

Datarapport fra grunnundersøkelser

Klæbu kommune
Kvikkleiresone 1102, vestre del
Oppdrag nr: 6090757
Rapport nr. 01

Dato: 17.06.2010

Fylke Sør-Trøndelag	Kommune Klæbu	Sted Klæbu	UTM 05740 70196 (Euref 89)
Byggherre			
Oppdragsgiver Klæbu kommune			
Oppdrag formidlet av			
Oppdragsreferanse Geir Magne Sund			
Antall sider 4	Tegn.nr 101 - 112	Bilag.nr. -	Antall tillegg 3

Prosjekt-tittel

**Klæbu kommune
Kvikkleiresone 1102, vestre del**

Rapport-tittel

**Grunnundersøkelser
Datarapport**

Oppdrag nr: 6090757	Rapport nr: 01	Rev:	Dato: 17.06.2010	Kontr: OBD <i>OBD</i>
Oppdragsleder: Trond Gilde		Utarbeidet av: Trond Gilde		
<p>SAMMENDRAG</p> <p>Kvikkleiresone 1102 Klæbu ligger hovedsakelig øst for Klæbu sentrum, men berører også et område vest for Haugdalsbekken. Rapporten inneholder resultater av innledende grunnundersøkelser for kartlegging av kvikkleire sør og vest for Haugdalsbekken. I tillegg er det tatt med grunnundersøkelser ved Østbyvegen som ikke er presentert tidligere. Eldre grunnundersøkelser i området er også vist på situasjonsplanen.</p> <p>Undersøkelsene viser til dels stor løsmassemekthet (>50 m) vest for Haugdalsbekken, men mektigheten avtar igjen videre vestover. Grunnen består hovedsakelig av leire. Leira er stedvis svært lagdelt med silt- og sandlag, spesielt over ca kt 115 - 120 sentralt i området. I vest, og i dybden i den sentrale del av området er det mer ren leire. Det er påvist kvikk eller sensitiv leire både i den rene leira og i de overliggende mer lagdelte massene.</p>				

INNHOOLD

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.....	3
2.4	Resultater.....	4
3	GRUNNFORHOLD	4
3.1	Løsmasser	4
3.2	Grunnvann.....	4
3.3	Fjell	4

TEGNINGER

Tegn. nr.	Rev. nr.	Tittel	Målestokk
101		Oversiktskart	1: 50 000
102		Situasjonsplan	1: 2 000
103		Profil A m/boringer	
104		Profil B m/boringer	
105		Profil C m/boringer	
106		Borprofil hull 21	
107		Borprofil hull 22	
108		Borprofil hull 43	
109		Treaksialforsøk hull 43, lab nr 06 (2 sider)	
110		Ødometerforsøk hull 43, lab nr 03	
111		Ødometerforsøk hull 43, lab nr 05	
112		CPT hull 41	

TILLEGG

- I Markundersøkelser
- II Laboratorieundersøkelser
- III Spesielle undersøkelser

1 INNLEDNING

1.1 Prosjekt

Kvikkleiresone 1102 Klæbu ligger hovedsakelig øst for Klæbu sentrum, men berører også et område sør for sentrum, på sør- og vestsida av Haugdalsbekken. Klæbu kommune ønsker å avgrense sonens utstrekning sør og vest for Haugdalsbekken.

1.2 Oppdrag

Rambøll Norge AS har gjort innledende grunnundersøkelser for kartlegging av kvikkleiresonens utstrekning sør og vest for Haugdalsbekken.

1.3 Innhold

Rapporten inneholder resultater fra de utførte grunnundersøkelsene sør og vest for Haugdalsbekken. I rapporten er også presentert resultater fra grunnundersøkelser vest for Østbyvegen. Disse undersøkelsene ble utført høsten 2009 for å kartlegge grunnen under skråningen vest for Østbyvegen 3. Det er her over mange år registrert grunnvannsframbrudd med ravinedannelse og erosjon. Erodert masse har lagt seg opp bak og delvis inn mot bolighuset i Østbyvegen 3. Området ved Østbyvegen er en del av den samme avsetningen som kvikkleiresonen sør og vest for Haugdalsbekken.

2 UNDERSØKELSER

2.1 Feltundersøkelser

Feltundersøkelsene er utført i oktober 2009 (punkt 21 og 22) og i mars - april 2010 (punkt 41 - 46). Det er benyttet hydraulisk borerigg Geotech 605. Følgende feltundersøkelser er utført:

Sør og vest for Haugdalsbekken (punkt 41 - 46):

- 6 dreietrykksonderinger inntil 51 m dybde
- Opptak av til sammen 8 uforstyrrede Ø54 mm prøver fra 1 hull
- Trykksondering i 1 punkt til 25 m dybde
- Poretrykksmåling i 2 punkt, i alt 3 målere

Vest for Østbyvegen 3 (punkt 21 og 22):

- 2 dreietrykksonderinger inntil 36 m dybde
- Opptak av til sammen 15 uforstyrrede Ø54 mm prøver fra 2 hull
- Poretrykksmåling i 1 punkt

Plasseringen av borpunktene er vist på situasjonsplanen, tegning nr 102. Feltundersøkelsene er nærmere beskrevet i tillegg I bak i rapporten.

2.2 Oppmåling

Borpunktene er satt ut av Klæbu kommune på grunnlag av boreplan fra Rambøll Norge AS, og innmålt etter avsluttet boring. Punkt plasseringen er tilpasset adkomstforhold og eksisterende kabler og ledninger.

2.3 Laboratorieundersøkelser

Det er utført klassifisering og rutineundersøkelser av romvekt og vanninnhold for alle uforstyrrede prøver. I tillegg er udrenert skjærfasthet bestemt ved konusforsøk og enaksiale trykkforsøk for de mest finkornige prøvene.

For å bestemme effektive skjærstyrkeparametere er det utført treaksialforsøk på 2 uforstyrrede prøver.

På 2 av prøvene er kompressibiliteten målt ved ødometerforsøk med kontinuerlig pålastning. Forsøkene er utført ved NTNU.

Laboratorieundersøkelsene er nærmere beskrevet i tillegg II og III bak i rapporten.

2.4 Resultater

Plassering av boringene er vist på situasjonsplanen, tegning nr 102. Boringene er vist med symboler for type boring, samt angivelse av terreng høyde og boreddybde.

På situasjonsplanen er også vist tidligere grunnundersøkelser i området utført av Kummeneje AS. Disse undersøkelsene er vist med borsymboler og prosjektnummer med noe mindre skriftstørrelse enn nye boringer.

Boreresultatene er framstilt grafisk i profilene A, B og C på tegning nr 103 – 105. Boringer til side for profilene er trukket inn i nærmeste profil. Resultatene fra tidligere grunnundersøkelser er ikke vist i profilene.

Resultatene av rutineundersøkelser av prøver er vist på tegning nr 106 - 108. Treaksialforsøkene er vist på tegning nr 109 (2 sider), og ødometerforsøkene på tegning nr 110 og 111.

Trykksonderingen er vist på tegning nr 112.

3 GRUNNFORHOLD

3.1 Løsmasser

Sonderingene indikerer relativt lagdelte masser med sand, silt og leire i varierende lagtykkelser, spesielt i de øvre lag (over ca kt 115 – 120). Enkelte leirlag er sensitive eller kvikke.

Under denne øvre lagpakken er det mer ren leire, men også denne er stedvis noe lagdelt. Så vel sonderinger som prøvetaking indikerer at leira i dybden inneholder sensitiv eller kvikk leire av noe større mektighet. Det er påvist kvikkeleire i dybden ved prøvetaking i øst ved Østbyvegen og sentralt i området ved punkt 43. Leira er for det meste middels fast.

Borpunkt 46 skiller seg noe ut fra de øvrige boringer ved at det her antas å være mer ren leire og færre/tynnere grove lag, og at det er tydelig indikasjon på kvikkeleire med noe større mektighet (mellom ca kt 116 og 126).

3.2 Grunnvann

Poretrykksmålinger i de høyereliggende deler av området indikerer grunnvannstand 6 – 7 m under terreng ved antatt hydrostatisk poretrykksøkning i dybden. Med relativt lagdelte masser i de øvre lag er det imidlertid etter vår vurdering mer sannsynlig at poretrykksøkningen i dybden her er lavere enn hydrostatisk, og at grunnvannstanden derfor ligger noe høyere. Glidningen nær skråningstoppen vest for Østbyvegen 3 antas å skyldes frambrudd av grunnvann, og dette indikerer også at den virkelige grunnvannstanden står høyere enn det som antas ved hydrostatisk poretrykksøkning i dybden.

Poretrykksmåling i de lavereliggende deler av området indikerer grunnvann i terrengnivå og noe høyere enn hydrostatisk poretrykksøkning i dybden.

3.3 Fjell

Fjell er ikke sikkert påvist ved noen av boringene. Det antas imidlertid at boring 45 og 46 lengst vest har stoppet på fjell ved hhv ca kt 131 og 111. I tillegg er det indikasjon på fjell også i borpunkt 42, ved ca kt 80. Fjellet ser da ut til å falle av fra vest mot øst.

For nærmere beskrivelse av grunnforholdene vises til rapportens bilag.




09.06.10			BVN	TGE	TGE
Rev.	Dato	Tekst	Utarb	Kontr	Godkj

Oppdrag nr. 6070757 Målestokk: 1:50000 Status:

Klæbu kommune
Kvikkleiresone 1102 - Vestre del

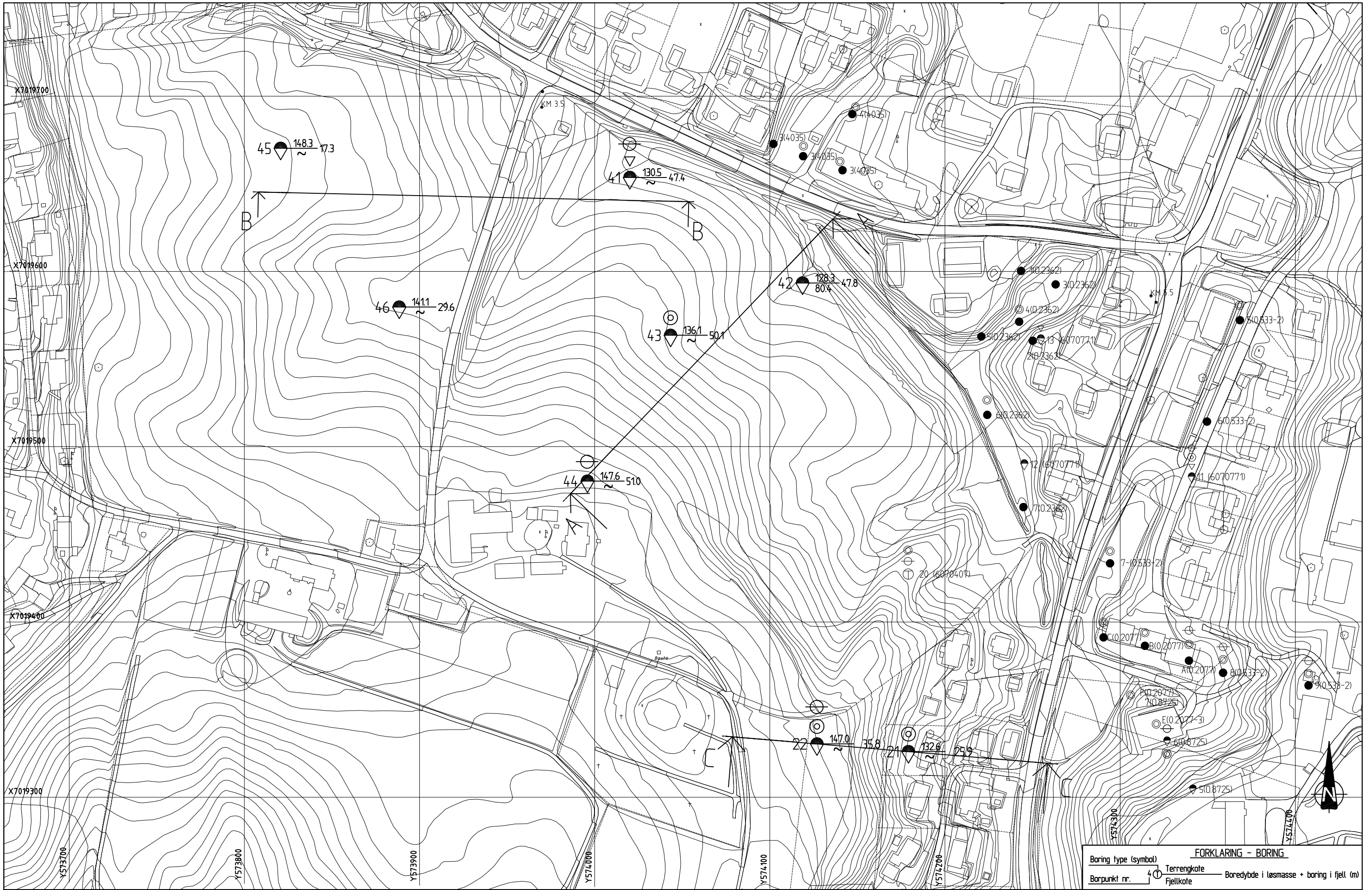
OVERSIKTSKART
UTM ref(UTM32): 05740 70196



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

Tegning nr. 101

Rev.



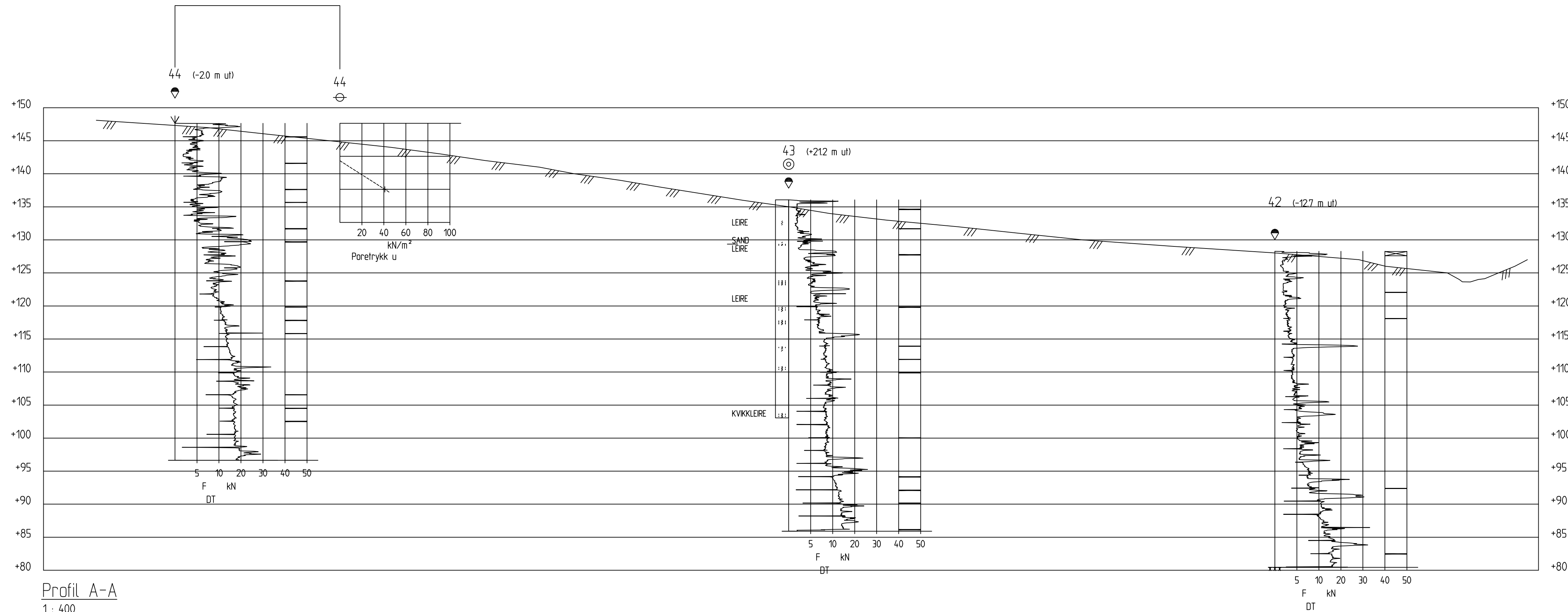
FORKLARING - BORING			
Boring type (symbol)	Terrengkote	Boreddybde i lasmasse + boring i fjell (m)	
Borpunkt nr.	Fjellkote		
OPPDRAG NR. 6090757	MÅLESTOKK 1:2000	BLAD NR.	AV
TEGNING NR. 102		REV.	

09.06.10	BVN	TGE	TGE
REV.	DATO	ENDRING	TEGN KONTR GODKJ
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
Kvikkleiresone 1102
Vestre del
 OPPDRAGSGIVER
Klæbu kommune

INNHOOLD
SITUASJONSPLAN
 ▾ Dreietrykksosdering
 ▽ CPT ⊕ Poretrykksmåling
 ⊙ Prøveserie



Profil A-A
1 : 400

REV.	11.06.10	ENDRING	BVN	TGE	TGE
			TEGN	KONTR	GODKJ
TEGNINGSSTATUS					

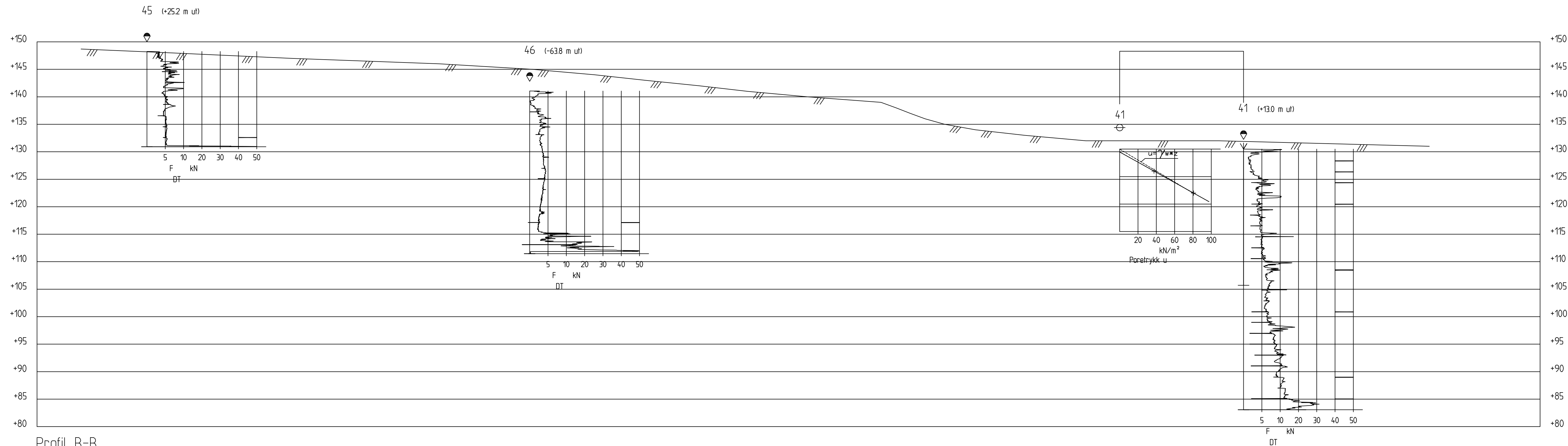


Ramboll Norge AS - Region Midt-Norge
P.B. 7493 Mellomila 79, N-7018 Trondheim
TLF: 73 84 10 00 - FAX: 73 84 10 60

OPPDRAK
Kvikkleiresone 1102
Vestre del
OPPDRAKSGIVER
Klæbu kommune

INNHOOLD
PROFIL A-A
◆ Dreietrykkssondering
⊙ Prøveserie
⊖ Poretrykksmåling

OPPDRAK NR. 6090757	MÅLESTOKK 1:400	BLAD NR.	AV
TEGNING NR.			REV.
103			



Profil B-B
1 : 400

REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ
	11.06.10		BVN	TGE	TGE
TEGNINGSSTATUS					

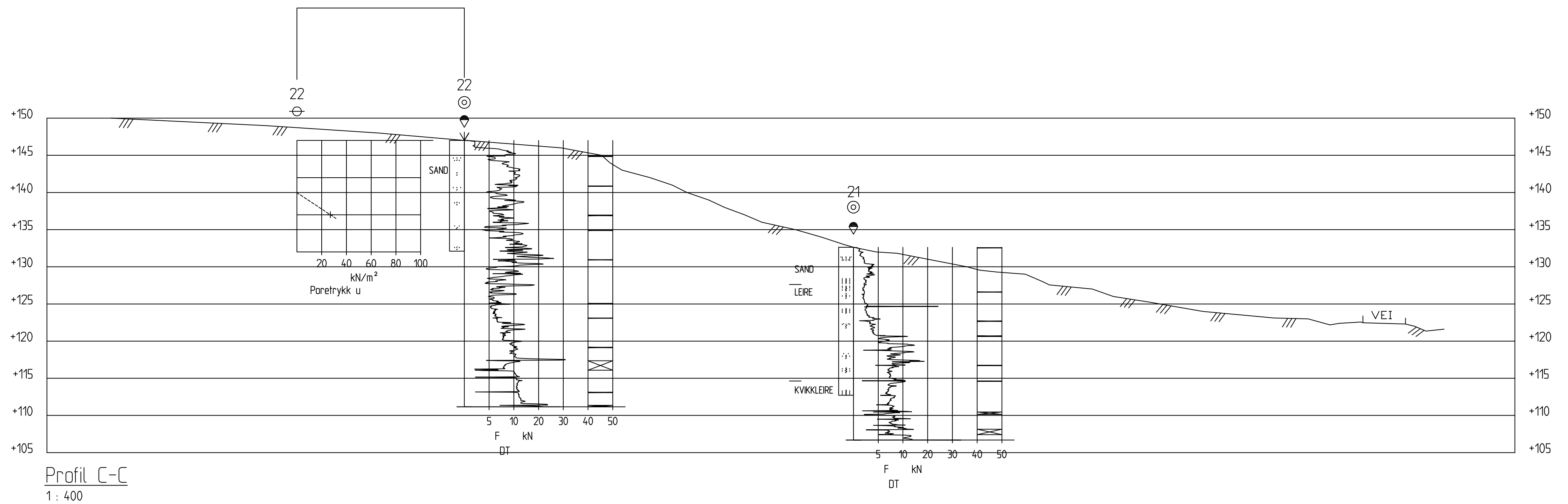


Ramboll Norge AS - Region Midt-Norge
P.B. 7493 Mellomila 79, N-7018 Trondheim
TLF: 73 84 10 00 - FAX: 73 84 10 60

OPPDAG
Kvikkleiresone 1102
Vestre del
OPPDAGSGIVER
Klæbu kommune

INNHOOLD
PROFIL B-B
◆ Dreietrykkssondering
⊖ Poretrykksmåling

OPPDAG NR. 6090757	MÅLESTOKK 1:400	BLAD NR.	AV
TEGNING NR.			REV.
104			



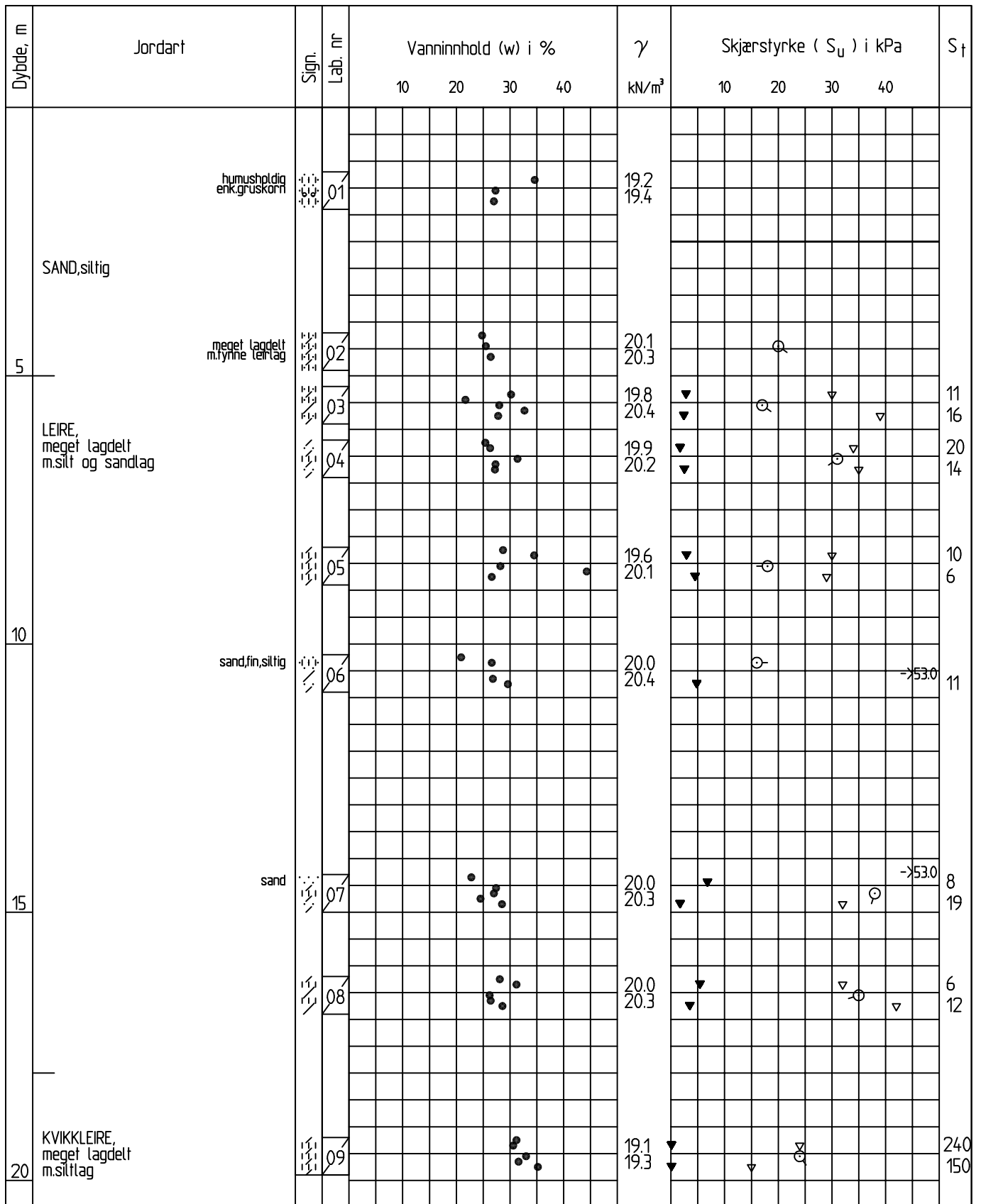
REV.	11.06.10	ENDRING	BVN	TGE	TGE
			TEGN	KONTR	GODKJ
TEGNINGSSTATUS					

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

OPPDRAK
Kvikkleiresone 1102
Vestre del
OPPDRAKSGIVER
Klæbu kommune

INNHOOLD
PROFIL C-C
Dreietrykkssondering
Prøveserie
Poretrykksmåling

OPPDRAK NR. 6090757	MÅLESTOKK 1:400	BLAD NR.	AV
TEGNING NR.			REV.
105			



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

Konussforsøk - Omrørt/uforstyrret: ▼ / ▽

Penetrometerforsøk Konsistensgrense w_p |————| w_L Andre forsøk:

T= Treaksialforsøk

Ø= Ødometerforsøk

K= Kornfordeling

10.06.10	BVN	TGE	TGE
Rev.	Dato	Tekst	Utarb Kontr Godkj

Oppdrag nr. 6090757 Målestokk: 1:100 Status: Rapport

Klæbu kommune
Kvikkleiresone 1102 - Vestre del

BORPROFIL HULL NR.: 21

TERRENGHØYDE: +132.6 PRØVETYPPE: 54 mm

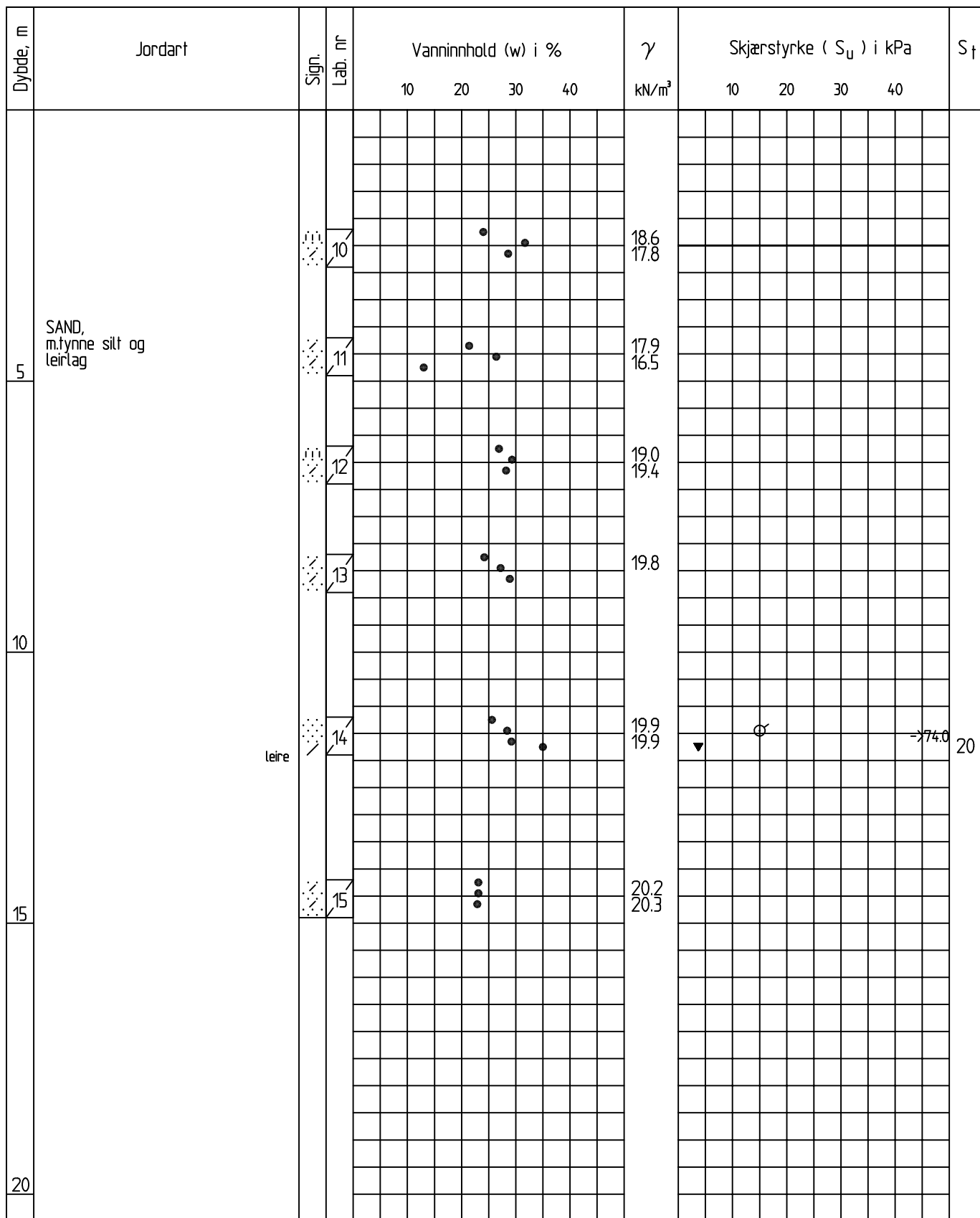


P.B. 7493 Mellomila 79
N-7018 Trondheim
TLF: 73 84 10 00 - FAX: 73 84 10 60
www.ramboll.no

Tegning nr.

Rev.

106



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

Konusforsøk - Omrørt/uforstyrret: ▼ / ▽

Penetrometerforsøk Konsistensgrense w_p |—————| w_L Andre forsøk:

T= Treaksialforsøk

Ø= Ødometerforsøk

K= Kornfordeling

Rev.	Dato	Tekst	Utarb	Kontr	Godkj
	10.06.10		BVN	TGE	TGE

Oppdrag nr. 6090757 Målestokk: 1:100 Status: Rapport

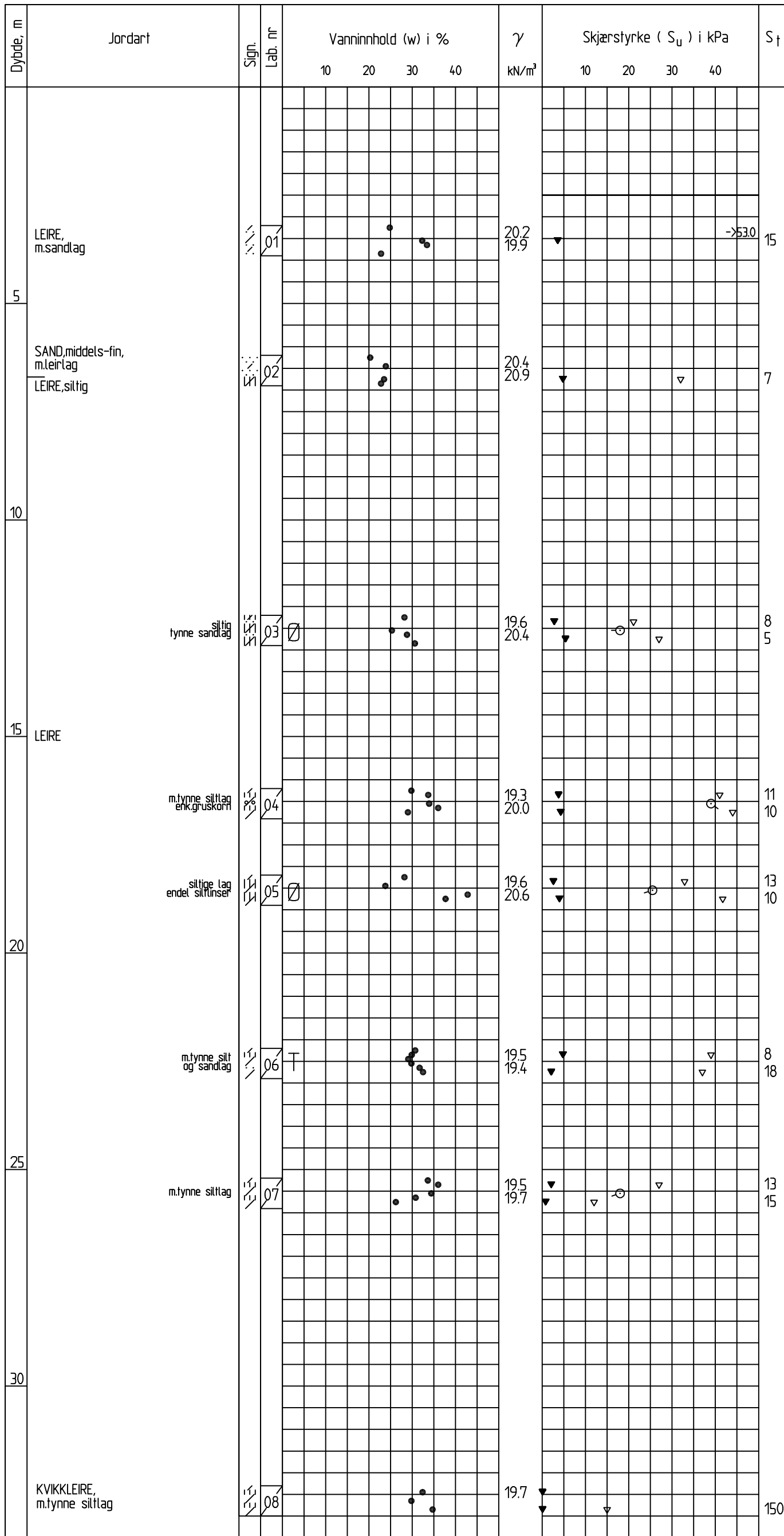
Klæbu kommune
Kvikkleiresone 1102 - Vestre del

BORPROFIL HULL NR.: 22
TERRENGHØYDE: +147.0 PRØVETYPPE: 54 mm



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

Tegning nr. Rev.
107



Enkelt trykkforsøk : (strek angir def.% v/brudd) Konusforsøk - Omrørt/uforstyrret: ▼ / ▽
 Penetrometerforsøk Konsistensgrense w_p ———— w_L Andre forsøk:
 T= Treksialforsøk Ø= Ødometerforsøk K= Kornfordeling

	10.06.10		BVN	TGE	TGE
Rev.	Dato	Tekst	Utarb	Kontr	Godkj

Oppdrag nr. 6090757 Målestokk: 1:100 Status: Rapport

Klæbu kommune
Kvikkleiresone 1102 - Vestre del

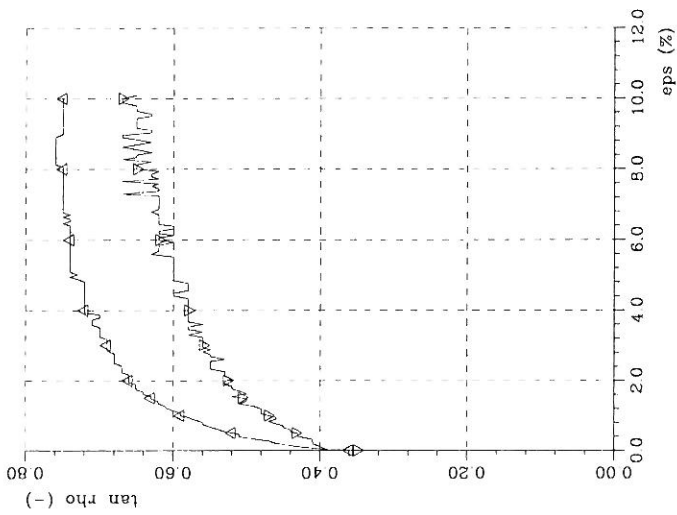
BORPROFIL HULL NR.: 43
TERRENGHØYDE: +136.1 PRØVETYPE: 54 mm

RAMBOLL

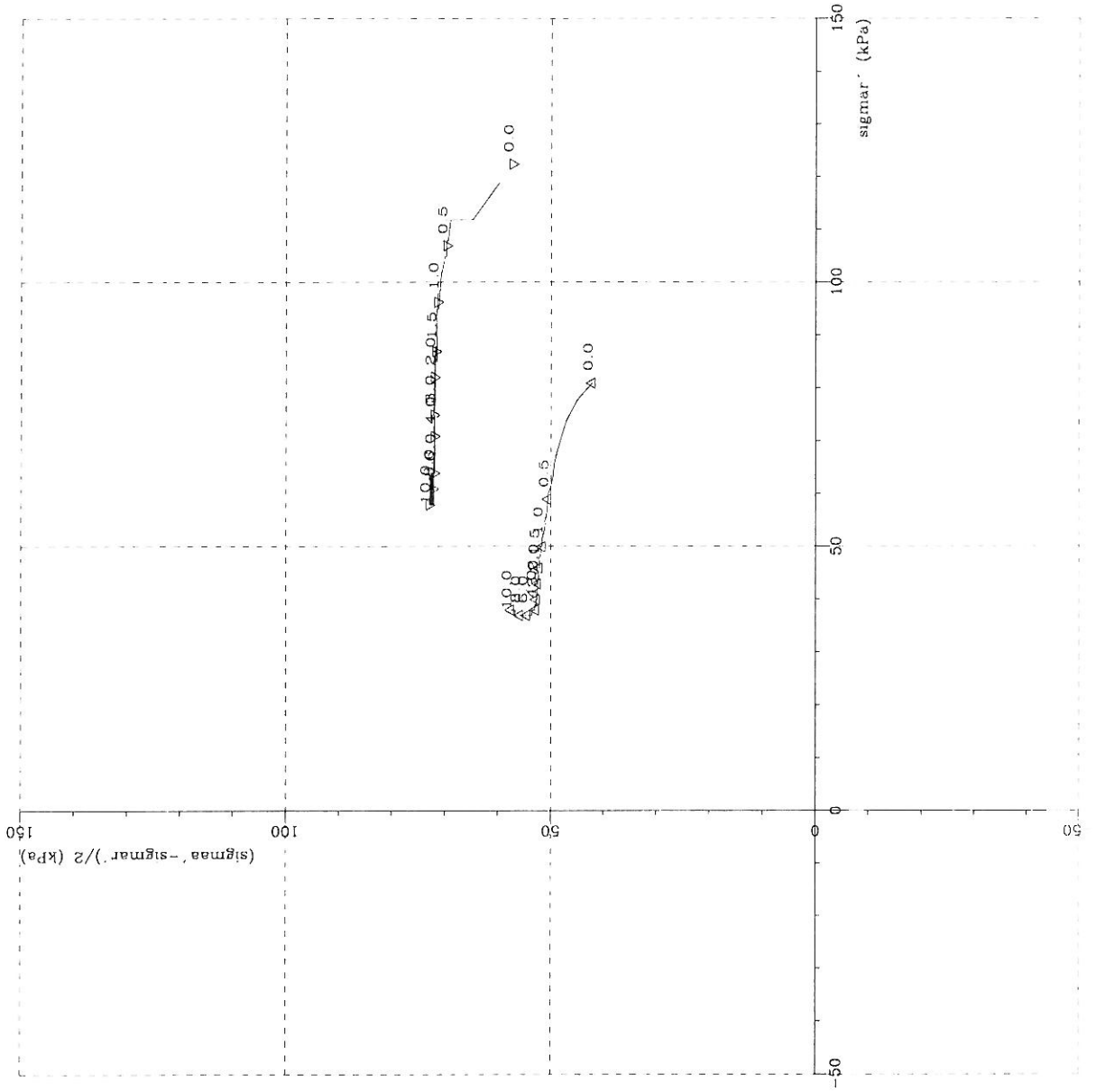
P.B. 7493 Mellomila 79
N-7018 Trondheim
TLF: 73 84 10 00 - FAX: 73 84 10 60
www.ramboll.no

Tegning nr. Rev.
108 108

Sym	Profil	Dybde(m)	Labnr	Forsøkstype	dV(cm ³)	Korr.	Kommentar
▲	43	22.50	06	CAUA	7.30	4	Leire lagdelt
▼	43	22.60	06	CAUA	9.40	4	Leire lagdelt



a (kPa) = 0.00
 a (kPa) = 0.00



TREAKSIALFORSØK

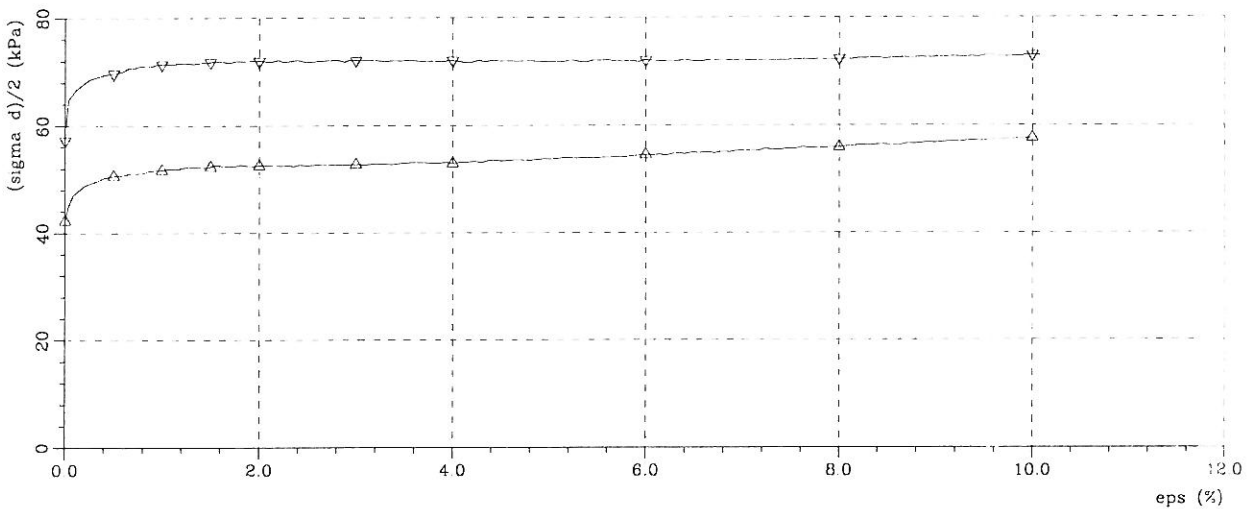
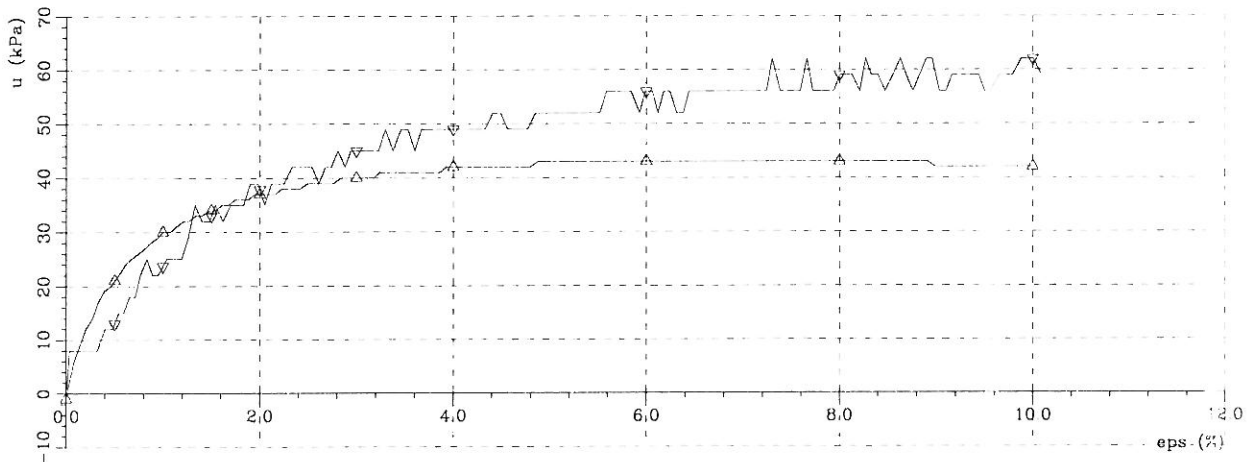
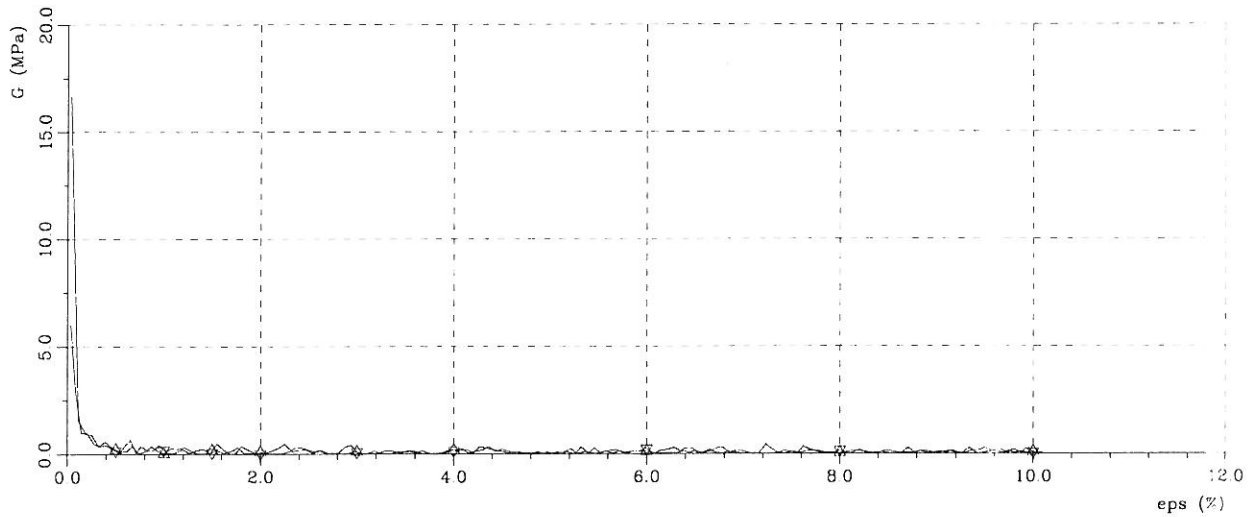
RAMBØLL, divisjon Geo og Miljø

Bu

Oppdr nr:
6090757

Dato
11. 6.10

Fig
109, Side 1



Sym	Profil	Dybde(m)	Labnr	Forsøksstype	dV(cm3)	Korr.	Kommentar
	13	22.50	06	CAUA	7.30	4	Leire, lagdell
	43	22.60	06	CAUA	9.40	4	Leire, lagdell

TREAKSIALFORSØK

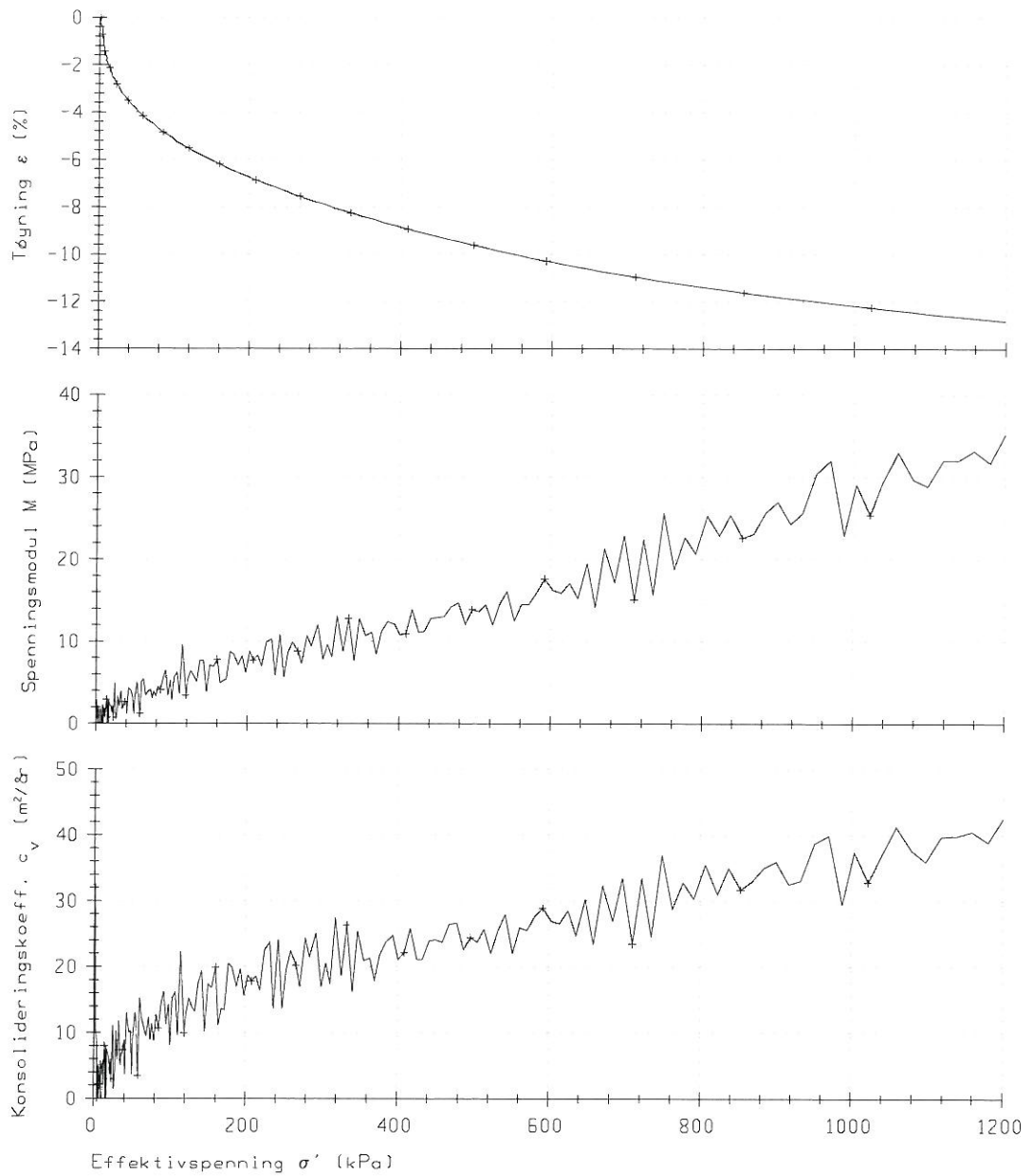
TBE

RAMBØLL, divisjon Geo og Miljø

Oppdr.nr.
6090757

Dato
11. 6.10

Fig
109, side 2



Boring	Dybde,m	Labnr.	F.type	Kommentar
43	12.54	111 03	CRS	Klbu vest

KONTINUERLIG ØDOMETER

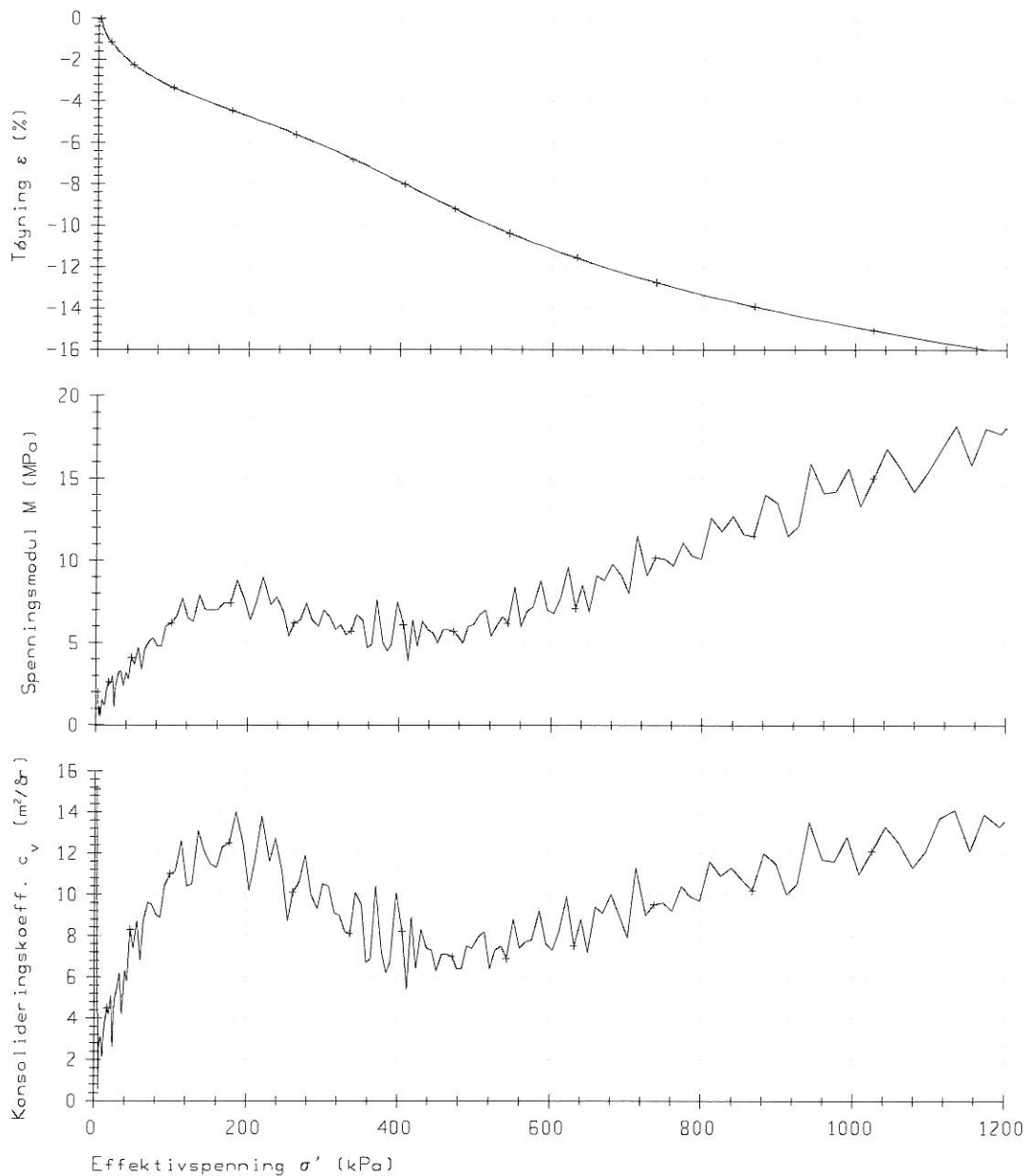
NTNU Geoteknikk

IBCE

Oppdrag
2010.12

Dato
04 30
2010-06-29

Fig.
110



Boring	Dybde,m	Labnr.	F.type	Kommentar
43	18.72	111 05	CRS	Klaebu vest.

KONTINUERLIG ØDOMETER

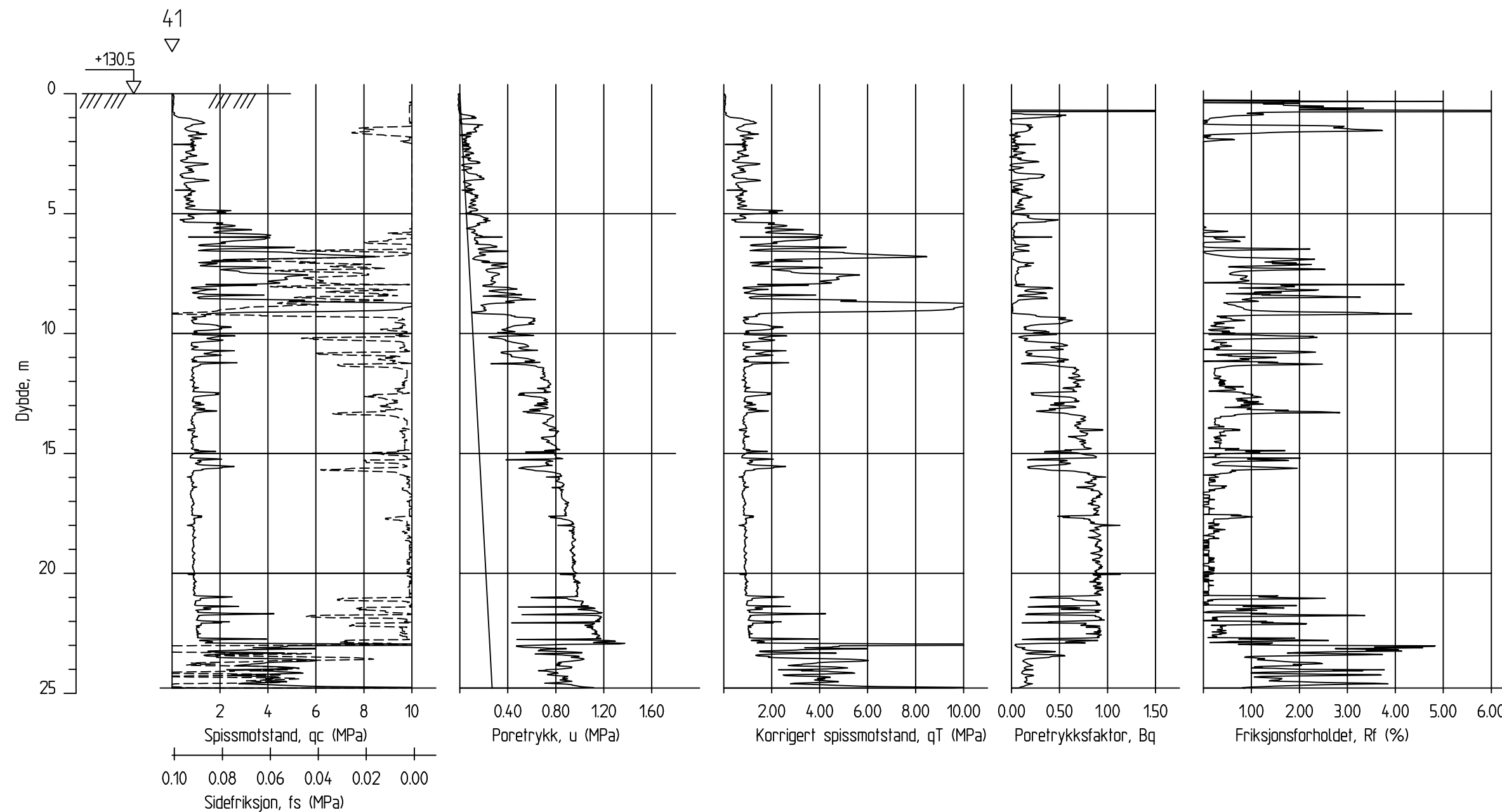
BE

Oppdrag
2010.12

Dato
04 30
2010-07-01

NTNU Geoteknikk

Fig.
111



REV.	09.06.10	ENDRING	BVN	TGE	TGE
TEGNI			TEGN	KONTR	GODKJ
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
Kvikkleiresone 1102
Vestre del
OPPDRAGSGIVER
Klæbu kommune

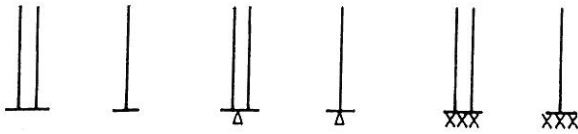
INNHOOLD
BORERESULTAT
▽ CPT HULL 41

OPPDRAG NR. 6090757	MÅLESTOKK 1:200	BLAD NR.	AV
TEGNING NR. 112			REV.

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).



Boring avsluttet (årsak ikke angitt)

Antatt stein, morene, sand ol.

Antatt fjell

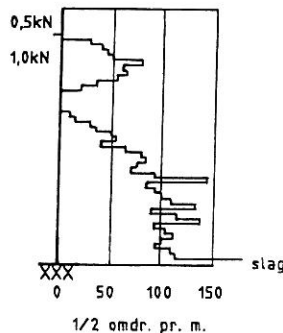


Boret i antatt fjell. (Hvis overgangen er ukjent, settes spørsmåltegn.)

Boret i fjell og kjerne opptatt.

● 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.



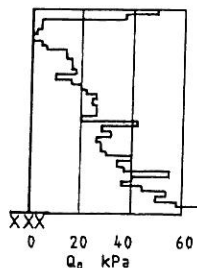
⊕ Totalsondering

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 nedramning 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 hardmetallkrone 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.

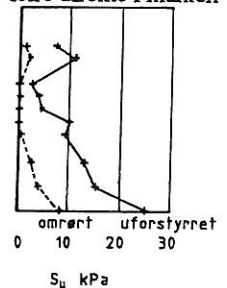
⊙ Prøvetaking

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 grunnen ikke egner seg for vanlig sylindreprøvetaker og hvor slike prøver tilfredsstillende formålet.

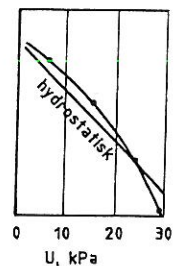
+ Vingeboring

bestemmer udrenert skjærstyrke (s_u) av leire direkte i marken (in situ). Måling utføres ved at vingekors, 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.



⊖ Porevanntrykket

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.

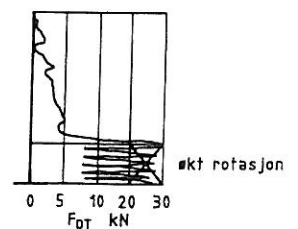


Grunnvannstanden observeres vanligvis direkte ved vannstand i borhullet.

⊖ 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.



LABORATORIEUNDERSØKELSER

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

Romvekt

(γ i kN/m^3) for hel sylinder og utskåret del.

Vanninnhold

(w i %) angitt i prosent av tørrvekt etter tørking ved 110°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 plastisitetsindeks. Er det naturlige vanninnhold over flytegrensen, blir materialet flytende ved omrøring.

Udrenert skjærstyrke

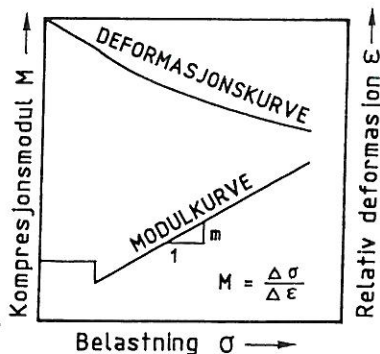
(s_u i kN/m^2) av leire ved hurtige enaksiale trykkforsøk på uforstyrrede prøver med tverrsnitt $3,6 \times 3,6 \text{ cm}^2$ (evt. hel prøve) og høyde 10 cm. Skjærstyrken settes lik halve trykkfastheten. Dessuten måles skjærstyrken i uforstyrret og omrørt tilstand ved konusforsøk, hvor nedsynkningen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

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 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-oksydasjon 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 korndiamter 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.

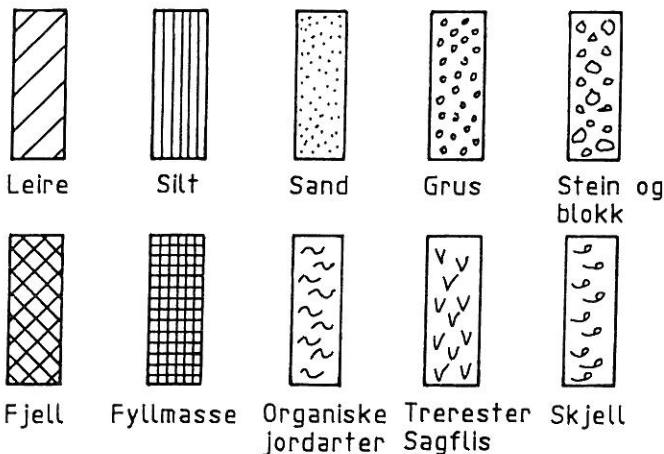
Fraksj.betegn.	Leir	Silt	Sand	Grus	Stein	Blokk
Kornstørr. mm	< 0,002	0,002-0,06	0,06-2	2-60	60-600	> 600

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, gyttje, 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 = aurbelle

S P E S I E L L E U N D E R S Ø K E L S E R

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 oppfyllingen til elastisitetsmodul ut fra platebelastningsforsøk.

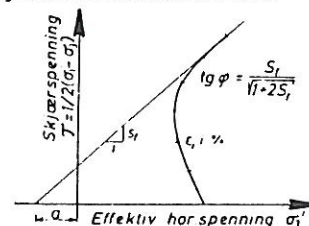
En sirkulær plate med $\varnothing = 30$ cm plasseres på den komprimerte grunnen og belastes trinnvis samtidig som nedbøyning av platen måles med spesielt måleutstyr. Samhørende verdier for belastning og nedbøyning av platen måles med spesielt måleutstyr. Samhørende verdier for belastning og nedbøyning 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 oppnås 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 samhoørende 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 tilhoørende 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 et stempel med areal 3 inch^2 med konstant bevegelseshastighet = 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 bekrefte ut fra forsøk på 2 prøver.