

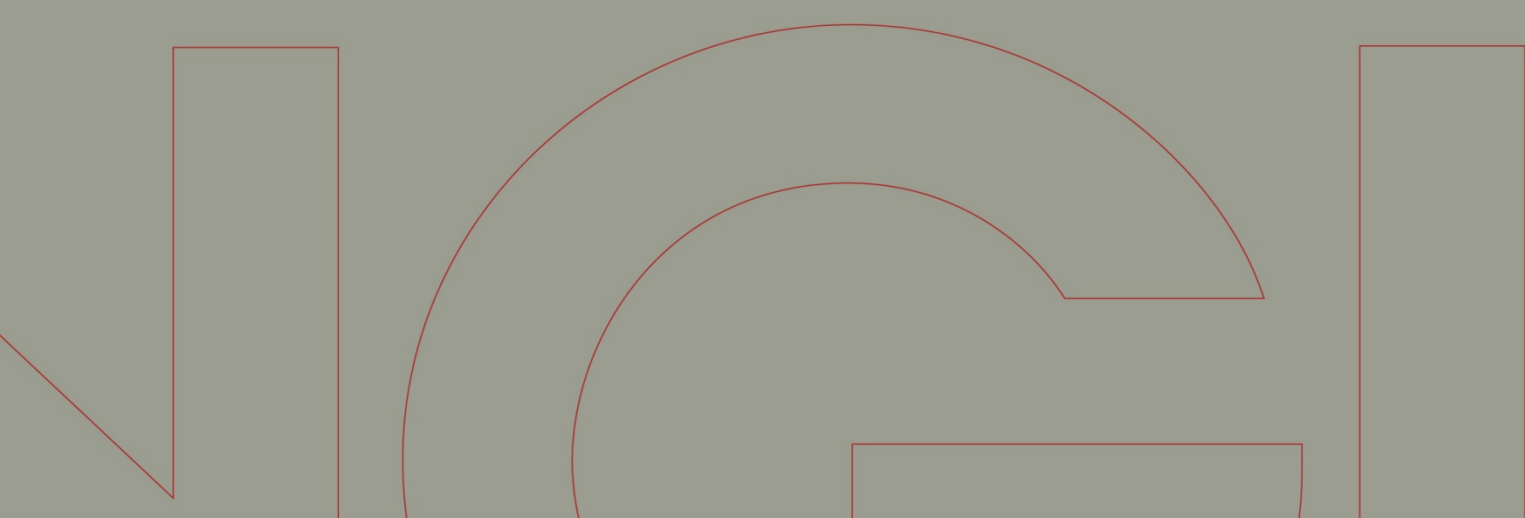


# Rapport / Report

## Geoteknisk utredning av kvikkleiresone 1345 Bø sentrum, Bø i Telemark

### Stabilitetsvurderinger

20120204-02-R  
23. mai 2013  
Rev. nr.: 0



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 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: Geoteknisk utredning av kvikkleiresone  
1345 Bø sentrum, Bø i Telemark

Dokumenttittel: Stabilitetsvurderinger

Dokumentnr.: 20120204-02-R

Dato: 23. mai 2013

Rev. nr./rev. dato: 0

Hovedkontor:  
Pb. 3930 Ullevål Stadion  
0806 Oslo

Avd Trondheim:  
Pb. 1230 Sluppen  
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](mailto:ngi@ngi.no)  
[www.ngi.no](http://www.ngi.no)

## Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: Bø kommune

Kontaktperson: Kristin Karlbom Dahle

Kontraktreferanse: E-post fra Bø kommune v/ Kristin Karlbom  
Dahle 6. juni 2012  
Oppdragsbekreftelse signert 7.2.2013

## For NGI

Prosjektleder: Håkon Heyerdahl

Utarbeidet av: Håkon Heyerdahl, Cornelia Selzer

Kontrollert av: Øyvind A. Høydal

## Sammendrag

### *Oppdrag*

NGI har på oppdrag fra Bø kommune utført geoteknisk utredning av kvikkleiresone 1345 Bø sentrum, Bø kommune i Telemark. I tillegg er det utført stabilitetsvurderinger av skråning mot Bø hotell vest for Bøevju (utenfor kartlagt kvikkleiresone), basert på tidligere utførte grunnundersøkelser.

Grunnundersøkelser utført i forbindelse med soneutredningen bekrefter tilstedeværelse av kvikkleire innenfor sonen. Stedvis er mektigheten av kvikkleire minst 20 m. I deler av området indikerer sonderinger at det kan ligge sensitiv leire fra liten dybde under terreng.

### *Stabilitetsanalyser og forslag til stabiliserende tiltak for kvikkleiresonen*

Stabilitetsanalyser er utført for to lengdeprofiler innenfor sonen; profil A mot nord fra Evjudalen, og profil C mot sør fra Evjudalen. Analysene viser at stabiliteten av

# Sammendrag (forts.)



Dokumentnr.: 20120204-02-R  
Dato: 2013-05-23  
Rev. nr.: 0  
Side: 4

skråningene beregningsmessig er dårlig, og resulterer i beregnet materialfaktor  $\gamma_m$  ca. 1,0. Dette tilsvarer en teoretisk labil situasjon, med marginal sikkerhet mot brudd i skråningen.

Stabiliserende effekt av sikringstiltak er beregnet. Det er mulig å oppnå tilstrekkelig beregningsmessig sikkerhet etter NVEs retningslinjer ved foreslåtte stabiliserende tiltak, dvs. oppfylling med stein i bunn av ravinene. Utlegging av fyllinger med høyde 1,5 – 3 m langs foten av skråningene ned mot Evjudalen vil gi tilstrekkelig beregningsmessig sikkerhet.

Dersom stabiliserende tiltak utføres, vil problemene knyttet til kvikkleiresonen i stor grad være løst hva angår områdestabiliteten ut mot Bøevju vest for bekkelukkingen. Stabiliteten av skråningene i dette området vil da kunne anses tilfredsstillende ut fra NVEs retningslinjer. Dette vil innebære at mange tiltak som nå ikke tillates, vil være mulige innenfor kvikkleiresonen.

Det vil, også om stabiliserende tiltak gjennomføres, fortsatt være behov for å kontrollere at byggeprosjekter håndteres i henhold til de retningslinjer som gjelder for geoteknisk prosjektering der det er kvikkleire i grunnen (ref. /10/).

For den østlige delen av sonen er det ikke vurdert stabiliserende tiltak. Muligheten for tiltak antas noe begrenset av plasshensyn. For denne del av sonen vil derfor evt. nye tiltak innenfor en avstand på ca. 15 m fra skråningskant måtte vurderes som for usikret sone, dersom stabiliserende tiltak evt. utføres vest for bekkelukkingen.

## *Revidert soneavgrensning*

Uten hensyn til evt. gjennomføring av stabiliserende tiltak, er det foreslått en revidert utstrekning av kvikkleiresonen i Bø sentrum. Revidert utstrekning er basert på stabilitetsberegninger og utførte grunnundersøkelser, dvs. utbredelse av sensitiv/kvikk leire og leiras beliggenhet i profilene.

- Nord for Evjudalen foreslås en delvis justering av sonegrensen sørover til Bøgata. Langs profil B er det imidlertid behov for kontrollerende prøvetaking for å kunne justere sonegrensen tilsvarende, da sondering indikerer meget bløt leire fra liten dybde.
- Sør for Evjudalen gir beregningsresultatene og lagdeling av grunnen ikke grunnlag for å justere sonegrensen.
- Øst i sonen, i området nær bekkelukkingen, er det påvist bløte masser grunt i profilet, og sonegrensen kan derfor ikke justeres vesentlig på det eksisterende datagrunnlag.

## *Supplerende prøvetaking for evt. ytterligere justering av sonegrensen*

Grunnundersøkelsene i forbindelse med utredningen har av budsjettensyn vært relativt sparsomme, særlig hva angår prøvetaking og laboratorieanalyser.

Supplerende prøvetaking i utvalgte punkter vil evt. kunne gi anledning til ytterligere justering av sonegrensen, særlig nord for Evjudalen og langs

# Sammendrag (forts.)



Dokumentnr.: 20120204-02-R  
Dato: 2013-05-23  
Rev. nr.: 0  
Side: 5

bekkelukkingen øst i sonen, forutsatt at antatt sensitiv leire viser seg å være ”ikke-sprøbruddmateriale” (ut fra definisjon i NVEs retningslinjer).

## *Stabilitetsvurderinger for skråning mot Bø hotell*

Stabilitetsberegninger for skråning mot Bø hotell er basert på eksisterende datagrunnlag. Det ble ikke utført nye grunnundersøkelser i forbindelse med stabilitetsvurderingene, noe som har betydning for bestemmelse av skjærstyrkeparametre. Sonderinger indikerer kvikkleire ca. i nivå med dalbunnen, slik man også har ellers i området. Prøveserien nær hotellet bekrefter at det er snakk om kvikkleire.

Stabilitetsberegningene indikerer at skråningsstabiliteten er dårlig for den bratteste/høyeste delen av skråningen opp mot hotellet. Styrkedata basert på den eldre prøveserien ved Bø hotell resulterer i beregningsmessig materialfaktor  $< 1$ , noe som tilsvarer brudd i skråningen. Oppjustering av udrenert skjærfasthetsprofil til ca. samme skjærfasthet som tolket for profilene A og C innenfor kvikkleiresonen resulterer i materialfaktor på ca. 1,0 (dvs. labil skråning, uten sikkerhetsmargin).

Ut fra beregningsresultatene bør sikkerhetsnivået forbedres. Legges de samme krav som for kvikkleiresonen til grunn, bør en 15 % forbedring av materialfaktoren til mest kritiske glidesirkel søkes oppnådd. Det er gjort beregninger for å finne nødvendig utstrekning av motfylling i skråningsfoten for å oppnå nødvendig stabilitetsforbedring, både for kritisk glidesirkel og for andre glidesirkler med for dårlig sikkerhet. Fylling med høyde 2,5 m høyde og kronebredde 6 m, skråfylling et stykke opp i skråningen og total fyllingsbredde på 19 m gir tilstrekkelig sikkerhet for det valgte beregningsprofilet, gitt de forutsetninger som er gjort.

# Innhold

<b>1</b>	<b>Innledning</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Beskrivelse av kvikkleiresonen</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>Datagrunnlag</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>Materialparametre og beregningsforutsetninger</b>	<b>8</b>
4.1	Lagdeling og overkonsolideringsforhold	8
4.2	Materialparametre	8
<b>5</b>	<b>Stabilitetsanalyser</b>	<b>9</b>
5.1	Stabilitetsberegning, profil A (mot nord fra Bøevju)	9
5.2	Stabilitetsberegning, profil C (mot sør fra Bøevju)	12
5.3	Stabilitetsberegning, profil D ( Bø hotell)	15
5.4	Stabiliserende tiltak og håndtering av byggesaker	18
<b>6</b>	<b>Forslag til revidert utbredelse av kvikkleiresonen</b>	<b>19</b>
6.1	Grunnlag for revidert vurdering av soneutbredelsen	19
6.2	Nord for Evjudalen	19
6.3	Sør for Evjudalen	20
6.4	Østre del av sonen	20
6.5	Ved Bø hotell	20
<b>7</b>	<b>Sammendrag</b>	<b>21</b>
7.1	Oppdrag	21
7.2	Stabilitetsanalyser og forslag til stabiliserende tiltak	21
7.3	Revidert soneavgrensning	22
7.4	Supplerende prøvetaking for evt. ytterligere justering av sonegrensen	22
<b>8</b>	<b>Kort forklaring på noen geotekniske begreper</b>	<b>23</b>
<b>9</b>	<b>Referanser</b>	<b>25</b>

## Tegninger

001	Oversiktskart
010	Borplan
011	Forslag til revidert soneavgrensning
012	Plan over foreslåtte stabiliserende tiltak

## Vedlegg

A1-A2:	Tolkning av aktiv udrenert skjærstyrke fra CPTU-sonderinger
B1-B4:	Beregningsresultater, profil A (mot nord fra Bøevju)
C1-C4:	Beregningsresultater, profil C (mot sør fra Bøevju)
D1-D4:	Beregningsresultater, profil D (Bø hotell)
E1:	Ustrekning av kvikkleiresonen, profil B

## Kontroll- og referanseside

## 1 Innledning

På oppdrag fra Bø kommune utfører NGI utredning av kvikkleiresone 1345 i Bø sentrum i Telemark. I tillegg er oppdraget utvidet til også å omfatte stabilitetsvurderinger og forslag til stabiliserende tiltak for skråningen ned mot Bøevja fra Bø hotell (utenfor kvikkleiresonen).

Kontaktperson hos Bø kommune for oppdraget har vært Kristin Karlbom Dahle. Denne rapporten oppsummerer stabilitetsberegninger og forslag til stabiliserende tiltak for utvalgte lengdeprofiler, basert på utført tolkning av foreliggende grunnundersøkelser. I tillegg gis det et forslag til ny soneutbredelse, der nye data gir grunnlag for dette.

## 2 Beskrivelse av kvikkleiresonen

Kvikkleiresonen 1345 ligger i Bø sentrum, Bø i Telemark, se oversiktskart (tegning 001).

Sonens utbredelse er vist på tegning 011. Sonen måler ca. 600-700 m på langs, fra øst til vest, og er 350-500 m bred. Kvikkleiresonen i Bø sentrum kan betraktes som to adskilte delsoner, nord og sør for Evjudalen.

Skråningene ned mot Evjudalen er stedvis relativt bratte. Skråningshøyde ned til bekken er hovedsakelig mindre enn 10 m. Bakover i sonen er terrenget relativt flatt, med terrasser opp til ca. kote +67 til +70.

På bakgrunn av tidligere risikovurdering utført i regi av NVE (ref. /1/) er kvikkleiresone 1345 Bø Sentrum vurdert til å ha faregrad 1 (lav) og konsekvensklasse 3 (meget alvorlig), noe som resulterer i risikoklasse 3 (middels prioritet). Risikoklassene går fra 1 til 5, hvor 5 er mest alvorlig. Det er i ref. /1/ generelt anbefalt supplerende undersøkelser i soner med risikoklasse 4 og 5. Risikovurderingene er basert på feltbefaringer, topografiske forhold og andre tilgjengelige data, derunder grunnundersøkelser.

## 3 Datagrunnlag

Geoteknisk datagrunnlag for beregningene består i hovedsak av grunnundersøkelser utført av NGI (ref. /3/). Undersøkellesprogram inkludert borplaner for feltarbeidene, kvikkleiresone er utarbeidet av NGI på oppdrag for Bø kommune. Også andre tilgjengelige geotekniske grunnundersøkelser/geotekniske vurderinger i ref. /4/ tom. /10/ saker har vært benyttet. Aktuelle borer fra disse rapportene er vist på kart tegning 011.

Stabilitetsvurderingene er utført i hht. NVEs retningslinjer relevante for utredning av kvikkleiresoner, *Retningslinjer 2/2011. Flaum- og skredfare i arealplanar* (ref. /11/).

## 4 Materialparametre og beregningsforutsetninger

### 4.1 Lagdeling og overkonsolideringsforhold

Lagdeling er basert på tolkning av sonderinger, supplert med opphentede prøver. Der det er usikkert hvilken dybde det er til fast grunn/antatt fjell er det generelt valgt stor dybde til fast grunn/fjell i modellen.

Udrenert skjærfasthet er estimert med hensyn til tilsynelatende overlaging fra tidligere terreng over dagens terrengnivå, der utførte CPTU-sonderinger gir grunnlag for det. Raviner er generelt antatt dannet ved erosjon/skredaktivitet, og for ravinebunnen er det som hovedregel antatt overkonsolidering minimum tilsvarende høyden på sideterrenget.

Området er i stor grad bebygget, slik at det kan påtreffes antropogene masser fra terreng. Naturlige masser består i dybden av marin leire, ofte siltig. Øvre lag består ofte av antatte elvesedimenter (sand). Det er påvist kvikkleire i opptatte prøver, i tillegg indikerer også en rekke sonderinger sensitive masser i dybden. Området ligger under marin grense. Det er på kvartærgeologisk kart angitt marine sedimenter til ca. 180 moh. nær Bø (ref. /14/).

Det er foretatt bekkelukkinger innenfor sonen, og østre del av sonen omfatter både inn- og utløp av bekkelukkingen gjennom Evjudalen.

### 4.2 Materialparametre

Romvekt av leire er bestemt ut fra opptatte prøver der dette finnes. For steinfylling og tørrskorpe er det benyttet erfaringsverdier.

Udrenert skjærfasthet er estimert med utførte CPTU-sonderinger som tolkningsgrunnlag. Som hovedregel er aktiv skjærfasthet uten reduksjon lagt inn som karakteristiske styrkeprofiler (se Vedlegg A) i beregningsprogrammet GeoSuite Stabilitet (ref. /12/).

For Bø hotell er beregningene basert på eldre grunnundersøkelser oversendt fra Bø kommune (ref. /8/). Det er ikke utført tilleggsundersøkelser i forbindelse med stabilitetsberegningene. Det har vært nødvendig å oppjustere udrenert skjærfasthet for skråningen opp mot Bø hotell for å oppnå stabil skråning, sammenliknet med styrkedata som kan tolkes fra den eldre prøveserien i ref. /8/.

Leiras udrenerte styrke varierer avhengig av retning på skjærplanet. Anisotropifaktorer for udrenert ADP-analyse i leire er for ”ikke sprøbruddmateriale” satt til hhv. 1, 0,7 og 0,4 for hhv. aktiv, direkte og passiv skjærfasthet. I ”sprøbruddmateriale” er anisotropifaktorene satt til 1, 0,65 og 0,35. I tillegg er aktiv skjærfasthet i hht. ref. /11/ redusert med 15 % dersom skjærfastheten er bestemt ved tolkning av CPTU-sondering korrelert med blokkprøver, dvs. anisotropifaktoren for aktiv udrenert skjærfasthet er redusert til 0,85 i lag med sprøbruddmateriale.



Romvekt og effektive styrkeparametre benyttet i beregningene er vist i Tabell 4-1.

Tabell 4-1 Materialparametre brukt i stabilitetsberegningene

	Total romvekt $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Friksjonsvinkel $\phi'$ [°]	Attraksjon $a$ [kN/m <sup>2</sup> ]
<b>Steinfylling (drenert)</b>	19	42	0
<b>Tørreskorpeleire</b>	18	32	0
<b>Leire</b>	18,5	27	0
<b>Kvikkleire</b>	18,5	27	0

## 5 Stabilitetsanalyser

Borpunkter fra grunnundersøkelsene (ref. /3/ er vist på tegning 011, i tillegg til enkelte eldre boringer (fra ref. /6/ og /9/), samt boringene nær Bø hotell (ref. /8/). Stabilitetsanalyser for kvikkleiresonen er utført langs to lengdeprofiler, hhv. A og C. I tillegg er det utført beregninger for lengdeprofil D ved Bø hotell. Beliggenhet av profilene fremgår av tegning 011. For alle lengdeprofiler er det regnet stabilitet av skråningen ned mot Evjudalen.

Resultater fra stabilitetsanalysene er vist i vedlegg B1-B4 (profil A), vedlegg C1-C4 (profil C) og vedlegg D1-D4 (profil D).

Skråningsstabiliteten er ikke analysert for profil B, men stabilitetsforholdene antas å være tilsvarende som for profil A (det er ikke utført CPTU-sondering eller prøvetaking nær skråningen langs profil B, slik at parametrene i analysen ville bli de samme som i profil A, samtidig som geometrien på profilet også er svært tilsvarende). Boring i profil B er benyttet for vurdering av kvikkleiresonens utbredelse mot nord fra Bøevju.

### 5.1 Stabilitetsberegning, profil A (mot nord fra Bøevju)

Beliggenhet av lengdeprofil A er vist på tegning 011. Profil A starter nord for Bøgata og går gjennom bebyggelsen på nordsiden av Evjudalen og ned til bekken. Skråningen ned i ravinen er ca. 8 m høy, med helning ca. 1:3,5.

#### 5.1.1 Grunnforhold, profil A

Det er utført boring i to punkter langs profilet, i punktene 2 og 4. Det er utført dreietrykksondering i begge punktene, og i tillegg CPTU-sondering, Ø54 mm sylindprøvetaking samt installasjon av piezometre i punkt 4. Boringene er utført i forbindelse med utredningen. Tolkede laggrenser er vist i beregningsprofilene (vedlegg B). Det er antatt kvikkleire langs hele profilet. Ved dreietrykk- punkt 2 og 4 er det antatt sensitiv/kvikkleire fra ca. kote +59, dvs. 7-8 m under terreng ved punkt 4. Boringer er avsluttet i antatt kvikkleire på ca. 20 m dybde. Mektighet av løsmasser er derved minst 20 m. Poretrykkmålingene indikerer noe hydrostatisk

undertrykk. Tolkning av CPTU-sonderingene ved sondering 4 indikerer noe overkonsolidering, tilsvarende ca. 5 m tidligere overlaging over dagens terrengnivå.

### 5.1.2 Dagens situasjon, profil A

#### Udrenert analyse

Udrenert stabilitetsanalyse av dagens situasjon med forutsetningene over, gir materialfaktor  $\gamma_m = 1,14$  for mest kritiske glideflate. Kritisk glideflate er ca. 35 m lang og 7,5 m dyp. Kritisk glideflate skjærer ned i kvikkleire, med dypeste punkt av glideflaten ca. 5 m under bunn av ravinen (ca. kote +54).

Udrenert analyse er også utført for sirkulær skjærflate med utgående 1 m over foten av skråningen (vedlegg B1 og Tabell 5-1). Materialfaktoren for denne glideflaten er så høy som  $\gamma_m = 2,14$ , og glideflaten går heller ikke ned i kvikkleire.

Stabilitet av glideflater med bakkant i avstand hhv. 10 , 15, 20, 30 og 40 m bak skråningskanten er også beregnet og vist i Tabell 5-1. Helt fram til 30 m bakenfor skråningskanten har glidesirkelene materialfaktor  $< 1,4$ . Dette betyr at stabilitetsforholdene også skal forbedres for disse glideflatene ved det stabiliserende tiltaket, som angitt i Tabell 5-1.

Krav til materialfaktor etter stabiliserende tiltak for kritisk glideflate er, ut fra NVEs retningslinjer (ref. /10/), enten  $\gamma_m = 1,4$ , hvilket ofte ikke er gjennomførbart, eller forbedring av stabilitetsforholdene etter gitte kriterier. Krav om ”vesentlig forbedring” i hht. ref. /10/ innebærer inntil 15 % forbedring av beregningsmessig sikkerhet ut fra dagens situasjon, avhengig av dagens stabilitetsforhold. Dette vil da være kravet til områdestabiliteten innenfor kvikkleiresonen for å kunne tillate nye byggeprosjekter innenfor kvikkleiresonen.

#### Drenert analyse

Resultater fra drenert analyse av dagens situasjon er vist i vedlegg B2. Beregningene er gjort med de samme poretrykksbetingelser som er lagt til grunn ved tolkning av CPTU-sonderinger, dvs. noe hydrostatisk undertrykk, og gir materialfaktor  $\gamma_m = 0,87$  for mest kritiske glideflate. Dette er lavere enn verdien som tilsvarer labil skråning ( $\gamma_m = 1,0$ ), og innebærer at forutsetningene for den drenerte analysen er noe for konservative. Det antas da at materialfaktoren tilsvarer labil skråning. Krav om ”vesentlig forbedring” i hht. ref. /10/ innebærer da 15 % forbedring av beregningsmessig sikkerhet ut fra dagens situasjon med utgangspunkt i beregnet materialfaktor for dagens tilstand.

Materialfaktoren ved drenert analyse er også beregnet for sirkulære skjærflater med utgående på varierende kotenivå i skråningen, hhv. 1, 3 og 5 m over bunn. Skjærsirkler med utgående opp til nivå 3 m over foten av skråningen har alle beregnet materialfaktor  $\gamma_m < 1,4$ . Drenert analyse av dagens situasjon, med den

restriksjon på glidesirkelene at de må gå ned i leira under tørrskorpelaget<sup>1</sup>, gir imidlertid materialfaktor  $\gamma_m > 1,61$ . Stabilitet av glideflater med bakkant i avstand. 10 og 15 m bak skråningskanten er også beregnet og vist i Tabell 5-1.

Lav beregningsmessig sikkerhet for drenert analyse anses her ikke å være et problem i seg selv, da kritisk bruddflate er relativt grunn og ikke går ned i kvikkleire. Indirekte kan slike glidninger imidlertid være et problem, dersom den udrenerte materialfaktoren svekkes som følge av utglidninger av skråningsfoten. Erosjon og suksessiv utglidning av skråningsfot/elvekant er en kjent utløsningsmekanisme for naturlig utløste kvikkleireskred.

Tabell 5-1 oppsummerer beregnet materialfaktor for udrenert og drenert analyse av dagens situasjon, samt nødvendig materialfaktor etter stabiliserende tiltak for å oppnå "vesentlig forbedring" i hht. ref. /11/.

Tabell 5-1 Stabilitetsberegninger, Bø sentrum, profil A, dagens situasjon. Materialfaktor for dagens situasjon, og krav til forbedring i hht. ref. /11/.

Ber. nr.	Beskrivelse	Materialfaktor $\gamma_m$			
		Udrenert analyse		Drenert analyse	
		Dagens situasjon	Vesentlig forbedring *)	Dagens situasjon	Vesentlig forbedring *)
A_0	Kritisk skjærflate	<b>1,14</b>	1,25	<b>0,87</b>	1,00
A_0a	Utgående 1 m over skråningsfot	<b>2,14</b>	-	<b>0,88</b>	1,01
A_0b	Utgående 3 m over skråningsfot	-	-	<b>1,32</b>	1,36
A_0c	Utgående 5 m over skråningsfot	-	-	<b>1,86</b>	-
A_0d	Bakkant 10 m bak skråningskant	<b>1,16</b>	1,26	<b>1,30</b>	1,35
A_0e	Bakkant 15 m bak skråningskant	<b>1,19</b>	1,28	<b>1,53</b>	-
A_0f	Bakkant 20 m bak skråningskant	<b>1,22</b>	1,30	-	-
A_0g	Bakkant 30 m bak skråningskant	<b>1,30</b>	1,35	-	-
A_0h	Bakkant 40 m bak skråningskant	<b>1,41</b>	-	-	-

\*) Krav i hht. ref. /11/.

### 5.1.3 Stabiliserende tiltak, profil A

Utlegging av motfylling av stein i nedre del av skråningen vil forbedre stabiliteten av skråningen.

#### Udrenert analyse

Resultater for udrenert analyse av stabiliserende tiltak er vist i vedlegg B3. Tabell 5-2 oppsummerer beregnet materialfaktor for udrenert analyse av horisontal motfylling i foten av skråningen med gjennomsnittlig tykkelse 1,5 m og ca. 12,5 m

<sup>1</sup> Overflatestabilitet og grunn glidning vurderes her ikke kritisk for utløsning av kvikkleireskred.

kronelengde. Motfyllingen er resultat av en optimalisering. Kritisk skjærflate er vist. Etter tiltaket er beregnet materialfaktor tilfredsstillende.

Lokalstabilitet av fyllingen er kontrollert og vist i vedlegg B3. For udrenert analyse gir helning 1:2 tilfredsstillende stabilitet ( $\gamma_m = 1,84$ ).

Tabell 5-2 Stabilitetsberegninger, Bø sentrum, profil A. Udrenert analyse av dagens situasjon og med stabiliserende tiltak: 1,5 m fylling ved foten av skråningen.

Ber. nr.	Beskrivelse	Materialfaktor $\gamma_m$		
		Udrenert analyse		
		Dagens situasjon	Vesentlig forbedring *)	Etter tiltak
A_1	Kritisk skjærflate	1,14	1,25	1,28**)
A_1a	Utgående 1 m over skråningsfot	2,14	-	-
A_1d	Bakkant 10 m bak skråningskant	1,16	1,26	1,35 ***)
A_1e	Bakkant 15 m bak skråningskant	1,19	1,28	1,38 ***)
A_1f	Bakkant 20 m bak skråningskant	1,22	1,30	1,30 ***)
A_1g	Bakkant 30 m bak skråningskant	1,30	1,35	1,37 ***)
A_1h	Bakkant 40 m bak skråningskant	1,41	-	-
A_1i	Stabilitet av fyllingsfot opp, helning 1:2	-	-	1,84
A_1j	Stabilitet av fyllingsfot ned, helning 1:3	-	-	2,79

\*) Krav i hht. ref. /11/.

\*\*\*) Kritisk skjærflate etter tiltak ikke identisk med skjærflate før oppfylling.

\*\*\*\*) Skjærflate etter tiltak identisk med skjærflate før oppfylling.

### Drenert analyse

Som regel vil tiltak nødvendig av hensyn til udrenert analyse også medføre at krav til drenert materialfaktor blir innfridd. Drenert analyse av det stabiliserende tiltaket, utformet ut fra hensyn til udrenerte forhold, gir akseptable stabilitetsforhold, med kritisk materialfaktor  $\gamma_m = 1,31$ . Kritisk skjærflate etter tiltak er vist i vedlegg B4.

## 5.2 Stabilitetsberegning, profil C (mot sør fra Bøevju)

Lengdeprofil C med boringer er vist på tegning 011. Profil C går fra Evjudalen og sørover (i retning mot jernbanen). Skråningen ned i ravinen er ca. 8,5 m høy, med helning ca. 1:3,5.

### 5.2.1 Grunnforhold, profil C

Det er utført boring i to punkter nær profilet, i punktene 6 og 10. Det er utført dreietrykksondering i begge punktene. I tillegg er det utført CPTU-sondering, prøvetaking samt installasjon av piezometre i punkt 6. Boringene er utført i forbindelse med utredningen (ref /3/). Tolkede laggrenser er vist i beregningsprofilene (vedlegg C). Det er antatt kvikkleire langs hele profilet. Ved punkt 6 er det antatt sensitiv/kvikkleire fra ca. kote +56 og nedover. Ved punkt 10 er det antatt sensitiv/kvikkleire fra ca. kote +62.5. Kvikkleirelaget ser mao. her ut

til å stige sørover fra Evjudalen. Boringer er avsluttet i antatt kvikkleire på ca. 20 m dybde. Mektighet av løsmasser er derved også her minst 20 m fra terreng. Poretrykksmålingene indikerer noe hydrostatisk undertrykk. Tolkning av CPTU-sondering i borpunkt 6 indikerer noe overkonsolidering, tilsvarende ca. 5 m tidligere overlaging over dagens terreng (dvs. ca. som på motsatt side av Bøevju; CPTU 4 ved profil A).

### 5.2.2 Dagens situasjon, profil C

#### Udrenert analyse

Udrenert stabilitetsanalyse av dagens situasjon med forutsetningene over, gir materialfaktor  $\gamma_m = 0,98$  for mest kritiske glideflate, med andre ord beregningsmessig labile stabilitetsforhold. Kritisk glideflate er ca. 27,5 m lang og 12,5 m dyp. Kritisk glideflate skjærer ned i kvikkleire, med dypeste punkt av glideflaten ca. 4,5 m under bunn av ravinen (ca. kote +53,5). For udrenert tilstand er materialfaktoren også beregnet for sirkulære skjærflater med utgående på varierende kotenivå, hhv. 1,5 og 3 m over foten av skråningen (vedlegg C1 og Tabell 5-3).

Stabilitet av glideflater med bakkant i avstand hhv. 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60 og 70 m bak skråningskanten er også beregnet og vist i Tabell 5-3. Helt fram til 70 m bakenfor skråningskanten har glidesirklene materialfaktor  $< 1,4$ . Dette betyr at stabilitetsforholdene også skal forbedres for disse glideflatene ved det stabiliserende tiltaket, som angitt i Tabell 5-3.

#### Drenert analyse

Resultater fra drenert analyse for dagens situasjon er vist i vedlegg C2. Beregningene er gjort med de samme poretrykkbetingelser som er lagt til grunn for tolkning av CPTU-sondering og estimering av udrenert skjærstyrke. Analysen gir beregnet materialfaktor  $\gamma_m = 0,94$  for mest kritiske glideflate. Den kritiske glideflaten går ikke ned i kvikkleire. Krav til materialfaktor etter stabiliserende tiltak ("vesentlig forbedring" i hht. ref. /11/) for drenert analyse er  $\gamma_m = 1,08$ . Materialfaktoren er også beregnet for sirkulære skjærflater med utgående på varierende kotenivå i skråningen, hhv. 3 og 4 m over bunn. Opp til utgående på 3 m over foten av skråningen er beregnet minste materialfaktor  $\gamma_m < 1,4$  (hoveddelen av kritisk skjærflate går i leire<sup>2</sup>). Stabilitet av glideflater med bakkant i avstand 10, 15 og 20 m bak skråningskanten er også beregnet og vist i Tabell 5-3.

Tabell 5-3 oppsummerer beregnet materialfaktor for udrenert og drenert analyse av dagens situasjon, samt nødvendig materialfaktor etter stabiliserende tiltak for å oppnå "vesentlig forbedring" i hht. ref. /11/.

---

<sup>2</sup> Overflatestabilitet og grunn glidning vurderes her ikke kritisk for utløsning av kvikkleireskred.

Tabell 5-3 Stabilitetsberegninger, Bø sentrum, profil C, dagens situasjon. Materialfaktor for dagens situasjon, og krav til forbedring i hht. ref. /11/.

Ber. nr.	Beskrivelse	Materialfaktor $\gamma_m$			
		Udrenert analyse		Drenert analyse	
		Dagens situasjon	Vesentlig forbedring *)	Dagens situasjon	Vesentlig forbedring *)
C_0	Dagens situasjon - kritisk skjærflate	<b>0,98</b>	1,13	<b>0,94</b>	1,08
C_0a	Dagens situasjon - utgående 1,5 m over skråningsfot	<b>1,21</b>	1,30	-	-
C_0b	Dagens situasjon - utgående 3 m over skråningsfot	<b>1,55</b>	-	<b>1,37</b>	<b>1,39</b>
C_0c	Dagens situasjon – utgående 4 m over skråningsfot	-	-	<b>1,48</b>	-
C_0d	Bakkant 10 m bak skråningskant	<b>0,99</b>	1,14	<b>1,22</b>	1,30
C_0e	Bakkant 15 m bak skråningskant	<b>1,02</b>	1,17	<b>1,35</b>	1,38
C_0f	Bakkant 20 m bak skråningskant	<b>1,06</b>	1,20	<b>1,50</b>	-
C_0g	Bakkant 30 m bak skråningskant	<b>1,13</b>	1,24	-	-
C_0h	Bakkant 40 m bak skråningskant	<b>1,20</b>	1,29	-	-
C_0i	Bakkant 50 m bak skråningskant	<b>1,31</b>	1,35	-	-
C_0j	Bakkant 60 m bak skråningskant	<b>1,34</b>	1,37	-	-
C_0k	Bakkant 70 m bak skråningskant	<b>1,39</b>	1,40	-	-

\*) Krav i hht. ref. /11/.

### 5.2.3 Stabiliserende tiltak, profil C

Utlegging av motfylling av stein i nedre del av skråningen vil forbedre stabiliteten av skråningen.

#### Udrenert analyse

Resultater for udrenert analyse av stabiliserende tiltak er vist i vedlegg C3. Tabell 5-4 oppsummerer beregnet materialfaktor for udrenert analyse av skrå fylling med helning 1:8 til 3 m over bunn av skråningen, dvs. total bredde ca. 25 m og tverrsnittsareal om lag 25-30 m<sup>2</sup>. Motfyllingen er resultat av en optimalisering. Resultater er vist for kritisk skjærsirkel, og for skjærsirkelene identiske med skjærsirkler i Tabell 5-3 (C\_0a tom. C\_0k). Etter oppfylling er beregnet materialfaktor tilfredsstillende for alle skjærsirkelene ut fra krav i ref. /11/.

Tabell 5-4 Stabilitetsberegninger, Bø sentrum, profil C. Udrenert analyse av dagens situasjon og med stabiliserende tiltak: skrå fylling med helning 1:8 til 3 m over bunn av skråningen.

Ber. nr.	Beskrivelse	Materialfaktor $\gamma_m$		
		Udrenert analyse		
		Dagens situasjon	Vesentlig forbedring *)	Etter tiltak
C_1	Kritisk skjærflate	<b>0,98</b>	1,13	<b>1,15</b> **)
C_1a	Utgående 1,5 m over bunn	<b>1,21</b>	1,30	<b>1,37</b> ***)
C_1d	Bakkant 10 m bak skråningskant	<b>0,99</b>	1,14	<b>1,21</b> ***)
C_1e	Bakkant 15 m bak skråningskant	<b>1,02</b>	1,17	<b>1,17</b> ***)
C_1f	Bakkant 20 m bak skråningskant	<b>1,06</b>	1,20	<b>1,21</b> ***)
C_0g	Bakkant 30 m bak skråningskant	<b>1,13</b>	1,24	<b>1,27</b> ***)
C_0h	Bakkant 40 m bak skråningskant	<b>1,20</b>	1,29	<b>1,33</b> ***)
C_0i	Bakkant 50 m bak skråningskant	<b>1,31</b>	1,35	<b>1,43</b> ***)
C_0j	Bakkant 60 m bak skråningskant	<b>1,34</b>	1,37	<b>1,41</b> ***)
C_0k	Bakkant 70 m bak skråningskant	<b>1,39</b>	1,40	<b>1,45</b> ***)

\*) Krav i hht. ref. /10/.

\*\*) Kritisk skjærflate etter tiltak ikke identisk med skjærflate før oppfylling.

\*\*\*) Skjærflate identisk med skjærflate før oppfylling.

### Drenert analyse

Drenert analyse av det samme stabiliserende tiltaket gir kritisk materialfaktor  $\gamma_m = 1,55$ , som er tilfredsstillende. Kritisk skjærflate etter tiltak er vist i vedlegg C4.

### 5.3 Stabilitetsberegning, profil D ( Bø hotell)

Oppdraget er blitt utvidet til også å omfatte stabilitetsvurderinger av skråningen mot Bø hotell vest for Evjudalen, dvs. utenfor kvikkleiresonen. Analysene er basert på eldre geotekniske undersøkelser oversendt fra Bø kommune (ref. /8/). Det er ikke utført noen supplerende undersøkelser i forbindelse med denne delen av NGIs oppdrag, og datagrunnlaget anses å være noe tynt, særlig hva angår styrkeparametre. Det har derfor vært nødvendig å gjøre en del forutsetninger i forbindelse med analysene.

Beliggenhet av lengdeprofil D er vist på tegning 011. Profil D er antatt kritisk profil i skråningen ved Bø hotell. Profilet starter i det nordøstlige hjørnet av hotellet og går sydøstover ned i Evjudalen. Skråningen ned i ravinen er ca. 7 m høy, med helning ca. 1:2,2.

#### 5.3.1 Grunnforhold, profil D

Det er utført boring i fem punkter i skråningen nordvest fra hotellet (ref. /8/). Det er utført dreiesondring i alle punktene. I tillegg er det utført prøvetaking i borhull 5 samt observasjon av grunnvannstand i punktene 4 og 5. Boringene er utført i forbindelse med Bø Studentheim (ref /8/), og er vist på borplan (tegning 010).



Tolkede laggrenser er vist i beregningsprofilene (vedlegg D). Det er antatt at grunnforholdene i den sørøstlige skråningen er de samme som i den nordvestlige skråningen. Det er antatt kvikkleire langs hele profilet, men det er ikke utført prøvetaking/sonderinger som kan bekrefte eller avkrefte dette. På plataet bak toppen av skråningen er det antatt sensitiv/kvikk leire fra ca. kote +61 og nedover. Nede i ravinen er det antatt sensitiv/kvikk leire ca. fra terreng. Boringer på nordvestsiden er avsluttet i antatt fast sand på ca. 23 m dybde. Mektighet av løsmasser er derved minst 23 m fra terreng i dette området. Grunnvannsobservasjonene indikerer grunnvann fra ca. 3 m under terreng på plataet, og ca. fra terreng nede i ravinen. Det er antatt hydrostatisk poretrykksfordeling. Skjærfasthet fra prøveserie V (Ø54 mm prøveserie i borpunkt 5) indikerer normalkonsoliderte eller svakt overkonsoliderte forhold.

I en første stabilitetsberegning, med antakelse om udrenert skjærstyrke som i normalkonsolidert leire, var beregnet materialfaktor for den mest kritiske glideflate langt under 1,0 ( $\gamma_m$  ca. 0,6). Fordi dagens skråning er stabil, kan skråningen pr. definisjon ikke ha materialfaktor  $< 1,0$ . Udrenert skjærstyrke er derfor oppjustert slik at beregnet materialfaktor for kritisk glideflate er 1,0. Udrenert skjærstyrkeprofil tilsvarer tidligere overkonsolidering ca. 7 m over dagens terrenghøyde på plataet ved hotellet, dvs. ca. 15 m over bunn av ravinen eller tidligere terrengnivå på ca. kote +73. Dette er i nærheten av overkonsolideringsnivå tolket ut fra CPTU-sonderingene 4 og 6 innenfor kvikkleiresonen, ref. /3/, som er vurdert til ca. kote +72.

### 5.3.2 Dagens situasjon, profil D

#### Udrenert analyse

Udrenert stabilitetsanalyse av dagens situasjon med forutsetningene over, gir materialfaktor  $\gamma_m = 0,98$  for mest kritiske glideflate, med andre ord beregningsmessig labile stabilitetsforhold. Kritisk glideflate er ca. 25 m lang og 8,5 m dyp. Kritisk glideflate skjærer ned i kvikkleire, med dypeste punkt av glideflaten ca. 4 m under bunn av ravinen (ca. kote +55). For udrenert tilstand er materialfaktoren også beregnet for sirkulære skjærflater med utgående på varierende kotenivå, hhv. 1 og 2 m over foten av skråningen, og for sirkulære skjærflater med bakkant hhv. 10, 20, 30, 40 og 50 m bak skråningskanten (vedlegg D1 og Tabell 5-5). Helt fram til 50 m bakenfor skråningskanten har glidesirklene materialfaktor  $< 1,4$ . Dette betyr at stabilitetsforholdene også skal forbedres for disse glideflatene ved det stabiliserende tiltaket, som angitt i Tabell 5-5.

#### Drenert analyse

Resultater fra drenert analyse for dagens situasjon er vist i vedlegg D2. Beregningene er gjort med de samme poretrykksbetingelser som er lagt til grunn for estimering av udrenert skjærstyrke. Analysen gir beregnet materialfaktor  $\gamma_m = 0,85$  for mest kritiske glideflate. Den kritiske glideflaten går nesten ikke ned i kvikkleire. Materialfaktoren er også beregnet for sirkulære skjærflater med utgående 3 m over bunn, og for sirkulære skjærflater med bakkant i varierende avstand bak skråningskanten, hhv. 10 og 20 m bak skråningskanten (vedlegg D2 og Tabell 5-5).



Det er gjort i overkant forsiktig vurdering av drenerte styrkeparametre i leire (ingen attraksjon). For stabiliserende tiltak har dette liten betydning, da det er udrenert analyse som er dimensjonerende for tiltakets størrelse.

Tabell 5-5 oppsummerer beregnet materialfaktor for udrenert og drenert analyse av dagens situasjon, samt nødvendig materialfaktor etter stabiliserende tiltak for å oppnå ”vesentlig forbedring” i hht. ref. /11/.

Tabell 5-5 Stabilitetsberegninger, Bø sentrum, profil D, dagens situasjon. Materialfaktor for dagens situasjon, og krav til forbedring i hht. ref. /11/.

Ber. nr.	Beskrivelse	Materialfaktor $\gamma_m$			
		Udrenert analyse		Drenert analyse	
		Dagens situasjon	Vesentlig forbedring *)	Dagens situasjon	Vesentlig forbedring *)
D_0	Kritisk skjærflate	<b>0,98</b>	1,13	<b>0,85</b>	0,98
D_0a	Utgående 1 m over bunn	<b>1,26</b>	1,33	-	-
D_0b	Utgående 2 m over bunn	<b>1,67</b>	-	-	-
D_0c	Utgående 3 m over bunn	-	-	<b>1,26</b>	1,33
D_0d	Bakkant 10 m bak skråningskanten	<b>1,01</b>	1,16	<b>1,33</b>	1,36
D_0e	Bakkant 20 m bak skråningskanten	<b>1,12</b>	1,24	<b>1,71</b>	-
D_0f	Bakkant 30 m bak skråningskanten	<b>1,26</b>	1,33	-	-
D_0g	Bakkant 40 m bak skråningskanten	<b>1,31</b>	1,35	-	-
D_0h	Bakkant 50 m bak skråningskanten	<b>1,40</b>	-	-	-

\*) Krav i hht. ref. /11/.

### 5.3.3 Stabiliserende tiltak, profil D

Utlegging av motfylling av stein i nedre del av skråningen vil forbedre stabiliteten av skråningen.

#### Udrenert analyse

Resultater for udrenert analyse av stabiliserende tiltak er vist i vedlegg D3.

Tabell 5-6 oppsummerer beregnet materialfaktor for udrenert analyse av motfylling i nedre del av skråningen, både for kritisk glidesirkel og for glidesirkler fra Tabell 5-5 som hadde for lav sikkerhet før stabiliserende tiltak. Motfyllingen har gjennomsnittlig tykkelse 2 m og ca. 6,5 m kronelengde. I tillegg er det modellert en skråfylling med avtakende tykkelse opp til ca. kote +63. Motfyllingen er resultat av en optimalisering. Etter oppfylling er beregnet materialfaktor tilfredsstillende for alle skjærsirklene ut fra krav i ref. /11/.

#### Drenert analyse

Drenert analyse av det samme stabiliserende tiltaket (2 m tykk motfylling med 6,5 m kronelengde) gir kritisk materialfaktor  $\gamma_m = 1,67$ , som er tilfredsstillende.

Kritisk skjærflate etter tiltak er vist i vedlegg D4. Oppsummering av udrenert analyse for stabiliserende tiltak er vist i Tabell 5-5.

*Tabell 5-6 Stabilitetsberegninger, Bø sentrum, profil D. Udrenert analyse av dagens situasjon og med stabiliserende tiltak: motfylling med tykkelse 2 m og 6,5 m kronelengde, skråfylling til kote +63.*

Ber. nr.	Beskrivelse	Materialfaktor $\gamma_m$		
		Udrenert analyse		
		Dagens situasjon	Vesentlig forbedring *)	Etter tiltak
D_1	Kritisk skjærflate	<b>0,98</b>	1,13	<b>1,15</b> **)
D_1a	Utgående 1 m over bunn	<b>1,26</b>	1,33	<b>1,53</b> ***)
D_1d	Bakkant 10 m bak skråningskanten	<b>1,01</b>	1,16	<b>1,30</b> ***)
D_1e	Bakkant 20 m bak skråningskanten	<b>1,12</b>	1,24	<b>1,24</b> ***)
D_1f	Bakkant 30 m bak skråningskanten	<b>1,26</b>	1,33	<b>1,34</b> ***)
D_1g	Bakkant 40 m bak skråningskanten	<b>1,31</b>	1,35	<b>1,39</b> ***)
D_1i	Stabilitet av fyllingsfront, helning ca. 1:2	-	-	<b>1,82</b>

\*) Krav i hht. ref. /11/.

\*\*) Kritisk skjærflate etter tiltak ikke identisk med skjærflate før oppfylling.

\*\*\*) Skjærflate etter tiltak identisk med skjærflate før oppfylling.

#### 5.3.4 Avgrensning av stabiliserende tiltak ved Bø hotell

Forslag til stabiliserende tiltak ved Bø hotell er vist på kart på tegning 012. Det understrekes at fordi ingen avgrensende boringer er utført, er ikke utbredelsen av kvikkleire vest for Bøevju kjent. Tiltaket tar i første rekke sikte på å sikre ryggen hvor Bø hotell ligger. Det kan være områder med kvikkleire til side for foreslåtte motfyllinger, og stabilitetsforholdene kan også være relativt dårlig for andre skråningspartier. En helhetlig vurdering av dette har ikke inngått i oppdraget som er utført i denne omgang. Det stabiliserende tiltaket vil likevel medføre betydelig forbedrede stabilitetsforhold for ryggen med hotellet.

#### 5.4 Stabiliserende tiltak og håndtering av byggesaker

Dersom stabiliserende tiltak som beskrevet foran utføres, vil problemene knyttet til kvikkleiresonen ut mot Bøevju vest for bekkelukkingen i hovedsak være løst hva angår områdestabiliteten. Stabiliteten av skråningene i dette området vil da kunne anses tilfredsstillende ut fra NVEs retningslinjer (ref. /11/). Dette vil innebære at mange tiltak som nå ikke tillates, vil være mulige innenfor kvikkleiresonen.

Det er imidlertid viktig å være oppmerksom på at selv om områdestabiliteten skulle være akseptabel, vil det fortsatt være behov for å kontrollere at byggeprosjekter innenfor sonen håndteres i henhold til de retningslinjer som gjelder for geoteknikk prosjektering der det er kvikkleire i grunnen.

## 6 Forslag til revidert utbredelse av kvikkleiresonen

### 6.1 Grunnlag for revidert vurdering av soneutbredelsen

Med utgangspunkt i beliggenhet av kvikkleire og geometri av kritiske skjærflater i beregningsprofilene er avgrensning av kvikkleiresonen vurdert. Et forslag til revidert soneavgrensning er gitt på tegning 011.

For beregningsprofilene A tom. D er den anslåtte største utstrekning av potensielle kvikkleireskred angitt med stiplet linje, med helning 1:15 i kvikkleire/sprøbruddmateriale og 1:3 i ikke-sensitiv leire, se vedlegg B1, C1 og D1 for kvikkleiresonen, og vedlegg E1 for Bø hotell. I tillegg er det tatt utgangspunkt i antatt fordeling av kvikkleire i sonen forøvrig, og forutsatt at stabilitetsforholdene langs skråningene er tilsvarende som i beregningsprofilene.

Innenfor budsjettrammen for soneutredningen har det ikke vært anledning til noen ustrakt prøvetaking, som kun er gjort i utvalgte punkter og dybder. Supplerende prøvetaking vil kunne resultere i at soneutbredelsen kan reduseres utover det som her er foreslått, forutsatt at antatt sensitive lag viser seg å være "ikke-sprøbruddmateriale" (etter NVEs retningslinjer, ref. /13/). Det er i diskusjonen nedenfor angitt hvor en slik supplerende prøvetaking kan få betydning.

### 6.2 Nord for Evjudalen

Langs profil A er det antatt kvikkleire under ca. kote 59. Dette gir en horisontal utbredelse av potensielle kvikkleireskred anslått til ca. 110 m, med utgangspunkt i kote 59 i foten av skråningen mot Evjudalen. Dvs. at sonegrensen her kan justeres til sørsiden av Bøgata.

I profil B er det ikke utført stabilitetsberegning. Her indikerer dreietrykksondering 3 og 3b bløt og antatt sensitiv leire nesten til terreng, dvs. til ca. kote 66. Dette gir en større horisontal utbredelse av potensielt kvikkleireskred langs dette profilet enn langs profil A. Sonens utstrekning er her anslått til ca. 200 m fra kote 59 i foten av skråningen ned i Evjudalen. Dersom prøvetaking evt. skulle vise at det likevel ikke er sensitiv leire (sprøbruddmateriale) i punkt 3 over kote 59 (som i profil A), vil sonens utbredelse kunne trekkes inn mot Bøgata også i dette profilet.

Lenger øst og fortsatt nord for Evjudalen har Multiconsult utført grunnundersøkelser (ref. /6/). Borepunkter fra ref. /6/ er vist på tegning 011 som punkt M2 tom. M7. Prøve i M1 viser sprøbruddmateriale fra ca. 6 m dybde (dvs. ca. kote 58). Dette gir en horisontal utbredelse av sonen på ca. 90 m fra kote 59 i foten av skråningen ved Evjudalen, eller ca. nordsiden av Bøgata. Kvikk/sensitiv leire ligger noe dypere i punkt M7 nærmere Evjudalen, hvilket er fordelaktig. Antatt kritisk bruddfigur (basert på beregning i profil A) vil imidlertid gå ned i kvikkleire. Østover mot innløpet vil en tilsvarende utstrekning på sonen føre til at sonen trolig kan svinges noe sørover ca. ved rundkjøringen. Imidlertid vil dette begrenses av mulig skred med utgangspunkt nær bekkelukkingens vestre og østre ende, se nedenfor.

### **6.3 Sør for Evjudalen**

For beregningsprofil C antas kvikkleirelaget å stige mot sør. Ved punkt 6 er det sensitiv leire under ca. kote 55 mens det ved punkt 10 er antatt sensitiv leire fra ca. kote 62. Dette er ugunstig for utbredelsen av sonen. Basert på kritisk glideflate fra stabilitetsberegning er horisontal utbredelse langs profil C vurdert til ca. 160 m målt fra bunn av skråningen (kote +58). Den samme utbredelsen må tas hensyn til fra ravinen vest for sonen. Dette innebærer at sonegrensen ikke kan justeres i dette området, med mindre det tas prøver som evt. viser at materiale som er tolket som sensitiv leire likevel ikke er sprøbruddmateriale.

### **6.4 Østre del av sonen**

I østre del av sonen (øst for bekkelukking) er grunnen mer lagdelt enn lenger vest. I tillegg må det tas hensyn til at kvikkleireskred også vil kunne starte ved utglidning mot utløpet av bekkelukkingen lengst øst i sonen.

I boring 8 er det lav motstand nesten fra terreng og til 5 m, deretter økende fasthet og antatt fjell på 6,5 m. I punkt 11 er det meget bløtt ned til ca. 5 m før det blir fastere grunn. I punkt 12 er det bløtt fra terreng, et antatt sandlag er gjennomboret mellom 3,5-5 m. Så er det bløtt videre til ca. 8 m før det blir fastere. Imidlertid kan det også være bløt leire mellom 10 og 12 m. Mulig berg er påtruffet på dybder mellom 6,5 og 13,5 m (vest i sonen er boringene generelt avsluttet uten at antatt berg er påtruffet ved boring til over 20 m).

Materialtyper fra terreng er noe usikre. Lav motstand kan indikere bløt leire, men dette er ikke verifisert. Uten prøver i dette delområdet må det forutsettes sensitiv leire. Med sensitiv leire grunt i profilet er maksimal utbredelse av skred ca. 100 m fra innløp av bekkelukking i hver ende. Øst for innløpet av bekkelukkingen kan sonen derfor ikke reduseres vesentlig uten supplerende prøvetaking, som evt. kan avkrefte at bløte lag grunt i profilet er sensitiv leire.

### **6.5 Ved Bø hotell**

Anslått faresoneutstrekning bakenfor skråning tilsvarende profil D-D ved Bø hotell er vist på Vedlegg E1, og en mulig faresone strekker seg vel 100 m bakover fra skråningskanten. Det understrekes at vi ikke har tilstrekkelig med data om grunnforholdene til å gjøre en avgrensning av områder med kvikkleire ved Bø hotell, verken bakover fra skråningskanten eller lateralt langsetter dalen.

## 7 Sammendrag

### 7.1 Oppdrag

NGI har på oppdrag fra Bø kommune utført geoteknisk utredning av kvikkleiresone 1345 Bø sentrum, Bø i Telemark, samt utført stabilitetsvurderinger for skråningene ved Bø hotell vest for Bøevju.

Grunnundersøkelser utført i forbindelse med utredningen bekrefter tilstedeværelse av kvikkleire innenfor sonen. Stedvis er mektigheten av kvikkleire minst 20 m. I deler av området indikerer sonderinger at det kan ligge sensitiv leire fra liten dybde under terreng, noe som er bekreftet ved prøvetaking.

### 7.2 Stabilitetsanalyser og forslag til stabiliserende tiltak

#### *Kvikkleiresonen*

Stabilitetsanalyser er utført for to lengdeprofiler innenfor sonen; profil A mot nord fra Evjudalen, og profil C mot sør fra Evjudalen. Beregningene viser at stabiliteten av skråningene beregningsmessig er dårlig, og resulterer i beregnet materialfaktor  $\gamma_m$  ca. 1,0. Dette tilsvarer en teoretisk labil situasjon, med marginal sikkerhet mot brudd i skråningen.

Stabiliserende effekt av sikringstiltak er beregnet. Beregningene viser at det vil være mulig å oppnå tilstrekkelig beregningsmessig sikkerhet etter NVEs retningslinjer ved foreslåtte stabiliserende tiltak, dvs. oppfylling med stein i bunn av ravinene. Utlegging av fyllinger med høyde 1,5 – 3 m langs foten av skråningene ned mot Evjudalen (vest for bekkelukkingen) vil gi tilstrekkelig beregningsmessig sikkerhet.

Dersom stabiliserende tiltak utføres, vil problemene knyttet til kvikkleiresonen vest for bekkelukkingen i stor grad være løst hva angår områdestabiliteten, som da vil kunne anses tilfredsstillende ut fra NVEs retningslinjer. Dette vil i så fall innebære at mange tiltak som nå ikke tillates, vil være mulige i denne del av kvikkleiresonen. Imidlertid vil det fortsatt være behov for å kontrollere at byggeprosjekter håndteres i henhold til de retningslinjer som gjelder for geoteknisk prosjektering der det er kvikkleire i grunnen (ref. /13/).

For den østlige delen av kvikkleiresonen (ved utløpet av bekkelukkingen) er det ikke vurdert stabiliserende tiltak, og ikke foreslått noen justering av sonen. I dette området vil mulig kvikkleireskred kunne nå inn til ca. 15 x skråningshøyden også dersom det gjøres tiltak vest for bekkelukkingen.

#### *Bø hotell*

Også for lengdeprofil ved Bø hotell er skråningsstabiliteten dårlig, basert på det foreliggende datagrunnlaget. Nødvendig forbedring av stabiliteten oppnås ved motfylling med ca. 2 m høyde og 6,5 m kronebredde, samt noe skråfylling oppover i skråningen. Det er foreslått stabiliserende tiltak i form av motfylling for å oppnå ca. 15 % forbedring av beregningsmessig sikkerhet for mest kritiske glideflater. Det

foreligger ikke tilstrekkelig grunnundersøkelsesdata til detaljert avgrensning av kvikkleireområdet ved hotellet, dvs. innover plataet bak skråningskanten eller lateralt langsetter dalen. En faresone for mulig kvikkleireskred er anslått å nå vel 100 m bakover fra skråningskanten.

### **7.3 Revidert soneavgrensning**

Uten hensyn til evt. gjennomføring stabiliserende tiltak som foreslått over, er revidert avgrensning av kvikkleiresonen i Bø sentrum foreslått. Revidert utstrekning er basert på stabilitetsberegninger og utførte grunnundersøkelser, dvs. utbredelse av sensitiv/ kvikk leire og leiras beliggenhet i profilene.

- Nord for Evjudalen foreslås en delvis justering av sonegrensen sørover til Bøgata. Langs profil B er det imidlertid behov for kontrollerende prøvetaking for å kunne justere sonegrensen tilsvarende, da sondering indikerer meget bløt leire fra liten dybde.
- Sør for Evjudalen gir beregningsresultatene og lagdeling av grunnen ikke grunnlag for å justere sonegrensen.
- Øst i sonen, i området nær bekkelukkingen, er det påvist bløte masser grunt i profilet, og sonegrensen kan derfor ikke justeres vesentlig på det eksisterende datagrunnlag.

### **7.4 Supplerende prøvetaking for evt. ytterligere justering av sonegrensen**

Grunnundersøkelsene i forbindelse med utredningen har av budsjett hensyn vært relativt sparsomme, særlig hva angår prøvetaking og laboratorieanalyser.

Supplerende prøvetaking i utvalgte punkter vil kunne gi anledning til ytterligere justering av sonegrensen, særlig nord for Evjudalen og langs bekkelukkingen øst i sonen, forutsatt at antatt sensitiv leire viser seg å være "ikke-sprøbruddmateriale" (etter NVEs retningslinjer).

Ved Bø hotell vil supplerende boringer gi mulighet for å optimalisere det foreslåtte stabiliserende tiltaket, samt til evt. å avgrense kvikkleireområdet.

## 8 Kort forklaring på noen geotekniske begreper

Etter oppdragsgivers ønske ble det pr. epost 6. mai 2013 oversendt noen korte forklaringer på geotekniske begreper benyttet i rapporten. Disse er gjengitt nedenfor, delvis med noe endret ordlyd. Forklaringene må ikke anses å være uttømmende.

### Materialfaktor:

Forholdet mellom materialstyrken og påkjenningen (belastningen) på materialet kalles materialfaktor. For eksempel (og forenklet), hvis styrken er 150 kPa og belastningen er 100 kPa langs glideflaten er materialfaktoren 1,5. Hvis materialfaktoren for jorda nærmer seg 1, nærmer vi oss brudd i materialet. Når vi regner, hender det relativt ofte at vi beregningsmessig finner en materialfaktor mindre enn 1. Det kan den ikke være i virkeligheten, så lenge skråningen står. I slike tilfeller oppjusterer vi materialfaktoren til ca. 1,0 og tar utgangspunkt i det for å vurdere tiltak. Geoteknisk prosjektering foregår alltid med en god del forsiktighet/konservative vurderinger av materialstyrke (styrke av jorda), og det er én grunn til at vi til tider får lav beregningsmessig sikkerhet, selv om skråningene står.

### Sensitiv/kvikk leire:

All leire er egentlig sensitiv, i større eller mindre grad. Det innebærer at styrken av leirmaterialet faller når man rører rundt i leira. Sensitivitet  $St = Su/Sur$ , der  $Su$  er udrenert styrke av intakt (uforstyrret) leire og  $Sur$  er omrørt (forstyrret) udrenert styrke. Det er stor forskjell på sensitiviteten mellom forskjellige typer leire. For kvikkleire kan sensitiviteten være 2-300 og mer, mens for lite sensitiv leire kan tallet eksempelvis være nede i 3-4. Når det står "sensitiv leire" menes det som regel "meget sensitiv leire". Dette er likevel ikke synonymt med "kvikkleire". Kvikkleire er definert svært smalt (omrørt/forstyrret) udrenert skjærstyrke lavere enn 0,5 kPa). Når leira er meget sensitiv ("nesten kvikk"), vil vi geoteknikere imidlertid håndtere leira på samme måte som om den var kvikk, da egenskapene likner på kvikkleiras egenskaper (stort tap av styrke ved omrøring), og brudd i en skråning med slik leire kan gi store konsekvenser.

### Sprøbruddmateriale

NVEs retningslinjer har introdusert begrepet "sprøbruddmateriale". Dette er et generelt begrep for leire som brått taper styrken sin som følge av overbelastning (slik man også har for kvikkleire). Definisjonen for "sprøbruddmateriale" er imidlertid videre enn for kvikkleire. "Sprøbruddmateriale" etter NVEs retningslinjer omfatter både kvikkleire og leire som er mindre sensitiv enn kvikkleire, men som har omrørt udrenert skjærstyrke  $< 2$  kPa.

### Skjærstyrkeparametre/skjærfasthet

Man har for bygningsmaterialer bl.a. følgende begreper som brukes ofte: Trykkstyrke, strekkstyrke og skjærstyrke (eller –fasthet). For styrke av jord brukes i hovedsak begrepet skjærfasthet, da de andre egenskapene gir lite mening (for eksempel strekkstyrke av sand). Styrkeparametrene er det som inngår i modellene

våre for skjærstyrke (skjærfasthet), og skjærstyrken varierer som regel fra punkt til punkt i grunnen. Basert på de feltundersøkelser- og laboratorieforsøk som gjøres, forsøker man da å tolke styrkeparametre som friksjonvinkel, kohesjon og udrenert skjærstyrke.

Det brukes også begreper som drenerte og udrenerte analyser med tilhørende drenerte og udrenerte styrkeparametre. Disse knyttes igjen til hhv. langtids- og korttidstilstanden: En langtidsanalyse ser på situasjonen i grunnen lenge etter en evt. spenningsendring (for eksempel oppfylling av jord på toppen av en skråning, eller utgraving av en skjæring), dvs. etter at spenningsendringene som følge av et evt. tiltak har stabilisert seg, og evt. poretrykksendringer dissipert. Kort tid etter en spenningsendring (som oppfylling eller utgraving) vil poretrykket i grunnen være svært annerledes enn rett før lastendringen. Særlig i leire og silt er denne tilstanden av stor betydning, og må analyseres særskilt. Jorda rekker da ikke å tilpasse seg den nye situasjonen, og styrken er uendret sammenliknet med umiddelbart før lastendringen. Begge situasjoner må vanligvis analyseres for en geoteknisk problemstilling.

#### Glidesirkel

Glidninger i leirskråninger har ofte form som kule- eller sirkelsegmenter. Dette stemmer også godt med beregninger man gjør, der man søker det snittet i skråningen som gir minst motstand mot utrasing. Da gjør man systematiske beregninger med sirkulære glidesirkler for å finne den verste geometrien, som derved viser den minst stabile glidesirkelen i skråningen, og som da har den minste materialfaktoren. Dette kalles den kritiske glidesirkelen, og materialfaktoren for den kritiske glidesirkelen er da det samme som materialfaktoren for hele skråningen, fordi det er den kritiske glidesirkelen som først vil skli ut (i hvert fall antar vi det).

#### Overkonsolideringsforhold

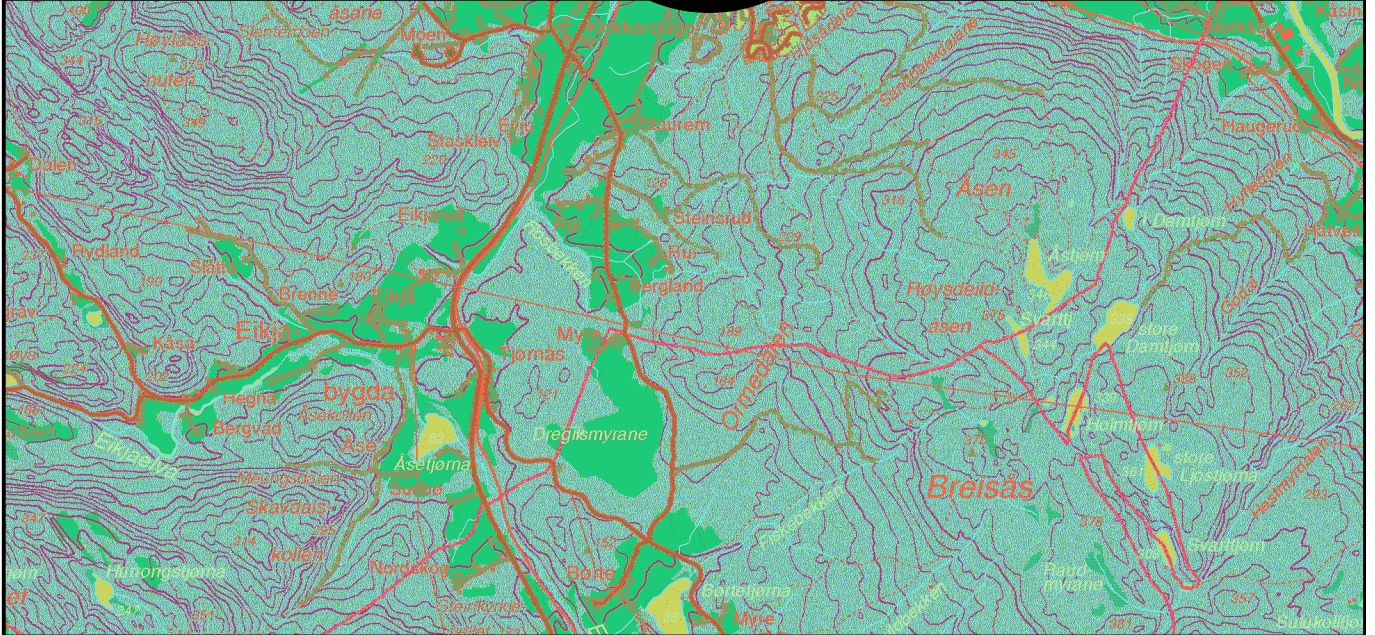
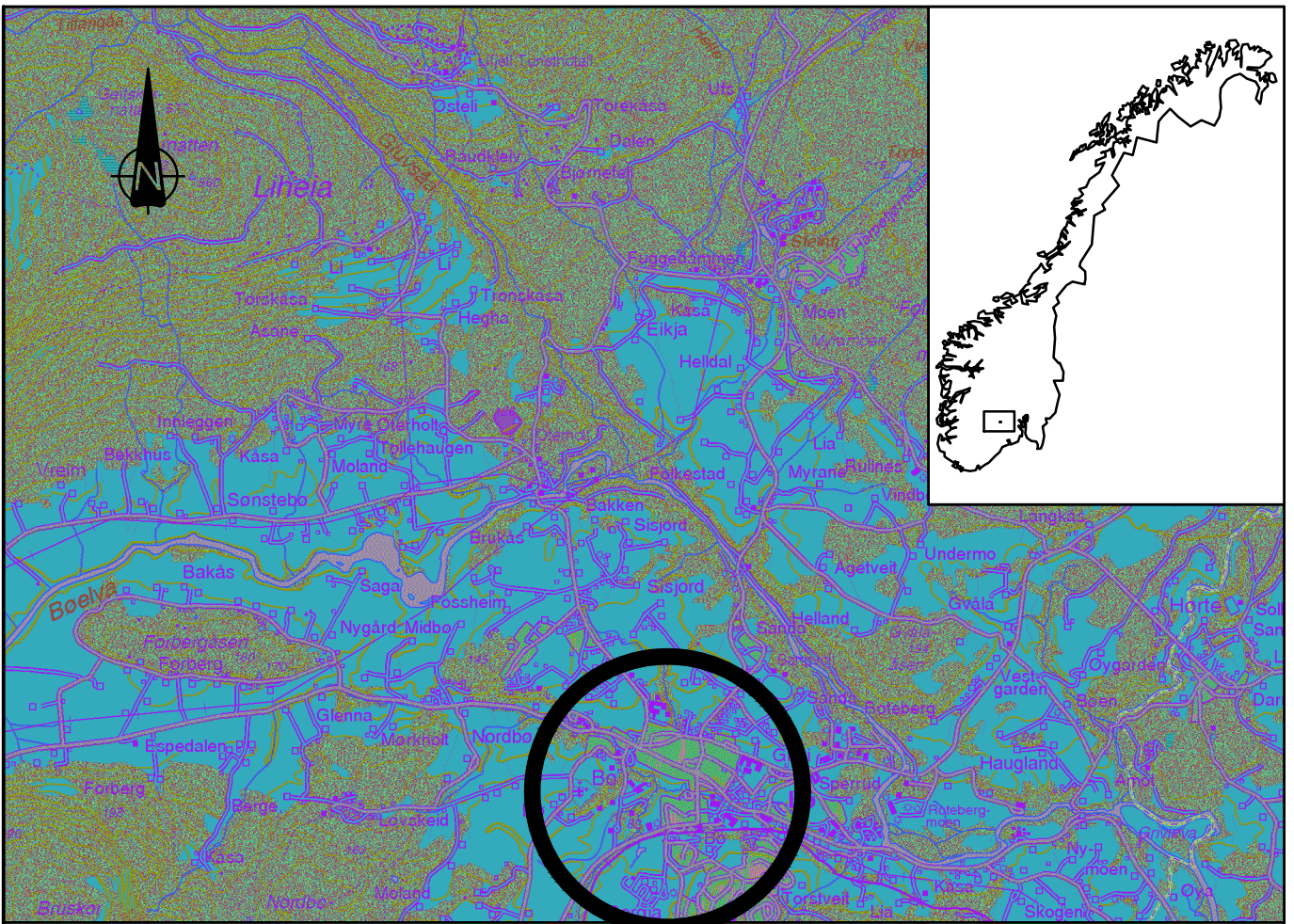
Ofte kan det i geologisk tidsalder ha ligget sedimenter til et høyere nivå enn dagens terreng, slik at grunnen egentlig er komprimert under en høyere vekt enn dagens terreng tilsier. Dette vil ofte ha resultert i økt styrke av jorda, og det utnytter vi i beregningene når vi tolker styrkeparametrene for stabilitetsanalyser. For en gitt dybde i jordprofilen blir da overkonsolideringsforholdet forholdet mellom vekten av overliggende masser før (inkludert de massene som senere er erodert vekk), dividert med vekten av overliggende masser i dag.




## 9 Referanser

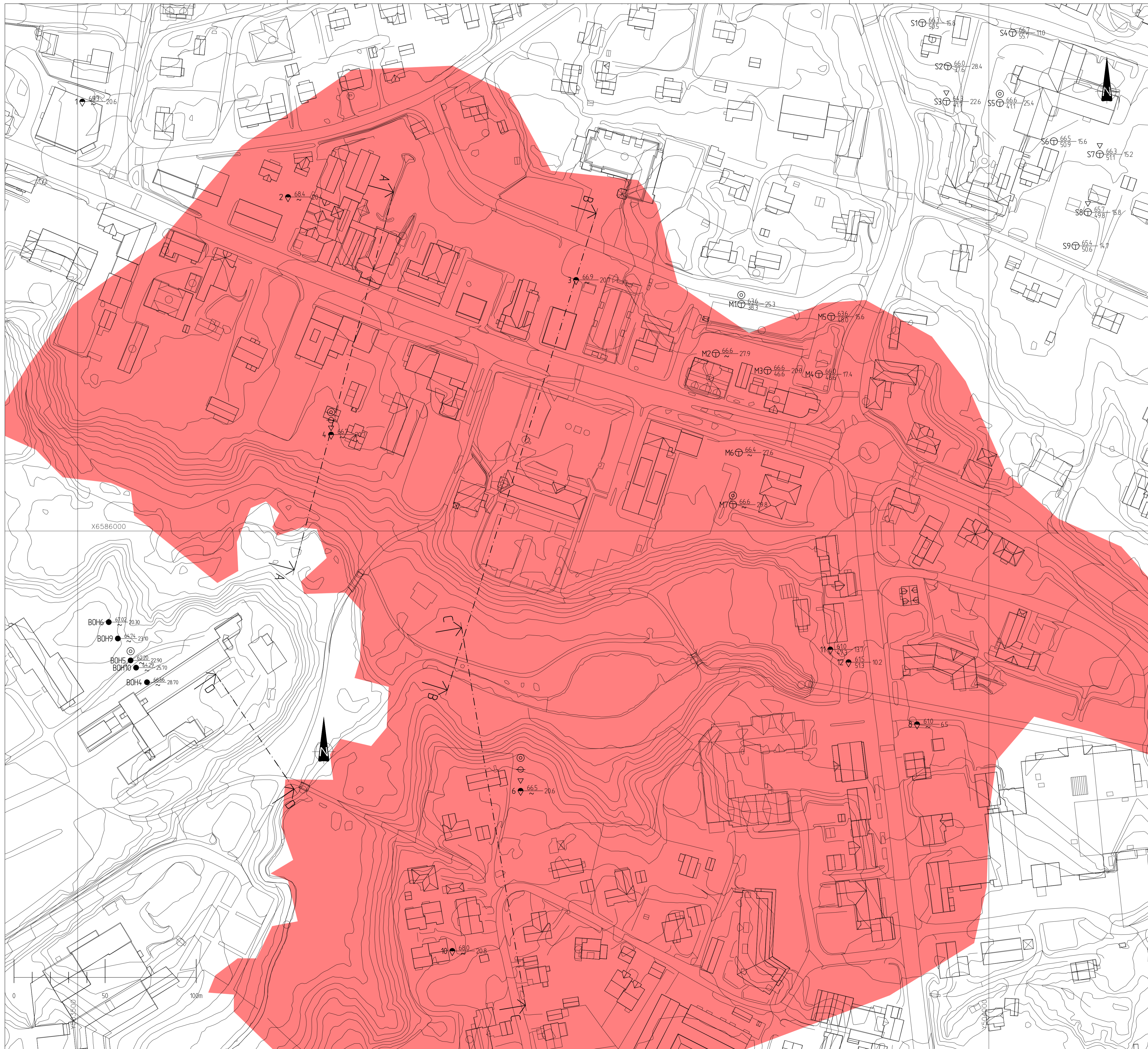
- /1/ NGI (2006). Program for økt sikkerhet mot leirskred. Evaluering av risiko for kvikkleireskred i Bø kommune. Rapport nr. 20001008-68, datert 21. juni 2006.
- /2/ NGI (2010). Vurdering av kvikkleiresone, Bø sentrum, Bø i Telemark. Revurdering av kvikkleiresonen. Teknisk notat nr. 20100439-00-3-TN datert 25. mai 2010.
- /3/ NGI (2012). Vurdering av kvikkleiresone, Bø sentrum, Bø i Telemark. Geoteknisk datarapport. Rapport nr. 20120204-01-R (foreløpig rapport).
- /4/ Grunn-Teknikk AS (1984). Grunnundersøkelser for tomtealternativ A, Evjudalen, til planlagt kjøpesenter i Bø. Rapport, Oppdrag nr. G/T-798, datert 30. april 1984.
- /5/ Multiconsult AS (2010). Evjudalen, Bø. Oversikt grunnundersøkelser. Notat G1, oppdrag nr. 81262, datert 7. april 2010.
- /6/ Multiconsult AS (2010). Gnr/bnr 52/137, Kiwi, Bø. Datarapport. Oppdragsnr. 812117, datert 12. oktober 2010.
- /7/ Multiconsult AS (2010). Kiwi, Bø. Stabilitetsberegninger. Oppdragsnr. 812117/2, datert 12. oktober 2010.
- /8/ MULTICONSULT AS. Oppdragsnr. 812066. Grunnundersøkelser ved Bø hotell, utført av Siv.ing. O. Kjølsest (1969). Borplan, profiler A og B.
- /9/ SWECO (2011). Bø sjukeheim. Geotekniske undersøkelser. Rapport nr. RIG-01, Oppdrag nr. 185575, datert 21. november 2011.
- /10/ Grunn-Teknikk AS (2012). Bø videregående skole, Ny gymstal. Geoteknisk rapport nr. 110164r1, datert 23. februar 2012.
- /11/ NVE (2011): Retningslinjer 2/2011. Flaum- og skredfare i arealplanar. Revidert 15. april 2011. ISSN: 1501 – 9810.
- /12/ ViaNova GeoSuite AB (2009): GeoSuite. GS Stability. Version 5.0.5.
- /13/ Lunne, T., T. Berre, K.H. Andersen, S. Strandvik and M. Sjørusen (2006): Effects of sample disturbance and consolidation procedures on measured shear strength of soft marine Norwegian clays. Can. Geotechnical Journal, vol. 43, No. 7.
- /14/ NGU (2012). Løsmassekart på internett. <http://geo.ngu.no/kart/losmasse/>





<b>Bø kommune</b> <b>Utredning av kvikkleiresone Bø sentrum</b>		Status		
		Original format A-4		
<b>Geoteknisk utredning av kvikkleiresone 1345 Bø sentrum</b> <b>Bø i Telemark</b> <b>Oversiktskart</b>		Tegningens filnavn Leveranse\001 Oversiktskart.dwg		
		Målestokk	 <b>NGI</b>	
		150 000		
<b>NGI</b> 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
	23.11.2012	KJA	OAH	HHe
	Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.	
	<b>20120204</b>	<b>001</b>	<b>0</b>	





**FORKLARINGER:**

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

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

Tegningsnr.	010	Rev.
-------------	-----	------

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontroll.	Godk.

**Bø kommune**  
**Utredning av kvikkleiresone Bø sentrum**

Geoteknisk utredning av kvikkleiresone 1345 Bø sentrum  
 Bø i Telemark  
 Borplan med beregningsprofiler A, B og C

1:1000

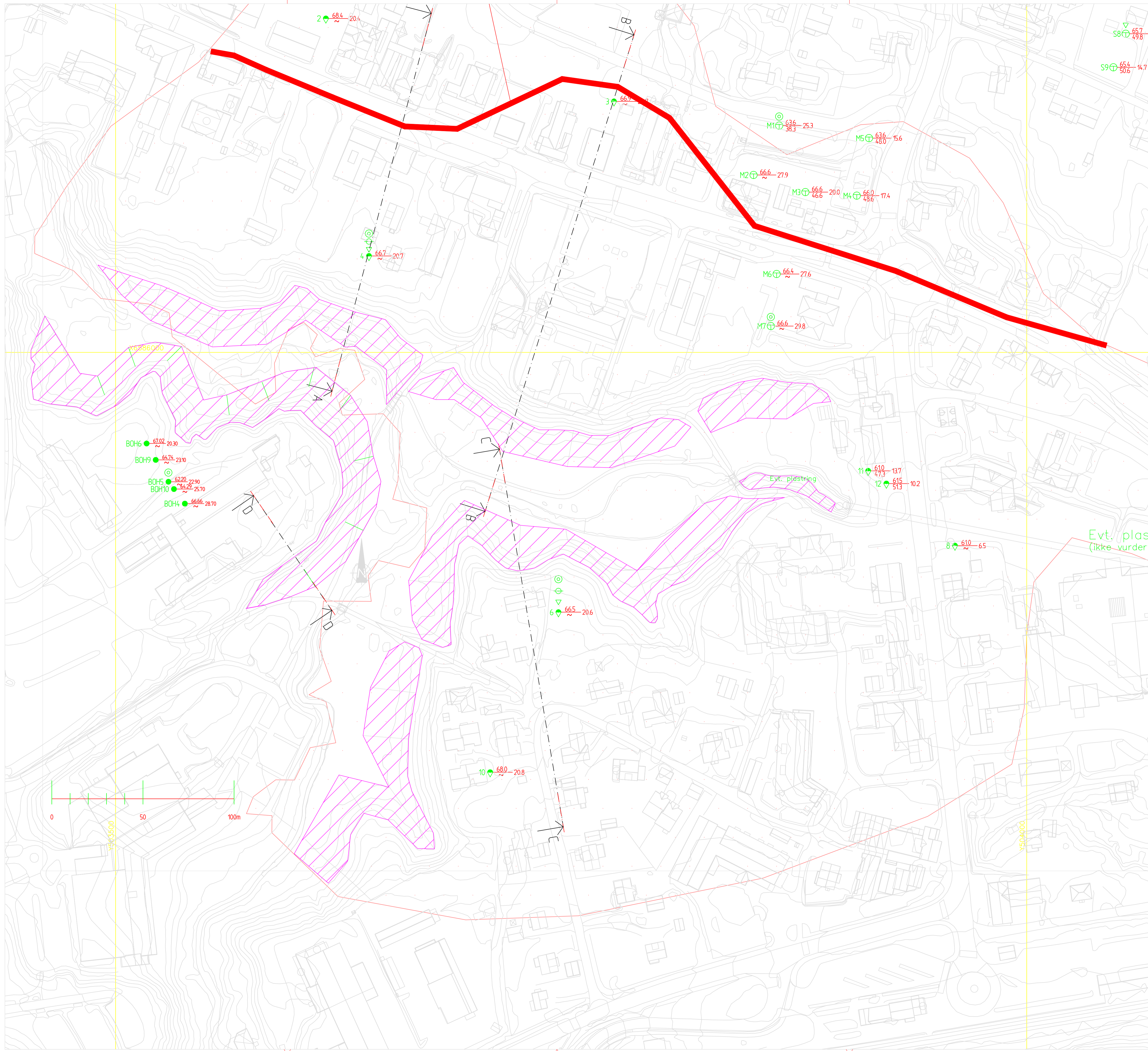
NGI

NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato 10.10.2012 Oppdragsnr. 20120204	Konstr./Tegnet K J A Tegningsnr. 010	Kontrollert OAH Rev.	Godkjent HHe
---	---	---	----------------------------	-----------------









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

Utsrekning av stabiliserende tiltak	012	
-------------------------------------	-----	--

**KOMMENTARER**

Prinsippskisse, utstrekning av tiltak. Lokal tilpasning nødvendig.

Nord for Bøevja: Fyllingsfot ca. kote 58  
 Topp fylling ca. kote 60.5  
 Brekke av fylling ca. 20 m

Sør for Bøevja: Fyllingsfot ca. kote 57.5  
 Topp fylling ca. kote 60.1  
 Brekke av fylling ca. 25 m

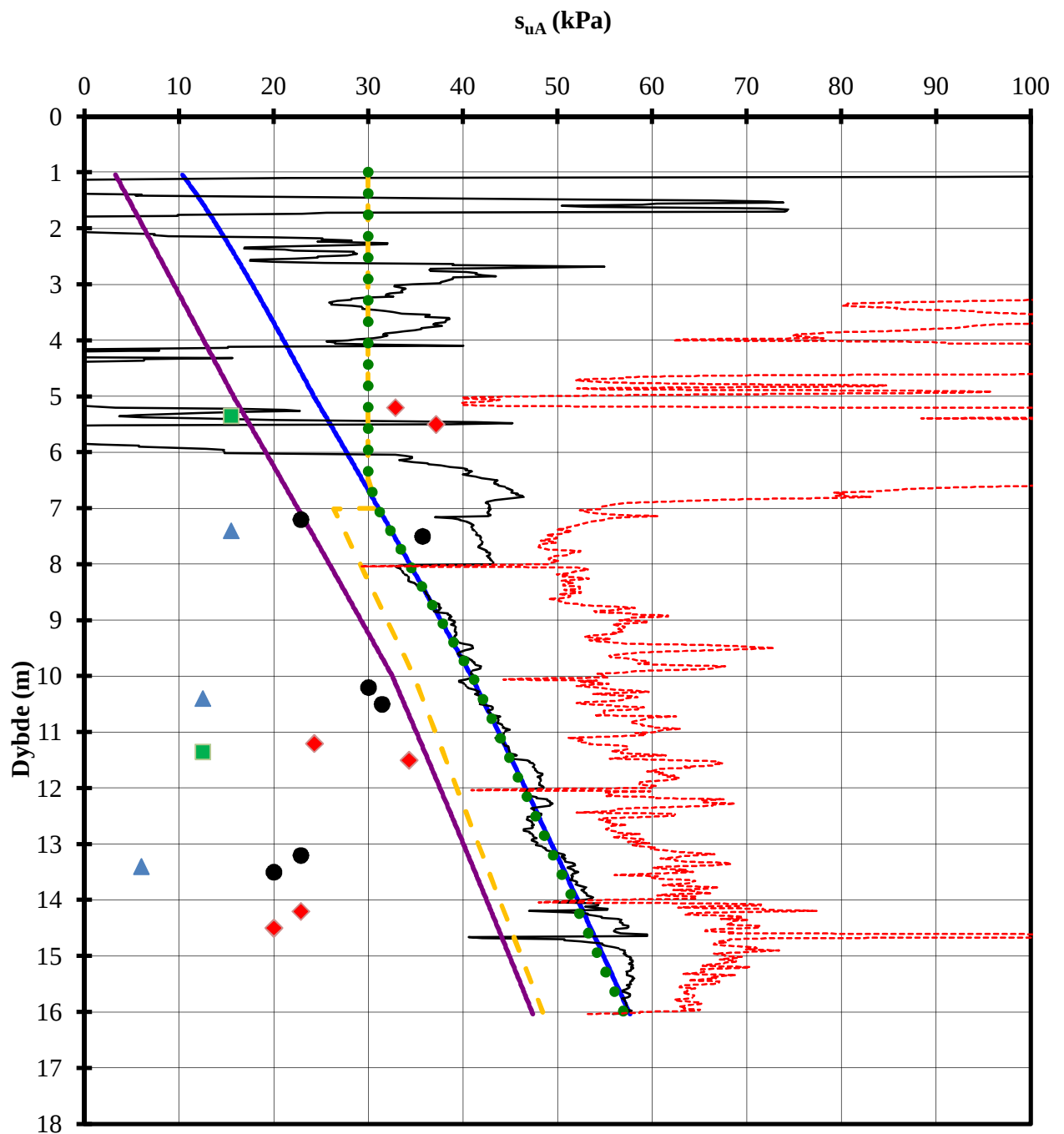
Innløp kulvert: Evt. plastring på sørsiden.

Utløp kulvert: Ikke vurdert. Evt. plastring?

Ved Bø hotell: Fyllingsfot ca. kote 58.5  
 Topp fyllingskrone ca. kote 61  
 Skråfylling til ca. kote 63  
 Brekke av fylling ca. 19 m

Bø kommune		Status		Dato		Forslag / godk. / godk. / godk.	
Utredning av kvikkleiresone Bø sentrum		Original		05.03.2013		HHe	
Geoteknisk utredning av kvikkleiresone 1345 Bø sentrum		A-1		20120204		012	
Bø i Telemark		g:\_leveranse\012 Tiltak.dwg		11000		HHe	
Utstrekning av stabiliserende tiltak		NGI		Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion		0	
NGI		NO-0806 Oslo, Norway		T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48		www.ngi.no	





- Shanshep basert su
- Design Su (sprøbruddmat.)
- ◆ PR6 - konus (ekv. Su,a)
- ▲ PR4 - enaks
- NDu basert su
- PR4 - konus (ekv. Su,a)
- NC-leire korrelasjon
- Anbefalt su (SuA, karakteristisk)
- Nkt basert su
- PR6 - enaks

Terrengkote : 66,7 m

Tidligere terrengnivå (SuA - SHANSEP):


71,7 m

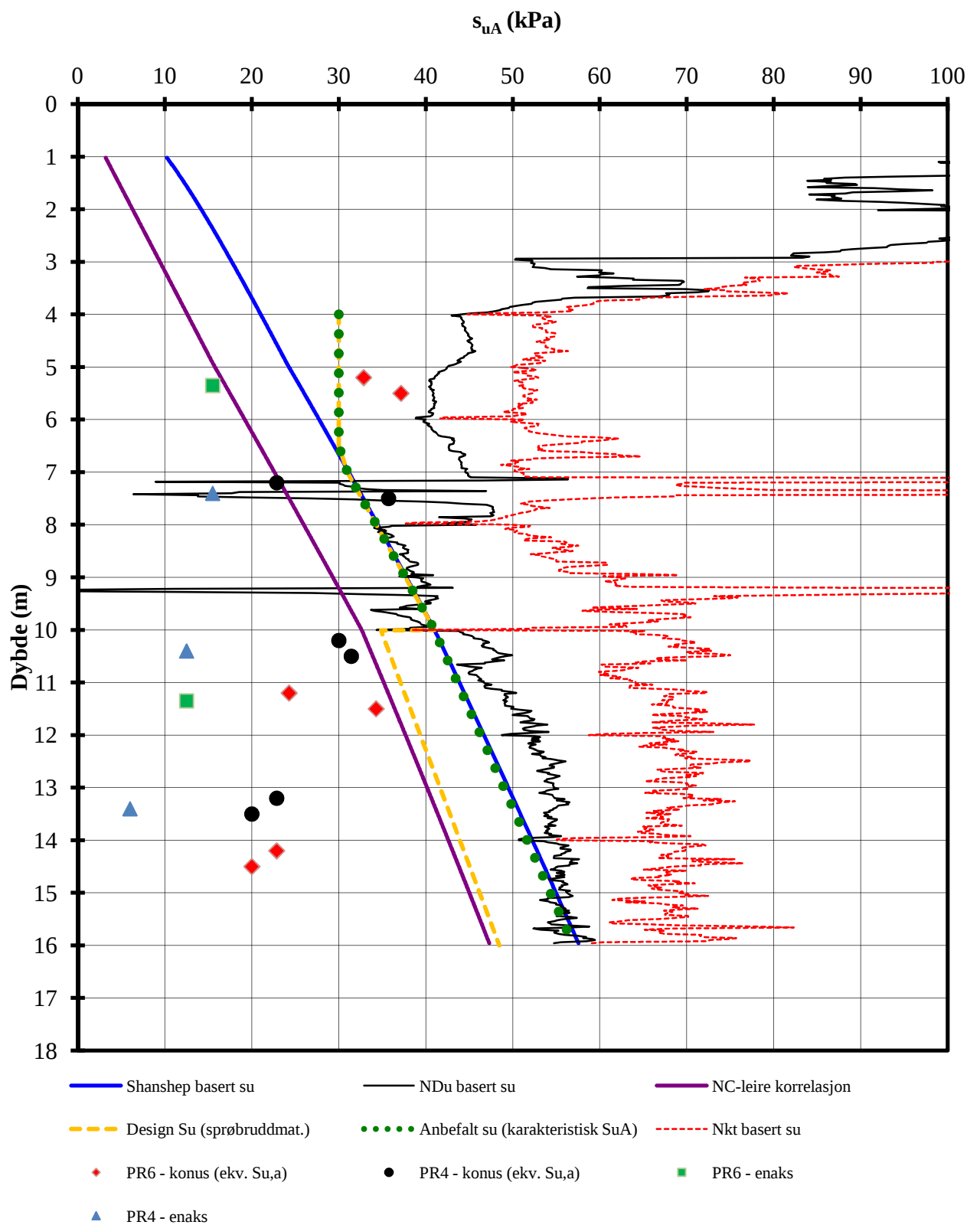
P:\2012\02\20120204\Beregninger\CPTU-tolk\CPTU-tolk2006\_Bø\_4.xls\sua profil

### Geoteknisk utredning av kvikkleiresone, Bø sentrum

Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanshep.

BorhullCPTU 4

Rapport nr. 20120204	Figur nr. A01
Tegner CSe	Dato 2012-10-13
Kontrollert HHe	
Godkjent HHe	




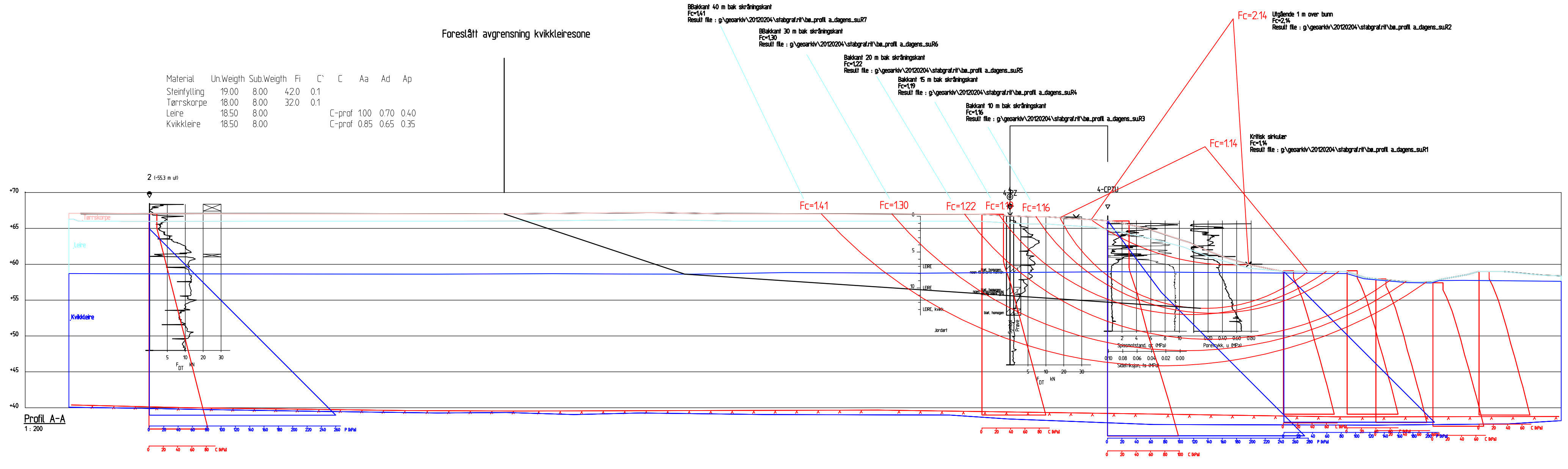
Terrengkote : 66,5 m

Tidligere terrengnivå (SuA - SHANSEP):

71,5 m

P:\2012\02\20120204\Beregninger\CPTU-tolk\CPTU-tolk2006\_Bø\_6.xls\sua profil

<b>Geoteknisk utredning av kvikkleiresone, Bø sentrum</b>	Rapport nr.	Figur nr.
	20120204	A2
Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanshep. BorhullCPTU 6	Tegner	Dato
	CSe	2012-10-13
	Kontrollert HHe	
Godkjent HHe		



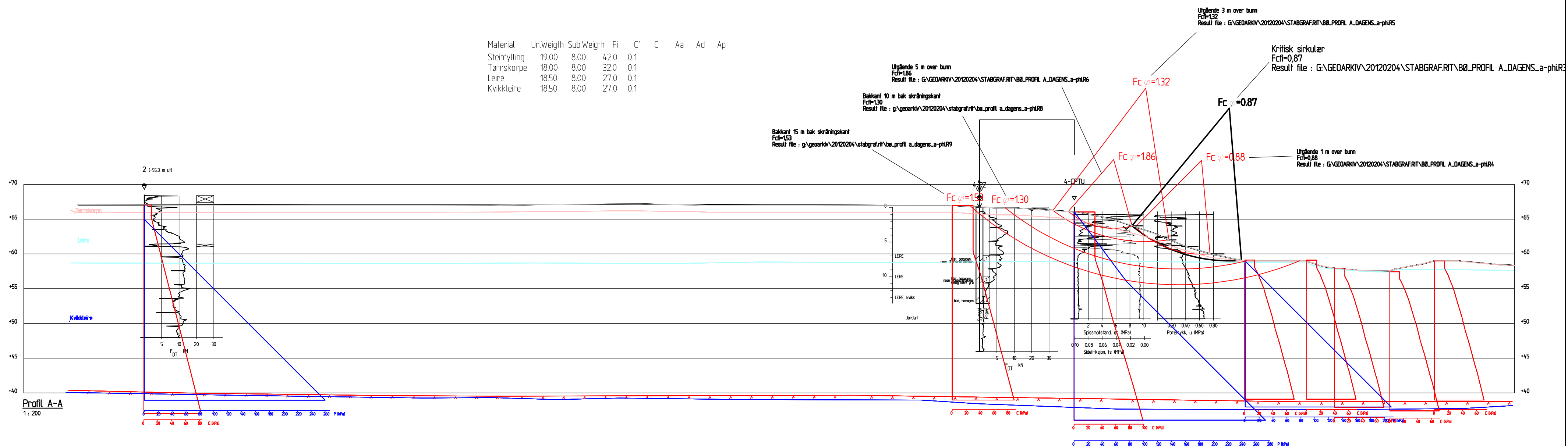
FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
-	-	-	-	-	-
<b>Bø Kommune</b> <b>Utredning av kvikkleiresone Bø sentrum</b>		Status Original format A-3L Tegningens filnavn B1-Bø_profil_a_dagens_su.dwg Målestokk <b>1:400</b>			
Geoteknisk utredning av kvikkleiresone 1345 Bø sentrum Bø i Telemark Stabilitetsberedning profil A-A, dagens situasjon Udrenert analyse og utfstrekning av kvikkleiresone		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 <b>04.03.2013</b> Oppdragsnr. <b>20120204</b>		Konstr./Tegnet CSe Tegningsnr. <b>B1</b>		Kontr./Tegnet OAH Godkjent HHe Rev. <b>0</b>	





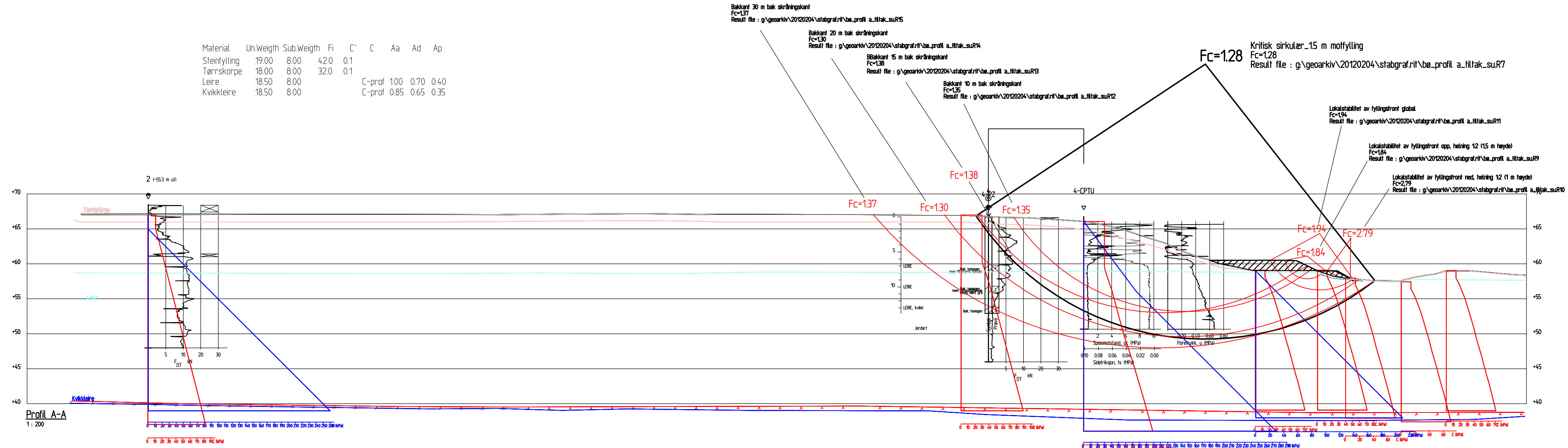
FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
-	-	-	-	-	-
<b>Bø kommune</b> <b>Utredning av kvikkleiresone Bø sentrum</b>		Status Original format A-3L Tegnings filnavn B2_Bø_Profil A_Dagens_a-ph1.dwg Målestokk 1:400			
Geoteknisk utredning av kvikkleiresone 1345 Bø sentrum Bø i Telemark Stabilitetsberedning profil A-A, dagens situasjon Drenert analyse		Dato 21.11.2012 Oppdragsnr. 20120204	Konstr./Tegnet CSe Tegningsnr. B2	Kontr./Tegnet OAH Rev. 0	Godkjent HHe
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					

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Steinfylling	19.00	8.00	42.0	0.1				
Tørrskorpe	18.00	8.00	32.0	0.1				
Leire	18.50	8.00			C-prof	1.00	0.70	0.40
Kvikkleire	18.50	8.00			C-prof	0.85	0.65	0.35



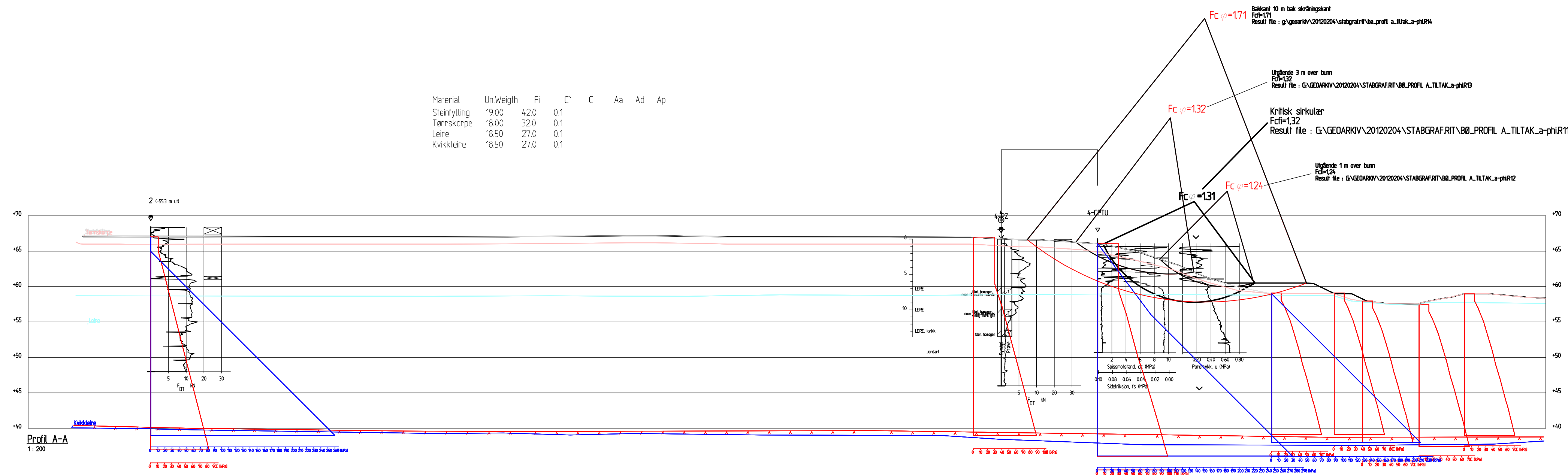
FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
-	-	-	-	-	-
<b>Bø Kommune</b> <b>Utredning av kvikkleiresone Bø sentrum</b>		Status Original format A-3L Tegningens filnavn g:\autograf.rit\20120204-02-R_Vedlegg B-CV		Målestokk 1:400	
Geoteknisk utredning av kvikkleiresone 1345 Bø sentrum Bø i Telemark Stabilitetsberøring profil A-A, tiltak Udrenert analyse		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		NGI Logo	
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 21.11.2012 Oppdragsnr. 20120204	Konstr./Tegnet CSe Tegningsnr. B3	Kontr./Tegnet OAH Rev. 0	Godkjent HHe


Material	Un	Weight	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
Steinfylling	19.00	42.0	0.1					
Tønnskorpe	18.00	32.0	0.1					
Leire	18.50	27.0	0.1					
Kvikkleire	18.50	27.0	0.1					



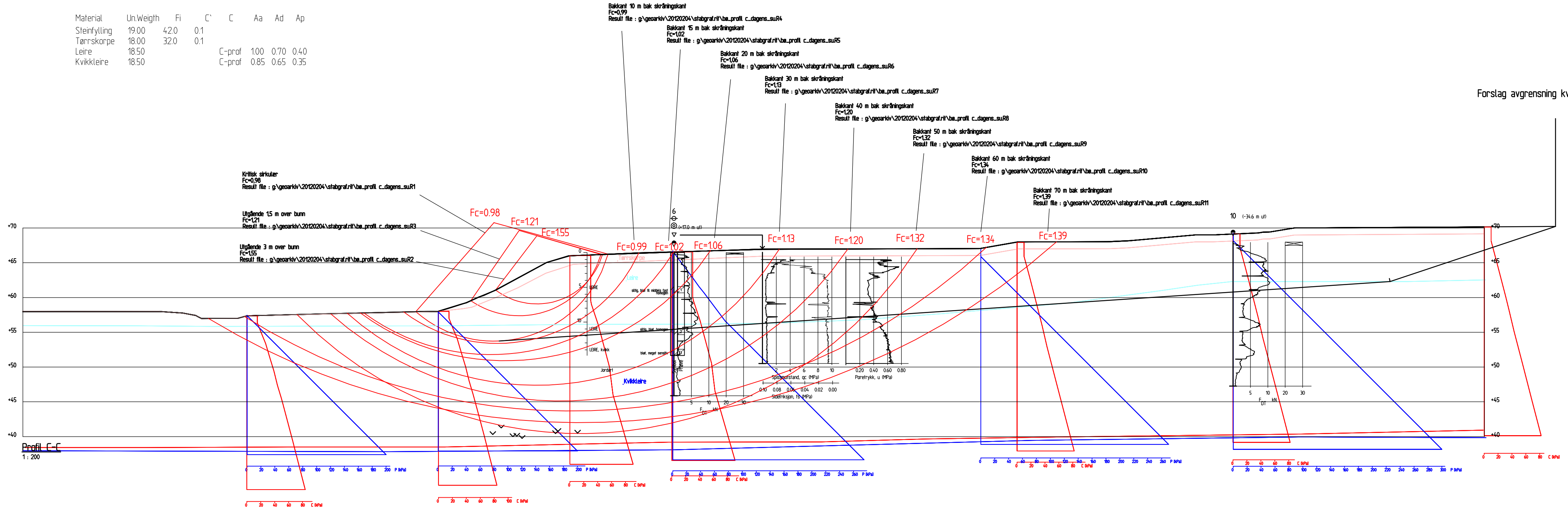
FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
-	-	-	-	-	-
<b>Bø Kommune</b> <b>Utredning av kvikkleiresone Bø sentrum</b>		Status Original format A-3L Tegnings filnavn B4-Bø_Profil_A_Tiltak_a-phi REVIDERT Målestokk 1:400			
Geoteknisk utredning av kvikkleiresone 1345 Bø sentrum Bø i Telemark Stabilitetsberøring profil A-A, tiltak Drenert analyse					
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 21.11.2012 Oppdragsnr. 20120204	Konstr./Tegnet CSe Tegningsnr. B4	Kontrollert OAH Rev. 0	Godkjent HHe

Material	Un	Weight	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
Steinfylling	19.00		4.20	0.1				
Tørrskorpe	18.00		3.20	0.1				
Leire	18.50				C-prof	1.00	0.70	0.40
Kvikkleire	18.50				C-prof	0.85	0.65	0.35



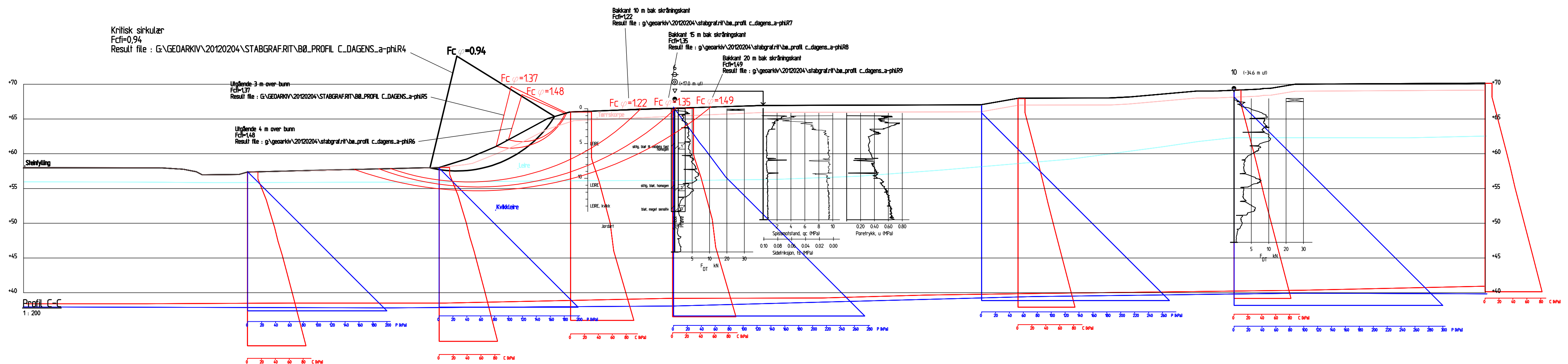
FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
-	-	-	-	-	-
<b>Bø Kommune</b> <b>Utredning av kvikkleiresone Bø sentrum</b>		Status Original format A-3L Tegningens filnavn g:\autograf\ri\20120204-02-R_Vedlegg B-C\ Målestokk 1:400			
Geoteknisk utredning av kvikkleiresone 1345 Bø sentrum Bø i Telemark Stabilitetsberedning profil C-C, dagens situasjon Udrenert analyse		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 21.11.2012 Oppdragsnr. 20120204	Konstr./Tegnet CSe Tegningsnr. C1	Kontr./Tegnet OAH Godkjent HHe Rev. 0

Material	Un.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Steinfylling	19.00	42.0	0.1				
Tørreskorpe	18.00	32.0	0.1				
Leire	18.50	27.0	0.1				
Kvikkleire	18.50	27.0	0.1				



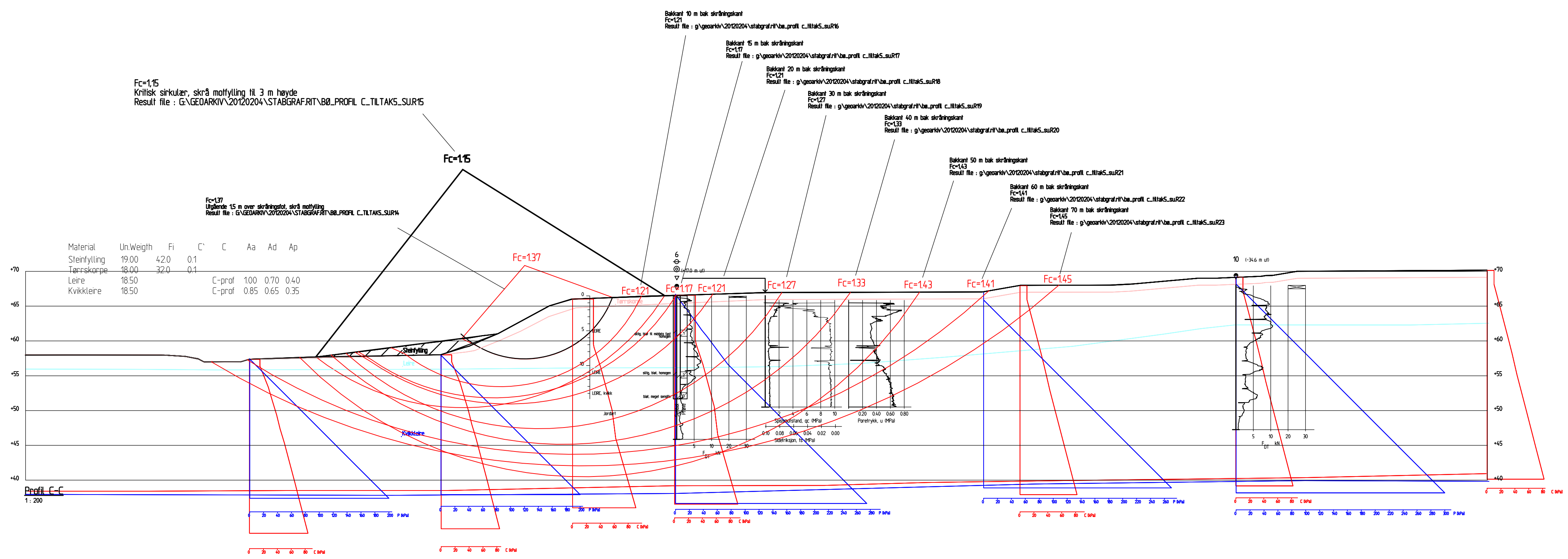
FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
-	-	-	-	-	-
<b>Bø Kommune</b> <b>Utredning av kvikkleiresone Bø sentrum</b>		Status Original format A-3L Tegningsnr. filnavn g:\autograf.rit\20120204-02-R_Vedlegg-B-C\			
Geoteknisk utredning av kvikkleiresone 1345 Bø sentrum Bø i Telemark Stabilitetsberedning profil C-C, dagens situasjon Drenert analyse		Målestokk			
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	Kontr./Tegnet	Godkjent
		21.11.2012	CSe	OAH	HHe
		Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.	
		20120204	C2	0	






FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

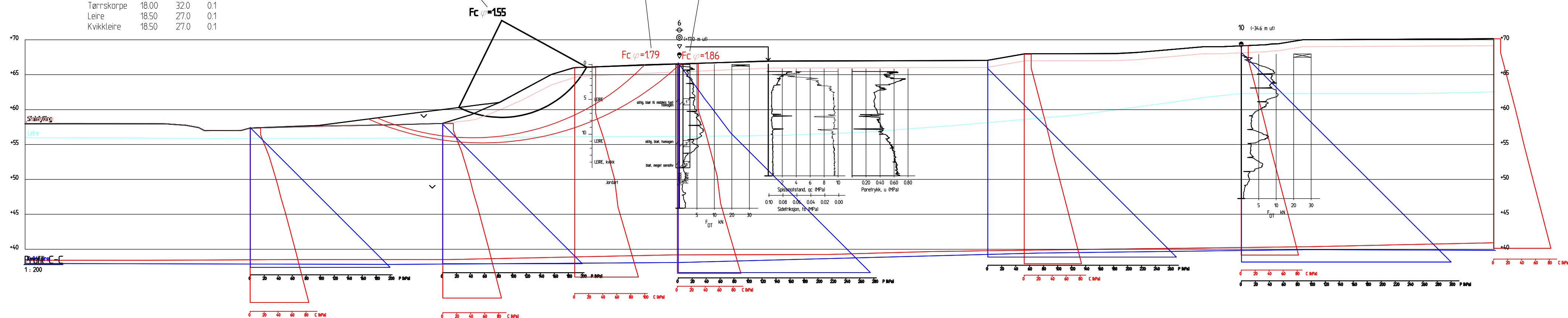
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
-	-	-	-	-	-
<b>Bø Kommune</b> <b>Utredning av kvikkleiresone Bø sentrum</b>		Status: - Original format: A-3L Tegningens filnavn: g:\autograf\ri\20120204-02-R_Vedlegg_B-C\			
Geoteknisk utredning av kvikkleiresone 1345 Bø sentrum Bø i Telemark Stabilitetsberøring profil C-C, tiltak Udrenert analyse		Målestokk: 1:400			
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: 21.11.2012 Oppdragsnr.: 20120204	Konstr./Tegnet: CSe Tegningsnr.: C3	Kontrollert: OAH Godkjent: HHe	Rev.: 0

Fcf=155  
 Drenert analyse med tiltak  
 Result file : g:\geoarkiv\20120204\stabgraf.rit\bø\_profil\_c\_tiltak5\_su - a-phi.R14

Bakkant 10 m bak skråningskant  
 Fcf=179  
 Result file : g:\geoarkiv\20120204\stabgraf.rit\bø\_profil\_c\_tiltak5\_su - a-phi.R15

Bakkant 15 m bak skråningskant  
 Fcf=186  
 Result file : g:\geoarkiv\20120204\stabgraf.rit\bø\_profil\_c\_tiltak5\_su - a-phi.R16

Material	UnWeigh	Fi	C	Aa	Ad	Ap
Steinfylling	19.00	42.0	0.1			
Terrskorpe	18.00	32.0	0.1			
Leire	18.50	27.0	0.1			
Kvikkleire	18.50	27.0	0.1			



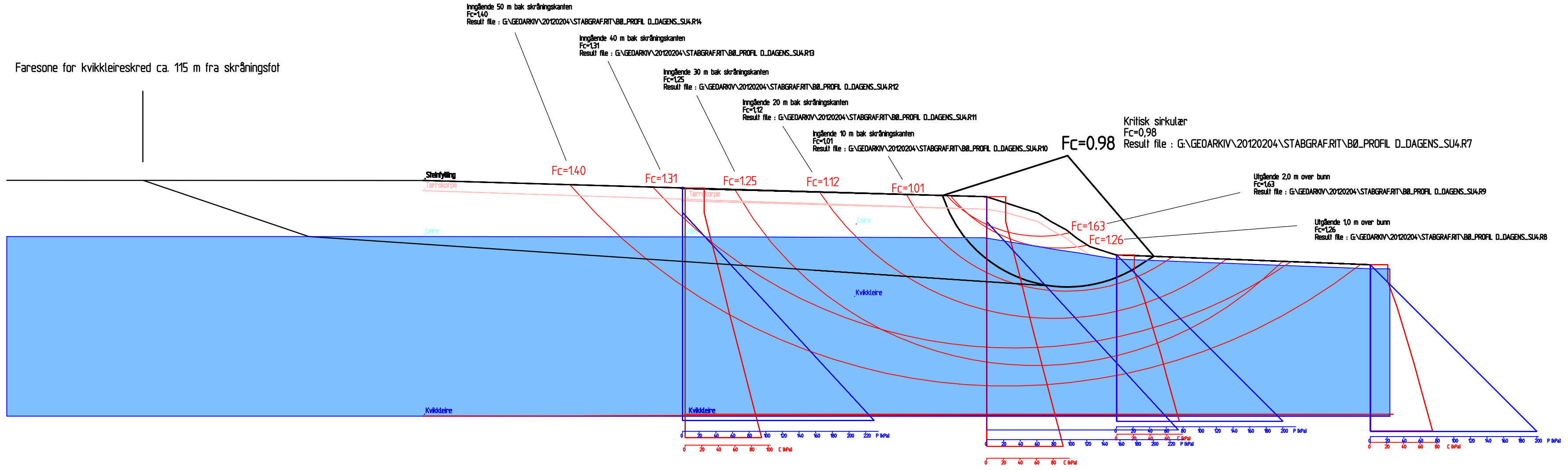
FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
-	-	-	-	-	-
<b>Bø Kommune</b> <b>Utredning av kvikkleiresone Bø sentrum</b>		Status Original format A-3L Tegningens filnavn C4-Bø_Profil_C_Tiltak5_Su - a-phi.dwg		Målestokk 1:400	
Geoteknisk utredning av kvikkleiresone 1345 Bø sentrum Bø i Telemark Stabilitetsberøring profil C-C, tiltak Drenert analyse		Dato 21.11.2012 Oppdragsnr. 20120204	Konstr./Tegnet CSe Tegningsnr. C4	Kontr./Tegnet OAH Rev. 0	Godkjent HHe
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					

Material	UnWegth	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
Steinfylling	19.00	42.0	0.1				
Terrskorpe	18.00	32.0	0.1				
Lere	18.50			C-prof	1.00	0.70	0.40
Kvikkleire	18.50			C-prof	0.85	0.65	0.35



**FORKLARINGER:**

Anfatt utstrekning av kvikkleireskred basert på antatt horisontal lagdeling under platået. Det er ikke utført boringer for å kartlegge dybde til kvikkleire bakover på platået.

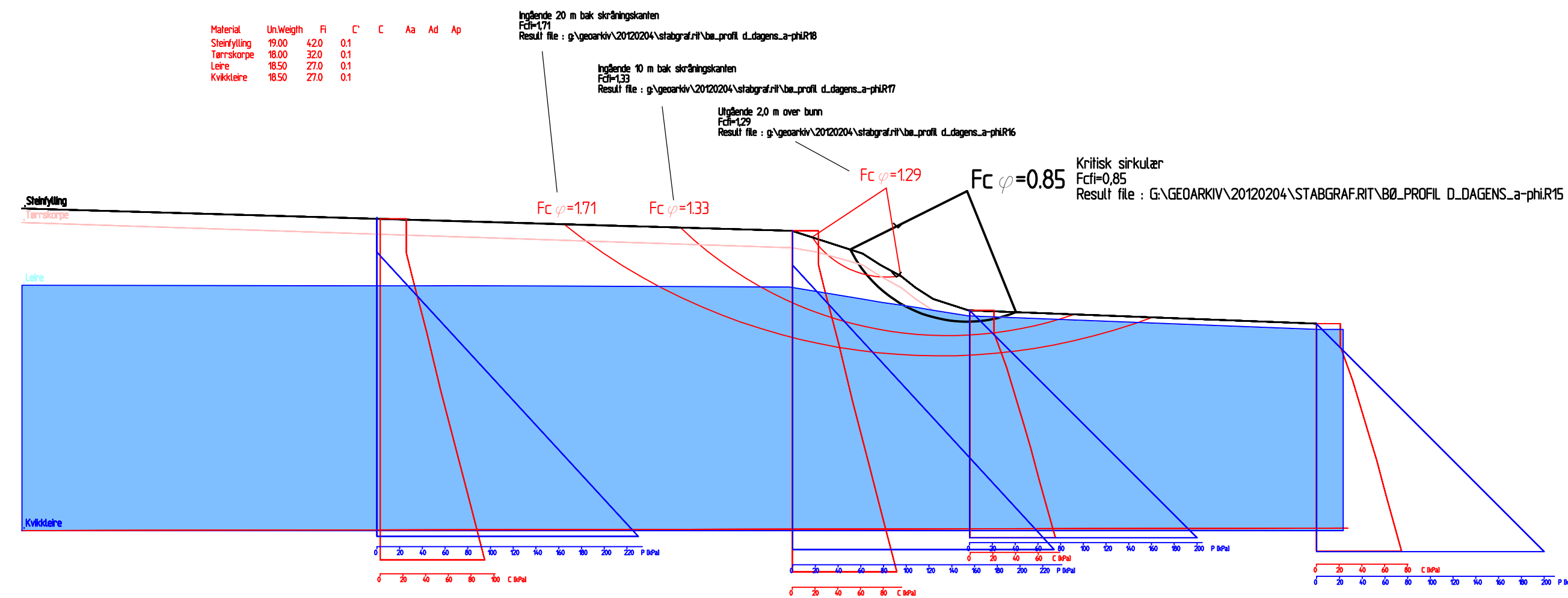
**BESTEMMELSER:**

**HENVISNINGER:**

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
-	-	-	-	-	-
Bø Kommune Utredning av kvikkleiresone Bø sentrum		Status —		Original format A-3L	
Geoteknisk utredning av kvikkleiresone 1345 Bø sentrum Bø i Telemark Stabilitetsberegning profil D-D, dagens situasjon Udrenert analyse		Tegningsnr. D1-Bø_Profil D_Dagens_Su4		Målestokk 1:400	
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 05.03.2013 Oppdragsnr. 20120204	Konstr./Tegnet CSe Tegningsnr. D1	Kontr./Tegnet OAH	Godkjent HHe Rev. 0








FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

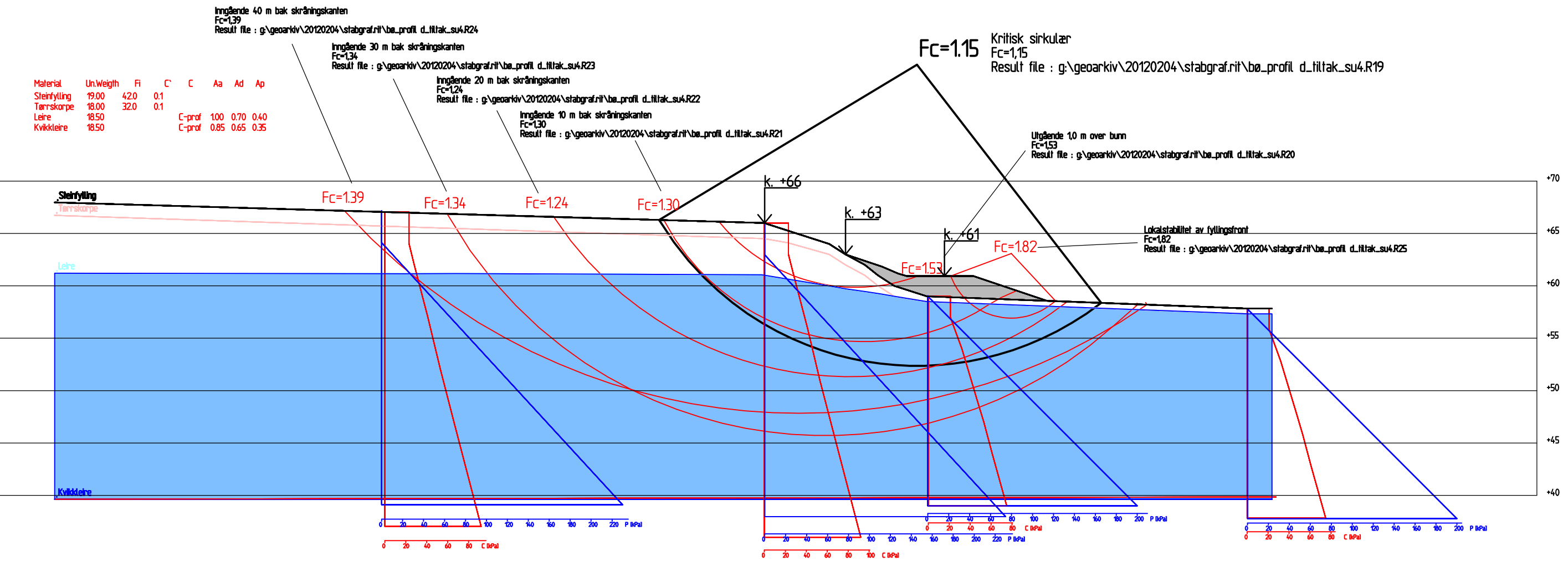
HENVISNINGER:

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
-	-	-	-	-	-
<b>Bø Kommune</b> <b>Utredning av kvikkleiresone Bø sentrum</b>		Status Original format A-3L Tegningens filnavn D2-Bø_Profil D_Dagens_a-phi.dwg Målestokk 1:400			
Geoteknisk utredning av kvikkleiresone 1345 Bø sentrum Bø i Telemark Stabilitetsberedning profil D-D, dagens situasjon Dreneret analyse					
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 05.03.2013 Oppdragsnr. 20120204	Konstr./Tegnet CSe Tegningsnr. D2	Kontr./Tegnet OAH Rev. 0	Godkjent HHe

FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

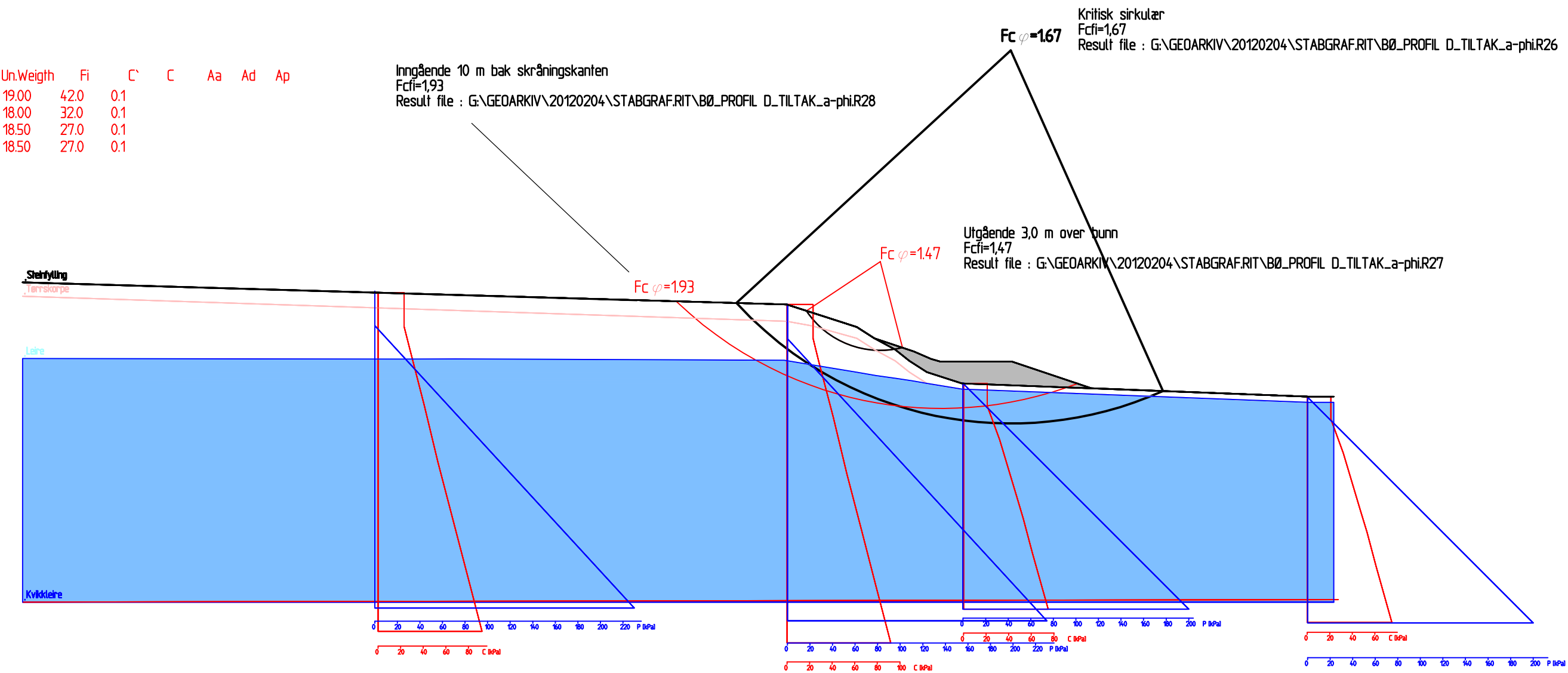
HENVISNINGER:



profil D-D

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
-	-	-	-	-	-
<b>Bø Kommune</b> <b>Utredning av kvikkleiresone Bø sentrum</b>		Status Original format A-3L Tegningens filnavn D3-Bø Profil D Tiltak Su4.dwg Målestokk 1:400			
Geoteknisk utredning av kvikkleiresone 1345 Bø sentrum Bø i Telemark Stabilitetsberegning profil D-D, stabiliserende tiltak Udrenert analyse		Dato 05.03.2013 Oppdragsnr. 20120204	Konstr./Tegnet CSe Tegningsnr. D3	Kontr./Tegnet OAH Rev. 0	Godkjent HHe
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					


Material	Un	Weight	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
Steinfylling	19.00	42.0	0.1					
Tørrskorpe	18.00	32.0	0.1					
Leire	18.50	27.0	0.1					
Kvikkleire	18.50	27.0	0.1					



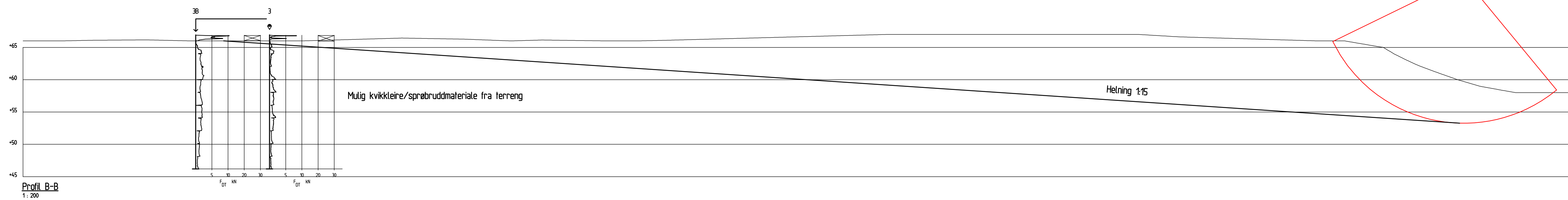
FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
-	-	-	-	-	-
<b>Bø Kommune</b> <b>Utredning av kvikkleiresone Bø sentrum</b>		Status Original format A-3L Tegningens filnavn D4-Bø_Profil D_Tiltak_a-phi.dwg		Målestokk 1:400 	
Geoteknisk utredning av kvikkleiresone 1345 Bø sentrum Bø i Telemark Stabilitetsberegning profil D-D, stabiliserende tiltak Drenering analyse		Dato 05.03.2013 Oppdragsnr. 20120204	Konstr./Tegnet CSe Tegningsnr. D4	Kontr./Tegnet OAH Rev. 0	Godkjent HHe
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					

Foreslått avgrensning kvikkleiresone



Profil B-B  
1:200

FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
-	-	-	-	-	-
<b>Bø Kommune</b> <b>Utredning av kvikkleiresone Bø sentrum</b>		Status — Original format A-3L Tegningens filnavn E1 -BØ-PROFIL B Utstrekning_sone.dwg		Målestokk 1:400	
Geoteknisk utredning av kvikkleiresone 1345 Bø sentrum Bø i Telemark Profil B-B Utstrekning av kvikkleiresone		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 04.03.2013 Oppdragsnr. 20120204	
		Konstr./Tegnet HHe Tegningsnr. E1		Kontr./Tegnet OAH Godkjent HHe Rev. 0	



# Kontroll- og referanseside/ Review and reference page



<b>Dokumentinformasjon/Document information</b>													
<b>Dokumenttittel/Document title</b> Geoteknisk utredning av kvikkleiresone 1345 Bø sentrum, Bø i Telemark. Stabilitetsvurderinger.						<b>Dokumentnr./Document No.</b> 20120204-02-R							
<b>Dokumenttype/Type of document</b> Rapport/Report			<b>Distribusjon/Distribution</b> Begrenset/Limited			<b>Dato/Date</b> 23. mai 2013		<b>Rev.nr.&amp;dato/Rev.No.&amp;date</b> 0					
<b>Oppdragsgiver/Client</b> Bø kommune, Bø i Telemark													
<b>Emneord/Keywords</b> Kvikkleire, stabilitet, geoteknisk utredning, stabiliserende tiltak													
<b>Stedfesting/Geographical information</b>													
<b>Land, fylke/Country, County</b> Norge, Telemark						<b>Havområde/Offshore area</b>							
<b>Kommune/Municipality</b> Bø i Telemark						<b>Feltnavn/Field name</b>							
<b>Sted/Location</b> Bø sentrum						<b>Sted/Location</b>							
<b>Kartblad/Map</b> 1613 I Bø						<b>Felt, blokknr./Field, Block No.</b>							
<b>UTM-koordinater/UTM-coordinates</b> Sone 32 N6585896 E503699													
<b>Dokumentkontroll/Document control</b>													
<b>Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001</b>													
<b>Rev./Rev.</b>	<b>Revisjonsgrunnlag/Reason for revision</b>					<b>Egenkontroll/Self review av/by:</b>		<b>Sidemanns-kontroll/Colleague review av/by:</b>		<b>Uavhengig kontroll/Independent review av/by:</b>		<b>Tverrfaglig kontroll/Inter-disciplinary review av/by:</b>	
0	Originaldokument					CSE		OAH					
<b>Dokument godkjent for utsendelse/Document approved for release</b>						<b>Dato/Date</b> 23. mai 2013		<b>Sign. Prosjektleder/Project Manager</b> Håkon Heyerdahl					

NGI (Norges Geotekniske Institutt) 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.

Vi arbeider i følgende markeder: olje, gass og energi, bygg, anlegg og 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](http://www.ngi.no)

NGI (Norwegian Geotechnical Institute) 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 natural and built environment.

NGI works within the oil, gas and energy, 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](http://www.ngi.no)



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

Besøksadresse/Street address:  
Sognsveien 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](mailto:ngi@ngi.no)  
[www.ngi.no](http://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

