



RAPPORT

Stabilitetsanalyser av kvikkleiresone 56 Bøle i Skien kommune

RESULTATER AV STABILITETSBEREGNINGER MED
VURDERING AV EVENTUELLE TILTAK

DOK.NR. 20130896-02-R
REV.NR. 3 / 2020-01-20

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: Stabilitetsanalyser av kvikkleiresone 56 Bøle i Skien kommune
Dokumenttittel: Resultater av stabilitetsberegninger med vurdering av eventuelle tiltak
Dokumentnr.: 20130896-02-R
Dato: 2014-02-24
Rev.nr. / Rev.dato: 3 / 2020-01-20

Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: NVE, Region Sør
Kontaktperson: Ellen E. Davis Haugen
Kontraktreferanse: Oppdragsbekreftelse av 13.09.2019

for NGI

Prosjektleder: Bjørn Kalsnes
Utarbeidet av: Bjørn Kalsnes, Vittoria Capobianco, Laura Rødvand
Kontrollert av: Ørjan Nerland

Sammendrag

NVE har foretatt geoteknisk utredning av området langs kvikkleiresone 56 Bøle i Skien kommune hvor det foreløpig ikke er gjennomført stabiliserende tiltak. Som ledd i utredningsarbeidet har NGI beregnet skråningsstabilitet for seks profiler. Profilene 1-1, F, G2 og G er nye stabilitetsberegninger mens stabilitetsberegningene for profilene D2 og D er oppdaterte basert på ny data i dette området. Tidligere utførte stabilitetsanalysen for Profil E2 er også inkludert i rapporten for fullstendighet, men har ikke vært vurdert her. Resultater fra nye og tidligere grunnundersøkelser er rapportert i separate rapporter.

Revisjon 3 av denne rapporten omfattende endringer. Det foreslås en endring i faresonens utbredelse ved at sonen utvides noe i nordlig retning, noe som har ført til at det utført stabilitetsberegninger også i denne sonen. Videre inneholder revisjon 3 av rapporten også beregninger av bæreevne (lokal stabilitet) av støttefyllinger.

Forslag til sikring av skråningsstabilitet i faresonen er utført i henhold til NVEs kvikkleireveileder om områdestabilitet 7/2014. I sonen nord for den eksisterende sonen (nord for tomtegrensen ved Bølevegen 130) foreslås det dog at det avvikes noe fra kravene gitt denne veilederen. Det foreslås her støttefylling opp til kote -3 m i den sørlige delen av dette området, og ingen sikring i den helt nordlige delen av området. Dette området er ikke regulert til boligformål. Dersom det på et senere tidspunkt vurderes utbygging eller andre former for tiltak, må også dette området sikres i henhold til NVEs kvikkleireveileder.

Det anbefalte tiltaket er støttefylling i elva, samt noe senkning av terreng i den øvre skråningen nord for skipsvraket.

Beregnet bæreevne (lokal stabilitet) er funnet tilfredsstillende for selve støttefyllingene i alle profilene.

Innhold

1	Innledning	6
2	Grunnundersøkelser	6
3	Beregningsforutsetninger og materialparametre	8
3.1	Laggrenser	8
3.2	Udrenerte styrkeparametre	9
3.3	Poretrykk	11
4	Stabilitetsberegninger	11
4.1	Generelt	11
4.2	Prinsipper for stabilitetsforbedrende tiltak	12
4.3	Profil 1-1	13
4.4	Profil F	14
4.5	Profil G2	15
4.6	Profil G	16
4.7	Profil D2	17
4.8	Profil D	18
4.9	Profil E2	18
4.10	Oppsummering av tiltak	19
5	Forslag til soneutvidelse i nordlig retning	20
6	Referanser	21

Tegninger

001	Oversiktskart
010	Borplan og beregningsprofiler, sone 56 Bøle
011	Tiltak
100	Ny grense av kvikkleiresone 56 Bøle

Vedlegg

Vedlegg A:	Udrenert skjærstyrke tolket fra CPTU-sonderinger
Vedlegg B:	Resultater fra stabilitetsberegninger, sone 56 Bøle
Vedlegg C:	Tidligere NGI rapporter
Vedlegg D:	Faktaark sone 56 Bøle

Kontroll- og referanseside

1 Innledning

I forbindelse med planlagt gjennomføring av stabiliserende tiltak, har NVE gitt NGI i oppdrag å utføre geoteknisk utredning av kvikkleiresone 56 Bøle i Skien kommune (lav faregrad, meget alvorlig konsekvenser, høy prioritet risiko). Beliggenheten av sonen er vist på tegning 001. Oppgaven dekker området nord i sonen der det foreløpig ikke er gjennomført stabiliserende tiltak. Stabilitetsberegninger er utført for totalt fem profiler i dette området. I tillegg er ett profil der det allerede er utført tiltak, kontrollberegnet på bakgrunn av oppdaterte grunnlagsdata. Grunnforhold er tolket fra datagrunnlag i både tidligere prosjekter og supplerende grunnundersøkelser utført i dette prosjektet (ref./4/ , ref. /7/ og ref./10/). Beliggenhet av beregningsprofiler er vist på detaljkart tegning 010, hvor også lokasjoner av boringer er vist. Tegning 010 viser også forslag til revidert område for faresonen 56 Bøle.

Revisjon 3 av rapporten inneholder omfattende endringer. Siden faresonen er foreslått utvidet i nordlig retning, inkluderer revisjon 3 av rapporten stabilitetsberegninger for ett profil (1-1) nord for profil F som var det nordligste profilet i revisjon 2 av rapporten. Videre er det på bakgrunn av innspill fra NVE Sør også foreslått justerte former for tiltak for alle profilene. Vurderinger av lokal stabilitet fra tiltak (bæreevne) er også inkludert for å kunne ta hånd om krav til tilstrekkelig sikkerhet gitt i Eurokode 7.

2 Grunnundersøkelser

Skråningsstabiliteten i området har vært analysert i tidligere prosjekter:

- ↗ Rapport datert 08.08.2008, ref. /1/
- ↗ Rapport datert 21.01.2009, ref. /2/
- ↗ Teknisk notat datert 16.09.2009, ref. /3/

I dette prosjektet er det utført supplerende grunnundersøkelser i området nord i faresonen på Bøle. Disse grunnundersøkelsene gir datagrunnlag for beregning av stabilitet i sikringssonen for kulturminner (skipsvrak), for beregning av området nord i sonen, og for oppdatering av tidligere utførte stabilitetsberegninger i det sørlige området. Data-rapportert fra de nye undersøkelsene er gitt i ref. /4/ og ref. /10/.

En oversikt over undersøkelsene er vist i Tabell 1. Data fra alle disse grunnundersøkelsene er presentert i ref. /4/ og ref. /10/ i tillegg til de opprinnelige rapportene referert til i Tabell 1.

Tabell 1: Alle grunnundersøkelser i Bøle området

Borpunkt	ToT	DrT	CPTU	PZ	PR	Ref.
117		X				/7/
118		X	X	X		/7/
301		X				/1/
302		X				/1/
303		X				/1/
304		X				/1/
305		X		X		/3/
306		X	X	X	X (*)	/3/ (/4/ kun PR)
307		X				/3/
308		X	X (*)			/3/ (/4/ kun CPTU)
309		X	X			/3/
310		X				/3/
311		X	X	X	X	/4/
312		X				/10/
313		X	X		X	/10/
314		X				/10/
315		x			x	/4/
316		x				/4/
317		x			x	/4/
318		x				/4/
319	x					/4/
320	x					/4/

ToT = totalsondering

DrT = dreietrykksondering

CPTU = trykksondering med poretrykkmåling

PZ = piezometer

PR = prøveserie. Sylindrerprøver er $\varnothing 72$ mm.

(*) Ref. /4/.

Det er foretatt begrenset prøvetaking i tidligere grunnundersøkelser. Ved grunnundersøkelsen for dette prosjektet ble det derfor tatt prøver av det som fra dreietrykksonderingene ble tolket til å være potensielle sensitive leirer fra BP 306, BP 311 og BP 313. Disse prøvene ble analysert i NGIs laboratorium, se ref. /4/. Det ble utført ett treaksial CAUC forsøk på prøver fra hver av lokasjonene. I 2019 utførte GeoStrøm prøvetaking på to lokasjoner nord i sonen (BP 315 og BP 317). Disse prøvene ble analysert i GeoStrøms laboratorium, se vedlegg G i ref. /4/.

3 Beregningsforutsetninger og materialparametre

3.1 Laggrenser

Grunnundersøkelsene har vært rettet inn mot å gi grunnlag for å tolke laggrenser og lagmektigheter, derunder skillet mellom sensitiv og ikke-sensitiv leire, samt fordeling av de enkelte materialtypene over de kartlagte områdene. Vurderingene er gjort basert på data fra dreietrykkssonderinger, CPTU-sonderinger samt resultater fra laboratorieanalyse av opptatte jordprøver.

En viss usikkerhet er det alltid i tolkningen, og ofte kan prøvetaking vise at antakelser om sensitiv leire basert på dreietrykkssondering er noe konservativ. Likevel vil en konservativ vurdering som regel føre til at det må antas sensitiv leire i de tilfellene hvor for eksempel dreietrykkssondering ikke gir økende boremotstand i dybden, og hvor det heller ikke er tatt opp prøve eller utført CPTU-sondering. I undersøkelsene foretatt for dette prosjektet er det tatt opp prøver fra fem av lokasjonene (306, 311, 313, 315 og 317) for bedre å kunne vurdere sensitiviteten til leirmaterialet.

Lagdelingen for de beregnete profilene varierer noe, men generelt er det tørrskorpe over lag med (sensitiv) leire og sand. Tabell 2 viser lagdelingen slik den er tolket for profil F.

Tabell 2 Laggrenser profil F Bøle nord

Del av profil	BP	Dybde (m)	Grunnforhold
Nedre del (elvbredden)	308	0-1	Tørrskorpe
		1-6	Sensitiv leire*
		6-13	Leire
		13-16,5	Sand
		16,5-19,5	Leire
		19,5+	Sand
Øvre del	311	0-2	Tørrskorpe
		2-3,5	Leire
		3,5-6	Sand
		6-12,5	Sensitiv leire*
		12,5-15	Sand
		15-19	Leire
		19-20	Sand
		20-22	Leire
		22+	Sand

*Konusforsøk på omrørte prøver viser omrørt styrke på typisk mellom 1 og 2 kPa, mao det klassifiseres som sprøbruddmateriale, men ikke kvikt.

Det er ikke utført bergkontroll i forbindelse med boringene. Dybder til fjell er derfor generelt usikre. Stabilitetsberegningene viser at dybde til fjell ikke er en sentral

parameter da de kritiske glidesirkelene er forholdsvis grunne sammenlignet med maksimal boret dybde med løsmasser.

3.2 Udrenerte styrkeparametre

3.2.1 CPTU-sonderinger

Udrenerte styrkeparametre er tolket ut fra samlet bruk av informasjon fra CPTU-sonderinger, målte poretrykk i felten, laboratorieresultater og dreietrykk-sonderinger. I tillegg er topografiske forhold benyttet for vurdering av over-konsolidering i området. Tolkning av udrenert skjærfasthet fra CPTU-sonderinger er vist i vedlegg A. De mange silt og sandlagene kompliserer tolkning av skjærfastheten fra CPTU. Blant annet er poretrykksresponsen i store deler av dybdeprofilen influert av sandlagene, og er i så måte ikke gyldig som grunnlag for tolkning av skjærfasthet. Det er derfor tatt utgangspunkt i dybdelag der det synes å være homogene leirlag (f.eks i dybde 6-10 m i BP 311) der det er tatt prøver og utført treaksialforsøk, og prøvd å korrelere etter det.

Følgende anisotropiforhold er benyttet:

”Ikke-sprøbruddmateriale” (su omrørt > 2 kPa og St < 15):

- Direkte skjærfasthet: $SuD = 0,7 SuA$
- Passiv skjærfasthet: $SuP = 0,4 SuA$

SuA , SuD og SuP er hhv. aktiv, direkte og passiv karakteristisk udrenert skjærfasthet.

”Sprøbruddmateriale” (su omrørt < 2 kPa og St > 15):

Direkte skjærfasthet: $SuD = 0,65 SuA$
Passiv skjærfasthet: $SuP = 0,35 SuA$

I tillegg er det i hht. NVEs retningslinjer (ref. /5/) gjort en reduksjon med 15 % av karakteristisk aktiv skjærfasthet når det karakteristiske aktive styrkeprofilen i sprøbruddmateriale er tolket ut fra korrelasjon med CPTU-sonderinger (ref. /1/ - /4/ og ref. /10/), dvs:

$SuA,dim = 0,85 SuA$,

der SuA,dim er udrenert aktiv skjærfasthet for sprøbruddmateriale.

Fasthetsprofil i de udrenerte beregningene er lagt inn som karakteristisk aktiv udrenert skjærfasthet, dvs. uten reduksjon som nevnt over. Anisotropifaktorene er deretter lagt inn i beregningsprogrammet for hvert materiale ut fra beskrivelsen gitt over.

3.2.2 Skjærfasthet i overkonsolidert leire

Målingene fra CPT308 nede ved elva og CPT313 i elva antyder at leira nede ved elva er noe overkonsolidert, antakelig som resultat av at tidligere overliggende avsetninger ble fjernet gjennom prosesser som skred og erosjon. Masser som tidligere har hatt større overlaging er derfor konsolidert til et høyere spenningsnivå enn dagens. Udrenert skjærstyrke i overkonsoliderte finkornige sedimenter kan beregnes dersom en kjenner forkonsolideringsnivået. Dette kan vurderes basert på en tolkning av CPTU-sonderingene, hvor forkonsolideringsnivået estimeres ut fra sonderings-resultatene.

Ut fra overkonsolideringsnivået kan udrenert skjærfasthet beregnes ved anvendelse av den såkalte SHANSEP-metoden (ref. /6/). Aktiv skjærfasthet, SuA,ocr , i overkonsolidert leire er således beskrevet ved den følgende ligningen:

$$SuA,ocr = 0,3 p_0' \times OCR^{0,65}$$

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 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 minimums-skjærfasthet, SuA,nc :

$$SuA,nc = 0,3 p_0'$$

3.2.3 Drenerte styrkeparametre

Det er utført 2 udrenerte triaksialforsøk på leirprøver i sonen, ref. /4/. Følgende drenerte skjærstyrkeparametre er tolket fra disse forsøkene, og er benyttet ved drenerte stabilitetsberegninger i leire:

Kohesjon (c):	8 kPa
Friksjonsvinkel (ϕ'):	30°

Støttefyllinger av stein er modellert med følgende parametre (konservative anslag):

Total romvekt (γ_{tot})	21 kN/m ³
Friksjonsvinkel (ϕ'):	37°
Kohesjon (c):	0 kPa

Sand er modellert med følgende parametre :

Total romvekt (γ_{tot})	19,5 kN/m ³
Friksjonsvinkel (ϕ'):	33°
Kohesjon (c):	0 kPa

3.3 Poretrykk

Poretrykksstasjonen BP 311 (ref. /4/) er installert på platået helt i nord. Det er installert to poretrykksmålere, henholdsvis på 5 og 15 m dybde. De målte poretrykkene er henholdsvis 16 kPa og 65,5 kPa, hvilket antyder at det er et betydelig lavere poretrykk enn hydrostatisk. Poretrykket antas basert på målingene å bli 50% av hydrostatisk fra grunnvannsnivå på 2 m dybde til 15m dybde, og derfra hydrostatisk.

På grunn av de de lave poretrykksmålingene, ble det gjennomført en sensitivitetsanalyse mht beregnet stabilitet for å se på effekt av et eventuelt høyere poretrykk i grunnen enn målt. Det er gjennomført en beregning der poretrykket antas å være hydrostatisk fra grunnvannsnivå på 3,5 m dybde oppe på platået, mens poretrykket nede ved elva antas å være hydrostatisk fra -1 moh. Resultatene fra beregningene viser bare en liten forskjell, hvilket antyder at poretrykksituasjonen ikke er en kritisk parameter (tilstrekkelig sikkerhet for drenerte forhold).

Poretrykksmålerne i henholdsvis BP 305 og 306 viser utslag på henholdsvis kote 2,89 m og 2,96 m (ref. /2/). I profil D er grunnvannsnivået på platået tatt som +3,0 moh.

Målte poretrykk fra BP 118 på platået bak skråningen viser hydrostatisk fordeling med dybden fra ca. 4 m under terreng, ref. /1/.

4 Stabilitetsberegninger

NGI har tidligere utført stabilitetsanalyser for faresone Bøle, jfr. ref. /1/ - /3/. Rapporten i ref. /2/ konkluderte med at den utlagte steinfylling i elva gir tilfredsstillende sikkerhet for dypere glidninger, men at sikkerheten er litt for lav for mindre glidninger oppstrøms profil E og opp mot området for kulturvern (ved skipsvraket). Området nord for den opprinnelige faresonen, innenfor sonen for kulturvernet, har ikke vært analysert i tidligere prosjekter.

De foreliggende vurderingene er basert på ovennevnte rapporter og på reviderte styrkeprofiler. Resultater fra beregningene er vist i vedlegg B. Stabilitet er beregnet med stabilitetsmodulen i den geotekniske programvaren NovaPoint GeoSuite Toolbox (ref. /8/). Beregningsprogrammet bruker "limit equilibrium method" i beregning av stabilitet for valgte glideflater, som kan være sirkulære eller plane/-sammensatte. Beregninger er utført både for udrenerte og drenerte forhold.

4.1 Generelt

Den eksisterende kvikkleiresonen Bøle er tett bebygd med næringsbygg og bolighus. Skråningen ned mot Skienselva har høydeforskjeller opp mot 10 m, med en helning på ca. 1:2.

Denne rapporten foreslår å utvide faresonen i nordlig retning. Dette er et område som ikke er utbygget, og som heller ikke er regulert til videre utbygging. I denne delen er helningen noe slakere på land, typisk 1:4 (profil 1-1). Den viktigste hensikten med å sikre dette området er derfor å sørge for at bebyggelsen langs den eksisterende faresonen blir tilstrekkelig sikret mot kvikkleireskred. Det er funnet å være akseptabelt å avvike noe fra kravene gitt i NVE's retningslinjer (ref. /5/). Stabilitetsvurderingene som er gjort følger derfor følgende plan:

- Langs den eksisterende kvikkleiresonen, dvs i strekningen som er bebygd i dag (profil D2, G, G2 og F) sør for tomtegrensen ved Bølevegen 130, skal foreslåtte tiltak gjennomføres i henhold til kravene gitt i ref. /5/.
- I sonen fra tomtegrensen og nordover til ravinen ca. 100 m lenger nord, skal det gjennomføres tiltak som bedrer situasjonen, men som ikke nødvendigvis tilfredsstiller kravene gitt i ref. /5/.
- Nord for ravinen foretas det ikke noen stabilitetssikrende tiltak. Årsaken er at et skred initiert i dette området er vurdert til å ha et løsneområde som ikke vil nå helt ned til dagens bebyggelse sør for tomtegrensen.

4.2 Prinsipper for stabilitetsforbedrende tiltak

Det er beregnet stabilitet for seks profiler. Profilene F, G2, G og D2 ligger i sikringssonen for kulturminner og har beregningsmessig dårlig stabilitet for dagens situasjon. Eventuelle tiltak i denne kulturminnesonen skal ikke påvirke skipsvraket som ligger i elva (begrenset område for støttefyllinger langs vraket). Profil 1-1 ligger nord for kulturminnesonen, innenfor området som er foreslått justert nordover i sonen. Profil D ligger innen eksisterende kvikkleirefaresone. De eksisterende beregninger for profil D ble oppdatert med nye grunnundersøkelser og data fra "as-built" kartlegging (ref. /11/).

For profiler hvor beregnet sikkerhet er dårligere enn angitt i NVEs retningslinjer (ref. /5/), er det foretatt beregninger med stabiliserende tiltak. Stabilitetsforbedrende tiltak er i utgangspunktet påkrevet dersom beregnet materialfaktor for dagens situasjon er mindre enn 1,4 (for drenert og/eller udrenert analyse).

Det er i retningslinjene åpnet for at stabiliserende tiltak ikke behøver å bringe skråningen til en situasjon hvor materialfaktor γ_m for den kritiske glideflaten etter stabiliserende tiltak blir 1,4 eller mer. I stedet kan det gjøres tiltak som resulterer i enten "forbedring" eller "vesentlig forbedring" av stabilitetsforholdene. Krav til prosentvis forbedring er knyttet til dagens stabilitetssituasjon. For en skråning som beregningsmessig er labil ($\gamma_m = 1,0$) er kravet til "vesentlig forbedring" at materialfaktoren skal økes med 15 %. For "forbedring" kreves det tilsvarende en forbedring på 10 %. For høyere materialfaktor i dagens situasjon er kravet beskrevet ved en glidende avtakende skala, og for $\gamma_m = 1,4$ kreves det således ingen forbedring.

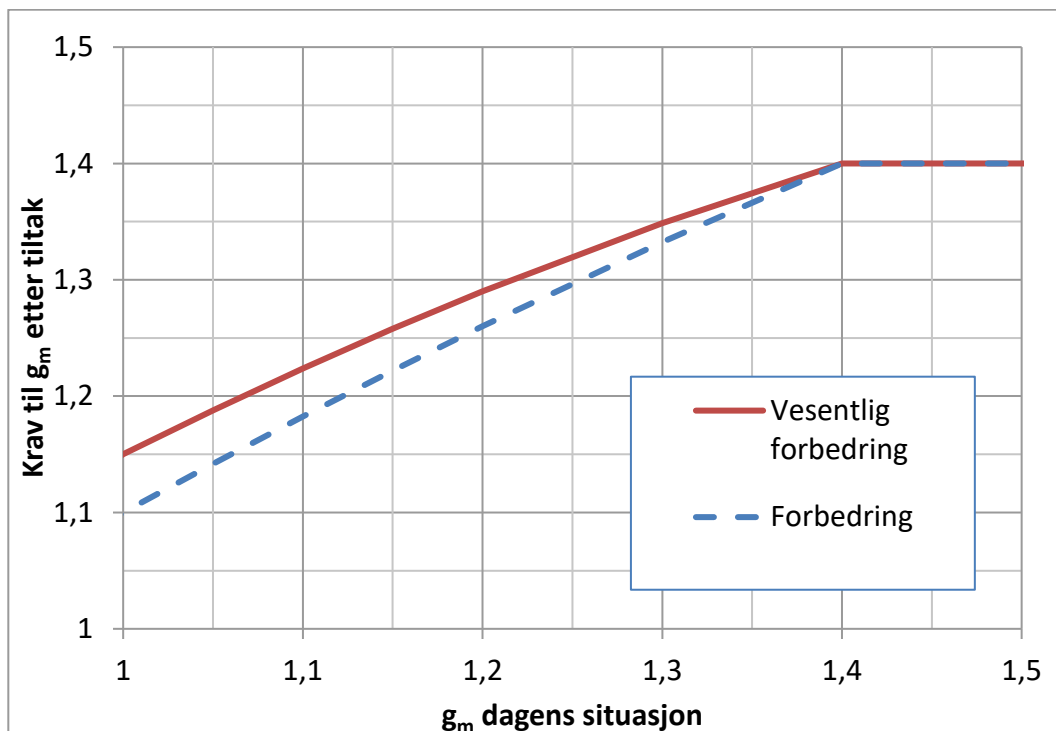
Krav til materialfaktor etter tiltak med utgangspunkt i beregnet materialfaktor for dagens situasjon er oppsummert i Figur 1. I denne rapporten er det tatt utgangspunkt i tiltak som sikrer *forbedring*, ut fra at eventuell fremtidig utvikling av området plasseres i

tiltakskategori K4 og kvikkleireklassene innenfor planområdet har faregradsklasse "lav" (se Vedlegg D), jfr. ref. /5/.

For vurderinger av lokal stabilitet (bærevne) av fyllingen er kravene til beregnet materialfaktor gitt i Eurokode 7 (ref. /12/), som er:

$\gamma_m > 1,4$ for udrenerte analyser

$\gamma_m > 1,25$ for drenerte analyser



Figur 1: Krav til materialfaktor etter stabiliserende tiltak ut fra beregnet materialfaktor for dagens situasjon. Krav for hhv. "forbedring" og "vesentlig forbedring" i hht. ref. /5/ er vist.

Beliggenhet av de analyserte profilene er vist på **tegning 010**. Resultater fra beregningene er vist i **vedlegg B**.

4.3 Profil 1-1

Profil 1-1 er det nordligste profilet vurdert i denne rapporten. Profilet befinner seg i området i faresonen som er foreslått utvidet i nordlig retning, dvs nord for den eksisterende faresonen. Skråningshøyde på land er i overkant av 10 m med helningsgrad ca. 1:4. I dette området er det foretatt supplerende grunnundersøkelser i form av dreie-trykksonderinger og prøvetaking (ref. /4/). Undersøkelsene viser at lagdelingen tilsvarer det som er tilfelle lenger sør i sonen, med varierende lag av leire og sand. Det er påvist sprøbruddmateriale.

Det er ikke foretatt trykksonderinger. Vurderinger av styrker for de ulike lagene er derfor vurdert på bakgrunn av styrker funnet i profiler lenger sør i sonen.

Totalspenningsanalyse:

Beregnet materialfaktor for dagens situasjon er 0,98, se vedlegg B01. Kritisk glideflate går gjennom den sensitive leira, med bakkant glidesirkel 65 m bak skråningen opp fra elva.

Drenert analyse:

Drenert analyse gir materialfaktor 1,93 for kritisk glidesirkel, se vedlegg B02.

Stabilitetsforbedrende tiltak:

Profil 1-1 ligger nord for området som er regulert til boligformål. Som beskrevet over er behovet for stabiliserende tiltak i første rekke relatert til videre utvikling sørover til eksisterende bebyggelse av en potensiell utglidning ved dette profilet. Man anser det derfor akseptabelt å avvike noe fra kravene gitt i ref. /5/, og heller vurdere omfang av sikring i forhold til hva som er mulig å få til ut fra de gjeldende forhold (topografi, utfylling i elva). NVE har satt som premiss at støttefylling i Skienselva ikke bør ha høyere nivå enn kote -3m. Stabilitetsberegninger med en slik støttefylling gir materialfaktor på 1,03 (udrenert analyse, vedlegg B03) og 2,00 (drenert analyse, vedlegg B04). For udrenerte analyser tilsvarer dette en 5% økning i materialfaktor, noe som er mindre enn krav gitt i ref. /5/, men allikevel vurdert til å være tilfredsstillende gitt den eksisterende situasjonen. Dersom det på et senere tidspunkt vurderes utbygging eller andre former for tiltak, må området sikres i henhold til NVEs kvikkleireveileder (ref. /5/) og Eurokode 7 (ref. /12/).

Beregninger av lokal stabilitet (bæreevne) for selve støttefyllingen gir minimum materialfaktor 1,87 (vedlegg B03), noe som tilfredsstiller kravene gitt i Eurokode 7 (Ref. /12/).

4.4 Profil F

Profil F ligger i sikringssonen for kulturminner, rett nord for vraket. Skråningshøyde på land er 10 m og bratteste helningsgrad er ca. 1:2. Det er påvist sensitiv leire/sprøbruddmateriale i profilet, med lagtykkelse inntil 6,5 m som ligger under kote + 3 moh på platået, og som antas å kile ut i elvebredden. Grunnen består av flere leire- og sandlag med varierende tykkelse. I beregningene er de tykkeste lagene med friksjonsmateriale (opptil 2.5m) modellert som sand. Poretrykket er basert på målinger modellert til å være 50% av hydrostatisk fra grunnvannsnivå på 2 m dybde til 15m dybde, og derfra hydrostatisk. Ved elva antas poretrykket å være hydrostatisk fra -1 moh.

Det er en brygge ved elvebredden. Det er ikke kjent hvordan denne er fundamentert. Beregningene inkluderer derfor ikke eventuelle gunstige effekter av brygge-fundament (gjelder også for profil G2, G og D2).

Totalspenningsanalyse:

Stabilitetsberegninger viser at det i realiteten er to kritiske glideflater; en lang som går ut i elva, og en kortere for den øvre skråningen. Beregnet materialfaktor for dagens situasjon for den lange glideflata er 1,14, mens beregnet materialfaktor for den øvre skråningen er 1,12 (vedlegg B05). I begge tilfeller går kritisk glideflate gjennom den sensitive leira, med bakkant glidesirkel bak skråningen opp fra elva på ca 65 m for den lange glidesirkelen og ca 45 m for den øvre skråningen.

Drenert analyse:

Drenert analyse gir materialfaktor 1,52 for kritisk glidesirkel, se vedlegg B06.

Stabilitetsforbedrende tiltak:

For udrenert analyse må materialfaktor etter tiltak være:

Forbedring:

Lang glidesirkel: 6,5 % økning av materialfaktoren, dvs. $\gamma_m = 1,14 \times 1,065 = 1,21$.

Øvre skråning: 7,0% økning av materialfaktoren, dvs. $\gamma_m = 1,12 \times 1,07 = 1,20$.

Tilstrekkelig materialfaktor for den udrenerte analysen oppnås med støttefylling opp til ca. kote -4,5 m i elva, samt noe senkning av terrenget i den øvre skråningen. Støttefyllingen i elva sørger for forbedring for den kritiske (globale) glideflaten, men da dette tiltaket ikke forbedrer situasjonen for den lokale øvre skråningen, som har en beregnet materialfaktor 1,12 i dagens situasjon (se vedlegg B05), kreves det et tiltak som også forbedrer profilet lokalt. Dette kan foretas ved å senke terrenget i den øvre skråningen. Både den kritiske glideflaten og den lokale glideflaten har høyere materialfaktorer enn kravene gitt over, henholdsvis 1,25 og 1,20, se vedlegg B07.

Beregninger av lokal stabilitet (bæreevne) for selve fyllingen gir minimum materialfaktor 1,54 (vedlegg B07), noe som tilfredstiller kravene gitt i Eurokode 7 (Ref. /12/).

4.5 Profil G2

Profil G2 ligger kun ca. 10 m sør for profil F, helt i nordenden av vraket. Årsaken til å inkludere dette profilet er relatert til utformingen av støttefyllingen rundt vraket. Lagdeling og styrkeprofiler er som for profil F.

Totalspenningsanalyse:

Beregnet materialfaktor for dagens situasjon er 1,28, se vedlegg B09. Kritisk glideflate går gjennom den sensitive leira. Utgående glidesirkel er ca. 55 m fra elvebredden.

Drenert analyse:

Drenert analyse gir materialfaktor 1,66 for kritisk glidesirkel, se vedlegg B10.

Stabilitetsforbedrende tiltak

For udrenert analyse må materialfaktor etter tiltak være:

Forbedring:

3,0 % økning av materialfaktoren, dvs. $\gamma_m = 1,28 \times 1,03 = 1,32$.

NVE har satt begrensninger mht oppfylling i elva, ved at maksimum høyde for støttefylling ikke skal være over kote -3,0 m. Stabilitetsberegninger med en slik geometri av støttefyllingen gir en beregnet materialfaktor 1,30 (se vedlegg B11). Avstand fra nedre del av støttefylling til vraket er ca 15 m.

Dette er isolert ikke tilstrekkelig mht kravene gitt over. Siden den manglende prosentvise økningen kun gjelder et meget avgrenset område (mindre enn 10 m langs elvebredden), anses det likevel være tilfredsstillende grunnet effekt av sideskjær (3D-effekt). Både for profil F (rett nord for profil G2) og for profil G (rett sør for profil G2) er stabiliteten forbedret tilstrekkelig. Generelt er 3D effekter ikke inkludert i beregningene (som positiv effekt) da det generelt er en så vidt lang strekning som vurderes. For meget avgrensede områder, som for dette tilfelle, antas det likevel ha en positiv effekt.

Beregninger av lokal stabilitet (bæreevne) for selve fyllingen gir minimum materialfaktor 1,94 (vedlegg B11), noe som tilfredsstiller kravene gitt i Eurokode 7 (Ref. /12/).

4.6 Profil G

Profil G ligger ca. 20 m sør for profil G2. Profilet går gjennom den sørlige delen av vraket som ligger i elva. Fra plataet til elva er høydeforskjellen ca. 11m. Som for profil F er det en blanding av sensitiv leire, leire og sand. Dreietrykksondering 308 antyder at det nede ved elva er sensitiv leire i 7 m tykkelse. Prøver fra BP 313 i elva viste ikke kvikkleire, men derimot et lag med sandig leire, eller leirig sand, fra 3-6 m dybde. Dreietrykksonderingen på BP 313 viste lag med sand og leire derunder. Porettrykksituasjonen antas som for profil F.

Totalspenningsanalyse:

Beregnet materialfaktor for dagens situasjon er 1,25, se vedlegg B13. Kritisk glideflate går både gjennom den underliggende leira og den sensitive leira. Utgående glidesirkel er ca. 10 m fra vraket, og på land ca 70 m fra elvebredden.

Drenert analyse

Drenert analyse gir materialfaktor 2,61 for kritisk glidesirkel, se vedlegg B14.

Stabilitetsforbedrende tiltak

For udrenert analyse må materialfaktor etter tiltak være:

Forbedring:

3,7 % økning av materialfaktoren, dvs. $\gamma_m = 1,25 \times 1,037 = 1,30$.

Tiltaket i denne profilen er begrenset av vraket, som er ansett som et kulturminne, og som derfor ikke skal tildekkes. Et tiltak med støttefylling opp til ca. kote -3,0 moh, se vedlegg B15, gir en tilstrekkelig materialfaktor etter kravene gitt over. Avstand fra nedre del av støttefylling til vraket er i dette området kun ca. 10 m.

Siden prøvene i BP 313 viste at materialet under elven ikke var en homogen leire, men inneholdt mye sand, har det også blitt utført beregninger der dette materialet er modellert som leirig sand. Som en konservativ antagelse er det brukt friksjonsvinkel $\varphi = 30$ grader, og kohesjon $c = 0$ for dette materialet. Det anbefalte tiltaket gir tilfredsstillende stabilitet også for dette beregningstilfellet.

Beregninger av lokal stabilitet (bæreevne) for selve fyllingen gir minimum materialfaktor 2,25 (vedlegg B15), noe som tilfredstiller kravene gitt i Eurokode 7 (Ref. /12/).

4.7 Profil D2

Profil D2 ligger ca 20 m sør for profil G, utenfor området som berøres av vraket. Høydeforskjellen fra plataet til elva er i underkant av 10 m. Det er som for de øvrige profilene presentert i denne rapporten en blanding av sensitiv leire, leire og sandlag. Ved elva er sensitiv leire lag begrenset på grunn av dreietrykksonderingen på BP 312, som viser lignende resultater til BP 313. Under -6 moh ved kaia er det sandig leire.

Totalspenningsanalyse:

Beregnet materialfaktor for dagens situasjon er 1,11, se vedlegg B17. Kritisk glideflate går både gjennom den underliggende leira og den sensitive leira. Bakkanten ligger ca. 65 m fra elvebredden.

Drenert analyse

Drenert analyse gir materialfaktor 1,31 for kritisk glidesirkel, se vedlegg B18. Kritisk glidesirkel er en lokal glidesirkel ved elvebredden. Bryggas fundament er ikke vurdert i stabiliteten beregningene, hvilket antas å være et konservativt anslag.

Stabilitetsforbedrende tiltak

For udrenert analyse må materialfaktor etter tiltak være:

Forbedring:

7,3% økning av materialfaktoren, dvs. $\gamma_m = 1,11 \times 1,073 = 1,19$.

Tilstrekkelig materialfaktor for den udrenerte analysen er 1,22, se vedlegg B19. Den drenerte analyse med tiltak viser en ny kritisk glideflate med tilstrekkelig materialfaktor 2,03.

Beregninger av lokal stabilitet (bæreevne) for selve fyllingen gir minimum materialfaktor 1,88 (vedlegg B19), noe som tilfredsstiller kravene gitt i Eurokode 7 (Ref. /12/).

4.8 Profil D

Tiltaket ved profil D ble utført etter forslag i NGI rapporter, og området er allerede sikret med steinfylling i elva. I denne rapporten er analysene av profil D oppdatert med bruk av nye data for å kontrollere om det eksisterende tiltaket er tilstrekkelig. Den nye prøveserien på BP 306 antyder sensitiv leire mellom 3,5 og 10,5 m dybde. Det er også lagt inn sandlag i beregningene av profil D. Topp nivået av plassert steinfylling er tatt fra "as-built" kartlegging mottatt fra NVE (ref. /11/).

Totalspenningsanalyse før tiltak:

Beregnet materialfaktor for situasjon før tiltak er 1,18 for den lokale glidesirkelen i den øvre skråningen, og 1,19 for den globale glidesirkelen, se vedlegg B21. Som for de andre profilene går kritisk glidesirkel stort sett gjennom den sensitive leira.

Drenert analyse før tiltak

Drenert analyse gir materialfaktor 1,51 for kritisk glidesirkel, se vedlegg B22.

Dagens stabilitetsforbedrende tiltak

For udrenert analyse må materialfaktor etter tiltak være:

Forbedring:

Lokalt: 5,5 % økning av materialfaktoren, dvs. $\gamma_m = 1,18 \times 1,055 = 1,24$.

Globalt: 5,3 % økning av materialfaktoren, dvs. $\gamma_m = 1,19 \times 1,053 = 1,25$.

Beregninger av dagens situasjon (etter tiltak) viser materialfaktor er 1,36 for den udrenerte lokale glidesirkelen, se vedlegg B23. Den udrenerte analyse for den globale glidesirkelen gir materialfaktor 1,57, mens den drenerte analyse gir materialfaktor 1,65. Stabiliseringstiltak ved profil D i dag er tilstrekkelig.

4.9 Profil E2

Profil E2 ligger i den nedre delen av sonen hvor terrenget er 2 m lavere enn i Profil D. Det er ikke utført nye undersøkelser i dette området.

Rapporten 20011544-00-37-R (ref. /2/) gir materialfaktorene for de kritiske lokale (øvre skråning) og globale sirkler på henholdsvis, $\gamma_m = 1,35$ og 1,50, se vedlegg B25.

4.10 Oppsummering av tiltak

Stabilitetsanalysene av profilene gir beregnede materialfaktorer som gitt i Tabell 3.

Tabell 3 Oppsummering stabilitetsanalyser

Profil	Udrenert		Drenert		Kommentar
	γ_m Dagens situasjon	γ_m etter sikrings-tiltak	γ_m Dagens situasjon	γ_m etter sikrings-tiltak	
1-1	0,98	1,03	1,93	2,00	5% økning etter tiltak
F	1,14/1,12*	1,25/1,20	1,52	1,72	Tilstrekkelig forbedring
G2	1,28	1,30	1,66	2,10	Anses tilstrekkelig forbedring med 3D effekt
G	1,25	1,33	2,61	2,64	Tilstrekkelig forbedring
D2	1,11	1,22	1,31	2,03	Tilstrekkelig forbedring
D	1,18	1,36	1,51	1,65	Tiltak allerede utført-tilstrekkelig forbedring.

*For henholdsvis lang glidesirkel og for øvre skråning

Stabilitetsforbedrende tiltak er foreslått og beregnet i hht. NVEs *Veileder 7/2014, Sikkerhet mot kvikkleireskred* (ref. /5). Tiltak vil være oppfylling med masse (stein) i elva nord for området der det allerede er utført tiltak, samt terrengsenking i den øvre skråningen nord for skipsvraket.

Estimerte volumer for motfyllingene er presentert i Tabell 4, med beliggenhet som vist på tegning 011.

Tabell 4 Estimerte volum tiltak

Profil	Estimat tverrsnittsareal (m ²)	Estimat volum (m ³)*
1-1	21,7 fylling	1388 fylling
F	22 fylling 11 avlastning	284 fylling 156 avlastning
G2	39 fylling	390 fylling
G	45 fylling	900 fylling
D2	70 fylling	3850 fylling

*se tegning 011 for områder de enkelte profiler dekker i volumberegningen

5 Forslag til soneutvidelse i nordlig retning

Kvikkleiresone 56 er tidligere utvidet i nordlig retning på bakgrunn av observasjoner rapportert i ref. /3/. Sonen ble utvidet ca 120 m mot nord, slik at den nordlige grensen går rett nord for profil F. På bakgrunn av supplerende grunnundersøkelser foretatt i 2019, samt nye feltobservasjoner, foreslås det å utvide sonen enda lenger i nordlig retning. Forslag til ny sone-avgrensning er gitt i tegning 010 og 011. Soneavgrensning i øst og nord er delvis basert på funn av berg i dagen og delvis på løsmassekart fra NGU (<http://geo.ngu.no/kart/losmasse/>).

Det foreslås at den sørlige soneavgrensningen beholdes. Dette skyldes delvis at gamle kart antyder at det har vært en ravine i dette område som siden er gjenfylt (www.norgebilder.no), og delvis at grunnundersøkelser utført for Norsk Hydro Produksjon i forbindelse med behandlingen av kommunedelplan Borgestad-Menstad viser at det ikke er sensitiv leire ned mot elva i fabrikkområdet ca. 200 m sør for den sørlige soneavgrensningen (ref. /13/).

Det er foretatt en ny faregradsevaluering på grunnlag av topografiske, geotekniske og hydrologiske kriterier gitt i ref. /9/. Denne evalueringen gir faregrad "Lav". Den lave skåren skyldes i første rekke relativt små skråningshøyder, målt pore undertrykk, og moderate målte sensitiviteter. Et faktaark med fare- og konsekvensvurdering er gitt i Vedlegg D.

Tabell 5 Evaluering av faregrad, Bøle

Faktorer	Vekt tall	Faregrad, score				Bøle	Bøle vektet
		3	2	1	0		
Tidligere skredaktivitet	1	Høy	Noe	Lav	Ingen	1	1
Skråningshøyde, meter	2	>30	20 – 30	15 – 20	<15	2	4
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	1,0-1,2	1,2-1,5	1,5-2,0	>2,0	2	4
Poretrykk	Overtrykk, kPa:	> + 30	10 – 30	0 – 10	Hydrostatisk	-1	-3
	Undertrykk, kPa:	> - 50	-(20 – 50)	-(0 – 20)			
Kvikkleiremektighet	2	>H/2	H/2-H/4	<H/4	Tynt lag	2	4
Sensitivitet	1	>100	30-100	20-30	<20	1	1
Erosjon	3	Aktiv/glidn.	Noe	Lite	Ingen	1	3
Inngrep:	Forverring	3	Stor	Noe	Liten	0	0
	Forbedring	-3	Stor	Noe	Liten		
Sum		51	34	16	0		14
% av maksimal poengsum		100 %	67 %	33 %	0 %		27%

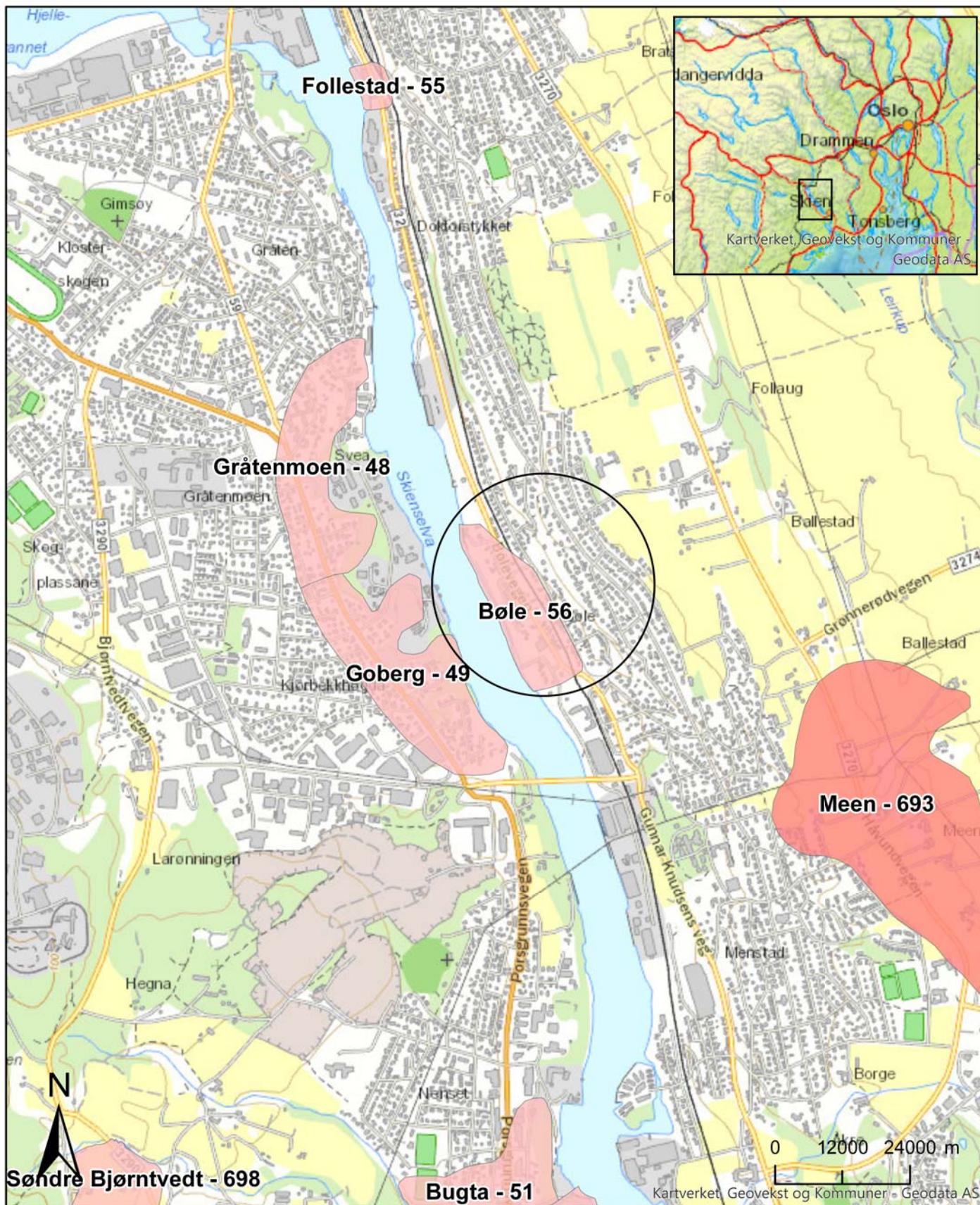
6 Referanser

- /1/ Norges Geotekniske Institutt (2008). Program for økt sikkerhet mot leirskred. Bøle, Skien kommune. Risiko for kvikkleireskred. Dokument nr. 20011544-03 rev. 01 datert 8. august 2008.
- /2/ Norges Geotekniske Institutt (2009). Stabilitet Skienselven. Supplerende grunnundersøkelser og vurdering av stabilitet i skråning over elvenivå. Dokument nr. 20011544-00-37-R datert 16. september 2009.
- /3/ Norges Geotekniske Institutt (2009). Bøle, Skienselven. Risiko for kvikkleireskred. Teknisk notat til prosjekt nr. 20011544, datert 21. januar 2009.
- /4/ Norges Geotekniske Institutt (2019). Stabilitetsanalyser av kvikkleiresone 56 Bøle i Skien kommune. Datarapport. Dokument nr. 20130896-01-R, rev. 02, datert 22. november 2019.
- /5/ NVE (2014): Sikkerhet mot kvikkleireskred. Vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper.
NVE veileder 7-2014. Revidert april 2014. ISSN: 1501 – 0678.
- /6/ Ladd, C. C. and R. Foott (1974): New design procedure for stability of soft clays. Journal of the geotechnical engineering division, ASCE, Vol. 100, No. GT7, July, pp. 763-786.
- /7/ Scandiaconsult (2002). Skienselva i Skien og Porsgrunn–Grunnundersøkelser datarapport. Rapport nr. 6202207A-1, datert 4. oktober 2002.
- /8/ ViaNova Systems (2000-2007). Novapoint GeoSuite Toolbox R18. Version 4.4.0.28. Install package 2.0.31.
- /9/ 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.
- /10/ GeoStrøm AS (2014). Grunnundersøkelse i Skienselva ved Bøle. Rapport nr. 1154/R1 datert 6. august 2014.
- /11/ NVE. Kotelinjer for ferdig terreng "Boleferdig05m_3D.dwg", e-post fra Martin Jespersen mottatt 20.06.2014.
- /12/ Eurokode 7 (2016)
NS-EN 1990:2002+NA1:2005+NA:2016.
Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering – Del 1: Allmenne regler
- /13/ Norges Geotekniske Institutt (2008). Kommunedelplan for Borgestad-Menstad. Datarapport supplerende grunnundersøkelser. Rapport 20081520-1, datert 22. oktober 2008.

Tegninger

Figurer

Tegningsnr.	Tittel	Skala	Rev.
001	Oversiktskart	1:20 000	01
010A	Borplan og beregningsprofiler, sone 56 Bøle – sør	1:1 000	04
010B	Borplan og beregningsprofiler, sone 56 Bøle – nord	1:1 000	04
011A	Tiltak – sør	1:500	04
011B	Tiltak – mellom profil D2 og 1	1:500	04
011C	Tiltak – nord	1:500	04
100	Ny grense av kvikkleiresone 56 Bøle	1:5000	01



Tegnforklaring

Bøle-kvikkleire stabilitetsvurderinger

Bøle, Skien kommune

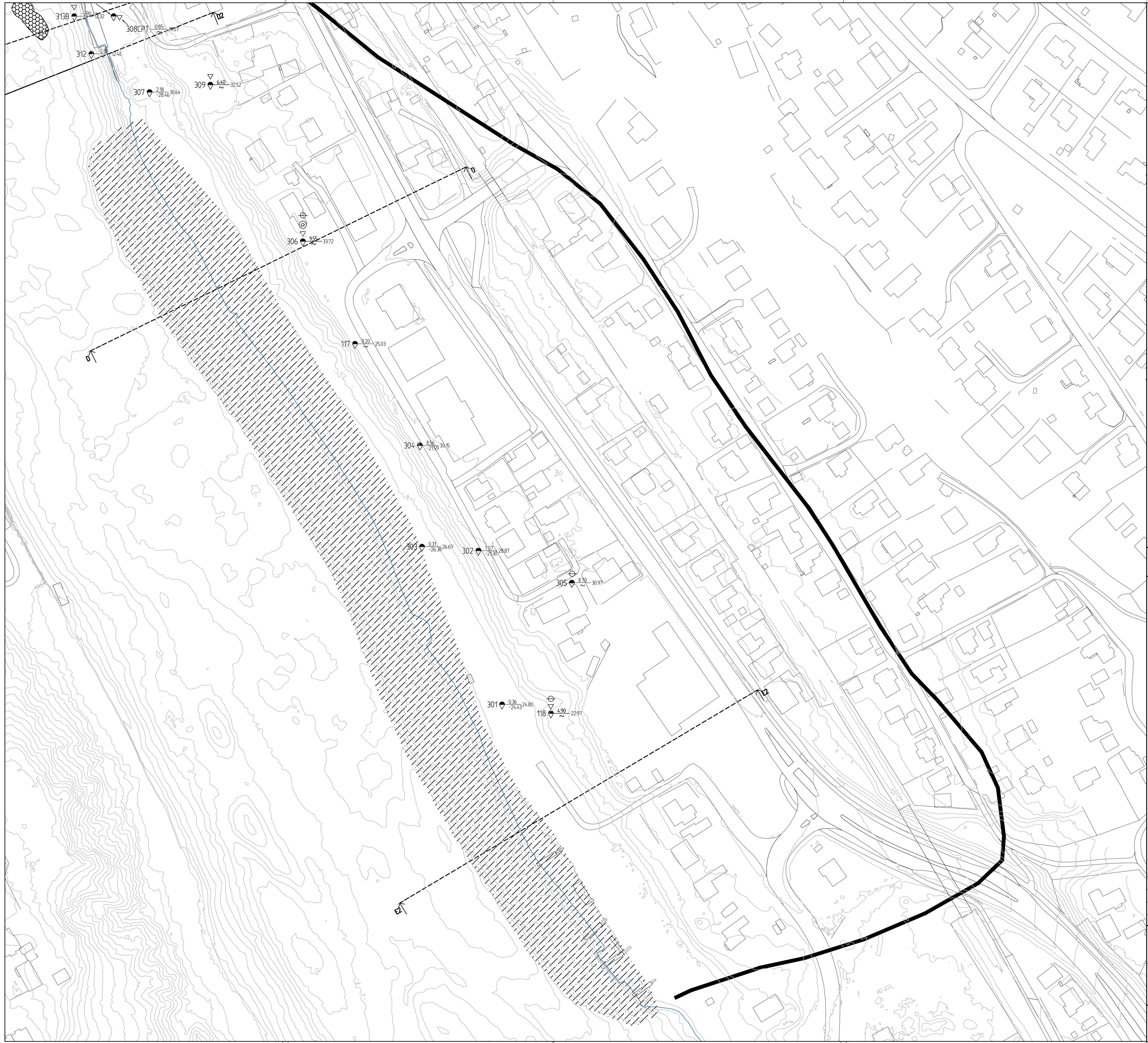
Oversiktskart

Dato	Utført	Kontrollert	Godkjent
2020-01-20	ViC	ON	BGK
Original format og målestokk	Kartprojeksjon		
A4 1:20 000	ETRS 1989 UTM Zone 33		
Prosjektnr.	Kartnr.	Rev.	
20130896-01-R	001	01	

NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT

Postboks 3930 Ullevål Stadion, 0806 OSLO
Sognsveien 72
Tlf. 22 02 30 00 Faks: 22 23 04 48
www.ngi.no



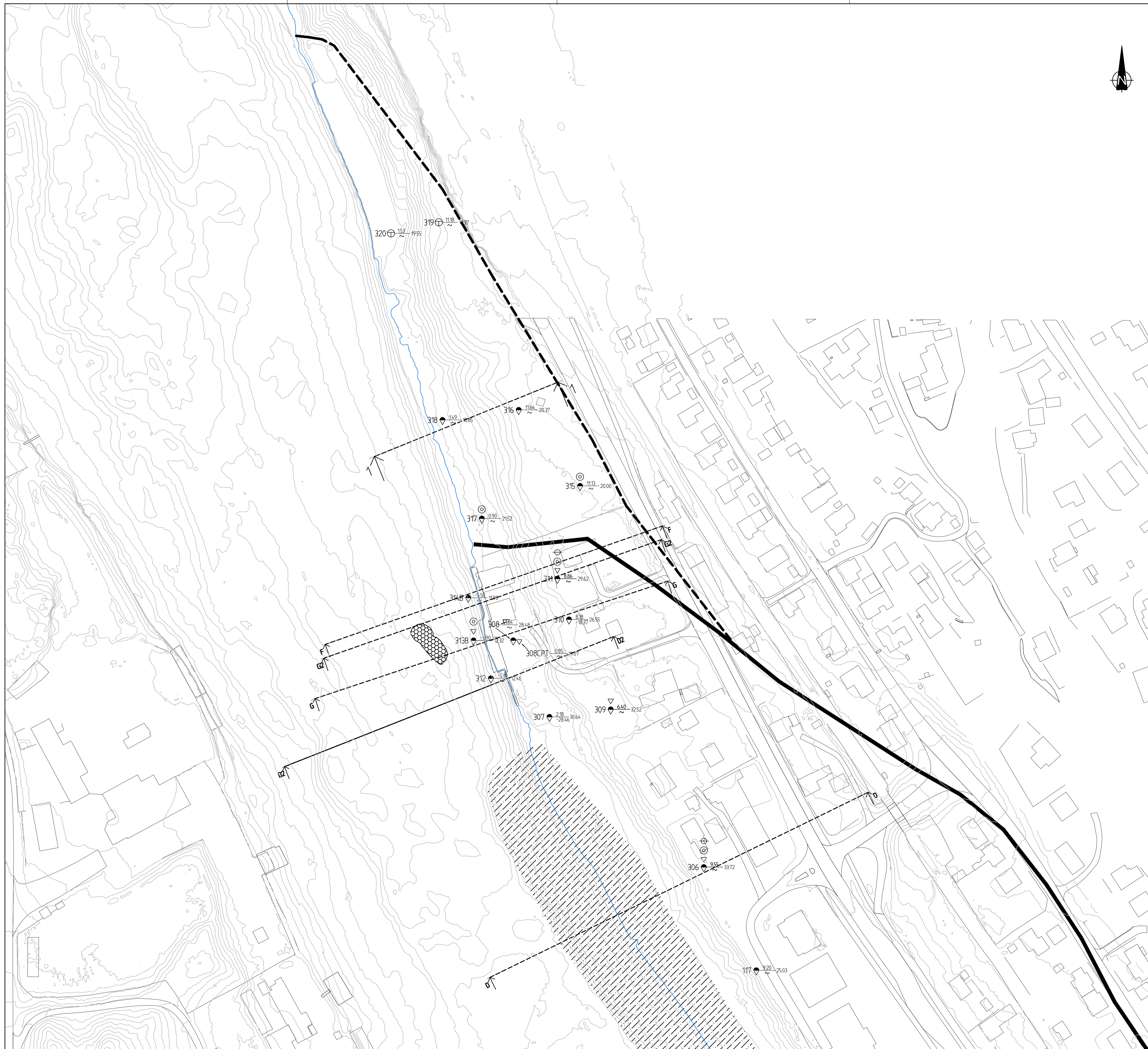


FORKLARINGER:

- Dreiesonering
 - Enkel sonering
 - ▽ Trykksonering
 - ☆ Fjellkontrollboring
 - ⬇ Dreitrykkssonering
 - ⊕ Totalsonering
 - ⊙ Prøveserie
 - Prøvegrøp
 - +
 - ⊖ Poretrykksmåling
 - ⚡ Fjell i dagen
- Borhull nr. $\frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antall fjellkote}}$ Boret dybde + (boret i fjell)
- Shipsvrak
 - Tidligere etablert motfylling
 - Eksisterende faresone

Tegningsstille:	Tegningsnr.:	Rev.:
-	-	-

04 Revidert etter oppdatering av beregninger	10.01.2020	VIC	DN	BGK
Rev. Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godk.
Bøle stabilitetsberegninger				
Status: -				
Original format: A1				
Tegnings tittelen: 2019 planfotning, old boreholes.dwg				
Håretsk: -				
Borplan - sør	1:1000			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Lilleveit 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	
10.01.2020	Vic	DN	BGK	
Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.		
20130896	010A			04



FORKLARINGER:

- Dreiesonering
- Enkel sonering
- ▽ Trykksonering
- ☆ Fjellkontrollboring
- ◆ Dreietrykksonering
- ⊕ Totalsonering
- ⊙ Prøveserie
- Prøvegrøp
- +
- ⊖ Poretrykksmåling
- ⚡ Fjell i dagen

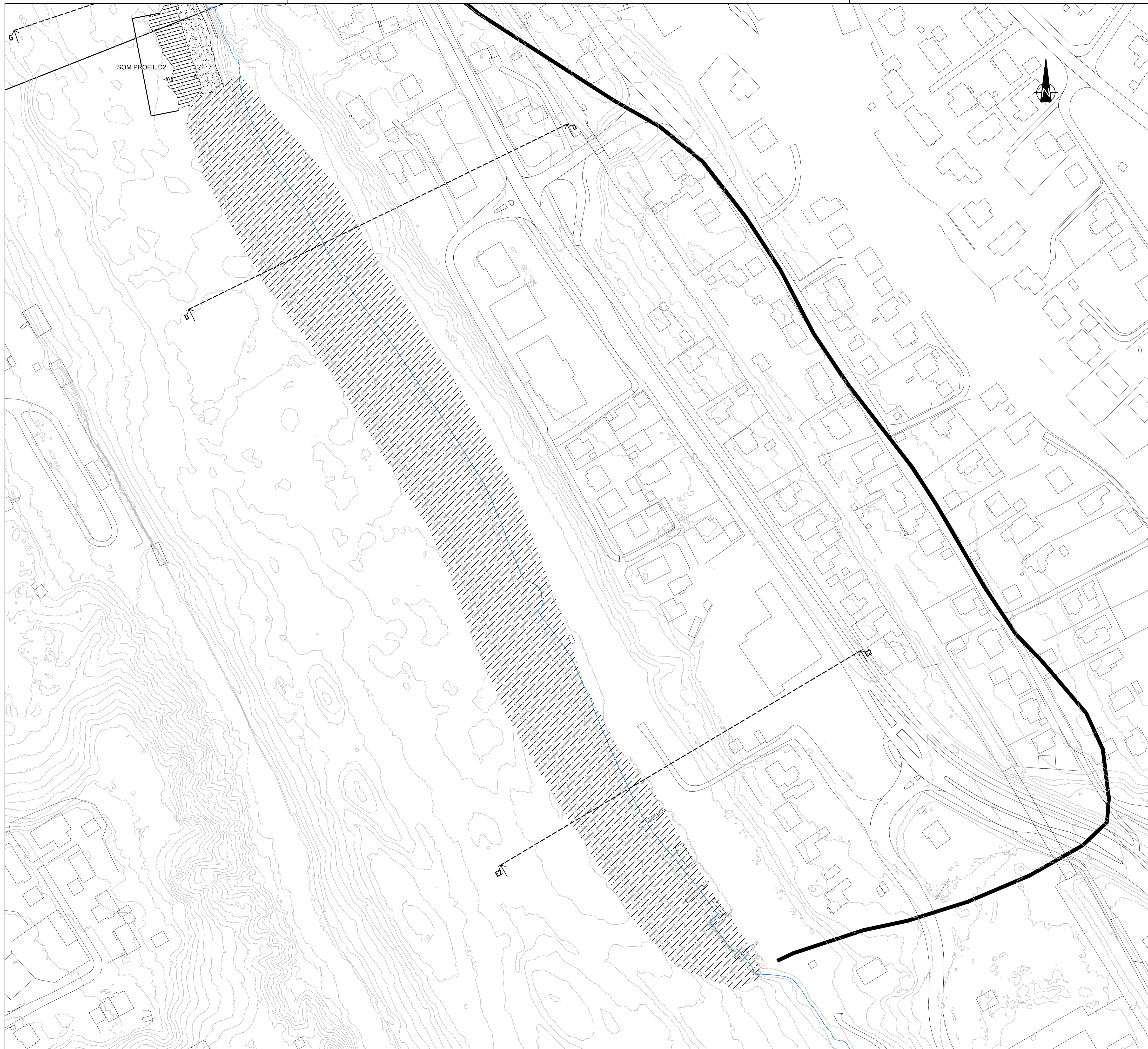
$\frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antall fjellkote}}$ Boret dybde + (boret i fjell)

- Skipsvrak
- Tidligere etablert motfylling
- Eksisterende faresone
- Forslag til utvidelse av eksisterende sone

Tegningsstille:	Tegningsnr:	Rev:
-	Layout3-A1 (594x841)	-

--	--	--	--	--

	04 Revidert etter oppdatering av beregninger	10.01.2020	VIC	DN	BGK
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godk.
	Bøle - stabilitetsberegninger	Original format A1			
	Borplan - nord	Tegnings tittelen 2019 plan-tegning_ old boreholes.dwg			
		1:1000			
	NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Lilleveit Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato 10.01.2020 Oppdragsnr. 20130896	Konstr./Tegnet VIC Tegningsnr. 010B	Kontrollert DN	Godkjert BGK Rev. 04



FORKLARINGER:

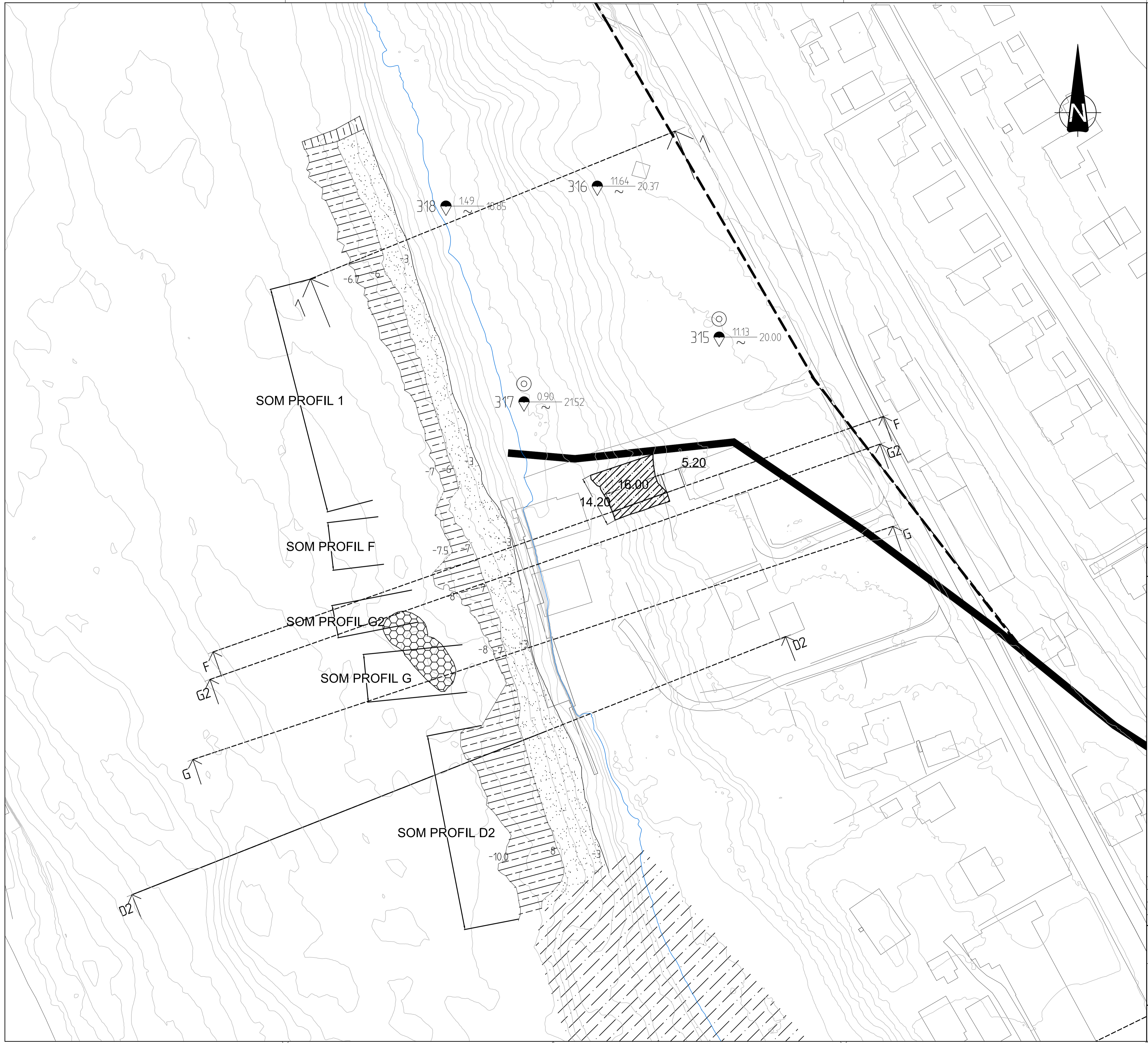
- Dreiesondring
- Enkel sondering
- ▽ Trykksondring
- ☆ Fjellkontrollboring
- ⬇ Dreietrykksondring
- ⊕ Totalsondring
- ⊙ Prøveserie
- Prøvegrøp
- +
- ⊖ Poretrykksmåling
- ⚡ Fjell i dagen

$\frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antall fjellkote}}$ Boret dybde + (boret i fjell)

- Skipsvrak
- Tidligere etablert motfylling
- Eksisterende faresone
- Forslag til utvidelse av eksisterende sone
- Avlastning
- Flat motfylling
- Motfylling

Tegningsstille:	Tegningnr:	Rev:
-	Layout2-A1 (594x841)	-

04	Revidert etter oppdatering av beregninger	16.01.2020	VIC	DN	BGK
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Bøle - stabilitetsberegninger		Status: - Original format: A1 Tegnings tittelen: 2019 planfotering_V4.dwg NBeslusk			
Tiltak - sør		1500			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Lillevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato: 16.01.2020 Oppdragsnr: 20130896	Konstr./Tegnet: ViC Tegningnr: 011A	Kontrollert: DN Rev:	Godkjent: BGK 04

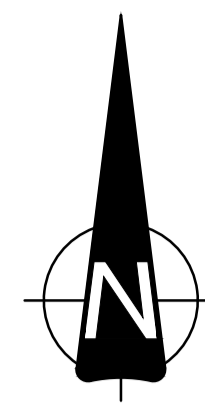


- FORKLARINGER:**
- Dreiesondring
 - Enkel sondering
 - ▽ Trykksondring
 - ☆ Fjellkontrollboring
 - ⬇ Dreietrykksondring
 - ⊕ Totalsondring
 - ⊙ Prøveserie
 - Prøvegrøp
 - +
 - ⊕ Poretrykksmåling
 - ⚡ Fjell i dagen
- Barhull nr. $\frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antall fjellkote}}$ Boret dybde + (boret i fjell)
- Skipsvrak
 - Tidligere etablert motfylling
 - Eksisterende faresone
 - Forslag til utvidelse av eksisterende sone
 - Avlastning
 - Flat motfylling
 - Motfylling

Tegningstittel:	Tegningnr.:	Rev.:
-	-	-

04	Revidert etter oppdatering av beregninger	16.01.2020	VIC	DN	BGK
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontroll.	Godkjert

Bøle - stabilitetsberegninger		Status: - Original format: A1 Tegnings tittelen: 2019 plantegning_V4.dwg NBeskrisk			
Tiltak - mellom profil D2 og 1		1500			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Lillevevl Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato: 26.11.2019 Oppdragsnr: 20130896	Konstr./Tegnet: ViC Tegningnr: 011B	Kontrollert: DN Rev.	Godkjert: BGK 04



FORKLARINGER:

- Dreiesondring
- Enkel sondring
- ▽ Trykksondring
- ☆ Fjellkontrollboring
- ⬇ Dreietrykksondring
- ⊕ Totalsondring
- ⊙ Prøveserie
- Prøvegrøp
- +
- ⊕ Poretrykksmåling
- ⚡ Fjell i dagen

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

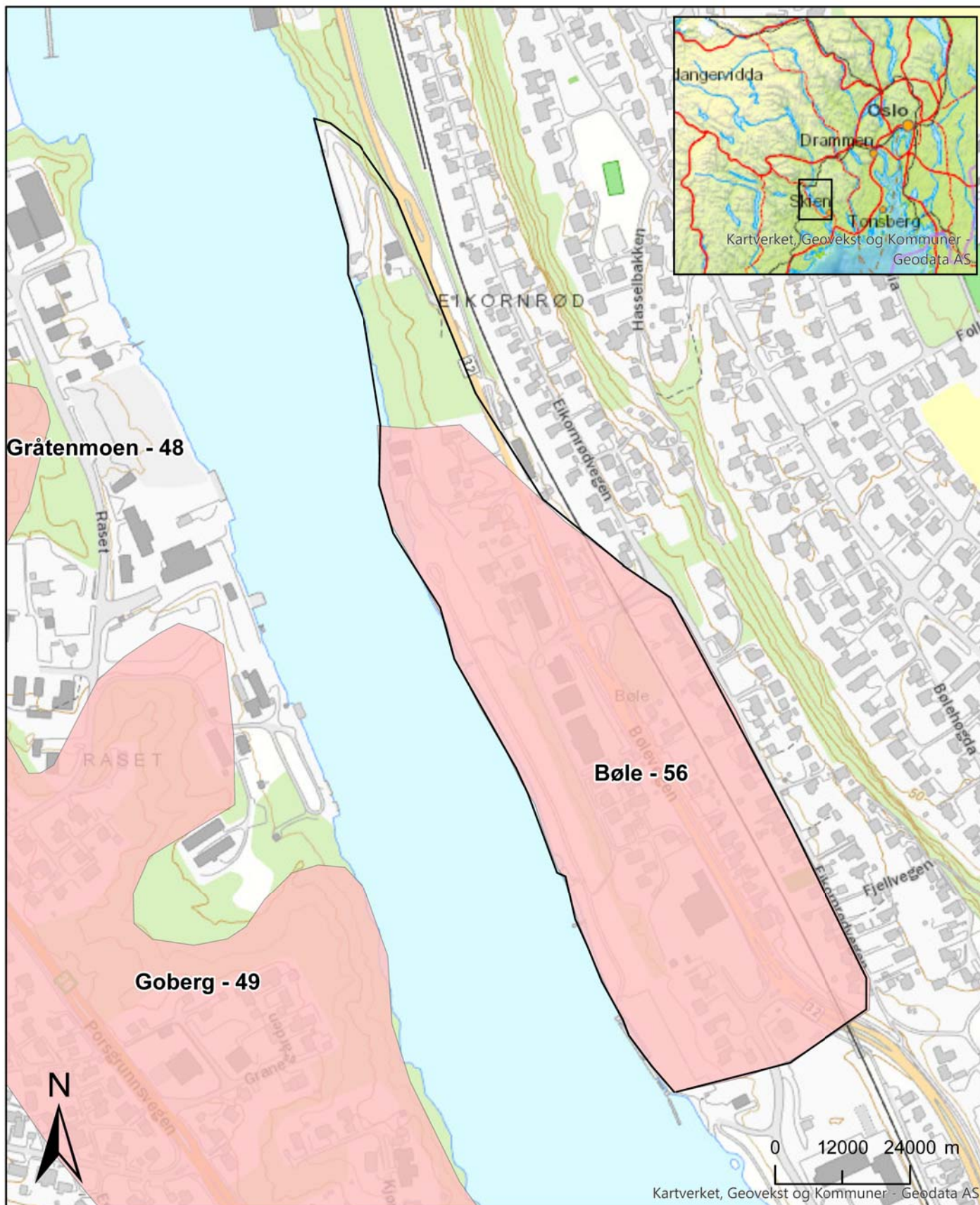
- Skipsvrak
- Tidligere etablert motfylling
- Eksisterende faresone
- Forslag til utvidelse av eksisterende sone
- Avlastning
- Flat motfylling
- Motfylling

Tegningstittel: -	Tegningsnr: Layout1-A1 (594x841)	Rev: -
----------------------	-------------------------------------	-----------

04	Revidert etter oppdatering av beregninger	16.01.2020	VIC	DN	BGK
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godk.
Bøle - stabilitetsberegninger		Status: - Original format: A1 Tegnings tittelen: 2019 planlegging_V4.dwg NB: Bestikk			
Tiltak - nord		1500			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Lillelvi Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato: 16.01.2020 Oppdragsnr: 20130896	Karakt. / Tegnet: ViC Tegningsnr: 011C	Kontrollert: DN Godkjent: BGK	Rev: 04

SOM PROFIL 1

320 ⊕ $\frac{153}{\sim}$ 19.55
 319 ⊕ $\frac{11.18}{\sim}$ 9.37
 318 ⬇ $\frac{149}{\sim}$ 18.85
 316 ⬇ $\frac{11.64}{\sim}$ 20.37
 315 ⬇ $\frac{11.13}{\sim}$ 20.00
 317 ⬇ $\frac{0.90}{\sim}$ 21.52



Tegnforklaring

— Ny grense

Eksisterende soner

Faregradklasse

- 1 - Lav
- 2 - Middels
- 3 - Høy

Bøle-kvikkleire stabilitetsvurderinger

Bøle, Skien kommune

Oversiktskart

Dato	Utført	Kontrollert	Godkjent
2020-01-20	ViC	ON	BGK
Original format og målestokk		Kartprojeksjon	
A4 1:5 000		ETRS 1989 UTM Zone 33	
Prosjektnr.	Kartnr.	Rev.	
20130896-01-R	100	01	
NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT Postboks 3930 Ullevål Stadion, 0806 OSLO Sognsveien 72 Tlf. 22 02 30 00 Faks: 22 23 04 48 www.ngi.no			

Vedlegg A

AKTIV UDRENERT SKJÆRFASHTHET TOLKET FRA CPTU-SONDERINGER

Figurer

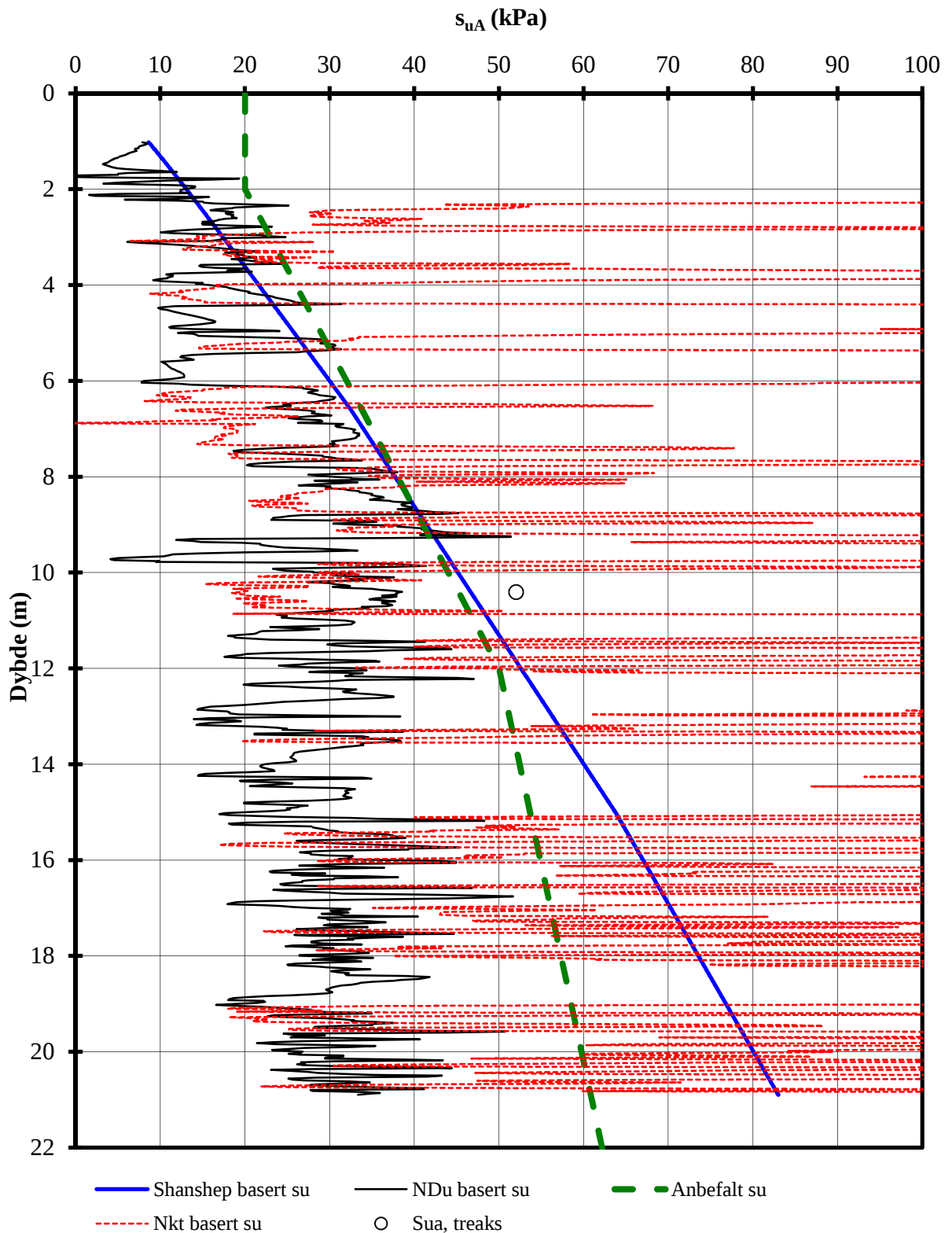
Figur A1 CPTU 306

Figur A2 CPTU 308

Figur A3 CPTU 309


Figur A4 CPTU 311

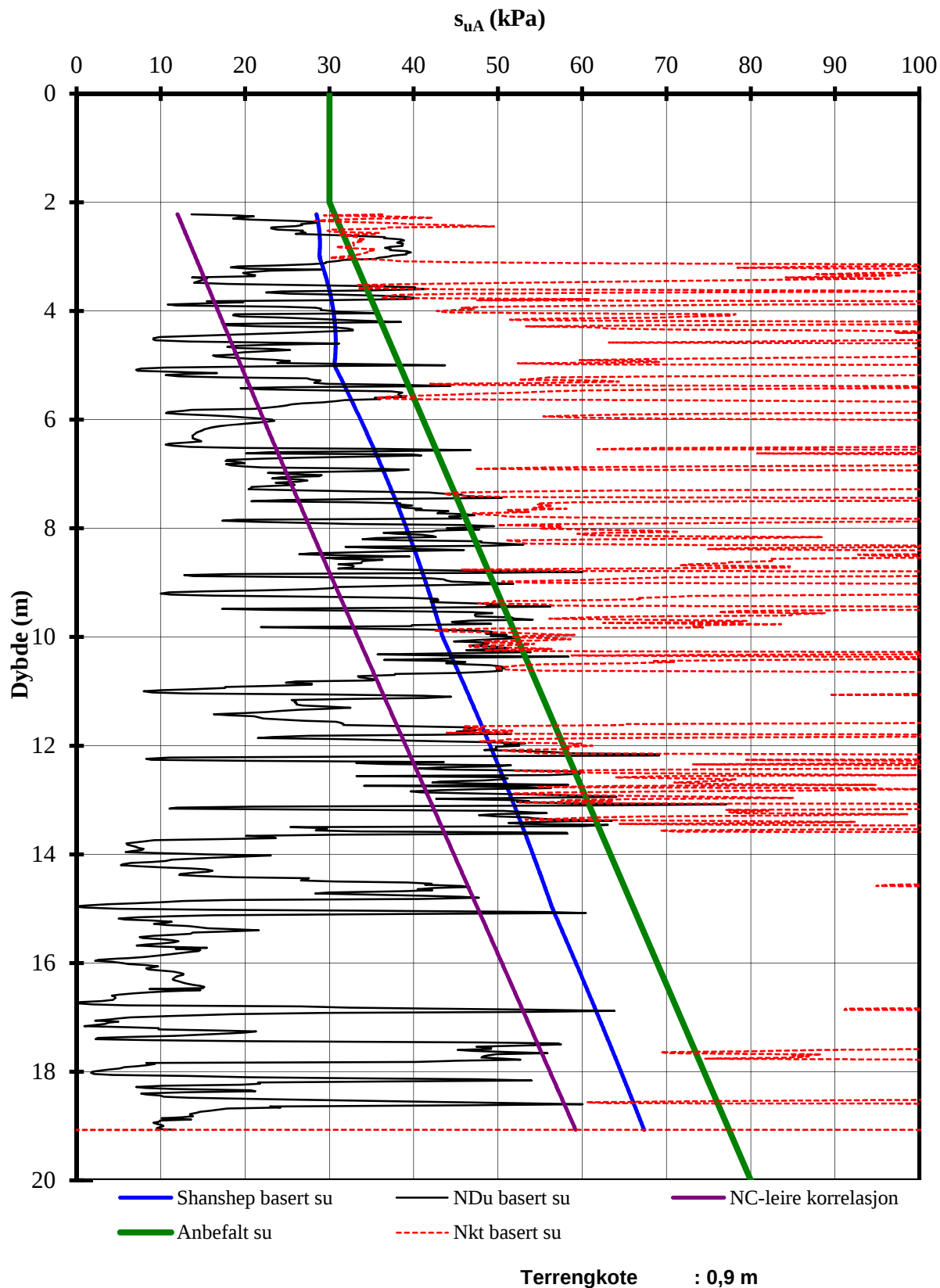
Figur A5 CPTU 313




Terrengkote : 9.55 m
 Tidligere terrengnivå : 12 m

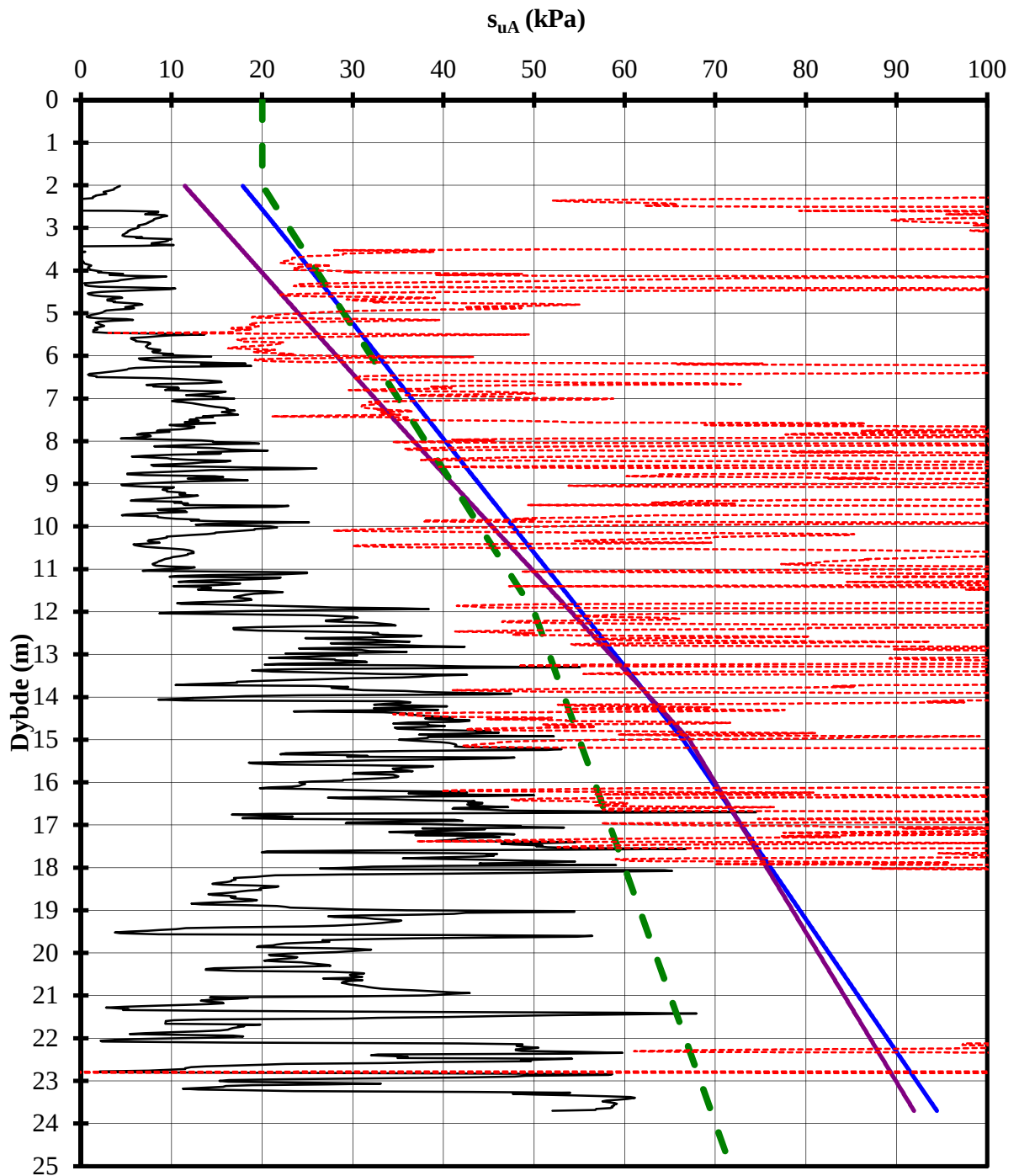
P:\2013\08\20130896\Beregninger\CPTU tolk\CPTU-tolk_306_lah.xlsm\sua profil

Bøle - kvikkleire stabilitetsvurdering Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanshep. Borhull 306	Rapport nr. 20130896	Figur nr. A1
	Tegner LaH	Dato 28.01.2014
	Kontrollert JMC	
	Godkjent BGK	



P:\2013\08\20130896\Beregninger\CPTU tolk\CPTU-tolk308.xls]sua profil


Bøle - kvikkleire stabilitetsvurdering Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanshep. Borhull308	Rapport nr.	Figur nr.
	20130896	A2
	Tegner	Dato
	LaH	28.01.2014
Kontrollert		
Godkjent		
	BGK	

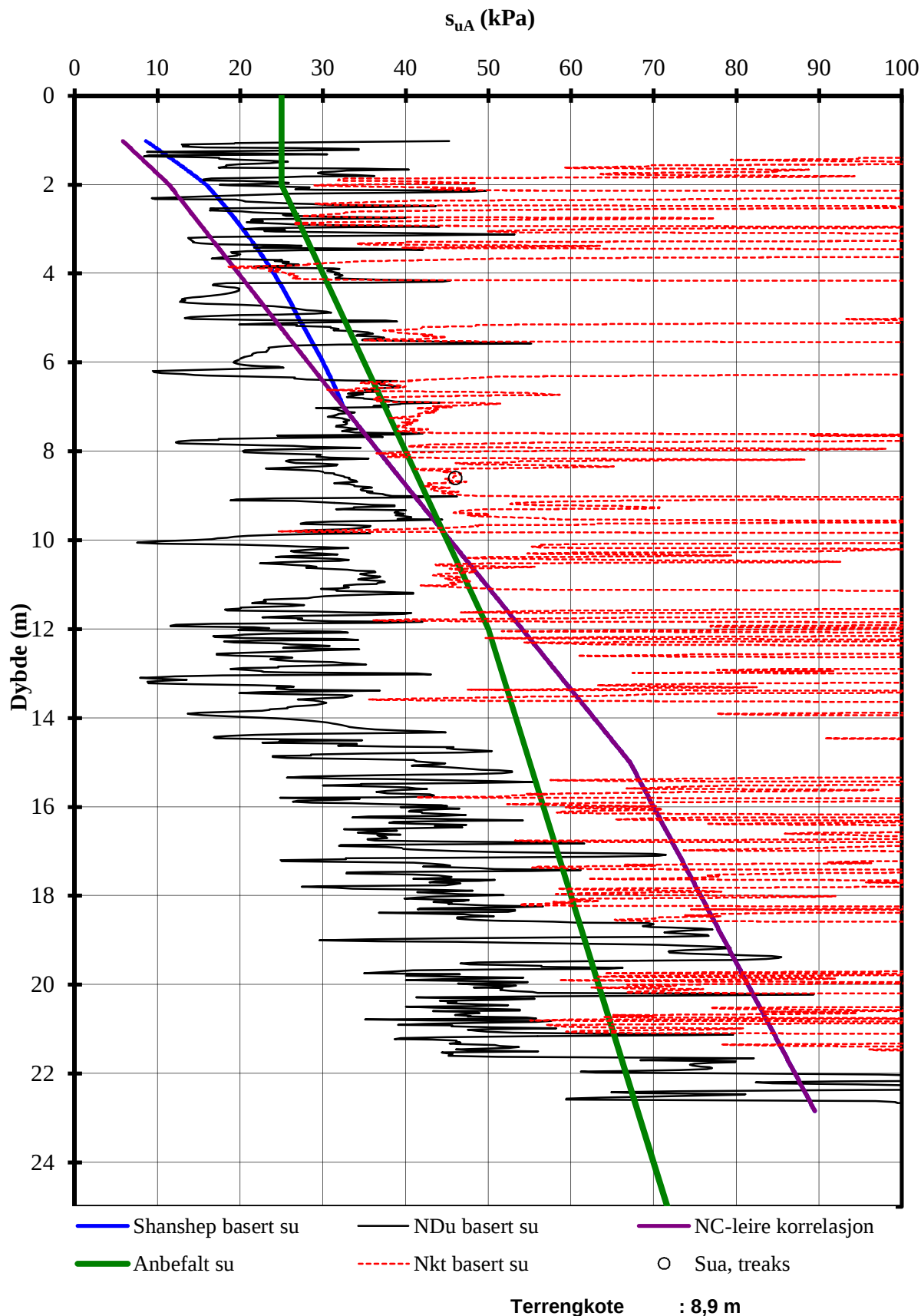


— Shanshep basert su — NDu basert su — NC-leire korrelasjon
- - - Anbefalt su - - - Nkt basert su

Terrengkote : 6.4 m
 Tidligere terrengnivå : 12 m

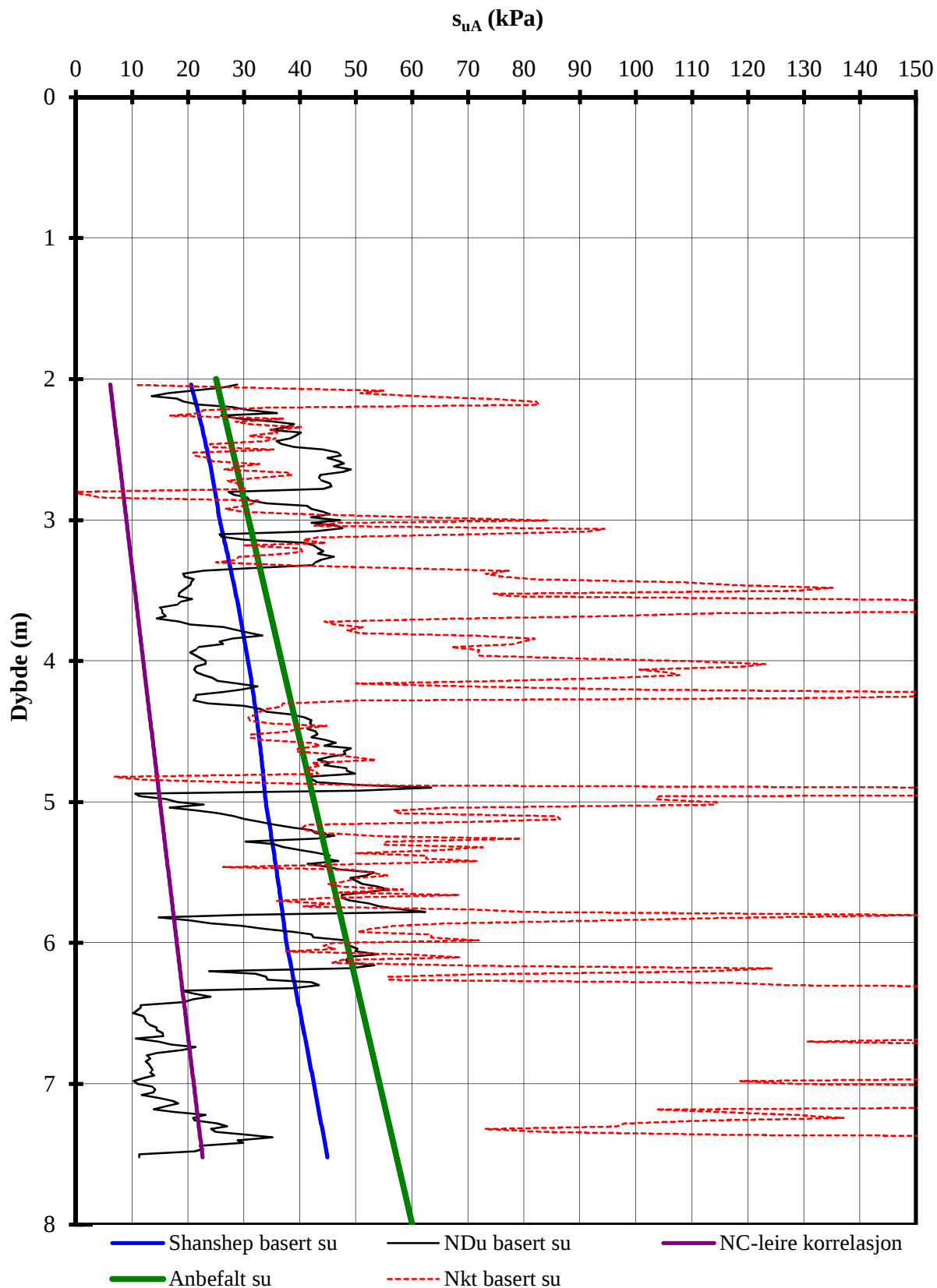
P:\2013\08\20130896\Beregninger\CPTU tolk\CPTU-tolk_309_lah.xlsm]sua profil

Bøle - kvikkleire stabilitetsvurdering	Rapport nr.	Figur nr.
	20130896	A3
Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanshep. Borhull 309	Tegner	Dato
	LaH	21.02.2014
	Kontrollert JMC	
Godkient BGK		




P:\2013\08\20130896\Beregninger\CPTU tolk\CPTU-tolk_311_lah.xls\sua profil

<p>Bøle - kvikkleire stabilitetsvurdering</p> <p>Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanshep.</p> <p>Borhull311</p>	Rapport nr. 20130896	Figur nr. A4	
	Tegner LaH	Dato 28.01.2014	
	Kontrollert JMC		
	Godkjent BGK		



Terrengkote : -5,9 m

P:\2013\08\20130896\Beregninger\CPTU tolk\CPTU-tolk_313B.xls\sua profil

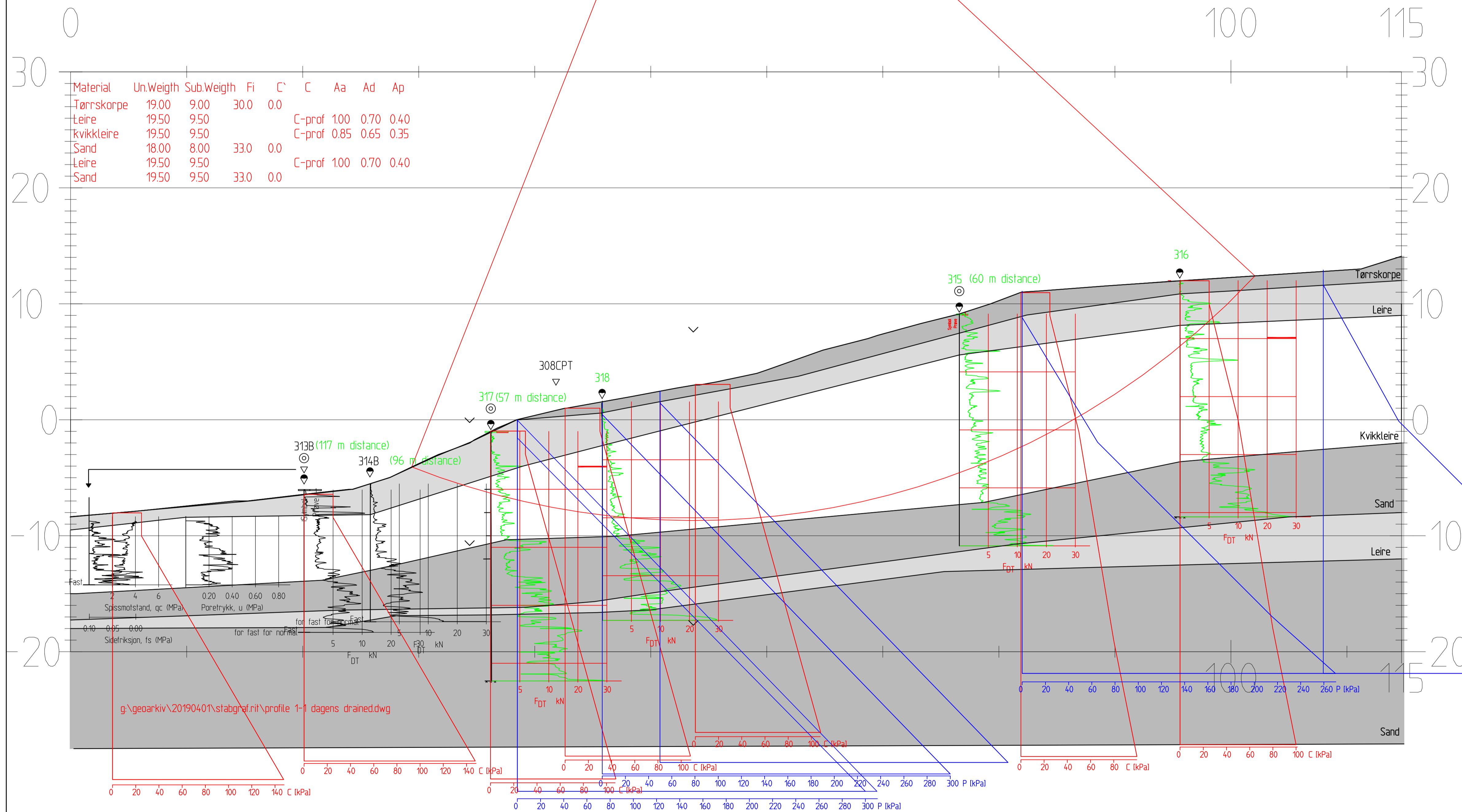
Bøle - kvikkeleire stabilitetsvurdering Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanshep. Borhull313	Rapport nr.	Figur nr.
	20130896	A05
	Tegner	Dato
	LaH	05.09.2014
Kontrollert		
Godkjent		
BGK	BGK	

Vedlegg B

RESULTATER FRA STABILITETSBEREGNINGER, SONE 56 BØLE

Tegningsnr.	Tittel	Rev.
B01	Profil 1-1-Dagens-Udrenert	00
B02	Profil 1-1-Dagens-Drenert	00
B03	Profil 1-1-Tiltak-Udrenert	00
B04	Profil 1-1-Tiltak-Drenert	00
B05	Profil F-Dagens-Udrenert	02
B06	Profil F-Dagens-Drenert	02
B07	Profil F-Tiltak-Udrenert	02
B08	Profil F-Tiltak-Drenert	02
B09	Profil G2-Dagens-Udrenert	00
B10	Profil G2-Dagens-Drenert	00
B11	Profil G2-Tiltak-Udrenert	00
B12	Profil G2-Tiltak-Drenert	00
B13	Profil G-Dagens-Udrenert	02
B14	Profil G-Dagens-Drenert	02
B15	Profil G-Tiltak-Udrenert	02
B16	Profil G-Tiltak-Drenert	02
B17	Profil D2-Dagens-Udrenert	02
B18	Profil D2-Dagens-Drenert	02
B19	Profil D2-Tiltak-Udrenert	02
B20	Profil D2-Tiltak-Drenert	02
B21	Profil D-Før tiltak-Udrenert	00
B22	Profil D-Før tiltak-Drenert	00
B23	Profil D-Dagens-Udrenert	01
B24	Profil D-Dagens-Drenert	01
B25	Profil E2-Dagens-Udrenert	00

Profile 1-1



FORKLARINGER:

- Dreiesondring
- Enkel sondring
- ▽ Trykksondring
- ☆ Fjellkontrollboring
- ⬇ Dreietrykksondring
- ⊙ Prøveserie
- Prøvegrop
- ⊕ Vingeboring
- ⊖ Poretrykksmåling
- ⊗ Fjell i dagen

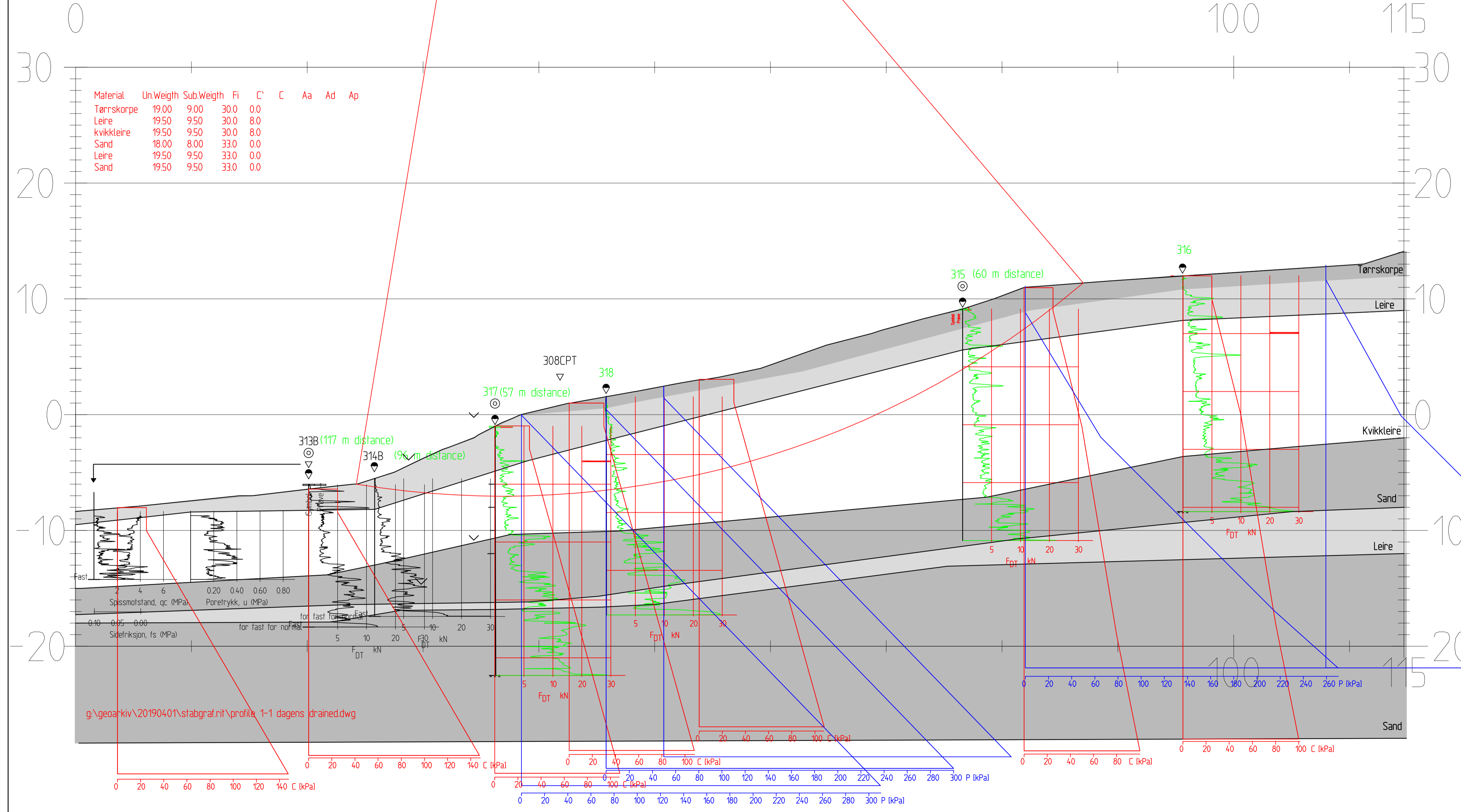
Borhull nr. Terreng (bunn) kote Boret dybde + (boret i fjell)
 Anlagt fjellkote

Tegningstittel:	Tegningssk: A1 (594x841)	Rev:
-----------------	--------------------------	------

Rev:	Beskrivelse:	Dato:	Tegn:	Kont:	Godk:
-	-	-	-	-	-
NVE, Region Sør Geot. Utredning 56 Bøle, Skien Kommune					Status: Original format Tegnings tittelen: PROFIL 1-1 DAGENS undrained.dwg Målestokk: 1200
Stabilitetsvurdering PROFIL 1 - Dagens - Udrenert					
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Lilleveit Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato: 07.01.2020 Oppdragsnr: 20130896	Karstr./Tegnet: ViC Tegningssk: B01	Kontrollert: DN Rev: BGK	Godkjent: 00

$F_c \varphi = 1.93$
 $F_{c\phi} = 1.93$
 Result file : G:\geoteknik\20190401\STABGRAF.RIT\PROFILE 1-1 DAGENS Drained.R4

Profile 1-1



Material	Un.Weight	Sub.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Tørrskorpe	19.00	9.00	30.0	0.0				
Leire	19.50	9.50	30.0	8.0				
kvikkleire	19.50	9.50	30.0	8.0				
Sand	18.00	8.00	33.0	0.0				
Leire	19.50	9.50	33.0	0.0				
Sand	19.50	9.50	33.0	0.0				

- FORKLARINGER:**
- Dreiesondring
 - Enkel sondring
 - ▽ Trykksondring
 - ☆ Fjellkontrollboring
 - ⚡ Dreietrykksondring
 - ⊙ Prøveserie
 - Prøvegrop
 - ⊕ Totalsondring
 - + Vingeboring
 - ⊖ Poretrykksmåling
 - ⚡ Fjell i dagen
- Borhull nr. $\frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Anlagt fjelkkote}}$ Boret dybde + (boret i fjell)

Tegningstittel:	Tegningnr:	Rev:
-	A1 (594x841)	-

Rev:	Beskrivelse:	Dato:	Tegn:	Kontr:	Godkj:
-	-	-	-	-	-

NVE, Region Sør
Geot. Utredning 56 Bøle, Skien Kommune

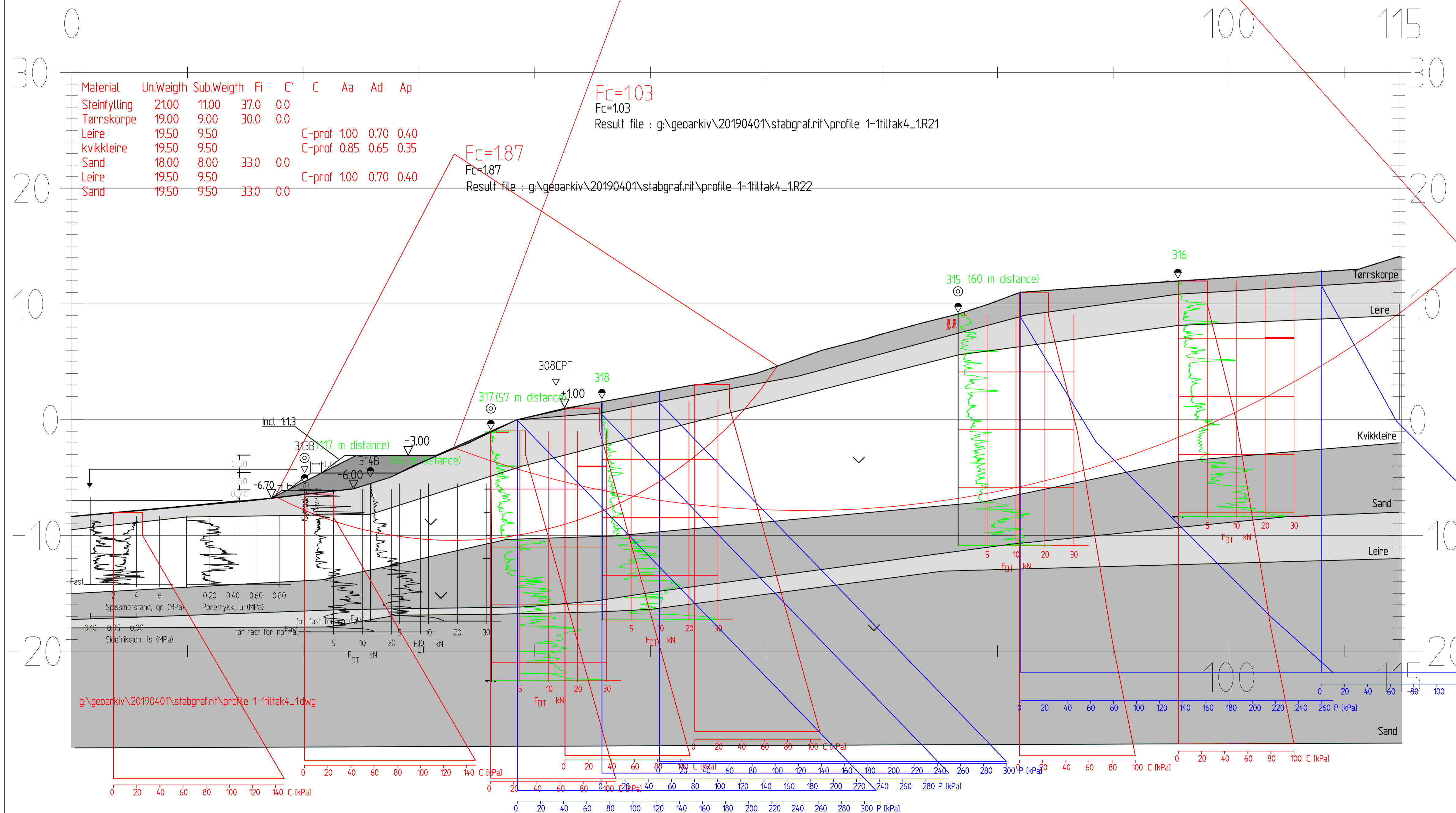
Status: Original format
 Tegnings tittel: B02 - PROFIL 1 - Dagens - Drenert.dwg
 NBeskr:

Stabilitetsvurdering
PROFIL 1 - Dagens - Drenert

1200

NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Lilleveit Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato: 07.01.2020 Oppdragsnr: 20130896	Konstr./Tegnet: ViC Tegningnr: B02	Kontrollert: DN	Godkjent: BGK
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------	---------------------------------------	-----------------	---------------

Profile 1-1



FORKLARINGER:

- Driesondring
- Enkel sondring
- ▽ Trykksondring
- ☆ Fjellkontrollboring
- ⦿ Dreietrykksondring
- ⊕ Totalsondring
- ⊙ Prøveserie
- Prøvegrop
- ⊕ Vingeboring
- ⊖ Poretrykksmåling
- ⊗ Fjell i dagen

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

- Form på motfylling brukt i stabilitetsberegningene
- Detaljert utforming av motfylling som grunnlag for utleggingen

Tegningstittel:	Tegningsskisse:	Rev:
-	A1 (594x841)	-

NVE, Region Sør Geot. Utredning 56 Bøle, Skien Kommune		Status: -- Original format: A1 Tegningsnavn: B03 - PROFIL 1 - Tiltak - Udrenert.dwg NBeskr:	
Stabilitetsvurdering - Bæreevne PROFIL 1 - Tiltak - Udrenert		1200	
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Lillevevl Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato: 07.01.2019 Oppdragsnr: 20130896	Karstr./Tegnet: ViC Tegningsskisse: B03	Kontrollert: DN Godkjent: BGK Rev: 00

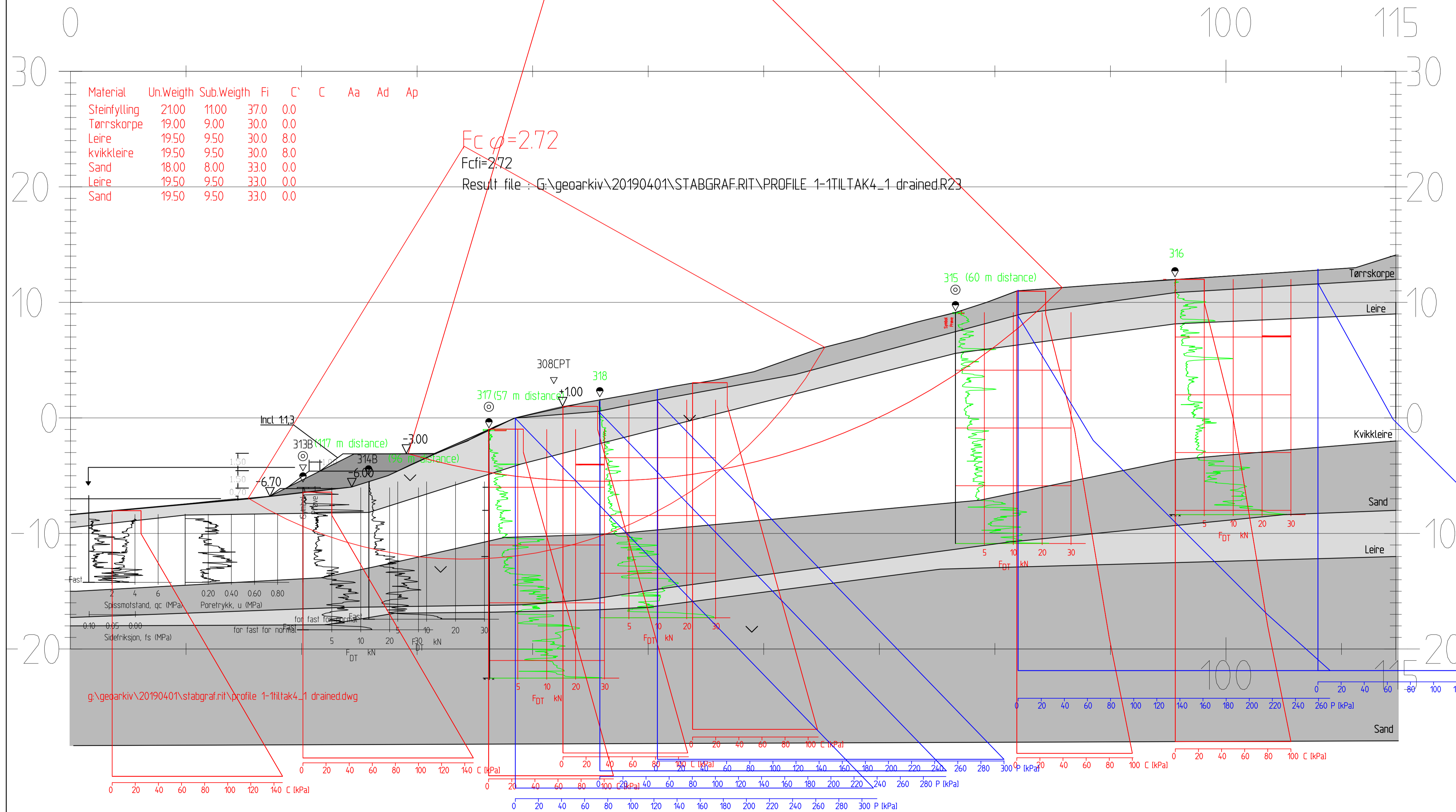
FORKLARINGER:

- Dreiesondring ☆ Fjellkontrollboring ⊙ Prøveserie ⊖ Poretrykksmåling
- Enkel sondring ▼ Dreietrykksondring □ Prøvegrop ⚡ Fjell i dagen
- ▽ Trykksondring ⊕ Totalsondring + Vingeboring

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

- Form på motfylling brukt i stabilitetsberegningene
- Detaljert utforming av motfylling som grunnlag for utleggingen

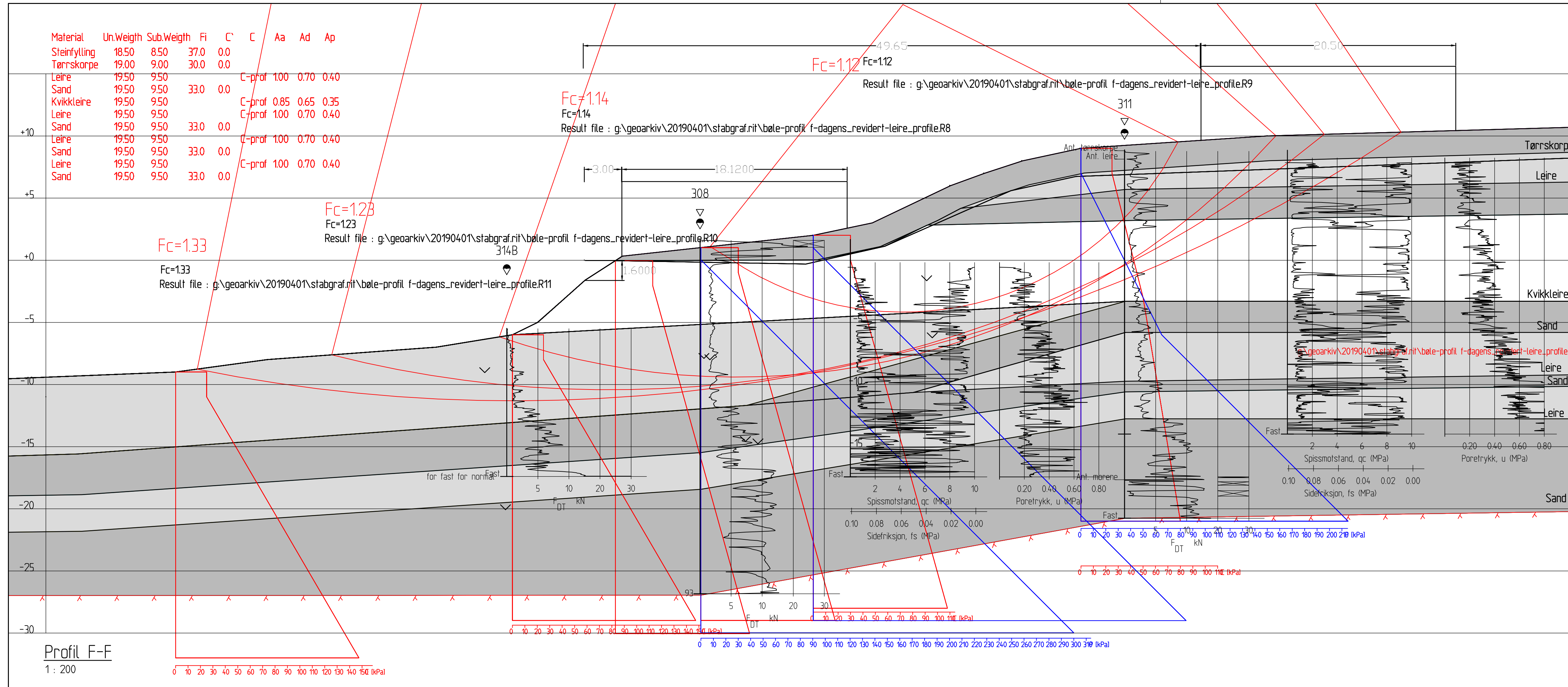
Profile 1-1



Tegningsnr.	A1 (594x841)	Rev.
-------------	--------------	------

NVE, Region Sør Geot. Utredning 56 Bøle, Skien Kommune		Status Original format Tegningsnr. tilsvarende Bøle - Profil 1 - tiltak - drenert.dwg 1200	
Stabilitetsvurdering - Bæreevne PROFIL 1 - Tiltak - Drenert	NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Lilleveit Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Date 07.01.2020 Oppdragsnr. 20130896	Karakt. / Tegnet ViC Tegningsnr. B04
Kontrollert DN		Godkjent BGK	Godkjennt 00

Material	Un.Weight	Sub.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Steinfylling	18.50	8.50	37.0	0.0				
Tørrskorpe	19.00	9.00	30.0	0.0				
Leire	19.50	9.50	33.0	0.0	C-prof	1.00	0.70	0.40
Sand	19.50	9.50	33.0	0.0				
Kvikkleire	19.50	9.50			C-prof	0.85	0.65	0.35
Leire	19.50	9.50			C-prof	1.00	0.70	0.40
Sand	19.50	9.50	33.0	0.0				
Leire	19.50	9.50	33.0	0.0	C-prof	1.00	0.70	0.40
Sand	19.50	9.50	33.0	0.0				
Leire	19.50	9.50	33.0	0.0	C-prof	1.00	0.70	0.40
Sand	19.50	9.50	33.0	0.0				



Profil F-F
1 : 200

FORKLARINGER:

- Dreiesondering
- Enkel sondering
- ▽ Trykksøndering
- ☆ Fjellkontrollboring
- ◆ Dreietrykksøndering
- ⊕ Totalsondering
- ⊙ Prøveserie
- Prøvegrop
- + Vingebooring
- ⊖ Poretrykksmåling
- ^^ Fjell i dagen

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

02	Ny geometri ved elvebredden	07.01.2020	VIC	ON	BGK
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.

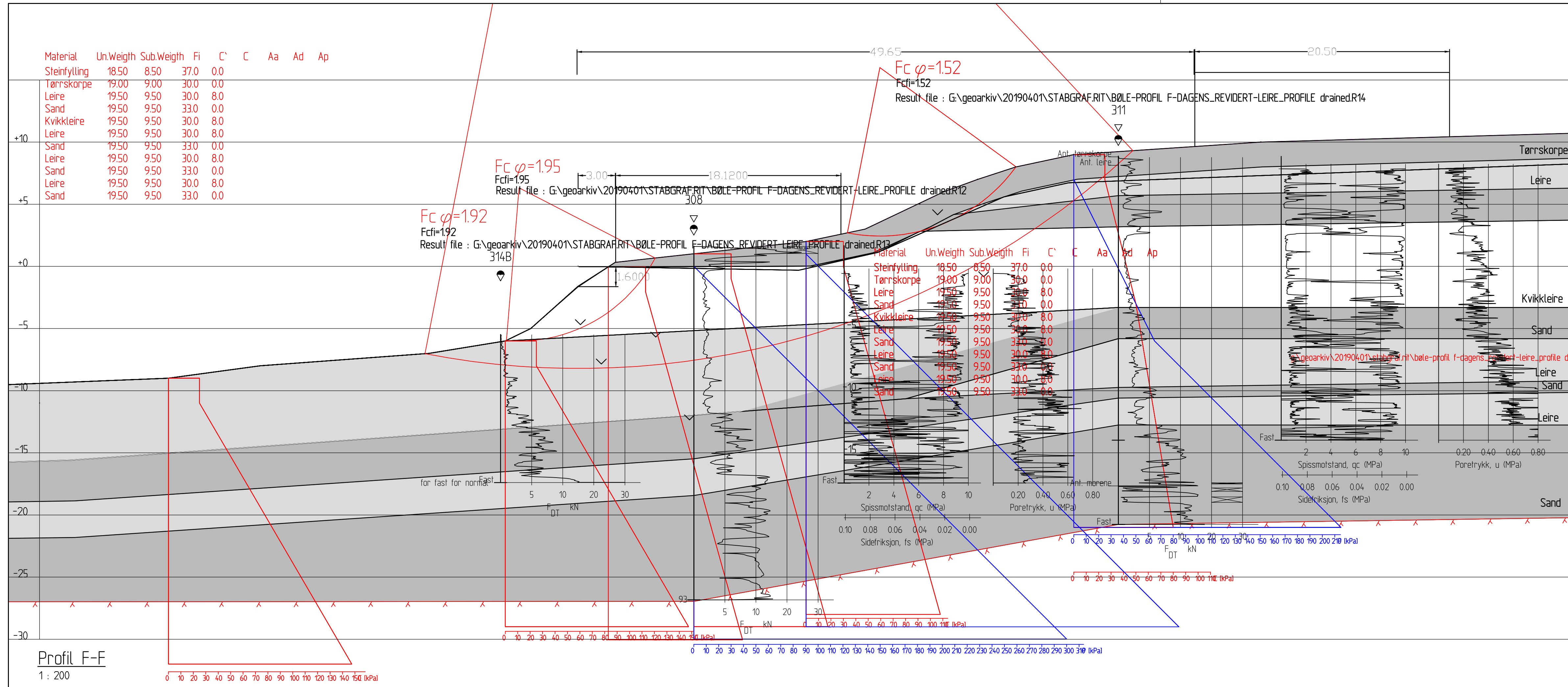
NVE, Region Sør
Geot. Utredning 56 Bøle, Skien Kommune

Stabilitetsvurdering
PROFIL F - Dagens - Udrenert

Status
Original format
A-3LL
Tegningens filnavn
B05 - Profil F - Dagens - Udrenert.dwg
Målestokk
1200

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 07.01.2020 Oppdragsnr. 20130896	Konstr./Tegnet ViC Tegningsnr. B05	Kontrollert ON	Godkjent BGK	Rev. 02
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------	---------------------------------------------	-------------------	-----------------	------------

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Steinfylling	18.50	8.50	37.0	0.0				
Tørrskorpe	19.00	9.00	30.0	0.0				
Leire	19.50	9.50	30.0	8.0				
Sand	19.50	9.50	33.0	0.0				
Kvikkleire	19.50	9.50	30.0	8.0				
Leire	19.50	9.50	30.0	8.0				
Sand	19.50	9.50	33.0	0.0				
Leire	19.50	9.50	30.0	8.0				
Sand	19.50	9.50	33.0	0.0				
Leire	19.50	9.50	30.0	8.0				
Sand	19.50	9.50	33.0	0.0				



- FORKLARINGER:**
- Dreiesonering
 - Enkel sondering
 - ▽ Trykksone
 - ☆ Fjellkontrollboring
 - ⬇ Dreietrykksone
 - ⊕ Totalsondering
 - ⊙ Prøveserie
 - Prøvegrop
 - + Vingeboring
 - ⊖ Poretrykksmåling
 - ⋈ Fjell i dagen

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

02	Ny geometri ved elvebredden	07.01.2020	VIC	DN	BGK
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.

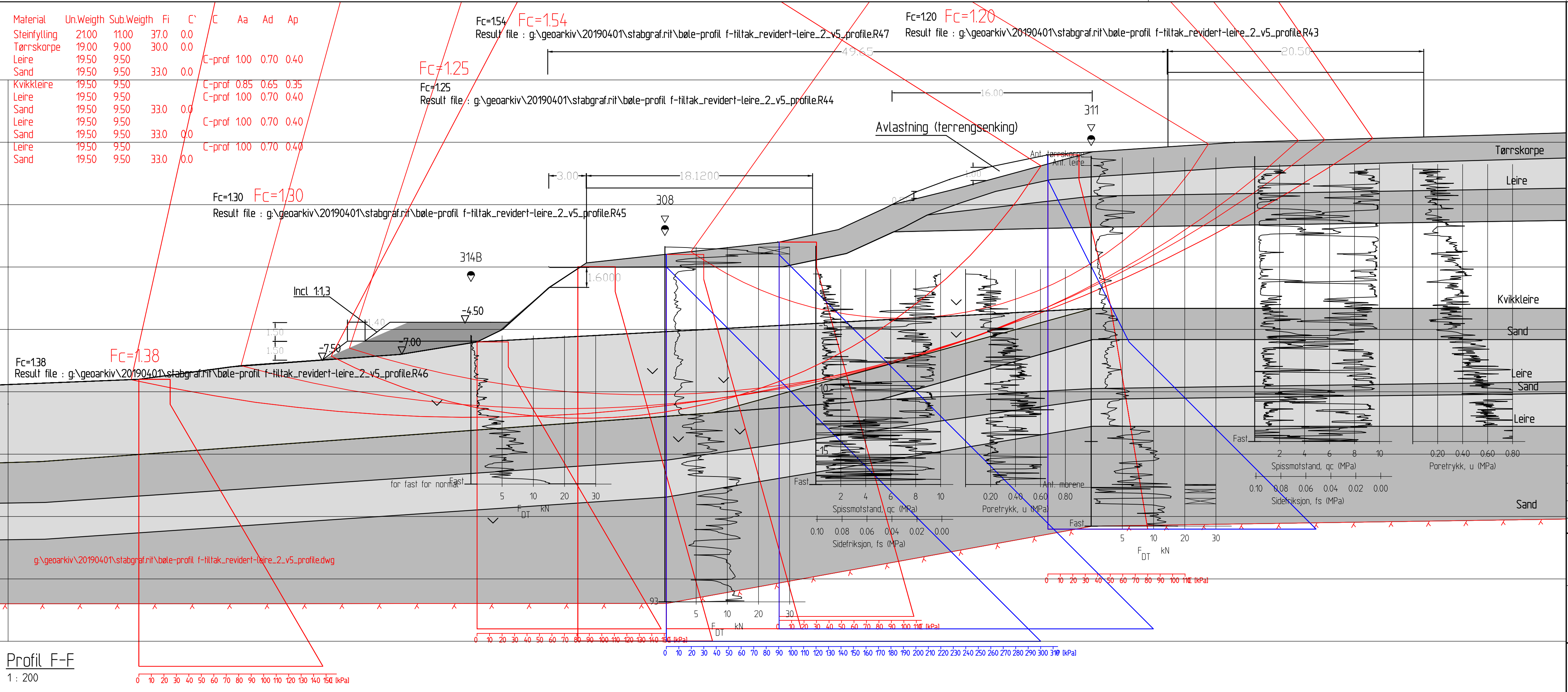
NVE, Region Sør
Geot. Utredning 56 Bøle, Skien Kommune

Stabilitetsvurdering
PROFIL F - Dagens - Drenert

1200

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 07.01.2020 Oppdragsnr. 20130896	Konstr./Tegnet ViC Tegningsnr. B06	Kontrollert DN	Godkjent BGK
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------	---------------------------------------------	-------------------	-----------------

Profil F-F
1 : 200



- FORKLARINGER:**
- Dreiesonering
 - Enkel sonering
 - ▽ Trykksoneering
 - ☆ Fjellkontrollboring
 - ◆ Dreietrykksoneering
 - ⊕ Totalsonering
 - ⊙ Prøveserie
 - Prøvegrop
 - + Vingeboering
 - ⊖ Poretrykksmåling
 - ^^ Fjell i dagen

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

- Form på motfylling brukt i stabilitetsberegningene
- Detaljert utforming av motfylling som grunnlag for utleggingen

02	Ny geometri ved elvebredden	07.01.2020	VIC	ON	BGK
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.

NVE, Region Sør
Geot. Utredning 56 Bøle, Skien Kommune

Stabilitetsvurdering - Bæreevne
PROFIL F - Tiltak - Udrenert

Målestokk: 1200

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 07.01.2020 Oppdragsnr. 20130896	Konstr./Tegnet ViC Tegningsnr. B07	Kontrollert ON	Godkjent BGK
				Rev. 02

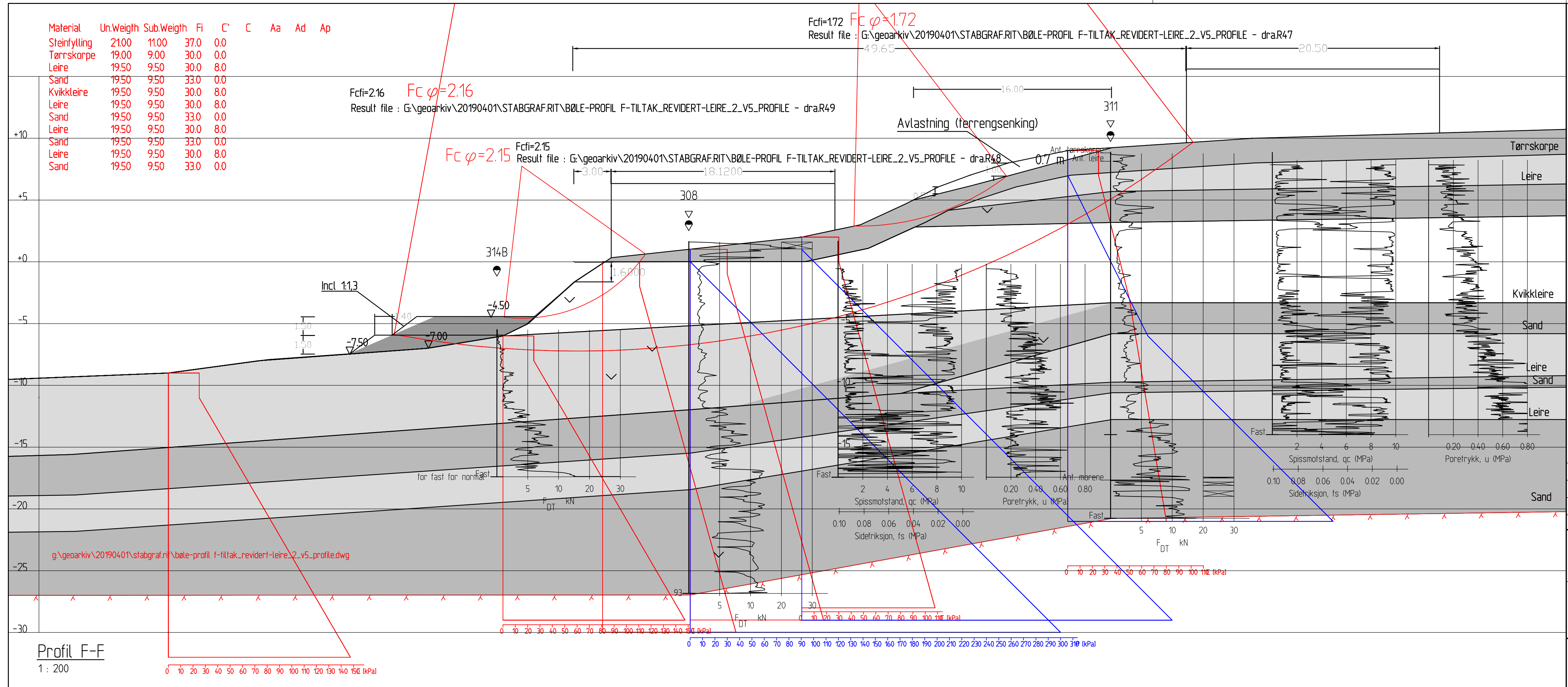
Profil F-F
1 : 200

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Steinfylling	21.00	11.00	37.0	0.0				
Tørrskorpe	19.00	9.00	30.0	0.0				
Leire	19.50	9.50	30.0	8.0				
Sand	19.50	9.50	33.0	0.0				
Kvikkleire	19.50	9.50	30.0	8.0				
Leire	19.50	9.50	30.0	8.0				
Sand	19.50	9.50	33.0	0.0				
Leire	19.50	9.50	30.0	8.0				
Sand	19.50	9.50	33.0	0.0				
Leire	19.50	9.50	30.0	8.0				
Sand	19.50	9.50	33.0	0.0				

Fcfi=172 $F_c \varphi=1.72$
 Result file : G:\geoarkiv\20190401\STABGRAF.RIT\BØLE-PROFIL F-TILTAK_REVIDERT-LEIRE_2_V5_PROFILE - dra.R47

Fcfi=216 $F_c \varphi=2.16$
 Result file : G:\geoarkiv\20190401\STABGRAF.RIT\BØLE-PROFIL F-TILTAK_REVIDERT-LEIRE_2_V5_PROFILE - dra.R49

Fcfi=215 $F_c \varphi=2.15$
 Result file : G:\geoarkiv\20190401\STABGRAF.RIT\BØLE-PROFIL F-TILTAK_REVIDERT-LEIRE_2_V5_PROFILE - dra.R48



FORKLARINGER:

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

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

- Form på motfylling brukt i stabilitetsberegningene
- Detaljert utforming av motfylling som grunnlag for utleggingen

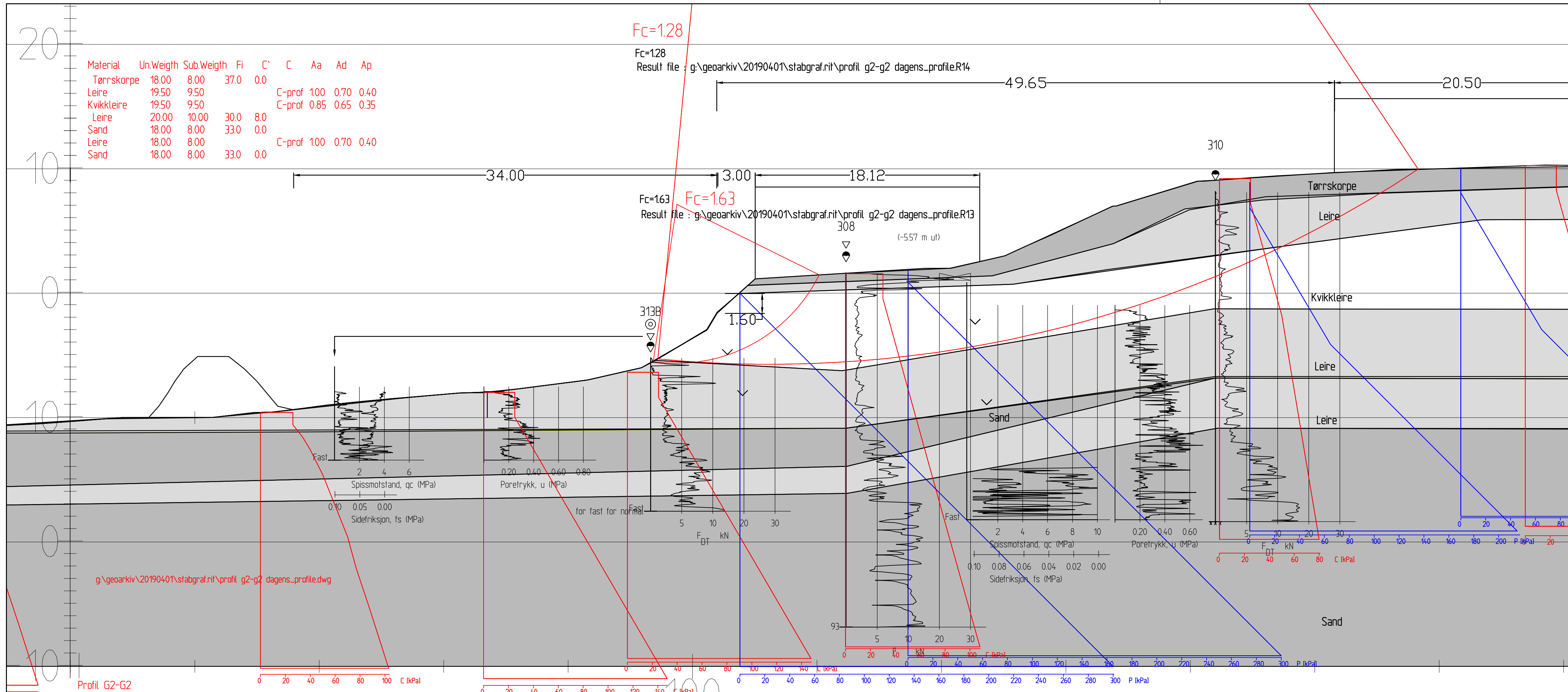
02	Ny geometri ved elvebredden	07.01.2020	VIC	ON	BGK
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.

NVE, Region Sør
 Geot. Utredning 56 Bøle, Skien Kommune

Stabilitetsvurdering - Bæreevne
 PROFIL F - Tiltak - Drenert

Status
 Original format
 A-3LL
 Tegningens filnavn
 B08 - Profil F - Tiltak - Drenert.dwg
 Målestokk
 1200

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 07.01.2020 Oppdragsnr. 20130896	Konstr./Tegnet ViC Tegningsnr. B08	Kontrollert ON	Godkjent BGK	Rev. 02
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------	---------------------------------------------	-------------------	-----------------	------------



- FORKLARINGER:**
- Dreiesondering
 - Enkel sondering
 - ▽ Trykksondering
 - ☆ Fjellkontrollboring
 - ◆ Dreietrykksondering
 - ⊕ Totalsondering
 - ⊙ Prøveserie
 - Prøvegrop
 - + Vingebooring
 - ⊖ Poretrykksmåling
 - ^^ Fjell i dagen

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

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
-	-	-	-	-	-

NVE, Region Sør
Geot. Utredning 56 Bøle, Skien Kommune

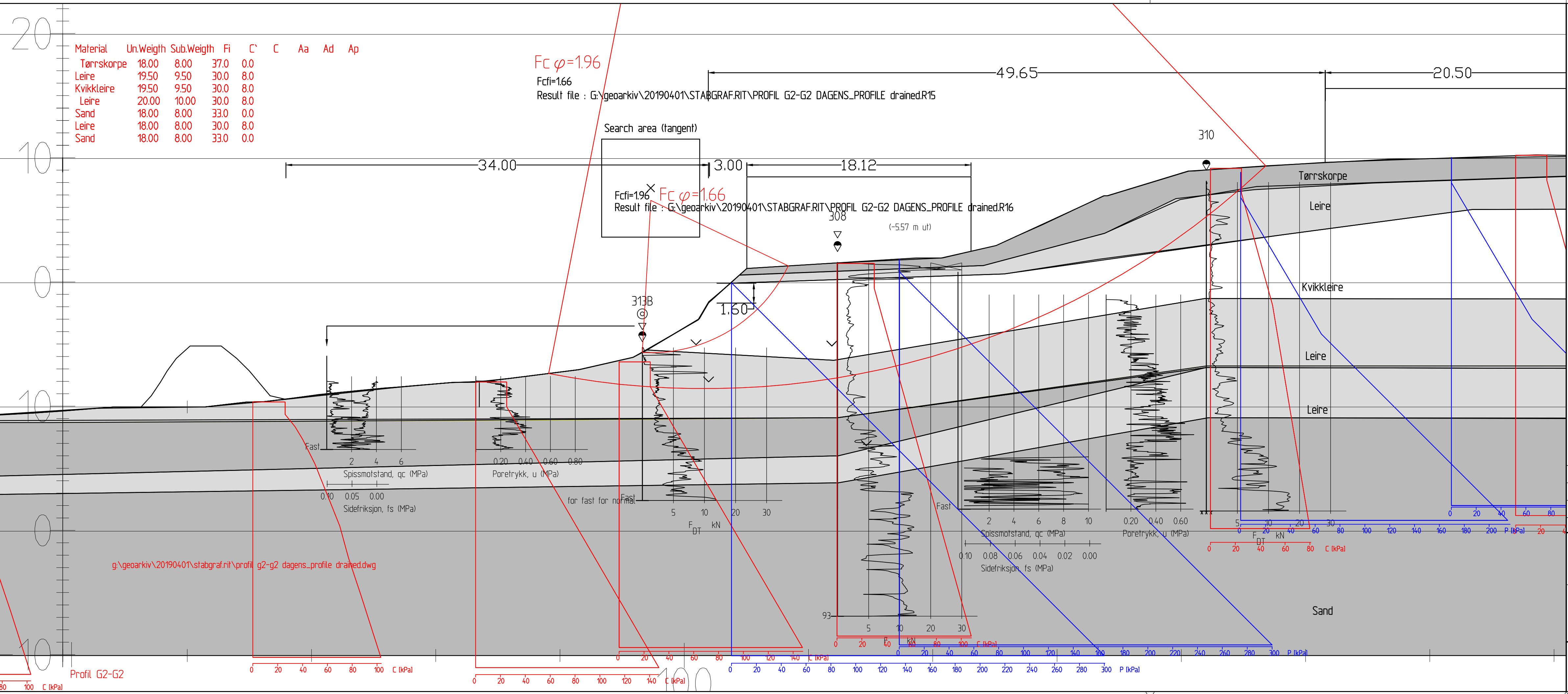
Stabilitetsvurdering
 Profil G2 - Dagens - Udrenert

Målestokk: 1200

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 07.01.2020 Oppdragsnr. 20130896	Konstr./Tegnet ViC Tegningsnr. B09	Kontrollert ON	Godkjent BGK
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------	---------------------------------------------	-------------------	-----------------

Rev. 00



FORKLARINGER:

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

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

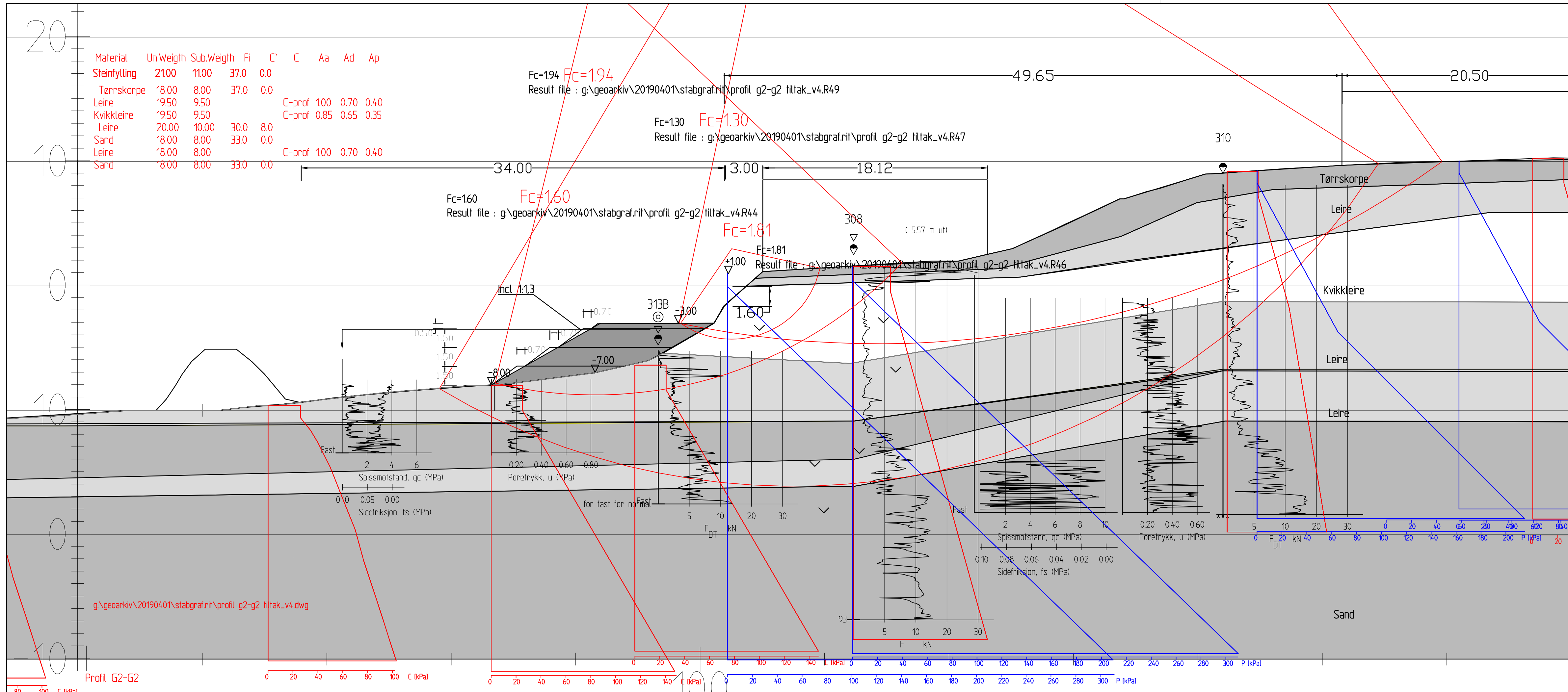
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
-	-	-	-	-	-

NVE, Region Sør
Geot. Utredning 56 Bøle, Skien Kommune

Stabilitetsvurdering
 Profil G2 - Dagens - Drenert

Målestokk: 1200

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 07.01.2020 Oppdragsnr. 20130896	Konstr./Tegnet ViC Tegningsnr. B10	Kontrollert ON	Godkjent BGK
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------	---------------------------------------------	-------------------	-----------------



- FORKLARINGER:**
- Dreiesonering
 - Enkel sonering
 - ▽ Trykksone
 - ☆ Fjellkontrollboring
 - ⬇ Dreietrykksone
 - ⊕ Totalsonering
 - ⊙ Prøveserie
 - Prøvegrop
 - + Vingeboring
 - ⊖ Poretrykksmåling
 - ⋈ Fjell i dagen

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

- Form på motfylling brukt i stabilitetsberegningene
- Detaljert utforming av motfylling som grunnlag for utleggingen

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
-	-	-	-	-	-

NVE, Region Sør
Geot. Utredning 56 Bøle, Skien Kommune

Stabilitetsvurdering - Bæreevne
 Profil G2 - Tiltak - Udrenert

Målestokk: 1200

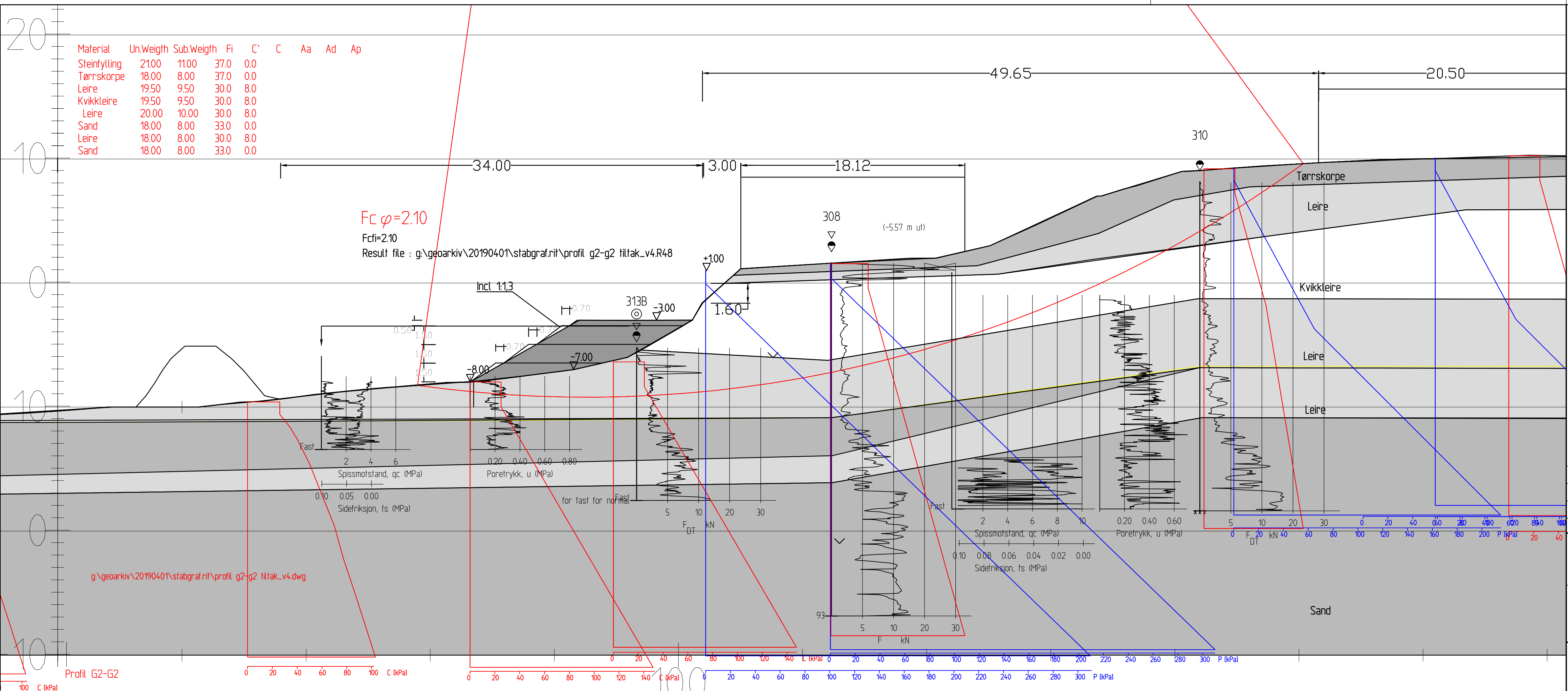
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato 07.01.2020 Oppdragsnr. 20130896	Konstr./Tegnet ViC Tegningsnr. B11	Kontrollert ON	Godkjent BGK
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------	---------------------------------------------	-------------------	-----------------

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
Steinfylling	21.00	11.00	37.0	0.0				
Tørsskorpe	18.00	8.00	37.0	0.0				
Leire	19.50	9.50	30.0	8.0				
Kvikkleire	19.50	9.50	30.0	8.0				
Leire	20.00	10.00	30.0	8.0				
Sand	18.00	8.00	33.0	0.0				
Leire	18.00	8.00	30.0	8.0				
Sand	18.00	8.00	33.0	0.0				

$F_c \varphi = 2.10$

$F_{cf} = 2.10$

Result file : g:\geoarkiv\20190401\stabgraf.rvt\profil_g2-g2 tiltak_v4.R48



FORKLARINGER:

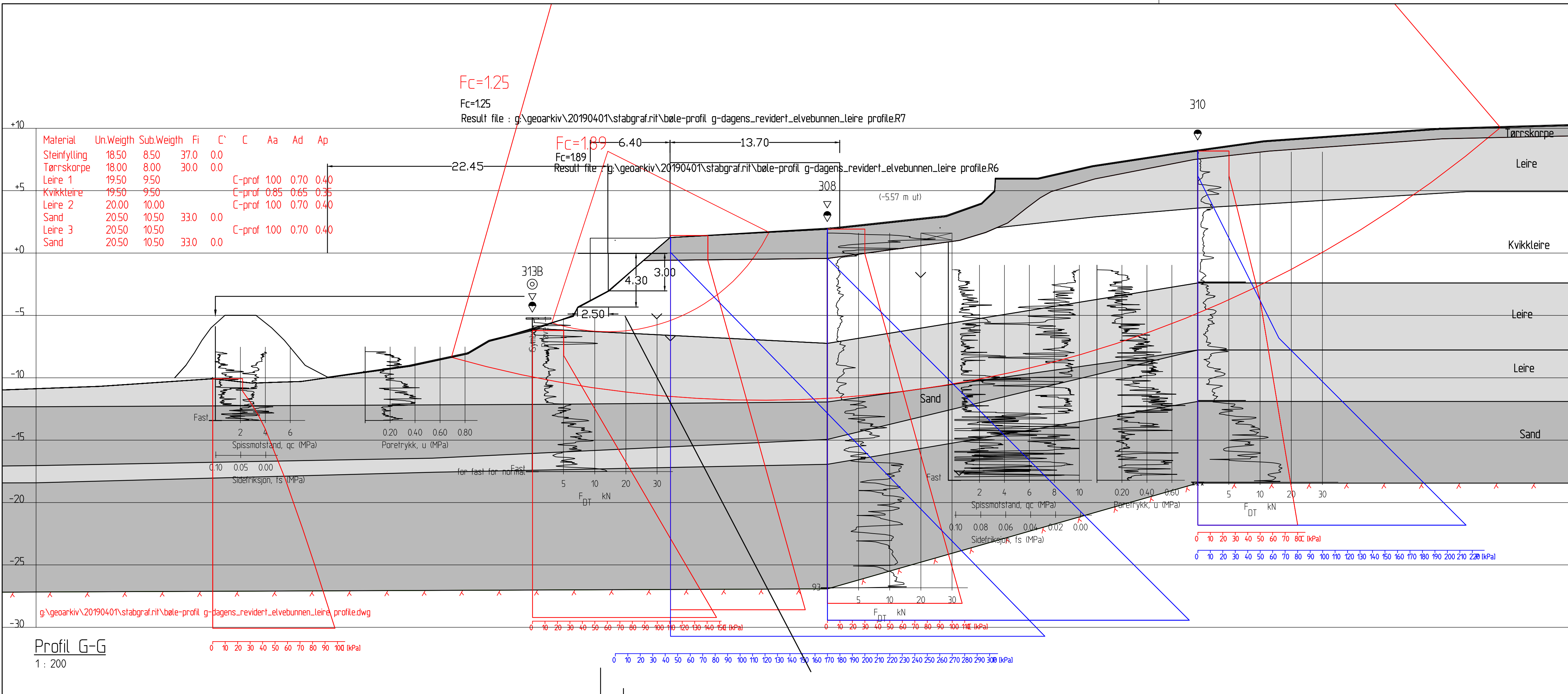
- Dreiesondering
- Enkel sondering
- ▽ Trykksøndering
- ☆ Fjellkontrollboring
- ◆ Dreietrykksøndering
- ⊕ Totalsondering
- ⊙ Prøveserie
- Prøvegrop
- + Vingebooring
- ⊖ Poretrykksmåling
- ⋈ Fjell i dagen

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

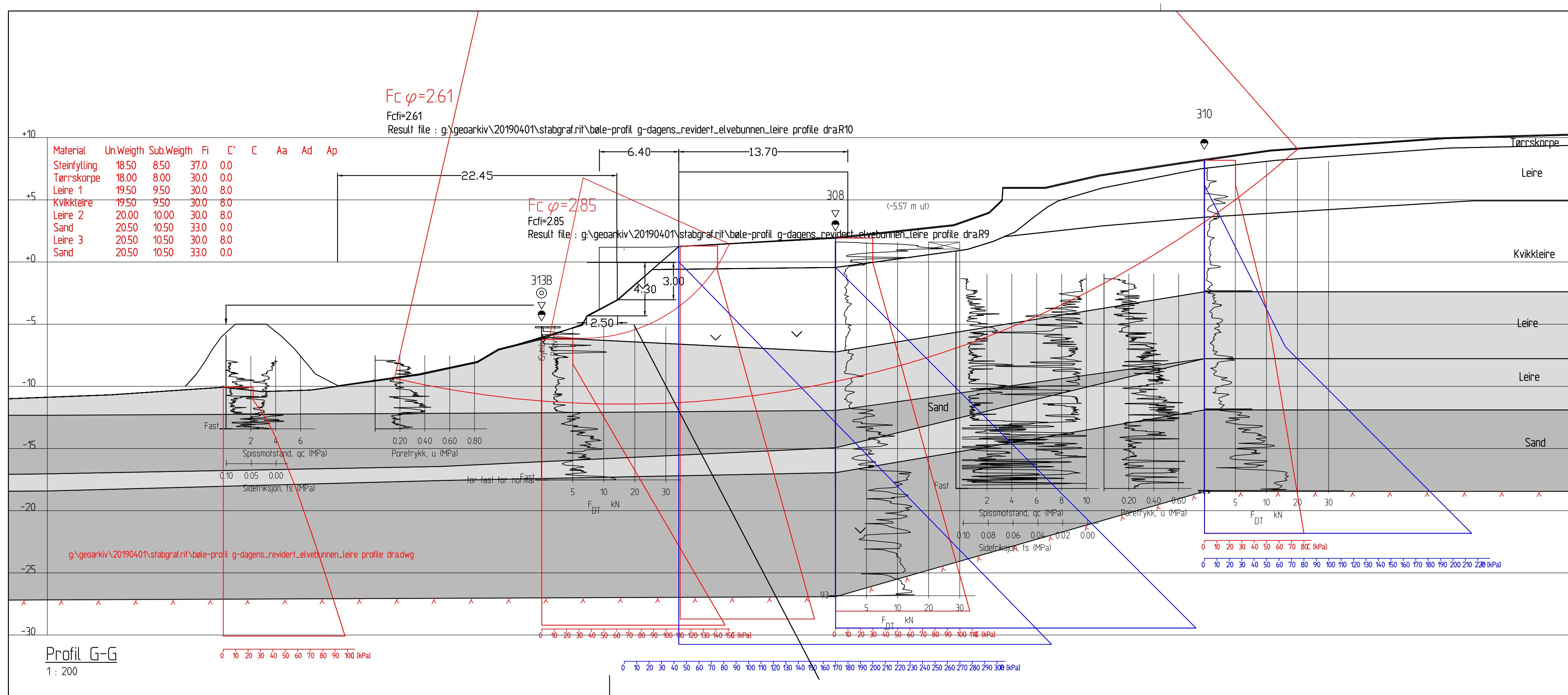
- Form på motfylling brukt i stabilitetsberegningene
- Detaljert utforming av motfylling som grunnlag for utleggingen

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
-	-	-	-	-	-

NVE, Region Sør Geot. Utredning 56 Bøle, Skien Kommune		Status Original format A-3LL Tegningens filnavn B12 - Profil G2 - Tiltak - Drenert.dwg Målestokk 1200	
Stabilitetsvurdering - Bæreevne Profil G2 - Tiltak - Udrenert		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 09.01.2020 Oppdragsnr. 20130896
Konstr./Tegnet ViC Tegningsnr. B12		Kontrollert ON	Godkjent BGK
Rev.		00	



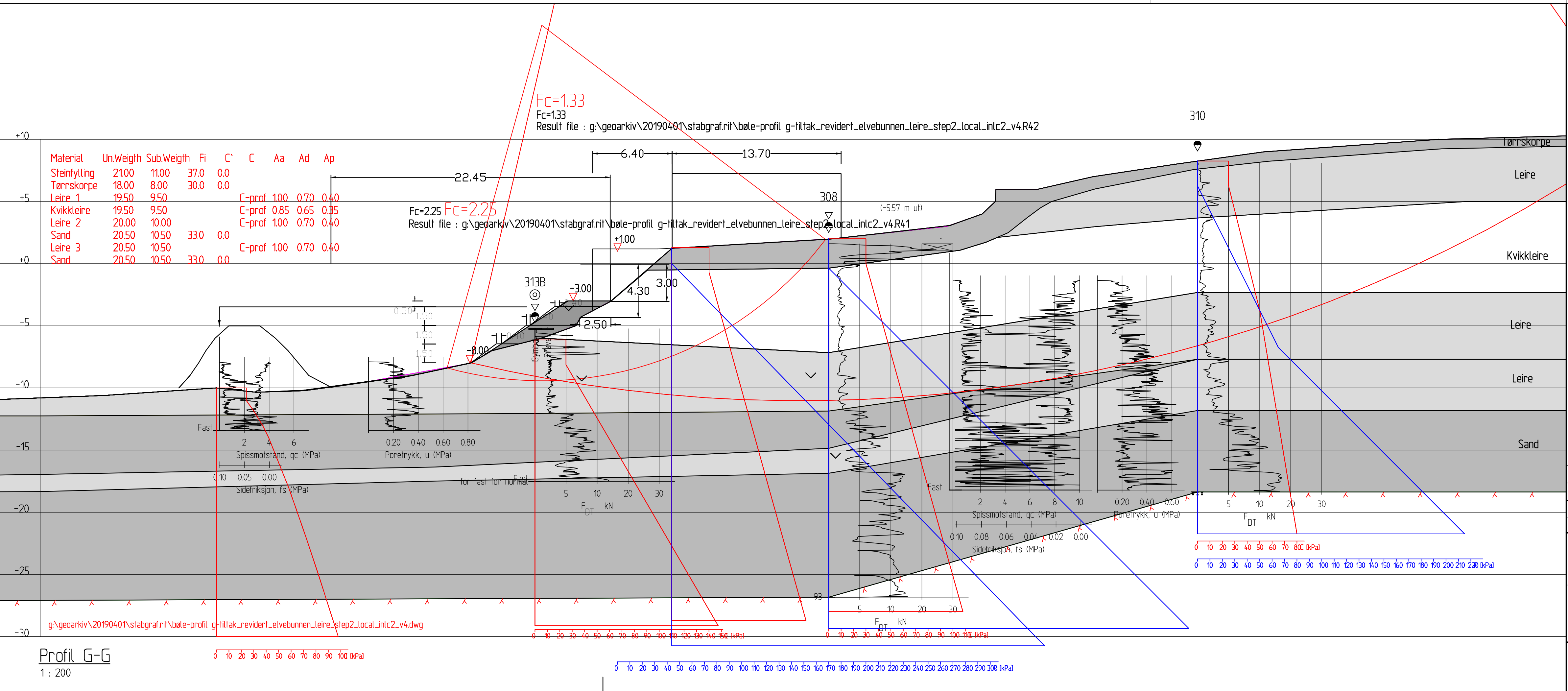
02	Ny geometri ved elvebredden	09.01.2020	VIC	DN	BGK
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
NVE, Region Sør Geot. Utredning 56 Bøle, Skien Kommune		Status Original format A-3LL Tegningens filnavn B13 - Profil G - Dagens - Udrenert.dwg Målestokk 1200			
Stabilitetsvurdering Profil G - Dagens - Udrenert					
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
		09.01.2020	VIC	DN	BGK
		Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.	
		20130896	B13	02	



- FORKLARINGER:**
- Dreiesonering
 - Enkel sonering
 - ▽ Trykksonering
 - ☆ Fjellkontrollboring
 - ◆ Dreietrykksonering
 - ⊕ Totalsonering
 - ⊙ Prøveserie
 - Prøvegrop
 - + Vingebooring
 - ⊖ Poretrykksmåling
 - ^^ Fjell i dagen

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

02	Ny geometri ved elvebredden	09.01.2020	VIC	DN	BGK
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
NVE, Region Sør Geot. Utredning 56 Bøle, Skien Kommune		1200		NGI	
Stabilitetsvurdering Profil G - Dagens - Drenert		1200		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 09.01.2020	Konstr./Tegnet ViC	Kontrollert DN	Godkjent BGK
Oppdragsnr. 20130896		Tegningsnr. B14		Rev. 02	



FORKLARINGER:

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

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

- Form på motfylling brukt i stabilitetsberegningene
- Detaljert utforming av motfylling som grunnlag for utleggingen

02	Ny geometri av kaien	10.01.2020	VIC	ON	BGK
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.

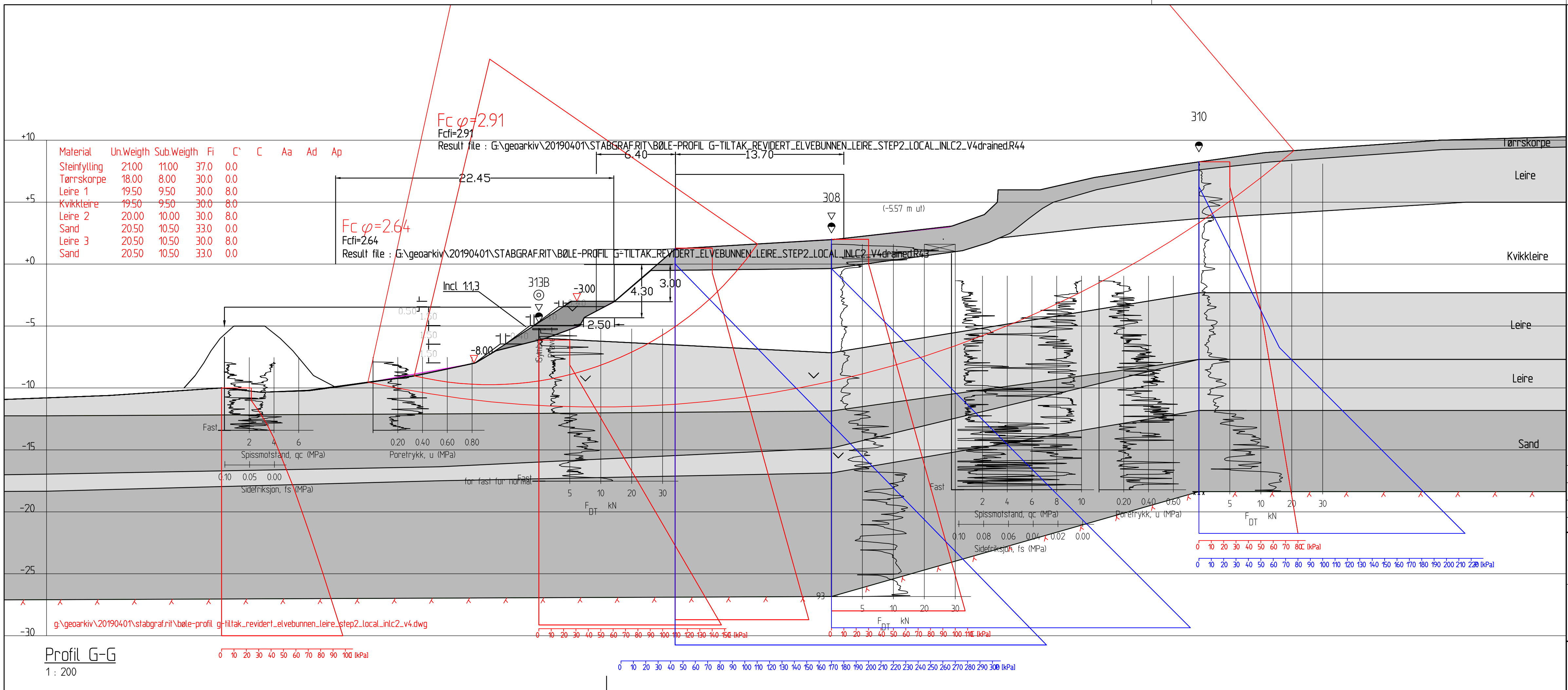
NVE, Region Sør
Geot. Utredning 56 Bøle, Skien Kommune

Stabilitetsvurdering - Bæreevne
 Profil G - Tiltak - Udrenert

Målestokk: 1200

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 10.01.2020 Oppdragsnr. 20130896	Konstr./Tegnet ViC Tegningsnr. B15	Kontrollert ON	Godkjent BGK
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------	---------------------------------------------	-------------------	-----------------

Profil G-G
1 : 200



FORKLARINGER:

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

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

Form på motfylling brukt i stabilitetsberegningene

Detaljert utforming av motfylling som grunnlag for utleggingen

02	Ny geometri av kaien	10.01.2020	VIC	ON	BGK
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.

NVE, Region Sør
Geot. Utredning 56 Bøle, Skien Kommune

Stabilitetsvurdering - Bæreevne
Profil G - Tiltak - Drenert

Målestokk: 1200

NGI

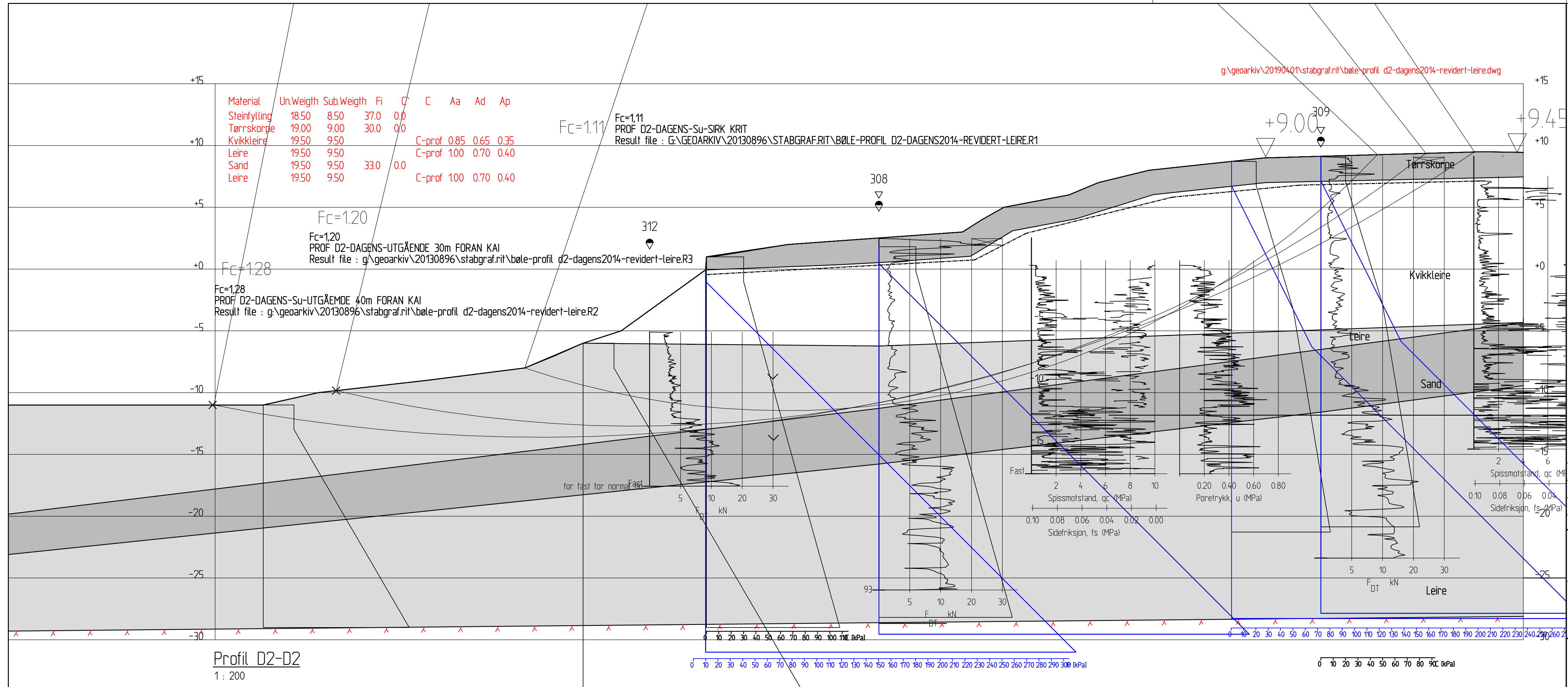
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato 10.01.2020 Oppdragsnr. 20130896	Konstr./Tegnet ViC Tegningsnr. B16	Kontrollert ON	Godkjent BGK
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------	---------------------------------------------	-------------------	-----------------

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
Steinfylling	18.50	8.50	37.0	0.0				
Tørrskorpe	19.00	9.00	30.0	0.0				
Kvikkleire	19.50	9.50			C-prof	0.85	0.65	0.35
Leire	19.50	9.50			C-prof	1.00	0.70	0.40
Sand	19.50	9.50	33.0	0.0				
Leire	19.50	9.50			C-prof	1.00	0.70	0.40

Fc=1.11
 Fc=1.11 PROF D2-DAGENS-Su-SIRK KRIT
 Result file : G:\GEOARKIV\20130896\STABGRAF.RIT\BØLE-PROFIL D2-DAGENS2014-REVIDERT-LEIRE.R1

Fc=1.20
 Fc=1.20 PROF D2-DAGENS-UTGÅENDE 30m FORAN KAI
 Result file : g:\geoarkiv\20130896\stabgraf.rit\bøle-profil d2-dagens2014-revidert-leire.R3

Fc=1.28
 Fc=1.28 PROF D2-DAGENS-Su-UTGÅEMDE 40m FORAN KAI
 Result file : g:\geoarkiv\20130896\stabgraf.rit\bøle-profil d2-dagens2014-revidert-leire.R2



FORKLARINGER:

- Dreiesonering
- Enkel sonering
- ▽ Trykksone
- ☆ Fjellkontrollboring
- ◆ Dreietrykksone
- ⊕ Totalsonering
- ⊙ Prøveserie
- Prøvegrop
- + Vingebooring
- ⊖ Poretrykksmåling
- ^^ Fjell i dagen

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

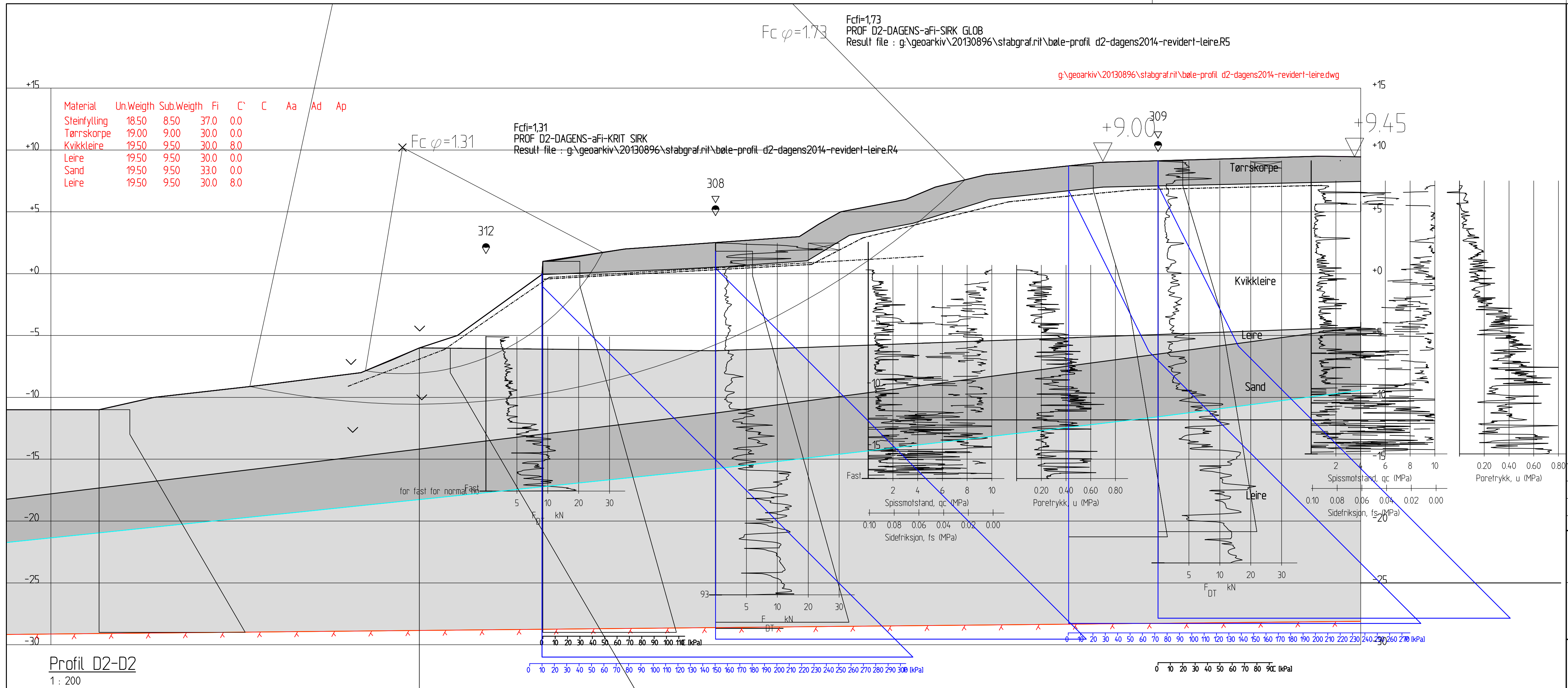
02	Ny geometri ved elvebredden	10.01.2020	VIC	ON	BGK
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.

NVE, Region Sør
Geot. Utredning 56 Bøle, Skien Kommune

Stabilitetsvurdering
 Profil D2 - Dagens - Udrenert

1200

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 10.01.2020 Oppdragsnr. 20130896	Konstr./Tegnet ViC Tegningsnr. B17	Kontrollert ON	Godkjent BGK
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------	---------------------------------------------	-------------------	-----------------

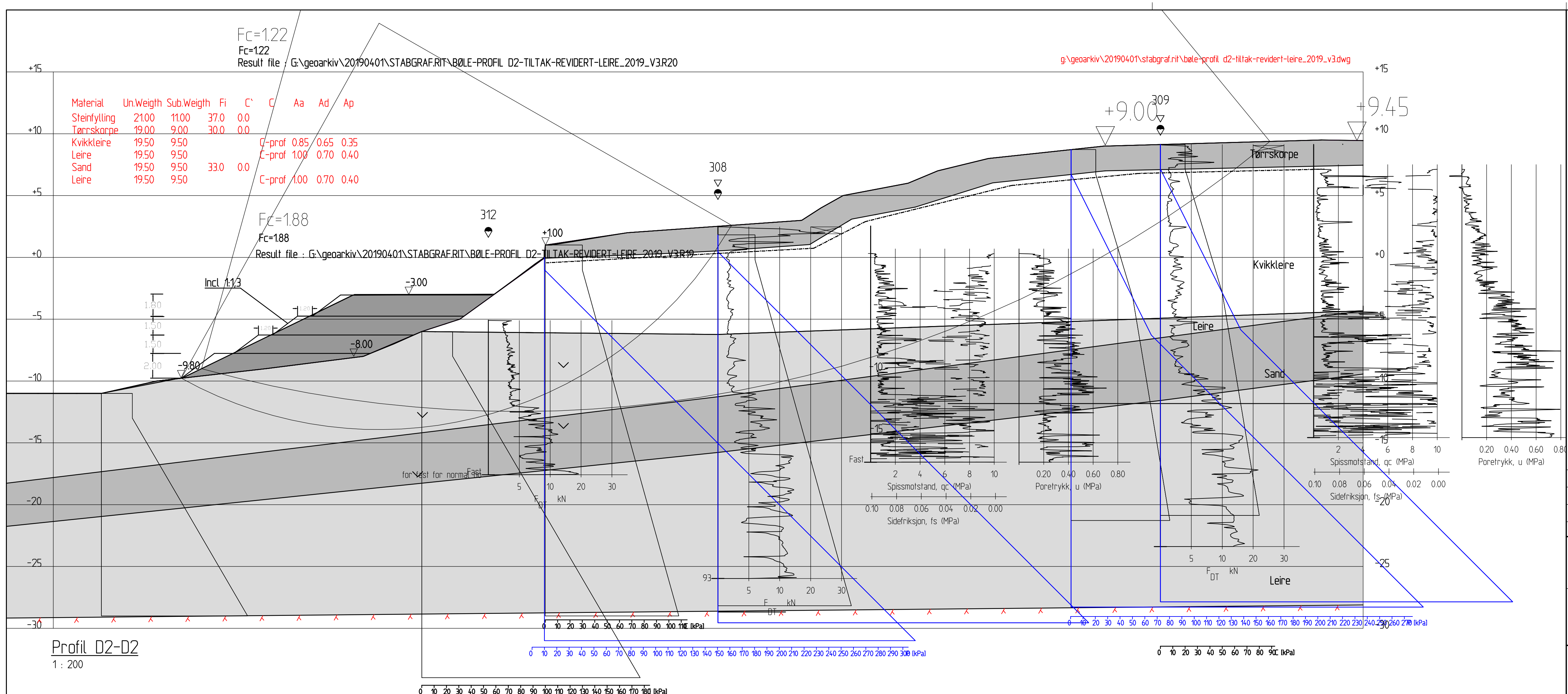


- FORKLARINGER:**
- Dreiesondring
 - Enkel sondering
 - ▽ Trykksondring
 - ☆ Fjellkontrollboring
 - ◆ Dreietrykksondring
 - ⊕ Totalsondering
 - ⊙ Prøveserie
 - Prøvegrop
 - + Vingebooring
 - ⊖ Poretrykksmåling
 - ⋈ Fjell i dagen

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

02	Ny geometri ved elvebredden	10.01.2020	VIC	DN	BGK
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
NVE, Region Sør Geot. Utredning 56 Bøle, Skien Kommune		Status			
		Original format A-3LL Tegningens filnavn B18 - Profil D2 - Dagens - Drenert.dwg Målestokk			
Stabilitetsvurdering Profil D2 - Dagens - Drenert		1200			
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
		10.01.2020	VIC	DN	BGK
		Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.	
		20130896	B18	02	

Profil D2-D2
1 : 200

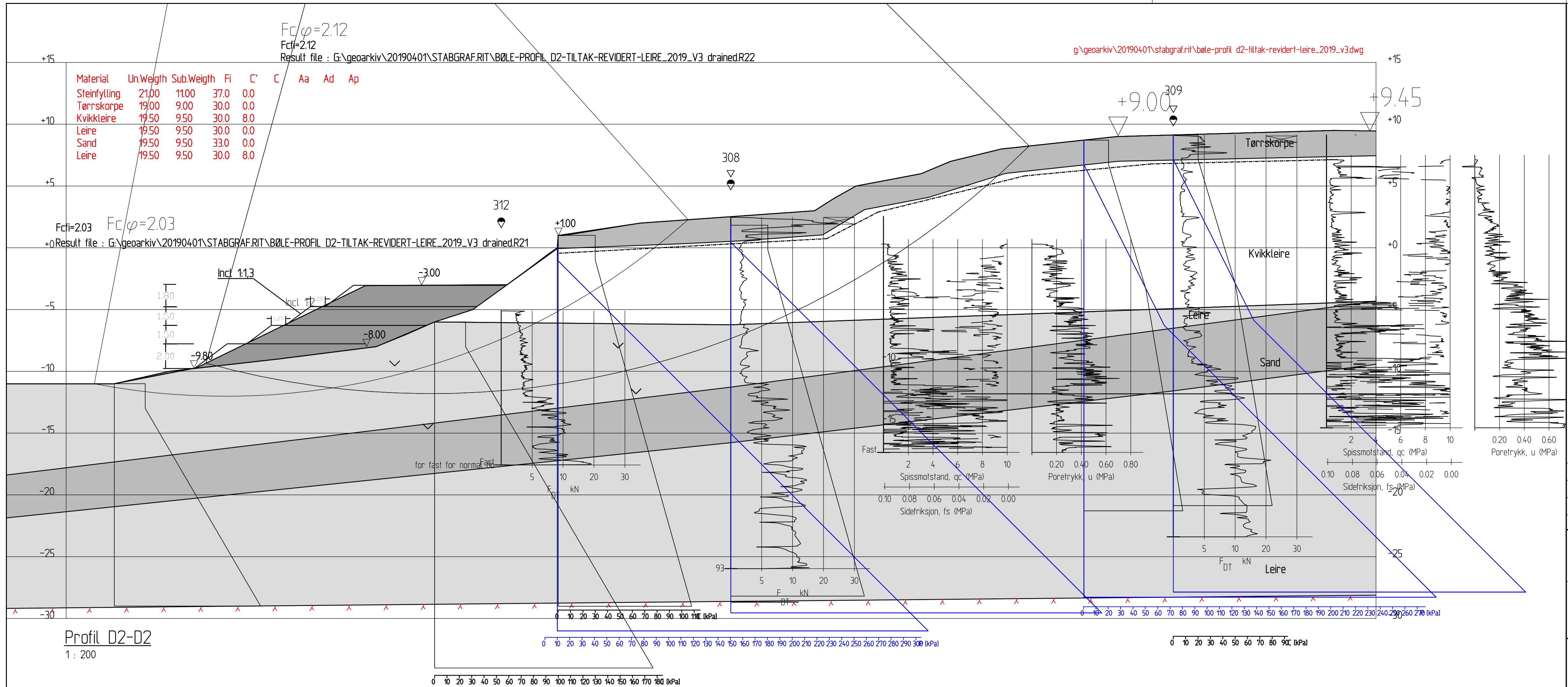


FORKLARINGER:

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

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

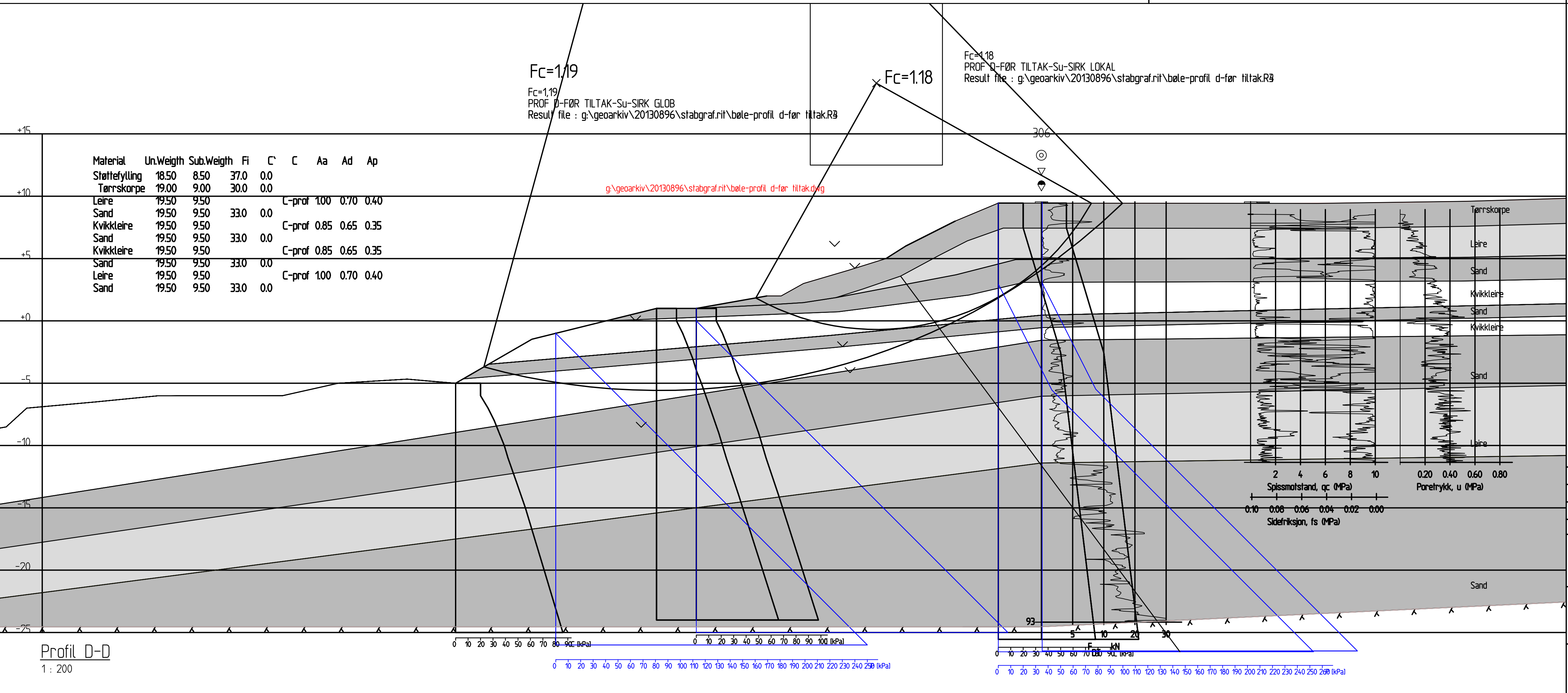
02	Ny geometri ved elvebredden	10.01.2020	VIC	DN	BGK
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
NVE, Region Sør Geot. Utredning 56 Bøle, Skien Kommune		Status Original format A-3LL Tegningens filnavn B19 - Profil D2 - Tiltak - Udrenert.dwg Målestokk			
Stabilitetsvurdering - Bæreevne Profil D2 - Tiltak - Udrenert		1200			
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
		10.01.2020	VIC	DN	BGK
		Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.	
		20130896	B19	02	



- FORKLARINGER:**
- Dreiesondring
 - Enkel sondring
 - ▽ Trykksondring
 - ☆ Fjellkontrollboring
 - ◆ Dreietrykksondring
 - ⊕ Totalsondering
 - ⊙ Prøveserie
 - Prøvegrop
 - + Vingebooring
 - ⊖ Poretrykksmåling
 - ^^ Fjell i dagen

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

02	Ny geometri ved elvebredden	10.01.2020	VIC	DN	BGK
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
NVE, Region Sør Geot. Utredning 56 Bøle, Skien Kommune		Status Original format A-3LL Tegningens filnavn B20 - Profil D2 - Tiltak - Drenert.dwg Målestokk			
Stabilitetsvurdering - Bæreevne Profil D2 - Tiltak - Drenert		1200			
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 10.01.2020 Oppdragsnr. 20130896	Konstr./Tegnet VIC Tegningsnr. B20	Kontrollert DN	Godkjent BGK Rev. 02



Profil D-D
1 : 200

F_c=1.19
PROF D-FØR TILTAK-Su-SIRK GLOB
Result file : g:\geoarkiv\20130896\stabgraf.rif\bøte-profil d-før tiltak.R3

F_c=1.18

F_c=1.18
PROF D-FØR TILTAK-Su-SIRK LOKAL
Result file : g:\geoarkiv\20130896\stabgraf.rif\bøte-profil d-før tiltak.R3

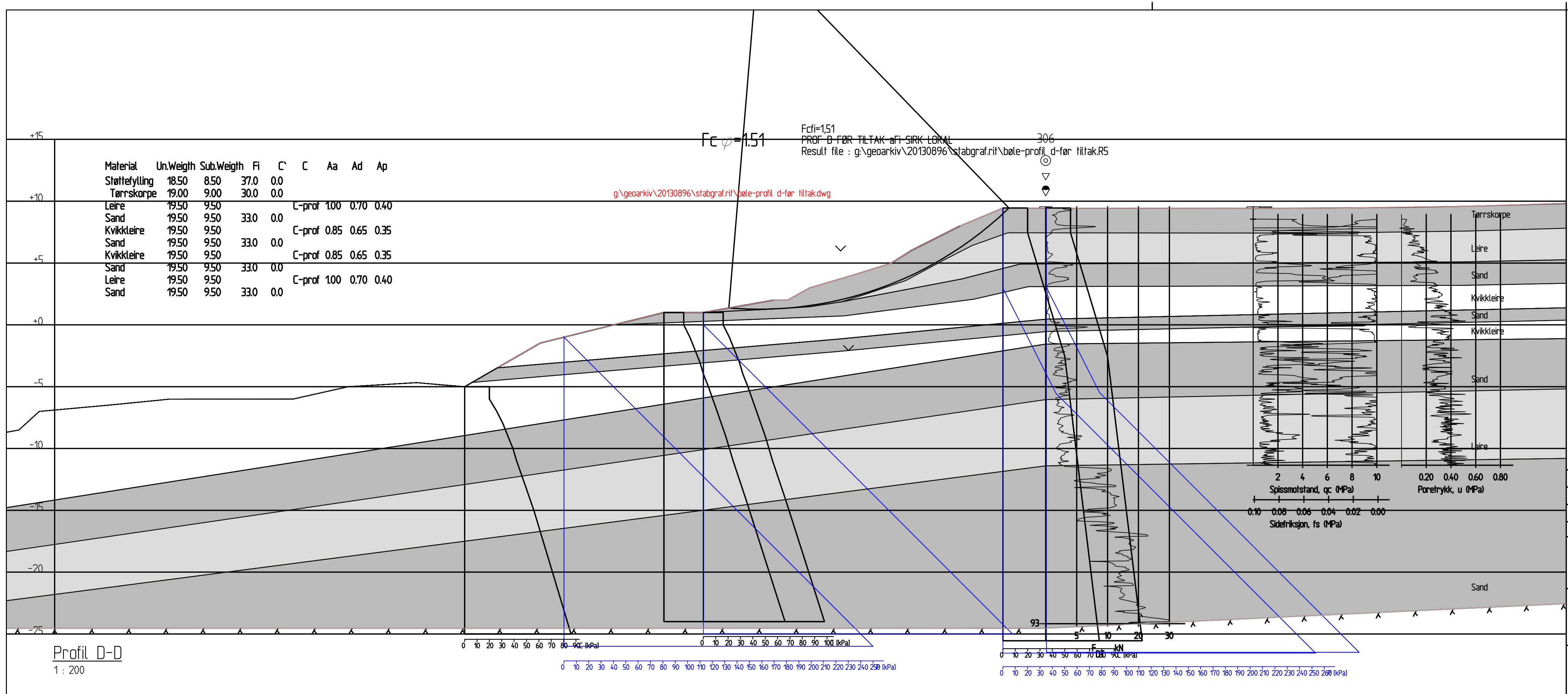
g:\geoarkiv\20130896\stabgraf.rif\bøte-profil d-før tiltak.dwg

FORKLARINGER:

- Dreiesondering ⚙ Fjellkontrollboring ⊙ Prøveserie ⊖ Poretrykksmåling
- Enkel sondering ⚠ Dreietrykksondering □ Prøvegrop ⚒ Fjell i dagen
- ▽ Trykksondering ⊕ Totalsondering + Vingebooring

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

02	Revidert stabilitetsvurdering	16.01.2020	VIC	ON	BGK
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
NVE, Region Sør Geot. Utredning 56 Bøte, Skien Kommune		Original format A-311 Tegningens filnavn B21 - Profil D - Dagens - Udrenert.dwg		Målestokk 1:200	
Stabilitetsvurdering Profil D - Dagens - Udrenert		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		1200	
Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent		
16.01.2020	VIC	ON	BGK		
Oppdragsnr. 20130896	Tegningsnr. B21	Rev.	02		



FORKLARINGER:

- Dreiesonering
- Enkel sonering
- ▽ Trykksonering
- ☆ Fjellkontrollboring
- ◆ Dreietrykksonering
- ⊕ Totalsonering
- ⊙ Prøveserie
- Prøvegrop
- ⊕ Vingebooring
- ⊖ Poretrykksmåling
- ⋈ Fjell i dagen

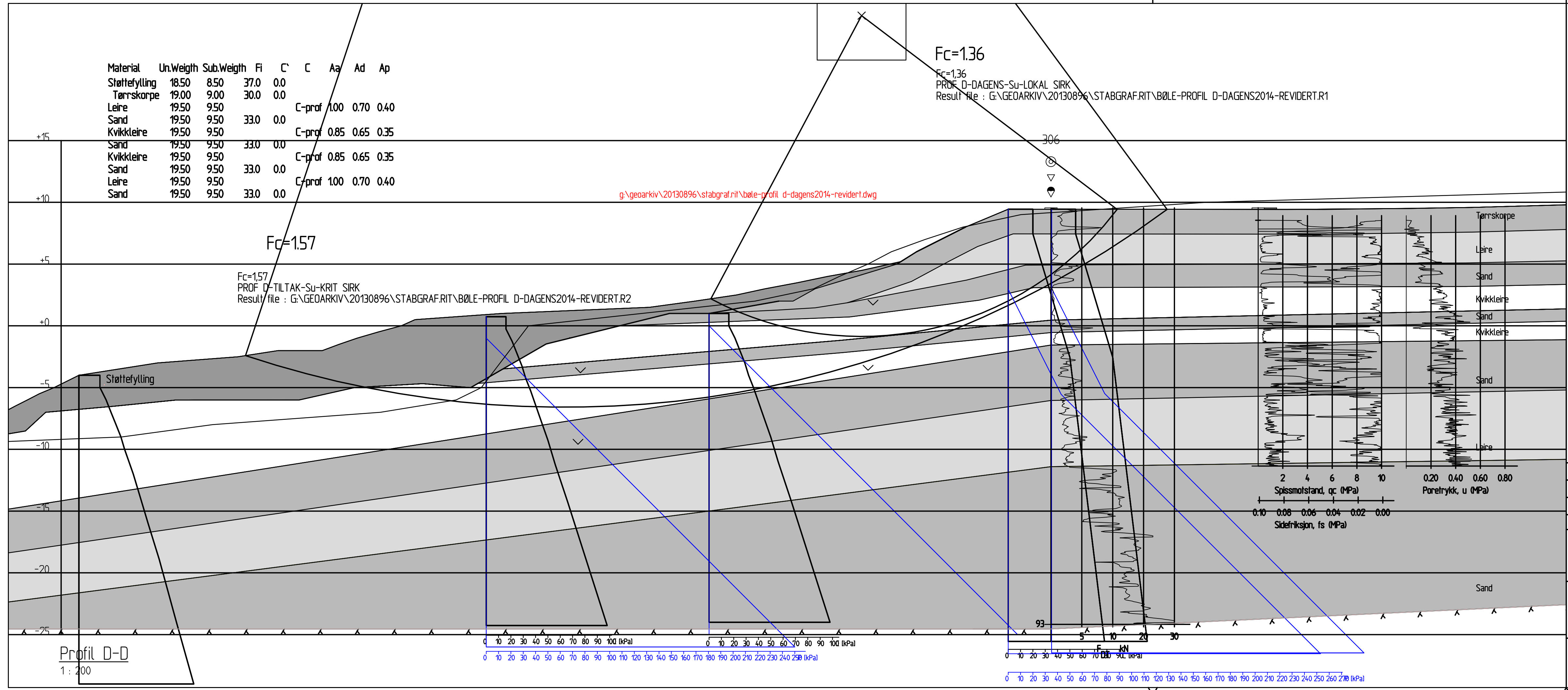
Borhull nr. $\frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antatt fjellkote}}$ Boret dybde + (boret i fjell)

02	Revidert stabilitetsvurdering	16.01.2020	VIC	ON	BGK
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
NVE, Region Sør		Original format		-	
Geot. Utredning 56 Bøle, Skien Kommune		A-311		Tegningens filnavn	
Stabilitetsvurdering		B22 - Profil D - Dagens - Drenert.dwg		Målestokk	
Profil D - Dagens - Drenert		1:200		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
Oppdragsnr.		16.01.2020	VIC	ON	BGK
Tegningsnr.		20130896	B22		02

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
Støttefylling	18.50	8.50	37.0	0.0				
Tørreskorpe	19.00	9.00	30.0	0.0				
Leire	19.50	9.50			C-prof	1.00	0.70	0.40
Sand	19.50	9.50	33.0	0.0				
Kvikkleire	19.50	9.50			C-prof	0.85	0.65	0.35
Sand	19.50	9.50	33.0	0.0				
Kvikkleire	19.50	9.50			C-prof	0.85	0.65	0.35
Sand	19.50	9.50	33.0	0.0				
Leire	19.50	9.50			C-prof	1.00	0.70	0.40
Sand	19.50	9.50	33.0	0.0				

Fc=1.36
 Fc=1,36
 PROF D-DAGENS-Su-LOKAL SIRK
 Result file : G:\GEOARKIV\20130896\STABGRAF.RIT\BØLE-PROFIL D-DAGENS2014-REVIDERT.R1

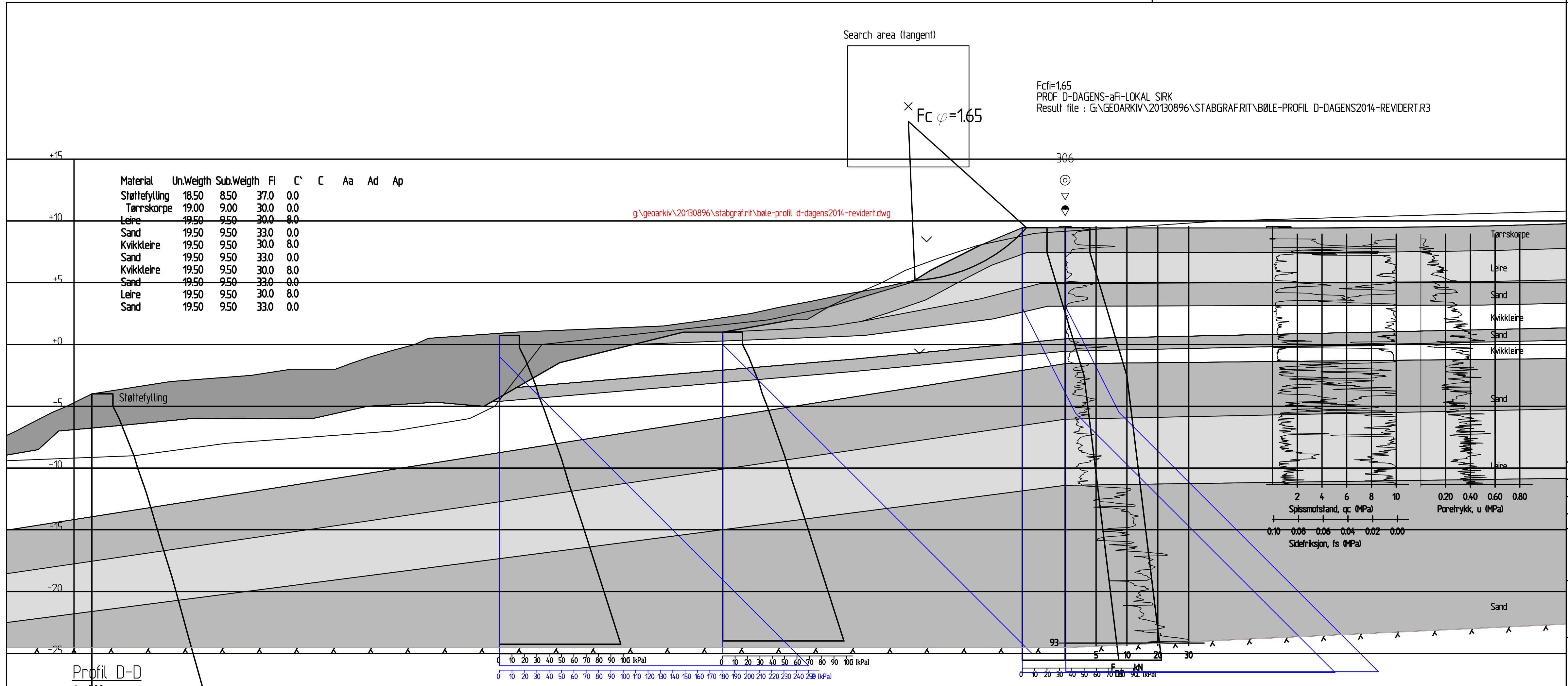
Fc=1.57
 Fc=1,57
 PROF D-TILTAK-Su-KRIT SIRK
 Result file : G:\GEOARKIV\20130896\STABGRAF.RIT\BØLE-PROFIL D-DAGENS2014-REVIDERT.R2



- FORKLARINGER:**
- Dreiesondering
 - Enkel sondering
 - ▽ Trykksondering
 - ☆ Fjellkontrollboring
 - ◆ Dreietrykksondering
 - ⊕ Totalsondering
 - ⊙ Prøveserie
 - Prøvegrop
 - ⊕ Vingebooring
 - ⊖ Poretrykksmåling
 - ⋈ Fjell i dagen

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

02	Revidert Stabilitetsvurdering	16.01.2020	VIC	ON	BGK
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
NVE, Region Sør		Original format		-	
Geot. Utredning 56 Bøle, Skien Kommune		Tegningens filnavn		A-311	
Stabilitetsvurdering		Målestokk		1200	
Profil D - Tiltak - Udrenert		NGI		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
Oppdragsnr.		16.01.2020	VIC	ON	BGK
Tegningsnr.		20130896	B23	02	02

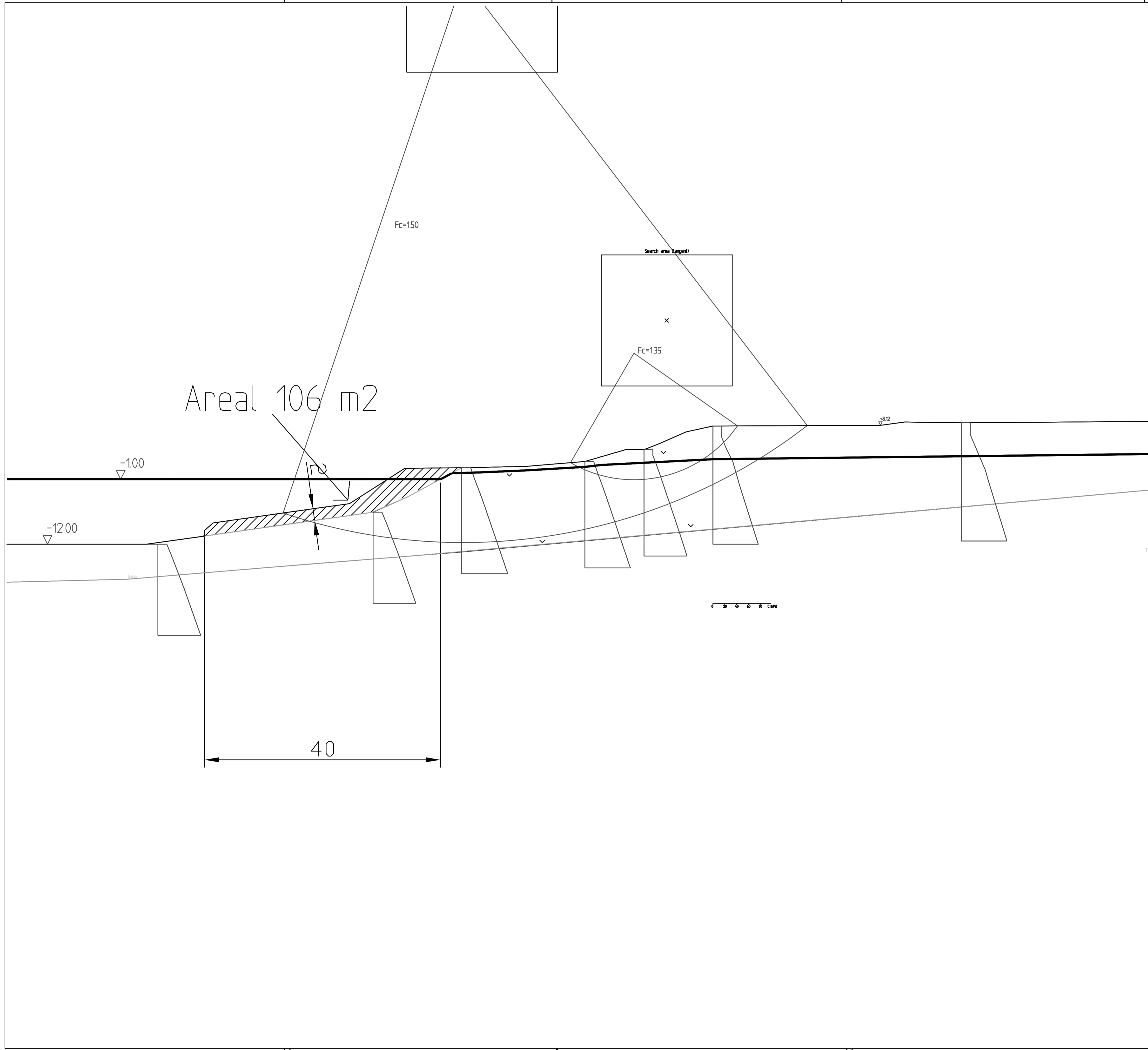


FORKLARINGER:

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

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

02	Revidert Stabilitetsvurdering	16.01.2020	VIC	ON	BGK
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
NVE, Region Sør		Original format		-	
Geot. Utredning 56 Bøle, Skien Kommune		Tegningens filnavn		A-311	
Stabilitetsvurdering		Målestokk		1200	
Profil D - Tiltak - Drenert		NGI		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
Oppdragsnr.		16.01.2020	VIC	ON	BGK
Tegningsnr.		20130896	B24	02	02



Areal 106 m²

Fc=150

Search area (tangent)

Fc=135

-1.00

-12.00

+8.12

40

0 2 4 6 8 Meter

- FORKLARINGER:**
- Dreiesondring
 - Enkel sondring
 - ▽ Trykksondring
 - ☆ Fjellkontrollboring
 - ⊙ Dreietrykksondring
 - ⊕ Totalsondring
 - ⊙ Prøveserie
 - Prøvegrop
 - +
 - ⊖ Poretrykksmåling
 - ⊗ Fjell i dagen
- Borhull nr. $\frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Anlagt fjellkote}}$ Boret dybde + (boret i fjell)

Tegn	ngstittel	Tegningsnr.	Rev.
-	-	A1 (594x841)	-

01	revidert	17.01.2020	VIC	ON	BGK
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn	Kontroll	Godkj.
	NVE, Region Sør Geot. Utredning 56 Bøle, Skien Kommune	17.01.2020	OAH	OG	BGK
	Stabilitetsvurdering Profil E2 - Kontroll av stabilitet av øvre del av skrånning uten øver støttefylling	1500			NGI
	NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Lilleveit Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato 17.01.2020	Konstr./Tegnet OAH	Kontrollert OG	Godkjert BGK
		Oppdrag nr. 20130896	Tegningsnr. B25		Rev. 01

Vedlegg C

TIDLIGERE NGI RAPPORTER

Innhold

C01 Norges Geotekniske Institutt (2008). Program for økt sikkerhet mot leirskred. Bøle, Skien kommune. Risiko for kvikkleireskred. Dokument nr. 20011544-03 rev. 01 datert 8. august 2008.

C02 Norges Geotekniske Institutt (2009). Stabilitet Skienselven. Supplerende grunnundersøkelser og vurdering av stabilitet i skråning over elvenivå. Dokument nr. 20011544-00-37-R datert 16. september 2009.

C03 Norges Geotekniske Institutt (2009). Bøle, Skienselven. Risiko for kvikkleireskred. Teknisk notat til prosjekt nr. 20011544- datert 21. januar 2009.



Rapport / Report

Program for økt sikkerhet mot leirskred

Bøle, Skien kommune. Risiko for kvikkleireskred

20011544-3
16. november 2007
Rev. 1
08. august 2008

Ved elektronisk overføring kan ikke konfidensialiteten eller autentsiteten av dette dokumentet garanteres. Adressaten bør vurdere dette før bruk av 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 NGL.

Neither the confidentiality nor the integrity of this document can be guaranteed following electronic transmission. The addressee should consider this before using 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 NGL.



Prosjekt

Prosjekt: Program for økt sikkerhet mot leirskred
Rapportnummer: 20011544-3
Rapporttittel: Bøle, Skien kommune. Risiko for kvikkleireskred
Dato: 16. november 2007
Revidert: 8. august 2008

Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: NVE Region Sør
Oppdragsgivers
kontaktperson: Eirik Traae
Kontraktreferanse: Bestilling nr. 32131, datert 14.04.08

For NGI

Prosjektleder: Odd Gregersen
Rapport utarbeidet av: Tonje Eide Helle

Sammendrag

NGI har på oppdrag fra NVE Region Sør utført nye grunnundersøkelser og nye beregninger for sikringstiltak av kvikkleirefaresonen Bøle i Skien kommune. Faresonen har faregrad "middels", konsekvens "meget alvorlig" og risikoklasse 5. Sonen er tett bebygd med næringsbygg og flere bolighus. Denne revisjonen inneholder vurdering av ulike sikringstiltak i henhold til krav om "forbedring" og "vesentlig forbedring".

Det er utført til sammen 6 stk dreietrykksonderinger, en CPTU-sondering og installert en poretrykkstasjon i området. På toppen av skråningen er det indikasjon på kvikk/sensitiv leire/silt med sand og gruslag ned til 19 m. Fra 19 m er det antatt sand/grus med lite sensitive leirlag. Boringene er avsluttet ved antatt fjell på ca. 30 m dybde. Langs elvekanten indikeres kvikk/sensitiv leire/silt med sand og gruslag ned til 10-11 m. Fra 10-11 m er det antatt sand og gruslag. Boringene er avsluttet ved antatt fjell i ca. 25 m dybde.

Hovedkontor:
Pb. 3930 Ullevål Stadion
0806 Oslo

Avd Trondheim:
Pb. 1230 Pircenteret
7462 Trondheim

T 22 02 30 00
F 22 23 04 48

Kontonr 5096 05 01281
Org. nr 958 254 318 MVA

ngi@ngi.no
www.ngi.no

BS EN ISO 9001
Serifisert av BSI
Reg. No. FS 32989

Sammendrag (forts.)



Rapport nr.: 20011544-3
Dato: 2007-11-16
Rev. dato: 2008-08-08
Side: 4 / Rev.: 1

Det er beregnet stabilitet i Profil D og E2. Beregninger viser at dagens sikkerhet er lavere enn ønskelig. Det er vurdert ulike sikringstiltak så som motfylling, avlastning av terreng, masseutskifting med lette fyllmasser, kalksementpeling og tilsetning av salt i kvikkleira vha elektrolyse.

I første utgave av denne rapporten ble det i samråd med NVE valgt en motfylling i henhold til krav om "forbedring" (ref./2/). I denne revisjonen er det vurdert alternative sikringstiltak som øker sikkerheten i henhold til krav om "vesentlig forbedring".

Velges en økning av sikkerheten i henhold til krav om "forbedring" vil den beregningsmessige sikkerheten gi rom for å utføre tiltak av begrenset omfang så lenge disse ikke forringer stabiliteten. Det understrekes at motfyllingen som skissert i denne rapporten ikke gir rom for tiltak som innebærer tilflytting av mennesker, eller utbygging med viktige samfunnsfunksjoner. Dette innebærer boliger, institusjoner, næringsbygg, skoler, toglinjer, sentralt kraftnett o.l., ref./2/.

Velges en økning av sikkerheten i henhold til krav om "vesentlig forbedring", kan det tillates tiltak som innebærer tilflytting av personer og utbygging med viktige samfunnsfunksjoner, ref./2/.

Kostnadsoverslag for de ulike sikringstiltakene er sammenstilt i Tabell 1. Motfylling i kombinasjon med avlastning av terrenget i område D og kalksementpeling i område E har det billigste kostnadsoverslaget. Det er forbundet risiko med utgraving i de bløte massene og kalksementpeling. Motfylling er den tryggeste metoden for å sikre området. Alle sikringstiltak må følges opp av geotekniker.

Tabell 1 Kostnadsoverslag for ulike sikringstiltak

Tiltak	Kostnadsoverslag (kr. eks.mva.)
<i>Krav om "forbedring"</i>	
Motfylling	23 370 000,-
<i>Krav om "vesentlig forbedring"</i>	
Motfylling	34 650 000,-
Avlastning av terreng i område D, motfylling i område E	30 000 000,-
Avlastning av terreng i område D, kalksementpeler i område E	25 975 000,-
Masseutskifting i område D, motfylling i område E	33 105 000,-
Masseutskifting i område D, kalksementpeler i område E	29 288 000,-
Kalksementpeler	27 575 000,-

Innhold



Rapport nr.: 20011544-3
Dato: 2007-11-16
Rev. dato: 2008-08-08
Side: 5 / Rev.: 1

1	Innledning	7
1.1	Bakgrunn	7
2	Grunnforhold	8
3	Stabilitetsberegninger	8
3.1	Generelt	8
3.2	Skjærstyrke	9
3.3	Analyseverktøy	9
4	Resultater fra stabilitetsberegningene	10
4.1	Motfylling	10
4.2	Alternative sikringstiltak	12
5	Kostnadsoverslag	15
5.1	Motfylling	15
5.2	Avlastning av terreng	15
5.3	Masseutskifting med lette fyllmasser	16
5.4	Kalksementpeler	17
6	Konklusjoner	18
6.1	Valg av sikkerhetsnivå	18
6.2	Valg av tiltak	19
7	Referanser	19

Figurer

Figur 1 Minimumskrav til prosentvis forbedring ved topografiske endringer. Fra ref. /2/.....	7
-------------------------------------------------------------------------------------------------	---

Tabeller

Tabell 1 Kostnadsoverslag for ulike sikringstiltak.....	4
Tabell 2 Estimerte enhetspriser eks.mva.....	15
Tabell 3 Estimerte kostnader for motfylling iht. krav om "forbedring"	15
Tabell 4 Estimerte kostnader for motfylling iht. krav om "vesentlig forbedring"	15
Tabell 5 Estimerte kostnader ved avlastning av terreng i område D, og motfylling i område E	16
Tabell 6 Estimerte kostnader ved avlastning av terreng i område D, og kalksementpeling i område E	16
Tabell 7 Estimerte kostnader ved masseutskifting i område D, og motfylling i område E.	17
Tabell 8 Estimerte kostnader ved masseutskifting i område D, og kalksement- peling i område E.	17
Tabell 9 Estimerte kostnader ved kalksementpeling.....	18

Innhold



Rapport nr.: 20011544-3
Dato: 2007-11-16
Rev. dato: 2008-08-08
Side: 6 / Rev.: 1

Tegninger

- 001 Oversiktskart
- 010 Borplan og stabiliserende tiltak i henhold til krav om ”forbedring”
- 100 Profil D-D – Stabiliserende tiltak i henhold til krav om ”forbedring” og ”vesentlig forbedring”
- 101 Profil E2-E2 – Stabiliserende tiltak i henhold til krav om ”forbedring” og ”vesentlig forbedring”
- 102 Minimum fylling lagt ut fra lekter
- 103 Sammenligning av motfylling for ulike sikkerhetsnivåer
- 104 Profil D – Avlastning av terreng
- 105 Profil D – Masseutskifting med lette fyllmasser
- 106 Profil D og E2 - Kalksementpeling

Vedlegg

- A Grunnundersøkelser

Kontroll- og referanseside

1 Innledning

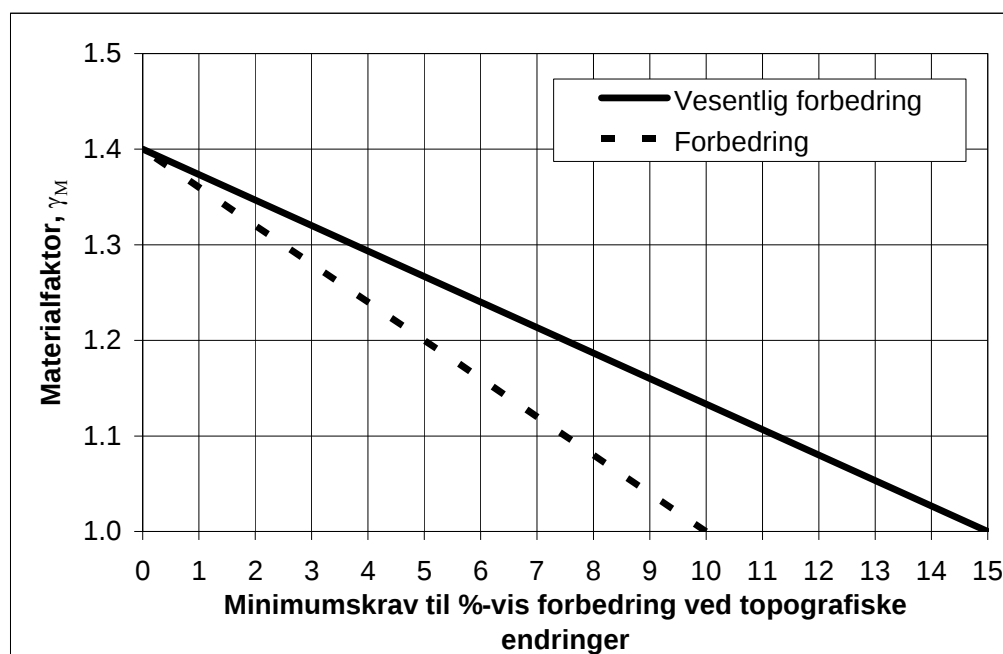
NGI har på oppdrag fra NVE Region Sør utført nye beregninger for sikringstiltak av kvikkleirefaresonen Bøle i Skien kommune. Faresonen er klassifisert til faregrad "middels", konsekvens "meget alvorlig" og risikoklasse 5. Sonen er tett bebygd med næringsbygg og flere bolighus.

1.1 Bakgrunn

I Retningslinjer nr. 1 2007 er det laget krav om sikkerhetsnivåer avhengig av arealbruk og utbyggingsområdets faregradsklasse. Kravene til økning av den beregningsmessige sikkerheten er "tilstrekkelig γ_M ", "ikke forverring", "forbedring" og "vesentlig forbedring". Tilstrekkelig γ_M er 1,4. Den prosentvise forbedringen beregnes ved å endre området topografi i henhold til krav om "forbedring" eller "vesentlig forbedring" som vist i Figur 1.

Denne rapporten omfatter resultater fra gamle og nye beregninger og dimensjonering av sikringstiltak i sonen som samsvarer med krav til "forbedring" og "vesentlig forbedring".

Denne revisjonen inneholder vurdering av alternative sikringstiltak til motfylling. Alternativene som er vurdert er avlastning av terreng, masseutskiftning med lette fyllmasser, kalksementpeler og tilsetning av salt i kvikkleira ved hjelp av elektrolyse.



Figur 1 Minimumskrav til prosentvis forbedring ved topografiske endringer. Fra ref. /2/.

2 Grunnforhold

Grunnundersøkelsene er utført av Scandiaconsult i 2002, ref. /3/, og av NGI i 2007. Undersøkelsene omfatter 6 stk dreietrykkssonderinger, 1 stk CPTU-sondering og en poretrykksstasjon. Plasseringen av borpunktene er vist på tegning nr. 010. Dreietrykkssondering nr. 301-304 er vist som enkeltboringer i vedlegg A.

På toppen av skråningen, indikerer dreietrykkssonderingene kvikk/sensitiv leire/silt med sand og gruslag ned til 19 m. Fra 19 m er det antatt sand/grus med leirlag som ikke er sensitive. Boringene er avsluttet ved antatt fjell på ca. 30 m dybde.

Langs elvekanten indikerer grunnundersøkelsene kvikk/sensitiv leire/silt med sand og gruslag ned til 10-11 m. Fra 10-11 m er det antatt sand og gruslag. Boringene er avsluttet ved antatt fjell i ca. 25 m dybde.

Målte poretrykk på platået bak skråningen viser hydrostatisk fordeling med dybden fra ca 4 m under terreng, ref. /1/.

Grunnforholdene er vist på profilene D-D og E2-E2, tegning nr. 100 og 101.

3 Stabilitetsberegninger

3.1 Generelt

Kvikkleiresonen Bøle er tett bebygd med næringsbygg og bolighus. Skråningen ned mot Skienselva har høydeforskjeller opp mot 10 m med en helning på 1:2. I område D (se tegning nr. 010) har skråningen tett vegetasjon. Skråningen avsluttes med en 1-2 m høy loddrett kant mot elva støttet av gamle tømmerstokker.

I område E er det båttopplagsplass langs elva med en 6 m høy skråning i bakkant. Skråningshelningen er 1:2.

Dybdekartleggingen utført i 2002 viser at det har skjedd en utdypning av elvebunnen siden den forrige dybdekartleggingen i 1985, ref. /1/. Partiene hvor utdypning av elvebunnen er registrert er vist med skravur på tegning nr. 010. Skienselva har tidligere blitt brukt til tømmerfløting. Tømmer som ligger igjen på bunnen kan ha forårsaket at ekkoloddkartleggingen har registrert grunnere bunnkoter enn reelt. Bunnen av elva er derfor lagt 1-2 m dypere i beregningene enn det som fremkommer av kartet.

Motfyllingene i Profil D og E2 er beregnet i henhold til krav om "forbedring", "vesentlig forbedring", og "vesentlig forbedring" med terrenglast tilsvarende to etasjers bolighus på skråningstoppen. I tillegg er det vurdert hvor mye av fyllingen som må legges ut i elva fra lekter før man kan begynne arbeidene fra

land. Motfyllingene som tilfredsstillter krav om "forbedring" og "vesentlig forbedring" er presentert for begge profilene i denne rapporten. Motfylling i henhold til krav om "vesentlig forbedring" med terrenglast er kun presentert for profil D på tegning nr. 103. Alternative sikringstiltak er vurdert for krav om "vesentlig forbedring".

3.2 Skjærstyrke

Stabilitetsforholdene er bestemt på basis av den udrenerte skjærstyrke, s_{ua} . Skjærstyrken bestemt ved tolkinga av CPTU-forsøkene er kalibrert mot laboratorieforsøk på blokkprøver, og er tolket basert på målt poretrykk ($N_{\Delta u}$) og spissmotstand (N_{kt}). Grunnvannstand er satt til 4 m under terreng i CPTU118.

Den aktive udrenerte skjærstyrken, s_{ua} , fra CPTU er sammenlignet med s_{ua} utledet på grunnlag av overkonsolideringsgrad, OCR, i henhold til følgende empiriske formel:

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

hvor: $OCR = p_c' / p_0'$

p_0' = effektivt overlagingstrykk

p_c = forkonsolideringstrykk ut fra antatt tidligere terrengnivå

Grunnen i området er antatt normalkonsolidert ut fra topografi og det kvartærgeologiske kartet over området. Det OCR baserte styrkeprofil er således beregnet på grunnlag av OCR=1. Overkonsolideringsforholdet (OCR) i skråningen regnes fra platånivået.

Skjærstyrken tolket fra CPTU-sonderingene i området samsvarer relativt godt med skjærstyrken utledet fra SHANSEP. Det er derfor valgt å basere stabilitetsvurderingene for hele området på skjærstyrken utledet fra SHANSEP, ref. /1/.

3.3 Analyseverktøy

Stabilitetsberegningene er utført med programmet Postograf. Postograf baserer seg på en likevektsbetraktning i bruddgrensetilstanden, "Limit equilibrium method" (LEM).

Beregningene er utført med sirkulære glideflater. Det er foretatt beregninger for to profiler, D og E2 (se tegning nr. 010).

I beregningene er det tatt hensyn til at leire er et anisotrop materiale, det vil si at skjærstyrken varierer med glideflatens helning. På grunnlag av erfaringstall fra laboratorieforsøk på en rekke norske leirer er forholdet mellom

styrkeverdiene for aktiv sone, den plane delen av glideflaten og passiv sone satt til $s_{uD} = 0,7 s_{uA}$ og $s_{uP} = 0,4 s_{uA}$.

4 Resultater fra stabilitetsberegningene

4.1 Motfylling

4.1.1 Tidligere beregninger

Det er tidligere utført stabilitetsberegninger og dimensjonering av motfylling i profil D. I beregningene i rapport 20011544-1, datert 14. februar 2003, ref. /1/ er sikkerhetsfaktoren av eksisterende skråning beregnet til 1,01. Den dimensjonerte motfyllingen gir en økning av sikkerhetsfaktoren på 7 %, se tegning nr. 103.

4.1.2 "Forbedring" av stabilitetsforholdene

Kvikkleiresonen Bøle har faregradsklasse middels. Ved å øke den beregningsmessige sikkerheten økes i henhold til krav om "forbedring" vil det her kunne gjennomføres tiltak av begrenset omfang uten tilflytting av mennesker.

Profil D

Profil D ligger lengst oppstrøms i sonen, se tegning 010. Profilet fremgår av tegning 100. På grunn av utdypninger i partier av elvebunnen og tømmer på elvebunnen som omtalt i avsnitt 3.1, er bunnen senket med 1 m 15 m fra land, og 2 m på det dypeste partiet av elvebunnen.

Den beregningsmessige sikkerheten for dagens terreng er 0,99. I følge Figur 1 må sikkerheten økes med 10 %. Ved å legge en motfylling som vist på tegning 100, vil den beregningsmessige sikkerheten økes til 1,11 for den globale glidesirkelen, og 1,12 for den lokale glidesirkelen på land. Avslutningene på de forskjellige trinnene av motfyllingen tilsvarer rasvinkelen til fyllmassene (1:1,25 – 1:1,5).

Volumet av motfyllingen i område D estimeres til 51 500 m³.

Profil E2

Profil E2 ligger i den nedre delen av sonen hvor terrenget er 2 m lavere enn i Profil D. Profilet fremgår av tegning 101. Elvebunnen er, som i Profil D, senket med 1 m 15 m fra land, og 2 m på det dypeste partiet av elvebunnen.

Den beregningsmessige sikkerheten for dagens terreng er 1,14 for en lokal glidesirkel på land, og en global sikkerhet på 1.15. I følge Figur 1 må den beregningsmessige sikkerheten økes med 6,5 %. Ved å legge en motfylling som vist på tegning 101, vil den beregningsmessige sikkerheten økes til 1,21

for den lokale glideflaten på land, og 1,24 for den globale glidesirkelen. Avslutningene på de forskjellige trinnene av motfyllingen er rasvinkelen til fyllmassene (1:1,25 – 1:1,5).

Volumet av motfylling i område E estimeres til 25 000 m³. I tillegg kommer motfylling på land på estimerte 1 400 m³.

4.1.3 ”Vesentlig forbedring” av stabilitetsforholdene

Ved å øke den beregningsmessige sikkerheten i henhold til krav om ”vesentlig forbedring” vil det kunne gjennomføres tiltak som innebærer tilflytting av mennesker, eller utbygging som omfatter viktige samfunnsfunksjoner.

Profil D

Den beregningsmessige sikkerheten for dagens terreng er 0,99. I følge Figur 1 må sikkerheten økes med 15 %. Ved å legge en motfylling som vist på tegning 100, vil den beregningsmessige sikkerheten økes til 1,15 for den dypeste glidesirkelen, og 1,18 for den lokale glidesirkelen på land. Motfyllingen er vesentlig større enn i henhold til krav om ”forbedring”, se tegning 103.

Volumet av motfylling i område D estimeres til 72 500 m³.

Profil E2

Den beregningsmessige sikkerheten for dagens terreng er 1,14 for en lokal glidesirkel på land, og en global sikkerhet på 1.15. I følge Figur 1 må sikkerheten økes med ca. 10 % for den lokale glidesirkelen, og ca. 9 % for den globale glidesirkelen. Ved å legge en motfylling som vist på tegning 101, vil den beregningsmessige sikkerheten økes til 1,26 for den globale glidesirkelen, og 1,25 for den lokale glidesirkelen på land. Motfyllingen er vesentlig større enn i henhold til krav om ”forbedring”.

Volumet av motfylling i område E estimeres til 40 000 m³ i elva, og 3 000 m³ på land.

4.1.4 Terrenglast tilsvarende bebyggelse med to etasjer

Bebyggelse innenfor sonen som innebærer tilflytting av mennesker tilhører tiltaksklasse K3. Sonen Bøle er innenfor faregradsklasse middels, og ny bebyggelse innenfor sonen krever i følge ref. /2/ dermed en ”vesentlig forbedring” av den beregningsmessige sikkerheten.

En terrenglast tilsvarende et bolighus med to etasjer ble satt på toppen av skråningen. For å opprettholde den prosentvise økningen av sikkerhet til ”vesentlig forbedring”, ble motfyllingen uforholdsmessig stor. Se sammenligning av motfyllingene for ulike sikkerhetsnivåer på tegning nr. 103.

4.1.5 Stabilitet ved anleggsarbeider

I første omgang skal det kun legges ut motfylling i elva. Motfyllingen på land planlegges utført på et senere tidspunkt.

Det vil ikke være mulig å legge ut hele motfyllingen i elva fra lekter. Deler av den legges fra lekter, og det resterende fra land. Tegning nr. 102 viser minimum fylling fra lekter for å oppnå tilfredsstillende stabilitet under fyllingsarbeidene fra land. Stabiliteten under anleggsarbeidene er kontrollert for anleggstrafikk på 10 kPa.

Topografien i sonen har lite variasjon. Det anbefales at motfyllingen dimensjonert i profil D legges i de øvre 320 m. Motfyllingen dimensjonert for profil E2 anbefales å legges i de nedre 220 m av sonen. Motfyllingen på land i profil E2 legges kun langs skråningen med størst høydeforskjell og helning (ca. 130 lm). Det presiseres at motfyllingen i elva er et absolutt minimum for å oppnå tilfredsstillende stabilitet. Volumet av motfyllingene på land må ikke overstiges.

Motfyllingen i elva legges ut i to faser. Først fra lekter, det resterende fra land. Det anbefales å legge ut så mye av motfylling som mulig fra lekter før anleggsarbeidene på land starter, og minimum som vist på tegning 102.

Fyllingsarbeidene skal utføres fra lengst ute i elva, og innover mot land. Hvert lag av stein skal ikke overstige 2,0 m høyde. Dette laget fullføres hele veien inn til land før neste lag påbegynnes. Dette for at poretrykksoppbyggingen skal få tid til å dissipiere.

4.2 Alternative sikringstiltak

For å oppnå ”vesentlig forbedring” må det legges ut en svært stor motfylling både i elva og på land. For å redusere omfanget av motfylling på land er det vurdert å benytte masseutskifting med lette fyllmasser, eller kalksementpeler på toppen av skråningen i profil D.

4.2.1 Avlastning av terreng

Da sikkerheten i profil D er lav, må sikkerhetsfaktoren økes noe før gravearbeidene settes i gang. Tegning nr. 104 viser nødvendig motfylling i elva og motfylling på land.

Grunnundersøkelsene indikerer svært bløte masser fra terreng. Dette kan medføre vanskelige graveforhold. Utgravingen må utføres med forsiktighet slik at massene ikke omrøres. Det må anlegges motfylling i foten av skråningen før gravearbeidene starter. Massene skal ikke mellomlagres på området, men kjøres direkte til egnet deponi.

Volumet av nødvendig avlastning i profil D estimeres til 7 700 m³.

4.2.2 Masseutskifting med lette fyllmasser

Det er benyttet Leca Lettklinker 0-32 mm i beregningene. I følge ref./4/ har Leca Lettklinker 0-32 mm en karakteristisk friksjonsvinkel på 40,5°. Densiteten er konservativt satt til 7,0 kN/m³ for fylling som helt eller periodevis ligger under vannstand/grunnvannstand da lecaen vil trekke vann ved nedbør.

Da sikkerheten i profil D er lav, må sikkerhetsfaktoren økes noe før gravearbeidene settes i gang. Tegning nr. 105 viser nødvendig motfylling i elva og midlertidig motfylling på land. Den midlertidige motfyllingen på land fjernes når masseutskiftingen er ferdigstilt. Massene kan da benyttes som motfylling på land i område E.

Det er beregnet to forskjellige alternativ for å oppnå tilfredsstillende stabilitet ved bruk av Leca Lettklinker 0-32 mm.

Alternativ 1

Det legges en 2 m tykk fylling langs elvebunnen. Deretter masseutskiftes en 14 m bred og 3,5 m dyp sone langs hele skråningskanten med Leca Lettklinker 0-32 mm. Volumet som må masseutskiftes estimeres til 16 000 m³.

Alternativ 2

Ved å øke motfyllinga i elva som vist på tegning nr. 104, reduseres omfanget av nødvendig masseutskifting. Bredden på sonen reduseres til 8 m, mens dybden er den samme. Volumet som må masseutskiftes reduseres til 9 000 m³.

Gravearbeidene må for begge alternativene utføres med forsiktighet da grunnundersøkelsene indikerer bløte masser fra terreng. Massene skal ikke mellomlagres på området, men kjøres direkte til egnet deponi.

4.2.3 Kalksementpeler

Under installasjon av kalksementpeler vil grunnforholdene forverres da poretrykket øker. Siden skråningen i dag står med en sikkerhetsfaktor på 1,0, må sikkerheten økes før man kan igangsette kalksementpeling.

Tegning nr. 105 viser nødvendig motfylling i elva og skråningsfoten for å oppnå tilfredsstillende stabilitet under anleggsarbeidene. Fyllingen på land fjernes når den kalksementstabiliserte grunnen har oppnådd tilstrekkelig styrke.

Det installeres doble kalksementribber normalt på skråningen. 30 % av jordvolumet skal bestå av kalksementpeler. I område D settes kalksementpeler over en bredde på 6 m innover i skråningsfoten, og over en bredde på 7 m i

område E. Kalksementpelene settes ned til ulike nivå for å oppnå en fortanning i bunnen av ribbene.

Arbeidene med kalksementpeling må overvåkes med poretrykksmålere. Det må i forkant av arbeidene defineres en alarmgrense for poretrykket slik at arbeidene avsluttes når grensen er nådd. For å unngå stor poretrykkoppbygging, må arbeidene deles opp slik at man får størst mulig avstand mellom ribbene under installasjonsarbeidene. Det må påses at kalksementpelingen foregår ved bruk av lavest mulig trykk for å hindre forstyrrelse av de omkringliggende massene. Arbeidene må følges opp av geotekniker gjennom hele anleggsfasen.

4.2.4 Saltbrønner

Ved å tilføre saltioner i kvikkleira vil leiras sensitivitet avta og udrenert styrke øke. Følgelig vil skredfaren avta. Tilsetning av salt gjøres ved å bore et rutemønster over hele området med perforerte rør. Rørene fylles med salt og vil fungere som anoder i leirmassivet.

Tilføring av salt kan utføres på tre måter:

- a) Det bores et rutenett med saltbrønner over hele området. Brønnene fylles med salt og vann slik at saltet går i oppløsning. Det saltholdige vannet vil kunne strømme ut i omkringliggende leire ved naturlig grunnvannstrømning. Ved å holde et overtrykk i brønnene i forhold til omgivelsene, vil grunnvannstrømningen øke.
- b) Som i a), men i tillegg installeres jernstenger som katoder et stykke unna. Dette vil føre til en saltdiffusjon fra røret til jernstangen.
- c) Ved å sette på likestrøm vil poretrykket øke ved katodene siden disse vil trekke vann fra anoden til katoden. Strømforbruket vil øke etter hvert som saltet trekker inn i leira grunnet økt elektrisk konduktivitet. Spesielt vil dette være tilfelle i sand/siltlag.

I henhold til ref./5/ vil tilsetning av kaliumklorid (KCl) øke skjærstyrken betraktelig. Prosessen tar relativt lang tid, anslagsvis 2-3 år. Arbeidene med å stabilisere en utgravning i Oslo på 70-tallet viste en økning av skjærstyrken på hele 200 % i løpet av 3 år. Det er imidlertid ikke benyttet tilsetning av salt i kvikkleire som stabiliserende tiltak siden 60-/70-tallet. Metoden anbefales ikke i skråninger med lav sikkerhetsfaktor da vanninnholdet vil øke lokalt i skråningen.

5 Kostnadsoverslag

Tabell 2 viser estimerte enhetspriser per kubikkmeter masse.

Tabell 2 Estimerte enhetspriser eks.mva.

Enhetspriser	kr/m ³ eks.mva.
Tilkjøring og utlegging av stein	300,-
Fjerning av masser og bortkjøring	150,-
Opplasting av masser og utlegging i samme område	35,-
Leca Lettklinker 0-32 mm	350,-
Kalksementpeler	350,-

5.1 Motfylling

Kostnadsoverslag for motfylling dimensjonert i henhold til krav om ”forbedring” er gjengitt i Tabell 3.

Tabell 3 Estimerte kostnader for motfylling iht. krav om ”forbedring”

	Volum (m ³)	Kostnadsoverslag (kr eks.mva.)
Profil D	51 500	15 450 000,-
Profil E2		
I elva	25 000	7 500 000,-
På land	1 400	420 000,-
<i>Totalt</i>		<i>23 370 000,-</i>

For å oppnå tilfredsstillende sikkerhet i henhold til krav om ”vesentlig forbedring” trengs en massiv motfylling i elva og på land. Estimerte kostnader er vist i Tabell 4.

Tabell 4 Estimerte kostnader for motfylling iht. krav om ”vesentlig forbedring”

	Volum (m ³)	Kostnadsoverslag (kr eks.mva.)
Profil D	72 500	21 750 000,-
Profil E2		
I elva	40 000	12 000 000,-
På land	3 000	900 000,-
<i>Totalt</i>		<i>34 650 000,-</i>

5.2 Avlastning av terreng

Kostnadsoverslag for avlastning av terreng er gjengitt i Tabell 5 og Tabell 6. Det er ikke vurdert avlastning i profil E2. Det er derfor gitt kostnadsoverslag for avlastning i område D kombinert med enten motfylling eller kalksementpeler i område E.

Tabell 5 Estimerte kostnader ved avlastning av terreng i område D, og motfylling i område E

	Volum (m ³)	Kostnadsoverslag (kr eks.mva.)
Profil D		
Motfylling i elva	46 000	13 800 000,-
Motfylling på land	7 000	2 100 000,-
Fjerning av masser	8 000	1 200 000,-
Profil E2		
Motfylling i elva	40 000	12 000 000,-
Motfylling på land	3 000	900 000,-
Totalt		30 000 000,-

Tabell 6 Estimerte kostnader ved avlastning av terreng i område D, og kalksementpeling i område E

	Volum (m ³)	Kostnadsoverslag (kr eks.mva.)
Profil D		
Motfylling i elva	46 000	13 800 000,-
Motfylling på land	7 000	2 100 000,-
Fjerning av masser	8 000	1 200 000,-
Profil E2		
Motfylling i elva	19 500	5 850 000,-
Motfylling på land	2 500	750 000,-
Kalksementpeling	6 500	2 275 000,-
Totalt		25 975 000,-

I tillegg kommer omlegging av veg og vannledning, samt arondering av arealet. Det må vurderes i felt om tiltaket kommer i konflikt med bebyggelsen.

5.3 Masseutskifting med lette fyllmasser

Tabell 7 og Tabell 8 viser kostnadsoverslaget for motfylling i elva og masseutskifting som beskrevet i alternativ 2 under avsnitt 4.2.2. Det er ikke vurdert masseutskifting i profil E2. Det er derfor gitt kostnadsoverslag for masseutskifting i område D kombinert med enten motfylling eller kalksementpeler i område E.

Tabell 7 Estimerte kostnader ved masseutskifting i område D, og motfylling i område E.

	Volum (m ³)	Kostnadsoverslag (kr eks.mva.)
Profil D		
Motfylling i elva	46 000	13 800 000,-
Motfylling på land	7 000	2 100 000,-
Fjerning av gravemasser	9 000	1 350 000,-
Leca lettklinker	9 000	3 150 000,-
Profil E2		
Motfylling i elva	40 000	12 000 000,-
Motfylling på land (fra område D)	3 000	105 000,-
Fjerning av overskuddsmasser	4 000	600 000,-
Totalt		33 105 000,-

Tabell 8 Estimerte kostnader ved masseutskifting i område D, og kalksementpeling i område E.

	Volum (m ³)	Kostnadsoverslag (kr eks.mva.)
Profil D		
Motfylling	46 000	13 800 000,-
Motfylling på land	7 000	2 100 000,-
Fjerning av gravemasser	9 000	1 350 000,-
Leca lettklinker	9 000	3 150 000,-
Profil E2		
Motfylling i elva	19 500	5 850 000,-
Motfylling på land (fra område D)	2 500	88 000,-
Fjerning av overskuddsmasser	4 500	675 000,-
Kalksementpeling	6 500	2 275 000,-
Totalt		29 288 000,-

I tillegg kommer omlegging av veg og vannledning, samt arondering av arealet. Det må vurderes i felt om tiltaket kommer i konflikt med bebyggelsen.

5.4 Kalksementpeler

For å oppnå tilfredstillende sikkerhet under anleggsfasen, må sikkerheten økes i forkant av kalksementpelingen. Dette innebærer at det må legges ut motfylling i elva i forkant av kalksementpelingen. I tillegg må det legges ut en motfylling av sand i foten av område D for få en tilstrekkelig økning av sikkerheten. Denne motfyllingen må bestå av sand for at riggen skal kunne bore gjennom den.

Tabell 9 Estimerte kostnader ved kalksementpeling

	Volum (m ³)	Kostnadsoverslag (kr eks.mva.)
Profil D		
Motfylling i elva	46 000	13 800 000,-
Motfylling på land (sand)	7 000	2 100 000,-
Kalksementpeling	8 000	2 800 000,-
Profil E2		
Motfylling i elva	19 500	5 850 000,-
Motfylling på land	2 500	750 000,-
Kalksementpeling	6 500	2 275 000,-
Totalt		27 575 000,-

Kostnadsoverslaget inkluderer ikke installering av poretrykksmålere, prosjektering av kalksementpelingen, eller kostnader i forbindelse med oppfølging under anelggsfasen.

6 Konklusjoner

6.1 Valg av sikkerhetsnivå

Kravene til forbedret beregningsmessig sikkerhet i NVE's retningslinjer nr. 1/2007 skal oppfylles når det iverksettes tiltak innenfor kvikkleiresoner. Det foreligger ingen retningslinjer for nødvendig prosentvis økning i skråninger med eksisterende bebyggelse. Dette forutsettes vurdert i hvert enkelt tilfelle.

I NGI-rapport nr. 20011544-1, ref. /1/, er den beregningsmessige sikkerheten for profil D økt med 7 %. Dimensjonene på motfyllingene blir vesentlig større ved å tilfredsstillere kravene om "forbedring" og "vesentlig forbedring", se tegning 103.

Forbedringen av den beregningsmessige sikkerheten som oppnås ved "forbedring" gir rom for å utføre tiltak som er av begrenset omfang, og må ikke forringe stabiliteten. Det understrekes at motfyllingen som skissert i denne rapporten ikke gir rom for tiltak som innebærer tilflytting av mennesker, eller utbygging med viktige samfunnsfunksjoner. Dette innebærer boliger, institusjoner, næringsbygg, skoler, toglinjer, sentralt kraftnett o.l.

Med en "vesentlig forbedring" av den beregningsmessige sikkerheten kan det tillates tiltak som innebærer tilflytting av mennesker, og bygging av bygninger og infrastruktur med viktige samfunnsfunksjoner.

Eventuell utbygging i området må ikke forringe stabiliteten i området.

6.2 Valg av tiltak

Ved å øke sikkerheten i henhold til ”vesentlig forbedring” økes dimensjonen på motfyllingen betraktelig i forhold til krav om ”forbedring”. Dette vil føre til økte kostnader, samt stor motfylling i elva og på land. For å unngå at terrenget på land skal endres så drastisk kan man velge masseutskifting, eller kalksementpeling. Dette medfører en motfylling i elva, og redusert motfylling på land. Motfyllingen langs elvebredden kan benyttes som turvei om fyllingen heves over vannflaten.

Motfylling dimensjonert i henhold til krav om ”forbedring” vil være langt billigere enn motfylling dimensjonert i henhold til krav om ”vesentlig forbedring”.

Det billigste alternativet for å oppnå en heving av sikkerheten i henhold til krav om ”vesentlig forbedring”, er avlastning av terreng i område D kombinert med kalksementpeling i område E. Det er ikke medregnet kostnader omlegging av veg og vannledning, eller arondering av terrenget etter at arbeidene med de stabiliserende tiltakene er avsluttet.

Det er forbundet risiko med utgraving i de bløte massene og kalksementpeling. Motfylling er den tryggeste metoden for å sikre området. Alle sikringstiltak må følges opp av geotekniker.

7 Referanser

- /1/ Norges Geotekniske Institutt (2003)
Skienselva. Risiko for kvikkleireskred. Grunnundersøkelser, stabilitetsanalyser og forslag til sikringstiltak.
Rapport nr. 20011544-1, datert 14. februar 2003
- /2/ Norges Vassdrags- og Energidirektorat (2007)
Retningslinjer for planlegging og utbygging i fareområder langs vassdrag.
Retningslinjer nr. 1 2007
- /3/ Scandiaconsult (2002)
Skienselva i Skien og Porsgrunn – Grunnundersøkelser datarapport
Rapport nr. 6202207A-1, datert 4. oktober 2002
- /4/ Leca (2002)
Leca lett fyllmasse
Leca 12.100 – 2002
- /5/ Eggestad, A. og Sem, H. (1976).
Stability of excavations improved by salt diffusion from deep wells.
Sixth European conference on soil mechanics and foundation



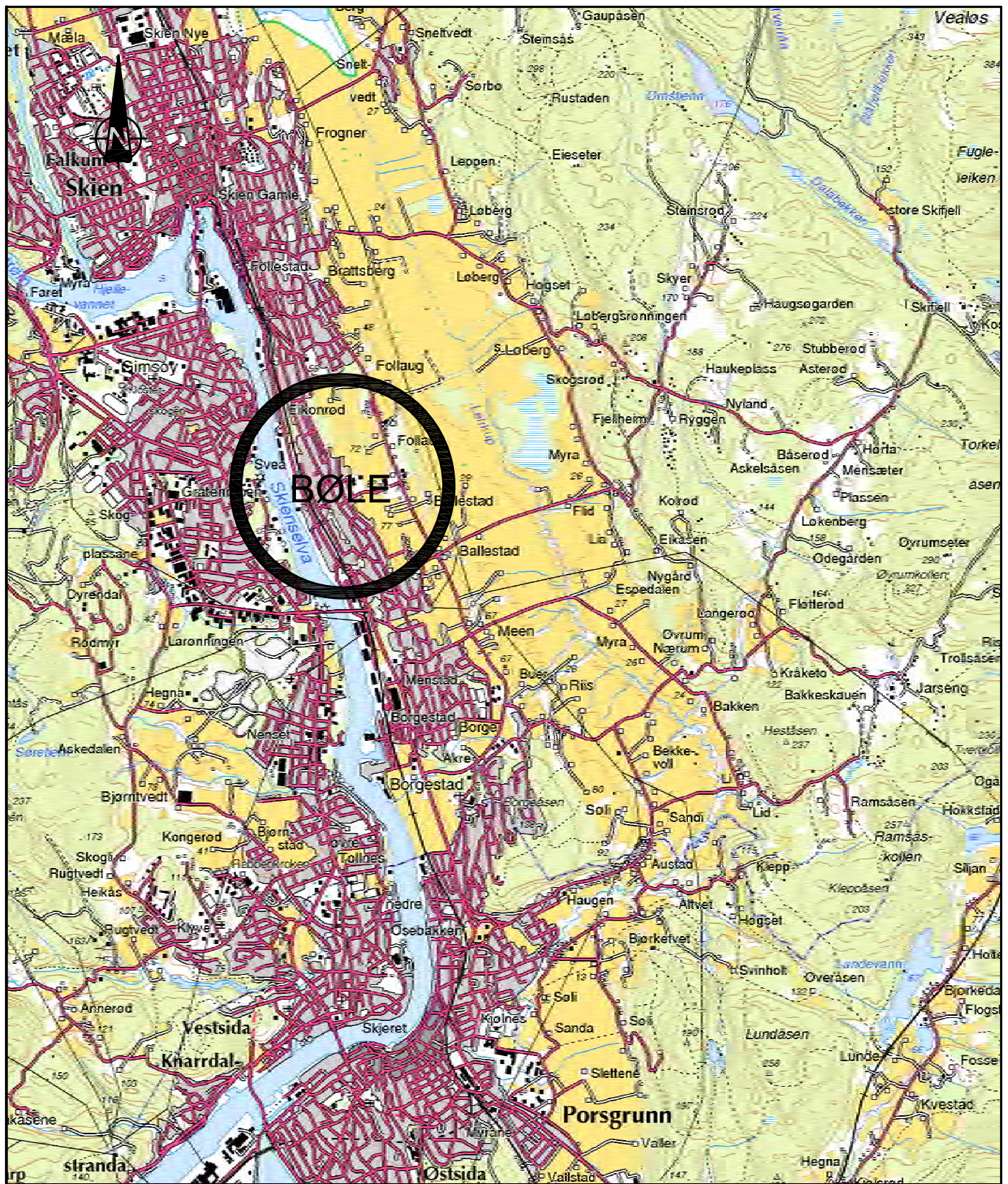
Rapport nr.: 20011544-3
Dato: 2008-04-21
Rev. dato: 2008-08-08
Side: 20 / Rev.: 1

engineering – Deep foundations and deep excavations. Proceedings,
Vienna 22nd to 24th March 1976, Volume 1.1. s. 211-216



Rapport nr.: 20011544-3
Dato: 2007-11-16
Rev. dato: 2008-08-08
Side:
Rev.: 1

Tegninger



NVE REGION SØR

SKIENSELVEN RISIKO FOR KVIKKLEIRESKRED

Bøle, Skien kommune
Oversiktskart

Status

Original format

A-4

Tegningens filnavn

autograf.rif\rapp3\001.dwg

Målestokk

1:50000



NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT

Postboks 3930 Ullevål Stadion, 0806 OSLO

Sognsveien 72

Tlf: 22 02 30 00 Fax: 22 23 04 48

www.ngi.no

Dato

05.11.2007

Oppdragsnr.

20011544

Konstr./Tegnet

TEH

Tegningsnr.

001

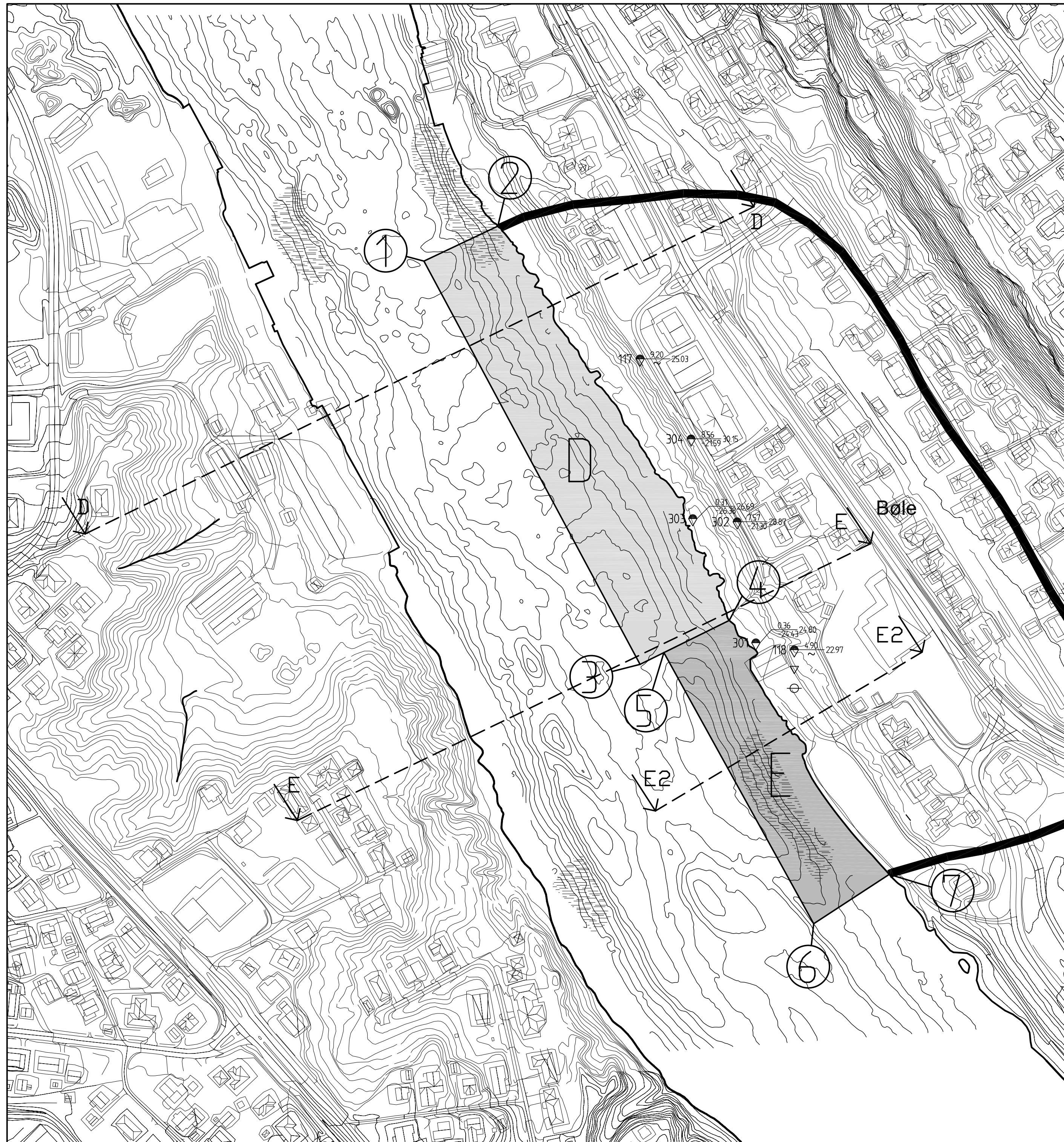
Kontrollert

OG

Godkjent

OG

Rev.



TEGNFORKLARING :

- Dreiesondring
- Enkel sondring
- ▽ Trykksondring
- ★ Fjellkontrollboring
- ◆ Dreietrykksondring
- Totalsondring
- ⊙ Prøveserie
- Prøvegrop
- + Vingeboring
- ⊖ Porettrykksmåling
- ⚡ Fjell i dagen

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

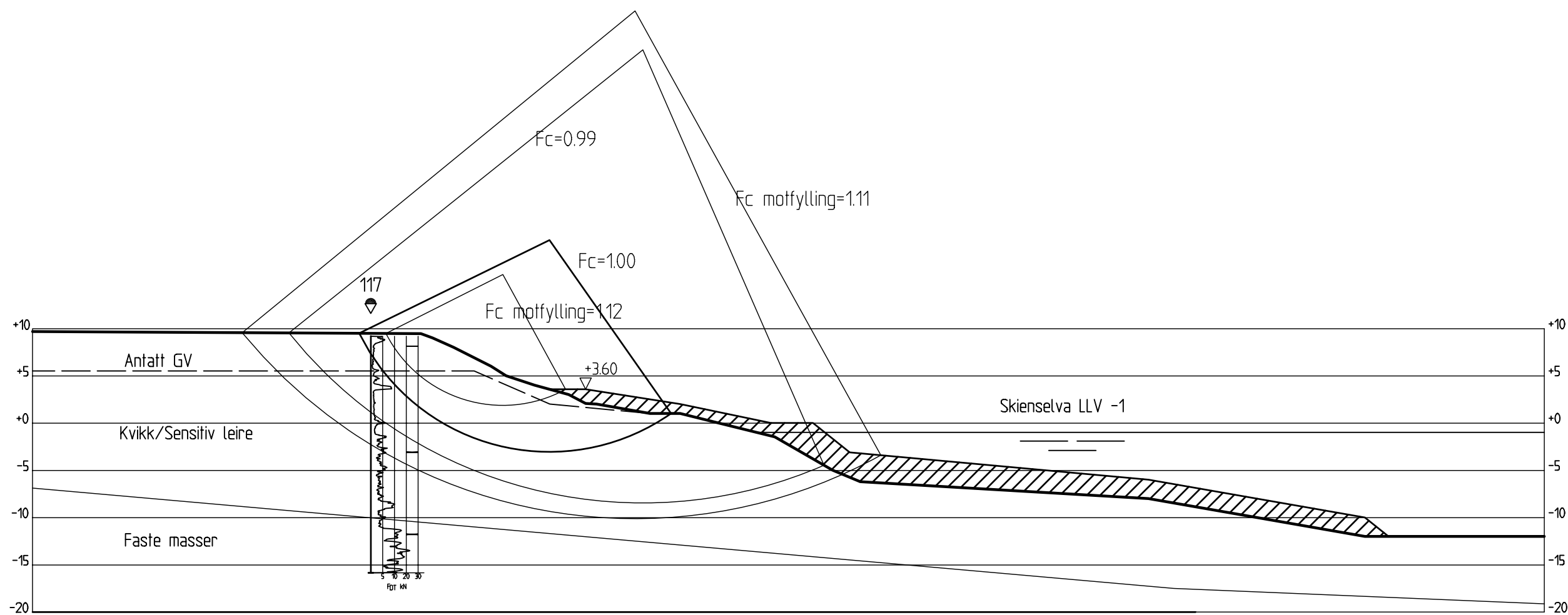
////// Erosjon/Utdypning (forskjell mellom dybdemålinger fra 1985 og 2002)

Koordinater knekkpunkter utfylling i elv

- ① X 6560395 Y 535920
- ② X 6560420 Y 535972
- ③ X 6560112 Y 536072
- ④ X 6560120 Y 536088
- ⑤ X 6560121 Y 536088
- ⑥ X 6559930 Y 536194
- ⑦ X 6559965 Y 536247

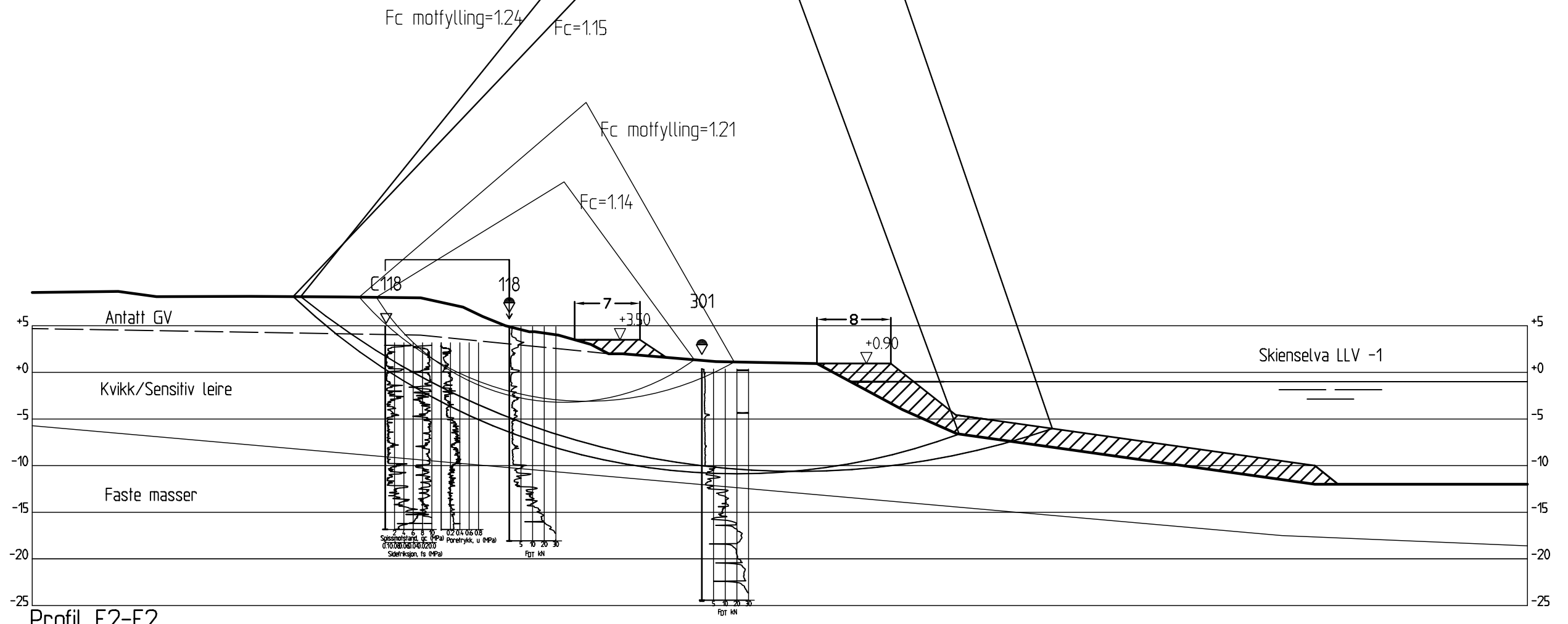
Utfyllingsvolum område D 51480m³
 Utfyllingsvolum område E 24690m³

NVE REGION SØR SKIENSELVEN RISIKO FOR KVIKLEIRESKRED		Status	
		Original format A-2 Tegningens filnavn Autograf.rvt\rapp3\010.dwg Målestokk	
Bøle, Skien kommune Borplan og stabiliserende tiltak i henhold til krav om "forbedring"		12000	
NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT Postboks 3930 Ullevål Stadion, 0806 OSLO Sognsveien 72 Tlf: 22 02 30 00 Fax: 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 13.11.2007 Oppdragsnr. 20011544	Konstr./Tegnet 010 Kontrollert Godkjent Rev.



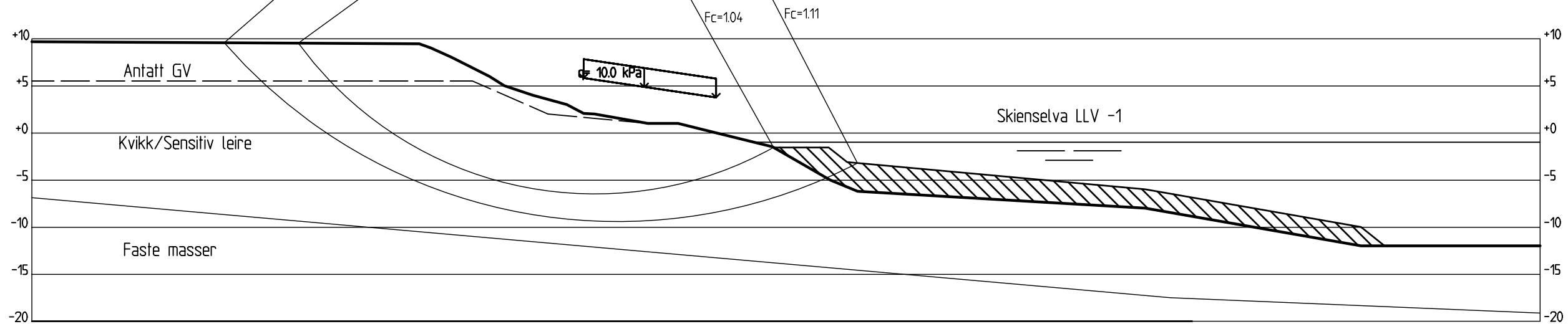
Profil D-D
1 : 500

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
		Status			
		Original format A-3			
		Tegningens filnavn Autograf.rit\rapp 3\100.dwg			
		Målestokk			
		1:500			
NVE REGION SØR SKIENSELVEN RISIKO FOR KVIKKLEIRESKRED Bøle, Skien kommune Profil D-D - Stabiliserende tiltak i henhold til krav om "forbedring"		Dato 06.11.2007	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT Postboks 3930 Ullevål Stadion, 0806 OSLO Sognsveien 72 Tlf: 22 02 30 00 Fax: 22 23 04 48 www.ngi.no		Oppdragsnr. 20011544	Tegningsnr. 100	Rev.	



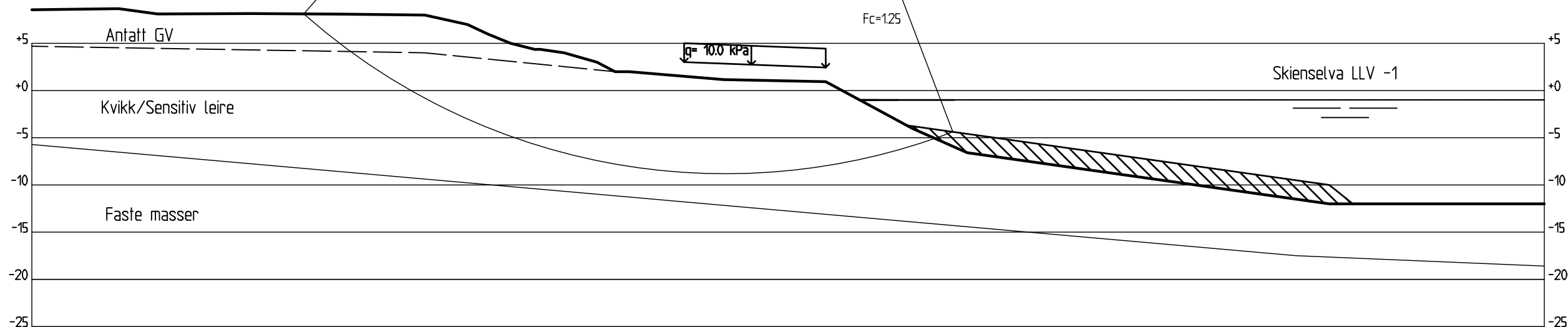
Profil E2-E2
1 : 500

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Konfr.	Godkj.
NVE REGION SØR SKIENSELVEN RISIKO FOR KVIKKLEIRESKRED		Status			
Bøle, Skien kommune Profil E2-E2 - Stabiliserende tiltak i henhold til krav om "forbedring"		Original format A-3		Tegningens filnavn Autograf.rit\rapp 3\101.dwg	
		Målestokk 1:500			
NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT Postboks 3930 Ullevål Stadion, 0806 OSLO Sognsveien 72 Tlf: 22 02 30 00 Fax: 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 05.11.2007	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
		Oppdragsnr. 20011544	Tegningsnr. 101		Rev.



Profil D-D

1 : 500



Profil E2-E2

1 : 500

NVE REGION SØR
SKIENSELVEN RISIKO FOR KVIKKLEIRESKRED

Bøle, Skien kommune
Minimum fylling lagt ut fra lekter

Status
Original format
A-3
Tegningens filnavn
Autograf.rit\rapp 3\102.dwg
Målestokk

1:500



NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT
Postboks 3930 Ullevål Stadion, 0806 OSLO
Sognsveien 72
Tlf: 22 02 30 00 Fax: 22 23 04 48
www.ngi.no

Dato
05.11.2007

Konstr./Tegnet

Kontrollert

Godkjent

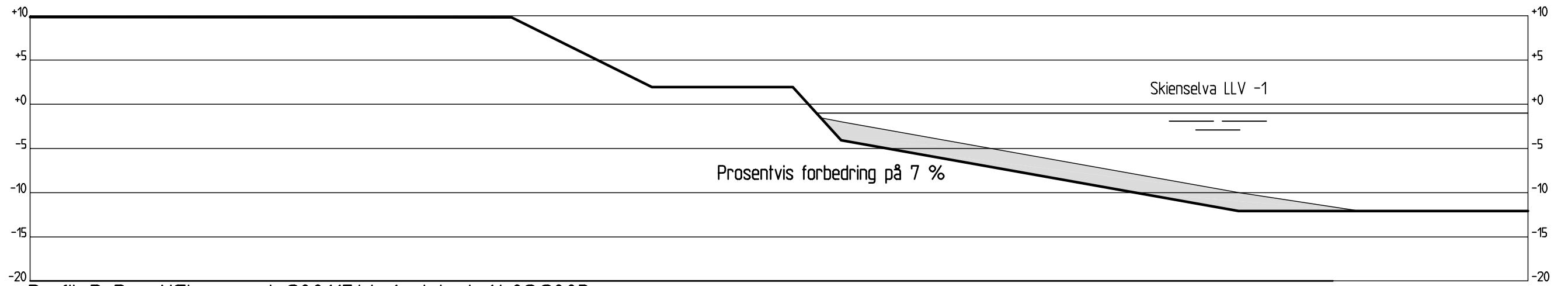
Oppdragsnr.

20011544

Tegningsnr.

102

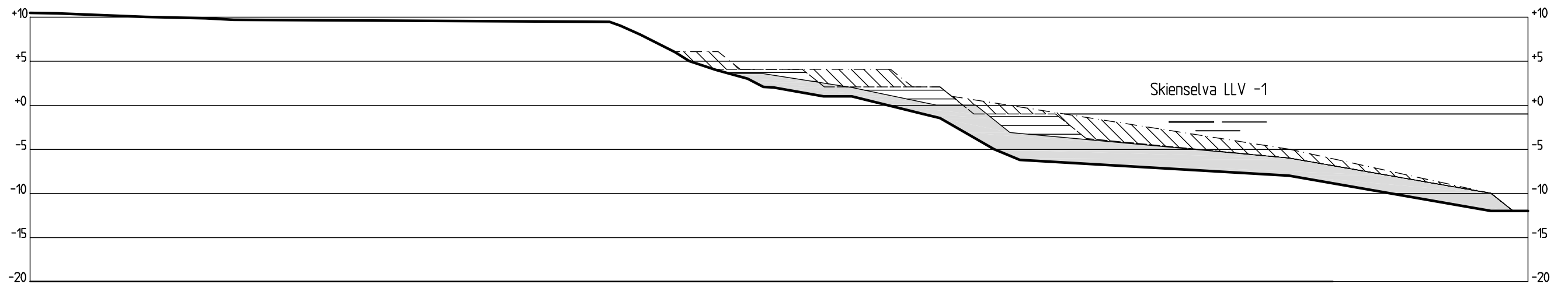
Rev.



Profil D-D - NGI-rapport 20011544-1, datert 14.02.2003

1 : 500

q= 20.0 kPa (bebyggelse og vesentlig forbedring)




Profil D-D

1 : 500

-  Forbedring
-  Vesentlig forbedring
-  Vesentlig forbedring med terrenglast 20 kPa

NVE REGION SØR
SKIENSELVEN RISIKO FOR KVIKKLEIRESKRED

Bøle, Skien kommune
Sammenligning av motfylling for ulike sikkerhetsnivåer

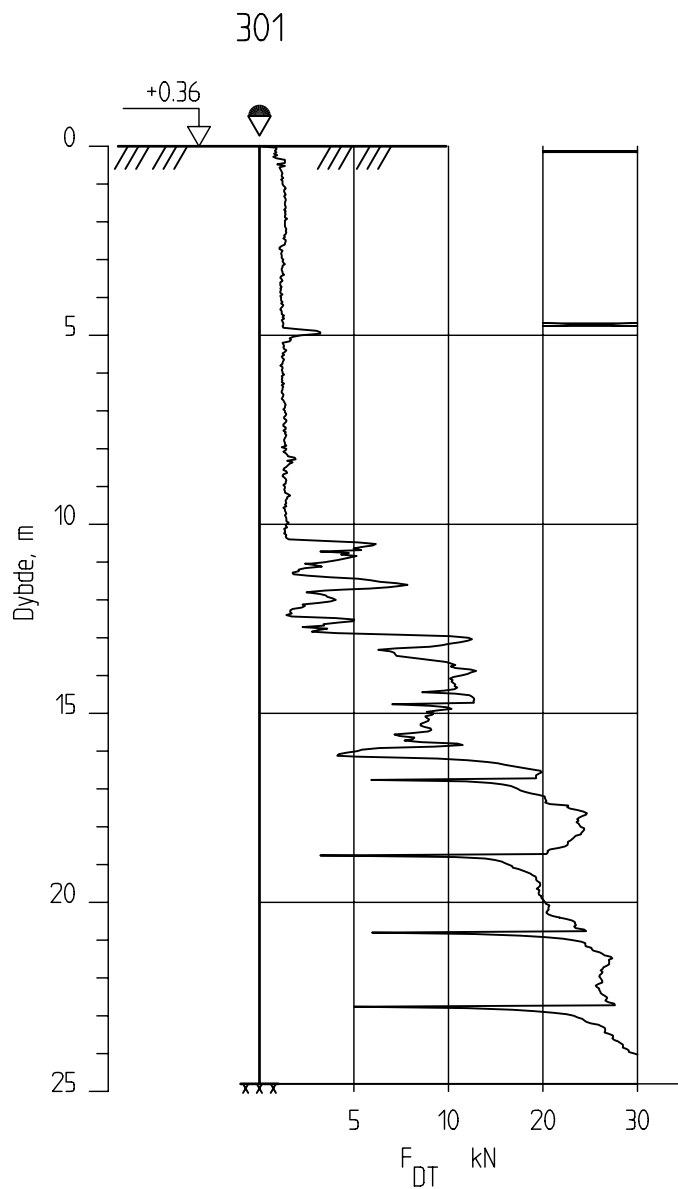
Status	
Original format	A-3
Tegningens filnavn	autograf_rif\rap3\103.dwg
Målestokk	1:500
	
Dato	07.11.2007
Konstr./Tegnet	Kontrollert
Godkjent	
Oppdragsnr.	20011544
Tegningsnr.	103
Rev.	

NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT
Postboks 3930 Ullevål Stadion, 0806 OSLO
Sognsveien 72
Tlf: 22 02 30 00 Fax: 22 23 04 48
www.ngi.no



Rapport nr.: 20011544-3
Dato: 2007-11-16
Rev. dato: 2008-08-08
Side: A1
Rev.: 1

Vedlegg A - Grunnundersøkelser



Skienelven Risiko for kvikkleireskred

Rapport nr.
20011544-3

Figur nr.
A.1

Dreietrykkssondering
M = 1 : 200

Tegner

Dato:
16.11.07

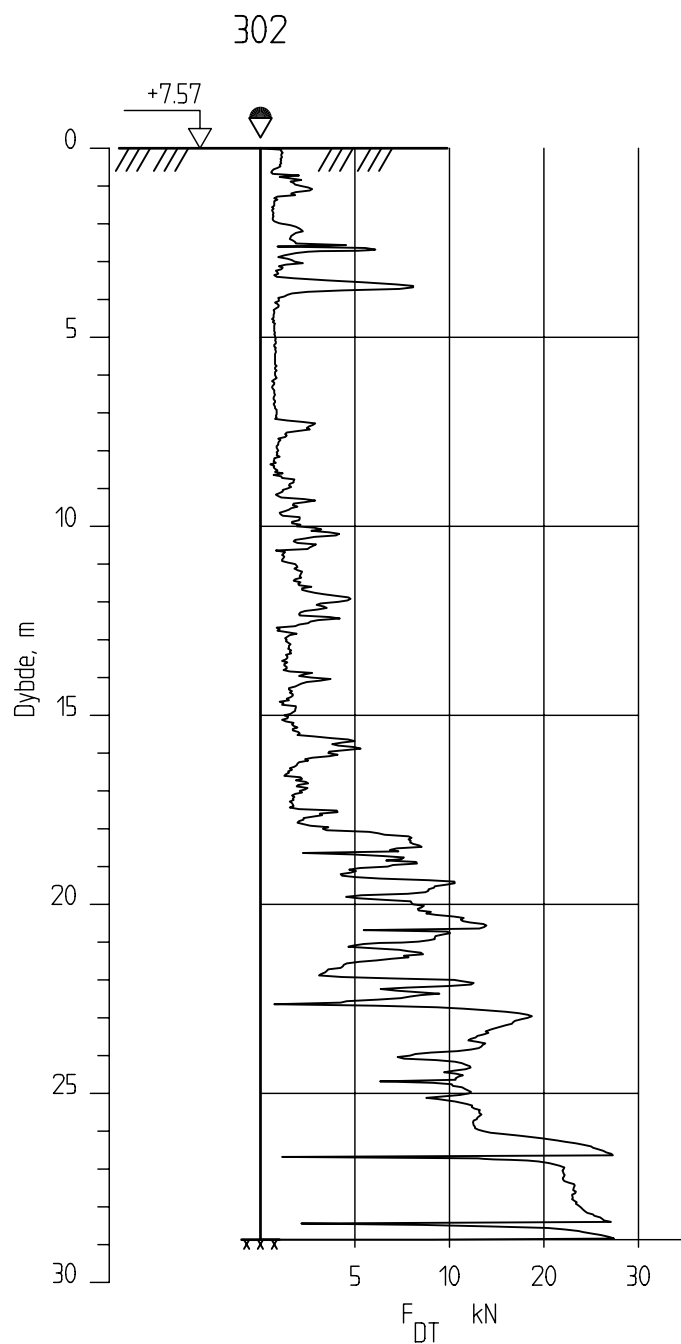
Borhull 301
Posisjon: X 6560127.60 Y 536152.94

Forsök nr. :
Sonde nr. :
Dato boret :20.06.2007

Kontrollert

Godkjent





Skienaselven Risiko for kvikkleireskred

Rapport nr.
20011544-3

Figur nr.
A.2

Dreietrykkssondering
M = 1 : 200

Tegner

Dato:
16.11.07

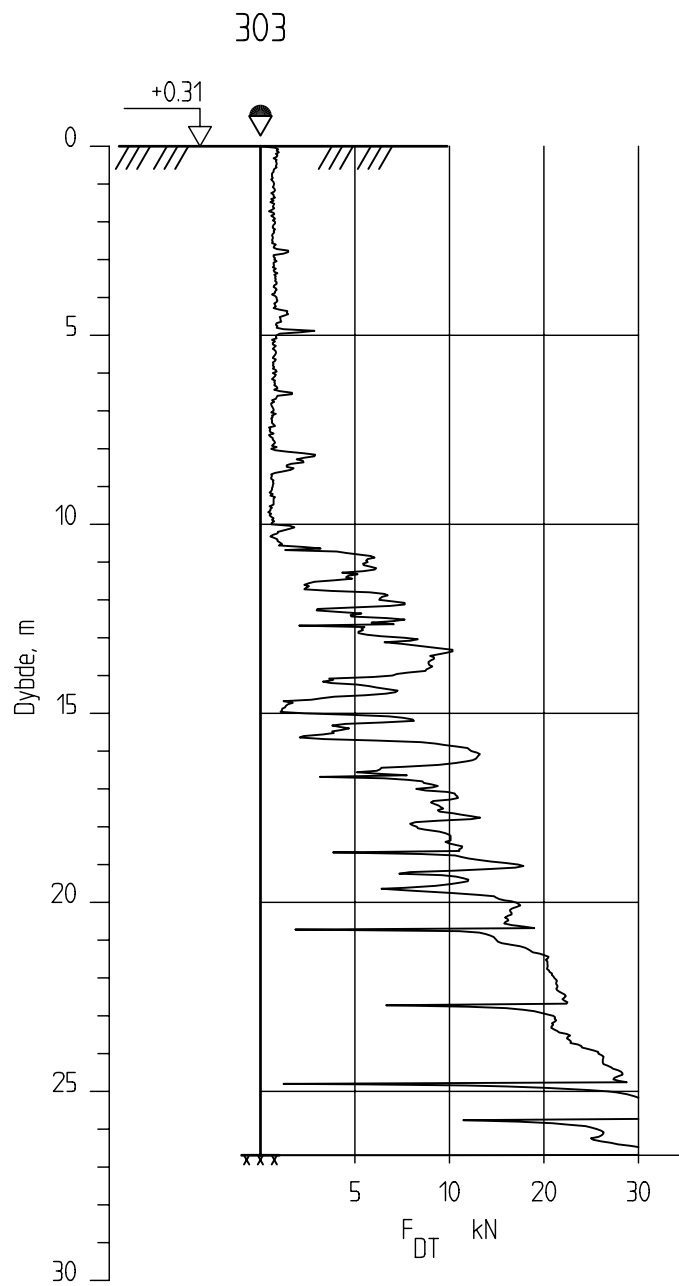
Borhull 302
Posisjon: X 6560212.54 Y 536139.84

Forsök nr. :
Sonde nr. :
Dato boret :20.06.2007

Kontrollert

Godkjent





Skienaselven Risiko for kvikkleireskred

Rapport nr.
20011544-3

Figur nr.
A.3

Dreietrykkssondering
M = 1 : 200

Tegner

Dato:
16.11.07

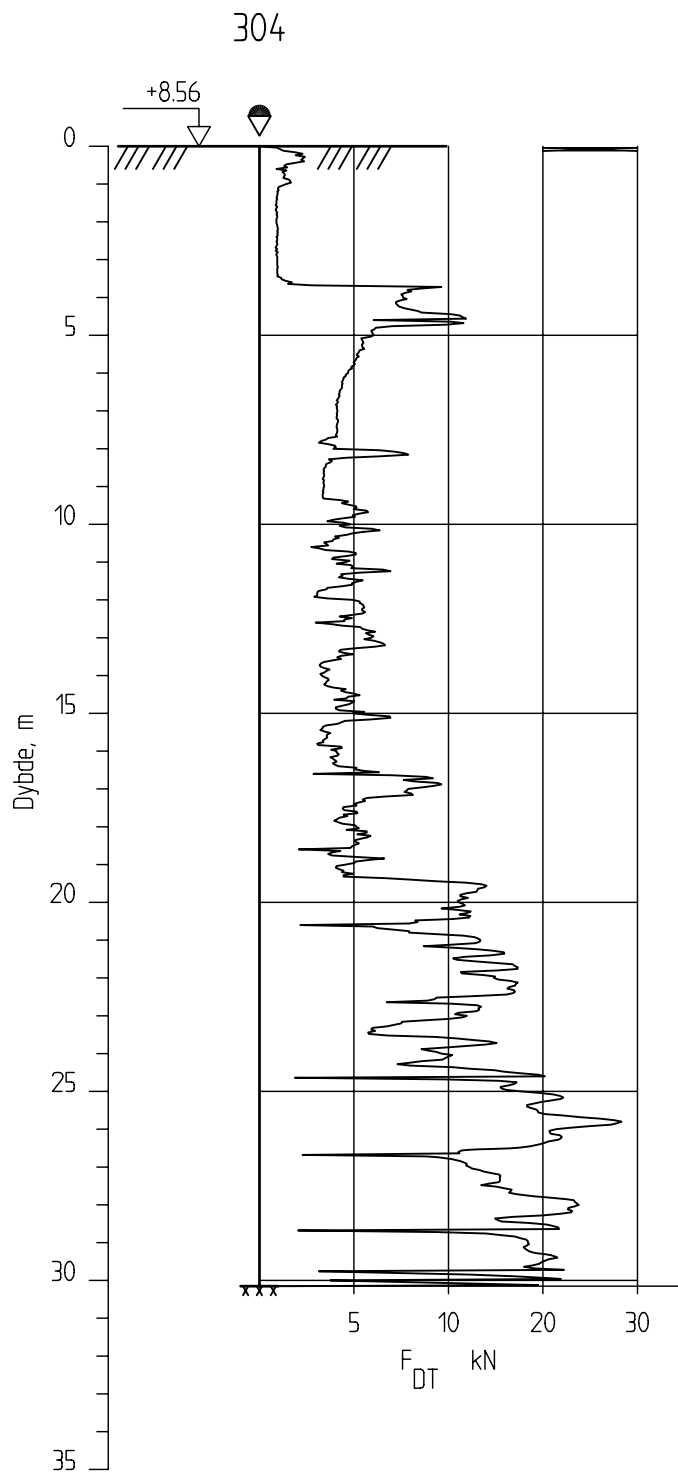
Borhull 303
Posisjon: X 6560214.77 Y 536108.70

Forsök nr. :
Sonde nr. :
Dato boret :20.06.2007

Kontrollert

Godkjent





Skienelven Risiko for kvikkleireskred

Rapport nr.
20011544-3

Figur nr.
A.4

Dreietrykkssondering
M = 1 : 200

Tegner

Dato:
16.11.07

Borhull 304
Posisjon: X 6560270.72 Y 536107.49

Forsök nr. :
Sonde nr. :
Dato boret :20.06.2007

Kontrollert

Godkjent



Kontroll- og referanseside/ Review and reference page



Dokumentinformasjon/Document information					
Dokumenttittel/Document title Program for økt sikkerhet mot leirskred			Dokument nr/Document No. 20011544-3		
Dokumenttype/Type of document		Distribusjon/Distribution		Dato/Date	
<input checked="" type="checkbox"/> Rapport/Report <input type="checkbox"/> Teknisk notat/Technical Note		<input type="checkbox"/> Fri/Unlimited <input checked="" type="checkbox"/> Begrenset/Limited <input type="checkbox"/> Ingen/None		16. november 2007 Rev.nr./Rev.No. 1 8. august 2008	
Oppdragsgiver/Client NVE Region Sør					
Emneord/Keywords quick clay, slope stability, risk assessment					
Stedfesting/Geographical information					
Land, fylke/Country, County Telemark			Havområde/Offshore area		
Kommune/Municipality Skien			Feltnavn/Field name		
Sted/Location Bøle			Sted/Location		
Kartblad/Map 1713 II			Felt, blokknr./Field, Block No.		
UTM-koordinater/UTM-coordinates 32VNL360605					
Dokumentkontroll/Document control					
Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001					
Rev./ Rev.	Revisjonsgrunnlag/Reason for revision	Egen-kontroll/ Self review av/by:	Sidemanns-kontroll/ Colleague review av/by:	Uavhengig kontroll/ Independent review av/by:	Tverrfaglig kontroll/ Inter-disciplinary review av/by:
0	Originaldokument	TEH	OG		
1		TEH	OG		
Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release		Dato/Date		Sign. Prosjektleder/Project Manager	
				Odd Gregersen	

NGI er et internasjonalt ledende senter for forskning og rådgivning innen geofagene. Vi utvikler optimale løsninger for samfunnet, og tilbyr ekspertise om jord, berg og snø og deres påvirkning på miljøet, konstruksjoner og anlegg.

NGI arbeider i følgende markeder: olje og gass, bygg og anlegg, samferdsel, naturskade og miljøteknologi.

NGI er en privat stiftelse med kontor og laboratorier i Oslo, avdelingskontor i Trondheim og datterselskap i Houston, Texas, USA.

NGI ble utnevnt til "Senter for fremragende forskning" (SFF) i 2002, og leder "International Centre for Geohazards" (ICG).

www.ngi.no

NGI is a leading international centre for research and consulting in the geosciences.

NGI develops optimum solutions for society, and offers expertise on the behaviour of soil, rock and snow and their interaction with the environment, installations and structures.

NGI works within the oil and gas, building and construction, transportation, natural hazards and environment sectors.

NGI is a private foundation with office and laboratory in Oslo, branch office in Trondheim and daughter company in Houston, Texas, USA. NGI was awarded Centre of Excellence status in 2002, and leads the International Centre for Geohazards (ICG).

www.ngi.no



Hovedkontor/Main office:
PO Box 3930 Ullevål Stadion
NO-0806 Oslo
Norway

Besøksadresse/Street address:
Sognsveien 72, NO-0855 Oslo

Åyd Trondheim/Trondheim office:
PO Box 1230 Pirsenteret
NO-7462 Trondheim
Norway

Besøksadresse/Street address:
Pirsenteret, Havnegata 9, NO-7010 Trondheim

T: (+47) 22 02 30 00
F: (+47) 22 23 04 48

ngi@ngi.no
www.ngi.no

Kontonr. 5096 05 01281 / IBAN NO26 5096 0501 281
Org. nr./Company No.: 958 254 318 MVA

BSI EN ISO 9001
Sertifisert av/Certified by BSI, Reg. No. FS 32989





Rapport / Report

Stabilitet Skienselven

Supplerende grunnundersøkelser og vurdering av stabilitet i skråning over elvenivå

20011544-00-37-R
16. september 2009



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 tredjemand uten eiers samtykke. Dokumentet må ikke endres uten samtykke fra NGL.

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 NGL.



Prosjekt

Prosjekt: Stabilitet Skienselven
Dokumentnr.: 20011544-00-37-R
Dokumenttittel: Supplerende grunnundersøkelser og vurdering av stabilitet i skråning over elvenivå
Dato: 16. september 2009

Hovedkontor:
Pb. 3930 Ullevål Stadion
0806 Oslo

Avd Trondheim:
Pb. 1230 Pirsenteret
7462 Trondheim

T 22 02 30 00
F 22 23 04 48

Kontonr 5096 05 01281
Org. nr 958 254 318 MVA

ngi@ngi.no
www.ngi.no

Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), Region Sør
Oppdragsgivers kontaktperson: Erik Traae
Kontraktreferanse:

For NGI

Prosjektleder: Odd Gregersen
Rapport utarbeidet av: Øyvind Armand Høydal

Sammendrag

Det er utført supplerende undersøkelser i nordre del og nord for tidligere kvikkleirefaresone Bøle i Skien kommune. Sonens utstrekning er revidert i teknisk notat datert 21.01.2009. Grunnundersøkelsene viser at materialet over elvenivå i stor grad består av silt og at massene for en stor del er umettede, dvs at grunnvannstanden er lav. Stabiliteten for øvre del av skråningen i Profil D (og del av skråning med samme geometri) og for dyperegående glidesirkel i profil D2 er funnet å være noe lav. Profil D2 ligger innenfor sikringssonen for kulturminner og utenfor areal sikret med steinfylling i elva. Det anbefales at sikkerheten for glidning i øvre del av skråningen forbedres med ei støttefylling på land. Videre muligheter for sikring i sikringssonen for kulturminner bør drøftes videre.

BS EN ISO 9001
Sertifisert av BSI
Reg. No. FS 32989

Innhold

1	Innledning	5
2	Supplerende undersøkelser	5
2.1	Sonderinger	5
2.2	Feltmålinger	6
2.3	Prøvetaking	6
2.4	Tolkning	6
3	Materialparametre	6
3.1	Skjærstyrke	6
4	STABILITETSANALYSER	7
4.1	Generelt	7
4.2	Beregninger for øvre del av skåningen etter utlegging av sikring i elv.	8
5	Konklusjon	8

Vedlegg

Figur nr. 1	Borplan og beregningsprofiler
Figur nr. 2	Dreietrykksondering nr 305
Figur nr. 3	Dreietrykksondering nr 306
Figur nr. 4	Dreietrykksondering nr 307
Figur nr. 5	Dreietrykksondering nr 308
Figur nr. 6	Dreietrykksondering nr 300
Figur nr. 7	Dreietrykksondering nr 310
Figur nr. 8	CPTU-sondering nr 306
Figur nr. 9	CPTU-sondering nr 309
Figur nr. 10	Stabilitetsberegning profil E2
Figur nr. 11	Stabilitetsberegning profil D
Figur nr. 12	Stabilitetsberegning profil D2
Figur nr. 13	Laboratorieundersøkelser, Kornfordelingsanalyser
Figur nr. 14	Laboratorieundersøkelser, Borprofil

1 Innledning

Tidligere teknisk notat av 21.1.2009 viste at stabiliteten av øvre del av skåningen var lav. I notatet ble det foreslått å utføre supplerende undersøkelser i denne delen av området fordi beregningene bygget på antatt konservative antagelser. Det er foretatt supplerende undersøkelser som inkluderer 6 dreietrykksonderinger, 1 CPTU, 1 prøveserie og 2 poretrykksmålere. Videre ble notatet overfor basert på at hele strekningen skulle sikres. I øvre del av området er det kulturminner og dette arealet er tatt ut av sikringsplanen.

2 Supplerende undersøkelser

Feltundersøkelsen ble utført 20. april 2009. Boreleder var Bjørn Thune og boringene ble utført med en beltegående borerigg, type Geomachine GM100.

Borepunktene er koordinatbestemt ved innmåling av Martin Jespersen, NVE Region Sør. Koordinatene er gitt i koordinatsystemet EUREF89 Sone 32.

Det er foretatt dreietrykksonderinger i hull 305, 306, 307, 308, 309, og 310. Videre er det utført CPTU 306 og 309. Resultatet av boringene er gitt i Vedlegg. Det er montert piezometre i hull 305 og 306. Beliggenheten av boringene fremgår av borplan, tegning 1. Koordinater for boringene er gitt i Tabell 1.

Tabell 1

Borpunkt nr	Ø- koord	N-koord	Høyde
305	536191.48	6560194.84	8.70
306	536042.86	6560383.52	9.55
307	535968.89	6560519.42	8.18
308	535938.28	6560507.94	1.64
309	535991.76	6560470.03	6.40
310	535958.15	6560465.95	2.18

Ved borhull 305 og 306 er det satt ned poretrykksmålere med filtre på 8 m dyp.

2.1 Sonderinger

2.1.1 Dreietrykksondering

Det er utført 6 dreietrykksonderinger, for kartlegging av grunnens relative fasthet, laggrenser og evt. dybder til antatt fjell eller fast grunn. Dreietrykksondering gir ikke sikker påvisning av fjell. Dybden på sonderingene varierer fra ca. 27 - 34 meter under terrengoverflate.

Resultatene fra dreietrykksonderingene er vist som enkeltboringer i vedlegg A.

2.2 Feltmålinger

2.2.1 CPTU-sonderinger

Det er utført CPTU-sonderinger i borepunktene 306 og 309. Formålet med CPTU-sonderingene er nøyaktig kartlegging av laggrenser og å gi grunnlag for bestemmelse av geotekniske jordparametere, spesielt udrenert skjærstyrke av leire.

Resultatene fra CPTU-sonderingene er vist som enkeltboringer i figur 8 og 9.

2.3 Prøvetaking

Det ble tatt en prøveserie, dvs. poseprøver fra 2 til 8 m i borhull 6. Stein gjorde det vanskelig å presse ned prøvesylinder. Prøvene er analysert med hensyn på kornfordeling, flyte-utrullingsgrenser og omrørt skjærstyrke. Denne prøvemethoden gir forstyrrede prøver og ikke særlige gode prøver for laboratorietester. Resultater fra laboratorieundersøkelsene vist i vedlegg D.

2.4 Tolkning

Dreietrykksonderingene indikerer generelt masser med lav bormotstand og homogene masser de øvre 10 m, noe som indikerer sensitive masser. Under dette nivået er bormotstanden fortsatt lav, men med større vekslning mellom tynne leire og sand/siltlag. Fra kote -15 viser boringene noe høyere bormotstand, med vekslende lag mellom større enheter (lag) av sand, silt og mulig sensitiv leire.

Poretrykksmålerne i henholdsvis hull 305 og 306 viser utslag på henholdsvis kote 2,89 m og 2,96 m. Det vil si at massene i øvre del av den aktuelle skråningen i stor grad er umettede. Nivået svarer til øvre grense for et homogent mulig sensitivt finkortnet lag ved kote +3 med 4 – 4,5 m tykkelse.

Fra prøvetakingen karakteriseres prøvene ned til ~6 m dyp som sandig silt, ved 7.5 m karakteriseres prøven som siltig leire. Målt omrørt skjærstyrke er større enn for leire karakterisert som kvikkeleire.

3 Materialparametre

3.1 Skjærstyrke

Stabilitetsforholdene er bestemt på basis av den udrenerte skjærstyrke, s_u . Den aktive skjærstyrken er utledet på grunnlag av overkonsolideringsgrad, OCR, i henhold til følgende empiriske formel:

$$s_{uA} = \alpha p_0' OCR^{0,65}$$

hvor: $\alpha = 0,3$
 $OCR = p_c' / p_0'$
 $p_0' = \text{effektivt overlagringstrykk}$
 $p_c' = \text{forkonsolideringstrykk ut fra antatt tidligere terrengnivå}$

Grunnen i området er antatt normalkonsolidert eller overkonsolidert ut fra topografi og det kvartærgeologiske kart over området. Overkonsolideringsforholdet (OCR) i skrånningen beregnes for nivåer under antatt gammel sjøbunn.

Ved kote 10 er grunnvannstanden lagt til kote +3, ved kote 5 er grunnvannstanden lagt til kote +2, mens den ved kote +1 er lagt til +0,5. Styrkeprofilene er endret som følge av dokumentert lav grunnvannstand og dermed høyere effektivspenninger. Ut i elva er det konservativt antatt en overkonsolidering svarene til 12 m med løsmasser fra dagens bunn. Det er brukt de samme styrkeprofilene avhengig av høydenivå i alle de 3 bergningsprofilene.

4 STABILITETSANALYSER

NGI har tidligere utført stabilitetsanalyser for faresone Bøle, jfr. rapport 20011544-3 rev. 1, datert 08.08.08, og teknisk notat datert 21.01.2009. Disse beregningene viste lav stabilitet i øvre del av elvebrinken.

De foreliggende vurderingene er basert på ovennevnte rapporter og på revidert styrkeprofiler. Styrkeprofilene er endret som følge av høyere effektivspenninger. For samme bergningssirkel kan absolutt sikkerhetsfaktor være endret fra tidligere bergninger, mens prosentvise endringer ved sikring vil være omtrentlig like.

4.1 Generelt

Stabilitetsberegningene er utført med programmet Postograf. Postograf baserer seg på en likevektsbetraktning i bruddgrensetilstanden, "Limit equilibrium method" (LEM).

Beregningene er utført med sirkulære glideflater. Terrenglast er ikke medregnet for permanent stabilitet.

I beregningene er det tatt hensyn til at leire er et anisotrop materiale, det vil si at skjærstyrken varierer med glideflatens helning. På grunnlag av erfaringstall fra laboratorieforsøk på en rekke norske leirer er forholdet mellom styrkeverdiene for aktiv sone, den plane delen av glideflaten og passiv sone satt til:

$$s_{uD} = 0,7 s_{uA} \text{ og } s_{uP} = 0,4 s_{uA}$$

Tilfredsstillende beregningsmessig sikkerhet, materialfaktor γ_M , settes til 1,4 for leirområder med tilflytting av mennesker. Ved lavere sikkerhet må det sikkerheten positivt forbedres, størrelsesmessig avhengig av bruken av området.

4.2 Beregninger for øvre del av skåningen etter utlegging av sikring i elv.

Figur 10, 11 og 12 viser beregnet stabilitet i profilene D2, D og E2. Beliggenhet av beregningsprofiler er gitt i Figur 1 "Borplan og beregningsprofiler". Resultatet viser at stabilitetsberegningene for øvre del av skråningen er tilfredsstillende for profil D2 og E2, mens profil D har noe lavere sikkerhetsfaktor enn det som anbefales for sikker grunn. Stabiliteten for stor sirkel ut i elva for profil D2 anses heller ikke å ha tilfredsstillende sikkerhet. For Profil D ser en at sikkerheten avtar for mindre sirkler, mens en for det usikrede profil D2 ser en at sikkerheten avtar for større sirkler. Øvre del av Profil D er brattere og høyere enn de to andre profilene. Geometrien i profil D er representativ for strekningen noe oppstrøms profil E og opp mot grense for sikringszone kulturvern.

Bedret styrkeprofiler i øvre del av skråningen skyldes lavt grunnvann slik at en har høyere effektivspenninger i grunnen enn det som opprinnelig ble antatt. Det anbefales derfor at en ved tiltak i området sørger for at en ikke infiltrerer grunnen men leder oppsamlet overvann ned til elva. En vil da gjøre et tiltak som gjør at antagelsen om lavt grunnvann blir mindre påvirket i lange fuktige perioder.

Den foreslåtte fyllingen i elva utfor profil E2 og D forutsettes utført for at beregningene i skal være rett.

5 Konklusjon

Den utlagte steinfyllingen i elva gir tilfredsstillende sikkerhet for dypere glidninger. For mindre glidninger på land er sikkerheten noe for lav oppstrøms profil E og opp mot sikringssonen for kulturvern. For å få til tilfredsstillende sikkerhet kan det her legges ut fylling i en ~10 m bredde, og med topp fylling på ca kote +3 (se "Alternativ tilleggsikring" Figur 11).

I usikret område, i oppstrøms del av faresonen anses sikkerheten som ikke tilfredsstillende. Alternative sikringstiltak bør vurderes. Teknisk sett vil det mest aktuelle være å foreta en kontrollert mindre utfylling fra land og ut i elva fra eksisterende fylling. Alternativt kan det utføres grunnforsterkning på land med kalk-sement peler (KC-peler) eller ved saltbrønner. KC-peler innebærer en sikkerhetsmessig risiko. Saltbrønner kan ha begrenset effekt i de lagdelte massene på dette stedet. Det bør foretas en videre drøfting av mulige løsninger.

Ved tiltak i boligområde må det dokumenteres at stabiliteten ikke forverres.

Vi forutsetter at takvann og annet drensvann føres i lukket system ut av området. Massene er ikke egnet til infiltrering fordi infiltrasjon påvirker overflatestabiliteten og grunnvannet i området.

Vedlegg

1) Borplan og beregningsprofiler

Dreietrykkssonderinger

- 2) Borhull 305
- 3) Borhull 306
- 4) Borhull 307
- 5) Borhull 308
- 6) Borhull 309
- 7) Borhull 310

CPTU sonderinger

- 8) Borhull 306
- 9) Borhull 309

Stabilitetsberegninger

- 10) Stabilitetsberegning profil E2
- 11) Stabilitetsberegning profil D
- 12) Stabilitetsberegning profil D2

Laboratorieresultater

- 13) Laboratorieundersøkelser, Kornfordelingsanalyser
- 14) Laboratorieundersøkelser, Borprofil



TEGNFORKLARING :

- ▽ CPTU
- ▽ Dreielektrykksone
- ◎ Prøveserie
- ⊖ Poretrykksmåling

**NVE REGION SØR
SKIENSELVEN RISIKO FOR KVIKKLERESKRED**

Bøle, Skien kommune
Barplan og beregningsprofiler

NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT
Postboks 3930 Ullevål Stadion, 0806 OSLO
Sognsveien 72
Tlf: 22 02 30 00 Fax: 22 23 04 48
www.ngi.no

Status

Original format

A-3

Tegningens tittel

Autograt.rit\borplan2.dwg

Målestokk

1:2000



Coaktør

Kontrollert

og

Konstr./Tegnet

oah

Tegningsnr

Dato

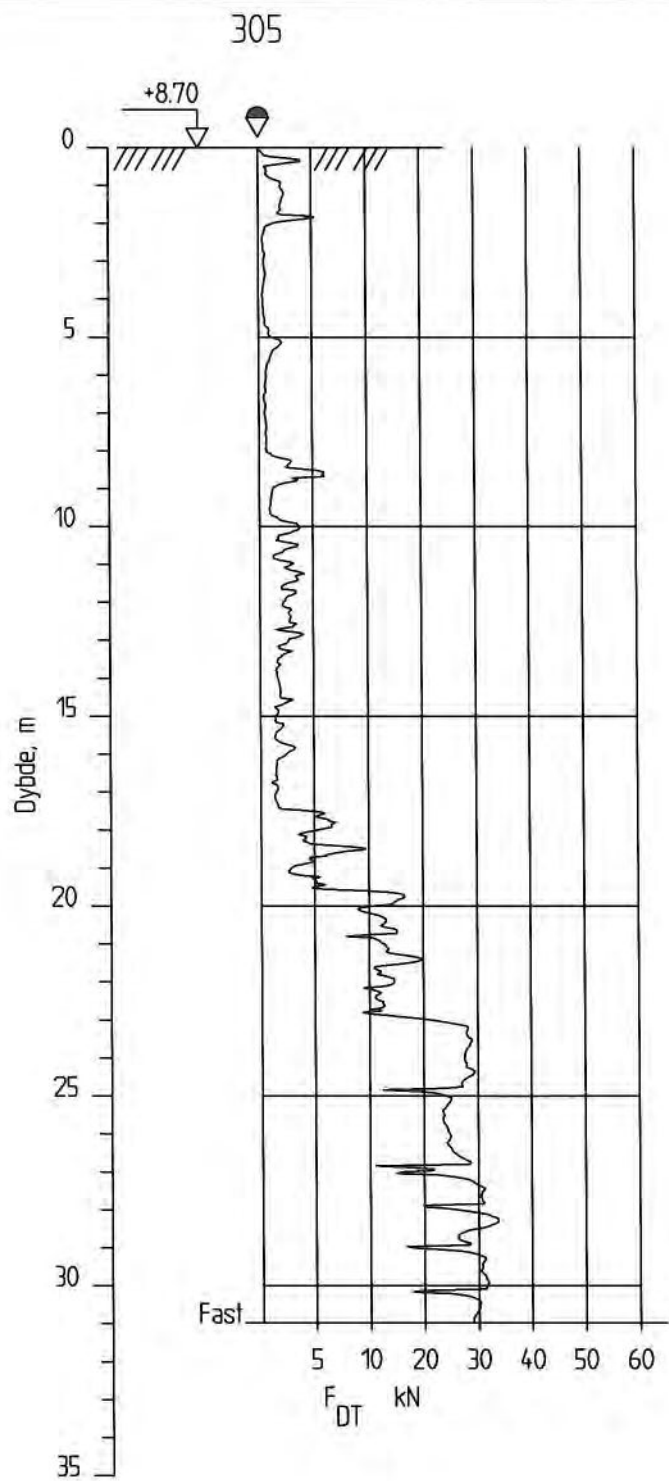
16.09.2009

Oppdragsnr

20011544

Rev

1



BØLE

Rapport nr.
20011544-3

Figur nr.
2

Dreietrykkssondering
M = 1 : 200

Tegner
oah

Dato:
20.07.2009

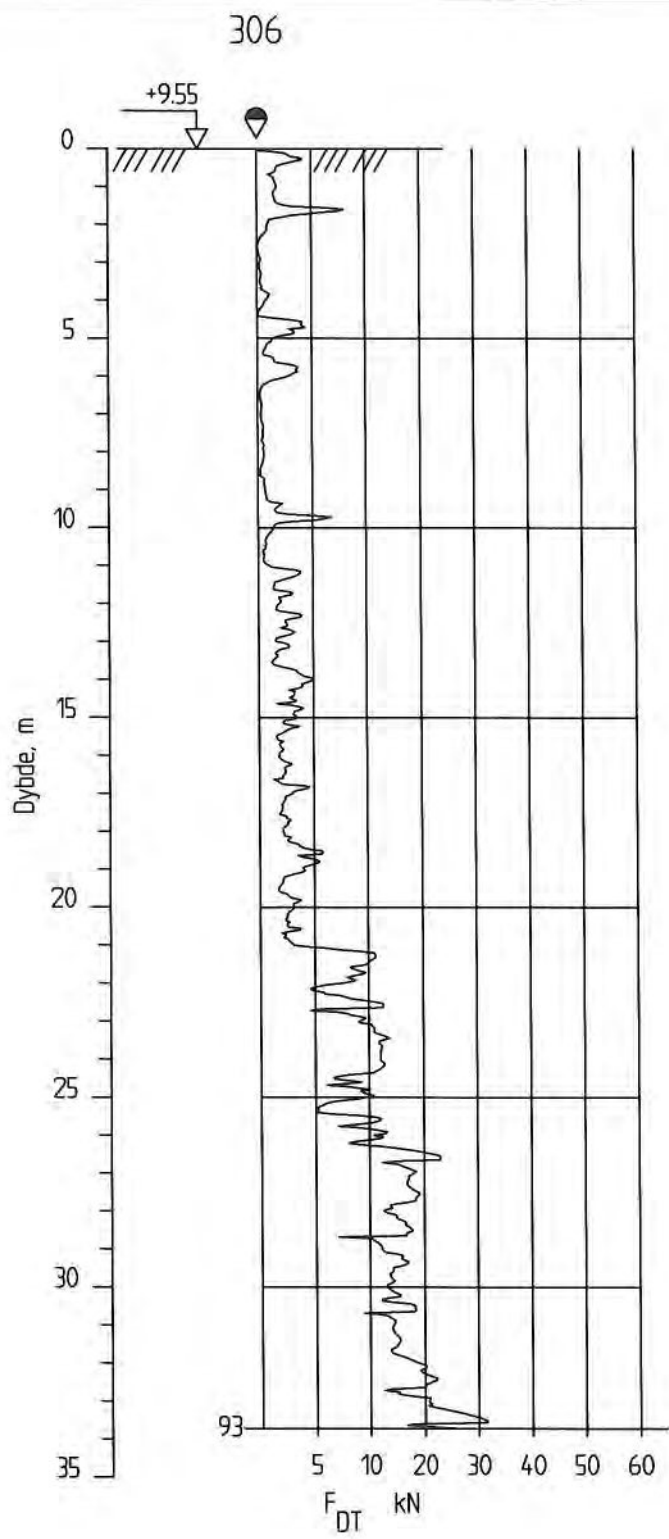
Borhull 305
Posisjon: X 536191.48 Y 6560194.84

Forsök nr. :
Sonde nr. :
Dato boret :17.04.2009

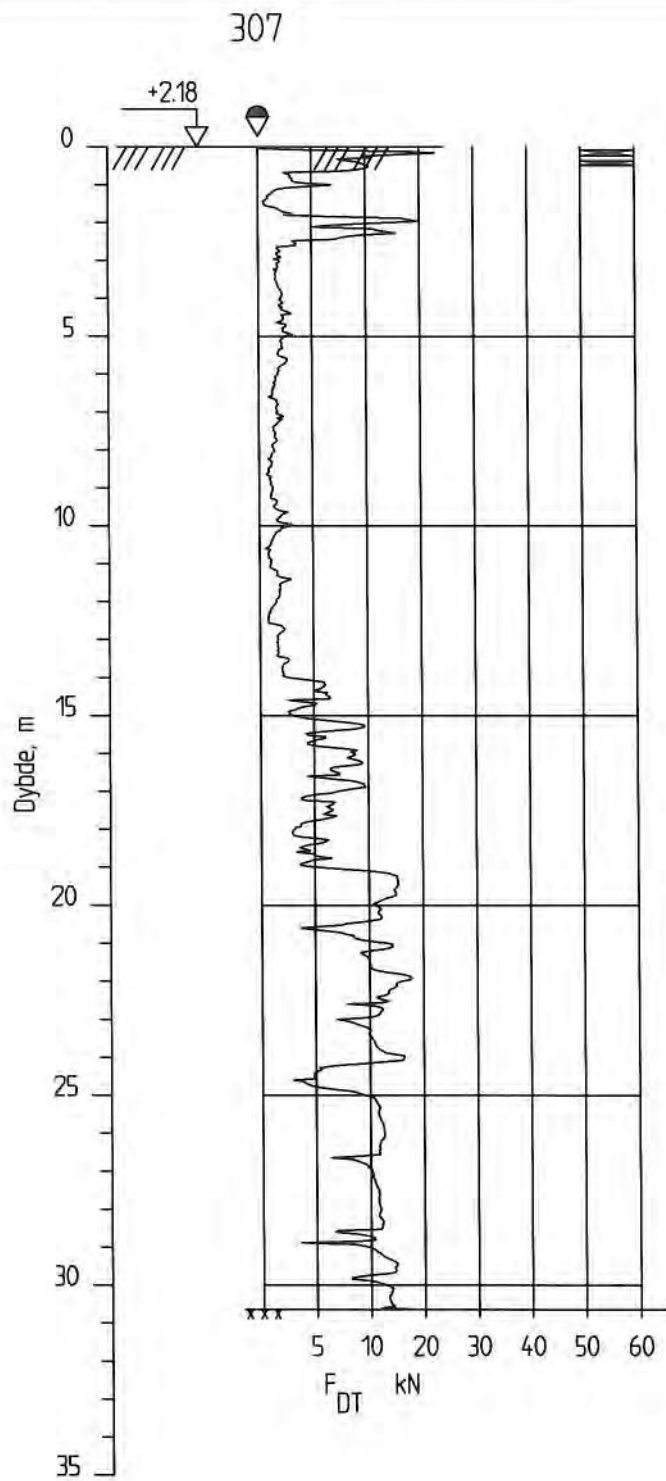
Kontrollert
og

Godkjent

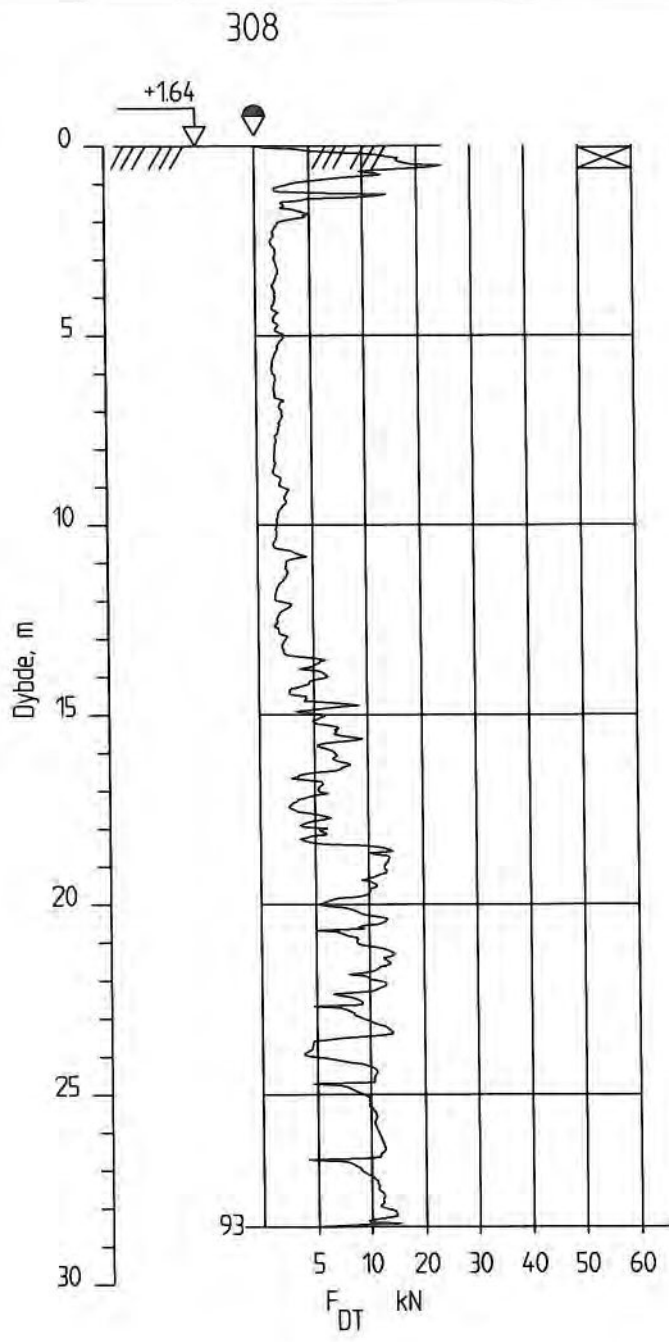




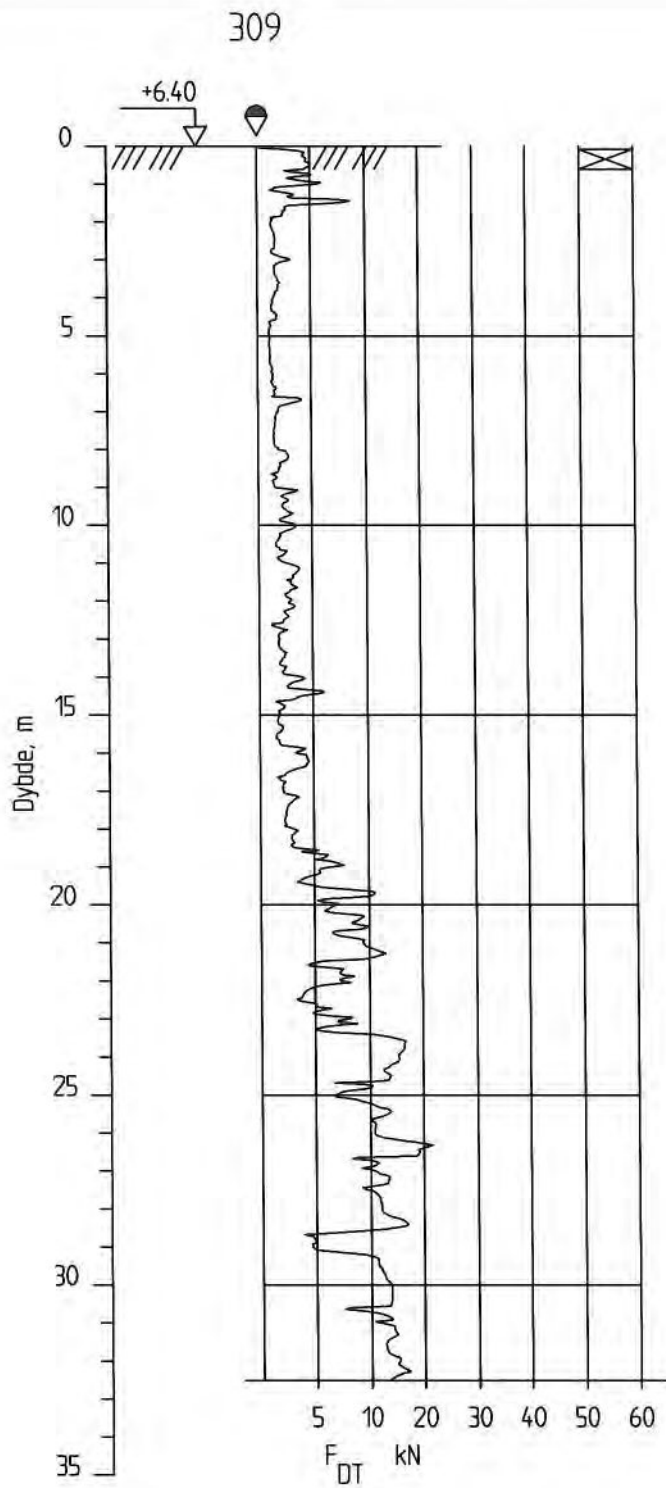
<p>BØLE</p> <p>Dreietrykksøndering M = 1 : 200</p> <p>Borhull 306 Posisjon: X 536042.86 Y 6560383.52</p>	<p>Rapport nr. 20011544-3</p>	<p>Figur nr. 3</p>
	<p>Tegner oah</p>	<p>Dato: 20.07.2009</p>
<p>Forsøk nr. : Sonde nr. : Dato boret :17.04.2009</p>	<p>Kontrollert og Godkjent</p>	



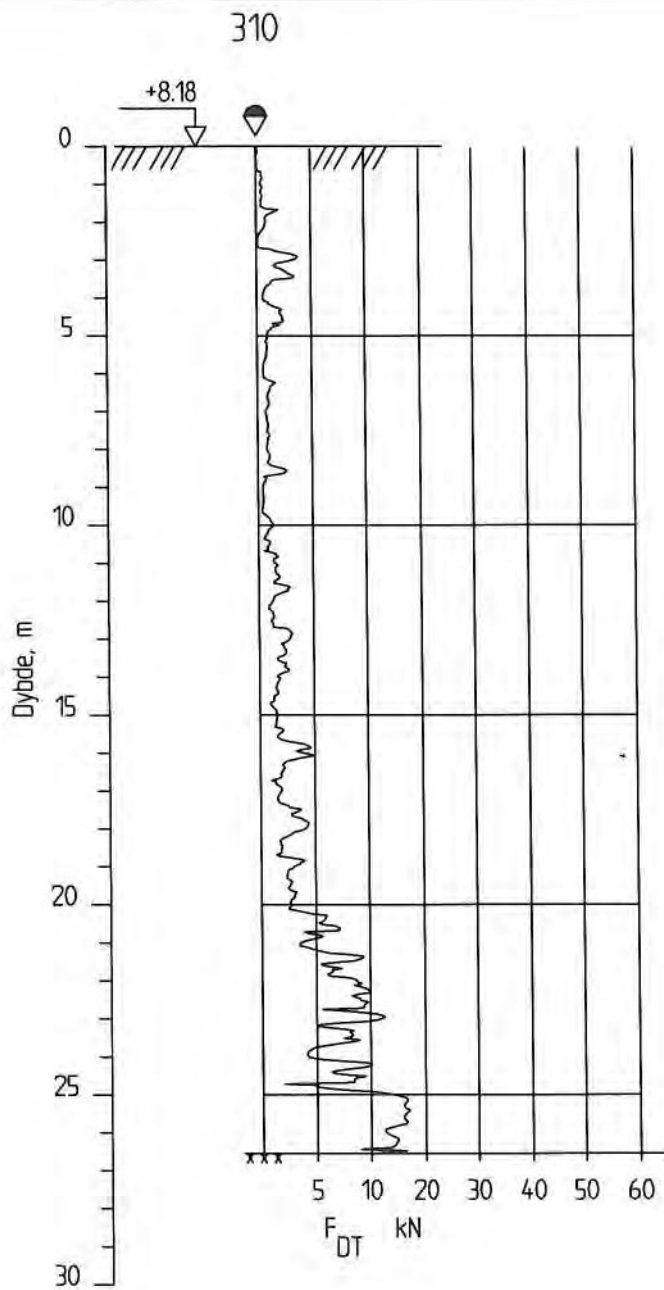
BØLE	Rapport nr. 20011544-3	Figur nr. 4
Dreietrykkssondering M = 1 : 200	Tegner oah	Dato: 20.07.2009
Borhull 307 Posisjon: X 535958.15 Y 6560465.95	Forsøk nr. : Sonde nr. : Dato boret :16.04.2009	Kontrollert og Godkjent 



<p style="font-size: 24px; margin: 0;">BØLE</p>	<p style="font-size: 10px;">Rapport nr. 20011544-3</p>	<p style="font-size: 10px;">Figur nr. 5</p>
<p style="font-size: 12px;">Dreietrykksondering M = 1 : 200</p>	<p style="font-size: 10px;">Tegner oah</p>	<p style="font-size: 10px;">Dato: 20.07.2009</p>
<p style="font-size: 12px;">Borhull 308 Posisjon: X 535938.28 Y 6560507.94</p>	<p style="font-size: 10px;">Forsøk nr. : Sonde nr. : Dato boret :16.04.2009</p>	<p style="font-size: 10px;">Kontrollert og Godkjent</p>
		<p style="font-weight: bold; font-size: 18px; margin: 0;">NGI</p>



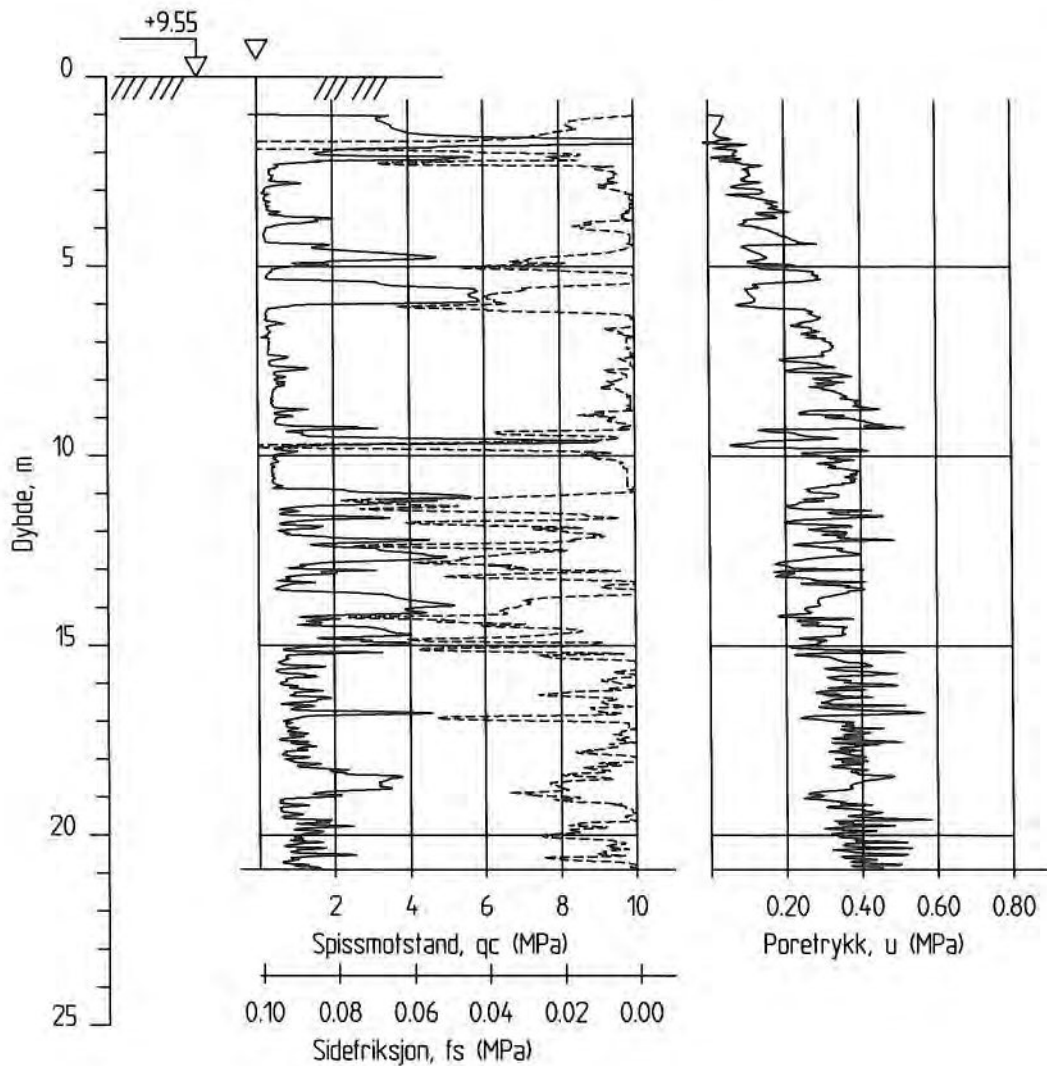
BØLE	Rapport nr. 20011544-3	Figur nr. 6
Dreietrykksondering M = 1 : 200	Tegner oah	Dato: 20.07.2009
Borhull 309 Posisjon: X 535991.76 Y 6560470.03	Forsök nr. : Sonde nr. : Dato boret :16.04.2009	Kontrollert og Godkjent
		



<p>BØLE</p> <p>Dreietrykksondering M = 1 : 200</p> <p>Borhull 310 Posisjon: X 535968.89 Y 6560519.42</p>	<p>Rapport nr. 20011544-3</p>	<p>Figur nr. 7</p>
	<p>Tegner oah</p> <p>Kontrollert og</p> <p>Godkjent</p>	<p>Dato: 20.07.2009</p>



306-1



BØLE

CPT-sondering
M = 1 : 200

Borhull 306-1
Posisjon: X 536042.86 Y 6560383.52

Forsøk nr. :
Sonde nr. :
Dato boret :20.04.2009

Rapport nr.
20011544-3

Figur nr.
8

Tegner
oah

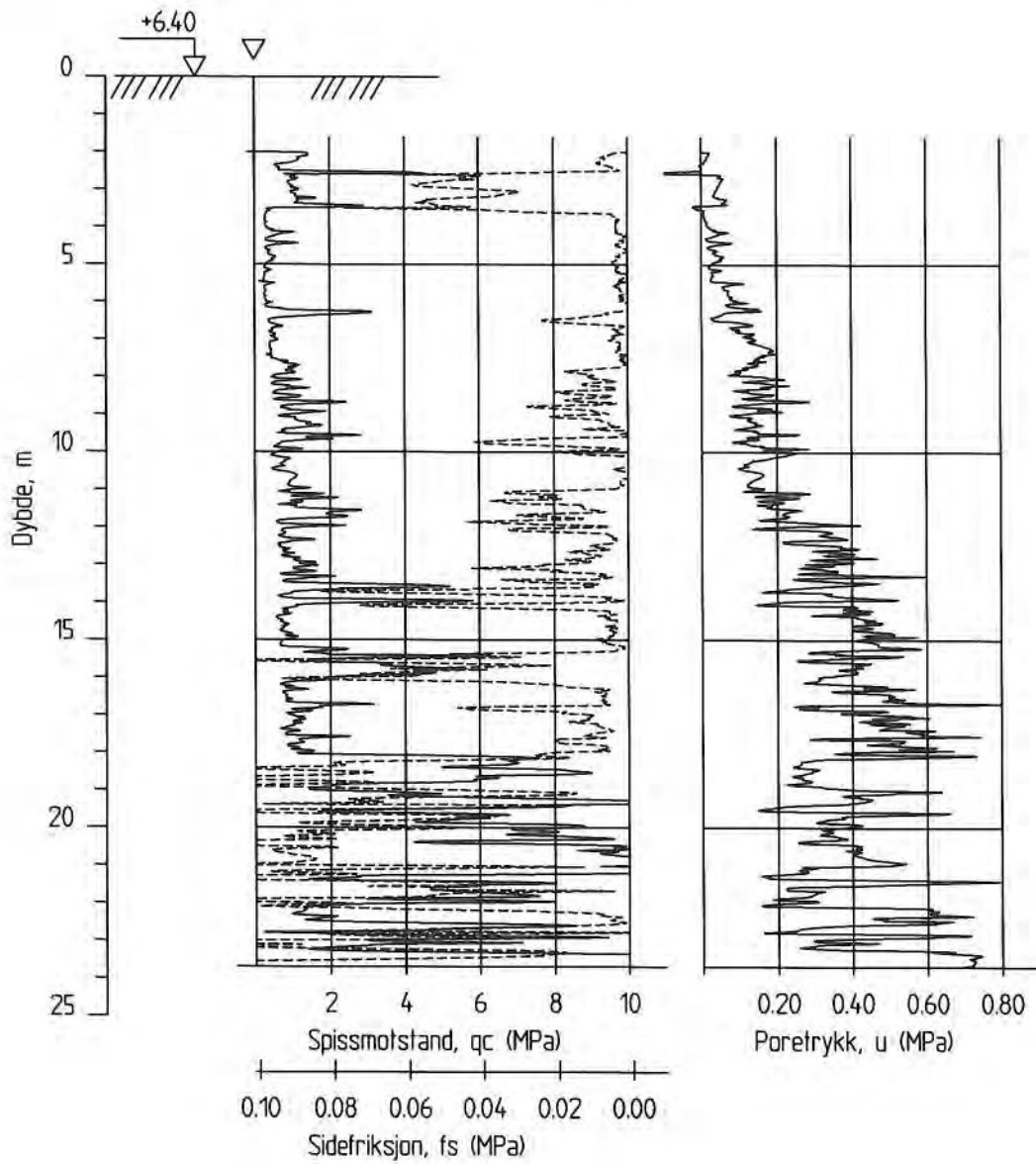
Dato:
20.07.2009

Kontrollert
og

Godkjent



309-1



BØLE

Rapport nr.
20011544-3

Figur nr.
9

CPT-sondering
M = 1 : 200

Tegner
oah

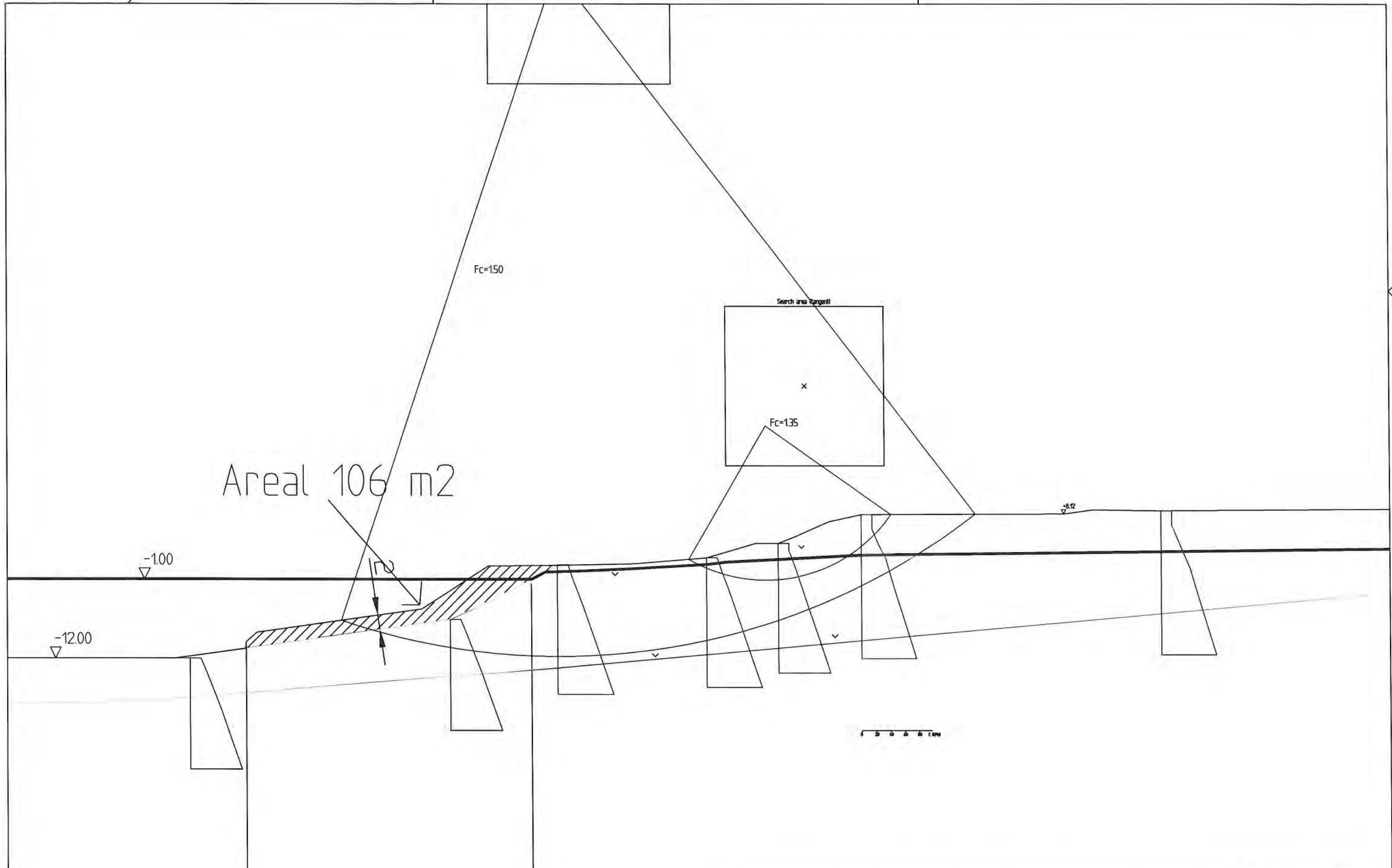
Dato:
20.07.2009


Borhull 309-1
Posisjon: X 535991.76 Y 6560470.03

Forsök nr. :
Sonde nr. :
Dato boret :16.04.2009

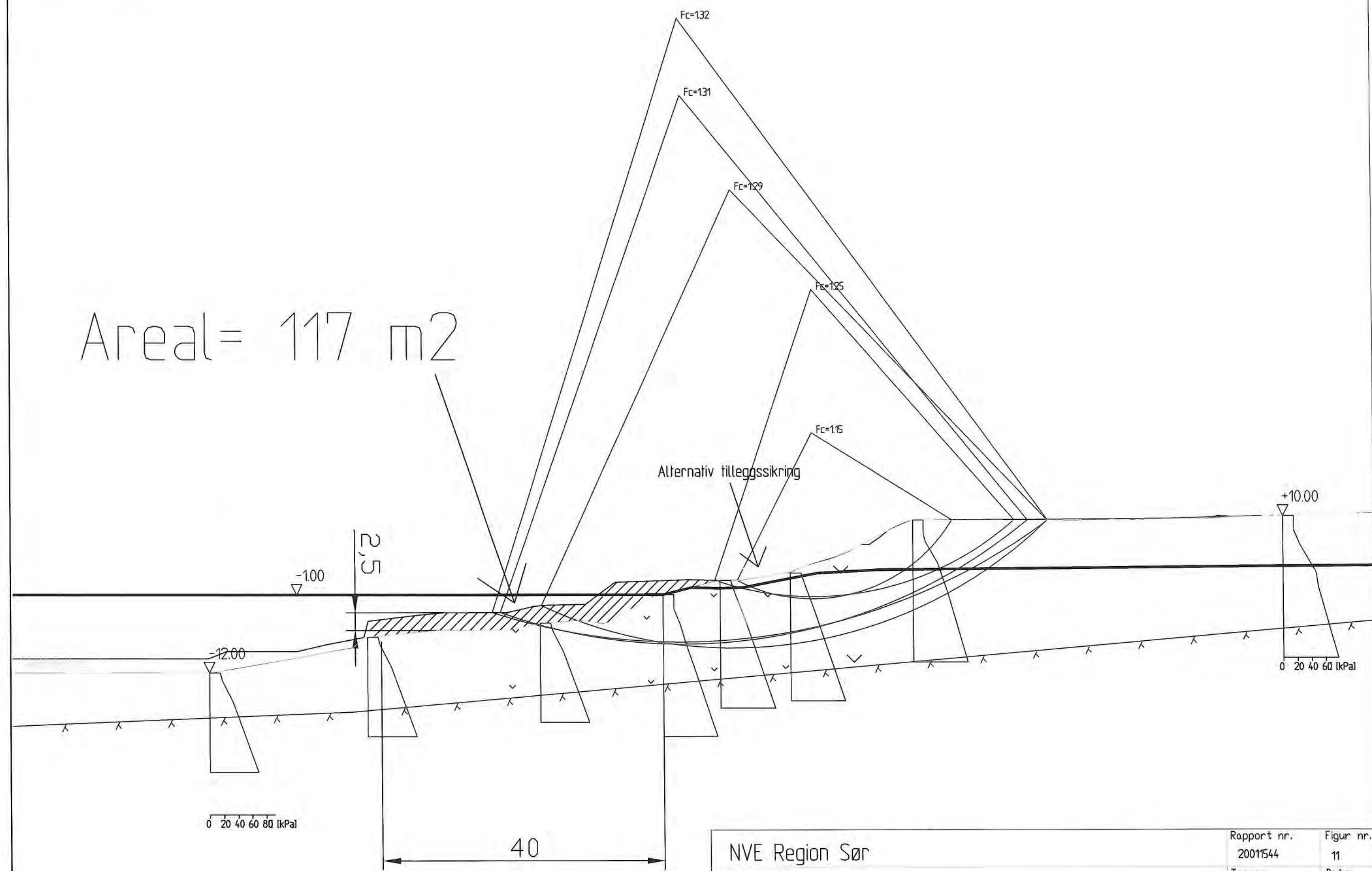
Kontrollert
og
Godkjent





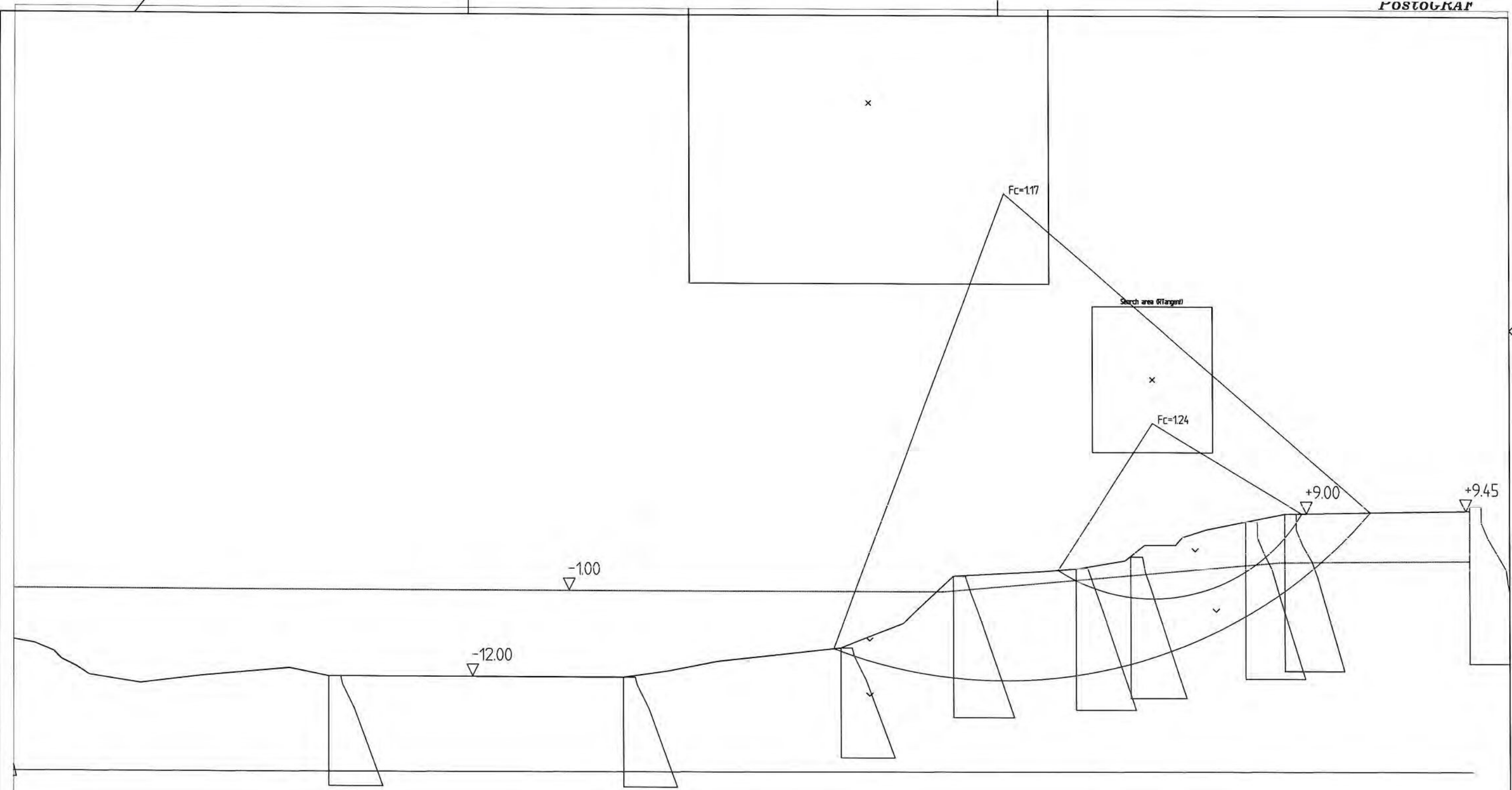
<p>NVE Region Sør</p> <p>Bøle, Skien kommunel</p> <p>Kontroll av stabilitet av øvre del av skrånning uten øvre støttefylling - Profil E2</p> <p>M = 1500</p>	Prosjektnr.	Figur nr.
	20011544	10
	Tegner	Dato:
	DAH	16.09.09
	Kontrollert	
OG		
Godkjent		
OG		
		


Areal = 117 m²



<p>NVE Region Sør</p> <p>Bøle, Skien kommune</p> <p>Kontroll av stabilitet av øvre del av skråning uten øvre støttefylling - Profil D</p> <p>M = 1:500</p>	Rapport nr.	Figur nr.
	20011544	11
	Tegner	Dato:
	DAH	16.09.09
	Kontrollert	
OG		
Godkjent		
OG		





NVE Region Sør Bøle, Skien kommune Kontroll av stabilitet uten steinfylling - Profil D2 M = 1:500	Prosjektnr. 2001544	Figur nr. 12
	Tegner OAH	Dato: 16.09.09
	Kontrollert OG	
	Godkjent OG	



Dokumentinformasjon/Document information					
Dokumenttittel/Document title Supplerende grunnundersøkelser og vurdering av stabilitet i skråningen over elvenivå			Dokument nr/Document No. 20011544-00-37-R		
Dokumenttype/Type of document <input checked="" type="checkbox"/> Rapport/Report <input type="checkbox"/> Teknisk notat/Technical Note			Dato/Date 16. sept 2009 Rev.nr./Rev.No.		
Oppdragsgiver/Client NVE Region Sør					
Emneord/Keywords field test, stability					
Stedfesting/Geographical information					
Land, fylke/Country, County Norge, Telemark			Havområde/Offshore area		
Kommune/Municipality Skien			Feltnavn/Field name		
Sted/Location Bøle			Sted/Location		
Kartblad/Map 1713 II Porsgrunn			Felt, blokknr./Field, Block No.		
UTM-koordinater/UTM-coordinates 32VNL370620					
Dokumentkontroll/Document control					
Kvalitetssikring i henhold till/Quality assurance according to NS-EN ISO9001					
Rev./ Rev.	Revisjonsgrunnlag/Reason for revision	Egenkontroll/ Self review av/by:	Sidemanns-kontroll/ Colleague review av/by:	Uavhengig kontroll/ Independent review av/by:	Tverrfaglig kontroll/ Inter-disciplinary review av/by:
0	Originaldokument	OAH	OG		
Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release		Dato/Date		Sign. Prosjektleder/Project Manager Odd Gregersen	



Headquarter/Main office:
PO Box 3230 Østvevås Station
NO-0805 Oslo
Norway

Branch address/Postal address:
Sognvæien 72, NO-0865 Oslo

Ave Trondheim/Trondheim office:
PO Box 7230 Plenteløst
NO-7462 Trondheim
Norway

Branch address/Postal address:
Prestveit, Høyegata 9, NO-7010 Trondheim

T: (+47) 22 02 30 00
E: (+47) 22 02 04 08

ngi@ngi.no
www.ngi.no

Company 5096 05 01281 (BAN NO26 5096 0801 28)
Org.no/Company No: 958 254 310 MVA

BS EN ISO 9001
Certified by DNV cert, Reg. No. FS 52989



Til: NVE Region sør
v/: Eirik Traae
Fra: NGI
Dato: 2009-01-21
Prosjekt: 20011544 Bøle, Skienselven. Risiko for kvikkleireskred
Utarbeidet av: Øyvind Høydal/Odd Gregersen

Hovedkontor:
Pb. 3930 Ullevål Stadion
0806 Oslo

Avd Trondheim:
Pb. 1230 Pirsenteret
7462 Trondheim

T 22 02 30 00
F 22 23 04 48

Kontonr 5096 05 01281
Org. nr 958 254 318 MVA

ngi@ngi.no
www.ngi.no

Stabilitetsanalyser og forslag til sikringstiltak

Generelt

Vi viser til møte 01.12.2008 der NGI fikk i oppdrag å foreta ny gjennomgang av stabilitetsforholdene for faresone Bøle og utarbeide revidert forslag til sikringstiltak, jfr. møtereferat datert 03.12.2008. Tilstede på møtet var Eirik Traae og Martin Jespersen fra NVE og Odd Gregersen fra NGI.

Beliggenheten av sonen fremgår av oversiktskart, figur 1.

NGI har tidligere utført stabilitetsanalyser for faresone Bøle, jfr. rapport 20011544-3 rev. 1, datert 08.08.08.

De foreliggende vurderingene er basert på følgende nye forutsetninger:

- Soneavgrensningen mot nord vurderes på nytt.
- Analysene baseres på eksisterende dybdedata (Blom Maritime, 2002).
- Det antas redusert romvekt i dybdeintervallet 0 - 1 m under elvebunnen. Neddykket romvekt settes til 4,7 kN/m³.
- Sikkerhetsnivå "Forbedring" legges til grunn.

Beregningsforutsetninger for øvrig er som angitt i rapport 20011544-3, datert 08.08.08.

Soneavgrensning

19.12.08 foretok Eirik Traae fra NVE og Odd Gregersen fra NGI ny befaringsområde. På grunnlag av observasjoner av fjell i dagen og nye topografiske kart (ekvidistanse 1 m) ble et bestemt å forlenge sonen med ca 120 m mot nord. Ny soneavgrensning fremgår av figur 2, Sikringsområder med lekterutlegg.

Soneavgrensningen mot syd beholdes. I forbindelse med behandlingen av kommunedelplan Borgestad-Menstad, har NGI på oppdrag fra Norsk Hydro Produksjon, utført orienterende grunnundersøkelser og foretatt stabilitetsanalyser på strekningen syd for faresone Bøle. Undersøkelsene har i liten grad påvist sensitive masser ut mot elven i dette området. Analysene viser lav sikkerhet for lokale glidninger mot elven. Ved ny utbygging i området må tilstrekkelig sikkerhet dokumenteres.

Hovedkontor:
Pb. 3930 Ullevål Stadion
0806 Oslo

Avd Trondheim:
Pb. 1230 Pirsenteret
7462 Trondheim

T 22 02 30 00
F 22 23 04 48

Kontonr 5096 05 01281
Org. nr 958 254 318 MVA

ngi@ngi.no
www.ngi.no

Stabilitetsanalyser/sikringstiltak

Det er utført stabilitetsanalyser for representative profiler D2, D og E2. Beliggenhet er vist på figur 2. Analysene er basert på forutsetninger som angitt ovenfor.

Figur 3, 4 og 5 viser resultater av analysene og forslag til sikringstiltak. Som det fremgår er den beregningsmessige sikkerheten lav for dagens situasjon. For glideflater som går ut i elven ligger laveste beregnede sikkerhet på henholdsvis 0,96, 0,99 og 1,15 for de tre profilene.

Det foreslås lagt ut en stabiliserende sprengsteinsfylling i elven for sikring av området. Den prosjekterte fyllingen tilfredsstiller kravet til "forbedring" i NVEs Retningslinjer 1- 2008. Fyllingen har en bredde på 40 m, se figur 2. Nødvendig mektighet varierer noe langs den aktuelle strekningen. Fra oppstrøms begrensning til profil D er fyllingens tykkelse 3,0 m. Fra profil D til profil E er mektigheten 2,5 m og videre nedstrøms 2,0 m. I tillegg skal det anlegges en fylling i strandsonen. Denne fyllingen har en bredde på 6 m i hele områdets lengde. Skråningshelningen mot elven skal være 1:2 eller slakere. Motfyllingen er dimensjonert for at elvebunnen utenfor fyllingen skal kunne synke (erodere) 1,0 m uten at stabiliteten svekkes.

Volumet på motfyllingen ute i elven er teoretisk beregnet til 75 000 m³, hvorav anslagsvis 60 000 m³ legges ut med lekter. Foreliggende kartmateriale gir ikke godt grunnlag for å si hvor nært land en kan komme med lekter.

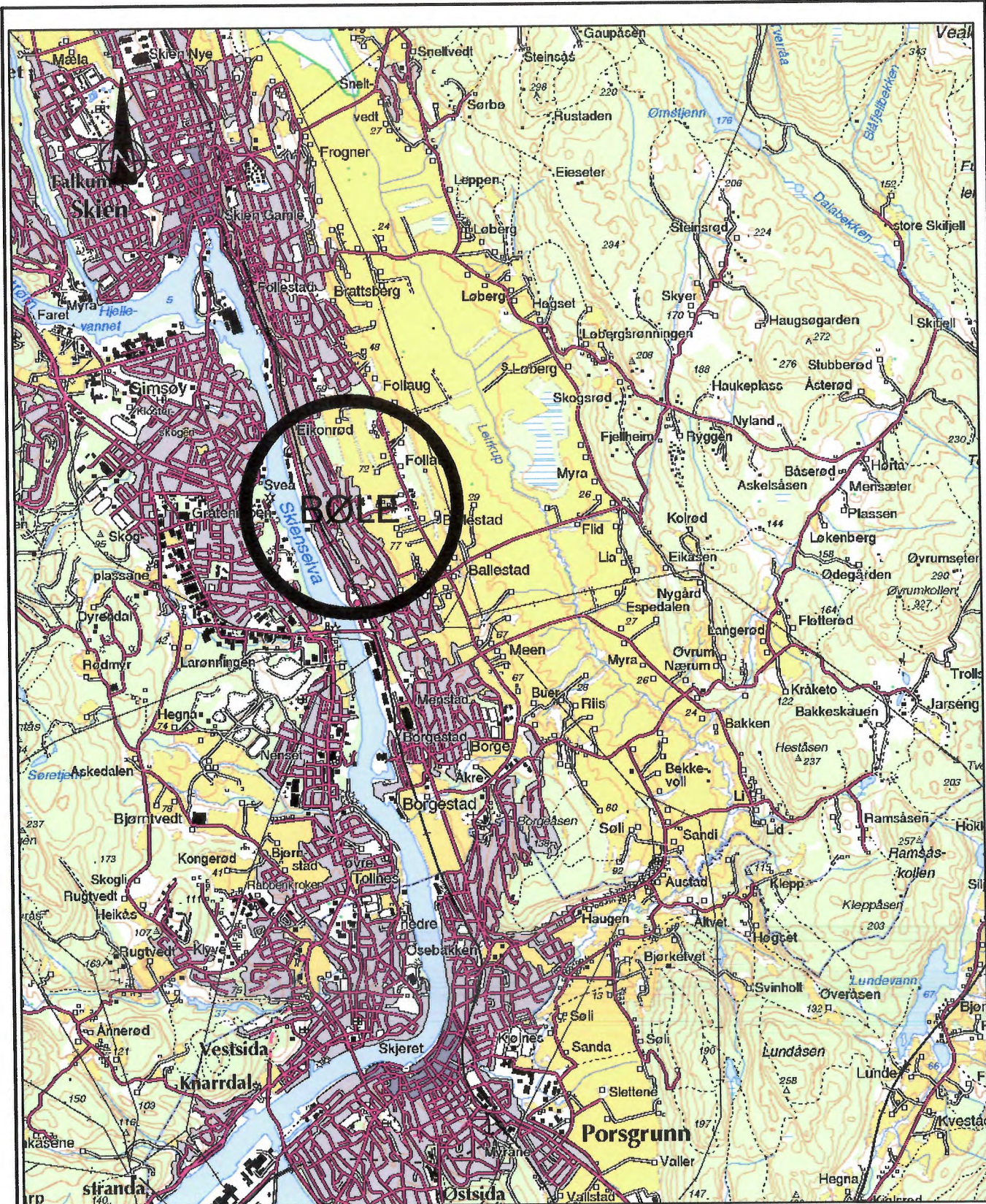
Det må utarbeides en detaljert arbeidsprosedyre for gjennomføring av sikringsarbeidene. Fyllingen ute i elven, som legges ut ved dumping av steinmasser fra lekter, etableres først. Utfyllingsarbeidene starter ytterst (40 m fra elvebredden) og deretter innover mot land. Utfyllingen kan legges ut i ett



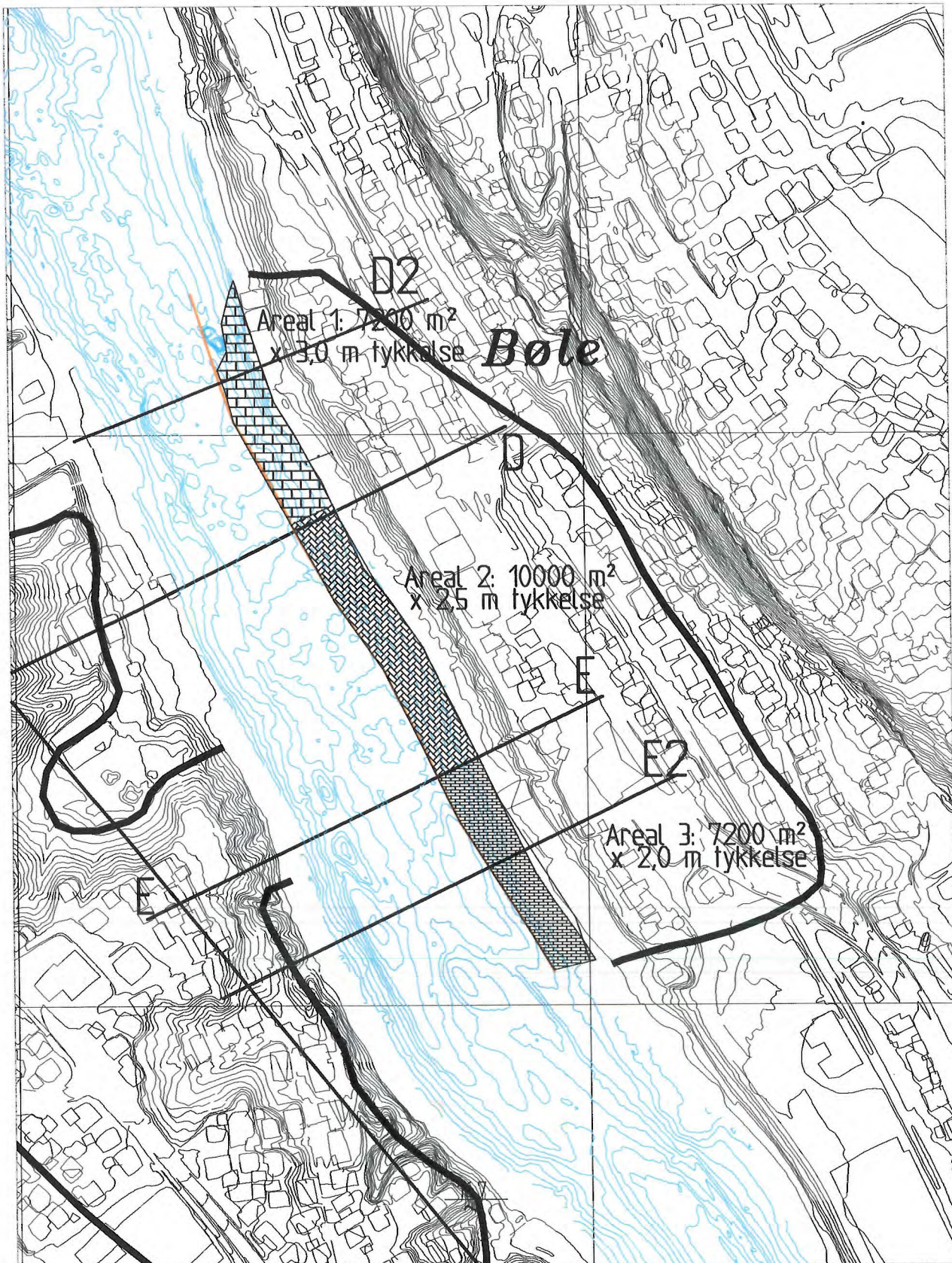
Prosjekt nr.: 20011544
Dato: 2009-01-21
Rev. dato:
Side: 3 / Rev.:

lag. Fyllingen i strandsonen etableres ved dumping av stein fra land. Disse arbeidene påbegynnes etter at fyllingen ute i elven er etablert.

Som det fremgår av figurene 3, 4 og 5 er den beregningsmessige sikkerheten lav også for den øverste delen av skråningen. Det er derfor prosjektert en mindre motfylling i foten av denne skråningen, inne på elvebredden. Totalt teoretisk volum for denne fyllingen er 12 000 m³. Disse beregningene er basert på noe konservative antagelser, grunnet mangelfulle data om grunnens beskaffenhet inne på land. Dette gjelder spesielt grunnvannsforholdene og materialbeskrivelse. Vi vil derfor foreslå at det utføres noe supplerende grunnundersøkelser, d.v.s. installering av to poretrykkmålere og opptak av prøver ned til ca 5 m dybde i to lokaliteter. Resultatene fra disse undersøkelsene vil kunne medføre at den prosjekterte motfyllingen inne på land kan utgå.



SKIENSELVA. FARE FOR KVIKKLEIRESKRED Bøle, Skien kommune Oversiktskart M = 1 : 50 000	Rapport nr. 20011544	Figur nr. 1
	Tegner TEH	Dato 16.01.09
	Kontrollert 7	
	Godkjent 7	



SKIENSELVA. RISIKO FOR KVIKKLEIRESKRED

Sirkingsområder med lekterutlegg
M = 1 : 5000

Rapport nr.
20011544

Figur nr.
2

Tegner
DAH

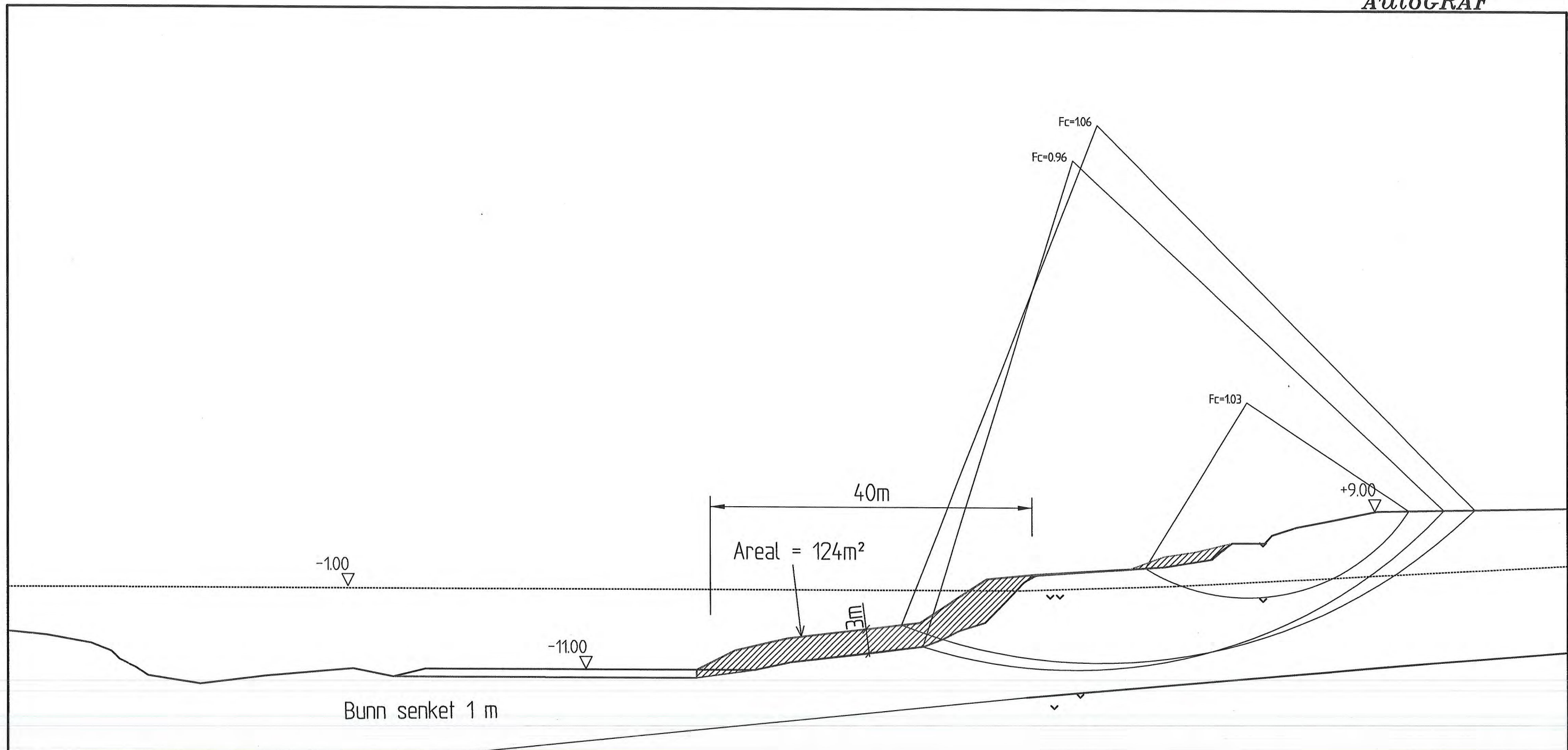
Dato
16.01.09

Kontrollert

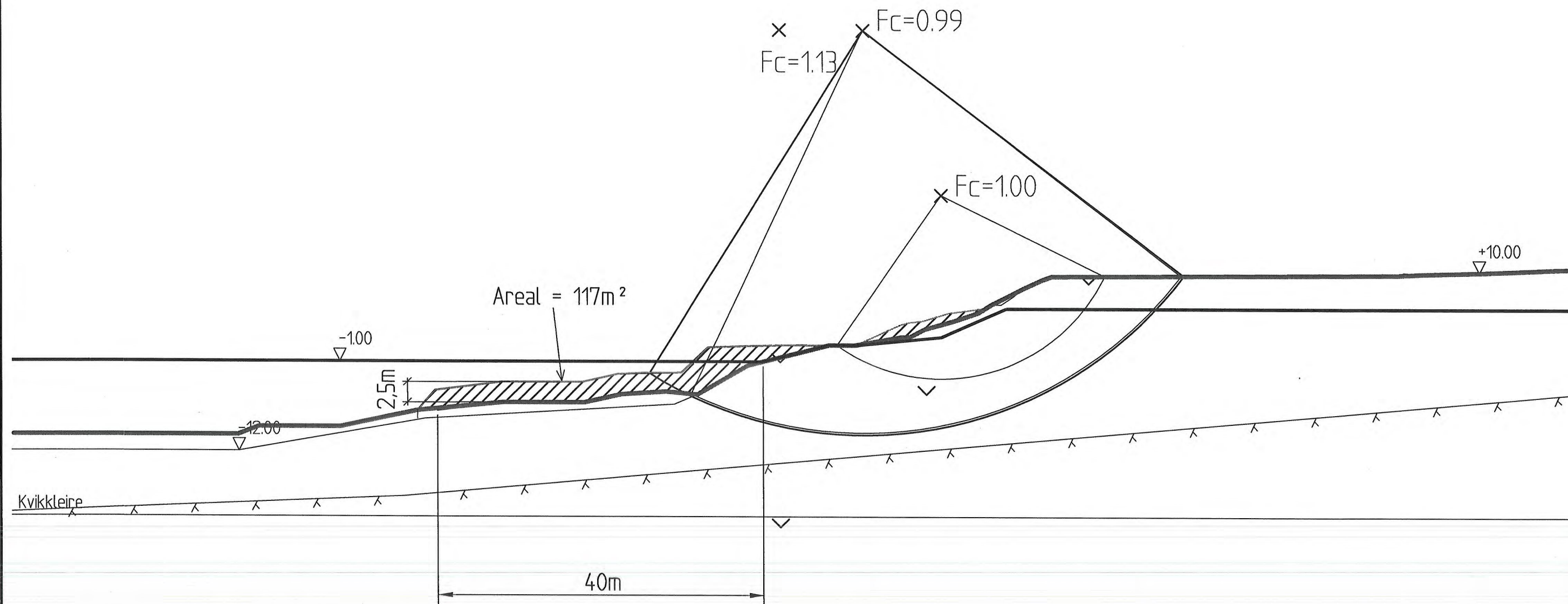
Godkjent

7
7

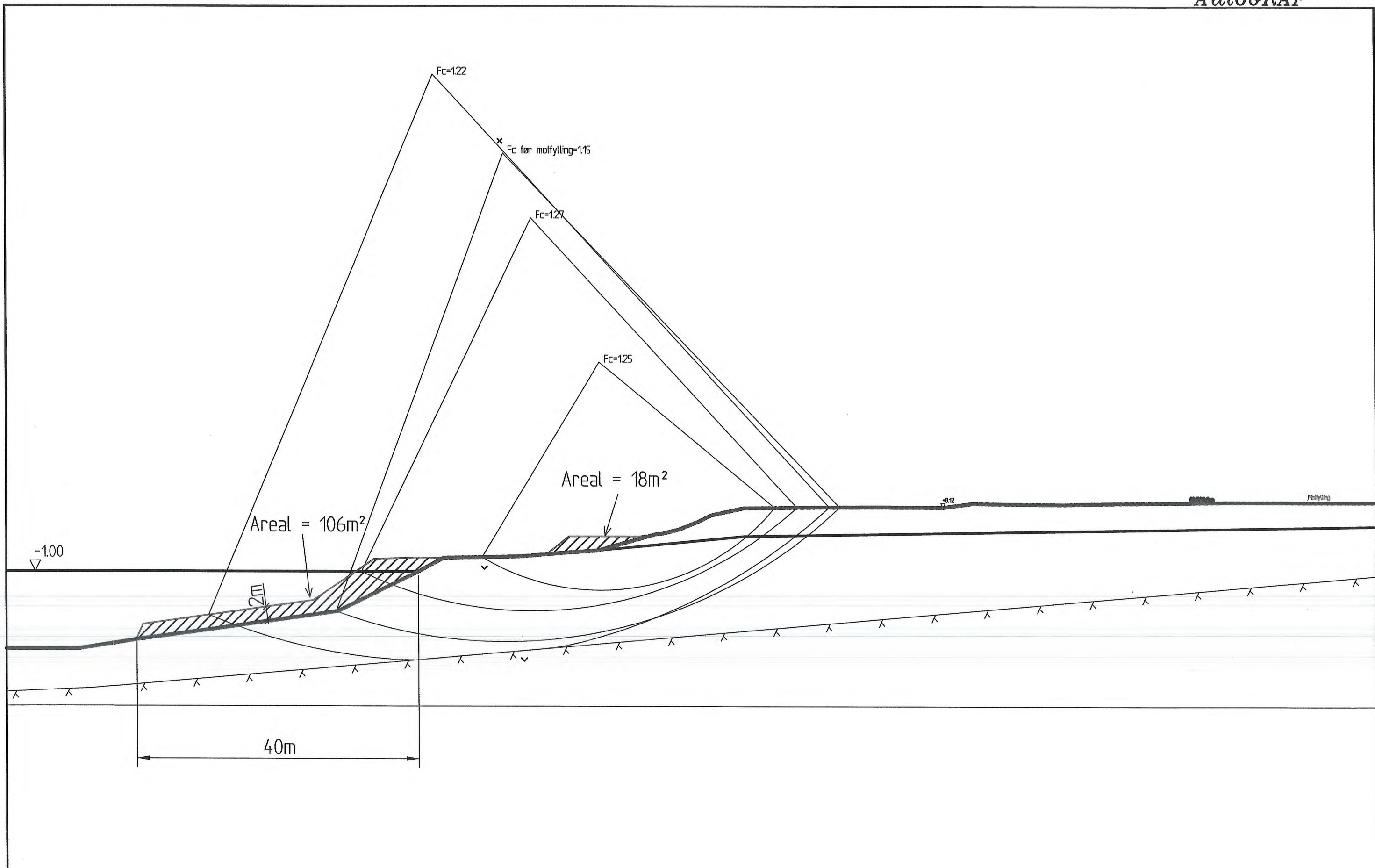




SKIENSELVA. RISIKO FOR KVIKKLEIRESKRED Bøle, Skien kommune Profil D2 Fylling. Kontroll for 1m senking utenfor fylling M = 1 : 500	Rapport nr. 20011544	Figur nr. 3
	Tegner DAH	Dato: 16.01.09
	Kontrollert 97	
	Godkjent 97	



SKIENSELVA. RISIKO FOR KVIKKLEIRESKRED Stabilitetsberegning - Bøle Profil D M = 1 : 500	Rapport nr. 20011544	Figur nr. 4
	Tegner DAH	Dato: 16.01.09
	Kontrollert 7	
	Godkjent 7	



SKIENSELVA. RISIKO FOR KVIKKLEIRESKRED Stabilitetsberegning - Profil E2 M = 1 : 500	Rapport nr. 20011544	Figur nr. 5
	Tegner DAH	Dato: 16.01.09
	Kontrollert <i>rg</i>	
	Godkjent <i>g</i>	

Kontroll- og referanseside/ Review and reference page



Dokumentinformasjon/Document information					
Dokumenttittel/Document title Stabilitetsanalyser og forslag til sikringstiltak			Dokument nr./Document No. 20011544		
Dokumenttype/Type of document		Distribusjon/Distribution		Dato/Date	
<input type="checkbox"/> Rapport/Report <input checked="" type="checkbox"/> Teknisk notat/Technical Note		<input type="checkbox"/> Fri/Unlimited <input checked="" type="checkbox"/> Begrenset/Limited <input type="checkbox"/> Ingen/None		2009-01-21 Rev.nr./Rev.No. 0	
Oppdragsgiver/Client NVE Region sør					
Emneord/Keywords Kvikkleire, stabilitet, sikringstiltak					
Stedfesting/Geographical information					
Land, fylke/Country, County Telemark			Havområde/Offshore area		
Kommune/Municipality Skien			Felt navn/Field name		
Sted/Location Bøle			Sted/Location		
Kartblad/Map N50 1713 II			Felt, blokknr./Field, Block No.		
UTM-koordinater/UTM-coordinates 32VNL360605					
Dokumentkontroll/Document control					
Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001					
Rev./Rev.	Revisjonsgrunnlag/Reason for revision	Egen-kontroll/ Self review av/by:	Sidemanns-kontroll/ Colleague review av/by:	Uavhengig kontroll/ Independent review av/by:	Tverrfaglig kontroll/ Inter-disciplinary review av/by:
0	Originaldokument	OG 97	OAH		
Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release		Dato/Date 21.01.2009		Sign. Prosjektleder/Project Manager Odd Gregersen	

NGI er et internasjonalt ledende senter for forskning og rådgivning innen geofagene. Vi utvikler optimale løsninger for samfunnet, og tilbyr ekspertise om jord, berg og snø og deres påvirkning på miljøet, konstruksjoner og anlegg.

NGI arbeider i følgende markeder: olje og gass, bygg og anlegg, samferdsel, naturskade og miljøteknologi.

NGI er en privat stiftelse med kontor og laboratorier i Oslo, avdelingskontor i Trondheim og datterselskap i Houston, Texas, USA.

NGI ble utnevnt til "Senter for fremragende forskning" (SFF) i 2002, og leder "International Centre for Geohazards" (ICG).

www.ngi.no

NGI is a leading international centre for research and consulting in the geosciences.

NGI develops optimum solutions for society, and offers expertise on the behaviour of soil, rock and snow and their interaction with the environment, installations and structures.

NGI works within the oil and gas, building and construction, transportation, natural hazards and environment sectors.

NGI is a private foundation with office and laboratory in Oslo, branch office in Trondheim and daughter company in Houston, Texas, USA. NGI was awarded Centre of Excellence status in 2002, and leads the International Centre for Geohazards (ICG).

www.ngi.no

Ved elektronisk overføring kan ikke konfidensialiteten eller autentisiteten av dette dokumentet garanteres. Adressaten bør vurdere dette før bruk av 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 before using 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.



Hovedkontor/Main office:
PO Box 3930 Ullevål Stadion
NO-0806 Oslo
Norway

Besøksadresse/Street address:
Sognsvelen 72, NO-0855 Oslo

Avd Trondheim/Trondheim office:
PO Box 1230 Pirsenteret
NO-7462 Trondheim
Norway

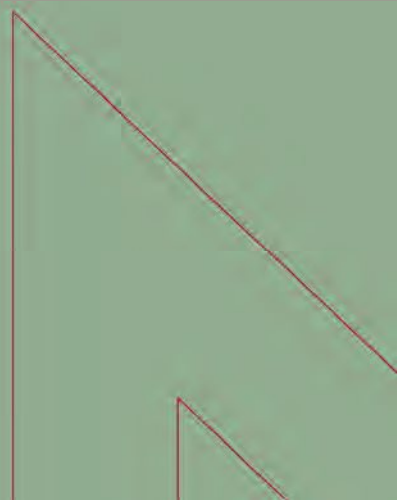
Besøksadresse/Street address:
Pirsenteret, Havnegata 9, NO-7010 Trondheim

T: (+47) 22 02 30 00
F: (+47) 22 23 04 48

ngi@ngi.no
www.ngi.no

Kontonr. 5096 05 01281 /IBAN NO26 5096 0501 281
Org. nr./Company No.: 958 254 318 MVA

BSI EN ISO 9001
Sertifisert av/Certified by BSI, Reg. No. FS 32989



Vedlegg D

FAKTAARK SONE 56 BØLE

Kvikkleiresone: 56 Bøle

Skien kommune

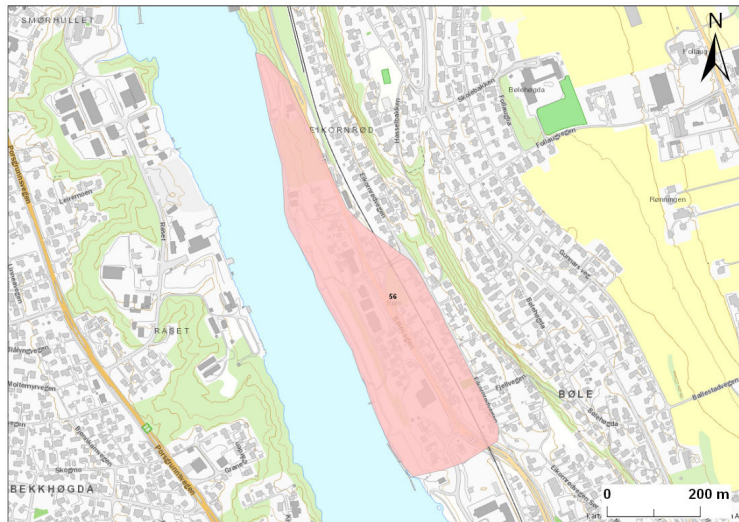
Faregradklasse 1 - Lav

Konsekvensklasse 3 - Meget alvorlig

Risikoklasse 4 - Høy prioritet

Opprettet: 2001-07-31 Beregnet: 2015-10-02

Supplerende undersøkelser / stabilitet



Bemerkninger/supplerende undersøkelser:

None

Referanser:

1. NGI - rapport 83014-1, 1. juli 1988. 2. NGI - rapport 83014-2, januar 1994. NGI rapport

Fareberegning

Faktorer	Beskrivelse	Faregrad	Score	Vekttall	Poeng
Skredaktivitet	Flere gamle skredgroper. Ingen skred siste 100år.	Lav	1	1	1
Skråningshøyde,m	10 m + vanndybde 12 m.	20 - 30	2	2	4
Skjærstyrke: su/p0 eller OCR	Antar ingen terrengavlastning.	1,2 - 1,5	2	2	4
Poretrykk	Målinger viser hydrostatisk poretrykkfordeling fra 4 m under terreng.	- (0 - 20)	-1	3	-3
Kvikkleiremektighet	Boringer viser mektighet av sensitiv leire på 15-18 m.	H/2 - H/4	2	2	4
Sensitivitet	Lab. undersøk. viser høye sensitiviteter.	20 - 30	1	1	1
Erosjon	Opplodder viser økte vanndybder utenfor sonen. - Erosjons og stabilitetsforbedrende tiltak er under utføring - slutføres høsten 2009	Lite	1	3	3
Inngrep: Forverring Forbedring	Ingen inngrep registrert. - Støttefylling under bygging. Planlagt avsluttet høsten 2009	Ingen	0	3	0

Totalt 14 poeng. 27.5% av maksimum

Sist oppdatert 2020-01-21 av ViC/JMC

Konsekvensberegning

Faktorer	Beskrivelse	Konsekvens	Score	Vekttall	Poeng
Boligenheter	30-50 boligenheter, tett bebyggelse.	Tett, over 5	3	4	12
Næringsbygg	Industri, forretninger, kontorer. Antar >50 personer.	Over 50	3	3	9
Annen bebyggelse	Ingen	Ingen	0	1	0
Veier	Riksvei 36	Over 5000	3	2	6
Toglinje	Vestfoldbanen, baneprioritet 2.	1 - 2	3	2	6
Kraftnett	Distribusjonsnett.	Distribusjon	1	1	1
Oppdemning	Rasmassene vil neppe kunne demme elven. Faren for flom på grunn av oppdemming anses å være ubetydelig.	Ingen	0	2	0

Totalt 34 poeng. 75.6% av maksimum

Sist oppdatert 2009-02-04 av AE

Risiko

Poeng: 2074

Prosent av maksimum: 20.7 %

Skrevet ut 2020-01-21

Dokumentinformasjon/Document information		
Dokumenttittel/Document title Resultater av stabilitetsberegninger med vurdering av eventuelle tiltak		Dokumentnr./Document no. 20130896-02-R
Dokumenttype/Type of document Rapport / Report	Oppdragsgiver/Client NVE, Region Sør	Dato/Date 2014-02-24
Rettigheter til dokumentet iht kontrakt/ Proprietary rights to the document according to contract Oppdragsgiver / Client		Rev.nr.&dato/Rev.no.&date 3 / 2020-01-20
Distribusjon/Distribution BEGRENSET: Distribueres til oppdragsgiver og er tilgjengelig for NGIs ansatte / LIMITED: Distributed to client and available for NGI employees		
Emneord/Keywords Kvikkleire, stabilitet, geoteknisk utredning, datarapport		

Stedfesting/Geographical information	
Land, fylke/Country Telemark	Havområde/Offshore area
Kommune/Municipality Skien	Felt navn/Field name
Sted/Location Bøle	Sted/Location
Kartblad/Map 1713 Porsgrunn II	Felt, blokknr./Field, Block No.
UTM-koordinater/UTM-coordinates Sone: 32 Øst: 535 960 Nord: 6 560 540	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	2014-02-24 Bjørn Kalsnes	2014-02-24 LaH / JMC		
1	Revisjon	2014-09-19 Bjørn Kalsnes	2014-09-19 LaH		
2	Revisjon (nytt Vedlegg D)	2016-01-20 Bjørn Kalsnes			
3	Utvidet sone, nye beregninger	2020-01-20 Bjørn Kalsnes	2020-01-20 Ørjan Nerland		

Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release	Dato/Date 20. januar 2020	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

