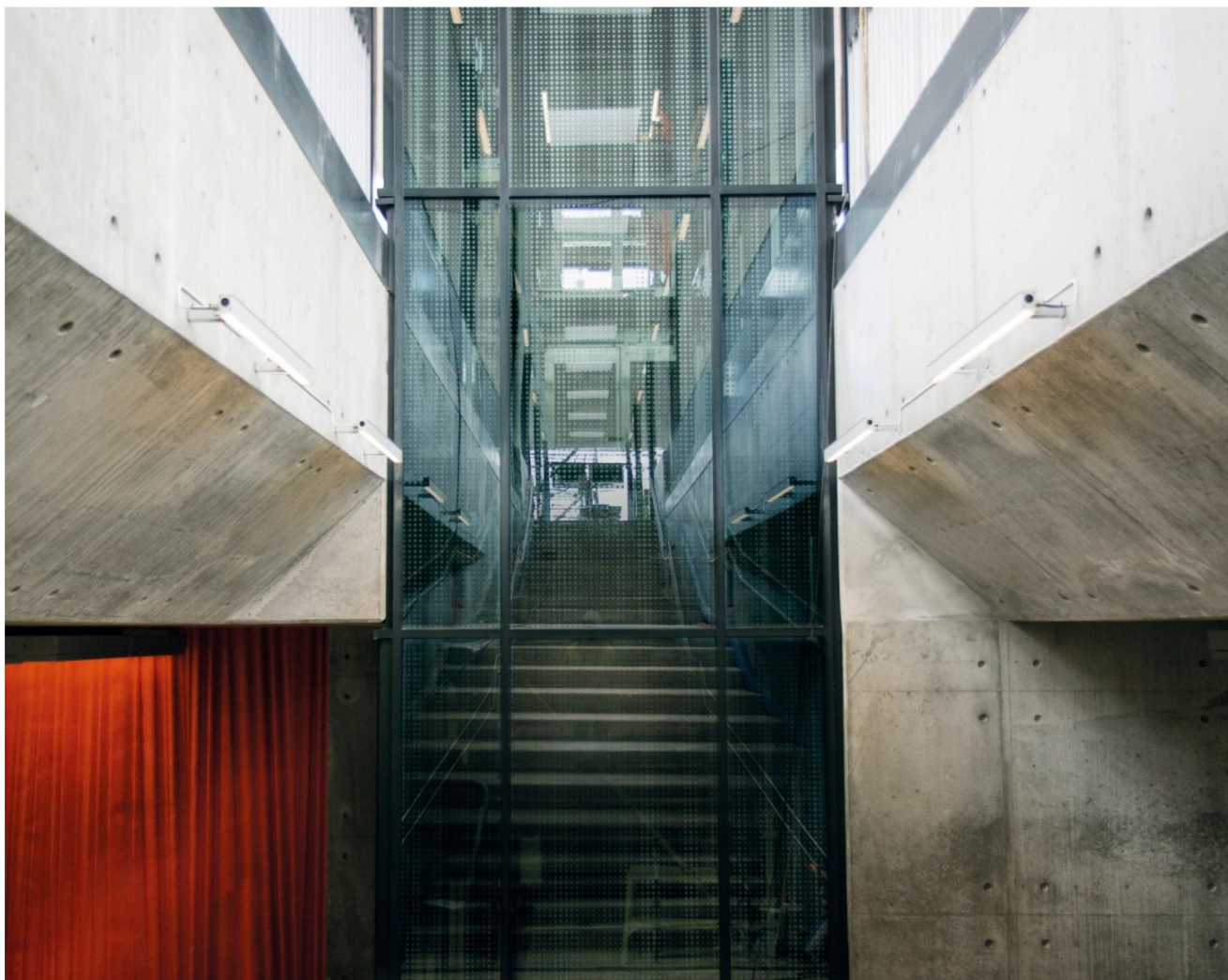


SINTEF Energi

# ► SINTEF Energi Gløshaugen - Geoteknisk datarapport

Grunnundersøkelser i skråning mot vest

Oppdragsnr.: 5175072 Dokumentnr.: 5175072-RIG13 Versjon: 1 Dato: 2020-06-10



<b>Oppdragsgiver:</b>	SINTEF Energi
<b>Oppdragsgivers kontaktperson:</b>	Per Normann Mikalsen
<b>Rådgiver:</b>	Norconsult AS, Klæbuveien 127 B, NO-7031 Trondheim
<b>Oppdragsleder:</b>	Christofer Klevsjø
<b>Fagansvarlig:</b>	Arnfinn Emdal
<b>Saksbehandler:</b>	Egil Behrens

<b>Emneord</b>	Geotekniske grunnundersøkelser, Datarapport	
<b>Fylke</b>	Trøndelag	
<b>Kommune</b>	Trondheim	
<b>Sted</b>	Sem Selands veg 11, 7034 Trondheim (Gløshaugen)	
<b>Koordinatsystem</b>	EUREF89 – NTM Sone 10	
<b>Høydesystem</b>	NN2000	
<b>Prosjektkoordinater</b>	Nord: 1603 620	Øst: 95 060

1	2020-06-10	Ferdig rapport.	Egil A. Behrens	Arnfinn Emdal	Christofer Klevsjø
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

## ► Sammen drag

SINTEF Energi utreder påbygging av eksisterende bygg på Gløshaugen i Trondheim.

Norconsult utførte i 2019 grunnundersøkelser på tomten i 4 posisjoner lokalisert til tomtens hjørner. I 2020 har vi supplert med grunnundersøkelser i ytterligere 6 posisjoner. Prøvetaking er gjort i til sammen 4 av posisjonene.

Det er i 2020 utført

- 2 dreietrykksonderinger – dypeste til 18,5 m
- 6 totalsonderinger – dypeste til 54 meter
- 3 trykksonderinger (CPTU) til 35-56 meter
- Nedsetting av 2 elektriske poretrykksmålere i 2 posisjoner (totalt 4 stk.), med automatisk logging
- Opptak av totalt 22 prøver med tilhørende rutineundersøkelser (lab)
  - 8 stk. naver/poseprøver
  - 2 stk. 74 mm sylinderprøver med stempelprøvetaker
  - 12 stk. 54 mm sylinderprøver med stempelprøvetaker, dypeste prøve 49 m under terreng
- 2 stk. treksialforsøk (lab)
- 4 stk. ødometerforsøk (lab)

Grovt sett består massene i hele området av et tykt lag leire (stedvis siltig leire) under sand- og siltmasser. Det øvre laget kan deles inn i flere tynnere lag med større eller mindre innslag av silt og sand, med stedvis noe leir eller grus.

Lagdelingen viser en helning fra Gløshaugplatået og vest-sydvestover ned skråningen i retning mot Klæbuveien. Lagdelingens helning er noe slakere enn terrengoverflaten, det vil si at det øvre laget som er dominert av silt og sand er noe tykkere på Gløshaugplatået enn det er ved bunnen av skråningen.

## ► Innhold

<b>1</b>	<b>Innledning</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Felt- og laboratoriearbeid</b>	<b>7</b>
2.1	Beskrivelser og forklaringer	7
2.2	Koordinatsystem	7
2.3	Utførte undersøkelser	7
2.4	Generell informasjon om feltarbeidet	8
2.5	Generell informasjon om laboratoriearbeidet	8
<b>3</b>	<b>Resultater grunnundersøkelser</b>	<b>9</b>
3.1	Totalsonderinger og dreietrykksonderinger	9
3.2	Trykksonderinger (CPTU)	9
3.2.1	<i>CPTU i BH08 (terreng +45,7) ved toppen av skråning</i>	11
3.2.2	<i>CPTU i BH10 (terreng +32,9)</i>	13
3.2.3	<i>CPTU i posisjon BH07 (terreng +23,2)</i>	9
3.3	Grunnvannstand	15
3.4	Prøvetaking	15
3.4.1	<i>Prøver i BH01 (terreng +41,50)</i>	15
3.4.2	<i>Prøver i BH08 (terreng +45,66)</i>	15
3.4.3	<i>Prøver i BH10 (terreng +33,02)</i>	16
3.5	Lagdeling	16
<b>4</b>	<b>Referanser</b>	<b>17</b>

## Tegninger

Innhold	Format	Målestokk	Tegn.nr.
Borplan – utførte grunnundersøkelser	A3	1:500	V101
Totalsonderinger, trykksonderinger, prøvetaking og poretrykk	A3	1:400	V201 – V205
Snittegning sonderingsprofiler – Profil A	A3		V301
Poretrykksmålinger	A4		V501-V503

## Vedlegg

Innhold	Vedlegg nr.
Resultat laboratorieundersøkelser. Laboratorierapport	A
Generell beskrivelse felt og laboratoriearbeid	B
Forklaring geotekniske plan- og profiltegninger	C
Tegnforklaring – totalsondring	D
Tegnforklaring – trykksondring (CPTu)	E
Trykksonderinger – måledata, avledede verdier	F



# 1 Innledning

SINTEF Energi har engasjert Norconsult til å utrede utvidelse/påbygg av EFI-bygget, SINTEF Energis kontorbygg på Gløshaugen i Trondheim. Det aktuelle området er vist i Figur 1 hvor bygget ligger vest på Gløshaugplatået som her er ca. på kote +47,5. Tiltaket ligger noe tilbaketrukket i forhold til bygningsmassen for øvrig. I vest ligger Høgskoleparken som heller ned mot Klæbuveien og Døvekirken som ligger på ca. kote +21.

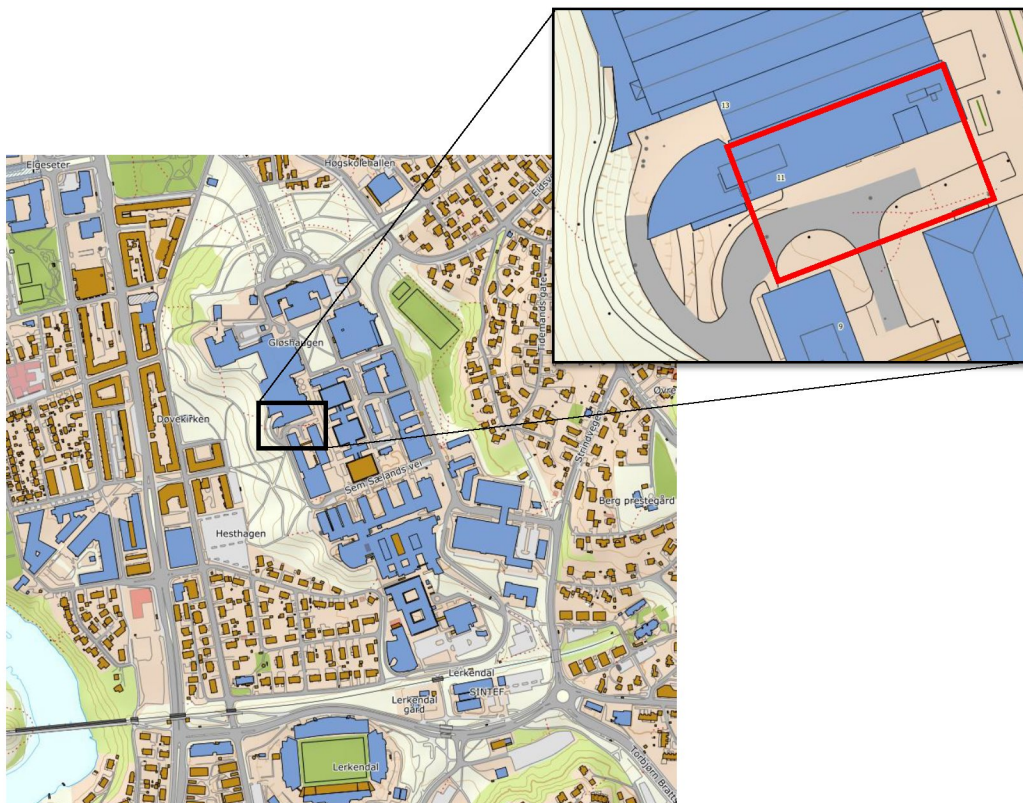
Prosjektet omfatter påbygg av EFI-bygget i 3 etasjer over eksisterende bygg samt over deler av gatearealet mot sør og videre en utvidelse av kjelleren sørover mot gamle og nye fysikk (GF og NF), se Figur 2 og Figur 3.

Det ble utført grunnundersøkelser i mars 2019 for å supplere tidligere undersøkelser ved planlagt bygg. Ved undersøkelsene i 2019 ble det påtruffet kvikkleire/sprøbruddmateriale i en av de dype prøvene fra posisjon BH03 som ligger lengst inn på platået. Dette har medført behov for ytterligere grunnundersøkelser i skråningen vestover mot Klæbuveien, som er utført nå i 2020. Undersøkelsene er planlagt og utført for å utrede omfanget av sprøbruddmateriale og områdestabiliteten i forbindelse med påbyggingen av EFI-bygget.

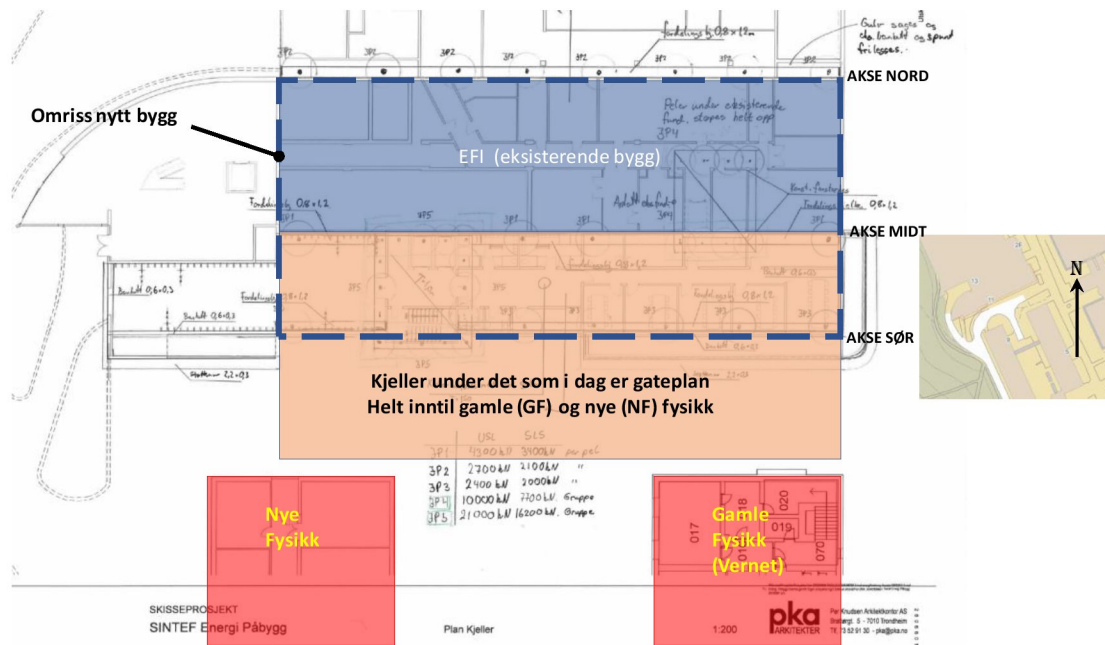
Feltarbeidet skal sammen med laboratorieanalysene gi grunnlag for geoteknisk vurdering av området. Hensikten med rapporten er å:

- Presentere resultatene fra felt- og laboriearbeidet
- Beskrive registrerte grunnforhold

Rapporten er en ren datarapport som oppsummerer resultater fra geotekniske grunnundersøkelser. Geoteknisk prosjektering eller rådgiving gis i separat rapport.



Figur 1 SINTEF Energis plassering på Gløshaugen-platået i Trondheim



Figur 2 Oversiktskart for eksisterende bygg og planlagt utvidelse av eksisterende bygg med utvidet kjeller mot sør.



Figur 3 Oppriss i prinsipp av eksisterende bygg, nybygg og ny kjeller

## 2 Felt- og laboratoriearbeid

### 2.1 Beskrivelser og forklaringer

I vedlegg B er gitt en generell beskrivelse av felt- og laboratoriearbeid. Vedlegg C gir forklaring til geotekniske plan- og profiltegninger. Vedlegg D og E gir forklaring til benyttede sonderingsmetoder.

### 2.2 Koordinatsystem

Posisjonene til hvert borpunkt og tilhørende terrenghøyder er målt inn med CPOS-korrigert GNSS (GPS) i koordinatsystem EUREF89 NTM sone 10, høydereferanse NN2000 (ettersom dette systemet er brukt i prosjektet ellers).

### 2.3 Utførte undersøkelser

Det er i 2020 utført feltarbeid i 6 posisjoner, BH05-BH10, samt prøvetakning i BH01. Plassering av borepunktene er vist på situasjonsplan, tegning V101, detaljer er vist i Tabell 1.

Følgende undersøkelsesprogram ble gjennomført:

- 2 dreietrykksonderinger – dypeste til 18,5 m (stopp pga. for faste masser – det ble i fortsettelsen skiftet teknikk til totalsondering som erstatning for dreietrykksondering)
- 6 totalsonderinger – dypeste til 54 meter (BH05-BH10)
- 3 trykksonderinger (CPTU) til 35-56 meter (BH07, BH08 og BH10)
- Nedsetting av 2 elektriske poretrykksmålere i 2 posisjoner (totalt 4 stk.), med automatisk logging
- Opptak av totalt 22 prøver med tilhørende rutineundersøkelser (lab) (BH01, BH08 og BH10)
  - 8 stk. naver/poseprøver
  - 2 stk. 74 mm sylinderprøver med stempelprøvetaker
  - 12 stk. 54 mm sylinderprøver med stempelprøvetaker, dypeste prøve 49 m under terreng
- 2 stk. treaksialforsøk (lab)
- 4 stk. ødometerforsøk (lab)

Sonderingsprofilene fra totalsonderingene og resultater fra rutineundersøkelser i laboratoriet er vist på tegningene V201 – V205, mens resultater fra trykksondering er presentert i vedlegg F. Målte poretrykk er vist på tegningene V501-V503.

Tabell 1 Borpunktliste – Norconsults grunnundersøkelser 2019 og 2020

Borpunkt	EUREF89 – NTM sone 10 /høydeangivelse NN2000.			Metode	Boredybde (TOT)	
	X (Nord)	Y (Øst)	Z (Høyde)		Løsm. [m]	Berg [m]
BH01 (2019, 2020)	1603644,9 (UTM32 7032871,4)	95092,9 (UTM32 569988,8)	+41,5	TOT, CPTU, PRV(2020)	60,0	Ikke påvist
	KOMMENTAR: BH 1 ligger i den utgravde nedkjøringen til kjeller av NTNU-Elektro, dette er årsaken til at kotehøyden her er lavere enn de øvrige.					
BH02 (2019)	1603619,8 (UTM32 7032846,5)	95117,8 (UTM32 570012,6)	+46,7	TOT	40,0	Ikke påvist

BH03 (2019)	1603631,8 (UTM32 7032863,3)	95161,1 (UTM32 570047,1)	+47,5	TOT, CPTU, PZ, PRV	40,0	Ikke påvist
BH04 (2019)	1603661,3 (UTM32 7032891,6)	95143,5 (UTM32 570033,3)	+47,5	TOT	40,0	Ikke Påvist
BH05	1603607,8	94997,8	+22,8	DRT, TOT	35,1	Ikke Påvist
BH06	1603641,1	95035,4	+33,7	TOT	50,0	Ikke Påvist
BH07	1603585,8	95017,2	+23,5	TOT, CPTU	50,1	Ikke Påvist
BH08	1603608,4	95077,9	+45,7	TOT, CPTU, PZ, PRV	54,0	Ikke Påvist
BH09	1603556,0	95025,5	+24,1	TOT	35,1	Ikke Påvist
BH10	1603581,2	95048,0	+33,0	DRT, TOT, CPTU, PZ, PRV	50,1	Ikke Påvist

DRT: Dreietrykksondering, TOT: Totalsondering, CPTU: Trykksondering, PZ: Piezometer, GV: Grunnvannsbrønn, PRV: Prøveserie,

## 2.4 Generell informasjon om feltarbeidet

Tabell 2 Generell informasjon om feltarbeidet

Feltarbeid		
Dato for utførelse	Uke 11-14, 2020	
Boreleder	Ole Chr. Dahle Løken / Knut Dahl, Norconsult - Molde	
Type borerigg	Geotech 607HD - 15	
Relevante standarder	Ref. 1, Ref. 2, Ref. 3, Ref. 4, Ref. 5	
Resultater	Sonderinger	Tegninger V201-V205
	CPTU (trykksonderinger)	Vedlegg F
	Poretrykk	Tegninger V501-V503

## 2.5 Generell informasjon om laboratoriearbeidet

Resultatene fra laboratorieundersøkelsene er presentert som bilag i denne rapporten med borprofil, kornfordeling, treaksialforsøk og ødometerforsøk.

Tabell 3 Generell informasjon om laboratoriearbeidet

Laboratoriearbeid	
Dato for utførelse	April – Mai, 2020
Laborant	Synne Tveiten, Hilde Risung
Relevante standarder	Ref. 6
Resultater	Vedlegg A



## 3 Resultater grunnundersøkelser

Det presiseres at informasjonen fra felt- og laboratoriearbeidet strengt tatt bare er gyldig i de undersøkte posisjoner. Avvik i grunnforholdene i områdene rundt og mellom de undersøkte posisjoner kan ikke utelukkes. Resultatene må derfor ikke anvendes ukritisk.

### 3.1 Totalsonderinger og dreietrykksonderinger

Det er utført 6 totalsonderinger – disse er plassert ved toppen, midt i og ved bunnen av skråning vest for planlagt bygg. Disse 6 sonderingene var opprinnelig planlagt som dreietrykksonderinger, men massene ved cirka 15-20 m dybde viste seg ved 2 innledende dreietrykksonderinger å være for faste for dreietrykksondering. Sonderingene ble derfor utført som totalsonderinger og utført til dybde varierende fra 35 til 54 meter. Ingen av sonderingene viser berg. Totalsondering er en lignende metode som dreietrykksondering, hovedforskjellen er evnen til å penetrere fastere masser og at den i tillegg kan vannspyle og bruke borhammerslag der det er svært stor motstand.

Sonderingene er gjort i løsmasser som viser varierende motstand ned til henholdsvis kote ca. +10 ved bunn skråning (BH05 og BH07) og kote ca. +20 til +25 (ved topp skråning) hvor de går inn i en dyp leiravsetning. Leiravsetningen fremstår i bunnen og i skråningen å ha økende sonderingsmotstand, mens den lenger inn mot platået viser konstant sonderingsmotstand ned til om lag kote +5.

I enkelte av sonderingene er det i massen over leira benyttet økt rotasjon, spyling og slagboring i faste masser av varierende mektighet opp til 5 meter. Økt rotasjonshastighet er anvendt i mindre dybdeintervall i de øvre 20 meterne, samt i enkelte av sonderingene fra cirka 30-40 m dyp.

En oversikt kan sees i tegning V301.

### 3.2 Trykksonderinger (CPTU)

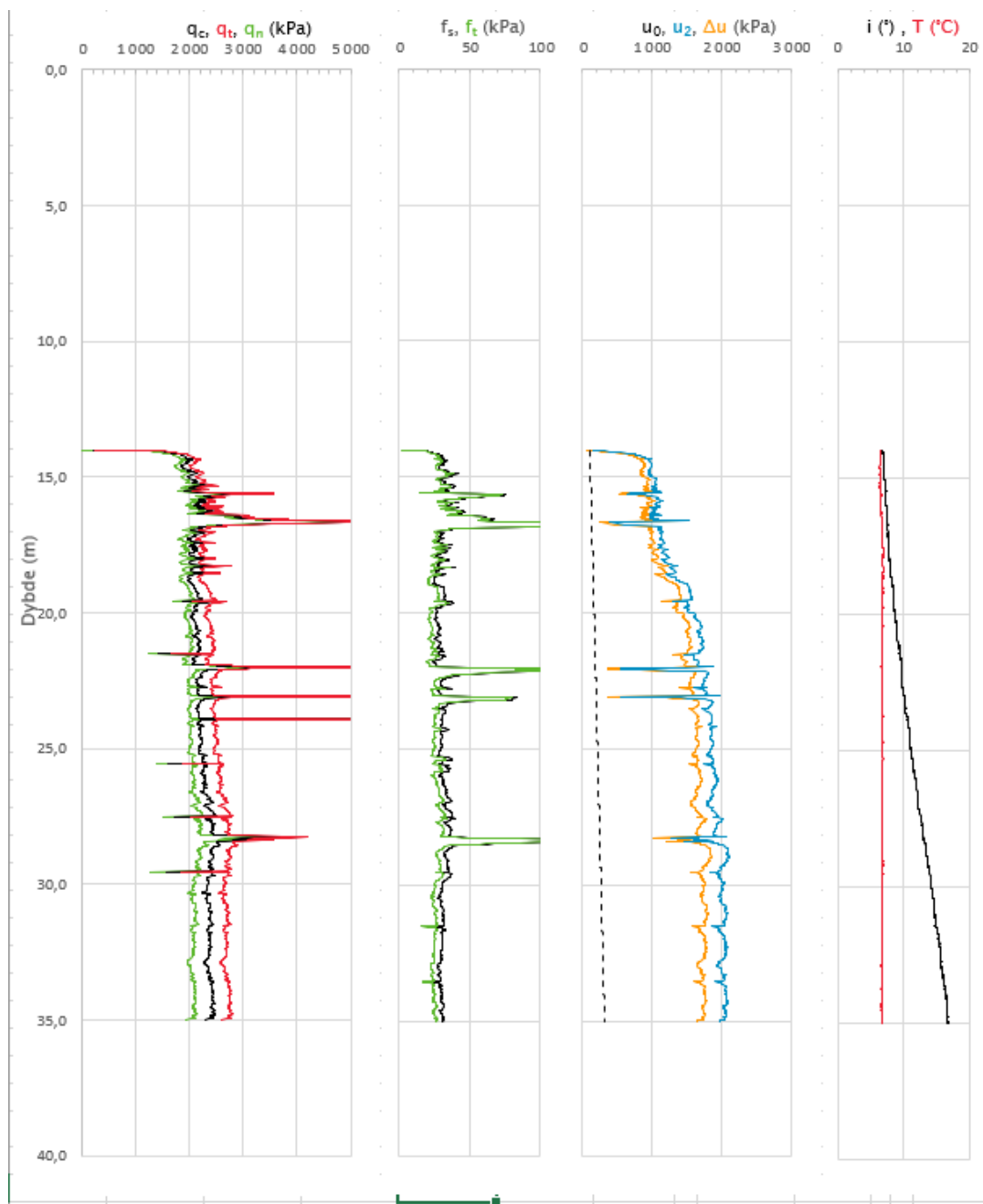
3 stk. CPTU med poretrykkmåling er utført, i BH08 på toppen av skråningen, i BH1010, midt i skråningen, samt i BH07 ved bunnen av skråningen.


Sonderingene er utført med Geotech borerigg med 70 kN belastningskapasitet på boretårnet.

#### 3.2.1 CPTU i posisjon BH07 (terreng +23,2)

Dokumentasjon på CPTU, måledata og avledede verdier er vist i Vedlegg F. Sonderingen er gitt anvendelsesklasse 1. Inklinometeret viser at sonderingen har gått skrått og fra cirka 23 m dybde er retningsavviket fra vertikalplanet større enn 10 grader. Sonderingens reelle dybde er derfor noe mindre (omtrent 2 % mindre) enn dybden presentert i figurene. Opptegning av måledata er vist i Figur 4.

Det ble forboret til 14 m og derfra sondert med spyling bak CPTU-spissen i størsteparten av dybden. Resultatet viser kohesjonsmasser fra 14 m til avsluttet sondering på 35 m dyp. Massene i de øverste 5 m (dybde 14 til 19 m) er noe mer varierende og grovkornige enn de dypere liggende massene. Det finnes også enkelte tynne drenerende lag av friksjonsmasser med noen desimeter tykkelse. Spissmotstanden er 2 – 2,5 MPa.



Prosjekt		Prosjektnummer: 5175072		Borhull
<b>Sintef Horizon</b>				<b>BH07</b>
Innhold				Sondennummer
Måledata og korrigerte måleverdier				<b>4775</b>
Norconsult 	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	Egil A. Behrens	Arnfinn Emdal	Christofer Klevsjø	<b>1</b>
	Oppdragsgiver	Dato sondering	Revisjon	Figur
	Sintef Energi	2020-03-14	Rev. dato	<b>3</b>

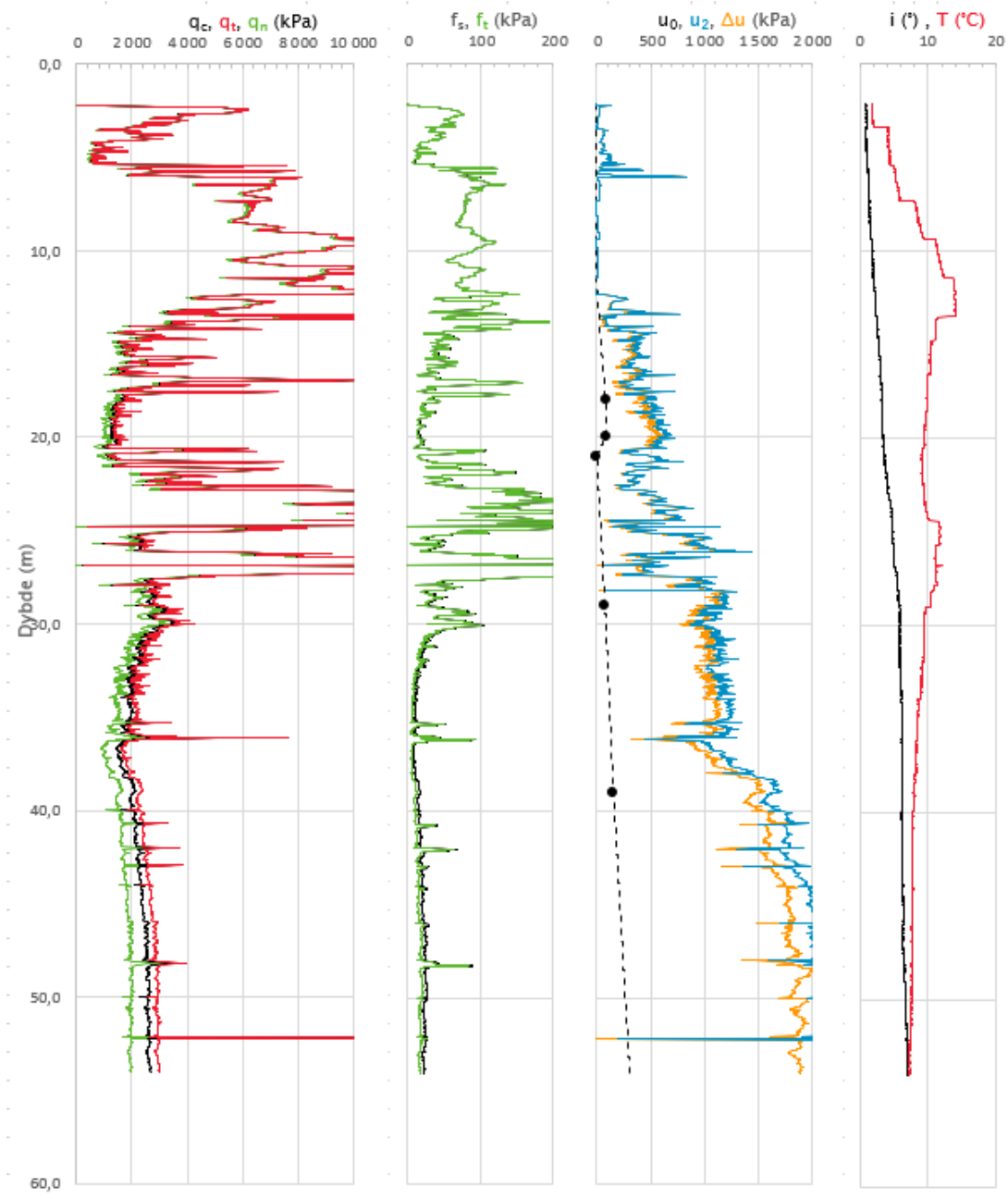
Figur 4: CPTU i BH07 (ved bunn av skråning).

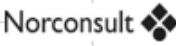
### **3.2.2 CPTU i BH08 (terreng +45,7) ved toppen av skråning**

Dokumentasjon på CPTU, måledata og avledede verdier er vist i Vedlegg F. Sonderingen er gitt anvendelsesklasse 1. Opptegning av måledata er vist i Figur 5.

Det ble forboret 2 meter og derfra sondert med utstyr for spyling bak CPT-spissen til dybde 54 meter. Det ble brukt spyling der det var nødvendig for å redusere stangfriksjonen.

Fra dybde 2 meter til 28 meter viser sonderingen vekslende lagdeling med faste masser og kohesjonsjord. Ved omtrent 6 til 13 meter dybde er det et fast friksjonslag der det ikke oppstår poreovertrykk under sonderingen. Mellom 13 og 21 m dybde er det stort sett finkornige masser som gir relativt liten spissmotstand. I dybde 21 til 28 m er det i hovedsak faste og sannsynligvis mer finkornige masser pga. noe poreovertrykk. Fra cirka 28 til 54 m er det finkornige masser og spissmotstanden er omtrent 2 MPa, økende til 3 MPa i dybde 45 m.



Prosjekt		Prosjektnummer: 5175072		Borhull
<b>Sintef Horizon</b>				<b>BH08</b>
Innhold				Sondennummer
Måledata og korrigerte måleverdier				<b>4775</b>
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	Egil A. Behrens	Arnfinn Emdal	Christofer Klevsjø	<b>1</b>
	Oppdragsgiver	Dato sondering	Revisjon	Figur
	Sintef Energi	2020-03-13	Rev. dato	<b>3</b>

Figur 5: CPTU i BH08 (i topp av skråning).



### 3.2.3 CPTU i BH10 (terreng +32,9)

Dokumentasjon på CPTU, måledata og avledede verdier er vist i Vedlegg F. Sondringen er gitt anvendelsesklasse 1. Opptegning av måledata er vist i Figur 6.

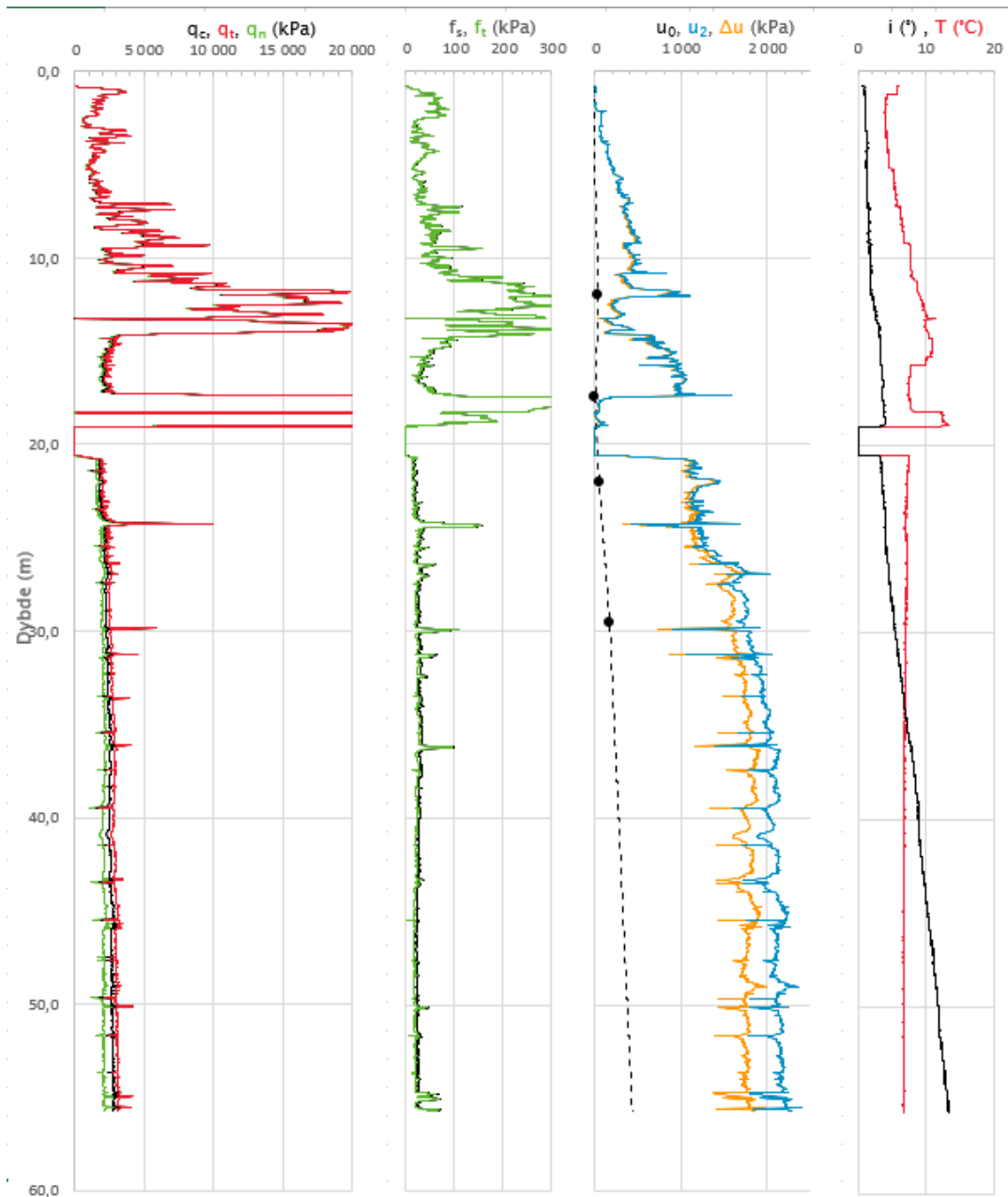
Inklinometeret viser at sondringen har gått skrått og fra cirka 43 m dybde er retningsavviket fra vertikalplanet større enn 10 grader. Sondringens reelle dybde er derfor noe mindre (omtrent 2 % mindre) enn dybden presentert i figurene.

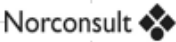
Det ble forboret 0,8 meter og sondert med spyling bak CPTU-spissen i de dybder der det var nødvendig for å redusere stangfriksjonen. Boretårnet og sonderingsstengene ble fullt utnyttet under sondringen for å komme gjennom fast lag i dybde cirka 17-20 m.

Resultatet viser et lag med lite motstand og noe poretrykksoppbygning ned til 10 meter, deretter et fastere og mer grovkornig lag til omtrent 14 m dyp. Fra 14 til 17,5 m er det et finkornig lag med spissmotstand omtrent 1 MPa, før det treffes et fast, drenerende lag.

Trykksondringen måtte her avbrytes ved omtrent 18,5 m dyp pga. for stor spissmotstand. Det ble derfor forboret til ca. 21 m dybde og trykksondringen startet igjen derfra. Resultatene er sammenstilt og plottet i et felles diagram.

Fra 21 meters dybde viser sondringen kohesjonsjord som tolkes som leire og/eller silt. Fra 21 til 27 m er det trolig silt, mens det er mer leirig videre i dybden. Spissmotstanden er cirka 2-3 MPa.



Prosjekt		Prosjektnummer: 5175072		Borhull
<b>Sintef Horizon</b>				<b>BH10</b>
Innhold				Sondennummer
Måledata og korrigerte måleverdier				<b>4775</b>
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	Egil A. Behrens	Arnfinn Emdal	Christofer Klevsjø	<b>1</b>
	Oppdragsgiver	Dato sondering	Revisjon	Figur
	Sintef Energi	2020-03-14	Rev. dato	<b>3</b>

Figur 6: CPTU i BH10 (midt i skråning).

### 3.3 Grunnvannstand

Grunnvannstanden på Gløshaugen er undersøkt gjennom prosjekter helt tilbake til 1950-tallet. I området er det et drenerende lag på ca. kote +35. Fra dette nivå er det funnet å være om lag hydrostatisk grunnvann.

Det er i Norconsults grunnundersøkelse 2019 gjort en piezometermåling med elektrisk piezometer i dybde 16 meter (kote +31,5) i posisjon 3. Dette for å understøtte tidligere målinger. Denne viser et potensial som i mai/juni 2019 indikerte grunnvannstand til kote +36. Dette er da noe høyere enn, men samstemmer godt med tidligere registreringer. Avlesning av denne måleren 2020-04-28 viser stighøyde til kote +36,7.

Det er i 2020 installert elektriske poretrykksmålere i dybde 29 m (kote +16,7) og 39 m (kote +6,7) i BH08 (topp av skråning). Ved avlesning 2020-04-28 viste den dypeste måleren en stighøyde til kote +22,2, mens den grunneste viste stighøyde til kote +24,3. Dette indikerer en noe underhydrostatisk poretrykksfordeling i de dyptliggende leire-/siltlagene.

I BH10 (midt i skråningen) er det installert elektriske poretrykksmålere til dybde 22 m (kote +10,8) og 29,5 m (kote +3,3). Ved avlesning 2020-04-28 viste den dypeste måleren en stighøyde til kote +20,2, mens den grunneste viste stighøyde til kote +15,4. Dette indikerer overhydrostatisk poretrykksfordeling i de dyptliggende leire-/siltlagene, eventuelt drenerende lag som påvirker måleren på kote +10,8. Dette kan være vanskelig å forstå målingen til kote +15,4, all den tid nivået i Klæbuvegen og platået vestover mot Tilfredshet kirkegård 500 meter unna ligger på kote ca. +21 og en naturlig skulle forvente en høyere grunnvannstand.

Poretrykksmålerne måtte presses ned i lav hastighet for ikke å overskride maksimalt poretrykk (2 MPa) under nedpressing. Loggede data viser at trykkmålingene stabiliserte seg i god tid før avlesning 2020-04-28.

Trykkmålingene fra poretrykksmålerne er vist grafisk i tegningene V501-V503.

### 3.4 Prøvetaking

Det er utført prøvetaking i posisjonene 1, 8 og 10. Største prøvedybde er 49 meter (posisjon 10). Prøvetype P angir poseprøve, 54 og 74 mm angir sylindrerprøvetaker av tilhørende diameter. 2 prøver i posisjon 1 er tatt med 74 mm sylindrerprøvetaker, men på grunn av vanskeligheter med å penetrere denne store prøvetakeren ble de dypere prøver tatt med standard 54 mm sylindrerprøvetaker.

Prøvenes nivå er plassert ut fra resultatene fra CPTU og totalsonderinger. Alle sylindrerprøvene er tatt i intervall med leire-/siltmaterialer, mens det er tatt poseprøver i intervall med sandmaterialer.

#### 3.4.1 Prøver i BH01 (terreng +41,50)

I BH01 er det påvist sprøbruddmateriale i prøve fra dybde 33-34 m. Det er ikke sprøbruddmateriale i prøvene fra 28-29 eller 44-45 m i samme posisjon. Den dypestliggende prøven (44-45 m) er lite sensitiv.

Tyngdetettheten varierer i hovedsak mellom 18 og 20,5 kN/m<sup>3</sup>. Prøvenes vanninnhold varierer i hovedsak fra 20 % til 30 %, de dypeste prøvene viser vanninnhold fra ca. 30 % til noe over 40 %. Vanninnholdet er mellom plastisitets- og flytegrensene i alle de dype prøvene unntatt sprøbruddprøven. Se detaljer i tegning V201 og i laboratorierapport, vedlegg A.

#### 3.4.2 Prøver i BH08 (terreng +45,66)

I BH08 er det ikke påvist sprøbruddmateriale i noen av de undersøkte dybdene (prøvedybdene). Leire i prøve fra 32-33 m er sensitiv, men har omrørt skjærstyrke omtrent 4 kPa. De 2 dypeste prøvene, fra 38-39 m dyp og 43-44 m dyp, er lite sensitive.

Tyngdetettheten varierer i hovedsak mellom 18 og 21 kN/m<sup>3</sup>, lavest tyngdetetthet på de dypeste prøvene. Prøvenes vanninnhold varierer fra 20 % til noe over 45 % (høyere med dybden). Vanninnholdet er mellom plastisitets- og flytegrensene i alle prøvene. Se detaljer i tegning V204.

### 3.4.3 Prøver i BH10 (terreng +33,02)

I BH10 er det ikke påvist sprøbruddmateriale i noen av de undersøkte dybdene (prøvedybdene). Leire i prøve fra 21-22 m er sensitiv, men har omrørt skjærstyrke omtrent 3 kPa. Prøvene fra 26 m dyp og dypere er lite sensitive.

Tyngdetettheten varierer i hovedsak mellom 18 og 20,5 kN/m<sup>3</sup>. Prøvenes vanninnhold varierer fra 20 % til noe over 40 %. I 21 meters dybde er flyteindeksen ca. 1, i de dypere prøver er vanninnholdet mellom plastisitets- og flytegrensene med flyteindeks 0,5 eller lavere. Se detaljer i tegning V205.

## 3.5 Lagdeling

Det er laget et samleprofil A-A. Profilets plassering er vist i situasjonsplanen i tegning V101. Profilet er vist i tegning V301. Resultatene viser gjennomgående overgangen fra øvre varierende masser til det mektige underliggende leirlaget. Det øvre laget, i hovedsak bestående av sand- og siltmasser, kan deles inn i flere tynnere lag med større eller mindre innslag av silt og sand, med stedvis noe leir eller grus.

Lagdelingen viser en helning fra Gløshaugplatået og vest-sydvestover ned skråningen i retning mot Klæbuveien. Lagdelingens helning er noe slakere enn terrengoverflaten, det vil si at det øvre laget som er dominert av silt og sand er noe tykkere på Gløshaugplatået enn det er ved bunnen av skråningen. Ved planlagt bygg (Gløshaugplatået) er dybden ned til det tykke leirlaget opp mot 25 m, mens tilsvarende dybde ved skråningsbunnen er cirka 15 m.

I nord-syd-retning (N-NV mot S-SØ) er grunnforholdene / lagdelingen mer homogen. Det er ingen store forskjeller mellom de sydligste (BH09/BH10) og nordligste (BH06) av våre undersøkelsespunkter i så måte.



## 4 Referanser

- Ref. 1* Statens vegvesen, Håndbok R211 Feltundersøkelser, Statens vegvesen, 1997.
- Ref. 2* Norsk geoteknisk forening, Melding nr. 9 - Veiledning for utførelse av totalsondering, Norsk geoteknisk forening, 1994.
- Ref. 3* Norsk geoteknisk forening, Melding nr. 5 - Veiledning for utførelse av trykksøndering, Norsk geoteknisk forening, 1982.
- Ref. 4* Norsk geoteknisk forening, Melding nr. 6 - Veiledning for måling av grunnvannstand og poretrykk, Norsk geoteknisk forening, 1989.
- Ref. 5* Norsk geoteknisk forening, Melding nr. 11 - Veiledning for utførelse av prøvetaking, Norsk geoteknisk forening, 2013.
- Ref. 6* Statens vegvesen, Håndbok R210 Laboratorieundersøkelser, Statens vegvesen, 2016.

TEGNFORKLARING

- ⊕ PORETRYKHMÅLING    ⊙ PRØVESERIE
- ⊖ TOTALFØNDRING
- ⊖ DREIETRUKKSONDERING    ▽ TRYKKSØNDRING

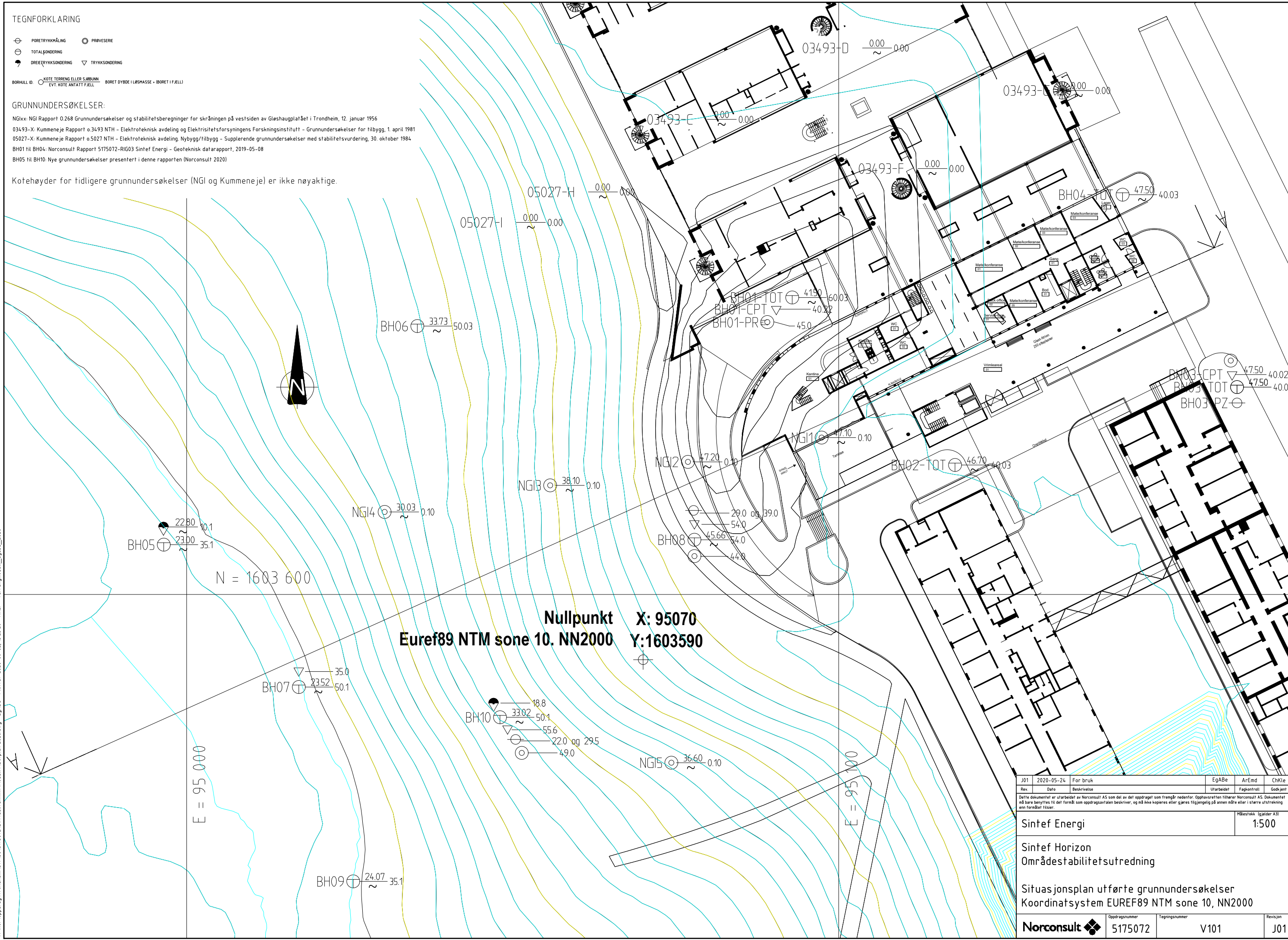
BORHULL ID: ○ KOTE TERRENG ELLER SÅBUNN    ○ BORET DYBDE I LØSHASSE + (BORET I FJELL)  
 EVT. KOTE ANTATT FJELL

GRUNNUNDERSØKELSER:

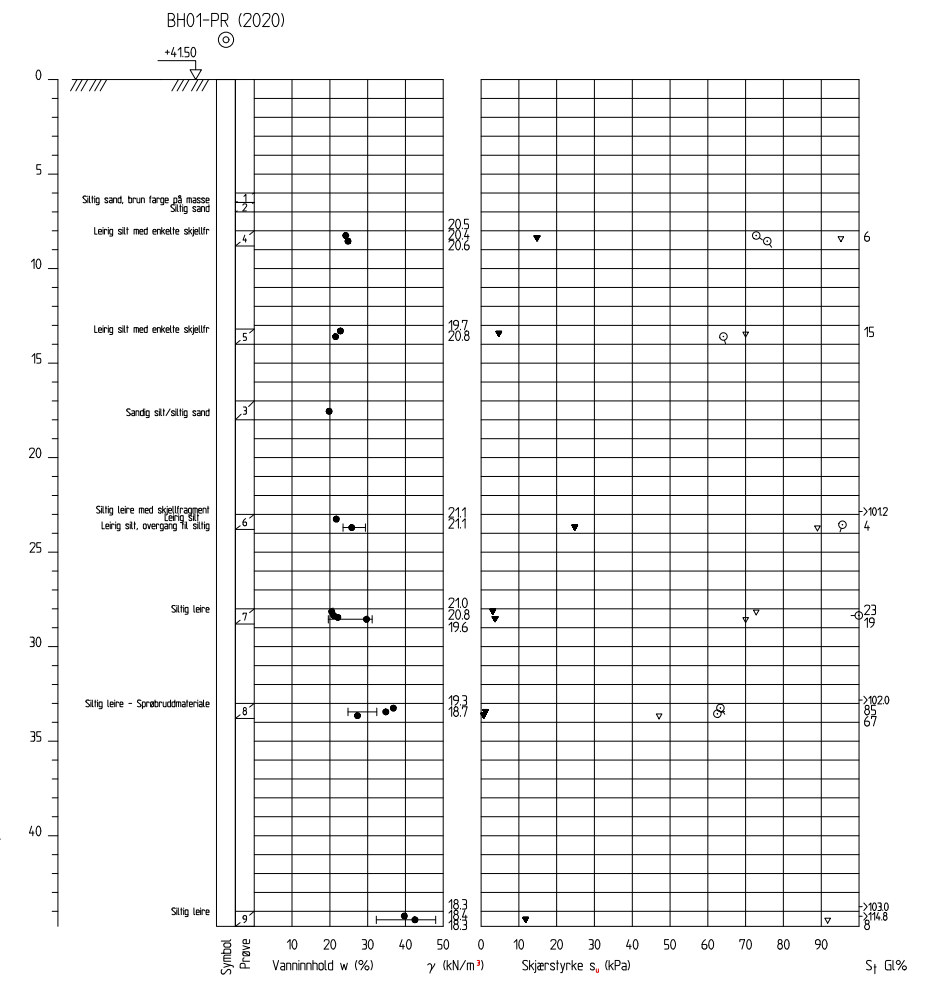
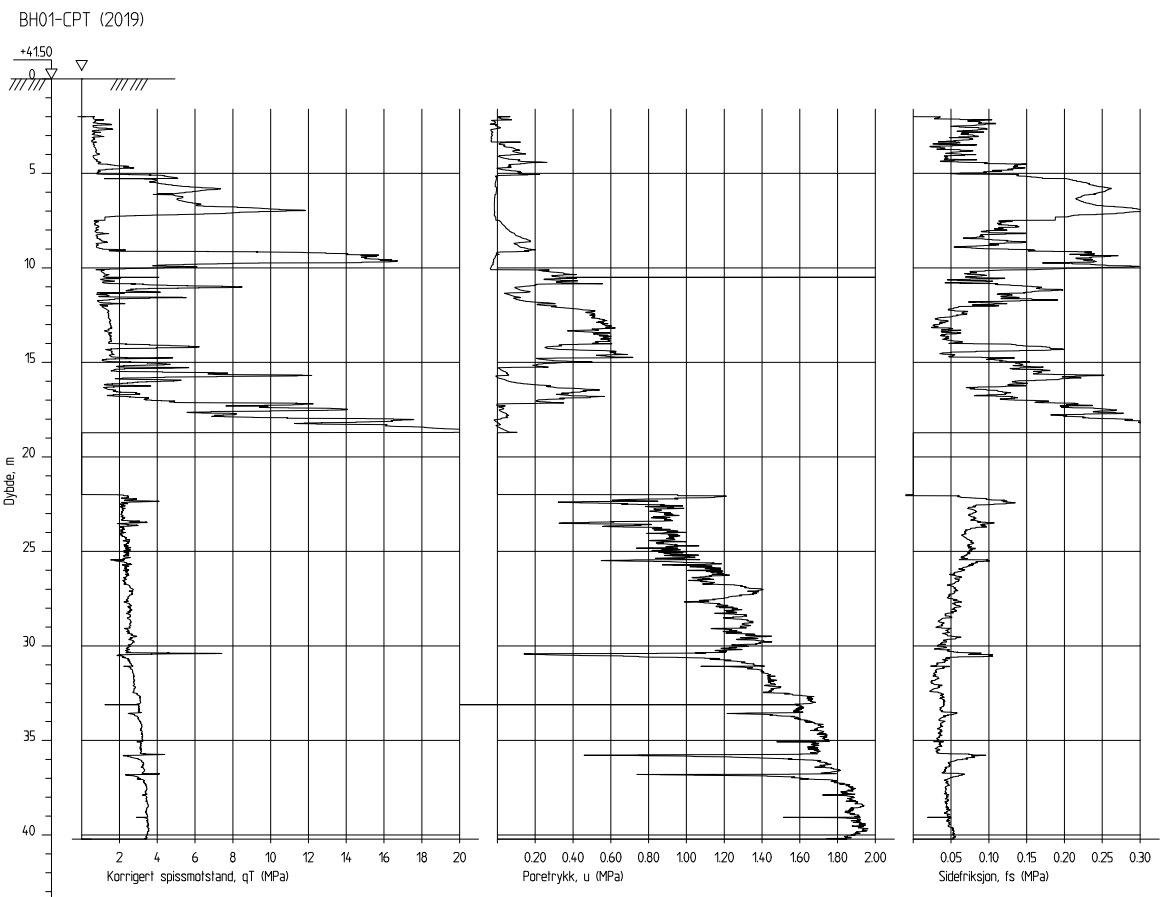
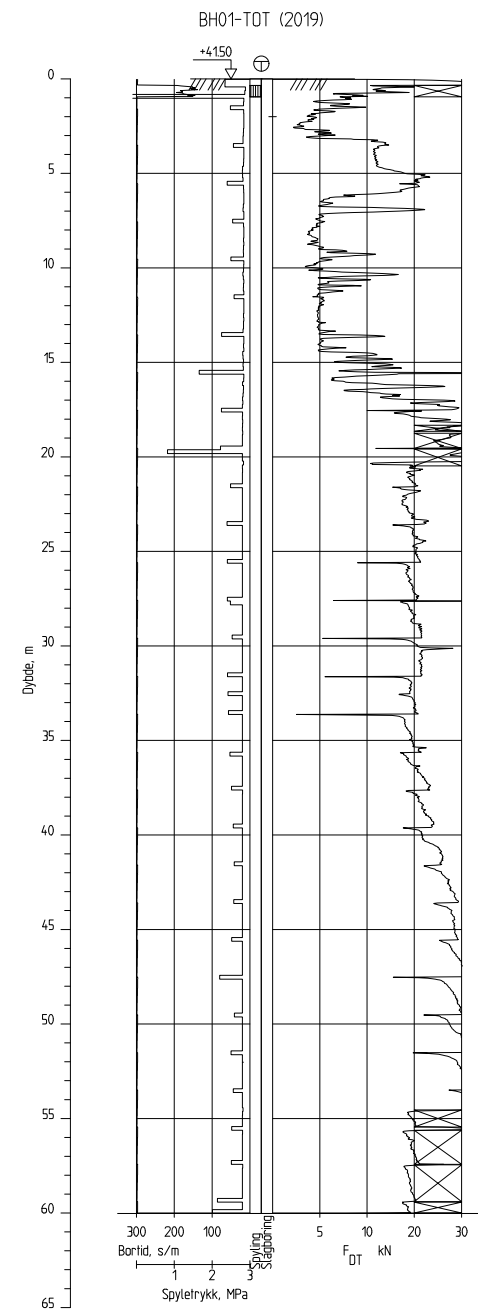
NGIxx: NGI Rapport 0.268 Grunnundersøkelser og stabilitetsberegninger for skrånningen på vestsiden av Gløshaugplatået i Trondheim, 12. januar 1956  
 03493-X: Kummeneje Rapport o.3493 NTH - Elektroteknisk avdeling og Elektrisitetsforsynings Forskningsinstitutt - Grunnundersøkelser for tilbygg, 1. april 1981  
 05027-X: Kummeneje Rapport o.5027 NTH - Elektroteknisk avdeling, Nybygg/tilbygg - Supplerende grunnundersøkelser med stabilitetsvurdering, 30. oktober 1984  
 BH01 til BH04: Norconsult Rapport 5175072-RIG03 Sintef Energi - Geoteknisk datarapport, 2019-05-08  
 BH05 til BH10: Nye grunnundersøkelser presentert i denne rapporten (Norconsult 2020)

Kotehøyder for tidligere grunnundersøkelser (NGI og Kummeneje) er ikke nøyaktige.

"X:\nor\oppdrag\Trondheim\5175072\5175072\BHM\Geoteknikk\Modell\1\Borplan\_2020.dwg - EgaBe - Plotter: 2020-06-02, 15:23:28 - XREF = Terrenngmodell\_egbe\_2020"

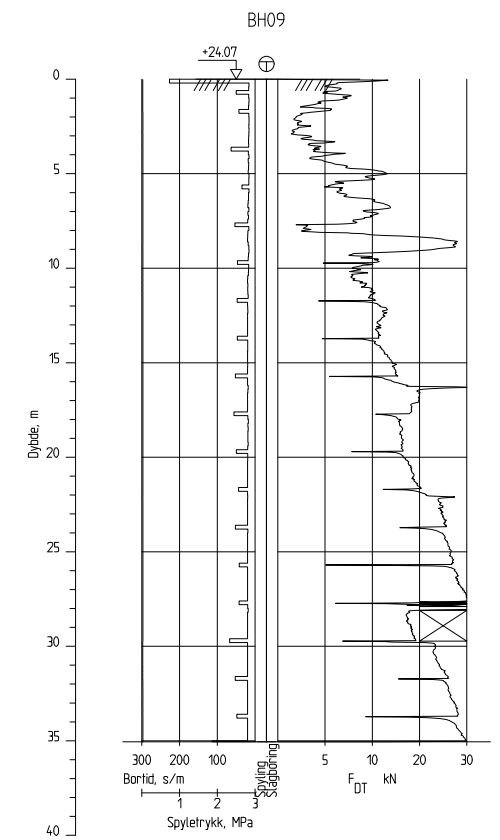
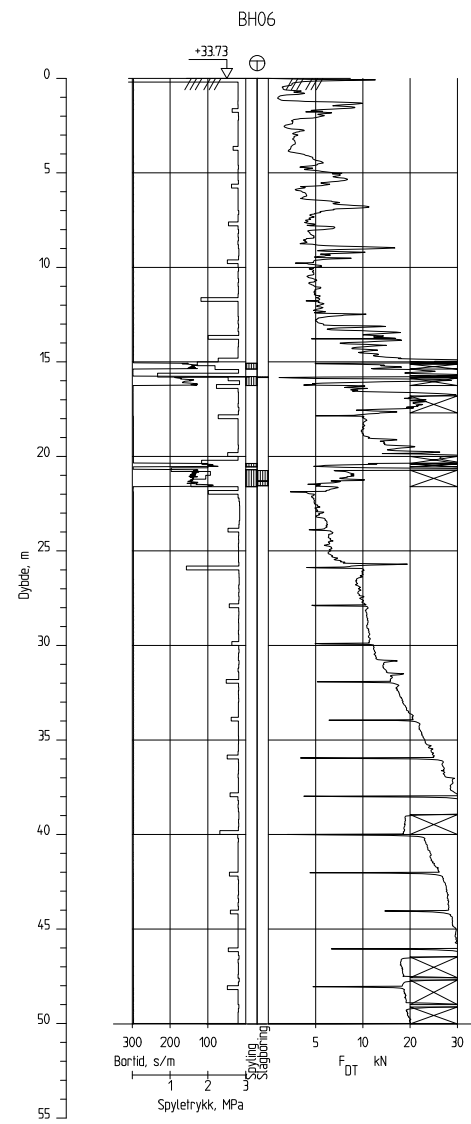
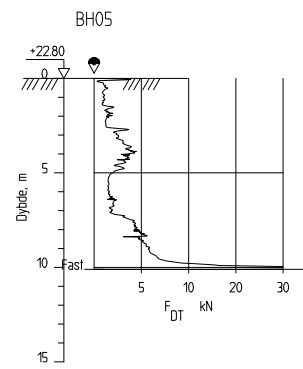
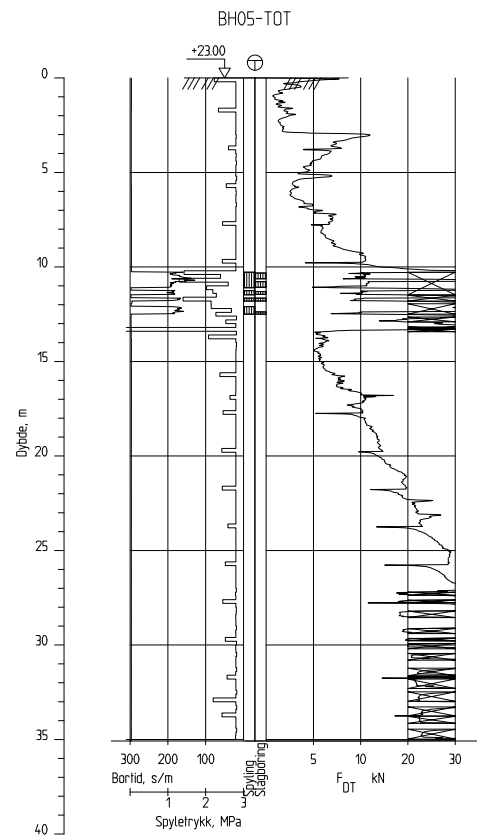


Rev.	Dato	Beskrivelse	EgÅBe	ArEmd	ChKle
J01	2020-05-24	For bruk			
			Utarbeidet	Fagkontroll	Godkjent
<small>Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som fremgår nedenfor. Opphavretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.</small>					
Sintef Energi					Målestokk Igjelder A3! 1:500
Sintef Horizon Områdestabilitetsutredning					
Situasjonsplan utførte grunnundersøkelser Koordinatsystem EUREF89 NTM sone 10, NN2000					
Norconsult		Oppdragsnummer 5175072	Tegningsnummer V101	Revisjon J01	



X:\tron\opprdrag\Trondheim\517505\5175072\BIM\Geoteknikk\Modell\Sonderinger 2020\bredde.dwg - EgABe - Plottet: 2020-05-02, 14:21:15 - LAYOUT = V201

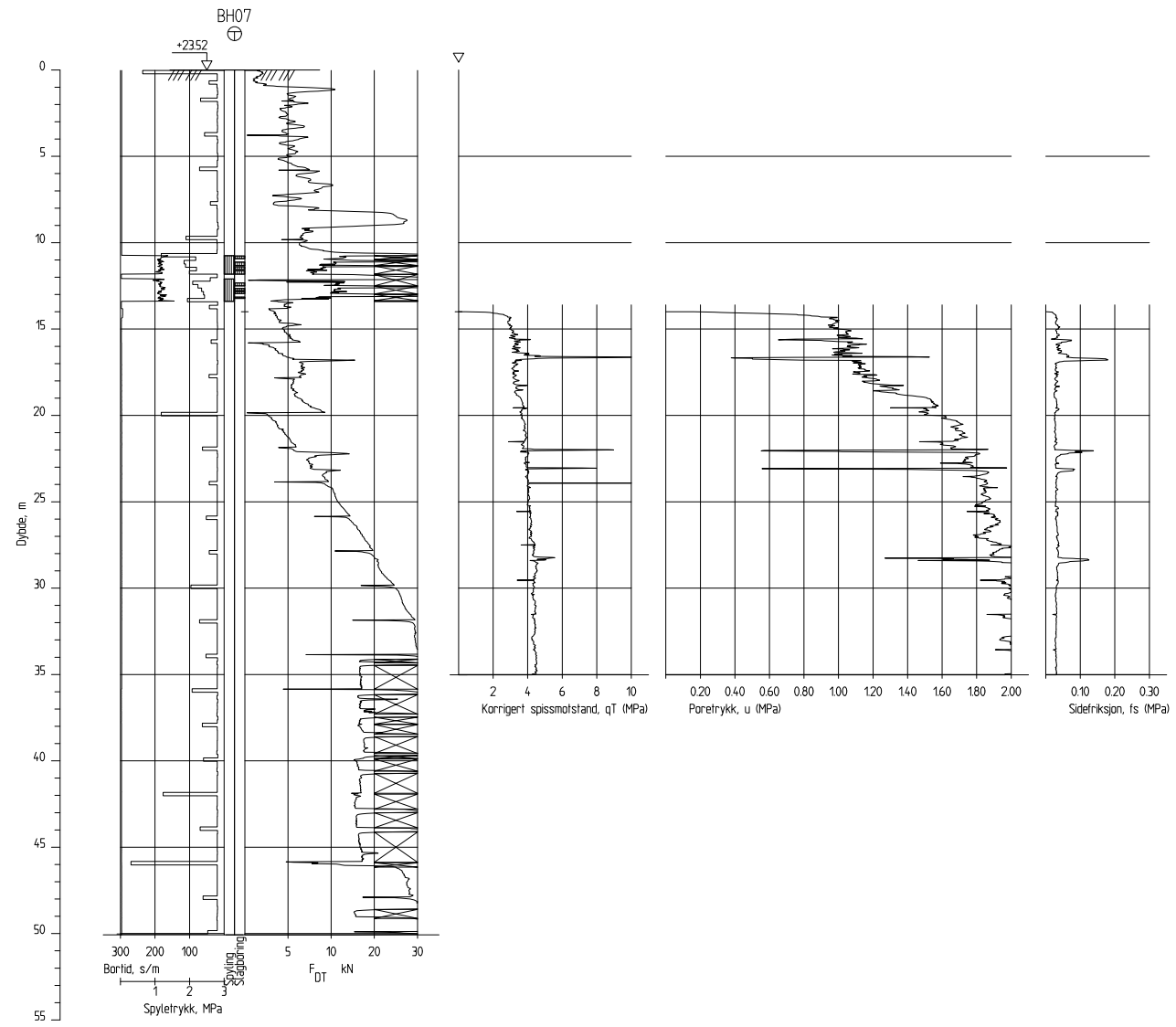
J01	2020-05-24	For bruk	EgABe	ArEmnd	ChKle
Rev.	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontroll	Godkjent
<small>Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som fremgår nedenfor. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrækning enn formålet tillater.</small>					
<b>Sintef Energi</b>					<small>Målestokk (gjelder A3)</small> <b>1:400</b>
<b>Sintef Horizon</b> <b>Områdestabilitetsutredning</b>					
<b>Sonderingsprofiler (2019) og prøvetakning (2020)</b> <b>Posisjon BH01</b>					
<b>Norconsult</b>		<small>Oppdragsnummer</small> <b>5175072</b>	<small>Tegningsnummer</small> <b>V201</b>	<small>Revisjon</small> <b>J01</b>	



X:\tron\oppdrag\Trondheim\517505\5175072\BIM\Geoteknik\Modell\Sonderinger 2020 bredde.dwg - EgAbe - Plottet: 2020-05-24, 16:17:56 - LAYOUT = V202

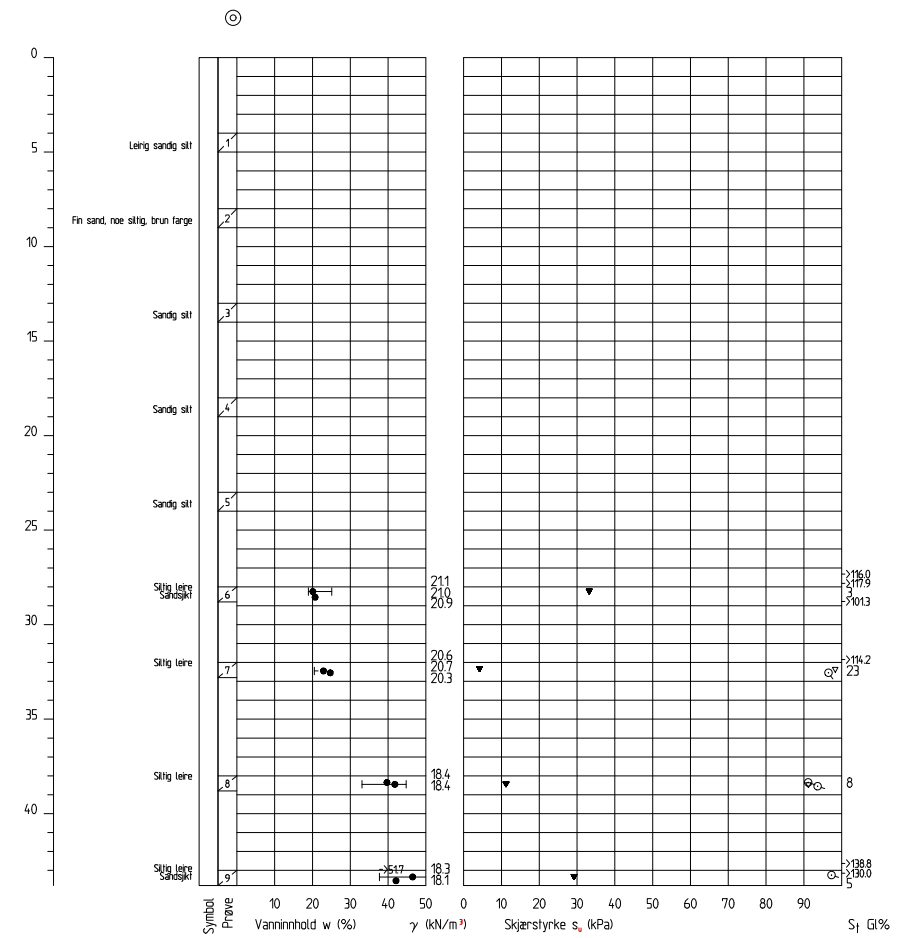
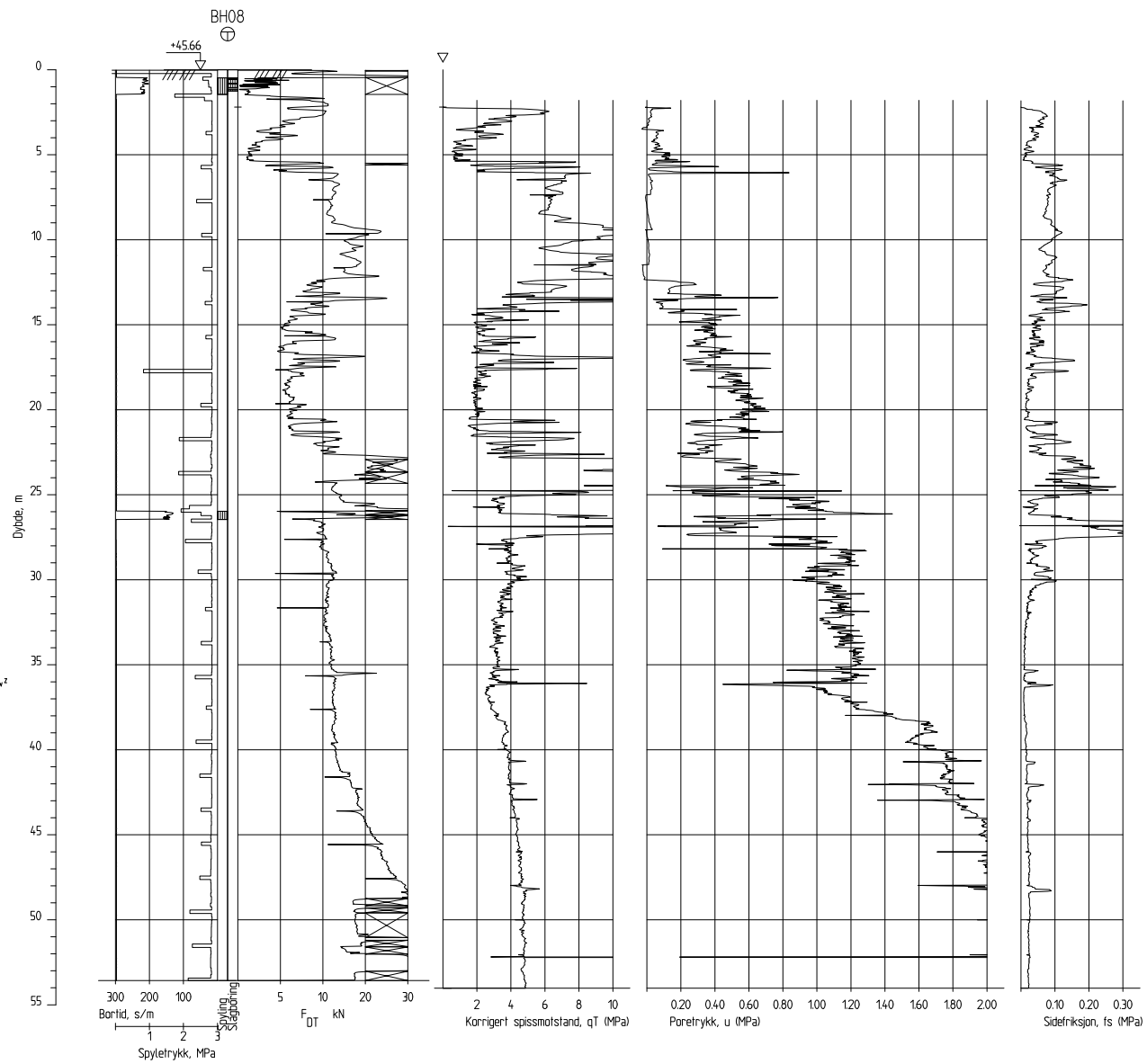
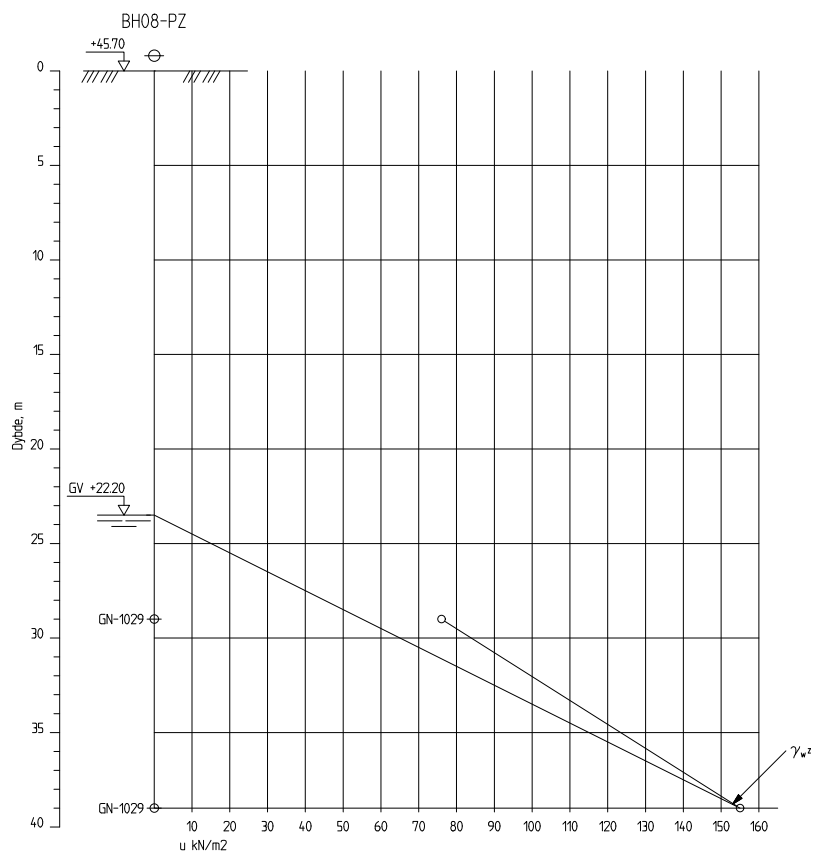
Rev.	Dato	Beskrivelse	EgAbe	ArErnd	ChKle
J01	2020-05-24	For bruk			
<small>Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som fremgår nedenfor. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrækning enn formålet tillater.</small>			<small>Målestokk (gjelder A3)</small> <b>1:400</b>		
<b>Sintef Energi</b> <b>Sintef Horizon</b> <b>Områdestabilitetsutredning</b> <b>Sonderingsprofiler</b> <b>Posisjonene BH05, BH06 og BH09</b>					
<b>Norconsult</b>		<small>Oppdragsnummer</small> <b>5175072</b>	<small>Tegningsnummer</small> <b>V202</b>	<small>Revisjon</small> <b>J01</b>	





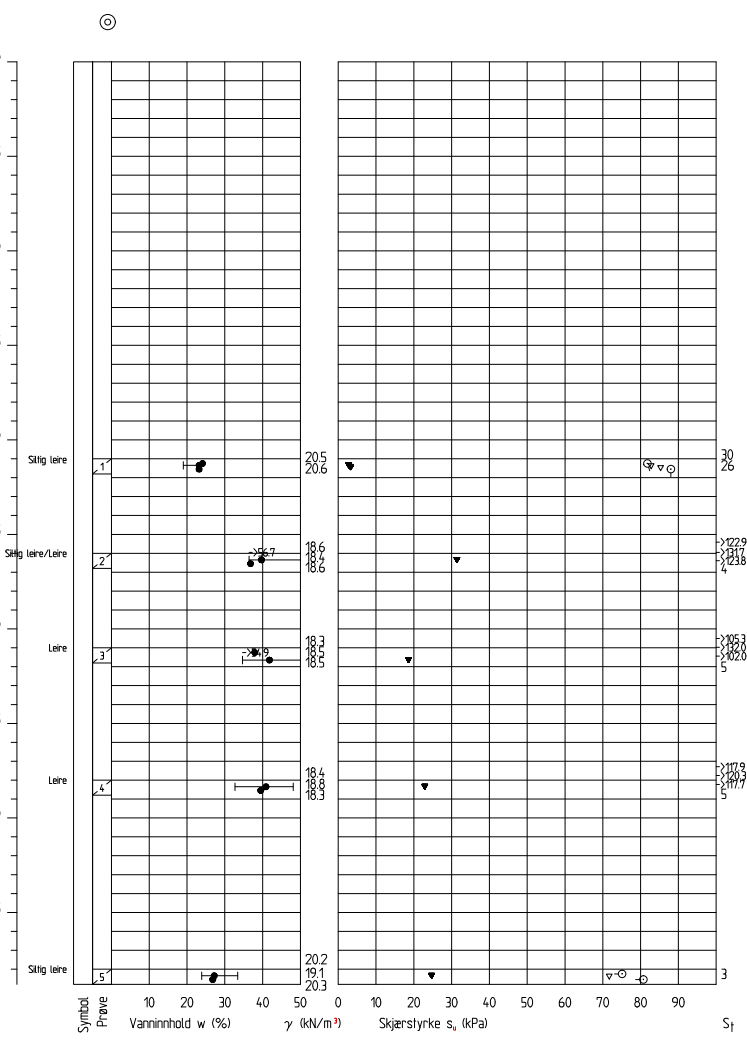
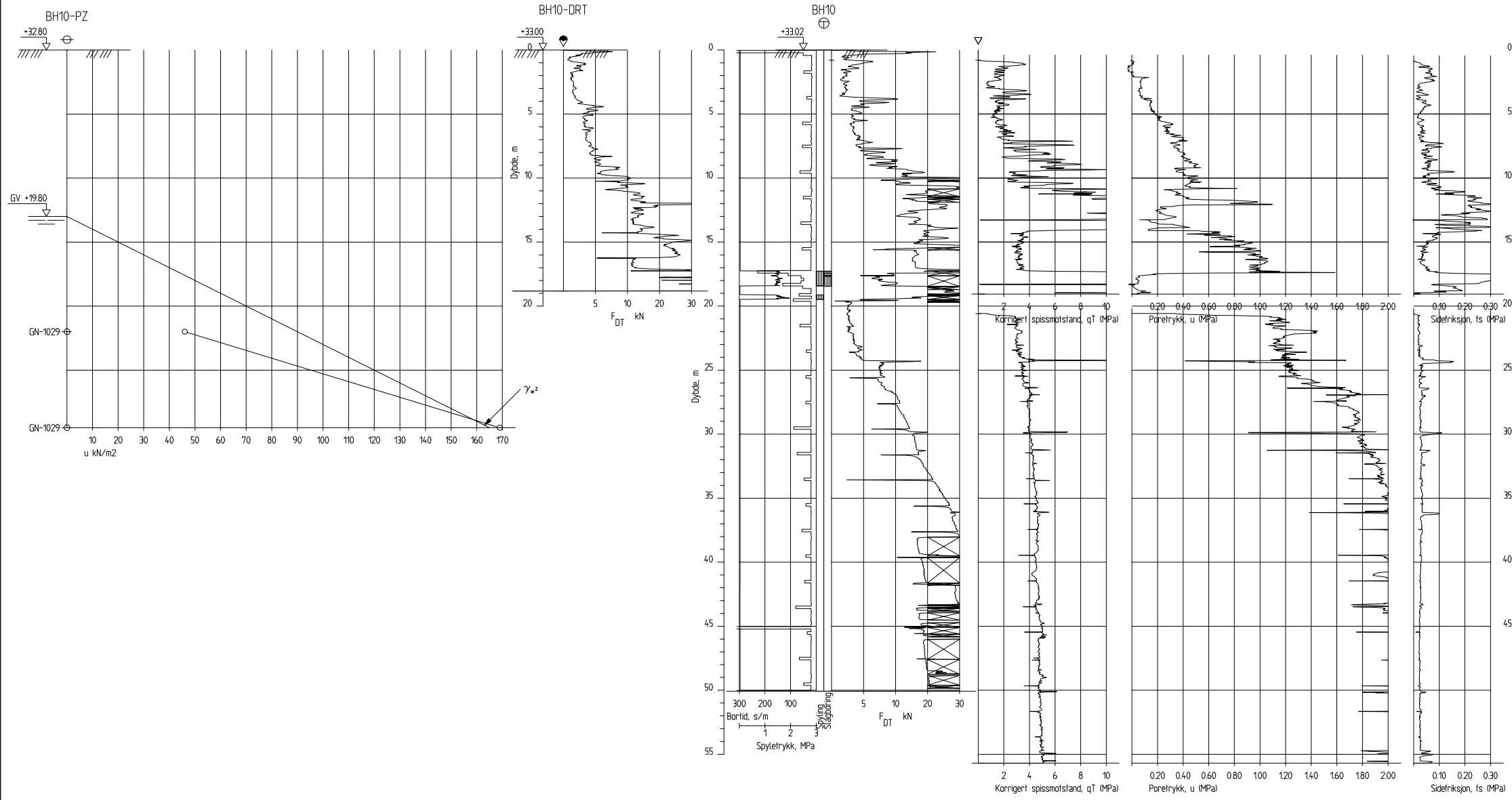
X:\tron\oppdrag\Trondheim\517505\5175072\BIM\Geoteknik\Modell\Sonderinger 2020\bredde.dwg - EgABe - Plottet: 2020-05-24, 16:18:15 - LAYOUT = V203

J01	2020-05-24	For bruk	EgABe	ArEmd	ChKle
Rev.	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontroll	Godkjent
Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som fremgår nedenfor. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrækning enn formålet tillater.					Målestokk (gjelder A3)
<b>Sintef Energi</b>					<b>1:400</b>
<b>Sintef Horizon</b> <b>Områdestabilitetsutredning</b>					
<b>Sonderingsprofiler</b> <b>Posisjon BH07</b>					
<b>Norconsult</b>		Oppdragsnummer	Tegningsnummer	Revisjon	
		5175072	V203	J01	



X:\tron\oppdrag\Trondheim\517505\5175072\BIM\Geoteknik\Modell\Sonderinger\2020\brede.dwg - EgAbe - Plottet: 2020-05-03, 09:56:35 - LAYOUT = V204

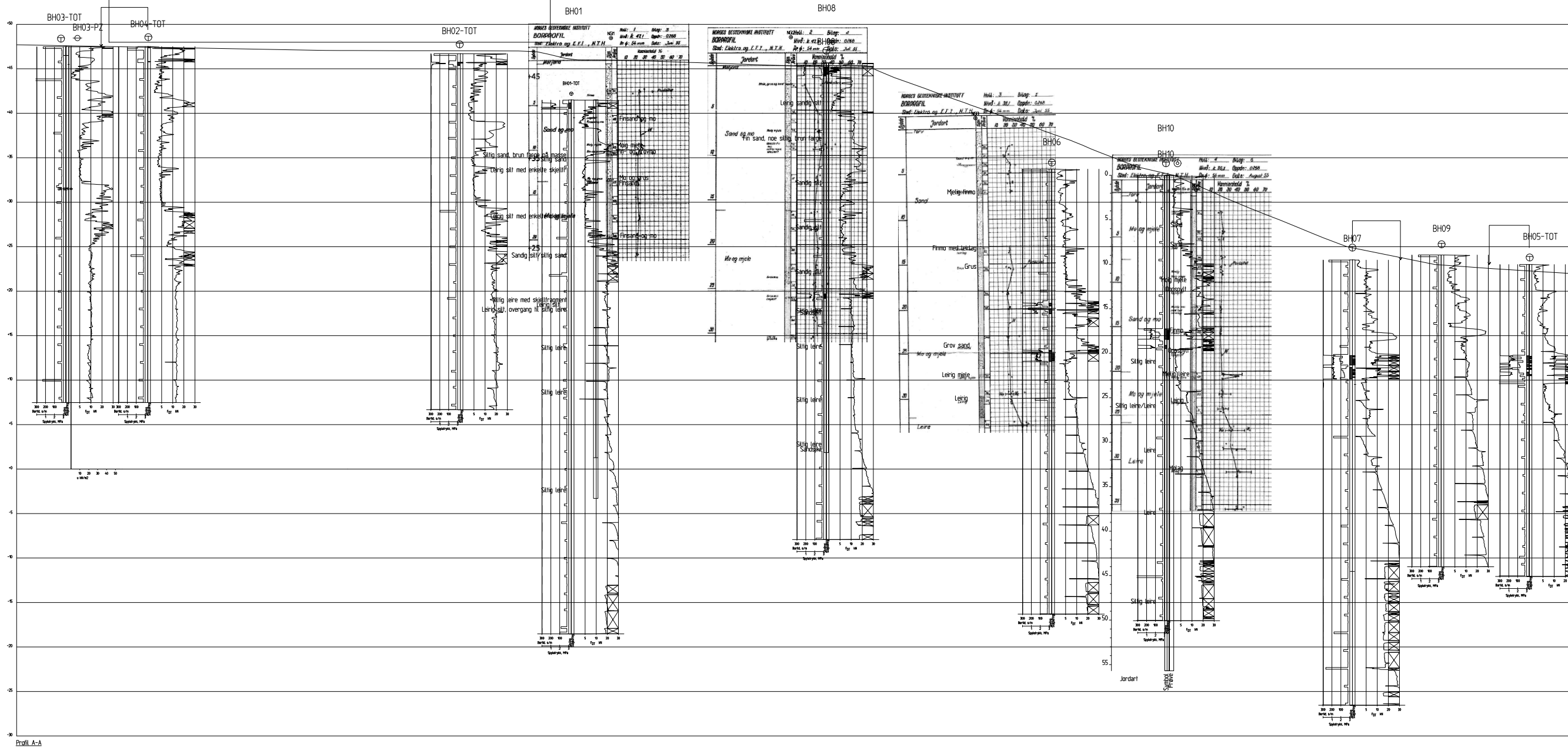
J01	2020-05-24	For bruk	EgAbe	ArErnd	ChKle
Rev.	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontroll	Godkjent
Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som fremgår nedenfor. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrækning enn formålet tillater.					
<b>Sintef Energi</b>					Målestokk (gjelder A3) <b>1:400</b>
<b>Sintef Horizon</b> <b>Områdestabilitetsutredning</b>					
<b>Sonderingsprofiler og prøvetakning</b> <b>Posisjon BH08</b>					
<b>Norconsult</b>		Oppdragsnummer	Tegningsnummer	Revisjon	
		5175072	V204	J01	



X:\tron\oppdrag\Trondheim\517505\5175072\BIM\Geoteknikk\Modell\Sonderinger 2020\brede.dwg - EgAbe - Plottek: 2020-05-03, 09:56:55 - LAYOUT = V205

J01	2020-05-24	For bruk	EgAbe	ArEmd	ChKle
Rev.	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontroll	Godkjent
<p>Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som fremgår nedenfor. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrækning enn formålet tillater.</p>					
<b>Sintef Energi</b>					Målestokk (gjelder A3) <b>1:400</b>
<b>Sintef Horizon</b> <b>Områdestabilitetsutredning</b>					
<b>Sonderingsprofiler og prøvetakning</b> <b>Posisjon BH10</b>					
<b>Norconsult</b>		Oppdragsnummer	Tegningsnummer	Revisjon	
		5175072	V205	J01	

Omtrentlig utstrekning planlagt bygg

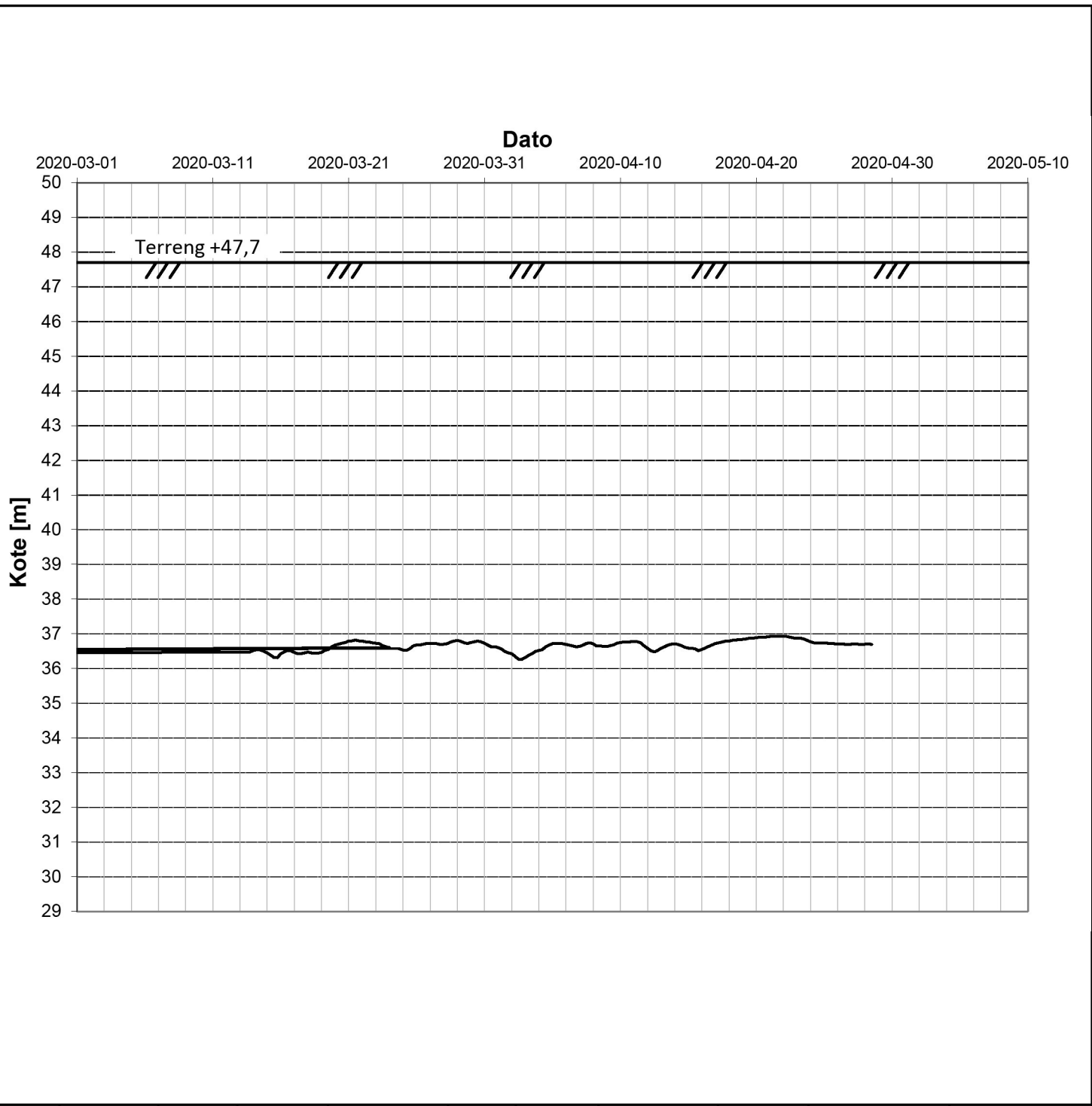



Profil A-A

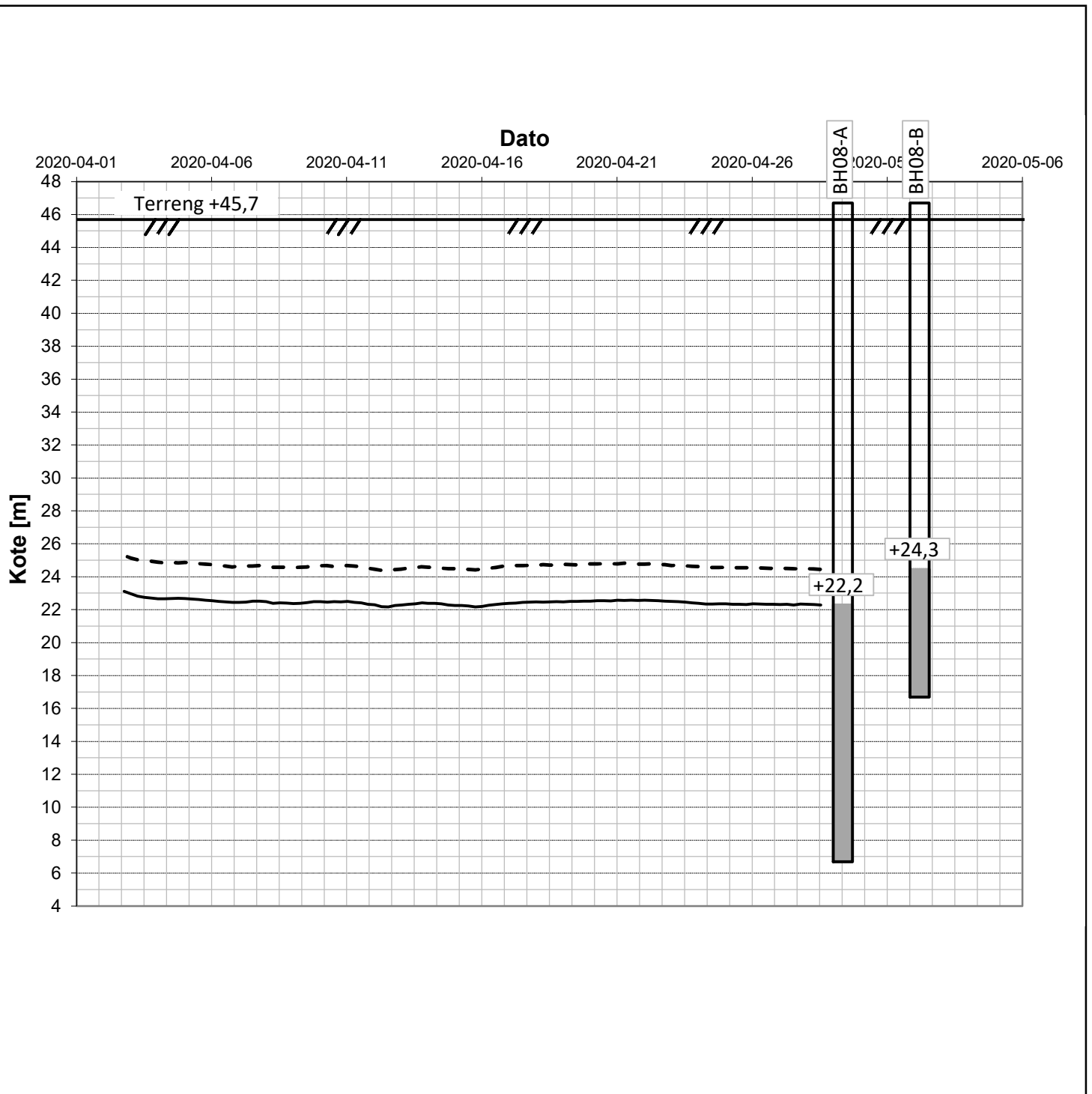
X:\tron\oppdrag\Trondheim\517505\5175072\BIM\Geoteknik\Modell\Profil A omrøsteb mai2020.dwg - EgABe - Plottet: 2020-06-02, 14:07:22


Rev.	Dato	Beskrivelse	EgABe	ArEmd	ChKle
J01	2020-06-02	For bruk			
Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som fremgår nedenfor. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tillater.			Målestokk (gjelder A3) <b>1:500</b>		
<b>Sintef Energi</b> Sintef Horizon Områdestabilitetsutredning Snittegning sonderingsprofiler - Profil A					
<b>Norconsult</b>		Oppdragsnummer	Tegningsnummer	Revisjon	
		5175072	V301	J01	

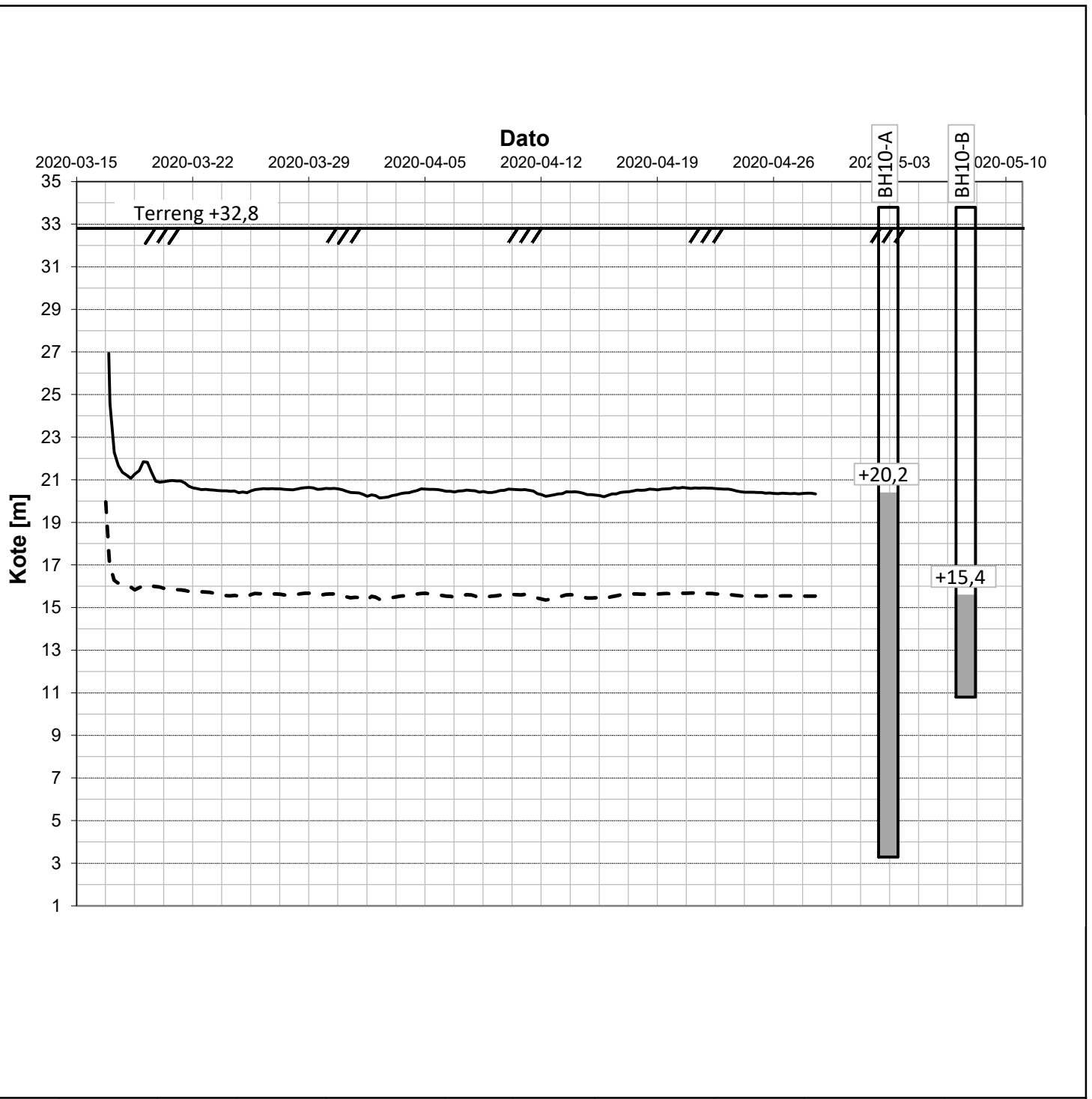





	Måler- posisjon	Kote terreng	Topp rør	D. u. terreng spiss	Kote spiss	Intervall [timer]	Målertype	Sondenr.	Installert	Sist avlest
—	BH03	47,7	1,0	16,0	31,7	6	Elektrisk	15345	2019-03-10	2020-04-28
- - -									(omtrent)	
- . .										
Kunde										
<b>Sintef Energi</b> Oppdragsnr. 5175072 Sintef Energi områdestabilitet										
Forsøk				Tegning			Rapport			
Poretrykksmåler				V501			5175072-RIG01			
Utført		Kontrollert		Godkjent		Posisjon		Dato		
Egil A. Behrens		Arnfinn Emdal		Christofer Klevsjø		BH03		2020-05-25		



	Måler- posisjon	Kote terreng	Topp rør	D. u. terreng spiss	Kote spiss	Intervall [timer]	Målertype	Sondenr.	Installert	Sist avlest	
—	BH08-A	45,7	1,0	39,0	6,7	6,0167	Elektrisk	17505	2020-04-02	2020-04-28	
- - -	BH08-B	45,7	1,0	29,0	16,7	6	Elektrisk	17479	2020-04-02	2020-04-28	
- . .											
Kunde											
<b>Sintef Energi</b> Oppdragsnr. 5175072 Sintef Energi områdestabilitet											
Forsøk				Tegning			Rapport				
Poretrykksmåler				V502			5175072-RIG13				
Utført		Kontrollert		Godkjent		Posisjon		Dato			
Egil A. Behrens		Arnfinn Emdal		Christofer Klevsjø		BH08		2020-05-25			



	Måler- posisjon	Kote terreng	Topp rør	D. u. terreng spiss	Kote spiss	Intervall [timer]	Målertype	Sondenr.	Installert	Sist avlest	
—	BH10-A	32,8	1,0	29,5	3,3	6	Elektrisk	17590	2020-03-16	2020-04-28	
- - -	BH10-B	32,8	1,0	22,0	10,8	6	Elektrisk	15465	2020-03-16	2020-04-28	
- . .											
Kunde											
<b>Sintef Energi</b> Oppdragsnr. 5175072 Sintef Energi områdestabilitet											
Forsøk				Tegning			Rapport				
Poretrykksmåler				V503			5175072-RIG13				
Utført		Kontrollert		Godkjent		Posisjon		Dato			
Egil A. Behrens		Arnfinn Emdal		Christofer Klevsjø		BH10		2020-05-25			

Sintef Energi

# ► Sintef Energi områdestabilitet

Geoteknisk laboratorierapport

Oppdragsnr.: 5201202 Dokumentnr.: RIG-LAB01 Versjon: J01 Dato: 2020-05-25



Illustrasjonsfoto



**Oppdragsnavn:** Sintef Energi områdestabilitet  
**Oppdragsgiver:** Sintef Energi  
**Rådgiver:** Norconsult AS, Grandfjæra 24, NO-6415 Molde  
**Fagansvarlig lab:** Synne Tveiten  
**Ansvarlig geotekniker:** Egil Behrens  
**Andre nøkkelpersoner:** Hilde Risung

**Prøver mottatt:** Mars 2020  
**Poseprøver:** 8 stk  
**54 mm-prøver:** 12 stk  
**74 mm-prøver:** 3 stk  
**Dato oppstart for prøvingen:** 27.04.2020

**Oppdragsnummer LAB:** 5202995  
**Oppdragsnummer GEO:** 5201202  
**Oppdragsnummer GRU:** 5201642

J01	2020-05-25	For bruk	Synne Tveiten	Hilde Risung	Synne Tveiten
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

## ► Innhold

<b>1</b>	<b>Forsøksresultater</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Korngraderingsanalyser</b>	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>Enaksiale trykkforsøk</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>Bilder</b>	<b>17</b>
4.1	Bilder av prøvemateriale	17
4.2	Bilder av enaksiale trykkforsøk	21
<b>5</b>	<b>Referanser</b>	<b>27</b>
<b>6</b>	<b>Rapportering</b>	<b>28</b>

## Vedlegg

### Treksiale trykkforsøk

Anisotrop konsolidert treksialt trykkforsøk, CAUC, BH01, dybde 28,2-28,3 m
Anisotrop konsolidert treksialt trykkforsøk, CAUC, BH10, dybde 31,4-31,5 m

### Kontinuerlig ødometerforsøk

Kontinuerlig ødometerforsøk, BH01, dybde, 23,33-23,35 m
Kontinuerlig ødometerforsøk, BH01, dybde, 33,31-33,33 m
Kontinuerlig ødometerforsøk, BH10, dybde, 26,32-26,34 m
Kontinuerlig ødometerforsøk, BH10, dybde, 38,32-38,34 m

# 1 Forsøksresultater

Tabell 1: Opptatte prøver og laboratoriearbeid

Pos. /ID	Type [-]	Dybde [m]	Klassifisering	W [%]	TG [-]	W <sub>P</sub> [%]	W <sub>L</sub> [%]	C <sub>ufc</sub> [kPa]	C <sub>urfc</sub> [kPa]	C <sub>uuc</sub> [kPa]	ε <sub>a</sub> [%]	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	
BH01	P	6,0-6,5	Siltig sand, brun farge på massene										
BH01	P	6,5-7,0	Siltig sand										
BH01	P	17,0-18,0	<b>Sandig Leirig Silt</b>	19,8	T4								
BH01	74	8,0-8,8	Leirig silt med enkelte skjellfragmenter									20,5	
		8,00-8,15											
		8,15-8,30		24,2						72,8	6,8	20,4	
		8,30-8,45					95,2	14,8					
		8,45-8,60		24,8						75,7	7,5	20,6	
		8,60-8,75											
BH01	74	13,2-14,0	Leirig silt med enkelte skjellfragmenter									19,7	
		13,20-13,35		22,8									
		13,35-13,50					70,0	4,7					
		13,50-13,65		21,5						64,1	9,2	20,8	
		13,65-13,80	(Kort sylindertest)										
		13,80-13,95											
BH01	74	23,0-23,8	Siltig leire med skjellfragment									21,1	
		23,00-23,15	Leirig silt										
		23,15-23,30	Leirig silt, overgang til siltig leire	21,7						101,2	13,9	21,1	
		23,30-23,45	<b>CRSC</b>										
		23,45-23,60								95,6	10,7		
		23,60-23,75		25,8		23,5	29,4	89,0	24,8				
BH01	54	28,0-28,8	Siltig leire									21,0	
		28,1-28,2		20,5			20,8	72,8	3,1				
		28,2-28,3	<b>CAUC</b>										
		28,3-28,4		21,0						99,9	15,0	20,8	
		28,4-28,5	<b>Siltig Leire</b>	22,1	T4							19,6	
		28,5-28,6		29,7		19,6	31,2	70,0	3,7				
		28,6-28,7											

Pos. /ID	Type [-]	Dybde [m]	Klassifisering	W [%]	TG [-]	W <sub>P</sub> [%]	W <sub>L</sub> [%]	C <sub>ufc</sub> [kPa]	C <sub>urfc</sub> [kPa]	C <sub>uuc</sub> [kPa]	ε <sub>a</sub> [%]	γ [kN/m <sup>3</sup> ]
BH01	54	33,0-33,8	Siltig leire									19,3
		33,1-33,2										
		33,2-33,3		36,8						63,3	7,8	18,7
		33,3-33,4	CRSC									
		33,4-33,5	Sprøbruddmateriale	34,8		24,8	32,4	102,0	1,2			
		33,5-33,6								62,5	4,4	
		33,6-33,7	Sprøbruddmateriale	27,3				47,1	0,7			
BH01	54	44,0-44,8	Siltig leire/Leire									18,3
		44,1-44,2										
		44,2-44,3		39,7						103,0	7,5	18,4
		44,3-44,4										
		44,4-44,5		42,5		32,3	48,0	91,7	11,8			
		44,5-44,6								114,8	5,9	18,3
		44,6-44,7										
BH08	P	4,0-5,0	Leirig sandig silt									
BH08	P	8,0-9,0	Fin sand, noe siltig, brun farge på massene									
BH08	P	13,0-14,0	Sandig silt									
BH08	P	18,0-19,0	Sandig silt									
BH08	P	23,0-24,0	Sandig silt									
BH08	54	28,0-28,8	Siltig leire									21,1
		28,1-28,2	Sandsjikt									
		28,2-28,3		20,1		18,9	25,1	116,0	33,2			
		28,3-28,4								117,9	11,7	21,0
		28,4-28,5										
		28,5-28,6		20,7						101,3	8,4	20,9
		28,6-28,7										
BH08	54	32,0-32,8	Siltig leire									20,6
		32,1-32,2										
		32,2-32,3								114,2	12,8	20,7
		32,3-32,4					98,3	4,2				
		32,4-32,5		22,9		20,5	24,0		4,4			
		32,5-32,6		24,7						96,5	8,4	20,3
		32,6-32,7										



Pos. /ID	Type [-]	Dybde [m]	Klassifisering	W [%]	TG [-]	W <sub>P</sub> [%]	W <sub>L</sub> [%]	C <sub>ufc</sub> [kPa]	C <sub>urfc</sub> [kPa]	C <sub>uuc</sub> [kPa]	ε <sub>a</sub> [%]	γ [kN/m <sup>3</sup> ]
BH08	54	38,0-38,8	Siltig leire/Leire									18,4
		38,1-38,2										
		38,2-38,3										
		38,3-38,4		39,7						91,1	5,8	18,4
		38,4-38,5		41,8		33,1	44,8	91,2	11,2			
		38,5-38,6								93,6	6,2	18,4
		38,6-38,7										
BH08	54	43,0-43,8	Siltig leire/Leire									18,3
		43,1-43,2										
		43,2-43,3	Sandsjikt							97,3	6,1	18,2
		43,3-43,4		46,5		37,7	51,7	138,8	29,2			
		43,4-43,5										
		43,5-43,6		42,1						130,0	4,8	18,1
		43,6-43,7										
BH10	54	21,0-21,8	Siltig leire									20,5
		21,1-21,2										
		21,2-21,3	<b>Siltig Leire</b>	24,1	T4					81,8	9,2	20,6
		21,3-21,4		23,2		19,0	23,5	82,8	2,8			
		21,4-21,5						85,3	3,3			
		21,5-21,6		23,2						88,0	10,1	20,6
		21,6-21,7										
BH10	54	26,0-26,8	Siltig leire/Leire									18,6
		26,1-26,2										
		26,2-26,3								122,9	5,5	18,4
		26,3-26,4	<b>CRSC</b>	39,7		36,4	56,7	131,7	31,4			
		26,4-26,5										
		26,5-26,6		36,8						123,8	6,1	18,6
		26,6-26,7										

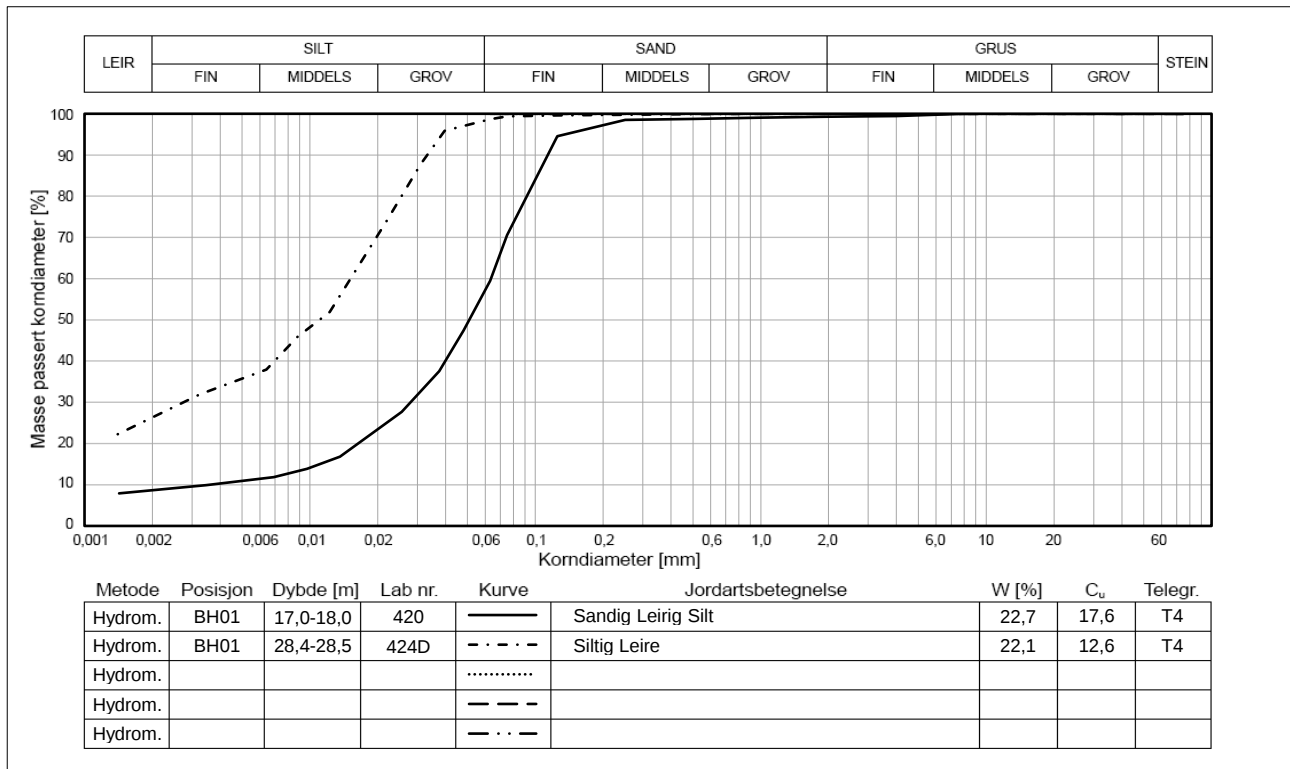
Pos. /ID	Type [-]	Dybde [m]	Klassifisering	W [%]	TG [-]	W <sub>P</sub> [%]	W <sub>L</sub> [%]	C <sub>ufc</sub> [kPa]	C <sub>urfc</sub> [kPa]	C <sub>uuc</sub> [kPa]	ε <sub>a</sub> [%]	γ [kN/m <sup>3</sup> ]
BH10	54	31,0-31,8	Leire									18,3
		31,1-31,2										
		31,2-31,3	<b>Leire</b>	37,9	T3					105,3	10,2	18,5
		31,3-31,4										
		31,4-31,5	<b>CAUC</b>							132,0	6,2	18,5
		31,5-31,6										
		31,6-31,7		41,8		34,7	54,9	102,0	18,6			
BH10	54	38,0-38,8	Leire									18,4
		38,1-38,2										
		38,2-38,3								117,9	6,5	18,8
		38,3-38,4	<b>CRSC</b>	40,9		32,7	48,1	120,3	22,9			
		38,4-38,5										
		38,5-38,6		39,5						117,7	6,0	18,3
		38,6-38,7										
BH10	54	48,0-48,8	Siltig leire									20,2
		48,1-48,2										
		48,2-48,3								75,1	15,0	19,1
		48,3-48,4		27,2		23,9	33,4	71,7	24,7			
		48,4-48,5										
		48,5-48,6		26,8						80,7	14,9	20,3
		48,6-48,7										

Jordartsklassifisering basert på korngraderingsanalyser er markert med **fet skrift**, andre prøver er visuelt klassifisert. Klassifiseringen sprøbruddmateriale er i henhold til beskrivelse i NGF melding nr.2.

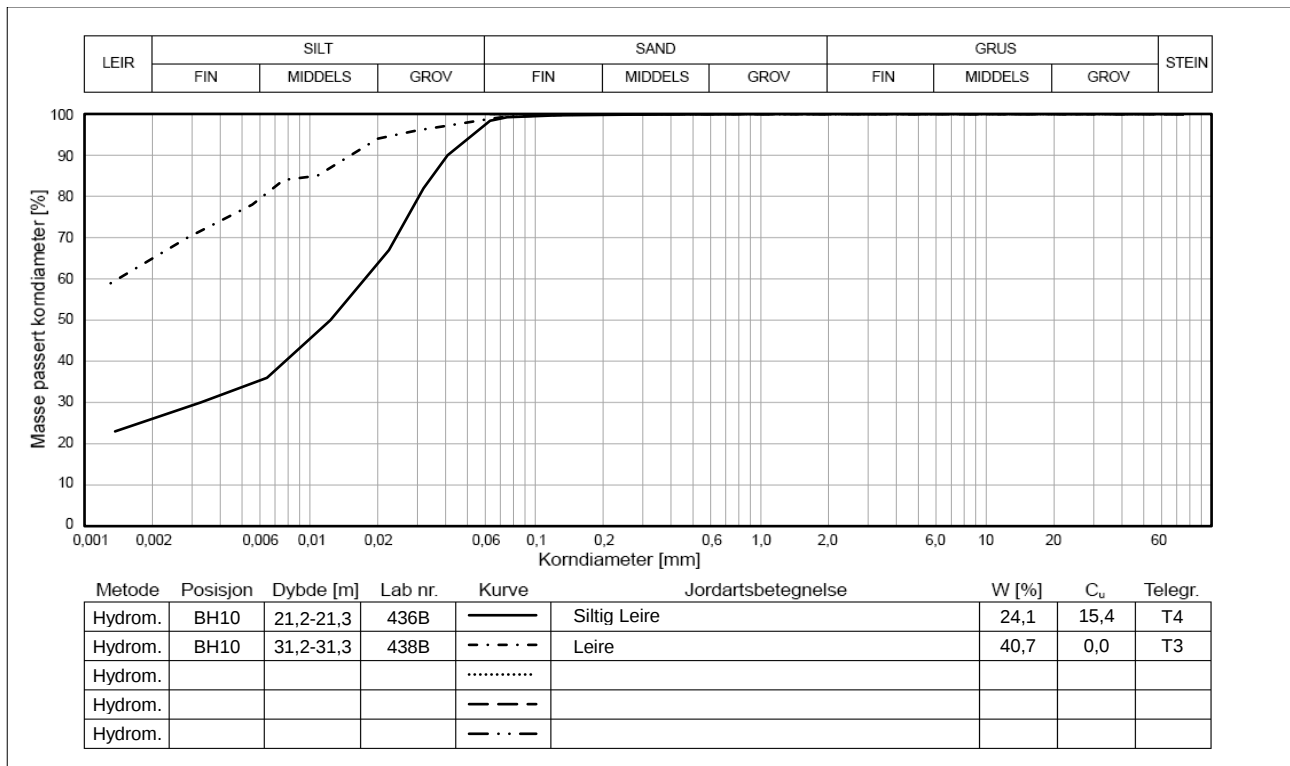
#### Symboler:

54/74	Uforstyrret 54/74 mm sylinderprøve	C <sub>ufc</sub>	Intakt skjærfasthet (konus)
P	Poseprøve (representativ)	C <sub>uuc</sub>	Intakt skjærfasthet (enaks)
W	Naturlig in-situ vanninnhold	ε <sub>a</sub>	Aksial bruddtøyning (enaks)
TG	Telefaregruppe (T1-T4)	γ	Tyngdetetthet
W <sub>F</sub>	Flytegrense	CAUC	Treaks
W <sub>P</sub>	Plastisitetsgrense	CRSC	Kontinuerlig ødometerforsøk

## 2 Korngraderingsanalyse

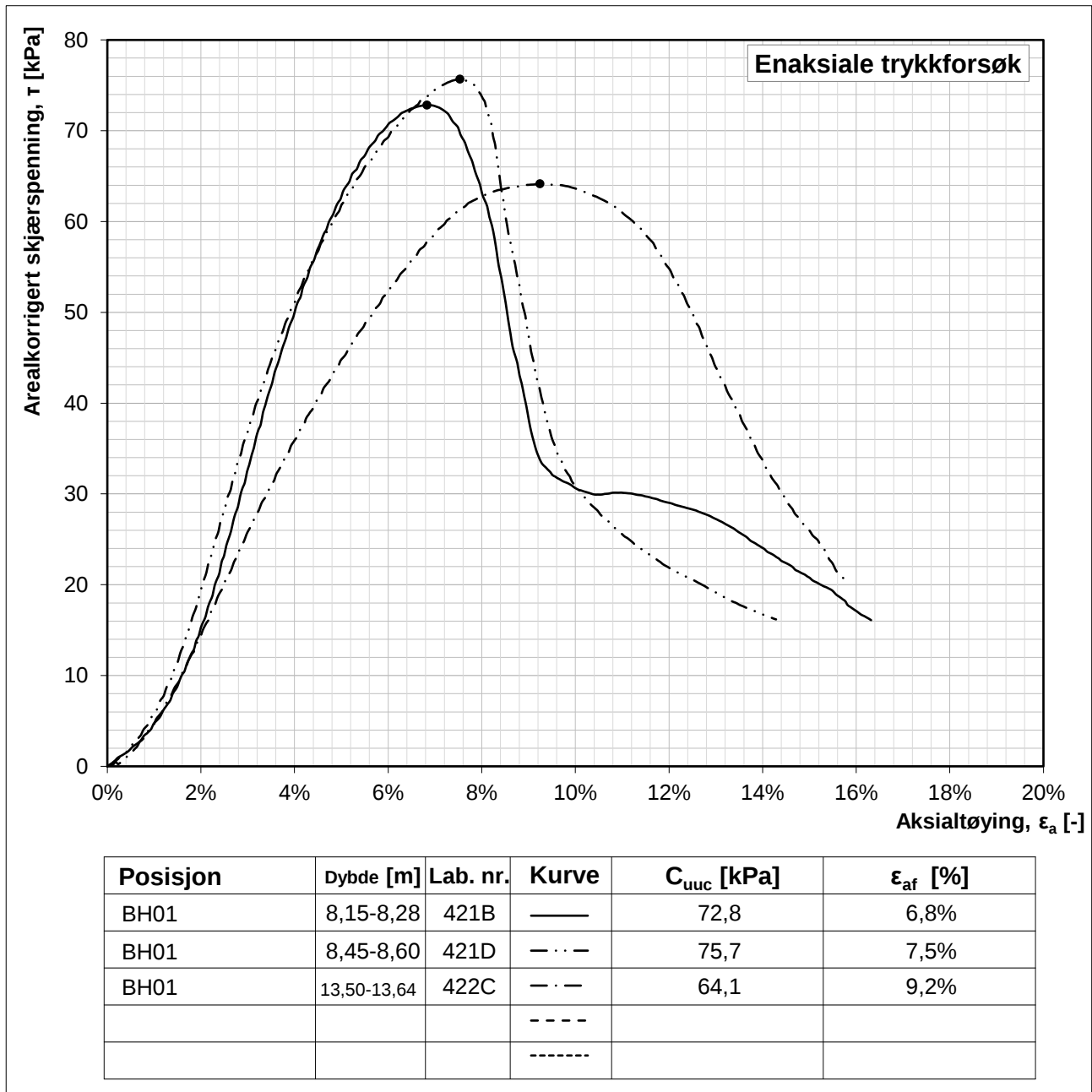


Figur 1 Korngraderingskurver i posisjon BH01

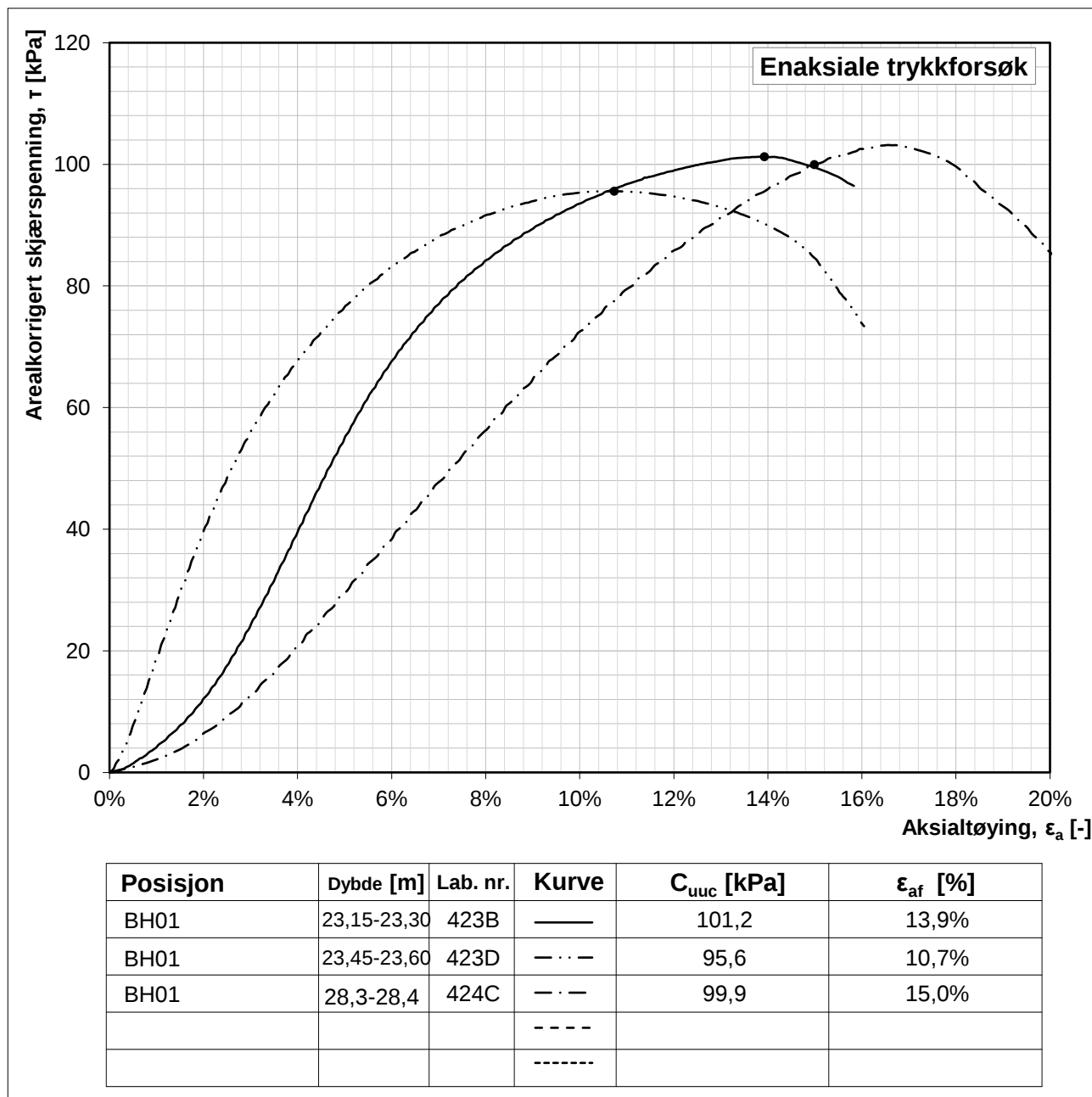


Figur 2 Korngraderingskurver i posisjon BH10

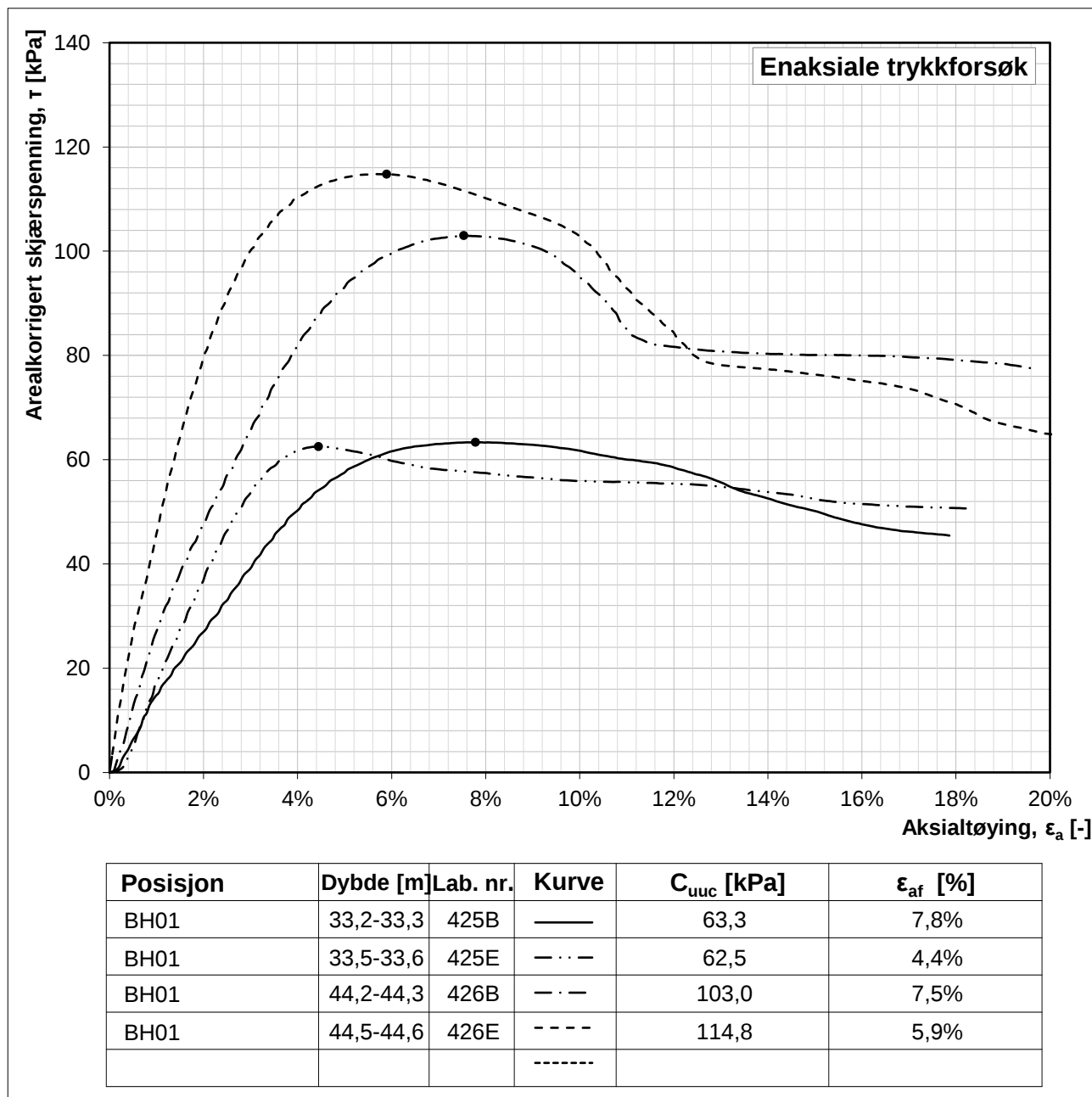
### 3 Enaksiale trykkforsøk



Figur 3 Enaksiale trykkforsøk i posisjon BH01

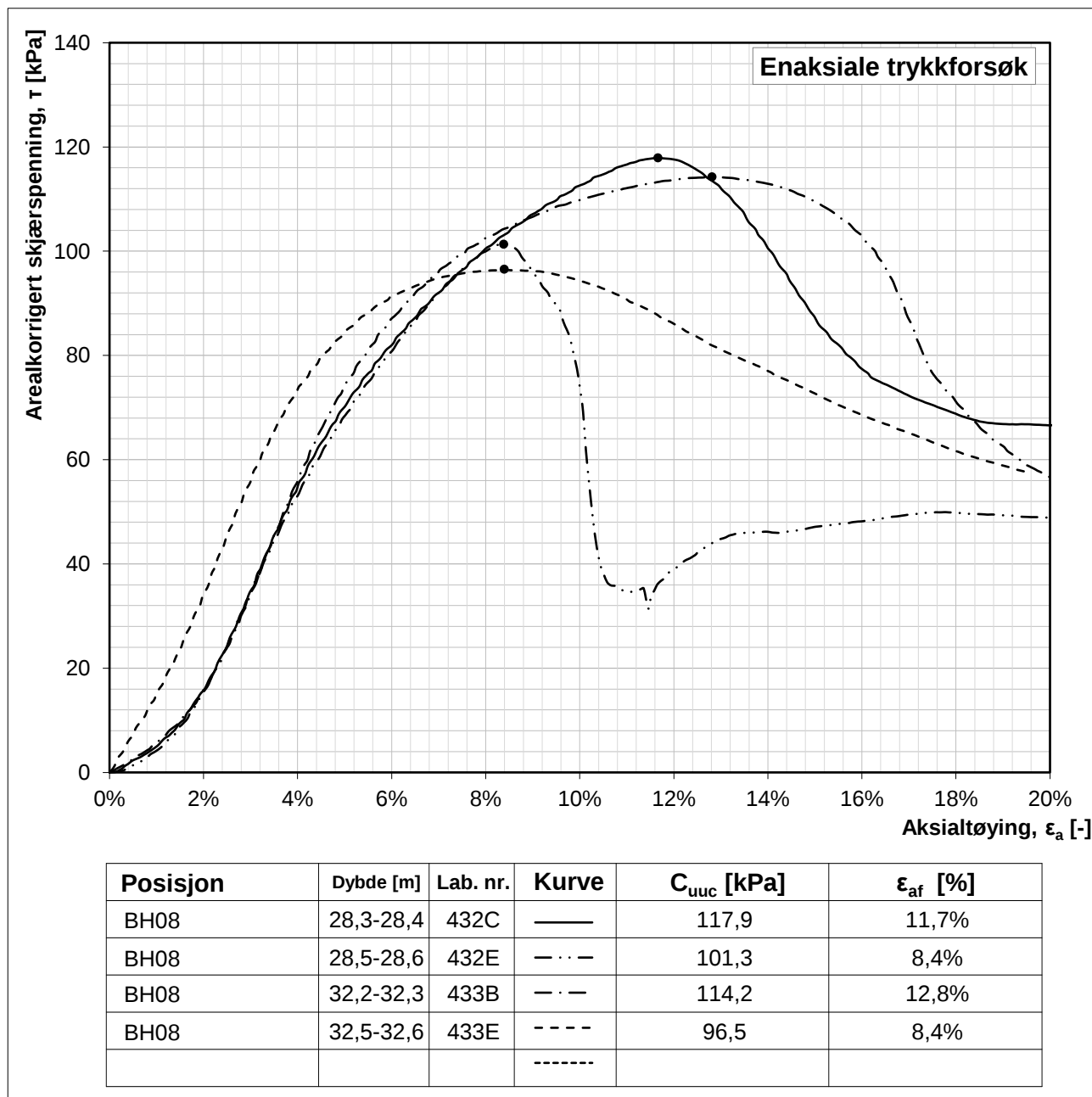


Figur 4 Enaksiale trykkforsøk i posisjon BH01

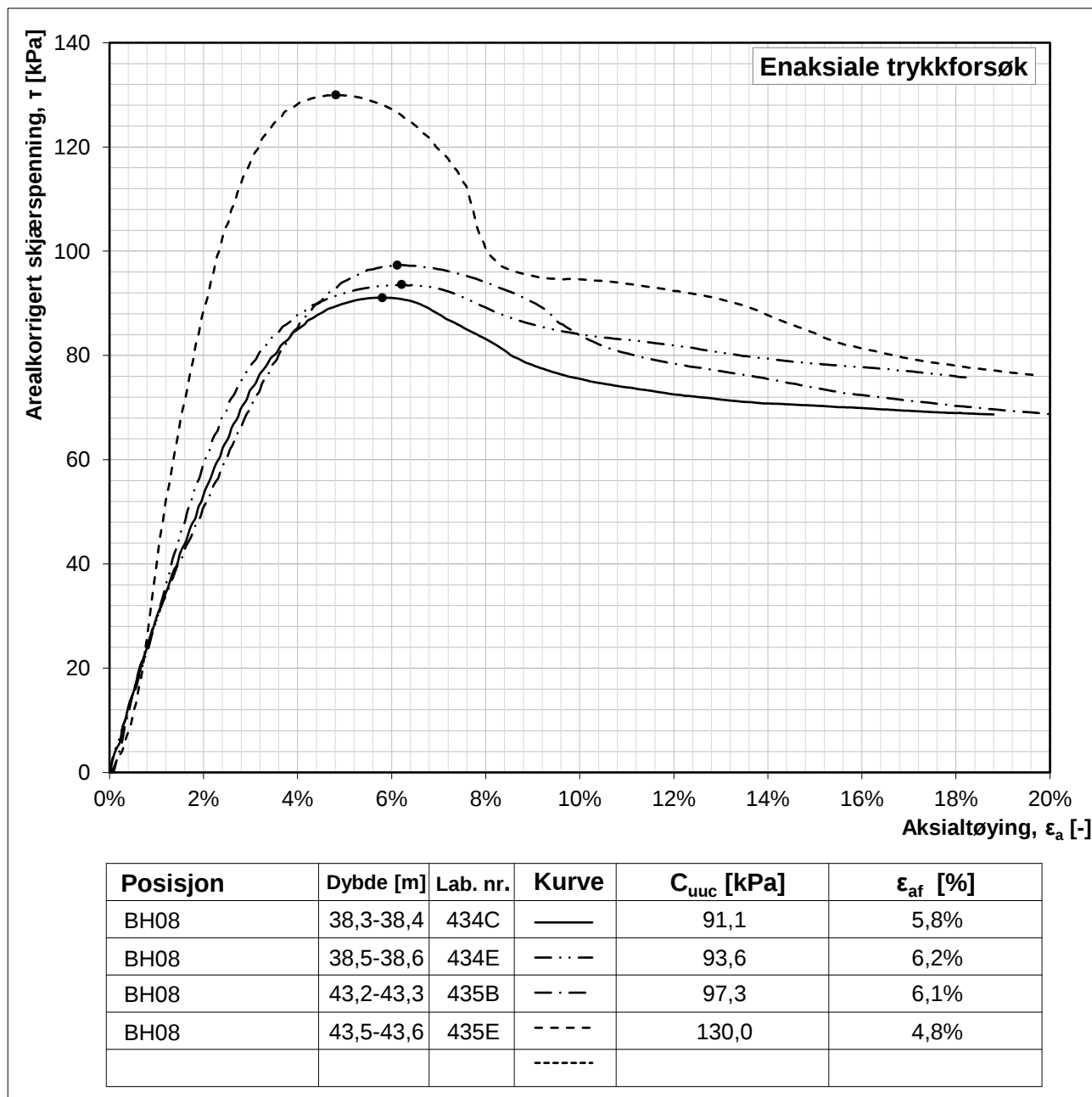


Figur 5 Enaksiale trykkforsøk i posisjon BH01

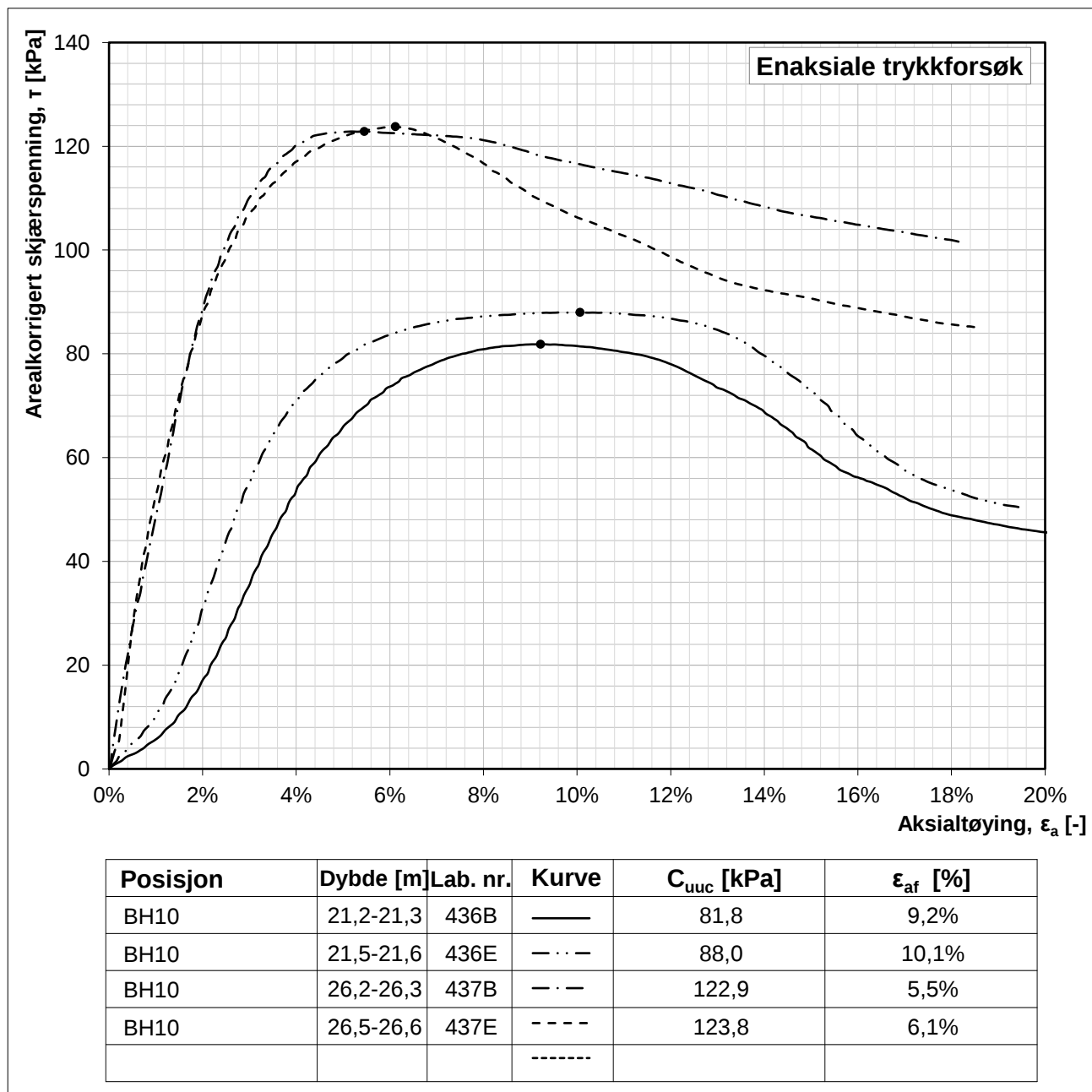




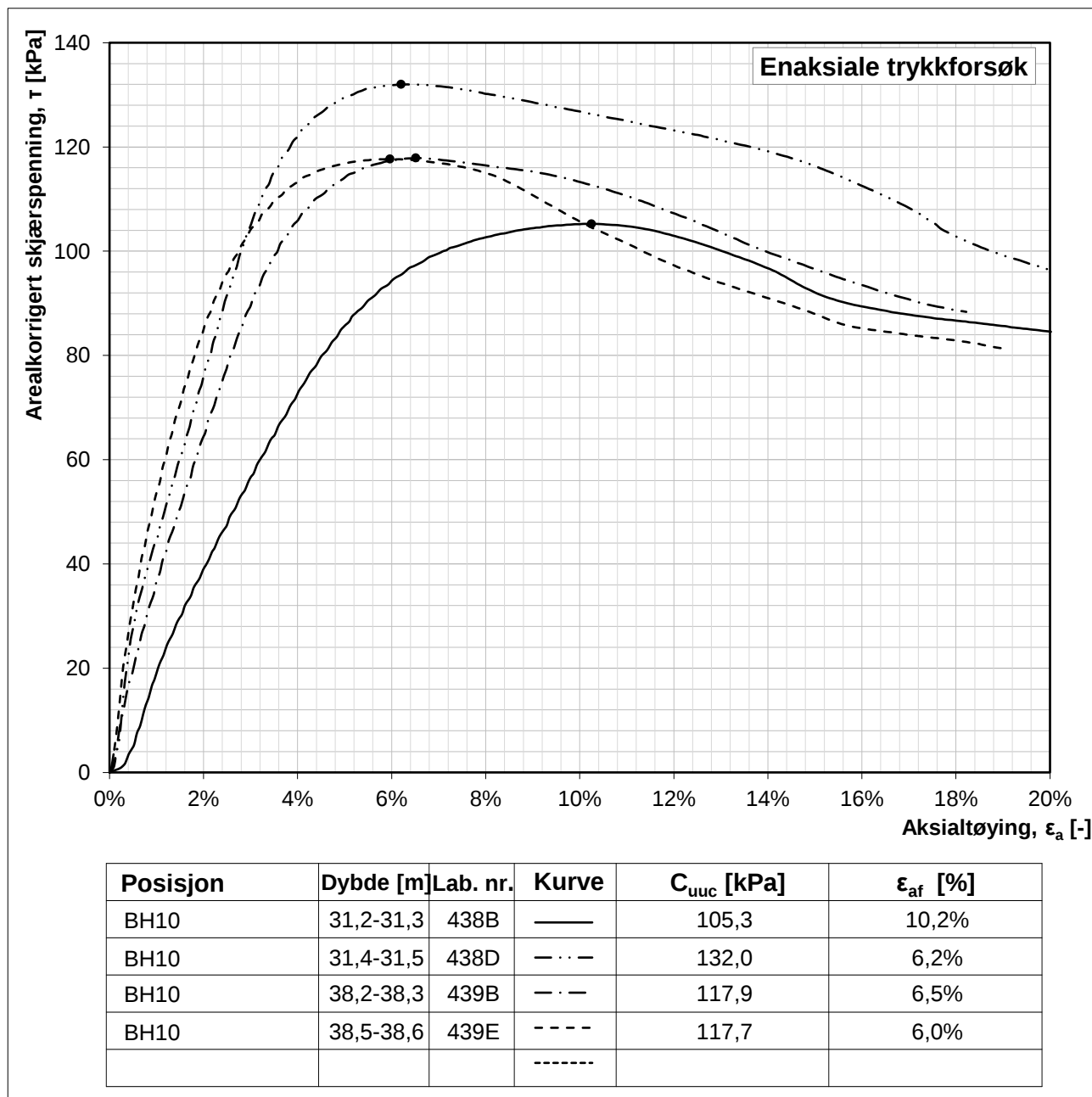
Figur 6 Enaksiale trykkforsøk i posisjon BH08



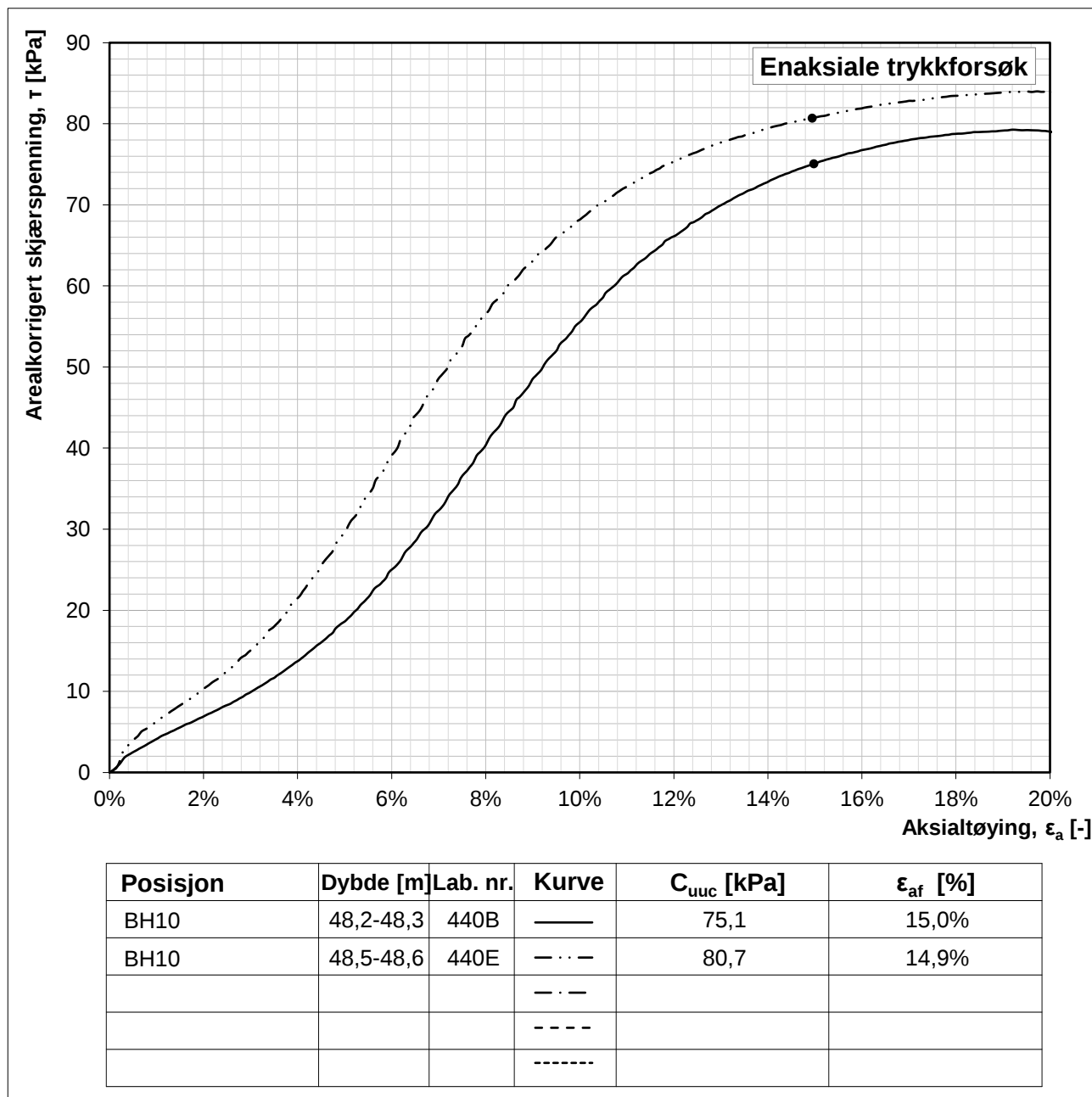
Figur 7 Enaksiale trykkforsøk i posisjon BH08



Figur 8 Enaksiale trykkforsøk i posisjon BH10



Figur 9 Enaksiale trykkforsøk i posisjon BH10



Figur 10 Enaksiale trykkforsøk i posisjon BH10

## 4 Bilder

### 4.1 Bilder av prøvemateriale

#### Posisjon BH01

Dybde 6,0-6,5 m



Dybde 6,5-7,0 m



Dybde 17,0-18,0 m



Dybde 8,0-8,8 m (74 mm sylindrerprøve)



Dybde 13,2-13,7 m (74 mm sylindrerprøve)





Dybde 23,0-23,8 m (74 mm sylindrerprøve)



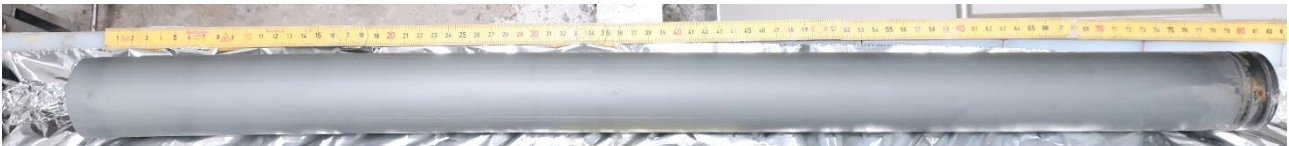
Dybde 28,0-28,8 m



Dybde 33,0-33,8 m



Dybde 44,0-44,8 m



### Posisjon BH08

Dybde 4,0-5,0 m



Dybde 8,0-9,0 m



Dybde 13,0-14,0 m



Dybde 18,0-19,0 m



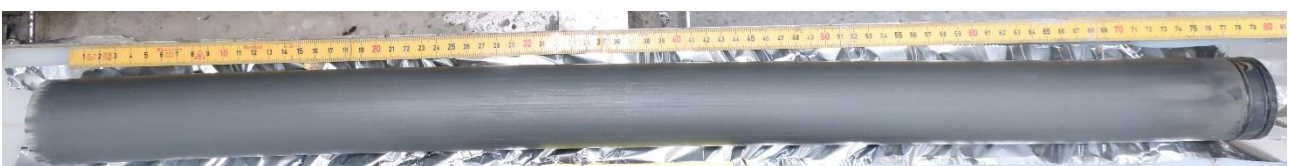
Dybde 23,0-24,0 m



Dybde 28,0-28,8 m



Dybde 32,0-32,8 m





Dybde 38,8-38,8 m



Dybde 43,0-43,8 m



**Posisjon BH10**

Dybde 21,0-21,8 m



Dybde 26,0-26,8 m



Dybde 31,0-31,8 m



Dybde 38,0-38,8 m



Dybde 48,0-48,8 m



## 4.2 Bilder av enaksiale trykkforsøk

### Posisjon BH01

Dybde 8,15-8,28 m (74 mm)



Dybde 8,45-8,60 m (74 mm)



Dybde 13,50-13,65 m (74 mm)



Dybde 23,15-23,30 m (74 mm)



Dybde 23,45-23,60 m (74 mm)



Dybde 28,3-28,4 m



Dybde 33,2-33,3 m



Dybde 33,5-33,6 m



Dybde 44,2-44,3 m

Dybde 44,5-44,6 m





**Posisjon BH08**

Dybde 28,3-28,4 m



Dybde 28,5-28,6 m



Dybde 32,2-32,3 m



Dybde 32,5-32,6 m





Dybde 38,3-38,4 m



Dybde 38,5-38,6 m



Dybde 43,2-43,3 m



Dybde 43,5-43,6 m



### **Posisjon BH10**

Dybde 21,2-21,3 m



Dybde 21,5-21,6 m



Dybde 26,2-26,3 m



Dybde 26,5-26,6 m



Dybde 31,2-31,3 m



Dybde 31,4-31,5 m



Dybde 38,2-38,3 m



Dybde 38,5-38,6 m



Dybde 48,2-48,3 m



Dybde 48,5-48,6 m





## 5 Referanser

- Ref. 1 SVV (2016): *Håndbok R210 – Laboratorieundersøkelser. Statens vegvesen*
- Ref. 2 NGF (2011): *Melding nr. 2 – Veiledning for symboler og definisjoner i geoteknikk, identifisering og klassifisering av jord. Norsk geoteknisk forening, datert 2011.*
- Ref. 3 NS 8002 (1982). *Geoteknisk prøving – laboratoriemetoder – Konusflytegrensen.*
- Ref. 4 NS 8003 (1982) *Geoteknisk prøving – laboratoriemetoder - Plastisitetsgrensen.*
- Ref. 5 CEN ISO/TS 17892-1:2014 *Geotekniske felt- og laboratorieundersøkelser - Laboratorieprøving av jord - Del 1: Bestemmelse av vanninnhold.*
- Ref. 6 CEN ISO/TS 17892-2:2014 *Geotekniske felt- og laboratorieundersøkelser - Laboratorieprøving av jord - Del 2: Bestemmelse av romdensitet.*
- Ref. 7 CEN ISO/TS 17892-4:2004 *Geotechnical investigation and testing -- Laboratory testing of soil -- Part 4: Determination of particle size distribution.*
- Ref. 8 CEN ISO/TS 17892-5:2004 *Geotechnical investigation and testing -- Laboratory testing of soil -- Part 5: Incremental loading oedometer test.*
- Ref. 9 CEN ISO/TS 17892-6:2004 *Geotechnical investigation and testing -- Laboratory testing of soil -- Part 6: Fall cone test.*
- Ref. 10 CEN ISO/TS 17892-7:2004 *Geotechnical investigation and testing -- Laboratory testing of soil -- Part 7: Unconfined compression test on fine-grained soils.*
- Ref. 11 CEN ISO/TS 17892-9:2004 *Geotechnical investigation and testing -- Laboratory testing of soil -- Part 9: Consolidated triaxial compression tests on water-saturated soils.*

## 6 Rapportering

### ❖ Vanninnhold

Vanninnhold regnes som forhold mellom masse vann og masse tørrstoff i prøven. Vanninnhold kan bestemmes både for representative- og uforstyrrede prøver.

$$w = \frac{\text{masse fuktig} - \text{masse tørr}}{\text{masse tørr prøve}}$$

Vanninnhold bestemmes ved veiing før og etter tørking av materialet til konstant vekt.

Vanninnholdene i

Tabell 1 og kornfordelingskurvene, som er fra samme prøvedybde, kan variere. Ved avvik benyttes vanninnholdet fra Tabell 1.

### ❖ Kornfordeling, klassifisering, telefarlighet og gradering

Kornfordeling defineres som masseandel av standardiserte kornstørrelsesgrupper i prøven.

Kornfordeling av prøvemateriale bestemmes ved bruk av sikter og vekter, samt hydrometer hvis materialet har høyt innhold av finstoff. Materialet kan enten vaskes og tørkes i forkant av siktingen, eller siktes fuktig. Våtsikting evt. kombinert med slemmeanalyse brukes når materialets telefarlighet skal bestemmes (*kombianalyse*).

Resultatene presenteres som kornfordelingskurver der akkumulert %-vekt oppgis mot kornstørrelse. I tilfelle kombianalyse kombineres resultatene fra sikting og hydrometeranalysen til én kurve.

For klassifisering benyttes gruppene oppgitt i Tabell 2.

Tabell 2 Kornstørrelsesgrupper

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

Primære bestanddeler angis i substantivform, mens de sekundære bestanddelene evt. gis som ett eller flere adjektiver (f.eks. *siltig sandig leire*).

Telefarlighet kan bedømmes ut fra materialets kornkornfordeling etter Tabell 3.

Tabell 3 Regler for inndeling i telegrupper

Telegruppe	Masseprosent av matr. <20mm		
	<0,002mm	<0,02mm	<0,2mm
Ikke telefarlig	T1	< 3	
Litt telefarlig	T2	3 - 12	
Middels telef.	T3	1)	> 12 < 50
Meget telef.	T4	< 40	> 12 > 50

1) *jordarter med mer enn 40% < 0,002 mm regnes som middels telefarlige*

Materialets gradering kan bestemmes fra kornfordelingskurvens helning i området der 10% og 60% av materialet passerer ved sikting.

$$c_u = \frac{d_{60}}{d_{10}}$$

Hvis dette av praktiske grunner ikke lar seg utføre brukes  $d_{75}$  og  $d_{25}$ . Materialets gradering kan beskrives etter retningslinjer gitt i Tabell 4.

Tabell 4 Betegnelser basert på graderingstallet

$C_u$	Betegnelse
< 5	Ensgradert
5 - 15	Middels gradert
> 15	Velgradert

## ❖ Humusinnhold

Humusinnhold i mineraljordarter bestemmes med glødetapsmåling og regnes som masse organisk materiale dividert med masse tørrstoff i prøven.

$$GL = \frac{\text{masse tørket} - \text{masse glødet}}{\text{masse glødet prøve}}$$

Humusinnhold kan bestemmes både for representative- og uforstyrrede prøver, og presenteres etter retningslinjer gitt i Tabell 75.

Tabell 5 Betegnelser basert på humusinnhold

%	Betegnelse
2 - 6	Humusholdig ....
6 - 20	...torv
>20	Torv

## ❖ Korndensitet

Korndensitet (eller relativ densitet) for finkornede jordarter som leire, silt og sand kan bestemmes ved bruk av pyknometer Korndensiteten regnes som

$$\rho_s = \frac{\text{partiklenes tørrmasse}}{\text{partiklenes reelle volum}}$$

## ❖ Konsistensgrenser og plasititet

Konsistensgrenser defineres som vanninnholdsområdet der prøven oppfører seg plastisk (formbar). Nedre grensen (plastisitetsgrense,  $w_p$ ) defineres som vanninnholdet der materialet ikke lenger kan formes uten å sprekke opp. Øvre grensen (flytegrense,  $w_L$ ) defineres som vanninnholdet der materialet går over til flytende tilstand. Plastisitetsindeks defineres som

$$I_P = w_L - w_p$$

og brukes for å angi det plastiske området for jordarten samt for klassifisering.

## ❖ Tyngdetetthet

Tyngdetetthet av prøver regnes som masse per volum ganget med jordens grunnakselerasjon. Den kan bestemmes for uforstyrrede prøver, enten for en hel sylinder eller for en mindre prøvebit.

## ❖ Deformasjons- og konsolideringsegenskaper

Deformasjons- og konsolideringsegenskaper benyttes ved evaluering av forventet setning og tidsforløp ved endring i spenningstilstand. Modellparametere for setningsberegning kan evalueres ved hjelp av belastningsforsøk i laboratoriet. Forsøkene utføres i såkalt ødometerapparat, der prøver belastes vertikalt samtidig som vertikal deformasjon måles. Sideveis deformasjon er hindret av en stiv ring.

Aksiell last, aksiell tøyning og poretrykksforhold under prøven registreres gjennom forsøket. Forsøkene kan utføres med kontinuerlig belastning (CRS/CRP) eller evt. ved en simulert trinnvis belastning.

En generell modell for spenningsmodul kan defineres som

$$M = m\sigma_a \left( \frac{\sigma' - \sigma'_r}{\sigma_a} \right)^{1-n}$$

Formuleringen beskriver konstant-, lineært økende- og parabolisk økende modell, som gjerne benyttes for å beskrive OC leire (konstant med  $n=1$ ), NC leire og fin silt (lineært økende med  $n=0$ ) eller sand og grov silt (parabolisk økende med  $n=0,5$ ).

Tolkning av ødometerforsøk gir verdier på  $M$ ,  $m$  og  $n$ .

## ❖ Skjærfasthet

### Drenert skjærfasthet

På effektivspenningsbasis er skjærfastheten avhengig av effektivspenning normalt på bruddplanet.



$$\tau_f = (a + \sigma') \cdot \tan(\phi)$$

Modellparameterne kan bestemmes ved treaksialforsøk i laboratoriet. Spenningsforholdene for slike forsøk bør presiseres av prosjekterende på forhånd slik at resultatene blir mest mulig representative for det aktuelle tilfellet.

## Udrenert skjærfasthet

På totalspenningsbasis beskrives skjærfastheten som skjær-belastningen materialet tåler før det bryter sammen. Totalspenningsanalyse analyser benyttes for å beskrive materialoppløsel av finkornige jordarter, ved plutselige eller raske spenningsendringer. Udrenert skjærfasthet defineres som

$$c_u = \frac{(\sigma_1 - \sigma_3)}{2}$$

Skjærfastheten bestemmes ved en rekke forsøk i laboratorium og i felt, og målemetoden oppgis derfor i parameternavnet etter retningslinjer gitt i Tabell 6.

Tabell 6 Betegnelse for udrenert skjærfasthet basert på målemetode

Udrenert skjærfasthet	Målemetode
C <sub>uC</sub>	Aktivt teaksialforsøk (compression test)
C <sub>uE</sub>	Passivt treaksialforsøk (extension test)
C <sub>uD</sub>	Direkte skjærforsøk
C <sub>ufc</sub> (uomrørt), C <sub>urfc</sub> (omrørt)	Konusforsøk
C <sub>uuc</sub>	Enaksialt trykkforsøk

Residual skjærfasthet etter brudd/omrøring kalles omrørt skjærfasthet,  $c_{ur}$ . Omrørt skjærfasthet kan være vesentlig lavere enn uforstyrret skjærfasthet.

Forholdet mellom uforstyrret og omrørt skjærfasthet kalles sensitivitet og defineres som

$$S_t = \frac{C_u}{C_{ur}}$$

Sensitivitet kan presenteres etter retningslinjer gitt i Tabell 7.

Tabell 7 Betegnelse basert på sensitivitet

Betegnelse av sensitivitet	Betegnelse av leire	St (-)
Lav	Lite sensitiv	< 8
Middels	Middels sensitiv	8 - 30
Høy	Meget sensitiv	> 30

## Variasjoner i skjærfasthet og presentasjon av måledata

Udrenert skjærfasthet er avhengig av bruddflatens retning ift. hovedspenningenes retning in-situ. Udrenert skjærfasthet fra alle spenningsområder (aktivt-, direkte- og passivt spenningsområde) kan evalueres med forsøk listet opp i Tabell 6.

I tillegg til å måle varierte materialeegenskaper vil bestemmelser av den samme parameteren ha en viss spredning på grunn av de ulike forsøktypene.

Resultater fra enkelte forsøk kan være påvirket av flere faktorer (som f.eks. steininhold eller interne sprekker i prøvebiten).

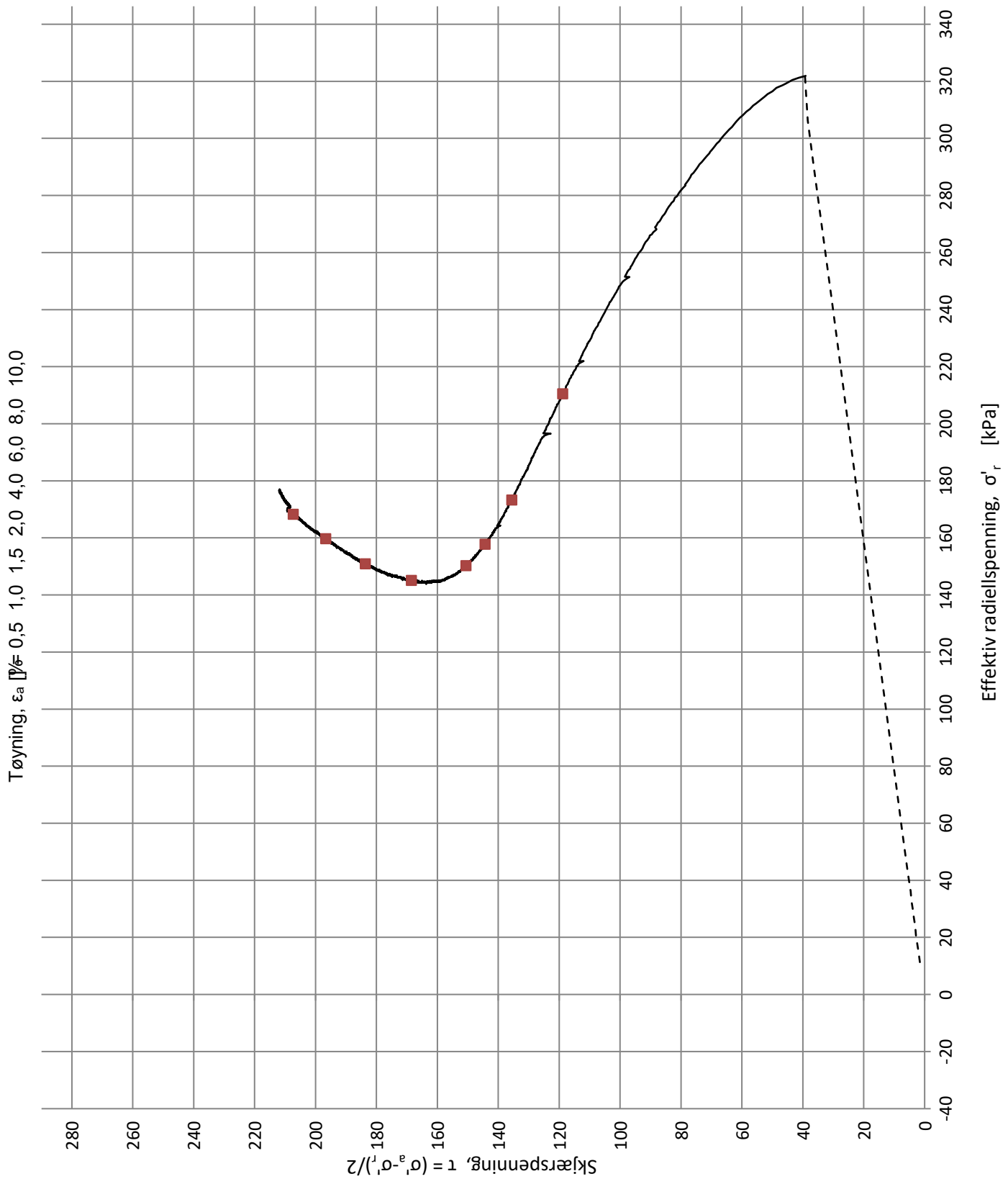
Ved visuell presentasjon av måleresultater plottes alle typer forsøk på samme figur, med én målestokk for skjærfastheten  $C_u$ . Forsøktypen oppgis med symbol på figuren.


Ved sammenstilling av laboratoriedata utføres ingen korrigerings for anisotropi.

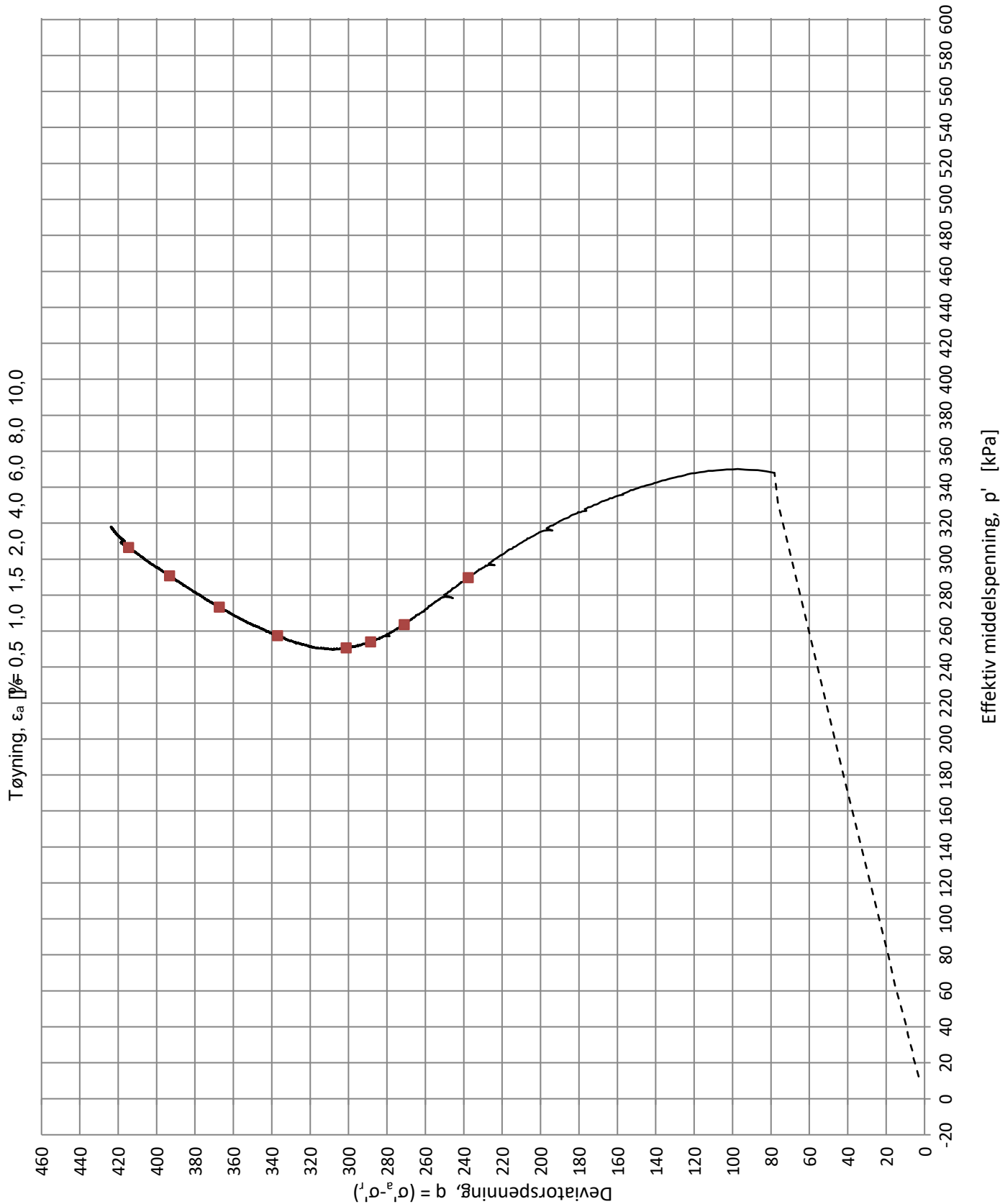
### ❖ Prøvelagring


Hvis laboratorieforsøk ikke utføres umiddelbart etter ankomst til laboratoriet, blir prøvene lagret i et eget kjølerom.

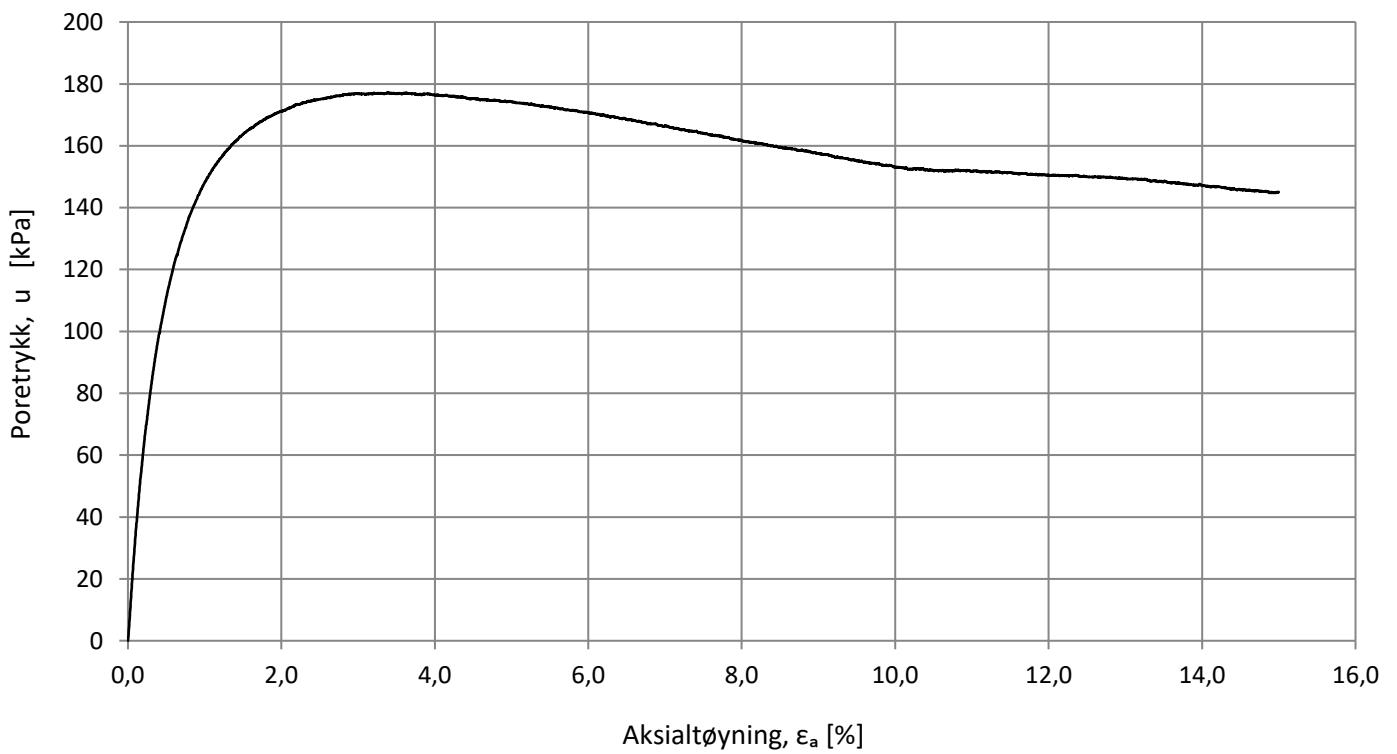
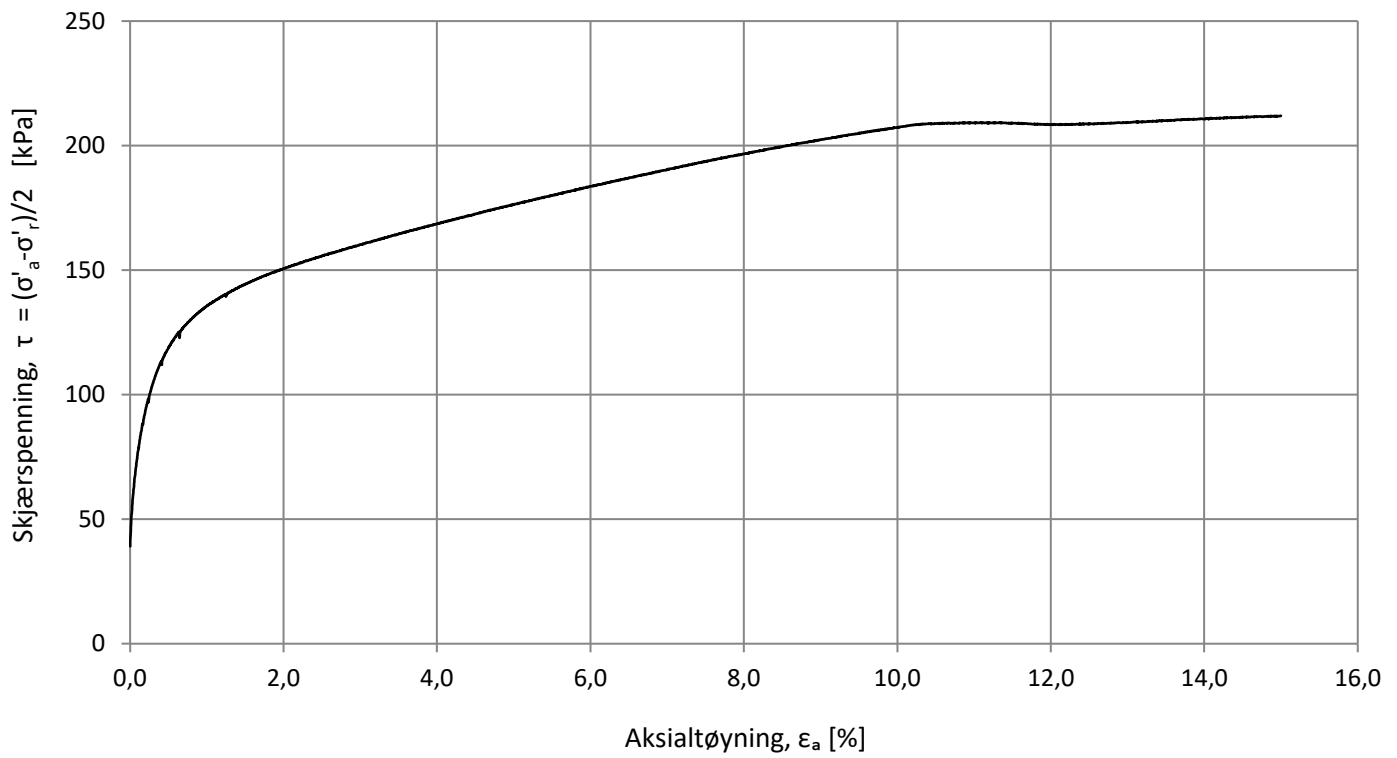
Kjølerommet har lufttemperatur på ca. 5°C.




Kunde			Norconsult 	
Sintef Energi			Type	CAUc
Oppdrag nr. 5201202			Posisjon	
Sintef Energi områdestabilitet			BH01	
Figur nr. 1			Tyngdetetthet	Dybde
Spenningssti i skjærfase (NTNU-plott)			20,8[kN/m <sup>3</sup> ]	28,3[m]
Spenningsstilstand etter konsolidering og dokking			Vanninnhold, $w_i$	Grunnvannstand
$\sigma'_{ac} = 400,1$ [kPa] $\sigma'_{rc} = 321,9$ [kPa]			22,3 [%]	
			Volutøyning, $\epsilon_v$	Tøyningshastighet
Utført	Kontrollert	Godkjent	Rapport	Dato
SyTve	HiRis	SyTve	5201202-LAB01	07.05.2020

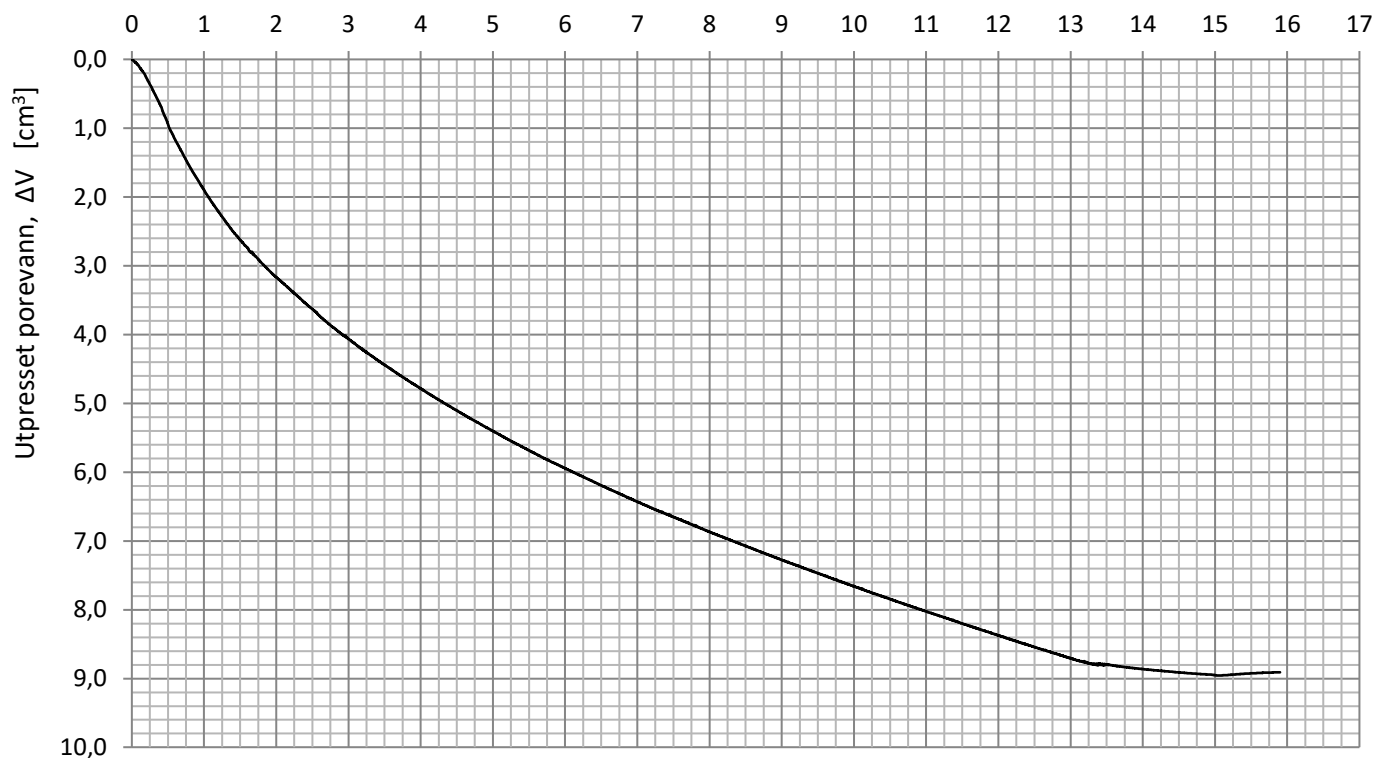


Kunde <b>Sintef Energi</b>			Norconsult 	
Oppdrag nr. 5201202 Sintef Energi områdestabilitet			Type CAUc	Posisjon BH01
Figur nr. 2 Spenningssti i skjærfase (deviator-plott)			Tyngdetetthet 20,8[kN/m³]	Dybde 28,3[m]
Spenningsstilstand etter konsolidering og dokking  σ'ac = 400,1 [kPa] σ'rc = 321,9 [kPa]			Vanninnhold, w <sub>i</sub> 22,3 [%]	Grunnvannstand
			Volutøyning, ε <sub>v</sub> 3,91[%]	Tøyningshastighet 1,00[%/time]
Utført SyTve	Kontrollert HiRis	Godkjent SyTve	Rapport 5201202-LAB01	Dato 07.05.2020




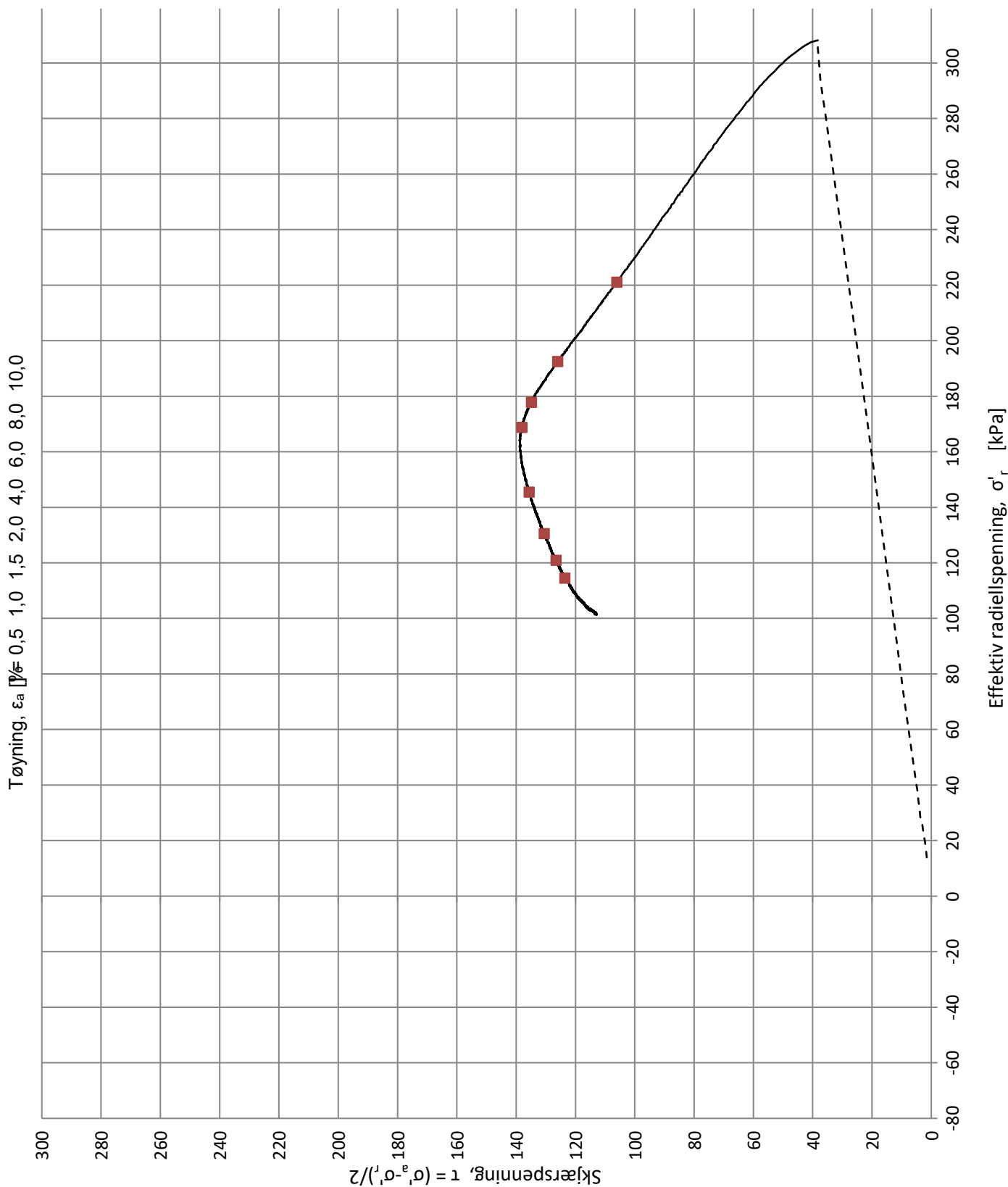
Kunde				
<b>Sintef Energi</b>				
Oppdrag nr. 5201202			Type	Posisjon
Sintef Energi områdestabilitet			CAUc	BH01
Figur nr. 3			Tyngdetetthet	Dybde
Bruddutvikling i skjærfase			20,8[kN/m <sup>3</sup> ]	28,3[m]
Spenningstilstand etter konsolidering og dokking			Vanninnhold, w <sub>i</sub>	Grunnvannstand
$\sigma'_{ac} = 400,1$ [kPa] $\sigma'_{rc} = 321,9$ [kPa]			22,3 [%]	
			Voluttøyning, $\epsilon_v$	Tøyningshastighet
			3,91[%]	1,00[%/time]
Utført	Kontrollert	Godkjent	Rapport	Dato
SyTve	HiRis	SyTve	5201202-LAB01	07.05.2020


Tid, t [timer]



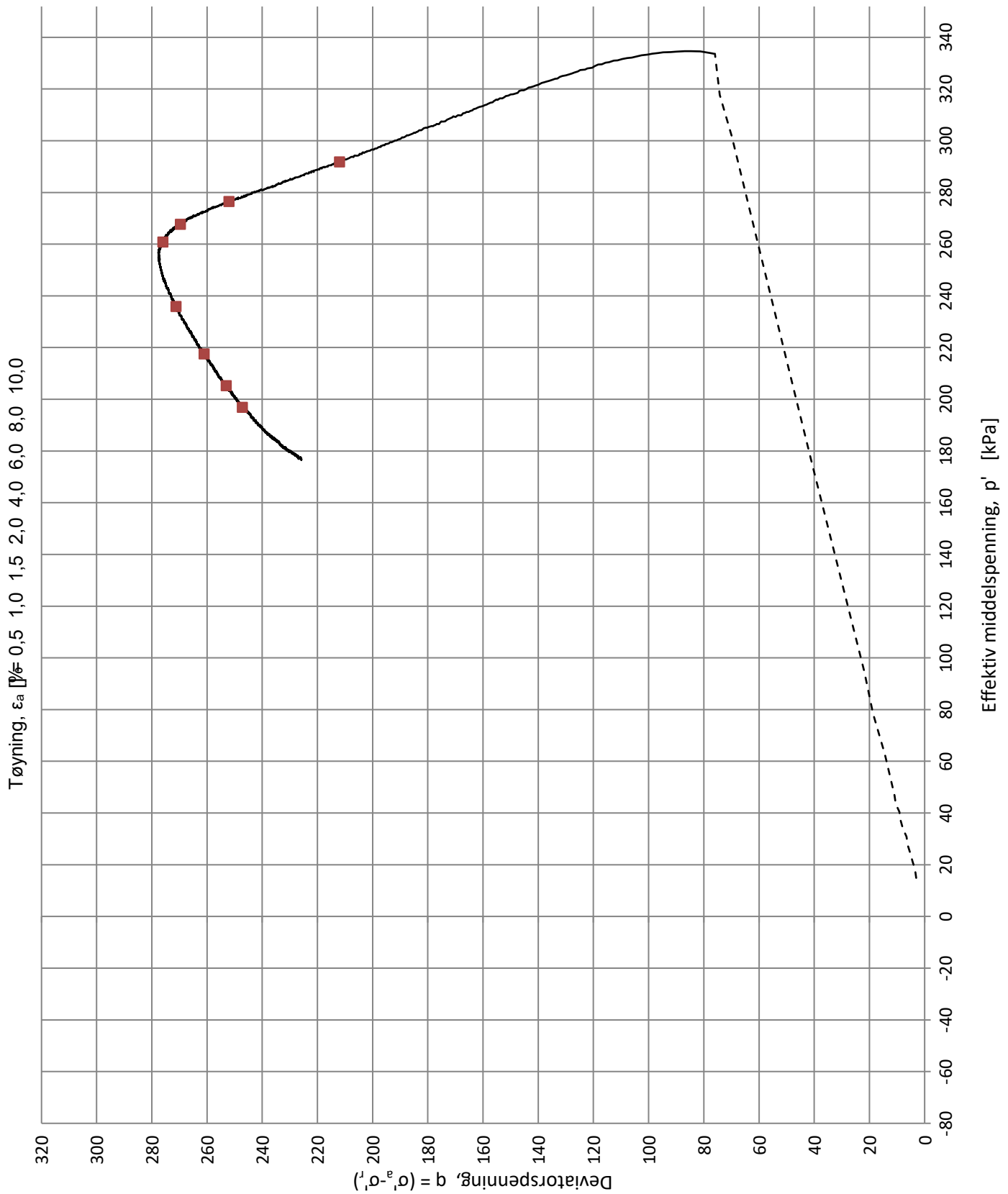
Uklart bilde


Kunde			<b>Norconsult</b> 	
<b>Sintef Energi</b>				
Oppdrag nr. 5201202			Type	Posisjon
Sintef Energi områdestabilitet			CAUc	BH01
Figur nr. 4			Tyngdetetthet	Dybde
Konsolidering			20,8[kN/m³]	28,3[m]
Spenningsstilstand etter konsolidering og dokking			Vanninnhold, w <sub>i</sub>	Grunnvannstand
$\sigma'_{ac} = 400,1$ [kPa] $\sigma'_{rc} = 321,9$ [kPa]			22,3 [%]	Tøyningshastighet
			Volutøyning, $\epsilon_v$	
Utført	Kontrollert	Godkjent	Rapport	Dato
SyTve	HiRis	SyTve	5201202-LAB01	07.05.2020

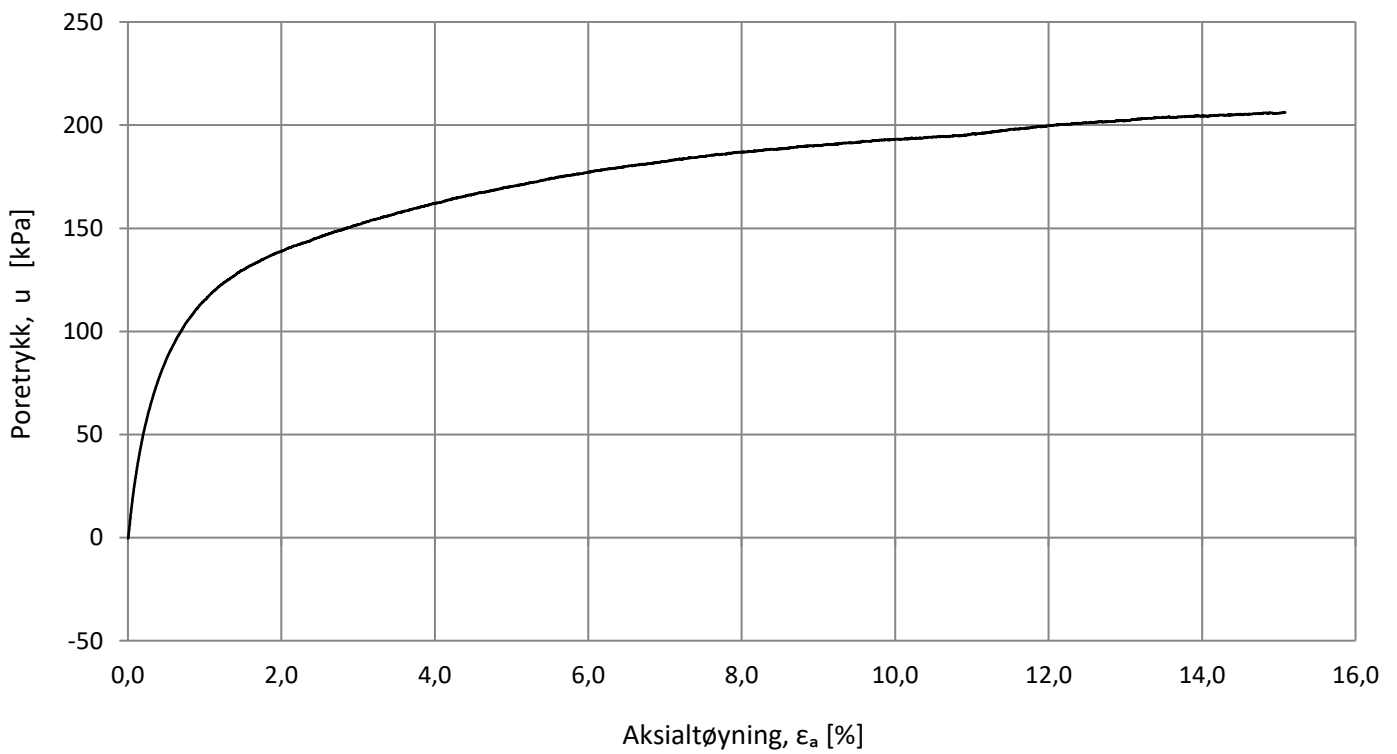
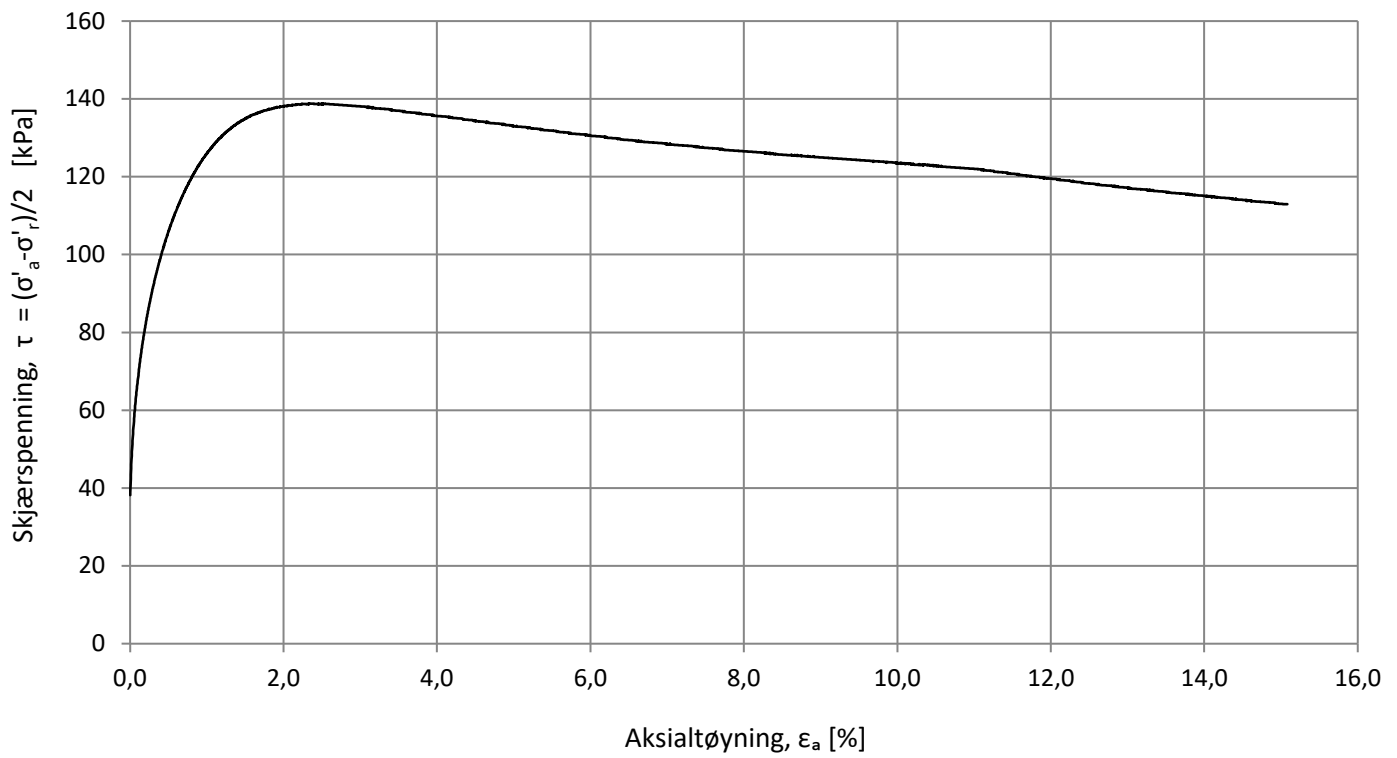



Kunde <b>Sintef Energi</b>			<b>Norconsult</b> 	
Oppdrag nr. 5201202 Sintef Energi områdestabilitet			Type CAUc	Posisjon BH10
Figur nr. 1 Spenningssti i skjærfase (NTNU-plott)			Tyngdetetthet 18,3[kN/m <sup>3</sup> ]	Dybde 31,5[m]
Spenningsstilstand etter konsolidering og dokking			Vanninnhold, $w_i$ 40,4 [%]	Grunnvannstand
$\sigma'_{ac} = 384,6$ [kPa] $\sigma'_{rc} = 308,2$ [kPa]			Volutøyning, $\epsilon_v$ 6,13[%]	Tøyningshastighet 1,00[%/time]
Utført HiRis	Kontrollert SyTve	Godkjent SyTve	Rapport 5201202-LAB01	Dato 05.05.2020



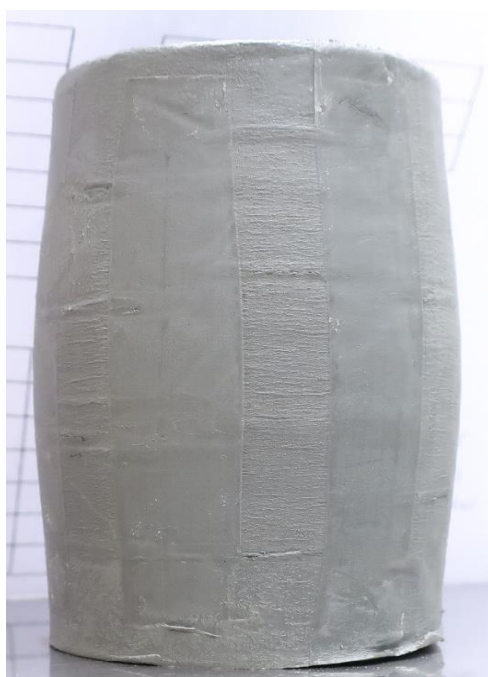
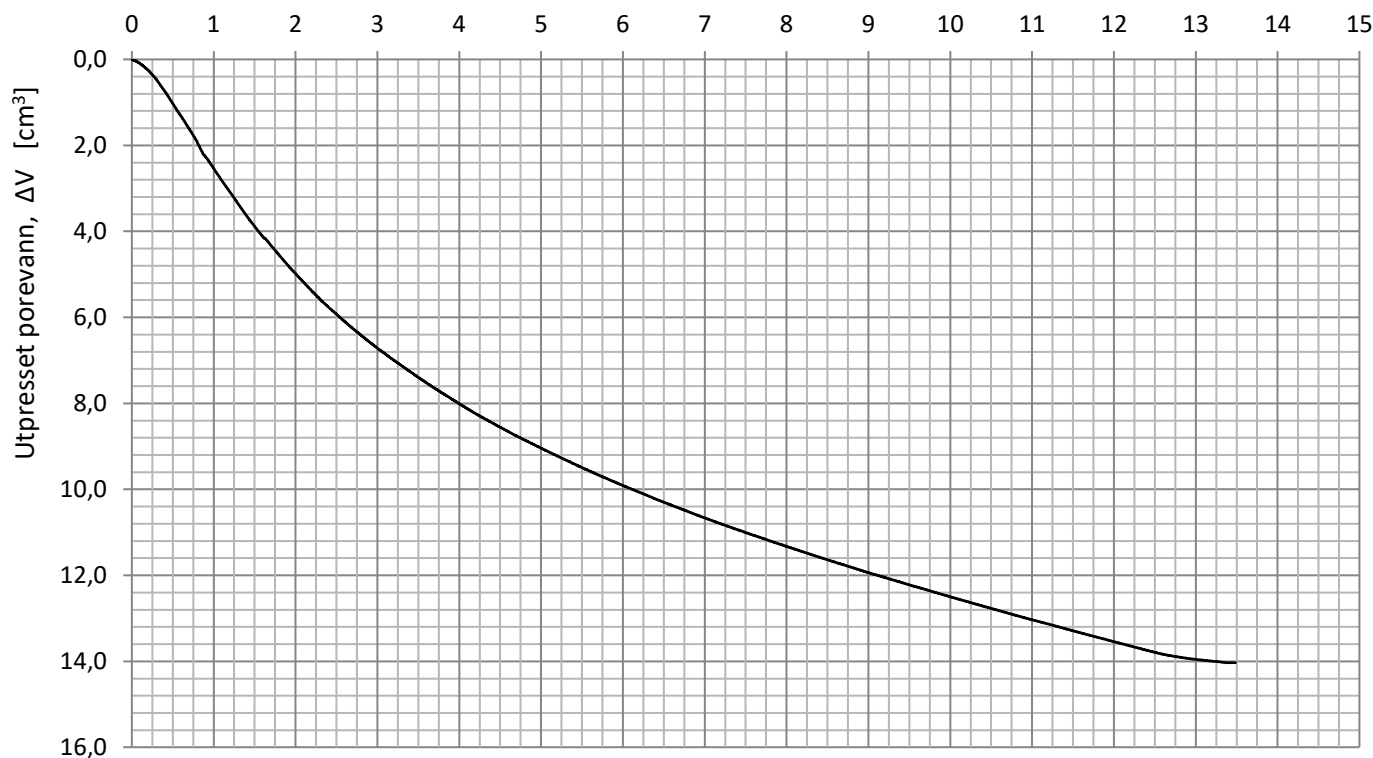



Kunde <b>Sintef Energi</b>			Norconsult 	
Oppdrag nr. 5201202 Sintef Energi områdestabilitet			Type CAUc	Posisjon BH10
Figur nr. 2 Spenningssti i skjærfase (deviator-plott)			Tyngdetetthet 18,3[kN/m³]	Dybde 31,5[m]
Spenningsstilstand etter konsolidering og dokking  σ'ac = 384,6 [kPa] σ'rc = 308,2 [kPa]			Vanninnhold, w <sub>i</sub> 40,4 [%]	Grunnvannstand
			Volutøyning, ε <sub>v</sub> 6,13[%]	Tøyningshastighet 1,00[%/time]
Utført HiRis	Kontrollert SyTve	Godkjent SyTve	Rapport 5201202-LAB01	Dato 05.05.2020

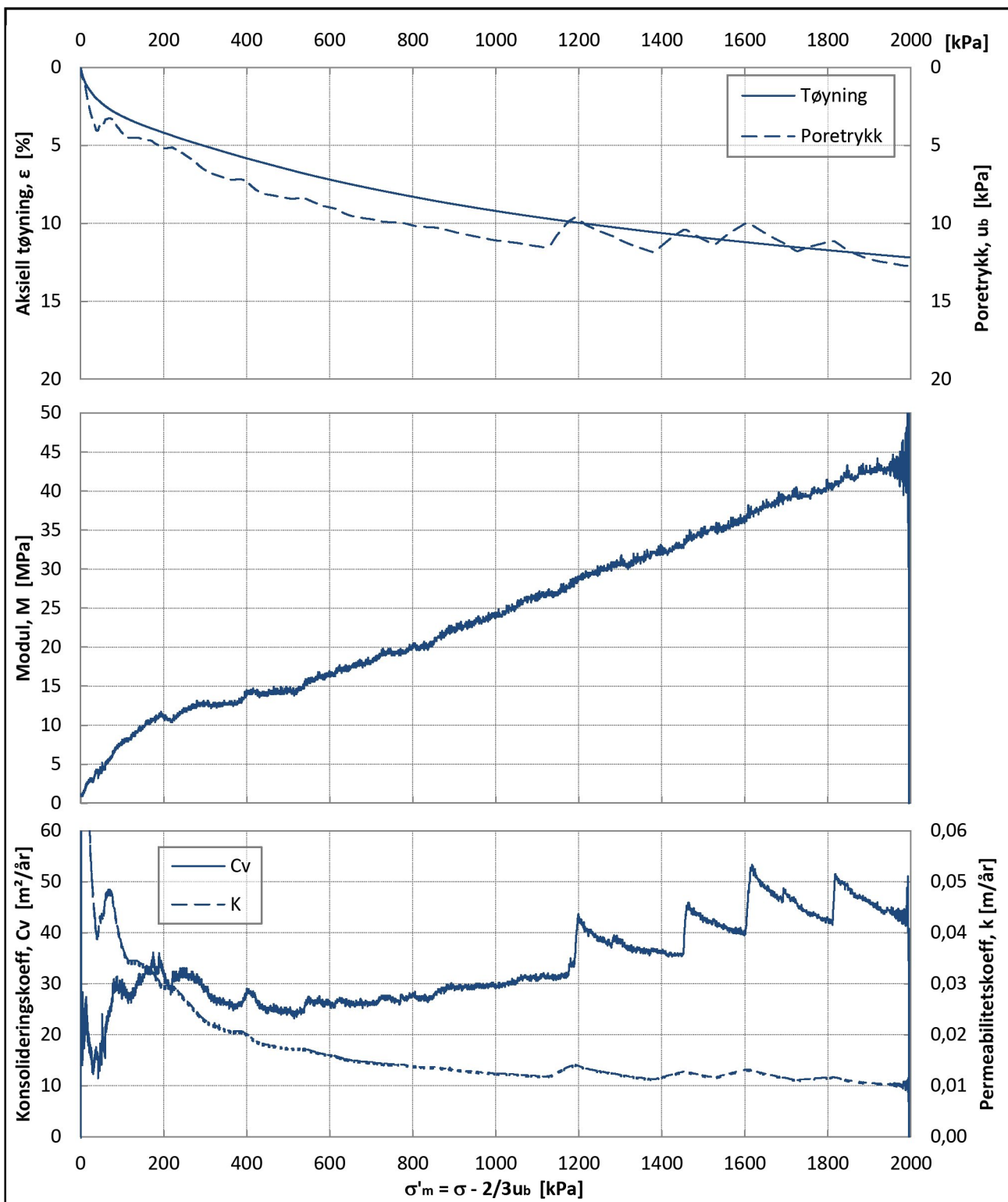



Kunde				
<b>Sintef Energi</b>				
Oppdrag nr. 5201202			Type	Posisjon
Sintef Energi områdestabilitet			CAUc	BH10
Figur nr. 3			Tyngdetetthet	Dybde
Bruddutvikling i skjærfase			18,3[kN/m <sup>3</sup> ]	31,5[m]
Spenningsstilstand etter konsolidering og dokking			Vanninnhold, $w_i$	Grunnvannstand
$\sigma'_{ac} = 384,6$ [kPa] $\sigma'_{rc} = 308,2$ [kPa]			40,4 [%]	
			Volutøyning, $\epsilon_v$	Tøyningshastighet
			6,13[%]	1,00[%/time]
Utført	Kontrollert	Godkjent	Rapport	Dato
HiRis	SyTve	SyTve	5201202-LAB01	05.05.2020

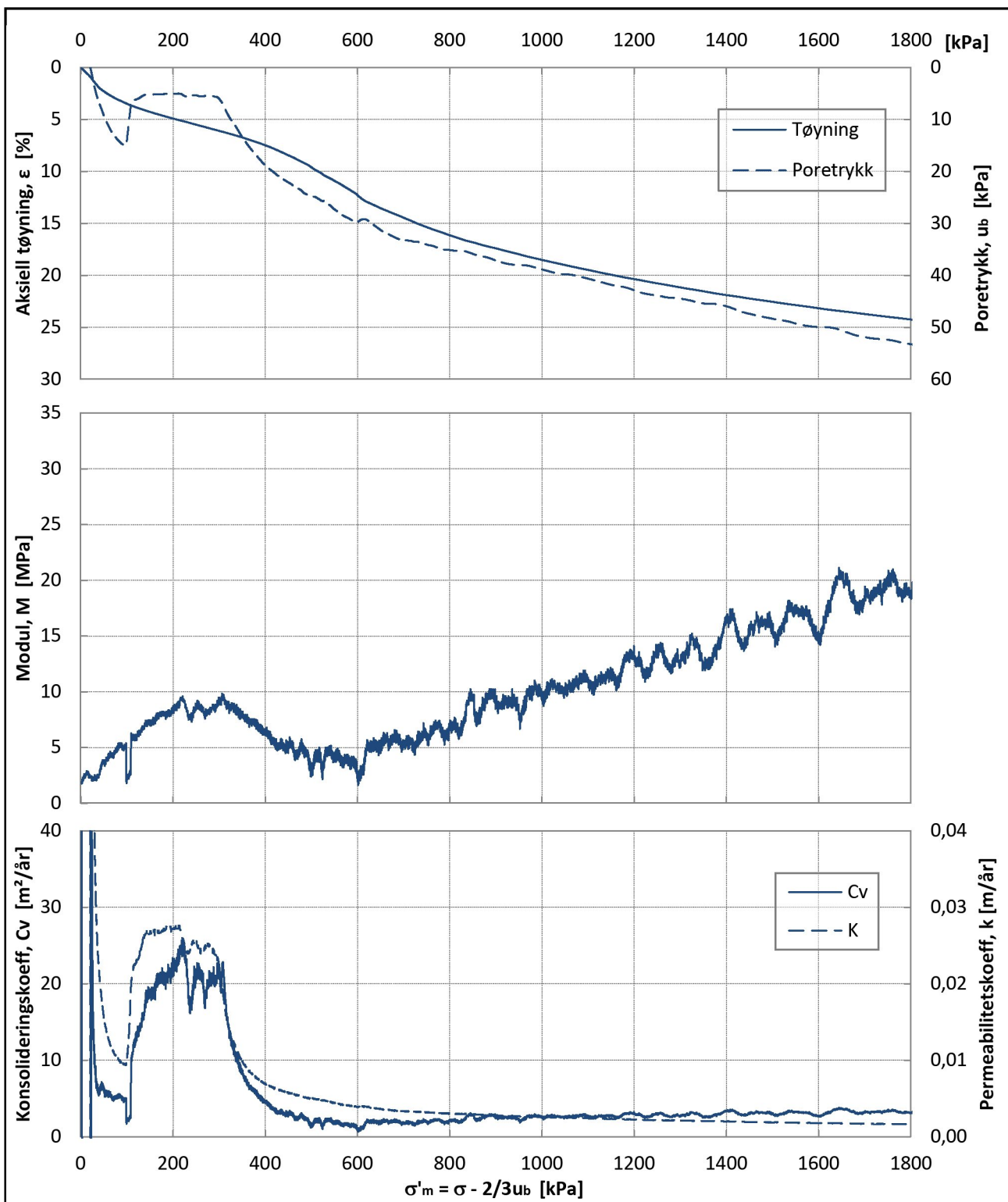
Tid, t [timer]




Kunde			 <b>Norconsult</b>	
<b>Sintef Energi</b>				
Oppdrag nr. 5201202			Type	Posisjon
Sintef Energi områdestabilitet			CAUc	BH10
Figur nr. 4			Tyngdetetthet	Dybde
Konsolidering			18,3[kN/m³]	31,5[m]
Spenningsstilstand etter konsolidering og dokking			Vanninnhold, $w_i$	Grunnvannstand
$\sigma'_{ac} = 384,6$ [kPa] $\sigma'_{rc} = 308,2$ [kPa]			40,4 [%]	Tøyningshastighet
			Volutøyning, $\epsilon_v$	
Utført	Kontrollert	Godkjent	Rapport	Dato
HiRis	SyTve	SyTve	5201202-LAB01	05.05.2020

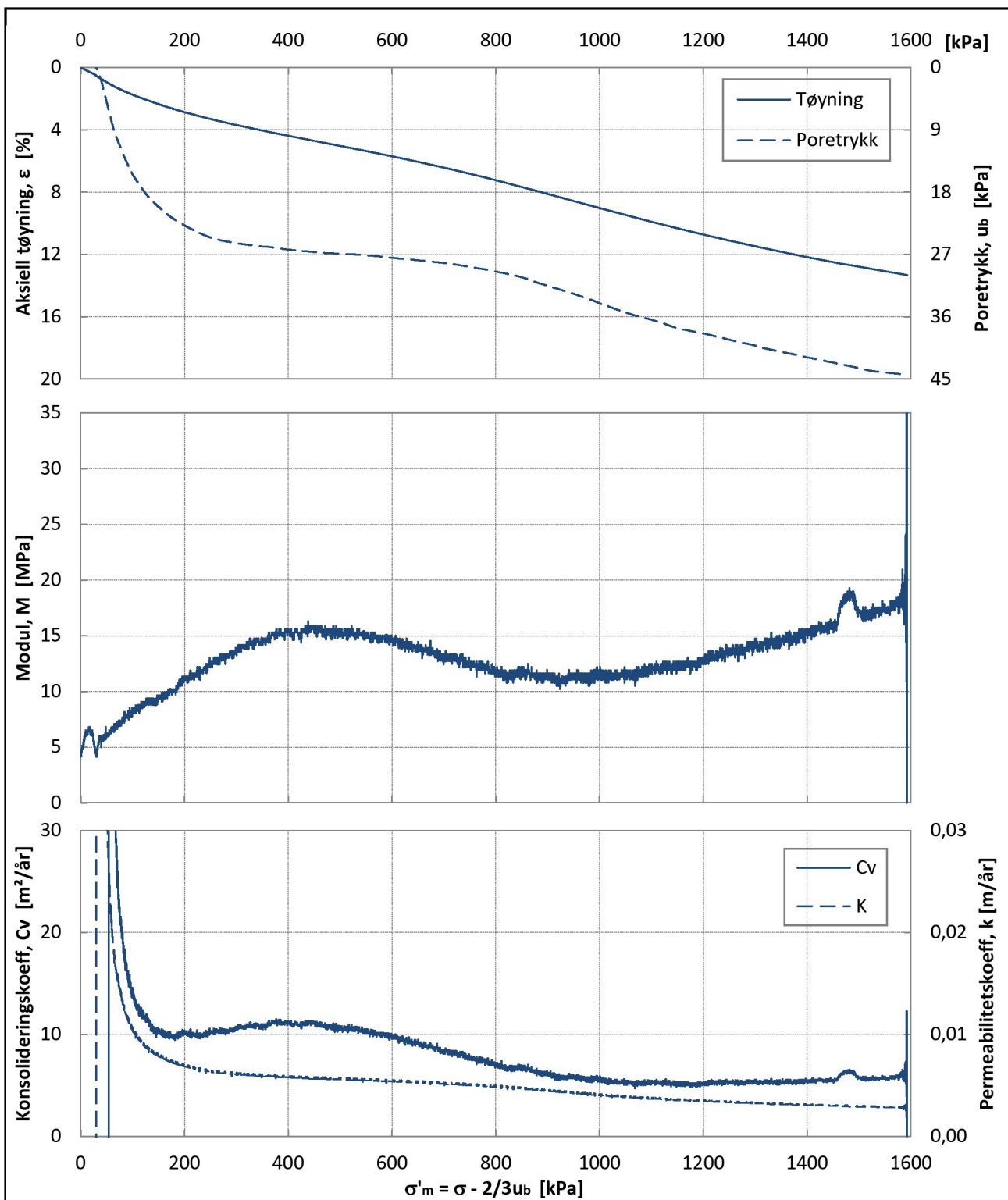



Kunde					
<b>Sintef Energi</b>					
Oppdrag nr. 5201202		Sintef Energi områdestabilitet			
Forsøk		Lab nr:	Posisjon		
Ødometerforsøk - CRS		423C	BH01		
Materiale	Prøvediameter [mm]	Tyngdetetthet [kN/m³]	Dybde [m]		
Siltig leire	50	20,5	23,33-23,35		
Prøvetakningsdato	Forsøksdato	Prøvehøyde [mm]	Vanninnhold, $w_i$ [%]	Tøyningshastighet [%/time]	
24.03.2020	08.05.2020	22	21,3	0,8	
Utført	Kontrollert	Godkjent	Rapport	Dato	
HiRis	SyTve	SyTve	5201202-LAB01	08.05.2020	

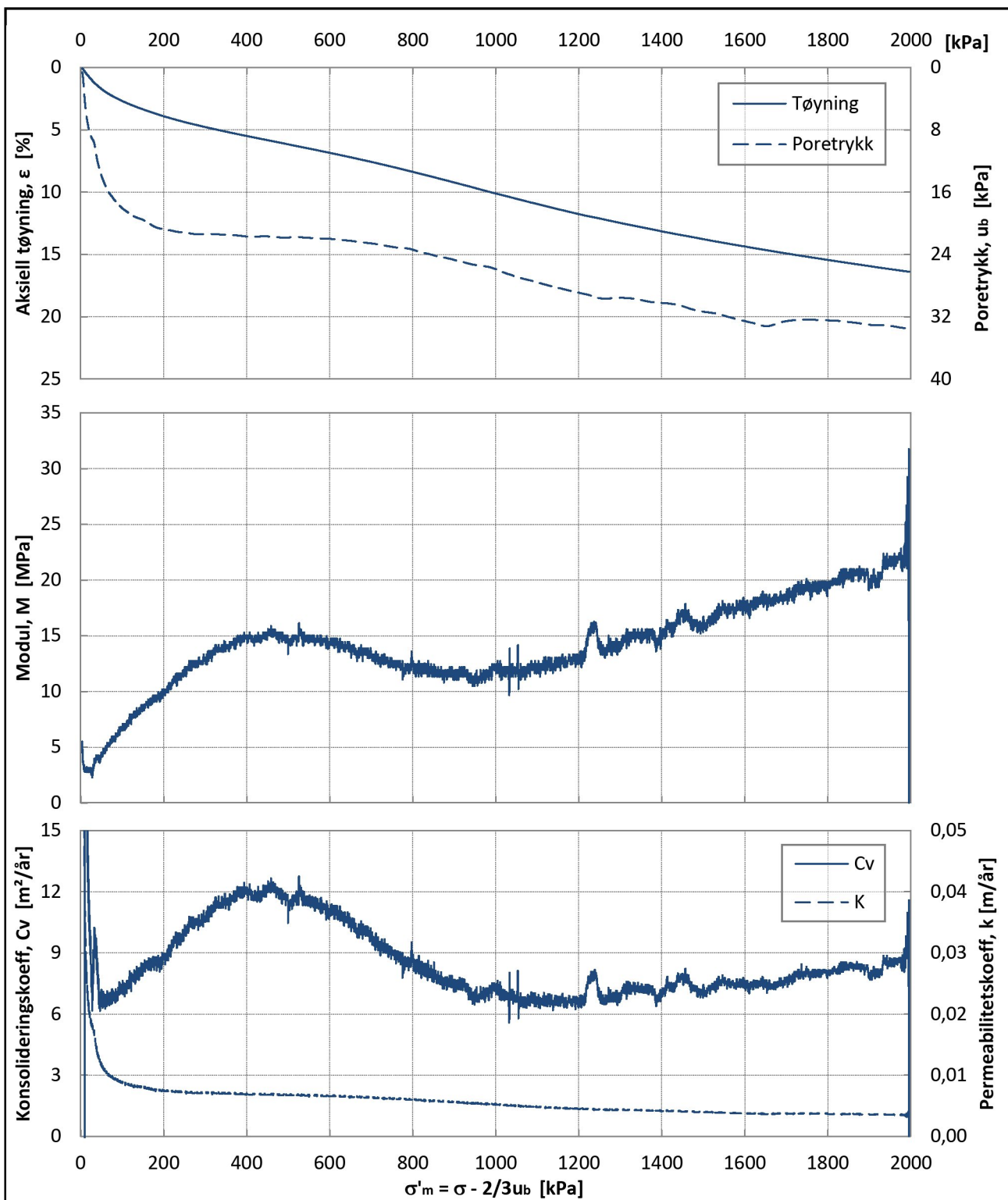



Kunde <b>Sintef Energi</b>		 <b>Norconsult</b>		
Oppdrag nr. 5201202 Sintef Energi områdestabilitet				
Forsøk Ødometerforsøk - CRS		Lab nr: 425C	Posisjon BH01	
Materiale Siltig leire	Prøvediameter [mm] 50	Tyngdetetthet [kN/m <sup>3</sup> ] 18,5	Dybde [m] 33,31-33,33	
Prøvetakningsdato 24.03.2020	Forsøksdato 06.50.2020	Prøvehøyde [mm] 20	Vanninnhold, $w_i$ [%] 50,5	Tøyningshastighet [%/time] 0,9
Utført HiRis	Kontrollert SyTve	Godkjent SyTve	Rapport 5201202-LAB01	Dato 06.05.2020





Kunde					
<b>Sintef Energi</b>					
Oppdrag nr. 5201202					
Sintef Energi områdestabilitet					
Forsøk		Lab nr:	Posisjon		
Ødometerforsøk - CRS		437C	BH10		
Materiale	Prøvediameter [mm]	Tyngdetetthet [kN/m³]	Dybde [m]		
Siltig leire/Leire	50	18,9	26,32-26,34		
Prøvetakningsdato	Forsøksdato	Prøvehøyde [mm]	Vanninnhold, $w_i$ [%]	Tøyningshastighet [%/time]	
18.03.2020	27.04.2020	22	39,9	0,8	
Utført	Kontrollert	Godkjent	Rapport	Dato	
SyTve	HiRis	SyTve	5201202-LAB01	27.04.2020	



Kunde <b>Sintef Energi</b>					
Oppdrag nr. 5201202 Sintef Energi områdestabilitet					
Forsøk Ødometerforsøk - CRS		Lab nr: 439C	Posisjon BH10		
Materiale Leire	Prøvediameter [mm] 50	Tyngdetetthet [ $kN/m^3$ ] 18,9	Dybde [m] 38,32-38,34		
Prøvetakningsdato 18.03.2020	Forsøksdato 29.04.2020	Prøvehøyde [mm] 22	Vanninnhold, $w_i$ [%] 40,5	Tøyningshastighet [%/time] 0,8	
Utført SyTve	Kontrollert HiRis	Godkjent SyTve	Rapport 5201202-LAB01	Dato 29.04.2020	

## Generell beskrivelse felt og laboratoriearbeid

### Generell beskrivelse av sonderboring og grunnvannsmåling

Totalsondering gir grunnlag for å bestemme løsmassetykkelse og dybder til fast grunn eller antatt berg. Sonderingen gir såkalt sikker bergpåvisning ved 3 m innboring i berg. Tolkning av resultatene kan gi en indikasjon på lagdeling og aktuelle jordarter.

Trykksondering (CPTU) utføres ved nedpressing av en sonde som måler spissmotstanden jorda gir på sondens spiss, samt friksjon og poretrykk på sondens overflate. Resultatet blir brukt til å vurdere lagdeling, jordart og spenningsforholdene i grunnen (in-situ spenning). Mekaniske jordparametere som fasthetsegenskaper og deformasjonsegenskaper kan også bestemmes.

Piezometre installeres for måling av porevanntrykket i grunnen. Piezometre presses ned i grunnen sammen med et stålrør som vil stikke opp over terreng. Røret må stå urørt i måleperioden. Vanntrykket ved filteret i piezometer-spissen registreres enten hydraulisk som stige høyde i en plastslange inne i røret eller elektronisk ved hjelp av en direkte trykkmåler innenfor filteret. Porevanntrykket måles manuelt i felt. Alternativt kan et piezometer installeres med dataminne for automatisk logging og registrering av naturlige eller menneskeskapt variasjoner over en valgt periode. Hensikten med å måle poretrykket i grunnen er for å bestemme spenningsforholdene i bakken (in-situ spenning).

Grunnvannsbrønner installeres normalt for måling av grunnvannstanden i det øvre jordlaget. Ofte består grunnvannsbrønnen av et perforert PVC-rør som er installert i en gitt dybde. Vann i grunnen vil trenge inn i røret og innstille seg på nivået for det naturlige grunnvannsspeilet, i den gitte sonen som røret er installert i. Grunnvannstanden måles manuelt i felt. Alternativt kan brønnen installeres med dataminne for automatisk logging og registrering av naturlige eller menneskeskapt variasjoner over en valgt periode.

Vedlegg C, D og E viser tegnforklaring for plan- og profiltegnning, totalsondering og CPTU.

### Generell beskrivelse av prøvetaking og laboratoriearbeid

Naverboring og ramprøvetaking benyttes for opptak av omrørte prøver i leire, silt, sand og grus. Omrørte prøver egner seg kun til en grov identifisering og klassifisering av jordartene. Prøvene overføres til plastposer i felten før de fraktes til laboratoriet.

I laboratoriet kan det foretas en visuell klassifisering og beskrivelse av massene. I tillegg er det mulig å utføre en grov identifisering av jordartene ved kornfordelingsanalyser, og måling av vanninnhold og humusinnhold.

Stempelprøvetaker benyttes til opptak av uforstyrrede sylindrerprøver i leire, silt, løst lagret sand og organiske jordarter. Uforstyrrede prøver skal ha materialstruktur og vanninnhold så lik som mulig det jordarten har i sin naturlige lagring i grunnen. Uforstyrrede prøver egner seg til en generell identifisering og klassifisering av jordartene. I tillegg kan fysiske/mekaniske egenskaper bestemmes for jordarten. Det gjelder bestemmelse av materialstyrke, deformasjonsegenskaper og permeabilitet.

Sylinderprøver skyves ut av sylindren i laboratoriet og det foretas visuell klassifisering og beskrivelse av massene. Vanninnhold, densitet og enkle styrkedata bestemmes ved rutineundersøkelser. I tillegg kan det utføres kornfordelingsanalyser, plastisitetanalyser og måling av humusinnhold.

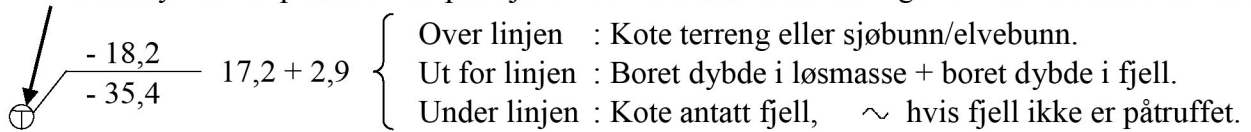
Ødometerforsøk i laboratorium benyttes til å bestemme jordens forkonsolideringsspenning og deformasjonsegenskaper. Ødometeret gir en endimensjonal deformasjonstilstand som er en forenkling av virkeligheten, men som samtidig er godt tilpasset de vanligste beregningsmodeller for setninger. Beregningsmodeller for setninger er som regel basert på endimensjonal konsolideringsteori.

Treaksialforsøk i laboratorium benyttes for å bestemme jordens styrkeegenskaper. For en uforstyrret prøve av leire/silt forsøker en å ta utgangspunkt i den opprinnelige spenningstilstanden prøven hadde i grunnen og deretter teste prøven til brudd ved et skjærforsøk. Skjærforsøket kan utføres med ulike hovedspenningsretninger avhengig av hvilken belastningssituasjon en ønsker å teste for. For testing av en prøve av sand må prøven bygges inn i apparaturen med ulik grad av komprimering. Styrkeparametrene bestemmes deretter som en funksjon av lagringstetthet.

# PLAN

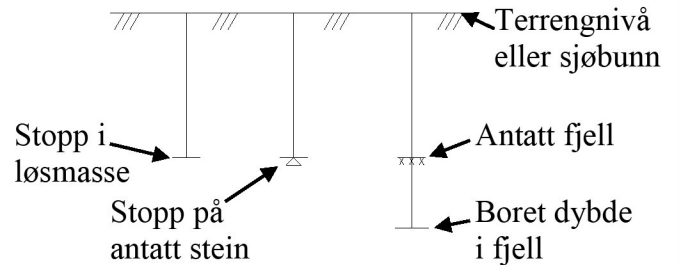
- |                        |                    |                                   |
|------------------------|--------------------|-----------------------------------|
| ○ Enkel sondering      | ● Dreiesondering   | ◊ Dreietrykksondering             |
| ⊗ Fjellkontrollboring  | ⊕ Totalsondering   | ▽ Trykksondering                  |
| + Vingeboring          | ▼ Ramsondering     | ⊖ Standard Penetration Test (SPT) |
| □ Prøvegrop            | ⊙ Prøveserie       | ⊞ Prøvegrop med prøveserie        |
| ☪ Vannprøver           | ◐ Vannstandsmåling | ⊖ Poretrykksmåling                |
| ⊗ Permeabilitetsmåling | ⊠ Prøvebelastning  | ■ Setningsmåling                  |
| ⊖ Elektrisk sondering  | ^^ Fjell i dagen   |                                   |

Metodesymbol er plassert i borposisjon. Evt. flere utførte sonderinger er markert ved siden av.

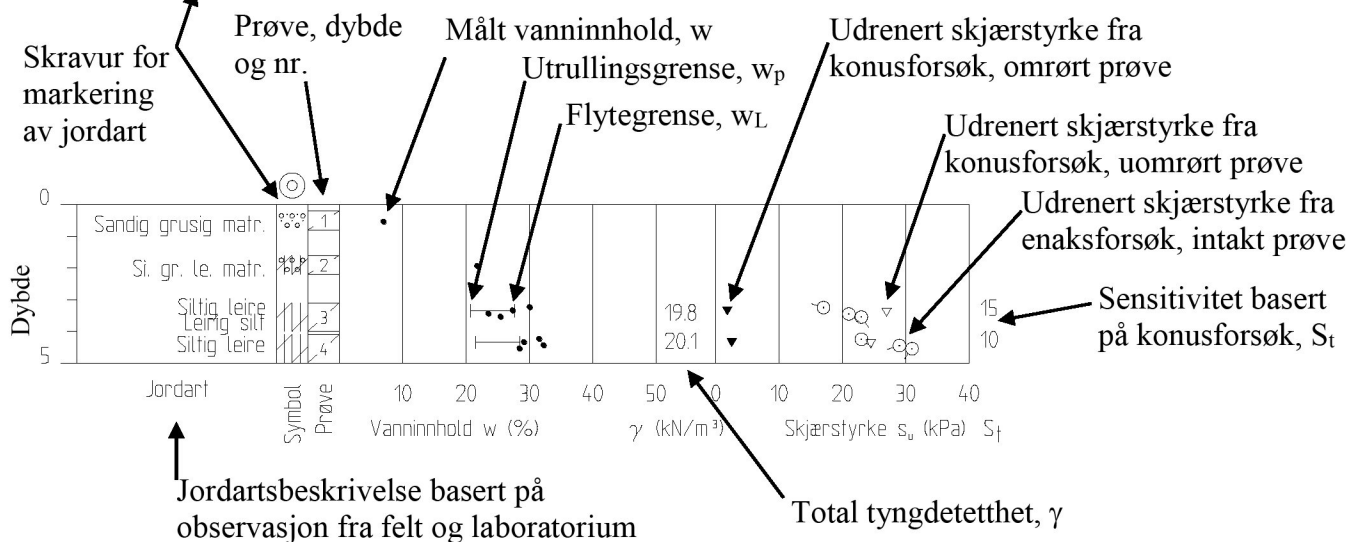


# PROFILER

- |                            |                       |                                    |
|----------------------------|-----------------------|------------------------------------|
| Enaksialt trykkforsøk (Su) | (15) ⊖ (5) (10) ⊖ (5) | ( ) = aksial deformasjon ved brudd |
| Torsjonsvinge (Su)         | *                     |                                    |
| Penetrometer (Su)          | □                     |                                    |



- |           |       |         |                   |                   |        |             |               |
|-----------|-------|---------|-------------------|-------------------|--------|-------------|---------------|
| Leire     | Silt  | Sand    | Grus              | Stein             | Blokk  | Moreneleire | Grusig morene |
| Fyllmasse | Fjell | Matjord | Torv/planterester | Trerester/sagflis | Skjell | Gytje/dye   |               |



## Prosedyrer og presentasjon

## Geotekniske tegninger, plan og profiler

Norconsult

MÅLESTOKK

M =

RAPPORT

DATO

VEDLEGG

C

UTFØRT  
Arne Kavli

KONTROLLERT  
Torgeir Døssland



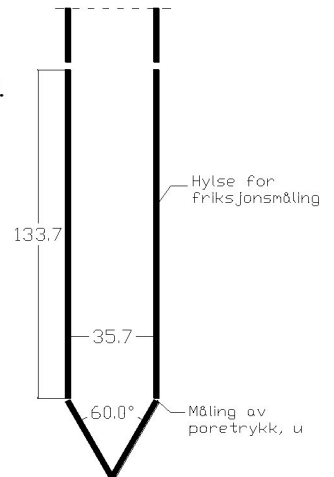


# Trykksondering – "Cone Penetration Tests" (CPT)

Utstyr: Ø 36 mm borstenger.  
Sonde med konisk spiss og automatisk logging av spissmotstand, poretrykk og friksjon, se figur.

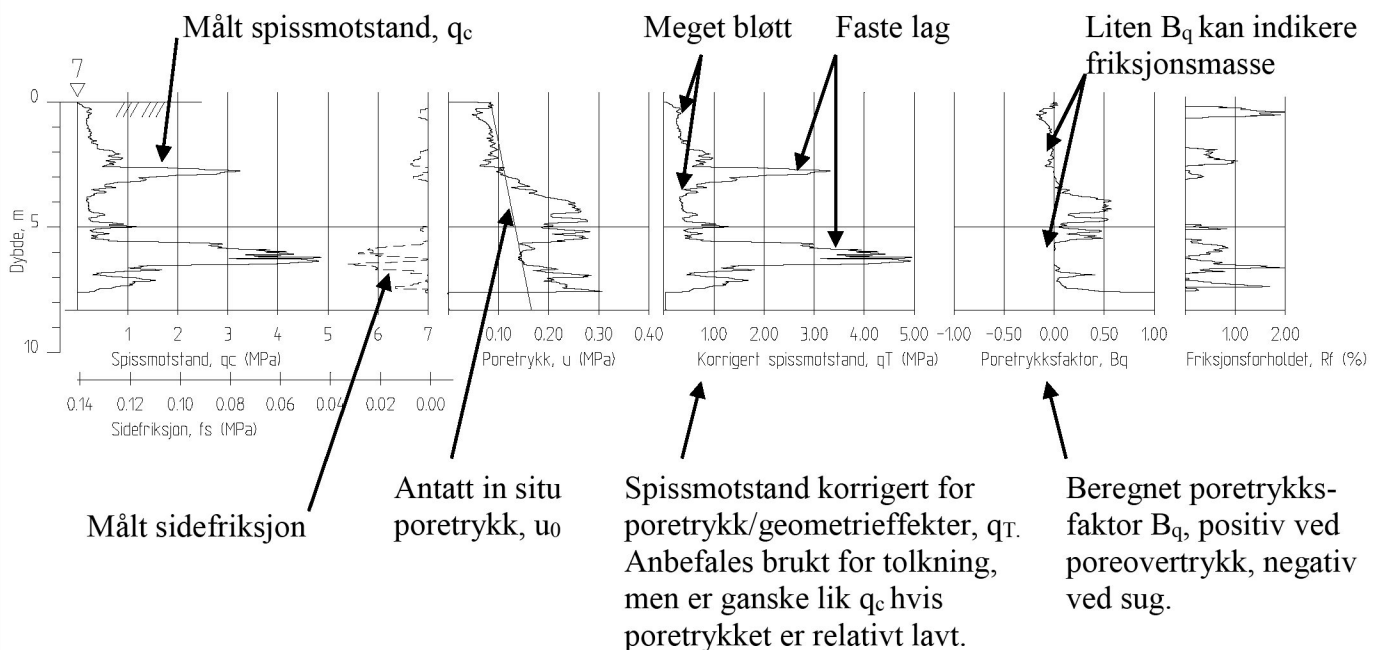
Prosedyre: Konstant nedpressingshastighet; 20 mm/sek.

Presentasjon: Kurver som viser målt spissmotstand, friksjon og poretrykk mot dybde. Kan også inkludere antatt in situ poretrykk og beregnede forløp som vist nedenfor.



Direkte målte verdier  
(untatt  $u_0$ )

Avledete/beregnete verdier  
(presenteres ikke alltid)



Prosedyrer og presentasjon

Borprofil – Trykksondering (CPT) ▽

Norconsult

MÅLESTOKK

M =

DATO


UTFØRT  
Arne Kavli

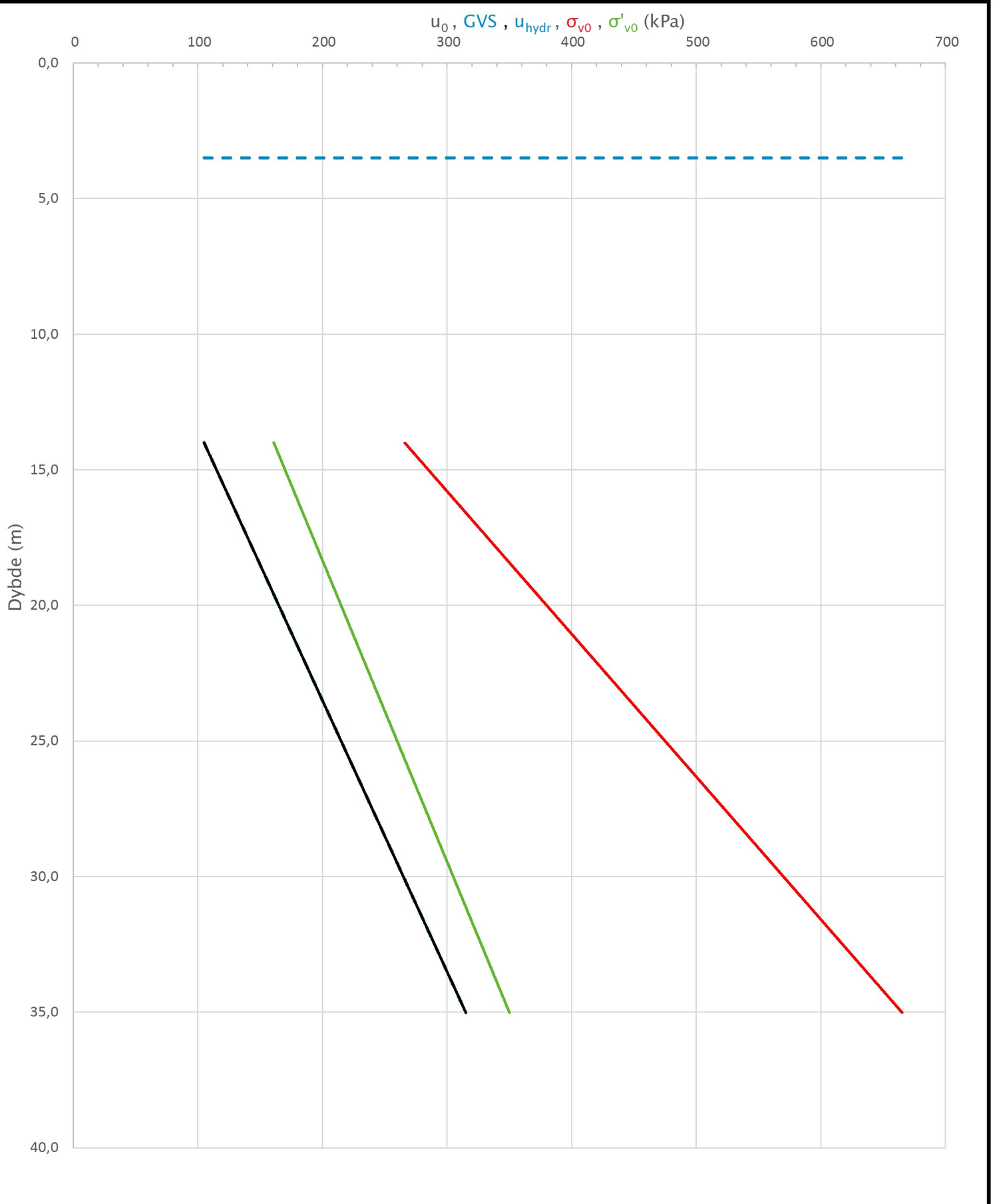
KONTROLLERT  
Torgeir Døssland


PROSJEKT

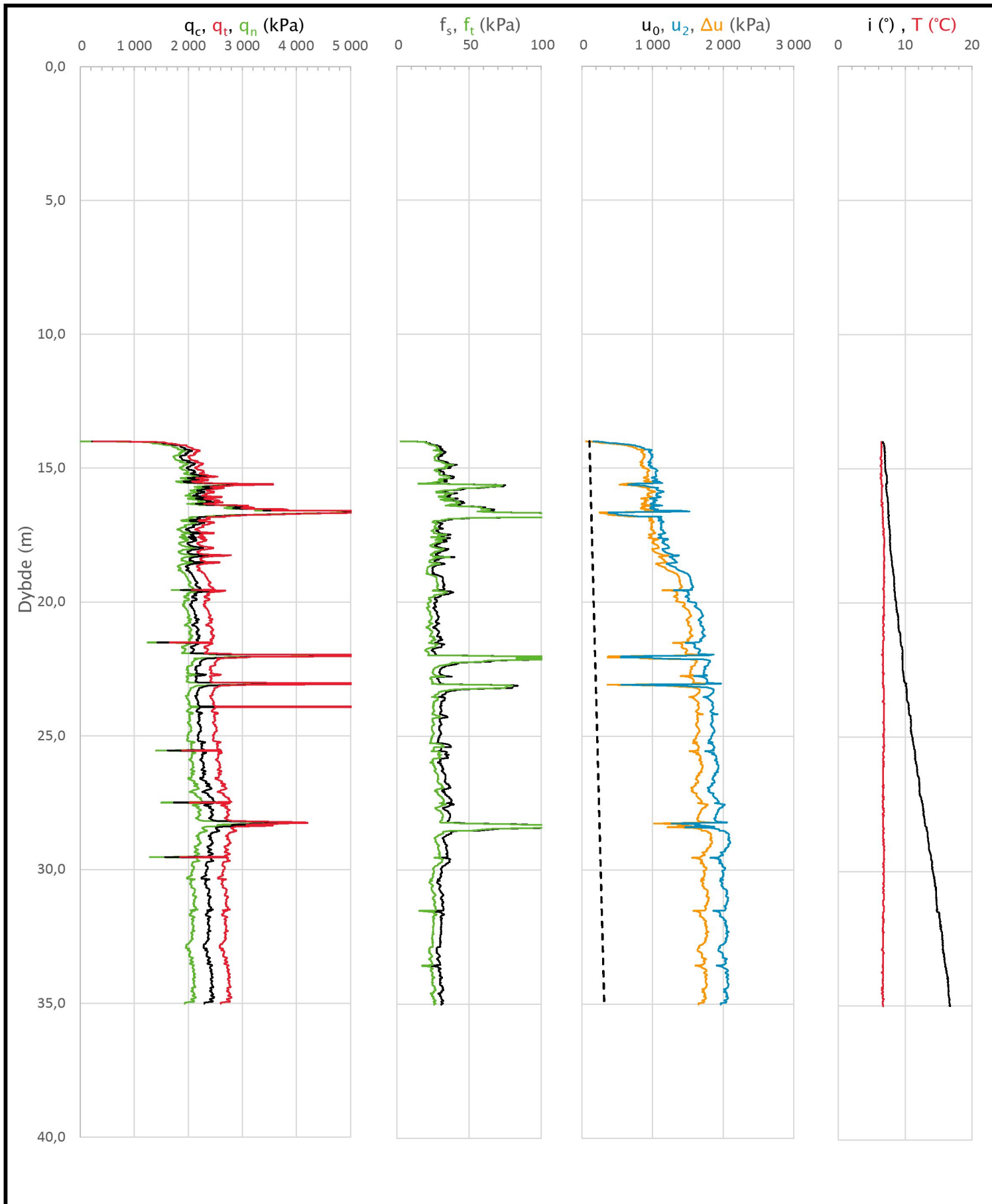
VEDLEGG


E

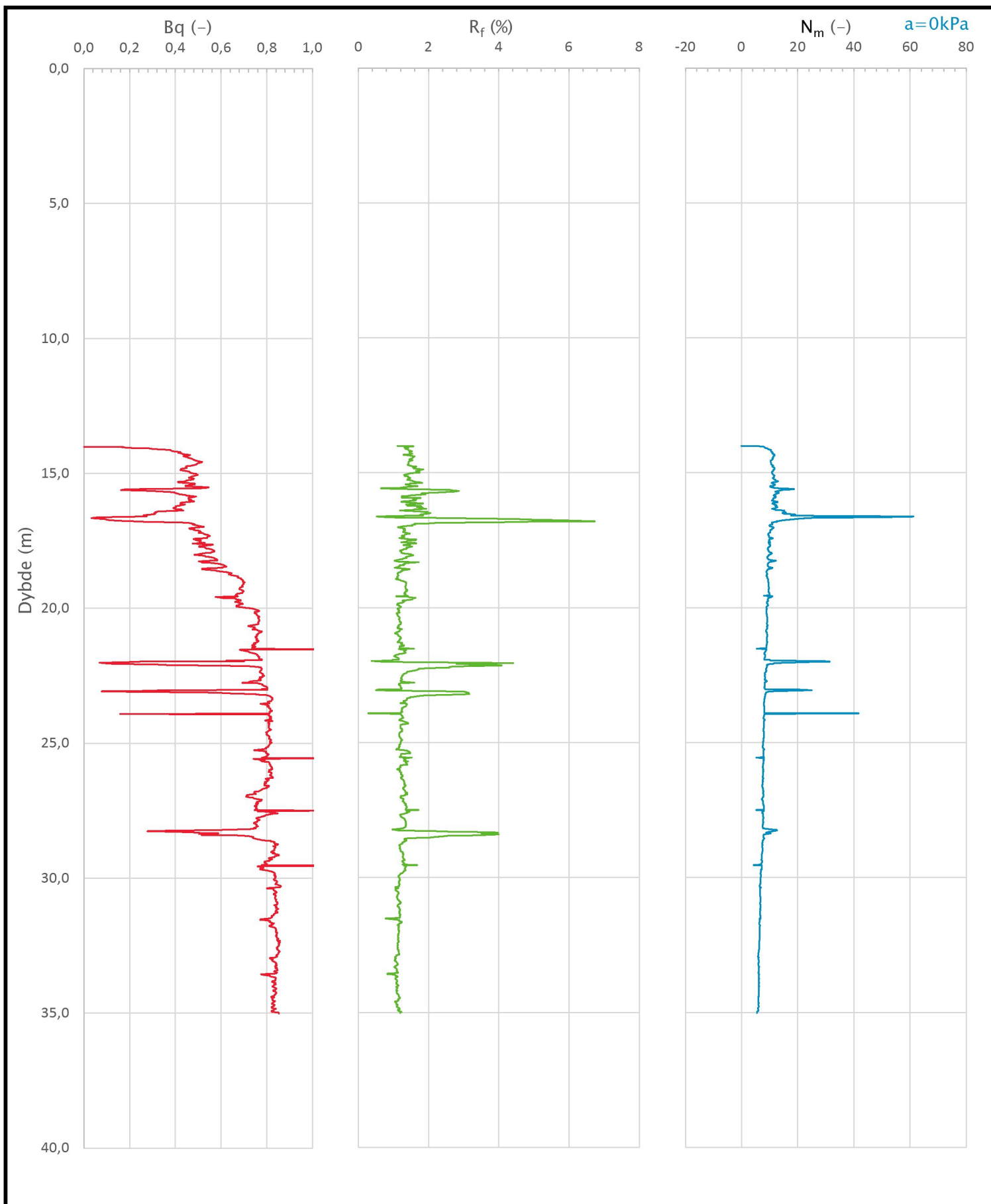
Sonde og utførelse						
Sondennummer	4775		Boreleder		SH	
Type sonde	Nova		Temperaturendring (°C)		0,6	
Kalibreringsdato	2019-06-20		Maks helning (°)		16,7	
Dato sondering	2020-03-14		Maks avstand målinger (m)		0,02	
Filtertype	Spaltefilter					
Kalibreringsdata						
	Spissmotstand		Sidefriksjon		Poretrykk	
Maksimal last (MPa)	50		0,5		2	
Måleområde (MPa)	50		0,5		2	
Skaleringsfaktor	1574		3731		3656	
Oppløsning 2 <sup>12</sup> bit (kPa)	-		-		-	
Oppløsning 2 <sup>18</sup> bit (kPa)	0,4847		0,0102		0,0209	
Arealforhold	0,8450		0,0000			
Maks ubelastet temp. effekt (kPa)	31,972		0,735		2,502	
Temperaturområde (°C)	40					
Nullpunktskontroll						
	NA		NB		NC	
Registrert før sondering (kPa)	6009,4		126,0		252,8	
Registrert etter sondering (kPa)	40,2		-1,8		3,6	
Avvik under sondering (kPa)	40,2		1,8		3,6	
Maksimal temperatureffekt (kPa)	0,5		0,0		0,0	
Maksverdi under sondering (kPa)	11381,8		180,2		2101,1	
Vurdering av anvendelsesklasse ihht. ISO 22476-1:2012						
	Spissmotstand		Sidefriksjon		Poretrykk	
	(kPa)	(%)	(kPa)	(%)	(kPa)	(%)
Samlet nøyaktighet (kPa)	41,2	0,4	1,8	1,0	3,7	0,2
Tillatt nøyaktighet klasse 1	35	5	5	10	10	2
Tillatt nøyaktighet klasse 2	100	5	15	15	25	3
Tillatt nøyaktighet klasse 3	200	5	25	15	50	5
Tillatt nøyaktighet klasse 4	500	5	50	20		
Anvendelsesklasse	2	1	1	1	1	1
Anvendelsesklasse måleintervall	1					
Anvendelsesklasse	1					
Måleverdier under kapasitet/krav						
Spissmotstand	Sidefriksjon	Poretrykk	Helning	Temperatur		
OK	OK	Ikke OK	Ikke OK	OK		
Kommentarer: Poretrykkskapasitet så vidt overskredet. Stor helning.						
Prosjekt <b>Sintef Horizon</b>			Prosjektnummer: 5175072		Borhull <b>BH07</b>	
Innhold Dokumentasjon av utstyr og målenøyaktighet					Sondennummer <b>4775</b>	
Norconsult 	Utført Egil A. Behrens	Kontrollert Arnfinn Emdal	Godkjent Christofer Klevsjø		Anvend.klasse <b>1</b>	
	Oppdragsgiver Sintef Energi	Dato sondering 2020-03-14	Revisjon Rev. dato		Figur <b>1</b>	




Prosjekt <b>Sintef Horizon</b>			Prosjektnummer: 5175072	Borhull <b>BH07</b>
Innhold In-situ poretrykk, total- og effektiv vertikalspenning i beregninger			Sondennummer <b>4775</b>	
Norconsult 	Utført Egil A. Behrens	Kontrollert Arnfinn Emdal	Godkjent Christofer Klevsjø	
	Oppdragsgiver Sintef Energi	Dato sondering 2020-03-14	Revisjon	Anvend.klasse <b>1</b>
			Rev. dato	Figur <b>2</b>




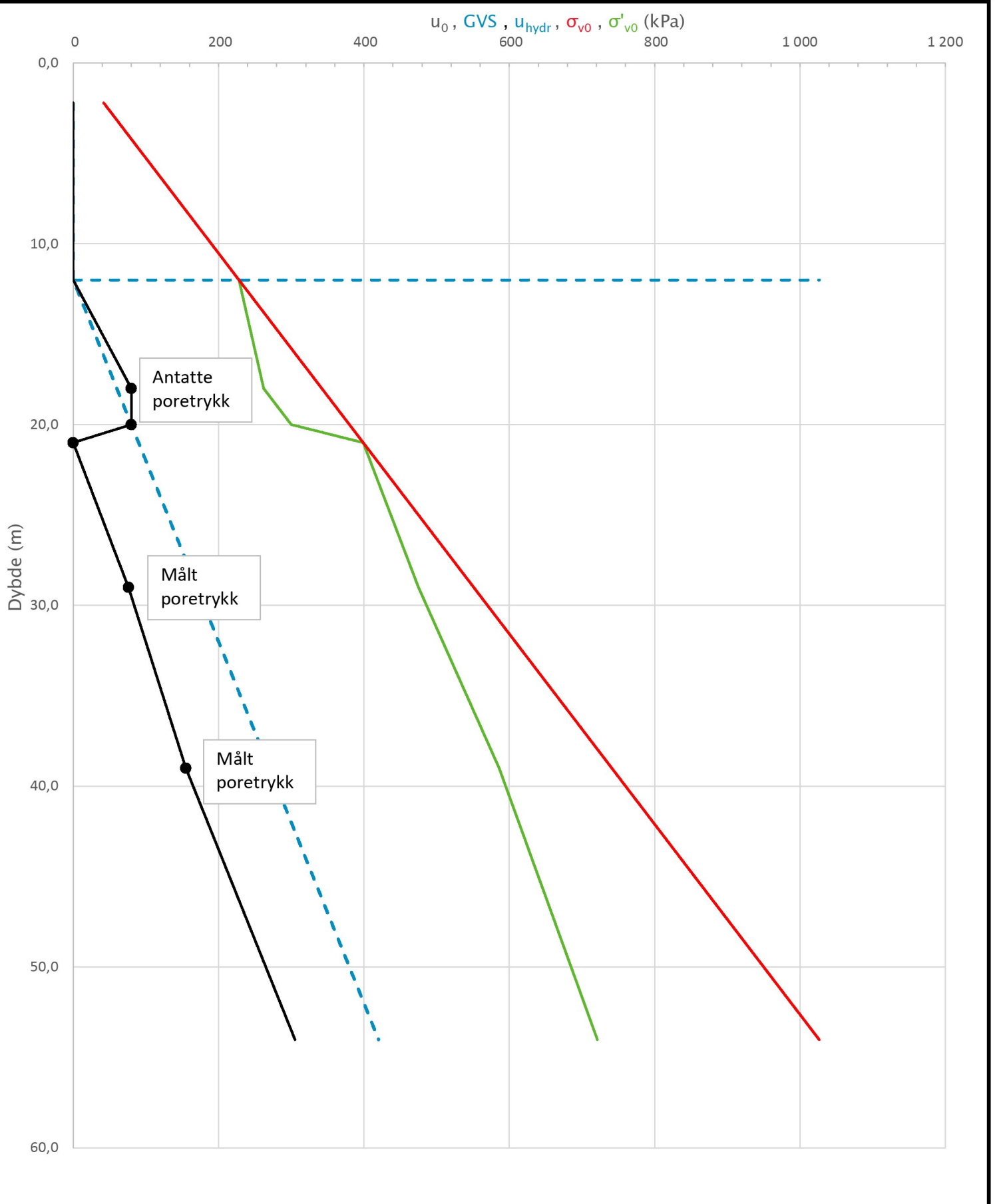
Prosjekt		Prosjektnummer: 5175072		Borhull
<b>Sintef Horizon</b>				<b>BH07</b>
Innhold				Sondennummer
Måledata og korrigerte måleverdier				<b>4775</b>
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	Egil A. Behrens	Arnfinn Emdal	Christofer Klevsjø	<b>1</b>
	Oppdragsgiver	Dato sondering	Revisjon	Figur
	Sintef Energi	2020-03-14	Rev. dato	<b>3</b>




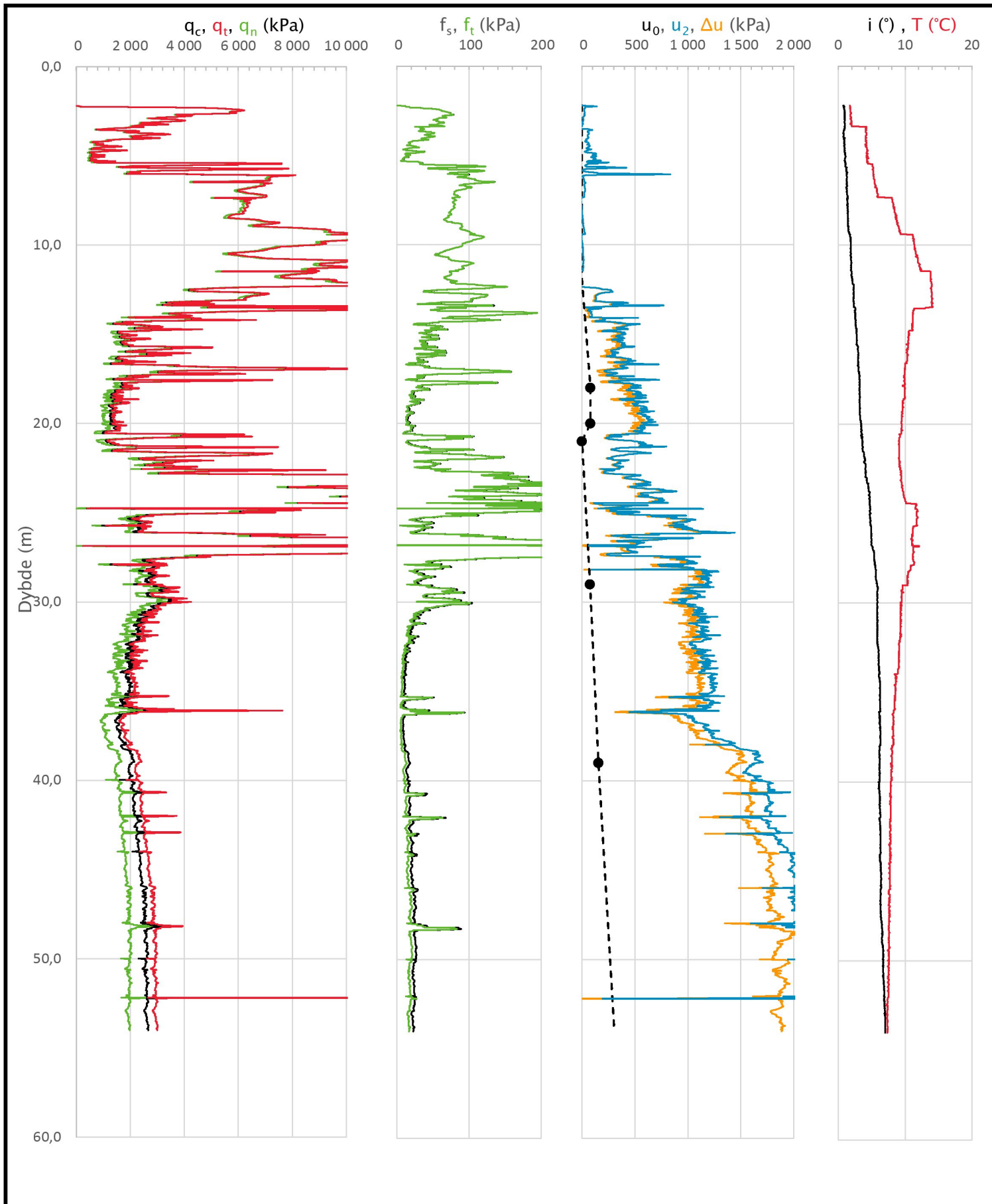
Prosjekt			Prosjektnummer: 5175072	Borhull
<b>Sintef Horizon</b>				<b>BH07</b>
Innhold			Sondennummer	
Avledede dimensjonsløse forhold			<b>4775</b>	
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	Egil A. Behrens	Arnfinn Emdal	Christofer Klevsjø	<b>1</b>
	Oppdragsgiver	Dato sondering	Revisjon	Figur
	Sintef Energi	2020-03-14	Rev. dato	<b>4</b>




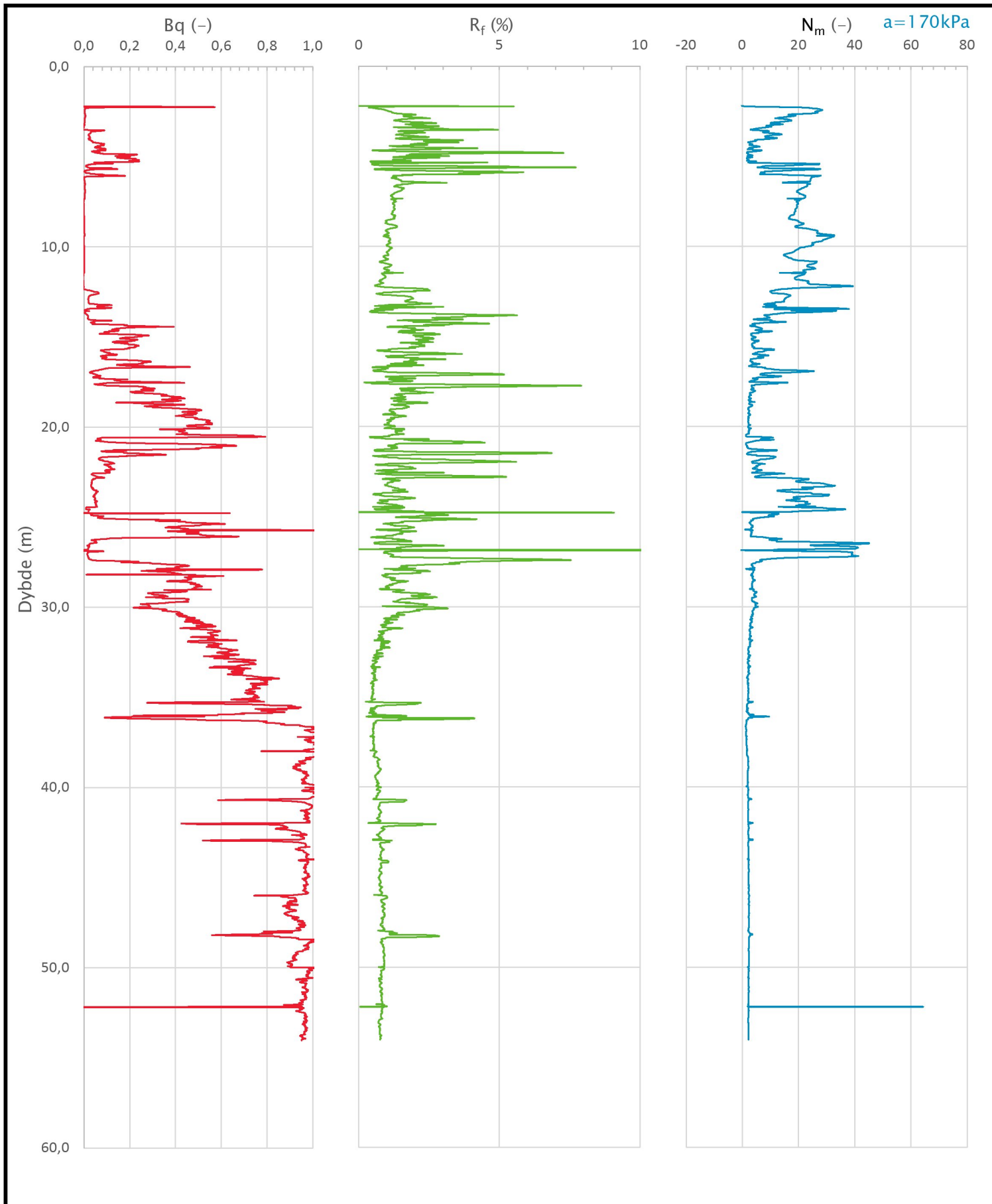
Sonde og utførelse						
Sondennummer	4775		Boreleder		SH	
Type sonde	Nova		Temperaturendring (°C)		12,4	
Kalibreringsdato	2019-06-20		Maks helning (°)		7,0	
Dato sondering	2020-03-13		Maks avstand målinger (m)		0,02	
Filtertype	Spaltefilter					
Kalibreringsdata						
	Spissmotstand		Sidefriksjon		Poretrykk	
Maksimal last (MPa)	50		0,5		2	
Måleområde (MPa)	50		0,5		2	
Skaleringsfaktor	1574		3731		3656	
Oppløsning 2 <sup>12</sup> bit (kPa)	-		-		-	
Oppløsning 2 <sup>18</sup> bit (kPa)	0,4847		0,0102		0,0209	
Arealforhold	0,8450		0,0000			
Maks ubelastet temp. effekt (kPa)	31,972		0,735		2,502	
Temperaturområde (°C)	40					
Nullpunktskontroll						
	NA		NB		NC	
Registrert før sondering (kPa)	5946,9		129,5		283,5	
Registrert etter sondering (kPa)	89,6		-3,4		-1,3	
Avvik under sondering (kPa)	89,6		3,4		1,3	
Maksimal temperatureffekt (kPa)	9,9		0,2		0,8	
Maksverdi under sondering (kPa)	57200,1		495,9		2274,0	
Vurdering av anvendelsesklasse ihht. ISO 22476-1:2012						
	Spissmotstand		Sidefriksjon		Poretrykk	
	(kPa)	(%)	(kPa)	(%)	(kPa)	(%)
Samlet nøyaktighet (kPa)	100,0	0,2	3,6	0,7	2,1	0,1
Tillatt nøyaktighet klasse 1	35	5	5	10	10	2
Tillatt nøyaktighet klasse 2	100	5	15	15	25	3
Tillatt nøyaktighet klasse 3	200	5	25	15	50	5
Tillatt nøyaktighet klasse 4	500	5	50	20		
Anvendelsesklasse	2	1	1	1	1	1
Anvendelsesklasse måleintervall	1					
Anvendelsesklasse	1					
Måleverdier under kapasitet/krav						
Spissmotstand	Sidefriksjon	Poretrykk	Helning	Temperatur		
Ikke OK	OK	Ikke OK	OK	OK		
Kommentarer:		Maksverdi 2000 kPa overskredet med 274 kPa				
		Maksverdi 50000 kPa overskredet med 7200 kPa				
Prosjekt			Prosjektnummer: 5175072		Borhull	
Sintef Horizon					BH08	
Innhold					Sondennummer	
Dokumentasjon av utstyr og målenøyaktighet					4775	
Norconsult 	Utført	Kontrollert	Godkjent		Anvend.klasse	
	Egil A. Behrens	Arnfinn Emdal	Christofer Klevsjø		1	
	Oppdragsgiver	Dato sondering	Revisjon		Figur	
	Sintef Energi	2020-03-13	Rev. dato		1	




Prosjekt			Prosjektnummer: 5175072		Borhull
<b>Sintef Horizon</b>					<b>BH08</b>
Innhold					Sondennummer
In-situ poretrykk, total- og effektiv vertikalspenning i beregninger					<b>4775</b>
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	
	Egil A. Behrens	Arnfinn Emdal	Christofer Klevsjø	1	
	Oppdragsgiver	Dato sondering	Revisjon	Figur	
Sintef Energi	2020-03-13	Rev. dato	2		




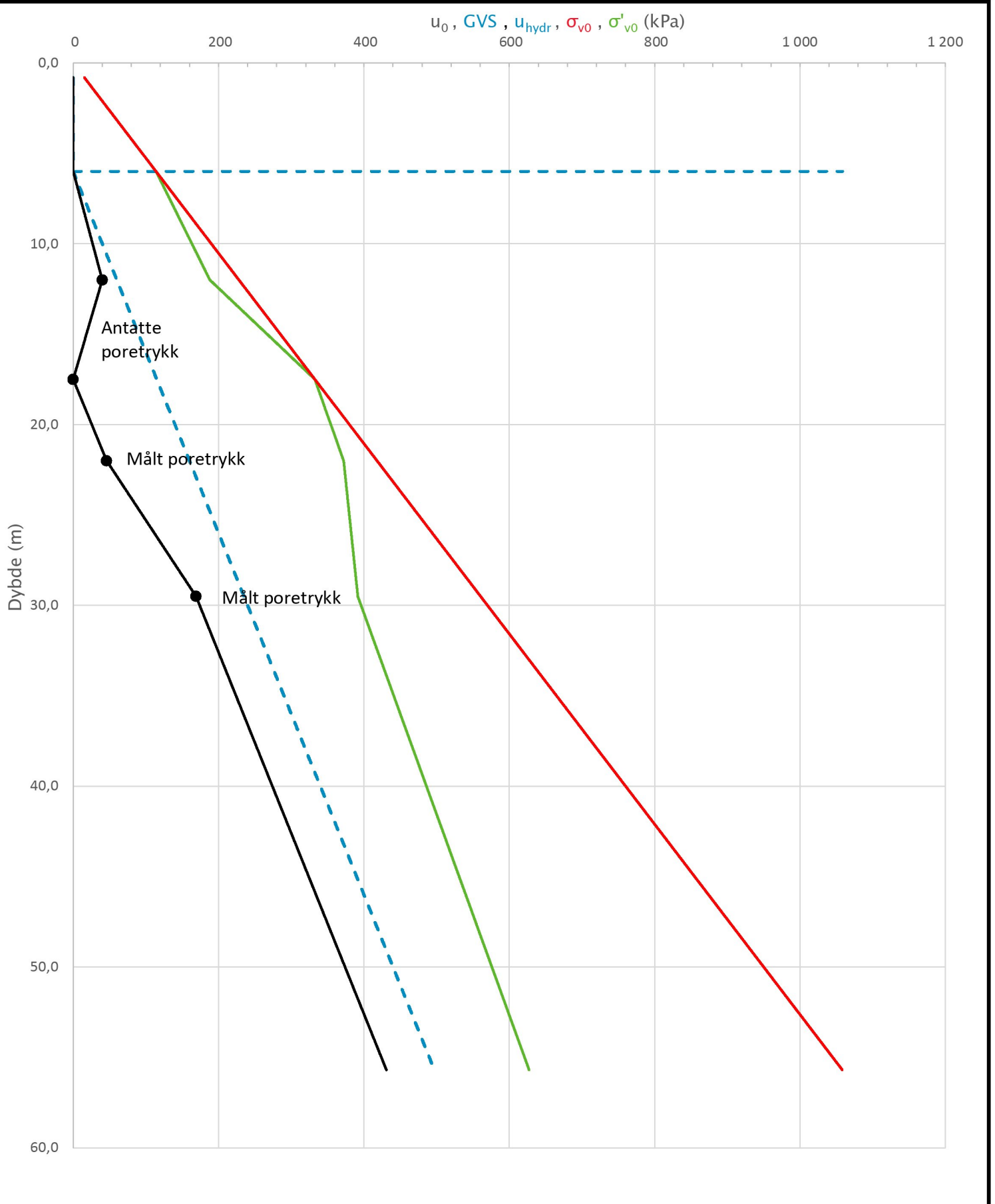
Prosjekt <b>Sintef Horizon</b>		Prosjektnummer: 5175072		Borhull <b>BH08</b>
Innhold Måledata og korrigerte måleverdier				Sondennummer <b>4775</b>
	Utført Egil A. Behrens	Kontrollert Arnfinn Emdal	Godkjent Christofer Klevsjø	Anvend.klasse <b>1</b>
	Oppdragsgiver Sintef Energi	Dato sondering 2020-03-13	Revisjon Rev. dato	Figur <b>3</b>




Prosjekt		Prosjektnummer: 5175072		Borhull
<b>Sintef Horizon</b>				<b>BH08</b>
Innhold			Sondennummer	
Avledede dimensjonsløse forhold			<b>4775</b>	
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	Egil A. Behrens	Arnfinn Emdal	Christofer Klevsjø	<b>1</b>
	Oppdragsgiver	Dato sondering	Revisjon	Figur
	Sintef Energi	2020-03-13	Rev. dato	<b>4</b>

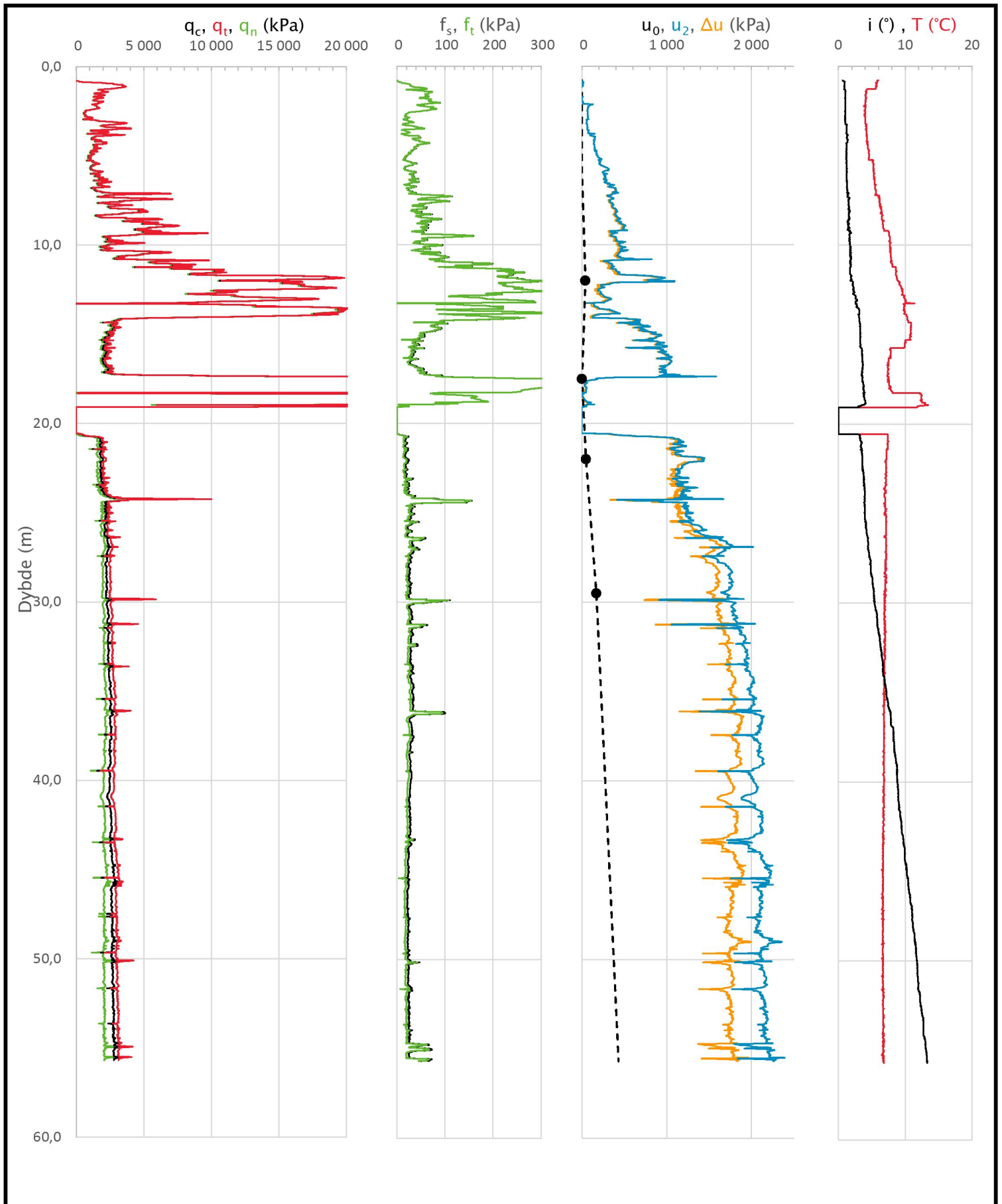



Sonde og utførelse						
Sondennummer	4775		Boreleder		SH	
Type sonde	Nova		Temperaturendring (°C)		13,4	
Kalibreringsdato	2019-06-20		Maks helning (°)		13,3	
Dato sondering	2020-03-14		Maks avstand målinger (m)		0,02	
Filtertype	Spaltefilter					
Kalibreringsdata						
	Spissmotstand		Sidefriksjon		Poretrykk	
Maksimal last (MPa)	50		0,5		2	
Måleområde (MPa)	50		0,5		2	
Skaleringsfaktor	1574		3731		3656	
Oppløsning 2 <sup>12</sup> bit (kPa)	-		-		-	
Oppløsning 2 <sup>18</sup> bit (kPa)	0,4847		0,0102		0,0209	
Arealforhold	0,8450		0,0000			
Maks ubelastet temp. effekt (kPa)	31,972		0,735		2,502	
Temperaturområde (°C)	40					
Nullpunktskontroll						
	NA		NB		NC	
Registrert før sondering (kPa)	5989,1		127,6		267,2	
Registrert etter sondering (kPa)	27,6		-1,3		-4,3	
Avvik under sondering (kPa)	27,6		1,3		4,3	
Maksimal temperatureffekt (kPa)	10,7		0,2		0,8	
Maksverdi under sondering (kPa)	33455,5		396,3		2394,3	
Vurdering av anvendelsesklasse ihht. ISO 22476-1:2012						
	Spissmotstand		Sidefriksjon		Poretrykk	
	(kPa)	(%)	(kPa)	(%)	(kPa)	(%)
Samlet nøyaktighet (kPa)	38,8	0,1	1,6	0,4	5,2	0,2
Tillatt nøyaktighet klasse 1	35	5	5	10	10	2
Tillatt nøyaktighet klasse 2	100	5	15	15	25	3
Tillatt nøyaktighet klasse 3	200	5	25	15	50	5
Tillatt nøyaktighet klasse 4	500	5	50	20		
Anvendelsesklasse	2	1	1	1	1	1
Anvendelsesklasse måleintervall	1					
Anvendelsesklasse	1					
Måleverdier under kapasitet/krav						
Spissmotstand	Sidefriksjon	Poretrykk		Helning	Temperatur	
OK	OK	Ikke OK		OK	OK	
Kommentarer: Poretrykkskapasiteten på 2000 kPa er overskredet med 394 kPa.						
Prosjekt <b>Sintef Horizon</b>			Prosjektnummer: 5175072		Borhull <b>BH10</b>	
Innhold Dokumentasjon av utstyr og målenøyaktighet					Sondennummer <b>4775</b>	
Norconsult 	Utført Egil A. Behrens		Kontrollert Arnfinn Emdal		Godkjent Christofer Klevsjø	
	Oppdragsgiver Sintef Energi		Dato sondering 2020-03-14		Revisjon Rev. dato	
					Anvend.klasse	1
					Figur	1

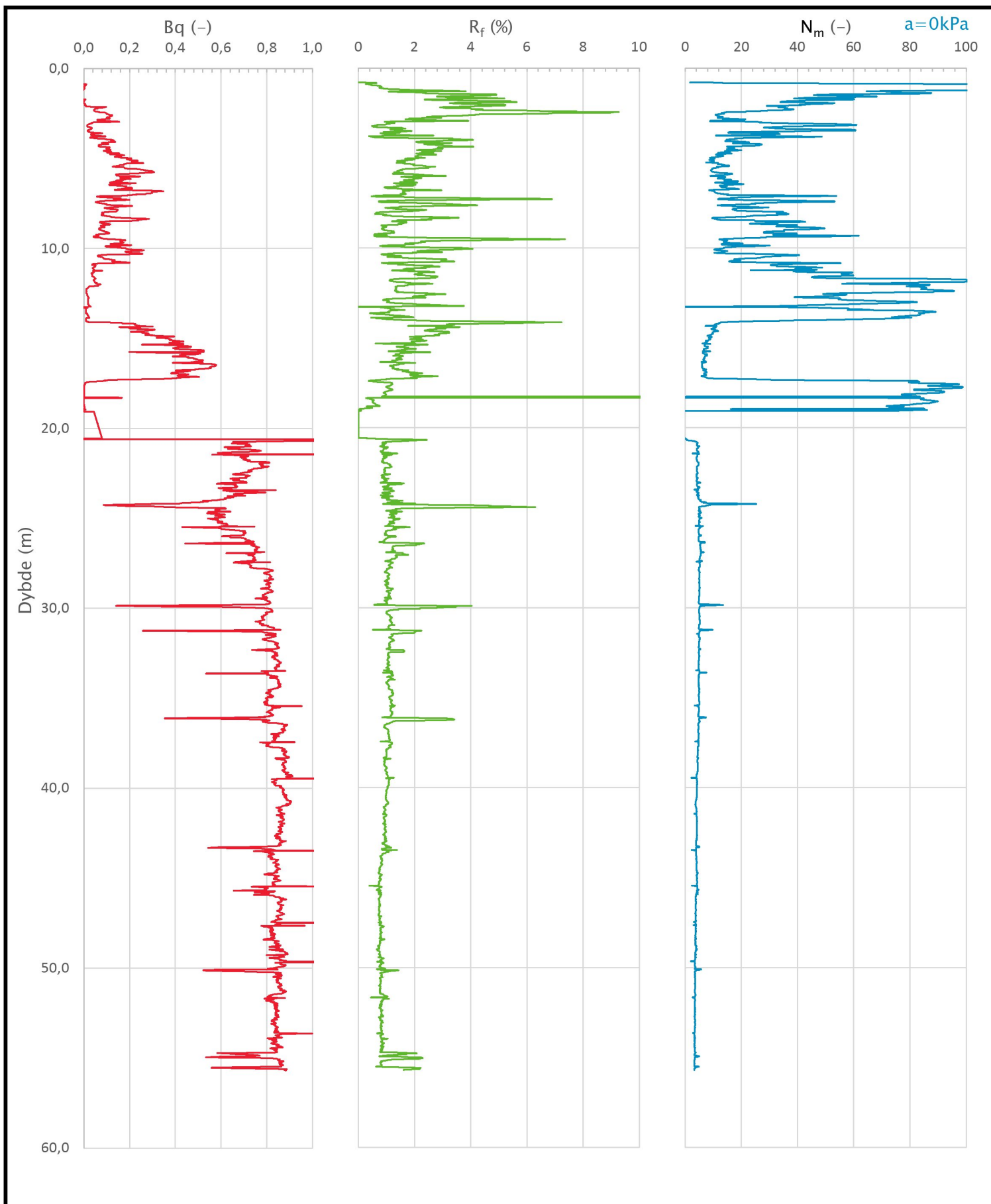



Prosjekt <b>Sintef Horizon</b>			Prosjektnummer: 5175072	Borhull <b>BH10</b>
Innhold In-situ poretrykk, total- og effektiv vertikalspenning i beregninger			Sondennummer <b>4775</b>	
Norconsult 	Utført Egil A. Behrens	Kontrollert Arnfinn Emdal	Godkjent Christofer Klevsjø	
	Oppdragsgiver Sintef Energi	Dato sondering 2020-03-14	Revisjon	Anvend.klasse <b>1</b>
			Rev. dato	Figur <b>2</b>





Prosjekt		Prosjektnummer: 5175072		Borhull
<b>Sintef Horizon</b>				<b>BH10</b>
Innhold				Sondennummer
Måledata og korrigerte måleverdier				<b>4775</b>
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	Egil A. Behrens	Arnfinn Emdal	Christofer Klevsjø	<b>1</b>
	Oppdragsgiver	Dato sondering	Revisjon	Figur
	Sintef Energi	2020-03-14	Rev. dato	<b>3</b>



Prosjekt		Prosjektnummer: 5175072		Borhull
<b>Sintef Horizon</b>				<b>BH10</b>
Innhold				Sondennummer
Avledede dimensjonsløse forhold				<b>4775</b>
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	Egil A. Behrens	Arnfinn Emdal	Christofer Klevsjø	<b>1</b>
	Oppdragsgiver	Dato sondering	Revisjon	Figur
	Sintef Energi	2020-03-14	Rev. dato	<b>4</b>