



RAPPORT

Elkem AS Thamshavn

GRUNNUNDERSØKELSER - DATARAPPORT

DOK.NR. 20150124-01-R

REV.NR. 0

Ved elektronisk overføring kan ikke konfidensialiteten eller autentisiteten av dette dokumentet garanteres. Adressaten bør vurdere denne risikoen og ta fullt ansvar for bruk av dette dokumentet.

Dokumentet skal ikke benyttes i utdrag eller til andre formål enn det dokumentet omhandler. Dokumentet må ikke reproduseres eller leveres til tredjemann uten eiers samtykke. Dokumentet må ikke endres uten samtykke fra NGI.

Neither the confidentiality nor the integrity of this document can be guaranteed following electronic transmission. The addressee should consider this risk and take full responsibility for use of this document.

This document shall not be used in parts, or for other purposes than the document was prepared for. The document shall not be copied, in parts or in whole, or be given to a third party without the owner's consent. No changes to the document shall be made without consent from NGI.



Prosjekt

Prosjekttittel: Elkem AS Thamshavn
Dokumenttittel: Grunnundersøkelser, datarapport
Dokumentnr.: 20150124-01-R
Dato: 2016-02-19
Rev.nr. / Rev.dato: 0

Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: Elkem AS Thamshavn
Kontaktperson: Karl Petter Johansson
Kontraktreferanse: E-post datert 2015-06-02

for NGI

Prosjektleder: Jean-Sebastien L'heureux
Utarbeidet av: Bjørn Kristian Fiskvik Bache
Kontrollert av: Magne Mehli

Sammendrag

I forbindelse med refundamentering av importkaia ved Elkem Thamshavn er det gjort grunnundersøkelser i 8 borpunkter. To av borpunktene er tatt fra land ved fjære sjø, mens de 6 andre er utført fra flåte. Til sammen er det utført 8 totalsonderinger, 3 CPTU-sonderinger, 2 prøveserier og installert poretrykksmålere i to dybder i ett borpunkt. Resultatene fra undersøkelsene viser at det er bløte til veldig bløte masser på stedet, og det er påvist sprøbruddmateriale (kvikkleire) i stor mektighet.

Innhold

1	Innledning	5
2	Feltundersøkelser	5
2.1	Generelt	5
2.2	Sonderinger	5
2.3	Poretrykksmålinger	6
3	Laboratorieundersøkelser	6
3.1	Rutineundersøkelser	6
3.2	Treaksialforsøk	6
3.3	Ødometerforsøk	6
3.4	Saltinnhold	7
4	Grunnforhold	7

Bilag

Bilag 1	Tegnforklaring plan- og profiltegninger
---------	---

Tegninger

Tegning nr. 001	Oversiktskart 1:50 000
Tegning nr. 010	Situasjonsplan

Vedlegg

Vedlegg A	Oversikt grunnundersøkelser, koordinatliste
Vedlegg B	Totalsonderinger
Vedlegg C	Trykksonderinger (CPTU)
Vedlegg D	Poretrykksmålinger
Vedlegg E	Prøveserier, rutineundersøkelser
Vedlegg F	Treaksialforsøk
Vedlegg G	Ødometerforsøk

Kontroll- og referanseside

1 Innledning

Elkem AS Thamshavn har behov for en ny fundamenteringsløsning for å støtte importkaia og importbeltet ved Tamshavn. Norges geotekniske institutt (NGI) er i den sammenheng engasjert for å gjøre geoteknisk prosjektering.

Foreliggende rapport inneholder utførte grunnundersøkelser for området ved importkaia. Rapporten er en ren datarapport og inneholder ingen vurderinger eller tolkning av prøveresultatene. Tolkninger og analyser av grunnforholdene vil gjennomgå i senere rapporter.

2 Feltundersøkelser

2.1 Generelt

Undersøkelsene i felt (borpunkt 1 og 2) er utført av NGI ved borformann Håvard Saur. Undersøkelser i disse borhullene er gjort med borerigg fra land. De resterende undersøkelsene (borpunkt 3 – 8) er utført av Norconsult. Disse undersøkelsene er utført med borerigg fra flåte.

Borpunktene er målt inn av de respektive utførende firmaer. Koordinater er gitt i koordinatsystemet EUREF 89, UTM sone 32, høydereferansesystem NN2000.

Utførte grunnundersøkelser kan ses på situasjonsplan, tegning 010. Koordinater for borpunktene er gitt i vedlegg A.

2.2 Sonderinger

2.2.1 Totalsonderinger

Det er utført totalsonderinger i totalt 8 punkter for å kartlegge grunnens relative fasthet, eventuelle laggrenser og dybde til fjell. Det er påtruffet fjell i alle borpunkter med unntak av borhull 6 og 7. Fjellpåvisning regnes som sikker ved boring 3 meter inn i fjell. Boret lengde varierer fra 24 – 37 m.

Resultatene fra totalsonderingene er vist som enkeltboringer i vedlegg B.

2.2.2 Trykksonderinger (CPTU)

Det er utført trykksonderinger med poretrykksmålinger (CPTU) i 3 punkter; 1, 5 og 6. Formålet med CPTU-sonderingen er en mer nøyaktig kartlegging av laggrenser, samt at de benyttes som et grunnlag for å tolke geotekniske jordartsparemetere som udrenert skjærfasthet og friksjonsvinkel. CPTU 1 er i anvendelsesklasse 2, mens CPTU 5 og 6 er i anvendelsesklasse 1.

Resultatene fra trykksonderingene er vist som enkeltboringer i vedlegg C sammen med tabell for anvendelsesklasse.

2.3 Poretrykksmålinger

Det er installert poretrykksmålere i to dybder i borpunkt 5, ved 8,5 m og 15 m dybde. Poretrykksmålerne er av typen Geotech PVT med minne.

Opptegning av poretrykksmålere samt avleste resultater kan sees i vedlegg D.

3 Laboratorieundersøkelser

Det er tatt opp prøvesylindere i to borpunkter, 1, og 5, for å utføre laboratorieanalyser på massene på stedet. Prøvene er tatt med 54mm sylinder ned til dybder på 24 meter. Kvaliteten på prøvene varierer, og er til dels forstyrret. Ved to dybder i borhull 5 var det ikke mulig å få opp annet enn poseprøver med omrørt materiale.

3.1 Rutineundersøkelser

Det er utført standard rutineforsøk på alle prøvesylindere som er tatt opp. På poseprøvene er det utført en beskrivelse av materialet. Totalt er det utført rutineundersøkelser på 11 prøvesylindere og 2 poseprøver.

Resultatene fra rutineundersøkelsene kan ses i vedlegg E.

3.2 Treaksialforsøk

Det er utført treaksialforsøk på prøver i to dybder i borhull 5 for å kunne bestemme friksjonsvinkel for materialet samt korrelere udrenert skjærfasthet mot det som tolkes fra CPTU-sonderingene. Treaksialforsøkene er funnet å være av kvalitetsklasse 1 og 2. Treaksialforsøket på størst dyp er mest forstyrret.

Resultatene fra treaksialforsøkene er vist i vedlegg F sammen med tabell som viser prøve kvalitet.

3.3 Ødometerforsøk

Det er utført ødometerforsøk med kontinuerlig tøyning (CRS – Constant Rate of Strain) i to dybder i borhull 5 og én dybde i borhull 1. Resultatet fra ødometerforsøkene benyttes for å finne grunnens overkonsolideringsgrad og setningsegenskaper.

Resultatene fra ødometerforsøkene er vist i vedlegg G.

3.4 Saltinnhold

For å finne graden av utvasking av salt i porevannet er det gjort målinger av saltinnholdet i tre dybder i borhull 5. Analysene er gjort ved ekstraksjon med ionebyttet vann, og testene er utført i et prøve:vann-forhold lik 1:5.

Resultatet fra saltinnholdanalysene er vist i vedlegg E.

4 Grunnforhold

Kvartærgeologisk kart viser at grunnen består av marine avsetninger i hele området. Grunnundersøkelsene viser at grunnen nærmest land består av sand de øverste 1-2 meterne, og deretter bløt til veldig bløt leire ned til fjell. Leiren blir mer siltig jo lenger ut fra land en kommer.

Det er påvist sprøbruddmateriale ($s_r > 15$, $c_{u,r} < 2$ kPa) fra 4 meters dyp i borhull 1 og fra 12 meters dyp i borhull 5. Omrørt skjærfasthet er flere steder målt til 0,1 kPa, som er det laveste som måles med standard konustest. Leiras vanninnhold varierer mellom 27 og 35 %, og plastisiteten er lav og ligger mellom 5 og 11. Jordas tyngdetetthet ligger rundt 19 kN/m^3 .

Fjelldybden ved land i borhull 1 er 20 meter. Fjellet skråer av utover fra land, til 34 meter i borhull 5. Boring 6 og 7 er ført ned til 30 meter uten å møte fjell, noe som antyder at fjellet skråner av videre ut fra land.

Plantegninger

Symbol	Metode	Symbol	Metode
○	Enkel sondering	▽	Trykksondering (CPTU)
●	Dreiesondering	⊖	Poretrykksmåling
◊	Dreietrykksondering	■	Setningsmåling
▼	Ramsondering	▣	Helningsmåling
⊠	Fjellkontrollboring	⊗	In situ permeabilitetsmåling
⊕	Totalsondering	⊙	Prøveserie
+	Vingeboring	□	Prøvegrop

Nivåer og dybder (m)

118 ⊠ $\frac{12,8}{-5,7}$ 18,5+3,0

Foran symbol: Punkt nr. (118)
 Over linjen: Kote terreng (12,8) eller elvebunn, sjøbunn ved boring i vann
 Ut for linjen: Boret dybde i løsmasser (18,5) + boret dybde i fjell (+3,0).
 Under linjen: Kote antatt fjell (-5, 7). Antas at fjell ikke er påtruffet angis ~.

Profiltegninger

Konturlinjer 		
Forboring 		<p>Forboret</p> <p>Forboret med grovere utstyr</p>
Avslutning av boring 		<p>Boring avsluttet (årsak ikke angitt)</p> <p>Antatt stein, blokk eller fast grunn</p> <p>Antatt berg</p> <p>Boret i berg</p>



FORKLARINGER:

- Dreiesondering
- Enkel sondering
- ▽ Trykksondering
- ☆ Fjellkontrollboring
- ◊ Dreietrykksondering
- ⊕ Totalsondering
- ⊙ Prøveserie
- Prøvegrop
- + Vingeboring
- ⊖ Poretrykksmåling
- ⋈ Fjell i dagen
- ⊙ Skovlprøve

Borhull nr. $\frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antatt fjellkote}}$ Boret dybde + (boret i fjell)

Koordinater							
EUREF 89, UTM-sone 32, NN2000							
Borpunkt	Ø.-koord.	N.-koord.	Dybde	TOT	PZ	PR	CPTU
1	544087,10	7021609,76	0,25	X		X	X
2	544075,48	7021617,80	-0,99	X			
3	544072,67	7021639,63	-1,80	X			
4	544065,07	7021646,10	-1,88	X			
5	544049,77	7021663,47	-7,49	X	X	X	X
6	543980,02	7021741,72	-25,95	X			X
7	543928,81	7021719,34	-25,56	X			
8	543928,68	7021582,68	-11,12	X			

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
-	-	-	-	-	-

Elkem AS Thamshavn
Grunnundersøkelser og kaifundamentering

Situasjonsplan

Status
-

Original format
A-3

Tegningens filnavn
Situasjonsplan BKB.dwg

Målestokk
1:1000



NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato 02.02.2016	Konstr./Tegnet BKB	Kontrollert JSL	Godkjent JSL
	Oppdragsnr. 20150124	Tegningsnr. 010	Rev. -	

Vedlegg A

OVERSIKT GRUNNUNDERSØKELSER

A1 Innhold

Tabell A1 viser en oversikt over de utførte grunnundersøkelsene for hvert borpunkt. I tillegg er koordinatene bestemt for alle borpunkt. Koordinatene er gitt i koordinatsystem EUREF 89 UTM sone 32. Høydereferansesystemet er NN2000.

Tabeller

Tabell A1 Oversikt grunnundersøkelser

Tabell A1 – Oversikt grunnundersøkelser

Borhullnr.	Koordinater EUREF89, NTM sone 10, - NN2000			Metode							
				Feltundersøkelser					Laboratorieanalyser		
	N-koord.	Ø-koord.	Høyde	TOT	DRT	CPTU	PZ	PR	CAUA	Salt- innhold	CRS
1	7021609,8	544087,1	0,247	X		X		X			X
2	7021617,8	544075,5	-0,991	X							
3	7021639,6	544072,7	-1,802	X							
4	7021646,1	544065,1	-1,888	X							
5	7021663,5	544049,8	-7,489	X		X	X	X	X	X	X
6	7021741,7	543980,0	-25,952	X		X					
7	7021713,3	543928,8	-25,558	X							
8	7021582,0	543928,7	-11,119	X							

Vedlegg B

TOTALSONDERING

Innhold

B1	Metode	2
B2	Resultater	2
B3	Referanser	2

Figurer

Figur B1	Totalsondering 1
Figur B2	Totalsondering 2
Figur B3	Totalsondering 3
Figur B4	Totalsondering 4
Figur B5	Totalsondering 5
Figur B6	Totalsondering 6
Figur B7	Totalsondering 7
Figur B8	Totalsondering 8

B1 Metode

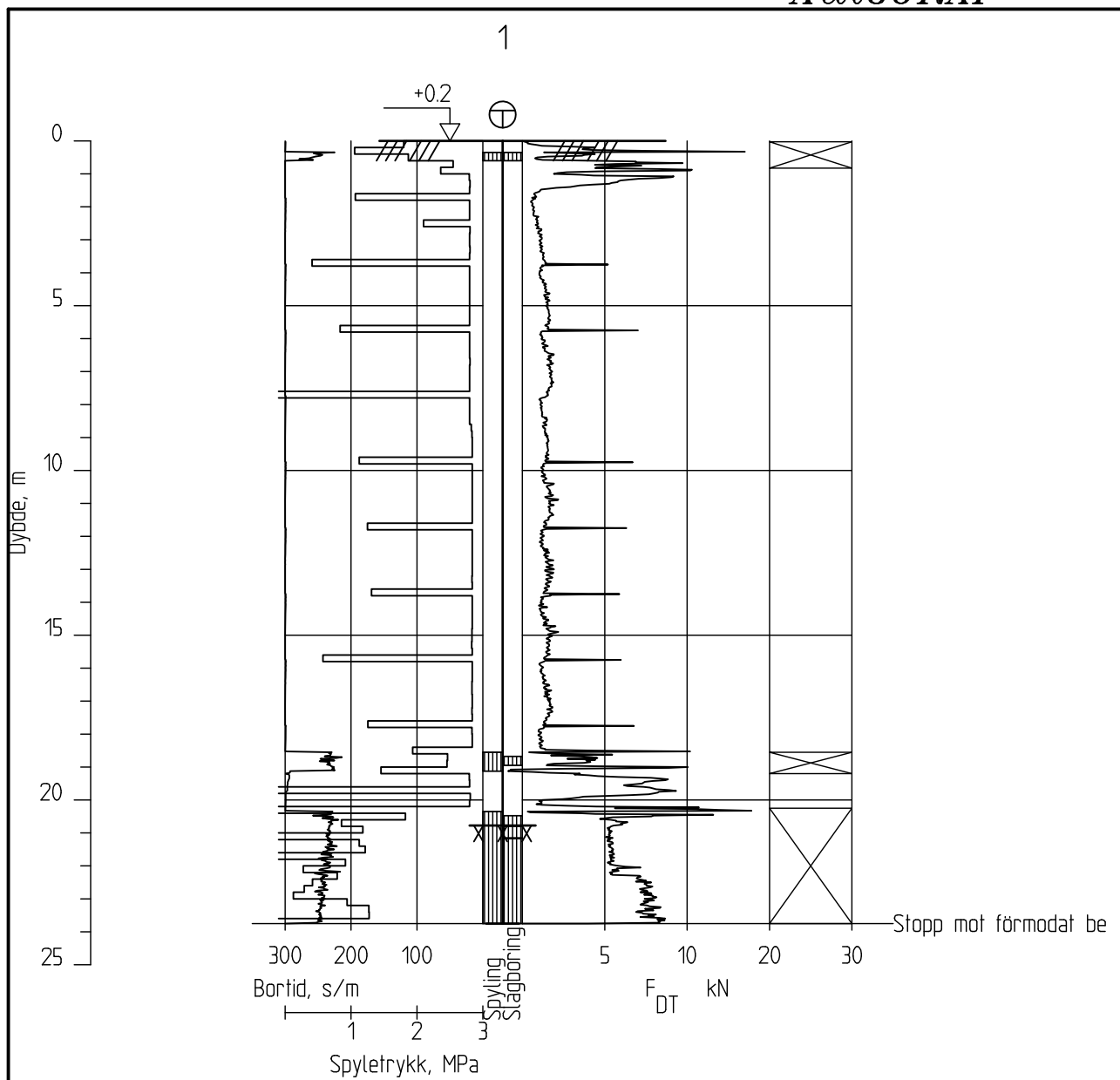
Totalsondering benyttes for å bestemme lagdeling i løsmasser og dybder til fast grunn eller fjell. Metoden regnes for å gi sikker fjellpåvisning ved boring 3 meter inn i fjell. Resultatene gir grunnlag for å identifisere jordarter og vurdere relativ fasthet i grunnen.

B2 Resultater

Resultatene er vist som enkeltsonderinger på figur B1 – B8.

B3 Referanser

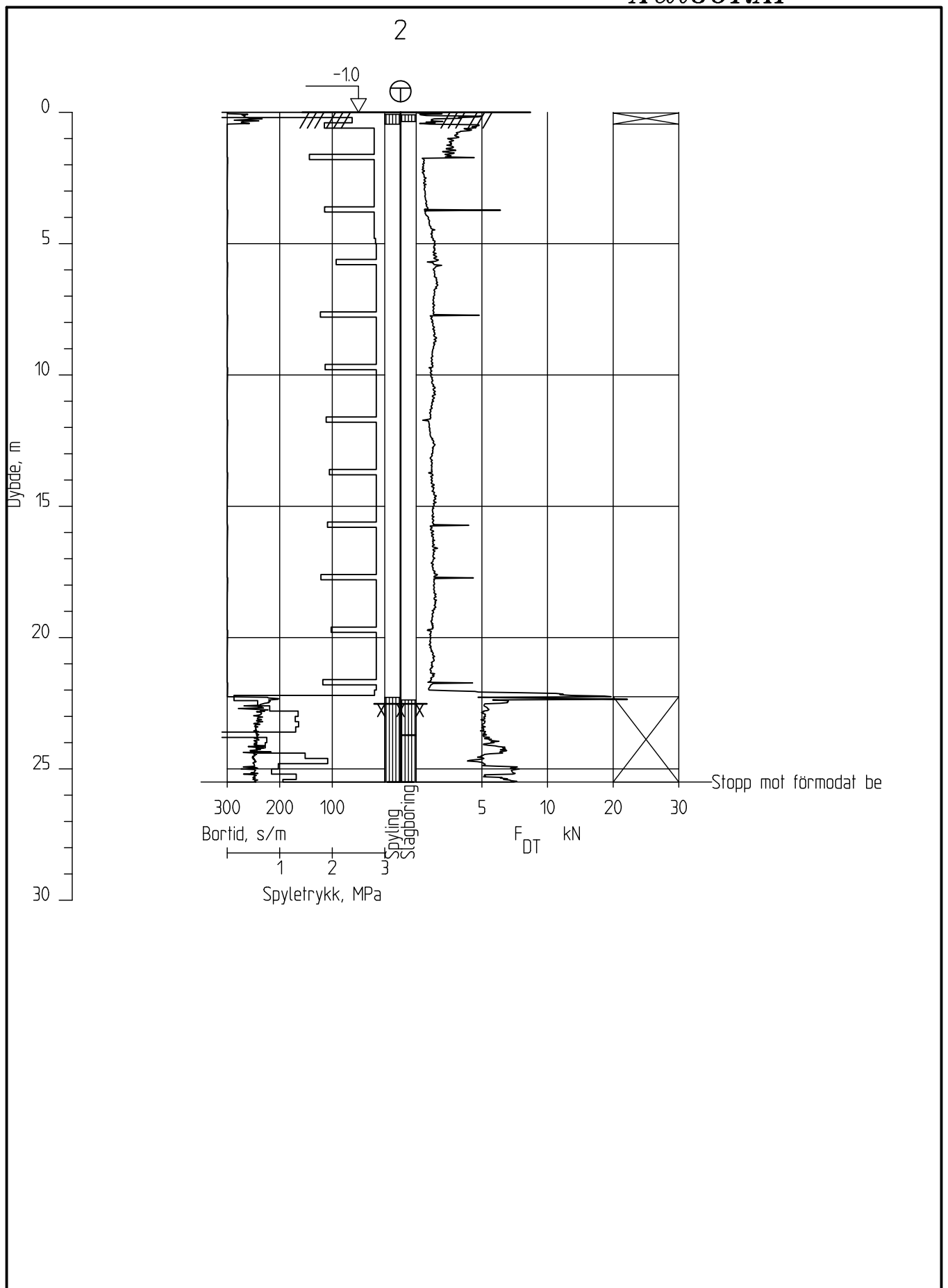
[1] Norsk geoteknisk forening, «Melding nr. 9. Veiledning for utførelse av totalsondering».



Elkem AS Thamshavn

Rapport nr.
20150124Figur nr.
B1Totalsondering
M = 1 : 200Tegner
BKBDato:
27.10.15Borhull 1
Posisjon: X 7021609.76 Y 544087.10Forsök nr. :
Sonde nr. :
Dato boret :29.06.2015Kontrollert
JSLGodkjent
JSL

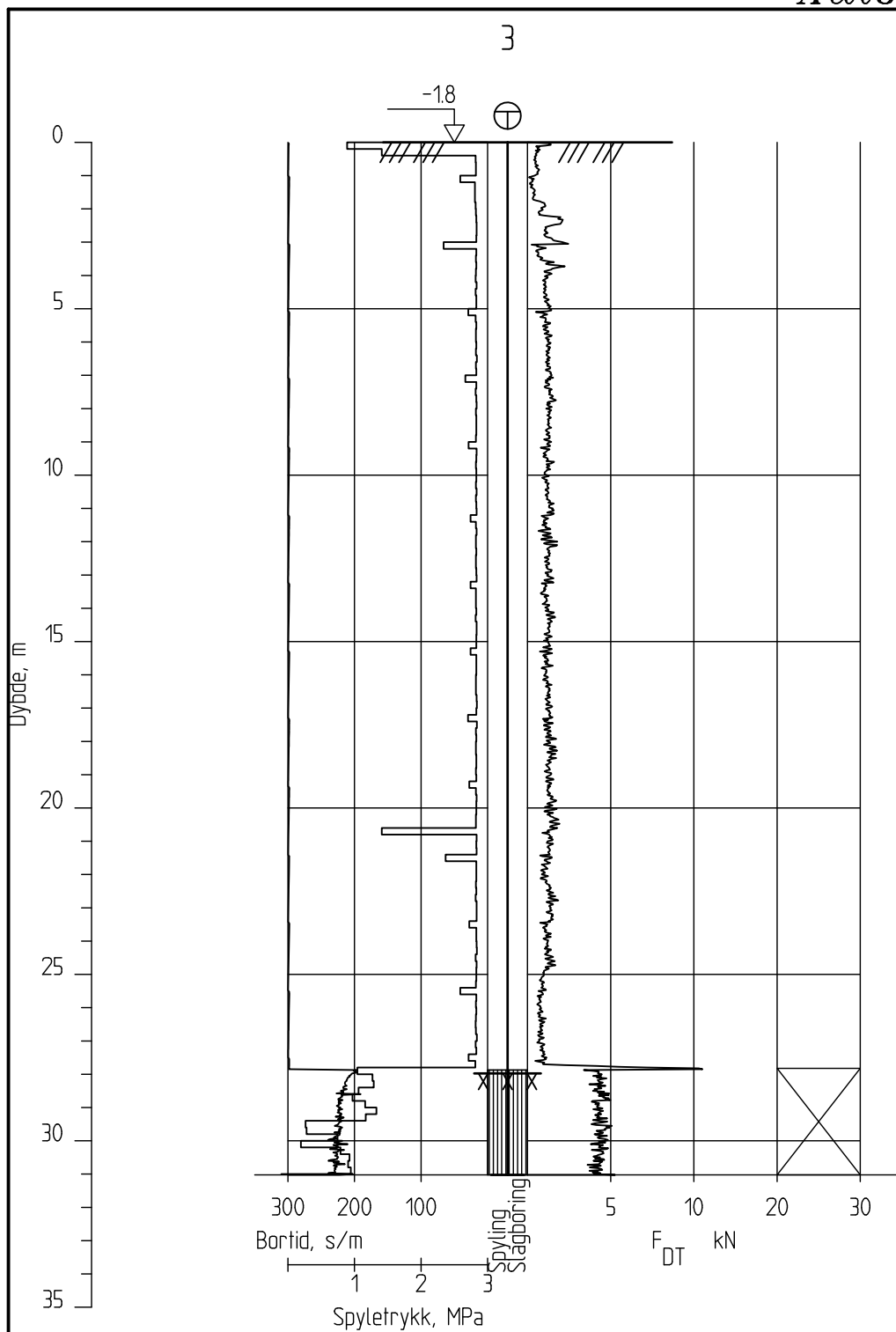
NGI



Elkem AS Thamshavn

Rapport nr.
20150124Figur nr.
B2Totalsondering
M = 1 : 200Tegner
BKBDato:
27.10.15Borhull 2
Posisjon: X 7021617.80 Y 544075.48Forsök nr. :
Sonde nr. :
Dato boret :29.06.2015Kontrollert
JSLGodkjent
JSL

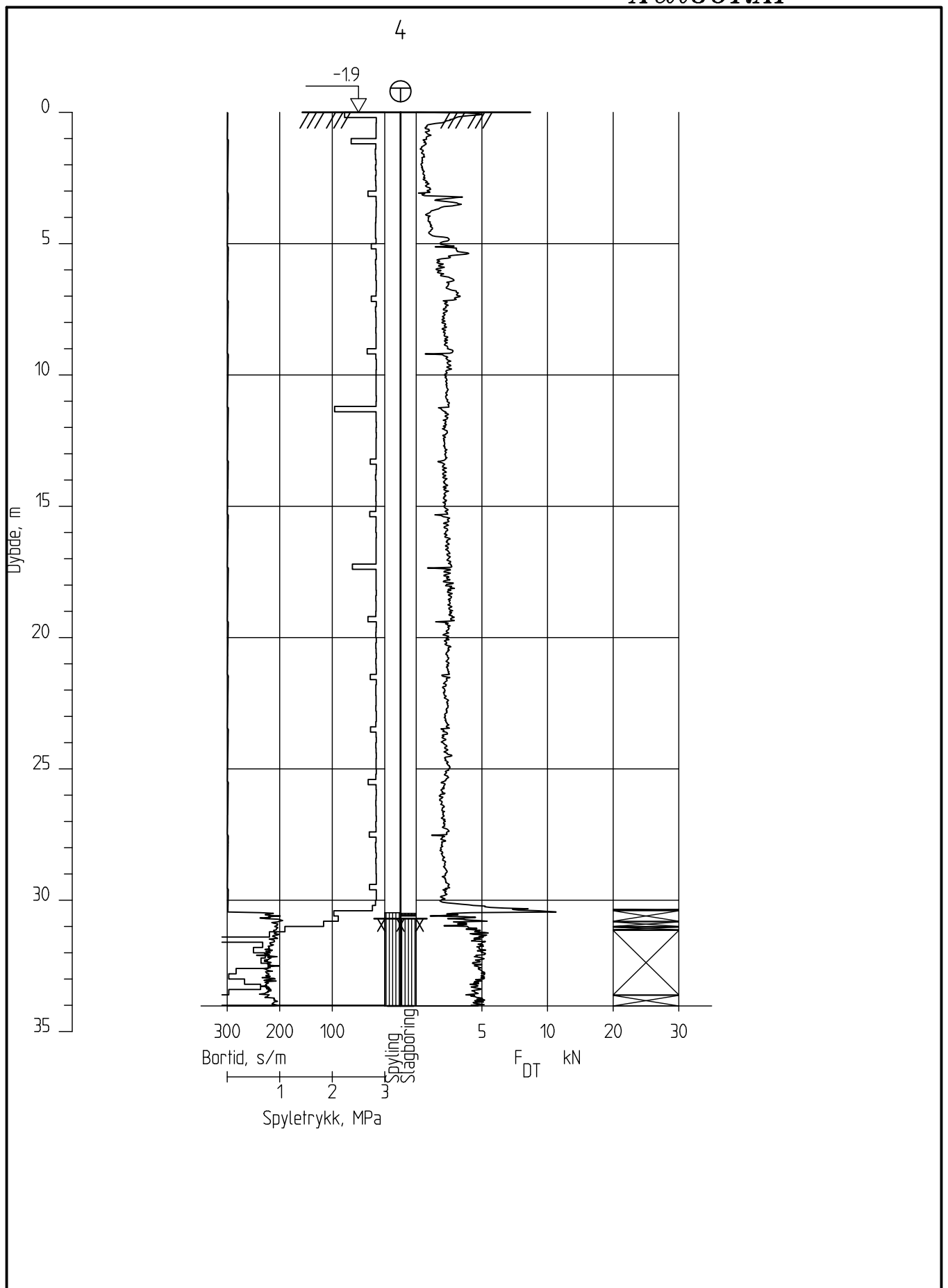
NGI



Elkem AS Thamshavn

Rapport nr.
20150124Figur nr.
B3Totalsondering
M = 1 : 200Tegner
BKBDato:
27.10.15Borhull 3
Posisjon: X 7021639.63 Y 544072.67Forsök nr. :
Sonde nr. :
Dato boret :07.09.2015Kontrollert
JSLGodkjent
JSL

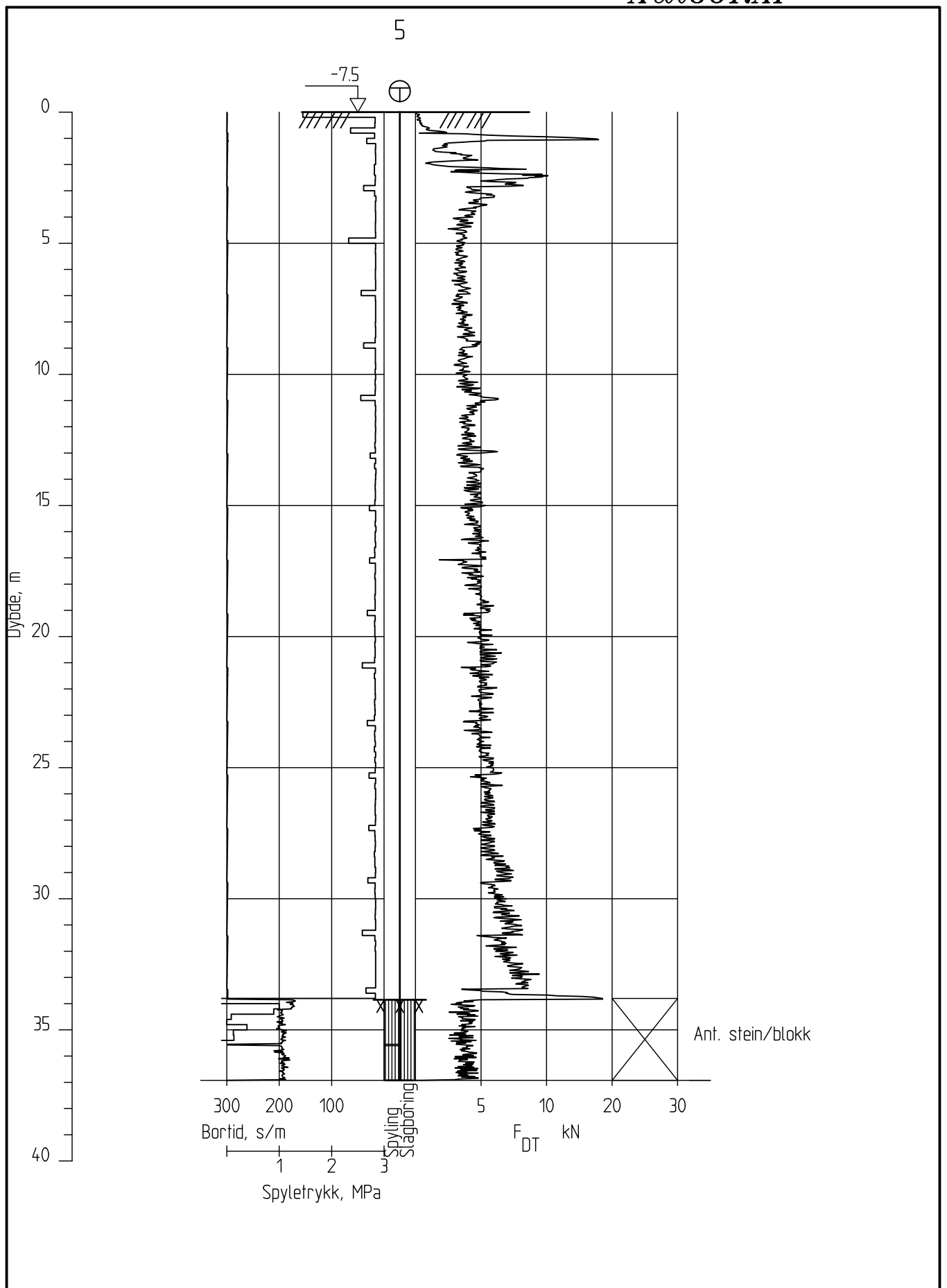
NGI



Elkem AS Thamshavn

Rapport nr.
20150124Figur nr.
B4Totalsondering
M = 1 : 200Tegner
BKBDato:
27.10.15Borhull 4
Posisjon: X 7021646.10 Y 544065.07Forsök nr. :
Sonde nr. :
Dato boret :08.09.2015Kontrollert
JSLGodkjent
JSL

NGI



Elkem AS Thamshavn

Rapport nr.
20150124

Figur nr.
B5

Totalsondering
M = 1 : 200

Tegner
BKB

Dato:
27.10.15

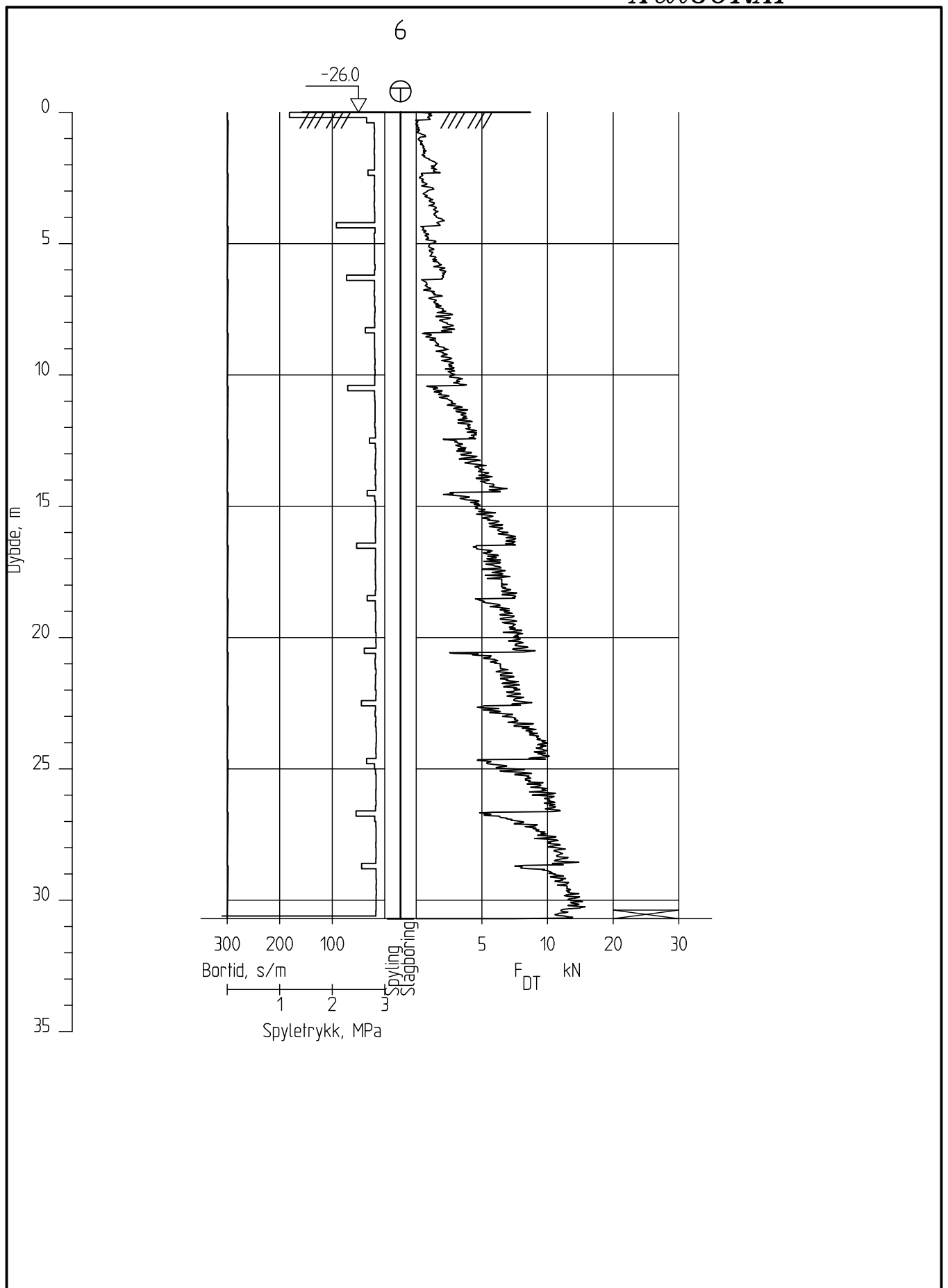
Borhull 5
Posisjon: X 7021663.47 Y 544049.77

Forsök nr. :
Sonde nr. :
Dato boret :02.09.2015

Kontrollert
JSL

Godkjent
JSL

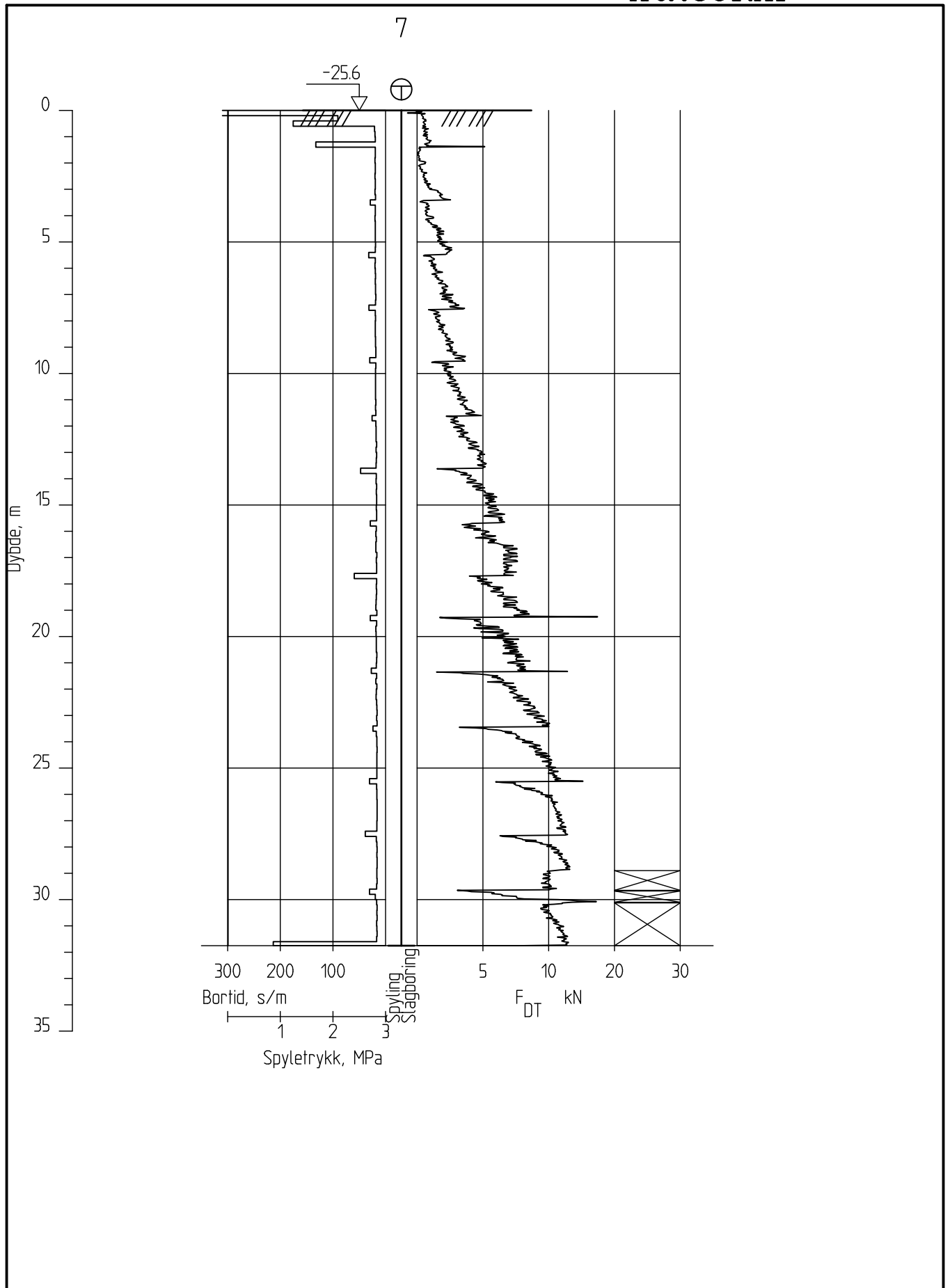
NGI



Elkem AS Thamshavn

Rapport nr.
20150124Figur nr.
B6Totalsondering
M = 1 : 200Tegner
BKBDato:
27.10.15Borhull 6
Posisjon: X 702174.172 Y 543980.02Forsök nr. :
Sonde nr. :
Dato boret :16.09.2015Kontrollert
JSLGodkjent
JSL

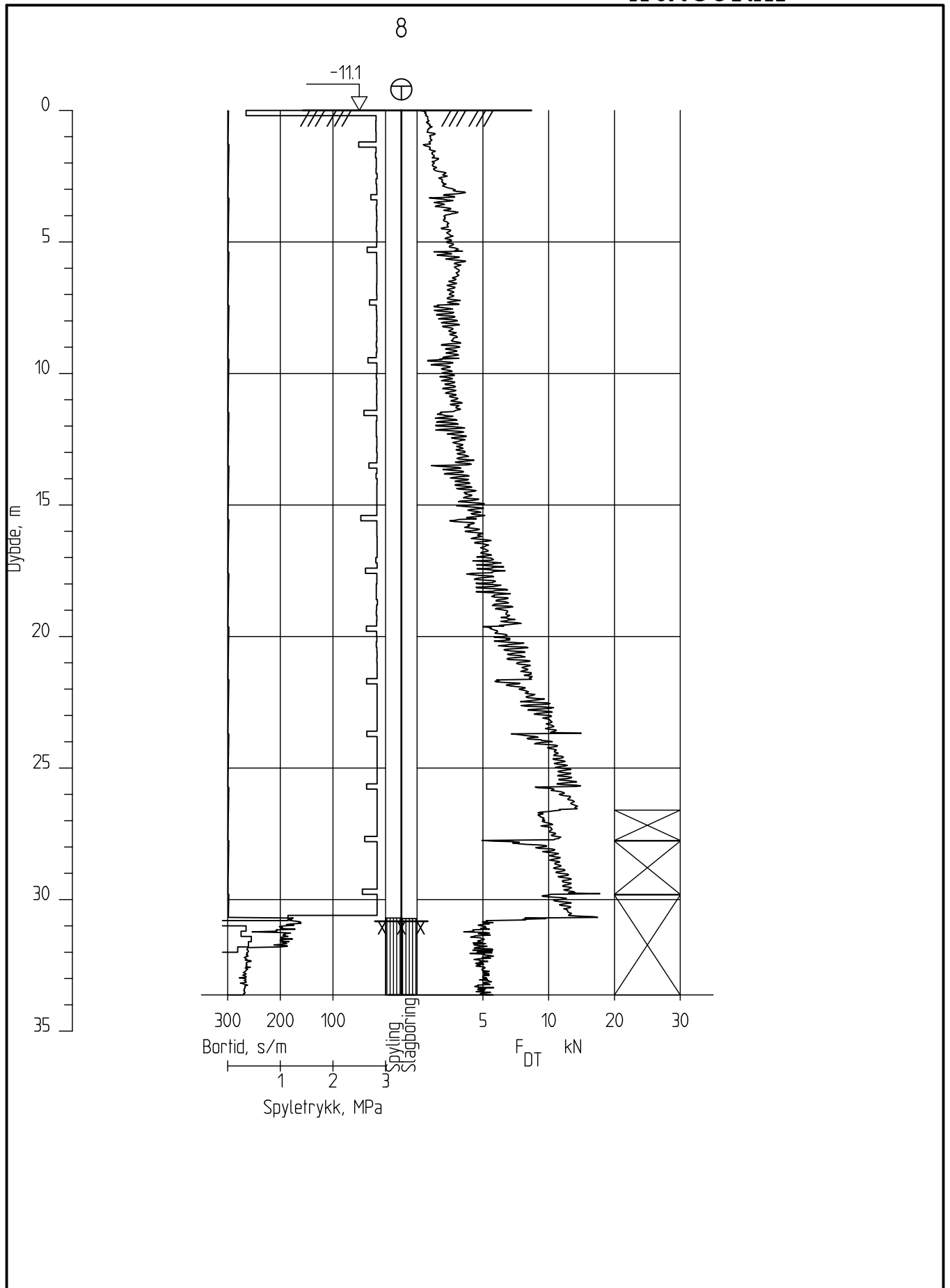
NGI



Elkem AS Thamshavn

Rapport nr.
20150124Figur nr.
B7Totalsondering
M = 1 : 200Tegner
BKBDato:
27.10.15Borhull 7
Posisjon: X 7021713.34 Y 543928.81Forsök nr. :
Sonde nr. :
Dato boret :16.09.2015Kontrollert
JSLGodkjent
JSL

NGI



Elkem AS Thamshavn

Rapport nr.
20150124Figur nr.
B8Totalsondering
M = 1 : 200Tegner
BKBDato:
27.10.15Borhull 8
Posisjon: X 7021582.01 Y 543928.68Forsøk nr. :
Sonde nr. :
Dato boret :02.09.2015Kontrollert
JSLGodkjent
JSL

NGI

Vedlegg C

TRYKKSONDERING (CPTU)

Innhold

C1	Metode	2
C2	Utstyr	2
C3	Resultater	2
C4	Referanser	2

Bilag

Kalibreringsskjema CPTU-sonde 4686
Kalibreringsskjema CPTU-sonde 4690

Tabeller

Tabell C1 CPTU nullpunktsavlesninger og anvendelsesklasser

Figurer

Figur C1 Trykksondering 1
Figur C2 Trykksondering 5
Figur C3 Trykksondering 6

C1 Metode

Trykksondering med poretrykkmåling, CPTU, benyttes til jordartsbestemmelse og tolkning av lagdeling, lagringsbestemmelser og jordartens styrke- og stivhetsegenskaper.

Undersøkelsen foregår ved at en sonde presses ned ved hjelp av borstenger. Under nedpressing måler sonden spissmotstanden (q_c) og sidefriksjonen (f_s) mot sondens friksjonshylse. I tillegg måles poretrykket (u) på en eller flere steder langs sondens overflate.

C2 Utstyr

CPTU-sonderingene er utført med Geotech-sonder, med sondenummer 4690 (NGI) og 4686 (Norconsult). Areal faktoren for disse sondene er henholdsvis 0,846 og 0,836.

C3 Resultater

Resultatene er vist som enkeltboringer i figur C1 – C3. Her vises målte parametere som spissmotstand (q_c), sidefriksjon (f_s) og poretrykk(u).

C4 Referanser

[1] Statens vegvesen, «Håndbok R211- Feltundersøkelser,» 2014.

[2] Norsk geoteknisk forening, «Melding nr 5. Veiledning for utførelse av trykksondering,» 1982 rev. nr. 3, 2010.

Probe No 4686
 Date of Calibration 20131021
 Replacement of
 Calibrated by Joakim Tingström
 File name 4686 20131021 133315.doc

Point Resistance		Tip Area 10cm ²
Maximum Load	50	MPa
Range	50	MPa
Scaling Factor	1801	
Resolution	0.4236	kPa
Area factor (a) at 1MPa	0.836	

ERRORS

Max. Temperature effect when not loaded 35.5824 kPa
 Temperature range 0 –40 deg. Celsius.

Local Friction		Sleeve Area 150cm ²
Maximum Load	0.5	MPa
Range	0.5	MPa
Scaling Factor	3673	
Resolution	0.0104	kPa
Area factor (b) at 1MPa	0	

ERRORS

Max. Temperature effect when not loaded 0.5928 kPa
 Temperature range 0 –40 deg. Celsius.

Pore Pressure		
Maximum Load	2.5	MPa
Range	2	MPa
Scaling Factor	3591	
Resolution	0.0212	kPa

ERRORS

Max. Temperature effect when not loaded 0.9328 kPa
 Temperature range 0 –40 deg. Celsius.

Tilt Angle.	Scaling Factor 1	
Range	0 - 40	Deg.

Temperature sensor.	Scaling Factor 1	
Range	0 - 40	Deg. Celsius

BACK-UP MEMORY





CERTIFICATE FOR CPT PROBE 4690

Probe No 4690
 Date of Calibration 20150511
 Replacement of
 Calibrated by Christoffer Hurtig *CH*
 File name 4690 20150511 133700.doc

Point Resistance		Tip Area 10cm ²
Maximum Load	50	MPa
Range	50	MPa
Scaling Factor	1303	
Resolution	0.5855	kPa
Area factor (a) at 1MPa	0.846	

ERRORS

Max. Temperature effect when not loaded 35.1300 kPa
 Temperature range 0 –40 deg. Celsius.

Local Friction		Sleeve Area 150cm ²
Maximum Load	0.5	MPa
Range	0.5	MPa
Scaling Factor	3814	
Resolution	0.0100	kPa
Area factor (b) at 1MPa	0.000	

ERRORS

Max. Temperature effect when not loaded 0.7400 kPa
 Temperature range 0 –40 deg. Celsius.

Pore Pressure		
Maximum Load	2.5	MPa
Range	2	MPa
Scaling Factor	3511	
Resolution	0.0217	kPa

ERRORS

Max. Temperature effect when not loaded 0.8029 kPa
 Temperature range 0 –40 deg. Celsius.

Tilt Angle.	Scaling Factor 1	
Range	0 - 40	Deg.

Temperature sensor.	Scaling Factor 1	
Range	0 - 40	Deg. Celsius

Conductivity	Checked Ok - Not Calibrated With Adapter
Range	0 – 3000 ms/m

BACK-UP MEMORY

Ingenjöröfirman Geotech AB +46 (0)31-28 99 20 www.geotech.se
 Datavägen 53 +46 (0)31-68 16 39
 VAT No.

Figur 1 Kalibreringsskjema for sonde nr. 4690.



Certificate of Calibration
 for
Electric conductivity adapter

Manufactured by: Ingenjörfirman Geotech AB
Model type: Nova
Serial No: C0004
Temperature: 18,1°C
Calibration Date: 2015-05-19
Calibration No: 000420150519140626
Location: Sweden, Gothenburg

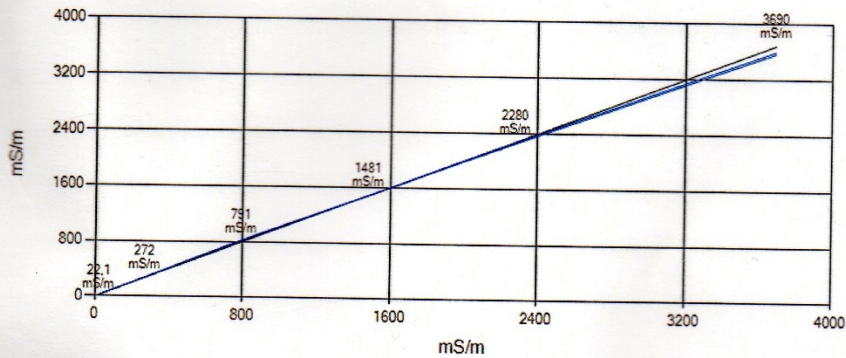
Calibration performed by: Fredric Nyström

Ranges

Elect. Conductivity
 3690 [mS/m]

Scaling factors

Elect. Conductivity A
A= 560533
 Elect. Conductivity B
B= -1,024277



Equipment used
 WTW LF340 SN: 99170011
 Geotech CCC software V1.00



**Specialists in
 Geotechnical
 Field Equipment**

Ingenjörfirman Geotech AB
 Datavägen 53
 SE-436 32 ASKIM, Sweden

+46 (0)31-28 99 20
 +46 (0)31-68 16 39

www.geotech.se
 VAT No.
 CEEC600770000

Figur 2 Kalibreringsskjema for resistivitet, sonde nr. 4690.

Borhull nr.	Målinger	TE _{maks} /TO (kPa/°)	ΔR	ΔT (°)	ΔT*TE _{maks} /TO	Siste målerverdi	ΔN	Δ _{TOT}	Relativ nøyaktighet	Kravene til anvendelsesklasse						Anvendelsesklasse?
										A1		A2		A3		
1	q _c (kPa)	0,8783	0,5855	6,4	5,62	567	34,5	41	7,2 %	35	5 %	100	5 %	200	5 %	A2
	f _s (kPa)	0,0185	0,01		0,12	0,7	-0,2	0,3	46,9 %	5	10 %	15	15 %	25	15 %	A1
	u ₂ (kPa)	0,0201	0,0217		0,13	542	17,1	17,3	3,2 %	10	2 %	25	3 %	50	5 %	A2
	Helning (°)	-	-	-	-	-	-	0,01	-	2	2	5			A1	
	Nedtrengingslengde (m)	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1	1 %	0,1	1 %	0,2	1 %	Ikke målt
	Avstand mellom målinger (mm)	-	-	-	-	-	-	20	-	20	20	50			A1	
5	q _c (kPa)	0,8896	0,4236	1,6	1,42	938	8,1	10	1,1 %	35	5 %	100	5 %	200	5 %	A1
	f _s (kPa)	0,0148	0,0104		0,02	8,0	-0,5	0,5	6,7 %	5	10 %	15	15 %	25	15 %	A1
	u ₂ (kPa)	0,0233	0,0212		0,04	630	0,2	0,3	0,0 %	10	2 %	25	3 %	50	5 %	A1
	Helning (°)	-	-	-	-	-	-	0,01	-	2	2	5			A1	
	Nedtrengingslengde (m)	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1	1 %	0,1	1 %	0,2	1 %	Ikke målt
	Avstand mellom målinger (mm)	-	-	-	-	-	-	20	-	20	20	50			A1	
6	q _c (kPa)	0,8896	0,4236	4,3	3,83	674	20,7	25	3,7 %	35	5 %	100	5 %	200	5 %	A1
	f _s (kPa)	0,01482	0,0104		0,06	7,4	-0,1	0,2	2,4 %	5	10 %	15	15 %	25	15 %	A1
	u ₂ (kPa)	0,0233	0,0212		0,10	491	0,0	0,1	0,0 %	10	2 %	25	3 %	50	5 %	A1
	Helning (°)	-	-	-	-	-	-	0,01	-	2	2	5			A1	
	Nedtrengingslengde (m)	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1	1 %	0,1	1 %	0,2	1 %	Ikke målt
	Avstand mellom målinger (mm)	-	-	-	-	-	-	20	-	20	20	50			A1	
	q _c (kPa)															
	f _s (kPa)															
	u ₂ (kPa)															
	Helning (°)															
	Nedtrengingslengde (m)															
	Avstand mellom målinger (mm)															
	q _c (kPa)															
	f _s (kPa)															
	u ₂ (kPa)															
	Helning (°)															
	Nedtrengingslengde (m)															
	Avstand mellom målinger (mm)															
	q _c (kPa)															
	f _s (kPa)															
	u ₂ (kPa)															
	Helning (°)															
	Nedtrengingslengde (m)															
	Avstand mellom målinger (mm)															

$$\Delta_{TOT} = \Delta N + \Delta R + \Delta T(TE_{maks}/TO)$$

$$\text{Relativ nøyaktighet} = \Delta_{TOT} / \text{Siste målerverdi}$$

Nøyaktigheten av målingene skal være større enn den største av kravene fra Tabell 5.2, NGF-melding nr. 5

Δ_{TOT}: samlet målenøyaktighet (kPa)

Hentes fra rådatafil sammen med "nullpunkt før":

ΔN: avvik fra nullpunktkontroll (kPa)


ΔT: temperaturendring (°)

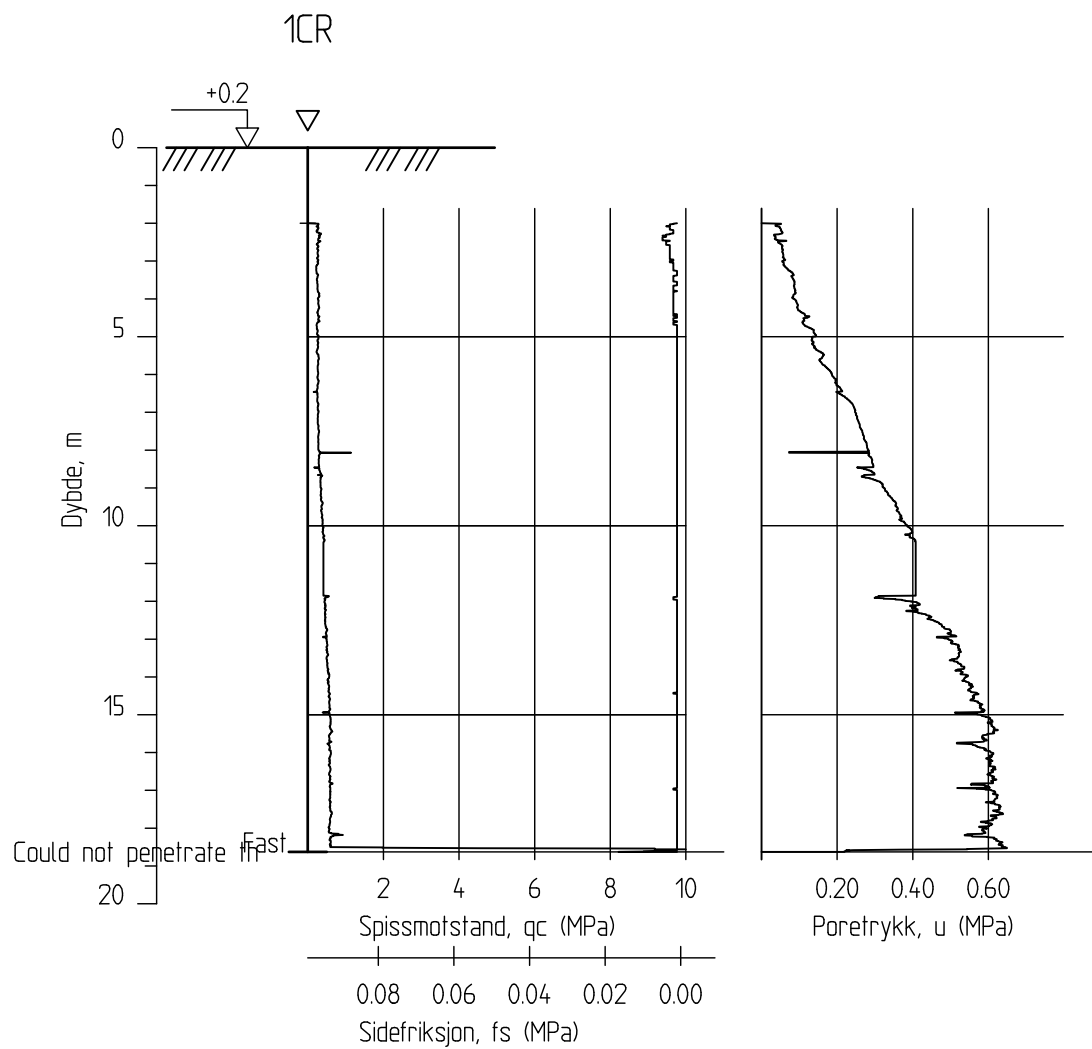
Hentes fra kalibrerings skjema:

ΔR: oppløsningsavvik (kPa)

TE_{maks}: maksimum temperatureffekt, ubelastet (kPa)

TO: temperaturområde (°)

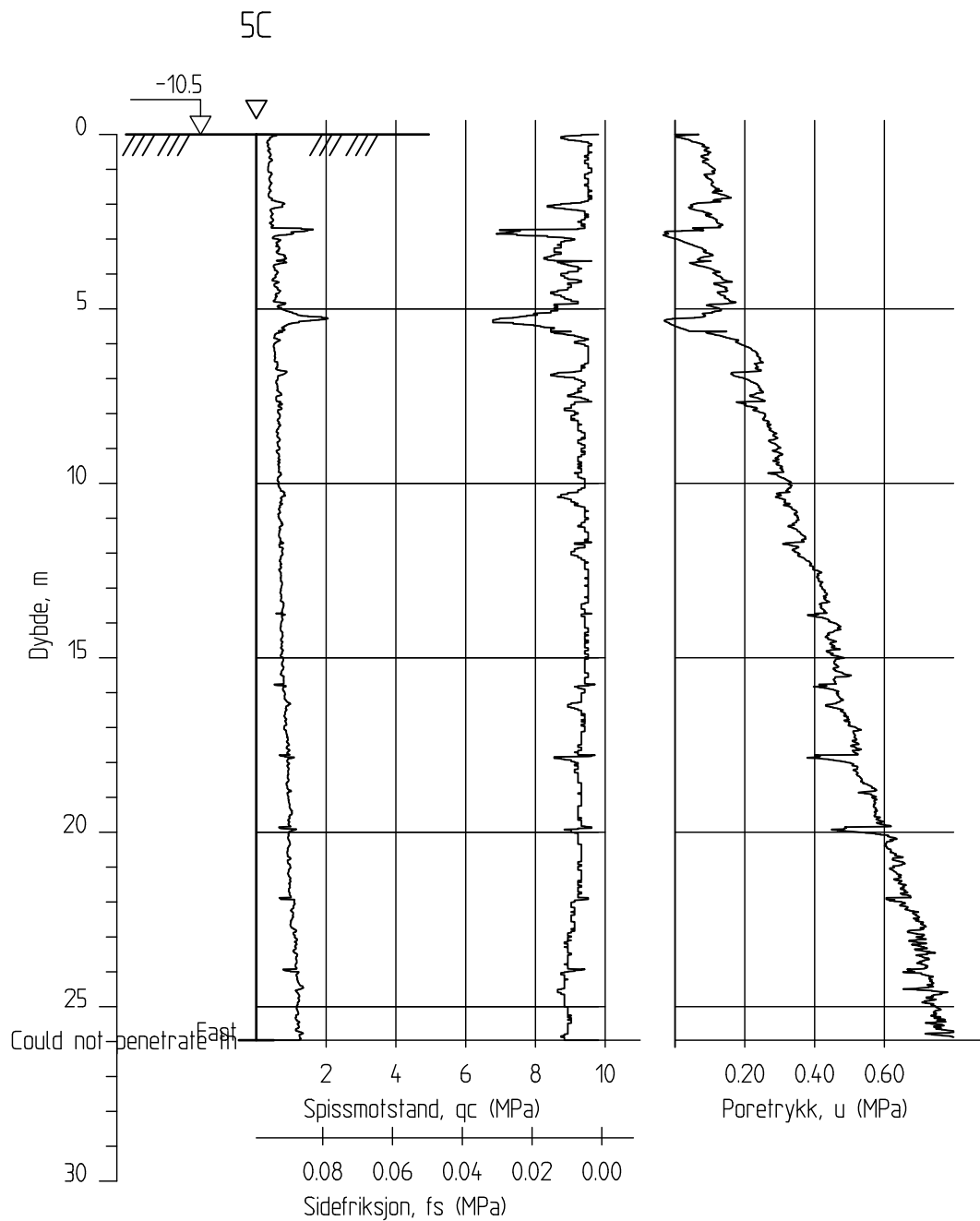
Elkem AS Thamshavn: Grunnundersøkelser - datarapport	Rapport nr.	Tabell
	20150124-01-R	C1
CPTU anvendelsesklasse i henhold til NGF melding nr. 5	Tegner	Dato
	BKB	2015-11-01
	Kontrollert	
MMe		
	Godkjent	
	JSL	



Elkem AS Thamshavn

Rapport nr.
20150124Figur nr.
C1CPT-sondering
M = 1 : 200Tegner
BKBDato:
27.10.15Borhull 1CR
Posisjon: X 7021609.76 Y 544087.10Forsök nr. :
Sonde nr. :
Dato boret :14.08.2015Kontrollert
JSLGodkjent
JSL

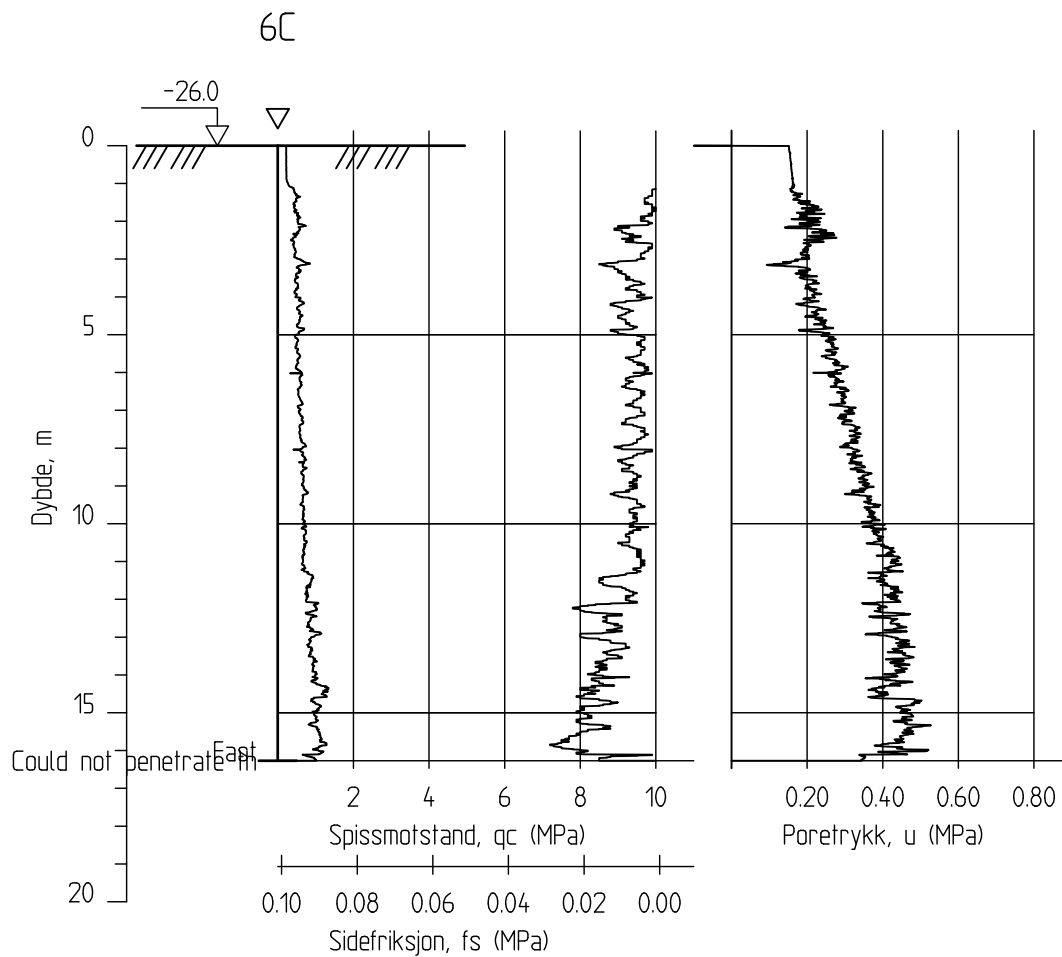
NGI



Elkem AS Thamshavn

Rapport nr.
20150124Figur nr.
C2CPT-sondering
M = 1 : 200Tegner
BKBDato:
27.10.15Borhull 5C
Posisjon: X 7021663.47 Y 544049.77Forsök nr. :
Sonde nr. :
Dato boret :08.09.2015Kontrollert
JSLGodkjent
JSL

NGI



Elkem AS Thamshavn

Rapport nr.
20150124Figur nr.
C3CPT-sondering
M = 1 : 200Tegner
BKBDato:
27.10.15Borhull 6C
Posisjon: X 0.00 Y 0.00Forsök nr. :
Sonde nr. :
Dato boret :16.09.2015Kontrollert
JSLGodkjent
JSL

NGI

Vedlegg D

PORETRYKKS MÅLINGER

Innhold

D1	Metode	2
D2	Utstyr	2
D3	Resultater	2
D4	Referanser	2

Tabeller

Tabell D1	Samletabell for poretrykksmålere
-----------	----------------------------------

Figurer

Figur D1	Poretrykksmåler borhull 5, poretrykk relativt til overflate
Figur D2	Poretrykksmåler borhull 5, poretrykk, stighøyde

D1 Metode

Metoden benyttes for å bestemme grunnvannstanden (GV) og kartlegge poretrykket i dybden.

D2 Utstyr

Det er brukt elektriske poretrykksmålere, PVT-målere uten minne, for målingene som er utført i gjeldende rapport. Det er satt ned til totalt 2 målere, begge i borhull 5.

D3 Resultater

Poretrykksmålere er installert av Norconsult og er avlest av Norconsult og Norges Geotekniske Institutt. Tabell D1 viser samlede data for hver poretrykksmåler.

Resultatene er vist i figur D1 og D2.

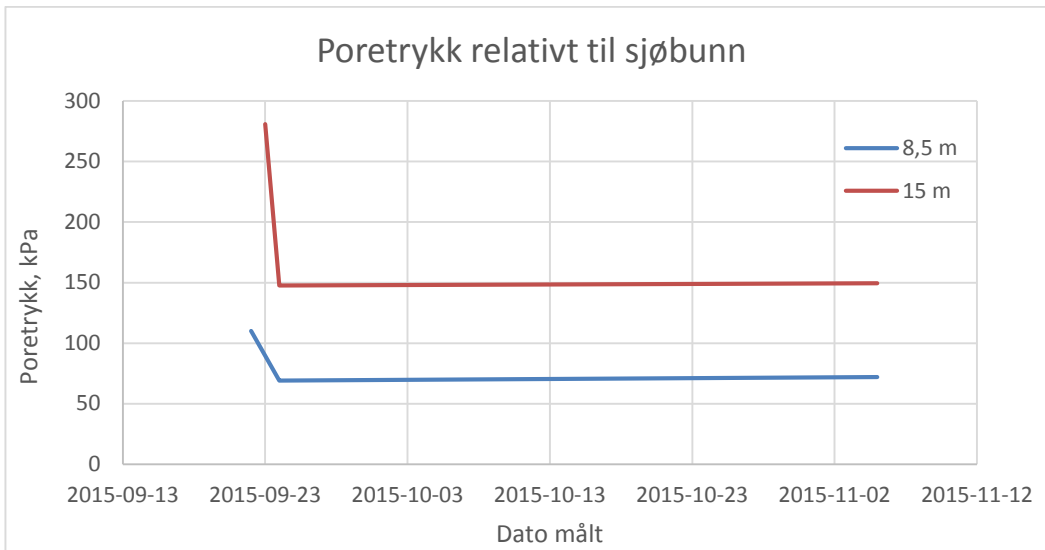
D4 Referanser

[1] Statens vegvesen, «Håndbok R211- Feltundersøkelser,» 2014.

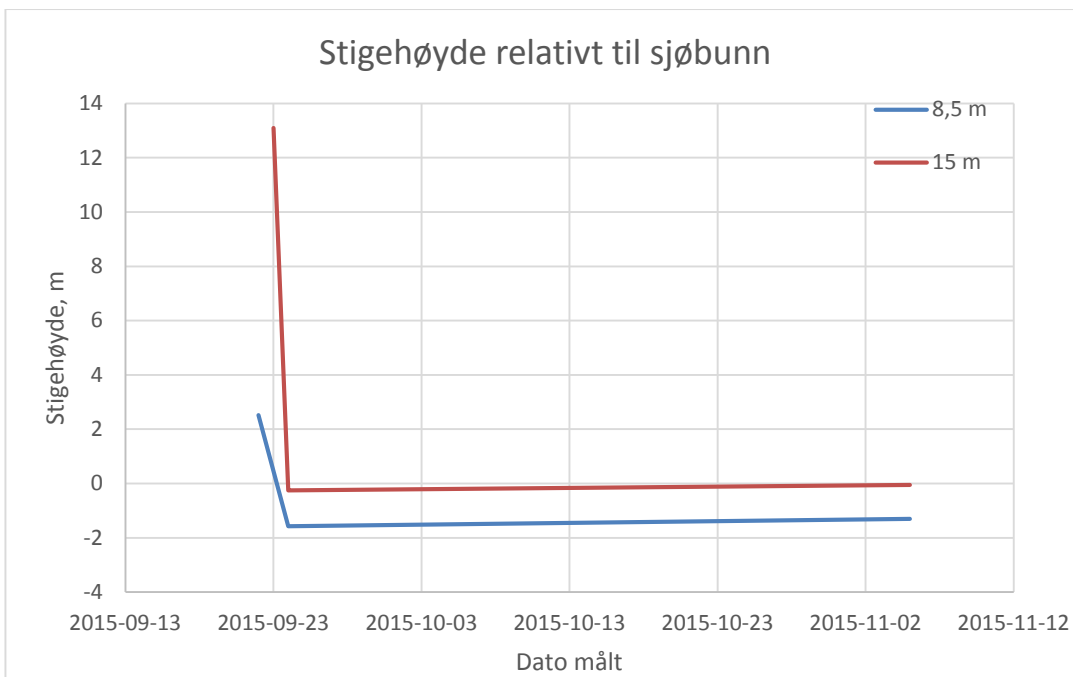
[2] Norsk Geoteknisk Forening, «Melding nr. 6. Veiledning for måling av grunnvannstand og poretrykk,» 1989.

Tabell D1 Samenstilling poretrykksmålere

Borhullnr.	Målernr.	Installasjons- dato	N-koord.	Ø-koord.	Høyde, moh.	Dybde, m	Kote bunn, moh
5	7361	22.09.2015	7021663,5	544049,8	-10,49	8,5	-18,99
5	7362	23.09.2015	7021663,5	544049,8	-10,49	15	-25,49



Figur D1 Poretrykksmåler i borhull 5, poretrykk relativt til overflate.



Figur D2 Poretrykksmåler i borhull 5, stigehøyde.

Vedlegg E

PRØVESERIER, RUTINEUNDERSØKELSER

Innhold

E1	Metoder	2
E1.1	Prøveåpning og materialbeskrivelse	2
E1.2	Vanninnhold	2
E1.3	Romvekt	2
E1.4	Udrenert og omrørt skjærfasthet (c_u) ved konusforsøk.	2
E1.5	Udrenert skjærfasthet (c_u) ved enaksialt trykkforsøk	2
E1.6	Flyte- (w_L) og utrullingsgrense (w_p)	2
E1.7	Kornfordelingsanalyser	3
E1.8	Saltinnhold	3
E2	Resultater	3
E3	Referanser	3

Figurer

Figur E1	Borprofil borhull 1
Figur E2	Kornfordeling borhull 1
Figur E3	Borprofil borhull 5
Figur E4	Saltinnhold borhull 5

E1 Metoder

E1.1 Prøveåpning og materialbeskrivelse

Alle prøver registreres, åpnes og det foretas en visuell klassifisering og beskrivelse av materialtype.

E1.2 Vanninnhold

Fra hver prøvesylinder tas det ut tre prøver for bestemmelse av naturlig vanninnhold (vekt %).

E1.3 Romvekt

Romvekt bestemmes som gjennomsnitt for hel sylinder.

Romvekt bestemmes i henhold til NS8011.

E1.4 Udrenert og omrørt skjærfasthet (c_u) ved konusforsøk.

Fra hver prøvesylinder er det tatt ut to prøver for bestemmelse av udrenert og omrørt skjærfasthet med konusforsøk.

Konusforsøk utføres i henhold til NS8015.

E1.5 Udrenert skjærfasthet (c_u) ved enaksialt trykkforsøk

Fra hver prøvesylinder er det tatt ut tre prøver for bestemmelse av udrenert skjærfasthet med enaksialt trykkforsøk. Det tas også ut en prøve for bestemmelse av vanninnhold av prøven det gjennomføres trykkforsøk på.

Enaksialt trykkforsøk bestemmes i henhold til NS8016.

E1.6 Flyte- (w_L) og utrullingsgrense (w_P)

Fra tre borhull er det tatt ut prøver for bestemmelse av flyte- og utrullingsgrense. Plastisitetsindeks bestemmes ved $I_p = w_L - w_P$.

E1.7 Kornfordelingsanalyser

Det er utført kornfordelingsanalyser i to borhull. Det er utført flere forsøk per borhull. Metoden som er benyttet er våtsikting i kombinasjon med "falling drop" der det er nødvendig.

E1.8 Saltinnhold

Det er gjort målinger av saltinnhold i porevannet for å finne i hvor stor grad saltet vasket ut. Analysene er gjort ved å bestemme ledningsevnen av porevannet, for deretter å korrelere dette med saltinnhold i porevannet. Analysene er utført iht. ISO 11265.

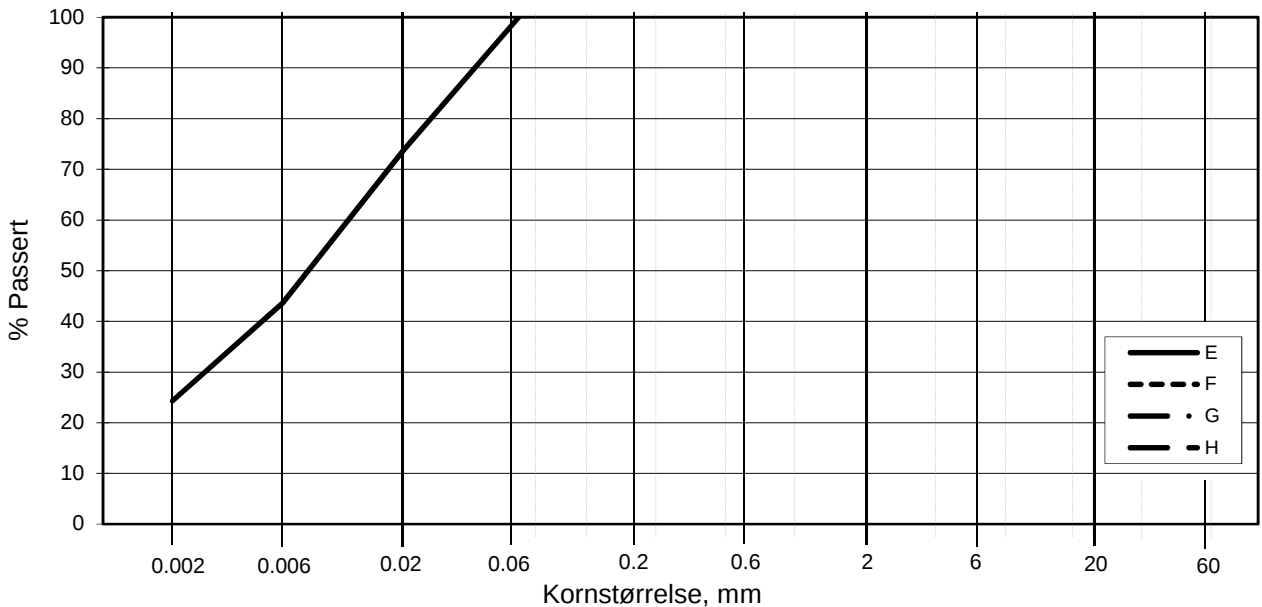
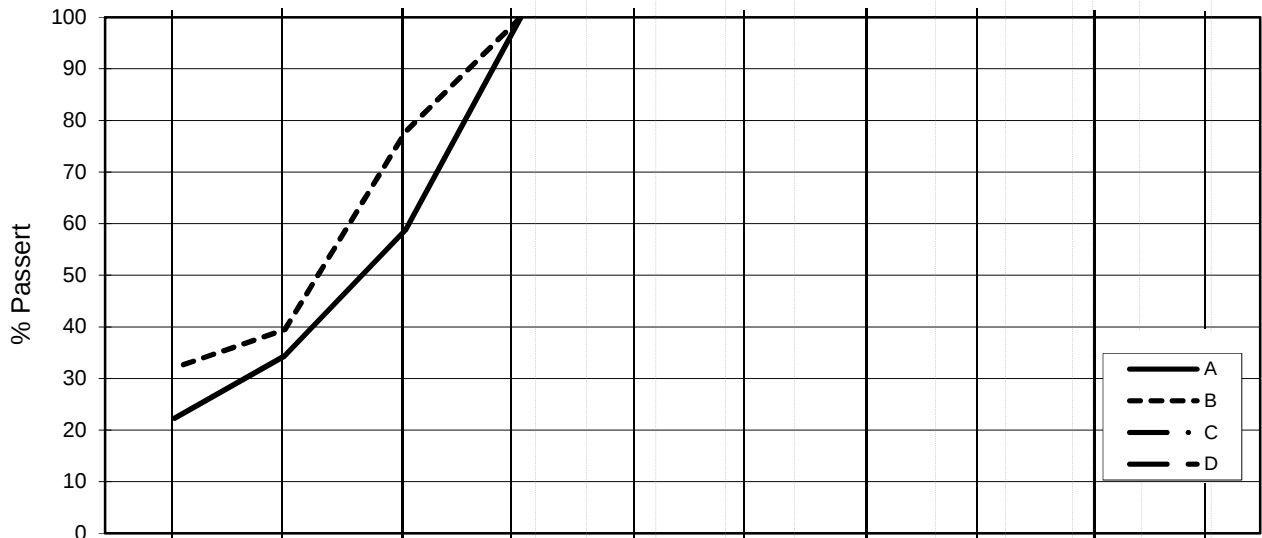
E2 Resultater

Resultatene er vist i figur E1 til E4.

E3 Referanser

- [1] Standard Norge, «NS8002. Geoteknisk prøving - Laboratoriemetoder - Konusflytegrensen,» 1982.
- [2] Standard Norge, «NS8003. Geoteknisk prøving - Laboratoriemetoder - Plastisitetsgrensen,» 1982.
- [3] Norsk Geoteknisk forening, «Veiledning for prøvetaking, melding nr. 11,» 2013.
- [4] Statens vegvesen, «Håndbok R211- Feltundersøkelser,» 2014.
- [5] Standard Norge, «NS8011 - Geoteknisk prøving - Laboratoriemetoder - Densitet,» 1982.
- [6] Standard Norge, «NS8005. Geoteknisk prøving - Laboratoriemetoder - Kornfordelingsanalyse av jordprøver,» 1990.
- [7] Standard Norge, «NS8013. Geoteknisk prøving - Laboratoriemetoder - Vanninnhold,» 1982.
- [8] Standard Norge, «NS8015. Geoteknisk prøving - Laboratoriemetoder - Bestemmelse av udrenert skjærstyrke ved konusprøving,» 1988.
- [9] Standard Norge, «Geoteknisk prøving - Laboratoriemetoder - Bestemmelse av udrenert skjærstyrke ved enaksial trykkprøving,» 1988.

L E I R	SILT			SAND			GRUS						
	Fin	Middels	Grov	Fin	Middels	Grov	Fin	Middels	Grov				
	US Standard Sikt			200	100	50	30	16	8	4	3/8"	3/4"	1.5"
ISO Standard Sikt			.075	.125	.25	.5	1	2	4	8	16	31.5	63



Kurve	Hull nr.	Prøve nr.	Dybde m	C _u (d ₆₀ / d ₁₀)	Tele gr.	Leir innh. %	Jordartsbetegnelse	Metode tørr/våt sikt
A	1	1	4.23		T4	22.3	LEIRE, siltig	fall.drop
B	1	2	5.23		T4	32.1	LEIRE	fall.drop
C								
D								
E	1	3	8.45		T4	24.3	LEIRE, siltig	fall.drop
F								
G								
H								

Rev. 0 / Dato 2015-02-27 / Sign. SK

H:\LABDATA\2015\20150124\grain BH1.xlsx\Plot-norsk

Grunnundersøkelser og kai fundamentering - Thamshavn

Kornfordelingskurver

Dokumentnr.
20150124

Figurnr.
E2

Dato
2015-09-17

Tegnet av
FP/



Vedlegg F

ØDOMETERFORSØK

Innhold

F1 Metode

2

Tabeller

Tabell F1 Sammenstilling treksialforsøk.

Figurer

Figur F1 - F2 Treksialforsøk borhull 5, dybde 9,42 m

Figur F3 - F4 Treksialforsøk borhull 5, dybde 14.93 m

F1 Metode

Det er utført 2 anisotropt konsoliderte, udrenerte, treaksialforsøk skjært i trykk (CAUA). Forsøkene er utført ved NGIs laboratorium i Oslo, og er utført i henhold til gjeldende norsk standard.

Prøvene er konsolidert til antatt in-situ spenninger. K_0' er antatt å være 0,6.

Resultatene fra hvert forsøk er vist i figur F1 og F2. Sammenstillingstabell med prøve kvalitet er vist i Tabell F1.

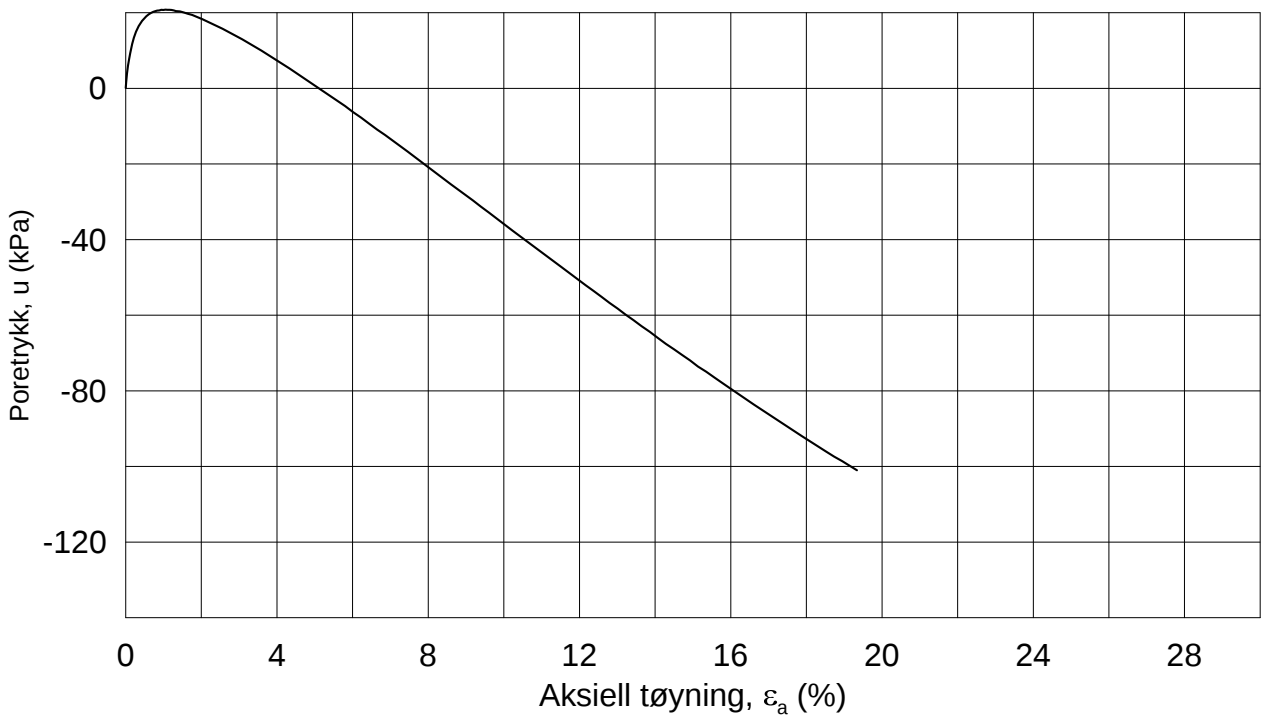
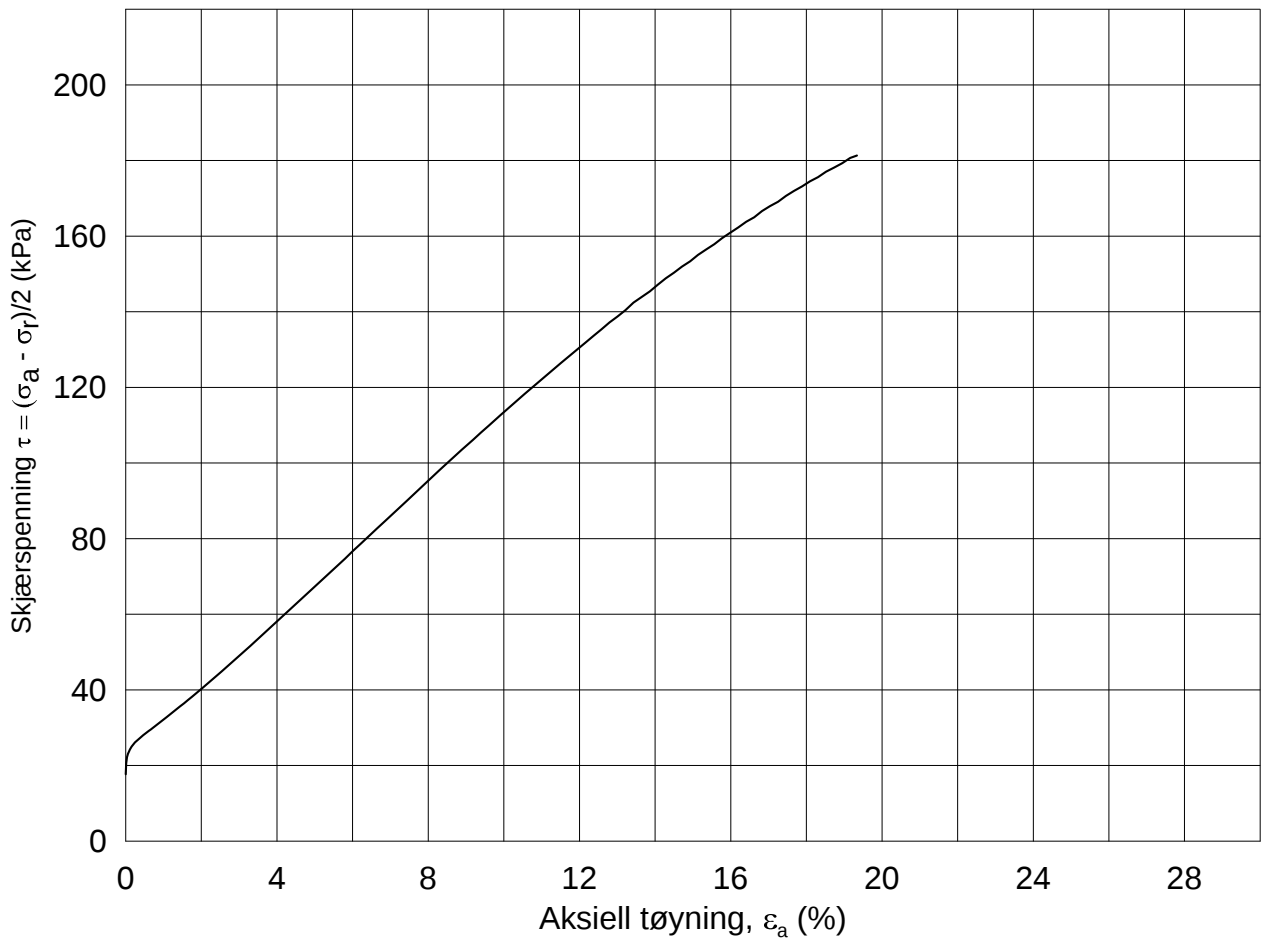
20150124

Thamshavn

Tabell F1

Sammenstilling av treksialforsøk

Prøveidentifisering			Indeksegenskaper						Konsolidering				Prøve kvalitet	
Hull nr	Prøve diameter mm	Dybde	w _i %	w _c %	w _l %	w _p %	l _p -	γ _{tot} kN/m ³	σ' _{ac} kPa	σ' _{rc} kPa	ε _{vc} %	K ₀ ' -	Δe/e ₀ %	Prøve kvalitet
5	54	9,42	31,4	30,5	22	32	10	19,1	89,5	53,8	1,724	0,60	0,0316	1
5	54	14,93	27,7	25,6	20	27	7	19,2	135	81	3,350	0,60	0,0590	2
w _i	In-situ vanninnhold							Klassifisering	OCR	Δe/e₀	Prøve kvalitet			
w _l	Flytegrense							1	1-2	<0,04	Meget god, utmerket			
w _p	Utrullingsgrense								2-4	<0,03				
l _p	Plastisitetsindeks, l _p = w _l - w _p							2	1-2	0,04-0,07	God, brukbar			
σ' _{ac}	Vertikal konsolideringsspenning								2-4	0,03-0,05				
σ' _{rc}	Horisontal konsolideringsspenning							3	1-2	0,07-0,14	Dårlig			
Δe/e ₀	Δe = ε _{vol} (1+e _i) og e _i = 2.75 * w _i								2-4	0,04-0,10				
ε _{vc}	Volumtøyning under konsolidering							4	1-2	>0,14	Meget dårlig			
									2-4	>0,10				



Dato/Rev.: 2014-12-23/02

Elkem Thamshavn

Dokument nr.
20150124-01-R

Treaksial forsøk: **CAUA**

Figur nr.
F1

Boring: **5**

Dybde = **9.42** m

Konsolidering-spenninger

Dato
2015-12-04

Tegnet av / kontr.
MAS / GS

Sylinder: **5**

$\rho_{o'}$ = **89.6** kPa

(kPa) maks. min. endelig

Del: **A**

w_i = **31.4** %

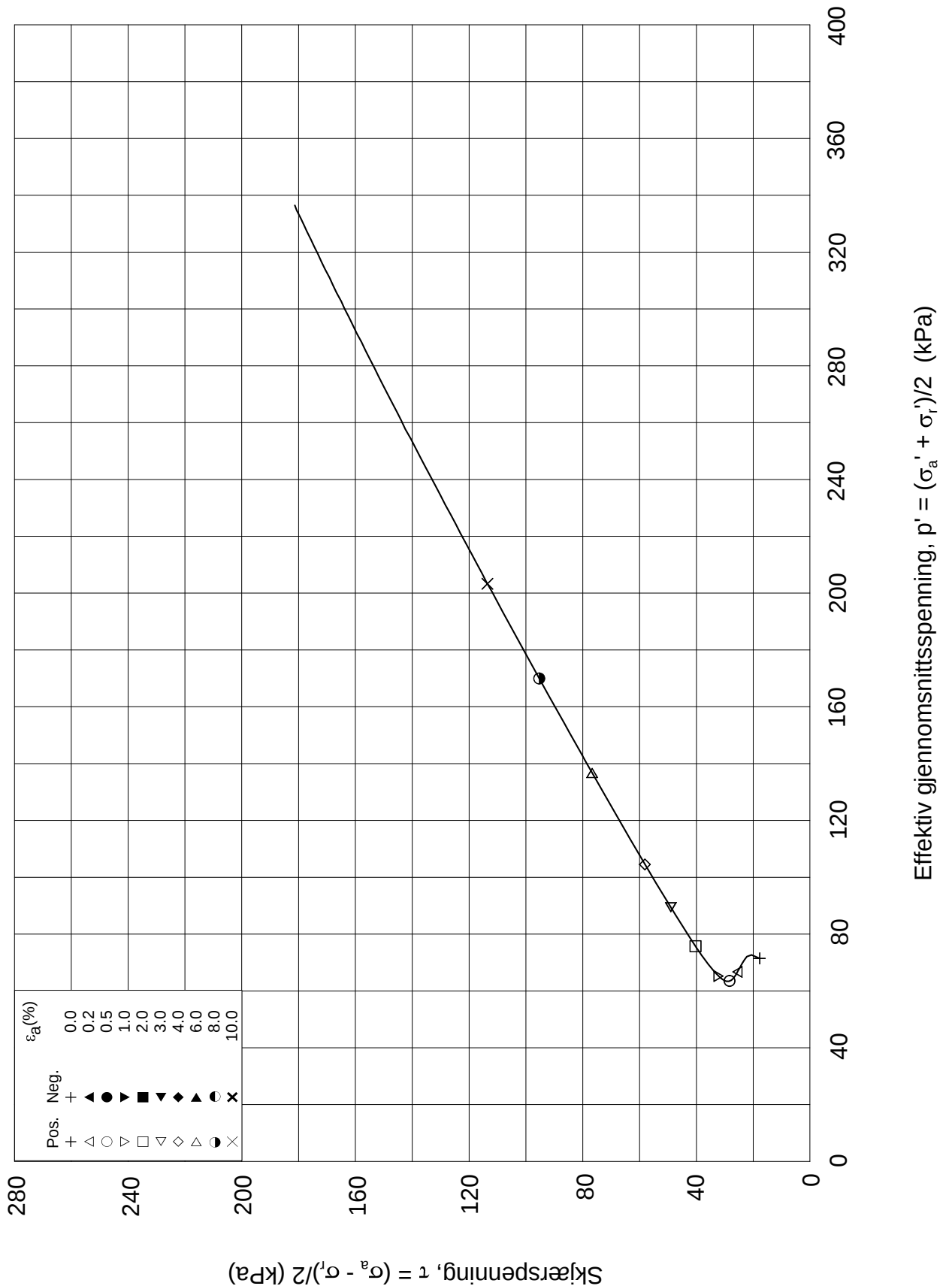
σ_{ac}' = - - **89.5**

Test: **1**

w_c = **30.5** %

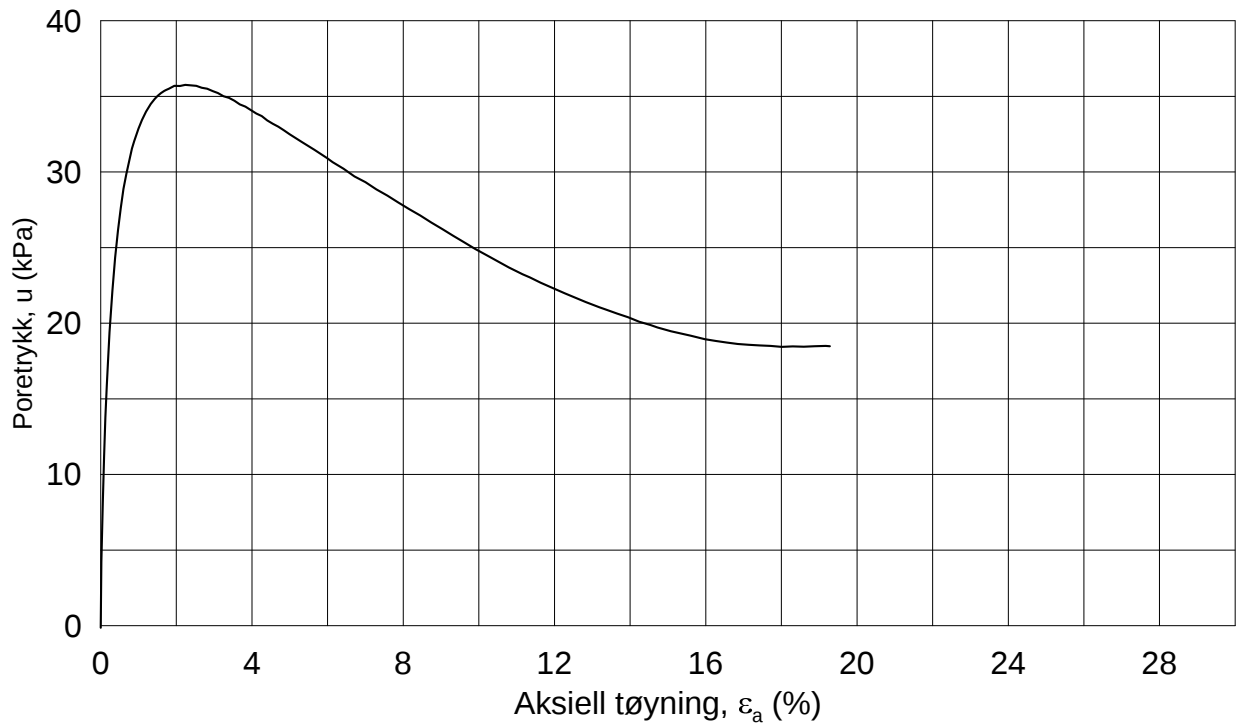
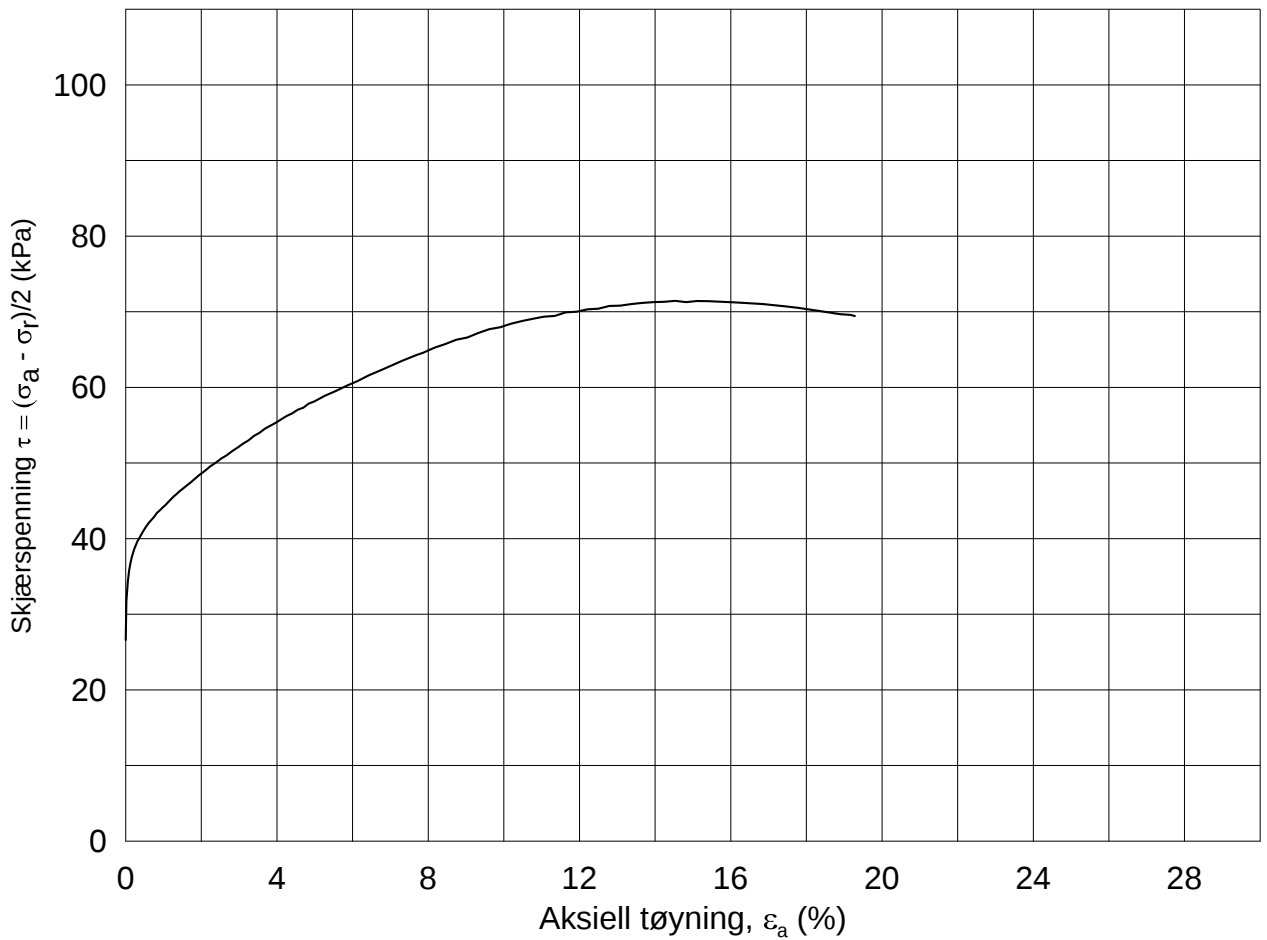
σ_{rc}' = - - **53.8**





Date/Rev.: 2014-12-23/02

Elkem Thamshavn			Dokument nr. 20150124-01-R	
Treaksial forsøk: CAUA			Figur nr. F2	
Boring: 5	Dybde = 9.42 m	Konsolidering-spenninger		
Sylinder: 5	$p_{o'}$ = 89.6 kPa	(kPa)	maks.	min.
Del: A	w_i = 31.4 %	$\sigma_{ac}' =$	-	-
Test: 1	w_c = 30.5 %	$\sigma_{rc}' =$	-	-
			89.5	53.8
			Dato 2015-12-04	
			Tegnet av / kontr. MAS / GS	



Dato/Rev.: 2014-12-23/02

Elkem Thamshavn

Dokument nr.
20150124-01-R

Treaksial forsøk: **CAUA**

Figur nr.
F3

Boring: **5**

Dybde = **14.93** m

Konsolidering-spenninger

Dato
2015-12-04

Tegnet av / kontr.
MAS / GS

Sylinder: **7**

$\rho_{o'}$ = **135.0** kPa

(kPa) maks. min. endelig

Del: **A**

w_i = **27.7** %

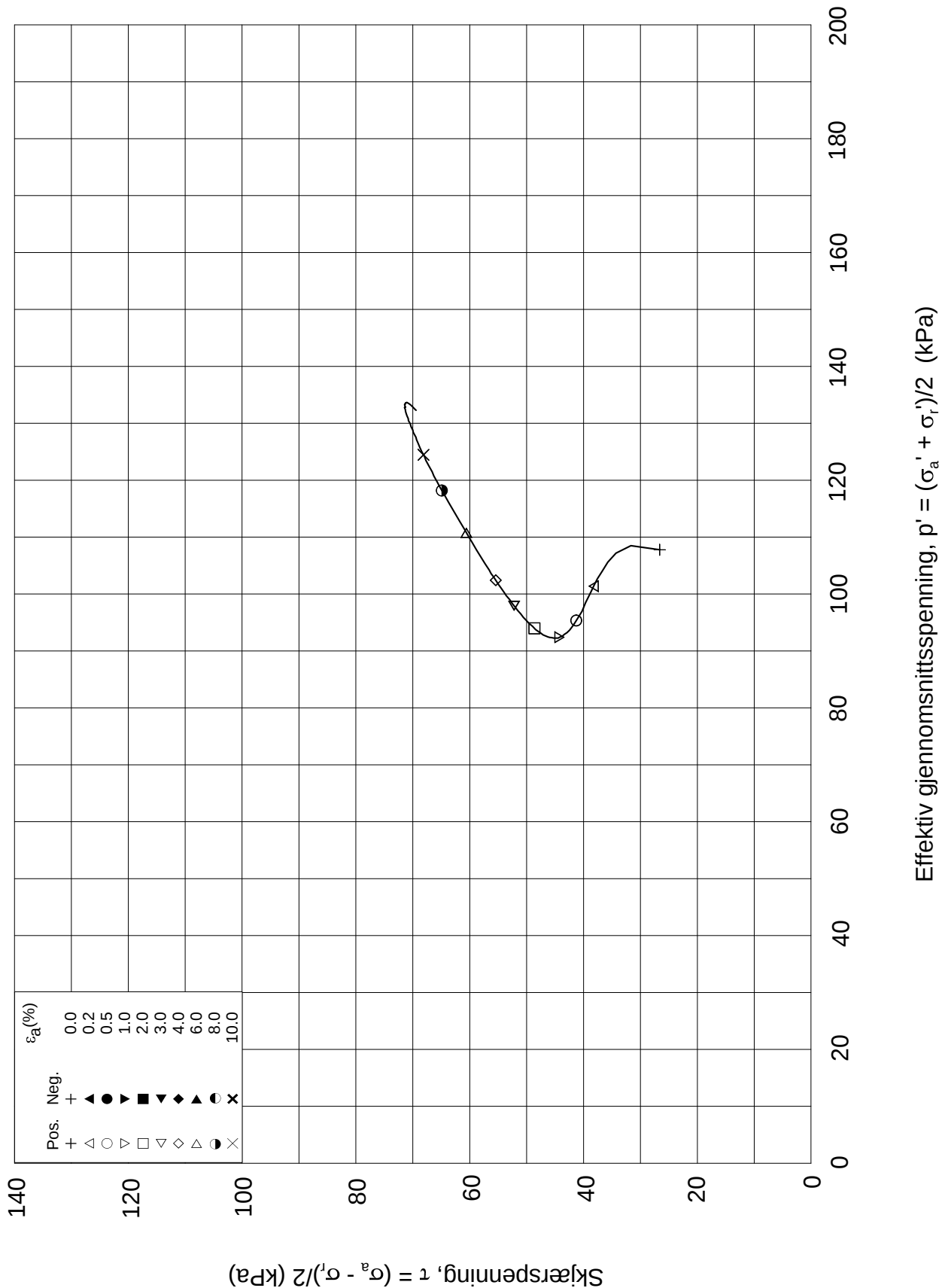
σ_{ac}' = - - **135.0**

Test: **1**

w_c = **25.6** %

σ_{rc}' = - - **81.0**





Date/Rev.: 2014-12-23/02

Elkem Thamshavn			Dokument nr. 20150124-01-R	
Treaksial forsøk: CAUA			Figur nr. F4	
Boring: 5	Dybde = 14.93 m	Konsolidering-spenninger		
Sylinder: 7	$p_{o'}$ = 135.0 kPa	(kPa)	maks.	min. endelig
Del: A	w_i = 27.7 %	$\sigma_{ac}' =$	-	- 135.0
Test: 1	w_c = 25.6 %	$\sigma_{rc}' =$	-	- 81.0
			Dato 2015-12-04	Tegnet av / kontr. MAS / GS

Vedlegg G

ØDOMETERFORSØK

Innhold

F1	Metode	2
F2	Resultater	2
F3	Referanser	2

Figurer

Figur G1-G3	Ødometerforsøk borhull 1, dybde 8,25 m, CRS
Figur G4-G6	Ødometerforsøk borhull 5, dybde 9,5 m, CRS
Figur G7-G9	Ødometerforsøk borhull 5, dybde 15 m, CRS

F1 Metode

Ødometerforsøk i laboratoriet 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. Disse er hovedsakelig basert på endimensjonal konsolideringsteori.

F2 Resultater

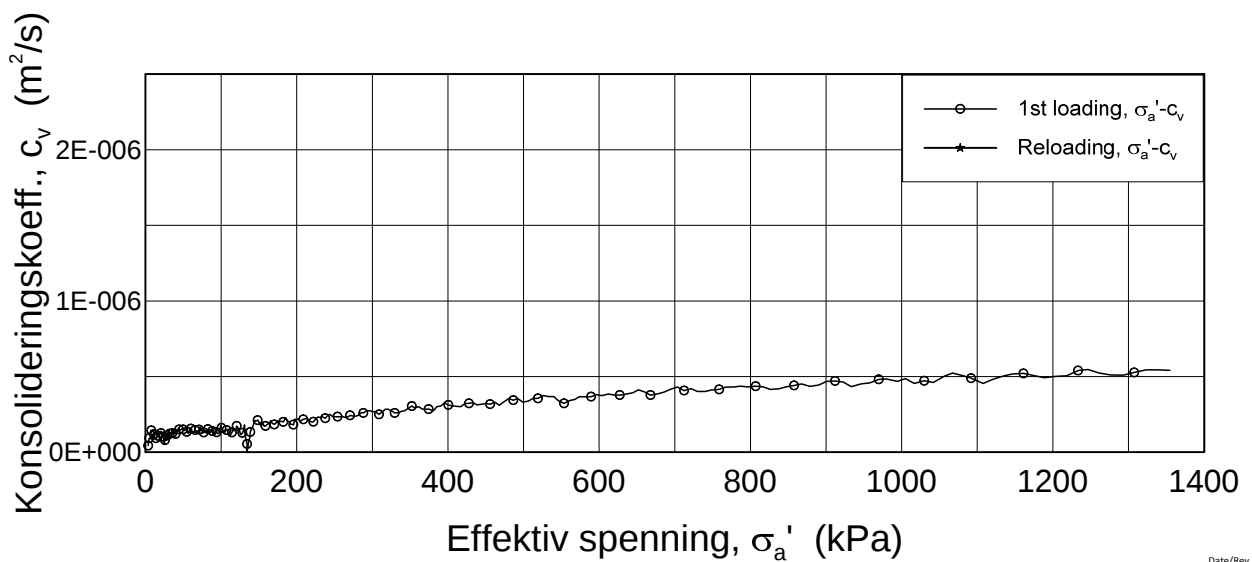
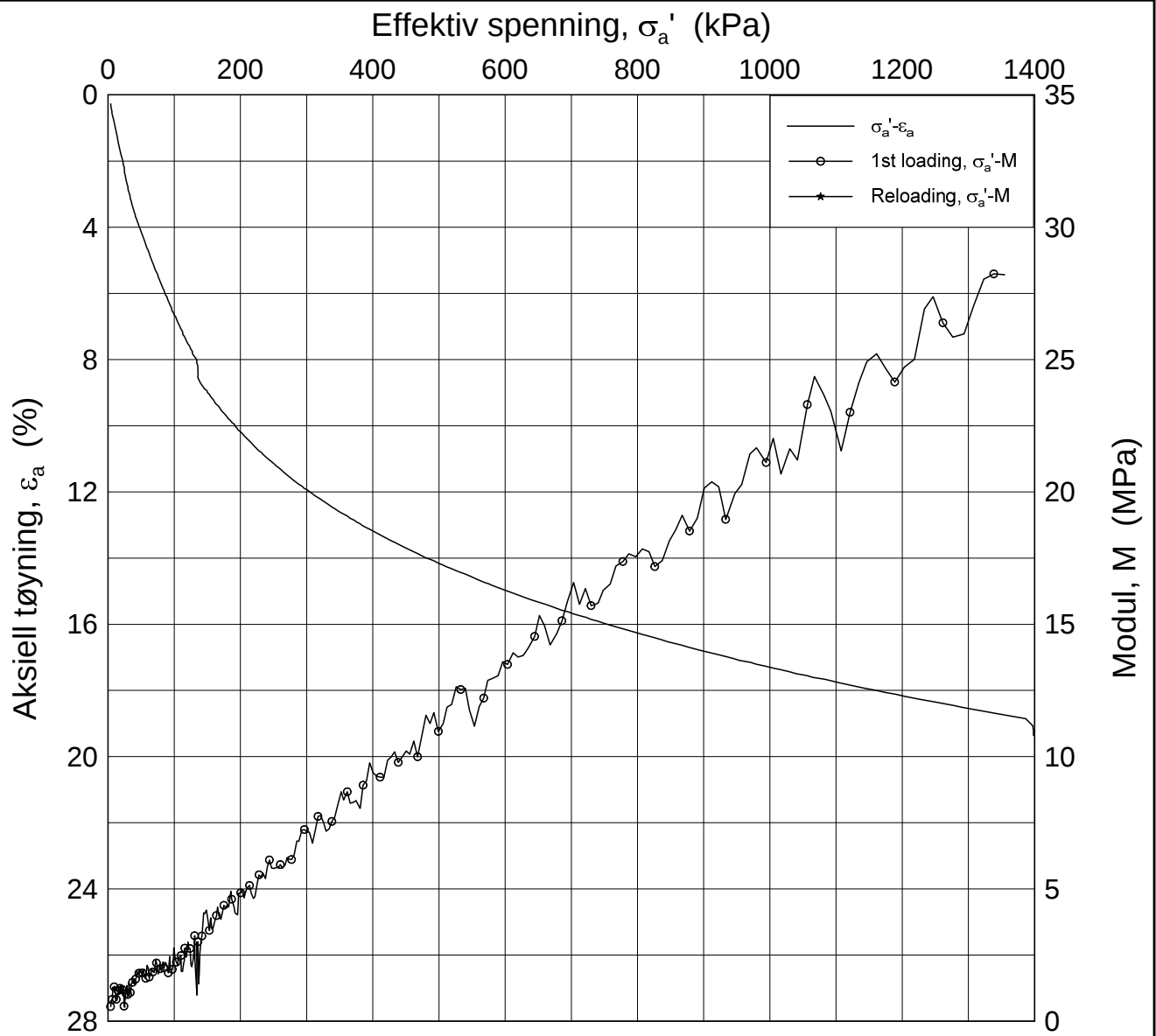
Forsøkene er utført av NGI ved NGIs laboratorium i Oslo.

Det er kun utført kontinuerlige ødometerforsøk av typen CRS (Constant Rate of Strain).

Forsøksresultatene er vist i figur G1-G9.

F3 Referanser

[1] Statens vegvesen, «Håndbok R210. Laboratorieundersøkelser,» 2005.



Date/Rev.: 2015-06-02/5

Grunnundersøkelser og kai fundamentering Thamshavn

Dokument nr.
20150124-01-R

Ødometer test (CRSC)

Figur nr.
G1

Borhull: 1

Sylinder: 3

Dybde = 8.25 m

Del: A

p_0' = 80 kPa

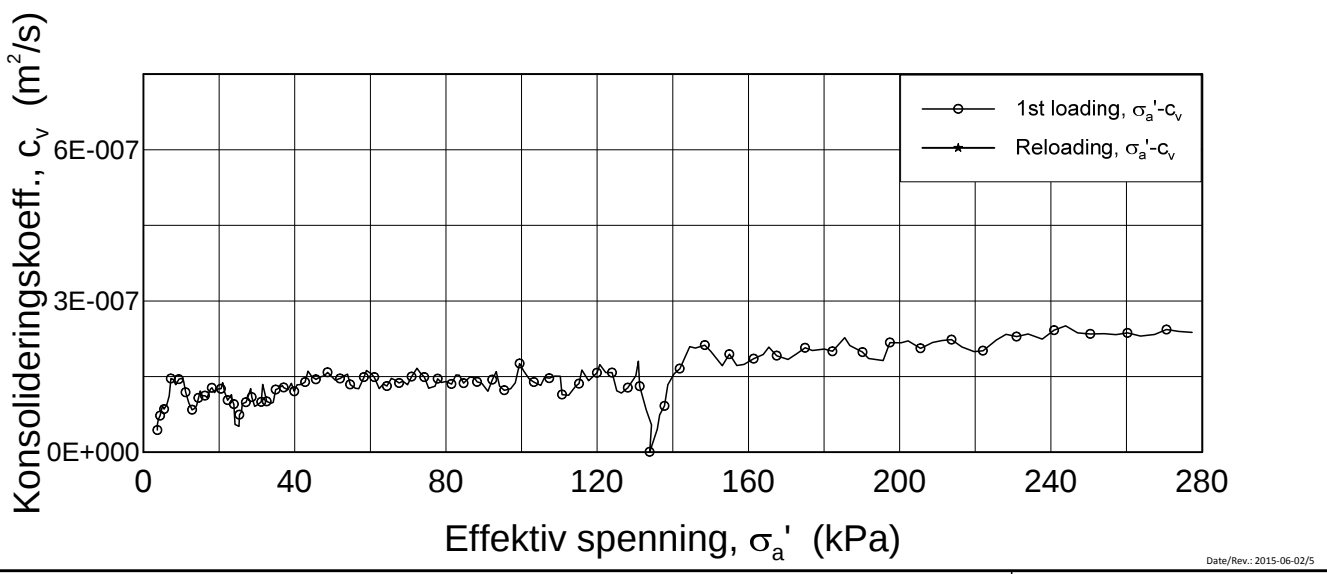
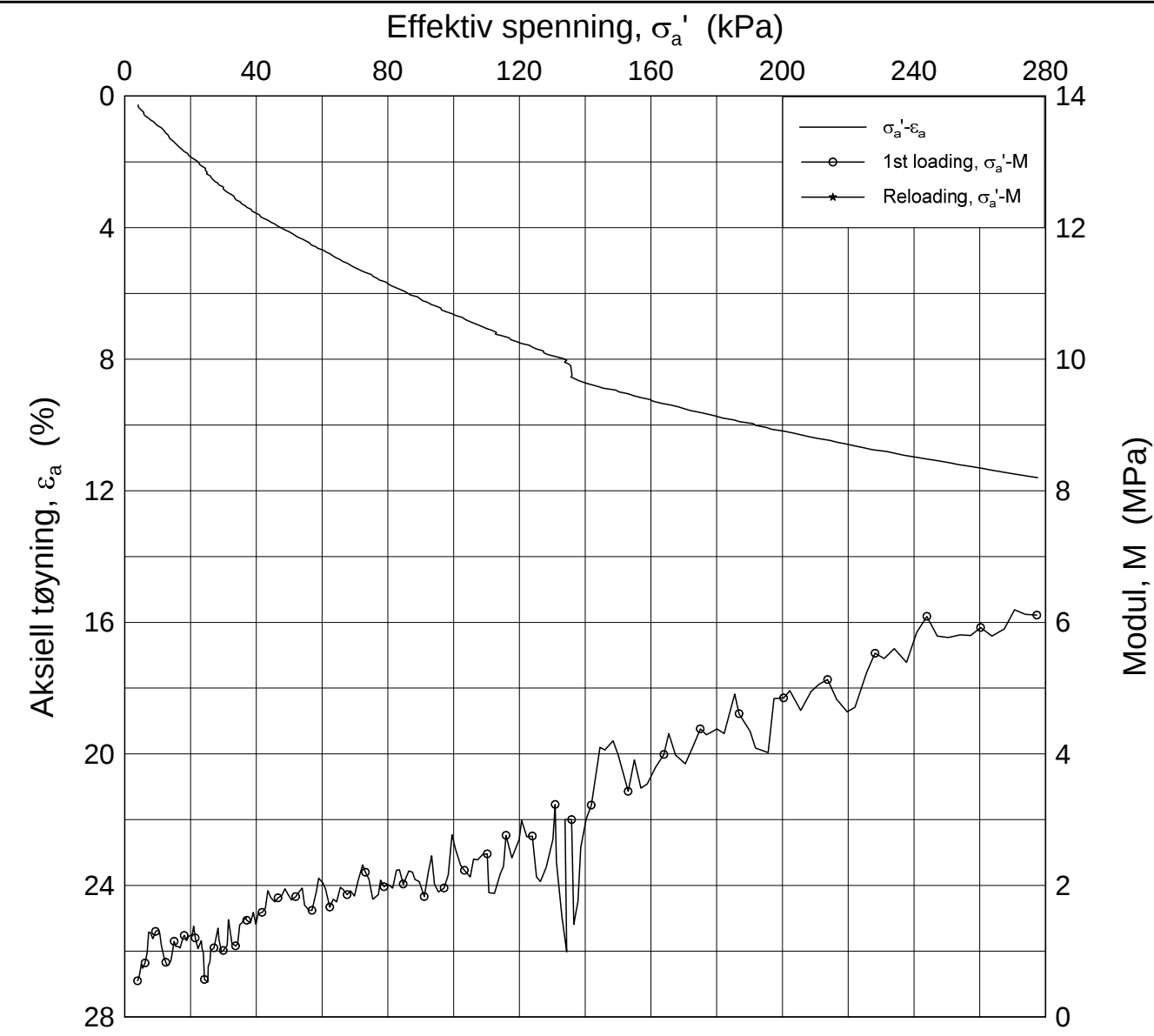
Test: 1

w_i = 38.0 %

γ_i = 18.87 kN/m³

Dato 2015-10-05	Tegnet av / Kontr. FP/ GS
--------------------	------------------------------



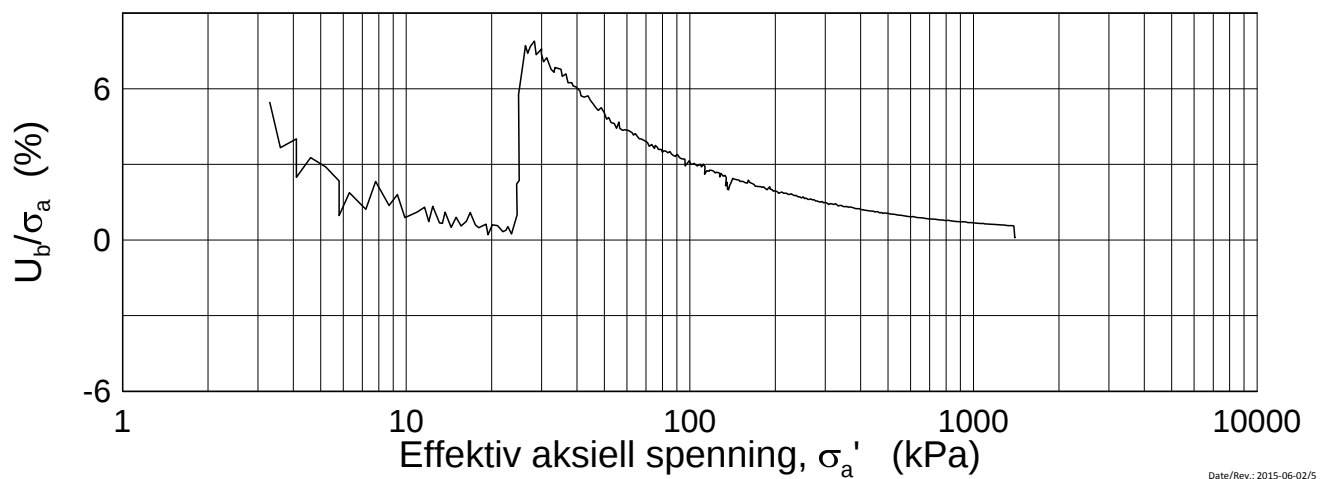
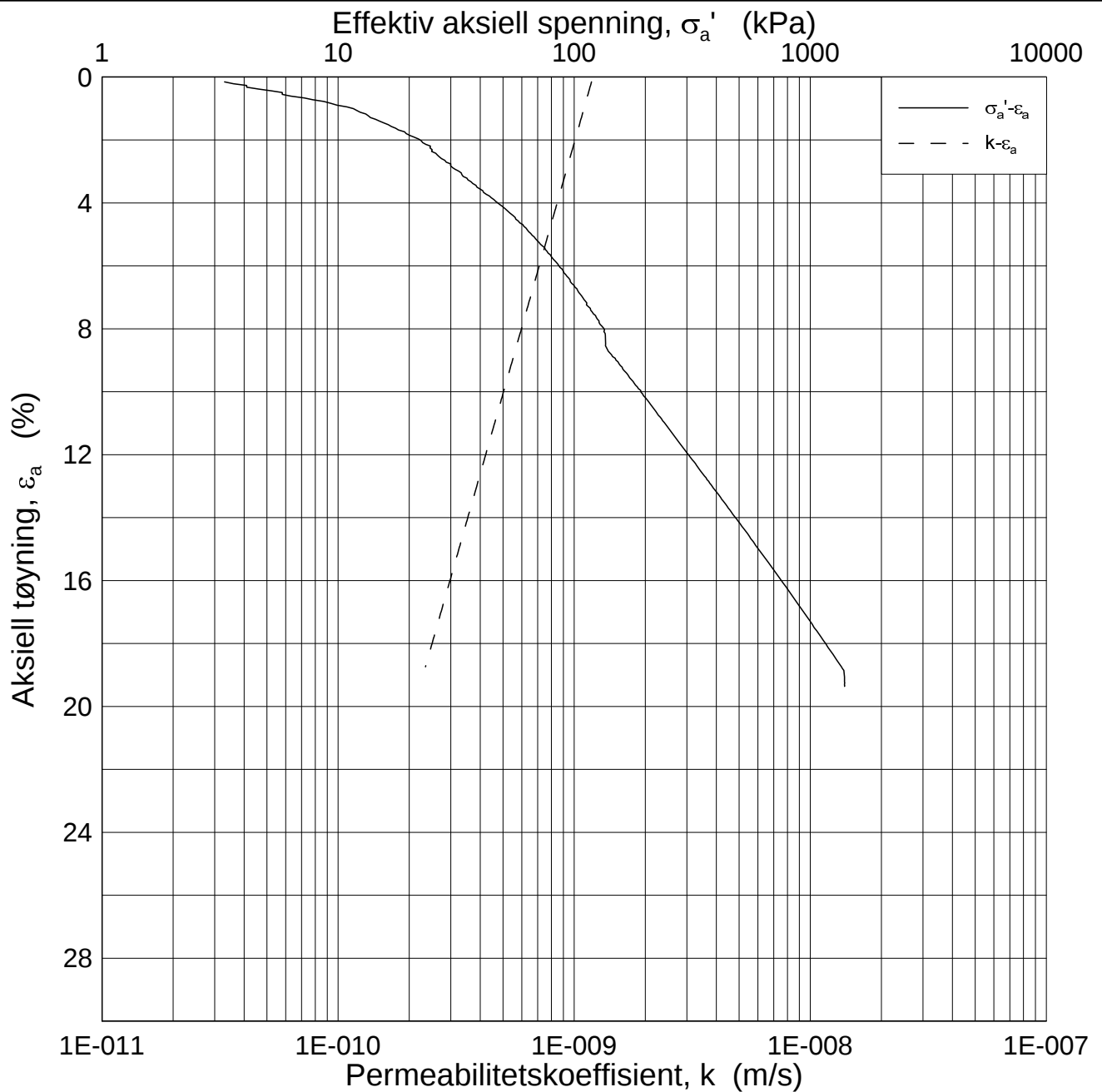


Date/Rev.: 2015-06-02/5

Grunnundersøkelser og kai fundamentering Thamshavn		Dokument nr. 20150124-01-R	
Ødometer test (CRSC)		Figur nr. G2	
Borhull: 1	Sylinder: 3	Dato 2015-10-05	Tegnet av / Kontr. FP/ GS
Del: A	Test: 1		

Dybde = 8.25 m
 p'_0 = 80 kPa
 w_i = 38.0 %
 γ_i = 18.87 kN/m³

H:\LABDATA\2015\20150124\Oedometer\1-3-A-1 lin-2 (crs2963).grf



Date/Rev.: 2015-06-02/5

Grunnundersøkelser og kai fundamentering Thamshavn

Dokument nr.
20150124-01-R

Ødometer test (CRSC)

Figur nr.
G3

Borhull: 1

Sylinder: 3

Dybde = 8.25 m

Del: A

$p_0' = 80$ kPa

Test: 1

$w_i = 38.0$ %

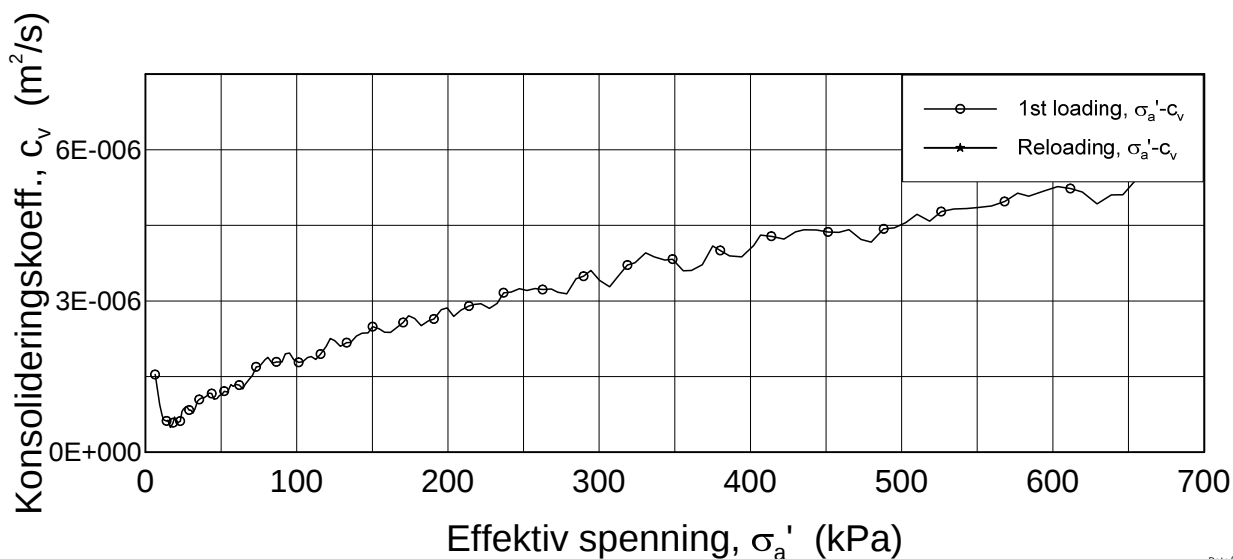
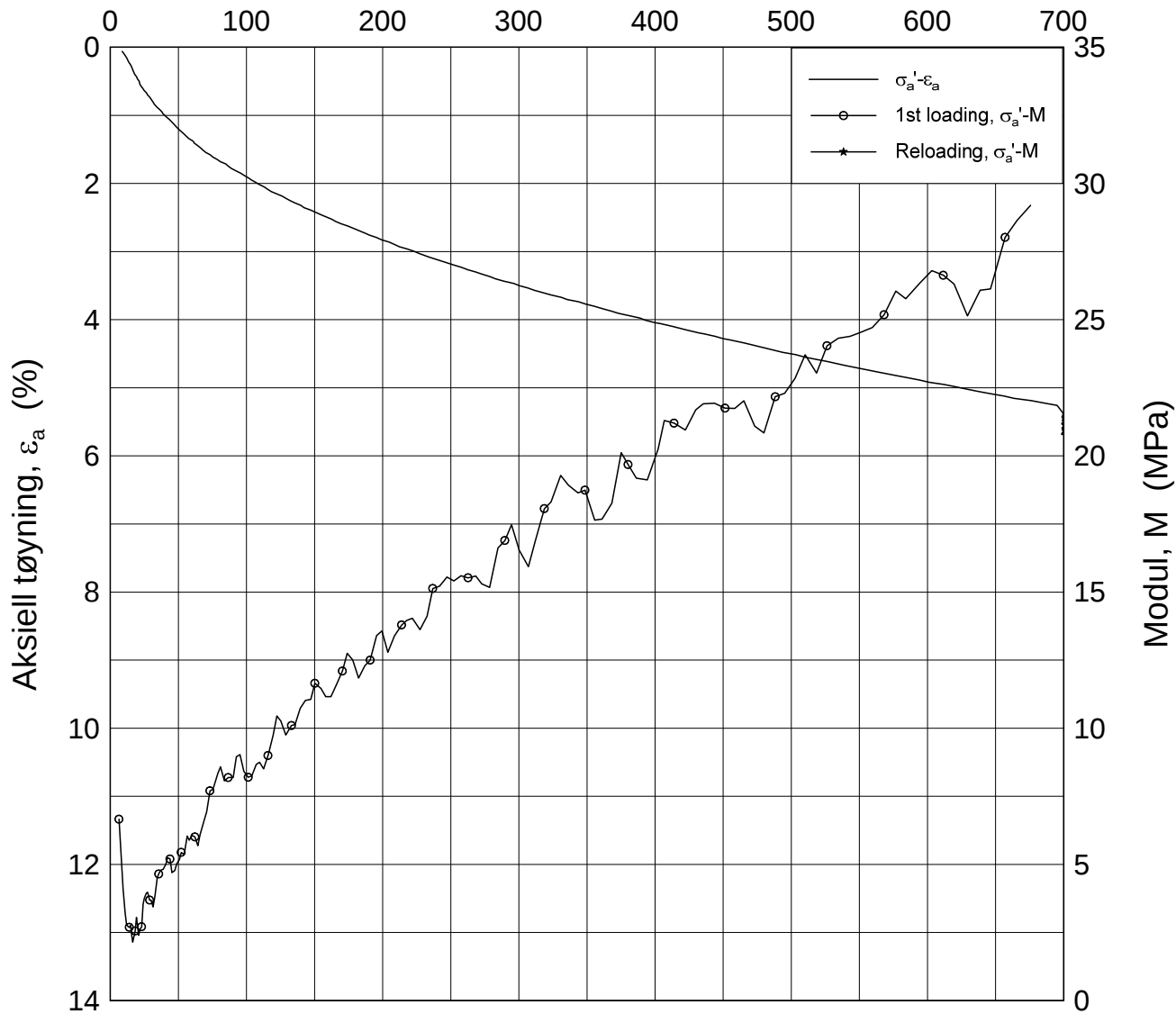
$\gamma_i = 18.87$ kN/m³

Dato
2015-10-05

Tegnet av / Kontr.
FP/ GS



Effektiv spenning, σ_a' (kPa)



Date/Rev.: 2015-06-02/5

ELKEM AS THAMSHAVN

Dokument nr.
20150124-01-R

Ødometer test (CRSC)

Figur nr.
G4

Borhull: 5

Sylinder: 5

Dybde = 9.53 m

Del: A

p_0' = 100 kPa

Test: 2

w_i = 31.9 %

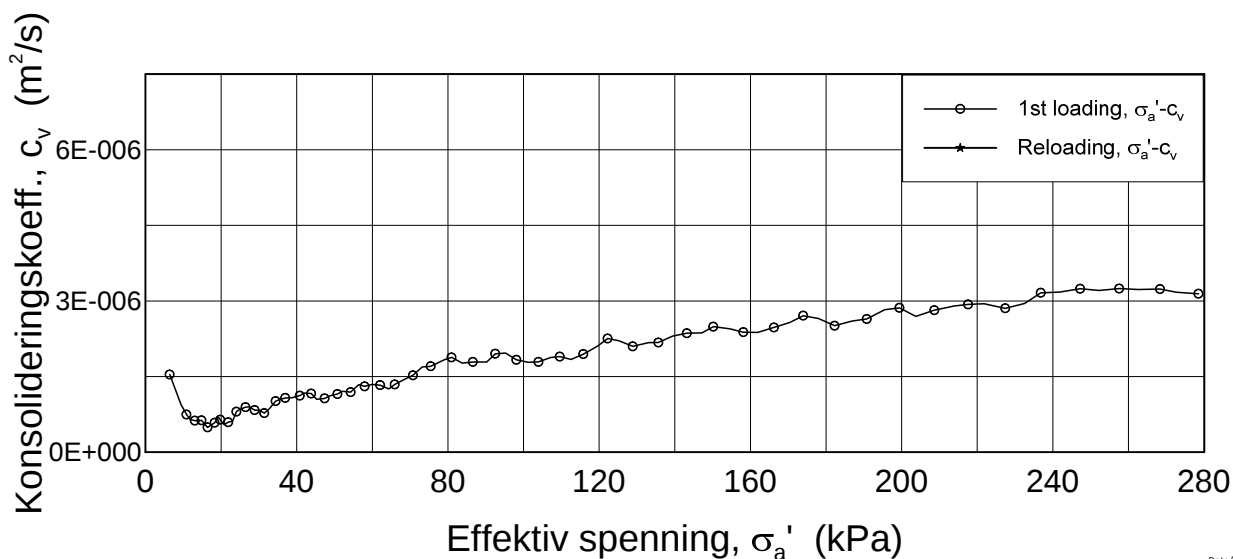
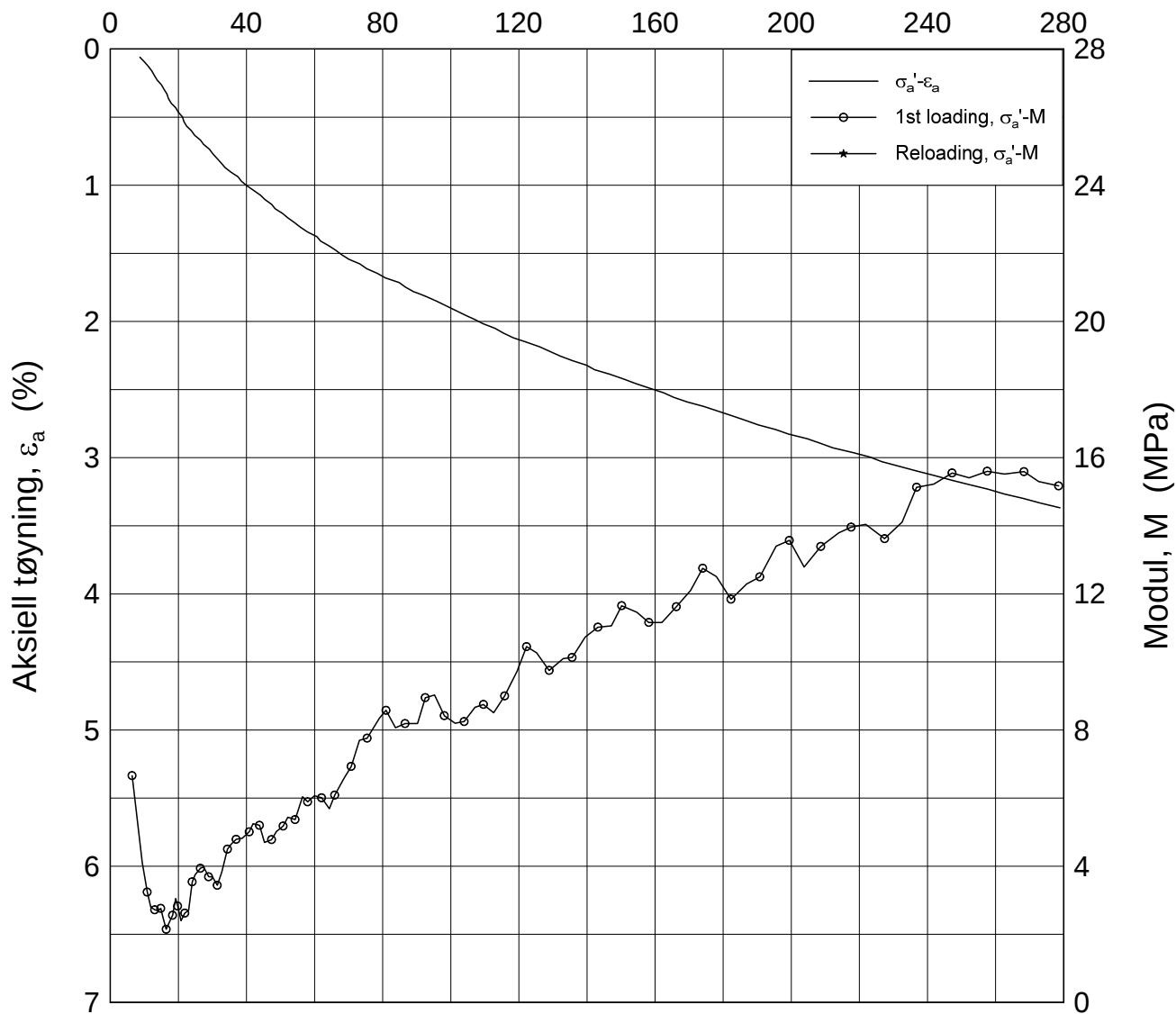
γ_i = 19.60 kN/m³

Dato
2016-01-25

Tegnet av / Kontr.
FP / GS



Effektiv spenning, σ_a' (kPa)



Date/Rev.: 2015-06-02/5

ELKEM AS THAMSHAVN

Dokument nr.
20150124-01-R

Ødometer test (CRSC)

Figur nr.

G5

Borhull: 5

Sylinder: 5

Dybde = 9.53 m

Del: A

p_0' = 100 kPa

Test: 2

w_i = 31.9 %

γ_i = 19.60 kN/m³

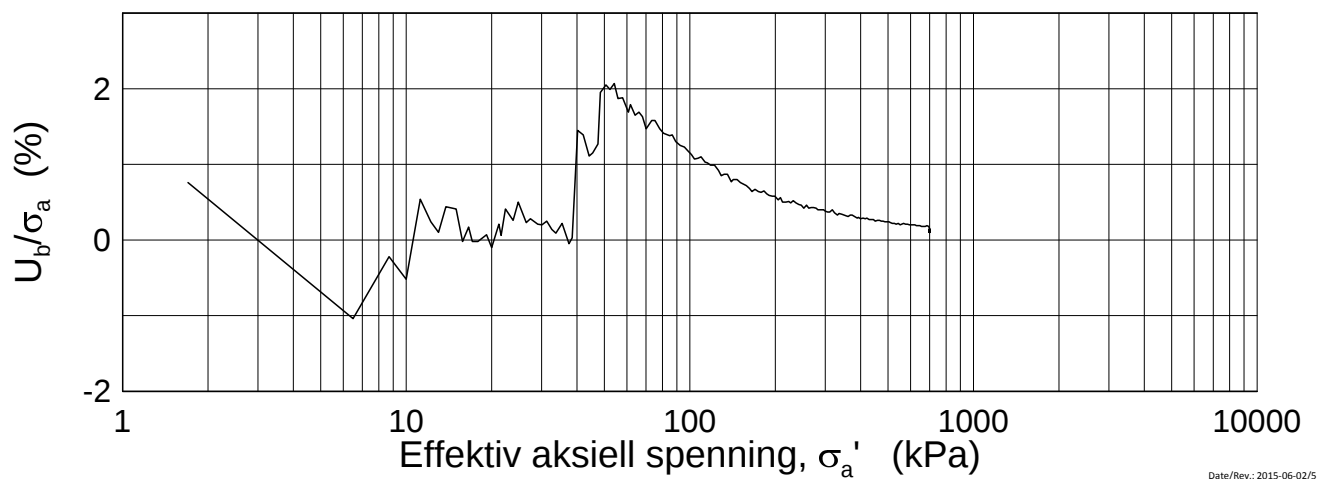
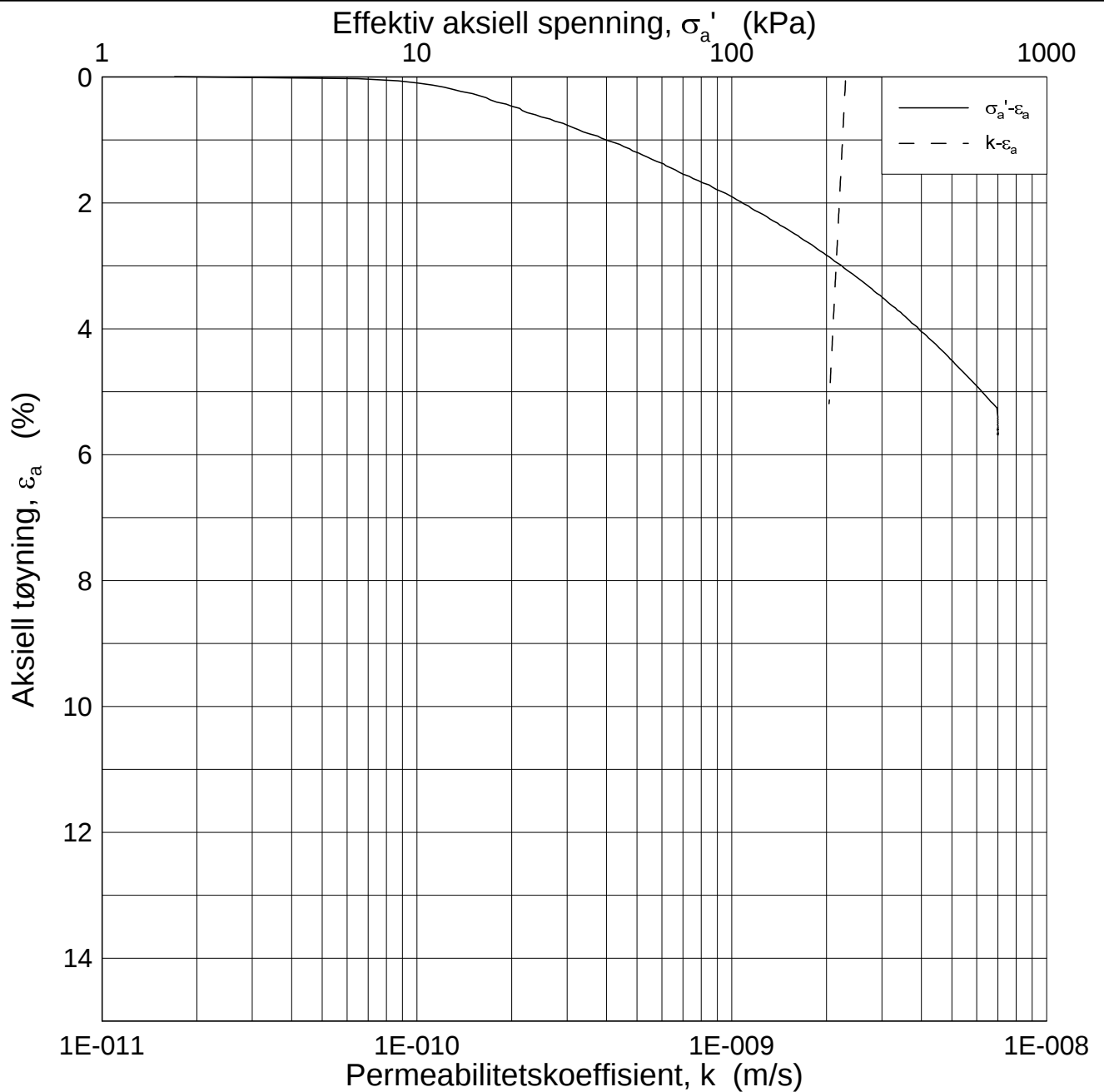
Dato

2016-01-25

Tegnet av / Kontr.

FP / GS





Date/Rev.: 2015-06-02/5

ELKEM AS THAMSHAVN

Dokument nr.
20150124-01-R

Ødometer test (CRSC)

Figur nr.
G6

Borhull: 5

Sylinder: 5

Dybde = 9.53 m

Del: A

p_0' = 100 kPa

Test: 2

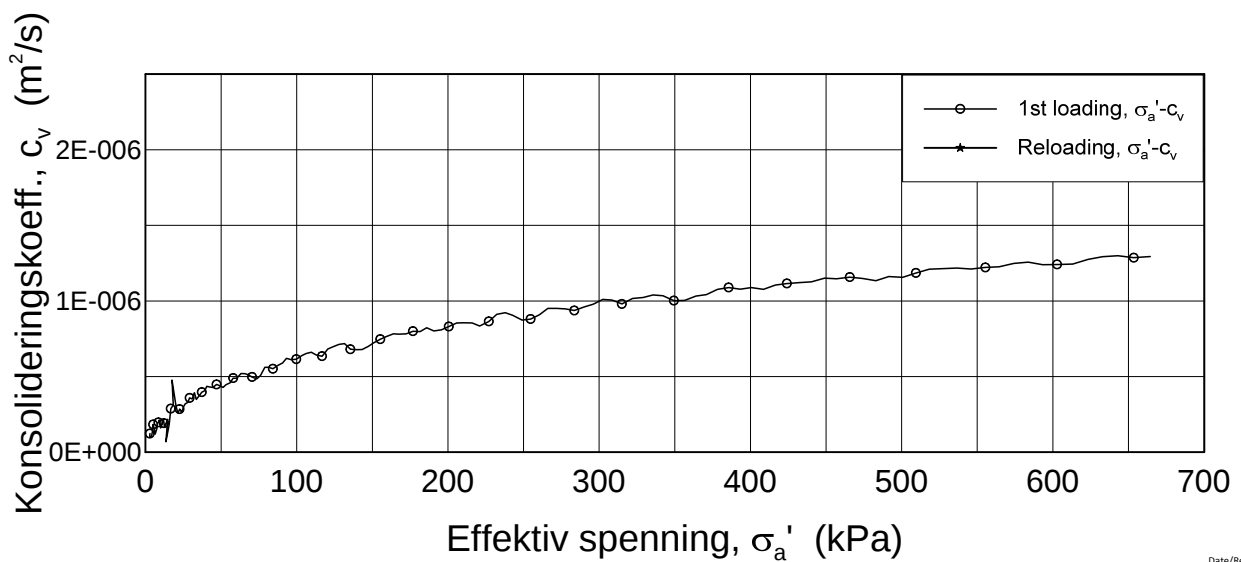
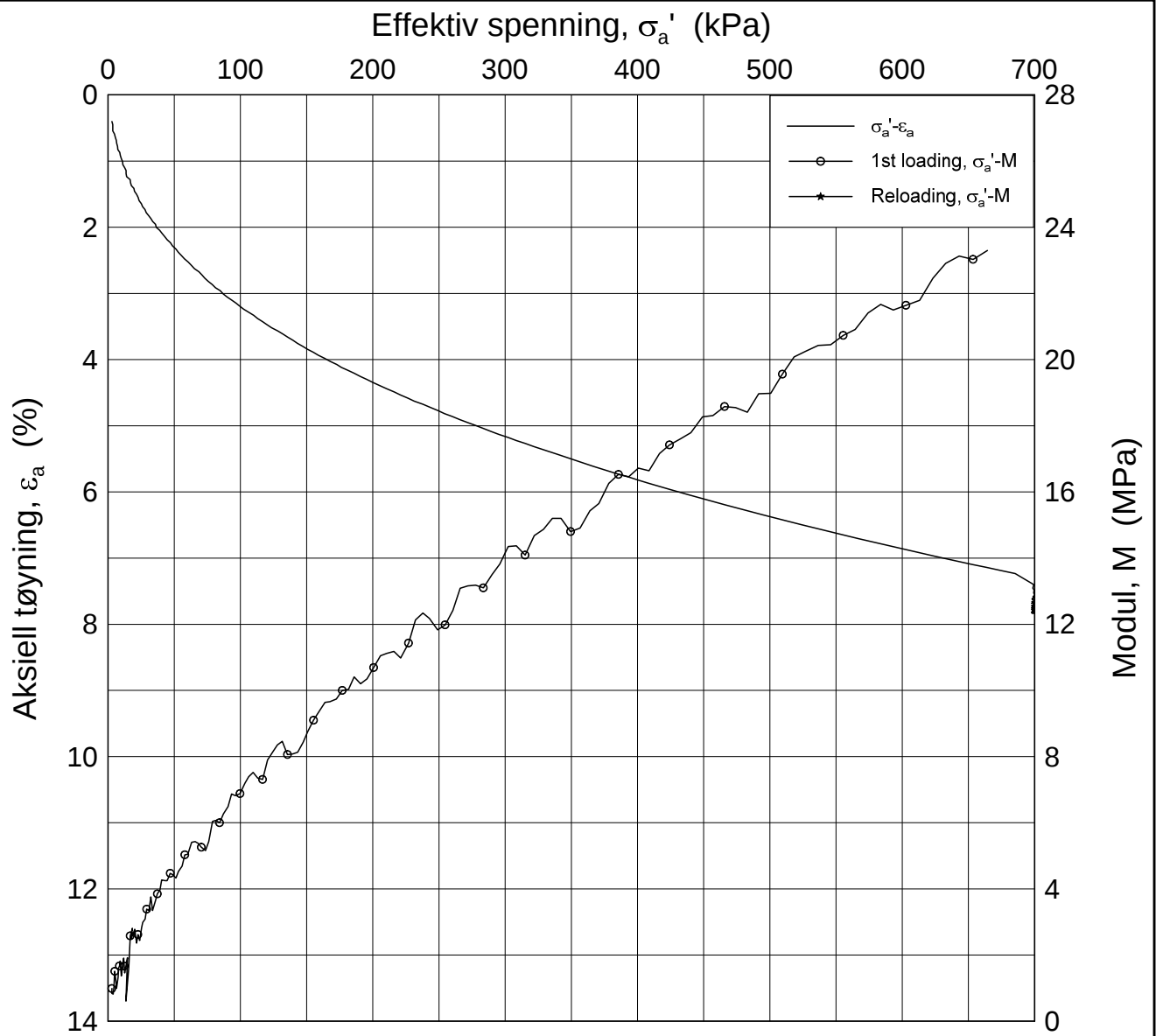
w_i = 31.9 %

γ_i = 19.60 kN/m³

Dato
2016-01-25

Tegnet av / Kontr.
FP / GS





Date/Rev.: 2015-06-02/5

ELKEM AS THAMSHAVN

Dokument nr.
20150124-01-R

Ødometer test (CRSC)

Figur nr.
G7

Borhull: 5

Sylinder: 7

Dybde = 14.83 m

Del: A

p'_0 = 135 kPa

Test: 2

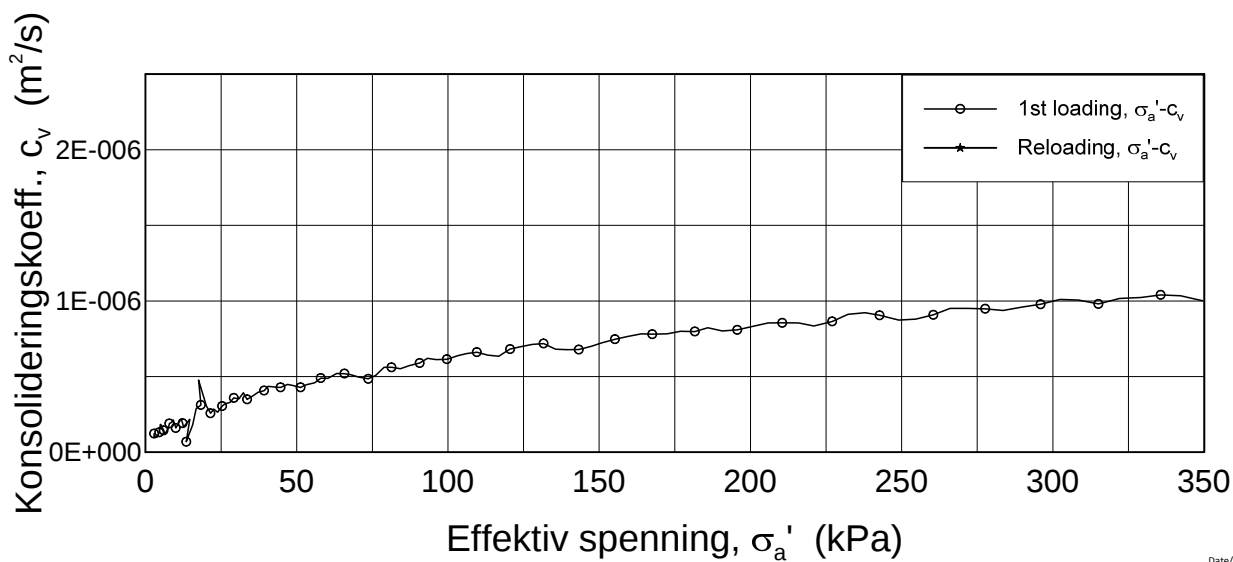
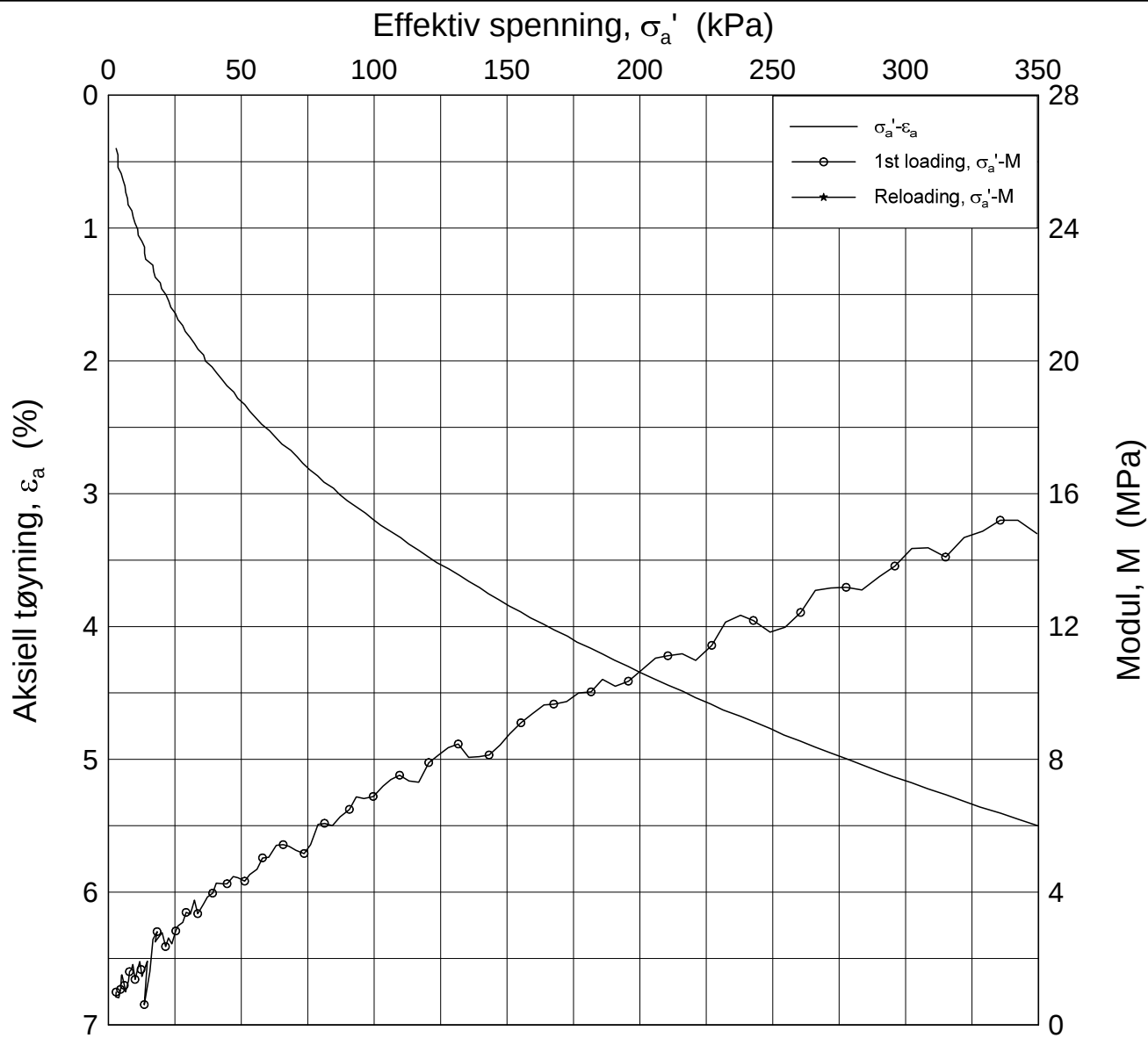
w_i = 29.9 %

γ_i = 19.85 kN/m^3

Dato
2016-01-25

Tegnet av / Kontr.
FP / GS





Date/Rev.: 2015-06-02/5

ELKEM AS THAMSHAVN

Dokument nr.
20150124-01-R

Ødometer test (CRSC)

Figur nr.
G8

Borhull: 5

Sylinder: 7

Dybde = 14.83 m

Dato
2016-01-25

Tegnet av / Kontr.
FP / GS

Del: A

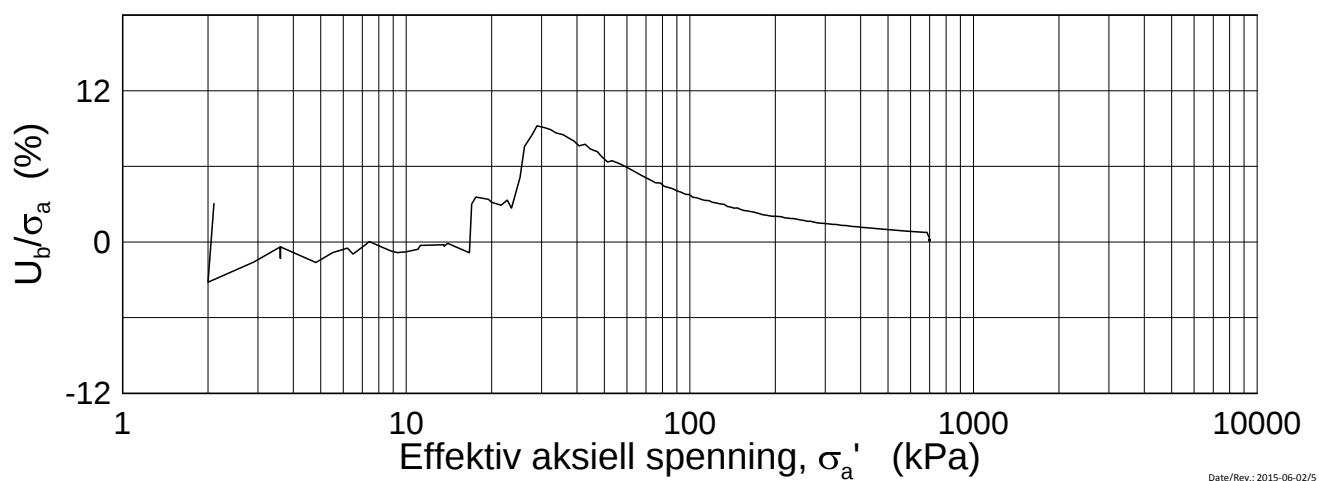
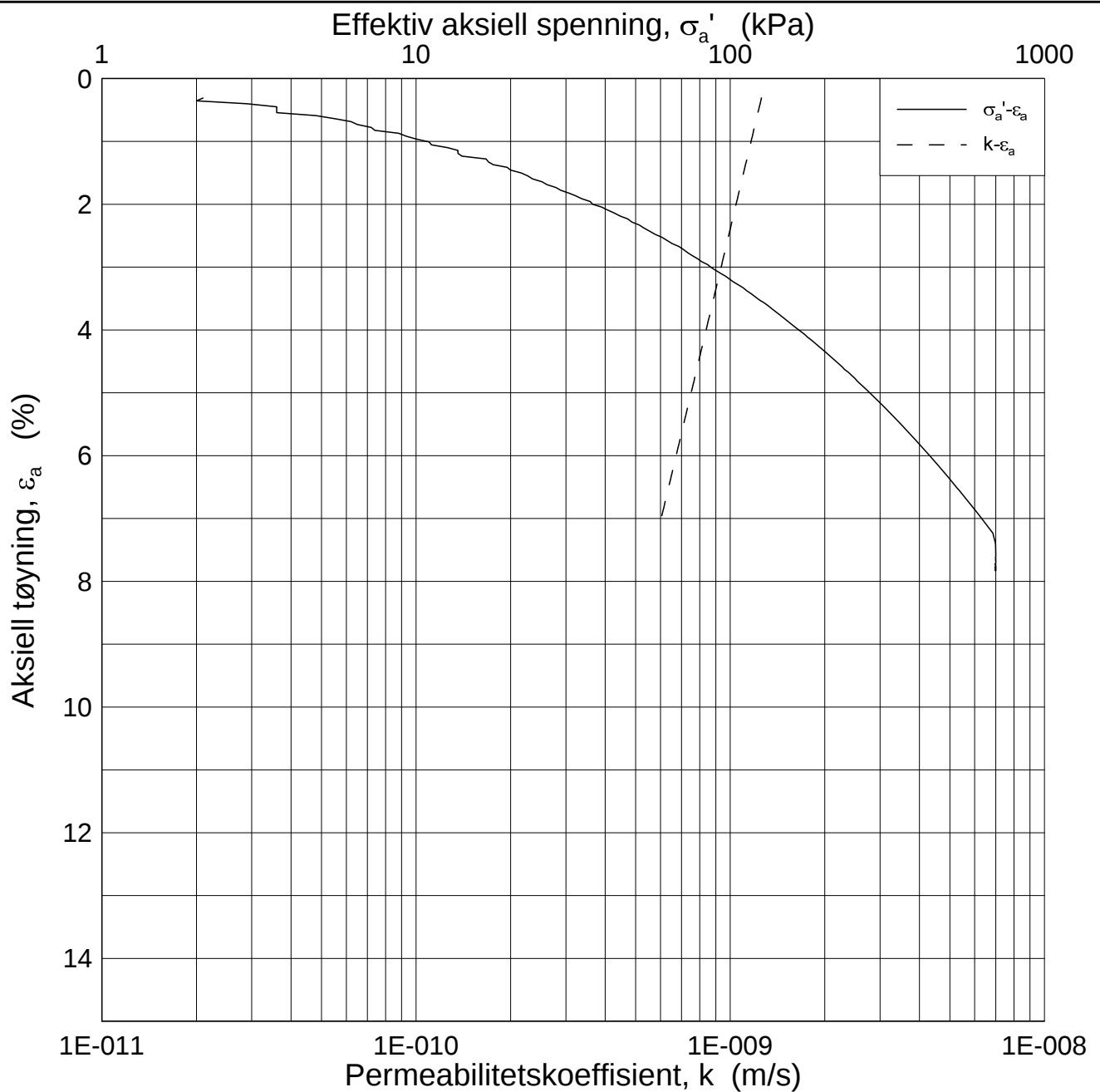
p_0' = 135 kPa

Test: 2

w_i = 29.9 %

γ_i = 19.85 kN/m³





Date/Rev.: 2015-06-02/5

ELKEM AS THAMSHAVN

Dokument nr.
20150124-01-R

Ødometer test (CRSC)

Figur nr.
G9

Borhull: 5

Sylinder: 7

Dybde = 14.83 m

Del: A

p_0' = 135 kPa

Test: 2

w_i = 29.9 %

γ_i = 19.85 kN/m³

Dato
2016-01-25

Tegnet av / Kontr.
FP / GS



Dokumentinformasjon/Document information		
Dokumenttittel/Document title Elkem AS Thamshavn Datarapport - Grunnundersøksler		Dokumentnr./Document no. 20150124-01-R
Dokumenttype/Type of document Rapport / Report	Distribusjon/Distribution Begrenset/Limited	Dato/Date 2016-02-19
		Rev.nr.&dato/Rev.no.&date 0
Oppdragsgiver/Client Elkem AS Thamshavn v/ Karl Petter Johansson		
Emneord/Keywords Grunnundersøkelser, Thamshavn, skred, kvikkleire		

Stedfesting/Geographical information	
Land, fylke/Country Norge / Sør-Trøndelag	Havområde/Offshore area
Kommune/Municipality Orkanger	Felt navn/Field name
Sted/Location Thamshavn	Sted/Location
Kartblad/Map	Felt, blokknr./Field, Block No.
UTM-koordinater/UTM-coordinates Sone: 32 Øst: 544113 Nord: 7021657	

Dokumentkontroll/Document control Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001					
Rev/Rev.	Revisjonsgrunnlag/Reason for revision	Egenkontroll av/Self review by:	Sidemanns-kontroll av/Colleague review by:	Uavhengig kontroll av/Independent review by:	Tverrfaglig kontroll av/Inter-disciplinary review by:
0	Originaldokument	2016-02-03 Bjørn Kristian Fiskvik Bache	2016-02-11 Magne Mehli		

Dokument godkjent for utsendelse/Document approved for release	Dato/Date 19. februar 2016	Prosjektleder/Project Manager Jean-Sebastien L'Heureux
---	--------------------------------------	--

NGI (Norges Geotekniske Institutt) er et internasjonalt ledende senter for forskning og rådgivning innen ingeniørrelaterte geofag. Vi tilbyr ekspertise om jord, berg og snø og deres påvirkning på miljøet, konstruksjoner og anlegg, og hvordan jord og berg kan benyttes som byggegrunn og byggemateriale.

Vi arbeider i følgende markeder: Offshore energi – Bygg, anlegg og samferdsel – Naturfare – Miljøteknologi.

NGI er en privat næringsdrivende stiftelse med kontor og laboratorier i Oslo, avdelingskontor i Trondheim og datterselskaper i Houston, Texas, USA og i Perth, Western Australia.

www.ngi.no

NGI (Norwegian Geotechnical Institute) is a leading international centre for research and consulting within the geosciences. NGI develops optimum solutions for society and offers expertise on the behaviour of soil, rock and snow and their interaction with the natural and built environment.

NGI works within the following sectors: Offshore energy – Building, Construction and Transportation – Natural Hazards – Environmental Engineering.

NGI is a private foundation with office and laboratories in Oslo, a branch office in Trondheim and daughter companies in Houston, Texas, USA and in Perth, Western Australia

www.ngi.no

