



TRONDHEIM KOMMUNE

Kommunalteknikk

Rapport fra Geoteknisk avdeling

R.1622 Flatåsen kvikkleiresone

24.07.2015



**TRONDHEIM KOMMUNE**Kommunalteknikk
Geoteknisk avdeling

Rapport R1622	FLATÅSEN KVIKKLEIRESONE		
	Datarapport		
Trondheim den:	24.07.2015		
Rev. / dato:			
Oppdragsgiver:	Intern	Oppdrag ved: Tone Furuberg	
Repr. punkt:	Euref 89, øst: 567 600	Euref 89 nord: 7 028 900	
Sted:	Flatåsen	Antall tekstsider:	7
Feltarbeid utført:	26.11.2014– 9.1.2015	Antall bilag:	3
Feltmetoder:	Totalsondering	Prøvetaking	
	CPTU	Poretrykkmåling	
Emneord:	Grunnforhold	Kvikkleire	
Saksbehandler:	Kvalitetssikrer:		
 John Leirvik	 Tone Furuberg		

Sammendrag:

Det er foretatt grunnundersøkelser for ytterligere kartlegging av Flatåsen kvikkleiresone
Det er gjort 12 totalsonderinger, 2 CPTU-sonderinger og tatt opp 21 54 mm sylindrerprøver.
Det er også gjort poretrykkmålinger i ett punkt.

Terrenget i området domineres av kupert ravinelandskap med varierende dybde til fjell.
Boringene vest og sør i sonen tyder ikke på at det er sprøbrudd- eller kvikkleire i grunnen.
Lengst øst i området viste prøvetaking kvikkleire i dybden på ca kote 72 – 65. CPTU-sondering indikerer sprøbruddmateriale ned til kote 52.

For detaljer om grunnundersøkelsene vises det til rapporttekst og tegninger.

1. INNLEDNING

1.1 Prosjekt

Det er ofte spørsmål om skredssikkerhet i kvikkleiresoner i forbindelse med fradeling og byggesaker, men dokumentasjon av skredssikkerhet er et omfattende og kostbart prosjekt som vanligvis ikke er gjennomførbart i forbindelse med et lite byggeprosjekt.

Ved ledig kapasitet for boreriggen gjør kommunen kvikkleirekartlegging. Flatåsen kvikkleiresone ble valgt på grunn av at den er klassifisert i høy faregradskasse samtidig som profesjonelle aktører ikke har kjente utbyggingsinteresser i sonen.

1.2 Oppdrag

Hensikten med grunnundersøkelsene er å kartlegge forekomst av sprøbruddmateriale¹ og kvikkleire² i området og skaffe datagrunnlag for stabilitetsberegninger og utredning av skredssikkerhet for Flatåsen kvikkleiresone. Grunnundersøkelsene er planlagt på grunnlag av tidligere utførte grunnundersøkelser og NVE retningslinje 2-2011 med vedlegg, ref. /1/.

2. UTFØRTE UNDERSØKELSER

2.1 Feltarbeid

Det er gjort 12 totalsonderinger, 2 CPTU-sonderinger og tatt opp til sammen 21 54 mm sylinderprøver og 1 skrueprøve. I tillegg er det foretatt poretrykkmåling i 2 nivå i ett punkt. Borpunktens plassering og undersøkelsestype er vist på situasjonskart i tegning 2.

Sonderingsresultater er vist på egne profiler i tegning 31-39. Resultater fra CPTU-sonderingene sammen med poretrykkfaktoren B_q og friksjonsforholdet R_f er vist i tegning 37 og 39. Kalibreringsskjema for CPTU-sonden og anvendelsesklasse etter NGF-melding nr. 5, er lagt ved i bilag 1 og 2.

Koordinater og terrenghøyder for borpunktene er gitt i tegning 99. Innmålingen ble gjort av grunnborene som brukte som brukte Leica Viva GS08plus.

Feltarbeidene ble utført 26/11-4/12.2014 og 29/1.2015. Poretrykkmålerne ble avlest utover våren 2015, se bilag 3.

2.2 Laboratorieundersøkelser

Prøvene som ble tatt opp er undersøkt i vårt geotekniske laboratorium. Prøvene er beskrevet og klassifisert. Videre er vanninnhold og tyngdetetthet bestemt. Den udrenerte skjærfastheten i omrørt tilstand er bestemt ved konus- og trykkforsøk. Sensitiviteten er bestemt på grunnlag av konusforsøk. Resultatene fra laboratorieundersøkelsene er sammenstilt på borprofil i tegning 51-57.

Det ble utført treaksialforsøk for å bestemme effektiv skjærstyrkeparametre for leira. Det ble utført to treaksialforsøk på prøver fra hull 12, dybde 19,32 og 19,5 meter under terreng. Resultat fra treaksialforsøkene er vist i tegning 71 og 72.

Det er utført ett ødometerforsøk for å bestemme kompressibilitet og prekonsolideringspenning (forbelastningsnivå) for leira.

¹ Sprøbruddmateriale: omrørt skjærfasthet $c_{u,r} < 2$ kPa og sensitivitet $S_t > 15$, ref. /2/.

² Kvikkleire: omrørt skjærfasthet $c_{u,r} < 0,5$ kPa, ref. /3/.

Det er utført kornfordelingsanalyse på skrueprøven i punkt 10. Resultater fra kornfordelingsanalysen er vist i tegning 91.

2.2 Tidligere grunnundersøkelser

Trondheim kommune, Rambøll og Multiconsult har tidligere gjort grunnundersøkelser i området. Følgende rapporter, med unntak av 2, er lagt til grunn for planlegging av grunnundersøkelsene:

- R.142 Selsbakk, Trondheim kommune, 1984
- R.225 Leirelva, Trondheim kommune, 1971
- R.284 Leirbrua – Kolstad vannledning, Trondheim kommune, 1973
- R.659-3 Forsøket, Trondheim kommune, 1995
- R.1087 Buengvegen, Trondheim kommune, 1999
- R.1164 Buenget, Trondheim kommune, 2005
- R.1245 Buengveien 3, Trondheim kommune, 2005
- R.1264 Buenget – Tilknytning avløp, Trondheim kommune, 2005
- R.1517 Buengvegen 109, Trondheim kommune, 2011
- R.1621 Buengvegen fortau, Trondheim kommune, 2014
- O.3271 Buenget, Kummeneje (ikke innsyn)
- O.4277 Boligtomt Buenget, Kummeneje, 1983
- O.4491 Eneboligtomt Buenget, Kummeneje, 1984
- O.6898 Flatåsen Trafo, Kummeneje (for Trondheim kommune), 1990
- 640305A Boligtomt Buengvegen, Rambøll, 2004
- 415655 Kvikkleiresone Romolslia” Multiconsult, 2013
- 413832 Reguleringsplan Høieggen” Multiconsult, 2009 (ikke innsyn)

Trondheim kommune har fått tillatelse av Rambøll til å bruke data fra rapportene O.4277, O.4491 og 640305A i kvikkleireutredningen.

Det er tidligere gjort en innledende stabilitetsvurdering av nordre del av sonen i forbindelse med regulering av Høieggen - Buenget som viste at nordre del av sonen har tilstrekkelig sikkerhet mot kvikkleireskred. Derfor er det ikke gjort grunnundersøkelse i dette området.

3. GRUNNFORHOLD

3.1 Topografi

Terrenget i området er et kupert ravineområde. Terrenget heller mot nordøst. Kvikkleiresonen er avgrenset i nord av Leirelva, og i øst er sonen avgrenset av bekken som ligger på østsiden av jernbanen. Sør i området, ved gården Nordre Flatåsen flater terrenget noe ut.

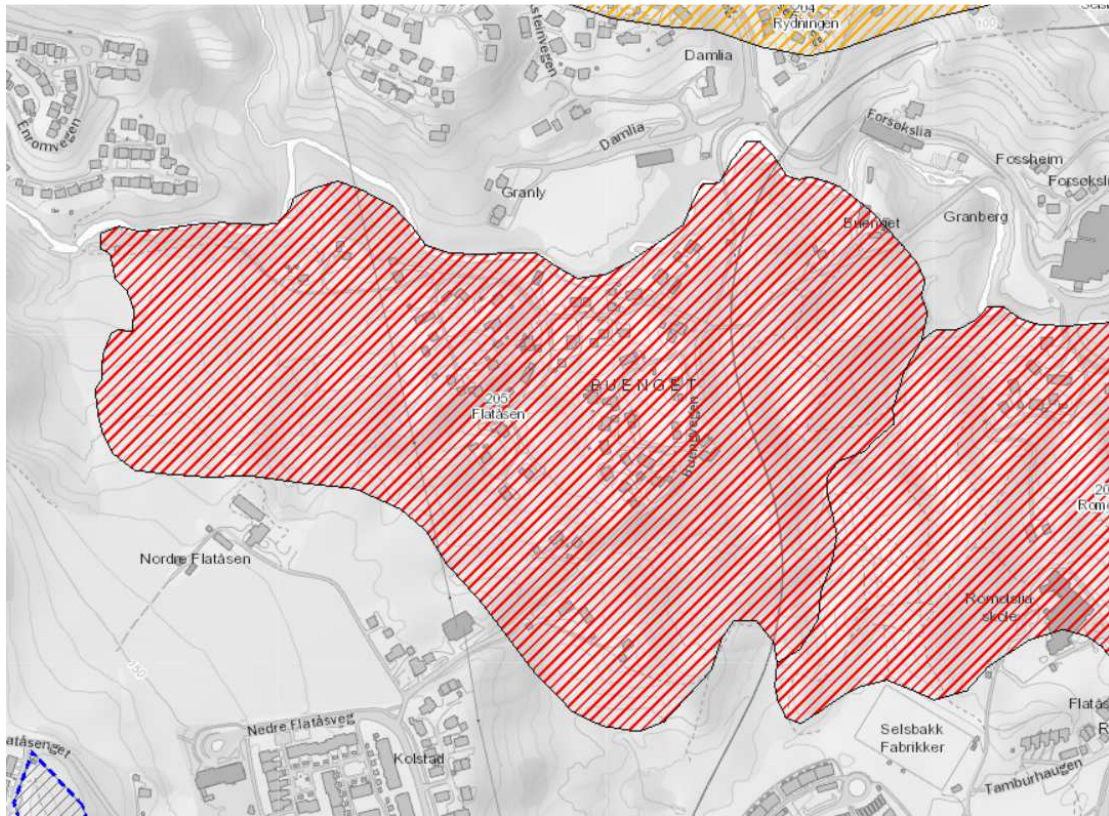
3.2 Løsmasser

NVE har tidligere definert utstrekning av Flatåsen kvikkleiresone, kvikkleiresonens utstrekning er vist i tegning 02 og figur 1.

NGUs løsmassekart i figur 2 på neste side, viser at grunnen i hovedsak består av en tykk havavsetning. Grunnundersøkelsene viste at løsmassene bestod av leire med varierende dekketykkelse.

Leira er siltig, og flere prøver har innhold av sand- og gruskorn. Prøvene viser også enkelte

sandlag, og prøve 12 har innhold av skjellrester. Vanninnholdet i leira varierer fra 21 til 31 %.



Figur 1: Utsnitt fra skrednett.no, Flatåsen kvikkleiresone, klassifisert i høy faregradsklasse



Figur 2: Utsnitt av NGU løsmassekart

Vest i området:

Vest i kvikkleiresonen ble det boret til fjell i borpunkt 1- 6 uten at sonderingsresultatene tydet på at det er sprøbruddleire i grunnen. Det ble heller ikke påvist sprøbruddleire i

prøver. Løsmasseoverdekningen over fjell varierer i området fra 5 m til 18 m.

Sørøst i området:

Det samme gjelder for borpunkt 9 sør i kvikkleiresona, her ble det boret 10 m ned til fjell uten at sonderingsresultatet tyder på at det er sprøbruddeleire i grunnen.

Øst i området:

Lenger øst i sonen tyder sonderingene på at det er sprøbruddeleire i dybden. Prøvetaking viser at det er meget sensitiv kvikkleire i dybden. I boringene lengst nordøst, borpunkt 10-12 er det ikke nådd fjell, og løsmasselaget har minst 42m tykkelse.

I borpunkt 8 viser prøver at det er sprøbruddmateriale i dybde 10-12. Fra 14 til 20 m dybde er det kvikkleire.

Prøver i borpunkt 10 viser kvikkleire i dybde 16-20 m. Totalsonderingen antyder at kvikkleira kan gå ned til 25m dybde.

Det ble gjort CPTU-sonderinger i borpunkt 10 og 12. I punkt 10 ble CPTU-sonderingen gjort i umiddelbar nærhet til tidligere hull for totalsonderingen, ca 3 m unna. Denne CPTU-sonderingen traff et sandlag i dybde 18,7 m og sonderingen ble stoppet i dybde 19,8 m da sonden ikke lenger fungerte.

Totalsonderingen i borpunkt 11 viser høy sonderingsmotstand. Det ble så forboret ned til 10 m dybde og gjort en ny totalsondering (borpunkt 12) som indikerte kvikkleire i dybde 17-24 m. CPTU-sonderingen i punkt 12 indikerer også kvikkleire, men helt ned til avslutning av sonderingen på 35,7 m dybde. Prøvetaking i borpunktet bekrefter forekomsten av kvikkleire. CPTU-sonderingen antyder et tynt sandlag i dybde 34 m.

Beliggenhet av kvikkleire

Utførte grunnundersøkelser viser at øst for jernbanefyllinga ligger kvikkleira i dybden fra kote 72 til kote 65, mens den ligger noe høyere vest for jernbanen. Dette basert på prøvetaking. I punkt 12 indikerer CPTU-sondering sprøbruddmateriale ned til kote 52. Lengst vest i kvikkleiresonen viser ikke grunnundersøkelsene antydning til kvikkleire.

3.3 Grunnvann

Den 28.01.2015 ble det i punkt 12 satt ned åpne hydrauliske poretrykksmålere med spissdybde på 16,0 og 21,0 m. Terrenkote for punkt 12 er 87,26 m (NN 2000). I bilag 3 vises utviklingen av poretrykk over tid.

De hydrauliske poretrykkmålingene viser et nivå inne i røret 16 – 20 m under terrengnivå. CPTU-sonderingen på samme sted har målt poretrykk fra 10 m dybde (der CPTU-sonderingen startet etter forboring). Det lave poretrykket fra de hydrauliske poretrykkmålerne kan skyldes flere ting. Det kan være drenerende lag av silt i leira som effektiv drenerer ut vannet i skråningen. Det kan også være tetting av filteret på spissen av røret. Samtidig er det en svakt avtakende tendens i målte poretrykk, noe som kan tyde på at poretrykkmåleren fungerer.

Ved tolkning av poretrykksfaktoren B_q fra CPTU-sonderinger i borpunkt 10 og 12 er GV-nivå valgt til henholdsvis 4 og 6 m under terrengnivå, og hydrostatisk trykk.

3.4 Fjell

8 av totalsonderingene er avsluttet mot antatt fjell, 1 totalsondering er avsluttet mot fast grunn. Dybde til antatt fjell er vist nedenfor. Fjellkoter framgår av tegning 2.

Borpunkt	Dybde til antatt fjell (m)
1	5,7
2	9,6
3	5,0
4	5,0
5	12,4
7	1,5
8	35,5
9	10,4

4. REFERANSER

- 1 NVE retningslinje 2-2011 med vedlegg. Flaum- og skredfare i arealplanar. Revidert 22. mai 2014.
- 2 NVE veileder 7-2014: Sikkerhet mot kvikkleireskred.
- 3 NGF melding nr. 2: Veiledning for symboler og definisjoner i geoteknikk. Identifisering og klassifisering av jord, utgitt 1982, rev. 2 2011.

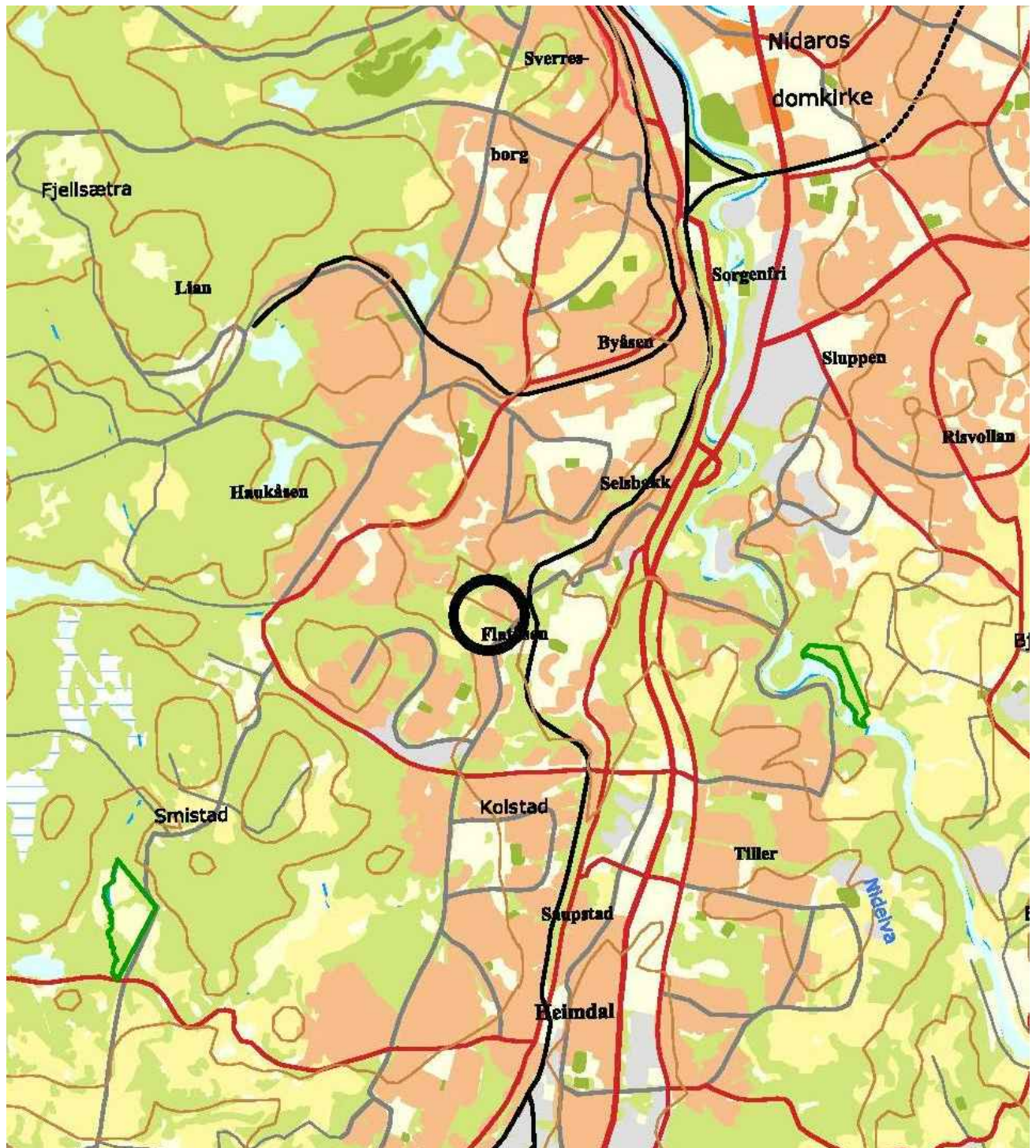
5. TEGNINGSLISTE

<i>Tegning</i>	<i>Revisjon</i>	<i>Tema</i>
01	00	Oversiktskart
02	00	Situasjonskart, målestokk 1:2000
31	00	Totalsondering 1 og 2
32	00	Totalsondering 3 og 4
33	00	Totalsondering 5
34	00	Totalsondering 6 og 7
35	00	Totalsondering 8
36	00	Totalsondering 9
37	00	Total- og CPTU-sondering 10
38	00	Totalsondering 11
39	00	Total- og CPTU-sondering, og poretrykkmåler, punkt 12
51	00	Borprofil, punkt 2
52	00	Borprofil, punkt 5
53	00	Borprofil, punkt 8
54	00	Borprofil, punkt 10
55	00	Borprofil, punkt 11
56	00	Borprofil, punkt 12

<i>Tegning</i>	<i>Revisjon</i>	<i>Tema</i>
57	00	Borprofil, punkt 10SK
71-72	00	Resultat fra treaksialforsøk i punkt 12, dybde 19,32 og 19,5 m
81	00	Resultat fra ødometerforsøk i punkt 12, dybde 19,48 m
91	00	Kornfordelingsanalyse, hull/prøve 10/21, dybde 19-20 m
99	00	Koordinater for innmålte punkt

6. BILAGSLISTE

<i>Bilag</i>	<i>Tema</i>
01	Kalibreringsskjema for CPTU-sonde 4352, kalibrert 2013-09-13
02	CPTU-sondering 10 og 12, anvendelsesklasse etter NGF-melding nr.5
03	Poretrykksmåling i punkt 12



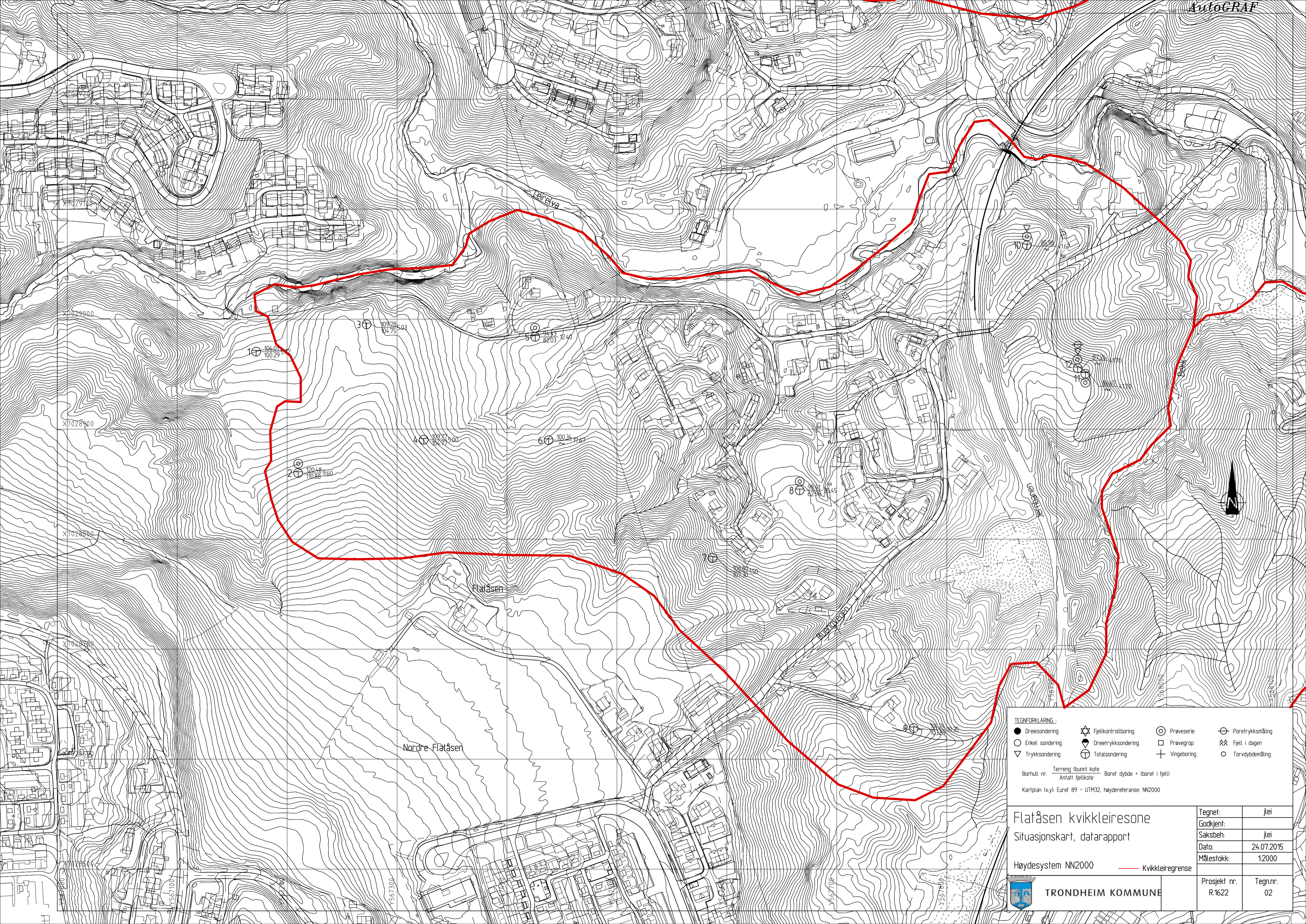
Flatåsen kvikkleiresone

Oversiktskart



TRONDHEIM KOMMUNE

Tegnet:	jlei
Godkjent:	
Saksbeh:	jlei
Dato:	13.01.2015
Målestokk:	1:50000
Prosjekt nr. R.1622	Tegn.nr. 01



TEGNFORKLARING:

● Direiesondring	⚙ Fjellkontrollboring	⊙ Prøveserie	⊖ Poretrykksmåling
○ Enkelt sondring	⊕ Direietrykksondring	⊞ Prøvegrøp	⚡ Fjell i dagen
▽ Trykksondring	⊕ Totalsondring	+ Vingeborring	○ Torvdydemåling

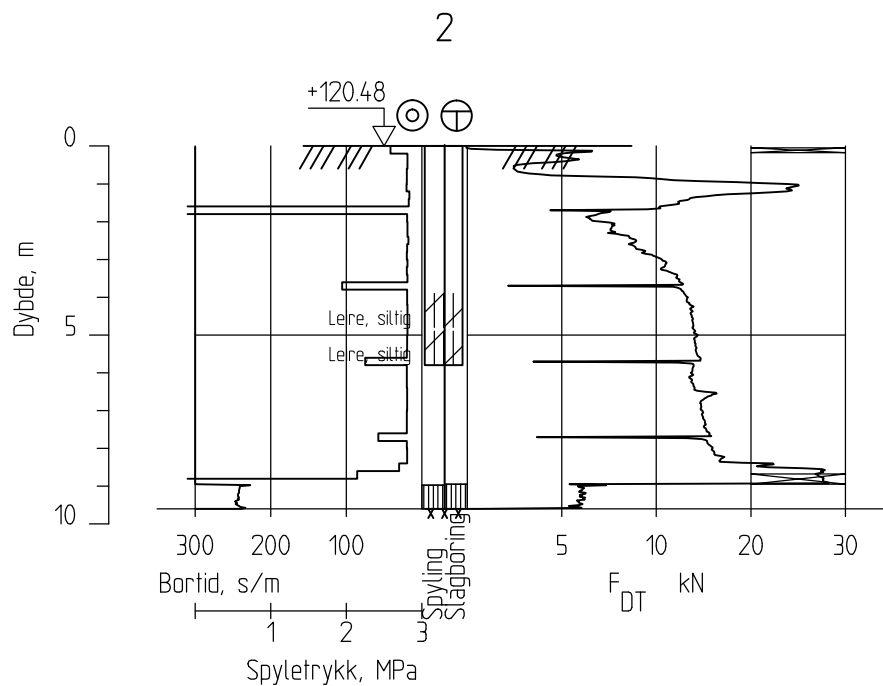
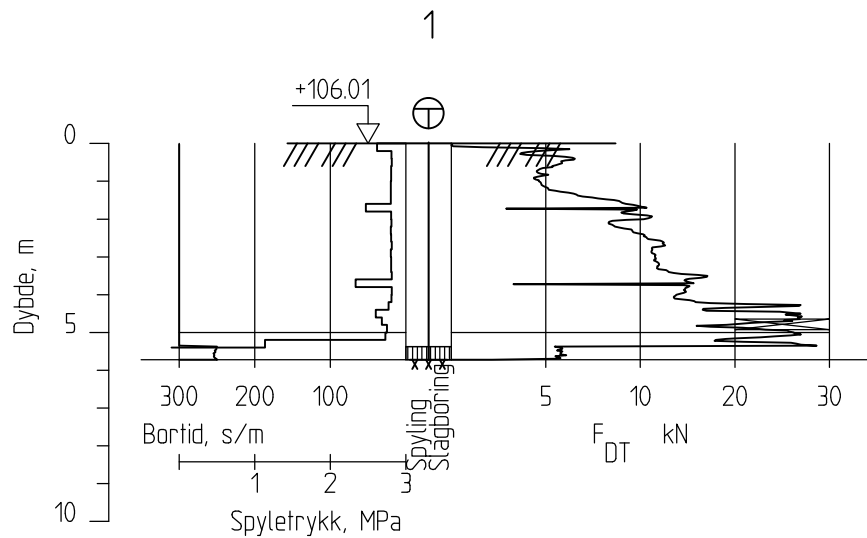
Borhull nr. Terrang (bunn) kote Boret dybde + (boret i fjell)
 Antall fjellkote

Kartplan (x,y): Euref 89 - UTM32, høydereferanse: NN2000

Flåtåsen kvikkleiresone		Tegnet:	Jlei
Situasjonskart, datarapport		Godkjent:	
		Saksbeh:	Jlei
		Dato:	24.07.2015
		Målestokk:	1:2000

Høydesystem NN2000	— Kvikkleiregrens	Prosjekt nr. R.1622	Tegn.nr. 02
--------------------	-------------------	------------------------	----------------





Flatåsen kvikkleiresone

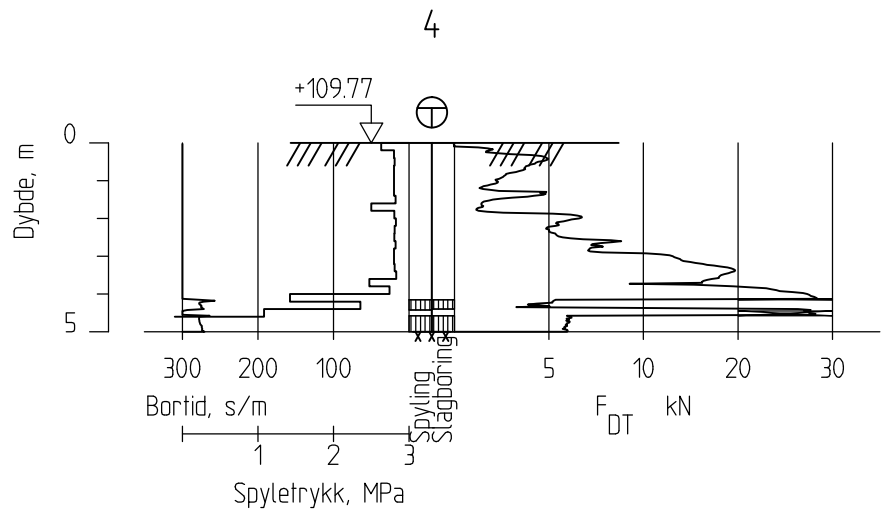
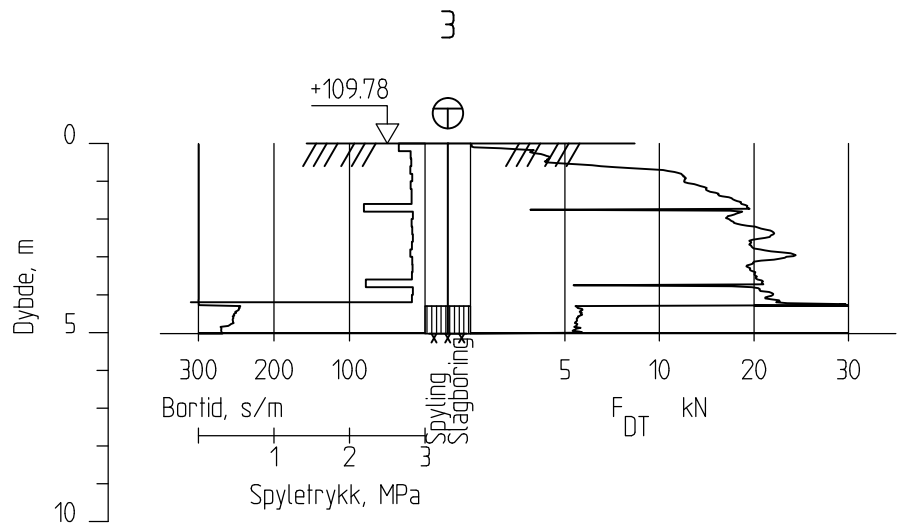
Totalsondering 1 og 2

Høydesystem NN2000



TRONDHEIM KOMMUNE

Tegnet:	jlei
Godkjent:	
Saksbeh:	jlei
Dato:	22.06.2015
Målestokk:	1:200
Prosjekt nr. R.1622	Tegn.nr. 31

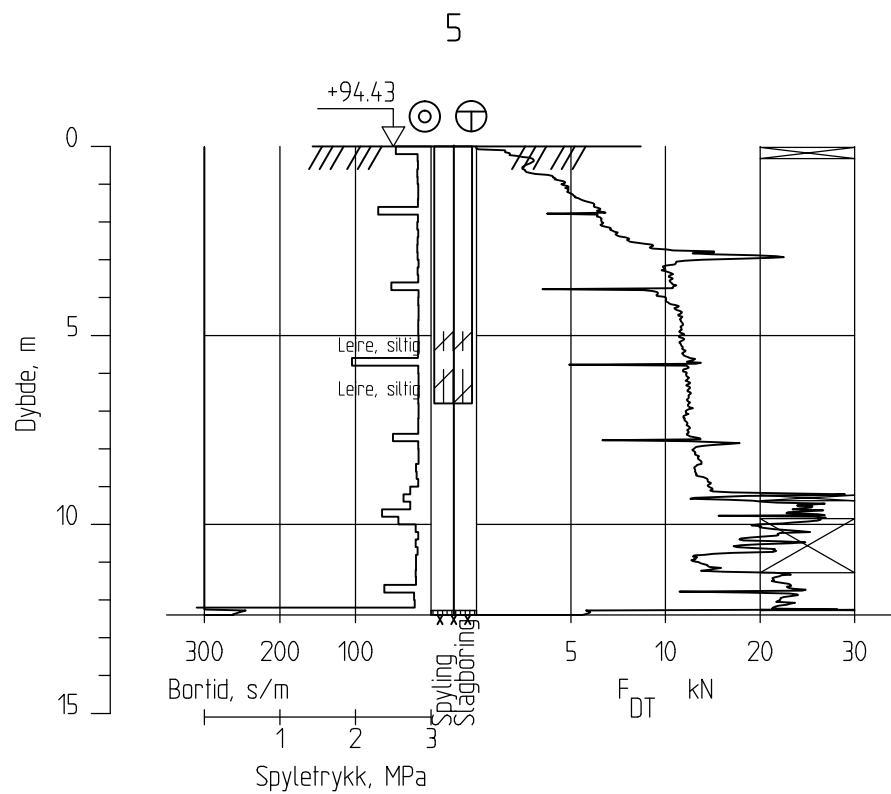


Flatåsen kvikkleiresone
Totalsondering 3 og 4
Høydesystem NN2000



TRONDHEIM KOMMUNE

Tegnet:	jlei
Godkjent:	
Saksbeh:	jlei
Dato:	13.01.2015
Målestokk:	1:200
Prosjekt nr. R.1622	Tegn.nr. 32



Flatåsen kvikkleiresone

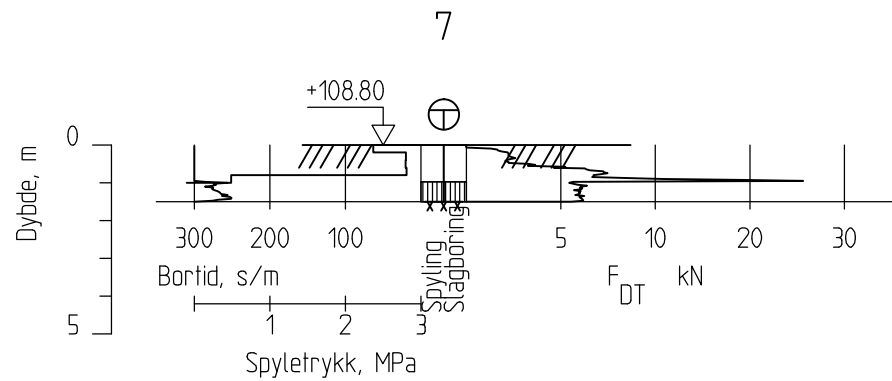
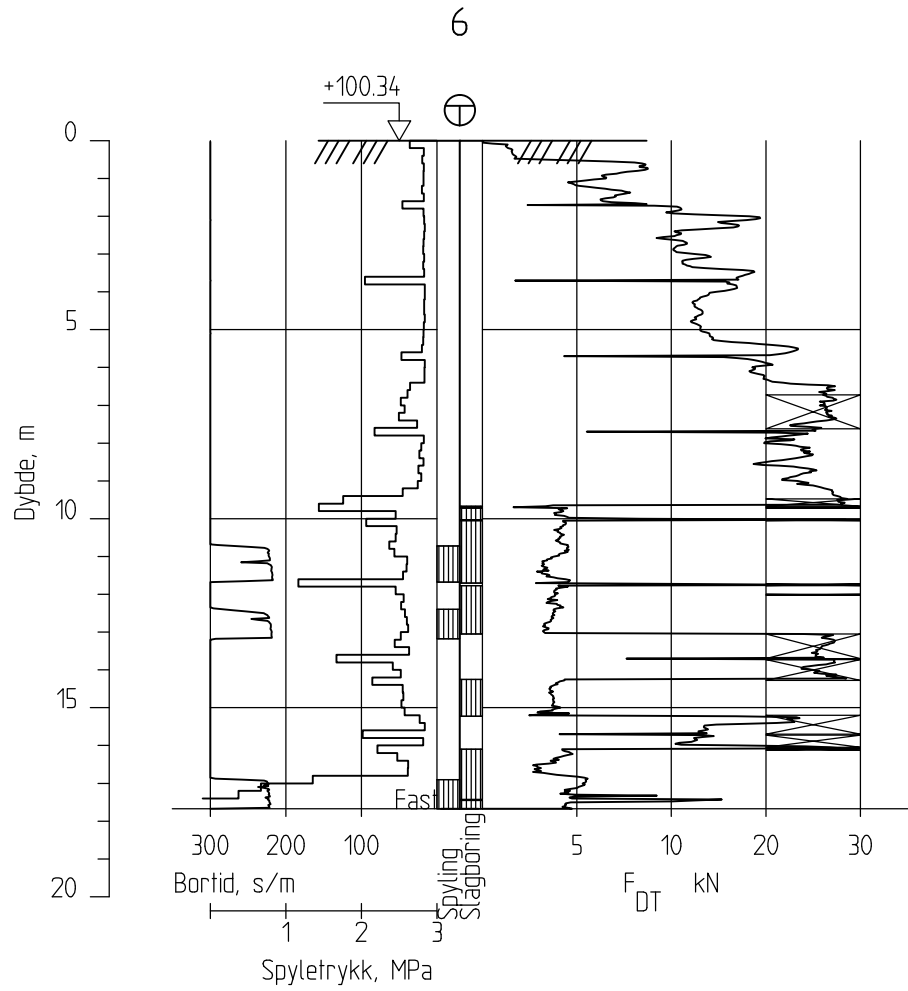
Totalsondering 5

Høydesystem NN2000



TRONDHEIM KOMMUNE

Tegnet:	jlei
Godkjent:	
Saksbeh:	jlei
Dato:	22.06.2015
Målestokk:	1:200
Prosjekt nr. R.1622	Tegn.nr. 33



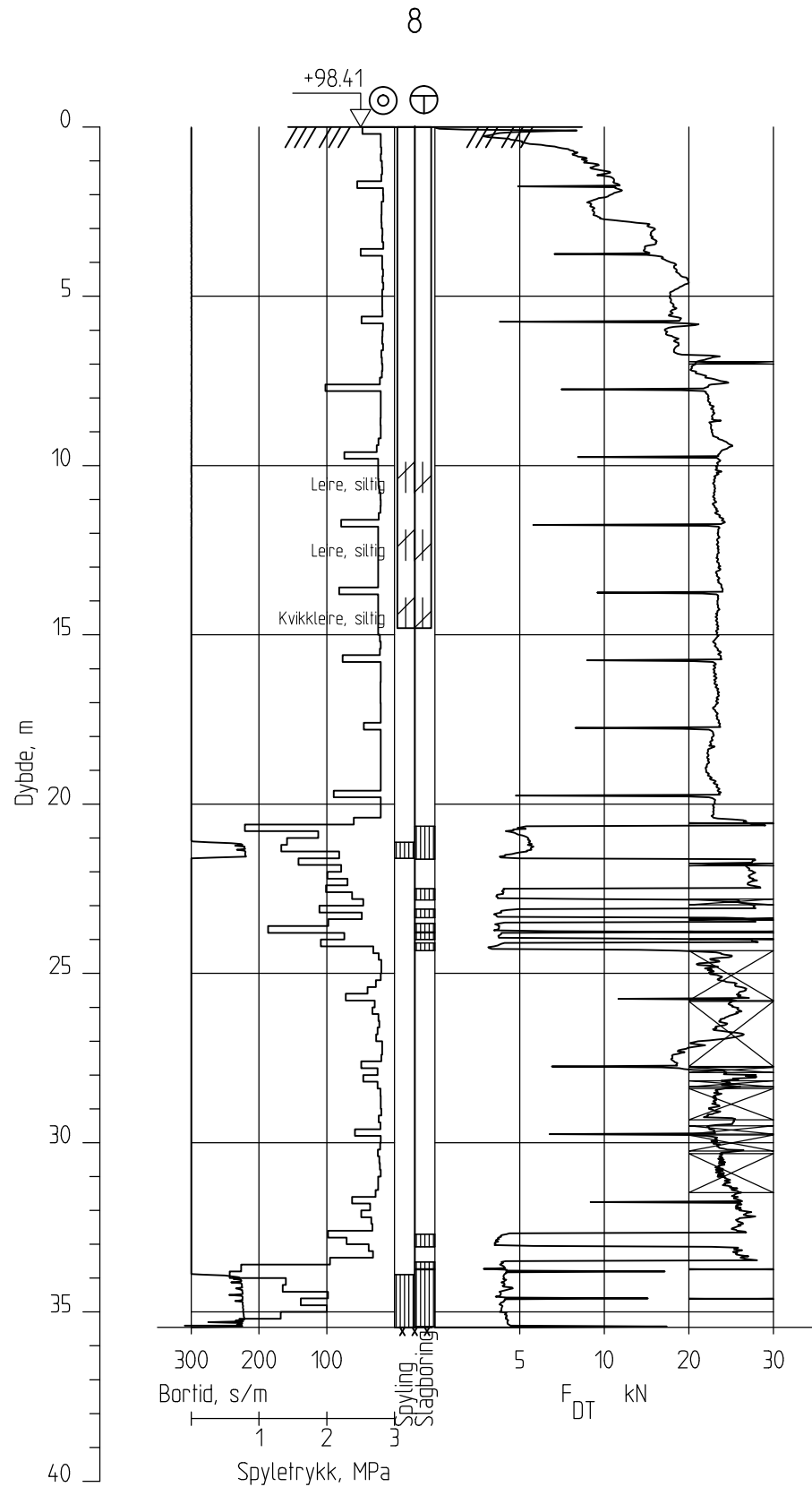
Flatåsen kvikkleiresone
Totalsondering 6 og 7

Høydesystem NN2000



TRONDHEIM KOMMUNE

Tegnet:	jlei
Godkjent:	
Saksbeh:	jlei
Dato:	13.01.2015
Målestokk:	1:200
Prosjekt nr. R.1622	Tegn.nr. 34



Flatåsen kvikkleiresone

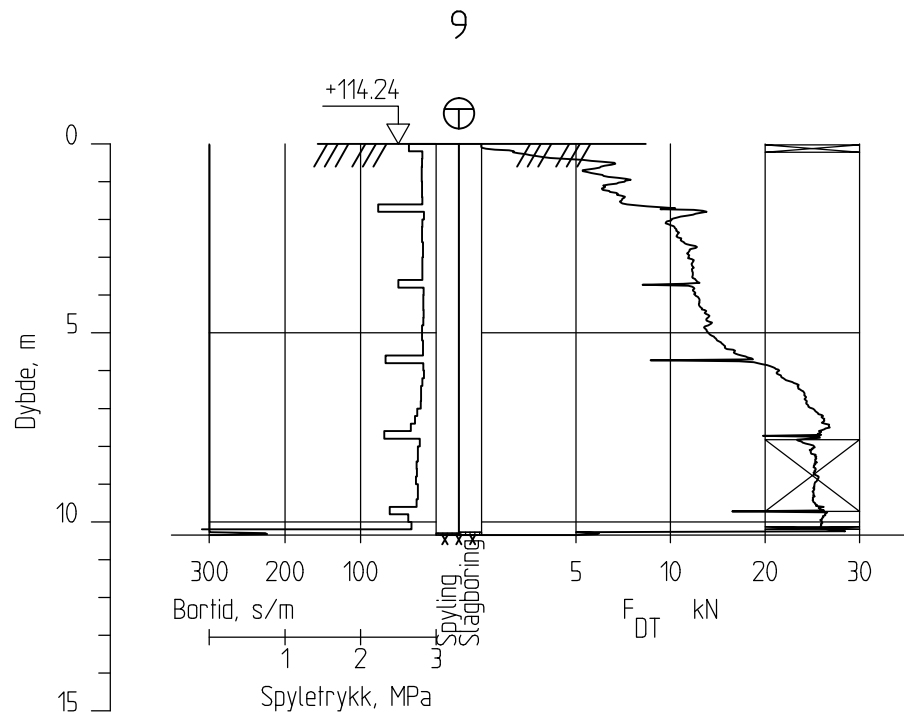
Totalsondering 8

Høydesystem NN2000



TRONDHEIM KOMMUNE

Tegnet:	jlei
Godkjent:	
Saksbeh:	jlei
Dato:	22.06.2015
Målestokk:	1:200
Prosjekt nr. R.1622	Tegn.nr. 35

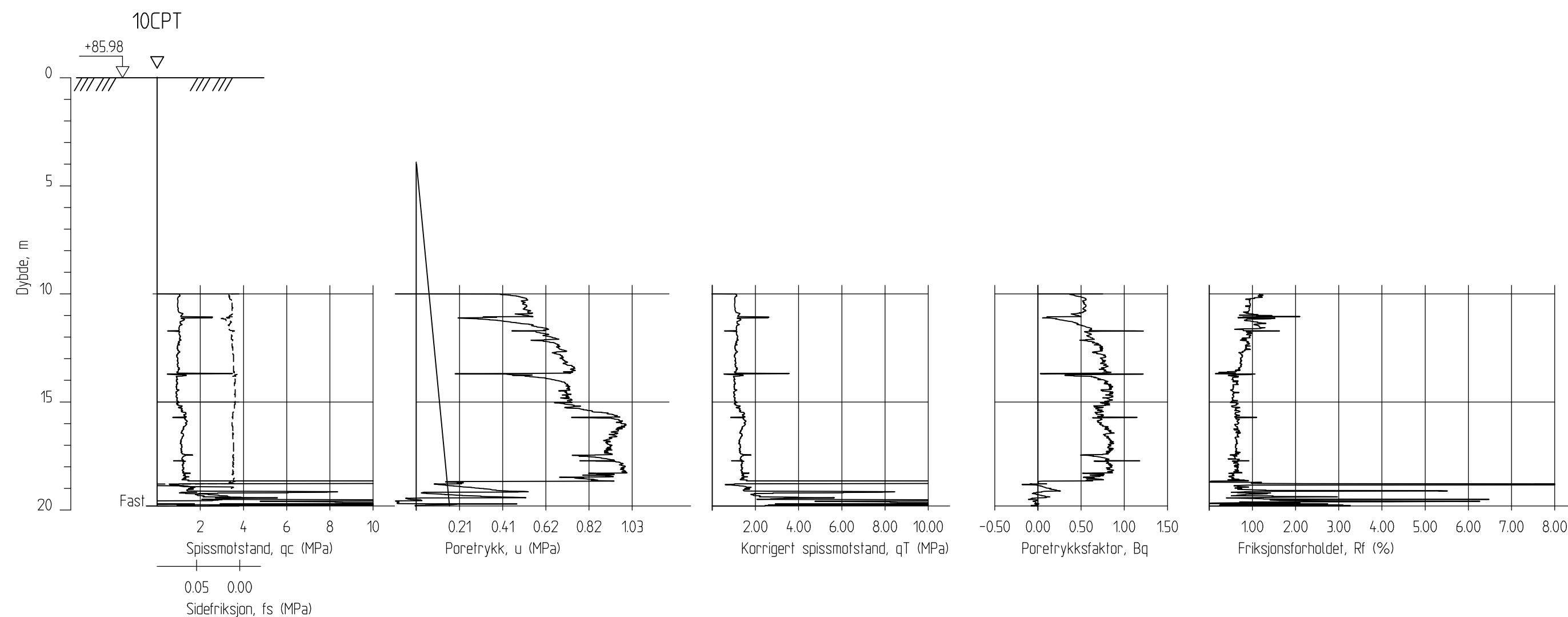
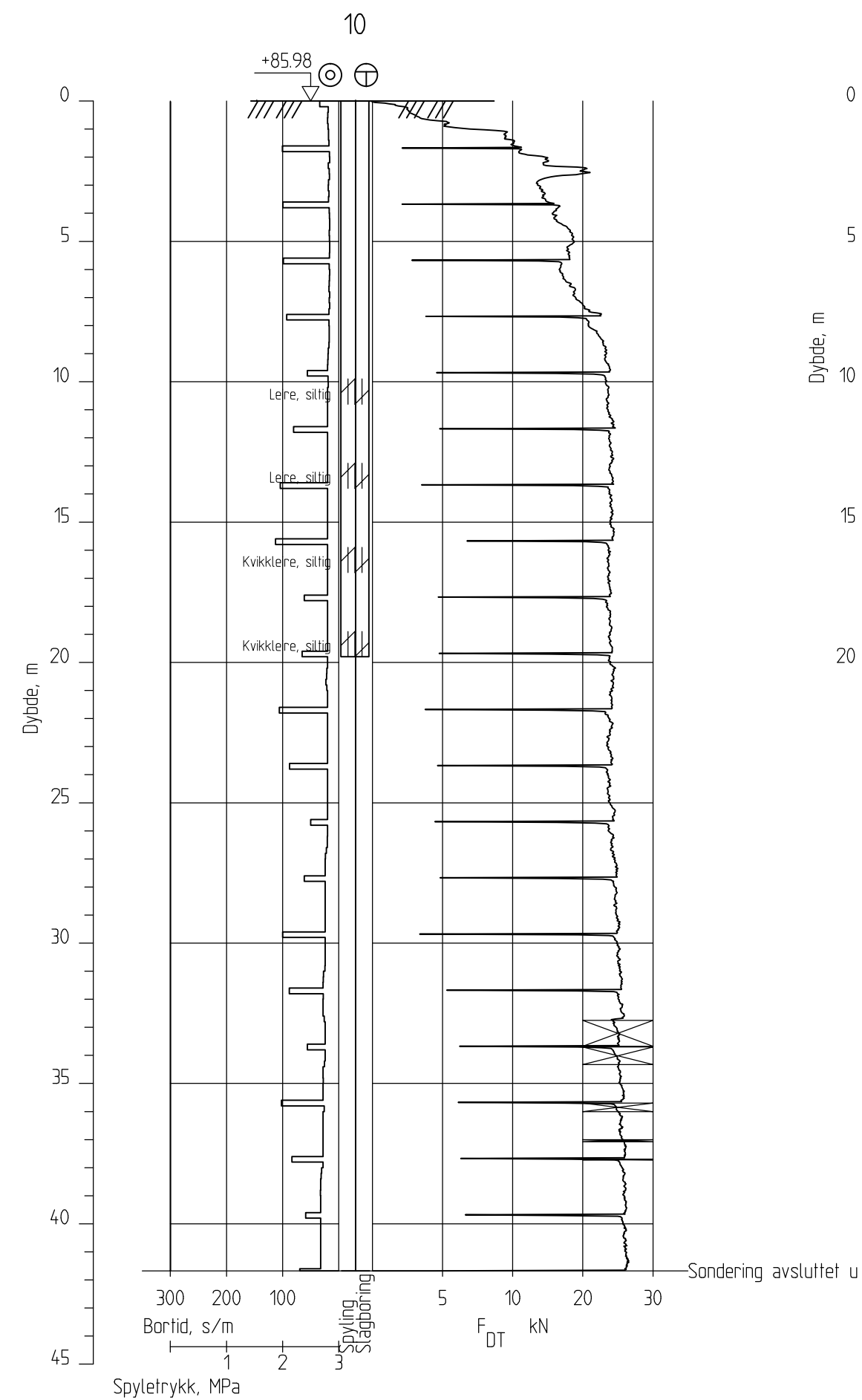



Flatåsen kvikkleiresone
 Totalsondering 9
 Høydesystem NN2000

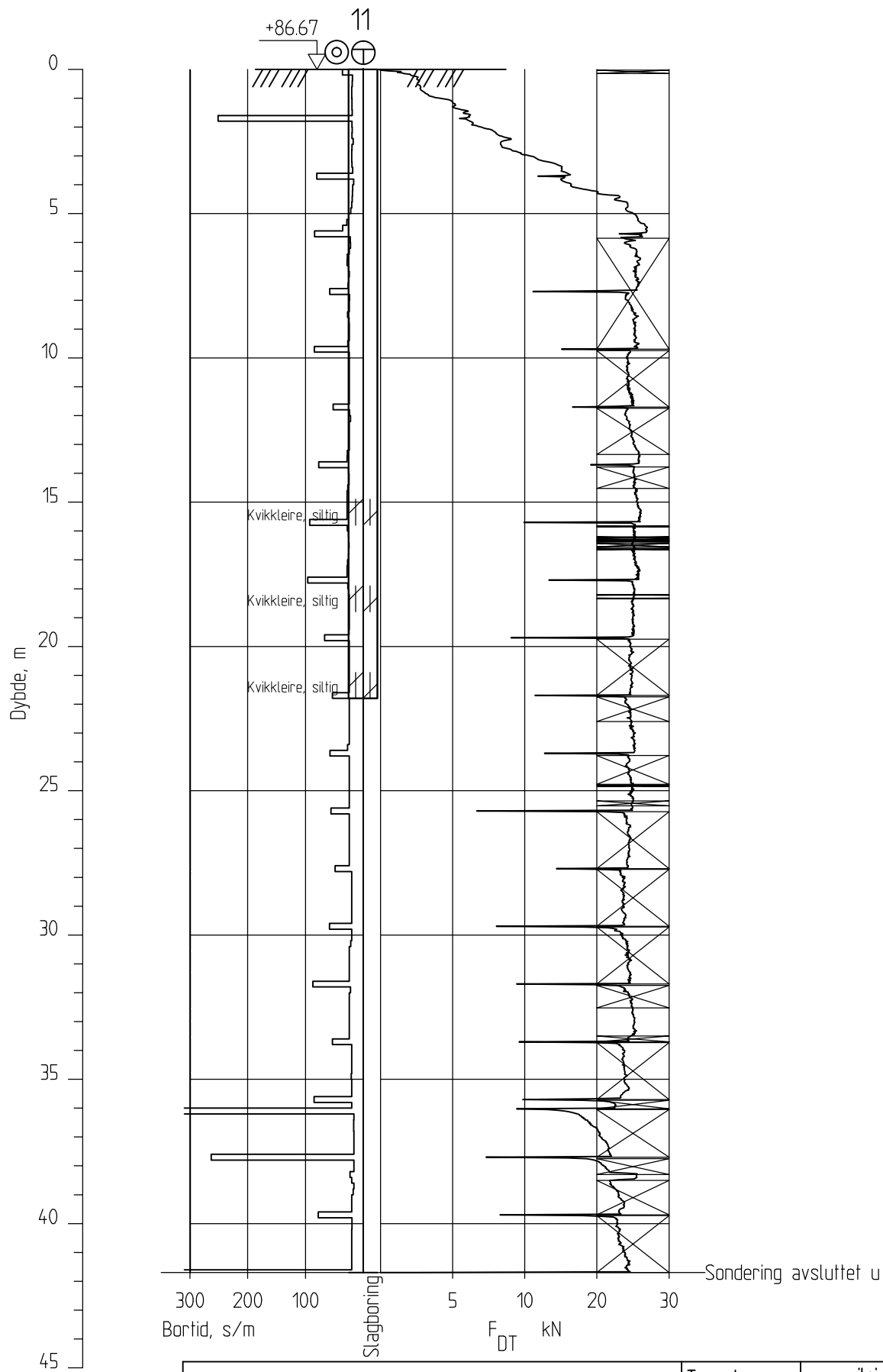



TRONDHEIM KOMMUNE

Tegnet:	jlei
Godkjent:	
Saksbeh:	jlei
Dato:	13.01.2015
Målestokk:	1:200
Prosjekt nr. R.1622	Tegn.nr. 36

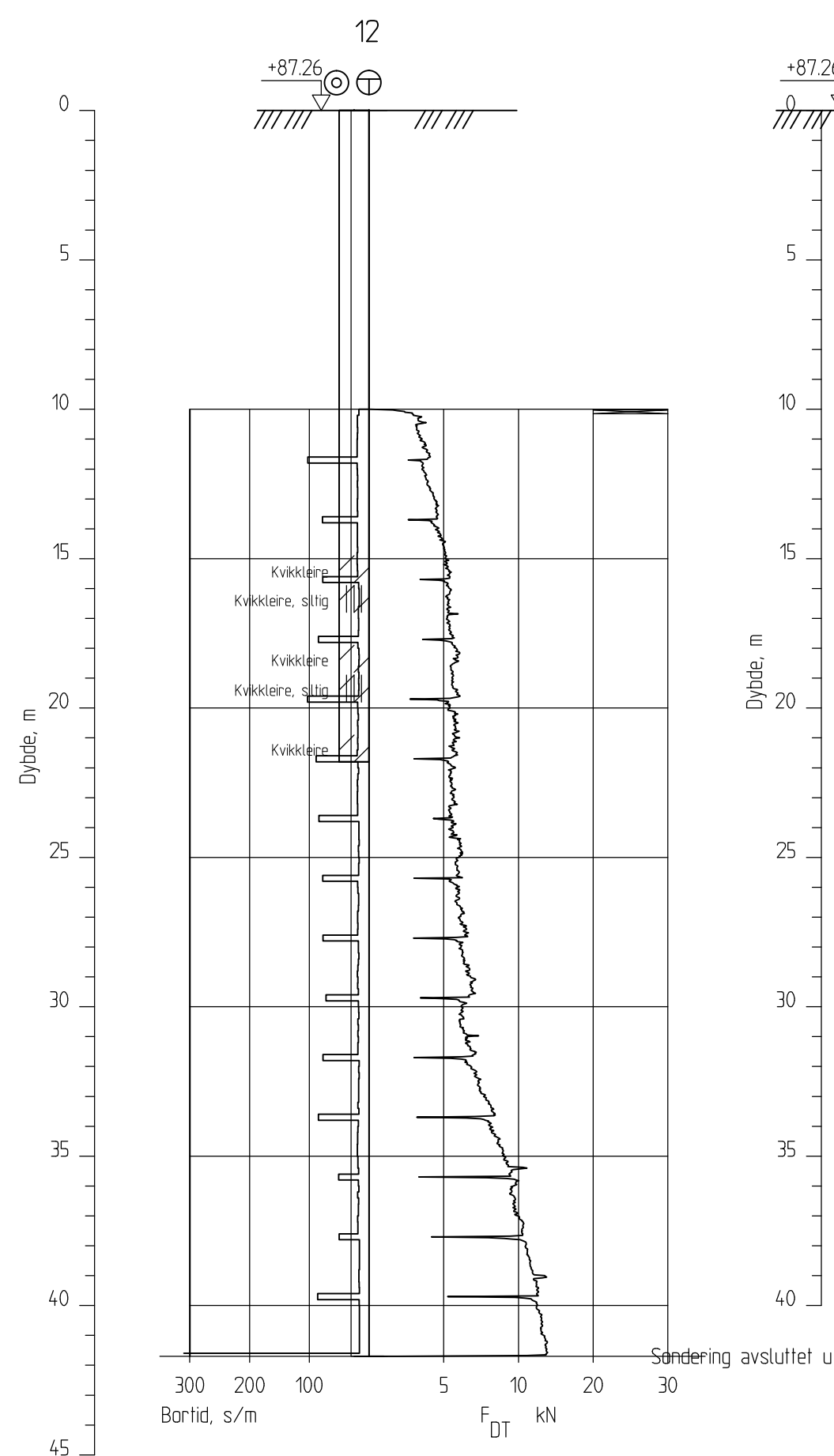
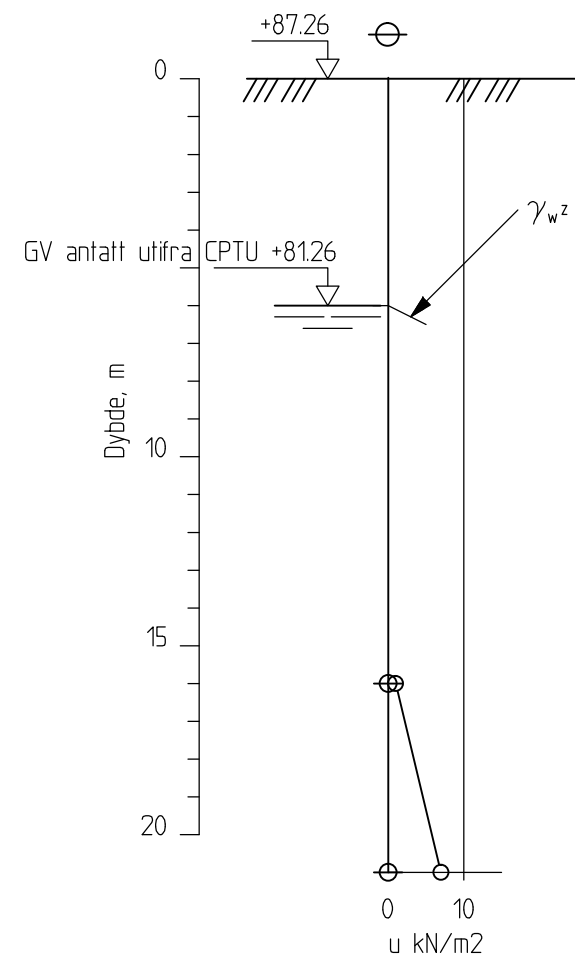


Flatåsen kvikkleiresone		Tegnet:	jlei
Total- og CPTU-sondering 10		Godkjent:	
		Saksbeh:	jlei
		Dato:	22.06.2015
		Målestokk:	1:200
Høydesystem NN2000			
 TRONDHEIM KOMMUNE	Prosjekt nr.	Tegn.nr.	
	R.1622	37	

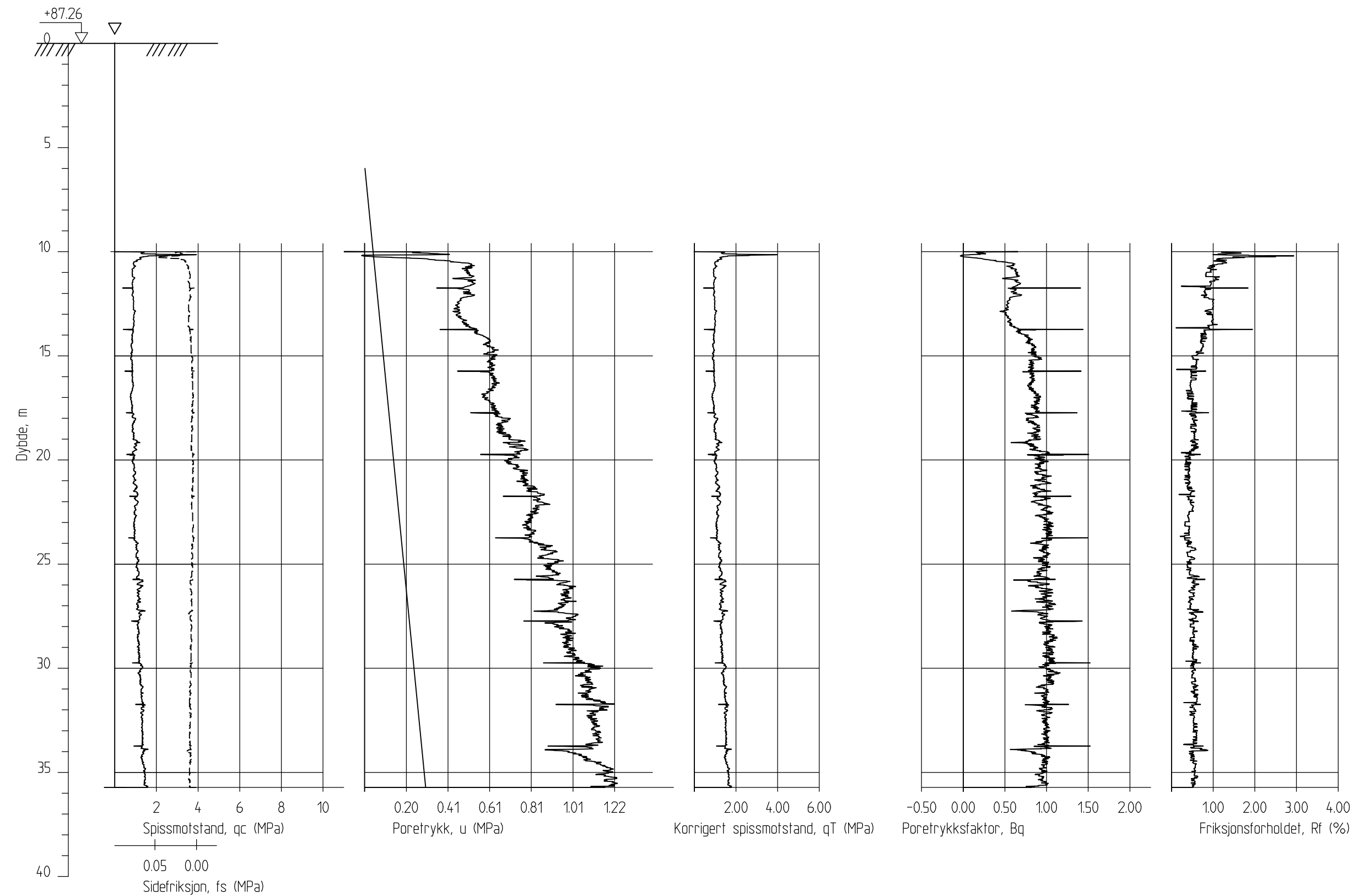



Flatåsen kvikkleiresone Totalsondering 11 Høydesystem NN2000		Tegnet:	jlei
		Godkjent:	
		Saksbeh:	jlei
		Dato:	22.06.2015
 TRONDHEIM KOMMUNE		Målestokk:	1:200
		Prosjekt nr. R.1622	Tegn.nr. 38

12PORE, Hydraulisk poretrykkmåler



12CPT



Flatåsen kvikkleiresone		Tegnet:	jlei
Total- og CPTU-sondering, og poretrykkmåler, punkt 12		Godkjent:	jlei
Høydesystem NN2000		Saksbeh:	jlei
		Dato:	24.07.2015
		Målestokk:	1:200
 TRONDHEIM KOMMUNE		Prosjekt nr.	Tegn.nr.
		R.1622	39

DYBDE m	TERRENGKOTE	SYMBOL	PRØVE	VANNINNHold OG KONSISTENSGRENSER %				γ kN m ³	SKJÆRFESTHET Su (kN/m ²)					S _t
				20	30	40	50		20	40	60	80	100	
5	LEIRE, siltig sand-/gruskorn sand-/gruskorn, enk. skjellrester		01					20,4 (20,2)						3
			02					20,0 (19,0)						6 8 8
10														
15														
20														

PR = PRØVESERIE
SK = SKOVLEBORING
PG = PRØVEGROP
VB = VINGEBORING

○ NATURLIG VANNINNHold
—| W_L FLYTEGRENSE
—| W_F — " — KONUSMETODE
—| W_p PLASTISITETSGRENSE

n = PORØSITET
O_{Na} = HUMUSINNHold
O_{gl} = GLØDETAP
 γ = TYNGDETETHET

▽ KONUSFORSØK
▼ OMRØRT SKJÆRSTYRKE
○ TRYKKFORSØK
⊕-○ 5 % DEFORMASJON VED BRUDD
+ VINGEBORING
S_t SENSITIVITET

Ø = ØDOMETERFORSØK P = PERMEABILITETSFORSØK K = KORNGRADERING T = TREAKSIALFORSØK



TRONDHEIM KOMMUNE

Sted:

FLATÅSEN KVIKKLEIRESONE

Prosjekt nr.

R.1622

Dato:

12.12.2014

Boring nr.

2

Prøvetaker:

54mm

Tegn.nr.

51

DYBDE m	TERRENGKOTE	SYMBOL	PRØVE	VANNINNHOOLD OG KONSISTENSGRENSER %					γ kN m ³	SKJÆRFESTHET Su (kN/m ²)					S _t	
				20	30	40	50	20		40	60	80	100			
5	LEIRE, siltig enk. tynne sandlag sandlag, enk. gruskorn		03		○	○				20,4 (20,0)		○				9
			04	○	○	○				20,2 (19,7)				▽		10 8
10																
15																
20																

PR = PRØVESERIE
SK = SKOVLEBORING
PG = PRØVEGROP
VB = VINGEBORING

○ NATURLIG VANNINNHOOLD
—| W_L FLYTEGRENSE
—| W_F — " — KONUSMETODE
—| W_p PLASTISITETSGRENSE

n = PORØSITET
O_{Na} = HUMUSINNHOOLD
O_{gl} = GLØDETAP
 γ = TYNGDETETHET

▽ KONUSFORSØK
▼ OMRØRT SKJÆRSTYRKE
○ TRYKKFORSØK
⊕-○ 5 % DEFORMASJON VED BRUDD
+ VINGEBORING
S_t SENSITIVITET

Ø = ØDOMETERFORSØK P = PERMEABILITETSFORSØK K = KORNGRADERING T = TREAKSIALFORSØK



TRONDHEIM KOMMUNE

Sted:

FLATÅSEN KVIKKLEIRESONE

Prosjekt nr.

R.1622

Dato:

12.12.2014

Boring nr.

5

Prøvetaker:

54mm

Tegn.nr.

52

DYBDE m	TERRENGKOTE	SYMBOL	PRØVE	VANNINNHold OG KONSISTENSGRENSER %					γ kN/m ³	SKJÆRFASHTHET Su (kN/m ²)					S _t
				20	30	40	50	20		40	60	80	100		
5															
10	LEIRE, siltig enk. gruskorn, seig		05						20,1 (20,0)	1,0					45 4
	sand-/gruskorn		06						20,8 (20,1)	0,6					66 24
15	KVIKKLEIRE, siltig sand-/gruskorn til ~14,30m		07	W _p	W _f				20,3 (20,1)	0,3	0,1				157 325
20															

PR = PRØVESERIE
SK = SKOVLEBORING
PG = PRØVEGROP
VB = VINGEBORING

○ NATURLIG VANNINNHold
— W_L FLYTEGRENSE
— W_F — " — KONUSMETODE
— W_p PLASTISITETSGRENSE

n = PORØSITET
O_{Na} = HUMUSINNHold
O_{gl} = GLØDETAP
 γ = TYNGDETETHET

▽ KONUSFORSØK
▼ OMRØRT SKJÆRSTYRKE
○ TRYKKFORSØK
⊕-⊖ 5% DEFORMASJON VED BRUDD
+ VINGEBORING
S_t SENSITIVITET

Ø = ØDOMETERFORSØK P = PERMEABILITETSFORSØK K = KORNGRADERING T = TREAKSIALFORSØK



TRONDHEIM KOMMUNE

Sted:

FLATÅSEN KVIKKLEIRESONE

Prosjekt nr.

R.1622

Dato:

12.12.2014

Boring nr.

8

Prøvetaker:

54mm

Tegn.nr.

53

DYBDE m	TERRENGKOTE	SYMBOL	PRØVE	VANNINNHold OG KONSISTENSGRENSER %				γ kN/m ³	SKJÆRFASTHET Su (kN/m ²)					S _t	
				20	30	40	50		20	40	60	80	100		
5															
10	LEIRE, siltig	08	W _p W _f	○	○	○	○	19,9 (20,1)	▽	○	▽			7	7
15	seig	09		○	○	○	○	19,7 (19,4)	▽	○	▽			13	12
20	KVIKKLEIRE, siltig	10	W _p W _f	○	○	○	○	19,4 (19,4)	▽	○	▽	0,1	0,1	265	245
20	KVIKKLEIRE, siltig	11	W _p W _f	○	○	○	○	19,8 (19,5)	▽	○	▽	0,1	0,1	250	265

PR = PRØVESERIE
 SK = SKOVLEBORING
 PG = PRØVEGROP
 VB = VINGEBORING

○ NATURLIG VANNINNHold
 —| W_f FLYTEGRENSE
 —| W_e — " — KONUSMETODE
 —| W_p PLASTISITETSGRENSE

n = PORØSITET
 ONa = HUMUSINNHold
 Ogl = GLØDETAP
 γ = TYNGDETETHET

▽ KONUSFORSEK
 ▼ OMRØRT SKJÆRSTYRKE
 ○ TRYKKFORSEK
 ⊕-○ 5% DEFORMASJON VED BRUDD
 + VINGEBORING
 S_t SENSITIVITET

Ø = ØDOMETERFORSEK P = PERMEABILITETSFORSEK K = KORNGRADERING T = TREAKSIALFORSEK



TRONDHEIM KOMMUNE

Sted:

FLATÅSEN KVIKKLEIRESONE

Prosjekt nr.

R.1622

Dato:

08.01.2015

Boring nr.

10

Prøvetaker:

54mm

Tegn.nr.

54

DYBDE m	TERRENGKOTE	SYMBOL	PRØVE	VANNINNHold OG KONSISTENSGRENSER %					γ kN/m ³	SKJÆRFASHTHET Su (kN/m ²)					S _t
				20	30	40	50	20		40	60	80	100		
5															
10															
15	KVIKKLEIRE, siltig		12	W _p	W _f				19,7 (19,6)	▼0,1 ▼0,1					250 265
20	enk. gruskorn		13	W _p	W _f				19,9 (19,4)	▼0,2 ▼0,2					188 175
			14	W _p	W _f				19,7 (19,0)	▼0,1 ▼0,1					240 305

PR = PRØVESERIE
SK = SKOVLEBORING
PG = PRØVEGROP
VB = VINGEBORING

○ NATURLIG VANNINNHold
— W_L FLYTEGRENSE
— W_F — " — KONUSMETODE
— W_p PLASTISITETSGRENSE

n = PORØSITET
O_{Na} = HUMUSINNHold
O_{gl} = GLØDETAP
 γ = TYNGDETETHET

▽ KONUSFORSØK
▼ OMRØRT SKJÆRSTYRKE
○ TRYKKFORSØK
⊕-○ 5 % DEFORMASJON VED BRUDD
+ VINGEBORING
S_t SENSITIVITET

Ø = ØDOMETERFORSØK P = PERMEABILITETSFORSØK K = KORNGRADERING T = TREAKSIALFORSØK



TRONDHEIM KOMMUNE

Sted:

FLATÅSEN KVIKKLEIRESONE

Prosjekt nr.

R.1622

Dato:

08.01.2015

Boring nr.

11

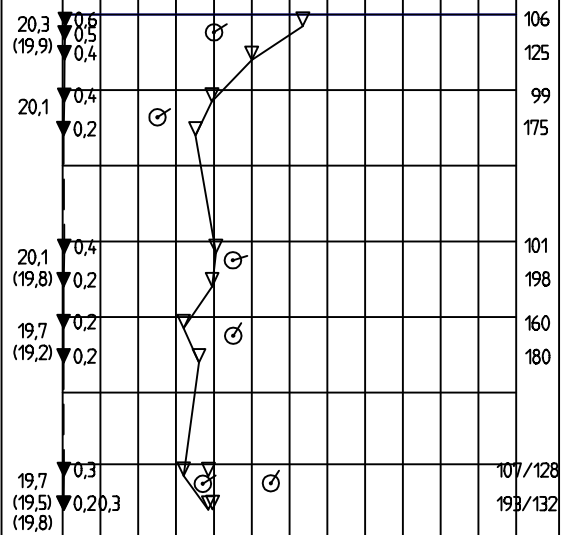
Prøvetaker:

54mm

Tegn.nr.

55

DYBDE m	TERRENGKOTE	SYMBOL	PRØVE	VANNINNHold OG KONSISTENSGRENSER %					γ kN/m ³	SKJÆRFASHTHET Su (kN/m ²)					S _t
				20	30	40	50	20		40	60	80	100		
5															
10															
15	LEIRE, KVIKKLEIRE (fra 15,30m) enk. gruskorn og skjellrester		15	W _p	W _f										
	KVIKKLEIRE, siltig sand-/gruskorn, enk. skjellrester		18	T ₀	W _p	W _f									
	KVIKKLEIRE enk. gruskorn og skjellrester		16	W _p	W _f										
	KVIKKLEIRE, siltig siltlag		19	T ₀	W _p	W _f									
20	KVIKKLEIRE KVIKKLEIRE, siltig enk. siltlag		17	W _p	W _f										
			20	W _p	W _f										



PR = PRØVESERIE
SK = SKOVLEBORING
PG = PRØVEGROP
VB = VINGEBORING

○ NATURLIG VANNINNHold
—| W_L FLYTEGRENSE
—| W_f — " — KONUSMETODE
—| W_p PLASTISITETSGRENSE

n = PORØSITET
O_{Na} = HUMUSINNHold
O_{gl} = GLØDETAP
γ = TYNGDETETHET

▽ KONUSFORSØK
▼ OMRØRT SKJÆRSTYRKE
○ TRYKKFORSØK
⊕-○ 5 % DEFORMASJON VED BRUDD
+ VINGEBORING
S_t SENSITIVITET

Ø = ØDOMETERFORSØK P = PERMEABILITETSFORSØK K = KORNGRADERING T = TREAKSIALFORSØK



TRONDHEIM KOMMUNE

Sted:

FLATÅSEN KVIKKLEIRESONE

Prosjekt nr.

R.1622

Dato:

17.02.015

Boring nr.

12

Prøvetaker:

54mm

Tegn.nr.

56

DYBDE m	TERRENGKOTE	SYMBOL	PRØVE	VANNINNHold OG KONSISTENSGRENSER %					γ kN m ³	SKJÆRFASHTHET Su (kN/m ²)					S _t
				20	30	40	50	20		40	60	80	100		
5															
10															
15															
20	Leirig, siltig, sandig materiale														

PR = PRØVESERIE
SK = SKOVLEBORING
PG = PRØVEGROP
VB = VINGEBORING

○ NATURLIG VANNINNHold
—| W_L FLYTEGRENSE
—| W_F — " — KONUSMETODE
—| W_p PLASTISITETSGRENSE

n = PORØSITET
ONa = HUMUSINNHold
Ogl = GLØDETAP
 γ = TYNGDETETHET

▽ KONUSFORSØK
▼ OMRØRT SKJÆRSTYRKE
○ TRYKKFORSØK
⊖ 5% DEFORMASJON VED BRUDD
+ VINGEBORING
S_t SENSITIVITET

Ø = ØDOMETERFORSØK P = PERMEABILITETSFORSØK K = KORNGRADERING T = TREAKSIALFORSØK



TRONDHEIM KOMMUNE

Sted:

FLATÅSEN KVIKKLEIRESONE

Prosjekt nr.

R.1622

Dato:

24.02.2015

Boring nr.

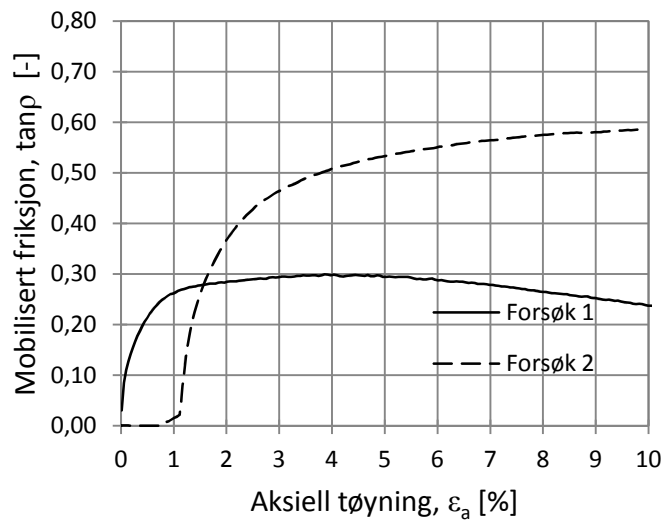
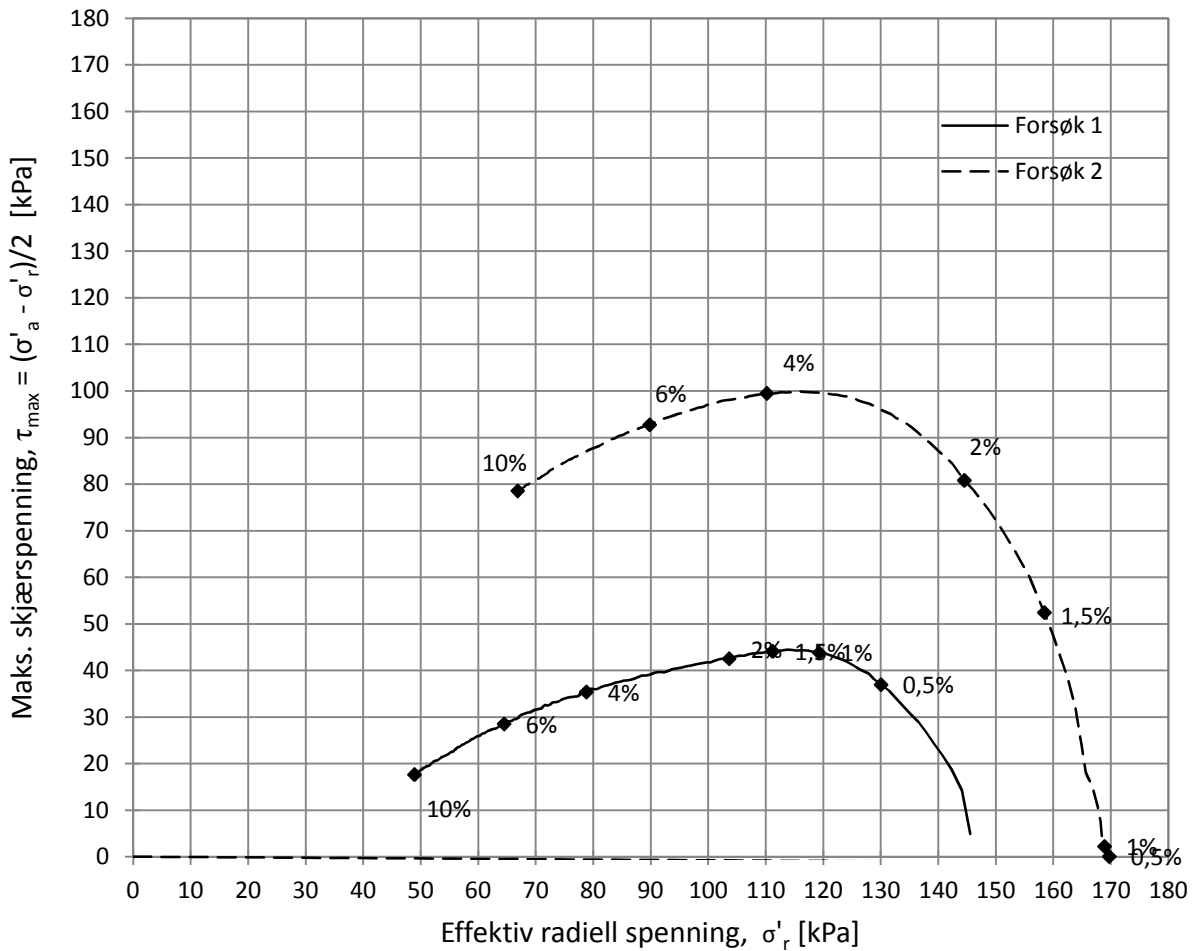
10SK

Prøvetaker:

SKRUE

Tegn.nr.

57



Forsøk 1, dybde d=19,32

Volumtøyning i konsolideringsfase, ϵ_{vol} (%)	3,62	Konsolideringsspenning, σ'_c (kPa):	150	Vanninnhold	30 %
---	------	--	-----	-------------	------

Forsøk 2, dybde d=19,5

Volumtøyning i konsolideringsfase, ϵ_{vol} (%)	4,54	Konsolideringsspenning, σ'_c (kPa):	170	Vanninnhold	28 %
---	------	--	-----	-------------	------

a= 10 kPa er benyttet for tolkning av tanp

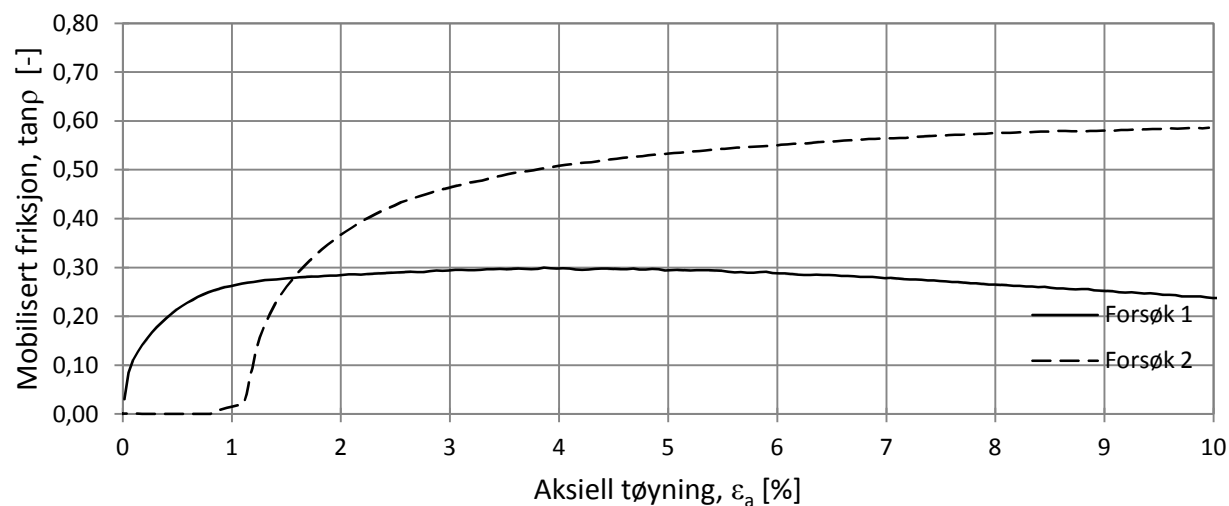
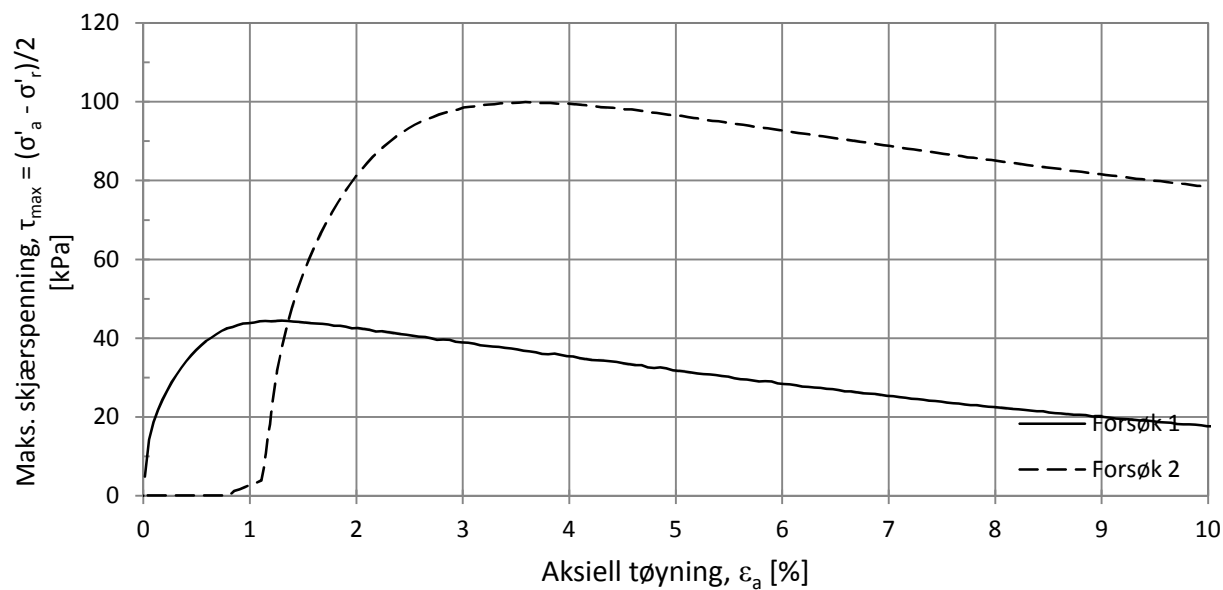
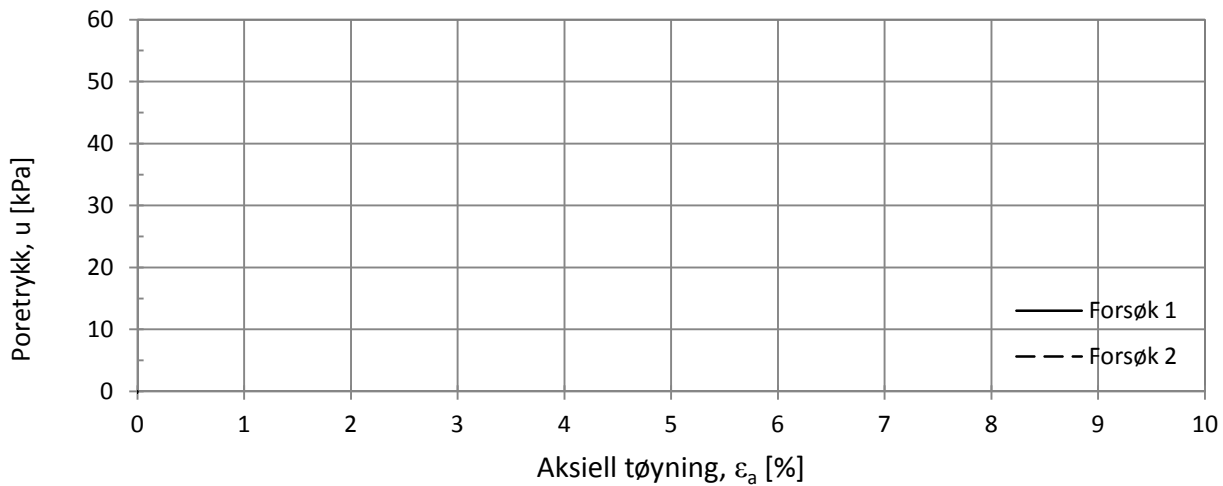


TRONDHEIM KOMMUNE

Flatåsen kvikkleiresone

Treaksialforsøk. Deviatorspenningssti og mobiliseringsforløp

Borhull:	12
Tegnet:	8da
Godkjent:	
Saksbehandler:	jlei
Dato:	18.02.2015
Prosjekt nr.	R1622
Tegn.nr.	71



Forsøk 1, dybde d=5,32

Volumtøyning i konsolideringsfase, ϵ_{vol} (%)	3,62	Konsolideringsspenning, σ'_c (kPa):	150	Vanninnhold	30 %
---	------	--	-----	-------------	------

Forsøk 2, dybde d=5,43

Volumtøyning i konsolideringsfase, ϵ_{vol} (%)	4,54	Konsolideringsspenning, σ'_c (kPa):	170	Vanninnhold	28 %
---	------	--	-----	-------------	------

a= 10 kPa er benyttet for tolkning av $\tan \rho$



TRONDHEIM KOMMUNE

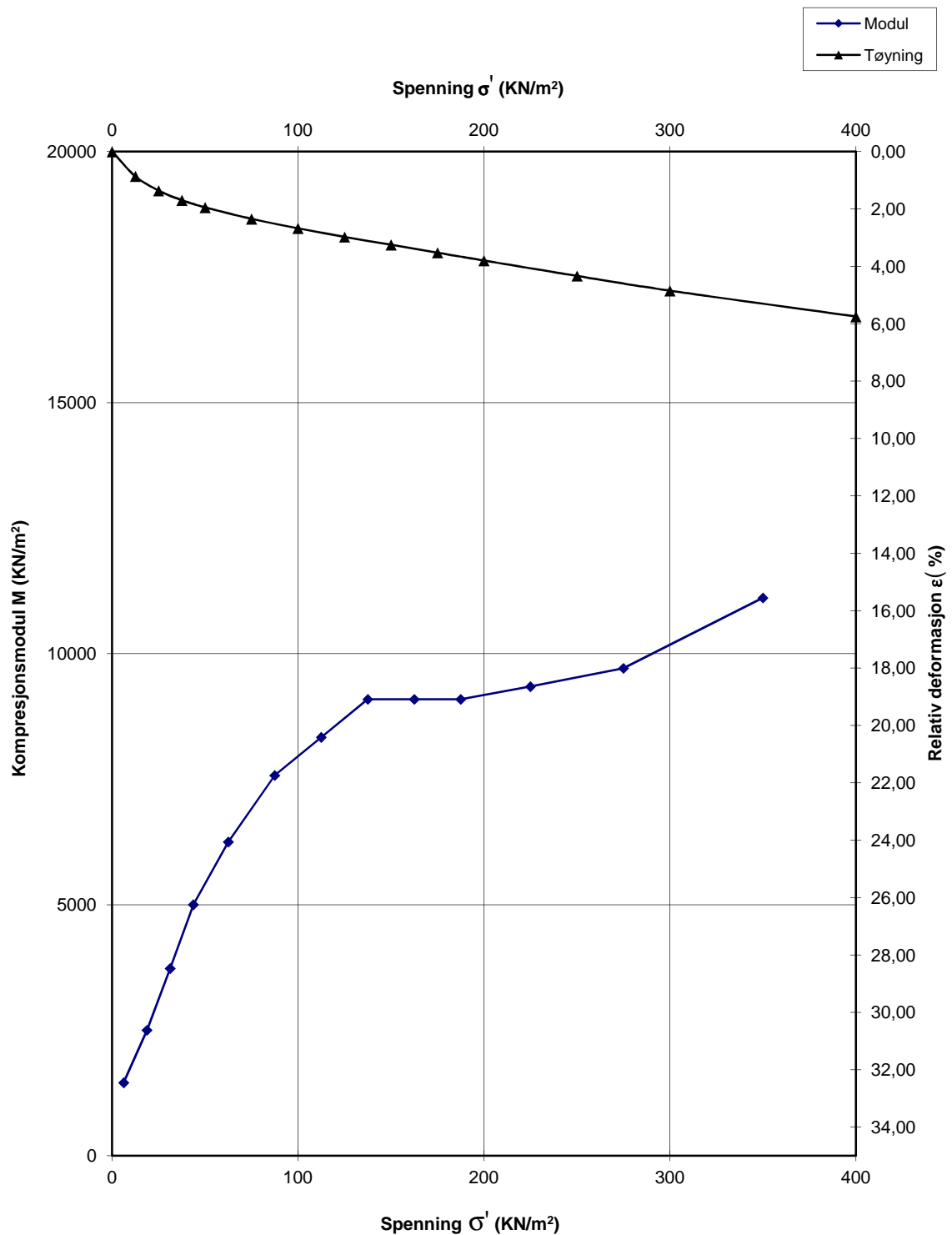
Flatåsen kvikkleiresone

Treaksialforsøk. Mobiliseringsforløp

Borhull:	12
Tegnet:	8DA
Godkjent:	
Saksbehandler:	jlei
Dato:	18.02.2015
Prosjekt nr.	R1622
Tegn.nr.	72



ØDOMETERFORSØK



Lab. Nr:	Hull Nr.	Dybde	P_0'	P_c'	OCR	Jordart	Anm.
19	12	19,48m				KVIKKLEIRE	



TRONDHEIM KOMMUNE
KOMMUNALTEKNIKK
GEOTEKNISK AVDELING

Sted: Flatåsen kvikkleiresone

Hull / prøve 10SK-21

Dybde

19-20m

Oppdragsgiver:

Dato: 23.2.2015

Rapport nr.:

R1622

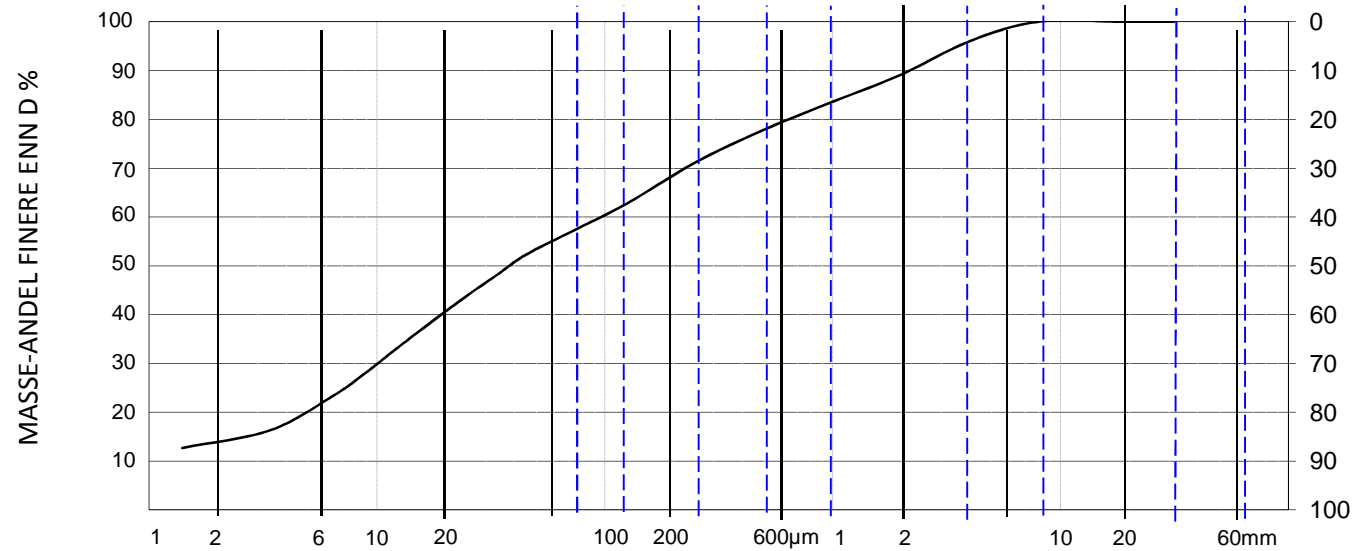
Oppdrag ved:

Sign.: 8DA

Tegning:

91

LEIR	SILT			SAND			GRUS			STEIN				
	Fin	Middels	Grov	Fin	Middels	Grov	Fin	Middels	Grov					
				0,075	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8	19	31,5	63



Punkt nr	x-koordinat	y-koordinat	Terrenghøyde NN2000
1	7028970,42	567171,80	106,01
2	7028860,11	567209,97	120,48
3	7028995,22	567272,32	109,78
4	7028890,39	567324,26	109,77
5	7028983,93	567425,63	94,43
6	7028889,99	567437,79	100,34
7	7028783,18	567587,09	108,80
8	7028844,34	567666,29	98,41
9	7028628,16	567770,00	114,24
10	7029067,15	567872,89	85,98
11	7028950,30	567926,08	86,67
12	7028955,29	567919,21	87,26

Flatåsen kvikkleiresone

Koordinater for innmålte punkt

Høydesystem NN2000



TRONDHEIM KOMMUNE

Tegnet:	jlei
Godkjent:	
Saksbeh:	jlei
Dato:	22.06.2015
Målestokk:	-
Prosjekt nr. R.1622	Tegn.nr. 99

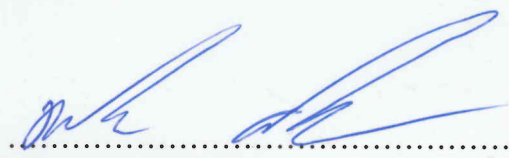
R 1622 Flatåsen kvikkleiresone

22.06.2015

Bilag 01

Kalibreringsskjema for sonde 4352, kalibrert 2013-09-13

Probe No 4352
 Date of Calibration 20130913
 Replacement of
 Calibrated by Fredric Nyström
 File name 4352 20130913 122855.doc



Point Resistance		Tip Area 10cm ²
Maximum Load	50	MPa
Range	50	MPa
Scaling Factor	1196	
Resolution	0.6379	kPa (17 bit resolution)
Area factor (a) at 1MPa	0.833	

ERRORS

Max. Temperature effect when not loaded 33.1708 kPa
 Temperature range 0 -40 deg. Celsius.

Local Friction		Sleeve Area 150cm ²
Maximum Load	0.5	MPa
Range	0.5	MPa
Scaling Factor	3738	
Resolution	0.0102	kPa (17 bit resolution)
Area factor (b) at 1MPa	0	

ERRORS

Max. Temperature effect when not loaded 0.6528 kPa
 Temperature range 0 -40 deg. Celsius.

Pore Pressure		
Maximum Load	2	MPa
Range	2	MPa
Scaling Factor	3975	
Resolution	0.0192	kPa (17 bit resolution)

ERRORS

Max. Temperature effect when not loaded 0.9408 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



R 1622 Flatåsen kvikkleiresone

22.06.2015


Bilag 02

2a, CPTU-sondering 10. Anvendelsesklasse etter NGF-melding nr. 5
2b, CPTU-sondering 12. Anvendelsesklasse etter NGF-melding nr. 5


Krav etter NGF - melding nr. 5, rev nr. 3 - 2010 - Tabell 5.2					CPTU 10 / Forsøkstype TE2					
Anvendelsesklasse	Forsøkstype	Målestørrelse	Tillatt minimumsnøyaktighet	Maksimum avstand mellom målinger	Nullpunkt			Avstand mellom målinger (mm)	Helning (grader)	Nedtrengningslengde
					Målestørrelse	Avvik (kPa)	Relativt avvik (%)			
1	TE2	Spissmotstand	35 kPa eller 5%	20 mm	Spissmotstand	0	0,0	10		
		Sidefriksjon	5 kPa eller 10%		Sidefriksjon	0	0,0			
		Poretrykk	10 kPa eller 2%		Poretrykk	0	0,0			
		Avstand mellom målinger	20 mm		Avstand mellom målinger					
		Helning	2°		Helning					
		Nedtrengningslengde	0.1 m eller 1%		Nedtrengningslengde					
2	TE1 TE2	Spissmotstand	100 kPa eller 5%	20 mm	Spissmotstand					
		Sidefriksjon	15 kPa eller 15%		Sidefriksjon					
		Poretrykk	25 kPa eller 3%		Poretrykk					
		Avstand mellom målinger	20 mm		Avstand mellom målinger					
		Helning	2°		Helning					
		Nedtrengningslengde	0.1 m eller 1%		Nedtrengningslengde					
3	TE1 TE2	Spissmotstand	200 kPa eller 5%	50 mm	Spissmotstand				7,54	
		Sidefriksjon	25 kPa eller 15%		Sidefriksjon					
		Poretrykk	50 kPa eller 5%		Poretrykk					
		Avstand mellom målinger	50 mm		Avstand mellom målinger					
		Helning	5°		Helning					
		Nedtrengningslengde	0.2 m eller 2%		Nedtrengningslengde					
4	TE1	Spissmotstand	500 kPa eller 5%	50 mm	Spissmotstand					
		Sidefriksjon	50 kPa eller 10%		Sidefriksjon					
		Avstand mellom målinger	50 mm		Avstand mellom målinger					
		Nedtrengningslengde	0.2 m eller 2%		Nedtrengningslengde					

	Verdi	Startverdi(kpa)	Sluttverdi(kpa) *	Avvik(kpa)	Relativt avvik (%)
Spissmotstand	NA	7707,2	0	0	0,0
Sidefriksjon	NB	125,8	0	0	0,0
Poretrykk	NC	229,4	0	0	0,000

* Sonden var ødelagt når sonderingen ble avsluttet. Avleste sluttverdier er derfor ikke korrekte, og anvendelsesklasse er derfor usikkert.

Flatåsen kvikkleiresone CPTU 10 Anvendelsesklasse etter NGF-melding nr. 5	Tegnet:	jlei
	Godkjent:	
 TRONDHEIM KOMMUNE	Saksbeh:	jlei
	Dato:	22.06.2015
	Prosjekt nr. R1622	Bilag nr. 2a

Krav etter NGF - melding nr. 5, rev nr. 3 - 2010 - Tabell 5.2					CPTU 12 / Forsøkstype TE2					
Anvendelses-klasse	Forsøkstype	Målestørrelse	Tillatt minimumsnøyaktighet	Maksimum avstand mellom målinger	Nullpunkt			Avstand mellom målinger (mm)	Helning (grader)	Nedtrengningslengde
					Målestørrelse	Avvik (kPa)	Relativt avvik (%)			
1	TE2	Spissmotstand	35 kPa eller 5%	20 mm	Spissmotstand	22,4	0,3	10		
		Sidefriksjon	5 kPa eller 10%		Sidefriksjon	0,2	0,2			
		Poretrykk	10 kPa eller 2%		Poretrykk	0	0,0			
		Avstand mellom målinger	20 mm		Avstand mellom målinger					
		Helning	2°		Helning					
		Nedtrengningslengde	0.1 m eller 1%		Nedtrengningslengde					
2	TE1 TE2	Spissmotstand	100 kPa eller 5%	20 mm	Spissmotstand					
		Sidefriksjon	15 kPa eller 15%		Sidefriksjon					
		Poretrykk	25 kPa eller 3%		Poretrykk					
		Avstand mellom målinger	20 mm		Avstand mellom målinger					
		Helning	2°		Helning					
		Nedtrengningslengde	0.1 m eller 1%		Nedtrengningslengde					
3	TE1 TE2	Spissmotstand	200 kPa eller 5%	50 mm	Spissmotstand					
		Sidefriksjon	25 kPa eller 15%		Sidefriksjon					
		Poretrykk	50 kPa eller 5%		Poretrykk					
		Avstand mellom målinger	50 mm		Avstand mellom målinger					
		Helning	5°		Helning		4,86			
		Nedtrengningslengde	0.2 m eller 2%		Nedtrengningslengde					
4	TE1	Spissmotstand	500 kPa eller 5%	50 mm	Spissmotstand					
		Sidefriksjon	50 kPa eller 10%		Sidefriksjon					
		Avstand mellom målinger	50 mm		Avstand mellom målinger					
		Nedtrengningslengde	0.2 m eller 2%		Nedtrengningslengde					

Flatåsen kvikkleiresone CPTU 12 Anvendelsesklasse etter NGF-melding nr. 5	Tegnet:	jlei
	Godkjent:	
 TRONDHEIM KOMMUNE	Saksbeh:	jlei
	Dato:	22.06.2015
	Prosjekt nr. R1622	Bilag nr. 2b

R 1622 Flatåsen kvikkleiresone

09.07.2015

Bilag 03

Poretrykksmålinger i punkt 12



TRONDHEIM KOMMUNE

Poretrykksmåling

Borhull: 12
 Type: Åpen hydraulisk
 Kt. terreng: 87,26
 Satt ned: 28.jan

Tegnet: JLEI
 Godkjent: JLEI
 Saksbehandler: JLEI
 Dato: 09.07.2015
 Prosjekt nr.: 1622
 Tegn.nr.: -

Flatåsen kvikkleiresone

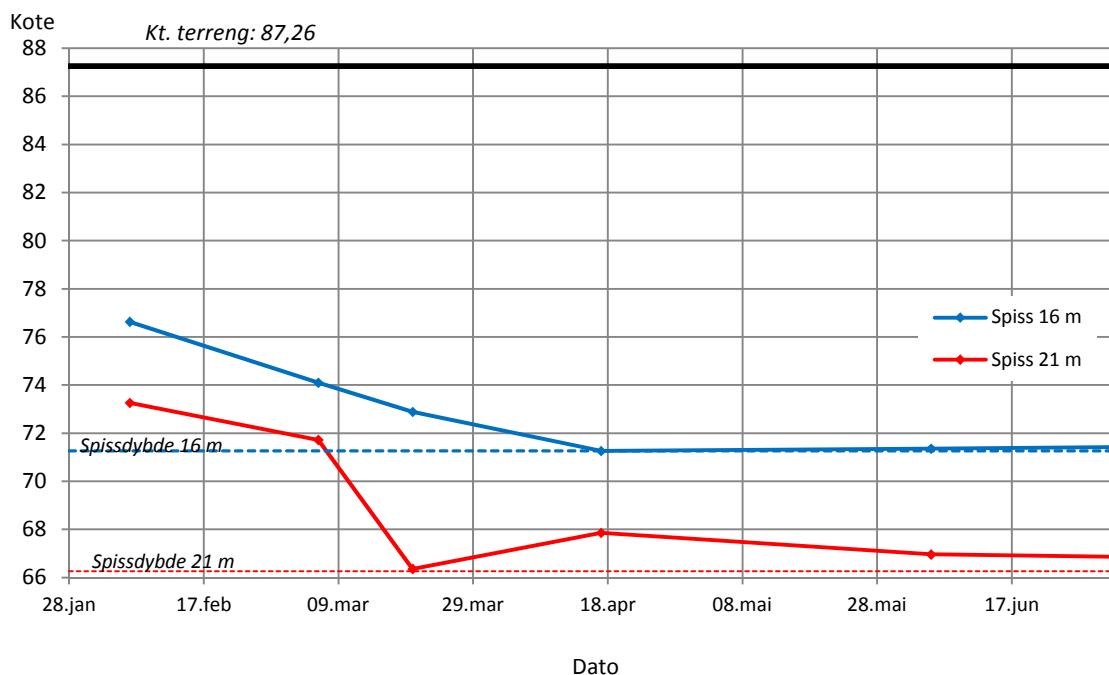
$Kt. GV = Kt. Terreng - l + h$

$l = \text{avlest dybde}, h = \text{topp rør over kt. Terreng}$

Spissdybde: 16
 h: 1,1
 Kt. spiss: 71,26

Spissdybde: 21
 h: 1,1
 Kt. spiss: 66,26

Dato	Avlest l [m]	GV-nivå		Anm.	Avlest l [m]	GV-nivå		Anm.
		Dybde u. terr. [m]	Kt. GV			Dybde u. terr. [m]	Kt. GV	
28.jan	-	-	-	Satt ned	-	-	-	Satt ned
06.feb	11,73	10,63	76,63		15,1	14	73,26	
06.mar	14,26	13,16	74,1		16,64	15,54	71,72	
20.mar	15,47	14,37	72,89		22	20,9	66,36	
17.apr	17,1	16	71,26	Tom måler*	20,5	19,4	67,86	
05.jun	17	15,9	71,36		21,4	20,3	66,96	
03.jul	16,94	15,84	71,42		21,5	20,4	66,86	



* antatt kt. GV i dybde med spiss