

# Program for økt sikkerhet mot leirskred---

Klæbu kommune/NVE

## **RISIKO FOR KVIKKLEIRESKRED, KLÆBU KOMMUNE** **Sone: 1100 Litlugla**

Prosjektnr. 6060972  
Rapport nr. 1

(Rev. 0)

2007-03-15

RISIKO FOR KVIKKLEIRESKRED, KLÆBU KOMMUNE:  
Sone 1100 Litlugla.

Oppdragsnr.: 6060972

Oppdragsgiver: Klæbu kommune/NVE  
Oppdragsgivers repr.: Geir Magne Sund

Oppdragsleder Rambøll:  
Einar Lyche  
Medarbeidere:  
Kåre Eggereide  
Eystein Enlid  
Tomas Norrman

Rev.	0
Dato	2007-03-15
Utarb.	Einar Lyche
Kontroll	Eystein Enlid
Godkjent	

Antall sider:	20
Tegninger:	13

Rambøll Norge AS  
Mellomila 79

N-7493 TRONDHEIM  
[www.ramboll.no](http://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 1100 Litlugla 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 høy risikoklasse (Kl. 5) og høy 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:

- Sone 1100 Litlugla består med uendret utstrekning og risikoklassifisering.
- Stabilitetsforholdene i sonen er til dels meget anstrengt, spesielt ut mot hovedravina (Sunnaldalen), som avgrensner sonen mot øst og syd.
- Det er ikke observert vesentlig erosjon i ravinene nord for Granmo-ryggen. Videre sørover er det en del erosjon i bekkedalene på begge sider av Granmo-ryggen. Det tilrås derfor generelt gjennomført tiltak med erosjonssikring på denne strekningen. Et slikt tiltak alene er imidlertid ikke tilstrekkelig som sikring av tilfredsstillende områdestabilitet for skoleanlegget på Sørborgen, ut mot hovedravina.

Det er ikke registrert aktiv erosjon langs sonegrensen mot Nidelva, og det er heller ikke indikert kvikkleire ut i skråningsfoten mot elva. Erosjonssikring av elvebredden mellom Tanem bru og Ostangen renseanlegg anses derfor ikke å være et høyt prioritert tiltak.

- For å oppnå tilstrekkelig stabilitetsforbedring i hht. ref./6/, tilrås gjennomført en relativt omfattende oppfylling av dalbunn og noe opp i skråningssidene på hovedravina (Sunnaldalen), jfr. tegn. 114 og 115. De viste prinsipper her kan legges til grunn for videre detaljprosjektering.

I tillegg, som vist på tegn. 114, foreslås etablert stabiliserende støttefyllinger langs foten av 2 lokalt steile og anstrengte skråningspartier ut mot hovedravina i S og Fv 921 i V, den siste i kombinasjon med en omlegging av veggen. Videre foreslås en nokså omfattende nedplanering av plataet ut mot Nidelva og Fv 921, og en mindre nedplanering av en ryggformasjon ut mot hovedravina i Ø.

Tiltakene med støttefyllingene og nedplanering må vurderes nøyer i samråd og dialog med grunneiere og aktuelle myndigheter, og videre detaljprosjektering må gjennomføres på grunnlag av supplerende grunnundersøkelser.

Det er et viktig poeng at massene fra de foreslåtte nedplaneringer vil være egnet og kan benyttes ved etablering av de foreslåtte massekrevende stabiliserende fyllinger.

## Innhold

<b>1.</b>	<b>INNLEDNING .....</b>	<b>6</b>
<b>2.</b>	<b>FELT- OG LABORATORIEUNDERSØKELSER .....</b>	<b>7</b>
<b>3.</b>	<b>GENERELL BESKRIVELSE AV GRUNNFORHOLD .....</b>	<b>8</b>
<b>3.1</b>	<b>Kvartærgeologi.....</b>	<b>8</b>
3.1.1.	<i>Generelt .....</i>	8
3.1.2.	<i>Kvikkleire .....</i>	8
<b>3.2</b>	<b>Topografi og løsmassenes beskaffenhet.....</b>	<b>9</b>
3.2.1.	<i>Topografi .....</i>	9
3.2.2.	<i>Løsmassenes beskaffenhet.....</i>	9
<b>3.3</b>	<b>Styrkeegenskaper .....</b>	<b>9</b>
<b>4.</b>	<b>ANALYSEMETODE.....</b>	<b>11</b>
<b>4.1</b>	<b>Generelt .....</b>	<b>11</b>
<b>5.</b>	<b>STABILITETSANALYSER OG FORSLAG TIL TILTAK .....</b>	<b>12</b>
<b>5.1</b>	<b>grunnforhold og poretrykk .....</b>	<b>12</b>
<b>5.2</b>	<b>Stabilitetsanalyser og vurderinger .....</b>	<b>12</b>
5.2.1.	<i>Forutsetninger.....</i>	12
5.2.2.	<i>Beregningsresultater – dagens situasjon.....</i>	13
5.2.3.	<i>Forslag til tiltak. ....</i>	14
5.2.4.	<i>Beregningsresultater – nødvendige tiltak. ....</i>	14
5.2.5.	<i>Kommentar til tiltakene .....</i>	15
5.2.6.	<i>Utstrekning og klassifisering av sonen .....</i>	16
<b>6.</b>	<b>GENERELT OM TILTAK I KVIKKLEIRESONER .....</b>	<b>17</b>
<b>7.</b>	<b>RETTIGHETER TIL BRUK AV BEREGNINGSGRUNNLAGET .....</b>	<b>18</b>
<b>8.</b>	<b>REFERANSER.....</b>	<b>19</b>

## Tegninger

- 101: Oversiktskart M = 1:50.000/250.000
- 102: Situasjonsskart sone 1100 Litlugla: M = 1:4000  
Oversikt over utførte grunnundersøkelser og profiler for stabilitetsanalyse.
- 103: Profil 1: Stabilitetsanalyser for nåværende terreng
- 104: Profil 2: Stabilitetsanalyser for nåværende terreng
- 105: Profil 3: Stabilitetsanalyser for nåværende terreng
- 106: Profil 4: Stabilitetsanalyser for nåværende terreng
- 107: Profil 5: Stabilitetsanalyser for nåværende terreng
- 108: Profil 6: Stabilitetsanalyser for nåværende terreng
- 109: Profil 1: Stabilitetsanalyser for vist tiltaksforslag
- 110: Profil 3: Stabilitetsanalyser for vist tiltaksforslag
- 111: Profil 4: Stabilitetsanalyser for vist tiltaksforslag
- 112: Profil 5: Stabilitetsanalyser for vist tiltaksforslag
- 113: Profil 6: Stabilitetsanalyser for vist tiltaksforslag
- 114: Situasjonsskart sone 1100 Litlugla:  
Oversikt forslag sikringstiltak M = 1:2000
- 115: Prinsippsnitt sikringstiltak - fylling i Sunndalen M = 1: 250
- 116: Pkt. 01: Tolket skjærstyrkeprofil CPTU, med valgt karakteristisk skjærstyrke
- 117: Pkt. 04: Tolket skjærstyrkeprofil CPTU, med valgt karakteristisk skjærstyrke
- 118: Pkt. 10: Tolket skjærstyrkeprofil CPTU, med valgt karakteristisk skjærstyrke
- 119: Pkt. 13: Tolket skjærstyrkeprofil CPTU, med valgt karakteristisk skjærstyrke
- 120: Pkt. 15: Tolket skjærstyrkeprofil CPTU, med valgt karakteristisk skjærstyrke
- 121: Faregradskart: Sone 1100 Litlugla M = 1:10.000/250.000
- 122: Konsekvenskart: Sone 1100 Litlugla M = 1:10.000/250.000
- 123: Risikokart: Sone 1100 Litlugla M = 1:10.000/250.000

## 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 1100 Litlugla – se oversiktskart på tegn. 101.

Sone 1100 Litlugla er klassifisert i faregradklasse Høy, med risikoklasse 5.

Denne rapporten omfatter stabilitetsanalyser og vurderinger, med forslag til sikringstiltak for sone 1100 Litlugla.

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 utført i eget oppdrag av Rambøll Norge AS, ref./2/.

## **2. FELT- OG LABORATORIEUNDERSØKELSER**

Feltarbeid (grunnboringer) og laboratorieundersøkelser er utført høsten 2006 av Rambøll Norge AS, under egen avtale med NVE/Klæbu kommune.

Undersøkelsene er utført etter plan utarbeidet av Rambøll, også vist på situasjonskartet på tegn. 102.

Resultatene er presentert i Rambølls rapport nr. 6060970 dat. 15.11.2006, ref./2/.

I tillegg til de nå utførte grunnundersøkelser, omfatter grunnlagsmaterialet også resultater fra en rekke tidligere grunnundersøkelser utført innenfor eller tilstøtende sone 1100 Litlugla. I det vesentligste omfatter dette materialet grunnundersøkelser utført av Siv.ing. Kummeneje AS (nå Rambøll Norge AS) og Statens Vegvesen, se ref./6 – 18/ i kap. 8.

### 3. GENERELL BESKRIVELSE AV GRUNNFORHOLD

#### 3.1 KVARTÆRGEOLOGI

##### 3.1.1. Generelt

For ca 10.000 år siden startet avsmeltingen av iskapen, som dekket landet under siste istid. I indre deler av Trøndelag sto havet da ca 175 – 180 m høyere enn i dag. Etterhvert som iskapen 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 lengere holdt seg svevende, dvs. et godt stykke utenfor isfronten.

På denne måten ble mektige silt- og leirlag dengang 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. Etterhvert, 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.

De flate høydedragene omkring Litlugla, Aunet og Villmoen utgjør trolig opprinnelig fjordbunn, nå gjennomskåret av markerte raviner og bekkedaler med opp til ca 40 dybde. Nidelvens erosjonsbasis (eluebunn) langs vestsiden av området ligger på ca kote + 98. Også hovedravinen Sunndalen er erodert ned mot dette nivå ved utløpet til Nidelven.

##### 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 tilleggspåkjenninger 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'S BESKAFFENHET

### 3.2.1. Topografi

**Sone 1100 Litlugla** sin avgrensning fremgår av tegn. 102. Sonen utgjør i hovedtrekk et sammenhengende større platå (Sørborgen/Litlugla), adskilt fra en markert terrengrygg (Granmo) i syd ved en dyp ravine.

Mot NØ omgis sonen av en dyp, markert hovedravine, som ender opp i Sunndalen med fritt vannspeil (Oselvesa) ut mot Ostangen v/Nidelva. Ut mot hovedravina angripes platået av flere raviner med stort sett lav erosjonsaktivitet.

(Tilsvarende er det i Sone 1099 Aunet øst for Litlugla også sterkt utviklet raviner tilstøtende hovedravina. Denne sonen er klassifisert i faregradsklasse Høy og risikoklasse 2, men er foreløpig ikke videre utredet mhp. stabilitetsforhold)

I de bratteste skråningene ned fra platåene mot hovedravina er det partvis tydelige trekk av anstrengt overflatestabilitet.

### 3.2.2. Løsmassenes beskaffenhet

Leirterrenget i sone Litlugla er generelt sterkt ravinert, og fremstår med til dels store høydeforskjeller (opp til ca 30 - 40 m) i bratte skråninger mellom markerte platåer/ terrengrygger på ca kote +140 - +145, og bunnen av bekkedalene (raviner) på ca kote +100 - +130.

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 og ut mot Nidelven, 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 stor utstrekning i sone *Litlugla*.

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, og er derfor lagt mest vekt på i dette tilfelle.

Skjærstyrkeprofilene fra de enkelte CPTU-boringene er vist på tegn. nr. 116-120. 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. 116-120 er basert på grunnvannstand i 5 m dybde. Tolkning med varierende grunnvannstand innenfor  $\pm 5$  m viser svært liten innflytelse på karakteristisk  $s_{uA}$ .

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 overlagringstrykk 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 strekstiplot sort kurve på tegn. 116 - 120.

Enkelte av CPTU-boringene gir pga. av partivis vekslende grunnforhold (sterk lagdeling 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 +150.

Disse referansenivåer er tolket ut fra kvartærgeologisk kart og gjenværende, høyeste marine løsmasseformasjoner i området. Referansenivåene og tilhørende beregnede karakteristiske skjærstyrkeprofiler er vist på stabilitetsprofilene på fig.103 - 113.

## 4. ANALYSEMETODE

### 4.1 GENERELT

Stabilitetsanalysene er generelt utført med beregningsprogrammet Postograf.

Postograf baserer seg på en likevektsbetraktning av potensielle bruddflater.

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

I Postograf-beregningene 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 Postograf-beregninger med anisotrope styrkeforhold, som tilfredsstillende for nåværende terreng- og belastningsforhold, jfr. /6/.

## 5. STABILITETSANALYSER OG FORSLAG TIL TILTAK

### 5.1 GRUNNFORHOLD OG PORETRYKK

Løsmassene innenfor sone Litlugla består generelt av mektige leiravsetninger, opp mot 50-60 m under platået på ca kote +140/+145, og ca 20-30 m under ravinene på ca kote +105/+125 i øst og syd.

Leira er generelt nokså siltig og homogen, men i dybden ned mot underliggende grovere, fast lag indikeres utpreget lagdeling med silt- og sandlag.

Kvikkleire er registrert under hovedplatået stort sett med en overdekning på 15-20 m, lokalt omkring gården Litlugla opp mot 30 m.

Kvikkleirelagets mektighet (tykkelse) er størst i øst og syd, ca 25-30 m, avtakende til 15-5 m sentralt og under platåkantene mot nord og vest. Det er ikke registrert kvikkleire under bunn av ravinen i nord (Sunndalen).

Kvikkleirelagets nivå, målt langs platåkanten ut mot hovedravina i sør/øst – og dels i bunnen av ravina, avtegnes å ligge med overkant på nivå mellom ca 0-10 m over og underkant ca 10-30 m under ravinebunnen, ca fram til vannspeilet i Sunndalen. Dette gjelder også i forhold til ravina mot vest, langs traséen for Fv 921, men utstrekningen kan være mer begrenset.

Overgang til underliggende fast grunn (grovere, fastere masser) stiger fra ca kote +75 lengst øst mot kote +90/+95 i nordvest, lokalt høyere – kote +100/+105 i vest/sørvest.

Poretrykkmålingene under hovedplatået viser at leira dreneres i betydelig grad i dybden, under en varierende grunnvannstand fra 2-3 m til > 5 m dybde under terreng. Målingene viser dels betydelig mindre poretrykktrykkstigning enn hydrostatisk trykkøkning skulle tilsi under platået. Under bunn av ravinene er det imidlertid målt hydrostatisk eller svakt forhøyet trykkstigning, i forhold til hydrostatisk trykk.

Det er imidlertid utført få målinger av poretrykk, slik at det i stabilitetsanalysene foreløpig er valgt å se bort fra den gunstige innvirkning et lavere poretrykkstigning enn hydrostatisk har på stabilitetsforholdene.

### 5.2 STABILITETSANALYSER OG VURDERINGER

#### 5.2.1. Forutsetninger

De stabilitetsmessig antatt ugunstigste profilene for stabilitetsanalyse, profil nr. 1 til 6, er vist orientert på oversiktsplanen, tegn. 102.

Valg av profilene er basert på de utførte grunnundersøkelsene ref./2/, supplert med resultater fra tidligere utførte grunnundersøkelser, jfr. ref./6 – 18/. Borerresultater i profilene er vist, sammen med laggrenser så langt det er holdepunkter for.

Valgt karakteristisk aktiv skjærstyrke  $s_{uA}$  i de enkelte profiler, basert på formel (1) i kap. 3.3, er vist inntegnet på profilene. Opprinnelig terreng (referansenivå for skjærstyrke) er anslått til ca kote +150.

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. 103 – 108. Profilenes orientering er også medtatt på eget kartutsnitt vist på profiltegningene.

Videre er det – ut fra beregnet sikkerhet, foretatt en analyse av nødvendige stabiliserings-tiltak, basert på oppfylling. Resultat fra disse analysene er vist på tegn.nr. 109-113. Tiltakene er her utformet for å tilfredsstillende 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 1** ut mot Fv 921 i V har beregningsmessig meget dårlig sikkerhet,  $F_c = 1,01$ . Motstående skråning mot øst (utenfor sonen) har tilfredsstillende sikkerhet  $F_c = 1,50$ .

**Profil 2** ut mot Nidelva i NV har beregningsmessig meget dårlig sikkerhet  $F_c = 1,03 - 1,09$  – for skjærflater høyt og dypt i skråningen ut mot Nidelva.

**Profil 3** i NØ ut mot Sunndalen har beregningsmessig meget dårlig sikkerhet  $F_c = 0,97 - 1,00$  for skjærflater i østlig og vestlig skråning (utenfor sonen).

**Profil 4** i NØ, lengre opp i Sunndalen, har beregningsmessig lav sikkerhet,  $F_c = 1,27$  for hele skråningspartiet mot vest, lokalt meget dårlig sikkerhet  $F_c = 1,05$  i øvre skråningsparti. Lokalt, i nedre del av skråningspartiet – på begge sider av bekken, er sikkerheten tilfredsstillende med  $F_c = 1,45 - 1,93$  (utenfor sonen).

**Profil 5** i SØ-skråningen opp mot svømmehallen/idrettsbanen har beregningsmessig litt lav sikkerhet for hele skråningen,  $F_c = 1,39$  – lokalt dårlig sikkerhet  $F_c = 1,16$  i øvre del av skråningen. Lokalt i nedre del av skråningen, ut mot bekken, er sikkerheten tilfredsstillende med  $F_c = 1,51 - 1,56$  (utenfor sonen).

**Profil 6** i S-skråningen opp mot Ungdomsskolen, er sikkerheten meget dårlig,  $F_c = 1,03$ . I motstående skråning er også sikkerheten meget dårlig,  $F_c = 0,95$  (utenfor sonen).

At noen av de beregnede skjærflatene ligger utenfor sonen er uten praktisk betydning for vurdering av risiko og tiltaksbehov innenfor sonen. Sikkerheten i skråninger tilgrensende sonen blir også gyldig for sonen, da utglidninger her må påregnes å utløse utglidning i tilstøtende skråning i sonen.

Med de betydelige volum kvikkleireavsetninger som er kartlagt under Litlugla-plataet og i Granmo-ryggen, er det potensiale for en meget omfattende og konsekvensfylt skredutvikling.

Samlet må det konkluderes at alle de analyserte skråningene har fra lav til meget dårlig sikkerhet. At det fremkommer beregnet sikkerhet  $F_c < 1,0$  er et uttrykk for usikkerheten i bestemmelse av karakteristisk skjærstyrke og regnmodellens nøyaktighet. Reellt er det åpenbart at sikkerheten er  $F_c > 1,0$  så lenge skråningen står.

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 tiltaksbehovet tydelig og stort. Kvikkleirelaget ligger ut mot ravedalene på begge sider av Litlugla-platået/Granmo-ryggen, i nivå med eller noe over ravinebunn, og kan påvirkes ved erosjon.

Det er en del aktiv erosjon i ravinenes øvre partier, men utglidninger/ustabil overflate som følge av dette er i liten grad observert.

Det har oppstått en større overflateglidning i én ravine mellom profil 3 og 4 tidlig i 2005, hvor utfylte masser og søppel har glidd ned fra platåkanten helt til bunn av ravina. Her ble bekken oppdemt som følge av dette. Pr. dato skal de utglidde og opphopedde rasmassene være fjernet. Overflateglidningen har ikke grepet særlig dypt ned i underliggende original grunn.

Som aktuelle tiltak vil primært reduksjon av høydeforskjell i skråningene (mellom platå og ravinebunn) være sikreste og beste løsning. Samtidig vil det være grunnleggende viktig å sikre mot videre mulighet for bekke-erosjon, særlig når kvikkleirelaget er eksponert nært ut mot skråningsoverflaten i nivå med eller over bekknivå.

Tiltak kan omfatte både nedplanering av platåer/høydedrag, utslaking av bratte skråninger, støttefyllinger mot skråninger og oppfylling med/uten bekkelukking i raviner.

I foreliggende tilfelle har vi vurdert stabiliserende oppfylling i ravinene på sidene av Litlugla-platået og Granmo-ryggen som primært og gjennomgående tiltak. Videre er også vurdert bruk av utslakende støttefyllinger mot steile skråninger, og nedplanering for reduksjon av høye skråninger som aktuelle stabiliserende tiltak innenfor deler av sonen. Så langt er tiltakene ikke drøftet med berørte grunneiere og myndigheter for avklaring mht. formell gjennomførbarhet.

**Resultater fra stabilitetsanalyser i de ulike profilene for bestemmelse av nødvendige tiltaksomfang er vist på tegn. nr. 109 – 113.**

**På grunnlag av disse resultater er det på tegn. 114 utarbeidet en forenklet oversiktsplan (foreløpig utkast), hvor tiltakene i de enkelte profiler er bearbeidet videre til en sammenhengende plan som ivaretar det primære sikringsbehovet. Tegn. 115 viser i snitt prinsipiell utførelse av sikringstiltaket i hovedravina i Sundalen, som grunnlag for videre tilpasning og detaljprosjektering av dette (se nærmere kommentarer til tiltakene i etterfølgende tekst).**

### 5.2.4. Beregningsresultater – nødvendige tiltak.

**I profil 1** er det foretatt en analyse for å anskueliggjøre omfang av stabiliserende oppfylling foran skråningen, for å oppnå ca nødvendig %-vis forbedring. Størrelsesorden 5 m heving av Fv 972 i profil 1 vil her være nødvendig for å oppnå nødvendig stabilitetsforbedring, se tegn. 109. Kombinert med nedplanering (senking) av platået/skråningstoppen kan heving av vegen reduseres. Utstrekning av det kombinerte tiltaket er grovt skissert på tegn. 114.

**I profil 2** er en stabiliserende oppfylling/heving av Osvegen vanskelig gjennomførbar, og nødvendig stabilitetsforbedring av skråningen ut mot Nidelva må her etableres alene ved nedplanering (senking) av platået ved skråningstoppen (som for profil 1), jfr. tegn. 114.

*I både profil 1 og 2* er det ikke foretatt tilstrekkelige analyser for å bestemme endelig omfang av tiltakene. For dette formål er det nødvendig å utføre både videre grunnundersøkelser og diskusjon med berørte parter for å avklare mulig gjennomførbarhet av tiltaket.

I den nordøstvendte skrånningen ut mot Sunndalen (mellom profil 2 og 3), der denne grenser mot det frie vannspeilet, indikeres bedre grunnforhold både ved skråningsfot og -topp, dvs. her ikke påvist kvikkleire. Her er det foreløpig ikke vurdert behov for sikring, men for endelig vurdering må det også her gjøres noe videre grunnundersøkelser og analyser som kontroll.

**I profil 3** (fra ca enden av vannspeilet) viser analyse av nødvendig stabilitetsforbedring behov for opp mot 10 - 15 m høy avtrappet oppfylling over dalbunnen, for å oppnå ca 15 % nødvendig økning av  $F_c$ .

**I profil 4** viser stabilitetsanalysen også behov for avtrappet oppfylling over dalbunnen, tilsvarende som i profil 3, her til ca 10 m høyde for å oppnå nødvendig %-vis forbedring av  $F_c$  for hele skrånningen.

Dagens meget dårlige sikkerhet ( $F_c = 1,05$ ) mot utglidning i øvre del (mellom ca kote +145 og +125) av østskråningen blir imidlertid påvirket ved dette tiltaket. Her må lokal forbedring sikres, ved for eksempel ca 5 - 10 m nedplanering (evt. utslaking til ca 1:6) i dette skråningspartiet, slik som antydnet på tegn. 114. Utforming av dette tiltaket, som også har innvirkning på sikkerheten for hele skrånningen, bør detaljprosjekteres etter samråd med berørt grunneier.

**I profil 5** i østskråningen, utenfor idrettshallen, er i utgangspunktet sikkerheten av det totale skråningspartiet nært tilfredsstillende, men lokalt nokså lav øverst i skrånningen mot idrettshallen. Pga. nærhet til eksisterende bebyggelse er det vanskelig å gjennomføre forbedrings tiltak ved nedplanering i skrånningens øverste del. Stabilisering må derfor gjennomføres ved en støttefylling i det øvre skråningspartiet, ca som vist på tegn. 114. En slik oppfylling vil imidlertid svekke sikkerheten i nedre del av skrånningen, og krever derfor ca 5 m oppfylling (bunnheving) av ravina for å opprettholde tilfredsstillende sikkerhet.

**I profil 6** ut mot ravina i syd, utenfor ungdomsskolen, er sikkerheten i begge skrånningene meget dårlig. Også her vil ca 5 m bunnheving av ravina/avtrappet fylling i skråningssidene være nødvendig for å oppnå tilstrekkelig %-vis stabilitetsforbedring.

### 5.2.5. **Kommentar til tiltakene**

Noen tiltak vil være mer konsekvensfylt enn andre, og er derfor bare vurdert foreløpig.

Dette gjelder spesielt gjennomføring av stabiliserende oppfylling foran skråningsfoten (i profil 1), mot Fv 972. Tilstrekkelig stabilitetsforbedring vil her kreve oppfylling (støttefylling), som medfører omlegging (opp ramping) av Fv 972 – helst i kombinasjon med nedplanering av platået ut mot skrånningen. Dette tiltaket må bearbeides ytterligere i fbm. detaljprosjektering.

I skrånningen ut mot Nidelva (profil 2), hvor det beregningsmessig er meget dårlig sikkerhet, er det vanskelig å foreta nødvendig stabiliserende støttefylling mellom skråningsfot og Nidelva. Her vil derfor nedplanering av skråningsstopp (evt. også utslaking av øvre skråningsparti), representere eneste praktiske løsning for stabilitetsforbedring.

Den på tegn. 114 viste oppfyllingen av hovedravina i Sunndalen, med forgreninger på begge sider av Granmo-ryggen (fra ca profil 3 til forbi profil 6), vil med tverrsnittet vist på tegn. 115 innebære en grovt estimert tilførsel på ca 65.000 m<sup>3</sup> stein-/grusmasse og ca 235.000 m<sup>3</sup> leirmasse.

Det kan være aktuelt å legge ny SP-ledning (hovedavløp fra Klæbu sentrum) i fyllinga nedover Sunndalen til Ostangen renseanlegg. Ledningen foreslås lagt i den ene dalsiden, høyt i fyllinga (for enkel tilgang senere), som skissert på tegn. 115. Ledningen må legges på et stabilt fundament av friksjonsmasse, bygd opp fra dalbunnen.

---

Stein- og gruslaget i bunn av fyllinga (i overgangen til original grunn) skal sikre mot destabiliserende poretrykksoppbygging i skråningene ved drenering av utstrømmende grunnvann, mens dagens bekkeløp forutsettes lagt i eget ersjonssikret trau på topp av fyllinga.

Leirfyllingen bygges opp lagvis (nærmere prosedyre utarbeides). Fyllingsoverflaten (leire) må forutsettes raskt tilført vekstjord, med etablering av stedegen vegetasjon, for å motvirke erosjon.

Som vist på tegn. 114 er det ikke medtatt oppfylling av de 2 markerte sideravinene som foregrener seg fra Sunndalen mot NV inn i sone 1099 Aunet. (Slik oppfylling er heller ikke medtatt i masseestimatet foran). Den sydligste av ravinene er allerede under oppfylling som massedeponi for varierende gravemasser, med stabiliserende virkning for denne. Tilsvarende løsning kan være et alternativ også for den nordligste ravina. Det må da sees nærmere på drensløsning for overvann og grunnvann, med utarbeidelse av en prinsipiell fyllingsplan for gjennomføringen.

#### **5.2.6. Utstrekning og klassifisering av sonen**

De utførte grunnundersøkelsene og stabilitetsanalysene gir ikke grunnlag for endret utstrekning eller risikoklassifisering av sonen, før stabiliserende tiltak er gjennomført.



## **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.

## 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	NVE/Klæbu kommune: Kvikkleirekartlegging sone 1100 Litlugla. Datarapport fra grunnundersøkelser.	6060970 - 1	15.11. 2006
/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".  *): Utgave nr.8 er under bearbeidelse (mindre justeringer), og forventes framlagt som endelig høringsutkast.	Foreløpig utgave nr.7.*	2007
/6/	Siv.ing. Ottar Kummeneje	Klæbu kommune: Grunnundersøkelser for Samfunnshus.	O.551 -2	14.11. 1967
/7/	Siv.ing. Ottar Kummeneje	Trondheim Elektrisitetsverk: Grunnundersøkelser for Klæbu Trafostasjon	O.2362	02.11. 1976
/8/	Siv.ing. Ottar Kummeneje	Klæbu kommune: Tilbygg til ungdomsskole og ny svømme- og idrettshall. Grunnundersøkelse.	O.2423	16.02. 1977
/9/	Siv.ing. Ottar Kummeneje	NVE Statskraft: 275 kV Nea - Klæbu Grunnundersøkelser for mast 197 Klæbu	O.2980	25.07. 1979
/10/	Siv.ing. Ottar Kummeneje	Klæbu kommune: Idrettshall Klæbu. Grunnundersøkelser.	O.3825 - 1	14.05. 1982
/11/	Siv.ing. Ottar Kummeneje A/S	Klæbu kommune: Ostangen kloakkrenseanlegg. Grunnundersøkelser.	O.8081 - 1	20.07. 1990
/12/	Siv.ing. Ottar Kummeneje A/S	Klæbu kommune: Sørborgen skole. Grunnundersøkelser.	O.10109 - 1	20.02. 1995
/13/	Siv.ing. Ottar Kummeneje A/S	Klæbu kommune: Granmo boligfelt. Grunnundersøkelse.	O.10971 - 1	03.10. 1995
/14/	SCC Kummeneje	Klæbu kommune: Sørborgen skole. Utvidelse av veg. Grunnundersøkelse.	O.12228 - 1	24.03. 1998

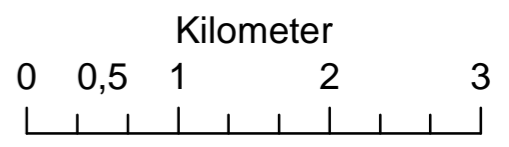
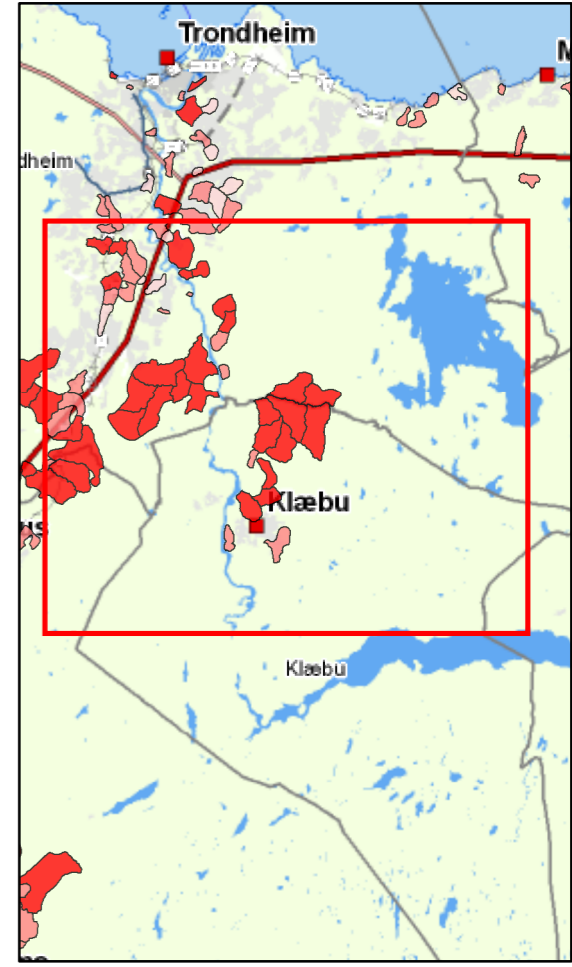
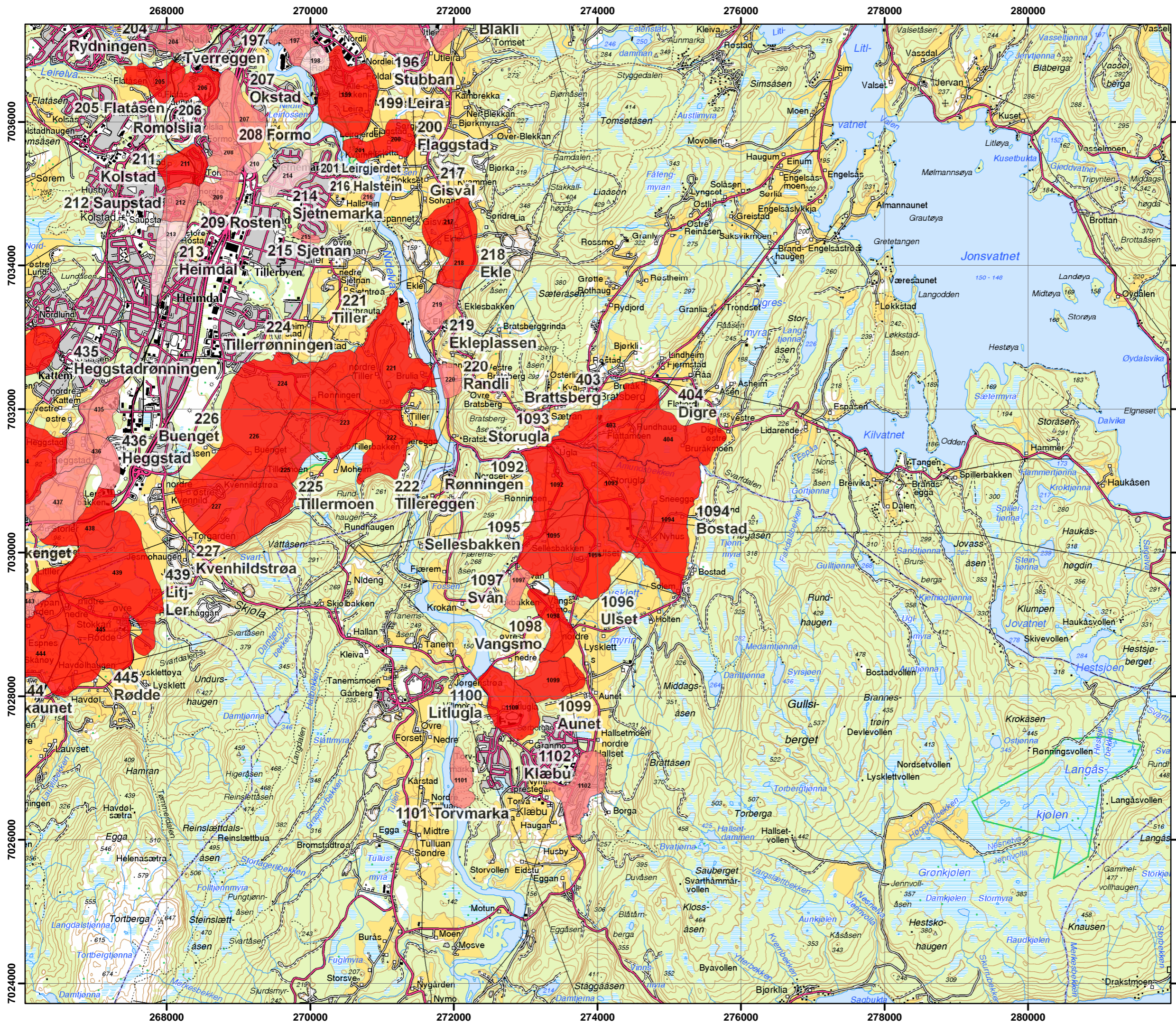
(Siv.ing. Ottar Kummeneje AS = SCC Kummeneje AS, nå Rambøll Norge AS).

Risiko for kvikkleireskred, Klæbu kommune  
Sone 1100 Litlugla  
Stabilitet og forslag til sikringstiltak

Rapport nr.: 6060972 - 1  
Dato: 15.03.2007  
Rev.:0  
Rev.dato:

---

<b>Ref. nr.:</b>	<b>Rapport utført av:</b>	<b>Rapport tittel:</b>	<b>Rapport nr.:</b>	<b>Dato år:</b>
/15/	Statens Vegvesen	Fv. U-921, ca Pel 135. Gangtunnel til Haugamyra. Grunnundersøkelser	Ud 203A - 1	15.03. 1977
/16/	Statens Vegvesen	Fv. U-921 Hesttrø – Tanem. Grunnundersøkelser.	Ud 203A - 2	24.03. 1981
/17/	Statens Vegvesen	Fv. U-921 Tanem Bru. Grunnundersøkelser.	Ud 816A - 1	17.12. 1998
/18/	Statens Vegvesen	Fv. U-921 Tanem Bru. Anbudsrapport. Grunnundersøkelser.	Ud 816A - 2	13.08. 2001



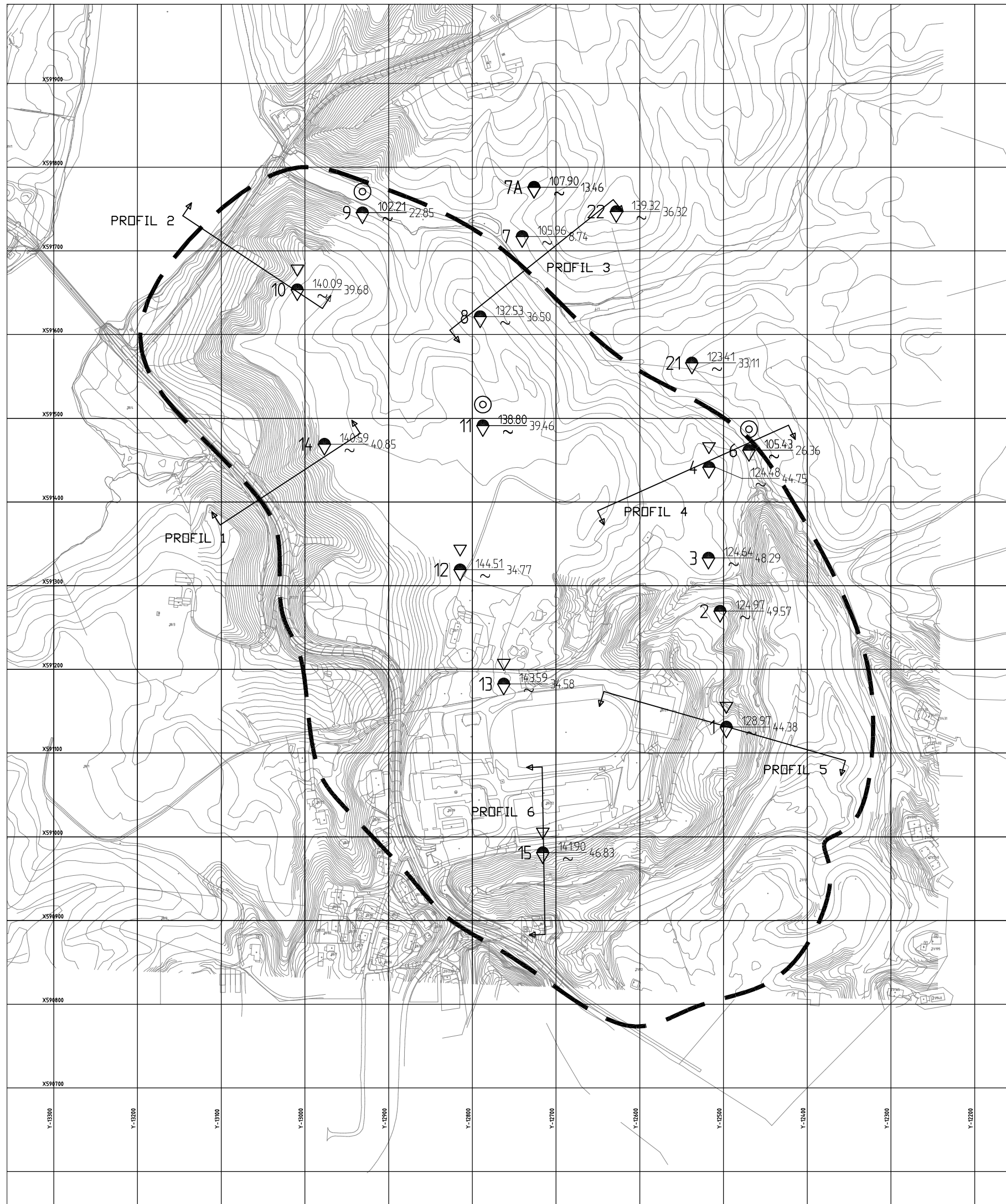
GEOVEKST Kartgrunnlag: N5-raster ©GEOVEKST

Rev.	Endring: endring	Uttatt	Kontrollert	Godkjent	Dato

**NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT**

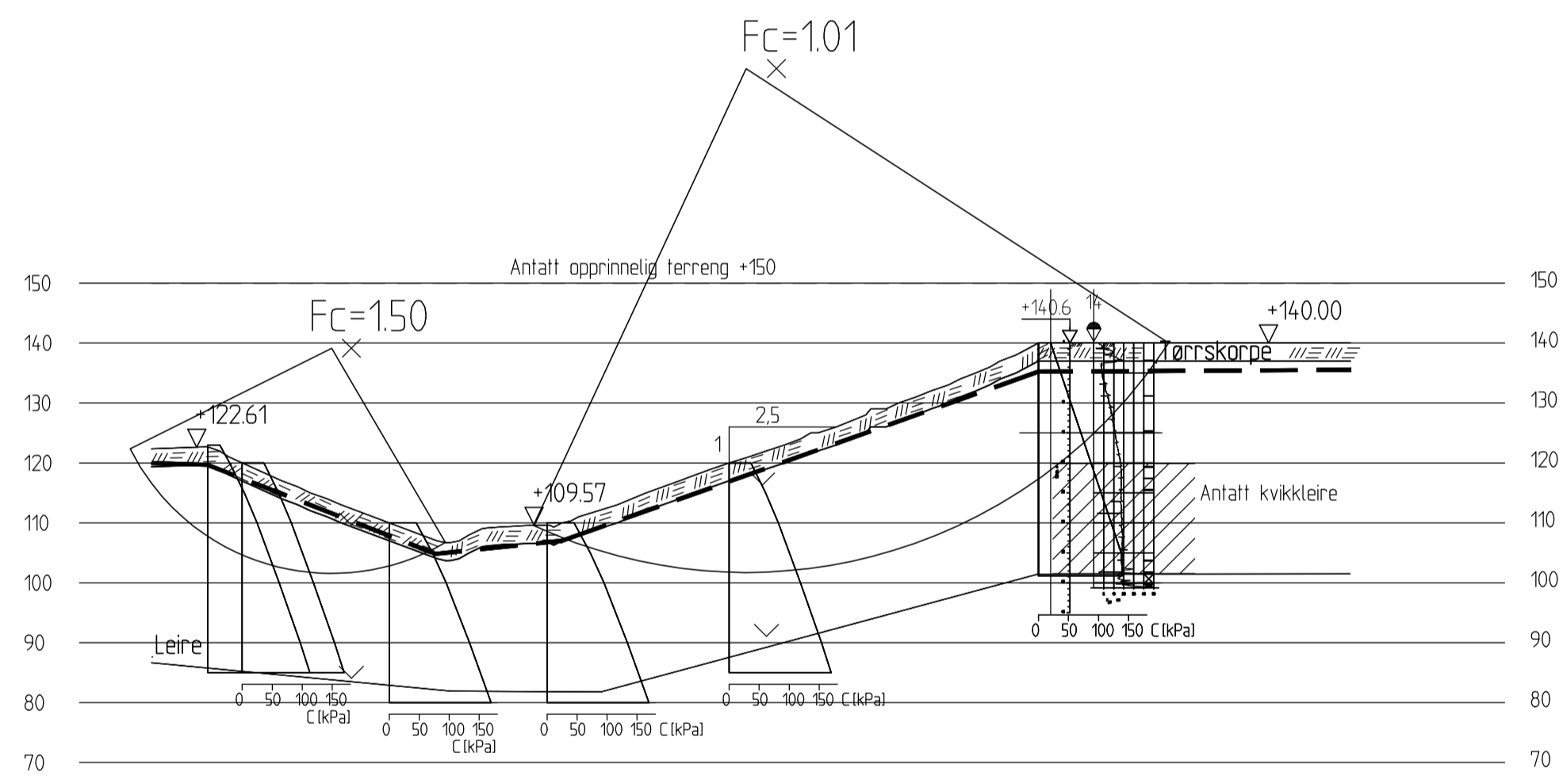
PROGRAM FOR ØKT SIKKERHET MOT LEIRSKRED	Oppdrag 6060972-1	Tegn. nr. 101
Oversiktskart, Klæbu kommune (Basert på faregradkart) Målestokk hovedkart 1 : 50 000 Målestokk oversiktskart 1 : 250 000	Utført TrV	Dato 15.03.2007
Daturn: EUREF89, Kartprojeksjon: UTM, Sone: 33	Kontrollert AKL	Godkjent KE





Rev.		Beskrivelse	DATO	TEGN	KONTR.	GODKJ.
BYGGHERRE			STATUS			
KLÆBU KOMMUNE/NVE			ORIGINAL FORMAT A3			
			TEGNINGENS FILNAVN			
RISIKO FOR KVIKKLEIRESKRED, KLÆBU KOMMUNE OVERSIKTSKART SONE 1100 LITLUGLA Borpunkter og stabilitetsprofiler (1-6)			MALESTOKK 1:5000			
RAMBOLL		DATO 31.01.2007	KONTST./TEGNET:	KONTROLLERT	GODKJENT	
		DPPDRAGSNR. 6060972A	TEGNINGSNR.: 102			REV.

Material	nr	Densitet	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Tørnskorpe	2	19.00	35.0	0.0				
Leire	1	19.00	---	---	C-profil	1.00	0.70	0.40

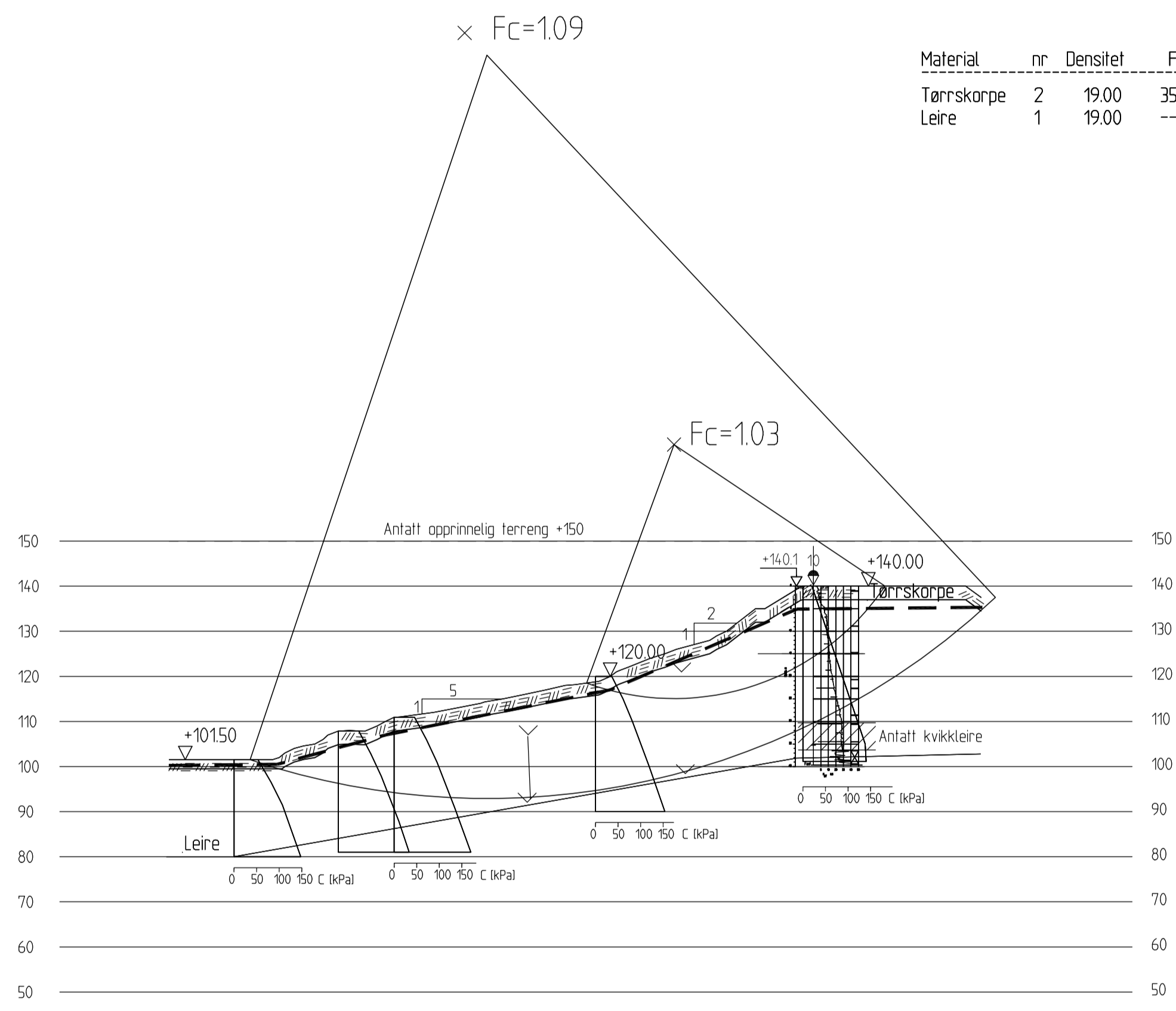


**TEGNEFORKLARING**

● Diresonering	★ Fjellkontrollboring	⊙ Praveserie	⊙ Poretrykksmåling
○ Enkel sondering	● Diresoningsondering	□ Pravegrøp	AA Fjell i dagen
▽ CPTU-sondering	⊕ Totalsondering	+ Vingebooring	

Boring type (symbol)      terrengkode  
 Børpunkt nr              fjellkode      Boretyde i løshasse • boring i fjell (m)

Tegningstittel	Tegningens	Rev.			
Rev.	Beskrivelse	DATO	TEGN	KONTR	GODKJ.
	BYGGHERRE	STATUS			
	KLÆBU KOMMUNE/NVE	Rapportfigur			
		ORIGINAL FORMAT			
		A3			
		TEGNINGENS FILNOMN			
	RISIKO FOR KVIKLEIRESKRED, KLÆBU KOMMUNE	MALESTOKK			
	SONE 1100 LITLUGLA	1:1000			
	PROFIL 1	1:5000			
	STABILITETSANALYSE FOR NÅVERENDE TERRENG				
	<b>RAMBOLL</b>	DATO	KONTST./TEGNET	KONTROLLERT	GODKJENT
		21/01/2007			
		OPPDRAGSNR.	TEGNINGSNR.		REV.
		6060972A	103		



Material	nr	Densitet	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
Tørrskorpe	2	19.00	35.0	0.0				
Leire	1	19.00	---	---	C-profil	100	0.70	0.40

**TEGNEFORKLARING**

● Diresonering	⊛ Fjellkontrollboring	⊙ Prøveserie	⊙ Poretrykksmåling
○ Enkel sondering	⊙ Diresoningsonering	□ Prøvegrop	AA Fjell i dagen
▽ CPTU-sondering	⊙ Totalsonering	+ Vingeboring	

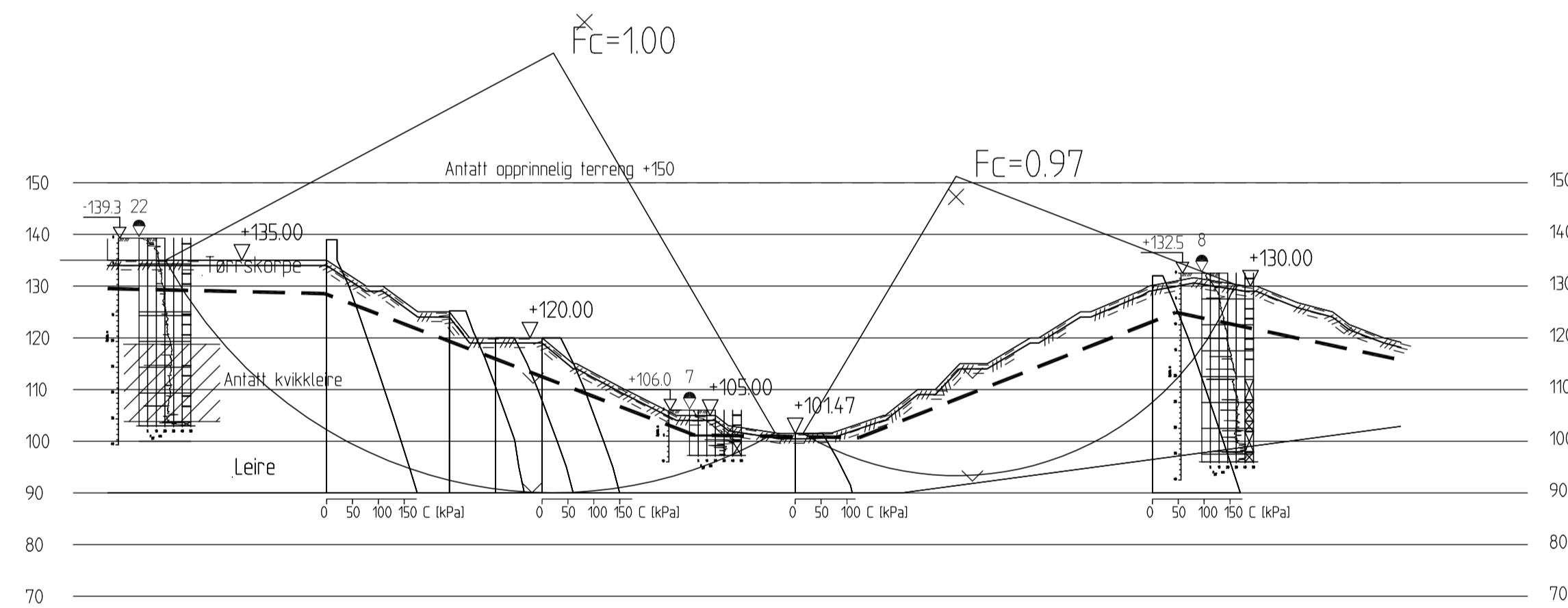
Boring type (symbol)      terrengkote  
 Børpunkt nr                      fjellkote

Boretyde i lasnasse • boring i fjell (m)

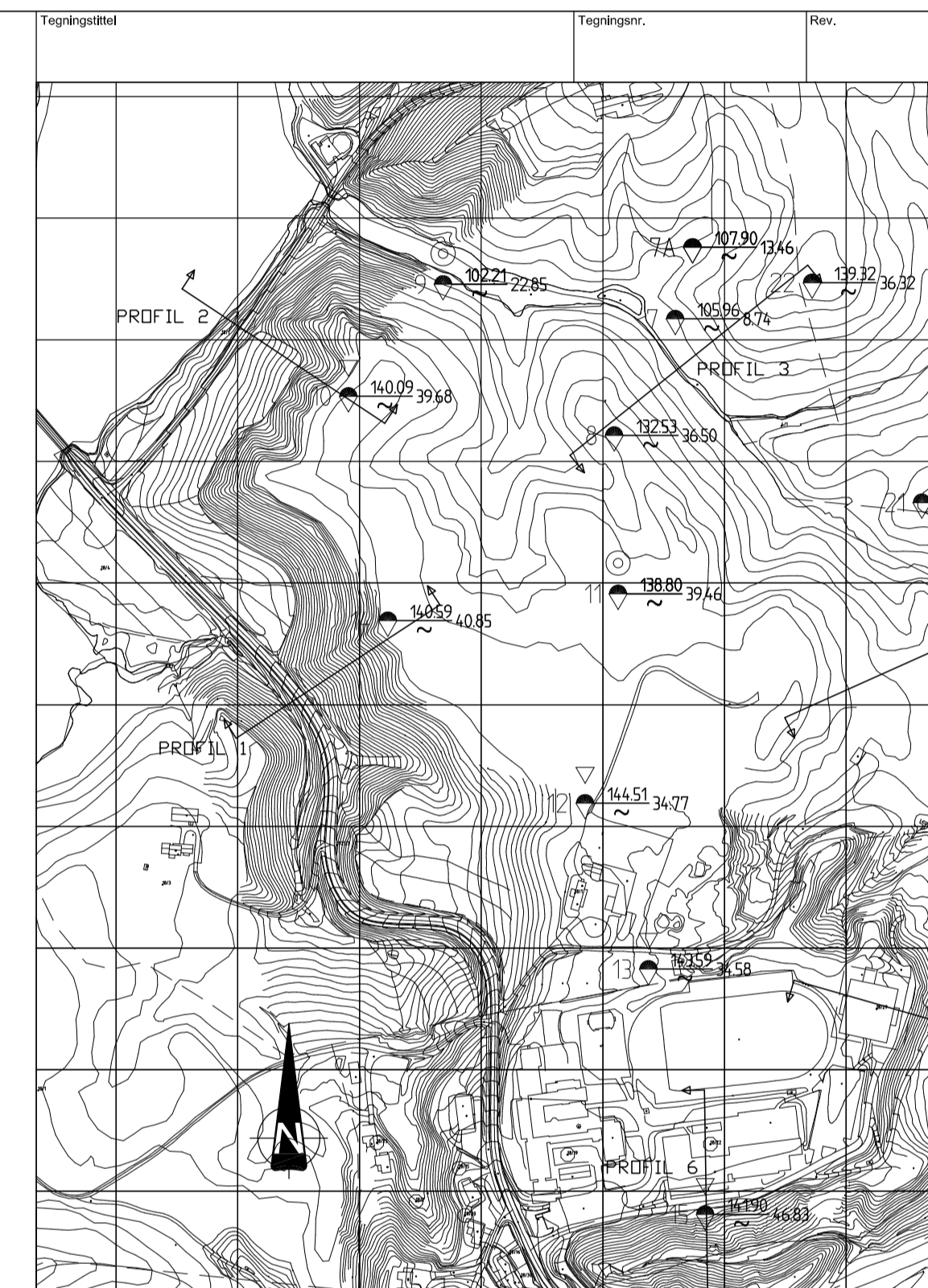
Tegningstittel	Tegningens	Rev.			
Rev.	Beskrivelse	DATO	TEGN	KONTR	GODKJ.
BYGGHERRE		STATUS			
KLÆBU KOMMUNE/NVE		Rapportfigur			
		ORIGINAL FORMAT			
		A3			
		TEGNINGENS FILNOMN			
RISIKO FOR KVIKLEIRESKRED, KLÆBU KOMMUNE		MALESTOKK			
SONE 1100 LITLUGLA		1:1000			
PROFIL 2		15000			
STABILITETSANALYSE FOR NÅVERENDE TERRENG					
		DATO	KONTST./TEGNET	KONTROLLERT	GODKJENT
		21.01.2007			
		OPPDRAGSNR.	TEGNINGSNR.	REV.	
		6060972A	104		



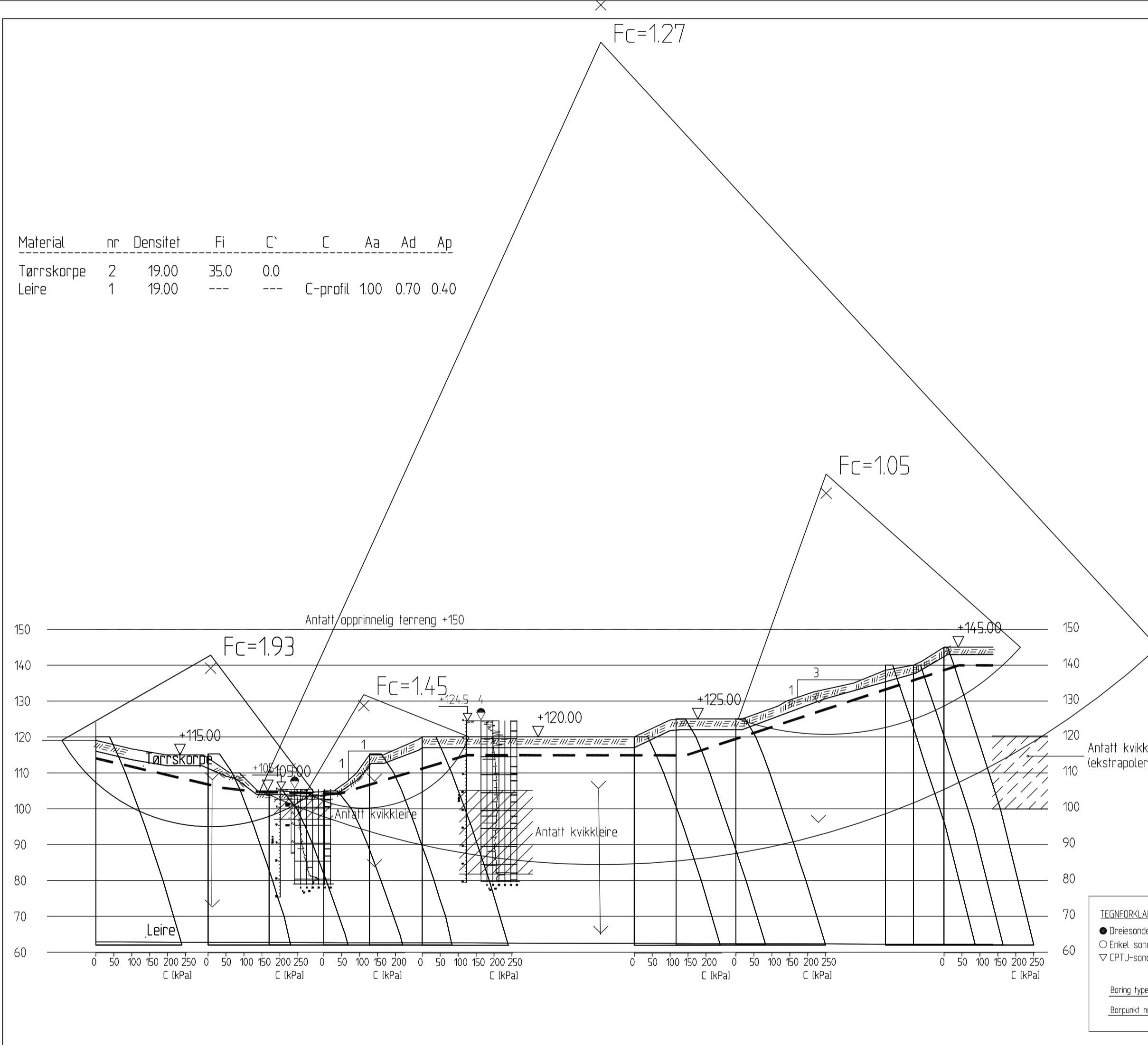
Material	nr	Densitet	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Tørnsskorpe	2	19.00	35.0	0.0				
Leire	1	19.00	---	---	C-profil	1.00	0.70	0.40



TEGNEFORKLARING			
● Diresonering	⊛ Fjellkontrollboring	⊙ Praveserie	⊙ Poretrykksmåling
○ Enkel sondering	⊛ Direskrykksondering	□ Pravegrav	AA Fjell i dagen
▽ CPTU-sondering	⊙ Totalsondering	+ Vingeboering	
Boring type (symbol)			
Borpunkt nr	Terrangskode	Boringsdybde	læsshasse • boring i fjell (m)
	Fjellskote		



Rev.	Beskrivelse	DATO	TEGN	KONTR	GODKJ.
	BYGGERE KLÆBU KOMMUNE/NVE	STATUS Rapportfigur			
		ORIGINAL FORMAT A3			
		TEGNINGENS FILNOMN			
	RISIKO FOR KVIKKLEIRESKRED, KLÆBU KOMMUNE SONE 1100 LITLUGLA PROFIL 3 STABILITETSANALYSE FOR NÅVERENDE TERRENG	MALESTØKK 1:1000 1:5000			
	<b>RAMBOLL</b>	DATO 31/03/2007 OPPDRAGSNR. 6060972A	KONTST./TEGNET TEGNINGSNR. 105	KONTROLLERT	GODKJENT REV.



**TEGNEFORKLARING**

- Diresondring
- Enkel sondring
- ▽ CPTU-sondering
- ⊙ Fjellkontrollboring
- ⊙ Direstrykksondring
- ⊙ Totalsondring
- ⊙ Praveserie
- Pravegrøp
- + Vingeboring
- ⊙ Poretrykksmåling
- AA Fjell i dagen

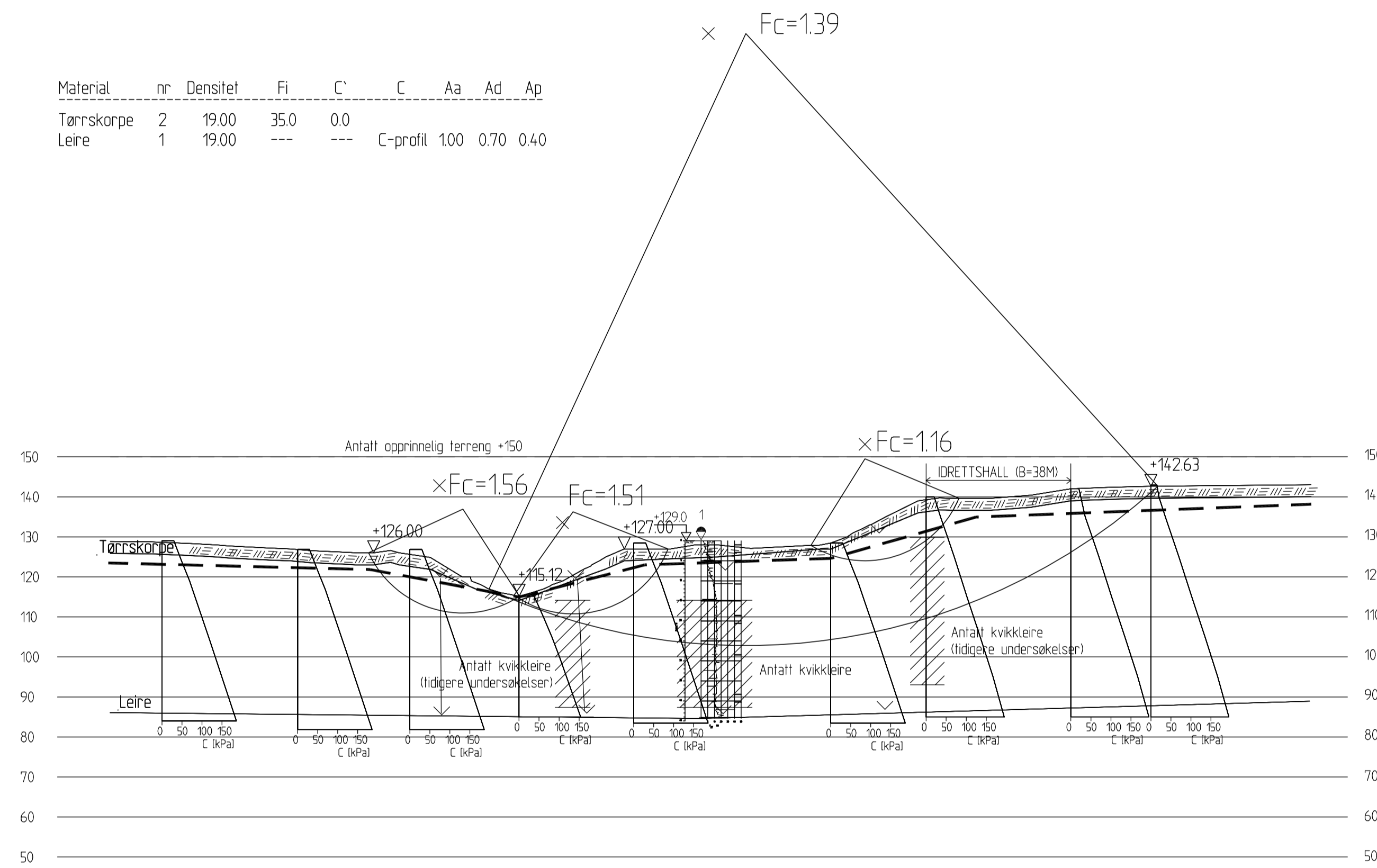
Boring type (symbol)    Berøringspunkt nr

Terrengkote    Fjellkote

Boretykkelse i løshasse • boring i fjell (m)

Tegningstittel	Tegningens	Rev.			
Rev.	Beskrivelse	DATE	TEGN	KONTR.	GODKJ.
	BYGGHERRE				STATUS
	KLÆBU KOMMUNE/NVE				Rapportfigur
					ORIGINAL FORMAT
					A3
					TEGNINGENS FILNOMN
	RISIKO FOR KVIKKLEIRESKRED, KLÆBU KOMMUNE	MALESTOKK			
	SONE 1100 LITLUGLA	1:1000			
	PROFIL 4	1:5000			
	STABILITETSANALYSE FOR NÅVERENDE TERRENG				
	<b>RAMBOLL</b>	DATE	KONTST./TEGNET	KONTROLLERT	GODKJENT
		21/01/2007			
		OPPDRAGSNR.	TEGNINGSNR.		REV.
		6060972A	106		

Material	nr	Densitet	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Tørskorpe	2	19.00	35.0	0.0				
Leire	1	19.00	---	---	C-profil	100	0.70	0.40



**TEGNEFORKLARING**

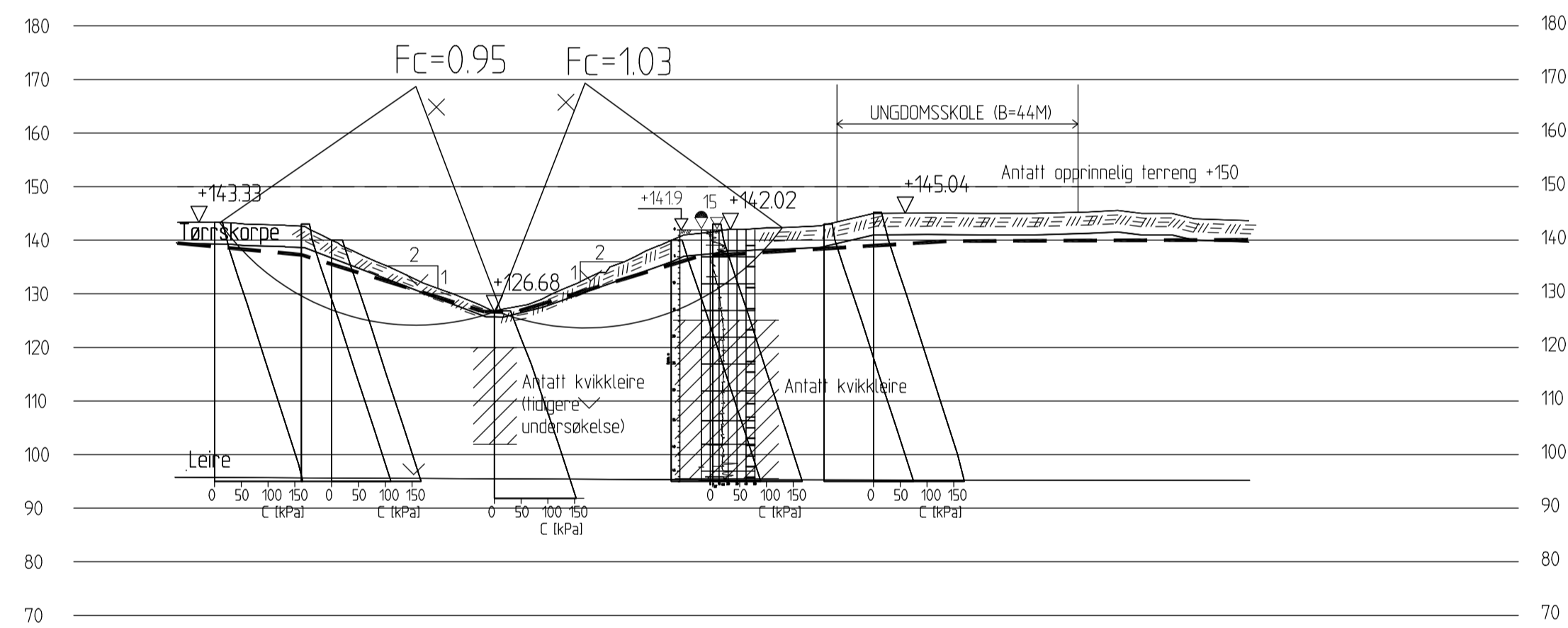
● Diresondring	⊙ Fjellkontrollboring	⊙ Prøveserie	⊙ Prøvefyksmåling
○ Enkel sondring	⊙ Direstrykksondring	□ Prøvegrop	AA Fjell i dagen
▽ CPTU-sondering	⊙ Totalsondring	+ Vingeboring	

○ Boring type (symbol)	— Terrassekote	— Boretydte i	— Iesskisse	• boring i fjell (m)
○ Borepunkt nr	— Fjellskote			

Tegningstittel		Tegningsnr.	Rev.
RISIKO FOR KVIKKLEIRESKRED, KLÆBU KOMMUNE			
SONE 1100 LITLUGLA			
PROFIL 5			
STABILITETSANALYSE FOR NÅVERENDE TERRENG			
Rev.	Beskrivelse	DATO	TEGN KONTR. GODKJ.
	BYGGERE KLÆBU KOMMUNE/NVE	STATUS Rapportfigur	
		ORIGINAL FORMAT A3	
		TEGNINGENS FILNOMN	
		MALESTOKK 1:1000 15000	
		RAMBOLL	
		DATO 31/03/2007	KONTST./TEGNET
		OPPDRAGSNR. 6060972A	TEGningsnr. 107
			KONTROLLERT
			GODKJENT
			REV.

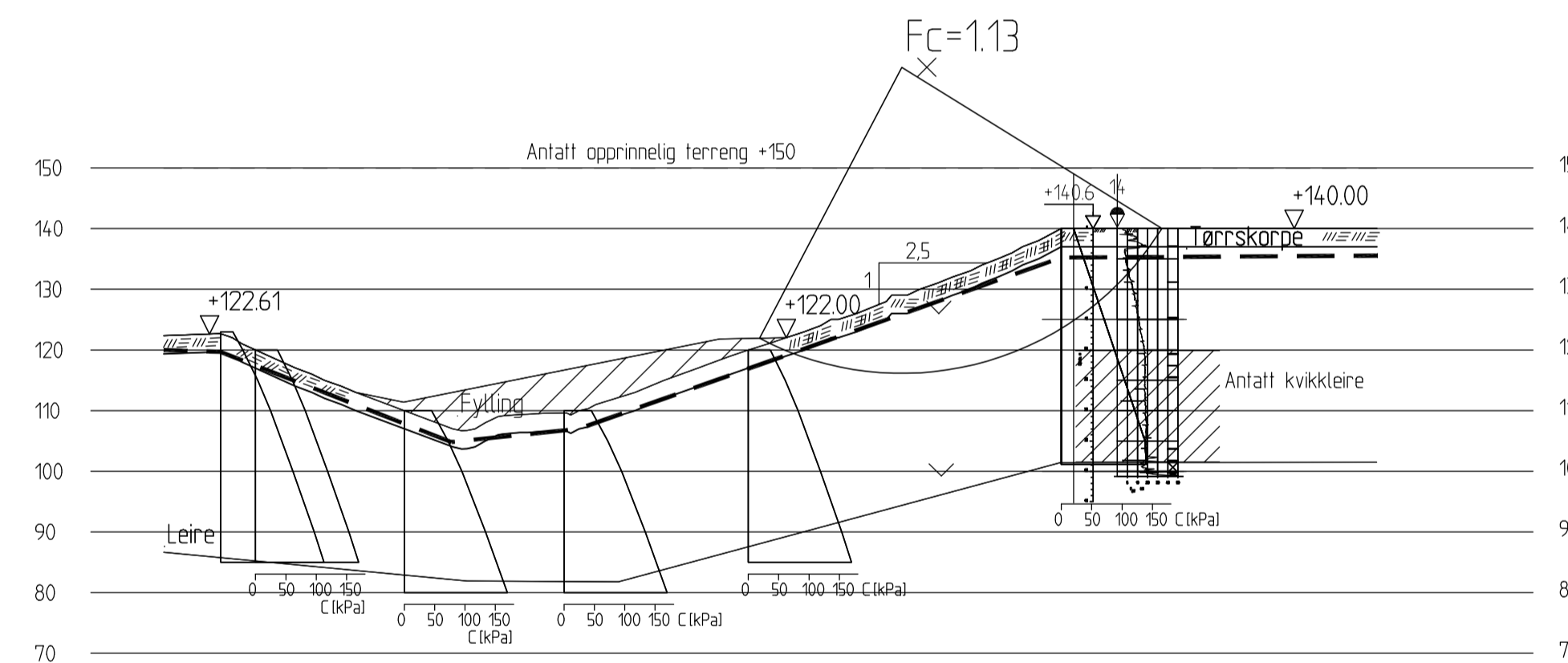
Material	nr	Densitet	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Tørrskorpe	2	19.00	35.0	0.0				
Leire	1	19.00	---	---	C-profil	100	0.70	0.40



TEGNEFORKLARING			
● Diresondring	⊙ Fjellkontrollboring	⊙ Praveserie	⊙ Poretrykksmåling
○ Enkel sondring	⊙ Direstrykksondring	□ Pravegrøp	AA Fjell i dagen
▽ CPTU-sondring	⊙ Totalsondring	+ Vingeboring	
Boring type (symbol)			
↳ Berpunkt nr	↳ terrengkote	↳ Boretyde i	↳ lassetase
	↳ Fjellkote		↳ boring i fjell (m)

Tegningstittel		Tegningsnr.	Rev.
Klæbu Kommune/NVE			
Rev.	Beskrivelse	DATO	TEGN KONTR. GODKJ.
	BYGGERE	STATUS	Reporttittel
	KLÆBU KOMMUNE/NVE	ORIGINAL FORMAT	A3
		TEGNINGENS FILNOMN	
	RISIKO FOR KVIKKLEIRESKRED, KLÆBU KOMMUNE	MALESTOKK	
	SONE 1100 LITLUGLA	1:1000	
	PROFIL 6	1:5000	
	STABILITETSANALYSE FOR NÅVERENDE TERRENG		
	<b>RAMBOLL</b>	DATO	KONTST./TEGNET
		21.03.2007	
		OPPDRAGSNR.	TEGNINGSNR.
		6060972A	108
		KONTROLLERT	GODKJENT
			REV.

Material	nr	Densitet	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Fylling	3	17.00	28.0	0.0				
Tørrskorpe	2	19.00	35.0	0.0				
Leire	1	19.00	---	---	C-profil	100	0.70	0.40



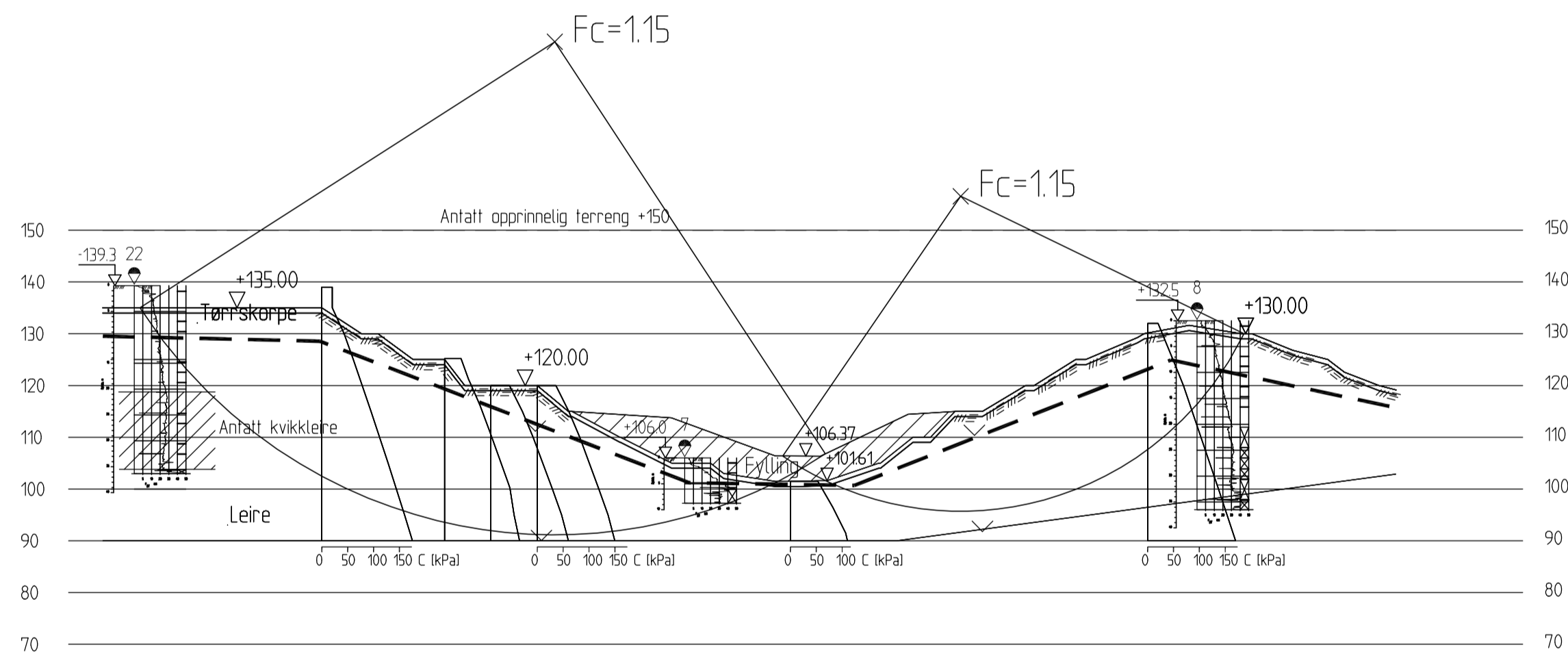
**TEGNEFORKLARING**

● Dreesondring	⊛ Fjellkontrollboring	⊙ Praveserie	⊙ Poretrykksmåling
○ Enkel sondring	⊙ Dreetrykksondring	□ Pravegrøp	AA Fjell i dagen
▽ CPTU-sondering	⊙ Totalsondring	+ Vingeboring	

Boring type (symbol)    terrengkote  
 Bopunkt nr    fjellkote    Boretyde i løshasse • boring i fjell (m)

Tegningstittel	Tegningssiv.	Rev.			
Rev.	Beskrivelse	DATO	TEGN	KONTR	GODKJ.
BYGGERE		STATUS			
KLÆBU KOMMUNE/NVE		Rapportfigur			
		ORIGINAL FORMAT			
		A3			
		TEGNINGENS FILNOMN			
RISIKO FOR KVIKKLEIRESKRED, KLÆBU KOMMUNE		MALESTØKK			
SONE 1100 LITLUGLA		1:1000			
PROFIL 1		15000			
STABILITETSANALYSE FOR VIST TILTAK					
		DATO	KONTST./TEGNET	KONTROLLERT	GODKJENT
		21.01.2007			
		OPPDRAGSNR.	TEGNINGSNR.	REV.	
		6060972A	109		

Material	nr	Densitet	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
Fylling	3	17.00	28.0	0.0				
Tørnskorpe	2	19.00	35.0	0.0				
Leire	1	19.00	---	---	C-profil	100	0.70	0.40



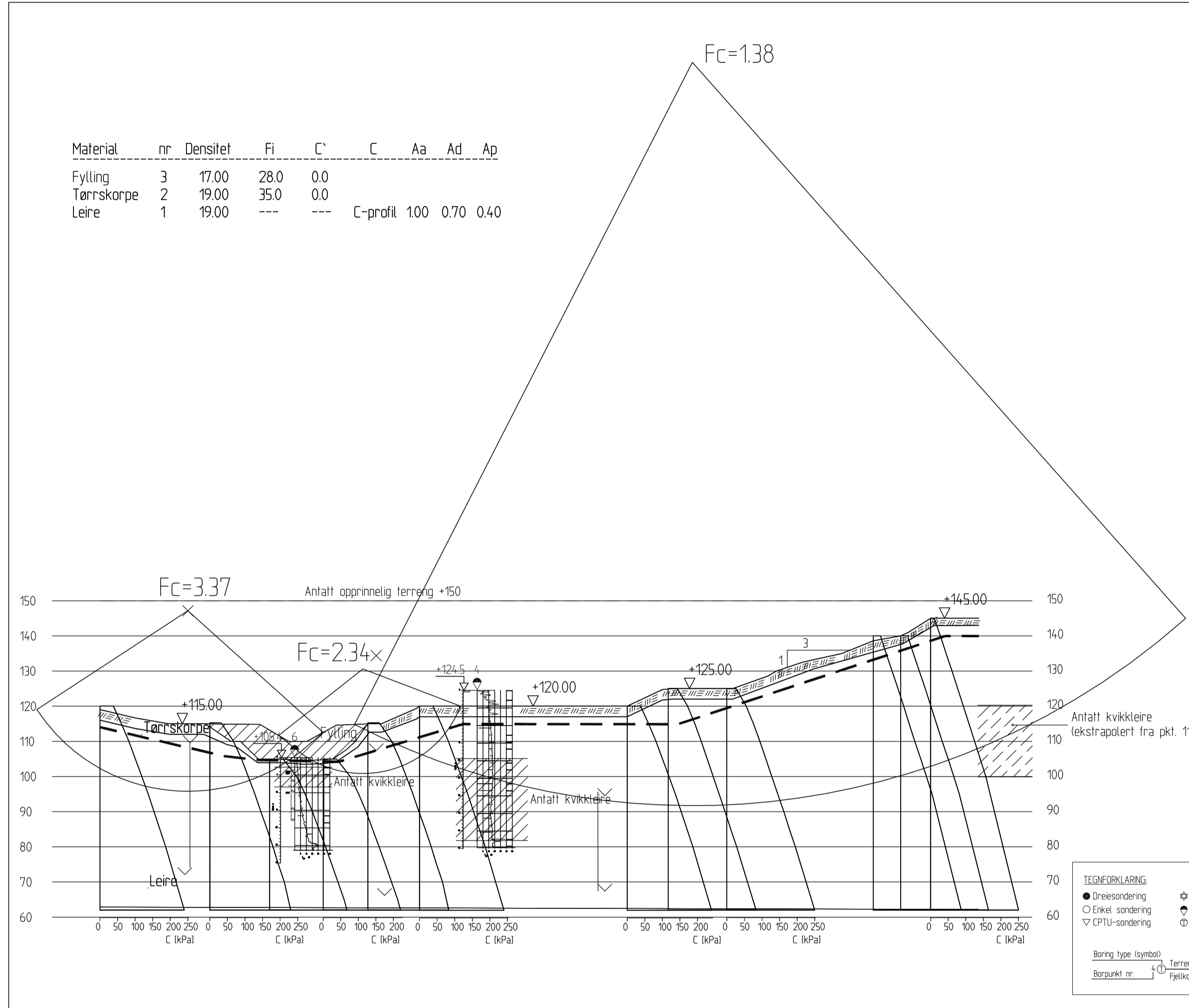
**TEGNEFORKLARING**

● Dreiesondring	⊛ Fjellkontrollboring	⊙ Prøveserie	⊙ Poretrykksmåling
○ Enkel sondring	⊛ Dreietrykksondring	□ Prøvegrop	AA Fjell i dagen
▽ CPTU-sondring	⊕ Totalsondring	+ Vingeboring	

Boring type (symbol)      terrenglinje  
 Børepunkt nr      fjellskote      Boretyde i lasshase • boring i fjell (m)

Tegningstittel	Tegningens	Rev.			
Rev.	Beskrivelse	DATO	TEGN	KONTR	GODKJ.
BYGGERE		STATUS			
KLÆBU KOMMUNE/NVE		Rapportfigur			
		ORIGINAL FORMAT			
		A3			
		TEGNINGENS FILNOMN			
RISIKO FOR KVIKKLEIRESKRED, KLÆBU KOMMUNE		MALESTOKK			
SONE 1100 LITLUGLA		1:1000			
PROFIL 3		15000			
STABILITETSANALYSE FOR VIST TILTAK					
		DATO	KONTST./TEGNET	KONTROLLERT	GODKJENT
		31.03.2007			
		OPPDRAGSNR.	TEGNINGSNR.		REV.
		6060972A	110		

Material	nr	Densitet	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Fylling	3	17.00	28.0	0.0				
Tørrskorpe	2	19.00	35.0	0.0				
Leire	1	19.00	---	---	C-profil 100	0.70	0.40	



**TEGNEFORKLARING**

- Diresondring
- Enkel sondring
- ▽ CPTU-sondering
- ⊙ Fjellkontrollboring
- ⊙ Direstrykksondring
- ⊙ Totalsondring
- ⊙ Praveserie
- Pravegrøp
- + Vingeboring
- ⊙ Poretrykksmåling
- AA Fjell i dagen

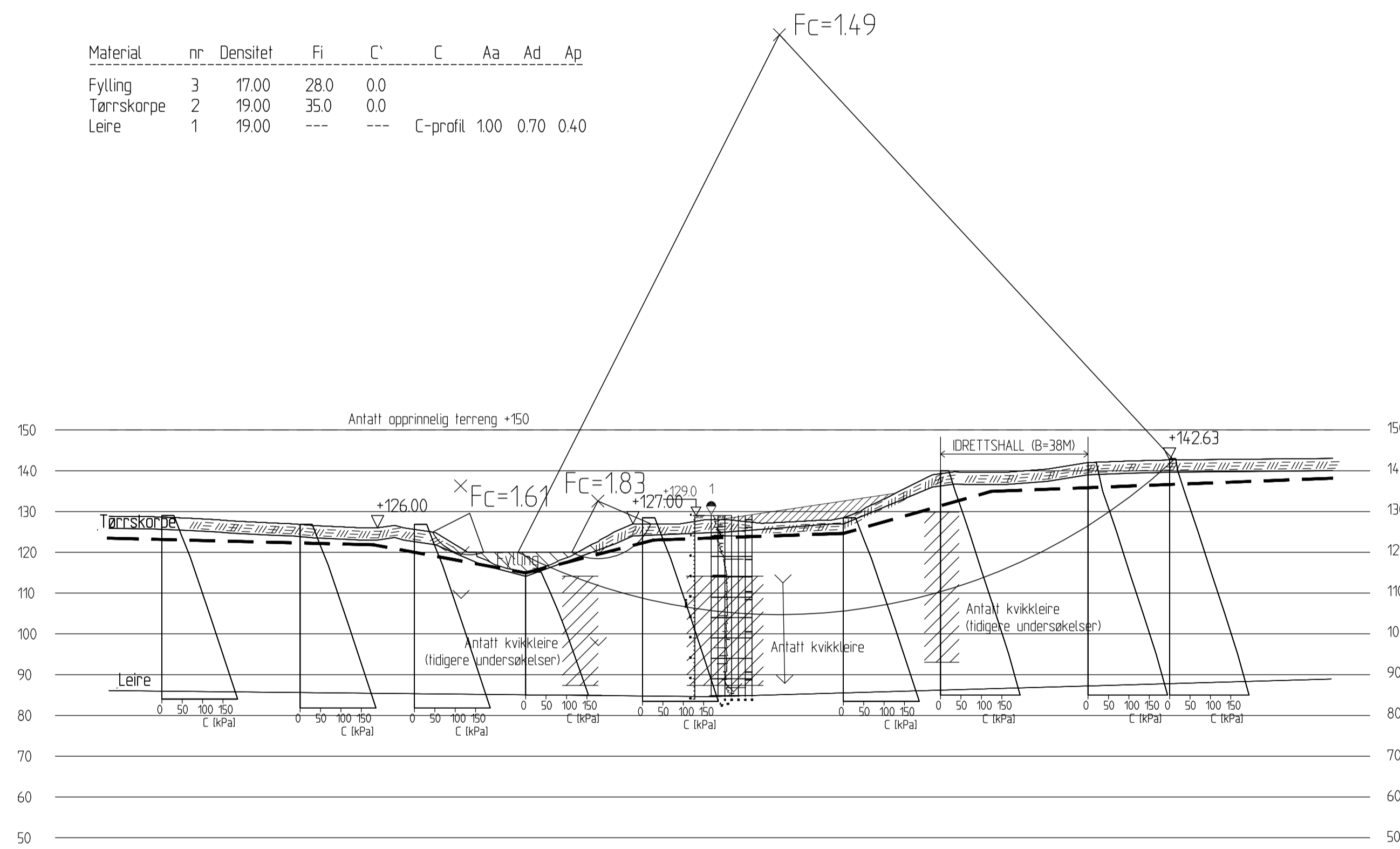
Boring type (symbol)  
 Borpunkt nr →

Terrekkode  
 Fjellkode

Boretyde i lesnasse • boring i fjell inn

Tegningstittel	Tegningsnr.	Rev.			
Rev.	Beskrivelse	DATO	TEGN	KONTR	GODKJ.
BYGGHERRE		STATUS			
KLEBU KOMMUNE/NVE		Rapportfigur			
		ORIGINAL FORMAT			
		A3			
		TEGNINGENS FILNOMN			
RISIKO FOR KVIKKLEIRESKRED, KLEBU KOMMUNE		MALESTOKK			
SONE 1100 LITLUGLA		1:1000			
PROFIL 4		1:5000			
STABILITETSANALYSE FOR VIST TILTAK					
<b>RAMBOLL</b>		DATO	KONTST./TEGNET	KONTROLLERT	GODKJENT
		21.03.2007			
		OPPDRAGSNR.	TEGNINGSNR.		REV.
		6060972A	111		

Material	nr	Densitet	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
Fylling	3	17.00	28.0	0.0				
Tørrskorpe	2	19.00	35.0	0.0				
Leire	1	19.00	---	---	C-profil	1.00	0.70	0.40

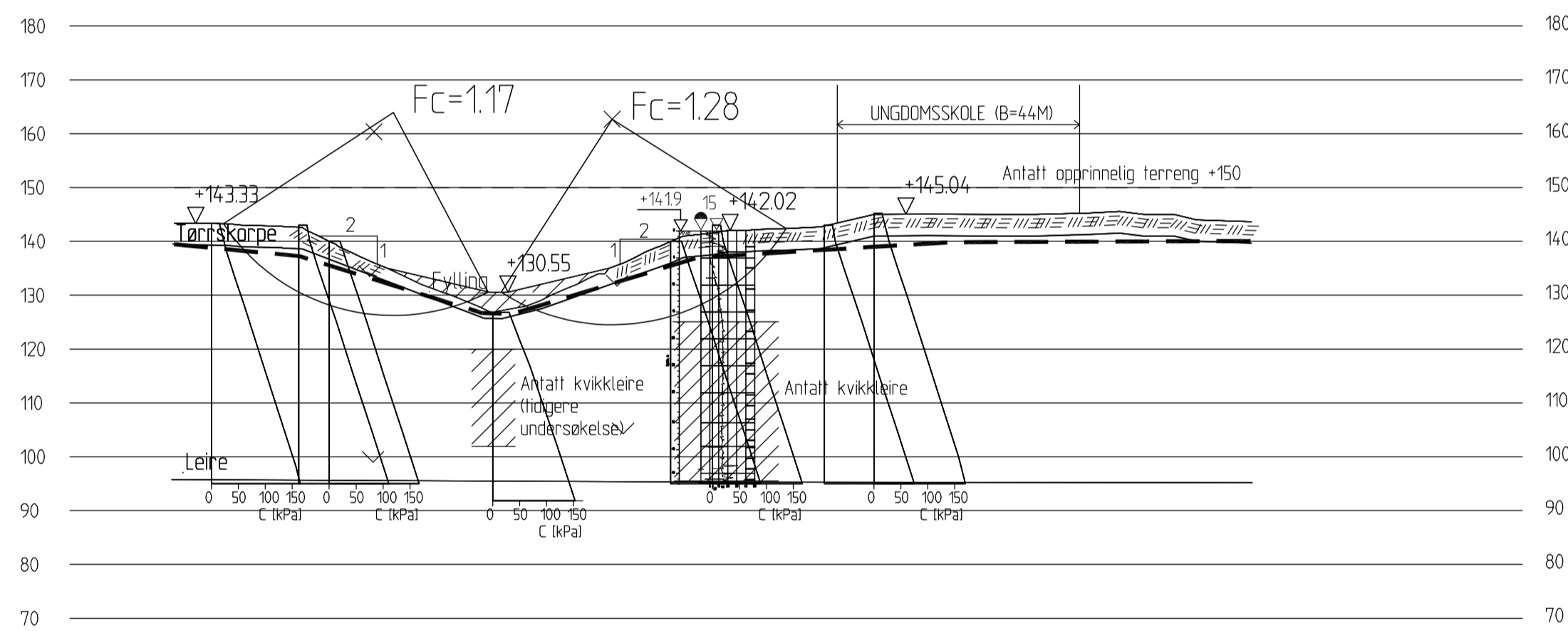


TEGNEFORKLARING			
● Dreiesondring	⊛ Fjellkontrollboring	⊙ Praveserie	⊙ Poretrykksmåling
○ Enkel sondring	⊙ Dreetrykksondring	□ Pravegrøp	AA Fjell i dagen
▽ CPTU-sondering	⊙ Totalsondring	+	Vingeboring
Boring type (symbol)			
Borpunkt nr	Terrengkote	Boretype	Isenasse • boring i fjell (m)
	Fjellkote		

Tegningstittel		Tegningsnr.		Rev.
Rev.	Beskrivelse	DATO	TEGN	KONTR. GODKJ.
	BYGGERE	STATUS	Rapportfigur	
	KLÆBU KOMMUNE/NVE	ORIGINAL FORMAT	A3	
		TEGNINGENS FILNOMN		
	RISIKO FOR KVIKKLEIRESKRED, KLÆBU KOMMUNE	MALESTOKK		
	SONE 1100 LITLUGLA	1:1000		
	PROFIL 5	1:5000		
	STABILITETSANALYSE FOR VIST TILTAK			
	<b>RAMBOLL</b>	DATO	KONTST./TEGNET	KONTROLLERT
		21.01.2007		GODKJENT
		OPPDRAGSNR.	TEGNINGSNR.	REV.
		6060972A	112	



Material	nr	Densitet	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
Fylling	3	17.00	28.0	0.0				
Tørskorpe	2	19.00	35.0	0.0				
Leire	1	19.00	---	---	C-profil	1.00	0.70	0.40




**TEGNEFORKLARING**

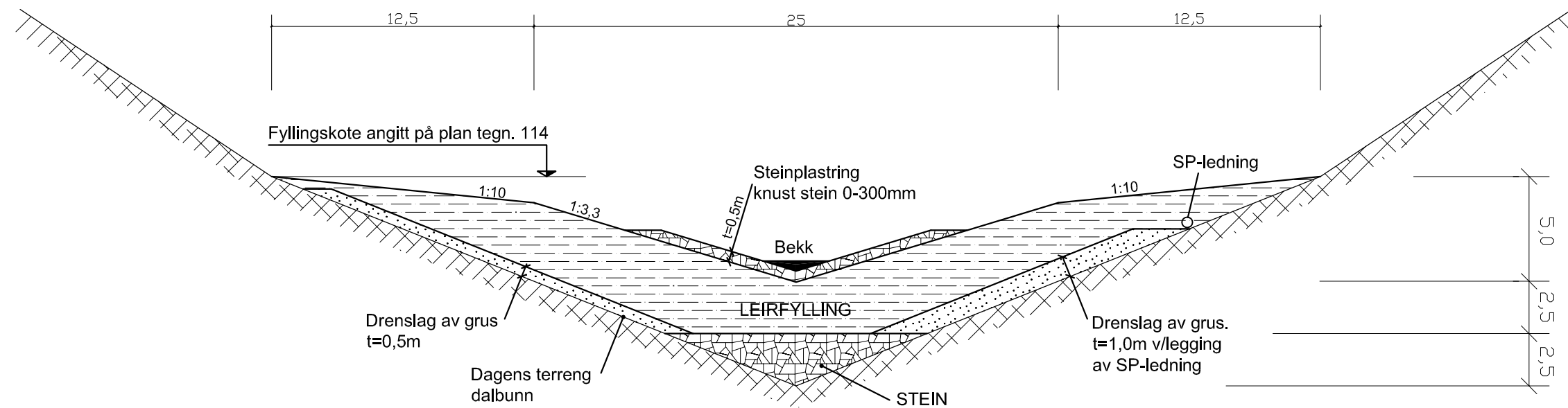
● Diresondring	⊙ Fjellkontrollboring	⊙ Praveserie	⊙ Poretrykksmåling
○ Enkel sondring	⊙ Direstrykksondring	□ Pravegrøp	AA Fjell i dagen
▽ CPTU-sondering	⊙ Totalsondring	+ Vingeboring	

Boring type (symbol)    Terrengkode  
 Borpunkt nr                    Fjellkode    Boringsdybde i løssmasser + boring i fjell (m)



Tegningstittel	Tegningsnr.	Rev.			
Rev.	Beskrivelse	DATO	TEGN	KONTR.	GODKJ.
	BYGGERNE KLÆBU KOMMUNE/NVE	STATUS Rapportfigur			
		ORIGINAL FORMAT A3			
		TEGNINGENS FILNOMN			
	RISIKO FOR KVIKKLEIRESKRED, KLÆBU KOMMUNE SONE 1100 LITLUGLA PROFIL 6 STABILITETSANALYSE FOR NÅVERENDE TERRENG	MALESTOKK 1:1000 15000			
	<b>RAMBOLL</b>	DATO 21.03.2007 OPPDRAGSNR. 6060972A	KONTST./TEGNET TEGningsnr. 113	KONTROLLERT	GODKJENT REV.

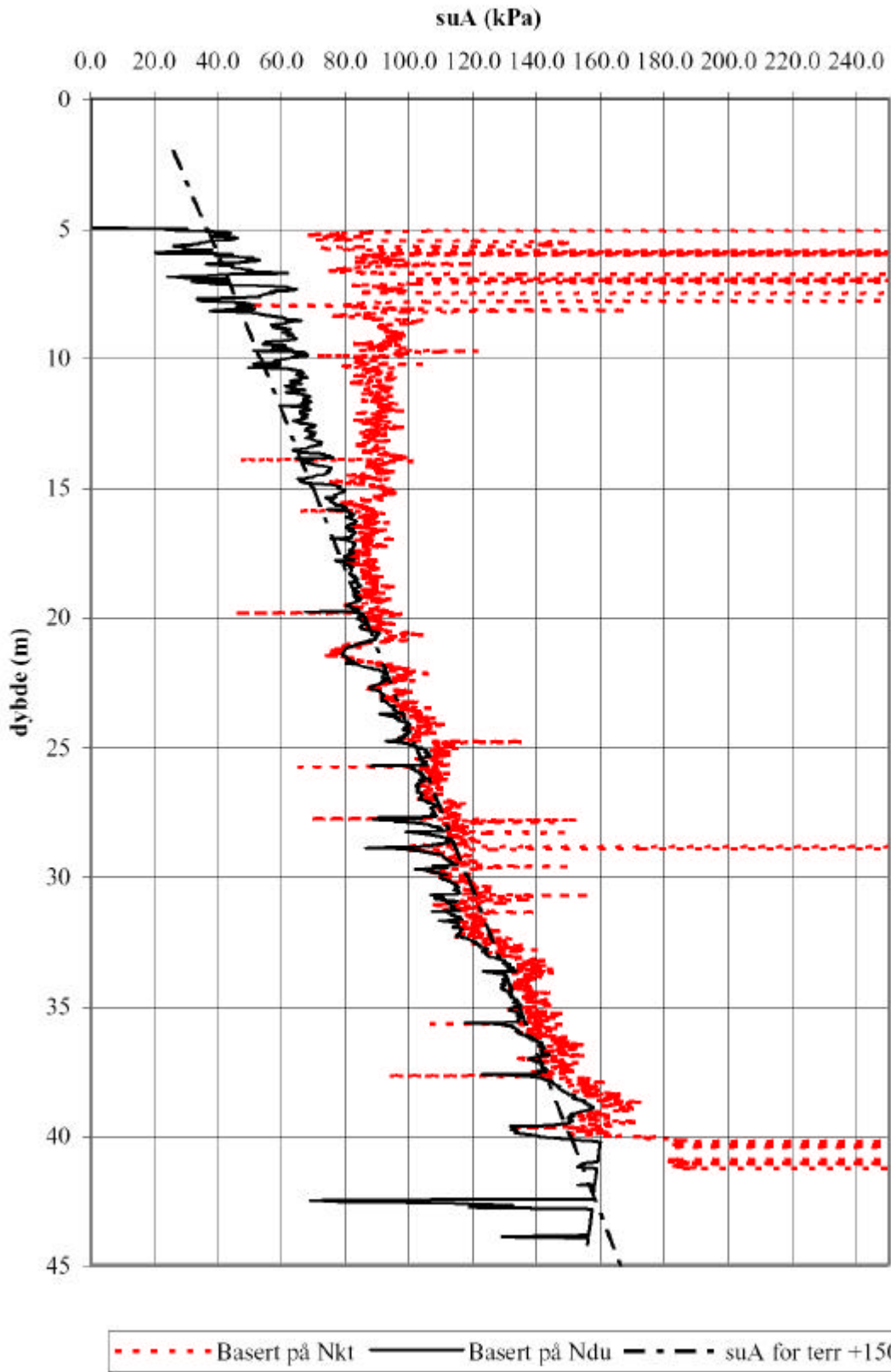


Rev.	Beskrivelse	DATE	TEGN	KONTR.	GODKJ.
BYGGERE	KLEBU KOMMUNE/NVE	STATUS			
GRANNFØRHOLD OG STABILITETSANALYSER, KLEBU KOMMUNE OVERSKT SONE 1100 LITLUGLA FORSLAG TIL SKRINSELTAK		ORIGINALE FORMAT H-A1 L-A2	TEGNINGENS FILMVERN		
RAMBOLL		MALESTOKK 12000			
DATE	KONST./TEGNETE ELE/ERN	KONTROLLERT ELE	GODKJENT REV.		
03.2007	606972A	1%			



Mål i meter.  
 NB! Dagens terreng varierer.  
 Fylling må tilpasses, basert på vist prinsipp.

Rev.	Beskrivelse	DATO	TEGN	KONTR.	GODKJ.
BYGGHERRE		STATUS			
KLÆBU KOMMUNE/NVE		ORIGINAL FORMAT A3			
		TEGNINGENS FILNAVN			
GRUNNFORHOLD OG STABILITETSANALYSER, KLÆBU KOMMUNE PRINSIPP SNITT - SIKRINGSTILTAK SONE 1100 LITLUGLA FYLLING I SUNNDALEN		MALESTOKK			
		1:250			
		DATO	KONTST./TEGNET:	KONTROLLERT	GODKJENT
		15.03.2007	ELE/Ehh	ELE	
		DPPDRAGSNR.	TEGNINGSNR.:	REV.	
		6060972A	115		



$N_{kt} = 10,5$   
Terrengkote : +

$N_{\Delta u} = 10$   
Grunnvannstand : +

**RAMBOLL**

Klæbu

Resultat fra CPT pkt 01

MALESTOKK

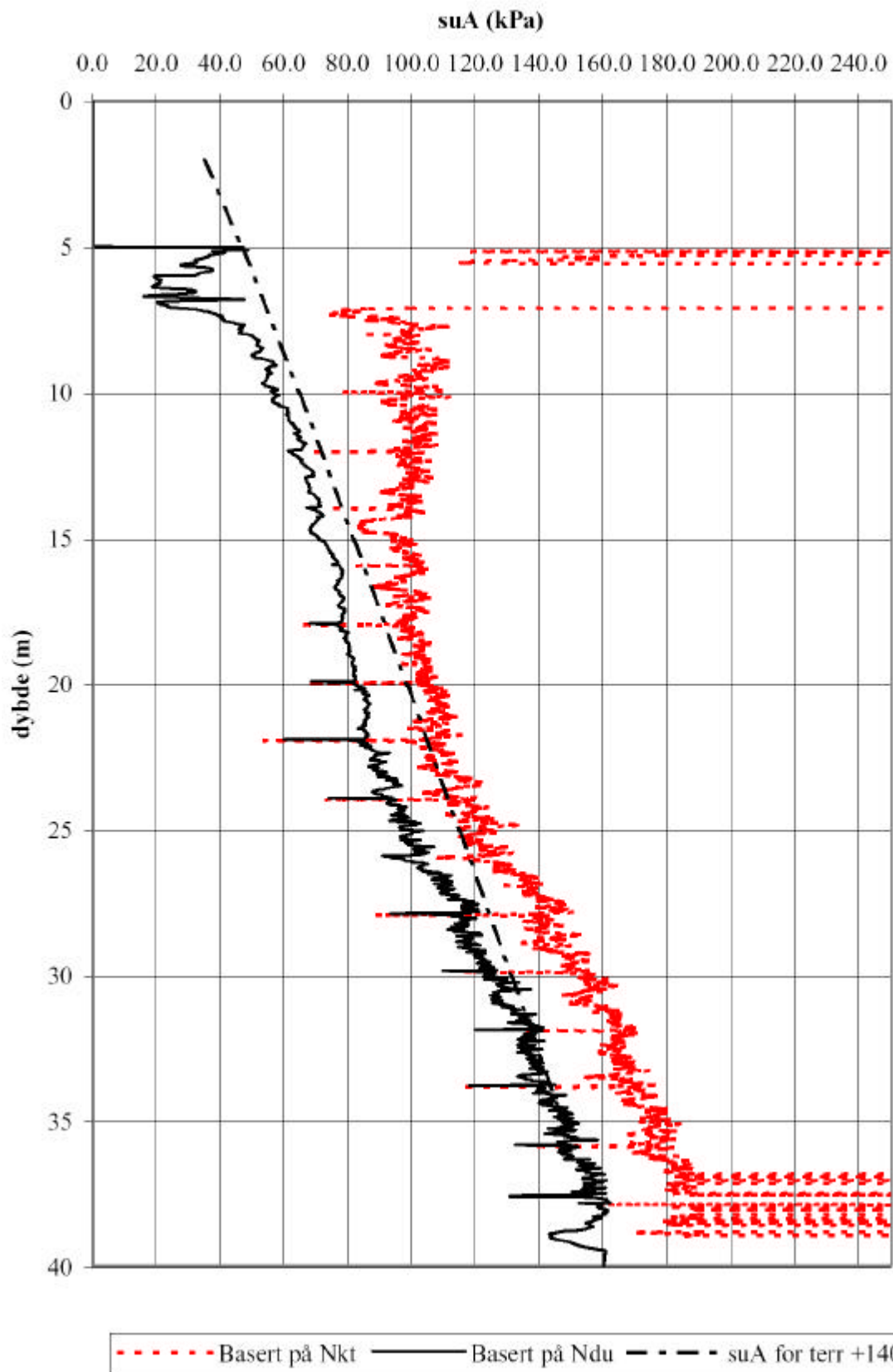
TEGNET

DATO  
08.01.07

OPPDRAG  
6060970

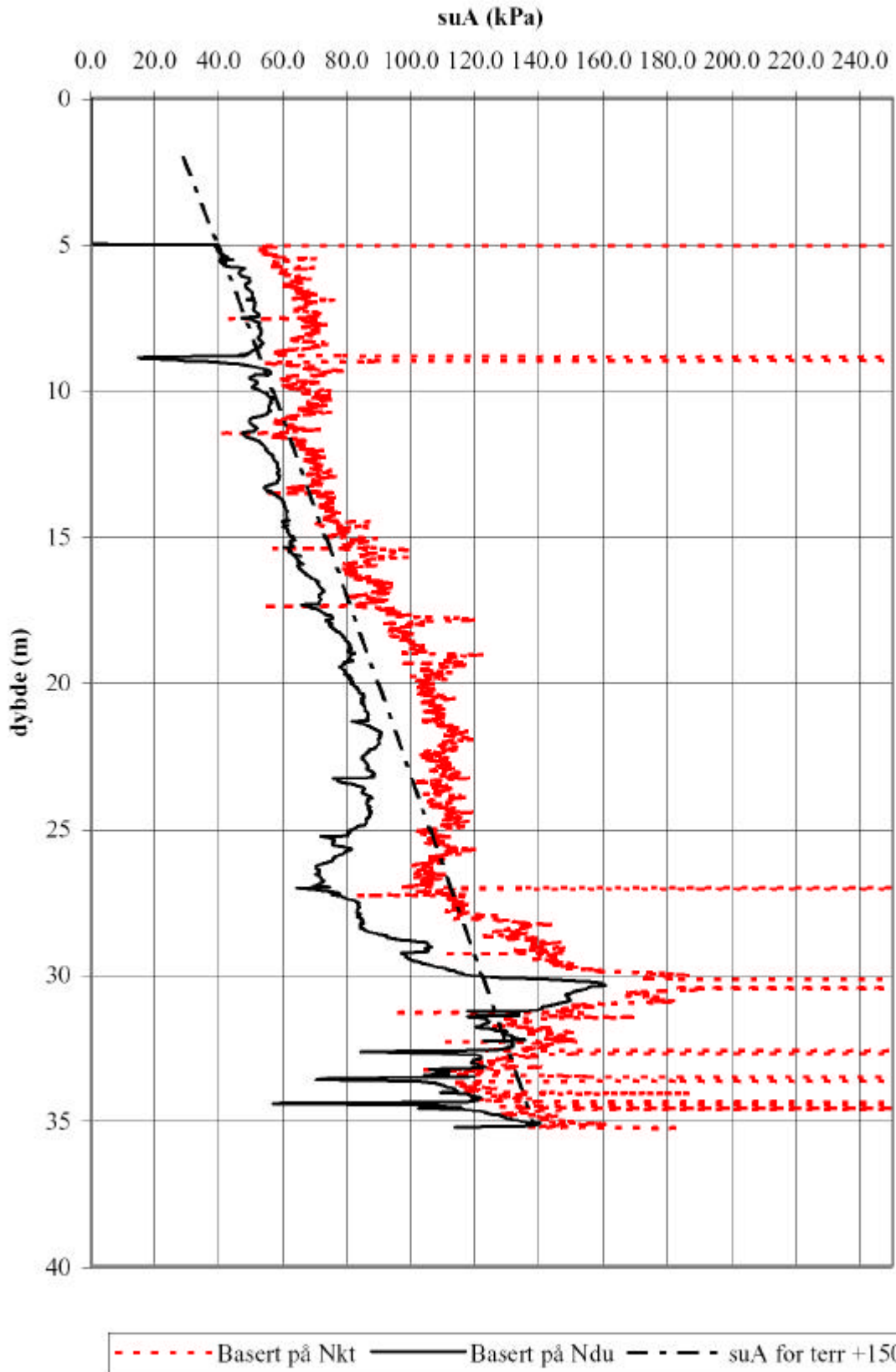
BILAG

TEGN.NR.



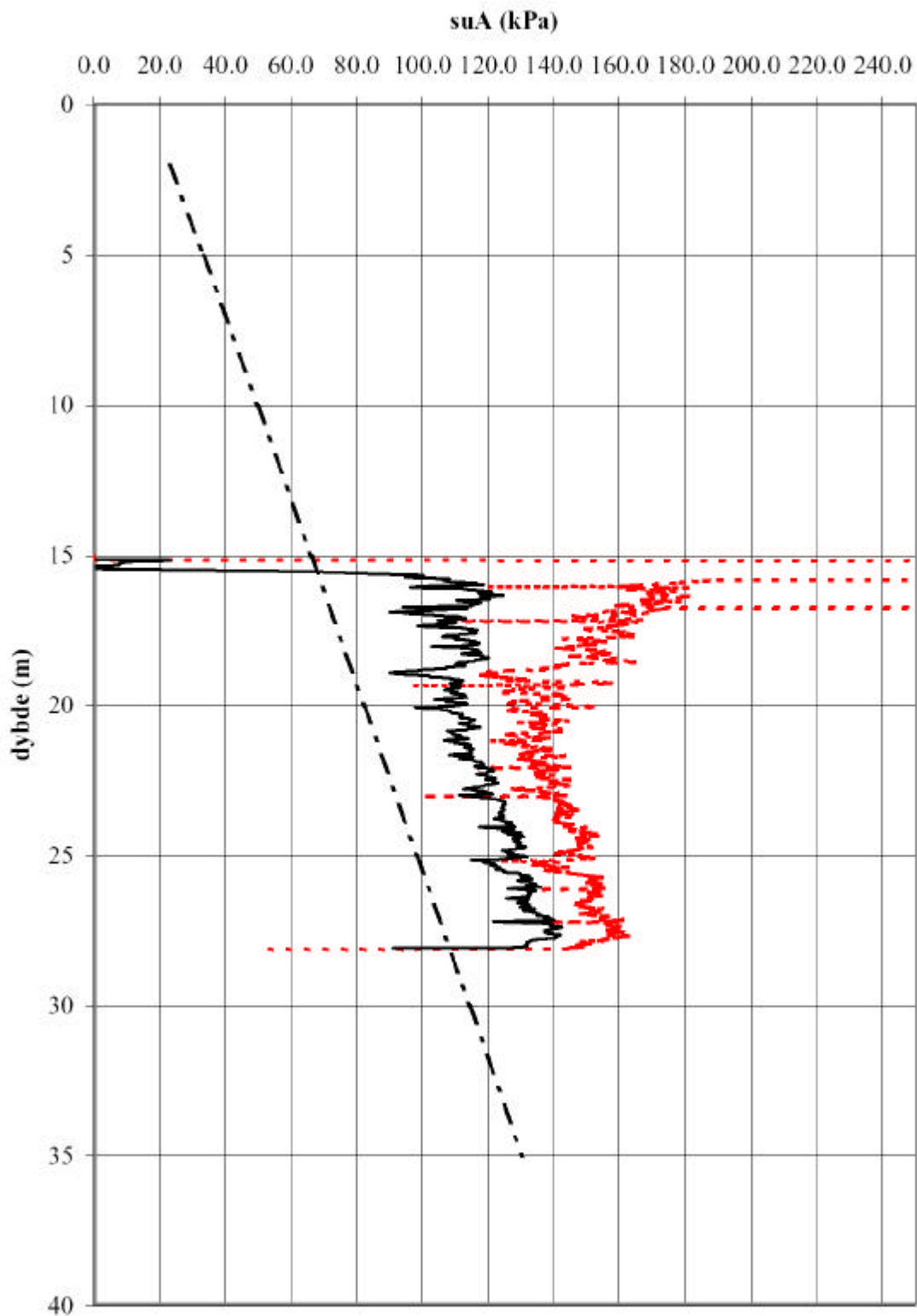
$N_{kt} = 10,5$        $N_{\Delta u} = 10$   
 Terrengekote : +      Grunnvannstand : +

		MALESTOKK	OPPDRAG 6060570
	Klæbu	TEGNET	BILAG
	Resultat fra CPT pkt 04	DATO 05.01.07	TEGN.NR.




$N_{kt} = 10,5$        $N_{\Delta u} = 10$   
 Terrengekote : +      Grunnvannstand : +

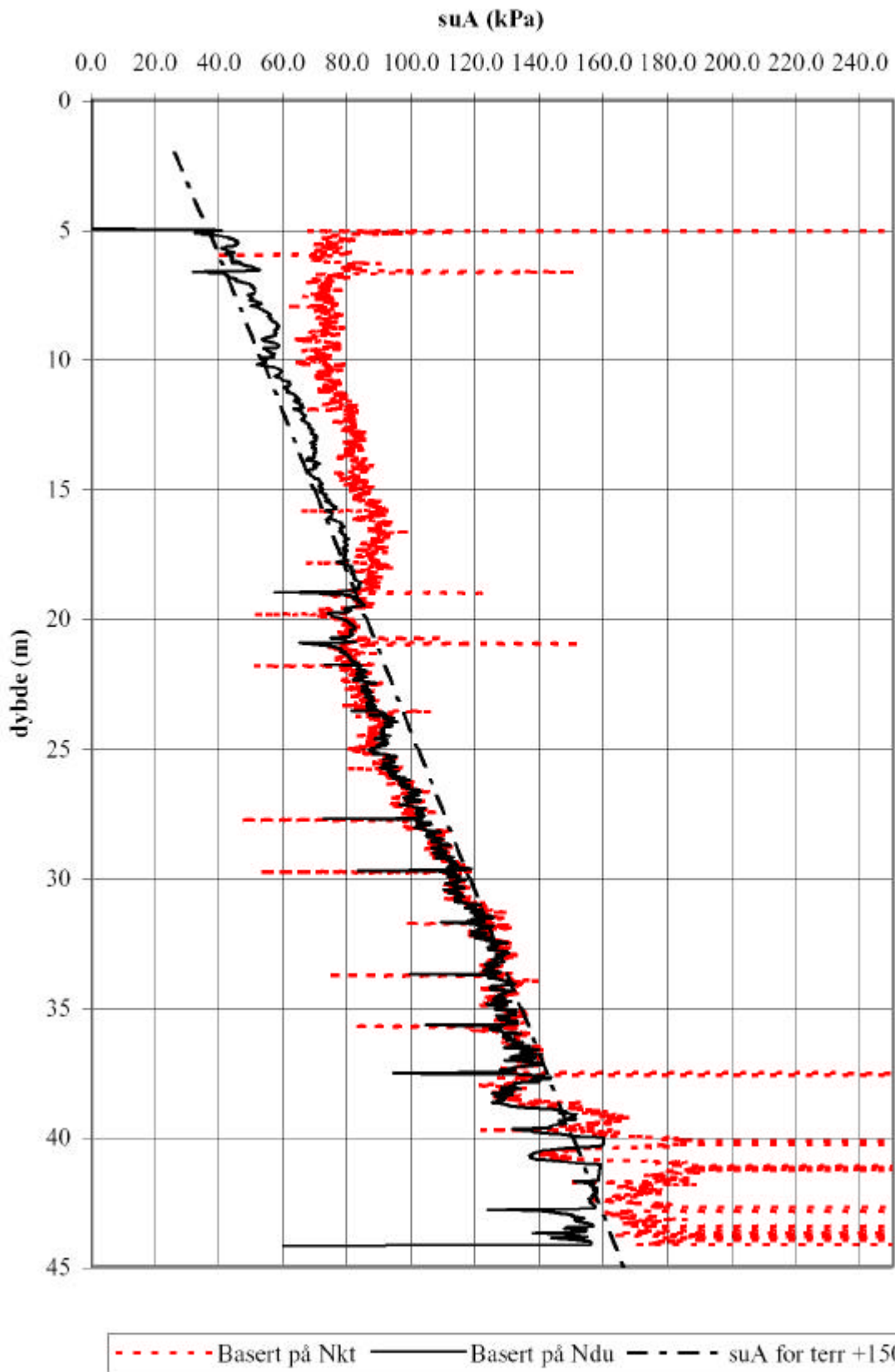
		MALESTOKK	OPPDRAG 6060570
	Klæbu	TEGNET	BILAG
	Resultat fra CPT pkt 10	DATO 05.01.07	TEGN.NR.



- - - Basert på Nkt   
  Basert på Ndu   
 - - - suA for terr +150

$N_{kt} = 10,5$        $N_{\Delta u} = 10$   
 Terrengekote : +      Grunnvannstand : +

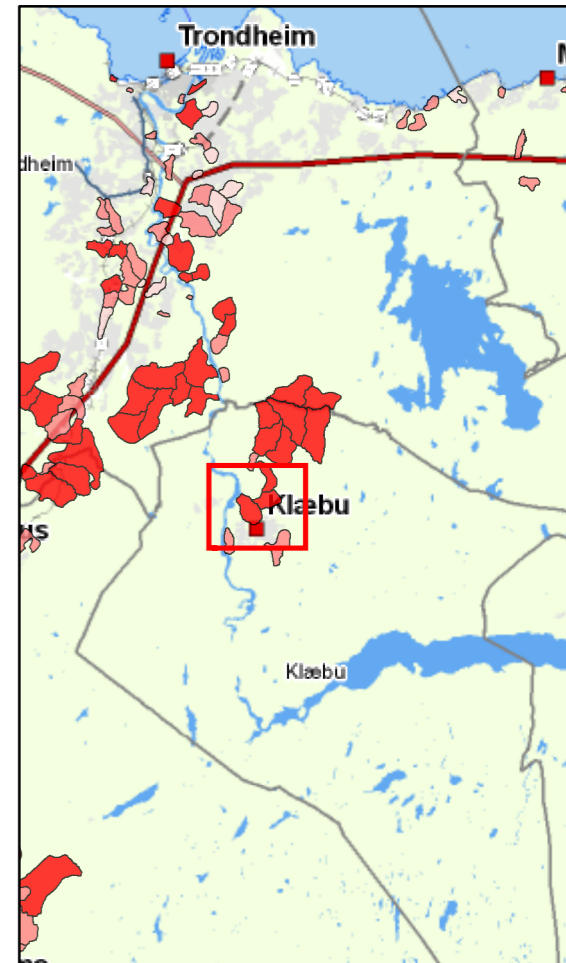
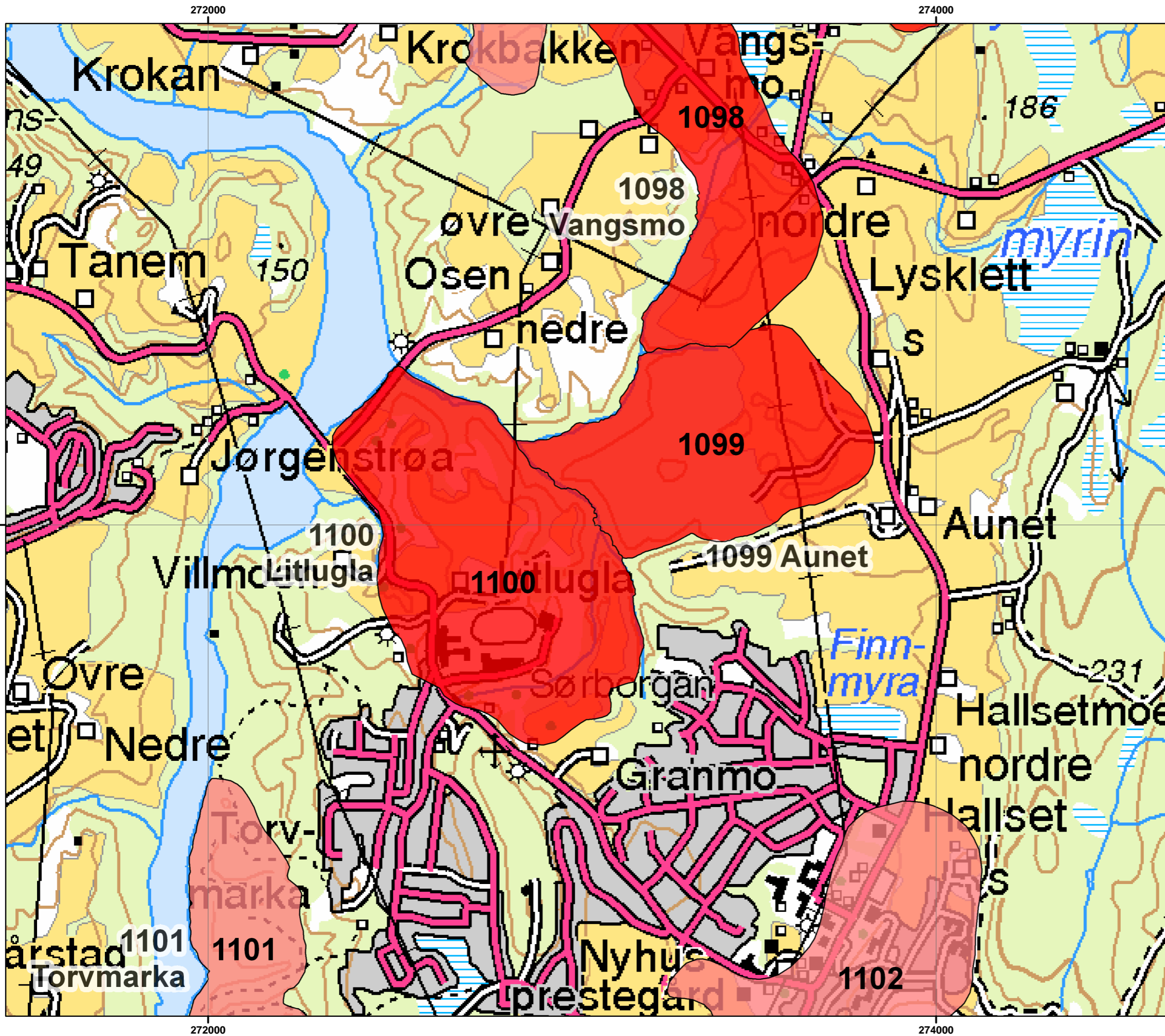
	Klæbu	MALESTOKK	OPPDRAG 6060970
	Resultat fra CPT pkt 13	TEGNET	BILAG
		DATO 08.01.07	TEGN.NR.



$N_{kt} = 10,5$      $N_{\Delta u} = 10$   
 Terrengekote : +    Grunnvannstand : +

		MALESTOKK	OPPDRAG 6060970
	Klæbu	TEGNET	BILAG
	Resultat fra CPT pkt 15	DATO 08.01.07	TEGN.NR.

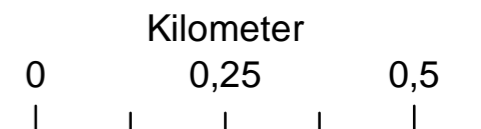




### Tegnforklaring

#### Faregradklasse

- Lav
- Middels
- Høy

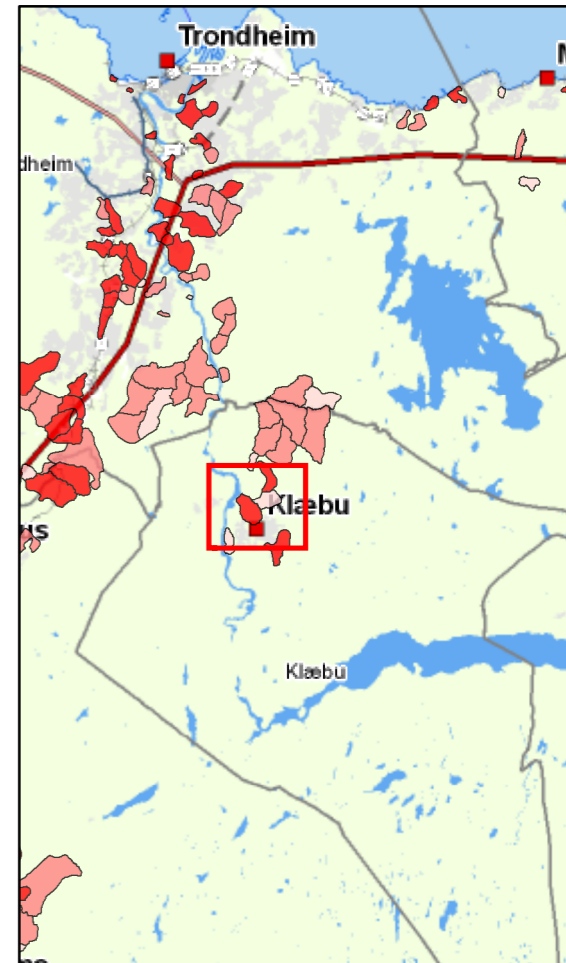
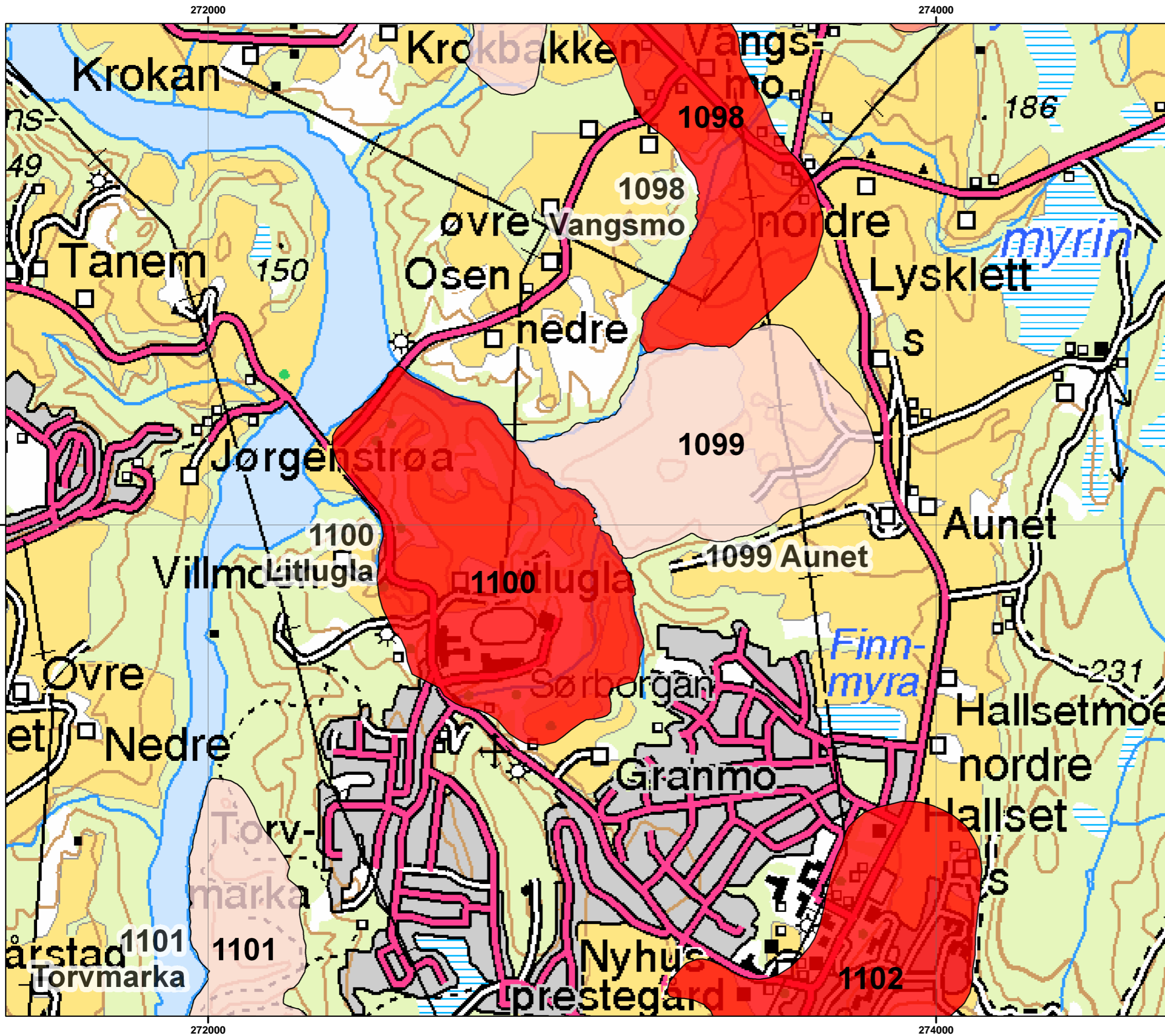


Kartgrunnlag: N5-raster ©GEOVEKST

Rev.	Endring: årsring	Uttent	Kontrollert	Godkjent	Dato

### NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT

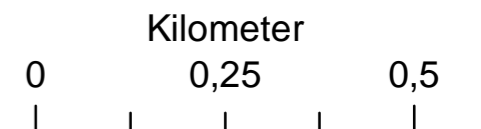
PROGRAM FOR ØKT SIKKERHET MOT LEIRSKRED	Oppdrag 6060972-1	Tegn. nr. 121
Faregradkart, Klæbu kommune Målestokk hovedkart 1 : 10 000 Målestokk oversiktskart 1 : 250 000	Uttent TrV	Dato 15.03.2007
Datum: EUREF89, Kartprojeksjon: UTM, Sone: 33	Kontrollert AKL	
	Godkjent KE	



### Tegnforklaring

#### Konsekvensklasse


- Mindre alvorlig
- Alvorlig
- Meget alvorlig



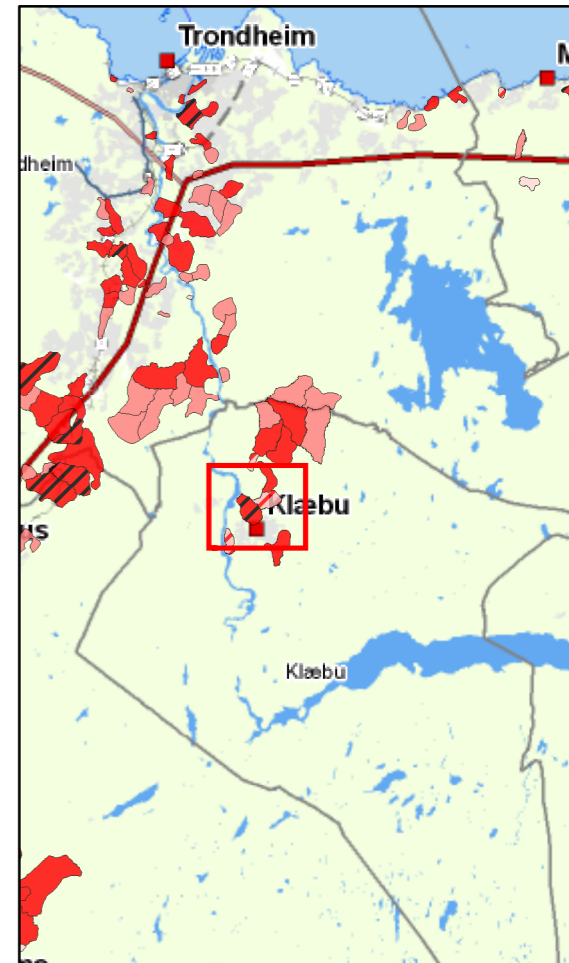
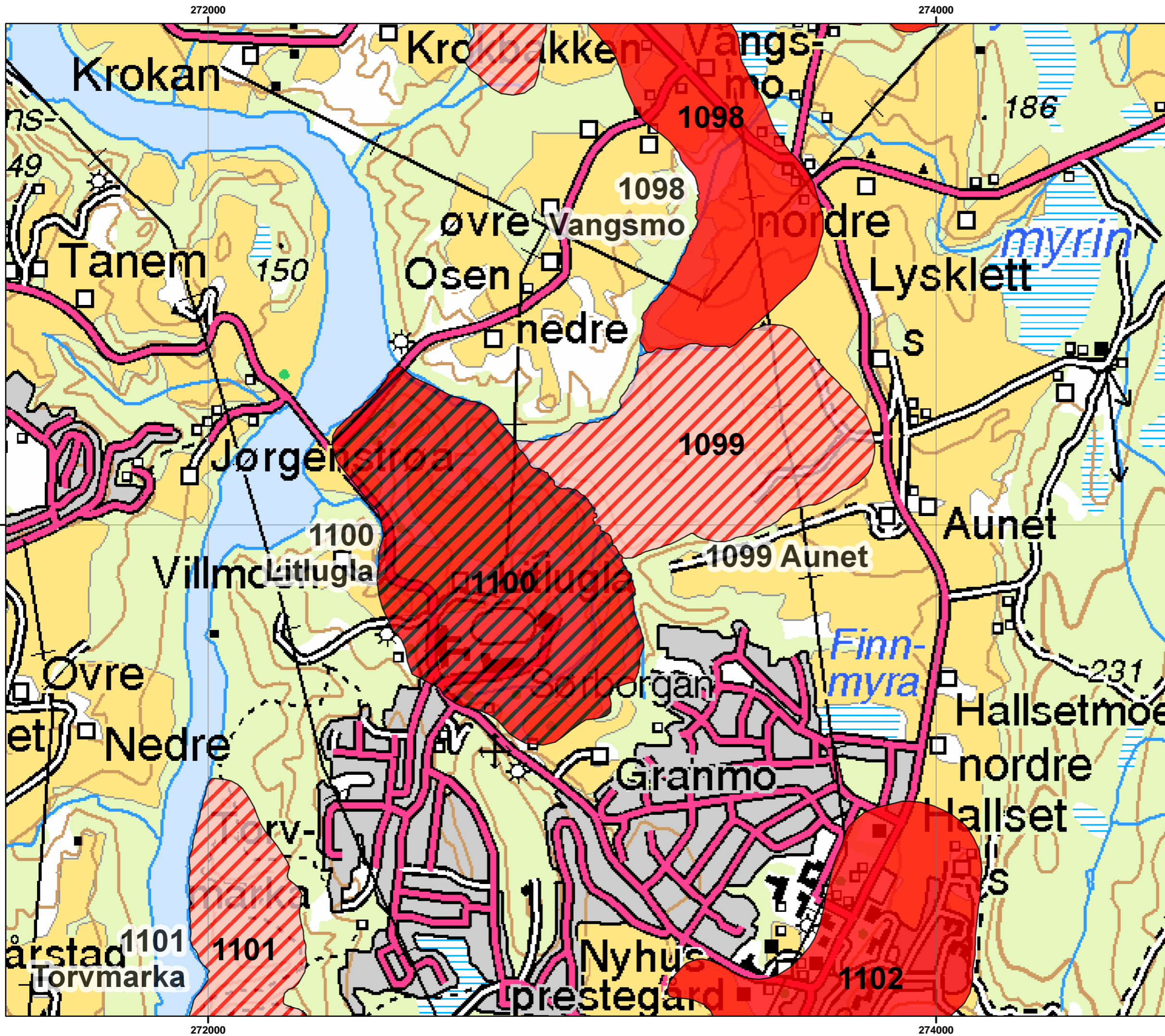
Kartgrunnlag: N5-raster ©GEOVEKST

Rev.	Endring: årsag	Uttent	Kontrollert	Godkjent	Dato

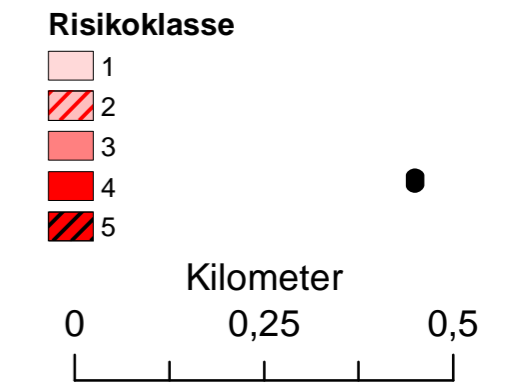
### NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT

PROGRAM FOR ØKT SIKKERHET MOT LEIRSKRED	Oppdrag 6060972-1	Tegn. nr. 122
Konsekvenskart, Klæbu kommune Målestokk hovedkart 1 : 10 000 Målestokk oversiktskart 1 : 250 000	Uttent TrV	Dato 15.03.2007
	Kontrollert AKL	
	Godkjent KE	

Datum: EUREF89, Kartprojeksjon: UTM, Sone: 33



### Tegnforklaring



Kartgrunnlag: N5-raster ©GEOVEKST

Rev.	Endring: beskrivelse	Uttent	Kontrollert	Godkjent	Dato

### NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT

PROGRAM FOR ØKT SIKKERHET MOT LEIRSKRED	Oppdrag 6060972-1	Tegn. nr. 123
Risikokart, Klæbu kommune Målestokk hovedkart 1 : 10 000 Målestokk oversiktskart 1 : 250 000	Uttent TrV	Dato 15.03.2007
	Kontrollert AKL	
	Godkjent KE	

Datum: EUREF89, Kartprojeksjon: UTM, Sone: 33