

DATARAPPORT FRA GRUNNUNDERSØKELSE

Norges vassdrags- og energidirektorat
Stiklestad, grunnundersøkelser og stabilitetsberegninger

Oppdrag nr: 1350032981

Rapport nr. 001

Dato: 26.03.2019

Fylke Trøndelag	Kommune Verdal	Sted Stiklestad	UTM-sone 32 06257 70767
Byggherre			
Oppdragsgiver Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)			
Oppdrag formidlet av NVE v/Stein-Are Strand			
Oppdragsreferanse Oppdragsbekreftelse av 30.01.2019			
Antall sider 5	Tegn.nr 101 - 114	Bilag.nr. 0	Antall tillegg 3

Prosjekt-tittel

Stiklestad, grunnundersøkelser og stabilitetsberegninger

Rapport-tittel

Grunnundersøkelser Datarapport

Oppdrag nr: 1350032981	Rapport nr: 001	Rev: 00	Dato: 26.03.2019	Kontr: <i>Ø. Døke</i>
Oppdragsleder: Kathrine Buene Gangenes		Utarbeidet av: Kathrine Buene Gangenes <i>K.B. Gangenes</i>		
SAMMENDRAG				
<p>NVE planlegger å åpne den delen av Broskitbekken som tidligere er lagt i rør over eiendommen Stiklestad allé 286, 288 og 290, med gnr./bnr 28/1, i Verdal kommune. Som grunnlag for en geoteknisk vurdering er det i uke 9/2019 utført grunnundersøkelser bestående av totalt 8 totalsonderinger, 2 CPTU-sonderinger og 3 prøveserier.</p> <p>Det er generelt registrert et ca. 2 - 3 meter mektig topplag av faste masser og tørrskorpeleire over mer homogen kvikkleire. Under topplaget er det registrert kvikk/sensitiv leire til stor dybde i borepunkt 2 - 3 og 5 - 8. Det er registrert en overgang til økende boremotstand ca. 13 - 20 meter under terreng. I borepunkt 1 og 4 er det registrert leire som er bløt til middels fast og lite til middels sensitiv. Alle sonderinger er avsluttet i leirmasser uten at berg er registrert.</p> <p>Det er installert to stk. elektriske poretryksmålere for å kartlegge grunnvann og poretryksforhold.</p>				

INNHOOLD

1	INNLEDNING	3
1.1	Prosjekt	3
1.2	Innhold	3
2	UNDERSØKELSER	3
2.1	Feltundersøkelser	3
2.2	Oppmåling	3
2.3	Laboratorieundersøkelser	4
2.4	Resultater	4
3	GRUNNFORHOLD	4
3.1	Løsmasser	4
3.2	Grunnvann	4
3.3	Berg	5

TEGNINGER

Tegn. nr.	Rev. nr.	Tittel	Målestokk
101		OVERSIKTSKART	1 : 50 000
102		SITUASJONSPLAN	1 : 2 000
103		DREIETRYKKSONDERING PKT. 1 OG 2	1 : 200
104		DREIETRYKKSONDERING PKT. 3 OG 4	1 : 200
105		DREIETRYKKSONDERING PKT. 5 OG 6	1 : 200
106		DREIETRYKKSONDERING PKT. 7 OG 8	1 : 200
107		TRYKKSONDERING PKT. 1 OG 3	1 : 200
108		BORPROFIL PKT. 1	1 : 100
109		BORPROFIL PKT. 3	1 : 100
110		BORPROFIL PKT. 5	1 : 100
111		ØDOMETERFORSØK PKT. 3 LAB. NR. 5	
112		ØDOMETERFORSØK PKT. 3 LAB. NR. 6	
113		ØDOMETERFORSØK PKT. 3 LAB. NR. 7	
114		TREKSIALFORSØK PKT. 5 LAB. NR. 12	

TILLEGG

- I MARKUNDERSØKELSER
- II LABORATORIEUNDERSØKELSER
- III SPESIELLE UNDERSØKELSER

1 INNLEDNING

1.1 Prosjekt

NVE planlegger å åpne den delen av Brokskitbekken som tidligere er lagt i rør over eiendommen Stiklestad allé 286, 288 og 290, med gnr./bnr 28/1, i Verdal kommune. Området ligger i kvikkleiresone «559 Stiklestad» som er registrert med lav faregrad. Som grunnlag for en geoteknisk vurdering er det utført grunnundersøkelser på området.

1.2 Innhold

Foreliggende rapport inneholder resultater fra utførte grunnundersøkelser med data fra felt og laboratorium. Geotekniske vurderinger rapporteres i eget notat.

2 UNDERSØKELSER

2.1 Feltundersøkelser

Det er i uke 9/2019 utført grunnundersøkelser med beltegående borerigg. Undersøkelsen har bestått av totalt 8 dreietrykkssonderinger til ca. 16 – 30 meters dybde uten at berg er registrert. For nærmere klassifisering av løsmassene er det tatt opp 14 stk. uforstyrrede ø54mm sylinderprøver fra 3 prøvepunkt.

Det er utført totalt 2 trykksonderinger (CPTU) til ca. 25 meters dybde i to utvalgte punkter.

Plassering av de ulike borpunkter fremkommer av situasjonsplanen, tegning 102.

2.2 Oppmåling

Borpunktene er satt ut og målt inn av Vitec AS. Koordinatene er innmålt i EUREF89 UTM32 koordinatsystem og høydesystem NN2000.

Tabell 1: Koordinater og høyder for borpunkt

Borpunkt	Nord	Øst	Høyde
1	7076758,9	625574,2	20,4
2	7076832,5	625568,0	29,6
3	7076920,6	625557,8	34,3
4	7076768,4	625640,4	20,1
5	7076831,5	625653,3	29,6
6	7076912,5	625654,9	34,1
7	7076795,7	625571,1	25,7
8	7076800,0	625646,8	26,2

2.3 Laboratorieundersøkelser

Det er på samtlige uforstyrrede \varnothing 54mm sylinderprøver utført klassifisering og rutineundersøkelser med registrering av tyngdetetthet, vanninnhold og skjærfasthet.

På utvalgte sylinderprøver er leiras flytegrense og plastisitetsgrense bestemt. I tillegg er det utført ødometer- og treksialforsøk på enkelte prøver.

2.4 Resultater

Resultater fra dreietrykkssonderingene er presentert på tegning 103 – 106, resultater fra trykksonderingene (CPTU) er presentert på tegning 107.

Resultater fra klassifisering og rutineundersøkelser er presentert i borprofil på tegning 108 – 110. Ødometerforsøkene og treksialforsøkene er grafisk fremstilt på henholdsvis tegning 111 – 113 og 114.

Tillegg I, II og III gir forklaring og metodebeskrivelse på utførte felt- og laboratorieundersøkelser.

3 GRUNNFORHOLD

3.1 Løsmasser

Det er generelt registrert varierende boremotstand i de øvre 2 – 3 meterne over mer homogene leirmasser videre nedover i dybden. I flere borpunkt er det på deler av sonderingskurven registrert lite til ingen økning i boremotstand, og en overgang til økende boremotstand ca. 13 – 20 meter under terreng. Borepunkt 1 og 4 viser jevn økning i boremotstand fra registrert overgang til homogen leire, ca. 2 meter under terreng.

I de opptatte prøver er det registrert leire med meget høy sensitivitet i punkt 3 og 5. I borepunkt 1, ved foten av skråningen, er det registrert leire som er bløt til middels fast og lite til middels sensitiv for hele prøveintervallet mellom ca. 3 – 10 meters dybde.

I borepunkt 3 er det registrert kvikkleire fra ca. 11,5 meters dybde. Det er også registrert sprøbruddmateriale i 2 av 3 prøvesylindrene tatt grunnere enn 11,5 meter under terreng. Det antas en overgang til mindre sensitiv leire ca. 22 meter under terreng.

I borepunkt 5, midt i skråningen, er det registrert kvikkleire fra ca. 5 meter til antatt ca. 18 meter under terreng. Opptatt prøve mellom 19 – 20 meter under terreng viser ikke kvikkleire, men det er registrert sprøbruddmateriale i denne prøvesylindren. I opptatt prøve mellom 3 – 4 meters dybde er det også registrert sprøbruddmateriale.

Fra de opptatte prøver virker det som at kvikkleira kiles ut i retning sør, ned mot gårdsbygningene på eiendommen.

3.2 Grunnvann

Det er totalt installert to poretrykksmålere (elektriske piezometere) i punkt 1, med filter på 5 og 12 meters dybde. Poretrykksavlesninger er vist i tabell 2 under, på neste side.

Tabell 2: Poretrykksavlesninger

Borpunkt		1	
Dybde filter [m]		5	12
Kote terreng [m]		+20,4	+20,4
Type		Elektrisk	Elektrisk
Dato	kl.	Avlesning (kote) [m]	
27.02.19	-	Installasjon	Installasjon
08.03.19	18:49	+19,52	+19,38
09.03.19	07:35	+19,54	+19,38
09.03.19	15:12	+19,55	+19,39
10.03.19	12:36	+19,57	+19,39
20.03.2019	13:41	+20,03	+19,36
21.03.2019	09:14	+20,11	+19,35

3.3 Berg

Sonderingene er avsluttet i leirholdige masser uten at berg er registrert.



00	26.03.2019		KAGA	ODE	ODE
Rev	Dato	Tekst	Utarb	Kontr	Godkj

Oppdrag nr: 1350032981 Målestokk: 1:50 000 Status: DATARAPPORT

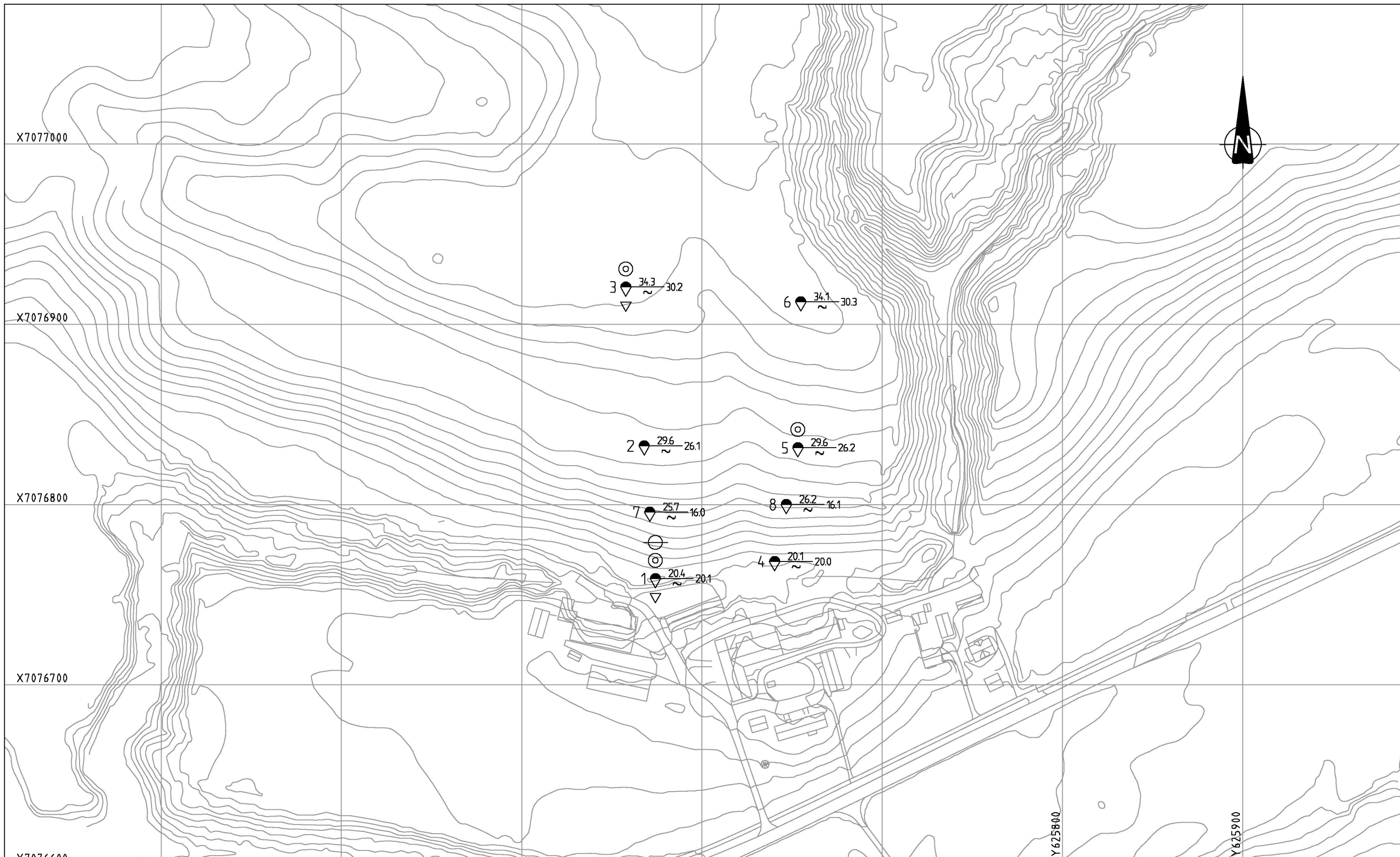
Stiklestad, grunnundersøkelser og stabilitetsberegn.
NVE

OVERSIKTSKART
UTM32 (EUREF89) 06257 70767

RAMBOLL

Ramboll Norge AS
P.b. 9420 Torgarden
7493 Tr.heim
TLF: 73 84 10 00
www.ramboll.no

Tegning nr: 101 Rev: 00



FORKLARING - BORING	
Boring type (symbol)	Terrengkote
Borpunkt nr.	Fjellkote
	Boredybde i løsmasse + boring i fjell (m)

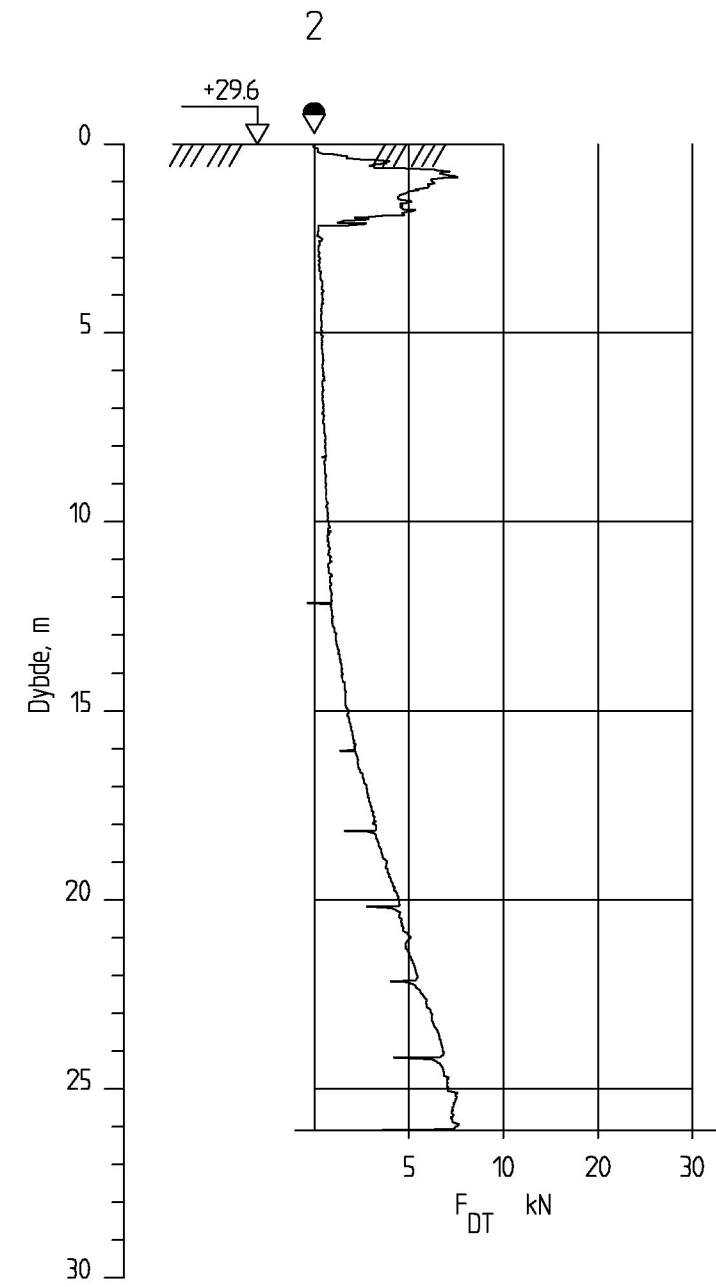
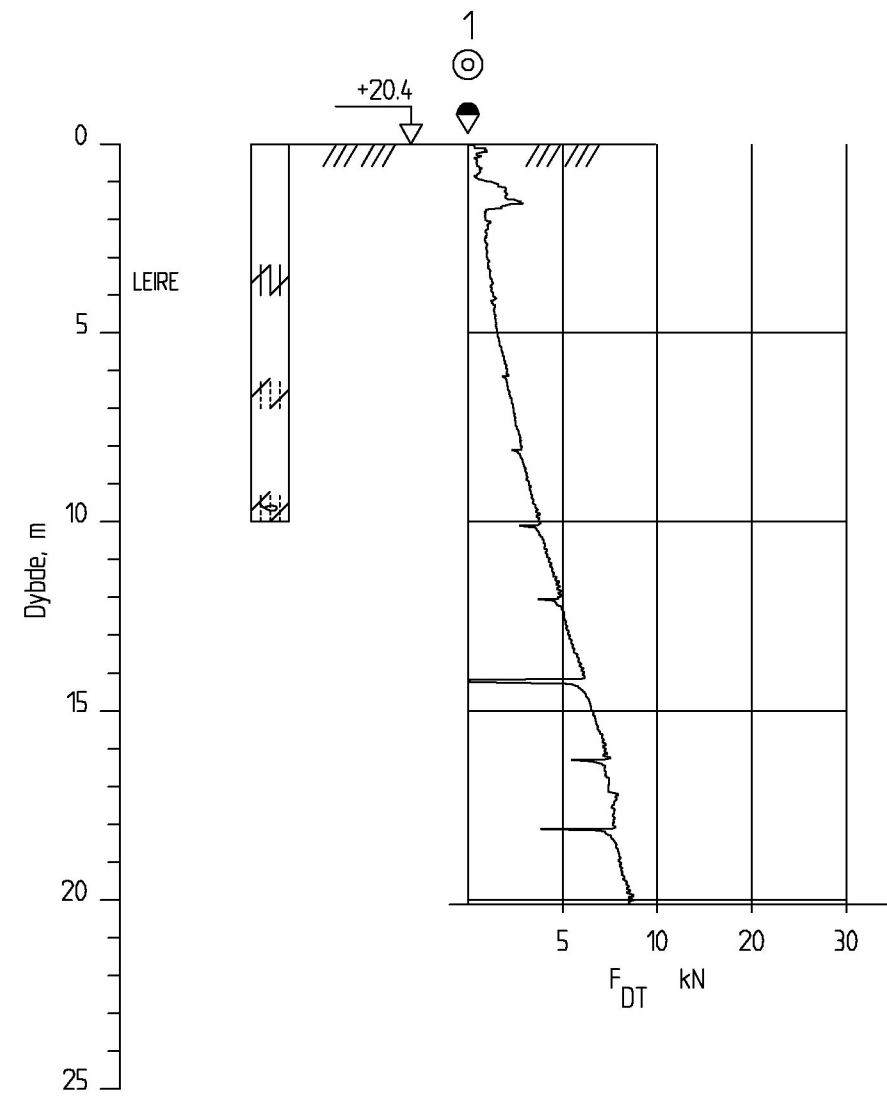
00	26.03.2019		KAGA	ODE	ODE
REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ
TEGNINGSSTATUS			DATARAPPORT		

RAMBOLL
 Rambøll Norge AS
 P.b. 9420 Torgarden
 7493 Trondheim
 TLF: 73 84 10 00
 www.ramboll.no

OPPDRAG
Stiklestad, GU og stab.ber.
 OPPDRAGSGIVER
NVE

INNHOOLD
BOREPLAN
 Dreietrykksond. Porettrykksmåler
 Trykksond. (CPTU) Prøveserie

OPPDRAG NR.	MÅLESTOKK	BLAD NR.	AV
1350032981	1:2000 (A3)	01	01
TEGNING NR.		REV.	
102		00	



00	26.03.2019		KAGA	ODE	ODE
REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ
TEGNINGSSTATUS			DATARAPPORT		



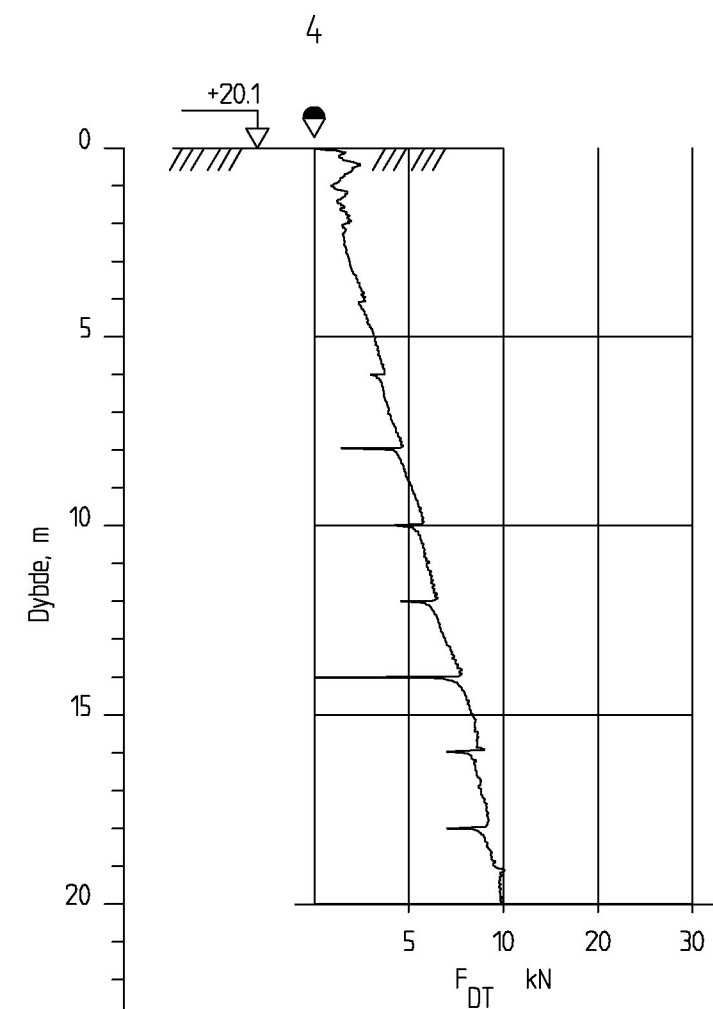
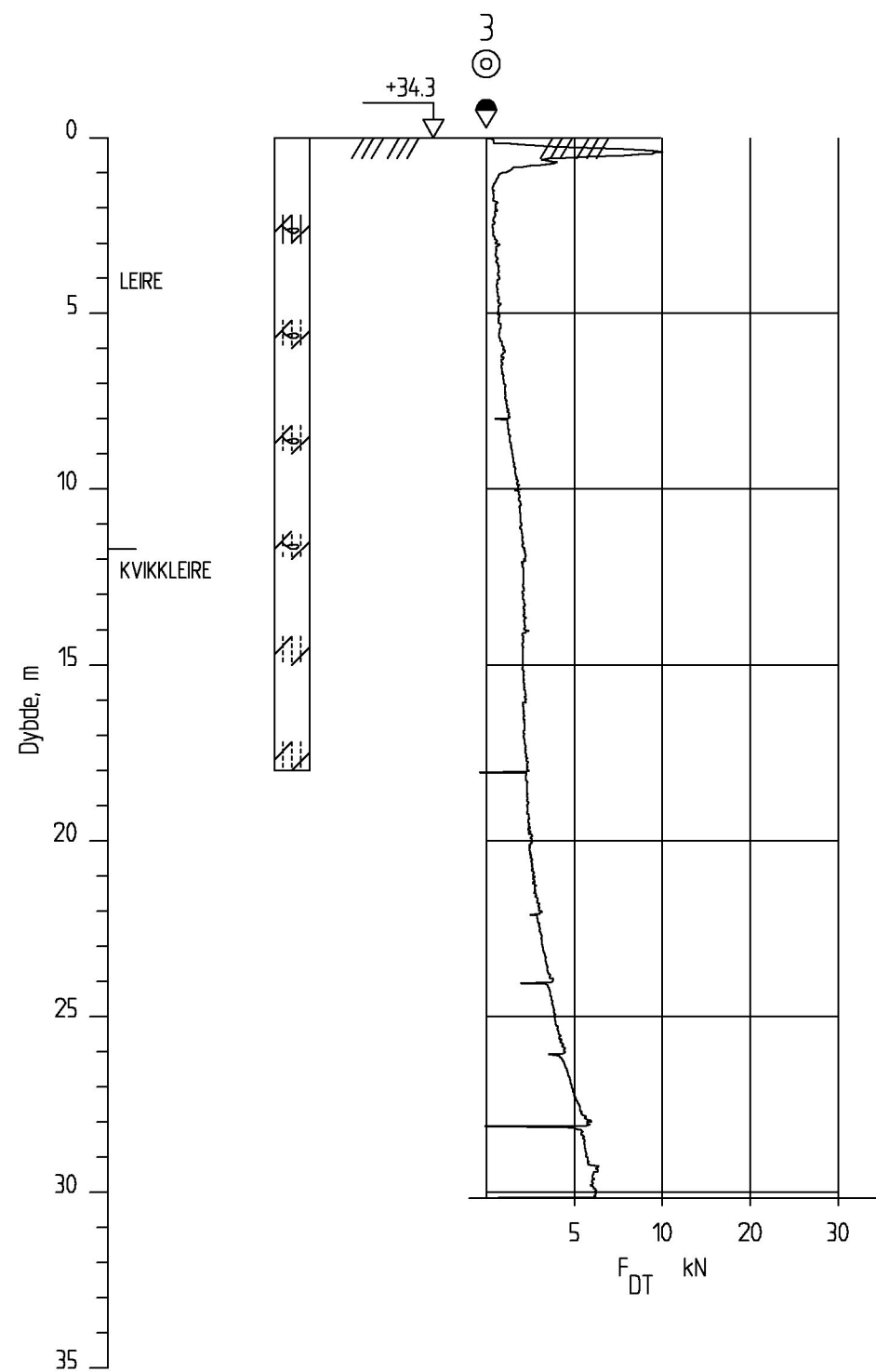
Rambøll Norge AS
P.b. 9420 Torgarden
7493 Trondheim
TLF: 73 84 10 00
www.ramboll.no

OPPDRAG
Stiklestad, GU og stab.ber.

OPPDRAGSGIVER
NVE

INNHold
BORERESULTATER
 Dreietrykksondering
 Prøveserie

OPPDRAG NR. 1350032981	MÅLESTOKK 1:200	BLAD NR. 01	AV 01
TEGNING NR. 103			REV. 00



00	26.03.2019		KAGA	ODE	ODE
REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ
TEGNINGSSTATUS		DATARAPPORT			



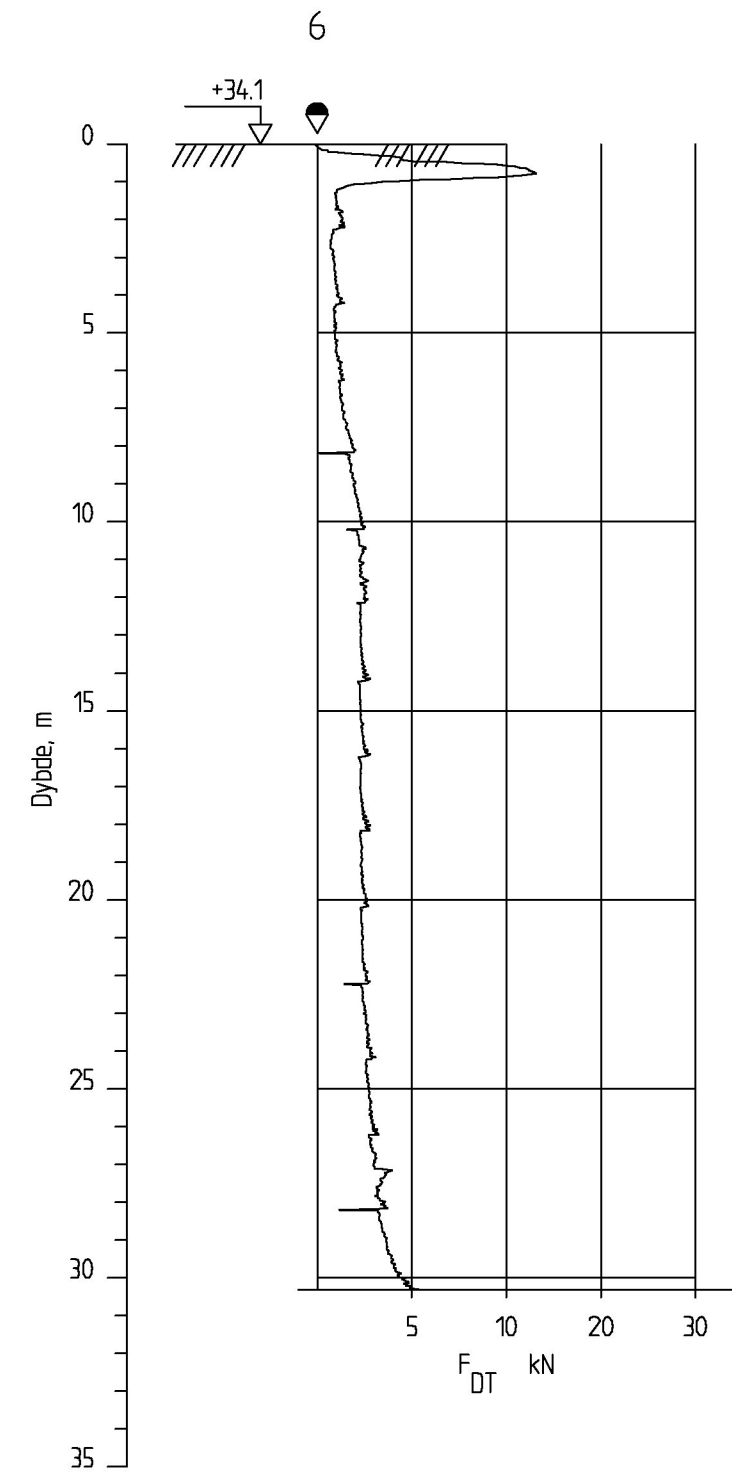
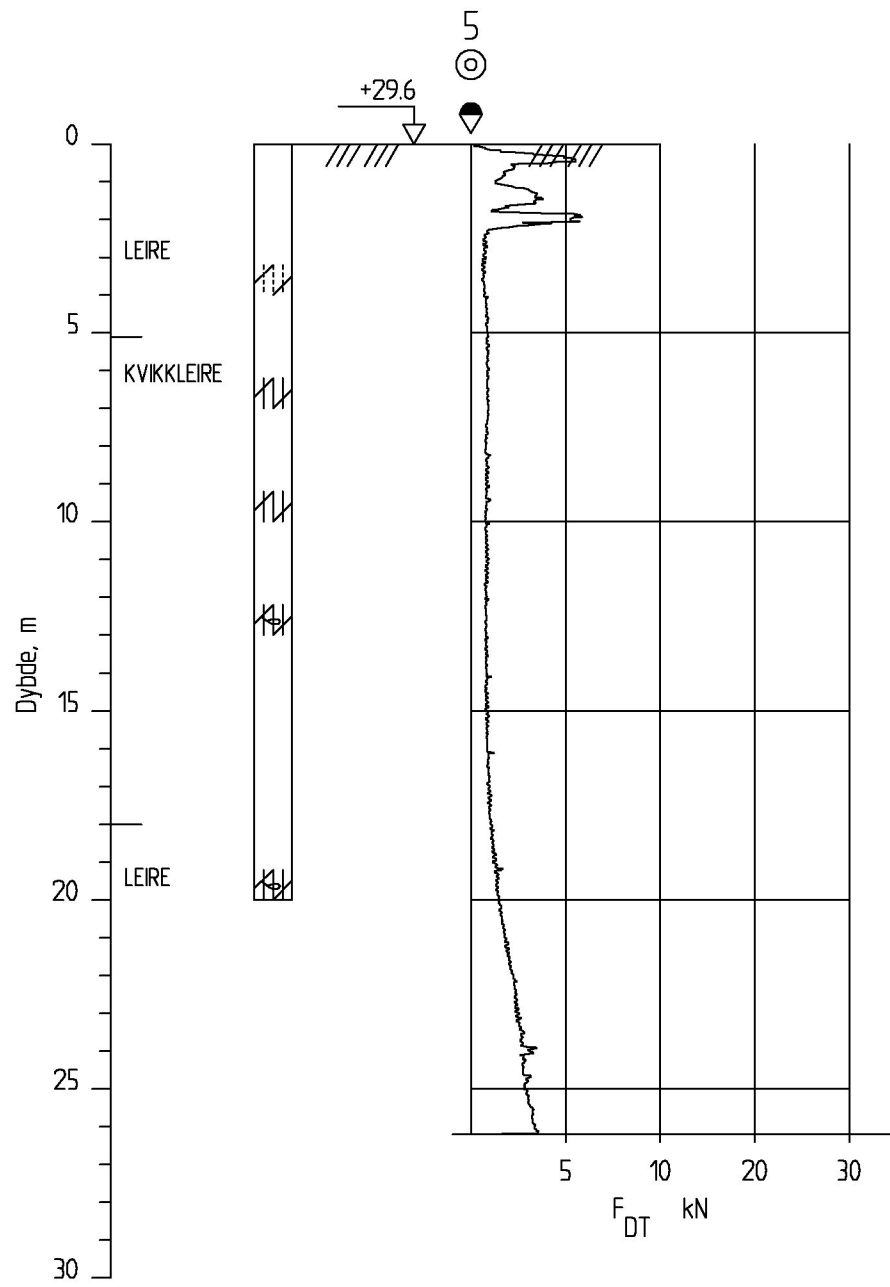
Rambøll Norge AS
P.b. 9420 Torgarden
7493 Trondheim
TLF: 73 84 10 00
www.ramboll.no

OPPDRAG
Stiklestad, GU og stab.ber.

OPPDRAGSGIVER
NVE

INNHOOLD
BORERESULTATER
Dreietrykksondering
Prøveserie

OPPDRAG NR. 1350032981	MÅLESTOKK 1:200	BLAD NR. 01	AV 01
		TEGNING NR. 104	REV. 00



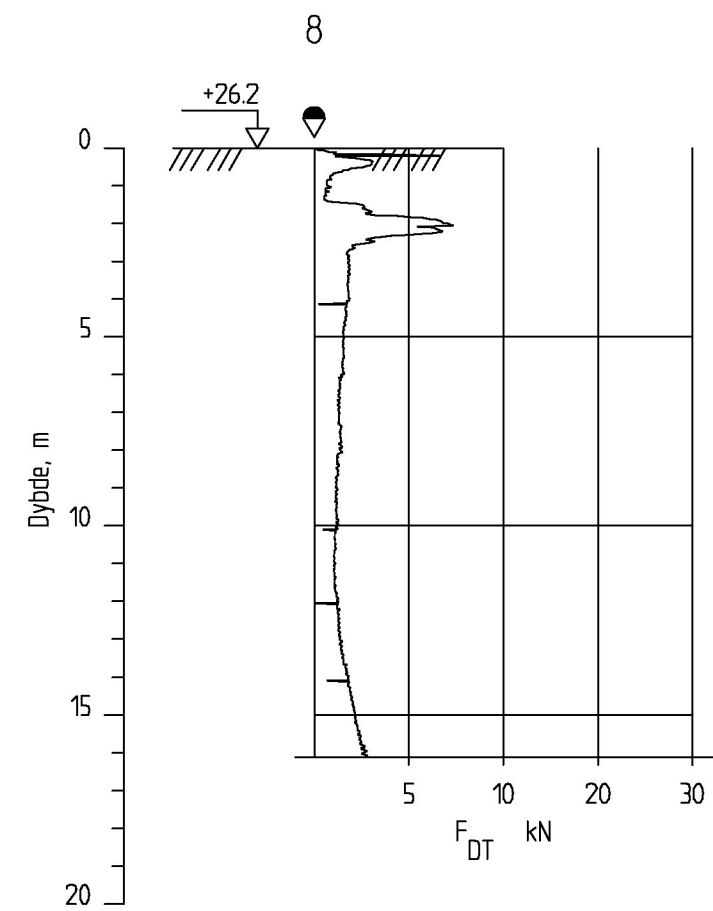
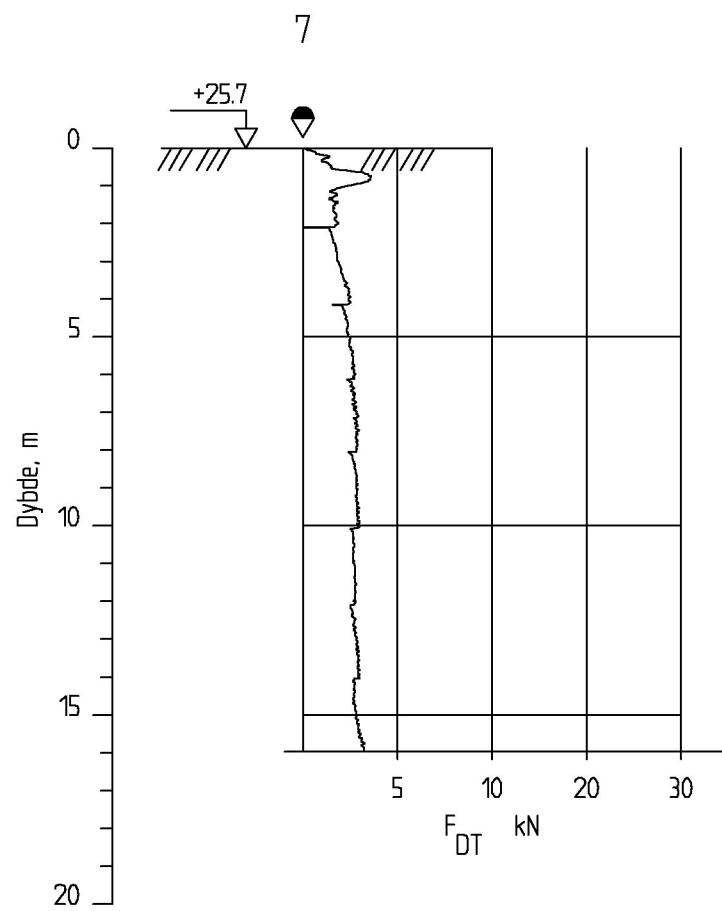
00	26.03.2019		KAGA	ODE	ODE
REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ
TEGNINGSSTATUS		DATARAPPORT			

RAMBOLL
 Rambøll Norge AS
 P.b. 9420 Torgarden
 7493 Trondheim
 TLF: 73 84 10 00
 www.ramboll.no

OPPDRAG
Stiklestad, GU og stab.ber.
 OPPDRAGSGIVER
NVE

INNHOOLD
BORERESULTATER
 Dreietrykksondering
 © Prøveserie

OPPDRAG NR. 1350032981	MÅLESTOKK 1:200	BLAD NR. 01	AV 01
		TEGNING NR. 105	REV. 00



00	26.03.2019		KAGA	ODE	ODE
REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ
TEGNINGSSTATUS		DATARAPPORT			



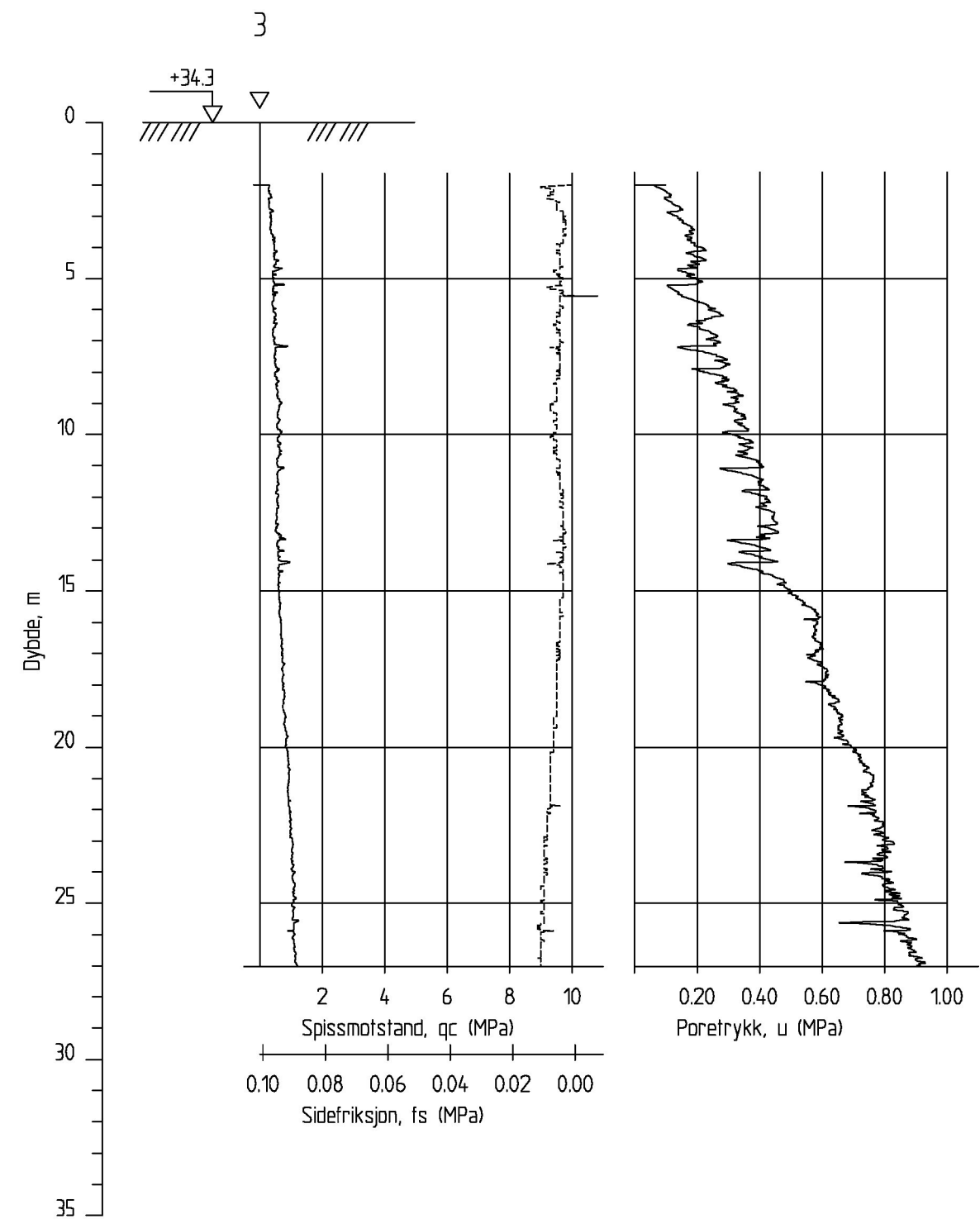
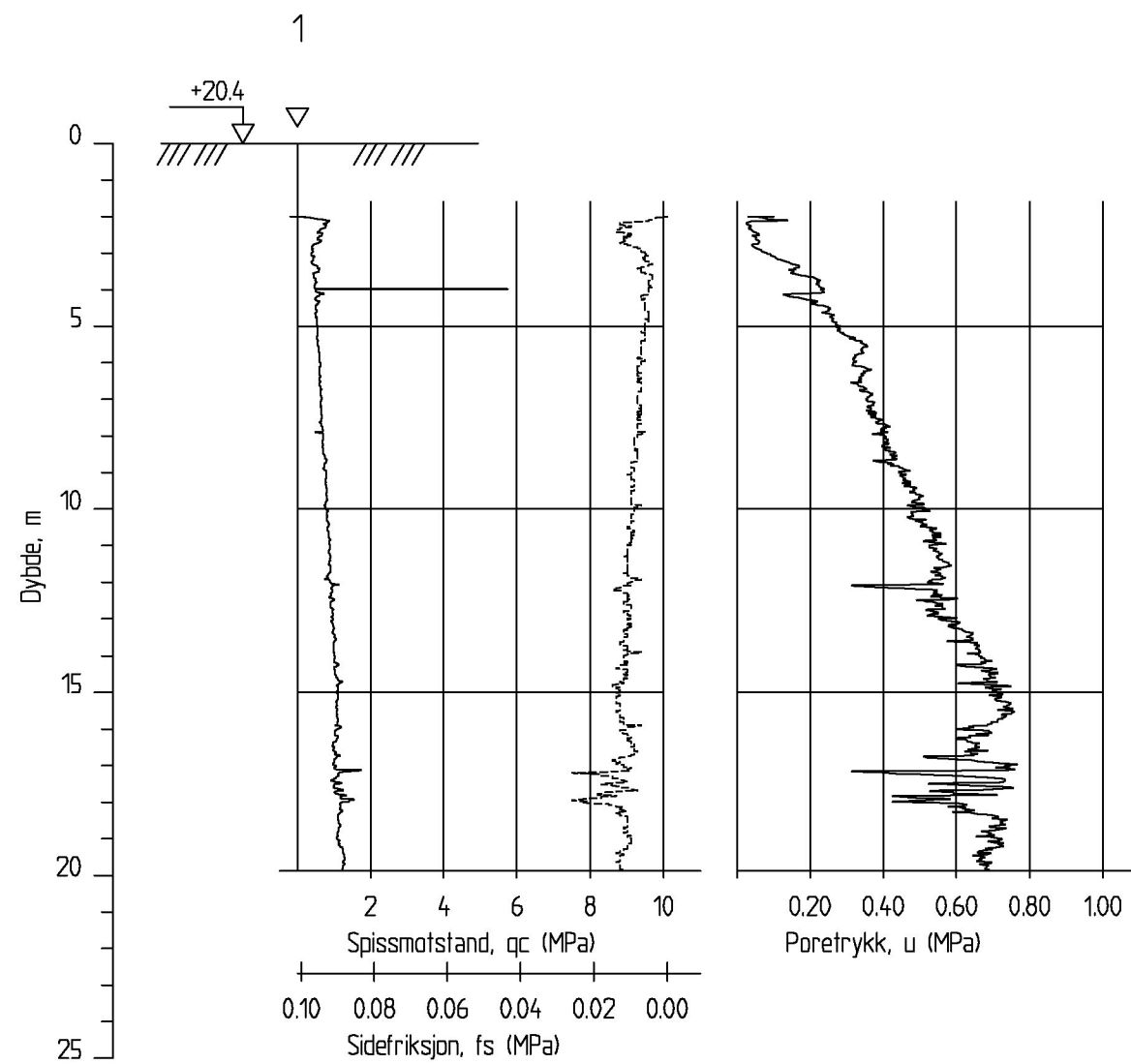
Rambøll Norge AS
P.b. 9420 Torgarden
7493 Trondheim
TLF: 73 84 10 00
www.ramboll.no

OPPDRAG
Stiklestad, GU og stab.ber.

OPPDRAGSGIVER
NVE

INNHOOLD
BORERESULTATER
 Dreietrykksondering
 © Prøveserie

OPPDRAG NR. 1350032981	MÅLESTOKK 1:200	BLAD NR. 01	AV 01
TEGNING NR. 106		REV. 00	



00	26.03.2019		KAGA	ODE	ODE
REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ
TEGNINGSSTATUS			DATARAPPORT		



Rambøll Norge AS
P.b. 9420 Torgarden
7493 Trondheim
TLF: 73 84 10 00
www.ramboll.no


OPPDRAG
Stiklestad, GU og stab.ber.

OPPDRAGSGIVER
NVE

INNHOOLD
BORERESULTATER
▽ Trykksøndering (CPTU)

OPPDRAG NR. 1350032981	MÅLESTOKK 1:200	BLAD NR. 01	AV 01
TEGNING NR. 107			REV. 00

Dybde, m	Jordart	Sign.	Lab. nr	Vanninnhold (w) i %				γ kN/m ³	Skjærfasthet (C _u) i kPa				S _t
				10	20	30	40		10	20	30	40	
5	LEIRE, delvis siltig med sorte flekker mye silt/finsandlag og -lommer	[diagonal lines]	01			•	•	19.2	▼		▽		11
						•	•	19.3	▼		▽		10
10	tynne siltlag, enkelte små gruskorn enkelte små skjellrester	[diagonal lines]	02			•	•	19.2	▼		▽		9
						•	•	19.4	▼		▽		9
15	tynne siltlag, skjellrester	[diagonal lines]	03			•	•	19.2	▼		▽		6
						•	•	19.4	▼		▽		8
20													

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

Konusforsøk - Omrørt/uforstyrret: ▼ / ▽
Konusforsøk er utført i hht NS8015: 1988

Penetrometerforsøk Konsistensgrense w_p |————| w_L

Andre forsøk:

T= Treaksialforsøk

Ø= Ødometerforsøk

K= Kornfordeling

00	26.03.2019		KAGA	ODE	ODE
Rev.	Dato	Tekst	Utarb	Kontr	Godkj

Oppdrag nr. 1350032981 Målestokk: 1:100 Status: DATARAPPORT



Stiklestad, GU og stabilitetsberegninger
NVE

Rambøll Norge AS
Pb. 9420 Torgarden
7493 Tr.heim
TLF: 73 84 10 00
www.ramboll.no
Tegning nr.

BORPROFIL HULL NR.: 1

TERRENGHØYDE: +20,4 PRØVETYPE: 54mm

108

Rev.

00

Dybde, m	Jordart	Sign.	Lab. nr.	Vanninnhold (w) i %				γ kN/m ³	Skjærfasthet (C_u) i kPa				S _t
				10	20	30	40		10	20	30	40	
5	siltig, enkelte gruskorn LEIRE, skjellrester, sorte flekker mye silt/finsandlag og -lommer	[diagonal lines]	04			30		19.0 19.3					17 11
			05			30		19.1 19.0					18 12
10	[diagonal lines]	06			30		19.3 19.2					13 10	
			07			30		19.2 19.3					42 93
15	delvis siltig, enkelte gruskorn mye silt/finsandlag og -lommer	[diagonal lines]	08			30		19.3 19.3					127 107
			09			30		19.5 19.7					76 63
20													

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

Penetrometerforsøk Konsistensgrense w_p ———— w_L

T= Treaksialforsøk Ø= Ødometerforsøk

Konusforsøk - Omrørt/uforstyrret: ▼ / ▽
Konusforsøk er utført i hht NS8015: 1988

Andre forsøk:

K= Kornfordeling

00	26.03.2019		KAGA	ODE	ODE
Rev.	Dato	Tekst	Utarb	Kontr	Godkj

Oppdrag nr. 1350032981 Målestokk: 1:100 Status: DATARAPPORT

Stiklestad, GU og stabilitetsberegninger
NVE

BORPROFIL HULL NR.: 3

TERRENGHØYDE: +34,3 PRØVETYPPE: 54mm

RAMBOLL

Rambøll Norge AS
Pb. 9420 Torgarden
7493 Tr.heim
TLF: 73 84 10 00
www.ramboll.no
Tegning nr.

Rev.

109

00

Dybde, m	Jordart	Sign.	Lab. nr	Vanninnhold (w) i %				γ kN/m ³	Skjærfasthet (C_u) i kPa				S_t
				10	20	30	40		10	20	30	40	
5	LEIRE, sorte flekker delvis siltig mye silt/finsandlag og -lommer	[diagonal lines]	10			30		19.4					18
								19.2					9
10	KVIKKLEIRE, siltig, tynne siltlag og -lommer, sorte flekker enkelte gruskorn	[diagonal lines]	11			30		19.3					105
								19.2					110
10		[diagonal lines]	12 T			30		19.4					360
								19.3					160
15	små skjellrester, enkelte gruskorn	[diagonal lines]	13			30		19.4					160
								19.5					155
20	LEIRE, siltig, tynne siltlag og -lommer sorte flekker, små skjellrester	[diagonal lines]	14			30		19.3					34
								19.5					21

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

Penetrometerforsøk Konsistensgrense w_p |————| w_L

T= Treksialforsøk \emptyset = Ødometerforsøk

Konussforsøk - Omrørt/uforstyrret: \blacktriangledown / \triangledown
Konussforsøk er utført i hht NS8015: 1988

Andre forsøk:

K= Kornfordeling

00	26.03.2019		KAGA	ODE	ODE
Rev.	Dato	Tekst	Utarb	Kontr	Godkj

Oppdrag nr. 1350032981 Målestokk: 1:100 Status: DATARAPPORT

Stiklestad, GU og stabilitetsberegninger
NVE

BORPROFIL HULL NR.: 5

TERRENGHØYDE: +29,6 PRØVETYPPE: 54mm

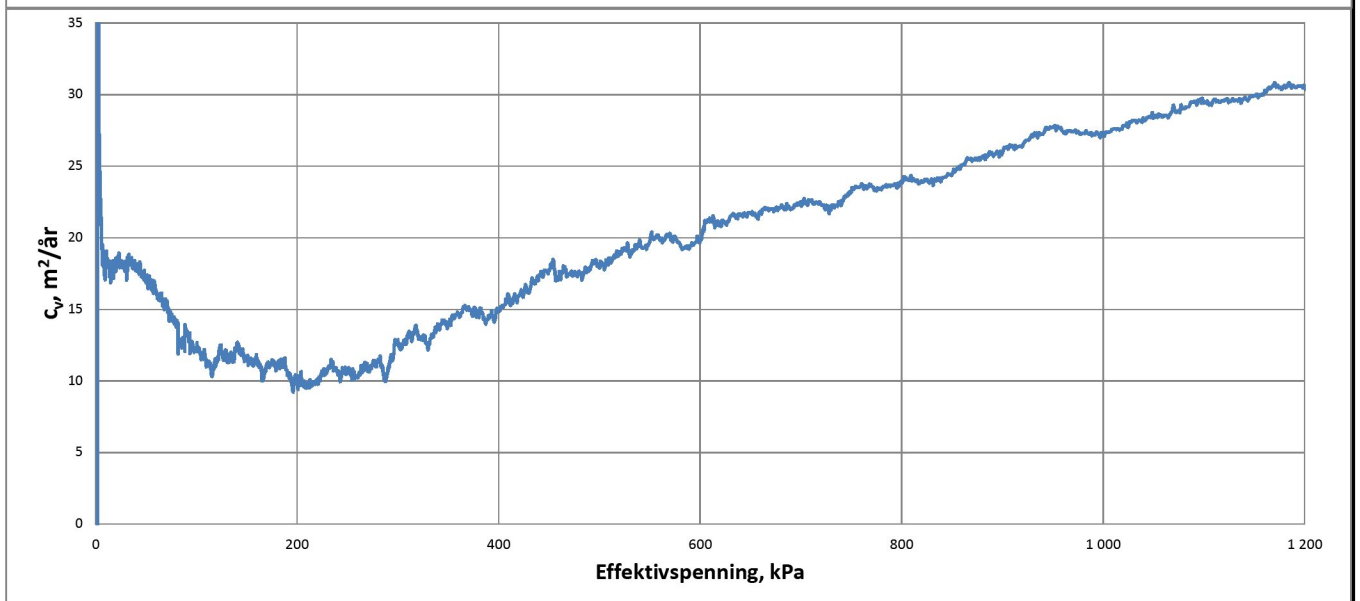
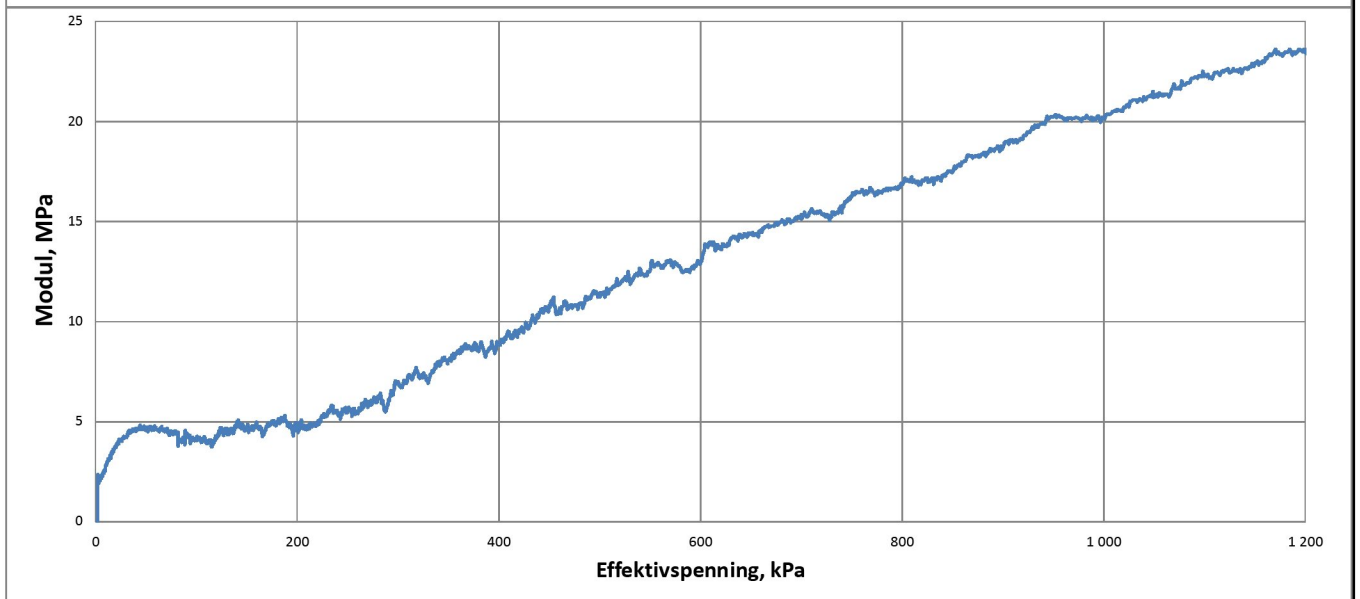
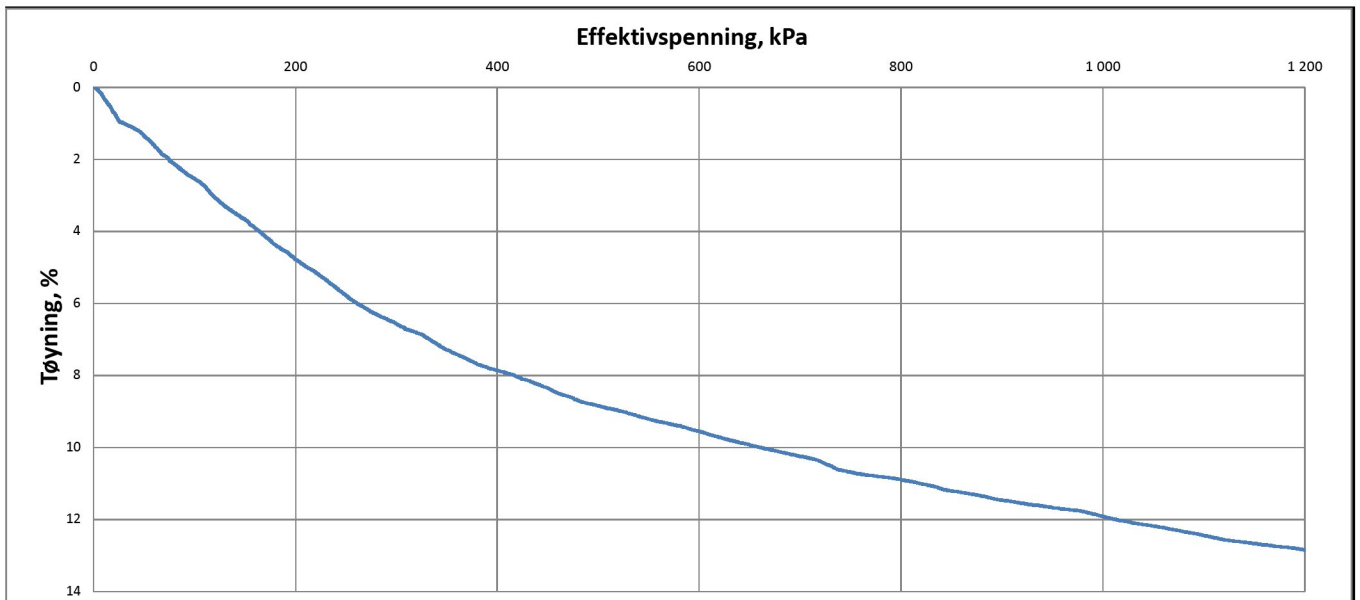


Rambøll Norge AS
Pb. 9420 Torgarden
7493 Tr.heim
TLF: 73 84 10 00
www.ramboll.no
Tegning nr.


Rev.

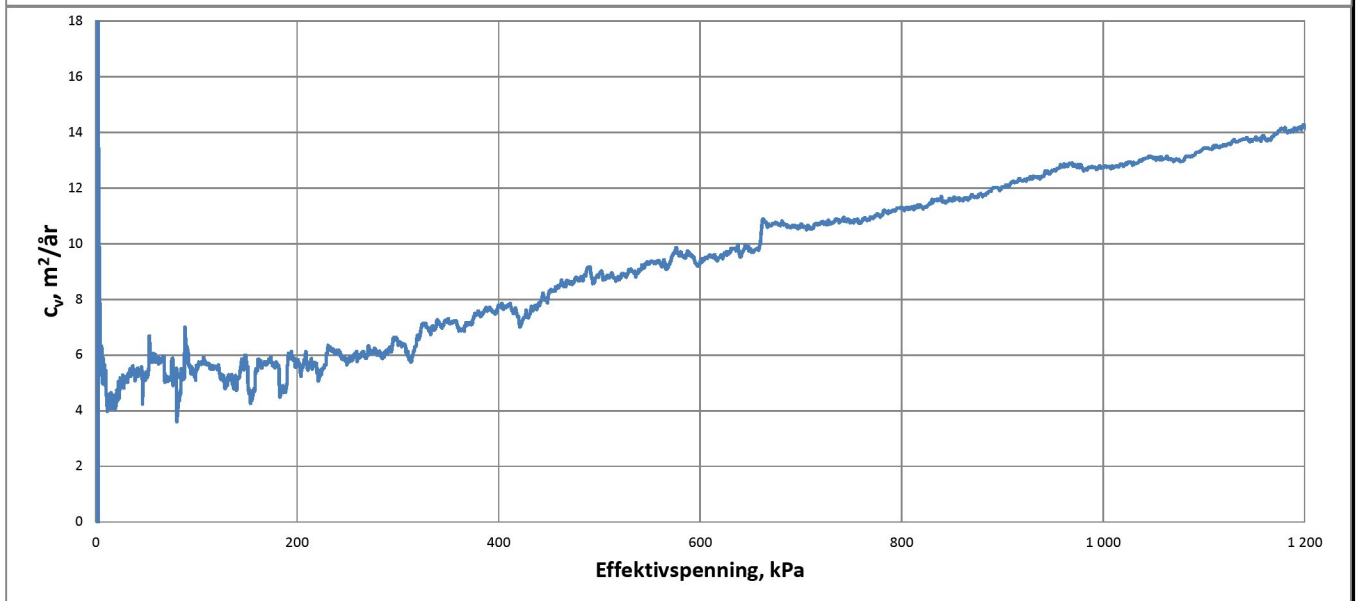
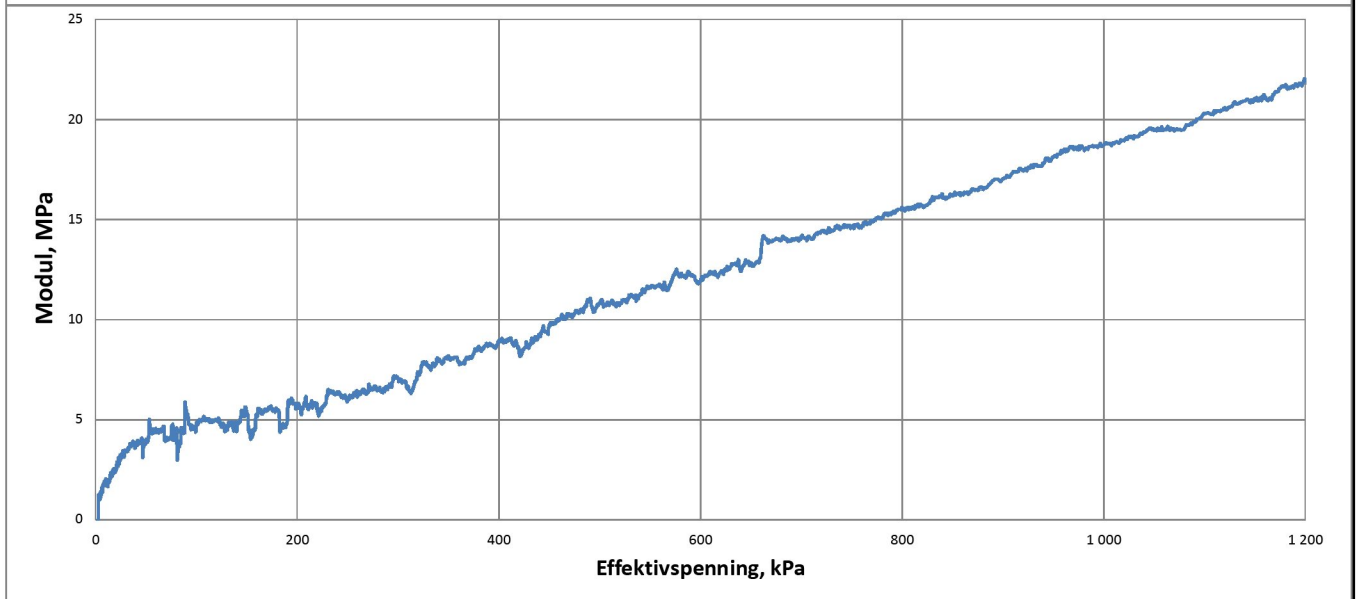
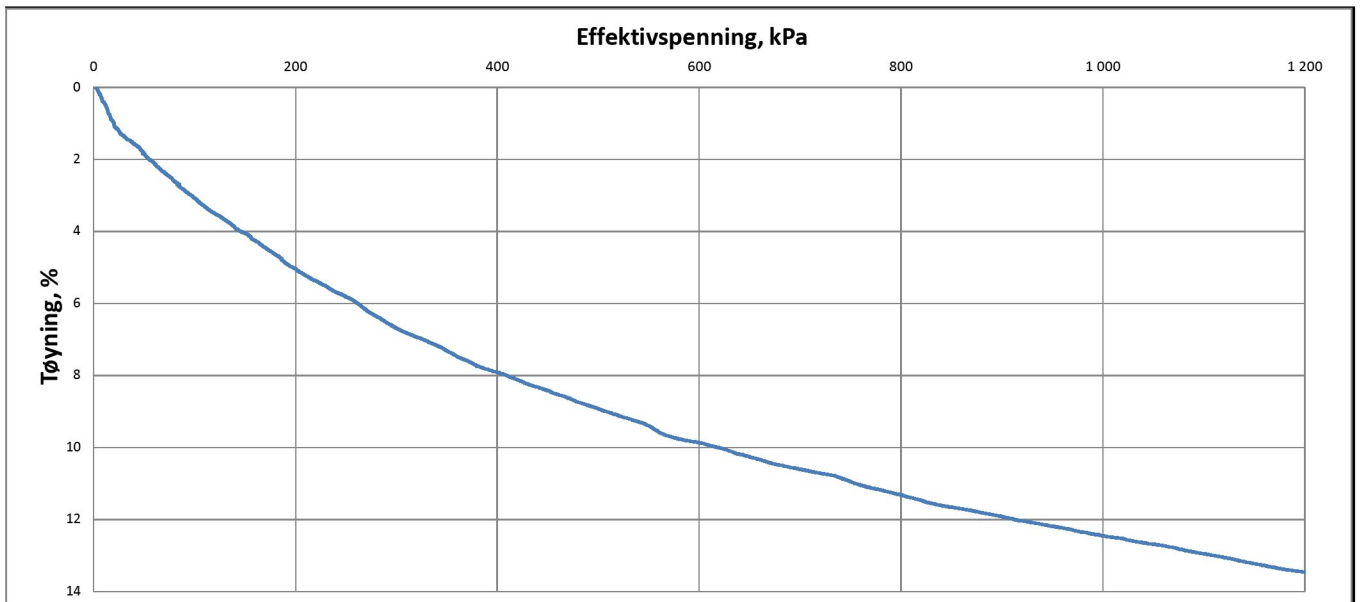
110

00




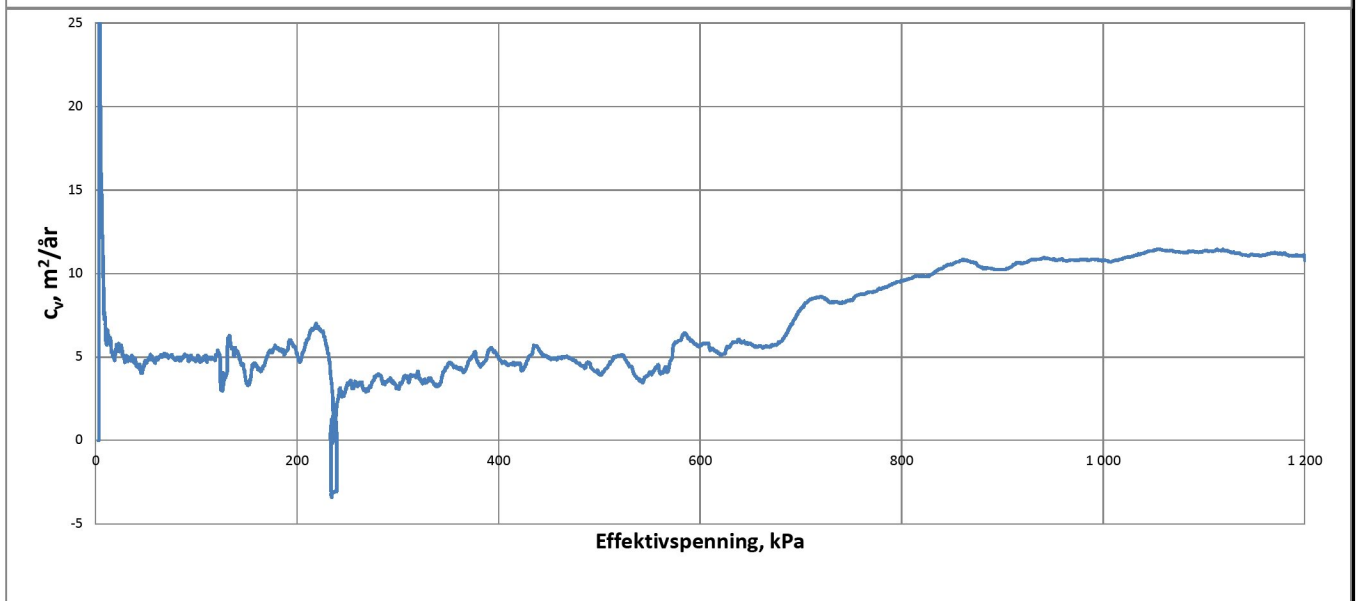
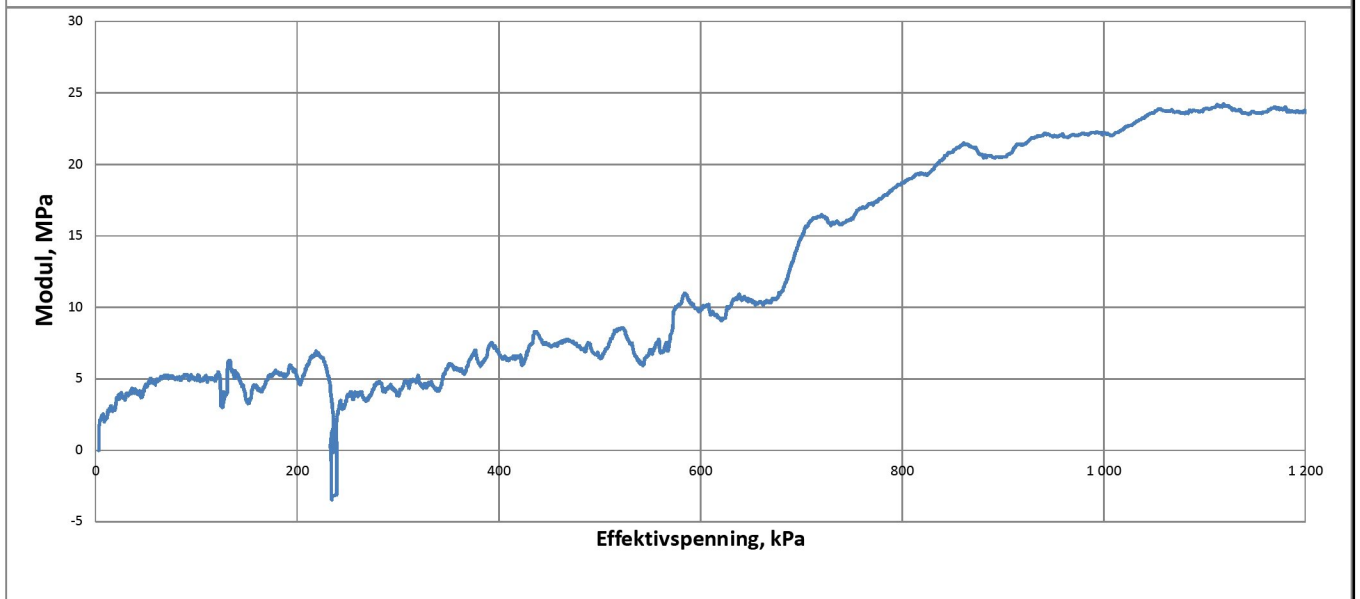
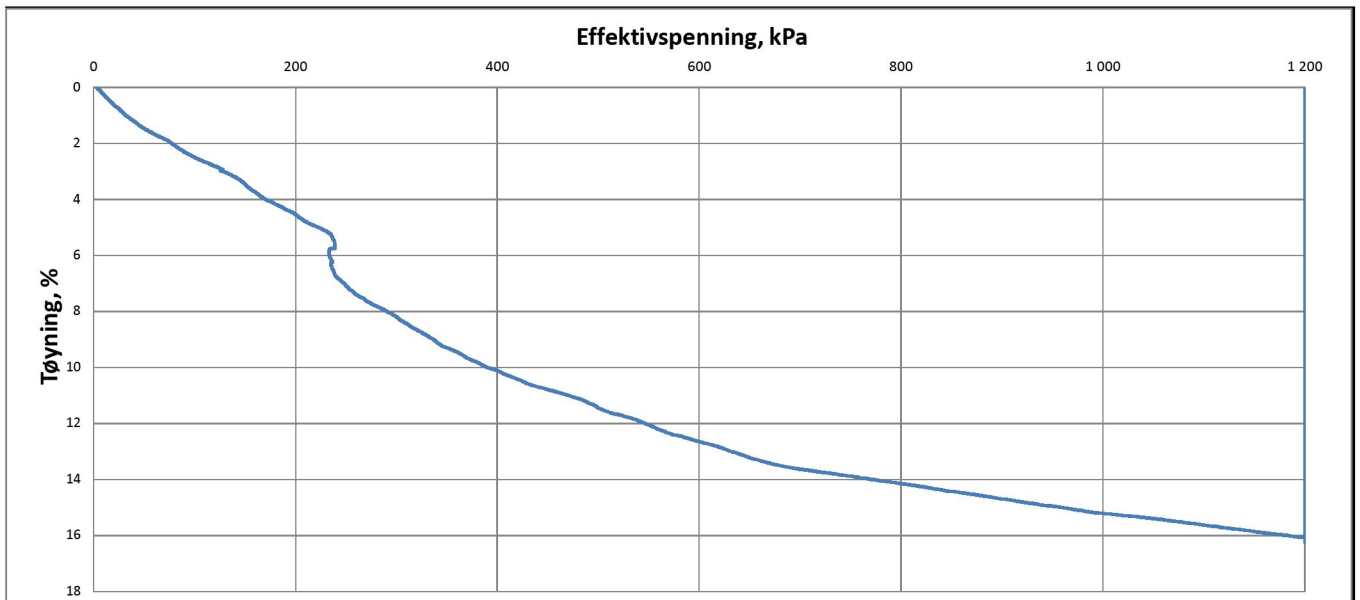
Pkt. 3 Lab.nr. 5 Dybde 5,55m Leire, siltig

	Stiklestad, GU. og stab.ber.	Oppdrag 1350032981
	NVE	Tegn./kontr. KAGA/ODE
	Ødometerforsøk	Dato 26.03.2019
		Bilag -
		Tegn. Nr. 111




Pkt 3 Lab.nr. 6 Dybde 8,60m Leire

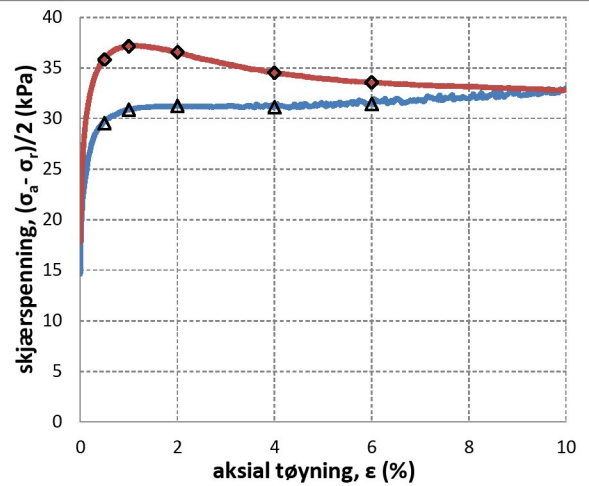
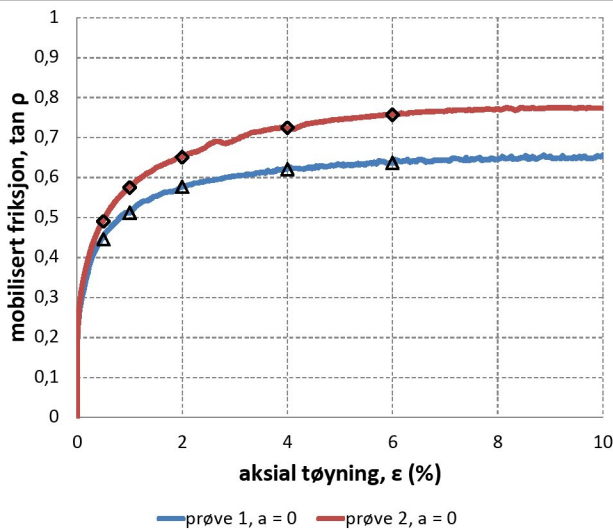
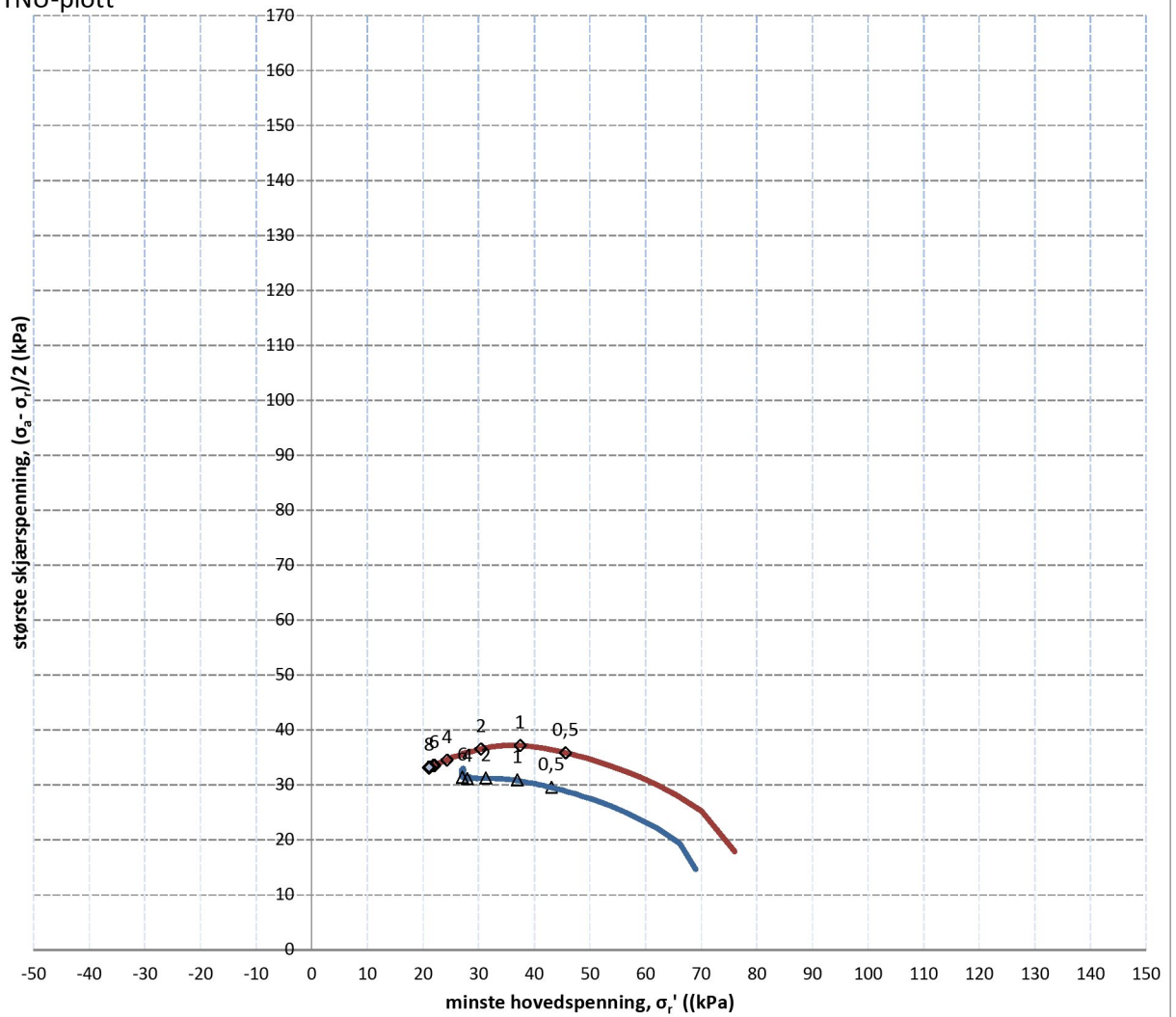
	Stiklestad, GU. og stab.ber.	Oppdrag 1350032981
	NVE	Tegn./kontr. KAGA/ODE
	Ødometerforsøk	Dato 26.03.2019
		Bilag -
		Tegn. Nr. 112



Pkt. 3 Lab.nr. 7 Dybde 11,60m Leire

	Stiklestad, GU. og stab.ber.	Oppdrag 1350032981
	NVE	Tegn./kontr. KAGA/ODE
	Ødometerforsøk	Dato 26.03.2019
		Bilag -
		Tegn. Nr. 113

NTNU-plott



PRØVE	SYMBOL	PUNKT	LAB	DYBDE	TYPE	w(vekt%)	dV (%)	de/e ₀	Konsolideringsspenninger			KOMMENTAR
									p ₀ ' (kPa)	p _a ' (kPa)	p _r ' (kPa)	
1	Δ	5	12	9,50m	CAUA	26,3	2,6	0,062	96	98	69	Kvikkleire, siltig
2	◊	5	12	9,70m	CAUA	28,6	3,1	0,069	96	111	76	Kvikkleire, siltig



Stiklestad, GU og stab.ber.

NVE

TREAKSIALFORSØK

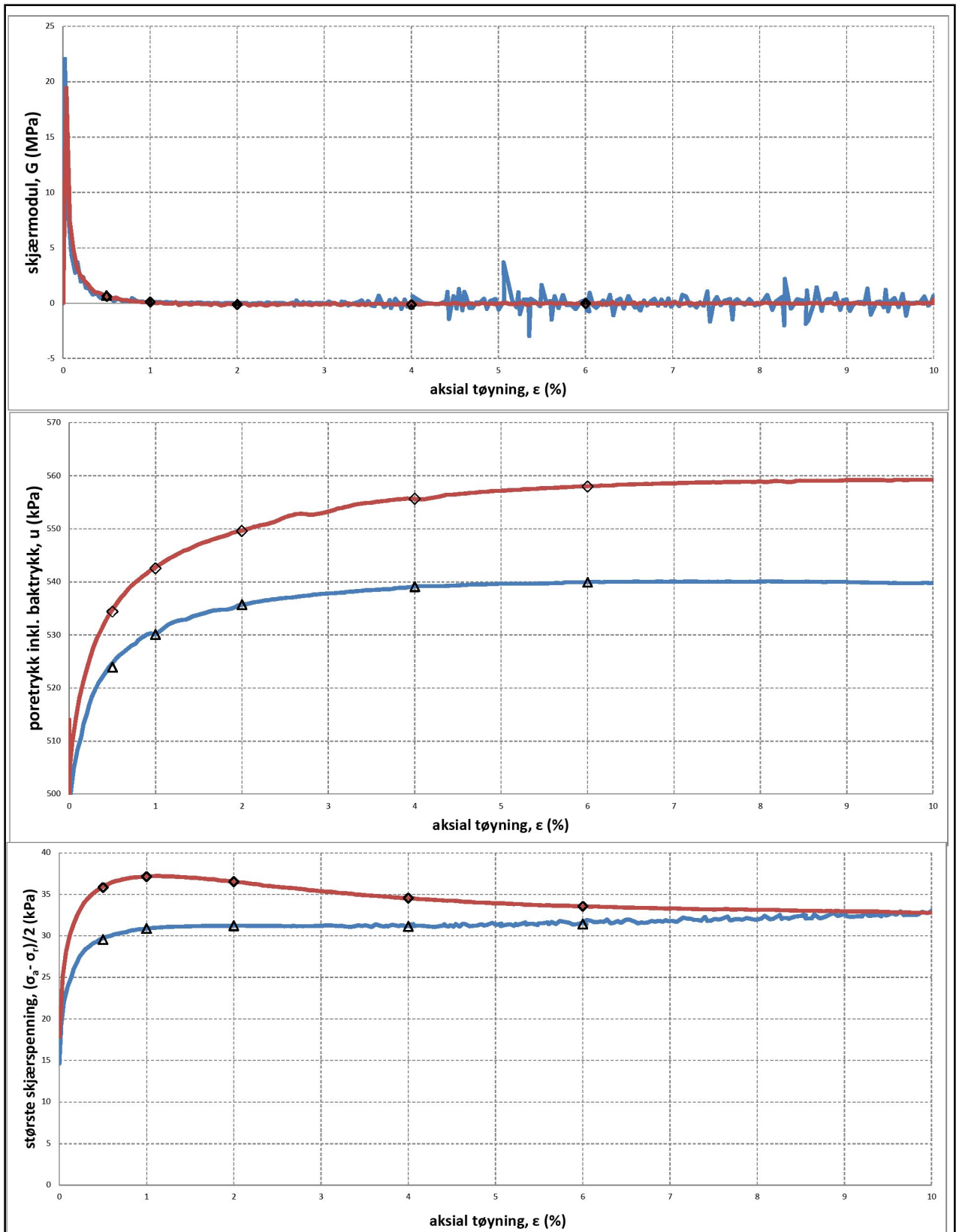
Oppdrag
1350032981

Tegn./kontr.
KAGA/ODE

Dato
26.03.2019

Bilag
-

Tegn. Nr.
114A



PRØVE	SYMBOL	PUNKT	LAB	DYBDE	TYPE	w(vekt%)	dV (%)	de/e ₀	Konsolideringsspenninger			KOMMENTAR
									p ₀ ' (kPa)	p _a ' (kPa)	p _v ' (kPa)	
1	△	5	12	9,50m	CAUA	26,3	2,6	0,062	96	98	69	Kvikkleire, siltig
2	◇	5	12	9,70m	CAUA	28,6	3,1	0,069	96	111	76	Kvikkleire, siltig



Stiklestad, GU og stab.ber.

NVE

TREKSIALFORSØK

Oppdrag
1350032981

Tegn./kontr.
KAGA/ODE

Dato
26.03.2019

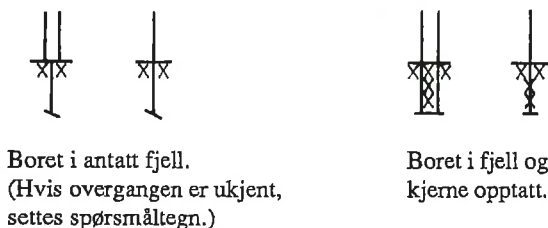
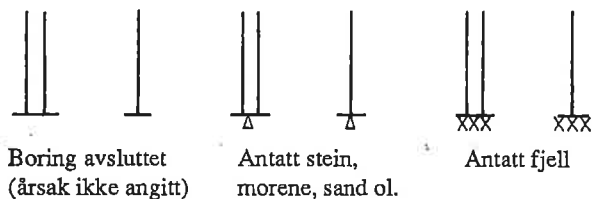
Bilag
-

Tegn. Nr.
114B

MARKUNDERSØKELSER

Sonderinger utføres for å få en orientering om grunnens relative fasthet, lagdeling og dybder til antatt fjell eller annen fast grunn.

Avslutning av boring (gjelder alle sonderingstyper).

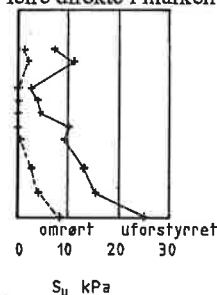


Fjellkontrollboring utføres med 32 mm stenger med muffeskjøter og hardmetallkroner nederst. Boret drives av en tung trykkluftdrevet borhammer under spyling med vann av høyt trykk. Når fjell er nådd, bores noe ned i fjellet, vanligvis ca. 3 meter, under registrering av borsynk for sikker påvisning.

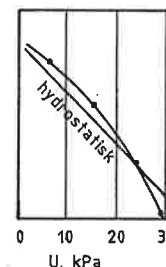
Prøvetaking utføres for undersøkelse i laboratoriet av grunnens geotekniske egenskaper. **Uforstyrrede prøver** tas opp med NGI's 54 mm stempelprøvetaker. Prøvene skjæres ut med tynnveggede stålsylindere med innvendig diameter 54 mm og lengde 80 cm (evt. 40 cm). Prøvene forsegles i begge ender for å hindre uttørring før de åpnes i laboratoriet.

Representative prøver tas med forskjellige typer støtbor- og ram-prøvetaker, ved sandpumpe i nedspylte eller nedrammede foringsrør, av oppspylt materiale ved nedspyling av foringsrør og ved skovlboring i de øvre lag. Slike prøver tas hvor grunnene ikke egner seg for vanlig sylindrerprøvetaker og hvor slike prøver tilfredsstillende formålet.

Vingeboring bestemmer udrenert skjærstyrke (s_u) av leire direkte i marken (in situ). Måling utføres ved at et vingekors, som er presset ned i grunnen, dreies rundt med bestemt jevn hastighet til brudd i leira. Maksimale dreiemoment gir grunnlag for å beregne leiras udrenerte skjærstyrke, som også måles i omrørt tilstand etter brudd.

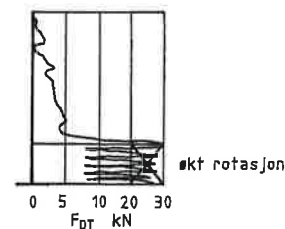


Porevannstrykket i grunnen måles med et piezometer. Dette består av et sylindrisk filter av sintret bronse som trykkes eller rammes ned til ønsket dybde ved hjelp av rør. Vanntrykket ved filteret registreres enten **hydraulisk** som stighøyden i en plastslange inne i røret (ved overtrykk påsettes manometer over terreng) eller **elektronisk** ved hjelp av en direkte trykkmåler innenfor filteret.

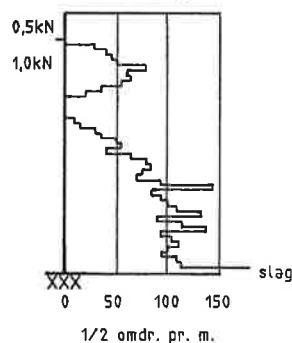


Grunnvannstanden observeres vanligvis direkte ved vannstand i borhullet.

Dreietrykksondering utføres med 36 mm glatte skjøtbare stålstenger påsatt en normert spiss. Borstangen trykkes ned med konstant hastighet 3 m/min. og konstant rotasjon 25 omdr./min. Sonderingsmotstanden registreres som den til en hver tid nødvendige nedpressningskraft for å holde normert nedtrengnings-hastighet. Når motstanden øker slik at normert nedtrengnings-hastighet ikke kan opprettholdes, økes rotasjonshastigheten. Dette anføres i diagrammet.



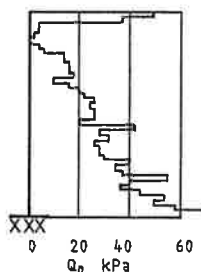
Dreiesondering utføres med 22 mm stålstenger med glatte skjøter påsatt en 200 mm lang spiss av firkantstål som er tilspisset i enden og vridd en omdreining. Boret belastes med inntil 1 kN og hvis det ikke synker for denne last, dreies det ned med motor eller for hånd. Antall halve omdreininger pr. 20 cm synkning noteres. Ved opptegninger vises antall halve omdreininger pr. meter synkning grafisk med dybden i borhullet og belastningen angis til venstre for borhullet.



Totalsondering kombinerer dreietrykksondering og fjellkontrollboring. Det brukes hydraulisk drevet borrhigg. Boring gjennom stein og blokk og ned i berg utføres ved slag og spyling.

Boredata (nedpressingskraft, synkhastighet, spyletrykk etc.) måles ved elektriske givere og overføres automatisk til en elektronisk registreringsenhet (Geoprinter). Resultatene tegnes opp vha. EDB.

Ramsondering utføres med 32 mm stålstenger med glatte skjøter og en normert spiss. Boret rammes ned i grunnen av et fall-lodd med vekt 0,635 kN og konstant fallhøyde 0,6 m. Motstanden mot nedramming registreres ved antall slag pr. 20 cm synkning.



Rammemotstanden:

$$Q_0 = \frac{\text{Loddvekt} \times \text{fallhøyde}}{\text{synkning pr. slag}} \text{ (kNm/m)}$$

angis i diagram som funksjon av dybden.

LABORATORIEUNDERSØKELSER

Ved åpning av prøven beskrives og klassifiseres jordarten. Videre kan bestemmes:

Romvekt

(γ i kN/m³) for hel sylinder og utskåret del.

Vanninnhold

(w i %) angitt i prosent av tørrvekt etter tørking ved 110 °C.

Flytegrense

(w_L i %) og utruulingsgrense (w_p i %) som angir henholdsvis høyeste og laveste vanninnhold for plastisk (formbart) område av leirmateriale. Differansen $w_L - w_p$ benevnes plastisitetsindeks. Er det naturlige vanninnhold over flytegrensen, blir materialet flytende ved omrøring.

Udrenert skjærstyrke

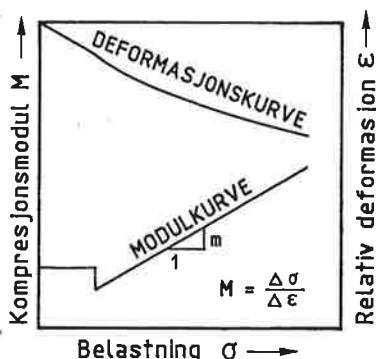
(s_u i kN/m²) av leire ved hurtige enaksiale trykkforsøk på uforstyrrede prøver med tverrsnitt 3,6 x 3,6 cm² (evt. hel prøve) og høyde 10 cm. Skjærstyrken settes lik halve trykkfastheten. Dessuten måles skjærstyrken i uforstyrret og omrørt tilstand ved konusforsøk, hvor nedsynkningen av en konus med bestemt form og vekt registreres og skjærstyrken tas ut av en kalibreringstabell. Penetrometer, som også er en indirekte metode basert på innsynkning, brukes særlig på fast leire.

Sensitiviteten (S_t)

er forholdet mellom udrenert skjærstyrke av uforstyrret og omrørt materiale, bestemt på grunnlag av konusforsøk i laboratoriet. Med kvikkleire forstås en leire som i omrørt tilstand er flytende, omrørt skjærstyrke < 0,5 kN/m².

Kompressibilitet

av en jordart ved ødometerforsøk. En prøve med tverrsnitt 20 cm² og høyde 2 cm belastes trinnvis i et belastningsapparat med observasjon av sammentrykningen for hvert trinn som funksjon av tiden. Resultatet tegnes opp i en deformasjons- og modul-kurve og gir grunnlag for setningsberegning.



Humusinnhold

(relativt) ut fra fargeomslag i en natronlutopløsning.

En nøyaktigere metode er våt-oksidasjon med hydrogenperoksyd der humusinnholdet settes lik vekttapet (evt. glødetapet ved humusrike jordarter) og uttrykkes i vektprosent av tørt materiale.

Saltinnhold

(g/l eller o/oo) i porevannet ved titrering med sølvnitrat-oppløsning og kaliumkromat som indikator.

Kornfordeling

ved sikting av fraksjonene større enn 0,06 mm. For de finere partikler bestemmes den ekvivalente korndiameter ved hydrometeranalyse. En kjent mengde materialer slemmes opp i vann og romvekten av suspensjonen måles i en bestemt dybde som funksjon av tiden. Kornfordelingen kan så beregnes ut fra Stoke's lov om kulers sedimentasjonshastighet.

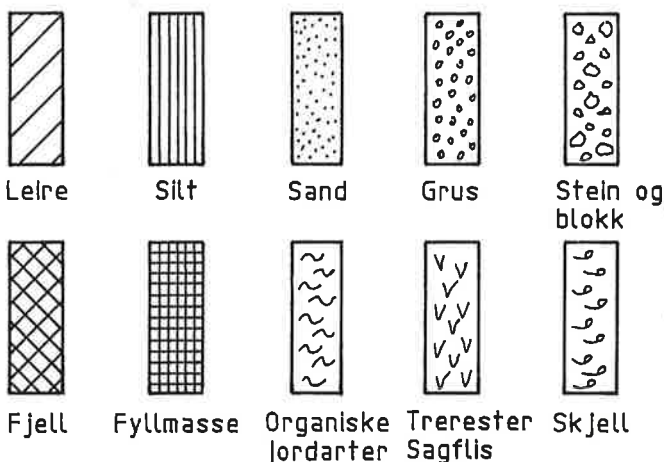
Fraksj.betegn.	Leir	Silt	Sand	Grus	Stein	Blokk
Kornstørr. mm	< 0,002	0,002-0,06	0,06-2	2-60	60-600	> 600

Jordarten

benevnes i henhold til korngraderingen med substantiv for den dominerende, og adjektiv for medvirkende fraksjon. Jordarten angis som leire når leirinnholdet er over 15%. Morene er en usortert breavsetning som kan inneholde alle kornstørrelser fra leir til blokk.

Organiske jordarter

klassifiseres etter opprinnelse og omdanningsgrad (torv, gytje, dy, matjord).



Anmerkning

- Leire: T = tørrskorpe
R = resedimenterte masser
K = kvikkleire
- Ved blandingsjordarter kombineres signaturene.
- Morene vises med skyggelegging.
- For konkresjoner kan bokstavsymboler settes inn i materialsignaturen:
Ca. = kalkkonkresjoner
Fe = jernkonkresjoner
AH = aurlulle

SPESIELLE UNDERSØKELSER

SPESIELLE MARKUNDERSØKELSER.

Feltkompressometer

benyttes for undersøkelse av grunnens kompressibilitet direkte i marken. I prinsippet består utstyret av en skruplate med diameter 16 cm som kan skrues ned til ønsket dybde.

For hver valgt dybde utføres et belastningsforsøk ved hjelp av en jekk og sammenhengen mellom belastning og setning registreres.

Resultatene fremstilles som deformasjonskurver og derav kan beregnes modultall (m) som uttrykk for grunnens kompressibilitet og benyttes ved setningsberegning.

Permeabilitetsmåling

in situ utføres ved infiltrasjonsforsøk eller prøvepumping. Infiltrasjonsforsøk kan for eksempel utføres ved hjelp av et piezometer som fylles opp med vann og synkehastigheten måles. Ved prøvepumping må vannstanden observeres i flere punkter i forskjellig avstand.

Korrosjonssondering

utføres med en sonde av stål med isolert magnesiumspiss (NGI's type). Strømstyrke og motstand måles i forskjellige dybder i grunnen og derav kan beregnes en relativ depolarisasjonsgrad samt grunnens spesifikke motstand. Ut fra dette kan korrosjonshastigheten for stål vurderes.

Feltkontroll av komprimeringsgrad.

Komprimeringsgraden for oppfylt materiale er forholdet mellom oppnådde tørr-romvekt γ_d ved feltkomprimering og maksimal tørr-romvekt $\gamma_{d \max}$ bestemt ut fra standardiserte komprimeringsforsøk i laboratoriet.

- Sandvolummeter- og vannvolummetermetoden.

I felten bestemmes γ_d ved å måle volumet av en utgravd prøve og å veie det utgravde materiale i fuktig og tørr tilstand. Volumet av prøven bestemmes ved å fylle det utgravde hull med en tørr sand med kjent romvekt, eller ved å forsegle hullet og fylle det opp med vann. Ut fra kjente data kan således vanninnhold og tørr-romvekt av det utgravde materialet bestemmes. Denne metode kan benyttes i relativt finkornig og ensgradert materiale.

- Platebelastningsforsøk.

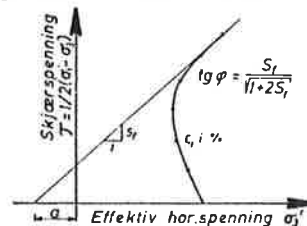
I grov og samfengt masse (grov grus, finsprengt stein o.lign.) gir sandvolummeter og vannvolummetermetoden utilfredsstillende nøyaktighet, og komprimeringen av slikt materiale undersøkes ved å bestemme oppfyllingens elastisitetsmodul ut fra platebelastningsforsøk.

En sirkulær plate med $\varnothing = 30$ cm plasseres på den komprimerte grunnen og belastes trinnvis samtidig som nedbøyning av platen måles med spesielt måleutstyr. Samhørende verdier for belastning og nedbøyning av platen måles med spesielt måleutstyr. Samhørende verdier for belastning og nedbøyning avsettes i diagram og elastisitetsmodulen E beregnes. Den målte elastisitetsmodul sammenholdes med oppsatte krav til elastisitetsmodul ut fra aktuelle belastningsforhold, og forholdet mellom disse verdier betegnes komprimeringsgrad.

SPESIELLE LABORATORIEUNDERSØKELSER.

Skjærstyrkeparametrene.

friksjonsvinkel (ϕ) og attraksjon (a i kN/m^2 , evt. kohesjon $c = a \cdot \text{tg } \phi$) bestemmes ved triaksialforsøk på små prøver i laboratoriet. En sylindrisk prøve konsolideres for et allsidig trykk og vertikalbelastningen økes deretter til brudd. Under forsøket måles poretrykk, slik at effektive spenninger kan beregnes (totaltrykk minus poretrykk). Forsøket fremstilles oftest som en vektor i et hovedspenningsdiagram.



Permeabilitetskoeffisienten

(k i cm/s) er strømningshastigheten for vann gjennom materialet ved en hydraulisk gradient lik 1,0. I laboratoriet måles permeabiliteten ved direkte vanngjennomgangsforsøk på små prøver for konstant eller fallende potensial. Dette kan gjøres i triaksialapparat for finkornige prøver eller i større apparatur for mer grovkornige prøver.

Maksimal tørr-romvekt og optimalt vanninnhold etter Proctor-metoden.

Ved komprimering av jordartsmateriale oppnåes tettete lagring av mineral Kornene, dvs. høyest tørr-romvekt, når vanninnholdet i materialet har en bestemt verdi under komprimeringsarbeidet. Materialets egenskaper som stabilitet øker, og kompressibiliteten avtar med økende lagringstetthet.

I laboratoriet bestemmes det optimale vanninnholdet ved å komprimere prøver av materialet med varierende vanninnhold etter en standardisert forskrift, Proctormetoden. De samhørende verdier for prøvenes vanninnhold og tørr-romvekt beregnes og plottes i et diagram med tørr-romvekt som funksjon av vanninnholdet. Den høyest oppnådde tørr-romvekt betegnes som $\gamma_{d \max}$, og det tilhørende vanninnhold W_{opt} .

CBR-forsøk.

For materialer som inngår i veg- og eller flyplassoverbygning, eller trafikkbelastet grunn forøvrig, kan dimensjonerende bæreevne semiempirisk bestemmes ut fra belastningsforsøk etter CBR-metoden (California Bearing Ratio).

Materialet som skal undersøkes komprimeres lagvis ved optimalt vanninnhold i en sylinder med volum ca. 2,3 l. Komprimeringsarbeidet tilsvarer Modifisert Proctor. Deretter settes sylindren med prøve i vannbad i 96 timer for fullstendig vannmetning. Etter vannmetning påføres prøven belastning ved at et stempel med areal 3 inch^2 med konstant bevegelsehastighet = 0,05 inch pr. min. presses ned i denne. Rundt stempelet på prøvens overflate er prøven belastet med blyringer med vekt som tilsvarer vekten av evt. overbygning. Stempelkraften ved 0,1" og 0,2" inntrykking av stempelet registreres og sammenlignes med verdier for tilsvarende inntrykking på et referansemateriale. Forholdet mellom den avleste kraft og referansekraften beregnes i prosent og betegnes CBR-verdi. Dersom CBR-verdien ved 0,2" er høyere enn ved 0,1" stempelinntrykking kan denne verdien rapporteres som materialets CBR-verdi hvis dette forhold bekreftes ut fra forsøk på 2 prøver.