



RAPPORT

Geotekniske undersøkelser Vårryggen industriområde

VURDERINGSRAPPORT

DOK.NR. 20140059-02-R
REV.NR. 3 / 2017-04-24

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: Geotekniske undersøkelser Vårryggen industriområde
Dokumenttittel: Vurderingsrapport
Dokumentnr.: 20140059-02-R
Dato: 2014-10-01
Rev.nr. / Rev.dato: 3 / 2017-04-24

Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: Grong kommune
Kontaktperson: Lars Å. Arnesen
Kontrakthereferanse: Oppdragsbekreftelse datert: 2014-02-24

for NGI

Prosjektleder: Jean-Sebastien L'Heureux
Utarbeidet av: Katharina Kahrs
Kontrollert av: Jean-Sebastien L'Heureux

Sammendrag

Grong kommune planlegger reguleringsarbeid for utvidelse av eksisterende industriområde på Vårryggen i Grong. Planområdet er delvis lokalisert innenfor kvikkleiresonen "988-Moum". NGI er engasjert for å utføre grunnundersøkelser, samt vurdere områdestabiliteten for det planlagte industriområdet iht. NVEs retningslinjer.

I revisjon 1 av foreliggende rapport ble Moum kvikkleiresone reklassifisert fra høy til middels faregrad og fra risikoklasse 4 til 3. Den opprinnelige utstrekningen av kvikkleiresonen ble innskrenket noe. Basert på nye grunnundersøkelser er kvikkleiresonen ytterligere innskrenket.

Foreliggende rapport inneholder faregradsevaluering av området, geotekniske beregninger samt vurdering av sikringstiltak.

Området består hovedsakelig av siltig leire og leire som er delvis sensitiv. Landskapet i det aktuelle planområdet domineres av et lett skrånende platå på ca. kt. +56–47. Platået

i planområdet skråner mot øst-sørøst og er gjennomskåret av en opptil 10 m dyp ravine. Skråningshøyde fra platå og til bunn av ravine varierer fra 15 til 30 m.

Det er gjennomført befaringsvurdering av erosjon og beregning av skråningsstabilitet. Fra befaringsvurderingen er det registrert noe erosjon i bekken sør for planområdet i tillegg til mindre overflateskred. Beregninger tilsier at det generelt er dårlig stabilitet sør-øst i kvikkleiresonen Moum. Med den innskrenkede utstrekningen av kvikkleiresonen vil tiltak i planområdet ikke påvirke stabiliteten i områdene med dårligst stabilitet. I kvikkleiresonen forøvrig er sikkerheten høy nok til at det iht. NVEs retningslinjer ikke er påkrevd med sikringstiltak for tiltak i tiltakskategori K3 (mindre næringsbygg, f.eks. den planlagte bilhallen) dersom de planlagte tiltakene ikke forverrer områdestabiliteten. For tiltak i K4 (større næringsbygg) kreves det imidlertid sikringstiltak i enkelte områder for å heve sikkerheten til sonen, og disse må detaljprosjekteres.

Innhold

1	Innledning	7
2	Grunnundersøkelser	7
3	Beskrivelse av området	8
3.1	Topografi	8
3.2	Kvartærgeologi og grunnforhold	9
3.3	Utbredelse av leire med sprøbruddegenskaper - generelt	10
3.4	Jordartsegenskaper	11
3.5	Grunnvann	11
3.6	Erosjonsforhold	12
4	Stabilitetsberegninger og resultater	12
4.1	Beregningssituasjoner	12
4.2	Lagdeling	12
4.3	OCR og udrenert skjærstyrke	12
4.4	Anisotropiforhold	14
4.5	Drenert skjærstyrke	15
4.6	Grunnvannstand og poretrykk	15
4.7	Resultat	15
5	Evaluerer av faregrad, konsekvens- og risiko	16
6	Soneavgrensning og vurdering av utløpsområder for skredmasser	17
7	Skred fra utenfor området	19
8	Krav/forhold til NVEs retningslinjer 7/2014	21
9	Vurdering av stabilitet og sikringstiltak	22
10	Referanser	23

Tegninger

Tegning nr. 001	Oversiktskart
Tegning nr. 002	Vurdering av skredfare utenfor planområdet
Tegning nr. 100	Situasjonsplan med boringer og profiler
Tegning nr. 102	Revidert løse- og utløpsområde
Tegning nr. 201	Lagdeling – Profil A
Tegning nr. 202	Lagdeling – Profil B
Tegning nr. 203	Lagdeling – Profil C
Tegning nr. 204	Lagdeling – Profil D
Tegning nr. 205	Lagdeling – Profil E
Tegning nr. 300	Stabilitet – Profil A – Udrenert
Tegning nr. 301-A	Stabilitet – Profil A – Drenert
Tegning nr. 302	Stabilitet – Profil B – Udrenert
Tegning nr. 303	Stabilitet – Profil B – Drenert
Tegning nr. 304	Stabilitet – Profil C – Udrenert
Tegning nr. 305	Stabilitet – Profil C – Drenert
Tegning nr. 306	Stabilitet – Profil D – Udrenert og drenert
Tegning nr. 309	Stabilitet – Profil E – Udrenert

Tegning nr. 310	Stabilitet – Profil E – Drenert
Tegning nr. 400	Revidert utstrekning Moum kvikkleiresone med kritiske glideflater
Tegning nr. 401	Løsneområde Moum kvikkleiresone – Profil A
Tegning nr. 402	Løsneområde Moum kvikkleiresone – Profil B
Tegning nr. 403	Løsneområde Moum kvikkleiresone – Profil C
Tegning nr. 404	Løsneområde Moum kvikkleiresone – Profil D
Tegning nr. 405	Løsneområde Moum kvikkleiresone – Profil E

Vedlegg

Vedlegg A	Skjema for evaluering av faregrad, skadekonsekvens og risikoklasse
Vedlegg B	Poretrykksmålinger
Vedlegg C	Tolkning av ødometerforsøk
Vedlegg D	Tolkning av treaksforsøk
Vedlegg E	Tolkning av CPTU-sonderinger
Vedlegg F	Erosjon, oppsummering og bilder fra befaring

Kontroll- og referanseside

1 Innledning

Grong kommune planlegger reguleringsarbeid for utvidelse av eksisterende industriområde på Vårryggen i Grong. Planområdet er lokalisert syd for fv. 760 ca. 1 km øst for Bergsmoen sentrum, og delvis innenfor kvikkleiresonen "988-Moum". I revisjon 1 av foreliggende rapport ble kvikkleiresonen "988-Moum" reklassifisert fra høy til middels faregrad og fra risikoklasse 4 til 3. Den tidligere utredningen var basert på et begrenset antall borepunkt, noe som førte til konservative løsninger med omfattende sikringstiltak for tiltakskategori K4; NVEs retningslinjer, ref. [1]. Slike omfattende tiltak ville ikke bli prioritert av Grong kommune. Foreløpige planer for industriområdet ved Vårryggen i Grong inkluderer en bilhall, og det foreligger ikke planer for tiltak i tiltakskategori K4. Etter diskusjon med Grong kommune har NGI anbefalt at hele planområdet reguleres for tiltak i tiltakskategori K3.

Etter avtale med Grong kommune ble NGI engasjert i 2016 for å utføre supplerende grunnundersøkelser med mål om å redusere omfang av planlagte sikringstiltak og evt. videre innskrenkning av faresonen. Den reviderte utredningen tar også kun høyde for tiltak i tiltakskategori K3.

Foreliggende rapport inneholder faregradsevaluering av området iht. NVEs retningslinjer, ref. [1]. Videre inneholder rapporten revidert grunnlag for geotekniske beregninger samt resultater fra stabilitetsberegninger og – vurderinger.

2 Grunnundersøkelser

Utførte grunnundersøkelser er presentert i rapport nr. 20140059-01-R; ref. [2]. I november 2016 ble det utført supplerende grunnundersøkelser som er presentert i rapport nr. 20140059-03-R; ref. [3].

Det er tidligere utført grunnundersøkelser i området og disse fremgår i følgende rapporter:

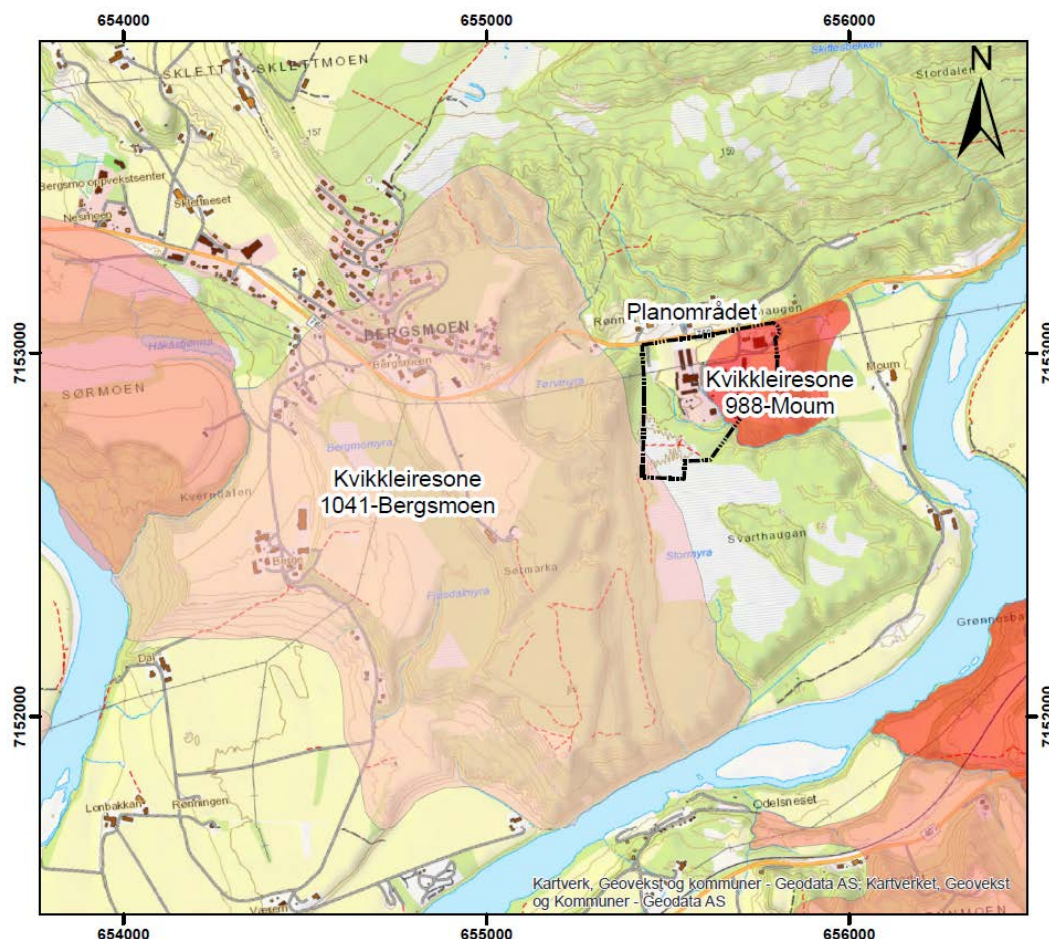
- NGI 1996: Kartlegging av områder med potensiell fare for kvikkleireskred – Kartblad 1823-4 Grong. M = 1:50 000, Rapport nr. 920033-2. (Resultater fra dreietrykksondering i pkt. 50)
- NGI 2006: Skredrisiko kvikkleire Grong. Prosjekt nr. 20061350. (Resultater fra dreietrykksondering og CPTU; pkt. 501 og 502).

Resultatene fra disse er innarbeidet i foreliggende rapport sammen med nyere utførte grunnundersøkelser presentert i ref. [2] og [3].

3 Beskrivelse av området

3.1 Topografi

Planområdet er lokalisert syd for fv. 760 ca. 1 km øst for Bergsmoen sentrum, og delvis innenfor kvikkleiresonen "988-Moum", som i revisjon 1 av foreliggende rapport ble reklassifisert fra høy til middels faregrad og fra risikoklasse 4 til 3. I tillegg ble sonens opprinnelige utstrekning innskrenket noe. Området er vist på Figur 1 og Tegning 001. Landskapet i det aktuelle planområdet domineres av et lett skrånede platå på ca. kt. +56–47. Platået i planområdet skråner mot øst-sørøst og er gjennomskåret av en opptil 18 m dyp ravine i sør (helning 1:2,5). Skråningen øst i kvikkleiresonen er ca. 24 m høy (ca. kt. +47–23) og 130 m lang.



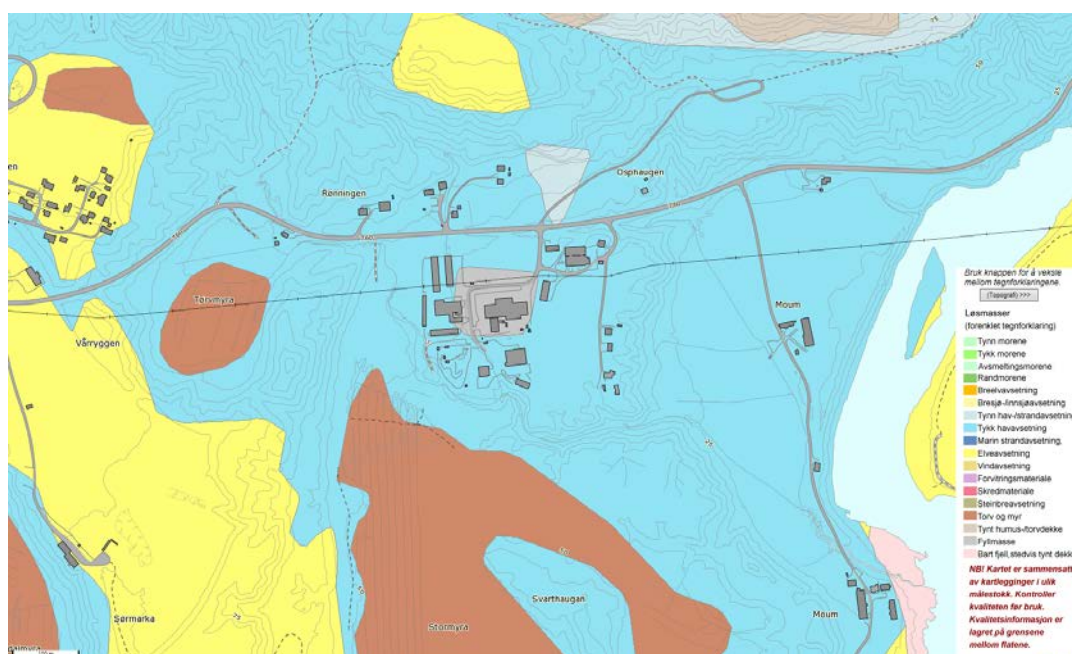
Figur 1: Oversiktskart over planområdet for Vårryggen industriområde og kvikkleiresone 988-Moum. Kvikkleiresonen er vist i sin opprinnelige utstrekning og faregradsklassifisering.

3.2 Kvartærgeologi og grunnforhold

Kvartærgeologiske kart fra NGU viser at planområdet består av tykke marine avsetninger og at marin grense i området ligger på ca. 150 moh. (Figur 2). Det er registrert tidligere kvikkleireskredhendelser i nærområdet ved Bergsmoen 6. April 1965 og ved Moum 15. Juli 1884.

Grunnundersøkelser i planområdet viser at original grunn for det meste består av leire og silt med noe grovere masser mot antatt morene/berg. Sonderingene er avsluttet mellom kt. 30 og kt. 12 i antatt morene/berg.

I søndre delen av planområdet er det stedvis observert løsmasser og store steiner i bekkene. Fjell og berg i dagen er ikke påvist. Kvikkleiresonen 1041-Bergsmoen (lav faregrad) ligger vest for Vårryggen industriområde (Tegning 002). En liten del av planområdet faller også inn i kvikkleiresone 1041-Bergsmoen. Potensielt skred fra denne sonen og mot planområdet er vurdert i Kap. 7.



Figur 2: Kvartærgeologisk kart (www.ngu.no).

3.3 Utbredelse av leire med sprøbruddegenskaper - generelt

Sprøbruddmateriale er i ref. [4] definert med følgende egenskaper:

Sensitivitet (S_t) > 15, og

Omrørt skjærfasthet (s_{uomr}) < 2 kPa (kvikkleire når $s_{uomr} < 0,5$ kPa)

Følgende kriterier er lagt til grunn for tolkningen av sprøbruddmateriale:

- **Prøveserier** - dersom en prøveserie viser kvikk/sensitiv leire er dette tillagt størst vekt i forhold til andre undersøkelsesmetoder under tolkningsarbeidet.
- **Dreietrykksondering** - ved "overheng" eller "utflating" av målt spissmotstand tolkes det kvikk/sensitiv leire ned til dypet hvor spissmotstand øker igjen.
- **CPTU** - det er benyttet klassifikasjonssystem basert på normalisert spissmotstand, Q_t , poretrykkparameter, B_q , og normalisert friksjonsratio; Fr etter ref. [5] og [6].

Laboratorieresultatene fra opptatte prøver viser leire med tynne siltlag og enkelte fin-gruskorn. Leira er middels fast til fast og generelt lite sensitiv, med unntak av en prøve i borehull 1 som har vist seg å være sensitiv (dvs. $s_{uomr} = 1.9$ kPa og $St=36$) og to prøver i borehull 50 som har vist seg å være kvikke (dvs. hhv. $s_{uomr} = 0.1$ kPa og $St=400$ og $s_{uomr} = 0.2$ og $St=190$). Disse resultatene stemmer overens med resultatene fra CPTU i punkt 1 hvor det er tolket lag med sensitiv leire i samme dybdeintervallet (jf. Fig E05; vedlegg E). Laget med sprøbruddmateriale ligger 10 m under terreng i borepunkt 1 og 16-21 m under terreng i borepunkt 50, der lagets tolkede mektighet er opptil 7 m. I borepunkt 10 er det tolket et sensitivt leirelag med samme mektighet fra 21 m under terreng. Utstrekning av dette laget er presentert i Tegning 201-205. I motsetning til det som konservativt ble tolket fra dreietrykksonderinger i tidligere versjoner av denne rapporten viser laboratorieresultatene at det ikke er sprøbruddmateriale fra 2-5 m dybde i borepunkt 501. I borepunkt 50 ligger laget med sprøbruddmateriale på 5 m større dyp enn det som var tolket fra dreietrykksonderinger. Det er konservativt valgt å tolke det sensitive laget som kontinuerlig i fareområdet basert på resultatene fra grunnundersøkelser.

3.4 Jordartsegenskaper

Typiske klassifiseringsdata for de 2 jordlagene påtruffet i området fremgår av Tabell 1.

Tabell 1: Oppsummering av rutinedata på opptatte prøver fra borhull 1, 10, 11, 50 og 501.

Materiale	w [%]	γ [kN/m ³]	Su-konus [kPa]	Su-omrørt [kPa]	St	Ip
Leire, siltig	14-32	20,5-21,5	63-155	3-80	1-14	12-15
Sensitiv/kvikkleire	22-28	20,0-20,6	38-85	0,1-1,9	>30	6-14

3.5 Grunnvann

Det ble satt ned to poretrykksmålere i borpunkt 1. Målerne er installert ved 10 og 15 m dybde og disse har logget en gang om dagen i perioden 9.april til 29. november 2016. En full oversikt over målt poretrykk i borpunkt 1 er presentert i ref. [3] og en oppsummering av resultatene er presentert i Tabell 2 og Vedlegg B. Det er målt artesisk trykk i nivået mot bunnen av ravinen, tilsvarende en maksimale poretrykksstigning på 1.25 kPa/m. Videre i dybden er det nedadrettet gradient som varierer over tid. Dette tyder på drenasje mot lavereliggende terreng.

Boringene viser noe inhomogene grunnforhold, og permeabiliteten vil erfaringsvis variere en god del. Permeable lag av eksempelvis silt vil drenere raskere enn leire. Dette medfører at det vil kunne forekomme lokale poretrykksvariasjoner. I enkelte nivåer / lag kan derfor poretrykket avvike en god del fra det som interpoleres / ekstrapoleres fra nivåer med målt poretrykk.

Tabell 2: Oversikt over poretrykksavlesning i borpunkt 1.

Borpunkt	Dybde spiss (m)	Kote terreng (moh)	Kote piezometerspiss (moh)	Løsmasse ved spiss	Poretrykk (kPa)	Stigehøyde fra poretrykk* (moh)
1	10	47,0	37,0	Sensitiv leire	115	48,5
1	15	47,0	32,0	Leire, siltig	142	46,2
502	6,90	28,0	21,1	Sensitiv leire	70,4	28,1
502	14,95	28,0	13,05	Leire, siltig	160	29,05

* Hydrostatisk poretrykksfordeling

3.6 Erosjonsforhold

Befaring ble utført i 29. mai 2014 av Siri Bente Haugen (NGI) for å vurdere erosjonsforhold i planområdet og i kvikkleiresone Moum. Det er registrert noe erosjon i bekken sør for planområdet i tillegg til mindre overflateskred. En oversikt over erosjonsforholdene er presentert i Vedlegg F.

4 Stabilitetsberegninger og resultater

4.1 Beregningssituasjoner

Stabilitetsberegningene er utført for antatt kritiske profiler i planområdet med hjelp av GeoSuite Stability; versjon 15.2.2.0. Profilene er plassert der skråningene er høyest og brattest. En oversikt over plassering av profilene er presentert på Tegning 100.

I alle profiler er det utført beregninger av sikkerheten for dagens situasjon under drenerte og udrenerte forhold.

4.2 Lagdeling

Lagdelingen er tolket med utgangspunkt i nye boringer og gamle boringer vi har hatt tilgjengelig, jf. ref. [2] og [3]. Tolket lagdeling er vist på Tegning 201 – 205.

Lagdeling og beliggenhet/tykkelse av sprøbruddmateriale er tolket med konservatisme grunnet begrenset antall grunnundersøkelser i området og at det er noe vanskelig å tolke noen av resultatene fra grunnundersøkelser. Generelt er lagdelingen relativt likt over hele området med et lag siltig leire over et tykkere lag med leire som kan være sensitiv/kvikk mot toppen og som er fast i dybden. Nord i området er det tolket lommer av friksjonsmateriale. Overgangen til morene/fjell er truffet ved alle borepunktene i området og denne oppstår mellom kote +19 og +40, med unntak av borepunkt 10 der boringen ble avsluttet ved kote +23 uten at morene/fjell var påtruffet.

4.3 OCR og udrenert skjærstyrke

Aktuelle parametere benyttet i de enkelte stabilitetsberegningene er fremstilt på beregningsprofilene, Tegning 300 – 310. Udrenerte så vel som drenerte beregningsparametere er benyttet.

4.3.1 Ødometerforsøk

En sammenstilling av utførte ødometerforsøk er gitt i Vedlegg C. På grunnlag av volumendringene av prøven under rekonsolidering til *in situ* effektivspenning, gir tabellen i Vedlegg C et anslag for prøvekvaliteten iht. ref. [1]. Det er 1 forsøk som er kvalitetsklasse 1 – perfekt og 1 forsøk som er kvalitetsklasse 1 – akseptabel. Resultatene fra prøvene viser at leira er overkonsolidert i borpunkt 1. På bakgrunn av en neddykket romvekt på 9 kN/m^3 og en aldringsfaktor på 1,2 er tidligere havbunnsnivå beregnet til å være ca. ved kote +70 i området, mot dagens terrengkote på +47. Se vedlegg C for en sammenstilling av tolkede ødometerforsøk.

4.3.2 Treksialforsøk

En sammenstilling av utførte treksialforsøk er gitt i vedlegg D. På grunnlag av utpresset porevann under forsøkets konsolideringsfase gir tabellen D1 i vedlegg D et anslag for prøvekvaliteten iht. ref. [1]. Begge forsøkene er kvalitetsklasse 1 – perfekt. Treksialforsøkene er utført med tanke på å tolke friksjonsvinkelen for materialet, samt udrenert aktiv skjærfasthet. Se vedlegg D for en sammenstilling av tolkede treksialforsøk.

4.3.3 CPTU

Det er utført 2 CPTU-sonderinger. Tabell E1 i vedlegg E gir et anslag på kvaliteten av sonderingene som fremkommer av nullpunktsavlesningen. CPTU målingene i borpunkt 1 havner i anvendelsesklasse 1, men deler av CPTU målingene i borpunkt 2 havner i anvendelsesklasse 2 og 3 (dvs. hhv. u_2 og helning).

CPTU-sonderingene er tolket etter korrelasjoner mot blokkprøver iht. ref. [7]. Det er benyttet inngangsparametere fra indeksforsøkene i nærheten av de ulike CPTU-sonderingene, samt avleste og antatte poretrykk, jf. ref. [2]. I tillegg er tolkede indeks-, ødometer- og treksial-forsøk vurdert for bestemmelse av udrenert skjærstyrke- og OCR-profil. Resultatene av tolkningene er vist i vedlegg E. Generelt indikerer CPTU-sonderingene tilnærmet samme overkonsolideringsnivå som er tolket fra ødometerforsøkene. Tidligere havbunnsnivå beregnet fra CPTU resultatene er presentert i Tabell E2, Vedlegg E.

Valg av udrenert skjærfasthet (s_{ua}) fra CPTU-sonderingene er utfordrende i planområdet siden resultatene (dvs. $B_q < 0.6$) i pkt 1 og 2 faller utenfor korrelasjonsgrunnlaget presentert i ref. [7].

4.3.4 SHANSEP-faktorer

Forutsetningene for beregnede skjærstyrkeprofiler iht. SHANSEP-prinsippet er oppsummert i Tabell 3. SHANSEP-prinsippet tar hensyn til effektivt overlagingstrykk, p'_0 , og leirens overkonsolideringsgrad, OCR, i bestemmelsen av udrenert skjærfasthetsprofil, ref. [7]. Dette gir grunnlag for beregning av udrenert skjærfasthet på steder hvor det ikke er utført grunnundersøkelser, se nedenstående formler.

$$s_{uA} = \alpha \cdot p'_0 \cdot OCR^m \quad (1)$$

$$OCR = \frac{p'_c}{p'_0} \quad (2)$$

Tabell 3: Forutsetninger for beregning av skjærstyrke iht. SHANSEP-prinsippet.

α	p'_0	OCR	m
0,32	Beregnet med målt romvekt og målt/interpolert poretrykk	Prekonsoliderings-spenningen (p'_c) beregnet med målt romvekt, poretrykk og antatt opprinnelig havbunnsnivå	0,8

Verdiene for α og m er valgt slik at det oppnås best mulig samsvar med CPTU-tolket skjærfasthet basert på korrelasjoner i ref. [7]. Verdiene gir også godt samsvar med tolkede verdier fra ødometer- og treaksialforsøk, jf. vedlegg C og D.

4.4 Anisotropiforhold

Anisotropiforhold for leiren er valgt ut fra anbefalinger presentert i ref. [8] og gjengitt i Tabell 4. I stabilitetsberegningene er aktiv skjærstyrke redusert med 15 % for sprøbruddmateriale iht. ref [1]. Denne reduksjonen er anbefalt for blokkprøvedata eller korrelasjoner mot blokkprøvedata pga. sprøbrudd- og tidseffekter. Reduksjonen er tatt inn i stabilitetsberegningene gjennom anisotropifaktoren for aktiv skjærfasthet.

Tabell 4: Anisotropiforhold benyttet i stabilitetsberegninger.

Type leire	Aktiv (S_{ua})	Direkte (s_{ud})	Passiv (s_{up})
$S_t > 15$ og $S_{uomr} < 2$ kPa	0,85	0,65	0,36
$S_t < 15$ og $S_{uomr} > 2$ kPa	1,0	0,65	0,36

4.5 Drenert skjærstyrke

Resultatene fra utførte treaksialforsøk stemmer rimelig godt overens med erfaringsdata, og det er benyttet friksjonsvinkel og kohesjon iht. tolkede verdier i Vedlegg D. For det sandige/grusige materialet påtruffet i borpunkt 10, 11 og NVE501 er det benyttet erfaringsdata fra ref. [9]. Tabell 5 gir en oversikt over benyttede parametere i stabilitetsberegningene.

Tabell 5: Oversikt over drenerte skjærfasthetsparametere.

Lagpakker	Friksjonsvinkel φ (°)	Kohesjon c' (kPa)
Siltig leire	29-33	5,5-10
Sensitiv leire	29	5
Sandig/grusig materiale	34	0

4.6 Grunnvannstand og poretrykk

Resultatet fra utførte poretrykksmålinger i to nivåer er benyttet i analysene. I borpunkt 1 er det målt poreovertrykksgradienter lavere enn 1.1 kPa/m 10 m under terreng over en periode på 5 måneder i 2014. Dybden samsvarer med bunnen av ravinen som er ca. 10 m dyp sør for borpunkt 1. 15 m under terreng er det målt stighøyde noe under terreng. Lignende resultater framkommer av i borpunkt 502. Dette fremgår i Vedlegg B hvor målt poretrykk er fremstilt sammen med dybde for disse to borpunktene.

I stabilitetsanalyser har vi brukt noe konservative poretrykksgradienter (dvs. 1.25 kPa/m) for å ta hensyn til mulige effekt av klimatologiske forandringer i studieområdet. Poretrykksprofilene er beregnet ved interpolasjon / ekstrapolasjon av målte data.

4.7 Resultat

Resultater fra stabilitetsberegningene er oppsummert i Tabell 6 og presentert på Tegninger 300 – 310. Eventuelle mindre avvik mellom udrenert skjærfasthet i felt og de brukt i stabilitetsanalyser er tatt hensyn til gjennom kravet til prosentvis forbedring. Det er brukt både sirkulærsylindriske og sammensatte glideflater i analysene for å vurdere mest sannsynlig skredtype. Vurdering av stabilitet og sikringstiltak er videre diskutert i Kap. 7.

Tabell 6: Beregningsresultater (materialkoeffisient) for utførte stabilitetsanalyser ved kvikk-leiresone "988-Moum".

Beregningsprofil		Dagens situasjon	Krav til forbedring ved tiltak i K3 (%)	Krav til forbedring ved tiltak i K4 (%)	Tegning
A-A**	Udrenert ^a	1,73	–	–	300
	Drenert ^a	1,24	Ikke forverring	4,0	301A
	Udrenert ^b	2,39	–	–	300
B-B	Udrenert ^a	1,93	–	–	302
	Drenert ^a	1,59	–	–	303
C-C	Udrenert ^a	1,46	–	–	304
	Drenert ^a	0,94*	–	–	305
D-D**	Udrenert ^a	1,29	Ikke forverring	2,8	306
	Drenert ^a	1,09*	–	–	
	Udrenert ^b	1,98	–	–	
E-E	Udrenert ^a	1,43	–	–	309
	Drenert ^a	1,28	Ikke forverring	3,3	310

a – sirkulærsylindrisk glidefalte; b – Sammensatt glideflate

*Ikke fare for områdeskred

**Skred langs dette profilet vil ikke kunne forplante seg inn på planområdet.

5 Evaluering av faregrad, konsekvens- og risiko

Faresonen "988-Moum" er hovedsakelig et bebygd område. Innenfor faresonen er det funnet kvikkleire i borepunkt 50 og sensitiv leire i borepunkt 10. Laget med sprøbruddmateriale skråner oppover nord-sør og øst-vest og ligger mellom kote +20 og +40. Laget med sprøbruddmateriale er tykkest i borepunkt 10 og 50 (tolket mektighet på opptil 7 m). Det er konservativt valgt å tolke det sensitive laget som kontinuerlig i fareområdet.

Faresonen "988-Moum" er evaluert med utgangspunkt i nye grunnundersøkellesdata og observasjoner fra befaring. Resultatene fremgår av Tabell 7. Evalueringene er i sin helhet presentert i Vedlegg A.

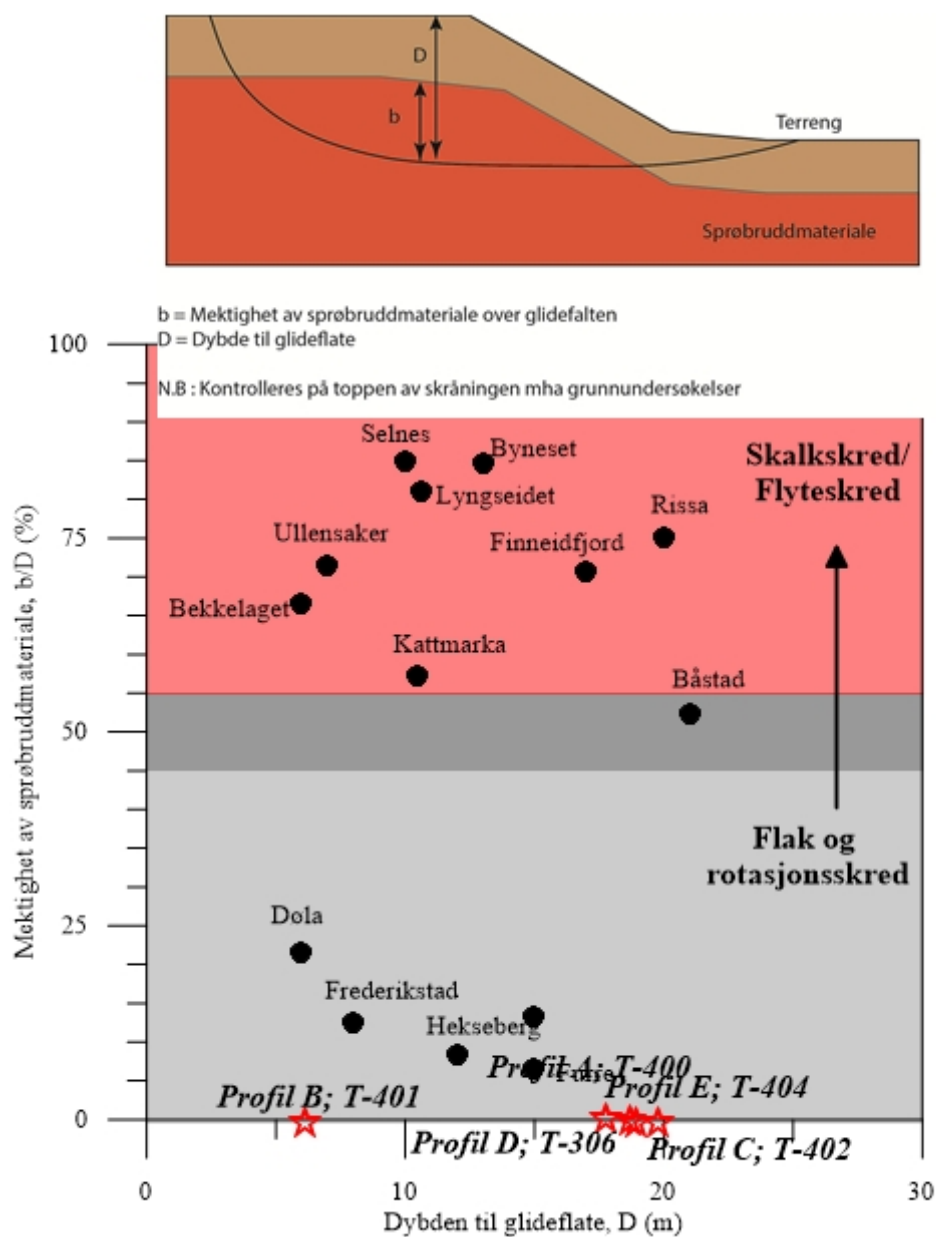
Tabell 7: Evaluering av faregrad, konsekvens og risiko for faresonen "988-Moum" – dagens situasjon.

Situasjon	Faregrad (1-3)	Konsekvens (1-3)	Risiko (1-5)
Opprinnelige vurdering; jf. ref [10].	3 – «Høy»	2 – «Alvorlig»	4 – «Klasse 4»
Dagens situasjon	2 – «Middels»	2 – «Alvorlig»	3 – «Klasse 3»
Etter tiltak	1 – «Lav»	2 – «Alvorlig»	3 – «Klasse 3»

6 Soneavgrensning og vurdering av utløpsområder for skredmasser

Basert på resultatene fra grunnundersøkelser og stabilitetsberegningene er utstrekningen av faresonen "988-Moum" noe innskrenket ift. original soneutbredelse og ift. tidligere presentert i revisjon 1 av foreliggende rapport. Den nye foreslåtte avgrensningen er presentert i Tegning 102 rev. 3. Sonen avgrenses mtp. 1:15 kriteria og ut fra beliggenhet av kritiske glideflater; jf. ref. [11]. Den største forskjellen i innskrenkingen er vest i sonen hvor beliggenheten av sprøbruddmateriale er slik at det er lite fare for område-skred. I fire profiler, B, C, D og E, ligger 1:15-linjen over laget med sprøbruddmateriale slik at den sirkulærsylindriske glideflaten vil være kritisk. I profil A følger den kritiske glideflaten 1:15-linjen fram til punktet der 1:15-linjen krysser sprøbruddmaterialets øvre laggrense, hvorfra den antas å følge en 1:3-linje opp til terrengoverflaten. De kritiske glideflatene er presentert på Tegning 401-405. Beliggenheten til de kritiske sirkulærsylindriske glideflatene og glideflatene iht. 1:15-kriteriet der disse er kritiske er presentert i plan på Tegning 400.

Basert på resultatene fra stabilitetsanalyser, fra morfologien av det påtruffede sprøbruddmaterialet og fra empiriske data er mest sannsynlig skredtype i faresonen antatt å være rotasjonskred/flakskred (se Figur 3). Et eventuelt skred vil dermed ha begrenset utløp i området. Som presentert i ref. [12], er det anbefalt å bruke et forhold $Lu=0,5L$ for slike kred; hvor Lu er utløpsdistanse og L er skredets retrogresjonslengde. Dette forholdet benyttes for vurdering av utløpsområder presentert i Tegning 102 rev. 2.



Figur 3: Analyse av historiske skredhendelser som viser forholdet mellom mektigheten av sprøbruddmateriale og mest sannsynlig skredtype; etter ref [12]. Forholdene mellom mektighet av sprøbruddmateriale og dybde til den mest kritiske glideflate for profilene A, B, C, D og E er presentert.

7 Skred fra utenfor området

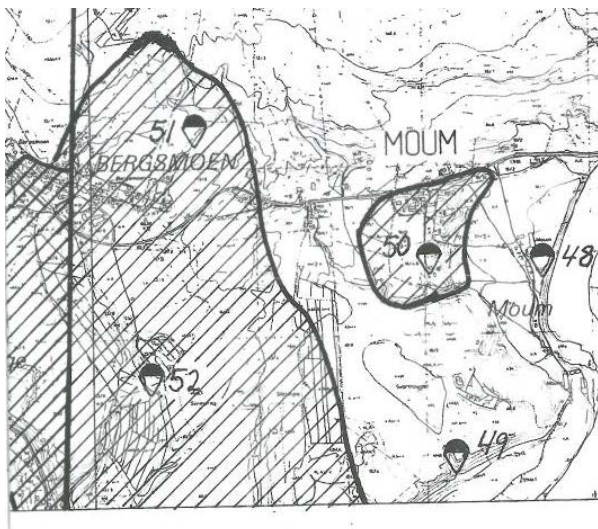
NVEs retningslinjer nr. 7/2014 gir krav til at skred fra utenfor planområdet skal vurderes. Vest for planområdet og kvikkleiresone Moum ligger kvikkleiresone 1041-Bergsmoen med lav faregrad (Tegning 002). Utstrekning av kvikkleiresonen 1041-Bergsmoen var opprinnelig basert på kvartærgeologisk kart, Figur 2, i tillegg til boringer som rapportert i ref [13], også gjengitt i Figur 4 og Figur 5. Kvartærgeologisk kart antyder at Vårryggen (dvs ryggen vest for planområdet) består av leire (marine avsetninger) og sand (fluviale avsetninger) med underliggende leire og en breelvavsetning. Boring 51 nord i faresonen (Figur 4 og Figur 5) var tolket som "mulig kvikk", men tolkingen er meget usikker.

I 2013 vurderte NGI i teknisk notat, ref. [14], deler av kvikkleiresone 1041- Bergsmoen ved Bergsmoen boligfelt. Supplerende grunnundersøkelser ble utført i fire punkter ved boligfeltet nord for rv. 760. Undersøkelsen viste at leira i området var middels fast og middels til lite sensitiv, ikke kvikk. Basert på undersøkelsene ble boring 51 tolket som "ikke" kvikk. På bakgrunn av kvartærgeologisk kart, og summen av utførte grunnundersøkelser i 2013 ble det konkludert at det ikke fantes sprøbruddmateriale (kvikk- eller sensitiv leire) i den nordlige delen av faresonen Bergsmoen (nord for rv. 760) med en slik beliggenhet at skred kan inntreffe. Kvikkleiresonen ble dermed revidert og består i dag av kun den delen sør for rv. 760 (Tegning 002). *Dette er imidlertid ikke oppdatert i NVEs atlas.*

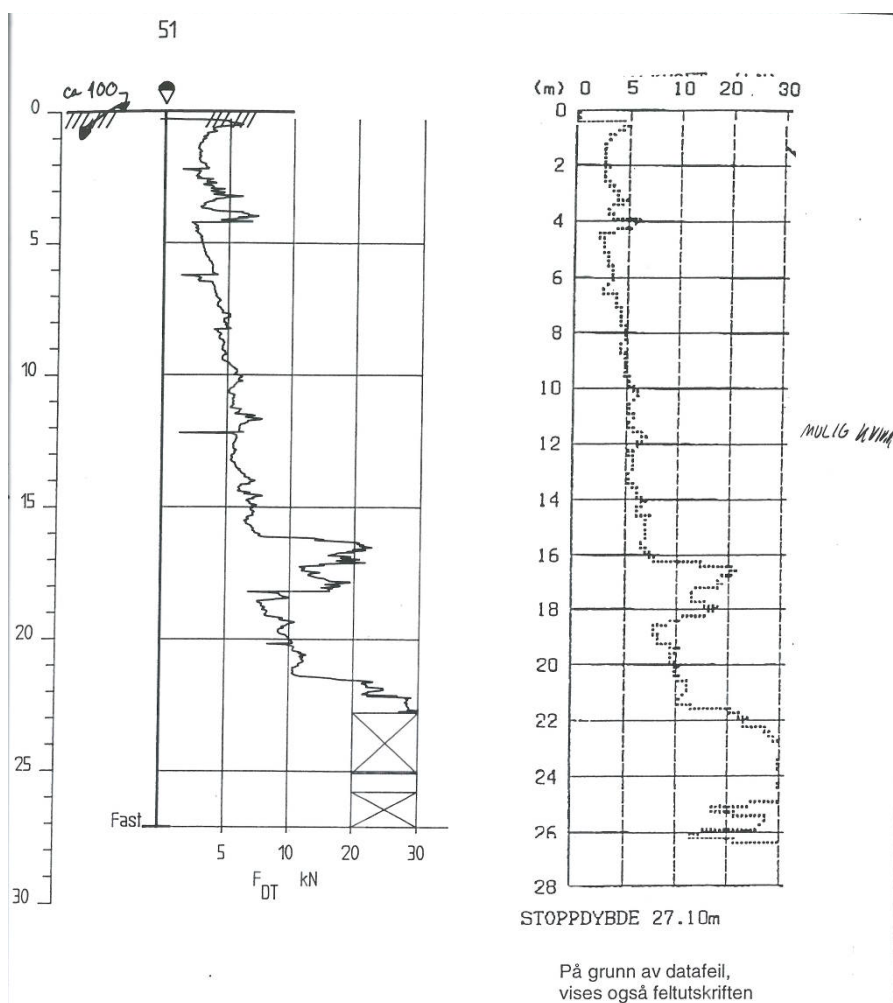
Det eneste området i kvikkleiresone Bergsmoen som kan utgjøre en trussel mot planområdet er den bratte ryggen rett vest for planområdet (dvs. selve Vårryggen). For å vurdere denne skråningen ble det i Juni 2015 utført supplerende grunnundersøkelser i punkt 4-8. Resultatene er presentert i revisjon av datarapport 20150049-01-R-rev.1, ref. [2]. Resultatene fra boringer 4, 5 og 6 viser et 2-3 m tykt lag med vekslende leir, silt, sand og myr over faste masser. Av praktisk hensyn var det ikke mulig å sondere fra toppen av den bratte og høye Vårryggen, men det ble boret sør for Vårryggen i punkt 7 og 8 på henholdsvis kote 85,6 og 91,4. Resultatene fra dreietrykksonderingen i punkt 7 viser en 9 m tykk siltig leire/leirig silt med økende motstand i dybden helt til faste masser. I punkt 8 er det utført en dreietrykksondering og en trykksondering med resistivitetmålinger (RCPTU). Resultatene viser den samme siltige laget (ca. 11 m tykt) over et 2,5 m tykt leirlag over faste masser. Tolkning fra RCPTU'en viser at Bq verdien er under 0,75 i leirlaget. Resistivitetsverdier målt med RCPTU'en er langt under 10 ohm·m for leirlaget noe som representerer saltholdig leire, jf. ref. [15]. Dette tilsier at leira ikke er kvikk og dette støttes av de lave Bq verdiene.

Basert på resultatene fra grunnundersøkelser i punkt 4-8, samt topografi, har vi revidert utstrekningen til kvikkleiresone 1041-Bergsmoen (se Tegning 002). Den reviderte kvikkleiresone Bergsmoen grenser mot Namsen og er fra før erosjonssikret langs elva. Et eventuelt skred i den reviderte sonen vil mest sannsynlig ha utløp mot Væremneset og i Namsen uten å utgjøre noen fare for det aktuelle planområdet (jf. Tegning 002). NGI anser det som svært usannsynlig at planområdet treffes av et større kvikkleireskred

fra kvikkleiresone Bergsmoen. Det understrekes at Vårryggen har en relativt bratt skråning ned mot planområdet (opptil 25 grader) og at det kan være fare for overflateskred og mindre utglidninger under langvarige og/eller kraftige nedbør selv om det ikke er kvikkleire til stede. Slike overflateglidninger har liten utløpslengde og utgjør liten fare for industriområdet slik grensen er trukket på Tegning 100.



Figur 4: Borplan fra ref [13].



Figur 5: Boring 51 fra ref /4/.

8 Krav/forhold til NVEs retningslinjer 7/2014

NVEs retningslinjer nr. 7/2014 gir krav til utredninger av skredrisiko for utbygging i kvikkleireområder. For konkrete tiltak er krav til sikkerhetsnivå og utredninger bestemt av tiltakskategori og faregradsklasse.

Basert på de nye grunnundersøkelsene er kvikkleiresonen "988-Moum" innskrenket (Tegning 102) og klassifisert med middels faregrad, konsekvensklasse "2-Alvorlig" og risikoklasse 3; jf. Tabell 7 og Vedlegg A. Deler av det planlagte reguleringsområdet ligger fortsatt i kvikkleiresonen "988-Moum" etter innskrenkning. Klassifisering av sonen er styrende for krav til utredninger og analyser.

Tiltak i områder med fare for kvikkleireskred plasseres i én av fem kategorier, jf. ref. [1]. Mindre byggverk og anlegg som ikke medfører tilflytning av personer plasseres i kategori K0 og byggverk av begrenset størrelse og med lite personopphold plasseres i

kategori K1 eller K2. Tiltak som medfører begrenset tilflytning og personopphold plasseres i tiltakskategori K3. Dette omfatter større driftsbygninger, mindre næringsbygg og større VA-anlegg. Tiltak som medfører økt aktivitet, større tilflytning / personopphold og viktige samfunnsfunksjoner plasseres i tiltakskategori K4. Dette omfatter større næringsbygg, kontorbygg og industrianlegg. Tiltak i K3 og K4 må kvalitetssikres av et uavhengig foretak. Etter det NGI forstår planlegger Grong kommune å bygge en bilhall, som klassifiseres som tiltak i K3. **NGI anbefaler dermed at hele planområdet reguleres for tiltak i tiltakskategori K3.**

Sikkerhetsnivå mot utglidning er representert med en materialkoeffisient (γ_M) i Tabell 6. Krav til sikkerhetsnivå for tiltak i K3 er satt til $\gamma_M \geq 1,4$ eller "ikke forverring" av områdestabilitet hvis $\gamma_M \geq 1,2$ iht. NVEs retningslinjer. For tiltak i K4 kreves det at $\gamma_M \geq 1,4$. Dersom dette sikkerhetsnivået ikke oppnås, og under forutsetning om at sonen klassifiseres i faregradsklasse "middels" (Tabell 7 og Vedlegg A), er det krav om at stabiliteten forbedres iht. figur 5.1 i NVEs retningslinjer nr. 7/2014. Det understrekes at dette gjelder tiltak i de delene av planområdet som ligger innenfor kvikkleiresonen.

9 Vurdering av stabilitet og sikringstiltak

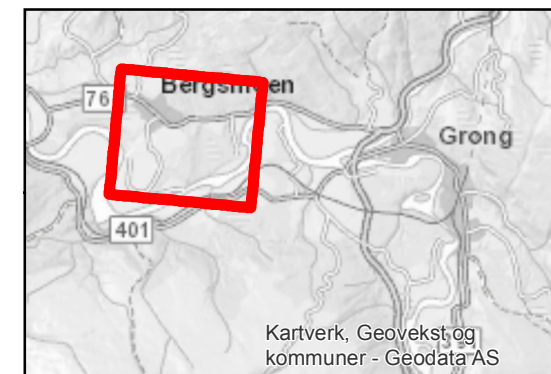
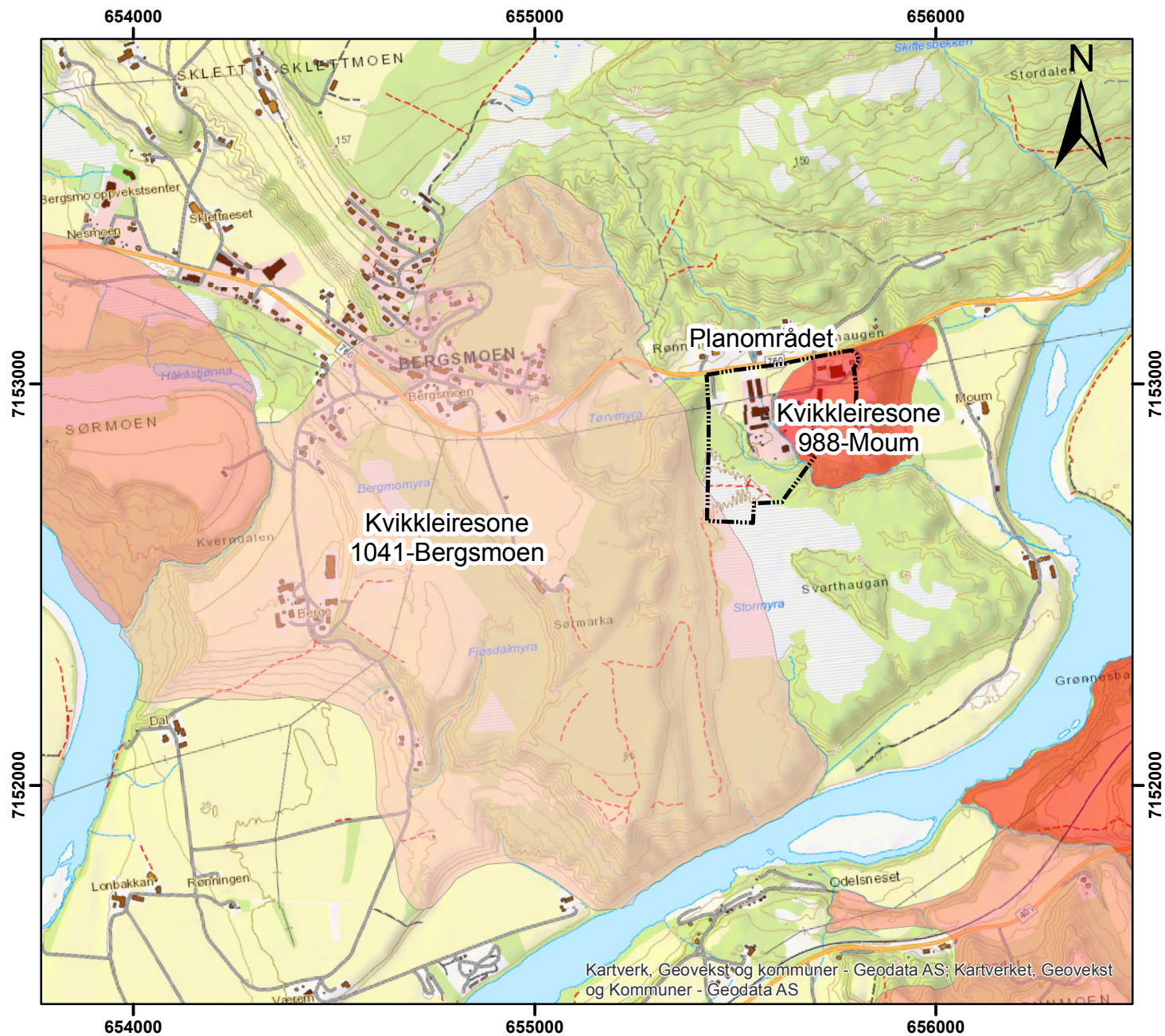
Som vist i Tabell 6 er det tre skråninger hvor sikkerheten (dvs. materialkoeffisient) ikke er tilstrekkelig iht. NVEs retningslinjer; jf. ref. [1]. Dette gjelder skråningene ved ravinen sør i sonen og deler av skråningen sør-øst i sonen (dvs. deler av profil A, C, D og E). Planområdet ligger imidlertid utenfor kvikkleiresonen langs disse profilene etter revisjon i foreliggende rapport. Sikkerheten er $>1,4$ i profil B, men siden det er lav sikkerhet i profil D kan sikkerheten være lavere enn 1,4 langs deler av kvikkleiresonens sørside.

For tiltak i K3 er det dermed tilstrekkelig å dokumentere at tiltaket ikke forverrer områdestabiliteten sør i sonen.

Dersom det skal gjennomføres tiltak i K4, må kravet til prosentvis forbedring (jf. ref. [1]) oppfylles sør-vest i sonen mellom profil B og D. Mulige sikringstiltak må detaljprosjekteres.

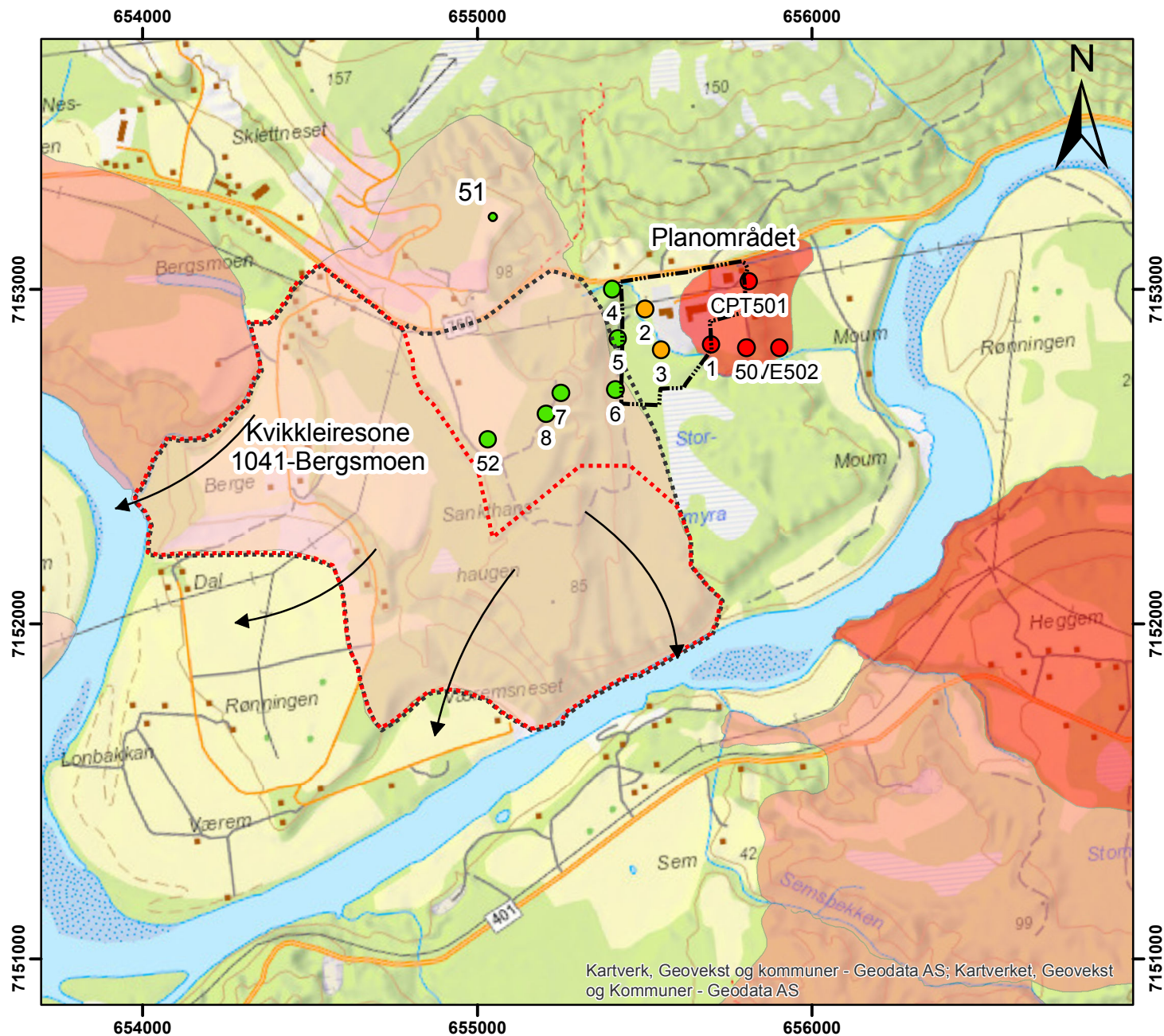
10 Referanser

- [1] NVE, «Sikkerhet mot kvikkleireskred - Veileder nr 7-2014,» Norges vassdrag- og energidirektorat, 2014.
- [2] NGI, «Geotekniske undersøkelser Vårryggen industriområde - Geoteknisk datarapport. 20140059-01-R rev. 1,» NGI, 2015.
- [3] NGI, «Geotekniske undersøkelser Vårryggen industriområde - Geoteknisk datarapport. 20140059-03-R,» NGI, 2017.
- [4] NVE, Flaum- og skredfare i arealplanar., 2011-04-15.
- [5] L. R. a. M. M., «Piezocone tests in clay,» *SGI report 42*, 1991.
- [6] P. Robertson, «Soil classification using the cone penetration test,» *Canadian Geotechnical Journal*, 1990.
- [7] K. Karlsrud, T. Lunne, D. Kort og S. Strandvik, CPTU correlations for clays, International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, 16. Osaka 2005. Proceedings, Vol. 2, pp. 693-702., 2005.
- [8] NIFS, «En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i norske leirer,» NVE i samarbeid med SVV og JBV, 2014.
- [9] Statens vegvesen, «Håndbok V220 Geoteknikk i vegbygging,» 2014.
- [10] NGI, «Program for økt sikkerhet mot leirskred - Evaluering av risiko for kvikkleireskred - Grong kommune.,» NGI, Oslo, 2006.
- [11] NGI, «Program for økt sikkerhet mot leirskred. Evaluering av risiko for kvikkleireskred. Trondheim kommune.,» 2005.
- [12] NIFS, «Metode for vurdering av løsne- og utløpsområder for områdeskred - Rapport nr 14-2016».
- [13] NGI, «Kartlegging av områder med potensiell fare for kvikkleireskred. Kartblad Grong, M = 1: 50 000, boreresultat. 920033-2,» NGI, Oktober 1996.
- [14] NGI, «Grunnundersøkelser i Grong kommune, Vurdering av fare for kvikkleireskred. 20111025-02-TN,» NGI, 2013.
- [15] M. D. S. L. J. S. I. R. J. m. Long, Relationships between electrical resistivity and basic geotechnical parameters for marine clays., *Canadian Geotechnical Journal* 49:1-11, 2012.
- [16] NGI, «Program for økt sikkerhet mot leirskred - Metode for kartlegging og klassifisering av faresoner, kvikkleire.,» oktober 2008.
- [17] L. J.S, «Kararterisering av historiske kvikkleireskred og input parametere for Q-Bing,» NIFS, 2013.
- [18] NIFS, «En diskusjon om løsne- og utløpsområder for skred i sprøbruddmaterialer,» 2014.



Målestokk (A4): 1:18 000 Datum: UTM 32N, Kartprojeksjon: WGS 1984

Oversiktskart		
Kart over planområdet og situasjon av kvikkleiresoner Moum og Bergsmoen	Prosjektnr.	Kart nr.
	20140059	001
	Utført	Dato
	JSL	2015-10-02
	Kontrollert	Godkjent
	VG	VG
NGI		



KL 1041-Bergsmoen:

- Original utstrekning
- Utstrekning (ref. 15)
- Revidert utstrekning (rev. 1 av denne rapporten)

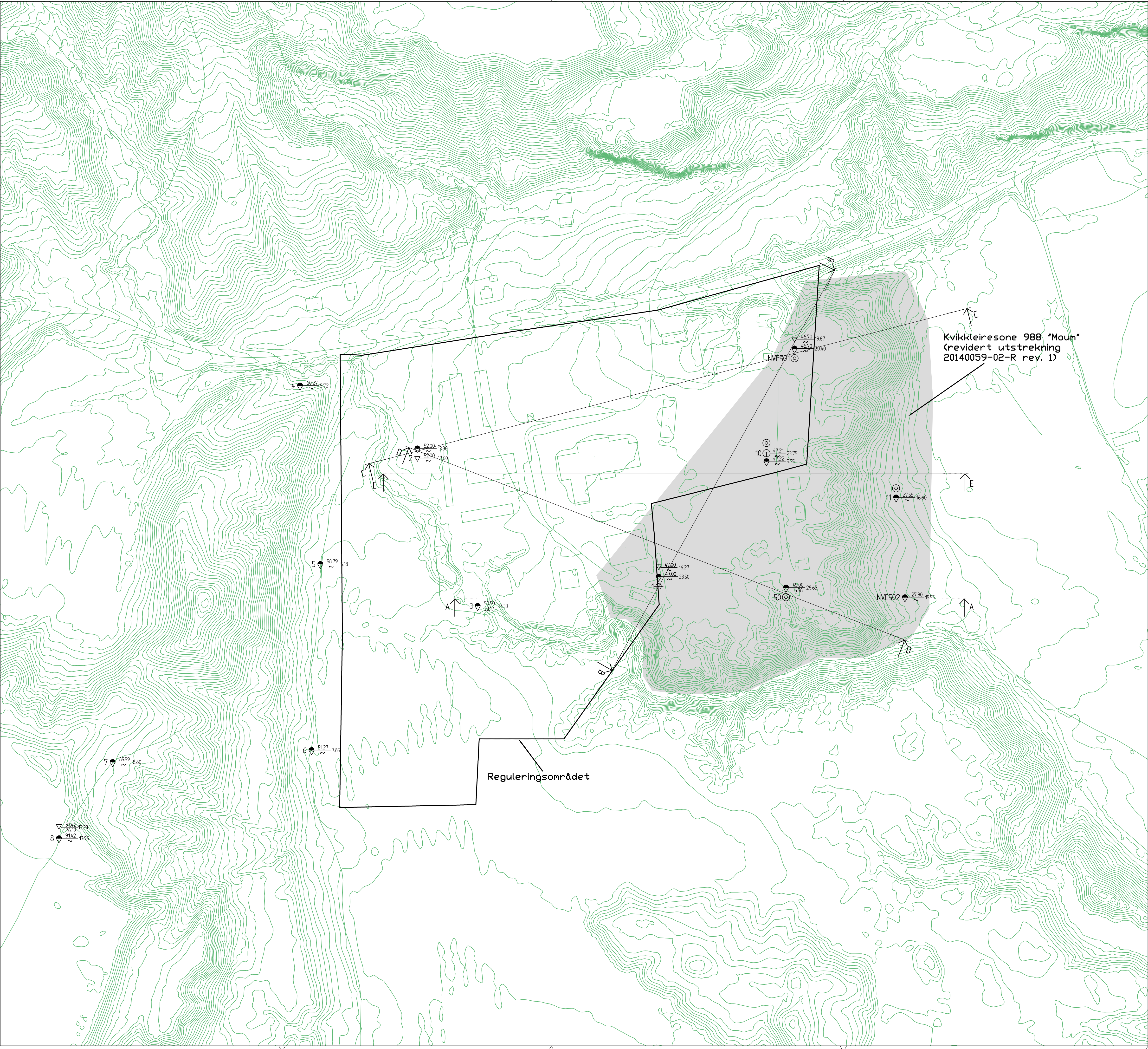
Tolkning av grunnundersøkelser

- Kvikkleire
- Mulig kvikk
- Ikke kvikk

Målestokk (A4): 1:18 000 Datum: UTM 32N, Kartprojeksjon: WGS 1984

Vurdering av skredfare utenfor planområdet

Revidert utstrekning av kvikkleiresone 1041-Bergsmoen	Prosjektnr. 20140059	Kart nr. 002
Pilene viser de mest sannsynlige utløpsretninger for evt skred i kvikkleiresonen Bergsmoen	Utført KKs	Dato 2017-01-18
	Kontrollert JSL	Godkjent JSL



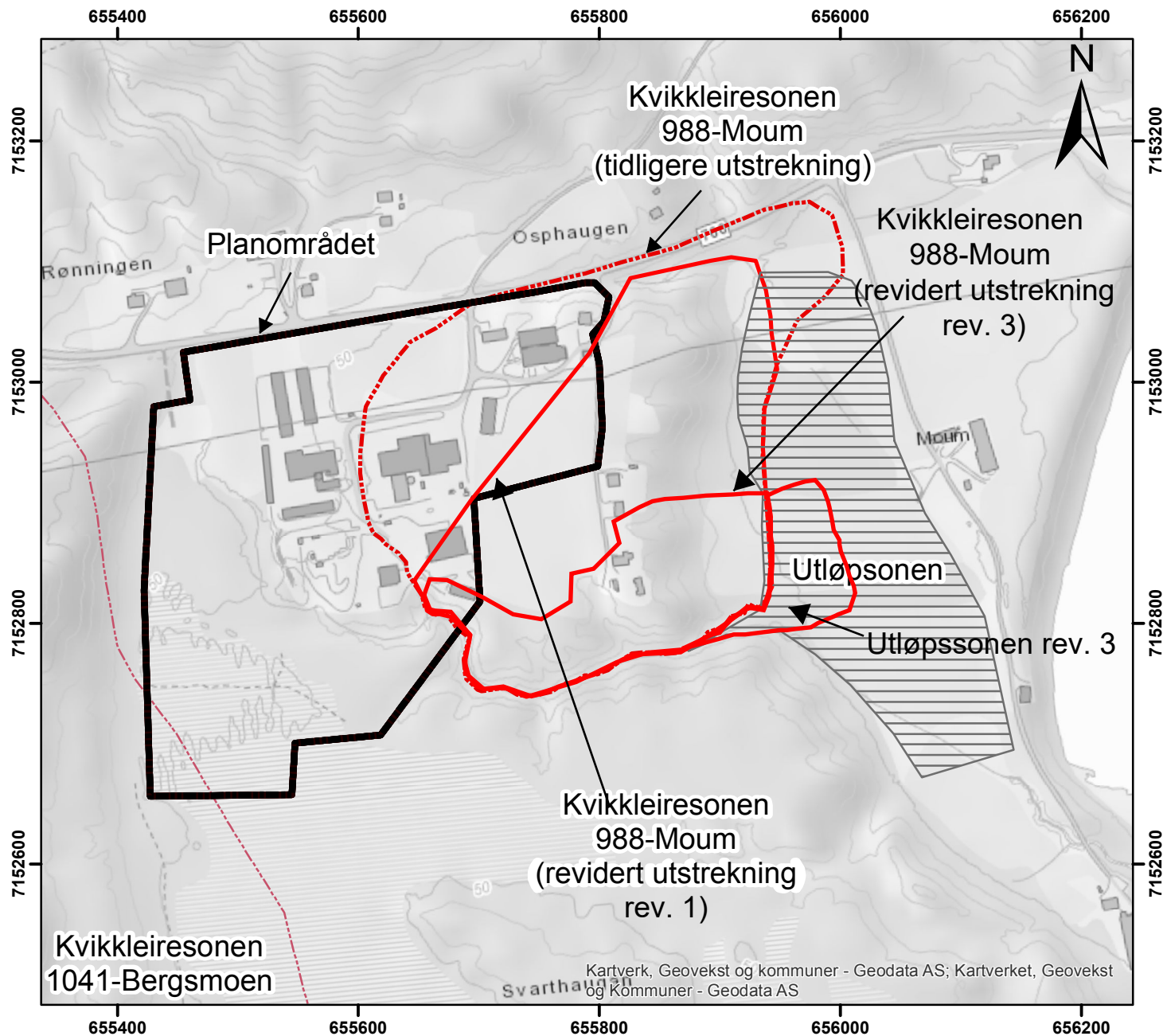
FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

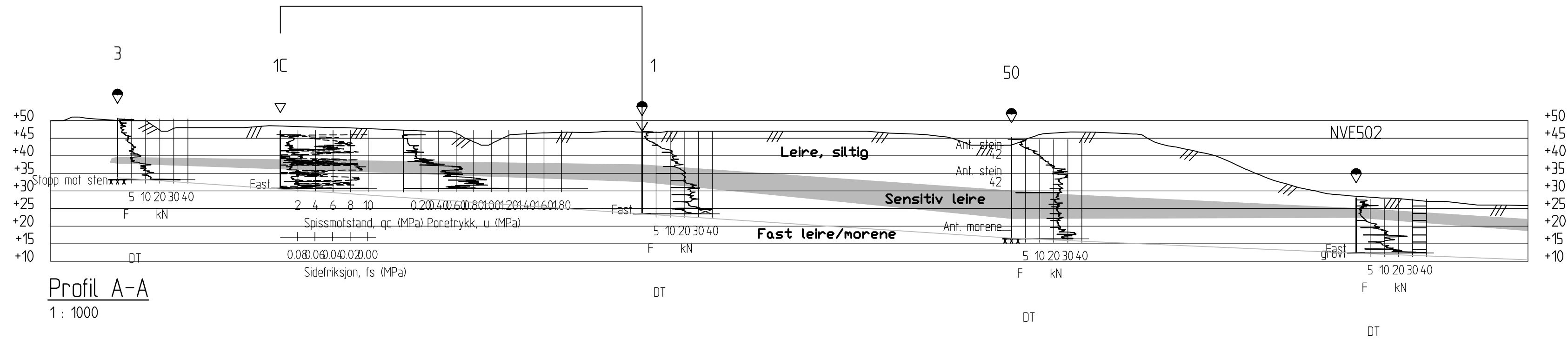
Tegningstittel	Tegningsskisse	Rev.
-	-	-

02 Oppdatert med supplerende grunnundersøkelser nov. 2016		18.01.2017	KKS	JSL	JSL
Rev.	Beskrivelse	Dato	Status	Tegn.	Kontroll.
Vårryggen industriområde		Original format			
Situasjonsplan		A-1 Tegningsnavn 100 situasjonsplan rev2.dwg			
		1:500	NGI		
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 01.10.2014 Oppdragsnr. 20140059	Konstr./Tegnet JSL Tegningsnr. 100	Kontrollert VG Rev. 02	Godkjent VG



Målestokk (A4): 1:5000 Datum: UTM 32N, Kartprojeksjon: WGS 1984

Revidert løsne- og utløpsområdet		
Kvikkleiresone Moum	Prosjektnr.	Kart nr.
	20140059	102 rev. 3
	Utført	Dato
	KKs	2017-03-29
	Kontrollert	Godkjent
	JSL	JSL
NGI		



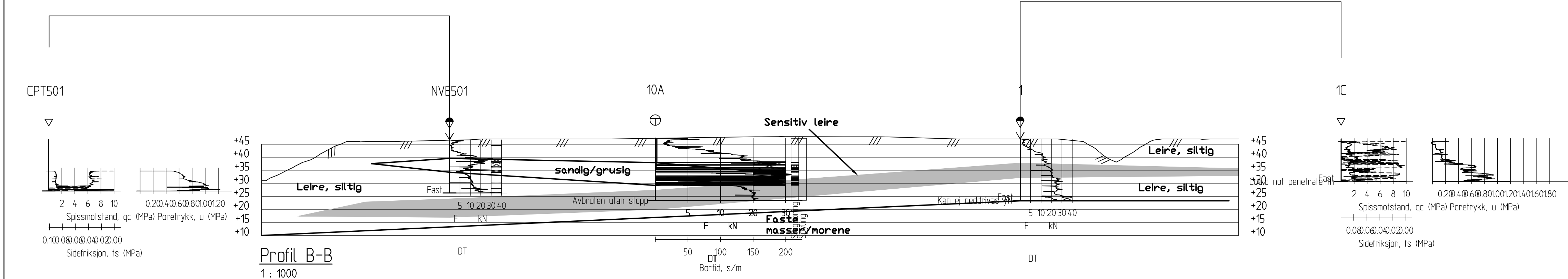
Profil A-A
1 : 1000

FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

02	Justert lagdeling etter supplerende grunnundersøkelser nov. 2016	18.01.2017	KKs	JSL	JSL
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Vårryggen industriområde		Status			
		Original format A3L			
		Tegningens filnavn			
Lagdeling - Profil A		Målestokk 1:1000		NGI	
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 01-10-2014	Konstr./Tegnet JSL	Kontrollert VG	Godkjent VG
		Oppdragsnr. 20140059	Tegningsnr. 201	Rev.	02

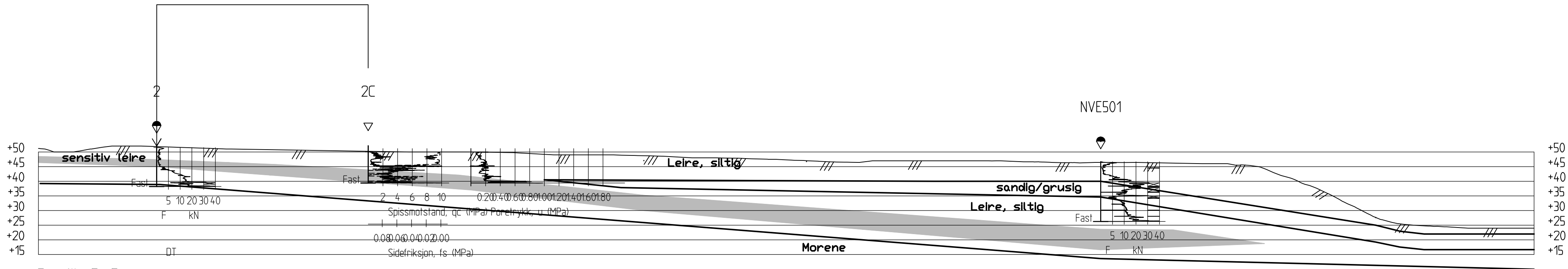


FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

03	Justert lagdeling etter tredjepartskontroll Norconsult	22.03.2017	KKs	JSL	JSL
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Vårryggen industriområde		Status	—		
		Original format	A3L		
		Tegningens filnavn	—		
		Målestokk	1:1000		
Lagdeling - Profil B					
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 01-10-2014 Oppdragsnr. 20140059	Konstr./Tegnet JSL Tegningsnr. 202	Kontrollert VG	Godkjent VG
					03



Profil C-C
1 : 1000

FORKLARINGER:

-

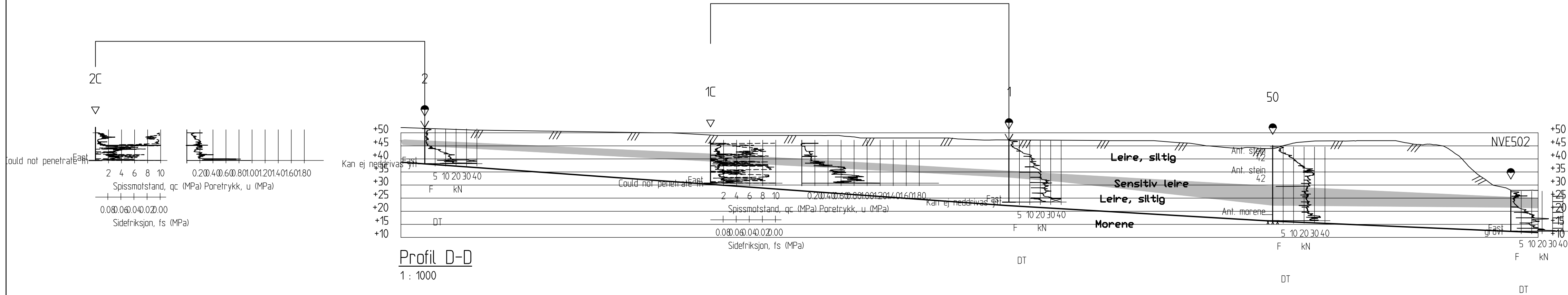
BESTEMMELSER:

-

HENVISNINGER:

-

03	Justert lagdeling etter tredjepartskontroll Norconsult	22.03.2017	KKs	JSL	JSL
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Vårryggen industriområde		Status			
		-			
		Original format			
		A3L			
Lagdeling - Profil C		Tegningens filnavn			
		-			
		Målestokk			
		1:1000		NGI	
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
		01-10-2014 Oppdragsnr.	JSL Tegningsnr.	VG	VG
		20140059	203	03	

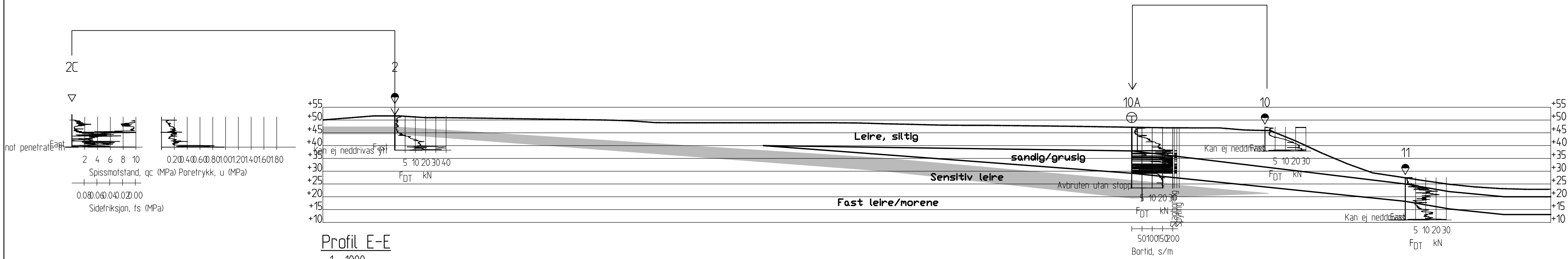


FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

02	Justert lagdeling etter supplerende grunnundersøkelser nov. 2016	18.01.2017	KKs	JSL	JSL
Rev	Description	Date	Drawn	Checked	Approved
Vårryggen industriområde		Status —	Original format A3L		
Lagdeling - Profil D		Scale : 1:1000	NGI		
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		Date 01.10.2014 Contract no. 20140059	Drawn by JSL Drawing no. 204	Checked VG	Approved VG
					02

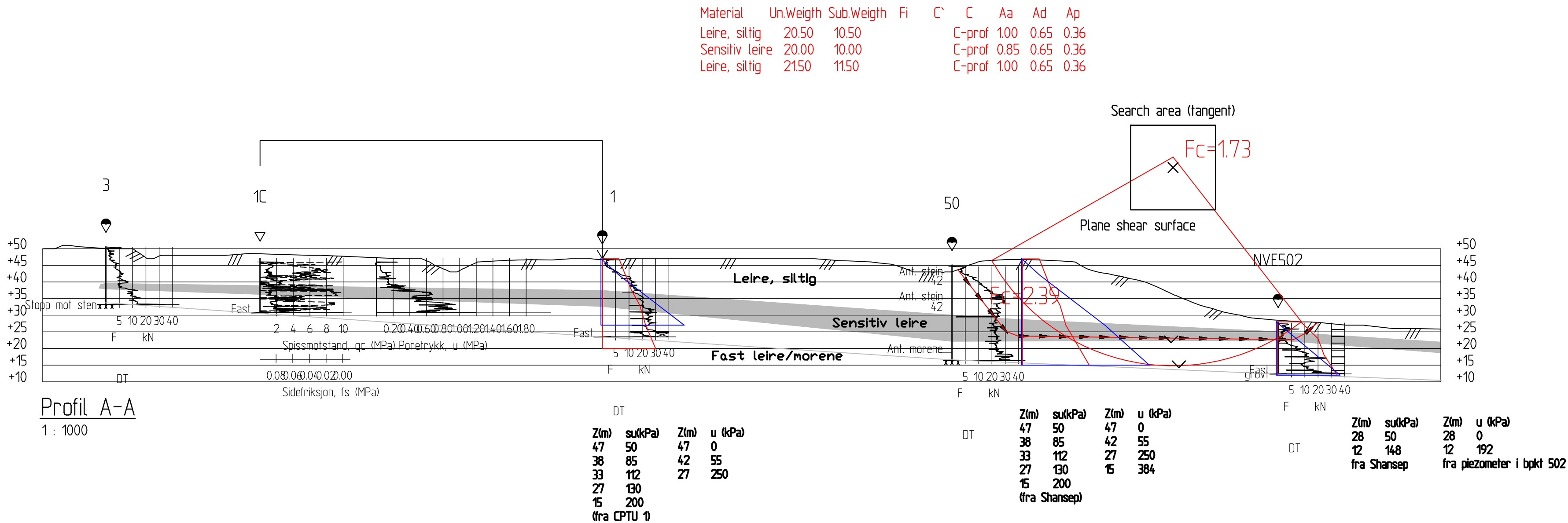


FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

01	Justert lagdeling etter tredjepartskontroll Norconsult	22.03.2017	KKs	JSL	JSL
Rev	Description	Date	Drawn	Checked	Approved
Vårryggen industriområde		Status — Original format A3L Drawing filename			
Lagdeling - Profil E		Scale : 1:1000		NGI	
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		Date 18.01.2017 Contract no. 20140059	Drawn by KKs Drawing no. 205	Checked JSL	Approved JSL Rev. 01

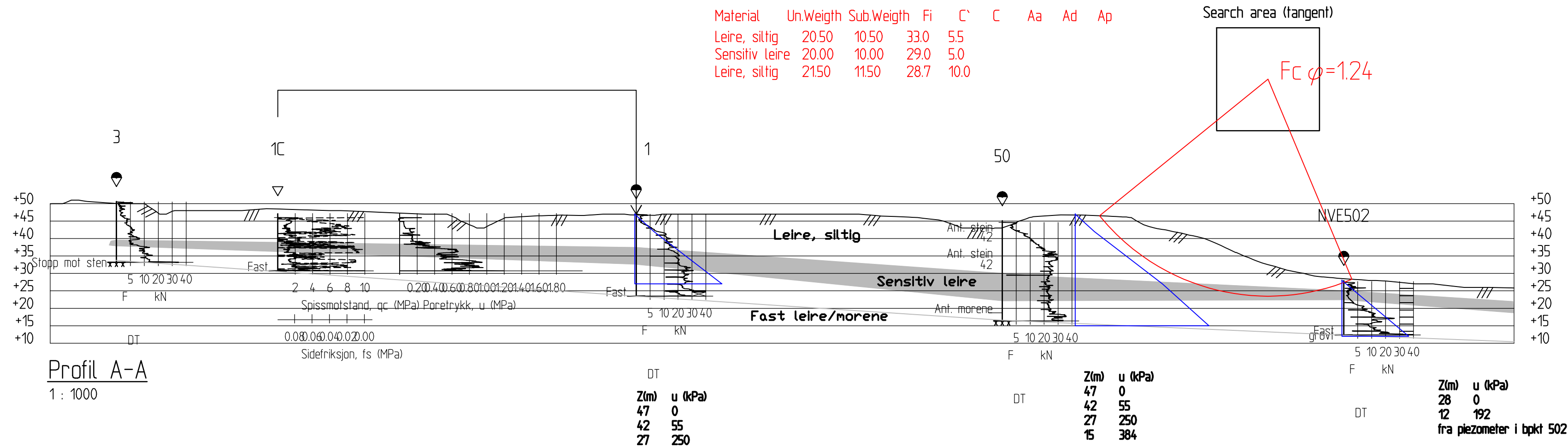


FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

02	Justert lagdeling etter supplerende grunnundersøkelser nov. 2016	18.01.2017	KKs	JSL	JSL
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Vårryggen industriområde		Status			
		Original format A3L			
		Tegningsnr. filnavn			
Stabilitet - Profil A Udrenert		Målestokk 1:1000		NGI	
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 01-10-2014 Oppdragsnr. 2014-0059	Konstr./Tegnet JSL Tegningsnr. 300	Kontrollert VG	Godkjent VG
				Rev.	02

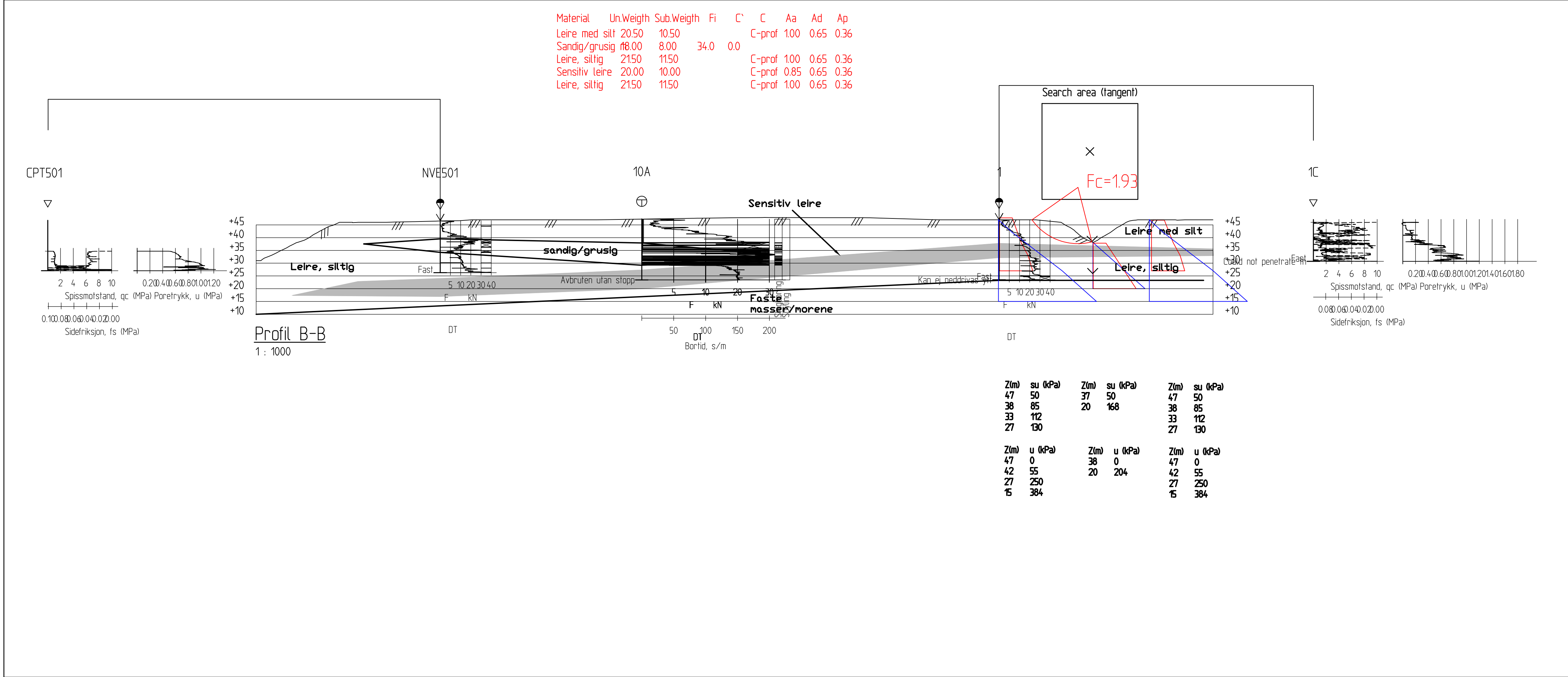


FORKLARINGER:

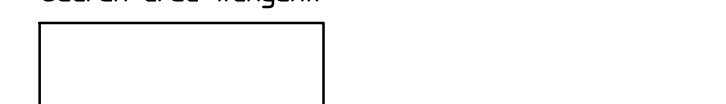
BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

02	Justert lagdeling etter supplerende grunnundersøkelser nov. 2016	18.01.2017	KKs	JSL	JSL
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Vårryggen industriområde		Status			
		Original format A3L			
		Tegningens filnavn			
Stabilitet - Profil A Drenert		Målestokk 1:1000		NGI	
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 01-10-2014 Oppdragsnr. 20140059	Konstr./Tegnet JSL Tegningsnr. 301-A	Kontrollert VG	Godkjent VG
				Rev.	02



FORKLARINGER:					
-					
BESTEMMELSER:					
-					
HENVISNINGER:					
-					
03	Justert lagdeling etter tredjepartskontroll Norconsult	22.03.2017	KKs	JSL	JSL
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Vårryggen industriområde		Status			
		Original format			
		A3L Tegningens filnavn			
Stabilitet - Profil B Udrenert		Målestokk 1:1000		NGI	
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 01-10-2014 Oppdragsnr. 2014-0059	Konstr./Tegnet JSL Tegningsnr. 302	Kontrollert VG	Godkjent VG
				Rev.	03

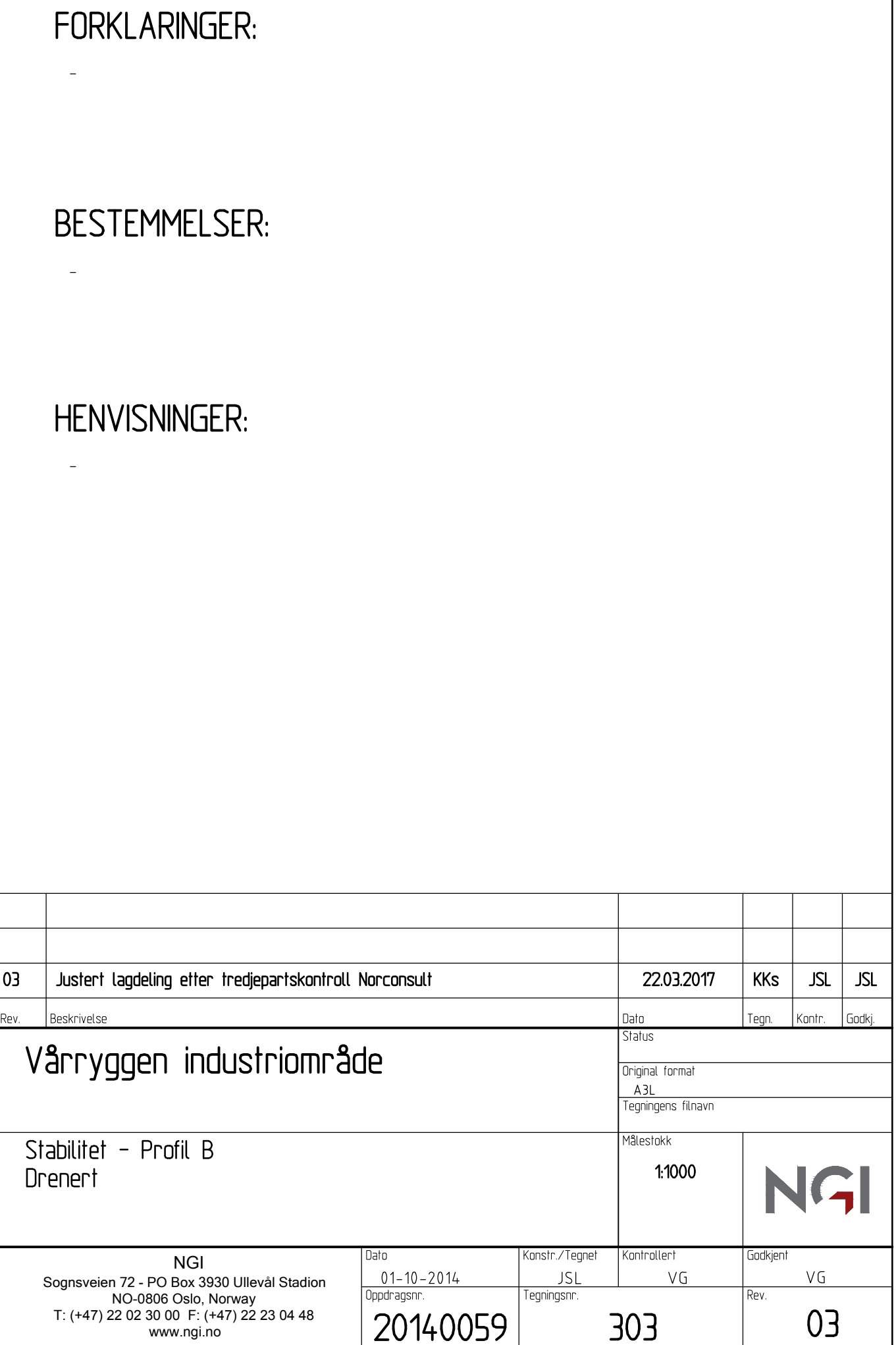


Search area (tangent)

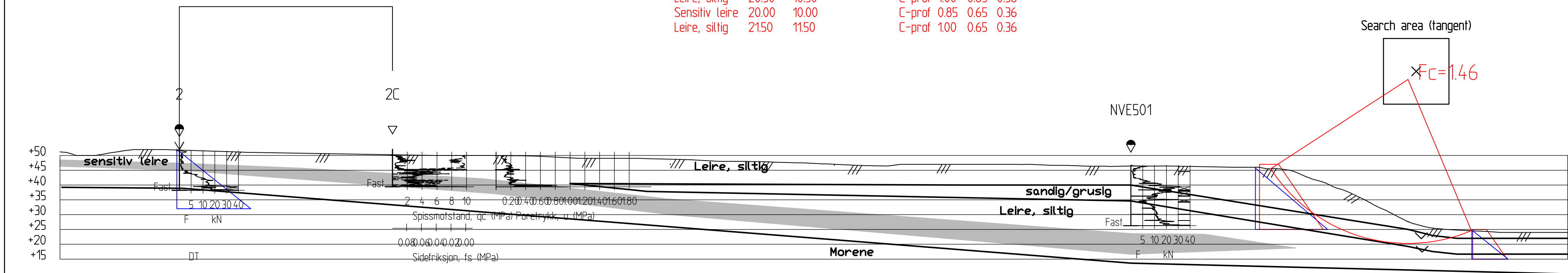
1

1

$F_c \phi = 1.59$



Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Leire, siltig	20.50	10.50			C-prof	1.00	0.65	0.36
Sandig/grusig	18.00	8.00	34.0	0.0				
Leire, siltig	20.50	10.50			C-prof	1.00	0.65	0.36
Sensitiv leire	20.00	10.00			C-prof	0.85	0.65	0.36
Leire, siltig	21.50	11.50			C-prof	1.00	0.65	0.36



Profil C-C
1 : 1000

Z(m)	su (kPa)
52	30
44	45
37	70

Z(m)	u (kPa)
52	0
32	250

Z(m)	su(kPa)
47	65
25	215

Z(m)	u (kPa)
45,3	0
25	244

Z(m)	su(kPa)
25	50
15	120

Z(m)	u (kPa)
24,6	0
15	120

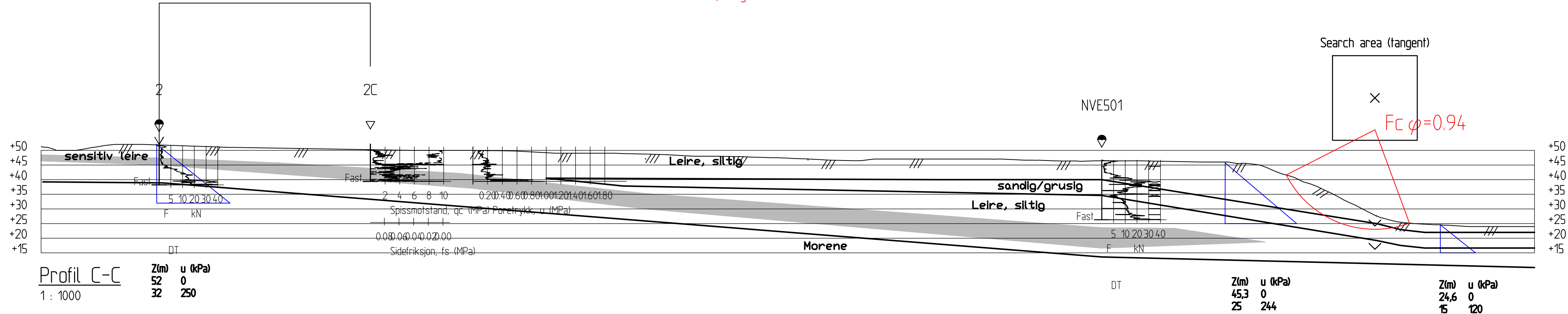
FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

03	Justert lagdeling etter tredjepartskontroll Norconsult	22.03.2017	KKs	JSL	JSL
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Vårryggen industriområde		Status		Original format A3L Tegningens filnavn	
Stabilitet - Profil C Udrenert		Målestokk 1:1000		NGI	
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 01-10-2014 Oppdragsnr. 20140059	Konstr./Tegnet JSL Tegningsnr. 304	Kontrollert VG	Godkjent VG
				Rev.	03

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Leire, siltig	20.50	10.50	33.0	5.5				
Sandig/grusig	18.00	8.00	34.0	0.0				
Leire, siltig	20.50	10.50	33.0	5.5				
Sensitiv leire	20.00	10.00	29.0	5.0				
Leire, siltig	21.50	11.50	28.7	10.0				

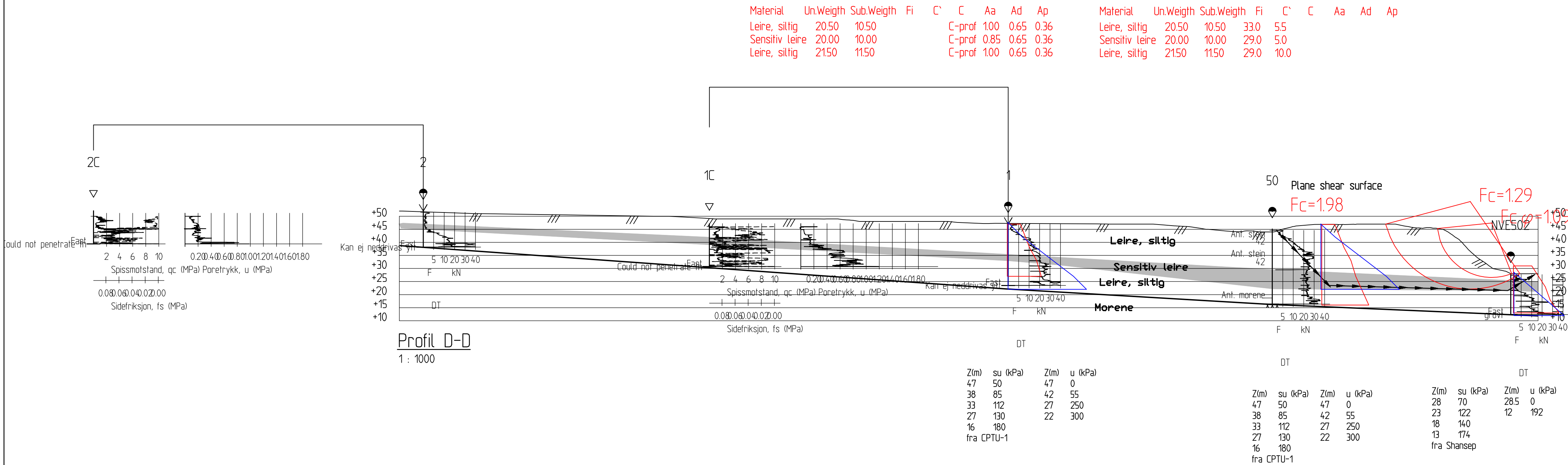


FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

03	Justert lagdeling etter tredjepartskontroll Norconsult		22.03.2017	KKs	JSL
Rev.	Beskrivelse		Dato	Tegn.	Kontr.
Vårryggen industriområde			Status		
			Original format		
			A3L		
			Tegningens filnavn		
Stabilitet - Profil C Drenert			Målestokk		
			1:1000		
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 01-10-2014 Oppdragsnr. 20140059	Konstr./Tegnet JSL Tegningsnr. 305	Kontrollert VG	Godkjent VG
				Rev.	03



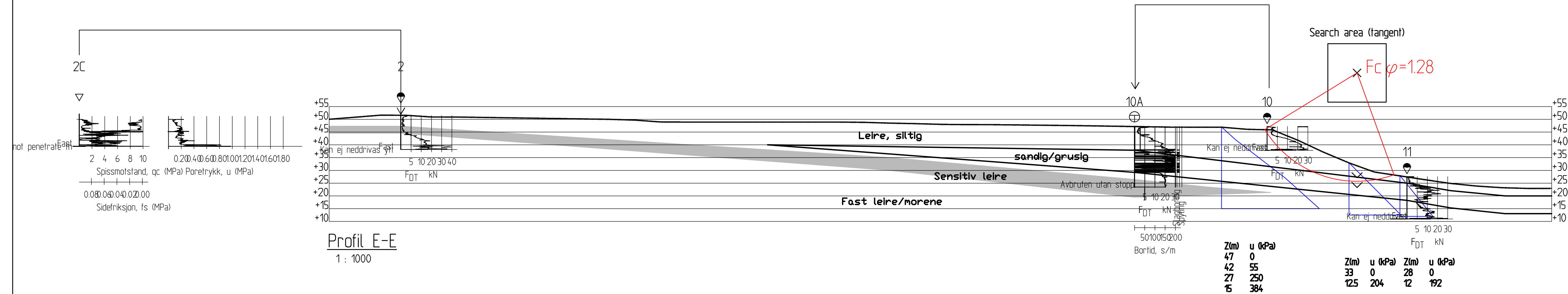
FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

02	Justert lagdeling etter supplerende grunnundersøkelser nov. 2016	18.01.2017	KKs	JSL	JSL
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Vårryggen industriområde		Status			
		Original format A3L			
		Tegningsens filnavn			
Stabilitet - Profil D Udrenert og drenert		Målestokk 1:1000		NGI	
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 01-10-2014 Oppdragsnr. 2014-0059	Konstr./Tegnet JSL Tegningsnr. 306	Kontrollert VG	Godkjent VG
				Rev.	02

Material	Un.Weight	Sub.Weight	Fi	C`	C	Aa	Ad	Ap
Leire, siltig	20.50	10.50	33.0	5.5				
sandig/grusig	18.00	8.00	34.0	0.0				
Leire, siltig	20.50	10.50	33.0	5.5				
Sensitiv leire	20.00	10.00	29.0	5.0				
Leire, siltig	21.50	11.50	29.0	10.0				

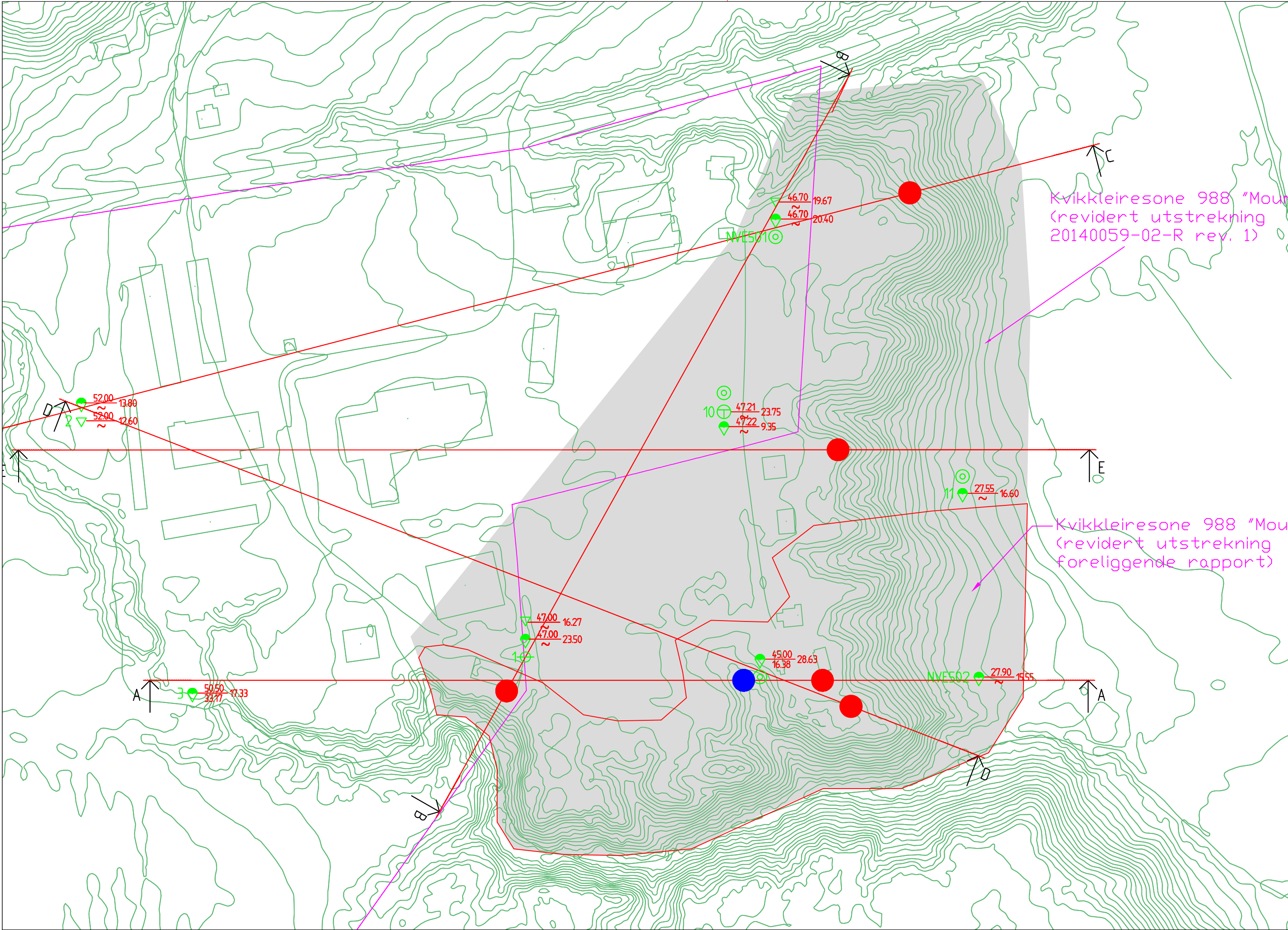


FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

[illegible]



- FORKLARINGER:
- kritisk sirkulærsylindrisk glideflate
 - kritisk plan glideflate iht 1:15-kriteriet

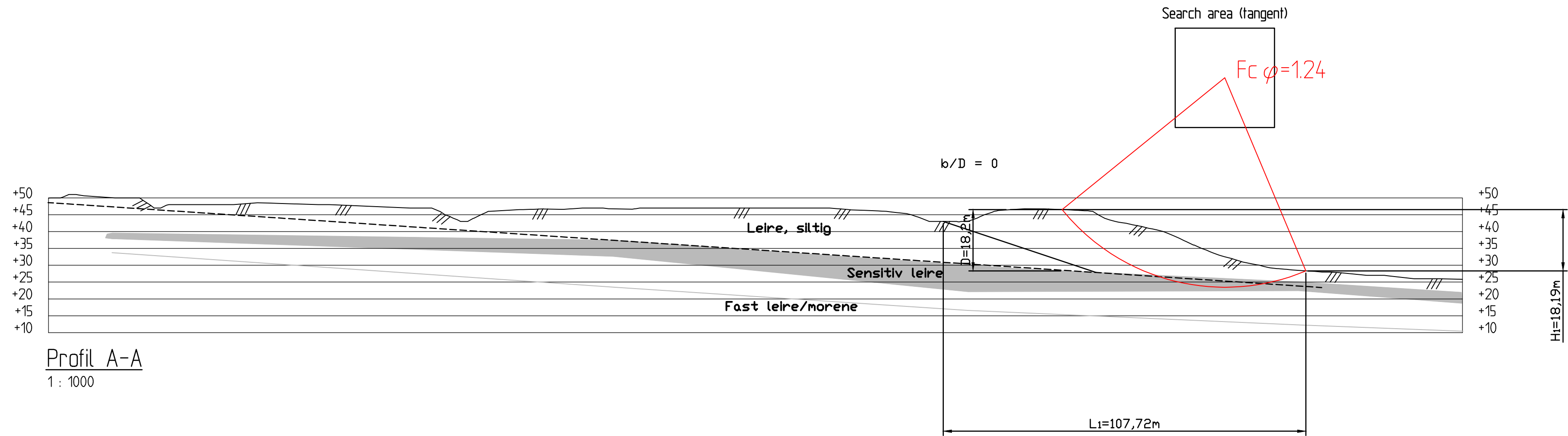
BESTEMMELSER:

-

HENVISNINGER:

-

01	Innskrenkning i nord etter tredjepartskontroll Norconsult	23.03.2017	KKs	JSL	JSL		
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.		
Vårryggen industriområde		Status	—				
		Original format	A-3				
		Tegningens filnavn	kvikkleiresone_bD_rev1.dwg				
		Målestokk	1:1500				
Revidert utstrekning Moum kvikkleiresone							
				Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
				18.01.2017	KKs	JSL	JSL
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		Oppdragsnr.	Tegningsnr.		Rev.		
		20140059	400		01		



FORKLARINGER:

-

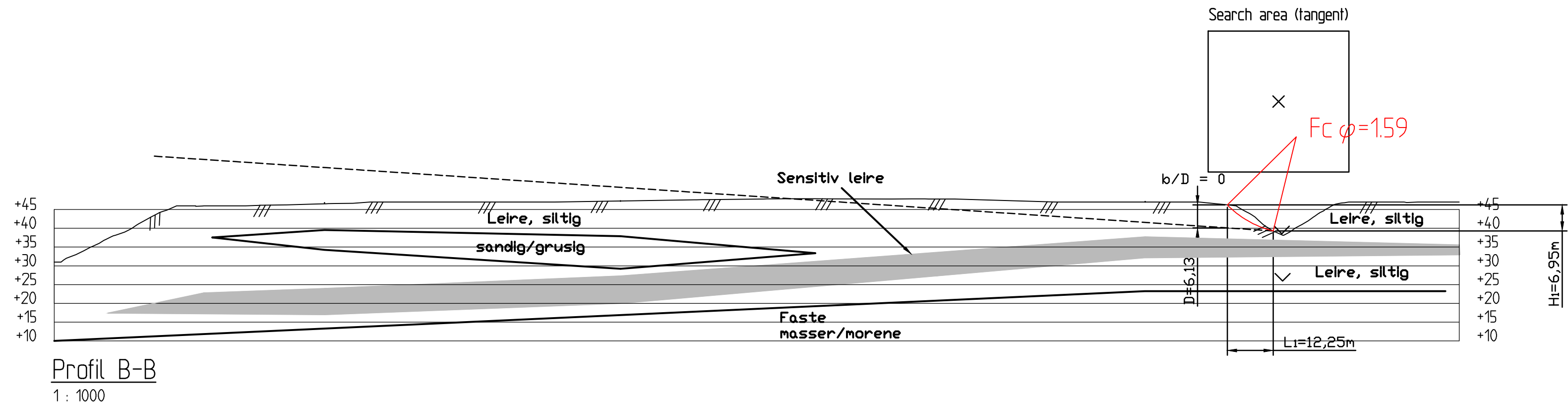
BESTEMMELSER:

-

HENVISNINGER:

-

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Vårryggen industriområde		Status	—		
		Original format	A-3		
		Tegningens filnavn	bD-aa.dwg		
		Målestokk	1:1000		
Løsneområde Moum kvikkleiresone iht. 1:15-kriteriet				NGI	
Profil A					
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 18.01.2017 Oppdragsnr. 20140059	Konstr./Tegnet KKs Tegningsnr. 401	Kontrollert —	Godkjent —
				Rev.	00

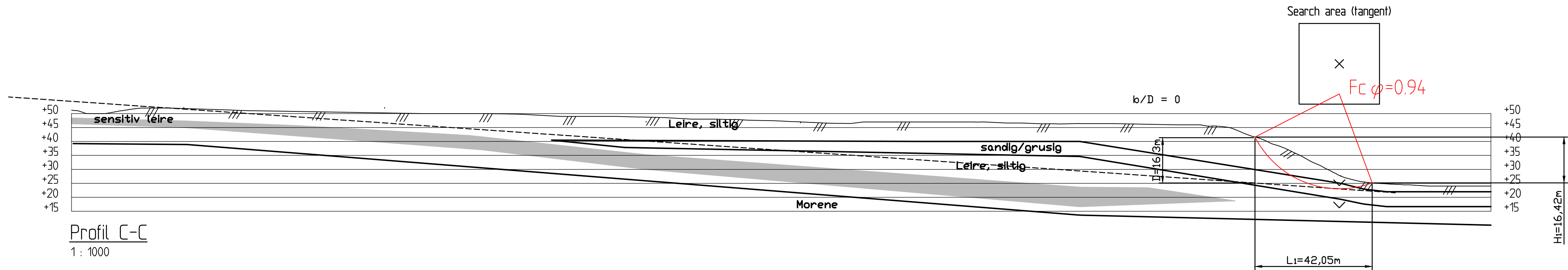


FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

01	Justert lagdeling etter tredjepartskontroll Norconsult	23.03.2017	KKs	JSL	JSL
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Vårryggen industriområde		Status			
		Original format			
		A-3			
		Tegningens filnavn bD-bb_rev1dwg			
Løsneområde Moum kvikkleiresone iht. 1:15-kriteriet Profil B		Målestokk 1:1000			
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 18.01.2017	Konstr./Tegnet KKs	Kontrollert JSL	Godkjent JSL
		Oppdragsnr. 20140059	Tegningsnr. 402		Rev. 01



FORKLARINGER:

-

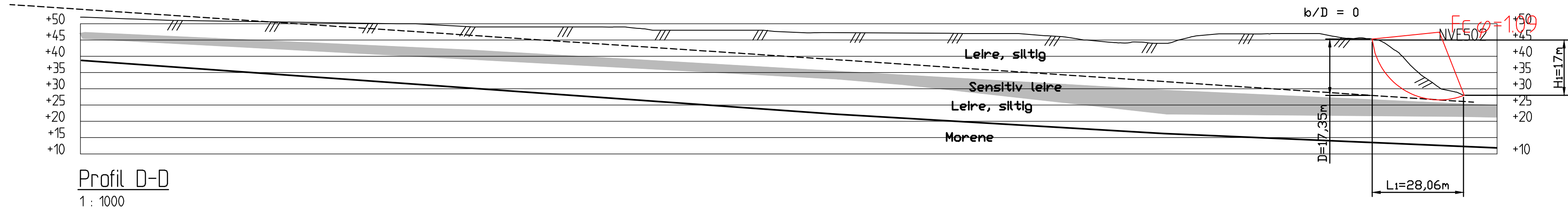
BESTEMMELSER:

-

HENVISNINGER:

-

01	Justert lagdeling etter tredjepartskontroll Norconsult	23.03.2017	KKs	JSL	JSL
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Vårryggen industriområde		Status			
		Original format			
		A-3			
		Tegningens filnavn			
Løsneområde Moum kvikkleiresone iht. 1:15-kriteriet Profil C		bD-cc_rev1.dwg		Målestokk	
		1:1000		NGI	
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
		18.01.2017	KKs	JSL	JSL
Oppdragsnr.		Tegningsnr.		Rev.	
20140059		403		01	



FORKLARINGER:

-

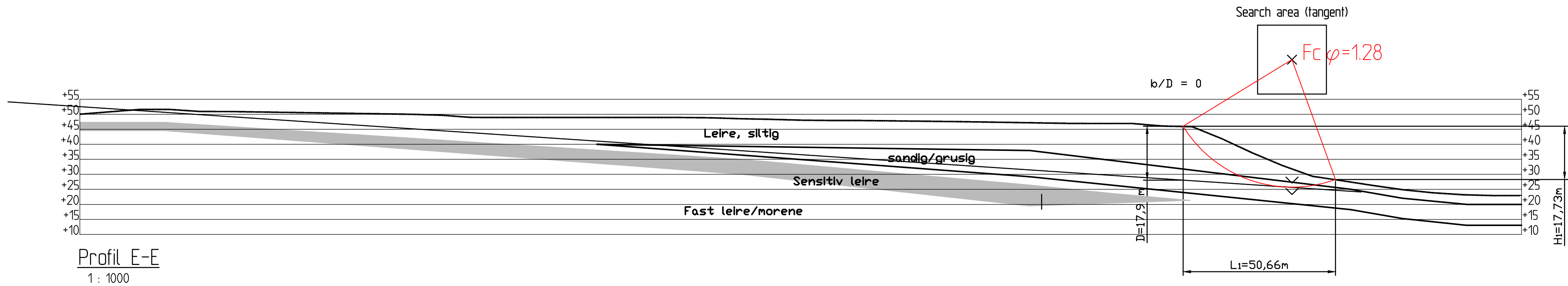
BESTEMMELSER:

-

HENVISNINGER:

-

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Vårryggen industriområde		Status	—		
		Original format	A-3		
		Tegningens filnavn	bD-dd.dwg		
		Målestokk	1:1000		
Løsneområde Moum kvikkleiresone iht. 1:15-kriteriet				NGI	
Profil D					
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 18.01.2017 Oppdragsnr. 20140059	Konstr./Tegnet KKs Tegningsnr. 404	Kontrollert —	Godkjent —
				Rev.	00



Profil E-E
1 : 1000

FORKLARINGER:

-

BESTEMMELSER:

-

HENVISNINGER:

-

01	Justert lagdeling etter tredjepartskontroll Norconsult	23.03.2017	KKs	JSL	JSL
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Vårryggen industriområde		Status			
		Original format			
		A-3			
		Tegningens filnavn			
Løsneområde Moum kvikkleiresone iht. 1:15-kriteriet Profil E		bD-ee_rev1.dwg		Målestokk	
		1:1000		NGI	
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
		18.01.2017	KKs	JSL	JSL
Oppdragsnr.		Tegningsnr.		Rev.	
20140059		405		01	

Vedlegg A

SKJEMA FOR EVALUERING AV FAREGRAD, SKADEKONSEKVENSENS OG RISIKOKLASSE

Innhold

Evalueringsplan for kvikkleiresonen "988-Moum" med tanke på faregrad, skadekonsekvens og risikoklasse i henhold til ref. [1]. Resultater for ny evaluering er vurdert opp mot tidligere evalueringer, ref. [2]. Evalueringer som tar hensyn til eventuelle tiltak er også utført.

Tabeller

A1	Opprinnelig vurdering av faregrad kvikkleiresone 988-Moum; jf. ref. [2].
A2	Opprinnelig vurdering av skadekonsekvens og risiko for kvikkleiresone 988-Moum; jf. ref. [2].
A3	Ny vurdering av faregrad for kvikkleiresone 988-Moum før tiltak.
A4	Ny vurdering av skadekonsekvens og risiko for kvikkleiresone 988-Moum før tiltak.
A5	Vurdering av faregrad for kvikkleiresone 988-Moum etter tiltak.
A6	Vurdering av skadekonsekvens og risiko for kvikkleiresone 988-Moum etter tiltak.

Referanser

- [1] NVE, «Sikkerhet mot kvikkleireskred - Veileder nr 7-2014,» Norges vassdrags- og energidirektorat, 2014.
- [2] NGI, «Program for økt sikkerhet mot leirskred - Evaluering av risiko for kvikkleireskred - Grong kommune,» NGI, Oslo, 2006.

Tabell A1: Opprinnelig vurdering av faregrad kvikkleiresone 988-Moum; jf. ref. [2].

Faregrad	3	2	1	0	
Faktorer	Score				Observasjon/beskrivelse
Tidligere skredaktivitet	Høy	Noe	Lav	Ingen	I hele dalstrøket har det gått mange skred. Rasgroper kan sees langs store deler av Namsenvassdraget.
Skråningshøyde, H	> 30 m	20-30 m	15-20 m	< 15 m	Området består av et platå med en skrånende bakke ned mot elveflaten ved Namsen.
Forkonsolidering (OCR)	1,0-1,2	1,2-1,5	1,5-2,0	>2,0	Erosjon har ført til at området hovedsakelig er senket. Antar noe konsolidert.
Poreovertrykk i kritisk glideflate	>30 kPa	10-30 kPa	0-10 kPa	Hydrostatisk	Området er i hovedsak flatt, og har trolig ikke særlig tilsig. Antar hydrostatisk poretrykk.
Poreundertrykk i kritisk glideflate	> -50 kPa	-(20-50) kPa	-(0-20) kPa	Ingen	
Kvikkleiremektighet	>H/2	H/4-H/2	<H/4	Tynt lag	Boring indikerer kvikkleire i en dybde fra 11-26 meter. En mektighet på 15 meter.
Sensitivitet	>100	30-100	20-30	<20	Antar at sensitiviteten ligger i intervallet 30-100.
Erosjon	Aktiv	Noe	Litt	Ingen	I bekken lengst sør pågår det noe erosjon. Noen grunne utglidninger i de krappeste yttersvingene. Bekkebunnen består av stein, grus, silt og leire.
Forverrende inngrep	Stort	Noe	Lite	Ingen	Den vestre delen av sonen er et industriområde. Ny fabrikk er bygget sørvest i sonen, mot ravine i sør. Antas å være litt forverrende for stabiliteten.
Forbedrende inngrep	Stort	Noe	Lite	Ingen	

Tabell A1 (forts): Opprinnelig vurdering av faregrad kvikkleiresone 988-Moum; jf. ref. [2].

Faregradsevaluering

Faktorer	Vektall	Beskrivelse	Score	Produkt
Tidligere skredaktivitet	1	Høy	3	3
Skråningshøyde, meter	2	15-20 m	1	2
OCR	2	1,2-1,5	2	4
Poreovertrykk	3	Hydrostatisk	0	0
Poreundertrykk	-3	Ingen	0	0
Kvikkleiremektighet	2	>H/2	3	6
Sensitivitet	1	30-100	2	2
Erosjon	3	Noe	2	6
Inngrep, forverring	3	Lite	1	3
Inngrep, forbedring	-3	Ingen	0	0

Sum poeng 26 av maks. oppnåelig 51 poeng

Faregradsklasse: **Høy** 51 % av maksimal poengsum

Tabell A2: Opprinnelig vurdering av skadekonsekvens og risiko for kvikkleiresone 988-Moum; jf. ref. [2].

Skadekonsekvens		3	2	1	0	
Faktorer	Hva må sjekkes:	Score				Observasjon/beskrivelse
Boligheter, antall	Permanent opphold i sonen + utløpsområdet. 1 boligenhet = 1 familie	Tett > 5	Spredt > 5	Spredt < 5	Ingen	1 enebolig og 1 gårdsbruk.
Næringsbygg, personer	Midlertidig opphold. Industri, næring, kontorer, skoler, offentlige bygg	> 50	10 - 50	< 10	Ingen	Industriområde. Antatt antall personer berørt.
Annen bebyggelse, verdi	Bygg der det normalt ikke oppholder seg mennesker.	Stor	Betydelig	Begrenset	Ingen	Ingen
Vei, ÅDT	Kfr. SVV trafikkregister	> 5000	1001-5000	100-1000	< 100	Rv 760.
Toglinje, baneprioritet	Kfr. JBV baneprioritet	1-2	3-4	5	Ingen	Ingen
Kraftnett	Kfr. Statkrafts nettklasser	Sentral	Regional	Distribusjon	Lokal	Antatt distribusjonsnett.
Oppdemming/flom	Tilstrekkelig volum skredmasser, tilstrekkelig sensitive skredmasser, mulig volum på oppdemming, lett eroderbare masser, bebyggelse i kritiske områder	Alvorlig	Middels	Liten	Ingen	Muligheten for at massene fra sonen kan demme opp Namsen ansees som liten.

Tabell A2 (forts.): Opprinnelig vurdering av skadekonsekvens og risiko for kvikkleiresone 988-Moum; jf. ref. [2].

Konsekvens

Faktorer	Vektall		Score	Produkt
Boligheter, antall	4	Spredt < 5	1	4
Næringsbygg, personer	3	10 - 50	2	6
Annen bebyggelse, verdi	1	Ingen	0	0
Vei, ÅDT	2	1001-5000	2	4
Toglinje, baneprioritet	2	Ingen	0	0
Kraftnett	1	Distribusjon	1	1
Oppdemming/flom	2	Liten	1	2

Sum poeng 17 av maks. oppnåelig 45 poeng

Skadekonsekvensklasse: **Alvorlig** 38 % av maksimal poengsum

Risiko = fare% x konsekvens%: 1926

Risikoklasse: **4**

Tiltakskategori avh. av faregrad: K3

Krav til material faktor større enn: 1.4

Forbedring avh. av faregrad v/ym for liten: Vesentlig forbedring

Tabell A3: Ny vurdering av faregrad for kvikkleiresone 988-Moum før tiltak.

Faregrad	3	2	1	0	
Faktorer	Score				Observasjon/beskrivelse
Tidligere skredaktivitet	Høy	Noe	Lav	Ingen	I hele dalstrøket har det gått mange skred. Rasgroper kan sees langs store deler av Namsenvassdraget.
Skråningshøyde, H	> 30 m	20-30 m	15-20 m	< 15 m	Området består av et platå med en skrånende bakke ned mot elveflaten ved Namsen.
Forkonsolidering (OCR)	1,0-1,2	1,2-1,5	1,5-2,0	>2,0	Erosjon har ført til at området hovedsakelig er senket. Oedometer og CPTU data viser OCR> 2,0
Poreovertrykk i kritisk glideflate	>30 kPa	10-30 kPa	0-10 kPa	Hydrostatisk	Det er målt ca. 25 kPa overtrykk i 10 m dybde i pkt. 1. Dette korrelere mot bunnen av ravinen.
Kvikkleiremektighet	>H/2	H/4-H/2	<H/4	Tynt lag	Ny boringer og prøvetaking indikerer kun et tynt lag med kvikkleire over hele sonen, men vi kan ikke utelukke resultater fra dreietrykksondering i pkt. 50 som viser opptil ca. 7 m med sprøbruddmaterialer
Sensitivitet	>100	30-100	20-30	<20	Resultatene i borpunkt 1 viser St=36
Erosjon	Aktiv	Noe	Litt	Ingen	I bekken lengst sør pågår det noe erosjon. Noen grunne utglidninger i de krappeste yttersvingene. Bekkebunnen består av stein, grus, silt og leire.
Forverrende inngrep	Stort	Noe	Lite	Ingen	Den vestre delen av sonen er et industriområde. Ny fabrikk er bygget sørvest i sonen, men stabilitet i dette området er god. Antar ingen forverrende inngrep
Forbedrende inngrep	Stort	Noe	Lite	Ingen	

Vurdering fra tidligere rapport ref.[2]

Vurdering fra gjeldene rapport, 20140059-02-R



Tabell A3 (forts): Ny vurdering av faregrad for kvikkleiresone 988-Moum før tiltak.

Faregradsevaluering

Faktorer	Vektall	Beskrivelse	Score	Produkt
Tidligere skredaktivitet	1	Høy	3	3
Skråningshøyde, meter	2	15-20 m	1	2
OCR	2	>2,0	0	0
Poreovertrykk	3	10-30 kPa	2	6
Poreundertrykk	-3	Ingen	0	0
Kvikkleiremektighet	2	H/4-H/2	2	4
Sensitivitet	1	30-100	2	2
Erosjon	3	Noe	2	6
Inngrep, forverring	3	Ingen	0	0
Inngrep, forbedring	-3	Ingen	0	0

Sum poeng 23 av maks. oppnåelig 51 poeng

Faregradsklasse: **Middels** 45 % av maksimal poengsum

Tabell A4: Ny vurdering av skadekonsekvens og risiko for kvikkleiresone 988-Moum før tiltak.

Skadekonsekvens	3	2	1	0	
Faktorer	Score				Observasjon/beskrivelse
Boligheter, antall	Tett > 5	Spredt > 5	Spredt < 5	Ingen	1 enebolig og 1 gårdsbruk.
Næringsbygg, personer	> 50	10 - 50	< 10	Ingen	Industriområde. Antatt antall personer berørt.
Annen bebyggelse, verdi	Stor	Betydelig	Begrenset	Ingen	Ingen
Vei, ÅDT	> 5000	1001-5000	100-1000	< 100	Rv 760.
Toglinje, baneprioritet	1-2	3-4	5	Ingen	Ingen
Kraftnett	Sentral	Regional	Distribusjon	Lokal	Antatt distribusjonsnett.
Oppdemming/flom	Alvorlig	Middels	Liten	Ingen	Muligheten for at massene fra sonen kan demme opp Namsen ansees som liten.

Tabell A4 (forts.): Ny vurdering av skadekonsekvens og risiko for kvikkleiresone 988-Moum før tiltak.

Konsekvens

Faktorer	Vektall		Score	Produkt
Boligheter, antall	4	Spredt < 5	1	4
Næringsbygg, personer	3	10 - 50	2	6
Annen bebyggelse, verdi	1	Ingen	0	0
Vei, ÅDT	2	1001-5000	2	4
Toglinje, baneprioritet	2	Ingen	0	0
Kraftnett	1	Distribusjon	1	1
Oppdemming/flom	2	Liten	1	2

Sum poeng 17 av maks. oppnåelig 45 poeng

Skadekonsekvensklasse: **Alvorlig** 38 % av maksimal poengsum

Risiko = fare% x konsekvens%: 1704

Risikoklasse: **3**

Tiltakskategori avh. av faregrad: K4

Krav til material faktor større enn: 1.4

Forbedring avh. av faregrad v/ym for liten: Forbedring

Tabell A5: Vurdering av faregrad for kvikkleiresone 988-Moum etter tiltak.

Faregrad	3	2	1	0	
Tidligere skredaktivitet	Høy	Noe	Lav	Ingen	I hele dalstrøket har det gått mange skred. Rasgroper kan sees langs store deler av Namsenvassdraget.
Skråningshøyde, H	> 30 m	20-30 m	15-20 m	< 15 m	Området består av et platå med en skrånende bakke ned mot elveflaten ved Namsen.
Forkonsolidering (OCR)	1,0-1,2	1,2-1,5	1,5-2,0	>2,0	Erosjon har ført til at området hovedsakelig er senket. Oedometer og CPTU data viser OCR> 2,0
Poreovertrykk i kritisk glideflate	>30 kPa	10-30 kPa	0-10 kPa	Hydrostatisk	Det er målt ca. 25 kPa overtrykk i 10 m dybde i pkt. 1. Dette korrelerer mot bunnen av ravinen.
Kvikkleiremektighet	>H/2	H/4-H/2	<H/4	Tynt lag	Ny boringer og prøvetaking indikerer kun et tynt lag med kvikkleire over hele sonen, men vi kan ikke utelukke resultater fra dreietrykksondering i pkt. 50 som viser opptil ca. 7 m med sprøbruddmaterialer
Sensitivitet	>100	30-100	20-30	<20	Resultatene i borpunkt 1 viser St=36
Erosjon	Aktiv	Noe	Litt	Ingen	Bekken må erosjonssikres
Forverrende inngrep	Stort	Noe	Lite	Ingen	Den vestre delen av sonen er et industriområde. Ny fabrikk er bygget sørvest i sonen, men stabilitet i dette området er god. Antar ingen forverrende inngrep
Forbedrende inngrep	Stort	Noe	Lite	Ingen	Støtte fylling i ravinen ca. 3m

Tabell A5 (forts.): Vurdering av faregrad for kvikkleiresone 988-Moum etter tiltak.

Faregradsevaluering

Faktorer	Vektall	Beskrivelse	Score	Produkt
Tidligere skredaktivitet	1	Høy	3	3
Skråningshøyde, meter	2	15-20 m	1	2
OCR	2	>2,0	0	0
Poreovertrykk	3	10-30 kPa	2	6
Poreundertrykk	-3	Ingen	0	0
Kvikkleiremektighet	2	H/4-H/2	2	4
Sensitivitet	1	30-100	2	2
Erosjon	3	ingen	0	0
Inngrep, forverring	3	INgen	0	0
Inngrep, forbedring	-3	Noe	2	-6

Sum poeng

11 av maks. oppnåelig 51 poeng

Faregradsklasse:

Lav

22 % av maksimal poengsum

Tabell A6: Vurdering av skadekonsekvens og risiko for kvikkleiresone 988-Moum etter tiltak.

Skadekonsekvens	3	2	1	0	
Faktorer	Score				Observasjon/beskrivelse
Boligheter, antall	Tett > 5	Spredt > 5	Spredt < 5	Ingen	1 enebolig og 1 gårdsbruk.
Næringsbygg, personer	> 50	10 - 50	< 10	Ingen	Industriområde. Antatt antall personer berørt.
Annen bebyggelse, verdi	Stor	Betydelig	Begrenset	Ingen	Ingen
Vei, ÅDT	> 5000	1001-5000	100-1000	< 100	Rv 760.
Toglinje, baneprioritet	1-2	3-4	5	Ingen	Ingen
Kraftnett	Sentral	Regional	Distribusjon	Lokal	Antatt distribusjonsnett.
Oppdemming/flom	Alvorlig	Middels	Liten	Ingen	Muligheten for at massene fra sonen kan demme opp Namsen ansees som liten.

Tabell A6 (forts.): Vurdering av skadekonsekvens og risiko for kvikkleiresone 988-Moum etter tiltak.

Konsekvens

Faktorer	Vektall		Score	Produkt
Boligenheter, antall	4	Spredt < 5	1	4
Næringsbygg, personer	3	10 - 50	2	6
Annen bebyggelse, verdi	1	Ingen	0	0
Vei, ÅDT	2	1001-5000	2	4
Toglinje, baneprioritet	2	Ingen	0	0
Kraftnett	1	Distribusjon	1	1
Oppdemming/flom	2	Liten	1	2

Sum poeng 17 av maks. oppnåelig 45 poeng

Skadekonsekvensklasse: **Alvorlig** 38 % av maksimal poengsum

Risiko = fare% x konsekvens%: 815

Risikoklasse: **3**

Tiltakskategori avh. av faregrad: K4

Krav til material faktor større enn: 1.4

Forbedring avh. av faregrad v/ym for liten: Forbedring

Vedlegg B

PORETRYKKSÅMÅLINGER

Innhold

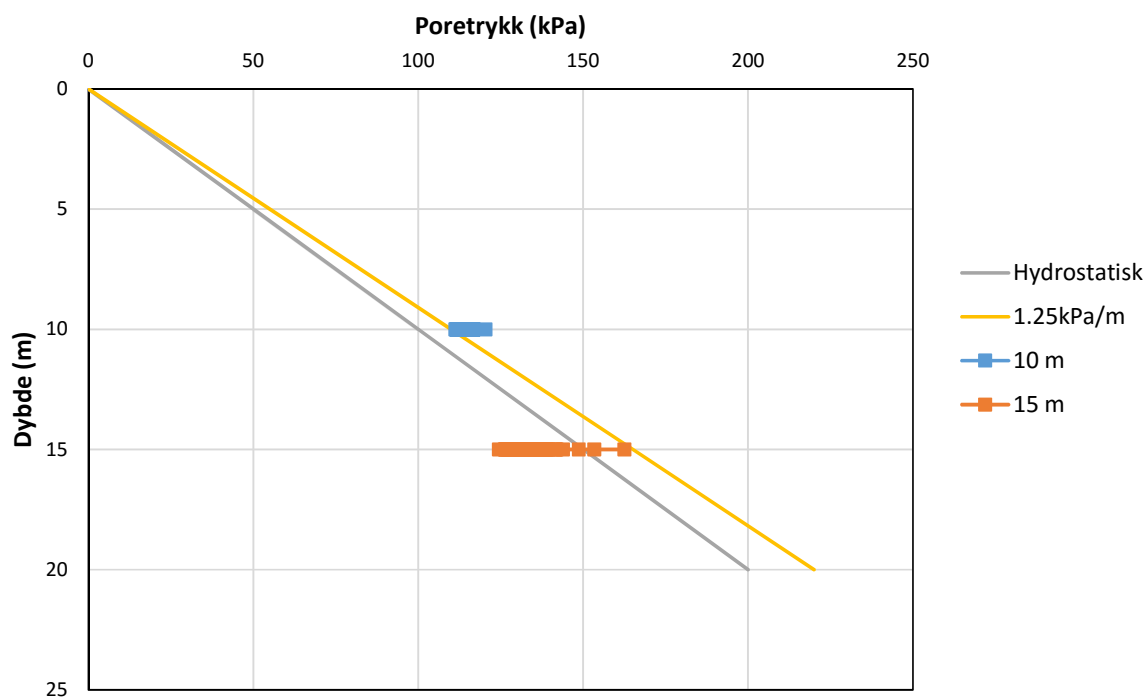
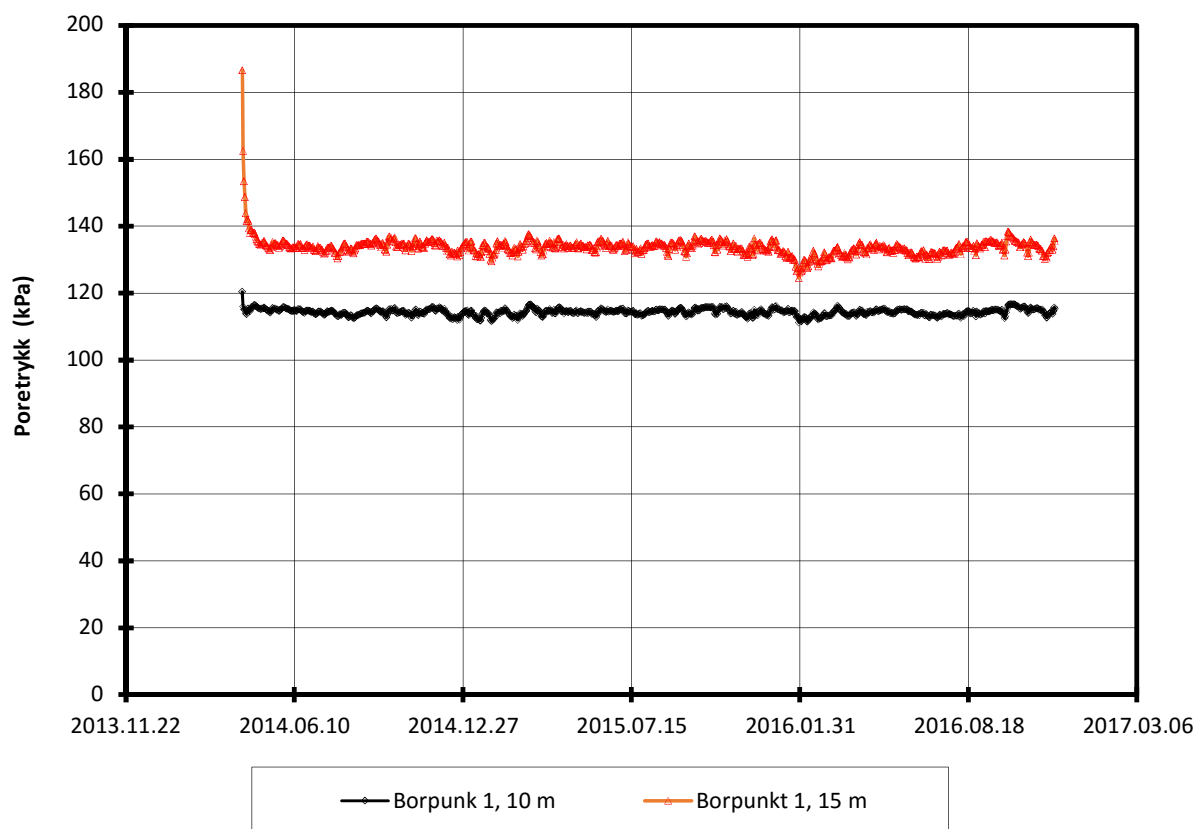
Vedlegget inneholder resultater fra poretrykksmålinger i to pkt. og to dybder; jfr. ref. [1] og [2].

Figurer

- | | |
|----|--|
| B1 | Resultater fra poretrykksmålinger og Poretrykk vs. dybde i borpunkt 1 jfr. ref. [1]. |
| B2 | Resultater fra poretrykksmålinger og Poretrykk vs. dybde i borpunkt 502 jfr. ref. [2]. |

Referanser

- [1] NGI, «Geotekniske undersøkelser Vårryggen industriområde - Geoteknisk datarapport,» 20140059-03-R, 2017.
- [2] NGI, «Skredrisiko kvikkleire - Tømmerås, Grong,» 20061350, 2006.



Geotekniske undersøkelser Vårryggen industriområde

Resultater fra elektriske poretrykksmålere i borpunkt 1
Terrengkote målere: 47,0 m

Rapport nr.
20140059

Figur nr.
B1

Tegner

Dato

KKs

03.01.2017

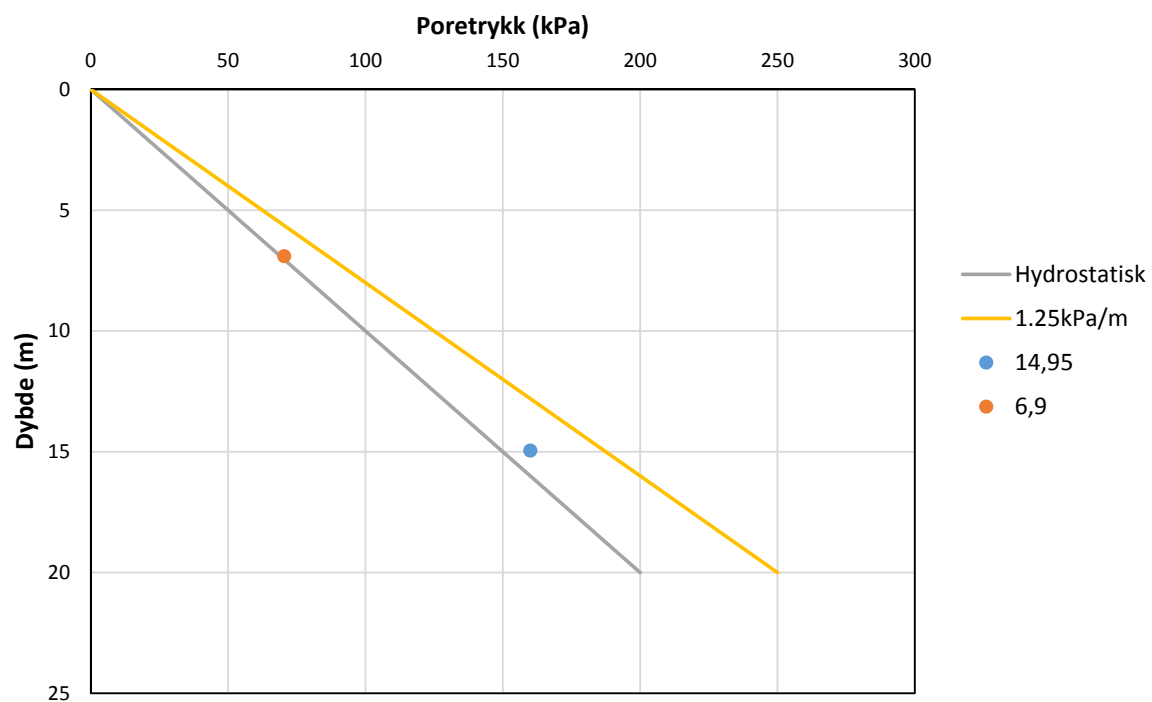
Kontrollert

JSL

Godkjent

JSL

NGI



Geotekniske undersøkelser Vårryggen industriområde

Resultater fra poretrykksmålere i borpunkt 502
Terrengkote målere: 28 m

Rapport nr.

20140059

Figur nr.

B2

Tegner

JSL

Dato

23-02-2015

Kontrollert

VG

Godkjent

VG

NGI

Vedlegg C

TOLKNING AV ØDOMETERFORSØK

Innhold

Vedlegget inneholder resultater fra tolkning av 2 ødometerforsøk (CRS), ref. [1].
Forsøkene er tolket i henhold til [2] og [3].

Tabeller

C1 Sammenstilling av ødometerforsøk

Referanser

- [1] K. Karlsrud, «Tolkning og fastlegging av jordartsparmetre. Karakteristisk jordprofil (4.1),» *NGF kurs - Stabilitetsanalyser av skråninger, skjæringer og fyllinger*, 2003.
- [2] NGI, «Geotekniske undersøkelser Vårryggen industriområde - Geoteknisk datarapport,» 20140059-01-R, 2014.
- [3] K. Karlsrud, «Skjærstyrkeegenskaper av leire og bruk i stabilitetsanalyser (4.2),» *NGF kurs - Stabilitetsanalyser av skråninger, skjæringer og fyllinger*, 2003.

TABELL C1

OVERSIKT OVER ØDOMETERFORSØK

PRØVE IDENTIFISERING			KLASSIFISERING							p ₀ ' (antatt) kPa	dV/V ved p ₀ ' %	de/e ₀	Figur ref.	TOLKNING AV DATA							
Borpunkt nr.	Forsøk	Dybde m	w _I %	w _P %	w _L %	I _p %	γ _T kN/m3	e _i 	Leir Innhold %					p ₀ ' kPa	pc' kPa	OCR	Z _p (moh)	m	k m/s	c _v m ² /s	Prøve- kvalitet NVE
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18				
1 1	3-A-3 4-A-3	10.33 14.51	25.4 23.5	16.8 16.6	32.2 30.4	15.4 13.8	20.0 21.4	0.7 0.6	- -	79.0 138.0	1.27 2.11	0.031 0.054	E1-E3 E4-E6	79.0 138.0	415.0 500.0	5.25 3.62	71.3 74.2	20.0 19.0	4.80E-10 2.93E-10	4.00E-07 3.40E-07	Perfekt Akseptabel

w _I	In-situ vanninnhold	Prøve-kvalitet	
w _P	Utrullingsgrense		
w _L	Flytegrense	Klassifisering:	
I _p	Plastisitetsindeks, I _p = w _L - w _P		
γ _T	Total romvekt		1 Meget god
e _i	Initielt porettall, e _i = 2.75 * w _i		2 God til bra
S _i	Sensitivitet		3 Dårlig
p ₀ '	In-situ effektivspenning		4 Meget dårlig
dV/V	Volumtøyning ved p ₀ '	Z _p = Terrengkote - prøvedybde + p _c '/(γ'*aldringsfaktor)	
Δe/e ₀	Endring i porettallet, Δe = ε _{vol} (1+e _i) og e _i = 2.75 * w _i	γ' = 10 kN/m ³	
		aldringsfaktor = 1.2	

Prøve-kvalitet i hht SVV:				Volumtøyning Δe/e ₀			
OCR	Meget god	God-bra	Dårlig	Meget dårlig			
1-2	<0,04	0,04-0,07	0,07-0,14	>0,14			
2-4	<0,03	0,03-0,05	0,05-0,10	>0,10			

Prøve-kvalitet i hht NVE:				Volumtøyning ΔV/V ₀ (evol)			
OCR	Kv.kl.1 Perfekt	Kv.kl.1 Akseptabel	Kv.kl.2 Forstyrret				
1-2	<3,0	3,0-5,0	>5,0				
1,2-1,5	<2,0	2,0-4,0	>4,0				
1,5-2	<1,5	1,5-3,5	>3,5				
2-3	<1,0	1,0-3,0	>3,0				
3-8	<0,5	0,5-1,0	>1,0				

OPDRAGSGIVER:	Grong kommune
PROSJEKT:	Geotekniske undersøkelser Vårryggen industriområde
PROSJEKT NR:	20140059

Vedlegg D

TOLKNING AV TREAKSFORSØK

Innhold

Vedlegget inneholder resultater fra tolkning av 2 treaksforsøk (CAUa), ref. [1].

Tabeller

D1 Sammenstilling av treaksforsøk

Referanser

[1] NGI, «Geotekniske undersøkelser Vårryggen industriområde - Geoteknisk datarapport,» 20140059-01-R, 2014.

20140059-02-R

Grong - Vårryggen industriområde

TABELL D1 :

TOLKNING AV TREAKSIALFORSØK

PRØVE IDENTIFISERING					INDEKSEGENSKAPER						KONSOLIDERING											STYRKEEGENSKAPER						
Hull nr.	Prøve diameter	Sylinder Del	Dybde	Jordart	w _i	w _l	w _p	I _p	γ _{tot}	Type forsøk	p' _{0v}	σ' _{ac}	σ' _{rc}	K ₀ '	ε _{vol}	ε _{ac}	w _c	Δe/e ₀	OCR	Prøve kvalitet (NVE)	s _u (peak)	ε _a (peak)	s _u (1%)	s _{u peak} /σ'ac	α (m=0.6)	Φ (phi)	attraksjon	
	mm		m		%	%	%	%	kN/m ³		kPa	kPa	kPa		%	%	%					kPa	%	kPa				
1	72	3-A-1	10.40	Leire	27.2	32.2	16.8	15.4	19.96	CAUA	79.0	79.1	47.4	0.60	0.62	0.43	26.80	0.015	5.25	1	76	2.6	67.5	0.96	0.36	29.2	0	
1	72	4-A-1	14.40	Leire	22.6	30.4	16.6	13.8	21.44	CAUA	138.0	137.9	82.7	0.60	0.62	0.57	22.30	0.016	3.62	1	117	14.4	74	0.85	0.39	28.7	10	

w_i In-situ vanninnhold

w_l Flytegrense

w_p Utrullingsgrense

I_p Plastisitetsindeks, I_p = w_l - w_p

p' _{0v} In-situ vertikal effektivspenning

σ' _{ac} Vertikal konsolideringsspenning

σ' _{rc} Horisontal konsolideringsspenning

ε_{vol} Volumetrisk tøying ved konsolidering

ε_{ac} Vertikal tøying ved konsolidering

B Skemptions poretrykksfaktor, Δu/σ_m

τ_f Skjærspenning ved brudd

u_f Poretrykk i prøven ved brudd

ε_f Vertikal tøying ved brudd

Δe/e₀ Δe = ε_{vol} (1+e_i) og e_i = 2.75 * w_i

Prøvekvalitet i hht

VolumtøyingΔV/V0 (ε_{vol})

OCR

Kv.kl.1 Pd

Kv.kl.1 Akseptabel

Kv.kl.2 Forstyrret

1-2

<3,0

3,0-5,0

>5,0

1,2-1

<2,0

2,0-4,0

>4,0

1,5-2

<1,5

1,5-3,5

>3,5

2-3

<1,0

1,0-3,0

>3,0

3-8

<0,5

0,5-1,0

>1,0

Vedlegg E

TOLKNING AV CPTU-SONDERINGER

Innhold

Det er utført 2 CPTU-sonderinger, ref. [1] Alle sonderingene havner i anvendelsesklasse 1.

CPTU-sonderingene er benyttet for tolkning av udrenert skjærstyrke iht. ref. [2] med forutsetninger gitt i Tabell E1.

Tabell E1 Forutsetninger for tolkning av CPTU-sonderinger.

$N_{\Delta u}$ – korrelasjon (poretrykksbasert): $s_u^A = (u_2 - u_0)/N_{\Delta u}$									
N_{kt} – korrelasjon (spissmotstandsbasert): $s_u^A = (q_t - \sigma_{v0}')/N_{kt}$									
Borpkt	Romvekt	Poretrykk	OCR (p_c'/p_0')	I_p	$S_t > 15$	$N_{\Delta u}$		N_{kt}	
						$S_t > 15$	$S_t < 15$	$S_t > 15$	$S_t < 15$
1	Fra lokal prøveserie	Fra piezometer i borpkt 1	8,0-3,0 (d=0-20m)	Fra lokal	9,6-13,5	$9.8 - 4.5 \times \log OCR$	$6.9 - 4 \times \log OCR + 0.07 \times I_p$	$8.5 + 2.5 \times \log OCR$	$7.8 + 2.5 \times \log OCR + 0.082 \times I_p$
2			6,0-2,5 (d=0-15m)		-				

Udrenert aktivt skjærstyrkeprofil som er benyttet i stabilitetsberegningene fremgår som «anbefalt su» - grønn linje i etterfølgende figurer. Blå linje vist på skjærstyrkeprofilene angir SHANSEP-beregnet skjærstyrke ved de aktuelle CPTU-sonderingene. I borepunktet hvor det samtidig er tatt opp en prøveserie og utført laboratoriearbeid fremgår også disse resultatene på de etterfølgende plottene.

Tolket OCR-profil vises for hvert borepunkt. Den tykke blå linjen viser tolket trend for OCR-profilet. Basert på trendlinjen beregnes faktorene $N_{\Delta u}$ og N_{kt} . Den tynne blå linjen angir OCR-profil i henhold til antatt tidligere havbunnsnivå som beskrevet i rapportteksten og presentert i Tabell E2. Etter dette profilet er SHANSEP-basert skjærstyrke beregnet.

Tabell E2: Antatt tidligere havbunnsnivå ved CPTU lokalitetene.

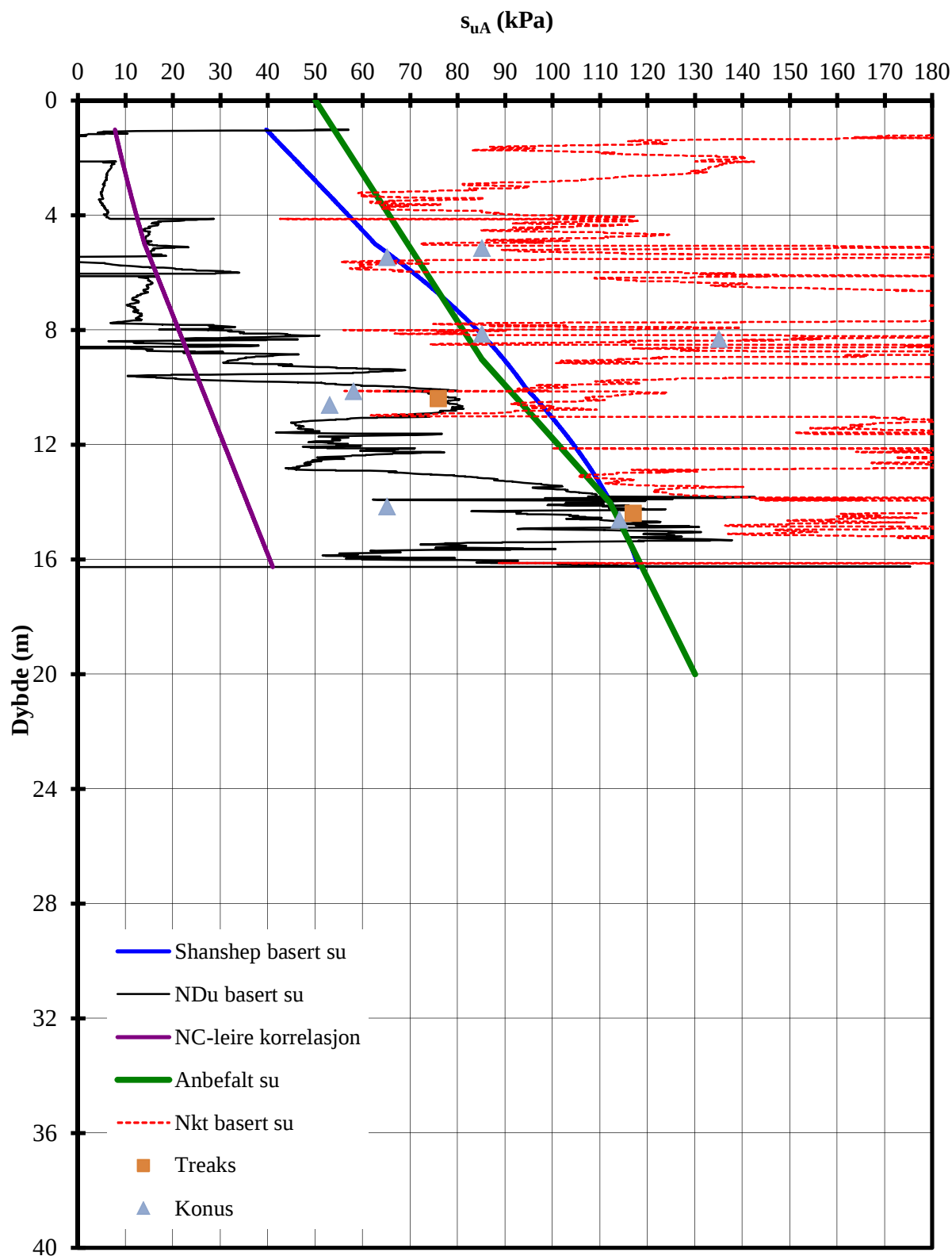
CPTU	Antatt tidligere havbunnsnivå (kote)
1	70
2	70

Figurer

E1	Borhull 1, su-profil
E2	Borhull 1, OCR-profil
E3	Borhull 2, su-profil
E4	Borhull 2, OCR-profil
E5	Borhull 1, qt, u2, Nm, Bq og FR-profil
E6	Borhull 2, qt, u2, Nm, Bq og FR-profil

Referanser

- [1] NGI, «Geotekniske undersøkelser Vårryggen industriområde - Geoteknisk datarapport,» 20140059-01-R, 2014.
- [2] K. Karlsrud, T. Lunne, D. Kort og S. Strandvik, «CPTU correlations for clays.,» *Proceedings. ICSMGE, Osaka*, 2005.



Terrengkote : 47 m

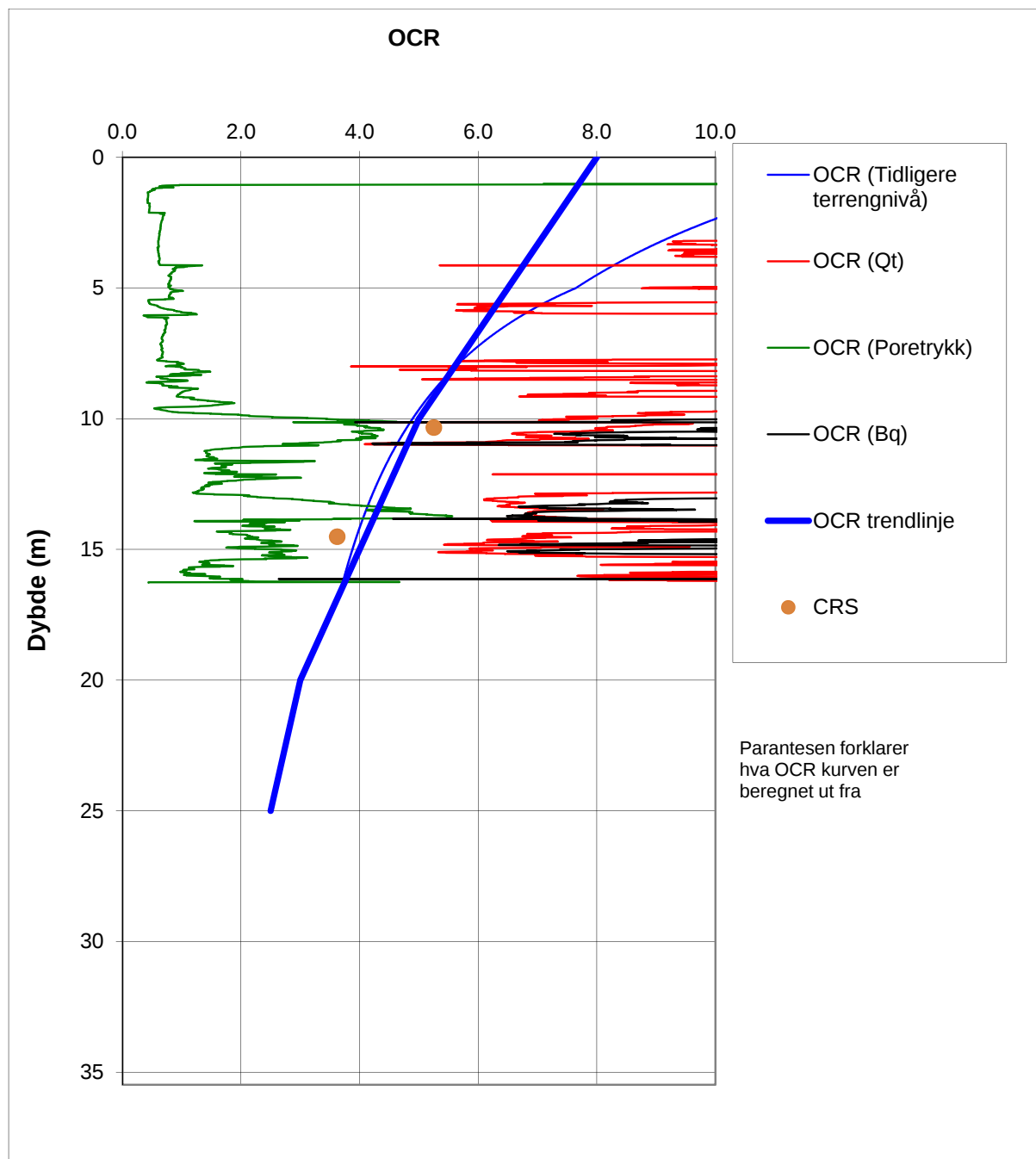
P:\2014\00\20140059\Beregninger\CPTU-1.xls\OCR-print

Geotekniske undersøkelser Vårryggen industriområde

Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanshep.

CPTU-1

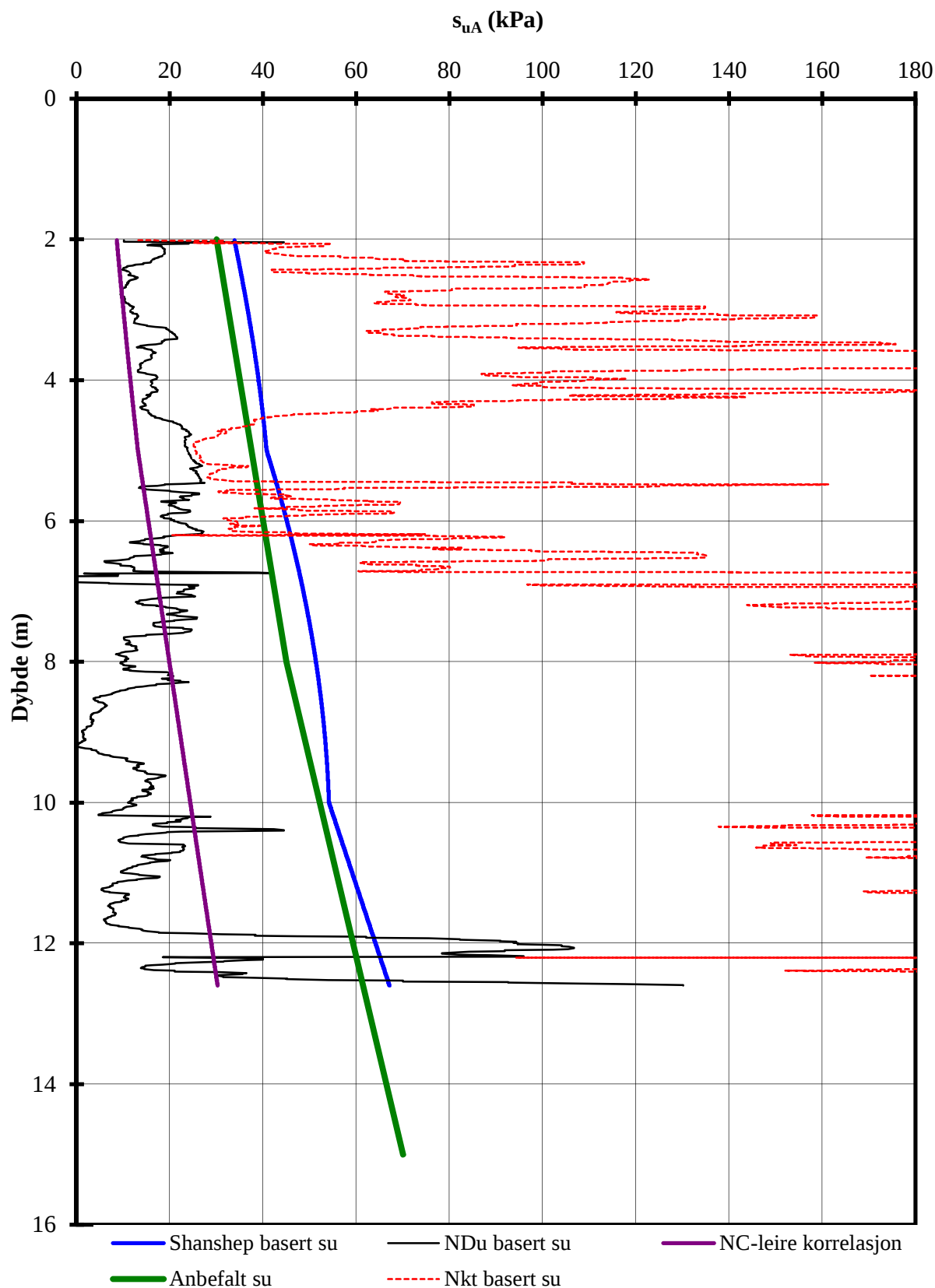
Rapport nr.	Figur nr.
20140059	E1
Tegner	Dato
JSL	21-08-2014
Kontrollert	NGI
Godkjent	
VG	



Terrengekote : 47 m
Tidligere terreng 70

P:\2014\00\20140059\Beregninger\CPTU-1.xls\OCR-print

Geotekniske undersøkelser Vårryggen industriområde Tolkning av OCR CPTU-1	Rapport nr. 20140059	Figur nr. E2
	Tegner JSL	Dato 21-08-2014
	Kontrollert VG	
	Godkjent VG	



Terrengkote : 52 m

Tidligere terreng : 70m

P:\2014\00\20140059\Beregninger\CPTU-2.xls\sua profil

Våryggen industriområdet

Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanshep.

CPTU-2

Rapport nr.

20140059

Figur nr.

E3

Tegner

JSL

Dato

08-14-2014

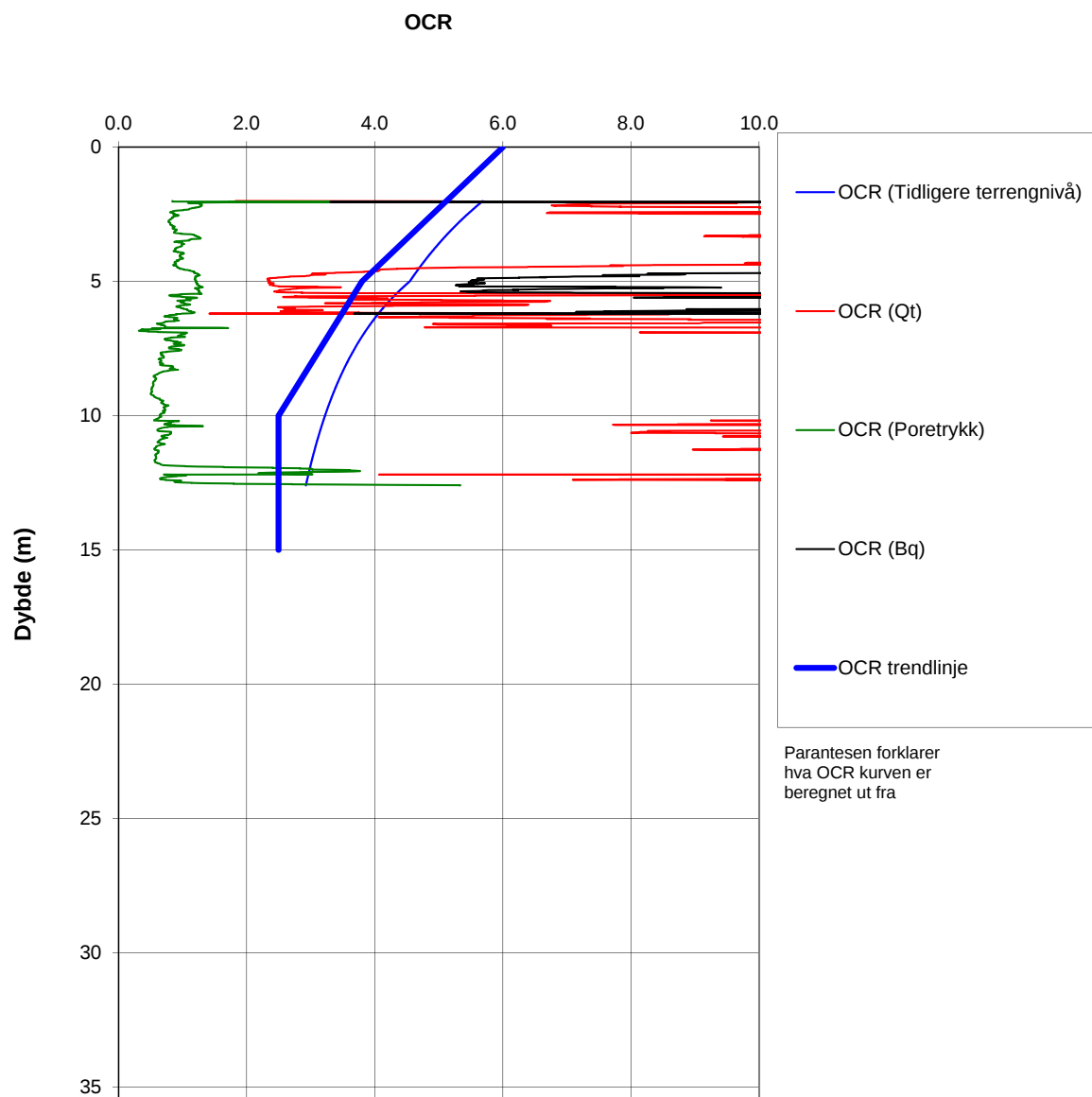
Kontrollert

VG

Godkjent

VG



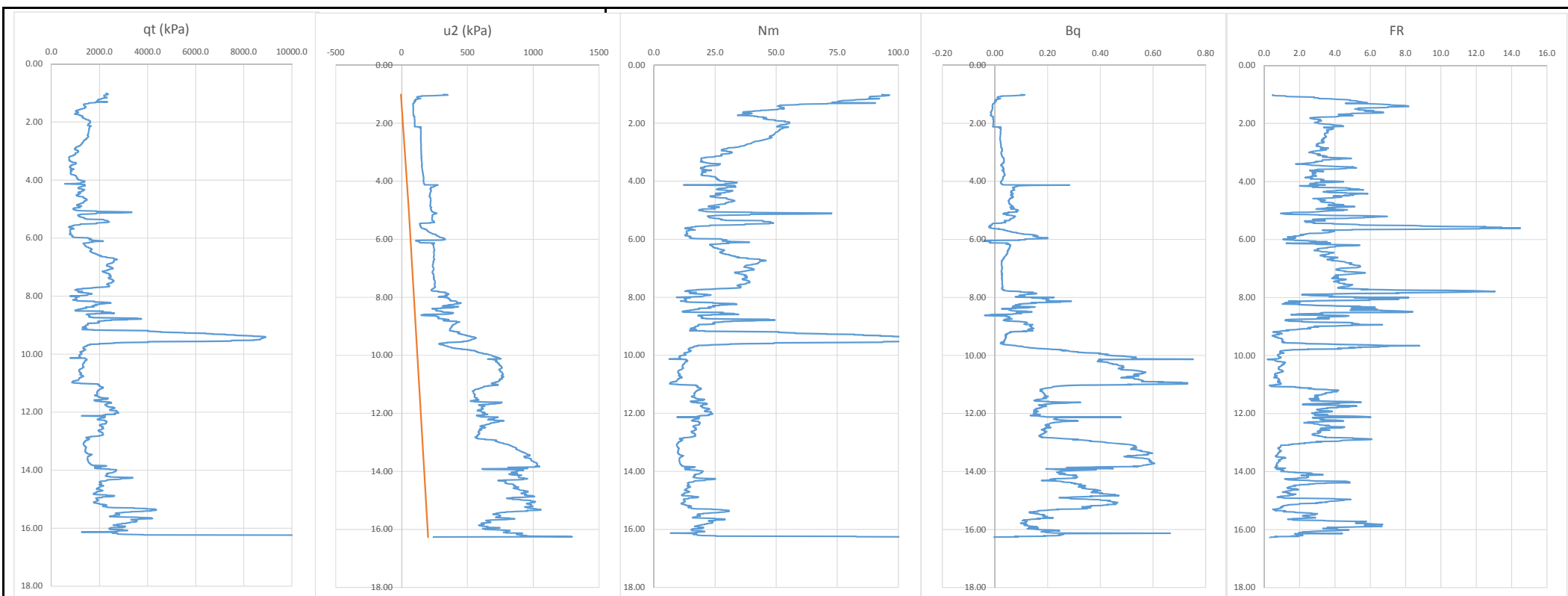


Terrengkote : 52 m

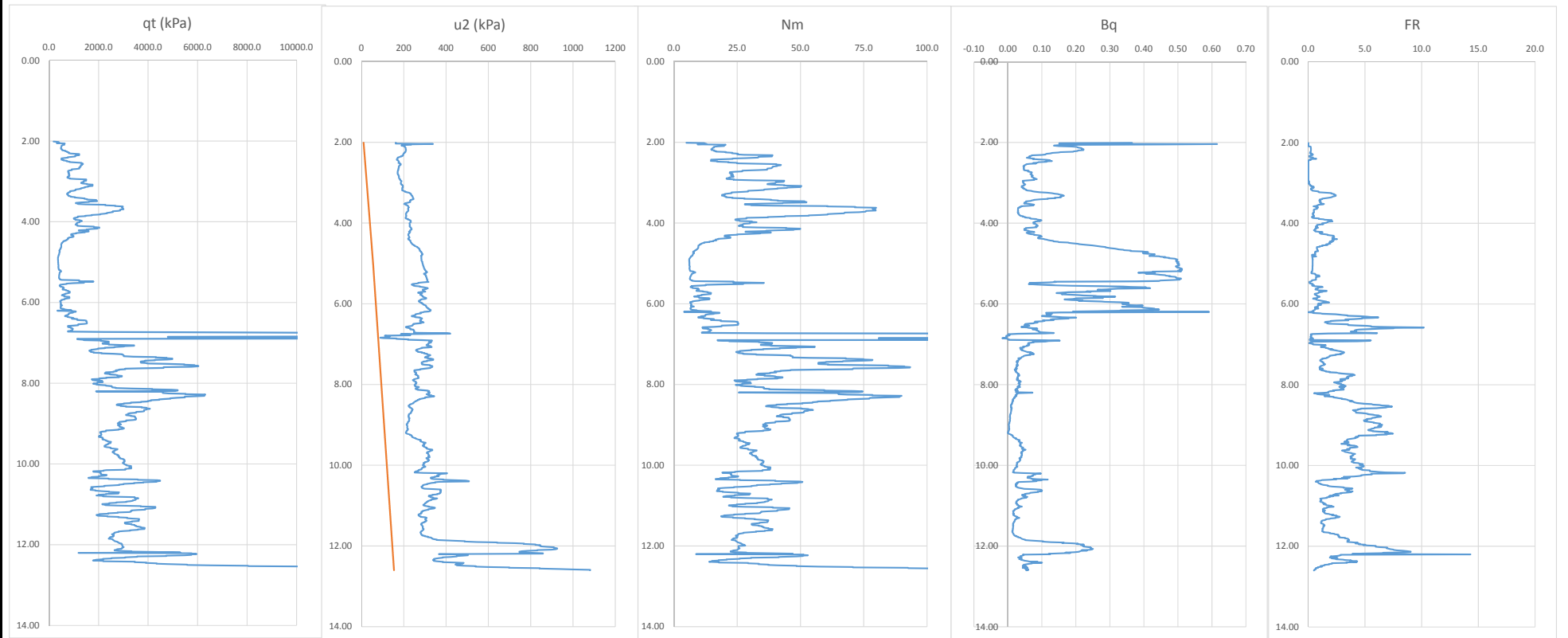
Tidligere terreng : 70m

P:\2014\00\20140059\Beregninger\CPTU-2.xls\OCR-plot

Våryggen industriområdet Tolkning av OCR fra CPTU CPTU-2	Rapport nr. 20140059	Figur nr. E4
	Tegner JSL	Dato 08-14-2014
	Kontrollert VG	
	Godkjent VG	



Geotekniske undersøkelser Vårryggen industriområde CPTU-1	Rapport nr.	Figur nr.
	20140059	E5
	Tegner	Dato
	JSL	21-08-2014
	Kontrollert	
	Godkjent	
	VG	



Geotekniske undersøkelser Vårryggen industriområde

CPTU-2

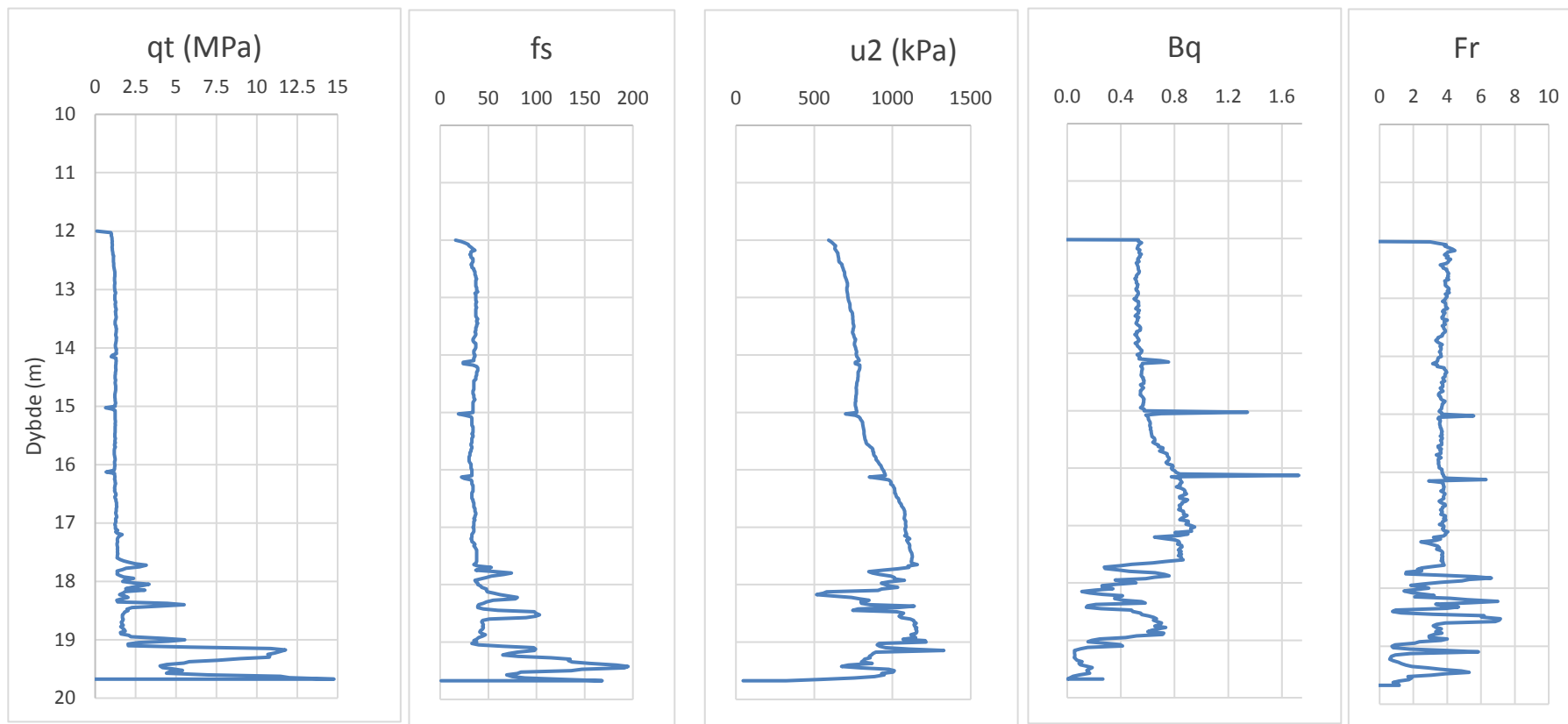
Rapport nr.	Figur nr.
20140059	E6
Tegner	Dato
JSL	21-08-2014
Kontrollert	
VG	
Godkjent	
VG	



Bor-hull nr.	Målinger	Maks. temp. effekt, ubelastet	Oppløsning	Maks. temp. effekt	Nullpunkt		Nullpunkts-drift	Samlet nøyaktig-tiget	% nøyak-tighet	Kravene til anvendelsesklasse						Anvendelses-klasse?
					Før	Etter				A1		A2		A3		
CPTU 1	q _c (kPa)	22,7944	0,5846	0	7533,9	7565,5	-31,6	32	0 %	35	5 %	100	5 %	200	5 %	A1
	f _s (kPa)	0,5346	0,0099	0	117,3	117,2	0,1	0	0 %	5	10 %	15	15 %	25	15 %	A1
	u ₂ (kPa)	1,2862	0,0218	0	267,3	267,6	-0,3	0	0 %	10	2 %	25	3 %	50	5 %	A1
	Helning (°)	-	-	-	-		-	1	-	2		2		5		A1
	Nedtrengings-lengde (m)	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1	1	0,1	1	0,2	1	ikke målt
	Avstand mellom målinger (mm)	-	-	-	-	-	-	10	-	20		20		50		A1
CPTU 2	q _c (kPa)	22,7944	0,5846	0	7529,2	7531	-1,8	2	0 %	35	5 %	100	5 %	200	5 %	A1
	f _s (kPa)	0,5346	0,0099	0	117,4	117,5	-0,1	0	0 %	5	10 %	15	15 %	25	15 %	A1
	u ₂ (kPa)	1,2862	0,0218	0	267,3	250,8	16,5	17	6 %	10	2 %	25	3 %	50	5 %	A2
	Helning (°)	-	-	-	-		-	4	-	2		2		5		A3
	Nedtrengings-lengde (m)	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1	1	0,1	1	0,2	1	ikke målt
	Avstand mellom målinger (mm)	-	-	-	-	-	-	10	-	20		20		50		A1

Vårryggen industriområde	Rapport nr. 20140059-02-R	Figur E7
	Tegner APP	Dato 28-08-2014
	Kontrollert JSL	
	Godkjent JSL	

CPTU anvendelsesklasse i henhold til
NGF melding nr. 5



Geotekniske undersøkelser Vårryggen industriområde

CPTU-501

Rapport nr.	Figur nr.
20140059	E8
Tegner	Dato
JSL	09-04-2015
Kontrollert	
VG	
Godkjent	
VG	

Vedlegg F

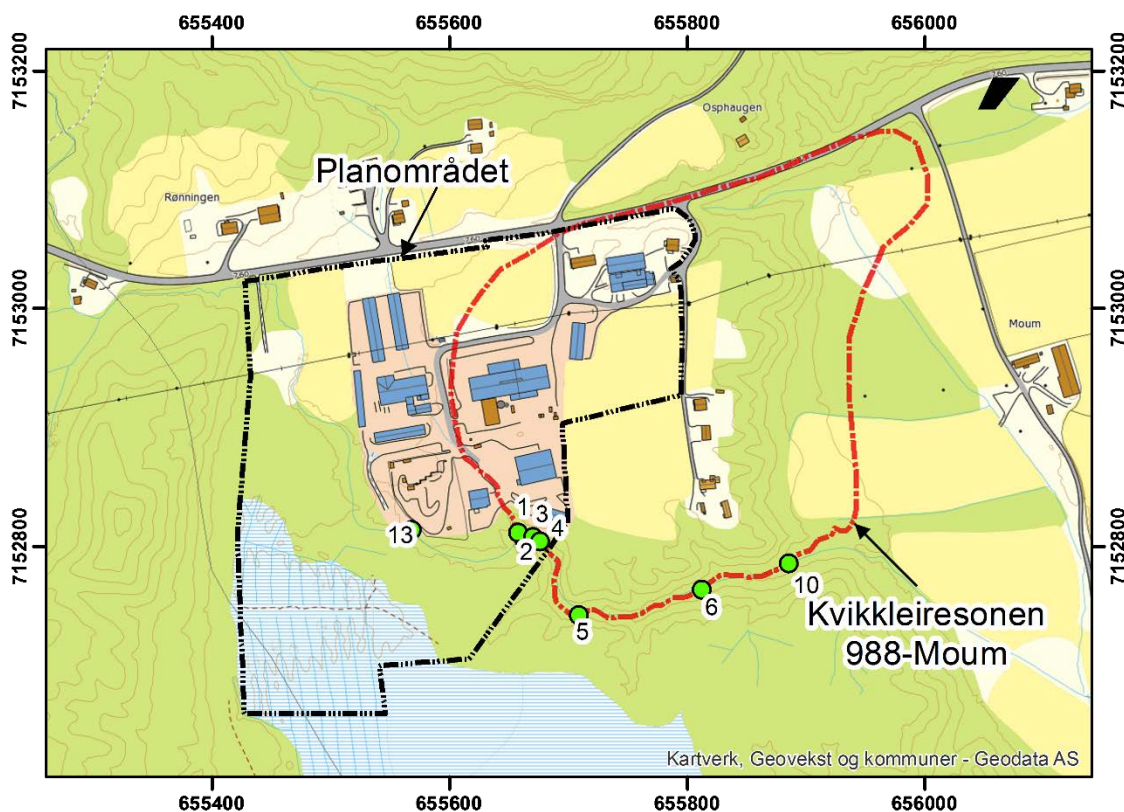
EROSJON, OPPSUMMERING OG BILDER FRA BEFARING

Innhold

F1	Generelt	2
F2	Erosjon i bekken sør for kvikkleiresonen "Moum"	2
F3	Referanser	8

F1 Generelt

På Tegning F1 er registrerte erosjonsforhold avmerket på kart. Det er også avmerket hvor bildene, presentert i det etterfølgende, er tatt. Erosjonsforholdene er vurdert iht. ref. [1] som definerer begrepene «aktiv», «noe», «litt» og «ingen» erosjon.



Tegning F1: Oversikt over planområdet og lokalitet for bildene 1-13.

F2 Erosjon i bekken sør for kvikkleiresonen "Moum"

Befaringen av planområdet og kvikkleiresonen Moum ble utført i 29.mai 2014 av Siri Bente Haugen (NGI) for å vurdere erosjonsforhold. Bekken som renner sør for planområdet er ikke erosjonssikret. Det er observert løsmasse (silt, sand og grus) i bunnen av bekken og noe erosjon i skråningene. Noe overflateglidninger og sig er også observert i skråningene langs bekken. Bekken med utløp i pkt. 1 (jfr Tegning F1) og som kommer fra industriområdet er lagt i rør og utløpet er sikret med pukk.



Figur 1: Bekkeutløp i punkt 1 på Tegning F1.



Figur 2: (Topp) Bilde nr. 2 som viser løsmasse i bekken. (Midten) Bilde nr. 3 som viser sig i skråningene. (Nederst) Bilde nr. 4 som viser noe overflateskred langs bekken.



Figur 3: Bilde nr. 5 som viser noe overflateskred langs bekken.



Figur 4: Bilde nr. 6 som viser overflateskred langs bekken. Avsetningene består for det meste av silt og sand.



Figur 5: Bilde nr. 10 som viser overflateskred langs bekken.



Figur 6 Bilde nr. 13 som viser overflateskred i bekken vest for kvikkleiresonen.

F3 Referanser

- [1] NGI (2002), «Rapport 20001008-2. Program for økt sikkerhet mot leirskred - Metode for kartlegging og klassifisering av faresoner, kvikkleire,» Revisjon 3: 2008-10-08.

Dokumentinformasjon/ <i>Document information</i>		
Dokumenttittel/<i>Document title</i> Vurderingsrapport		Dokumentnr./<i>Document no.</i> 20140059-02-R
Dokumenttype/<i>Type of document</i> Rapport / Report	Oppdragsgiver/<i>Client</i> Grong kommune	Dato/<i>Date</i> 2014-10-01
Rettigheter til dokumentet iht kontrakt/<i>Proprietary rights to the document according to contract</i> NGI		Rev.nr.&dato/<i>Rev.no.&date</i> 3 / 2017-04-24
Distribusjon/<i>Distribution</i> BEGRENSET: Distribueres til oppdragsgiver og er tilgjengelig for NGIs ansatte / LIMITED: Distributed to client and available for NGI employees		
Emneord/<i>Keywords</i>		

Stedfesting/ <i>Geographical information</i>	
Land, fylke/<i>Country</i> Norge, Nord-Trøndelag	Havområde/<i>Offshore area</i>
Kommune/<i>Municipality</i> Grong	Feltnavn/<i>Field name</i>
Sted/<i>Location</i> Vårryggen	Sted/<i>Location</i>
Kartblad/<i>Map</i>	Felt, blokknr./<i>Field, Block No.</i>
UTM-koordinater/<i>UTM-coordinates</i> Sone: Øst: Nord:	Koordinater/<i>Coordinates</i> Projeksjon, datum: Øst: Nord:

Dokumentkontroll/ <i>Document control</i> Kvalitetssikring i henhold til/ <i>Quality assurance according to NS-EN ISO9001</i>					
Rev/<i>Rev.</i>	Revisjonsgrunnlag/<i>Reason for revision</i>	Egenkontroll av/<i>Self review by:</i>	Sidemanns-kontroll av/<i>Colleague review by:</i>	Uavhengig kontroll av/<i>Independent review by:</i>	Tverrfaglig kontroll av/<i>Inter-disciplinary review by:</i>
0	Originaldokument	2014-10-01 Jean-Sebastien L'Heureux	2014-10-01 Vidar Gjelsvik		
1	Revisjon 01 etter supplerende undersøkelser (aug. 2015) og kommentarer fra 3-parts kontroll (Multiconsult)	2015-10-02 Jean-Sebastien L'Heureux	2015-10-02 Vidar Gjelsvik	2016-02-12 Tor-Helge Vehn (Multiconsult)	
2	Revisjon 02 etter supplerende undersøkelser (nov. 2016)	2017-01-25 Katharina Kahrs	2017-01-25 Jean-Sebastien L'Heureux/ Vidar Gjelsvik	2017-02-28 Henning Tiarks (Norconsult)	
3	Revisjon 03 etter kommentarer fra 3-partskontroll (Norconsult)	2017-03-31 Katharina Kahrs	2017-04-20 Jean-Sebastien L'Heureux		

Dokument godkjent for utsendelse/<i>Document approved for release</i>	Dato/<i>Date</i> 1. februar 2017	Prosjektleder/<i>Project Manager</i> Jean-Sebastien L'Heureux
--	--	---

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

