

Program for økt sikkerhet mot leirskred---

Klæbu kommune/NVE

RISIKO FOR KVIKKLEIRESKRED, KLÆBU KOMMUNE

**Sone: 1102 Klæbu
Søndre del**

Prosjektnr. 6070771
Rapport nr. 2

(Rev. 0)

2008-05-07

RISIKO FOR KVIKKLEIRESKRED, KLÆBU KOMMUNE:
Sone 1102 Klæbu, søndre del.

Oppdragsnr.: 6070771

Oppdragsgiver: Klæbu kommune/NVE
Oppdragsgivers repr.: Gunnar Ø Djup

Oppdragsleder Rambøll:
Einar Lyche
Medarbeidere:
Stein-Are Strand

Rev.	0
Dato	2007-05-07
Utarb.	Stein-Are Strand <i>Stein-Are Strand</i>
Kontroll	Einar Lyche <i>Einar Lyche</i>
Godkjent	<i>[Signature]</i>
Antall sider:	17
Tegninger:	13

Rambøll Norge AS
Mellomila 79

N-7493 TRONDHEIM
www.ramboll.no

Sammendrag

På oppdrag fra Klæbu kommune og NVE (Norges Vassdrags- og Energidirektorat), har Rambøll Norge AS foretatt stabilitetsanalyser for vurdering av faren for større kvikkleireskred i sone 1102 Klæbu – søndre del, i Klæbu kommune.

Denne rapporten omhandler resultatet av de utførte analyser og vurderinger av stabilitet og sikringstiltak.

Arbeidet er utført på bakgrunn i tidligere utført risikoklassifisering (2004/2005), ref. /1/, som identifiserte denne sonen med middels risikoklasse (Kl. 4) og middels faregradsklasse.

Som grunnlag for stabilitets- og tiltaksanalysene er det utført supplerende grunnundersøkelser i sonen, ref. /2/.

Basert på det grunnlagsmateriale som foreligger, gir de utførte analyser og vurderinger grunnlag for følgende konklusjoner:

- De utførte grunnundersøkelsene og stabilitetsanalysene har gitt nytt grunnlag for ROS-analyse mhp. faregrad for sone 1102 Klæbu, søndre del, slik den fremstår i dag:

Faregraden er ved nye beregninger bestemt til "Høy".
Konsekvensklassen er uendret, fra tidligere beregninger bestemt til "Meget alvorlig".
Beregnet ny Risikoklasse er 5 – dvs. høyeste risikoklasse.

Det anbefales å utvide sonen til også å gjelde løsmasseterrenget på/langs østsiden av Håggåbekken, langs foten av kollen Storberga. Sonekartene bør oppgraderes.

- Stabilitetsforholdene i sonen er til dels meget anstrengt på begge sider av platået, henholdsvis mot Haugdalsbekken i vest og Håggåbekken i øst.
- Det er observert en del erosjon av skråningene ned mot begge bekkedalene, men i størst grad langs profil B.

I tillegg er det observert betydelig erosjon langs Håggåbekken.

- For å oppnå tilstrekkelig stabilitetsforbedring i hht. ref./6/, tilrås gjennomført etablering av støttefylling i skråningsfoten langs Haugdalsbekken. Det tilrås videre at hele eller deler av Håggåbekken heves og samtidig erosjonssikres, samt at støttefylling i foten av skråning etableres langs deler av strekningen.

Tiltakene, med støttefyllingene og heving av bekkeløp samt erosjonssikring må vurderes mer i detalj i samråd og dialog med grunneiere og aktuelle myndigheter. Videre detaljprosjektering må gjennomføres.

Innhold

1.	INNLEDNING	6
2.	FELT- OG LABORATORIEUNDERSØKELSER	7
3.	GENERELL BESKRIVELSE AV GRUNNFORHOLD	8
3.1	Kvartærgeologi	8
3.1.1.	Generelt	8
3.1.2.	Kvikkleire	8
3.2	Topografi og løsmassenes beskaffenhet	9
3.2.1.	Topografi	9
3.2.2.	Løsmassenes beskaffenhet	9
3.3	Styrkeegenskaper	9
4.	ANALYSEMETODE	11
4.1	Generelt	11
5.	STABILITETSANALYSER OG FORSLAG TIL TILTAK	12
5.1	grunnforhold og poretrykk	12
5.2	Stabilitetsanalyser og vurderinger	12
5.2.1.	Forutsetninger	12
5.2.2.	Beregningsresultater – dagens situasjon.	13
5.2.3.	Forslag til tiltak.	14
5.2.4.	Beregningsresultater – nødvendige tiltak.	14
5.2.5.	Kommentar til tiltakene	14
5.2.6.	Utstrekning og klassifisering av sonen	15
6.	GENERELT OM TILTAK I KVIKKLEIRESONER	16
7.	RETTIGHETER TIL BRUK AV BEREGNINGSGRUNNLAGET	17
8.	REFERANSER	18

Tegninger

201:	Oversiktskart	M = 1:50.000
202:	Sonekart – kl – sone 1102 Klæbu	M = 1:5000
203:	Situasjonsplan kl - sone 1102 Klæbu – søndre del:	M = 1:2000
	Oversikt over utførte grunnundersøkelser og profiler for stabilitetsanalyse.	
204:	Profil A: Stabilitetsanalyser for dagens terreng, totalspenningsanalyse (ADP)	
205:	Profil A: Stabilitetsanalyser for dagens terreng, effektivspenningsanalyse	
206:	Profil B: Stabilitetsanalyser for dagens terreng, totalspenningsanalyse (ADP)	
207:	Profil B: Stabilitetsanalyser for dagens terreng, effektivspenningsanalyse	
208:	Profil A: Stabilitetsanalyser for vist tiltaksforslag, totalspenningsanalyse (ADP)	
209:	Profil A: Stabilitetsanalyser for vist tiltaksforslag, effektivspenningsanalyse	
210:	Profil B: Stabilitetsanalyser for vist tiltaksforslag, totalspenningsanalyse (ADP)	
211:	Profil B: Stabilitetsanalyser for vist tiltaksforslag, effektivspenningsanalyse	
212:	Pkt. 05: Tolket skjærstyrkeprofil CPTU, med valgt karakteristisk skjærstyrke	
213:	Pkt. 06: Tolket skjærstyrkeprofil CPTU, med valgt karakteristisk skjærstyrke	

1. INNLEDNING

På bakgrunn av tidligere utført risikoklassifisering i Klæbu kommune, utført 2004/2005 av NGI for NVE – se ref./1/, har NVE og Klæbu kommune besluttet å gjennomføre supplerende grunnundersøkelser, i denne omgang av sone 1102 Klæbu, søndre del, – se oversiktskart på tegn. 202.

Sone 1102 Klæbu er klassifisert i faregradklasse Middels, med risikoklasse 4.

Denne rapporten omfatter stabilitetsanalyser og vurderinger, med forslag til sikringstiltak for sone 1102 Klæbu, søndre del.

Rambøll Norge AS har vært ansvarlig for all planlegging og oppfølging av grunnundersøkelser, evaluering av data, med gjennomføring av stabilitetsanalyser og forslag til sikringstiltak.

Grunnundersøkelsene er presentert i egen rapport, ref./2/.

Risiko for kvikkleireskred, Klæbu kommune
Sone 1102 Klæbu - søndre del
Stabilitet og forslag til sikringstiltak

Rapport nr.: 6070771 - 2
Dato: 17.04.2007
Rev.:0
Rev.dato:

2. FELT- OG LABORATORIEUNDERSØKELSER

Feltarbeid (grunnboringer) og laboratorieundersøkelser er utført vinteren 2008 av Rambøll Norge AS, etter avtale med NVE/Klæbu kommune.

Undersøkelsene er utført etter revidert plan utarbeidet av Rambøll, også vist på situasjonsplanen på tegn. 202.

Resultatene er presentert i Rambølls rapport nr. 6070771R01 dat. 10.04.2008, ref./2/.

I tillegg til de nå utførte grunnundersøkelser, omfatter grunnlagsmaterialet også resultater fra en rekke tidligere grunnundersøkelser utført innenfor eller tilstøtende sone 1102 Klæbu. I det vesentligste omfatter dette materialet grunnundersøkelser utført av Siv.ing. Kummeneje AS (nå Rambøll Norge AS), se ref./7 - 10/ i kap. 8.

3. GENERELL BESKRIVELSE AV GRUNNFORHOLD

3.1 KVARTÆRGEOLOGI

3.1.1. Generelt

For ca 10.000 år siden startet avsmeltingen av iskappen, som dekket landet under siste istid. I indre deler av Trøndelag sto havet da ca 175 – 180 m høyere enn i dag. Etter hvert som iskappen trakk seg innover i landet, fulgte havet etter.

Smeltevannet fra isen førte med seg mineralpartikler av fjellgrunnen, fint oppmalt til leire og silt ved isens skuring over land. Partiklene ble avsatt på hav/fjordbunnen når strømnings-hastigheten ble så lav at partiklene ikke lengre holdt seg svevende, dvs. et godt stykke utenfor isfronten.

På denne måten ble mektige silt- og leirlag den gang avsatt i hav og fjord. De store løsmasse-avsetningene under det tidligere havnivået (øvre marine grense – ØMG) i Klæbu er dannet slik, men opprinnelig som nokså flat fjordbunn. Etter hvert, i takt med landhevingen, har Nidelven og alle sidebekkene erodert ned gjennom de løse avsetningene, og ved erosjon og påfølgende skredaktivitet er landskapet formet slik vi ser det i dag. Nidelven har også ført med seg sand- og grusmaterialer, som er avsatt oppå leiravsetningene langs de varierende løp elven har tatt gjennom tiden.

Kvartærgeologiske undersøkelser i Klæbu-området viser således følgende hovedtrekk i avsetningsforholdene:

Langs et profil fra Tanem/Fjæremsåsen over mot Hallset/Brattåsen indikeres opprinnelig fjordbunn å følge langs en terrenglinje som faller slakt fra ca kote +160 /+165 i vest til ca kote +145/+150 ved kryssing av Nidelven, til ca kote +155/+160 lengst øst der fjordbunnen møter Brattåsen.

3.1.2. Kvikkleire

Når finkornige leirmineraler av fraksjonene silt og leire avsettes i saltvannsmiljø, danner mineralpartiklene (mikroskopiske flak) et kornskjelett med korthusstruktur. Elektrostatiske bindingskrefter holder dette ellers ustabile kornskjelettet sammen. Disse stabiliserende bindingskreftene er betinget av porevannets saltinnhold (som elektrolytt).

Silt- og leiravsetninger, som opprinnelig ble avsatt i salt havvann, er under og etter landhevingen utsatt for varierende utvasking av saltinnholdet i porevannet. Dette pga. gradvis og varierende gjennomstrømning av ferskt grunnvann.

Når det ustabile kornskjelettet ved saltutvasking taper forutsetningen for de stabiliserende bindingskrefter, kan selv små tilleggs påkjenninger føre til styrketap og brudd i korthusstrukturen, slik at mineralkornene blir flytende i sitt eget porevann.

Leire (og silt) som har utviklet slike egenskaper, kalles *kvikkleire*.

3.2 TOPOGRAFI OG LØSMASSENE BESKAFFENHET

3.2.1. Topografi

Sone 1102 Klæbu sin avgrensning fremgår av tegn. 101. Den delen av sonen som er vurdert i denne omgang består av et smalt og ca 300 m langt platå begrenset av skråninger både mot øst og vest. Skråningene er omkring 20 m høye og er antatt dannet ved tidligere ravedannelse og skredvirksomhet. I dalbunnen på begge sider av terrassen er det bekkeløp, henholdsvis Haugdalsbekken i vest og Håggåbekken i øst.

3.2.2. Løsmassenes beskaffenhet

Grunnforholdene består i all hovedsak av vekslende og lagdelt sand, silt og leire i øvre del av terrassen. Under terrassen påtreffes antatt kvikkleire, med overkant på kote +110 – +115, dvs. at kvikkleireforekomsten ligger dypere enn dalbunnen på sidene. Boringer langs Håggåbekken viser opptreden av meget sensitiv leire fra ca 2 m under terreng. Over kvikkleirelaget består grunnen av leire, sand og silt med innslag av humus, antatt rasmasser. Langs Haugdalsbekken i vest består grunnen av leire og silt, med opptreden av enkelte sandlag. Sonderingene tyder på at leira i enkelte partier er sensitiv.

Etter siste istid har omfattende erosjon og skredvirksomhet gjort at dagens terrengnivå er senket tildels vesentlig lavere enn tidligere nivå. Dette gjelder særlig i de dypeste bekkedalene, i noe mindre grad i det ravinerte leirterrenget mellom bekkedalene forøvrig.

Der terrengsenkingen er størst (i raviner og skredgroper) er de underliggende leirmassene blitt "forkonsolidert" pga. av trykket fra tidligere båret vekt. Kunnskapen om dette er viktig i geoteknisk sammenheng, da forkonsolidert leire har høyere styrke enn normalkonsolidert leire. Konsolideringsforholdene vil således ha direkte betydning for stabilitetsanalysene.

3.3 STYRKEEGENSKAPER

Stabilitetsforholdene er beregnet i utvalgte profiler, med basis i den udrenerte skjærstyrke s_u i leirmassene. Erfaringer fra skred og laboratorieforsøk på kvikkleire viser at når opptredende skjærspenninger overskrider en kritisk terskelverdi - tilsvarende den udrenerte skjærstyrken, skjer det en eksplosiv poretrykksøkning som medfører brudd i leira, ref./3/.

Bestemmelse av udrenert skjærstyrke har i de senere år i økende grad blitt bestemt gjennom CPTU-forsøk. Sammenheng mellom CPTU-resultater, udrenert skjærstyrke s_u og overkonsolideringsforhold er utviklet for bløt til middels fast leire, som er representert i sone 1102 Klæbu.

Korrelasjonene er basert på sammenstilling av CPTU-resultater plottet mot udrenert, treaksial aktiv skjærstyrke s_{uA} , og forkonsolideringsgrad OCR bestemt på høykvalitets blokkprøver fra 17 ulike lokaliteter, ref. /4/. Det er her påvist sammenheng mellom udrenert skjærstyrke og ulike CPTU-faktorer. Sammenstillingene viser at poretrykksfaktoren, N_{du} , gir den mest pålitelige sammenheng med udrenert skjærstyrke bløt til middels fast leire, og er derfor lagt mest vekt på i dette tilfelle.

Skjærstyrkeprofilene fra de enkelte CPTU-boringene er vist på tegn. nr. 212-213. Her er karakteristisk aktiv skjærstyrke, s_{uA} , vist både på grunnlag av poretrykksfaktor N_{du} (sort kurve) og spissmotstandsfaktor N_{kt} (rød kurve).

Tolkningen vist på tegn. 212-213 er basert på henholdsvis grunnvannstand i terreng og 4 meter under terreng.

For forkonsolidert leire kan karakteristisk udrenert aktiv skjærstyrke s_{uA} bestemmes på grunnlag av overkonsolideringsgrad OCR, utledet fra følgende formel:

$$\bullet \quad s_{uA} = 0,3 p_0' \times OCR^{0,65} \quad (1)$$

hvor: $OCR = p_c' / p_0'$

p_0' = effektivt overlagingstrykk i dag

p_c' = forkonsolideringstrykk ut fra antatt tidligere terrengnivå.

Karakteristisk udrenert aktiv skjærstyrke s_{uA} i hht. ovenstående formel ved de utførte CPTU-boringene er vist ved strekstiølet grønn kurve på tegn. 212 - 213.

CPTU-boringene gir pga. av partivis vekslende grunnforhold (lag/lagdelling med silt/sand) ikke godt tolkbare, men sprikende resultater. CPTU-boringene utført ved jevne grunnforhold i leire gir imidlertid god overensstemmelse mellom de aktuelle tolkninger.

Tolket skjærstyrke s_{uA} ved de utførte CPTU-boringene sammenfaller styrkemessig meget godt med tilsvarende skjærstyrke utledet av formel (1). Valgt karakteristisk aktiv skjærstyrke s_{uA} for de beregnede stabilitetsprofilene er derfor generelt beregnet ut fra den foran angitte formel, hvor OCR-forholdet er basert på opprinnelig terrengnivå - antatt på ca kote +155.

Disse referansenivåer er tolket ut fra kvartærgeologisk kart og gjenværende, høyeste marine løsmasseformasjoner i området.

I tillegg til beregning av stabilitet med basis i den udrenerte skjærstyrken s_u i leirmassene, skal sikkerheten mot utglidning av en skråning også bestemmes med drenert jordoppførsel for leirmassene, ref./3/. Styrkeparametre for leirlag, friksjon og attraksjon, bestemmes som regel fra triaksialforsøk på uforstyrrede prøver av materialet.

I forbindelse med de sist utførte grunnundersøkelser ble det utført 1 stk triaksialforsøk på 54 mm prøve. Ut i fra resultater fra dette forsøket og triaksialforsøk utført i forbindelse med tidligere prosjekt i området, er effektive styrkeparametre valgt. Disse er presentert i tabellform på de aktuelle profilene.

4. ANALYSEMETODE

4.1 GENERELT

Stabilitetsanalysene er utført med beregningsprogrammet GeoSuite Stabilitet, og er en del av GeoSuite - pakken.

GeoSuite Stabilitet baserer seg på en likevektsbetraktning av potensielle bruddflater.

Alle beregninger er utført for sirkulære og sammensatte glideflater. Terrenglast er ikke medregnet.

Sikkerheten mot utglidning av en skråning skal bestemmes både for dagens situasjon med drenert jordoppførsel, og for hendelser som kan medføre udrenert jordoppførsel og bruddutvikling.

Dagens drenerte situasjon eller en endring som er kritisk etter lang tid, analyseres med effektivspenningsbasert analyse. Den udrenerte tilstanden analyseres på totalspenningsbasis. For denne analysen skal tørrskorpelaget og forvitningssone, samt jordlag som utviser drenert oppførsel i korttidstilstand, modelleres som et drenert effektivspenningsmateriale.

I beregningene utført vha. GeoSuite Stabilitet på totalspenningsbasis er det tatt hensyn til at leire er et anisotrop materiale, det vil si at skjærstyrken varierer med glideflatens helning (ADP-analyse).

Utgangspunktet er udrenert aktiv skjærstyrke s_{UA} , som gjelder der glideflaten har positiv helning med horisontalen. Denne skjærstyrken kan beregnes med utgangspunkt i formel (1) gitt i kap. 3.3., eller på grunnlag tolkede CPTU- borer.

Erfaringstall fra forsøk og studier vedr. anisotropiforhold på en rekke norske leirer danner grunnlag for å sette forholdet mellom styrkeverdiene til:

- $s_{UD} = 0,7 s_{UA}$ (styrke for den plane del av glideflaten)
- $s_{UP} = 0,4 s_{UA}$ (passiv styrke der glideflaten har negativ helning med horisontalen)

Med det datagrunnlag som foreligger, anses en oppnådd beregningsmessig sikkerhet på $F_c \geq 1,4$ basert på beregninger utført med GeoSuite Stabilitet med anisotrope styrkeforhold, som tilfredsstillende for nåværende terreng- og belastningsforhold, jfr. /6/. Hvis ikke tilfredsstillende sikkerhetsnivå oppnås, kreves % - vis forbedring ved tiltak i henhold til /6/.

5. STABILITETSANALYSER OG FORSLAG TIL TILTAK

5.1 GRUNNFORHOLD OG PORETRYKK

Løsmassene innenfor søndre del av sone 1102 Klæbu består generelt av lagdelt sand, silt og leire over kvikkleire med silt – og sandlag under plataet. På østre side av plataet, langs Håggåbekken, påtreffes et ca 2 m mektig lag med silt, sand – og leirmasser (mulig rasmasser fra overflateskred), over kvikkleire til avsluttet sondering ca 25 m under terreng. Langs Haugdalsbekken på vestre side av plataet består løsmassene i all hovedsak av lagdelt sand, silt og sensitiv leire.

Poretrykksmålinger utført oppe på plataet, jfr. ref./7/, viser grunnvannstand ca 4.5 m under terreng og derunder undertrykk i forhold til hydrostatisk trykkfordeling fra denne. I forbindelse med de sist utførte grunnundersøkelser, ref./2/, ble det utført poretrykksmålinger i ett punkt langs Håggåbekken på østsiden av plataet. Resultater fra disse indikerer grunnvannstand i terreng, tilnærmet hydrostatisk poretrykk 7 m under terreng og undertrykk ved dybde 14 meter. Det er imidlertid utført få målinger av poretrykk, slik at det i stabilitetsanalysene er valgt å se bort fra den gunstige innvirkning lavere poretrykkstigning enn hydrostatisk har på stabilitetsforholdene. Vår vurdering er at disse valg/antagelser neppe har vesentlig konsekvens for de etterfølgende vurderinger av tiltaksbehov. I tillegg er målingene utført over et relativt kort tidsrom, slik at årstidsvariasjonene for poretrykk/grunnvannstand ikke er klarlagt.

5.2 STABILITETSANALYSER OG VURDERINGER

5.2.1. Forutsetninger

De stabilitetsmessig antatt ugunstigste profilene for stabilitetsanalyse, profil A og B, er vist orientert på oversiktsplanen, tegn. 202.

Valg av profilene er basert på de utførte grunnundersøkelser ref./2/, supplert med resultater fra tidligere utførte grunnundersøkelser, jfr. ref./7 – 10/, samt studie av topografi.

Valgt karakteristisk aktiv skjærstyrke s_{uA} i de enkelte profiler, basert på formel (1) i kap. 3.3, er vist på såkalte C - profil på de aktuelle profilene. Opprinnelig terreng (referansenivå for skjærstyrke) er anslått til ca kote +155.

Styrkeparametre for bruk ved effektivspenningsbaserte analyser er valgt ut fra erfaringsverdier, samt utførte triaksialforsøk.

Ved stabilitetsanalysene er det generelt beregnet sikkerhet for de skråningspartiene som ved dagens terreng- og belastningsforhold og de foreliggende grunnforhold forventes å ha svak stabilitet. Disse profilene, med beregningsresultater, er vist på tegn. nr. 204 – 207. Profilenes orientering er også medtatt på eget kartutsnitt vist på profiltegnene.

Videre er det – ut fra beregnet sikkerhet, foreslått stabiliserende tiltak. Resultat fra disse analysene er vist på tegn.nr. 208-211. Tiltakene er her utformet for å tilfredsstille krav til sikkerhet $F_{c\ min} = 1,40$ – alternativt nødvendig % - vis forbedring av dagens sikkerhet i hht. anvisninger gitt i ref./6/.

5.2.2. Beregningsresultater – dagens situasjon.

Profil A ned mot Haugdalsbekken og Hesttrøvegen i vest har beregningsmessig meget dårlig sikkerhet, $F_c = 0,99$ og $F_{c\phi} = 1,05$ på henholdsvis total – og effektivspenningsbasis.

Profil B mot Håggåbekken i øst har beregningsmessig meget dårlig sikkerhet, på $F_c = 0,96$ på totalspenningsbasis og $F_{c\phi} = 1,02$ på effektivspenningsbasis.

Den beregningsmessige sikkerheten ved førstegangs analyser ligger noe lavere enn hva som er listet ovenfor ($< 0,9$). Etter retningslinjer gitt i ref./6/ er den beregningsmessige sikkerheten oppjustert ved justering av inngangsparametre, i dette tilfelle styrkeparametre for jordlag som utviser drenert oppførsel i korttidstilstand (totalspenningsanalyse).

For begge profilene nevnes det at sikkerheten mot overflateglidninger generelt er dårlig, grunnet relativt steile skråninger. Dette vises også, ved tydelige spor etter overflateglidninger.

Med lav til meget dårlig sikkerhet ($F_c < 1,40$) må det iverksettes forbedringstiltak i hht. retningslinjene gitt i ref. /6/.

5.2.3. Forslag til tiltak.

Ut fra beregningsresultatene gjengitt foran er behovet for stabiliserende tiltak betydelig.

Som aktuelle tiltak vil primært reduksjon av høydeforskjell i skrånningene (mellom platå og ravinebunn) være sikreste og beste løsning. Samtidig vil det være grunnleggende viktig å sikre mot videre mulighet for bekkeerosjon, særlig langs Håggåbekken hvor kvikkleirelaget påtreffes rett i underkant av bekkbunn.

Tiltak kan omfatte både nedplanering av skråningstopp, støttefylling mot bunn av skrånning og heving av bekkeløp (eventuelt legge bekk i rør).

I foreliggende tilfelle har vi vurdert stabiliserende oppfylling i foten av skrånningene på begge sider av platået, noe som inkluderer heving/justering av Håggåbekken. I tillegg er det på grunn av observert erosjon langs Håggåbekken nødvendig at denne erosjonssikres. Dette bør, av kontinuitetshensyn også gjennomføres i de partier hvor heving av bekkeløp ikke blir funnet nødvendig.

Resultater fra stabilitetsanalyser i de to profilene for bestemmelse av nødvendige tiltaksomfang er vist på tegn. nr. 208 – 211.

5.2.4. Beregningsresultater – stabiliserende tiltak.

I profil A er det foretatt en analyse for å anskueliggjøre omfang av stabiliserende oppfylling fot av skrånningen, for å oppnå ca nødvendig % - vis forbedring. Motfylling i foten av skrånning er her foreslått for å oppnå tilstrekkelig stabilitetsforbedring. Mulig løsning er skissert i beregningsprofil vist på tegning 208 og 209. Ved valg av en slik løsning vil % - vis økning av sikkerhet i henhold til ref./6/ være oppfylt, i dette tilfellet 15 % (beregnet økning er 19 %).

I profil B er det foreslått heving av Håggåbekken, samt motfylling i foten av skrånning opp mot platået som mulig stabiliserende tiltak. Denne løsningen er skissert i beregningsprofil på tegning 210 og 211, og den skisserte løsningen oppnår en % - vis forbedring av sikkerhet i størrelsesorden 15 – 20 %, som tilfredsstillende krav ihht. /6/.

5.2.5. Kommentar til tiltakene

Forslag til stabiliserende tiltak i denne rapporten er kun ment som en foreløpig orientering. Ved endelig valg av tiltak må det gjennomføres en dialog og diskusjon med alle berørte parter der fokus rettes på bl.a. tiltakenes gjennomførbarhet og omfang. Da det i denne rapporten kun er utført vurdering av tiltak i 2 profil, ett på hver side av platået, forutsettes det at ytterligere vurderinger langs skråningspartiene gjennomføres for å optimalisere de forskjellige sikringstiltak.

Risiko for kvikkleireskred, Klæbu kommune
Sone 1102 Klæbu - søndre del
Stabilitet og forslag til sikringstiltak

Rapport nr.: 6070771 - 2
Dato: 17.04.2007
Rev.:0
Rev.dato:

5.2.6. Utstrekning og klassifisering av sonen

De utførte grunnundersøkelsene og stabilitetsanalysene har gitt nytt grunnlag for ROS-analyse mhp. faregrad for sone 1102 Klæbu, søndre del.

Faregraden er ved nye beregninger bestemt til "Høy".

Konsekvensklassen er uendret, fra tidligere beregninger bestemt til "Meget alvorlig".

Beregnet ny Risikoklasse blir derav 5 – dvs. høyeste risikoklasse.

Det anbefales å utvide sonen til også å gjelde løsmasseterranget på/langs østsiden av Håggåbekken, langs foten av kollen Storberga.

Denne klassifisering gjelder inntil stabiliserende tiltak er gjennomført.

Kartene for Faregrad, Konsekvens og Risiko anbefales oppgradert i hht. ovenstående.

6. GENERELT OM TILTAK I KVIKKLEIRESONER

Alle tiltak i kvikkleiresoner må utføres med stor aktsomhet for å unngå stabilitetsvekkelse. Dette gjelder både i utførelsesfase og permanent tilstand.

De foreliggende data om grunnforholdene, som danner basis for områdemessig stabilitets- og risikovurdering, er normalt ikke omfattende nok som grunnlag for vurdering av evt. mer konkrete tiltak i sonen. Både behov for evt. supplerende undersøkelser og stabilitetsmessige konsekvenser må derfor vurderes av geoteknisk fagkyndig i hvert enkelt tilfelle.

7. RETTIGHETER TIL BRUK AV BEREGNINGSGRUNNLAGET

Stabilitetsanalyser og vurderinger i denne rapporten er basert på grunnlagsmateriale som angitt i referansene. Analysene er foretatt på grunnlag av tolkning/evaluering av dette materialet og er Rambøll sin forståelse av foreliggende data. Det presiseres derfor at tolkninger/evalueringer utført av Rambøll ikke må anvendes av andre i fremtidige prosjekter, under henvisning til Rambøll sitt arbeid.

Grunnlagsmaterialet må tolkes/evalueres selvstendig i hvert enkelt tilfelle. Rambøll har ikke noe ansvar for hvordan andre måtte anvende vårt beregningsmateriale.

Risiko for kvikkleireskred, Klæbu kommune
Sone 1102 Klæbu - søndre del
Stabilitet og forslag til sikringstiltak

Rapport nr.: 6070771 - 2
Dato: 17.04.2007
Rev.:0
Rev.dato:

8. REFERANSER

Ref. nr.:	Rapport utført av:	Rapport tittel:	Rapport nr:	Dato år:
/1/	Norges Geotekniske Institutt (NGI),	"Program for økt sikkerhet mot leirskred. Evaluering av risiko for kvikkleireskred i Klæbu kommune"	20001008-14	15.06.2005
/2/	Rambøll Norge AS	Klæbu kommune: Kl-sone 1102 Klæbu, søndre del. Datarapport fra grunnundersøkelser.	6070771R01	10.04.2008
/3/	Karlsrud, K., Aas, G. og Gregersen, O.	"Can we predict landslide hazards in soft sensitive clays?" Proceedings, International symposium on Landslides, Torino (1984) Vol. 1, pp. 107-130.	NGI publ. 158.	1984
/4/	Karlsrud, K., Lunne T., D.A.Kort and Strandvik S.	"CPTU-correlations for Clays".	NGI rapp. 2041198-1	2005
/5/	Lunne, Robertson and Powell.	CPT in geotechnical practise.	E & FN SPON	1997
/6/	NVE komité: Multiconsult/Rambøll/Vegdirektoratet/NGI	Veileder for: "Vurdering av områdestabilitet ved utbygging på kvikkleire".	Foreløpig utgave nr.8.	2008
/7/	Siv.ing. Ottar Kummeneje	Statens bygge – og eiendomsdirektorat: Grunnundersøkelser for kloakkanlegg.	O.553 -3	20.10.1966
/8/	Siv.ing. Ottar Kummeneje	Sør-Trøndelag Fylkeskommune: Hallsetheimen, Klæbu. Grunnundersøkelser	O.1632	22.01.1979
/9/	Siv.ing. Ottar Kummeneje	Sør-Trøndelag Fylkes Bygge – og Eiendomskontor: Internat for vernepleieskole. Grunnundersøkelser	O.2077	03.10.1975
/10/	Siv.ing. Ottar Kummeneje	Klæbu kommune: Klæbu dyrepark. Vegundergang og Parkeringsområde. Grunnundersøkelser	O.8725	02.03.1992



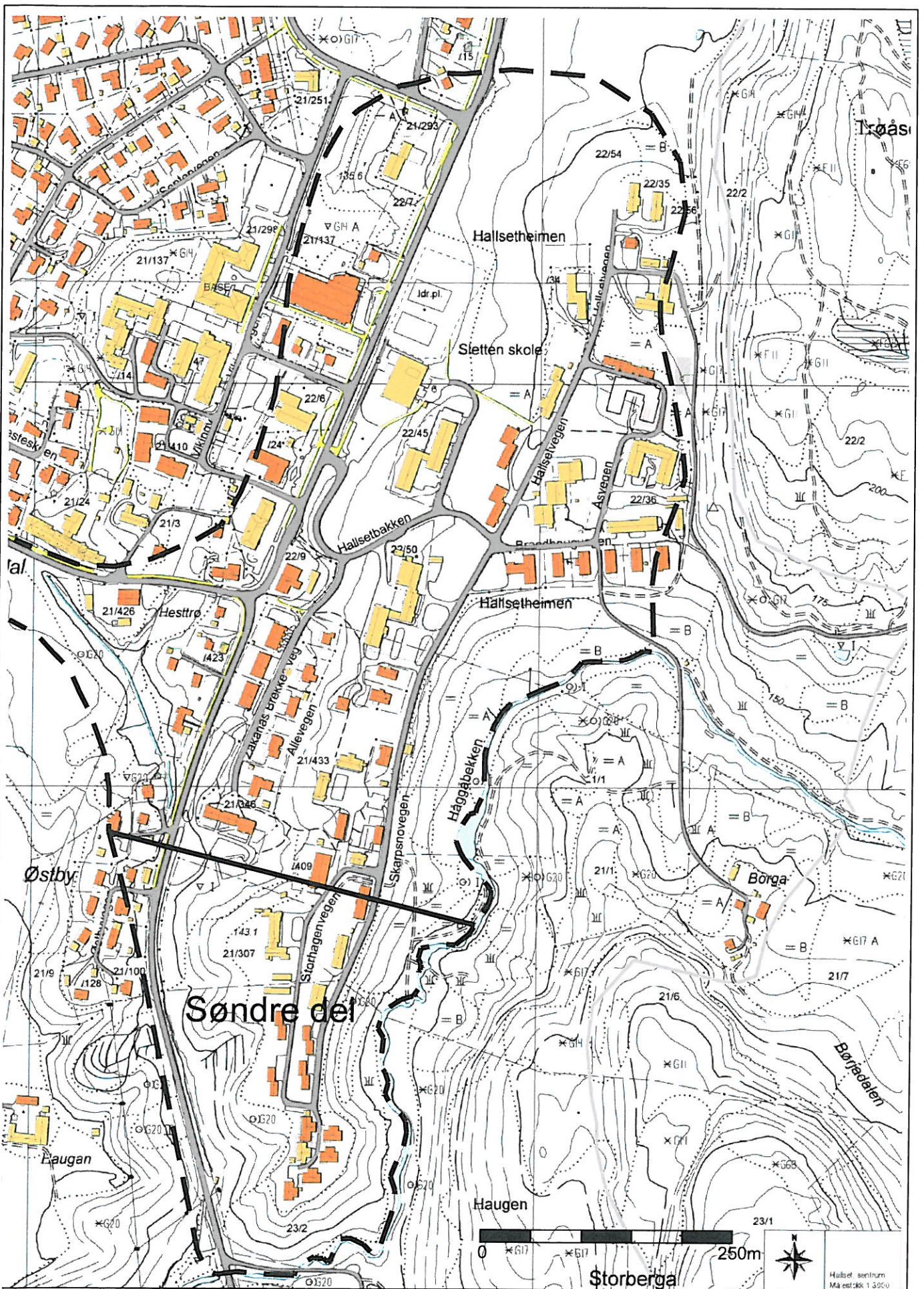
Risiko for kvikkleireskred, Klæbu kommune
 Sone: 1102 Klæbu - søndre del

MALESTOKK
 1: 50 000
 TEGNET/KONTR.
 SAS/MA
 DATO
 17.04.08

OPPDRAK
 6070771
 BILAG
 -
 TEGN. NR.
 201

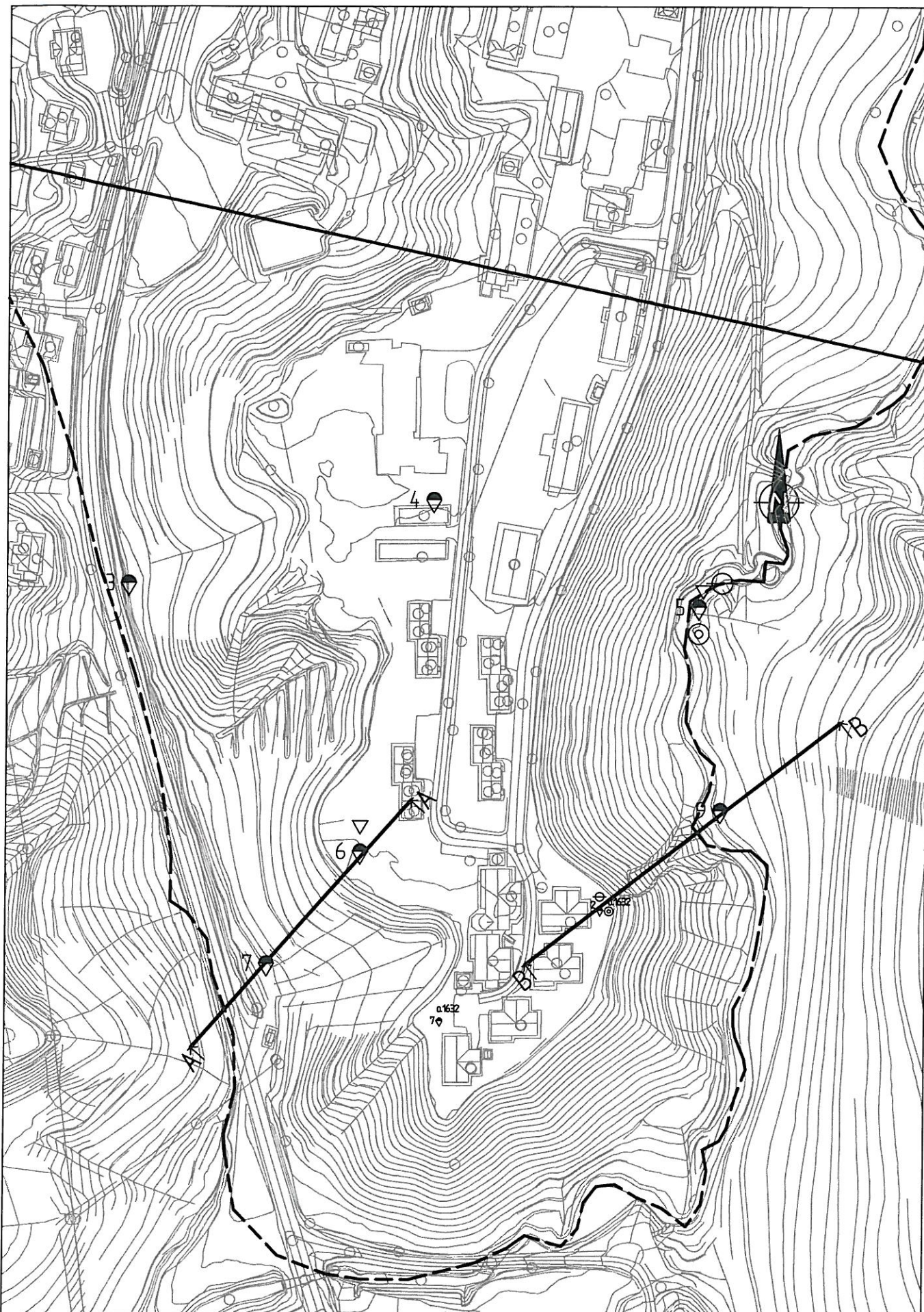


OVERSIKTSKART
 Kartblad (M711) : 1621 IV Trondheim
 UTM-ref (WGS84) : 05743 70192



Risiko for kvikkleireskred, Klæbu kommune
 Sone: 1102 Klæbu - søndre del
 Sonekart
 Avgrensing av Kl-sone 1102

MALESTOKK	DPPDRAG
1 : 5000	6070771
TEGNET/KONTR.	BILAG
SAS/ <i>[Signature]</i>	-
DATO	TEGN. NR.
17.04.08	202



Risiko for kvikkleireskred, Klæbu kommune
Sone: 1102 Klæbu - søndre del

Situasjonsplan - beregningsprofiler

MALESTOKK

1:2000

TEGNET/KONTR.

SAS/ *[Signature]*

DATO

17.04.08

DPPDRAG

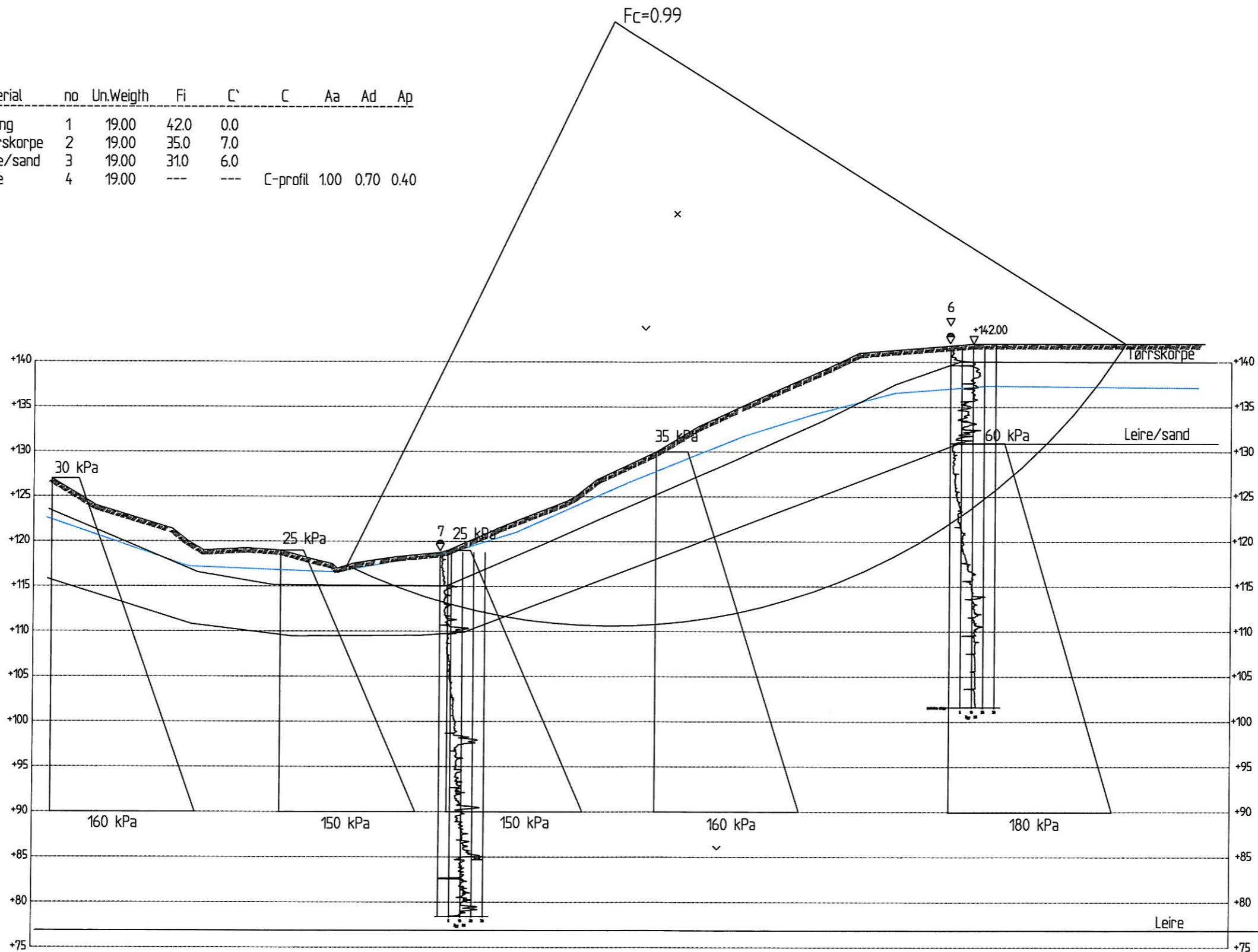
6070771

BILAG

TEGN. NR.

203

Material	no	Un.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Fylling	1	19.00	42.0	0.0				
Tørrskorpe	2	19.00	35.0	7.0				
Leire/sand	3	19.00	31.0	6.0				
Leire	4	19.00	---	---	C-profil	1.00	0.70	0.40



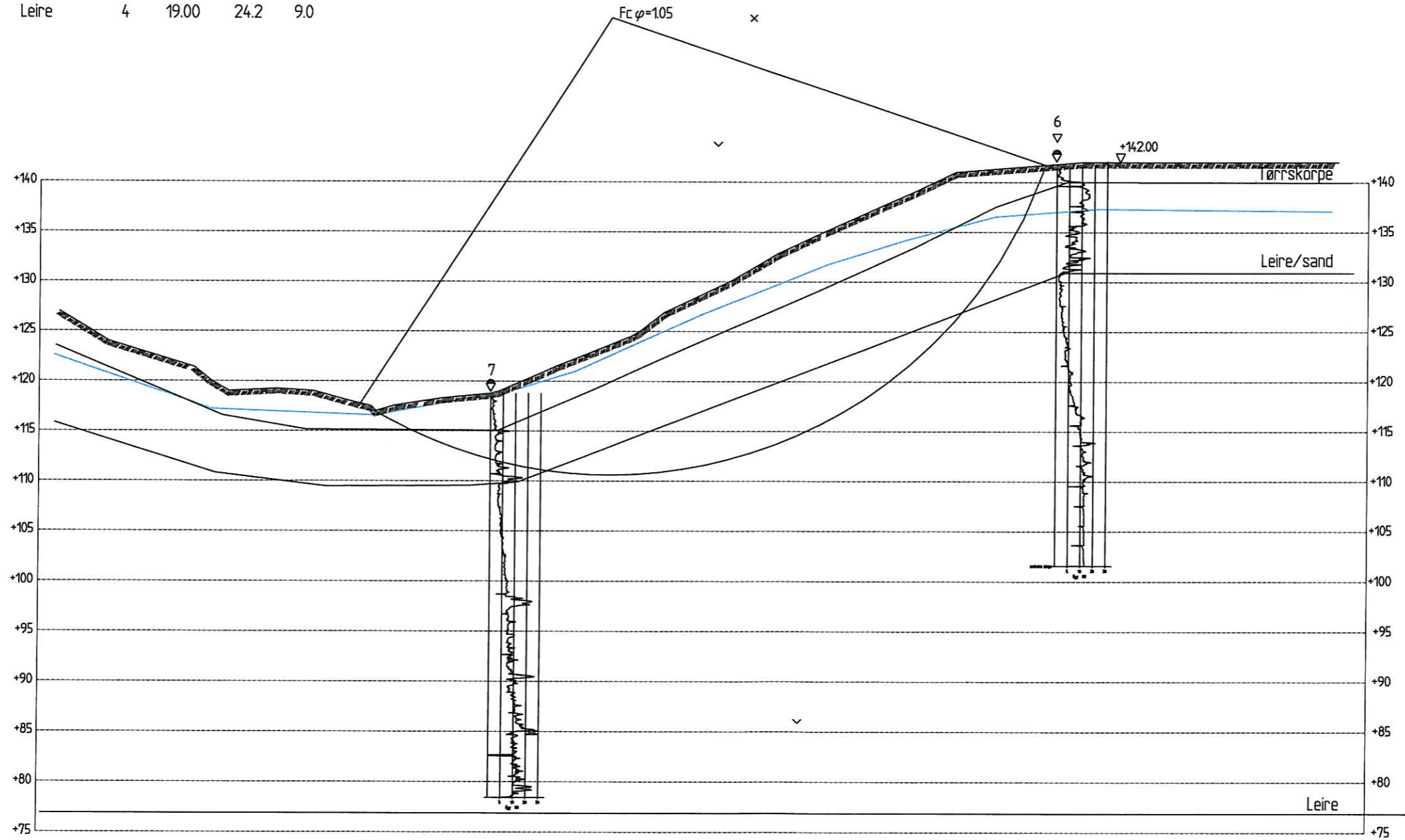
Risiko for kvikkleireskred, Klæbu kommune
Sone: 1102 Klæbu - søndre del

Stabilitetsanalyser
Dagens situasjon
Totalspenningsanalyse (ADP)
Profil A

MALESTOKK
1:500
TEGNET/KONTR.
SAS/M
DATO
17.04.2008

OPPDRAG
6070771
BILAG
TEGN. NR.
204

Material	no	Un.Weigth	Fi	C'
Fylling	1	19.00	42.0	0.0
Tørrskorpe	2	19.00	35.0	7.0
Leire/sand	3	19.00	31.0	6.0
Leire	4	19.00	24.2	9.0

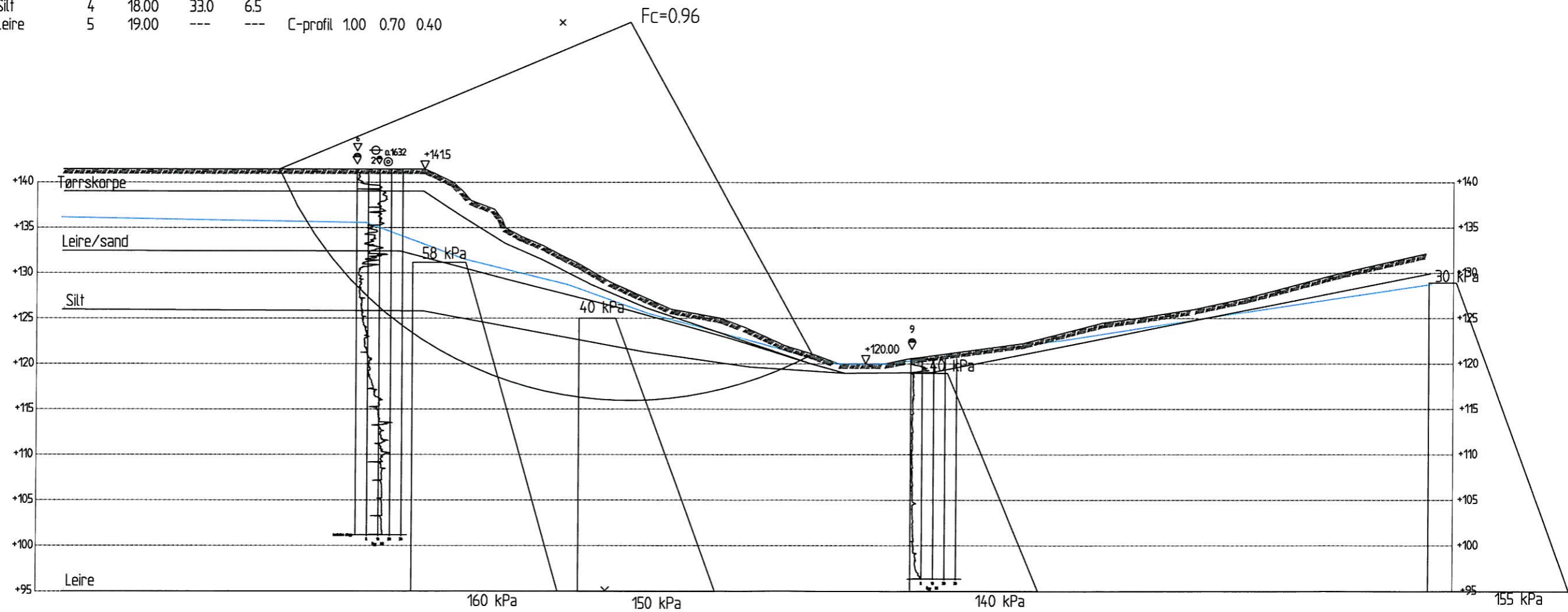


RAMBOLL

Risiko for kvikkleireskred, Klæbu kommune
 Sone: 1102 Klæbu - søndre del
 Stabilitetsanalyser
 Dagens situasjon
 Effektivspenningsanalyse
 Profil A

MALESTDKK	DPPDRAG
1:500	6070771
TEGNET/KONTR.	BILAG
SAS/ <i>[Signature]</i>	
DATO	TEGN. NR.
16.04.2008	205

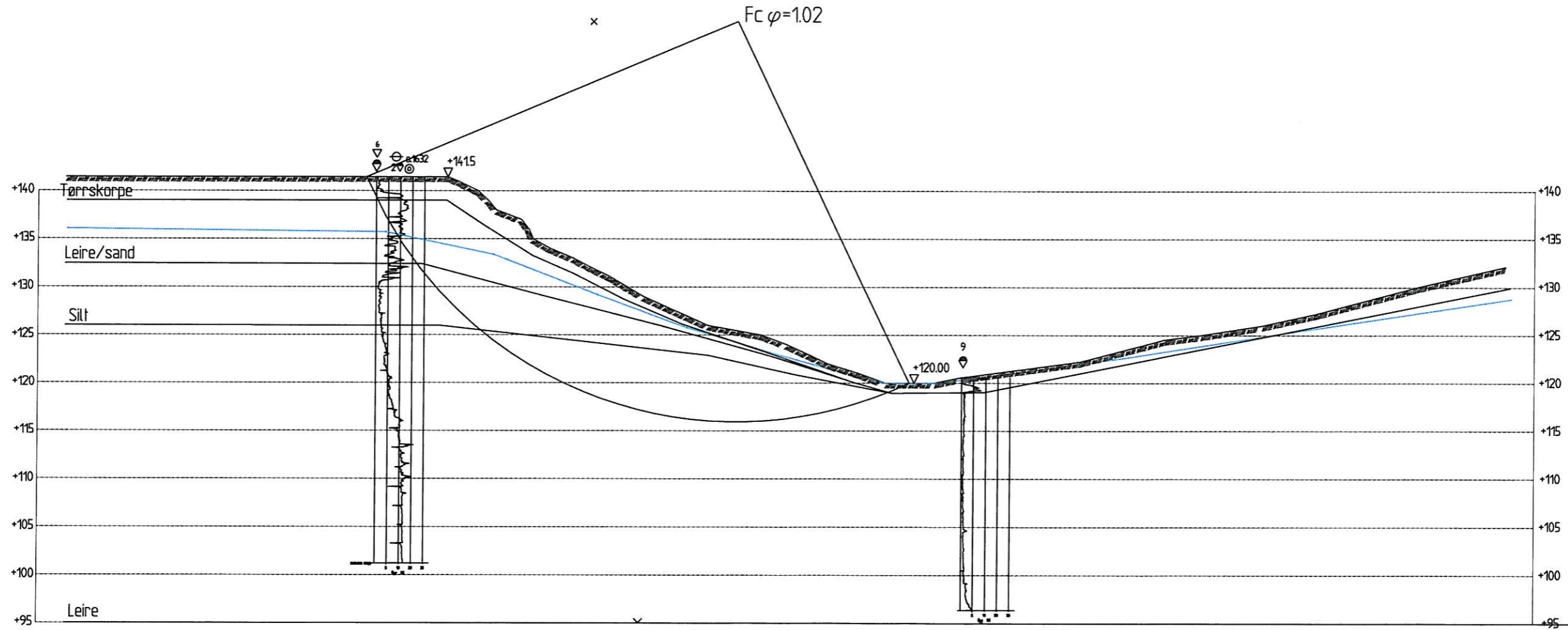
Material	no	Un.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Fylling	1	19.00	42.0	0.0				
Tørrskorpe	2	19.00	35.0	7.0				
Leire/sand	3	19.00	31.0	6.0				
Silt	4	18.00	33.0	6.5				
Leire	5	19.00	---	---	C-profil	1.00	0.70	0.40



Risiko for kvikkleireskred, Klæbu kommune
 Sone: 1102 Klæbu - søndre del
 Stabilitetsanalyser
 Dagens situasjon
 Totalspenningsanalyse (ADP)
 Profil B

MALESTOKK	OPPDRAG
1:500	6070771
TEGNET/KONTR.	BILAG
SAS/	
DATO	TEGN. NR.
16.04.08	206

Material	no	Un.Weigth	Fi	C'
Fylling	1	19.00	42.0	0.0
Tørrskorpe	2	19.00	35.0	7.0
Leire/sand	3	19.00	31.0	6.0
Silt	4	18.00	33.0	6.5
Leire	5	19.00	24.2	9.0



RAMBOLL

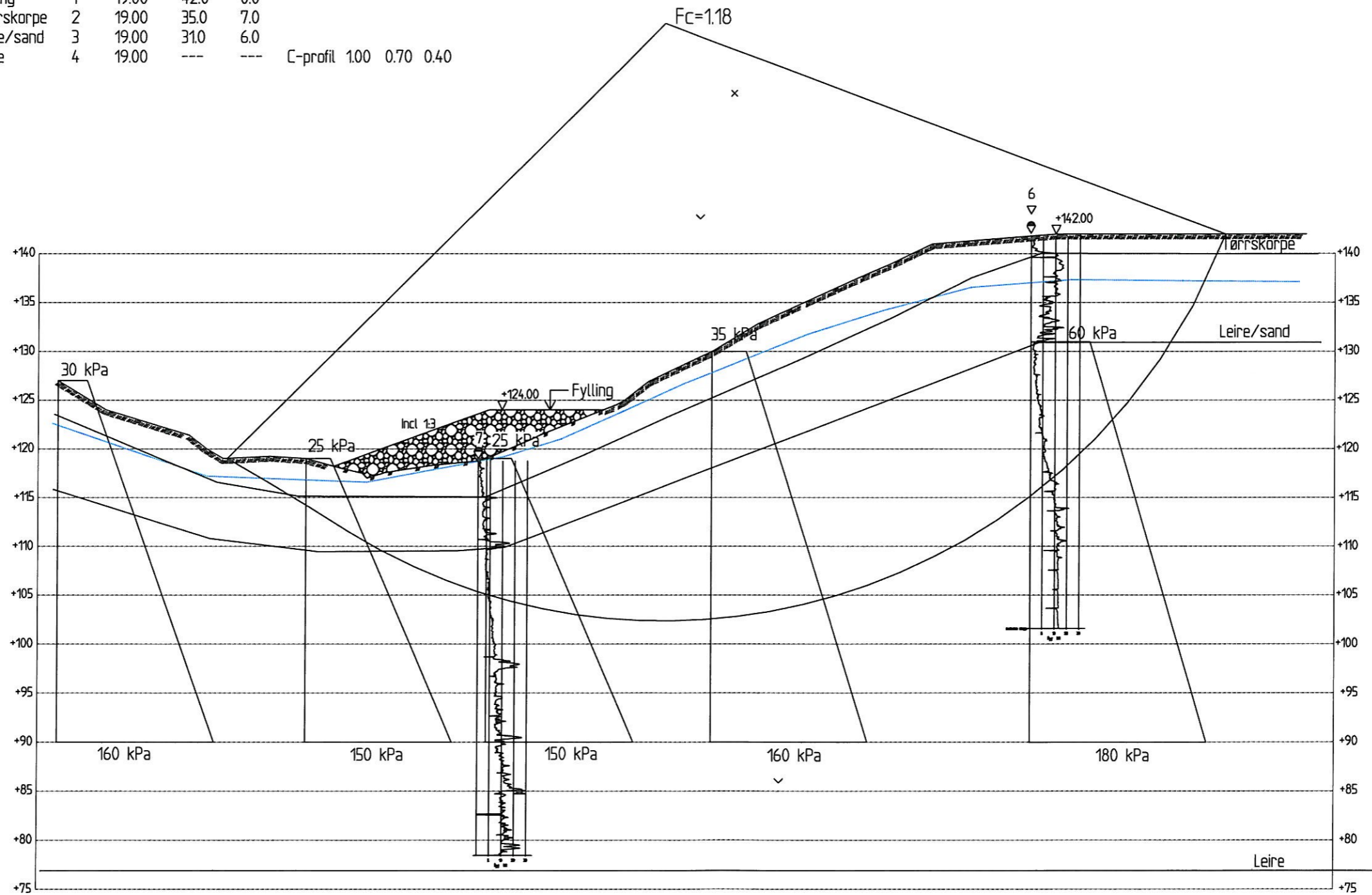
Risiko for kvikkleireskred, Klæbu kommune
Sone: 1102 Klæbu - søndre del

Stabilitetsanalyser
Dagens situasjon
Effektivspenningsanalyse
Profil B

MALESTOKK
1:500
TEGNET/KONTR.
SAS/
DATO
16.04.08

DPPDRAG
6070771
BILAG
TEGN. NR.
207

Material	no	Un.Weighth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Fylling	1	19.00	42.0	0.0				
Tørrskorpe	2	19.00	35.0	7.0				
Leire/sand	3	19.00	31.0	6.0				
Leire	4	19.00	---	---	C-profil	1.00	0.70	0.40



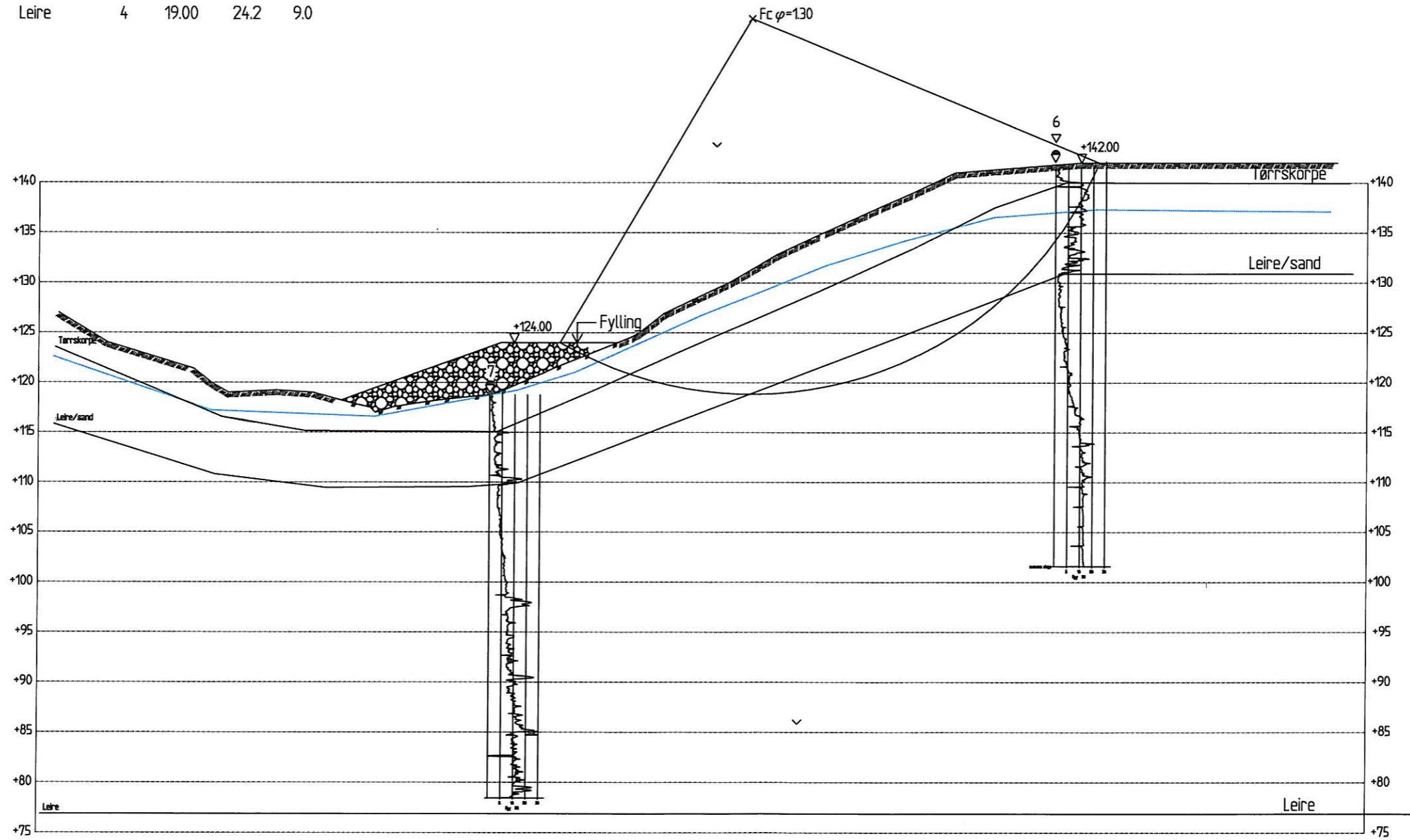
Risiko for kvikkleireskred, Klæbu kommune
Sone: 1102 Klæbu - søndre del

Stabilitetsanalyser
Forslag til tiltak
Totalspenningsanalyse (ADP)
Profil A

MALESTOKK
1:500
TEGNET/KONTR.
SAS/*[Signature]*
DATO
17.04.08

OPPDRAG
6070771
BILAG
TEGN. NR.
208

Material	no	Un.Weigth	Fi	C'
Fylling	1	19.00	42.0	0.0
Tørrskorpe	2	19.00	35.0	7.0
Leire/sand	3	19.00	31.0	6.0
Leire	4	19.00	24.2	9.0



RAMBOLL

Risiko for kvikkleireskred, Klæbu kommune
Sone: 1102 Klæbu - søndre del

Stabilitetsanalyser
Forslag til tiltak
Effektivspenningsanalyse
Profil A

MALESTOKK

1:500

TEGNET/KONTR.

SAS/

DATO

17.04.2008

OPPDRAG

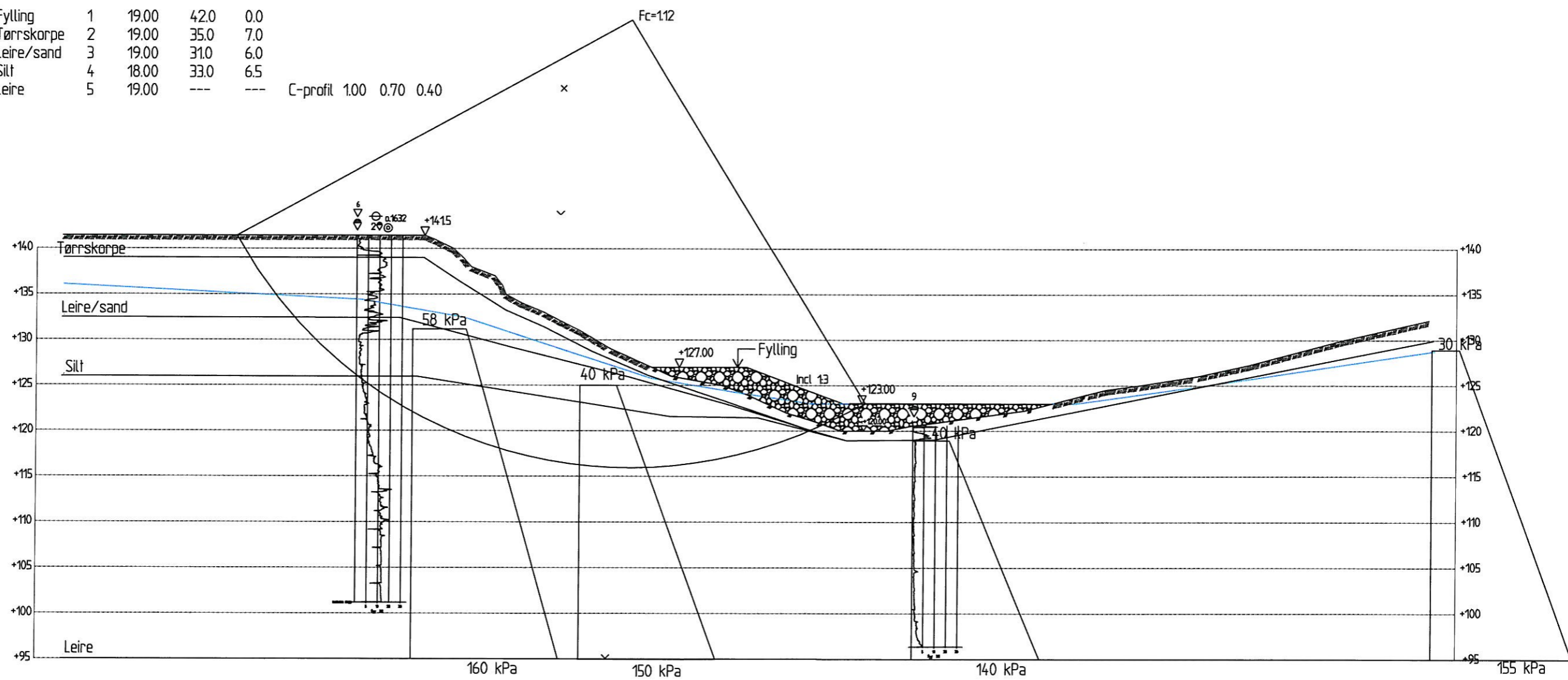
6070771

BILAG

TEGN. NR.

209

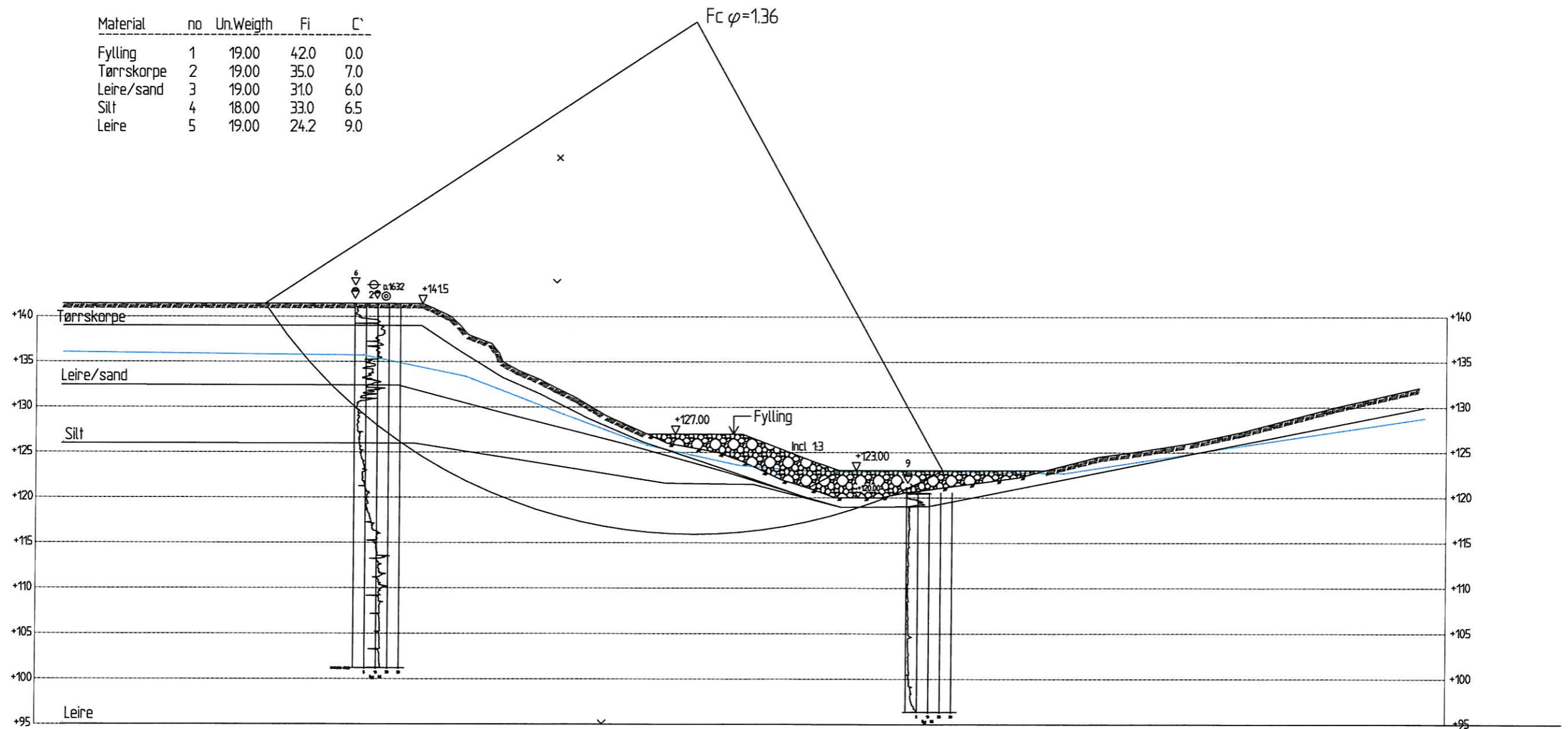
Material	no	Un.Weight	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
Fylling	1	19.00	42.0	0.0				
Tørrskorpe	2	19.00	35.0	7.0				
Leire/sand	3	19.00	31.0	6.0				
Silt	4	18.00	33.0	6.5				
Leire	5	19.00	---	---	C-profil	1.00	0.70	0.40



Risiko for kvikkleireskred, Klæbu kommune
 Sone: 1102 Klæbu - søndre del
 Stabilitetsanalyser
 Forslag til tiltak
 Totalspenningsanalyse (ADP)
 Profil B

MALESTOKK	DPPDRAG
1:500	6070771
TEGNET/KONTR.	BILAG
SAS/	
DATO	TEGN. NR.
16.04.2008	210

Material	no	Un.Weigth	Fi	C'
Fylling	1	19.00	42.0	0.0
Tørrskorpe	2	19.00	35.0	7.0
Leire/sand	3	19.00	31.0	6.0
Silt	4	18.00	33.0	6.5
Leire	5	19.00	24.2	9.0



RAMBOLL

Risiko for kvikkleireskred, Klæbu kommune
Sone: 1102 Klæbu - søndre del

Stabilitetsanalyser
Forslag til tiltak
Effektivspenningsanalyse
Profil B

MALESTOKK

1:500

TEGNET/KONTR.

SAS

DATO

16.04.2008

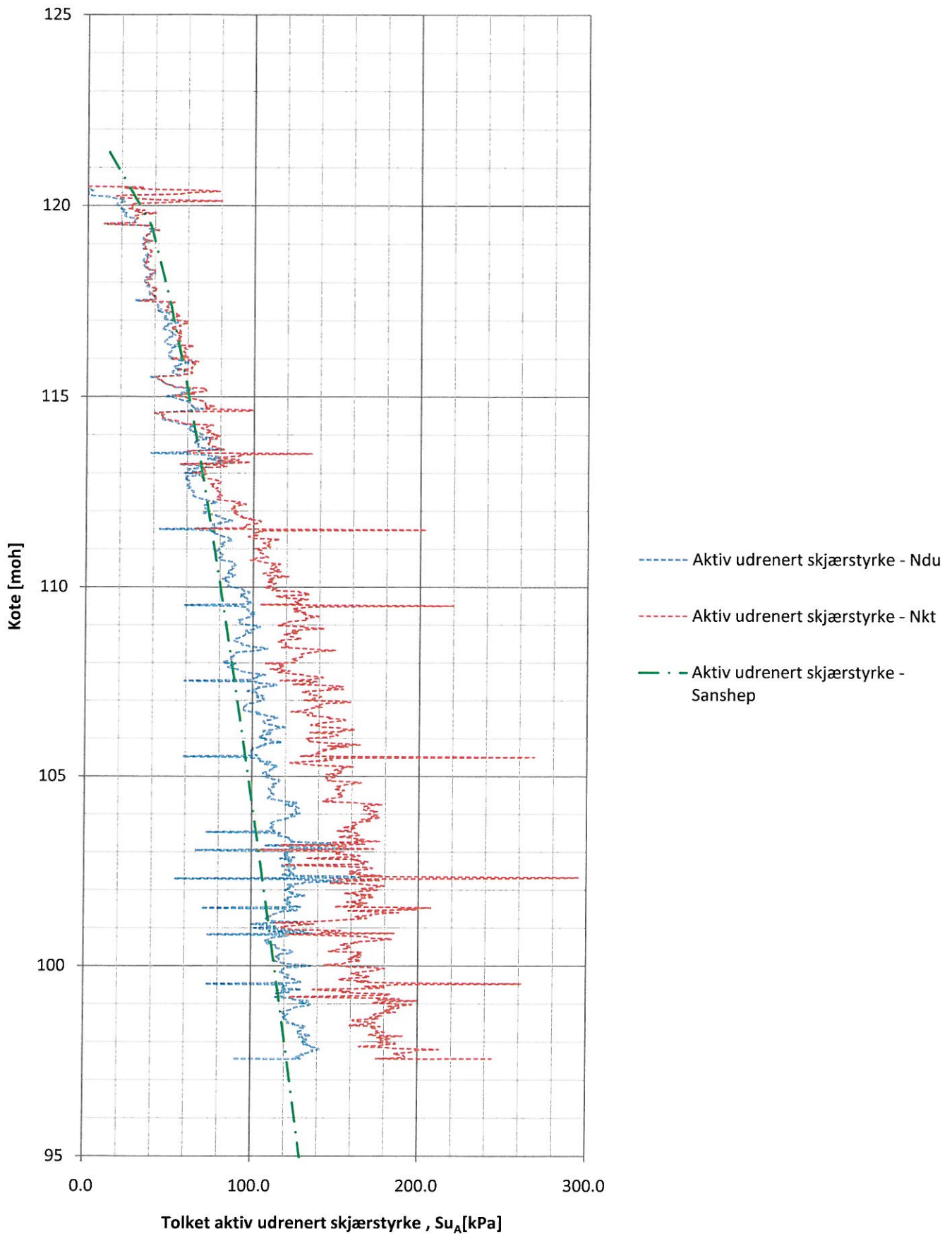
DPPDRAG

6070771

BILAG

TEGN. NR.

211



Terrengkote: +121.5
GV: +121.5

Antatt tidligere terreng: +155

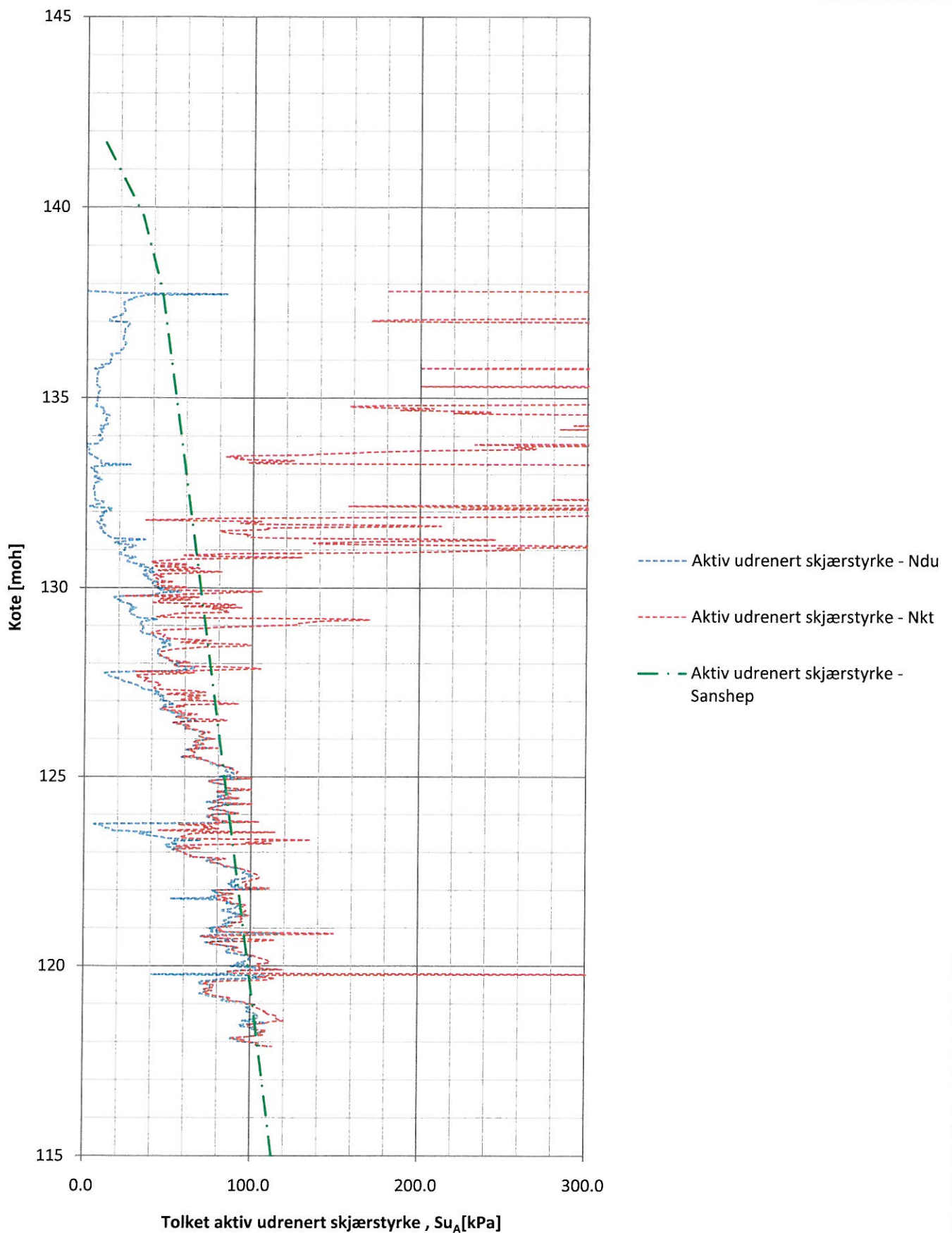


Risiko for kvikkleireskred, Klæbu kommune
Sone: 1102 Klæbu - søndre del

BORPUNKT 5

Tolket skjærstyrke fra CPTU og
Sanshep (antatt tidligere terreng)

	Oppdrag 6070771
Tegn. SAS/	Bilag -
Dato 15.04.2008	Tegn. Nr. 212



Terrengkote: +141.8
 GV: +137.8

Antatt tidligere terreng: +155



Risiko for kvikkleireskred, Klæbu kommune
 Sone: 1102 Klæbu - søndre del

BORPUNKT 6

Tolket skjærstyrke fra CPTU og
 Sanshep (antatt tidligere terreng)

	Oppdrag 6070771
Tegn. SAS/	Bilag -
Dato 15.04.2008	Tegn. Nr. 213