



00C	Supplerende grunnundersøkelser. Datarapport nr. 2.	06.10.2010	TFK	HRJ	SSU	
Rev.	Revisjonen gjelder	Dato	Utarb. av	Kontr. av	Godkj. av	
<b>Drammensbanen</b>  <b>Lier holdeplass km 46,84</b>  <b>Supplerende grunnundersøkelser.</b>		Ant. sider	Fritekst 1d			
		<b>23</b>	Fritekst 2d			
			Fritekst 3d			
		Produsent	Rambøll Norge AS			
		Prod. dok. nr.	IUP-00-V-00212			
		Erstatning for				
Erstattet av						
Prosjektnavn: Plattformforlengelser RØ		Dokument nr.		Rev.		
Prosjektnummer: 960170		<b>IUP-00-V-00212</b>		<b>00C</b>		
 <b>Jernbaneverket</b>		Dokument nr.		Rev.		
				<b>5A</b>	<b>5B</b>	



**DATARAPPORT FRA  
SUPPLERENDE  
GRUNNUNDERSØKELSE**

**Jernbaneverket utbygging  
Lier holdeplass. Plattformforlengelser.**

Oppdrag nr: 1090669

Rapport nr. 2

**Dato: 06.10.2010**

Fylke Buskerud	Kommune Lier	Sted Lier holdeplass	UTM 05723 66258
Byggherre Jernbaneverket utbygging			
Oppdragsgiver Jernbaneverket utbygging			
Oppdrag formidlet av			
Oppdragsreferanse			
Antall sider 5	Tegn.nr 201-205	Bilag.nr. Vedlegg 8 sider	Antall tillegg 3

Prosjekt-tittel

## Lier holdeplass Plattformforlengelse

Rapport-tittel

## Supplerende grunnundersøkelser Datarapport nr. 2

Oppdrag nr: 1090669	Rapport nr: 2	Rev:	Dato: 06.10.2010	Kontr: <i>H.R. Jensen</i>
Oppdragsleder: Ivar Egset		Utarbeidet av: Harald R. Jensen / Trine Flobak		
<p><b>SAMMENDRAG</b></p> <p>Det ble innledningsvis utført totalsonderinger i 6 punkter samt opptak av prøver i ett av punktene, primært med formål å kartlegge dybder til fast lag med tanke på pelelengder. Undersøkelsene avdekket vanskelige stabilitetsforhold, og for å forbedre vurderingsgrunnlaget er det utført supplerende undersøkelser bestående av dreietrykksonderinger, trykksonderinger, opptak av uforstyrrede prøver og installasjon av elektriske piezometre for måling av poretrykk.</p> <p>I forbindelse med planleggingen av Lieråsen tunnel og jernbanen videre, ble det i 1963 av NSB Geoteknisk kontor, utført grunnundersøkelser for fyllingsarbeidene.</p> <p>Grunnen i området består i hovedsak av leire og siltig leire til dels med stor mektighet. Under et øvre lag av fast tørrskorpeleire er det påvist bløt leire til stor dybde. Kvikkleire er påvist under nordre støttefylling samt i tidligere borpunkter (NSB 1963) på nordsiden av jernbanen. Tidligere utførte vingeboringer (NSB 1963) indikerer forekomst av sensitiv leire også syd for jernbanefyllingen. De supplerende undersøkelsene indikerer noe fastere og mindre sensitiv leire i øvre lag ut mot Lierelva. Dreietrykksonderingene kan imidlertid tyde på sensitive materialer i større dybde.</p>				

**INNHold**

1	INNLEDNING .....	3
1.1	Prosjekt .....	3
1.2	Oppdrag .....	3
1.3	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.....	5
3.3	Fjell .....	5

**TEGNINGER**

Tegn. nr.	Rev. nr.	Tittel	Målestokk
201		OVERSIKTSKART	1 : 50 000
202		SITUASJONSPLAN	1 : 1000
203-204		DREIETRYKKSONDERINGER	1:200
205		TRYKKSONDERINGER (CPTU)	1:200

**VEDLEGG**

BORPROFIL, BORHULL 12, 1 SIDE  
 KORNFORDELING, BORHULL 12, 1 SIDE  
 TREAKSIALFORSØK, BORHULL 12, FIG. NR. 1 - 6

**TILLEGG**

- I MARKUNDERSØKELSER
- II LABORATORIEUNDERSØKELSER
- III SPESIELLE UNDERSØKELSER

## 1 INNLEDNING

### 1.1 Prosjekt

Begge sideplattformene ved Lier holdeplass er for korte i forhold til dagens tog, og det planlegges en forlengelse, som ut fra de stedlige forhold må utføres i retning Drammen. Jernbanen ligger på fylling på denne strekningen. Fyllingen er stabilisert med kontrafyllinger (støttefyllinger).

### 1.2 Oppdrag

Etter oppdrag fra Jernbaneverket utbygging, utfører Rambøll Norge AS prosjekteringen av plattformforlengelsen. Som en del av dette oppdraget ble det utført grunnundersøkelser, primært for å sjekke dybdene til fast lag med tanke på pelefundamentering av plattformene. De innledende resultater avdekket vanskelige stabilitetsforhold, og tilleggsundersøkelser ble utført for å forbedre vurderingsgrunnlaget.

### 1.3 Innhold

Resultatene fra de innledende boringene er gitt i datarapport nr. 1 datert 14.06.2010, dokumentnr. IUP-00V-00211 (JBV). Resultatene fra de supplerende grunnundersøkelsene, utført av Norges geotekniske institutt, presenteres i denne rapporten, datarapport nr. 2. Rapporten gir videre en kortfattet beskrivelse av grunnforholdene, dels på grunnlag av tidligere utførte undersøkelser, som ble utført av NSB Geoteknisk kontor i 1963, og er gitt i rapport Gk 3074 datert 29.01.1963.

## 2 UNDERSØKELSER

### 2.1 Feltundersøkelser

De supplerende undersøkelsene omfatter dreietrykksonderinger i 6 punkter (punktene N11-N16), trykksonderinger (CPTU) i 2 punkter (N12 og N14), opptak av uforstyrrede prøver i punkt N12, og installering av 2 elektriske piezometre i punkt N17.

Feltundersøkelsene og laboratorieundersøkelsene er utført av Norges geotekniske institutt.

### 2.2 Oppmåling

Punktene er innmålt av Rambøll. Tabell 1 ( neste side) viser koordinater for borpunktene.

**Tabell 1: Koordinatliste (Euref 89, sone 32)**

Punkt	Type boring	Nord	Øst	Høyde
N11	Dreietrykksondering	6625743,6	572296,0	4,7
N12	Dreietrykksondering, CPTU og prøvetaking	6625688,1	572280,0	4,1
N13	Dreietrykksondering	6625675,3	572290,8	6,7
N14	Dreietrykksondering og CPTU	6625663,6	572248,4	4,1
N15	Dreietrykksondering	6625639,5	572214,9	3,6
N16	Dreietrykksondering	6625622,7	572168,0	3,4
N17	Porettrykkmålere, 2 dybder	6625714,7	572312,5	4,5

### 2.3 Laboratorieundersøkelser

Prøvene er geoteknisk klassifisert ved visuell undersøkelse og ved hjelp av kornfordelingsanalyser. Det er utført bestemmelser av tyngdetetthet, vanninnhold, plastisitets- og flytegrense, samt udrenert skjærstyrke ved konusmetoden og enaksiale trykkforsøk. Det er videre utført 2 treaksialforsøk med anisotrop konsolidering.

### 2.4 Resultater

Borpunkt plasseringen fremgår av kartet i tegning 202. Utskrift av dreietrykksonderingene er gitt i tegningene 203-204, og trykksonderingene på tegning 205. De øvrige resultater er gitt i som vedlegg.

Undersøkellesmetodene er generelt beskrevet i tilleggene I-III.

## 3 GRUNNFORHOLD

### 3.1 Løsmasser

Terrenget utenom fyllingen er relativt horisontalt, omkring kote +5 og noe lavere ut mot Lierelva. Fyllingsnivå for støttefyllingene er fra kote +6,6 til +7,9 (i borpunktene), mens overkant jernbanefylling er omkring kote +11. Lierelva som passerer inntil støttefyllingen antas å ha bunnivå omkring kote -2,5 (NB! Ikke kontrollert ved lodding).

Løsmassene i det aktuelle området for plattformforlengelsen består av silt og siltig leire, som øverst er fast, men går over til bløt leire fra omkring kote 0, ifølge de tidligere utførte undersøkelsene. **Kvikkleire** ble påvist ved prøvetaking under nåværende jernbanefylling og nord for denne, mens vingeboringer på sydsiden tyder på sensitiv leire, på grensen til kvikk. Vest for eksisterende støttefylling er det noe fastere grunnforhold.

Prøvetakingen, borpunkt R3 (datarapport nr. 1) på nordsiden av jernbanen ved Tuverudveien, viser middels fast leire ned til ca. kote -4, og bløt leire videre i prøvetakingsdybden, til kote -14. **Kvikkleire** er påvist i prøvene mellom kote -1 og kote -10. Prøvene er tatt gjennom støttefyllingen, som på

grunnlag av registreringene ved sonderboringen kan ha tykkelse ca. 3 meter i dette området.

De supplerende dreietrykksonderingene, punktene N11-N16, indikerer bløt leire, dels partier med avtagende sonderingsmotstand, som normalt indikerer sensitiv leire eller kvikkleire. I punkt N12 ble det tatt opp 3 uforstyrrede sylindrerprøver fra dybde 5-10 meter under terreng. Prøven fra 5 til 6 meter besto dels av leirig silt og dels av siltig leire. Prøvene fra 7 til 10 meter besto av middels fast og middels sensitiv, siltig leire. Sonderboringen kan imidlertid tyde på kvikkleire i dybde ca. 20-25 meter.

Flere detaljer fremgår av bilagene.

### 3.2 Grunnvann

Det er utført måling av poretrykk med elektriske piezometre i 2 dybder i punkt N17 ved nedre kant av støttefyllingen, der terrengnivå er på kote +4,5. Målerne er avlest to ganger med følgende resultat:

*Målernivå, kote -5,5* (10 meter under terreng), poretrykk 0,73 kPa den 05.07.2010, og 0,77 kPa den 03.09.2010, som tilsvarer stighøyde til henholdsvis kote +1,8 og +2,2.

*Målernivå, kote -13,5* (18 meter under terreng), poretrykk 1,61 kPa den 05.07.2010, og 1,64 kPa den 03.09.2010, som tilsvarer stighøyde til henholdsvis kote +2,6 og +2,9.

Målingene viser noe poreovertrykk i dybden.

I vurderingene fra 1963 er det angitt at det sannsynligvis er et høyt artesisk trykk i grunnen (poreovertrykk).

Området ligger inntil Lierelva med antatt vannstand på ca kote 0.

### 3.3 Fjell

I borpunktene fra datarapport nr. 1 er antatt berg påtruffet i dybder 23,7-43,3 meter under overkant kontrafylling, det vil si antatt berg på kote -16,5 til kote -36,6. Den dypeste totalsonderingen er avsluttet uten bergkontakt på kote -41,2.

Dreietrykksonderingene er avsluttet i dybder 33-41 meter (kote -28 - -37) uten bergkontakt. Dybden til berg er størst på vestre del.



Rev.	Dato	Tekst	Utarb	Kontr	Godkj
	2010-07-06	--	TFK	TFK	

Oppdrag nr. 1090669 Målestokk: 1:50000 Status:

Jernbaneverket  
Lier holdeplass

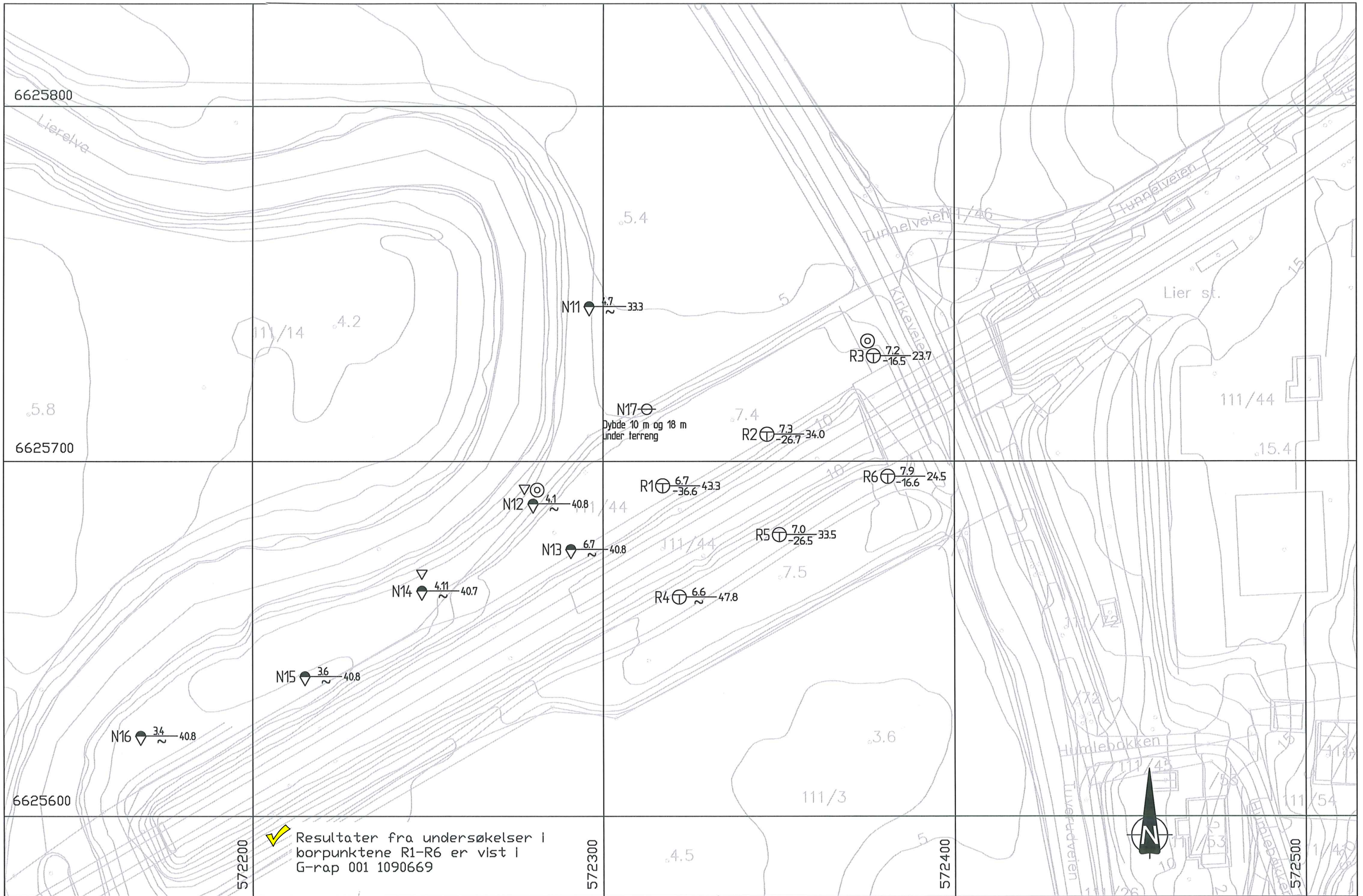
Oversiktskart  
UTM-ref 05723 66258

**RAMBOLL**  
 P.B. 7493 Mellomila 79  
 N-7018 Trondheim  
 TLF: 73 84 10 00 - FAX: 73 84 10 60  
 www.ramboll.no

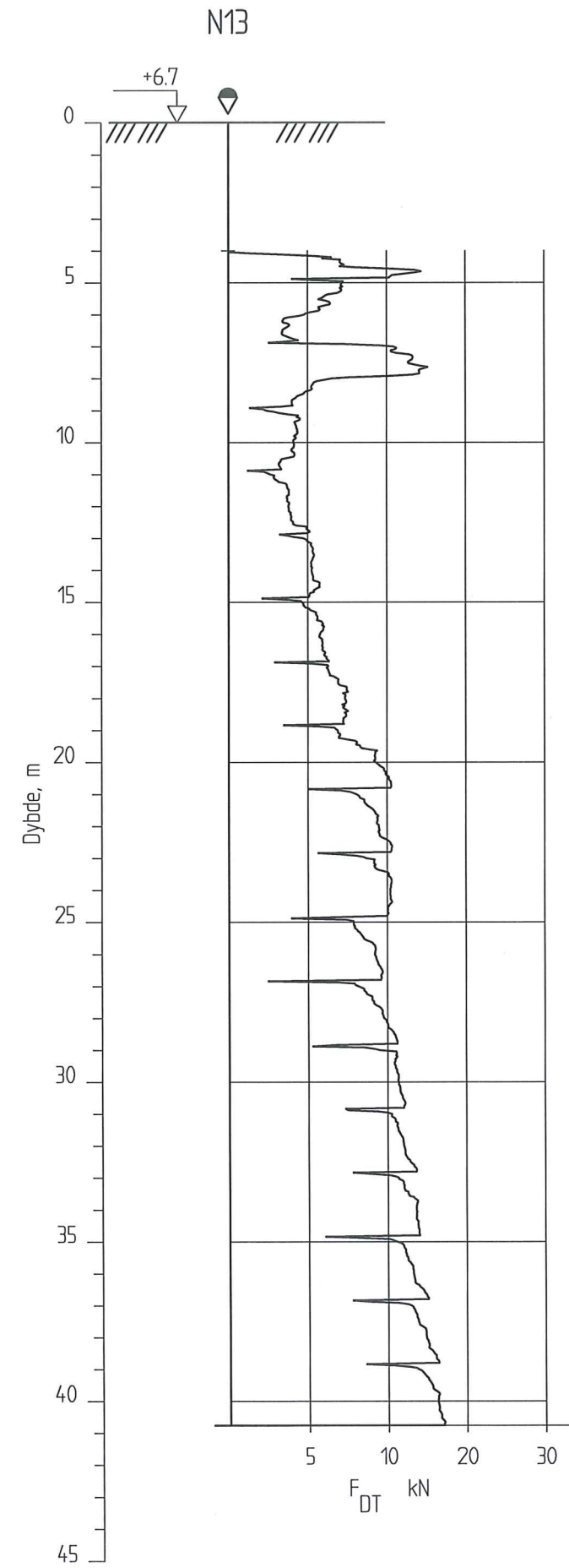
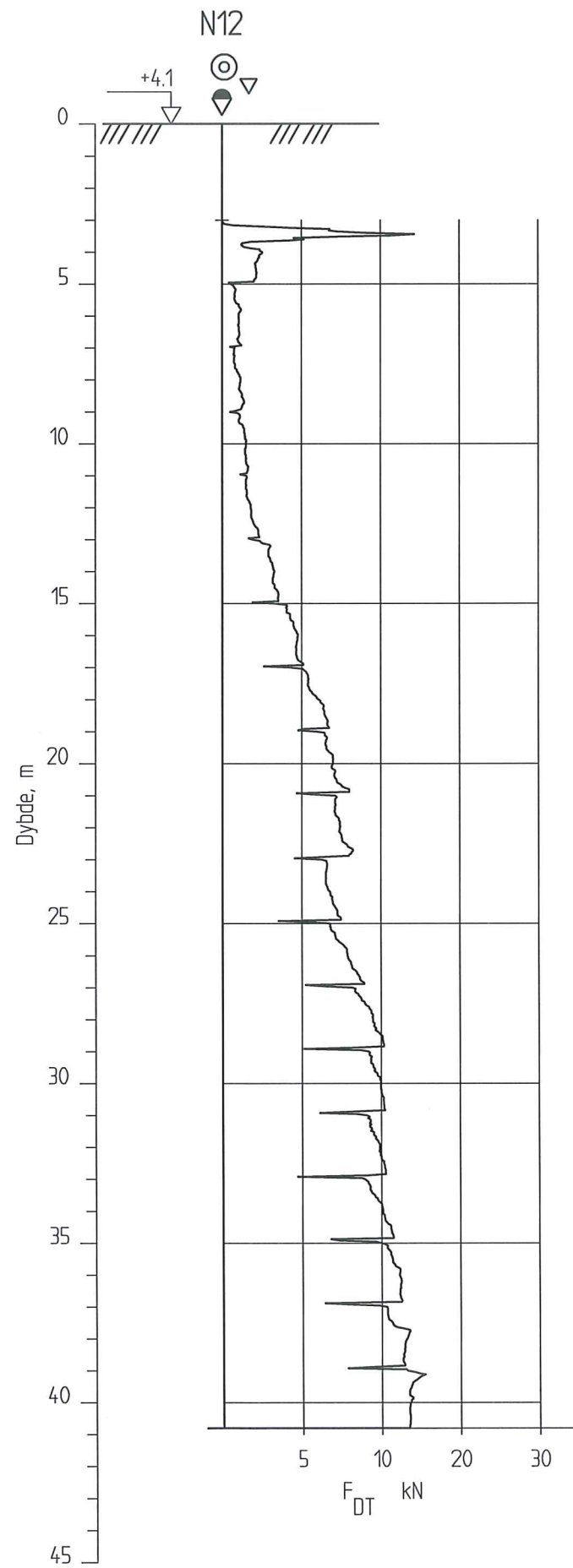
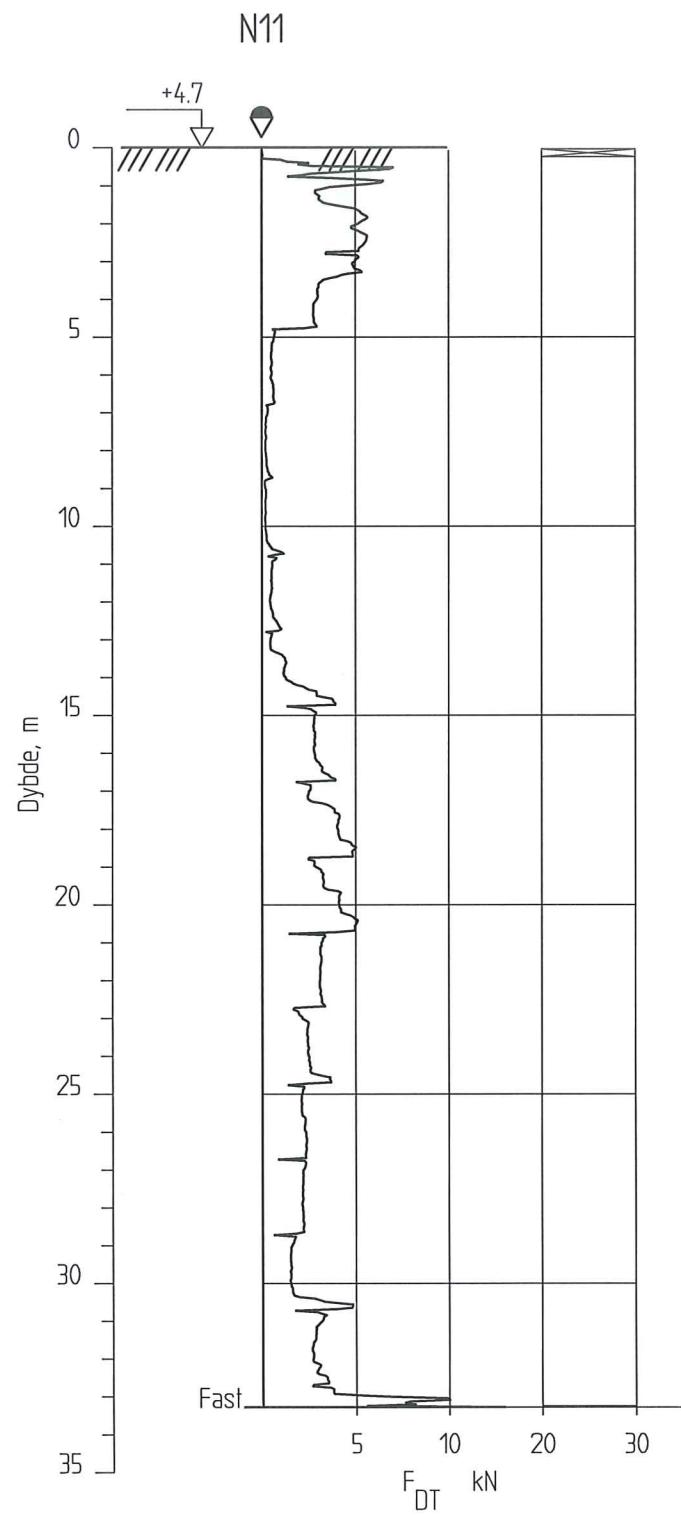
Tegning nr. 201

Rev.





REV.		DATO		ENDRING		TEGN		KONTR		GODKJ		OPPDAG		INNHOOLD		OPPDAG NR.		MÅLESTOKK		BLAD NR.		AV							
		06.10.2010				TFK		TFU		HRS		Lier holdeplass		Situasjonsplan:		1090669		1:1000		01		01							
TEGNINGSSTATUS						 Rambøll Norge AS - Region Midt-Norge P.B. 7493 Mellomila 79, N-7018 Trondheim TLF: 73 84 10 00 - FAX: 73 84 10 60						OPPDAGSGIVER						Dreietrykksondering Trykksondering (CPTU) Porettrykksmåling Prøveserie Totalsondering						TEGNING NR. 202 REV.					
												Jernbanelinjen																	



REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GÖDKJ
	06.07.2010		TFK	TFK	HRJ
TEGNINGSSTATUS					

**RAMBOLL**

Rambøll Norge AS - Region Midt-Norge  
P.B. 7493 Mellomila 79, N-7018 Trondheim  
TLF: 73 84 10 00 - FAX: 73 84 10 60

OPPDRAG

Lier holdeplass

OPPDRAGSGIVER

Jernbaneverket

INNHOOLD

Boreresultater:

◆ Dreietrykkssondering

▽ Trykksondering (CPTU)

◎ Prøveserie

OPPDRAG NR.  
1090669

MÅLESTOKK  
1:200

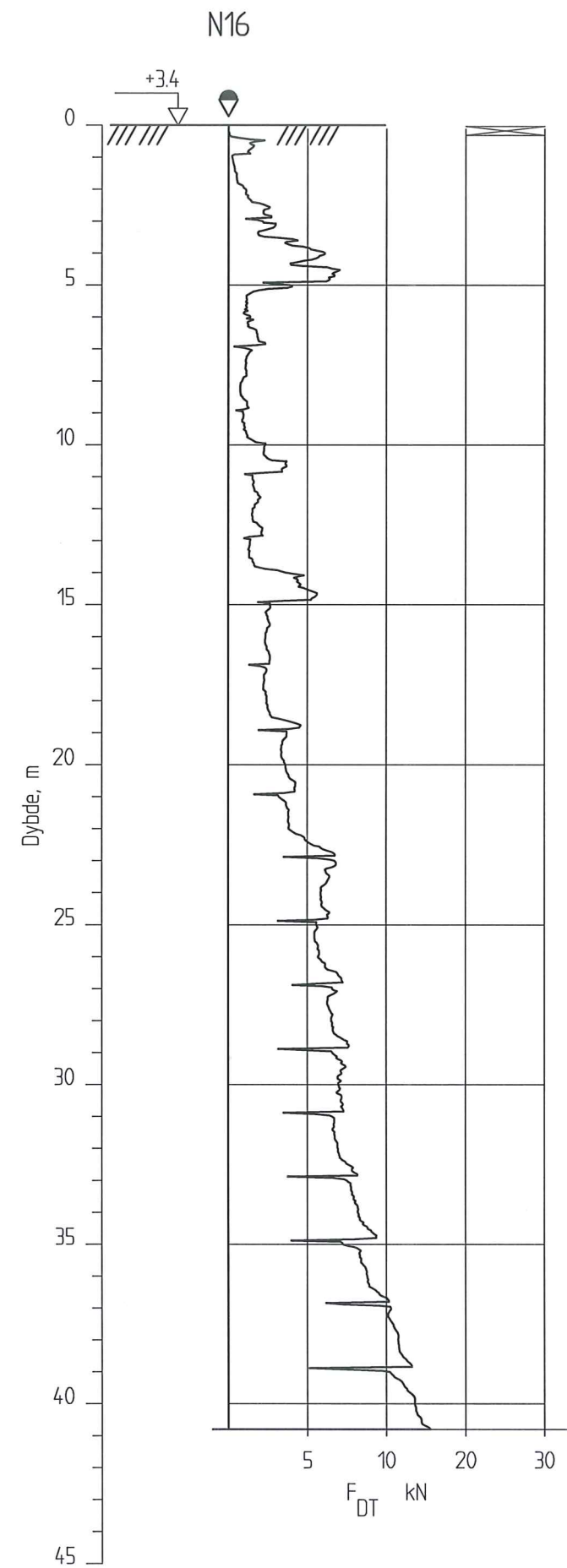
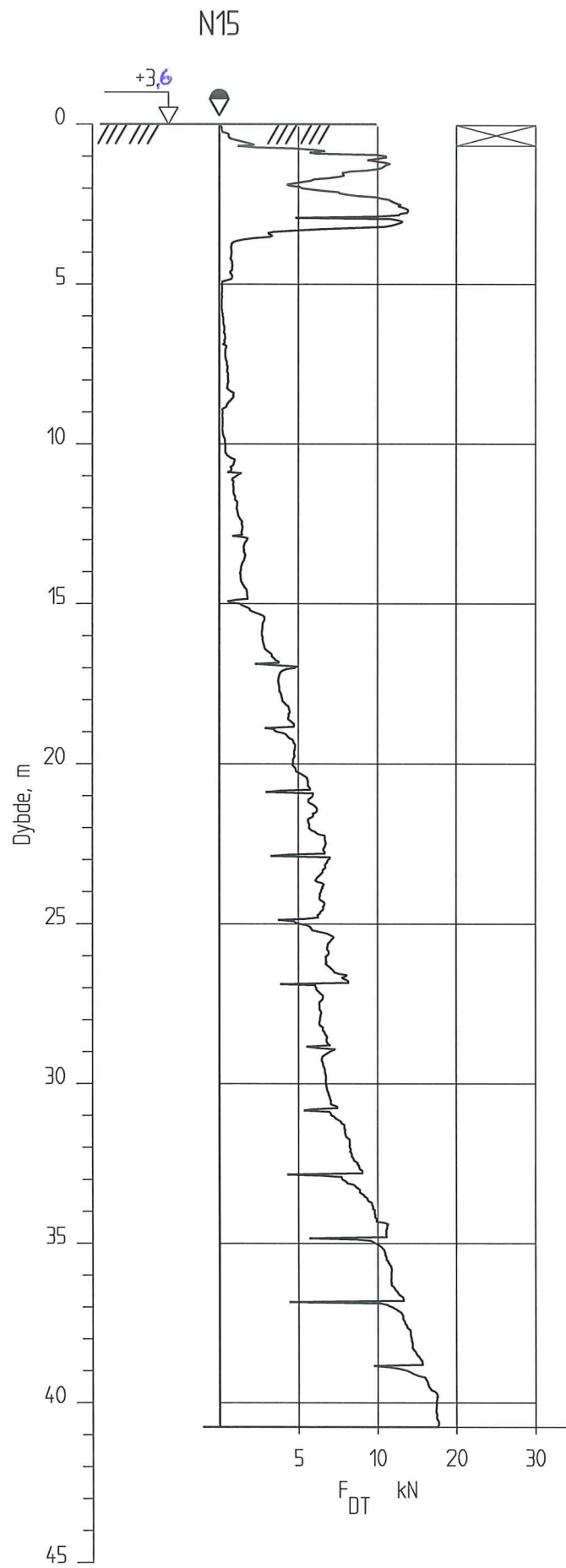
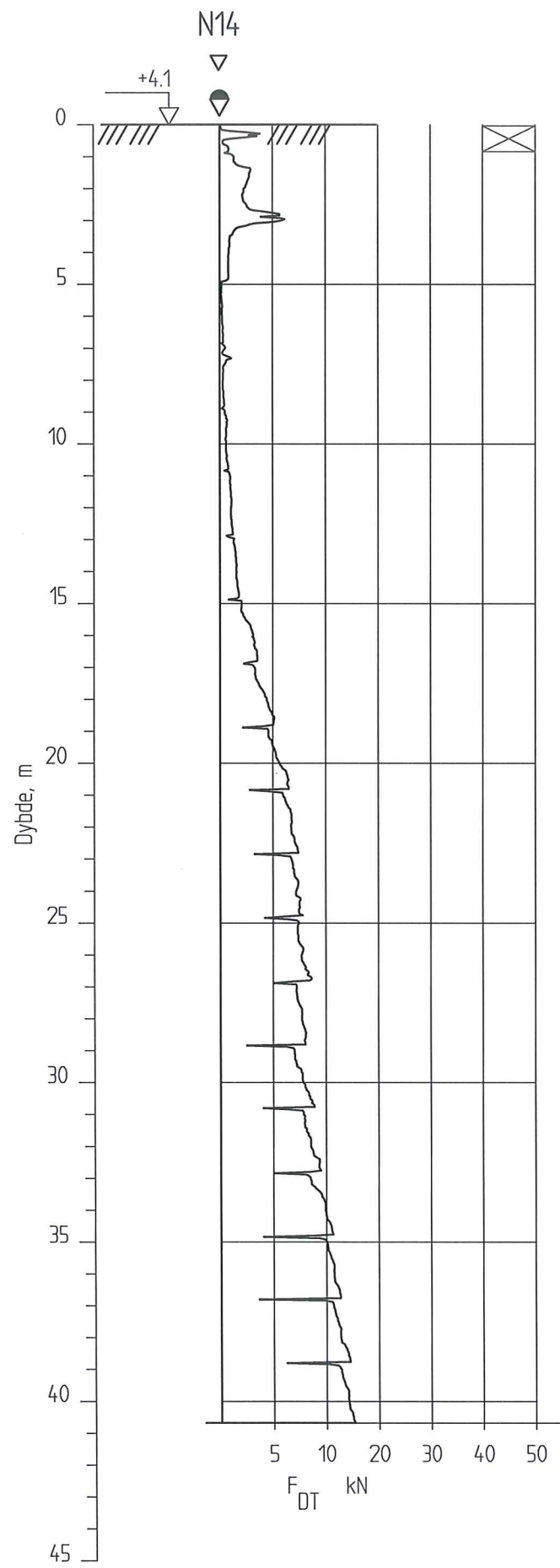
BLAD NR.  
01

AV  
01

TEGNING NR.

203

REV.



REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ
	06.07.2010		TFK	TFK	HRJ
TEGNINGSSTATUS					



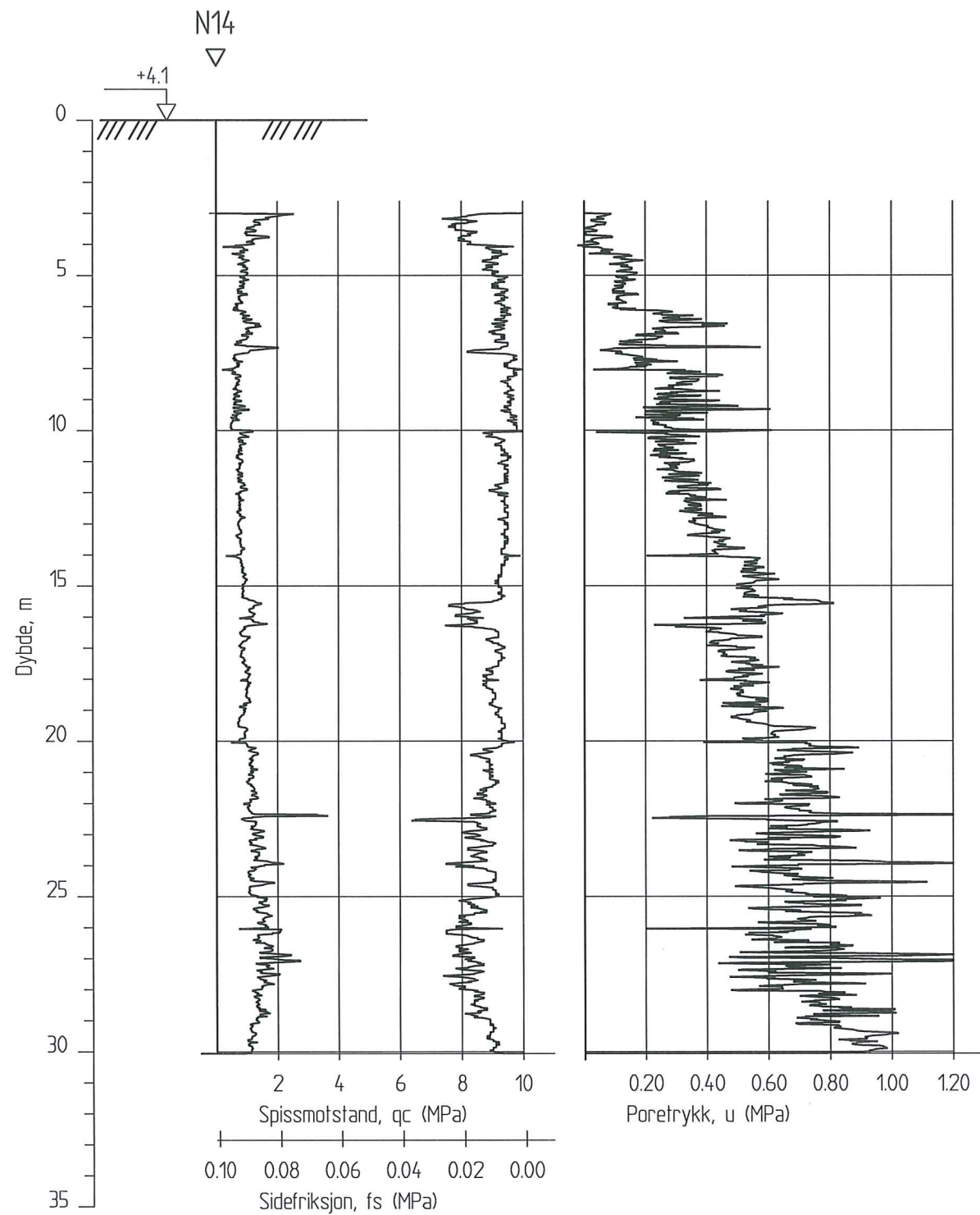
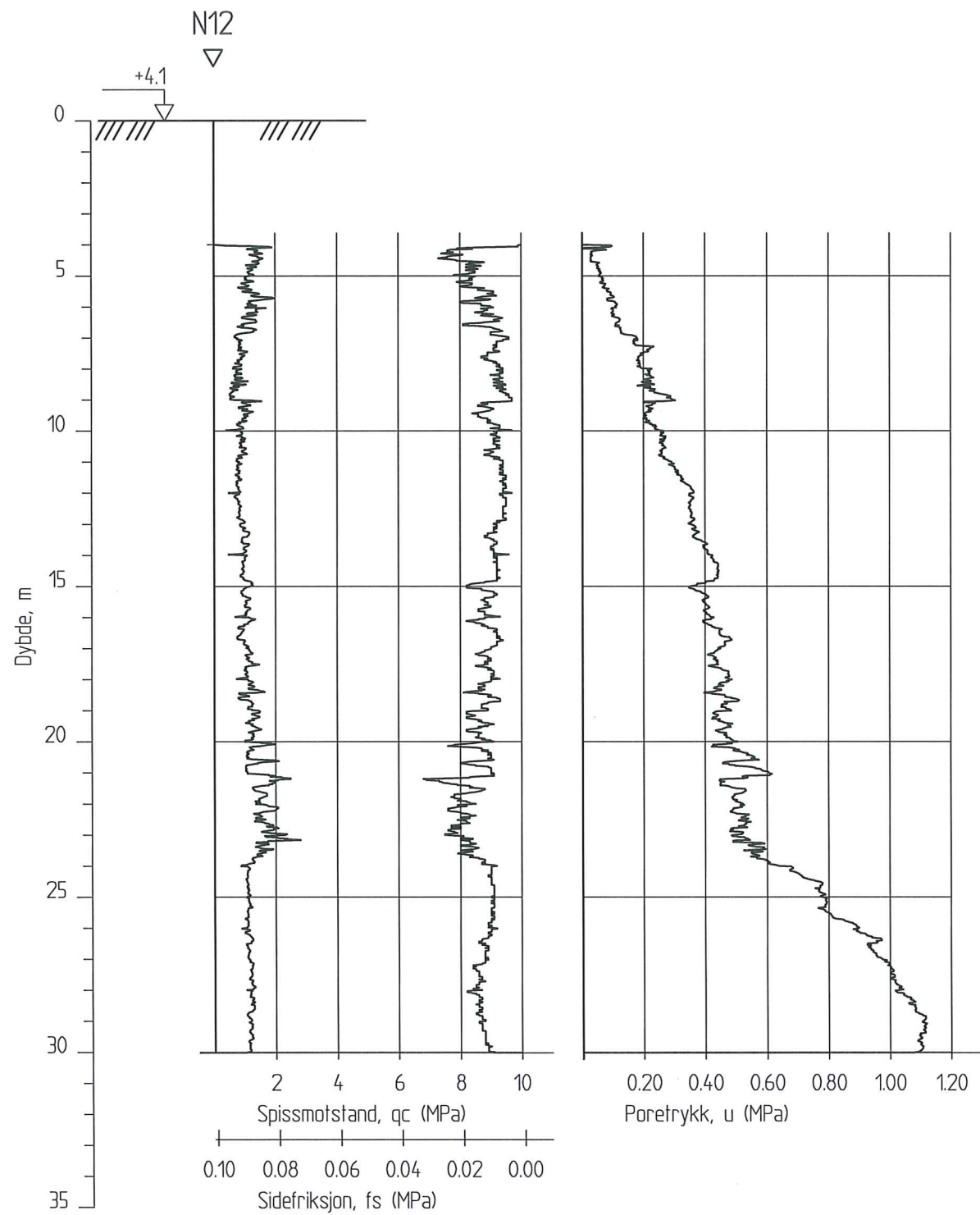
Rambøll Norge AS - Region Midt-Norge  
P.B. 7493 Mellomila 79, N-7018 Trondheim  
TLF: 73 84 10 00 - FAX: 73 84 10 60

OPPDRAG  
**Lier holdeplass**

OPPDRAGSGIVER  
**Jernbaneverket**

INNHold  
**Boreresultater:**  
 ● Dreietrykkssondering  
 ▽ Trykksondering (CPTU)

OPPDRAG NR. 1090669	MÅLESTOKK 1:200	BLAD NR. 01	AV 01
TEGNING NR. <b>204</b>			REV.



REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ
	06.07.2010		TFK	TFK	HRJ
TEGNINGSSTATUS					



Ramboll Norge AS - Region Midt-Norge  
P.B. 7493 Mellomila 79, N-7018 Trondheim  
TLF: 73 84 10 00 - FAX: 73 84 10 60

OPPDRAG

Lier holdeplass

OPPDRAGSGIVER

Jernbaneverket

INNHold

Boreresultater:

▽ Trykksøndering (CPTU)

OPPDRAG NR.  
1090669

MÅLESTOKK  
1:200

BLAD NR.  
01

AV  
01

TEGNING NR.

205

REV.

Dybde (m)	Beskrivelse	Prøve Forsøk	Vanninnhold (%)			Romvekt (kN/m³)			Porøsitet (%)		Humus (%)		Skjærstyrke (kN/m²)					S <sub>t</sub> Konus										
			10	20	30	40	50	60	70	16	17	18	19	20	10	20	30		40	50	60	70	80	90	100			
2																												
4																												
6	LEIRE siltig middels fast overgang til SIL.T. leire enkelte sjikt/lag med organisk materiale	T 1																										12
8	LEIRE siltig middels fast	T 2																										12 15
10	LEIRE siltig middels fast	T 3																										12 16

**TEGNFORKLARING:**

- Plastisitetsgrense/Vanninnhold/Flytegrense
- 15—○—5 Enaks. trykkforsøk/def. ved brudd
- 10—○—5 Enaks. trykkforsøk/def. ved brudd
- Trealsial forsøk, aktiv
- Trealsial forsøk, passiv
- Trealsial forsøk, passiv
- Trealsial forsøk, aktiv
- ⊞ Konus forsøk, uforstyrt
- ⊞ Konus forsøk, omrørt
- ⊞ Vingebooring
- Ø = Ødometer forsøk
- P = Permeabilitetsforsøk
- K = Korngraderingsanalyse
- T = Trealsial forsøk
- K/S = Kalk-/Sement stabilisering
- S<sub>t</sub> Sensitivitet

**LIER STASJON**

Borprofil  
 Borpunkt nr.: 12

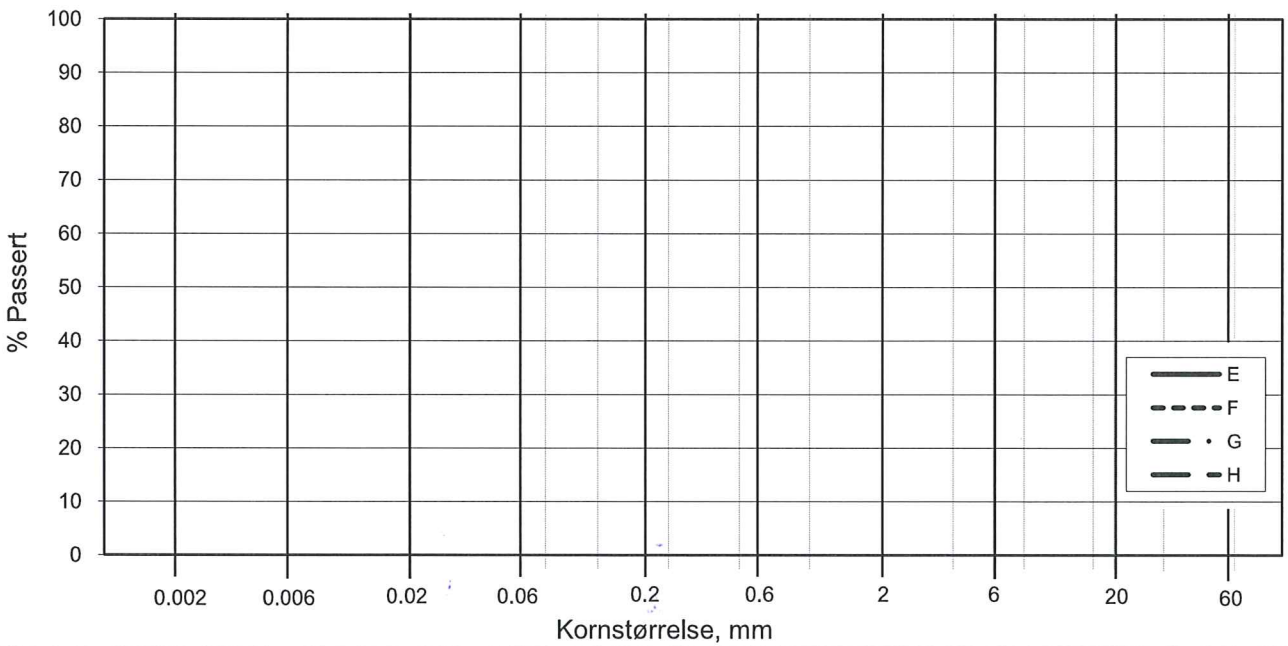
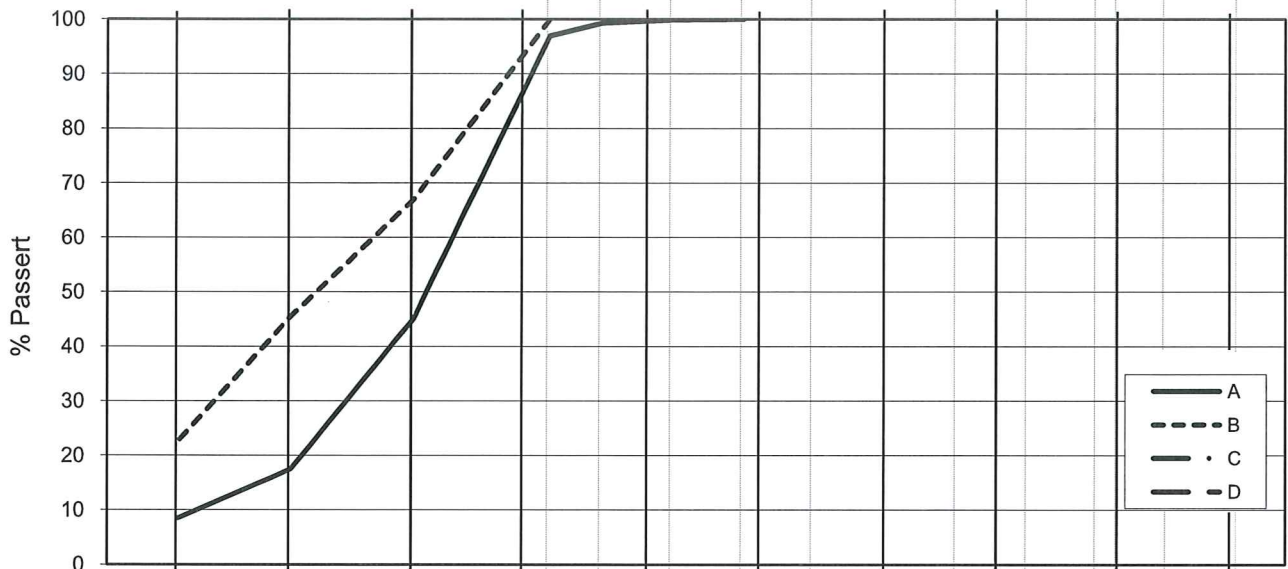
Prøvetype: 50 mm  
 Terrengkote: 5,0 m  
 Grunnvannst. dybde: 2,5m  
 Dato boret: 2010-06-25

Date/Rev. 2010-06-21/1  
 Dokumentnr. 20100614  
 Dato 2010-07-01  
 Figurnr. .  
 Tegner EKR



MMS

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



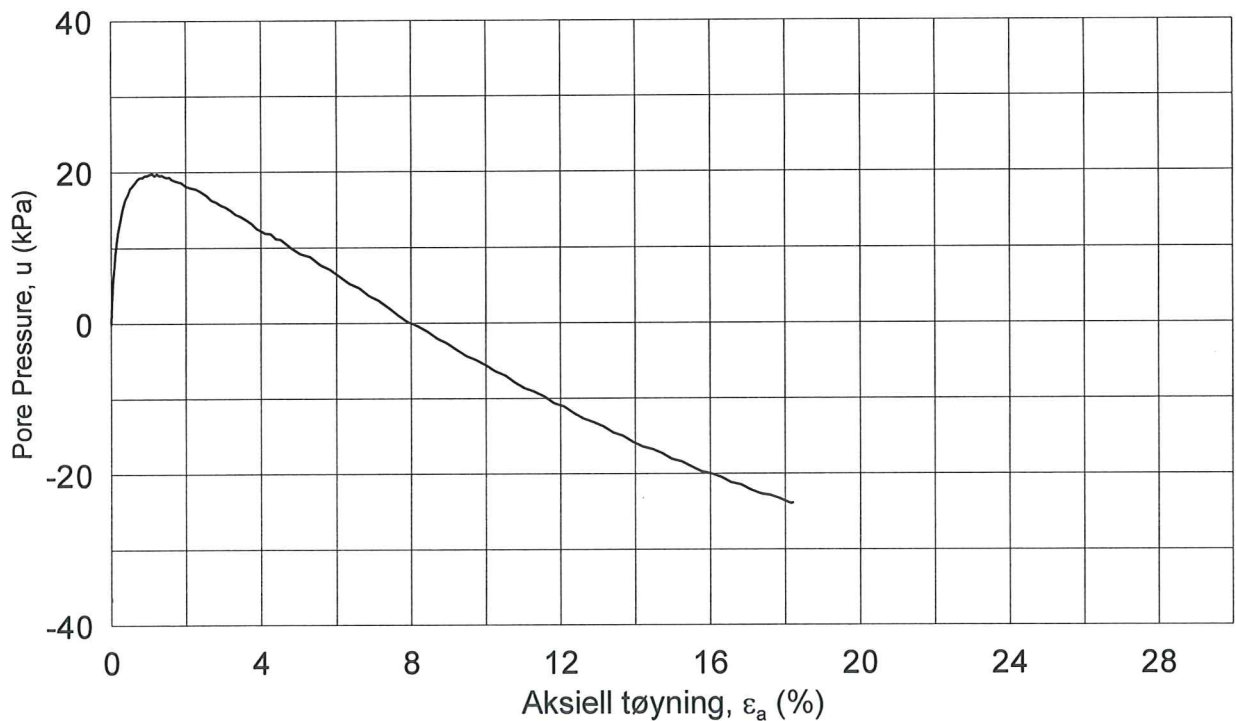
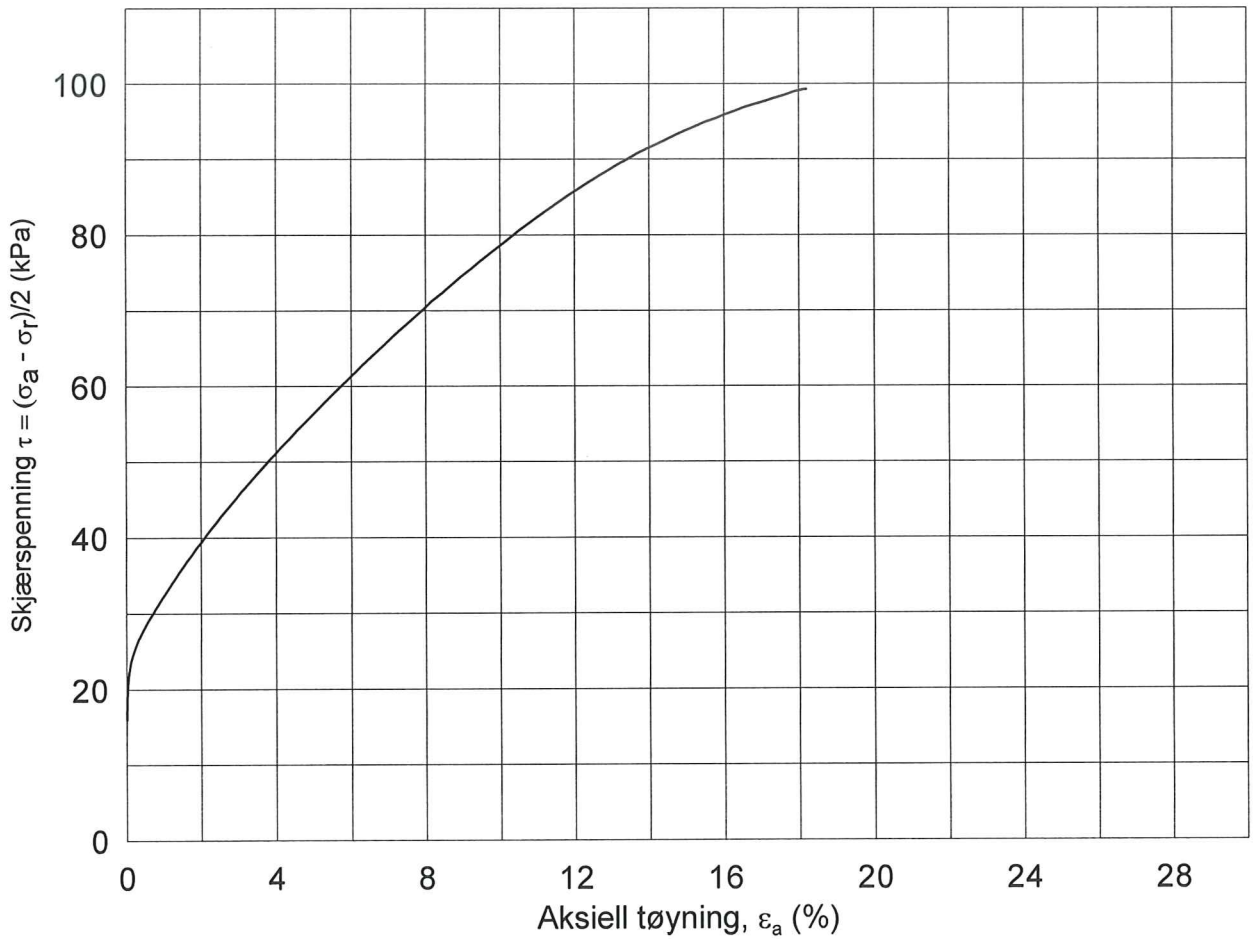
Kurve	Hull nr.	Prøve nr.	Dybde m	C <sub>u</sub> (d <sub>60</sub> / d <sub>10</sub> )	Tele gr.	Leir innh. %	Jordartsbetegnelse	Metode tørr/våt sikt
A	12	1	5.25	12.1	T4	8.5	SILT, leirig	Fall. Drop
B	12	2	7.25		T4	22.6	LEIRE, siltig	Fall. Drop
C								
D								
E								
F								
G								
H								

Rev. NT-11 / Dato 2010-09-03 / Sign. SK/EB


H:\LABDATA\2010\20100614\Rutine\grain-B12.xlsx\Skrv inn

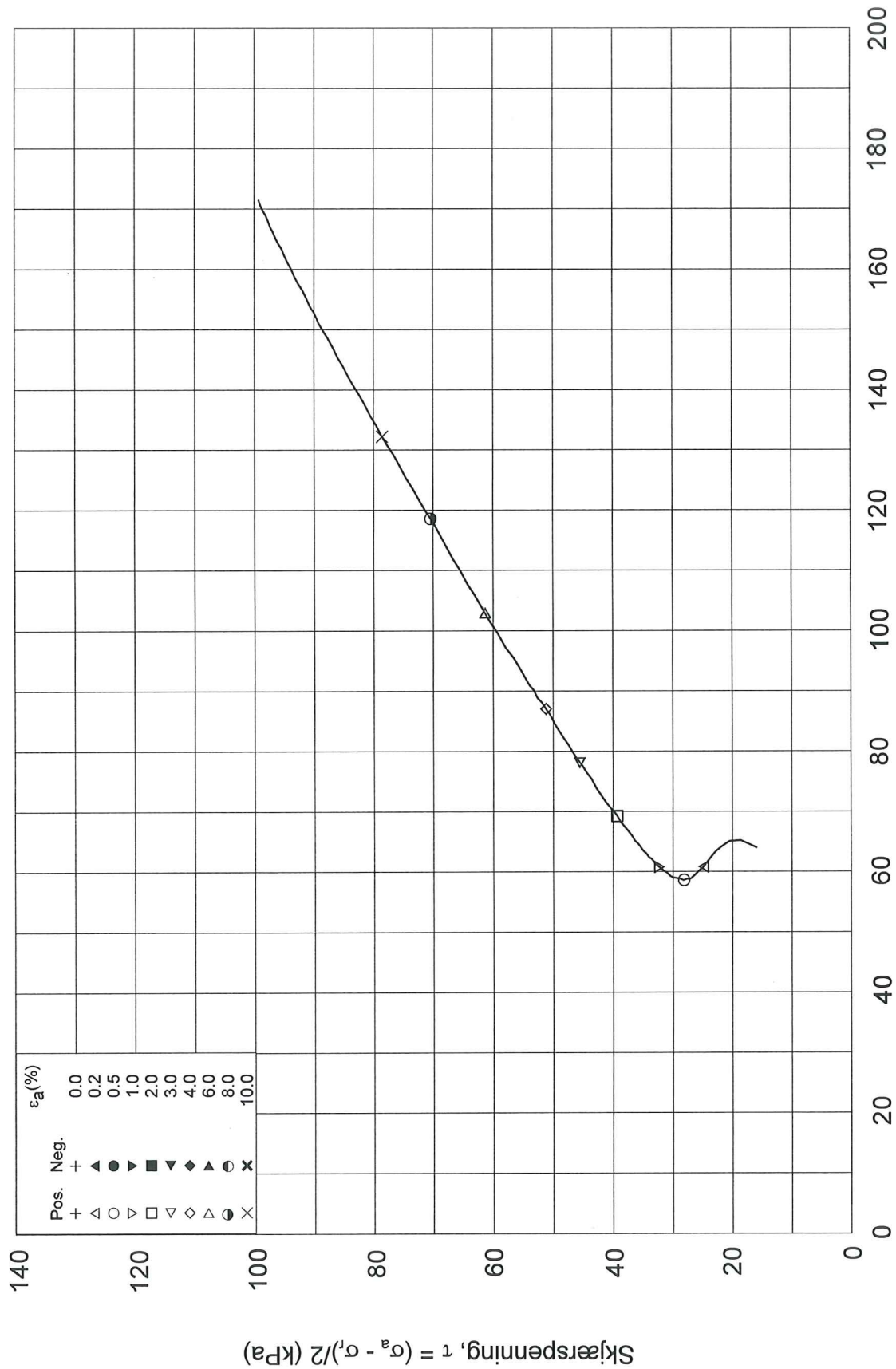
<h2>Lier stasjon, grunnundersøkelser</h2> <h3>Kornfordelingskurver</h3>	Dokumentnr.	20100614
	Dato	2010-09-23
	Figurnr.	_____
	Tegnet av	RO






Date/Rev.: 2009-11-03/01

<b>LIER HOLDEPLASS</b>				Dokument nr. 20100614-00-1-R	
Treaksial forsøk: <b>CAUA</b>		Leire		Dato 2010-07-07	
Boring: <b>12</b>	Dybde = <b>5.50</b> m	Konsolidering-spenninger			
Sylinder: <b>1</b>	$p_{o'}$ = <b>77.3</b> kPa	(kPa)	maks.	min.	endelig
Del: <b>B</b>	$w_i$ = <b>32.0</b> %	$\sigma_{ac}' =$	-	-	<b>80.1</b>
Test: <b>1</b>	$w_c$ = <b>31.1</b> %	$\sigma_{rc}' =$	-	-	<b>48.0</b>
				Figur nr. 1	
				Tegnet av MAS <i>lcs</i>	



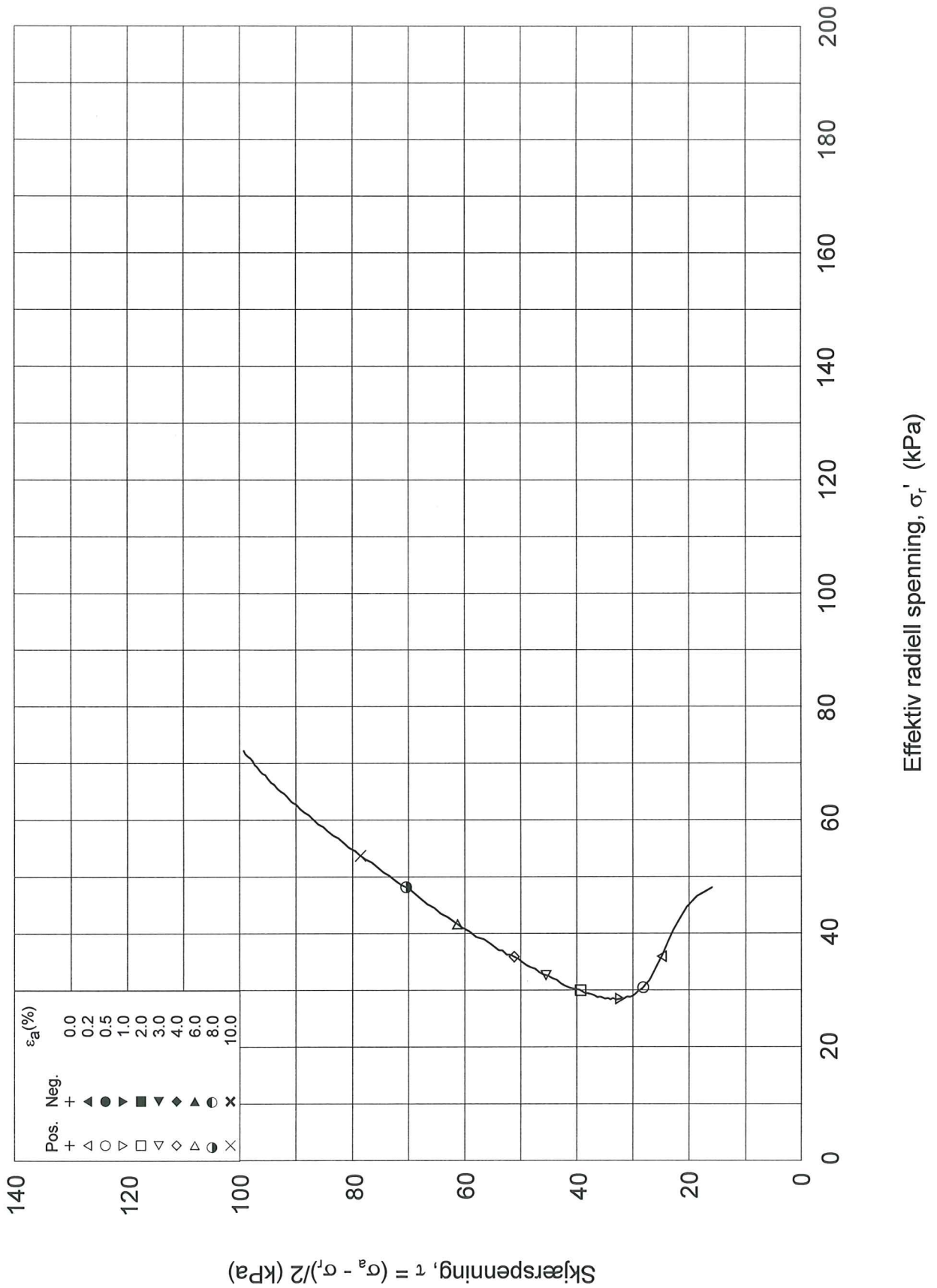
Effektiv gjennomsnittsspenning,  $p' = (\sigma_a' + \sigma_r')/2$  (kPa)

Date/Rev.: 2009-11-03/01

<b>LIER HOLDEPLASS</b>			Dokument nr. 20100614-00-1-R
Treaksial forsøk: <b>CAUA</b>	Leire		Dato 2010-07-07
Boring: <b>12</b>	Dybde = <b>5.50</b> m	Konsolidering-spenninger	
Sylinder: <b>1</b>	$p_{o'}$ = <b>77.3</b> kPa	(kPa)	maks. min. endelig
Del: <b>B</b>	$w_i$ = <b>32.0</b> %	$\sigma_{ac}'$ = - - <b>80.1</b>	Figur nr. <b>2</b>
Test: <b>1</b>	$w_c$ = <b>31.1</b> %	$\sigma_{rc}'$ = - - <b>48.0</b>	Tegnet av MAS <i>MAS</i>
			

12-1-B-1.Plot2.grf





Date/Rev.: 2009-11-03/01

### LIER HOLDEPLASS

Dokument nr.  
20100614-00-1-R

Treksial forsøk: **CAUA**

Leire

Dato  
2010-07-07

Boring: **12**

Dybde = **5.50** m

Konsolidering-spenninger

Figur nr.

Sylinder: **1**

$p_{o'}$  = **77.3** kPa

(kPa)	maks.	min.	endelig
$\sigma_{ac}'$	-	-	<b>80.1</b>
$\sigma_{rc}'$	-	-	<b>48.0</b>

3

Del: **B**

$w_i$  = **32.0** %

$\sigma_{ac}'$  = - - **80.1**

Tegnet av

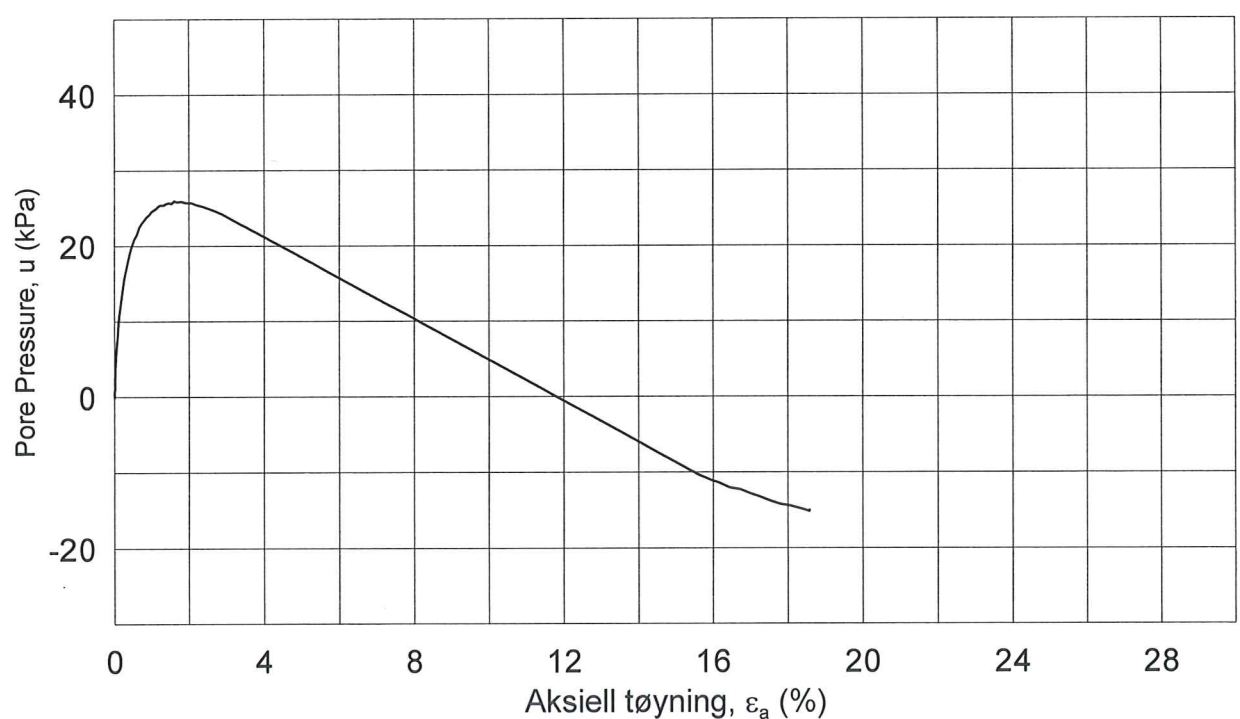
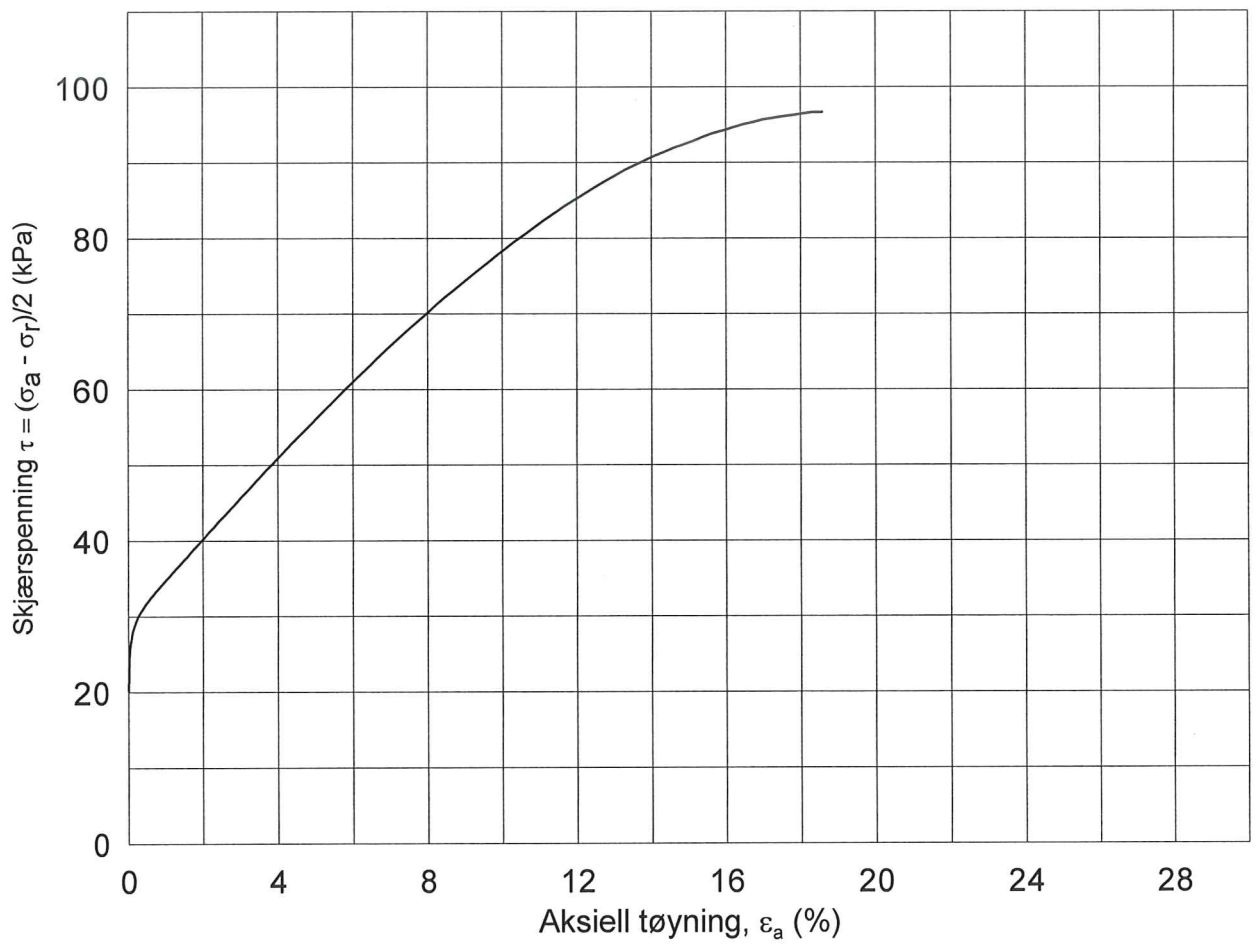
Test: **1**

$w_c$  = **31.1** %


$\sigma_{rc}'$  = - - **48.0**

MAS

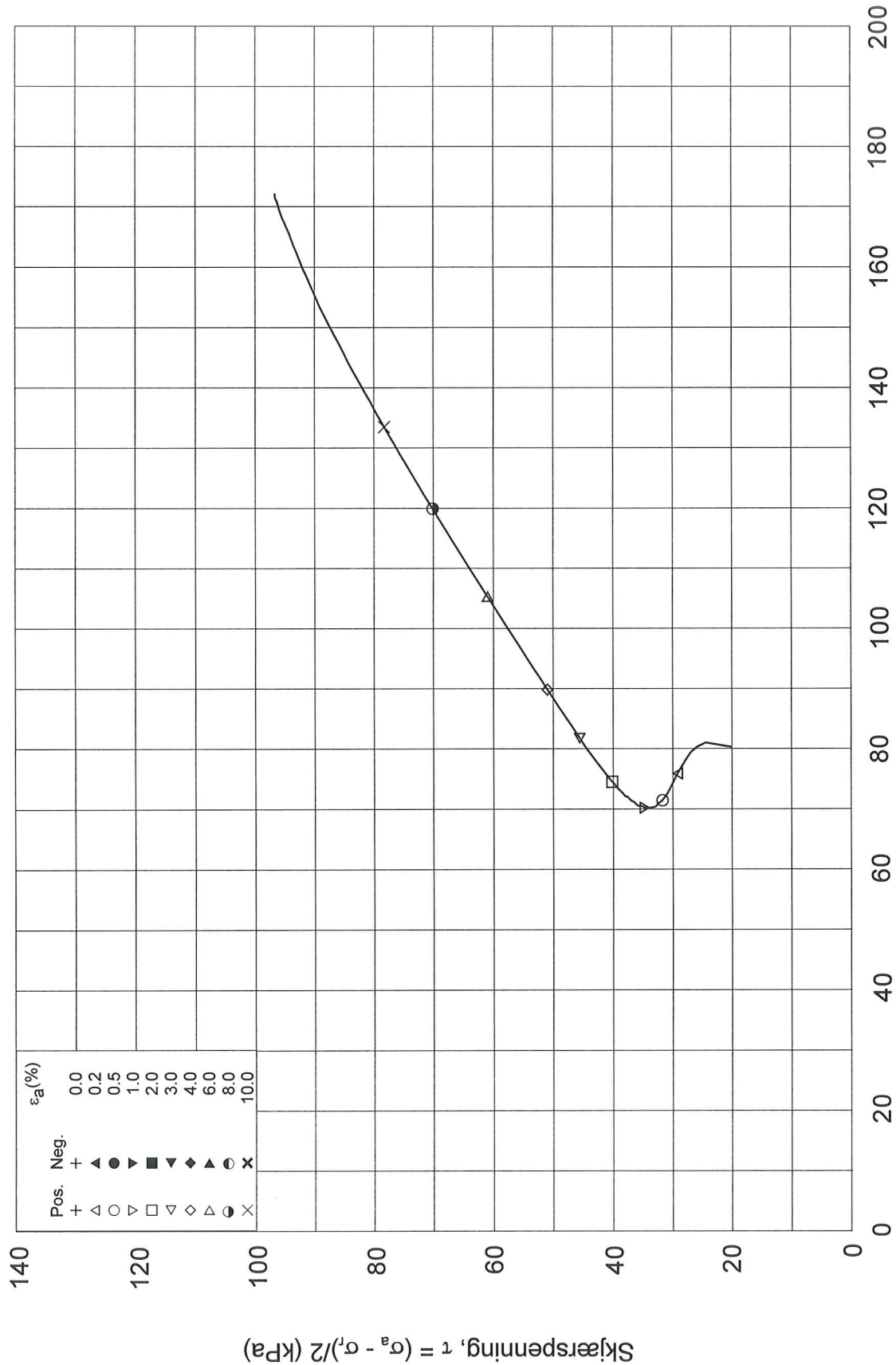




Date/Rev.: 2009-11-03/01

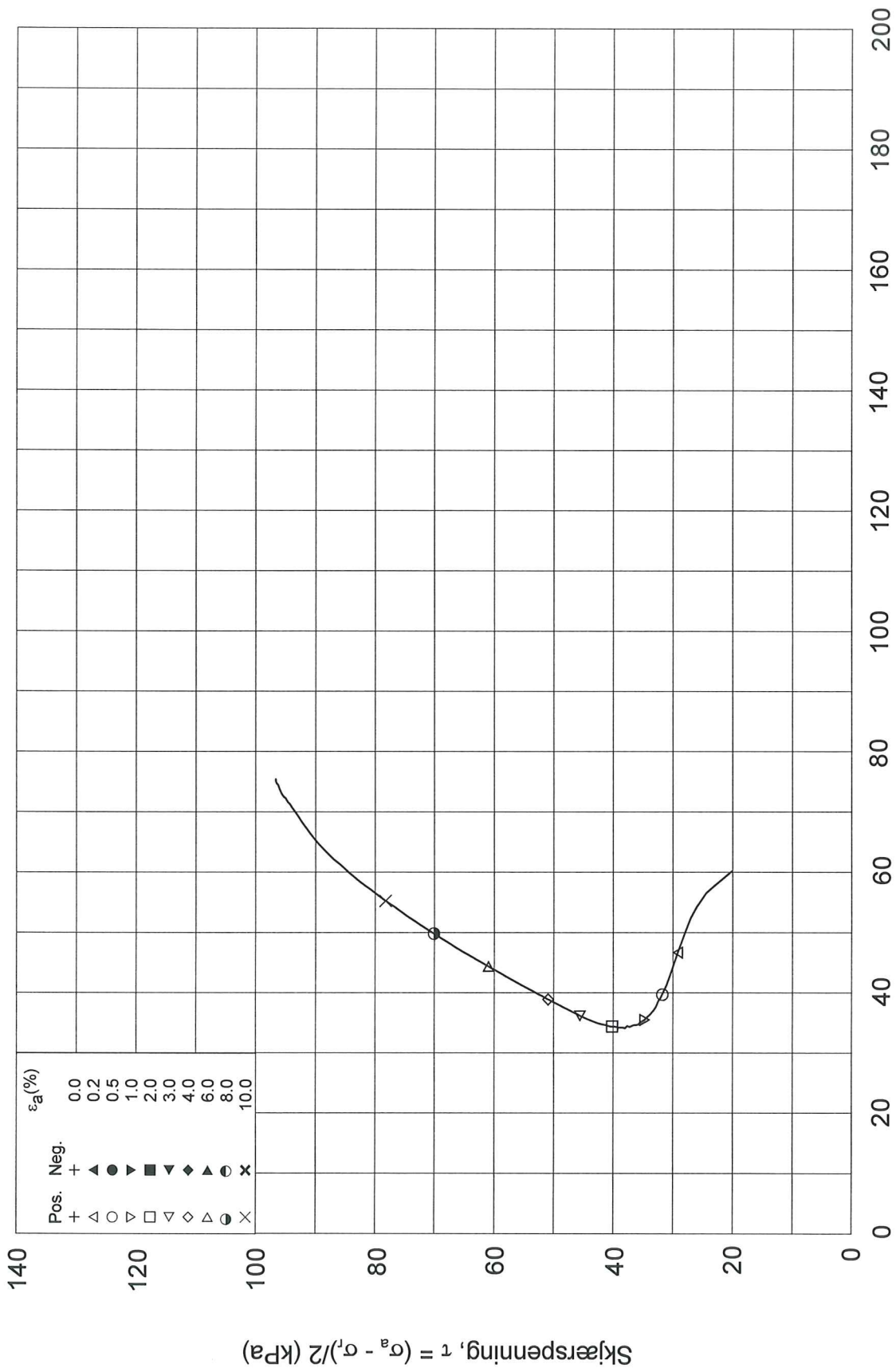
<b>LIER HOLDEPLASS</b>				Dokument nr. 20100614-00-1-R	
Treaksial forsøk: <b>CAUA</b>		Clay		Dato 2010-07-06	
Boring: <b>12</b>	Dybde = <b>7.50</b> m	Konsolidering-spenninger			Figur nr. 4
Sylinder: <b>2</b>	$p_{o'}$ = <b>96.3</b> kPa	(kPa)	maks.	min.	endelig
Del: <b>B</b>	$w_i$ = <b>29.7</b> %	$\sigma_{ac}'$ =	-	-	<b>100.1</b>
Test: <b>1</b>	$w_c$ = <b>27.7</b> %	$\sigma_{rc}'$ =	-	-	<b>60.0</b>
				Tegnet av MAS <i>ICS</i>	
					

12-2-B-1.Plot1.grf



Date/Rev.: 2009-11-03/01

<b>LIER HOLDEPLASS</b>				Dokument nr. 20100614-00-1-R	
Treaksial forsøk: <b>CAUA</b>		Clay		Dato 2010-07-06	
Boring: <b>12</b>	Dybde = <b>7.50</b> m	Konsolidering-spenninger			Figur nr. 5
Sylinder: <b>2</b>	$p_{o'}$ = <b>96.3</b> kPa	(kPa)	maks.	min.	endelig
Del: <b>B</b>	$w_i$ = <b>29.7</b> %	$\sigma_{ac}' =$	-	-	<b>100.1</b>
Test: <b>1</b>	$w_c$ = <b>27.7</b> %	$\sigma_{rc}' =$	-	-	<b>60.0</b>
				Tegnet av MAS	



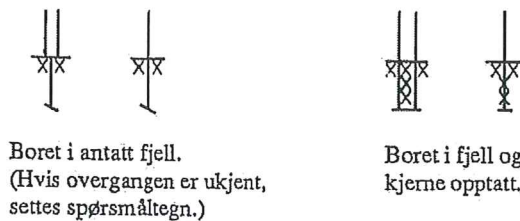
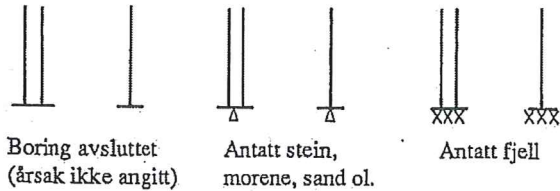
Date/Rev.: 2009-11-03/01

<b>LIER HOLDEPLASS</b>			Dokument nr. 20100614-00-1-R
Treaksial forsøk: <b>CAUA</b>	Clay		Dato 2010-07-06
Boring: <b>12</b>	Dybde = <b>7.50</b> m	Konsolidering-spenninger	
Sylinder: <b>2</b>	$p_{o'}$ = <b>96.3</b> kPa	(kPa)	maks. min. endelig
Del: <b>B</b>	$w_i$ = <b>29.7</b> %	$\sigma_{ac}' =$ - - <b>100.1</b>	Figur nr. <b>6</b>
Test: <b>1</b>	$w_c$ = <b>27.7</b> %	$\sigma_{rc}' =$ - - <b>60.0</b>	Tegnet av <b>MAS</b> <i>ICS</i>

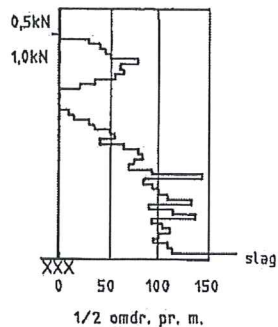
## MARKUNDERSØKELSER

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).



**Dreisondering**  
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.

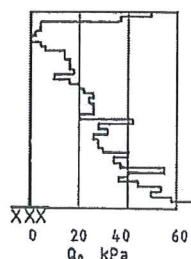
Boredata (nedpressingskraft, synkhastighet, spyletrykk etc.) måles ved elektriske givere og overføres automatisk til en elektronisk registreringsenhet (Geoprinter). Resultatene tegnes opp vha. EDB.

**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:

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

angis i diagram som funksjon av dybden.

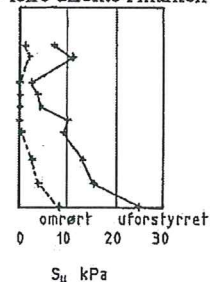


**Fjellkontrollboring**  
utføres med 32 mm stenger med muffeskjøter og hardmetallkroner nederst. Boret drives av en tung trykkluftdrevet borhammer under spyling med vann av høyt trykk. Når fjell er nådd, bores noe ned i fjellet, vanligvis ca. 3 meter, under registrering av borsynk for sikker påvisning.

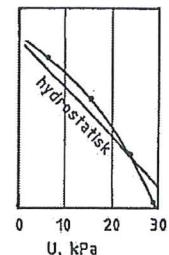
**Prøvetaking**  
utføres for undersøkelse i laboratoriet av grunnens geotekniske egenskaper. Uforstyrrede prøver tas opp med NGI's 54 mm stempelprøvetaker. Prøvene skjæres ut med tynnveggede stål-sylindere med innvendig diameter 54 mm og lengde 80 cm (evt. 40 cm). Prøvene forsegles i begge ender for å hindre uttørking 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 grunnen ikke egner seg for vanlig sylindreprøvetaker og hvor slike prøver tilfredsstillende formålet.

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



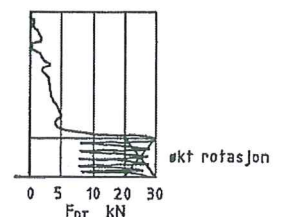
**Porevantrykket**  
i grunnen måles med et piezometer. Dette består av et sylindrisk filter av sintret bronse som trykkes eller rammes ned til ønsket dybde ved hjelp av rør. Vantrykket ved filteret registreres enten hydraulisk som stighøyden i en plastslange inne i røret (ved overtrykk påsettes manometer 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 nedpressingskraft for å holde normert nedtrengnings-hastighet.

Når motstanden øker slik at normert nedtrengnings-hastighet ikke kan opprettholdes, økes rotasjonshastigheten. Dette anføres i diagrammet.



## LABORATORIEUNDERSØKELSER

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

### Romvekt

( $\gamma$  i  $\text{kN/m}^3$ ) for hel sylinder og utskåret del.

### Vanninnhold

( $w$  i %) angitt i prosent av tørrvekt etter tørking ved  $110\text{ }^\circ\text{C}$ .

### Flytegrense

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

### Udrenert skjærstyrke

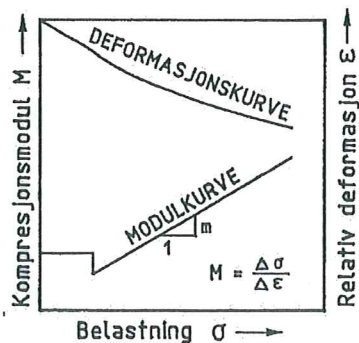
( $s_u$  i  $\text{kN/m}^2$ ) av leire ved hurtige enaksiale trykkforsøk på uforstyrrede prøver med tverrsnitt  $3,6 \times 3,6\text{ cm}^2$  (evt. hel prøve) og høyde 10 cm. Skjærstyrken settes lik halve trykkfastheten. Dessuten måles skjærstyrken i uforstyrret og omrørt tilstand ved konusforsøk, hvor 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 ( $S_v$ )

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  $< 0,5\text{ kN/m}^2$ .

### Kompressibilitet

av en jordart ved ødometerforsøk. En prøve med tverrsnitt  $20\text{ cm}^2$  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 modulkurve 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 vektetapet (evt. glødetapet ved humusrike jordarter) og uttrykkes i vektprosent av tørt materiale.

### Saltinnhold

( $g/l$  eller  $o/oo$ ) i porevannet ved titrering med sølvnitratopløsning og kaliumkromat som indikator.

### Kornfordeling

ved sikting av fraksjonene større enn  $0,06\text{ mm}$ . For de finere partikler bestemmes den ekvivalente korndiameter ved hydrometernalyse. 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.

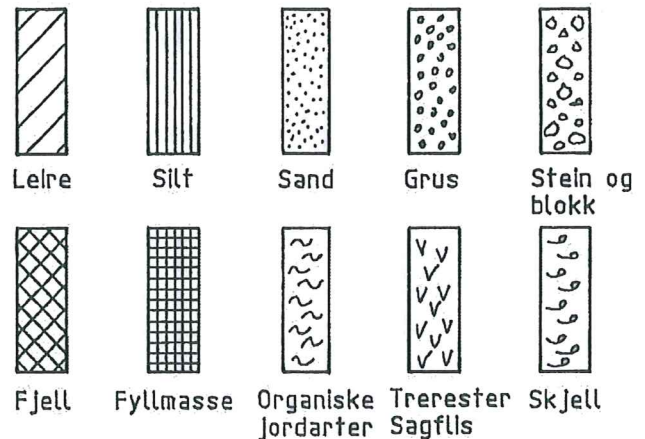
Fraksj.betegn.	Leir	Silt	Sand	Grus	Stein	Blokk
Kornstørr. mm	$< 0,002$	$0,002-0,06$	$0,06-2$	$2-60$	$60-600$	$> 600$

### 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 bevæsetning 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 bokstavssymboler settes inn i materialsignaturen:
  - Ca. = kalkkonkresjoner
  - Fe = jernkonkresjoner
  - AH = aurhelle

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  $\gamma_d$  ved feltkomprimering og maksimal tørr-romvekt  $\gamma_{d \max}$  bestemt ut fra standardiserte komprimeringsforsøk i laboratoriet.

- Sandvolummeter- og vannvolummetermetoden.

I felten bestemmes  $\gamma_d$  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.

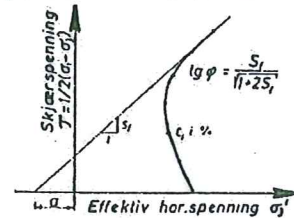
En sirkulær plate med  $\varnothing = 30$  cm plasseres på den komprimerte grunnen og belastes trinnvis samtidig som nedbøyning av platen måles med spesielt måleutstyr. Samhørende verdier for belastning og nedbøyning av platen måles med spesielt måleutstyr. Samhørende verdier for belastning og nedbøyning 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 ( $\phi$ ) og attraksjon (a i  $\text{kN/m}^2$ , 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 tetttest lagring av mineralkomene, 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 samnhørende 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  $\text{inch}^2$  med konstant bevegelsehastighet = 0,05  $\text{inch pr. min.}$  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.