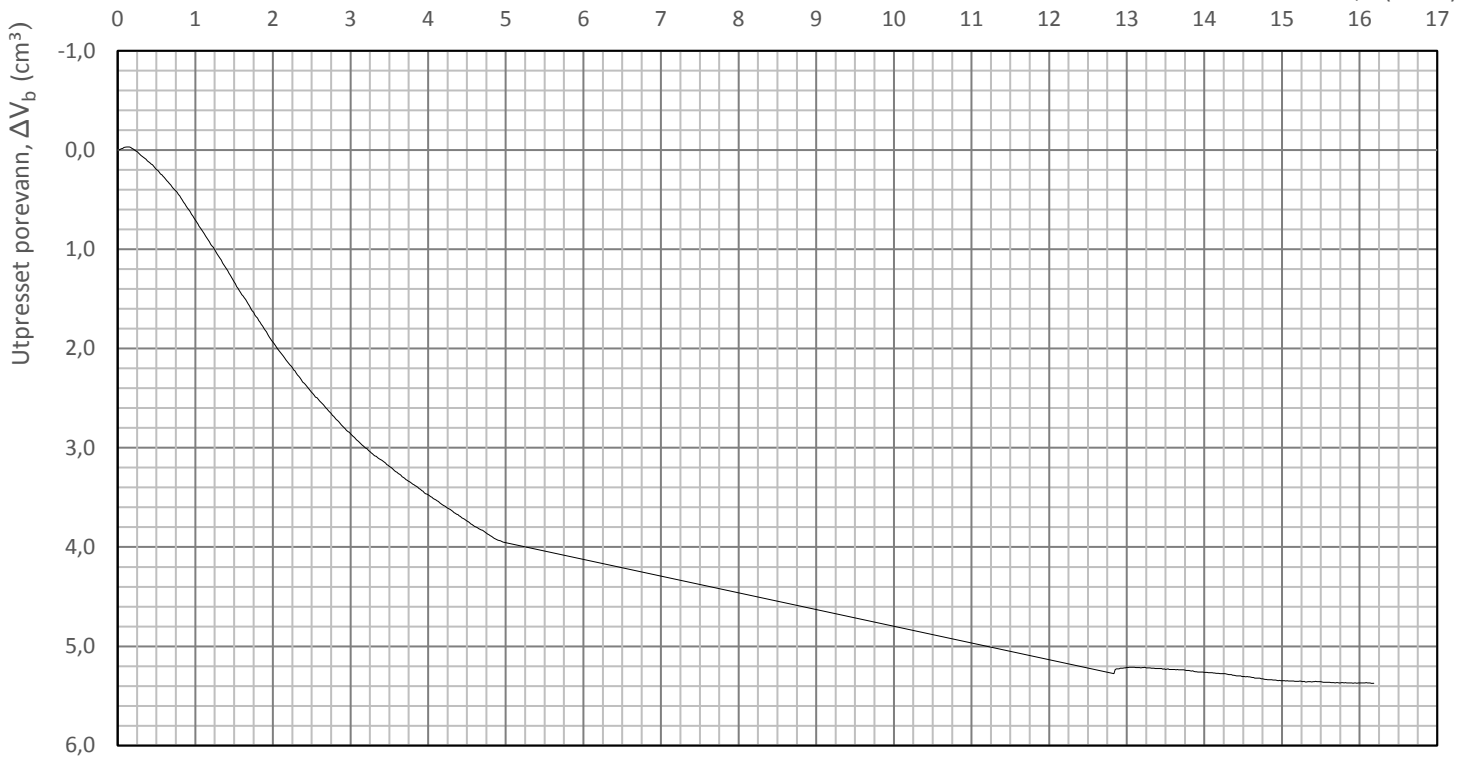
Prosjekt Ulvensplitten		Prosjektnummer: 1180368		Borhull BP3
Innhold Konsolidering				Dybde (m) 8,10
 Statens vegvesen	Utført mariad	Kontrollert jansen	Godkjent Godkjent	Forsøkstype CAUc
	Region Øst	Dato utført 22.08.2018	Revisjon Rev. dato	Figur 6



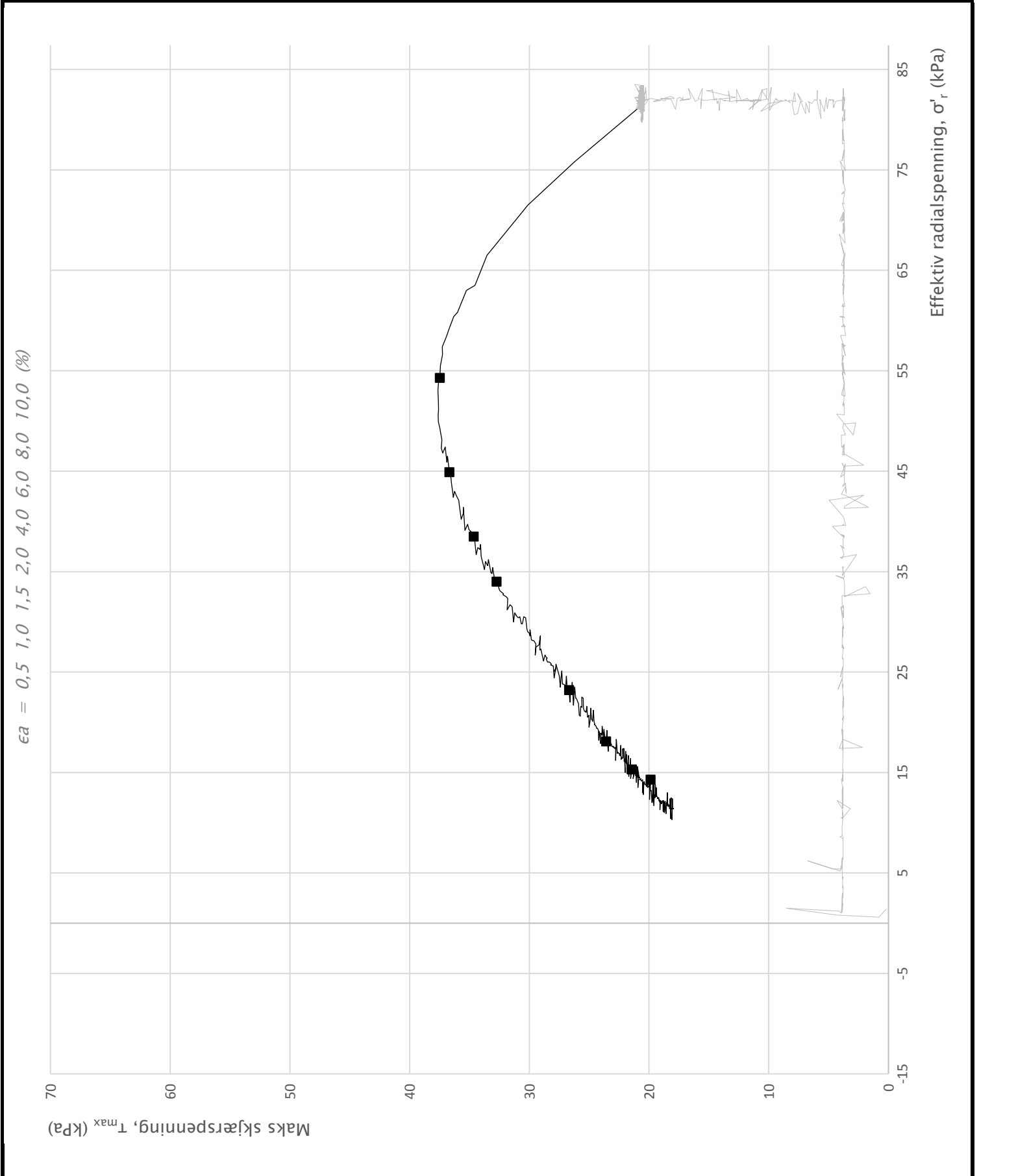
Prosjekt		Prosjektnummer: 1180368		Borhull
Ulvensplitten				BP3
Innhold				Dybde (m)
Spenningssti i skjærfase, σ'_r - τ plott (NTNU)				8,20
 Statens vegvesen	Utført	Kontrollert	Godkjent	Forsøkstype
	mariad	jansen	Godkjent	CAUc
Region	Dato utført	Revisjon	Figur	1
Øst	22.08.2018	Rev. dato		




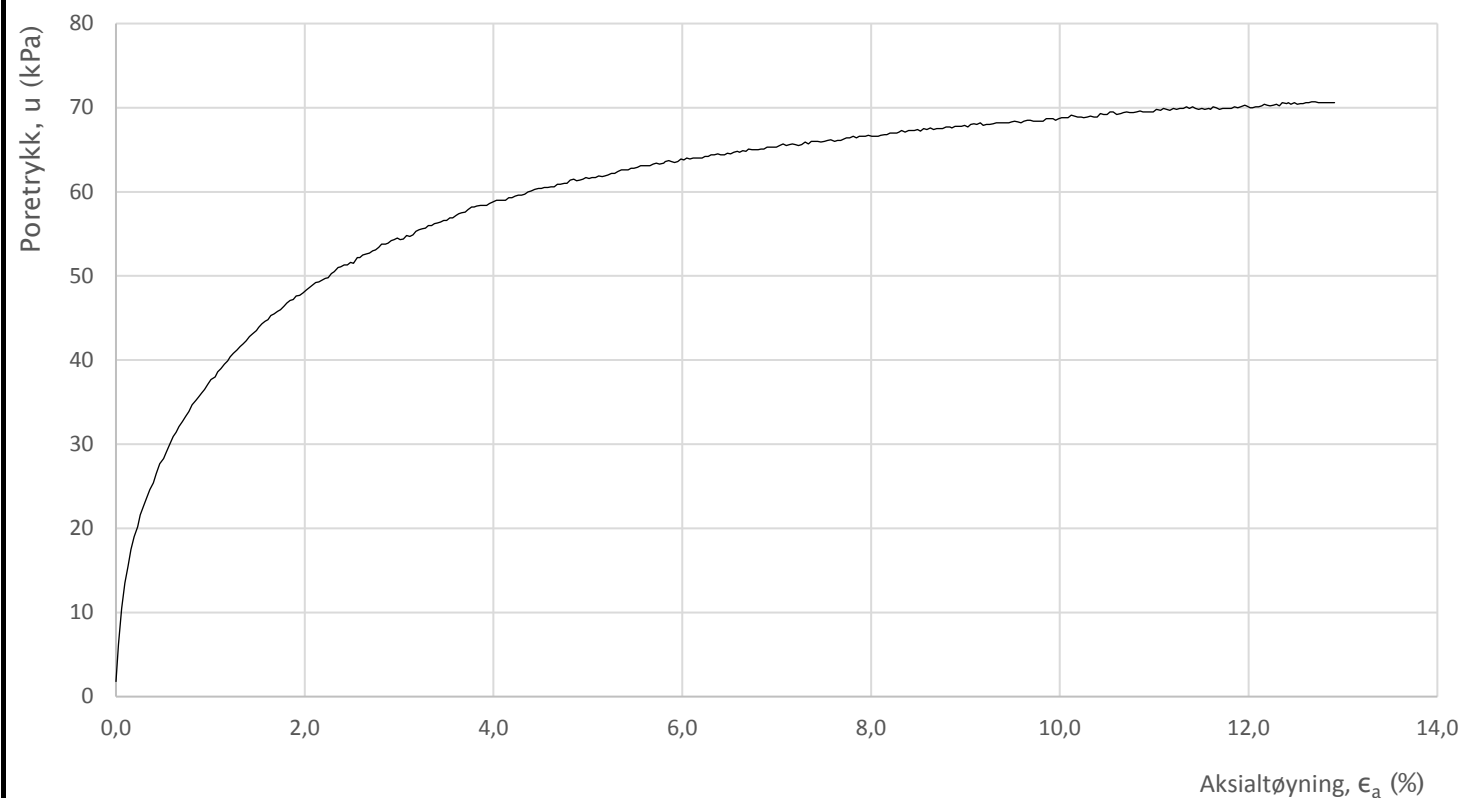
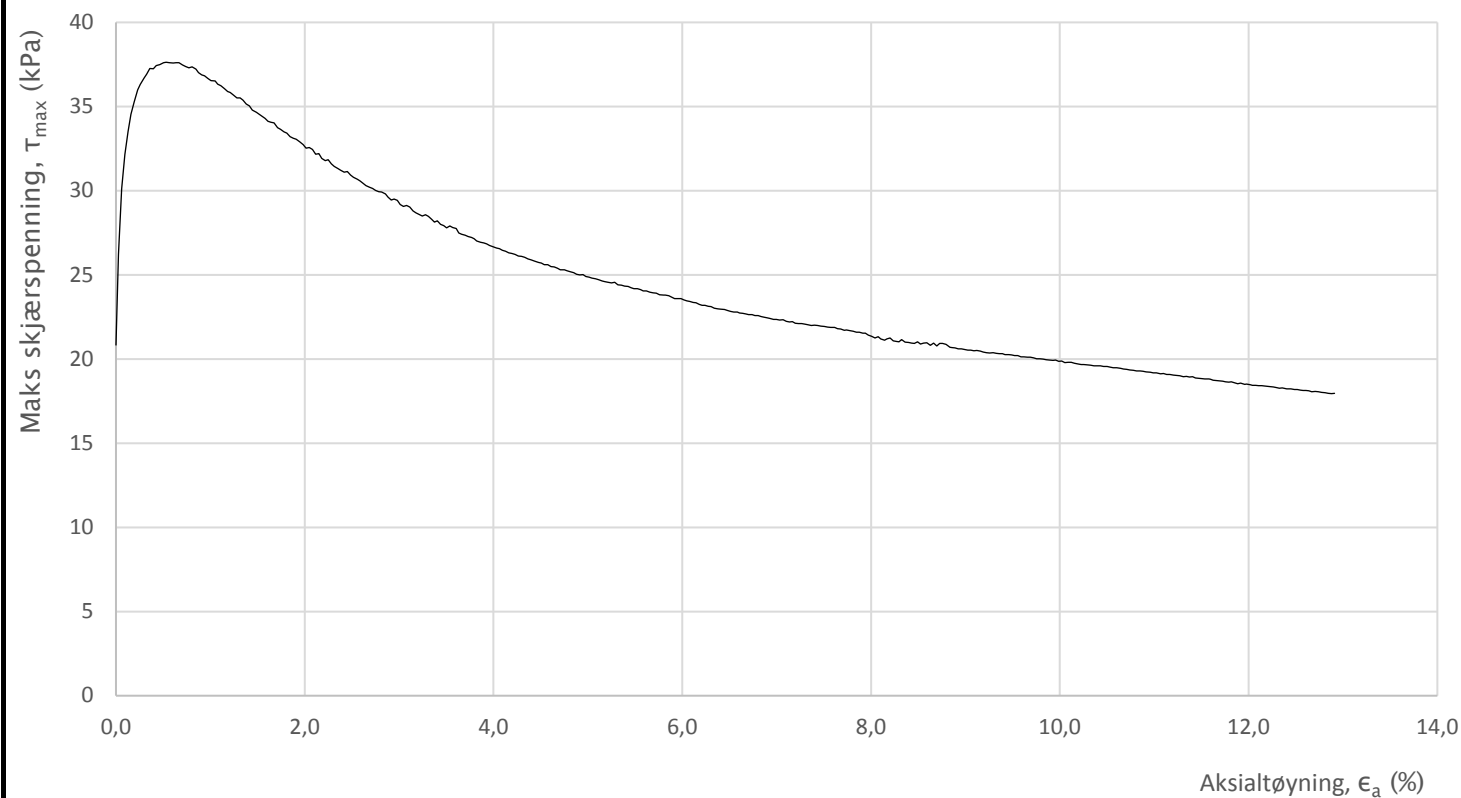
Prosjekt Ulvensplitten		Prosjektnummer: 1180368		Borhull BP3
Innhold Bruddutvikling i skjærfase, ϵ_a - τ og ϵ_a -u plott				Dybde (m) 8,20
 Statens vegvesen	Utført marriad	Kontrollert jansen	Godkjent Godkjent	Forsøkstype CAUc
	Region Øst	Dato utført 22.08.2018	Revisjon Rev. dato	Figur 4




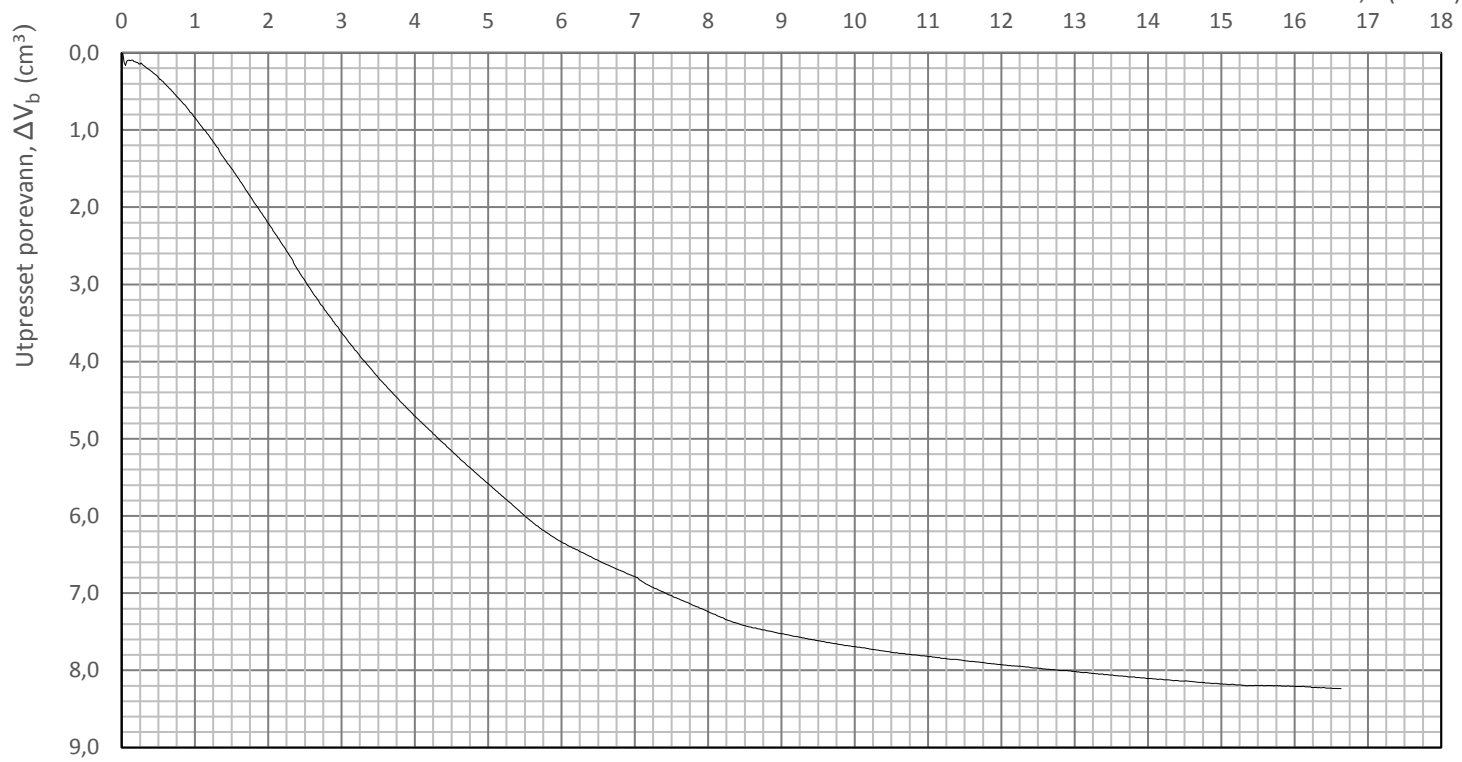
Prosjekt Ulvensplitten		Prosjektnummer: 1180368		Borhull BP3
Innhold Konsolidering				Dybde (m) 8,20
 Statens vegvesen	Utført mariad	Kontrollert jansen	Godkjent Godkjent	Forsøkstype CAUc
	Region Øst	Dato utført 22.08.2018	Revisjon Rev. dato	Figur 6



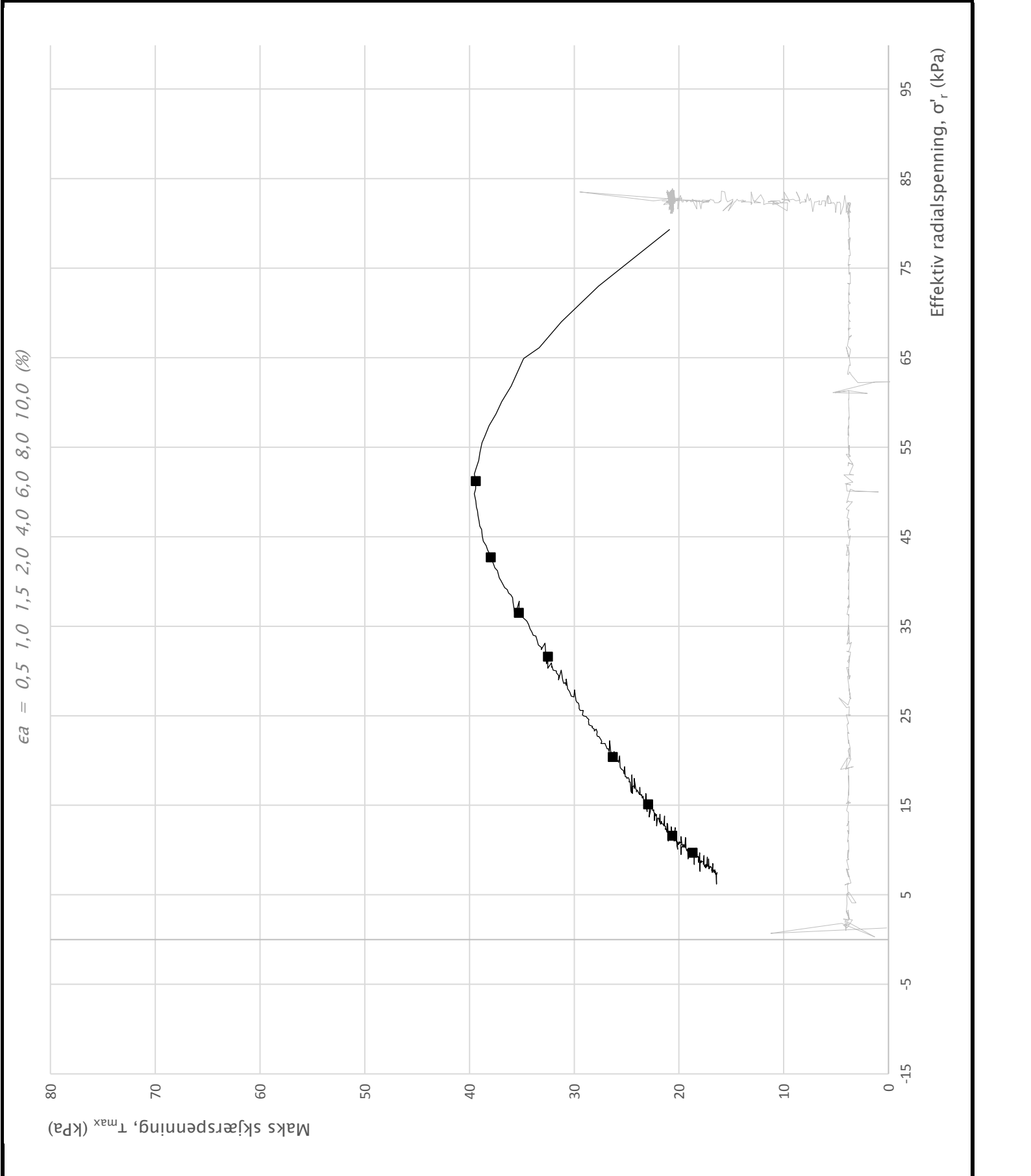
Prosjekt		Prosjektnummer: 1180368		Borhull
Ulvensplitten				BP3
Innhold				Dybde (m)
Spenningssti i skjærfase, σ'_r - τ plott (NTNU)				10,10
 Statens vegvesen	Utført	Kontrollert	Godkjent	Forsøkstype
	eivboe	marriad	Godkjent	CAUc
Region	Dato utført	Revisjon	Figur	1
Øst	24.08.2018	Rev. dato		




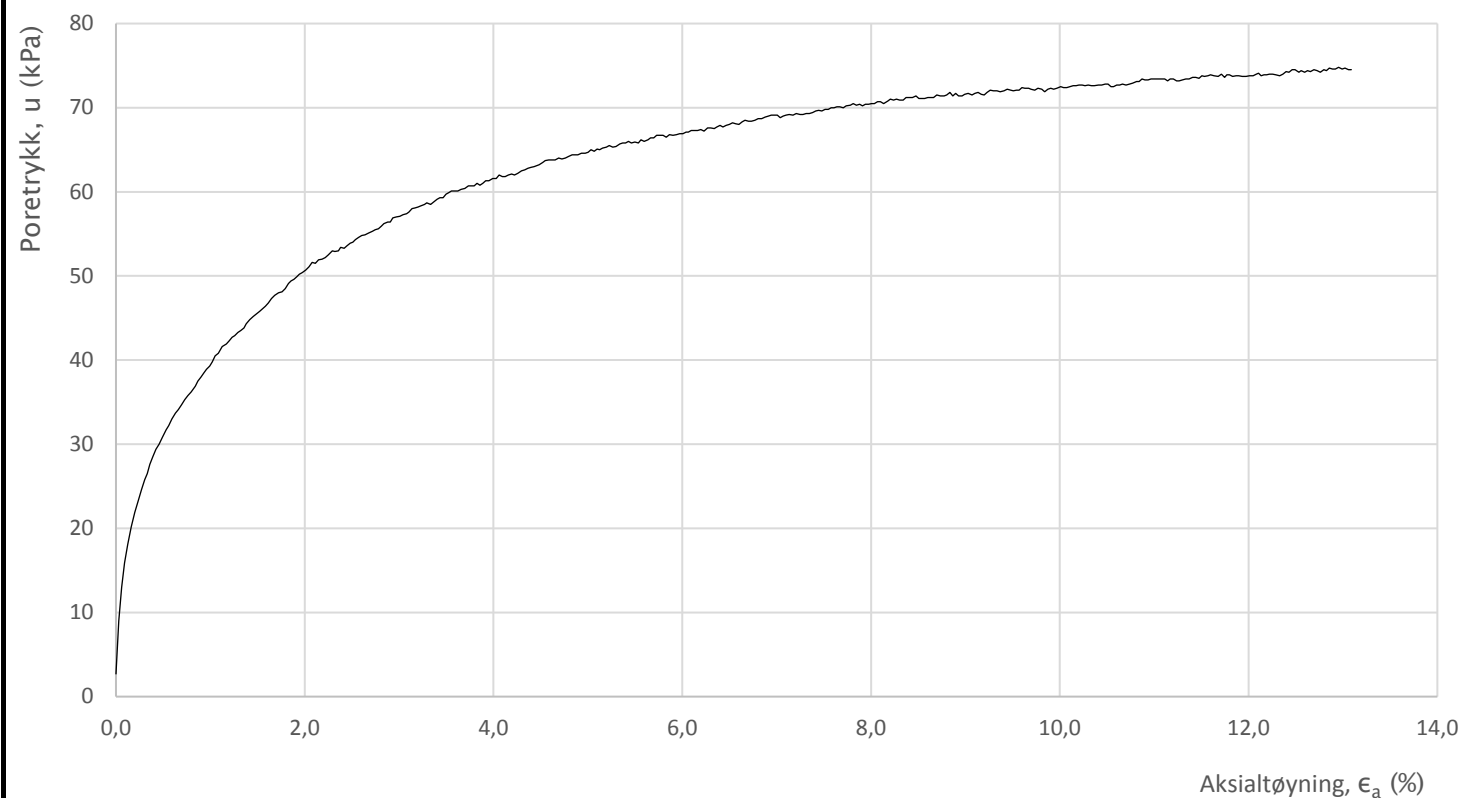
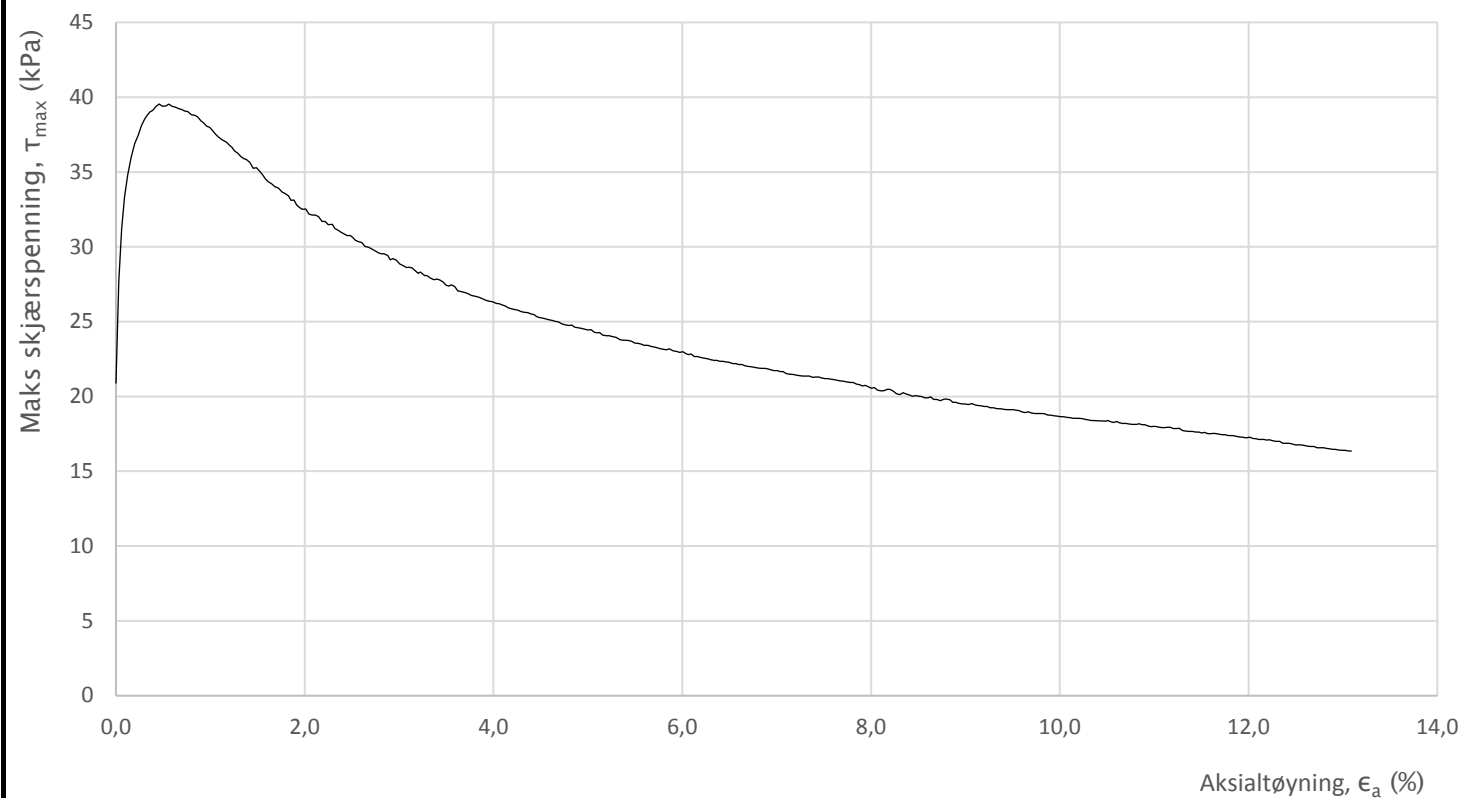
Prosjekt		Prosjektnummer: 1180368		Borhull
Ulvensplitten				BP3
Innhold				Dybde (m)
Bruddutvikling i skjærfase, ϵ_a - τ og ϵ_a -u plott				10,10
 Statens vegvesen	Utført	Kontrollert	Godkjent	Forsøkstype
	eivboe	marriad	Godkjent	CAUc
Region	Dato utført	Revisjon	Figur	4
Øst	24.08.2018	Rev. dato		




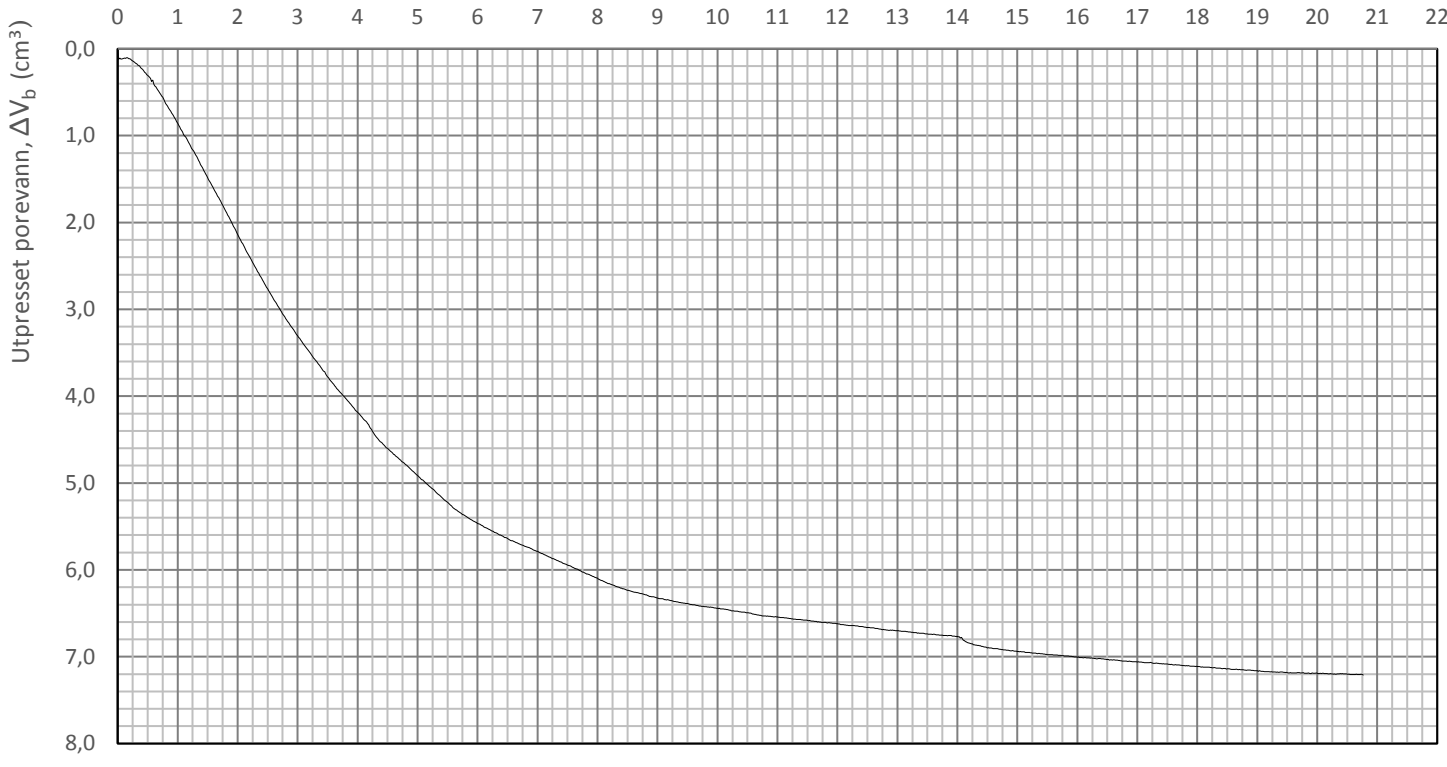
Prosjekt Ulvensplitten		Prosjektnummer: 1180368		Borhull BP3
Innhold Konsolidering				Dybde (m) 10,10
 Statens vegvesen	Utført eivboe	Kontrollert marriad	Godkjent Godkjent	Forsøkstype CAUc
	Region Øst	Dato utført 24.08.2018	Revisjon Rev. dato	Figur 6




Prosjekt		Prosjektnummer: 1180368		Borhull
Ulvensplitten				BP3
Innhold				Dybde (m)
Spenningssti i skjærfase, σ'_r - τ plott (NTNU)				10,10
 Statens vegvesen	Utført	Kontrollert	Godkjent	Forsøkstype
	eivboe	mariad	Godkjent	CAUc
Region	Dato utført	Revisjon	Figur	1
Øst	24.08.2018	Rev. dato		



Prosjekt		Prosjektnummer: 1180368		Borhull
Ulvensplitten				BP3
Innhold				Dybde (m)
Bruddutvikling i skjærfase, ϵ_a - τ og ϵ_a -u plott				10,10
 Statens vegvesen	Utført	Kontrollert	Godkjent	Forsøkstype
	eivboe	mariad	Godkjent	CAUc
Region	Dato utført	Revisjon	Figur	4
Øst	24.08.2018	Rev. dato		



Prosjekt		Prosjektnummer: 1180368		Borhull
Ulvensplitten				BP3
Innhold				Dybde (m)
Konsolidering				10,10
 Statens vegvesen	Utført	Kontrollert	Godkjent	Forsøkstype
	eivboe	marriad	Godkjent	CAUc
	Region	Dato utført	Revisjon	Figur
	Øst	24.08.2018	Rev. dato	
				6

F. Geoteknisk datarapport – Dragvoll

TEKNISK RAPPORT - LABORATORIEOPPDRAG

OPPDRAG	Saltstabilisert leire Dragvoll	DOKUMENTKODE	10203238-09-RIG-RAP-001
EMNE	Laboratorierapport	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAGSGIVER	Statens vegvesen Region midt	OPPDRAGSLEDER	Ann Kristin Selmer
KONTAKTPERSON	Tonje Eide Helle	SAKSBEHANDLER	Anders S. Gylland
KOPI		ANSVARLIG ENHET	3015 Midt Grunnundersøkelser

1 Bakgrunn

Multiconsult Norge AS har på oppdrag fra Statens vegvesen Region midt utført laboratorieundersøkelser for oppdrag 10203278-09 Saltstabilisert leire Dragvoll. Prøvetakingen er utført av Statens vegvesen Region midt medio november 2018, og prøvene ble levert vårt laboratorium uke 44-46. Rådata for CRS og treaksforsøk er tidligere sendt Statens vegvesen Region midt v/Tonje Eide Helle.

2 Omfang av laboratorieundersøkelsen

Laboratorieundersøkelsen ble utført uke 48- 49, 2018 og omfatter følgende undersøkelser:

Undersøkelse	Materiale	Type	Antall	Merknad knyttet til prøvematerialet
Rutine	Kohesjon	Miniblokk, 54mm, 75mm	6	
Kornfordeling	Kohesjon	Hydrometer, slemming	6	
Treaks	Kohesjon	CAUa - CAUp	6 + 1	
Ødometer	Kohesjon	CRS	7	
Korndensitet	Kohesjon		6	
Glødetap, OGL	Kohesjon		6	
Ip	Kohesjon		6	

Undersøkelsen er utført av laborant Vidar Tøndervik og faglaborant Marthe S. Haugan. Opptegning av resultater er inkludert i tegningsvedlegg.

001	14.11.2018		Vidar Tøndervik	Marthe S. Haugan	Anders S. Gylland
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

3 Prosedyrer for gjennomføring

Multiconsult utfører sine laboratorieundersøkelser i henhold til Norsk standard NS 8000-serien og relevante ISO-standarder, samt vår interne laboratoriehåndbok som er basert på disse. En oversikt over gjeldende standarder er vist i vedlegg 1.

Gjennomføringen av oppdraget er kvalitetssikret i henhold til Multiconsults styringssystem. Systemet er bygget opp med prosedyrer og beskrivelser som er dekkende for kvalitetsstandard NS-EN ISO 9000:2000.

4 Kommentarer til utførte undersøkelser

Laboratorieundersøkelsen er utført i henhold til avtalt omfang med følgende kommentarer:

Undersøkelse av	Merknad/avvik
Hull 108, d4,0 - 4,70m, 75mm	Prøven bestod av LEIRE, enk små sand-/gruskorn, enk meget små skjellrester. Det ble utført 1 stk rutine (- enaks), 1 stk OGL, 1 stk kornfordeling, samt 1 stk IP. Uforstyrret konus ikke mulig da prøven er meget forstyrret.
Hull 108, d5,0 - 5,80m, 75mm	Prøven bestod av LEIRE med overgang til KVIKKLEIRE ved ca. 5,30m, enk små sand-/gruskorn. Det ble utført 1 stk rutine (- enaks), 1 stk OGL, 1 stk kornfordeling, 1 stk korndensitet, 1 stk IP, 1 stk CRS, samt 1 stk CAUa. Prøven virker å være noe forstyrret.
Hull 108, d6,0-6,80m, 75mm	Prøven bestod av KVIKKLEIRE, enk meget tynne siltlag, enk meget små sand-/gruskorn. Det ble utført 1 stk rutine (- enaks), 1 stk OGL, 1 stk kornfordeling, 1 stk korndensitet, 1 stk IP, 1 stk CRS, samt 1 stk CAUa. Prøven virker å være noe forstyrret i øvre del.
Hull 109, d5,0-5,30m, blokk	Prøven bestod av LEIRE, med enk meget tynne siltlag, enk sand-/ gruskorn, enk meget små skjellrester. Rutine av denne ble utfør av Olga Lepkovski ved Statens vegvesen Region midt. Det ble utført 1 stk korndensitet, 1 stk CRS, 1 stk CAUa, samt 1 stk CAUp. Blokkprøven var svært vanskelig å dele / preparere. Prøven virker å være noe forstyrret.
Hull 109, d6,0-6,30m, blokk	Prøven bestod av LEIRE, enk meget tynne siltlag, enk små sand-/gruskorn, enk meget små skjellrester. Det ble utført 1 stk rutine (- enaks), 1 stk OGL, 1 stk kornfordeling, 1 stk korndensitet, 1 stk IP, 1 stk CRS, samt 1 stk CAUa. Blokkprøven var svært vanskelig å dele / preparere. Prøven virker å være noe forstyrret.
Hull 113, d4,0-4,80m, 75mm	Prøven bestod av LEIRE, enk meget tynne siltlag. Det ble utført 1 stk rutine (- enaks), 1 stk OGL, 1 stk kornfordeling, 1 stk korndensitet, 1 stk IP, 1 stk CRS, samt 1 stk CAUa. Prøven virker noe forstyrret!
Hull 113, d5,0-5,8m, 75mm	Prøven bestod av LEIRE, enk meget tynne siltlag. Det ble utført 1 stk rutine (- enaks), 1 stk OGL, 1 stk kornfordeling, 1 stk korndensitet, 1 stk IP, 1 stk CRS, samt 1 stk CAUa.

Laboratorierapport

Tegningsliste

10203278-09-RIG-TEG-200 til 202 Geotekniske data

10203278-09-RIG-TEG-300 til 302 Korngraderinger

10203278-09-RIG-TEG-400 til 406 Ødometerforsøk

10203278-09-RIG-TEG-450 til 456 Treaksialforsøk

Vedlegg

Metodestandarder og retningslinjer-laboratorieundersøkelser

Dybde (m)	Beskrivelse	Prøve	Test	Vanninnhold (%) og konsistensgrenser					ρ (g/cm ³)	Porøsitet (%)	Organisk innhold (%)	Udrenert skjærfasthet (kPa)					St (-)	
				10	20	30	40	50				10	20	30	40	50		
5	LEIRE, enk små sand-/gruskorn		K						1,85	51	0,6 0,8	▼1,6 ▼1,6						
	KVIKKLEIRE, enk meget tynne siltlag enk meget små sand-/gruskorn		K Ø T						1,86	50	0,6 0,4	▼0,6 ▼0,5	▼ ▼					18 16
	KVIKKLEIRE, enk meget tynne siltlag enk meget små sand-/gruskorn		K Ø T						1,86	50	0,5 0,5	▼0,1 ▼0,1	▼ ▼					81 75
10																		
15																		
20																		

Symboler:



Enaksialforsøk (strek angir akseil tøyning (%) ved brudd)



Vanninnhold



Omrørt konus

ρ = Densitet

T = Treaksialforsøk

ρ_s : 2,72 g/cm³

Ø = Ødometerforsøk

Grunnvannstand: m

K = Korngradering

Borbok:

Lab-bok: Digital

Plastisitetsindeks, Ip



Uomrørt konus

S_t = Sensitivitet

PRØVESERIE

Borhull:

108

Statens vegvesen Reigion midt

Dato:

2018-11-18

Saltstabilisert leire Dragvoll

75 mm

Multiconsult
www.multiconsult.no

Konstr./Tegnet:

vt

Kontrollert:

mash

Godkjent:

ANG

Oppdragsnummer:

10203278-09

Tegningsnr.:

RIG-TEG-200

Rev. nr.:

00

Dybde (m)	Beskrivelse	Prøve	Test	Vanninnhold (%) og konsistensgrenser					ρ (g/cm ³)	Porøsitet (%)	Organisk innhold (%)	Udreneret skjærfasthet (kPa)					St (-)	
				10	20	30	40	50				10	20	30	40	50		
5	LEIRE, enk meget tynne siltlag enk små sand-/gruskorn, små skjellrester		T T Ø						1,88									
	LEIRE, enk meget tynne siltlag enk sand-/gruskorn, enk meget små skjellrester		T K Ø						1,88	50	0,9	▼	▽	▽				3 4
10																		
15																		
20																		

Symboler:



Enaksialforsøk (strek angir akseil tøyning (%) ved brudd)

○ Vanninnhold¹⁰

▼ Omrørt konus

ρ = Densitet

T = Treaksialforsøk

ρ_s : 2,74 g/cm³

Grunnvannstand: m

┌─ Plastisitetsindeks, I_p

▽ Uomørt konus

S_t = Sensitivitet

Ø = Ødometerforsøk

Borbok:

K = Korngradering

Lab-bok:

Digital

PRØVESERIE

Borhull:

109

Statens vegvesen Reigion midt

Dato:

2018-11-18

Saltstabilisert leire Dragvoll

MINIBLOKK

Multiconsult
www.multiconsult.no

Konstr./Tegnet:

vt

Kontrollert:

mash

Godkjent:

ANG

Oppdragsnummer:

10203278-09

Tegningsnr.:

RIG-TEG-201

Rev. nr.:

00

Dybde (m)	Beskrivelse	Prøve	Test	Vanninnhold (%) og konsistensgrenser					ρ (g/cm ³)	Porøsitet (%)	Organisk innhold (%)	Udrenert skjærfasthet (kPa)					St (-)		
				10	20	30	40	50				10	20	30	40	50			
5	LEIRE, enk megt tynne siltlag		Ø K T						1,88	50	1,3 1,4	▼ ▼	▼ ▼						4 5
5	LEIRE, enk meget tynne siltlag		K T Ø						1,88	50	1,2 1,2	▼ ▼	▼ ▼						4 3
10																			
15																			
20																			

Symboler:



Enaksialforsøk (strek angir aksiell tøyning (%) ved brudd)



Vanninnhold



Omrørt konus

ρ = Densitet

T = Treaksialforsøk
Ø = Ødometerforsøk
K = Korngradering

ρ_s : 2,72 g/cm³
Grunnvannstand: m
Borrbok:
Lab-bok: Digital

— Plastisitetindeks, Ip



Uomrørt konus

S_t = Sensitivitet

PRØVESERIE

Borhull:

113

Statens vegvesen Region midt

Dato:

2018-11-18

Saltstabilisert leire Dragvoll

75 mm

Multiconsult
www.multiconsult.no

Konstr./Tegnet:

vt

Kontrollert:

mash

Godkjent:

ANG

Oppdragsnummer:

1003278-09

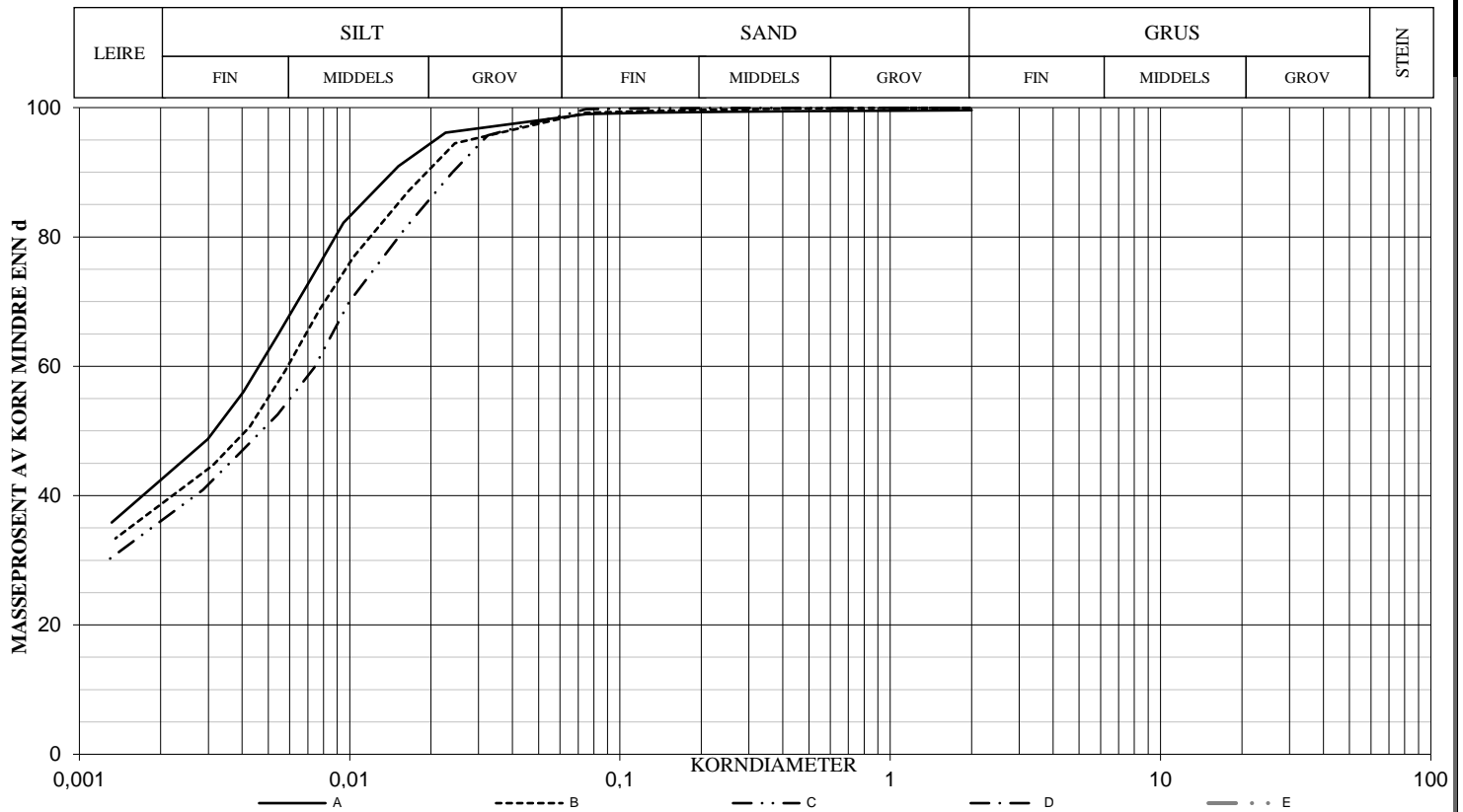
Tegningsnr.:

RIG-TEG-202

Rev. nr.:

00

SYMBOL	SERIE NR.	DYBDE (m)	JORDARTS BETEGNELSE	Anmerkninger	METODE		
					TS	VS	HYD
A	108	4,33	LEIRE		X		X
B	108	5,36	LEIRE		X		X
C	108	6,18	LEIRE		X		X
D							
E							



SYMBOL:

Ogl. = Glødetap (%)

Ona. = Humusinnhold (%)

Perm. = Permeabilitet (m/s)

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{(D_{60})(D_{10})}$$

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

METODE:

TS = Tørr sikt

VS = Våt sikt

HYD = Hydrometer

SYM BOL	Tele gruppe	W %	Su kN/m ²	Su r kN/m ²	Plastisitet		Glødetap Ogl %	< 0,02 mm %	Tot. densitet kN/m ³	D ₁₀ mm	D ₃₀ mm	D ₅₀ mm	D ₆₀ mm
					W _f	W _p							
A		38,2										0,0032	0,0047
B		38,4										0,0041	0,0059
C		36,4									0,001	0,0048	0,0074
D													
E													

KORNGRADERING

Statens vegvesen Region midt
 Saltstabilisert leire Dragvoll
 Grunnundersøkelser

Konstr./Tegnet vt

Kontrollert mash

Godkjent ANG

Dato 18.11.18

Multiconsult
 www.multiconsult.no

OPPDRAK NR.

10203278-09

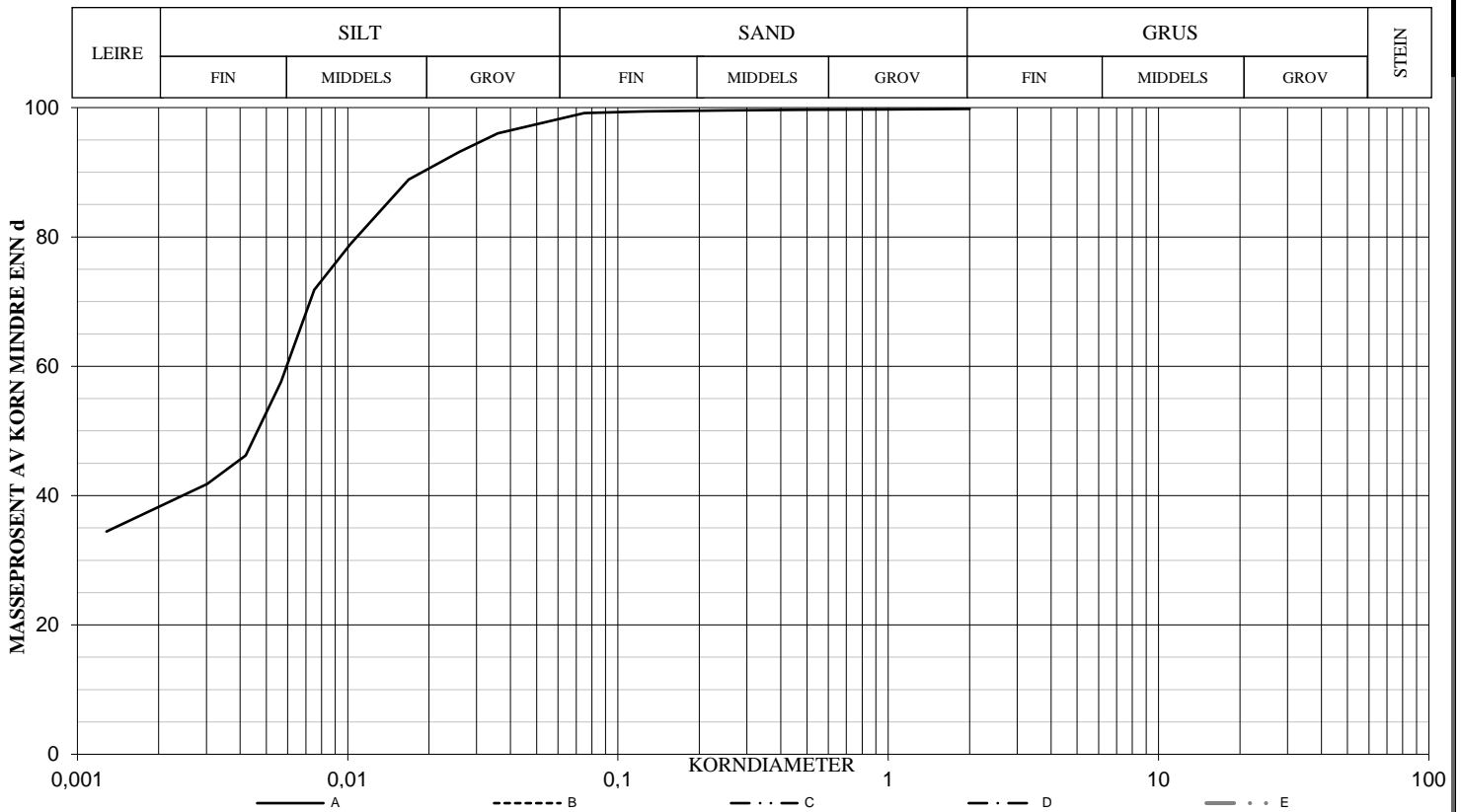
TEGN.NR

RIG-TEG-300

REV.

00

SYMBOL OL	SERIE NR.	DYBDE (m)	JORDARTS BETEGNELSE	Anmerkninger	METODE		
					TS	VS	HYD
A	109	6,15	LEIRE		X		X
B							
C							
D							
E							



SYMBOL:

Ogl. = Glødetap (%)

Ona. = Humusinnhold (%)

Perm. = Permeabilitet (m/s)

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{(D_{60})(D_{10})}$$

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

METODE:

TS = Tørr sikt

VS = Våt sikt

HYD = Hydrometer

SYM BOL	Tele gruppe	W %	Su kN/m ²	Su r kN/m ²	Plastisitet		Glødetap Ogl %	< 0,02 mm %	Tot. densitet kN/m ³	D ₁₀ mm	D ₃₀ mm	D ₅₀ mm	D ₆₀ mm
					W _f	W _p							
A		36,6										0,0047	0,0060
B													
C													
D													
E													

KORNGRADERING

Statens vegvesen Region midt
Saltstabilisert leire Dragvoll
Grunnundersøkelser

Konstr./Tegnet
vt

Kontrollert
mash

Godkjent
ANG

Dato
18.11.18

Multiconsult
www.multiconsult.no

OPPDRAK NR.

10203278-09

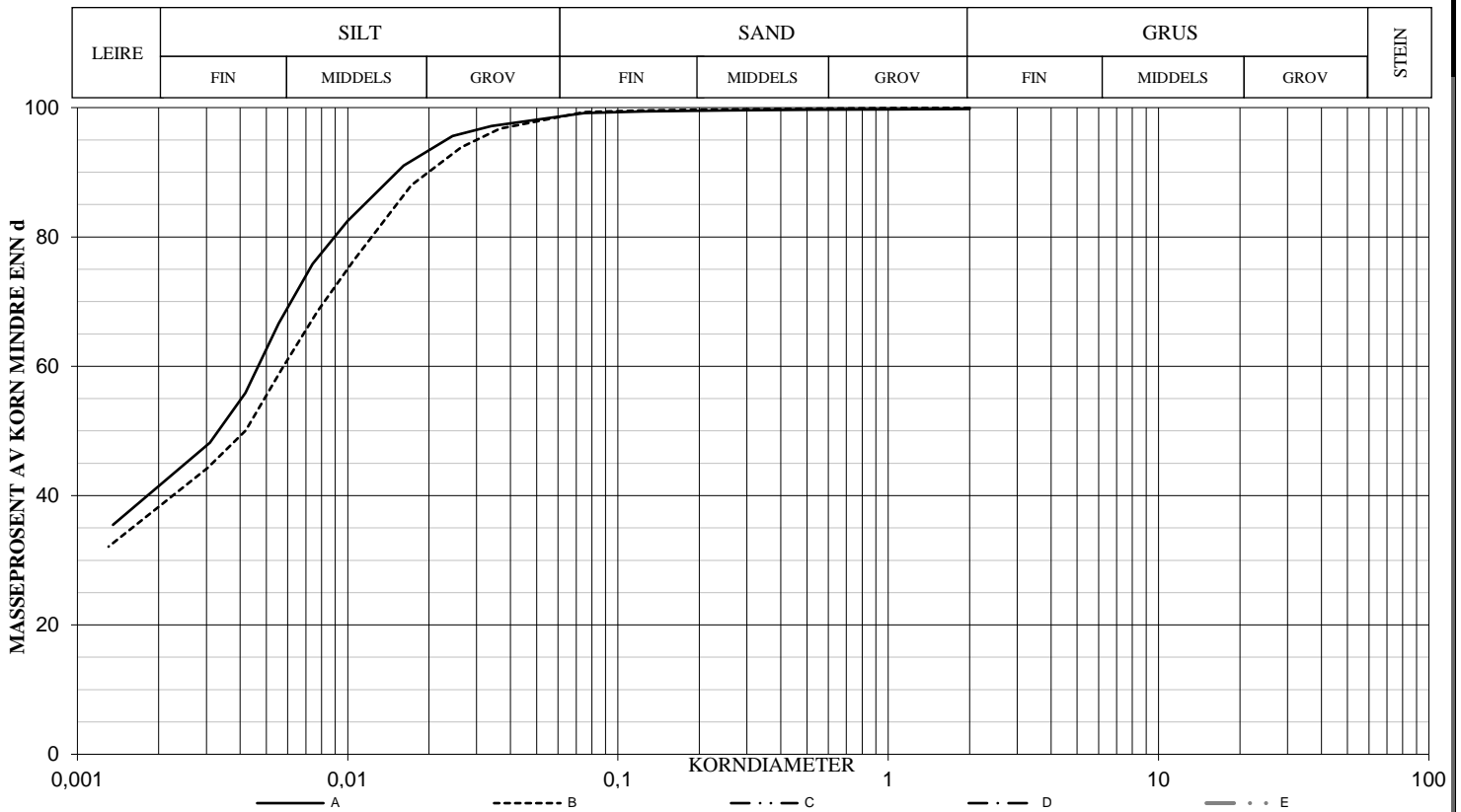
TEGN.NR

RIG-TEG-301

REV.

00

SYMBOL	SERIE NR.	DYBDE (m)	JORDARTS BETEGNELSE	Anmerkninger	METODE		
					TS	VS	HYD
A	113	4,36	LEIRE		X		X
B	113	5,30	LEIRE		X		X
C							
D							
E							



SYMBOL:

Ogl. = Glødetap (%)

Ona. = Humusinnhold (%)

Perm. = Permeabilitet (m/s)

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{(D_{60})(D_{10})}$$

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

METODE:

TS = Tørr sikt

VS = Våt sikt

HYD = Hydrometer

SYM	Tele gruppe	W %	Su kN/m2	Su r kN/m2	Plastisitet		Glødetap Ogl %	< 0,02 mm %	Tot. densitet kN/m3	D ₁₀ mm	D ₃₀ mm	D ₅₀ mm	D ₆₀ mm
					W _f	W _p							
A		37,9										0,0033	0,0047
B		36,5										0,0042	0,0058
C													
D													
E													

KORNGRADERING

Statens vegvesen Region midt
Saltstabilisert leire Dragvoll
Grunnundersøkelser

Konstr./Tegnet
vt

Kontrollert
mash

Godkjent
ANG

Dato
18.11.18

Multiconsult
www.multiconsult.no

OPPDRAK NR.

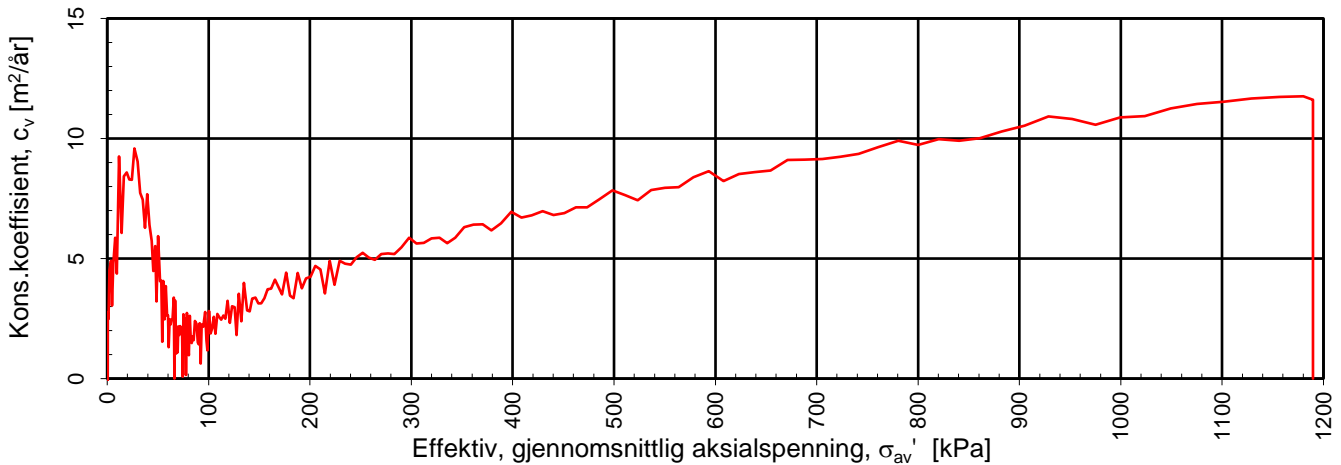
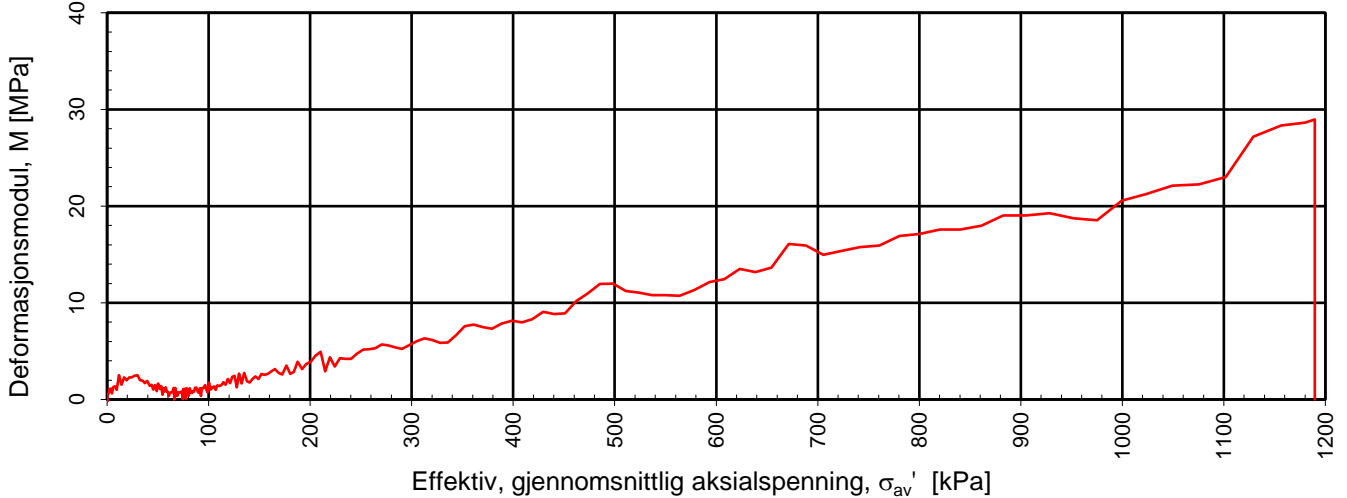
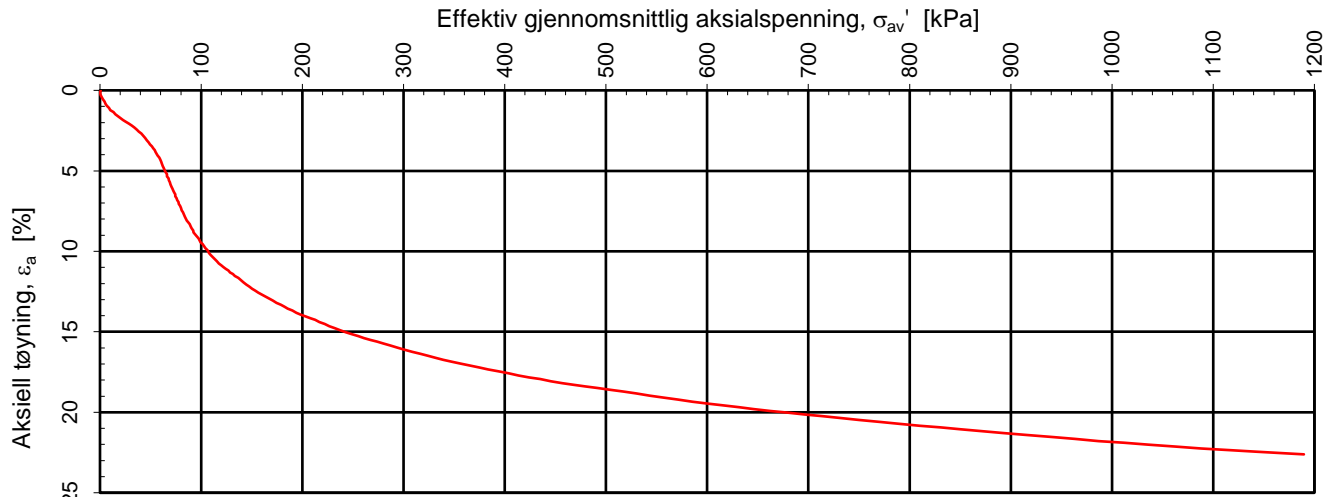
10203278-09

TEGN.NR

RIG-TEG-302

REV.

00



Densitet ρ (g/cm³):
Vanninnhold w (%):

1,86
38,40

Effektivt overlagingstrykk, σ_{vo}' (kPa):

49,50

Statens vegvesen Region midt

Saltstabilisert leire Dragvoll

Tegningens filnavn:

10203278-09-RIG-TEG-400_h108, d5,40m.xlsx

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

MULTICONSULT NORGE AS

Sluppenvegen 15,
7486 TRONDHEIM
Tlf.: 73 10 62 00
Faks: 73 10 62 30

Forsøksdato:

07.11.2018

Dybde, z (m):

5,40

Borpunkt nr.:

108

Forsøknr.:

6

Tegnet av:

vt

Kontrollert:

mash

Oppdrag nr.:

10203278-09

Tegning nr.:

RIG-TEG-400.1

Prosedyre:

CRS

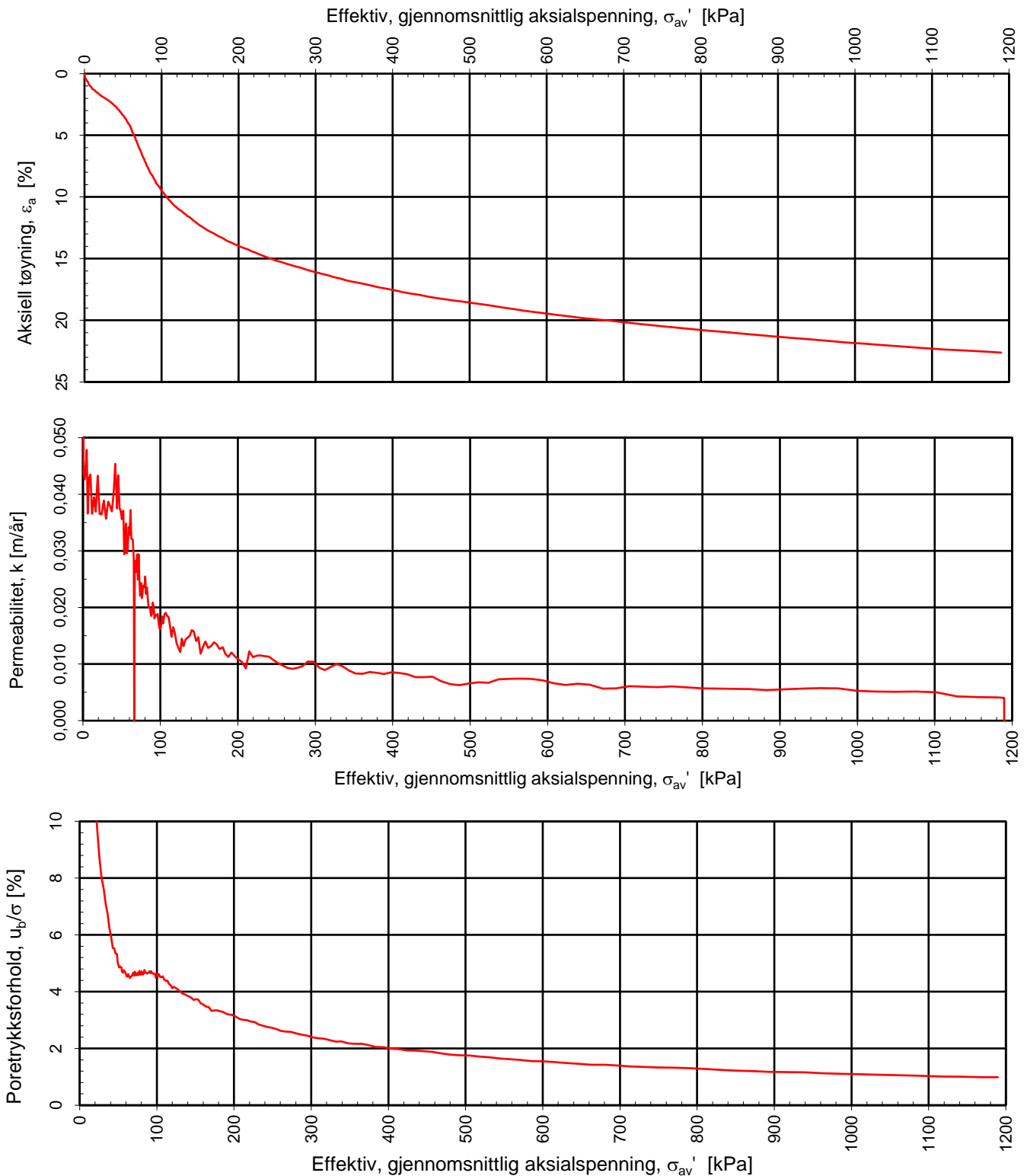
Godkjent:

ANG

Programrevisjon:

16.07.2018

Multi
consult



Densitet ρ (g/cm³):

1,86

Vanninnhold w (%):

38,40

Effektivt overlagingstrykk, σ_{vo}' (kPa):

49,50

Statens vegvesen Region midt

Saltstabilisert leire Dragvoll

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

Tegningens filnavn:

10203278-09-RIG-TEG-400_h108_d5_40m.xlsx

Multi
consult

MULTICONSULT NORGE AS

Sluppenvegen 15,
7486 TRONDHEIM
Tlf.: 73 10 62 00
Faks: 73 10 62 30

Forsøksdato:

07.11.2018

Dybde, z (m):

5,40

Borpunkt nr.:

108

Forsøksnr.:

6

Tegnet av:

vt

Kontrollert:

mash

Godkjent:

ANG

Oppdrag nr.:

10203278-09

Tegning nr.:

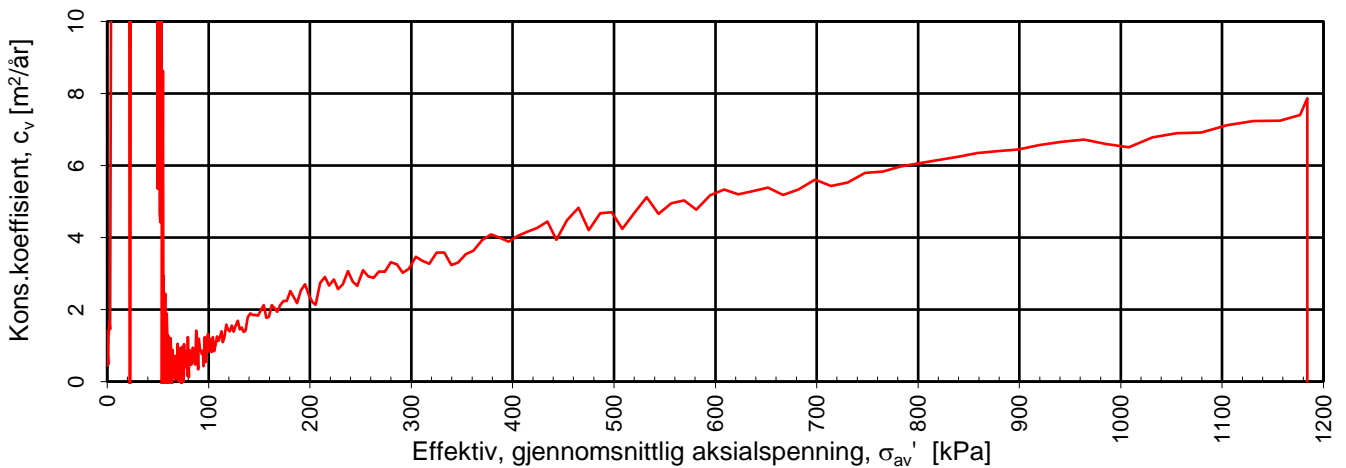
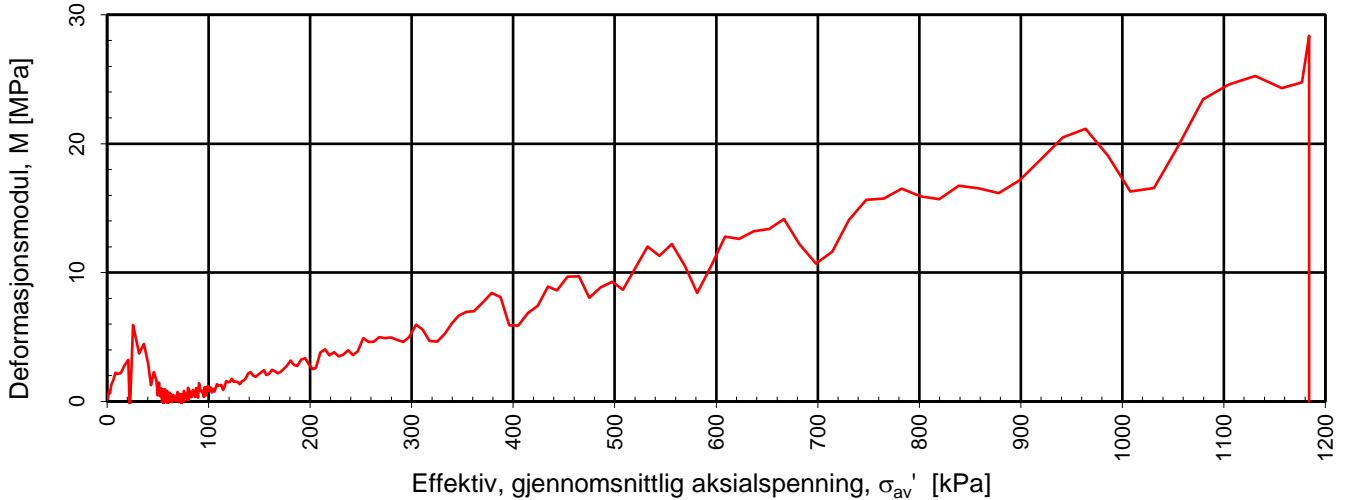
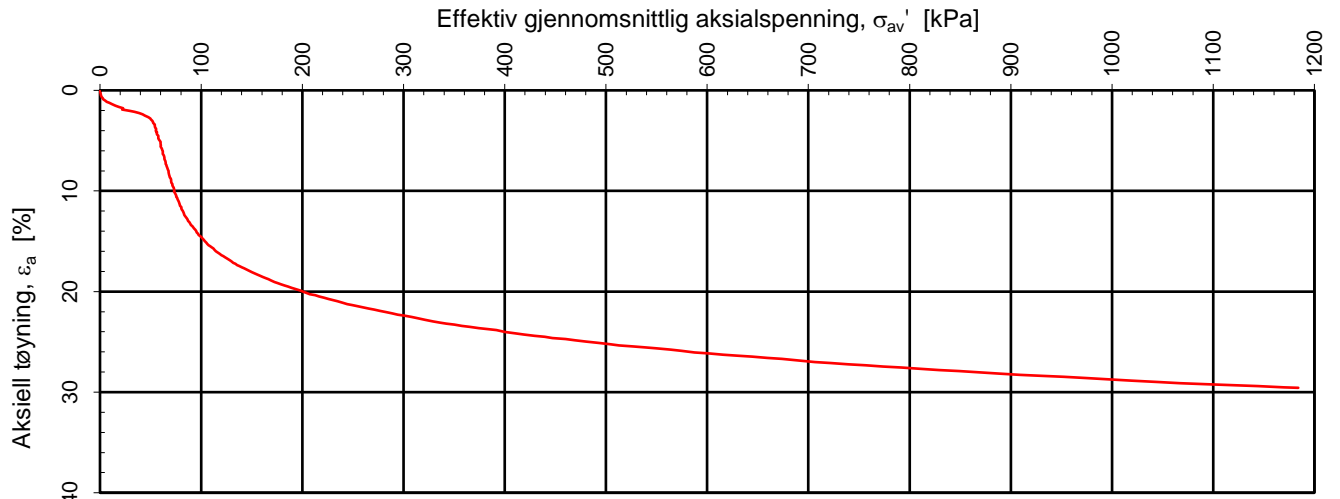
RIG-TEG-400.2

Prosedyre:

CRS

Programrevisjon:

16.07.2018



Densitet ρ (g/cm³): **1,86**
 Vanninnhold w (%): **35,10**

Effektivt overlagingstrykk, σ_{vo}' (kPa): **58,15**

Statens vegvesen Region midt
Saltstabilisert leire Dragvoll

Tegningens filnavn:

10203278-09-RIG-TEG-401_h108_d6,45m.xlsx

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

MULTICONSULT
NORGE AS

Sluppenvegen 15,
 7486 TRONDHEIM
 Tlf.: 73 10 62 00
 Faks: 73 10 62 30

Forsøksdato:
 07.11.2018

Dybde, z (m):
 6,45

Borpunkt nr.:
 108

Forsøknr.:
 7

Tegnet av:
 vt

Kontrollert:
 mash

Godkjent:
 ANG

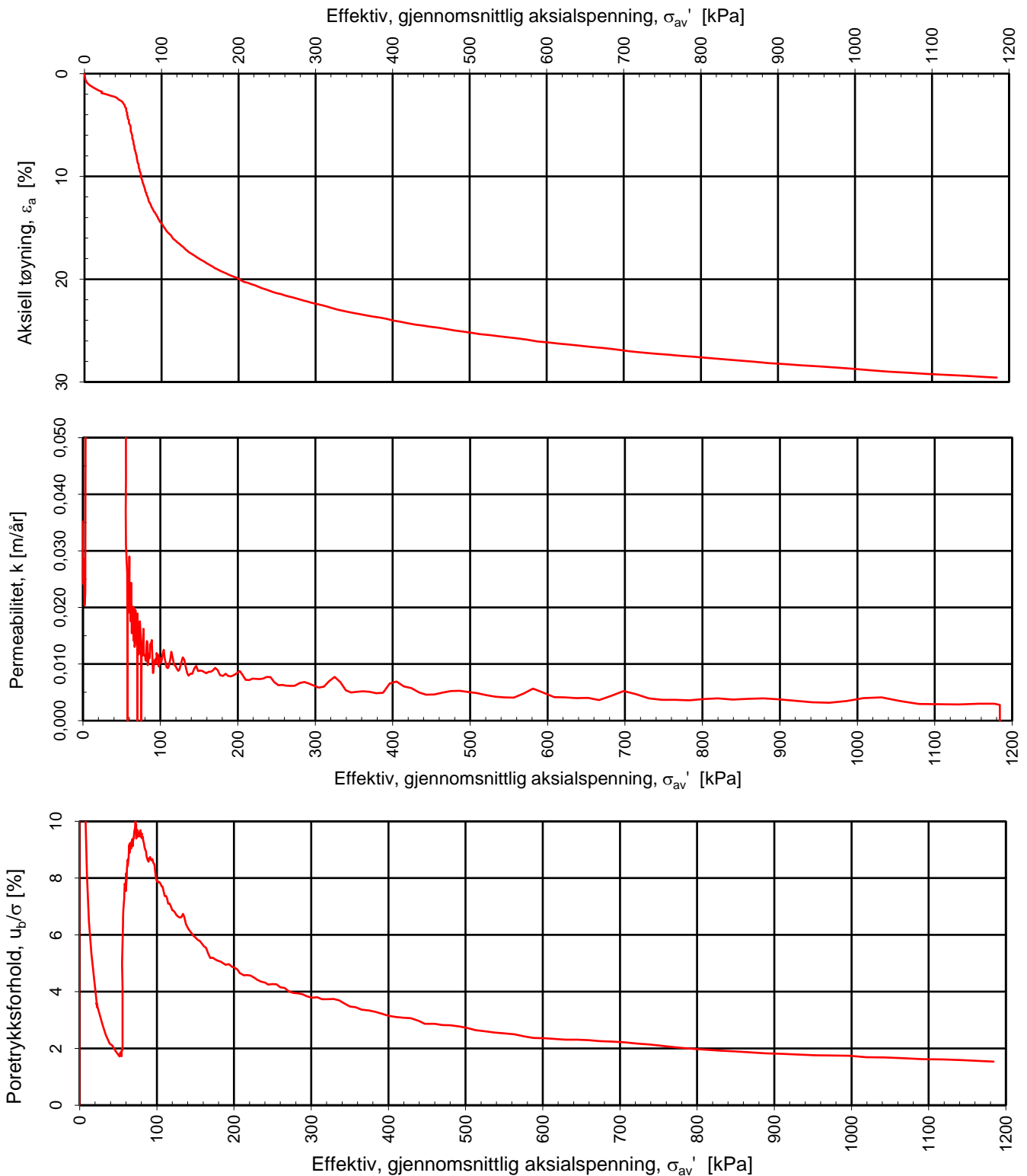
Oppdrag nr.:
 10203278-09

Tegning nr.:
 RIG-TEG-401.1

Prosedyre:
 CRS

Programrevisjon:
 16.07.2018





Densitet ρ (g/cm³):

1,86

Vanninnhold w (%):

35,10

Effektivt overlagingstrykk, σ_{vo}' (kPa):

58,15

Statens vegvesen Region midt

Saltstabilisert leire Dragvoll

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

Tegningens filnavn:

10203278-09-RIG-TEG-401_h108_d6,45m.xlsx

MULTICONSULT NORGE AS

Sluppenvegen 15,
7486 TRONDHEIM
Tlf.: 73 10 62 00
Faks: 73 10 62 30

Forsøksdato:

07.11.2018

Dybde, z (m):

6,45

Borpunkt nr.:

108

Forsøksnr.:

7

Tegnet av:

vt

Kontrollert:

mash

Oppdrag nr.:

10203278-09

Tegning nr.:

RIG-TEG-401.2

Prosedyre:

CRS

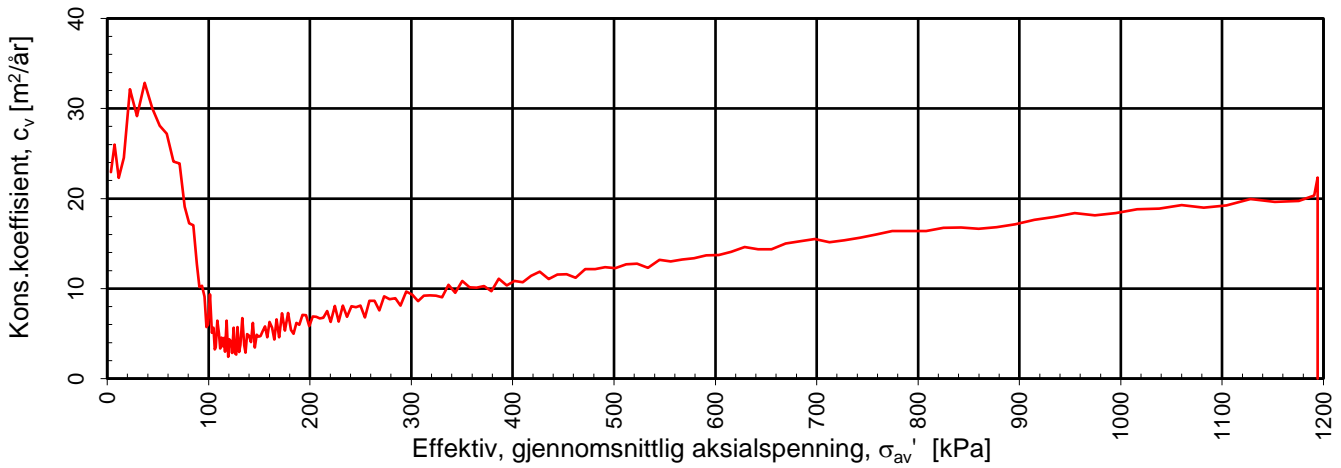
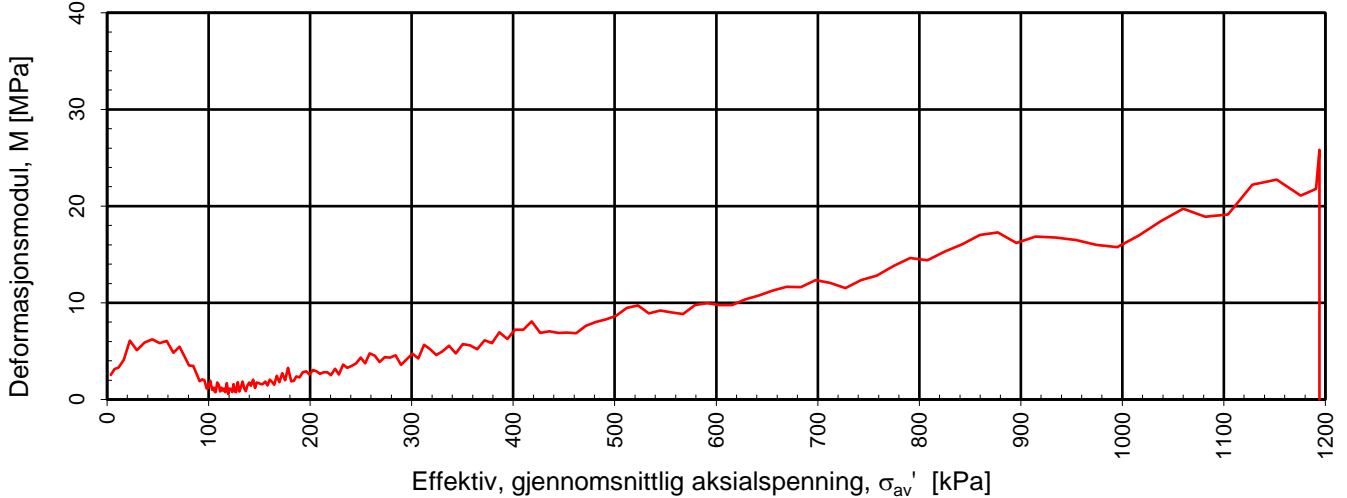
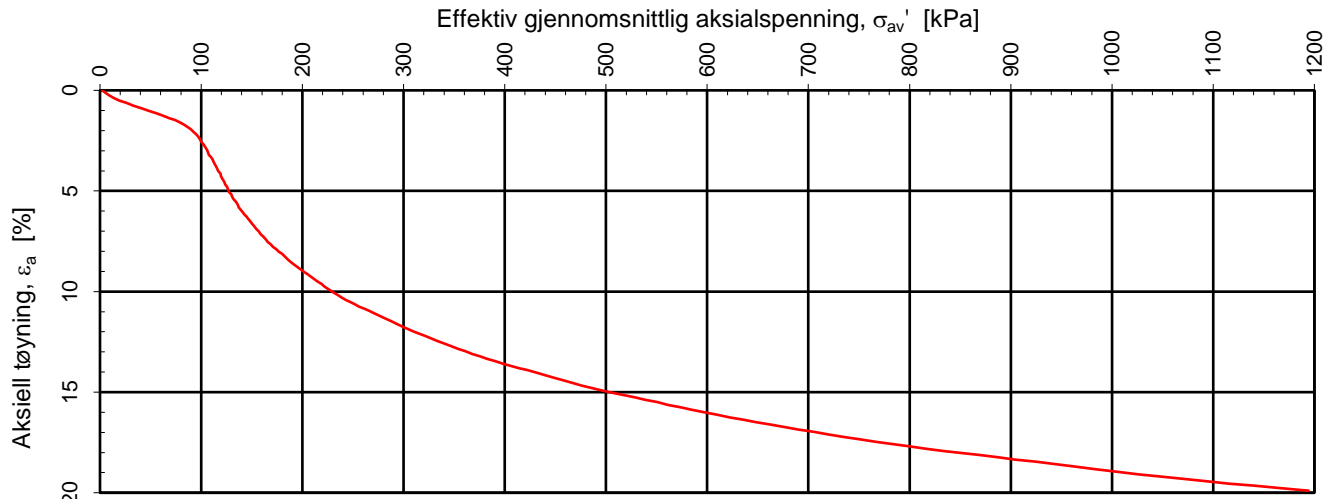
Godkjent:

ANG

Programrevisjon:

16.07.2018

Multi
consult



Densitet ρ (g/cm³): **1,87**
 Vanninnhold w (%): **37,40**

Effektivt overlagingstrykk, σ_{vo}' (kPa): **47,95**

Statens vegvesen Region midt
Saltstabilisert leire Dragvoll

Tegningens filnavn:

10203278-09-RIG-TEG-400_h109, d5,15m .xlsx

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

MULTICONSULT
NORGE AS

Sluppenvegen 15,
 7486 TRONDHEIM
 Tlf.: 73 10 62 00
 Faks: 73 10 62 30

Forsøksdato:
 30.10.2018

Dybde, z (m):
 5,15

Borpunkt nr.:
 109

Forsøknr.:
 1

Tegnet av:
 vt

Kontrollert:
 mash

Oppdrag nr.:
 10203278-09

Tegning nr.:
 RIG-TEG-402.1

Prosedyre:
 CRS

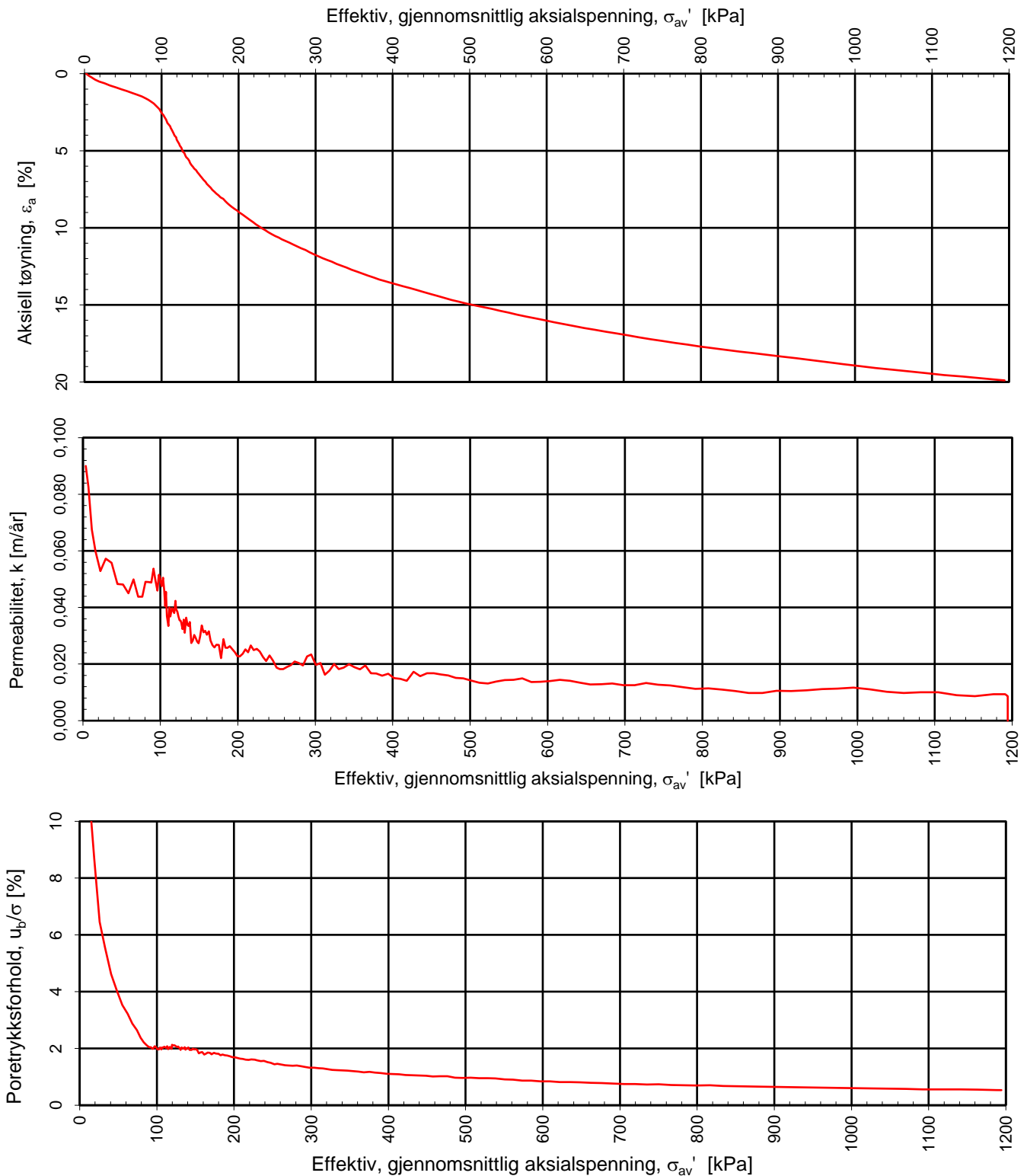
Godkjent:

ANG

Programrevisjon:

16.07.2018





Densitet ρ (g/cm³):

1,87

Vanninnhold w (%):

37,40

Effektivt overlagingstrykk, σ_{vo}' (kPa):

47,95

Statens vegvesen Region midt

Saltstabilisert leire Dragvoll

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

Tegningens filnavn:

10203278-09-RIG-TEG-400_h109, d5,15m .xlsx

MULTICONSULT NORGE AS

Sluppenvegen 15,
7486 TRONDHEIM
Tlf.: 73 10 62 00
Faks: 73 10 62 30

Forsøksdato:

30.10.2018

Dybde, z (m):

5,15

Borpunkt nr.:

109

Forsøknr.:

1

Tegnet av:

vt

Kontrollert:

mash

Oppdrag nr.:

10203278-09

Tegning nr.:

RIG-TEG-402.2

Prosedyre:

CRS

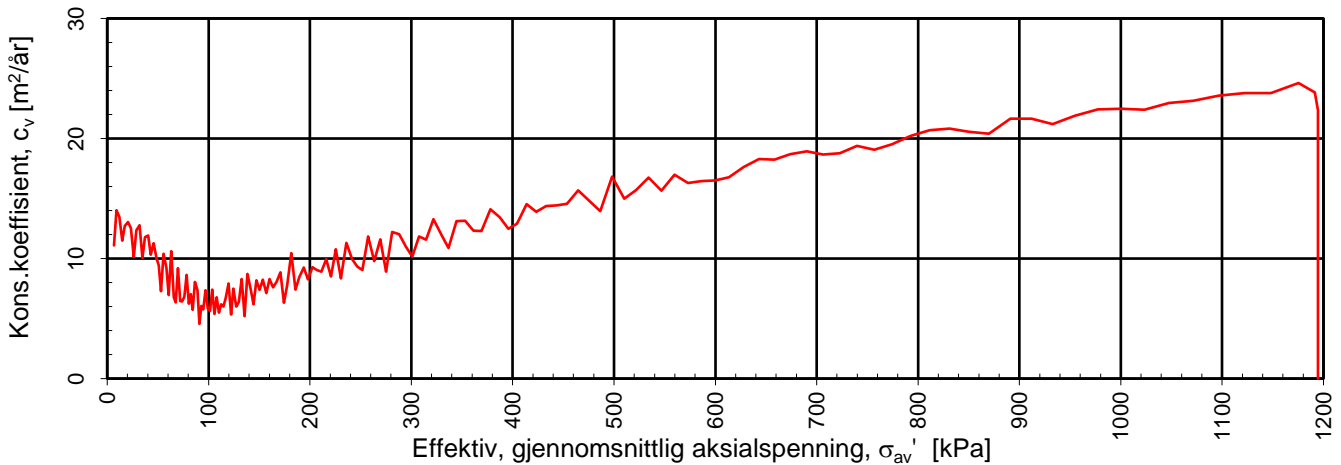
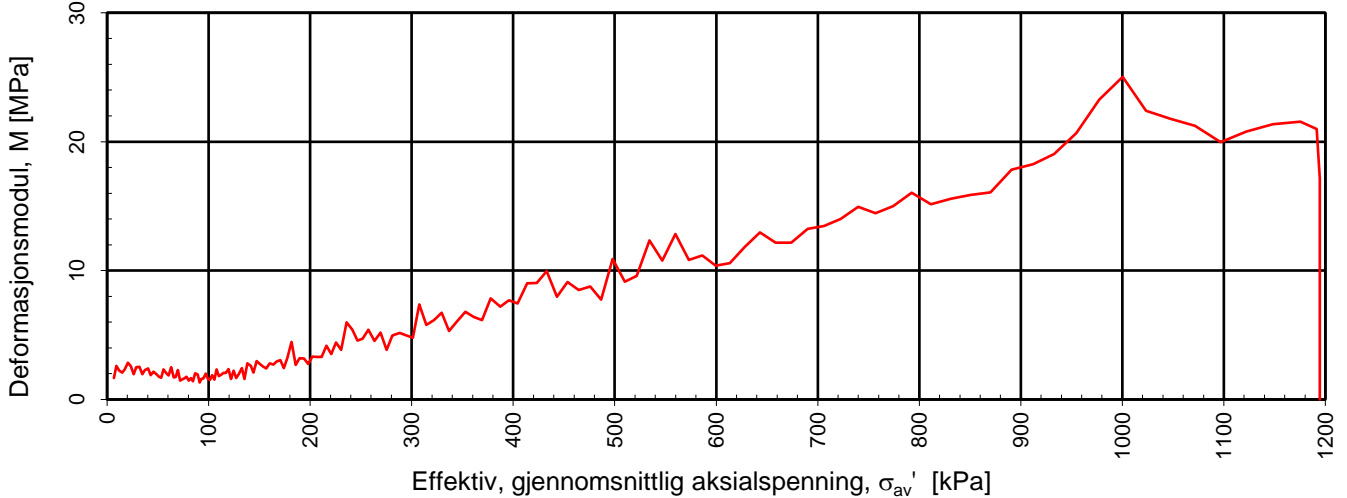
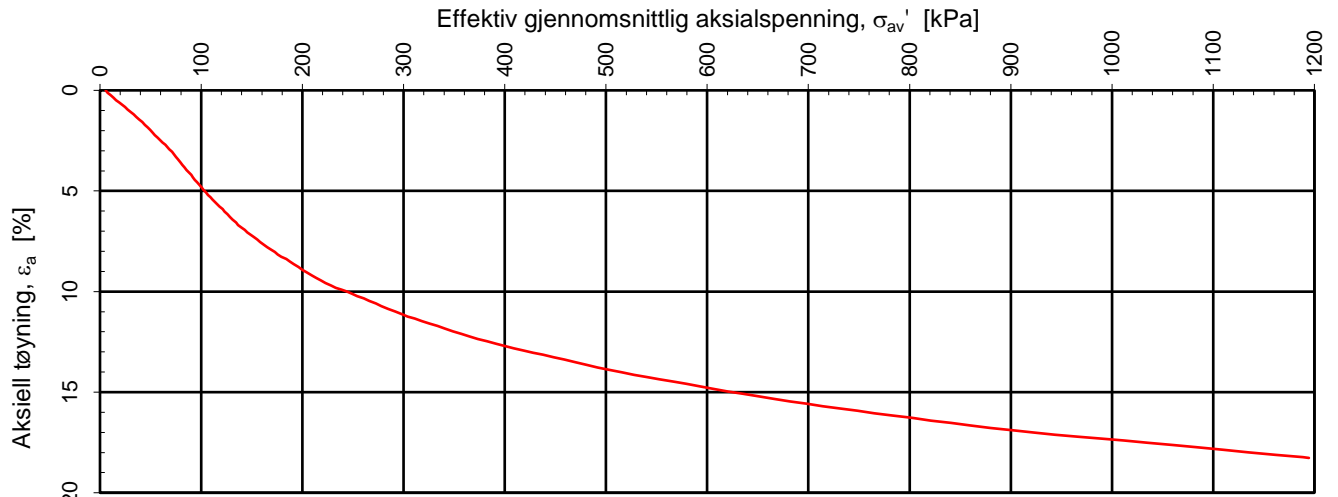
Godkjent:

ANG

Programrevisjon:

16.07.2018

Multi
consult



Densitet ρ (g/cm³): **1,87**
 Vanninnhold w (%): **36,60**

Effektivt overlagingstrykk, σ_{vo}' (kPa): **56,71**

Statens vegvesen Region midt
Saltstabilisert leire Dragvoll

Tegningens filnavn:

10203278-09-RIG-TEG-403_h109, d6,20m .xlsx

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

MULTICONSULT
NORGE AS

Sluppenvegen 15,
 7486 TRONDHEIM
 Tlf.: 73 10 62 00
 Faks: 73 10 62 30

Forsøksdato:
 01.11.208

Dybde, z (m):
 6,20

Borpunkt nr.:
 109

Forsøknr.:
 2

Tegnet av:
 vt

Kontrollert:
 mash

Oppdrag nr.:
 10203278-09

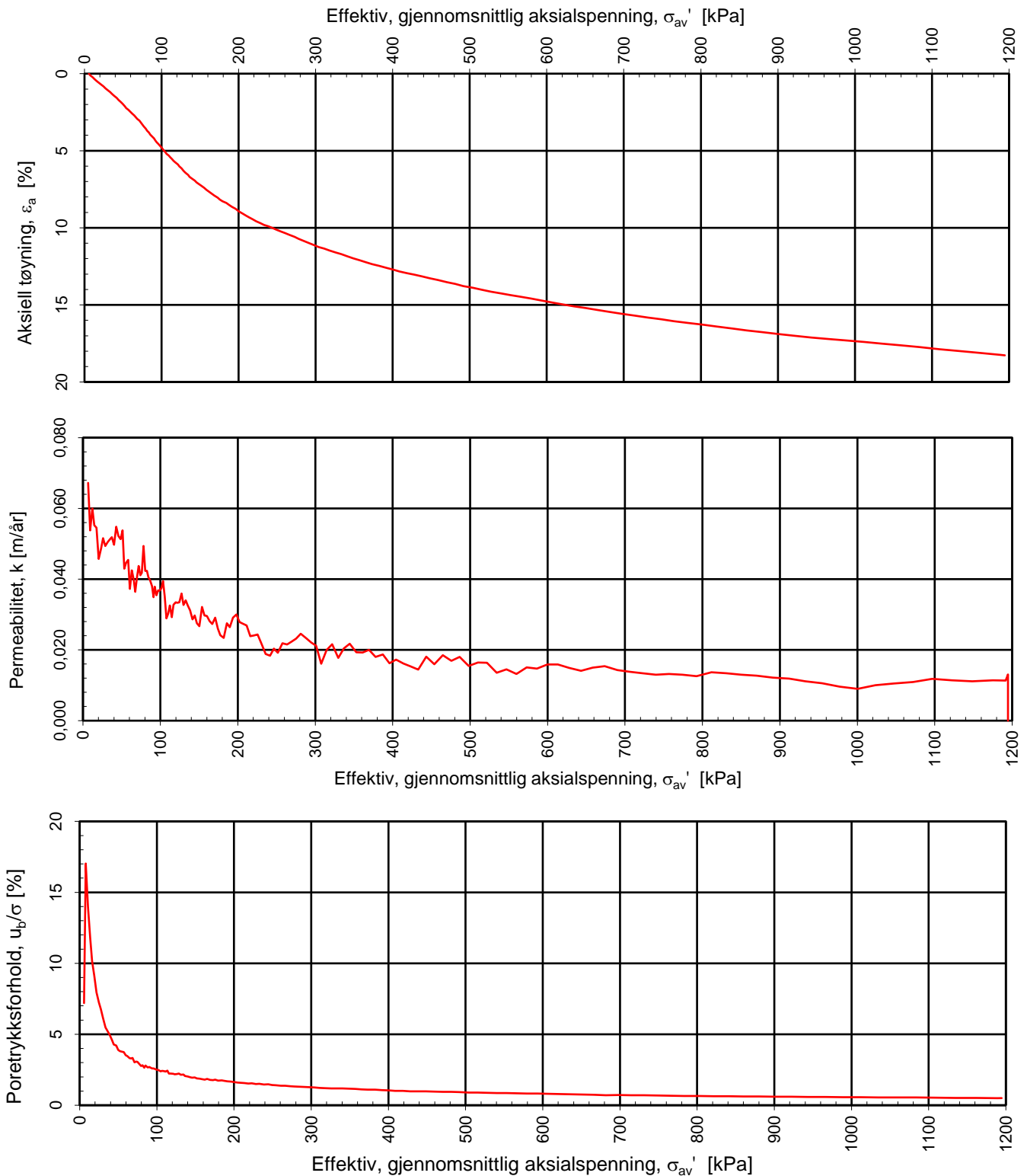
Tegning nr.:
 RIG-TEG-403.1

Prosedyre:
 CRS

Godkjent:
 ANG

Programrevisjon:
 16.07.2018





Densitet ρ (g/cm³):

1,87

Vanninnhold w (%):

36,60

Effektivt overlagingstrykk, σ_{vo}' (kPa):

56,71

Statens vegvesen Region midt

Saltstabilisert leire Dragvoll

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

Tegningens filnavn:

10203278-09-RIG-TEG-403_h109, d6,20m .xlsx

MULTICONSULT NORGE AS

Sluppenvegen 15,
7486 TRONDHEIM
Tlf.: 73 10 62 00
Faks: 73 10 62 30

Forsøksdato:

01.11.208

Dybde, z (m):

6,20

Borpunkt nr.:

109

Forsøknr.:

2

Tegnet av:

vt

Kontrollert:

mash

Oppdrag nr.:

10203278-09

Tegning nr.:

RIG-TEG-403.2

Prosedyre:

CRS

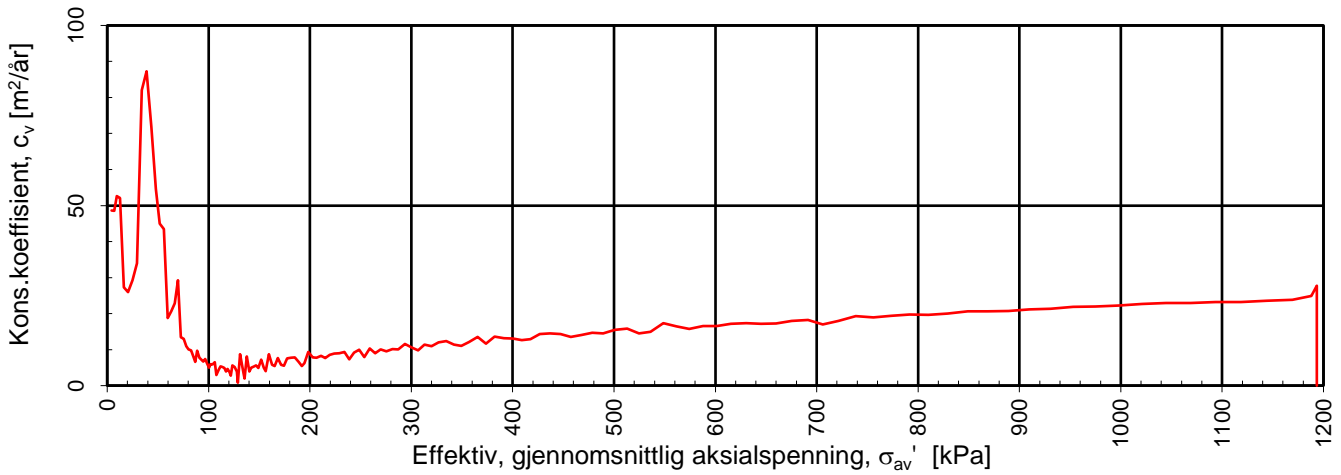
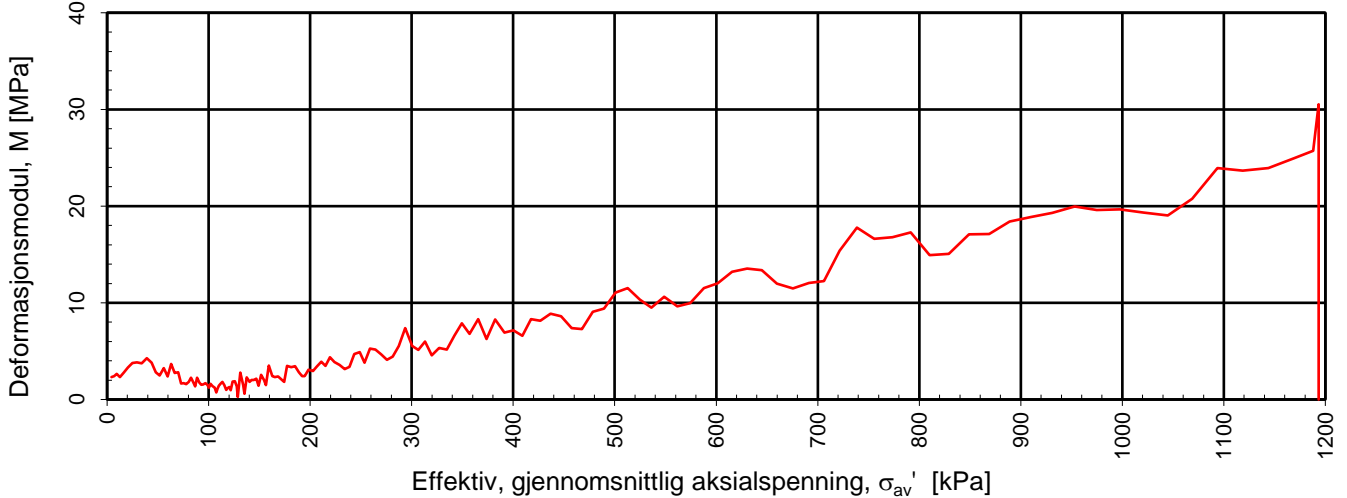
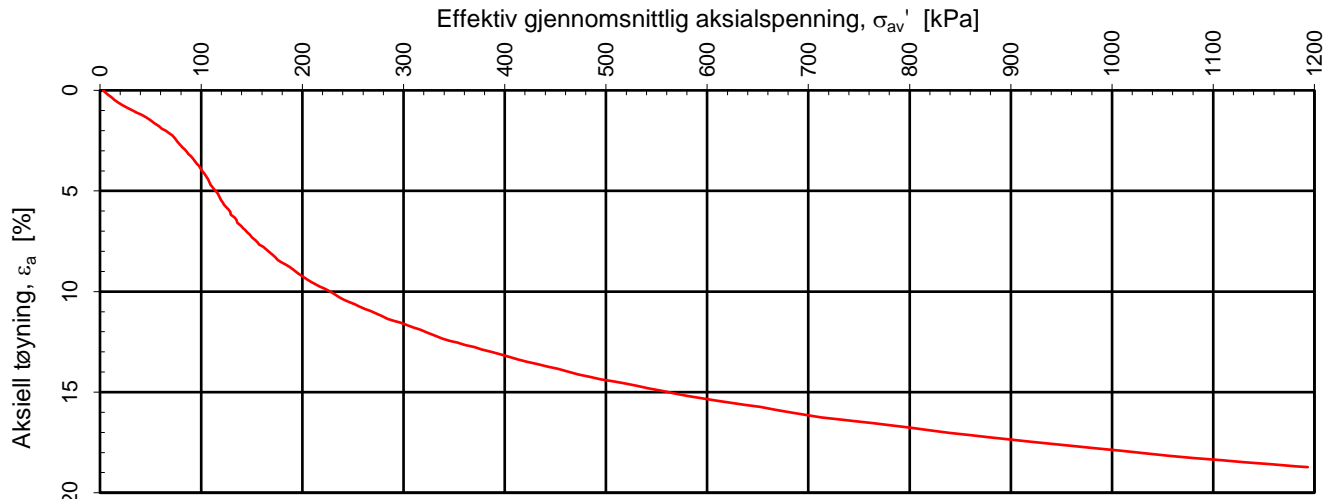
Godkjent:

ANG

Programrevisjon:

16.07.2018

Multi
consult



Densitet ρ (g/cm³): **1,87**
 Vanninnhold w (%): **36,60**

Effektivt overlagingstrykk, σ_{vo}' (kPa): **56,71**

Statens vegvesen Region midt
Saltstabilisert leire Dragvoll

Tegningens filnavn:
 10203278-09-RIG-TEG-404_h109, d6,20m-a .xlsx

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

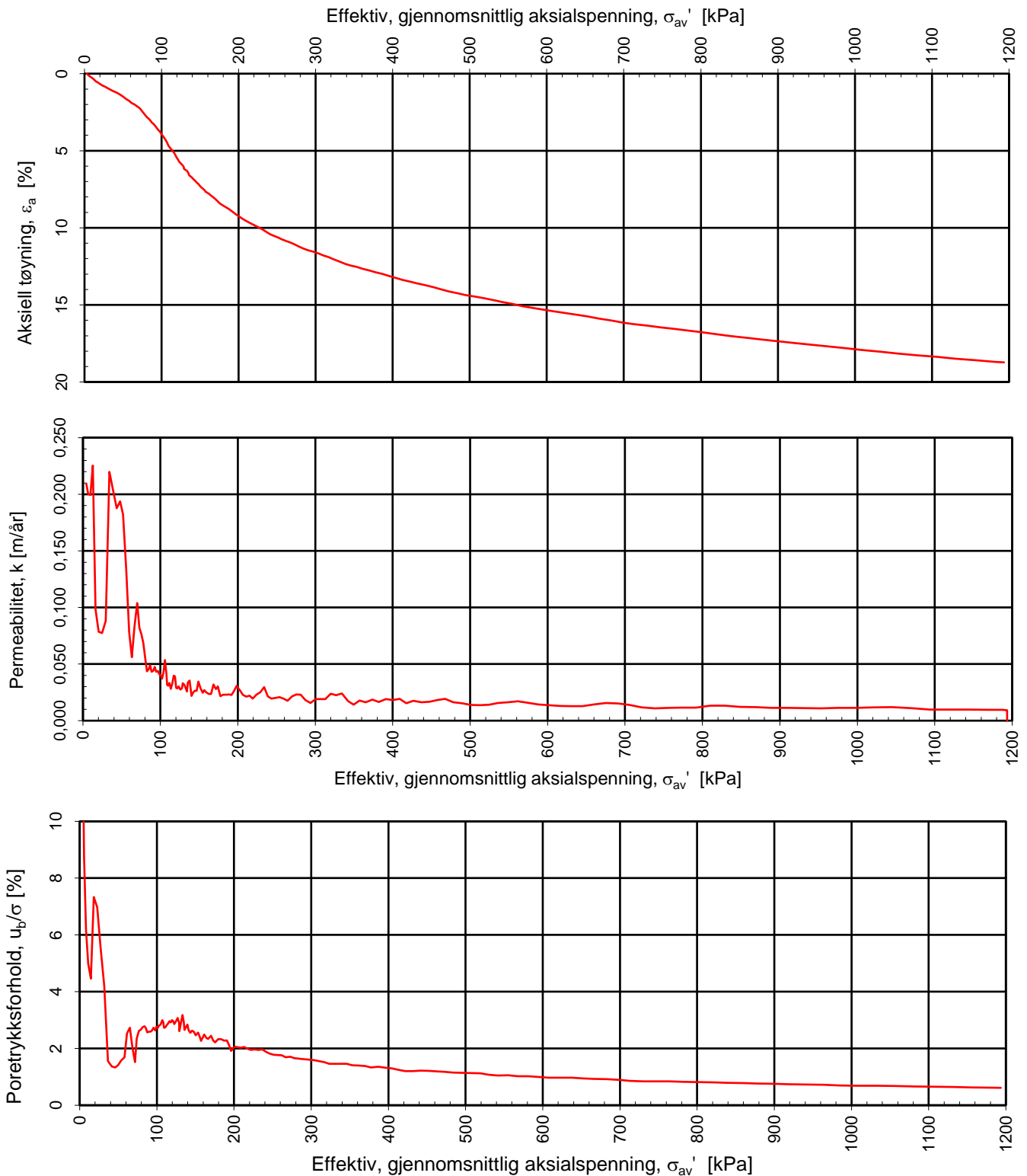
**MULTICONSULT
 NORGE AS**
 Sluppenvegen 15,
 7486 TRONDHEIM
 Tlf.: 73 10 62 00
 Faks: 73 10 62 30

Forsøksdato: 31.10.2018	Dybde, z (m): 6,20	Borpunkt nr.: 109
Forsøknr.: 3	Tegnet av: vt	Kontrollert: mash
Oppdrag nr.: 10203278-09	Tegning nr.: RIG-TEG-404.1	Prosedyre: CRS



Godkjent:
ANG

Programrevisjon:
16.07.2018



Densitet ρ (g/cm³):

1,87

Vanninnhold w (%):

36,60

Effektivt overlagingstrykk, σ_{vo}' (kPa):

56,71

Statens vegvesen Region midt

Saltstabilisert leire Dragvoll

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

Tegningens filnavn:

10203278-09-RIG-TEG-404_h109, d6,20m-a .xlsx

MULTICONSULT NORGE AS

Sluppenvegen 15,
7486 TRONDHEIM
Tlf.: 73 10 62 00
Faks: 73 10 62 30

Forsøksdato:

31.10.2018

Dybde, z (m):

6,20

Borpunkt nr.:

109

Forsøknr.:

3

Tegnet av:

vt

Kontrollert:

mash

Oppdrag nr.:

10203278-09

Tegning nr.:

RIG-TEG-404.2

Prosedyre:

CRS

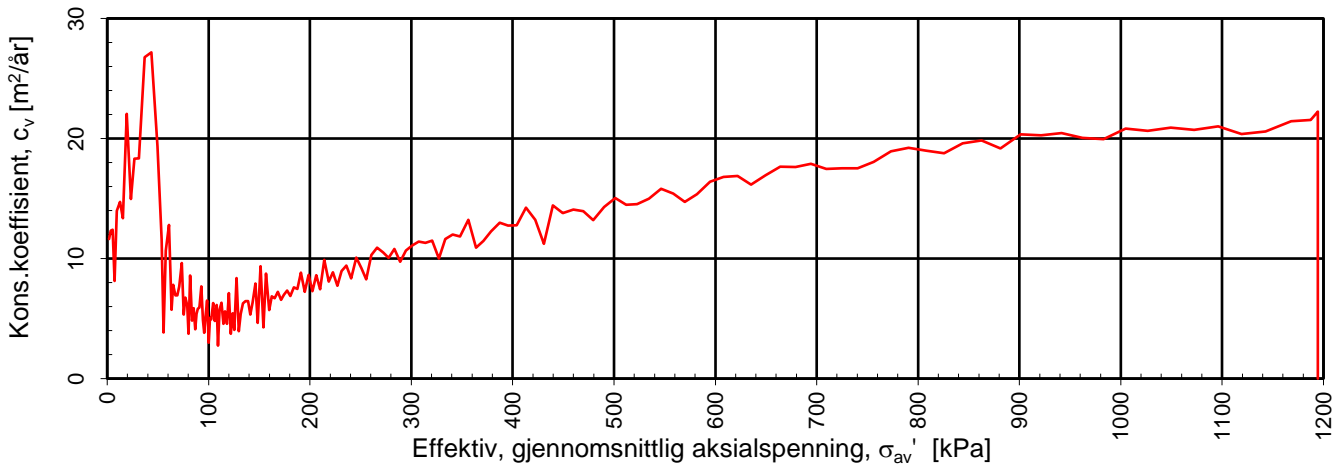
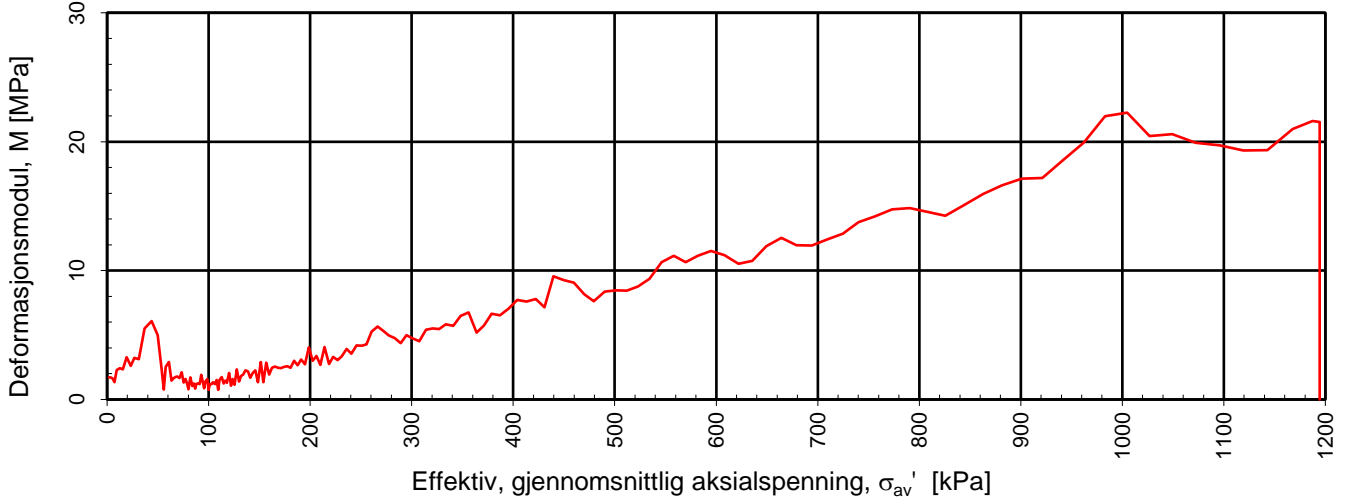
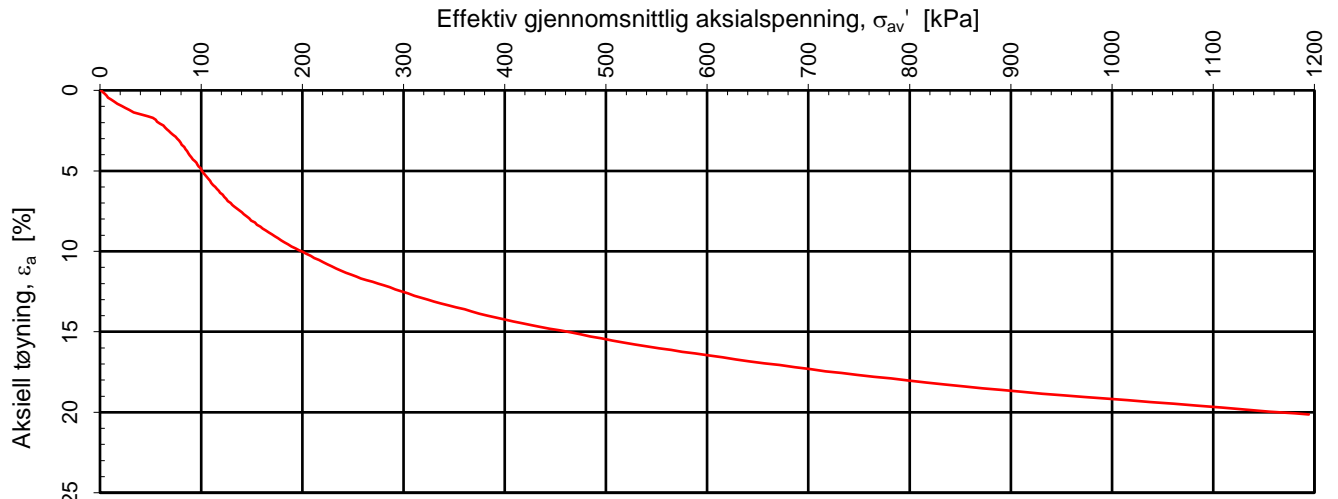
Godkjent:

ANG

Programrevisjon:

16.07.2018

Multi
consult



Densitet ρ (g/cm³): **1,83**
 Vanninnhold w (%): **36,90**

Effektivt overlagingstrykk, σ_{vo} (kPa): **41,57**

Stiens vegvesen Region midt
Staltstabilisert leire Dragvoll

Tegningens filnavn:

10203278-09-RIG-TEG-405_h113, d4,60m.xlsx

Kontinuerlig ødometerforsøk, CRS-rutine. Plott A: σ_{av} - ϵ_a , M og c_v .

MULTICONSULT
NORGE AS

Sluppenvegen 15,
 7486 TRONDHEIM
 Tlf.: 73 10 62 00
 Faks: 73 10 62 30

Forsøksdato:
 06.11.2018

Dybde, z (m):
 4,60

Borpunkt nr.:
 113

Forsøknr.:
 4

Tegnet av:
 vt

Kontrollert:
 mash

Oppdrag nr.:
 10203278-09

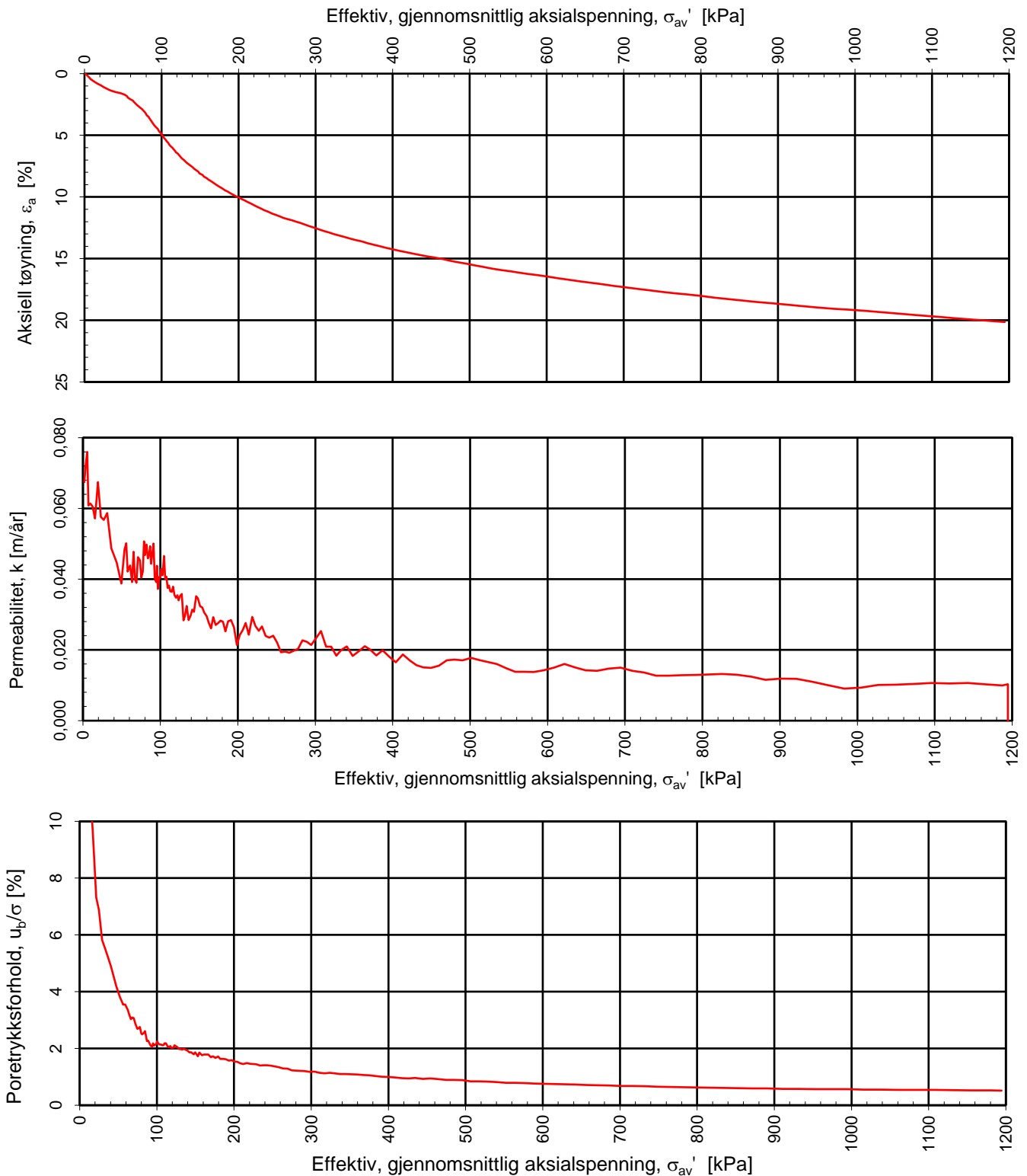
Tegning nr.:
 RIG-TEG-405.1

Prosedyre:
 CRS

Godkjent:
 ANG

Programrevisjon:
 16.07.2018





Densitet ρ (g/cm³): 1,83
 Vanninnhold w (%): 36,90 Effektivt overlagingstrykk, σ_{vo}' (kPa): 41,57

Staens vegvesen Region midt

Staltstabilisert leire Dragvoll

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

Tegningens filnavn:

10203278-09-RIG-TEG-405_h113, d4,60m.xlsx



MULTICONSULT NORGE AS

Sluppenvegen 15,
7486 TRONDHEIM
Tlf.: 73 10 62 00
Faks: 73 10 62 30

Forsøksdato:

06.11.2018

Dybde, z (m):

4,60

Borpunkt nr.:

113

Forsøksnr.:

4

Tegnet av:

vt

Kontrollert:

mash

Godkjent:

ANG

Oppdrag nr.:

10203278-09

Tegning nr.:

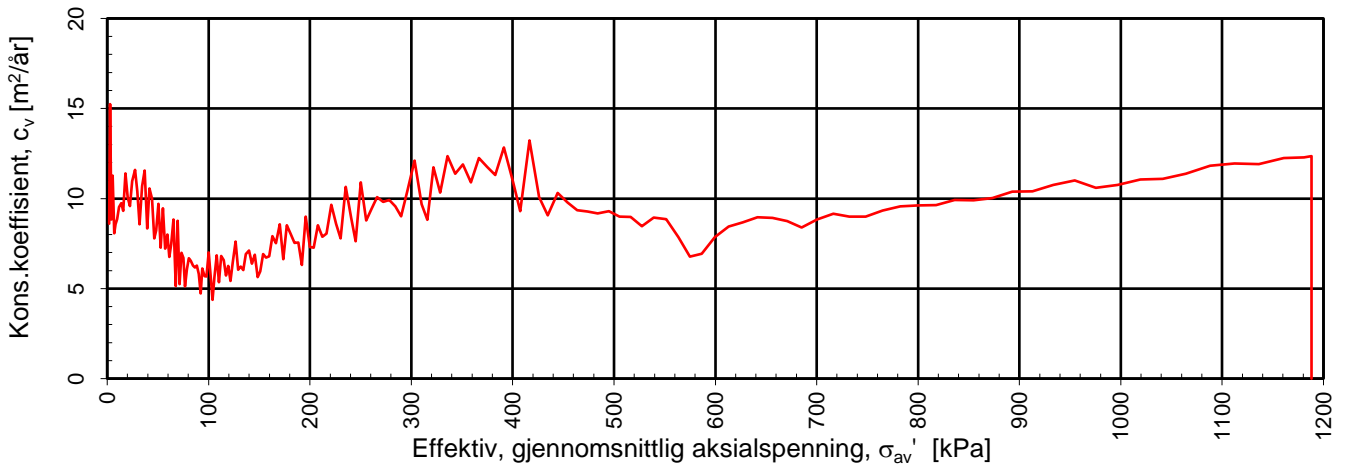
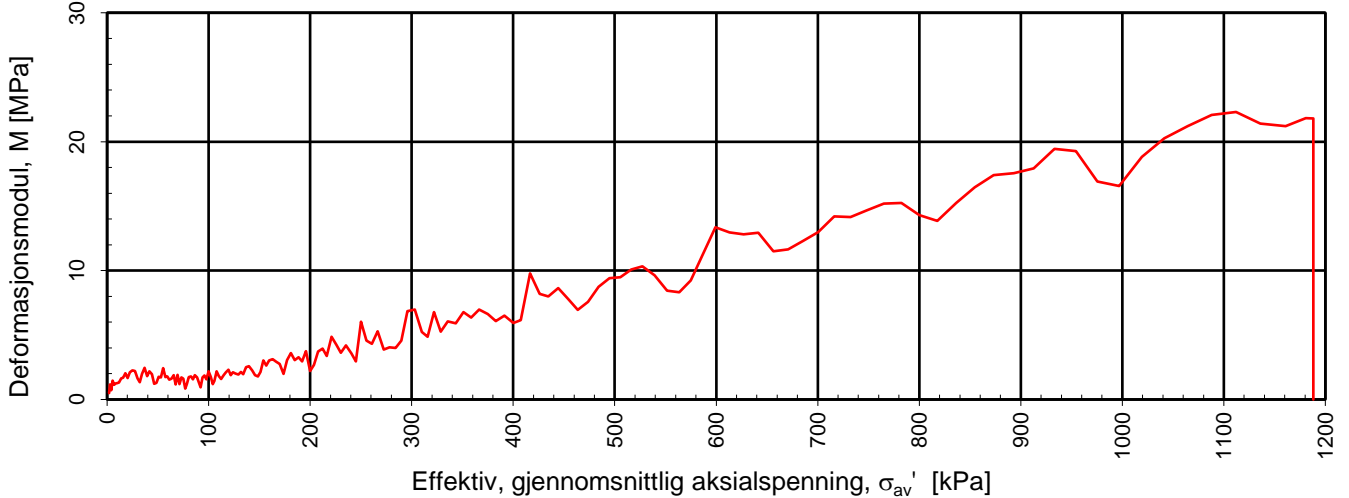
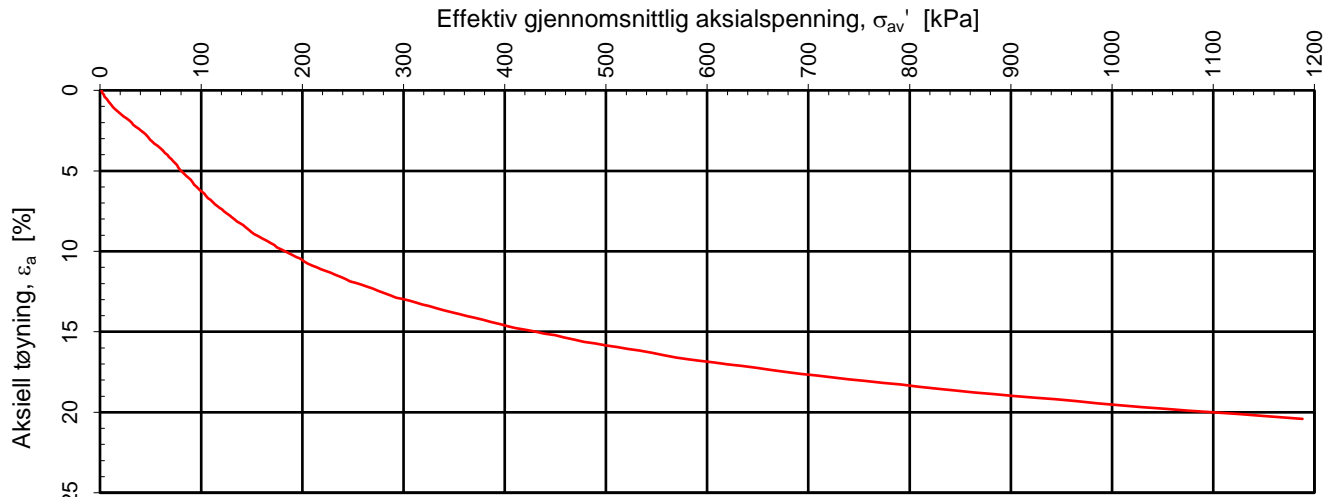
RIG-TEG-405.2

Prosedyre:

CRS

Programrevisjon:

16.07.2018



Densitet ρ (g/cm³): **1,85**
 Vanninnhold w (%): **36,50**

Effektivt overlagingstrykk, σ_{v0}' (kPa): **49,77**

Statens vegvesen Region midt
Saltstabilisert leire Dragvoll

Tegningens filnavn:

10203278-09-RIG-TEG-406_h113,d5,50m .xlsx

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

MULTICONSULT
NORGE AS

Sluppenvegen 15,
 7486 TRONDHEIM
 Tlf.: 73 10 62 00
 Faks: 73 10 62 30

Forsøksdato:
 06.11.2018

Dybde, z (m):
 5,50

Borpunkt nr.:
 113

Forsøknr.:
 5

Tegnet av:
 vt

Kontrollert:
 mash

Oppdrag nr.:
 10203278-09

Tegning nr.:
 RIG-TEG-406.1

Prosedyre:
 CRS

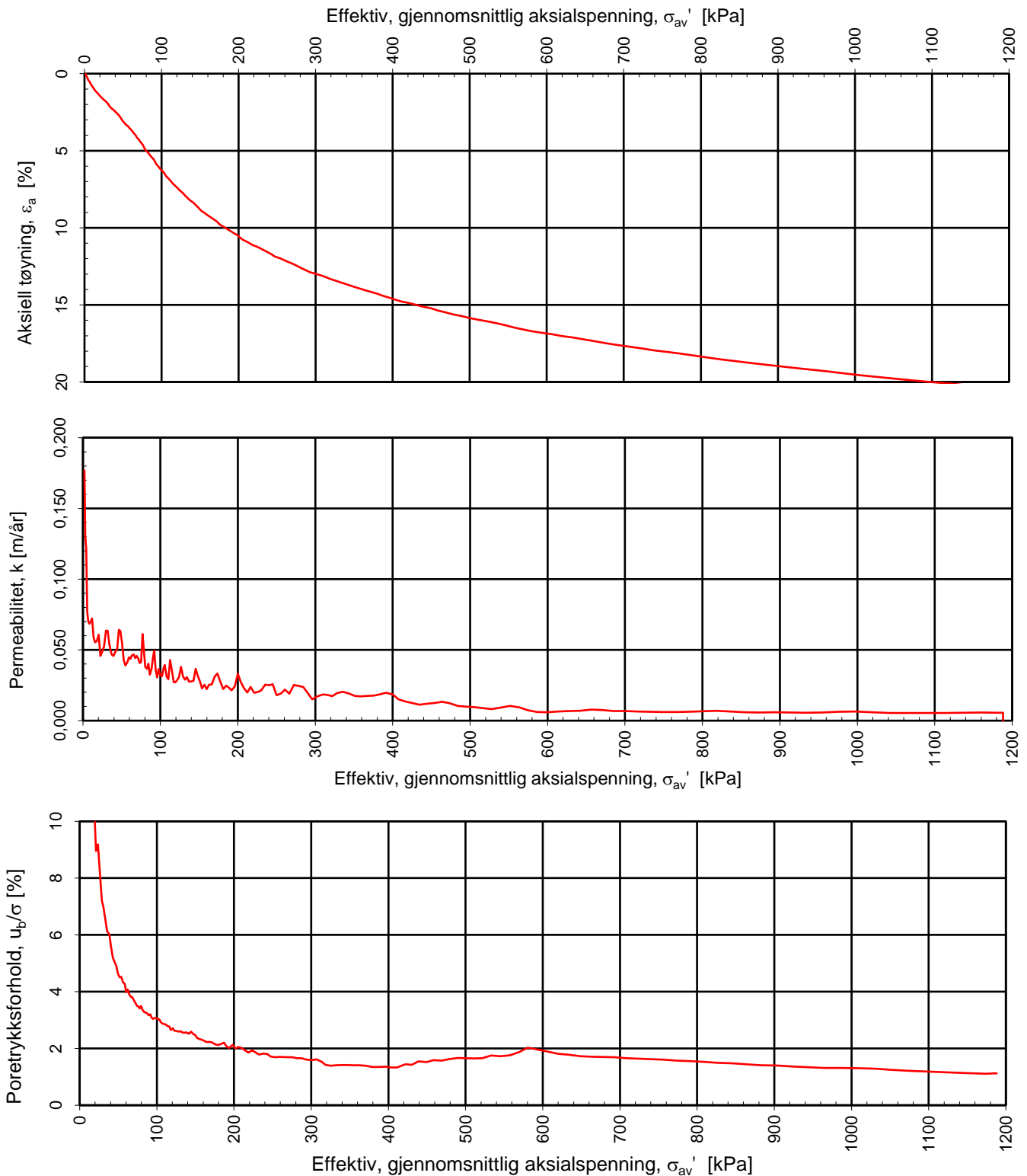
Godkjent:

ANG

Programrevisjon:

16.07.2018





Densitet ρ (g/cm³):

1,85

Vanninnhold w (%):

36,50

Effektivt overlagingstrykk, σ_{vo}' (kPa):

49,77

Statens vegvesen Region midt

Saltstabilisert leire Dragvoll

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

Tegningens filnavn:

10203278-09-RIG-TEG-406_h113,d5,50m .xlsx

MULTICONSULT NORGE AS

Sluppenvegen 15,
7486 TRONDHEIM
Tlf.: 73 10 62 00
Faks: 73 10 62 30

Forsøksdato:

06.11.2018

Dybde, z (m):

5,50

Borpunkt nr.:

113

Forsøksnr.:

5

Tegnet av:

vt

Kontrollert:

mash

Oppdrag nr.:

10203278-09

Tegning nr.:

RIG-TEG-406.2

Prosedyre:

CRS

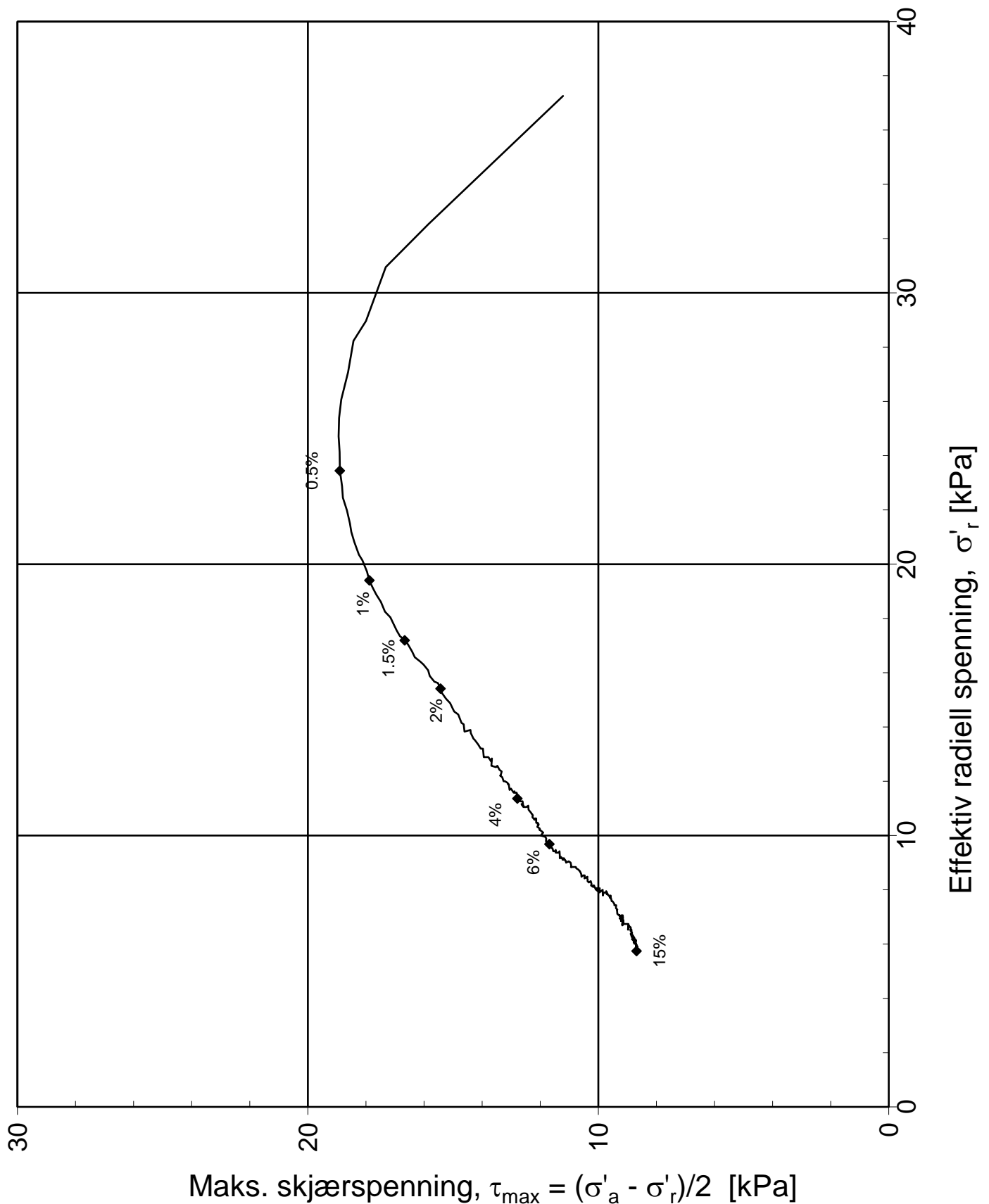
Godkjent:

ANG

Programrevisjon:

16.07.2018

Multi
consult



Konsolideringsspenning, aksial:	σ'_{ac} (kPa):	59,68	
Konsolideringsspenning, radial:	σ'_{rc} (kPa):	37,26	
Volumtøyning i konsolideringsfase:	ε_{vol} (%) = $\Delta V/V_0$:	2,33	$\Delta e/e_0$ (-): 0,05
Baktrykk u_b (kPa):	500	B - verdi = $\Delta u/\Delta\sigma_c$ (-):	1,01
Vanninnhold w_i (%):	39,40	Densitet ρ_i (g/cm ³):	1,86

Statens vegvesen Region midt

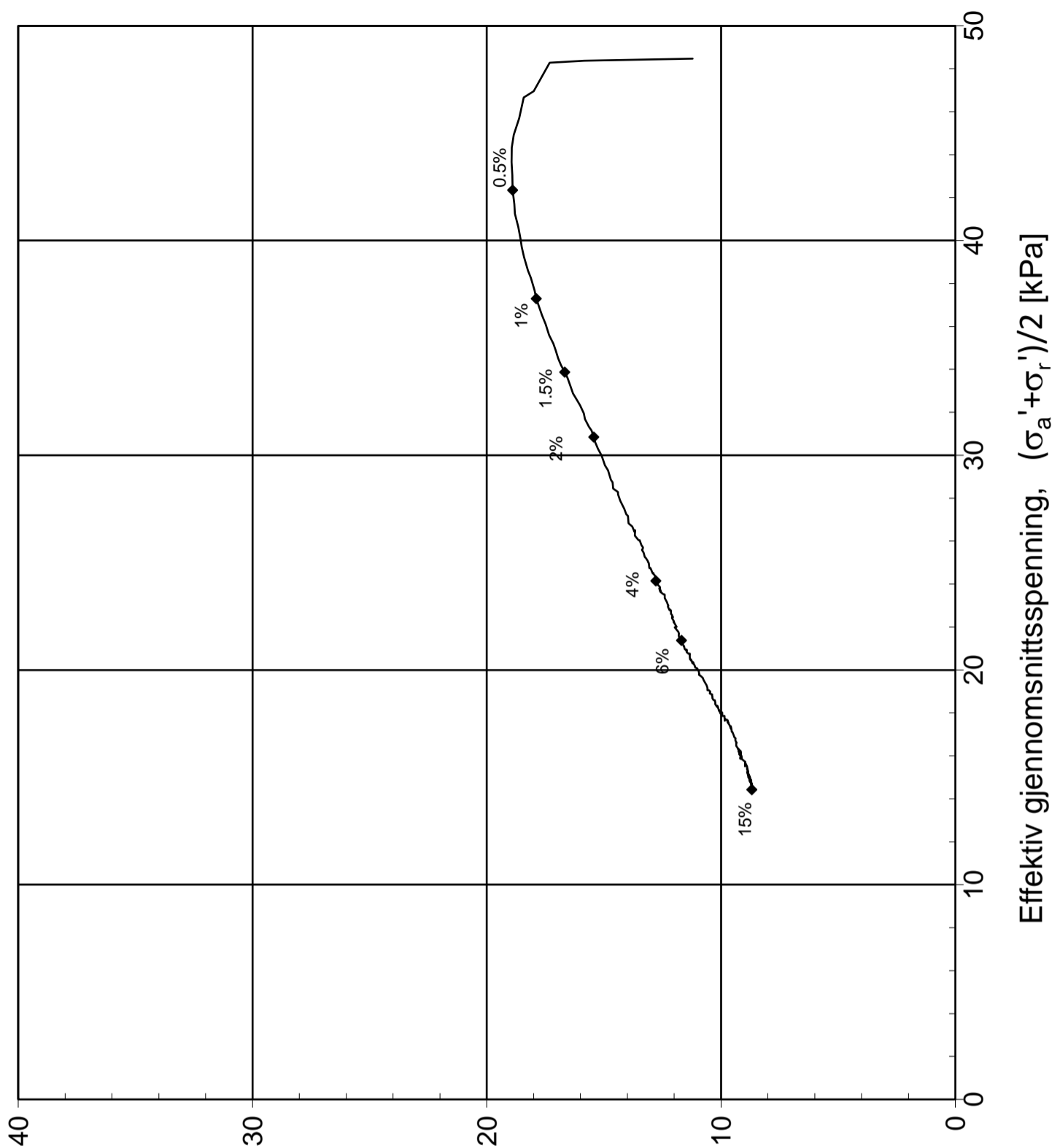
Saltstabilisert leire Dragvoll

Treaksialforsøk. Deviatorspenningssti. NTNU-plott.

Tegningens filnavn:
10203278-09-RIG-TEG-450_h108,d5,45m



MULTICONSULT NORGE AS Sluppenvegen 15, 7486 TRONDHEIM	Forsøksdato: 08.11.2018	Dybde, z (m): 5,45	Borpunkt nr.: 108	Multi consult	
	Forsøk nr.: 6	Tegnet/kontrollert lab: vt	Kontrollert: mash		Godkjent: ANG
	Oppdrag nr.: 10203278-09	Tegning nr.: RIG-TEG-450.1	Prosedyre: CAUa		Programrevisjon: 15.12.2014



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

Konsolideringsspenning, aksial:	σ'_{ac} (kPa):	59,68	
Konsolideringsspenning, radial:	σ'_{rc} (kPa):	37,26	
Volumtøyning i konsolideringsfase:	ε_{vol} (%) = $\Delta V/V_0$:	2,33	$\Delta e/e_0$ (-): 0,05
Baktrykk u_b (kPa):	500	B - verdi = $\Delta u/\Delta \sigma_c$ (-):	1,01
Vanninnhold w_i (%):	39,40	Densitet ρ_i (g/cm ³):	1,86

Statens vegvesen Region midt

Saltstabilisert leire Dragvoll

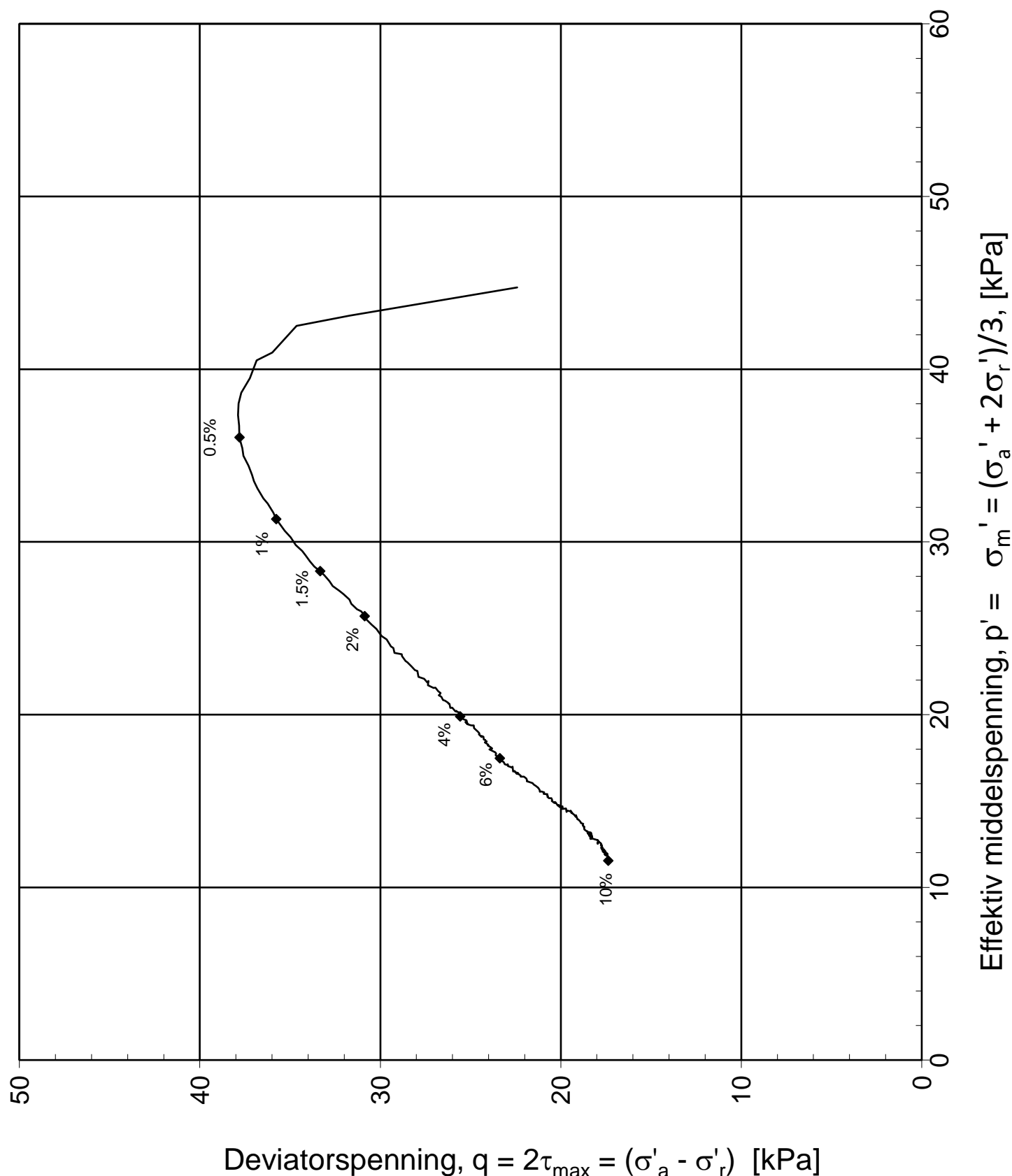
Treaksialforsøk. Deviatorspenningssti. NGI-plott.

Tegningens filnavn:

10203278-09-RIG-TEG-450_h108,d5,45m



MULTICONSULT NORGE AS Sluppenvegen 15, 7486 TRONDHEIM	Forsøksdato:	Dybde, z (m):	Borpunkt nr.:	
	08.11.2018	5,45	108	
	Forsøk nr.:	Tegnet/kontrollert lab:	Kontrollert:	
6	vt	mash	ANG	
Oppdrag nr.:	Tegning nr.:	Prosedyre:	Programrevisjon:	
10203278-09	RIG-TEG-450.2	CAUa	15.12.2014	



Konsolideringsspenning, aksial:	σ'_{ac} (kPa):	59,68	
Konsolideringsspenning, radial:	σ'_{rc} (kPa):	37,26	
Volumtøyning i konsolideringsfase:	ε_{vol} (%) = $\Delta V/V_0$:	2,33	$\Delta e/e_0$ (-): 0,05
Baktrykk u_b (kPa):	500	B - verdi = $\Delta u/\Delta \sigma_c$ (-):	1,01
Vanninnhold w_i (%):	39,40	Densitet ρ_i (g/cm ³):	1,86

Statens vegvesen Region midt

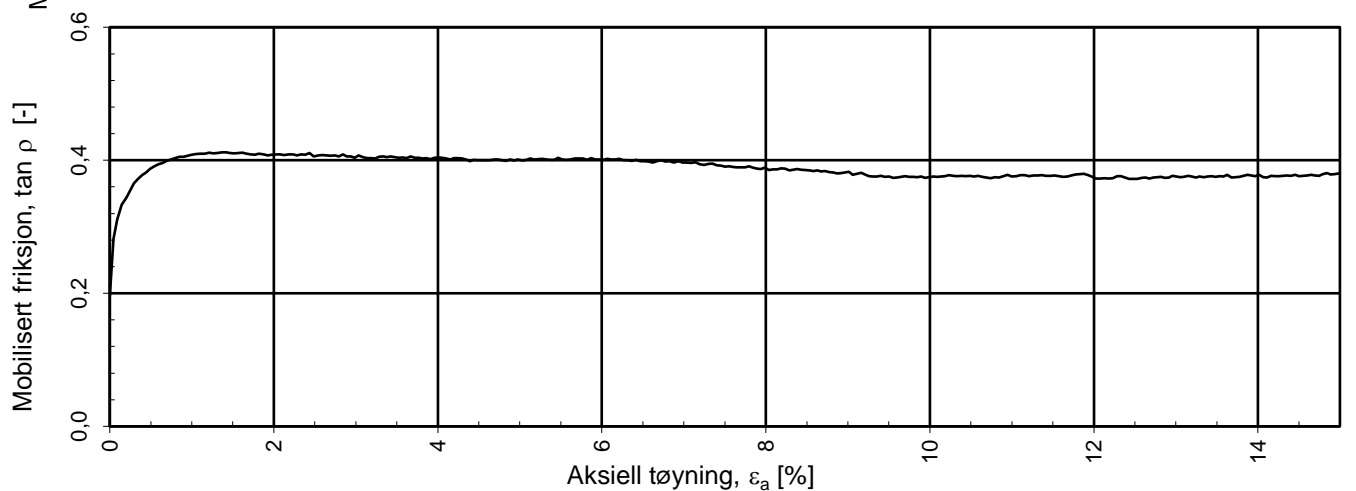
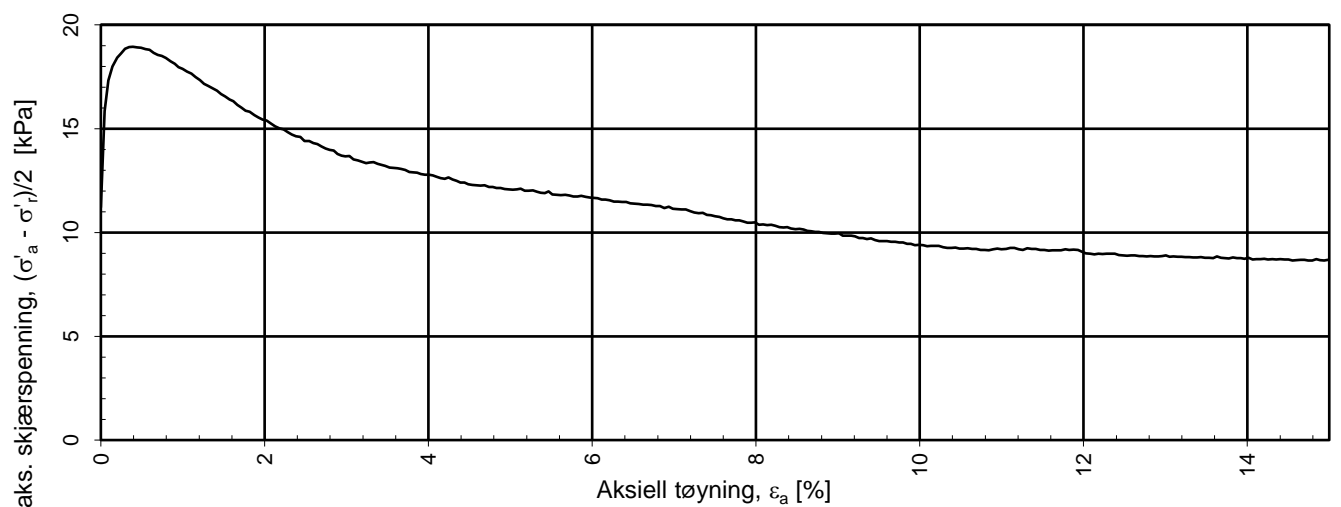
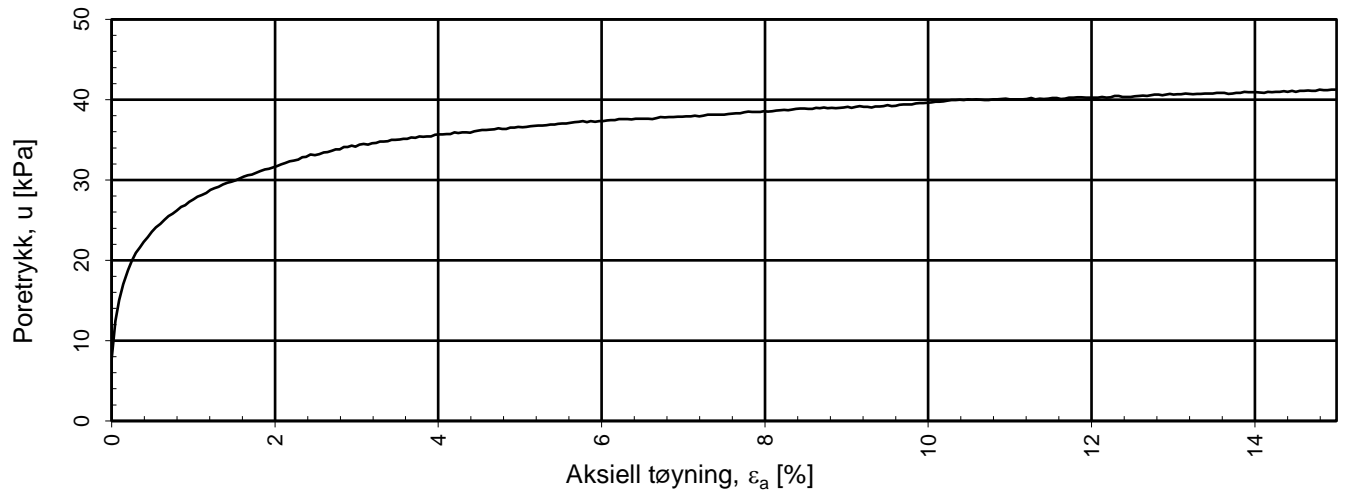
Saltstabilisert leire Dragvoll

Treksialforsøk. Deviatorspenningssti. q - p'- plott.

Tegningens filnavn:
10203278-09-RIG-TEG-450_h108,d5,45m



MULTICONSULT NORGE AS Sluppenvegen 15 7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 Faks: 73 10 62 30	Forsøksdato: 08.11.2018	Dybde, z (m): 5,45	Borpunkt nr.: 108
	Forsøk nr.: 6	Tegnet/kontrollert lab: vt	Kontrollert: mash
	Oppdrag nr.: 10203278-09	Tegning nr.: RIG-TEG-450.3	Prosedyre: CAUa
			Programrevisjon: 15.12.2014



a = 10 kPa benyttet for tolkning av tan ρ

Statens vegvesen Region midt

Saltstabilisert leire Dragvoll

Treaksialforsøk. Poretrykks- og mobiliseringsforløp.

Tegningens filnavn:

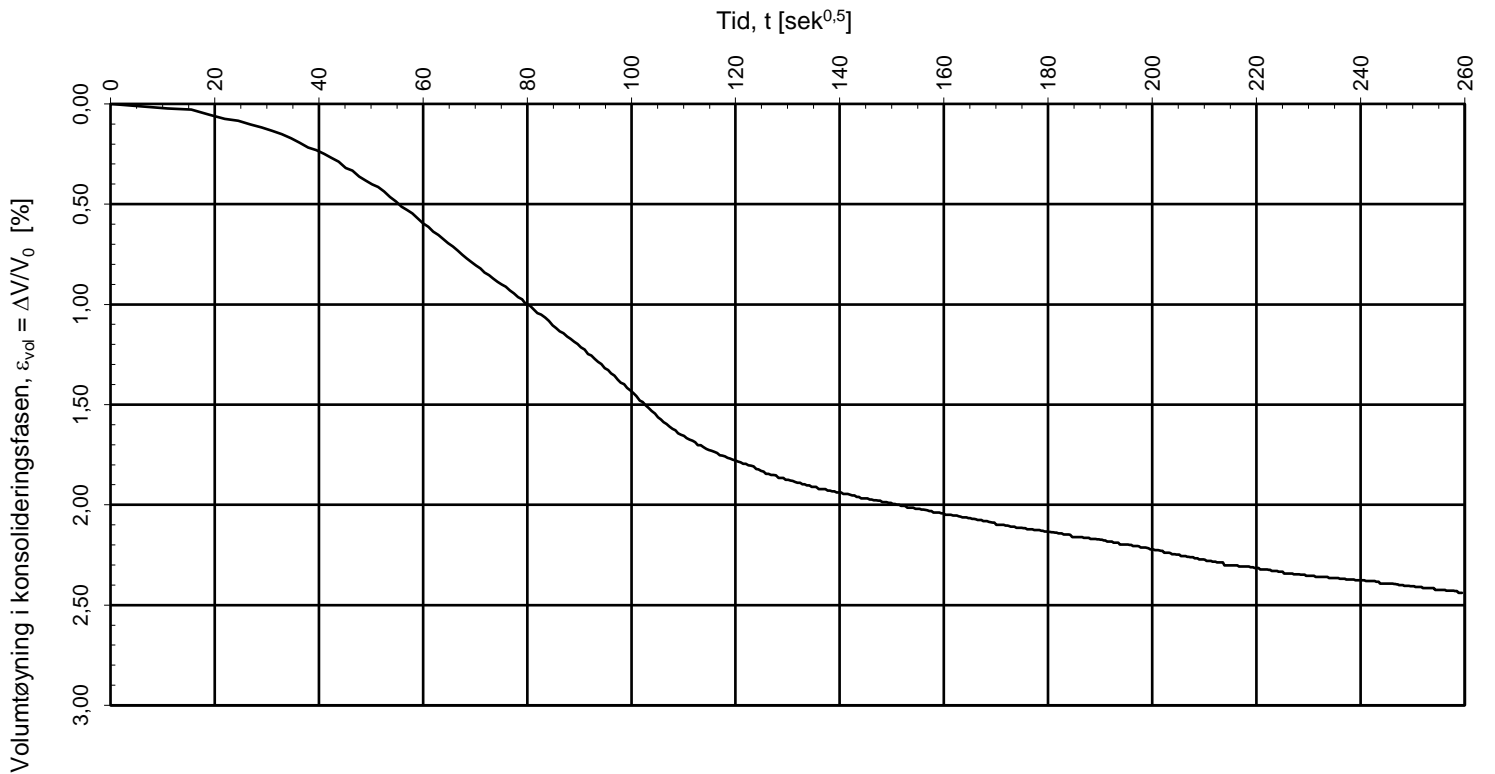
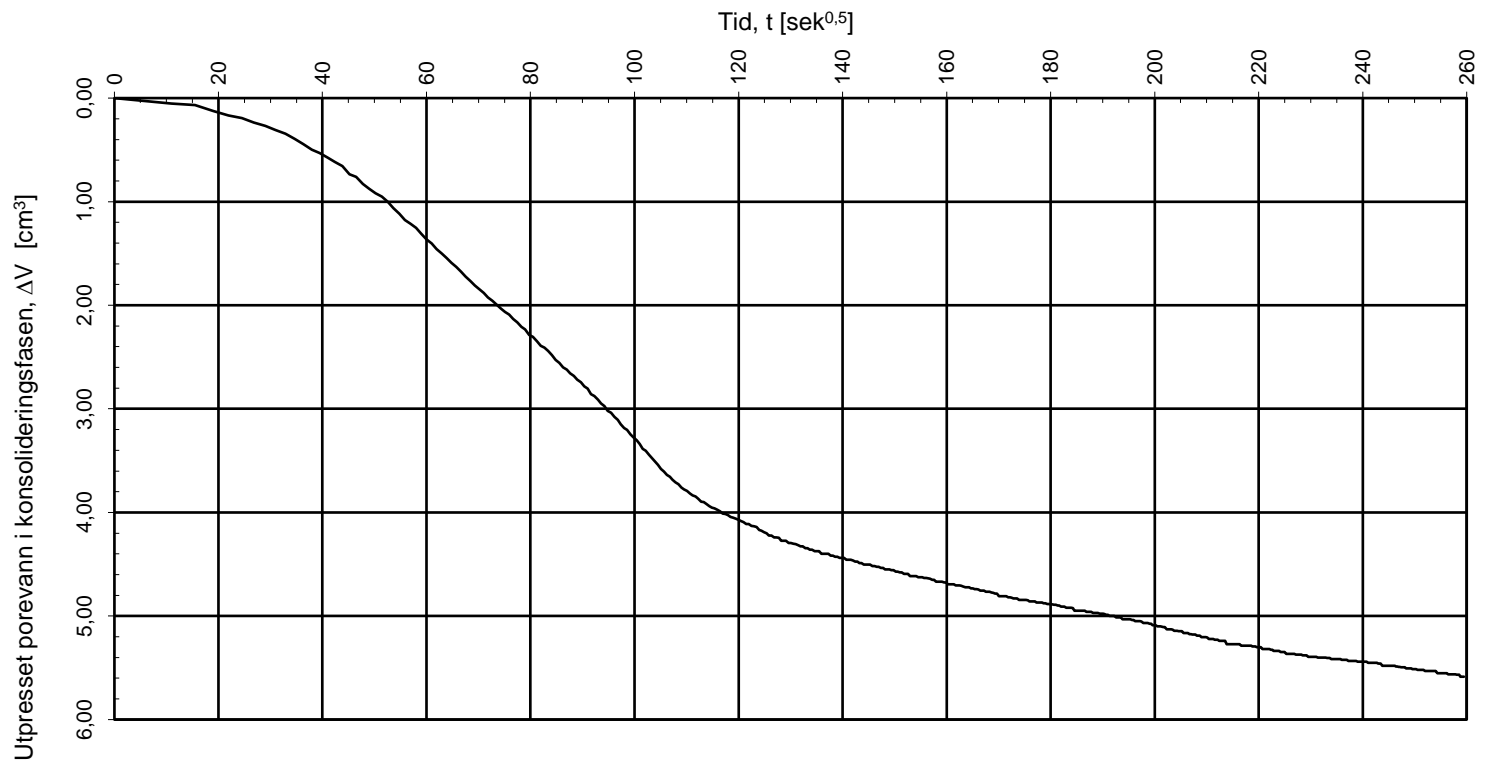
10203278-09-RIG-TEG-450_h108,d5,45m

Multi
consult

MULTICONSULT NORGE AS

Sluppenvegen 15,
7486 TRONDHEIM
Tlf.: 73 10 62 00
Faks: 73 10 62 30

Forsøksdato: 08.11.2018	Dybde, z (m): 5,45	Borpunkt nr.: 108	Godkjent: ANG Programrevisjon: 15.12.2014
Forsøk nr.: 6	Tegnet/kontrollert lab: vt	Kontrollert: mash	
Oppdrag nr.: 10203278-09	Tegning nr.: RIG-TEG-450.4	Prosedyre: CAUa	




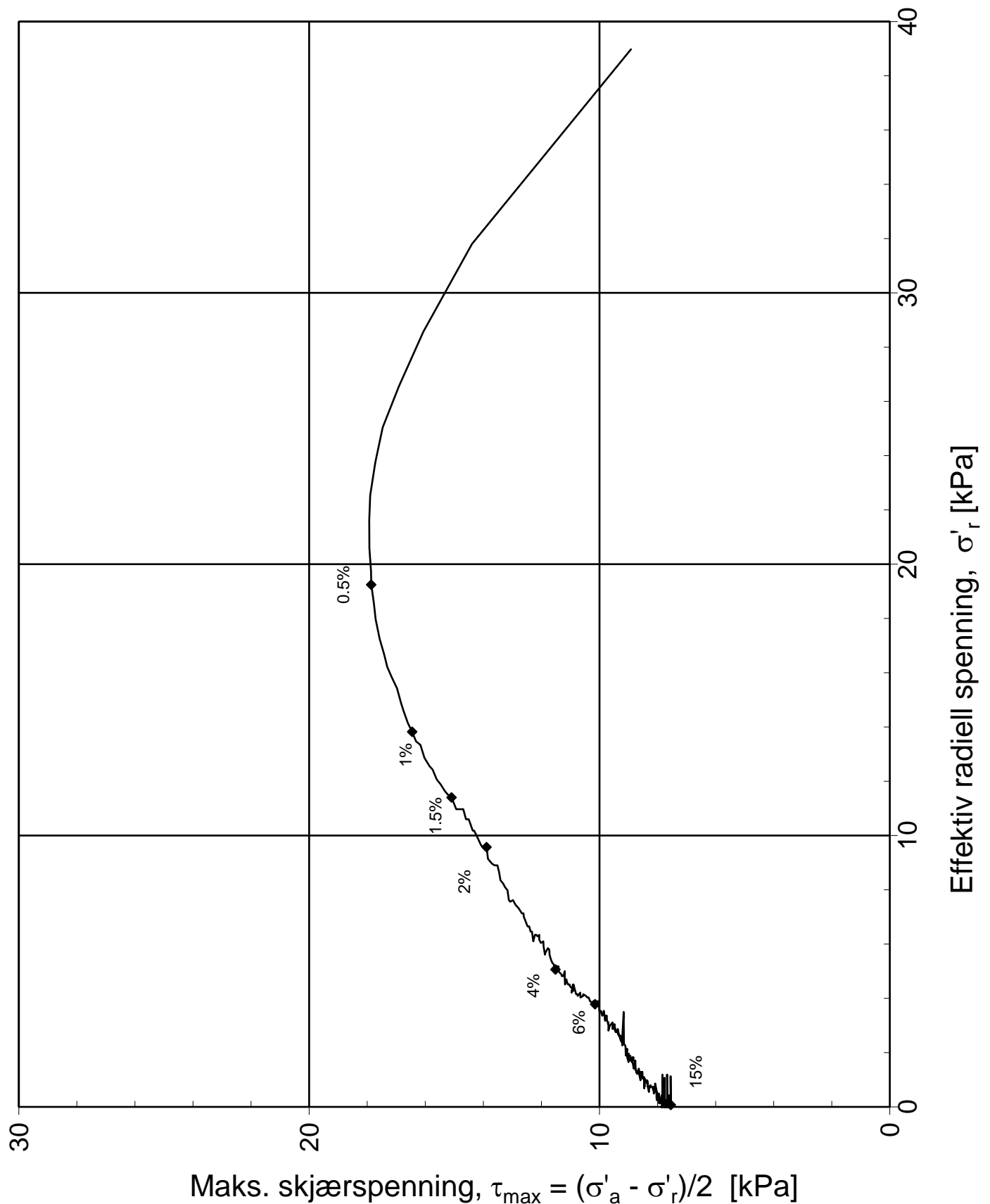
Konsolideringsspenning, aksial:	σ'_{ac} (kPa):	59,68	
Konsolideringsspenning, radial:	σ'_{rc} (kPa):	37,26	$\Delta e/e_0$ (-): 0,05
Volumtøyning i konsolideringsfase:	ε_{vol} (%) = $\Delta V/V_0$:	2,33	
Baktrykk u_b (kPa):	500	B - verdi = $\Delta u/\Delta \sigma_c$ (-):	1,01
Vanninnhold w_i (%):	39,40	Densitet ρ_i (g/cm ³):	1,86

Statens vegvesen Region midt

Saltstabilisert leire Dragvoll

Treaksialforsøk. Vannutpressing - tid, konsolideringsfase.

MULTICONSULT NORGE AS Sluppenvegen 15, 7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 Faks: 73 10 62 30	Forsøksdato:	Dybde, z (m):	Borpunkt nr.:	Tegningens filnavn: 10203278-09-RIG-TEG-450_h108,d5,45m 
	08.11.2018	5,45	108	
	Forsøk nr.:	Tegnetkontrollert lab:	Kontrollert:	Godkjent:
6	vt	mash	ANG	
Oppdrag nr.:	Tegning nr.:	Prosedyre:	Programrevisjon:	
10203278-09	RIG-TEG-450.5	CAUa	15.12.2014	



Konsolideringsspenning, aksial:	σ'_{ac} (kPa):	56,81	
Konsolideringsspenning, radial:	σ'_{rc} (kPa):	38,98	
Volumtøyning i konsolideringsfase:	ε_{vol} (%) = $\Delta V/V_0$:	3,47	$\Delta e/e_0$ (-): 0,08
Baktrykk u_b (kPa):	500	B - verdi = $\Delta u/\Delta \sigma_c$ (-):	0,98
Vanninnhold w_i (%):	40,00	Densitet ρ_i (g/cm ³):	1,86

Statens vegvesen Region midt

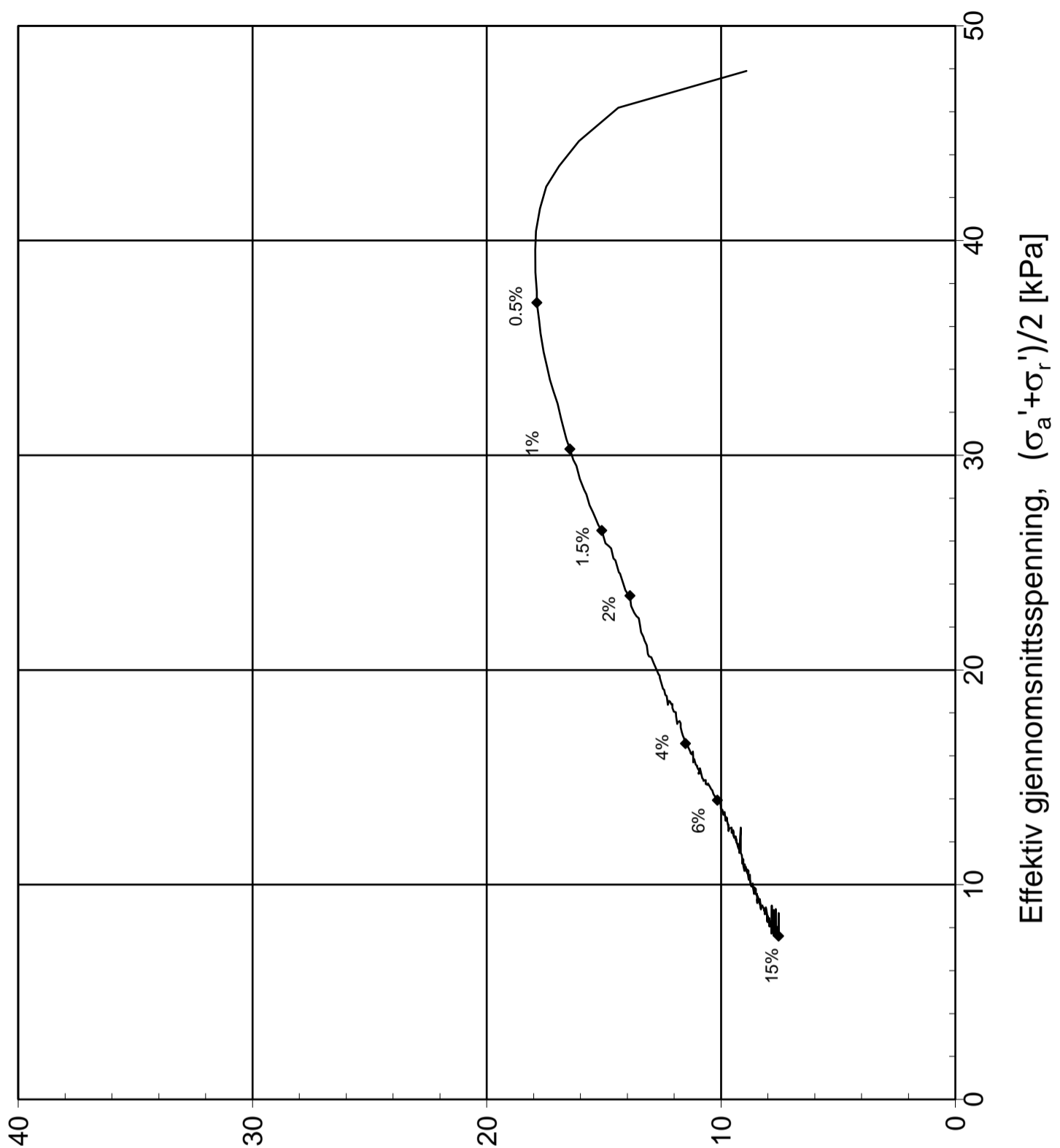
Saltstabilisert leire Dragvoll

Treaksialforsøk. Deviatorspenningssti. NTNU-plott.

Tegningens filnavn:
10203278-09-RIG-TEG-451_h108,d6,30m



MULTICONSULT NORGE AS Sluppenvegen 15, 7486 TRONDHEIM	Forsøksdato: 08.11.2018	Dybde, z (m): 6,30	Borpunkt nr.: 108	Multiconsult Godkjent: ANG Programrevisjon: 15.12.2014
	Forsøk nr.: 7	Tegnet/kontrollert lab: vt	Kontrollert: mash	
	Oppdrag nr.: 10203278-09	Tegning nr.: RIG-TEG-451.1	Prosedyre: CAUa	



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

Konsolideringsspenning, aksial:	σ'_{ac} (kPa):	56,81	
Konsolideringsspenning, radial:	σ'_{rc} (kPa):	38,98	
Volumtøyning i konsolideringsfase:	ε_{vol} (%) = $\Delta V/V_0$:	3,47	$\Delta e/e_0$ (-): 0,08
Baktrykk u_b (kPa):	500	B - verdi = $\Delta u/\Delta \sigma_c$ (-):	0,98
Vanninnhold w_i (%):	40,00	Densitet ρ_i (g/cm ³):	1,86

Statens vegvesen Region midt

Saltstabilisert leire Dragvoll

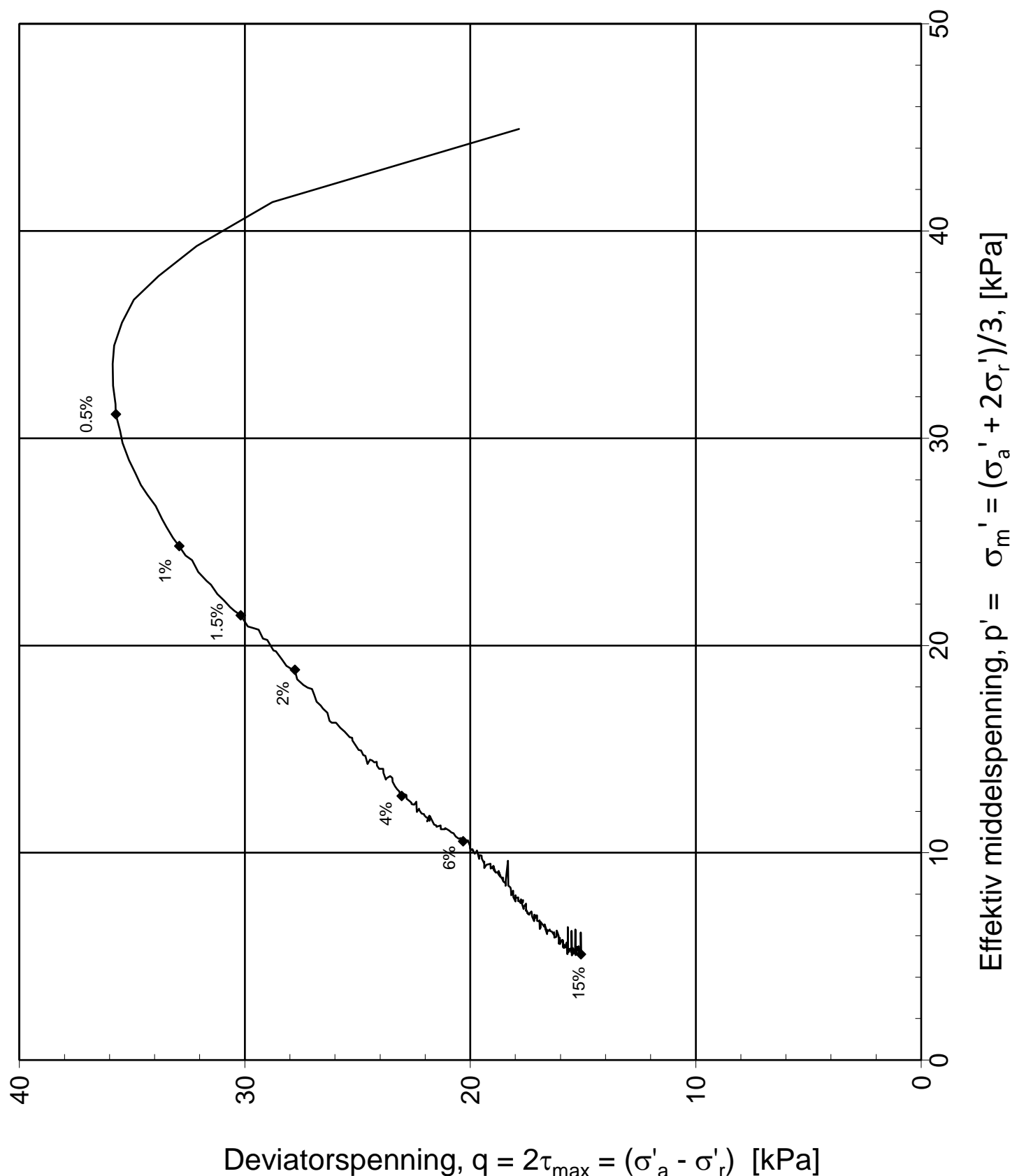
Treaksialforsøk. Deviatorspenningssti. NGI-plott.

Tegningens filnavn:

10203278-09-RIG-TEG-451_h108,d6,30m



MULTICONSULT NORGE AS Sluppenvegen 15, 7486 TRONDHEIM	Forsøksdato:	Dybde, z (m):	Borpunkt nr.:
	08.11.2018	6,30	108
	Forsøk nr.:	Tegnet/kontrollert lab:	Kontrollert:
7	vt	mash	ANG
Oppdrag nr.:	Tegning nr.:	Prosedyre:	Programrevisjon:
10203278-09	RIG-TEG-451.2	CAUa	15.12.2014



Konsolideringsspenning, aksial:	σ'_{ac} (kPa):	56,81	
Konsolideringsspenning, radial:	σ'_{rc} (kPa):	38,98	
Volumtøyning i konsolideringsfase:	ε_{vol} (%) = $\Delta V/V_0$:	3,47	$\Delta e/e_0$ (-): 0,08
Baktrykk u_b (kPa):	500	B - verdi = $\Delta u/\Delta \sigma_c$ (-):	0,98
Vanninnhold w_i (%):	40,00	Densitet ρ_i (g/cm ³):	1,86

Statens vegvesen Region midt

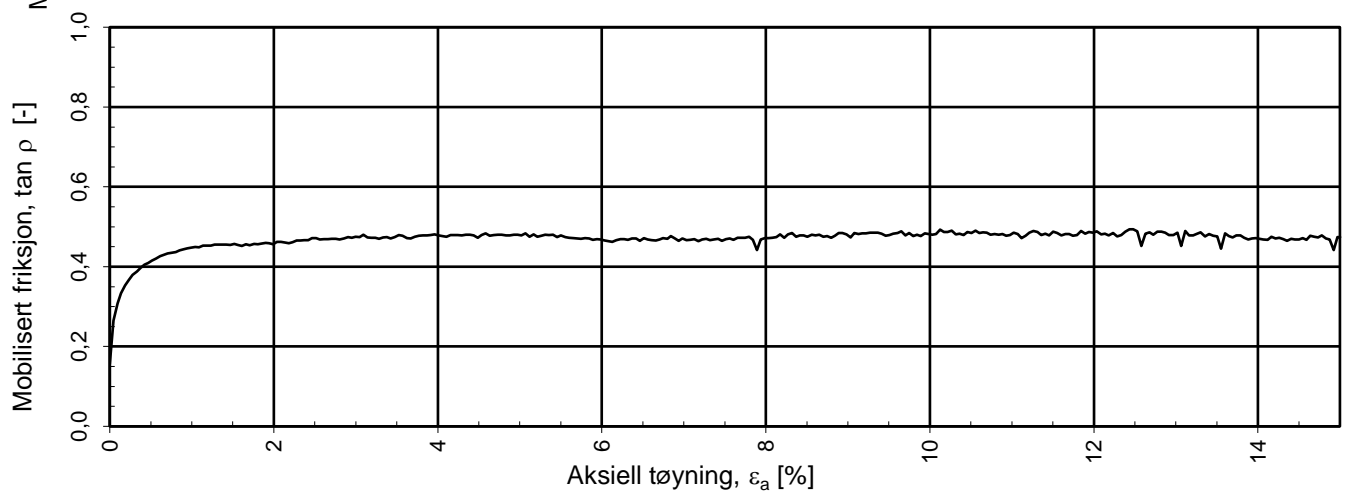
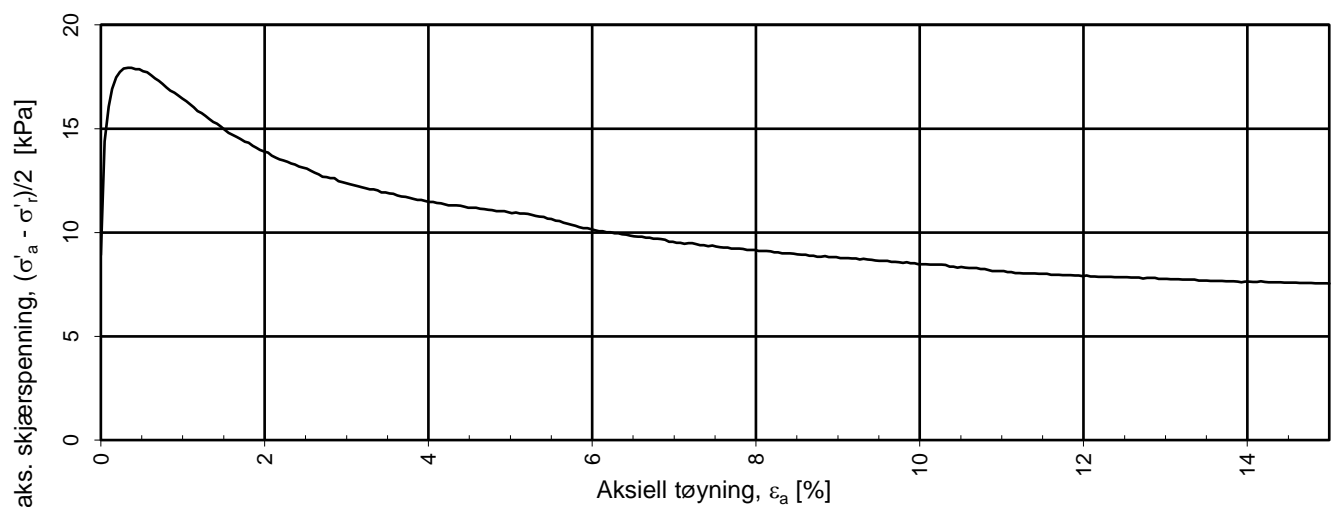
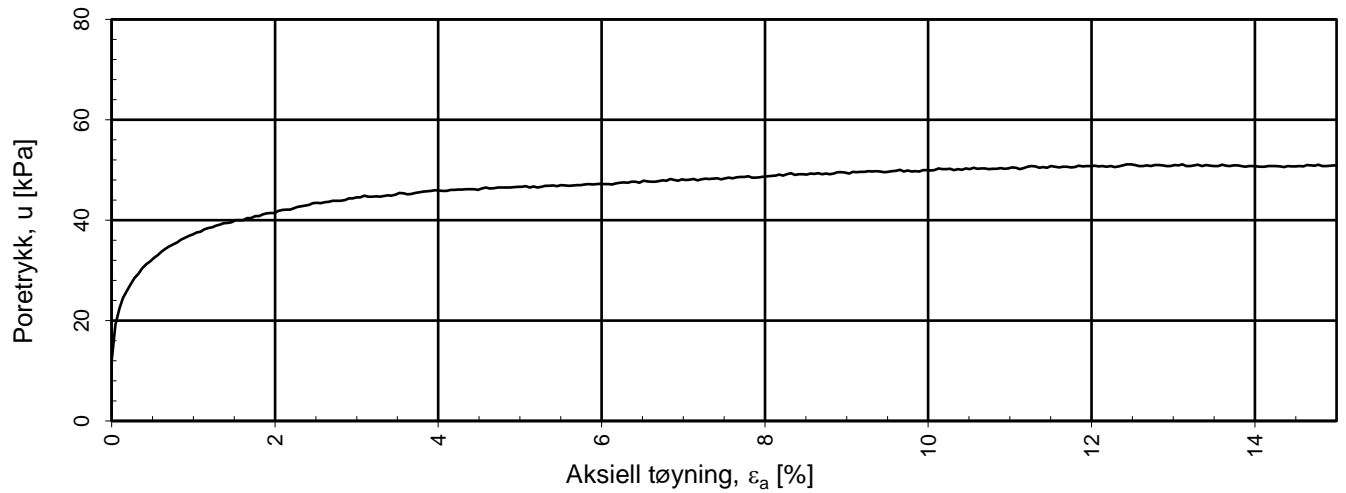
Saltstabilisert leire Dragvoll

Treksialforsøk. Deviatorspenningssti. q - p'- plott.

Tegningens filnavn:
10203278-09-RIG-TEG-451_h108,d6,30m



MULTICONSULT NORGE AS Sluppenvegen 15 7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 Faks: 73 10 62 30	Forsøksdato: 08.11.2018	Dybde, z (m): 6,30	Borpunkt nr.: 108
	Forsøk nr.: 7	Tegnet/kontrollert lab: vt	Kontrollert: mash
	Oppdrag nr.: 10203278-09	Tegning nr.: RIG-TEG-451.3	Prosedyre: CAUa
			Programrevisjon: 15.12.2014



a = 10 kPa benyttet for tolkning av tan ρ

Statens vegvesen Region midt

Saltstabilisert leire Dragvoll

Treaksialforsøk. Poretrykks- og mobiliseringsforløp.

Tegningens filnavn:

10203278-09-RIG-TEG-451_h108,d6,30m

Multi
consult

MULTICONSULT NORGE AS

Sluppenvegen 15,
7486 TRONDHEIM
Tlf.: 73 10 62 00
Faks: 73 10 62 30

Forsøksdato:
08.11.2018

Dybde, z (m):
6,30

Borpunkt nr.:
108

Forsøk nr.:
7

Tegnet/kontrollert lab:
vt

Kontrollert:
mash

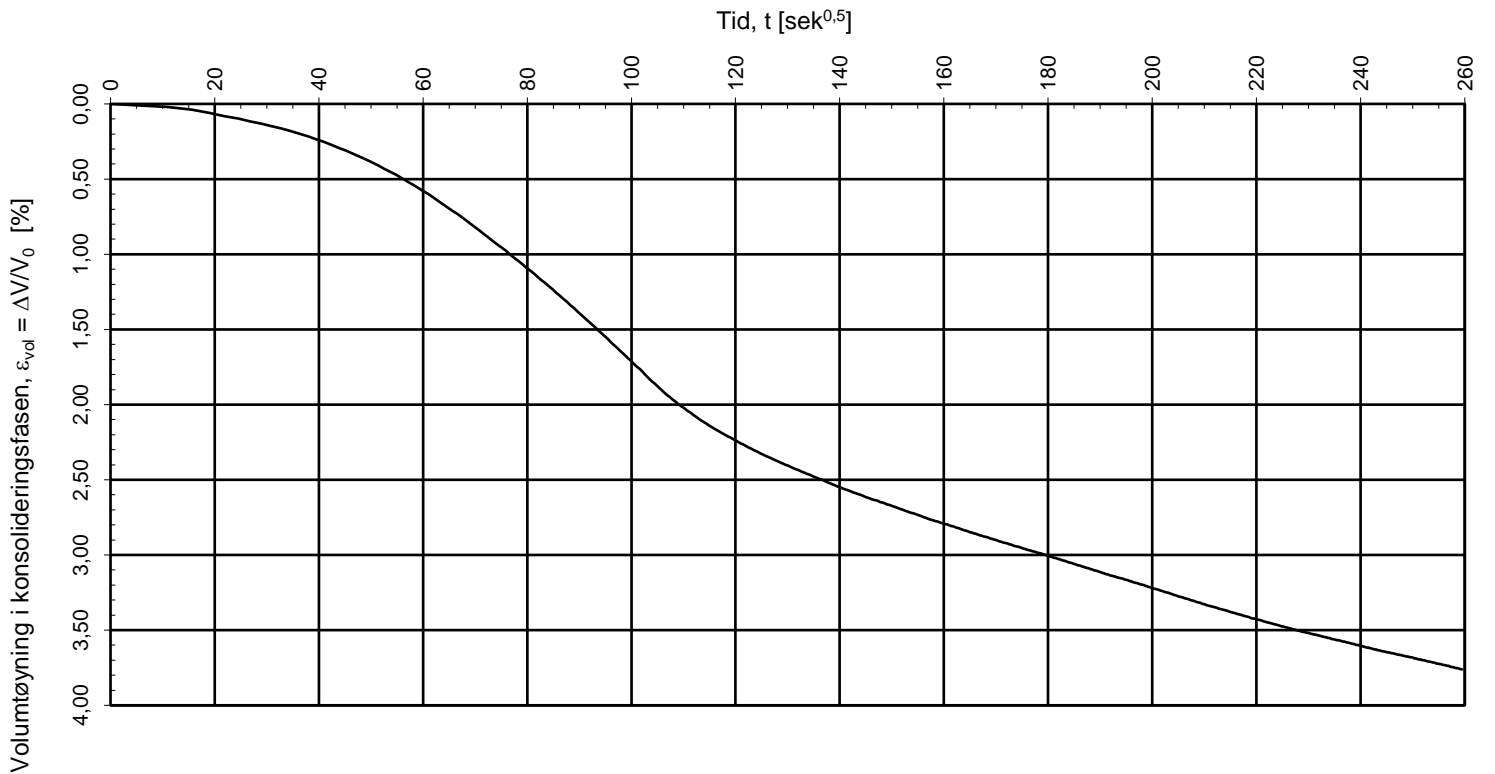
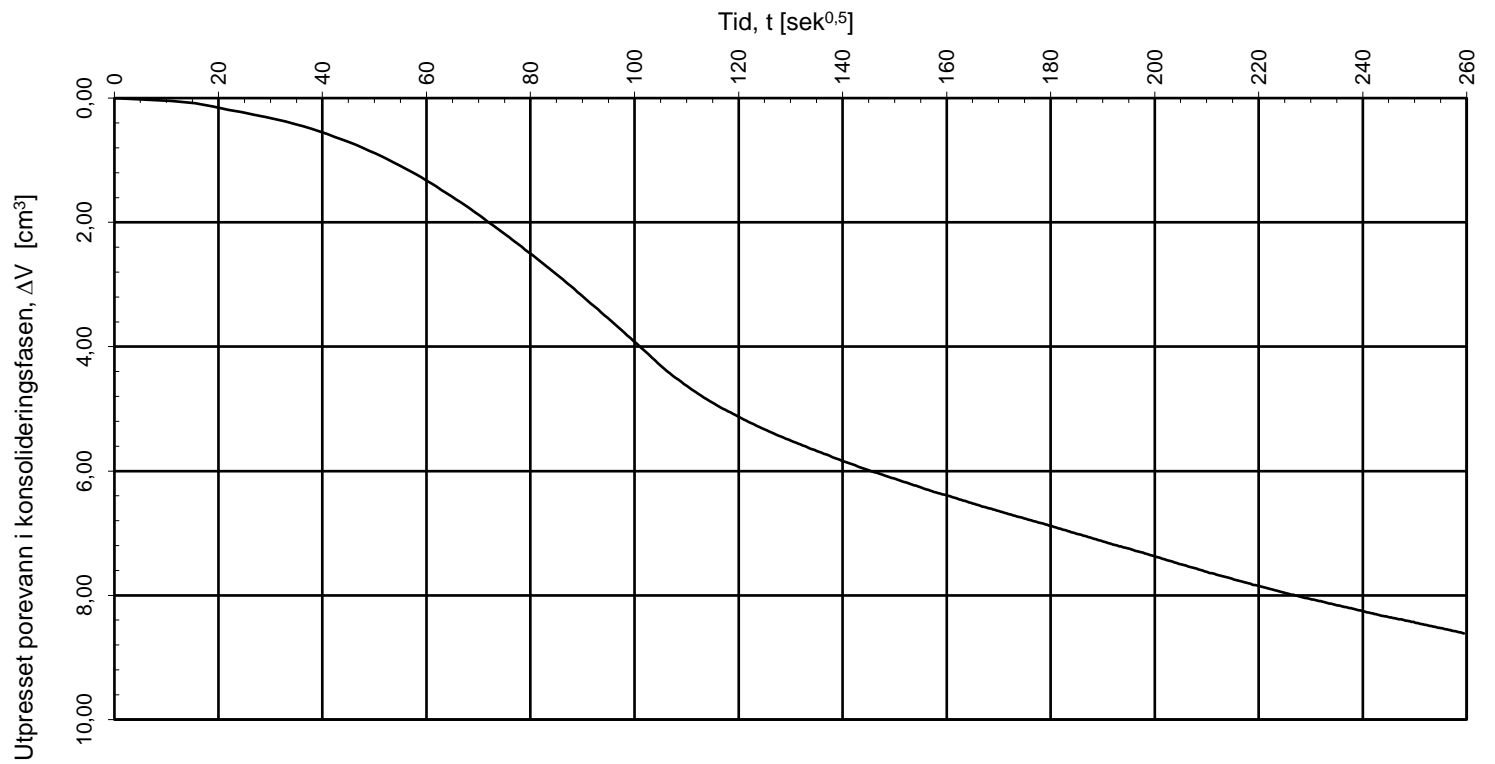
Godkjent:
ANG

Oppdrag nr.:
10203278-09

Tegning nr.:
RIG-TEG-451.4

Prosedyre:
CAUa

Programrevisjon:
15.12.2014



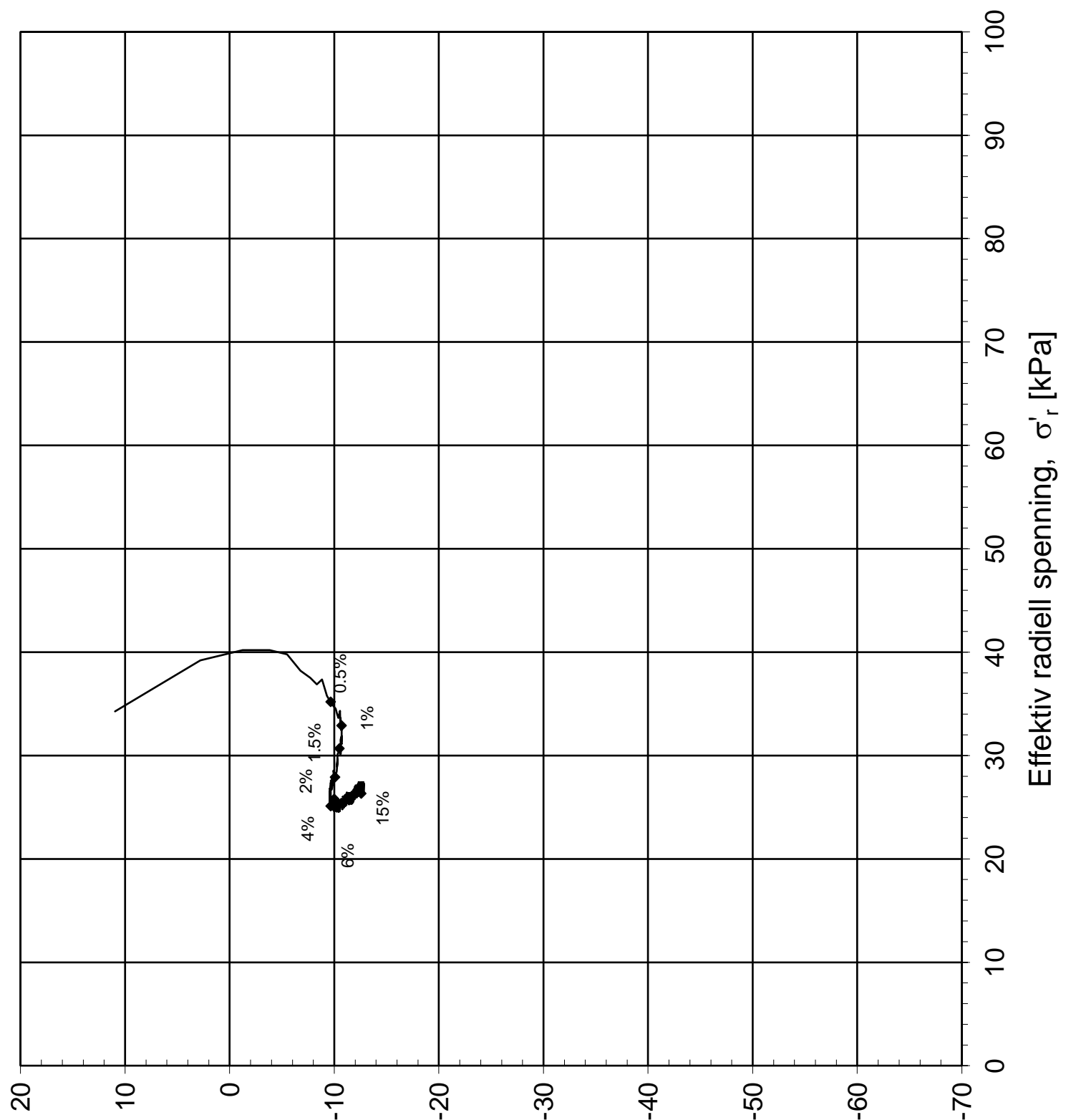
Konsolideringsspenning, aksial:	σ'_{ac} (kPa):	56,81	
Konsolideringsspenning, radial:	σ'_{rc} (kPa):	38,98	$\Delta e/e_0$ (-): 0,08
Volumtøyning i konsolideringsfase:	ε_{vol} (%) = $\Delta V/V_0$:	3,47	
Baktrykk u_b (kPa):	500	B - verdi = $\Delta u/\Delta \sigma_c$ (-):	0,98
Vanninnhold w_i (%):	40,00	Densitet ρ_i (g/cm ³):	1,86

Statens vegvesen Region midt

Saltstabilisert leire Dragvoll

Treaksialforsøk. Vannutpressing - tid, konsolideringsfase.

MULTICONSULT NORGE AS Sluppenvegen 15, 7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 Faks: 73 10 62 30	Forsøksdato:	Dybde, z (m):	Borpunkt nr.:	
	08.11.2018	6,30	108	
	Forsøk nr.:	Tegnetkontrollert lab:	Kontrollert:	Godkjent:
7	vt	mash	ANG	
Oppdrag nr.:	Tegning nr.:	Prosedyre:	Programrevisjon:	
10203278-09	RIG-TEG-451.5	CAUa	15.12.2014	



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

Konsolideringsspenning, aksial:	σ'_{ac} (kPa):	56,18
Konsolideringsspenning, radial:	σ'_{rc} (kPa):	34,26
Volumtøyning i konsolideringsfase:	ε_{vol} (%) = $\Delta V/V_0$:	1,55
Baktrykk u_b (kPa):	500	B - verdi = $\Delta u/\Delta \sigma_c$ (-): 0,92
Vanninnhold w_i (%):	37,40	Densitet ρ_i (g/cm ³): 1,87

Statens vegvesen Region midt

Saltsabilisert leire Dragvoll

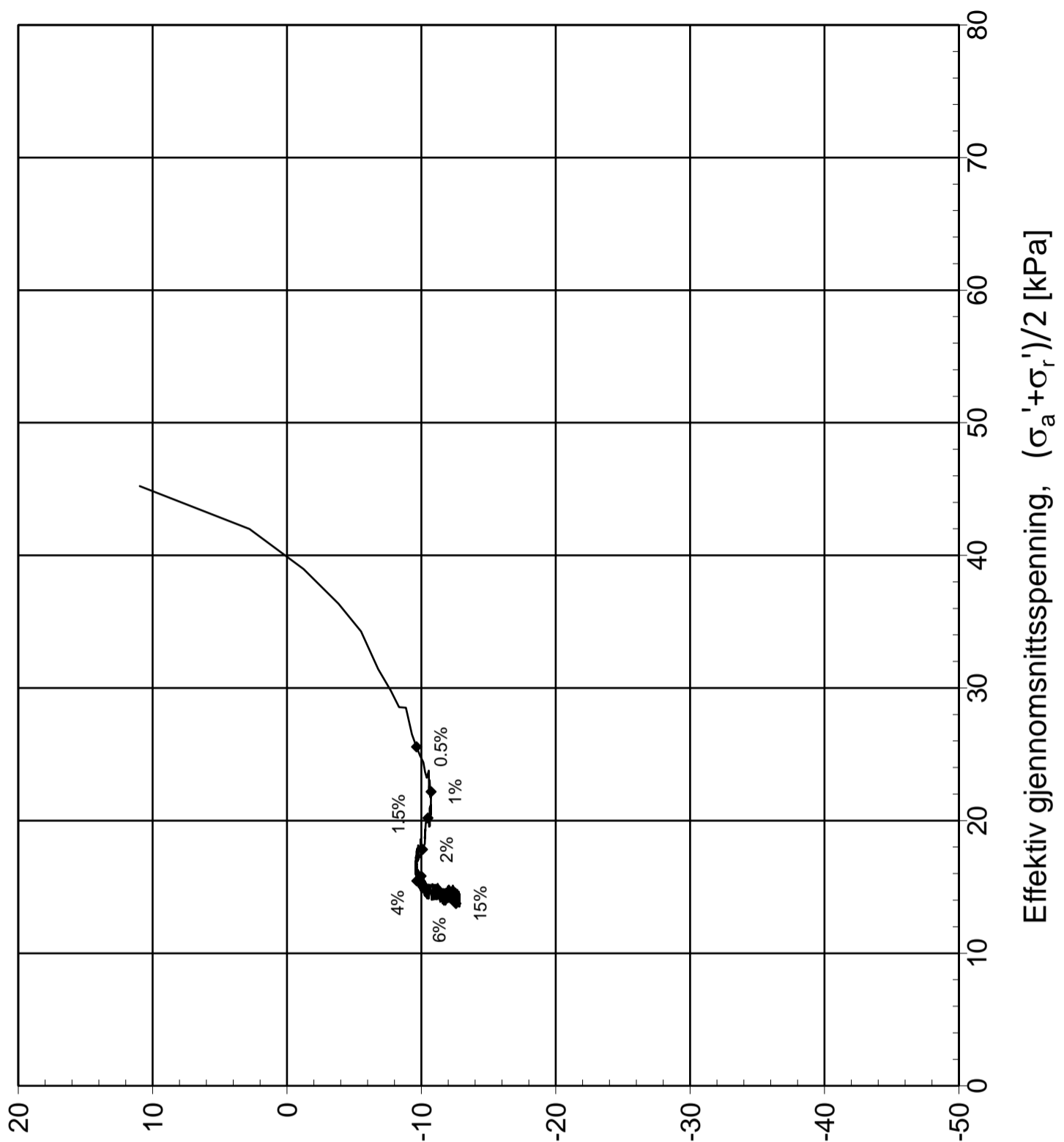
Treaksialforsøk. Deviatorspenningssti. NTNU-plott.

Tegningens filnavn:
10203278-09-RIG-TEG-452_h109, d5,10m



**MULTICONSULT
NORGE AS**
Sluppenvegen 15,
7037 TRONDHEIM
Tlf.: 73 10 62 00

Forsøksdato: 30.10.2018	Dybde, z (m): 5,10	Borpunkt nr.: 109	Godkjent: ANG Programrevisjon: 28.09.2016
Forsøk nr.: 1	Tegnet: vt	Kontrollert: mash	
Oppdrag nr.: 10203278-09	Tegning nr.: RIG-TEG-452.1	Prosedyre: CAUp	



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

Konsolideringsspenning, aksial:	σ'_{ac} (kPa):	56,18
Konsolideringsspenning, radial:	σ'_{rc} (kPa):	34,26
Volumtøyning i konsolideringsfase:	ε_{vol} (%) = $\Delta V/V_0$:	1,55
Baktrykk u_b (kPa):	500	B - verdi = $\Delta u/\Delta \sigma_c$ (-): 0,92
Vanninnhold w_i (%):	37,40	Densitet ρ_i (g/cm ³): 1,87

Statens vegvesen Region midt

Saltsabilisert leire Dragvoll

Treaksialforsøk. Deviatorspenningssti. NGI-plott.

Tegningens filnavn:

10203278-09-RIG-TEG-452_h109, d5,10m



**MULTICONSULT
NORGE AS**

Sluppenvegen 15,
7037 TRONDHEIM

Forsøksdato:
30.10.2018

Dybde, z (m):
5,10

Borpunkt nr.:
109

Forsøk nr.:
1

Tegnet:
vt

Kontrollert:
mash

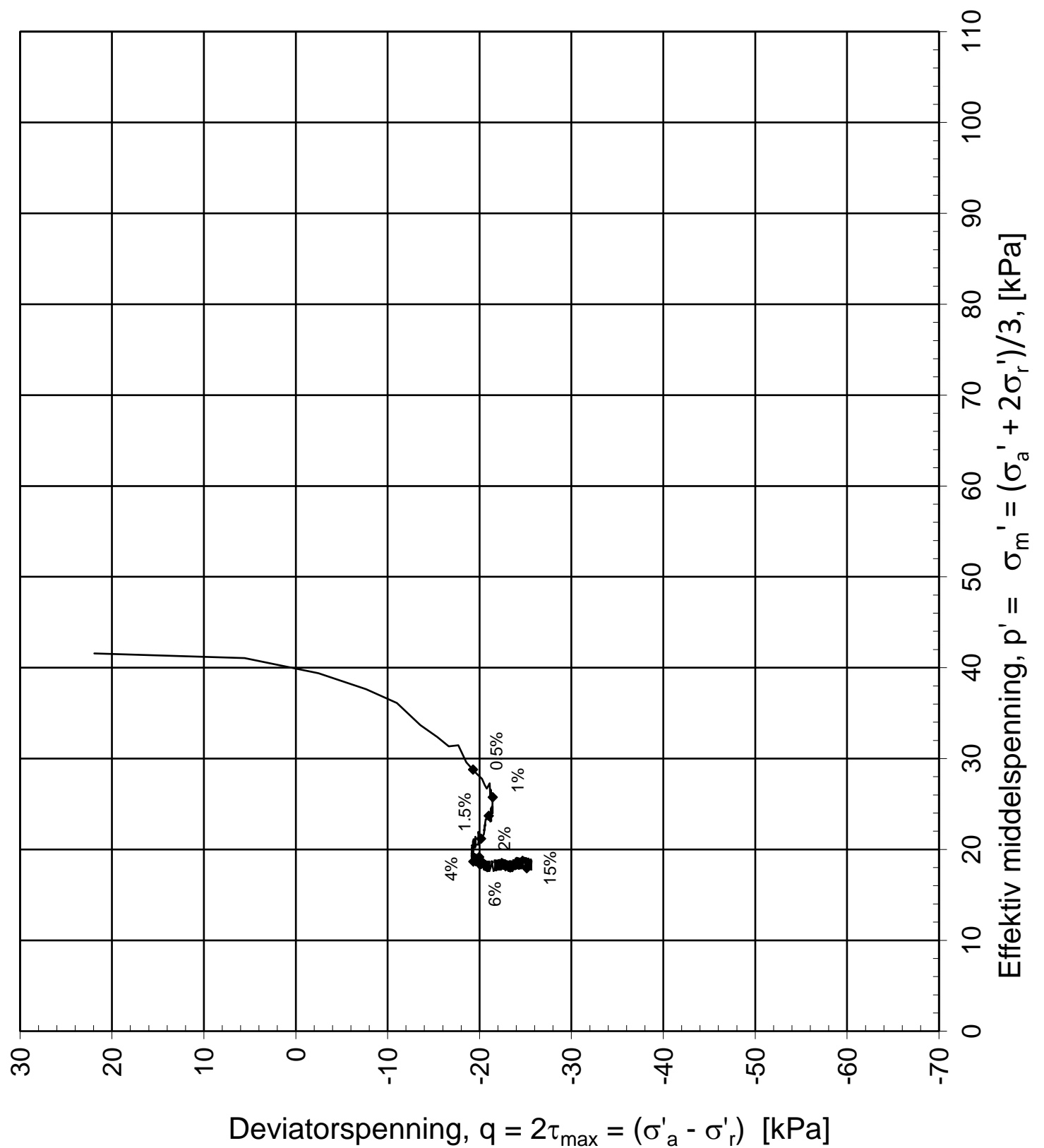
Godkjent:
ANG

Oppdrag nr.:
10203278-09

Tegning nr.:
RIG-TEG-452.2

Prosedyre:
CAUp

Programrevisjon:
28.09.2016



Konsolideringsspenning, aksial:	σ'_{ac} (kPa):	56,18
Konsolideringsspenning, radial:	σ'_{rc} (kPa):	34,26
Volumtøyning i konsolideringsfase:	ϵ_{vol} (%) = $\Delta V/V_0$:	1,55
Baktrykk u_b (kPa):	500	B - verdi = $\Delta u/\Delta\sigma_c$ (-): 0,92
Vanninnhold w_i (%):	37,40	Densitet ρ_i (g/cm ³): 1,87

Statens vegvesen Region midt

Saltsabilisert leire Dragvoll

Treaksialforsøk. Deviatorspenningssti. q - p'- plott.

Tegningens filnavn:
10203278-09-RIG-TEG-452_h109, d5,10m



**MULTICONSULT
NORGE AS**

Sluppenvegen 15,
7486 TRONDHEIM
Tlf.: 73 10 62 00
Faks: 73 10 62 30

Forsøksdato:
30.10.2018

Forsøk nr.:
1

Oppdrag nr.:
10203278-09

Dybde, z (m):
5,10

Tegnet:
vt

Tegning nr.:
RIG-TEG-452.3

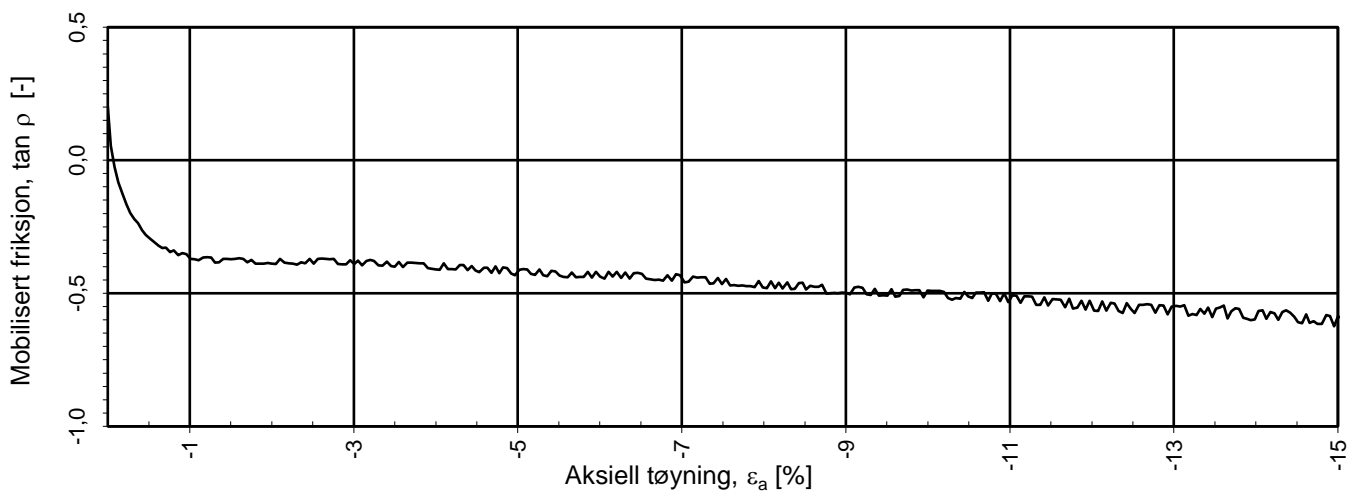
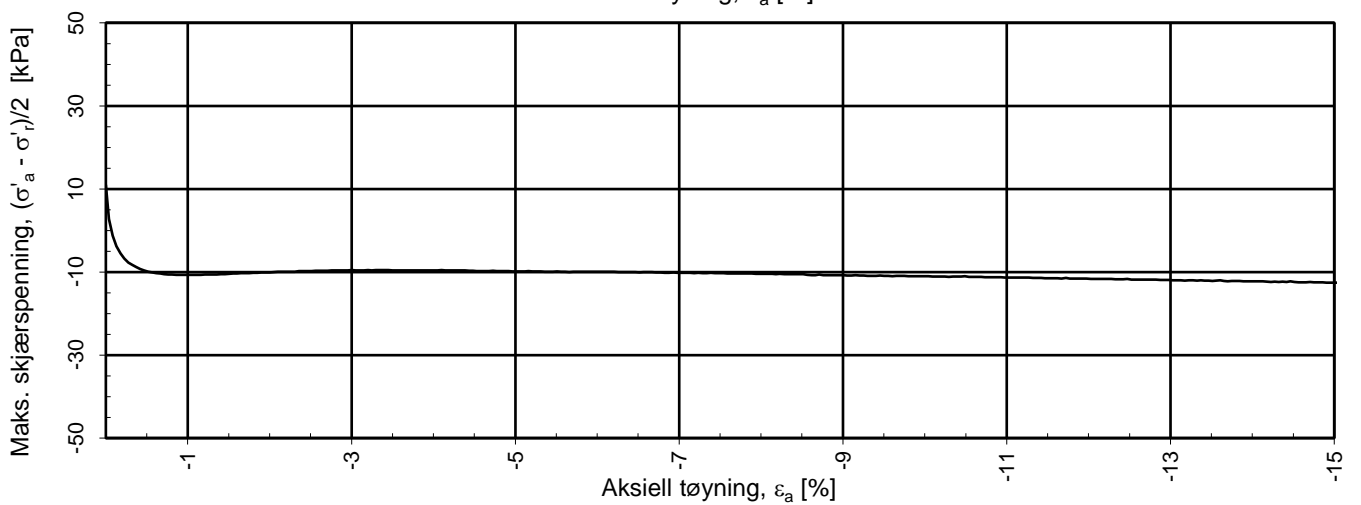
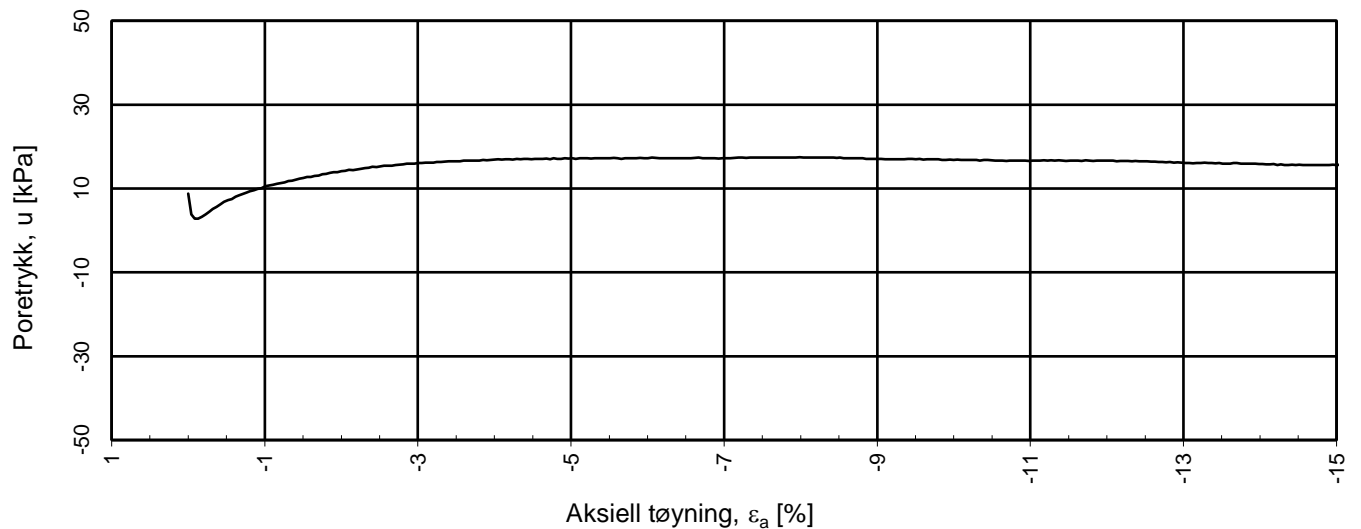
Borpunkt nr.:
109

Kontrollert:
mash

Prosedyre:
CAUp

Godkjent:
ANG

Programrevisjon:
28.09.2016



a = 10 kPa benyttet for tolkning av tan ρ

Statens vegvesen Region midt

Saltsabilisert leire Dragvoll

Treaksialforsøk. Poretrykks- og mobiliseringsforløp.

Tegningens filnavn:

10203278-09-RIG-TEG-452_h109, d5,10m

Multi
consult

MULTICONSULT NORGE AS

Sluppenvegen 15,
7486 TRONDHEIM
Tlf.: 73 10 62 00
Faks: 73 10 62 30

Forsøksdato:
30.10.2018

Dybde, z (m):
5,10

Borpunkt nr.:
109

Forsøk nr.:
1

Tegnet:
vt

Kontrollert:
mash

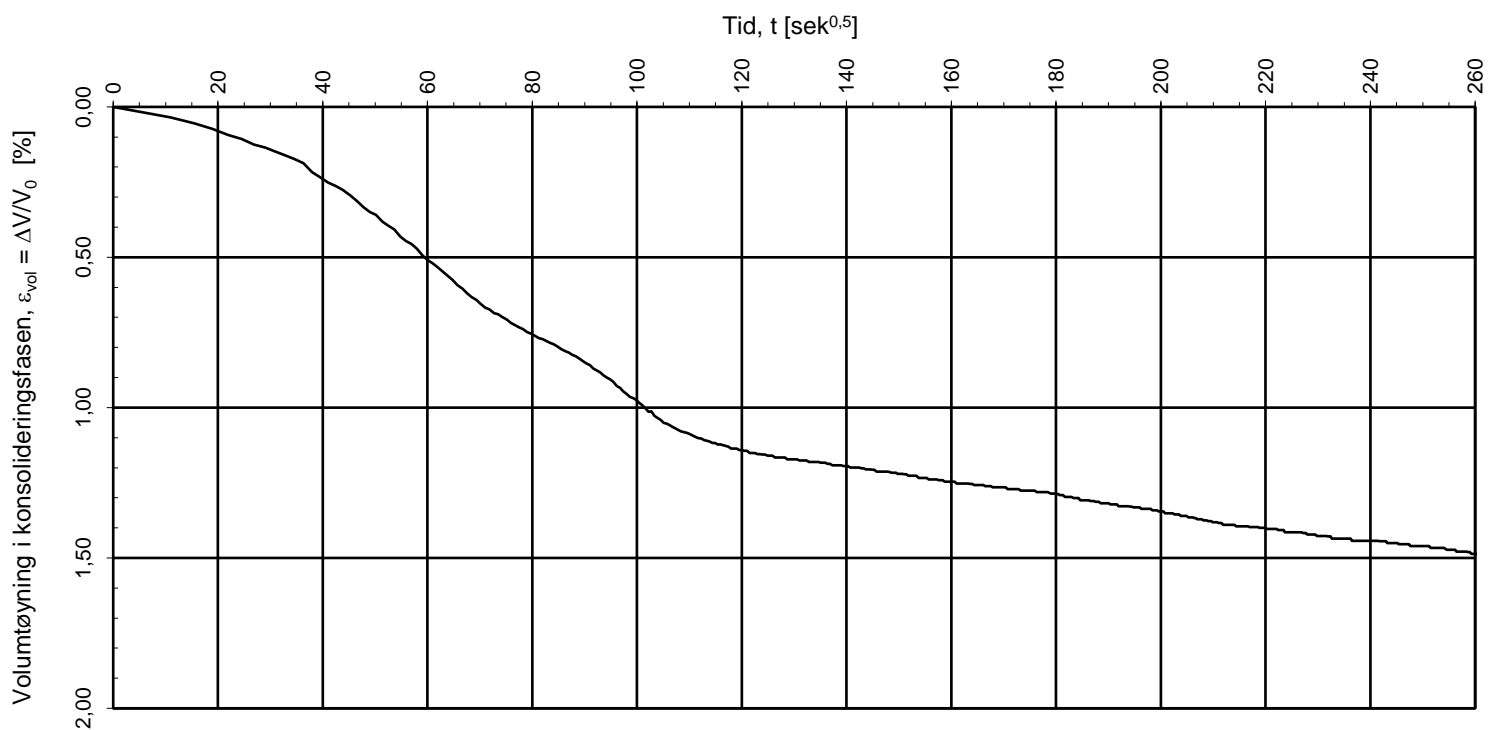
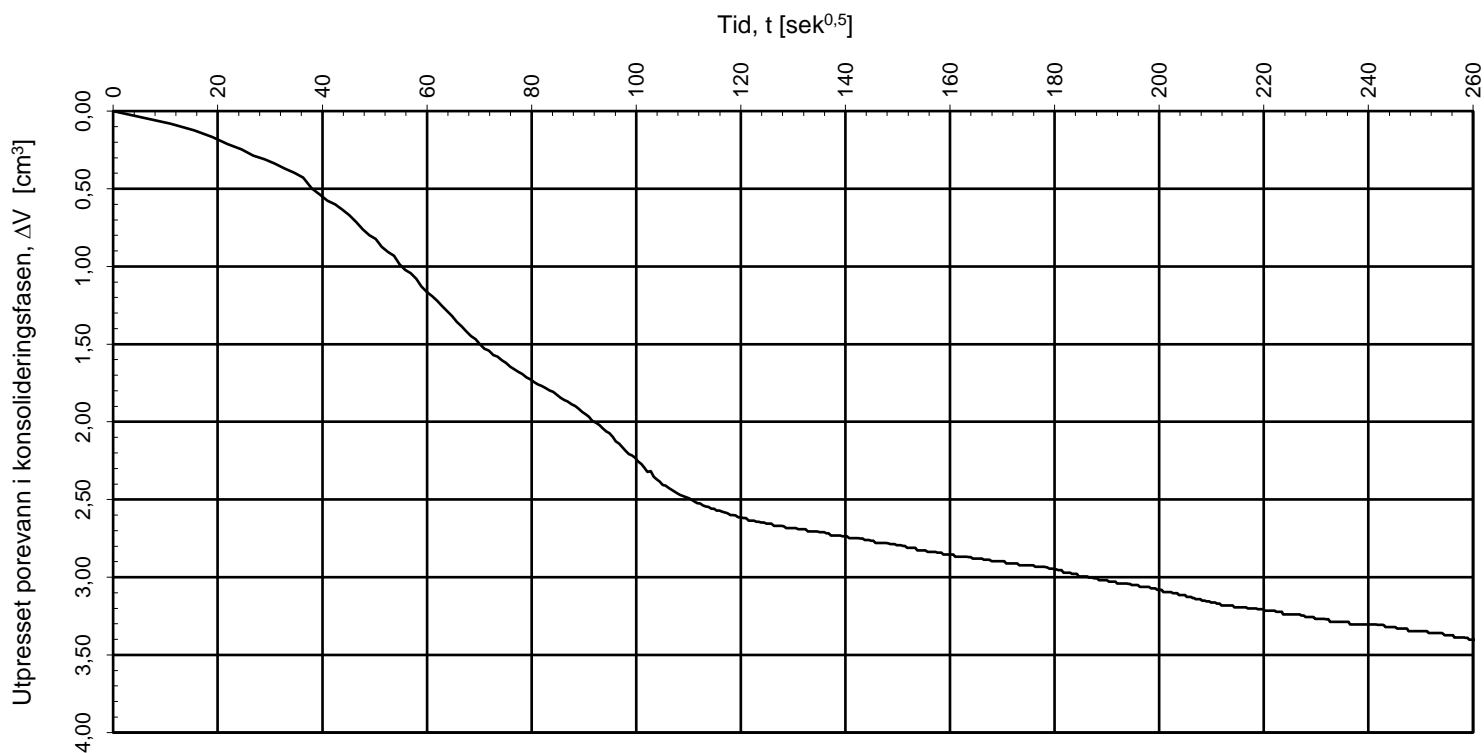
Godkjent:
ANG

Oppdrag nr.:
10203278-09

Tegning nr.:
RIG-TEG-452.4

Prosedyre:
CAUp

Programrevisjon:
28.09.2016




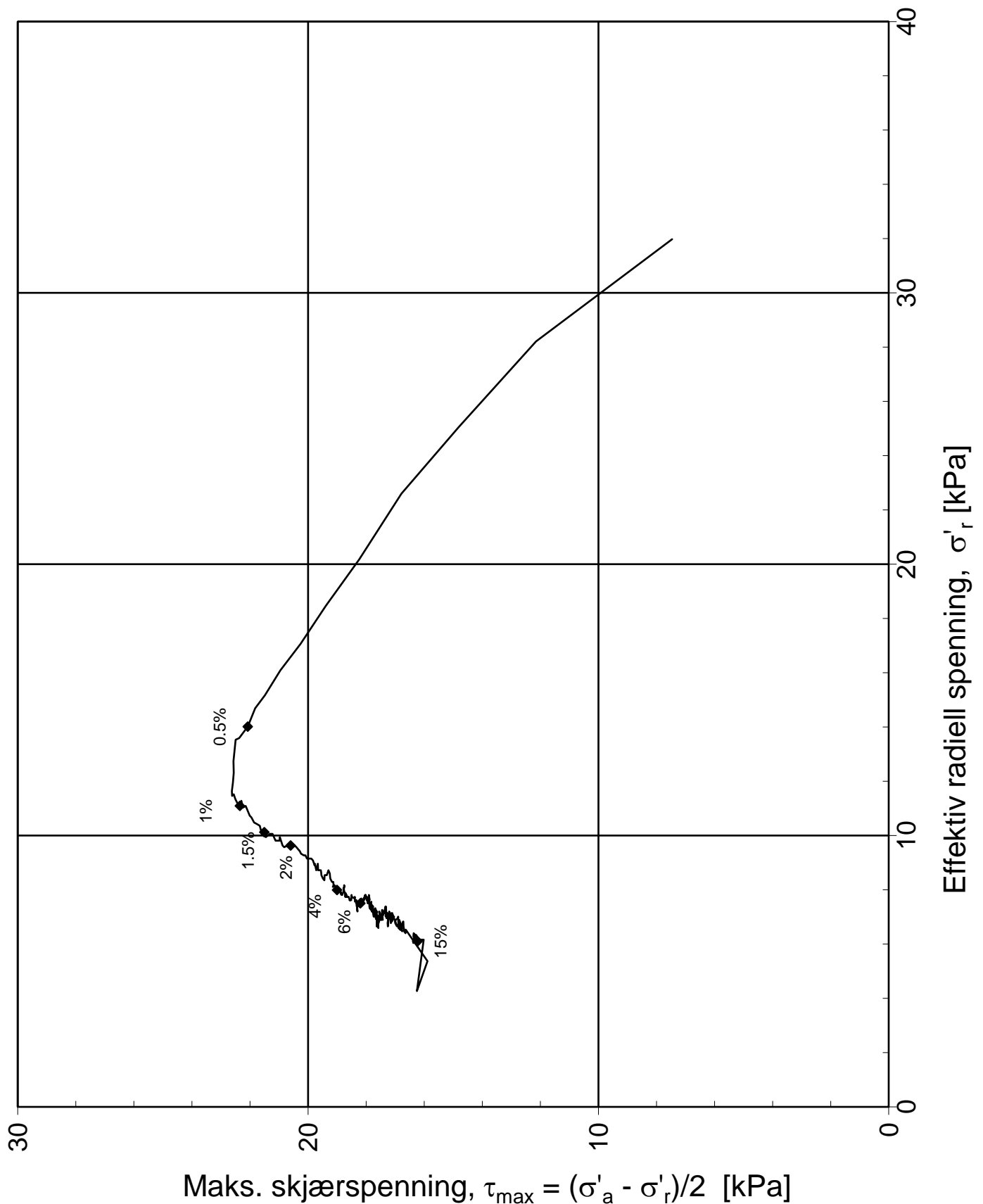
Konsolideringsspenning, aksial:	σ'_{ac} (kPa):	56,18
Konsolideringsspenning, radial:	σ'_{rc} (kPa):	34,26
Volumtøyning i konsolideringsfase:	ε_{vol} (%) = $\Delta V/V_0$:	1,55
Baktrykk u_b (kPa):	500	B - verdi = $\Delta u/\Delta \sigma_c$ (-): 0,92
Vanninnhold w_i (%):	37,40	Densitet ρ_i (g/cm ³): 1,87

Statens vegvesen Region midt

Saltsabilisert leire Dragvoll

Treaksialforsøk. Vannutpressing - tid, konsolideringsfase.

MULTICONSULT NORGE AS Sluppenvegen 15, 7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 Faks: 73 10 62 30	Forsøksdato:	Dybde, z (m):	Borpunkt nr.:	Tegningens filnavn: 10203278-09-RIG-TEG-452_h109, d5,10m 
	Forsøk nr.:	Tegnet:	Kontrollert:	
	Oppdrag nr.:	Tegning nr.:	Prosedyre:	Godkjent:
	30.10.2018	5,10	109	ANG
	1	vt	mash	
	10203278-09	RIG-TEG-452.5	CAUp	Programrevisjon: 28.09.2016




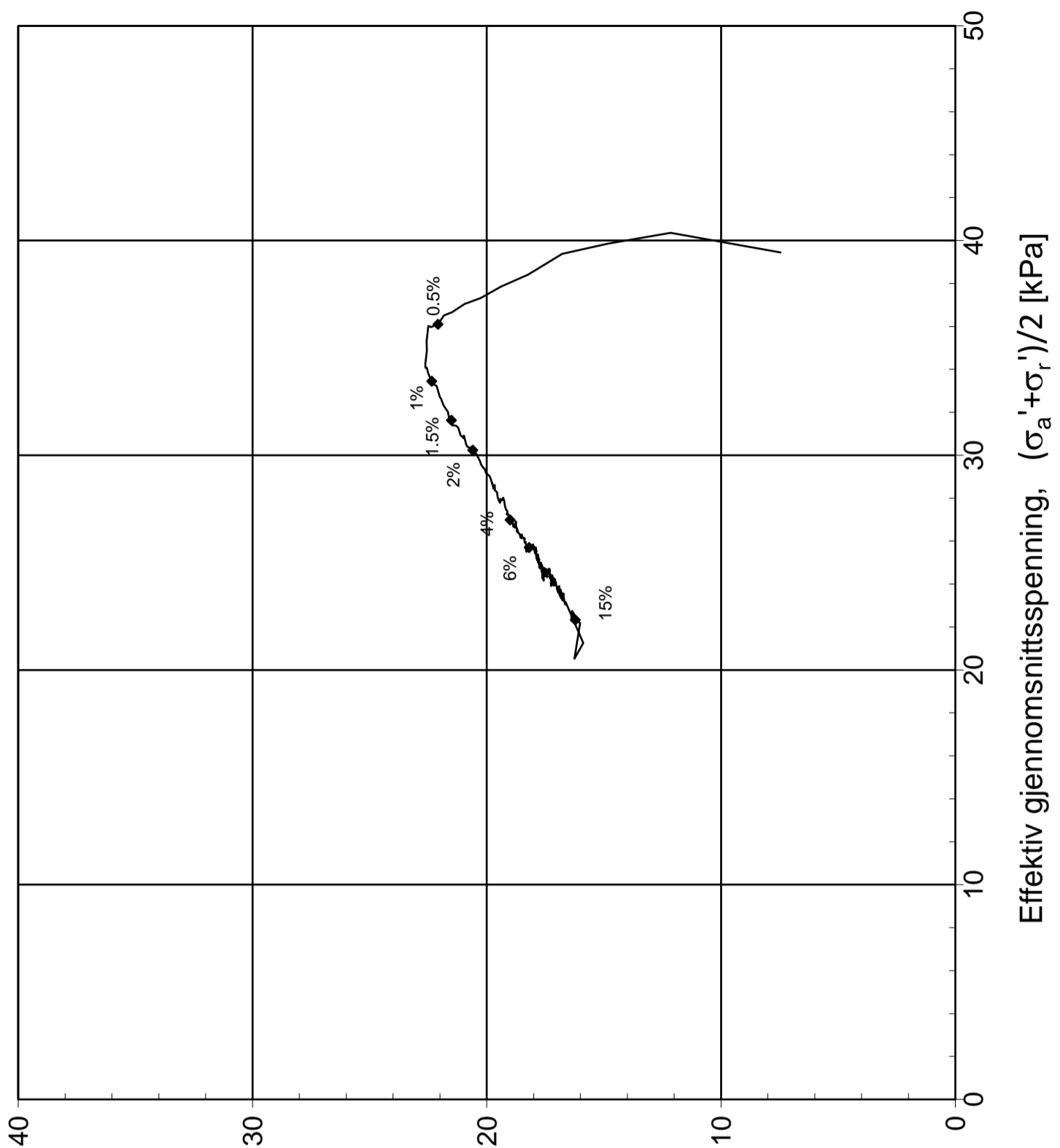
Konsolideringsspenning, aksial:	σ'_{ac} (kPa):	46,90	
Konsolideringsspenning, radial:	σ'_{rc} (kPa):	31,98	
Volumtøyning i konsolideringsfase:	ϵ_{vol} (%) = $\Delta V/V_0$:	1,34	$\Delta e/e_0$ (-): 0,03
Baktrykk u_b (kPa):	500	B - verdi = $\Delta u/\Delta \sigma_c$ (-):	0,93
Vanninnhold w_i (%):	37,45	Densitet ρ_i (g/cm ³):	1,87

Statens vegvesen Region midt

Saltstabilisert leire Dragvoll

Treaksialforsøk. Deviatorspenningssti. NTNU-plott.

MULTICONSULT NORGE AS Sluppenvegen 15, 7486 TRONDHEIM	Forsøksdato:	Dybde, z (m):	Borpunkt nr.:	Tegningens filnavn: 10203278-09-RIG-TEG-453_h109, d5,10m 
	Forsøk nr.:	Tegnet/kontrollert lab:	Kontrollert:	
	Oppdrag nr.:	Tegning nr.:	Prosedyre:	Programrevisjon:
	30.10.2018	5,10	109	
	2	vt	mash	Godkjent:
	10203278-09	RIG-TEG-453.1	CAUa	Programrevisjon: 15.12.2014



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

Konsolideringsspenning, aksial:	σ'_{ac} (kPa):	46,90	
Konsolideringsspenning, radial:	σ'_{rc} (kPa):	31,98	
Volumtøyning i konsolideringsfase:	ε_{vol} (%) = $\Delta V/V_0$:	1,34	$\Delta e/e_0$ (-): 0,03
Baktrykk u_b (kPa):	500	B - verdi = $\Delta u/\Delta \sigma_c$ (-):	0,93
Vanninnhold w_i (%):	37,45	Densitet ρ_i (g/cm ³):	1,87

Statens vegvesen Region midt

Saltstabilisert leire Dragvoll

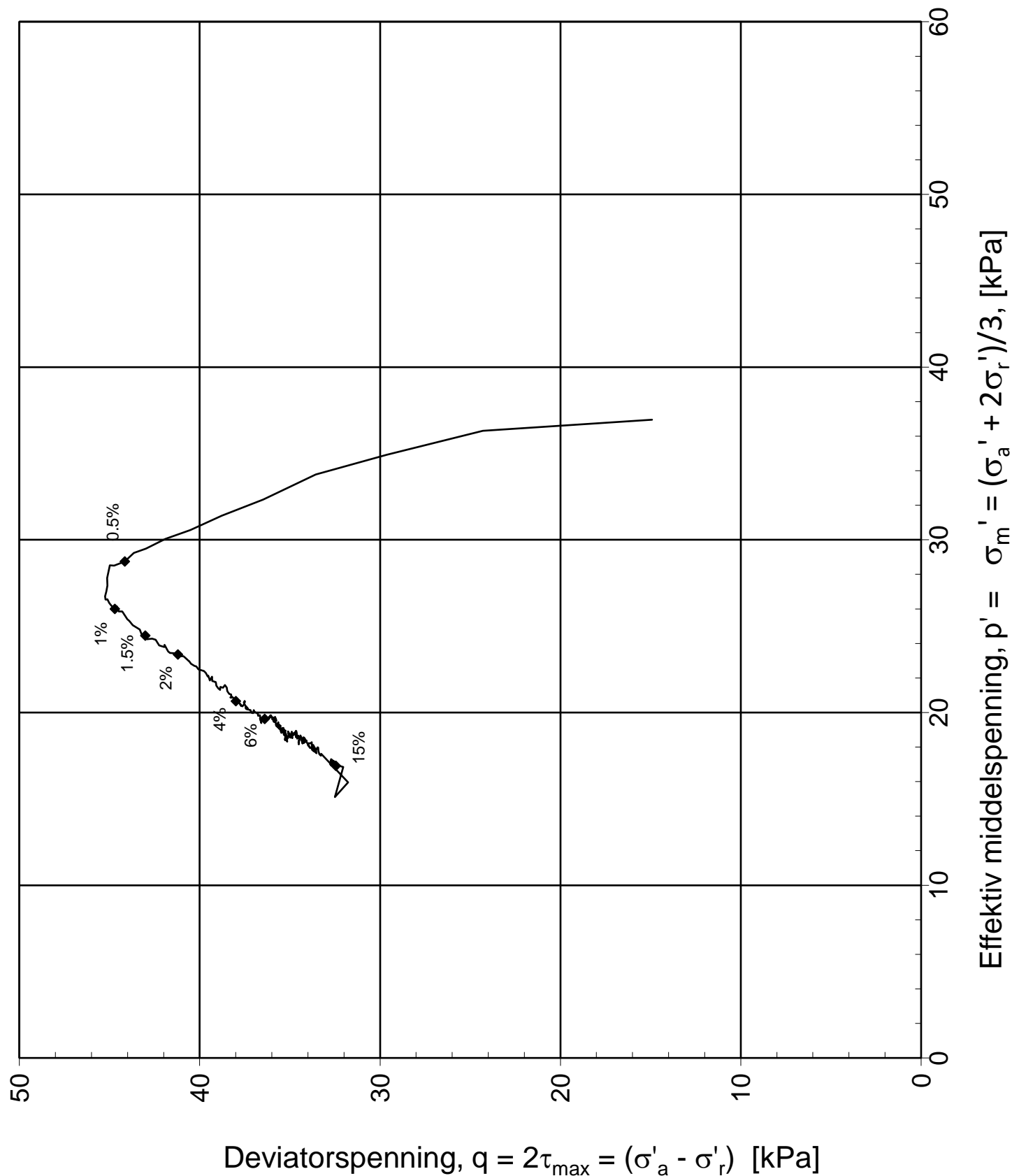
Treaksialforsøk. Deviatorspenningssti. NGI-plott.

Tegningens filnavn:

10203278-09-RIG-TEG-453_h109, d5,10m



MULTICONSULT NORGE AS Sluppenvegen 15, 7486 TRONDHEIM	Forsøksdato:	Dybde, z (m):	Borpunkt nr.:	
	30.10.2018	5,10	109	
	Forsøk nr.:	Tegnet/kontrollert lab:	Kontrollert:	
	2	vt	mash	
	Oppdrag nr.:	Tegning nr.:	Prosedyre:	Programrevisjon:
	10203278-09	RIG-TEG-453.2	CAUa	15.12.2014



Konsolideringsspenning, aksial:	σ'_{ac} (kPa):	46,90	
Konsolideringsspenning, radial:	σ'_{rc} (kPa):	31,98	
Volumtøyning i konsolideringsfase:	ε_{vol} (%) = $\Delta V/V_0$:	1,34	$\Delta e/e_0$ (-): 0,03
Baktrykk u_b (kPa):	500	B - verdi = $\Delta u/\Delta \sigma_c$ (-):	0,93
Vanninnhold w_i (%):	37,45	Densitet ρ_i (g/cm ³):	1,87

Statens vegvesen Region midt

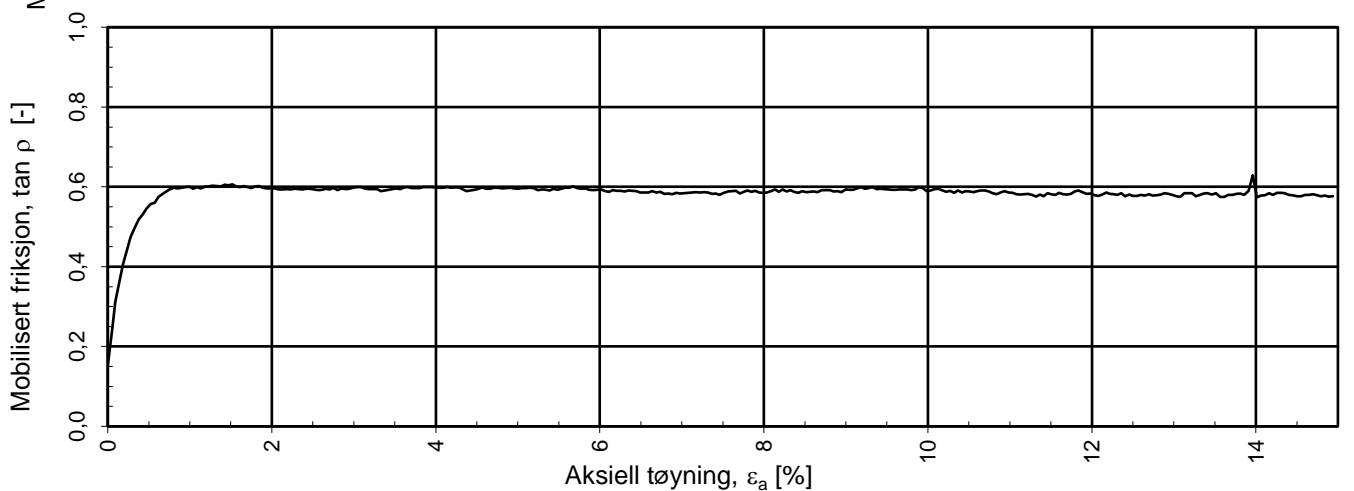
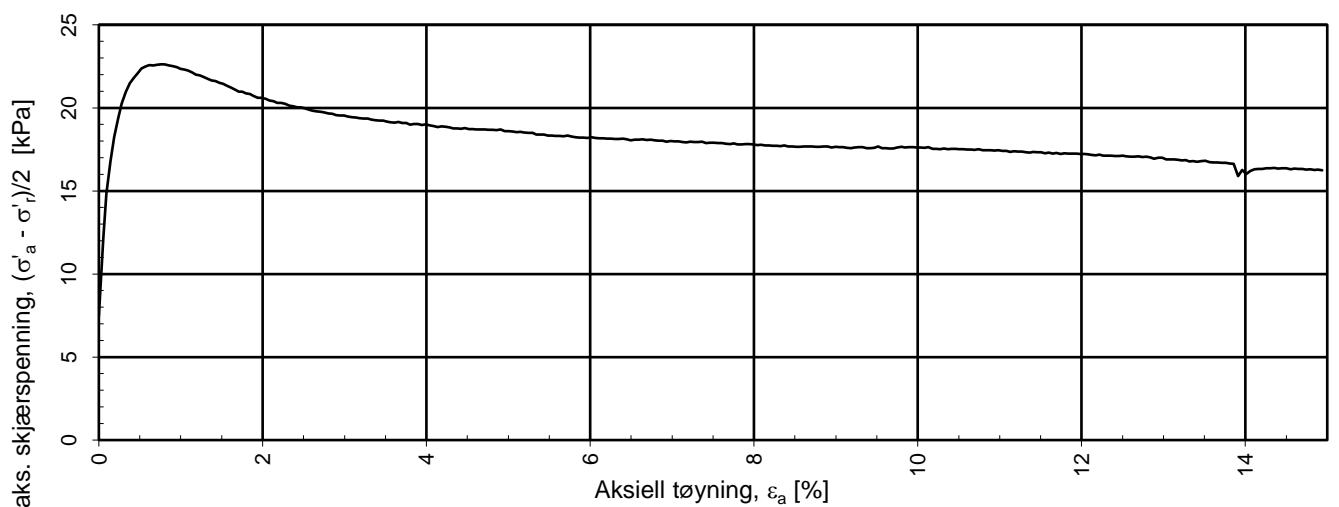
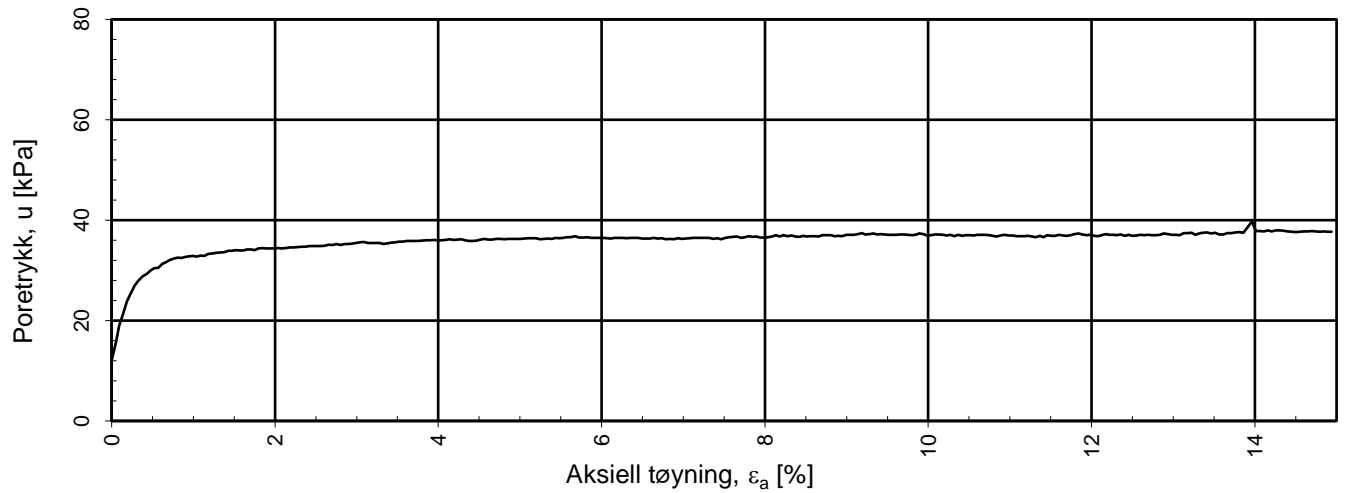
Saltstabilisert leire Dragvoll

Treksialforsøk. Deviatorspenningssti. q - p'- plott.

Tegningens filnavn:
10203278-09-RIG-TEG-453_h109, d5,10m



MULTICONSULT NORGE AS Sluppenvegen 15 7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 Faks: 73 10 62 30	Forsøksdato: 30.10.2018	Dybde, z (m): 5,10	Borpunkt nr.: 109
	Forsøk nr.: 2	Tegnet/kontrollert lab: vt	Kontrollert: mash
	Oppdrag nr.: 10203278-09	Tegning nr.: RIG-TEG-453.3	Prosedyre: CAUa



a = 10 kPa benyttet for tolkning av tan ρ

Statens vegvesen Region midt

Saltstabilisert leire Dragvoll

Treaksialforsøk. Poretrykks- og mobiliseringsforløp.

Tegningens filnavn:

10203278-09-RIG-TEG-453_h109, d5,10m

Multi
consult

MULTICONSULT NORGE AS

Sluppenvegen 15,
7486 TRONDHEIM
Tlf.: 73 10 62 00
Faks: 73 10 62 30

Forsøksdato:
30.10.2018

Dybde, z (m):
5,10

Borpunkt nr.:
109

Forsøk nr.:
2

Tegnet/kontrollert lab:
vt

Kontrollert:
mash

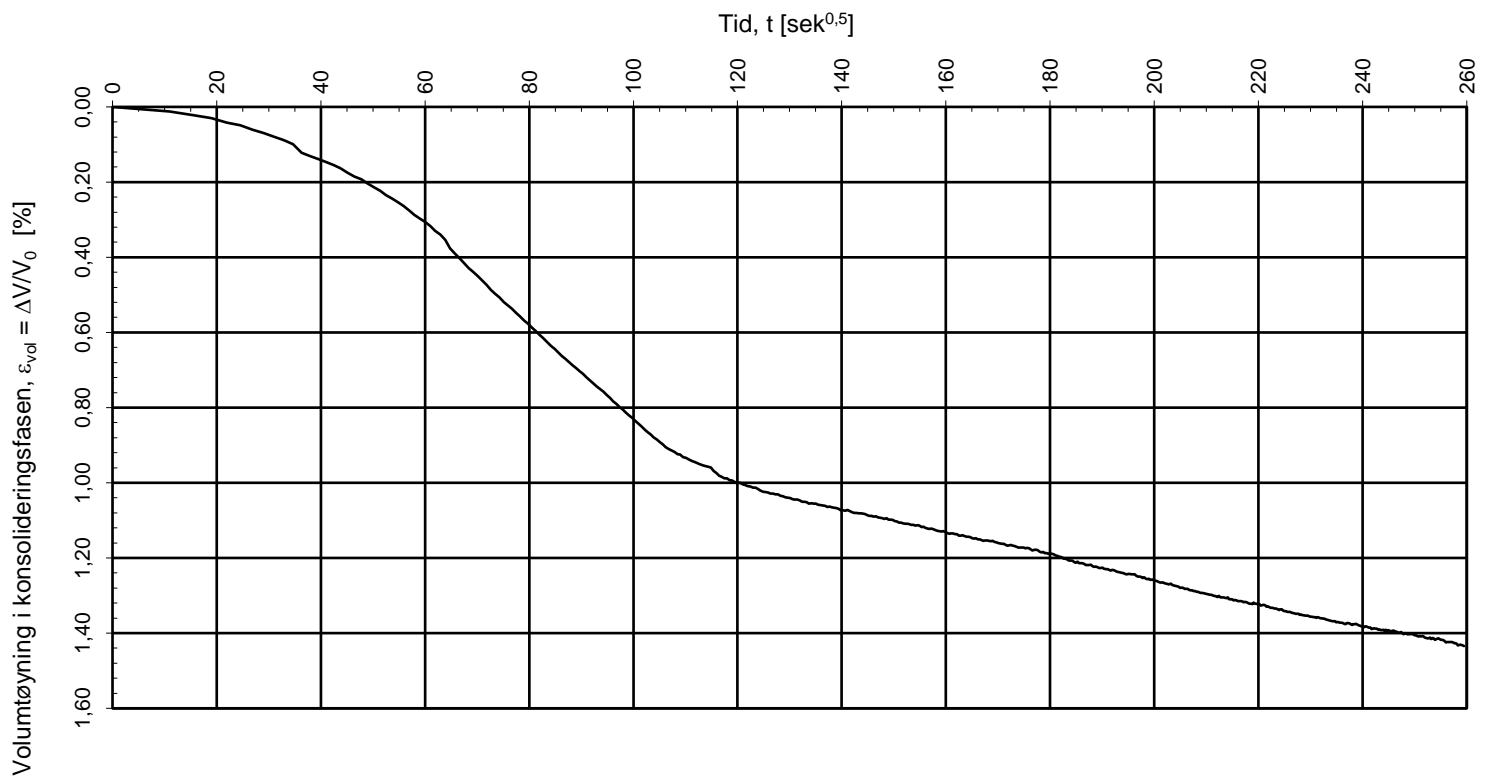
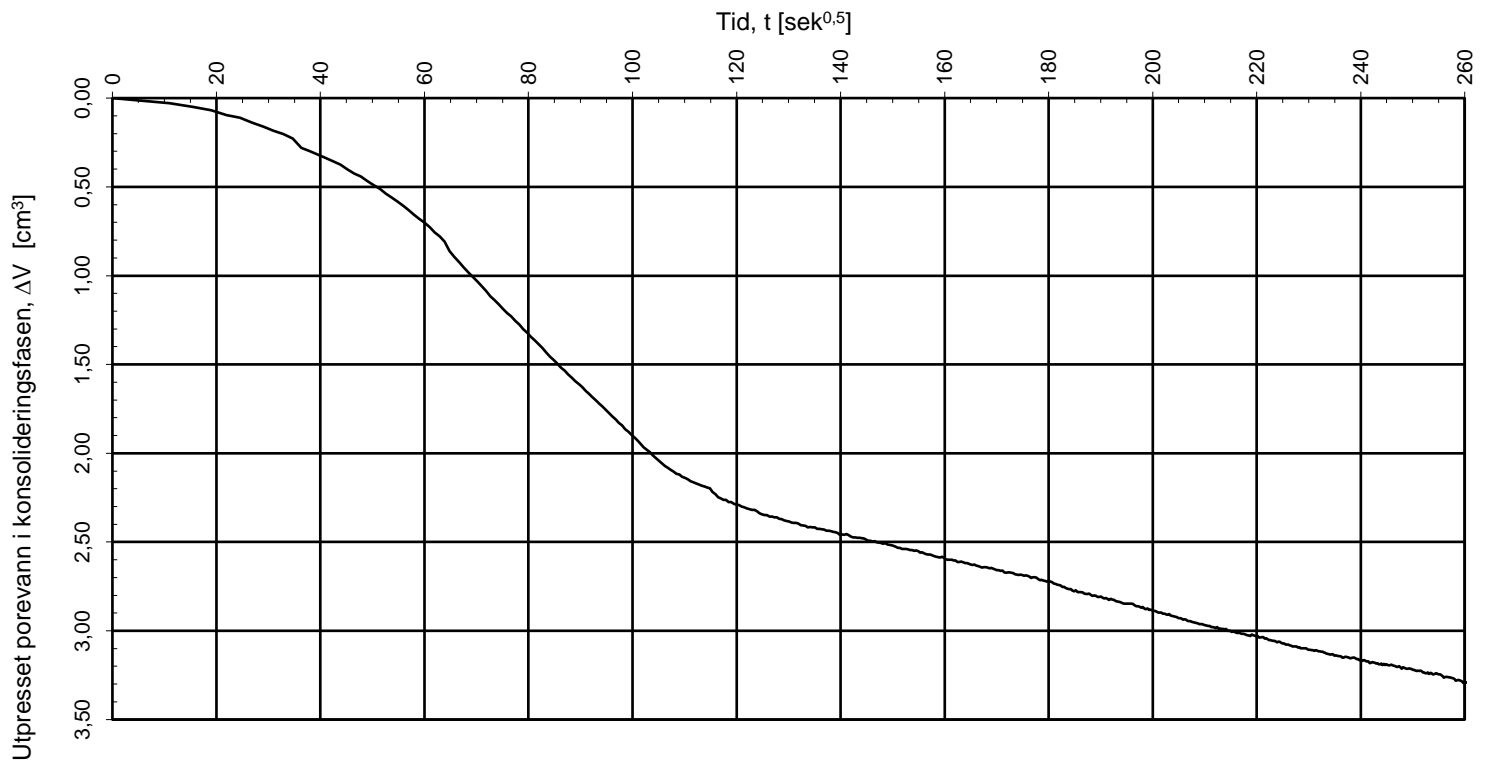
Godkjent:

Oppdrag nr.:
10203278-09

Tegning nr.:
RIG-TEG-453.4

Prosedyre:
CAUa

Programrevisjon:
15.12.2014



Konsolideringsspenning, aksial:	σ'_{ac} (kPa):	46,90	
Konsolideringsspenning, radial:	σ'_{rc} (kPa):	31,98	$\Delta e/e_0$ (-): 0,03
Volumtøyning i konsolideringsfase:	ϵ_{vol} (%) = $\Delta V/V_0$:	1,34	
Baktrykk u_b (kPa):	500	B - verdi = $\Delta u/\Delta \sigma_c$ (-):	0,93
Vanninnhold w_i (%):	37,45	Densitet ρ_i (g/cm ³):	1,87

Statens vegvesen Region midt

Saltstabilisert leire Dragvoll

Treaksialforsøk. Vannutpressing - tid, konsolideringsfase.

Tegningens filnavn:
10203278-09-RIG-TEG-453_h109, d5,10m



MULTICONSULT NORGE AS

Sluppenvegen 15,
7486 TRONDHEIM
Tlf.: 73 10 62 00
Faks: 73 10 62 30

Forsøksdato:
30.10.2018

Forsøk nr.:
2

Oppdrag nr.:
10203278-09

Dybde, z (m):
5,10

Tegnetkontrollert lab:
vt

Tegning nr.:
RIG-TEG-453.5

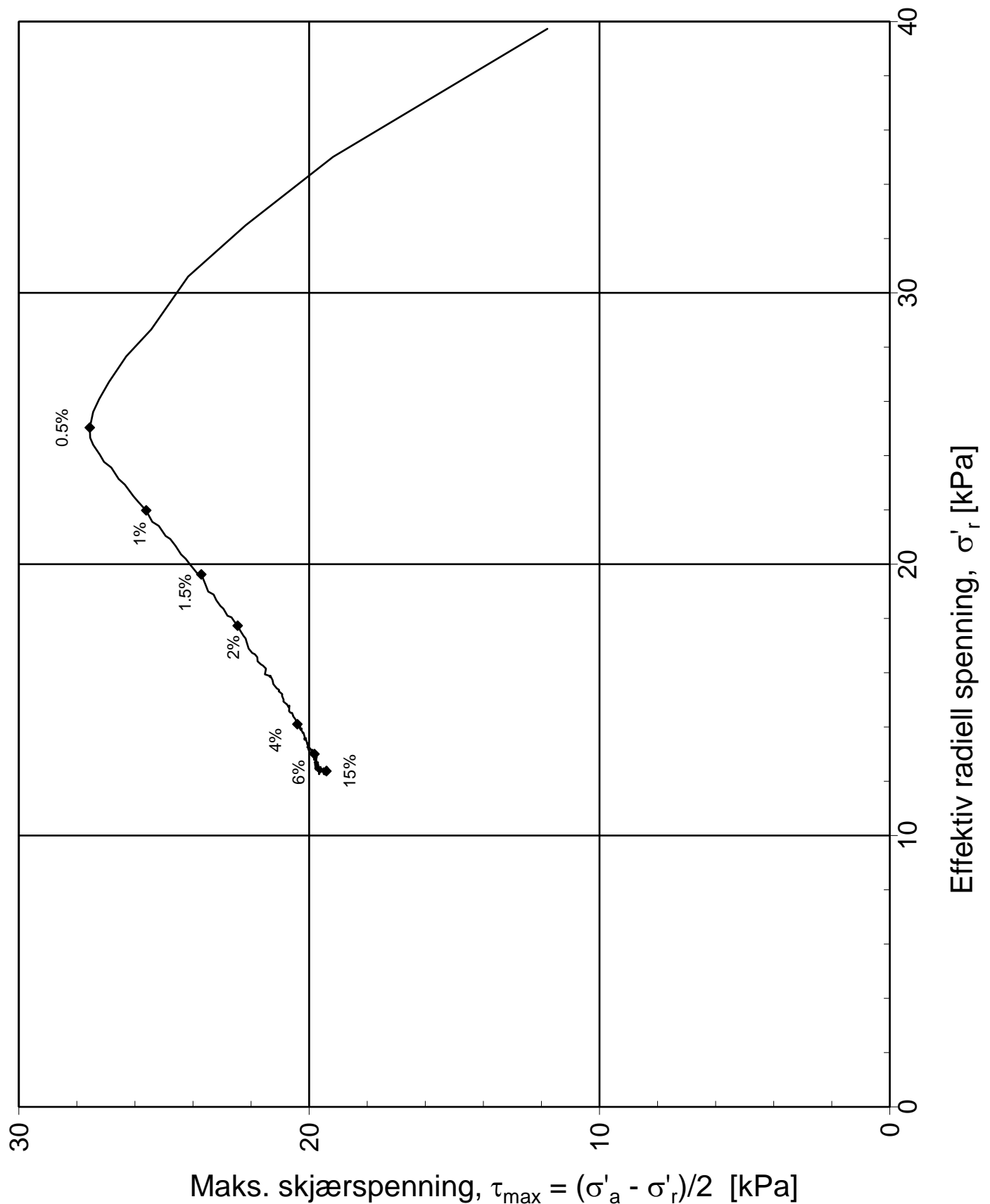
Borpunkt nr.:
109

Kontrollert:
mash

Prosedyre:
CAUa

Godkjent:

Programrevisjon:
15.12.2014




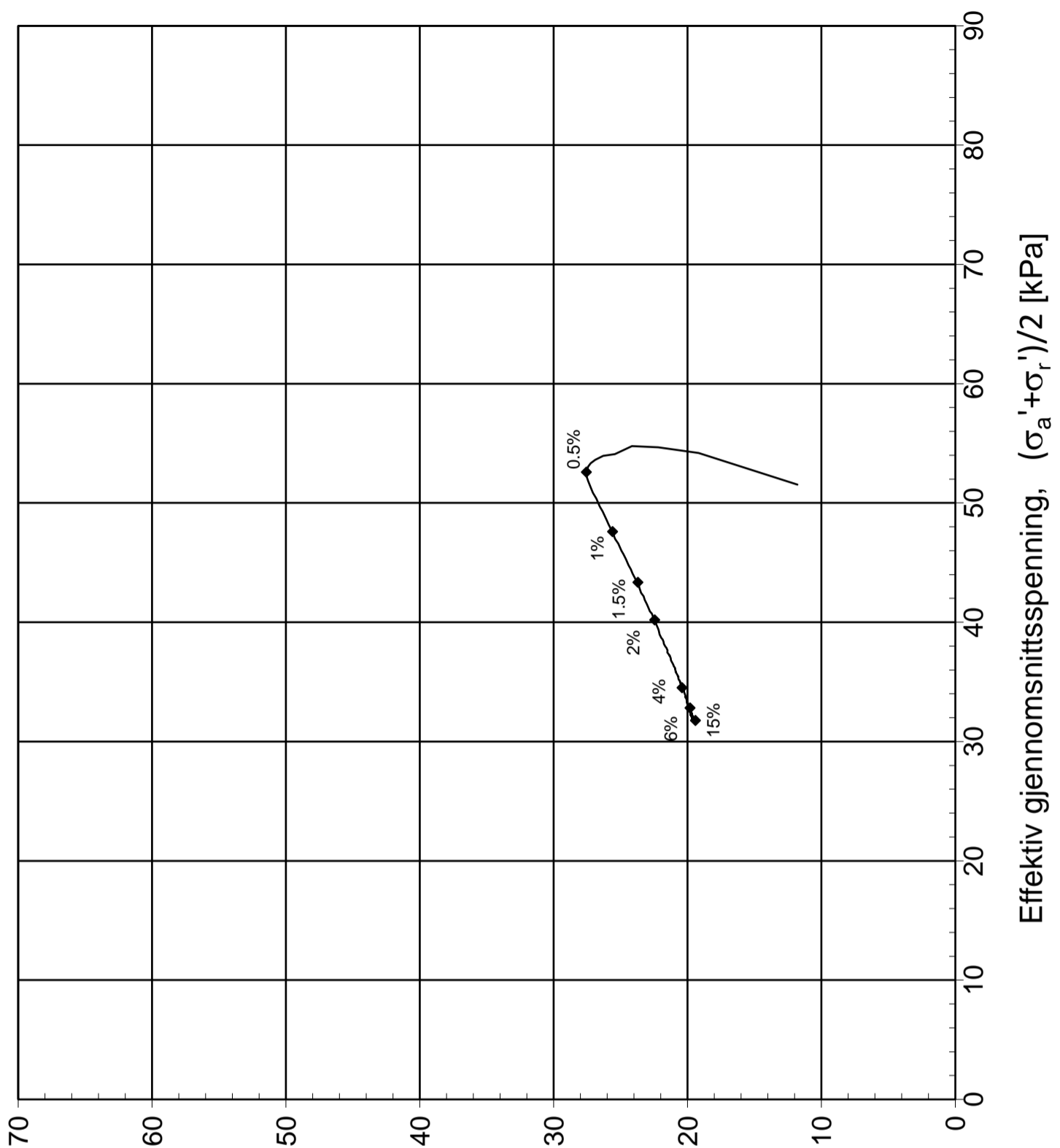
Konsolideringsspenning, aksial:	σ'_{ac} (kPa):	63,32	
Konsolideringsspenning, radial:	σ'_{rc} (kPa):	39,74	
Volumtøyning i konsolideringsfase:	ε_{vol} (%) = $\Delta V/V_0$:	1,09	$\Delta e/e_0$ (-): 0,02
Baktrykk u_b (kPa):	500	B - verdi = $\Delta u/\Delta \sigma_c$ (-):	1,05
Vanninnhold w_i (%):	37,76	Densitet ρ_i (g/cm ³):	1,87

Statens vegvesen Region midt

Saltstabilisert leire Dragvoll

Treaksialforsøk. Deviatorspenningssti. NTNU-plott.

MULTICONSULT NORGE AS Sluppenvegen 15, 7486 TRONDHEIM	Forsøksdato:	Dybde, z (m):	Borpunkt nr.:	Tegningens filnavn: 10203278-09-RIG-TEG-454_h109, d6,08m 
	Forsøk nr.:	Tegnet/kontrollert lab:	Kontrollert:	
	Oppdrag nr.:	Tegning nr.:	Prosedyre:	Programrevisjon:
	01.11.2018	6,08	109	
	3	vt	mash	Godkjent: ANG
	10203278-09	RIG-TEG-454.1	CAUa	Programrevisjon: 15.12.2014



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

Konsolideringsspenning, aksial:	σ'_{ac} (kPa):	63,32	
Konsolideringsspenning, radial:	σ'_{rc} (kPa):	39,74	
Volumtøyning i konsolideringsfase:	ε_{vol} (%) = $\Delta V/V_0$:	1,09	$\Delta e/e_0$ (-): 0,02
Baktrykk u_b (kPa):	500	B - verdi = $\Delta u/\Delta \sigma_c$ (-):	1,05
Vanninnhold w_i (%):	37,76	Densitet ρ_i (g/cm ³):	1,87

Statens vegvesen Region midt

Saltstabilisert leire Dragvoll

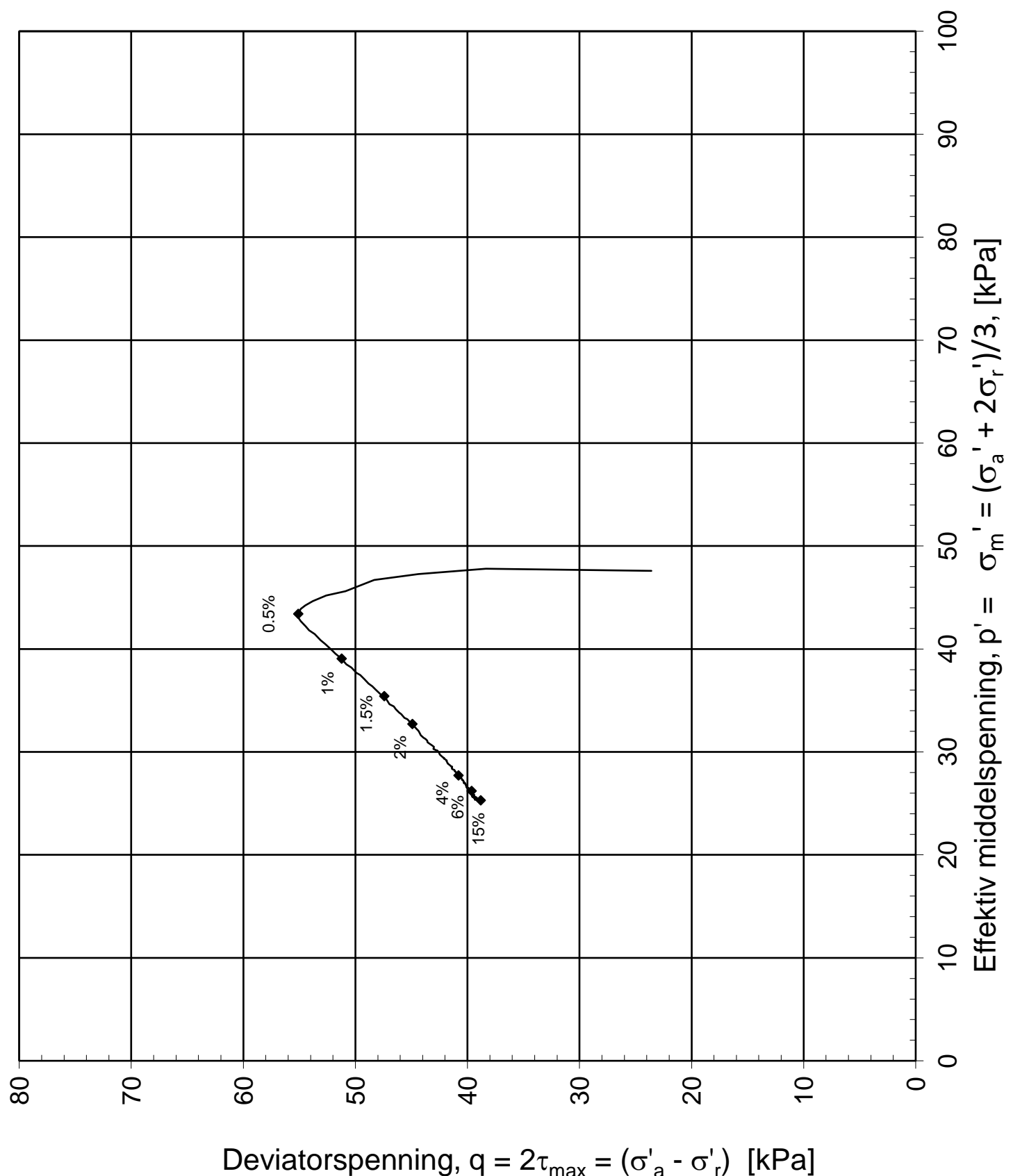
Treaksialforsøk. Deviatorspenningssti. NGI-plott.

Tegningens filnavn:

10203278-09-RIG-TEG-454_h109, d6,08m



MULTICONSULT NORGE AS Sluppenvegen 15, 7486 TRONDHEIM	Forsøksdato:	Dybde, z (m):	Borpunkt nr.:
	01.11.2018	6,08	109
	Forsøk nr.:	Tegnet/kontrollert lab:	Kontrollert:
3	vt	mash	ANG
Oppdrag nr.:	Tegning nr.:	Prosedyre:	Programrevisjon:
10203278-09	RIG-TEG-454.2	CAUa	15.12.2014



Konsolideringsspenning, aksial:	σ'_{ac} (kPa):	63,32	
Konsolideringsspenning, radial:	σ'_{rc} (kPa):	39,74	
Volumtøyning i konsolideringsfase:	ε_{vol} (%) = $\Delta V/V_0$:	1,09	$\Delta e/e_0$ (-): 0,02
Baktrykk u_b (kPa):	500	B - verdi = $\Delta u/\Delta \sigma_c$ (-):	1,05
Vanninnhold w_i (%):	37,76	Densitet ρ_i (g/cm ³):	1,87

Statens vegvesen Region midt

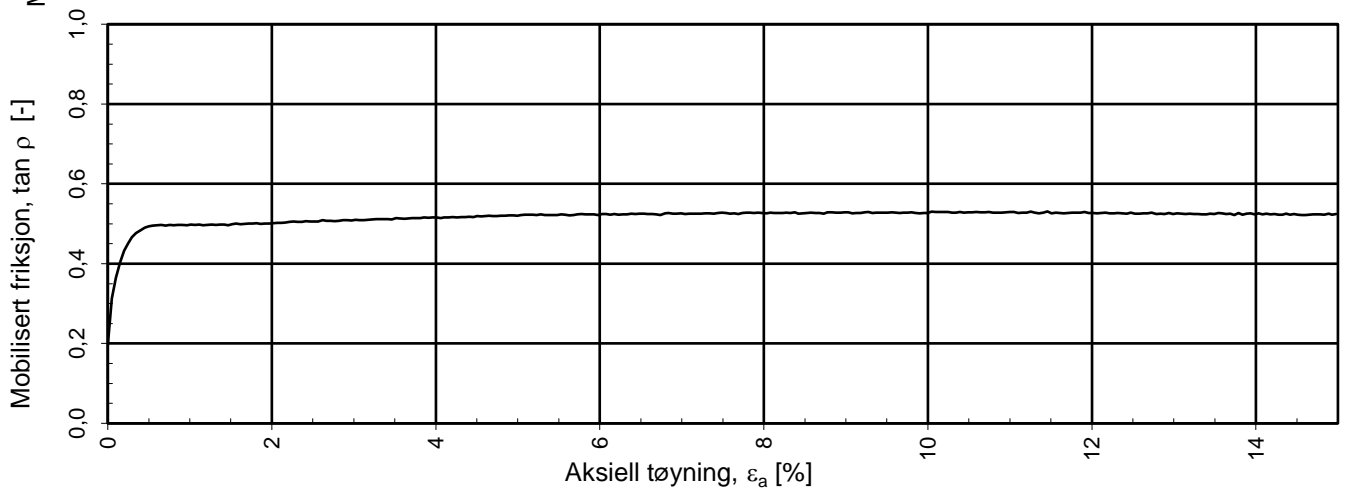
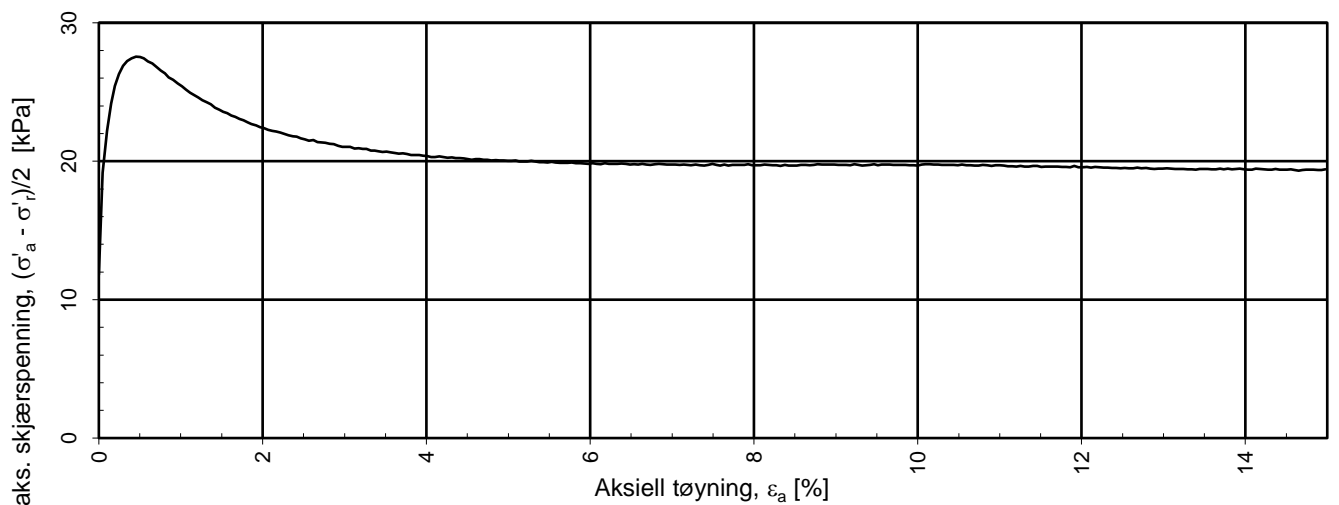
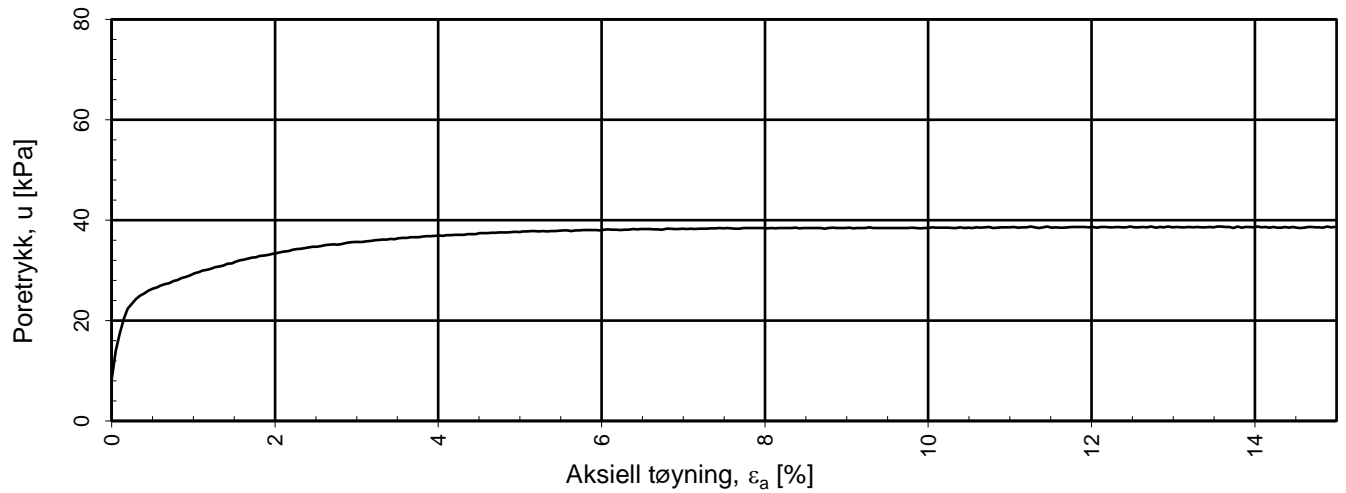
Saltstabilisert leire Dragvoll

Treaksialforsøk. Deviatorspenningssti. q - p'- plott.

Tegningens filnavn:
10203278-09-RIG-TEG-454_h109, d6,08m



MULTICONSULT NORGE AS Sluppenvegen 15 7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 Faks: 73 10 62 30	Forsøksdato: 01.11.2018	Dybde, z (m): 6,08	Borpunkt nr.: 109
	Forsøk nr.: 3	Tegnet/kontrollert lab: vt	Kontrollert: mash
	Oppdrag nr.: 10203278-09	Tegning nr.: RIG-TEG-454.3	Prosedyre: CAUa
			Programrevisjon: 15.12.2014



a = 10 kPa benyttet for tolkning av tan ρ

Statens vegvesen Region midt

Saltstabilisert leire Dragvoll

Treaksialforsøk. Poretrykks- og mobiliseringsforløp.

Tegningens filnavn:

10203278-09-RIG-TEG-454_h109, d6,08m

Multi
consult

MULTICONSULT NORGE AS

Sluppenvegen 15,
7486 TRONDHEIM
Tlf.: 73 10 62 00
Faks: 73 10 62 30

Forsøksdato:
01.11.2018

Dybde, z (m):
6,08

Borpunkt nr.:
109

Forsøk nr.:
3

Tegnet/kontrollert lab:
vt

Kontrollert:
mash

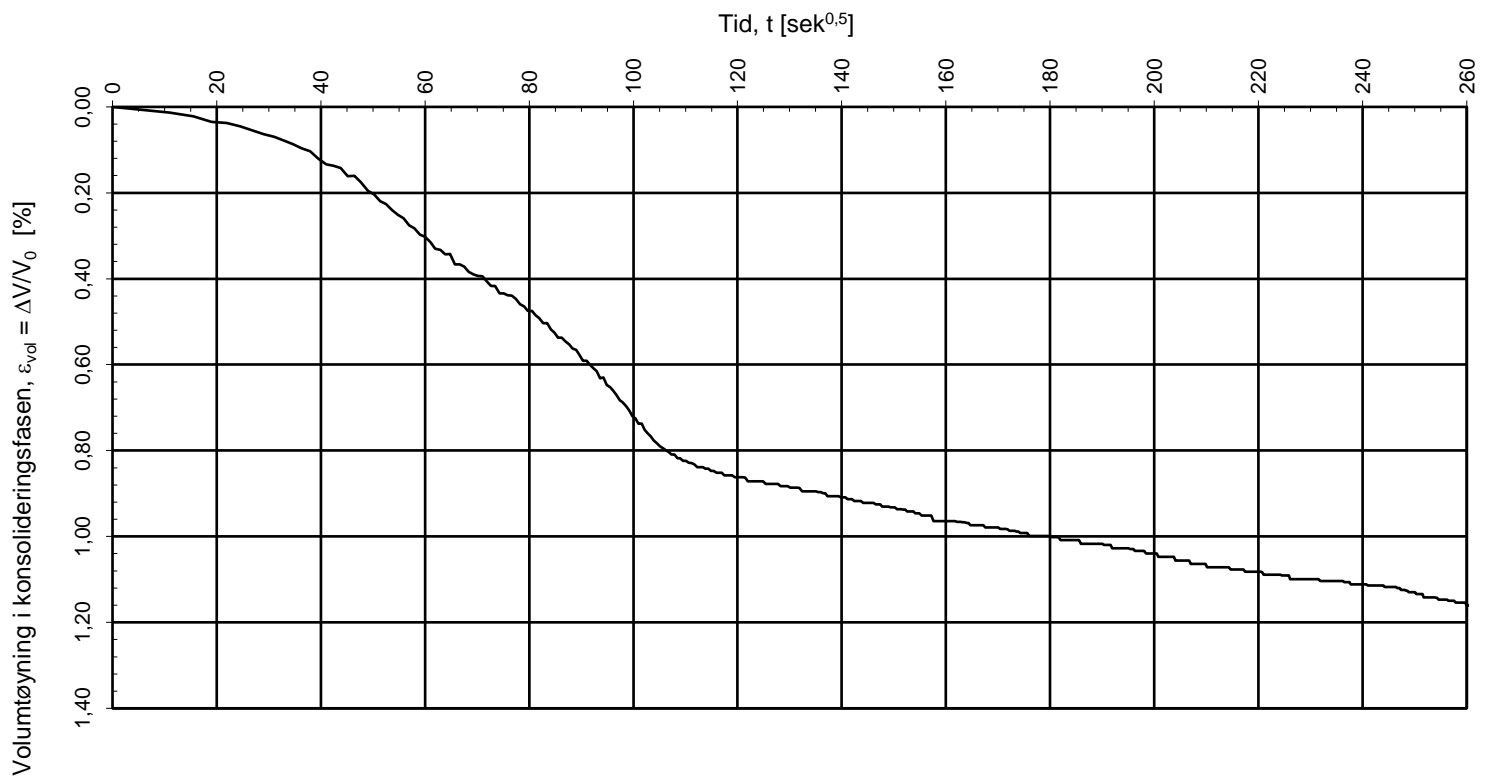
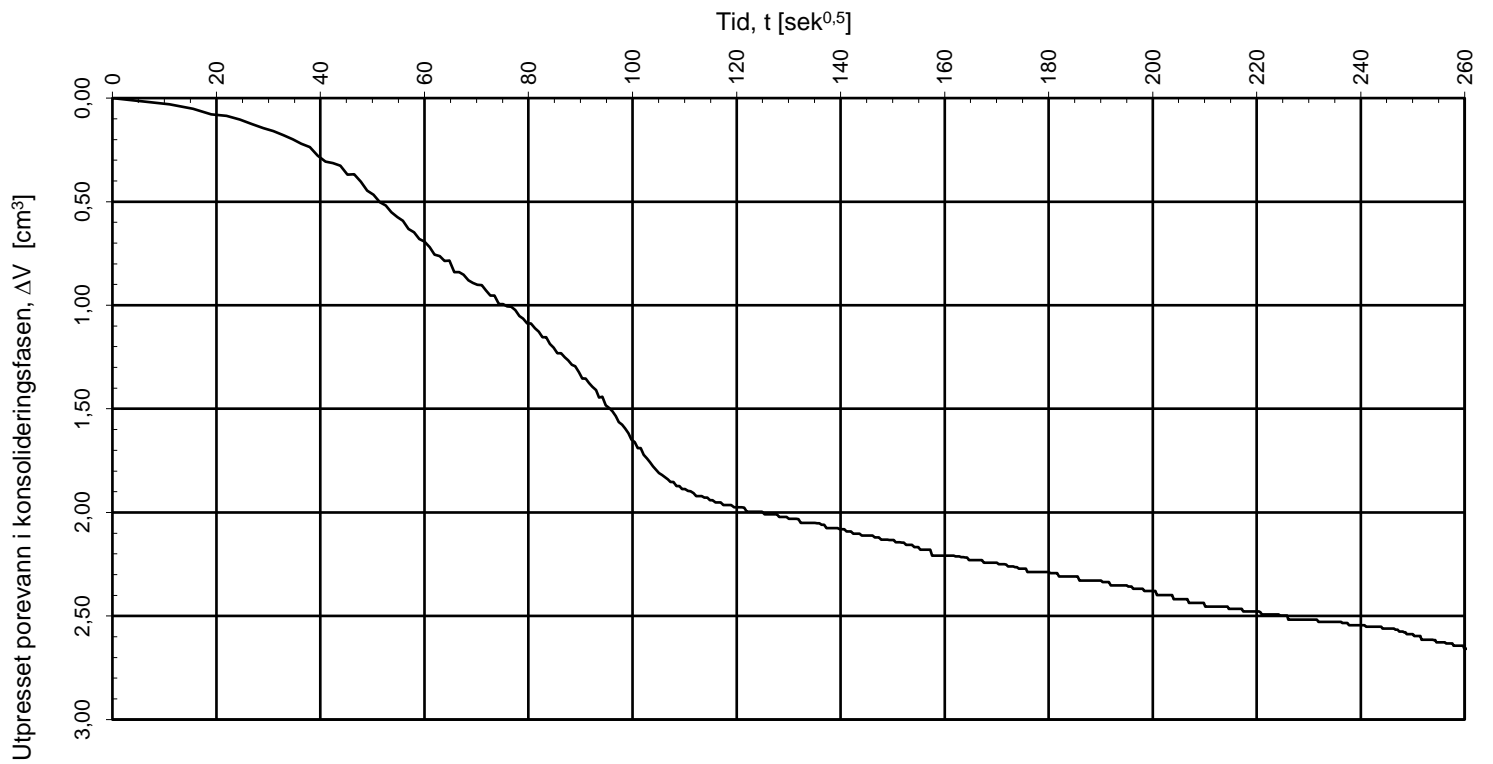
Godkjent:
ANG

Oppdrag nr.:
10203278-09

Tegning nr.:
RIG-TEG-454.4

Prosedyre:
CAUa

Programrevisjon:
15.12.2014




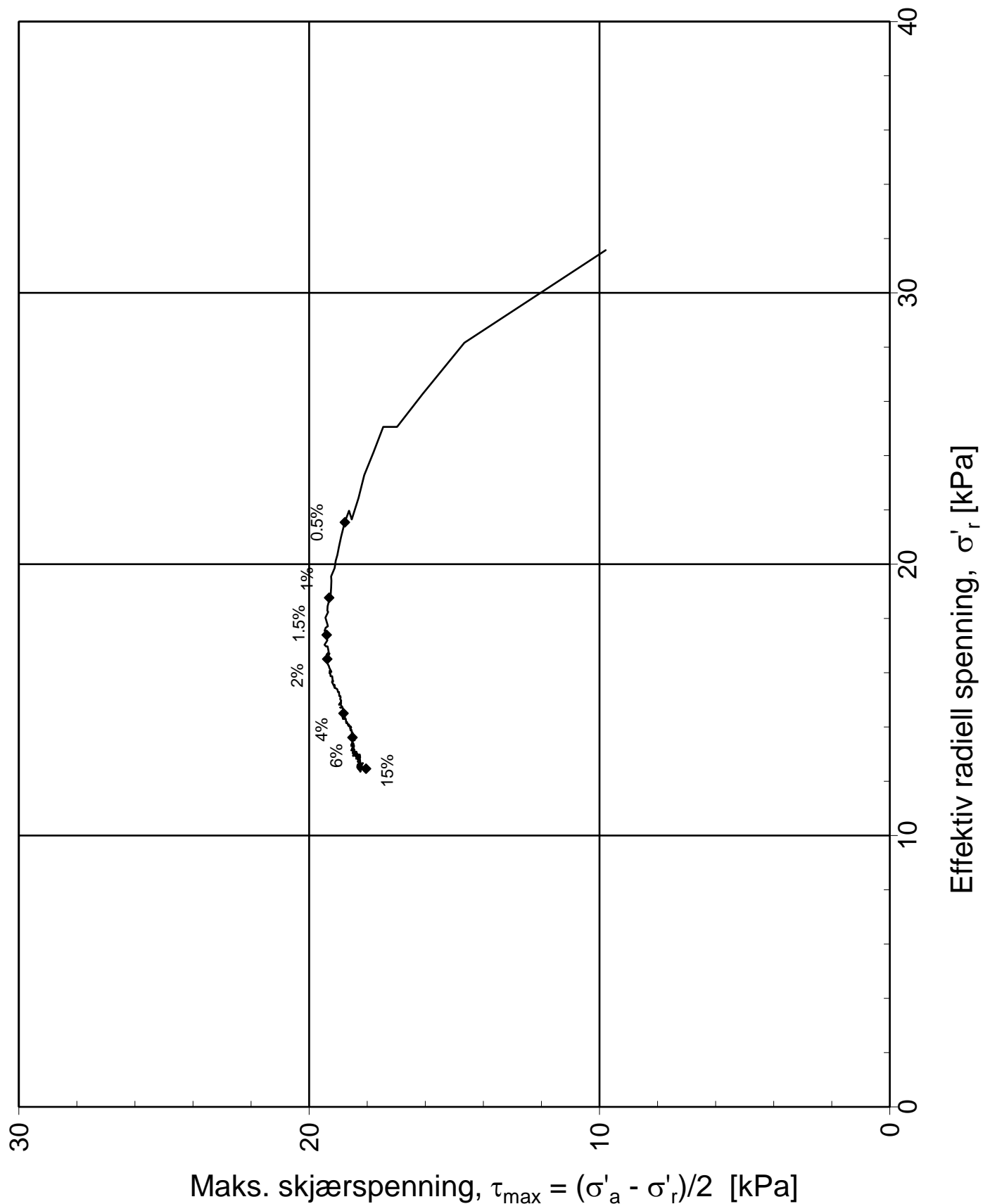
Konsolideringsspenning, aksial:	σ'_{ac} (kPa):	63,32	
Konsolideringsspenning, radial:	σ'_{rc} (kPa):	39,74	$\Delta e/e_0$ (-): 0,02
Volumtøyning i konsolideringsfase:	ϵ_{vol} (%) = $\Delta V/V_0$:	1,09	
Baktrykk u_b (kPa):	500	B - verdi = $\Delta u/\Delta \sigma_c$ (-):	1,05
Vanninnhold w_i (%):	37,76	Densitet ρ_i (g/cm ³):	1,87

Statens vegvesen Region midt

Saltstabilisert leire Dragvoll

Treaksialforsøk. Vannutpressing - tid, konsolideringsfase.

MULTICONSULT NORGE AS Sluppenvegen 15, 7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 Faks: 73 10 62 30	Forsøksdato:	Dybde, z (m):	Borpunkt nr.:	Tegningens filnavn: 10203278-09-RIG-TEG-454_h109, d6,08m 
	01.11.2018	6,08	109	
	Forsøk nr.:	Tegnetkontrollert lab:	Kontrollert:	
3	vt	mash	ANG	
Oppdrag nr.:	Tegning nr.:	Prosedyre:	Programrevisjon:	
10203278-09	RIG-TEG-454.5	CAUa	15.12.2014	




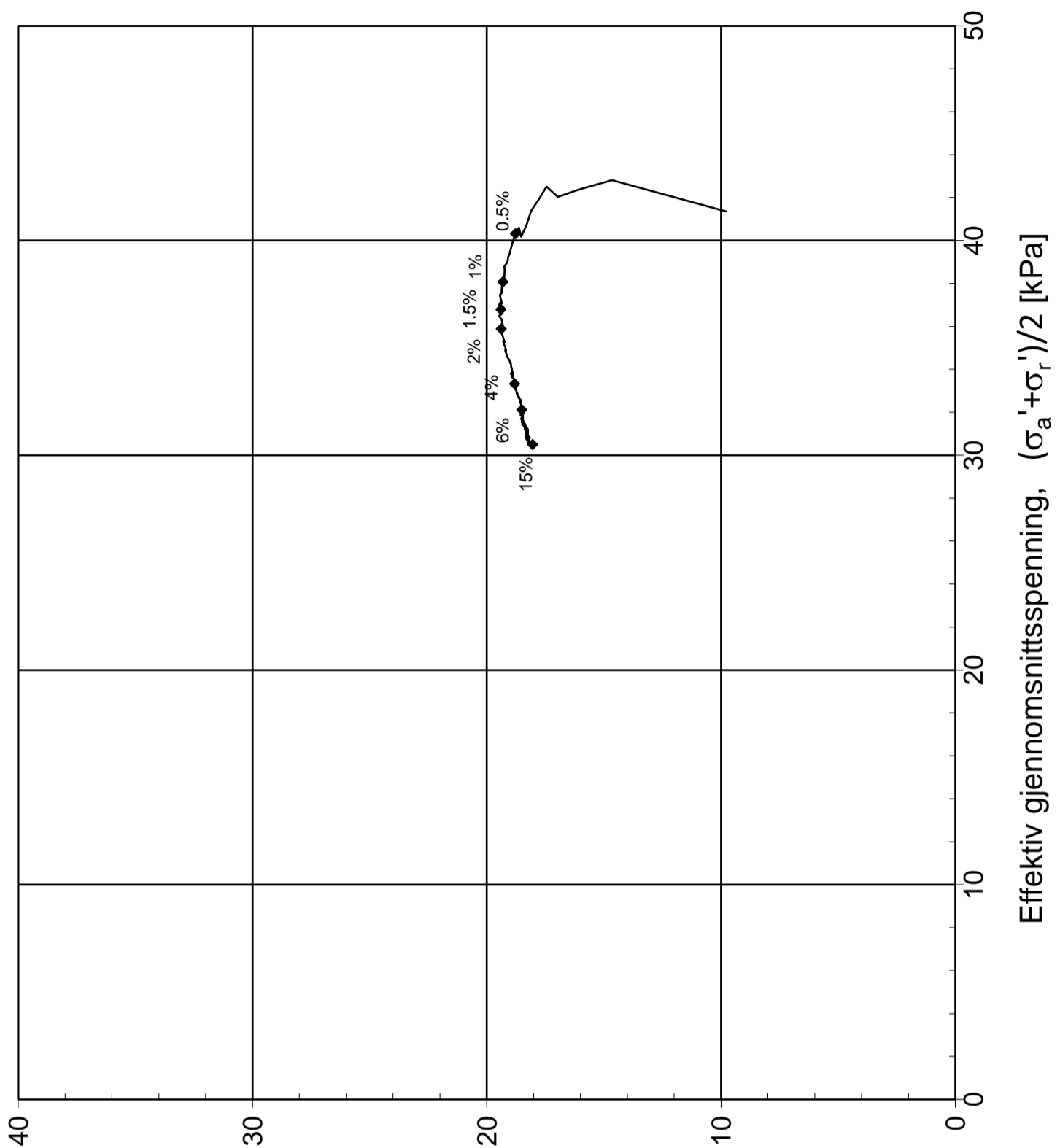
Konsolideringsspenning, aksial:	σ'_{ac} (kPa):	51,15	
Konsolideringsspenning, radial:	σ'_{rc} (kPa):	31,58	
Volumtøyning i konsolideringsfase:	ε_{vol} (%) = $\Delta V/V_0$:	1,98	$\Delta e/e_0$ (-): 0,04
Baktrykk u_b (kPa):	500	B - verdi = $\Delta u/\Delta \sigma_c$ (-):	0,88
Vanninnhold w_i (%):	37,55	Densitet ρ_i (g/cm ³):	1,88

Statens vegvesen Region midt

Saltstabilisert leire Dragvoll

Treaksialforsøk. Deviatorspenningssti. NTNU-plott.

MULTICONSULT NORGE AS Sluppenvegen 15, 7486 TRONDHEIM	Forsøksdato:	Dybde, z (m):	Borpunkt nr.:	Tegningens filnavn: 10203278-09-RIG-TEG-455_h113,d4,50m 
	Forsøk nr.:	Tegnet/kontrollert lab:	Kontrollert:	
	Oppdrag nr.:	Tegning nr.:	Prosedyre:	Programrevisjon:
	06.11.2018	4,50	113	
	4	vt	mash	Godkjent: ANG
	10203278-09	RIG-TEG-455.1	CAUa	Programrevisjon: 15.12.2014



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

Konsolideringsspenning, aksial:	σ'_{ac} (kPa):	51,15	
Konsolideringsspenning, radial:	σ'_{rc} (kPa):	31,58	
Volumtøyning i konsolideringsfase:	ε_{vol} (%) = $\Delta V/V_0$:	1,98	$\Delta e/e_0$ (-): 0,04
Baktrykk u_b (kPa):	500	B - verdi = $\Delta u/\Delta \sigma_c$ (-):	0,88
Vanninnhold w_i (%):	37,55	Densitet ρ_i (g/cm ³):	1,88

Statens vegvesen Region midt

Saltstabilisert leire Dragvoll

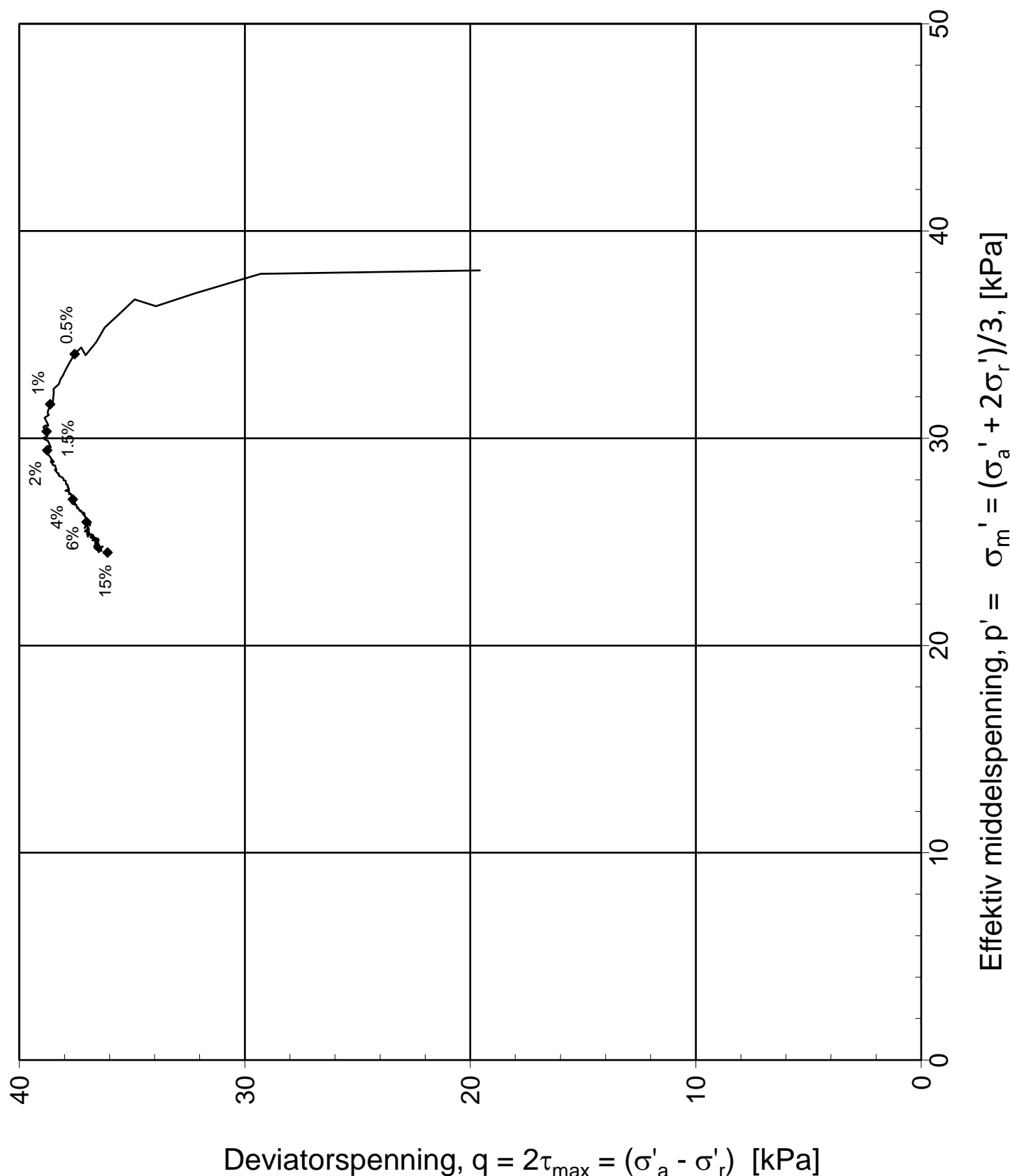
Treksialforsøk. Deviatorspenningssti. NGI-plott.

Tegningens filnavn:

10203278-09-RIG-TEG-455_h113,d4,50m



MULTICONSULT NORGE AS Sluppenvegen 15, 7486 TRONDHEIM	Forsøksdato:	Dybde, z (m):	Borpunkt nr.:	
	06.11.2018	4,50	113	
	Forsøk nr.:	Tegnet/kontrollert lab:	Kontrollert:	
4	vt	mash	ANG	
Oppdrag nr.:	Tegning nr.:	Prosedyre:	Programrevisjon:	
10203278-09	RIG-TEG-455.2	CAUa	15.12.2014	



Konsolideringsspenning, aksial:	σ'_{ac} (kPa):	51,15	
Konsolideringsspenning, radial:	σ'_{rc} (kPa):	31,58	
Volumtøyning i konsolideringsfase:	ε_{vol} (%) = $\Delta V/V_0$:	1,98	$\Delta e/e_0$ (-): 0,04
Baktrykk u_b (kPa):	500	B - verdi = $\Delta u/\Delta \sigma_c$ (-):	0,88
Vanninnhold w_i (%):	37,55	Densitet ρ_i (g/cm ³):	1,88

Statens vegvesen Region midt

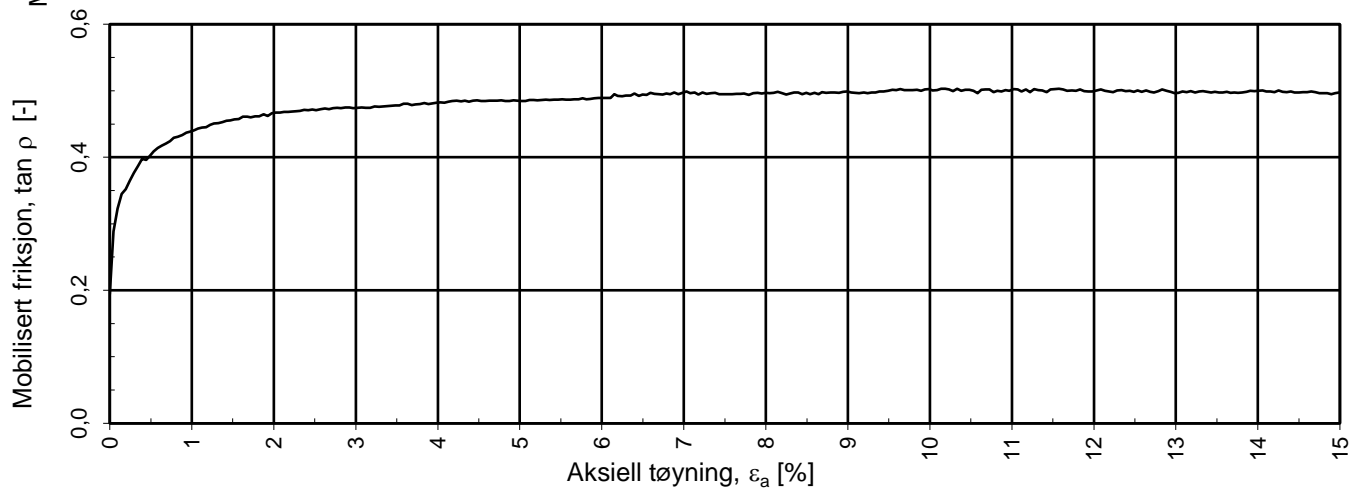
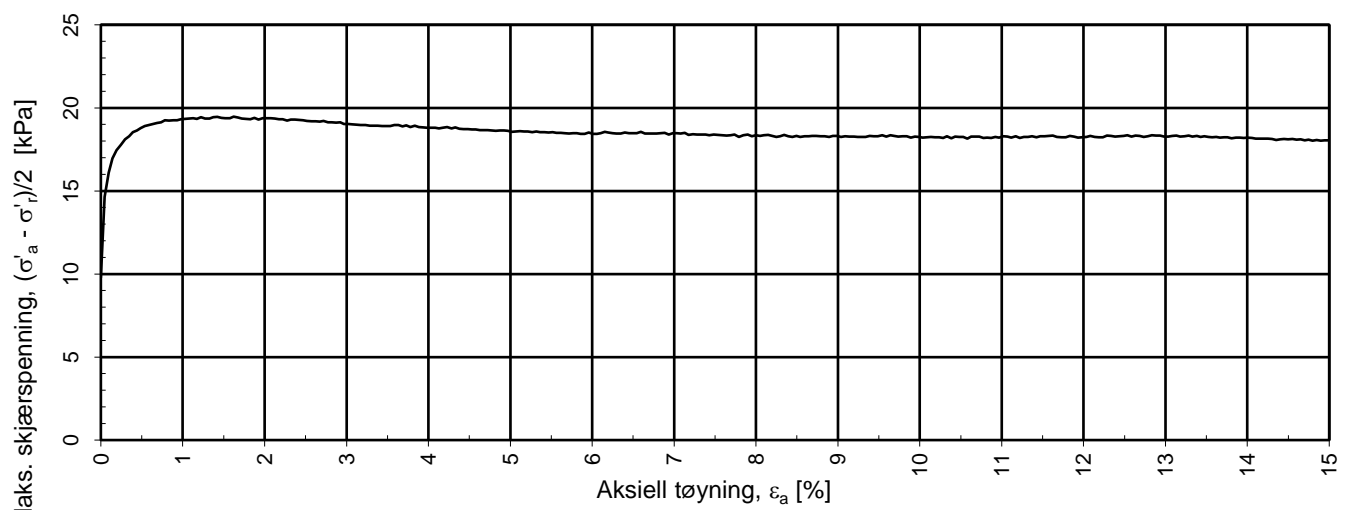
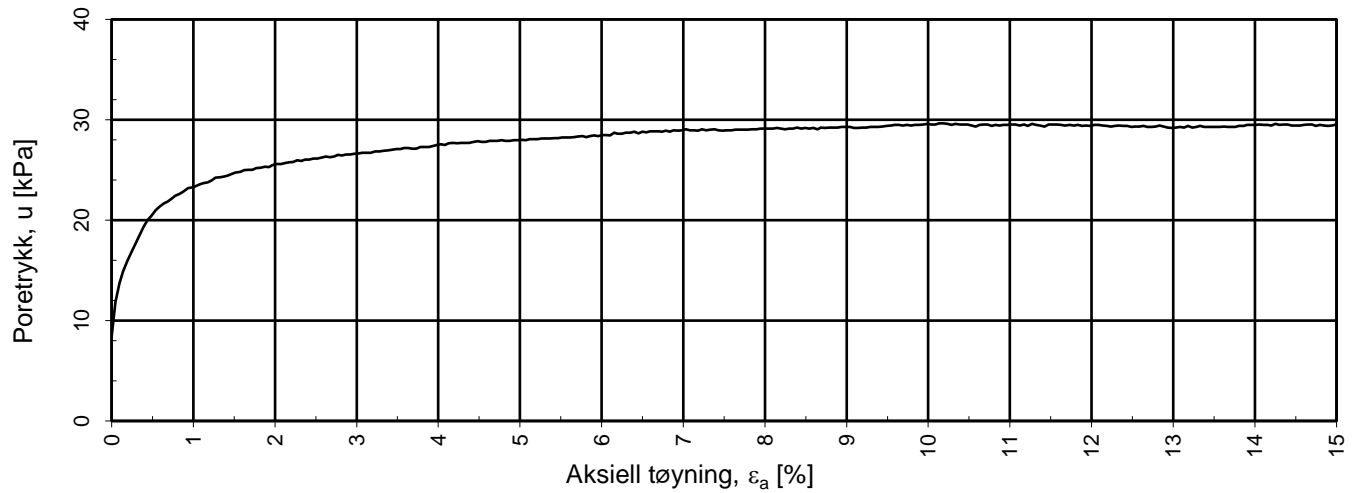
Saltstabilisert leire Dragvoll

Treaksialforsøk. Deviatorspenningssti. q - p'- plott.

Tegningens filnavn:
10203278-09-RIG-TEG-455_h113,d4,50m



MULTICONSULT NORGE AS Sluppenvegen 15 7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 Faks: 73 10 62 30	Forsøksdato: 06.11.2018	Dybde, z (m): 4,50	Borpunkt nr.: 113
	Forsøk nr.: 4	Tegnet/kontrollert lab: vt	Kontrollert: mash
	Oppdrag nr.: 10203278-09	Tegning nr.: RIG-TEG-455.3	Prosedyre: CAUa
			Programrevisjon: 15.12.2014



a = 10 kPa benyttet for tolkning av tan ρ

Statens vegvesen Region midt

Saltstabilisert leire Dragvoll

Treaksialforsøk. Poretrykks- og mobiliseringsforløp.

Tegningens filnavn:

10203278-09-RIG-TEG-455_h113,d4,50m

Multi
consult

MULTICONSULT NORGE AS

Sluppenvegen 15,
7486 TRONDHEIM
Tlf.: 73 10 62 00
Faks: 73 10 62 30

Forsøksdato:
06.11.2018

Forsøk nr.:
4

Oppdrag nr.:
10203278-09

Dybde, z (m):
4,50

Tegnet/kontrollert lab:
vt

Tegning nr.:
RIG-TEG-455.4

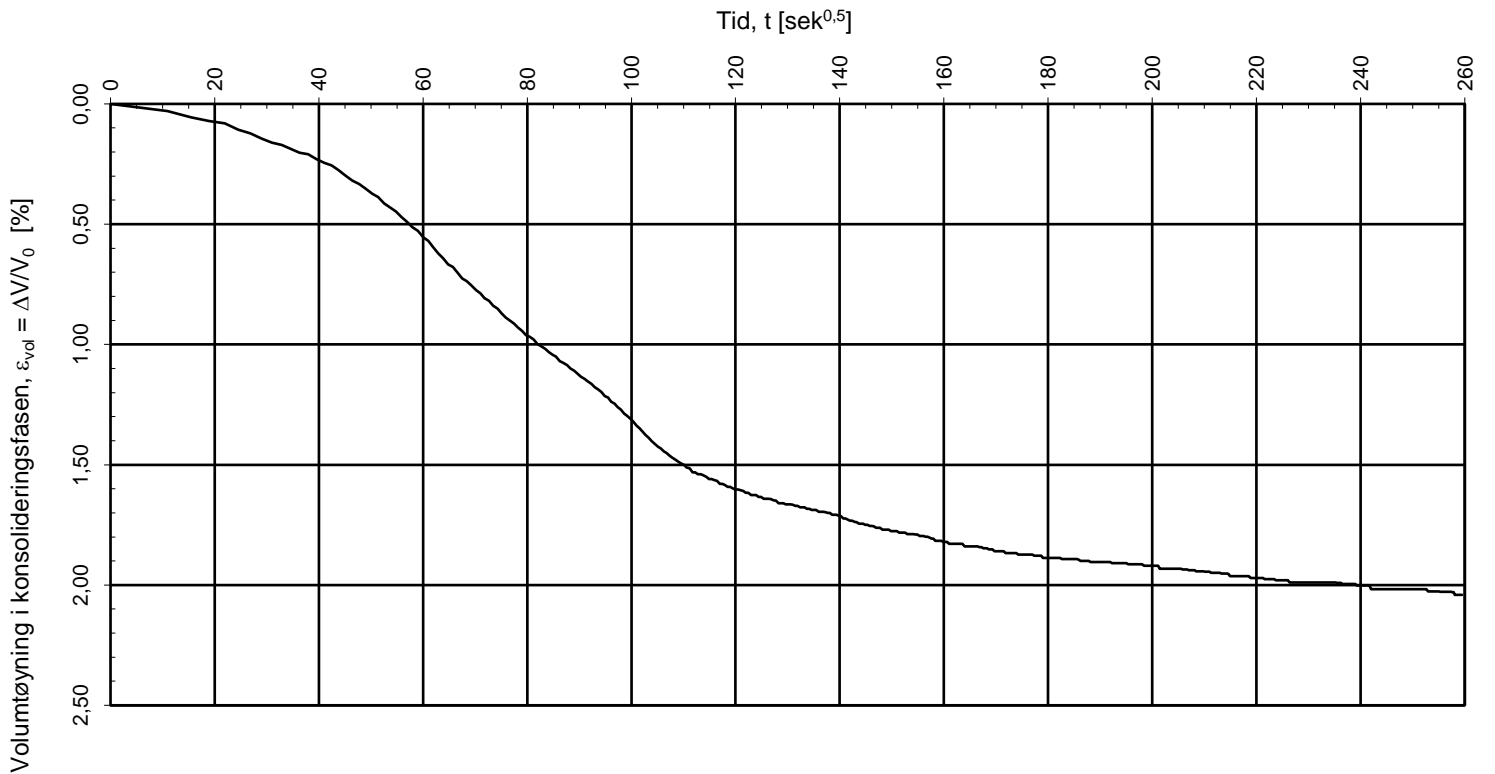
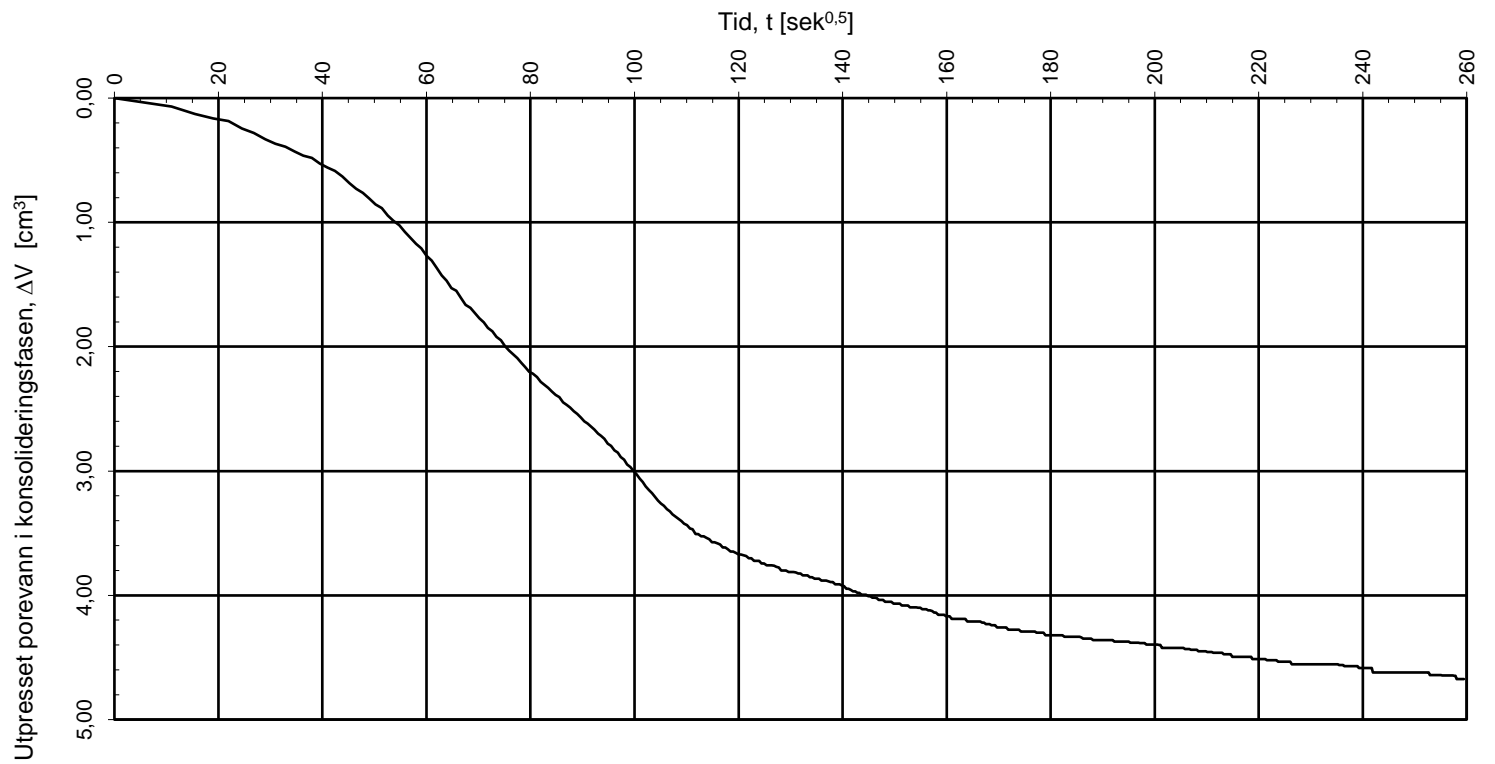
Borpunkt nr.:
113

Kontrollert:
mash

Prosedyre:
CAUa

Godkjent:
ANG

Programrevisjon:
15.12.2014




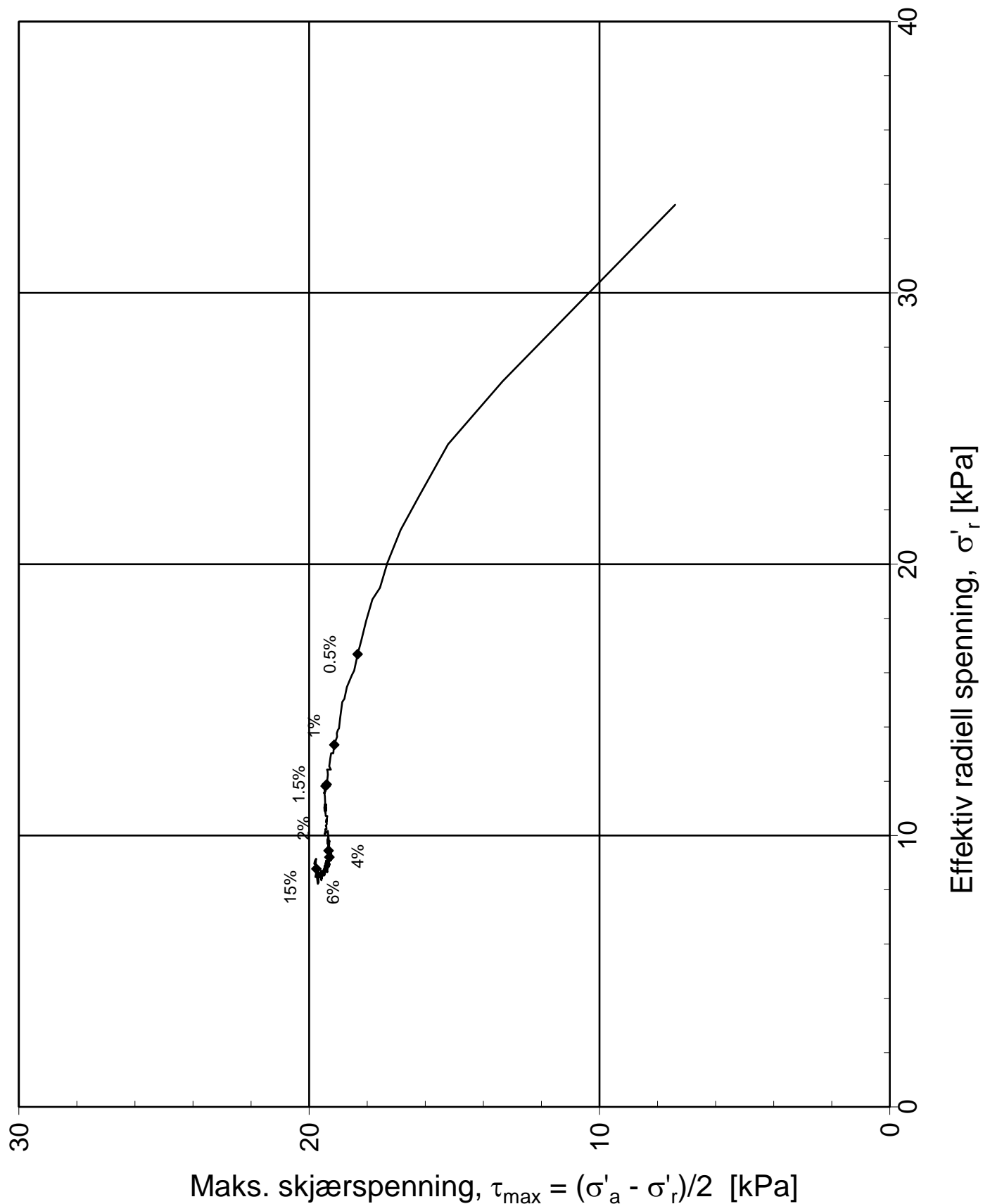
Konsolideringsspenning, aksial:	σ'_{ac} (kPa):	51,15	
Konsolideringsspenning, radial:	σ'_{rc} (kPa):	31,58	$\Delta e/e_0$ (-): 0,04
Volumtøyning i konsolideringsfase:	ε_{vol} (%) = $\Delta V/V_0$:	1,98	
Baktrykk u_b (kPa):	500	B - verdi = $\Delta u/\Delta \sigma_c$ (-):	0,88
Vanninnhold w_i (%):	37,55	Densitet ρ_i (g/cm ³):	1,88

Statens vegvesen Region midt

Saltstabilisert leire Dragvoll

Treaksialforsøk. Vannutpressing - tid, konsolideringsfase.

MULTICONSULT NORGE AS Sluppenvegen 15, 7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 Faks: 73 10 62 30	Forsøksdato:	Dybde, z (m):	Borpunkt nr.:	Tegningens filnavn: 10203278-09-RIG-TEG-455_h113,d4,50m 
	06.11.2018	4,50	113	
	Forsøk nr.:	Tegnetkontrollert lab:	Kontrollert:	Godkjent:
4	vt	mash	ANG	
Oppdrag nr.:	Tegning nr.:	Prosedyre:	Programrevisjon:	
10203278-09	RIG-TEG-455.5	CAUa	15.12.2014	



Konsolideringsspenning, aksial:	σ'_{ac} (kPa):	48,04	
Konsolideringsspenning, radial:	σ'_{rc} (kPa):	33,25	
Volumtøyning i konsolideringsfase:	ε_{vol} (%) = $\Delta V/V_0$:	3,12	$\Delta e/e_0$ (-): 0,06
Baktrykk u_b (kPa):	500	B - verdi = $\Delta u/\Delta \sigma_c$ (-):	1,02
Vanninnhold w_i (%):	38,98	Densitet ρ_i (g/cm ³):	1,87

Statens vegvesen Region midt

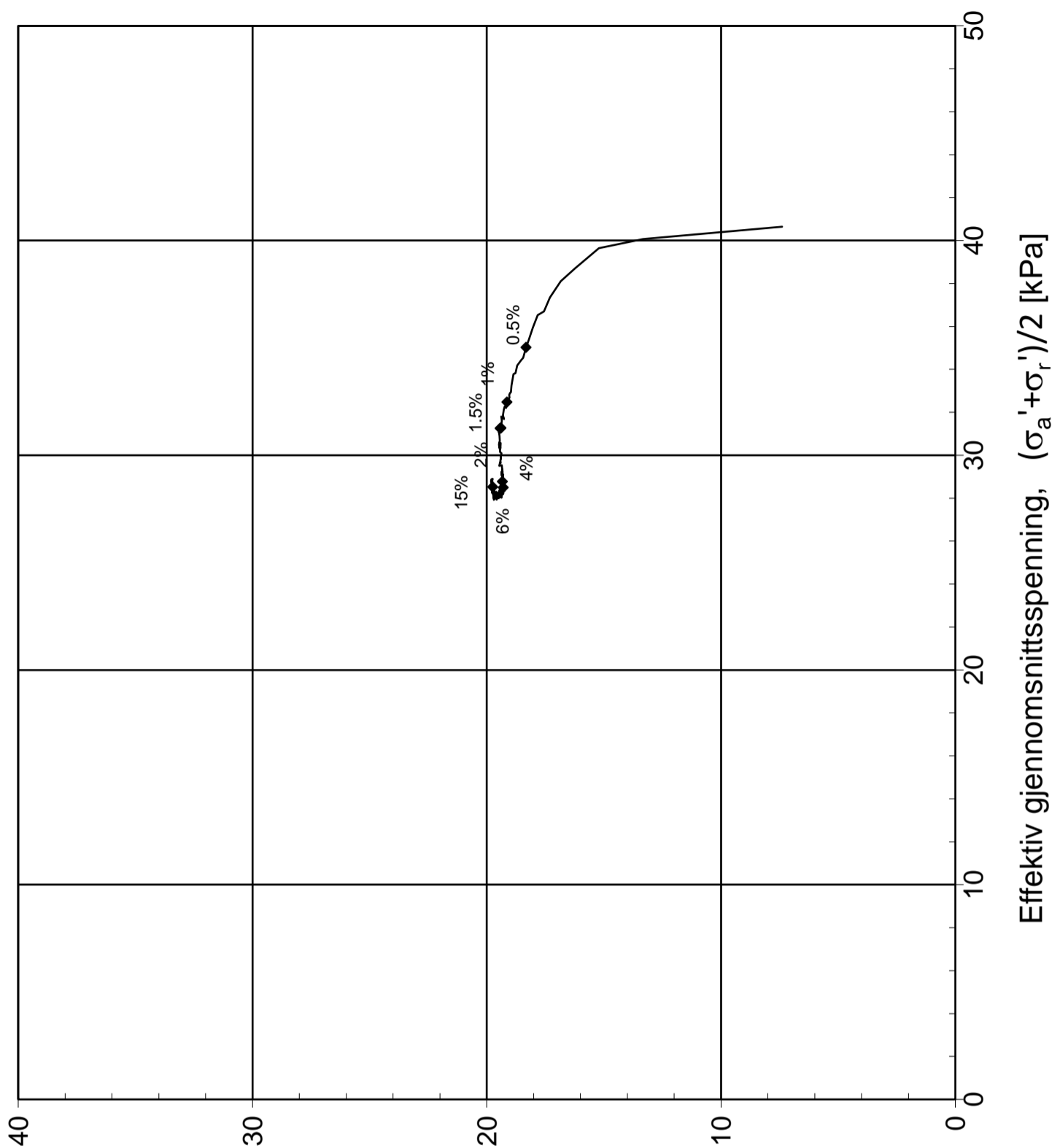
Saltstabilisert leire Dragvoll

Treaksialforsøk. Deviatorspenningssti. NTNU-plott.

Tegningens filnavn:
10203278-09-RIG-TEG-456_h113,d5,40m



MULTICONSULT NORGE AS Sluppenvegen 15, 7486 TRONDHEIM	Forsøksdato: 05.11.2018	Dybde, z (m): 5,40	Borpunkt nr.: 113	Multi consult	
	Forsøk nr.: 5	Tegnet/kontrollert lab: vt	Kontrollert: mash		Godkjent: ANG
	Oppdrag nr.: 10203278-09	Tegning nr.: RIG-TEG-456.1	Prosedyre: CAUa		Programrevisjon: 15.12.2014



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

Konsolideringsspenning, aksial:	σ'_{ac} (kPa):	48,04	
Konsolideringsspenning, radial:	σ'_{rc} (kPa):	33,25	
Volumtøyning i konsolideringsfase:	ε_{vol} (%) = $\Delta V/V_0$:	3,12	$\Delta e/e_0$ (-): 0,06
Baktrykk u_b (kPa):	500	B - verdi = $\Delta u/\Delta \sigma_c$ (-):	1,02
Vanninnhold w_i (%):	38,98	Densitet ρ_i (g/cm ³):	1,87

Statens vegvesen Region midt

Saltstabilisert leire Dragvoll

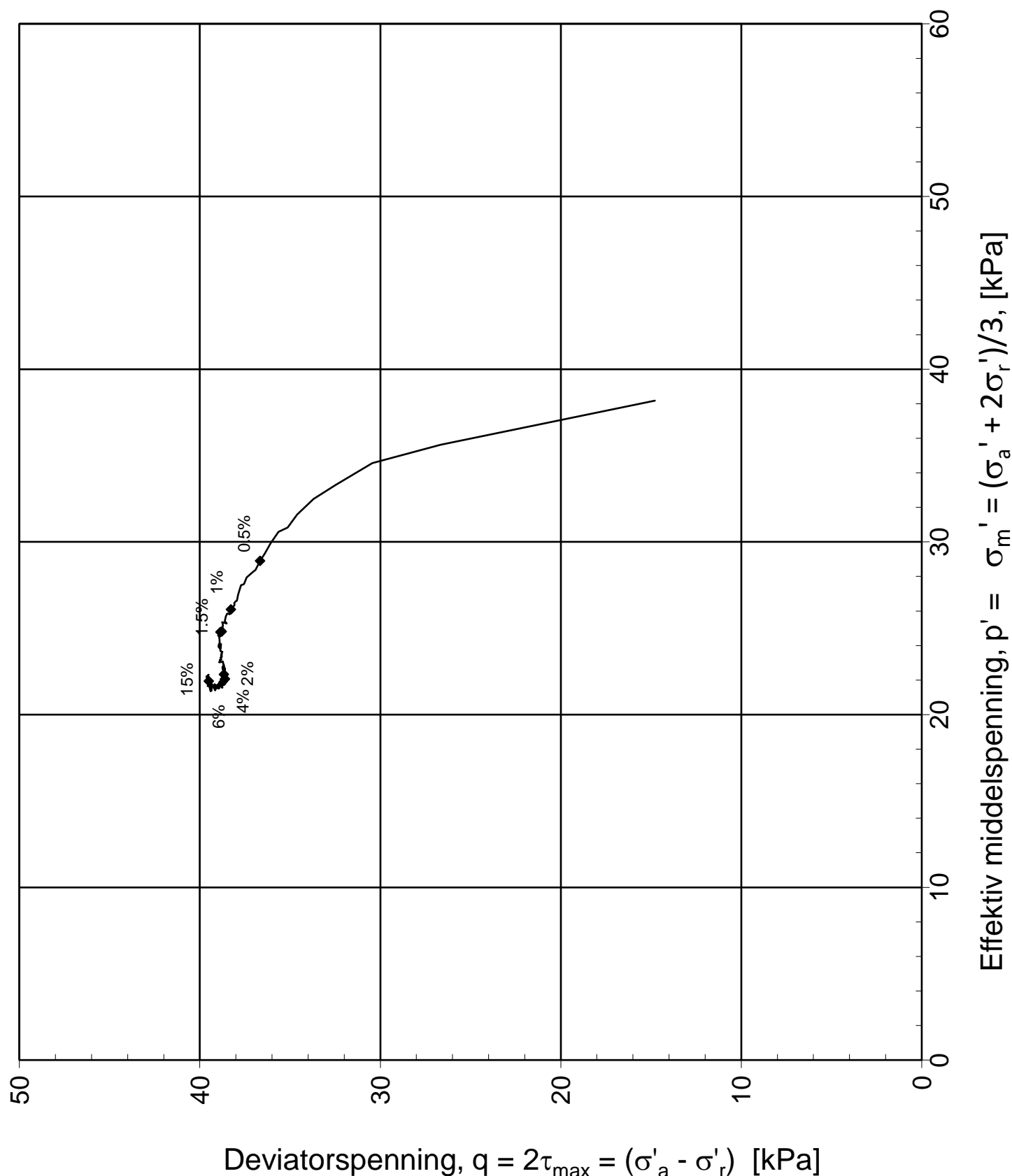
Treksialforsøk. Deviatorspenningssti. NGI-plott.

Tegningens filnavn:

10203278-09-RIG-TEG-456_h113,d5,40m



MULTICONSULT NORGE AS Sluppenvegen 15, 7486 TRONDHEIM	Forsøksdato:	Dybde, z (m):	Borpunkt nr.:
	05.11.2018	5,40	113
	Forsøk nr.:	Tegnet/kontrollert lab:	Kontrollert:
5	vt	mash	ANG
Oppdrag nr.:	Tegning nr.:	Prosedyre:	Programrevisjon:
10203278-09	RIG-TEG-456.2	CAUa	15.12.2014



Konsolideringsspenning, aksial:	σ'_{ac} (kPa):	48,04	
Konsolideringsspenning, radial:	σ'_{rc} (kPa):	33,25	
Volumtøyning i konsolideringsfase:	ε_{vol} (%) = $\Delta V/V_0$:	3,12	$\Delta e/e_0$ (-): 0,06
Baktrykk u_b (kPa):	500	B - verdi = $\Delta u/\Delta \sigma_c$ (-):	1,02
Vanninnhold w_i (%):	38,98	Densitet ρ_i (g/cm ³):	1,87

Statens vegvesen Region midt

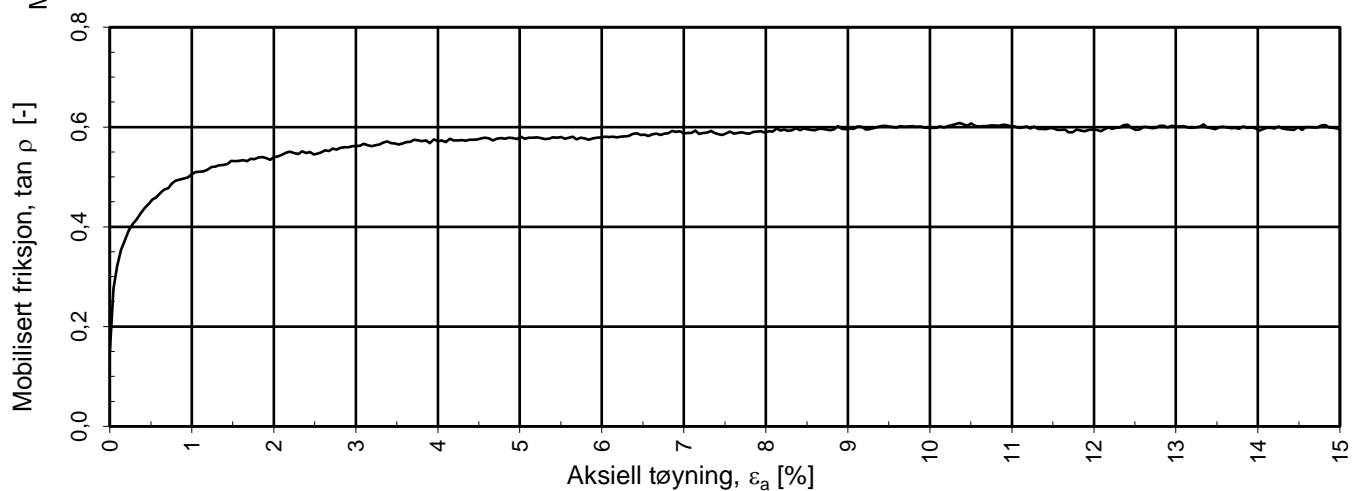
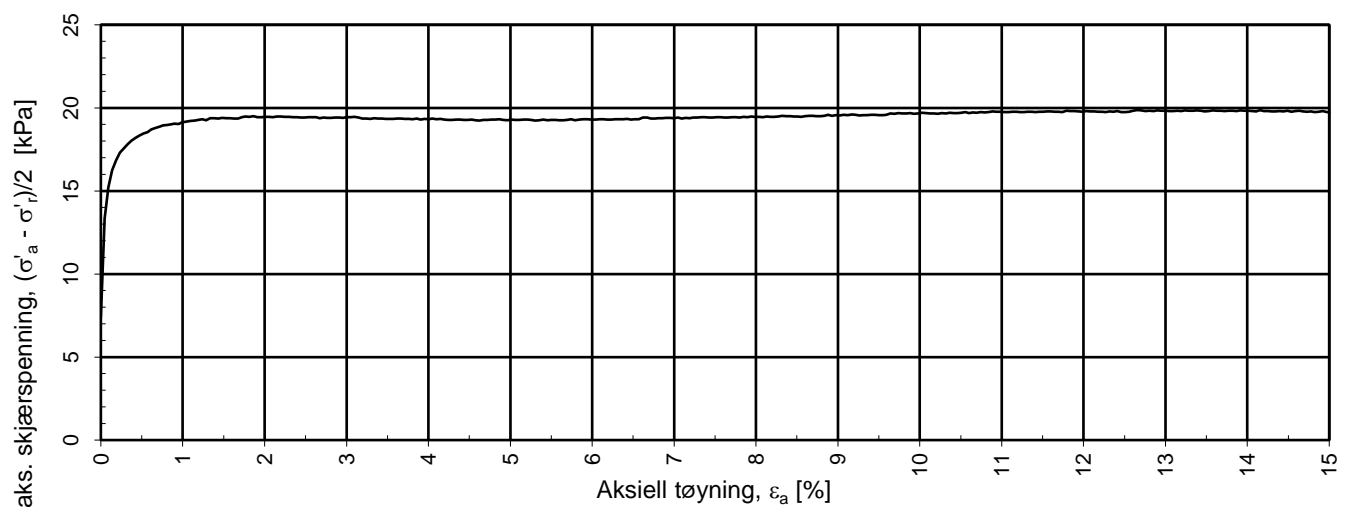
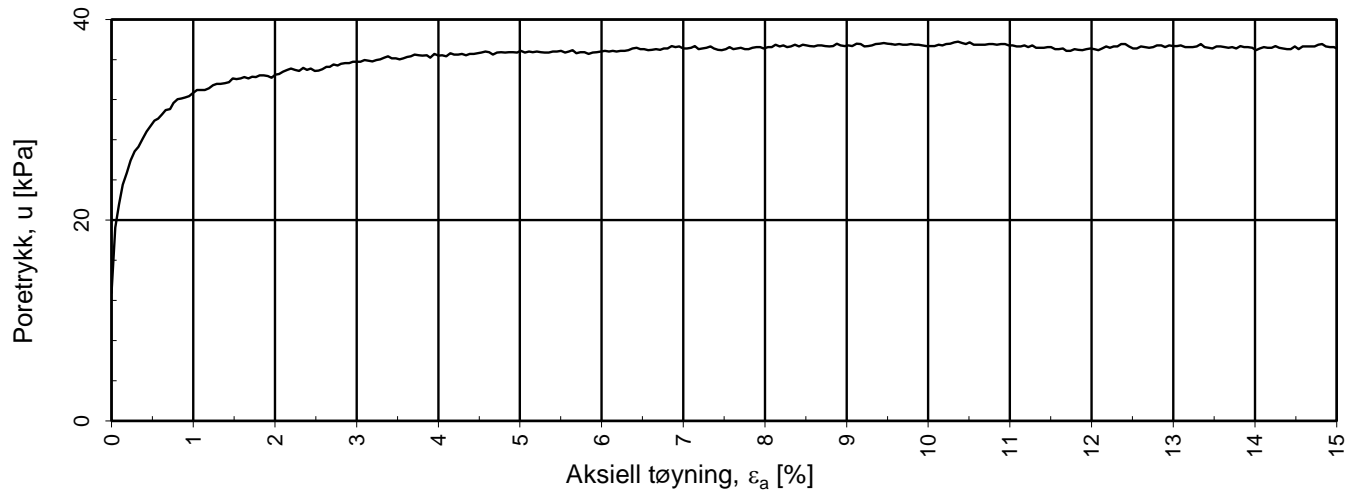
Saltstabilisert leire Dragvoll

Treaksialforsøk. Deviatorspenningssti. q - p'- plott.

Tegningens filnavn:
10203278-09-RIG-TEG-456_h113,d5,40m



MULTICONSULT NORGE AS Sluppenvegen 15 7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 Faks: 73 10 62 30	Forsøksdato: 05.11.2018	Dybde, z (m): 5,40	Borpunkt nr.: 113
	Forsøk nr.: 5	Tegnet/kontrollert lab: vt	Kontrollert: mash
	Oppdrag nr.: 10203278-09	Tegning nr.: RIG-TEG-456.3	Prosedyre: CAUa
			Programrevisjon: 15.12.2014



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

Statens vegvesen Region midt

Saltstabilisert leire Dragvoll

Treaksialforsøk. Poretrykks- og mobiliseringsforløp.

Tegningens filnavn:

10203278-09-RIG-TEG-456_h113,d5,40m

Multi
consult

MULTICONSULT NORGE AS

Sluppenvegen 15,
7486 TRONDHEIM
Tlf.: 73 10 62 00
Faks: 73 10 62 30

Forsøksdato:
05.11.2018

Dybde, z (m):
5,40

Borpunkt nr.:
113

Forsøk nr.:
5

Tegnet/kontrollert lab:
vt

Kontrollert:
mash

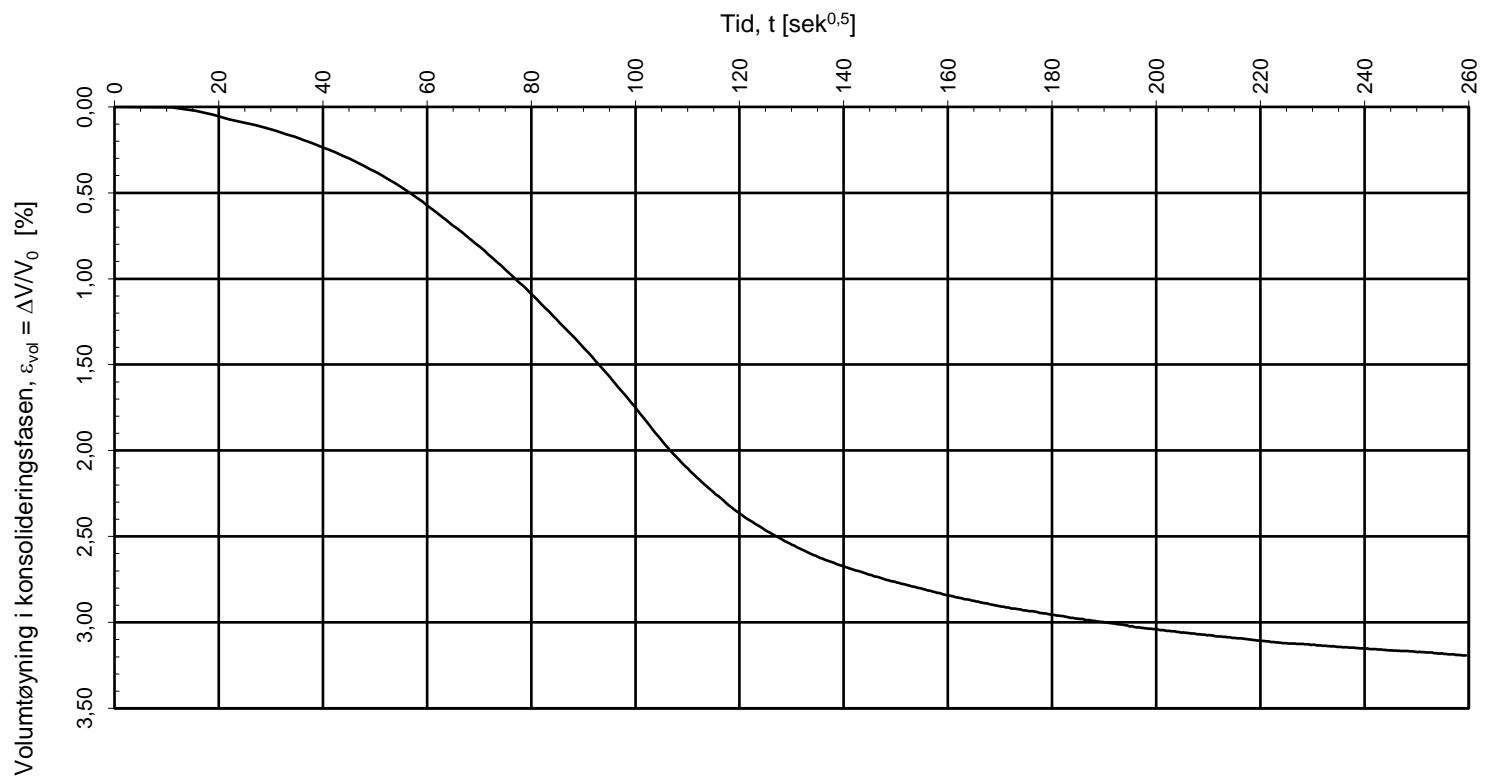
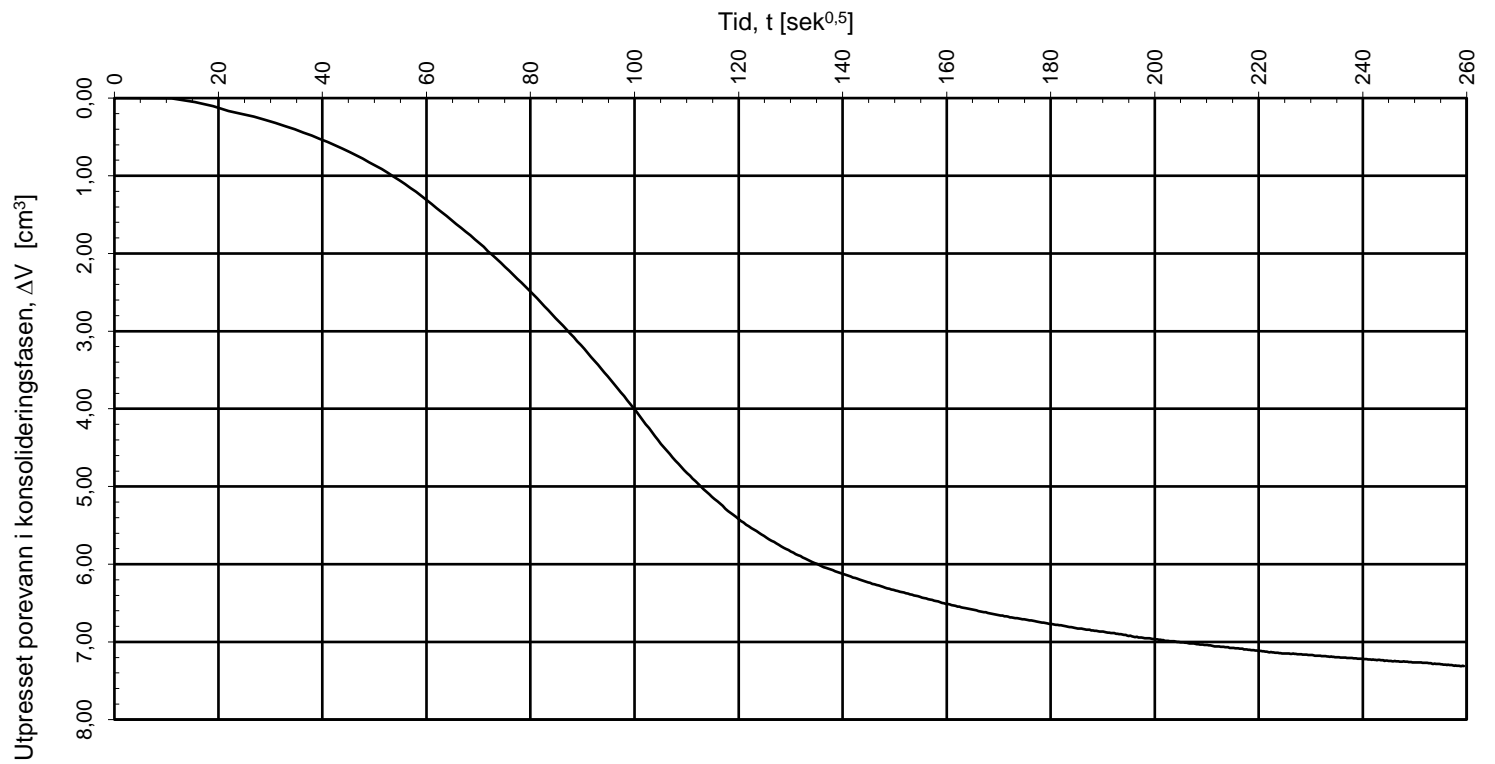
Godkjent:
ANG

Oppdrag nr.:
10203278-09

Tegning nr.:
RIG-TEG-456.4

Prosedyre:
CAUa

Programrevisjon:
15.12.2014




Konsolideringsspenning, aksial:	σ'_{ac} (kPa):	48,04	
Konsolideringsspenning, radial:	σ'_{rc} (kPa):	33,25	$\Delta e/e_0$ (-): 0,06
Volumtøyning i konsolideringsfase:	ϵ_{vol} (%) = $\Delta V/V_0$:	3,12	
Baktrykk u_b (kPa):	500	B - verdi = $\Delta u/\Delta \sigma_c$ (-):	1,02
Vanninnhold w_i (%):	38,98	Densitet ρ_i (g/cm ³):	1,87

Statens vegvesen Region midt

Saltstabilisert leire Dragvoll

Treaksialforsøk. Vannutpressing - tid, konsolideringsfase.

MULTICONSULT NORGE AS Sluppenvegen 15, 7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 Faks: 73 10 62 30	Forsøksdato:	Dybde, z (m):	Borpunkt nr.:	Tegningens filnavn: 10203278-09-RIG-TEG-456_h113,d5,40m 
	05.11.2018	5,40	113	
	Forsøk nr.:	Tegnetkontrollert lab:	Kontrollert:	Godkjent:
5	vt	mash	ANG	
Oppdrag nr.:	Tegning nr.:	Prosedyre:	Programrevisjon:	
10203278-09	RIG-TEG-456.5	CAUa	15.12.2014	

Laboratorieundersøkelser utføres for sikker klassifisering og bestemmelse av mekaniske egenskaper. Forsøkene utføres på prøver som er tatt opp i felt. Utførelsesstandarder er inkludert til slutt i dette vedlegget.

MINERALSKE JORDARTER

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

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

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

ORGANISKE JORDARTER

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

Benevnelse	Beskrivelse
Torv	Myrplanter, mer eller mindre omdannet
<ul style="list-style-type: none"> Fibrig torv 	Fibrig med lett gjenkjennelig plantestruktur. Viser noe styrke
<ul style="list-style-type: none"> Delvis fibrig torv, mellomtorv 	Gjenkjennelig plantestruktur, ingen styrke i planterestene
<ul style="list-style-type: none"> Amorf torv, svarttorv 	Ingen synlig plantestruktur, svampig konsistens
Gytje og dy	Nedbrutt struktur av organisk materiale, kan inneholde mineralske bestanddeler
Humus	Planterester, levende organismer sammen med ikke-organisk innhold
Mold og matjord	Sterkt omdannet organisk materiale med løs struktur, utgjør vanligvis det ovre jordlaget

KORNFORDELINGSANALYSER

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

VANNINNHOOLD

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

KONSISTENSGRENSER

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

HUMUSINNHOOLD

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

DENSITET, TYNGDETETHET, PORETALL OG PORØSITET

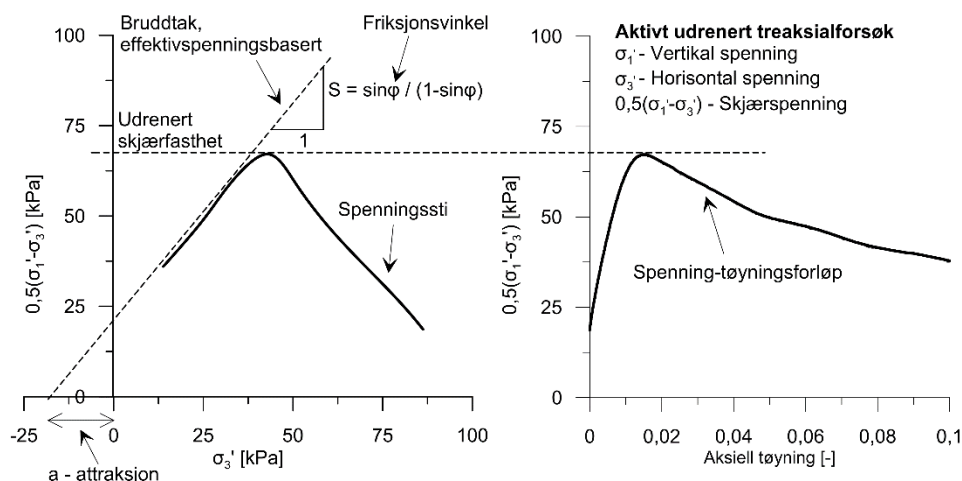
Navn	Symbol	Enhet	Beskrivelse
Densitet	ρ	g/cm ³	Masse av prøve per volumenhet. Bestemmes for hel sylinder og utskåret del
Korndensitet	ρ_s	g/cm ³	Masse av fast stoff per volumenhet fast stoff
Tørr densitet	ρ_d	g/cm ³	Masse tørt stoff per volumenhet
Tyngdetetthet	γ	kN/m ³	Tyngde av prøve per volumenhet ($\gamma = \rho g = \gamma_s(1+w/100)(1-n/100)$, der g er tyngdeakselerasjonen)
Spesifikk tyngdetetthet	γ_s	kN/m ³	Tyngde av fast stoff per volumenhet fast stoff ($\gamma_s = \rho_s g$)
Tørr tyngdetetthet	γ_d	kN/m ³	Tyngde av tørt stoff per volumenhet ($\gamma_d = \rho_d g = \gamma_s(1-n/100)$)
Poretall	e	-	Volum av porer dividert med volum av fast stoff ($e = n/(1-n)$, n som desimaltall)
Porøsitet	n	%	Volum av porer i % av totalt volum av prøven ($n = e/(1+e)$)

SKJÆRFASHET

Skjærfastheten beskriver jordens styrke og benyttes bla. til beregning av motstand mot utglidninger og grunnbrudd. Skjærfasthet benyttes i beregninger av skråningsstabilitet og bæreevne. For korttidsbelastninger i finkornige materialer (leire) oppfører jorden seg udrenert og skjærfastheten beskrives ved udrenert skjærfasthet. Over lengre tidsintervaller vil oppførselen karakteriseres som drenert. Det benyttes da effektivspenningsparametere.

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

Udrenert skjærfasthet c_u (kPa) bestemmes som den maksimale skjærspenning et materiale kan påføres før det bryter sammen i en situasjon med raske spenningsendringer uten drenering av poretrykk. I laboratoriet bestemmes denne egenskapen ved enaksiale trykkforsøk (c_{ut}), konusforsøk (uforstyrret c_{ufc} , omrørt c_{urfc}), udrenerte treaksialforsøk (kompresjon/aktiv c_{uA} , avlastning/passiv c_{uP}) og direkte skjærforsøk (c_{uD}). Udrenert skjærfasthet kan også bestemmes i felt ved for eksempel trykksondering med poretrykksmåling (CPTU) ($c_{u\text{CPTU}}$) eller vingebor (uforstyrret c_{uv} , omrørt c_{uvr}).

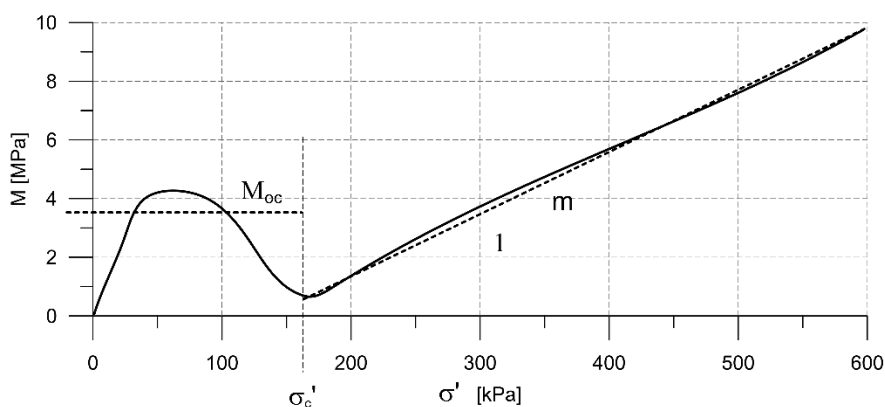


SENSITIVITET

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

DEFORMASJONS- OG KONSOLIDERINGSEGENSKAPER

Jordartens deformasjons- og konsolideringsegenskaper benyttes ved beregning av setninger og deformasjoner. Disse mekaniske egenskapene bestemmes ved hjelp av belastningsforsøk i ødometer. Jordprøven bygges inn i en stiv ring som forhindrer sideveis deformasjon. Belastningen skjer vertikalt med trinnvis eller kontinuerlig økende last/spenning (σ'). Sammenhørende verdier for spenning og deformasjon (tøyning ϵ) registreres, og materialets stivhet (deformasjonsmodul) kan beregnes som $M = \Delta\sigma'/\Delta\epsilon$. Denne presenteres som funksjon av vertikalspenningen. En sentral parameter som tolkes i sammenheng med ødometerforsøk er forkonsolideringsspenningen (σ'_c). Dette er det største lastnivået som jorda har opplevd tidligere (f.eks. tidligere overlaging eller islast). Deformasjonsmodulen viser typisk forskjellig oppførsel under og over forkonsolideringsspenningen. I leire vil stivheten for spenningsnivåer under σ'_c representeres ved en konstant stivhetsmodul M_{oc} . For spenningsnivåer over σ'_c vil stivheten øke med økende spenning. Denne økningen kan beskrives ved modultallet m .

**TELEFARLIGHET**

En jordarts telefarlighet bestemmes ut i fra kornfordelingskurven eller ved å måle den kapillære stighøyde for materialet. Telefarligheten klassifiseres i gruppene T1 (Ikke telefarlig), T2 (Litt telefarlig), T3 (Middels telefarlig) og T4 (Meget telefarlig) etter SVV Håndbok N200.

KOMPRIMERINGSEGENSKAPER

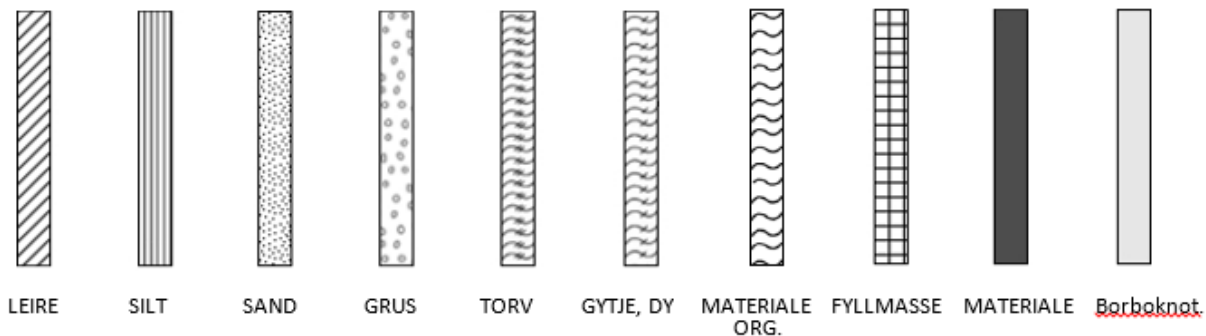
Ved komprimering av en jordart oppnås tettere lagring av mineralkornene. Komprimeringsegenskapene for en jordart bestemmes ved at prøver med forskjellig vanninnhold komprimeres med et bestemt komprimeringsarbeid (Standard eller Modifisert Proctor). Resultatene fremstilles i et diagram som viser tørr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

PERMEABILITET

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

OPPTEGNING AV PRØVESERIE - PRØVESKRAVERING

Analyserte prøver skraveres på prøveserietegningen i henhold til hovedbenevnelsen av materialet. Det er i tillegg en egen skravering for eventuelle notater hentet fra borbok til den gjeldende prøveserien. De ulike skraveringene er som følger:



NB: Med mindre en kornfordelingsanalyse er utført, er dette kun en subjektiv og veiledende klassifisering som er basert på laborantens visuelle vurdering av materialet.

LEIRE: Leirinnholdet er større enn 15 %

SILT: Siltinnholdet er større enn 45 % og leirinnholdet er mindre enn 15 %

SAND: Sandinnholdet er større enn 60 % og leirinnholdet er mindre enn 15 %

GRUS: Grusinnholdet er større enn 60 % og leirinnholdet er mindre enn 15 %

MATERIALE: Brukes når materialet har en slik sammensetning at ingen av de ovennevnte betegnelse kan benyttes. Dette fremkommer normalt fra en kornfordelingsanalyse

TORV: Mer eller mindre omvandlede planterester

GYTJE/DY: Består av vannavsatte plante- og dyrerester. De kan virke fete og elastiske

MATERIALE ORG.: Sterkt omdannet organisk materiale med løs struktur

FYLLMASSE: Avsetninger som ikke er naturlige (utlagte masser)

Borboknotat: Merknader fra borleder (hentet fra borbok), f.eks. «tom sylinder», «foringsrør», «forboring» osv.

OPPTEGNING AV PRØVESERIE - SPESIALFORSØK – Korngradering (K) / Treksialforsøk (T) / Ødometerforsøk (Ø)

Eventuelt utførte spesialforsøk på en prøveserie markeres med K, T eller Ø ved tilhørende prøve. Markeringene indikerer ikke nøyaktig dybde for spesialforsøkene, men er referanse til at det foreligger egne tegninger for forsøket inkludert resultater og ytterlig forsøksinformasjon.

OPPTEGNING AV PRØVESERIE - SYMBOLFORKLARING - Vanninnhold og konsistensgrenser

Vanninnhold og konsistensgrenser utført ved rutineundersøkelsen fremvises på prøveserietegningen ved plassering av symboler på tilhørende graf. Dersom et vanninnhold overstiger grafens maksimum vil verdien oppgis i siffer ved grafens øvre ytterpunkt.

Vanninnhold w		Plastisitetsgrense w_p	
		Flytegrense w_f	

OPPTEGNING AV PRØVESERIE - SYMBOLFORKLARING - Udrenert skjærfasthet

Resultatene fra utførte konus- og enaksiale trykkforsøk ved rutineundersøkelsen fremvises på prøveserietegningen ved plassering av symboler på tilhørende graf. Dersom en skjærfasthetverdi overstiger grafens maksimum vil verdien oppgis i siffer ved grafens øvre ytterpunkt.

Uomrørt konus c_{urfc}		Omrørt konus c_{urfc}	
Enaksialt trykkforsøk Strek angir aksial tøyning (%) ved brudd		Omrørt konus $c_{urfc} \leq 2,0 \text{ kPa}$	0,9

METODESTANDARDS OG RETNINGSLINJER – LABORATORIEUNDERSØKELSER

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

Dokument	Tema
NS8000	Konsistensgrenser – terminologi
NS8001	Støtflytegrense
NS8002	Konusflytegrense
NS8003	Plastisitetsgrense (utrullingsgrense)
NS8004	Svinggrense
NS8005, NS-EN ISO 17892-4	Kornfordelingsanalyse
NS8010, NS-EN ISO 14688-1 og -2	Jord – bestanddeler og struktur. Klassifisering og indentifisering.
NS8011, NS-EN ISO 17892-2	Densitet
NS8012, NS-EN ISO 17892-3	Korndensitet
NS8013, NS-EN ISO 17892-1	Vanninnhold
NS8014	Poretall, porøsitet og metningsgrad
NS8015	Skjærfasthet ved konusforsøk
NS8016	Skjærfasthet ved enaksialt trykkforsøk
NS8017	Ødometerforsøk, trinnvis belastning
NS8018	Ødometerforsøk, kontinuerlig belastning
NS-EN ISO/TS 17892-8 og -9	Treaksialforsøk (UU, CD)
Statens vegvesen Håndbok R210	Laboratorieundersøkelser

G. Liste over publikasjoner Ulvensplitten og Dragvoll

- Bazin S, Anschütz H, Sauvin G, Helle TE, Gribben S, Donohue S and Long M (2016) Geophysical characterisation of marine and quick clay sites: field and laboratory tests. In Proceedings of the 5th International Conference on Geotechnical and Geophysical Site Characterization (ISC'5), Gold Coast, Australia. Australian Geomechanics Society, vol. 2, pp. 831–836.
- Bryntesen RN (2014) Laboratory investigation on salt migration and its effect on the geotechnical strength parameters in quick clay mini-block samples from Dragvoll. Masteroppgåve, Norges Teknisk–Naturvitenskaplige Universitet, Trondheim, Norge, pp. 1–105.
- Eggestad A og Sem H (1976) Stability of excavations improved by salt diffusion from deep wells. I Proceedings of the 6th European conference on soil mechanics and foundation engineering, Wien, Austerrike, pp. 211–216.
- Gjengedal I (2012) Laboratoriestudie av saltdiffusjon i kvikkleire. Masteroppgåve, Norges Teknisk–Naturvitenskaplige Universitet, Trondheim, Norge, pp. 1–73.
- Helle TE (2013) Saltdiffusjon som grunnforsterking i kvikkleire. NIFS–rapport nr. 33/2013, Norges vassdrags- og energidirektorat. Tilgjengelig på www.naturfare.no.
- Helle TE (2017) Quick–clay landslide mitigation using potassium chloride. Doktorgradsavhandling. Norges Teknisk–Naturvitenskaplige Universitet, Trondheim, Norge, <http://hdl.handle.net/11250/2454309>.
- Helle TE (2017) Saltstabilisering av kvikkleirer. Geoteknikkdagen, Norsk Geoteknisk Forening, Oslo, Norge 2017.
- Helle TE, Gjengedal I, Emdal A, Aagaard P and Høydal Ø (2014) Potassium chloride as ground improvement in quick clay areas – a preliminary study. In Landslides in Sensitive Clays: From Geosciences to Risk Management. Advances in Natural and Technological Hazards Research 36, Springer. 1st International Workshop on Landslides in Sensitive Clays, Quebec, October 2013: 63–74. http://dx.doi.org/10.1007/978-94-007-7079-9_6.
- Helle TE, Bryntesen RN, Amundsen HA, Emdal A, Nordal S and Aagaard P (2015) Laboratory setup to evaluate the improvement of geotechnical properties from potassium chloride saturation of a quick clay from Dragvoll, Norway. In Proceedings for GeoQuebec2015 – Challenges from North to South. Quebec, Canada September 2015: 8 pp.
- Helle TE, Aagaard P, Emdal A, and Nordal S (2016) Monitoring the plume of potassium chloride from wells used as ground improvement in highly sensitive clays. In Proceedings of the 5th International Conference on Geotechnical and Geophysical Site Characterization (ISC'5), Gold Coast, Australia. Australian Geomechanics Society, vol. 2, pp. 1501–1506.
- Helle TE, Nordal S, Aagaard P and Lied OK (2016) Long–term–effect of potassium chloride treatment on improving the soil behavior of highly sensitive clay – Ulvensplitten, Norway. Canadian Geotechnical Journal, 53(3): 410–422. <https://doi.org/10.1139/cgj-2015-0077>.

Helle TE, Long M, Nordal S and Aagaard P (2017) Effectiveness of resistivity cone penetration tests in salt-treated highly sensitive clay. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Ground Improvement*, 170(3): 173–184. <https://doi.org/10.1680/jgrim.17.00017>

Helle TE, Aagaard P and Nordal S (2017) In-situ improvement of highly sensitive clays by potassium chloride migration. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering ASCE* 143(10): 04017074. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)GT.1943-5606.0001774](https://doi.org/10.1061/(ASCE)GT.1943-5606.0001774)

Helle TE, Aagaard P and Nordal S (2017) Improving the post-failure properties in quick clays by treatment with potassium chloride. In *Landslides in sensitive clays: From research to implementation. Advances in Natural and Technological Hazards Research* 46, Springer. 2nd International Workshop on Landslides in Sensitive Clays, Trondheim, Norge June 2017: 45–55. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-56487-6_4

Helle TE and Aagaard P (2018) Predicting required time stabilising Norwegian quick clays by potassium chloride. *Environmental Geotechnics ICE*. <https://doi.org/10.1680/jenge.17.00032>.

Helle TE, Nordal S and Aagaard P (2018) Improved geotechnical properties in salt-treated highly sensitive landslide-prone clays. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Geotechnical Engineering* 171(3): 232–242. <https://doi.org/10.1680/jgeen.17.00071>.

Helle TE, Long M, Nordal S (2018) Interpreting improved geotechnical properties in KCl-treated highly sensitive quick clays. I *Proceedings of the 4th International Symposium on Cone Penetrating Testing (CPT'18)*, Delft, Nederland.

Helle TE, Aagaard P and Nordal S (2019) Closure to discussion of “In-situ improvement of highly sensitive clays by potassium chloride migration”. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering ASCE* 145(4): 07019004-1 – 07019004-2. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)GT.1943-5606.0002030](https://doi.org/10.1061/(ASCE)GT.1943-5606.0002030)

Helle TE, Aagaard P, Nordal S, Long M, Bazin S (In press) Research site Dragvoll, Trondheim, Norway – a low plastic, highly sensitive glaciomarine clay. *1st International Symposium on GeoTest Sites (ISGTS)*, Oslo, Norge.

Vikse T (2018) In-situ detection of improved geotechnical properties in salt-treated clay. *Prosjektoppgåve, Norges Teknisk-Naturvitenskaplige Universitet, Trondheim, Norge*, pp. 1–26.



Statens vegvesen
Vegdirektoratet
Publikasjonsekspedisjonen
Postboks 6706 Etterstad 0609 OSLO
Tlf: (+47) 22073000
publvd@vegvesen.no

ISSN: 1893-1162

vegvesen.no

Trygt fram saman