



RAPPORT

Utredning av kvikkleiresone 802 Vikland, Rakkestad kommune

FAREUTREDNING

DOK.NR. 20160008-01-R
REV.NR. 1 / 2016-12-13

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

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

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

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

Prosjekt

Prosjekttittel: Utredning av kvikkleiresone 802 Vikland, Rakkestad kommune
Dokumenttittel: Fareutredning
Dokumentnr.: 20160008-01-R
Dato: 2016-11-22
Rev.nr. / Rev.dato: 1 / 2016-12-13

Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: Norges Vassdrags- og Energidirektorat
Kontaktperson: Jaran Wasrud
Kontraktreferanse: Kontrakt signert 2016-02-16

for NGI

Prosjektleder: Bjørn Kalsnes
Utarbeidet av: Søren Holm
Kontrollert av: Bjørn Kalsnes

Sammendrag

NGI har foretatt en utredning av stabilitetsforholdene i kvikkleiresone 802 Vikland beliggende i Rakkestad kommune, Østfold. Det er i forbindelse med prosjektet blitt gjennomført en grunnundersøkelse i sonen, med felt- og laboratorieundersøkelser.

Det anbefales at sonen utgår som kvikkleiresone da det ikke er blitt påvist kvikkleire i noen av prøvene fra borpunkter hvor sonderinger antyder mulig kvikkleire. Eventuell kvikkleire i sonen antas derfor å være av begrenset omfang, og noe som ikke representerer fare for store kvikkleireskred.

Det er foretatt stabilitetsberegninger for to profiler ned mot Rakkestadelva. Beregningene viser at det er en moderat sikkerhet mot dyperegående utglidninger i området. Stabiliteten oppfyller ikke kravene til stabilitetsmessig sikkerhet gitt i Eurokode 7. Det må derfor foretas stabiliserende tiltak ved bygge- og anleggsarbeid som krever geoteknisk prosjektering. Det synes også å være dårlig stabilitet ut mot Dørja nordvest i sonen og ned i ravinen midt i sonen. Her må stabilitetsforholdene også utredes og eventuelt forbedres i forbindelse med fremtidig bygge- og anleggsarbeid som krever geoteknisk prosjektering.

Innhold

1	Innledning	5
2	Terreng og grunnforhold	6
2.1	Områdebeskrivelse	6
2.2	Kvartærgeologi	6
2.3	Geotekniske grunnundersøkelser	7
2.4	Feltbefaring	8
3	Soneavgrensning og -klassifisering	9
3.1	Opprinnelig kartlegging	9
3.2	Oppdatert evaluering	9
4	Sikkerhetskrav	10
5	Grunnlag for stabilitetsberegninger	10
5.1	Lagdeling	10
5.2	Grunnvannstand og poretrykksforhold	11
5.3	Udrenert skjærfasthet	11
5.4	Drenert skjærfasthet	12
6	Stabilitetsvurderinger	13
6.1	Profil A	13
6.2	Profil B	14
6.3	Eksisterende stabilitetsforhold	15
7	Referanser	15

Tegninger

Tegning nr. 011	Plassering av kritiske profiler for stabilitetsvurdering
Tegning nr. 012	Borplan for utførte grunnundersøkelser
Tegning nr. 016	Forekomst av kvikkleire fra tolkning av sonderinger og prøveserier

Vedlegg

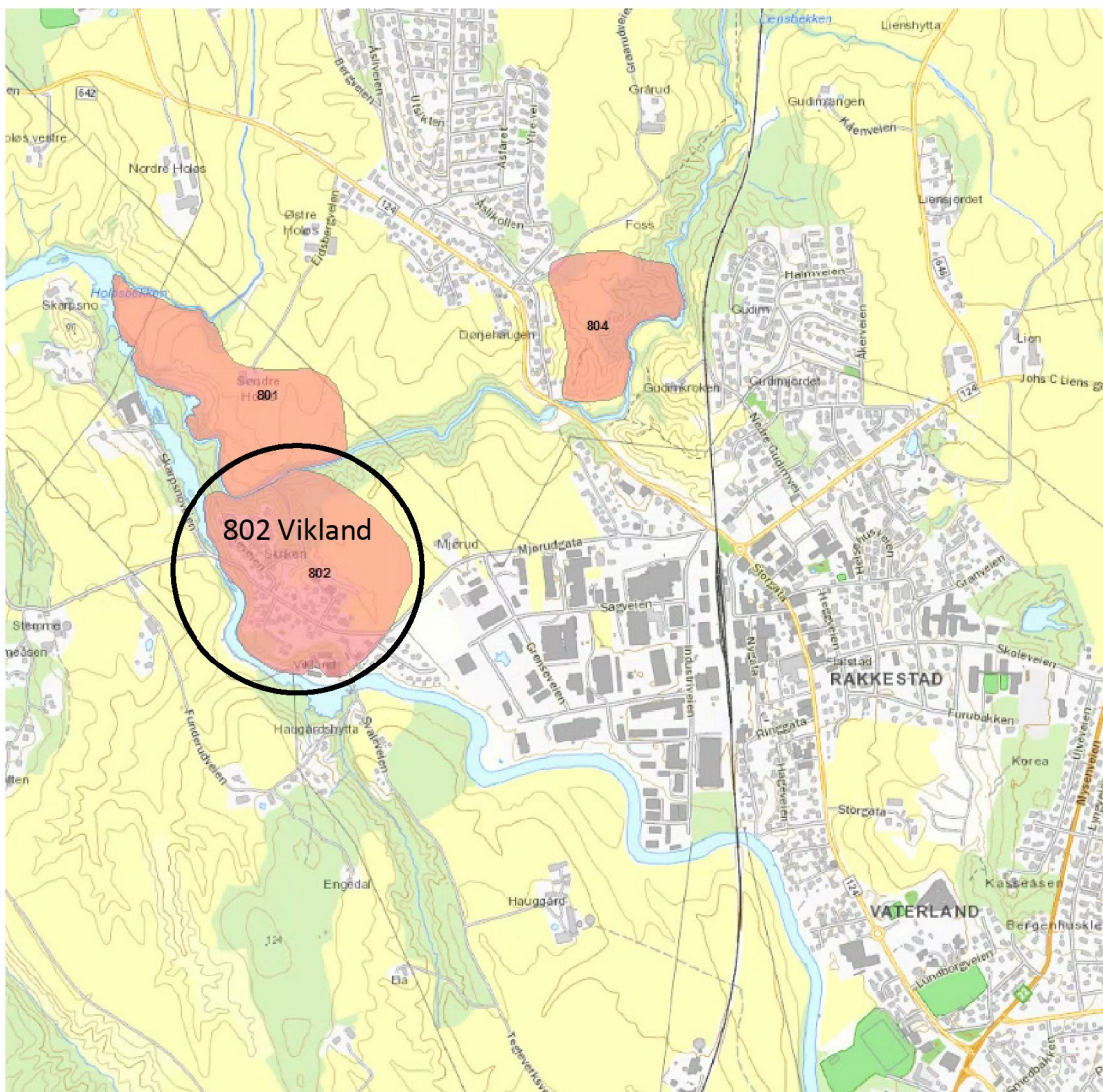
Vedlegg A	Lagdeling i kritiske profiler
Vedlegg B	CPTU tolkning
Vedlegg C	Stabilitetsberegninger

Kontroll- og referanseside

1 Innledning

På oppdrag fra Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) utfører Norges Geotekniske Institutt (NGI) en utredning av stabilitetsforholdene i kvikkleiresone 802 Vikland beliggende i Rakkestad kommune, Østfold fylke. Det aktuelle prosjektområdet er vist på Figur 1.1. Utredningsarbeid inkluderer normalt geotekniske vurderinger med henhold til områdestabilitet samt revurdering av sonens utstrekning.

Oppdraget er delt i to faser. Fase 1; Borplan og undersøkelsesprogram. Fase 2; Vurderingsrapport. Denne rapporten presenterer Fase 2. Arbeidet utført i Fase 1 av dette oppdraget er gitt i ref. /1/.



Figur 1.1 Kvikkleiresone 802 Vikland i Rakkestad kommune. Sonen ligger inntil Rakkedelta og Dørja.

2 Terreng og grunnforhold

2.1 Områdebeskrivelse

Kvikkleiresonen ligger ca. 1 km vest for Rakkestad sentrum. Skråningshøyden innenfor sonen er opp mot 15 m. Stedvis er skråningene brattere enn 1:2.

Ved Rakkestadelva er det fjellblotninger. Fra den opprinnelige kartleggingen ble det indikert kvikkleire mellom 3 og 13 m under terreng (ref. /2/). Der boringen ble utført er berg påtruffet flere meter under nivået for Rakkestadelva.

En del masse er utfylt midt i sonen i forbindelse med boligutbygging. Nordøst er det gjort en del bakkeplanering.

I forbindelse med utarbeidelse av borplan og undersøkelsesprogram i Fase 1 av dette oppdraget ble det etablert fem kritiske profiler for vurdering av stabilitetsforholdene i den sørvestlige del av sonen hvor det er bebyggelse (sørvest for ravinesystemet som går sørøst-nordvest ca. midt i sonen). Dette er i henhold til konkurransegrunlaget fra NVE, hvor det er fremsatt ønske om å fokusere på utredning i forhold til bebyggelsen i den sørvestlige del av sonen. Plasseringen av de kritiske profilene er vist på Tegning 011.

2.2 Kvartærgeologi

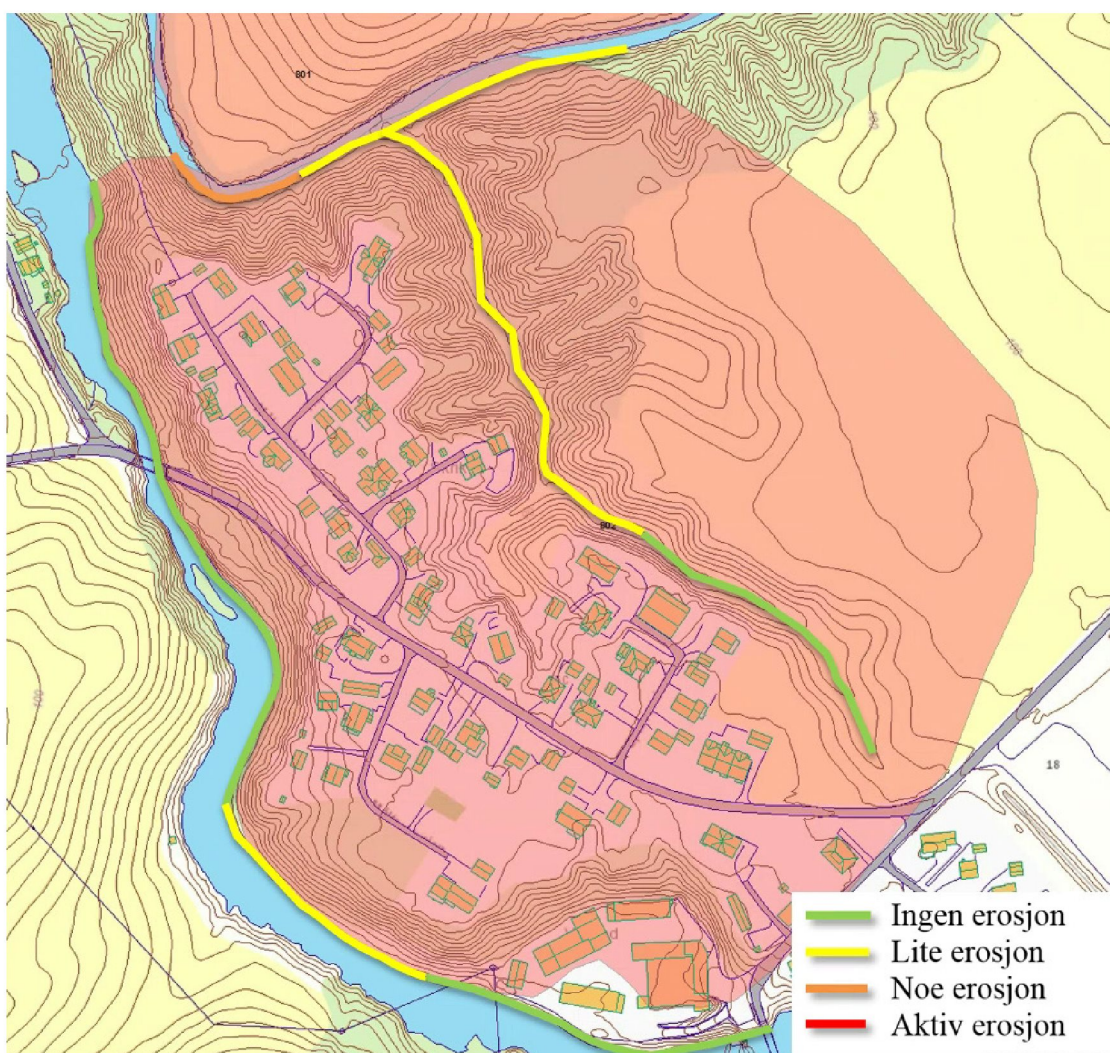
I følge NGUs løsmassekart består området av marine avsetninger, se Figur 2.1. Stedvis er det grunt til berg og sonen avgrenses av fjellblotninger i vestre og søndre del.

Plassering av alle boringene utført i grunnundersøkelsene nevnt over er vist på Tegning 012.

2.4 Feltbefaring

I forbindelse med utarbeidelse av borplan og undersøkelsesprogram i Fase 1 av dette oppdraget, ble det foretatt befaring av sonen for å vurdere plassering av, og mulig tilkomst til, aktuelle borpunkter. I tillegg var formålet med befaringen å foreta vurdering av erosjonsforhold, eventuelle bergblotninger og terrenginngrep.

Sonen ble befart 24. februar 2016 av NGI v/Søren Holm og Trond Vernang. Bilder fra befaringen er presentert i ref. /1/, som også viser et kart over de observerte erosjonsforholdene i sonen, gjengitt i Figur 2.2.



Figur 2.2 Erosjonsforhold i kvikkleiresone 802 Vikland (ref. /1/). Erosjonsforholdene er kartlagt langs Rakkestadelva og Dørja, samt langs ravinen sør for Dørja.

Ut mot Rakkestadelva er det fjellblotninger på flere lokasjoner og i de områdene hvor det ikke er observert fjellblotninger er det foretatt delvis sikring av skråningene. Derfor er der observert ingen eller lite erosjon langssetter Rakkestadelva. Erosjonsforholdene er evaluert i henhold til rangering gitt i ref. /6/.

3 Soneavgrensning og -klassifisering

Kvikkleiresonen 802 Vikland er lokalisert i forbindelse med regional kartlegging. Den er videre vurdert i NVEs prosjekt "Program for økt sikkerhet mot leirskred." De innledende vurderingene er utført i henhold til NVEs metodikk for håndtering av kvikkleireområder der faregrad, konsekvens og risiko er vurdert og vektet som grunnlag for å vurdere/avgjøre en soners behov for videre tiltak.

3.1 Opprinnelig kartlegging

Sonen har en utbredelse på ca. 0,18 km² og avgrenses i nord av elven Dørja mens den i vest og sør avgrenses av Rakkestadelva. Grunnlaget for sonen finnes i rapportene:

- Norges Geotekniske Institutt. Kartlegging av områder med potensiell fare for kvikkleireskred. Kartblad Sarpsborg M=1:50 000. Rapport 830063-1, datert september 1988. (Ref. /7/)
- Norges Geotekniske Institutt. Kartlegging av områder med potensiell fare for kvikkleireskred. Kartblad Sarpsborg M=1:50 000. Boreresultater. Rapport 830063-2, datert februar 1992. (Ref. /2/)

Faregrad, konsekvens og risiko er vurdert i rapport:

- Norges Geotekniske Institutt. Program for økt sikkerhet mot leirskred. Evaluering av risiko for kvikkleireskred Rakkestad kommune. Rapport 20001008-42, datert 14. februar 2006. (Ref. /8/).

Resultatet av den innledende vurderingen av området er presentert i ref. /8/. Sonen ble klassifisert med faregradsklasse 2 "Middels", konsekvensklasse 3 "Meget alvorlig" og risikoklasse 4 "Høy prioritet".

3.2 Oppdatert evaluering

Basert på informasjonen nådd fra grunnundersøkelser og befaring i felt er det foretatt en ny evaluering av kvikkleiresonen.

Sonderinger i form av dreietrykksonderinger gir indikasjon på mulig kvikkleire/-sprøbruddmateriale i flere av borpunktene. Det har imidlertid ikke blitt påvist kvikkleire i noen av prøvene fra borpunkter hvor sonderinger antyder mulig kvikkleire. Tegning 016 viser med fargekoder hvor det er mulig kvikkleire fra sondering (oransje), og hvor det er tatt prøver som avdekker at det ikke er kvikkleire (oransje/grønn). Det er foretatt

målinger av omrørt styrke i dybder med indikasjon på mulig kvikkleire/sprøbruddmateriale fra i alt 5 borpunkter, uten påvisning av kvikkleire eller sprøbruddmateriale.

Det anbefales derfor at sonen utgår som kvikkleiresone.

Selv om det ikke er påvist kvikkleire i sonen, og at det derfor anbefales at sonen utgår som kvikkleiresone, er det påvist leire i sonen. Det er av interesse å kjenne stabilitetsforholdene ned mot Rakkestadelva, og det er derfor foretatt stabilitetsberegninger for de to kritiske profiler ut mot Rakkestadelva (Profil A og B).

4 Sikkerhetskrav

Generelle krav til skredsikring er gitt i TEK10 (ref. /9/), og krav knytter seg både til områdestabilitet og lokalstabilitet. Begrepet "områdestabilitet" knytter seg til stabilitet av området/skråningen i sin helhet, i områder der det antas eller allerede er dokumentert forekomst av kvikkleire/sprøbruddmateriale i grunnen. Basert på de utførte grunnundersøkelsene er det ikke forekomst av kvikkleire/sprøbruddmateriale og kravene til områdestabilitet bortfaller. Uansett må lokal stabiliteten av skråninger alltid vurderes i forbindelse med bygge- og anleggsarbeid som krever geoteknisk prosjektering.

Ut fra krav i Eurokode 7 (ref. /10/) er stabilitetsforbedrende tiltak påkrevet dersom beregnet materialfaktor er mindre enn 1,25 for drenert analyse eller mindre enn 1,4 for udrenert analyse. For eksisterende situasjon er det ingen spesifikke krav til forbedring av skråningsstabiliteten, men ved fremtidige bygge- og anleggsarbeider som krever geoteknisk prosjektering må kravene være oppfylt.

5 Grunnlag for stabilitetsberegninger

Grunnlaget for stabilitetsberegningene er basert på tolkning av parametere fra relevante grunnundersøkelser. Det er utført tolkning fra grunnundersøkelser i ref. /2/, /3/, /4/ og /5/.

5.1 Lagdeling

Lagbestemmelsen for de enkelte borhullene er gjort ved en kombinert vurdering av data fra dreietrykksonderinger, CPTU-sonderinger samt resultater fra laboratorieanalyse av prøveserier. Rutineundersøkelsene på prøveseriene tilsier at det ikke er kvikkleire/sprøbruddmateriale i noen av de pågjeldende borpunkter og det er trolig da også tilfellet for de resterende borpunkter selv om sonderingsdataene kan gi indikasjon på kvikkleire/sprøbruddmateriale.

Lagdeling vil da typisk være et topplag bestående av eventuell fyllmasser og derunder tørrskorpeleire eller mer sandig materiale og derunder leire og silt til stor dybde.

Tolkning av lagdeling i de fem kritiske profiler for vurdering av stabilitetsforholdene er gitt i Vedlegg A.

5.2 Grunnvannstand og poretrykksforhold

Det er utført poretrykksmålinger i tre borpunkter.

I borpunkt 1 (ref. /4/) er det foretatt måling i henholdsvis 9 m og 14 m dybde. Det er en økning tilsvarende en gradient på 6.7 kPa/m mellom de to dybdene og med antakelse om samme gradient grunnere enn 9 m dybde tilsvarer det grunnvannstand 1 m under terreng. Ved antakelse om hydrostatisk poretrykksøkning grunnere enn 9 m dybde tilsvarer det grunnvannstand 3.6 m under terreng.

I borpunkt 11 (ref. /5/) er det foretatt måling i henholdsvis 10 m og 20 m dybde. Det er en økning tilsvarende en gradient på 7.5 kPa/m mellom med de to dybdene og med antakelse om samme gradient grunnere enn 10 m dybde tilsvarer det grunnvannstand 1 m under terreng. Ved antakelse om hydrostatisk poretrykksøkning grunnere enn 10 m dybde tilsvarer det grunnvannstand 3.3 m under terreng.

I borpunkt 14 (ref. /5/) er det foretatt måling i 5 m dybde. Med antakelse om gradient rundt 7 kPa/m grunnere enn 5 m dybde tilsvarer det grunnvannstand 1.6 m under terreng, mens antakelse om hydrostatisk poretrykkøkning grunnere enn 5 m dybde tilsvarer grunnvannstand 2.6 m under terreng.

5.3 Udrenert skjærfasthet

5.3.1 Tolkning av udrenert skjærfasthet fra CPTU-sonderinger

Tolkning av aktiv udrenert skjærfasthet fra CPTU-sonderingene er vist i Vedlegg B. Udrenert styrkeparametere er tolket og estimert ut fra samlet bruk av informasjon fra CPTU-sonderinger basert på korrelasjoner fra ref. /11/, målte poretrykk i felten, laboratorieresultater og dreietrykksonderinger. I tillegg er topografiske forhold benyttet for vurdering av overkonsolidering, bl.a. ut fra antatt nederosjon av tidligere havbunn.

5.3.2 Tolkning av udrenert skjærfasthet basert på SHANSEP-metoden

I områder uten CPTU-sonderinger er det beregnet udrenert skjærfasthet på basis av den såkalte SHANSEP-metoden, ref. /12/. Det innebærer at forkonsolideringsnivå og dagens in-situ spenninger benyttes for å estimere skjærfasthetens variasjon med dybden. Poretrykket i grunnen har derved også betydning. Alle CPTU'ene er tolket med hensyn på OCR og dette gir hovedgrunnlaget for OCR tolkning i området.

Aktiv skjærfasthet i overkonsolidert leire, s_u^A,OCR , er beskrevet ved følgende sammenheng:

$$s_{u^A,OCR} = 0,3 p_0' \times OCR^{0,65}$$

hvor $OCR = p_c' / p_0'$

p_0' = effektivt overlagingstrykk in situ (dvs. totalvekt minus poretrykk)

p_c' = forkonsolideringstrykk ut fra antatt tidligere terrengnivå (evt. inkludert "aging"-effekt; her er generelt benyttet en aging-faktor på 1,2)

Normalkonsolidert leire (dvs. for områder uten større tidligere overlaging av masser enn dagens terrengnivå) vil erfaringsmessig ha følgende udrenerte minimums-skjærfasthet, $s_{u^A,NC}$:

$$s_{u^A,NC} = 0,3 p_0'$$

5.3.3 ADP-forhold

Leire er et anisotrop materiale, dvs. skjærstyrken avhenger av retningen på bruddplanet. Ved analyse med "ADP-metoden" må direkte og passiv skjærstyrke relateres til aktiv skjærstyrke ("kompresjon") ved anisotropifaktorer.

Det er ikke utført avanserte laboratorieforsøk (aktive og passive treaksialforsøk samt direkte skjærforsøk) på noen av prøveseriene innen sonen. Derfor må det anvendes anisotropiforhold basert på erfaringsdata. Anisotropiforholdene angitt i Tabell 4.1 er anbefalt av NIFS, ref. /13/, hvor karakteristisk udrenert skjærfasthet s_u^D (direkte) og s_u^P (passiv) beregnes med bruk av s_u^A (aktiv).

Tabell 4.1 Anbefalte anisotropifaktorer, ref. /10/.

I_p	s_u^D/s_u^A	s_u^P/s_u^A
$I_p \leq 10 \%$	0,63	0,35
$I_p > 10 \%$	$0,63 + 0,00425 * (I_p - 10)$	$0,35 + 0,00375 * (I_p - 10)$

Basert på målt plastisitetsindeks, I_p , fra laboratorieforsøkene presentert i ref. /4/ og ref. /5/ er det fra 7 målinger beregnet en gjennomsnittlig plastisitetsindeks $I_p = 18$. Basert på anbefalingen gitt av NIFS blir da anisotropiforholdene $s_u^D/s_u^A = 0,66$ og $s_u^P/s_u^A = 0,38$.

5.4 Drenert skjærfasthet

Det er ikke utført noen treaksialforsøk som kan anvendes til tolkning av effektivspenningsparameterne i form av friksjonsvinkel og kohesjon. Det er derfor anvendt erfaringsparametere for drenert skjærstyrke, men i bestemmelsen av friksjonsvinkel er det tatt høyde for tolkning av friksjonsvinkel fra CPTU-sonderingene. Det er anvendt følgende parametere for leire- og siltmaterialet:

	OC leiremateriale (OCR noe over 1)	NC leiremateriale (OCR nær 1)	Silt
Effektiv friksjonsvinkel (φ')	30°	27°	32°
Kohesjon (c')	5 kPa	5 kPa	10 kPa

For øvrig er det slik at for fyllmasser og tørrskorpe benyttes det effektivspenningsparametere uansett drenert eller udrenert analyse. Det er kun for leire- og siltmaterialet at udrenert skjærstyrke benyttes. For fyllmasser og tørrskorpemateriale er det anvendt følgende erfaringsparametere:

	Fyllmasser	Tørrskorpe
Effektiv friksjonsvinkel (φ')	35°	32°
Kohesjon (c')	0 kPa	0 kPa
Total romvekt (γ_{tot})	18 kN/m ³	18.5 kN/m ³

6 Stabilitetsvurderinger

I forbindelse med Fase 1 av dette oppdraget ble det etablert fem kritiske profiler for vurdering av stabilitetsforholdene innen sonen. Grunnundersøkelsene har imidlertid vist at det ikke er kvikkleire/sprøbruddmateriale innenfor sonen og derfor er det ikke nødvendig å foreta stabilitetsvurderinger i forhold til utredning av sonen. Det er uansett av interesse å kjenne stabilitetsforholdene ned mot Rakkestadelva, og det er derfor foretatt stabilitetsberegninger for de to kritiske profiler ut mot Rakkestadelva (Profil A og Profil B). Stabilitetsberegningene er utført med Geosuite Stability, beregningsmetode Beast 2003 (ref. /14/).

6.1 Profil A

Profil A går fra platået i den sørlige del av sonen og ned skråningen mot Rakkestadelva. Høydeforskjellen fra topp til bunn er opp mot 16 m med helning ca. 1:2 i skråningen.

Udrenert skjærfasthet på toppen av skråningen er basert på CPTU-sondering i borpunkt 16. Det er antatt tidligere terrengnivå på toppen av platået ca. på kote +122 (fra tolkning av CPTU-sonderingen) og udrenert skjærfasthet i bunnen av skråningen er fra denne antakelse beregnet ut fra SHANSEP-metoden. Det er antatt hydrostatisk poretrykksfordeling i bunn av skråningen. På toppen av skråningen er det antatt poretrykksfordeling tilsvarende målingene i borpunkt 1 med grunnvannstand 3,6 m under terreng og hydrostatisk poretrykksøkning fra 14 m dybde.

6.1.1 Beregningsmessig stabilitet

Udrenert stabilitetsanalyse av dagens situasjon med forutsetningene over, gir materialfaktor $\gamma_m = 1.27$ for mest kritiske glideflate. Kritisk glideflate er ca. 55 m lang

og 13 m dyp. Tilsvarende drenert analyse gir materialfaktor $\gamma_m = 1.07$ for mest kritiske glideflate. Kritisk glideflate er ca. 35 m lang og 4 m dyp.

Resultatene av stabilitetsberegningene er vist i Vedlegg C.

6.2 Profil B

Profil B går fra plataet i den sørvestlige del av sonen og ned skråningen mot Rakkestadelva. Høydeforskjellen fra topp til bunn er opp mot 16 m med helning ca. 1:1,6 i skråningen. Plassering av Profil B er identisk med Profil P1 fra ref. /4/.

Udrenert skjærfasthet på toppen av skråningen er basert på CPTU-sondering i borpunkt 1 og borpunkt 3. Udrenert skjærfasthet i den øvre del av skråningen er basert på CPTU-sondering i borpunkt 2, mens styrken midt i skråningen er basert på CPTU-sondering i borpunkt 14. Det er antatt tidligere terrengnivå ca. på kote +119 (fra tolkning av CPTU-sonderingene) og udrenert skjærfasthet i bunnen av skråningen er fra denne antakelse beregnet ut fra SHANSEP-metoden. Det gir imidlertid lavere styrke enn tolkningen av CPTU-sonderingen i borpunkt 14, og det er derfor anvendt styrke tilsvarende tolkningen av CPTU-sonderingen. Det er antatt hydrostatisk poretrykksfordeling i bunn av skråningen, mens det basert på målingen i borpunkt 14 er antatt hydrostatisk poretrykksfordeling fra 2,6 m under terreng. På toppen av skråningen er det antatt poretrykksfordeling tilsvarende målingene i borpunkt 1 med grunnvannstand 3,6 m under terreng og hydrostatisk poretrykksøkning fra 14 m dybde.

6.2.1 Beregningsmessig stabilitet

Udrenert stabilitetsanalyse av dagens situasjon med forutsetningene over, gir materialfaktor $\gamma_m = 1.16$ for mest kritiske glideflate. Kritisk glideflate er ca. 50 m lang og 12 m dyp. Tilsvarende drenert analyse gir også materialfaktor $\gamma_m = 1.16$ for mest kritiske glideflate. Kritisk glideflate er ca. 45 m lang og 8 m dyp.

Resultatene av stabilitetsberegningene er vist i Vedlegg C.

Basert på evaluering av dette profilet i ref. /4/ ble det beregnet materialfaktor $\gamma_m = 1.01$ og $\gamma_m = 0.96$ for henholdsvis udrenert og drenert analyse. Forskjellen i udrenert materialfaktor har to årsaker; den første at det ikke er foretatt 15% reduksjon av aktiv skjærstyrke i det nederste leirelaget og den andre er at det er anvendt høyere skjærstyrke i bunn av skråningen samt i den øverste delen av profilene på toppen av skråningen. Forskjellen i drenert materialfaktor er utelukkende relatert til antakelse om poretrykk.

6.3 Eksisterende stabilitetsforhold

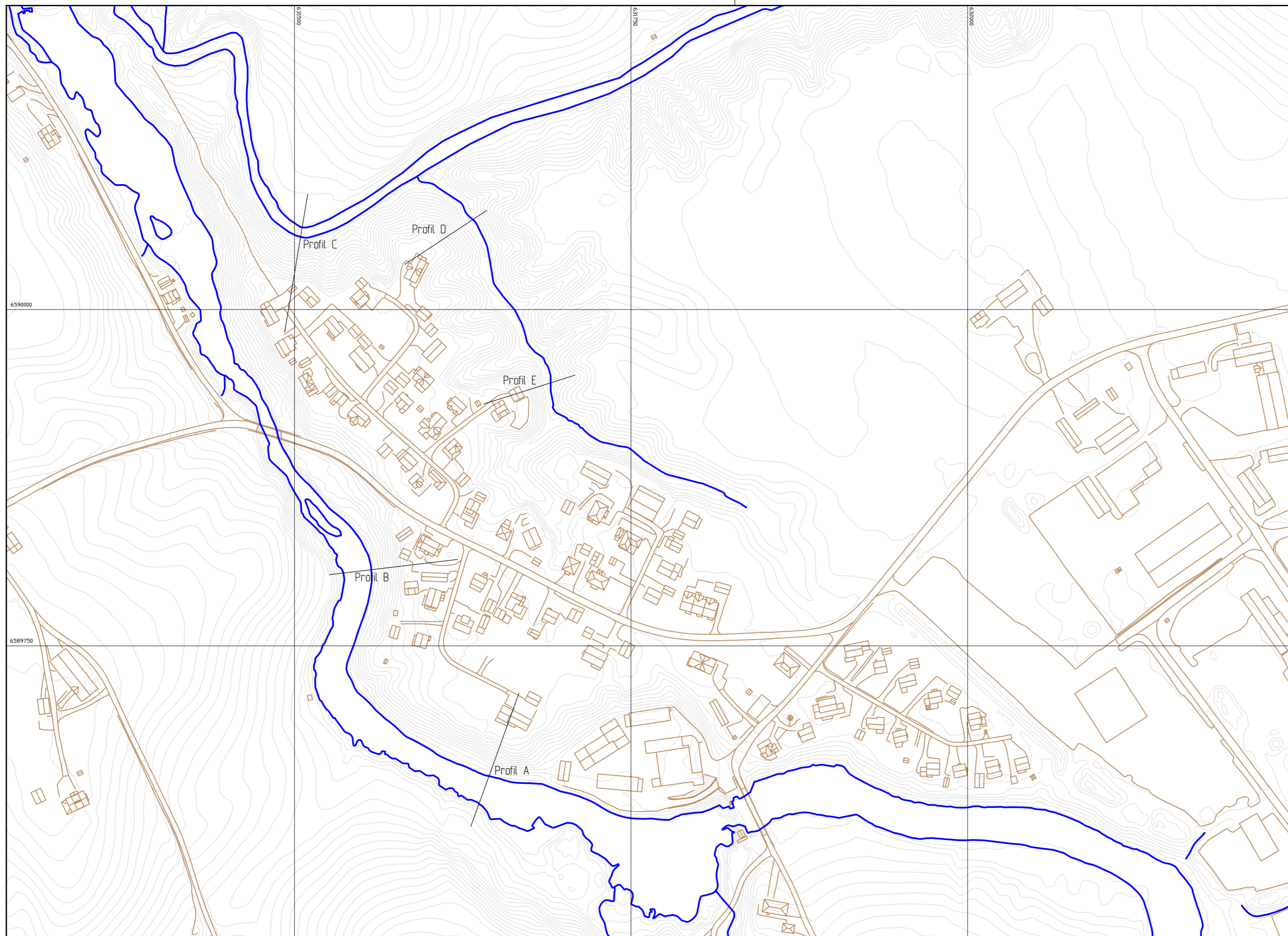
Juleaften 2013 gikk det en utglidning ved Mjørudgata 30 (Profil B), ref. /4/. Basert på befaring og utførte grunnundersøkelser ble det vurdert at utglidningen skjedde i fyllmasser og overflatemasser, og at det ikke representerte en dyperegående glidning. Ikke desto mindre viser utglidningen at det kan være stabilitetsmessige utfordringer i skråningen ned mot Rakkestadelva. Stabilitetsberegningene presentert i denne rapporten for de to profilene ned mot Rakkestadelva, viser at det er en moderat sikkerhet mot dyperegående utglidninger i området. Stabiliteten oppfyller ikke kravene til stabilitetsmessig sikkerhet gitt i Eurokode 7 (ref. /10/). Det må derfor foretas stabiliserende tiltak ved bygge- og anleggsarbeid som krever geoteknisk prosjektering.

Det er ikke foretatt stabilitetsberegning av kritiske profiler ned mot Dørja i den nordvestlige del av sonen og heller ikke ned i ravinen midt i sonen. Stabiliteten i disse områdene må evalueres i forbindelse med fremtidig bygge- og anleggsarbeid som krever geoteknisk prosjektering, da det også her kan være ikke tilfredsstillende stabilitetsforhold i henhold til Eurokode 7 (ref. /10/). Spesielt stabiliteten ut mot Dørja kan antas å være kritisk som følge av høye og bratte skråning og at det ved befaring er observert noe erosjon fra Dørja i bunn av skråningen.

7 Referanser

- /1/ Norges Geotekniske Institutt (2016)
Utredning av kvikkleiresone 802 Vikland, Rakkestad kommune. Deloppdrag A – Grunnundersøkelserprogram. Dokument nr. 20160008-01-TN, revisjon 1, datert 29. mars 2016.
- /2/ Norges Geotekniske Institutt (1992)
Kartlegging av områder med potensiell fare for kvikkleireskred. Kartblad Sarpsborg M=1:50 000. Borerresultater. Rapport 830063-2, datert februar 1992.
- /3/ Siv.Ing. Per Øyvind Fredheim (2000)
Kvikkleireundersøkelser i Rakkestad kommune. Rapport 00016-01, datert 8. desember 2000.
- /4/ Norges Geotekniske Institutt (2014)
Utgliedning ved Skriken, Rakkestad kommune. Grunnundersøkelser og stabilitetsvurdering. Dokument nr. 20130969-02-R, datert 20. mars 2014.
- /5/ GeoStrøm AS (2016)
Grunnundersøkelser i kvikkleiresone 802 Vikland i Rakkestad kommune. Rapport 1547/R1, datert 5. oktober 2016.

- /6/ Norges Geotekniske Institutt (2008)
Program for økt sikkerhet mot leirskred. Metode for kartlegging og klassifisering av faresoner, kvikkleire. Rapport 20001008-2, revisjon 3, datert 8. oktober 2008.
- /7/ Norges Geotekniske Institutt (1988)
Kartlegging av områder med potensiell fare for kvikkleireskred. Kartblad Sarpsborg M=1:50 000. Rapport 830063-1, datert september 1988.
- /8/ Norges Geotekniske Institutt (2006)
Program for økt sikkerhet mot leirskred. Evaluering av risiko for kvikkleireskred Rakkestad kommune. Rapport 20001008-42, datert 14. februar 2006.
- /9/ Direktoratet for byggkvalitet, DIBK (2011)
Byggeteknisk forskrift med veiledning (TEK10). Publikasjonsnummer HO-2/2011.
- /10/ Standard Norge (2004)
NS-EN 1997-1:2004+NA:2008. Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering. Del 1: Allmenne regler. November 2004.
- /11/ Karlsrud, K., T. Lunne, D.A. Kort og S. Strandvik (2005)
CPTU correlations for clays. ICSMGE Osaka 2005, pp. 693-702.
- /12/ Ladd, C.C. og R. Foott (1974)
New design procedure for stability of soft clays. Journal of the geotechnical engineering division, ASCE, Vol. 1000, No. GT7, July 1974, pp. 763-786.
- /13/ NIFS (2014)
En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i norske leire. NIFS rapport 14-2014, utgitt av Norges vassdrags- og energidirektorat i et samarbeid med Statens vegvesen og Jernbaneverket.
- /14/ ViaNova GeoSuite AB (2015)
GeoSuite. GS Stability. Version 15.1.3.0.



FORKLARINGER:

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

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

BESTEMMELSER:

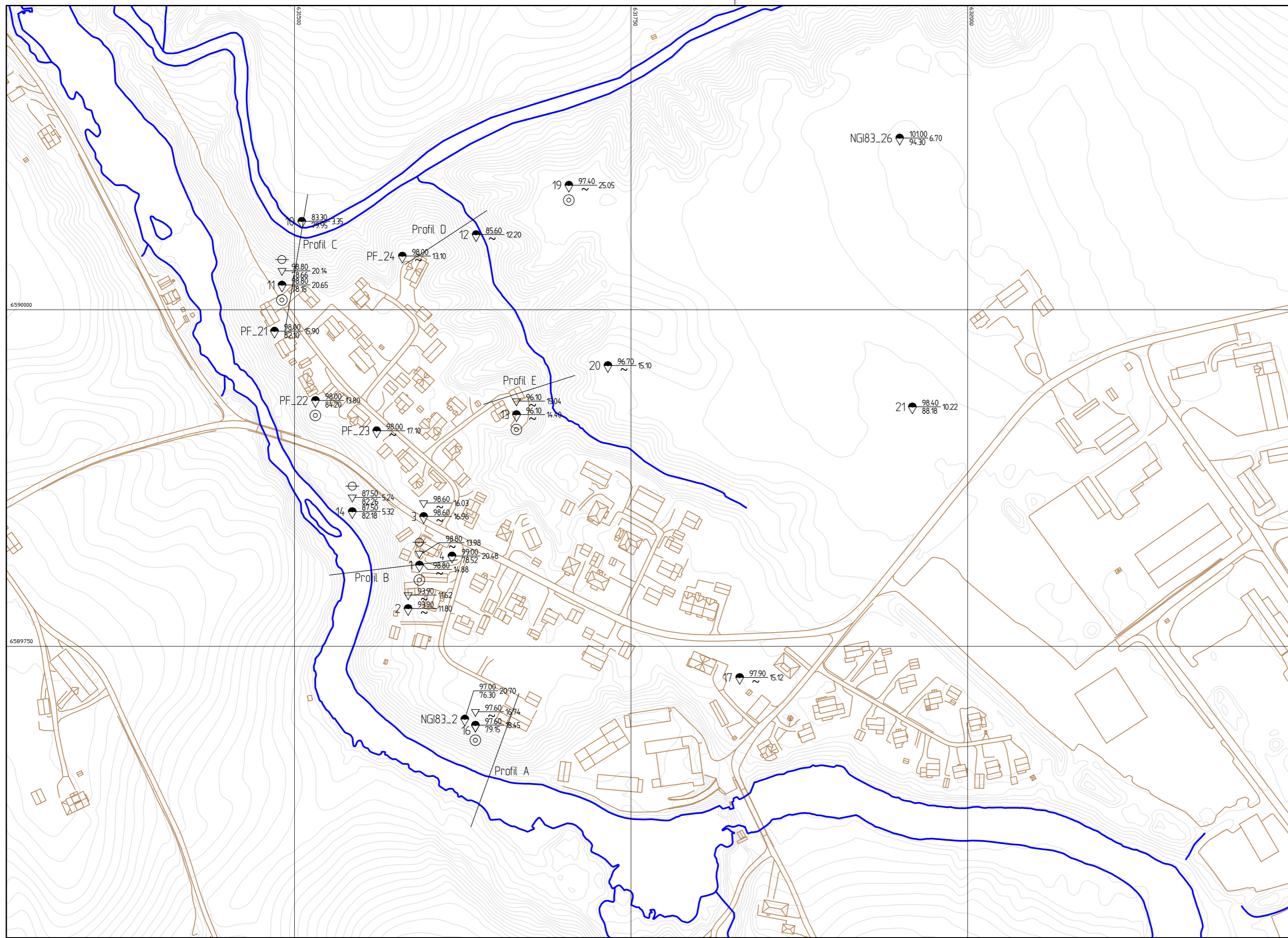
-

HENVISNINGER:

-

	1	Kritiske profiler oppdatert	18.03.2016	SHo	BGK	BGK
	0	Original tegning	01.03.2016	SHo	BGK	BGK
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.	
Utredning av kvikkleiresone 802 Vikland, Rakkestad kommune			Status -			
Plassering av kritiske profiler			Original format A-3.2			
			Tegningens filnavn G:\geoarkiv\20160008\Tegning011			
			Målestokk 1:2500			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no			Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
			12.12.2016	SHo	BGK	BGK
			Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.	
			20160008	011		2





FORKLARINGER:

- Dreiesondring
- Enkel sondering
- ▽ Trykksondering
- ◇ Fjellkontrollboring
- ◆ Dreitrykksondering
- ⊕ Totalsondering
- ⊙ Prøveserie
- Prøvegrop
- + Vingeboering
- ⊖ Poretrykksmåling
- ⋈ Fjell i dagen

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

BESTEMMELSER:

-

HENVISNINGER:


Boringer	Referanse/Datarapport
NGI83_2 og NGI83_26	NGI-rapport 830063-2
PF_21, PF_22, PF_23 og PF_24	Siv.Ing. Per Ø. Fredheim - rapport 00016-01
1 - 4	NGI-rapport 20130969-02-R
10 - 14, 16 - 17 og 19 - 21	GeoStrøm AS - rapport 1547/R1

2	Borplan oppdatert med utførte grunnundersøkelser	29.10.2016	SHo	BGK	BGK
1	Kritiske profiler inntegnet	18.03.2016	SHo	BGK	BGK
0	Original tegning	01.03.2016	SHo	BGK	BGK
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.

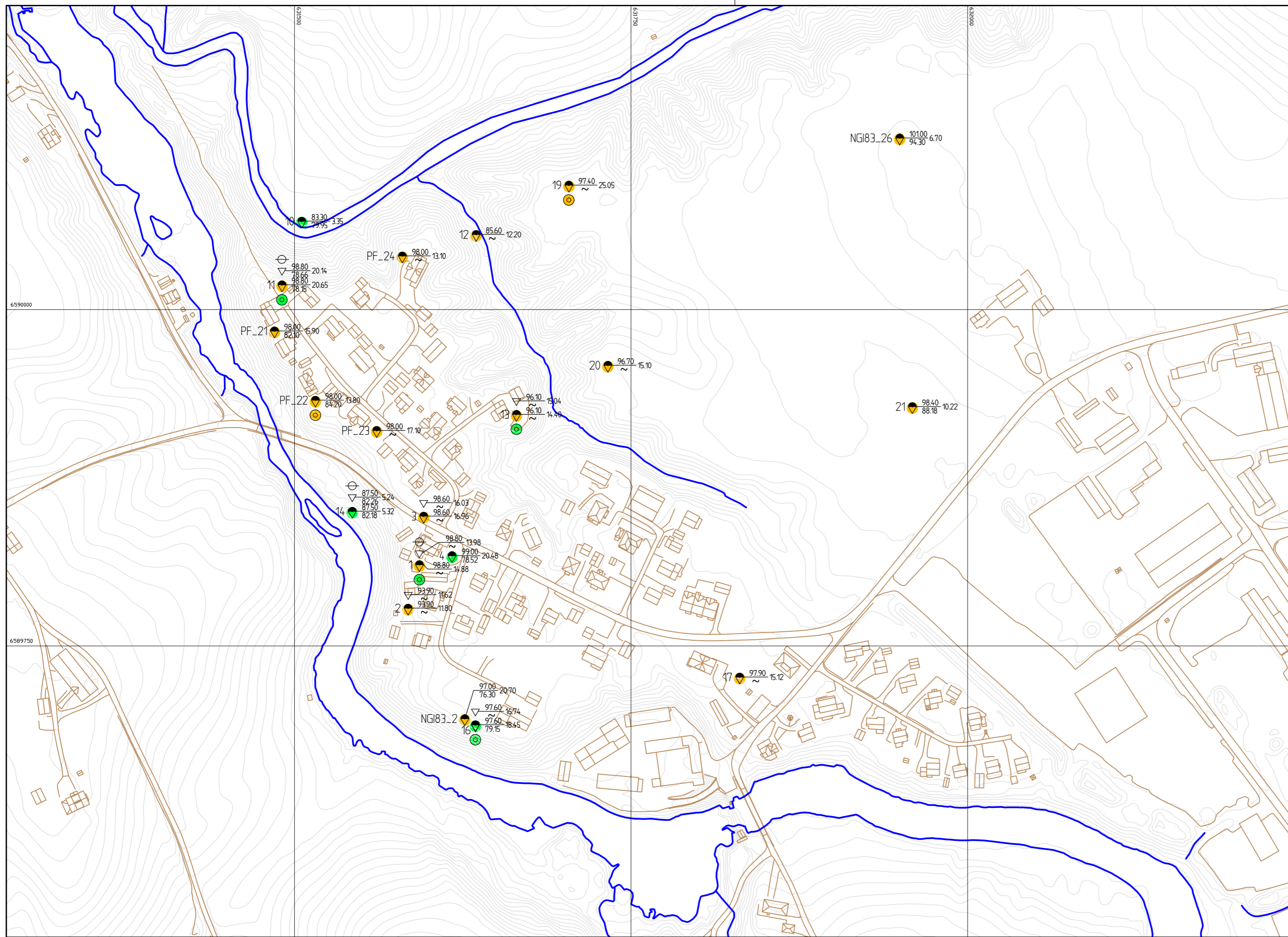
Utredning av kvikkleiresone 802 Vikland, Rakkestad kommune

Borplan med plassering og type av grunnundersøkelser

Status
-
Original format
A-3.2
Tegningens filnavn
G:\geoarkiv\20160008\Tegning012
Målestokk
1:2500



NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato 12.12.2016	Konstr./Tegnet SHo	Kontrollert BGK	Godkjent BGK
	Oppdragsnr. 20160008	Tegningsnr. 012	Rev. 3	



FORKLARINGER:

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

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

	Dreietrykksondering	Prøveserie
●	Tydelig indikasjon på kvikkleire/sprøbruddmateriale	Påvist kvikkleire/sprøbruddmateriale
●	Indikasjon på mulig kvikkleire/sprøbruddmateriale	Påvist ikke kvikkleire/sprøbruddmateriale (prøver kun tatt i dele av dybdene med indikasjon derpå)
●	Ingen indikasjon på kvikkleire/sprøbruddmateriale	Påvist ikke kvikkleire/sprøbruddmateriale (prøver tatt i alle dybdene med indikasjon derpå)

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

0	Original tegning	12.11.2016	SHo	BGK	BGK
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Utredning av kvikkleiresone 802 Vikland, Rakkestad kommune		Status		-	
Forekomst av kvikkleire/sprøbruddmateriale		Original format		A-3.2	
		Tegningens filnavn		G:\geoarkiv\20160008\Tegning016	
		Målestokk		1:2500	
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 12.12.2016 Oppdragsnr. 20160008	Konstr./Tegnet SHo Tegningsnr. 016	Kontrollert BGK	Godkjent BGK Rev. 1



Vedlegg A

LAGDELING I KRITISKE PROFILER

Innhold

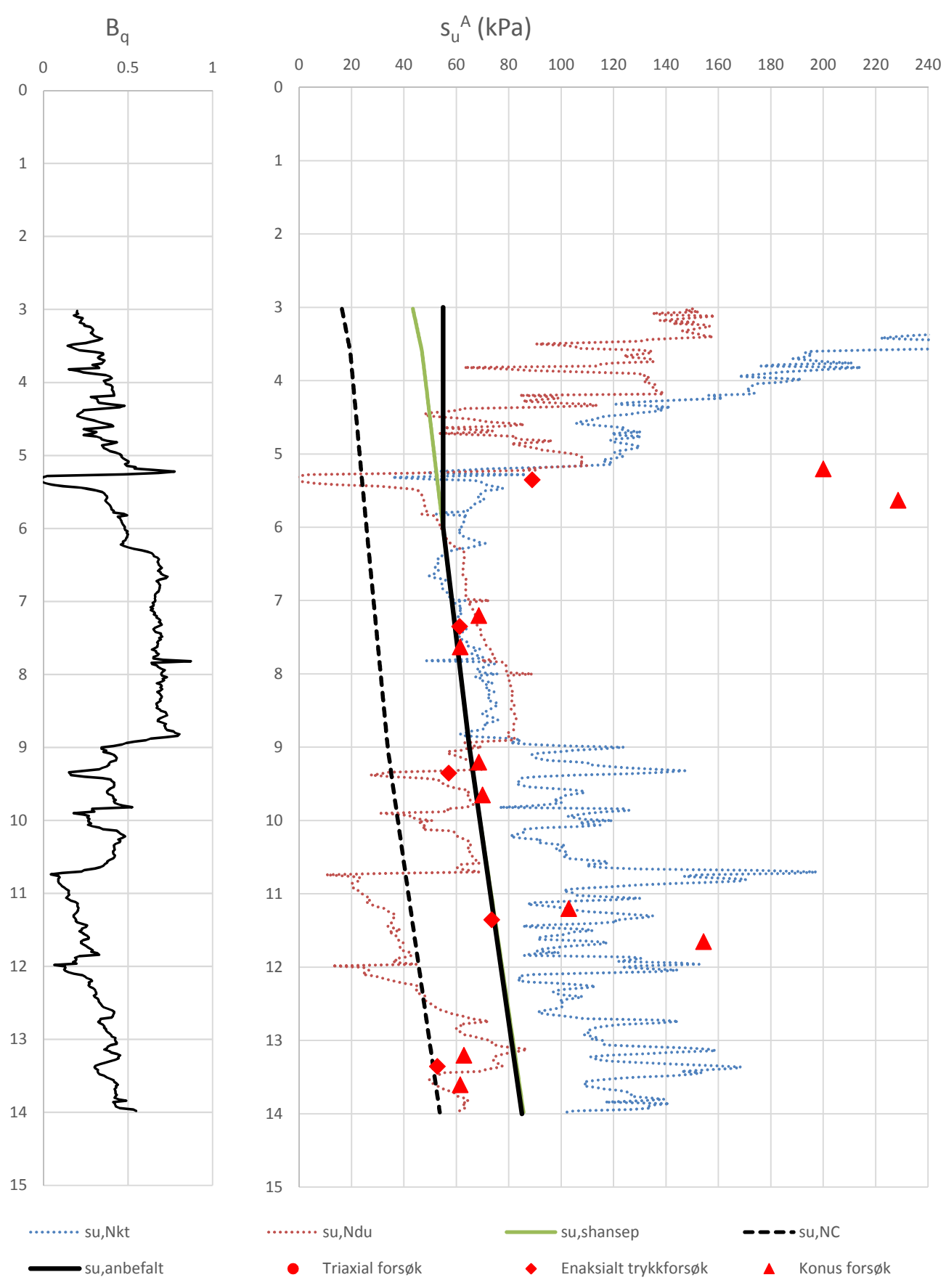
Tegning A01	Lagdelling og sonderingsdata i profil A
Tegning A02	Lagdelling og sonderingsdata i profil B
Tegning A03	Lagdelling og sonderingsdata i profil C
Tegning A04	Lagdelling og sonderingsdata i profil D
Tegning A05	Lagdelling og sonderingsdata i profil E

Vedlegg B

CPTU TOLKNING

Innhold

Figur B1	Aktiv skjærstyrke fra CPTU-sondering i borpunkt 1
Figur B2	Aktiv skjærstyrke fra CPTU-sondering i borpunkt 2
Figur B3	Aktiv skjærstyrke fra CPTU-sondering i borpunkt 3
Figur B4	Aktiv skjærstyrke fra CPTU-sondering i borpunkt 11
Figur B5	Aktiv skjærstyrke fra CPTU-sondering i borpunkt 13
Figur B6	Aktiv skjærstyrke fra CPTU-sondering i borpunkt 14
Figur B7	Aktiv skjærstyrke fra CPTU-sondering i borpunkt 16



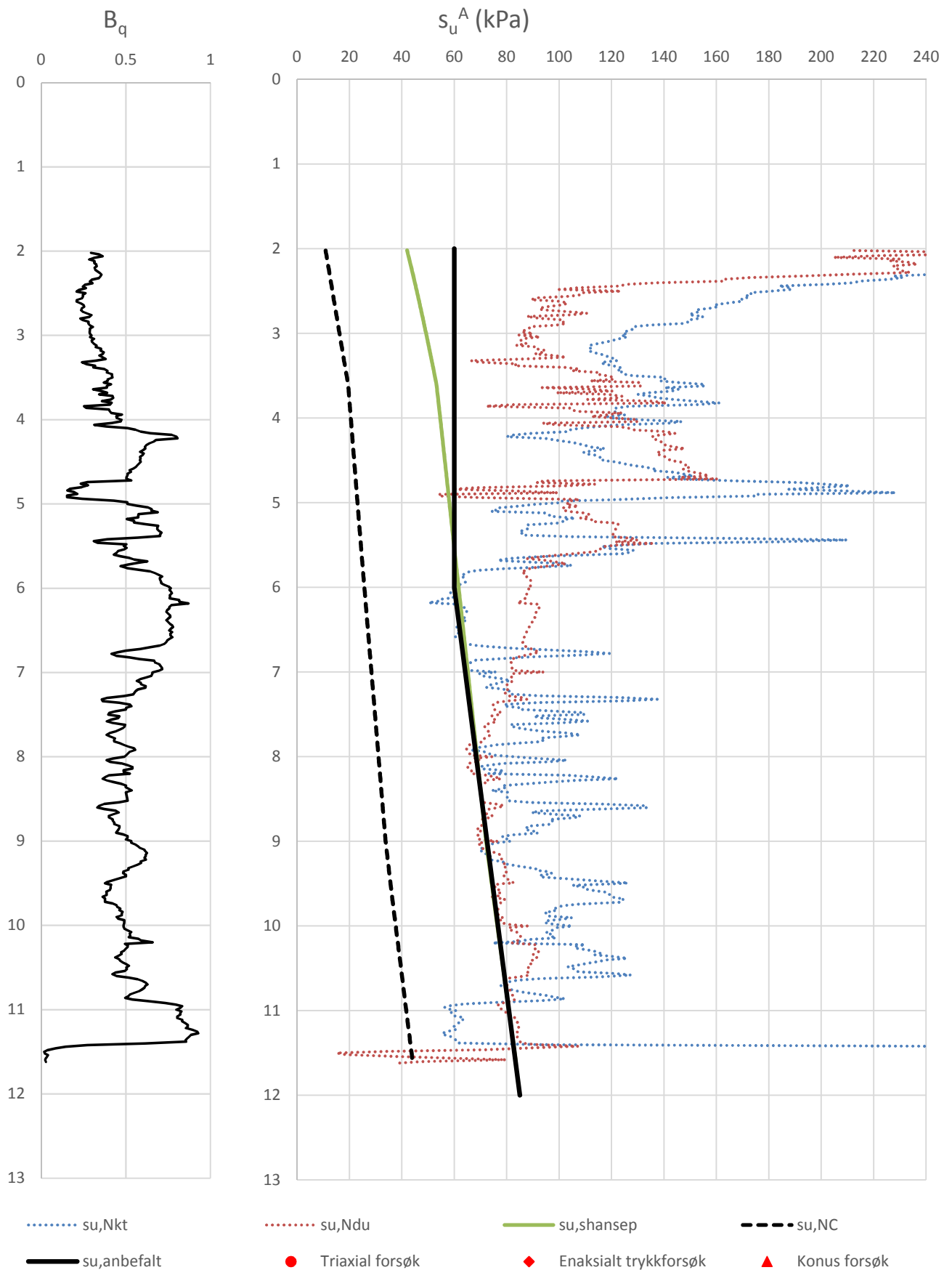
P:\2016\00\20160008\Beregninger og prosjektering\CPTU-tolk\CPTU-BP1_su-phi_plot.xlsx\input

Utredning av kvikkleiresone 802 Vikland, Rakkestad kommune

Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shansep.
 Borhull 1, boret 27.12.2013
 Nuværende terrengkote: 98.8m
 Tidligere terrengkote: 118.8m

Dokumentnr. 20160008-01-R	
Figurnr. B1	
Dato 2016-10-30	Tegnet av SHo





P:\2016\00\20160008\Beregninger og prosjektering\CPTU-tolk\CPTU-BP2_su-phi-plot.xlsx\input

Utredning av kvikkleiresone 802 Vikland, Rakkestad kommune

Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shansep.

Borhull 2, boret 27.12.2013

Nuværende terrengkote: 93.9m

Tidligere terrengkote: 118.9m

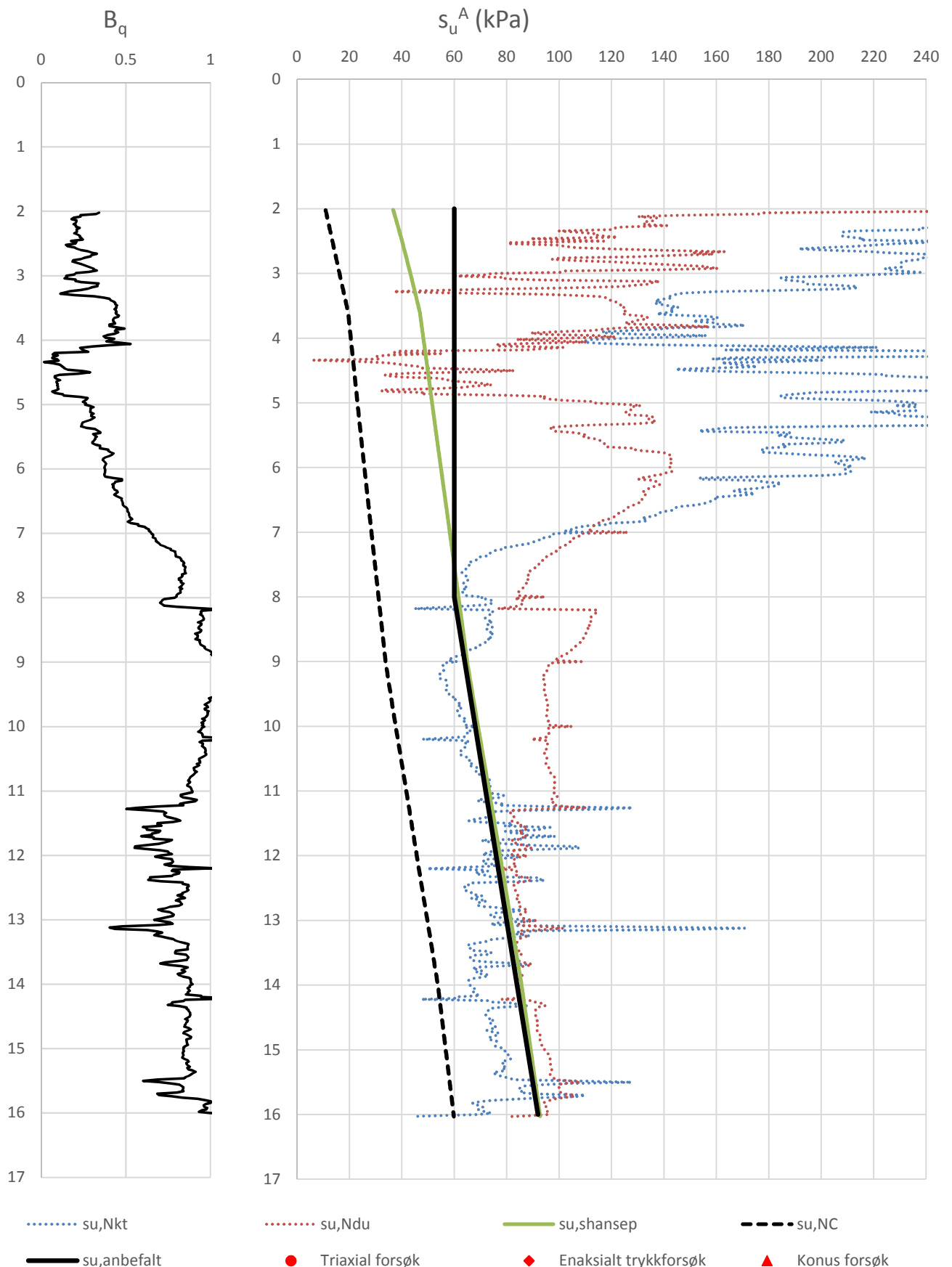
Dokumentnr.
20160008-01-R

Figurnr.
B2

Dato
2016-10-30

Tegnet av
SHo





P:\2016\00\20160008\Beregninger og prosjektering\CPTU-tolk\CPTU-BP3_su-phi_plot.xlsx\su plot

Utredning av kvikkleiresone 802 Vikland, Rakkestad kommune

Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shansep.

Borhull 3, boret 06.01.2014

Nuværende terrengkote: 98.6m

Tidligere terrengkote: 118.6m

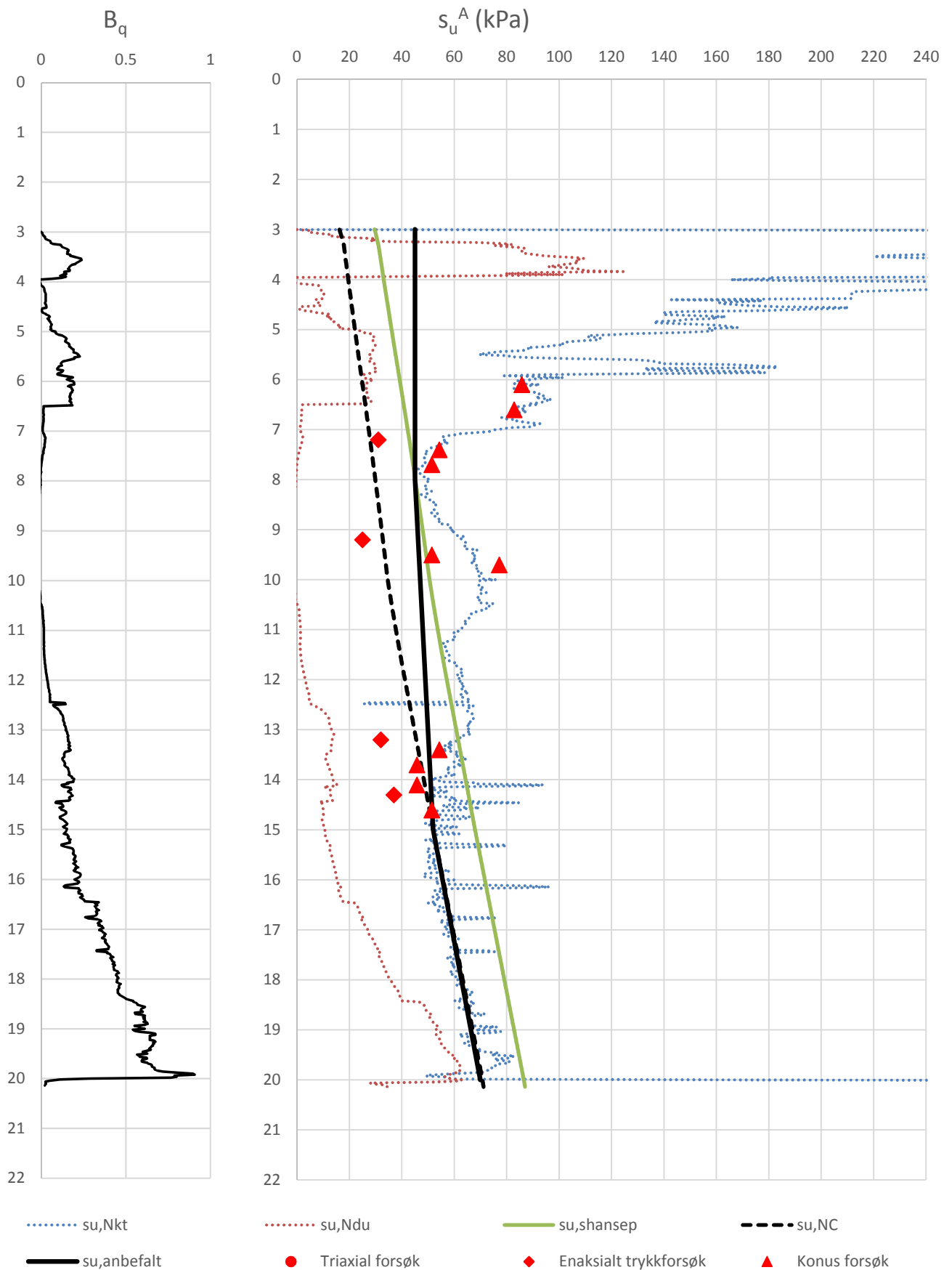
Dokumentnr.
20160008-01-R

Figurnr.
B3

Dato
2016-10-30

Tegnet av
SHo





P:\2016\00\20160008\Beregninger og prosjektering\CPTU-tolk\CPTU-BP11_su-phi_plot.xlsx\su_plot

Utredning av kvikkleiresone 802 Vikland, Rakkestad kommune

Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shansep.

Borhull 11, boret 14.06.2016

Nuværende terrengkote: 98.8m

Tidligere terrengkote: 108.8m

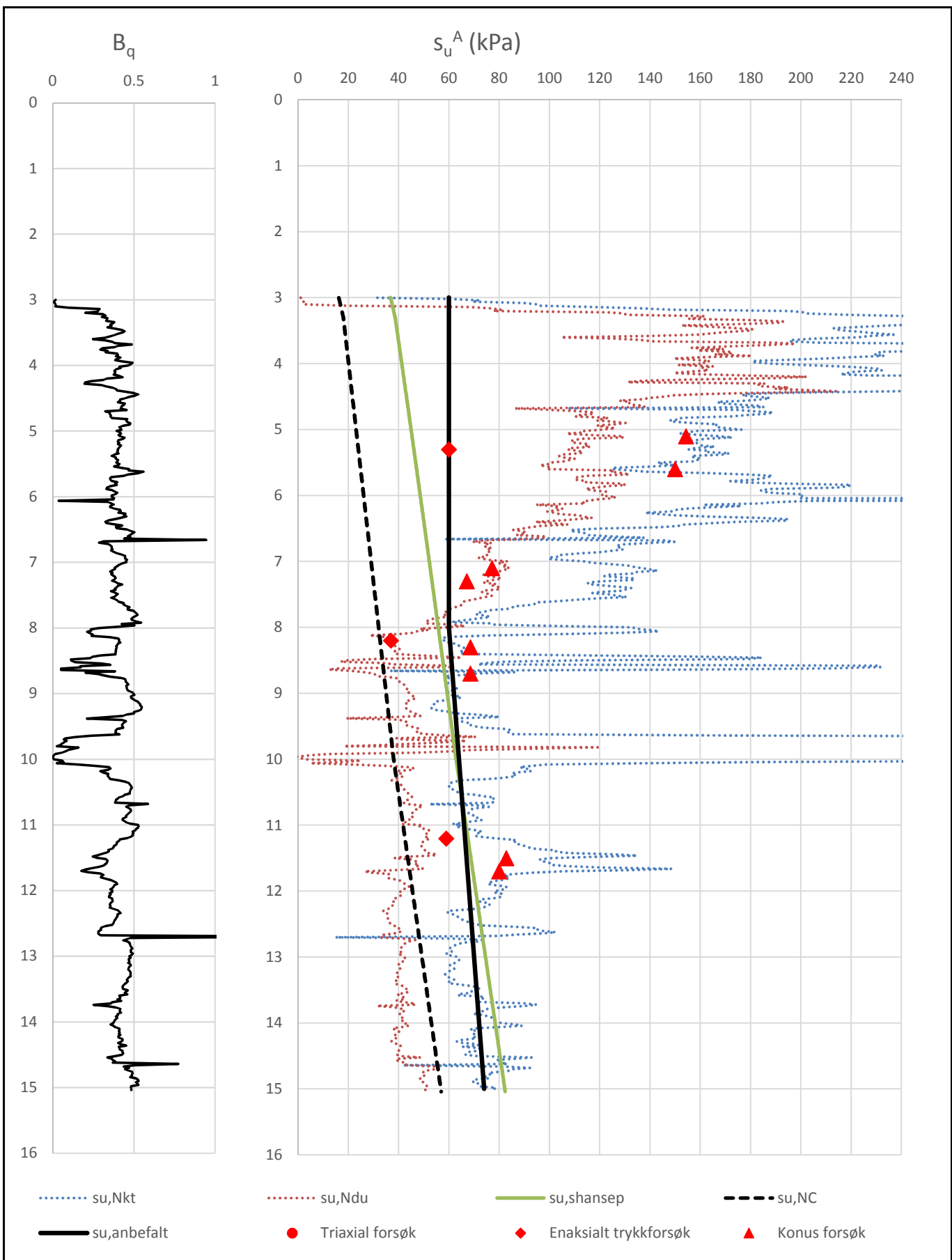
Dokumentnr.
20160008-01-R

Figurnr.
B4

Dato
2016-11-12

Tegnet av
SHo





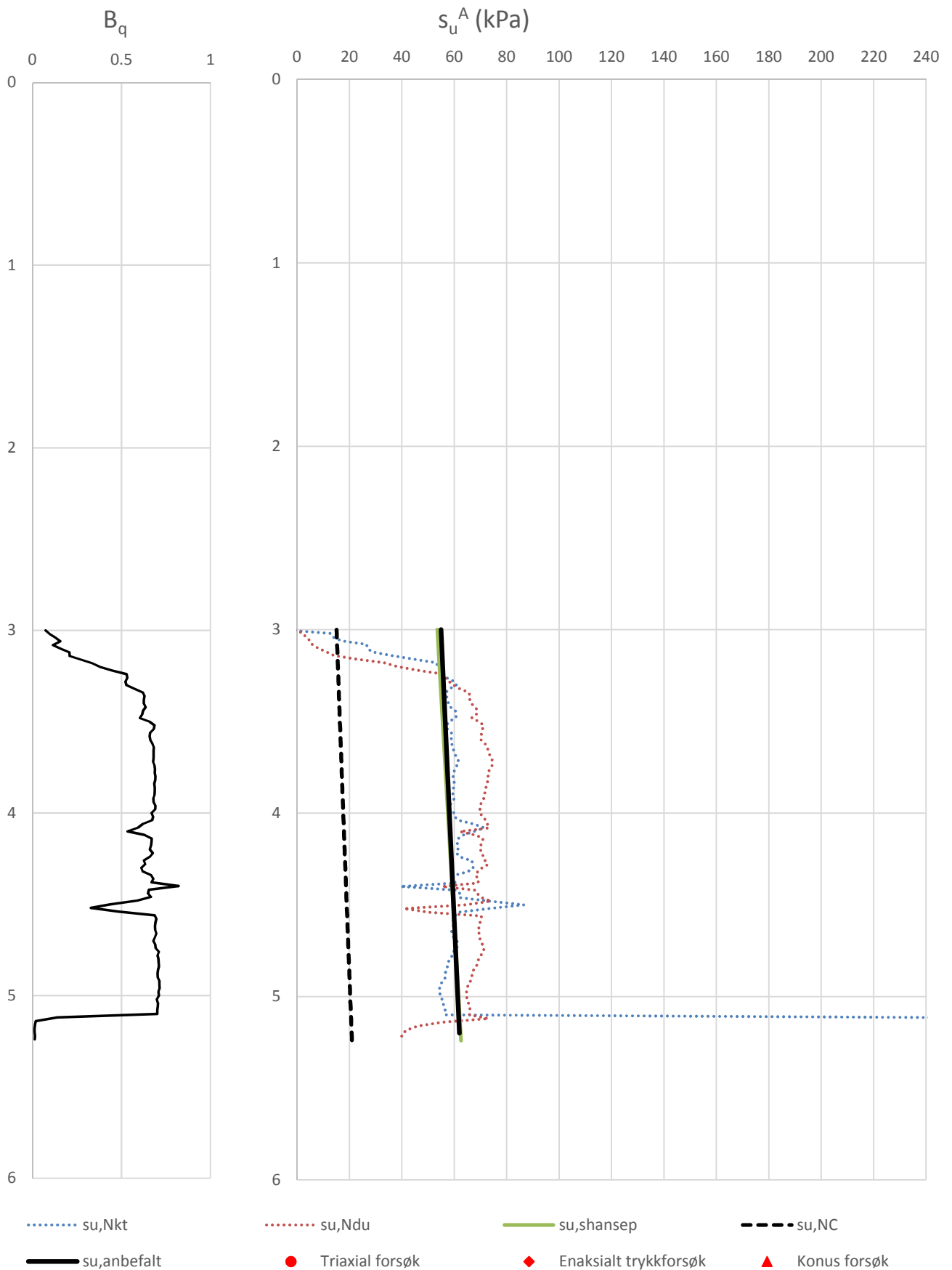
P:\2016\00\20160008\Beregninger og prosjektering\CPTU-tolk\CPTU-BP13_su-phi_plot.xlsx\su_plot

Utredning av kvikkleiresone 802 Vikland, Rakkestad kommune

Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shansep.
 Borhull 13, boret 14.06.2016
 Nuværende terrengkote: 96.1m
 Tidligere terrengkote: 111.1m

Dokumentnr. 20160008-01-R	
Figurnr. B5	
Dato 2016-11-12	Tegnet av SHo





P:\2016\00\20160008\Beregninger og prosjektering\CPTU-tolk\CPTU-BP14_su-phi_plot.xlsx\su_plot

Utredning av kvikkleiresone 802 Vikland, Rakkestad kommune

Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shansep.

Borhull 14, boret 14.06.2016

Nuværende terrengkote: 87.5m

Tidligere terrengkote: 117.5m

Dokumentnr.
20160008-01-R

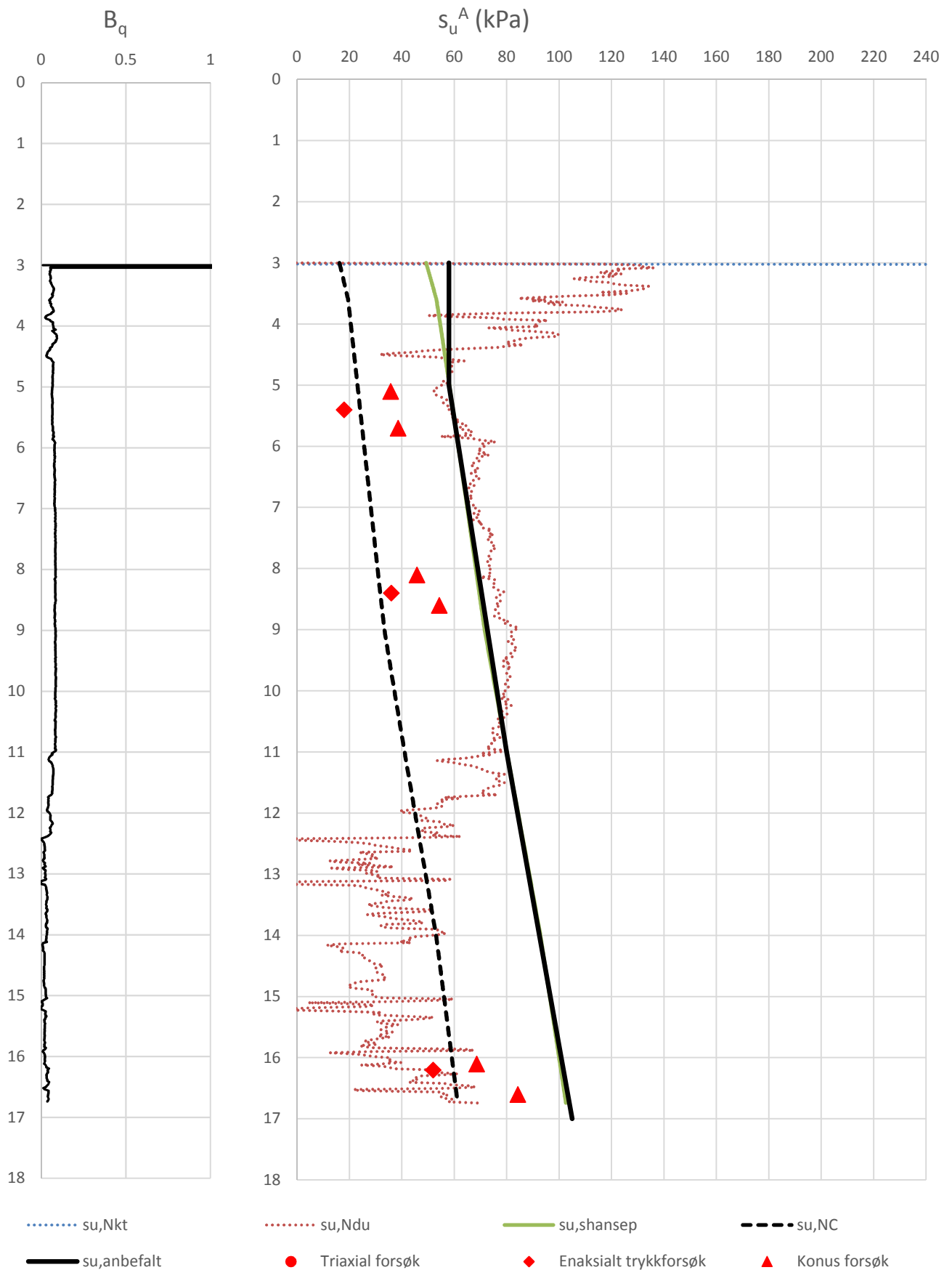
Figurnr.

B6

Dato
2016-11-12

Tegnet av
SHo





P:\2016\00\20160008\Beregninger og prosjektering\CPTU-tolk\CPTU-BP16_su-phi_plot.xlsx plot

Utredning av kvikkleiresone 802 Vikland, Rakkestad kommune

Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shansep.

Borhull 16, boret 05.07.2016

Nuværende terrengkote: 97.6m

Tidligere terrengkote: 122.6m

Dokumentnr.
20160008-01-R

Figurnr.
B7

Dato
2016-11-12

Tegnet av
SHo



Vedlegg C

STABILITETSBEREGNINGER

Innhold

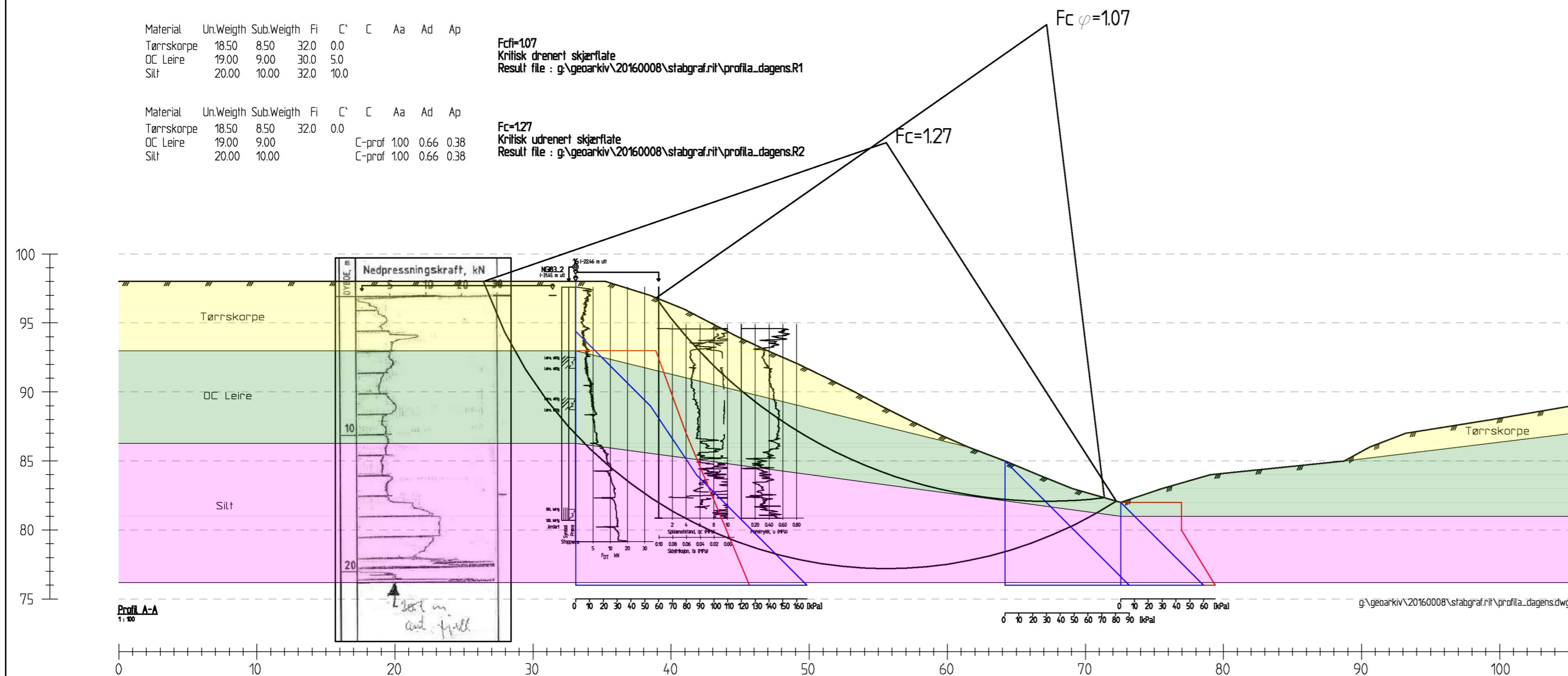
Tegning C01	Udrenert og drenert stabilitet i profil A
Tegning C02	Udrenert og drenert stabilitet i profil B

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Tørreskorpe	18.50	8.50	32.0	0.0				
OC Leire	19.00	9.00	30.0	5.0				
Silt	20.00	10.00	32.0	10.0				

Fc=107
Kritisk drenert skjærflate
Result file : g:\geoarkiv\20160008\stabgraf.rtf\profil_a_dagens.R1

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Tørreskorpe	18.50	8.50	32.0	0.0				
OC Leire	19.00	9.00			C-prof	1.00	0.66	0.38
Silt	20.00	10.00			C-prof	1.00	0.66	0.38

Fc=127
Kritisk udrenert skjærflate
Result file : g:\geoarkiv\20160008\stabgraf.rtf\profil_a_dagens.R2




FORKLARINGER:

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

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

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

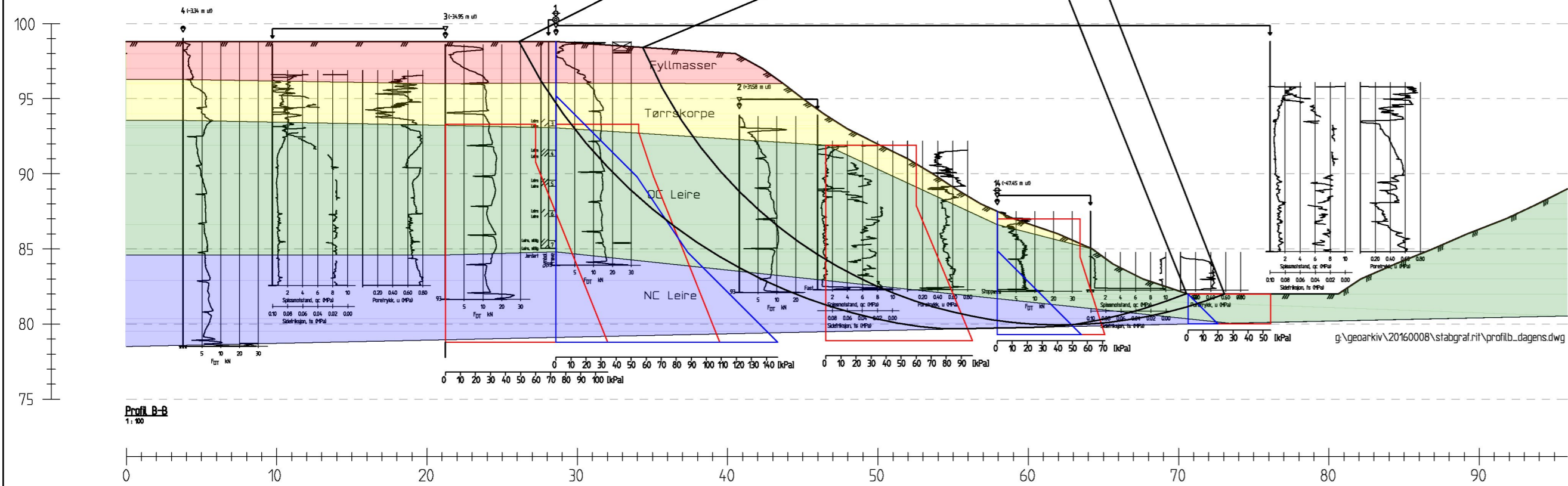
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Utredning av kvikkleiresone 802 Vikland, Rakkestad kommune Stabilitetsberegning Profil A Dagens situasjon Drenert og udrenert analyse		Status - Original format A-3.2 Tegningens filnavn G:\geoarkiv\20160008\TegningC01-ProfilA		Målestokk 1:300 	
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 12.11.2016 Oppdragsnr. 20160008	Konstr./Tegnet SHo Tegningsnr. C01	Kontrollert BGK	Godkjent BGK Rev. 0

Material	Un.Weight	Sub.Weight	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
Fyllmasser	18.00	8.00	35.0	0.0				
Tørnnskorpe	18.50	8.50	32.0	0.0				
OC Leire	19.00	9.00	30.0	5.0				
NC Leire	19.00	9.00	27.0	5.0				

Fc=1.16
Kritisk drenert skjærflate
Result file : g:\geoarkiv\20160008\stabgraf.rtf\profilb_dagens.R1

Material	Un.Weight	Sub.Weight	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
Fyllmasser	18.00	8.00	35.0	0.0				
Tørnnskorpe	18.50	8.50	32.0	0.0				
OC Leire	19.00	9.00			C-prof	1.00	0.66	0.38
NC Leire	19.00	9.00			C-prof	1.00	0.66	0.38

Fc=1.16
Kritisk udrenert skjærflate
Result file : g:\geoarkiv\20160008\stabgraf.rtf\profilb_dagens.R2



Profil B-B
1:100

FORKLARINGER:

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

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

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Utredning av kvikkleiresone 802 Vikland, Rakkestad kommune		Status - Original format A-3.2 Tegningens filnavn G:\geoarkiv\20160008\TegningC02-ProfilB			
Stabilitetsberegning Profil B Dagens situasjon Drenert og udrenert analyse		Målestokk 1:300			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
		12.11.2016	SHo	BGK	BGK
Oppdragsnr. 20160008		Tegningsnr. C02		Rev. 0	

Dokumentinformasjon/Document information		
Dokumenttittel/Document title Utredning av kvikkleiresone 802 Vikland, Rakkestad kommune Fareutredning		Dokumentnr./Document no. 20160008-01-R
Dokumenttype/Type of document Rapport / Report	Oppdragsgiver/Client Norges Vassdrags- og Energidirektorat	Dato/Date 2016-11-22
Rettigheter til dokumentet iht kontrakt/ Proprietary rights to the document according to contract NGI		Rev.nr.&dato/Rev.no.&date 1 / 2016-12-13
Distribusjon/Distribution BEGRENSET: Distribueres til oppdragsgiver og er tilgjengelig for NGIs ansatte / LIMITED: Distributed to client and available for NGI employees		
Emneord/Keywords Kvikkleiresone, utredning, stabilitet		

Stedfesting/Geographical information	
Land, fylke/Country Norge, Østfold	Havområde/Offshore area
Kommune/Municipality Rakkestad	Felt navn/Field name
Sted/Location Vikland	Sted/Location
Kartblad/Map Sarpsborg 1913 I	Felt, blokknr./Field, Block No.
UTM-koordinater/UTM-coordinates Sone: 32 Øst: 631660,791 Nord: 6589885,824	Koordinater/Coordinates Projeksjon, datum: Øst: Nord:

Dokumentkontroll/Document control Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001					
Rev/Rev.	Revisjonsgrunnlag/Reason for revision	Egenkontroll av/ Self review by:	Sidemanns-kontroll av/ Colleague review by:	Uavhengig kontroll av/ Independent review by:	Tverrfaglig kontroll av/ Inter-disciplinary review by:
0	Originaldokument	2016-11-22 Søren Holm	2016-12-22 Bjørn Kalsnes		
1	Etter 3. partskontroll fra Rambøll	2016-12-12 Søren Holm	2016-12-13 Bjørn Kalsnes		

Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release	Dato/Date 13. desember 2016	Prosjektleder/Project Manager Bjørn Kalsnes
--	---------------------------------------	---

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

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

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

www.ngi.no

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

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

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

www.ngi.no

