

# Program for økt sikkerhet mot leirskred

**Skienselven. Risiko for kvikkleireskred.  
Grunnundersøkelser, stabilitetsanalyser og  
forslag til sikringstiltak.**

20011544-1

14 februar 2003

**Oppdragsgiver:**

**NVE Region Sør**

Kontaktperson:

Eirik Traae

Kontraktreferanse: Bestill. nr 004277 dat. 1. 7. 2002

**For Norges Geotekniske Institutt**

Prosjektleder:



Odd Gregersen

Rapport utarbeidet av:



Odd Gregersen

Kontrollert av:



Kjell Karlsrud

Arbeid også utført av:

Arne Engen



## Sammendrag

På oppdrag fra NVE, Skien kommune og Porsgrunn kommune har NGI foretatt en gjennomgang av faren for kvikkleireskred langs Skienselven. Undersøkelser er utført av SCC Trondheim og Blom Maritime. Bakgrunnen var at en risikoklassifisering foretatt i 2001 viste "høy faregrad" og "høy risikoklasse" for de fleste av sonene langs elven.

Løsavsetningene langs Skienselven består i hovedsak av lagdelt siltig leire over grus. Leiren, som for en stor del har mektigheter på mellom 10 og 20 m, har egenskaper som gjør at den blir flytende ved overbelastning eller når den kommer i bevegelse. Det vil si at leiren er kvikk eller har egenskaper som en kvikkleire. Denne egenskapen er mest typisk på den nederste delen av strekningen. Poretrykkene er relativt lave. Skråningene på vestsiden er stort sett utdrenerte. Det er ikke målt poreovertrykk i dybden. De lave poretrykkene skyldes at silt- og sandlagene fungerer som effektive dreneringskanaler. Resultatene av undersøkelsene fremgår av profilene på figur 10, 11 og 12. Sammenstilling av tidligere og nye dybdemålinger viser at det foregår erosjonsaktivitet i elven. Stedene er markert med skravur på situasjonsplanen, figur 19. Som det fremgår er det erosjonsaktivitet utenfor flere av faresonene.

Det er foretatt en ny gjennomgang av faresonenes utstrekning og klassifisering. Resultatet er at sone Nenset utgår samt at sonene Gråtenmoen, Goberg, Bugta, Borgestadjordet og Lahelle er redusert i størrelse. Likeledes har flere av sonene fått lavere faregrad og derved redusert risiko. Resultatene av den nye gjennomgangen fremgår av temakartene, figur 22, 23 og 24.

Stabilitetsberegninger, basert på totalspenningsanalyse, viser at sikkerheten mot skred i dag for flere av faresonene ikke er tilfredsstillende. Den pågående erosjonen, som sannsynligvis i hovedsak skjer i forbindelse med flommer, vil innebære en ytterligere forverring av stabiliteten. Ved neste storflom kan det således, i verste fall, bli utløst et større skred. Da det er tett bebyggelse langs det meste av strekningen, vil et skred kunne få meget alvorlige konsekvenser. NGI vil derfor foreslå at det, så raskt som mulig, gjennomføres tiltak for å redusere faren for skred langs Skienselven.

Det er foreslått gjennomført stabilitetsforbedrende tiltak for deler av sonene Tollnes, Stadion, Bøle og Borgestadjordet, se situasjonsplanen, figur 20, og flyfoto, figur 21. Tiltakene består i å legge ut fylling av stein ute i elven, i foten av de skredutsatte partiene. Til sammen utgjør motfyllingene et teoretisk volum av størrelse 90 000 m<sup>3</sup>. Likeledes er det foreslått etablert erosjonsbeskyttelse utenfor sonene Follestad, Bøle, Tollnes og Osebakken, se figur 20 og 21. Erosjonsbeskyttelsen kan være et lag av sprengstein med jennomsnittlig tykkelse ca 1,0 m. Til sammen utgjør erosjonsbeskyttelsen et teoretisk volum av størrelse 70 000m<sup>3</sup>.

## Innhold

1	INNLEDNING .....	4
2	FELT- OG LABORATORIEUNDERSØKELSER .....	4
2.1	Dybdekartlegging .....	4
2.2	Grunnundersøkelser og laboratoriearbeider .....	4
3	BESKRIVELSE AV GRUNNFORHOLDENE .....	5
3.1	Generelt for vassdraget .....	5
4	STABILITETSANALYSER .....	9
4.1	4.1 Generelt .....	9
4.2	Follestad .....	10
4.3	Gråtenmoen .....	10
4.4	Goberg .....	11
4.5	Bøle .....	11
4.6	Nenset (utgår som faresone) .....	12
4.7	Bugta .....	13
4.8	Tollnes .....	13
4.9	Stadion .....	14
4.10	Borgestadjordet .....	15
4.11	Osebakken .....	15
4.12	Lahelle .....	16

## Figurer

1	Oversiktskart	M = 1 : 50 000
2-9	Skjærstyrkeprofiler fra CPTU og OCR	
10	Profil A-A, lengdeprofil langs vestre elvebredd	M = 1 : 1 000
11	Profil B-B til F-F, tverrprofiler	M = 1 : 1 000
13-18	Profiler m/resultat av stabilitetsanalyser	M = 1 : 1 000
19	Situasjonsplan: profiler og elveerosjon	M = 1 : 10 000
20	Situasjonsplan: forslag til sikringstiltak	M = 1 : 10 000
21	Flyfoto, faresoner og forslag til sikringstiltak	
22	Faregradskart	M = 1 : 20 000
23	Konsekvenskart	M = 1 : 20 000
24	Risikokart	M = 1 : 20 000

## Kontroll- og referanseside



## 1 INNLEDNING

På oppdrag for NVE foretar NGI risikoklassifisering av kvikkleiresonene i Trøndelag og på Østlandet. Sonene langs Skienselven ble klassifisert i 2000 og 2001 i forbindelse med utprøving av selve metoden, kfr. ref /13/.

Klassifiseringen ga som resultat at de aller fleste sonene fikk "høy" faregrad og "meget alvorlig" konsekvens, og derved høy risikoklasse. NVE besluttet derfor at det skulle foretas en undersøkelse av behovet for sikringstiltak langs vassdraget.

NGI fikk i oppdrag å planlegge undersøkelsene og evaluere resultatene. Arbeidene har omfattet dybdekartlegging av elven, gjennomføring av felt- og laboratorieundersøkelser, analysering av data, stabilitetsberegninger og vurdering av behovet for sikringstiltak. Likeledes er det foretatt en ny risikoklassifisering av sonene, basert på resultatene fra de supplerende undersøkelsene.

## 2 FELT- OG LABORATORIEUNDERSØKELSER

### 2.1 Dybdekartlegging

Ny dybdekartlegging av elven er utført i 2002 av firma Blom Maritime AS i Stavanger. Kartleggingen omfatter hele strekningen fra Skien til Porsgrunn. Det er benyttet multistråle ekkolodd. Kartet har en ekvidistanse på 1 m, se /1/.

NVE foretok i 1985 opplodding av den samme elvestrekningen og utarbeidet dybdekart med ekvidistanse 2,5 m. Likeledes ble det i 1993 foretatt opplodding av fire profiler på strekningen mellom Holtaplassen og Porsgrunn grense, se /4/.

Resultatene av dybdemålingene inngår i evalueringen av stabilitetsforholdene og behovet for sikringstiltak.

### 2.2 Grunnundersøkelser og laboratoriarbeider

Grunnundersøkelser og laboratoriarbeider er utført av firma Scandiaconsult i Trondheim. Grunnundersøkelsene har omfattet 24 dreietrykksonderinger, 7 trykksonderinger (CPTU), installering av poretrykkmålere i 9 borepunkter, samt prøvetaking i 12 borepunkter. Laboratorieundersøkelsene har, foruten rutineundersøkelser, omfattet bestemmelse av konsistensgrenser, triaksialforsøk, ødometerforsøk og bestemmelse av kornfordeling, se /2/.

I tillegg har NGI utført supplerende undersøkelser ved "Stadion", dreietrykksondering 130, og ved "Follestad", dreietrykksonderingene 131-132, CPTU 131 og installert 2 poretrykkmålere ved borehull 131. Resultatene fremgår av denne rapporten.

I forbindelse med prosjektet "Kartlegging av områder med potensiell fare for kvikkleireskred" har NGI utført grunnundersøkelser langs Skienselven, se /3/.

Det er tidligere utført grunnundersøkelser langs vassdraget. Utdrag av undersøkelser utført av NOTEBY er sammenstilt i egen rapport, se /4/. For andre undersøkelser som ligger til grunn for vurderingene i denne rapporten, se /5/ til /11/.

### 3 BESKRIVELSE AV GRUNNFORHOLDENE

#### 3.1 Generelt for vassdraget

##### *Kvartærgeologi*

Det er utarbeidet kvartærgeologiske kart i målestokk 1:10 000 over det aktuelle området, utgitt av Telemark fylke i 1972 og 1974. Beskrivelsen til de kvartærgeologiske kartene omfatter et kapittel om isavsmelting og landskapsutvikling. Det er i det etterfølgende gitt et sammendrag av dette kapittelet:

Under isavsmeltingen ble det først avsatt morenemateriale og breelvmateriale. Den mest markerte av disse er breelvvavsetningen ved Nenset. Etterhvert som isen trakk seg tilbake ble lavereliggende områder dekket av til dels mektige havavsetninger som hovedsakelig består av silt og leire. Under landhevningen ble havavsetninger og andre løsmasser som lå under marin grense etter hvert tørt land. Elver og bekker arbeidet i løsmassene. Materiale er gravd bort fra høyereliggende områder og avsatt i et lavere nivå. Langs vestsiden av Skienselven har elven avsatt store mengder silt og finsand oppå havavsetningene. Elven var på dette tidspunkt bred og stilleflytende, og overgangen mellom elveavsetningene og havavsetningene er meget diffus og vanskelig å stadfeste.

Den kvartærgeologiske beskrivelsen tilsier at løsmassene i området, geologisk sett, er normalkonsolidert. Det vil si at det ikke har vært noen terrengavlastning på området (bortsett fra i raviner, i rasgroper og ute i elven). På tverrprofilene A-A til K-K, figur 11 og 12, er det stiplet inn et estimert opprinnelig terrengprofil ute i elven.

##### *Lagdelling og beskrivelse av løsmasser*

Resultatene av de utførte grunnundersøkelsene bekrefter beskrivelsen av løsmasseforholdene gitt på det kvartærgeologiske kartet. Figur 10 viser et lengdeprofil langs vestre elvebredd. På toppen ligger det et sandlag (elvesand) med mektighet på 3,0-3,5 i nord, avtagende til 1,5-2,0 i syd. Derunder ligger den marine avsetningen, i hovedsak bestående av siltig leire og leirig silt med lag av finsand. Videre består løsmassene av sand og grus (breelvvavsetninger og morene) ned mot fjell.

Undersøkelsene viser at underkanten av den siltige leiravsetningen ligger høyere enn elvevannstanden på det aller meste av strekningen fra Gråtenmoen til og med Bugta (bortsett fra på en kort strekning i sone Goberg), se tverrprofilene på figur 11 og 12. Likeledes viser undersøkelsene at foten av leiravsetningen ligger noe tilbaketrukket i forhold til elvebredden. Leiravsetningen er altså her kun i liten grad eksponert for og påvirket av elvens bølge- og erosjonsvirksomhet. På den resterende strekningen, fra og med Tollnes til og med Lahelle, er mektigheten av leire større slik at overgangen til sand-/grusavsetningen her ligger lavere enn elvevannstanden. På denne strekningen er leiravsetningen altså direkte eksponert for elvens erosjonsvirksomhet.

På østsiden av elven ligger overgangen til sand-/grusmasser lavere enn elvevannstanden på hele den undersøkte strekningen. Dette fremgår av tverrprofilene på figur 11 og 12. Leiravsetningen er, på hele strekningen, eksponert for elvens erosjonsvirksomhet.

Kornfordelingsbestemmelser viser at den marine avsetningen i hovedsak er å betegne som en siltig leire, med lag av silt og finsand. Stedvis er betegnelsen leirig silt. Lagdelingen er relativt intens over hele det undersøkte området.

### ***Sensitivitet***

På vestsiden av elven, på strekningen fra Gråtenmoen til og med Bugta er leiren å betrakte som middels sensitiv, med sensitiviteter på mellom 10 og 20. Dette er lavere verdier enn for en kvikkleire (>32). Erfaringsmessig vil imidlertid denne type leire (normalkonsolidert, lagdelt og siltig) ved middels sensitivitet kunne utvise sprøbruddoppførsel ved overbelastning, slik at mindre glidninger/ustabiliteter kan utvikle seg til å bli store skred. Leiren kan altså ha egenskaper tilsvarende en kvikkleire og er således, i denne sammenhengen, betraktet som en kvikkleire og er derfor inkludert i den foreliggende klassifiseringen.

I alle de øvrige sonene er det påvist kvikkleire i ett eller flere borehull. Sensitiviteter på mer enn 100 er registrert i sonene: Stadion, Osebakken, Borgestadjordet og Follestad.

### ***Poretrykk***

Resultatene av poretrykkmålingene fremgår av lengdeprofilen figur 10 og tverrprofilene, figur 11 og 12. Målingene viser at de relativt høye skråningene langs vestsiden av elven for en stor grad er utdrenert til nesten ned mot elvenivå. Dette skyldes de permeable silt- og sandlagene i løsmassene på denne strekningen. Målingene er utført i en periode med relativt lite nedbør, men antas allikevel å være representative. De permeable lagene har fritt utløp i skråningen og er avgrenset av tettere leirlag. Det gjør at poretrykkene i området trolig er lite ømfintlig for nedbørsvariasjoner.

Heller ikke langs den østre elvebredden er det målt poretrykk vesentlig over hydrostatisk trykk i forhold til elvenivå. Topografisk sett, med relativt høye fjellrygger, kan det her ligge til rette for dannelse av poreovertrykk i dybden. Parallelt med elven, 100 til 300 m øst, ligger det fjellrygger 50-100 m høye. Årsaken til at poretrykkene i dybden ikke overskrider hydrostatisk trykkfordeling relativt til elvevannstanden, er trolig at de vannførende sandlagene også her drenerer ut i elven slik at poreovertrykk ikke bygges opp.

### **Styrkeegenskaper**

For å få en kontroll på konsolideringsforholdene i området er det utført 4 ødometerforsøk, 2 fra hver av prøveseriene 123 og 128. Resultatene indikerer normalkonsoliderte forhold, men er vanskelige å tolke på grunn av forstyrrede prøver.

Skjærstyrkebestemmelser er utført på ulike måter. Det er foretatt enkle trykk- og konusforsøk på uforstyrrede prøver i laboratoriet. De målte skjærstyrkeverdiene viser lave  $s_{ua}/p_o$ -forhold, mindre enn 0,3 og avtagende med dybden. Dette tilsier at prøvene er forstyrret og at virkelige styrkeverdier er høyere.

For å oppnå mer pålitelige bestemmelser av styrkeverdiene ble det utført treaksialforsøk, 2 aktive og 2 passive forsøk fra hver av prøveseriene 123 og 128. De målte verdiene, tatt ut ved 2 % deformasjon, tilsvarer  $s_{ua}/p_o$ -forhold fra 0,30 til 0,35. Resultatene er imidlertid beheftet med noe usikkerhet, idet vannutpressingen under konsolideringen var relativt høy, fra 3,6 % til 5,8 % med et gjennomsnitt på ca 5 %. Mobilisert effektiv friksjonsvinkel ved 2 % deformasjon er bestemt til  $33^{\circ}$ .

Skjærstyrken,  $s_{ua}$ , er også tolket for de 8 CPTU-forsøkene, basert på målt poretrykk ( $N_u$ ) og spissmotstand ( $N_{kt}$  og  $N_{ke}$ ). Resultatene av tolkningene er vist på figurene 2-9. Som det fremgår er det i enkelte nivåer store sprang i styrkeverdiene. Dette skyldes sand- og siltlagene i avsetningen langs Skiensvassdraget. I hovedsak gir CPTU-tolkene relativt entydige styrkeprofiler og med verdier som forventet.

I tillegg viser også figurene udrenert skjærstyrkeprofil  $s_{ua}$ , utledet på grunnlag av overkonsolideringsgrad, OCR.  $s_{ua}$  basert på OCR er utledet fra følgende formel:

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

hvor:  $OCR = p_o'/p_c'$

$p_o'$  = effektivt overlagingstrykk

$p_c'$  = forkonsolideringstrykk ut fra antatt tidligere terrengnivå

Ved bestemmelse av skjærstyrkeverdier basert på overkonsolideringsforholdet (OCR), er nåværende terrengprofil lagt til grunn inne på land (OCR=1) og det stiplede profilet ut mot og ute i vassdraget (OCR>1), se tverrprofilene figur 11 og 12.

Som man ser av skjærstyrkeprofilene, figur 2 til 9, er det relativt god overensstemmelse mellom skjærstyrke tolket fra trykksonderinger og skjærstyrke utledet fra OCR. Det er derfor valgt å basere stabilitetsvurderingene for hele området på skjærstyrke utledet fra OCR etter formelen gitt overfor.

### *Vanndybder*

Dybdekartleggingen utført i 2002 viser at det, på flere partier, har skjedd en utdypning av elvebunnen siden den forrige dybdekartleggingen i 1985. Det har derimot ikke skjedd noen registrerbar dybdereduksjon på noen del av strekningen. I 1993 ble det utført opploddinger i fire profiler på strekningen utenfor sonene "Tollnes" og "Stadion". Disse opploddningene viste at det her hadde skjedd en betydelig utdypning mellom 1985 og 1993. Målingene i 2002 viste ingen ytterligere utdypning på denne strekningen. Dette kan indikere at utdypningen/erosjonen ikke er en kontinuerlig pågående prosess over tid, men skjer i all hovedsak i perioder med spesiell stor vannføring. For eksempel kan det alt vesentlige av utdypningen siden 1985 ha skjedd i forbindelse med flommen i 1987. Dersom det er riktig at erosjonen er knyttet til flommer, vil det være vanskelig å anslå den videre erosjonsutviklingen for vassdraget. Store endringer kan inntreffe i løpet av kort tid, kfr. /12/.

De partiene hvor det har skjedd utdypning av elvebunnen er markert med skravur på situasjonsplanen, figur 19:

### *Follestad*

Utdypning på 1-2 m over en strekning på 100-150 m.

### *Gråtenmoen*

Ingen registrerbare endringer.

### *Goberg*

Maksimaldybdene ved to lokaliteter er 1.5-2.0 m større enn tidligere påvist. Ingen generell utdypning av elvebunnen på denne strekningen.

### *Bøle*

Utdypning på 1-2 m over en 100 m lang strekning ved øvre del av sonen samt en utdypning på inntil 2-3 m over en 150 m lang strekning ved nedre del av sonen. Ingen generell utdypning av elvebunnen på denne strekningen.

### *Bugta*

Utdypning på ca 2 m over hele sonens lengde.



*Tollnes*

Utdypning på inntil 2-3 m i hele sonens lengde.

*Stadion*

Utdypning på inntil 2-3 m i hele sonens lengde.

*Lahelle*

Ingen registrerbar utdypning.

*Borgestadjordet*

Dyprennen nær land har større dybder enn tidligere registrert, inntil ca 3 m, over en strekning på 200 m.

*Osebakken (Bråten)*

Noe utdypning (1-2 m) langs største parten av sonen.

## 4 STABILITETSANALYSER

### 4.1 4.1 Generelt

Stabilitetsforholdene i leire undersøkes normalt ved beregning av langtidsstabiliteten (effektivspenningsanalyse) og korttidsstabiliteten (totalspenningsanalyse).

Når det gjelder sikkerheten mot glidning i et sprøbruddmateriale, som en sensitiv/kvikk leire, vil mobiliseringsgraden av friksjonsvinkelen (parameter i effektivspenningsanalyse) ikke fortelle noe om sikkerheten mot at et brudd skal kunne bli utløst ved en uforutsett udrenert belastningsendring. Erfaringer fra skred- og laboratedata viser at selv om mobiliseringsgraden er relativt lav, kan en skjærspenningsøkning på bare noen få prosent forårsake et udrenert brudd i et sprøbruddmateriale. Forklaringen er at når opprettede skjærspenninger overskrider en kritisk terskelverdi som tilsvarer den udrenerte skjærstyrken, skjer det en hurtig poretrykkøkning, og derved en effektivspenningsreduksjon som mer enn oppveier økningen i mobilisert friksjonskoeffisient. Den praktiske konsekvens av dette er at naturlige skråninger i sprøbruddmaterialer må analyseres på basis av udrenert skjærstyrke (totalspenningsanalyse). Det er således i dette prosjektet kun utført totalspenningsanalyser og ikke effektivspenningsanalyser.

Alle stabilitetsberegningene er basert på skjærstyrkeprofiler utledet fra OCR etter formelen som vist på side 7. OCR-verdiene viser god overensstemmelse med styrkeverdiene bestemt fra CPTU-sonderingene, se figur 2-9, og styrkeverdiene fra treaksialforsøkene. Styrkeprofiler utledet på grunnlag av OCR, synes således å være representative for hele området og er derfor lagt til grunn for stabilitetsanalysene. OCR-forholdet er beregnet på grunnlag av tidligere og nåværende terrengforhold, se figur 11 og 12.



Med det relativt gode datagrunnlaget som foreligger, vil vi anse en beregningsmessig sikkerhet på 1,3 som tilfredsstillende for nåværende terreng- og belastningsforhold.

#### 4.2 Follestad

Grunnforholdene er vist på profil B-B, figur 11.

Løsmassene består av sensitiv leirig silt med lag av leire og sand. Videre ligger det sand og grus (breelvavsetninger og morene) over fjell. Sensitiviteten ligger for en stor del på mellom 20 og 100. Målte poretrykk viser hydrostatisk fordeling med dybden fra 1 m under terreng. Nye dybdemålinger i elven indikerer her erosjon på 1-2 m siden 1985 over en strekning på 100-150 m, se situasjonsplanen figur 19. Den pågående erosjonen i elven fører således til at stabilitetsforholdene forverres over tid, og slik at faren for skred øker

Ny risikoklassifisering gir faregradklasse *høy* (som tidligere), konsekvensklasse *alvorlig* (tidligere meget alvorlig), og risikoklasse 4 (tidligere 5), se figur 22, 23 og 24.

Det er utført stabilitetsanalyser, se figur 13. Den beregningsmessige sikkerheten er bestemt til 1,21 for små sirkler og 1,06 for dyperegående sirkler. Inkludert sidekrefter blir sikkerheten henholdsvis ca 1,30 og 1,25. Dette anses som tilfredsstillende. En forverring av sikkerheten bør imidlertid unngås. Vi vil derfor anbefale at det etableres erosjonsbeskyttelse av sprengstein i elven utenfor sonen, som vist på situasjonsplanen figur 20 og flyfoto figur 21. Med en gjennomsnittlig mektighet på 1 m, lengde 150 m og bredde 70-80 m blir massebehovet av størrelse 10.000 til 15.000 m<sup>3</sup>.

Stabilitetsberegningene viser altså at sikkerheten mot større skred, med dagens topografi og terrengbelastning, er tilfredsstillende. Det skal imidlertid påpekes at inngrep (terreng-/eller belastningsendringer) kan medføre stabilitetsforverringer og derved økt fare for skred.

#### 4.3 Gråtenmoen

Grunnforholdene er vist på profil A-A, figur 10 og profil C-C, figur 11.

Under et 3,0-4,0 m tykt topplag av sand består grunnen her av sensitiv siltig leire med lag av sand. Videre ligger det sand og grus (breelvavsetninger og morene) ned mot fjell. Sensitiviteten ligger opp mot 20. Det er målt poretrykk ved 2 lokaliteter. Målingene viser at skråningen er godt drenert: poretrykk på 20 kPa i 12 m dybde i borepunkt 114 og 30 kPa i 17 m dybde i borepunkt 113. Underkant av det sensitive leirlaget ligger høyere enn vannivået i elven. Eventuell erosjon i elven vil således ikke påvirke stabilitetsforholdene i silt/leiravsetningen.

De supplerende undersøkelsene har resultert i at sonen er vesentlig redusert i utstrekning.

Ny risikoklassifisering gir faregradklasse *lav* (tidligere middels), konsekvensklasse *meget alvorlig* (som tidligere), og risikoklasse 3 (tidligere 4), se figur 21,23 og 24.

Stabilitetsberegninger viser at sikkerheten mot større skred, med dagens topografi og terrengbelastning, er god. Det skal imidlertid påpekes at inngrep (terreng-/eller belastningsendringer) kan medføre stabilitetsforverring og derved økt fare for skred.

#### 4.4 Goberg

Grunnforholdene er vist på profil A-A, figur 10, og profilene D-D og E-E, figur 11.

Under et 2,0-3,0 m tykt topplag av sand består grunnen her av sensitiv siltig leire med lag av silt og finsand. Videre ligger det sand og grus (breelavsetninger og morene) ned mot fjell. Høyeste sensitivitet er målt til 34. Det er målt poretrykk i borepunkt 111. Målingene viser at skråningen er godt drenert: i 18,5 m dybde er poretrykket målt til 37 kPa. Underkant leirlag ligger høyere enn vannivået i elven bortsett fra på en kort strekning sentralt i sonen, se situasjonsplanen figur 19. Eventuell erosjon i elven vil således i liten grad påvirke stabilitetsforholdene i silt/leiravsetningen.

Ny risikoklassifisering gir faregradklasse *lav* (tidligere middels), konsekvensklasse *meget alvorlig* (som tidligere), og risikoklasse 3 (tidligere 4), se figur 22, 23 og 24.

Stabilitetsberegninger viser at sikkerheten mot større skred, med dagens topografi og terrengbelastning, er god. Det skal imidlertid påpekes at inngrep (terreng-/belastningsendringer) kan medføre stabilitetsforverring og derved økt fare for skred.

#### 4.5 Bøle

Grunnforholdene er vist på profilene D-D og E-E, figur 11.

Under et ca 2,0 m tykt tørrskorpelag består løsmassene av en siltig leire/leirig silt med lag av finsand. Videre ligger det et lag av sand og grus (breelavsetninger og morene) ned mot fjell. Det er målt sensitiviteter på mellom 30 og 40. Målte poretrykk viser hydrostatisk fordeling med dybden fra ca 4 m under terreng. Nye dybdemålinger i elven indikerer 1-2 m utdypning over en 100 m lang strekning ved øvre del av sonen samt en utdypning på inntil 2-3 m over en 100 m lang strekning ved nedre del av sonen, se

situasjonsplanen figur 19. Den pågående erosjonen i elven fører således til at stabilitetsforholdene forverres over tid, og slik at faren for skred øker.

Ny risikoklassifisering gir faregradklasse *middels* (som tidligere), konsekvensklasse *meget alvorlig* (som tidligere), og risikoklasse 5 (tidligere 4), se figur 22, 23 og 24.

Det er utført stabilitetsanalyser for den topografisk ugunstigste delen av sonen, lengst oppstrøms, se situasjonsplanen figur 20. Profilet fremgår av figur 14. Den beregningsmessige sikkerheten er bestemt til 1,01. Dette er ikke tilfredsstillende. Det bør her gjennomføres tiltak for å bedre sikkerheten, det vil si utlegging av motfylling. Motfyllingen bør ha en bredde på ca 50 m, lengde ca 100 m og tykkelse 2 m, tilsvarende et teoretisk volum på 10 000 m<sup>3</sup>. Motfyllingen, som fremgår av situasjonsplanen figur 20 og flyfoto figur 21, vil beregningsmessig gi en bedring av sikkerheten fra 1,01 til 1,07 det vil si 7%.

På den nedre delen av sonen, hvor det har skjedd en utdypning på 1-2 m over en 150 m lang strekning, er stabilitetsforholdene i dag tilfredsstillende. En forverring av sikkerheten bør imidlertid unngås. Vi vil derfor anbefale at det her etableres erosjonsbeskyttelse av sprengstein på dette område, som vist på situasjonsplanen figur 20. Med en gjennomsnittlig mektighet på 1 m over en lengde på 150 m og bredde på 50 m blir volumet på 7 500 m<sup>3</sup>.

Etter gjennomføring av de anbefalte tiltakene vil sikkerheten mot større skred, med dagens topografi og terrengbelastning, være tilfredsstillende. Det skal imidlertid påpekes at inngrep (terreng-/ eller belastningsendringer) kan medføre stabilitetsforverringer og derved økt fare for skred.

#### 4.6 Nenset (utgår som faresone)

Grunnforholdene er vist på profil A-A, figur 10.

Under et ca 2,0 m tykt topplag av sand består løsmassene her av siltig leire. Videre ligger det sand og grus (breelavsetninger og morene) ned til fjell. De målte sensitivitetene viser lave verdier, under 15. Poretrykkmålinger viser at skråningen er utdrenert: poretrykk på 5 kPa i 15 m dybde. Underkant silt/leirlag ligger vesentlig høyere enn vannivået i elven over størstedelen av sonen. Eventuell erosjon i elven vil således i liten grad påvirke stabilitetsforholdene i silt/leiravsetningen.

Det skal imidlertid påpekes at inngrep (terreng-/ eller belastningsendringer) kan medføre stabilitetsforverringer og derved fare for lokale skred.

Resultatene av undersøkelsene tilsier at Nenset utgår som kvikkleiresone.

#### 4.7 Bugta

Grunnforholdene er vist på profil A-A, figur 10 og profil F-F, figur 12.

Under et 1,0-2,0 m tykt topplag av sand består grunnen her av sensitiv siltig leire med lag av silt og finsand. Videre ligger det sand og grus (breelavsetninger og morene) ned mot fjell. Det er målt sensitiviteter på mellom 15 og 20. Den lagdelte grunnen tilsier at poretrykkene også her er lave. Underkant silt/leirlag ligger høyere enn vannivået i elven. Eventuell i elven vil således ikke påvirke stabilitetsforholdene i silt/leiravsetningen.

De supplerende undersøkelsene har gitt grunnlag for å redusere sonens utstrekning.

Ny risikoklassifisering gir faregradklasse *lav* (tidligere middels), konsekvensklasse *meget alvorlig* (som tidligere), og risikoklasse 2 (tidligere 4), se figur 22, 23 og 24.

Stabilitetsberegninger viser at sikkerheten mot større skred, med dagens topografi og terrengbelastning, er god. Det skal imidlertid påpekes at inngrep (terreng-/eller belastningsendringer) kan medføre stabilitetsforverring og derved økt fare for skred.

#### 4.8 Tollnes

Grunnforholdene er vist på profil A-A, figur 10 og profil G-G, figur 12.

Under et ca 1,0 m tykt topplag av sand består grunnen her av sensitiv/kvikk siltig leire med lag av silt og finsand. Videre er det lag av sand og grus (breelavsetninger og morene) ned mot fjell. Det er målt sensitiviteter på over 100 (NOTEBY, oppdrag 33458 prøveserie PR 1). Det er målt poretrykk i borepunkt 102. Målingene viser at skråningen er godt drenert: i 18,5 m dybde er poretrykket målt til 34 kPa. Nye dybdemålinger indikerer utdypning langs hele sonen på inntil

2-3 m, se situasjonsplanen figur 19. Underkant silt/leirlag ligger lavere enn vannivået i elven. Den pågående erosjonen i elven fører således til at stabilitetsforholdene forverres over tid, og slik at faren for skred øker.

Ny risikoklassifisering gir faregradklasse *middels* (tidligere høy), konsekvensklasse *meget alvorlig* (som tidligere), og risikoklasse 4 (tidligere 5), se figur 22, 23 og 24.

Det er utført stabilitetsanalyser både for oppstrøms og nedstrøms del av sonen, se situasjonskartet figur 19. Profilene fremgår av figurene 15 og 16. For oppstrøms del av sonen er den beregningsmessige sikkerheten, med dagens topografi og terrengbelastning, bestemt til 1,32. Dette anses som tilfredsstillende. En forverring av sikkerheten bør imidlertid unngås. På grunn

av den pågående erosjonen, vil vi anbefale at det etableres erosjonsbeskyttelse av sprengstein på denne delen av området, som vist på situasjonsplanen figur 20 og flyfoto figur 21. Med en gjennomsnittlig mektighet på 1 m over en lengde på 300 m og bredde 40 m blir det teoretiske volumet på 12 000 m<sup>3</sup>.

Stabilitetsanalysene for nedstrøms del av sonen viser en beregningsmessig sikkerhet på 0,97. Dette er ikke tilfredsstillende. Det anbefales her gjennomført tiltak for å bedre sikkerheten, det vil si utlegging av motfylling. Motfyllingen bør ha en bredde på ca 40 m, lengde ca 120 m og gjennomsnittlig tykkelse 3 m, tilsvarende et teoretisk volum på 15 000 m<sup>3</sup>. Motfyllingen, som fremgår av situasjonsplanen figur 20 og flyfoto figur 21, vil beregningsmessig gi en bedring av sikkerheten fra 0,97 til 1,07 det vil si ca 10%.

Etter gjennomføring av de anbefalte tiltakene, vil sikkerheten mot større skred, med dagens topografi og terrengbelastning, være tilfredsstillende. Det skal imidlertid påpekes at inngrep (terreng- eller belastningsendringer) kan medføre stabilitetsforverringer og derved økt fare for skred.

#### 4.9 Stadion

Grunnforholdene er vist på profil A-A, figur 10 og profilene H-H, I-I og J-J, figur 12.

Under et ca 1,0 m tykt topplag av sand består grunnen her av sensitiv/kvikk siltig leire med lag av silt og finsand. Videre er det et lag av sand og grus (breelavsetninger og morene) ned mot fjell. Det er målt sensitiviteter på over 100 (NOTEBY, oppdrag 33458 prøveserie PR 1). Det er målt poretrykk i borepunkt 101. Målingene viser forholdsvis lave poretrykk: i 12,5 m dybde er poretrykket målt til 57 kPa. Nye dybdemålinger indikerer utdypning på inntil 2-3 m på strekningen ned til grensen til Porsgrunn, se situasjonsplanen figur 19. Underkant leirlag ligger lavere enn vannivået i elven. Den pågående erosjonen i elven fører således til at stabilitetsforholdene forverres over tid, og slik at faren for skred øker.

Ny risikoklassifisering gir faregradklasse *høy* (som tidligere), konsekvensklasse *alvorlig* (som tidligere), og risikoklasse 3 (tidligere 4), se figur 22, 23 og 24.

Det er utført stabilitetsanalyser for den topografisk ugunstigste delen av sonen, profil H-H. Resultatet av analysene fremgår av profilet på figur 16. Den beregningsmessige sikkerheten er bestemt til 0,97. Dette er ikke tilfredsstillende. Det bør her gjennomføres tiltak for å bedre sikkerheten, det vil si utlegging av motfylling. Motfyllingen bør minst ha dimensjonene 3x40x200 m, tilsvarende et teoretisk volum på 24 000 m<sup>3</sup>. Motfyllingen, som fremgår av situasjonsplanen figur 20 og flyfoto figur 21, vil beregningsmessig gi en bedring av sikkerheten fra 0,97 til 1,07 det vil si ca 10 %.



Etter gjennomføring av de anbefalte tiltakene vil sikkerheten mot større skred, med dagens topografi og belastning, være tilfredsstillende. Det skal imidlertid påpekes at inngrep (terreng-/ eller belastningsendringer) kan medføre stabilitetsforverring og derved økt fare for skred.

#### 4.10 Borgestadjordet

Grunnforholdene er vist på profilene H-H og I-I, figur 12.

Under et 1-2 m tykt tørrskorpelag består løsmassene av en sensitiv/kvikk siltig leire med lag av silt og finsand. Videre ligger det et lag av sand og grus (breelvavsetninger og morene) ned mot fjell. Det er målt sensitiviteter på over 100 (SCC prøveserie 128). Målte poretrykk viser grunnvannstand på 3,5 m under terreng og noe undertrykk i forhold til hydrostatisk med dybden (70 kPa i 14 m dybde). Nye dybdemålinger i elven indikerer en utdypning av dyprennen nær land på inntil 3 m over en strekning på 200 m, se situasjonsplanen figur 19. Underkant leirlag ligger lavere enn vannivået i elven. Den pågående erosjonen i elven fører således til at stabilitetsforholdene forverres over tid, og at faren for skred øker.

Ny risikoklassifisering gir faregradklasse *middels* (tidligere høy), konsekvensklasse *mindre alvorlig* (som tidligere), og risikoklasse 3 (som tidligere), se figur 22, 23 og 24.

Det er utført stabilitetsanalyser for den topografisk ugunstigste delen av sonen, profil I-I. Resultatet av beregningene fremgår av profilet på figur 17. Den beregningsmessige sikkerheten er bestemt til 1,18. Dette anses ikke å være tilfredsstillende. Sikkerheten kan bedres ved utlegging av motfylling, som vist på situasjonskartet, figur 20. Motfyllingen bør minst ha dimensjonene 5x25x300, tilsvarende et teoretisk volum på 40 000m<sup>3</sup>. Motfyllingen, som fremgår av situasjonsplanen figur 20 og flyfoto figur 21, vil beregningsmessig gi en bedring av sikkerheten fra 1,18 til 1,25 det vil si ca 10%.

Etter gjennomføring av de anbefalte tiltakene vil sikkerheten mot større skred, med dagens topografi og belastning, være tilfredsstillende. Det skal imidlertid påpekes at inngrep (terreng-/ eller belastningsendringer) kan medføre stabilitetsforverring og derved økt fare for skred.

#### 4.11 Osebakken

Grunnforholdene er vist på profilene J-J og K-K, figur 12.

Under et 1-2 m tykt tørrskorpelag består løsmassene av en sensitiv/kvikk siltig leire med lag av silt og finsand. Videre ligger det et lag av sand og grus (breelvavsetninger og morene) ned mot fjell. Det er målt sensitiviteter på opp til 70 (NOTEBY, oppdrag 700220 vedlegg 27). Det er målt poretrykk i

boepunkt 120. Målingene viser hydrostatisk poretrykk for 2-3 m under terreng. Nye dybdemålinger indikerer utdypning på 1-2 m langs de nederste 800 m av sonen, se situasjonsplanen figur 19. Underkant leirlag ligger lavere enn vannivået i elven. Den pågående erosjonen i elven fører således til at stabilitetsforholdene forverres over tid, og slik at faren for skred øker.

Ny risikoklassifisering gir faregradklasse *høy* (som tidligere), konsekvensklasse *meget alvorlig* (som tidligere) og risikoklasse 5 (som tidligere), se figur 22, 23 og 24.

Det er utført stabilitetsanalyser for den topografisk ugunstigste delen av sonen, profil K-K. Resultatet av analysene fremgår av profilet på figur 18. Den beregningsmessige sikkerheten er bestemt til 1,42 for små sirkler og 1,18 for større sirkler (uten sidekrefter). Dette anses som tilfredsstillende. En forverring av sikkerheten bør imidlertid unngås. På grunn av den pågående erosjonen, vil vi anbefale at det etableres erosjonsbeskyttelse av sprengstein på de nederste 800 m av sonen, se situasjonsplanen figur 20 og flyfoto figur 21. Motfyllingen bør minst ha dimensjonene 1x40x800 m, tilsvarende et teoretisk volum på 32 000 m<sup>3</sup>.

Etter gjennomføringen av de anbefalte tiltakene, vil sikkerheten mot større skred, med dagens topografi og terrengbelastning, være tilfredsstillende. Det skal imidlertid påpekes at inngrep (terreng-/eller belastningsendringer) kan medføre stabilitetsforverringer og derved økt fare for skred.

#### 4.12 Lahelle

Grunnforholdene er vist på profil A-A, figur 10 og profil K-K, figur 12.

Under et 0,5 til 1,0 m tykt topplag av sand består grunnen her av sensitiv/kvikk siltig leire med lag av silt og finsand. Videre er det et lag av sand og grus (breelavsetninger og morene) ned mot fjell. Det er målt sensitiviteter på over 100 (NOTEBY rapport 700220 vedlegg 22 og 23). Det er ikke målt poretrykk på området. Poretrykkene antas å være hydrostatiske fra et grunnvannsnivå på 2 m under terreng. Nye dybdemålinger indikerer ingen utdypning på denne strekningen.

De supplerende undersøkelsene har resultert i at sonen er noe redusert i utstrekning.

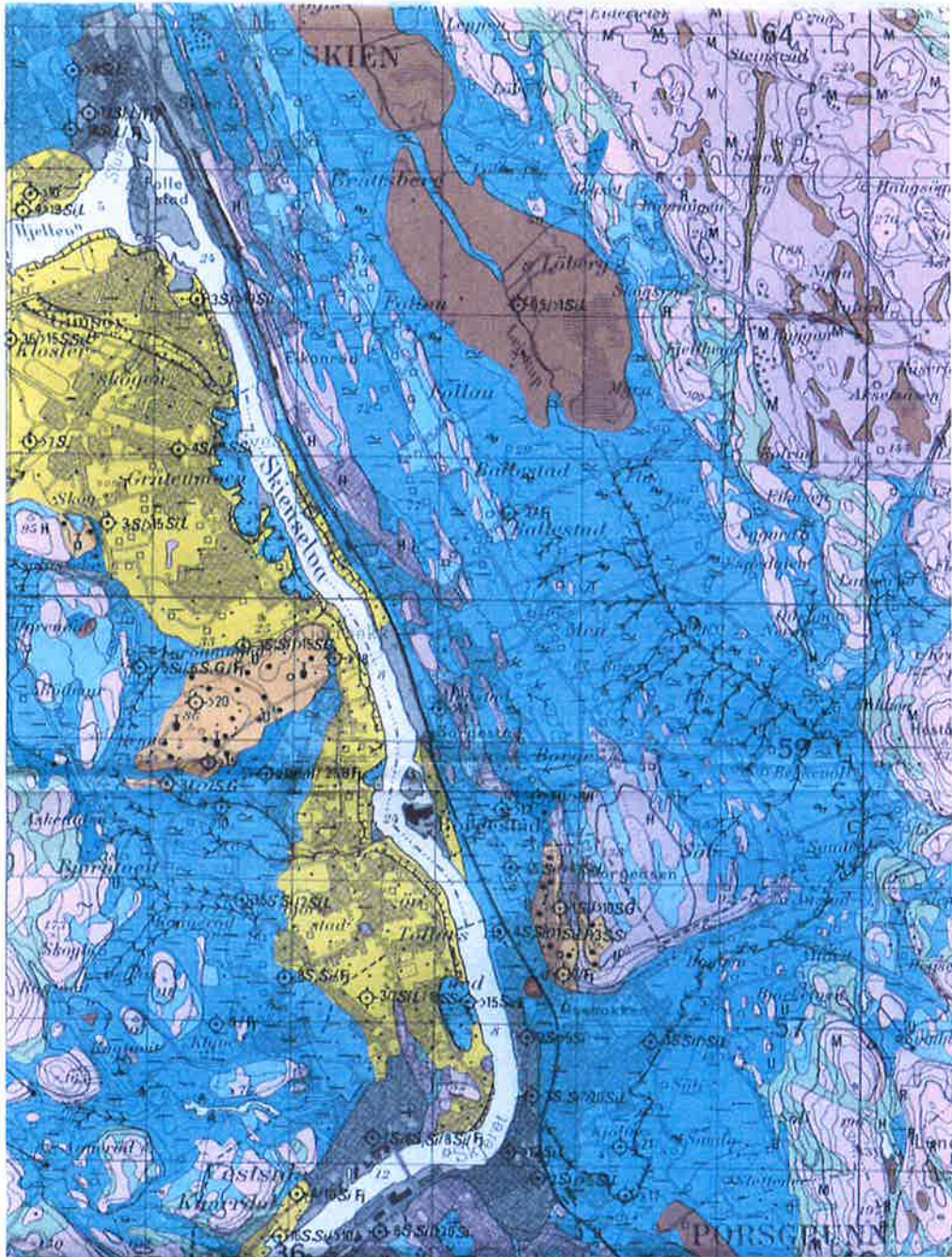
Ny risikoklassifisering gir faregradklasse *lav* (tidligere høy), konsekvensklasse *alvorlig* (som tidligere) og risikoklasse 3 (tidligere 4), se figur 22, 23 og 24.

Stabilitetsberegninger viser at sikkerheten mot større skred, med dagens topografi og terrengbelastning, er tilfredsstillende. Det skal imidlertid påpekes at inngrep (terreng-/ eller belastningsendringer) kan medføre stabilitetsforverringer og derved økt fare for skred



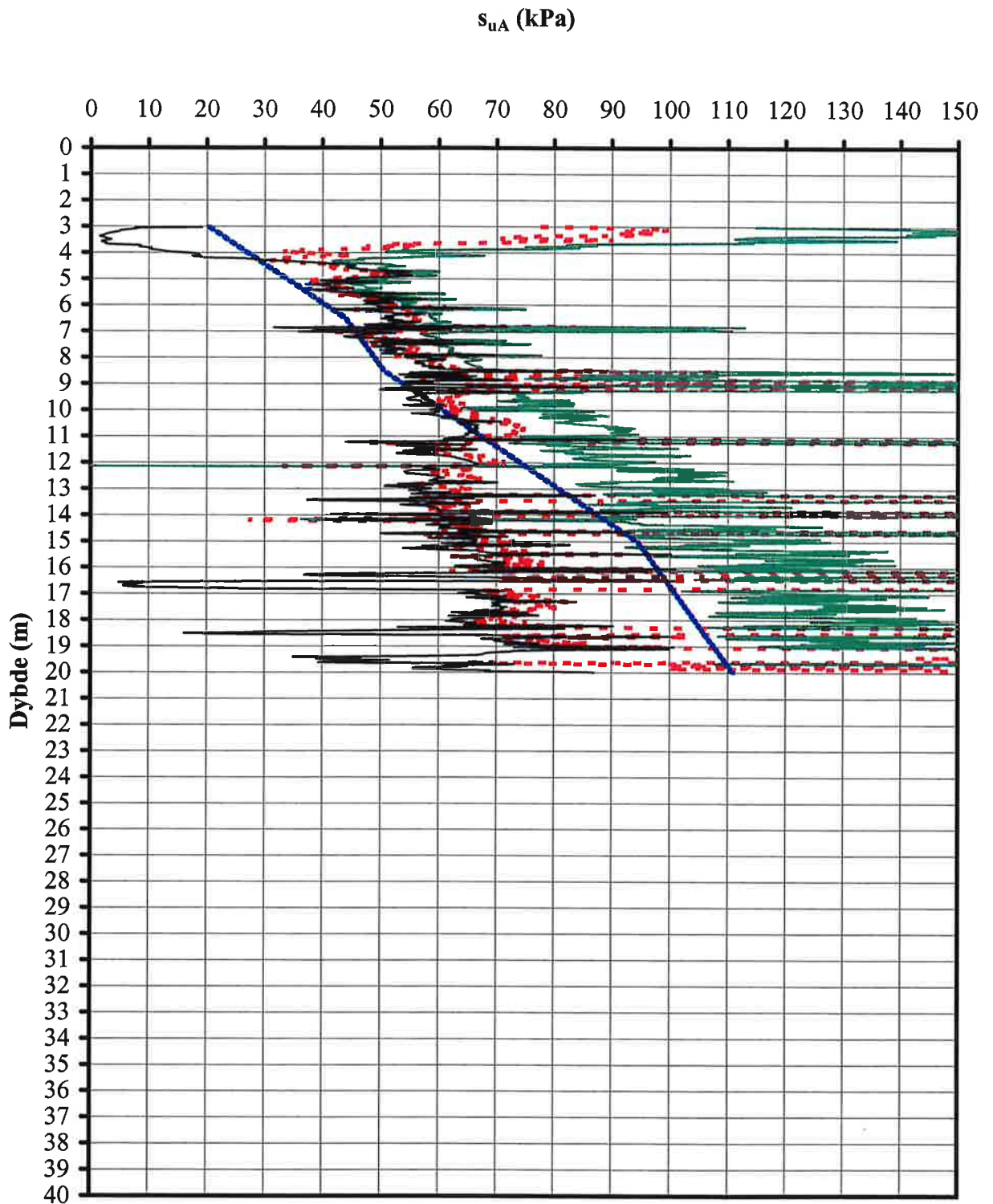
## REFERANSER

- /1/ Blom Maritime AS. NVE, Kartdata fra sjøbunnskartlegging av Skienselva 2002.
- /2/ SCC Scandiaconsult. NVE Region Sør. Skienselva i Skien og Porsgrunn. Grunnundersøkelser. Datarapport 620207A-1, datert 04.10.2002.
- /3/ Norges Geotekniske Institutt. Kartlegging av områder med potensiell fare for kvikkleireskred. Kartblad Porsgrunn. Rapport 880075-1, datert desember 1996.
- /4/ NOTEBY. NVE Region Sør. Grunnforhold langs Skienselva. Utdrag fra NOTEBYs arkiv. Underlag for vurdering av rasutsatte områder. Rapport 700220-1, datert 14. mai 2001.
- /5/ NOTEBY. Skien kommune. Pumpestasjon P18, Tilja. Aktuell tomt. Grunnundersøkelser. Rapport 33440-1, datert 15. juni 1992.
- /6/ Grøner. Skien kommune. Tilja pumpestasjon. Rapport 111921, datert 1/3-95.
- /7/ Veglaboratoriet. Statens vegvesen. Vegsjefen i Telemark fylke Skien. Foreløpig redegjørelse for fundamenteringsforholdene for bru over Skienselva, Alternativ Osebakken. Rapport H 48, datert 23/10-64.
- /8/ Veglaboratoriet. Statens vegvesen. Vegsjefen i Telemark fylke Skien. Menstad bru. Grunn- og fundamenteringsforhold. Rapport H 227 A – 4, datert 10. mai 1990.
- /9/ Veglaboratoriet. Statens vegvesen. Vegsjefen i Telemark fylke Skien. RV 36 Hammerkrysset – Gimsøy. Jernbanebru ved Bøle. Rapport H 209 -1, datert 25. november 1985.
- /10/ Norges Geotekniske Institutt. Byingeniøren i Skien. Gråtenmoen, Skien. Orienterende grunnundersøkelser. På Tømmersalgslagets tomt. Rapport 72052-1, datert 18.januar 1973.
- /11/ Norges Geotekniske Institutt. Skien Havnekontor. Grunnundersøkelser for ny kai i Follestad. Rapport 71018, datert juni 1971.
- /12/ Norges vassdrags- og energidirektorat. Erosjonssikring i Skienselva mellom Skien og Porsgrunn. Notat, sak 10061, ref.: 200104421, datert januar 2003.
- /13/ Norges Geotekniske Institutt. Vurdering av risiko for skred. Metode for klassifisering av faresoner, kvikkleire. Rapport 20001008-2, rev. 2, datert 16 desember 2002.



Kartblad: N 50 1713 II Porsgrunn  
 UTM: 32 V NL 370470 - 355623

<b>SKIENSELVEN RISIKO FOR KVIKKLEIRESKRED</b>	Rapport nr. 20011544-1	Figur nr. 1
<b>OVERSIKTSKART M = 1 : 50 000</b>	Tegner 	Dato 2003-02-13
	Kontrollert 	
	Godkjent 	



- - - Basert på Nkt

— Basert på NKe

— Basert på OCR = Designprofil

— Basert på Ndu

Terrengkote : 16,2 m

Grunnvannstand : 6,5 m under terreng

F:\PI\2001\15\20011544\Div\cplu 102.xls\SuA

**SKIENSELVEN RISIKO FOR KVIKKLEIRESKRED**

Rapport nr.  
20011544-1

Figur nr.  
2

Resultater fra CPT 102

Tegner  
OG

Dato  
13.02.2003

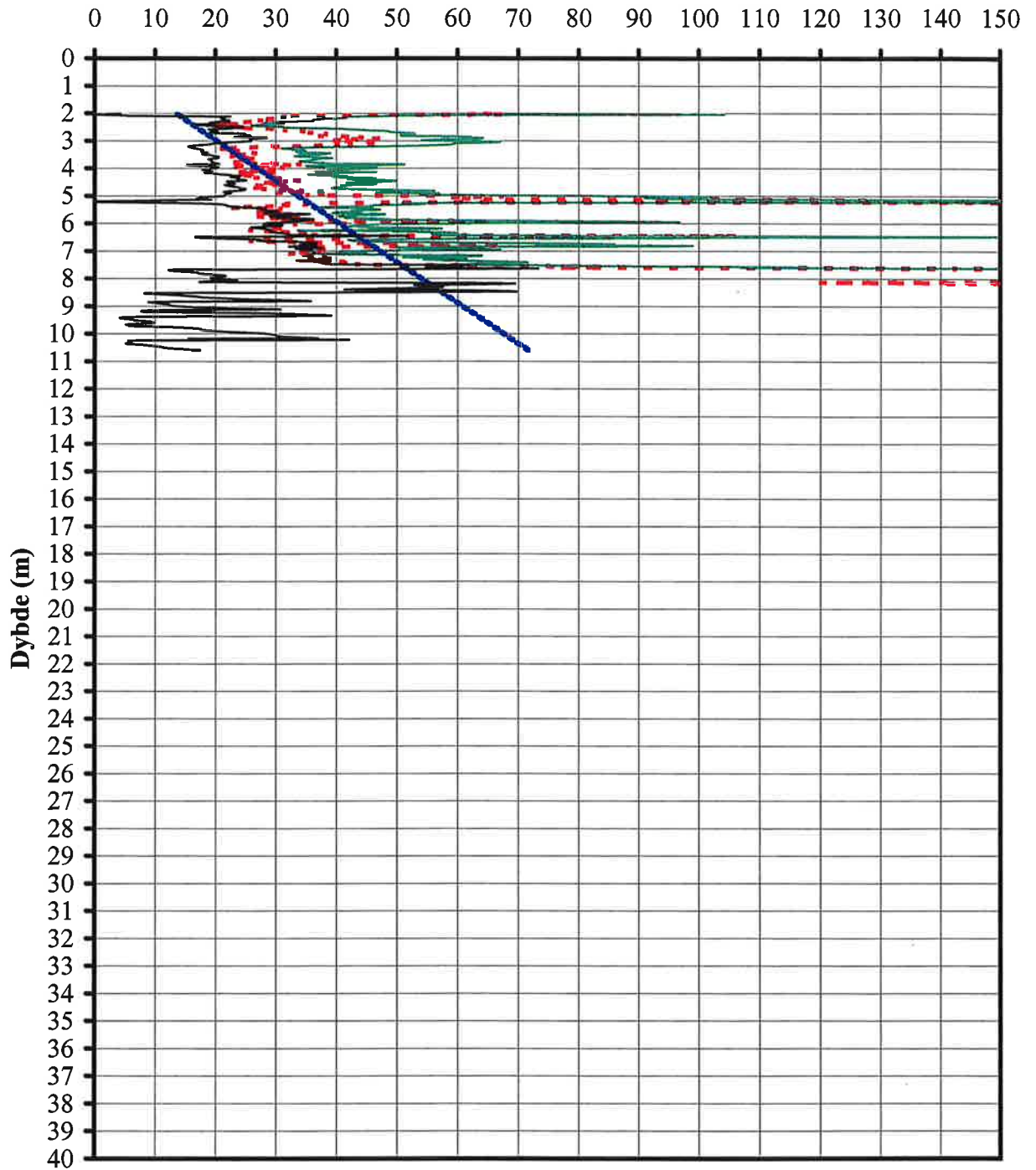
Skjærstyrke tolket fra spissmotstand og poretrykksrespons

Kontrollert  
*W*

Godkjent  
*07*



$s_{uA}$  (kPa)



- - - Basert på Nkt

— Basert på NKe

— Basert på OCR = Designprofil

— Basert på Ndu

Terrengkote : 14,9 m

Grunnvannstand : 15 m under terreng

F:\PI\2001\15\20011544\Div\cptu 108.xls\SuA

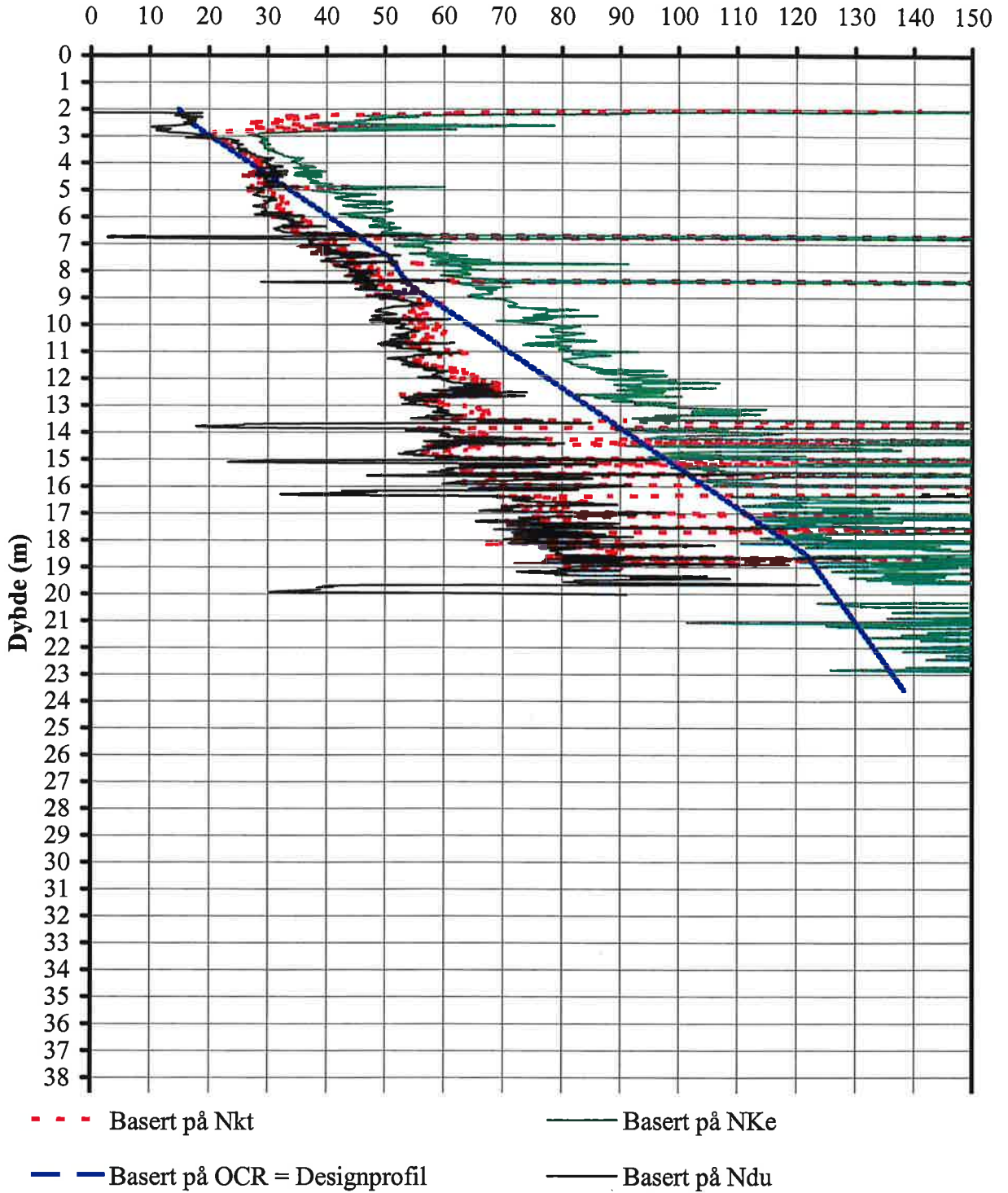
**SKIENSELVEN RISIKO FOR KVIKKLEIRESKRED**

Resultater fra CPT 108

Skjærstyrke tolket fra spissmotstand og poretrykksrespons

Rapport nr. 20011544-1	Figur nr. 3
Tegner OG	Dato 13.02.2003
Kontrollert <i>mm</i>	
Godkjent <i>og</i>	

$s_{uA}$  (kPa)



Terrengkote : 22,3 m

Grunnvannstand : 7,5 m under terreng

F:\PV2001\15\20011544\Div\cplu 102.xls\SuA

**SKIENSELVEN RISIKO FOR KVIKKLEIRESKRED**

Resultater fra CPT 111

Skjærstyrke tolket fra spissmotstand og poretrykksrespons

Rapport nr.  
20011544-1

Figur nr.  
4

Tegner  
OG

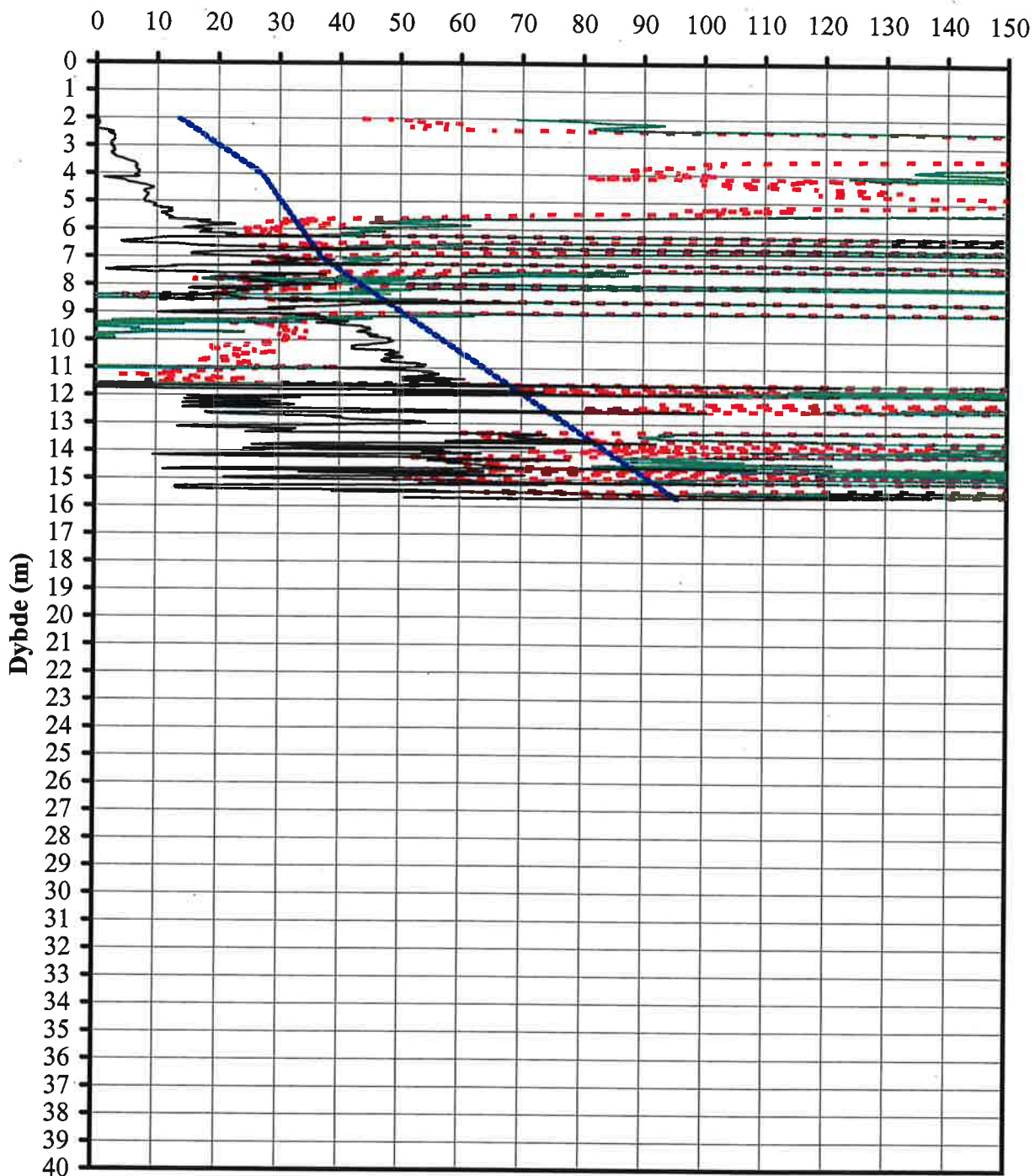
Dato  
13.02.2003

Kontrollert  
*uu*

Godkjent  
*gj*



$s_{uA}$  (kPa)



- - - Basert på Nkt

— Basert på NKe

— Basert på OCR = Designprofil

— Basert på Ndu

Terrengekote : 26,9 m

Grunnvannstand : 4 m under terreng

F:\PI\2001\15\20011544\Div\cptu 114.xls\SuA

**SKIENSELVEN RISIKO FOR KVIKKLEIRESKRED**

Rapport nr.  
20011544-1

Figur nr.  
5

Resultater fra CPT 114

Tegner

Dato

OG

13.02.2003

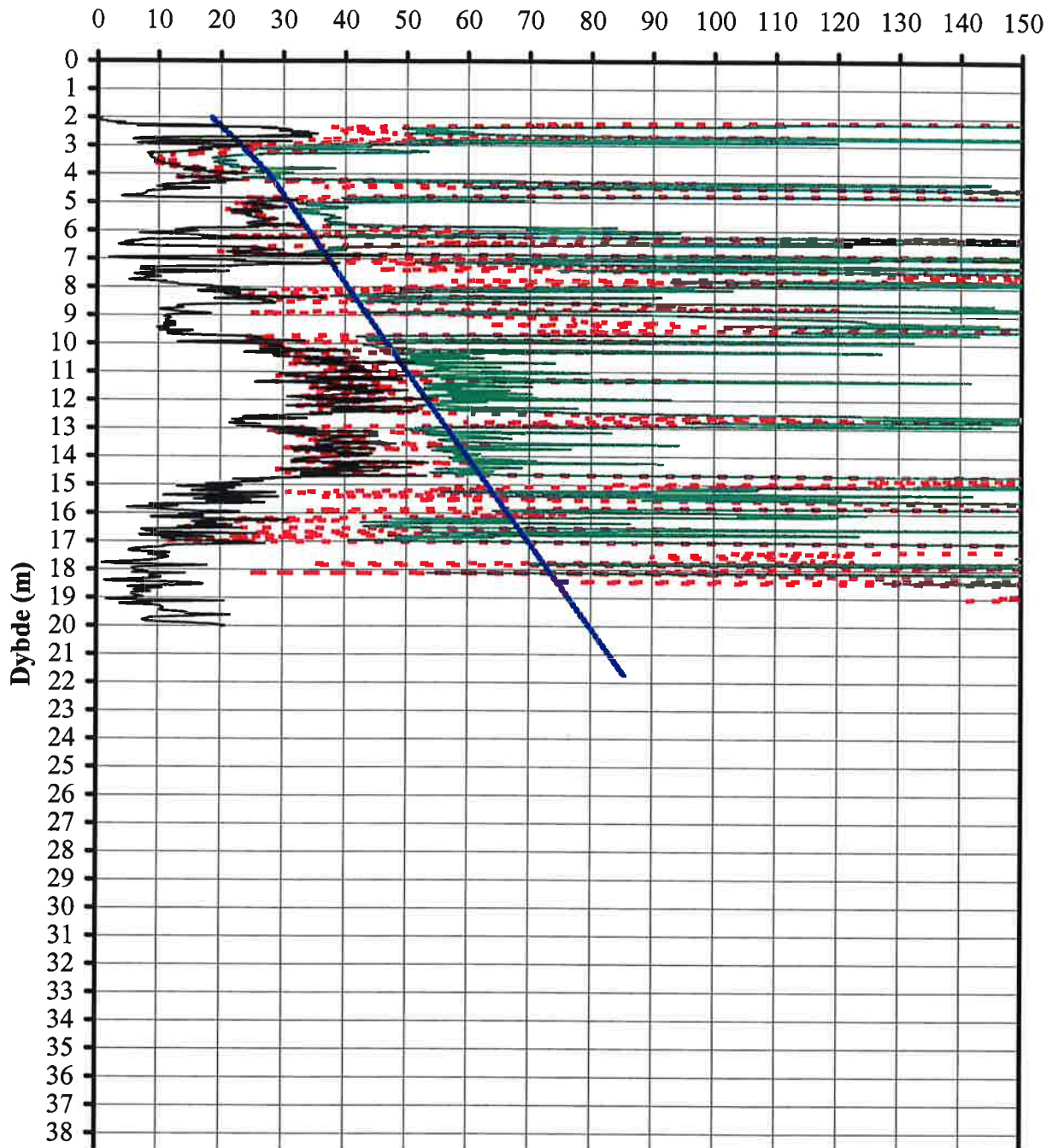
Kontrollert

Godkjent



Skjærstyrke tolket fra spissmotstand og poretrykksrespons

$s_{uA}$  (kPa)



- - - Basert på Nkt

— Basert på NKe

— Basert på OCR = Designprofil

— Basert på Ndu

Terrengekote : 4,9 m

Grunnvannstand : 4 m under terreng

F:\P\2001\15\20011544\DIV\cputu 118.xls\SuA

**SKIENSELVEN RISIKO FOR KVIKKLEIRESKRED**

Resultater fra CPT 118

Skjærstyrke tolket fra spissmotstand og poretrykksrespons

Rapport nr.  
20011544-1

Figur nr.  
6

Tegner  
OG

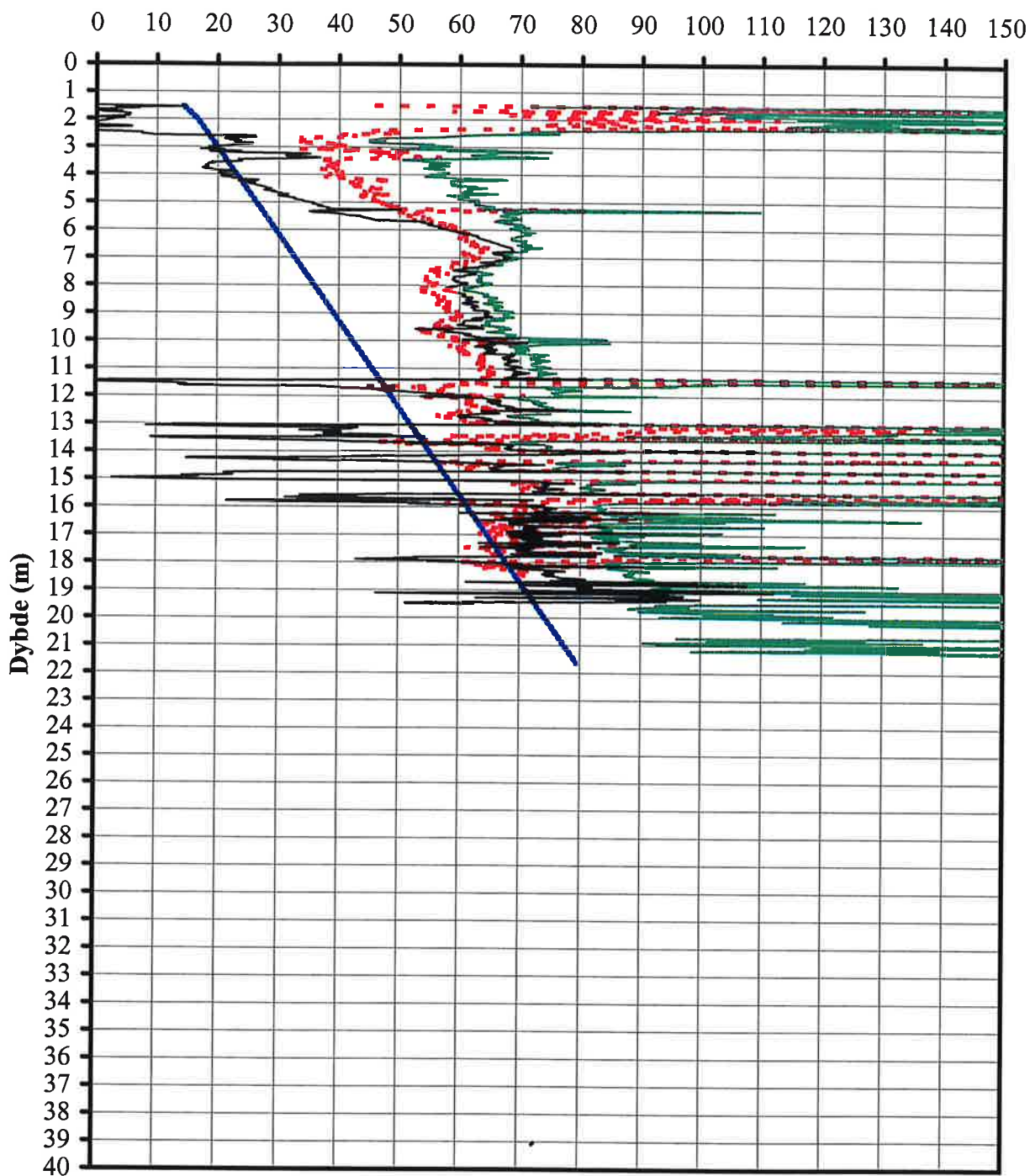
Dato  
13.02.2003

Kontrollert  
*[Signature]*

Godkjent  
*[Signature]*



$s_{uA}$  (kPa)



- - - Basert på Nkt

— Basert på NKe

— Basert på OCR = Designprofil

— Basert på Ndu

Terrengkote : 7,8 m

Grunnvannstand : 2 m under terreng

F:\PI\2001\15\20011544\Div\CPTU 120 REV.xls\Inngangsdata

### SKIENSELVEN RISIKO FOR KVIKKLEIRESKRED

Resultater fra CPT 120

Skjærstyrke tolket fra spissmotstand og poretrykksrespons

Rapport nr.  
20011544-1

Figur nr.  
7

Tegner  
OG

Dato  
13.02.2003

Kontrollert  
*W*

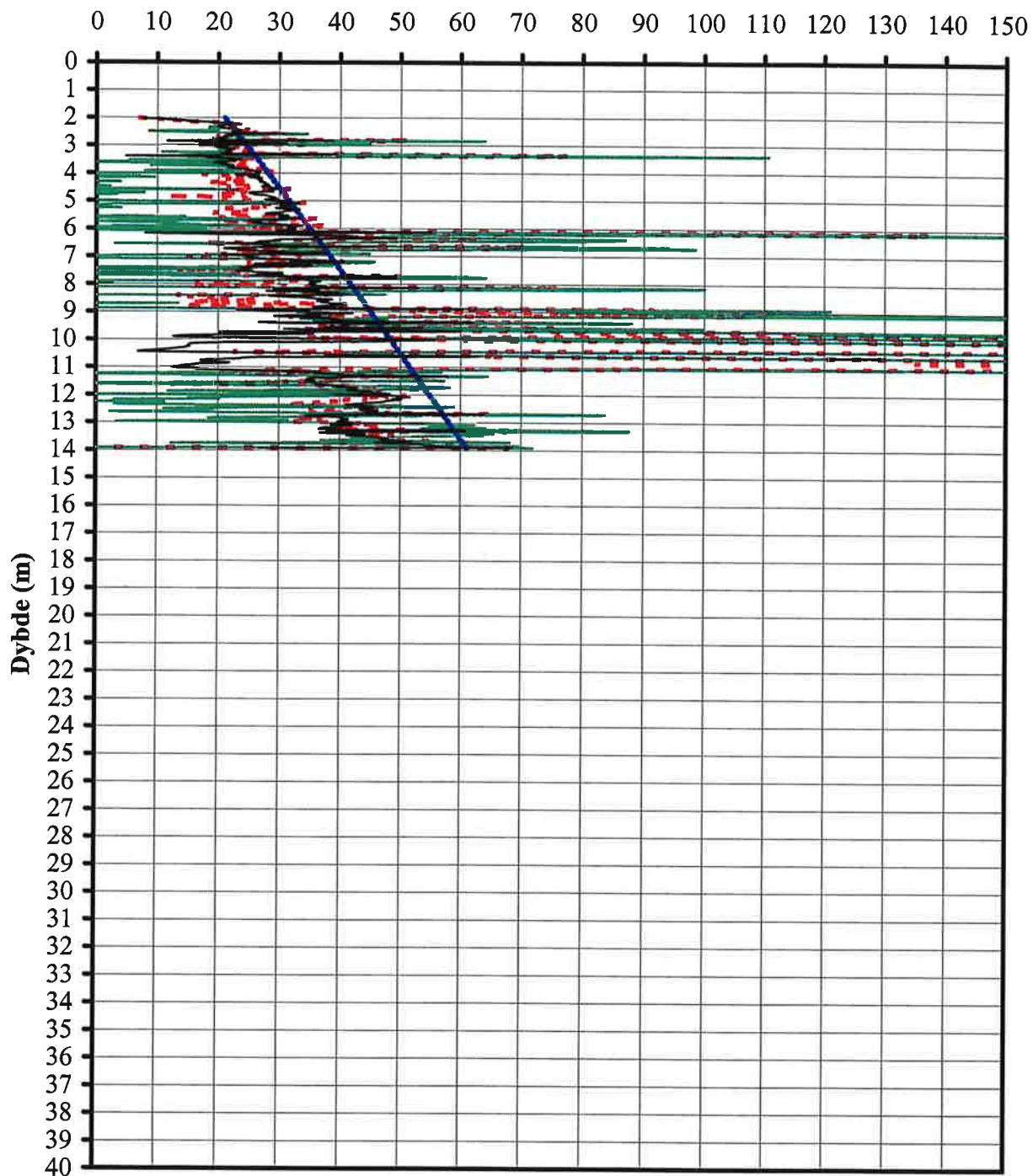
Godkjent  
*07*







$s_{uA}$  (kPa)



- - - Basert på Nkt

— Basert på NKe


— Basert på OCR = Disignprofil

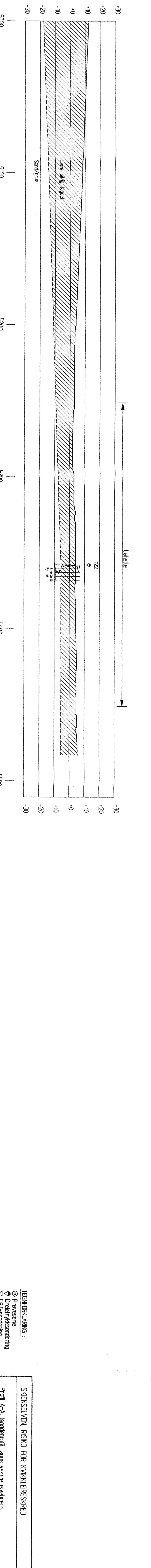
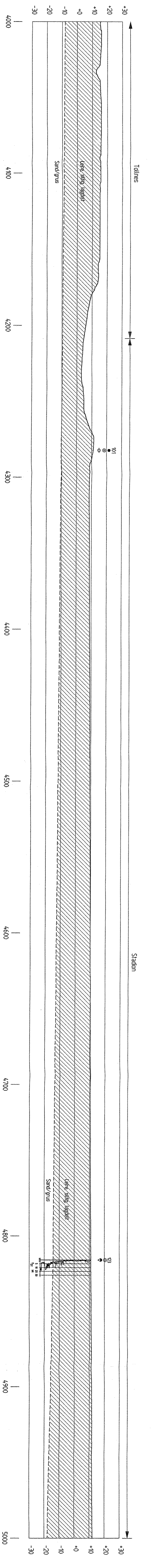
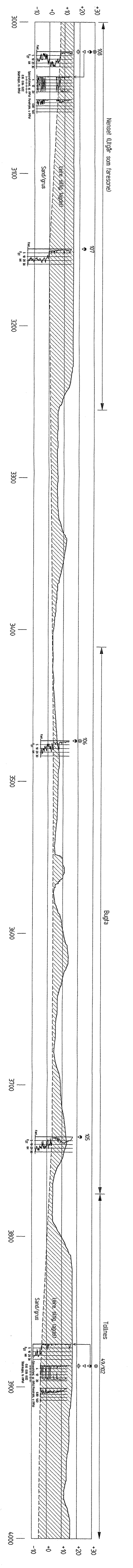
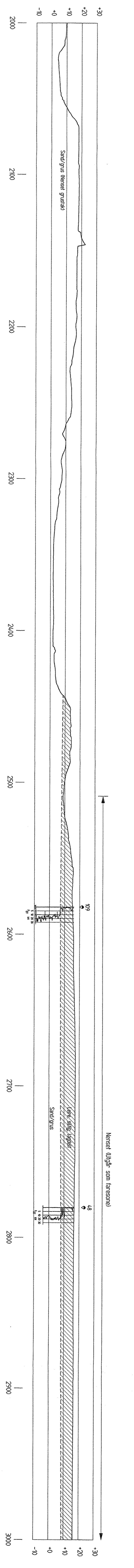
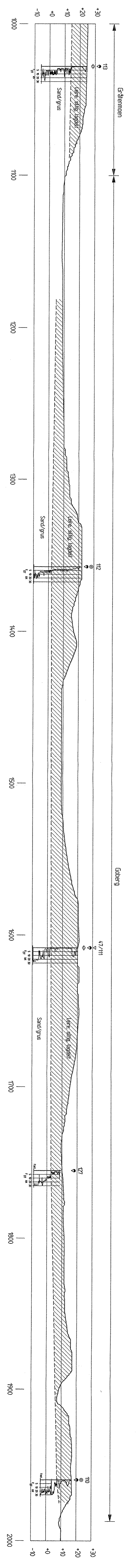
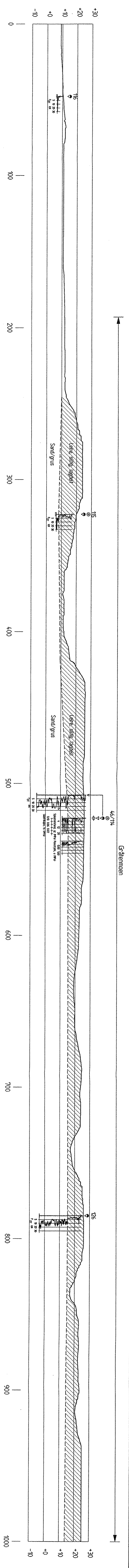
— Basert på Ndu

Terrengkote : 2 m

Grunnvannstand : 1 m under terreng

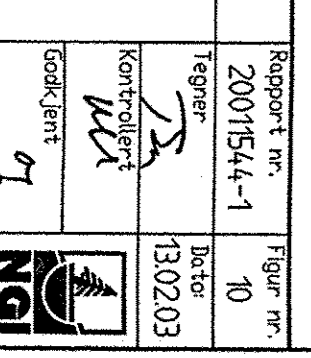
F:\PI\2001\15\20011544\Div[cptu 131.xls]SuA

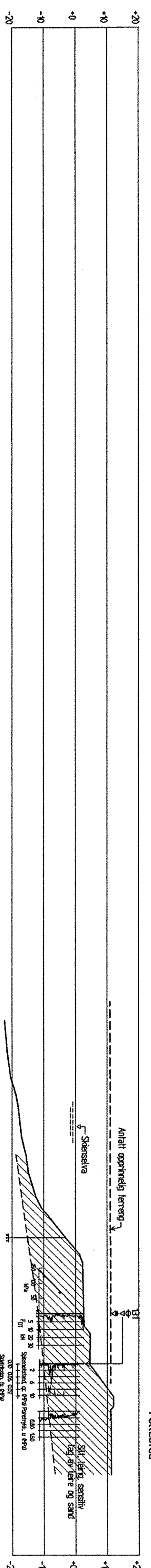
<b>SKIENSELVEN RISIKO FOR KVIKKLEIRESKRED</b>	Rapport nr. 20011544-1	Figur nr. 9
	Tegner OG	Dato 13.02.2003
Resultater fra CPT 131	Kontrollert <i>[Signature]</i>	
Skjærstyrke tolket fra spissmotstand og poretrykksrespons	Godkjent <i>[Signature]</i>	



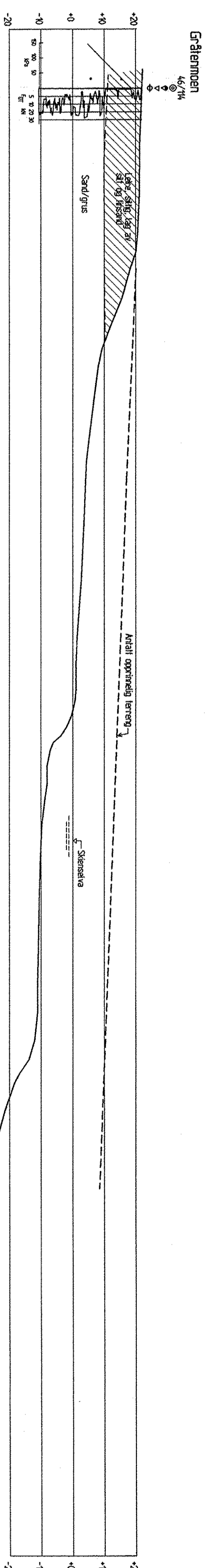
TEGNERBLANKENS:  
 ● Prøvestene  
 ▲ Dreiertryksskædning  
 ○ Rørledningsledning  
 ● Dreiertryk

SIENDELVEN, RISIKO FOR KVAKLERESKRED  
 Rapport nr. 2007154-1  
 Dato: 13.02.03  
 M = 1 : 1000

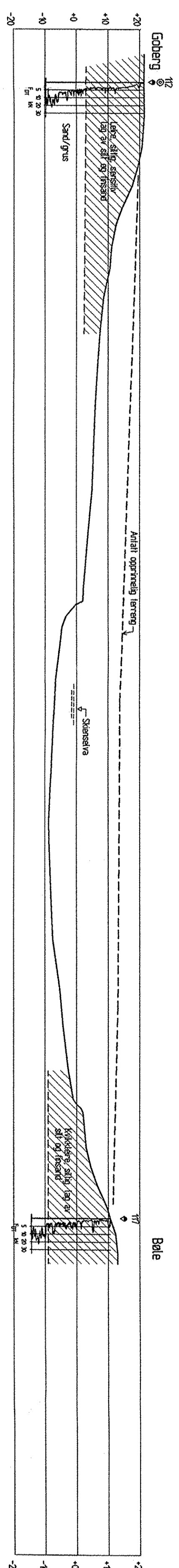




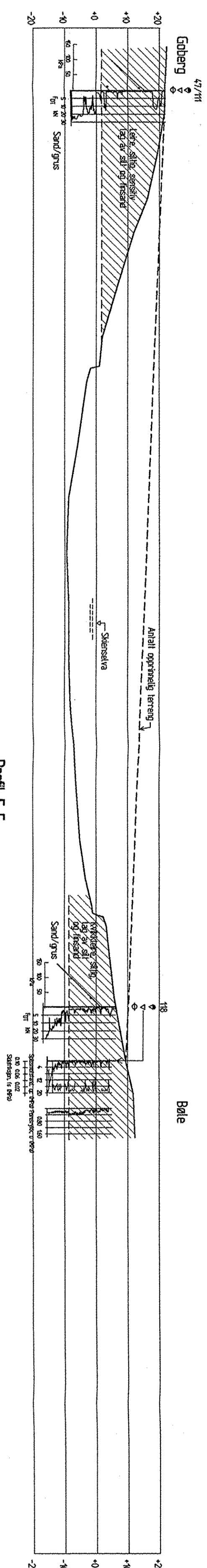
Profil B-B



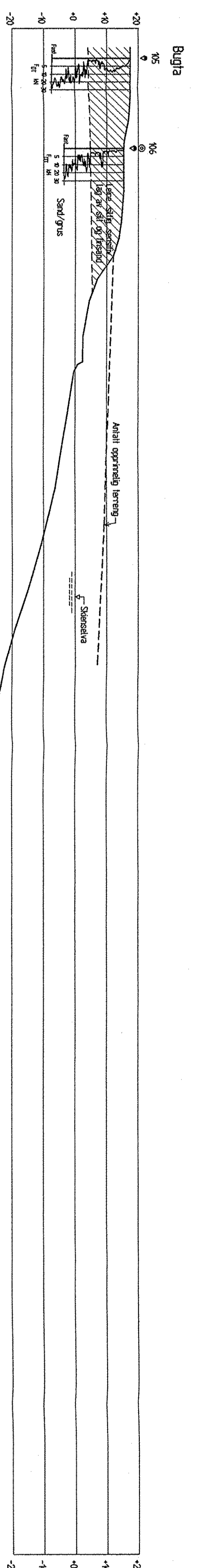
Profil C-C



Profil D-D



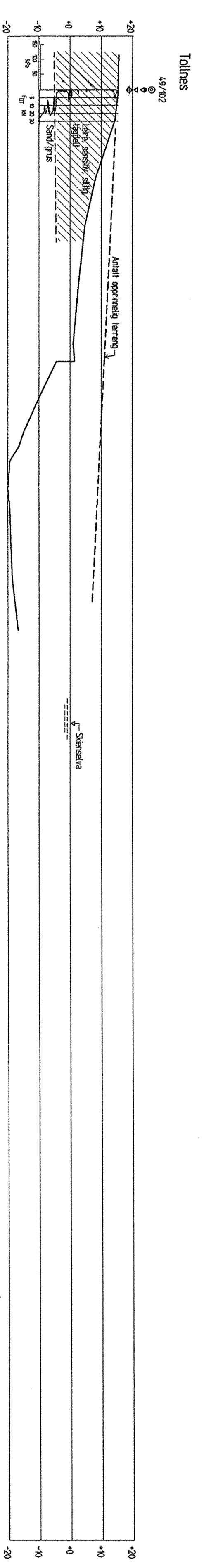
Profil E-E



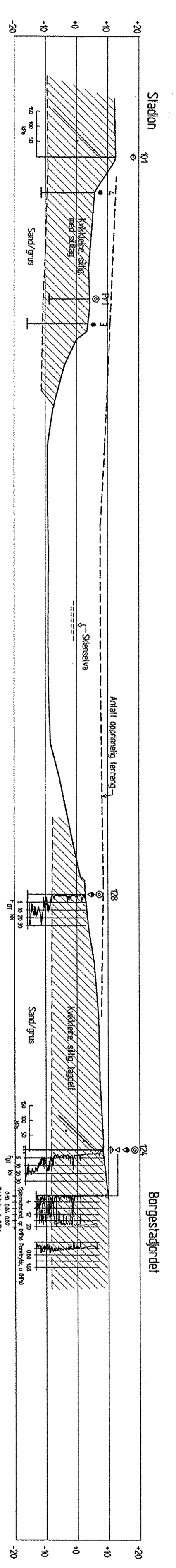
Profil F-F

- TEKNOFKLARING :
- ⊙ Prøveste
  - ⊙ Døgnprøveste
  - ⊙ Døgnprøveste
  - ⊙ Forstyrksmidler
  - ⊙ Døgnprøveste

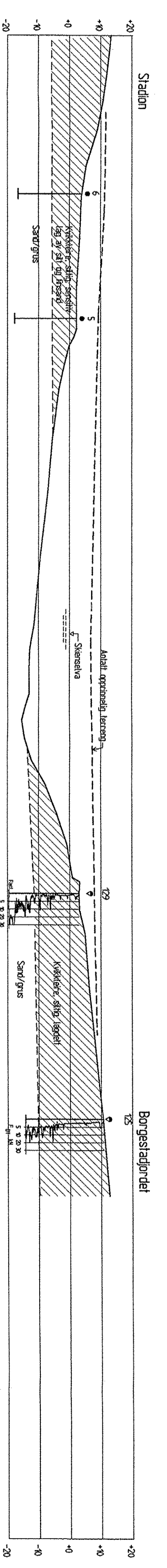
SKIENSVEN, RISKO FOR KVAKLEBESKRED	Report nr. 2007/144-1	Figur nr. 11
Profil B-B til F-F, vannprofiler	130203	
M = 1 : 1000		
	NGI	



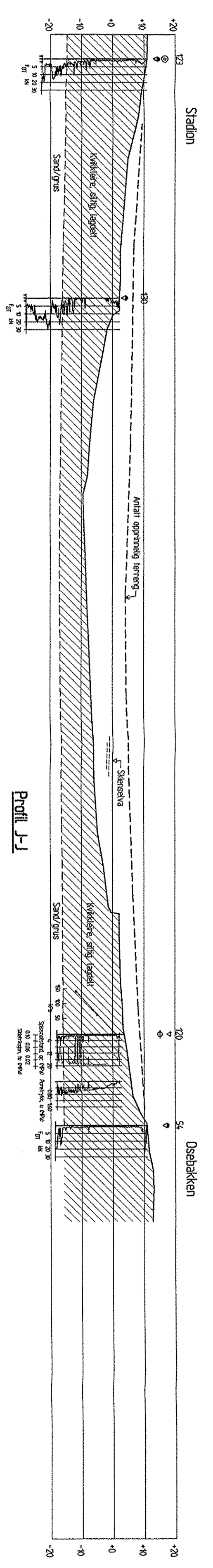
Profil G-G



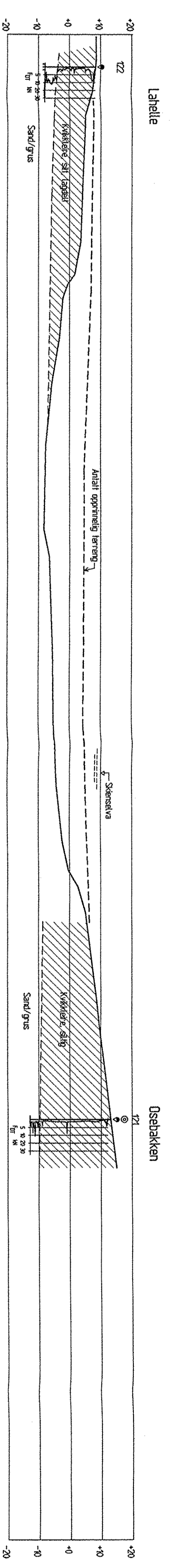
Profil H-H



Profil I-I



Profil J-J

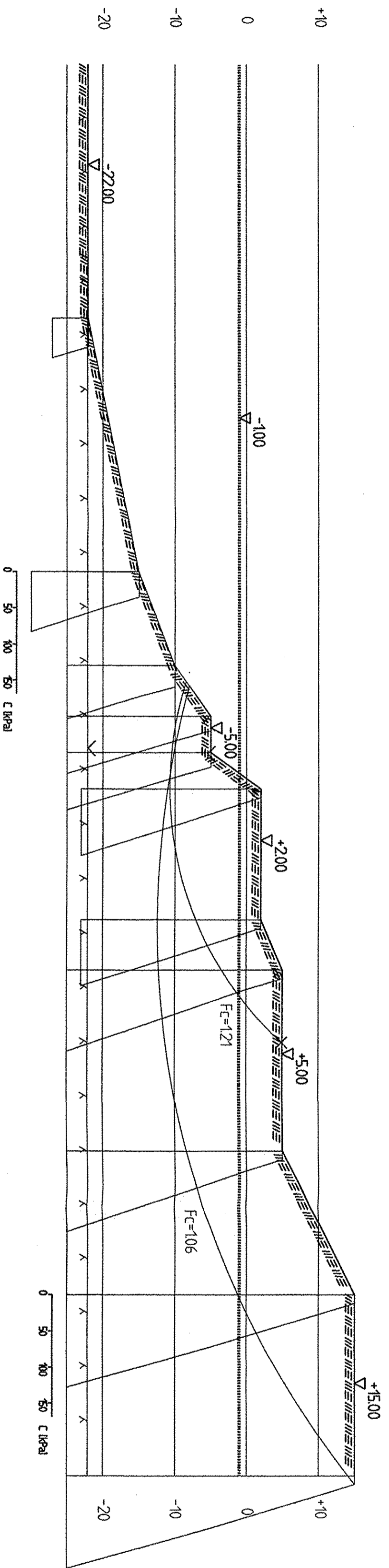


Profil K-K


- TEGNFORKLARING:
- ⊙ Prøveserie
  - ▽ Dreierlykksendering
  - ▽ CPT-sendering
  - ⊕ Porerlykksmåler
  - Dreiesendering

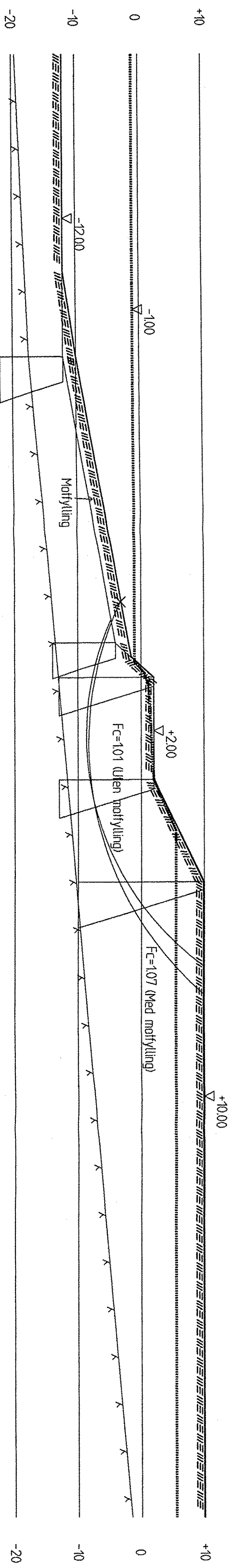
Report nr.	20071544-1	Figur nr.	12
Revisjon	1	Dato	13.02.03
Kontrollert	WA	Godkjent	WA
SKENSELVEN, RISIKO FOR KVIKLEIRESKRED			
Profil G-G til K-K, vnerprofiler			
M = 1 : 1000			





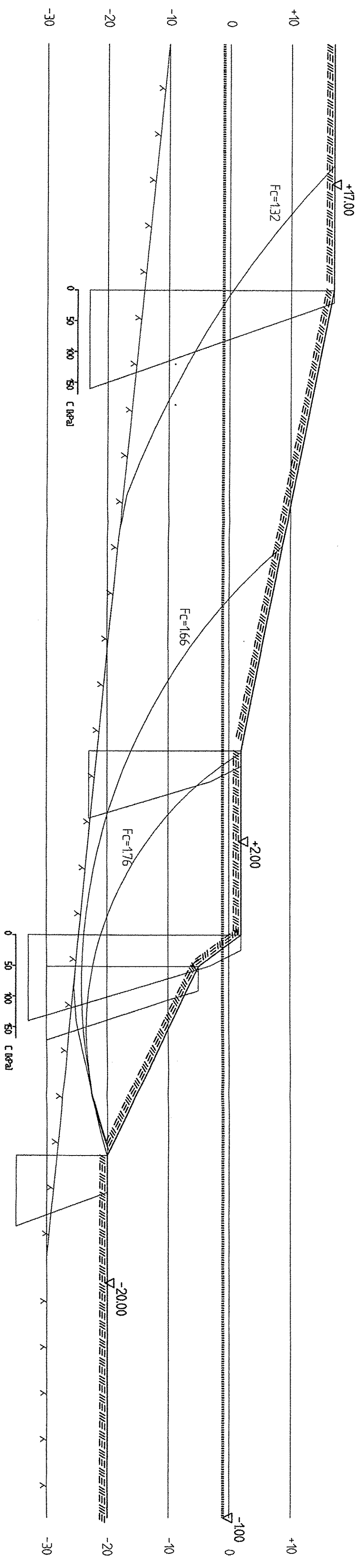
Material	nr	Densitet	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
Mottylling	2	190	37.0	0.0				
Leire	1	195	---	---	C-profil	100	0.70	0.40
Berg								

SKENSELVEN RISIKO FOR KVIKKLEPRESKRED		Rapport nr. 2001544-1	Figur nr. 13
Stabilitet profil B-B, Føllestad M = 1 : 500		Tegner RMO	Dato 14.02.2003
		Kontrolleret W	
		Godkjent G	
			



Material	nr	Densitet	Fl	C	C	Aa	Ad	Ap
Motfylling	2	190	37.0	0.0				
Kvikklere Berg	1	195	---	---	C-profil	100	0.70	0.40

SKIENSELVEN RISKØ FOR KVIKKLERESKRED		Rapport nr. 2001544-1	Figur nr. 14
Stabilitet profil D-D Bøle		Tegner RMO	Dato 14/02/2003
M = 1 : 500		Kontrollert WR	Godkjent of
		NGI	

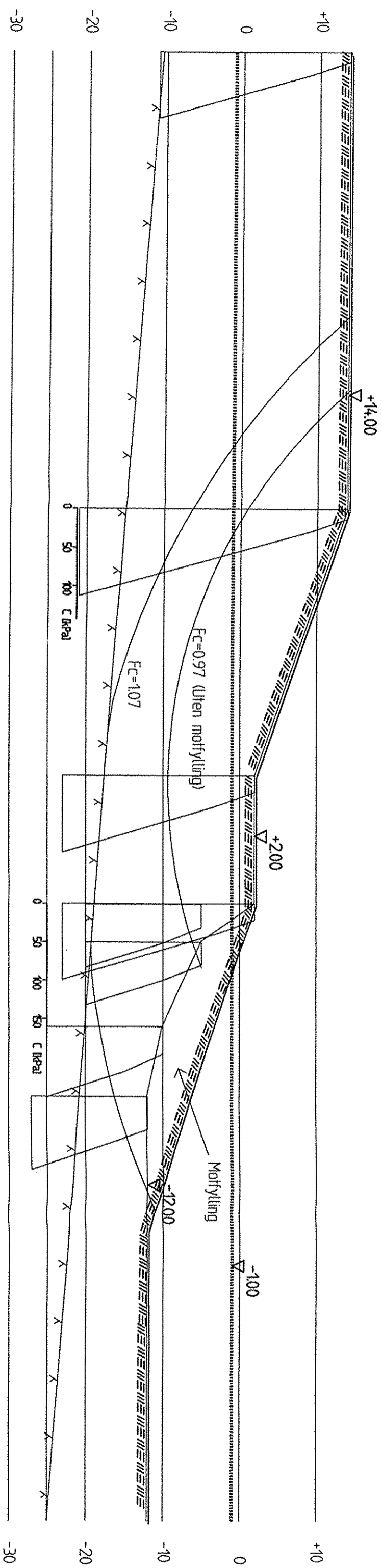


Material	nr	Densitet	FI	C	C	Aa	Ad	Ad
Leire	1	195	---	---	C-profil	100	0.70	0.40
Berg								

SKIENSELVEN	RISIKO FOR KVIKKLERESKRED	Rapport nr.	2001/544-1	Figur nr.	15
Stabilitet profil F-F Tollnes		Legner	RM10	Dato:	4.02.2003
M = 1 : 500		Kontrollert	WA		
		Godkjent	05		

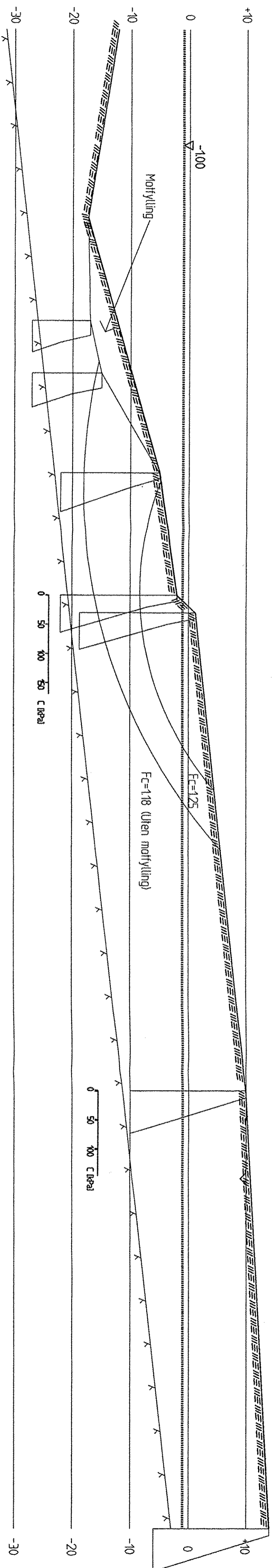






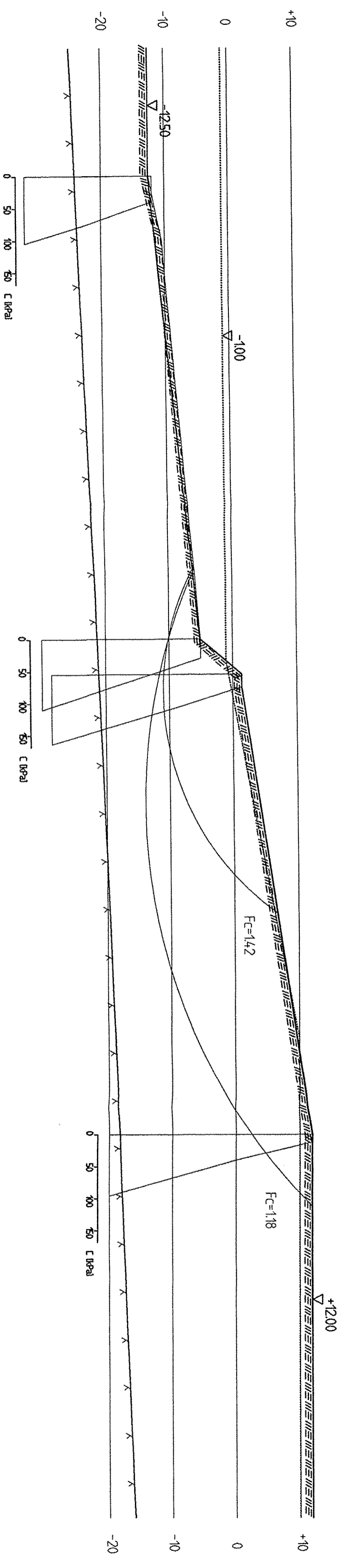
Material	nr	Densitet	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Mofylling	2	1.90	37.0	0.0				
Leire	1	1.95	---	---				
Berg						C-profil 1.00	0.70	0.40

SKIENSELVEN RISKØ FOR KVIKKLERESKRED		Rapport nr. 20011544-1	Figur nr. 16
Stabilitet profil G-G Tollnes / Stadion		Tegner RMØ	Dato 14.02.2003
M = 1 : 500		Kontrolleret WV	Godkjent WV
		NGI	



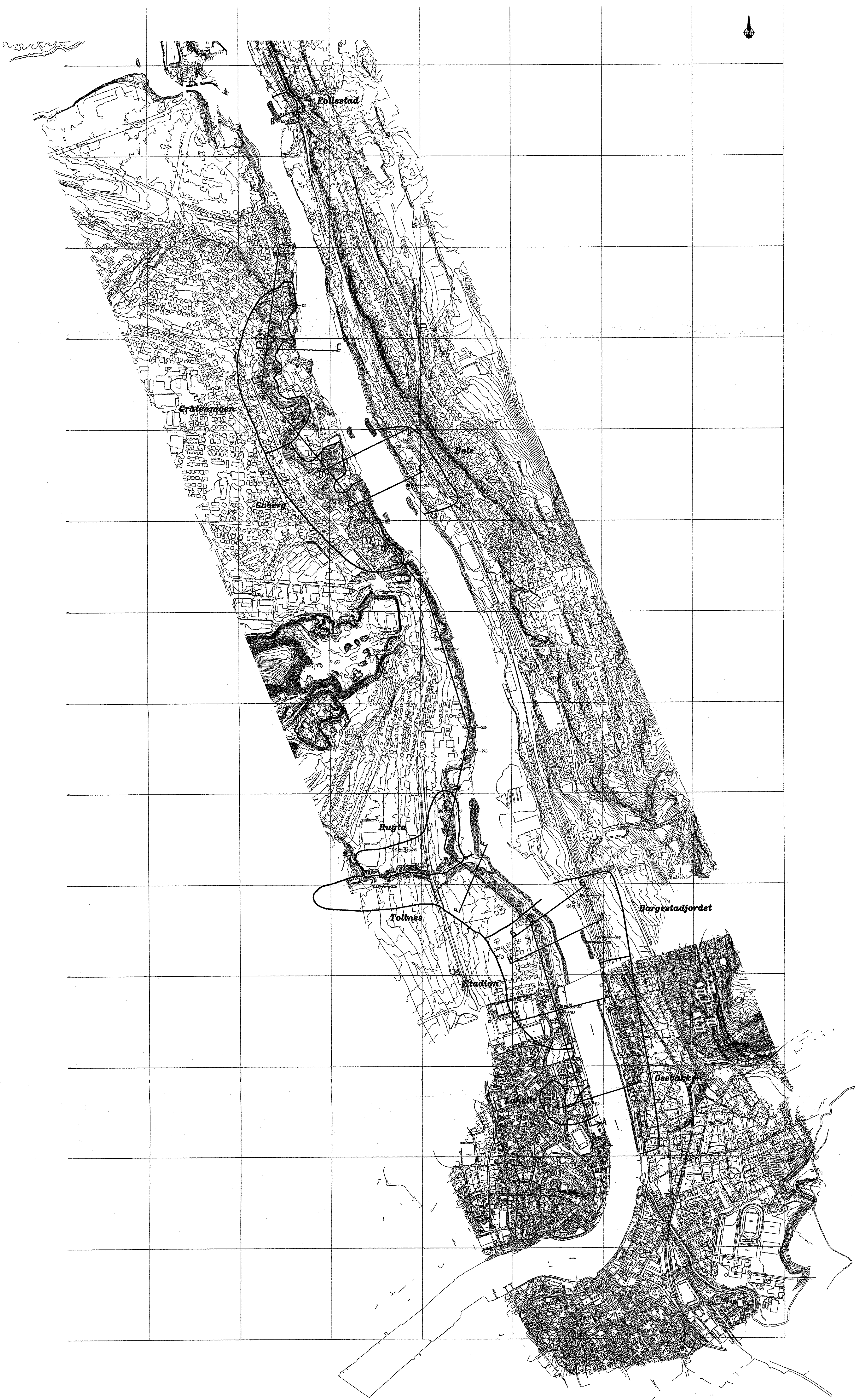
Material	nr	Densitet	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
Mottylling	2	190	370	0.0				
Leire	1	195	---	---				
Berg					C-profil	100	0.70	0.40

SKIENSELVEN RISIKO FOR KVIKKLEIRESKRED		Rapport nr.	20071544-1	Figur nr.	17
Stabilitet profil J-J Borgestadjordet		Tegner	RM0	Dato:	14.02.2003
M = 1 : 500		Kontrollert	Wd		
		Godkjent	75		
				NGI	



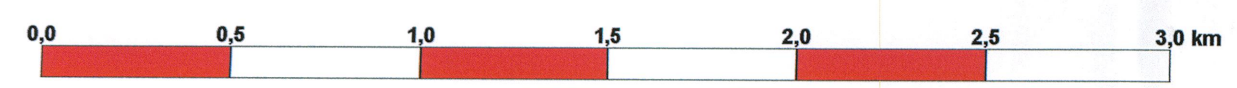
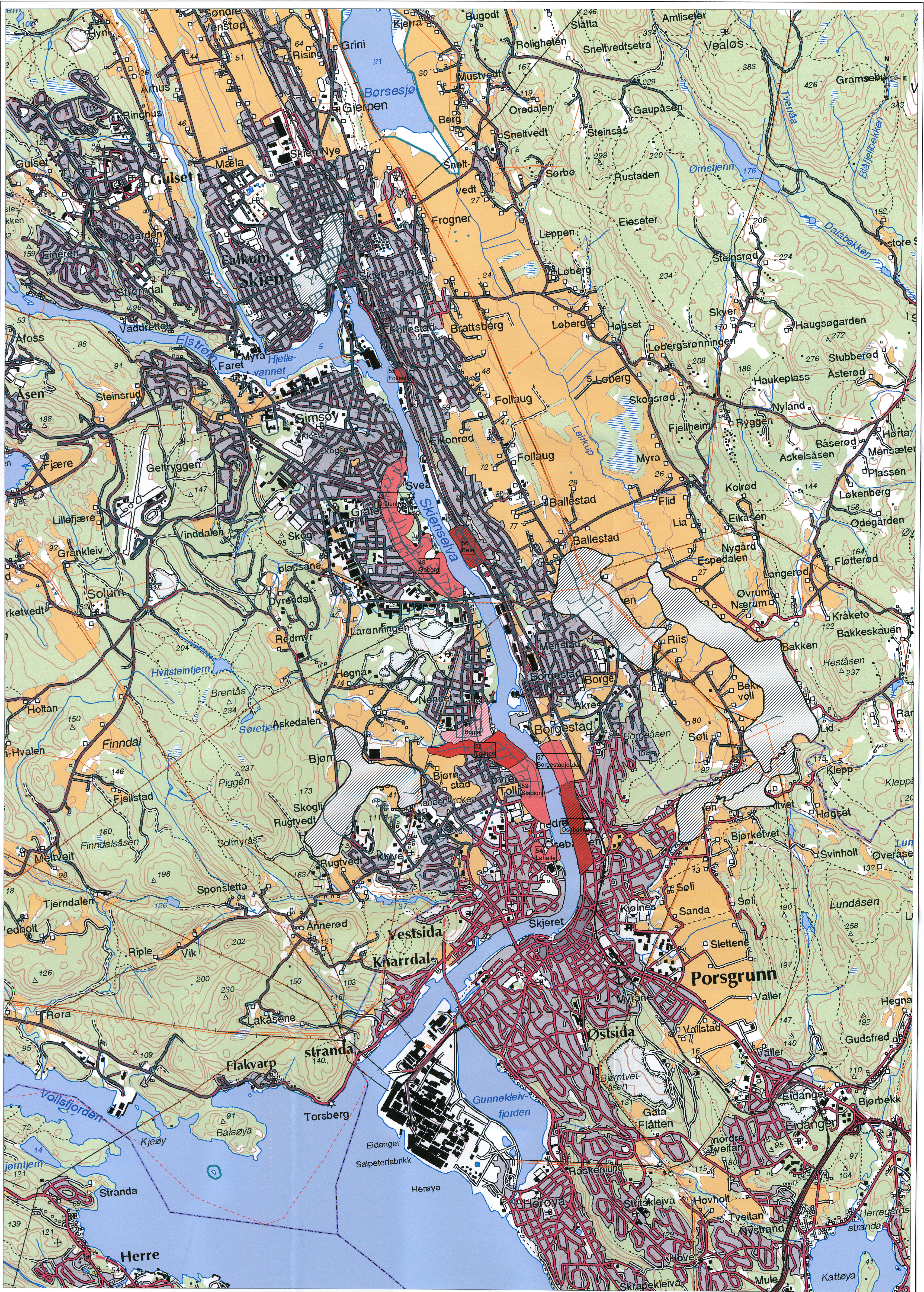
Material	nr	Densitet	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
Motfylling	2	190	37.0	0.0				
Kvikkleire	1	195	---	---				
Berg					C-profil	100	0.70	0.40

SKENSELVEN	RISIKO FOR KVIKKELESKRED	Rapport nr. 2007/544-1	Figur nr. 18
Stabilitet profil J-J Osebakken	M = 1 : 500	Tegner RMo	Da to: 4.02.2003
		Kontrolleret WV	Godkjent os
			NGI



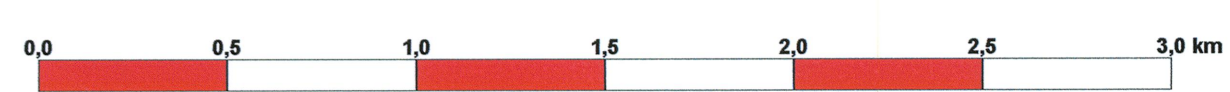
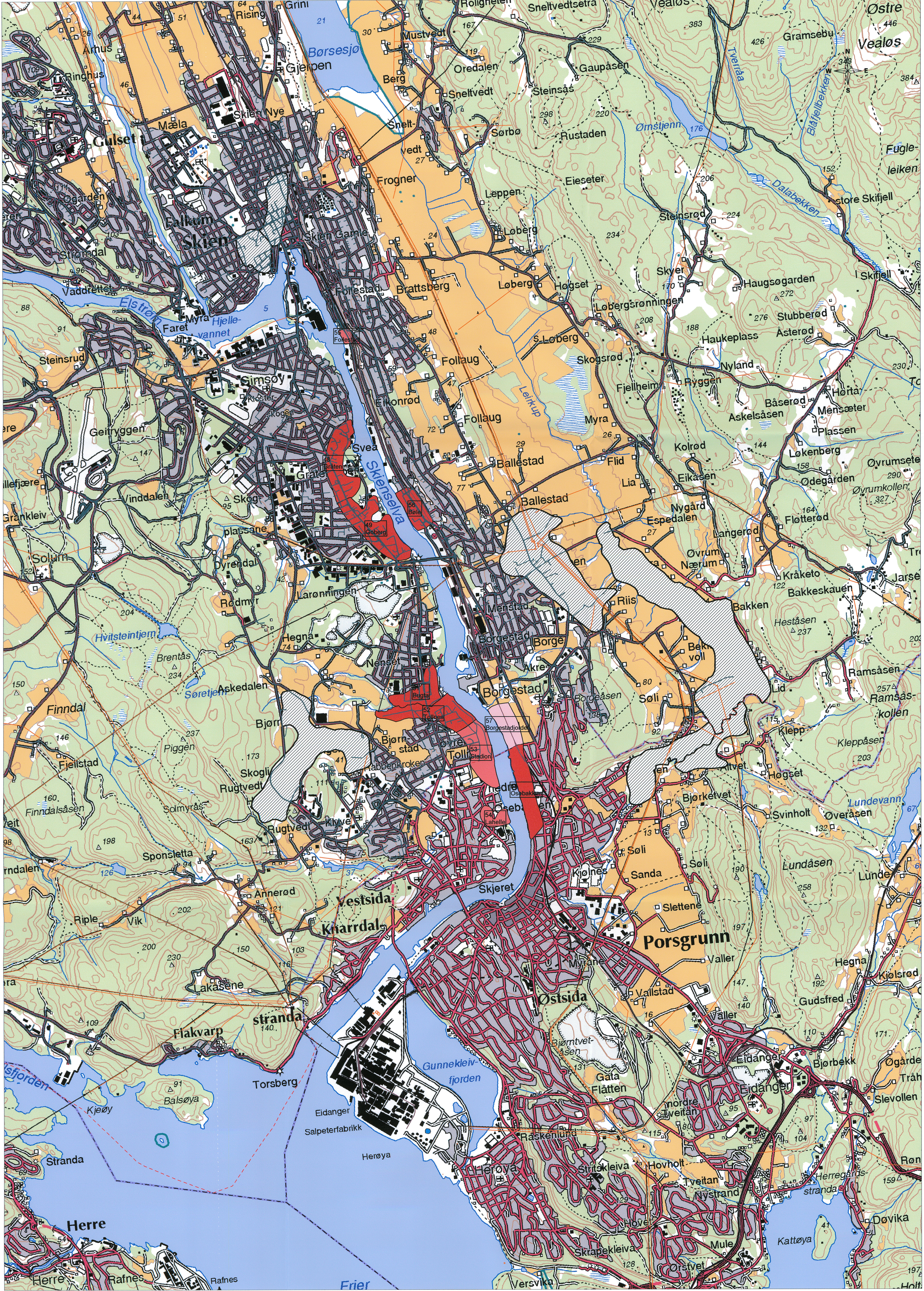
- TEMAFORKLÆRING:
- ⊙ Prøveserie
  - Drejningssonering
  - ▽ CPT-sonering
  - ⊕ Poretryksskæder
  - ⊖ Erosion

SKENSELVEN, RISIKO FOR KVAKKLEBESKÆD	Figur nr.	19
	Rapport nr.	20071544-1
	Region	3
	Kontrollant	W
	Dato	13.02.03
Situationsplan med profiler og elevationsplan		
M = 1 : 10 000		



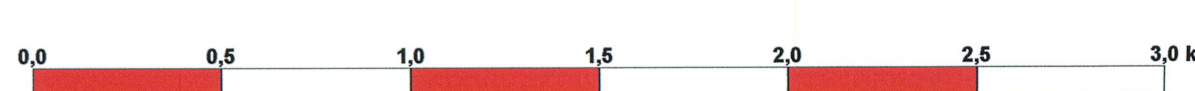
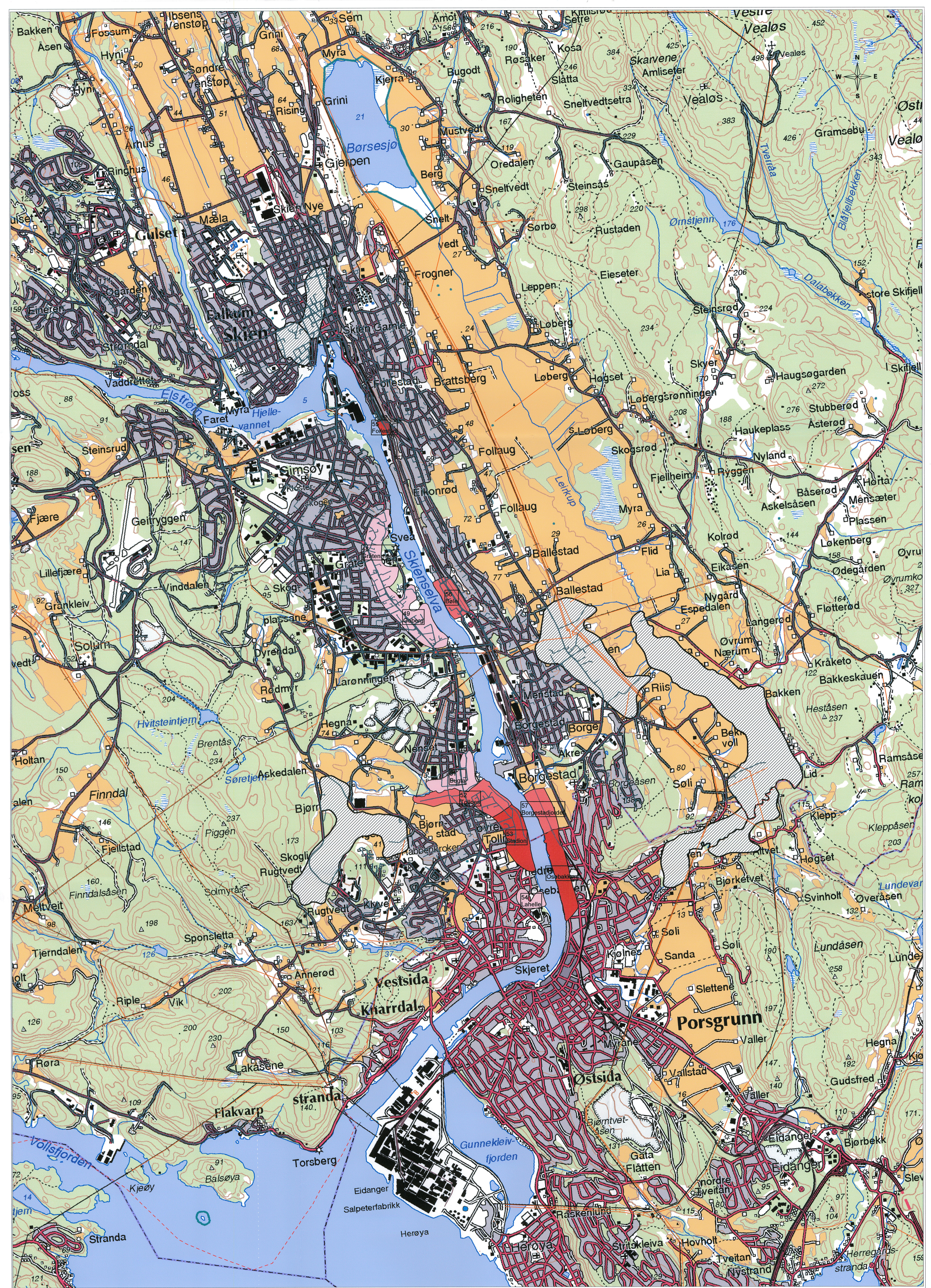
- Risiko
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- ▨ Kvikkleiresoner, ikke klassifiserte

NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT	
SKIENSELVEN RISIKO FOR KVIKKLEIRESKRED	20011544-1 24
Risikokart	RMo
Målestokk = 1 : 20 000	07.02.2003



- Konsekvens
- Mindre alvorlig
- Alvorlig
- Meget alvorlig
- Kvikkleiresoner, ikke klassifisert

NORGES KASTRINGS- OG ENERGIDIREKTORAT	
SKIENSELVEN RISIKO FOR KVIKKLEIRESKRED	20011544-1
Konsekvenskart	RM0
Målestokk = 1 : 20 000	07.02.2003
NGI	



- Faregrad
- Lav
  - Middels
  - Høy
  - Kvikkleiresoner, ikke klassifiserte

NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT	
SKIENSELVEN RISIKO FOR KVIKKLEIRESKRED	
20011544-1	22
Faregradskart	
Målestokk = 1 : 20 000	

# Kontroll- og referanseside/ Review and reference page



Oppdragsgiver/Client NVE Region Sør	Dokument nr/Document No. 20011544-1
Kontraksreferanse/ Contract reference Bestilling nr. 004277 datert 01.07.2002	Dato/Date 14 februar 2003
Dokumenttittel/Document title Program for økt sikkerhet mot leirskred. Skienselven. Risiko for kvikkleireskred. Prosjektleder/Project Manager Odd Gregersen Utarbeidet av/Prepared by Odd Gregersen	Distribusjon/Distribution <input type="checkbox"/> Fri/Unlimited <input checked="" type="checkbox"/> Begrenset/Limited <input type="checkbox"/> Ingen/None
Emneord/Keywords Kvikkleire, erosjon, stabilitet, sikringstiltak, risiko	
Land, fylke/Country, County Norge, Telemark Kommune/Municipality Skien og Porsgrunn Sted/Location Skienselven Kartblad/Map N 50 1713 II Porsgrunn UTM-koordinater/UTM-coordinates 32 V NL 370470 - 355623	Havområde/Offshore area  Feltnavn/Field name  Sted/Location  Felt, blokknr./Field, Block No.

Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001							
Kon- trollert av/ Reviewed by	Kontrolltype/ Type of review	Dokument/Document		Revisjon 1/Revision 1		Revisjon 2/Revision 2	
		Kontrollert/Reviewed		Kontrollert/Reviewed		Kontrollert/Reviewed	
		Dato/Date	Sign.	Dato/Date	Sign.	Dato/Date	Sign.
	Helhetsvurdering/ General Evaluation *						
	Språk/Style						
KK	Teknisk/Technical - Skjønn/Intelligence - Total/Extensive - Tverrfaglig/ Interdisciplinary	19.02.03	ull				
OG	Utforming/Layout						
	Slutt/Final	19.02.03	7				
	Kopiering/Copy quality						
* Gjennomlesning av hele rapporten og skjønnsmessig vurdering av innhold og presentasjonsform/ On the basis of an overall evaluation of the report, its technical content and form of presentation							

Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release	Dato/Date 19.02.03	Sign. 
--	-----------------------	-----------

Resultatene av undersøkelsene tilsier at Nenset utgår som kvikkleiresone