



TRONDHEIM KOMMUNE

Kommunalteknikk

R1657-NOTAT-01

Vår referanse
16/36681-1 (250488/16)

Vår dato
16.09.2016

Til:

Stein Are Strand, NVE

Fra: Kommunalteknikk v/Shaima Alnajim

Kopi til: Tone Furuberg, Kommunalteknikk

Nedre Mule kvikkleiresone. Stabilitetsutredning

1. BAKGRUNN

I januar 2015 fikk Trondheim kommune en bekymringsmelding fra NVE om mulig dårlig stabilitet i strandsonen nedenfor Apotekergården på Mule, Byneset, Gnr/Bnr 223/1. Det aktuelle området ligger i Nedre Mule kvikkeleiresone som er klassifisert i lav faregradsklasse på NVEs kvikkleirekart. I 1943 gikk det et ras mot stranden, raset er vist på situasjonskart i tegning 102.

I følge NVE er det ikke krav til omfattende geoteknisk vurdering av hele området siden det ikke er planlagt tiltak. NVE rådet likevel kommunen til å revurdere faregradsklasse og avgrensning av kvikkleiresonen og å gjøre innledende stabilitetsberegninger.

Kommunalteknikk ved Geoteknisk avdeling, har gjort innledende stabilitetsberegninger, faregradvurdering og avgrensning av kvikkleiresone etter anbefalinger fra NVE.

I forbindelse med den geotekniske vurderingen har kommunen gjort grunnundersøkelse for å kartlegge grunnforhold på Mule, ref. /1/.

Nedre Mule kvikkleiresone ER klassifisert i lav faregradsklasse. Det er ikke planlagt noen tiltak. Dette notatet omfatter innledende stabilitetsberegninger iht. NVE veileder 7-2014, ref. /2/.

2. TOPOGRAFI OG GRUNNFORHOLD

2.1 Topografi

Området har relativt jevnt hellende terreng mot sjøen, med skråningshelning ca. 1:5. Øst for kvikkleiresone ligger Bråbekken. Nord for området er det en fjellrygg, med unntak av den vestligste

delen av det undersøkte området.

2.2 Grunnforhold

Grunnundersøkelsene viser at grunnen i området grovt sett består av leire som er siltig og som inneholder sand- og gruskorn. Enkelte steder er det registrert siltlag.

Generelt viser grunnundersøkelser at leira stort sett er kvikk eller sensitiv. Kvikk¹- og sprøbruddleire² finnes primært i den østre delen av kvikkleiresonen og østover til og med området der bygningene på Nedre Mule / Apotekergården står. Leira blir fastere fra midten av sonen og videre vestover.

Detaljer om grunnforhold er beskrevet i datarapporten R.1657, ref. /1/.

2.3 Utbredelse av sprøbruddleire

Det er påvist sprøbruddleire i undersøkelsene for dette prosjektet. Forekomst av sprøbruddmateriale er presentert i tegning 271 sammen med kvikkleiresonen slik den er vist på NVEs kart, følgende fargekode er brukt:

- Sprøbruddleire påvist (rød)
- Mulig sprøbruddmaterialer (oransje)
- Ikke påvist/antatt sprøbruddmateriale (grønn)

Grenser for kvikkleiresone er basert på forekomst av sprøbruddleire. Dette gir et forslag til nye grenser for Nedre Mule kvikkleiresone.

3. BEREGNINGSFORUTSETNINGER

3.1 Generelt

Det er ikke planlagt å gjennomføre tiltak i området, men de utførte grunnundersøkelsene viser forekomst av kvikkleire, som ligger grunt og er meget sensitiv. Det betyr at man må være særdeles aktsom ved hvilke som helst tiltak i området. Innledende stabilitetsberegninger kan gi en overslagsvurdering av områdestabiliteten.

Stabilitetsberegninger er utført i to kritiske profil for dagens situasjon, både ved totalspenningsanalyse (udrenert korttidstilstand) og effektivspenningsanalyse (drenert langtidssituasjon).

Sikkerhetsfaktor for totalspenningsanalysen vurderes som kritisk for ”raske” terrengendringer eller lastendringer. Effektivspenningsanalysen vurderes som representativ for langtids-situasjonen for skråningene slik de står i dag, eventuelt også for en sakte terrengendring dersom dette ikke medfører udrenerte spenningsendringer.

Stabilitetsanalysene utføres med beregningsprogrammet Geosuite Stabilitet, en del av Geosuite-pakken. Stabilitetsberegningene skal utføres for en plan spenningstilstand.

1 Kvikkleire er leire med omrørt skjærfasthet $s_r < 0,5$ kPa

2 Sprøbruddleire (nesten kvikkleire) er leire med sensitivitet >15 og omrørt skjærfasthet $s_r < 2$ kPa, jf. Ref. 1

3.2 Revurdering av faregradsklasse for Nedre Mule kvikkleiresone

Revurdering av faregradsklasse er utført basert på nye grunnundersøkelser. Ny vurdering viser at faregraden for kvikkleiresone Nedre Mule ikke endres, den er den samme som før, dvs. **lav**, se bilag 1.

3.3 Beregningsprofil

Det er valgt å gjøre stabilitetsberegninger i to profil, profil B og C. Profil B går gjennom eiendommen Apotekergården og har brattere terreng enn profil A. Profil C går gjennom området der gamle skredet har skjedd. Beliggenhet av profilet er vist på situasjonskartet i tegning 102.

3.4 Geometrieffekter

Alle beregninger er utført for plan spenningstilstand, dvs. at profilets bredde antas å være uendelig.

3.5 Grunnvannstand - poretrykk

Resultater fra poretrykksmålingene er vist i rapport R.1657, ref. /1/. Poretrykksforhold er lagt inn i beregningsmodellen som grunnvannstand med hydrostatisk poretrykksfordeling under grunnvannsstand.

4. MATERIALPARAMETERE

4.1 Tyngdetetthet

For de stedlige massene er tyngdetetthet bestemt på grunnlag av utførte laboratorieundersøkelser.

4.2 Udrenert skjærfasthet

Udrenert skjærfasthet er bestemt ut fra resultat tolket fra CPTU sonderinger samt laboratorieundersøkelser (konus- og enaksial trykkforsøk og aktive treaksialforsøk) på 54 mm sylinderprøver. I profil B er det brukt resultat fra labforsøkene, mens i profil C er skjærfasthet tolket fra CPTU-sonderingene.

Tolket aktiv skjærfasthet fra CPTU er vist i tegning 171, 172, 174 og 175. Tolkning av CPTU sonderingene er utført på grunnlag av poretrykksfaktoren $N_{\Delta u}$, spissmotstandsfaktoren N_{kt} og spissfaktoren N_{ke} , som gitt i ref. /3/:

Poretrykkbasert	$S_{uA}=(u_2-u_0)/N_{\Delta u}$
Spissmotstandbasert	$S_{uA}=(q_t-\sigma_{v0})/N_{kt}$
Spissfaktorbasert	$S_{uA}=(q_t-u_2)/N_{ke}$

Det er lagt hovedvekt på følgende verdier ved bestemmelse av aktiv udrenert skjærfasthet basert på N_{kt} og $N_{\Delta u}$ som funksjon av OCR og I_p :

$S_t < 15$:

$$N_{kt}=7,8+2,5*\log\text{OCR}+0,082*I_p \quad N_{\Delta u}=6,9-4,0*\log\text{OCR}+0,07*I_p$$

$S_t > 15$:

$$N_{kt}=8,5+2,5*\log\text{OCR} \quad N_{\Delta u}=9,8-4,5*\log\text{OCR}$$

OCR og I_p er henholdsvis overkonsolideringsgrad og plastisitetsindeks. Leira er overkonsolidert, dvs. $OCR=2,6$. I_p er bestemt ved laboratorieundersøkelser.

Aktiv udrenert skjærfasthet er i tillegg tolket basert på $N_{\Delta u}$, N_{kt} og N_{ke} som funksjon av B_q . Følgende formler er lagt til grunn ved tolkningen:

$$N_{\Delta u}=1,8+7,25*B_q$$

$$N_{kt}=18,7-12,5*B_q$$

$S_t < 15$:

$$N_{ke}=11,5-9,05*B_q$$

$S_t > 15$:

$$N_{ke}=12,5-11,0*B_q$$

B_q er poretrykksforhold tolket fra CPTU.

Ved tolkning av CPTU er det benyttet romvekt $19,5 \text{ kN/m}^3$, bestemt fra laboratorieundersøkelsen i det aktuelle punktet. In situ poretrykk er bestemt ved poretrykksmålinger i det aktuelle punktet. Sensitiviteten er vurdert på grunnlag av konusforsøkene.

Generelt er $N_{\Delta u}$ benyttet ved B_q – verdi (poretrykksrespons) høyere enn 0,5 og N_{kt} er benyttet ved B_q lavere enn 0,5. For de valgte korrelasjonene for $N_{\Delta u}$ – , N_{kt} – , og N_{ke} – faktorene skilles det mellom leire med sensitivitet, S_t , lavere og høyere enn 15.

Parametrene som ble brukt i tolkning av CPTU er plastisitetsindeksen, in situ poretrykk, romvekt og sensitivitet. Disse er bestemt ved felt- og laboratorieundersøkelser.

Designverdien for aktiv udrenert skjærfasthet er vist med stiplet linje i tolkningsdiagrammene i tegning 171, 172, 174 og 175. Design verdien er sammenlignet med tolket SHANSEP skjærstyrke og skjærstyrke for normalkonsolidert leire, $S_{uNC}=0,28p_0$.

SHANSEP fastheten er beregnet vha. følgende formel:

$$S_{uA}=\alpha \cdot p_0 \cdot OCR^m$$

Hvor α og m er faktorer, p_0 er in situ effektivspenning og OCR er overkonsolideringsgrad. Her er det valgt $\alpha=0,30$ og $m=0,60$ for tolking av aktiv skjærstyrke, ref. /3/.

I større dybder der det ikke foreligger målinger, er det antatt økende skjærfasthet med dybden. Det er gjort ekstrapolering av overliggende målinger.

I Geosuite legges det inn en fasthetsreduksjon på 15 % av design aktiv skjærfasthet for sprøbruddmateriale når denne er bestemt fra CPTU (fasthetsreduksjonen legges inn i beregningene, ikke ved tolking av skjærfastheten). Skjærstyrke tolket fra lab er ikke redusert med 15 %. Vurdering av leiras sensitivitet er basert på utførte laboratorieundersøkelser.

4.3 Udrenert skjærfasthet, s_u -profiler

Udrenert skjærfasthet er modellert vha s_u -profiler i Geosuite. Det er valgt å legge inn s_u -profiler i bestemte knekkepunkt i profilene. S_u -verdien er valgt på grunnlag av avsnitt 4.2. S_u -profilene i profil B er presentert i tegning 177. Den er lagt under punkt 2 og kopiert til andre knekkepunkt på profilet.

For profil C er S_u -verdien presentert i tegning 171 og 172 i punkt 3 og tegning 174 og 175 for punkt 4. De to andre C-profilene som ligger mellom punkt 3 og 4 er interpolert.

4.4 Effektiv skjærfasthet

Effektive skjærfasthetsparametere for leira er bestemt på grunnlag av erfaringsverdier og utførte treaksialforsøk, rapport R.1657, ref /1/. Benyttede verdier er vist i tabell 1,. Detaljert tolkning av treaksialforsøk er vist i bilag 2.

Tabell 1 Benyttede verdier for effektiv skjærfasthet.

Materiale	Friksjonsvinkel (°)	Tangent (-)	Attraksjon (kPa)	Kohesjon (kPa)	Bakgrunn
Tørrskorpeleire	31	0,60	0	0	Erfaringsverdi
Leire 1	27	0,5	10	5	Erfaringsverdi
Leire 2	30	0,58	15	8,7	Treaks i 4
Sprøbruddleire	26	0,49	5	2,5	Treaks i 3

4.5 Overkonsolidering

Overkonsolideringsgrad tolket fra ødometerforsøk viser at leira er overkonsolidert. Tolking av de utførte ødometerforsøkene er vist i tabell 2. Detaljert tolkning av ødometerforsøkene er vist i bilag 3.

Tabell 2 konsolideringsgrad fra utførte ødometerforsøk

Rapport nr., borhull nr.	Dagens terreng kote (NN2000)	GVS (m under terreng)	γ (kN/m ³)	Dyp (m)	Tolket p_c' (kPa)	p_0' (kPa)	OCR = p_c'/p_0'	kommentar
R.1657, 3	3,09	0,5	19,5	7,55	200	76,5	2,6	overkonsolidert
R.1657, 4	20,30	0,5	19,5	3,52	400	58,5	6,8	overkonsolidert

4.6 Anisotropi og tøyningskompatibilitet

I beregningene tas det hensyn til spenningsanisotropien i leira. Udrenert skjærfasthet varierer med hovedspenningene (ADP-analyse). Utgangspunktet er udrenert aktiv skjærfasthet s_{uA} som er tolket fra CPTU-sonderingene og laboratorieundersøkelsene. Direkte og passiv skjærfasthet er beregnet ut fra følgende formler basert på anbefalinger i NIFS-rapport 14-2014, Delprosjekt 6, ref. /4/:

$$s_{uD} = 0,63 s_{uA}$$

$$s_{uP}=0,35s_{uA}$$

Det er ikke utført passive treaksialforsøk eller direkte skjærforsøk i dette prosjektet. De anvendte anisotropiforholdene er i henhold til ref. /4/, og vurderes å ta hensyn til prinsippet om tøyningsskompatibilitet. Det samme gjelder reduksjon av aktiv skjærfasthet på 15 % som er foretatt for sprøbruddeleire når designskjærfasthet er bestemt på grunnlag av CPTU, og som skal ivareta både sprøbruddegenskaper og prinsippet om tøyningsskompatibilitet.

5. STABILITETSBEREGNINGER OG -VURDERINGER

5.1 Resultat fra stabilitetsberegninger

Det er gjort stabilitetsberegninger for dagens tilstand i profil B som går gjennom Apotekergården og profil C som går gjennom det gamle skredet i området. Beliggenhet av profilene er vist i tegning 102.

Profil B

Skjærstyrke profil er tolket basert på resultat fra lab forsøkene, se tegning 177. Derfor er anisotropikoeffisienter ikke redusert i sprøbruddeleire for aktiv skjærstyrke.

For dagens tilstand oppnås sikkerhetsfaktor $F=1,27$ for totalspenningsanalyse og $F=1,82$ for effektivspenningsanalyse. Se tegning 311.

Profil C

Skjærstyrke profil er tolket basert på CPTU resultat. Derfor er anisotropikoeffisienter redusert i sprøbruddeleire for kun aktiv skjærstyrke.

For dagens tilstand oppnås sikkerhetsfaktor $F=1,08$ for totalspenningsanalyse og $F=1,53$ for effektivspenningsanalyse. Se tegning 312 og 313.

Stabilitetsberegningene er utført i flere omganger med et stort søkeareal for senter av kritiske skjærflater som utgangspunkt. Det er så brukt mindre søkeareal i områder der senter av de mest kritiske bruddflater befinner seg. I tillegg er det gjort en vurdering av andre mulige bruddflater (plane), men uten å finne en mer kritisk bruddflate.

5.2 Stabilitetsvurderinger

Det er gjort stabilitetsberegninger i 2 profiler på både total- og effektivspenningsbasis. NVEs veileder stiller krav til sikkerhetsfaktor $F \geq 1,4$ for henholdsvis total- og effektivspenningsbasis. Beregnet sikkerhetsfaktor for totalspenningsanalyse fyller ikke kravet i kvikklireveilederen, ref. /2/, for hverken profil B eller C. På effektivspenningsbasis er resultatet tilfredsstillende i begge profilene. I tabell 3 under er det gitt en oversikt over resultatene fra stabilitetsberegningene.

Tabell 3 Resultater fra stabilitetsberegninger i profil B og C

Profil, case	(F)Totalspenningssbasis	(F) Effektivspenningsbasis
B, dagens tilstand	1,27	1,82
C, dagens tilstand	1,08	1,53

6. KONKLUSJON

Stabilitetsberegningene viser ikke tilfredsstillende resultat for dagens tilstand i noen av profilene for totalspenningsanalyse. På effektivspenningsbasis var resultatet tilfredsstillende. Sikkerhetsfaktor for totalspenningsanalysen vurderes som kritisk for terrengendringer eller lastendringer. Derfor må man være særdeles aktsom ved graving, og helst unngå fyllingsarbeider.

Revurdering av faregradsklasse for Nedre Mule kvikkleiresone viser at den er samme som før, *lav* faregradsklasse.

Basert på utbredelse av sprøbruddleire er det gitt et forslag til nye grenser for Nedre Mule kvikkleiresone.

Stabilitetsberegninger er innledende. Hvis det skal bygges noe i sonen anbefales det å supplere grunnundersøkelsene for gjennomføre mer omfattende stabilitetsberegninger, f.e. CPTU i punkt 2 for å ha bedre grunnlag for tolkning av skjærstyrke i profil B og poretryksmålinger i et punkt som ligger i skråningen. Det anbefales for øvrig å skaffe kartgrunnlag for havbunn for å ha bedre grunnlag for stabilitetsvurderingene. Til dette er gjort bør man overvåke erosjon i bekker og langs standsonen.

7. REFERANSELISTE

- 1 R.1657 "Nedre Mule kvikkleiresone", Trondheim kommune, datert 24.08.2016
- 2 NVEs veileder 7-2014 "Sikkerhet mot kvikkleireskred"
- 3 Karlsrud, K., Lunne, T. Kort, D.A., Strandvik, S. (2005) "CPTU Correlations for Clays"
- 4 NIFS rapport 14-2014 "En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktoreri prosjektering i norske leirer"

8. TEGNINGSLISTE

- 102 Situasjonsskart, målestokk 1:2000
 - 271 Utbredelse av sprøbruddleire. Situasjonsskart, målestokk 1:2000
 - 171 CPTU punkt 3 tolkning, SuA, OCR-basis
 - 172 CPTU punkt 3 tolkning, SuA, Bq-basis
 - 174 CPTU punkt 4 tolkning, SuA, OCR-basis
 - 175 CPTU punkt 4 tolkning, SuA, Bq-basis
 - 177 Skjærfasthet i profil B
 - 311 Profil B – Stabilitetsberegninger. Dagens tilstand, total- og effektivspenninganalyse
 - 312 Profil C – Stabilitetsberegninger. Dagens tilstand, totalspenninganalyse
-

- 313 Profil C – Stabilitetsberegninger. Dagens tilstand, effektivspenninganalyse

9. BILAGSLISTE

- 1 Revurdering av faregradsklasse for Nedre Mule kvikkleiresone
- 2 Tolkning av treksialforsøk
- 3 Tolkning av ødometerforsøk

X7025000

X7024800

X7024600

X7024400

Y557600

Y557800

Y558000

Y558200

427 Mute kvikkleiresone

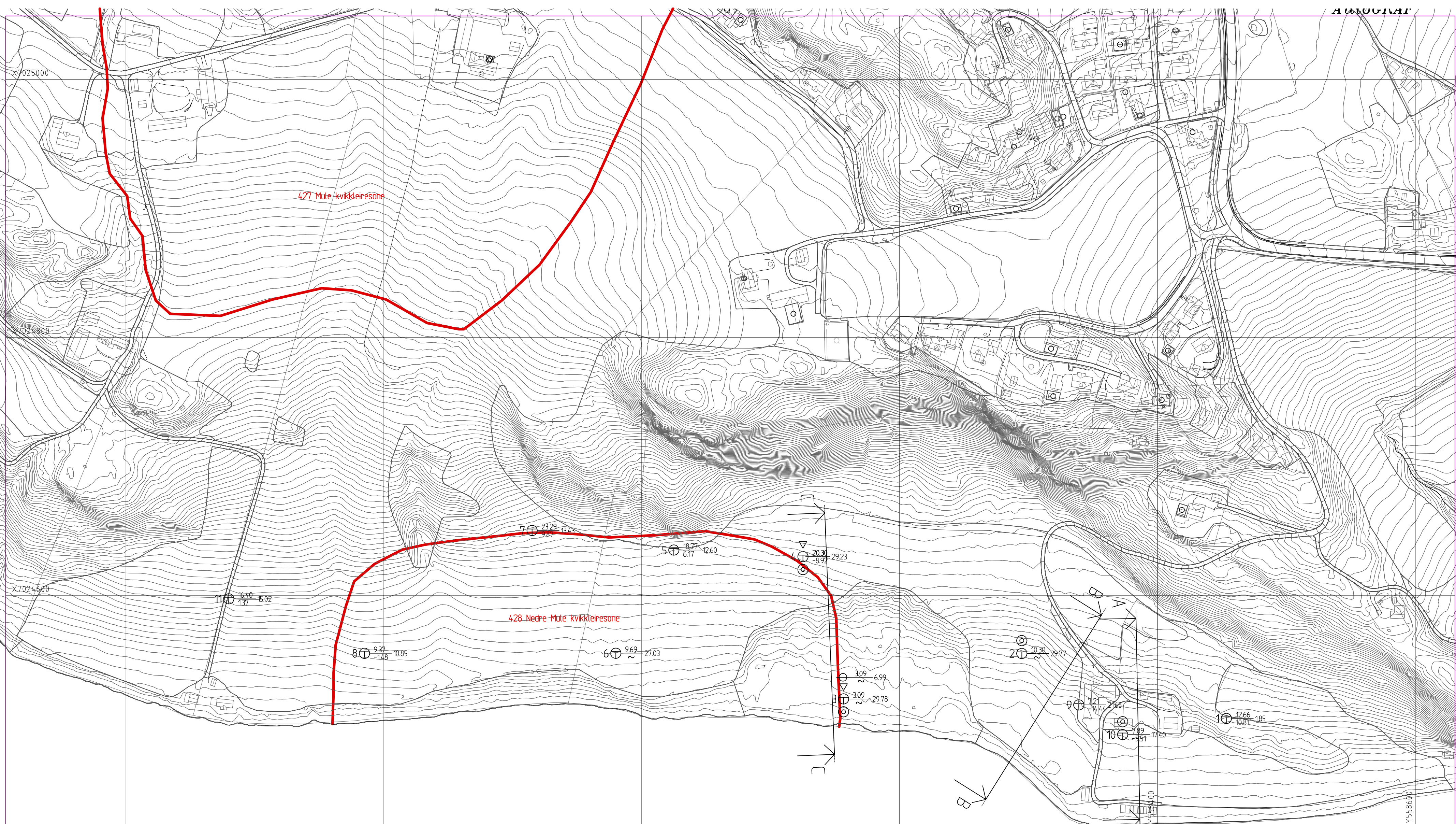
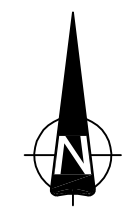
428 Nedre Mute kvikkleiresone

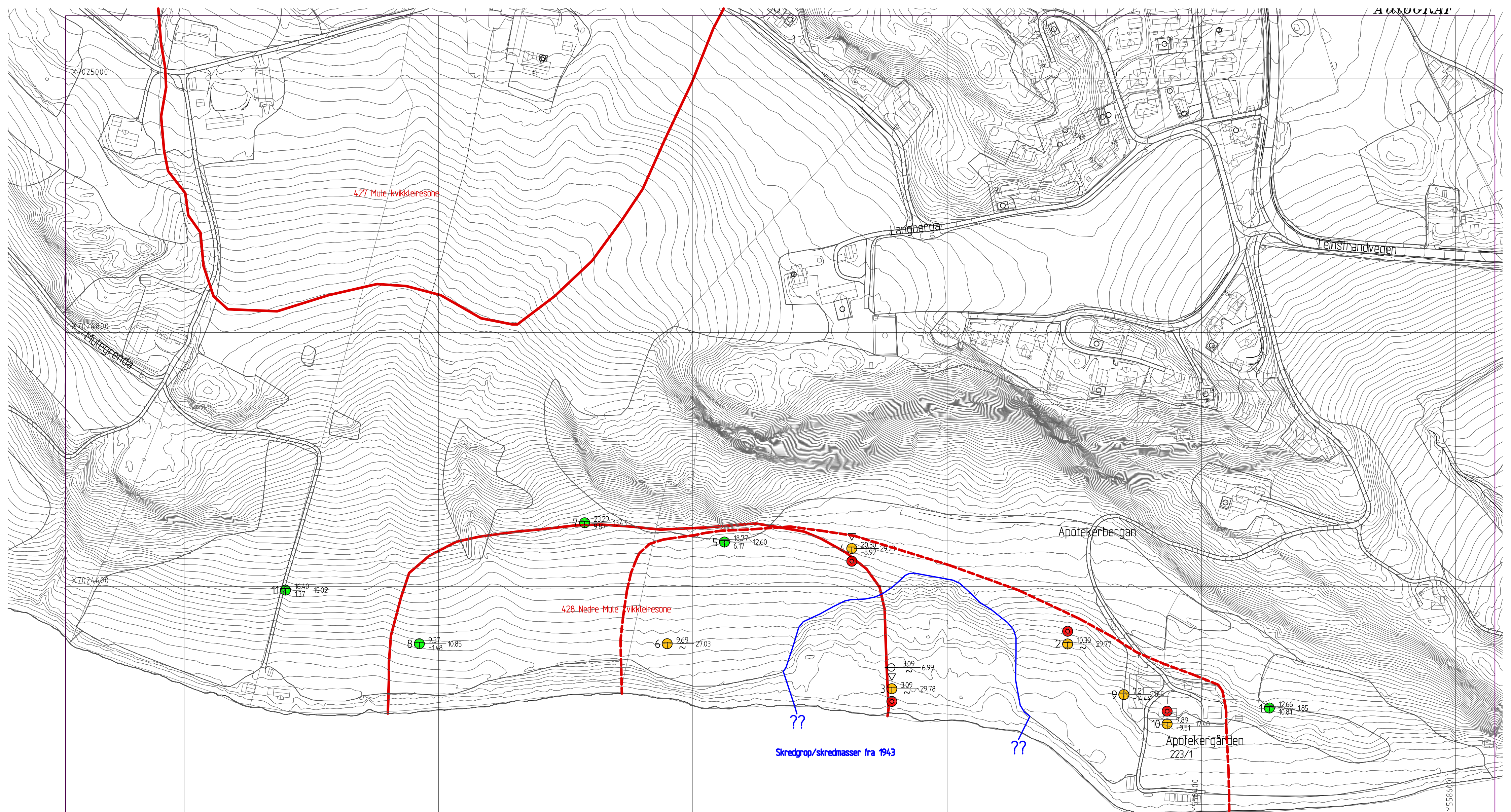
TEGNFORKLARING:

● Driesonering	⊛ Fjellkontrollboring	⊙ Prøveserie	⊖ Poretrykksmåling
○ Enkel sonering	⬇ Dreietrykkssonering	□ Prøvegrøp	⚡ Fjell i dagen
▽ Trykksonering	⊕ Totalsonering	⊕ Vingeboring	○ Torvdybdemåling

Borhull nr. $\frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antall fjellkote}}$ Boret dybde + (boret i fjell) Tidligere soneringer:
 Kartplan (x,y): Euref 89 - UTM32, høydereferanse: NN2000 Trondheim kommune Multiconsult Rambøll

Nedre Mute kvikkleiresone		Tegnet:	SHNA
Stabilitetsberegninger-beregningsprofil		Godkjent:	
		Saksbeh:	SHNA
		Dato:	18.08.2016
		Målestokk:	1:2000
		Format:	A2
Høydesystem NN2000 — NVE-Kvikkleiregrense		Prosjekt nr.:	R.1657
 TRONDHEIM KOMMUNE		Tegn.nr.:	102





X7025000
X7024800
X7024600
X7024400

Y557600

Y557800

Y558000

Y558200

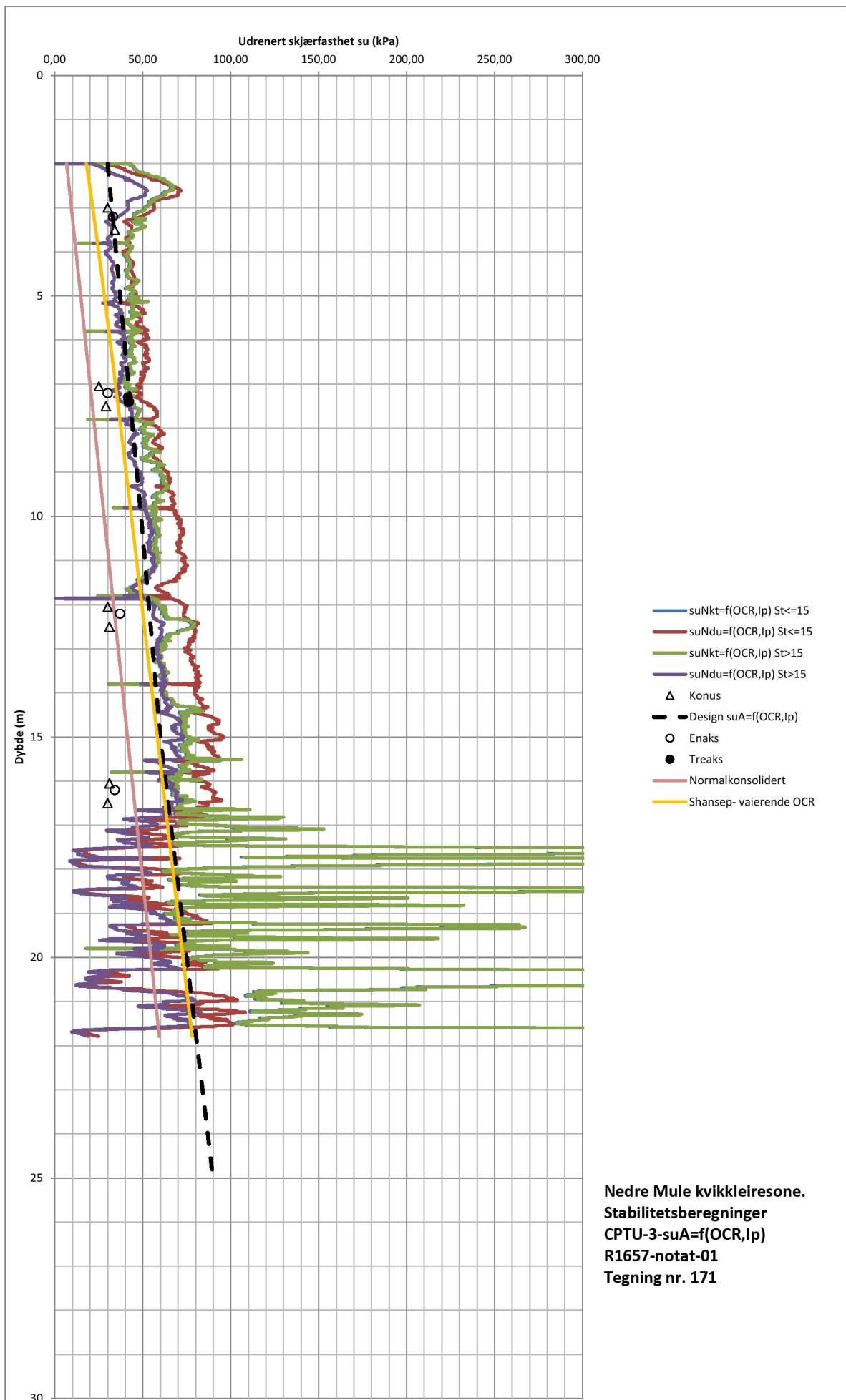
TEGNFORKLARING:

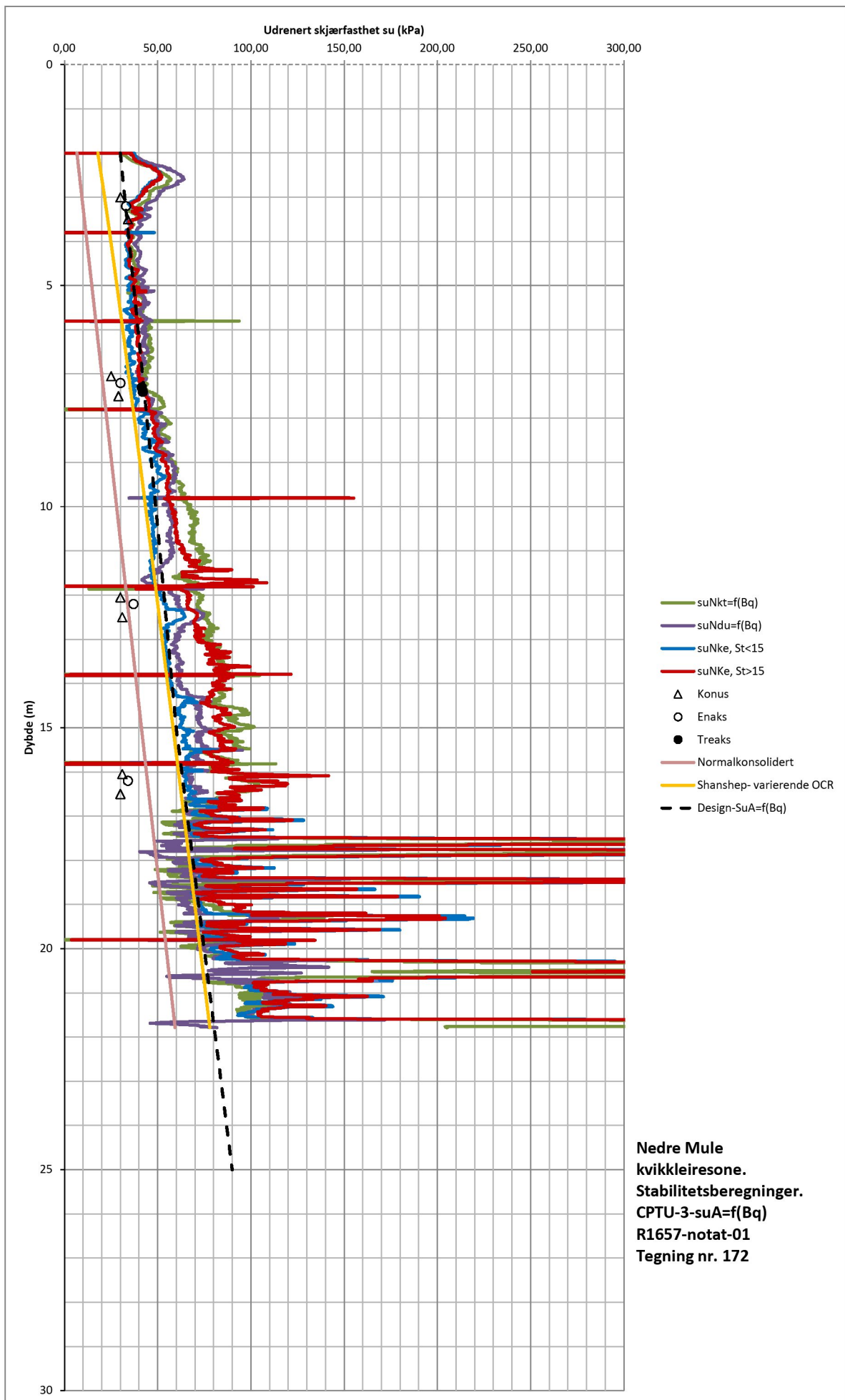
● Driesondering	☆ Fjellkontrollboring	⊙ Prøveserie	⊖ Poretrykksmåling
○ Enkel sondering	◆ Drietrykkssondering	□ Prøvegrop	⚡ Fjell i dagen
▽ Trykksondering	⊕ Totalsondering	+ Vingeboring	○ Torvdybdemåling

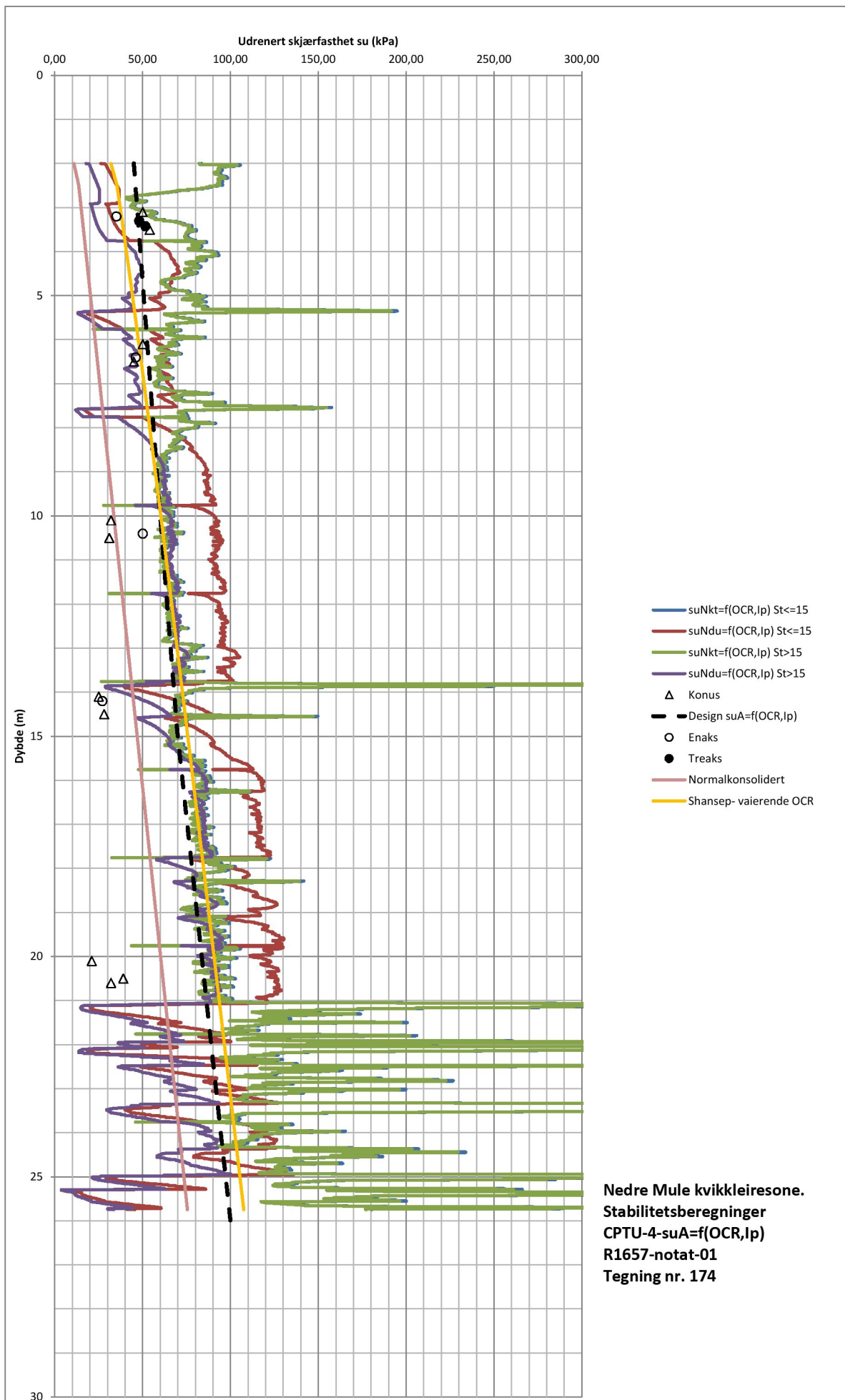
Borhull nr. $\frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antall fjellkote}}$ Boret dybde + (boret i fjell) Tidligere sonderinger:
 Kartplan (x,y): Euref 89 - UTM32, høyderferanse: NN2000 Trondheim kommune Multiconsult Rambøll
 — Skred, 1943

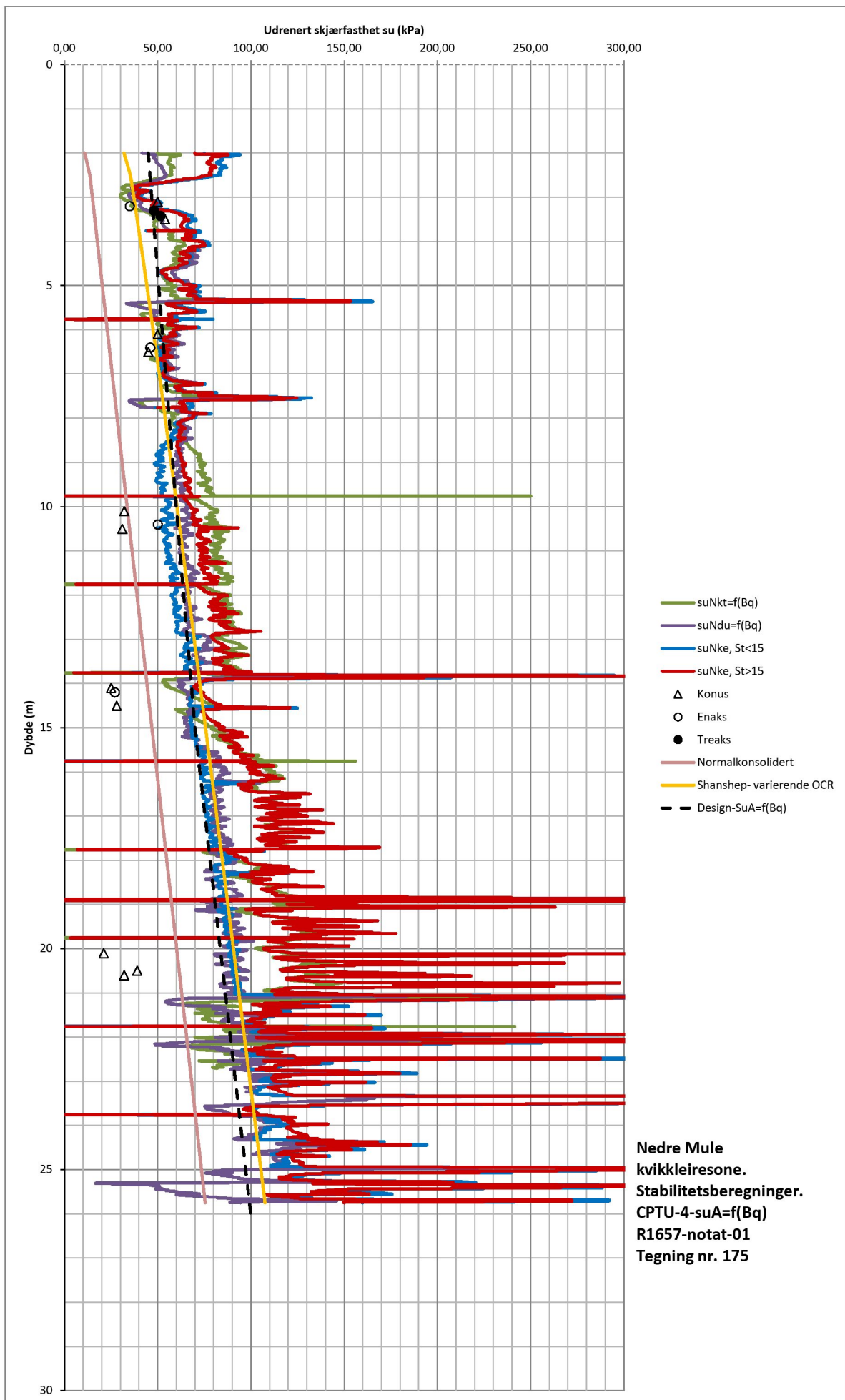
● Sprøbruddmateriale ● Mulig sprøbruddmateriale ● Ikke påvist sprøbruddmateriale

Nedre Mute kvikkleiresone		Tegnet:	SHNA
Utbredelse av sprøbruddleire		Godkjent:	
— Forslag på nye grenser		Saksbeh:	SHNA
Høydesystem NN2000 — NVE-Kvikkleiregrense		Dato:	18.08.2016
		Målestokk:	1:2000
		Format:	A2
TRONDHEIM KOMMUNE		Prosjekt nr.:	R.1657
		Tegn.nr.:	271

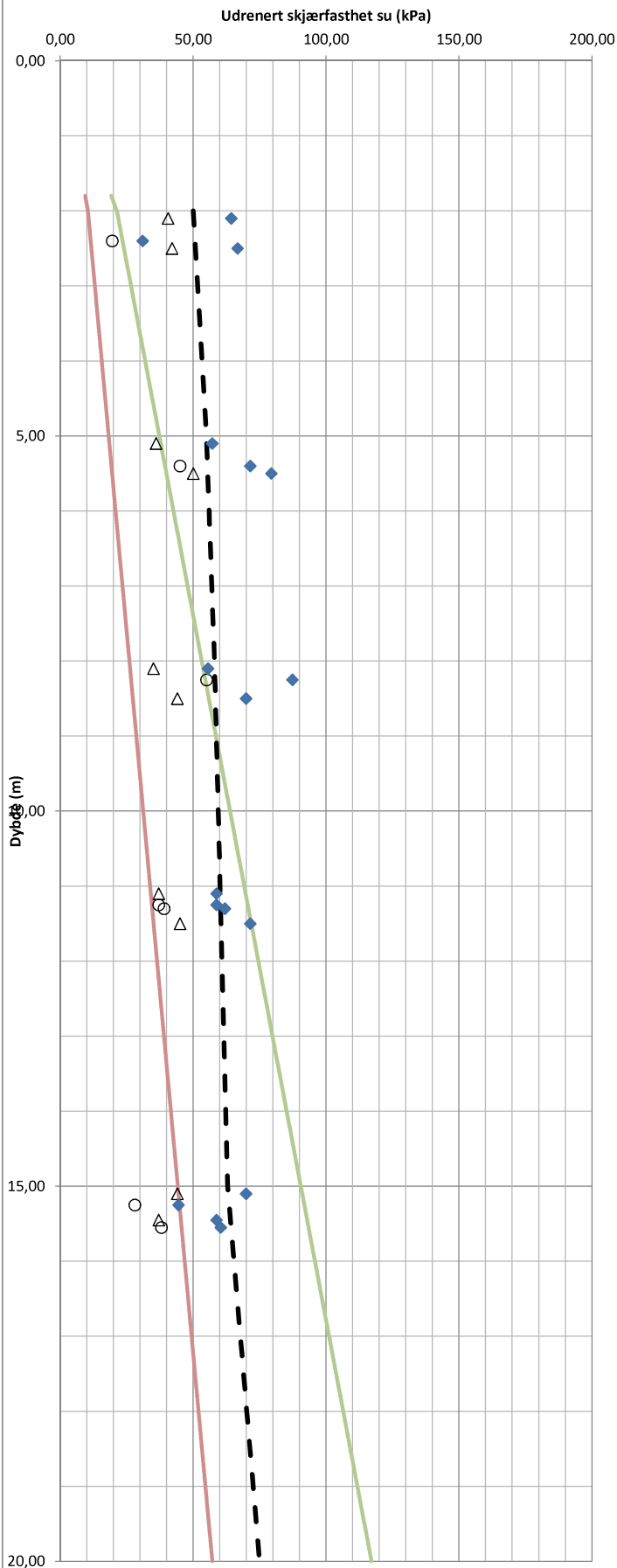




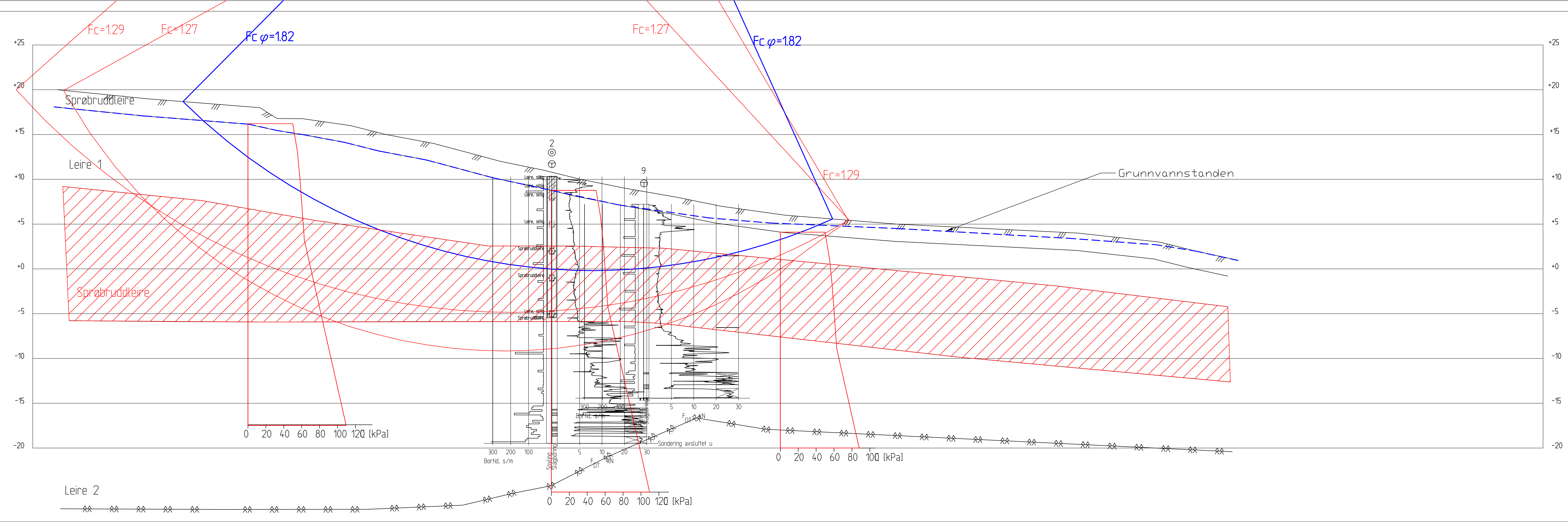




SuA i punkt 2




Nedre Mule kvikkleiresone
Stabilitetsberegninger
Skjærfasthet i profil B
R1657-notat-01
Tegning nr. 177

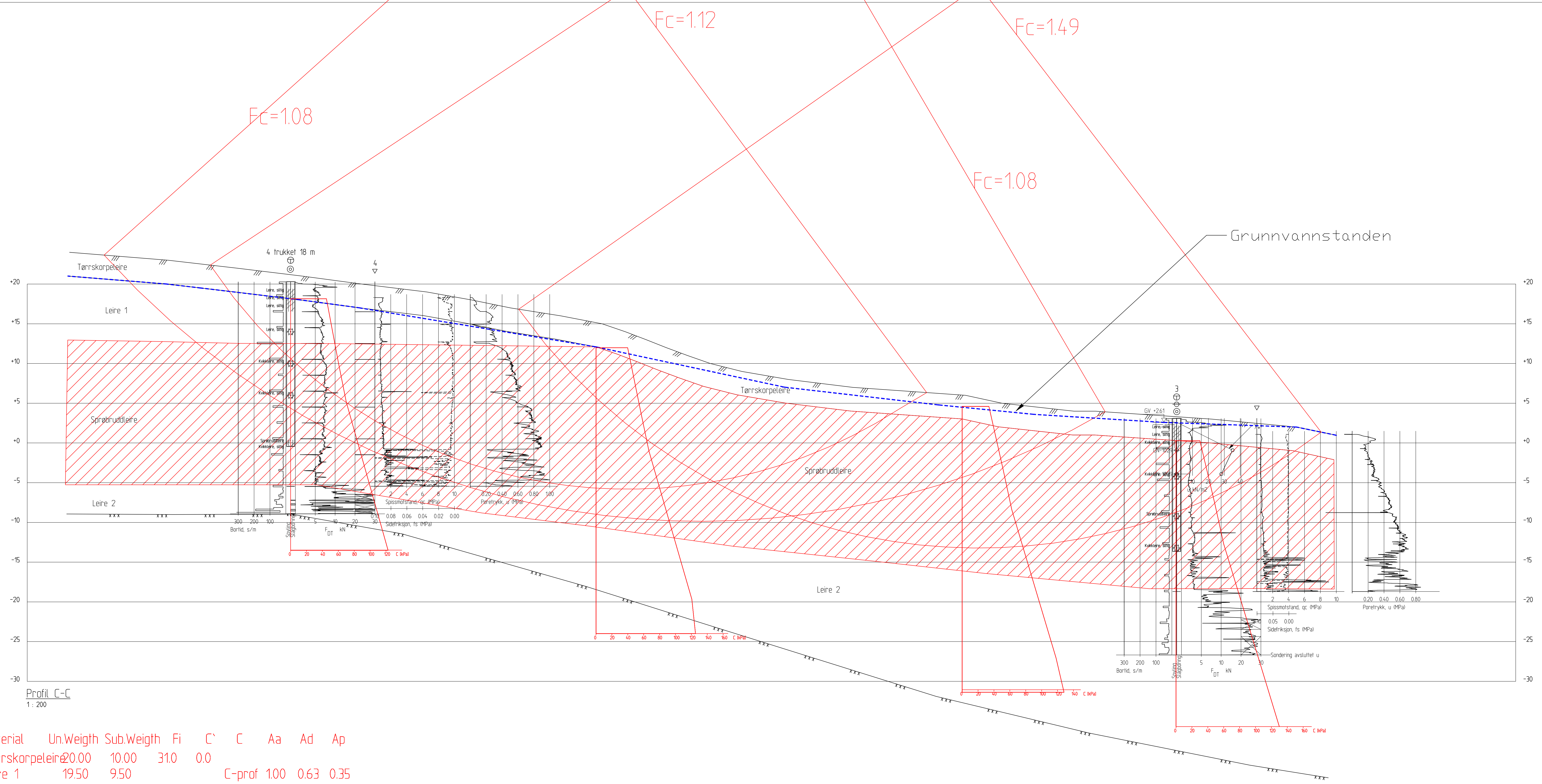


Material	Un.Weigh	Sub.Weigh	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Tørreskorpeleir	20.00	10.00	310	0.0				
Leire 1	19.50	9.50	27.0	5.0				
Sprøbruddleire	19.50	9.50	26.0	2.5				
Leire 2	19.50	9.50	30.0	8.7				

Material	Un.Weigh	Sub.Weigh	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Tørreskorpeleir	20.00	10.00	310	0.0				
Leire 1	19.50	9.50			C-prof	100	0.63	0.35
Sprøbruddleire	19.50	9.50			C-prof	100	0.63	0.35
Leire 2	19.50	9.50			C-prof	100	0.63	0.35

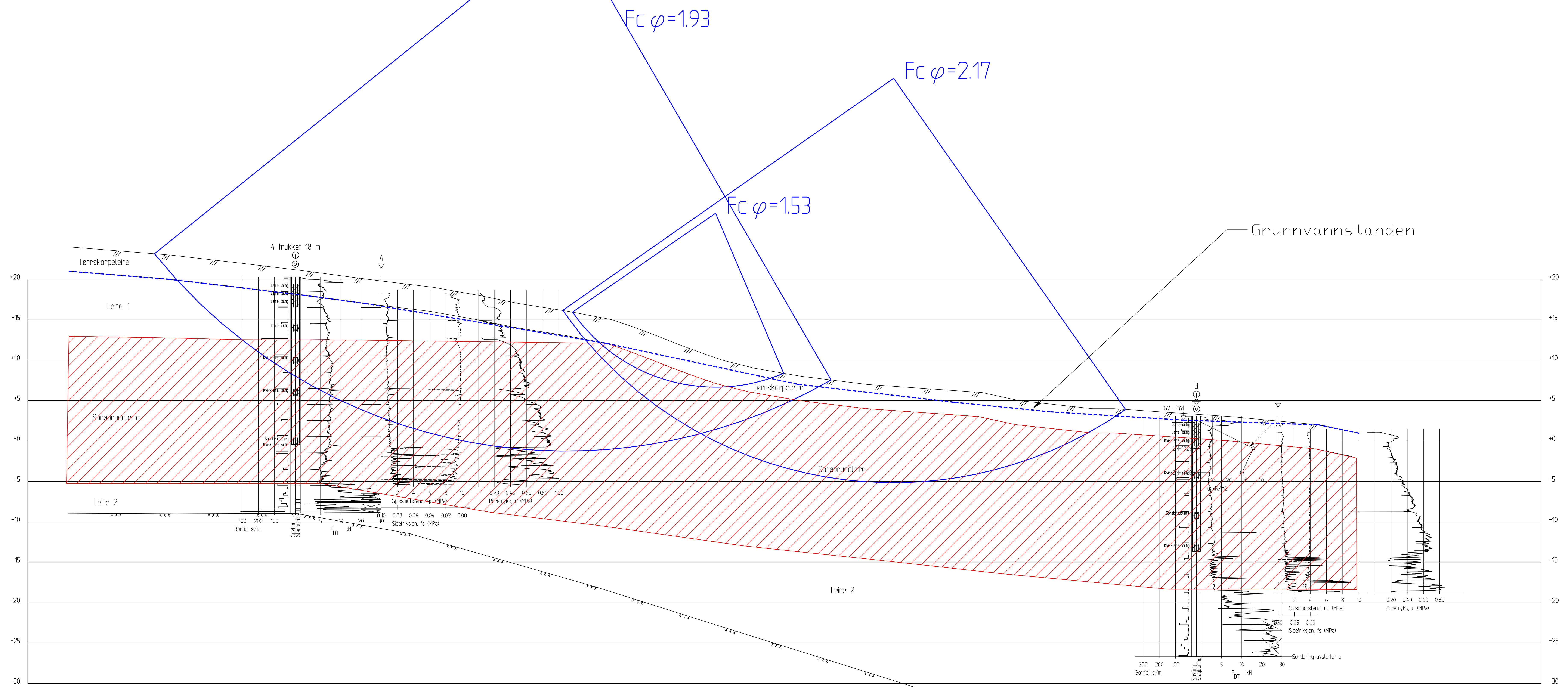
Profil B-B
1 : 200

Nedre Mule kvikkleiresone		Tegnet:	SHNA
Stabilitetsberegninger for dagens tilstand		Godkjent:	SHNA
Total- og effektivspenningsanalyse		Dato:	08.09.2016
Profil B		Målestokk:	1:200
 TRONDHEIM KOMMUNE		Prosjekt nr.:	R.1657
		Tegn.nr.:	311



Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Tørrskorpeleir	20.00	10.00	31.0	0.0				
Leire 1	19.50	9.50		C-prof	1.00	0.63	0.35	
Sprøbruddleire	19.50	9.50		C-prof	0.85	0.63	0.35	
Leire 2	19.50	9.50		C-prof	1.00	0.63	0.35	

Nedre Mule kvikkleiresone		Tegnet:	SHNA
Stabilitetsberegninger for dagens tilstand		Godkjent:	SHNA
Totalspenningsanalyse		Dato:	15.09.2016
Profil C		Målestokk:	1200
TRONDHEIM KOMMUNE		Prosjekt nr.:	R.1657
		Tegnr.:	312



Profil C-C
1: 200

Material	Un	Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Tørrskorpeleir@0.00	10.00	31.0	0.0						
Leire 1	19.50	9.50	27.0	5.0					
Sprøbruddleire	19.50	9.50	26.0	2.5					
Leire 2	19.50	9.50	30.0	8.7					

Nedre Mule kvikkleiresone		Tegnet:	SHNA
Stabilitetsberegninger for dagens tilstand		Godkjent:	SHNA
Effektivspenningsanalyse		Dato:	15.09.2016
Profil C		Målestokk:	1200
		Prosjekt nr:	R.1657
		Tegnr.:	313

Rapportnr	R.1657	Saksbehandler	Shna
Rapportnavn	Nedre Mule kvikkleiresone	Dato	08.09.2016
		Bilag	1

Revidert faregradsklassifisering av Nedre Mule kvikkleiresone

ref: NGIs rapport 20001008-2 datert 31 august 2001. Revisjon 3 datert 8 oktober 2008 "Program for økt sikkerhet mot leirskred, Metode for kartlegging og klassifisering av faresone, kvikkleire"

Faregradsklasse

Vurdering

Faktor	Vekttall	Poeng	Score	Kommentar
Tidligere skredaktivitet	1	2	0	Noe
Skråningshøyde, m	2	4	3	20-30
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	0	3	OCR > 2 Tokning av ødometer
Poretrykk, overtrykk, kPa	3	0	0	Hydrostatisk målt i punkt 3
Poretrykk, undertrykk, kPa	-3	0	1	Hydrostatisk målt i punkt 3
Kvikkleiremektighet	2	6	3	>H/2
Sensitivitet	1	3	3	>100
Erosjon	3	3	0	Lite
Inngrep, forverring	3	0	0	Ingen
Inngrep, forbedring	-3	0	1	Ingen
Sum poeng (score x vektall):		18		

Beregnet faregradsklasse	Lav
Faregrad	0,35

Skadekonsekvens

Vurdering

Faktor	Vekttall	Poeng	Score	Kommentar
Boligheter, antall	4	4	3	Tett>5
Næringsbygg, personer	3	3	3	>50
Annen bebyggelse, verdi	1	0	3	Stor
Vei, ÅDT	2	0	2	1001-5000
Toglinje, baneprioritet	2	0	0	Ingen
Kraftnett	1	0	0	Lokal
Oppdemning/flom	2	0	1	Liten
Sum poeng (score x vektall):		7		

Beregnet skadekonsekvensklasse	Mindre Alvorlig
Skadekonsekvens	0,16

Risiko (skadekonsekvens x faregrad)	549
Risikoklasse:	4

Faregradsklasser	1 Lav
	2 Middels
	3 Høy

Skadekonsekvensklasser	1 Mindre Alvorlig
	2 Alvorlig
	3 Meget Alvorlig

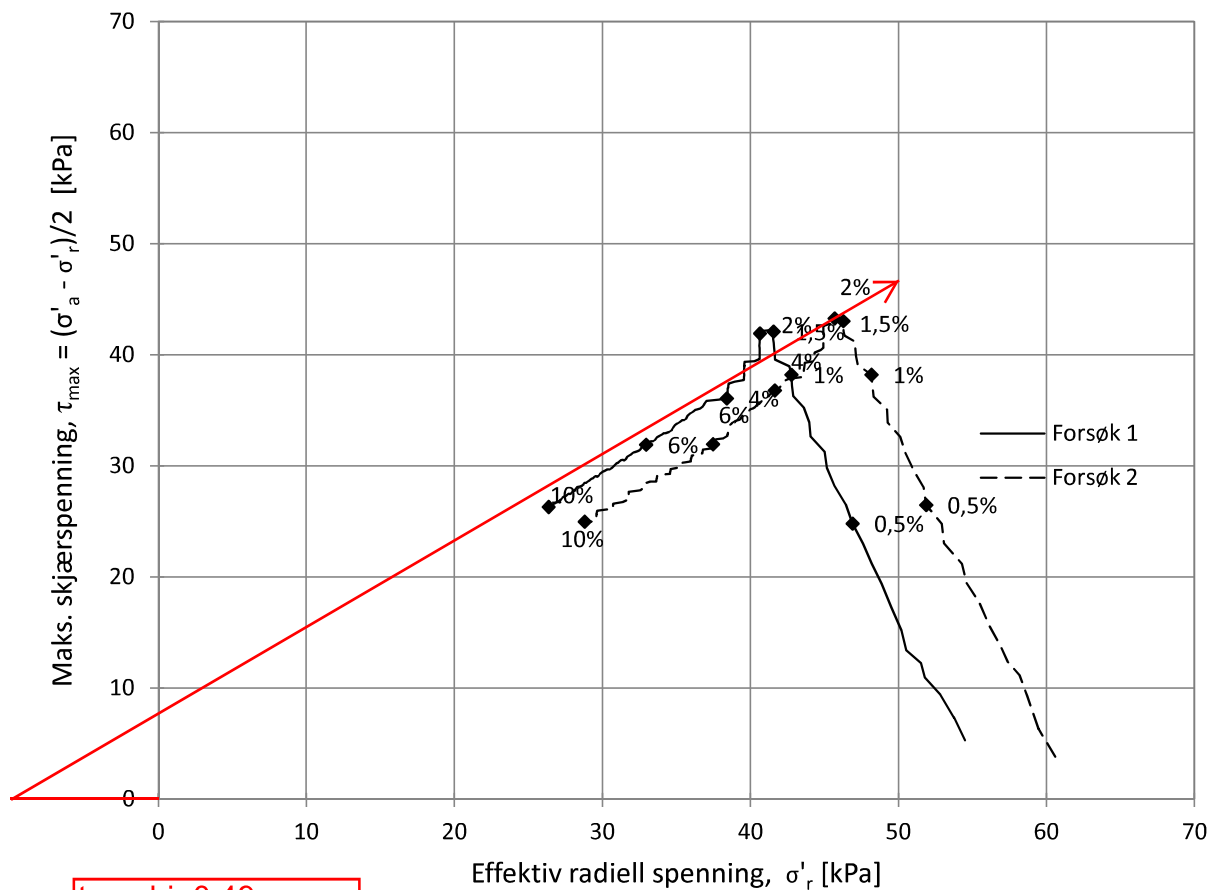
Risikoklasse	1 0-170
	2 171-630
	3 631-1900
	4 1901-3200
	5 3201-10000

Evaluering av faregrad

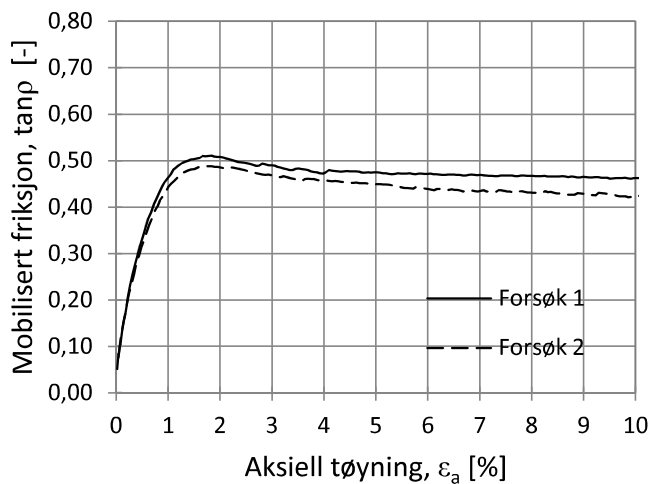
Faktor	Vekttall	Faregrad, score			
		3	2	1	0
Tidligere skredaktivitet	1	Høy	Noe	Lav	Ingen
Skråningshøyde, m	2	>30	20-30	15-20	<15
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	1,0-1,2	1,2-1,5	1,5-2,0	>2,0
Poretrykk, overtrykk, kPa	3	>+30	10-30	0-10	Hydrostatisk
Poretrykk, undertrykk, kPa	-3	>-50	-(20-50)	-(0-20)	Hydrostatisk
Kvikkleiremektighet	2	>H/2	H/2-H/4	<H/4	Tynt lag
Sensitivitet	1	>100	30-100	20-30	<20
Erosjon	3	Aktiv/Glidning	Noe	Lite	Ingen
Inngrep, forverring	3	Stor	Noe	Lite	Ingen
Inngrep, forbedring	-3	Stor	Noe	Lite	Ingen
Sum		51	34	16	0
% av maksimal poengsum		100 %	67 %	31 %	0 %

Evaluering av skadekonsekvens

Faktor	Vekttall	Konsekvens, score			
		3	2	1	0
Boligheter, antall	4	Tett>5	Spredt>5	Spredt<5	Ingen
Næringsbygg, personer	3	>50	10-50	<10	Ingen
Annen bebyggelse, verdi	1	Stor	Betydelig	Begrenset	Ingen
Vei, ÅDT	2	>5000	1001-5000	100-1000	<100
Toglinje, baneprioritet	2	1-2	3-4	5	Ingen
Kraftnett	1	Sentral	Regional	Distribusjon	Lokal
Oppdemning/flom	2	Alvorlig	Middels	Liten	Ingen
Sum		45	30	15	0
% av maksimal poengsum		100 %	67 %	33 %	0 %



$\tan \phi = 0,49$
 $\phi = 26$



Forsøk 1, dybde $d=7,3$

Volumtøyning i konsolideringsfase, ϵ_{vol} (%)	2,53	Konsolideringsspenning, σ'_c (kPa):	55	Vanninnhold	33 %
---	------	--	----	-------------	------

Forsøk 2, dybde $d=7,4$

Volumtøyning i konsolideringsfase, ϵ_{vol} (%)	2,71	Konsolideringsspenning, σ'_c (kPa):	66	Vanninnhold	33 %
---	------	--	----	-------------	------

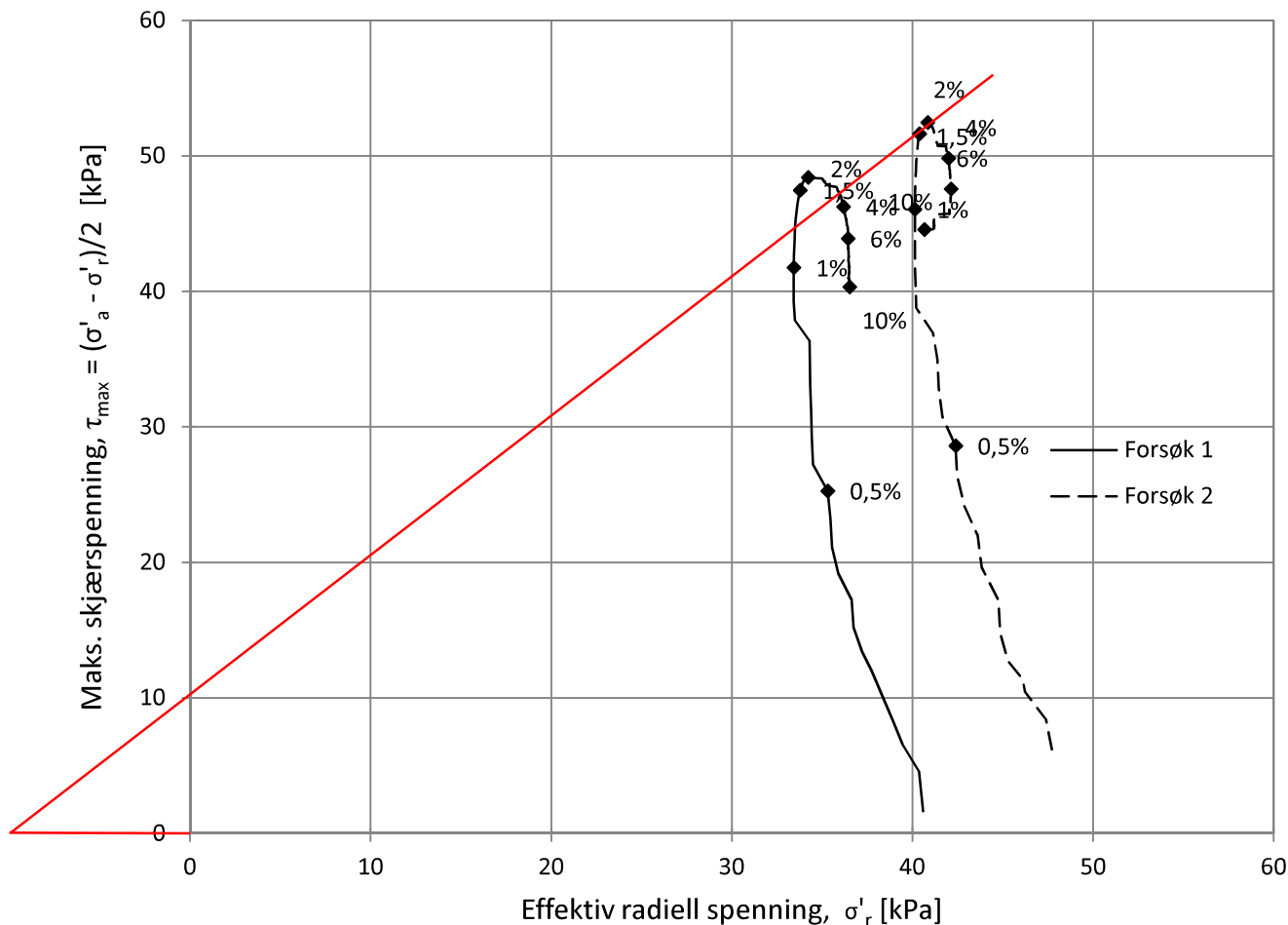
$a = 15$ kPa er benyttet for tolkning av $\tan \phi$



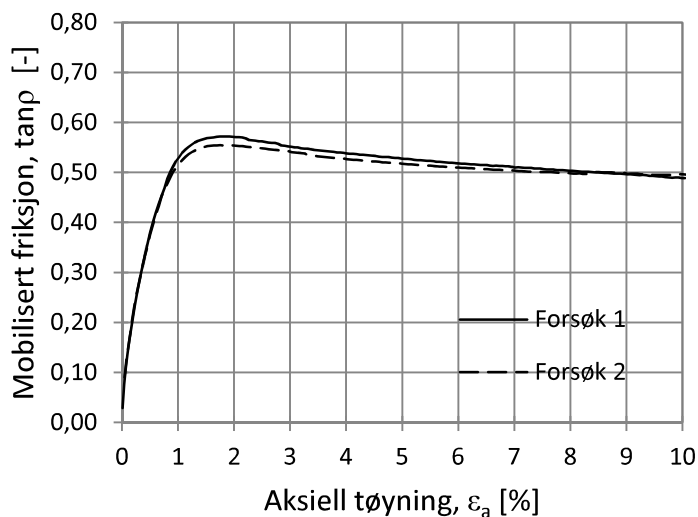
TRONDHEIM KOMMUNE

Nedre Mule kvikkleiresone
Treaksialforsøk. Deviatorspenningssti og mobiliseringsforløp

Borhull:	3
Tegnet:	8DA
Godkjent:	
Saksbehandler:	SHNA
Dato:	03.08.2016
Prosjekt nr.	R1657
Tegn.nr.	71



$\tan \phi = 0,58$
 $\phi = 30$



Forsøk 1, dybde $d=3,3$

Volumtøyning i konsolideringsfase, ϵ_{vol} (%)	2,79	Konsolideringsspenning, σ'_c (kPa):	40	Vanninnhold	33 %
---	------	--	----	-------------	------

Forsøk 2, dybde $d=3,42$

Volumtøyning i konsolideringsfase, ϵ_{vol} (%)	2,01	Konsolideringsspenning, σ'_c (kPa):	48	Vanninnhold	35 %
---	------	--	----	-------------	------

$a = 15$ kPa er benyttet for tolkning av $\tan \phi$

Borhull:	4
Tegnet:	8DA
Godkjent:	
Saksbehandler:	SHNA
Dato:	01.08.2016
Prosjekt nr.	R1657
Tegn.nr.	73



TRONDHEIM KOMMUNE

Nedre Mule kvikkleiresone

Treaksialforsøk. Deviatorspenningssti og mobiliseringsforløp



TRONDHEIM KOMMUNE

Kommunalteknikk

GEOTEKNISK FAGGRUPPE

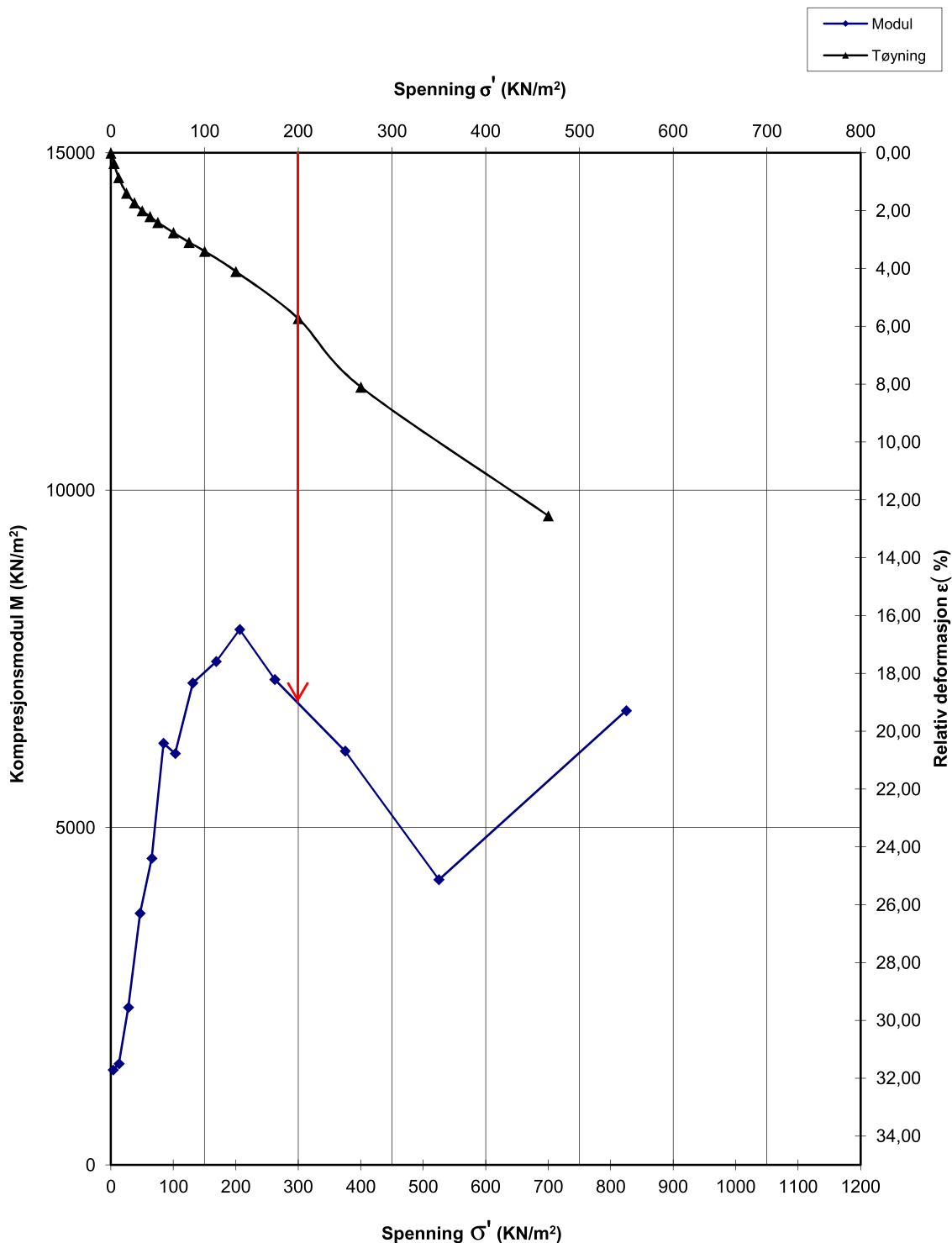
Ødometerforsøk

Prosj. : R1657 Nedre Mule kvikkleiresone

Boring 3 Dato : 12.07.2016

Operatør 8da Tegn. Nr. 81

ØDOMETERFORSØK

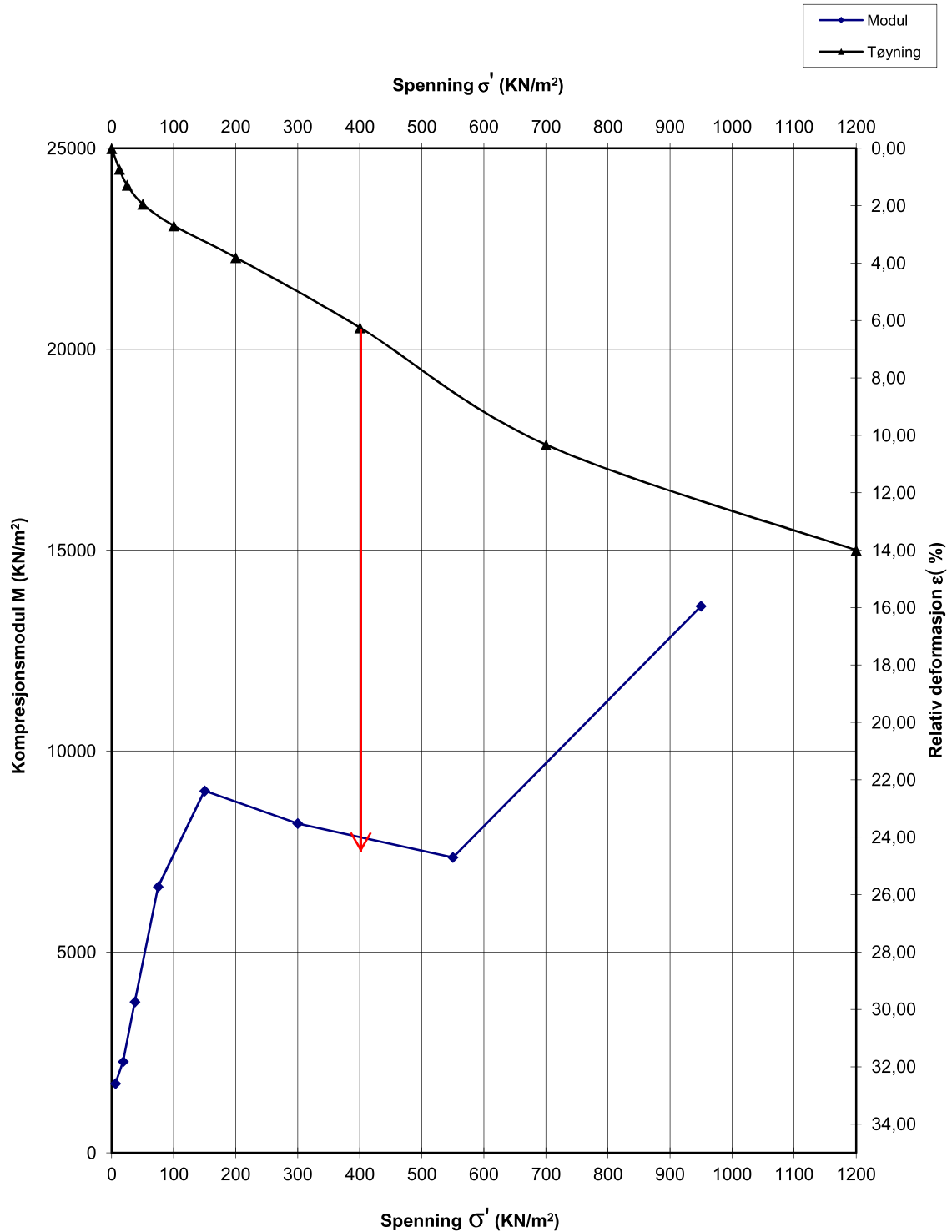


Lab. Nr.	Hull Nr.	Dybde	P_0'	P_c'	OCR	Jordart	Anm.
11	3	7,55m	76,5	200	2,6	KVIKKLEIRE	



Prosj. :	R1657 Nedre Mule kvikkleiresone		
Boring	4	Dato :	28.07.2016
Operatør	8da	Tegn. Nr.	82

ØDOMETERFORSØK



Lab. Nr:	Hull Nr.	Dybde	P_0'	P_c'	OCR	Jordart	Anm.
16	4	3,52m	58,5	400	6,8	LEIRE	