

Fossnes på Hvittingfoss. Oppsummering av sikringstiltak.

OVERSIKT OVER UTFØRTE SIKRINGSTILTAK OG
OPPNÅDD STABILITETSFORBEDRING

DOK.NR. 20150748-01-R
REV.NR. 0 / 2018-09-14

Ved elektronisk overføring kan ikke konfidensialiteten eller autentisiteten av dette dokumentet garanteres. Adressaten bør vurdere denne risikoen og ta fullt ansvar for bruk av dette dokumentet.

Dokumentet skal ikke benyttes i utdrag eller til andre formål enn det dokumentet omhandler. Dokumentet må ikke reproduseres eller leveres til tredjemann uten eiers samtykke. Dokumentet må ikke endres uten samtykke fra NGI.

Neither the confidentiality nor the integrity of this document can be guaranteed following electronic transmission. The addressee should consider this risk and take full responsibility for use of this document.

This document shall not be used in parts, or for other purposes than the document was prepared for. The document shall not be copied, in parts or in whole, or be given to a third party without the owner's consent. No changes to the document shall be made without consent from NGI.

Prosjekt

Prosjekttittel: Fossnes på Hvittingfoss. Oppsummering av sikringstiltak.
Dokumenttittel: Oversikt over utførte sikringstiltak og oppnådd stabilitetsforbedring
Dokumentnr.: 20150748-01-R
Dato: 2018-09-14
Rev.nr. / Rev.dato: 0 /

Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)
Kontaktperson: Ellen Davis Haugen
Kontraktreferanse: Signert oppdragsbekreftelse

for NGI

Prosjektleder: Ragnar Moholdt
Utarbeidet av: Ragnar Moholdt
Kontrollert av: Magnus Rømoen

Sammendrag

NGI har siden 1960-tallet vært engasjert ved flere anledninger for å utføre grunnundersøkelser og gi råd angående skredfare og sikringstiltak ved Fossnes på Hvittingfoss.

I denne hele denne perioden, og spesielt i forbindelse med planlegging og utførelse av sikringstiltakene, har det pågått en omfattende korrespondanse mellom NVE og NGI. NVE ønsker nå en rapport som:

- 1) Gir oversikt over dokumenter med geotekniske vurderinger fra NGI vedrørende faresone "1323 Fossnes".
- 2) Dokumenterer oppnådd sikkerhet "som bygget". Denne dokumentasjonen består i å legge inn innmålt terreng etter tiltak på beregningsprofilene fra prosjekteringen. Ved sammenligning av prosjektert terreng og nytt terreng "som bygget", kan oppnådd stabilitetsforbedring vurderes iht. NVEs veileder.

3) Gir en oppdatert vurdering av faresoneavgrensning og praksis ifm. byggesaker iht. ny NVE-veileder 7/2014.

Innhold

1	Innledning	6
2	Historikk og tiltak	6
3	Dokumenter	8
4	Stabilitetsforbedringer pga. sikringstiltak	9
4.1	Profil A-B (støttefylling og avlasting)	10
4.2	Profil C (avlasting og erosjonssikring)	11
4.3	Profil D (oppfylling i skredgrop ved Fossveien 100)	11
4.4	Profil 401-405 (støttefylling)	12
4.5	Profil 406-407 (avlasting og støttefylling)	12
4.6	Profil E	12
5	Dagens soneutbredelse, faregrad og konsekvensklasse	12
6	Prosedyre for tiltak innenfor ny faresoneavgrensing	14
7	Referanser	14

Tegninger

Tegning 001	Oversiktskart
Tegning 010	Plan. Grunnundersøkelser og beregningsprofiler, faresoner og avgrensning av tiltaksområde.
Tegning 011	Plan. Terrengendring pga. tiltak (sept. 2008- sept. 2009). Tegning utarbeidet av NVE.
Tegning 012	Plan. Terrengendring laserscan (nivåforskjell mai 2009 - 2015).
Tegning 100-110	Profiler med utførte sikringstiltak ("som bygget") og beregnet sikkerhet

Vedlegg

Vedlegg A	Dokumenter med grunnundersøkelser og geotekniske vurderinger
Vedlegg B	Supplerende grunnundersøkelser høsten 2017 (Geostrøm)
Vedlegg C	Bilder fra http://www.norgeibilder.no (tidsserie)
Vedlegg D	Evaluering av faregrad og retrogresjon i profil C, D og E
Vedlegg E	Innmålinger "som bygget"

Kontroll- og referanseside

1 Innledning

NGI har siden 1960-tallet vært engasjert ved flere anledninger for å utføre grunnundersøkelser og gi råd angående skredfare og sikringstiltak ved Fossnes på Hvittingfoss, se oversiktskart på tegning 001.

I hele denne perioden, og spesielt i forbindelse med planlegging og utførelse av sikringstiltakene det siste tiåret, har det pågått en omfattende korrespondanse mellom NVE og NGI. For å få en sammenstilling av disse arbeidene har NVE ønsket at NGI skulle utarbeide en oppsummerende rapport. Ønsket er at denne rapporten:

- 1) Gir oversikt over dokumenter med geotekniske vurderinger fra NGI vedrørende faresone "1323 Fossnes". Det henvises til kapittel 2 og vedlegg A.
- 2) Dokumenterer oppnådd sikkerhet "som bygget". Denne dokumentasjonen består i å legge inn innmålt terreng etter tiltak på beregningsprofilene fra prosjekteringen. Ved sammenligning av prosjektert terreng og nytt terreng "som bygget", kan oppnådd stabilitetsforbedring vurderes iht. NVEs veileder.
- 3) Gir en oppdatert vurdering av faresoneavgrensning og praksis ifm. byggesaker iht. NVE-veileder 7/2014.

2 Historikk og tiltak

Gjennom det landsomfattende programmet for kartlegging av områder med potensiell fare for kvikkleireskred, ble det på 1990-tallet utført grunnundersøkelser i det aktuelle området. Grunnundersøkelsene viste at det er mektige kvikkleireforekomster i området og faresonen "1323 Fossnes" ble inkludert i den nasjonale databasen over kvikkleiresoner (aktsomhetssoner).

I 2006 ble det utført en evaluering av faregrad, konsekvens og risiko, basert på befaring, kartstudier og vurdering av grunnforhold. Evalueringen ble utført gjennom NVEs program for "sikkerhet mot leirskred" som var en videreføring av den nasjonale kvikkleirekartleggingen. Flere mindre skredhendelser på 2000-tallet bidro også til at det ble satt i gang detaljerte grunnundersøkelser i 2007. Grunnundersøkelsene skulle gi grunnlag for vurdering av reell skredfare og prosjektering av nødvendige sikringstiltak. Det ble utført stabilitetsberegninger som viste lav sikkerhet mot utglidning, og det ble prosjektert sikringstiltak i form av erosjonssikring og støttefyllinger langs Lågen, samt terrengavlastning på toppen av skråningene i det som på tegning 010 er angitt som "Tiltaksområde sør". Sikringstiltakene ble utført i perioden 2008-2009.

I perioden fra september 2008 til september 2009 ble det etablert motfyllinger og erosjonssikring mot elva i området fra Fossveien 100 til 106 og videre langs Fossnesveien fram til nr. 26. Det ble også utført terrengavlastning på toppen av skråningene i dette området. Terrenginngrepene går frem av tegning 011 og profiler, tegning 100-103.

Underveis i prosjektet vest for Fossveien 100-106 og Fossnesveien 26 begynte man også å se på skråningen vest og nordvest for henholdsvis Fossveien 68 og 80. Dette resulterte i at man også her utførte grunnundersøkelser og gjennomførte prosjektering av sikrings tiltak, da den beregningsmessige sikkerheten var lav. I 2010 ble det så etablert støttefylling og erosjonssikring nedenfor Fossveien 80. Nedenfor Fossveien 68 ble det også utført stabilitetsforbedrende tiltak i form av avlastning / støttefylling. Tiltaksområder er angitt som "Tiltaksområde nord" på tegning 010, mens terrengendringer fremgår av profilene på tegning 104-110. Nivåendringer pga. tiltak i dette området fremgår også på tegning 012 (merk at det her også fremgår mange mindre terrengendringer som ikke er reelle, men som antas å være et resultat av unøyaktighet pga. ulik punkttetthet ved laserscanning i 2009 og 2015).

I tillegg ble det i løpet av sommeren-høsten 2009 utført erosjonssikring av noen bekker og vannsig sør for det søndre tiltaksområdet beskrevet over. Dette gjelder bekker / vannsig i ravinene langsetter elveskråningen vest for Fossnesveien. Ved befaring ble det her registrert en del erosjon og mindre overflateutglidninger som antas å komme ifm. nedbørsintensive perioder. De aktuelle bekkene / vannsigene fremgår på ortofoto i vedlegg C. Nivåendringer mellom mai 2009 og 2015 indikerer hvor tiltakene er utført, jf. tegning 012 hvor de aktuelle ravinene også er markert. Se også plantegning / ortofoto med vannutslag i skråninger i vedlegg A17. Tegningen ble benyttet som arbeidsgrunnlag for tiltakene.

Nord for det nordligste bekkefaret var det en mindre overflateutglidning i forbindelse med kraftig nedbør i 2013. Dette gjorde at man også her måtte plastre noe for å sikre mot eventuelle utglidninger.

3 Dokumenter

Tabell 1 gir oversikt over dokumenter som er utarbeidet i den aktuelle perioden. De mest sentrale dokumentene er vedlagt denne rapporten (vedlegg A), mens resten er oversendt NVE i en separat, digital forsendelse.

Tabell 1 Oversikt over dokumenter

Dokument	Tittel	Dato	Vedlegg
Rapport O.978	Befaring av ras nedenfor Foss Hotell, Hvitvingfoss, 30/11-1960	1960-12-01	A1*
Rapport O.978	Undersøkelse av rasskråning ved Hvitvingfoss.	1961-05-05	A1**
Rapporter 98001-1 og -2	Kartlegging av potensiell fare for kvikkleireskred. Kartbladet Holmestrand.	1998-06-02	A2*
Teknisk notat 20001573	Fossveien 80, Hvitvingfoss. Grunnforhold og stabiliserende tiltak.	2001-02-26	A3**
Teknisk notat 20011391-1	Jordskred, Fossveien 98-100, Hvitvingfoss. Grunnundersøkelser, stabilitetsanalyser og forslag til sikringstiltak.	2001-11-28	A4**
Rapport 20001008-52	Program for sikkerhet mot leirskred. Evaluering av risiko for kvikkleireskred. Kongsberg kommune.	2006-05-23	A5*
Rapport 20071545-3	Vurdering av mindre utglidninger og erosjon ved Fossnes i Hvitvingfoss.	2007-07-14	A6*
Brev 20071564	Oppfølging av anbefalte tiltak ved Fossnes Hvitvingfoss	2007-07-16	A7*
Rapport 20071564-1	Fossnes på Hvitvingfoss. Resultater fra grunnundersøkelser.	2008-01-30	A8**
Rapport 20071564-2	Fossnes på Hvitvingfoss. Vurdering av skredfare og sikringstiltak.	2008-01-30	A9**
Teknisk notat 20071564	Avklaringer i forbindelse med anbudsgrunnlag og byggetillatelser	2008-07-01	A10*
Brev 20081576	Fossnes, Hvitvingfoss, Fossveien 73, påbegynt byggeprosjekt.	2008-08-18	A11*
Teknisk notat 20081549-1	Grovrisikoanalyse og HMS-sjekkliste for geotekniske arbeider.	2008-09-18	A12*
Teknisk notat 20081549-2	Arbeidsrekkefølge og restriksjoner for utførelse av anleggsarbeid.	2008-10-09	A13*
Teknisk notat 20081576	Kontroll av geoteknisk prosjektering	2008-11-07	A14*
Referater 1-16 20081549	Referater fra byggemøter og befaringer i perioden september 2008 (nr. 1) – september 2009 (nr. 21).	2008-09-08 2009-09-08	A15*
Brev 20081549	Sonderinger og poretryksmålere Trånadalen – Hvitvingfoss (Bjørn Strøm)	2009-03-06	A16**
Teknisk notat	TN-3: Vurdering av tilgrensende områder	2009-06-16	A17**

Dokument	Tittel	Dato	Vedlegg
20081549-00-122-R			
Teknisk notat 20081549-00-124-R	TN-4: Vurdering av skråning ved Fossveien 80	2009-12-15	A18**
Rapport 20081549-00-125-R	Fossnes på Hvitvingfoss, detaljprosjektering av tiltak og oppfølging av anlegg. Supplerende grunnundersøkelser.	2009-08-12	A19**
20100063-00-3-R	Fossveien 80, Hvitvingfoss. Datarapport – grunnundersøkelser.	2010-06-02	A20**
Teknisk notat 20100063-00-4-TN	Fossveien 71 – Vurdering av skredfare.	2010-04-22	A21**
Teknisk notat 20130523-01-TN	Akuttbefaring på Fossnes, Hvitvingfoss. Oppsummering av befarings og tiltak.	2013-06-10	A22**

* Oversendt elektronisk i egen forsendelse

**Finnes i vedlegg A i foreliggende rapport (sentrale dokumenter)

4 Stabilitetsforbedringer pga. sikringstiltak

Nytt terreng ble målt inn av NVE etter hvert som sikringstiltakene ble ferdigstilt. NGI har fått oversendt innmålingene. På tegning 100-110 er innmålt terreng etter tiltak lagt inn på beregningsprofilene fra prosjekteringen (rød linje). Dette gir grunnlag for å vurdere oppnådd stabilitetsforbedring "som bygget" vs. prosjektert.

Tabell 2 gir en oversikt over oppnådd stabilitetsforbedring vurdert ut fra innmålt terreng på beregningsprofilene fra prosjekteringen.

Tabell 2 Oppnådd stabilitetsforbedring vurdert ut fra terrengprofiler

Profil - tegning	Sikkerhet (γ_M) før tiltak Ref. vedlegg A9 og A18	Sikkerhet (γ_M) (prosjektert)	Prosjektert stabilitetsforbedring iht. ref. [1] og [2]	Oppnådd stabilitetsforbedring iht. ref. [3]
Profiler fra rapport 20071564-2 "Vurdering av skredfare og sikringstiltak" (vedl. A9):				
A – 100	0,96-1,08-1,24	1,10-1,29-1,31	F/V	F/V
B - 101	1,17-1,13-1,22	1,53-1,22-1,28	F/V	F/V
C – 102	0,90	1,05	V*	V*
D - 103	0,98	1,03-1,15-1,33	Vurdert	L**
Profiler fra notat 20081549-00-124-TN "Vurdering av skråning ved Fossveien 80" (A18):				
401 - 104	1,12	1,24	Vurdert	V
402 - 105	1,22	1,31	Vurdert	V
403 - 106	1,08	1,21	Vurdert	V
404 - 107	1,14	1,25	Vurdert	V
405 – 108	1,0	1,16	Vurdert	V
406 - 109	1,23	1,32	Vurdert	L
407 - 110	1,17	1,27	Vurdert	L
Profiler fra notat 20081549-3 "Vurdering av tilgrensende områder." (A18)				
E	0,9	-	-	-

V = "Vesentlig forbedring" iht. ref. [3]

F = "Forbedring" iht. ref. [3]

F/V= "Forbedring" av noen glideflater og "vesentlig forbedring" av andre glideflater

L = "Liten forbedring" vurdert ut fra ref. [4]

*Gjelder kritisk glideflate (dyp)

**Gjelder forbedring av stabilitet pga. tiltak utført etter skred i 2001

I tillegg er det viktig å understreke at det for kritiske profiler gjengitt i det etterfølgende (bortsett fra Profil E), er utført erosjonssikring langs med elven. Man har dermed fjernet det mest sannsynlige årsaksforholdet til at stabiliteten kan forverres på sikt (forutsatt at elforbygningen inspiseres og vedlikeholdes).

4.1 Profil A-B (støttefylling og avlastning)

I disse profilene ble det prosjektert støttefylling og avlastning, jf. vedlegg A9. Tiltakene skulle medføre "vesentlig forbedring" av den ytre skråningskanten mot Lågen og "forbedring"- "vesentlig forbedring" av glideflater som går opp til toppen av skråningen. Innmålt terreng sammenfaller godt med prosjektert terreng, se tegning 100 og 101. Dette viser at prosjektert forbedring er oppnådd.

4.2 Profil C (avlastning og erosjonssikring)

Profilen ligger innenfor et område hvor det ble prosjektert terrengavlastning på toppen av skråningen og en mindre oppfylling ned mot elva, se vedlegg A9.

Innmålt terreng i avlastingsområdet sammenfaller godt med prosjektert terreng, se tegning 102. Ved ytterkanten av avlastningsområdet ligger imidlertid innmålt terreng lokalt noe høyere enn prosjektert terreng.

I skråningen ned mot elva ble det prosjektert en mindre oppfylling der kartgrunnlaget tilsa at det var et "hakk" i profilen. Innmåling av terrenget sommeren 2008 viser at dette "haket" ikke var reelt, men skyldes dårlig kartgrunnlag. Prosjektert oppfylling nede ved elva ble altså prosjektert på feil grunnlag, og tiltaket ble derfor ikke utført. Innmålt terreng ned mot elva ligger imidlertid litt lavere enn "prosjektert" terreng.

Geometriavvikene tilsier litt mer ugunstige forhold enn forutsatt i stabilitetsberegningene. Dette vil si at beregnet sikkerhet etter tiltak egentlig skulle ha vært litt lavere enn det som ble oppnådd ($F_c=1,05$). Beregnet sikkerhet før tiltak skulle imidlertid også ha vært litt lavere enn det som ble oppnådd. Det siste skyldes at terrenget ved toppen av skråningen i virkeligheten har ligget noe høyere enn forutsatt i beregningen ($F_c=0,9$). Det siste fremgår av også av tegning 102. I beregningene er det ikke tatt hensyn til 3D-effekter. Dette anses å være den viktigste årsaken til at det i dette profilen er oppnådd en teoretisk sikkerhet under 1,0 (ikke mulig i praksis). Med tanke på oppnådd stabilitetsforbedring er derfor forskjellen mellom beregningsmessig sikkerhet før og etter tiltak mer relevant enn absoluttverdiene.

Totalt sett er det altså avlastet noe mer på toppen av skråningen enn prosjektert, samtidig som terrenget er litt ugunstigere enn forutsatt nede ved elva.

Tiltakene (avlastningen) vurderes å ha medført "vesentlig forbedring" av sikkerheten for kritisk glideflate.

4.3 Profil D (oppfylling i skredgrop ved Fossveien 100)

Her ble det fylt opp i skredgropa etter hendelsen den 6. august 2001, jf. vedlegg A4. Det ble også vurdert tiltak ifm. tidligere skred den 25. november 1960, se vedlegg A1. Disse tiltakene medførte ca. 5% stabilitetsforbedring av kritisk glideflate, jf. vedlegg A9 og A17. Kritisk glideflate ligger relativt høyt oppe i skråningen. I forbindelse med sikrings tiltakene utført i 2008-2010 ble det fylt opp ytterligere nede ved Lågen, jf. tegning 103. Det siste antas å ha medført en ytterligere stabilitetsforbedring for dype glideflater, men påvirker ikke den kritiske glideflaten som kommer ut av skråningen lenger oppe. Det ble også vurdert å foreta en avlastning på toppen av skråningen, for å forbedre sikkerheten av kritisk glideflate, men dette kom ikke til utførelse, se vedl. A9.

Utførte sikringstiltak vurderes å ha medført en liten stabilitetsforbedring i skråningen. Oppnådd effekt av sikringstiltakene ligger noe under kravet til "forbedring" slik det er definert i ref. [3].

4.4 Profil 401-405 (støttefylling)

Her ble det prosjektet støttefyllinger både mht. "forbedring" og "vesentlig forbedring" av sikkerheten, jf. vedlegg A18. Innmålt terreng, se tegning 104-108, ligger på samme nivå eller noe høyere enn prosjektert i fyllingsområdet. Dette tilsier at oppnådd sikkerhet er iht. prosjekteringen og delvis noe bedre enn prosjektert.

4.5 Profil 406-407 (avlasting og støttefylling)

Innmålingene viser at terrenget er senket noe i øvre del av skråningen, jf. tegning 110. Terrengendringene er noe mindre enn det som iht. prosjekteringen skal til for å oppnå "forbedring" iht. NVEs retningslinjer.

Utførte sikringstiltak vurderes å ha medført en liten stabilitetsforbedring i skråningen. Oppnådd effekt av sikringstiltakene ligger noe under kravet til "forbedring" slik det er definert i ref. [3].

4.6 Profil E

Profil E ligger sør for tiltaksområdet. Her er det ikke utført stabilitetsforbedrende tiltak annet enn erosjonssikring av enkelte bekker og vannsig, samt erosjonssår i terrenget, jf. tegning 012. Stabilitetsberegningene indikerer lav sikkerhet ($\sim 1,0$), jf. vedlegg A17.

5 Dagens soneutbredelse, faregrad og konsekvensklasse

Dagens faresone "1323 Fossnes" vist på www.skrednett.no er ikke oppdatert ift. grunnundersøkelsene som ble utført ifm. sikringstiltakene i perioden 2008-2010. Boringene indikerer at kvikkleireforekomsten strekker seg lenger mot nord enn det dagens faresone viser. Høsten 2017 ble det utført supplerende boringer for å kunne avgrense faresonen riktig i østre del av boligfeltet (boring 501-509 i vedlegg B). Boringene indikerer kvikkleire / sprøbruddmateriale også her, og faresonen må derfor avgrenses langs overgangen mellom løsmasser og fjell like øst for bebyggelsen. Nord for Fossveien 68/71 er det ikke utført boringer, og avgrensningen mot nord er derfor usikker. Foreslått ny avgrensning av faresonen er vist på tegning 010 og 012.

Faregradsevalueringen må også oppdateres. I og med at det nå er utført omfattende sikringstiltak ut mot Numedalslågen i nordre del av faresonen, vurderes kritisk snitt nå å ligge sør for tiltaksområdet. Dette går fram av vedlegg D der faregrad er evaluert for potensielt kritiske snitt C, D og E (profil E gir høyest score).

Evalueringen iht. ref. [4] vist i vedlegg D gir faregrad "Lav" både for snitt C, D og E.

Tabell 3 Faregradsevaluering, etter tiltak – sør for tiltaksområdet - Profil E (antatt kritisk)

Faktorer	Vekt-tall	Faregrad, score			
		3	2	1	0
Tidligere skredaktivitet	1	Høy	Noe	Lav	Ingen
Skråningshøyde, meter	2	>30	20-30	15-20	<15
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	1,0-1,2	1,2-1,5	1,5-2,0	>2,0
Poretrykk, Overtrykk, kPa	3	>+30	10-30	0-10	Hydrostatisk
Undertrykk, kPa	-3	<-50	-(20-50)	-(0-20)	
Kvikkleiremektighet	2	>H/2	H/2-H/4	<H/4	Tynt lag
Sensitivitet	1	>100	30-100	20-30	<20
Erosjon	3	Aktiv/glidn.	Noe	Lite	Ingen
Inngrep: Forverring	3	Stor	Noe	Liten	Ingen
Forbedring	-3	Stor	Noe	Liten	
Sum		15			
% av maksimal poengsum		29			
Faregrad		Lav			

Når faresonen utvides vil konsekvensen av skred bli større. Det er derfor utført en ny konsekvensevaluering. Evalueringen gir konsekvensklasse "Alvorlig."

Tabell 4 Oppdatert konsekvensevaluering iht. ref. [4]

Faktorer	Vekt-tall	Konsekvens, score			
		3	2	1	0
Boligheter, antall	4	Tett>5	Spredt>5	Spredt<5	Ingen
Næringsbygg, personer	3	>50	10-50	<10	Ingen
Annen bebyggelse, verdi	1	Stor	Betydelig	Begrenset	Ingen
Vei, ÅDT	2	>5000	1001-5000	100-1000	<100
Toglinje, baneprioritet	2	1-2	3-4	5	Ingen
Kraftnett	1	Sentral	Regional	Distribusjon	Lokal
Oppdemming/flom	2	Alvorlig	Middels	Liten	Ingen
Sum		19			
% av maksimal poengsum		42			
Konsekvens		Alvorlig			

Resulterende risiko blir som følger:

$$\text{Risiko} = \text{faregrad (prosent)} \times \text{konsekvens (prosent)} = 29 \times 42 = 1\,242$$

Denne poengsummen tilsvarer risikoklasse 3 iht. ref. [4].

I foreliggende gjennomgang av faresonen har det blitt vurdert å dele sonen mellom profil C og E. Her er det en ravine som kan tenkes å være en naturlig barriere for skred. I vedlegg D er maksimalt løsneområde i profil C, D og E vurdert iht. NIFS rapport 14/2016, ref. [5]. Det viser seg at maksimalt løsneområde i profil C og E overlapper betydelig.

Videre er den aktuelle ravinen relativt kort og ikke dypere enn at et retrogressivt skred utløst sør for ravinen potensielt kan utvikle seg over på nordsiden av ravinen ved sideveis utbredelse (selv om utviklingen av skredet mest sannsynlig vil stoppe ved ravinen). Ved opptegning av et snitt som krysser ravinen, viser det seg at bunn ravine ligger på et høyere nivå enn det som tilsvarer 15 ganger horisontalavstanden fra elva. Boringene på toppen av skråningen (202 og 204) indikerer et mektig kvikkleirelag som må forutsettes å komme ut i skråningen.

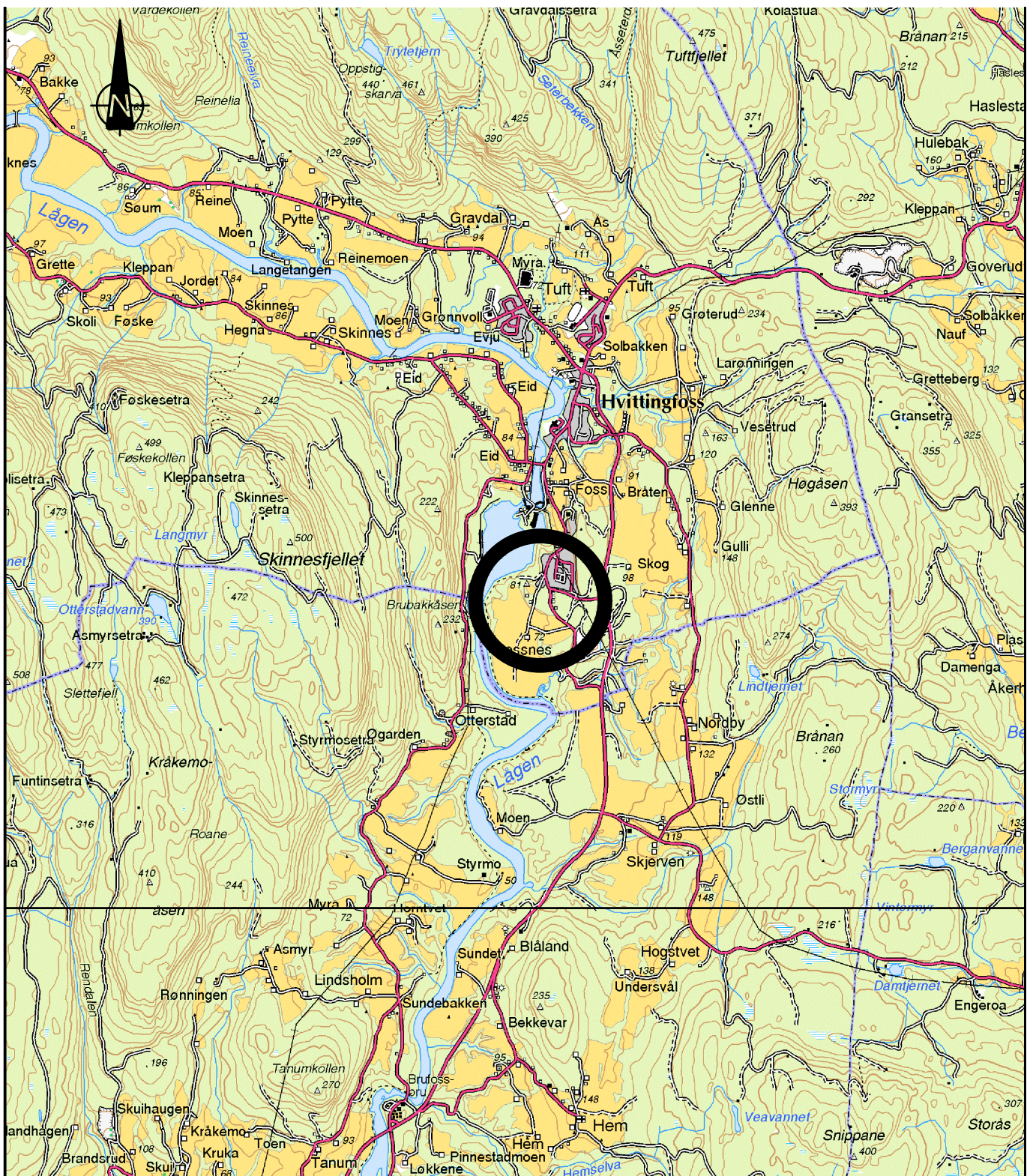
Basert på disse vurderingene er det ikke grunnlag for å dele opp faresonen.

6 Prosedyre for tiltak innenfor ny faresoneavgrensning

Byggesaker skal vurderes etter aktuell faregrad og tiltaksklasse iht. NVE veileder 7/2014. Ny faresoneavgrensning må legges til grunn, som vist på tegning 010. Videre må det forutsettes faregrad "Lav", jf. kapittel 5.

7 Referanser

- [1] Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), Retningslinjer for planlegging og utbygging i fareområder langs vassdrag., 2007 (foreløpig utgave 1).
- [2] Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), Retningslinjer 1/2008 - Planlegging og utbygging i fareområder langs vassdrag., 2009.
- [3] Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), Veileder 7/2014 - Sikkerhet mot leirskred. Vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper., 2014.
- [4] Norges geotekniske institutt (NGI), Program for økt sikkerhet mot leirskred. Metode for kartlegging og klassifisering av faresoner, kvikkleire., 2008 (rev. 3).
- [5] NIFS, Rapport nr. 14/2016 Metode for vurdering av løsne- og utløpsområder for områdeskred.




Norges vassdrags- og energidirektorat

Sone 1323 Fossnes, Hvittingfoss

Oversiktskart

Status
Original format
A-4
Tegningens filnavn
g:\geoarkiv\20150748\autograf.rit\arbeid\001

Målestokk
1:50 000

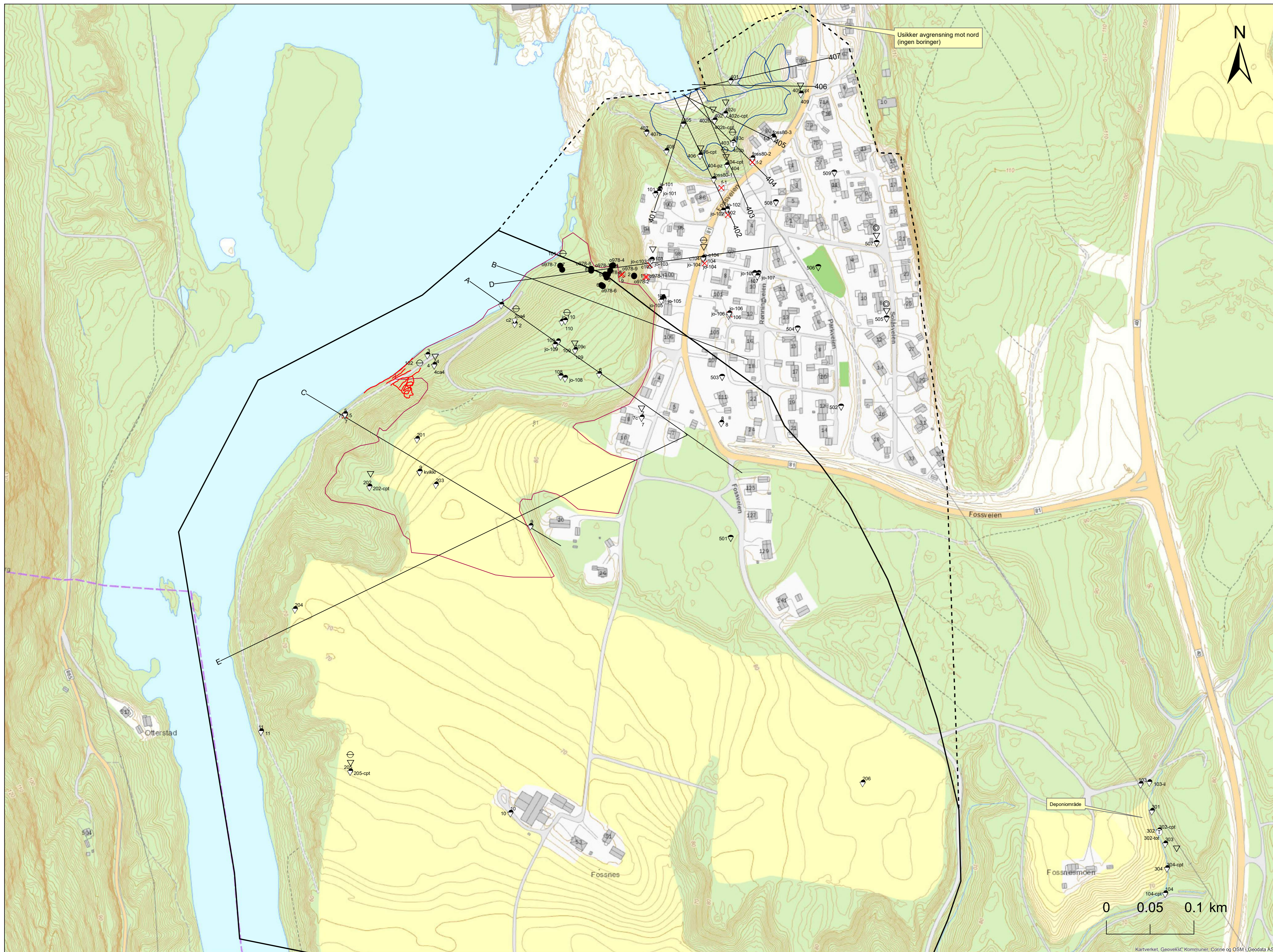


NGI
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion
NO-0806 Oslo, Norway
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48
www.ngi.no

Dato
2017-04-04
Oppdragsnr.
20150748

Konstr./Tegnet
RMo
Tegningsnr.
001

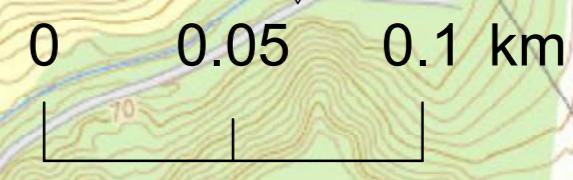
Kontrollert
MaR
Godkjent
RMo
Rev.
0



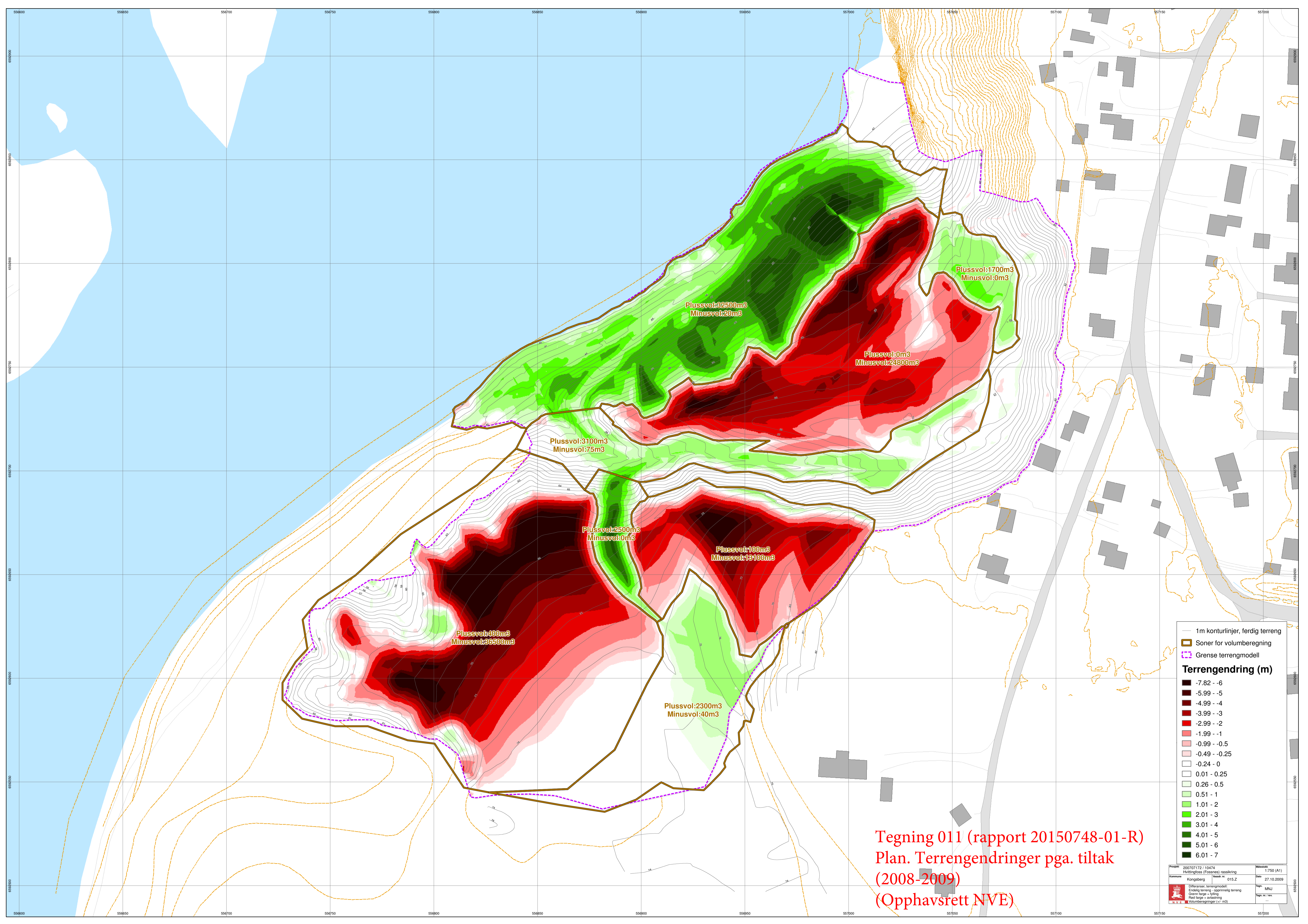
- Tegnforklaring**
- Metode ukjent
 - Direttrykkspondering (forslag supplerende)
 - Poretrykk (forslag supplerende)
 - Prøvetaking (forslag supplerende)
 - CPTU (forslag supplerende)
 - Totalsondering (forslag supplerende)
 - beregningsprofiler
 - Eksisterende faresone
 - Ny faresoneavgrensning
 - Tiltaksområde ser innmått
 - Tiltaksområde nord innmått
 - 20130617_bruddlinjer_Utgledning_fossnes_JOMA

Målestokk (A1) 1:2 000 Datum: Euref 89, Kartprojeksjon: UTM-32N

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)			
Sone 1323 Fossnes	Prosjekt nr.	Kart nr.	
Plan, Grundundersøkelser og beregningsprofiler, faresoner, og avgrensning av tiltaksområde.	20150748	010	
	Uttatt	Dato	
	RMo	2018-08-31	
	Kontrollert	Gjort	
	MAR	RMo	



Kartverket, Geovekst, Kommuner, Corne og OSM, Geodata AS



Plussvol:3100m3
Minusvol:75m3

Plussvol:3250m3
Minusvol:20m3

Plussvol:1700m3
Minusvol:0m3

Plussvol:0m3
Minusvol:24800m3

Plussvol:2500m3
Minusvol:0m3

Plussvol:100m3
Minusvol:13100m3

Plussvol:400m3
Minusvol:36500m3

Plussvol:2300m3
Minusvol:40m3

- 1m konturlinjer, ferdig terreng
 - ▭ Soner for volumberegning
 - ▭ Grense terrengmodell
- Terrengending (m)**
- -7.82 - -6
 - -5.99 - -5
 - -4.99 - -4
 - -3.99 - -3
 - -2.99 - -2
 - -1.99 - -1
 - -0.99 - -0.5
 - -0.49 - -0.25
 - -0.24 - 0
 - 0.01 - 0.25
 - 0.26 - 0.5
 - 0.51 - 1
 - 1.01 - 2
 - 2.01 - 3
 - 3.01 - 4
 - 4.01 - 5
 - 5.01 - 6
 - 6.01 - 7

Tegning 011 (rapport 20150748-01-R)
Plan. Terrengendringer pga. tiltak
(2008-2009)
(Opphavsrett NVE)

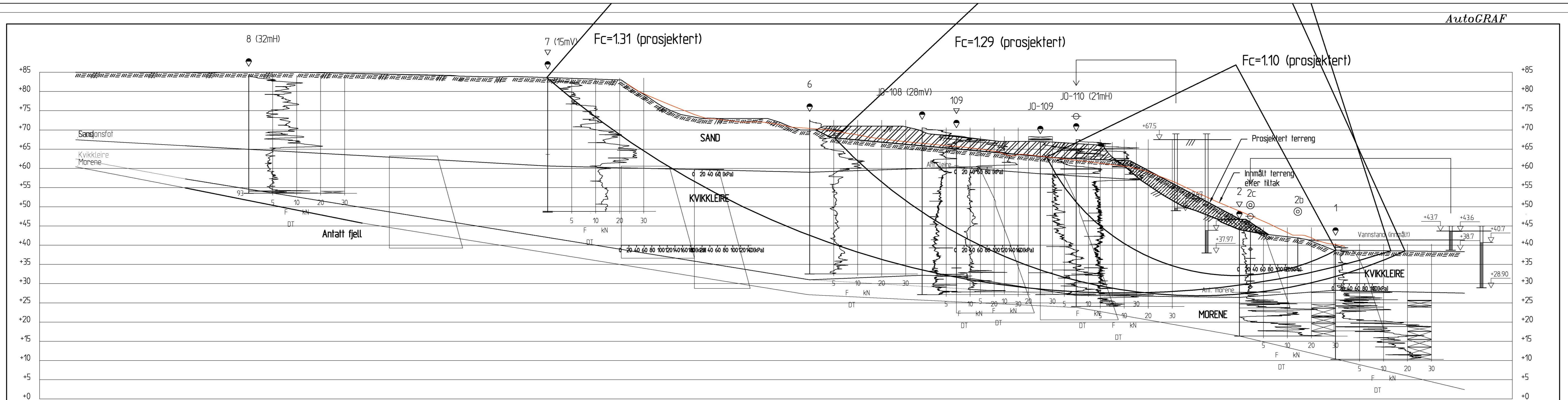
Prosjekt	20070112 / 10474	Revisjon	1:750 (A1)
Kommune	Hvitlingfloss (Fossnes) rassikring	Dato	27.10.2009
Blatt nr.	Kongsberg	Blatt nr.	015.2
Differanse, terrengmodell:		Skala	MNU
Grønn farge = flyting		Oppr. nr./rev.	
Rød farge = avlastning			
Volumberegninger (v. m3)			



- Tegnforklaring**
- Steinplastrede raviner (uffert 2009, innmålt av NVE 2018)
 - Tiltaksområde nord innmålt (opplast 2010)
 - Tiltaksområde sør innmålt (opplast 2008)
 - Utgildding 17. juni 2013
 - Nyere terrenginngrupp - mulig stabilitetsforverende
- Nivåforskjell (2009 - 2015)**
- <VALUE>
- 8.958778381 - -2
 - 1.999999999 - -1.75
 - 1.749999999 - -1.5
 - 1.499999999 - -1.25
 - 1.249999999 - -1
 - 0.999999999 - -0.75
 - 0.75 - -0.5
 - 0.5 - -0.25
 - 0 - 0.25
 - 0.25 - 0.5
 - 0.5 - 0.75
 - 0.75 - 1
 - 1.000000001 - 1.25
 - 1.250000001 - 1.5
 - 1.500000001 - 1.75
 - 1.750000001 - 2
 - 2.000000001 - 9.446258545
- Tiltak med oppstart i 2008, se terrengendringer på tegning 011
 - Ny faresoneavgrønsning
 - Ekstisterende faresone
 - Metode ukjent
 - Direttrykksondering (forslag supplerende)
 - Poretrykk (forslag supplerende)
 - Prøvetaking (forslag supplerende)
 - CPTU (forslag supplerende)
 - Totalsondering (forslag supplerende)

Målestokk (A1) 1:2 000 Datum: Eurof 89, Kartprojeksjon: UTM-32N

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)			
Sone 1323 Fossnes	Prosjekt	20150748	Kart nr. 012
Plan: Terrengendring (basiscan)	Ufart		Dato: 2018-09-13
Dt = Z (2015) minus Z (mai 2009)	RMo		
Korrigert NVE-AN2009	MAR		
	RMo		



Profil A-A
1 : 500

Material	no	Un.Weigh	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap	AllGw	Ru-factor	PWPress.
Sand	1	19.50	35.0	0.0					0.00	0.00	0.00
Erosjonsfot	4	19.00	42.0	0.0					0.00	0.00	0.00
Kvikkleire	2	19.50	---	---	C-profil	1.00	0.70	0.40	0.00	0.00	0.00
Morene	3	19.50	35.0	0.0					0.00	0.00	0.00

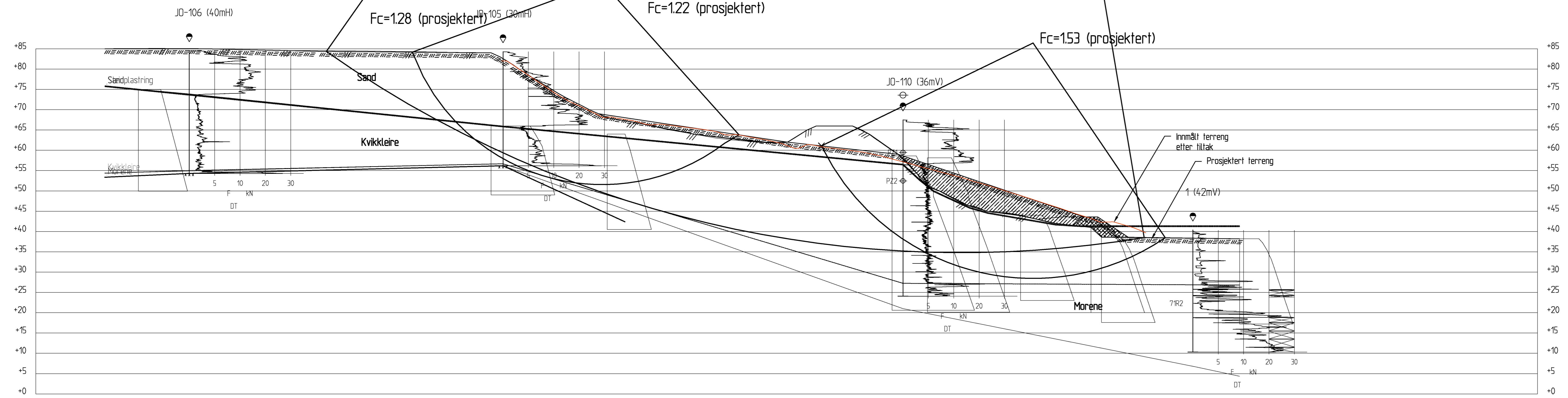
FORKLARINGER:
 Innmålt terreng etter tiltak (20091027)

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:
 NGI rapport 20071564-2, "Fossnes på Hvitvingfoss. Vurdering av skredfare og sikrings tiltak." 30. januar 2008.

Rev	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Norges vassdrags- og energidirektorat					
Sone 1323 Fossnes, Hvitvingfoss					
Profil A Vurdering av oppnådd stabilitetsforbedring Innmålt terreng etter tiltak (20091027) Høydegrunnlag NN54					Original format A3-L Tegningens filnavn \Arbeid\Profil A tiltak2.dwg Målestokk 1500
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 2017-03-06 Oppdragsnr. 20150748	Konstr./Tegnet RMo Tegningsnr. 100	Kontrollert MaR	Godkjent RMo

AutoGRAF



Profil B-B
1 : 500

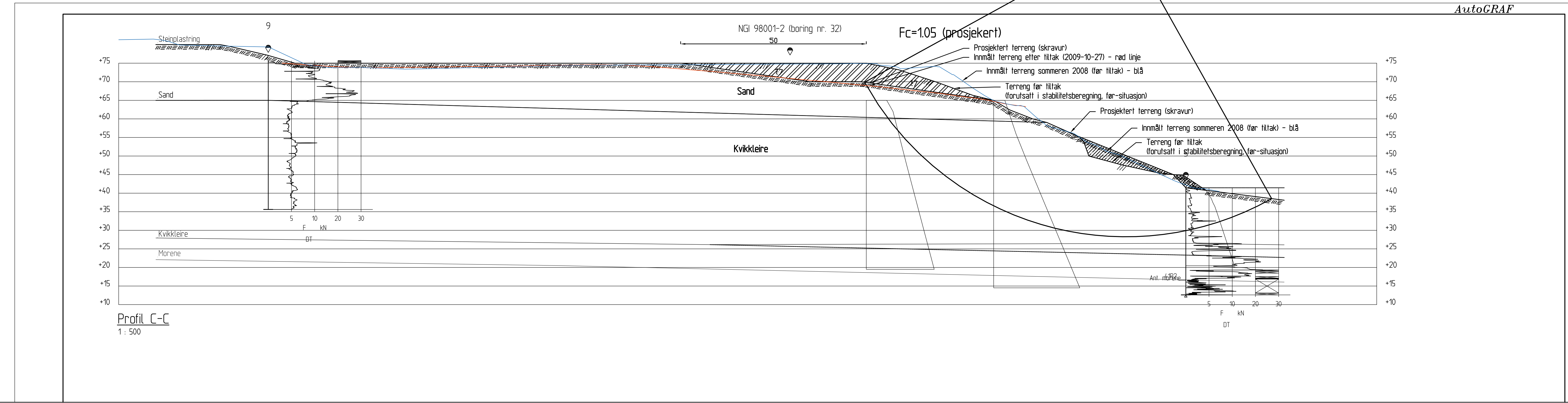
Material	no	Un	Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap	AltGw	Ru-factor	PWPress.
Sand	1	19.50	35.0	0.0						0.00	0.00	0.00
Steinplastring	4	19.00	42.0	0.0						0.00	0.00	0.00
Kvikkleire	2	19.50	---	---	C-profil	100	0.70	0.40		0.00	0.00	0.00
Morene	3	19.50	35.0	0.0						0.00	0.00	0.00

FORKLARINGER:
 Innmålt terreng etter tiltak (20091027)

BESTEMMELSER:
 -

HENVISNINGER:
 NGI rapport 2007/564-2, "Fossnes på Hvitlingfoss. Vurdering av skredfare og sikrings tiltak." 30. januar 2008.

Rev	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Norges vassdrags- og energidirektorat Sone 1323 Fossnes, Hvitlingfoss					Status - Original format A3-L1 Tegningens filnavn \Arbeid\Profil B ny2 stabilitet tiltak2.dwg Målestokk 1500
Profil B Vurdering av oppnådd stabilitetsforbedring Innmålt terreng etter tiltak Høydegrunnlag NN1954					
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 2017-03-06 Oppdragsnr. 20150748	Konstr./Tegnet RMo Tegningsnr. 101	Kontrollert MaR	Godkjent RMo Rev.

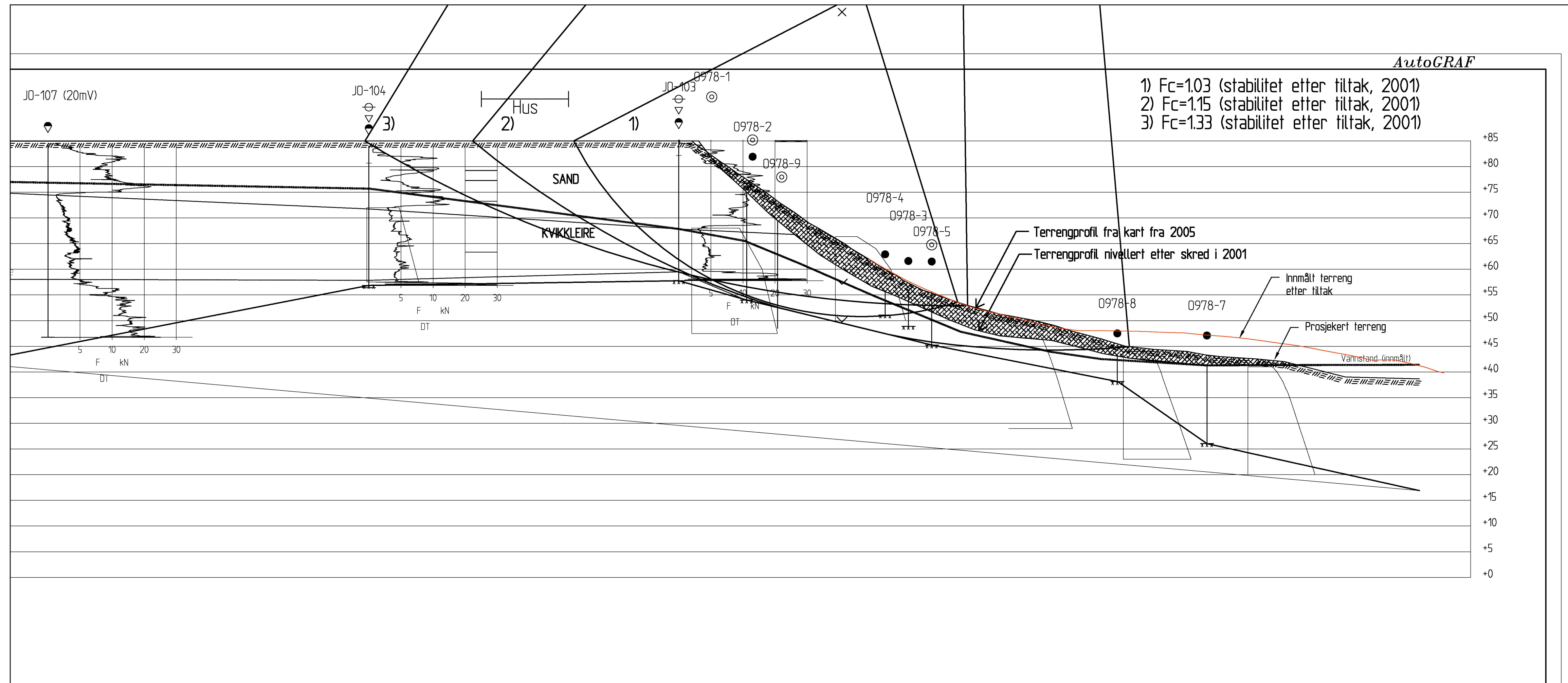


FORKLARINGER:
 Innmålt terreng etter tiltak (20091027)

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:
 NGI rapport 20071564-2, "Fossnes på Hvitvingfoss. Vurdering av skredfare og sikringstiltak." 30. januar 2008.

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Norges vassdrags- og energidirektorat Sone 1323 Fossnes, Hvitvingfoss		Status Original format A3-L1 Tegningens filnavn \Arbeid\Profil C stabilitet tiltak.dwg Målestokk			
Profil C Vurdering av oppnådd stabilitetsforbedring Innmålt terreng etter tiltak (20091027) Høydegrunnlag NN54		1500			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 2018-01-04 Oppdragsnr. 20150748	Konstr./Tegnet RMo Tegningsnr. 102	Kontrollert MaR	Godkjent RMo



FORKLARINGER:

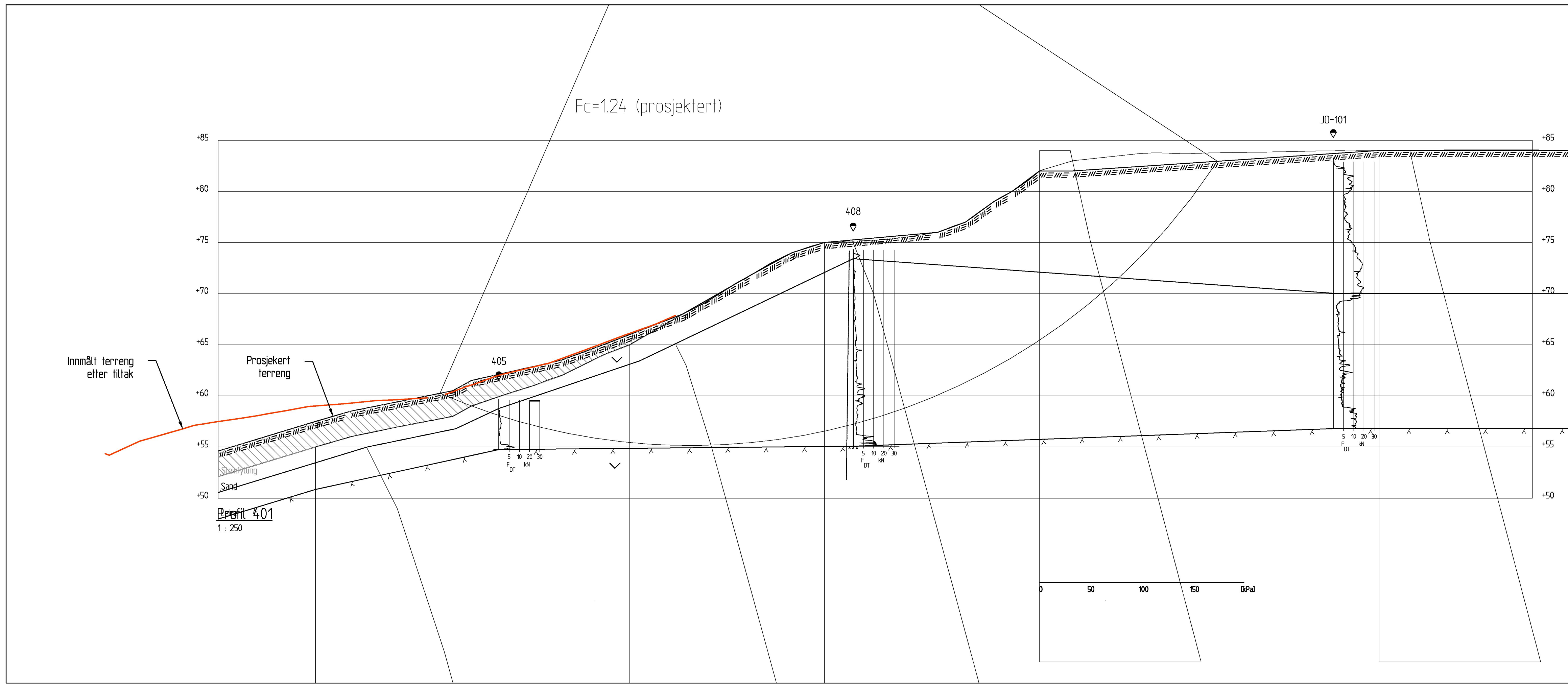
Innmålt terreng etter tiltak (2010)

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

NGI rapport 20071564-2, "Fossnes på Hvitvingfoss. Vurdering av skredfare og sikringstiltak." 30. januar 2008.

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Norges vassdrags- og energidirektorat Sone 1323 Fossnes, Hvitvingfoss		Original format A3-L Tegningens filnavn \Arbeid\Profil D.dwg Målestokk 1500			
Profil D Vurdering av oppnådd stabilitetsforbedring Innmålt terreng etter tiltak (20091027) Høydegrunnlag NN54					
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 2017-03-06 Oppdragsnr. 20150748	Konstr./Tegnet RMo Tegningsnr. 103	Kontrollert MaR	Godkjent RMo

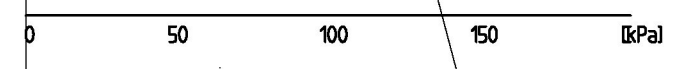


FORKLARINGER:
 Innmålt terreng etter tiltak (2010)

BESTEMMELSER:
 -

HENVISNINGER:
 NGI teknisk notat 20081549-00-124-TN, "Fossnes på Hvitvingfoss, detaljprosjektering av tiltak og oppfølging av anlegg. TN-4: Vurdering av skrånning ved Fossveien 80." 15. desember 2009.

Profil 401
1 : 250

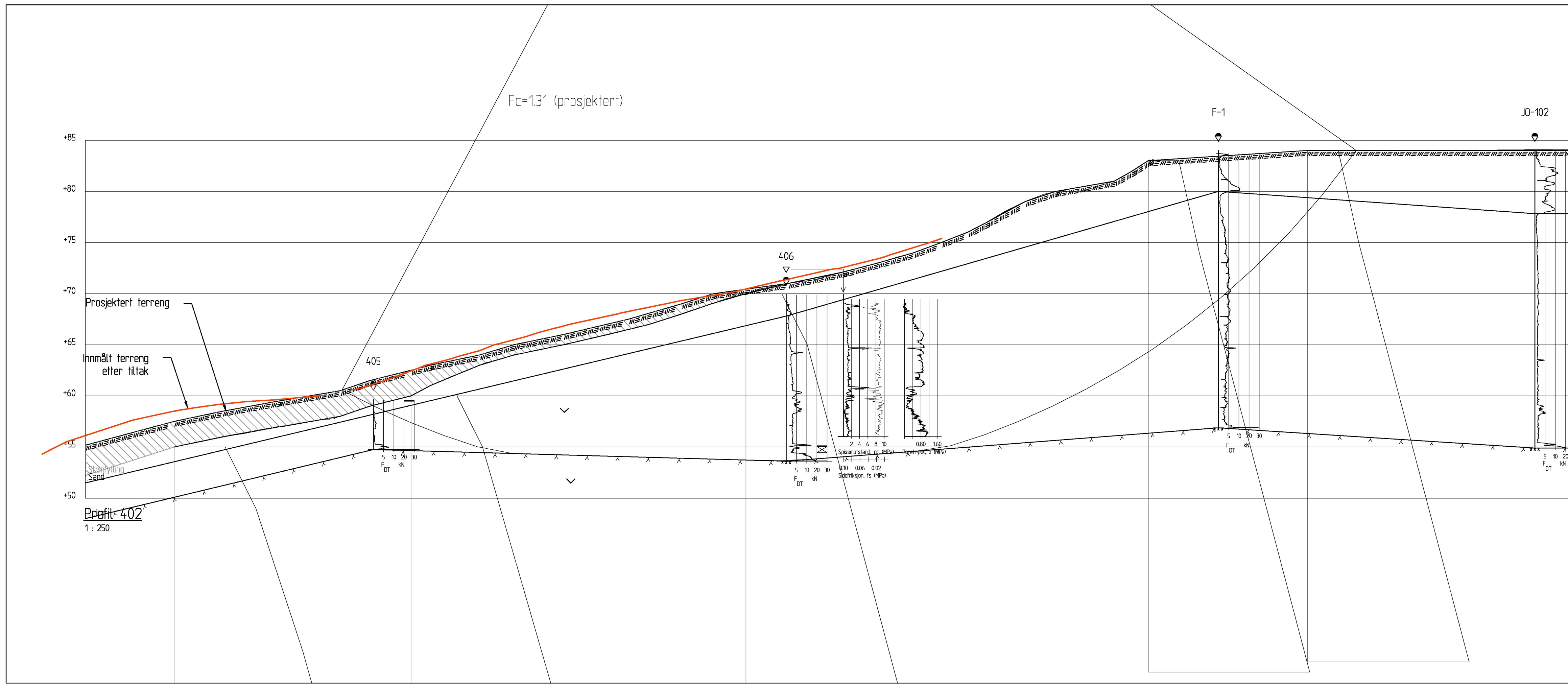


Norges vassdrags- og energidirektorat
Sone 1323 Fossnes, Hvitvingfoss

Profil 401
Vurdering av oppnådd stabilitetsforbedring
Innmålt terreng etter tiltak (2010)
Høydegrunnlag NN54

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Original format		A3-L			
Tegningens filnavn		\\Arbeid\Profil 401 ny u0 vesentlig forbedring			
Målestokk		1:250			
NGI					

NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato 2017-03-06 Oppdragsnr. 20150748	Konstr./Tegnet RMo Tegningsnr. 104	Kontrollert MaR	Godkjent RMo
---	---	---	--------------------	-----------------



FORKLARINGER:

Innmålt terreng etter tiltak (2010)

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

NGI teknisk notat 20081549-00-124-TN, "Fossnes på Hvitvingfoss, detaljprosjektering av tiltak og oppfølging av anlegg. TN-4: Vurdering av skrånning ved Fossveien 80." 15. desember 2009.

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Norges vassdrags- og energidirektorat Sone 1323 Fossnes, Hvitvingfoss		Original format A3-L Tegningens filnavn \Arbeid\Profil 402_ny u0_ vesentlig forbedring			
Profil 402 Vurdering av oppnådd stabilitetsforbedring Innmålt terreng etter tiltak (2010) Høydegrunnlag NN54		Målestokk			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
		2017-03-06	RMo	MaR	RMo
		Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.	
		20150748	105		

FORKLARINGER:

 Innmålt terreng etter tiltak (2010)

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

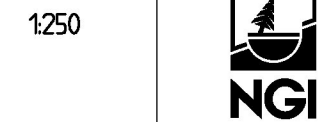
NGI teknisk notat 20081549-00-124-TN, "Fossnes på Hvitvingfoss, detaljprosjektering av tiltak og oppfølging av anlegg. TN-4: Vurdering av skrånning ved Fossveien 80." 15. desember 2009.

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.

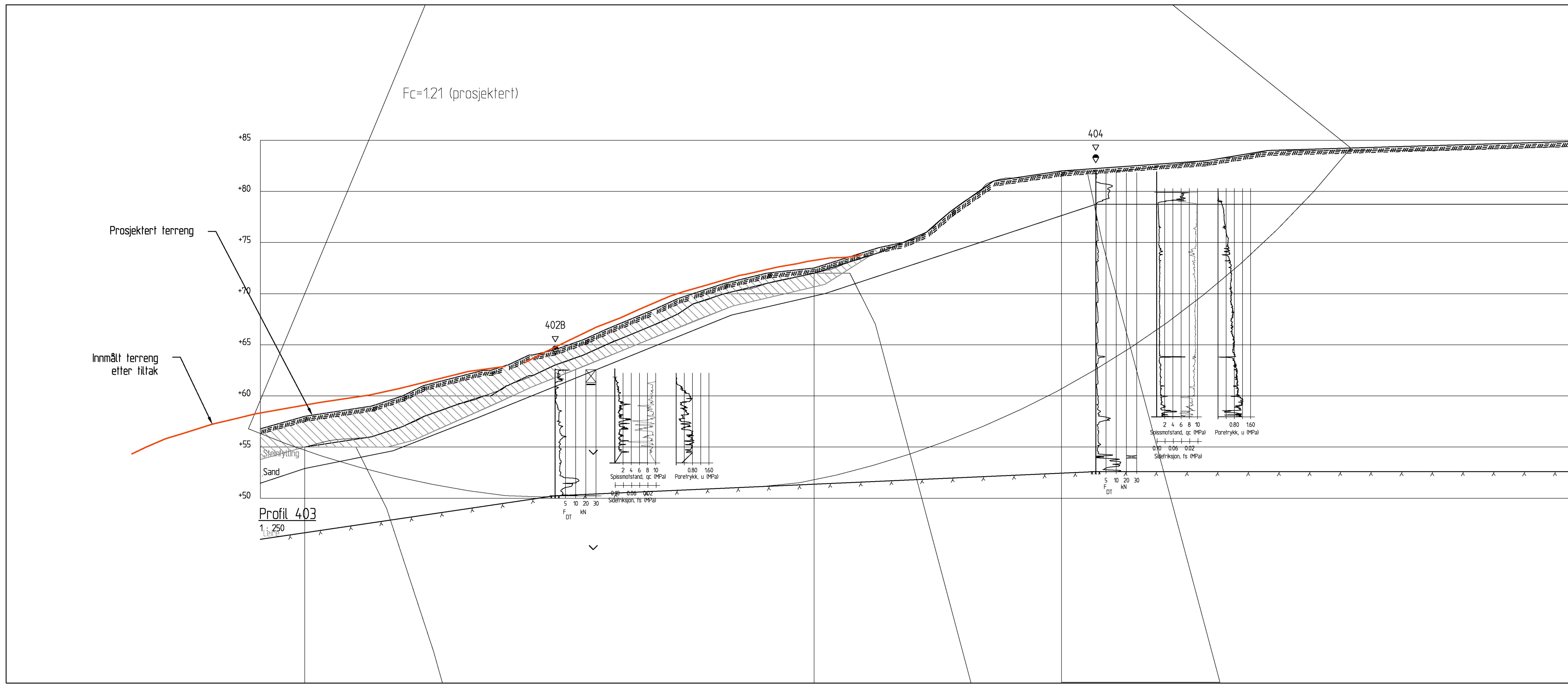
Norges vassdrags- og energidirektorat
Sone 1323 Fossnes, Hvitvingfoss

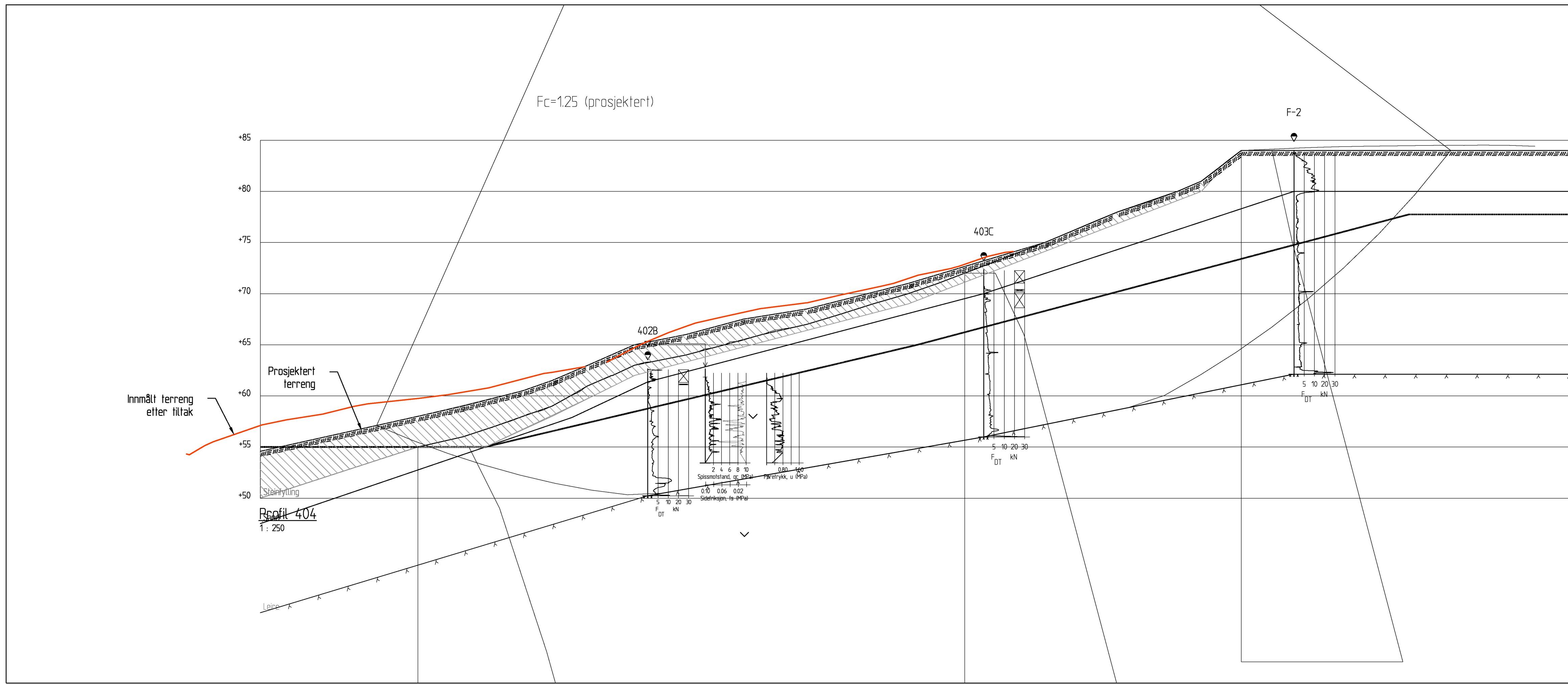
Status
Original format
A3-L
Tegningens filnavn
\\Arbeid\Profil 403_ny u0_ vesentlig forbedring
Målestokk

Profil 403
Vurdering av oppnådd stabilitetsforbedring
Innmålt terreng etter tiltak (2010)
Høydegrunnlag NN54



NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato 2017-03-06 Oppdragsnr. 20150748	Konstr./Tegnet RMo Tegningsnr. 106	Kontrollert MaR	Godkjent RMo
---	---	---	--------------------	-----------------




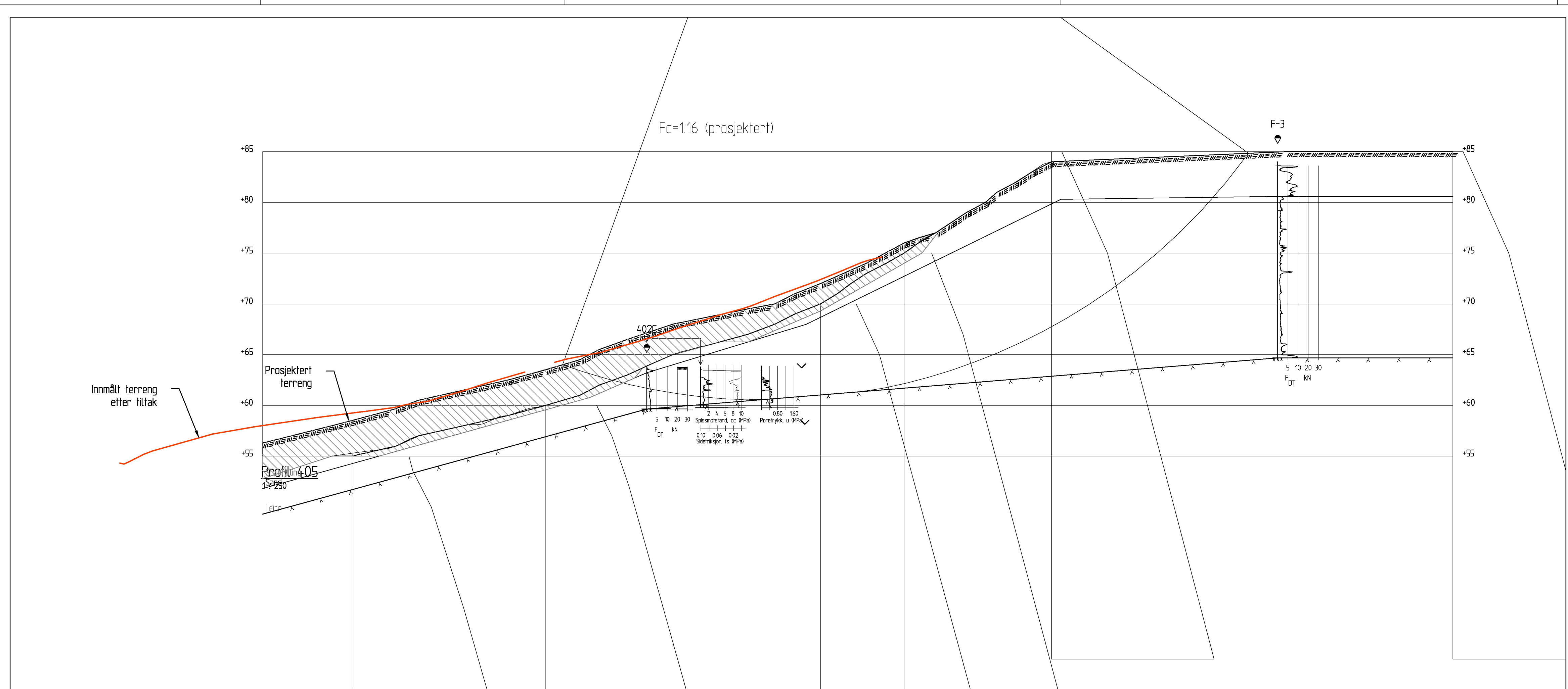


FORKLARINGER:
 Innmålt terreng etter tiltak (2010)

BESTEMMELSER:
 -

HENVISNINGER:
 NGI teknisk notat 20081549-00-124-TN, "Fossnes på Hvitvingfoss, detaljprosjektering av tiltak og oppfølging av anlegg. TN-4: Vurdering av skråning ved Fossveien 80." 15. desember 2009.

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Norges vassdrags- og energidirektorat Sone 1323 Fossnes, Hvitvingfoss		Original format A3-L Tegningens filnavn \Arbeid\Profil 404_ny u0 vesentlig forbedring			
Profil 404 Vurdering av oppnådd stabilitetsforbedring Innmålt terreng etter tiltak (2010) Høydegrunnlag NN54		Målestokk			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
		2017-03-06	RMo	MaR	RMo
		Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.	
		20150748	107		



FORKLARINGER:

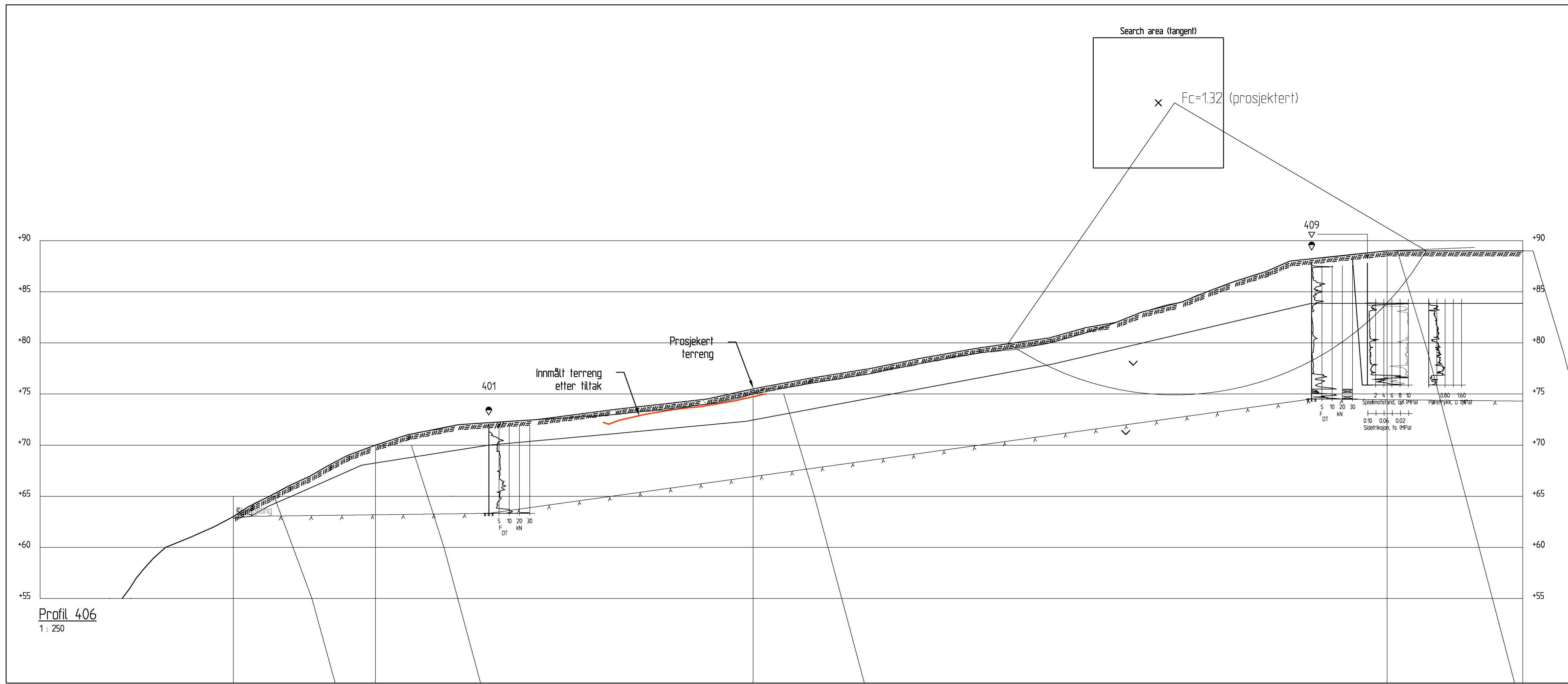
Innmålt terreng etter tiltak (2010)

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

NGI teknisk notat 20081549-00-124-TN, "Fossnes på Hvitvingfoss, detaljprosjektering av tiltak og oppfølging av anlegg. TN-4: Vurdering av skrånning ved Fossveien 80." 15. desember 2009.

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Norges vassdrags- og energidirektorat Sone 1323 Fossnes, Hvitvingfoss		Original format A3-L Tegningens filnavn \Arbeid\Profil 405_ny u0_ vesentlig forbedring			
Profil 405 Vurdering av oppnådd stabilitetsforbedring Innmålt terreng etter tiltak (2010) Høydegrunnlag NN54		Målestokk			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
		2017-03-06	RMo	MaR	RMo
		Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.	
		20150748	108		



Profil 406
1 : 250

FORKLARINGER:

 Innmålt terreng etter tiltak (2010)

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

NGI teknisk notat 20081549-00-124-TN, "Fossnes på Hvitvingfoss, detaljprosjektering av tiltak og oppfølging av anlegg. TN-4: Vurdering av skrånning ved Fossveien 80." 15. desember 2009.

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.

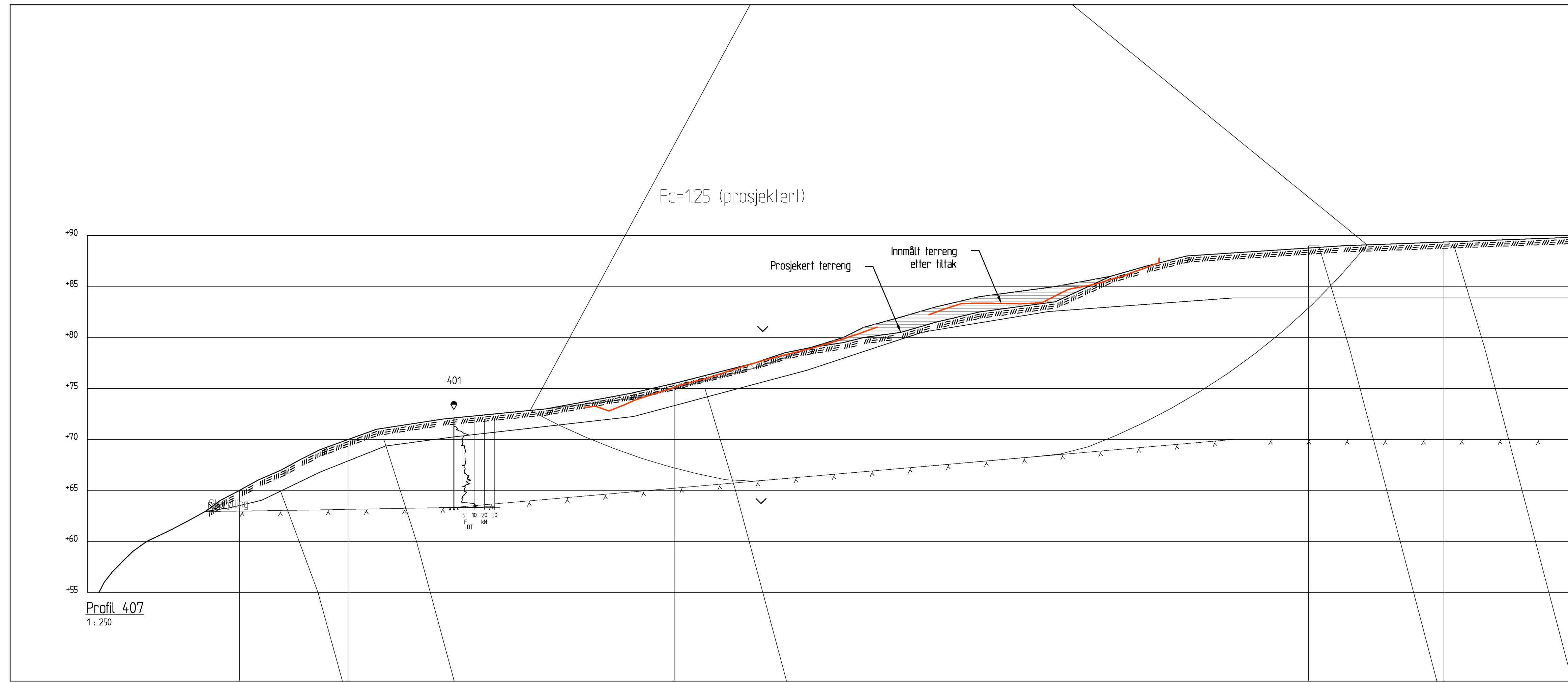
Norges vassdrags- og energidirektorat
Sone 1323 Fossnes, Hvitvingfoss

Profil 406
Vurdering av oppnådd stabilitetsforbedring
Innmålt terreng etter tiltak (2010)
Høydegrunnlag NN54

Original format
A3-L
Tegningens filnavn
\\Arbeid\Profil 406_ny u0_forbedring.dwg
Målestokk
1250



NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato 2017-03-06 Oppdragsnr. 20150748	Konstr./Tegnet RMo Tegningsnr. 109	Kontrollert MaR	Godkjent RMo
---	---	---	--------------------	-----------------



FORKLARINGER:

 Innmålt terreng etter tiltak (2010)

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

NGI teknisk notat 20081549-00-124-TN, "Fossnes på Hvitvingfoss, detaljprosjektering av tiltak og oppfølging av anlegg. TN-4: Vurdering av skråning ved Fossveien 80." 15. desember 2009.

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.

Norges vassdrags- og energidirektorat
Sone 1323 Fossnes, Hvitvingfoss

Original format
A3-L
Tegningens filnavn
\\Arbeid\Profil 403_ny u0_forbedring.dwg
Målestokk

Profil 407
Vurdering av oppnådd stabilitetsforbedring
Innmålt terreng etter tiltak (2010)
Høydegrunnlag NN54

1250



NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato 2017-03-06	Konstr./Tegnet RMo	Kontrollert MaR	Godkjent RMo
Oppdragsnr. 20150748	Tegningsnr. 110			Rev.

Vedlegg A

DOKUMENTER MED GRUNNUNDERSØKELSER OG STABILITETSVURDERINGER

Innhold

A1 Rapport O.978 - Undersøkelse av rasskråning ved Hvittingfoss (1960)	2
A3 Teknisk notat 20001573. Fossveien 80, Hvittingfoss. Grunnforhold og stabiliserende tiltak.	23
A4 Teknisk notat 20011391-1 Jordskred, Fossveien 98-100, Hvittingfoss. Grunnundersøkelser, stabilitetsanalyser og forslag til sikringstiltak (2001)	34
A8 Rapport 20071564-1. Fossnes på Hvittingfoss. Resultater fra grunnundersøkelser (2008).	52
A9 Rapport 20071564-2. Fossnes på Hvittingfoss. Vurdering av skredfare og sikringstiltak (2008).	84
A16 Brev 20081549. Supplerende grunnundersøkelser (Bjørn Strøm - 2009).	126
A17 Teknisk notat 20081549-3. Vurdering av tilgrensende områder (2009).	136
A18 Teknisk notat 20081549-4. Vurdering av skråning ved Fossveien 80 (2009).	149
A19 Rapport 20081549-00-125-R. Fossnes på Hvittingfoss, detaljprosjektering av tiltak og oppfølging av anlegg. Supplerende grunnundersøkelser (2009).	191
A20 20100063-00-3-R. Fossveien 80, Hvittingfoss. Oppfølging av anlegg (2010).	242
A21 Teknisk notat 20100063-00-4-TN. Fossveien 71 – Vurdering av skredfare (2010).	272
A22 Teknisk notat 20130523-01-TN. Akuttbefaring på Fossnes, Hvittingfoss. Oppsummering av befaring og tiltak (2013).	281
A23 Geophysical Data Integration for Quick-Clay Mapping: The Hvittingfoss Case study, Norway (artikkel i Landslides in Sensitive Clays s. 229-239)	291

A1 Rapport O.978 - Undersøkelse av rasskråning ved Hvittingfoss (1960)

NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT
Norwegian Geotechnical Institute

Rapport.

Undersøkelse av rasskråning ved
Hvittingfoss.

O. 978.

5. mai 1961.

OSLO — BLINDERN — TLF. 69 58 80

Bilagsfortegnelse.

1. Tegnforklaring og normer.
2. Oversiktskart.
- 3-5. Borprofiler.
6. Resultat av ødometerforsøk.
7. Resultat av triaksialforsøk.
8. Terrenprofil med borresultater.
9. Terrenprofil med stabilitetsberegning.

Fortegnelse over tillegg.

- IA: Beskrivelse av boringsutstyr.
IIA-B-C: Beskrivelse av laboratorieforsøk.

KONFIDENSIELL

INNLEDNING.

Efter oppdrag fra Landbruksdepartementet har Norges geotekniske institutt foretatt grunnundersøkelser i rasskråningen ved Hvittingfoss.

Raset fant sted i østre elveskråning noen hundre meter nedenfor Hvittingfoss Bruk natten til 25. november 1960. Norges geotekniske institutt v/siv. ing. Å. Eggestad foretok befaring av rasstedet den 29. november og professor I. Th. Rosenqvist besiktiget rasstedet den 30. november. Disse befaringer er omtalt i brev av 5. desember fra Instituttet og i rapport av 1. desember fra professor Rosenqvist.

Man kunne ikke på grunnlag av befaringene si hvorvidt det var fare for at raset kunne gripe videre bakover og true bebyggelsen inne på platået. For om mulig å klarlegge dette spørsmål ble det besluttet å foreta grunnundersøkelser med stabilitetsberegninger av rasskråningen. Det er resultatet av disse undersøkelser som fremlegges i denne rapport.

MARKARBEIDET.

Markarbeidet ble utført i tiden 17. januar til 10. februar 1960 under ledelse av boreformann Roy Larsen fra Instituttet. Hjelpemannskap, 2 mann, ble skaffet på stedet.

Arbeidet omfattet opptagning av uforstyrrede prøver i 3 hull, 1 dyp skovleboring på toppen av skråningen og dreiesondering i 8 hull. Boringene ble konsentrert om et profil tvers på skråningen gjennom rasgropen og et profil langs skråning i skråningens nedre del. Boringens beliggenhet er vist på oversiktskartet, bilag 2.

En beskrivelse av det anvendte boringsutstyr er gitt i Tillegg IA. Videre er resultatet av dreiesonderingene vist i bilag 8.

LABORATORIEUNDERSØKELSER.

De opptatte prøver er underkastet de rutinemessige undersøkelser som beskrevet i Tillegg IIA. Videre er det utført 2 ødometerforsøk som beskrevet i Tillegg IIB og 3 serier triaksialforsøk, beskrevet i Tillegg IIC.

Resultatet av de rutinemessige undersøkelser er opptegnet i borprofilene, bilagene 3 - 5, av ødometerforsøkene i bilag 6 og av triaksialforsøkene i bilag 7.

BESKRIVELSE AV TERRENG- OG GRUNNFORHOLD.

Platået innenfor elveskråningen ligger på ca. kote 97, mens elven ligger på ca. kote 52. Elveskråningen er således ca. 45 m høy på dette sted. På sydsiden av rasstedet har en liten bekk gravet seg ned, slik at det er dannet en liten dal som ligger skrått i forhold til hovedskråningen. Avstanden fra elven til platået øker også i sydlig retning, slik at skråningens øvre del slakes ut. Nord for raset består den nederste delen av raset av en steil fjellskrent. Fjellet er synlig til et nivå ca. 10 m over elven. I skråningen ovenfor fjellskrenten er det merke etter en mindre utglidning som fant sted for noen få år siden. Fjellet er videre synlig så langt sydover som til rasets nordre kant. Det er således grunn til å tro at fjellet her har dannet en naturlig begrensning av raset på denne side. På den andre siden er raset begrenset av den fremskytende jordrygg syd for bekken.

På toppen av skråningen ble det boret ned med skovlbor til 9 m dybde. Til denne dybde består massene av finsand. Ved 9 m dybde traff man på et vannførende lag av grus som man ikke klarte å trenge igjennom. Det er sannsynlig at dette laget ligger like over leiren som man har i skråningen. Ved hull 2, som ligger 12 m fra skråningskanten og ca. 11 m lavere enn denne, er det sand til 6,5 m dybde, derunder er det fast, ikke kvikk leire til 9 m dybde, hvor prøvetagningen ble avsluttet på grunn av vanskeligheter med å få hullet til å "stå". Imidlertid ble det dreieboret videre til 21 m dybde, hvor man mener å ha påtruffet fjell. Det nederste 2 m tykke laget synes å bestå av sand og grus. Ved hull 9, som ligger 10 m nedenfor hull 2, er det sand til 3 m dybde, dernest fast, ikke kvikk leire til 5 m dybde, og fra 5 til 13 m dybde er det fast kvikkleire. I 13 m dybde er boringen stanset i fast masse. Ved boringene 3, 4, 5 og 6, som alle ligger på ca. kote 68, har man kvikkleire fra toppen av. Dybden til antatt fjell øker her fra ca. 4,0 m ved hull 4 til ca. 15 m ved hull 6. Hull 8 ligger like nedenfor skråningsfoten og indikerer kvikkleire til 5 m dybde, hvor det er antatt fjell. Hull 7 er tatt

ca. 6 m fra elvekanten syd for rasmassene og her er det også kvikkleire ned til antatt fjell i ca. 16 m dybde. Leirlaget er tildels sterkt lagdelt med tynne lag finsand og silt. Vanninnholdet varierer gjennomgående mellom 30 og 40%, bortsett fra nederst i hull 9, hvor vanninnholdet er ca. 25%. Leiren er her vesentlig mere siltig enn ovenfor i samme hullet. Leiren er meget kvikk, den blir således helt flytende ved omrøring.

De målte skjærfastheter varierer meget. Dette skyldes sannsynligvis at prøvene er noe forstyrret og således har mistet noe av sin fasthet. I middel kan man si at skjærfastheten av leiren i hull 9 er ca. 6 t/m^2 og i hull 5 ca. 8 t/m^2 .

De to ødometerforsøkene på prøver fra hullene 5 og 9 viser at leiren er sterkt overkonsolidert, dvs. at den tidligere har båret vekten av jordmasser som siden er erodert bort av elven. Dette forklarer også den høye skjærfasthet i kvikkleiren.

Bilag 8 viser profilet A-A gjennom rasgropen og profilet B-B på tvers av rasgropen like over den nedre, steile raskant. I profilene er resultatet av dreieboringene vist og det er videre gitt en beskrivelse i grove trekk av grunnforholdene.

BESKRIVELSE AV DET INNTRUFNE RAS.

På oversiktskartet er omrisset av raset vist med stiplet linje. Bredden av de utglidde masser var nederst bare ca. 15 m, mens den største bredde omtrent midt i skråningen var ca. 30 m. Bakre raskant gikk omtrent nøyaktig til toppen av skråningen. Raskanten var her meget steil, sannsynligvis ca. 60° , og det har siden skjedd noen små efterrasninger som har grepet noen få meter inn i platået. Endel av rasmassene hadde ikke fulgt den egentlige rasgropen, men flommet utover fjellskrenten nord for gropen.

På grunnlag av antatte terrengkoter før raset og det inntrykk man fikk ved besiktigelsen av raset, er det i profil A, bilag 8, stiplet inn et antatt terrengprofil før raset fant sted. Dette viser at rasmassenes tykkelse like over den nedre, steile skråning neppe kan ha vært mere enn 0.5 - 1.0 m, mens tykkelsen øverst (målt vertikalt), sannsynligvis har vært 4 - 5 m. Selve glideflaten kan på den øvre del ha ligget vesentlig dypere, antagelig i toppen av leirlaget, men det er intet som tyder på at glidningen har skjedd langs dyptgående glidesnitt i leiren.

Det er vanskelig å si noe sikkert om årsaken til raset. Muligheten for at en erosjon i foten av skråning kan være den direkte årsak er tilstede. Imidlertid er det flere ting som tyder på at raset har startet et stykke oppe i skråningen. For det første er det lite sannsynlig at den avlastning som kan ha funnet sted langs toppen av den nedre, steile kant har vært tilstrekkelig stor til at de ovenforliggende masser er blitt ustabile. For det annet viser stabilitetsberegningene for skråningens nedre del slik den er idag en relativt stor sikkerhetsfaktor ($F = 1.78$). Og endelig har det tidligere skjedd en noe mindre utglidning i skråningen nord for raset. Denne utglidning stanset ved skråningens slake midtparti hvor det er fjell i beskjeden dybde.

Efter Instituttets mening kan rasmeknikken ha vært følgende: På grunn av en relativt kald periode like før raset fant sted har det dannet seg tele et stykke ned i grunnen. Det vannførende skikt like over leirlaget er blitt "tettet igjen", idet telen trenger ned i leiren. Vannet blir således lukket inne av et nesten tett telelag over og leire under, og dette medfører at det bygger seg opp et høyt vanntrykk i skiktet. Hvis det ikke dannes mindre sprekker eller kanaler hvor vannet kan unnsnippe, vil større flak kunne rase ut. Når så disse rasmasser har kommet ut på den nedre del av skråningen, kan leiren her ha blitt overbelastet og det har skjedd brudd langs dyptgående glideflater i kvikkleiren.

STABILITETSBEREGNINGER AV NUVÆRENDE SKRÅNING.

Selv om det sist inntrufne ras og tidligere ras langs elveskråningen synes i det vesentlige å ha skjedd langs grunne glideflater, er det utført endel stabilitetsberegninger for dyptgående glideflater. Slike glidninger vil kunne få et langt større omfang og dermed være mere katastrofepreget.

Beregningene er basert på den såkalte $c' \varphi'$ -metoden, idet grunnens skjærfasthet er uttrykt ved Coulomb's ligning

$$s = c' + (p-u) \operatorname{tg} \varphi'$$

hvor c' og φ' er skjærfasthetsparametrene bestemt ved triaksialforsøk. For leiren gir triaksialforsøkene disse verdier i middel: $c' = 5.0 \text{ t/m}^2$ og $\varphi' = 19.5^\circ$. For sanden er det antatt følgende verdier: $c' = 0$, $\varphi' = 35^\circ$. Videre er p det totale vertikalktrykk i glidesnittet og u porevannstrykket. $p-u$ er således det effektive vertikale korntrykk.

I beregningene er grunnvannstanden forutsatt å følge overflaten av leir-

laget, og videre er det forutsatt at poretrykket øker hydrostatisk med dybden fra dette nivå.

Bilag 9 viser profil A-A med beregnede glideflater. For den nedre, steile del av skråningen finner man en beregningsmessig sikkerhetsfaktor på ca. 1.8, mens den laveste sikkerhetsfaktor for hoveddelen av skråningen er så lav som 1.10.

Denne beregning gjelder for glideflater som har stor bredde i forhold til lengde og dybde, da det ikke er tatt hensyn til de stabiliserende krefter langs sidene av glidelegemet. For det aktuelle profil er således beregningene noe ugunstige, idet profilets bredde er relativt liten. Selv om sikkerhetsfaktoren anslagsvis kan økes ca. 10%, dvs. fra 1.1 til 1.2 på grunn av sidekreftene, er stabilitetsforholdene for skråningen etter Instituttets mening ikke tilfredsstillende.

Som nevnt ovenfor er poretrykket antatt å øke hydrostatisk med dybden fra et grunnvannsspeil i høyde med toppen av leirlaget. Imidlertid har man erfaring for at poretrykket, særlig på større dybder, i skråninger kan avvike betraktelig fra den hydrostatiske fordeling. Man kan således enten ha et overtrykk eller et undertrykk i forhold til det hydrostatiske, avhengig av bl.a. dreneringsforholdene i skråningen. Med de lave beregningsmessige sikkerhetsfaktorer som er funnet, mener Instituttet at det er grunn til å undersøke nærmere poretrykksforholdene i grunnen. Dette kan gjøres ved å sette ned noen få poretrykksmålere i forskjellig dybde omtrent midt i skråningen og observere trykket i en tid fremover. Dersom poretrykket ikke er mindre enn antatt, kan det bli aktuelt å stabilisere skråningen på en eller annen måte.

STABILISERENDE TILTAK.

Efter Instituttets mening er det mest nærliggende å øke stabiliteten ved å grave av skråningen øverst og fylle massene ned i "slukten" nede ved elven. Samtidig må det sørges for en erosjonsbeskyttelse av skråningsfoten.

Selve avgravningen kan enten skje i form av en jevn utslakning av skråningen, som vist som alt.A i bilag 9, eller en avtrappet avgravning, alt.B. Valg av alternativ vil avhenge av den praktiske utførelse.

Disse tiltak vil øke den beregningsmessige sikkerhetsfaktor fra 1.1 til ca. 1.2.

For å hindre glidning som følge av tele i skråningen kan man grave drenggrøfter til telefri dybde.

KONKLUSJON.

De utførte grunnundersøkelser av rasskråningen ved Hvittingfoss viser at grunnen i dybden består av en fast kvikkleire. Over leiren ligger et lag sand som ved skråningens overkant er ca. 12 m tykt. Lagskillet mellom sand og leire heller med ca. 20° utover mot elven. Leiren er lagdelt med tynne lag av finsand og silt. Dens store fasthet skyldes at den er sterkt overkonsolidert (forbelastet).

Det er vanskelig å finne noen sikker forklaring på det inntrufne ras. Etter Instituttets mening er raset mest sannsynlig startet oppe i skråningen som følge av tele med derav følgende høyt porevannstrykk i overgangen mellom sand og leire. Imidlertid kan også raset ha startet i foten av skråningen som følge av erosjon. Uansett den direkte årsak, har glidningen oppe i skråningen skjedd langs en gruntliggende glideflate.

Dersom en utrasning i skråningen kan skje langs dyptgående glidesnitt, vil raset bli av stort og katastrofeartet omfang. Instituttet har derfor gjennomført beregninger basert på $c' \phi'$ -analyse for glideflater som skjærer dypt ned i kvikkleireavsetningen. Resultatet av disse beregninger viser at sikkerheten mot slike utglidninger ikke er helt tilfredsstillende. Imidlertid ligger endel av sikkerheten ved beregningene i antagelsen av porevannstrykket i grunnen. Instituttet mener, på bakgrunn av den relativt lave beregningsmessig sikkerhetsfaktor, at det er behov for å foreta målinger av poretrykket i forskjellige dybder i skråningen. Dersom det viser seg at poretrykkene er like høye eller høyere enn antatt, bør man stabilisere skråningen ved en avgravning på toppen og oppfylling i bunnen, samtidig som skråningsfoten beskyttes mot erosjon.

Instituttet mener imidlertid at det ikke er påkrevet å evakuere bebyggelsen inne på platået foreløpig.

Instituttet står gjerne til tjeneste med poretrykksmålinger og videre vurdering av stabilitetsforholdene.

NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT

Laurits Bjerrum

Arvid Engstad

Or Eide

TILLEGG IA

Vingeboring.

En jordarts udrenerte skjærfasthet bestemmes i marken ved hjelp av vingebor. Et vingekors som er presset ned i grunnen påføres et torsjonsmoment som økes med en bestemt og jevn hastighet inntil brudd oppstår. Maksimale torsjonsmoment under dreiningen gir grunnlag for beregning av skjærfastheten. Grunnens skjærfasthet bestemmes først i uforstyrret og etter brudd i omrørt tilstand. Målingene utføres vanligvis for hver meter.

Ved vurdering av vingeborresultatene må man være oppmerksom på at målingene kan gi gale verdier hvis det finnes sand, grus eller stein i grunnen. Skjærfasthetsverdiene kan bli for store dersom det ligger en stein ved vingen, mens den målte verdi kan bli for lav dersom det presses ned en stein foran vingen, slik at jordarten omrøres før målingene.

Dreiesondering.

Det anvendte utstyr består av \varnothing 20 mm borstenger av 1 m lengde som skrues sammen med glatte skjøter. Nederst skrues på en 20 cm lang pyramideformet spiss med sidekant 3 cm. Spissen er vridd én omdreining. Boret trykkes ned med minimumsbelastning, idet belastningen økes trinnvis til 100 kg. Hvis boret ikke synker ved 100 kilos belastning, dreies det rundt og antall halve omdreininger pr. meter synkning noteres. Ved opptegning av resultatene er belastningen angitt på venstre side av borhullet, mens diagrammet på høyre side angir antall halve omdreininger pr. meter synkning av boret.

Prøvetagning.

For opptagning av uforstyrrede jordprøver er anvendt Instituttets 54 mm prøvetager. Prøvene skjæres ut med tynnveggede stålsylindere, lengde 80 cm og diameter 54 mm. Prøvesylindrene forsegles i begge ender med voks og gummihetter før de sendes til Instituttets laboratorium i Oslo.

TILLEGG II A.

Laboratorieundersøkelser.

De undersøkte jordprøver skyves ut av sylindrene og det gis ved besiktigelse en jordartsbeskrivelse.

Det er utført følgende bestemmelser:

Romvekten (t/m^3) er vekt av prøven pr. volumenhet i naturlig tilstand.

Vanninnholdet (%) er angitt som vekt av vann i prosent av tørrvekt etter tørring ved $110^{\circ}C$. Det er utført 4 - 6 bestemmelser av vanninnholdet fordelt over prøven.

Flytegrensen (%) og utrullingsgrensen (%) angir henholdsvis høyeste og laveste vanninnhold for plastisk område av omrørt materiale. Disse konsistensgrenser er av betydning ved vurdering av jordartens egenskaper. Det naturlige vanninnhold sett i relasjon til flyte- og utrullingsgrensen gir også visse opplysninger om grunnens egenskaper. Et naturlig vanninnhold høyere enn flytegrensen viser f.eks. at leiren blir flytende ved omrøring.

Plastisitetsindeksen (%) er differansen mellom flyte- og utrullingsgrensen.

Udrenert skjærfasthet (t/m^2) er bestemt ved enkle trykkforsøk på prøver med tverrsnitt 3.6×3.6 cm og høyde 10 cm. Det tas hensyn til prøvens tverrsnittøkning under forsøket. Skjærfastheten settes lik halve trykkfastheten.

Videre er uforstyrret og omrørt skjærfasthet bestemt ved konusforsøk. Dette er en indirekte metode, idet nedsynkningen av en konus med bestemt form og vekt måles, og den tilsvarende skjærfasthet tas ut av en tabell.

Sensitiviteten er forholdet mellom skjærfastheten av uforstyrret og omrørt materiale. I laboratoriet er sensitiviteten bestemt på grunnlag av konusforsøk. Videre er sensitiviteten beregnet ut fra vingeborersøk i marken.

TILLEGG II B.

Ødometerforsøk.

Ødometerforsøkene utføres for måling av jordartens kompressibilitet. Foruten å danne grunnlag for setningsberegninger, gir forsøkene også visse opplysninger om jordartens geologiske historie.

Ved et ødometerforsøk innesluttet en 2 cm tykk skive av jordprøven med diameter 5 cm i en stålsylinder. Endeflatene dekkes med porøse bronseplater og belastningen påføres trinnvis, idet man for hvert lasttrinn bestemmer sammentrykningen av prøven som funksjon av tiden. Et uttrykk for sammentrykningen av prøven er angitt ved forandringen av prøvens porettall "e", som er definert som forholdet mellom volum av hulrom og volum av fast stoff.

Resultatene fremstilles grafisk i form av e-log σ kurver, hvor σ er belastningen som er påført prøven.

Kornfordelingsanalyser.

Kornfordelingen av grove materialer som sand og grus blir bestemt ved sikting gjennom sikter av forskjellig størrelse. Denne metode kan brukes for materiale med korndiameter større enn 0,06 mm. For finere materiale må kornfordelingen bestemmes ved hydrometeranalyse.

Hydrometeranalysen bygger på Stoke's lov, idet kornene forutsettes kuleformige. En viss mengde tørrstoff blir oppslemmet med vann i et måleglass, måleglasset rystes slik at kornene fordeles jevnt i suspensjonen, glasset settes i ro, og etter bestemte tidsintervaller måles suspensjonens romvekt ved hjelp av et hydrometer. På grunnlag av de målte romvekter kan synkehastigheten og dermed størrelsen av kornene tilnærmet beregnes.

Triaksialforsøk.

En jordarts skjærfasthet kan uttrykkes ved Coulomb's ligning:

$$s = c' + (p-u) \operatorname{tg} \varphi'$$

der s = skjærfastheten

c' = jordartens tilsynelatende kohesjon

p = totalt overlagingstrykk

u = poretrykk

φ' = jordartens tilsynelatende friksjonsvinkel

Triaksialforsøkene utføres for bestemmelse av skjærfasthetsparametrene c' og φ' .

Prinsippet for forsøkene er at sylindriske prøver med høyde 8 cm og tverrsnitt 10 cm^2 plasseres i en trykkselle. Prøven blir øverst forsynt med et toppstykke og nederst et porøst keramisk filter som står i forbindelse med en tynn saranslange. Toppstykket, prøven og filteret omslutes av en tynn gummihinne som hindrer vann fra sellen i å trenge inn i prøven. Filteret med slangen gir prøven anledning til å drenere når selletrykket påføres.

Prøven utsettes i triaksialsellen for et allsidig trykk - konsolideringstrykket - som holdes konstant inntil utpressingen av porevann fra prøven er avsluttet. Det effektive korntrykk i prøven er da lik konsolideringstrykket.

Triaksialsellen blir derefter anbragt i en presse, der prøven påføres en vertikal tilleggsbelastning. Ved konsoliderte udrenerte forsøk (type CIU), blir drenasjen av prøven stengt, og istedet blir poretrykket i prøven målt. Poretrykk og tilleggsbelastning avleses for bestemte verdier av prosentvis sammentrykning av prøven inntil brudd oppstår.

I hver serie kjøres inntil 4 forsøk med forskjellige konsolideringstrykk. Spenningstilstanden i bruddøyeblikket fremstilles grafisk i Mohr's spenningsdiagram. Fellestangenten til spennings-sirklene i en serie har helningsvinkel φ' , og det stykket den skjærer av ordinataksen er c' .

Resultatet av triaksialforsøkene fremstilles i diagrammer hvor det er avsatt de punkter på Mohr's spennings-sirkler der tangentene er horisontale. Linjen gjennom punktene for én serie har en helningsvinkel α og skjærer et stykke av c_α av ordinataksen. Følgende trigonometriske relasjoner består da:

$$\operatorname{tg} \alpha = \sin \varphi' \quad \text{og} \quad c' = \frac{c_\alpha}{\cos \varphi'}$$

Tegnforklaring og normer for betegnelse av jordarter.

- Dreieboret
- + Vingeboret
- ⊙ Opptatte uforstyrrede prøver med diam. 4 cm
- ▭ Opptatt uforstyrret prøve
- ⊕ " omrørt "

Inndeling i kornfraksjoner.

Stein	200 - 20 mm	Mo	0,2 - 0,02 mm
Grus	20 - 2 "	Mjele	0,02 - 0,002 "
Sand	2 - 0,2 "	Leire	< 0,002 "

Betegnelse for kohesjonsjordarter.

Skjærfasthet <	1,25	tf/m ²	meget bløt
"	1,25 - 2,5	"	bløt
"	2,5 - 5,0	"	middels fast
"	5,0 - 10	"	fast
"	10 - 20	"	meget fast
"	> 20	"	hard

For humusfrie leire betegnes prøvene etter verdien av flytegrensen, w_L , som:

mager leire $w_L < 30 \%$

middels fet leire $30 \% < w_L < 50 \%$

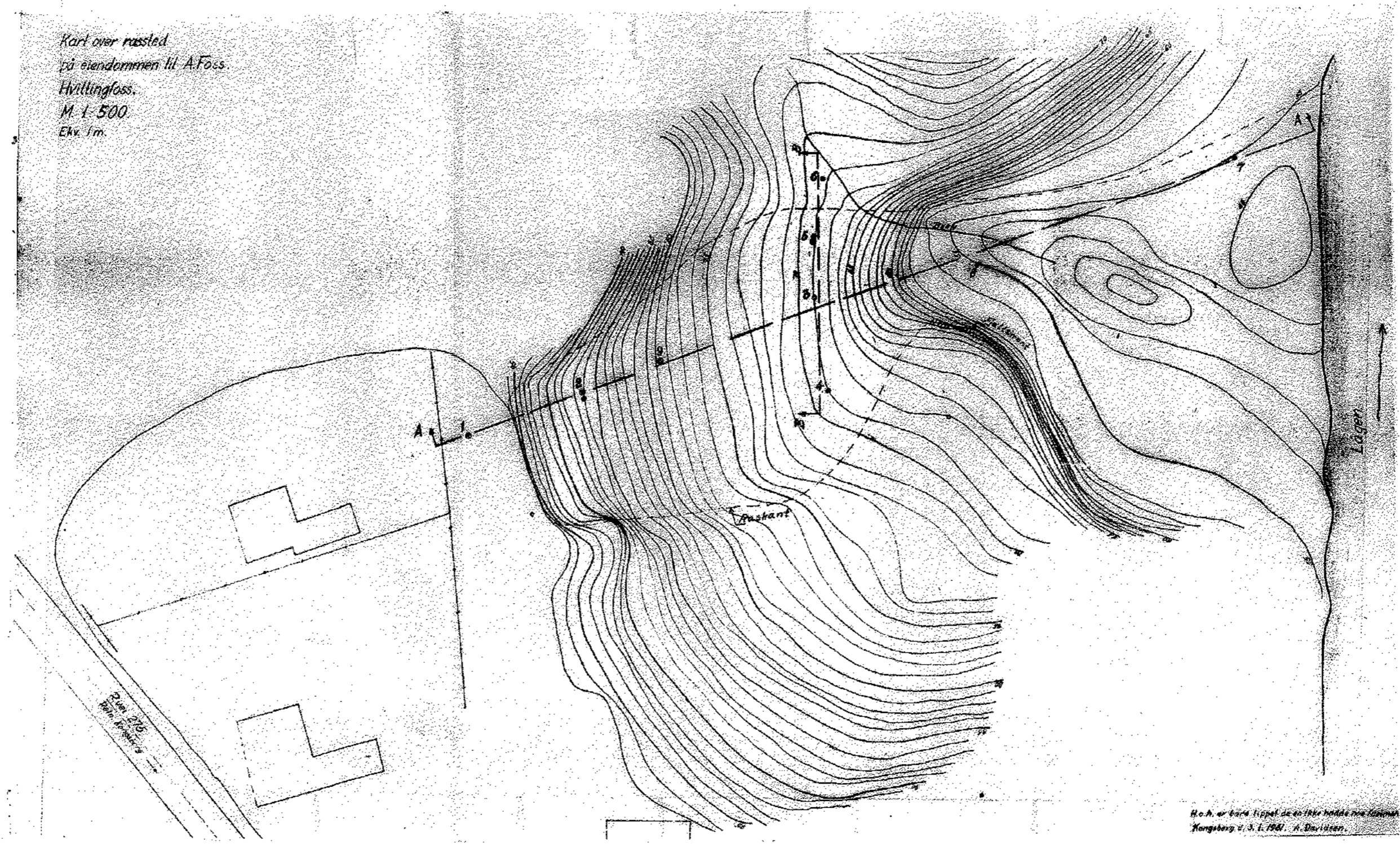
fet leire $50 \% < w_L$

Etter sensitiviteten, S, som er forholdet mellom skjærfasthetsverdier for uforstyrret og fullstendig omrørt tilstand, betegnes jorden for:

Ikke sensitiv: S = 1,0
 lite " : S = 1 - 2
 middels " : S = 2 - 4
 meget " : S = 4 - 8

lite kvikk: S = 8 - 16
 middels " : S = 16 - 32
 meget " : S = > 32

Kart over rassted
på eiendommen til A. Foss
Hvitlingfoss.
M. 1:500
Ekv. 1m.



Ho. N. er bærte i oppel de en 1884 holdte noe Gammel
Kongsberg d. 3. 1. 1901. A. Davidsen.

Tegnforklaring:

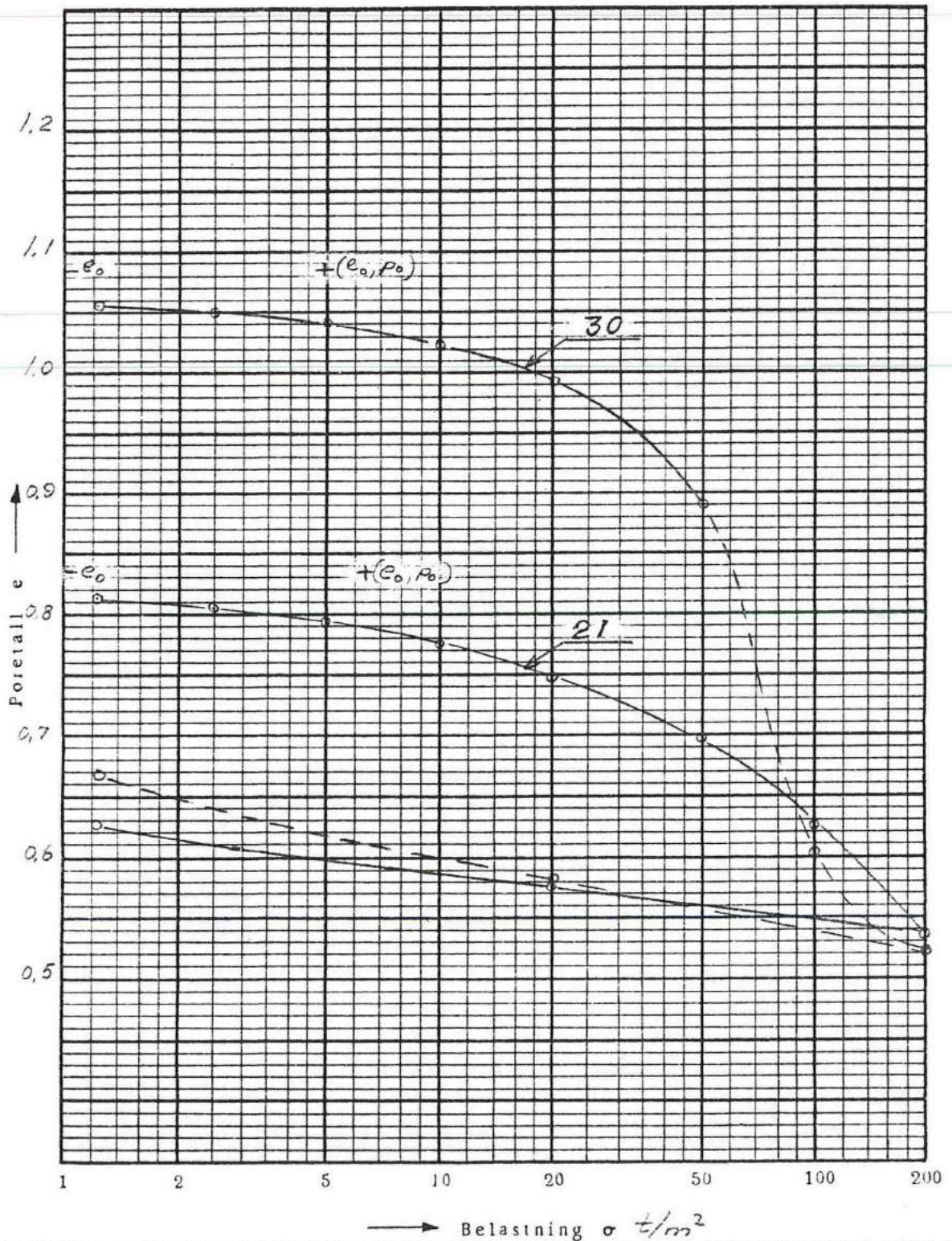
- Dreiesondring
- ⊙ Prøvetagning

Ras ved Hvitlingfoss
Oversiktskart
M = 1:500

Dybde m	Jordart	Sign.	Lab. nr.	Vanninnhold %				Romvekt γ/m^3	Skjærfasthet τ/m^2					Sensi- tivitet	
				20	30	40	50		2	4	6	8	10		
	Sand		07												
			08												
			09												
5			10					1,79							
		Leire med noen lag av sand og silt		11					2,14	omrørt	uforstyrret				
				12					1,92					8	
				13					1,87					12	
				14					1,93					16	
				38					2,21					19	
10															
15															
20															
25															

Dybde m	Jordart	Sign.	Lab. nr.	Vanninnhold %				Romvekt t/m ³	Skjærfasthet t/m ²					Sensitivitet	
				20	30	40	50		2	4	6	8	10		
	Sand														
	Lagdelt leire		26				1.90								17
			27				1.88								27
			28				1.91								50
5	Kvikkleire med mange lag av sand og silt		29				1.91								65
			30				1.84								160
			31				1.86								160
			32				1.82								540
			33				1.83								590
	Siltig kvikkleire (sterkt lagdelt)		34				1.94								280
10			35				1.99								480
			36				2.01								180
			37				1.88								410
15															
20															
25															

Lab. nr.	Prøve nr.	Dybde m.	Effektivt overlagrings-trykk τ/m^2	For-belastning τ/m^2	C_c Sammen-tryknings-tall	% Primær-serning	c_v Konsolide-ringskoeff. $m^2/sek. \times 10^7$	E Elastisitets-modul τ/m^2
0.978-21		6,4	5,8	ca 70				
0.978-30		5,5	4,9	ca 50				

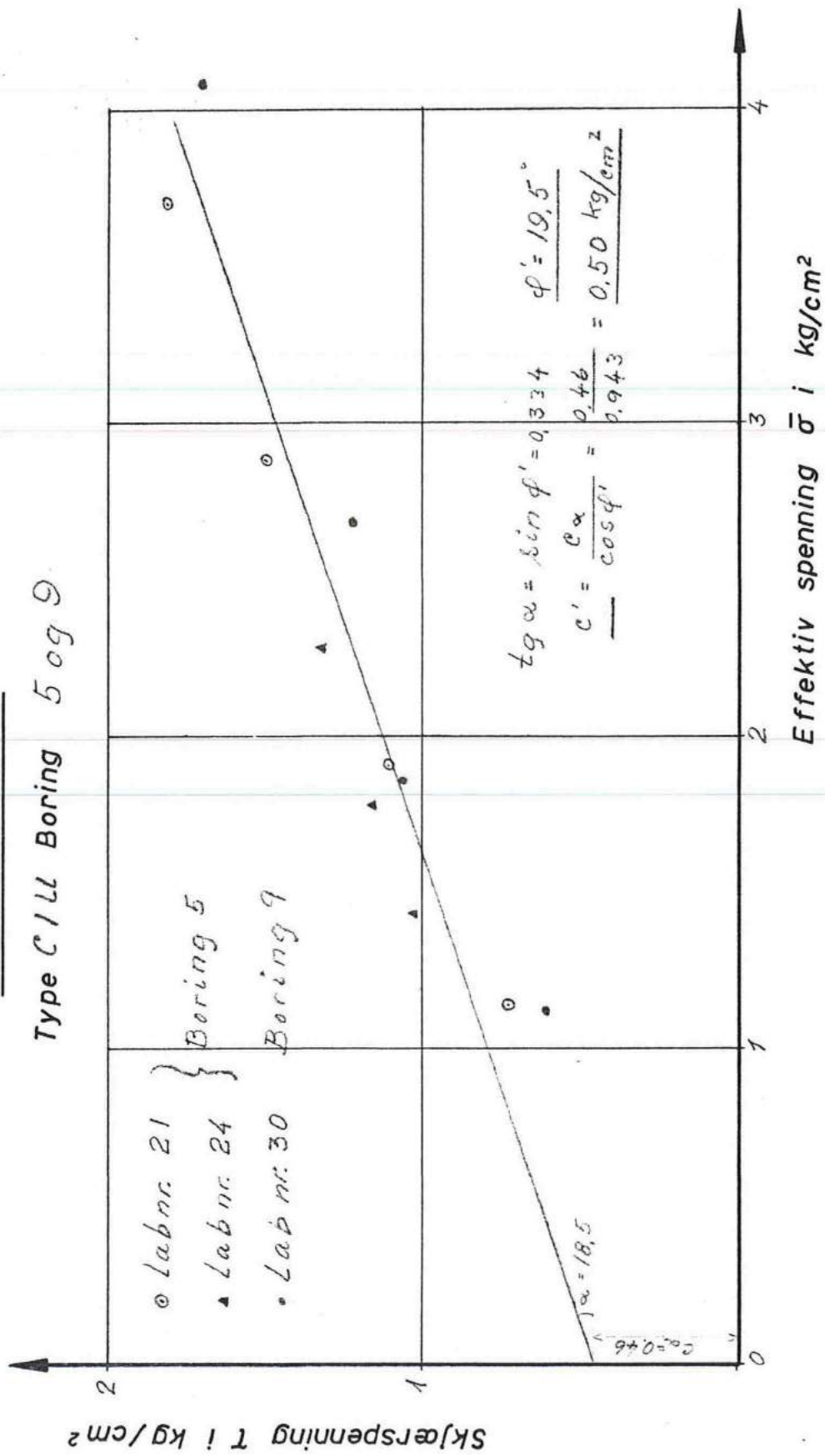


Anmerkninger

Kurven for lab. nr. 30 er feil for belastning over 20 t/m^2 m.a.a. utskvisning av materiale under testet

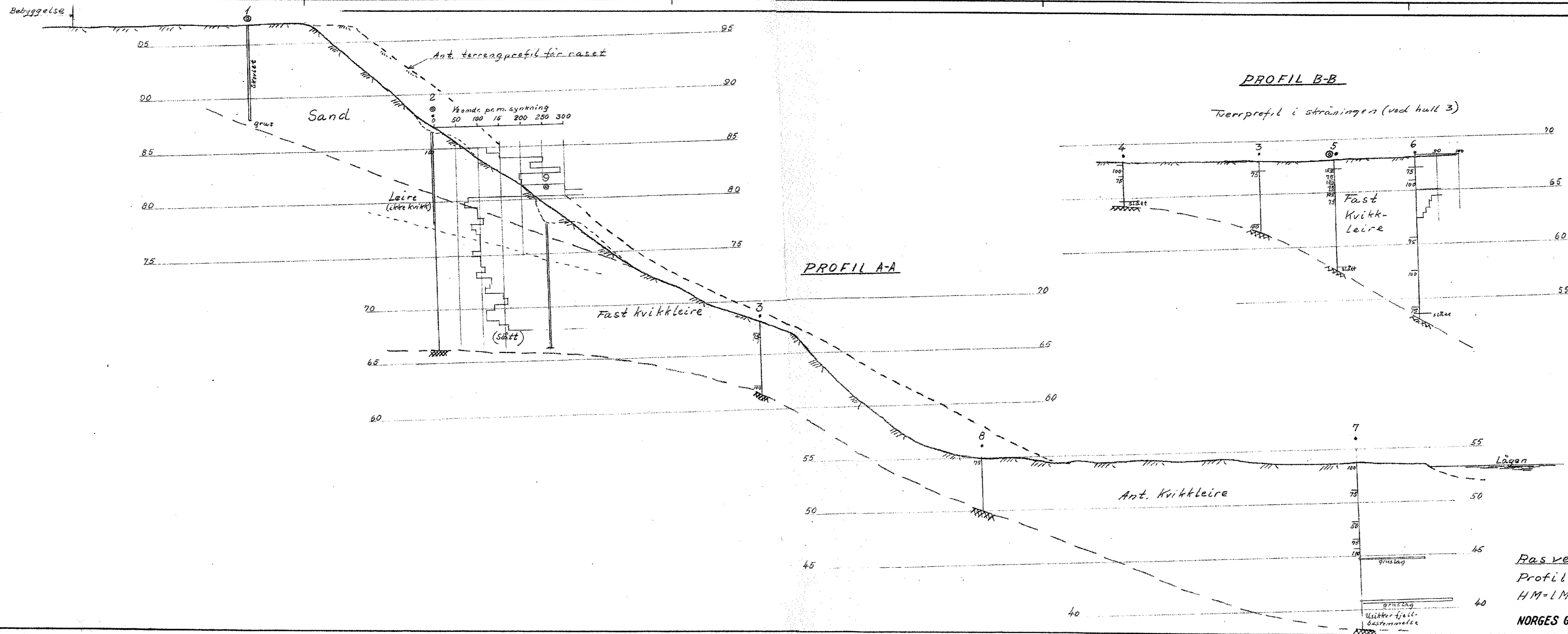
TRIAKSIALFORSÖK

Type C1LL Boring 5 og 9



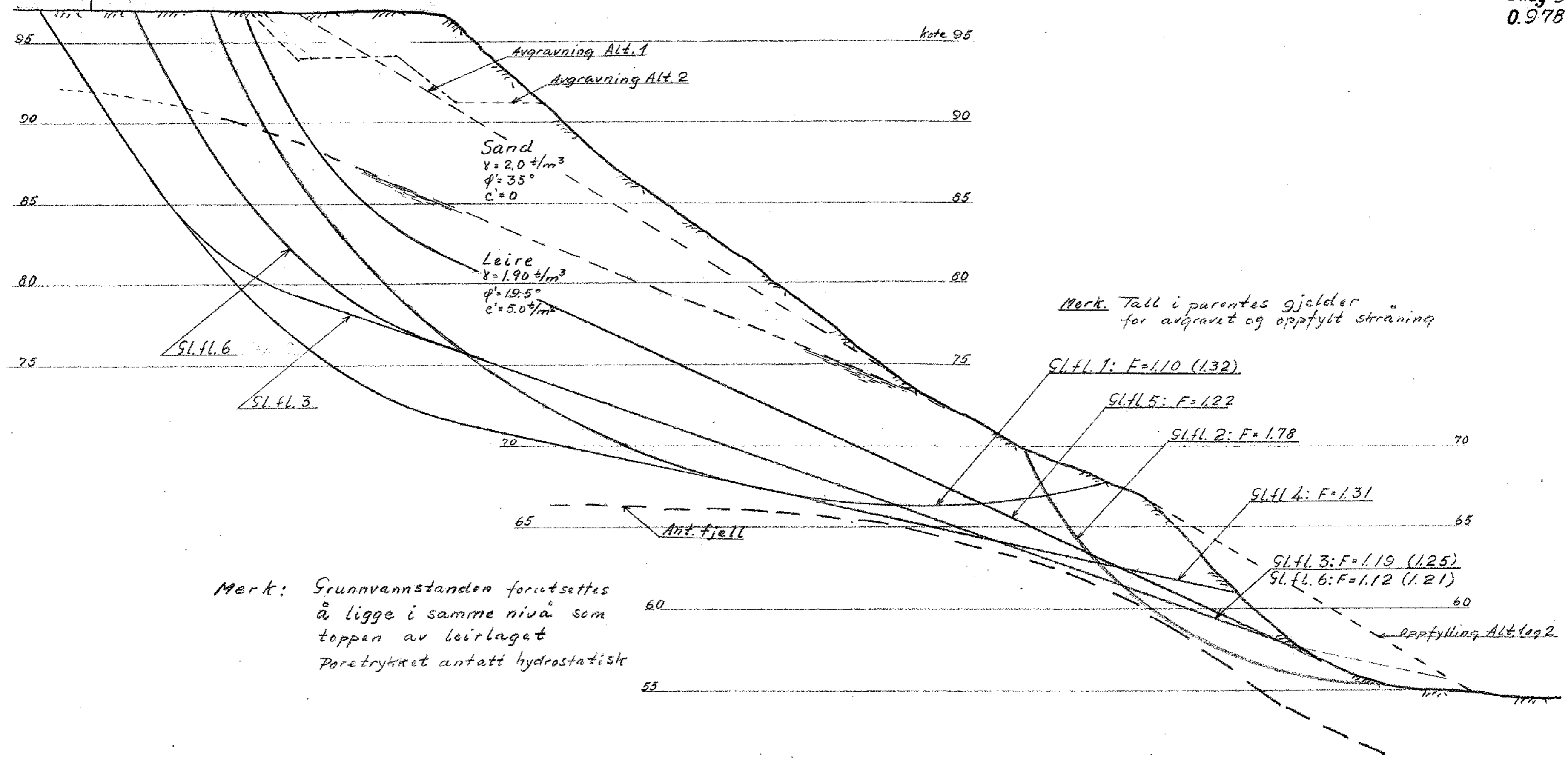
424
* 50
0.01

MOHR'S DIAGRAM



Ras ved Hvitlingfoss
 Profil med boringer
 HM=LM=1:200
 NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT

Bebyggelse



Merk. Tall i parentes gjelder for avgraset og oppfylt straining

Merk: Grunnvannstanden forutsettes å ligge i samme nivå som toppen av leirlaget
Poretrykket antatt hydrostatisk

Ras ved Hvittingfoss
Profil med stabilitetsberegn.
M=1:200

A3 Teknisk notat 20001573. Fossveien 80, Hvittingfoss. Grunnforhold og stabiliserende tiltak.

Til: **Vesta Forsikring AS**
v/: **Knut Vibe Lund**
Kopi: Nortakst ved Svein Wolmer
Fra: Norges Geotekniske Institutt
Dato: 2001-02-26
Prosjekt: **20001573 Fossveien 80, Hvittingfoss**
Utarbeidet av: Arne Engen *Arne Engen*
Kontrollert av: Ørjan Nerland *Ørjan Nerland*

Tittel: **Grunnforhold og stabiliserende tiltak**

INNLEDNING

I november 2000 skjedde det en utglidning ved eiendommen Fossveien 80 på Hvittingfoss i Kongsberg kommune. NGI var på befaring på stedet 4. desember. Rapport fra denne befaringen er gitt i vårt tekniske notat datert 6. desember.

Beliggenheten av den aktuelle eiendommen er vist på oversiktskartet på figur 1.

GRUNNFORHOLD

Det er utført tre dreietrykksonderinger på toppen av ravinedalen og ved eneboligen. I tillegg er det tatt opp til sammen fire sylinderprøver i ett borhull ved sondering nr. 3. Plasseringen av sonderingene og prøveserien er vist på vedlagte situasjonsplan, figur 2.

Resultatene fra de tre sonderingene er vist på figur 3 til 5. Videre er resultatene fra laboratorieundersøkelsene på de opptatte prøvene presentert på figur 6.

Grunnundersøkelsene viser at løsmassene på toppen av ravinedalen og ved eiendommen består av middels fast og middels sensitiv leire under et øvre lag av fastere masser. Disse faste massene er trolig tørrskorpeleire på eiendommen (boring 2 og 3), mens det kan være fyllmasser for veien på toppen av ravinedalen (boring 1). Uforstyrret skjærstyrke i leira er målt til 20-50 kPa ved enkle indeksforsøk, og sensitiviteten er 14-16.

I leira er det funnet mange tynne lag av mellomsand, slik både sonderingene og borprofilen viser. Ved bolighuset ser det videre ut til at det er mer ren leire uten sandlag under ca. 11-12 m dybde.

f:\p\2000\15\20001573\tnot\tiltak.doc

AE/-

Antatt fjelloverflate er påtruffet i dybder mellom 19 og 22 m under terreng ved de tre sonderingene. Denne fjelldybden korresponderer godt med opplysningene fra huseier om at det er fjell i dagen nede ved elva.

TILTAK

Slik det er angitt i vårt tekniske notat datert 6. desember 2000, anbefalte vi at det foretas en delvis oppfylling av ravinedalen med stein. Denne oppfyllingen utføres ved å fylle bunn av ravinen samt plastre skråningene et stykke oppover.

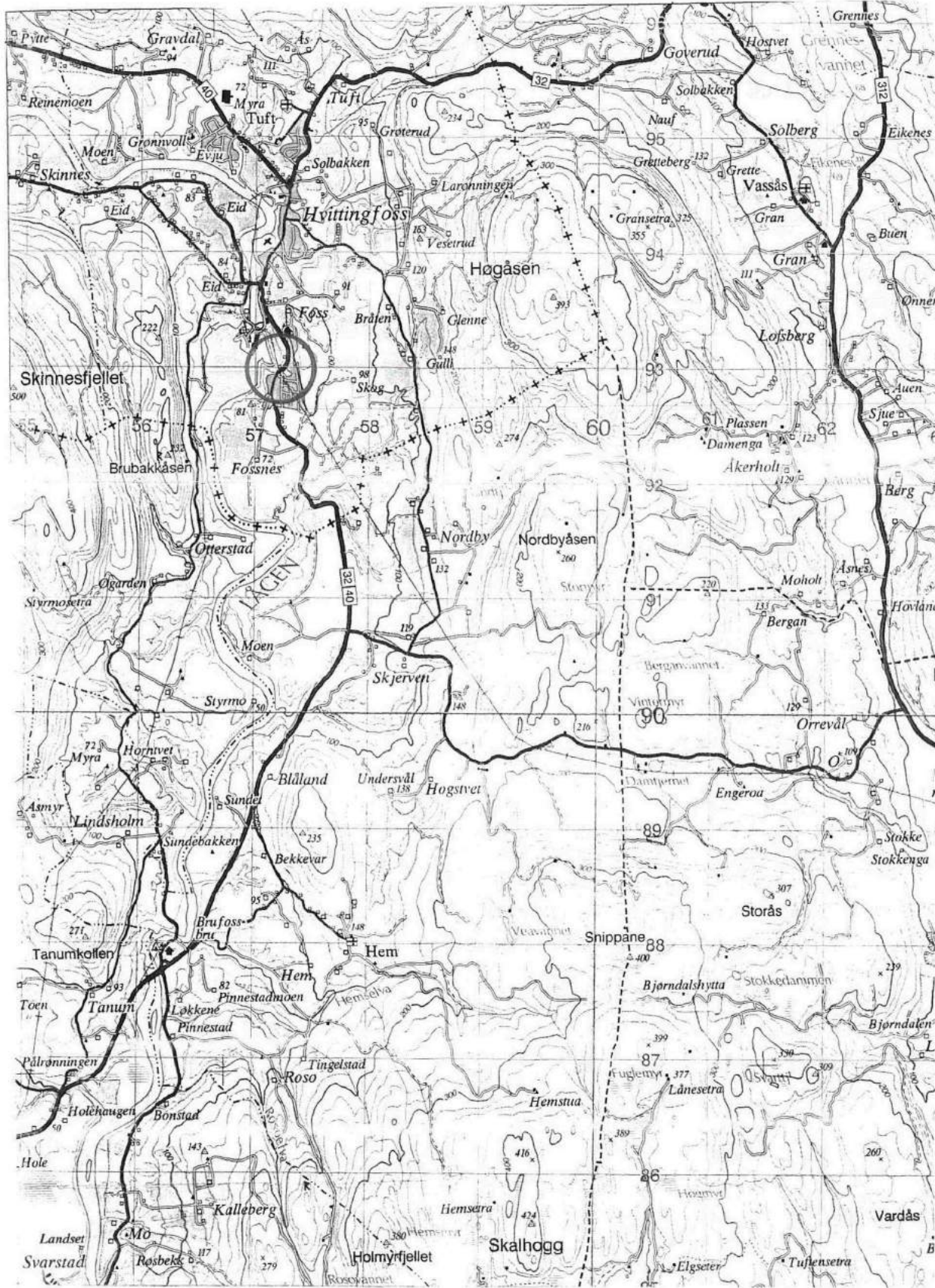
Arne Engen fra NGI foretok en ny befaring på rasstedet 26. januar 2001 for å se på oppfyllingen av ravinedalen, som på det tidspunktet var ferdig utlagt.

Det var fylt opp med ca. 3 m stein i bunn av ravinedalen. Videre var det lagt ut noe stein der hvor det hadde gått mindre utglidninger fra siden og ned i hovedskredet. Den utførte oppfyllingen er vist på fotografi tatt 26. januar, se figur 7 og 8.

Oppfyllingen i ravinedalen er utført i henhold til våre anbefalinger. Det er dermed ikke lenger fare for at det skal inntreffe ytterligere utglidninger i denne dalen som følge av den store utglidningen som skjedde i november. Videre er sikkerheten mot en større utglidning ned mot elva som kan true bolighuset, noe bedre enn hva tilfellet var før den første utglidningen inntraff 7. november.

Der er videre ikke grunn til at huset fortsatt skal være evakuert. Huseier fikk beskjed om dette på befaringen 26. januar.

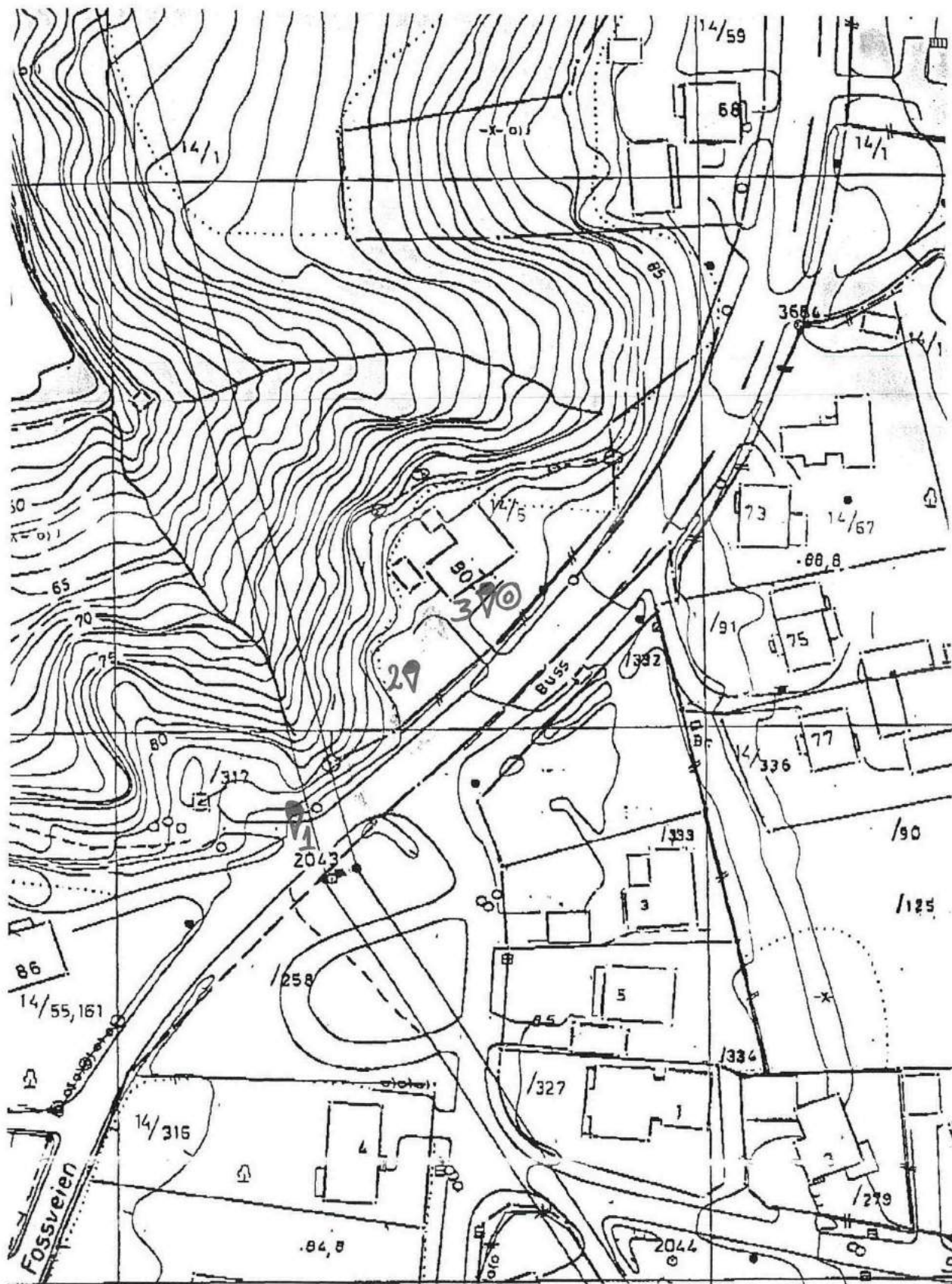
Vi vurderer stabiliteten av den høye og bratte ravineskråningen fra bolighuset og ned mot elva til å være relativt lav. Som nevnt, har imidlertid den utførte oppfyllingen i ravinedalen bedret denne stabiliteten noe. Vi anser det derfor trygt i bo i huset. Vi vil imidlertid på det sterkeste fraråde enhver ytterligere oppfylling og utfylling på toppen av denne ravineskråningen ved bolighuset. Dette rådet ble også overbrakt huseier på vår befaring 26. januar.




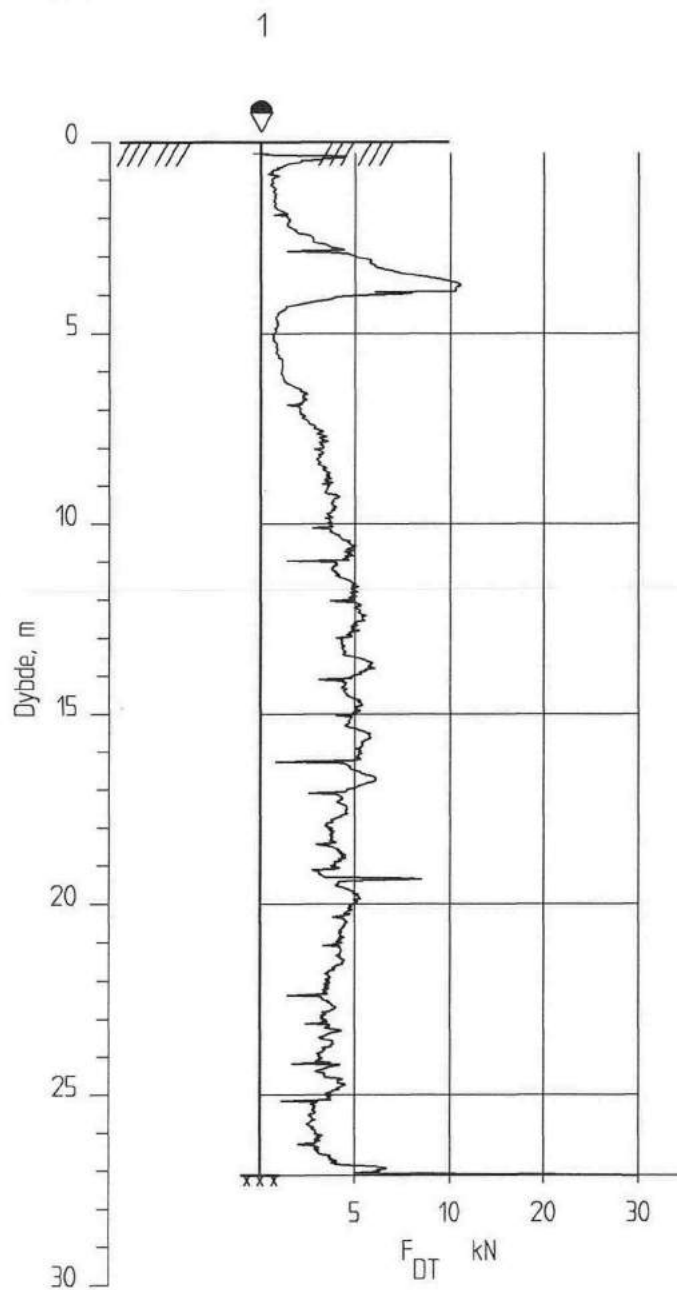
LITM : 32VNL572930 , Kartblad 1813 IV, Holmestrand

<p>FOSSVEIEN 80, HVITTINGFOSS</p>	<p>Rapport nr. 20001573</p>	<p>Figur nr. 1</p>
<p>Oversiktskart</p>	<p>Tegner AE</p>	<p>Dato 01-02-26</p>
<p>M = 1 : 50 000</p>	<p>Kontrollert ØN</p>	<p>Godkjent AE</p>





<p>FOSSVEIEN 80, HVITTINGFOSS</p>	<p>Rapport nr. 20001573</p>	<p>Figur nr. 2</p>
<p>Situasjonsplan</p>	<p>Tegner AE</p>	<p>Dato 01-02-26</p>
<p>M = 1 : 1 000</p>	<p>Kontrollert ON Godkjent AE</p>	




FOSSVEIEN 80, HVITTINGFOSS

Dreietrykkssondering
 Borhull 1
 M = 1 : 200

Rapport nr.
 20001573-1

Figur nr.
 3

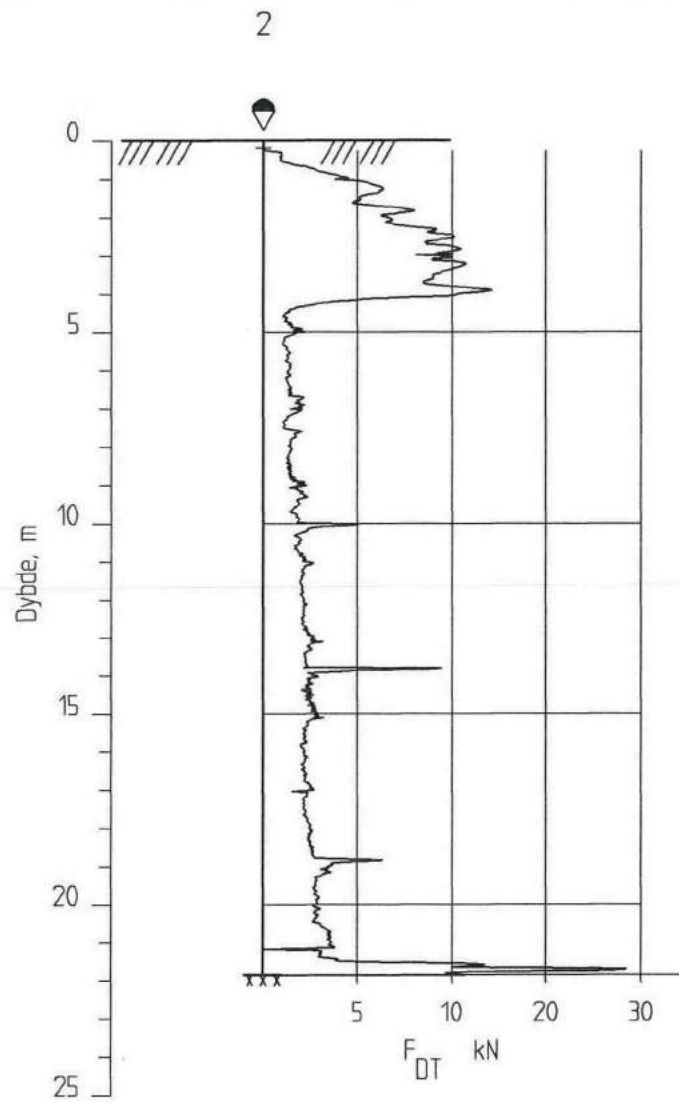
Tegner



Dato:
 29.01.01

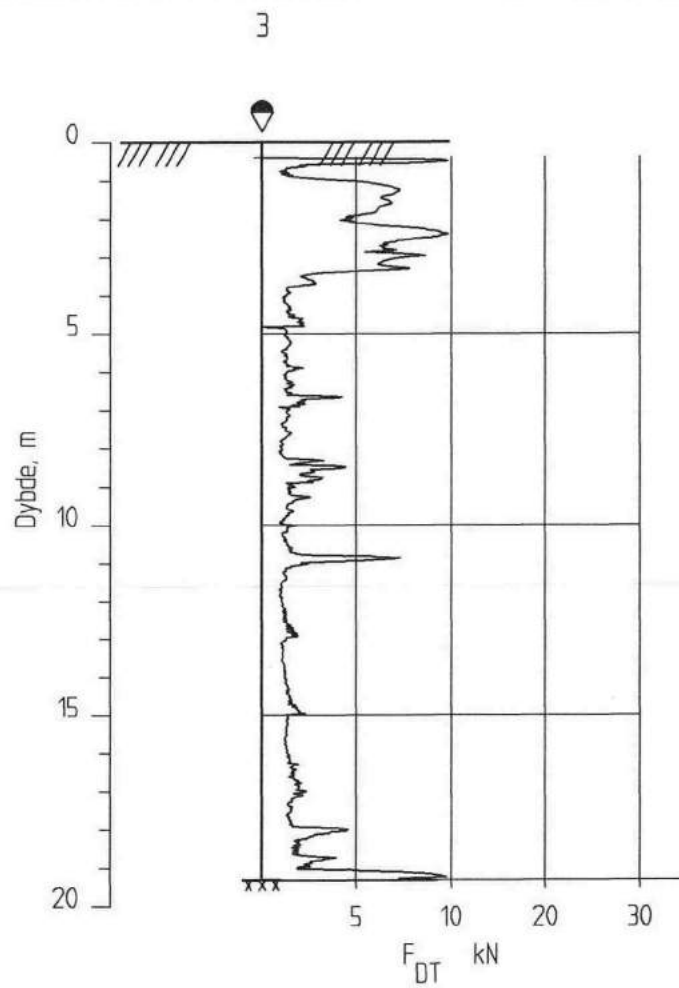
Kontrollert


Godkjent



<p>FOSSVEIEN 80, HVITTINGFOSS</p>	<p>Rapport nr. 20001573-1</p>	<p>Figur nr. 4</p>
<p>Dreietrykkssondering Borhull 2 M = 1 : 200</p>	<p>Tegner <i>AS</i></p>	<p>Dato: 29.01.01</p>
	<p>Kontrollert <i>ØN</i></p>	
	<p>Godkjent <i>AE</i></p>	



FOSSVEIEN 80, HVITTINGFOSS

Rapport nr.
20001573-1

Figur nr.
5

Dreietrykkssondering
Borhull 3
M = 1 : 200

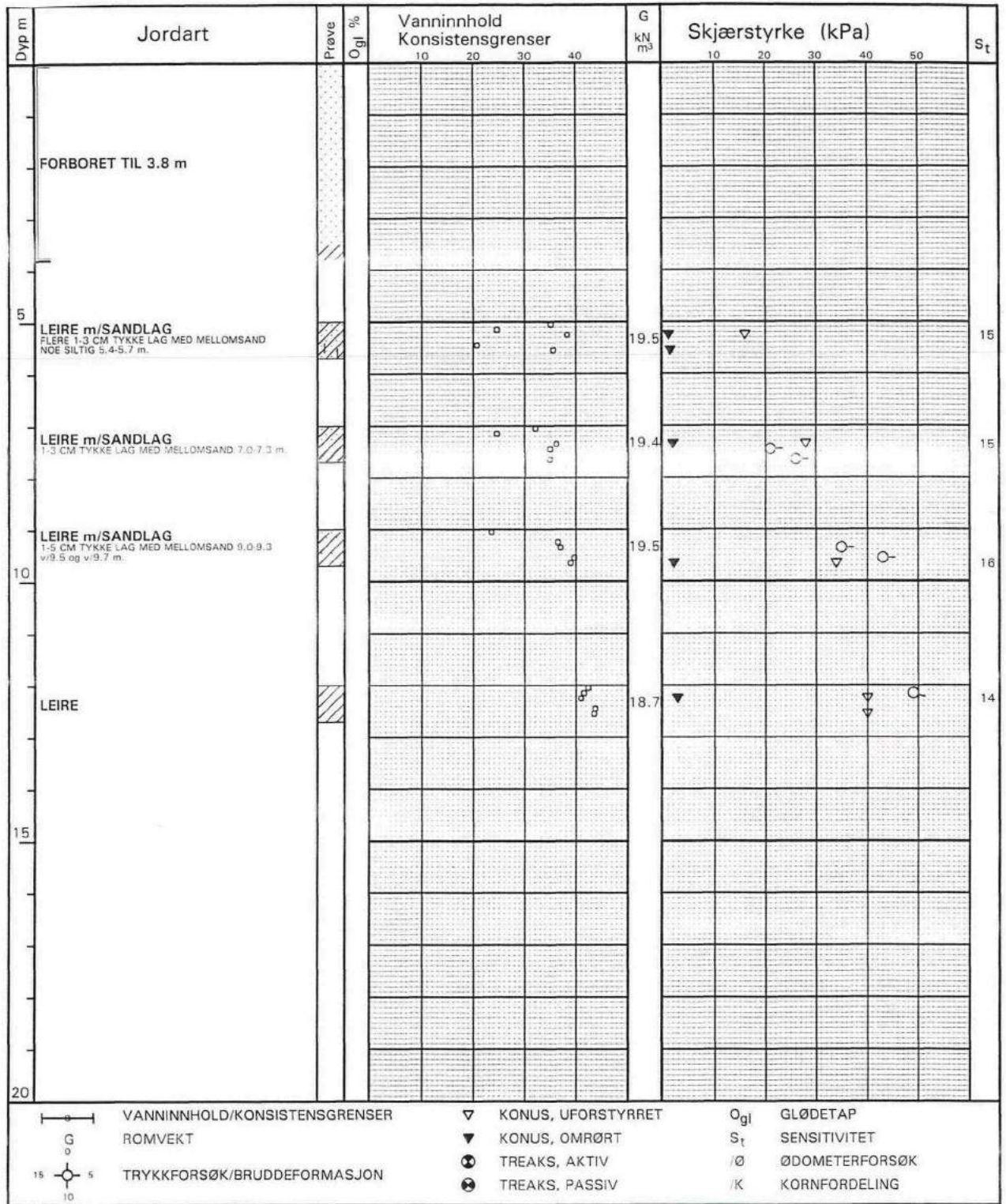
Tegner
TS

Dato:
29.01.01

Kontrollert
ØN

Godkjent
AE






FOSSVEIEN 80, HVITTINGFOSS	Rapport nr. 20001573	Figur nr. 6
	Tegner AE	
Borprofil, Hull 3	Kontrollert ØN	Dato 01-02-26
	Godkjent AE	



Topp av fylling sett mot sørvest



Fylling sett ned mot elva i nord


Fotografi	FOSSVEIEN 80, HVITTINGFOSS		Rapport nr. 20001573	Figur nr. 7
			Tegner AE	Dato 01-02-26
			Kontrollert ON	
			Godkjent AE	



Fylling sett mot dalside nord for Fossveien 80



Fylling sett mot vestre ravineside

FOSSVEIEN 80, HVITTINGFOSS	Rapport nr. 20001573	Figur nr. 8
Fotografi	Tegner AE	Dato 01-02-26
	Kontrollert ØN	
	Godkjent AE	

A4 Teknisk notat 20011391-1 Jordskred, Fossveien 98-100, Hvitvingfoss. Grunnundersøkelser, stabilitetsanalyser og forslag til sikringstiltak (2001)

Jordskred, Fossveien 98-100, Hvitvingfoss

Grunnundersøkelser, stabilitetsanalyser og
forslag til sikringstiltak

20011391-1

28 november 2001

Oppdragsgiver:

NVE Region Sør

Kontaktperson:

Anette Werkland/Eirik Traae

Kontraktreferanse:

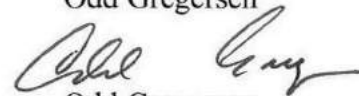
Telefaks fra NGI, datert
2 september 2001

For Norges Geotekniske Institutt

Prosjektleder:


Odd Gregersen

Rapport utarbeidet av:


Odd Gregersen

Kontrollert av:


Arne Engen



Sammendrag

6. august 2001 gikk det skred i en 45 m høy skråning ned mot Numedalslågen. Skredkanten ligger 15-20 m fra boligbebyggelsen i Fossveien. For å kunne vurdere stabilitetsforholdene etter skredet og omfanget av nødvendige sikringstiltak, er det utført grunnundersøkelser i området.

Undersøkelsene viser at grunnen består av 10-15 m sand over leire som for en stor del er kvikk. Poretrykkmålinger viser at skråningen ut mot Lågen praktisk talt er utdrenert.

Stabilitetsanalyser viser at sikkerheten mot utglidninger er meget lav. Under ugunstige værforhold vil nye skred kunne skje og true den nærmeste bebyggelsen. Sikkerheten for større dyperegående glidninger er tilfredsstillende.

Det er behov for å gjennomføre sikringstiltak for å redusere faren for nye skred. Det foreslås utlagt en motfylling av velgradert sprengstein i foten av rasområdet, størrelse 3-4.000 m³.

Stabilitetsanalyser viser at området for anleggsveien har tilfredsstillende sikkerhet.



Innhold

1	Innledning.....	4
2	FELTARBEIDER.....	4
3	BESKRIVELSE AV GRUNNFORHOLD	4
4	STABILITETSANALYSER - SIKRINGSTILTAK.....	5

Figurer

- 1 Oversiktkart. M = 1 : 50.000
- 2 Situasjonsplan med grunnundersøkelser. M = 1 : 1.000
- 3-4 Skjærstyrkeprofiler. CPTU 103 og 104
- 5-8 Beskrivelse av grunnforhold. Profilene P1 – P4
- 9-10 Stabilitetsanalyser. Profilene P1 og P3

Kontroll- og referanseside



1 INNLEDNING

Natt til 6. august 2001 gikk det et skred ned mot Numedalslågen i en 45 m høy skråning utenfor Fossveien 98-100 i Hvittingfoss, Kongsberg kommune. NGI foretok samme dag befarings av området og konkluderte med at sikkerheten mot nye skred var blitt forverret, at nærliggende bebyggelse kunne være truet og at det ville være behov for stabiliserende tiltak. Nye grunnundersøkelser var nødvendig for å bestemme omfanget av stabiliserende tiltak.

NGI fikk oppdrag fra NVE Region Sør å utføre grunnundersøkelser, gjennomføre stabilitetsanalyser og utarbeide forslag til nødvendige stabiliserende tiltak.

2 FELTARBEIDER

Feltarbeidene ble utført av firma Sivilingeniør Per Øivind Fredheim og NGI. Til sammen er det utført 10 dreietrykkssonderinger, 2 CPTU-sonderinger og installert 5 poretrykkmalere. Arbeidene ble gjennomført i perioden uke 37 – uke 40 2001.

Det ble benyttet to borerigger. Dette har ført til noe ekstra kostnader, to mobiliseringer, men var nødvendig for å gjennomføre arbeidene innenfor den korte tidsrammen som var til rådighet.

Beliggenheten av borpunktene fremgår av situasjonsplanen, figur 2. Situasjonsplanen viser også beliggenheten av tidligere borer, nummerert 1 til 9 og utført i anledning skred i det samme området i 1960, kfr NGI rapport O.978 av 5. mai 1961.

Borpunktene er innmålt og nivellert av Kongsberg kommune.

3 BESKRIVELSE AV GRUNNFORHOLD

Grunnforholdene fremgår av profilene P1 – P4, figurene 5 til 8. Beskrivelsen er basert på nye og tidligere undersøkelser.

Det aktuelle område fremgår av situasjonsplanen, figur 2, og består av den 40 m høye skråningen ut mot Lågen og bakenforliggende platå. Platået ligger på kote 85. På et område nedstrøms raset ligger terrenget lavere, på kote 65 – 70. På kvartærgeologisk kart er dette området tolket som en skredgrop.

På området bak og oppstrøms skredet synes fjelloverflaten å være relativt flat på mellom kote 50 og 60, kfr. profilene P1 og P2. I elveskråningen er det fjell i



dagen på mellom kote 50 og 55. Fjelloverflaten faller mot syd. I profilene P3 og P4 ligger fjellet trolig dypere enn kote 20.

Profil P1, figur 5, viser grunnforholdene gjennom rasområdet og området bak. Som det fremgår består løsmassene av et relativt mektig sandlag over leire. Sandlaget avtar i mektighet fra 17-18 m like bak raskanten til 10-12 m i 60 m avstand. Leirlaget øker i mektighet fra ca 10 m like bak raskanten til ca 15 m i 60 m avstand. Både tidligere og nye undersøkelser viser at leiren har høy sensitivitet og må for en stor del betegnes som kvikk. Det er registrert sensitiviteter på mellom 200 og 600. Kvikkleirens antatte utstrekning er vist på profilet. Som det fremgår, er det kvikkleire gjennom hele profilet. Raset har for en stor del gått i kvikkleire. Det er installert to poretrykkmålere ved boring 103 og en måler ved boring 104. Målerne ved boring 103 er "tørre", dvs. at den ytterste delen av skråningen er helt utdrenert. Måleren ved boring 104, som står i 13,4 m dypde, viser et vanntrykk på 40 kPa. Dette tilsier at grunnvannsnivået her ligger omkring 10 m under terreng. Leirens aktive udrenerte skjærstyrke, s_{ua} , er tolket på grunnlag av de utførte CPTU-sonderingene. Resultatene er vist på figurene 3 og 4. Tolkningene er basert på målt spissmotstand (N_{kt}) og målt poretrykk (N_{Du}).

Profil P2, figur 6, viser forholdene oppstrøms for raset. Sandlaget er ytterst ca 15 m tykt, avtagende til 6-7 ved Fossveien. Den underliggende leiren er kvikk ved Fossveien. Kvikkleiren synes imidlertid her ikke å gå helt ut mot skråningen.

Profilene P3 og P4, figurene 7 og 8, viser forholdene nedstrøms for rasområdet. Sandlagets mektighet øker fra 8-10 m på det nederste platået til 20 m ytterst på det øvre platået. På det nederste platået har leirlaget stor mektighet og for det meste høy sensitivitet. Kvikkleiren kan her ha en tykkelse på 25 m eller mer. På det øverste platået har leirlaget mindre mektighet, men har også her høy sensitivitet. Det er målt poretrykk i to nivåer ved boring 110, henholdsvis kote 49 og 38. Poretrykkene er lave, kfr sammenlikning med linje for hydrostatisk poretrykk fra underkant sandlag på figur 7.

4 STABILITETSANALYSER - SIKRINGSTILTAK

Det er foretatt stabilitetsanalyser av selve rasområdet, profil P1, samt av platået nedstrøms raset, profil P3. Analysene av rasområdet er utført for å få vurdert sikkerheten for eksisterende bebyggelse etter raset og omfanget av nødvendige sikringstiltak. Analysene av platået nedstrøms raset er utført for vurdere sikkerheten for anleggstrafikken som planlegges lagt over dette området.

De utførte analysene er basert på effektivspenningsprinsippet. Friksjonsvinkelen i sand er satt til 36° og i leire til 32°. I profil P1 er poretrykkene, på

grunnlag av målinger, satt til null. I profil P3 er det, på grunnlag av målinger, antatt en poretrykkfordeling som vist på figur 10.

Figur 9 viser tre potensielle glidesirkler i profil P1. Den ytterste glidesirkelen har en beregningsmessig sikkerhet på 0,85, den midterste har en sikkerhet på 1,00 og den innerste en sikkerhet på 1,48. Til beregningene vil vi bemerke at skred vil oppstå når sikkerheten blir lavere enn 1,00. Sikkerhet på under 1,00 er altså ikke mulig. Grunnen til at beregningene gir lavere sikkerhet enn 1,00 kan skyldes flere forhold, som for eksempel unøyaktighet i valg av parametre eller det forhold at sidekreftene ikke er tatt med i beregningene.

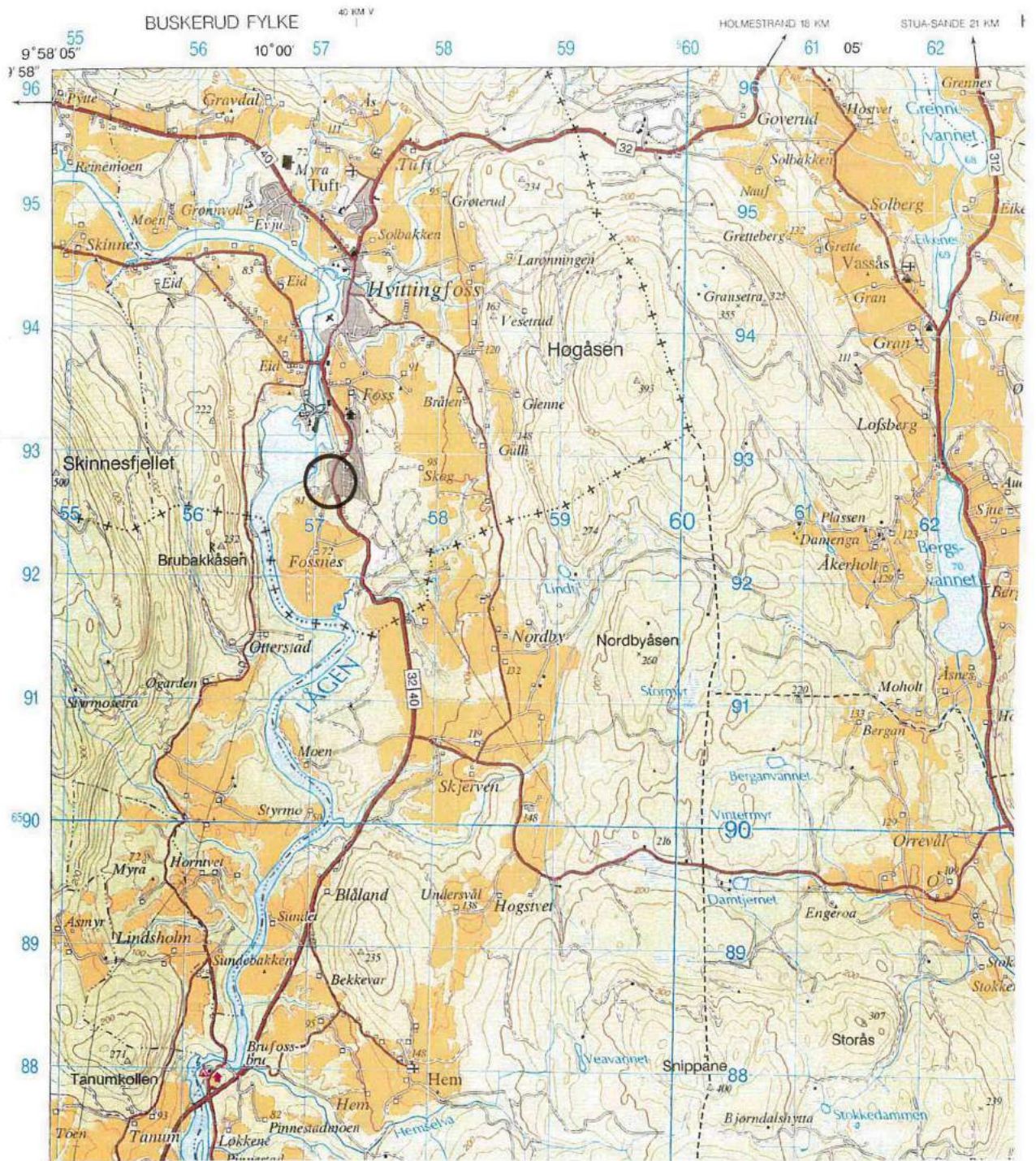
Beregningene viser to viktige forhold:

- Sikkerheten etter raset er uforsvarlig lav. Det er fare for nye ras.
- Sikkerheten øker med økende avstand fra topp skråning.


Det er beregningsmessig dårlig sikkerhet for den ytterste delen av plataet, en sone på 30-40 m bredde. Dette vil omfatte den ytterste husrekken. Fossveien og bakenforliggende bebyggelse har tilfredsstillende sikkerhet. Omfanget av sikringstiltakene kan derfor begrenses i forhold til om hele plataet måtte sikres.

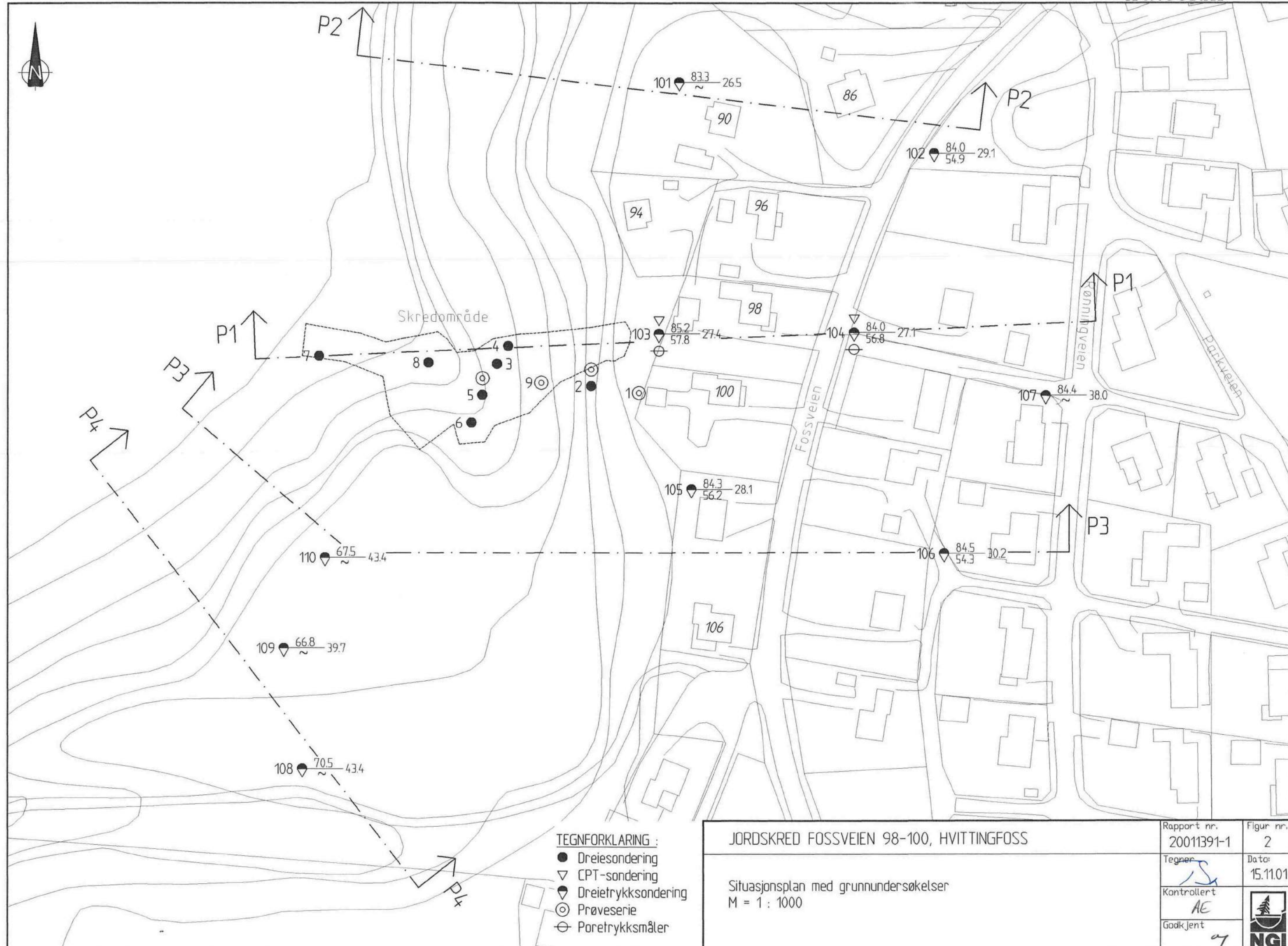
Sikringsarbeidene foreslås utført ved etablering av en stabiliserende motfylling i foten av skråningen. Figur 9 viser et forslag til motfylling som vil bedre sikkerheten mot grunne glidninger med ca 20%. Dette anses som tilfredsstillende. Motfyllingen, som forutsettes oppbygd av velgradert sprengstein, får et teoretisk volum på 3-4.000 m³.

Figur 10 viser resultatene av stabilitetsanalysene for plataet nedstrøms raset. Som det fremgår er sikkerheten her noe bedre enn ved området bak raset. Beregnet sikkerhet for anleggsveien er 1,32, hvilket anses å være akseptabelt for en midlertidig anleggsvei.



Kartblad: 1813 IV Holmestrand
 UTM: NL 571 928

<p>JORDSKRED FOSSVEIEN 98 - 100, HVITTINGFOSS</p> <p>Oversiktskart</p> <p>M = 1 : 50.000</p>	<p>Rapport nr. 20011391-1</p>		<p>Figur nr. 1</p>
	<p>Tegner og</p>		<p>Dato 2001-11-16</p>
	<p>Kontrollert AE</p>		
	<p>Godkjent og</p>		

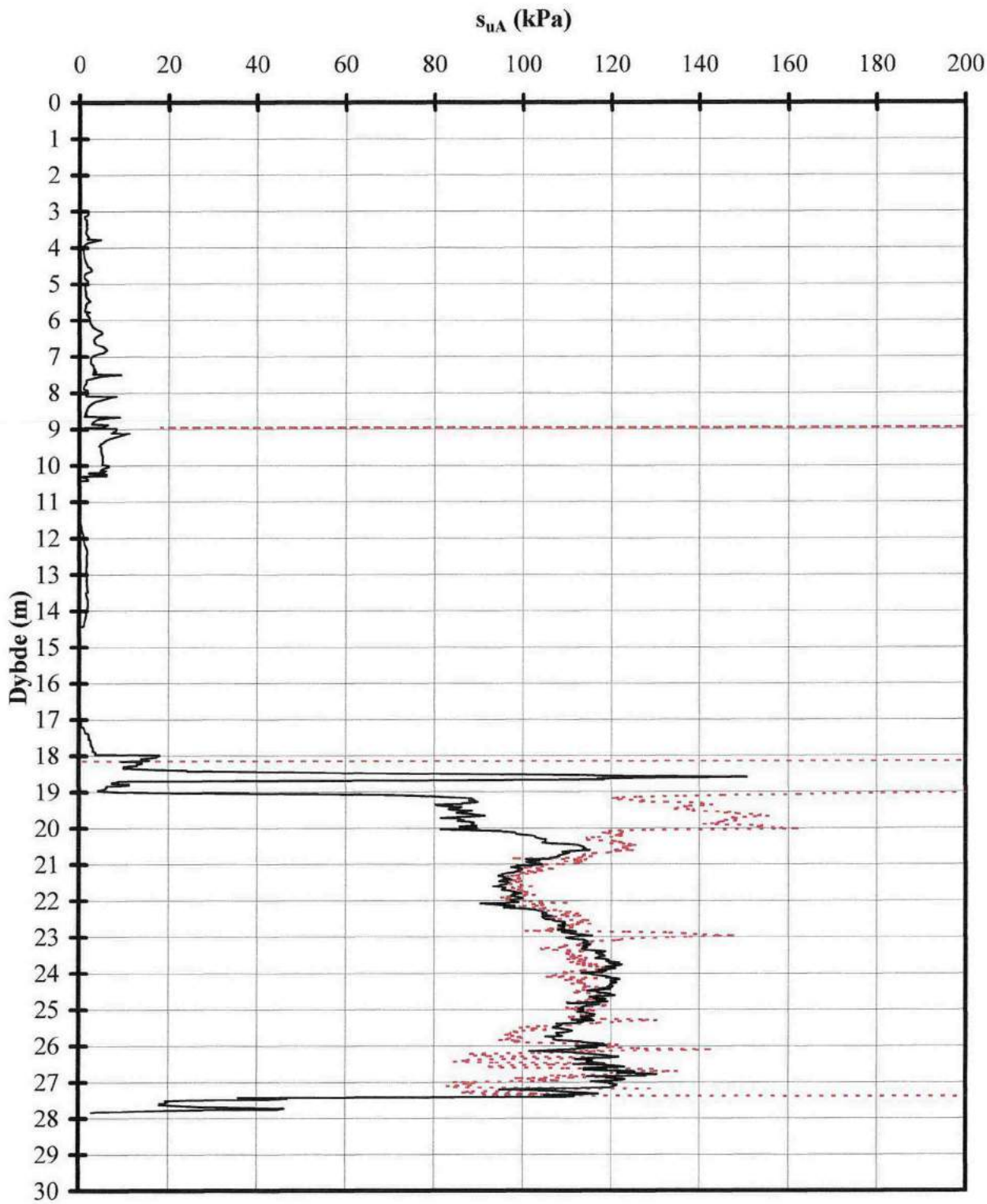


- TEGNFORKLARING :**
- Dreiesondring
 - ▽ CPT-sondering
 - ◊ Dreietrykksondring
 - ⊙ Prøveserie
 - ⊖ Poretrykksmåler

JORDSKRED FOSSVEIEN 98-100, HVITTINGFOSS

Situasjonsplan med grunnundersøkelser
M = 1 : 1000

Rapport nr. 20011391-1	Figur nr. 2
Tegner <i>JS</i>	Dato 15.11.01
Kontrollert AE	
Godkjent <i>97</i>	




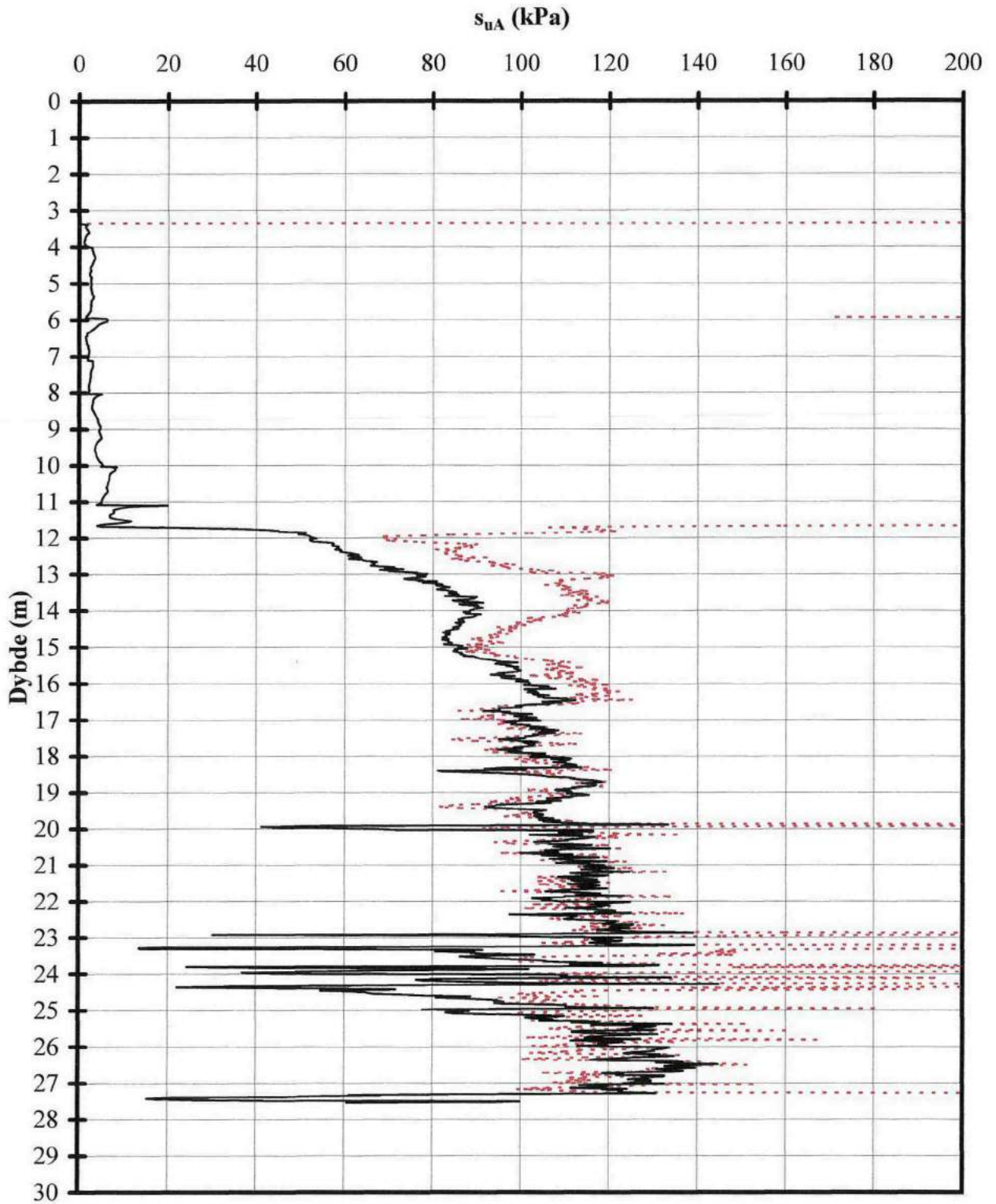
..... Basert på Nkt — Basert på N_{Du}

N_{kt} = 10
 N_{Du} = 9

Terrengkote : 87 m
 Grunnvannstand : 30 m under terreng

F:\felles\IOG\CPTU103.xls\Figur

Jordskred Fossveien 98 - 100, Hvittingfoss	Rapport nr. 20011391-1	Figur nr. 3
	Tegner	Dato 2001-11-15
Resultater fra CPT 103	Kontrollert AE	
Skjærstyrke tolket fra spissmotstand og poretrykksrespons	Godkjent 07	




----- Basert på Nkt — Basert på NDu

N_{kt} = 10
 N_{Du} = 9

Terrengekote : 87 m
 Grunnvannstand : 10 m under terreng

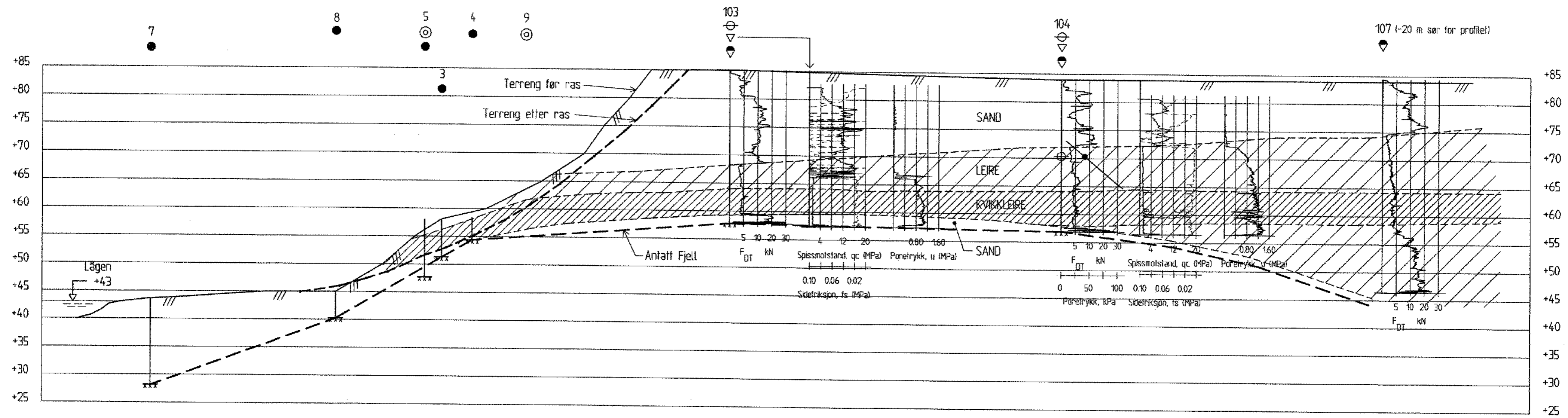
F:\felles\OG\CPTU104.xls\Figur

Jordskred Fossveien 98 - 100, Hvittingfoss	Rapport nr.	Figur nr.
	20011391-1	4
Resultater fra CPT 104	Tegner	Dato
		2001-11-15
Skjærstyrke tolket fra spissmotstand og poretrykksrespons	Kontrollert	
	Godkjent	

AE

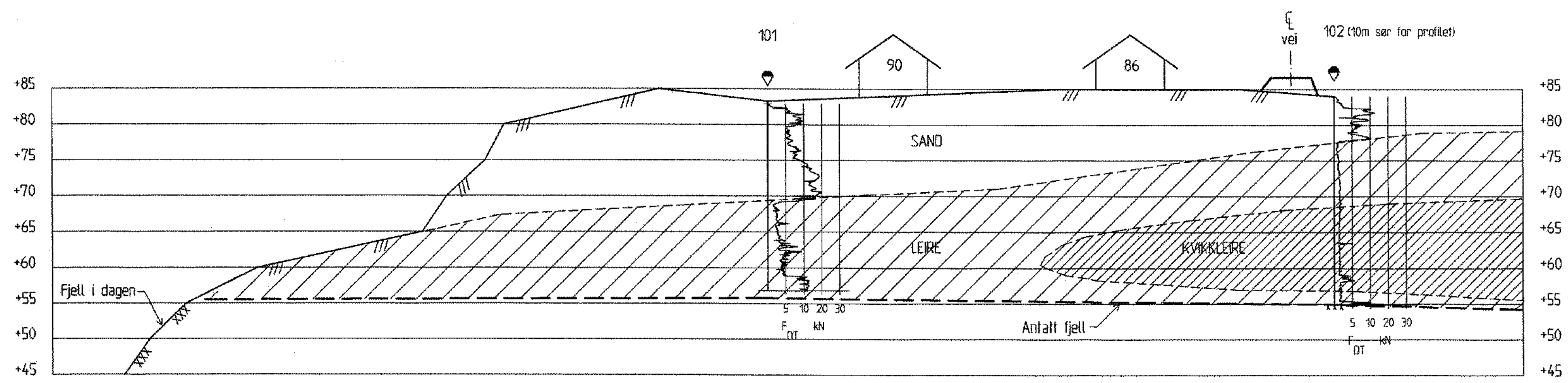
7






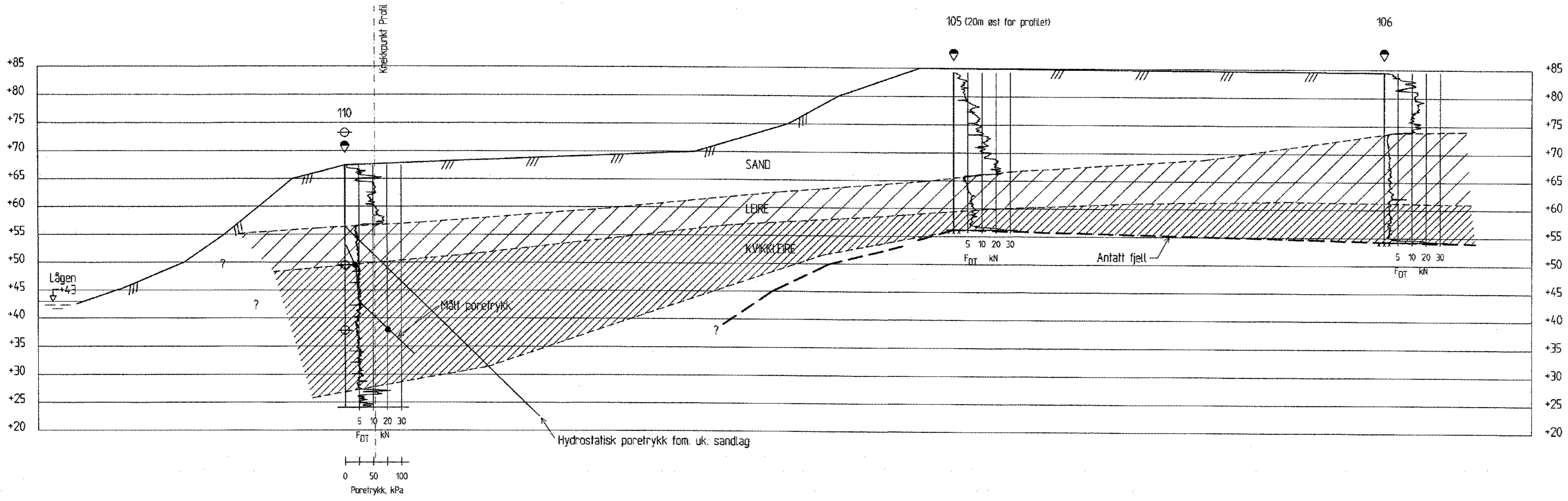
- TEGNFORKLARING :**
- ⊙ Prøveserie
 - Dreiesondering
 - ▽ Dreietrykksondering
 - ▽ CPT-sondering
 - ⊖ Poretrykksmåler

JORDSKRED FOSSVEIEN 98-100, HVITTINGFOSS		Rapport nr. 20011391-1	Figur nr. 5
Profil P1 M = 1 : 500		Tegner <i>[Signature]</i>	Dato 15.11.01
		Kontrollert AE	
		Godkjent 7	



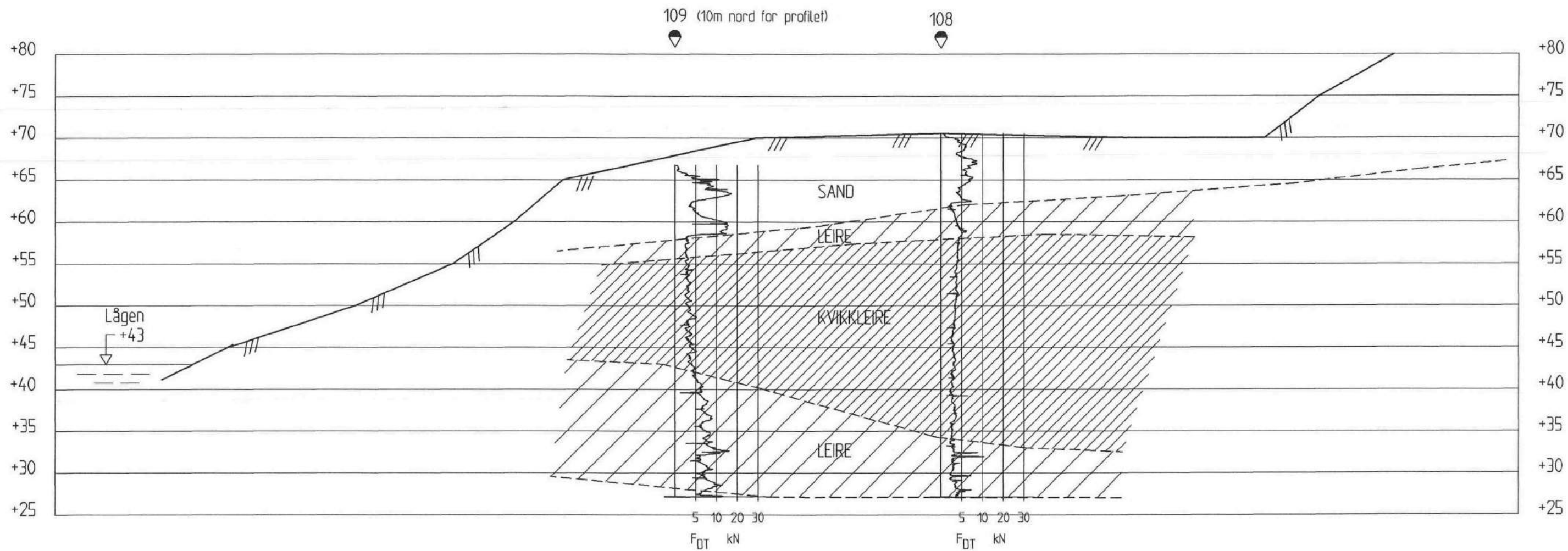
TEGNFORKLARING:
 Dreietrykkssondering

JORDSKRED FOSSVEIEN 98-100, HVITTINGFOSS		Rapport nr. 20011391-2	Figur nr. 6
Profil P2 M = 1 : 500		Tegner <i>[Signature]</i>	Dato 15.11.01
		Kontrollert <i>[Signature]</i>	
		Godkjent <i>[Signature]</i>	




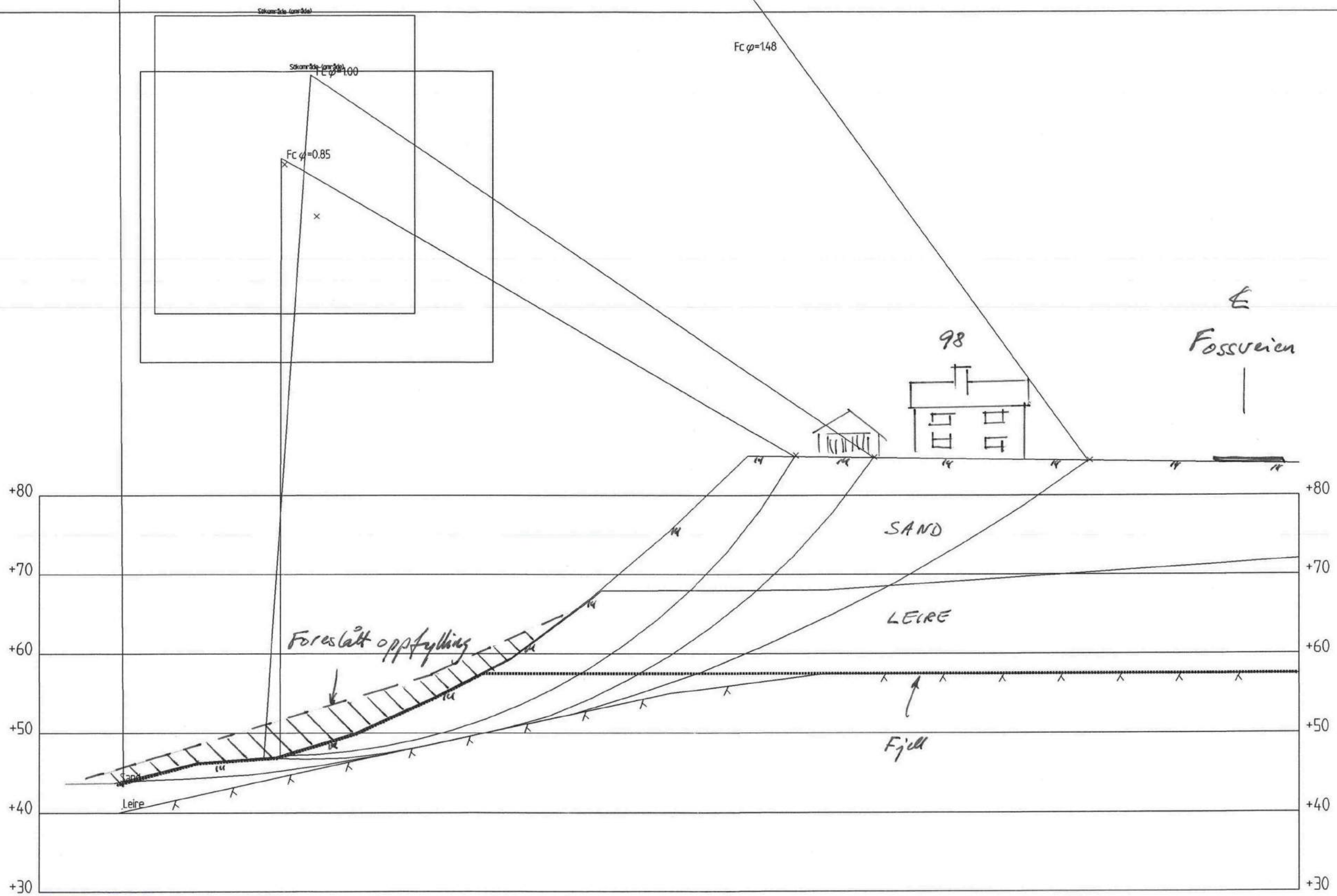
TEGNFORKLARING:
 ◆ Dreietrykksondering
 ⊕ Poretrykksmåler

JORDSKRED FOSSVEIEN 98-100, HVITTINGFOSS		Rapport nr. 20011391-1	Figur nr. 7
Profil P3 M = 1 : 500		Tegner <i>[Signature]</i>	Da to 15.11.01
		Kontrollert <i>AE</i>	
		Godkjent <i>[Signature]</i>	



TEGNFORKLARING :
 Dreietrykkssondering

JORDSKRED FOSSVEIEN 98-100, HVITTINGFOSS	Rapport nr. 20011391-1	Figur nr. 8
Profil P4 M = 1 : 500	Tegner <i>TS</i>	Dato 15.11.01
	Kontrollert <i>AE</i>	
	Godkjent <i>7</i>	



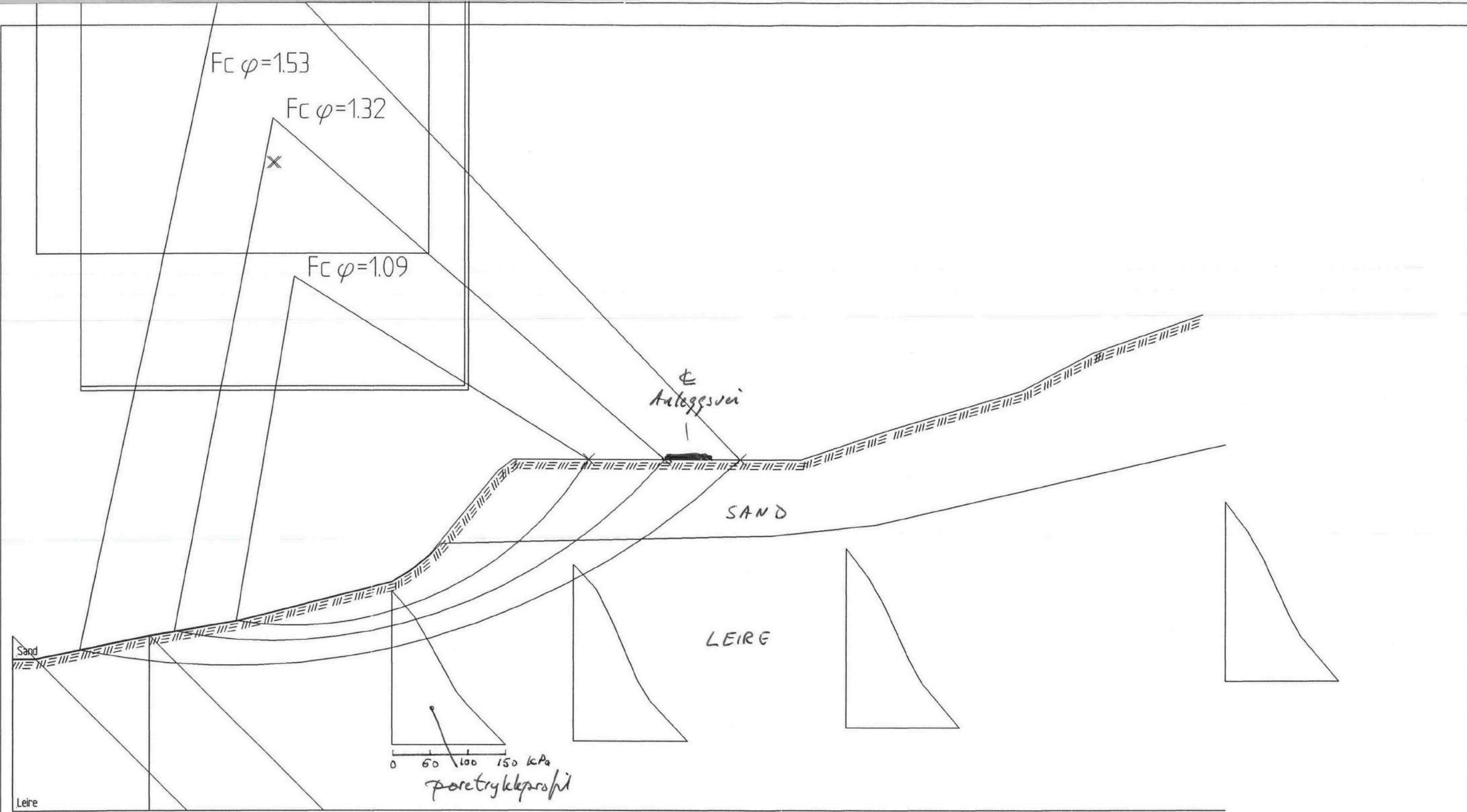
Material	nr	Densitet	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
Sand	1	190	36.0	0.0				
Leire	2	190	32.0	0.0				
Berg								

JORDSKRED HVITTINGFOSS


Stabilitet a-Fi-analyse *Profil P1*

M = 1 : 500

Rapport nr. 20011391-1	Figur nr. 9
Tegner AE	Dato: 26.09.01
Kontrollert AE	
Godkjent 9	



Material	nr	Densitet	F_i	C'	C	A_a	A_d	A_p
Sand	1	190	36.0	0.0				
Leire	2	190	32.0	0.0				

HVITTINGFOSS Stabilitet Profil P3 a-Fi-analyse M = 1 : 500	Rapport nr.	Figur nr.
	20011391-1	10
	Tegner	Dato:
	AE	11.10.2001
Kontrollert		
Godkjent		

Kontroll- og referanseside/ Review and reference page



Oppdragsgiver/Client NVE Region Sør	Dokument nr/Document No. 20011391-1
Kontraksreferanse/ Contract reference Telefaks fra NGI, datert 2. september 2001	Dato/Date 28 november 2001
Dokumenttittel/Document title Jordskred, Fossveien 98-100, Hvitvingfoss	Distribusjon/Distribution <input type="checkbox"/> Fri/Unlimited <input checked="" type="checkbox"/> Begrenset/Limited <input type="checkbox"/> Ingen/None
Prosjektleder/Project Manager Odd Gregersen	
Utarbeidet av/Prepared by Odd Gregersen	
Emneord/Keywords Skred, kvikkleire, poretrykk, stabilitet	
Land, fylke/Country, County Norge, Buskerud	Havområde/Offshore area
Kommune/Municipality Kongsberg	Felt navn/Field name
Sted/Location Hvitvingfoss	Sted/Location
Kartblad/Map 1813 IV Holmestrand	Felt, blokknr./Field, Block No.
UTM-koordinater/UTM-coordinates NL 571 928	

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.
AE	Helhetsvurdering/ General Evaluation *	28/11-01	AE				
	Språk/Style						
AE	Teknisk/Technical - Skjønn/Intelligence - Total/Extensive - Tverrfaglig/ Interdisciplinary	28/11-01	AE				
	Utforming/Layout						
OG	Slutt/Final	28/11-01	OG				
JS	Kopiering/Copy quality	28/11-07	JS				

* 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 28. 11. 01	Sign.
--	-----------------------------	--------------

**A8 Rapport 20071564-1. Fossnes på Hvittingfoss.
Resultater fra grunnundersøkelser (2008).**

Fossnes på Hvittingfoss

Resultater fra grunnundersøkelser

20071564-1

30. januar 2008

Oppdragsgiver: **Norges vassdrags- og energidirektorat**

Kontaktperson: Eirik Traae
Kontraktreferanse: Kontrakt datert 24.08.07

For Norges Geotekniske Institutt

Prosjektleder: Ragnar Moholdt

Rapport utarbeidet av: Ragnar Moholdt

Arbeid også utført av:



Sammendrag

Rapporten presenterer resultater fra grunnundersøkelser utført i august og september 2007 ved Fossnes på Hvitvingfoss. Det er tidligere utført grunnundersøkelser i området ved flere anledninger. Borplan er utarbeidet med sikte på supplerende kartlegging av kvikkleireforekomst og bestemmelse av fasthetsparametere i skråningen ned mot Numedalslågen.

Feltundersøkelsene som er utført i denne omgang omfatter 12 stk. dreietrykksonderinger, 4 stk. CPTU – sonderinger, samt 1 stk. prøveserie og poretrykkmåling i to nivåer ved en lokalitet. Prøveserien består av 2 stk. poseprøver og 5 stk. sylinderprøver (Ø54 mm).

Laboratorieundersøkelsene omfatter rutineundersøkelse av 5 stk. sylinderprøver (Ø54 mm). Rutineundersøkelsene består av prøvebeskrivelse, 2 stk. vanninnhold (w), 1 stk. romvektmåling (γ), 1 stk. enaksialforsøk (s_u), 4 stk. konusforsøk (2 stk. uforstyrret og 2 stk. omrørt s_u). I tillegg ble det utført kornfordelingsanalyse (Falling drop) på tre sylinderprøver og flyte-/utrullingsforsøk på to sylinderprøver. Prøvebeskrivelse og måling av vanninnhold ble utført på de to poseprøvene.

Dette er en datarapport som kun presenterer resultater av grunnundersøkelsene. Tolkning og vurdering av resultatene presenteres i en egen rapport.



Innhold

1	INNLEDNING	4
2	FELTUNDERSØKELSER	4
3	LABORATORIEUNDERSØKELSER.....	5
4	REFERANSER	6

Figurer

Figur 1	Oversiktskart
Figur 2	Borplan (M = 1:2000)
Figur 3	Profil A (M = 1:500)
Figur 4	Profil C (M = 1: 500)
Figur 5-16	Dreietrykksonderinger (M=1:200)
Figur 17-20	CPTU – sonderinger (M=1:200)
Figur 21	Elektriske piezometermålinger (M=1:200)
Figur 22-23	Borprofiler
Figur 24	Kornfordelingskurver

Kontroll- og referanseside

1 INNLEDNING

Norges Geotekniske Institutt (NGI) har utført grunnundersøkelser i august og september 2007 i forbindelse med skredfarevurdering ved Fossnes på Hvitvingfoss. Det er tidligere utført grunnundersøkelser i området ved flere anledninger, referanse 2, 3, 4 og 5. Borplan er utarbeidet med sikte på supplerende kartlegging av kvikkleireforekomst og bestemmelse av fasthetsparametere i skråningen ned mot Numedalslågen.

Befaring ble foretatt den 8. august i år, og det ble funnet egnet atkomstvei ned til Numedalslågen.

2 FELTUNDERSØKELSER

Feltundersøkelsene ble utført i to omganger; i første halvdel av august og i siste halvdel av september.

Koordinatbestemmelse av borpunktene (x,y,h) ble besørget av NVE.

Utbedring av atkomstvei og rydding av skog ble besørget av Kongsberg kommune.

Boringene er utført med en av våre beltegående borerigger av typen GM 100 som veier ca. 7 tonn.

Det er utført boringer i 12 punkter. Tabell 1 viser oversikt over borepunkter, koordinater og hvilke typer undersøkelser som er utført. Ett av borpunktene, pkt. 109, var tiltenkt å ligge på samme sted som en boring fra en tidligere grunnundersøkelse, og borpunktnummeret følger derfor ikke øvrig nummerering av borpunkter (1-11).

Plassering av borpunktene er vist på borplan, figur 2. Vi har fått oversendt kartgrunnlag fra Kongsberg kommune den 17.10.2007. For beskrivelse av boremetoder, symboler og opptegning, henvises til /1/.

Prøveserie ved borpunkt 2b skulle etter planen tas ved borpunkt 2. Utsatt stikke for borpunkt 2 ble imidlertid forvekslet med en stikke med samme nummer satt ut i forbindelse med dybdekartlegging i elva. Prøvetagningen ble derfor startet opp på feil sted. Etter at feilen ble oppdaget, ble det tatt fire nye prøver ved hull 2c som ligger nær det tiltenkte punkt 2.

Figur 3 og 4 viser terrengprofiler av skråningen ned mot Numedalslågen med resultater fra dreietrykksonderinger og poretrykksmålinger.

Resultater fra feltundersøkelsene er vist borpunktvis på figurene 5-21. Figur 5-16 viser resultater fra dreietrykksonderinger, figur 17-20 viser resultater fra CPTU – sonderinger og figur 21 viser resultater fra poretrykkmålinger.

Tabell 1 Oversikt over feltundersøkelser

Punkt nr.	Koordinater			Utførte grunnundersøkelser			
	X	Y	H	DREIE	CPTU	PRØVE	PZ
1	6592804.660	556930.630	40.360	X			
2	6592783.000	556946.000	44.670	X	X		
2b	6592799	556938	41.76			X	
2c	6592788	556946	43.69			X	X
3	6592747.440	556846.290	42.110	X			
4	6592736.000	556854.000	43.270	X	X		
5	6592679.000	556752.000	41.450	X			
6			72.600	X			
7	6592676.000	557091.000	83.610	X	X		
8	6592670.000	557182.000	84.360	X			
9	6592552.000	556964.000	75.700	X			
10	6592224.000	556941.000	68.100	X			
11	6592317.000	556656.000	43.300	X			
109	6592753.000	557015.000	68.350	X	X		
DREIE Dreietrykksondering CPTU Trykksondering med poretrykkmåling PRØVE Prøveserie PZ Elektriske piezometere i dybde 5,0 m og 14,8 m							
Merk: Koordinater (x,y) mangler for punkt 6. Omtrentlig beliggenhet inntegnet på borplan i figur 2.							

3 LABORATORIEUNDERSØKELSER

Opptatte prøver er undersøkt i NGI sitt laboratorium.

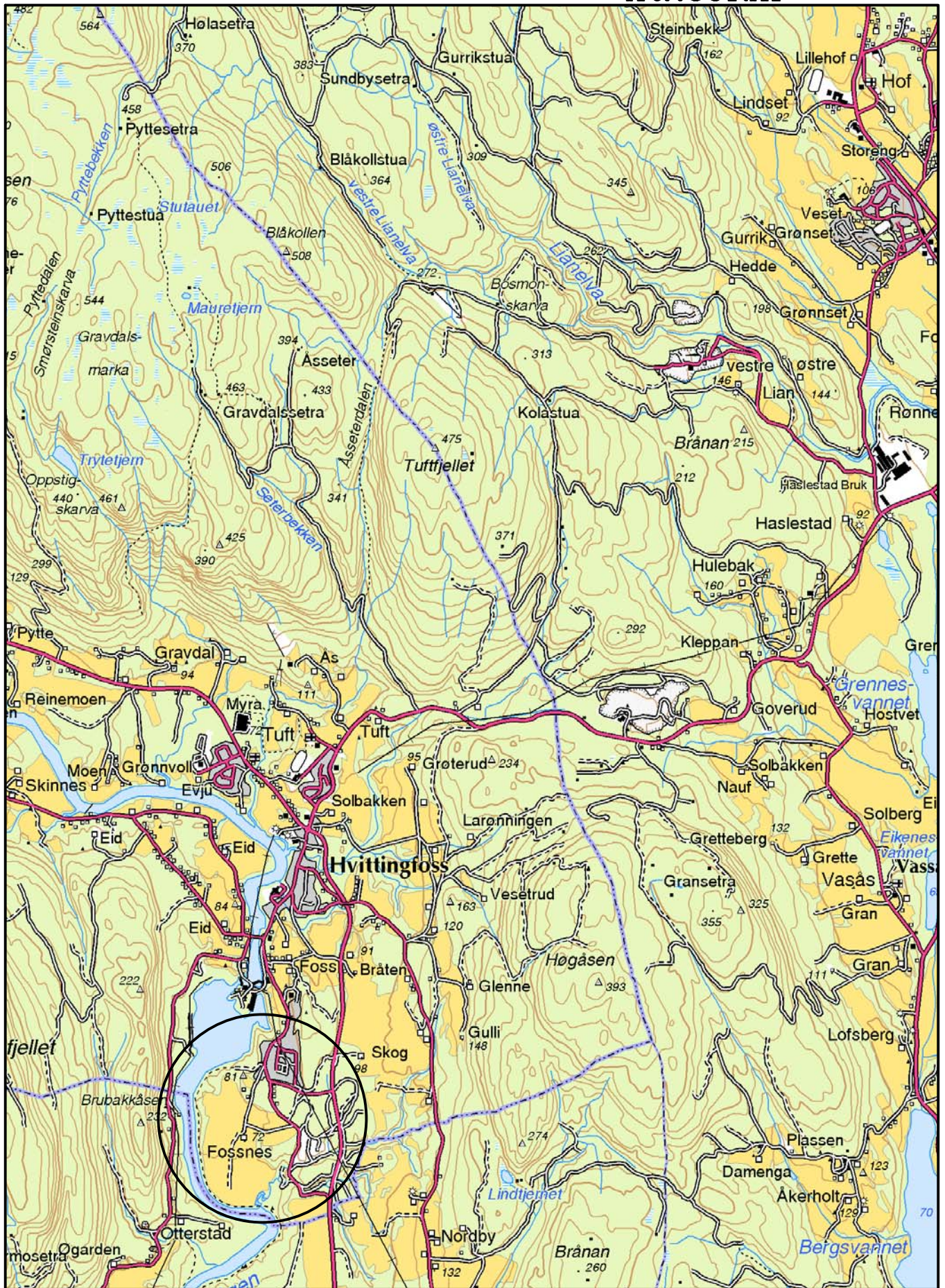
To stk. poseprøver og fire stk. sylinderprøver (Ø54 mm) ble undersøkt fra borpunkt 2c (0-6 m dybde). Det ble utført prøvebeskrivelse og tatt vanninnhold av poseprøvene. Standard rutineundersøkelser ble utført på sylinderprøvene. Disse undersøkelsene omfatter pr. prøve: 1 stk. prøvebeskrivelse, 2 stk. vanninnhold (w), 1 stk. romvektmåling (γ), 1 stk. enaksialforsøk (s_u), 4 stk. konusforsøk (2 stk. uforstyrret og 2 stk. omrørt s_u). I tillegg ble det utført kornfordelingsanalyse (Falling drop) på tre sylinderprøver og flyte-/utrullingsforsøk på to sylinderprøver.


En sylinderprøve fra borpunkt 2b ble undersøkt (8-9 m dybde). Det ble utført standard rutineundersøkelser som beskrevet over.

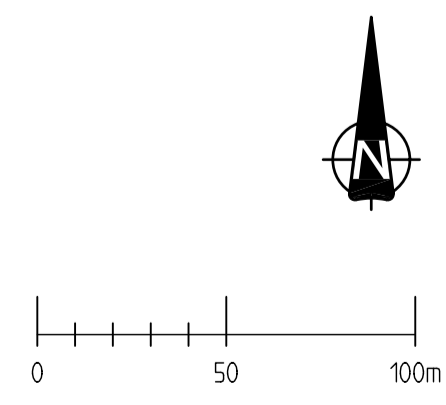
Resultater er vist på figur 22-24.


4 REFERANSER

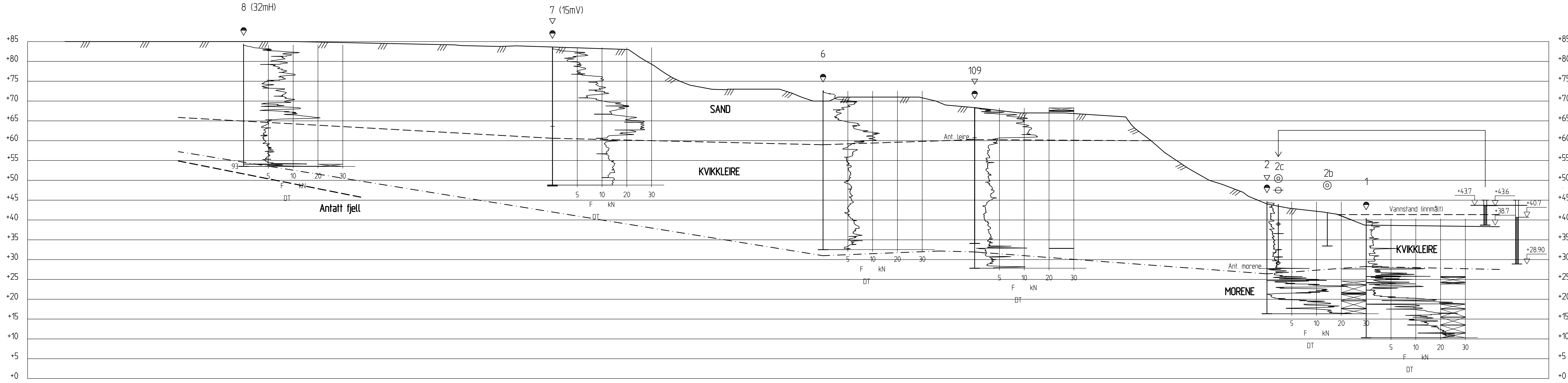
- /1/ Veiledning for ”Symboler og definisjoner i geoteknikk. Presentasjon av geotekniske undersøkelser.”
Norsk geoteknisk forening, melding nr. 2, utgitt 1982.
- /2/ Kartlegging av potensiell fare for kvikkleireskred. Kartbladet Holmestrand. Norges geotekniske institutt (NGI), rapport 98001-1 og -2, juni 1998.
- /3/ Undersøkelse av rasskråning ved Hvittingfoss
Norges geotekniske institutt (NGI), rapport O.978, 5. mai 1961.
- /4/ Jordskred, Fossveien 98-100, Hvittingfoss. Grunnundersøkelser, stabilitetsanalyser og forslag til sikringstiltak.
Norges geotekniske institutt (NGI), rapport 20011391-1, 28. november 2001.
- /5/ Fossveien 80, Hvittingfoss. Grunnforhold og stabiliserende tiltak.
Norges geotekniske institutt (NGI), teknisk notat 20001573, 26. februar 2001.




<p>Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)</p> <p>Oversiktskart M = 1 : 50 000</p>	<p>Rapport nr. 20071564-1</p>	<p>Figur nr. 1</p>
	<p>Tegner RMO</p>	<p>Dato: 15.08.07</p>
	<p>Kontrollert AEg</p>	
	<p>Godkjent RMO</p>	

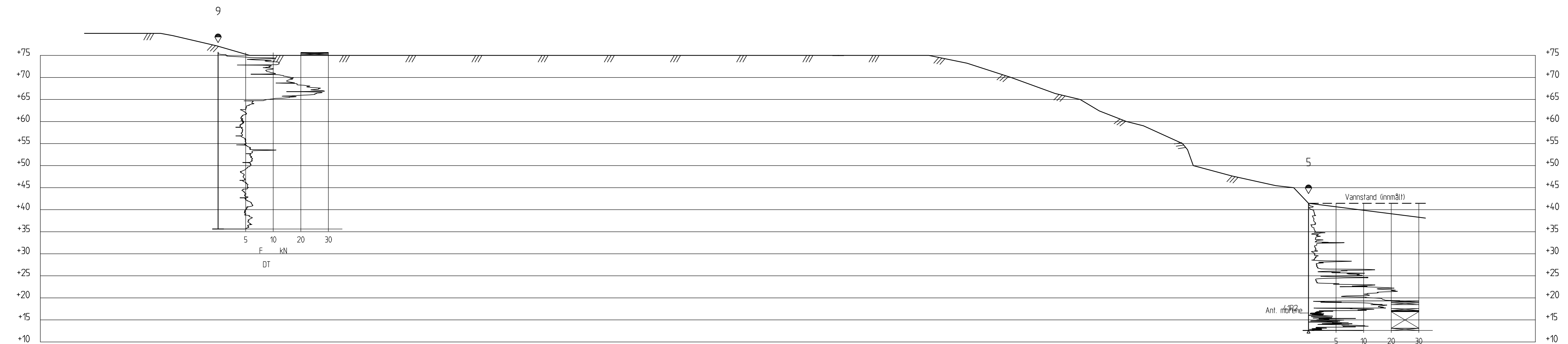


Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)		Rapport nr. 20071564-1	Figur nr. 2
Borplan M = 1 : 2000		Tegner RMo	Dato: 24.10.07
		Kontrollert AEG	
		Godkjent AEG	



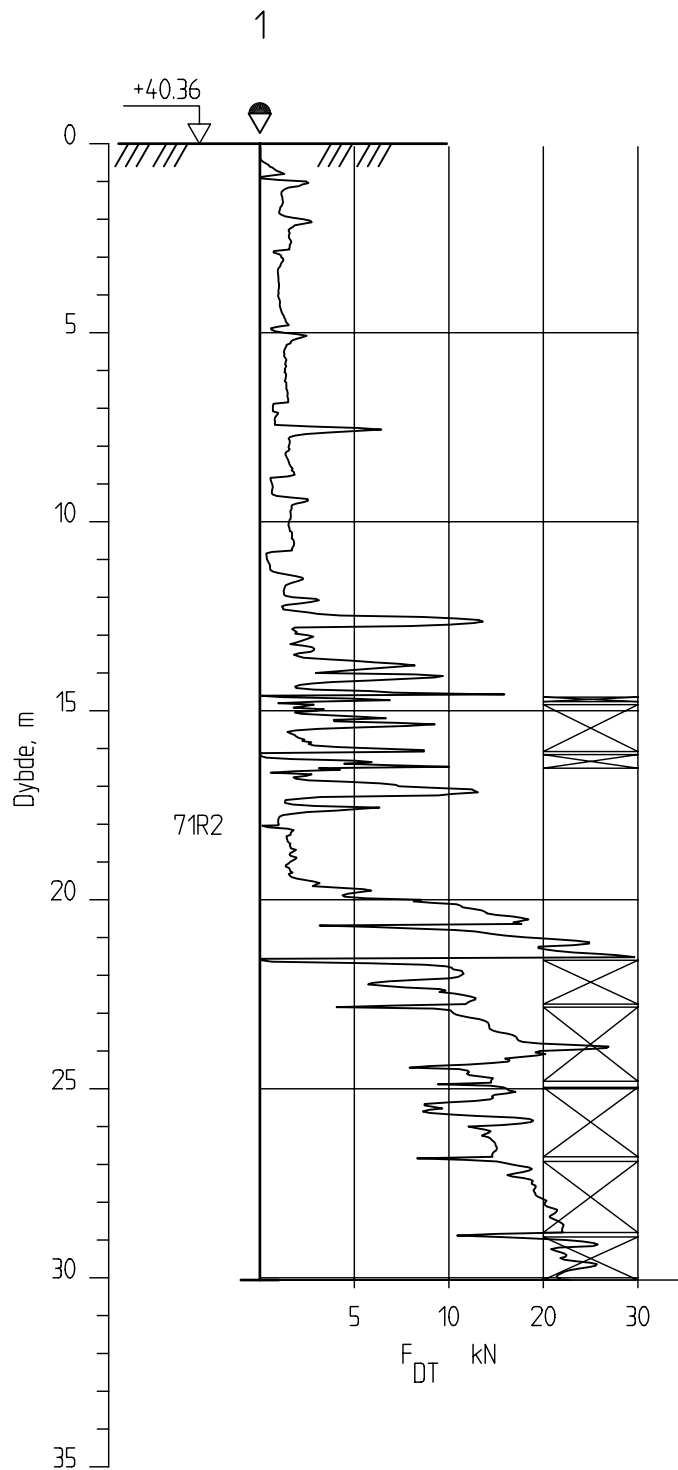
Profil A-A
1 : 500

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) Profil A M = 1 : 500	Rapport nr. 20071564-1	Figur nr. 3
	Tegner RMO	Dato 23.10.07
	Kontrollert AEg	
	Godkjent RMO	



Profil C-C
1 : 500

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)		Rapport nr. 20071564-1	Figur nr. 4
Profil C M = 1 : 500		Tegner RMo	Dato 24.10.07
		Kontrollert AEg	
		Godkjent RMo	



Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

Rapport nr.
20071564-1

Figur nr.
5

Dreietrykksondering
M = 1 : 200

Tegner
RMO

Dato:
15.08.07

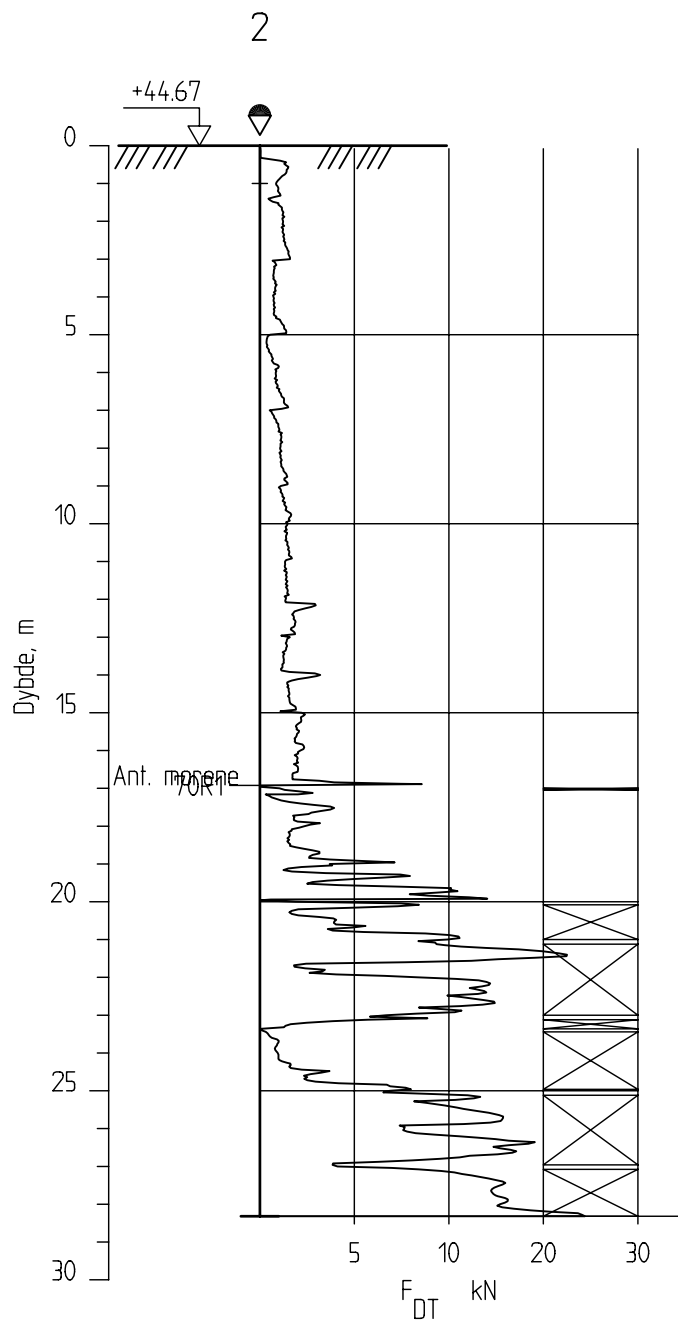
Borhull 1
Posisjon: X 6592804.66 Y 556930.63

Forsök nr. :
Sonde nr. :
Dato boret :13.08.2007

Kontrollert
AEg

Godkjent
RMO





Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

Rapport nr.
20071564-1

Figur nr.
6

Dreietrykksondring
M = 1 : 200

Tegner
RMO

Dato:
15.08.07

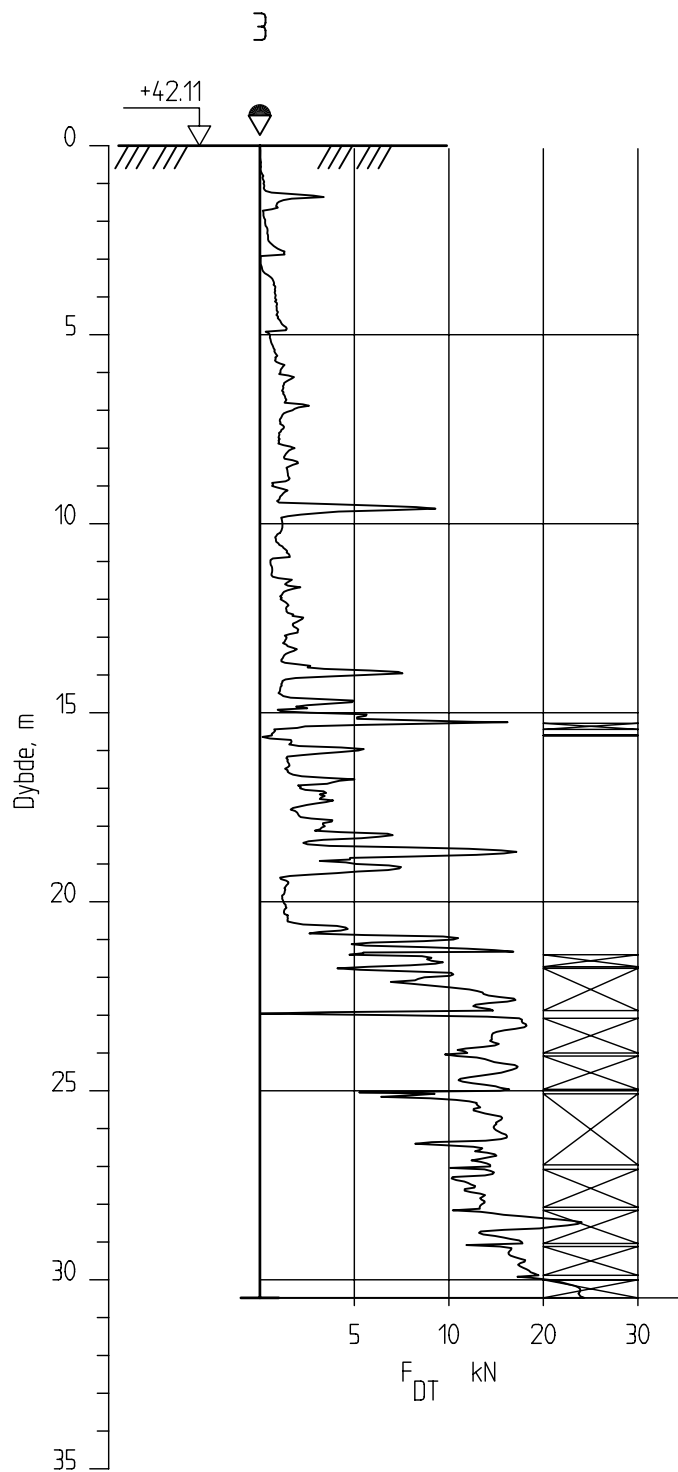
Borhull 2
Posisjon: X 6592783.00 Y 556946.00

Forsøk nr. :
Sonde nr. :
Dato boret :13.08.2007

Kontrollert
AEg

Godkjent
RMO





Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

Rapport nr.
20071564-1

Figur nr.
7

Dreietrykkssondering
M = 1 : 200

Tegner
RMO

Dato:
15.08.07

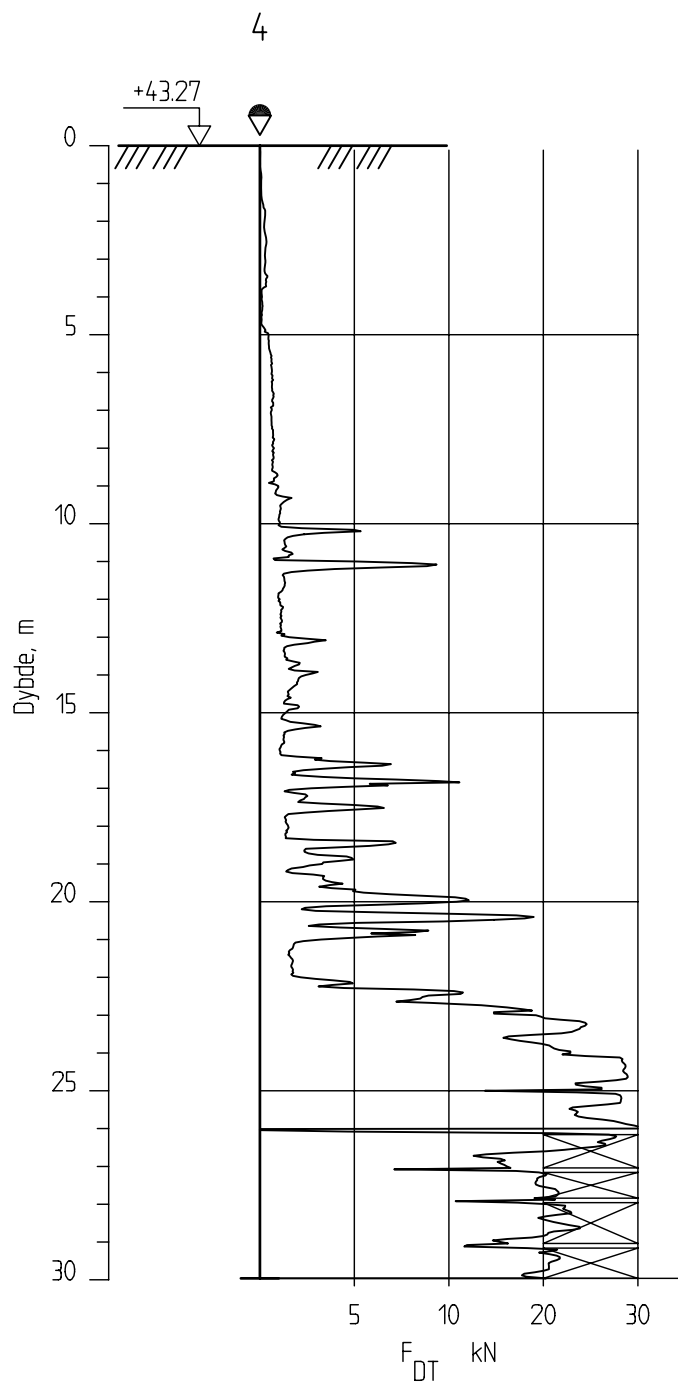
Borhull 3
Posisjon: X 6592747.44 Y 556846.29

Forsök nr. :
Sonde nr. :
Dato boret :14.08.2007

Kontrollert
AEg

Godkjent
RMO





Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

Rapport nr.
20071564-1

Figur nr.
8

Dreietrykksondering
M = 1 : 200

Tegner
RMO

Dato:
15.08.07

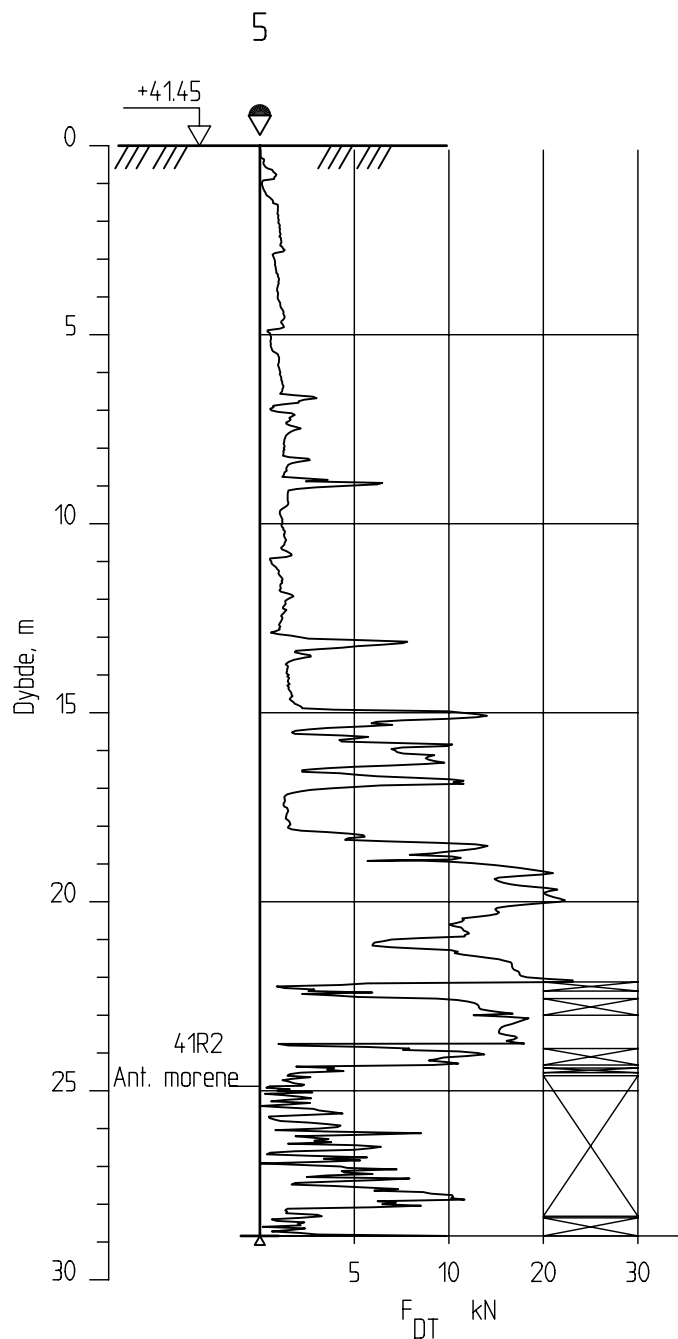
Borhull 4
Posisjon: X 6592736.00 Y 556854.00

Forsök nr. :
Sonde nr. :
Dato boret :14.08.2007

Kontrollert
AEg

Godkjent
RMO





Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

Rapport nr.
20071564-1

Figur nr.
9

Dreietrykksondring
M = 1 : 200

Tegner
RMO

Dato:
15.08.07

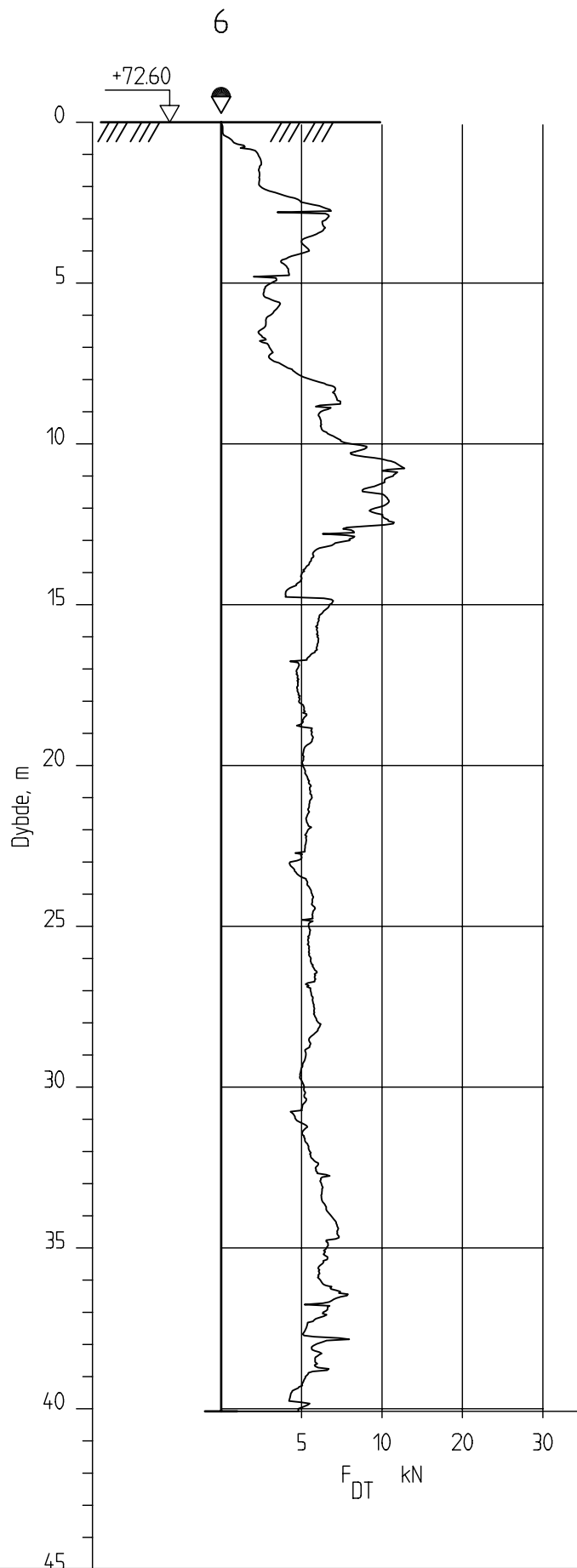
Borhull 5
Posisjon: X 6592679.00 Y 556752.00

Forsök nr. :
Sonde nr. :
Dato boret :25.09.2007

Kontrollert
AEg

Godkjent
RMO





Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

Rapport nr.
20071564-1

Figur nr.
10

Dreietrykksondring
M = 1 : 200

Tegner
RMO

Dato:
15.08.07

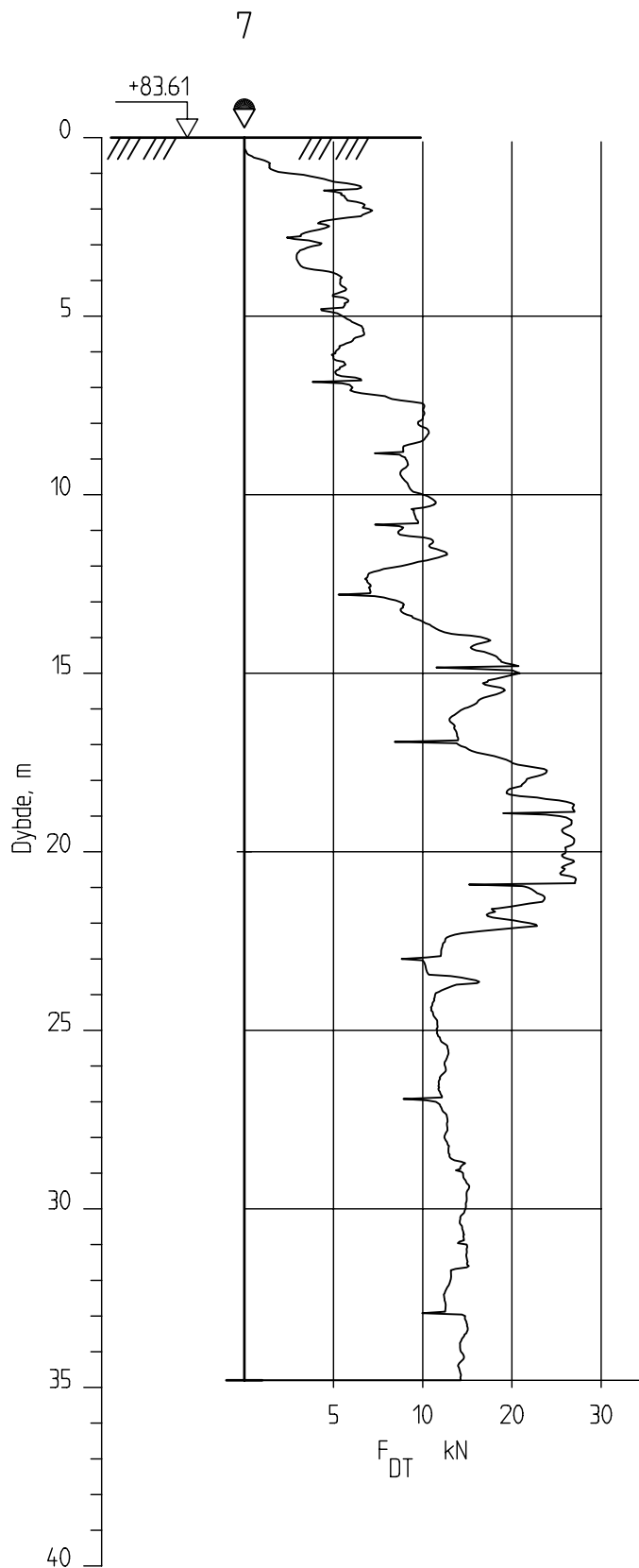
Borhull 6
Posisjon: X 6592725.63 Y 557042.49

Forsøk nr. :
Sonde nr. :
Dato boret :18.09.2007

Kontrollert
AEg

Godkjent
RMO





Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

Rapport nr.
20071564-1

Figur nr.
11

CPT-sondering Dreietrykksondering
M = 1 : 200

Tegner
RMO

Dato:
15.08.07

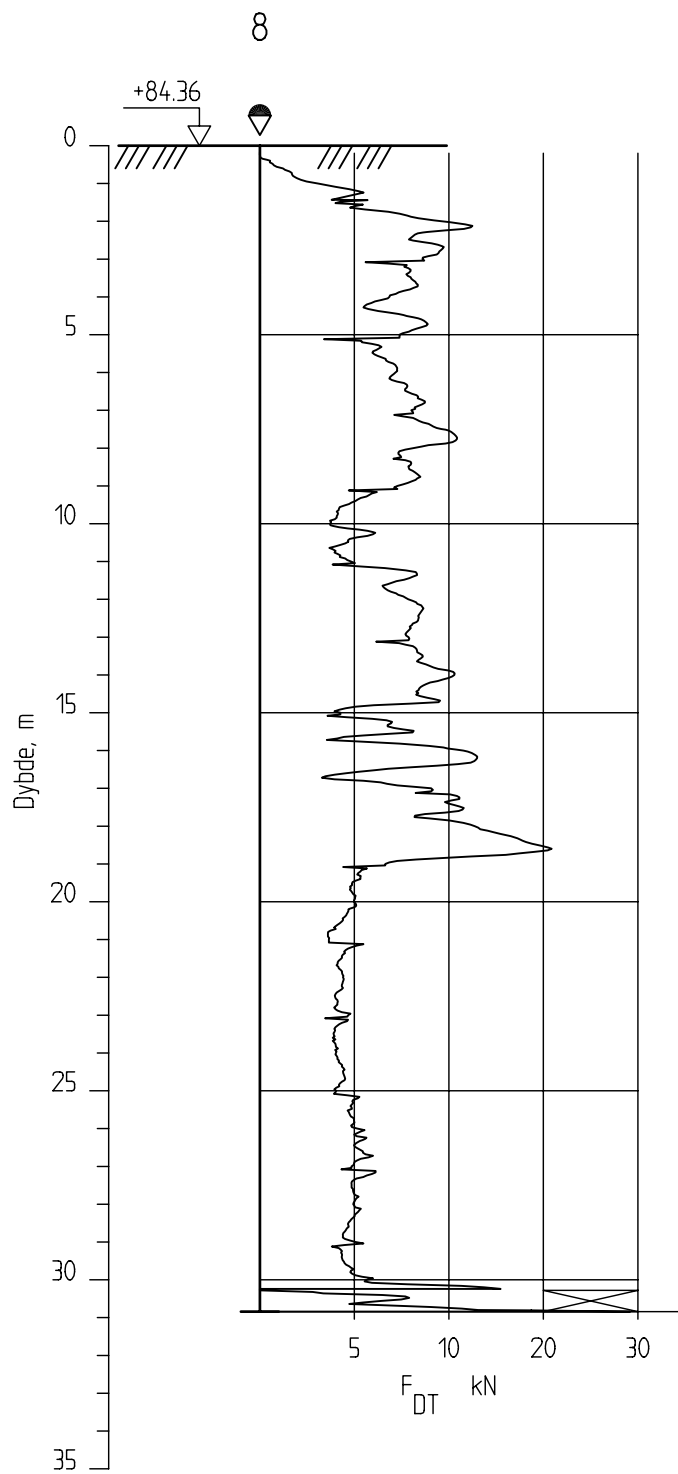
Borhull 7
Posisjon: X 6592676.00 Y 557091.00

Forsök nr. :
Sonde nr. :
Dato boret :19.09.2007

Kontrollert
AEG

Godkjent
RMO





Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

Rapport nr.
20071564-1

Figur nr.
12

Dreietrykkssondering
M = 1 : 200

Tegner
RMO

Dato:
15.08.07

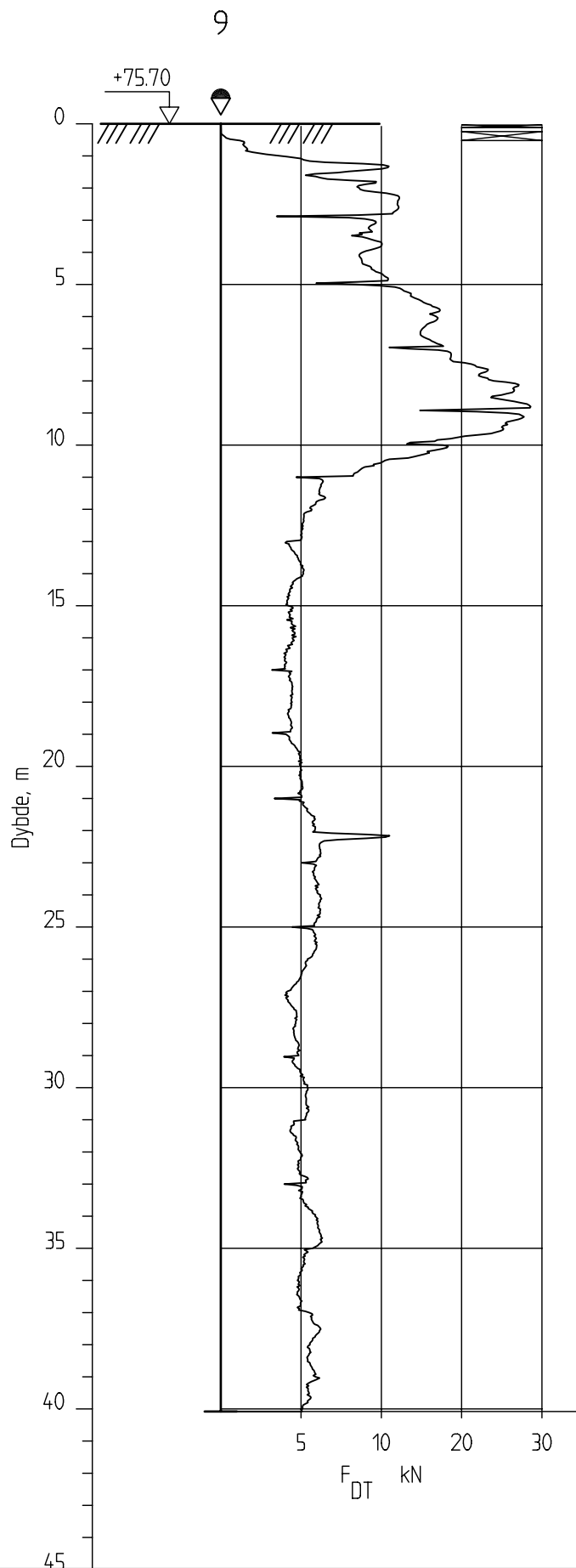
Borhull 8
Posisjon: X 6592670.00 Y 557182.00

Forsøk nr. :
Sonde nr. :
Dato boret :19.09.2007

Kontrollert
AEG

Godkjent
RMO





Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

Rapport nr.
20071564-1

Figur nr.
13

Dreietrykksondring
M = 1 : 200

Tegner
RMO

Dato:
15.08.07

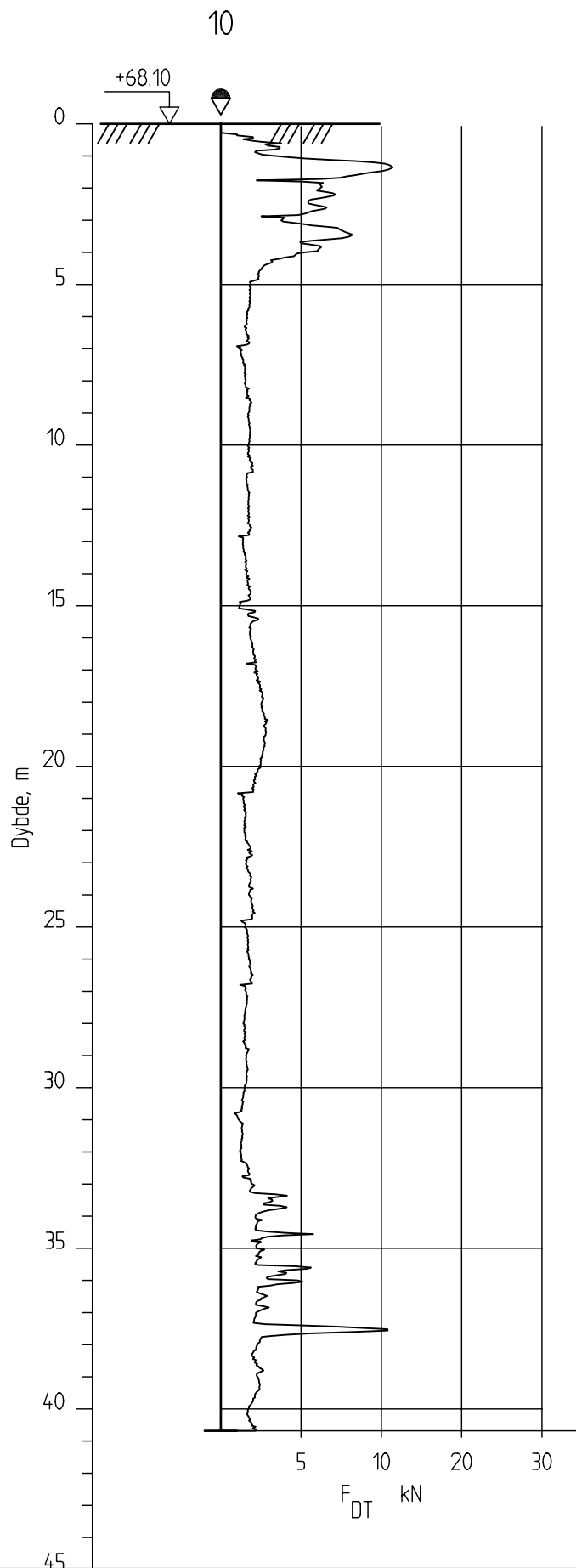
Borhull 9
Posisjon: X 6592552.00 Y 556964.00

Forsök nr. :
Sonde nr. :
Dato boret :27.09.2007

Kontrollert
AEg

Godkjent
RMO





Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

Rapport nr.
20071564-1

Figur nr.
14

Dreietrykksondering
M = 1 : 200

Tegner
RMO

Dato:
15.08.07

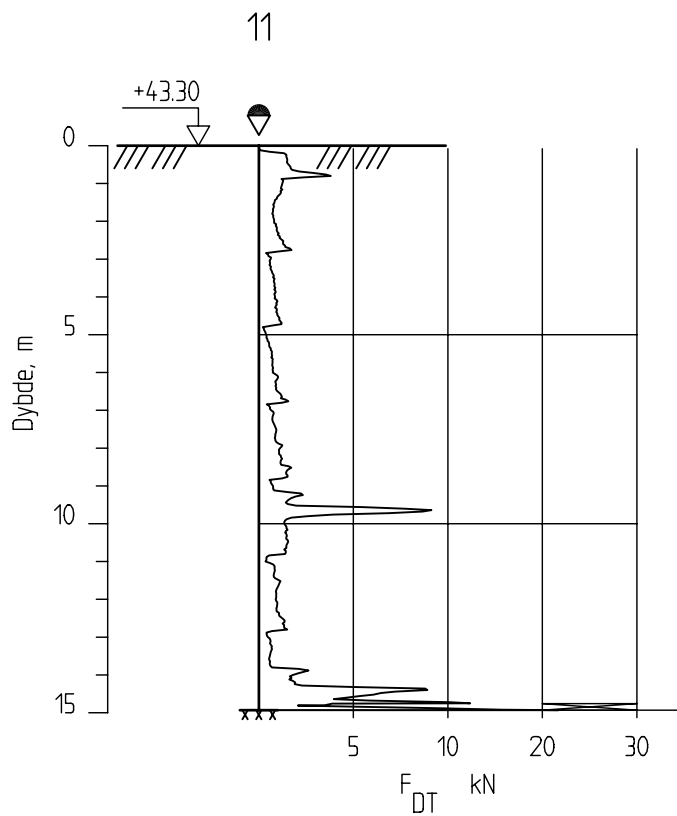
Borhull 10
Posisjon: X 6592224.00 Y 556941.00

Forsøk nr. :
Sonde nr. :
Dato boret :26.09.2007

Kontrollert
AEg

Godkjent
RMO





Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

Rapport nr.
20071564-1

Figur nr.
15

Dreietrykkssondering
M = 1 : 200

Tegner
RMO

Dato:
15.08.07

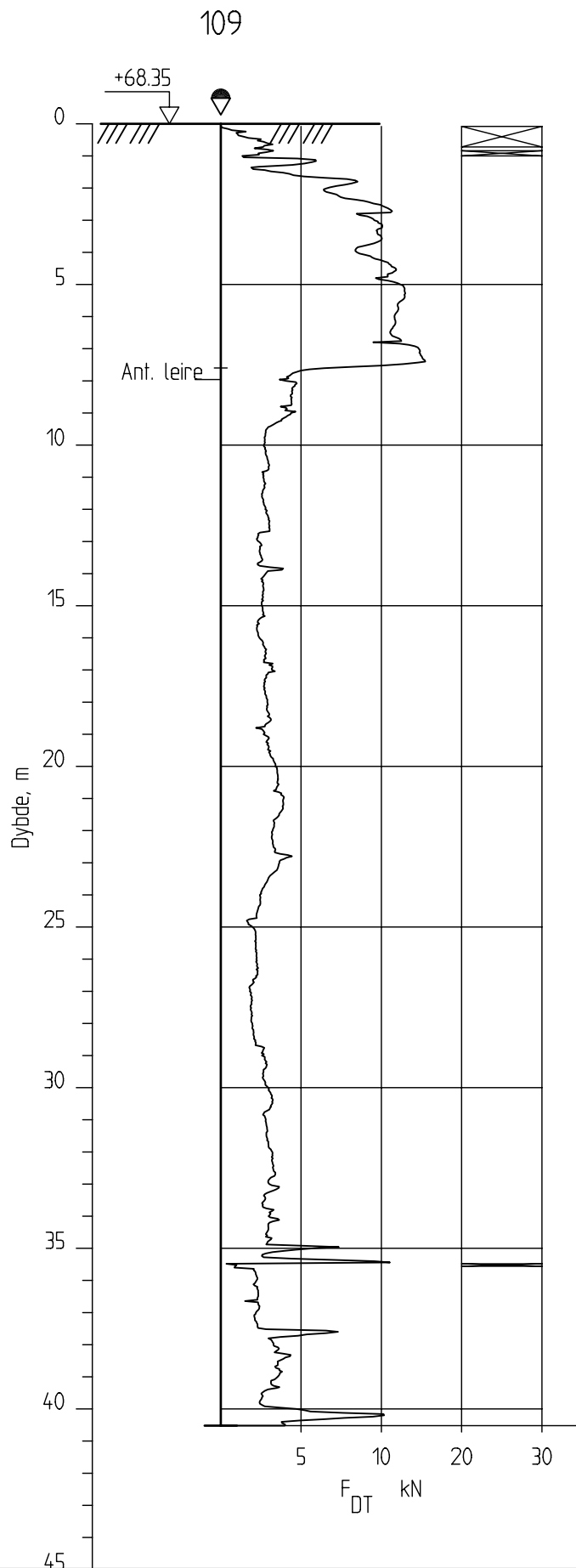
Borhull 11
Posisjon: X 6592317.00 Y 556656.00

Forsök nr. :
Sonde nr. :
Dato boret :26.09.2007

Kontrollert
AEG

Godkjent
RMO





Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

Rapport nr.
20071564-1

Figur nr.
16

CPT-sondering Dreietrykksondering
M = 1 : 200

Tegner
RMO

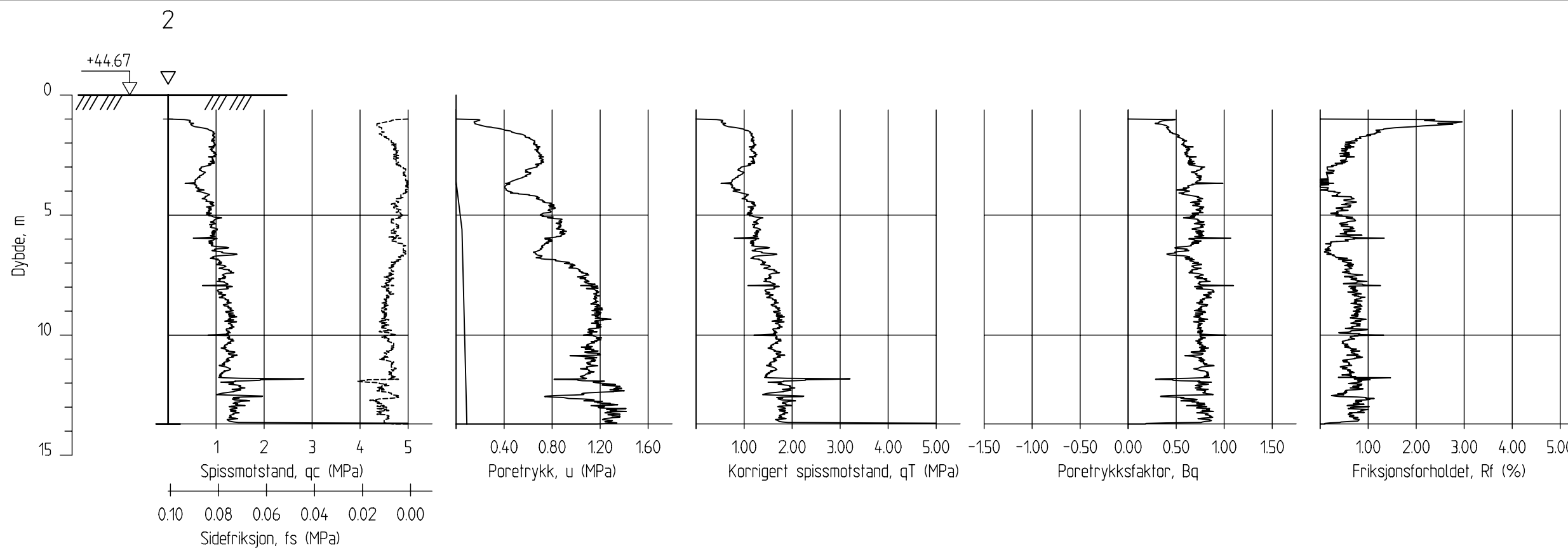
Dato:
15.08.07

Borhull 109
Posisjon: X 6592753.00 Y 557015.00

Forsøk nr. :
Sonde nr. :
Dato boret :19.09.2007

Kontrollert
AEg
Godkjent
RMO





Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

Rapport nr.
20071564-1

Figur nr.
17

CPT-sondering Borprofil
M = 1 : 200

Tegner
RMO

Dato:
15.08.07

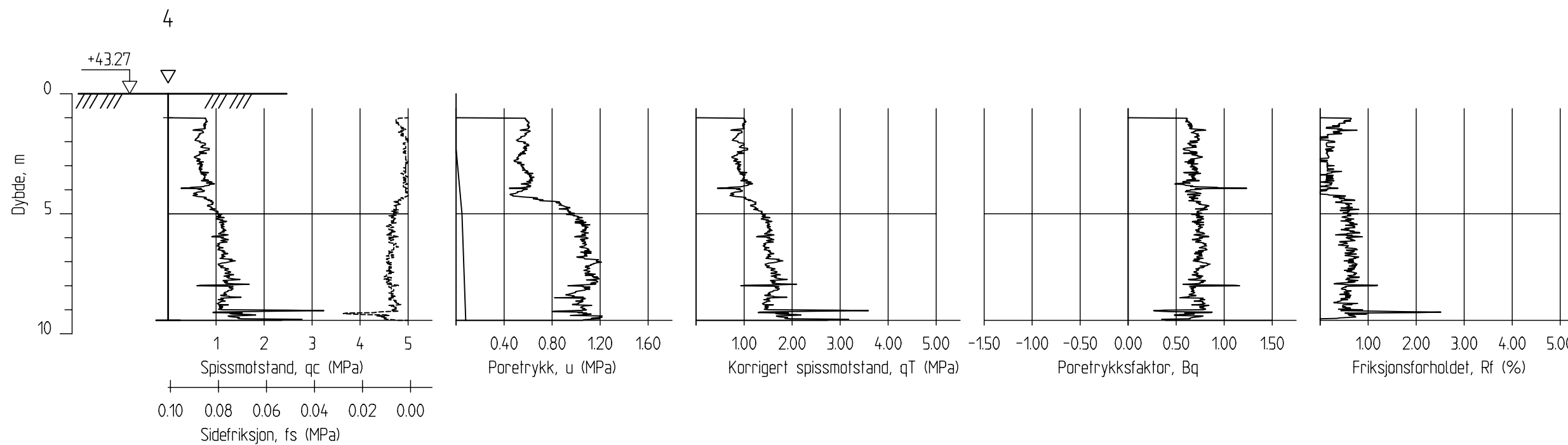
Borhull 2
Posisjon: X 6592788.00 Y 556946.00

Prøvetype :
Dato boret :13.08.2007

Kontrollert
AEg

Godkjent
RMO





Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

CPT-sondering
M = 1 : 200

Borhull 4
Posisjon: X 6592736.00 Y 556854.00

Forsök nr. :
Sonde nr. :
Dato boret :14.08.2007

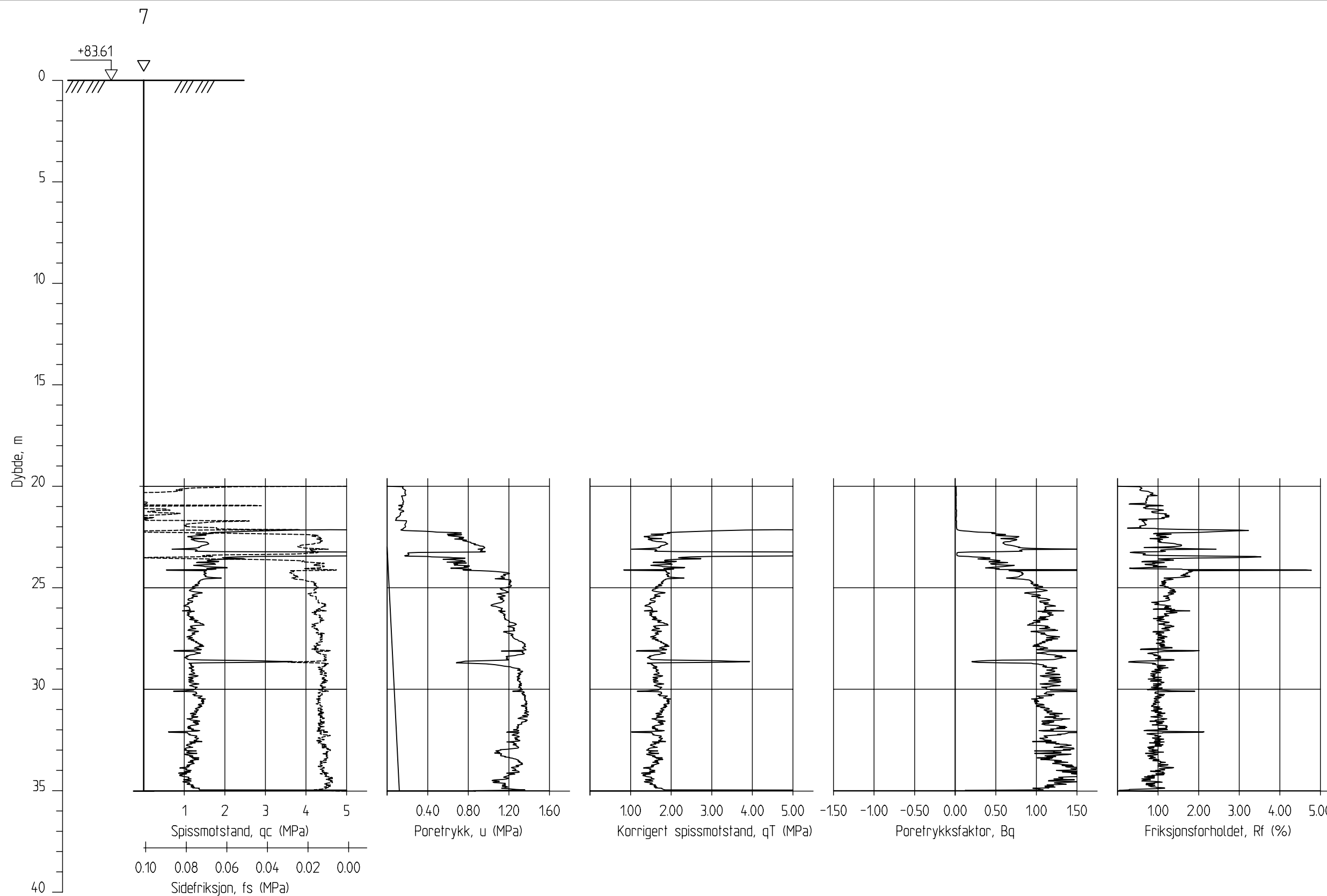
Rapport nr.
20071564-1

Figur nr.
18
Dato:
15.08.07

Kontrollert
AEg

Godkjent
RMO





Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

Rapport nr. 20071564-1
Figur nr. 19

CPT-sondering
M = 1 : 200

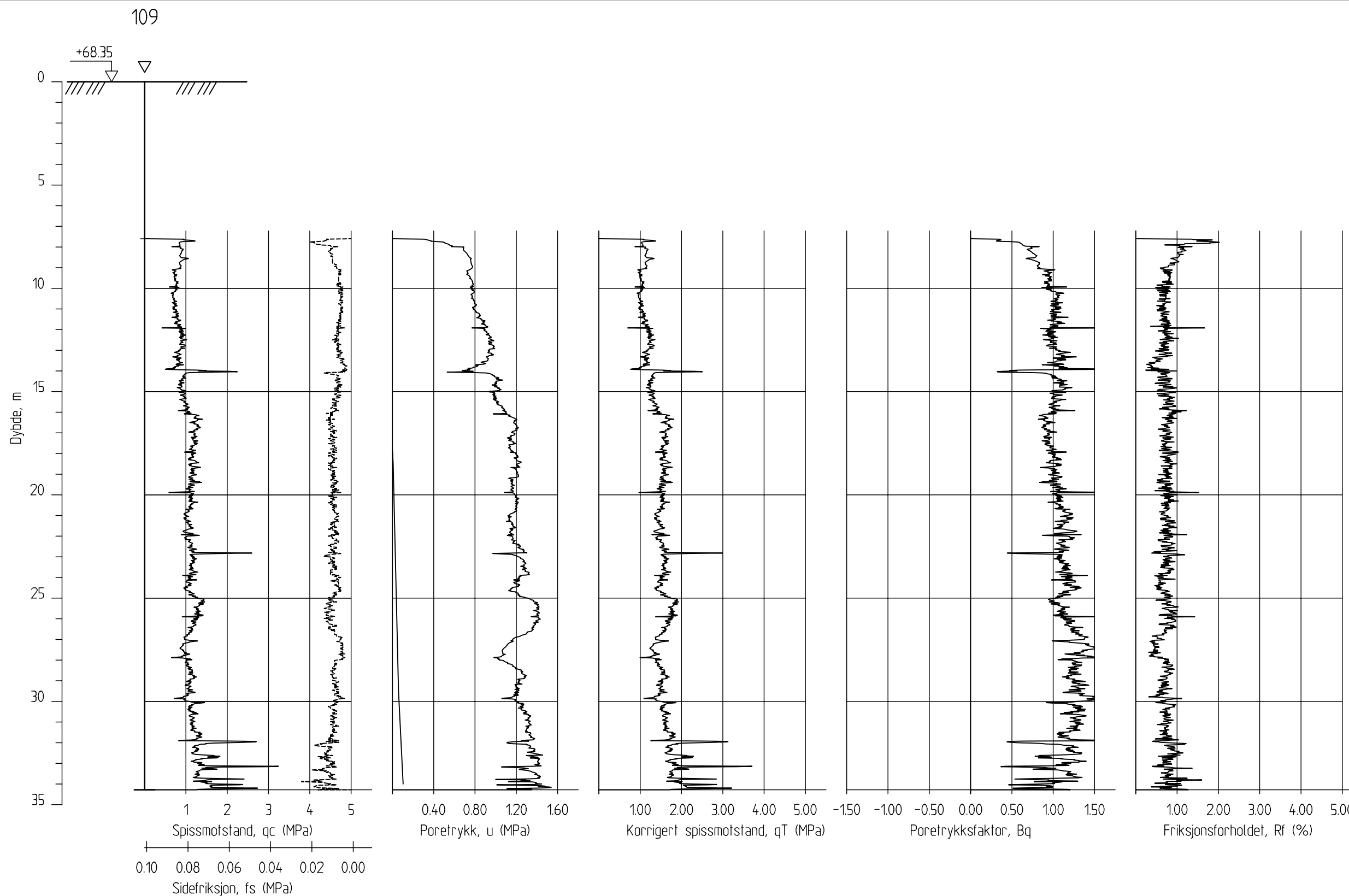
Tegner RMo
Dato: 15.08.07

Borhull 7
Posisjon: X 6592676.00 Y 557091.00


Forsøk nr. :
Sonde nr. :
Dato boret :19.09.2007

Kontrollert AEG
Godkjent RMo





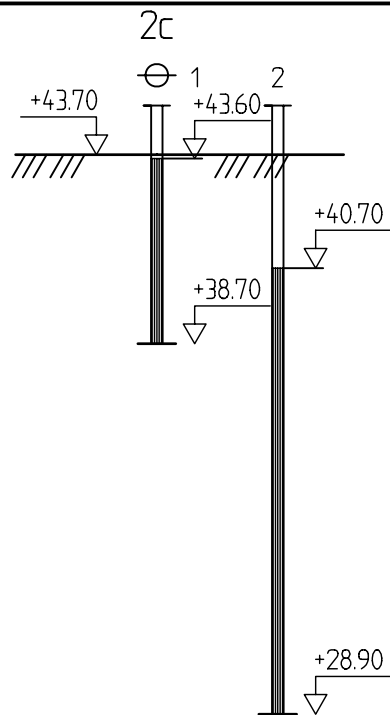
Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

Rapport nr. 20071564-1	Figur nr. 20
Tegner RMO	Dato: 15.08.07
Kontrollert AEg	
Godkjent RMO	

CPT-sondering
M = 1 : 200

Borhull 109
Posisjon: X 6592753.00 Y 557015.00

Forsök nr. :
Sonde nr. :
Dato boret :19.09.2007



Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

Rapport nr.
20071564-1

Figur nr.
21

Elektrisk piezometermåling
M = 1 : 200

Tegner
RMO

Dato:
15.08.07

Borhull 2PZ
Posisjon: X 6592788.00 Y 556946.00

Målertype :
Dato målt :27.09.2007

Kontrollert
AEg

Godkjent
RMO



Dybde (m)	Beskrivelse	Prøve Forsøk	Vanninnhold (%)							Romvekt (kN/m ³)					Porøsitet (%)	Humus (%)	Skjærstyrke (kN/m ²)										S _t Konus								
			10	20	30	40	50	60	70	16	17	18	19	20			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100									
2																																			
4																																			
6																																			
8	LEIRE, KVIKK homogen, noe fastere i bunnen siltig middels fast	4																																	175 133
10																																			

TEGNFORKLARING:


- | | | |
|----------------|--|----------------------------------|
| —○— | Plastisitetsgrense/Vanninnhold/Flytegrense | Ø = Ødometer forsøk |
| 15-○-5 | Enaks. trykkforsøk/def. ved brudd | P = Permeabilitetsforsøk |
| 10 | | K = Korngraderingsanalyse |
| ▽ | Konus forsøk, uforstyrret | T = Treaksial forsøk |
| ▼ | Konus forsøk, omrørt | K/S = Kalk-/Sement stabilisering |
| + | Vinge boring | |
| ● | Treaksial forsøk, aktiv | |
| ● | Treaksial forsøk, passiv | |
| ⊞ | Direkte skjærforsøk | |
| S _t | Sensitivitet | |

NORGES VASSDRAGS- OG ENGERGIDIREKTORAT (NVE)

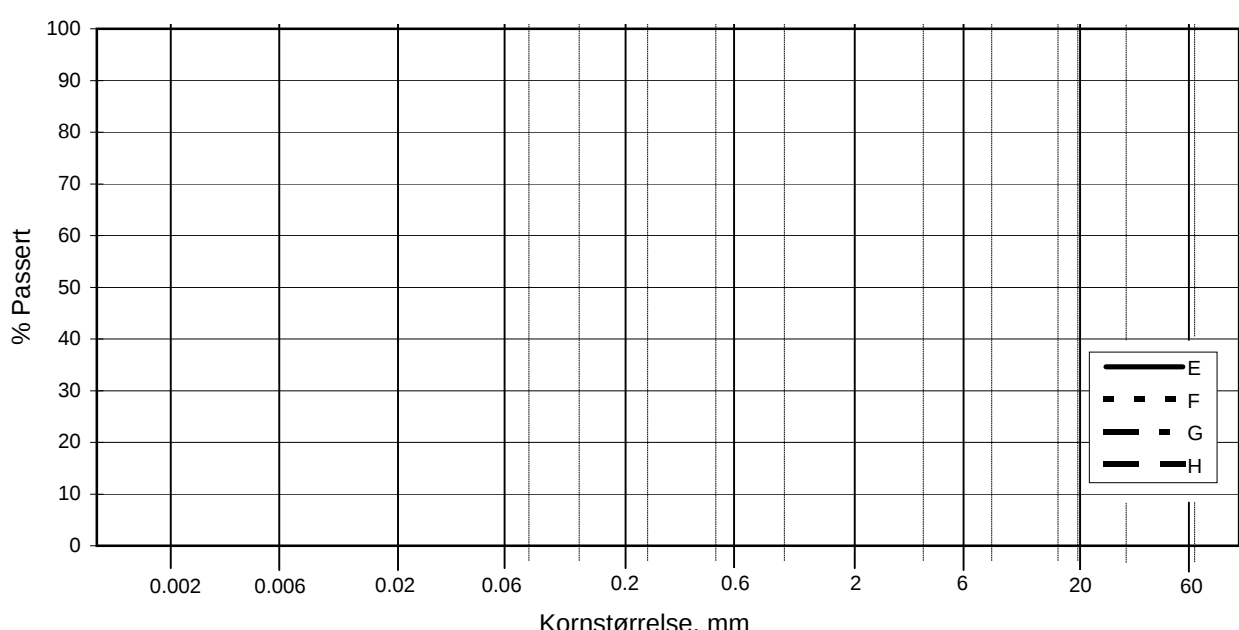
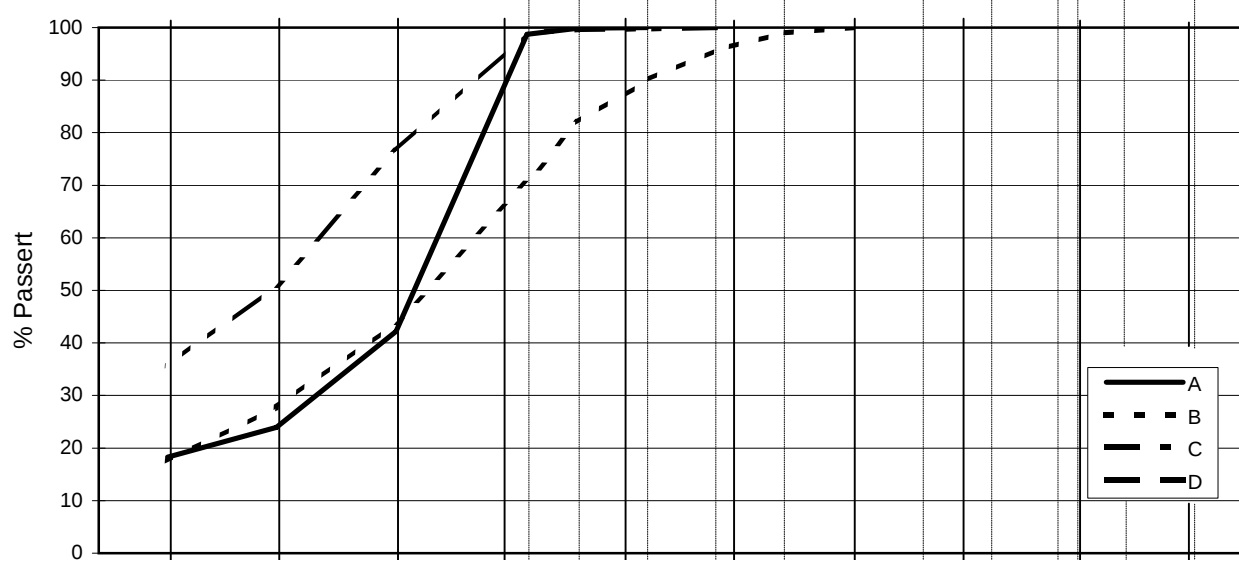
Borprofil
Borpunkt nr.: 2b

Prøvetype: 54 mm
Terrengkote: 41,8 m
Grunnvannst. dybde: 1,0 m
Dato boret: 20.09.2007

Date-Rev. no. 22.04.05-0

Rapport nr.	20071564-1	Figur nr.	23
Tegner		Dato	08.10.2007
Kontrollert			
Godkjent			


L E I R	SILT			SAND			GRUS							
	Fin	Middels	Grov	Fin	Middels	Grov	Fin	Middels	Grov					
US Standard Sikt				200	100	50	30	16	8	4	3/8"	3/4"	1.5"	3"
ISO Standard Sikt				.075	.125	.25	.5	1	2	4	8	16	31.5	63



Kurve	Hull nr.	Prøve nr.	Dybde m	C _u (d ₆₀ / d ₁₀)	Tele gr.	Leir innh. %	Jordartsbetegnelse	Metode tørr/våt sikt
A	2c	4	3.4		T4	18.3	LEIRE, siltig	Falling drop
B	2c	5	5.5		T4	17.5	LEIRE, siltig, sandig	Falling drop
C	2c	6	7.4		T4	35.6	LEIRE	Falling drop
D								
E								
F								
G								
H								

Rev. NT-9 / Dato 2002-07-09 / Sign. KB/EB

H:\LABDATA\2007\20071564\Rutine\grain-n1.xls\Plott

NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT (NVE) Kornfordelingskurver	Rapport nr.	Figur nr.
	20071564-1	24
	Tegnet av	Dato
		2007-10-03
Kontrollert		
Godkjent		

Kontroll- og referanseside/ Review and reference page



Dokumentinformasjon/Document information					
Dokumenttittel/Document title Fossnes på Hvitvingfoss Resultater fra grunnundersøkelser			Dokument nr/Document No. 20071564-1		
Dokumenttype/Type of document		Distribusjon/Distribution		Dato/Date 30. januar 2008	
<input checked="" type="checkbox"/> Rapport/Report		<input type="checkbox"/> Fri/Unlimited		Rev.nr./Rev.No.	
<input type="checkbox"/> Teknisk notat/Technical Note		<input checked="" type="checkbox"/> Begrenset/Limited			
		<input type="checkbox"/> Ingen/None			
Oppdragsgiver/Client Norges vassdrags- og energidirektorat					
Emneord/Keywords landslide, quick clay, erosion,					
Stedfesting/Geographical information					
Land, fylke/Country, County Norge, Buskerud			Havområde/Offshore area		
Kommune/Municipality Kongsberg			Feltnavn/Field name		
Sted/Location Hvitvingfoss			Sted/Location		
Kartblad/Map 1813 IV			Felt, blokknr./Field, Block No.		
UTM-koordinater/UTM-coordinates 32VNL570928					
Dokumentkontroll/Document control					
Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001					
Rev./ Rev.	Revisjonsgrunnlag/Reason for revision	Egen- kontroll/ Self review av/by:	Sidemanns- kontroll/ Colleague review av/by:	Uavhengig kontroll/ Independent review av/by:	Tverrfaglig kontroll/ Inter- disciplinary review av/by:
0	Original dokument	RMo	OG / AEg		
Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release		Dato/Date		Sign. Prosjektleder/Project Manager	
				Ragnar Moholdt	

**A9 Rapport 20071564-2. Fossnes på Hvittingfoss.
Vurdering av skredfare og sikringstiltak (2008).**

Fossnes på Hvittingfoss

Vurdering av skredfare og sikringstiltak

20071564-2

30. januar 2008

Oppdragsgiver: **Norges vassdrags- og energidirektorat**

Kontaktperson: Eirik Traae
Kontraktreferanse: Kontrakt datert 24.08.07

For Norges Geotekniske Institutt

Prosjektleder: Ragnar Moholdt

Rapport utarbeidet av: Ragnar Moholdt

Arbeid også utført av: Odd Gregersen
Astri Eggen

Sammendrag

Nye grunnundersøkelsene har påvist kvikkleire i foten av skråningen ned mot Numedalslågen. Boreresultatene tyder på at kvikkleireforekomsten i foten av skråningen strekker seg minst 700 meter nedstrøms skredgrova ved Fossveien 100. Nye og gamle boreresultater tyder på at det meste av bebyggelse på begge sider av veien fra Fossveien 80 og sørover til gården i enden av Fossnesveien hviler på det samme laget av kvikkleire.

Aktiv erosjon er registrert i foten av skråningen mot Numedalslågen, nå sist i forbindelse med flommen i sommer. Stabilitetsberegninger indikerer lav sikkerhet mot utglidning langs den ytre skråningskanten og utilfredsstillende sikkerhet mot utglidning av bebygde deler av platået, jf. kapittel 4. Lav sikkerhet mot utglidning betyr at selv små terrenginngrep og erosjon kan utløse skred. Med de grunnforholdene som er beskrevet over, kan et initialscred pga. erosjon i foten av skråningen i verste fall utvikle seg til et større kvikkleirescred. På grunn av store høydeforskjeller (ca. 45 meter) må i utgangspunktet hele boligområdet anses som skredutsatt.

For å unngå en ytterligere forverring av skråningsstabiliteten må det etableres erosjonssikring. I tillegg må det avlastes og legges ut motfyllinger, i de mest utsatte områdene. Dette for å oppnå forbedret sikkerhet lokalt og for området som helhet.

NVE sine retningslinjer for planlegging og utbygging i fareområder langs vassdrag setter krav til dokumentasjon av grunnforhold og stabilitet ved utbygging i kvikkleirefaresoner. NGI anbefaler på grunnlag av disse retningslinjene at det ikke etableres ny bebyggelse, innenfor dagens boligområde. Utbygging på platået nedstrøms Lakseplassen krever dokumentasjon i henhold til NVEs retningslinjer.

På bakgrunn av ny informasjon som er fremkommet gjennom dette prosjektet må faresone "1323 Fossnes" utvides og klassifiseres på nytt. Endringene vil medføre at faresonen kommer i faregradklasse "Høy". Sonen vil komme til å strekke seg lengre mot nord (til og med Fossveien 80) og mot øst (til oppstikkende fjellrygg / 15 ganger høydeforskjellen fra elva).

Tiltak som etablering av erosjonsbeskyttelse og stabilitetsforbedringer må prosjekteres i detalj før arbeid i felt igangsettes. Det er viktig at arbeidene planlegges og utføres med fokus på sikkerhet. Prosjektering og feltarbeid bør følges opp av geoteknisk fagperson.

Innhold

1	INNLEDNING	4
2	BEFARING	4
3	GRUNNFORHOLD	6
3.1	Geologi, lagdeling og konsistens	6
3.2	Poretrykksforhold	7
3.3	Fasthetsparametere	8
4	STABILITET	8
4.1	Metode	9
4.2	Oppmålingsgrunnlag	9
4.3	Resultater	10
4.4	Profil A	10
4.5	Profil B	11
4.6	Profil C	12
4.7	Profil D	12
4.8	Oversikt over beregningsresultater og prosentvis forbedring av beregningsmessig sikkerhet (γ_m)	13
5	VURDERING AV SKREDFARE OG SIKRINGSTILTAK	13
5.1	Skredfare	13
5.2	Tiltak	14
5.3	Praktiske forhold ved tiltak	16
6	REFERANSER	16

Vedlegg

Vedlegg 1	Oversiktskart (M=1:50 000)
Vedlegg 2	Borplan med nye boringer (1-11 og 109) og tidligere boringer (M=1:2 000)
Vedlegg 3-6	Profil A-D (M=1:500)
Vedlegg 7-11	Aktiv skjærstyrke basert på CPTU – sondering og Shansep. Borpunkt 2,4,7,109 og 104.
Vedlegg 12-14	Profil A. Stabilitet før og etter tiltak. (M=1:500)
Vedlegg 15-16	Profil B. Stabilitet før og etter tiltak. (M=1:500)
Vedlegg 17-18	Profil C. Stabilitet før og etter tiltak. (M=1:500)
Vedlegg 19-21	Profil D. Stabilitet før og etter tiltak. (M=1:500)
Vedlegg 22	Tiltaksplan (M=1:1 000)

Kontroll- og referanseside



1 INNLEDNING

I forbindelse med flom i juli 2007 ble det registrert mindre utglidninger og pågående erosjon i en skråning mot Numedalslågen like nedstrøms Hvittingfoss, jf. oversiktskart og plan i vedlegg 1 og 2. Norges Geotekniske Institutt (NGI) ble tilkalt og deltok på befaringer og møter den 10. og 16. juli sammen representanter for Kongsberg kommune, politiet og Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE).

Etter befaringene ga NGI skriftlig og muntlig uttrykk for at økt erosjon og registrerte glidninger i skråningen var uheldig med hensyn til skredfare i den ca. 45 meter høye skråningen. Skråningen ligger i et potensielt skredfarlig kvikkleireområde (faresone "1323 Fossnes"), jf. ref /2/ og /3/. Det ble anbefalt å plastre de to ferskeste utglidningene og å vurdere behovet for ytterligere sikring nærmere, jf. /4/. De registrerte hendelsene i forbindelse med flommen var de siste i en rekke av lignende hendelser som har pågått i lang tid. I tillegg til mange spor etter ferske og eldre glidninger, har NGI vært engasjert i forbindelse med skred i samme skråning i 1960 (jf. /5/) og 2001 (jf. /6/). I år 2000 var NGI engasjert i vurdering av skredfare og sikring etter et skred som fant sted 100-200 meter oppstrøms, jf. /7/.

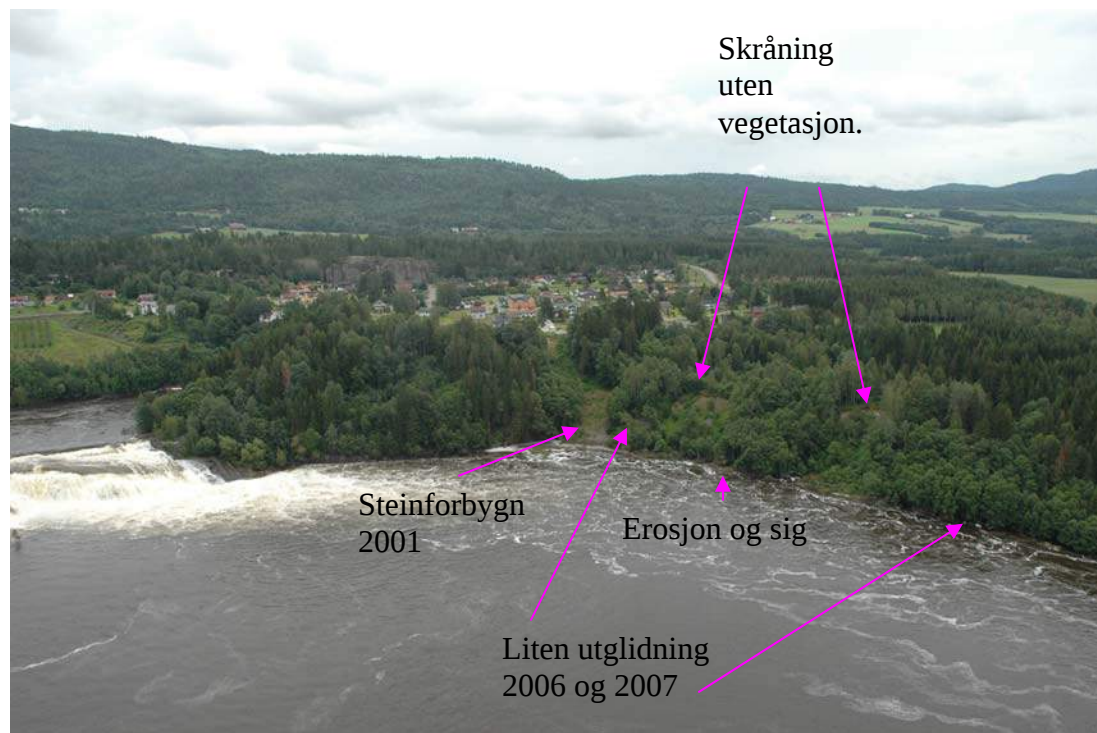
I samråd med NVE ble det besluttet å utføre grunnundersøkelser for bedre å kunne vurdere skredfare, samt eventuelt behov for og omfang av sikringstiltak. Sentrale problemstillinger i så måte var utbredelse og beliggenhet av kvikkleire i forhold til aktuelle skråninger og bebyggelse, dernest bestemmelse av poretrykksforhold og fasthetsparametere for stabilitetsanalyser. Resultater fra grunnundersøkelsene er presentert i en egen rapport, se ref. /1/.

Denne rapporten presenterer vår tolkning av resultater fra grunnundersøkelsene. Videre har vi vurdert stabilitetsforhold og foreslått sikringstiltak.

2 BEFARING

Helikopterbefaring langs Numedalslågen ble foretatt like etter flommen. Representanter fra NVE, Fylkesmannen og NGI deltok. Befaringen ble gjort for å få et helhetlig bilde av skadeomfanget langs vassdraget.

Foruten befaringene under og like etter flommen, ble det foretatt en befaring den 8. august. På befaringen deltok Eirik Traae fra NVE og fra NGI deltok Odd Gregersen og Ragnar Moholdt. På dette tidspunktet hadde vannstanden gått ned til normal vannstand, og vi kunne bedre inspisere erosjonen som hadde oppstått under flommen. Skråningen ned mot Numedalslågen ble befart på en 300-400 meter lang strekning nedenfor Fossveien 100 (skred 2001).



Figur 1 Bildet (fra helikopterbefaringen) viser området fra steinforbygning som ble etablert i 2001 til Lakseplassen hvor utglidning gikk i juli. Etterfølgende bilde viser noe mer detaljer med hensyn til erosjon.



Figur 2 Erosjon i foten av skråningen (foto 8. august 2007).

Sporene i terrenget viste i all hovedsak at de store vannmassene hadde gravd horisontalt inn i skråningsfoten ved anslagsvis kt. +45-47, se figur 2. På det slakere partiet ned mot vannspeilet (ca. kt. +41-45) så det ikke ut til å ha forekommet erosjon.

Det er fra tidligere anlagt en steinplastring ved vannkanten (normalvannstand). Topp steinplastring ligger på ca. kote + 41,5 og den går ned til kote ca. + 39. Vannstanden hadde altså gått høyt over steinplastringa under flommen, og foten av skråningen har i dag ingen naturlig beskyttelse mot erosjon ovenfor steinplastringa.

Erosjonen inn i skråningsfoten var tydeligst lengst oppstrøms. På den befarte strekningen lengst nedstrøms var det mindre spor etter erosjon, men det ble observert tydelige erosjonssår helt ned til området hvor elva dreier i sørlig retning. Videre nedover avtar strømningsgradienten pga. at østbredden blir innersving i elva, dette området ble ikke befart.

Glidninger i skråningen ble inspisert på nytt. Det var ikke tegn til at observerte glidninger, fra flommen i juli eller tidligere, hadde utviklet seg siden befaringen den 16. juli.

3 GRUNNFORHOLD

3.1 Geologi, lagdeling og konsistens

Kvartærgeologisk kart viser at løsmassene langs Numedalslågen i nærheten av Hvitvingfoss domineres av marine hav- og fjordavsetninger (leire) og elveavsetninger (sand og grus).

Boreprogrammet i /1/ ble satt opp med basis i de grunnundersøkelsene som er utført i området tidligere, ref. /2/, /5/, /6/ og /7/ (jf. vedlegg 2-6).

Oppe på platået ved Fossnes (kt. +84-85) påtreffes øverst et lag av sand og grus med mektigheter som varierer fra ca. 3-23 meter (elveavsetning). De største mektighetene av sand og grus finnes i tilknytning til en gammel meandersving nedenfor krysset mellom Fossveien og Fossnesveien (terrasse på kt. +68 -70), jf. plan i vedlegg 2. Mektigheten er størst ute ved skråningskanten mot Numedalslågen, innover på platået avtar mektigheten gradvis, jf. snitt i vedlegg 3 - 6. Nye og gamle boreresultater tilsier gradvis mindre mektighet av grus og sand både nord og sør for krysset nevnt over (boring 9 i /1/, samt boringer i /6/ og /7/). Beliggenhet av boringer er vist på plan i vedlegg 2.

Under sand og gruslaget beskrevet over finnes leire til stor dybde. Leiravsetningen består av siltig kvikkleire med innhold av sand- og gruskorn. Leira er mager pga. av høyt innhold av silt, $I_p < 10-15$, jf. prøveserie i borpunkt 2, ref. /1/, og prøveserier i /5/. I skredgropa nedenfor Fossveien 100 er leira

beskrevet som lagdelt med mange tynne lag av silt og sand, jf. /5/ (borpunkt 5 og 9). I borpunkt 2 (2c og 2b), ref. /1/, er leira beskrevet som homogen, men sonderingene viser også her lag av silt, sand og grus fra 12 meter dybde. Videre er leira fast – meget fast som følge av konsolidering under masser som nå er erodert vekk (overkonsolidering), eller som følge av at leirlaget ligger dypt i kombinasjon med lav grunnvannstand / lave poretrykk. Sensitiviteten er svært høy (kvikkleire), opptil 210 ved borpunkt 2 og 550 ved borpunkt 5, ref. /5/. Prøveserie 2, ref. /1/, bekrefter at det er kvikkleire i foten av skråningen ut mot Numedalslågen. Prøveserie 5, ref. /5/, viser at kvikkleirelaget går helt ut i skråningen også lenger opp mot plataået (kt. +68).

Gamle boringer, ref. /6/ og /7/, viser at antatt fjell er påtruffet i 19-30 meter dybde langs Fossveien 80 – 102. Ved ett borpunkt ble det imidlertid boret helt ned til ca. 38 meter dybde (borpkt. 107 ref. /6/). Fjell i dagen ble under befaring observert ved elva nedenfor Fossveien 100, foruten ved selve fossen ca. 100 meter lenger oppstrøms. Videre er det fjell i dagen inne på plataået i en avstand på 100 – 300 meter fra skråningskanten mot Numedalslågen. Sør for krysset Fossveien – Fossnesveien øker dybdene til fjell, og de nye boringene er avsluttet i løsmasser i 30 – 40 meter dybde. Ved borpunkt 8, ref. /1/, er det usikkert om boringen stoppet opp på fjell eller i faste masser. Det er ikke påtruffet fjell nede ved Numedalslågen nedstrøms Fossveien 100 (boringene 1, 2, 3, 4, 5 og 11, ref. /1/).

3.2 Poretrykksforhold

Resultater av poretrykksmålinger (elektriske piezometere) ved borpunkt 2c er vist på figur 21, ref. /1/. Forøvrig er det tidligere målt poretrykk, jf. /6/, (se også plan i vedlegg 2).

Piezometermålinger i 5 og 15 meter dybde ved borpunkt 2c (kt. +44), ved foten av skråningen ut mot Numedalslågen, viser en trykkehøyde opp til terreng ved den grunneste måleren og trykkehøyde opp til omtrentlig vannstand i elva ved den dypeste måleren, jf. vedlegg 3.

Piezometermålinger ved borpunkt 110, jf. ref. /6/ og figur 3, viser lave poretrykk helt ut på kanten av elveterrassen (gammel meandersving) på kt. +68 – 70. Ved måler i 17,5 meter dybde, er det målt stighøyder fra 1 til 3 meter. Ved måler i 29,5 meter dybde, er det målt stighøyder fra 6 til 9 meter.

Piezometermålinger ved borpunkt 103, jf. ref. /6/, viser at leirlaget er drenert ned til 25 meter dybde ute på kanten av det øvre plataået. Ved borpunkt 104, ca. 65 meter inn på plataået, viser måler i 13,5 meter dybde en stighøyde på 3,5 meter (ca. 1,5 meter opp i sandlaget).

Alle poretrykksmålerne er installert og kun avlest i en kort periode i forbindelse med enkeltsaker. Sesongvariasjoner er således ukjent.

3.3 Fasthetsparametere

Drenerte effektivspenningsparametere for sand og grus er basert på erfaringstall valgt lik $c = 0$ og $\varphi = 35^\circ$ i stabilitetsberegningene, jf. kap. 5.

I leire er udrenert skjærfasthet (s_u^A) tolket på bakgrunn av utførte CPTU-forsøk. Korrelasjoner i /9/ er benyttet, og tolkningen er i hovedsak basert på målt poretrykk ($N_{\Delta u}$). Piezometermålinger, jf. 3.2, er brukt som grunnlag for bestemmelse av profiler for ”in-situ” poretrykk.

Tolkningen av udrenert skjærfasthet (s_u^A), beskrevet over, er videre avhengig av overkonsolidsgraden (OCR). Dagens effektivspenninger (p_0') er beregnet for anslått midlere romvekt (γ) lik $19,5 \text{ kN/m}^3$, jf. romvektsmålinger i figur 22 (ref. /1/) og prøveserier i ref. /5/. Det er videre antatt at øvre plata (kt. +84-85) er opprinnelig havbunnsnivå. Opprinnelig havbunnsnivå antas å ha vært tilnærmet flatt, riktignok med et svakt fall som tilsvarer fallet på det gjestående plataet (kt. +84-85). Det siste medfører at opprinnelig havbunnsnivå ved borpunkt 2 antas å ha ligget på kt. +79. For beregning av prekonsolideringsspenningen (p_c') er det antatt hydrostatisk poretrykk fra platånivå og det er regnet med romvekt (γ) lik $19,0 \text{ kN/m}^3$ for tidligere overlageret masse. Årsaken til at romvekt for avlastet masse er satt noe lavere enn romvekt for gjenværende masse er at gjenværende masse i gjennomsnitt er mer konsolidert. Generelt sett anses valgt romvekt for avlastet materiale å ligge noe høyere enn ”normalt”. Den relativt høye romvekten må ses i sammenheng med det høye innholdet av silt og sand. Det er ikke forutsatt aldring ved beregning av OCR.

I kvikkleire er tolket skjærfasthet (s_u^A) redusert med 15 % pga. sprøbruddoppførsel og tidseffekter i tråd med /11/. Udrenert skjærfasthet er ingen steder satt lavere enn $s_u^A = 0,28 \cdot p_0'$, jf. /9/.

Anisotropiforholdet er valgt i henhold til /9/ med s_u^D / s_u^A lik 0,7 og s_u^P / s_u^A lik 0,4.

Valgte skjærfasthetsprofiler er vist med grønn heltrukken linje i vedlegg 7-11. Skjærfasthet tolket fra poretrykksrespons er vist med svart linje ($N_{\Delta u}$), mens skjærfasthet tolket fra spissmotstand (N_{kt}) er vist med rød linje i de samme vedleggene.

4 STABILITET

Stabilitetsberegninger er utført for Profil A og B for å bestemme dagens sikkerhet mot skred i området med aktiv erosjon. Videre er det utført beregninger som grunnlag for å vurdere alternative stabiliseringstiltak.

Det er også utført en overslagsberegning for Profil C. Her er prosjekteringsgrunnlaget i utgangspunktet for dårlig, men beregninger er utført for å få en indikasjon på om stabiliserende tiltak også er nødvendig nedstrøms Lakseplassen.

I tillegg er det utført beregninger for Profil D. Beregningene er utført for å kontrollere effekten av tiltakene, som ble utført etter skredet i 2001, og for å vurdere om ytterligere tiltak er nødvendig for å bedre dagens sikkerhet.

4.1 Metode

Stabilitetsanalyser er utført med programmet GeoSuite stabilitet. Programmet regner kraft- og momentlikevekt for plan spenningstilstand etter lamellemetoden. Effekt av innspenning er derfor ikke tatt med i beregningene.

En kombinert effektivspenings- og totalspenningsanalyse er benyttet. Det øvre laget av sand og grus er modellert med drenerte effektivspeningsparametere, mens det underliggende laget av kvikkleire er modellert med udrenert skjærfasthet (s_u) og anisotropiforhold som gitt i jf. 3.3.

Grunnvannstanden er modellert i tråd med målingene beskrevet i kapittel 3.2.

4.2 Oppmålingsgrunnlag

Terrengprofil for Profil A og B er generert ut fra digitalt kart fra 2005 med meterskoter (fra Kongsberg kommune). Nedstrøms Lakseplassen har vi kun hatt tilgang til gammelt kartgrunnlag med 5-meterskoter.

NVE har målt inn borpunktene jf. kapittel 2 og foretatt dybdekartlegging i elva. Dybdekartlegginga består av profilering langs 7 tverrprofiler og ett lengdeprofil. Interpolerte dybder i elva er lagt inn i profilene A - D. Videre er innmålt vannstand i elva benyttet i stabilitetsberegningene. Effekt av lavere vannstand er vurdert.

Profil D ble nivellert etter skredet i 2001, før tiltak ble iverksatt. Dagens terrengprofil er generert utfra digitalt kart fra 2005.

4.3 Resultater

4.4 Profil A

Dagens situasjon

Beregningsresultater presentert i vedlegg 12 viser at ytterste kant av elveterrassen (platå på kt. +68-70), på skråningens nedre del, har beregningsmessig sikkerhet (γ_m) i underkant av 1,0 (0,96).

Beregningsmessig sikkerhet øker for dypere glideflater som går lenger inn på elveterrassen (platå på kt. +68-70). En glideflate, som går inn til bakre del av elveterrassen, har beregningsmessig sikkerhet lik 1,08.

Videre har en glideflate, som strekker seg helt opp til bebyggelsen på det øvre platået (kt. +84-85), beregningsmessig sikkerhet lik 1,24.

Tiltak

Beregningsresultater presentert i vedlegg 13 viser at beregningsmessig sikkerhet for ytterste kant av elveterrassen (platå på kt. +68-70) kan heves til 1,10 (tilsvarer 15 % forbedring) ved å foreta en masseforflytning fra toppen til foten av skråningen. I foten av skråningen er det modellert en 4 meter høy fylling av stein. Ny skråning er bygd opp fra steinfyllinga med stabil helning for sand ($\gamma_m \sim 1.3$).

Vedlegg 13 viser at beregningsmessig sikkerhet for en dypere glideflate, som går lenger inn på elveterrassen (kt. +68-70), er 1.14 med tiltaket beskrevet over (gir ca. 6 % forbedring). En glideflate, som går helt opp til bebyggelsen på det øvre platået (kt. +84-85), får beregningsmessig sikkerhet lik 1.26 (gir 2 % forbedring).

Vedlegg 14 viser at beregningsmessig sikkerhet kan heves ytterligere for glideflater som går lenger inn på elveterrassen (kt. +68-70) og opp til bebyggelsen på det øvre platået (kt. +84-85). Ved å avlaste 3-4 meter med sand videre innover på platået (kt. +68-70) til ca. 75 meter avstand fra skråningskanten, heves beregningsmessig sikkerhet for glideflater, som går inn til bakre del av elveterrassen, til 1,29 (tilsvarer 20% forbedring av sikkerheten). En dyp glideflate, som strekker seg helt opp til bebyggelsen på det øvre platået, får beregningsmessig sikkerhet lik 1,31 (tilsvarer 5-6 % forbedring).

4.5 Profil B

Dagens situasjon

Beregningsresultater presentert i vedlegg 15 viser at en glideflate i skråningen mellom elveterrassen (kt. +62-65) og det øvre plataået (kt. +84-85) har beregningsmessig sikkerhet lik 1,13.

Ytterste kant av elveterrassen (plata på kt. +62-65), på skråningens nedre del, har beregningsmessig sikkerhet (γ_m) lik 1,17. Lokalt har nok enda grunnere glideflater sikkerhet ned mot 1,0.

Videre har en glideflate, som strekker seg helt opp til bebyggelsen på det øvre plataået (kt. +84-85), beregningsmessig sikkerhet (γ_m) lik 1,22.

Tiltak

Beregningsresultater i vedlegg 16 viser effekten av å slake ut skråningen etter samme prinsipp som beskrevet for Profil A. I dette profilet er det imidlertid ikke mulig å foreta en avlastning inne på elveterrassen (kt. +62-65) ettersom en slik avlastning vil forverre sikkerheten for kritisk glideflate i skråningen mellom elveterrassen (kt. +62-65) og det øvre plataået (kt. +84-85). Det siste betyr at i stedet for avastning må det fylles opp på elveterrassen, for å bedre stabiliteten av skråningen ovenfor. Som følge av oppfyllingen på elveterrassen, må det fylles opp desto mer i foten av skråningen ned mot elva, for å få til en forbedring av dype glideflater som strekker seg helt opp til bebyggelsen på det øvre plataået (kt. +84-85). Alternativt kan det, om mulig, være aktuelt å avlaste noe på toppen av skråningen ved å masseutskifte med lette masser.

En relativt liten oppfylling på elveterrassen (kt. +62-65), som vist i vedlegg 16, gir beregningsmessig sikkerhet (γ_m) for kritisk glideflate i skråningen over lik 1,22 (tilsvarer 8% forbedring). En oppfylling nede ved elva, i kombinasjon med avlastning av den ytterste kanten av elveterrassen (kt. +62-65), gir beregningsmessig sikkerhet (γ_m) lik 1.53 (tilsvarer 31 % forbedring) for en glideflate som omfatter ytterste kant av elveterrassen (kt. +62-65).

Tiltakene over medfører at beregningsmessig sikkerhet (γ_m) for en glideflate, som strekker seg helt opp til bebyggelsen på det øvre plataået (kt. +84-85), blir 1.28 (tilsvarer 6 % forbedring), jf. vedlegg 16.

4.6 Profil C

Dagens situasjon

Beregningsmessig sikkerhet (γ_m) mot utglidning / skred i Profil C er mindre enn 1,0, jf. vedlegg 17. Dårlig kartgrunnlag og få boringer medfører en viss usikkerhet, men stabiliteten av skråningen er etter alt å dømme lav.

Tiltak

Vedlegg 18 viser et forslag til tiltak som vil heve beregningsmessig sikkerhet (γ_m) for kritisk glideflate til 1,05 (17 % forbedring). Det er antatt at platået på toppen utnyttes som landbruksareal.

4.7 Profil D

Dagens situasjon og situasjon etter skredet i 2001

Kritisk glideflate har beregningsmessig sikkerhet (γ_m) lik 0,98 for aktuell situasjon før tiltak ble iverksatt etter skredet i 2001, jf. vedlegg 19.

Beregningsmessig sikkerhet (γ_m) for kritisk glideflate i dagens situasjon er lik 1,03, jf. vedlegg 20. Utførte tiltak representerer dermed en beregningsmessig stabilitetsforbedring på 5 % for kritisk glideflate. Beregningsmessig sikkerhet (γ_m) for en glideflate som omfatter de nærmeste husene er lik 1,15, jf. vedlegg 20. En glideflate som strekker seg over Fossveien har beregningsmessig sikkerhet (γ_m) lik 1,33.

Tiltak

Vedlegg 21 viser et eksempel på et tiltak som vil heve beregningsmessig sikkerhet (γ_m) for kritisk glideflate ute ved skråningskanten til 1,15, tilsvarende kravet til "forbedring" i følge /15/. Glideflater som omfatter de første husene får beregningsmessig sikkerhet (γ_m) lik 1,22, mens glideflater som strekker seg over Fossveien får beregningsmessig sikkerhet (γ_m) lik 1,39. Tiltaket innebærer 5 meter avlastning og utslaking til helning 1:7 på området som avlastes.

4.8 Oversikt over beregningsresultater og prosentvis forbedring av beregningsmessig sikkerhet (γ_m)

Tabell 1 gir en oversikt over beregningsresultatene. Alle tiltak, som er beskrevet i kap. 4 og som det er vist eksempler på i vedlegg 12-21, gir en forbedring av beregningsmessig sikkerhet som tilsvarer / ligger nært opp til beskrivelsen "Forbedring" i /15/. For enkelte deler av tiltaksområdet oppnås "Vesentlig forbedring", jf. /15/.

Tabell 1 Beregningsmessig sikkerhet (γ_m) før og etter tiltak. Effekt av tiltak vurdert etter /15/.

Profil	Lokal glideflate				Dypere glideflate				Områdestabilitet			
	Før (γ_m)	Etter (γ_m)	Forbedring (%)	Veiledning	Før (γ_m)	Etter (γ_m)	Forbedring (%)	Veiledning	Før (γ_m)	Etter (γ_m)	Forbedring (%)	Veiledning
A	0,96	1,1	14,6	F/VF *	1,08	1,29	19,4	VF	1,24	1,31	5,6	F/VF*
B	1,17	1,53	31	VF	1,13	1,22	8,0	F	1,22	1,28	5,8	F/VF
C					0,9	1,05	16,7	-				
D	1,03	1,15	11,7	F	1,15	1,22	6,1	MF/F *	1,33	1,39	4,5	VF

F = "Forbedring", jf. /15/
 VF = "Vesentlig forbedring", jf. /15/
 MF = Mindre forbedring
 * Ligger såvidt under grensen

I forbindelse med overstående tabell vil vi gjøre oppmerksom på at et skred i kvikkleire kan utvikle seg progressivt. Det vil si at det først går et initialskred i framkant av skråningen og videre forplanter skredet seg bakover. Rent praktisk innebærer det at det er sikkerhet for et innitskred som er dimensjonerende både for grunne og dypere glideflater.

5 VURDERING AV SKREDFARE OG SIKRINGSTILTAK

5.1 Skredfare

Skredfare må ses på som en funksjon av flere faktorer. De viktigste faktorene er geologi, skråningsstabilitet (topografi, sensitivitet, skjærfasthet, poretrykk), erosjon og menneskelige inngrep. Alle disse faktorene inneholder en viss grad av usikkerhet.

De nye grunnundersøkelsene har påvist kvikkleire i foten av skråningen ned mot Numedalslågen. Kvikkleirelaget ser ut til å gå helt ut i fronten av skråningen og trolig ut i elvebunnen. Boreresultatene tyder på at kvikkleireforekomsten i foten av skråningen strekker seg minst 700 meter nedstrøms skredgropa ved Fossveien 100. Nye og gamle boreresultater tyder på

at det meste av bebyggelse på begge sider av veien fra Fossveien 80 og sørover til gården i enden av Fossnesveien hviler på det samme laget av kvikkleire.

Aktiv erosjon er registrert i foten av skråningen mot Numedalslågen, nå sist i forbindelse med flommen i sommer. Stabilitetsberegninger indikerer videre lav sikkerhet mot utglidning langs den ytre skråningskanten og utilfredsstillende sikkerhet mot utglidning av bebygde deler av platået, jf. kapittel 4. Lav sikkerhet mot utglidning betyr at selv små terrenginngrep kan utløse skred. Med de grunnforholdene som er beskrevet over, kan et initialskred pga. erosjon i foten av skråningen i verste fall utvikle seg til et større kvikkleireskred. På grunn av store høydeforskjeller (ca. 45 meter) må i utgangspunktet hele boligområdet anses som skredutsatt.

NVE har i samarbeid med NGI utarbeidet en foreløpig veiledning med retningslinjer for hvilke krav som må stilles til dokumentasjon av grunnforhold og skråningsstabilitet i forbindelse med planer for ny utbygging i kvikkleirefarezoner, /14/. Det er ikke satt krav i forhold til eksisterende bebyggelse. Kravene i veiledningen er vurdert i forhold til type utbygging (tiltakskategori). Stabilitetsberegningene utført i dette prosjektet viser at omfanget av sikringstiltak som skal til for å heve områdestabiliteten opp til et akseptabelt nivå i henhold til veiledningen blir omfattende (gjelder ny bebyggelse). Slike tiltak må planlegges med tanke på utløsning av skred fra alle potensielle retninger. NGIs forslag til sikringstiltak tar således ikke sikte på å tilrettelegge for ny bebyggelse i dette området. Utbygging på platået nedstrøms Lakseplassen krever dokumentasjon i henhold til /14/ og /15/ (/14/ er vedlegg til /15/).

For å unngå en ytterligere forverring av skråningsstabiliteten må det etableres erosjonssikring. I tillegg må det avlastes og legges ut motfyllinger, i de mest utsatte områdene. Dette for å oppnå forbedret sikkerhet lokalt og for området som helhet.

På bakgrunn av ny informasjon som er fremkommet gjennom dette prosjektet må kvikkleirefarezone "1323 Fossnes" utvides og klassifiseres på nytt. Endringene vil medføre at faresonen kommer i faregradklasse "Høy". Sonen Fossnes vil komme til å strekke seg lengre mot nord (til og med Fossveien 80) og mot øst (til oppstikkende fjellrygg / 15 ganger høydeforskjellen fra elva).

Vi anbefaler at øvrige deler av skråningen / skråningene innenfor faresone "1323 Fossnes", som ikke er vurdert i denne omgang, vurderes nærmere (jf. tiltaksplan i vedlegg 22).

5.2 Tiltak

I det etterfølgende har vi vurdert behov for oppfølgende målinger og vist eksempler på mulige sikringstiltak.

5.2.1 Målinger

Vi anbefaler at dybdekartlegging av elvebunnen gjentas regelmessig for å dokumentere at det ikke pågår erosjon utenfor dagens plastring.

NGI anbefaler at poretrykksmålerne blir avlest annenhver måned i 1 år, for å få kartlagt sesongvariasjoner. Resultatene vurderes og legges inn i saksdokumentene til dette prosjektet.

5.2.2 Erosjonssikring

For å unngå ytterligere forverring av stabilitetsforholdene må det etableres erosjonssikring i foten av skråningen. Det må erosjonssikres til godt over høyeste flomvannstand. Tiltaket vil forhindre videre utvasking av jordmasser innover i skråningsfoten.

Erosjonssikringen bør utformes som en sjeté i en avstand fra skråningsfoten, for å gjøre det praktisk mulig å legge ut en motfylling mellom erosjonssikringen og skråningen. Krav til stabilitetsforbedring vil bestemme størrelsen av motfyllingen og dermed avstanden mellom erosjonssikringen og skråningen, jf. vedlegg 12-22.

Erosjonssikring og motfylling bør først prioriteres i området hvor det er registrert aktiv erosjon (nedstrøms skredgrop ved Fossnesveien 100 og så langt elva går i yttersving). Videre nedstrøms og oppstrøms dette området må behovet for erosjonssikring vurderes nærmere (ikke befart).

5.2.3 Behov for motfylling og terrengavlastning

Fra skredgropa ved Fossveien 100 og ned forbi Lakseplassen (så langt som elvebredden er yttersving i elva) er det behov for tiltak for å forbedre stabiliteten av de ytre plataene. Beregningene viser lav sikkerhet mot utglidning, jf. kap. 4. For å oppnå økt sikkerhet kan skråningskanten avlastes samtidig som det fylles opp i foten (mot erosjonssikringa). Tiltakene, som er beskrevet i kapittel 4 og vist i vedlegg 14, 16, 18 og 20, representerer en "forbedring" – "vesentlig forbedring" av lokalstabiliteten i henhold til /15/, jf. kap. 4.7.

Tiltakene bør også gi en dokumentert forbedring av områdestabiliteten (dypere glidninger som går inn til bebygde deler av plataet). I vedlegg 14, 16, 18 og 21 er det vist eksempler på oppfylling og avlastning som forbedrer områdestabiliteten. Effekten av tiltakene kan karakteriseres som en "forbedring" – "vesentlig forbedring" av områdestabiliteten ifølge /15/, jf. kapittel 4.7.

Vedlegg 22 viser et forslag til tiltaksplan for tiltakene det er referert til i kapittel 4. Store høydeforskjeller gjør at omfanget av tiltak blir stort i forhold

til stabilitetsforbedringen som oppnås. En relativt liten forbedring av stabiliteten anses likefullt som virkningsfull og vil bidra til å redusere faren for større skred (kvikkleireskred).

I forbindelse med skred i 2001, jf. /6/, ble det lagt ut motfylling i skråningen nedenfor Fossveien 98-100. I tillegg ble toppen av skråningen avlastet. NGI / NVE har dokumentasjon som viser at tiltaket har medført en stabilitetsforbedring av skråningskanten (det ble fylt opp med tilsammen 1000 tonn stein). Stabilitetsforbedringen som ble oppnådd ved tiltakene i 2001 / 2002 er relativt liten, i hovedsak pga. av stor høydeforskjell mellom platået og elva (ca. 45 meter). Undergrunnen nede ved elva består av skredmasse som trolig ikke er rekonsolidert etter skredet i 2001. Skredmassene har derfor ikke tilstrekkelig bæreevne for en motfylling som bidrar til å heve områdestabiliteten. Avlastning av terrenget ved toppen av skråningen er derfor foreslått, jf. kapittel 4.6 samt vedlegg 21 og 22.

5.3 Praktiske forhold ved tiltak

5.3.1 Prosjektering

Erosjonssikring, motfylling og avlastning må detaljprosjekteres og tilpasses de lokale terreng- og grunnforholdene.

Leira i området er meget sensitiv og skråningen er meget bratt. Det innebærer at ved anleggsarbeidene er det lite rom for feilvurderinger. Arbeidene må planlegges detaljert og gjennomføres etter planene. Rent praktisk innebærer det at det bør lages detaljerte tegninger og arbeidsbeskrivelser.

5.3.2 Informasjon til utførende

Tegninger og arbeidsbeskrivelser må gjennomgås med de som skal utføre arbeidene. Utførende entreprenør bør gjøre sikker jobb analyse (SJA) for disse arbeidene.

Videre anbefales at byggherren stiller med geofaglig kompetanse på stedet ved de mest kritiske arbeidene.

I forbindelse med arbeidene er det viktig at ikke mer vegetasjon enn nødvendig blir ødelagt.

6 REFERANSER

/1/ Fossnes på Hvittingfoss. Resultater fra grunnundersøkelser. Norges geotekniske institutt (NGI), rapport 20071564-1, 29. november 2007.

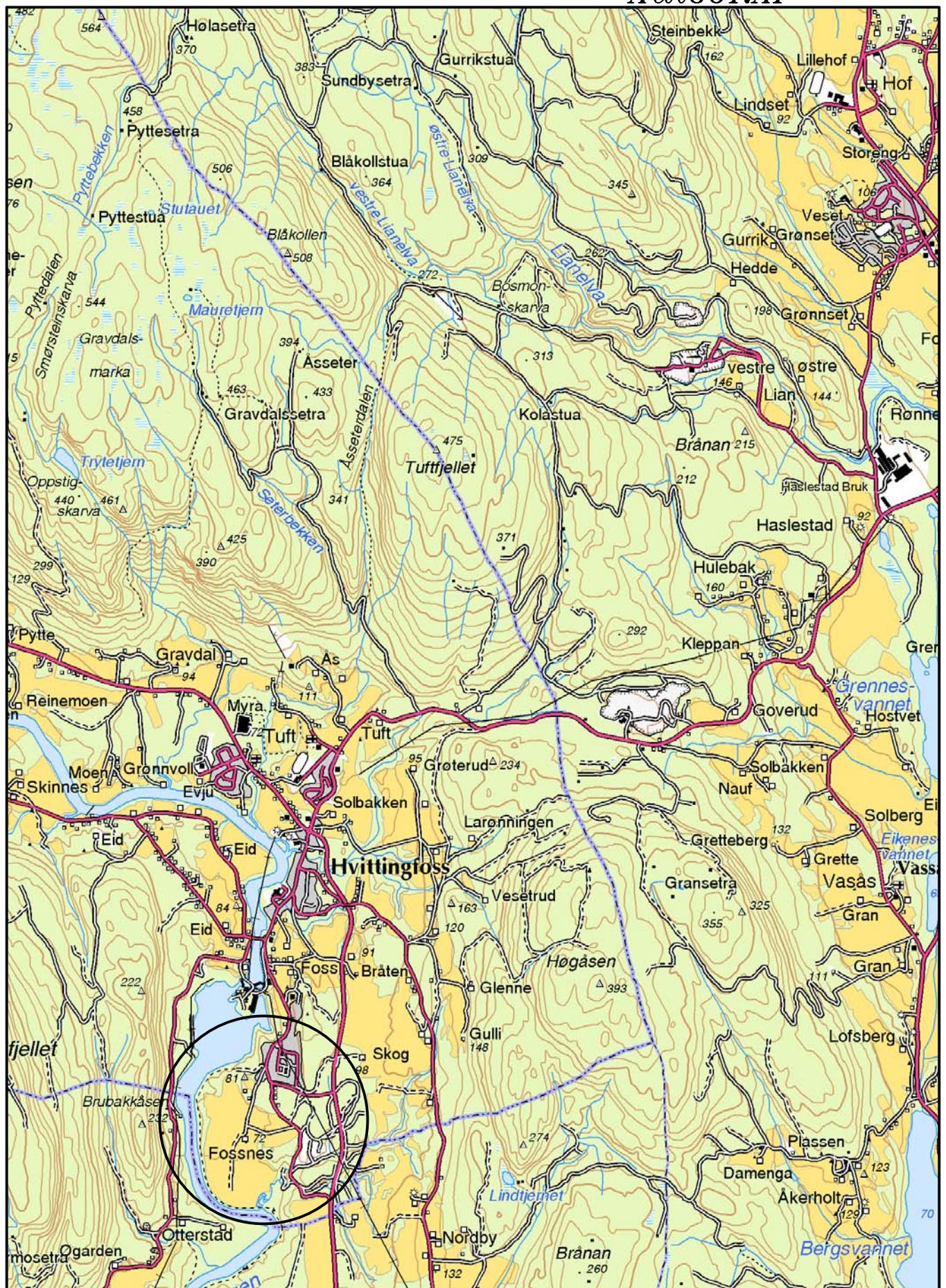
- /2/ Kartlegging av potensiell fare for kvikkleireskred. Kartbladet Holmestrand. Norges geotekniske institutt (NGI), rapport 98001-1 og -2, juni 1998.
- /3/ Program for økt sikkerhet mot leirskred. Evaluering av risiko for kvikkleireskred. Kongsberg kommune. Norges geotekniske institutt (NGI), rapport 2001008-52, 23. mai 2006.
- /4/ Skredbefaringer i Kongsberg. Vurdering av mindre utglidninger og erosjon ved Fossnes i Hvitvingfoss. Norges geotekniske institutt (NGI), rapport 20071545-3, 14. juli 2007.
- /5/ Undersøkelse av rasskråning ved Hvitvingfoss. Norges geotekniske institutt (NGI), rapport O.978, 5. mai 1961.
- /6/ Jordskred, Fossveien 98-100, Hvitvingfoss. Grunnundersøkelser, stabilitetsanalyser og forslag til sikringstiltak. Norges geotekniske institutt (NGI), rapport 20011391-1, 28. november 2001.
- /7/ Fossveien 80, Hvitvingfoss. Grunnforhold og stabiliserende tiltak. Norges geotekniske institutt (NGI), teknisk notat 20001573, 26. februar 2001.
- /8/ Veiledning for ”Symboler og definisjoner i geoteknikk. Presentasjon av geotekniske undersøkelser.” Norsk geoteknisk forening, melding nr. 2, utgitt 1982.
- /9/ Karlsrud, K.; Lunne, T.; Kort, D.A.; Strandvik, S. (2005) CPTU correlations for clays. International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, 16. Osaka 2005. Proceedings, Vol. 2, pp. 683-702.
- /10/ Karlsrud, K. Tolking og fastlegging av jordartsparemetere. Karakteristisk jordprofil. Foredrag (4.1), Stabilitetsanalyser av skråninger, skjæringer og fyllinger, NGF – kurs, mai 2003.
- /11/ Karlsrud, K. Tolking og fastlegging av jordartsparemetere. Karakteristisk jordprofil. Foredrag (4.1), Stabilitetsanalyser av skråninger, skjæringer og fyllinger, NGF – kurs, mai 2003.
- /12/ Karlsrud, K. Skjærstyrkeegenskaper av leire og bruk i stabilitetsanalyser. Foredrag (4.2), Stabilitetsanalyser av skråninger, skjæringer og fyllinger, NGF – kurs, mai 2003.



- /13/ Gunnar Aas
Stabilitetsberegninger for fundamenter, fyllinger, skjæringer og naturlige skråninger på/i leire.
Intern veiledning nr. 02, juli 1989.

- /14/ Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)
Program for økt sikkerhet mot leirskred. Vurdering av områdestabilitet ved utbygging på kvikkleire. Foreløpig utgave.

- /15/ Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)
Retningslinjer for planlegging og utbygging i fareområder langs vassdrag. Foreløpig utgave 1, 2007.



Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

Oversiktskart

M = 1 : 50 000

Rapport nr.
20071564-2

Vedl. nr.
1

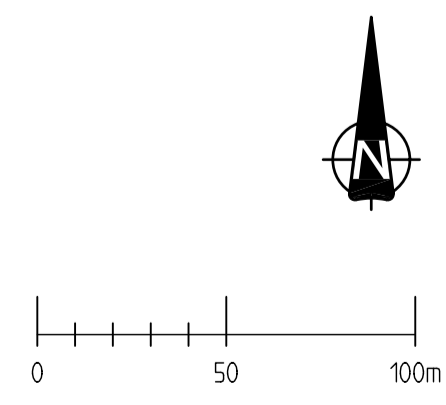
Tegner
RMO

Dato:
15.08.07

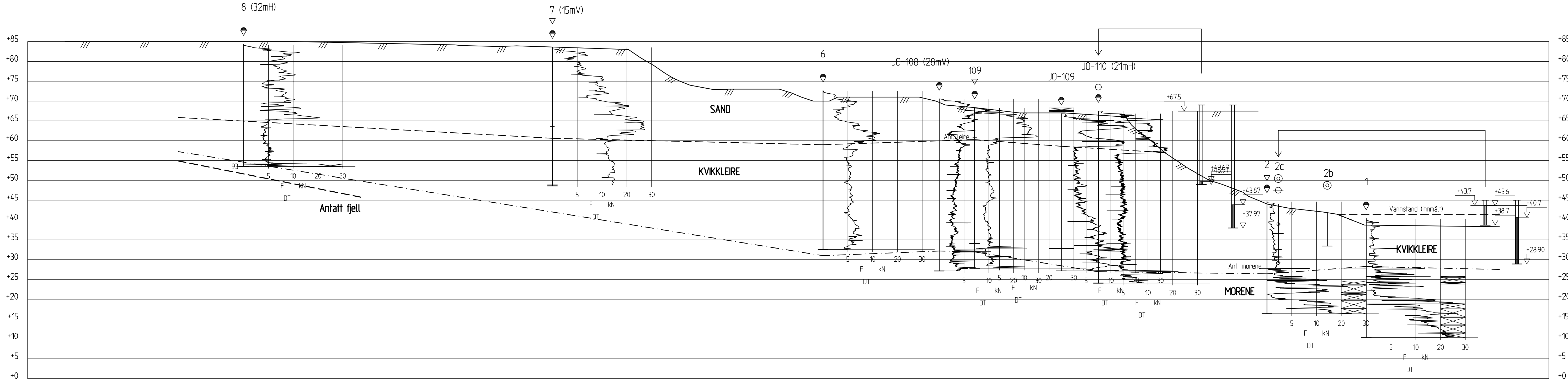
Kontrollert
AEg

Godkjent
RMO



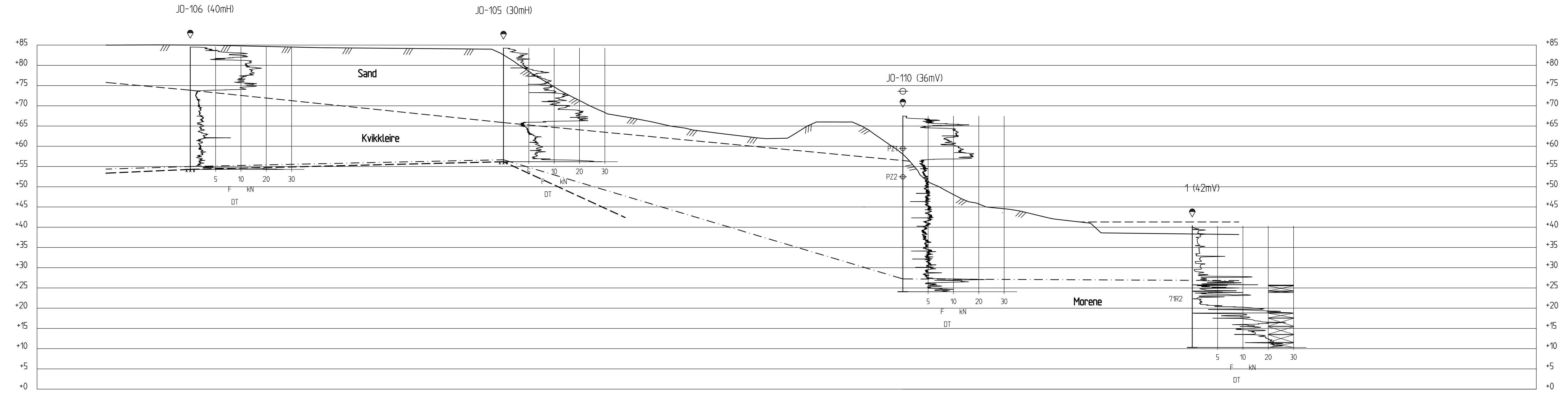


Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)		Rapport nr. 20071564-2	Veil. nr. 2
Borplan med nye borer (1-11 og 109) og tidligere borer M = 1 : 2000		Tegner RMo	Dato: 23.10.07
		Kontrollert AEG	
		Godkjent RMo	



Profil A-A
1 : 500

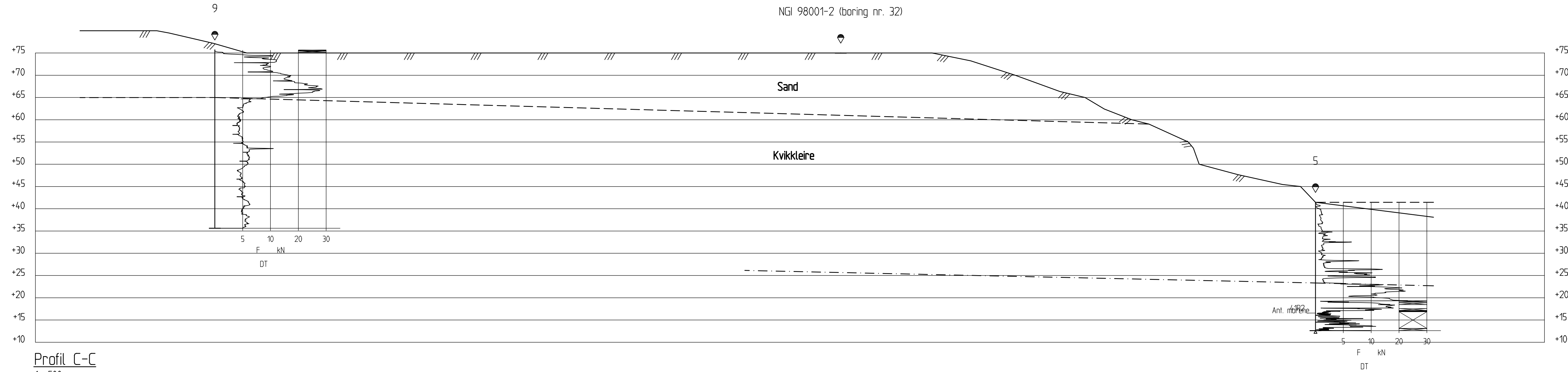
Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)	Rapport nr. 20071564-2	Vedl. nr. 3
	Tegner RMO	Dato 23.10.07
	Kontrollert AEg	
	Godkjent RMO	



Profil B-B
1 : 500

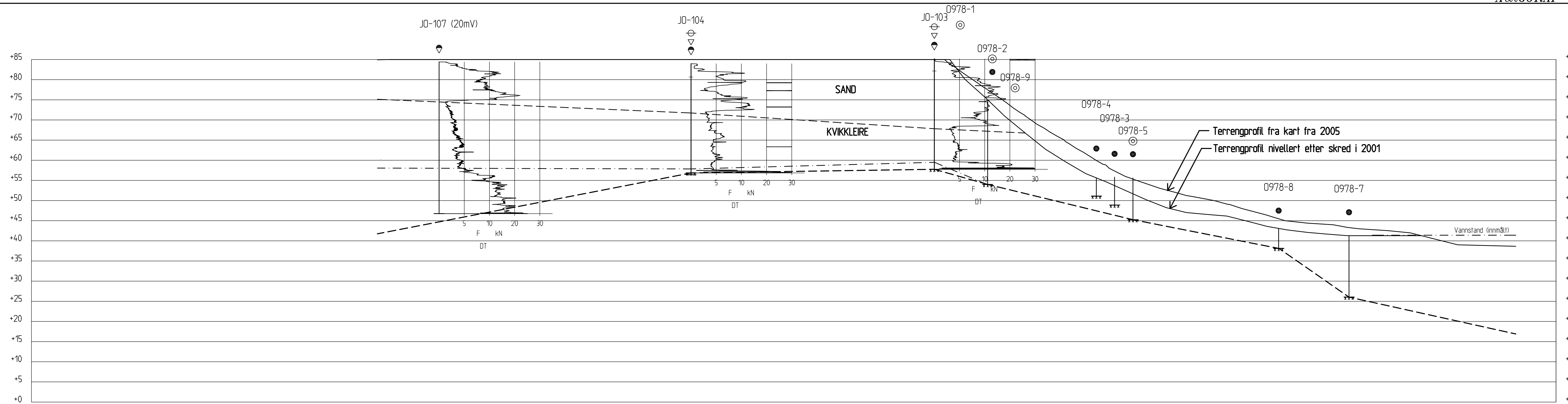
Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)	Rapport nr. 20071564-2	Vedl. nr. 4
	Tegner RMo	Dato 23.10.07
	Kontrollert AEg	
	Godkjent RMo	

NGI 98001-2 (boring nr. 32)




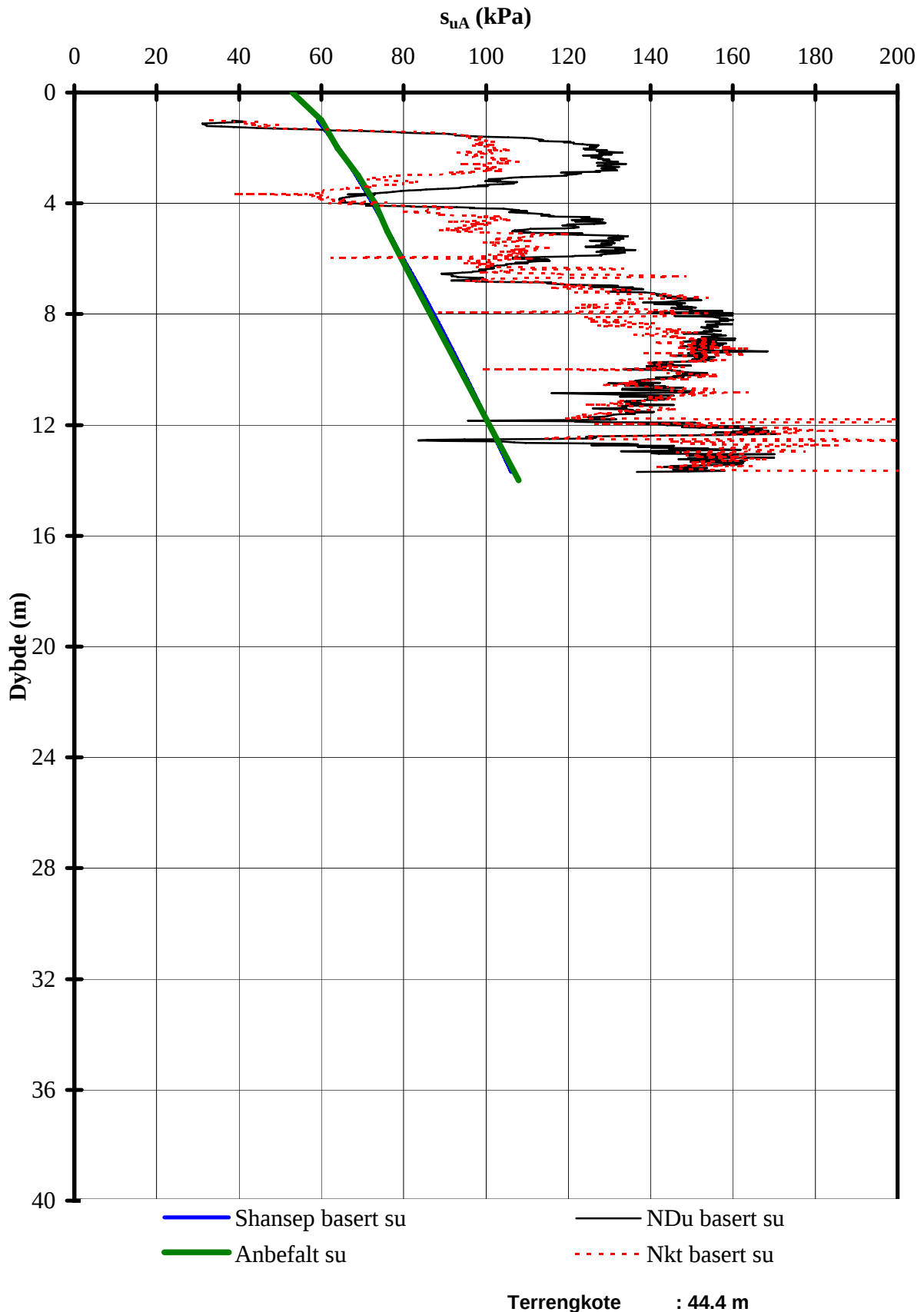
Profil C-C
1 : 500

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)	Rapport nr. 20071564-2	Vedl. nr. 5
	Tegner RMO	Dato 23.10.07
	Kontrollert AEG	
	Godkjent RMO	



Profil D-D
1 : 500

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)	Rapport nr. 20071564-2	Vedl. nr. 6
	Tegner RMo	Dato 23.10.07
	Kontrollert AEg	
	Godkjent RMo	




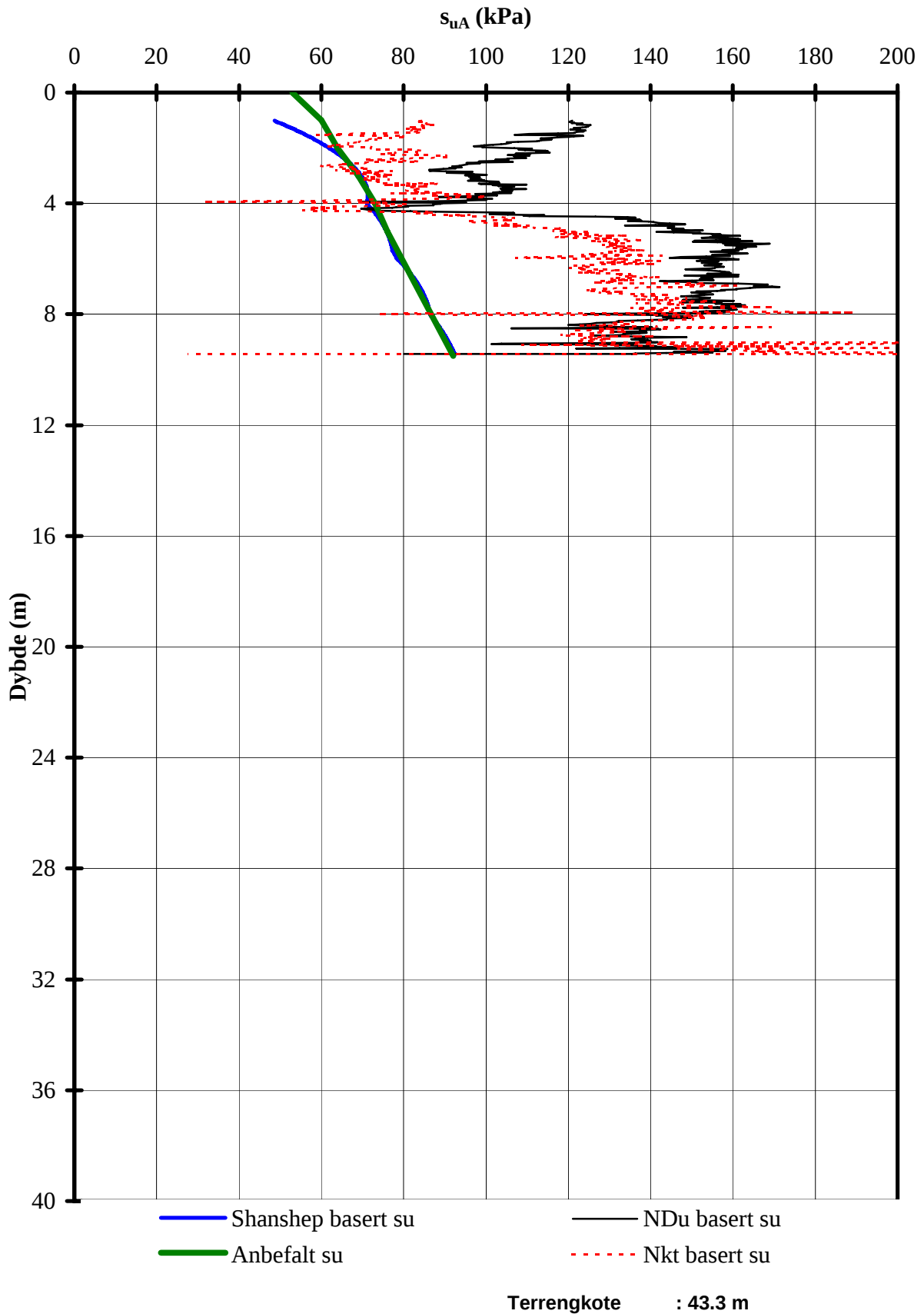
F:\p\2007\15\20071564\Rap\Tredje rappoartforslag[Vedlegg 7.xls]sua profil

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og Shansep.

Borpunkt 2 ref. /1/

Rapport nr. 20071564-2	Vedlegg nr. 7
Tegner RMO	Dato 26.11.2007
Kontrollert AEg	
Godkjent RMO	




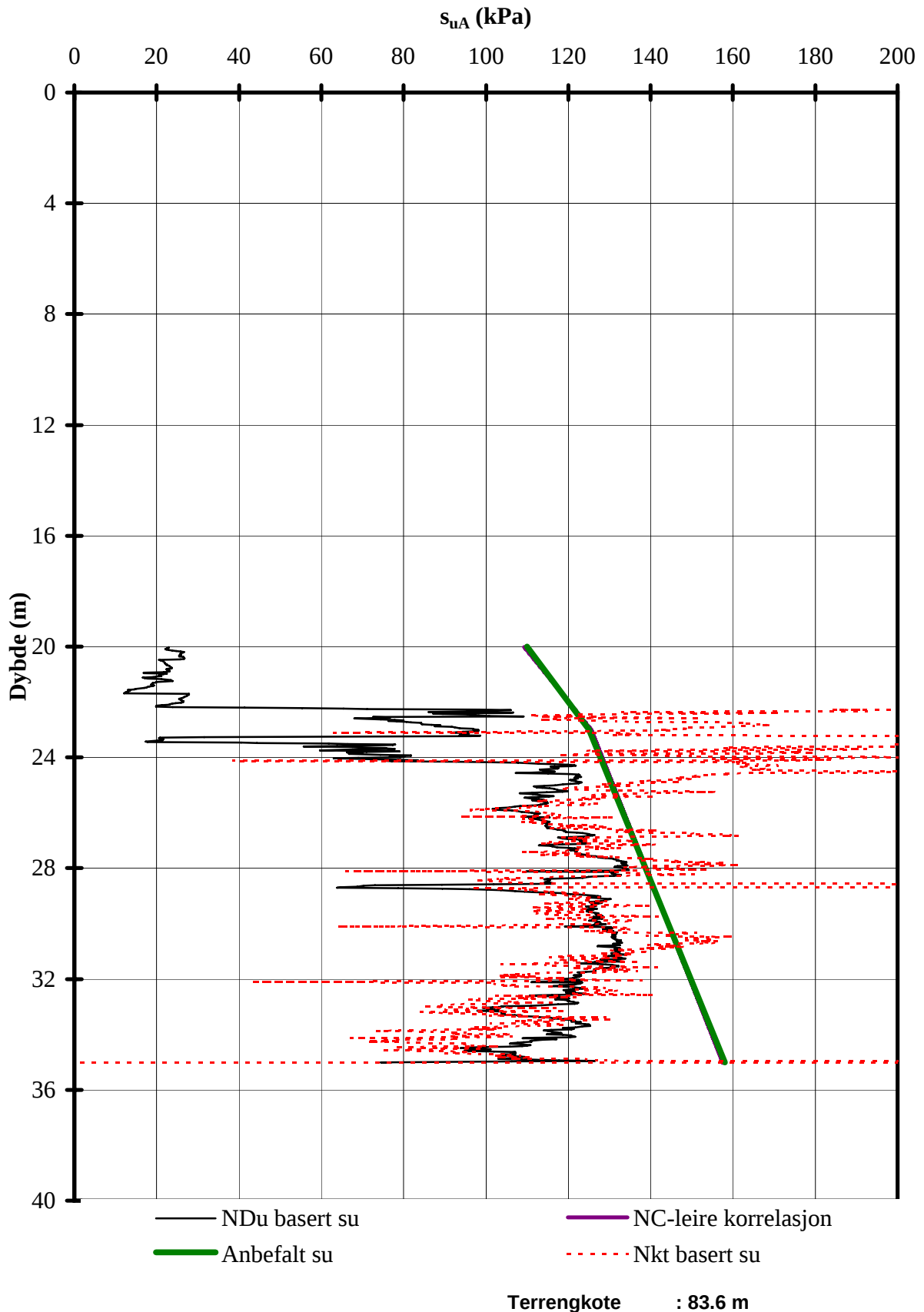
F:\p\2007\15\20071564\Rap\Tredje rappoartforslag[Vedlegg 8.xls]sua profil

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)


Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanshep.

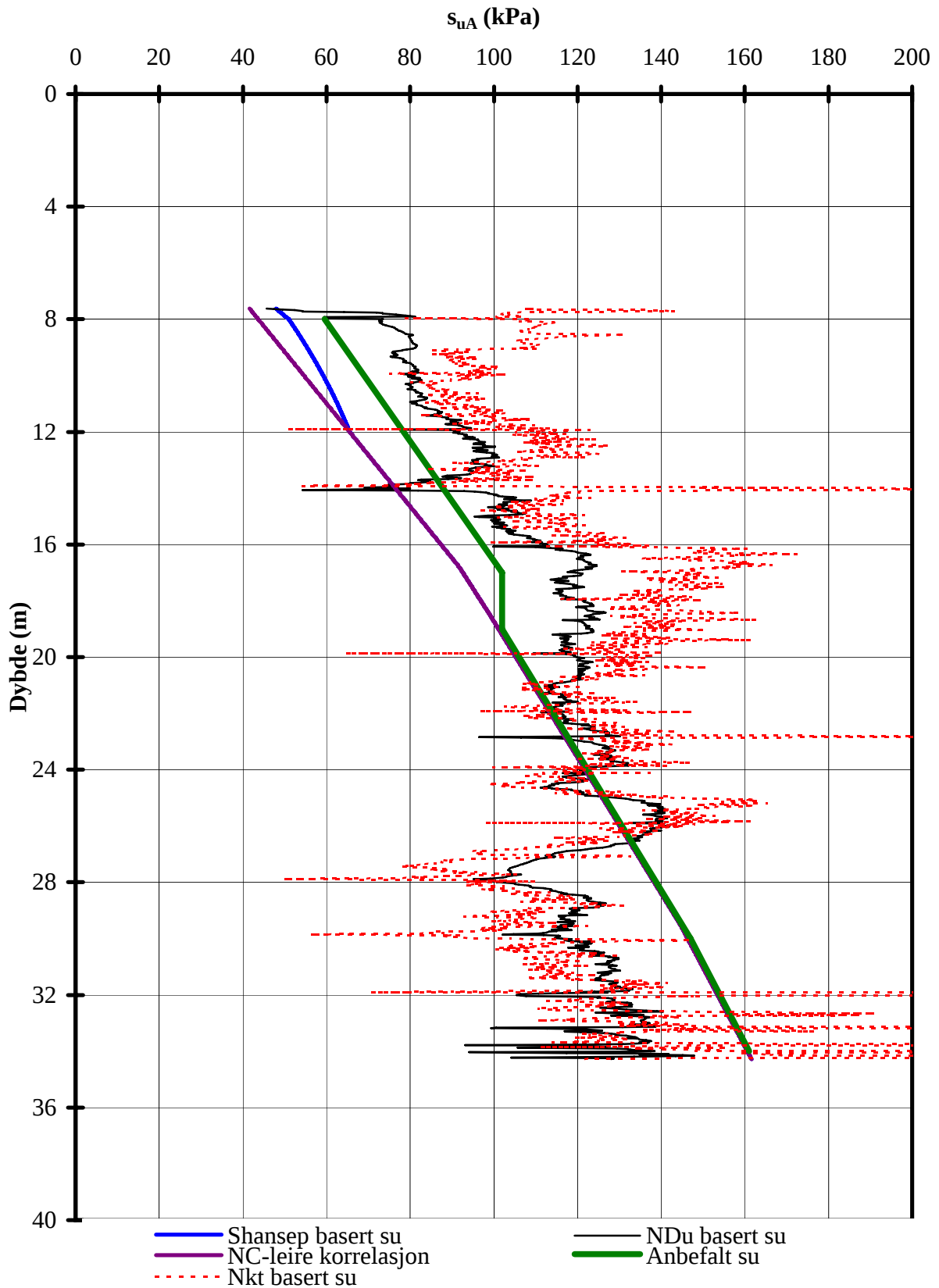
Borpunkt 4 ref. /1/

Rapport nr. 20071564-2	Vedlegg nr. 8
Tegner RMo	Dato 26.11.2007
Kontrollert AEg	
Godkjent RMo	



F:\p\2007\15\20071564\Rap\Tredje rappoartforslag[Vedlegg 9.xls]sua profil

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)	Rapport nr.	Vedlegg nr.
	20071564-2	9
Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og Shansep. Borhull 7, ref. /1/	Tegner	Dato
	RMo	26.11.2007
	Kontrollert	
AEg		
	Godkjent	
	RMo	




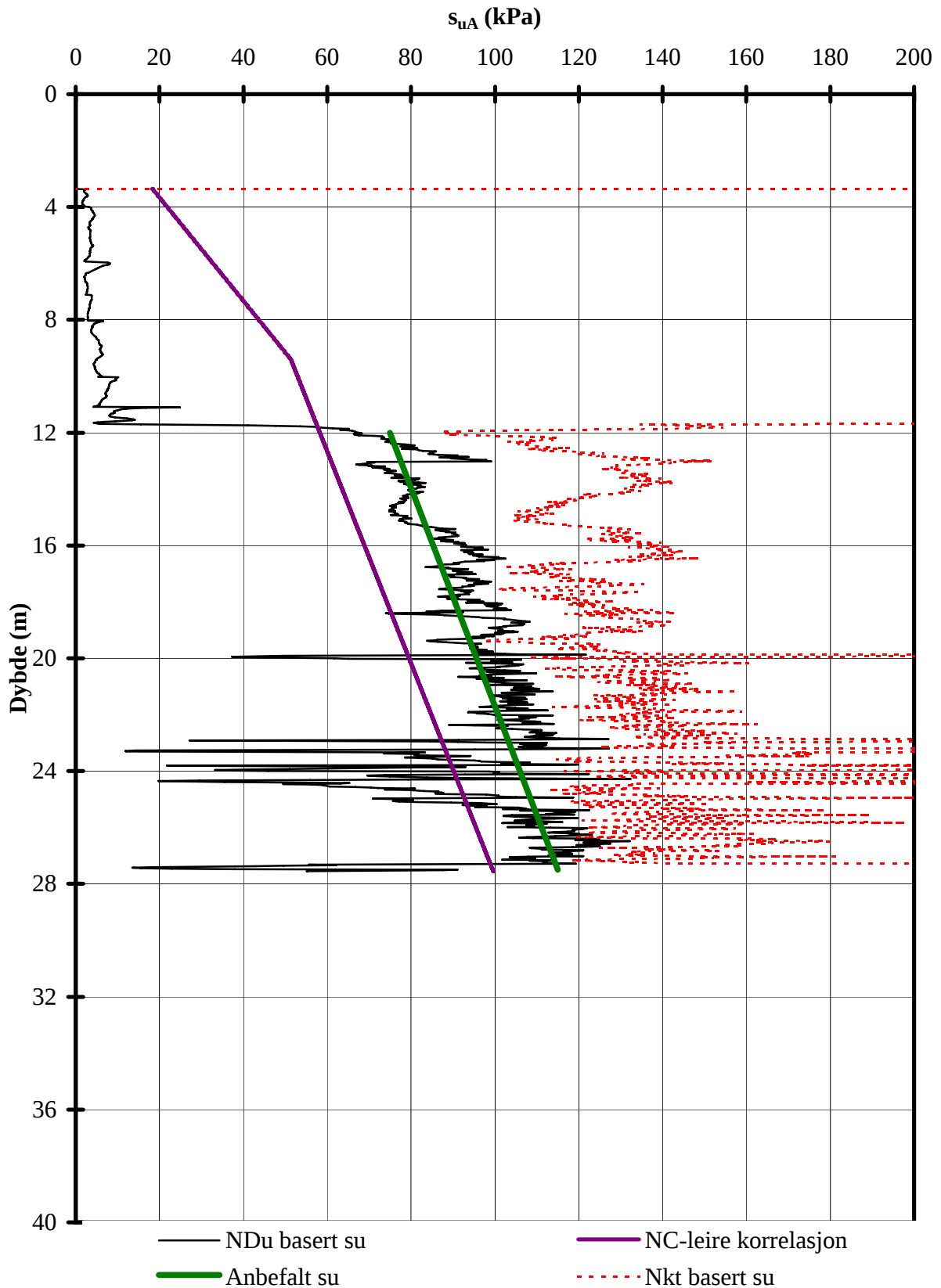
F:\p\2007\15\20071564\Rap\Tredje rappoartforslag[Vedlegg 10.xls]sua profil

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og Shansep.

Borhull109 ref. /1/

Rapport nr.	Vedlegg nr.
20071564-2	10
Tegner	Dato
RMo	26.11.2007
Kontrollert	
AEg	
Godkjent	
RMo	




Terrengkote : 84 m

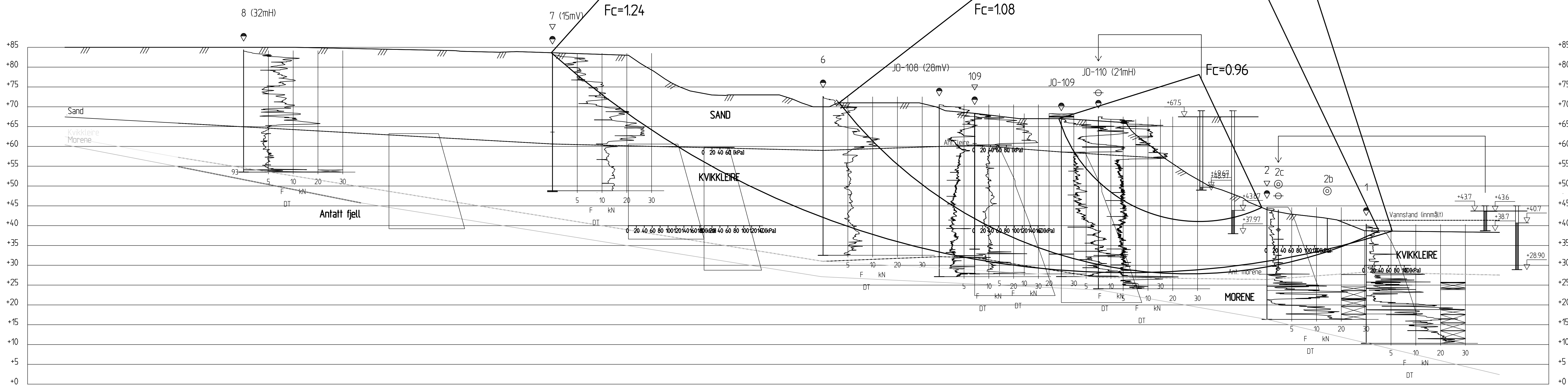
F:\p\2007\15\20071564\Rap\Andre rapportforslag\Vurderingsrapport\[Vedlegg 10.xls]sua profil

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og Shansep.


Borhull104 ref. /6/

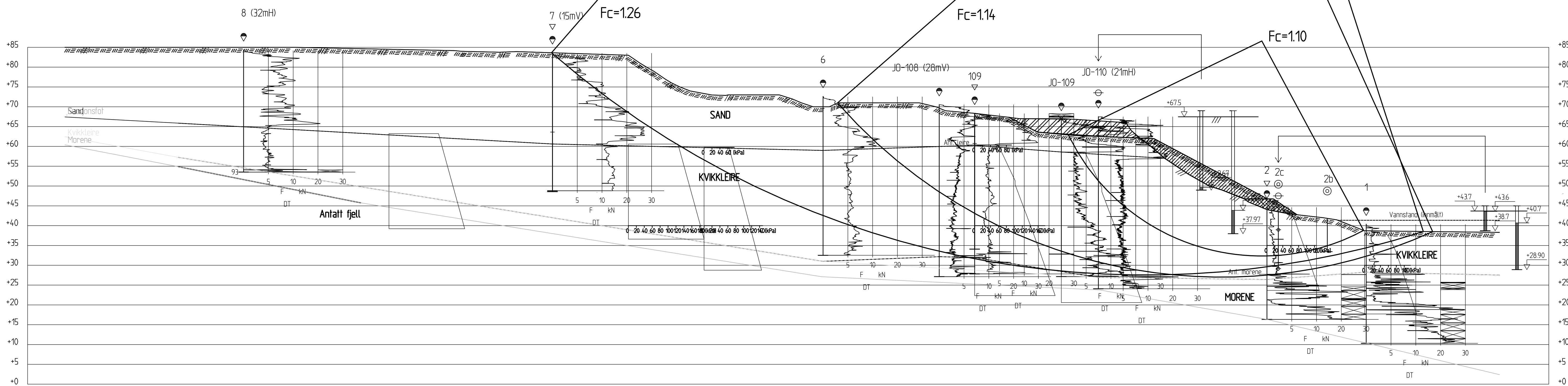
Rapport nr. 20071564-2	Vedlegg nr. 11
Tegner RMO	Dato 26.11.2007
Kontrollert AEg	
Godkjent RMO	



Profil A-A
1 : 500

Material	no	Un	Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap	AltGw	Ru-factor	PWPress.
Sand	1	19.50	35.0	0.0						0.00	0.00	0.00
Kvikkleire	2	19.50	---	---	C-profil	1.00	0.70	0.40		0.00	0.00	0.00
Morene	3	19.50	35.0	0.0						0.00	0.00	0.00

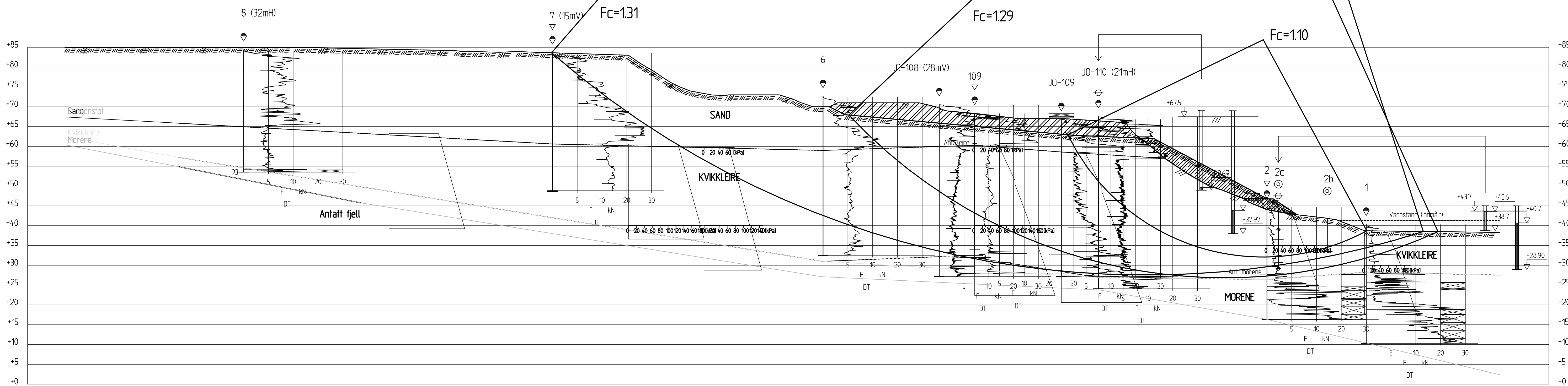
Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)	Rapport nr.	20071564-2	Vedl. nr.	12
	Tegner	RMo	Dato	23.10.07
	Kontrollert	AEg		
	Godkjent	RMo		



Profil A-A
1 : 500

Material	no	Un.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap	AltGw	Ru-factor	PWPress.
Sand	1	19.50	35.0	0.0					0.00	0.00	0.00
Erosjonsfot	4	19.00	42.0	0.0					0.00	0.00	0.00
Kvikkleire	2	19.50	---	---	C-profil	1.00	0.70	0.40	0.00	0.00	0.00
Morene	3	19.50	35.0	0.0					0.00	0.00	0.00

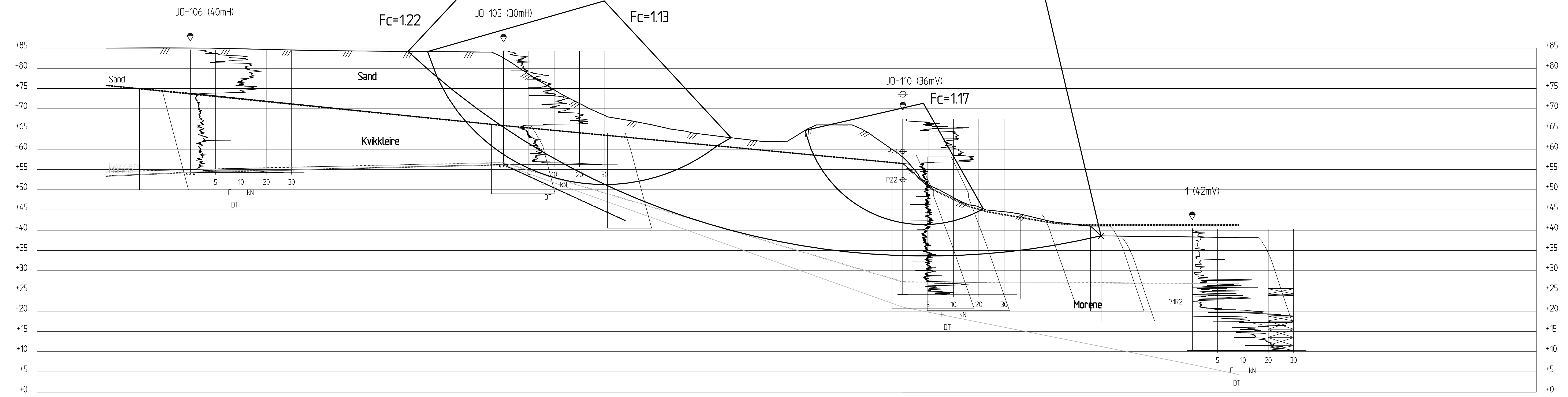
Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)		Rapport nr. 20071564-2	Vedl. nr. 13
Profil A. Stabilitet etter masseforflytning. M = 1 : 500		Tegner RMO	Dato 23.10.07
		Kontrollert AEg	
		Godkjent RMO	



Profil A-A
1 : 500

Material	no	Un.Weigh	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap	AltGw	Ru-factor	PWPress.
Sand	1	19.50	35.0	0.0					0.00	0.00	0.00
Erosjonsfot	4	19.00	42.0	0.0					0.00	0.00	0.00
Kvikkleire	2	19.50	---	---	C-profil	1.00	0.70	0.40	0.00	0.00	0.00
Morene	3	19.50	35.0	0.0					0.00	0.00	0.00

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)	Rapport nr. 20071564-2	Vedl. nr. 14
Profil A. Stabilitet etter masseforflytning og avlastning. M = 1 : 500	Tegner RMO	Dato 23.10.07
	Kontrollert AEg	
	Godkjent RMO	

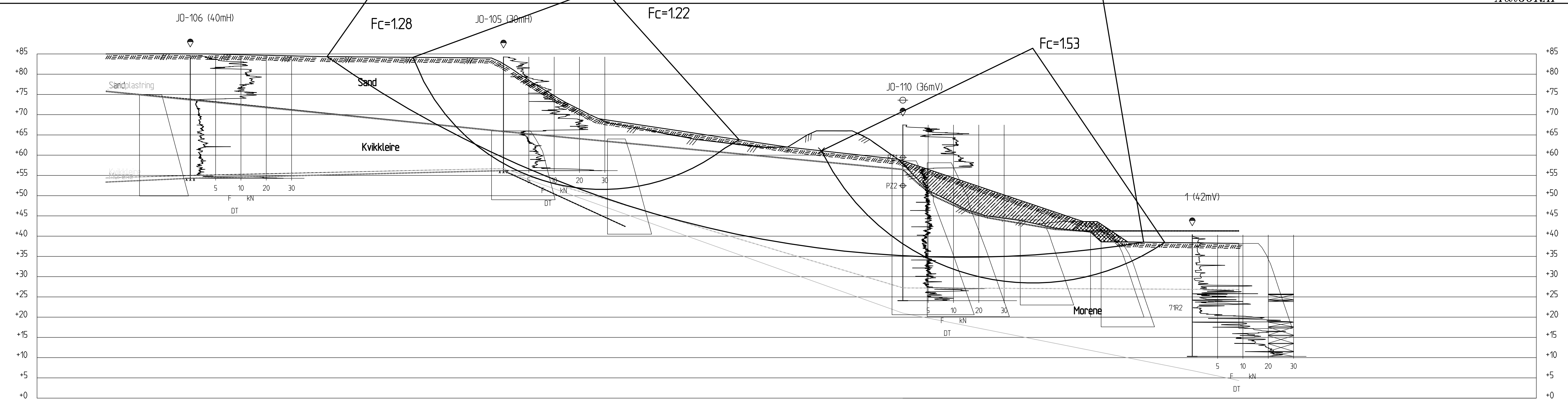


Profil B-B
1 : 500

Material	no	Un.Weigth	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap	AltGw	Ru-factor	PWPress
Sand	1	19.50	35.0	0.0					0.00	0.00	0.00
Kvikkleire	2	19.50	---	---	C-profil	1.00	0.70	0.40	0.00	0.00	0.00
Morene	3	19.50	35.0	0.0					0.00	0.00	0.00

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)	Rapport nr.	20071564-2	Vedl. nr.	15
	Tegner	RMo	Dato	23.10.07
	Kontrollert	AEg		
	Godkjent	RMo		

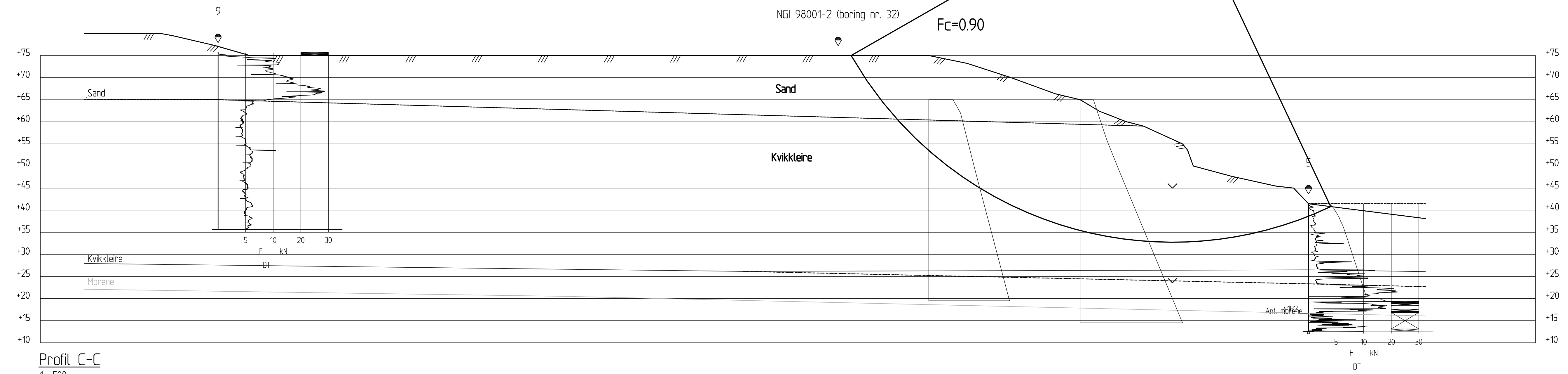
Profil B. Stabilitet av naturlig skråning.
M = 1 : 500



Profil B-B
1 : 500

Material	no	Un.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap	AltGw	Ru-factor	PWPress.
Sand	1	19.50	35.0	0.0					0.00	0.00	0.00
Steinplastring	4	19.00	42.0	0.0					0.00	0.00	0.00
Kvikkleire	2	19.50	---	---	C-profil	1.00	0.70	0.40	0.00	0.00	0.00
Morene	3	19.50	35.0	0.0					0.00	0.00	0.00

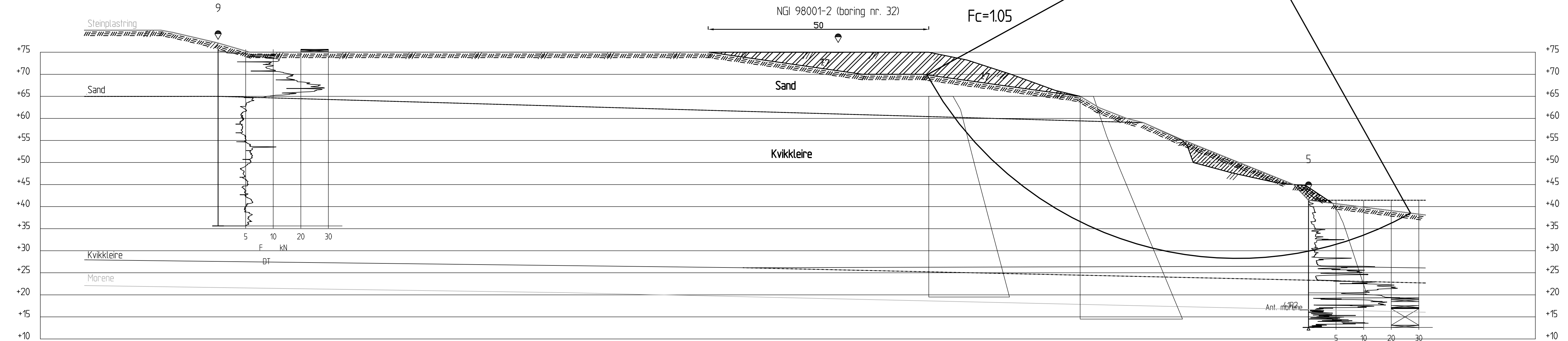
Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)	Rapport nr. 20071564-2	Vedl. nr. 16
	Profil B. Stabilitet etter masseforflytning. M = 1 : 500	
Tegner RMO	Dato 23.10.07	
Kontrollert AEG	Godkjent RMO	



Profil C-C
1 : 500

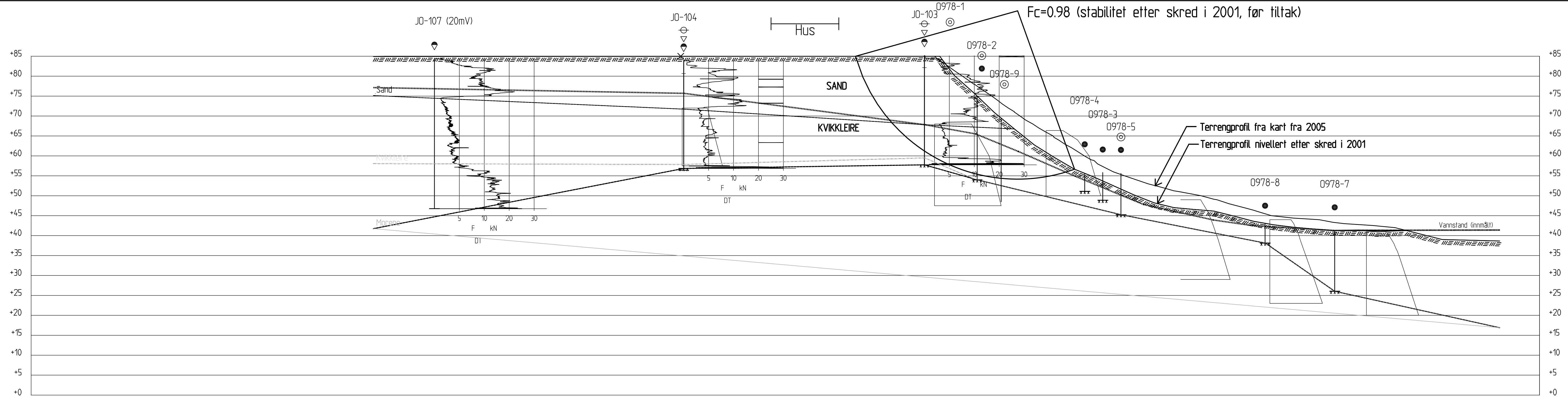
Material	no	Un.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap	AltGw	Ru-factor	PWPress.
Sand	4	19.50	35.0	0.0					0.00	0.00	0.00
Kvikkleire	5	19.50	---	---	C-profil	1.00	0.70	0.40	0.00	0.00	0.00
Morene	6	19.50	35.0	0.0					0.00	0.00	0.00

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)	Rapport nr. 20071564-2	Vedl. nr. 17
	Profil C. Stabilitet av naturlig skråning. M = 1 : 500	
	Tegner RMO	Dato 23.10.07
	Kontrollert AEG	
Godkjent RMO		



Profil C-C
1 : 500

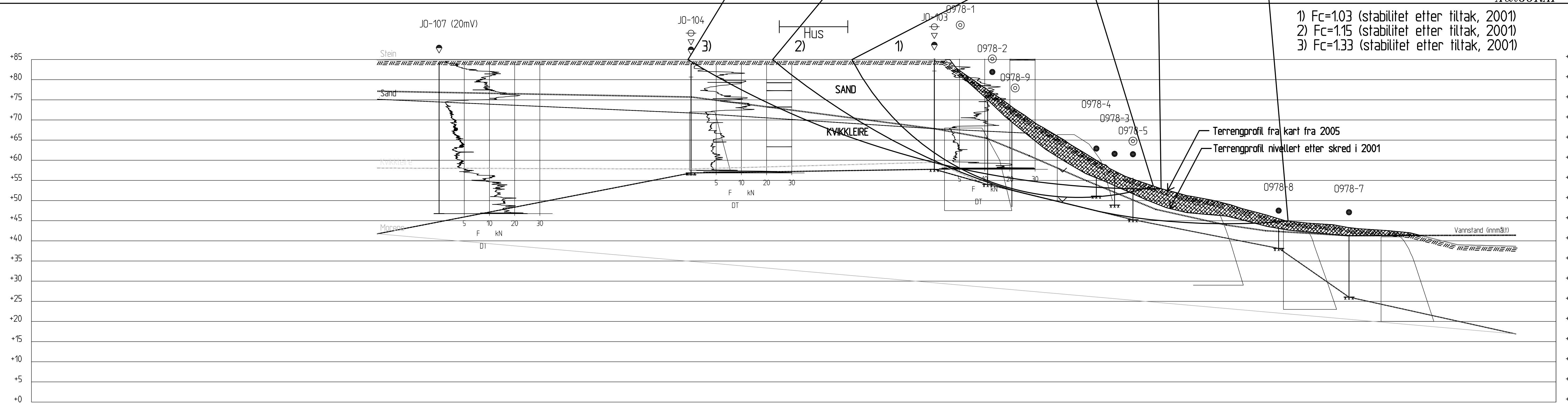
Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)	Rapport nr. 20071564-2	Vedl. nr. 18
	Tegner RMO	Dato 23.10.07
	Kontrollert AEG	
	Godkjent RMO	



Profil D-D
1 : 500

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)	Rapport nr. 20071564-2	Vedl. nr. 19
	Profil D. Stabilitet etter skred i 2001, før tiltak. M = 1 : 500	
	Tegner RMO	Dato 23.10.07
	Kontrollert AEg	
Godkjent RMO		

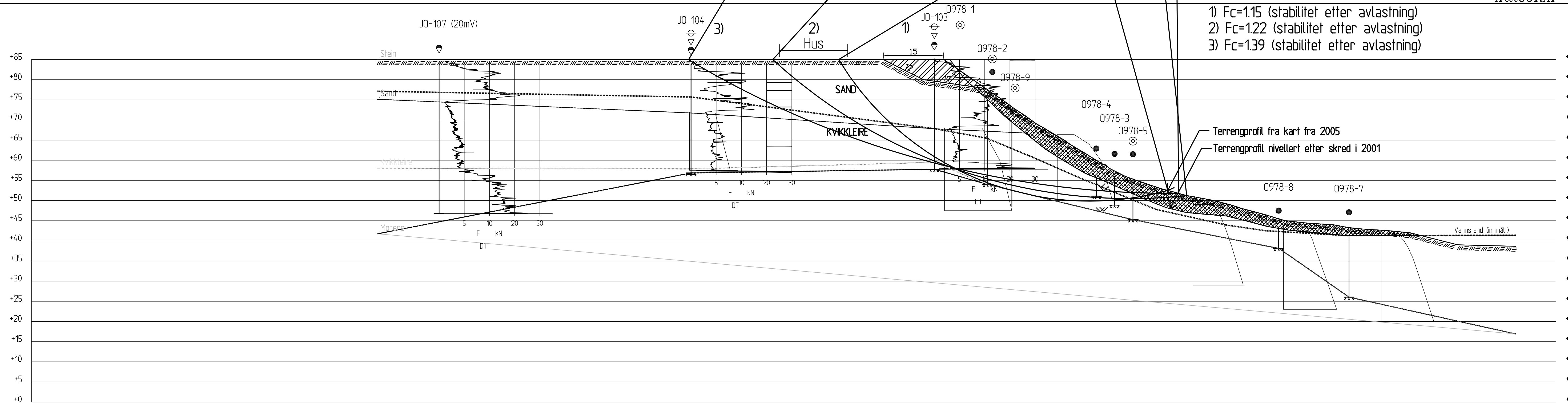
- 1) $F_c=1.03$ (stabilitet etter tiltak, 2001)
- 2) $F_c=1.15$ (stabilitet etter tiltak, 2001)
- 3) $F_c=1.33$ (stabilitet etter tiltak, 2001)




Profil D-D
1 : 500

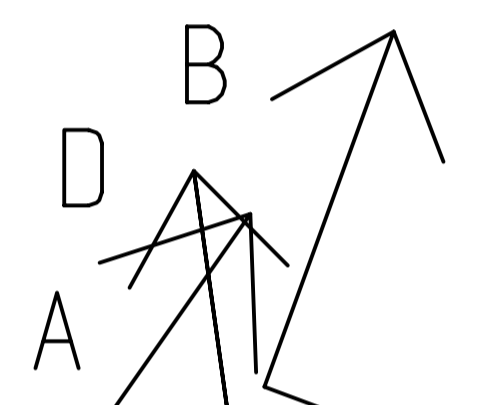
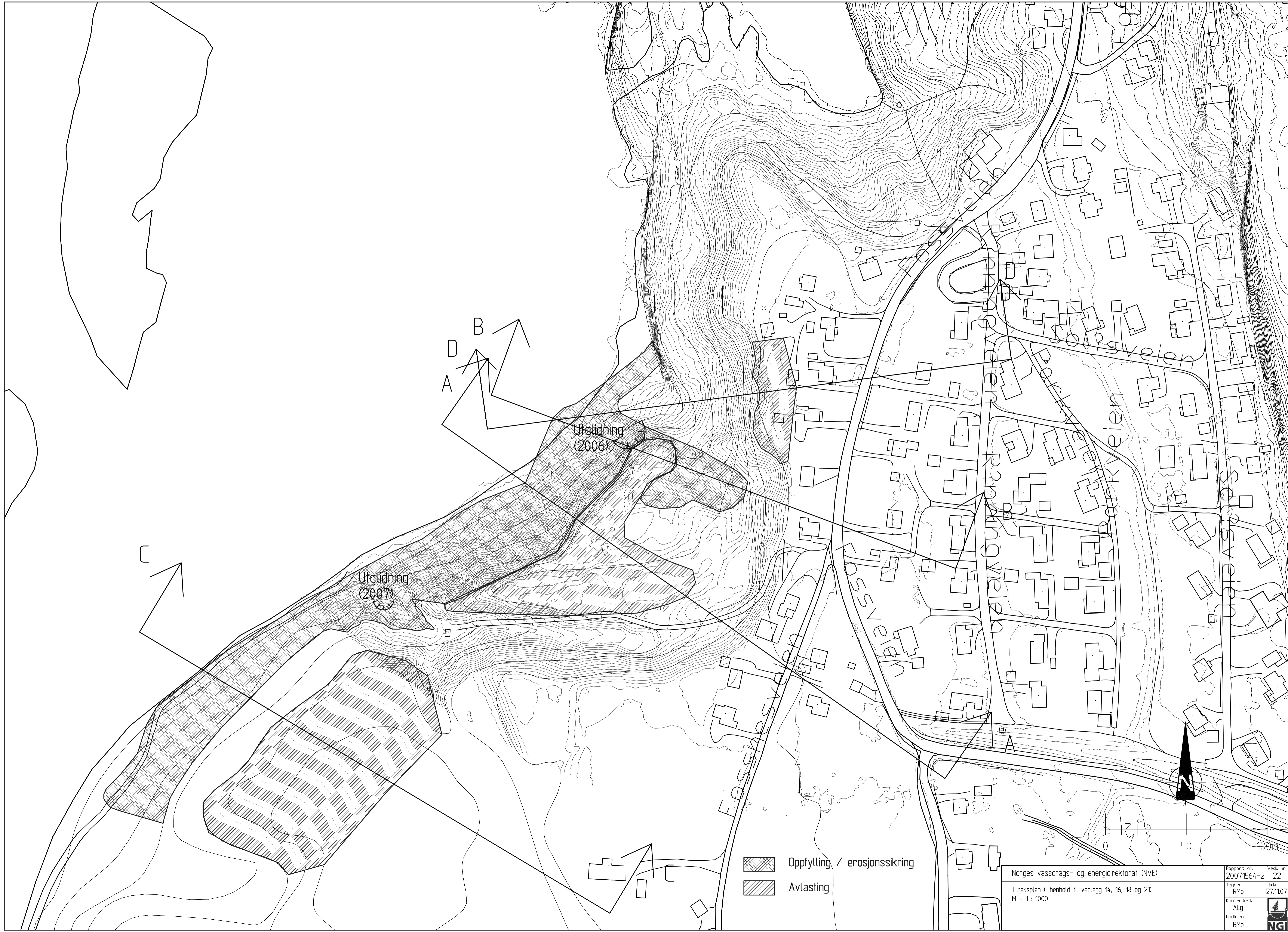
Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)	Rapport nr. 20071564-2	Vedl. nr. 20
	Tegner RMO	Dato 23.10.07
	Kontrollert AEG	
	Godkjent RMO	

- 1) $F_c=1.15$ (stabilitet etter avlastning)
- 2) $F_c=1.22$ (stabilitet etter avlastning)
- 3) $F_c=1.39$ (stabilitet etter avlastning)



Profil D-D
1 : 500

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)	Rapport nr. 20071564-2	Vedl. nr. 21
	Tegner RMo	Dato 23.10.07
	Kontrollert AEg	
	Godkjent RMo	



Utglijning
(2006)

Utglijning
(2007)

- Oppfylling / erosjonsikring
- Avlasting

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)		Rapport nr. 20071564-2	Vedl. nr. 22
Tiltaksplan (i henhold til vedlegg 14, 16, 18 og 21)		Tegner RMO	Dato 27.11.07
M = 1 : 1000		Kontrollert AEG	
		Godkjent RMO	

Kontroll- og referanseside/ Review and reference page



Dokumentinformasjon/Document information					
Dokumenttittel/Document title Fossnes på Hvitvingfoss Vurdering av skredfare og sikringstiltak			Dokument nr/Document No. 20071564-2		
Dokumenttype/Type of document		Distribusjon/Distribution		Dato/Date 30. januar 2008	
<input checked="" type="checkbox"/> Rapport/Report		<input type="checkbox"/> Fri/Unlimited		Rev.nr./Rev.No.	
<input type="checkbox"/> Teknisk notat/Technical Note		<input checked="" type="checkbox"/> Begrenset/Limited			
		<input type="checkbox"/> Ingen/None			
Oppdragsgiver/Client Norges vassdrags- og energidirektorat					
Emneord/Keywords landslide, quick clay, erosion,					
Stedfesting/Geographical information					
Land, fylke/Country, County Norge, Buskerud			Havområde/Offshore area		
Kommune/Municipality Kongsberg			Felt navn/Field name		
Sted/Location Hvitvingfoss			Sted/Location		
Kartblad/Map 1813 IV			Felt, blokknr./Field, Block No.		
UTM-koordinater/UTM-coordinates 32VNL570928					
Dokumentkontroll/Document control					
Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001					
Rev./ Rev.	Revisjonsgrunnlag/Reason for revision	Egen- kontroll/ Self review av/by:	Sidemanns- kontroll/ Colleague review av/by:	Uavhengig kontroll/ Independent review av/by:	Tverrfaglig kontroll/ Inter- disciplinary review av/by:
0	Original dokument	RMo	OG / AEg		
Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release		Dato/Date		Sign. Prosjektleder/Project Manager	
				Ragnar Moholdt	

A16 Brev 20081549. Supplerende grunnundersøkelser (Bjørn Strøm - 2009).



NVE –Region Sør/Øst
Postboks 2124
Anton Jenssensgate 5
3103 TØNSBERG

4468r1

6.mars 2009

SONDERINGER OG PORETRYKKMÅLERE TRÅNADALEN - HVITTINGFOSS

Etter avtale med Erik Traae har vi utført dreietrykksonderinger i 4 punkter , 1 CPT i et av punktene og satt ned 2 elektriske piezometere ved borepunkt 205.

De elektriske piezometerne ble avlest før og etter installering. Ved installasjon av piezometeret(serienr 29009) i sør med 10 m dybde under terrengnivå leste vi av 1827 Hz før installasjon og 1396 Hz etter installasjon. Ved installasjon av piezometeret(serienr 28909) i nord med 20 m dybde under terrengnivå hadde vi avlesning på 1903Hz før installasjon og 1488Hz etter installasjon.

Borepunktene ble angitt av oppdragsgiver. Resultatene fra dreietrykksonderingene og CPT-boringen finnes på figur 1 og 2.Vedlagt er også kalibreringssertifikatene for de elektriske piezometerne.

Håkon Akerholt for
Sivilingeniør Bjørn Strøm AS

Kontroll, Tor Strøm

Vedlegg: Figurer 1 og 2

Kart

Kalibreringssertifikater for piezometerne.

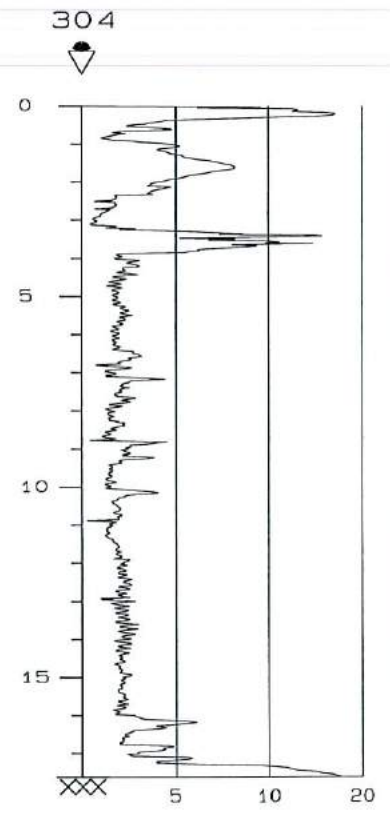
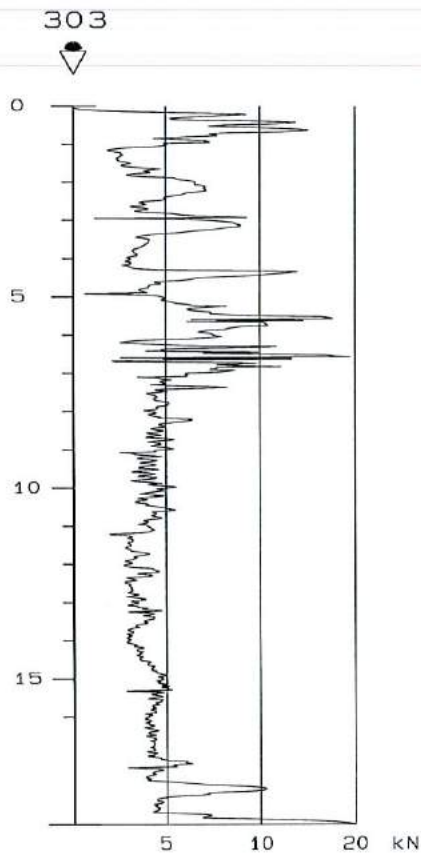
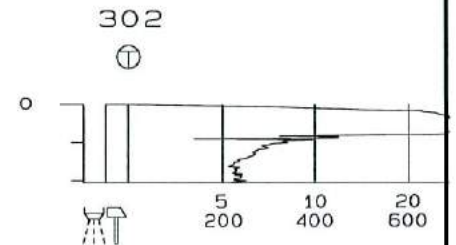
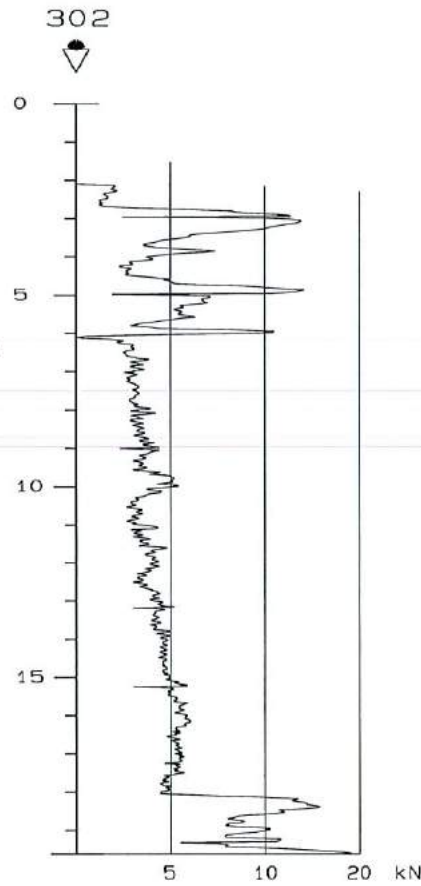
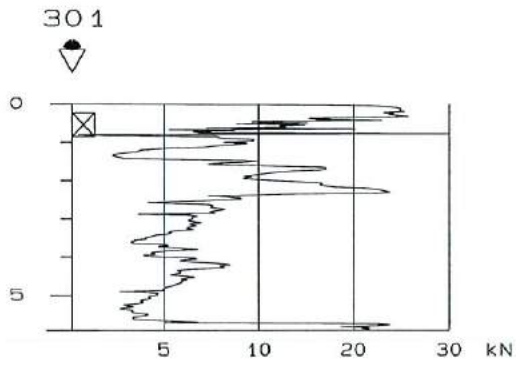
Bilag A, definisjoner, usikkerhet, ansvarsforhold

Bilag L, undersøkelsesmetoder

Fordeling: Adressat, epost + 2 eksemplarer

Eget arkiv, 1 eksemplar

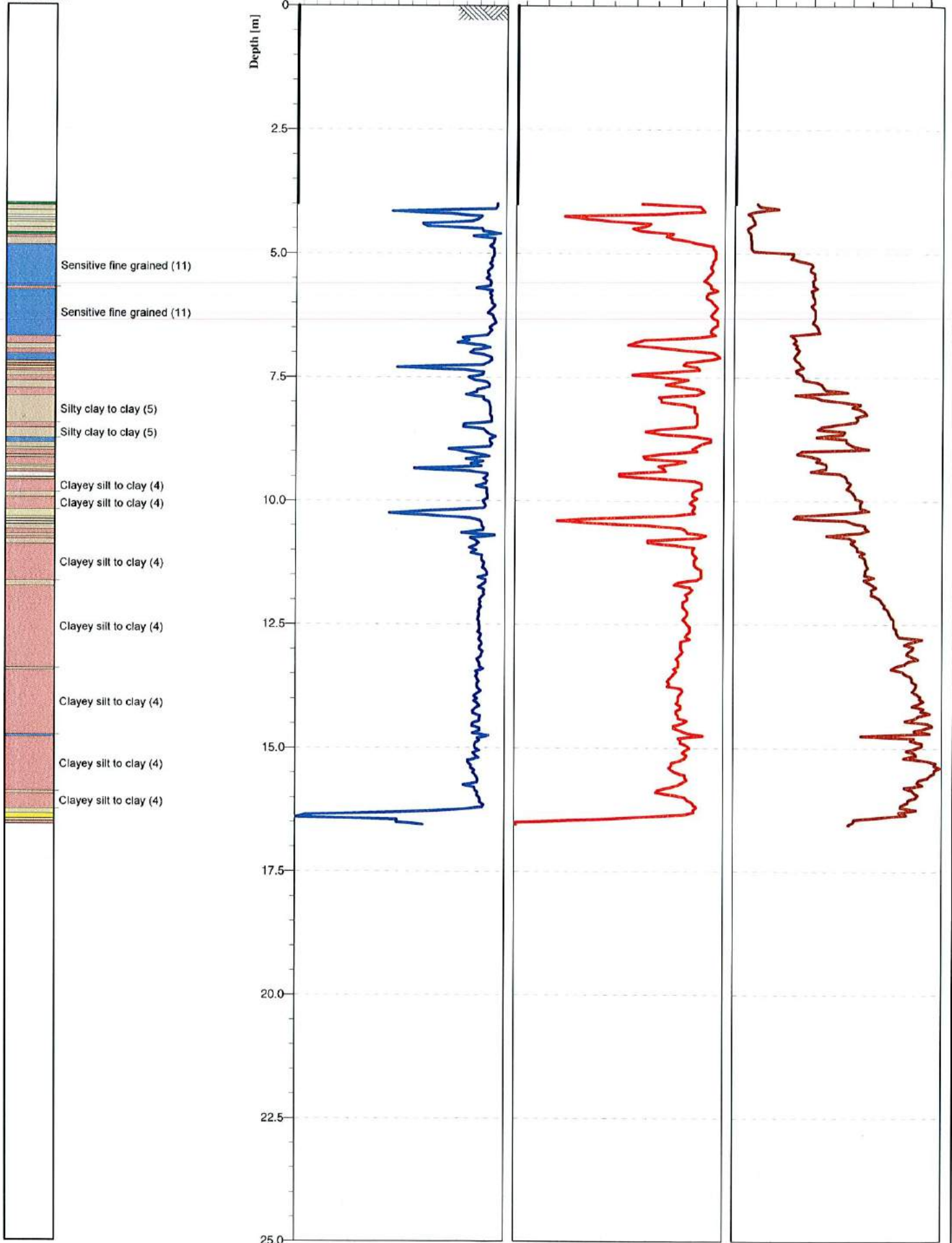
Vi forutsetter at Norsk Standard 8402 gjelder for dette oppdraget. Dette innebærer at vårt ansvar overfor oppdragsgiver er begrenset til kr 3.000.000,- pr skadetilfelle og til kr 9.000.000,- totalt. Den samme standarden begrenser ansvaret overfor tredjemann til kr 5.000.000,-.



DREIE/TRYKK-SONDERINGER	Hull	X-koordinat	Y-koordinat
	Terreng	Grv.st	Utf
NVE-Hvittingfoss	Borplan	Logg.nr.	Kontr.
	SIVILINGENIØR BJØRN STRØM AS GEOTEKNISK KONSULENT	Prosjekt: 4468 Tegn.dato 18.02.2009	FIGUR:

Classification by
PN-B-04452

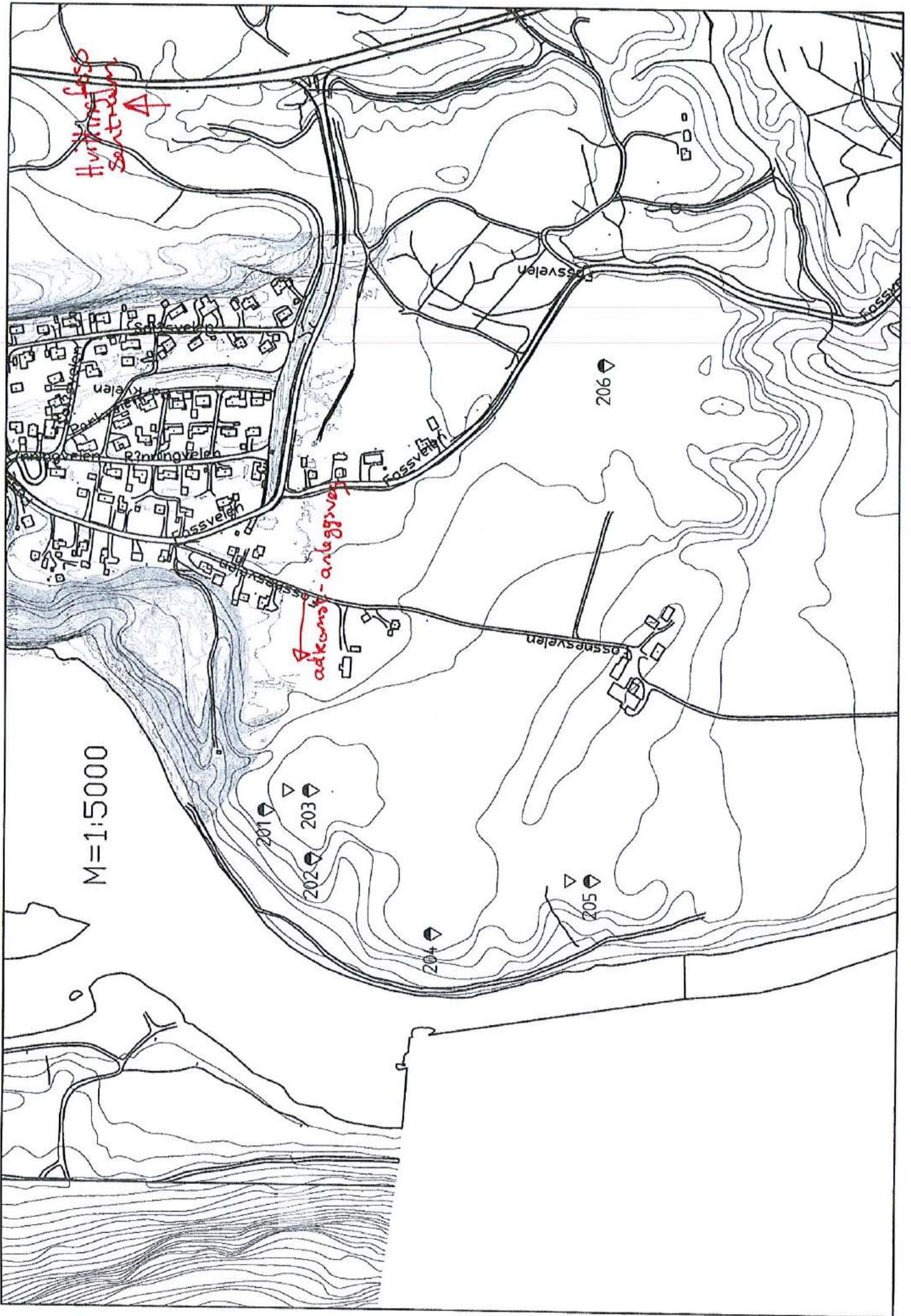
qc [MPa] fs [kPa] u2 [MPa]





 Cone No: 0
 Tip area [cm²]: 10
 Sleeve area [cm²]: 150

Location:	Position:	Ground level:	Test no:
Project ID: 4468	Client:	Date: 18.02.2009	Scale: 1 : 100
Project: 4468		Page: 1/1	Fig:
		File: 304.CPT.gef	



Hvittingfoss
Sentrum



adkomst - anleggsveg

M=1:5000

201

203

202

204

205

206

Fossvæien

Fossvæien

Fossvæien

Fossvæien

Kvæien

Fossvæien

Fossvæien

Fossvæien

Fossvæien

Fossvæien

Fossvæien

Fossvæien

Fossvæien

Fossvæien

Fossvæien

Fossvæien

Fossvæien

Fossvæien



CALIBRATION CERTIFICATE

for

Serial number: **28909**
Transducer type: **Pore Pressure Gauge**

$$P = k (f_0^2 - f^2) + A$$

Where:

P Applied load on transducer in **Bar**
f Output frequency from transducer **Hz**
f₀ Zero frequency from transducer **Hz**

<i>P</i>	<i>f</i>	<i>P Computed</i>	<i>P - P Computed</i>	<i>% FS</i>
0,00	1903,6	-0,00315	0,00315	0,16
0,20	1872,8	0,20160	-0,00160	-0,08
0,40	1842,3	0,40107	-0,00107	-0,05
0,60	1811,2	0,60109	-0,00109	-0,05
0,80	1779,5	0,80146	-0,00146	-0,07
1,00	1747,3	1,00137	-0,00137	-0,07
1,20	1714,5	1,20126	-0,00126	-0,06
1,40	1681,3	1,39972	0,00028	0,01
1,60	1647,2	1,59952	0,00048	0,02
1,80	1612,4	1,79921	0,00079	0,04
2,00	1577,2	1,99685	0,00315	0,16
1,60	1647,3	1,59894	0,00106	0,05
1,20	1714,6	1,20065	-0,00065	-0,03
0,80	1779,6	0,80083	-0,00083	-0,04
0,40	1842,4	0,40042	-0,00042	-0,02
0,00	1903,6	-0,00315	0,00315	0,16

K 0,0000017603571
A -0,0031500710058
f₀ 1903,6

1,76036E-006
-3,15007E-003

Date:	23.02.2009
Project:	
Kat No.	M-600-2
Customer	
Sign.	PØ
Cal. Temp.	7° C
Baro.	998 mBar
Tag No.	
Comment	





CALIBRATION CERTIFICATE

for

Serial number: **29009**
Transducer type: **Pore Pressure Gauge**

$$P = k (f_0^2 - f^2) + A$$

Where:

P Applied load on transducer in **Bar**
f Output frequency from transducer **Hz**
f₀ Zero frequency from transducer **Hz**

<i>P</i>	<i>f</i>	<i>P Computed</i>	<i>P - P Computed</i>	<i>% FS</i>
0,00	1826,9	-0,00285	0,00285	0,14
0,20	1794,8	0,20057	-0,00057	-0,03
0,40	1762,8	0,39977	0,00023	0,01
0,60	1729,9	0,60084	-0,00084	-0,04
0,80	1696,4	0,80167	-0,00167	-0,08
1,00	1662,4	1,00150	-0,00150	-0,07
1,20	1627,7	1,20126	-0,00126	-0,06
1,40	1592,3	1,40071	-0,00071	-0,04
1,60	1556,0	1,60068	-0,00068	-0,03
1,80	1519,2	1,79869	0,00131	0,07
2,00	1481,4	1,99715	0,00285	0,14
1,60	1556,1	1,60013	-0,00013	-0,01
1,20	1627,8	1,20069	-0,00069	-0,03
0,80	1696,5	0,80108	-0,00108	-0,05
0,40	1762,8	0,39977	0,00023	0,01
0,00	1826,9	-0,00285	0,00285	0,14

K 0,00000174975426
A -0,0028457740788
f₀ 1826,9

1,74975E-006
-2,84577E-003

Date:	23.02.2009
Project:	
Kat No.	M-600-2
Customer	
Sign.	PØ
Cal. Temp.	7° C
Baro.	998 mBar
Tag No.	
Comment	



Leire. Leire går gjennom et 0,075 mm sikt og er i våt tilstand plastisk. Vi sier at jordarten er plastisk når den ved riktig vanninnhold kan ruller ut til en tynn tråd (2mm).

Leire som er tørket inn gjentatte ganger eller som er blitt trykket sammen under høyt trykk (bunmorene), er hard og vil absorbere vann meget langsomt (timer eller dager). Hard, tørr leire må knuses og knas hardt og lenge før den blir plastisk. Dette i motsetning til silt, som absorberer vann raskt og er lett å bløte opp.

Våt leire mister mye av sin fasthet når den blir omrørt eller utsatt for bevegelse, for eksempel på grunn av anleggsvirksomhet eller på grunn av ras. Hvor mye en leire vil bli oppbløtt ved omrøring kan anslås fra Atterbergs flytegrense (LL) og vanninnholdet. Hvis vanninnholdet er 35 % av tørr vekt og flytegrensen er 30 %, vil grunnen bli praktisk talt flytende ved omrøring. Hvis derimot flytegrensen er 30 % og vanninnholdet 25 %, kan en regne med at grunnen tåler mye bevegelse uten å bli meget bløt. Dette gjelder for leire, ikke for silt.

En sensitiv leire er en leire som mister det meste av sin fasthet ved omrøring. Ytterligheten er kvikkleire, som blir flytende under ganske lite omrøring. I laboratoriet skjer det et plutselig brudd i kvikkleire ved deformasjoner på 2 til 6 %, mens en vanlig leire kan deformeres opp til 10 % før brudd.

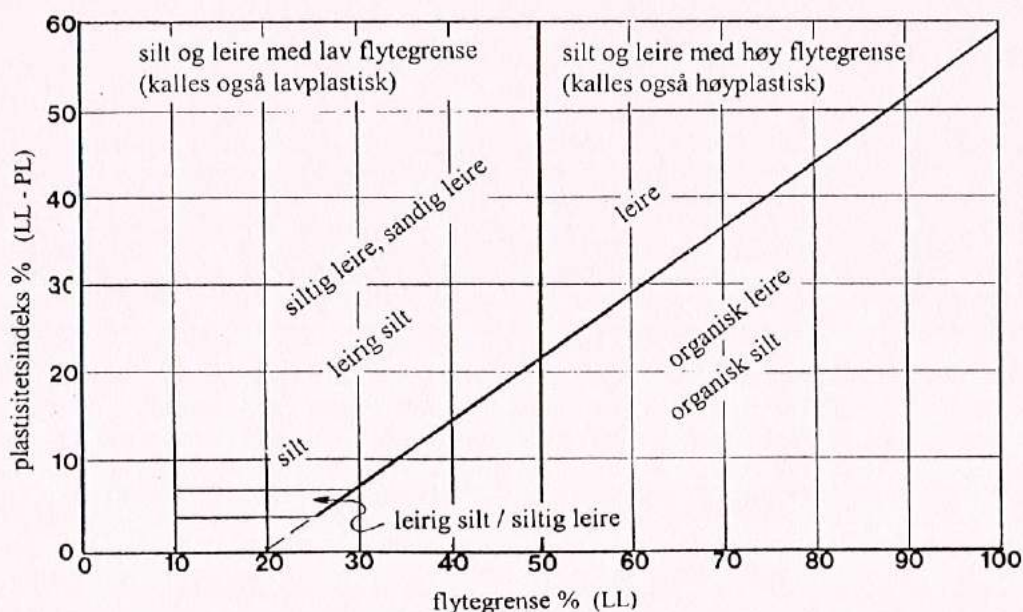
Leire har liten vanngjennomtrengelighet, og påvirkes lite av drenering eller oversvømmelse. Våte leirmasser er vanskelige å tørke ut. Faste leirmasser blir ikke bløte fordi en utgraving oversvømmes, hvis ikke massene samtidig rotes opp. Leire kan komprimeres bare når den er passe fuktig. Tørre leirige gravemasser kan bestå av harde klumper som må knuses med tungt utstyr.

I forbindelse med graving i leire er tiden en vesentlig faktor. I mange tilfeller vil en graveskrent stå i flere dager før den raser ut. Dette gjør at en ofte kan greie seg uten forstøtning når utgravingen bare skal stå åpen en kort tid. Dette er et faremoment siden det kan friste til å arbeide i grøfter og andre utgravinger med for liten sikkerhet.

Vi bruker følgende fasthetsbeskrivelse for leire og leirig silt:

Skjærfasthet, kN/m ²	Beskrivelse	Enkel prøve.
0 - 12	Meget bløt.	Knyttneve presses lett inn flere cm.
12 - 25	Bløt.	Tommelfinger presses lett inn flere cm.
25 - 50	Middels fast.	Tommelfinger presses inn med moderat trykk.
50 - 100	Fast.	Merkes lett med tommel, vanskelig å trykke inn
100 - 200	Meget fast.	Merkes lett med fingernegl.
200 +	Hard.	Vanskelig å merke med negl

Silt. En leirig silt kan forveksles med leire, mens en grovere silt kan avvike lite fra finsand. Hvis en legger en våt siltklump på handflaten og dunker handa mot et fast underlag, blir overflaten blank fordi vannet går ut i overflaten. Hvis en så klemmer på siltklumpen, blir den matt fordi massen utvider seg ved brudd samtidig som massen er åpen nok til at vannet kan bevege seg. Denne muligheten for vannstrømming gjør at silt kan være totalt ustabil ved graving under grunnvannsnivået. Så snart en får senket grunnvannsnivået, blir silten stabil. --- Når silten tørker blir den fast, men ikke hard. Tørr silt trekker raskt til seg vann, og kan lett brytes ned eller løses opp i vann. Vannmettet silt er elastisk eller svampaktig. En kan vri eller strekke en prøve nesten uten motstand inntil den plutselig binder. Silt suger lett opp vann og er meget telefårlig. En graveskråning i leirig silt kan sige mye uten å gli ut.



Vi bruker Atterbergs grenser

som kriterium for å klassifisere (benevne) siltige og leirige jordarter som vist på diagrammet. Plastisitetsgrensen er det vanninnholdet hvor prøven går over fra å være sprø til å være plastisk. Flytegrensen er det vanninnholdet hvor prøven går over fra plastisk til flytende. Plastisitetsindeksen PI er forskjellen mellom flytegrensen og plastisitetsgrensen.

Sand ligger mellom 0,075 mm og 2,4 mm. Hvis en sandig masse inneholder tiltrekkelig finstoff til å oppføre seg som leire, blir den klassifisert som leire selv om den inneholder mer sand enn noe annet. Anleggsproblemer i sand henger gjerne sammen med enten for mye eller for lite vann. Det kan ofte være riktig å gå langsomt frem med gravearbeider i våt sand for å gi grunnen tid til å dreneres i takt med utgravingen.

Grus ligger mellom 2,4 mm og 60 mm. Grus behøver ikke nødvendigvis være en åpen masse med gode dreneringsegenskaper. En velgradert, leirig grus er ganske tett.

Stein ligger mellom 60 mm og 600 mm, mens blokk eller steinblokker er større enn 600 mm. I moreneområder kan steinblokker forekomme i leirmasser, og er en av flere grunner til å unngå opphold i usikrede utgravinger.

Ensgradert masse består av partikler av lik størrelsesorden, slik at det stort sett ikke finnes mindre korn til å fylle åpningene.

Velgradert masse består av korn eller partikler av forskjellige størrelser, slik at åpningene i all vesentlighet vil være mindre enn en fjerdedel av den gjennomsnittlige kornstørrelsen. Massen skal være stabil etter komprimering. Et eksempel på en velgradert masse er 10 % finsand, 20 % mellomsand, 20 % grovsand og resten grus. Maskingrus 0-50 mm er ofte bare delvis velgradert. Spredte, større partikler har liten effekt hvis de er omgitt av vesentlig mindre partikler

Lagdelt masse kan være ferskvannsavsetninger hvor sesongmessig tilførsel av grovere masse gir lag som kan være vannførende og som derfor kan påvirke skråningsstabiliteten. Slike grovere lag kan gi bedre drenering og derved bety noe for setningshastigheten. Det kan også dreie seg om organiske lag som kan påvirke setningsegenskapene, som for eksempel i avsetninger av masse fra Numedalslågen.

Morene. Med morene mener vi masser som er transportert og avsatt av en isbre. Morene består gjerne av varierte masser, og kan for eksempel være en blanding av leire, grus og stein. Bunnmorene har ligget under isbreen, og er derfor hardt sammenpresset. Bunnmorene kan være meget fast silt eller leire, som inneholder stein og steinblokker. I slike masser kan det forekomme linsener eller lag av ren sand eller grus. Bunnmorene kan også være helt annerledes enn dette. Over bunnmorene kan det ligge løsere morenemasser. Endemorene og sidemorene kan være høyst varierende og kan inneholde bløt leire. --- Ur og andre grove masser som en måtte treffe på i grunnboringer kan forveksles med bunnmorene.

Setning. Synkning som et byggverk utsettes for på grunn av sammentrykning eller tap av grunn. Belastning, utvasking, telløsning.

Organiske jordarter består av vanlige jordarter blandet med planterester og tildels dyrerester i varierende grad av nedbrytning. Helt nedbrutte planterester er amorfe, hvilket vil si helt uten krystaller eller fiber i motsetningen til fibertorv. Organisk masse kan innkapsle mineralkornene, slik at massen blir meget løs. Se forøvrig Bilag N, Organiske jordarter

Gytje og dyann er organiske jordarter som inneholder levninger etter vekster og dyr, og som er avsatt på bunnen av vassdrag. Foruten organisk materiale inneholder disse jordartene vanligvis også varierende mengder av mineraljordarter, som leire, silt og sand. Innenfor begrepet gytje finnes det en del varianter.

Humus refererer til det totale innholdet av organisk masse. Humusinnholdet tas med i benevnningen av jordarter dersom det utgjør mer enn 2% av vekten. Silt med 2-6% humus beskrives som humusholdig silt. En silt med mer enn 6% organisk innhold vil klassifiseres som siltholdig torv.

GENERELL USIKKERHET VED GRUNNUNDERSØKELSER Våre beskrivelser av grunnforhold er basert på fortolkning av spredte borer og sjakter og det vi ser i terrenget. Dette innebærer en varierende grad av usikkerhet. For å unngå å belemre rapportene med en stadig referanse til denne usikkerheten, gjør vi oppmerksom på den bare i dette bilaget.

NS 3480, Geoteknisk prosjektering, krever at antagelsene om grunnforholdene skal kontrolleres i forbindelse med anleggsarbeidene. Vi forutsetter at detaljer om denne kontrollen avtales mellom oppdragsgiver og geotekniker.

ANSVARSFORHOLD. Norsk Standard 8402 begrenser ansvaret overfor oppdragsgiver til kr 3.000.000,- pr skade, til kr 9.000.000,- totalt og til kr 5.000.000,- overfor tredjemann. Disse beløpene vil i noen tilfeller være for små, og vi anbefaler derfor oppdragsgivere å overveie spesiell forsikring. I forbindelse med totalentrepriser kan det være spesiell ansvarsbegrensning.

TRYKKSONDERING (Cone Penetration Test)

En trykksondering eller cone penetration test (CPT) gjøres ved at en 35-mm rørformet spiss trykkes jevnt ned i grunnen mens en registrerer spissmotstanden, friksjon langs en 13 cm lang hylse og vanntrykket (poretrykket) ved spissen.

fs er friksjon på friksjonshylsa som angis i kPa. Hylsearealet er 15 cm², slik at 30 kPa tilsvarer en total kraft på 0,45kN ((45 kg)).

Vanntrykket u2 angis i mPa. En vannsøyle på 10 meter gir et trykk på 0,1mPa.

qc er spissstrykket angitt i mPa. Spissarealet er 10 cm² slik at et spissstrykk på 1mPa tilsvarer en spisskraft på 2 kN ((200 kg)).

Resultatene er diagrammer for spissstrykk, friksjon og poretrykk. De må tolkes på grunnlag av andre boreresultater og erfaring. Vi viser tolkning etter to programmer. Det dreier seg om om jordartsbeskrivelse og skjærfasthet. Disse tolkningene bør ikke tas bokstavelig.

Naveren er et spiralbor (skrue) med en diameter på 75 mm, som skrues ned, og så trekkes opp omlag for hver halvmeter, slik at en får opp delvis forstyrrete prøver av grunnen., Typiske prøver tas med for laboratoriebeskrivelse og måling av vanninnhold.

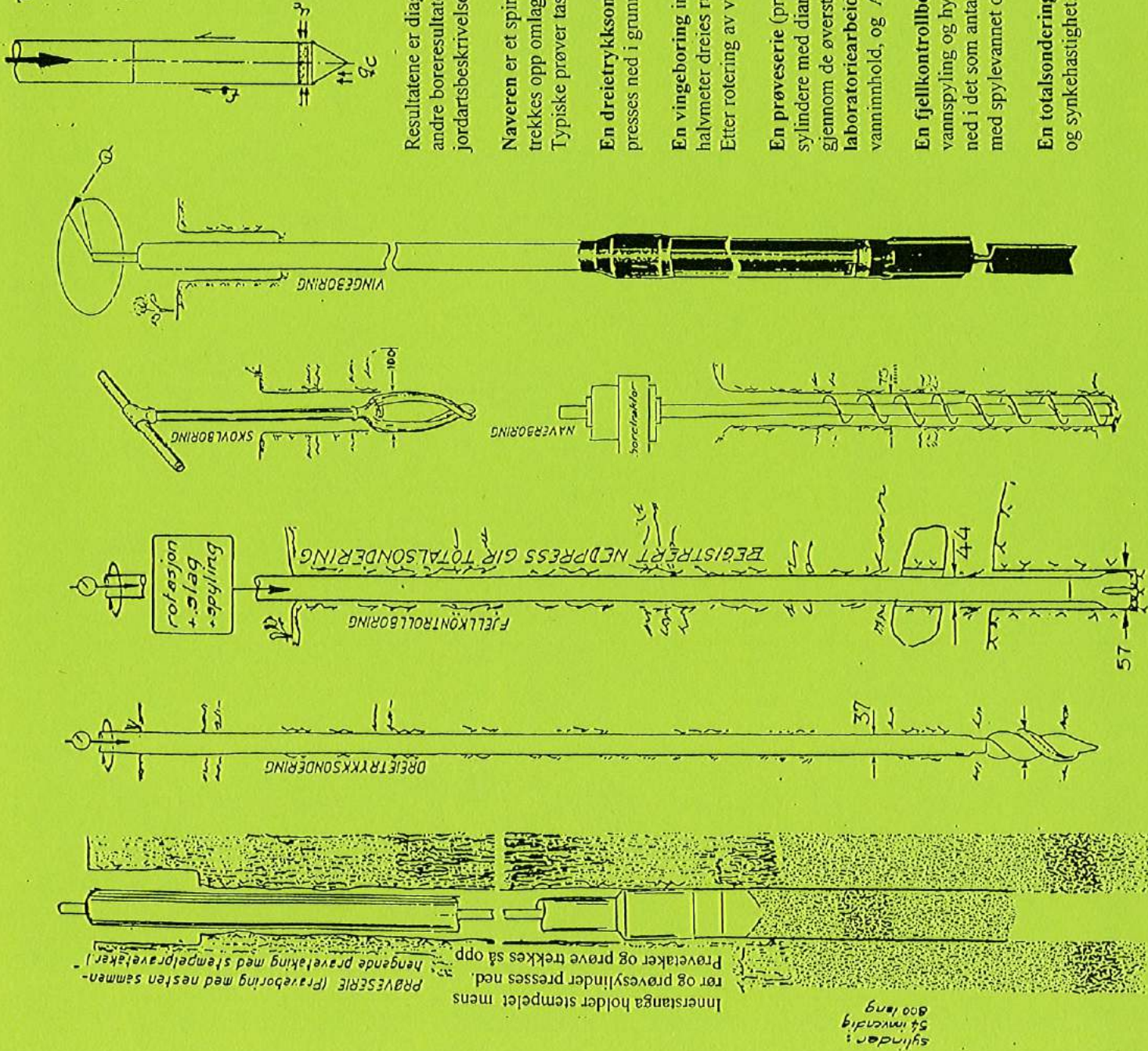
En dreietrykksondering gjøres ved at en skrueformet spiss med en diameter på omlag 50 mm presses ned i grunnen mens den roterer langsomt. Nedpresskraften registreres i et diagram.

En vingeboing innebærer at et korsformet borhode (ving) presses ned i grunnen og for hver halvmeter dreies rundt. Dreiemomentet som skal til for å rotere vingen viser skjærfastheten. Etter rotering av vingen for omrøring av massen, måles omrørt skjærfasthet.

En prøveserie (prøveboing) innebærer at relativt uforstyrrete prøver tas opp ved hjelp av sylindere med diameter 54 mm og lengde 800 mm. En borer vanligvis med naveren gjennom de øverste massene som måtte være for faste for prøvetakeren. Rutinemessige laboratoriearbeider på slike prøver er beskrivelse og måling av fasthet, densitet (romvekt), vanninnhold, og Atterbergs grenser.

En fjellkontrollboing gjøres med en 57-mm stift- eller hardmetallkrone, 45-mm borstenger, vannspyling og hydraulisk borhammer. For rimelig sikker fjellkontroll borer en minst 2 meter ned i det som antas å være fjell. En får et inntrykk av løsmassene fra det som kommer opp med spylevannet og fra variasjoner i nedpress og rotasjonsmotstand.

En totalsondering gjøres som en fjellkontrollboing, men med registrering av nedpresskraft og synkehastighet.



A17 Teknisk notat 20081549-3. Vurdering av tilgrensende områder (2009).

Teknisk notat



Til: Norges vassdrags- og energiverk (NVE), Region Sør
v/: Eirik Traae
Kopi:
Fra: NGI
Dato: 16 juni 2009
Dokumentnr.: 20081549-00-122-TN
Prosjekt: 20081549-00 - Fossnes på Hvitvingfoss, detaljprosjektering av tiltak og oppfølging av anlegg
Utarbeidet av: Magnus Rømøen

Hovedkontor:
Pb. 3930 Ullevål Stadion
0806 Oslo

Avd Trondheim:
Pb. 1230 Pirsenteret
7462 Trondheim

T 22 02 30 00
F 22 23 04 48

Kontonr 5096 05 01281
Org. nr 958 254 318 MVA

ngi@ngi.no
www.ngi.no

TN-3: Vurdering av tilgrensende områder

Innhold

1	Innledning	2
2	Området sør for tiltaksområdet	2
2.1	Terreng	2
2.2	Grunnforhold	2
2.3	Stabilitet	3
2.4	Utbredelse av potensielt skred	3
2.5	Anbefalinger og tiltak	3
3	Skredgrop fra 2001/Fossveien 100	4
3.1	Terreng og grunnforhold	4
3.2	Stabilitet	4
3.3	Anbefalinger og tiltak	4
4	Referanser	5

Tegninger

010	Oversikt over boringer og profiler sør for tiltaksområdet
100	Stabilitetsvurdering av profil E

Vedlegg

Vedlegg A	Innmålte raviner/bekkeutslag
-----------	------------------------------

1 Innledning

Norges Vassdrags- og energidirektorat (NVE) holder for tiden på med sikring av et større kvikkleireområde på Fossnes i Hvittingfoss, Kongsberg kommune. Norges Geotekniske Institutt (NGI) er i den anledning engasjert av NVE som geoteknisk rådgiver. Dette innebærer at NGI og NVE sammen har ansvaret for både prosjektering og oppfølging av anleggsarbeidet.

Tidligere og nye grunnundersøkelser for området ble presentert i NGI sin rapport nr 20071564-1, se ref. 1. Ut fra grunnundersøkelsene ble stabiliteten samt omfang av erosjon og behov for sikringstiltak vurdert. Resultatene av disse vurderingene ble presentert i rapport nr 20071564-2, se ref 2.

Anleggsarbeidet ble startet opp høsten 2008 og man regner med å avslutte arbeidet i løpet av sommeren 2009.

Siden arbeidet begynner å nærme seg slutten ønsker NVE en vurdering av sikkerheten for de tilgrensende områdene til tiltaksområdet. Dette gjelder både åkerområdet sør for tiltaksområdet, samt området nord for tiltaksområdet hvor det gikk et mindre skred i 2001.

2 Området sør for tiltaksområdet

2.1 Terreng

Området består av åkerlandskap med en bratt skråning ned mot Numedalslågen i vest. Mens elva ligger på rundt kote +41, ligger plataet på kote +75 lengst mot nord. Terrenget faller så sørover over en strekning på rundt 800 m, før terrenget er nede på ca samme kotenivå som elva.

2.2 Grunnforhold

Det ble utført supplerende grunnundersøkelser i deler av det aktuelle området i starten av 2009, se tegning 010. Grunnundersøkelsene omfattet dreietrykk- og CPTU sonderinger, og ble utført i den nordre delen av området. Grunnundersøkelsene er foreløpig ikke rapportert i egen rapport.

Boringene indikerer stor løsmassemektighet, med dybder til faste masser/fjell på mellom 36 og 46 m. Mekktigheten på leirlaget varierer mellom 30 og 40 m, hvorav mektigheten på den sensitive leiren/kvikkleiren varierer mellom 10 og 25 m.

2.3 Stabilitet

Det er regnet stabilitet for et profil i skråningen, profil E. Dette er det profilet med antatt lavest stabilitet i det aktuelle området. Sikkerheten for skråningen er beregnet til 0,9. Stabilitetsvurderingen til profilet er vist på tegning 100. Beregningsresultatet tilsier at noen av beregningsparametrene er konservativt vurdert, ettersom en skråning i likevekt i realiteten ikke kan ha en sikkerhet lavere enn 1,0.

Stabilitetsvurderingen er gjort ut fra et kartgrunnlag med 5-meterskoter. Det er dermed noe usikkerhet knyttet til geometrien til skråningen i stabilitetsvurderingen.

2.4 Utbredelse av potensielt skred

Når det gjelder utbredelse av et potensielt skred er det her tatt hensyn til erfaringsdata man har for større skredhendelser i Norge fra 1940 og fram til i dag, se ref. 3. Dette innebærer at man forutsetter en maksimal horisontal utbredelse av skredet tilsvarende 15 ganger skråningshøyden.

Ut fra dette vil et potensielt skred ikke kunne forplante seg bak til boligfeltet øst for dagens tiltaksområde. Derimot vil et potensielt skred kunne forplante seg innover på platået til et sted mellom Fossnesveien og Fossveien.

2.5 Anbefalinger og tiltak

Den beregnede sikkerheten for området sør for tiltaksområdet er lav. Det er dog rimelig å anta at denne sikkerheten kun gjelder for en mindre strekning. Lengre sør blir høydeforskjellen mellom platå og elv mindre, noe som igjen fører til høyere sikkerhet for dagens skråning.

NGI har etter en diskusjon med NVE blitt enig om at man ikke utfører tiltak for å heve beregningsmessig sikkerhet for området sør for tiltaksområdet. Derimot har NVE og NGI blitt enige om at man utfører en del tiltak i foten av skråningen for å fjerne eventuelle mekanismer som kan utløse skred. Tiltakene vil altså eliminere faren for at stabiliteten lokalt skal forverre seg i framtiden pga. erosjon. På denne måten vil tiltakene redusere faren for fremtidige skred i området.

Tiltakene innebærer at man sikrer mange av de ravinene og bekkeutslagene i skråningen mot elven. En befaring vedrørende dette ble gjennomført i forbindelse med anleggsmøtet den 14. mai 2009. De aktuelle tiltakspunktene ble så målt inn av NVE. Kartet i vedlegg A viser beliggenheten av de ulike ravinene/vannutslagene.

For de største ravinene, hvor man har tydelig erosjon langs med hele ravinen, fylles det en pukkestreng opp gjennom hele ravinen. For de noe mindre

ravinene, hvor det kun er erosjon i den nedre delen, er det ikke nødvendig med så omfattende arbeid. Det er da tilstrekkelig at man fyller opp den nedre delen. For de vannutslagene/mindre utglidningene man har, vil det være naturlig å fylle igjen med mindre volum steinmasser, slik at man forhindrer videre erosjon/overflateglidning.

Alt arbeidet med utfylling av raviner skal utføres fra bunnen av ravinen og oppover. Dette betyr at man starter nede ved traktorveien som går langs med elva, og fyller oppover i ravinen. Man reduserer dermed faren for å få grunnbrudd som følge av utfyllingen.

Det er viktig at dette utbedringsarbeidet utføres med lettere anleggsmaskiner enn det man i dag bruker i tiltaksområdet. Dette skyldes både den plassen man har i ravinene, men enda viktigere, vekten av de maskinene man bruker. Er vekten på maskinene for stor, kan dette føre til mindre, lokale grunnbrudd. For øvrig gjelder de samme prinsippene for utførelse av anleggsarbeidet som det er gjort rede for i ref 4.

3 Skredgrop fra 2001/Fossveien 100

3.1 Terreng og grunnforhold

Terrenget og grunnforholdene for det aktuelle området er beskrevet i rapport 20071564-2 og 20071564-2, se ref. 1 og 2.

Det er en høydeforskjell på ca 45 m fra plataået og ned til elva. Dybden til fjell er i underkant av 30 m på toppen av skråningen, mens den er ca 15 m nede ved elva. Dybden til fjell minsker innover på plataået.

Mektigheten av sandlaget er i overkant av 15 m på toppen av skråningen, mens den minker innover på plataået. Kvikkleiren kommer ut av skråningen på ca kote +67, altså i overkant av 25 m over elva.

3.2 Stabilitet

Stabiliteten til skråningen er vurdert i rapport 20071564-2, se ref 2.

Her er sikkerheten langs kritisk glideflate i skråningen beregnet til 0,98 for situasjonen etter skredet i 2001. Etter dette skredet utførte man så tiltak, som gikk på å plastre/erosjonssikre store deler av skråningen. Dette førte til at den beregnede sikkerheten i etterkant av tiltakene økte med 5% til 1,03.

3.3 Anbefalinger og tiltak

Det har vært en diskusjon mellom NGI og NVE om det er behov for å øke sikkerheten for den aktuelle skråningen. Med tanke på framtidig utbygging i

boligområdet øst for tiltaksområdet, eksisterer det i dag krav i gjeldende regelverk om at sikkerheten må være høyere enn det som er beregnet. For eksisterende bebyggelse foreligger en ingen tilsvarende krav til sikkerhet. Det tidligere utførte stabiliseringsarbeidet har gitt en akseptabel sikkerhet for området.

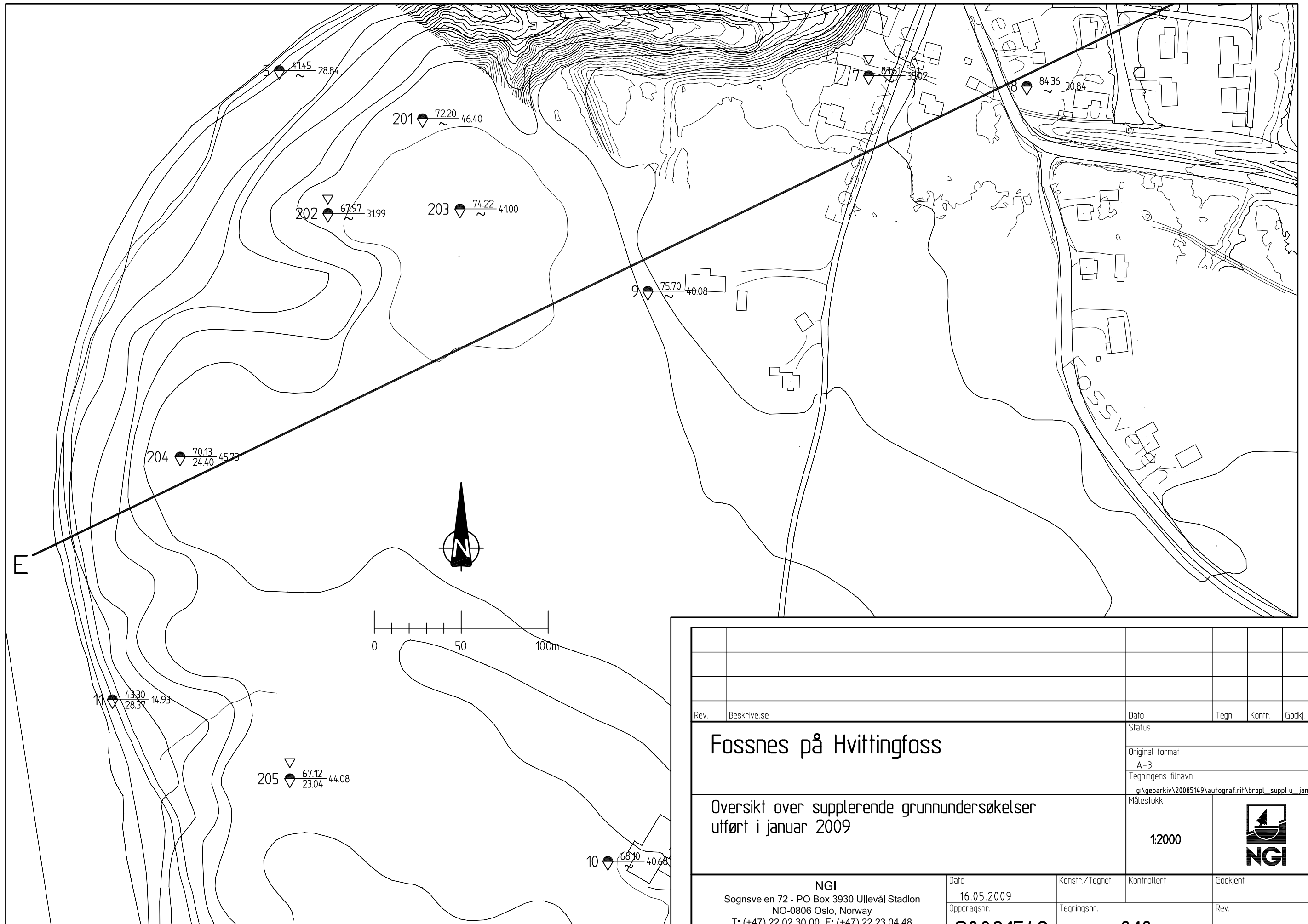
Skal man derimot ikke ha noen videre utbygging i det aktuelle området mener NGI at man kan leve med den sikkerheten skråningen har i dag.


Det siste begrunnes i at sikkerheten etter at skredet i 2001 naturlig nok må ha vært større enn eller lik 1, og at man etter dette har hatt en sikkerhetsforbedring på ca 5%. I tillegg har man fjernet kanskje den viktigste utløsningsmekanismen for et framtidig skred, nemlig erosjon i bunnen av skråningen. Dette ble gjort med den motfyllingen man etablerte i bunnen av skråningen i etterkant av skredet i 2001.

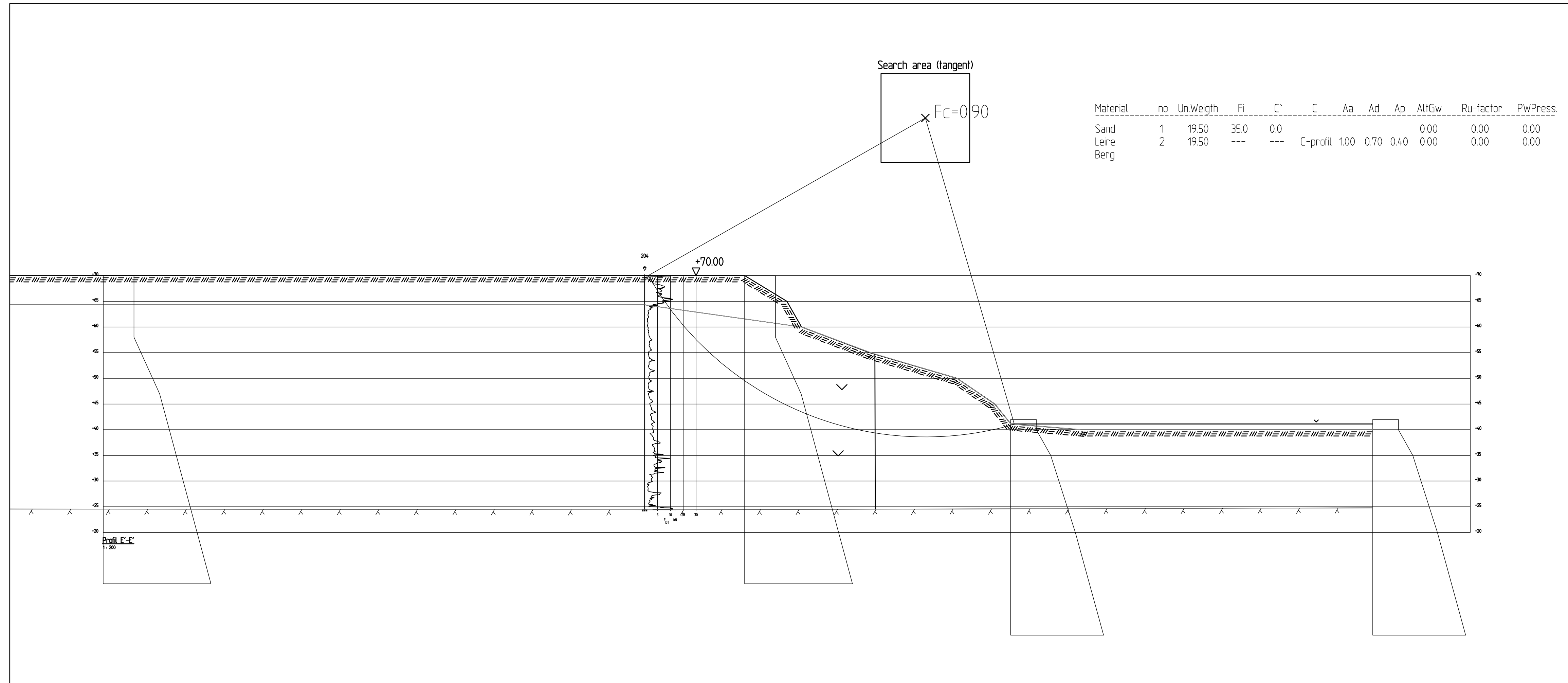
Det er i tillegg bestemt at man skal fylle noe mer i bunnen av skredgropa for å få en jevnere overgang fra utfyllingen i tiltaksområdet til skredgropa. Dette vil ikke bedre stabiliteten til skredgropa, men det vil gi en enda bedre erosjonsbeskyttelse av skråningen.

4 Referanser

- /1/ NGI (2007)
Fossnes på Hvittingfoss. Resultater fra grunnundersøkelser
Rapport nr 20071564-1, datert 29. november 2007
- /2/ NGI (2008)
Fossnes på Hvittingfoss. Vurdering av skredfare og sikringstiltak
Rapport nr 20071564-2, datert 30. januar 2008
- /3/ NGI (1985)
Can we predict landslide hazards in soft sensitive clays?
NGI publikasjon 158, datert juli 1985 / proceedings of the 4th
International Symposium on Landslides, Toronto 1984, Vol. 1, p. 107-
130.
- /4/ NGI (2008)
Arbeidsrekkefølge og restriksjoner for utførelse av anleggsarbeid
Teknisk notat 20081549, datert 9. Oktober 2008.



Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Fossnes på Hvitvingfoss	Status			
		Original format			
		A-3			
		Tegningens filnavn			
		g:\gearkiv\20085149\autograf.rit\bropl_suppl_u_jan09			
	Oversikt over supplerende grunnundersøkelser utført i januar 2009	Målestokk			
		1:2000			
					
	NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
		16.05.2009			
		Oppdragsnr.	Tegningsnr.		Rev.
		20081549	010		




FORKLARINGER:

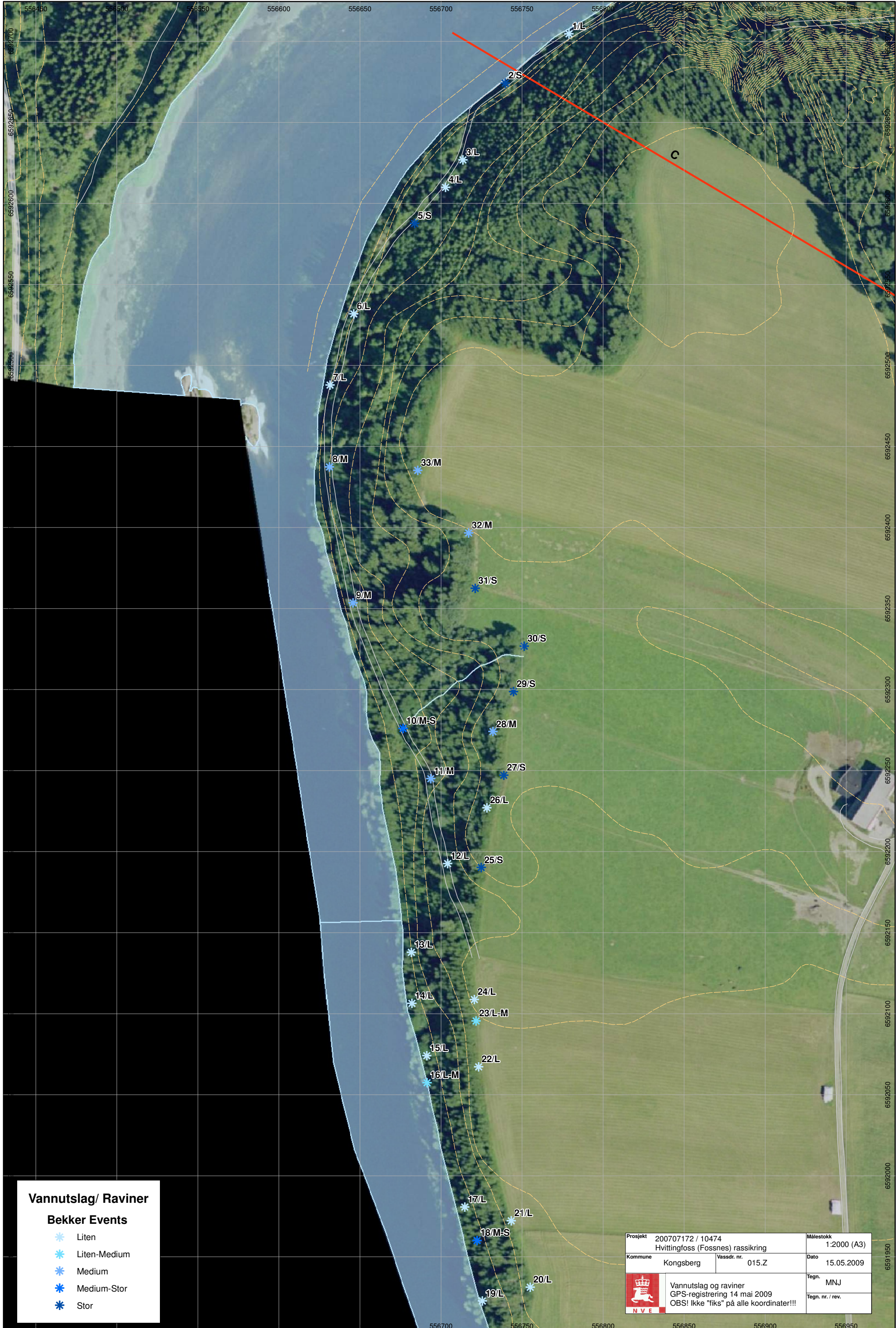
- Dreiesondering
- Enkel sondering
- ▽ Trykksondering
- ⊛ Fjellkontrollboring
- ◆ Dreietrykksondering
- ⊕ Totalsondering
- ⊙ Prøveserie
- Prøvegrop
- + Vingebooring
- ⊖ Poretrykksmåling
- ^^ Fjell i dagen

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

Det presiseres at beregningene er gjort ut fra et kartgrunnlag med 5-meterskoter. Det kan dermed være noe usikkerhet knyttet til terrengforløpet i skrånningen. Dette kan igjen påvirke størrelsen på den beregnede sikkerhetsfaktoren noe.

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Fossnes på Hvitvingfoss		Status			
Stabilitetsvurdering		Original format A-3L			
Profil E		Tegningens filnavn g:\geararkiv\20085149\stabgraf\rit\profil_e_MaR			
		Målestokk 1500			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 16.05.2009	Konstr./Tegnet		
		Oppdragsnr. 20081549	Tegningsnr. 100	Rev.	

Vedlegg A - Innmålte raviner/bekkeutslag



- Vannutslag/ Raviner**
- Bekker Events**
-  Liten
 -  Liten-Medium
 -  Medium
 -  Medium-Stor
 -  Stor

Prosjekt	200707172 / 10474	Målestokk	1:2000 (A3)
	Hvittingfoss (Fossnes) rassikring		
Kommune	Kongsberg	Vassdr. nr.	015.Z
		Dato	15.05.2009
	Vannutslag og raviner		Tegn. MNJ
	GPS-registrering 14 mai 2009		Tegn. nr. / rev.
	OBS! Ikke "fiks" på alle koordinater!!!		

Kontroll- og referanseside/ Review and reference page



Dokumentinformasjon/Document information						
Dokumenttittel/Document title TN-3 Vurdering av tilgrensende områder				Dokument nr/Document No. 20081549TN-3		
Dokumenttype/Type of document		Distribusjon/Distribution		Dato/Date		
<input type="checkbox"/> Rapport/Report <input checked="" type="checkbox"/> Teknisk notat/Technical Note		<input type="checkbox"/> Fri/Unlimited <input checked="" type="checkbox"/> Begrenset/Limited <input type="checkbox"/> Ingen/None		16. juni 2009		
				Rev.nr./Rev.No. 0		
Oppdragsgiver/Client Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)						
Emneord/Keywords Kvikkleire, områdevurdering, stabilitetsvurdering						
Stedfesting/Geographical information						
Land, fylke/Country, County Norge, Buskerud				Havområde/Offshore area		
Kommune/Municipality Kongsberg				Feltnavn/Field name		
Sted/Location Fossnes, Hvittingfoss				Sted/Location		
Kartblad/Map 1813 IV				Felt, blokknr./Field, Block No.		
UTM-koordinater/UTM-coordinates 32VNL570928						
Dokumentkontroll/Document control						
Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001						
Rev./ Rev.	Revisjonsgrunnlag/Reason for revision	Egen- kontroll/ Self review av/by:	Sidemanns- kontroll/ Colleague review av/by:	Uavhengig kontroll/ Independent review av/by:	Tverrfaglig kontroll/ Inter- disciplinary review av/by:	
0	Originaldokument	MaR	MaR	OG		
Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release		Dato/Date 2009-06-16		Sign. Prosjektleder/Project Manager Ragnar Moholdt		

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

Vi arbeider i følgende markeder: olje, gass og energi, bygg, anlegg og samferdsel, naturskade og miljøteknologi. NGI er en privat stiftelse med kontor og laboratorier i Oslo, avdelingskontor i Trondheim og datterselskap i Houston, Texas, USA.

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

www.ngi.no

NGI (Norwegian Geotechnical Institute) is a leading international centre for research and consulting in the geosciences. NGI develops optimum solutions for society, and offers expertise on the behaviour of soil, rock and snow and their interaction with the natural and built environment.

NGI works within the oil, gas and energy, building and construction, transportation, natural hazards and environment sectors. NGI is a private foundation with office and laboratory in Oslo, branch office in Trondheim and daughter company in Houston, Texas, USA.

NGI was awarded Centre of Excellence status in 2002 and leads the International Centre for Geohazards (ICG).

www.ngi.no

Ved elektronisk overføring kan ikke konfidensialiteten eller autentisiteten av dette dokumentet garanteres. Adressaten bør vurdere denne risikoen og ta fullt ansvar for bruk av dette dokumentet.

Dokumentet skal ikke benyttes i utdrag eller til andre formål enn det dokumentet omhandler. Dokumentet må ikke reproduseres eller leveres til tredjemand uten eiers samtykke. Dokumentet må ikke endres uten samtykke fra NGI.

Neither the confidentiality nor the integrity of this document can be guaranteed following electronic transmission. The addressee should consider this risk and take full responsibility for use of this document.

This document shall not be used in parts, or for other purposes than the document was prepared for. The document shall not be copied, in parts or in whole, or be given to a third party without the owner's consent. No changes to the document shall be made without consent from NGI.



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

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

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

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

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

ngi@ngi.no
www.ngi.no

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

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

A18 Teknisk notat 20081549-4. Vurdering av skråning ved Fossveien 80 (2009).

Teknisk notat



Til: Norges vassdrags- og energiverk (NVE), Region Sør
v/: Eirik Traae
Kopi:
Fra: NGI
Dato: 15. desember 2009
Dokumentnr.: 20081549-00-124-TN
Prosjekt: Fossnes på Hvitvingfoss, detaljprosjektering av tiltak og oppfølging av anlegg
Utarbeidet av: Magnus Rømøen

Hovedkontor:
Pb. 3930 Ullevål Stadion
0806 Oslo

Avd Trondheim:
Pb. 1230 Pirsenteret
7462 Trondheim

T 22 02 30 00
F 22 23 04 48

Kontonr 5096 05 01281
Org. nr 958 254 318 MVA

ngi@ngi.no
www.ngi.no

TN-4: Vurdering av skråning ved Fossveien 80

Innhold

1	Innledning	2
2	Tidligere skredhendelse	2
3	Topografi og grunnforhold	3
3.1	Terreng	3
3.2	Grunnforhold	3
3.3	Grunnvann	4
4	Stabilitetsvurderinger	4
4.1	Geometri	4
4.2	Geotekniske dimensjoneringsparametere	5
4.3	Stabilitet av dagens situasjon	6
4.4	Krav til sikkerhet	6
4.5	Beregning av sikringsbehov	7
4.6	Utføring av sikring	8
5	Referanser	8

Tegninger

001	Oversiktskart
010	Oversikt over utførte grunnundersøkelser
011	Omfang av utfylling i 2001 og beliggenhet av fjell
012	Omfang av foreslått utfylling ved ”forbedring
013	Omfang av foreslått utfylling ved ”vesentlig forbedring
100 til 106	Stabilitetsvurderinger av dagens situasjon
107 til 113	Stabilitetsvurderinger for motfylling ved ”forbedring”
114 til 120	Stabilitetsvurderinger for motfylling ved ”vesentlig forbedring”

Vedlegg

Vedlegg A Bilder tatt etter oppfylling av ravinedal i 2001

Kontroll- og referanseside

BS EN ISO 9001
Certified by BSI
Reg. No. FS 32989

1 Innledning

Norges Vassdrags- og energidirektorat (NVE) har i løpet av det siste året sikret et større kvikkleireområde på Fossnes i Hvitvingfoss, Kongsberg kommune. Norges Geotekniske Institutt (NGI) er i den anledning engasjert av NVE som geoteknisk rådgiver.

Vurdering av området og resultatene fra deler av grunnundersøkelsene er tidligere presentert i ref. 1, 2 og 3.

Dette tekniske notatet omhandler stabilitetsvurderinger av et område like nord for det aktuelle tiltaksområdet. Området det gjelder er skråningen nord for bebyggelsen i Fossveien 80. Beliggenheten av det vurderte området er vist på tegning 001.

2 Tidligere skredhendelse

I løpet av november 2000 skjedde det to mindre utglidninger i den aktuelle skråningen. Begge utglidningene skjedde i toppmassene i skråningen og skredene førte til at beboerne i Fossveien 80 ble evakuert. Skredhendelsene, en enkel beskrivelse av grunnforholdene, årsak til skredet og forslag til tiltak ble beskrevet i et teknisk notat av NGI fra desember 2000, se ref. 4.

Tiltaket som ble beskrevet i ref. 4 omfattet en delvis oppfylling med stein i ravinedalen. Denne oppfyllingen skulle utføres ved å fylle bunnen av ravinen, samt plastre skråningen et stykke oppover. I tillegg ble det i notatet foreslått at man burde utføre enkelte grunnundersøkelser for å kartlegge grunnforholdene i skråningen.

I et teknisk notat fra februar 2001, se ref. 5, er resultatene fra grunnundersøkelsene samt en beskrivelse av det utførte tiltaket beskrevet. Beliggenheten av grunnundersøkelsene, nummerert fra F-1 til F-3, er vist på tegning 010.

Beskrivelsen av de utførte tiltakene i ref. 5 konkluderer med at det er fylt opp med ca 3 m stein i bunnen av ravinedalen. Videre er det plastret med stein hele veien fra bunnen av ravinedalen og opp til riksvegen på toppen av skråningen. Bildene vist i vedlegg A er tatt på en befaring i slutten av januar 2001 og viser den utførte oppfyllingen. I tillegg er det omtrentlige omfanget av utfyllingen skravert inn på tegning 011.

Denne utfyllingen vil naturlig nok ha en positiv effekt på stabiliteten til skråningen. Men i forbindelse med utfyllingen ble det ikke gjort noe vurdering på hvor stor denne effekten er. Tiltaket ble primært sett på som en brannsluking for å kunne tillate at beboerne i Fossveien 80 kunne flytte tilbake. Det ble

heller ikke utført noe nøyaktig oppmåling av skråningen før og etter utfyllingen for å dokumentere omfanget på utfyllingen.

3 Topografi og grunnforhold

3.1 Terreng

Skråningen består av flere mindre rygger og raviner som faller relativt jevnt ned mot elva i nord. I overgangen mellom skråningen og platået på toppen ligger terrenget på rundt kote +84 til +87, mens elva i foten av skråningen ligger på rundt kote +55.

3.2 Grunnforhold

Som nevnt ble det utført grunnundersøkelser i forbindelse med skredhendelsen i år 2000. I tillegg ble det utført mer omfattende grunnundersøkelser i skråningen i april 2009. Dette for å ha et bedre grunnlag for å vurdere skråningsstabiliteten. Beliggenheten av de utførte grunnundersøkelsene er vist på tegning 010. På tegningen er boringene fra 2009 nummerert fra 401 til 409, mens boringene fra 2001 som tidligere nevnt er nummerert fra F-1 til F3.

Dreietrykksonderingene indikerer et kotenivå på faste masser/fjell i foten av skråningen på mellom +50 og +60. Den minste dybden er i østre del av skråningen, hvor det bla. er fjell i dagen rett vest for borhull 401. Områdene hvor det er fjell i dagen er for øvrig markert av på tegning 011.

På topp av skråningen varierer løsmassemektigheten mellom 13 og 27 m, med de minste dybdene lengst øst i området.

Jordprofilen består i toppen av tørrskorpeleire. Mektigheten av denne varierer fra mellom 3 til 4 m på toppen av skråningen, til mellom 1 og 3 i den nedre delen av skråningen.

Under tørrskorpeleira er det leire ned til faste masser/fjell. Leira ser ut til å tidvis være siltig/sandig, eventuelt med enkelte tynnere lag av silt og sand.

I henhold til prøveserien tatt opp i borpunkt F-3 i år 2000 beskrives materialet som leire med sandlag på mellom 1 og 3 cm tykkelse fra 5 til 10 m dybde. Vanninnholdet varierer mellom 20 og 40 %, hvor de laveste verdiene antageligvis skyldes drenerte sandlag. Den omrørte skjærstyrken ligger på mellom 1 og 2 kPa, altså er materialet i dette borpunktet ikke definert som kvikkleire. Det må imidlertid antas at materialet har sprøbruddegenskaper.

Den dypeste sylindren i borpunktet, tatt på 12 m dybde, indikerer leire med et vanninnhold på mellom 40 og 45 %. Også her er omrørt skjærstyrke en del

større enn øvre grensen for kvikkleire, i dette tilfellet rundt 2 til 3 kPa. Også her må det antas at materialet har sprøbruddegenskaper.

At materialene i skråningen har sprøbruddegenskaper understøttes av flere av de utførte dreietrykksonderingene i skråningen.

3.3 Grunnvann

Det er installert to poretrykksmålere i to borpunkter i skråningen, borpunkt 403 og 404. I tillegg er det flere eksisterende poretrykksmålere noe sør for området.

Grunnvannsmålingene oppe på plataet indikerer et grunnvannsnivå på kote +75. I skråningen er det noe varierende resultater for de to målerne. Måler 403 indikerer et grunnvannspeil på rundt kote +66, mens måler 404 indikerer et grunnvannspeil på kote +72 til +75.

Målingene indikerer et undertrykk i skråningen i forhold til en hydrostatisk utvikling mot dybden. Dette skyldes antageligvis de silt- og sandlagene som er beskrevet i avsnitt 3.2.

4 Stabilitetsvurderinger

Stabiliteten av skråningen er vurdert langs med sju ulike profiler i skråningen. Beliggenheten av de ulike profilene er vist på tegning 010.

4.1 Geometri

Beliggenheten av de sju profilene er valgt ut fra hvilke deler av skråningen som har brattest helning, samt beliggenheten til de utførte grunnundersøkelsene.

Stabilitetsprofilene er i utgangspunktet bygget opp av to materialer, tørrskorpe/sand og leire. I tillegg er det i tre av profilene, profil 403, 404 og 405, tatt med effekten av steinfyllingen fra år 2001.

Tørrskorpen er modellert med effektivspenningsparametere i alle beregningene. Mektigheten av tørrskorpen er tolket ut fra dreietrykk- og CPTU-sonderingene. Mellom borpunktene er utviklingen til tørrskorpen interpolert med noe geometritilpassninger.

Under tørrskorpen er det leire modellert med totalspenningsparametere. Mektigheten av leira er tolket ut fra dreietrykksonderingene. Mellom borpunktene er utviklingen til leirlaget interpolert med noe geometritilpassninger.

Som sagt er det i profil 403, 404 og 405 lagt inn et steinmateriale i foten av skråningen for å modellere steinfyllingen fra 2001. Geometrien til denne er omtrentlig og steinfyllingen er modellert med effektivspenningsparametere.

Nedre avgrensning av leira er modellert som fjell.

4.2 Geotekniske dimensjoneringsparametere

4.2.1 Romvekt

Romvekten for leira er tolket ut prøveserien fra 2000, se ref. 5. Dette innebærer en benyttet fromvekt på $19,5 \text{ kN/m}^3$ for leire.

For tørrskorpen er det ikke utført noe laboratorieundersøkelser. Det er derfor benyttet en erfaringsverdi på $19,5 \text{ kN/m}^3$. For steinfyllingen er det benyttet en erfaringsverdi på 19 kN/m^3 .

4.2.2 Styrkeparametere i tørrskorpe/steinfylling

Som nevnt er tørrskorpen og steinfyllingen modellert som effektivspenningsmaterialer. Dette innebærer at styrke gis ut fra en attraksjon (a) og en friksjonsvinkel (φ).

Siden det ikke er gjort noen vurderinger på styrken i tørrskorpen, er det brukt erfaringsverdier på styrkeparametrene. Dette innebærer at det er benyttet $a = 0 \text{ kPa}$ og $\varphi = 35^\circ$ i alle beregningene. For steinfyllingen er det også benyttet erfaringsverdier. Her er det benyttet $a = 0 \text{ kPa}$ og $\varphi = 42^\circ$.

4.2.3 Styrkeparametere i leira

Leira er som nevnt modellert som et totalspenningsmateriale. Dette innebærer at styrken i materialet er gitt som en udrenert skjærstyrke (s_u).

Tolkningen av den udrenerte skjærstyrken er primært gjort ut fra SHANSEP-basert tolkning, beskrevet i ref. 6. Dette innebærer at den aktive, udrenerte skjærstyrken fastsettes ut fra formelen:

$$s_{uA} = \alpha \cdot \sigma_{v0}' \cdot OCR^m$$

Verdiene for α varierer mellom 0,28 og 0,32 mens verdien for m varierer mellom 0,6 og 0,9. For den aktuelle tolkningen er det brukt en relativt konservativ tolkning, med verdiene $\alpha = 0,28$ og $m = 0,85$. OCR er beregnet ut fra et tidligere terreng- og grunnvannsnivå på kote +190.

Den SHANSEP-baserte fastsettelsen av skjærstyrken er videre kontrollert mot de utførte CPTU-sonderingene vha. erfaringsdata fra norske leirer, beskrevet i

ref. 7. Dette innebærer at CPTU-sonderingene er tolket med tanke på å fastsette skjærstyrken i materialet ut fra målt spissmotstand og poretrykk under sonderingen. Silt/sand i materialet kan imidlertid føre til noe usikkerheter i denne tolkningen, resultatene er derfor som sagt sammenlignet med resultatene fra SHANSEP-baserte tolkningen.

I stabilitetsberegningene er leira anisotrop modellert. Dette innebærer at leira har følgende forhold mellom aktiv, direkte og passiv skjærstyrke.

$$s_{uD}/s_{uA} = 0,7$$

$$s_{uP}/s_{uA} = 0,4$$

4.2.4 Geometri inn i planet

Beregningsprogrammet som er brukt, GeoSuite Stability, regner i utgangspunktet med en uendelig lang skråning inn i planet. I henhold til geometrien av skråningen blir dette noe konservativt. Det er derfor lagt inn en breddebegrensning på samtlige profiler på 150 m.

4.3 Stabilitet av dagens situasjon

Den beregnede sikkerhet for de seks profilene er vist på tegning 100 til 106. Resultatene er oppsummert i tabell 4-1.

Tabell 4-1 - Resultater fra stabilitetsberegninger av dagens situasjon

Profil nr	Tegning nr.	Minste beregnede sikkerhetsfaktor
401	100	1,12
402	101	1,22
403	102	1,08
404	103	1,14
405	104	1,00
406	105	1,23
407	106	1,17

4.4 Krav til sikkerhet

I henhold til tabell 4.3 i NVE sine retningslinjer nr 1/2008, se ref. 8, er man i områder med fare for kvikkleireskred avhengig av en sikkerhet på minimum 1,4 for å kunne gjennomføre tiltak i det aktuelle området. Alternativt må man ha en "forbedring" eller "vesentlig forbedring" av sikkerheten i henhold til figur 4.2 i de samme retningslinjene, avhengig av tiltakets størrelse.

Dette innebærer at for en økning av sikkerheten tilsvarende "forbedring" så trengs det en økning av sikkerheten på 10% for en skråning som har beregnet sikkerhet på 1,0. Denne økningen avtar så lineært til 0% for en skråning med

sikkerhet på 1,4. På samme måte trengs det en økning på 15% for en skråning med beregnet sikkerhet på 1,0 for å oppnå ”vesentlig forbedring”. Også her er det en lineær utvikling til 0% forbedring ved beregnet sikkerhet på 1,4.

Som tabell 4-1 viser er sikkerhet for lav for samtlige profiler i forhold til en sikkerhet på 1,4. Man må dermed enten øke sikkerheten til 1,4 eller ha en ”forbedring” eller ”vesentlig forbedring” av den beregnede sikkerhet for å kunne gjennomføre framtidige tiltak i det aktuelle området.

4.5 Beregning av sikringsbehov

Beregning av sikringsbehovet er gjort ut fra en økning av den beregnede sikkerheten tilsvarende ”forbedring” eller ”vesentlig forbedring”. Det er ikke vurdert omfanget som kreves av sikringen for å øke den beregnede sikkerheten til 1,4.

Økning av sikkerheten i henhold til ”forbedring”/”vesentlig forbedring” er ikke bare gjort for den mest kritiske glideflaten i skråningen, det er gjort for samtlige glideflater med beregnet sikkerhet mindre enn 1,4. Rent praktisk betyr dette at sikkerhetsfaktoren er beregnet for 4 til 6 potensielle glideflater for hvert stabilitetsprofil, og at sikkerhet for disse så er hevet ved hjelp av motfylling/avgraving i henhold til kravene for både ”forbedring” og ”vesentlig forbedring”. I tillegg er den kritiske glideflaten etter sikring også beregnet for hvert enkelt profil.

Stabilitetsberegningene, med det tilhørende behovet for tiltak skravert inn, er vist i tegning 107 til 113 for ”forbedring” og i tegning 114 til 120 for ”vesentlig forbedring”. Den beregnede sikkerheten vist på tegningene er den minste beregnede sikkerheten for skråningen etter tiltaket. En oppsummering av resultatene er i tillegg gitt i tabell 4-2.

Tabell 4-2 - Resultater fra stabilitetsberegninger

Profil	F _{DAGENS}	”Forbedring”		”Vesentlig forbedring”	
		Tegning nr	F _{MIN}	Tegning nr	F _{MIN}
401	1,12	107	1,20	114	1,24
402	1,22	108	1,27	115	1,31
403	1,08	109	1,16	116	1,21
404	1,14	110	1,22	117	1,25
405	1,00	111	1,10	118	1,18
406	1,23	112	1,32	119	1,32
407	1,17	113	1,25	120	1,27

4.6 Utføring av sikring

Ut fra stabilitetsberegningene presentert i tabell 4-2 er det i tegning 012 og 013 laget sammenstillinger som viser minimumsbehov for sikring for å oppnå henholdsvis ”forbedring” og ”vesentlig forbedring”. Figurene viser minimumsnivået og i en trinnvis oppbygning, men det vil være naturlig at dette rent praktisk legges ut med jevnere overganger. Tegningene viser dessuten ingen trinnvis avslutning i sideretning, men også her er det naturlig at oppfyllingen slakes noe ut.

Ved en framtidig oppbygging av sikringen er det viktig at man begynner å legge opp fyllingen fra bunn av og jobber seg oppover. Likså er det viktig at man i området i nordøst, hvor det også skal graves av noe masser, begynner med motfyllingen nederst i skråningen.

I henhold til befaringen som ble gjennomført den 11. november 2009 er det tenkt at man skal etablere anleggsveien til området nordfra. Denne skal gå fra kraftverket på Øya i Hvittingfoss og på fjell over til det aktuelle utfyllingsområdet. Denne beliggenheten av anleggsveien forutsetter at overløpet på dammen ved kraftverket ikke er i bruk.

Det er forøvrig ikke tatt hensyn til terrengets helning nede i elva i disse vurderingene. Dette skyldes at kotenivået i elva ikke er kartlagt. Det vil være en forutsetning at dette blir gjort før oppfyllingsarbeidene starter og at det gjøres en vurdering på hvordan utfyllingen ute i elva skal utføres.

5 Referanser

- /1/ NGI (2007)
”Fossnes på Hvittingfoss. Resultater fra grunnundersøkelser”.
Prosjekt 20071564: Oppfølging av anbefalte tiltak ved Fossnes i Hvittingfoss
Rapport nr 20071564-1, datert 29. november 2007.
- /2/ NGI (2008)
”Fossnes på Hvittingfoss. Vurdering av skredfare og sikringstiltak”.
Prosjekt 20071564: Oppfølging av anbefalte tiltak ved Fossnes i Hvittingfoss
Rapport nr 20071564-2, datert 30. januar 2008.
- /3/ NGI (2009)
“TN-3: Vurdering av tilgrensende områder”.
Prosjekt 20081549: Fossnes på Hvittingfoss, detaljprosjektering av tiltak og oppfølging av anlegg.
Teknisk notat datert 16. juni 2009.

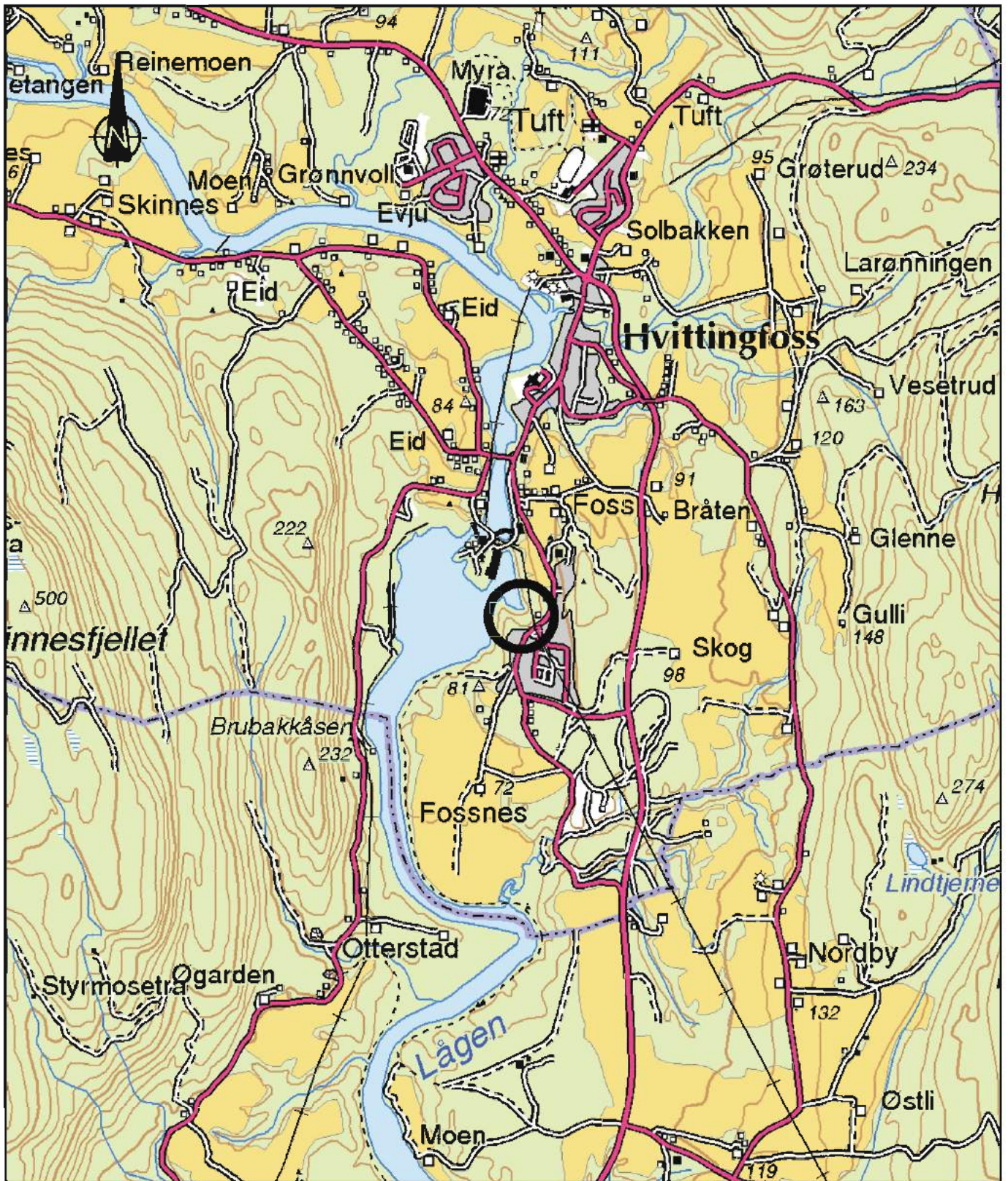
- /4/ NGI (2000)
”Geotekniske vurderinger”.
Prosjekt 20005173: Fossnes 80, Hvittingfoss.
Teknisk notat datert 6. desember 2000.

- /5/ NGI (2001)
”Grunnforhold og stabiliserende tiltak”.
Prosjekt 20005173: Fossnes 80, Hvittingfoss.
Teknisk notat datert 26. februar 2001.

- /6/ Ladd, C.C., Foott, R., Ishihara, K., Schlosser, F. And Poulos, H.G. (1977)
”Stress-deformation and strength characteristics”.
Proceedings from the 9th International Conference on Soil Mechanics and
Foundation Engineering, Tokyo, 1977, s 421-494.

- /7/ NGI (2005)
“CPTU-korrelasjoner for leire basert på blokkprøver”.
NGI rapport 20041198-1, datert 10. januar 2005
Også presentert under ICSMGE 2005 i Osaka, Japan.

- /8/ NVE (2009)
“Planlegging og utbygging i fareområder langs vassdrag”.
NVE sine retningslinjer nr 1/2008, sist revidert 5. mars 2009.



Fossnes på Hvittingfoss - Detaljprosjektering av tiltak og oppfølging av anlegg

Oversiktskart

Status
Original format
A-4
Tegningens tittel
q:\geogarkiv\20081549\autograf.rit\001.dwg
Ytelsestikk

1:2500



NGI
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion
NO-0806 Oslo, Norway
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48
www.ngi.no

Dato
15.12.2009

Konstr./Tegnet
MaR

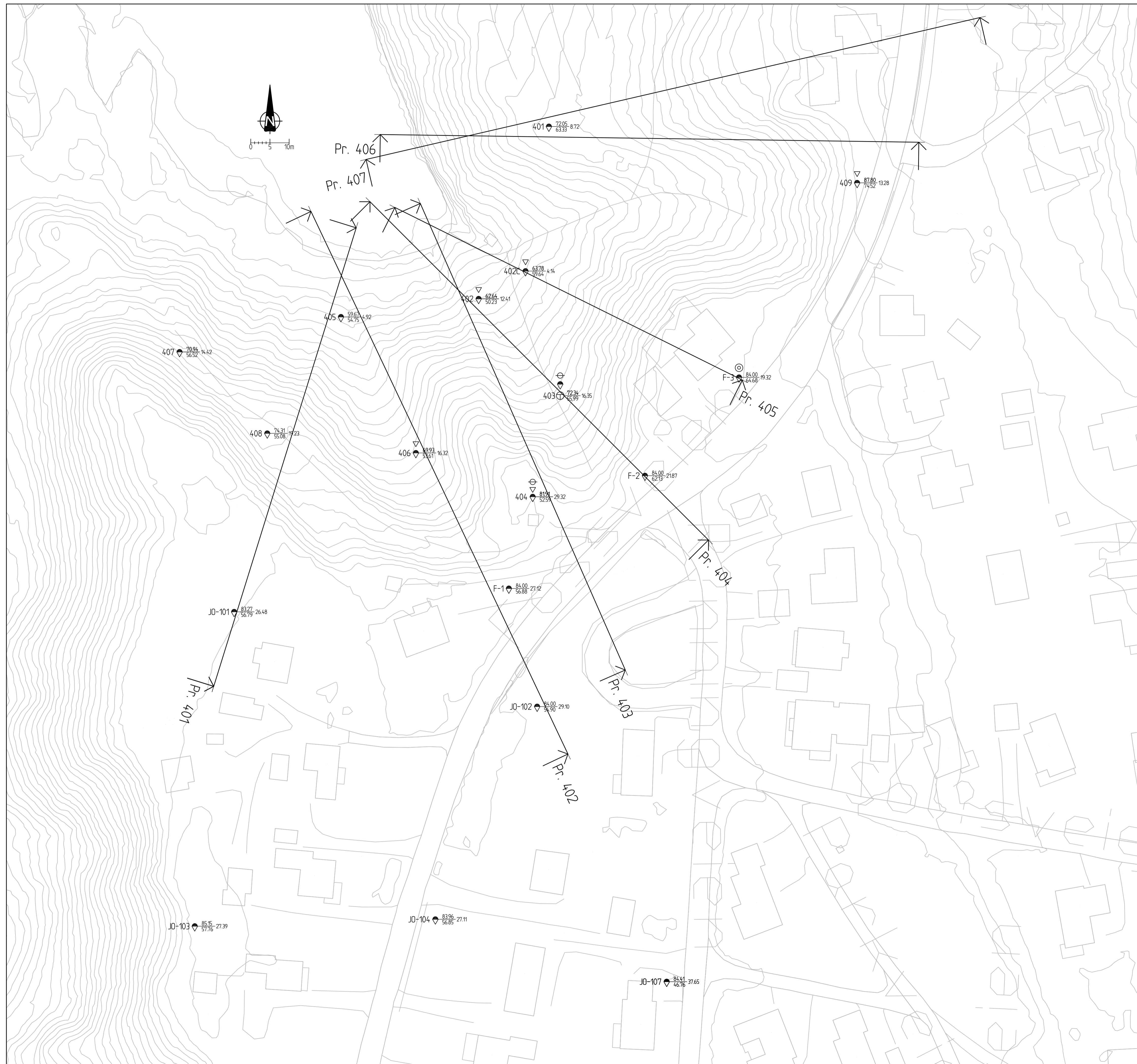
Kontrollert
OG

Godkjen
RMO

Oppdragsnr.
20081549

Tegningsnr.
001

Rev



FORKLARINGER:

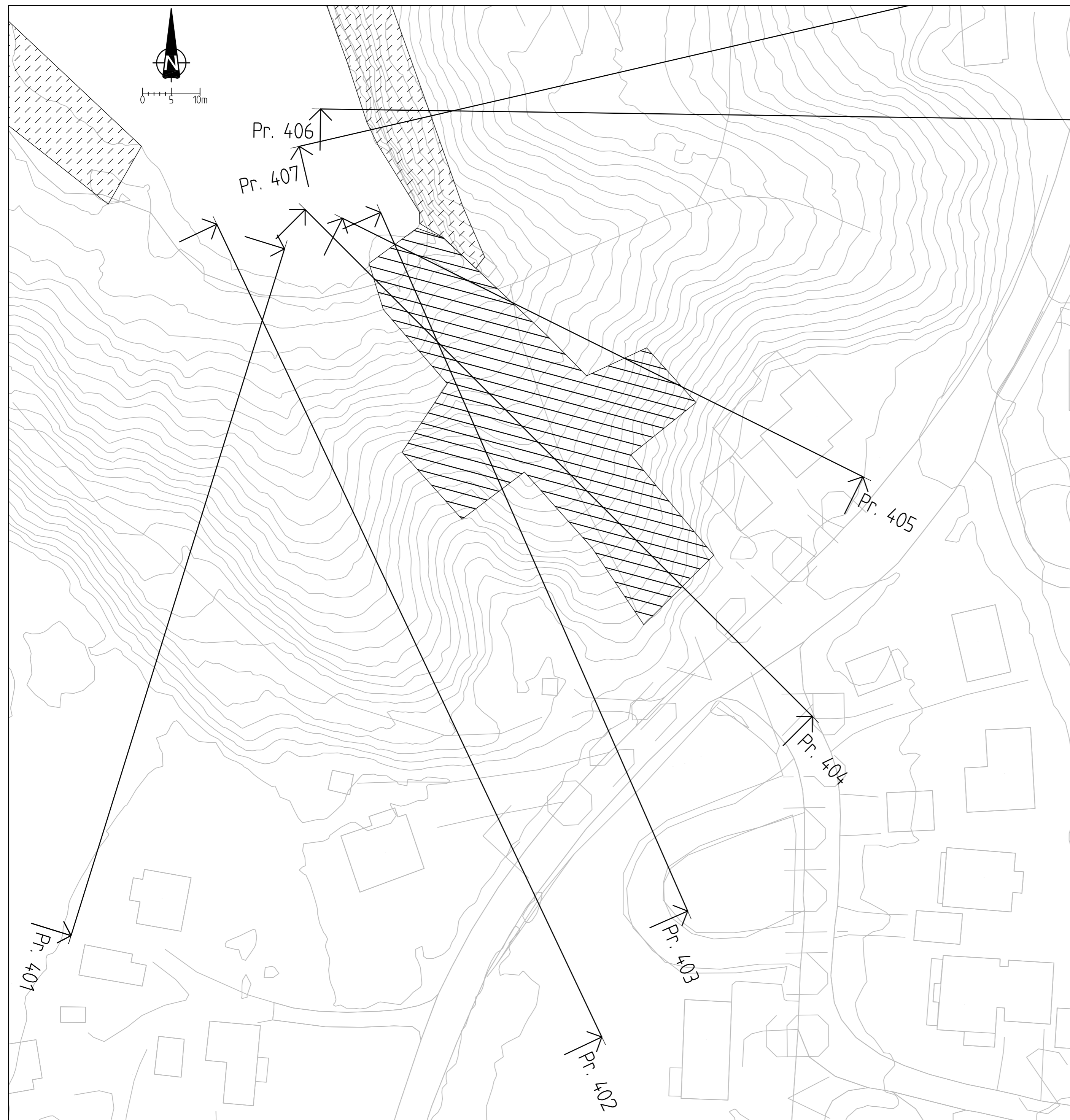
- Dreiesondring
- Enkel sondring
- ▽ Trykksondring
- ☆ Fjellkontrollboring
- ◆ Dreietrykksondring
- ⊕ Totalsondring
- ⊙ Prøveserie
- Prøvegrop
- +
- ⊖ Poretrykksmåling
- ⚡ Fjell i dagen

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

Tegningsnr.	Tegningsnr.	Rev.
Borplan for skrånningen ved Fossveien 80	010	

<p style="font-size: 24px; margin: 0;">Hvitlingfross</p> <p style="font-size: 18px; margin: 0;">Borplan for skrånningen ved Fossveien 80</p>	<p style="font-size: 12px; margin: 0;">Status</p> <p style="font-size: 10px; margin: 0;">Original format A-1</p> <p style="font-size: 10px; margin: 0;">Tegningsnr. filnavn</p> <p style="font-size: 10px; margin: 0;">g:\baser\priv\2008\154\Autograf\rit\010_cord.dwg</p> <p style="font-size: 10px; margin: 0;">Målestokk</p> <p style="font-size: 12px; margin: 0;">1500</p>
--	--

<p>NGI Sognsveien 72 - PO Boks 3030 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no</p>	<p>Dato</p> <p>15.12.2009</p>	<p>Konstr./Tegnet</p> <p>MaR</p>	<p>Kontrollert</p> <p>OG</p>	<p>Godkjent</p> <p>RMo</p>
20081549	010			



FORKLARINGER:

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

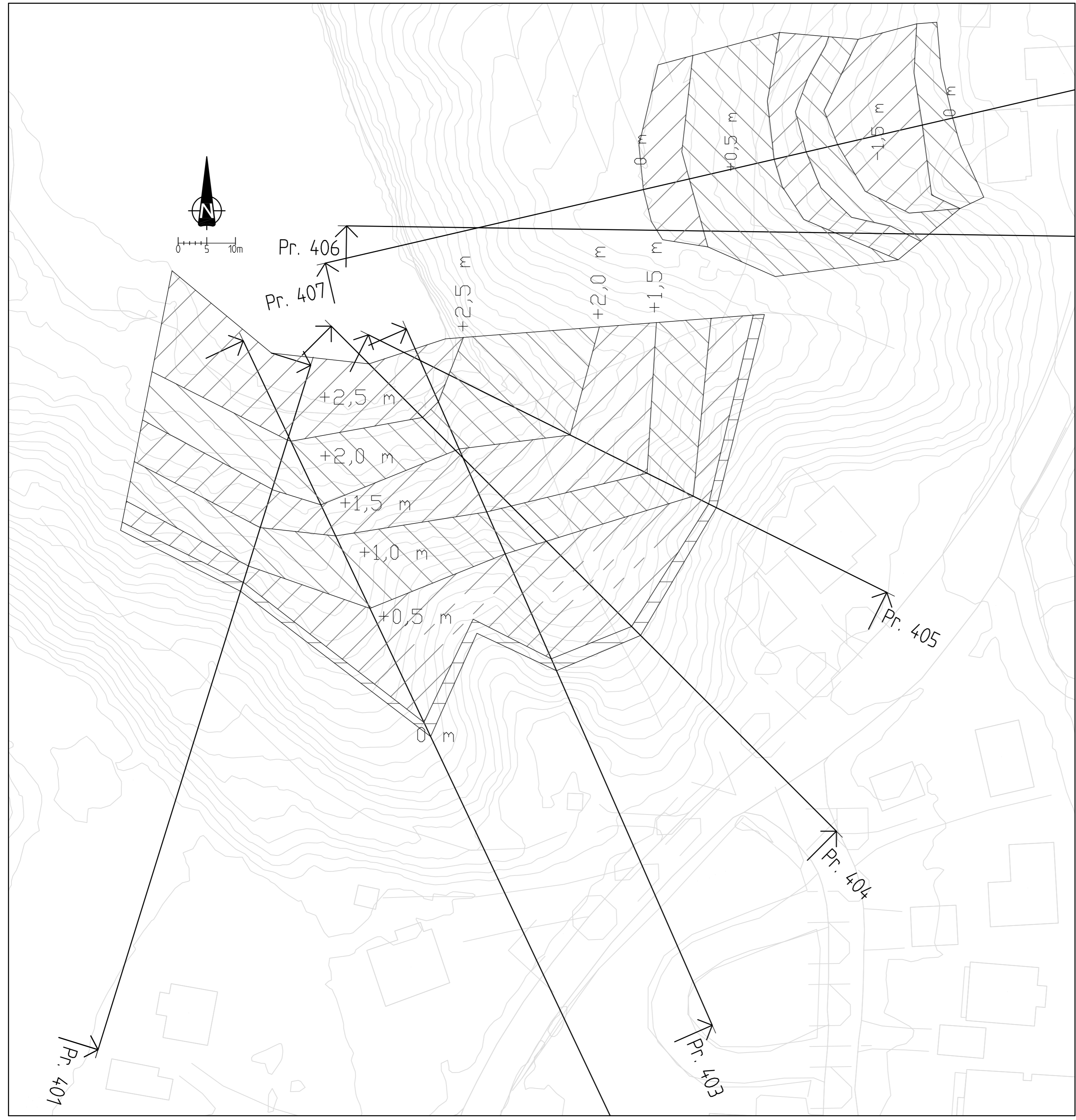
Borhull nr. $\frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antall fjellkote}}$ Boret dybde + (boret i fjell)

- Omfang av utfylling utført i 2001
- Fjell i dagen

Tegningstittel	Tegningsnr.	Rev.
Omfang av tidligere utfylling og beliggenhet av fjell	011	

--	--	--

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Hvittingfoss				
		Status Original format A-2 Tegningens filnavn g:\geoteknik\20081549\autograf.rit\011_nord.dwg Målestokk 1:500			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 15.12.2009	Konstr./Tegnet MaR	Kontrollert OG	Godkjent RMo
		Oppdragsnr. 20081549	Tegningsnr. 011		



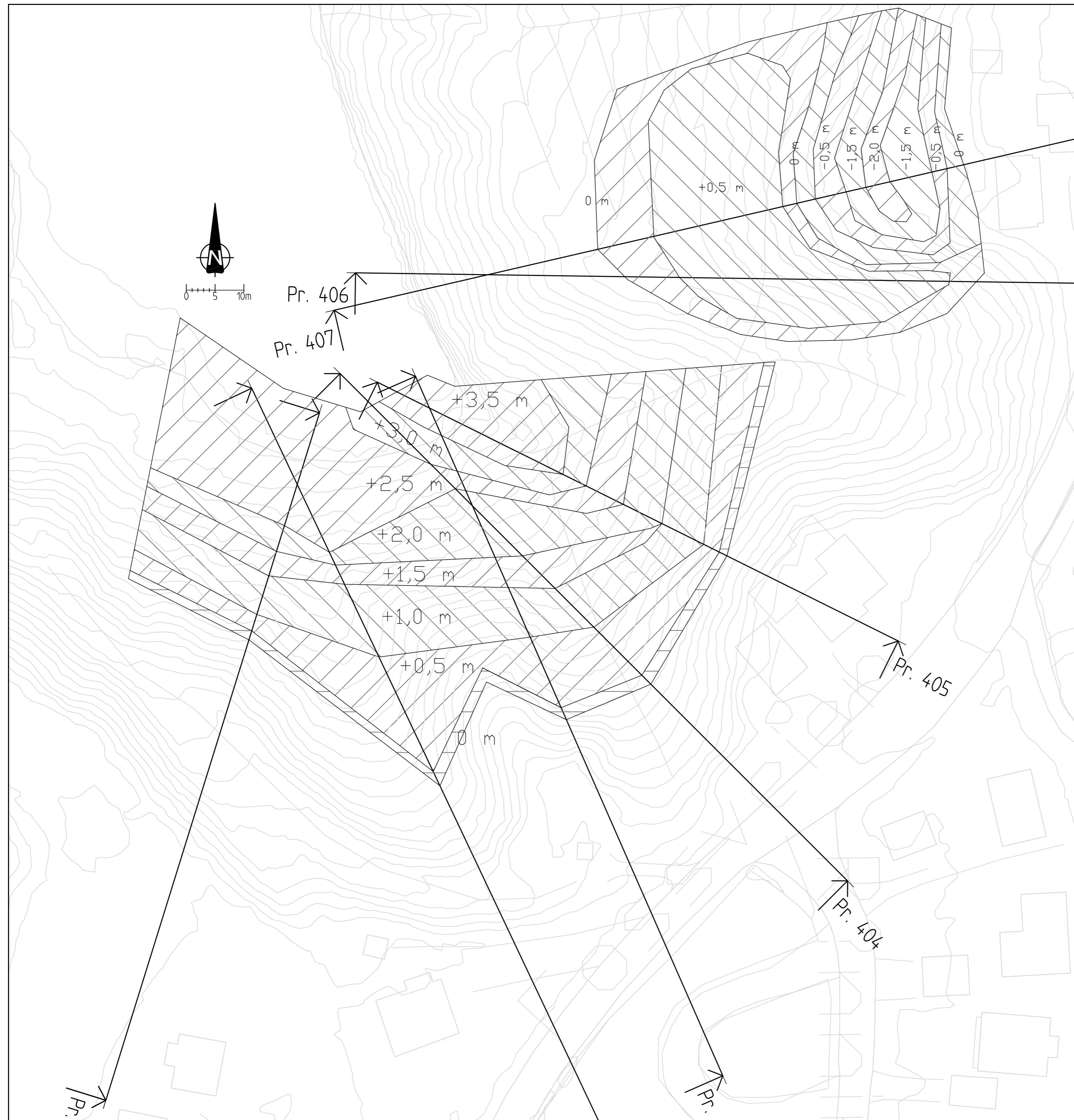
Tegningstittel:	Tegningsnr.:	Rev.:
-----------------	--------------	-------

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

Hvittingfoss		Status
Fossveien 80 - Omfang av motfylling ved "forbedring" i henhold til NVE sine retningslinjer 1/2008		Original format A-2 Tegningens filnavn g:\gearkiv\2008\549\autograf\rit\Fossveien 80 - forbedring Målestokk
		1:500

NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato 15.12.2009 Oppdragsnr. 20081549	Konstr./Tegnet MaR Tegningsnr. 012	Kontrollert OG	Godkjent RMo
---	---	---	-------------------	-----------------





Tegningstittel	Tegningsnr.	Rev.
----------------	-------------	------

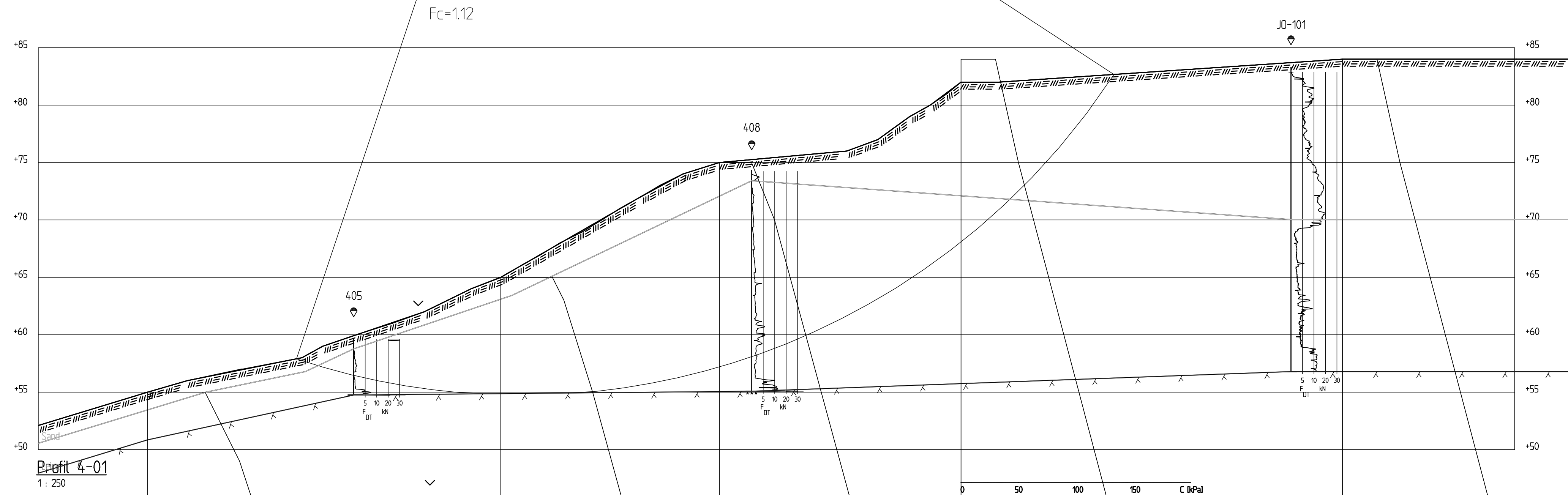
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.

Hvittingfoss	Status	1:500	
	Original format A-2 Tegningens filnavn g:\gearkiv\2008\549\autograf.rvt\Fossveien 80 - vesentlig forbedr Målestokk		
Fossveien 80 - Omfang av motfylling ved "vesentlig forbedring" i henhold til NVE sine retningslinjer 1/2008		1:500	

NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato 15.12.2009 Oppdragsnr. 20081549	Konstr./Tegnet MaR Tegningsnr. 013	Kontrollert OG	Godkjent RMO
---	---	---	-------------------	-----------------

Material	no	Un.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap	AltGw	Ru-factor	PWPress.
Sand	1	19.50	35.0	0.0					0.00	0.00	0.00
Leire	2	19.50	---	---	C-profil	1.00	0.70	0.40	0.00	0.00	0.00
Berg											



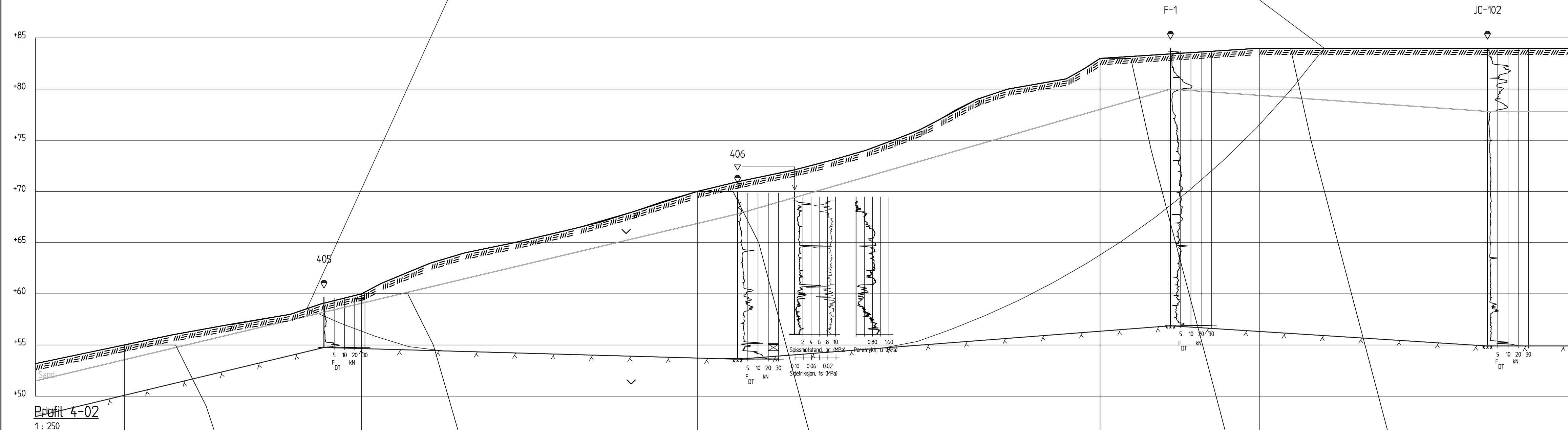
Profil 4-01
1: 250

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Fossnes på Hvitvingfoss		Status			
Stabilitetsvurdering		Original format A-3L			
Profil 401 - Dagens situasjon		Tegningens filnavn g:\geoteknisk\20081549\stabgraf.rvt\profil 401.ny.u0			
		Målestokk		1:250	
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 15.12.2009	Konstr./Tegnet MaR	Kontrollert OG	Godkjent RMO
		Oppdragsnr. 20081549	Tegningsnr. 100		



Material	no	Un.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap	AltGw	Ru-factor	PWPress.
Sand	1	19.50	35.0	0.0					0.00	0.00	0.00
Leire	2	19.50	---	---	C-profil	1.00	0.70	0.40	0.00	0.00	0.00
Berg											

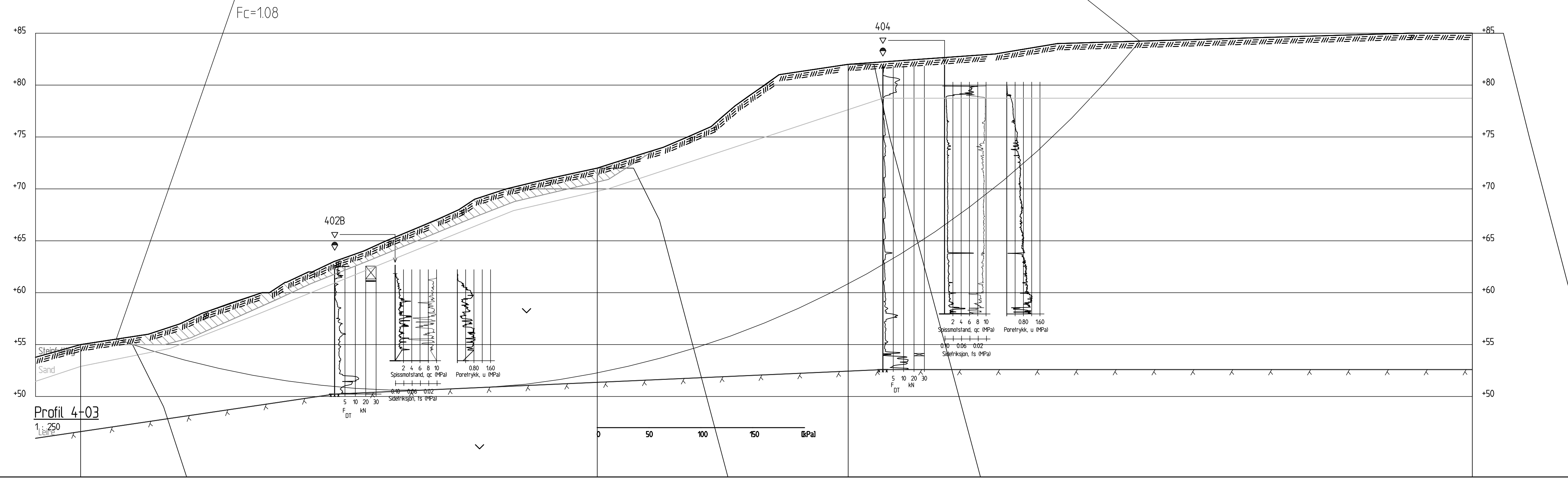
Fc=1.22



Profil 4-02
1 : 250

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Fossnes på Hvitvingfoss		Original format A-3L Tegningens filnavn g:\geotekn\20081549\stabaraf\rit\profil_402_ny.u0			
Stabilitetsvurdering		Målestokk 1:250			
Profil 402 - Dagens situasjon		NGI			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 15.12.2009	Konstr./Tegnet MaR	Kontrollert OG	Godkjent RMO
		Oppdragsnr. 20081549	Tegningsnr. 101		

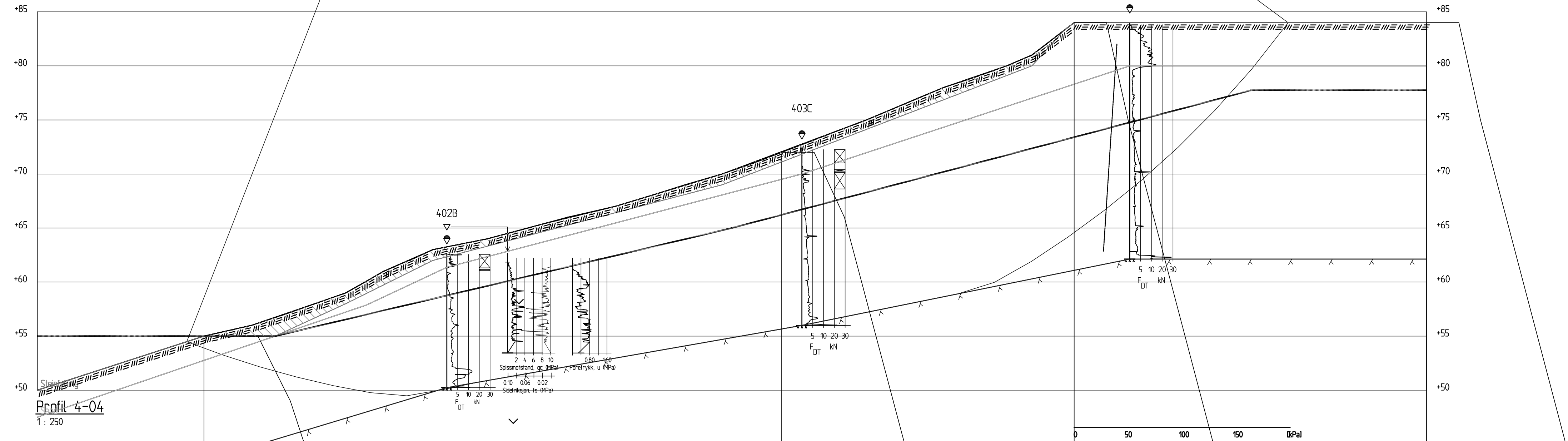
Material	no	Un.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap	AltGw	Ru-factor	PWPress.
Steinfylling	3	19.00	42.0	0.0					0.00	0.00	0.00
Sand	1	19.50	35.0	0.0					0.00	0.00	0.00
Leire	2	19.50	---	---	C-profil	1.00	0.70	0.40	0.00	0.00	0.00
Berg											



Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Fossnes på Hvitvingfoss		Original format A-3L			
Stabilitetsvurdering		Tegningens filnavn g:\geoteknisk\20085149\stabraf\rit\profil 403_ny u0			
Profil 403 - Dagens situasjon		Målestokk	NGI		
		1:250			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 15.12.2009	Konstr./Tegnet MaR	Kontrollert OG	Godkjent RMO
		Oppdragsnr. 20081549	Tegningsnr. 102		

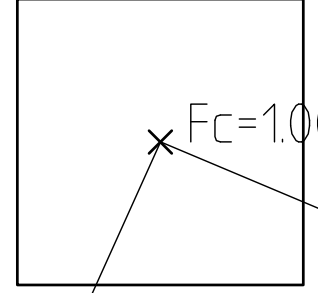
Material	no	Un.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap	AltGw	Ru-factor	PWPress
Steinfylling	3	19.00	42.0	0.0					0.00	0.00	0.00
Sand	1	19.50	35.0	0.0					0.00	0.00	0.00
Leire	2	19.50	---	---	C-profil	1.00	0.70	0.40	0.00	0.00	0.00
Berg											

Fc=1.14

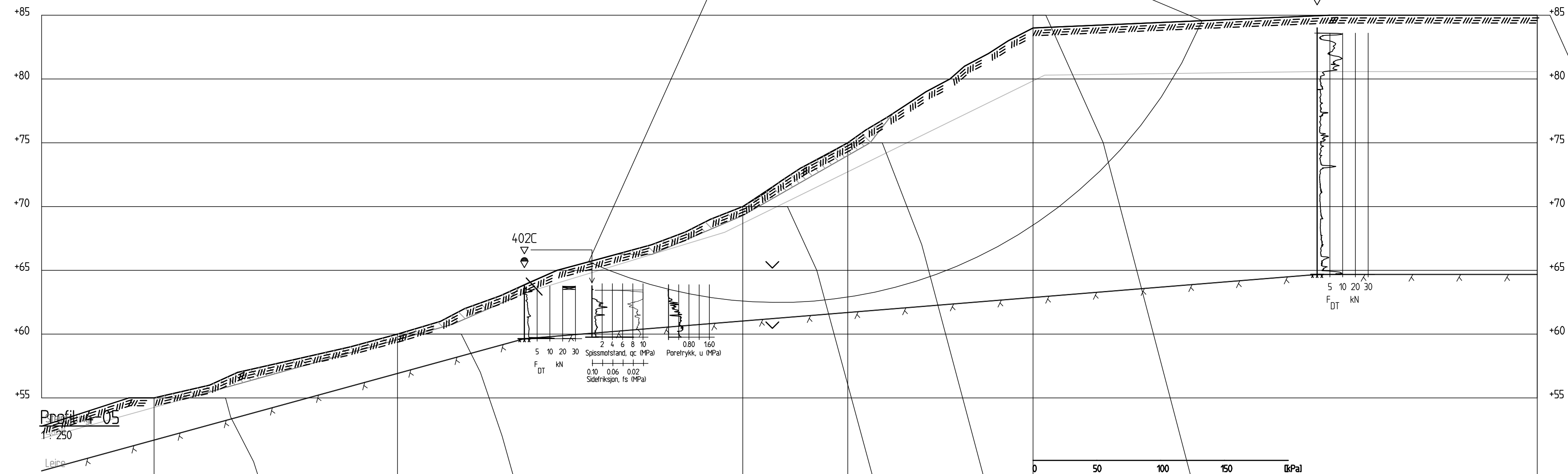


Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Fossnes på Hvitvingfoss		Status			
Stabilitetsvurdering		Original format A-3L			
Profil 404 - Dagens situasjon		Tegningens filnavn g:\geotekn\20085149\stabraf\rit\profil 404_ny.u0			
		Målestokk 1:250			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 15.12.2009	Konstr./Tegnet MaR	Kontrollert OG	Godkjent RMO
		Oppdragsnr. 20081549	Tegningsnr. 103		Rev.

Search area (tangent)



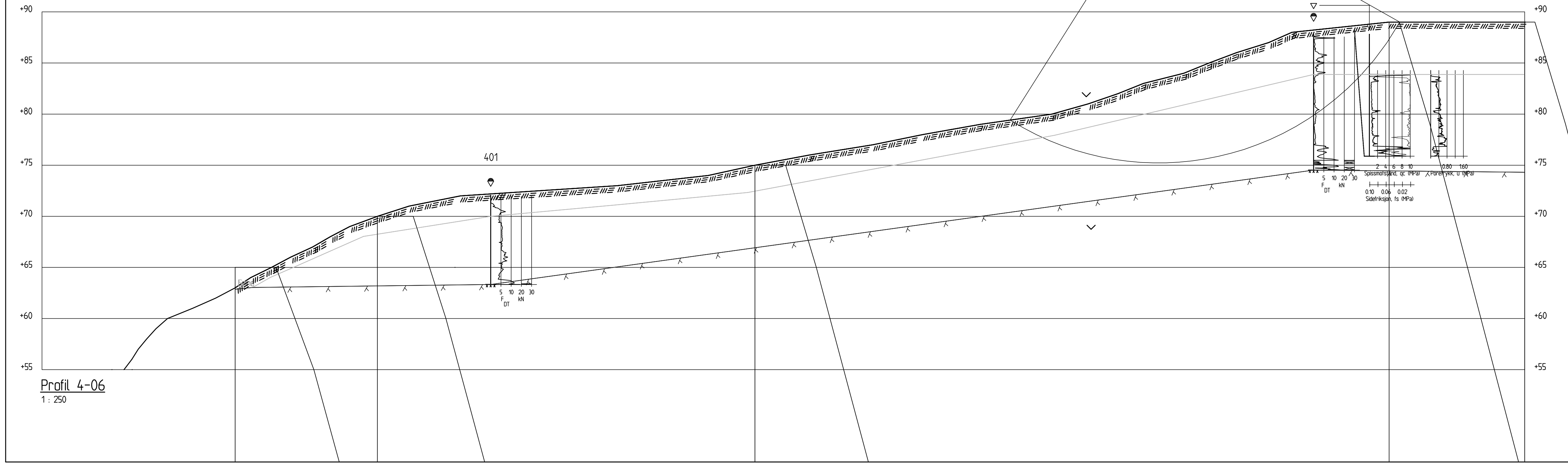
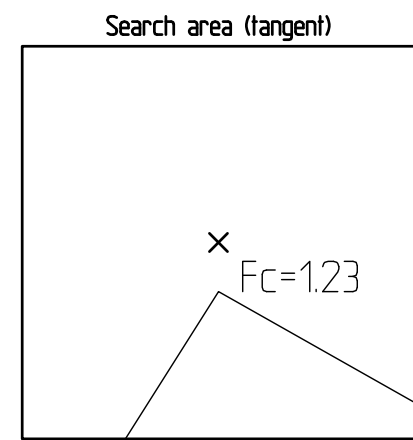
Material	no	Un.Weigth	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap	AltGw	Ru-factor	PWPress
Steinfylling	3	19.00	42.0	0.0					0.00	0.00	0.00
Sand	1	19.50	35.0	0.0					0.00	0.00	0.00
Leire	2	19.50	---	---	C-profil	1.00	0.70	0.40	0.00	0.00	0.00
Berg											



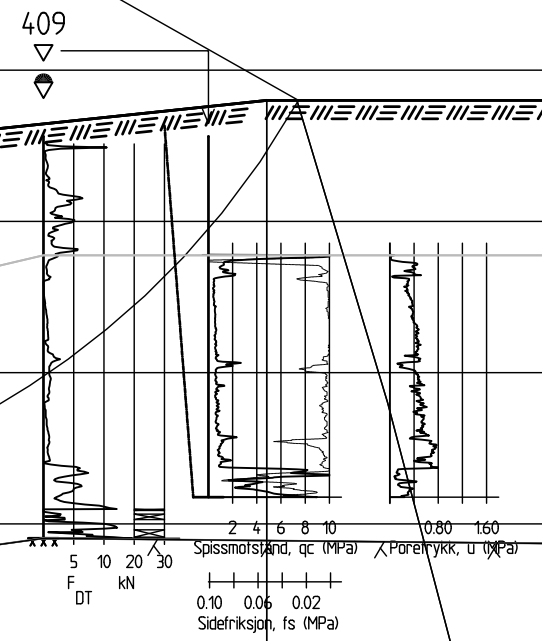
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Fossnes på Hvitvingfoss		Status			
Stabilitetsvurdering		Original format A-3L			
Profil 405 - Dagens situasjon		Tegningens filnavn g:\geotekn\20085149\stabraf\rit\profil_405_ny.u0			
		Målestokk	1:250		
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
	15.12.2009	MaR	OG		RMo
Oppdragsnr.	20081549	Tegningsnr.	104	Rev.	



Material	no	Un.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap	AltGw	Ru-factor	PWPress.
Sand	1	19.50	35.0	0.0					0.00	0.00	0.00
Leire	2	19.50	---	---	C-profil	1.00	0.70	0.40	0.00	0.00	0.00
Berg											



Profil 4-06
1 : 250

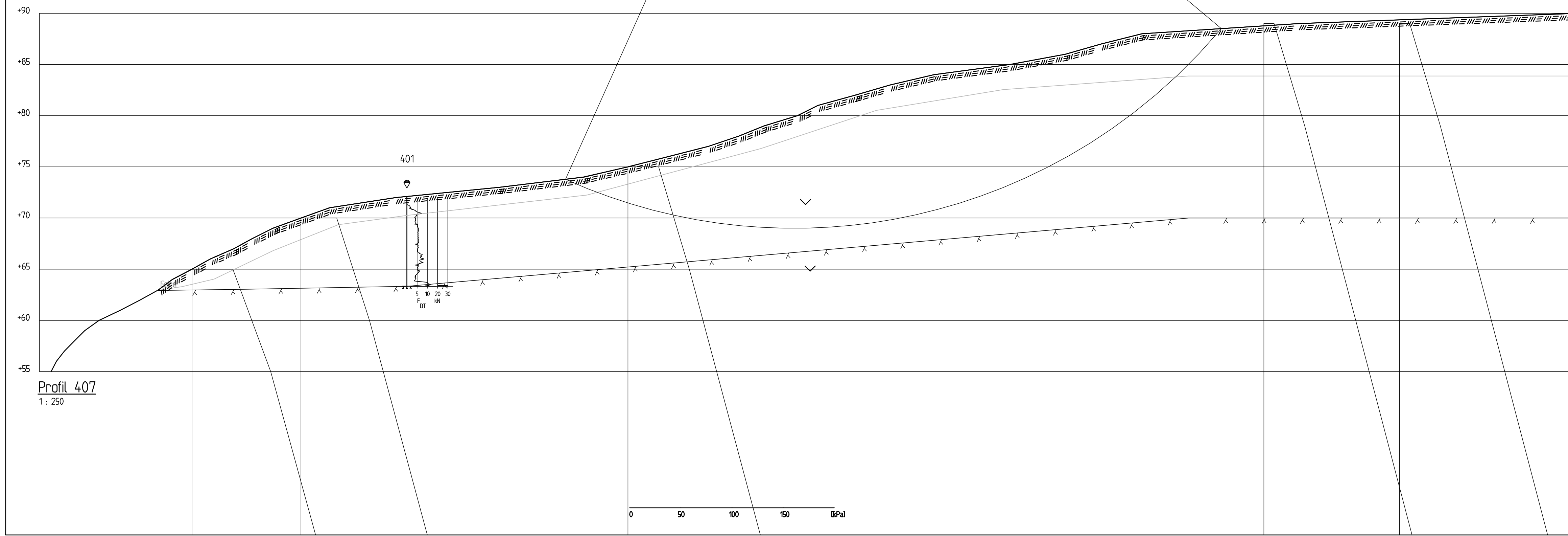


Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Fossnes på Hvitvingfoss		Status			
Stabilitetsvurdering		Original format A-3L			
Profil 406 - Dagens situasjon		Tegningens filnavn g:\geoteknik\20085149\stabgraf\rit\profil 406_ny.u0			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 15.12.2009	Konstr./Tegnet MaR	Kontrollert OG	Godkjent RMo
Oppdragsnr. 20081549		Tegningsnr. 105		Rev.	



Material	no	Un.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap	AltGw	Ru-factor	PWPress.
Sand	1	1950	35.0	0.0					0.00	0.00	0.00
Leire	2	1950	---	---	C-profil	1.00	0.70	0.40	0.00	0.00	0.00
Berg											

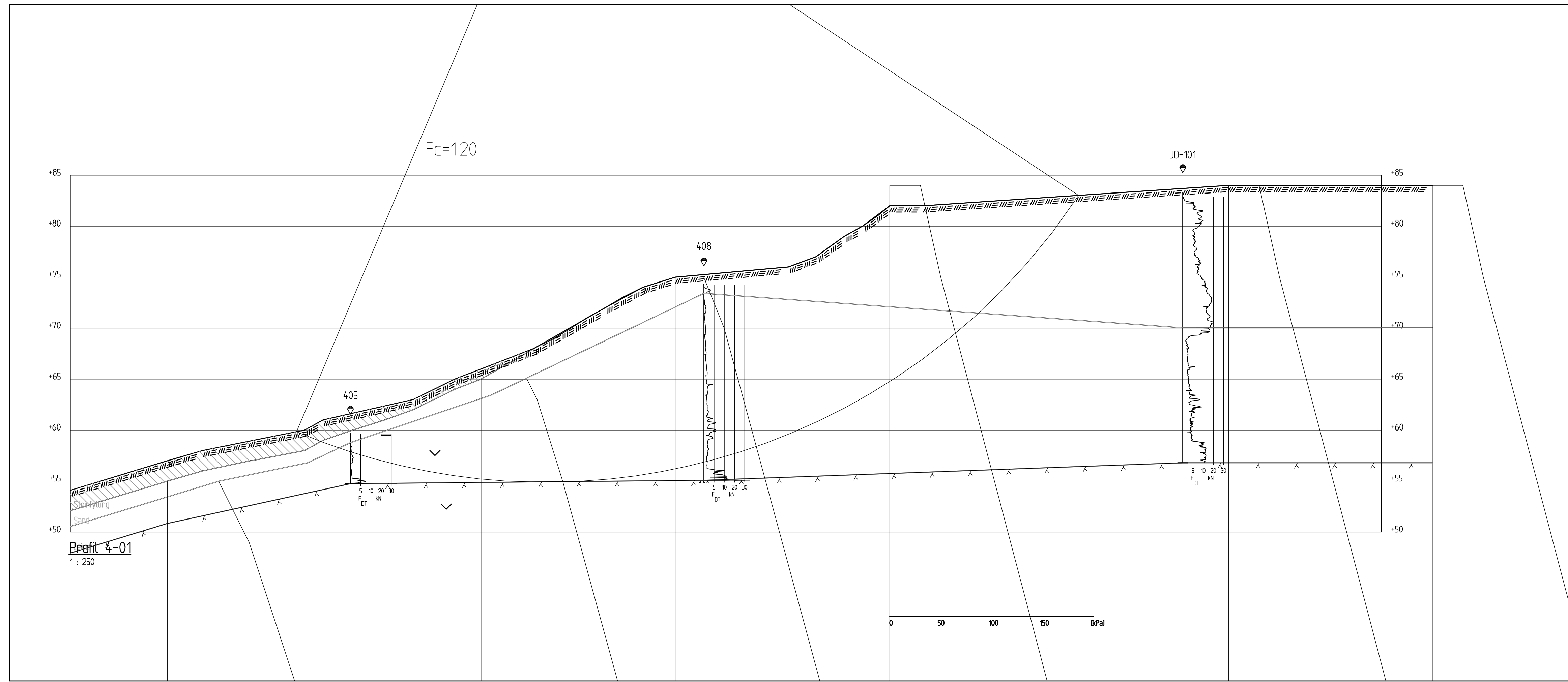
$F_c = 1.17$



Profil 407
1 : 250

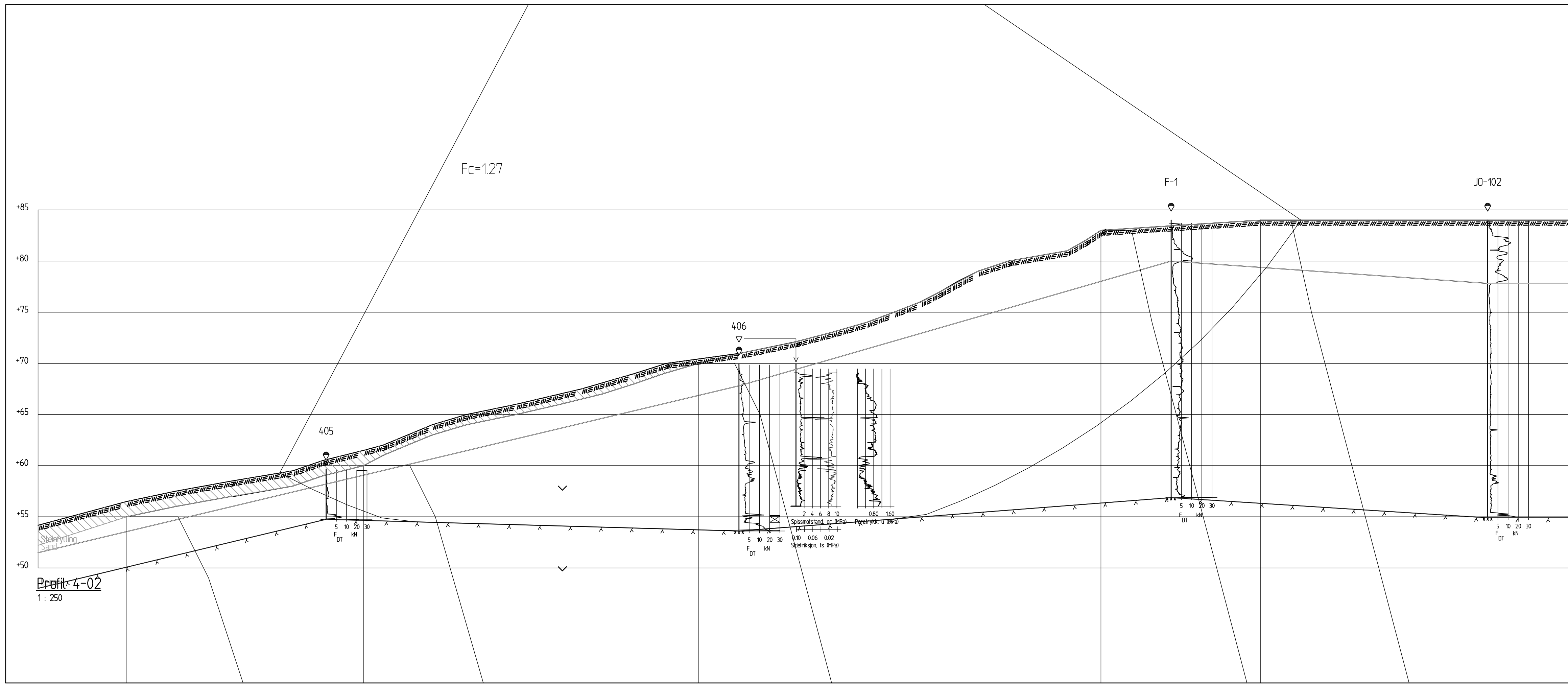
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Fossnes på Hvitvingfoss		Status			
Stabilitetsvurdering		Original format A-3L			
Profil 407 - Dagens situasjon		Tegningens filnavn g:\geoteknik\20085149\stabgraf.rvt\profil 407_ny u0			
		Målestokk	1:250		
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 15.12.2009	Konstr./Tegnet MaR	Kontrollert OG	Godkjent RMo
		Oppdragsnr. 20081549	Tegningsnr. 106		





Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Fossnes på Hvitvingfoss		Status			
		Original format A-3L			
		Tegningens filnavn g:\geoteknik\20081549\stab\graf\rit\profil 401_0y_u0_forbed			
Stabilitetsvurdering		Målestokk			
Profil 401 - Sikring mtp. "forbedring"		1:250			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 15.12.2009	Konstr./Tegnet MaR	Kontrollert OG	Godkjent RMO
		Oppdragsnr. 20081549	Tegningsnr. 107		

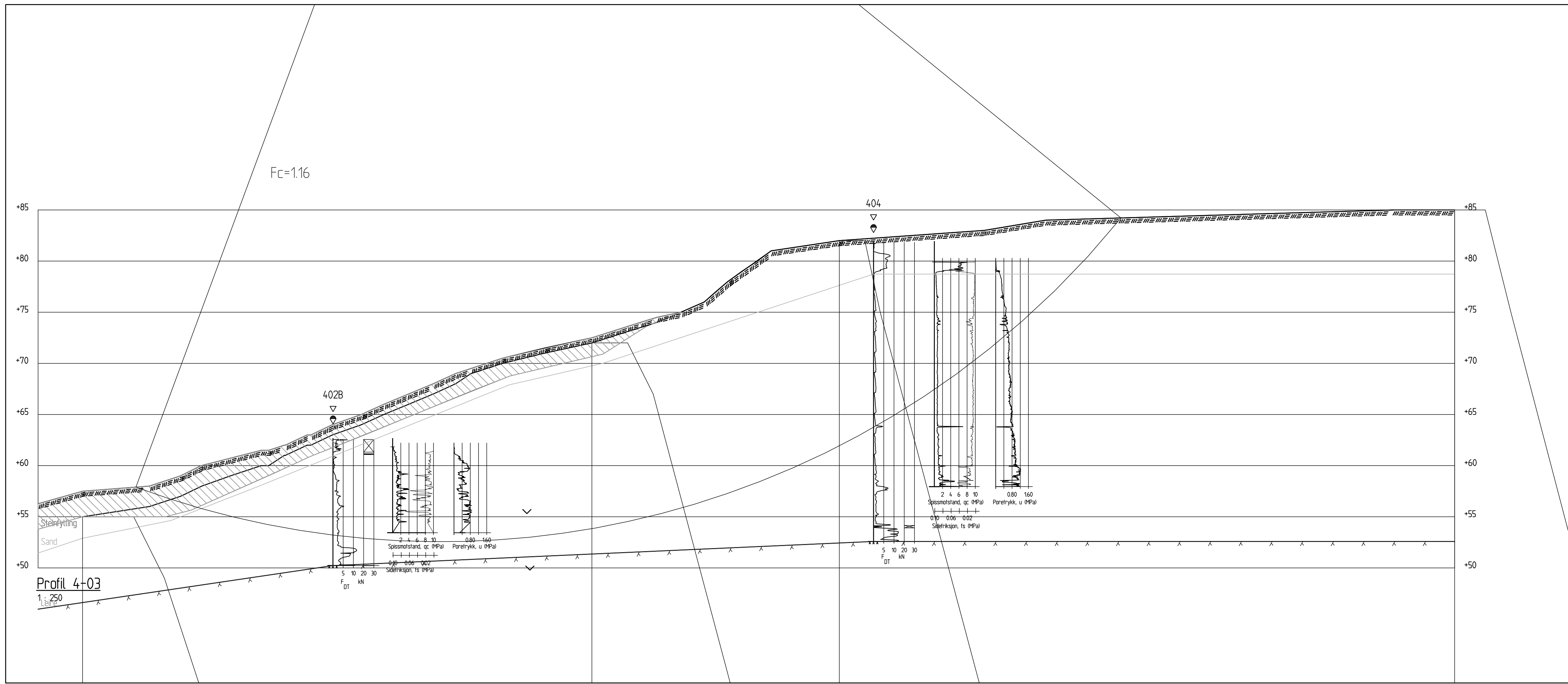




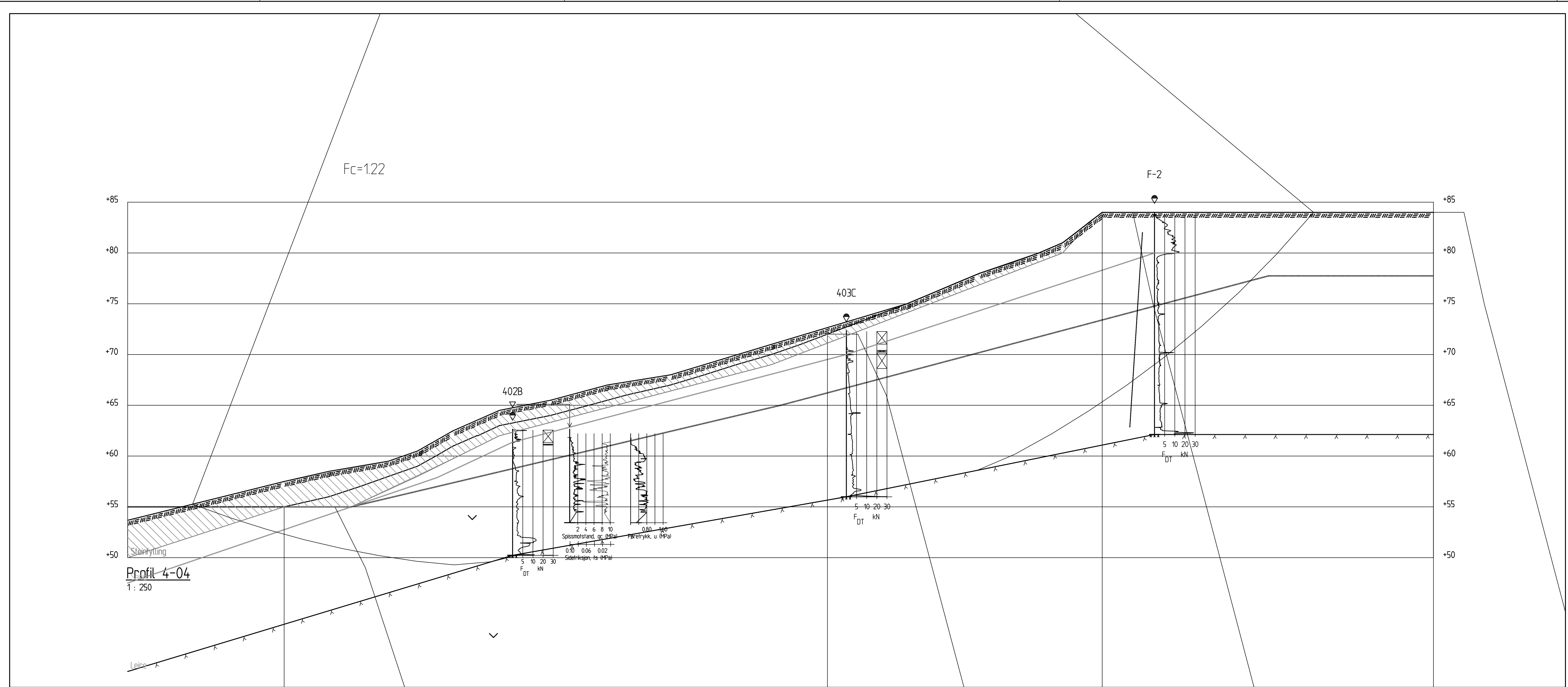
Profil 4-02
1 : 250

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Fossnes på Hvitvingfoss		Status			
Stabilitetsvurdering		Original format A-3L			
Profil 402 - Sikring mtp. "forbedring"		Tegningens filnavn g:\geoteknik\20085149\stabgraf\rit\profil 402_ny u0_forbed			
		Målestokk	1:250		
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 15.12.2009	Konstr./Tegnet MaR	Kontrollert OG	Godkjent RMO
		Oppdragsnr. 20081549	Tegningsnr. 108		Rev.

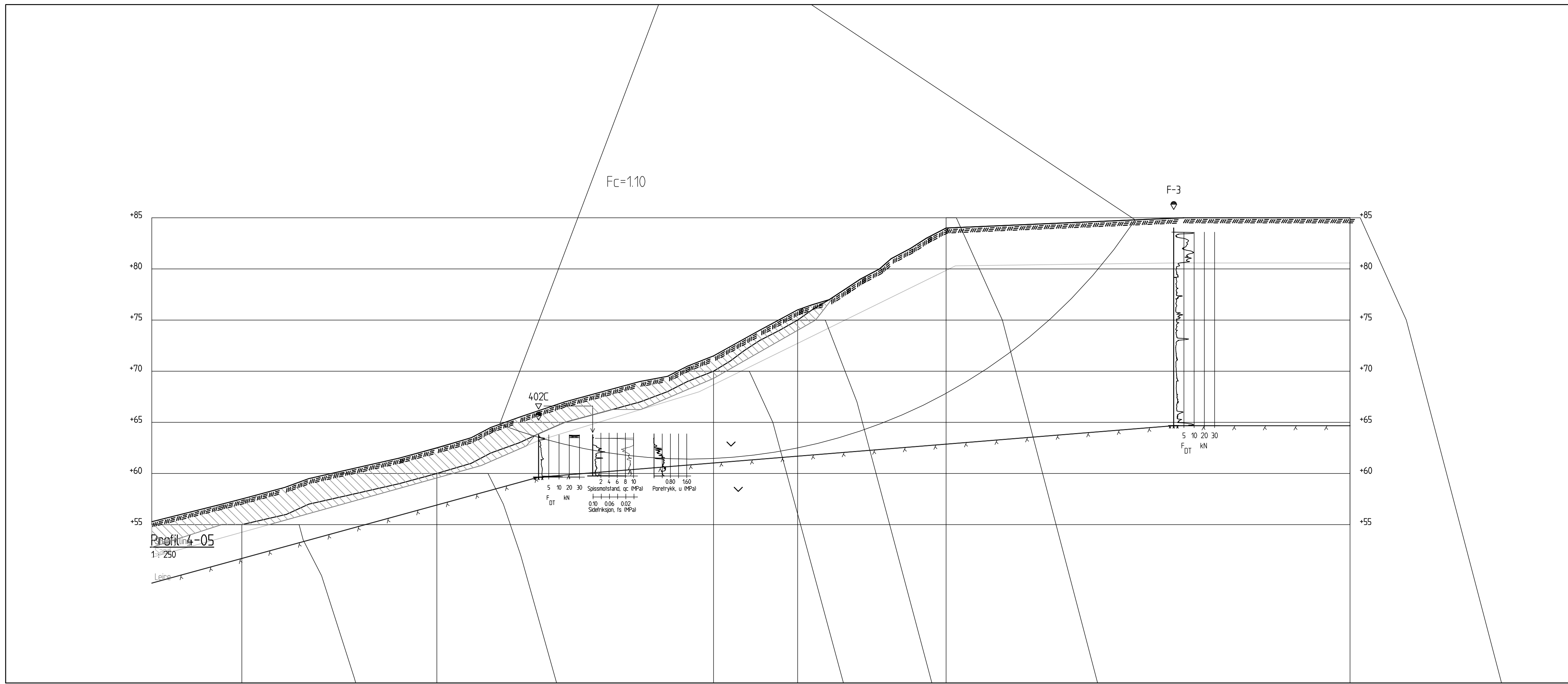




Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Fossnes på Hvitvingfoss		Status			
Stabilitetsvurdering		Original format A-3L			
Profil 403 - Sikring mtp. "forbedring"		Tegningens filnavn g:\geoteknik\20085149\stab\graf\rit\profil 403_ny u0_forbed			
		Målestokk	NGI		
		1:250			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 15.12.2009	Konstr./Tegnet MaR	Kontrollert OG	Godkjent RMO
		Oppdragsnr. 20081549	Tegningsnr. 109		Rev.

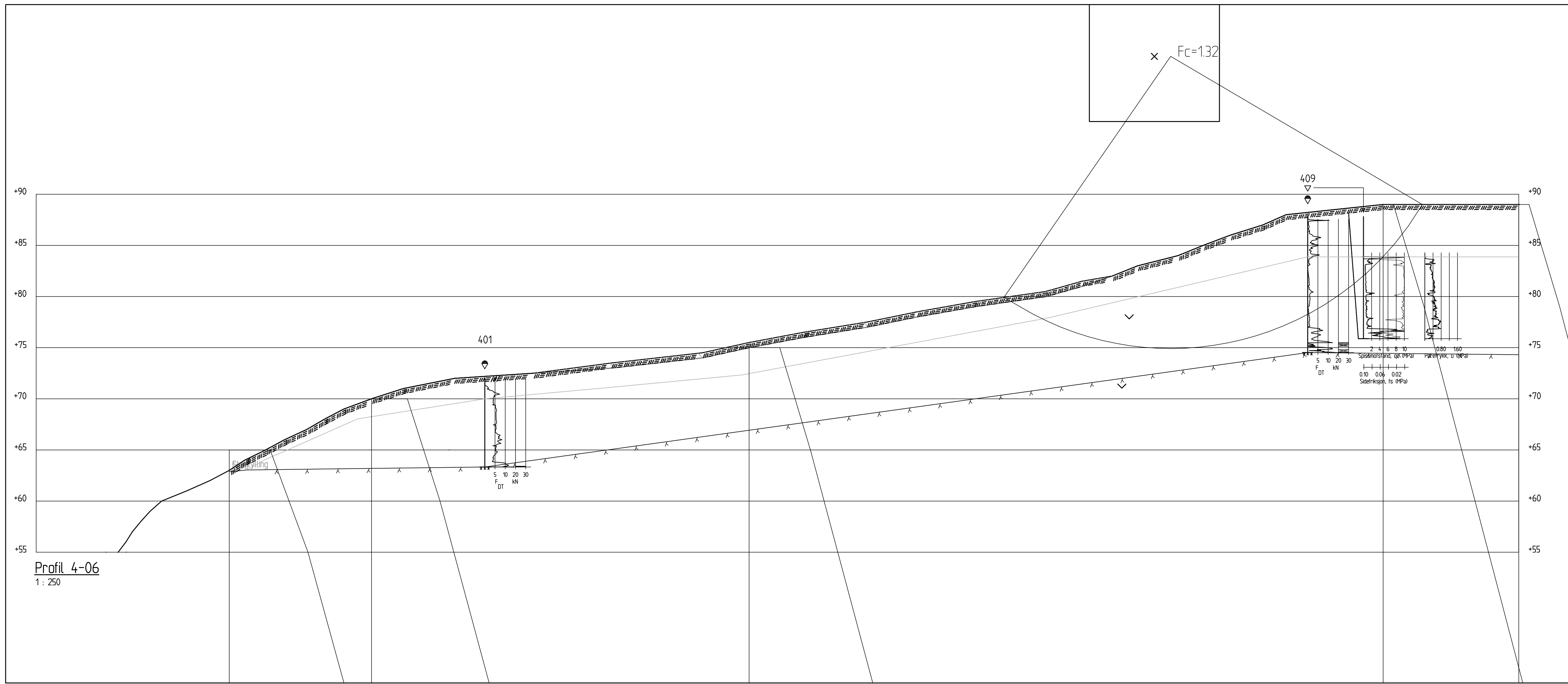



Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Fossnes på Hvitvingfoss		Status			
Stabilitetsvurdering		Original format A-3L			
Profil 404 - Sikring mtp. "forbedring"		Tegningens filnavn g:\geoteknik\20081549\stab\graf\1\profil_404_ny_u0_forbed			
		Målestokk	NGI		
		1:250			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 15.12.2009	Konstr./Tegnet MaR	Kontrollert OG	Godkjent RMO
		Oppdragsnr. 20081549	Tegningsnr. 110		Rev.

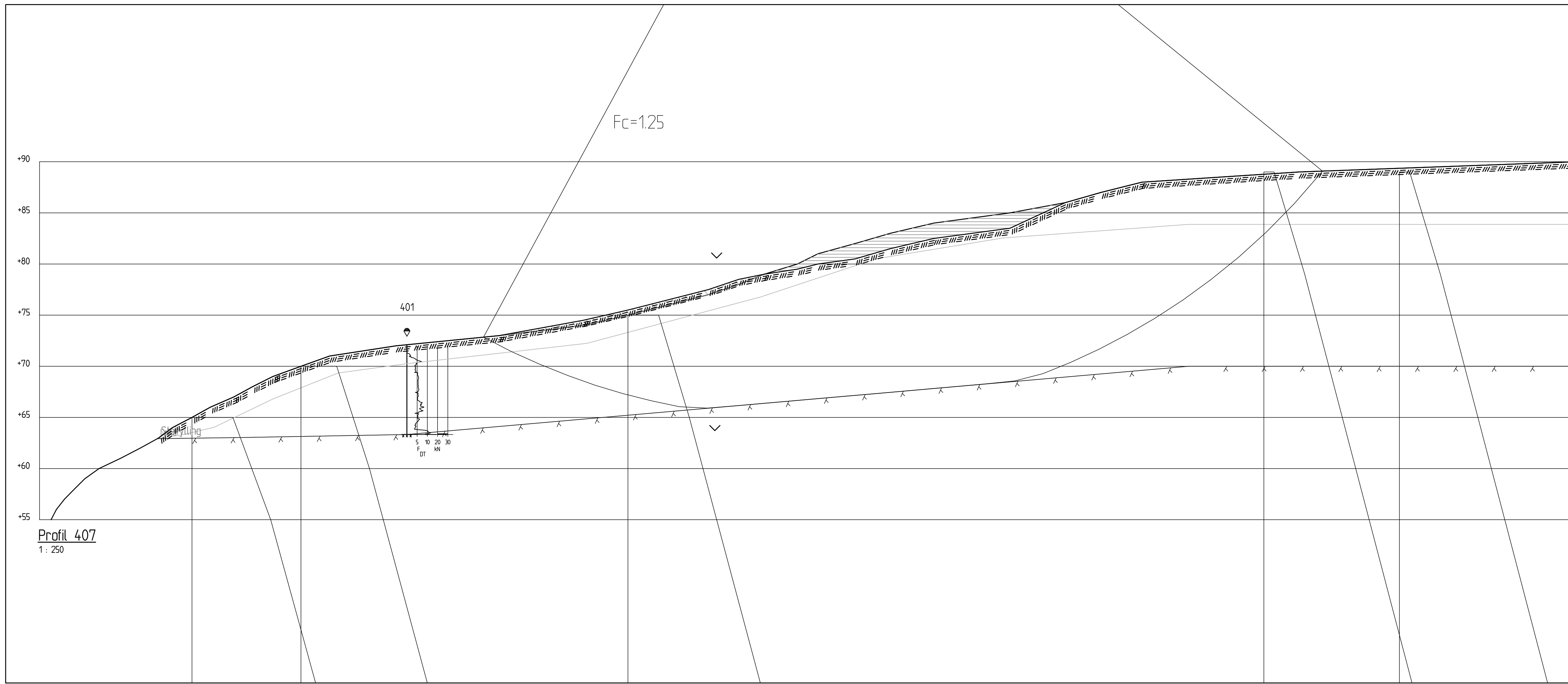


Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Fossnes på Hvitvingfoss		Original format A-3L Tegningens filnavn g:\geoteknik\20085149\stabgraf\rit\profil 405_ny_u0_forbed			
Stabilitetsvurdering		Målestokk			
Profil 405 - Sikring mtp. "forbedring"		1:250			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 15.12.2009	Konstr./Tegnet MaR	Kontrollert OG	Godkjent RMO
		Oppdragsnr. 20081549	Tegningsnr. 111		Rev.



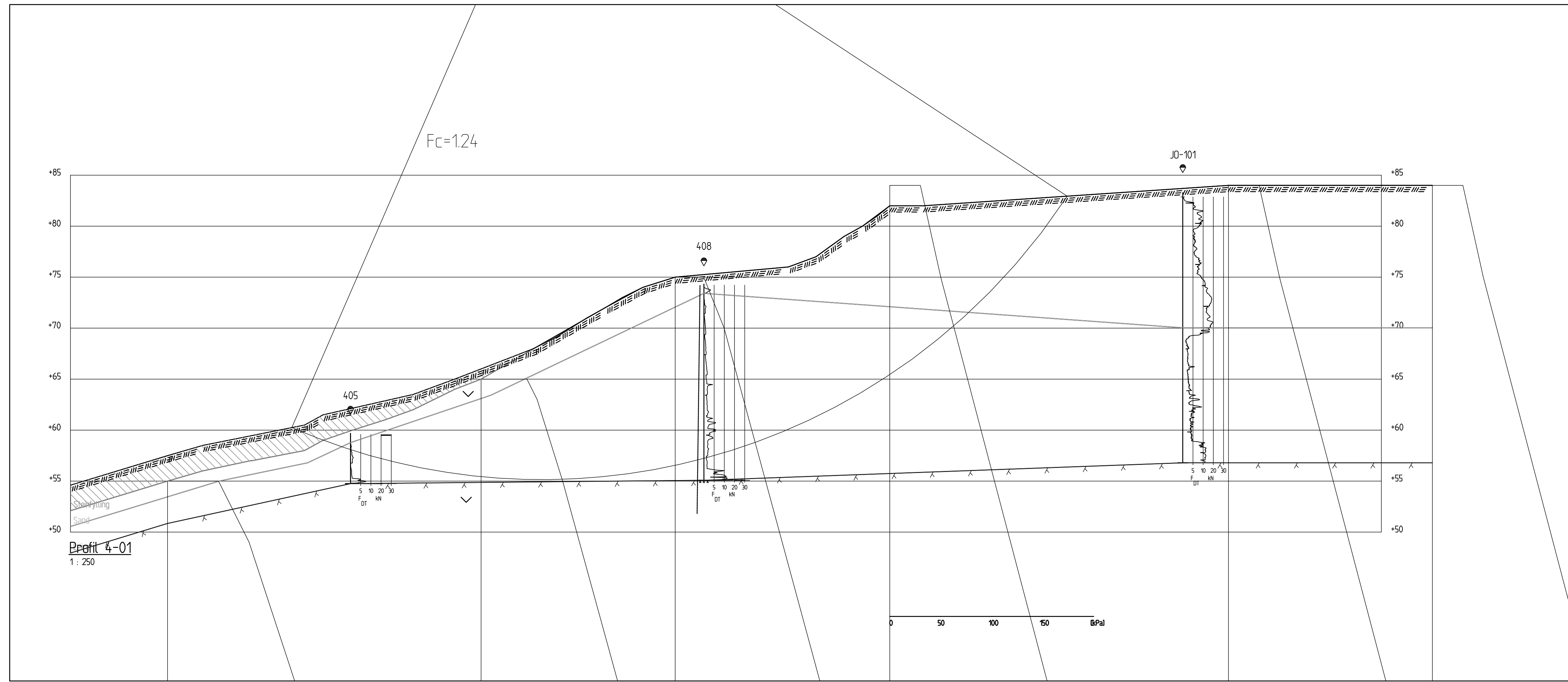


Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Fossnes på Hvitvingfoss		Status			
Stabilitetsvurdering		Original format A-3L Tegningens filnavn g:\geoteknik\20085149\stab\graf\rit\profil_406_ny_u0_forbed			
Profil 406 - Sikring mtp. "forbedring"		Målestokk 1:250			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 15.12.2009	Konstr./Tegnet MaR	Kontrollert OG	Godkjent RMO
		Oppdragsnr. 20081549	Tegningsnr. 112		Rev.



Profil 407
1 : 250

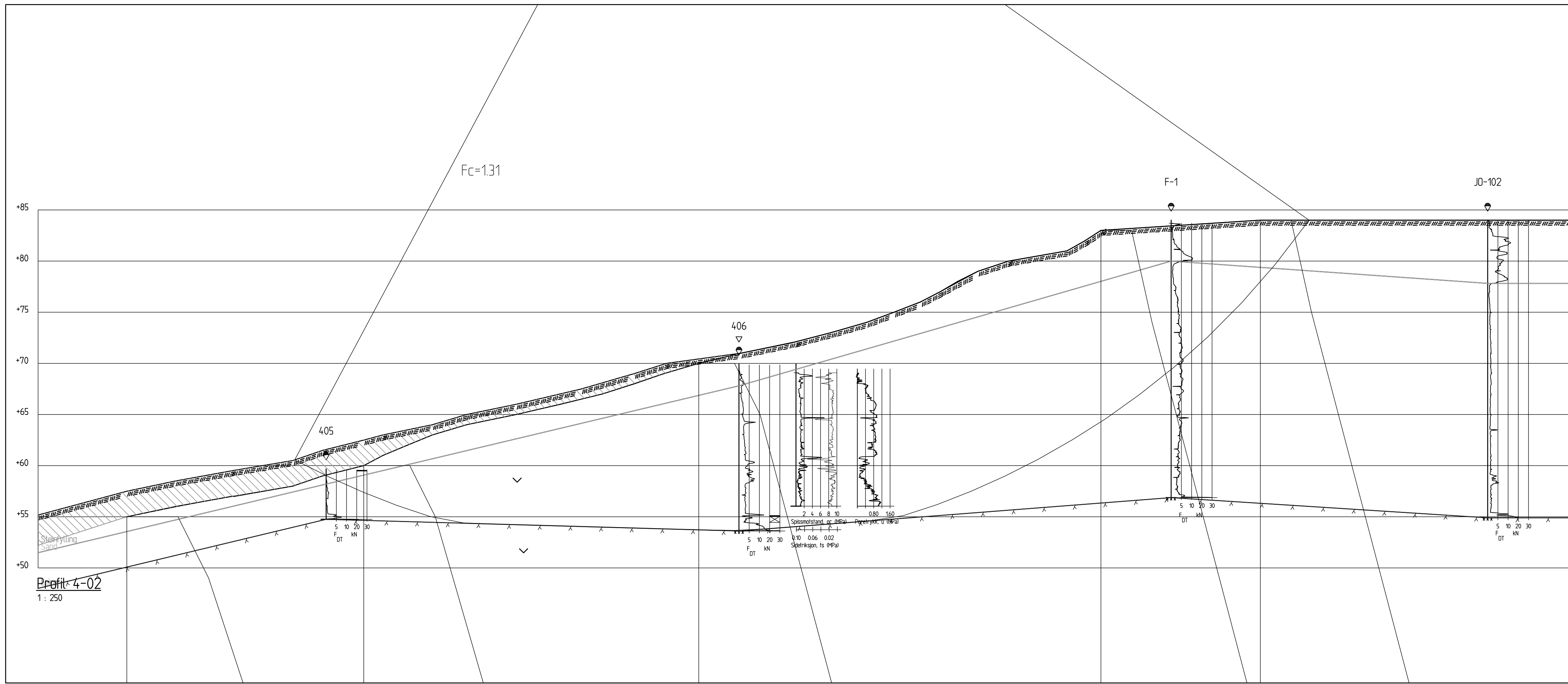
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Fossnes på Hvitvingfoss		Status			
Stabilitetsvurdering		Original format A-3L			
Profil 407 - Sikring mtp. "forbedring"		Tegningens filnavn g:\geoteknik\2008514\stab\graf\rit\profil 407_ny u0_forbed			
		Målestokk	NGI		
		1:250			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 15.12.2009	Konstr./Tegnet MaR	Kontrollert OG	Godkjent RMo
		Oppdragsnr. 20081549	Tegningsnr. 113		Rev.



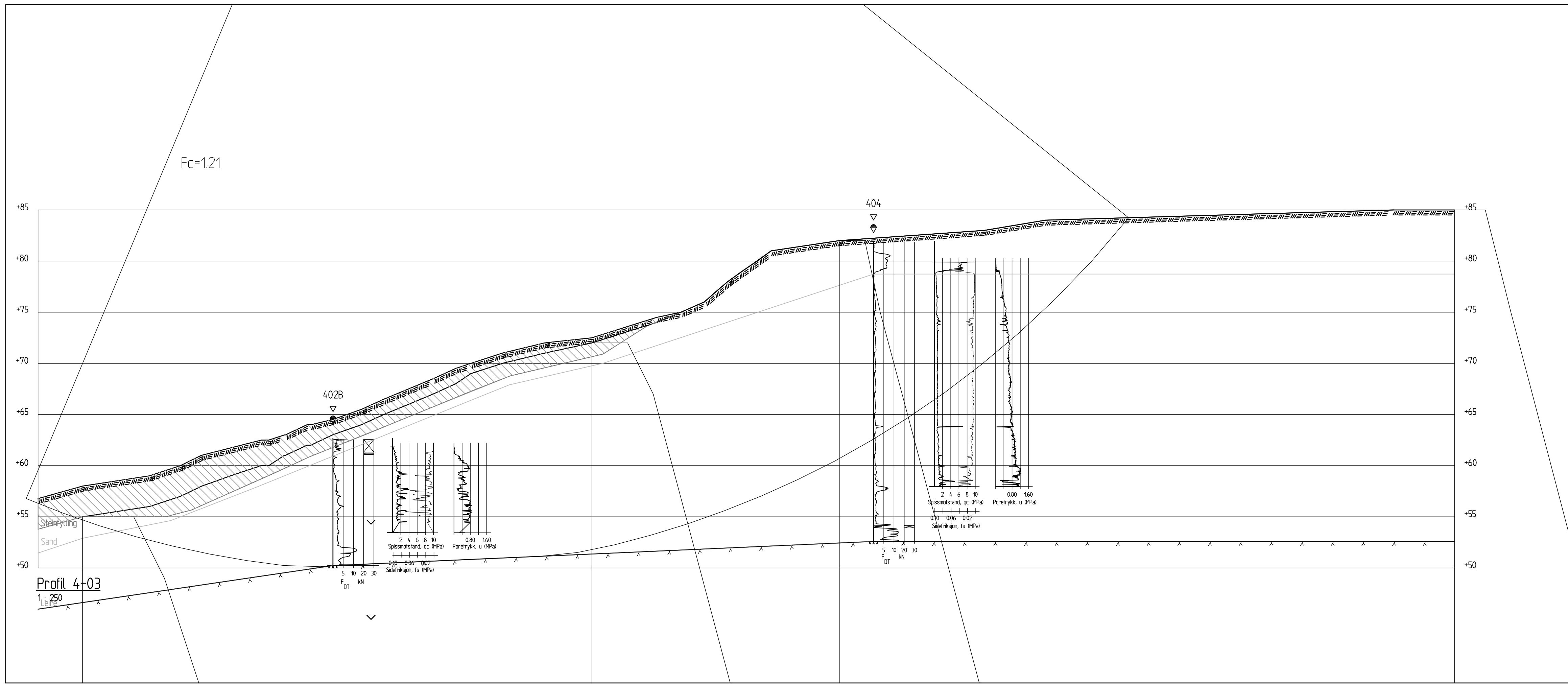
Profil 4-01
1 : 250

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Fossnes på Hvitvingfoss		Status			
		Original format A-3L			
		Tegningens filnavn g:\geoteknik\20081549\stab\graf\rit\profil 401_0y ud_vesentlig forbedr			
Stabilitetsvurdering		Målestokk			
Profil 401 - Sikring mtp. "vesentlig forbedring"		1:250			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
		15.12.2009	MaR	OG	RMo
		Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.	
		20081549	114		

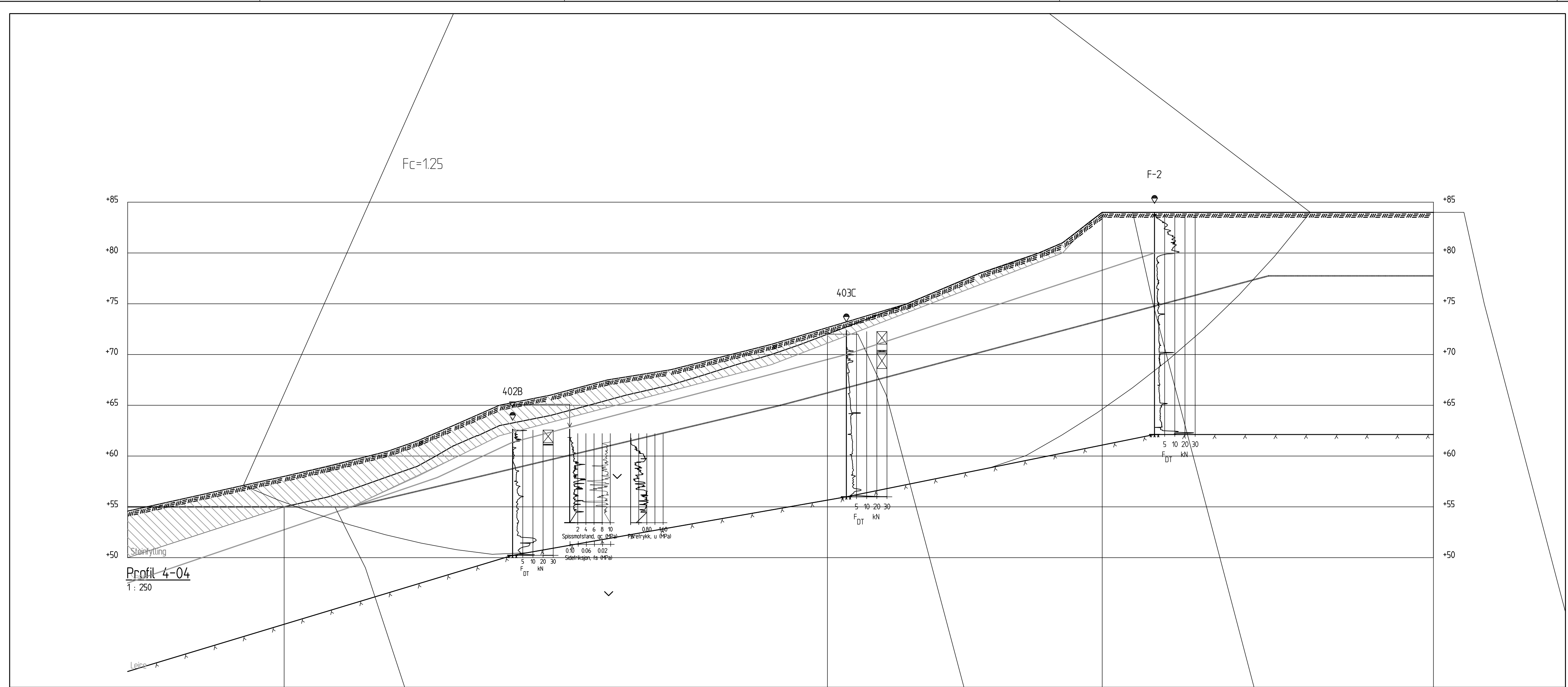




Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Fossnes på Hvitvingfoss		Status			
Stabilitetsvurdering		Original format A-3L			
Profil 402 - Sikring mtp. "vesentlig forbedring"		Tegningens filnavn g:\geoteknik\20085149\stab\graf\rit\profil 402_ny u0_ vesentlig forbedr			
		Målestokk	NGI		
		1:250			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 15.12.2009	Konstr./Tegnet MaR	Kontrollert OG	Godkjent RMO
		Oppdragsnr. 20081549	Tegningsnr. 115	Rev.	

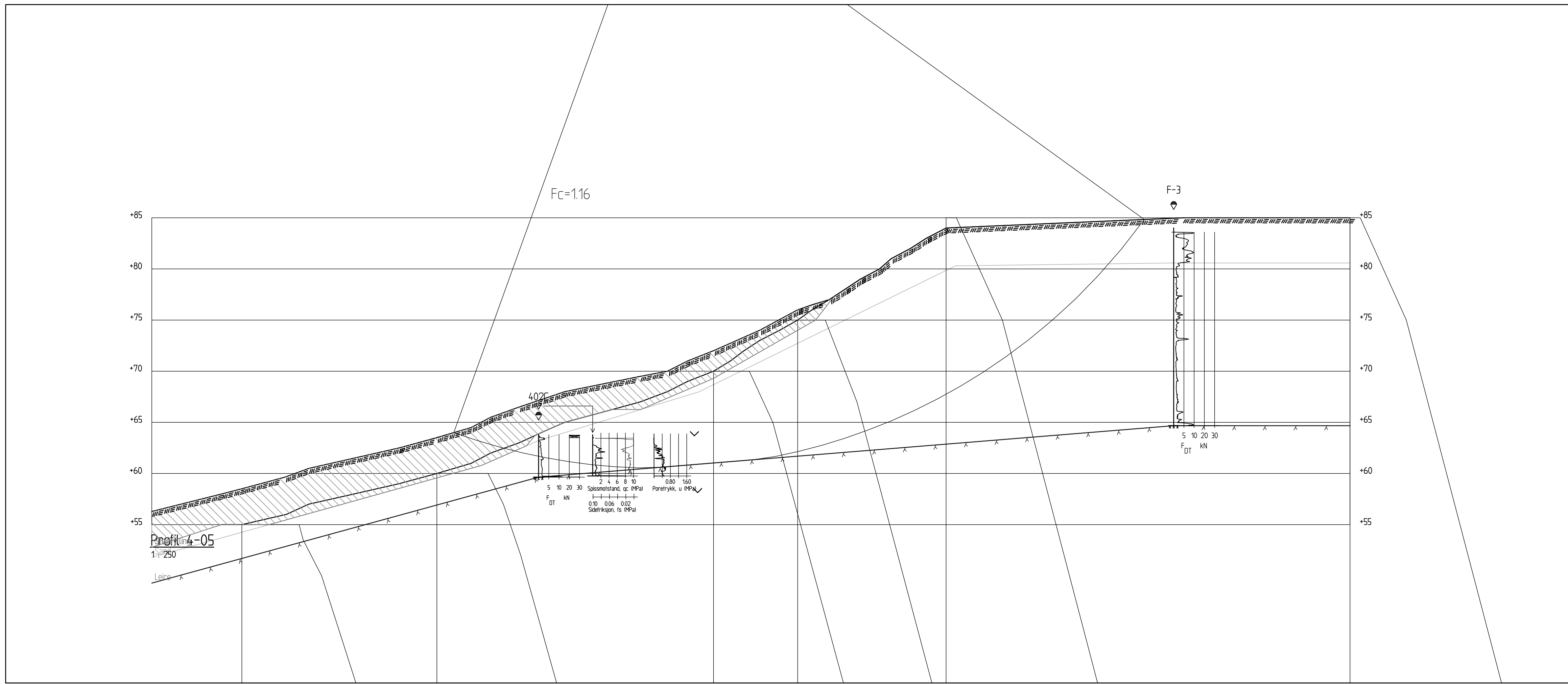


Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Fossnes på Hvitvingfoss		Status			
Stabilitetsvurdering		Original format A-3L			
Profil 403 - Sikring mtp. "vesentlig forbedring"		Tegningens filnavn g:\geoteknik\20085149\stab\graf\rit\profil 403_ry u0_ vesentlig forbedr			
		Målestokk	NGI		
		1:250			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 15.12.2009	Konstr./Tegnet MaR	Kontrollert OG	Godkjent RMO
		Oppdragsnr. 20081549	Tegningsnr. 116		Rev.

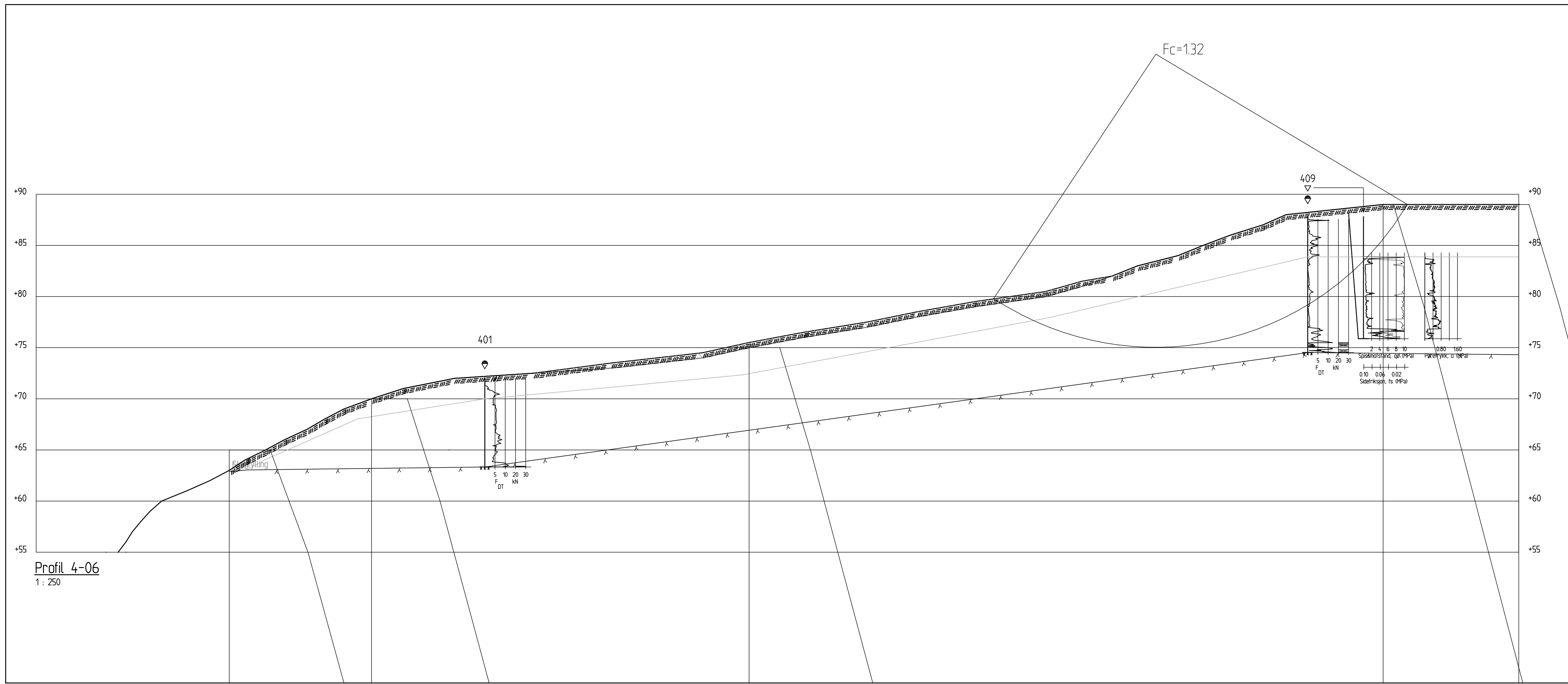


Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Fossnes på Hvitvingfoss		Status			
Stabilitetsvurdering		Original format A-3L			
Profil 404 - Sikring mtp. "vesentlig forbedring"		Tegningens filnavn g:\geoteknik\20081549\stab\graf\rit\profil_404_ny_u0_vesentlig_forbedr			
		Målestokk		1:250	
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 15.12.2009	Konstr./Tegnet MaR	Kontrollert OG	Godkjent RMO
		Oppdragsnr. 20081549	Tegningsnr. 117		Rev.



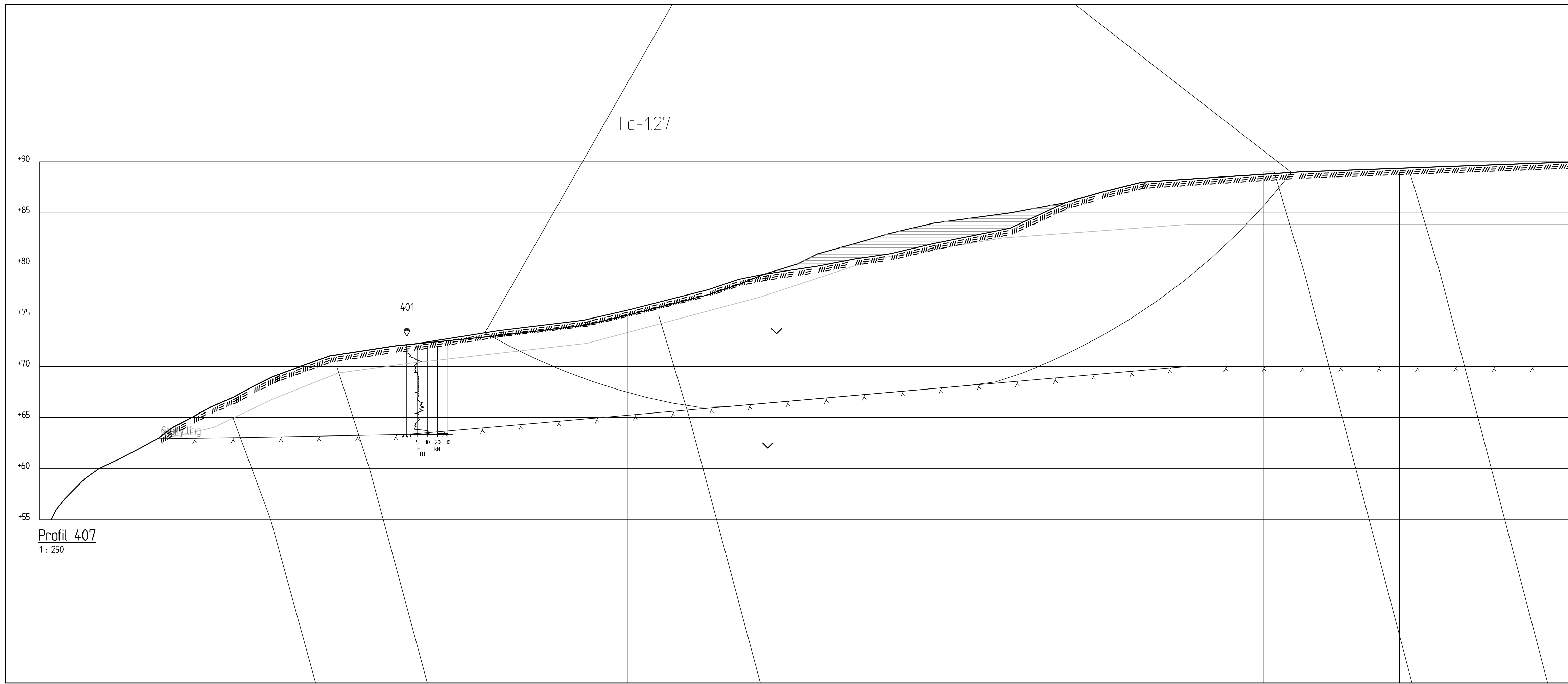


Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Fossnes på Hvitvingfoss		Original format A-3L Tegningens filnavn g:\geoteknik\2008514\stab\graf\rit\profil 405_ny_u0_vesentlig forbedr			
Stabilitetsvurdering		Målestokk	1:250		
Profil 405 - Sikring mtp. "vesentlig forbedring"					
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 15.12.2009	Konstr./Tegnet MaR	Kontrollert OG	Godkjent RMo
		Oppdragsnr. 20081549	Tegningsnr. 118		Rev.



Profil 4-06
1 : 250

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Fossnes på Hvitvingfoss		Status			
Stabilitetsvurdering		Original format A-3L			
Profil 406 - Sikring mtp. "vesentlig forbedring"		Tegningens filnavn g:\geoteknik\20081549\stab\graf\rit\profil_406_ny_u0_vesentlig_forbe			
		Målestokk 1:250			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 15.12.2009	Konstr./Tegnet MaR		
		Oppdragsnr. 20081549	Tegningsnr. 119		Rev.



Profil 407
1 : 250

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Fossnes på Hvitvingfoss		Status			
Stabilitetsvurdering		Original format A-3L			
Profil 407 - Sikring mtp. "vesentlig forbedring"		Tegningens filnavn g:\geoteknik\2008514\stab\graf\rit\profil 407_ny u0_ vesentlig forbedring.dwg			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 15.12.2009	Konstr./Tegnet MaR	Kontrollert OG	Godkjent RMO
		Oppdragsnr. 20081549	Tegningsnr. 120		Rev.





Dokumentnr.: 20081549-00-124-TN

Dato: 2009-12-15

Side: 1

Vedlegg: A


Vedlegg A - Bilder tatt etter oppfylling av ravinedal i 2001



Topp av fylling sett mot sørvest



Fylling sett ned mot elva i nord


FOSSNES PÅ HVITTINGFOSS	Prosjekt nr. 20081549	Figur nr. A1
Bilder av utfyllingsarbeider nedenfor Fossveien 80. Bildene er tatt den 26. januar 2001.	Tegner MaR	
	Dato 2009-12-15	



Fylling sett mot dalside nord for Fossveien 80



Fylling sett mot vestre ravineside

FOSSNES PÅ HVITTINGFOSS	Prosjekt nr. 20081549	Figur nr. A2
Bilder av utfyllingsarbeider nedenfor Fossveien 80. Bildene er tatt den 26. januar 2001.	Tegner MaR	
	Dato 2009-12-15	

Kontroll- og referanseside/ Review and reference page



Dokumentinformasjon/Document information					
Dokumenttittel/Document title TN-4: Vurdering av skråning ved Fossveien 80			Dokument nr./Document No. 20081549-00-124-TN		
Dokumenttype/Type of document		Distribusjon/Distribution		Dato/Date	
<input type="checkbox"/> Rapport/Report <input checked="" type="checkbox"/> Teknisk notat/Technical Note		<input type="checkbox"/> Fri/Unlimited <input checked="" type="checkbox"/> Begrenset/Limited <input type="checkbox"/> Ingen/None		2009-12-15 Rev.nr./Rev.No. 0	
Oppdragsgiver/Client Norges Vassdrags- og Energidirektorat					
Emneord/Keywords Kvikkleire, stabilitet, sikring av naturlig skråning					
Stedfesting/Geographical information					
Land, fylke/Country, County Norge, Buskerud			Havområde/Offshore area		
Kommune/Municipality Kongsberg			Feltnavn/Field name		
Sted/Location Fossnes, Hvittingfoss			Sted/Location		
Kartblad/Map 1813 IV			Felt, blokknr./Field, Block No.		
UTM-koordinater/UTM-coordinates 32VNL570928					
Dokumentkontroll/Document control					
Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001					
Rev./Rev.	Revisjonsgrunnlag/Reason for revision	Egen-kontroll/ Self review av/by:	Sidemanns-kontroll/ Colleague review av/by:	Uavhengig kontroll/ Independent review av/by:	Tverrfaglig kontroll/ Inter-disciplinary review av/by:
0	Originaldokument	MaR	Kak OG	og	
Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release		Dato/Date 2009-12-18		Sign. Prosjektleder/Project Manager Ragnar Moholdt Ragnar Moholdt	

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

Vi arbeider i følgende markeder: olje, gass og energi, bygg, anlegg og samferdsel, naturskade og miljøteknologi. NGI er en privat stiftelse med kontor og laboratorier i Oslo, avdelingskontor i Trondheim og datterselskap i Houston, Texas, USA.

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

www.ngi.no

NGI (Norwegian Geotechnical Institute) is a leading international centre for research and consulting in the geosciences. NGI develops optimum solutions for society, and offers expertise on the behaviour of soil, rock and snow and their interaction with the natural and built environment.

NGI works within the oil, gas and energy, building and construction, transportation, natural hazards and environment sectors. NGI is a private foundation with office and laboratory in Oslo, branch office in Trondheim and daughter company in Houston, Texas, USA.

NGI was awarded Centre of Excellence status in 2002 and leads the International Centre for Geohazards (ICG).

www.ngi.no

Ved elektronisk overføring kan ikke konfidensialiteten eller autenticiteten av dette dokumentet garanteres. Adressaten bør vurdere denne risikoen og ta fullt ansvar for bruk av dette dokumentet.

Dokumentet skal ikke benyttes i utdrag eller til andre formål enn det dokumentet omhandler. Dokumentet må ikke reproduseres eller leveres til tredjemann uten eiers samtykke. Dokumentet må ikke endres uten samtykke fra NGI.

Neither the confidentiality nor the integrity of this document can be guaranteed following electronic transmission. The addressee should consider this risk and take full responsibility for use of this document.

This document shall not be used in parts, or for other purposes than the document was prepared for. The document shall not be copied, in parts or in whole, or be given to a third party without the owner's consent. No changes to the document shall be made without consent from NGI.



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

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

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

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

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

ngi@ngi.no
www.ngi.no

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

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

**A19 Rapport 20081549-00-125-R. Fossnes på Hvittingfoss,
detaljprosjektering av tiltak og oppfølging av anlegg.
Supplerende grunnundersøkelser (2009).**

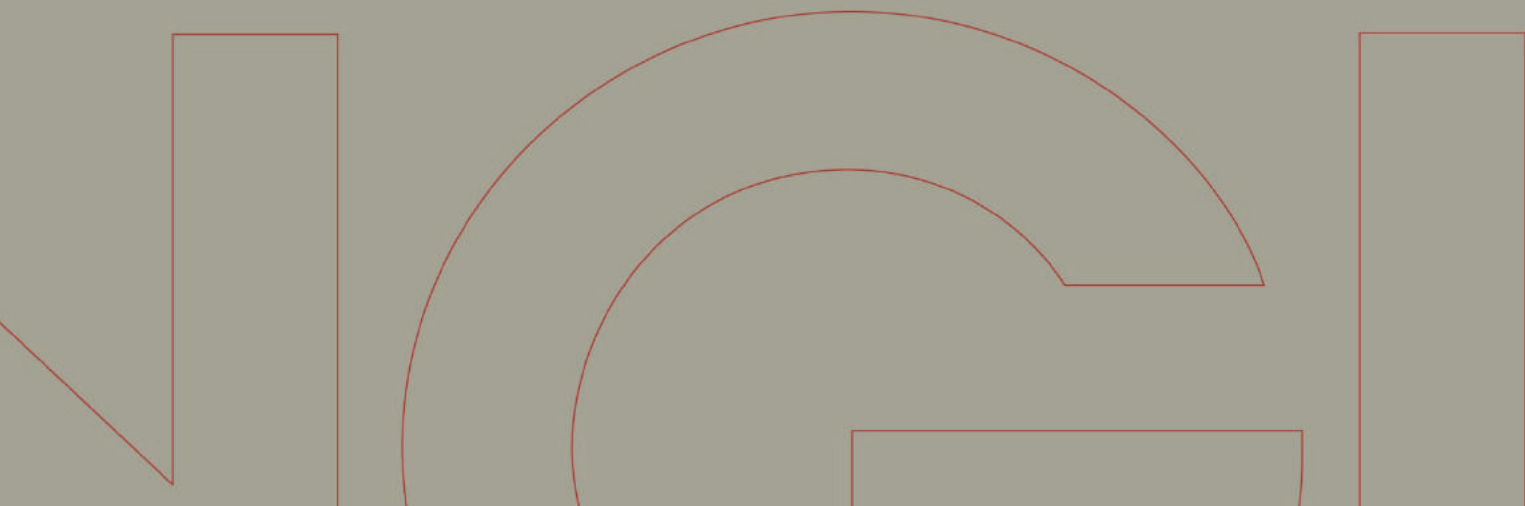


Rapport / Report

Fossnes på Hvittingfoss, detaljprosjektering av tiltak og oppfølging av anlegg

Supplerende grunnundersøkelser

20081549-00-125-R
12. august 2009



Ved elektronisk overføring kan ikke konfidensialiteten eller autentisiteten av dette dokumentet garanteres. Adressaten bør vurdere denne risikoen og ta fullt ansvar for bruk av dette dokumentet.

Dokumentet skal ikke benyttes i utdrag eller til andre formål enn det dokumentet omhandler. Dokumentet må ikke reproduseres eller leveres til tredjemand uten eiers samtykke. Dokumentet må ikke endres uten samtykke fra NGL.

Neither the confidentiality nor the integrity of this document can be guaranteed following electronic transmission. The addressee should consider this risk and take full responsibility for use of this document.

This document shall not be used in parts, or for other purposes than the document was prepared for. The document shall not be copied, in parts or in whole, or be given to a third party without the owner's consent. No changes to the document shall be made without consent from NGL.



Prosjekt

Prosjekt: Fossnes på Hvittingfoss,
detaljprosjektering av tiltak og oppfølging
av anlegg

Dokumentnr.: 20081549-00-125-R

Dokumenttittel: Supplerende grunnundersøkelser

Dato: 12. august 2009

Hovedkontor:
Pb. 3930 Ullevål Stadion
0806 Oslo

Avd Trondheim:
Pb. 1230 Pirsenteret
7462 Trondheim

T 22 02 30 00
F 22 23 04 48

Kontonr 5096 05 01281
Org. nr 958 254 318 MVA

ngi@ngi.no
www.ngi.no

Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: Norges vassdrags- og energidirektorat
(NVE), Region Sør

Oppdragsgivers
kontaktperson: Eirik Traae

Kontraktreferanse: 32138 / 32149 / 200707172-79

For NGI

Prosjektleder: Ragnar Moholdt
Rapport utarbeidet av: Magnus Rømoen

Sammendrag

Rapporten er en kort presentasjon av de supplerende grunnundersøkelsene som er utført i forbindelse med prosjektet. Grunnundersøkelsene omfatter dreietrykksonderinger, CPTU-sonderinger og poretrykksmålinger. Disse er utført nord og sør for tiltaksområdet og i deponiområdet.

Innhold

1	Innledning	5
2	Grunnundersøkelser	5
2.1	Feltundersøkelser	5
2.2	Dreietrykkssonderinger	6
2.3	CPTU-sonderinger	6
2.4	Poretrykksmålinger	7
3	Resultat av sonderinger og poretrykksmålinger	7
3.1	Skråning ved Fossveien 80	7
3.2	Poretrykksmålinger i tiltaksområdet	8
3.3	Sør for tiltaksområdet	8
3.4	Deponiområdet	9
4	Referanser	9

Tegninger

Tegning 001	Oversiktskart	M = 1 : 2.500
Tegning 010	Borplan, nordre del	M = 1 : 1.000
Tegning 011	Borplan, sørvestre del	M = 1 : 1.000
Tegning 012	Borplan, sørøstre del	M = 1 : 1.000

Vedlegg

Vedlegg A	Dreietrykkssonderinger
Vedlegg B	CPTU-sonderinger
Vedlegg C	Poretrykksmålinger

Kontroll- og referanseside

1 Innledning

Norges Vassdrags- og energidirektorat (NVE) holder for tiden på med sikring av et større kvikkleireområde på Fossnes i Hvitvingfoss, Kongsberg kommune. Norges Geotekniske Institutt (NGI) er i den anledning engasjert av NVE som geoteknisk rådgiver.

Som grunnlag for sikringen ble det i august og september 2007 utført grunnundersøkelser i det aktuelle området. Disse grunnundersøkelsene ble rapportert i NGI rapport 20071564-1, se ref. 1. I tillegg er det før 2007 utført flere runder med grunnundersøkelser i området i forbindelse med skredhendelser og vurdering av skredfaren. Det henvises her til ref. 2, 3, 4 og 5.

Underveis i anleggsarbeidet har det blitt behov for supplerende grunnundersøkelser for å kunne vurdere de tilgrensende områdene og eventuelle tiltak i disse. I tillegg er det også underveis i prosjektet utført poretrykksmålinger for å overvåke påvirkningen på grunnvannet som følge av arbeidet i området. Resultatene av de supplerende grunnundersøkelsene og poretrykksmålingene er presentert i denne rapporten.

2 Grunnundersøkelser

2.1 Feltundersøkelser

De supplerende grunnundersøkelsene er utført i tre etapper. De første ble utført i august 2008 og ble utført i deponiområde F. Videre ble det i januar og februar 2009 utført grunnundersøkelser noe sør for tiltaksområdet, i området vest for Fossnesveien 20 til 53 og vest for deponiområdet. Til slutt ble det i april 2009 utført grunnundersøkelser i skråningen nord/nordvest for bebyggelsen i Fossveien 80.

Poretrykksmålingene ble utført inne i tiltaksområdet, nærmere bestemt langs med elva i det som er betegnet som støttefyllingsområde nord. Målingene er utført flere ganger i uka fra anleggsstart i september 2008 og fram til i dag.

Områdene hvor de supplerende grunnundersøkelsene og poretrykksmålingene er utført er vist på oversiktskartet, tegning 001.

Feltarbeidet ble utført av NGI sine boreledere Bjørn Thune og Erlend Edvardsen. Arbeidet ble utført med NGI sine beltegående borerigger av typen GM100. Riggene er utstyrt med digitalt feltminne (DMON) for registrering av boredata. Borpunktene ble i etterkant målt inn av NVE v/ Martin Jespersen.

Tabell 2-1 viser de utførte supplerende grunnundersøkelsene, koordinater for de ulike borpunktene og hvilke boremetoder som er utført i de ulike borpunktene. Koordinatene er gitt i EU89-UTM 32. Beliggenheten av de ulike borpunktene er i tillegg vist på borplanene på tegning 010, 011 og 012.

Tabell 2-1 - Oversikt over supplerende grunnundersøkelser

Borhull	Koordinater			Bormetode		
	X	Y	Z	DRT	CPTU	PZ
2c	6592730,2	556824,1	43,2			X
101	6592854,5	557002,3	42,3			X
102	6592729,9	556823,8	42,1			X
103	6592257,0	557661,2	76,9	X		
103-II	6592258,9	557671,2	76,6	X		
104	6592132,0	557689,3	69,1	X	X	
201	6592651,3	556834,4	72,2	X		
202	6592596,8	556779,9	68,0	X	X	
203	6592599,3	556855,9	74,2	X		
204	6592456,7	556694,9	70,1	X		
205	6592271,6	556758,0	67,1	X	X	X
206	6592258,5	557343,6	83,3	X		
401	6593060,7	557192,7	72,1	X		
402B	6593015,8	557174,4	62,6	X	X	
402C	6593023,0	557186,6	63,8	X	X	
403	6592990,5	557195,6	72,3	X		X
404	6592964,2	557188,4	82,0	X	X	X
405	6593011,0	557138,5	59,7	X		
406	6592975,6	557158,0	69,9	X	X	
407	6593001,9	557096,5	70,9	X		
408	6592980,7	557119,3	74,3	X		
409	6593046,0	557272,9	87,8	X	X	

Forklaring:
 DRT - Dreietrykksondering
 CPTU - CPTU-sondering
 PZ - Poretrykksmåling

2.2 Dreietrykksonderinger

Det er totalt utført 19 dreietrykksonderinger.

Formålet med dreietrykksonderinger er å fastslå grunnens relative fasthet og eventuelle laggrenser. Metoden er dessuten velegnet for å lokalisere sensitiv/kvikk leire. Metoden gir ingen sikker fjellpåvisning, men kun dybde ned til faste masser/fjell.

Resultatene fra dreietrykksonderingene er vist i vedlegg A.

2.3 CPTU-sonderinger

Det er totalt utført 8 CPTU-sonderinger.

Formålet med CPTU-sonderingene er å utføre en mer nøyaktig kartlegging av laggrenser og type jordart. I tillegg kan gir CPTU-sonderingene brukes til å fastsettes geotekniske jordartsparametere, spesielt leiras udrenerte skjærstyrke (S_u).

Resultatene fra CPTU-sonderingene er vist som utvidede plot i vedlegg B.

2.4 Poretrykksmålinger

Det er målt poretrykk/grunnvann i 6 ulike borpunkter. I hvert av borpunktene er det målt i to ulike nivåer.

Formålet med poretrykksmålingene er å kartlegge grunnvannets beliggenhet og verifisere om det er en hydrostatisk utvikling mot dybden eller ikke. I tillegg er poretrykksmålingene brukt for å overvåke eventuelle endringer i grunnvannet som følge av anleggsarbeidet.

Resultatene fra poretrykksmålingene er vist i vedlegg C.

3 Resultat av sonderinger og poretrykksmålinger

3.1 Skråning ved Fossveien 80

Det er totalt utført 10 dreietrykksonderinger og 5 CPTU-sonderinger i det aktuelle området. I tillegg er det utført poretrykksmålinger i to dybder i to av borpunktene. Borpunktene er nummerert fra 401 til 409 og beliggenheten er vist på tegning 010.

Dreietrykksonderingene indikerer et kotenivå på faste masser/fjell i foten av skråningen på mellom +50 og +60, mens det på topp av skråningen ligger på rundt kote +52 til +56. Unntaket til det siste er borpunkt 409 lengst øst, som indikerer faste masser/fjell på kote +75. Det er ellers fjell i dagen både rett vest for borhull 401 og nordvest for området.

Jordprofilet består i toppen av tørrskorpeleire. Mektigheten av denne varierer fra mellom 3 til 4 m på toppen av skråningen, til mellom 1 og 3 m i de nedre delen av skråningen. Under tørrskorpeleira er det leire ned til faste masser/fjell. Leira er delvis sandig og/eller siltig, eventuelt med enkelte tynnere lag av silt og sand.

Grunnvannsmålingene i punkt 403 indikerer et grunnvannsspeil på rundt kote +66, mens måler 404 indikerer et grunnvannsspeil på kote +72 til +75. Begge målerne har en utvikling mot dybden som er betydelige lavere enn hydrostatisk utvikling. Dette skyldes antageligvis de drenerende silt- og sandlagene som er beskrevet over.

3.2 Poretrykksmålinger i tiltaksområdet

Det er utført poretrykksmålinger i to dybder i tre forskjellige målepunkter langs med elva. Målingspunktene er nummerert som 2c, 101 og 102 og beliggenheten er vist på tegning 010.

Målingene viser at grunnvannspeilet, naturlig nok, ligger på omtrent samme nivå som vannstanden i elva. Utviklingen mot dybden er tilnærmet hydrostatisk. Over måleperioden er det for øvrig kun mindre variasjoner i poretrykket. Disse variasjonene skyldes til stor grad naturlige variasjoner i vannstanden i elva.

Unntaket er en perioden i november 2008 hvor grunnvannet klart ble påvirket av anleggsarbeidet. Dette er tydeligst på resultatene fra måleren på 5 m dybde i punkt 2c. Det er her en tydelig topp som skyldes etablering av anleggsveien langs med elva ved den aktuelle måleren. Oppgangen var dog ikke så stor at anleggsarbeidet ble stoppet, og trykket gikk tilbake til det normale i løpet av i underkant av en måneds tid.

3.3 Sør for tiltaksområdet

Det er totalt utført 6 totalsonderinger og 2 CPTU-sonderinger sør for tiltaksområdet. I tillegg er det utført poretrykksmålinger i to dybder i et av borpunktene. Borpunktene er nummerert fra 201 til 206 og beliggenheten er vist på tegning 011 og 012. Som tegningene viser er avstanden mellom borpunktene relativt stor.

Resultatene fra de tre sonderingene lengst nord, borhull 201, 202 og 203, indikerer sand/tørreskorpe i toppen med en mektighet på mellom 5 og 10 m. Under dette er det leire som til dels er sandig/siltig. Leiren er med stor sannsynlighet sensitiv/kvikk. Boringene er avsluttet på i overkant av 40 m dybde uten at det er påtruffet faste masser/fjell.

Boringen i borhull 204 er utført ned til faste masser/fjell på 46 m dybde. De øverste ca 6 m er sand/tørreskorpe, mens det under her er siltig/sandig leire. Leiren er antageligvis sensitiv/kvikk.

I borhull 205 indikerer resultatene sand/tørreskorpe i de øverste 3 til 4 m. Under dette er det sensitiv/kvikk leire ned til rundt 40 m dybde. Fra rundt 30 m dybde er leiren siltig/sandig. Dreietrykkssonderingen er avsluttet i faste masser/fjell på 44 m dybde. Poretrykksmålingene i det samme borpunktet indikerer et grunnvannsspeil på ca 9,5 m dybde og en utvikling mot dybden som er markant lavere enn en hydrostatisk utvikling. Dette skyldes at poretrykket i måleren på 10 m dybde er tilnærmet lik poretrykket målt på 20 m dybde.

Dreietrykkssonderingen i borhull 206 er avsluttet i faste masser/fjell på 36 m dybde. Sonderingen indikerer sand/tørreskorpe i de øverste ca 9 m. Under dette er

det antageligvis leire med noen fastere lag innimellom. Leiren er antageligvis sensitiv/kvikk i enkelte dybdeintervaller.

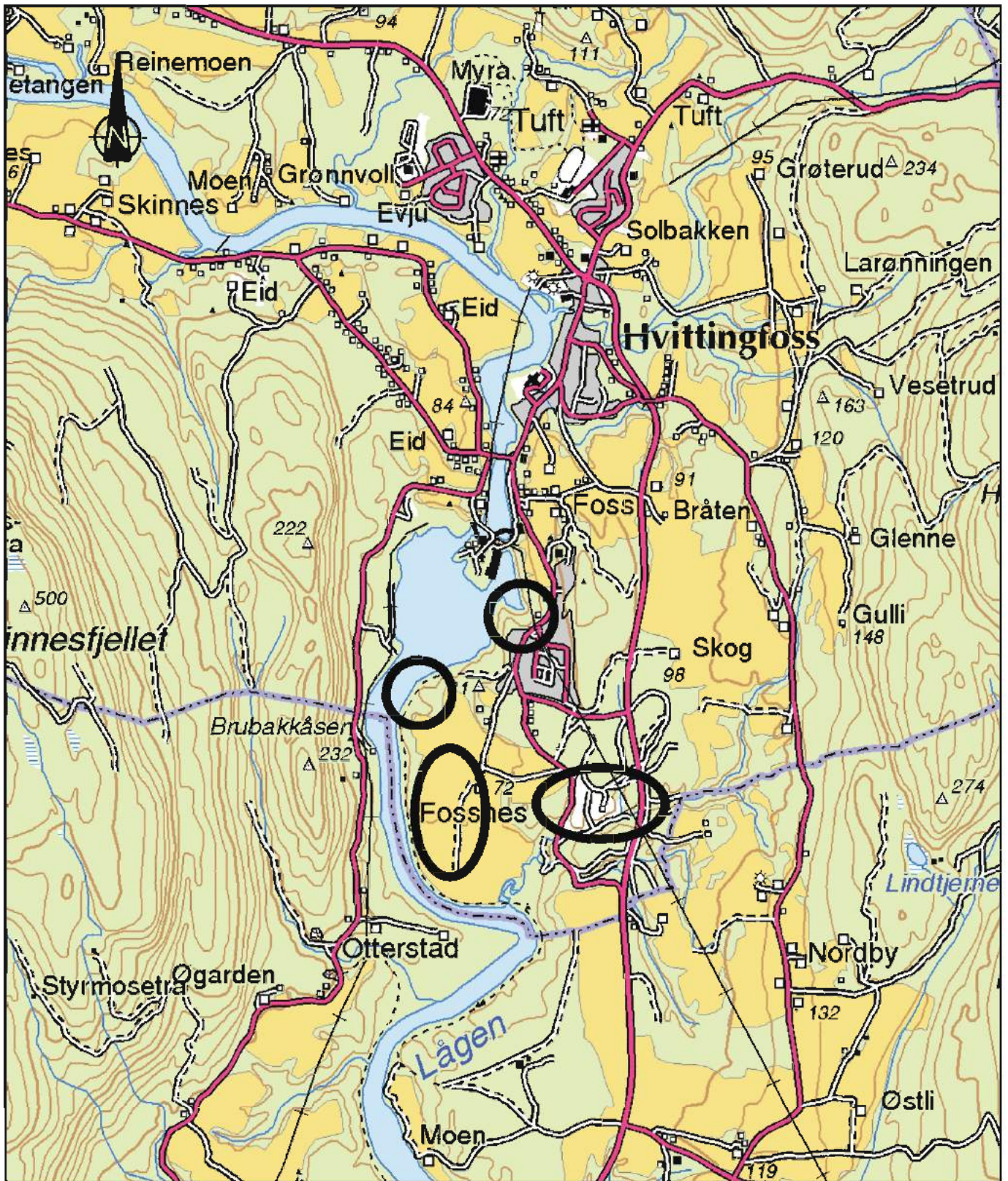
3.4 Deponiområdet

Det er totalt utført 3 dreietrykksonderinger og 1 CPTU-sondering i deponiområdet. Borpunktene er nummerert som 103, 103-II og 104 og beliggenheten er vist på tegning 012.

Dreietrykksonderingene nord i deponiområdet viser en dybde til faste masser/fjell på 2 til 3 m. Sør i deponiområdet indikerer dreietrykksonderingen en dybde til faste masser/fjell på ca 16 m. Sonderingene indikerer tørrskorpe i de øverste ca 2 m. Under dette er det leire med flere tydelige lag av silt/sand, eventuelt at leiren er siltig/sandig. Leiren er stedvis sensitiv/kvikk.

4 Referanser


- /1/ NGI (2008)
Fossnes på Hvittingfoss – Resultater fra grunnundersøkelser
Rapport nr 20071564-1, datert 30. januar 2008.
- /2/ NGI (1998)
Kartlegging av potensiell fare for kvikkleireskred. Kartblad Holmestrand.
Rapport 98001-1 og 98001-2, datert juni 1998.
- /3/ NGI (1961)
Undersøkelse av rasskråning ved Hvittingfoss
Rapport 0.978, datert 5. mai 1961.
- /4/ NGI (2001)
Jordskred, Fossveien 98-100, Hvittingfoss – Grunnundersøkelser,
stabilitetsanalyser og forslag til sikringstiltak.
Rapport 20011391-1, datert 28. november 2001.
- /5/ NGI (2001)
Fossveien 80, Hvittingfoss – Grunnforhold og stabiliserende tiltak.
Teknisk notat 20001573, datert 26. februar 2001.



Fossnes på Hvittingfoss - Detaljprosjektering av tiltak og oppfølging av anlegg

Status
Original format
A-4
Tegningens filnavn
g:\georarkiv\20081549\autograf.rit\001.gu.dwg

Oversiktskart

Målestokk
1:2500


NGI
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion
NO-0806 Oslo, Norway
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48
www.ngi.no

Dato
22.07.2009
Oppdragsnr.
20081549

Konstr./Tegnet
MaR
Tegningssnr.
001

Kontrollert
OG

Godkjent
RMO
Rev
0



FORKLARINGER:

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

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

Rev	Beskrivelse	Dato	Tegn	Kontr
Fossnes på Hvitlingfoss Detaljprosjektering av tiltak og oppfølging av anlegg		Status Original format A-1 Tegningens tittel Hvitlingfoss		
Borplan for supplerende grunnundersøkelser Nordre del		1:1000		
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3030 Lilleveil Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 13.08.2009 Oppdragsnr. 20081549	Konstr./Tegnet MaR Tegningnr. 010	Kontrollert OG Godkjent RMo Rev. 0



FORKLARINGER:

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

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

Rev	Beskrivelse	Dato	Tegn	Kontr	Godk
<p>Fossnes på Hvitlingfoss Detaljprosjektering av tiltak og oppfølging av anlegg</p>					
<p>Borplan for supplerende grunnundersøkelser</p>					
<p>Sørvestre del</p>					
<p>NGI Sognsveien 72 - PO Boks 3030 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no</p>		<p>Dato 13.08.2009</p>	<p>Konstr./Tegnet MaR</p>	<p>Kontrollert OG</p>	<p>Godkjent RMo</p>
<p>20081549</p>		<p>011</p>	<p>0</p>		



FORKLARINGER:

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

Borhull nr: Terreng (bunn) kote / Antall fjellkote Boret dybde + (boret i fjell)

Rev	Beskrivelse	Dato	Tegn	Kontr	
Fossnes på Hvitvingfoss Detaljprosjektering av tiltak og oppfølging av anlegg		Status			
		Original format A-1			
Borplan for supplerende grunnundersøkelser Sørøstre del		Tegningsnr. filnavn H:\Mestpart\20081549\autograf_rit\012.gu			
		Målestokk			
NGI Sognsveien 72 - PO Boks 3030 Lillevåll Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 13.08.2009 Oppdragnr. 20081549	Konstr./Tegnet MaR Tegningnr. 012	Kontrollert OG Rev.	Godkjent RMo Rev. 0



Vedlegg A - Dreietrykksondering

Innhold

1	Metode	2
2	Resultater	2
3	Referanser	2

FIGURER

Figur A1-A19 Dreietrykksonderinger

1 Metode

Dreietrykksondering benyttes for å bestemme lagdeling i løsmasser og dybder til fast grunn eller antatt fjell. Metoden gir ikke sikker påvisning av fjell.

Resultatene gir grunnlag for å identifisere jordarter og vurdere relativ fasthet i grunnen.

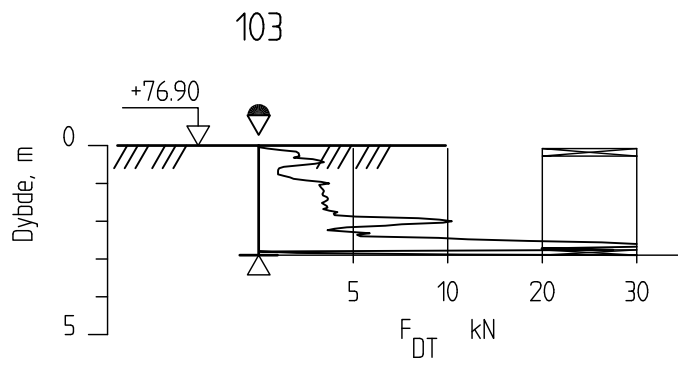
Metoden er velegnet for å bestemme sensitivitet i bløt leire.

2 Resultater

Resultatene er vist som enkeltboringer på figur A1-A19

3 Referanser

- /1/ Veiledning for utførelse av dreietrykksondering.
Melding nr. 7, Norsk Geoteknisk Forening, 1982
Rev. nr. 1, 1989
- /2/ Håndbok 015. Feltundersøkelser
Statens vegvesen, mai 1997



Fossnes på Hvittingfoss

Rapport nr.
20081549-125

Figur nr.
A1

Dreietrykksondring
M = 1 : 200

Tegner
SKa

Dato:
13.08.09

Borhull 103

Posisjon: X 6592256.99 Y 557661.23

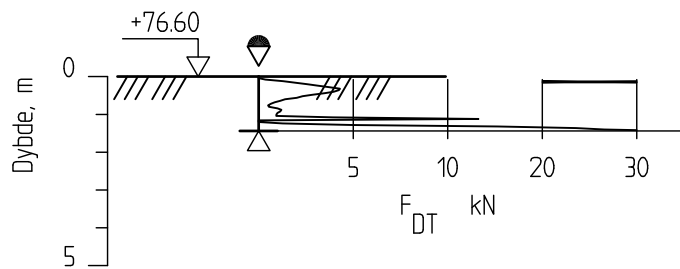
Dato boret :25.08.2008

Kontrollert
MaR

Godkjent
MaR



103-II



Fossnes på Hvittingfoss

Rapport nr.
20081549-125

Figur nr.
A2

Dreietrykkssondering
M = 1 : 200

Tegner
SKa

Dato:
13.08.09

Borhull 103-II

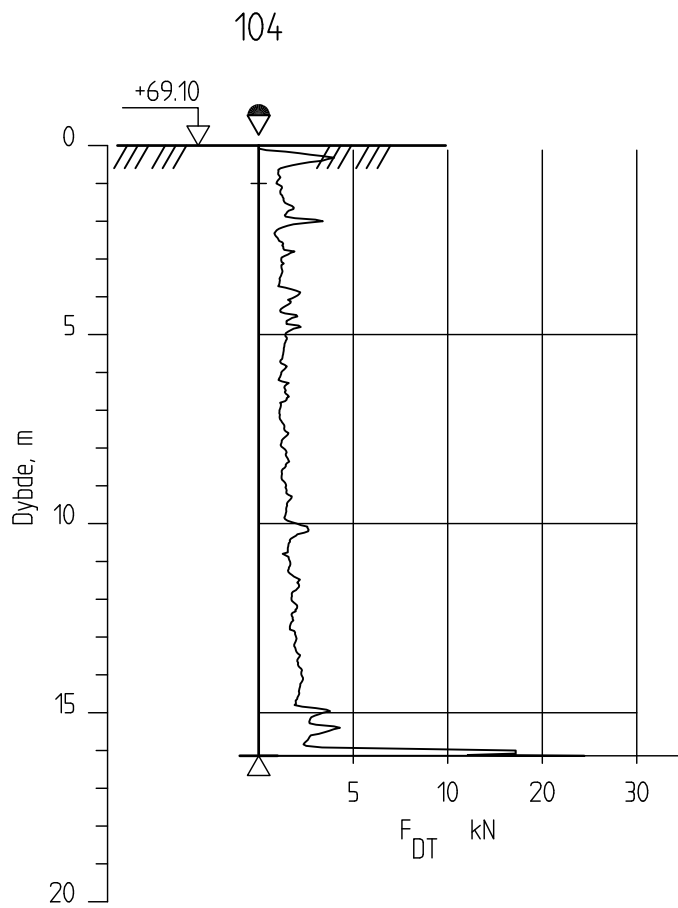
Posisjon: X 6592258.92 Y 557671.22

Dato boret :25.08.2008

Kontrollert
MaR

Godkjent
MaR





Fossnes på Hvitvingfoss

Rapport nr.
20081549-125

Figur nr.
A3

Dreietrykksondering
M = 1 : 200

Tegner
SKa

Dato:
13.08.09

Borhull 104

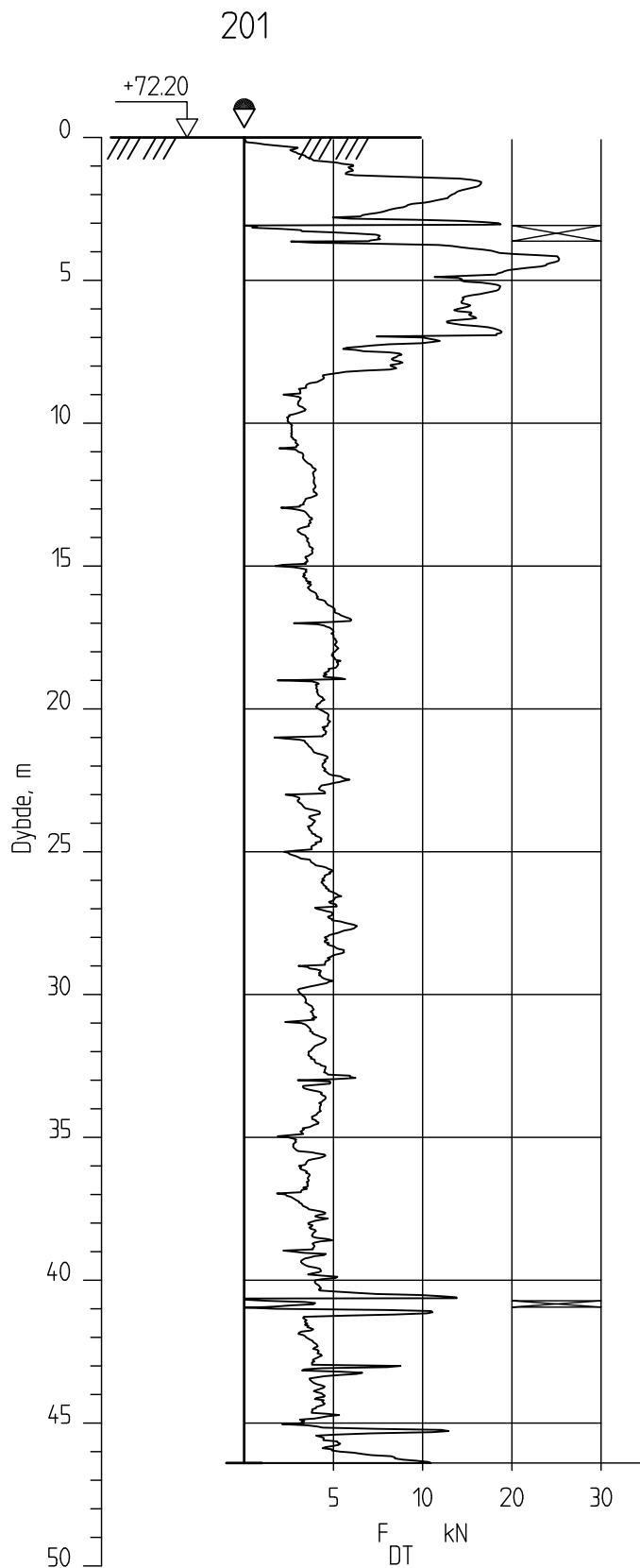
Posisjon: X 6592131.97 Y 557689.32

Dato boret :25.08.2008

Kontrollert
MaR

Godkjent
MaR





Fossnes på Hvittingfoss

Rapport nr.
2008154-125

Figur nr.
A4

Dreietrykkssondering
M = 1 : 250

Tegner
SKa

Dato:
13.07.09

Borhull 201

Posisjon: X 6592651.29 Y 556834.39

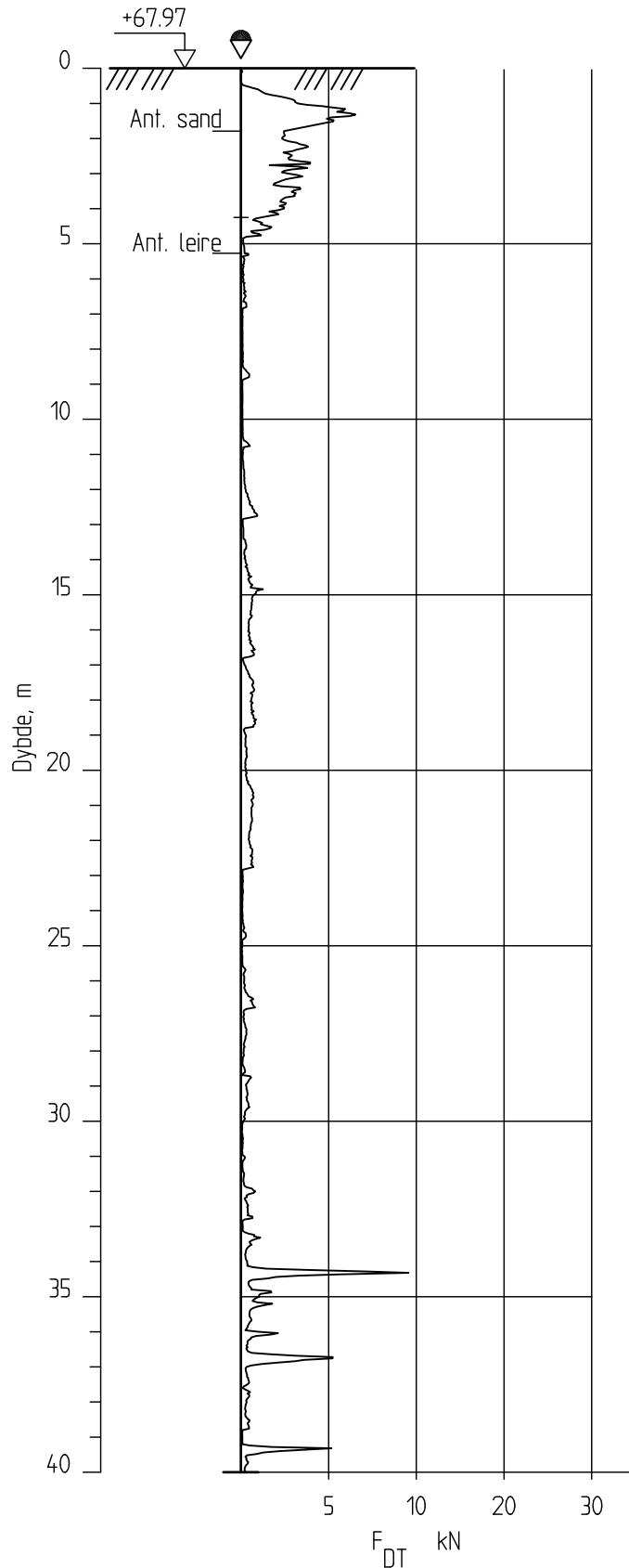
Dato boret :26.01.2009

Kontrollert
MaR

Godkjent
MaR



202



Fossnes på Hvittingfoss

Rapport nr.
20081549-125Figur nr.
A5Dreietrykkssondering
M = 1 : 200Tegner
SKaDato:
13.08.09

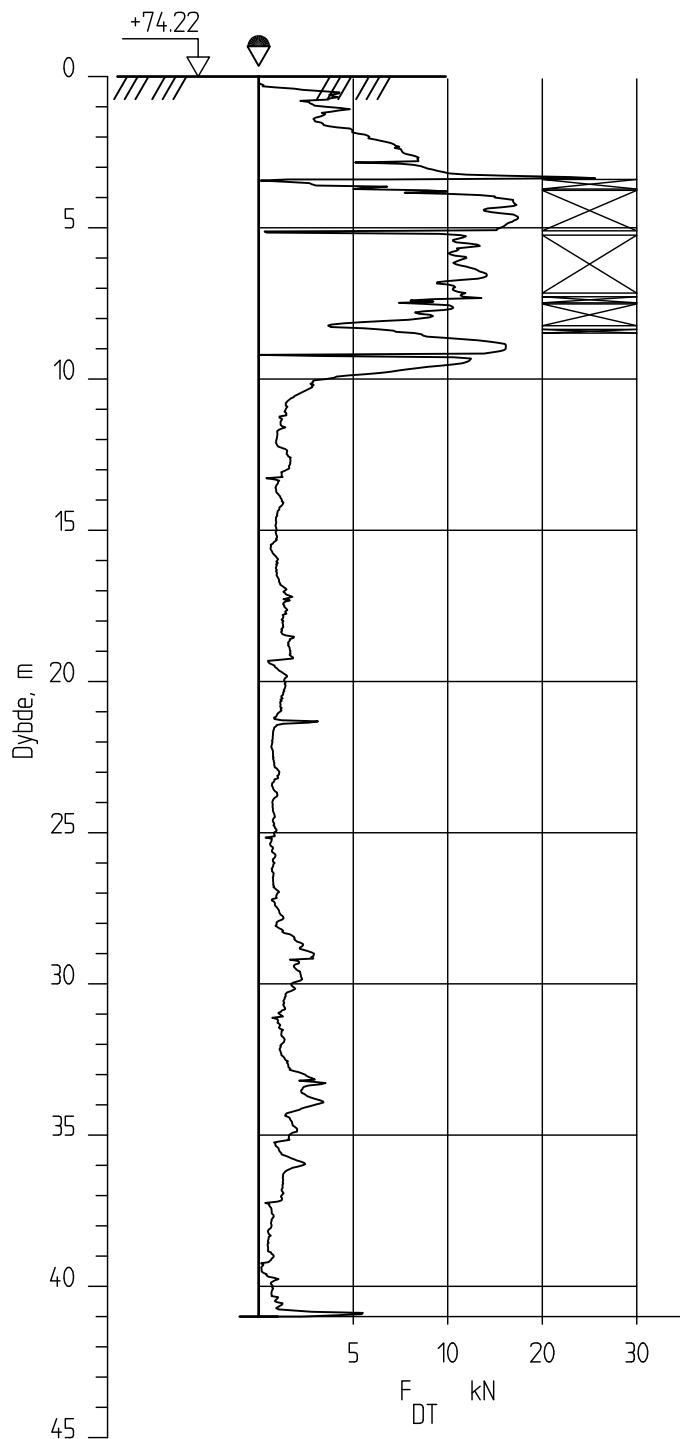
Borhull 202

Posisjon: X 6592596.81 Y 556779.94

Dato boret :27.01.2009

Kontrollert
MaRGodkjent
MaR

203



Fossnes på Hvittingfoss

Rapport nr.
20081549-125

Figur nr.
A6

Dreietrykksondering
M = 1 : 250

Tegner
SKa

Dato:
13.07.09

Borhull 203

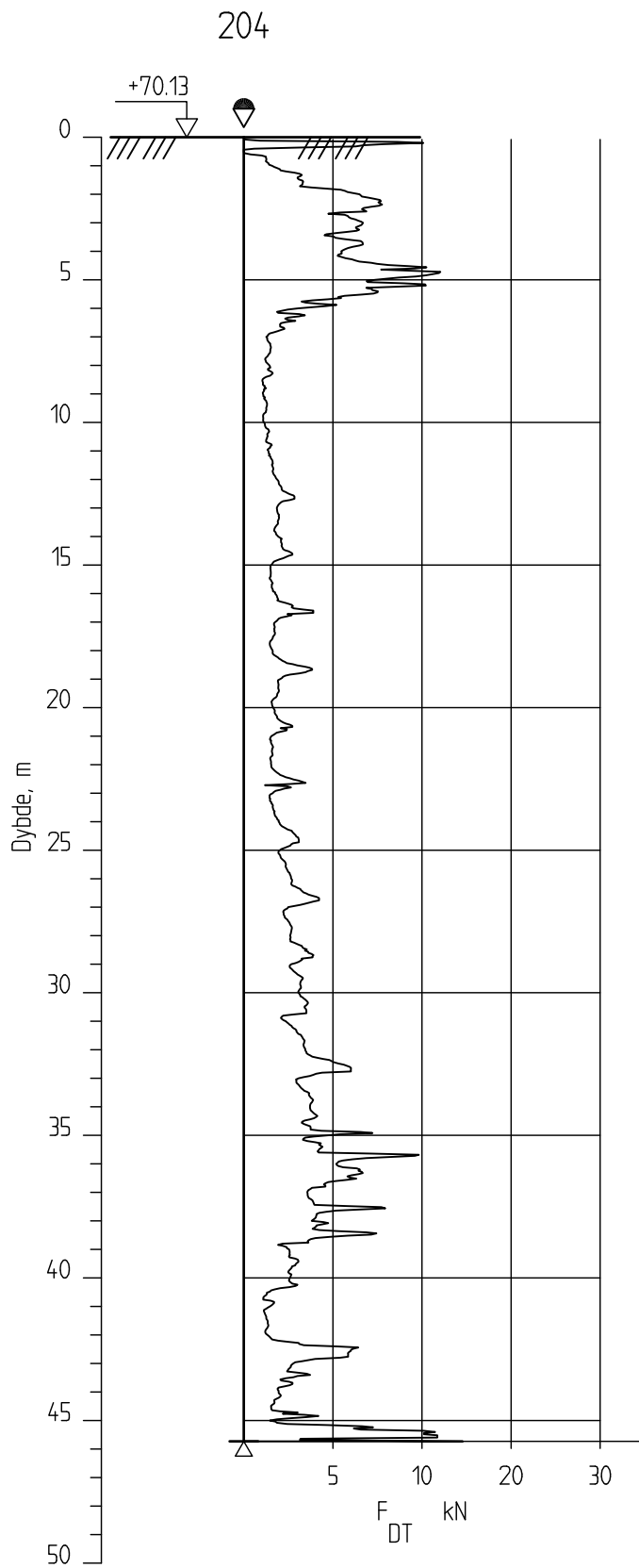
Kontrollert
MaR

Posisjon: X 6592599.33 Y 556855.91

Dato boret :27.01.2009

Godkjent
MaR





Fossnes på Hvittingfoss

Rapport nr.
20081549-125

Figur nr.
A7

Dreietrykkssondering
M = 1 : 250

Tegner
SKa

Dato:
13.07.09

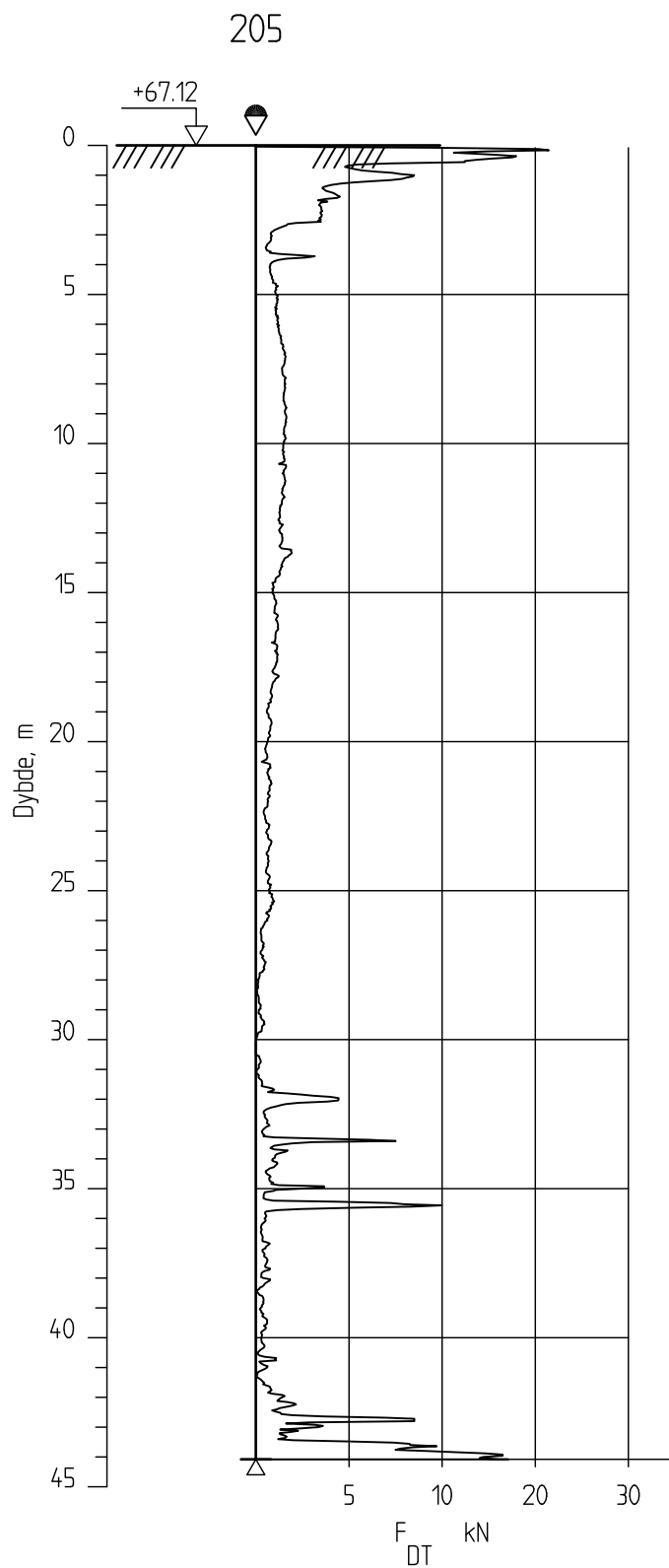
Borhull 204

Kontrollert
MaR

Posisjon: X 6592456.70 Y 556694.93 Dato boret :04.02.2009

Godkjent
MaR





Fossnes på Hvittingfoss

Dreietrykkssondering
M = 1 : 250

Borhull 205

Posisjon: X 6592271.55 Y 556758.03

Dato boret :04.02.2009

Rapport nr.
20081549-125

Figur nr.
A8

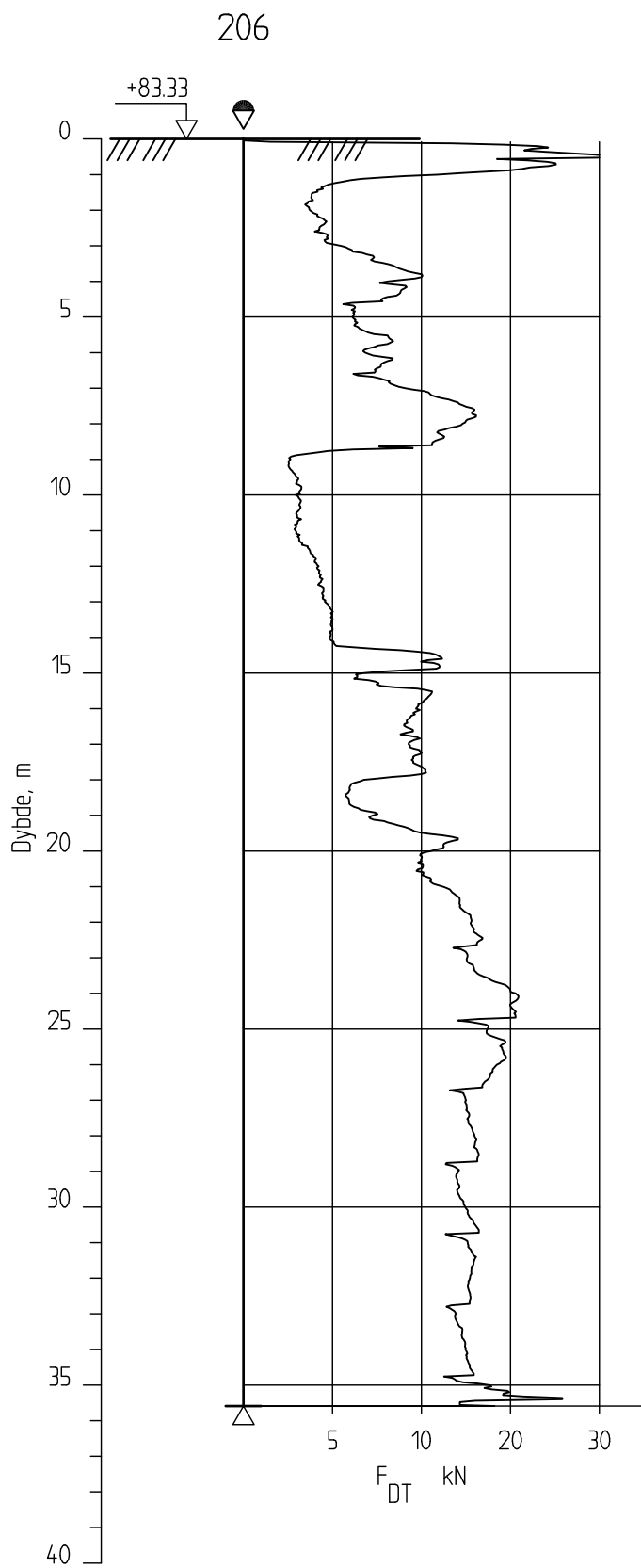
Tegner
SKa

Dato:
13.07.09

Kontrollert
MaR

Godkjent
MaR





Fossnes på Hvittingfoss

Dreietrykkssondering
M = 1 : 200

Borhull 206

Posisjon: X 6592258.51 Y 557343.56

Dato boret :04.02.2009

Rapport nr.
20081549-125

Figur nr.
A9

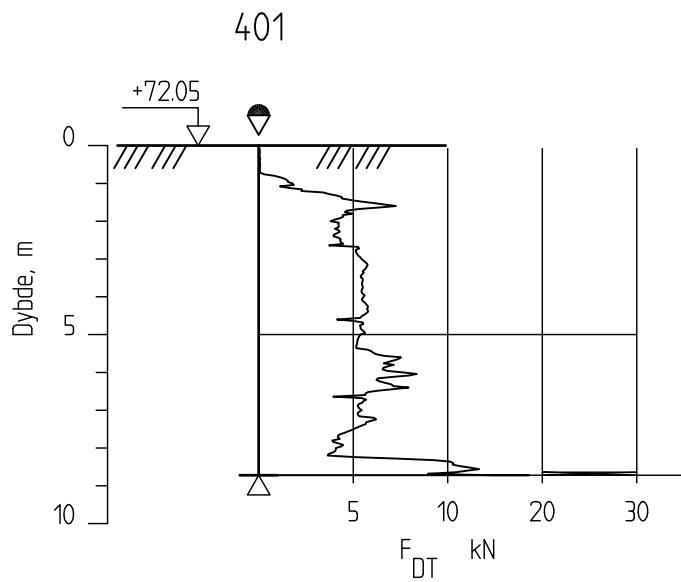
Tegner
SKa

Dato:
13.08.09

Kontrollert
MaR

Godkjent
MaR





Fossnes på Hvittingfoss

Rapport nr.
20081549-125

Figur nr.
A10

Dreietrykksondering
M = 1 : 200

Tegner
SKa

Dato:
13.08.09

Borhull 401

Posisjon: X 6593060.65 Y 557192.65

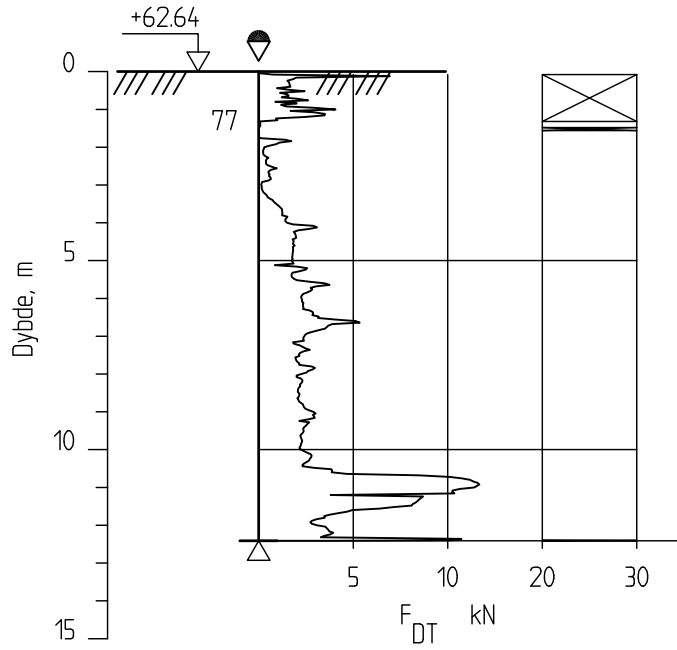
Dato boret :17.04.2009

Kontrollert
MaR

Godkjent
MaR



402B



Fossnes på Hvittingfoss

Rapport nr.
20081549-125

Figur nr.
A11

Dreietrykkssondering
M = 1 : 200

Tegner
SKa

Dato:
13.08.09

Borhull 402B

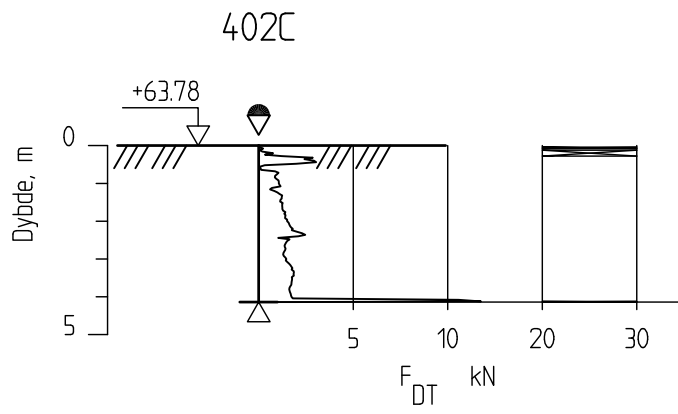
Posisjon: X 6593015.76 Y 557174.35

Dato boret :03.04.2009

Kontrollert
MaR

Godkjent
MaR





Fossnes på Hvittingfoss

Dreietrykkssondering
M = 1 : 200

Borhull 402C

Posisjon: X 6593022.99 Y 557186.56 Dato boret :15.04.2009

Rapport nr.
20081549-125

Figur nr.
A12

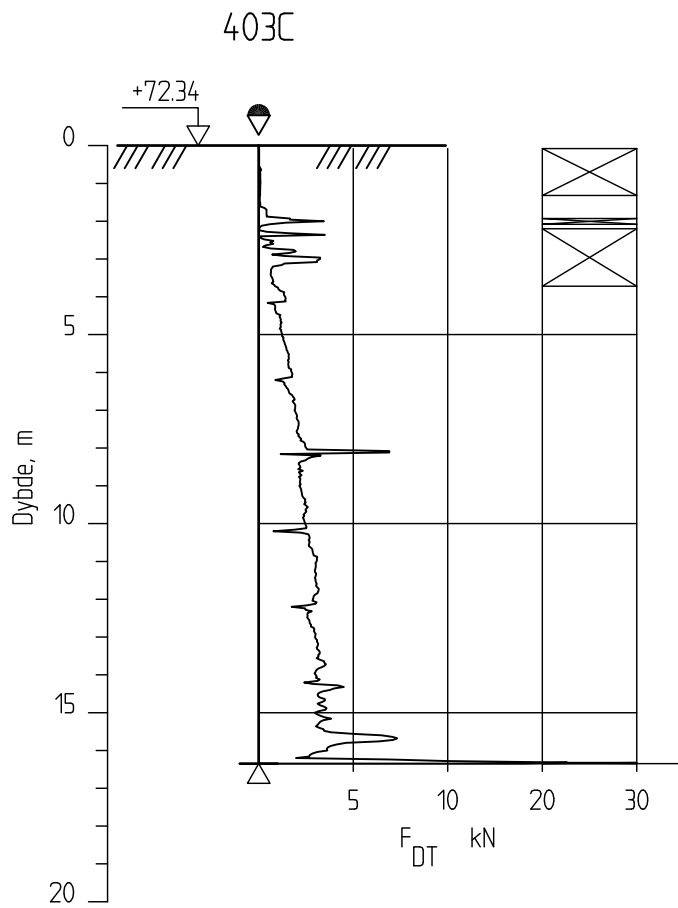
Tegner
SKa

Dato:
13.08.09

Kontrollert
MaR

Godkjent
MaR





Fossnes på Hvittingfoss

Rapport nr.
20081549-125

Figur nr.
A13

Dreietrykkssondering
M = 1 : 200

Tegner
SKa

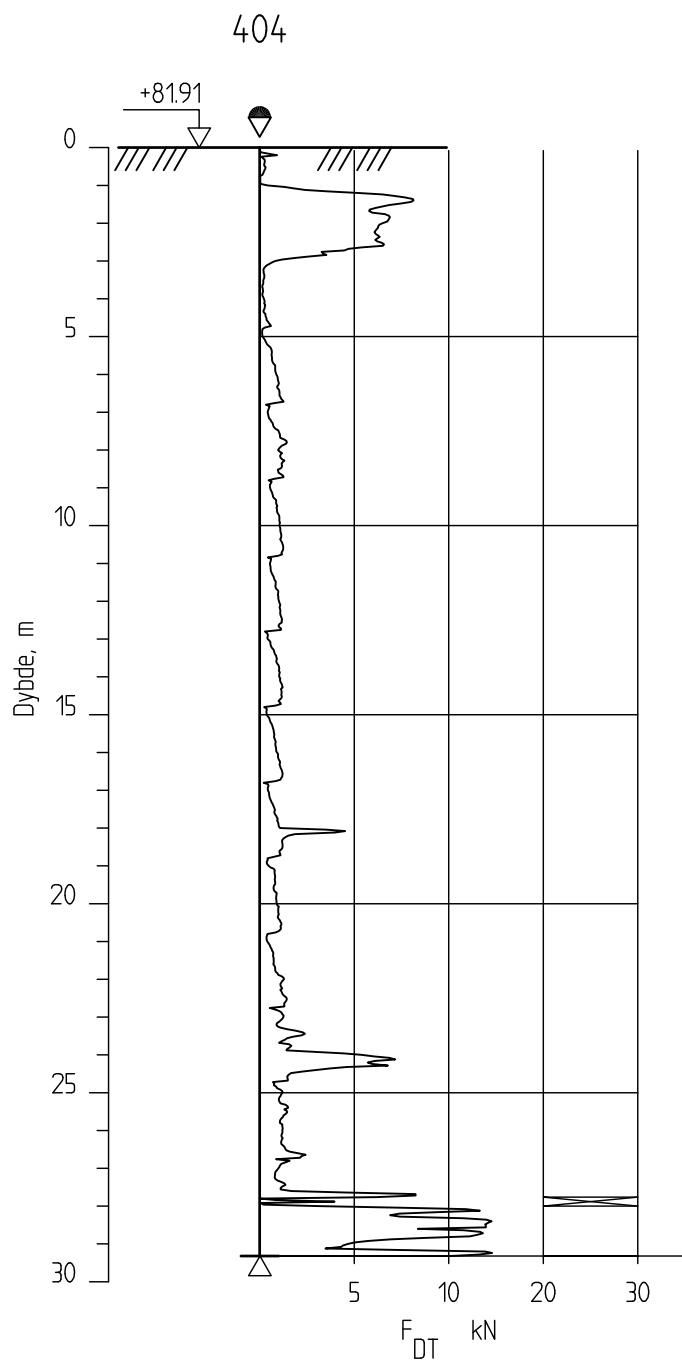
Dato:
13.08.09

Borhull 403C
Posisjon: X 6592990.53 Y 557195.60 Dato boret :03.04.2009

Kontrollert
MaR

Godkjent
MaR





Fossnes på Hvittingfoss

Rapport nr.
20081549-125

Figur nr.
A14

Dreietrykksondering
M = 1 : 200

Tegner
SKa

Dato:
13.08.09

Borhull 404

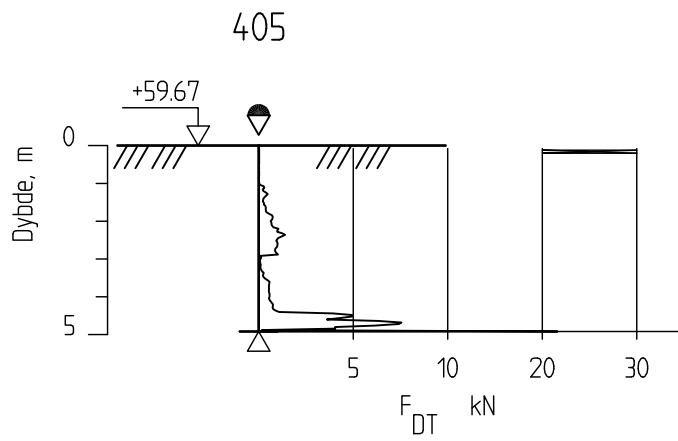
Kontrollert
MaR

Posisjon: X 6592964.19 Y 557188.43

Dato boret :01.04.2009

Godkjent
MaR





Fossnes på Hvittingfoss

Rapport nr.
20081549-125

Figur nr.
A15

Dreietrykksondering
M = 1 : 200

Tegner
SKa

Dato:
13.08.09

Borhull 405

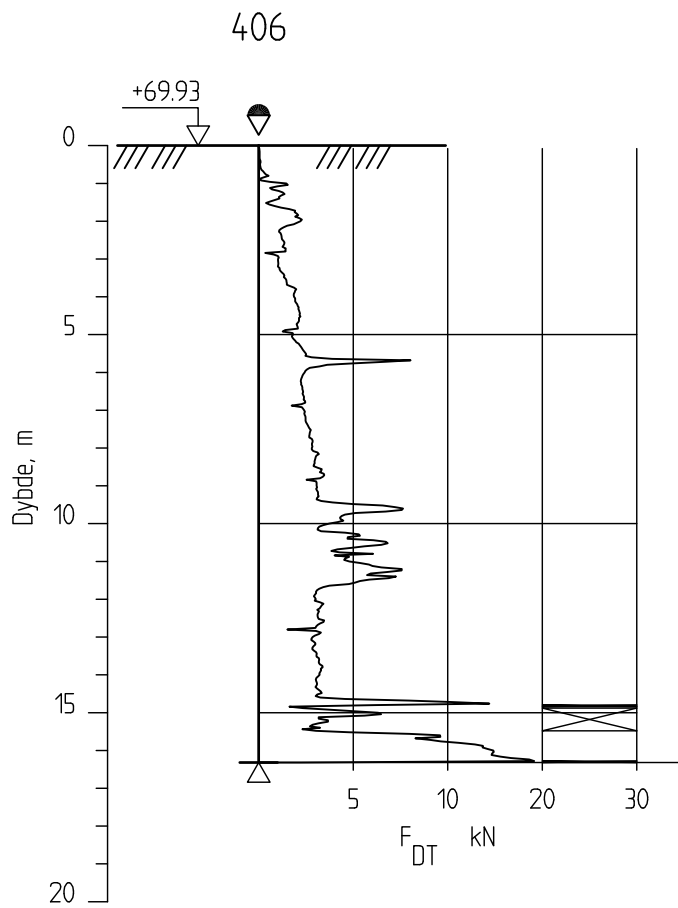
Posisjon: X 6593011.04 Y 557138.48

Dato boret :22.04.2009

Kontrollert
MaR

Godkjent
MaR





Fossnes på Hvittingfoss

Rapport nr.
20081549-125

Figur nr.
A16

Dreietrykkssondering
M = 1 : 200

Tegner
SKa

Dato:
13.08.09

Borhull 406

Posisjon: X 6592975.60 Y 557158.00

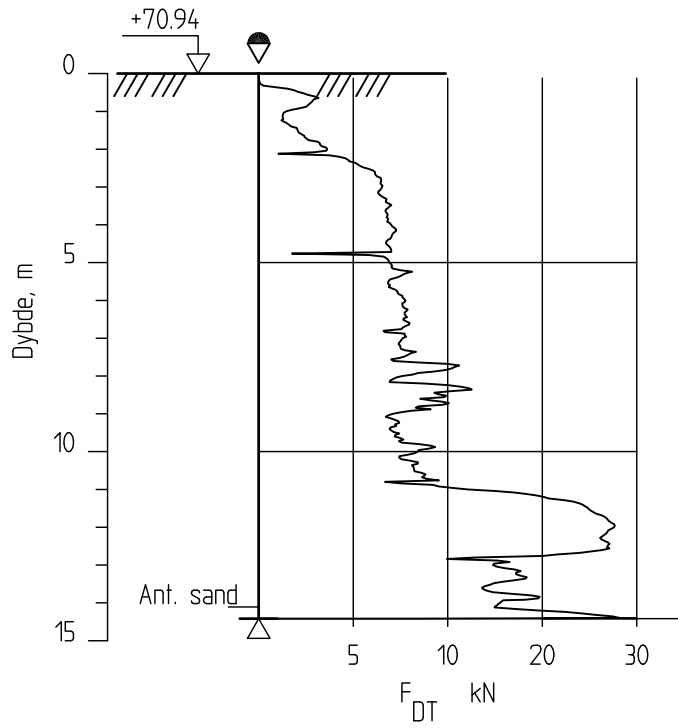
Dato boret :23.04.2009

Kontrollert
MaR

Godkjent
MaR



407B



Fossnes på Hvittingfoss

Rapport nr.
20081549-125

Figur nr.
A17

Dreietrykksondering
M = 1 : 200

Tegner
SKa

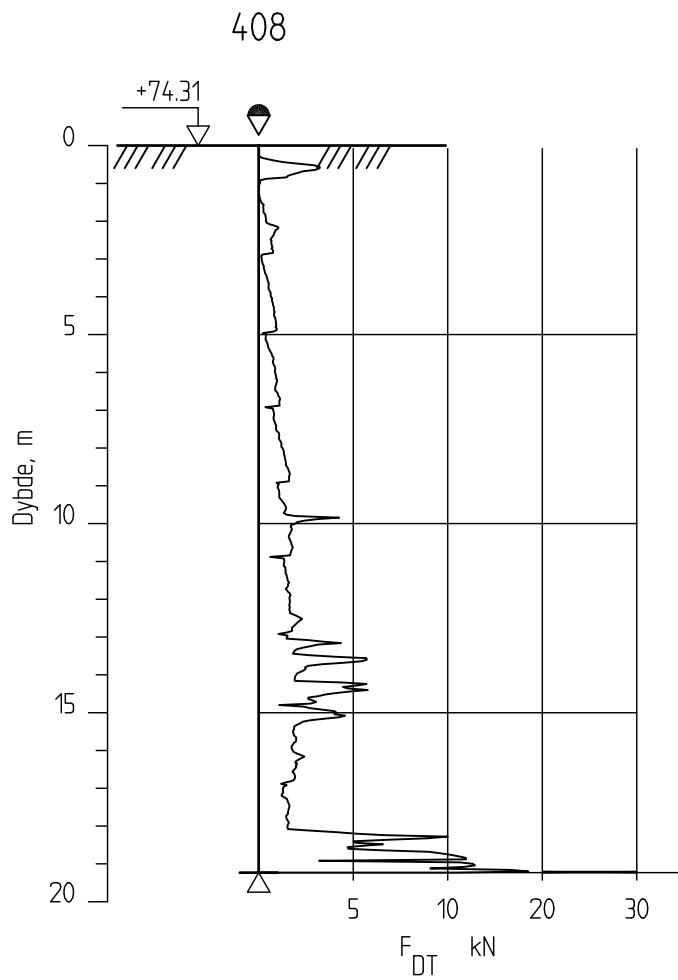
Dato:
13.08.09

Borhull 407B
Posisjon: X 6593001.91 Y 557096.45 Dato boret :02.04.2009

Kontrollert
MaR

Godkjent
MaR





Fossnes på Hvittingfoss

Rapport nr.
20081549-125

Figur nr.
A18

Dreietrykksondering
M = 1 : 200

Tegner
SKa

Dato:
13.08.09

Borhull 408

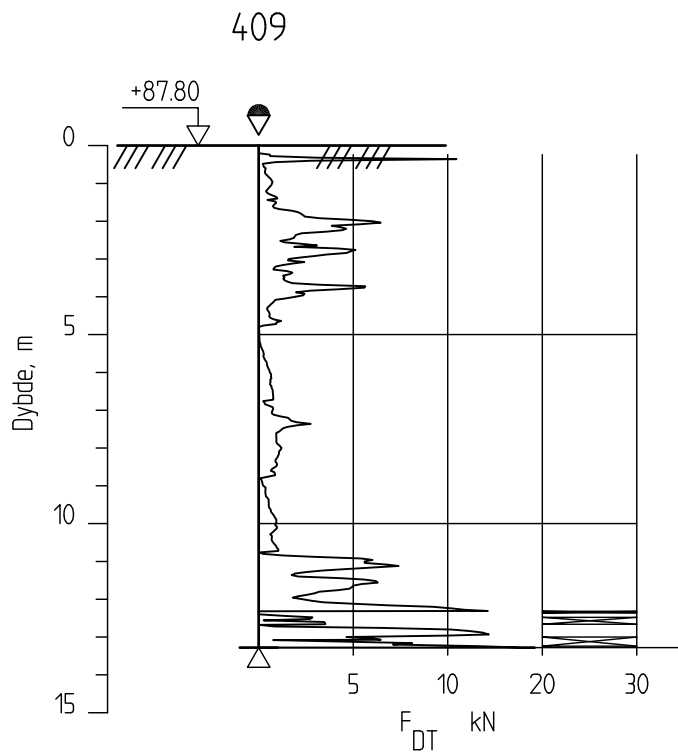
Posisjon: X 6592980.71 Y 557119.29

Dato boret :02.04.2009

Kontrollert
MaR

Godkjent
MaR





Fossnes på Hvittingfoss

Dreietrykkssondering
M = 1 : 200

Borhull 409

Posisjon: X 6593045.97 Y 557272.94 Dato boret :02.04.2009

Rapport nr.
20081549-125

Figur nr.
A19

Tegner
SKa

Dato:
13.08.09

Kontrollert
MaR

Godkjent
MaR



Vedlegg B - CPTU-sonderinger

Innhold

1	Metode	2
2	Utstyr	2
3	Resultater	2
4	Referanser	2

FIGURER

Figur B1-B8 CPT-sonderinger, hull 104, 202, 205 402B, 402C, 404, 406 og 409

1 Metode

Trykksondering med poretrykksmåling (CPTU) benyttes for å tolke lagdelinger, jordart og jordartens mekaniske egenskaper (styrkeegenskaper og deformasjons- og konsolideringsegenskaper).

Under nedpressingen måles trykket (q_c) mot den koniske spissen og sidefriksjonen (f_s) mot friksjonshylsen på den sylindriske delen.

I tillegg måles poretrykket (u) langs sondens overflate.

2 Utstyr

CPTU-sonderingene er utført med Envi Memocone (50 kN).

3 Resultater

Resultatene er vist som enkeltboringer på figur B1-B8.

Her vises målte parametere, spissmotstand (q_c), sidefriksjon (f_s) og poretrykk (u), samt følgende beregnede parametere:

Korrigert spissmotstand: $q_T = q_c + (1 - a) \cdot u$

Friksjonsforholdet: $R_f = (f_s/q_c) \cdot 100$

Poretrykksfaktor: $B_q = (u - u_0)/(q_T - \gamma \cdot z)$

Forklaringen på parametrene er gitt i tabell B1:

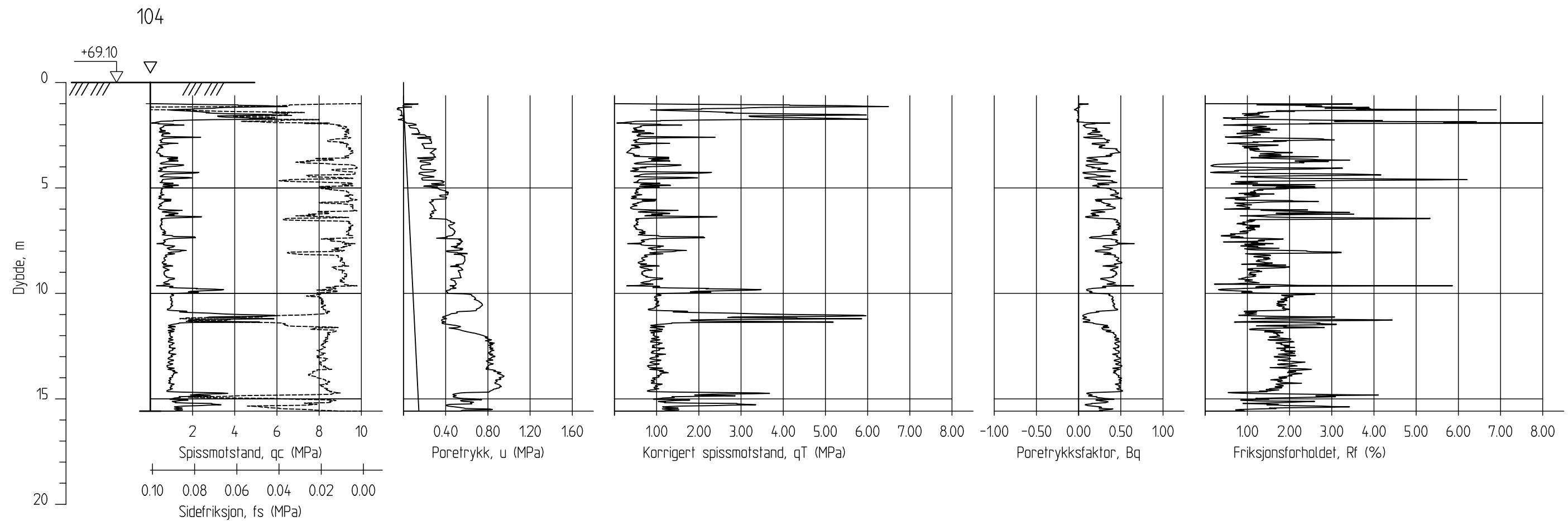
Tabell B1: Forklaring på parametere

Parameter	Forklaring
a	arealfaktor for poretrykkskorreksjon
u_0	in situ poretrykk
γ	total in situ romvekt

4 Referanser

/1/ Veiledning for utførelse av trykksondering
Melding nr. 5, Norsk Geoteknisk Forening, 1982
Rev. Nr. 1, 1994

/2/ Håndbok 015. Feltundersøkelser
Statens vegvesen, august 1997



Fossnes på Hvittingfoss

CPT-sondering
M = 1 : 200

Borhull 104
Posisjon: X 6592131.97 Y 557689.32 Dato boret :25.08.2008

Rapport nr.
20081549-125

Figur nr.
B1

Tegner
SKa

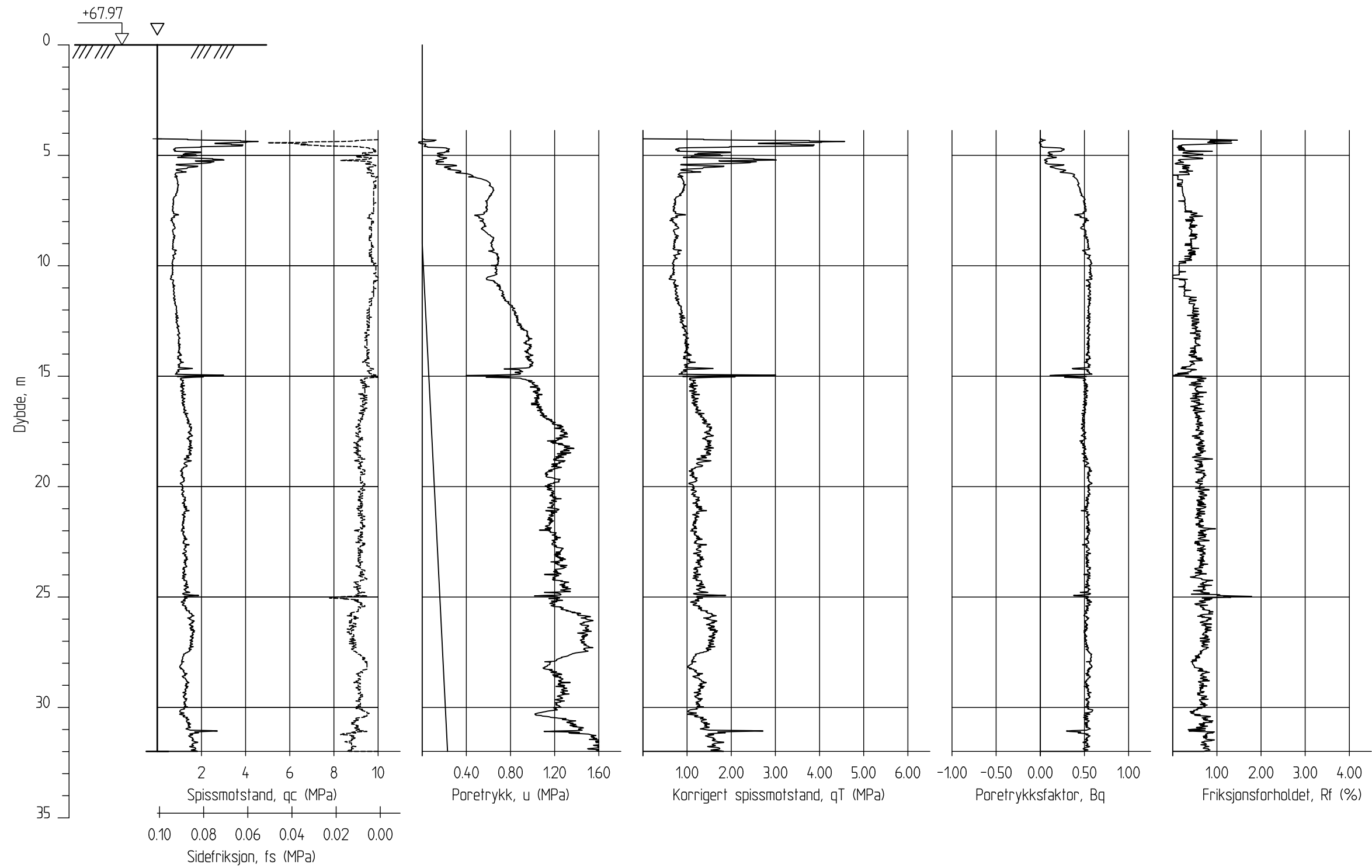
Dato:
13.08.09

Kontrollert
MaR

Godkjent
RMO



202



Fossnes på Hvittingfoss

CPT-sondering
M = 1 : 200

Borhull 202
Posisjon: X 6592596.81 Y 556779.94 Dato boret :27.01.2009

Rapport nr.
20081549-125

Figur nr.
B2

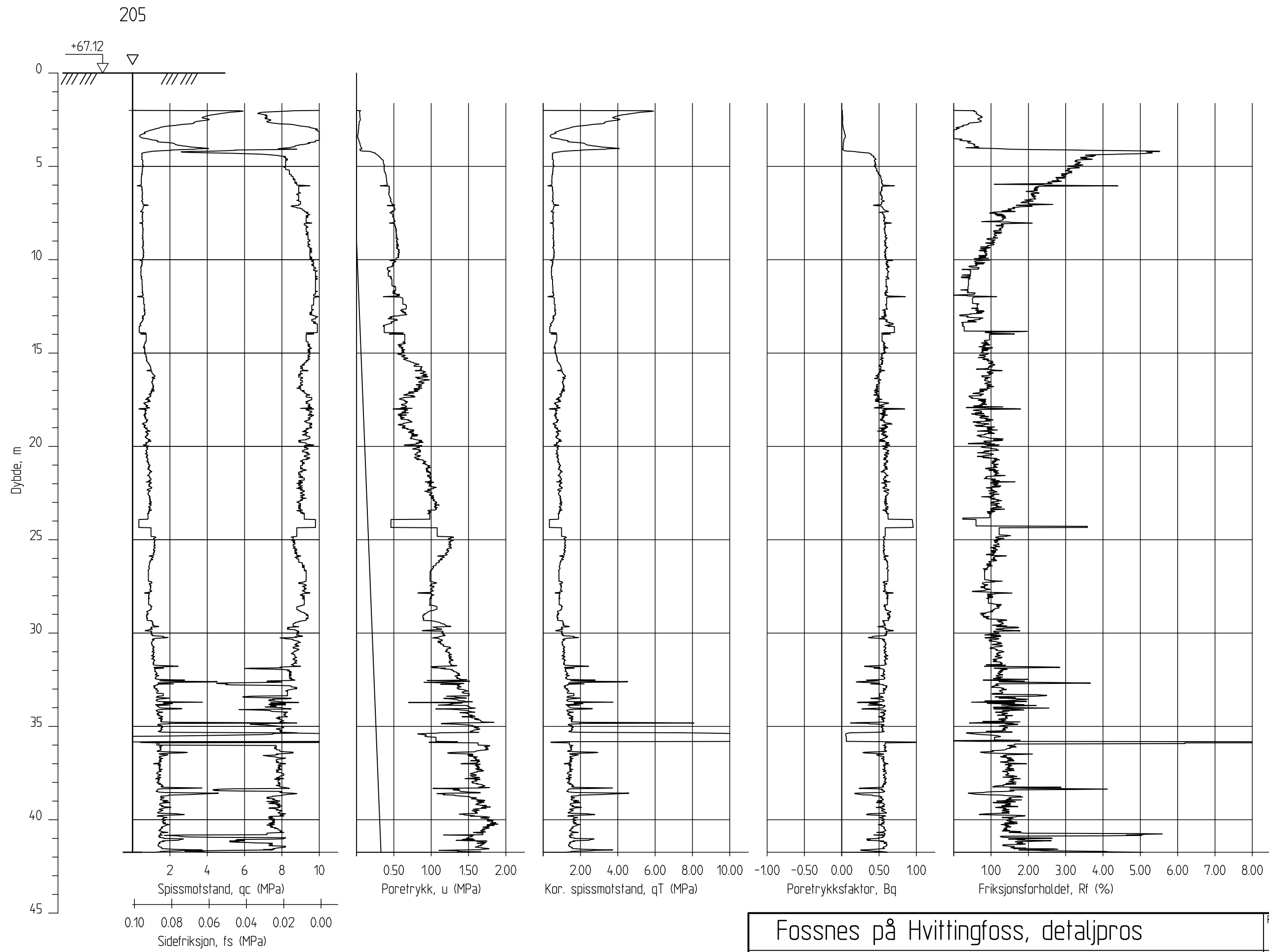
Tegner
SKa


Dato:
13.08.09

Kontrollert
MaR

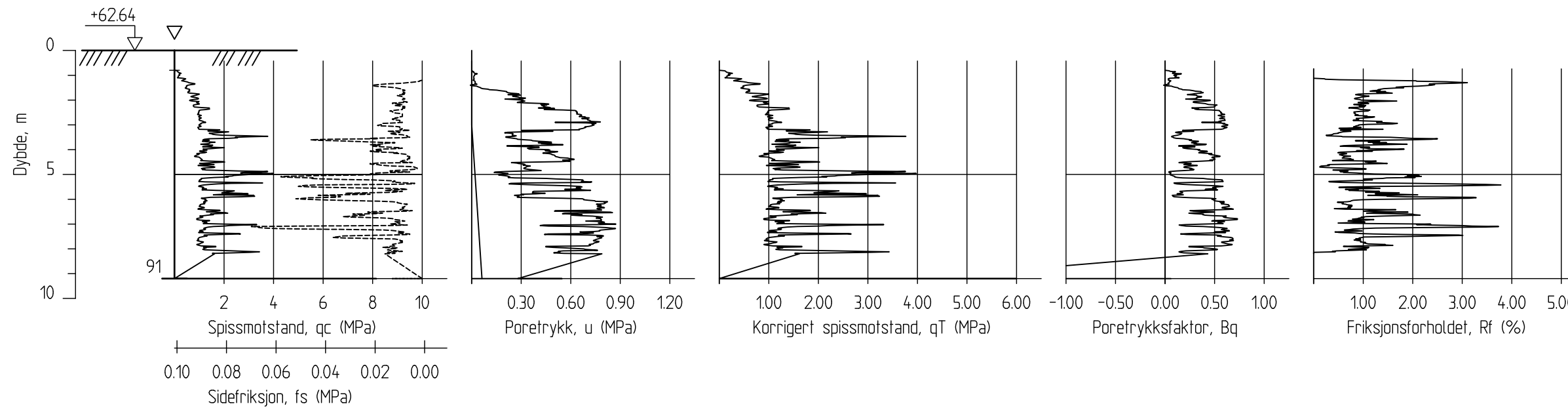
Godkjent
RMO





Fossnes på Hvittingfoss, detaljpros		Rapport nr. 20081549-125	Figur nr. B3
		Tegner SKa	Dato: 13.08.09
Borhull 205 Posisjon: X 659227155 Y 556758.03 Dato boret :04.02.2009		Kontrollert MaR	
		Godkjent RMo	

402B



Fossnes på Hvittingfoss

CPT-sondering
M = 1 : 200

Borhull 402B
Posisjon: X 6593015.76 Y 557174.35 Dato boret :15.04.2009

Rapport nr.
20081549-125

Figur nr.
B4

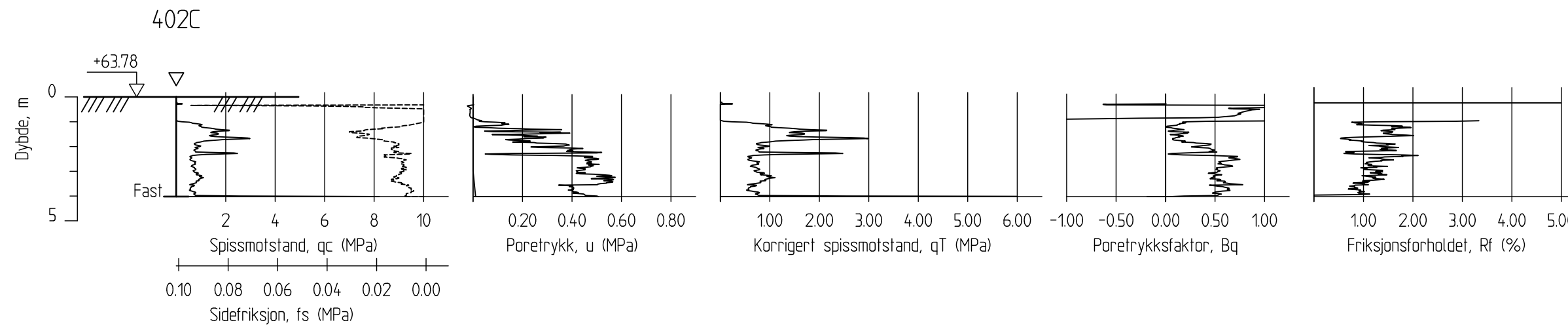
Tegner
SKa

Dato:
13.08.09

Kontrollert
MaR

Godkjent
RMO





Fossnes på Hvittingfoss

CPT-sondering
M = 1 : 200

Borhull 402C
Posisjon: X 6593022.99 Y 557186.56 Dato boret :15.04.2009

Rapport nr.
20081549-125

Figur nr.
B5

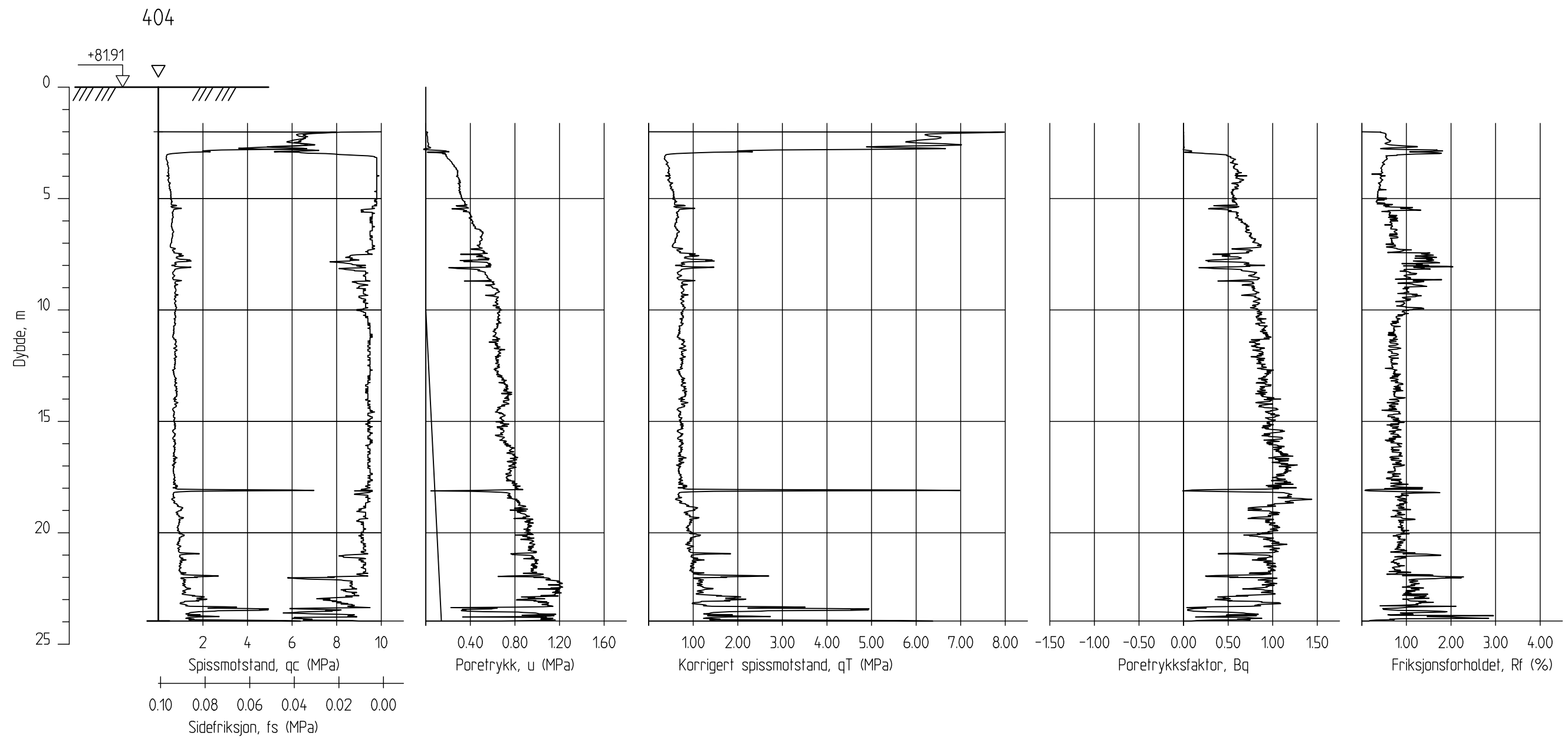
Tegner
SKa

Dato:
13.08.09

Kontrollert
MaR

Godkjent
RMO





Fossnes på Hvittingfoss, detaljpros

CPT-sondering
M = 1 : 200

Borhull 404
Posisjon: X 6592964.19 Y 557188.43 Dato boret :22.04.2009

Rapport nr.
20081549-125

Figur nr.
B6

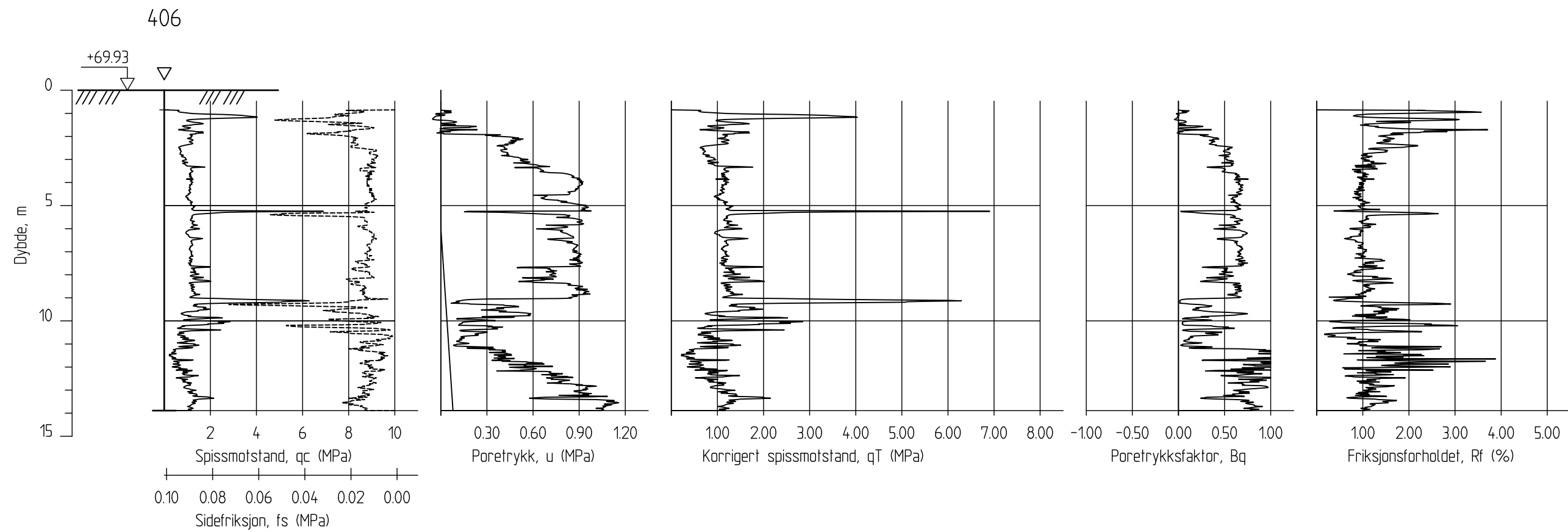
Tegner
SKa

Dato:
13.08.09

Kontrollert
MaR

Godkjent
RMo





Fossnes på Hvittingfoss

CPT-sondering
M = 1 : 200

Borhull 406
Posisjon: X 6592975.60 Y 557158.00 Dato boret :23.04.2009

Rapport nr.
20081549-125

Figur nr.
B7

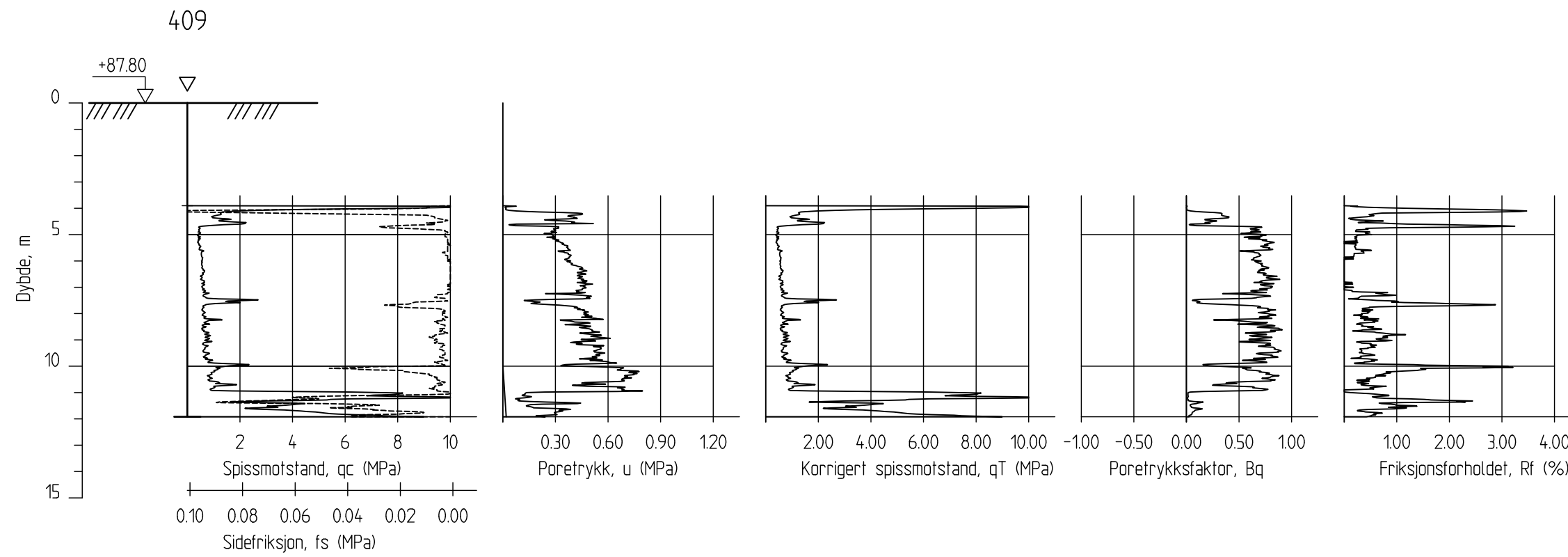
Tegner
SKa

Dato:
13.08.09

Kontrollert
MaR

Godkjent
RMO





Fossnes på Hvittingfoss

CPT-sondering
M = 1 : 200

Borhull 409
Posisjon: X 6593045.97 Y 557272.94 Dato boret :23.04.2009

Rapport nr.
20081549-125

Figur nr.
B8

Tegner
SKa

Dato:
13.08.09

Kontrollert
MaR

Godkjent
RMO



Vedlegg C - Poretrykksmålinger

Innhold

1	Metode	2
2	Utstyr	2
3	Resultater	2
4	Referanser	2

FIGURER

Figur C1 Resultater fra poretrykksmålinger



1 Metode

Metoden brukes for å bestemme grunnvannstanden (GV) og kartlegge poretrykket med dybden.

2 Utstyr

Det er brukt hydrostatisk poretrykksmåler med keramisk filter, type NGI, samt elektroniske poretrykksmålere.

Avlesningene er utført av både NGI, NVE, NVE Anlegg og grunneier.

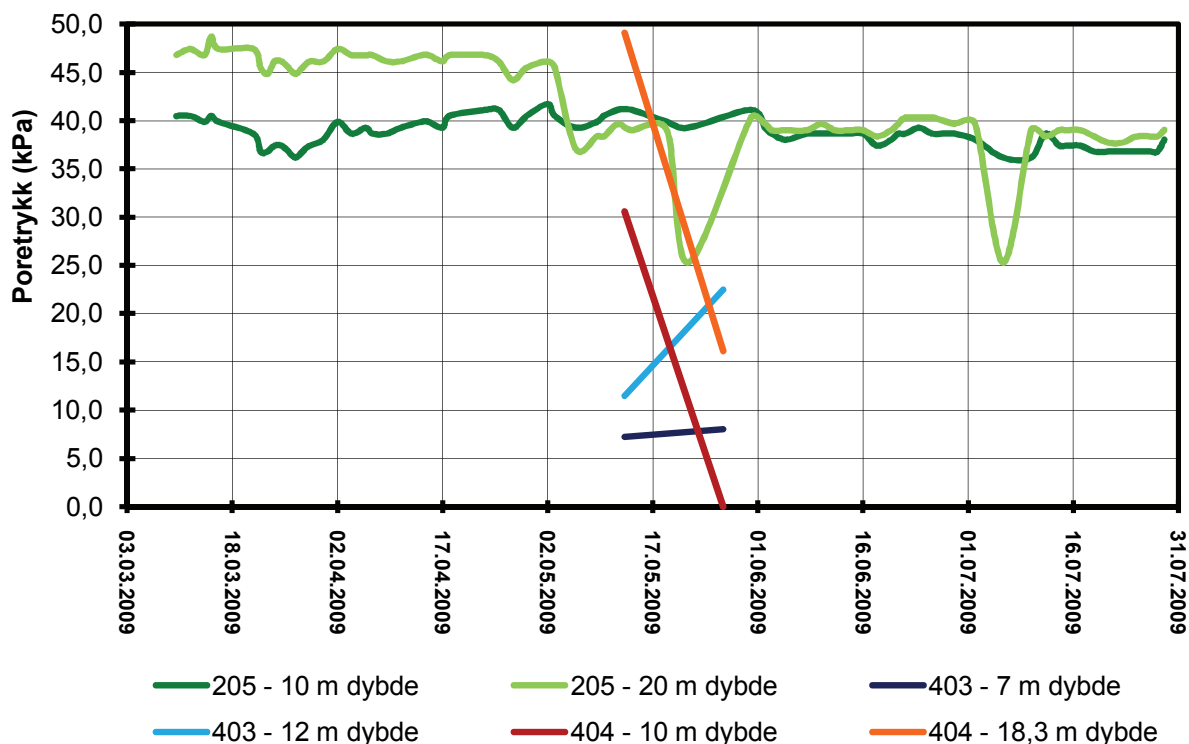
3 Resultater

Resultatene er gitt på figur C1.

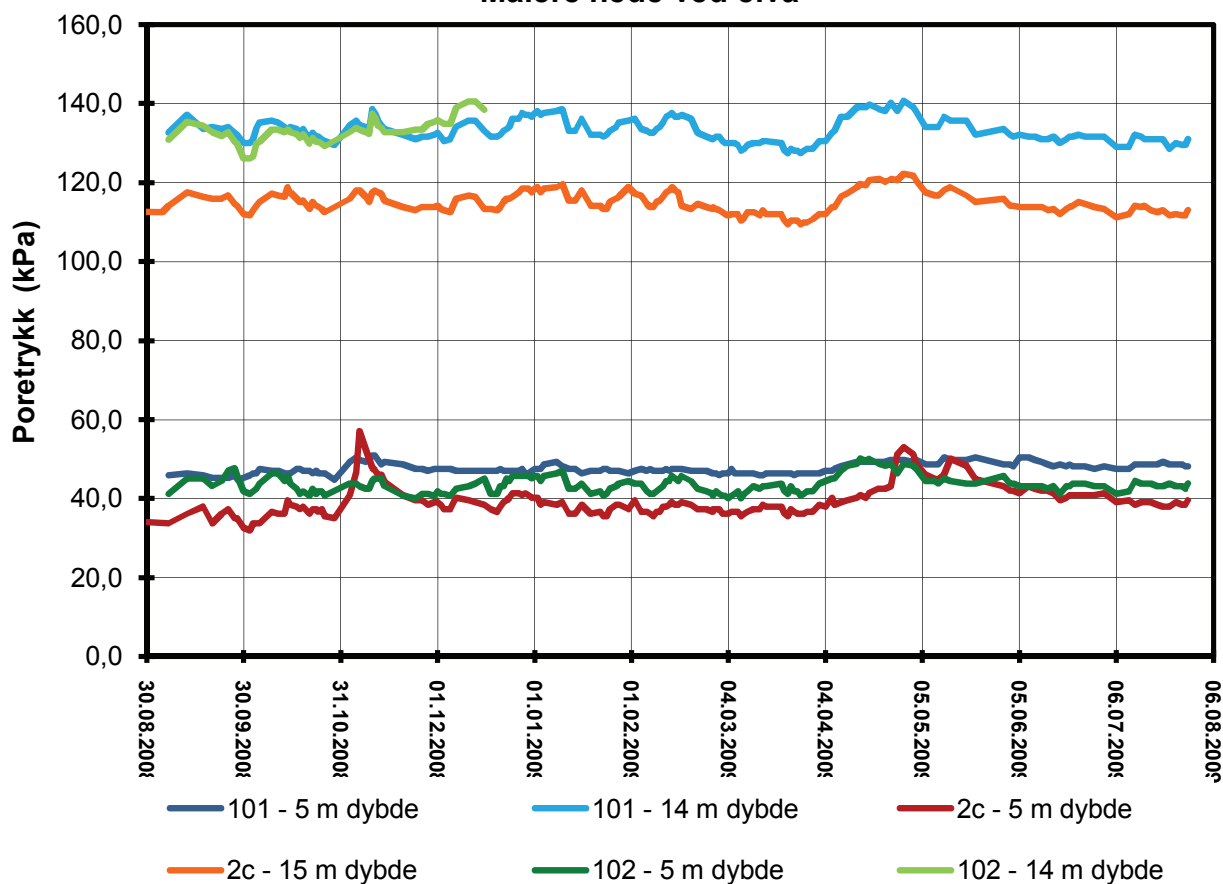
4 Referanser

- /1/ Veiledning for måling av grunnvannstand og poretrykk
Melding nr 6, Norsk geoteknisk forening, 1982
Rev. nr. 1, 1989

Målere oppe på plata




Målere nede ved elva



Fossnes på Hvittingfoss

Resultater fra poretrykksmålinger

Rapport nr. 20081549-125	Figur nr. C1
Tegner MaR	Dato 14.8.09
Kontrollerer OG	
Godkjent RMo	

Kontroll- og referanseside/ Review and reference page



Dokumentinformasjon/Document information					
Dokumenttittel/Document title Supplerende grunnundersøkelser			Dokument nr/Document No. 20081549-00-125-R		
Dokumenttype/Type of document		Distribusjon/Distribution		Dato/Date 2009-08-12	
<input checked="" type="checkbox"/> Rapport/Report		<input type="checkbox"/> Fri/Unlimited		Rev.nr./Rev.No. 0	
<input type="checkbox"/> Teknisk notat/Technical Note		<input checked="" type="checkbox"/> Begrenset/Limited			
		<input type="checkbox"/> Ingen/None			
Oppdragsgiver/Client Norges Vassdrags- og Energidirektorat					
Emneord/Keywords Kvikkleire, grunnundersøkelser					
Stedfesting/Geographical information					
Land, fylke/Country, County Norge, Buskerud				Havområde/Offshore area	
Kommune/Municipality Kongsberg				Feltnavn/Field name	
Sted/Location Fossnes, Hvittingfoss				Sted/Location	
Kartblad/Map 1813 IV				Felt, blokknr./Field, Block No.	
UTM-koordinater/UTM-coordinates 32VNL570928					
Dokumentkontroll/Document control					
Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001					
Rev./ Rev.	Revisjonsgrunnlag/Reason for revision	Egen- kontroll/ Self review av/by:	Sidemanns- kontroll/ Colleague review av/by:	Uavhengig kontroll/ Independent review av/by:	Tverrfaglig kontroll/ Inter- disciplinary review av/by:
0	Originaldokument	MaR <i>MaR</i>	OG <i>OG</i>		
Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release		Dato/Date 2009-08-21		Sign. Prosjektleder/Project Manager <i>Ragnar Moholdt</i> Ragnar Moholdt	

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

Vi arbeider i følgende markeder: olje, gass og energi, bygg, anlegg og samferdsel, naturskade og miljøteknologi. NGI er en privat stiftelse med kontor og laboratorier i Oslo, avdelingskontor i Trondheim og datterselskap i Houston, Texas, USA.

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

www.ngi.no

NGI (Norwegian Geotechnical Institute) is a leading international centre for research and consulting in the geosciences. NGI develops optimum solutions for society, and offers expertise on the behaviour of soil, rock and snow and their interaction with the natural and built environment.

NGI works within the oil, gas and energy, building and construction, transportation, natural hazards and environment sectors. NGI is a private foundation with office and laboratory in Oslo, branch office in Trondheim and daughter company in Houston, Texas, USA.

NGI was awarded Centre of Excellence status in 2002 and leads the International Centre for Geohazards (ICG).

www.ngi.no



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

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

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

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

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

ngi@ngi.no
www.ngi.no

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

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

**A20 2010063-00-3-R. Fossveien 80, Hvittingfoss.
Oppfølging av anlegg (2010).**



Rapport / Report

Fossveien 80, Hvittingfoss Oppfølging av anlegg

Datarapport - grunnundersøkelser

20100063-00-3-R
2. juni 2010

Ved elektronisk overføring kan ikke konfidensialiteten eller autentisiteten av dette dokumentet garanteres. Adressaten bør vurdere denne risikoen og ta fullt ansvar for bruk av dette dokumentet.

Dokumentet skal ikke benyttes i utdrag eller til andre formål enn det dokumentet omhandler. Dokumentet må ikke reproduseres eller leveres til tredjemann uten eiers samtykke. Dokumentet må ikke endres uten samtykke fra NGL.

Neither the confidentiality nor the integrity of this document can be guaranteed following electronic transmission. The addressee should consider this risk and take full responsibility for use of this document.

This document shall not be used in parts, or for other purposes than the document was prepared for. The document shall not be copied, in parts or in whole, or be given to a third party without the owner's consent. No changes to the document shall be made without consent from NGL.



Prosjekt

Prosjekt: Fossveien 80, Hvittingfoss - Oppfølging av anlegg
Dokumentnr.: 20100063-00-3-R
Dokumenttittel: Grunnundersøkelser Datarapport
Dato: 2. juni 2010

Hovedkontor:
Pb. 3930 Ullevål Stadion
0806 Oslo

Avd Trondheim:
Pb. 1230 Pirsenteret
7462 Trondheim

T 22 02 30 00
F 22 23 04 48

Kontonr 5096 05 01281
Org. nr 958 254 318 MVA

ngi@ngi.no
www.ngi.no

Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), Region Sør
Oppdragsgivers kontaktperson: Eirik Traae
Kontraktreferanse: Tilbud datert 16.februar 2010

For NGI

Prosjektleder: Magnus Rømoen
Utarbeidet av: Einar John Lande
Kontrollert av: Odd Gregersen

Sammendrag

Norges Vassdrags- og energidirektorat (NVE) har i løpet av de siste 2-3 årene drevet med sikringsarbeid av et større kvikkleireområde på Fossnes i Hvittingfoss, Kongsberg kommune. I forbindelse med oppfølging av sikringsarbeid i Fossveien 80 har NGI utført supplerende grunnundersøkelser.

Denne datarapporten gir en kort presentasjon av de utførte grunnundersøkelsene. Disse omfatter enkle håndsonderinger, dreietrykkssonderinger, CPTU-sonderinger og poretrykksmålinger. Resultater fra undersøkelsene er presentert i egne vedlegg.

Innhold

1	Innledning	5
2	Grunnundersøkelser	5
2.1	Generelt	5
2.2	Enkle håndsonderinger	6
2.3	Dreietrykksonderinger	6
2.4	Trykksonderinger	7
2.5	Poretrykksmålinger	7
3	Referanser	8

Bilag

Bilag 1 Tegnforklaring plan- og profiltegning

Tegninger

Tegning 001	Oversiktskart	M = 1: 2 500
Tegning 010	Borplan	M = 1: 500

Vedlegg

Vedlegg A	Dreietrykksonderinger
Vedlegg B	Trykksonderinger
Vedlegg C	Poretrykksmålinger

Kontroll- og referanseside

1 Innledning

Norges Vassdrags- og energidirektorat (NVE) har i løpet av de siste 2-3 årene drevet med sikringsarbeid av et større kvikkleireområde på Fossnes i Hvitvingfoss, Kongsberg kommune. Den siste fasen av dette arbeidet ble utført vinteren/våren 2010, og Norges Geotekniske Institutt (NGI) var i den anledning engasjert av NVE som geoteknisk rådgiver.

Som grunnlag for prosjektering av sikringsomfang ble det i august og september 2007 utført grunnundersøkelser i det aktuelle området. Disse grunnundersøkelsene ble rapportert i NGI-rapport 20071564-1, se ref. 1. I tillegg er det før 2007 utført flere runder med grunnundersøkelser i området i forbindelse med skredhendelser og vurdering av skredfaren. Det henvises her til ref. 2, 3, 4, og 5.

I forbindelse med sikringsarbeidet av Fossveien 80 ble det utført grunnundersøkelser våren 2009, som ble presentert i NGI-rapport 20091459-00-125-R, se ref. 6. Det viste seg dog at omfanget av disse grunnundersøkelsene var noe ufullstendig, og det ble derfor besluttet at man skulle utføre enkelte supplerende grunnundersøkelser. Resultatene fra disse grunnundersøkelsene er presentert i denne rapporten. Disse undersøkelsene innebar enkle håndsonderinger, dreietrykkssonderinger, CPTU-sonderinger og poretrykksmålinger.

Oversiktskart av det aktuelle området er presentert i tegning 001.

2 Grunnundersøkelser

2.1 Generelt

De supplerende grunnundersøkelsene ble utført av NGI ved boreleder Bjørn Thune, tidvis assistert av Magnus Rømoen og Svein Reiersøl, i tidsrommet mellom 18-26 januar 2010. Arbeidet ble utført med beltegående borerigg av typen GM100. Riggeren er utstyrt med digitalt feltminne (DMON) for registrering av boredata. Borepunktene ble i etterkant målt inn av NVE v/ Martin Jespersen.

Tabell 1 gir en oversikt over de utførte grunnundersøkelsene, der koordinater og ulike boremetoder for hvert borpunkt er vist. Koordinatene er gitt i henhold til EU89-UTM 32 systemet. Beliggenheten av de ulike borpunktene er for øvrig vist i borplan på tegning 010.

Det bemerkes at tidligere utførte boringer benevnt med punkt nr. 401-409, samt F1-F3 er tatt med i borplan. Resultater fra disse boringene er rapportert tidligere, se ref. 4 og 6.

Tabell 1 Oversikt over supplerende grunnundersøkelser

Borhull	Koordinater			Bormetode			
	X	Y	Z	DRT	CPTU	ES	PZ
501	659324,5	557160,6	55,5	X			X
502	6593024,8	557151,2	55,5	X			X
503	6593025,9	557138,3	55,5	X			
504	6593037,0	557128,3	55,0	X			
505	6593044,8	557157,3	55,0			X	
506	6593043,4	557145,3	55,0			X	
507	6593060,2	557150,5	55,0			X	
507B	6593046,8	557138,2	55,0			X	
508	6593104,1	557270,9	89,0	X	X		
509	6593079,9	557270,3	88,5	X	X		

DRT - Dreietrykkssondering
 CPTU - Trykksondering
 ES - Enkle håndsondering
 PZ - Poretrykksmåling

2.2 Enkle håndsonderinger

Det er utført totalt 4 enkle håndsonderinger på elven ved skråningsfot nedenfor Fossveien. Sonderingene ble utført med håndholdt motorisert boreutstyr på isen i midten av januar 2010 av Svein Reiersøl og Magnus Rømoen. Hensikten med sonderingene var hovedsakelig å kartlegge dybde fra is til faste masser/antatt fjell ute i elven.

Resultatene fra sonderingene er oppsummert i tabell 2 under.

Tabell 2 Resultat fra enkle håndsonderinger

Borpunkt	Omtrentlig terrengkote [moh]	Boret dybde [m]	Omtrentlig kote faste masser/fjell [moh]
505	55,0	6,50	48,5
506	55,0	3,3	51,7
507	55,0	8,3	46,7
507B	55,0	2,0	53,0

2.3 Dreietrykkssonderinger

Det er utført 4 dreietrykkssonderinger i skråningsfot nedenfor Fossveien 80. Sonderingene ble utført like ved elvekanten. I tillegg er to sonderinger utført på toppen av skråningen ved Fossveien 68.

Formålet med dreietrykkssonderingene er å kartlegge grunnens relative fasthet og eventuelle laggrenser i løsmassene. Metoden er dessuten velegnet for å lokalisere

sensitiv/kvikk leire. Metoden gir ingen sikker fjellpåvisning, men kun dybde ned til faste masser/antatt fjell.

Resultatene fra dreietrykksonderingene er vist i vedlegg A.

2.4 Trykksonderinger

Det er totalt utført 2 trykksonderinger (CPTU-sonderinger). Sonderingene er utført på toppen av skråningen, der den ene er plassert inntil hus i Fossveien 68, og den andre ca 25m lenger nord.

Formålet med CPTU-sonderingene er å utføre en mer nøyaktig kartlegging av laggrenser og type jordart. I tillegg kan sonderingene brukes til å fastsette geotekniske jordartsparametere, spesielt leiras udrenerte skjærstyrke (s_u).

Resultatene fra sonderingene er vist i vedlegg B.

2.5 Poretrykksmålinger

Det er installert 2 stk elektriske poretrykksmålere ved skråningsfot, henholdsvis i borpunkt 501 og 502. Målerne er installert på 5m dybde under terreng. Det er videre utført registreringer fra 25.1.2010-22.2.2010 for disse målerne.

Formålet med poretrykksmålingene er å kartlegge grunnvannets beliggenhet og verifisere om det er en hydrostatisk utvikling mot dybden eller ikke. I tillegg er poretrykksmålingene brukt for å overvåke eventuelle endringer i grunnvannet som følge av anleggsarbeidet.

Resultatene fra poretrykksmålingene er vist i vedlegg C.

3 Referanser

- /1/ NGI (2008)
Fossnes på Hvittingfoss – Resultater fra grunnundersøkelser
Rapport nr 20071564-1, datert 30. januar 2008.
- /2/ NGI (1998)
Kartlegging av potensiell fare for kvikkleireskred. Kartblad Holmestrand.
Rapport 98001-1 og 98001-2, datert juni 1998.
- /3/ NGI (1961)
Undersøkelse av rasskråning ved Hvittingfoss
Rapport 0.978, datert 5. mai 1961.
- /4/ NGI (2001)
Jordskred, Fossveien 98-100, Hvittingfoss – Grunnundersøkelser,
stabilitetsanalyser og forslag til sikringstiltak.
Rapport 20011391-1, datert 28. november 2001.
- /5/ NGI (2001)
Fossveien 80, Hvittingfoss – Grunnforhold og stabiliserende tiltak.
Teknisk notat 20001573, datert 26. februar 2001.
- /6/ NGI (2009)
Fossnes på Hvittingfoss, detaljprosjektering av tiltak og oppfølging av
anlegg – Supplerende grunnundersøkelser.
Rapport 20091549-00-125-R, datert 12. august 2009.

Plantegninger

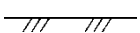
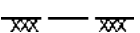
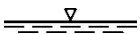
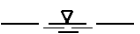
Symbol	Metode	Symbol	Metode
○	Enkel sondering	▽	Trykksondering (CPTU)
●	Dreiesondering	⊖	Poretrykksmåling
◐	Dreietrykksondering	■	Setningsmåling
▼	Ramsondering	▣	Helningsmåling
☆	Fjellkontrollboring	⊗	In situ permeabilitetsmåling
⊕	Totalsondering	⊙	Prøveserie
+	Vingeboring	□	Prøvegrop

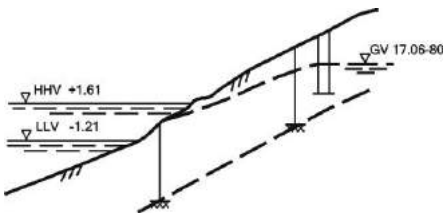
Nivåer og dybder (m)

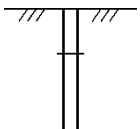
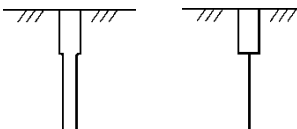
118☆ $\frac{12,8}{-5,7}$ 18,5+3,0





Foran symbol: Punkt nr. (118)
 Over linjen: Kote terreng (12,8) eller elvebunn, sjøbunn ved boring i vann
 Ut for linjen: Boret dybde i løsmasser (18,5) + boret dybde i fjell (+3,0).
 Under linjen: Kote antatt fjell (-5, 7). Antas at fjell ikke er påtruffet angis ~.

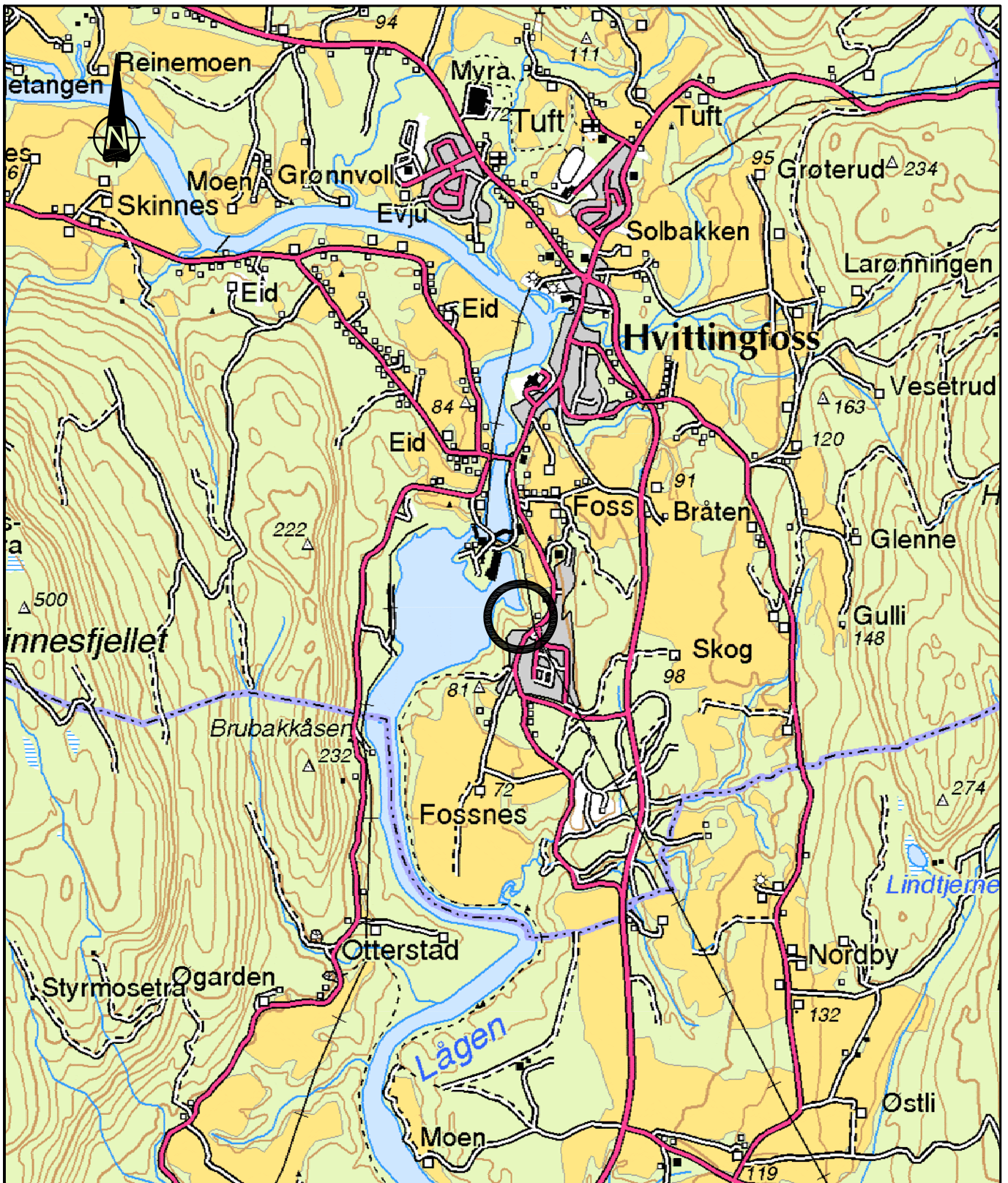
Profiltegninger

Konturlinjer	
	Terreng
	Berg
	Vannstand
	Grunnvannsspeil



Forboring	
	Forboret
	Forboret med grovere utstyr

Avslutning av boring	
	Boring avsluttet (årsak ikke angitt)
	Antatt berg
	Antatt stein, blokk eller fast grunn
	Boret i berg



Fossveien 80, Hvittingfoss
Oppfølging av anlegg

Oversiktskart

Status
Original format
A-4
Tegningens filnavn
\\20100063\autograf.rit\Oversiktskart_001.dwg
Målestokk

1:2500



NGI
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion
NO-0806 Oslo, Norway
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48
www.ngi.no

Dato
02.06.2010
Oppdragsnr.

20100063

Konstr./Tegnet
EJL
Tegningsnr.

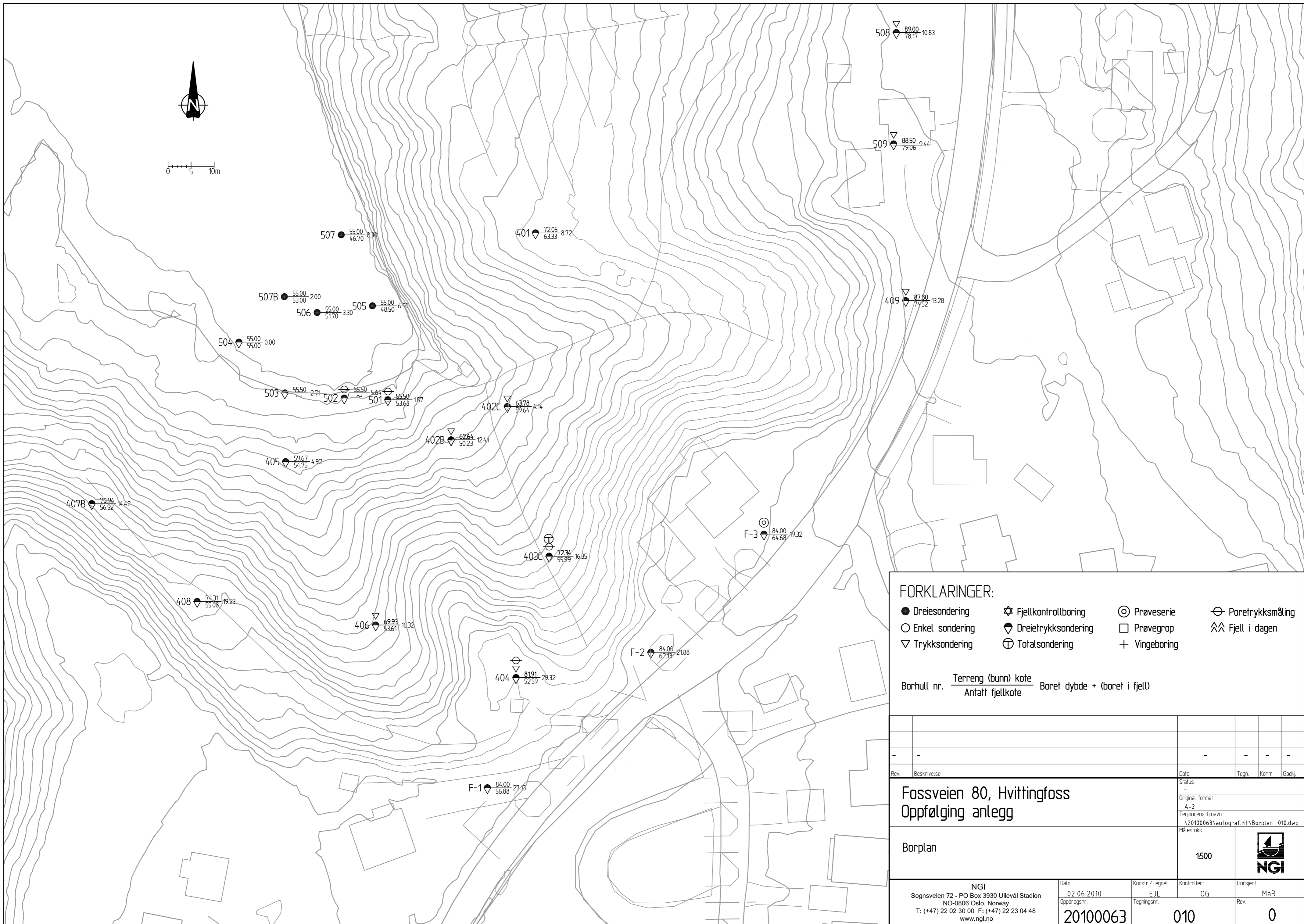
001

Kontrollert
OG

Godkjent
MaR

Rev.

0



FORKLARINGER:

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

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

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

Fossveien 80, Hvitlingfoss		Status	
Oppfølging anlegg		-	
Borplan		Original format	
		A-2	
		Tegningens filnavn	
		\\20100063\autograf.rit\Borplan_010.dwg	
		Målestokk	
		1500	

NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 02.06.2010	Konstr./Tegnet E J L	Kontrollert OG	Godkjent MaR
		Oppdragsnr. 20100063	Tegningsnr. 010	Rev. 0	



Vedlegg A - Dreietrykkssonderinger

Innhold

A1 Metode	2
A2 Resultater	2
A3 Referanser	2

A1 Metode

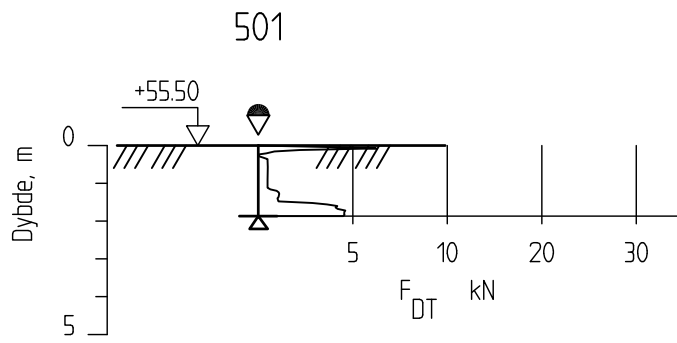
Metoden brukes til å bestemme lagdeling i løsmasser og dybder til fast grunn. Resultatene gir grunnlag for å identifisere jordarter og vurdere relativ fasthet i grunnen. For nærmere beskrivelse av metoden se ref. 1.

A2 Resultater

Resultatene er presentert som enkeltboringer i figurene A1-A6.

A3 Referanser

- /1/ Norsk Geoteknisk Forening (1989)
Veiledning for utførelse av dreietrykksøndering.
Melding nr. 7 Rev. 1, 1989



Fossveien 80 - Oppfølging av anlegg

Rapport nr.
20100063

Figur nr.
A1

Dreietrykkssondering
M = 1 : 200

Tegner
EJL

Dato:
02.06.10

Borhull 501

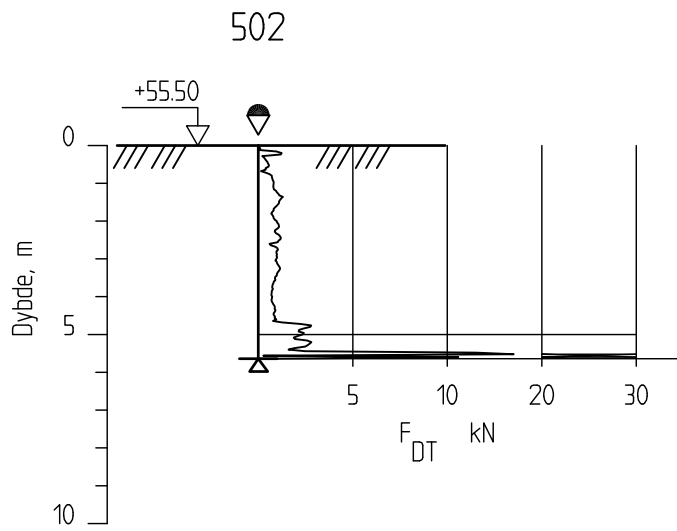
Posisjon: X 6593024.46 Y 557160.64

Dato boret :25.01.2010

Kontrollert
OG

Godkjent
MaR





Fossveien 80 - Oppfølging av anlegg

Rapport nr.
20100063Figur nr.
A2Dreietrykksondring
M = 1 : 200Tegner
EJLDato:
02.06.10

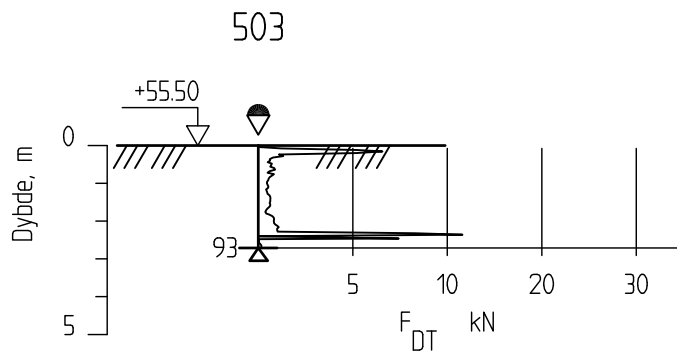
Borhull 502

Kontrollert
OG

Posisjon: X 6593024.84 Y 557151.17

Dato boret :25.01.2010

Godkjent
MaR



Fossveien 80 - Oppfølging av anlegg

Rapport nr.
20100063

Figur nr.
A3

Dreietrykkssondering
M = 1 : 200

Tegner
EJL

Dato:
02.06.10

Borhull 503

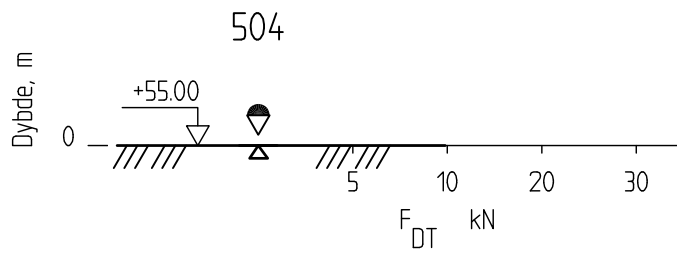
Posisjon: X 6593025.93 Y 557138.31

Dato boret :25.01.2010

Kontrollert
OG

Godkjent
MaR





Fossveien 80 - Oppfølging av anlegg

Rapport nr.
20100063Figur nr.
A4Dreietrykksondering
M = 1 : 200Tegner
EJLDato:
02.06.10

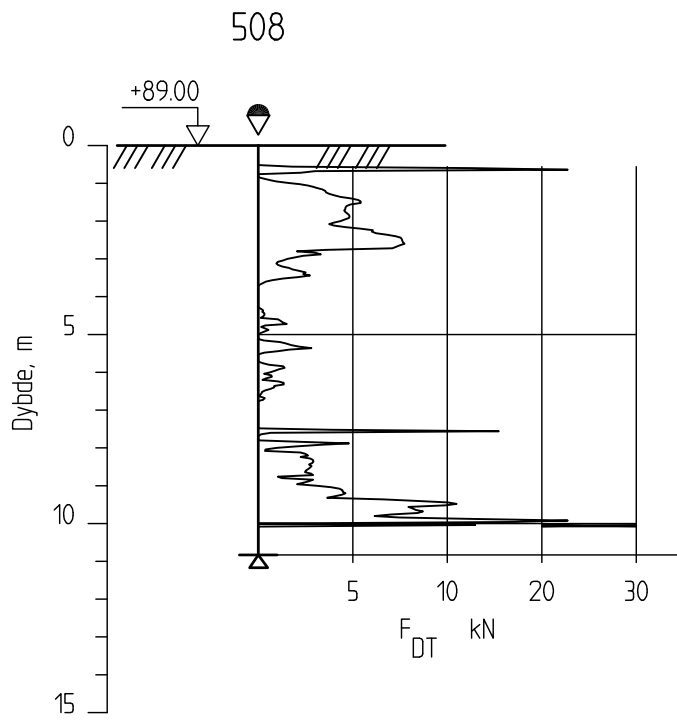
Borhull 504

Kontrollert
OG

Posisjon: X 6593036.96 Y 557128.34

Dato boret :21.01.2010

Godkjent
MaR



Fossveien 80 - Oppfølging av anlegg

Rapport nr.
20100063

Figur nr.
A5

Dreietrykkssondering
M = 1 : 200

Tegner
EJL

Dato:
02.06.10

Borhull 508

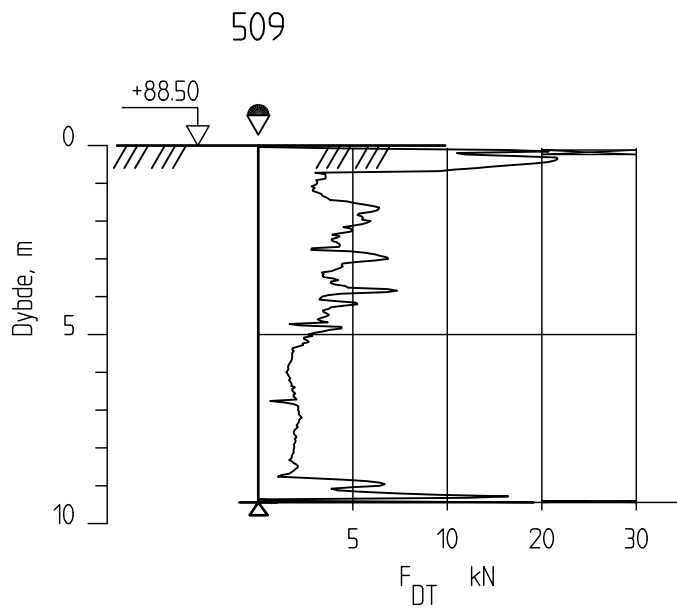
Posisjon: X 6593104.09 Y 557270.89

Dato boret :19.01.2010

Kontrollert
OG

Godkjent
MaR





Fossveien 80 - Oppfølging av anlegg

Rapport nr.
20100063

Figur nr.
A6

Dreietrykksondering
M = 1 : 200

Tegner
EJL

Dato:
02.06.10

Borhull 509

Posisjon: X 6593079.95 Y 557270.31

Dato boret :19.01.2010

Kontrollert
OG

Godkjent
MaR





Vedlegg B - Trykksonderinger

Innhold

B1 Metode	2
B2 Resultater	2
B3 Referanser	2

B1 Metode

Trykksondering med poretrykkmåling (CPTU) benyttes for å tolke lagdelinger, jordart, lagringsbetingelser og jordartens mekaniske egenskaper (styrkeegenskaper og deformasjons- og konsolideringsegenskaper).

Trykksondering er egnet i jordartene leire, silt og sand. Metoden er mindre godt egnet i grus og grovere jordarter.

Under nedpressingen måles trykket (q_c) mot den koniske spissen og sidefriksjonen (f_s) mot friksjonshylsen på den sylindriske delen. I tillegg måles poretrykket (u) på en eller flere steder langs sondens overflate (CPTU).

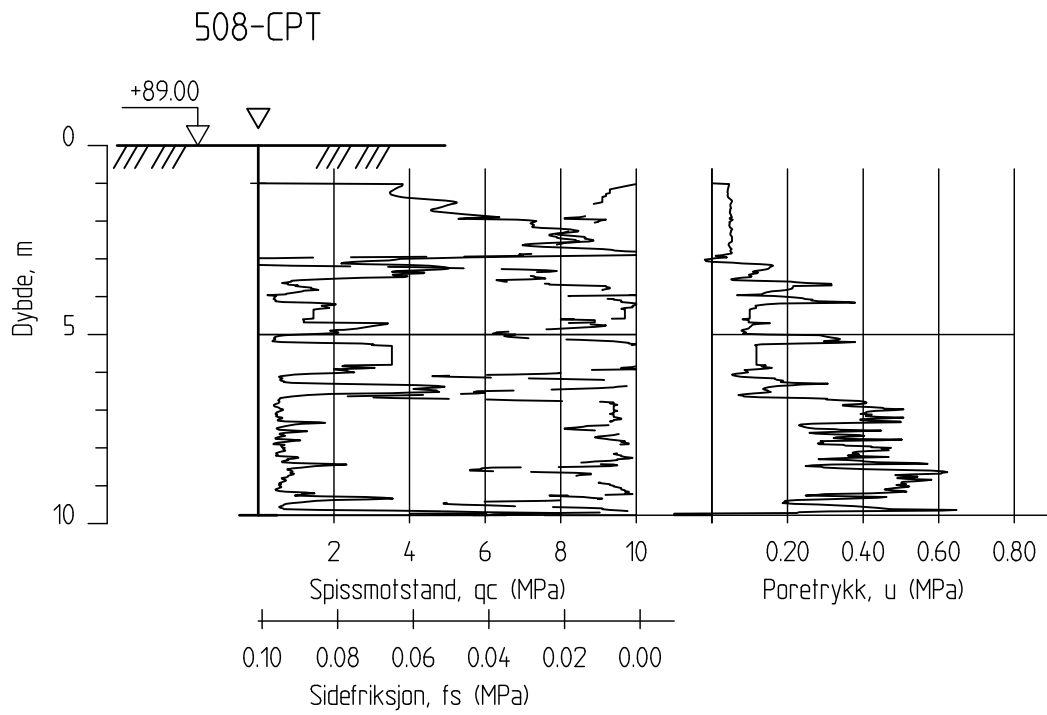
Se for øvrig ref. 1 og 2 for nærmere beskrivelse av metoden.

B2 Resultater

Resultatene fra trykksonderingene er presentert som enkeltboringer i figur C1 og C2.

B3 Referanser

- /1/ Norsk Geoteknisk Forening (1982)
Veiledning for utførelse av trykksondering
Melding nr. 5, Rev. Nr. 1 1994
- /2/ Statens vegvesen (1997)
Håndbok 015, feltundersøkelser
August 1997



Fossveien 80 - Oppfølging av anlegg

Rapport nr.
20100063

Figur nr.
B1

CPT-sondering
M = 1 : 200

Tegner
EJL

Dato:
02.06.10

Borhull 508-CPT

Posisjon: X 6593104.09 Y 557270.89

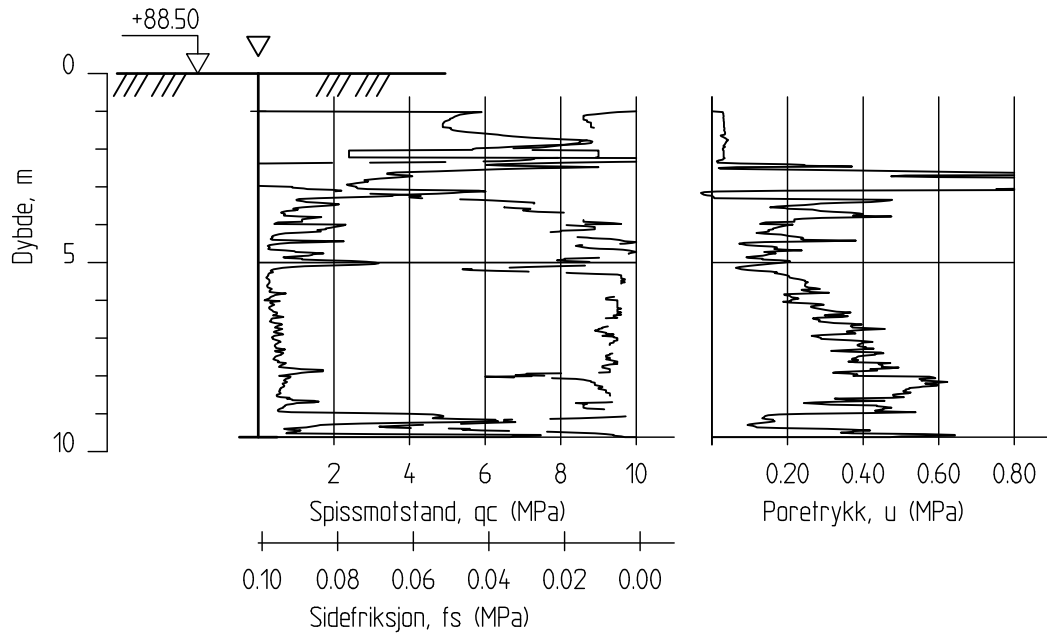
Dato boret :19.01.2010

Kontrollert
OG

Godkjent
MaR



509-CPT



Fossveien 80 - Oppfølging av anlegg

Rapport nr.
20100063

Figur nr.
B2

CPT-sondering
M = 1 : 200

Tegner
EJL

Dato:
02.06.10

Borhull 509-CPT

Posisjon: X 6593079.95 Y 557270.31

Dato boret :20.01.2010

Kontrollert
OG

Godkjent
MaR





Dokumentnr.: 20100063-00-3-R

Dato: 2010-06-02

Side: 1

Vedlegg: C

Vedlegg C - Poretrykksmålinger

Innhold

C1 Metode	2
C2 Resultater	2
C3 Referanser	2

C1 Metode

Ved poretrykksmåling måles trykket i grunnvannet. Poretrykket vil normalt øke med dybden. Hvis økningen tilsvarer vannets vekt i fritt vann kalles trykkfordelingen hydrostatisk. Der det foregår strømming i grunnvannet, er trykkfordelingen annerledes, ref. 1.

Grunnvannstanden defineres som det nivået i eller under terrengoverflaten der poretrykket er lik null.

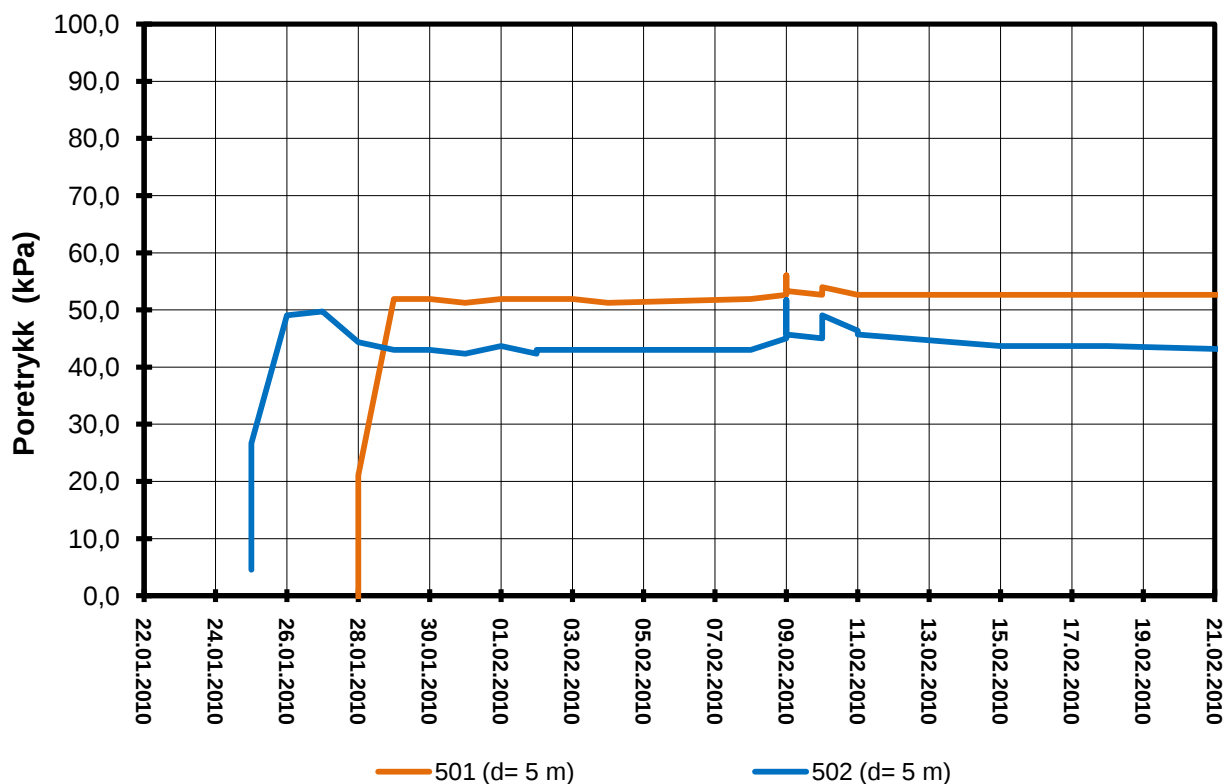
C2 Resultater

Resultatene fra poretrykksmålingene er presentert grafisk i figur C1.

C3 Referanser

/1/ Statens vegvesen
Håndbok 015, feltundersøkelser
August 97


Poretrykksmålinger



P:\2010\00\20100063\Feltarbeid[Skjema for poretrykk.xlsx]Graf

Fossveien 80, Hvittingfoss - oppfølging av anlegg

Resultater fra elektriske poretrykksmålere

Rapport nr. 20100063	Figur nr. C1
Tegner EJL	Dato 2.6.10
Kontrollert OG	
Godkjent MaR	

Kontroll- og referanseside/ Review and reference page



Dokumentinformasjon/Document information					
Dokumenttittel/Document title Datarapport - grunnundersøkelser			Dokument nr./Document No. 20100063-00-3-R		
Dokumenttype/Type of document		Distribusjon/Distribution		Dato/Date	
<input checked="" type="checkbox"/> Rapport/Report		<input type="checkbox"/> Fri/Unlimited		2. juni 2010	
<input type="checkbox"/> Teknisk notat/Technical Note		<input checked="" type="checkbox"/> Begrenset/Limited		Rev.nr./Rev.No.	
		<input type="checkbox"/> Ingen/None		0	
Oppdragsgiver/Client Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), Region sør					
Emneord/Keywords Grunnundersøkelser, dreietrykksondering, trykksondering, poretrykksmåling					
Stedfesting/Geographical information					
Land, fylke/Country, County Norge, Buskerud			Havområde/Offshore area		
Kommune/Municipality Kongsberg			Feltnavn/Field name		
Sted/Location Hvittingfoss			Sted/Location		
Kartblad/Map 1813 IV Holmestrand			Felt, blokknr./Field, Block No.		
UTM-koordinater/UTM-coordinates Sone 32 N6593017 E557147					
Dokumentkontroll/Document control					
Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001					
Rev./ Rev.	Revisjonsgrunnlag/Reason for revision	Egen- kontroll/ Self review av/by:	Sidemanns- kontroll/ Colleague review av/by:	Uavhengig kontroll/ Independent review av/by:	Tverrfaglig kontroll/ Inter- disciplinary review av/by:
0	Originaldokument	EJL	EJL OG		
Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release		Dato/Date 2/6-2010		Sign. Prosjektleder/Project Manager Magnus Rømoen	

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

Vi arbeider i følgende markeder: olje, gass og energi, bygg, anlegg og samferdsel, naturskade og miljøteknologi. NGI er en privat stiftelse med kontor og laboratorier i Oslo, avdelingskontor i Trondheim og datterselskap i Houston, Texas, USA.

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

www.ngi.no

NGI (Norwegian Geotechnical Institute) is a leading international centre for research and consulting in the geosciences. NGI develops optimum solutions for society, and offers expertise on the behaviour of soil, rock and snow and their interaction with the natural and built environment.

NGI works within the oil, gas and energy, building and construction, transportation, natural hazards and environment sectors. NGI is a private foundation with office and laboratory in Oslo, branch office in Trondheim and daughter company in Houston, Texas, USA.

NGI was awarded Centre of Excellence status in 2002 and leads the International Centre for Geohazards (ICG).

www.ngi.no



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

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

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

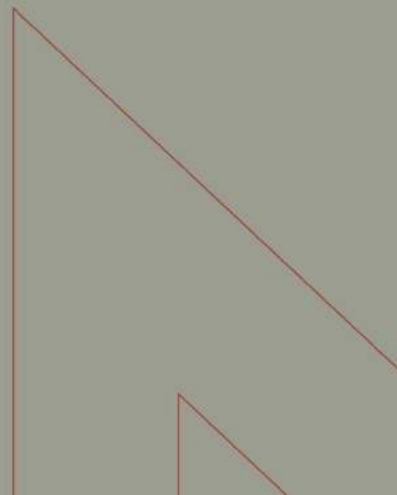
Besøksadresse/Street address:
Pirsenteret, Havnegata 9, NO-7010 Trondheim

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

ngi@ngi.no
www.ngi.no

Kontonr 5096 05 01 281 /IBAN NO26 5096 0501 281
Org. nr./Company No.: 958 254 318 MVA

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



**A21 Teknisk notat20100063-00-4-TN. Fossveien 71 –
Vurdering av skredfare (2010).**

Teknisk notat



Til: Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), Region Sør
v/: Eirik Traae
Kopi:
Fra: NGI
Dato: 22. april 2010
Dokumentnr.: 20100063-00-4-TN
Prosjekt: Fossveien 80, Hvittingfoss - Oppfølging av anlegg
Utarbeidet av: Ragnar Moholdt
Prosjektleder: Magnus Rømoen
Kontrollert av: Odd Gregersen

Hovedkontor:
Pb. 3930 Ullevål Stadion
0806 Oslo

Avd Trondheim:
Pb. 1230 Pirsenteret
7462 Trondheim

T 22 02 30 00
F 22 23 04 48

Kontonr 5096 05 01281
Org. nr 958 254 318 MVA

ngi@ngi.no
www.ngi.no

Fossveien 71 - Vurdering av skredfare

Innhold

1	Innledning	1
2	Vurdering	1
3	Konklusjon	3
4	Referanser	3

Figurer

Figur 1 Oversiktskart

Figur 2 Plan og snitt gjennom Fossveien 71 – 100

1 Innledning

På oppdrag fra NVE har NGI blitt bedt om å vurdere maksimal utbredelse av potensielle kvikkleireskred i forbindelse med en konkret byggesak ved Fossveien 71 på Hvittingfoss i Kongsberg kommune, jf. oversiktskart på Figur 1.

2 Vurdering

Grunnundersøkelser viser et mektig lag av kvikkleire under bebyggelsen sør for Fossveien 71. Nærmeste boring vest for Fossveien indikerer kvikkleire /

sensitiv leire fra ca. 4 til 11 meter dybde. Boringene tyder på at kvikkleirelaget fortsetter inn under bebyggelsen ved nr. 71, jf. plan og snitt i Figur 2. Grunnundersøkelsene er i hovedsak utført i tidsrommet 2007-2010, som prosjekteringsgrunnlag for sikringstiltakene som har pågått i regi av NVE. Kvikkleireproblematikken har imidlertid vært kjent i lengre tid. Det har tidligere blitt utført grunnundersøkelser ifm. skredhendelser og ifm. nasjonal kartlegging av kvikkleireområder med potensiell skredfare. Faresonen "1323 Fossnes" ble kartlagt basert på disse grunnundersøkelsene.

Det lå relativt få boringer til grunn for avgrensning av faresonen, og boringene i tidsrommet 2007-2009 har vist at kvikkleireforekomsten er større enn først antatt. Faresonen må derfor oppdateres ifm. at NVEs arbeid med sikringstiltak avsluttes. Basert på dagens boringer, må faresonen utvides slik at den også omfatter Fossveien 71.

Tillatelse til utbygging av boliger innenfor potensielt skredutsatte områder kan i dag først skje etter at det er dokumentert tilstrekkelig sikkerhet mot skred iht. Plan- og bygningsloven (Pbl) og retningslinjene i referanse 1.

Sikringstiltakene i regi av NVE har hatt som formål å sikre eksisterende bebyggelse mot kvikkleireskred utløst pga. erosjon i foten av skråningen mot Lågen. Tiltakene ble satt igang med bakgrunn i flere skredhendelser og den mer eller mindre kontinuerlige erosjonsprosessen som har pågått i forbindelse med flomsituasjoner i en årrekke. Tiltakene innebærer at elvekanten har blitt plastret på erosjonsutsatte steder, samtidig som det har blitt utført terrenginngrep for å forbedre stabiliteten i skråningene. Til tross for at faren for utløsning av kvikkleireskred nå er vesentlig redusert, kan det fortsatt ikke dokumenteres tilfredsstillende sikkerhet mot skred innenfor hele faresonen iht. ref. 1. Det siste skyldes at kvikkleireutbredelsen på Fossnes er stor og mektig, samtidig som skråningene er svært høye og bratte.

Erfaringsdata fra kvikkleireskred over en periode på drøyt 100 år tilsier at de aller fleste skredene stopper opp før de når en utbredelse på 15 ganger høydeforskjellen målt fra foten av skråningen. Ifm. den nasjonale kartlegginga har dette blitt brukt som ett av kriteriene for avgrensning av faresonene. Når kvikkleira ligger dypt, slik som på Fossnes, har det vært praksis å regne med en noe mindre utbredelse. Utbredelsen regnes da ut ved å legge høydeforskjellen innenfor kvikkleirelaget til grunn i stedet for hele skråningshøyden. I Figur 2 er det vist et snitt som går fra elva ved Fossveien 100 og derfra til Fossveien 71. Opptegninga viser at Fossveien 71 ligger innenfor det som regnes som maksimal utbredelse av skred. Det samme vil gjelde for et snitt rett ned mot elva i vest, men i denne skråningen er det utført sikringstiltak som tilfredsstiller kravene til sikkerhet iht. gjeldende retningslinjer i ref. 1. Det siste er ikke tilfelle for skråningen ved Fossveien 100.

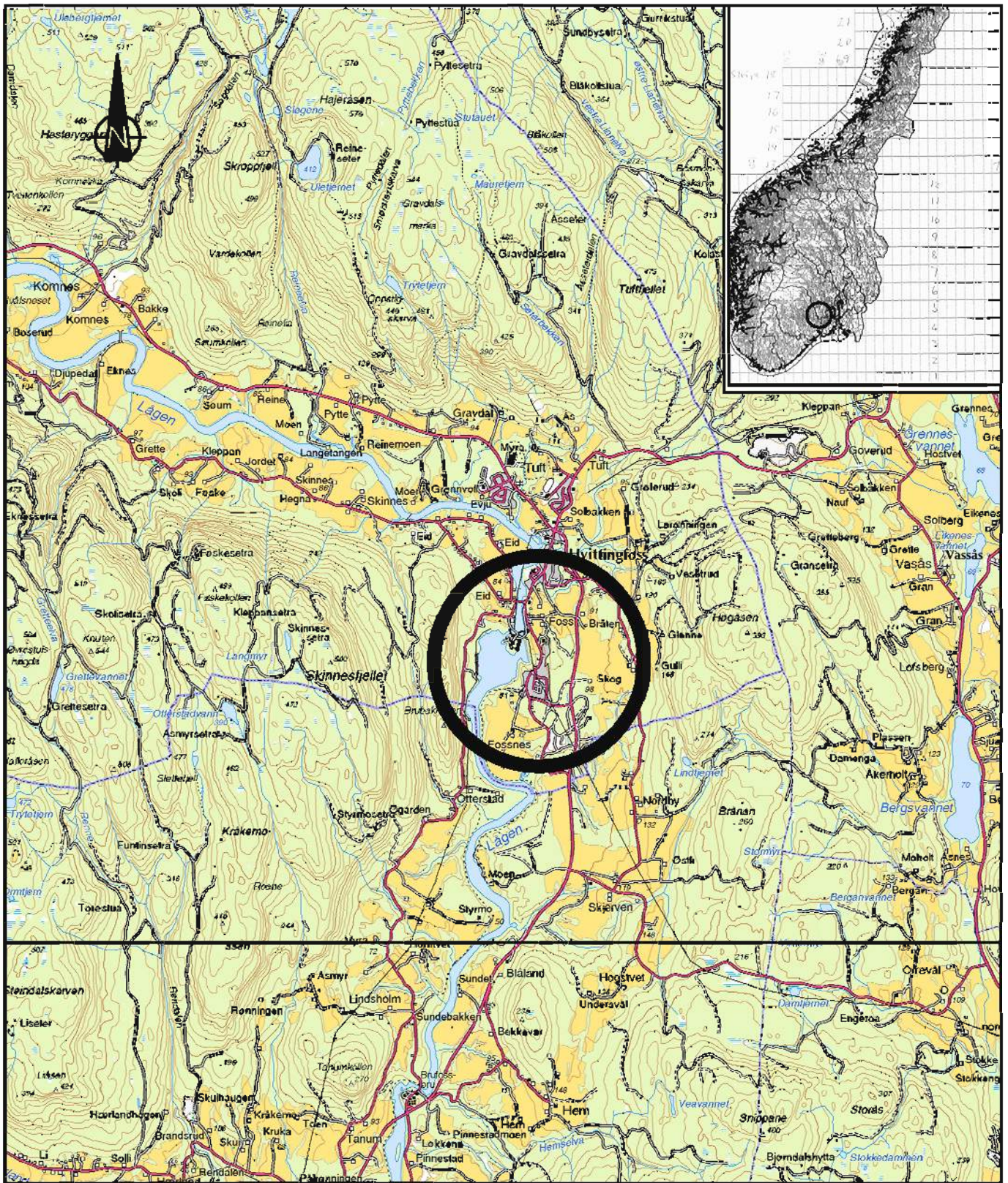
Med bakgrunn i det som er beskrevet i over, er det ikke tilrettelagt for ny bebyggelse innenfor faresonen på Fossnes. Nye boringer viser at faresonen må omfatte bebyggelsen ved Fossveien 71.

3 Konklusjon

Boringene som er utført til nå indikerer at den store forekomsten av kvikkleire på Fossnes også omfatter Fossveien 71. Fossveien 71 ligger innenfor en avgrensning som etter vanlig praksis på NGI regnes som maksimal utbredelse av kvikkleireskred. Det er ikke dokumentert tilfredsstillende sikkerhet for hele faresonen på Fossnes slik det kreves i Plan- og bygningsloven (Pbl) og ref. 1.

4 Referanser

1. **Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE).** *Planlegging og utbygging i fareområder langs vassdrag.* 1-2008, sist revidert 5. mars 2009.



Fossveien 80, Hvittingfoss - oppfølging av anlegg

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)
Fossveien 71
Oversiktskart

Status
Figur 1 - 20100063-00-4-TN

Original format

A-4

Tegningens filnavn

01\prosjekt\20100063\AUTOGRAF\RT\utbredelse.stred_011.dwg

Målestokk

150 000



NGI
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion
NO-0806 Oslo, Norway
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48
www.ngi.no

Dato

2010-04-22

Oppdragsnr.

20100063

Konstr./Tegnel

RMO

Tegningsnr.

Figur 1

Kontroller/I

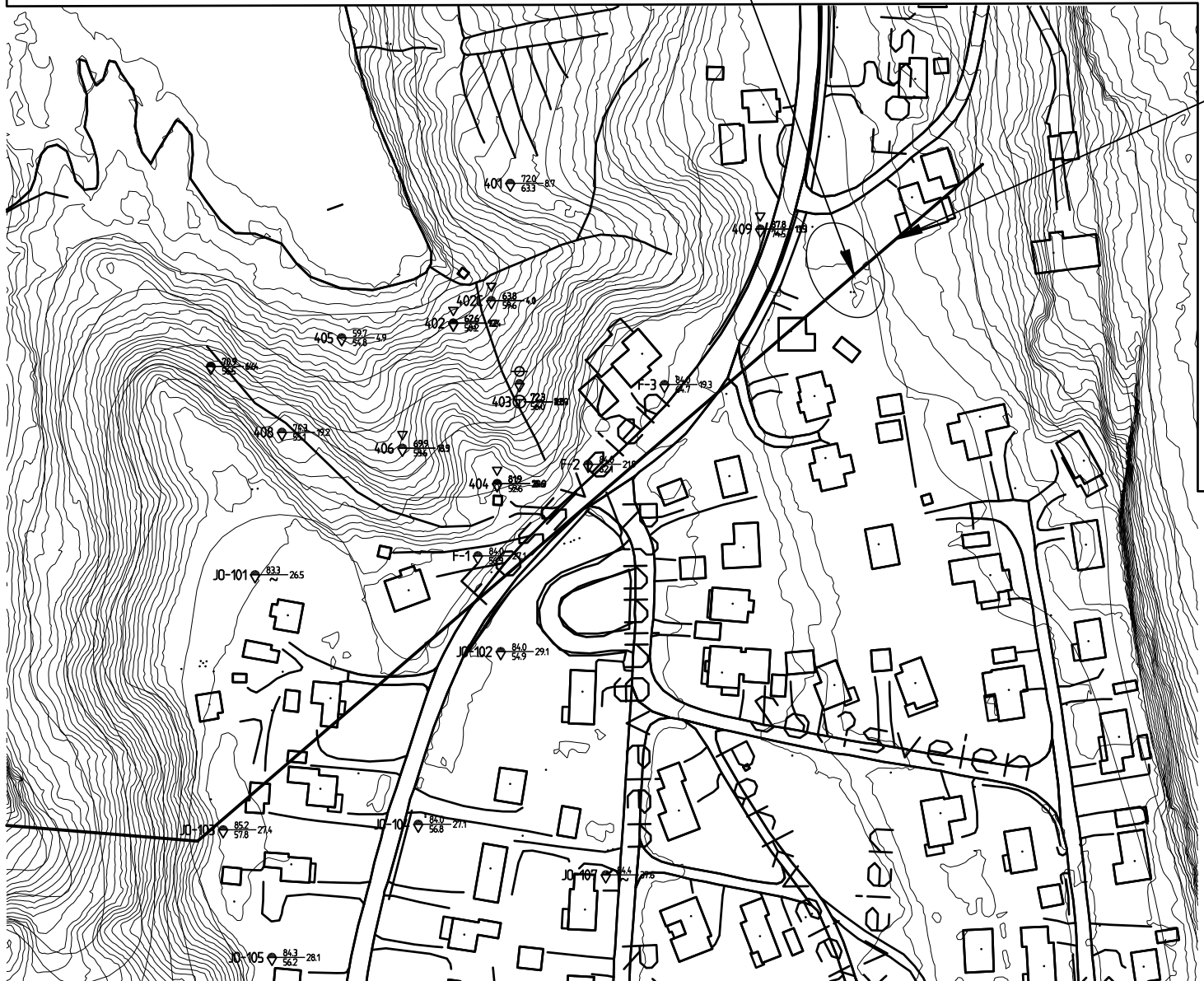
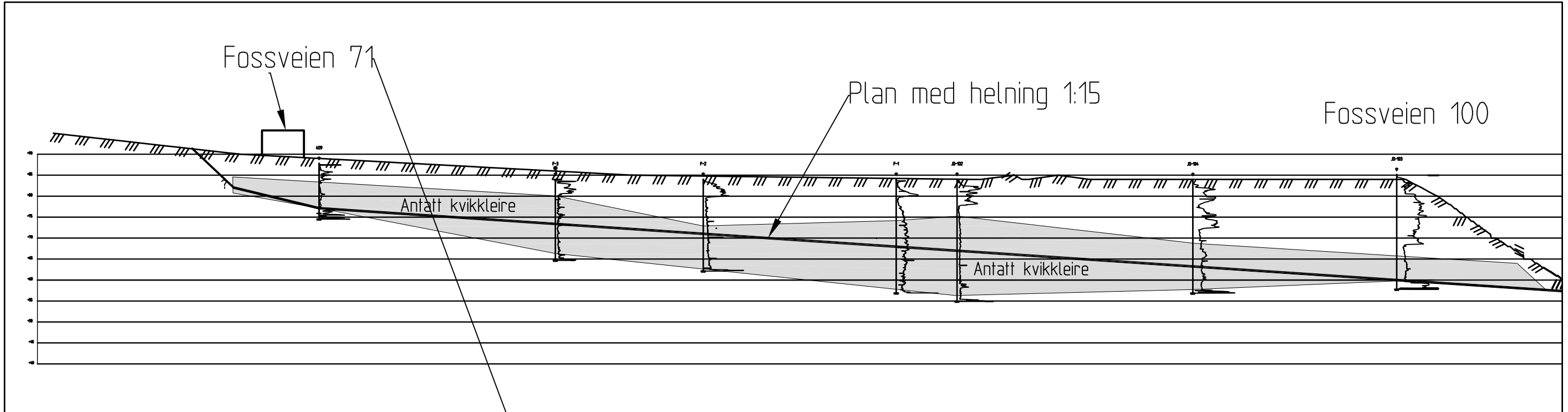
MaR

Godkjent

MaR

Rev.

-



Beliggenhet av snitt (tykk strek)

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
-	-	-	-	-	-
Fossveien 80, Hvittingfoss - oppfølging av anlegg		Status Figur 2 - 20100063-00-4-TN Original format A3 Tegningens filnavn G:\gearkiv\20100063\AUTOGRAF.RIT\utbredelse skred_mål.dwg			
Norges vassdrags- og energidirektorat Maksimal utbredelse av skred Plan og snitt gjennom Fossveien 71 - 100		Målestokk 1:1000 1:2000			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 2010-04-22	Konstr./Tegnet RMo	Kontrollert MaR	Godkjent MaR
Oppdragsnr. 20100063		Tegningsnr. Figur 2		Rev. -	

Kontroll- og referanseside/ Review and reference page



Dokumentinformasjon/Document information					
Dokumenttittel/Document title Fossveien 71 – Vurdering av skredfare			Dokument nr/Document No. 20100063-00-4-TN		
Dokumenttype/Type of document <input type="checkbox"/> Rapport/Report <input checked="" type="checkbox"/> Teknisk notat/Technical Note		Distribusjon/Distribution <input type="checkbox"/> Fri/Unlimited <input checked="" type="checkbox"/> Begrenset/Limited <input type="checkbox"/> Ingen/None		Dato/Date 2010-04-22 Rev.nr./Rev.No.	
Oppdragsgiver/Client Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)					
Emneord/Keywords kvikkleireskred, sikringstiltak					
Stedfesting/Geographical information					
Land, fylke/Country, County Norge, Buskerud			Havområde/Offshore area		
Kommune/Municipality Kongsberg			Feltnavn/Field name		
Sted/Location Hvittingfoss			Sted/Location		
Kartblad/Map 1813 IV Holmestrand			Felt, blokknr./Field, Block No.		
UTM-koordinater/UTM-coordinates Sone 32 N6593017 E557147					
Dokumentkontroll/Document control					
Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001					
Rev./ Rev.	Revisjonsgrunnlag/Reason for revision	Egen- kontroll/ Self review av/by:	Sidemanns- kontroll/ Colleague review av/by:	Uavhengig kontroll/ Independent review av/by:	Tverrfaglig kontroll/ Inter- disciplinary review av/by:
0	Originaldokument	RMo	RMo OG	03	
Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release		Dato/Date 28/4-2010		Sign. Prosjektleder/Project Manager Magnus Rømoen	

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

Vi arbeider i følgende markeder: olje, gass og energi, bygg, anlegg og samferdsel, naturskade og miljøteknologi. NGI er en privat stiftelse med kontor og laboratorier i Oslo, avdelingskontor i Trondheim og datterselskap i Houston, Texas, USA.

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

www.ngi.no

NGI (Norwegian Geotechnical Institute) is a leading international centre for research and consulting in the geosciences. NGI develops optimum solutions for society, and offers expertise on the behaviour of soil, rock and snow and their interaction with the natural and built environment.

NGI works within the oil, gas and energy, building and construction, transportation, natural hazards and environment sectors. NGI is a private foundation with office and laboratory in Oslo, branch office in Trondheim and daughter company in Houston, Texas, USA.

NGI was awarded Centre of Excellence status in 2002 and leads the International Centre for Geohazards (ICG).

www.ngi.no

Ved elektronisk overføring kan ikke konfidensialiteten eller autentisiteten av dette dokumentet garanteres. Adressaten bør vurdere denne risikoen og ta fullt ansvar for bruk av dette dokumentet.

Dokumentet skal ikke benyttes i utdrag eller til andre formål enn det dokumentet omhandler. Dokumentet må ikke reproduseres eller leveres til tredjemand uten eiers samtykke. Dokumentet må ikke endres uten samtykke fra NGI.

Neither the confidentiality nor the integrity of this document can be guaranteed following electronic transmission. The addressee should consider this risk and take full responsibility for use of this document.

This document shall not be used in parts, or for other purposes than the document was prepared for. The document shall not be copied, in parts or in whole, or be given to a third party without the owner's consent. No changes to the document shall be made without consent from NGI.



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

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

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

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

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

ngi@ngi.no
www.ngi.no

Kontonr 5096 05 01 281 /IBAN NO26 5096 0501 281
Org. nr/Company No.: 958 254 318 MVA

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

A22 Teknisk notat 20130523-01-TN. Akuttbefaring på Fossnes, Hvittingfoss. Oppsummering av befaring og tiltak (2013).

Teknisk notat



Til: NVE region sør
v/: Jan Eirik Hønsi
Kopi til:
Dato: 10. juni 2013
Rev. nr./ Rev. dato: 0
Dokumentnr.: 20130523-01-TN
Prosjekt: Akuttbefaring på Fossnes, Hvittingfoss
Utarbeidet av: Magnus Rømoen
Prosjektleder: Magnus Rømoen
Kontrollert av: Trond Vernang

Hovedkontor:
Pb. 3930 Ullevål Stadion
0806 Oslo

Avd Trondheim:
Pb. 1230 Sluppen
7462 Trondheim

T 22 02 30 00
F 22 23 04 48

Kontonr 5096 05 01281
Org. nr 958 254 318 MVA

ngi@ngi.no
www.ngi.no

Oppsummering av befaring og tiltak

Innhold

1	Innledning	2
2	Tidligere vurderinger og sikringsarbeider	2
3	Utglidning	3
4	Tiltak	5
5	Referanser	6

Kontroll- og referanseside

1 Innledning

Norges Geotekniske Institutt (NGI) fikk en henvendelse fra Norges Vassdrags- og energidirektorat (NVE) region sør den 5.6.13 vedrørende en utglidning på Fossnes i Hvitvingfoss. Det var ingen vitner til hendelsen, men utglidningen har trolig skjedd i slutten av uke 22/2013.

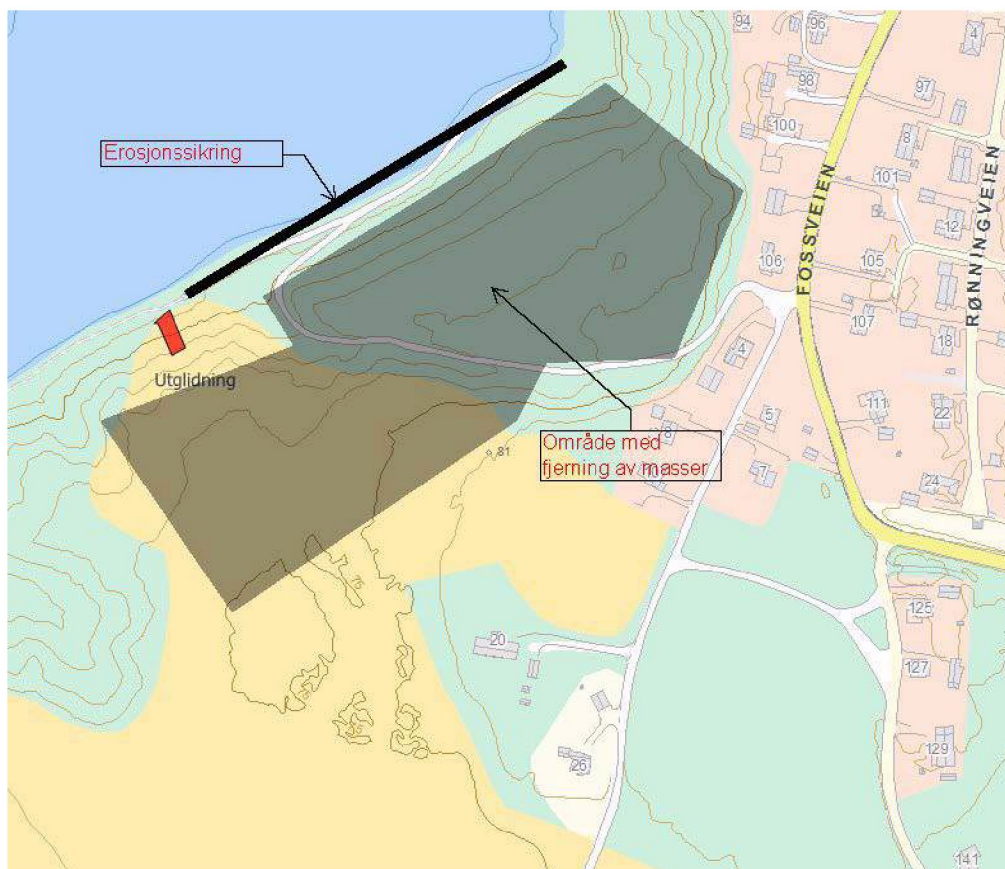
Henvendelsen fra NVE omfattet et ønske om en befaring samt en vurdering på hvilke tiltak man burde gjøre.

Fredag den 7.6.13 deltok NGI v/Magnus Rømoen på en befaring i det aktuelle området sammen Jan Eirik Hønsi fra NVE, Trond Jerness fra Kongsberg kommune og Paal Svendsen fra Marthinsen & Duvholt AS. Det ble da diskutert hvordan overflateutglidningen kunne sikres. En oppsummering av dette er gitt i de etterfølgende kapitlene.

2 Tidligere vurderinger og sikringsarbeider

NGI utførte på oppdrag fra NVE grunnundersøkelser i det aktuelle området sommeren/høsten 2007, se ref 1. Disse grunnundersøkelsene var et supplement til tidligere utførte grunnundersøkelser i området. Basert på grunnundersøkelsene gjorde NGI en vurdering av stabiliteten til skråningene i området, samt foreslo omfang av sikringstiltak for å forhindre framtidige skredhendelser og bedre stabiliteten til skråningene, se ref. 2. Sikringsarbeidene ble utført i perioden mellom høsten 2008 og høsten 2009.

Sikringsarbeidene besto av en kombinasjon av fjerning/neddosing av masser på toppen av skråningen og sikring av foten med både motfylling og erosjonssikring. En grovskisse på sikringsarbeidene er vist i figur 1. Her er også beliggenheten av utglidningen vist.



Figur 1 - Oversiktskart med sikringsarbeider og utglidning

3 Utglidning

Utglidningen har en lengde på ca 20 m og en bredde på ca 10 m. Terrenget er bratt, det anslås en helning på mellom 1:1,5 og 1:2. Ovenfor utglidningen fortsetter terrenget med samme helning i ca 5 høydemeter til, før det flater ut noe. I foten av utglidningen er terrenget flatt i ca 5 m bredde, da det her går en skogsbilvei. Utenfor dette ligger Numedalslågen.

I henhold til grunnundersøkelsene rapportert i ref. 1 består skråningen av kvikkleire med mektighet på mer enn 15 m. Selve utglidningen har skjedd i de øvrste ca 0,5-1 meterne, der det aller meste av massene som har glidd ut er humuslag/toppdekke.

I området hvor utglidningen har skjedd har det stått flere større grantrær, som også har glidd ut. Ut fra de andre trærne rundt utglidningen ser det ut som om røttene til trærne stedvis ligger oppå bakken og ellers ligger veldig grunt. Det er derfor rimelig å anta trærne har hatt veldig liten bremsende effekt på utglidningen.

Det antas at bratt terreng i kombinasjon med mye nedbør er årsaken til utglidningen. Regnværet har ikke bare bløtt opp hele topplaget, det er også mulig at

regnværet har gitt en vannstrøm mellom leira og topplaget som både har redusert friksjonen mellom de to lagene og har virket som en drivende kraft. Det er lite sannsynlig at det er høy vannføring i Numedalslågen som er årsaken til utglidningen.

Ca 2 m ovenfor bakkanten av utglidningen var det ved befaringen en sprekk i topplaget som tilsier at denne kan komme til å gli ut. Det var dog ingen tegn til større sprekker i overkant av skredet.

Bilder av skredet er vist i figur 2 og figur 3.



Figur 2 – Utglidningen sett ovenfra. Avstanden mellom stikkene i toppen er 2 m.



Figur 3 – Utglidningen sett nedenfra.

4 Tiltak

Under befaringen den 7.6.13 ble følgende tiltak foreslått for å sikre utglidningen:

- Det fylles opp for en arbeidsrampe ved foten av utglidningen. Maks høyde på denne er 1,5-2 m og den skal ha begrenset utstrekning.
- De etableres to drenerende grøfter langs med utglidningen, normalt på høydekotene. Grøftene skal være 1-1,5 m dype og brede, og skal gå fra bunnen av utglidningen og minimum halve utglidningens lengde oppover. Det kan gjerne trekkes helt opp til bakkanten av utglidningen. Grøftene graves ut og fylles tilbake suksessivt i seksjoner, og skal fylles tilbake med velgradert grus.
- Etter at grøftene er etablert plastres utglidningen med sprengstein e.l. Plastringen skal være 0,5-1 m tykk.

Det ble fra entreprenørens siden antydnet at de kunne bruke graver med lang stikke, dvs. en lengde på ca 15-16 m. Dette vil helt klart være en fordel, da hele utglidningen da kan sikres nedenfra uten å måtte bygge opp fyllingen i foten mer en strengt tatt nødvendig.

I tillegg til denne utglidningen ble det befart i enkelte mindre raviner/bekkedaler sør for utglidningen. NVE har tidligere observert en del blakka vann som kommer ut,

noe som tyder på erosjon. Dette ble bekreftet av de observasjoner som ble gjort oppe i ravinene under befaringen. For å sikre disse mot tilsvarende, framtidige hendelser ble det besluttet å plastre disse ravinene for å redusere faren for framtidig erosjon.

Det ble under befaringen diskutert om man skal forsøke å hogge ned grantrærne for å få en etablering av løvskog i stedet. Dette ser NGI som på en fordel, da man da vil få en bedre binding i topplaget. I tillegg vil lasten fra trærne bli lavere og mer jevnt fordelt.

5 Referanser

- /1/ NGI (2008)
Fossnes på Hvitvingfoss - Resultater fra grunnundersøkelser
Rapport 20071564-1, datert 30. januar 2008
- /2/ NGI (2008)
Fossnes på Hvitvingfoss – Vurdering av skredfare og sikringstiltak
Rapport 20071564-2, datert 30. januar 2008

Kontroll- og referanseside/ Review and reference page



Dokumentinformasjon/Document information					
Dokumenttittel/Document title Oppsummering av befaring og tiltak			Dokumentnr./Document No. 20130523-01-TN		
Dokumenttype/Type of document Teknisk notat / Technical Note		Distribusjon/Distribution Begrenset/Limited		Dato/Date 2013-06-10	
				Rev.nr.&dato/Rev.No.&date 0	
Oppdragsgiver/Client NVE region sør v/Jan Eirik Hønsi					
Emneord/Keywords					
Stedfesting/Geographical information					
Land, fylke/Country, County Norge, Buskerud			Havområde/Offshore area		
Kommune/Municipality Kongsberg			Feltnavn/Field name		
Sted/Location Fossnes, Hvittingfoss			Sted/Location		
Kartblad/Map 1813 IV			Felt, blokknr./Field, Block No.		
UTM-koordinater/UTM-coordinates 32VNL570928					
Dokumentkontroll/Document control					
Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001					
Rev./ Rev.	Revisjonsgrunnlag/Reason for revision	Egen- kontroll/ Self review av/by:	Sidemanns- kontroll/ Colleague review av/by:	Uavhengig kontroll/ Independent review av/by:	Tverrfaglig kontroll/ Inter- disciplinary review av/by:
0	Originaldokument	MaR <i>MaR</i>	TrV <i>TrV</i>		
Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release		Dato/Date 10. juni 2013		Sign. Prosjektleder/Project Manager <i>Magnus Rømoen</i> Magnus Rømoen	

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

Vi arbeider i følgende markeder: olje, gass og energi, bygg, anlegg og samferdsel, naturskade og miljøteknologi. NGI er en privat stiftelse med kontor og laboratorier i Oslo, avdelingskontor i Trondheim og datterselskap i Houston, Texas, USA.

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

www.ngi.no

NGI (Norwegian Geotechnical Institute) is a leading international centre for research and consulting in the geosciences. NGI develops optimum solutions for society, and offers expertise on the behaviour of soil, rock and snow and their interaction with the natural and built environment.

NGI works within the oil, gas and energy, building and construction, transportation, natural hazards and environment sectors. NGI is a private foundation with office and laboratory in Oslo, branch office in Trondheim and daughter company in Houston, Texas, USA.

NGI was awarded Centre of Excellence status in 2002 and leads the International Centre for Geohazards (ICG).

www.ngi.no

Ved elektronisk overføring kan ikke konfidensialiteten eller autentisiteten av dette dokumentet garanteres. Adressaten bør vurdere denne risikoen og ta fullt ansvar for bruk av dette dokumentet.

Dokumentet skal ikke benyttes i utdrag eller til andre formål enn det dokumentet omhandler. Dokumentet må ikke reproduseres eller leveres til tredjemand uten eiers samtykke. Dokumentet må ikke endres uten samtykke fra NGI.

Neither the confidentiality nor the integrity of this document can be guaranteed following electronic transmission. The addressee should consider this risk and take full responsibility for use of this document.

This document shall not be used in parts, or for other purposes than the document was prepared for. The document shall not be copied, in parts or in whole, or be given to a third party without the owner's consent. No changes to the document shall be made without consent from NGI.



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

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

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

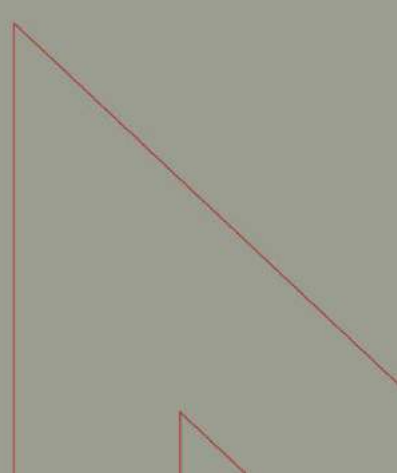
Besøksadresse/Street address:
Pirsenteret, Havnegata 9, NO-7010 Trondheim

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

ngi@ngi.no
www.ngi.no

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

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



**A23 Geophysical Data Integration for Quick-Clay
Mapping: The Hvitvingfoss Case study, Norway
(artikkel i Landslides in Sensitive Clays s. 229-239)**

Chapter 18

Geophysical Data Integration for Quick-Clay Mapping: The Hvittingfoss Case Study, Norway

Guillaume Sauvin, Isabelle Lecomte, Sara Bazin,
Jean-Sébastien L'Heureux, and Maarten Vanneste

Abstract Quick-clay landslides are a known hazard in formerly glaciated coastal areas. Some of Norway's most densely populated areas are located in potential quick-clay zones and, hence, large efforts are devoted to map the distribution of quick clays. Here, we focus on one particular Norwegian site (Hvittingfoss, 100 km south-west of Oslo), which was remediated against potential sliding in 2008. A set of geophysical methods including Electrical Resistivity Tomography, P-wave seismic refraction tomography, S-wave seismic reflection profiling, and Ground Penetrating Radar, were jointly analysed and complemented with laboratory data and *in-situ* geotechnical measurements (i.e., CPTU, SCPTU and RCPTU) in order to establish a suitable, integrated and multi-disciplinary approach to map the extent of the quick-clay zone. Through careful integration and interpretation of the different data, the main

G. Sauvin (✉) • I. Lecomte
International Centre for Geohazards (ICG), P.O. Box 3930, N-0806 Oslo, Norway

Department of Geosciences, University of Oslo (UiO), P.O. Box 1072,
Blindern 0316 Oslo, Norway

NORSAR, P.O. Box 53, N-2027 Kjeller, Norway
e-mail: Guillaume.Sauvin@norsar.no; Isabelle.Lecomte@norsar.no

S. Bazin
Norwegian Geotechnical Institute (NGI), P. O. Box 3930,
Ullevål Stadion 0806 Oslo, Norway
e-mail: Sara.Bazin@ngi.no

J.-S. L'Heureux
Norwegian Geotechnical Institute (NGI), P. O. Box 3930,
Ullevål Stadion 0806 Trondheim, Norway
e-mail: jsl@ngi.no

M. Vanneste
International Centre for Geohazards (ICG), P.O. Box 3930, N-0806 Oslo, Norway
Norwegian Geotechnical Institute (NGI), P. O. Box 3930,
Ullevål Stadion 0806 Oslo, Norway
e-mail: Maarten.Vanneste@ngi.no

deposits were identified. Both the clay deposit and the overlying sand layer were precisely imaged and their lateral variations were determined. The underlying moraine deposit and the bedrock were also identified, thereby yielding an idea of the preferential leaching paths. Considering the inherent complexity of quick-clay mapping, the collected data illustrate the benefit of an integrated approach, and emphasise the need for high resolution, proper imaging, calibration and ultimately joint inversion of the different data.

Keywords Quick clay • Landslides • Georadar • ERT • S-Wave seismic • CPT • Data integration

18.1 Introduction

Formerly glaciated margins are occasionally subject to destructive quick-clay landslides. According to Norwegian standards, quick clays are defined by a sensitivity (i.e., ratio of undrained shear strength in its undisturbed condition s_u and undrained remoulded shear strength s_{ur}) greater than 30 and a remoulded undrained shear strength less than 0.5 kPa (NGF 1975). The sediment was originally deposited in a marine environment and emerged following isostatic rebound and fall of the relative sea level during the Holocene. Long-term leaching of salt due to groundwater flow and percolating surface water affects clay-particle bonding and makes the soil highly susceptible to failure when disturbed (Rosenqvist 1953; Mitchell 1976; Brand and Brenner 1981). These quick-clay landslides may occur on low-angle slopes and with only small perturbations in stress conditions caused by e.g., human activity or erosion. The final extent of a landslide in clay is governed by several factors, including topography, stratigraphy and the clay sensitivity (e.g., Mitchell and Markell 1974; Tavenas et al. 1983; L'Heureux 2012). Information about the extent and thickness of the highly sensitive clay deposit or “quick” clay is thus required for landslide hazards mapping in the framework of planning and protection in such areas (Gregersen 2008).

In our experience, no single geophysical method yields the optimal information to accurately map the distribution of the quick-clay deposits. We therefore try to combine different geophysical methods (e.g., Electrical Resistivity Tomography – ERT, Multi-channel Analysis of Surface Wave – MASW, seismic refraction tomography – SRT, Ground Penetrating Radar – GPR) as well as geotechnical data (*in situ* measurements using CPTU, Seismic-CPTU – SCPTU and Resistivity-CPTU – RCPTU; laboratory tests) for a proper quick-clay assessment of a given site, as will be demonstrated here. Furthermore, we do recommend a more systematic use of geophysical data to fill the gaps between isolated geotechnical boreholes, the latter being the only mandatory approach to provide ground truth, but at the potential risk of missing information about the complexity of a site. As such, quick-clay mapping gradually moves towards 2D or pseudo-3D site characterization. The present study illustrates the advantages of such multidisciplinary investigation, as also supported by previous studies (Donohue et al. 2012; Sauvin et al. 2013).

18.2 Site Description

The study site is situated in Hvittingfoss, about 80 km southwest of Oslo, Southern Norway (Fig. 18.1). Soils in the area are dominated by marine and fjord deposits (clay and silt), as well as alluvial deposits (sand and gravel) (<http://geo.ngu.no/kart/losmasse>).

The top sand and gravel layer is up to 23-m thick on the Fossness plateau (Moholdt 2008). This alluvial deposit is related to an old meander wing that thins both northwards and southwards of the investigated area, and it overlays a thick layer of clay.

The marine deposit is a silty clay with some sand and gravel. Laboratory measurements on samples from borehole 2 (BH2 in Fig. 18.1) indicate that the clay fraction ranges from 18 to 30 %, and the plasticity index is lower than 10–15 down to 12-m depth. Layers of silt, sand and gravel lie underneath (Moholdt 2008). The marine deposit was interpreted as ‘quick’ as the penetration resistance curves are vertical or near vertical (Rygg 1988) and the sensitivity of the clay measured from the fall cone test on samples exceeds 200 in borehole 2 and 500 in borehole 5 located further south (Fig. 18.1).

Some of the boreholes (6 and 7, Fig. 18.1) indicate that the bedrock is reached at depths ranging from 19 to 30 m (Moholdt 2008). Bedrock crops out close to the waterfall just north of the investigated site. The bedrock types in the area are mainly syenite, quartz-syenite, romb porphyry and monzonite, quartz-monzonite (<http://geo.ngu.no/kart/berggrunn>).

Other boreholes indicate that most of the buildings east of the investigated area rest on the same marine and fjord deposits. Due to the active erosion effect of the river to the west, the area has a low factor of safety. For that reason, the site was

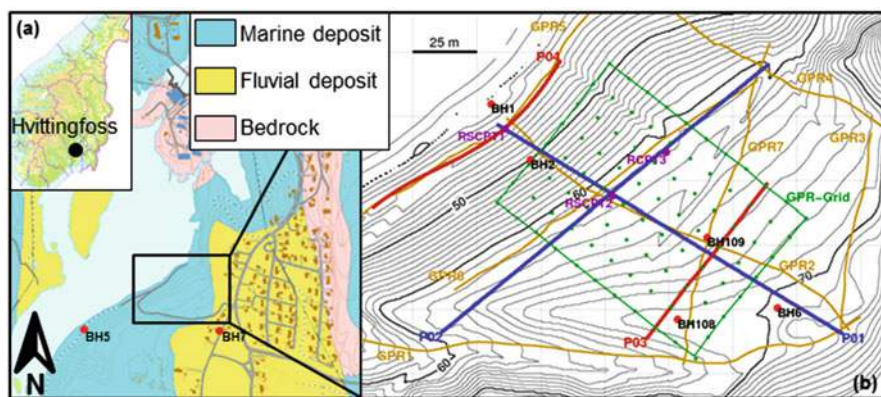


Fig. 18.1 (a) Quaternary geology map of the area. (b) Topographical map, with profiles localisation. ERT, GPR, Seismic P and S were recorded at profile 1 and 2 (blue), whereas only Seismic S and GPR were recorded at profile 3 and 4 (red). The green box and dots correspond to the GPR grid contour and 10 m grid spacing point. Yellow lines refer to 2D GPR profiles. RCPTU, SCPTU and boreholes location are also given

mitigated in 2008 by moving parts of the soil from the upper part downwards to the lower slope to stabilize (unload) the latter, and erosion from the river was prevented by adding boulders at the bottom of the slope.

18.3 Data and Methods

18.3.1 ERT Measurements

2D resistivity measurements were carried out using a Terrameter LS (ABEM) based on the Lund-system developed by Dahlin (1993). From previous geotechnical investigations, a simple initial model was defined and data acquisition was then planned according to the modelling results. Both gradient and Dipole-Dipole arrays were used with an electrode spacing of 2 m resulting in two 160-m long profiles (profile 1 and 2, Fig. 18.1b). Data quality is good with a very high signal to noise ratio, and nearly no data had to be removed or filtered prior to inversion. The apparent resistivity was inverted with the RES2DINV software (Loke 2010) using the L1-norm inversion optimization.

Generally, inversions converged to RMS errors of less than 5 % after 7 iterations. The 2D ERT profiles were then combined to generate pseudo-3D displays.

18.3.2 Seismic Measurements

Two series of seismic measurements were conducted at Hvittingfoss, i.e., one using a P-wave source as well as a dedicated S-wave source experiment. The P-wave acquisition was designed for seismic refraction tomography (SRT), but the data were also used for surface-wave analysis (SWA) and seismic reflection profiling. The P-wave seismic data were recorded using a Geode (Geometrics) seismograph with a 5-kg sledgehammer as seismic source and 24 4.5-Hz vertical geophones. Source and receiver spacing is 4 m, record length is 2 s and time sampling 0.25 ms. The overall seismic data quality is very good, and little pre-processing was needed for both SWA and SRT. The S-wave seismic data was recorded using three Geode seismographs with a seismic horizontal vibrator developed by Polom et al. (2011) as source and 71 12-Hz horizontal geophones. Geophones were planted for profiles 1–3 and a land streamer (developed by GEOSYM) was used as a test for profile 4 (Fig. 18.1). Source and receiver spacing is 1 m, and “S_H-mode” oriented, i.e., with vibration and recording horizontal and perpendicular to the profile. The record length is 11 s and time sampling 1 ms.

P-wave Seismic Refraction. Picking of first-arrival travel times for SRT was performed semi-automatically on raw data, and, following fine tuning of the initial velocity model, the inversion of the travel times was performed. The inversion

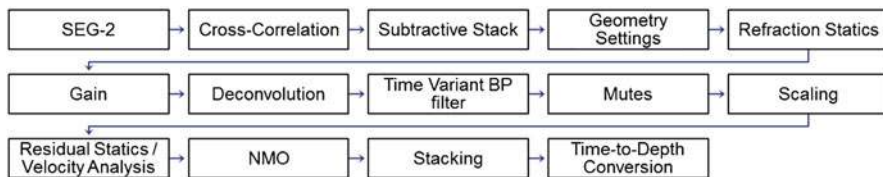


Fig. 18.2 Seismic processing flow used for the four S-wave seismic reflection profiles

algorithm in the latter is based on an iterative adaptation (Simultaneous Iterative Reconstruction Technique), and the final result is cross-checked by modelling with an eikonal solver.

S-wave Seismic Reflection. Seismic data processing is summarized in the diagram represented in Fig. 18.2. A similar processing was applied to S-wave data set acquired in Trondheim harbour and discussed in details in Sauvin (2009) and Polom et al. (2010); we hereby refer to these documents for more information on the different processing steps.

18.3.3 GPR Measurements

A Ramac (Malå) non-shielded 50-MHz rough-terrain antenna (RTA) was used for profiling, whereas standard Ramac 50-MHz non-shielded antennas were used for Common MidPoint (CMP) measurements. The GPR grid is 100 m by 70 m with 1 m spacing between in-lines and cross-lines, which gives 172 profiles. In order to obtain a representative velocity field, CMP acquisition was performed at every 10th grid point (10-m spacing) in both directions (Fig. 18.1). The GPR data pre-processing mainly consists of dewow filtering, subtracting DC shift, and applying gain. A velocity model is then built using diffraction hyperbola and/or velocity analyses on CMP gathers in order to perform time migration and depth conversion.

18.3.4 Geotechnical Investigations

Ground conditions in the study areas were previously investigated by different consulting companies (Moholdt 2008). The methods used include 54-mm piston samplers (with laboratory testing), Rotary Pressure Sounding, CPTU, Total Sounding, Rotary Sounding and Vane Shear Tests. A few 1D resistivity and S-wave velocity measurements were retrieved using RCPTU and SCPTU in order to link dynamic measurements with static measurements.

18.4 Results and Interpretation

The results of the ERT inversion are shown in Fig. 18.3a together with GPR profiles (Fig. 18.3b) and P-wave velocity from SRT (Fig. 18.3c). The horizons depicted in Fig. 18.3a, were interpreted from ERT and GPR profiles as well as P- and S-wave

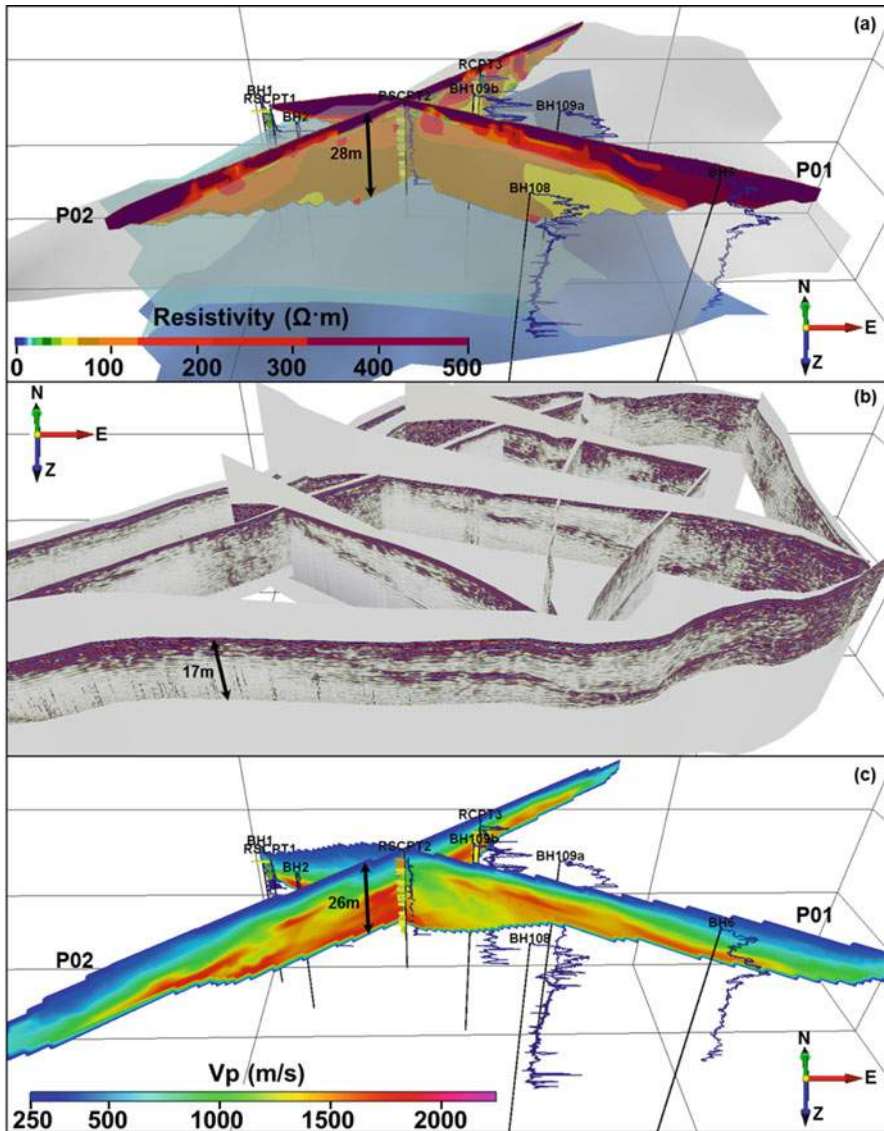


Fig. 18.3 (a) ERT profiles and interpretation of the sand/clay (*grey*), clay/moraine (*turquoise*) and bedrock (*blue*) interfaces. As the focus of this paper is on quick clay, the resistivity scale has a limited range; it should be noted, however, that the resistivity values detected in the upper coarse-grained deposit can be over 2,000 $\Omega\cdot\text{m}$. (b) GPR profiles. (c) P-wave velocity fields derived from seismic tomography. Rotary pressure and RCPTU soundings are also displayed

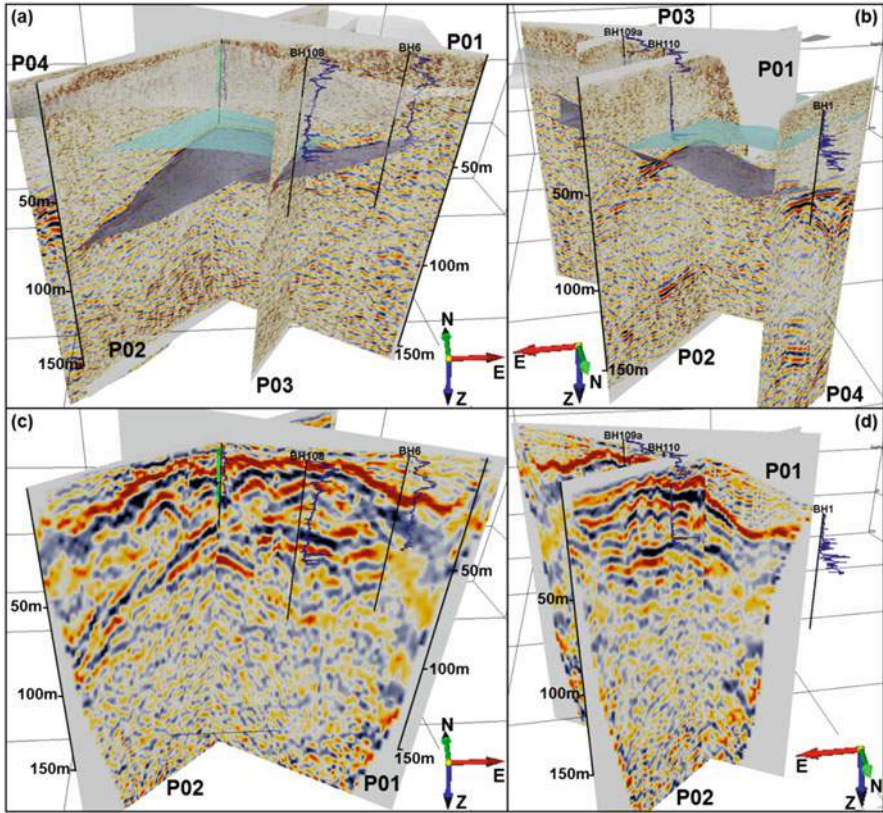


Fig. 18.4 (a and b) Seismic reflection S from 2 angles of view, together with interpretation. (c and d) Seismic reflection P from refraction data set, same angles of view. Rotary pressure soundings are also displayed

seismic reflection sections (Fig. 18.4). There is a reasonably consistent upper layer with high resistivity (ca. $>300 \Omega\text{m}$), ranging in depth from 2 m in the middle of the profiles to 15 m towards the eastern end of profile 1, and which corresponds to the coarse-grained deposit. Below this layer, resistivity decreases rapidly to low values (ca. $15\text{--}100 \Omega\text{m}$). According to Solberg et al. (2012), resistivity values of clays within $10\text{--}80 \Omega\text{m}$ may indicate leached clay and thus potentially quick clay. The ERT penetration depth is not sufficient to reach the underlying moraine deposit (as interpreted from geotechnical soundings). No resistivity values below $15 \Omega\text{m}$ are observed, suggesting that most of the marine and fjord deposits have been leached in the vicinity of the two ERT profiles. Even though ERT inversion does not allow for the detection of sharp geological boundaries, comparison with rotary pressure sounding and GPR results indicate that the $100\text{-}\Omega\text{m}$ resistivity contours could be associated to the sand/clay interface. Nonetheless, looking at ERT profile 2 and its corresponding GPR profile (Fig. 18.5a), it appears that the interpreted quick-clay layer is not homogeneous and includes non-quick clay zones with higher resistivity and better GPR depth penetration. These results suggest that quick-clay

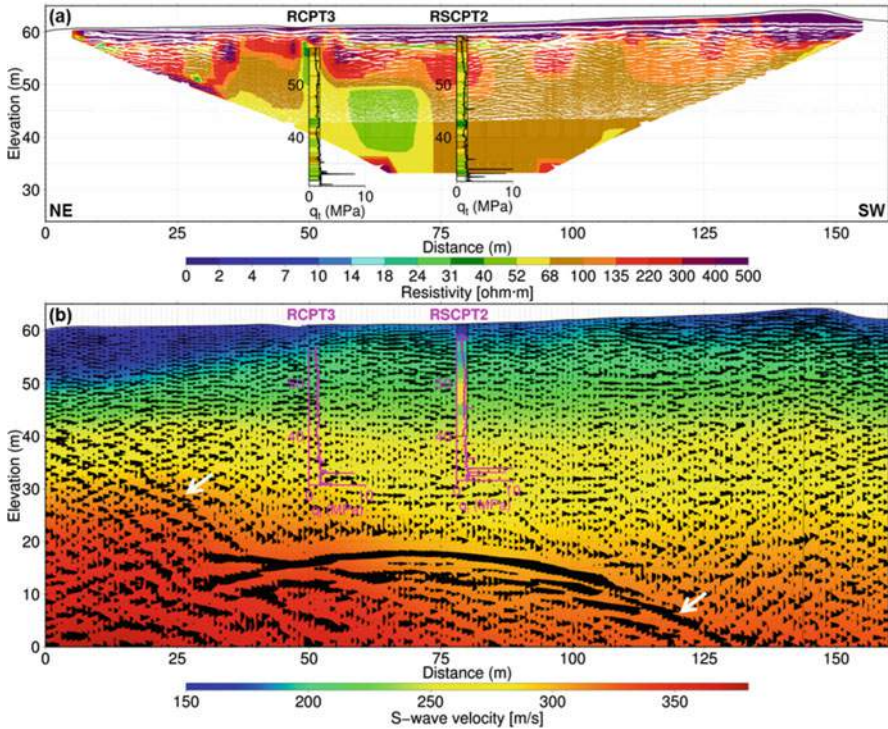


Fig. 18.5 Profile P02, (a) Resistivity from ERT and RCPTU, with GPR reflection superimposed. (b) Depth converted S seismic reflection, with S-wave interval velocity from seismic reflection velocity analysis in background and S-wave interval velocity from SCPT. The *white arrows* indicate the bedrock reflection. The corrected cone tip resistance (q_t) are also displayed

investigations using discrete rotary pressure soundings can be significantly complemented by using ERT profiles to interpolate in between, and extrapolate from these point-wise calibration points. This is further emphasized by the good consistency between resistivity values from RCPTU measurements with those from ERT (Figs. 18.5a and 18.6), thereby validating the ERT inversion results.

The 2D and 3D GPR data allow for a detailed mapping of the shallow sand layer, which is on average 15-m thick and thins towards the north-west (Fig. 18.3b). Distinct reflections with noticeable amplitude variations within the sand deposit suggest spatial heterogeneity (Figs. 18.3b and 18.5a). Highly-attenuated zones along the profiles correspond to sediments with higher clay/silt content. Amplitude variations could also be observed within the clay body and, as confirmed by geotechnical soundings (Moholdt 2008), are probably due to variations in grain size.

The P-wave seismic refraction sections (Fig. 18.3c) show a thin top layer of low velocity (ca. 250–750 m/s), i.e., the coarse-grained body, overlying a layer of higher velocity (ca. 1,250–1,750 m/s), i.e., the marine deposit, at a depth of 3–20 m. North-west of the profiles, in the deepest part, velocities up to 2,250 m/s may well be indicative of bedrock. In addition, the reflection-stacked section extracted from

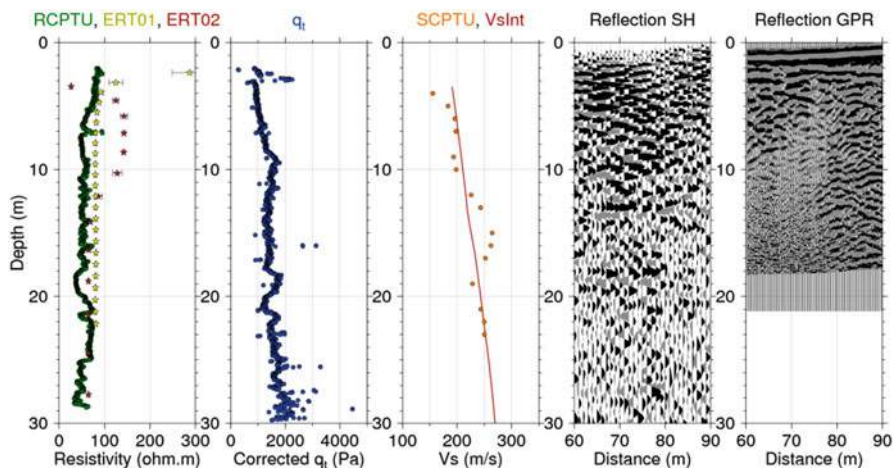


Fig. 18.6 RSCPTU02: resistivity from RCPT and ERT profile P01 and P02, q_t , interval velocity from SCPT and S-wave seismic reflection, S reflection and GPR reflection

P-wave seismic refraction data (Fig. 18.4c, d) presents both a reflection that could be interpreted as the bedrock and one as the sand/clay interface. This is further validated and detailed by the S-wave seismic reflection profiles (Fig. 18.4a, b), which have a higher resolution due to the inherent lower S-wave velocities, and give detailed structural information, even down to the bedrock. A clear distinction between the different deposits is therefore possible and imbedded layers within the clay deposits can also be tracked. The prominent event around 15 m elevation, in Fig. 18.5b is interpreted as the bedrock. The reflectivity is quite high due to the good signal coherency and certainly because of strong velocity contrast. More processing would be needed to better image this dipping reflector. The S-wave velocity fields extracted from the velocity analysis of the S-wave seismic reflection is consistent with the S-wave velocity derived from SCPTU (Figs. 18.5b and 18.6), and nearly no lateral variations are observed within the clay layer.

Correlation of the geophysical data with the existing rotary pressure soundings and CPTU is very good and allows for an accurate interpretation of the sand/clay (from GPR and ERT), and clay/moraine (from S-wave reflection seismic) interfaces as well as bedrock (from S- and P-wave reflection seismic), as shown in Fig. 18.4a, b. The geometry and thickness of the clay layer can therefore be evaluated – from 10 m towards the river to 30 m at borehole 109 – and might enhance the computation of the safety factor involved in slope stability assessment. Once more, this highlights the usefulness of geophysical measurements to interpolate/extrapolate between/from discrete 1D geotechnical soundings.

The clay layer overlays a moraine deposit and the inherent permeability of the latter increases the probability of leaching. The lower P-wave velocities within the clay layer correlate with higher resistivity and GPR amplitude variations (Figs. 18.4 and 18.5), suggesting grain-size variation. The GPR penetration in some part of the ‘clay’ layer indicates indeed the presence of ‘sandy’ material. Such permeable layers

embedded in the clay may have enhanced the leaching of the surrounding clay. The S-wave seismic reflection makes up for the lack of resolution of the ERT data, which does not allow detailed correlation between resistivity variations and GPR images. Bedrock topography imaged from S-wave seismic gives a good idea of the preferential leaching path which influenced the nature of local drainage (Løken 1968) and therefore had a significant effect on the formation of quick clay at that site.

18.5 Conclusions

A number of geophysical methods were combined at the Hvitvingfoss mitigated quick-clay site and promising preliminary results were obtained.

The structural information retrieved from all geophysical measurement may, for example, help locating preferential leaching paths, i.e., depending on bedrock topography, presence of underlying and/or embedded coarse-grained sediments, and thickness of the clay layers. Resistivity variations and GPR attenuation within clay layers could also reflect the variation of salt concentration in pore water and/or the variation in grain size. Combined with geotechnical soundings, it can also help directly tracking layers of high sensitivity. Regarding the interpretation, geophysical data can be used in the interpolation between the drill points, thus providing more realistic models for stability calculations. Since the profiles cover a relatively large area, it facilitates a more comprehensive understanding and its development, both in terms of geology and geotechnical engineering.

When geophysical measurements are used in an early phase of site investigations (which was not the case at Hvitvingfoss) they may provide useful input to the placement of wells. This would also potentially limit the number of wells, and information from drilling operations could even be more valuable. It is recommended, however, that geophysical measurements should not be used as a substitute for geotechnical testing which will always be necessary.

Acknowledgments The authors are grateful to Ranajit Ghose for reviewing this paper. The authors also thank Gedco and Sandmeier for providing academic licences (Vista and ReflexW, respectively). The authors acknowledge Nadège Langlet, Sylvain Tissot, Christian Maskrey, Håkon Akerholt, Tor Overskeid, Karine Petrus, Mesay Geletu Gebre, Gunther Druivenga and Berit Paulsen for their help in the field, and the University of Oslo for some of the equipment. Guillaume Sauvin thanks the sponsors of his Ph.D. thesis: the Norwegian Public Roads Administration, the Norwegian National Railway Administration, the Norwegian Water Resources and Energy Directorate and International Centre for Geohazards.

References

- Brand EW, Brenner RP (1981) *Soft clay engineering*. Elsevier, Amsterdam
- Dahlin T (1993) *On the automation of 2D resistivity surveying for engineering and environmental applications*. Doctoral thesis, Lund University, Lund

- Donohue S, Long M, O'Connor P, Eide-Helle T, Pffaffhuber AA, Rømøen M (2012) Geophysical mapping of quick clay: a case study from Smørgrav, Norway. *J Near Surf Geophys*, EAGE 10(3):207–219
- NGF (Norsk Geoteknisk Forening) (1975) Retningslinjer for presentasjon av geotekniske undersøkelser, NGF (Norsk Geoteknisk Forening) (In Norwegian)
- Gregersen O (2008) Program for økt sikkerhet mot leirskred – Metode for kartlegging og klassifisering av faresoner, kvikkleire. Norwegian Geotechnical Institute Report 20001008-2 (3rd revision), 24p (In Norwegian)
- L'Heureux JS (2012) A study of the retrogressive behaviour and mobility of Norwegian quick clay landslides. In: Proceedings of the 11th international and 2nd North American symposium on landslides, Banff
- Loke MH (2010) Res2DInv ver 3.59.102. Geoelectrical imaging 2D and 3D. Instruction manual. Geotomo Software. <http://www.geotomosoft.com/>
- Løken T (1968) Kvikkleiredannelse og kjemisk forvitring i norske leirer. Norwegian Geotechnical Institute, Oslo, Publication 75, pp 19–26 (In Norwegian)
- Mitchell JK (1976) Fundamentals of soil behavior. Wiley, New York
- Mitchell RJ, Markell AR (1974) Flowslides in sensitive soils. *Can Geotech J* 11:11–31
- Moholdt R (2008) Fossnes på Hvittingfoss, Vurdering av skredfare og sikringstiltak. NGI report, 20071564-2 30
- Polom U, Hansen L, Sauvin G, L'Heureux JS, Lecomte I, Krawczyk CM, Vanneste M, Longva O (2010) High-resolution SH-wave seismic reflection for characterization of onshore ground conditions in the Trondheim Harbor, Central Norway. In: Miller RD, Bradford JD, Holliger K (eds) *Advances in near-surface seismology and ground-penetrating radar*. SEG, Tulsa, pp 297–312
- Polom U, Druivenga G, Grossmann E, Grüneberg S, Rode W (2011) Transportabler Scherwellenvibrator. Patent application DE 103 27 757 A1, Deutsches Patent- und Markenamt (in German)
- Rosenqvist IT (1953) Considerations on the sensitivity of Norwegian quick-clays. *Geotechnique* 3:195–200
- Rygg N (1988) Rotary pressure sounding: 20 years of experience. In: DeRuiter (ed) *Proceedings of the pen testing, 1988, ISOPT-1*, Balkema, Rotterdam, pp 453–457
- Sauvin G (2009) S-wave seismic for geohazards: a case study from Trondheim Harbor. Diploma engineering thesis, University of Strasbourg, Strasbourg, 2009-6-1
- Sauvin G, Lecomte I, Bazin S, L'Heureux JS, Vanneste M (2013) Towards geophysical and geotechnical integration for quick clay mapping in Norway. *J Near Surf Geophys*, EAGE 11. doi: [10.3997/1873-0604.2012064](https://doi.org/10.3997/1873-0604.2012064)
- Solberg IL, Hansen L, Rønning JS, Haugen E, Dalsegg E, Tønnesen JF (2012) Combined geophysical and geotechnical approach to ground investigations and hazard zonation of a quick clay area, Mid Norway. *Bull Eng Geol Environ* 71:119–133
- Tavenas F, Flon P, Leroueil S, Leblais J (1983) Remolding energy and risk of retrogression in sensitive clays. In: *Symposium on slopes on soft clays*, Linköping, Swedish Geotechnical Institute Report, No. 17, pp 205–262

Vedlegg B

SUPPLERENDE GRUNNUNDERSØKELSER
HØSTEN 2017 (GEOSTRØM)

Innhold

B1	Bakgrunn	2
B2	Dreietrykksonderinger	3
B3	CPTU-sonderinger	13
B4	Prøveserier - borprofiler	16
B5	Prøveserier - korngradering	19

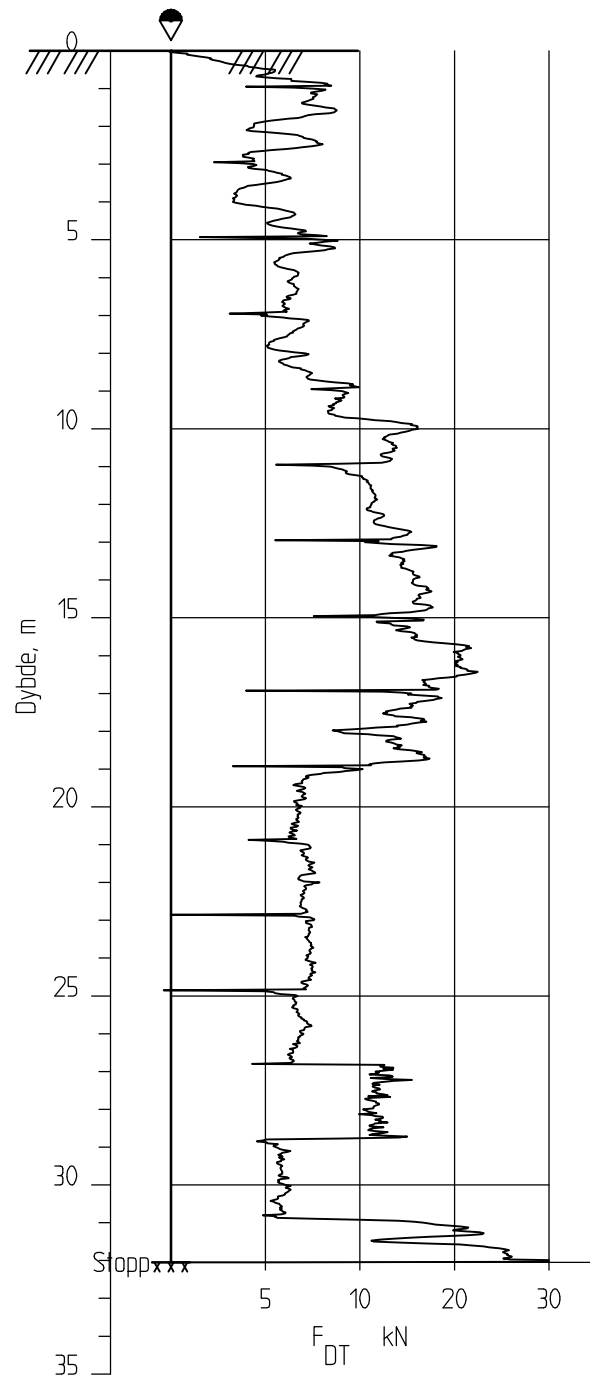
B1 Bakgrunn

Det ble utført grunnboringer av Geostrøm AS i november 2017. Hensikten med boringene var å undersøke forekomst av kvikkleire / sprøbruddmateriale som grunnlag for en riktig avgrensning av nordre del av faresone "1323 Fossnes."

Plassering av borpunktene er vist på tegning 010.

B2 Dreietrykksonderinger

501



Fossnes. Hvittingfoss

Rapport nr.
20150748Figur nr.
C1

Dreietrykkssondering

M = 1 : 200

Dato boret :22.11.2017

Borhull 501

Posisjon: X 6592539.80 Y 557193.79

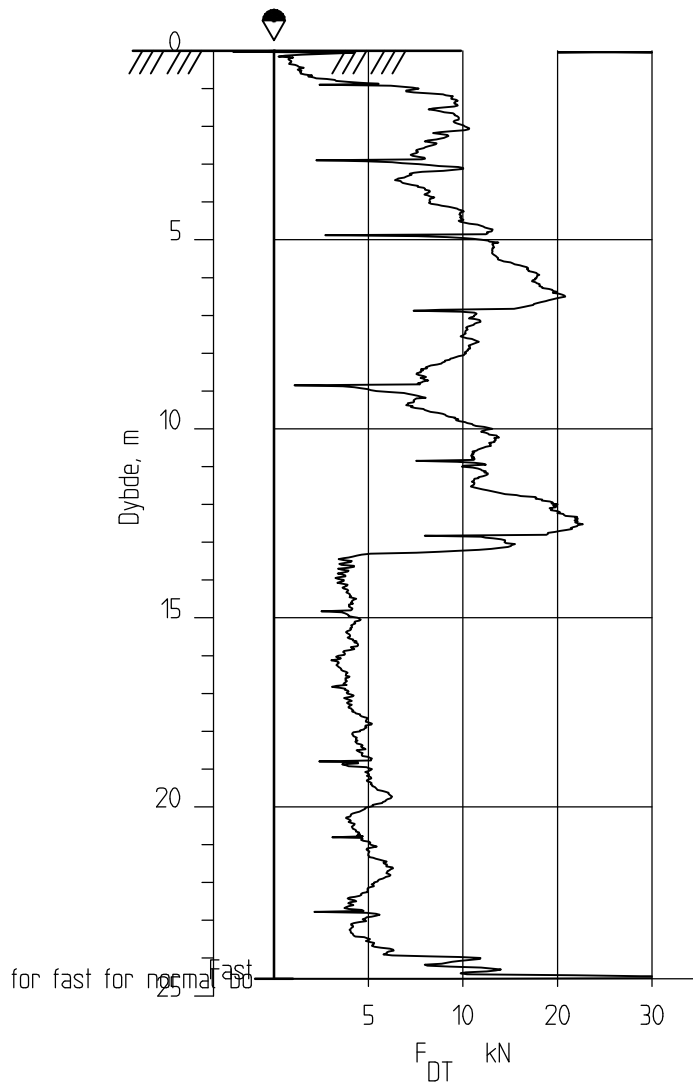
Tegner

Dato:

Kontrollert

Godkjent

502



Fossnes. Hvittingfoss

Rapport nr.
20150748

Figur nr.
C2

Dreietrykksondering
M = 1 : 200
Dato boret :21.11.2017
Borhull 502
Posisjon: X 6592689.72 Y 557319.94

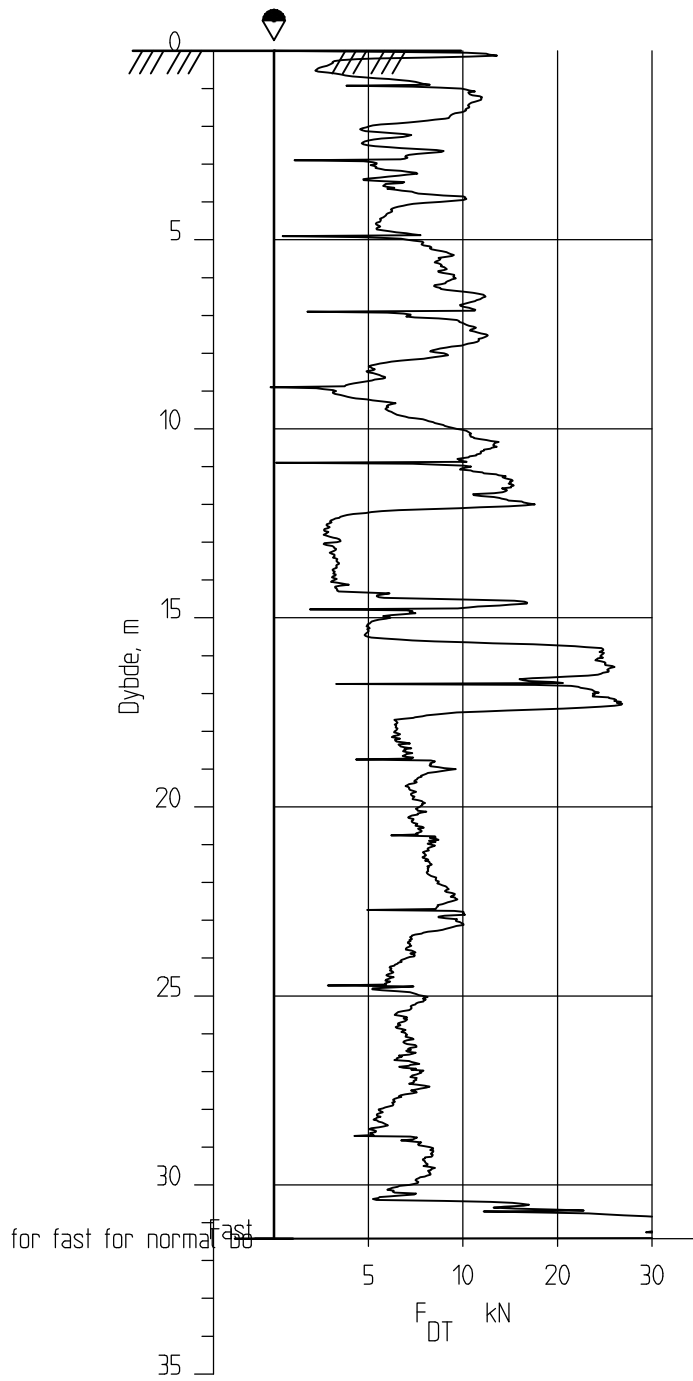
Tegner

Dato:

Kontrollert

Godkjent

503



Fossnes. Hvittingfoss

Rapport nr.
20150748

Figur nr.
C3

Dreietrykkssondering
M = 1 : 200
Dato boret :22.11.2017
Borhull 503
Posisjon: X 6592723.71 Y 557183.98

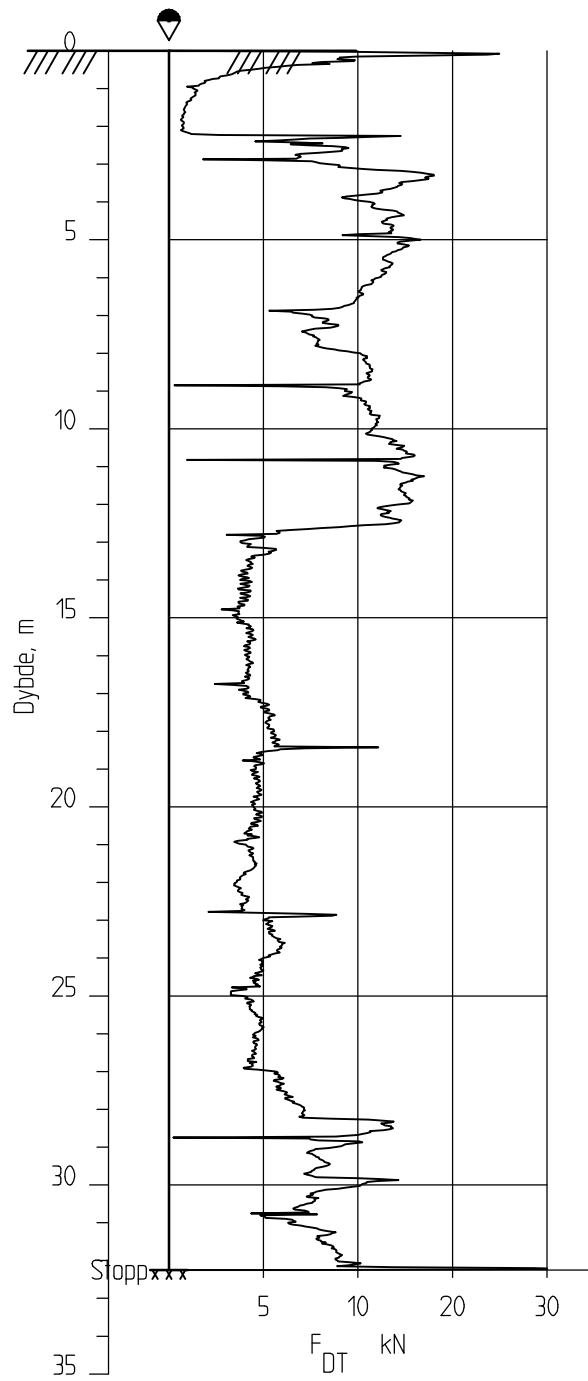
Tegner

Dato:

Kontrollert

Godkjent

504



Fossnes. Hvittingfoss

Rapport nr.
20150748Figur nr.
C4

Dreietrykkssondering

M = 1 : 200

Dato boret :22.11.2017

Borhull 504

Posisjon: X 6592779.20 Y 557270.44

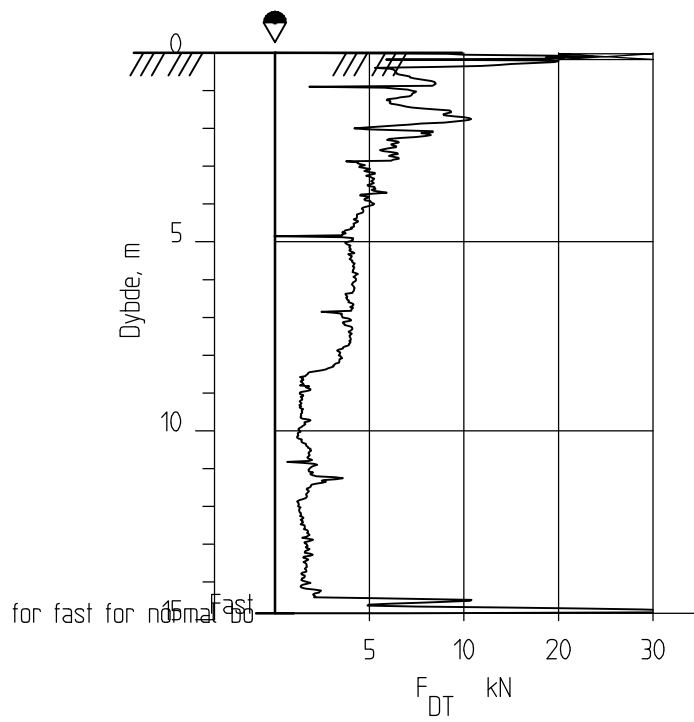
Tegner

Dato:

Kontrollert

Godkjent

505



Fossnes. Hvittingfoss

Rapport nr.
20150748Figur nr.
C5

Dreietrykkssondering
 M = 1 : 200
 Dato boret :21.11.2017
 Borhull 505
 Posisjon: X 6592790.70 Y 557371.89

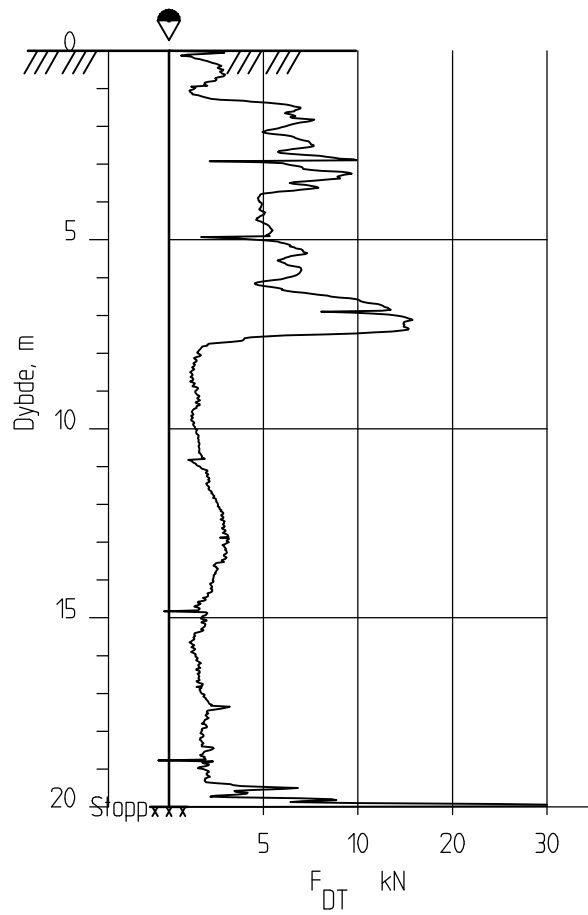
Tegner

Dato:

Kontrollert

Godkjent

506



Fossnes. Hvittingfoss

Rapport nr.
20150748Figur nr.
C6

Dreietrykkssondering
 M = 1 : 200
 Dato boret :22.11.2017
 Borhull 506
 Posisjon: X 6592849.24 Y 557293.92

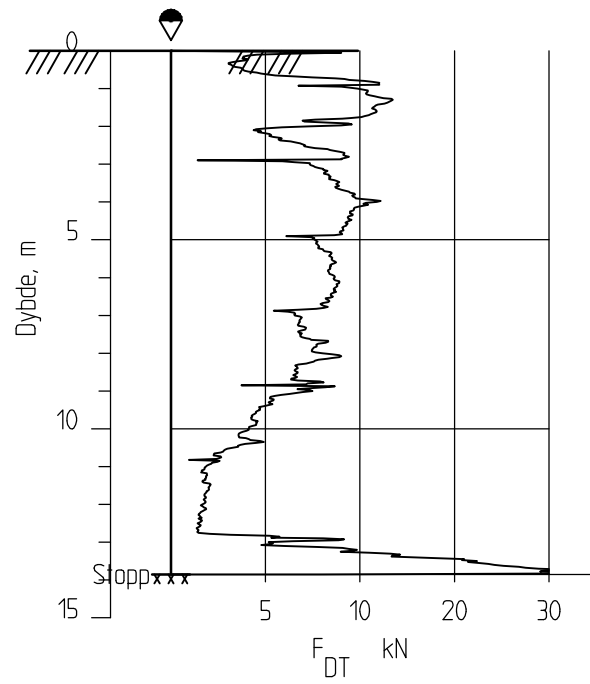
Tegner

Dato:

Kontrollert

Godkjent

507



Fossnes. Hvittingfoss

Rapport nr.
20150748Figur nr.
C7

Dreietrykksondering
 M = 1 : 200
 Dato boret :21.11.2017
 Borhull 507
 Posisjon: X 6592876.77 Y 557360.57

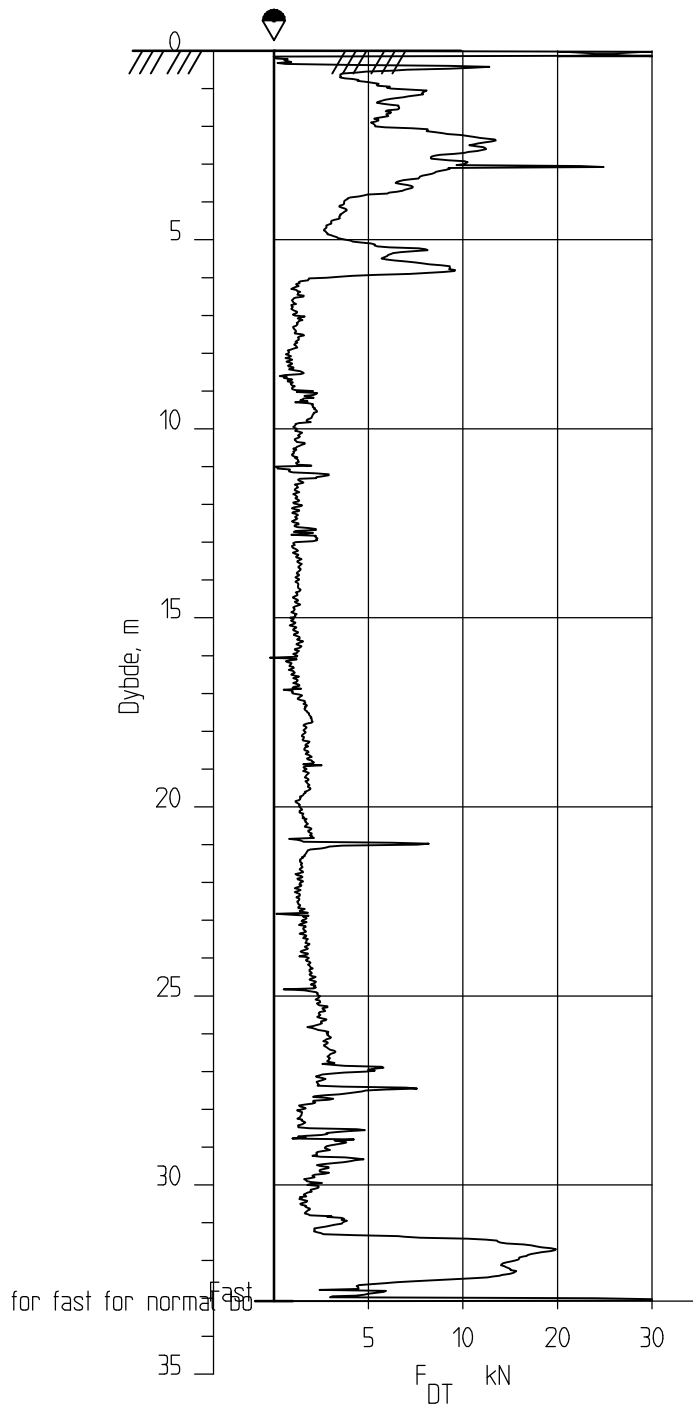
Tegner

Dato:

Kontrollert

Godkjent

508



Fossnes. Hvittingfoss

Rapport nr.
20150748

Figur nr.
C8

Dreietrykkssondering
M = 1 : 200
Dato boret :21.11.2017
Borhull 508
Posisjon: X 6592923.42 Y 557245.40

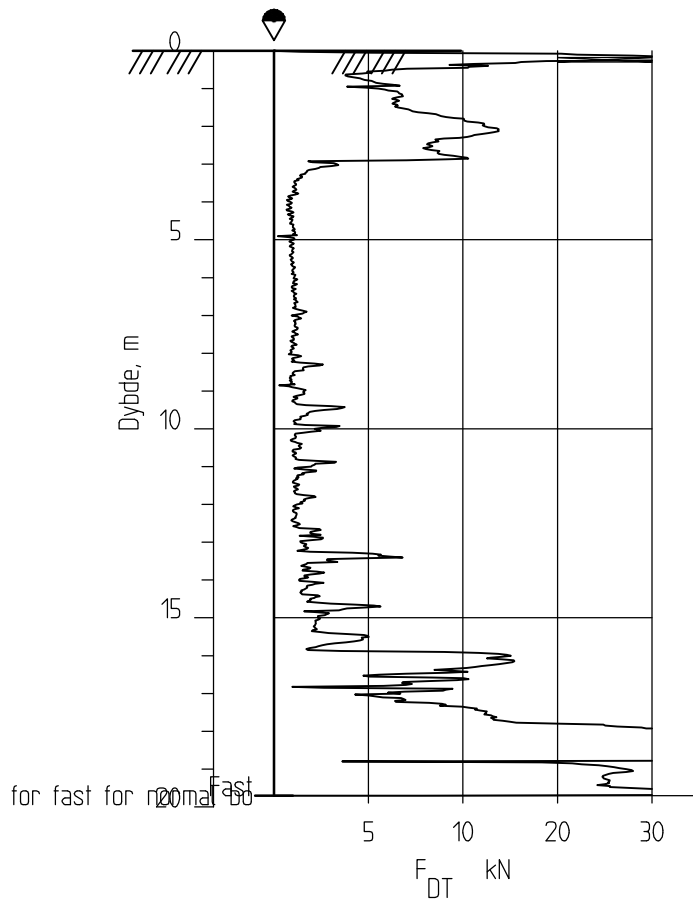
Tegner

Dato:

Kontrollert

Godkjent

509



Fossnes. Hvittingfoss

Dreietrykkssondering
 M = 1 : 200
 Dato boret :21.11.2017
 Borhull 509
 Posisjon: X 6592957.25 Y 557312.25

Rapport nr.
20150748

Figur nr.
C9

Tegner

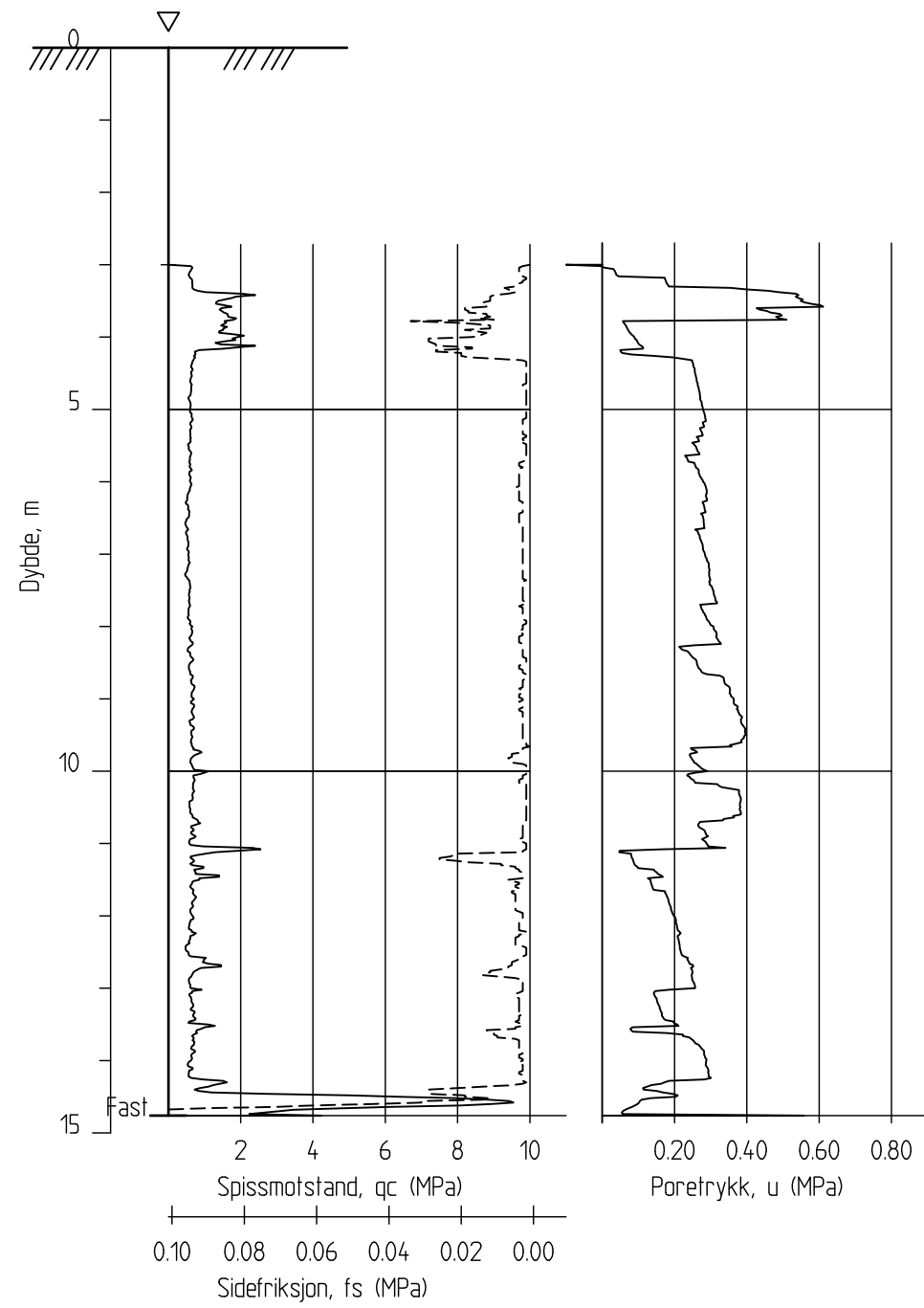
Dato:

Kontrollert

Godkjent

B3 CPTU-sonderinger

505-CPT



Fossnes. Hvittingfoss

Rapport nr.
20150748

Figur nr.
C10

CPT-sondering
M = 1 : 100
Dato boret :11
Borhull 505-CPT
Posisjon: X 6592790.70 Y 557371.89

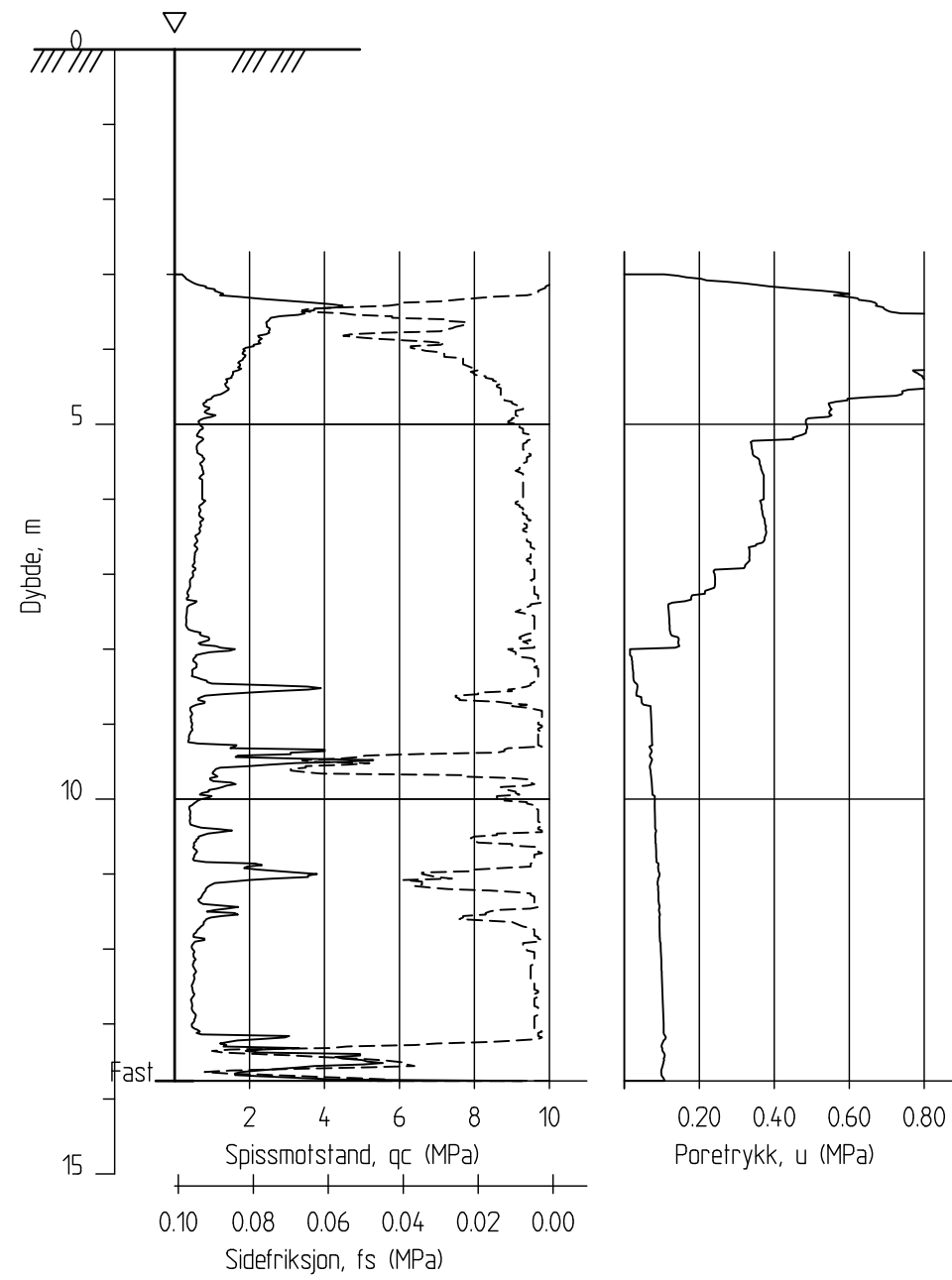
Tegner

Dato:

Kontrollert

Godkjent

507-CPT



Fossnes, Hvittingfoss

CPT-sondering
 M = 1 : 100
 Dato boret :11
 Borhull 507-CPT
 Posisjon: X 6592876.77 Y 557360.57

Forsök nr. :
 Sonde nr. :

Rapport nr.
 20150748

Figur nr.
 C11

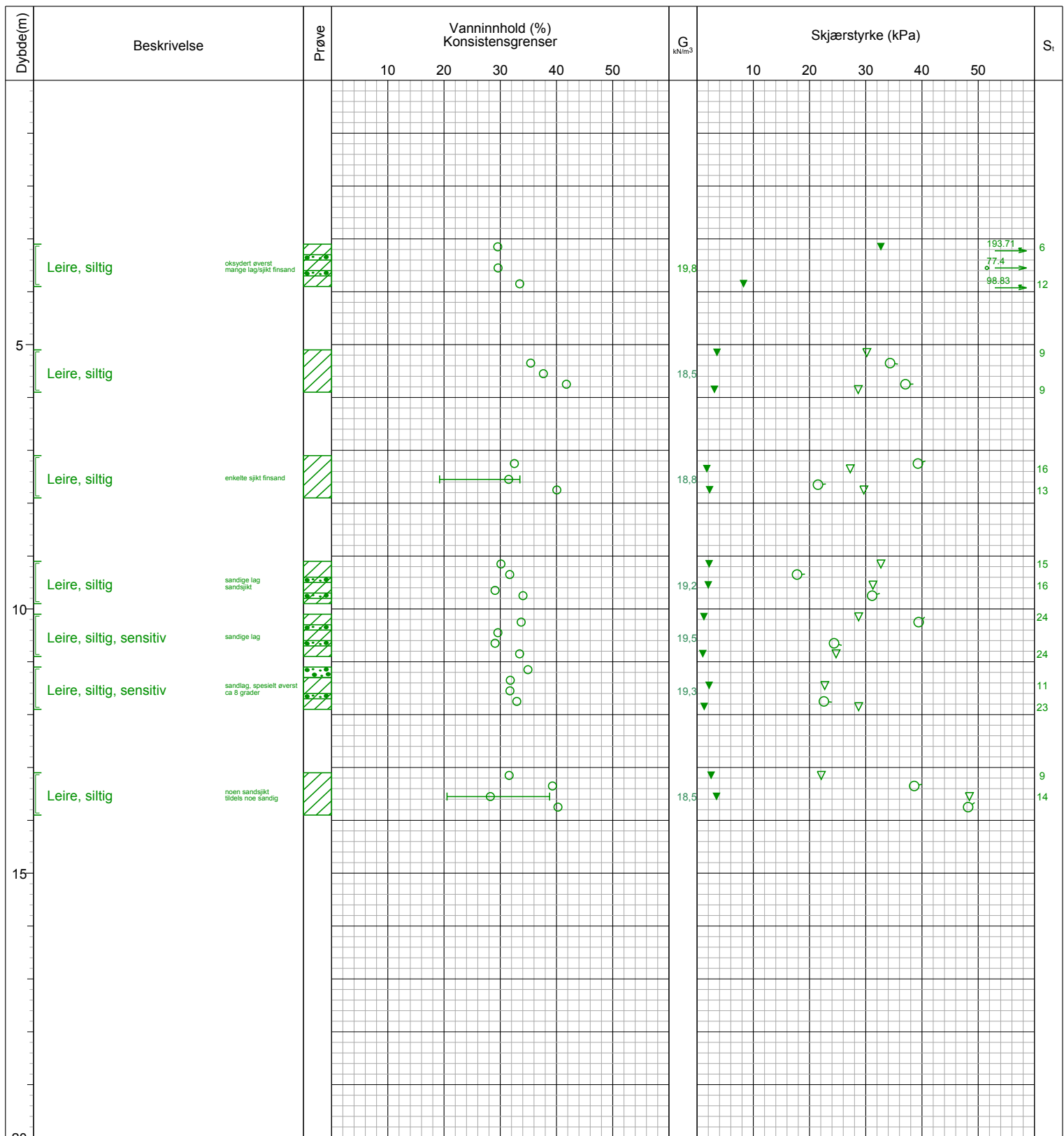
Tegner

Dato:

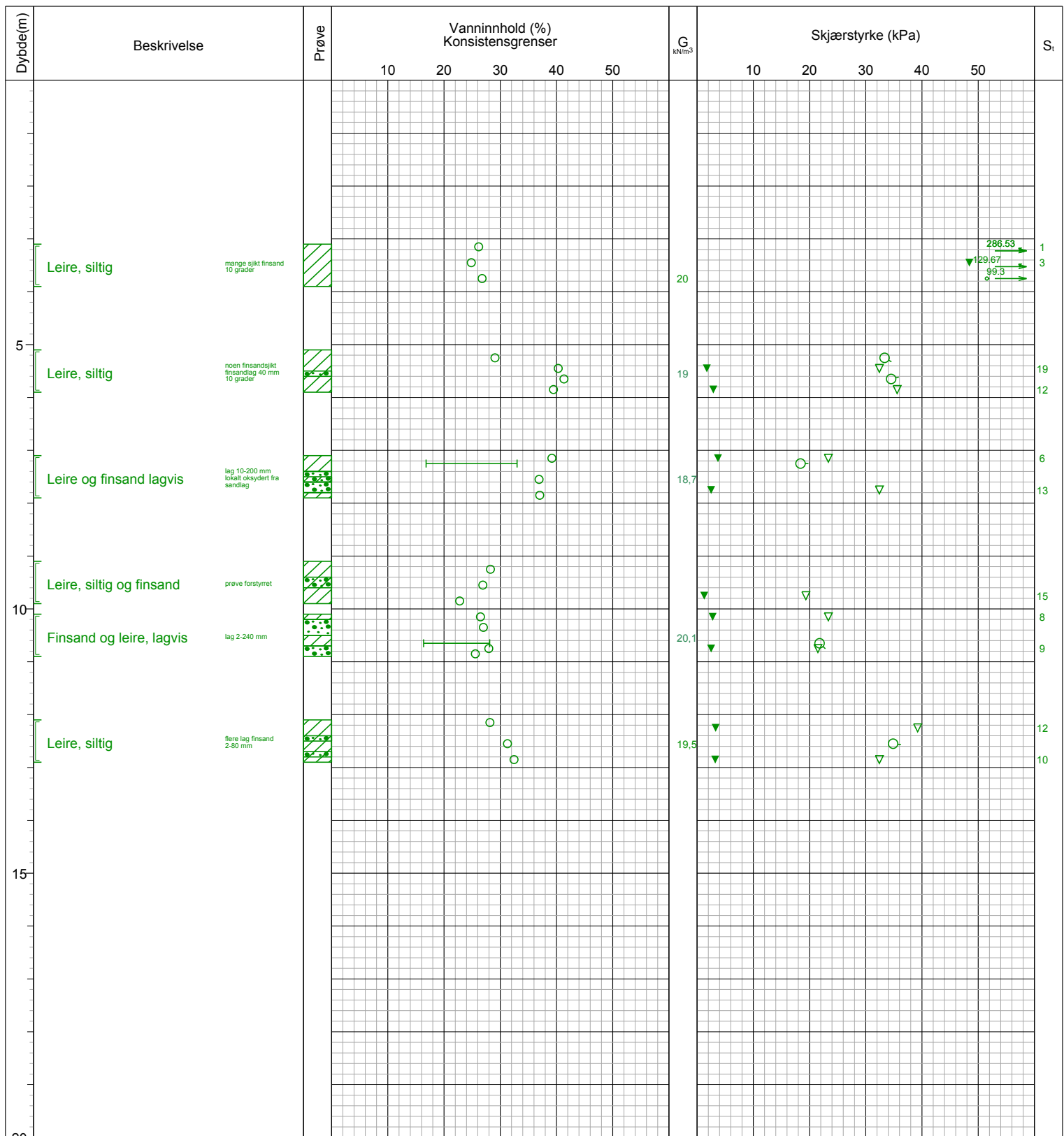
Kontrollert

Godkjent

B4 Prøveserier - borprofiler



VANNINNHOOLD/ KONSISTENSGRENSER	KONUS, OMRØRT	ØDOMETERFORSØK								
TRYKKFORSØK/ BRUDEFORMAJON	TREAKS, AKTIV	KORNFORDELING								
KONUS, UFORSTYRRET	TREAKS, PASSIV	SENSITIVITET								
PRØVESERIE			Hull	505		Grv.st	Opptak			
NVE, HVITTINGFOSS FOSSNES			Terrang			X-koord	Y-koord			
			Proj.nr.	1883		Lab	MS		Kontr	
			Dato	07.12.17 08:56		TEGN NR.				



VANNINNHold/
KONSISTENSGRENSER

KONUS, OMRØRT

ØDOMETERFORSØK

LEIRE

SILT

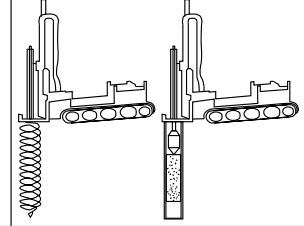
SAND

GRUS

FYLLMASSER

ORGANISK

SKJELL



TRYKKFORSØK/
BRUDEFORMASJON

TREAKS, AKTIV

/K KORNFORDELING

KONUS, UFORSTYRRET

TREAKS, PASSIV

S_v SENSITIVITET

PRØVESERIE

Hull 507

Grv.st

Opptak

NVE, HVITTINGFOSS FOSSNES

Terrang

X-koord

Y-koord

Proj.nr. 1883

Lab MS

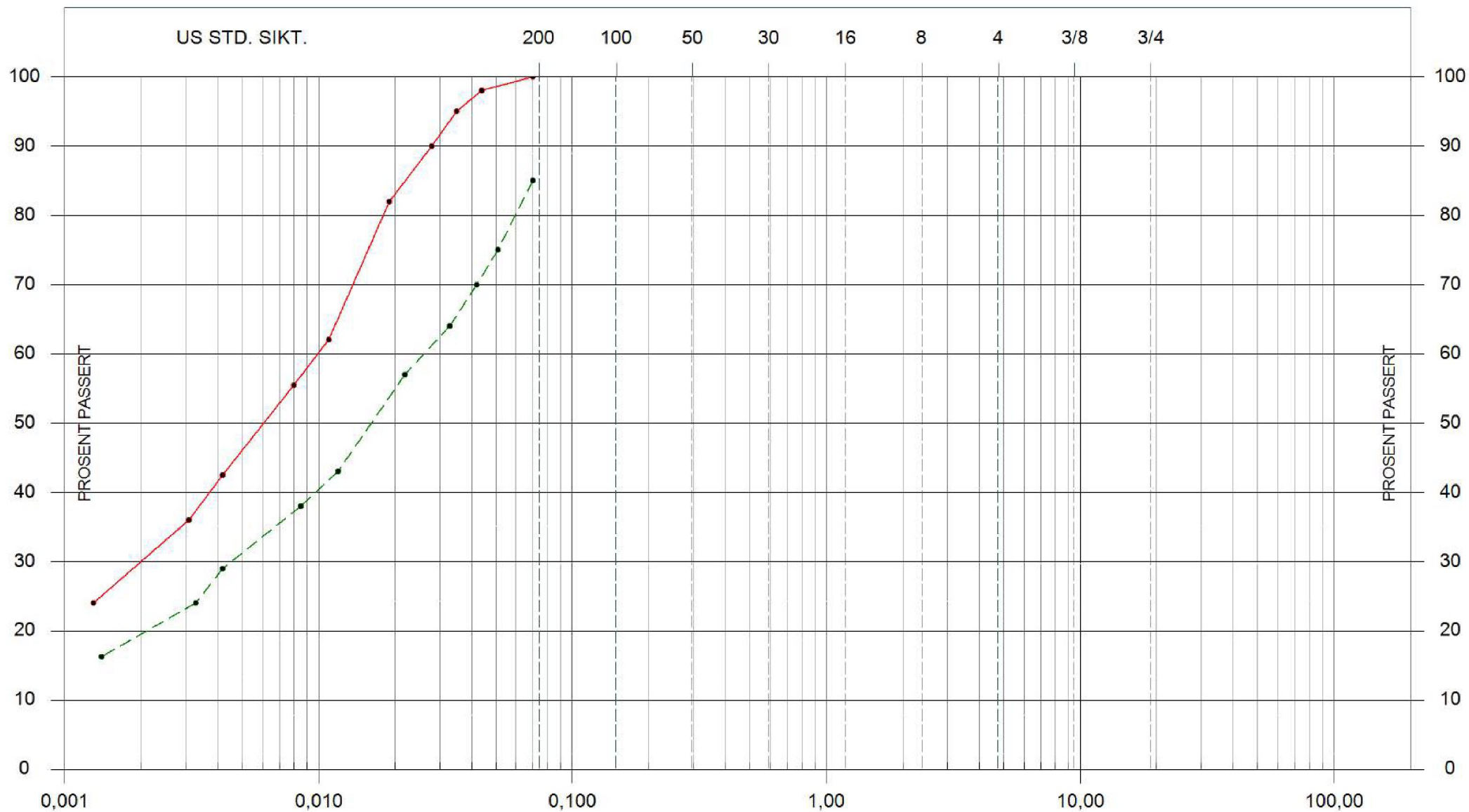
Kontr

Dato

TEGN NR.

08.12.17 12:33

B5 Prøveserier - korngradering

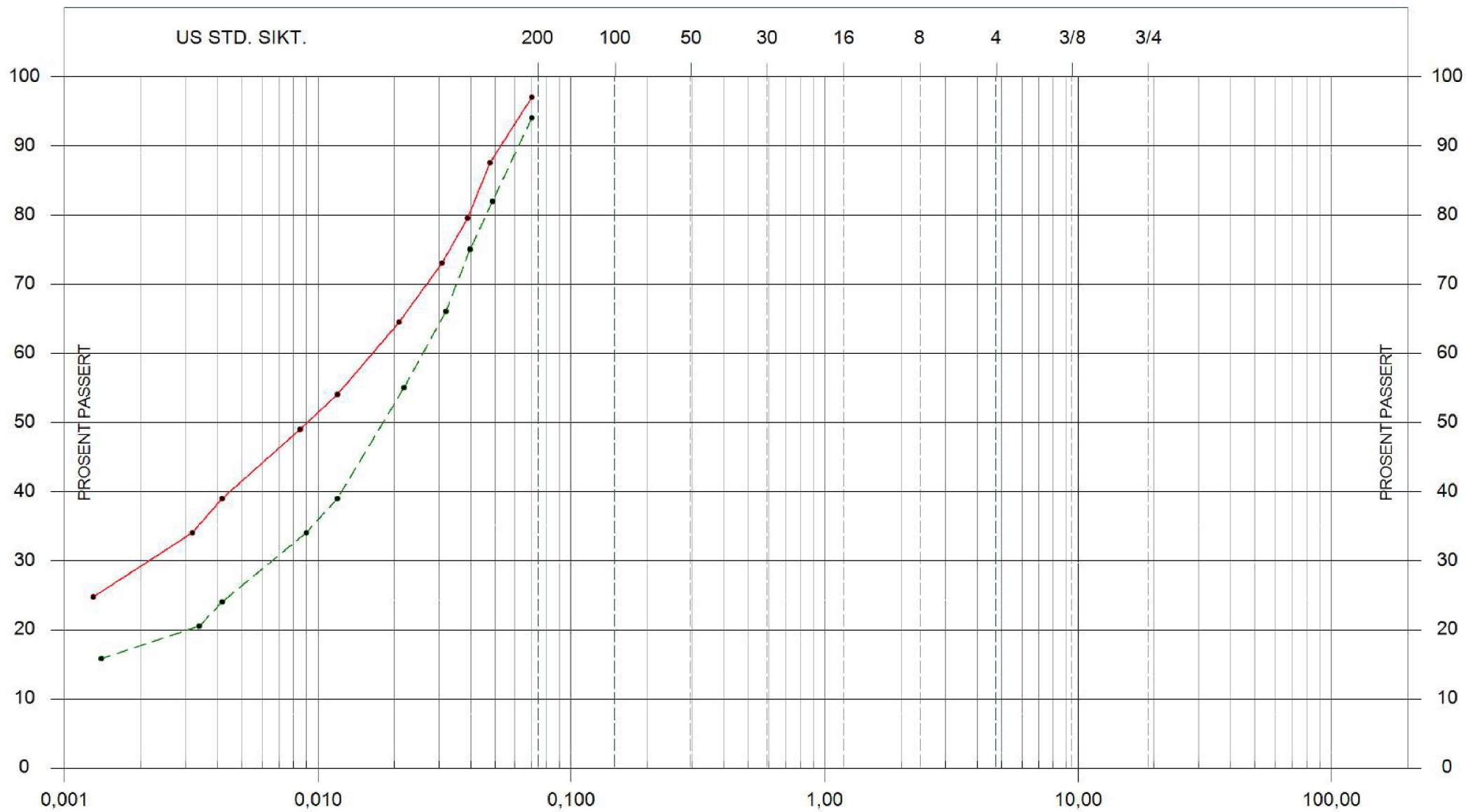


Leire	Fin -	Mellom -	Grov -	Fin -	Mellom -	Grov -	Fin -	Mellom -	Grov -	
	silt			sand			grus			

1883 HVITTINGFOSS, FOSSNES

13.12.2017

—●— PR505 - 7,5 m slemme - - -●- - PR505 - 13,5 m slemme



Leire	Fin -	Mellom -	Grov -	Fin -	Mellom -	Grov -	Fin -	Mellom -	Grov -
	silt			sand			grus		

1883 HVITTINGFOSS, FOSSNES

13.12.2017

—●— PR507 - 7,5 m slemme - - -●- - PR507 - 10,5 m slemme

Vedlegg C

BILDER FRA
[HTTP://WWW.NORGEIBILDER.NO](http://www.norgeibilder.no)
(TIDSSERIE)

Innhold

C1 Bilder

2

C1 Bilder



Figur 1 Ortofoto – 2016



Figur 2 Ortofoto – 2010



Figur 3 Ortofoto – 2009



Figur 4 Ortofoto - 2008

Vedlegg D

EVALUERING AV FAREGRAD OG
RETROGRESJON I PROFIL C, D OG E

Innhold

D1	Profil C	2
D2	Profil D	3
D3	Profil E	4

D1 Profil C

Tabell 1 Faregradsevaluering, etter tiltak – Profil C

Faktorer	Vekt-tall	Faregrad, score			
		3	2	1	0
Tidligere skredaktivitet	1	<u>Høy</u>	Noe	Lav	Ingen
Skråningshøyde, meter	2	<u>>30</u>	20-30	15-20	<15
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	<u>1,0-1,2</u>	1,2-1,5	1,5-2,0	>2,0
Poretrykk, Overtrykk, kPa	3	<u>>+30</u>	10-30	0-10	Hydrostatisk
Undertrykk, kPa	-3	<u><-50</u>	-(20-50)	-(0-20)	
Kvikkleiremektighet	2	<u>>H/2</u>	H/2-H/4	<H/4	Tynt lag
Sensitivitet	1	<u>>100</u>	30-100	20-30	<20
Erosjon	3	Aktiv/glidn.	Noe	Lite	<u>Ingen</u>
Inngrep: Forverring	3	Stor	Noe	Liten	Ingen
Forbedring	-3	<u>Stor</u>	Noe	Liten	
Sum		6			
% av maksimal poengsum		12			
Faregrad		Lav			

Tabell 2 Evaluering av maksimal retrogresjon i profil C basert på L/H-tabellen (NIFS 14/2016)

Indikator	Vekt-tall	Stor L/H	Middels L/H	Lav L/H	Null
		<u>3</u>	2	1	0
b/D ved L1	1	<u>>0,5</u>	0,25-0,5	Opptil 0,25	0
b/D ved 2L1 eller 3L1*	2	<u>>0,5</u>	0,25-0,5	Opptil 0,25	0
Avstand fra foten av initialskred til kvikkleirelomma	1	<u>$x_1 < L_1$</u>	$x_1 \sim L_1$	$x_1 > L_1$	-
Forhold ved skredporten	2	<u>Stor elv eller dal</u>	Bekkedal/ravine med bredde av samme størrelse som skredporten	Flere hindringer og/eller veldig trang ravine	-
Tidligere skredhendelser	1	L/H>10	<u>$5 < L/H < 10$</u>	L/H < 5	-
$s_u / \gamma \times D$ (1/Nc)	1	$1/Nc < 0,1$	<u>$0,1 < 1/Nc < 0,25$</u>	$1/Nc > 0,25$	
MAKS.		24			
SUM		22			
Resulterende L/H = 15					
Maksimal retrogresjonslengde = $15 \times (\text{kote } 66 - 39) + 3 \times (\text{kote } 85 - 66) = 462 \text{ m}$					
Bebyggelse i Fossnesveien og Fossveien (søndre del) ligger innenfor beregnet maksimal retrogresjonslengde					

*Avhengig av type skråning

D2 Profil D

Tabell 3 Faregradsevaluering, etter tiltak – Profil D

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

Tabell 4 Evaluering av maksimal retrogresjon i profil D basert på L/H-tabellen (NIFS 14/2016)

Indikator	Vekt-tall	Stor L/H	Middels L/H	Lav L/H	Null
		<u>3</u>	2	1	0
b/D ved L1	1	>0,5	<u>0,25-0,5</u>	Opptil 0,25	0
b/D ved 2L1 eller 3L1*	2	>0,5	<u>0,25-0,5</u>	Opptil 0,25	0
Avstand fra foten av initialskred til kvikkleirelomma	1	<u>$x_1 < L_1$</u>	$x_1 \sim L_1$	$x_1 > L_1$	-
Forhold ved skredporten	2	<u>Stor elv eller dal</u>	Bekkedal/ravine med bredde av samme størrelse som skredporten	Flere hindringer og/eller veldig trang ravine	-
Tidligere skredhendelser	1	L/H>10	5 < L/H < 10	<u>L/H < 5</u>	-
$s_u / \gamma \times D$ (1/Nc)	1	1/Nc < 0,1	<u>0,1 < 1/Nc < 0,25</u>	1/Nc > 0,25	
MAKS.		24			
SUM		18			
Resulterende L/H = 15					
Maksimal retrogresjonslengde = 15 x (kote 77 - 50) + 3 x (kote 85 - 77) = 429 m (i praksis begrenset av berg ved 370 m)					
Hele platået / boligfeltet ligger innenfor beregnet maksimal retrogresjonslengde					

*Avhengig av type skråning

D3 Profil E

Tabell 5 Faregradsevaluering, etter tiltak – sør for tiltaksområdet - Profil E

Faktorer	Vekt-tall	Faregrad, score			
		3	2	1	0
Tidligere skredaktivitet	1	<u>Høy</u>	Noe	Lav	Ingen
Skråningshøyde, meter	2	<u>>30</u>	20-30	15-20	<15
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	<u>1,0-1,2</u>	1,2-1,5	1,5-2,0	>2,0
Poretrykk, Overtrykk, kPa	3	<u>>+30</u>	10-30	0-10	Hydrostatisk
Undertrykk, kPa	-3	<u><=50</u>	-(20-50)	-(0-20)	
Kvikkleiremektighet	2	<u>>H/2</u>	H/2-H/4	<H/4	Tynt lag
Sensitivitet	1	<u>>100</u>	30-100	20-30	<20
Erosjon	3	Aktiv/glidn.	Noe	Lite	<u>Ingen</u>
Inngrep: Forverring	3	Stor	Noe	Liten	<u>Ingen</u>
Forbedring	-3	Stor	Noe	Liten	
Sum		15			
% av maksimal poengsum		29			
Faregrad		Lav			

Tabell 6 Evaluering av maksimal retrogresjon i profil E basert på L/H-tabellen (NIFS 14/2016)

Indikator	Vekt-tall	Stor L/H	Middels L/H	Lav L/H	Null
		<u>3</u>	2	1	0
b/D ved L1	1	<u>>0,5</u>	0,25-0,5	Opptil 0,25	0
b/D ved 2L1 eller 3L1*	2	<u>>0,5</u>	0,25-0,5	Opptil 0,25	0
Avstand fra foten av initialskred til kvikkleirelomma	1	<u>$x_1 < L_1$</u>	$x_1 \sim L_1$	$x_1 > L_1$	-
Forhold ved skredporten	2	<u>Stor elv eller dal</u>	Bekkedal/ravine med bredde av samme størrelse som skredporten	Flere hindringer og/eller veldig trang ravine	-
Tidligere skredhendelser	1	L/H>10	<u>$5 < L/H < 10$</u>	L/H < 5	-
$s_u / \gamma x D$ (1/Nc)	1	$1/Nc < 0,1$	<u>$0,1 < 1/Nc < 0,25$</u>	$1/Nc > 0,25$	
MAKS.		24			
SUM		22			
Resulterende L/H = 15					
Maksimal retrogresjonslengde = $15 \times (kote\ 65 - 39) + 3 \times (85 - 65) = 450\ m$					
Fossnesveien 20-26 ligger i 380 - 420 meter avstand til elva. Fossnesveien 51-53 ligger i 360 – 400 meter avstand fra elva i et omtrent tilsvarende snitt litt lenger sør (gjennom borpkt. 205).					

Vedlegg E

INNMÅLINGER "SOM BYGGET"

Innhold

E1	Grunnlag – terrengprofiler "som bygget"	2
E2	Grunnlag – terrengendringer, tegning 012	3

E1 Grunnlag – terrengprofiler "som bygget"

NGI har fått oversendt innmålingsdata fra NVE. NGI har benyttet filene med innmålt terreng etter sikringstiltak til opptegning av terrengprofiler i beregnings-snittene fra prosjekteringen, jf. Tabell 1 og Tabell 2.

Tabell 1 Mottatte filer benyttet for etablering av terrengmodell for situasjonen "etter tiltak"

Filbane og navn	Dato
Del2-20170206T082153Z\Del2\EtterTiltak_GNSS_VårSommer_2010\Ferdigmåling_20100324_UTM32_linje.shp	01.02.2017
...\Ferdigmåling_20100416_linje.shp	01.02.2017
...\Ferdigmåling_20100621_UTM32_linje.shp	01.02.2017
...\Ferdigmåling_20100712_UTM32_linje.shp	01.02.2017
Del1-20170206T081716Z\Del1\EtterTiltak_GNSS-Høst2009\GRID\grid_ferdig\dblnd.adf	01.02.2017
...\hdr.adf	01.02.2017
...\prj.adf	01.02.2017
...\sta.adf	01.02.2017
...\w001001.adf	01.02.2017
...\w001001x.adf	01.02.2017
...\metadata.xml	01.02.2017

Tabell 2 Referanse til beregnings-snitt fra prosjekteringen

Rapport, figur- og tegningsnr.	Dato
Rapport 20071564-2, Vurdering av skredfare og sikringstiltak, Vedlegg 14. Profil A. Stabilitet etter masseforflytning og avlastning.	30.01.2008
..., Vedlegg 16. Profil B. Stabilitet etter masseforflytning.	30.01.2008
..., Vedlegg 18. Profil C. Stabilitet etter tiltak.	30.01.2008
..., Vedlegg 21. Profil D. Stabilitet etter avlastning.	30.01.2008
Teknisk notat 20081549-00-124-TN, TN-4 Vurdering av skråning ved Fossveien 80. Tegning 114. Profil 401 – Sikring mhp. "vesentlig forbedring"	15.12.2009
...\Tegning 115. Profil 402 – Sikring mhp. "vesentlig forbedring"	15.12.2009
...\Tegning 116. Profil 403 – Sikring mhp. "vesentlig forbedring"	15.12.2009
...\Tegning 117. Profil 404 – Sikring mhp. "vesentlig forbedring"	15.12.2009
...\Tegning 118. Profil 405 – Sikring mhp. "vesentlig forbedring"	15.12.2009
...\Tegning 119. Profil 406 – Sikring mhp. "vesentlig forbedring"	15.12.2009
...\Tegning 120. Profil 407 – Sikring mhp. "vesentlig forbedring"	15.12.2009

Opptegnede snitt med prosjekterte tiltak og innmålt terreng er presentert på tegning 100-110.

E2 Grunnlag – terrengendringer, tegning 012

Filer med laserdata mottatt fra NVE	Dato
\\LAS_Mai2009\Kongsberg2009_GRID.zip\Kongsberg 2009\data\dtm\Kongsberg 2009-dtm.tif* (2 pkt./m ²)	01.02.2017
\\LAS_Apr-Jun2015\Kongsberg2015_GRID.zip\Kongsberg 2015\data\dtm\Kongsberg 2015-dtm.tif (5 pkt./m ²)	01.02.2017

*Korrigert (+ 5 cm) for overgang fra NN54 til NN2000

Dokumentinformasjon/Document information		
Dokumenttittel/Document title Oversikt over utførte sikringstiltak og oppnådd stabilitetsforbedring		Dokumentnr./Document no. 20150748-01-R
Dokumenttype/Type of document Rapport / Report	Oppdragsgiver/Client Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)	Dato/Date 2018-09-14
Rettigheter til dokumentet iht kontrakt/ Proprietary rights to the document according to contract Oppdragsgiver / Client		Rev.nr.&dato/Rev.no.&date 0 /
Distribusjon/Distribution BEGRENSET: Distribueres til oppdragsgiver og er tilgjengelig for NGIs ansatte / LIMITED: Distributed to client and available for NGI employees		
Emneord/Keywords Kvikkleire, faresone, sikringstiltak		

Stedfesting/Geographical information	
Land, fylke/Country Norge, Buskerud	Havområde/Offshore area
Kommune/Municipality Kongsberg	Feltnavn/Field name
Sted/Location Hvitvingfoss	Sted/Location
Kartblad/Map 1813-IV Holmestrand	Felt, blokknr./Field, Block No.
UTM-koordinater/UTM-coordinates Sone: 32N Øst: 557064 Nord: 6592806	Koordinater/Coordinates Projeksjon, datum: Øst: Nord:

Dokumentkontroll/Document control Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001					
Rev/ Rev.	Revisjonsgrunnlag/Reason for revision	Egenkontroll av/ Self review by:	Sidemanns- kontroll av/ Colleague review by:	Uavhengig kontroll av/ Independent review by:	Tverrfaglig kontroll av/ Inter- disciplinary review by:
0	Originaldokument	2018-09-13 Ragnar Moholdt	2018-09-13 Magnus Rømoen		

Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release	Dato/Date 14. september 2018	Prosjektleder/Project Manager Ragnar Moholdt
--	--	--

NGI (Norges Geotekniske Institutt) er et internasjonalt ledende senter for forskning og rådgivning innen ingeniørrelaterte geofag. Vi tilbyr ekspertise om jord, berg og snø og deres påvirkning på miljøet, konstruksjoner og anlegg, og hvordan jord og berg kan benyttes som byggegrunn og byggemateriale.

Vi arbeider i følgende markeder: Offshore energi – Bygg, anlegg og samferdsel – Naturfare – Miljøteknologi.

NGI er en privat næringsdrivende stiftelse med kontor og laboratorier i Oslo, avdelingskontor i Trondheim og datterselskaper i Houston, Texas, USA og i Perth, Western Australia.

www.ngi.no

NGI (Norwegian Geotechnical Institute) is a leading international centre for research and consulting within the geosciences. NGI develops optimum solutions for society and offers expertise on the behaviour of soil, rock and snow and their interaction with the natural and built environment.

NGI works within the following sectors: Offshore energy – Building, Construction and Transportation – Natural Hazards – Environmental Engineering.

NGI is a private foundation with office and laboratories in Oslo, a branch office in Trondheim and daughter companies in Houston, Texas, USA and in Perth, Western Australia

www.ngi.no

