



Rapport / Report

Stabilisering av løsmasser i sideterreng og fyllinger Grong-Mosjøen

Detaljkartlegging og anbefalte tiltak på strekningen Nausthaugen - Gartlandsåsen

20120665-05-R
19. desember 2014
Rev. nr.: 0

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

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

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

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



Dokumentnr.: 20120665-05-R
Dato: 2014-12-19
Rev. nr.: 0
Side: 3

Prosjekt

Prosjekttittel: Stabilisering av løsmasser i sideterreng og fyllinger Grong-Mosjøen
Dokumenttittel: Detaljkartlegging og anbefalte tiltak på strekningen Nausthaugen - Gartlandsåsen
Dokumentnr.: 20120665-05-R
Dato: 19. desember 2014
Rev. nr./rev. dato: 0

Prosjektleder:
Pb. 3930 Ullevål Stadion
0806 Oslo

Avd Trondheim:
Pb. 5687 Sluppen
7485 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: Jernbaneverket. Bane Nord,
Nordlandsbanen
Kontaktperson: Silje Skarsten, Astrid Myran
Kontraktreferanse: 224407

For NGI

Prosjektleder: Ragnar Moholdt
Utarbeidet av: Jean-Sebastien L'Heureux
Kontrollert av: Ragnar Moholdt

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

Sammendrag

NGI har på oppdrag fra Jernbaneverket utført detaljkartlegging av skredfare på strekningene Nausthagen - Gartlandsåsen (km 223,1-228,5) på Nordlandsbanen. Den aktuelle strekningen «Prioriteringsområde» nr. 4 fra oversiktskartleggingen som NGI utført i 2012 / 2013. Hovedhensikten med prosjektet er å anbefale sikringstiltak for å redusere sannsynligheten for at løsmasseskred skal inntreffe på den aktuelle strekningen. Jernbanestrekningen går her i vekslning mellom jordskjæringer og fyllinger i bratt og noe ravinert terreng. Løsmassene i området består i hovedsak av marine avsetninger og det er tidligere kartlagt to kvikkleiresoner i nærområdet; én ved Fosslund (km 223) hvor faregraden er antatt "middels", og én ved Gartland (km 227,5) hvor faregraden er antatt "lav". Hovedproblemet langs denne strekningen er overflateskred fra de bratte skjæringene og flere bratte fyllinger på leiravsetninger som har redusert bæreevne. Feilfrie stikkrenner og dreneringssystemer med god nok kapasitet er avgjørende for banens stabilitet. **Forebyggende vedlikehold av jernbanens dreneringssystemer er av største betydning for å unngå skred i framtida.**

Foreliggende rapport presenterer i første omgang en oversikt av flomberegning og stikkrennekapasitet på den aktuelle strekningen. Det er i alt anbefalt mindre tiltak for 8 stikkrenner på strekningen. Mindre tiltak innebærer rensk av innløp/utløp og evt. reparasjon av lem over innløp.

I forbindelse med detaljkartlegging har NGI utført supplerende grunnundersøkelser på den aktuelle strekningen. Tolkning av grunnundersøkelser er presentert i foreliggende rapport sammen med tolkning av ERT-kartleggingen. Resultatene fra grunnundersøkelser brukes som basis for vurdering av stabilitet langs den aktuelle strekningen. Det er utført analyser basert på kritisk skråningshelning, poretrykksgradient, type jordart, materialeegenskaper og observasjoner gjort under befarig. Disse parameterne er blitt generalisert langs de aktuelle strekningene som utgangspunkt for vurdering av behov for sikringstiltak.

Bruk av sikkerhetsnivåene som er definert i dagens tekniske regelverk vil medføre et stort omfang av sikringstiltak. Omfattende sikring vil være nødvendig selv på steder hvor banen nå har ligget i ca. 80 år uten tegn til skade. Det vil etter alt å dømme være feil prioritering å sikre disse områdene før det utføres sikring på kritiske steder innenfor andre prioriteringsområder. For å finne et riktig sikkerhetsnivå, som gir tilstrekkelig forbedring av stabilitetsforholdene i kritiske områder og som samtidig er realistisk å oppnå med «fornuftige sikringstiltak», ble det under prosjektmøtet med JBV den 20.01.2014 bestemt at to akseptkriterier skulle undersøkes mht. nødvendig omfang av sikringstiltak:

- Sikkerhetsnivå 1 – «Værberedskap»: Sikkerhetsnivå relatert til fastsatte terskelverdier for nedbørintensitet som medfører at banen stenges for trafikk (værberedskap).
- Sikkerhetsnivå 2 – «Regelverk»: Sikkerhetsnivå som oppfyller kravene i Eurokode 7 for ny infrastruktur.

Anbefalte tiltak er i hovedsak basert på Sikkerhetsnivå 1 da dette sikkerhetsnivået antas å gi den beste prioriteringen av tiltak for banestrekningen Grong – Mosjøen sett under ett. Effekten av tiltakene optimaliseres, generelt sett, ved at tiltakene utføres på de mest utsatte stedene. Det er likevel anbefalt tiltak iht. sikkerhetsnivå 2 på noen steder. Dette er steder som utmerker seg som spesielt utsatte på bakgrunn av tidligere hendelser eller registrerte tegn til ustabilitet under befarings. På noen få steder er det lite forskjell i sikringsomfang og sikkerhetsnivå 2 er derfor valgt. Tabell A gir en oppsummering over anbefalte tiltak på strekningen. Prinsippskisser for de aktuelle sikringstiltakene er presentert i kapittel 6. Anbefalte tiltak innebærer drenering av skjæring og fylling.

Jernbanestrekningen mellom km 227,70 og 228,50 er lokalisert innenfor kvikkleiresonen "1104-Gartland" som er betegnet med "faregrad lav" og "risikoklasse 3". Stabilitetsanalyser viser at sikkerheten mot skred for fyllingene ved km 228,365 og km 227,640 er for lav etter det som er anbefalt i dagens regelverk. Med tanke på at datagrunnlaget er begrenset, må analysene anses som en indikasjon på at sikkerhetsmarginen mot skred kan være liten. Det anbefales å utføre supplerende grunnundersøkelser for å få et bedre grunnlag for å vurdere utstrekningen av kvikkleire og behov for tiltak i disse områdene.

Tabell A: Oppsummering av anbefalte sikringstiltak på strekningen Nausthaugen - Gartlandsåsen.

Sikringstiltak	Reparasjoner	Løpemeter (m)*	Volum – oppfylling (m ³) *
Stikkrenner/ reserveløp	8 stikkrenner	–	–
Skråningsdren/ dypdrenering	–	2865	2292
Dreneringstiltak – fylling	–	394	591

* Usikkerhetene i mengdeanslag anslås å ligge innenfor +/- 20%.

Innhold

1	Innledning	8
2	Generell beskrivelse av område	8
3	Flomberegning og kulvertkapasitet	10
3.1	Flomberegning	10
3.2	Klimatologiske data og dimensjonerende nedbørintensitet	11
3.3	Snøsmelting	13
3.4	Stikkrennekapasitet og dimensjonering	14
3.5	Resultater	15
3.6	Usikkerhet	16
4	Grunnforhold og tolkning av grunnundersøkelser	17
4.1	Profil 1 (224,54-224,74 km) – Tegning 202	18
4.2	Profil 2 (228,24-228,54 km) – Tegning 204	18
4.3	Profil 3 (227,66-227,86 km) – Tegning 203	19
4.4	Profil 4 (227,55-227,63 km) – Tegning 203	19
4.5	Profil 5 (223,60-223,84 km) – Tegning 200	19
4.6	Profil 6 (223,81-223,81 km) – Tegning 201	19
4.7	Profil 7 (224,22-224,46 km) – Tegning 202	19
4.8	Profil 8 (228,41-228,41 km) – Tegning 205	20
5	Stabilitet av fyllinger, jordskjæringer og jordskråninger	20
5.1	Krav og regelverk	20
5.2	Konsekvensklasse, sikkerhetsnivå og akseptkriterier	20
5.3	Påvirkninger og dimensjonerende situasjon	22
5.4	Materialparametere	23
5.5	Beregningsverktøy og forutsetninger	24
5.6	Lagdeling	24
5.7	Resultat – Stabilitetsanalyser	25
6	Anbefalte tiltak	26
6.1	Formål med tiltak	26
6.2	Stikkrenner og reserveløp	26
6.3	Skråningsdren og dypdrenering	27
6.4	Dreneringstiltak på fylling	31
6.5	Geometriske tiltak (skjæring)	33
6.6	Tiltak innenfor kvikkleiresonen "1104 – Gartland"	33
7	Referanser	34

Tegninger

Tegninger 101 – 104 Plantegning med grunnundersøkelser – 1:1000
Tegninger 200 – 205 Tolket ERT profiler med grunnundersøkelser
Tegninger 300 – 309 Tiltaksplan for de respektive områdene – 1:1000

Vedlegg

Vedlegg A Flomberegning og kulvert kapasitet
Vedlegg B Faregradsevaluering – Kvikkleiresone Gartland
Vedlegg C Tolkning av treaksial forsøk
Vedlegg D Tolkning av ødometer forsøk
Vedlegg E Tolkning av CPTU
Vedlegg F Resultater fra stabilitetsanalyser

Kontroll- og referanseside

1 Innledning

NGI har på oppdrag fra Jernbaneverket utført en oversiktskartlegging av skredfare for Nordlandsbanen på strekningen Grong-Mosjøen (km 220 – 406) i 2012; ref. (1). Hovedhensikten med prosjektet har vært å identifisere mulig problemområder hvor nærmere vurderinger, detaljkartlegging og tiltak bør prioriteres de neste årene. Oppdraget omfatter faretypene jordskred, utvasking/utglidning av fyllinger, skred forårsaket av elveerosjon og leirskred.

Foreliggende rapport presenterer resultater fra detaljkartlegging på strekningen Nausthaugen-Gartlandsåsen (km 223,1-227,7) som ble anbefalt prioritert for detaljkartlegging av NGI i 2012; ref. (1). Den aktuelle strekningen er vist på oversiktskart, Figur 1. Rapporten presenterer i første omgang resultatene fra flomberegning og kulvert kapasitet gjort i samarbeid med Jernbaneverket; ref. (2), samt anbefalte tiltak for å forberede stikkrennekapasiteten på strekningen nevnt ovenfor.

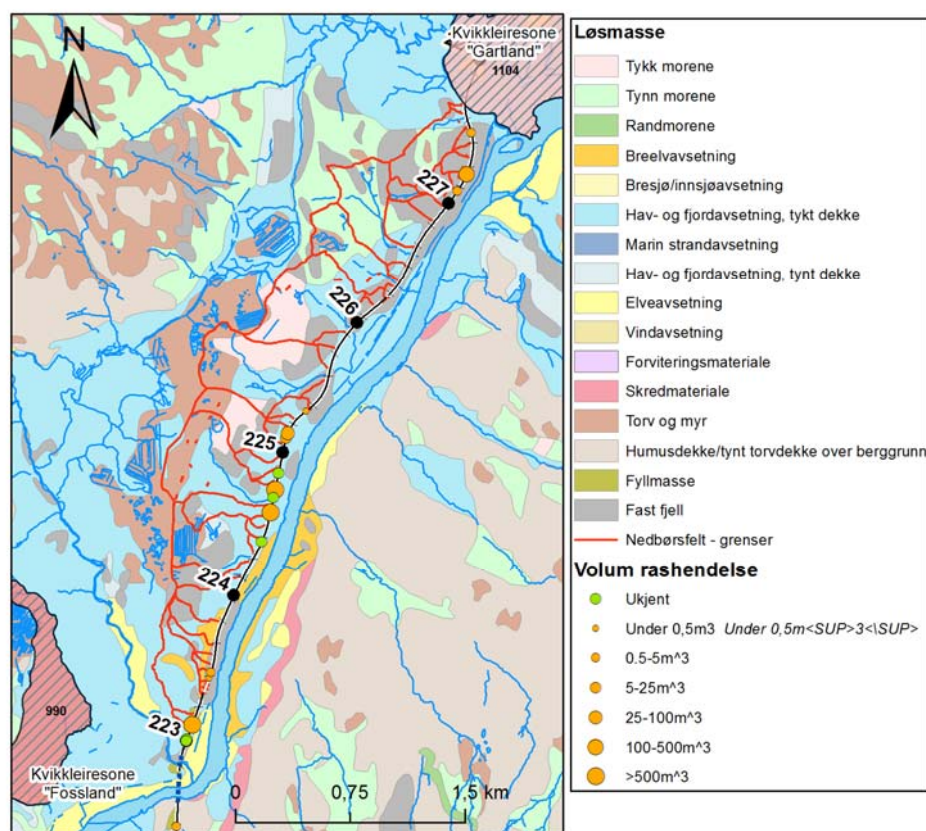
I forbindelse med detaljkartlegging har NGI utført supplerende grunnundersøkelser på den aktuelle strekningen og resultatene er presentert i NGI rapport 20120665-04-R; ref. (3). Tolkning av grunnundersøkelser er presentert i foreliggende rapport sammen med tolkning av ERT-kartleggingen. Rapporten omhandler også en vurdering av stabilitet for skjæringer og fyllinger, samt en anbefaling av aktuelle sikringstiltak. Målet med sikringstiltakene er å redusere sannsynligheten for at ulike typer skredhendelser skal inntreffe på den aktuelle strekningen.

2 Generell beskrivelse av område

Jernbanestrekningen mellom Nausthaugen og Gartlandsåsen går i veksling mellom jordskjæringer og fyllinger i bratt og noe ravinert terreng. Jernbanesporet følger vestsiden av Namsen og E6 i Namdalen. Løsmassene i dette området består i hovedsak av marine avsetninger og det er tidligere kartlagt to kvikkleiresoner i nærområdet; én ved Fosslund (km 223) hvor faregraden er antatt "middels", og én ved Gartland (km 227,5) hvor faregraden er antatt "lav". Hovedproblemet langs denne strekningen er overflateskred fra de bratte skjæringene og flere bratte fyllinger på leiravsetninger som har redusert bæreevne.

Hendelsesregistre fra Jernbaneverket viser at det har forekommet minst 21 skredhendelser på strekningen Nausthaugen – Gartlandsåsen. Av disse er det 10 hendelser som er knyttet til jordskred i sideterreng, 5 til utglidning av fylling og resterende 6 beskrives som is nedfall og steinsprang. Minst 11 av de 15 skredhendelsene som oppsto i løsmasse har forekommet under ekstreme meteorologiske forhold på strekningen (

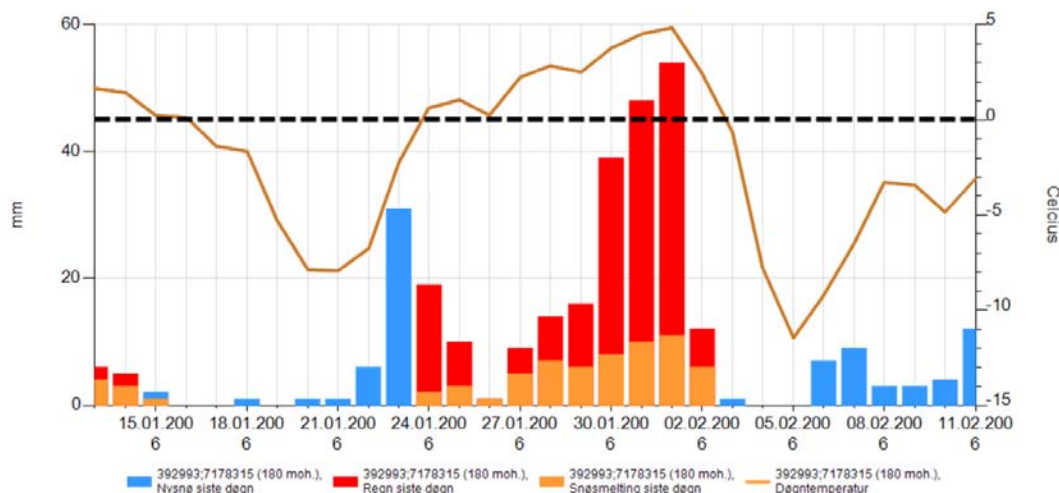
Tabell 1). Fyllinger er spesielt utsatt i vinterhalvåret i perioder hvor kraftig snøfall og kuldeperioder er etterfulgt av vinterregn. En slik værissituasjon førte til to hendelser i 2006 (Figur 2).



Figur 1: Løsmassekart, oversikt over tidligere hendelser og nedbørsfelt-grenser på strekningen Nausthaugen – Gartlandsåsen på Nordlandsbanen.

Tabell 1: Beskrivelse av historiske skredhendelser på strekningen Nausthaugen – Gartlandsåsen (223,1-227,7 km) basert på meteorologiske data fra Namskogan (1961) og Harran (1990).

Antall hendelser	Dato	12 timers nedbørintensitet (www.eklima.no)
6	21.11.1961 22.11.1961	50 mm (21.11.1961) 39 mm (22.11.1961)
1	06.12.1962	Ukjent forhold
1	10.01.1973	Ukjent forhold
1	25.11.1983	40 mm (25.11.1983) Det var noen kalde dager ($T < 10^{\circ}\text{C}$) rett før hendelsen.
1	02.12.1990	10,2 mm (01.12.1990) 43 mm (2.12.1990)
1	15.01.1992	Varm periode i januar (11-15 Jan. 1992) med vinterregn
1	17.11.2001	Ukjent forhold
2	09.02.2006	Mye snø ved slutten av januar etterfulgt av kraftig regn og snøsmelting i starten av februar og etter en kulde periode.
1	Mai 2014	Usikker når skredet gikk, men det ble registrert mye regn rundt 16 mai (total 29 mm).



Figur 2: Døgnverdier for nysnø, snøsmelting, regn og døgntemperatur i perioden 15 januar til 11 februar 2006 hvor 2 hendelser ble registrert på strekningen Nausthaugen - Gartlandsåsen (data fra www.senorge.no).

3 Flomberegning og kulvertkapasitet

3.1 Flomberegning

For å anslå den maksimale flommen fra et gitt nedbørsfelt som drenerer til en spesifikk stikkrenne, har en manuell beregningsmetode blitt brukt [se også ref. (4) (5)]. Den *rasjonelle formel* gir enkle overslagsberegninger av avrenningen og baseres på målt nedbør fra de nærmeste meteorologiske stasjonene i det aktuelle området.

For nedbørsfelt mindre enn 200-500 ha er avrenningen beregnet som følge:

$$[1] \quad Q = C \times i \times A \times K_f$$

der: Q = avrenning, L/s;

i = dimensjonerende nedbørintensitet, L/(s*ha)

C = avrenningskoeffisient, dim.løs;

A = areal av nedbørsfelt, ha;

K_f = klimafaktor.

Arealet til nedbørsfeltene på strekningen Nausthaugen-Gartlandsåsen er blitt kartlagt av Jernbaneverket med bakgrunn i kart fra Statens Kartverk med meters koter og markslag (kartvisning og ortofoto) [ref. (2)]. Med den informasjonen har så nedbørsfeltene manuelt blitt tegnet inn og lagret i GIS (Figur 1). I alt er det inntegnet 41 nedbørsfelter på strekningen Nausthaugen-Gartlandsåsen. I gjennomsnitt er nedbørsfeltene på strekningen Nausthaugen-Gartlandsåsen 6,0 ha. Det vises til ref. (2) for mer detaljer om nedbørsfeltene.

Beregningsmetoden [1] vil ofte gi for høye vannføringsverdier, spesielt når regnvarigheten er mindre enn konsentrasjonstiden. Konsentrasjonstiden er lik tiden

en vannpartikkel bruker fra ytterste punkt i nedbørsfeltet til utløpet (dvs. stikkrennen). Også der regnvarigheten er lik konsentrasjonstiden får man for høye avrenningsverdier, opp til 30-40 %; ref. (6).

Avrenningsfaktoren (C) skal velges ut fra sannsynlig arealbruk i framtida. Det vil si at dersom det er utbyggingsplaner for området så skal det reflektere valget av C -verdi. Tabell 2 gir noen veiledende verdier for C . Ved sammensatte felt finnes en avrenningsfaktor for hvert enkelt del-felt, og en midlere, veiet avrenningsfaktor beregnes for hele feltet.

Tabell 2: Avrenningsfaktor (C) for ufrosset overflate, returperiode 10 år [fra ref. (4)]

Overflatetype	Avrenningsfaktor, C
Betong, asfalt, bart fjell og lignende	0,6-0,9
Grusveger	0,3-0,7
Dyrket mark og parkområder	0,2-0,4
Skogsområder	0,2-0,5
Myrområder	0,2

For flate og permeable overflater med stor avstand ned til grunnvannet brukes de laveste verdier i tabellen. For mer bratte og tette overflater eller der grunnvannsspeilet ofte går opp til overflaten brukes de høyeste verdiene. For nedbør med returperiode lengre enn $n = 10$ år økes C -verdiene etter følgende retningslinjer (opp til en maks. koeffisient $C = 0,95$): 25 år – legg til 10%; 50 år – legg til 20%; 100 år – legg til 25%. Da det ikke finnes noen oversikt over skalering for 200 års returperiode, har et tillegg på 36 % blitt brukt etter grunnlag fra Vegdirektoratets rapport [ref. (7)]. De lave C -verdiene i Tabell 2 gjelder for regn med varighet kortere enn 1 time og de høye verdiene gjelder for regn med varighet lenger enn 3 timer. De fleste nedbørsfeltene er skogdekte og høydene i terrenget varierer. Der arealet av andre overflater som bart fjell, dyrket mark og urbane områder er en betydelig del av nedbørsfeltet er dette tatt hensyn til ved bruk av en midlere, veiet avrenningsfaktor. Vedlegg A gir en oversikt over valgte avrenningskoeffisienter (C) beregnet av JBV i ref. (2) for nedbørsfeltene på strekningen Nausthaugen-Gartlandsåsen.

3.2 Klimatologiske data og dimensjonerende nedbørintensitet

Klimaet i Nord-Trøndelag, som også ellers i kyst-Norge, er preget av sammenhengende nedbør på grunn av lufta som kommer inn fra havet, og ikke av kortvarige byger som lenger innlands. Nedbøren kommer relativt jevnt gjennom hele året, men aller hyppigst om høsten. I studieområdet kommer det i gjennomsnitt opptil ca. 1300 mm nedbør i året (Tabell 3).

Tabell 3: Normale nedbørsverdier målt ved meteorologiske stasjoner på Harran, Trones og Namsskogan.

Normal nedbør (mm)			
Måned	Harran (1980-1995)	Trones (1992-2013)	Namsskogan (1895-2013)
Januar	133	130	113
Februar	104	110	88
Mars	104	111	91
April	84	75	73
Mai	58	53	53
Juni	69	72	75
Juli	100	97	100
August	101	90	96
September	150	142	145
Oktober	164	157	146
November	123	123	105
Desember	150	140	125
Sum normal nedbør	1340	1300	1210

Dimensjonerende nedbørintensitet (i) er hentet fra *eKlima* (Meteorologisk institutt – Vær og klimadata, 2013) som er kvalitetsgodkjente data fra *Metrologisk Institutt*. I mangel på nedbørstasjoner med gode data i direkte nærhet til banestrekningene rapporten tar for seg, har de høyeste verdiene fra et utvalg av 11 regionale stasjoner blitt implementert (Figur 3). I beregningene av kulvertkapasitet er returperioden satt til 200 år og nedbørintensiteten velges ut fra feltets konsentrasjonstid (t_c). En returperiode på 200 år er krav fra Jernbaneverkets *Teknisk Regelverk* ved prosjektering av nye stikkrenner.

Konsentrasjonstiden (t_c) regnes ut fra formel for naturlige felt (ref. (4)), der feltets lengde (L) og høydeforskjellen i feltet (H) er målt på kart:

$$2) \quad t_c = 0.6 \cdot \left(L / \sqrt{H} \right) + 3000 \cdot A_{se}$$

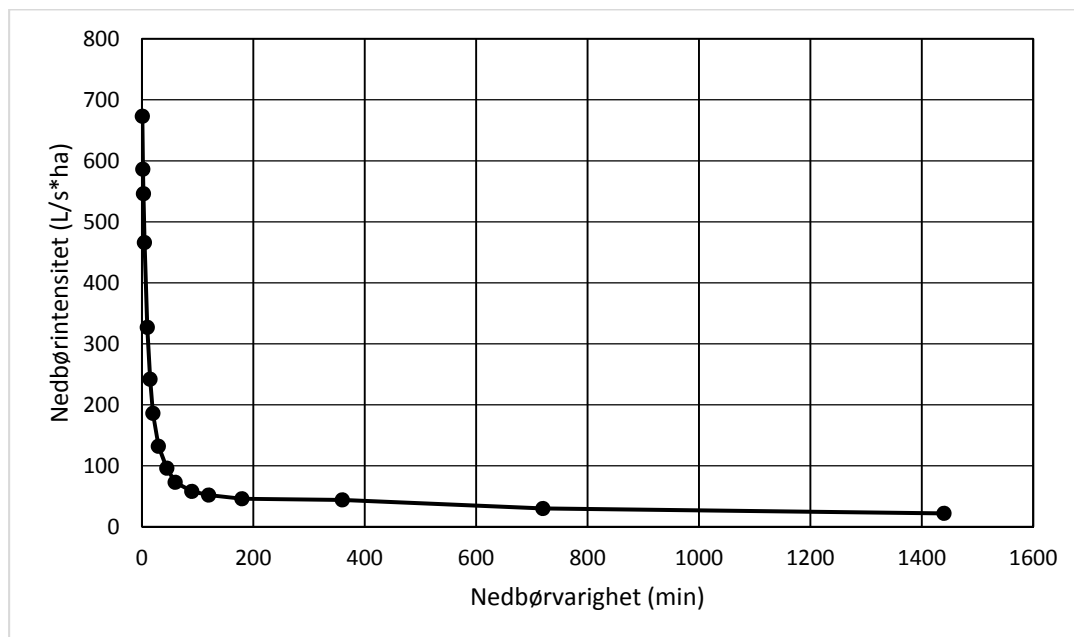
der: t_c = konsentrasjonstiden, min

L = lengde av feltet, m

H = høydeforskjellen i feltet, m

A_{se} = andel innsjø i feltet, forholdstall

Faktoren A_{se} har blitt vurdert for hvert enkelt felt av JBV i ref. (2). Store områder med myr langt ned i feltene har i enkelte tilfeller blitt inkludert i den verdien. Det vises til ref. (2) for mer detaljer.



*Figur 3: Maksimale verdier av nedbørintensitet (L/(s*ha)) i forhold til nedbørvarighet for en returperiode på 200 år tatt ut fra et utvalg av 11 regionale stasjoner direkte nærhet til strekningene Folmer-Setervollen og Gartland-Harran. Det vises til ref. (2) for mer detaljer.*

Klimafaktoren i likning [1] kan ha verdier fra 1,0 og oppover. For dimensjoneringsberegninger av stikkrennene og øvrig dreneringsanlegg tilsier teknisk regelverket i JBV [ref. (5)] at det skal legges til grunn 200 års gjentakintervall, samt et påslag i form av en klimafaktor på 20 %. Klimafaktoren benyttes for å ta høyde for at både intensiteten og frekvensen av intense nedbørsepisoder øker i årene fremover pga. av klimaendringer. I følge Statens vegvesen (Håndbok 018; ref. (4)), skal klimafaktoren for tekniske installasjoner som har en forventet teknisk levetid på 100 år være 30 % for 10 års returperiode for nedbør og 40% for 100 års returperiode. Det er ikke definert en klimafaktor for 200 års returperiode. I denne rapporten har NGI valgt å evaluere effekten av å bruke både en klimafaktor på 20% og 40% for flomberegning og kapasitet av stikkrennene på Nordlandsbanen. Resultatene for avrenningen beregnet med en klimafaktor på 20% ($Q_{20\%}$) og 40% ($Q_{40\%}$) er presentert i Vedlegg A.

3.3 Snøsmelting

Snøsmeltingen varierer med lufttemperaturen. Ved en lufttemperatur på 20°C kan snøsmeltingen bli så høy som 100 mm/døgn. Dette tilsvarer ca. 1200 l/s·km² eller 12 l/s·ha. Dette må anses for å være en ekstremverdi. I Februar 2006 hadde man en snøsmelting som ble betegnet som kraftig. Til sammen med regnværet og tette stikkrenner førte vær-situasjonen til 2 hendelser på strekningen Nausthaugen - Gartlandsåsen (Tabell 2). Smeltingen ble rapportert å være opptil ca. 10 cm per dag (Figur 2). Dette utgjør ca. 10 mm vann per dag og en avrenning på 11,6 l/s·ha.

Sammenliknet med avrenningen fra feltene ved nedbør med 200 års gjentakintervall utgjør dette kun 8-12 %.

For stikkrenner er det korttidsavrenningen og ikke avrenningsvolumet som er dimensjonerende. For små felt er det som regel regnflommer som er kritiske. I de alle fleste områdene i landet vil en kombinert avrenning på grunn av normal nedbør og snøsmelting sannsynligvis alltid være lavere enn avrenningen i forbindelse med kraftige regnskyll. Avrenningen kan likevel øke betraktelig i perioder med mye snøsmelting, men eventuelt bidrag fra snøsmelting er neglisjert i beregning av avrenning i denne rapporten. Dette er fordi formelen for avrenning fra *Teknisk regelverk* bare tar hensyn til nedbør i form av regn. Det fører dermed til en viss usikkerhet i beregningene.

3.4 Stikkrennekapasitet og dimensjonering

Kapasiteten til de eksisterende stikkrennene på strekningen Nausthaugen-Gartlandsåsen er funnet ved hjelp av hydrauliske beregninger gjort av JBV i ref. (2). Forhold som bestemmer kapasiteten er tverrsnitt, innløpets geometri og utforming og vannstand ved innløpet. Kapasitet for stikkrenner med firkantet tverrsnitt er funnet ved hjelp av nomogram fra SINTEFs rapport *Flomberegning og kulvertdimensjonering* ref. (8). Tabell 4 viser de utregnede verdiene for en del vanlige dimensjoner. Kapasitet for sirkulære stikkrenner med innløpskontroll er vist i Tabell 5 og beregnet etter en tabell i *Vassdragshåndboka* (NVE, 2010). Det antas at stikkrennene har utstikkende rør-ende (type C) fordi dette er det som gir dårligst kapasitet, og man antar at dette ofte vil være tilfellet for konstruksjonen. Det vises til ref. (2) for mer detaljer om beregning av stikkrennekapasitet.

Tabell 4: Beregnet kapasitet for stikkrenner med firkant tverrsnitt [etter ref. (2) og (8)].

Tverrsnitt (mm)	300*300	200*400	400*400	600*400	500*500	400*600	
Kapasitet (l/s)	75	78	156	234	275	300	
Tverrsnitt (mm)	600*500	500*600	600*600	400*800	400*900	700*700	
Kapasitet (l/s)	330	375	450	480	560	665	
Tverrsnitt (mm)	800*700	600*900	800*800	500*1100	600*1200	800*1000	1000*1500
Kapasitet (l/s)	760	840	960	1000	1314	1360	3400

Tabell 5: Beregnet kapasitet for stikkrenner med sirkulær tverrsnitt (NVE, 2010).

Tverrsnitt (mm)	300	400	500	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000
Kapasitet (l/s)	68,4	140,4	244,8	384	782,4	1356	2136	3120	4356	5476	7129

3.5 Resultater

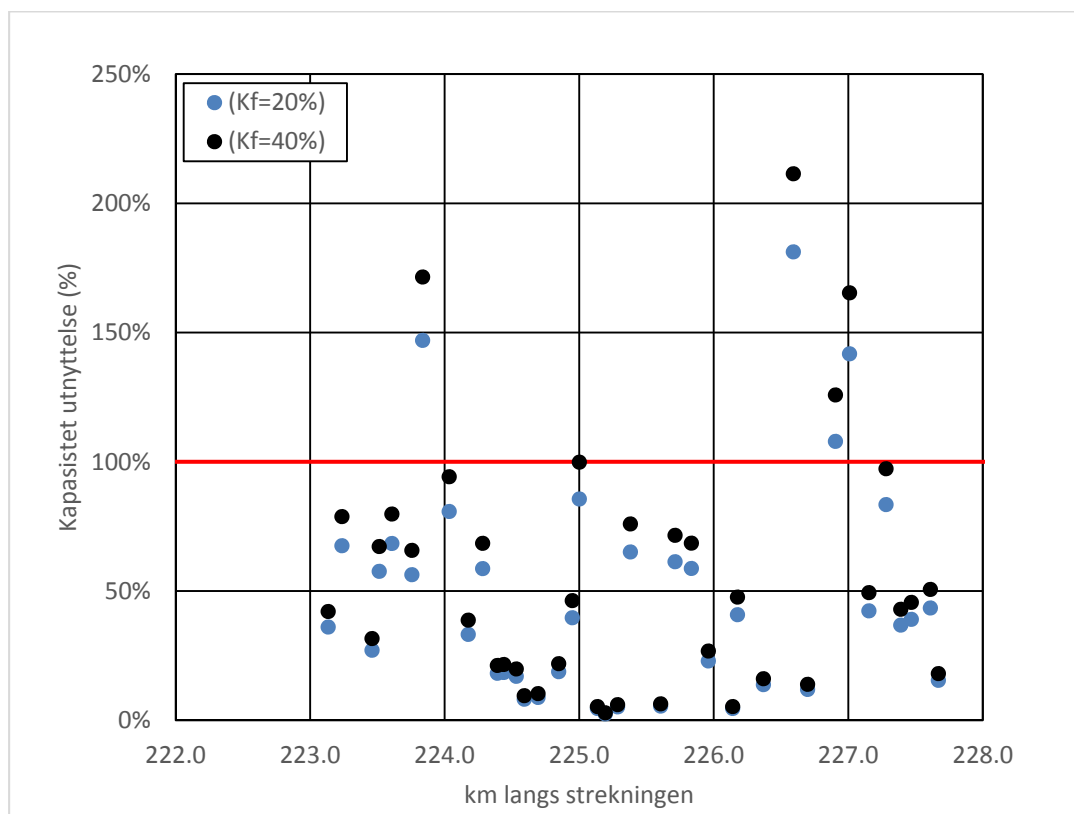
Dagens kapasitet (Q) for alle stikkrennene på strekningen Nausthaugen-Gartlandsåsen er presentert i Vedlegg A. Beregnet kapasitet forutsetter at innløpet og utløpet er åpnet til enhver tid. Forholdstallet mellom beregnet avrenning ($Q_{20\%}$ eller $Q_{40\%}$) og dagens kapasitet (Q) gir informasjon om kapasitetsutnyttelse for hver enkelt stikkrenne. Resultatene er presentert henholdsvis i form av $K_{20\%}$ og $K_{40\%}$ for dagens stikkrenner med klimafaktor på 20 og 40% i Vedlegg A.

Det er til sammen 5 stikkrenner med kapasitetsutnyttelse lik eller over 100% på strekningen Nausthaugen-Gartlandsåsen (Figur 4). I gjennomsnitt varierer kapasitetsutnyttelse mellom 47-55 % avhengig av hvilken klimafaktor som er brukt i beregningene.

NGI har vurdert behov for tiltak på stikkrenner basert på beregningene av stikkrennekapasitet og befaringer gjort i felt (se kommentarfeltet på Tabell 2 i Vedlegg A). Anbefaling av mindre tiltak i Vedlegg A betyr i praksis at reparasjoner og/eller rensk av grøft ved inngangen/utgangen av de aktuelle stikkrennene er nødvendig. Hvis kapasitetsutnyttelse med klimafaktor 40% (dvs. $K_{40\%}$) er større enn 100 %, har NGI undersøkt magasineringsarealet oppstrøms for stikkrennene. Dette gjelder 4 av 41 stikkrenner presentert i Vedlegg A. For stikkrenne ved km 223,837 er magasineringsarealet stort nok for å ta imot en 200 års nedbørshendelse. Stikkrenner ved km 226,906 og 227,011 ligger i fjellterreng og beregningene anses som svært konservative, samt at det ikke er registrert tidligere hendelser i disse områdene. Det er derfor ikke foreslått tiltak. Når det gjelder stikkrennen ved km 226,593 er det nylig (2013-14) gjort omfattende arbeid for å forbedre kapasitet mha ny stikkrenne og reserveløp med "steamrør". Dette var det ikke tatt hensyn til i beregningene av kapasitet, og kapasiteten er pr. i dag tilstrekkelig.

Basert på beregningene og på observasjoner gjort under befaring er det dermed antatt god nok kapasitet på de aller fleste stikkrenne på strekningen. Det er ikke anbefalt noe "større" tiltak. Mindre tiltak er likevel anbefalt på strekningen **Nausthaugen – Gartlandsåsen** på km 223,135 – 223,461 – 223,515 – 224,176 – 224,283 – 224,533 – 224,848 – 224,950 – 226,906. Dette innebærer for det meste rensk av innløp/utløp og evt. reparasjon av lem over innløp.

Tiltakene er beskrevet i detaljer i kap. 6 og Vedlegg A.



Figur 4: Oversikt over kapasitetsutnyttelse for stikkrenner på strekningen Nausthaugen-Gartlandsåsen. Punktene på og ovenfor den "røde" linjen tilsier at stikkrennekapasitet kan være for liten i perioder med 200 års nedbørintensitet. Merk at beregningene forutsetter at stikkrennene er åpne og rensket for slam, og at de fungerer optimalt til enhver tid. Se Vedlegg A for mer detaljer.

3.6 Usikkerhet

Ved flomberegninger og ved beregning av stikkrennekapasitet vil det alltid være elementer av usikkerhet. Disse er oppsummerte herunder:

- Det er usikkerhet knyttet til grensene mellom nedbørfeltene. Det beste kartgrunnlaget med 1 m koter ble brukt for å tegne nedbørsfeltene, men det er likevel ofte vanskelig å ta hensyn til lokale dreneringseffekter (skogsveier, lokale grøfter, osv.).
- Et eventuelt bidrag fra snøsmelting er neglisjert i beregning av avrenning.
- Det er usikkerhet i frekvenskurven for nedbør. Korte dataserier gir usikkerhet for lange returperioder og de fleste stasjonene måler ikke korttidsnedbør om vinteren.
- Usikkerhet i overføring av frekvenskurver for nedbørintensitet fra nedbørstasjon til aktuelle felt. Det kan være lokale forskjeller selv innenfor et relativt begrenset område.

- Usikkerhet i fastsettelse av avrenningsfaktoren (C). Faktoren varierer avhengig av helning på feltet, innsjøareal, avstand til grunnvannet mv. Valget av avrenningskoeffisienter er basert på skjønn.
- Usikkerhet fordi frekvenskurvene for nedbør er forskjellige fra frekvenskurvene for avrenning. Det er ikke alltid en direkte sammenheng mellom nedbør og avrenning slik formelen viser.
- Effekten av klimaendringer er usikker. Det er for å ivareta effekten av forventede klimaendringer brukt historiske verdier tillagt 20-40%. Nedbørstatistikken som er vurdert og benyttet i beregningene baserer seg på relativt gamle data. Eventuelle klimaendringer som vi kanskje allerede har i dag er således ikke tatt hensyn til.
- Ved kapasitetsberegningene av eksisterende stikkrenner er det forutsatt at stikkrennene er åpne og rensket for slam. Det vil si at de er satt i opprinnelig tilstand og fungerer optimalt.

4 Grunnforhold og tolkning av grunnundersøkelser

NGI har i uke 33 – 40 2014 utført supplerende grunnundersøkelser på den aktuelle strekningen. Det er i alt boret i 10 punkter på strekningen Nausthaugen-Gartlandsåsen. I tillegg til grunnboringene ble det utført resistivitetsmålinger i 8 profiler med hjelp av ERT (Electrical Resistivity Tomography) i august 2013. I prioriteringsområde 4 (Nausthaugen-Gartlandsåsen) ble det målt 8 profiler. En komplett oversikt over resultatene fra grunnundersøkelser og fra ERT-kartlegging er henholdsvis presentert i ref. (3) og (9). Situasjonsplanene på Tegning 100-104 viser plassering av utførte boringer, samt boret dybde og plassering av ERT-profiler. Tolkede grunnundersøkelsesprofiler er presentert i Tegninger 200-205 og nærmere beskrevet i det følgende.

Tolkningen av lagdeling og grunnforhold er basert på integrering av grunnundersøkelser og ERT-profiler. Tolkningen er utført på bakgrunn av resistivitetsverdiene målt i de enkelte profilene, ved sammenligning med nærliggende parallelle profiler og med kryssende profiler. Der det er utført geotekniske undersøkelser, er resultatene fra disse også benyttet i tolkningen. I de fleste profilene er det godt samsvar mellom målte data fra grunnundersøkelser og geofysikk.

Grunnlaget for resistivitetskartlegginger er naturlige forskjeller i ledningsevne i jordsmonn og berggrunn. På grunnlag av tidligere studier der det er målt i felt og i lab kan det til en viss grad differensieres mellom forskjellige løsmassetyper. Tabell 6 viser klassifisering av sedimenter fra resistivitetsverdier som kan benyttes som utgangspunkt for tolkning av 2D resistivetsprofiler (for mer utførlig diskusjon av klassifisering, se f.eks. ref. (10)). Det er viktig å være klar over at det er gradvise overganger mellom klassene, slik det gjerne også er i sedimentene selv. Det kan også være lokale variasjoner avhengig av f.eks. porevannskjemi, metningsgrad og mineralsammensetning.

Tabell 6: Utgangspunkt for løsmasseklassifisering fra resistivitetsverdier. Merk at det er gradvise overganger mellom klassene, og at det kan være lokale variasjoner avhengig av f.eks. porevannskjemi, metningsgrad og mineralsammensetning (basert på bl.a. ref. (11))

Resistivitetsverdier	Materiale	Beskrivelse
1-10 Ωm	Marin avsetning (saltholdig)	Leira har vært lite utsatt for utvasking etter avsetning. Porevannet inneholder fremdeles mye ioner som stabiliserer strukturen og gir god ledningsevne og dermed lave resistivitetsverdier. Godt ledende mineraler som sulfider og grafitt, og andre sedimenter mettet med ionerikt vann kan også gi lave resistivitetsverdier.
10-100 Ωm	Utvasket marinavsetning Potensiell kvikkleire	Utvasking av leire fører til færre ioner i porevannet og ved et saltinnhold på mindre enn ca. 5 g/l kan kvikkleire dannes. Resistivitetsverdiene er fremdeles lave, men høyere enn for saltholdig leire. Utvasket, men ikke-kvikk leire, leirig morene og siltige sedimenter kan også ligge i dette intervallet.
> 100 Ωm	Tørreskorpe leire, silt, sand, grus og fjell	Tørreskorpeleire, leirskred-masser, sand og grus vil ha høyere resistivitetsverdier. Vanninnhold i sedimentene vil ha betydning for lednings-evnen. Berggrunnen har som regel resistivitetsverdier på flere tusen ohm, men oppsprukket fjell og malmrike bergarter kan ha betydelig lavere resistivitet.

4.1 Profil 1 (224,54-224,74 km) – Tegning 202

Profil GP1 går parallelt med jernbanelinjen på høyre siden av fylling og krysser to stikkrenner ved km 224,593 og 224,695. Det er rapportert en hendelse i 1984. ERT kartleggingen og grunnundersøkelser i punkt NG-5 og NG-6 viser leire og siltmasser over fjell. Dybden til fjell/faste masser varierer fra 6 til 10 m under terreng (dypest nord i profilet). Det er kartlagt grove masser i fyllingen ved km 224,556-224,630 og km 224,670-224,740.

4.2 Profil 2 (228,24-228,54 km) – Tegning 204

Profil GP2 går langs sporet er målt opp langs sporet og fyllingen like sør for Gartland stasjon. Profilen ligger innenfor kvikkleiresone "1104-Gartland". JBV har over tid observert setninger i fyllingen her. ERT kartleggingen og resultatene fra grunnundersøkelser i punkt NG-8 og NG-9 indikerer at fyllingene består av grovt material (opptil 10 m under terreng). Under de grove massene er det kartlagt lagdelt leire/silt/sand ned til kote 75 m. Fra kote 75 m og helt ned til 45 m er det registrert silt og leire. Tolkning av CPTU data viser at leira kan være sensitiv. Dette samsvarer med en utflating og noe "overheng" i dreitrykk sonderingen i samme dybde intervall.

4.3 *Profil 3 (227,66-227,86 km) – Tegning 203*

Profil GP3 går på utsiden (vestsiden) av fyllingen mellom km 227,66 og 227,86. Setninger er tidligere registrert i fyllingen. Profilet krysser en stikkrenne ved km 227,671. ERT kartleggingen viser tre lag i dybden. Det øverste laget består av stein/grus (faste masser) og variere i tykkelsen fra 4-8 m under terreng. Under dette laget er det registrert et tykkere (opptil 15 m) lag med leire og silt over faste masser. Borpunkt NG-7 viser at dette laget er sensitiv ved km 227,87.

4.4 *Profil 4 (227,55-227,63 km) – Tegning 203*

De første 30 m av Profil GP4 går gjennom en dobbeltsidige fjellskjæring og fortsetter deretter på toppen av en opptil 10 m høy fylling. Setninger er tidligere registrert i fyllingen. Det var tørr sand og pukk i terrenget og dette førte til noe dårlig kontakt mellom jorda og elektrodene, og høy resistivitet i topp laget. Kartlegging viser for øvrig høye resistivitetsverdier opptil ca. 15 m under terreng. Dette tyder på steinfylling. Dette stemmer overens med den registrerte fjelltunnel ved km 227,61. Det er registrert noe lavere resistivitetsverdier mot slutten av profilet som tyde på mer grus- sandholdige masser i fyllingen.

4.5 *Profil 5 (223,60-223,84 km) – Tegning 200*

ERT profil GP5 ble utført langs jernbanelinje nedenfor kabelboksen. GP5 krysser flere stikkrenner (ved km 223,609; 223,757 og 223,837) og det er registrert punktering ved 223,60km. På kværtgeologisk kart er løsmassene i området karakterisert som breelvavsetning. ERT resultatene viser som regel resistivitetsverdier over 800 ohm-m i de øverste 6 m. Dette tolkes som sand/grus materialer. Dybde til fjell/faste masser varierer fra 5-6 m under terreng langs profilet. Det er registrert en lomme med lavere resistivitetsverdier ved km 223,69 (90 m på profil GP5) og denne korrelerer med en rygg i topografien. De lavere verdier kan indikere bløtere silt/leirholdige materialer.

4.6 *Profil 6 (223,81-223,81 km) – Tegning 201*

Profil GP6 krysser jernbane på km 223,81. Nullmarken er nær veien mens 160 m-marken er på ryggen i vest. ERT kartleggingen viser høye resistivitetsverdier i ryggen mot vest, noe som tyder på grove materialer. Dette stemmer overens med det kvartærgeologiske kart som viser breelvavsetning i dette området. Borpunkt NG-2 ved sporet indikerer faste masser (sand/grus) ned til ca. 8 m under terreng.

4.7 *Profil 7 (224,22-224,46 km) – Tegning 202*

Profil GP7 går langs sporet og krysser stikkrenner ved km 224,283; 224,393 og 224,440. NGUs løsmassekart viser tykt hav og fjord avsetninger langs profilet. Det er kartlagt grove masser i fyllingene ved km 224,26-224,29 og 224,36-224,45. ERT kartleggingen og grunnundersøkelser i punkt NG-4 viser siltige og leirig masser over fastere lagdelte masser av leire/silt/sand helt ned til 35 m under terreng (tilsvarende høydeforskjell ned til Namsen). De faste massene samsvarer med breelvavsetningene

på det kvartærgeologiske kartet. Det har ikke vært mulig å kartlegge dybde til fjell i profilet.

4.8 Profil 8 (228,41-228,41 km) – Tegning 205

Profil GP8 går på tvers over fyllingen ved km 228,41 og er innenfor kvikkleiresone Gartland. GP8 krysser GP2. ERT kartleggingen viser høye resistivitetsverdier i de første 5 m under terrenget i fyllingen. Under fyllingen, samt ovenfor og nedenfor denne viser ERT kartleggingen betydelige lavere resistivitetsverdier ned til minst 40 m under terrenget. De lave verdiene samsvarer med marin avsetninger (dvs. silt og leire) som også observert i profil GP2. Verdier mellom 8-100 ohm-m kan tyde på utvaskede og sensitive marin avsetninger som kartlagt i borpunkt NG-8 og NG-9.

5 Stabilitet av fyllinger, jordskjæringer og jordskråninger

5.1 Krav og regelverk

Gjeldende teknisk regelverk for geoteknisk prosjektering i Jernbaneverket er:

- NS-EN 1990-1:2002 + NA:2008 (Eurokode 0) (ref. (12))
- NS-EN 1991-1:2004 (Eurokode 1) (ref. (13))
- NS-EN 1997-1:2004 + NA:2008 (Eurokode 7) (ref. (14))
- Jernbaneverket (JBV), Teknisk regelverk. Utgitt 25.04.2014 (ref. (15))

I tillegg, og i den grad de er relevante, er følgende veiledninger benyttet:

- Statens Vegvesen (SVV). Håndbok 016 Geoteknikk i vegbyggen, Juni 2010 (ref. (16))
- Statens Vegvesen (SVV). Håndbok 018 Vegbygging, Januar 2011. (ref. (4)).
- NVE retningslinjer nr. 7/2014, Sikkerhet mot kvikkleireskred. ref. (17).

5.2 Konsekvensklasse, sikkerhetsnivå og akseptkriterier

Konsekvensklasse er behandlet i tillegg B i "Eurokode 0". Tabell NA.A1 (901) i nasjonalt tillegg av Eurokoden gir rettleidende eksempler på klassifisering av byggverk, konstruksjoner og konstruksjonsdeler i Pålitelighetsklasser (CC/RC) 1-4 ref. (12).

På strekningen Nausthaugen – Gartlandsåsen består løsmassene for en stor del av lagdelte leire-, silt- og sandavsetninger. Hovedproblemstillingen er lokale overflateutglidninger i seigbruddsmateriale. Laveste konsekvensklasse (CC/RC 1) er valgt iht. ref. (12) og (16). Dette tilsvarer «Mindre alvorlig» iht. teknisk regelverk, ref. (15).

Iht. vanlig praksis velges konsekvensklasse CC3 der det kan være fare for større skred pga. kvikkleire / sprøbruddmateriale, ref. (16). Dette tilsvarer «Meget alvorlig» iht. teknisk regelverk, ref. (5). Sprøbruddmateriale er påvist i profil 2, 3 og 8 på strekningen Nausthaugen – Gartlandsåsen (se kap. 4).

Materialkoeffisienten representerer forholdet mellom de stabiliserende kreftene og drivende kreftene i en skråning. I følge JBV's tekniske regelverk (ref. (5)) skal skråningenes og fyllingenes sikkerhet mot utglidning (materialkoeffisient) dokumenteres med anerkjente beregningsmetoder. Materialkoeffisienten skal normalt ikke settes lavere enn 1,3. Den økes når faren for progressiv bruddutvikling i sprøbruddmaterialer anses å være tilstede, og når det kreves for å bringe den i overensstemmelse med anerkjent praksis for den anvendte analysemetoden og den foreliggende problemstillingen.

Veiledende materialkoeffisienter ved beregning av stabilitet for nyanlegg er gitt i Tabell 7.

Tabell 7: Materialkoeffisienter (γ_M) ved stabilitetsberegninger etter ref. (5).

Analysetype	Skadekonsekvensklasse	Bruddmekanisme		
		Seigt	Nøytralt	Sprøtt
Effektivspenningsanalyse, $\alpha\phi$ -metoden	Mindre alvorlig	1,20	1,30	1,40
	Alvorlig	1,30	1,40	1,50
Totalspenningsanalyse, ADP-metoden	Meget alvorlig	1,40	1,50	1,60
	Mindre alvorlig	1,40	1,55	1,70
Totalspenningsanalyse, Su-metoden	Alvorlig	1,55	1,70	1,85
	Meget alvorlig	1,70	1,85	2,00

Bruk av teknisk regelverk og materialkoeffisienter i Tabell 7 kan, avhengig av konsekvensklasse, føre til et omfang av sikringstiltak som er så stort at det ikke er realiserbart pga. kostnads- og tidsmessige begrensninger. Dette skyldes at det ikke fantes noe tilsvarende regelverk da banen ble bygget før og delvis under siste verdenskrig. For å redusere inngrepene så mye som mulig, ble skråningene lagt med bratt helningsvinkel og med lavere sikkerhetsmargin mot utglidning enn det som aksepteres i dag.

For å finne et riktig sikkerhetsnivå, som gir tilstrekkelig forbedring av stabilitetsforholdene i kritiske områder og som samtidig er realistisk å oppnå med «fornuftige sikringstiltak», ble det under prosjektmøtet med JBV den 20.01.2014 bestemt at to akseptkriterier skulle undersøkes mht. nødvendig omfang av sikringstiltak:

- Sikkerhetsnivå 1 – «Værberedskap»: Materialkoeffisient relatert til fastsatte terskelverdier for nedbørintensitet som medfører at banen stenges for trafikk. Terskelverdi (grensen) for stengning av banen er fastsatt til 50 % av stedets 200 års nedbørintensitet (for nedbør med varighet på 12 timer). Når aktuelle terskelverdier for nedbørintensitet som medfører stengning legges inn i beregningsmodellen, aksepteres en materialkoeffisient så lav som $\gamma_M = 1,05$ siden banen stenges. Lavere sikkerhetsfaktor krever tiltak.

- Sikkerhetsnivå 2 – «Regelverk»: Materialkoeffisient på $\gamma_M=1,25$ kombinert med 200-års nedbørintensitet (uten klimafaktor) som opprettholder kravene i Eurokode 7 for ny infrastruktur. Lavere materialkoeffisient krever tiltak.

Sikkerhetsnivåer 1 og 2 ble implementert i NGI rapport 20120665-03-R [ref. (18)] som omhandler strekningene Folmer – Setervollen og Grong – Harran. De samme sikkerhetsnivåer blir brukt i nåværende rapport for å anbefale en prioritering av sikkerhetstiltak på jernbanestrekningen mellom Nausthagen og Gartlandsåsen.

Det er viktig å understreke at sikkerhetsnivå 1 og 2 er kun aktuelle i områder der problemstillingen er lokale overflateutglidninger. Der det kan være fare for dype utglidninger eller skred i kvikkleire / sprøbruddmateriale må sikkerhetsnivået ligge høyere iht. ref. (17).

5.3 *Påvirkninger og dimensjonerende situasjon*

Jernbanebelastninger:

Dimensjonerende jernbanebelastninger som skal benyttes ved stabilitetsberegninger av fyllinger er gitt i ref. (12). Ved beregninger av jernbanefyllingens stabilitet og bæreevne regnes en karakteristisk linjelast lik 110 kN/m spor.

Bruddmekanisme:

Sannsynlig bruddmekanisme vurderes ut fra utført grunnundersøkelser. Utførte dreitrykksondering og tolkning av CPTU i borpunkt NG-7, NG-8, NG-9 og NG-10 viser material med sprøbruddoppførsel (kvikkleire eller sensitiv leire), mens resten av prøvene og grunnundersøkelser viser leire, silt og sand med dilatant oppførsel (seigt brudd).

Dimensjonerende grunnvannssituasjon:

Jernbanetraséen krysser vekselvis skjæringer og tosidige fyllinger i ravinedal. Poretrykksmålere viser poretrykksgradienter i størrelsesorden 2,0-3,2 kPa/m i borpunkt NG-7 og NG-10; ref. (3). De relative smale ryggene i området gir gode dreneringsbetingelser og lave poretrykksgradienter i skjæringene sammenlignet med f. eks. forholdene på strekningen Folmer-Setervollen hvor terrenget er atskillig mindre ravinert; ref. (18).

Det er utført stabilitetsanalyser basert på (i) målte poretrykk, (ii) poretrykk antatt for sikkerhetsnivå 1 (se kap. 5.2), og (iii) poretrykk antatt for sikkerhetsnivå 2 (se kap. 5.2). Poretrykksgradienten for sikkerhetsnivå 1 og 2 er presentert i Tabell 8. Det henvises til ref. (18) for mer informasjon poretrykksgradient for sikkerhetsnivå 1 og 2.

Tabell 8: Poretrykksgradienten for sikkerhetsnivå 1 og 2 brukt i stabilitetsanalyser for anbefaling av tiltak.

Akseptkriteria/ Sikkerhetsnivå	Nedbørintensitet	Poretrykksgradient	
		Skjæring	Fylling
1) $\gamma_M = 1,05$	Terskelverdi for stengning av banen	5 kPa/m	8 kPa/m
2) $\gamma_M = 1,25$	200 års returperiode	6 kPa/m	8 kPa/m

5.4 Materialparametere

Tolkning av parametere er utført på basis av erfaringsverdier og resultater fra grunnundersøkelser.

Tyngdetetthet

Målt tyngdetetthet på opptatte prøver er benyttet som grunnlag. Ved store variasjoner i målte verdier er gjennomsnittlige verdier benyttet. For materialet som det ikke er målt tyngdetettheten på, er det benyttet erfaringsverdier iht. håndbok 016 [ref. (16)].

Tabell 9: Material- og styrkeparametere brukt i stabilitetsanalyser.

Jordart	γ (kN/m ³)	c' (kPa)	ϕ' (°)
Silt	19	3-5	32
Sand	19	3	35
Ballast/grus	19	0	42

Effektivspenningsparameter

Det er i hovedsak benyttet erfaringsverdier som er sammenholdt med resultater fra sonderinger og opptatte prøver. Valgte styrkeparametere benyttet ved beregningene er angitt i Tabell 9.

Treksialforsøk

En sammenstilling av utførte treksialforsøk er gitt i Vedlegg C. På grunnlag av utpresset porevann under forsøkets konsolideringsfase gir tabellen C1 i Vedlegg C et anslag for prøve kvaliteten iht. ref. (17). Det er to forsøk som er kvalitetsklasse 1 – perfekt og to forsøk er kvalitetsklasse 1 – akseptabel. Treksialforsøk er utført med tanke på å tolke friksjonsvinkelen for materialet, samt udrenert aktiv skjærfasthet. Se Vedlegg C for en sammenstilling av tolkede treksialforsøk.

Ødometerforsøk

En sammenstilling av utførte ødometerforsøk er gitt i Vedlegg D. På grunnlag av volumendringene av prøven under rekonsolidering til *in situ* effektivspenning, gir tabellen i Vedlegg D1 i Vedlegg D et anslag for prøve kvaliteten iht. ref. (17). Det er

2 forsøk som er kvalitetsklasse 1 – meget god og 2 forsøk er kvalitetsklasse 3 – dårlig. De prøvene som er forstyrret er tillagt mindre vekt i tolkningen.

OCR varierer som regel mellom 1,5 og 2,0 i området og den antatt tidligere havbunnsnivå er 105 moh.

Totalspenningsparametere

Udrenert skjærfasthet er tolket fra CPTU-sonderinger etter korrelasjoner gitt i ref. (19). Tolkning av CPTU er presentert i Vedlegg E. Aktiv skjærfasthet fra korrelasjonene i ref. (19) er redusert med 15 % i sprøbruddmateriale etter anbefalinger i ref. (17). Reduksjonen er tatt inn gjennom anisotropiforholdene gitt under (faktor 0,85). Følgende anisotropifaktorer er benyttet etter anbefaling gitt i ref. (20) og $I_p < 10\%$:

- Leire (nøytralt eller seigt brudd) – A-D-P = 1,0-0,63-0,35
- Leire (sprøbruddmateriale, $S_{ur} < 2$ og $S_t > 15$) – A-D-P = 0,85-0,63-0,35

5.5 Beregningsverktøy og forutsetninger

Både GeoStudio (SEEP/W og SLOPE/W) og GEOSUITE Stability ble brukt for å beregne stabilitet av skjæring/fylling i studieområdet samt for å vurdere effekten av tiltak på skråningsstabiliteten. Programmene basere seg på en likevektsbetrakning av potensielle bruddflater. Beregningene er utført på en plan tøyningstilstand.

Det er utført både drenerte effektivspenningsanalyser ($c-\phi$ – drenert langtidssituasjon) og udrenert totalspenningsanalyser (udrenert korttidstilstand). De udrenerte totalspenninganalyse ble utført for 4 profiler på strekningen hvor det er påvist sensitiv/kvikkleire (

Tabell 11). Beregningene på totalspenningsbasis er utført som ADP-analyse med anisotropifaktorer som angitt over.

5.6 Lagdeling

Sonderingene som er utført langs jernbanen, presentert i kap. 4, viser vekslende lag av leire, silt og sand. Det er også funnet leire med sprøbruddegenskaper via grunnundersøkelser ved borpunkt NG-7, NG-8, NG-9 og NG-10. Resultatene fra CPTU sonderinger er også brukt for jordartsklassifiseringen som presentert i Figur E7 og E8 i Vedlegg E.

Data fra grunnundersøkelser (boring + ERT) viser at dybden til fjell varierer en god del langs strekningene. Noen steder ligger fjellet helt opp mot dagen, mens det andre steder er over 20 meter løsmassemekthet.

5.7 Resultat – Stabilitetsanalyser

5.7.1 Minstekrav til skråningsvinkler på strekningen mellom km 223,1-227,7

På strekningen Nausthaugen – Gartlandsåsen domineres løsmassene i stor grad av lagdelte leire-, silt- og sandlag og poretrykksgradientene er som regel lavere enn på strekningen Folmer - Setervollen. Skjønnsmessig kan det derfor argumenteres for at skjæringene kan tillates å være noe brattere her enn på strekningen Folmer-Setervollen, men på grunn av lite dokumentasjon av poretrykksforhold er det valgt å bruke de samme kritiske helninger / tiltaksgrenser for skjæringer og fyllinger som i ref. (3). Dette anses som konservativt.

Minstekrav til skråningsvinkler (β) for skjæring og fylling for å anbefale dreneringstiltak eller geometriske tiltak for begge sikkerhetsnivå beskrevet i kap. 5.2 er presentert i Tabell 10. Dersom man, for eksempel, ønsker en materiellkoeffisient (γ_M) lik 1,25, viser Tabell 10 at det er nødvendig med dreneringstiltak på skjæringer med helningsvinkel mellom 25° og 28° . For det samme sikkerhetsnivået er det anbefalt geometrisk tiltak hvis helningsvinkelen er større enn 28.0° .

Tabell 10: Minstekrav til skråningsvinkler (β) for skjæring og fylling for å anbefale dreneringstiltak eller geometriske tiltak for sikkerhetsnivå beskrevet i kap. 5.2.

Dreneringstiltak			Geometriske tiltak	
Sikkerhetsnivå	Skjæring	Fylling	Skjæring	Fylling
1) $\gamma_M = 1,05$	$31^\circ < \beta \leq 34^\circ$	$29^\circ < \beta \leq 33^\circ$	$\beta > 34^\circ$	$\beta > 33^\circ$
2) $\gamma_M = 1,25$	$25^\circ < \beta \leq 28^\circ$	$22.5^* < \beta \leq 27^\circ$	$\beta > 28^\circ$	$\beta > 27^\circ (1:2)$

*For tosidig fylling er det kun foreslått tiltak når helningsvinkelen (β) $> 27^\circ (1:2)$

5.7.2 Strekningen innenfor kvikkleiresonen "1104-Gartland" - km 227,70 til 228,50

Jernbanestrekningen mellom km 227,70 og 228,50 er lokalisert innenfor kvikkleiresonen "1104-Gartland". Stabilitetsanalyser hvor det er påvist kvikkleire ble utført langs 4 profiler og resultatene er presentert i Vedlegg F. Disse er oppsummerte i

Tabell 11. Med de forutsetningene som er gjort i analysene (lagdeling, fjell dybde osv.) ligger sikkerheten mot skred for fyllingen ved km 228,365 langt under det som er anbefalt i dagens retningslinjer [dvs. $\gamma_M \geq 1,4$; ref. (17)] for både drenert og udrenert situasjon. Dette er en indikasjon på en sannsynlig problemstilling i området. Det anbefales å utføre supplerende grunnundersøkelser på denne strekningen for å få et bedre grunnlag for å vurdere utstrekningen av kvikkleire i skråningen og behov for tiltak. Poretrykksforholdene bør undersøkes nærmere som grunnlag for mer pålitelige stabilitetsanalyser.

Resultater fra stabilitetsanalyser ved km 227,890, 228,300 og 227,640 viser relativt god sikkerhet ift en drenert situasjon. Ved km 228,300 og 227,640 er sikkerheten under det som er anbefalt i dagens retningslinjer når det gjelder "udrenert

korttidstilstand". En slik korttidstilstand kan oppstå som følge av menneskelig aktivitet (graving/fylling/sprenghing) i leirområder.

Tabell 11: Resultater fra stabilitetsanalyser i områder med sensitiv/kvikkleire.

Profil	"Drenert - Dagens situasjon" $F_{c\phi}$	"Udrenert korttidstilstand" F_c
NG-7 km 227,890	2,21	1,75
NG-9 km 228,300	1,38 - 1,57 - 1,48 - 1,65	1,03
NG-9 km 228,365	1,09	0,83
km 227,640	1,37 - 1,44	1,14 - 1,30

6 Anbefalte tiltak

6.1 Formål med tiltak

Alle skisserte former for tiltak / sikring i fyllinger og skjæringer har som formål å redusere sannsynligheten for at ulike typer skredhendelser skal inntreffe på de aktuelle strekningene. I løsmassefyllinger og i skjæringer er hovedhensikten med tiltakene å redusere sannsynligheten for skred som følge av høyt poretrykk under ekstreme meteorologiske situasjoner.

6.2 Stikkrenner og reserveløp

Feilfrie stikkrenner, innløp og utløp er helt avgjørende for banens stabilitet i områder der banen er fundamentert på sandige og siltige masser. Delvis sammenraste eller gjengrodde innløp bør erstattes eller fjernes. Systematisk vedlikehold av innløp og stikkrenner er meget viktig. At innløpene sikres full kapasitet er avgjørende for banens stabilitet. For å hindre gjengroing kan innløpene sikres ved å renske området rundt innløpet og ved å legge pukk. Lem kan også installeres for å sikre innløpet mot snø og ising. **Under intense nedbørsperioder bør Jernbaneverket ha spesielt fokus på alle stikkrenner hvor utnyttet kapasitet er > 100%.**

Som presentert i kapittel 3.5 og i Vedlegg A er det anbefalt «mindre tiltak» på stikkrenner på strekningen Nausthaugen - Gartlandsåsen (km 223,135 – 223,461 – 223,515 – 224,760 – 224,283 – 224,533 – 224,848 – 224,950 – 226,906). Dette innebærer for det meste rensk av innløp/utløp og evt. reparasjon av lem over innløp. En beskrivelse av «mindre tiltak» er presentert i Vedlegg A.

6.3 Skråningsdren og dypdrenering

I følge Tabell 10 er det anbefalt dreneringstiltak på skjæringene etter følgende kriterier:

- 1) For $\gamma_M = 1,05 \rightarrow 31^\circ < \beta \leq 34^\circ$
- 2) For $\gamma_M = 1,25 \rightarrow 25^\circ < \beta \leq 28^\circ$

Disse to sikkerhetsnivåene er blitt vurdert og implementert sammen med informasjon om grunnforhold og observasjoner gjort under befaring. For å redusere kostnadene og omfang av sikringstiltak er det her først og fremst anbefalt tiltak etter "sikkerhetsnivå 1" (se kap. 5.2). Dette vil gi tilstrekkelig forbedring av stabilitetsforholdene i kritiske områder og samtidig er det et realistisk mål for Jernbaneverket. I områder hvor det kun er små kostnadsforskjeller for å oppnå sikkerhetsnivået 2 er dette alternativet valgt. Det er viktig å understreke at NGI ikke friskmelder de andre skråningene mellom Nausthagen og Gartlandsåsen, men at de områdene hvor det er anbefalt tiltak anses som de mest kritiske.

For å bedre stabiliteten i skråningene ovenfor jernbanen foreslår NGI å installere skråningsdren som vist i Figur 5 og 6. Aktuelle steder for skråningsdren er presentert på Tegning 300-309 og oppsummert i Tabell 12. Skråningsdrenene vil holde grunnvannsnivået nede og redusere sannsynligheten for overflateglidninger i forbindelse med kraftige nedbørperioder. Den drenerende virkning av skråningsdrenene er av særlig betydning i teleløsningsperioden.

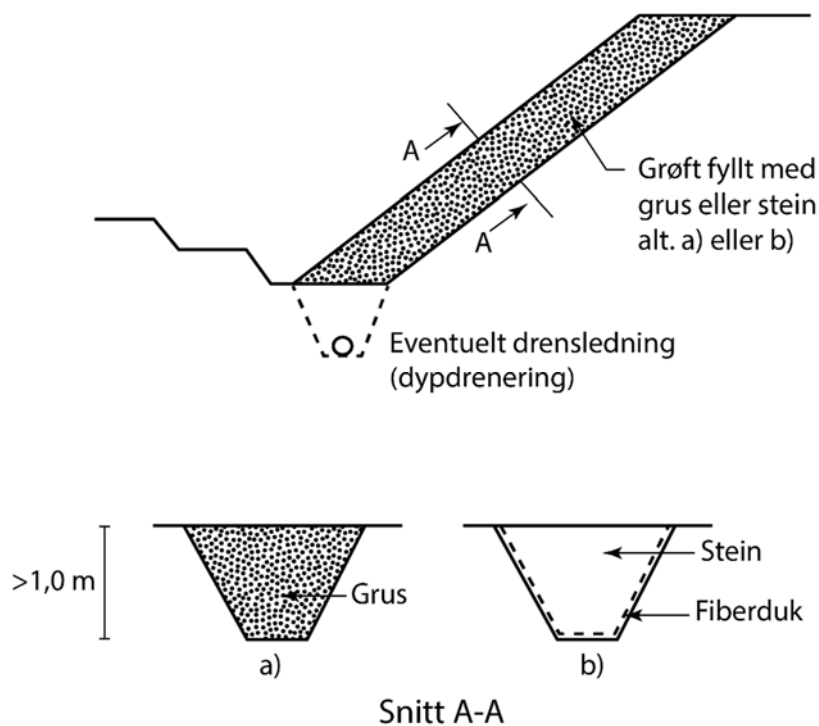
I bløte, siltige masser vil åpne grøfter ofte ha kort levetid som følge av grunnvannserosjon. Dersom skråningsdrenene skal ha lang levetid, må de fylles med sprengstein eller grus for at de ikke skal sige igjen. For å øke grøftenes levetid må det benytte fiberduk i kombinasjon med pukk / sprengstein (Figur 5). Krav til fiberduk er presentert i håndbok 018; ref. (4).

Skråningsdrenene bør etableres på minst 1,0 m dybde (Figur 5-6). Det anbefales å benytte en senteravstand mellom drenene på 6-10 meter og en bredde ved bunnen av drenene på 0,5 meter. I Figur 6 er skråningsdrenene plassert normalt på skjæringen. Det kan i noen tilfeller (f. eks. ved høy og bratt skråning) være en fordel å plassere disse drenene med 45 graders helning på skjæringen. Dette vil redusere den hydrauliske gradienten, hastigheten til grunnvannstrømning og faren for utvasking av filtermaterialet i foten av skjæringene.

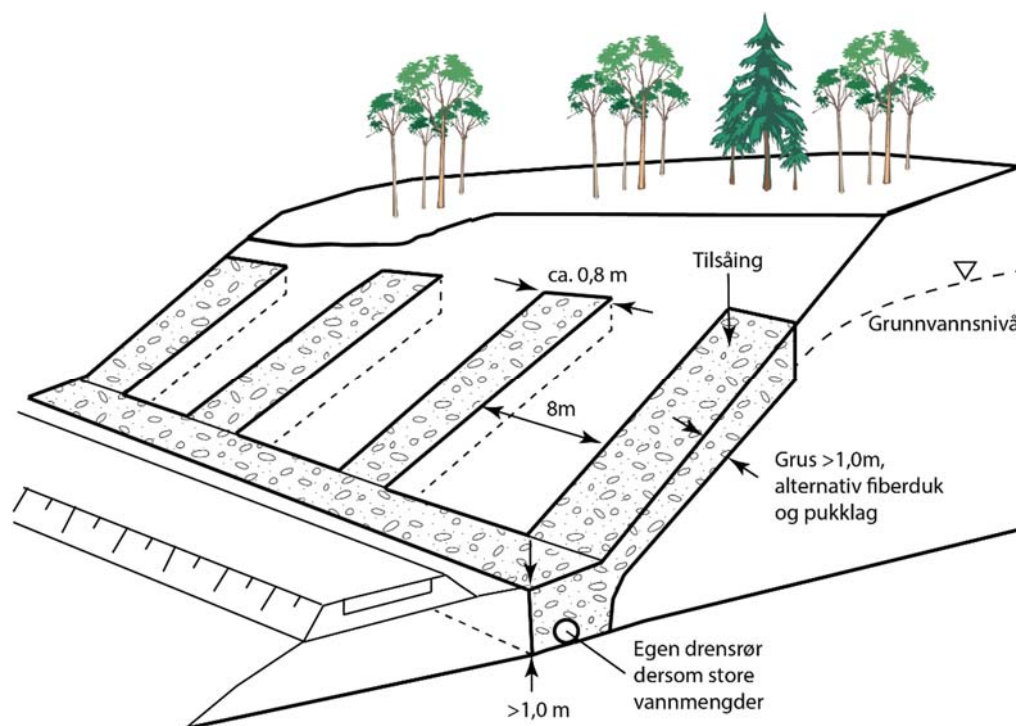
Dypdrenering i foten av skjæringene bør etableres i frostfri dybde... I tilfeller hvor det er bratt sideskråning i kombinasjon med liten grøftebredde, kan det være vanskelig å grave til frostfri dybde iht. teknisk regelverk uten at stabiliteten svekkes i anleggsperioden. Frostfri dybde vil imidlertid i praksis være noe mindre i foten av en skjæring enn på flat mark. Grunnvannstilførsel og masstype er avgjørende i så henseende. Aktuell drendsdybde må derfor tilpasses lokale forhold.

Dypdreneringen sørger for både å senke poretrykket under banen og ved foten av skjæringene. Dette er en form for lukket drenering i områder der man ikke har

mulighet for å holde grøfter åpne over tid eller under graving. Metoden er spesielt godt egnet for linjegrøfter i bløte masser av sand og silt. Det er tidligere etablert dypdrenering i flere områder på de aktuelle strekningene. Disse bør kobles sammen med terrenggrøftene. Det bør det legges inn inspeksjonskummer med sandfang med ca. 40-50 meters mellomrom langs dypdreneringsgrøftene. Dette muliggjør vedlikehold av dreneringssystemet, og rørene kan spyles opp ved eventuell tetting.



Figur 5: Prinsippskisse som viser eksempel på skråningsdren plassert vinkelrett på linjeretning.



Figur 6: Prinsippskisse i 3D av skråningsdren plassert vinkelrett på linjeretning.

Tabell 12: Oppsummering av anbefalte dreneringstiltak i form av skråningsdren – Prioriteringsområde 4: Nausthaugen - Gartlandsåsen. (Disse tiltakene samsvarer alle med sikkerhetsnivå 1.) Usikkerhetene i mengdeanslag anslås å ligge innenfor +/- 20%.

Strekning	Spør side	Senteravstand (m)	Løpemeter (m)	Volum grøft (m³)	Sikkerhetsnivå	
223,074 - 223,101	V	8	48	38	1	
223,674 - 223,748	V	8	342	273	1	
223,780 - 223,830	V	8	199	159	1	
223,998 - 224,027	V	8	194	155	1	
224,059 - 224,132	V	8	281	225	1	
224,145 - 224,170	V	8	81	65	1	
224,178 - 224,198	V	8	63	50	2	
224,228 - 224,247	V	8	74	59	1	
224,307 - 224,355	V	8	110	88	1	
224,392 - 224,427	H	8	58	46	2	*
224,447 - 224,467	H	8	44	35	2	
224,725 - 224,76	V	8	184	147	1	
224,867 - 224,918	V	8	157	126	1	
224,88 - 224,91	H	8	117	94	1	*
224,178 - 224,198	V	8	63	50	2	**
224,228 - 224,247	V	8	74	59	1	**
224,307 - 224,355	V	8	110	88	1	**
225,06 - 225,127	V	8	205	164	1	*
225,147 - 225,178	V	8	109	87	2	
227,904 - 228,018	H	8	330	264	2	
227,91 - 227,939	V	8	270	216	2	
			Σ =	Σ =		
			2865	2292		

* Skråningsdren kan kobles til eksisterende dypdreneringsanlegget som fungerer.

** Eksisterende dypdrenering fungerer ikke.

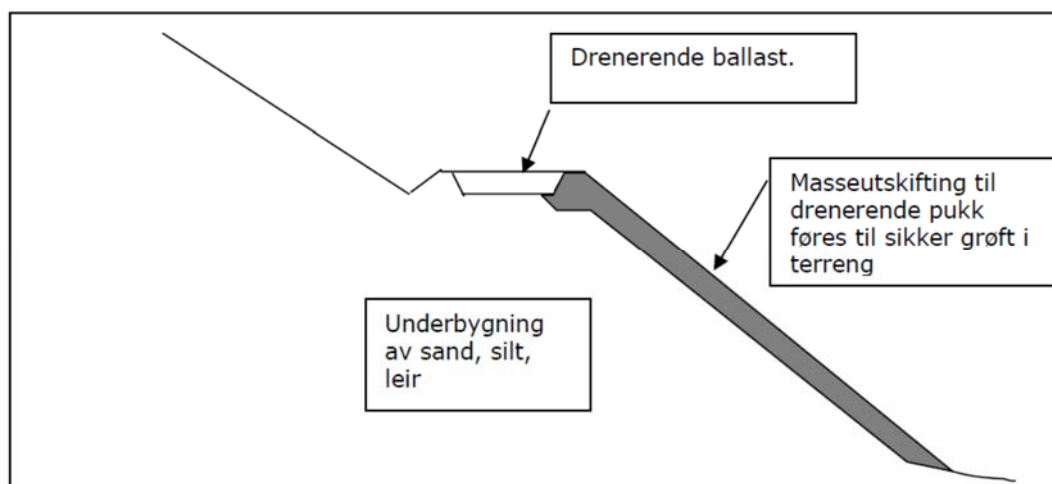
6.4 Dreneringstiltak på fylling

I følge Tabell 10 er det anbefalt dreneringstiltak på fylling etter følgende kriterier:

- 1) For $\gamma_M = 1,05 \rightarrow 29^\circ < \beta \leq 33^\circ$
- 2) For $\gamma_M = 1,25 \rightarrow 22.5^\circ < \beta \leq 27^\circ$

For tosidig fylling er det kun foreslått tiltak når helningsvinkelen (β) $> 27^\circ$.

Basert på hendelsesregisteret, observasjoner gjort under befaring og resultater fra utførte grunnundersøkelser, har NGI valgt ut områder som bør prioriteres for dreneringstiltak på fylling. Aktuelle steder for tverrdrenering av ballasttrau for å redusere sannsynligheten for at skredhendelser skal inntreffe er visst på Tegning 300-309 og oppsummert i Tabell 13. For å redusere kostnadene og omfang av sikringstiltak er det først og fremst anbefalt tiltak etter "sikkerhetsnivå 1" (se kap. 5.2). Dette vil gi tilstrekkelig forbedring av stabilitetsforholdene i kritiske områder og samtidig er det et realistisk mål for Jernbaneverket. I områder hvor det kun er små kostnadsforskjeller for å oppnå sikkerhetsnivået 2 er dette alternativet valgt. Det er viktig å understreke at NGI ikke friskmelder de andre fyllingene mellom Nausthagen og Gartlandsåsen, men at de områdene hvor det er anbefalt tiltak anses som de mest kritiske.



Figur 7: Prinsipp for drenering av ballasttrau under jernbaneskinne (fra ref. (5))

JBV har god erfaring med bruk av "punkteringsmetoden" for å drenere ballasttrauet. Som tiltak for å redusere mulighetene for vanntransport langs ballasten foreslås derfor at det på en rekke steder etableres tverrdren ved å grave inn under skulder på utsiden av svilleendene for å fylle etter med drenerende masser av pukk eller sprengt stein (Figur 7). Det er viktig å føre kanalen ned til sikkert utløp nede i fyllingsskråningen. Kanalen skal *ikke* graves tvers gjennom sporet for å drenere ut linjegrøfta, men skal graves så langt inn at man sikrer en god kanalisering ut. Kanalen trenger ikke graves dypere og bredere enn nødvendig. Dette vil i praksis kunne si ca. 1,0 meter dypt og ca. 1,0 meter bredt i bunnen. Erfaringer fra tidligere

ballastdreneringsprosjekter viser at det kan komme betydelige skjevsetninger i sporet i ettertid hvis tiltaket er vellykket. Det er derfor behov for å justere sporet etter avsluttet tiltak med en pakkemaskin. Setningene kan bli så store at det må innføres saktekjøring inntil justering har skjedd.

Tabell 13: Oppsummering av anbefalte dreneringstiltak på fylling – Prioriteringsområde 4: Nausthaugen - Gartlandsåsen. (Disse tiltakene samsvarer alle med sikkerhetsnivå 1.) Usikkerhetene i mengdeanslag anslås å ligge innenfor +/- 20%.

Strekning km	Spør side	Senteravstand (m)	Løpemet (m)	Volum grøft (m ³)	Sikkerhetsnivå	Kommentar
223,998-224,06	H	10	116	174	1	Borpunkt NG-3 viser ca. 11 m med vekslende leire/silt/sand. Eksisterende punktering ved 224,05
224,258 - 224,290	H	10	45	67	1	Profil 7 og NG4 viser ca. 10 m med leire/silt. Anbefaler å drenere/punktering. Det er eksisterende punktering ved 224,30
224,558 - 224,60	H	10	22	32	1	Profil 1 og NG 5
224,667 - 224,727	H	10	122	183	2	Profil 1 og NG 6. Det eksisterer punktering ved km 224,76
225,107 - 225,147	H	10	42	62	1	Leire fylling over fjell? Observert fjell i grøft.
225,247 - 225,270	H	10	40	60	1	Leire fylling over fjell. Observert fjell i grøft. Det er punktering ved km 225.3 fra før.
227,610 - 227,618	H	10	9	13	1	Siltige masser i fylling; se profil 3
			Σ =	Σ =		
			394	591		

6.5 Geometriske tiltak

Det er foreløpig ikke anbefalt geometriske tiltak på strekningen Nausthaugen – Gartlandsåsen.

6.6 Tiltak innenfor kvikkleiresonen "1104 – Gartland"

Løsmassene på jernbanestrekningen mellom Nausthaugen-Gartlandsåsen består i hovedsak av marine avsetninger og det er tidligere kartlagt to kvikkleiresoner i nærområdet; én ved Fosslund (km 223) hvor faregraden er antatt "middels", og én ved Gartland (km 227,5) hvor faregraden er antatt "lav".

Som følge av sin beliggenhet ca. 700 m vest for jernbanesporet utgjør ikke kvikkleiresonen "990-Fosslund" noe fare for Nordlandsbanen. Dette begrunnes i at et eventuelt skred ved Fosslund vil forplante seg nord-vestover (dvs. bort fra jernbanesporet), mens massene vil løpe ut i Namsen og i Fosslundselva. Dette området er derfor ikke omtalt i det videre arbeid.

Jernbanestrekningen mellom km 227,70 og 228,50 er lokalisert innenfor kvikkleiresonen "1104-Gartland". Denne sonen ble først kartlagt gjennom den nasjonale oversiktskartleggingen av "potensielt skredfarlige kvikkleiresoner", ref. (21). Denne kartleggingen var basert på et begrenset antall boringer og ga grunnlag for opptegning av aktsomhetssoner. Gjennom den nasjonale oversiktskartleggingen fikk kvikkleiresone "1104-Gartland" utstrekning og klassifisering som vist i Vedlegg B. Evalueringen av kvikkleiresone "1104-Gartland" mtp faregrad, konsekvens og risiko er oppsummert i Tabell 14. De nyere grunnundersøkelsene som er utført støtter klassifiseringen, men er ikke av en slik omfang at det er mulig å justere utstrekningen av sonen.

Tabell 14: Evaluering av faresoner Gartland – dagens situasjon.

Faresone	Faregrad (1-3)	Konsekvens (1-3)	Risiko (1-5)
Gartland	1 – «Lav»	3 – «Meget Alvorlig»	3 – «Klasse 3»

Stabilitetsanalyser presentert i kap. 5.7 og i Vedlegg F viser at sikkerheten mot skred for fyllingen ved km 228,365 (innen kvikkleiresone Gartland) ligger under det som er anbefalt i dagens retningslinjer [dvs. $\gamma_m \geq 1,4$; ref. (17)] for både drenert og udrenert situasjon. Stabilitetsanalyser nedenfor fyllingen ved km 227,640 viser også for lav sikkerhet mtp udrenert "korttidstilstand". Situasjoner som kan føre til udrenert "korttidstilstand" er for eksempel fylling eller graving i leire. Med tanke på at datagrunnlaget er begrenset, må analysene anses som en indikasjon på at sikkerhetsmarginen mot skred kan være liten.

Anbefalte sikkerhetsnivå, som det er referert til over, gjelder i utgangspunktet bare ved etablering av ny bebyggelse. For eksisterende bebyggelse (f.eks. jernbanen) er det ikke satt spesifikke krav til sikkerhetsnivå ved stabilitetsberegninger. Dersom Jernbaneverket planlegger ny utbygging langs eksisterende jernbane, må disse

tiltakene vurderes etter NVEs retningslinjer. Større tiltak vil kunne kreve dokumentasjon av akseptabel sikkerhet ved stabilitetsberegninger.

Det henvises også til "Veileder ved små inngrep i kvikkleireområder; ref. (22)" for råd om hvordan små inngrep (dvs. grøfting inntil 2 m og bakkeplanering med volum < 1000 m³) langs strekningen bør gjennomføres slik at faren for skred ikke økes. For andre inngrep eller nødvendig omlegging av infrastruktur i dette området forelegges det geoteknisk sakkyndig til uttalelse etter dagens regelverk; ref. (17).

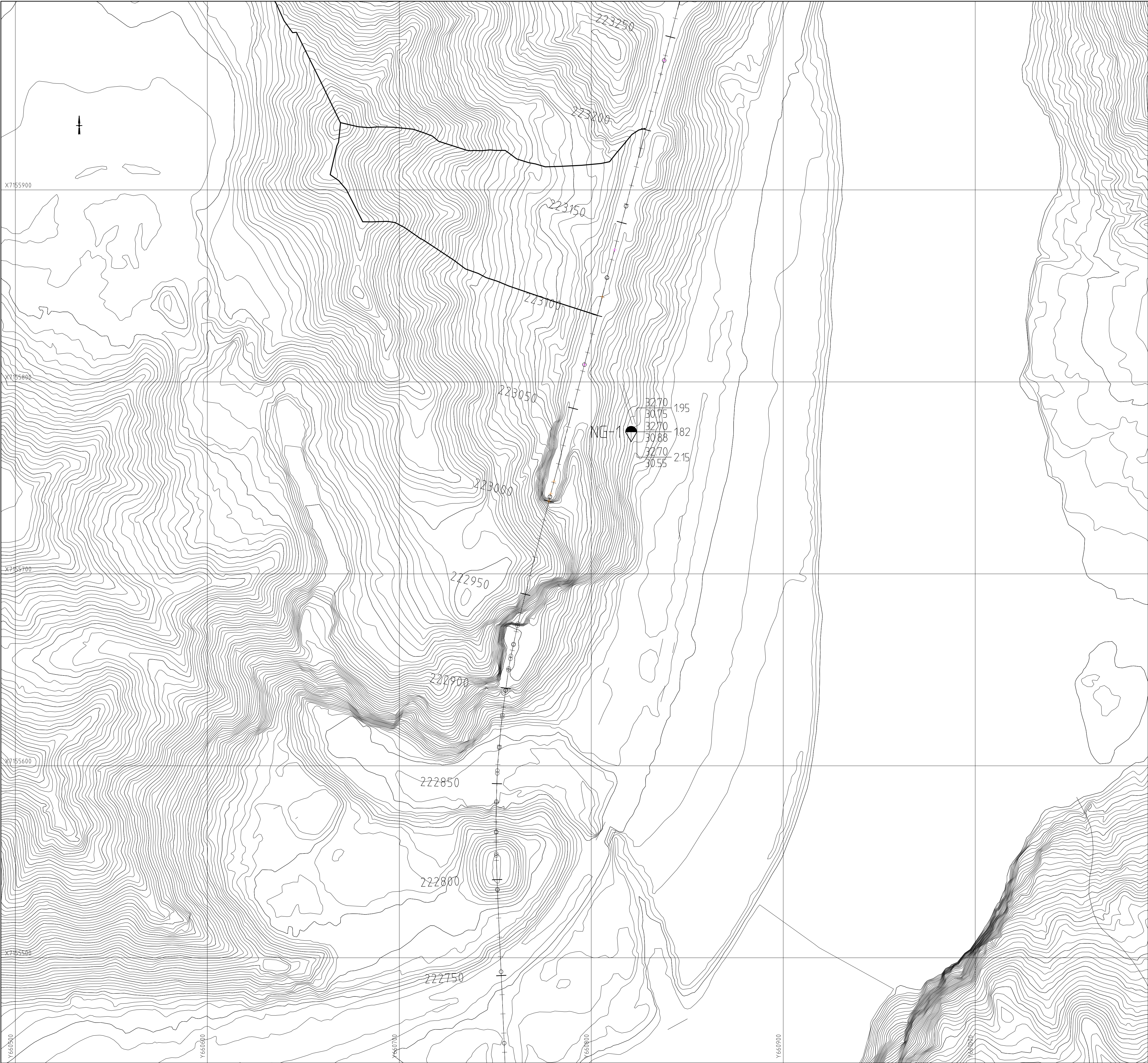
Det anbefales å utføre supplerende grunnundersøkelser for å få et bedre grunnlag for å vurdere utstrekningen av kvikkleire og behov for tiltak. Kvikkleireskred kan få stor utstrekning, og det er derfor ofte nødvendig å utføre tiltak i relativt stor avstand fra bebyggelsen som ønskes sikret. Det er derfor nødvendig å vurdere et større område og ikke bare de lokale skråningene ved jernbanen. I det aktuelle tilfellet på Gartland, vil neste steg i utredningsprosessen bestå i å avgrense aktsomhetssonen fra den nasjonale oversiktskartleggingen slik at den representerer et areal med reell skredfare. De kartlagte aktsomhetssonene er som regel basert på et fåtall boringer, og utstrekningen av sonene vil derfor i mange tilfeller vise seg å være konservativt anslått. Aktsomhetssonen på Gartland vil mest sannsynlig bli oppdelt i mindre faresoner og avgrenset nærmere jernbanen. Sikringstiltak må så planlegges innenfor den nye avgrensingen basert på mer detaljerte og pålitelige stabilitetsanalyser enn det som er utført hittil.

Det anbefales at NVE involveres i den videre prosessen beskrevet over. Det nasjonale ansvaret for forebygging av fare for skred og flom ble for noen år tilbake lagt til NVE. For leirskred har NVE et program for videre utredning av reell skredfare innenfor "aktsomhetssonene" fra den nasjonale oversiktskartleggingen som er utført siden 1980-tallet. NVE yter også bistand og midler til sikringstiltak innenfor faresoner med eksisterende bebyggelse.

7 Referanser

1. **NGI.** *Stabilisering av løsmasser i sideterreng og fyllinger Grong-Mosjøen – Oversiktskartlegging.* Dokumentnr. 20120665-01-R. 2013.
2. **JBV.** *Kapasitetsberegninger av stikkrenner på Nordlandsbanen – 15 prioriteringsområder på strekningen Grong – Mosjøen, Km 220,210-407,970.* 2013.
3. **NGI.** *Stabilisering av løsmasser i sideterreng og fyllinger Grong.Mosjøen - Grunnundersøkelser - Datarapport.* 20120665-04-R . 2014.
4. **SVV.** *Håndbok 018 Vegbygging.* 2011.
5. **JBV.** *Teknisk regelverk.* Datert 25.01.2014. <https://trv.jbv.no/wiki/Hovedside>. 2014.
6. **Norsk Vann BA.** *Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering.* 2008.
7. **SVV.** *Kapasitetsberegninger av stikkrenner – E136 Dombås-Ålesund.* 2011.
8. **Sintef.** *Flomberegning og kulvertdimensjonering.* A. Berg. Trondheim 1992. 1992.
9. **NGI.** *Kartlegging av løsmassestabilitet, Grong - Mosjøen. Grunnundersøkelser - datarapport.* 2014. 20120665-02-R.

10. **Pfahubber, A.A, Bazin, S., Helle, T.E.** An integrated approach to quick clay zone investigations based on resistivity, geotechnical soundings and further geophysical methods. [bokforf.] J.S L'Heureux et al. *Landslides in Sensitive Clay: From Geosciences to Risk Management*. s.l. : Advances in Natural and Technological Hazards Research 36, Springer, 2013, ss. 193-204.
11. **Berger, B.** *Geofysiske metoder anvendt i ingeniørgeologiske undersøkelser*. Dr. Ing. avhandling. . s.l. : Institutt for petroleumsteknologi og anvendt geofysikk, NTH, 1983.
12. **Standard Norge.** *NS-EN 1990:2002+NA:2008. Eurokode 0: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner*. 2008.
13. —. *NS-EN 1991-1 Eurokode 1: Laster på konstruksjoner*. 2008.
14. —. *NS-EN 1997-1:2004+NA:2008 Eurokode 7, Geoteknisk prosjektering, Del 1: Allmenne regler*. 2008.
15. **JBV.** *Teknisk regelverk*. Datert 25.01.2014. <https://trv.jbv.no/wiki/Hovedside>. 2014.
16. **SVV.** *Håndbok 016 Geoteknikk i vegbyggen*. 2011.
17. **NVE.** *Sikkerhet mot kvikkleireskred - Veileder nr 7-2014*. s.l. : Norges vassdrag- og energidirektorat, 2014.
18. **NGI.** *Stabilisering av løsmasser i sideterreng og fyllinger Grong-Mosjøen - Detaljkartlegging og anbefalte tiltak på strekningene Folmer - Setervollen og Gartland - Harran*. 2014. 20120665-03-R.
19. **Karlsrud, K., et al.** *CPTU correlations for clays*. International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, 16. Osaka 2005. Proceedings, Vol. 2, pp. 693-702. : s.n., 2005.
20. **NIFS.** *En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i norske leirer*. s.l. : NVE i samarbeid med SVV og JBV, 2014. 14-2014.
21. **NGI.** *Kartlegging av områder med potensiell fare for kvikkleireskred - Kartbladet Harran, M = 1:50000*. Desember 2000. 20001301-1.
22. **NVE.** *Veiledning ved små inngrep i kvikkleiresoner*. http://www.nve.no/PageFiles/3743/Veiledning_B.pdf : NVE/NGI, 2000. 20001008.
23. **Hazen, A.** Discussion of Dams on sand foundation. . *Trans. Am. Soc. Civ. Eng.* 73, 199-203. 1911.



FORKLARINGER:

- Dreiesondering

○ Enkel sondering

▽ Trykksondering
- ⚙ Fjellkontrollboring

⚡ Dreietrykksondering

⊕ Totalsondering
- ⊙ Prøveserie

□ Prøvegrøp

⊕ Vingeboring
- ⊖ Poretrykksmåling

⚡ Fjell i dagen

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

—+— Profil med resistivitetsmåling

+ Stikkrenne

+ Rashendelse

— Nedbørfelt+

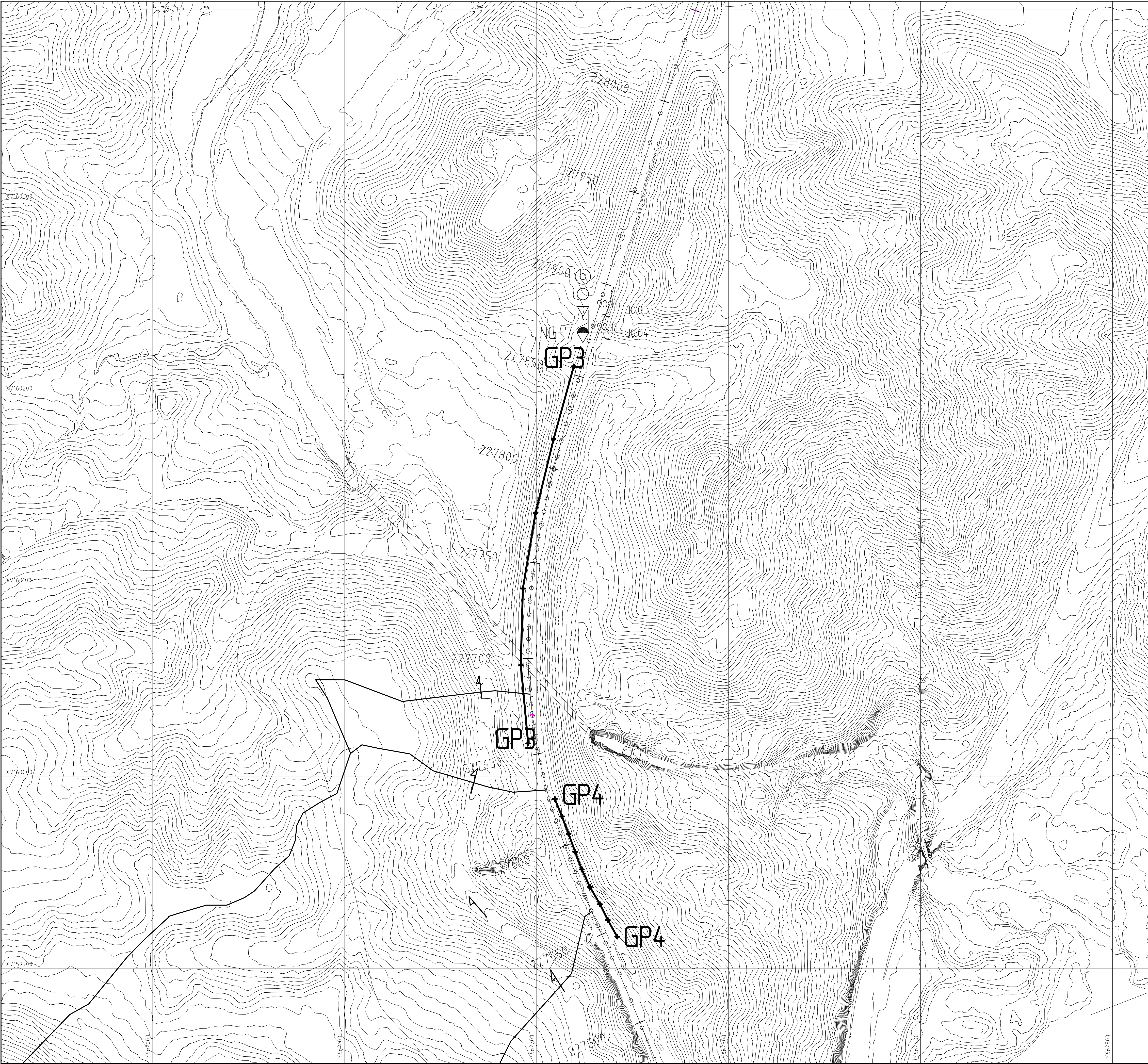
Boringer angitt med km er poseprøver tatt for hånd i skjæring i forbindelse med befaring

HENVISNINGER:

-

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

[illegible]



● 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)

—+— Profil med resistivitetsmåling

+ Stikkrenne


+ Rashendelse

— Nedbørfelt


Boringer angitt med km er poseprøver tatt for hånd i skjæring i forbindelse med befarig

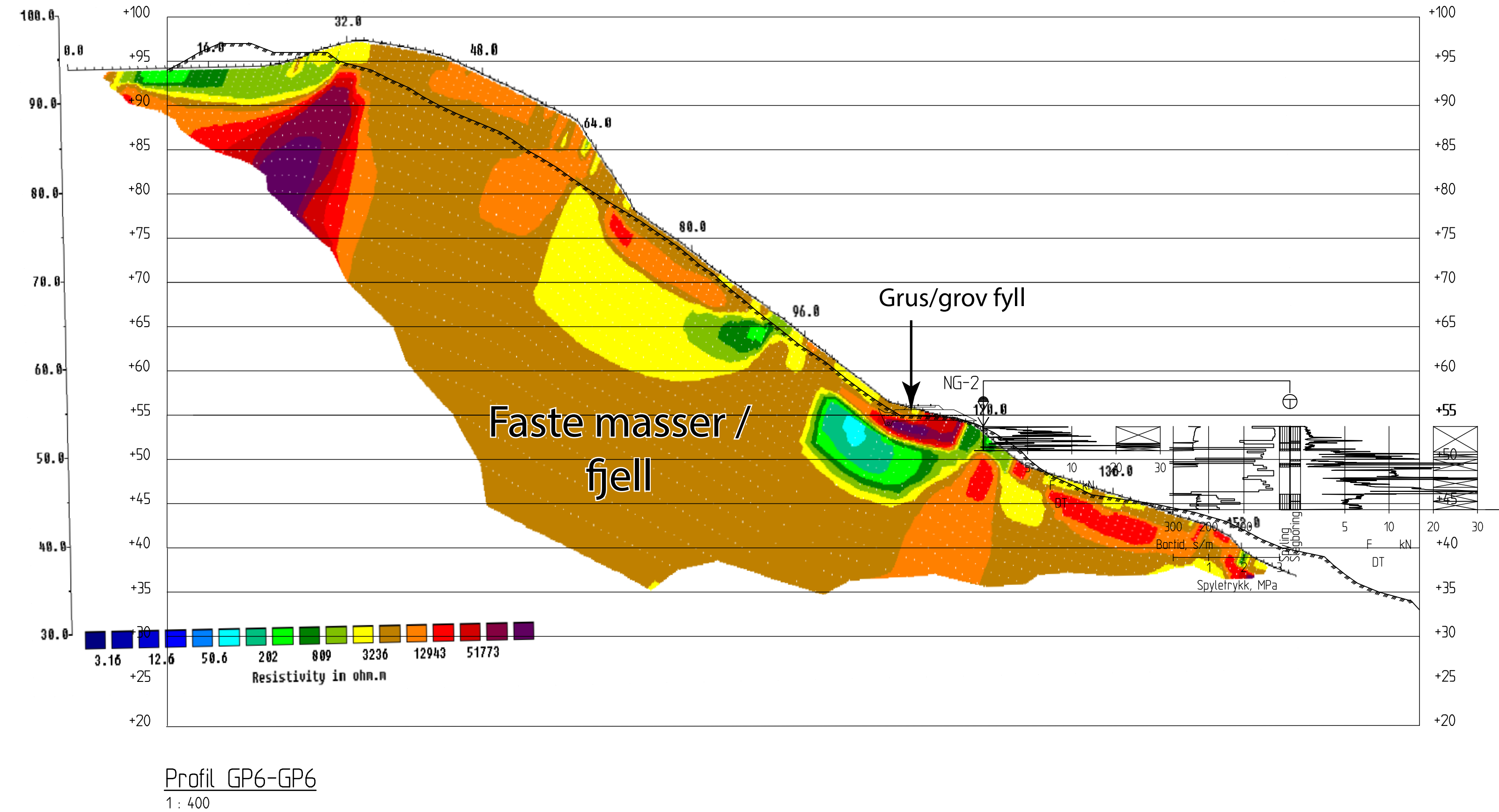
HENVISNINGER:


-

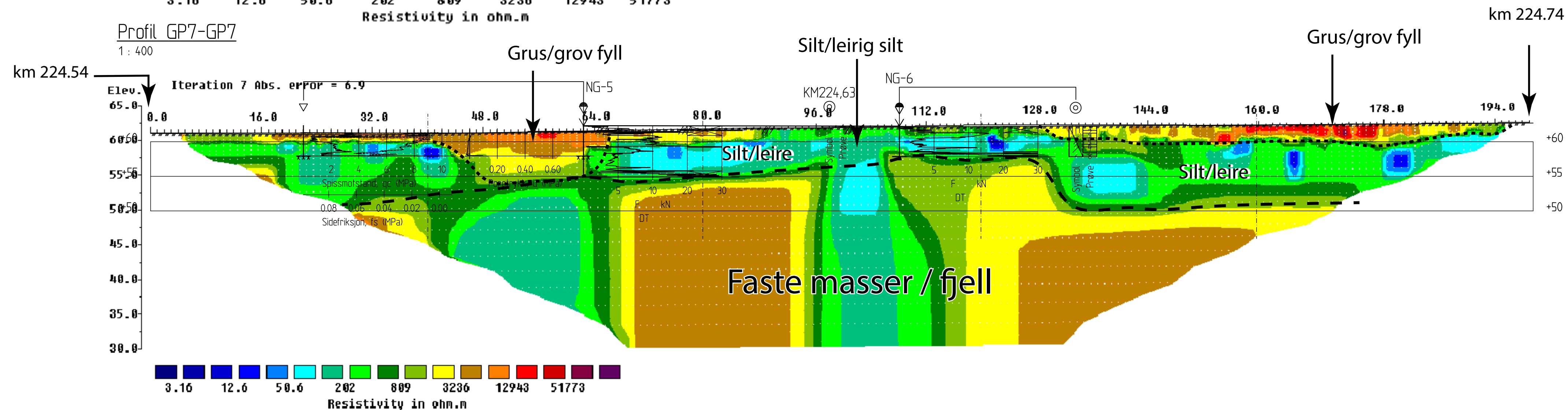
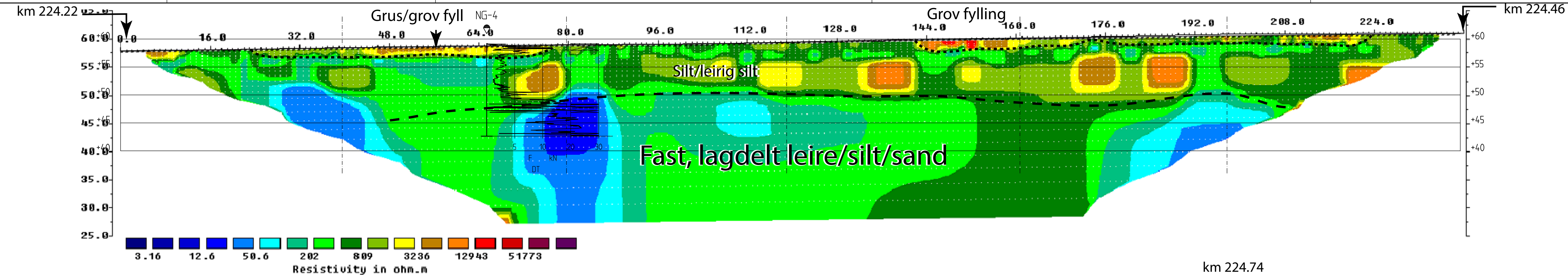
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kantr.	Godkj.
Kartlegging av løsmassestabilitet, Grong-Mosjøen Jernbaneverket		Status = Original format A-1 Tegningens tittel 2014-Nausthaugen-Gartlandsåsen-shape.dwg NBeslaks			
Prioriteringsområde nr. 4: Nausthaugen - Gartlandsåsen Planfegning med grunnboringer og ERT NG-7 og GP3, GP4		11000 (A1) 12000 (A3)			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Lillevevl Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 2014-11-10 Oppdragsnr. 20120665	Konstr./Tegnet APP	Kontrollert JSL	Godkjent RMo
		20120665	103		



Rev.	Beskrivelse			Dato	Status	Tegn.	Kontr.	Godkj.		
Detaljkartlegging av løsmassestabilitet, Nordlandsbanen Jernbaneverket				Original format						
				A-3L						
				Tegningens filnavn						
				2014-Nausthaugen - profil 1-8 400.dwg						
Prioriteringsområde nr. 4: Nausthaugen - Gartlandsåsen GP5 - Lengdeprofil km 223.6 - 223.84				Målestokk		1:400				
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 03 04 48 www.ngi.no				Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent			
				2014-11-11	JSL	RMo		RMo		
				Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.				
				20120665		200				



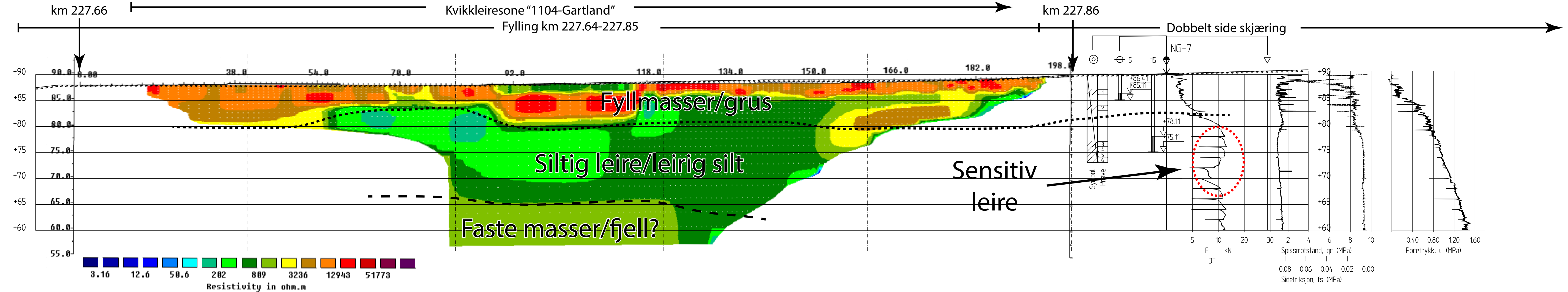
Rev.	Beskrivelse			Dato		Tegn.	Kontr.	Godkj.			
Detaljkartlegging av løsmassestabilitet, Nordlandsbanen Jernbaneverket				Status							
				Original format							
				A-3L							
				Tegningens filnavn							
				2014-Naufsthaugen - profil 1-8 400.dwg							
Prioriteringsområde nr. 4: Nausthaugen - Gartlandsåsen GP6 - Lengdeprofil km 223,81 - 223,81				Målestokk							
				1:400							
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no				Dato 2014-11-11		Konstr./Tegnet JSL		Kontrollert RMo		Godkjent RMo	
Oppdragsnr:				20120665		Tegningsnr:		201		Rev.	



Profil GP1-GP1

1: 400

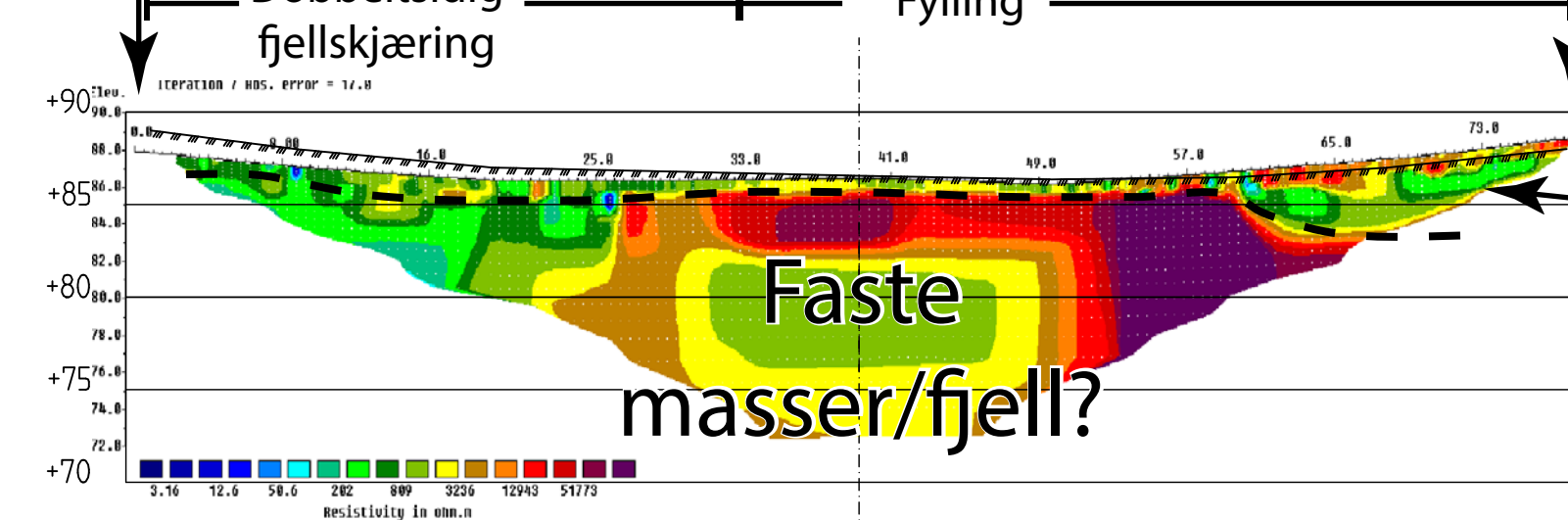
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Detailkartlegging av løsmassestabilitet, Nordlandsbanen		Status			
Jernbaneverket		Original format			
Prioriteringsområde nr. 4:		A-3L			
Nausthaugen - Gartlandsåsen		Tegningens filnavn			
GP7 - Lengdeprofil km 224.22 - 224.46		2014-Nausthaugen - profil 1-8 400.dwg			
GP1 - Lengdeprofil km 224.54 - 224.74		Målestokk		1400	
NGI		Dato		Konstr./Tegnet	
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion		2014 - 11 - 11		JSL	
NO-0806 Oslo, Norway		Oppdragsnr.		Kontrollert	
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48		20120665		RMO	
www.ngi.no		202		Godkjent	
				Rev.	
				RMO	



Profil GP3-GP3


1 : 400

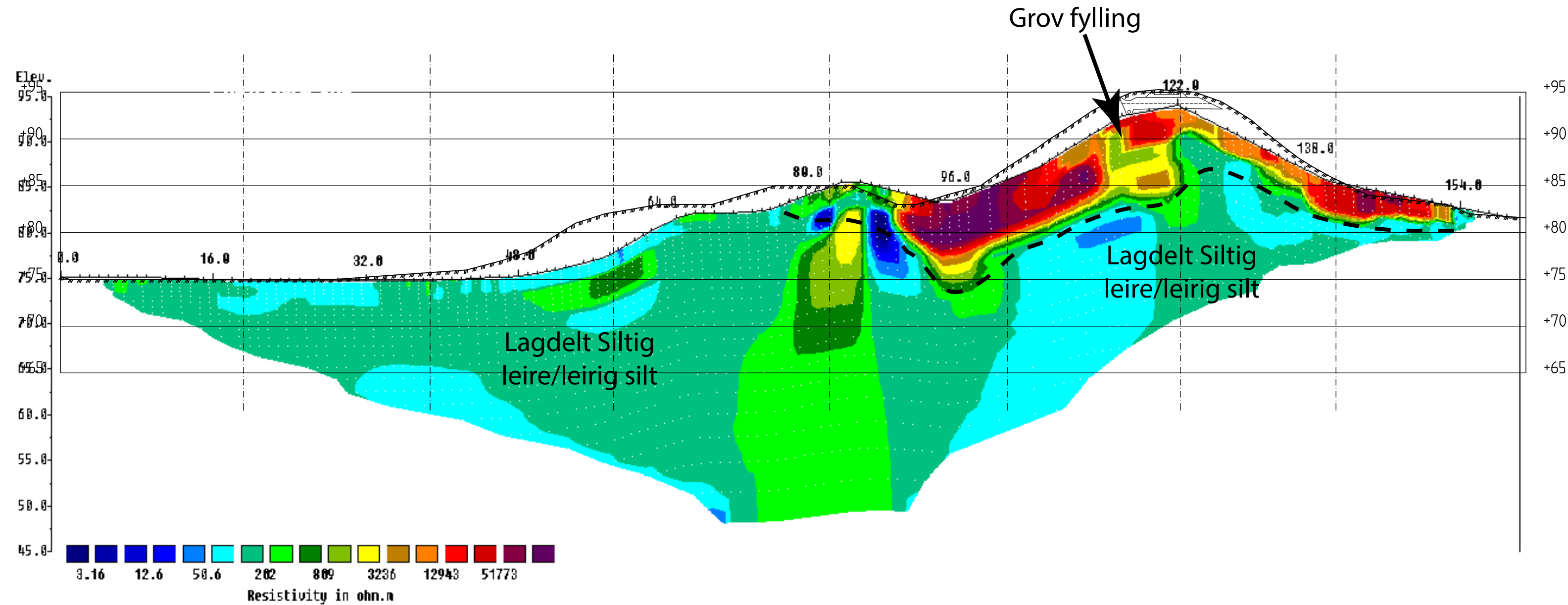
km 227.55 Dobbeltsidig fjellskjæring Fylling km 227.63



Profil GP4-GP4


1 : 400

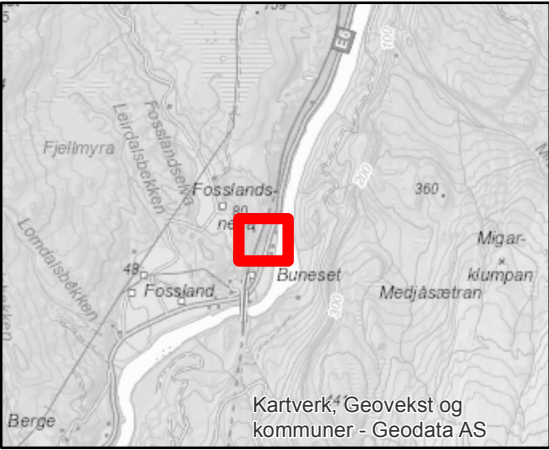
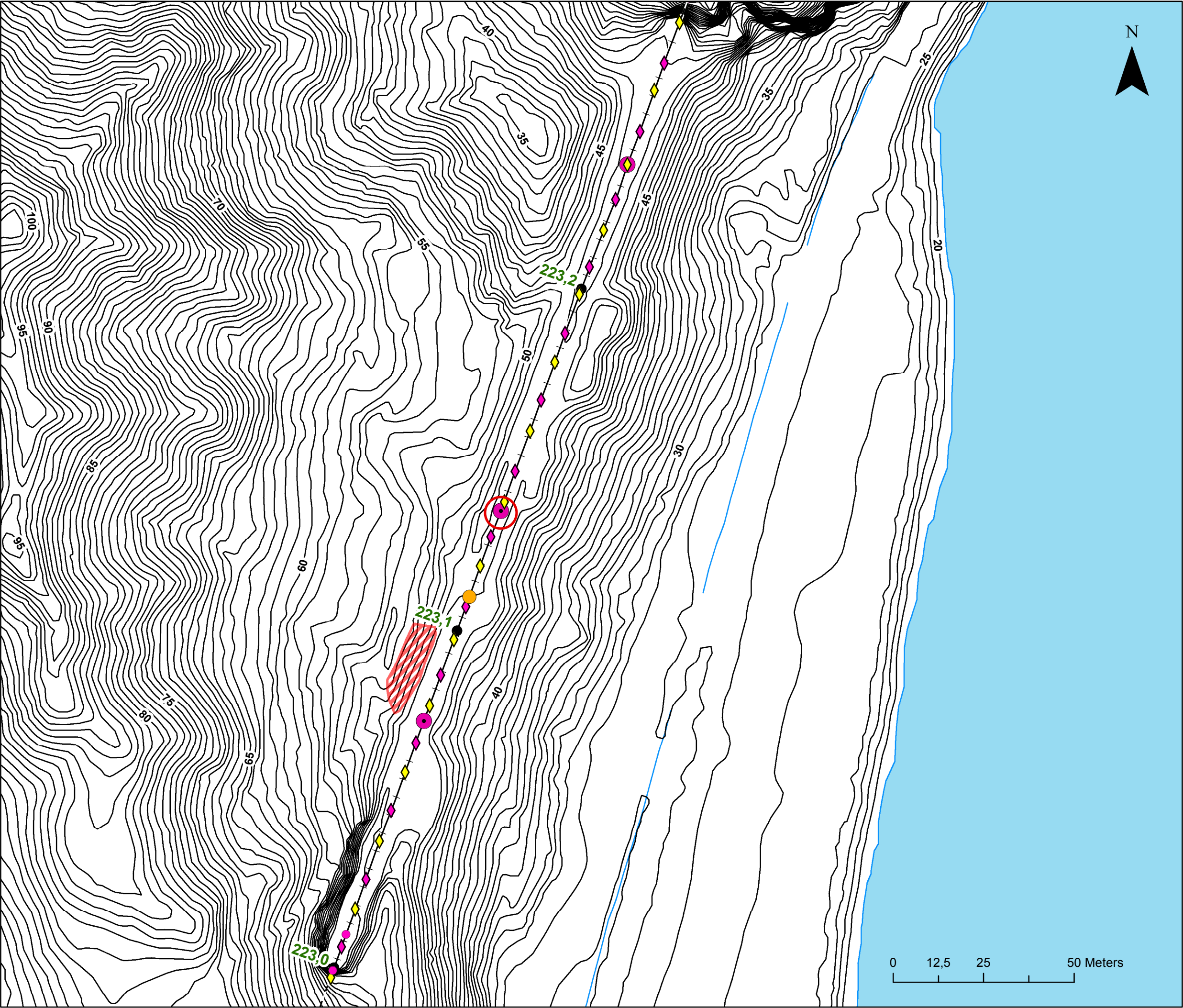
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.	
Detaljkartlegging av løsmassestabilitet, Nordlandsbanen Jernbaneverket		Status				
		Original format				
		A-3L				
		Tegningens filnavn				
Prioriteringsområde nr. 4: Nausthaugen - Gartlandsåsen GP3 - Lengdeprofil km 227.66 - 227.86 GP4 - Lengdeprofil km 227.55 - 227.63		2014-Nausthaugen - profil 1-8 400.dwg				
		Målestokk				
		1400				
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 03 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent	
		2014-11-11	JSL	RMo		RMo
		Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.		
		20120665	203			



Profil GP8-GP8

1 : 400

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Detaljkartlegging av løsmassestabilitet, Nordlandsbanen Jernbaneverket		Status			
		Original format A-3L			
		Tegningens filnavn 2014-Nausthaugen - profil 1-8 400.dwg			
Prioriteringsområde nr. 4: Nausthaugen - Gartlandsåsen GP8 - Lengdeprofil km 228.41 - 228.41		Målestokk 1400			
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 2014 - 11 - 11 Oppdragsnr. 20120665	Konstr./Tegnet JSL Tegningsnr. 205	Kontrollert RMO	Godkjent RMO
				Rev.	



Tiltak stikkrenne - Se Vedlegg A

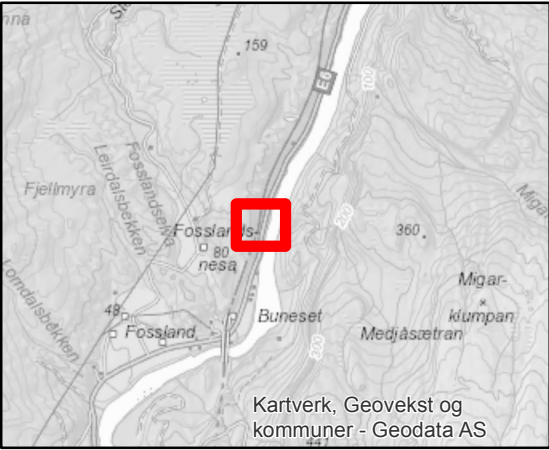
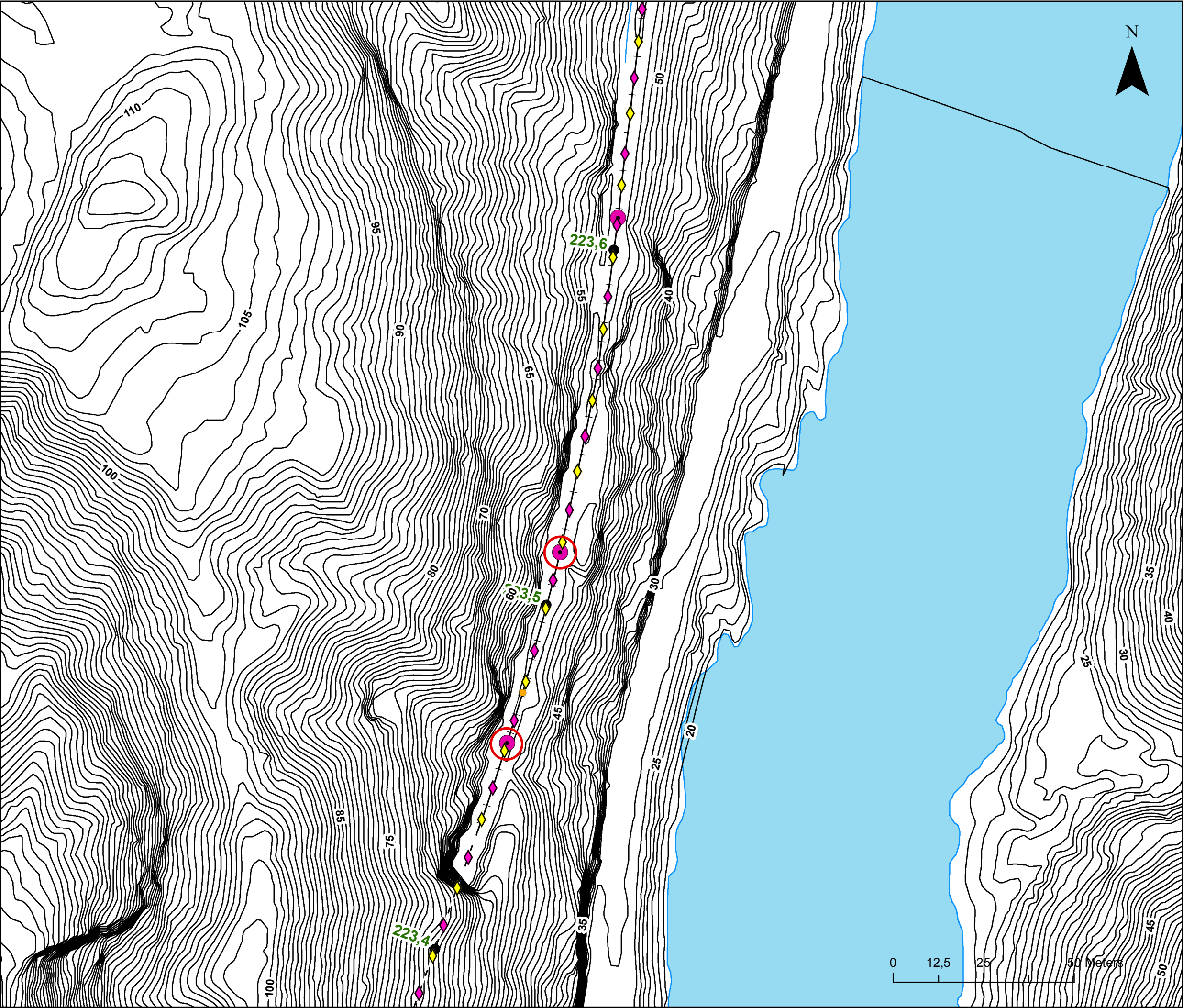
- Større tiltak
- Mindre tiltak

Rashendelser

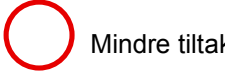
- Ukjent
- Under 0,5m³
- 0.5-5m³
- 5-25m³
- 25-100m³
- 100-500m³
- >500m³
- Stikkrenner
- Geometriske tiltak - Nivå 1
- Dreneringstiltak - Nivå 1
- Dreneringstiltak - Nivå 2
- Geometriske tiltak - Nivå 2

Målestokk (A3): 1:1 000 Datum: ETRS 1989, Kartprojeksjon: UTM 33N

Detaljkartlegging og anbefalte tiltak		
Prioritetsområde nr. 4 : Nausthagen-Gartlandsåsen	Prosjektnr. 20120665	Kart nr. 300
	Utført JSL	Dato 2014-12-19
	Kontrollert RMo	
	Godkjent RMo	



Tiltak stikkrenne - Se Vedlegg A

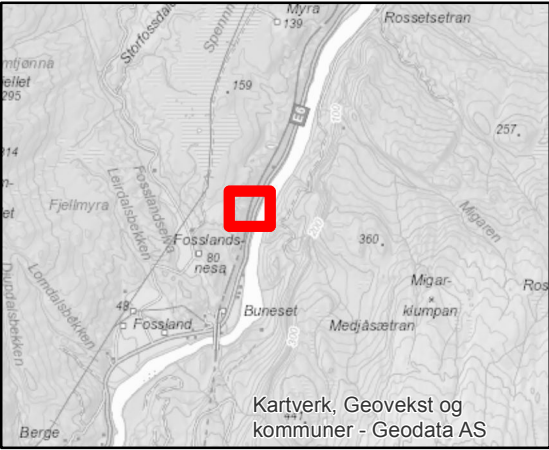
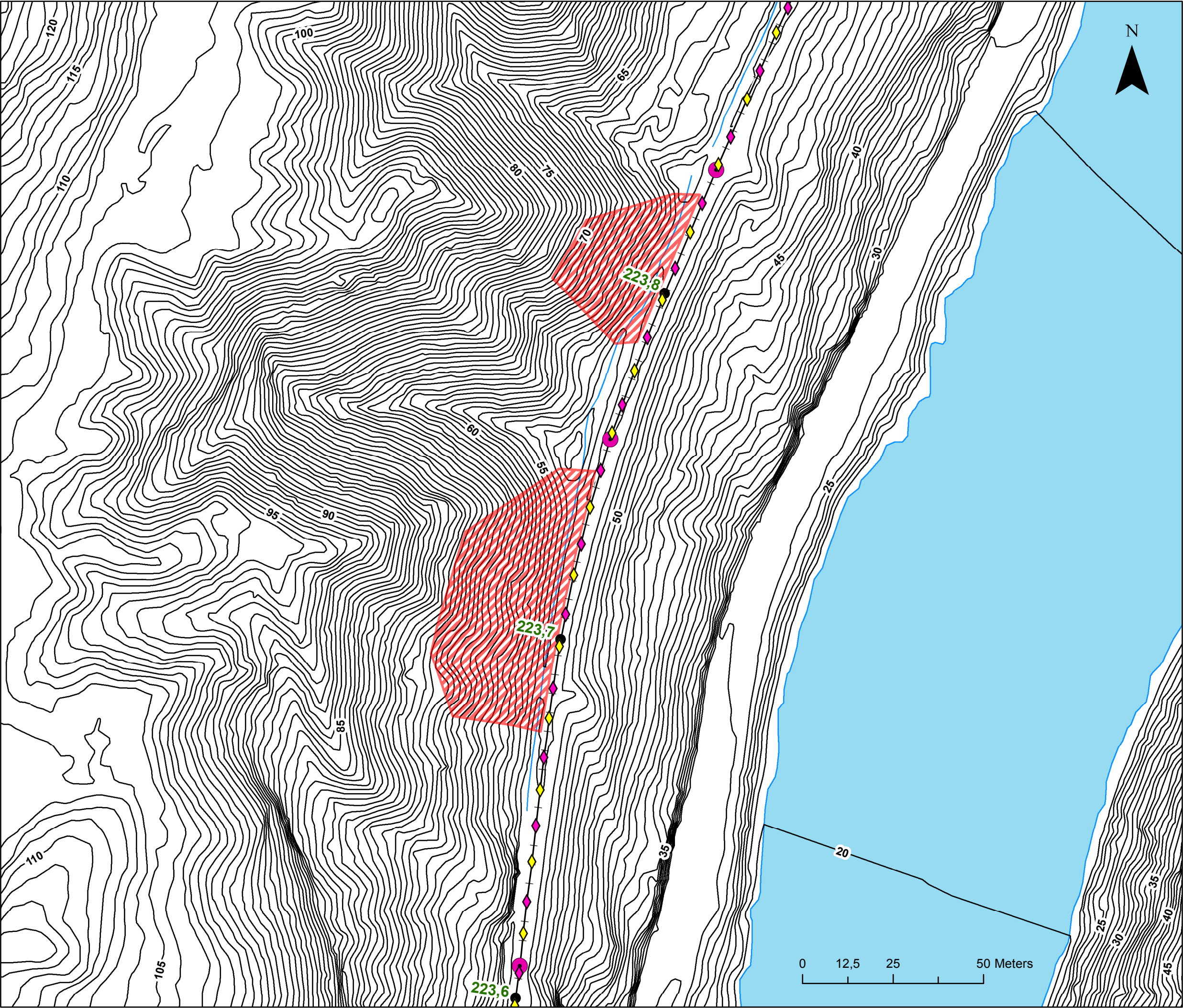


Rashendelser

- Ukjent
- Under 0,5m³ Under 0,5m³
- 0.5-5m³
- 5-25m³
- 25-100m³
- 100-500m³
- >500m³
- Stikkrenner
- Geometriske tiltak - Nivå 1
- Dreneringstiltak - Nivå 1
- Dreneringstiltak - Nivå 2
- Geometriske tiltak - Nivå 2

Målestokk (A3): 1:1 000 Datum: ETRS 1989, Kartprojeksjon: UTM 33N

Detaljkartlegging og anbefalte tiltak		
Tiltaksplan km 223.40 - 223.66	Prioritetsområde nr. 4 : Nausthagen-Gartlandsåsen	Prosjektnr. 20120665
		Kart nr. 301
		Dato 2014-12-19
		NGI



Tiltak stikkrenne - Se Vedlegg A



Større tiltak



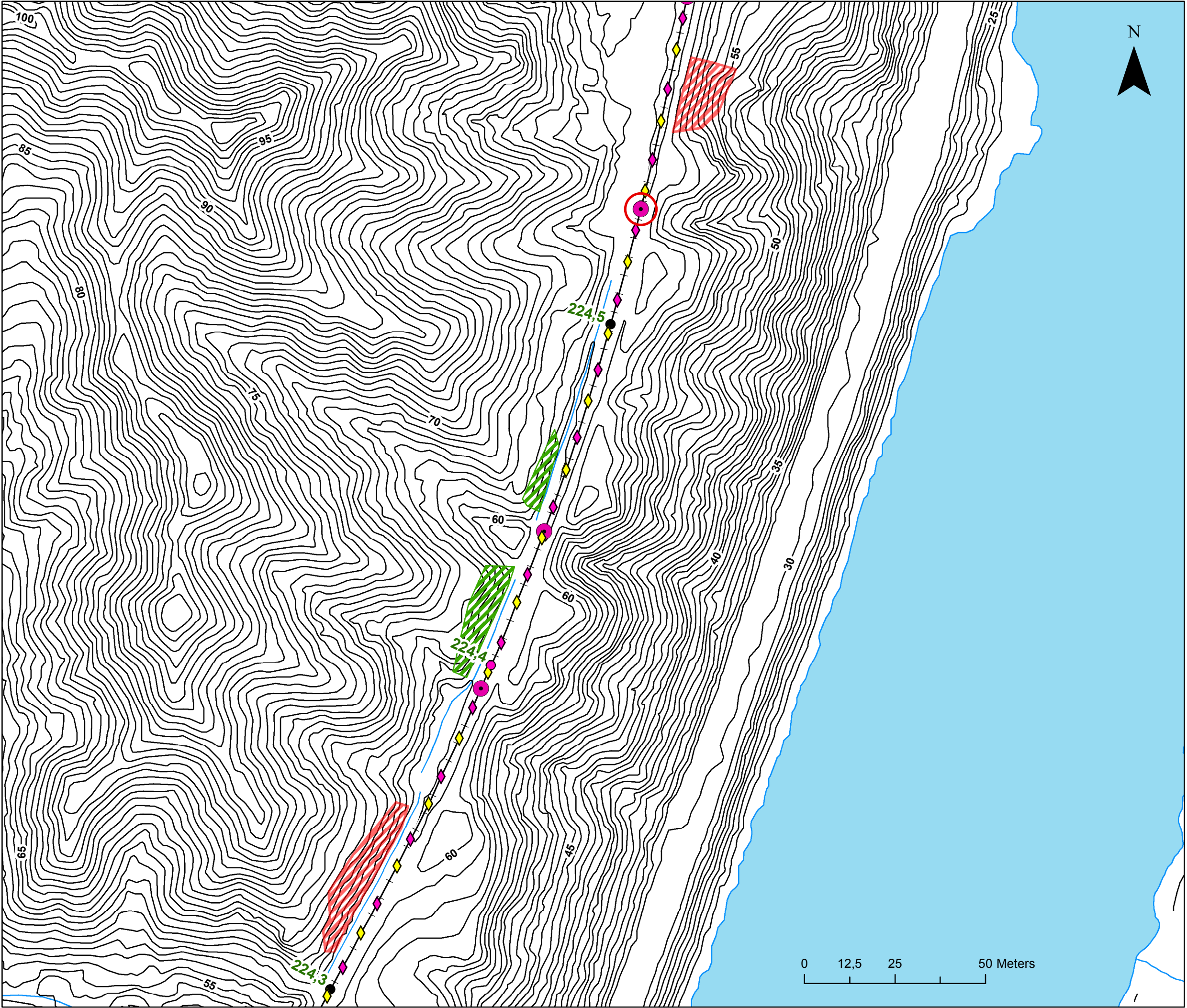
Mindre tiltak

Rashendelser

- Ukjent
- Under 0,5m³ Under 0,5m³
- 0.5-5m³
- 5-25m³
- 25-100m³
- 100-500m³
- >500m³
- Stikkrenner
- Geometriske tiltak - Nivå 1
- Dreneringstiltak - Nivå 1
- Dreneringstiltak - Nivå 2
- Geometriske tiltak - Nivå 2

Målestokk (A3): 1:1 000 Datum: ETRS 1989, Kartprojeksjon: UTM 33N

Detaljkartlegging og anbefalte tiltak		
Prioritetsområde nr. 4 : Nausthagen-Gartlandsåsen	Prosjektnr. 20120665	Kart nr. 302
	Utført JSL	Dato 2014-12-19
	Kontrollert RMo	
	Godkjent RMo	



Tiltak stikkrenne - Se Vedlegg A

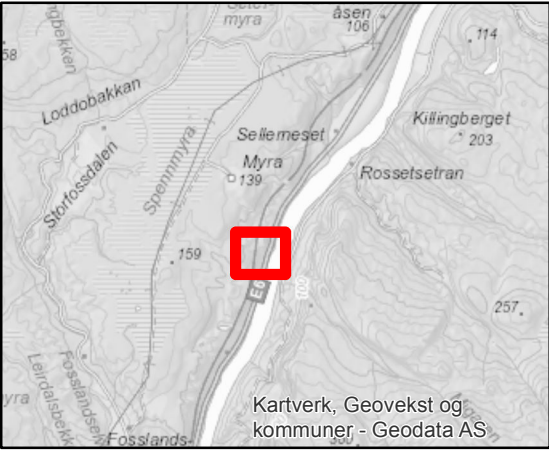
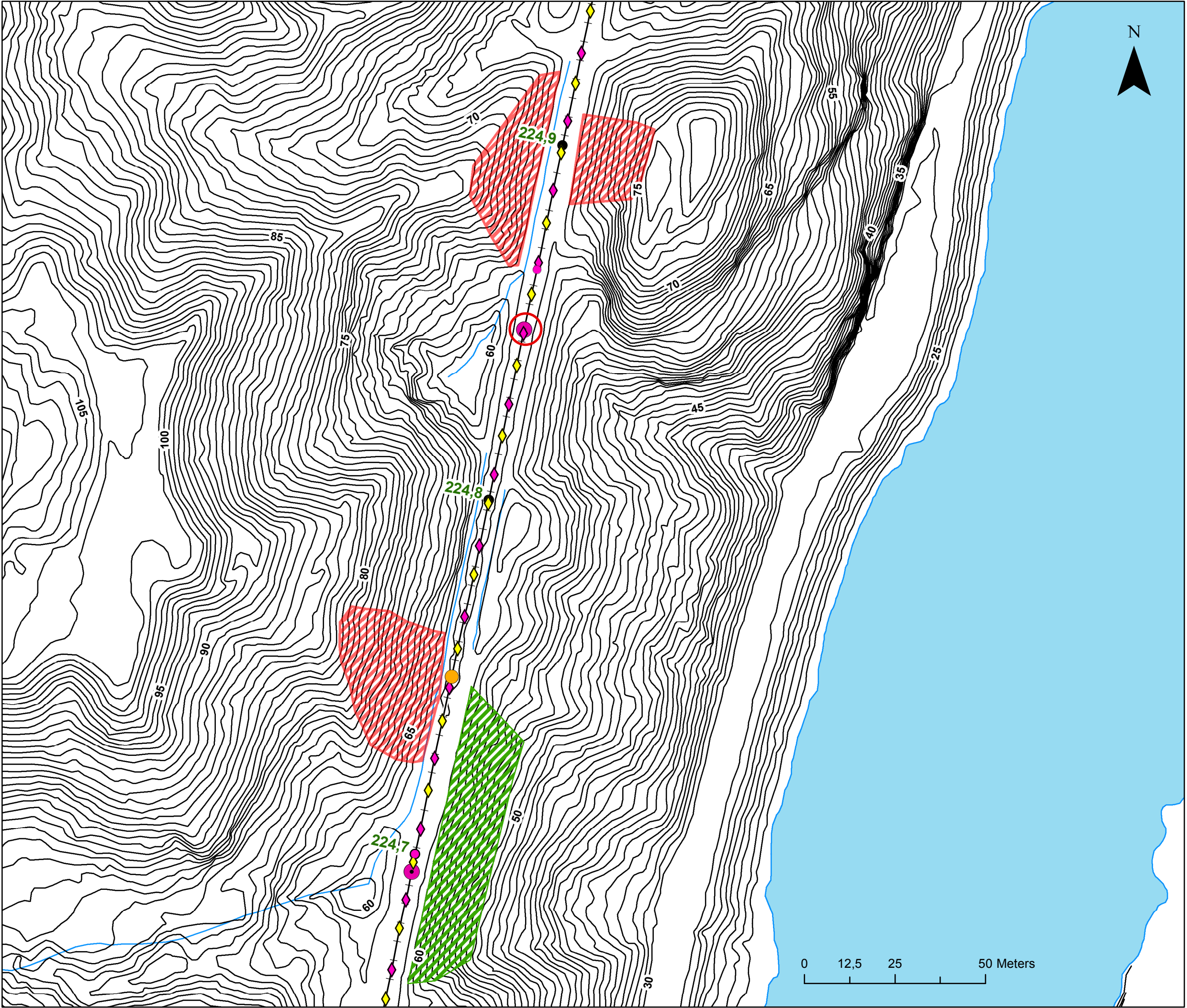
- Større tiltak
- Mindre tiltak

Rashendelser

- Ukjent
- Under 0,5m³
- 0.5-5m³
- 5-25m³
- 25-100m³
- 100-500m³
- >500m³
- Stikkrenner
- Geometriske tiltak - Nivå 1
- Dreneringstiltak - Nivå 1
- Dreneringstiltak - Nivå 2
- Geometriske tiltak - Nivå 2

Målestokk (A3): 1:1 000 Datum: ETRS 1989, Kartprojeksjon: UTM 33N

Detaljkartlegging og anbefalte tiltak		
Prioritetsområde nr. 4 : Nausthagen-Gartlandsåsen	Prosjektnr. 20120665	Kart nr. 304
	Utført JSL	Dato 2014-12-19
	Kontrollert RMo	
	Godkjent RMo	



Tiltak stikkrenne - Se Vedlegg A

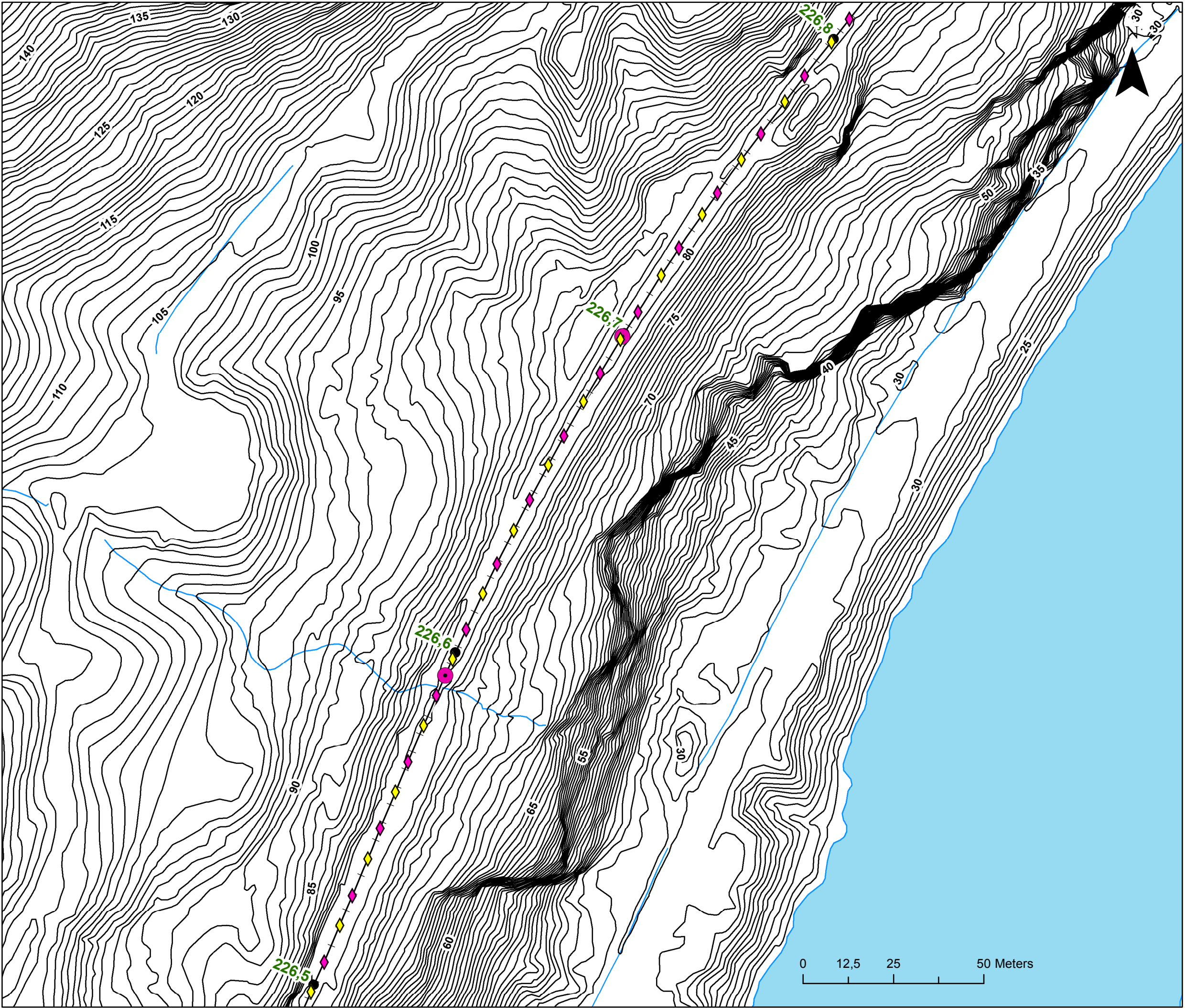


Rashendelser

- Ukjent
- Under 0,5m³ Under 0,5m³<SUP>3<\SUP>
- 0.5-5m³
- 5-25m³
- 25-100m³
- 100-500m³
- >500m³
- Stikkrenner
- Geometriske tiltak - Nivå 1
- Dreneringstiltak - Nivå 1
- Dreneringstiltak - Nivå 2
- Geometriske tiltak - Nivå 2

Målestokk (A3): 1:1 000 Datum: ETRS 1989, Kartprojeksjon: UTM 33N

Detaljkartlegging og anbefalte tiltak		
Prioritetsområde nr. 4 : Nausthagen-Gartlandsåsen	Prosjektnr. 20120665	Kart nr. 305
	Utført JSL	Dato 2014-12-19
	Kontrollert RMo	
	Godkjent RMo	



Tiltak stikkrenne - Se Vedlegg A

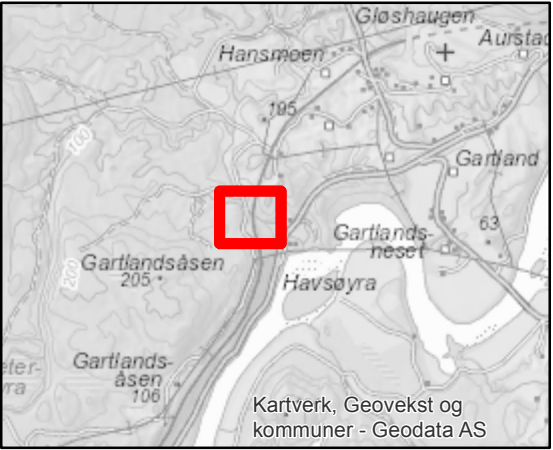
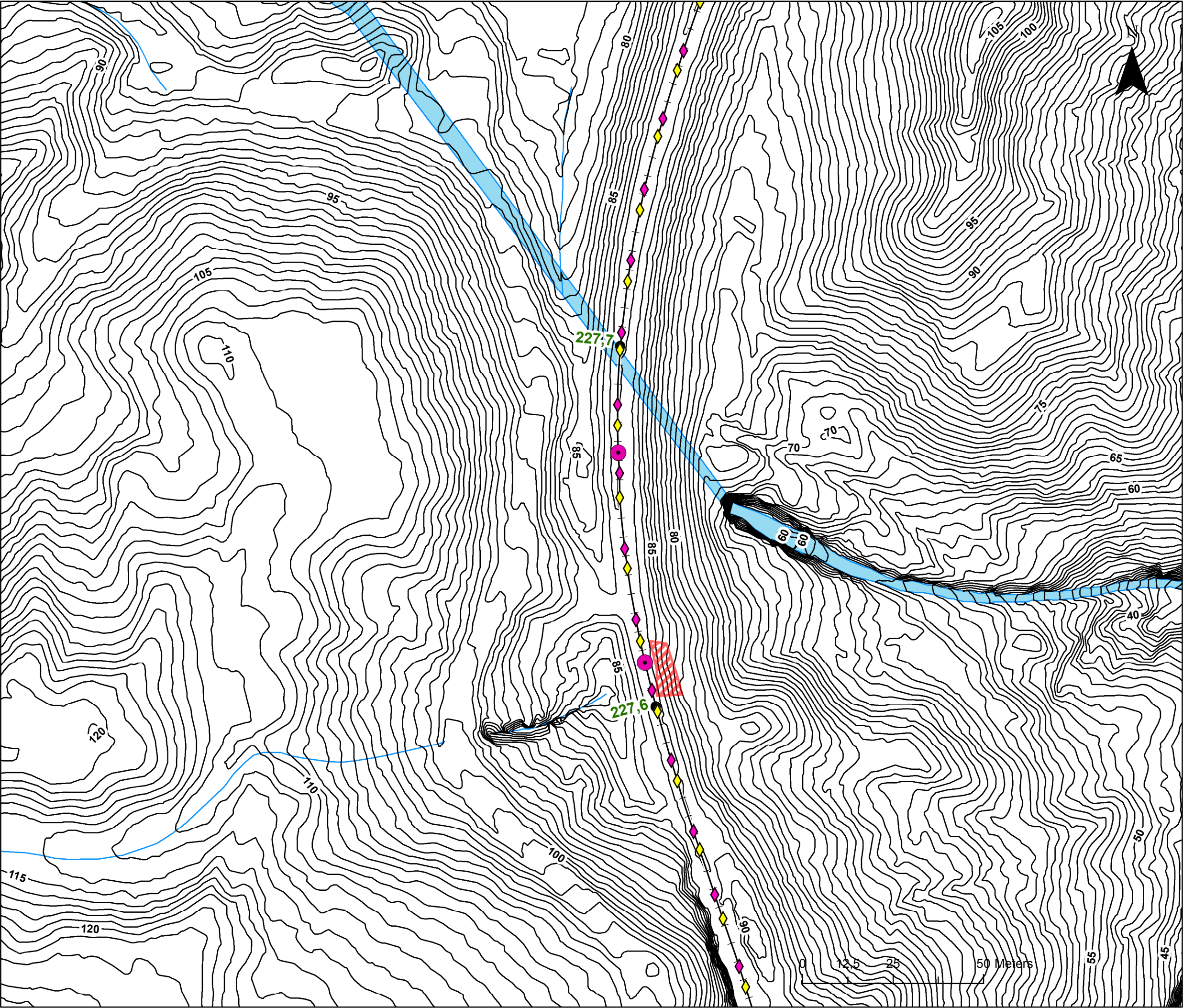
- Større tiltak
- Mindre tiltak

Rashendelser

- Ukjent
- Under 0,5m³
- 0.5-5m³
- 5-25m³
- 25-100m³
- 100-500m³
- >500m³
- Stikkrenner
- Geometriske tiltak - Nivå 1
- Dreneringstiltak - Nivå 1
- Dreneringstiltak - Nivå 2
- Geometriske tiltak - Nivå 2

Målestokk (A3): 1:1 000 Datum: ETRS 1989, Kartprojeksjon: UTM 33N

Detaljkartlegging og anbefalte tiltak		
Prioritetsområde nr. 4 : Nausthagen-Gartlandsåsen	Prosjektnr. 20120665	Kart nr. 307
	Utført JSL	Dato 2014-12-19
	Kontrollert RMo	
	Godkjent RMo	



Tiltak stikkrenne - Se Vedlegg A

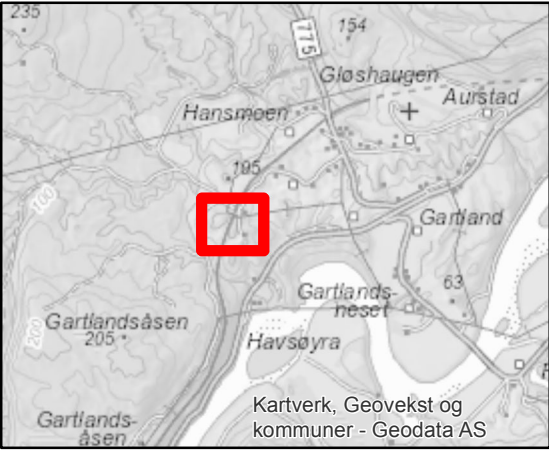
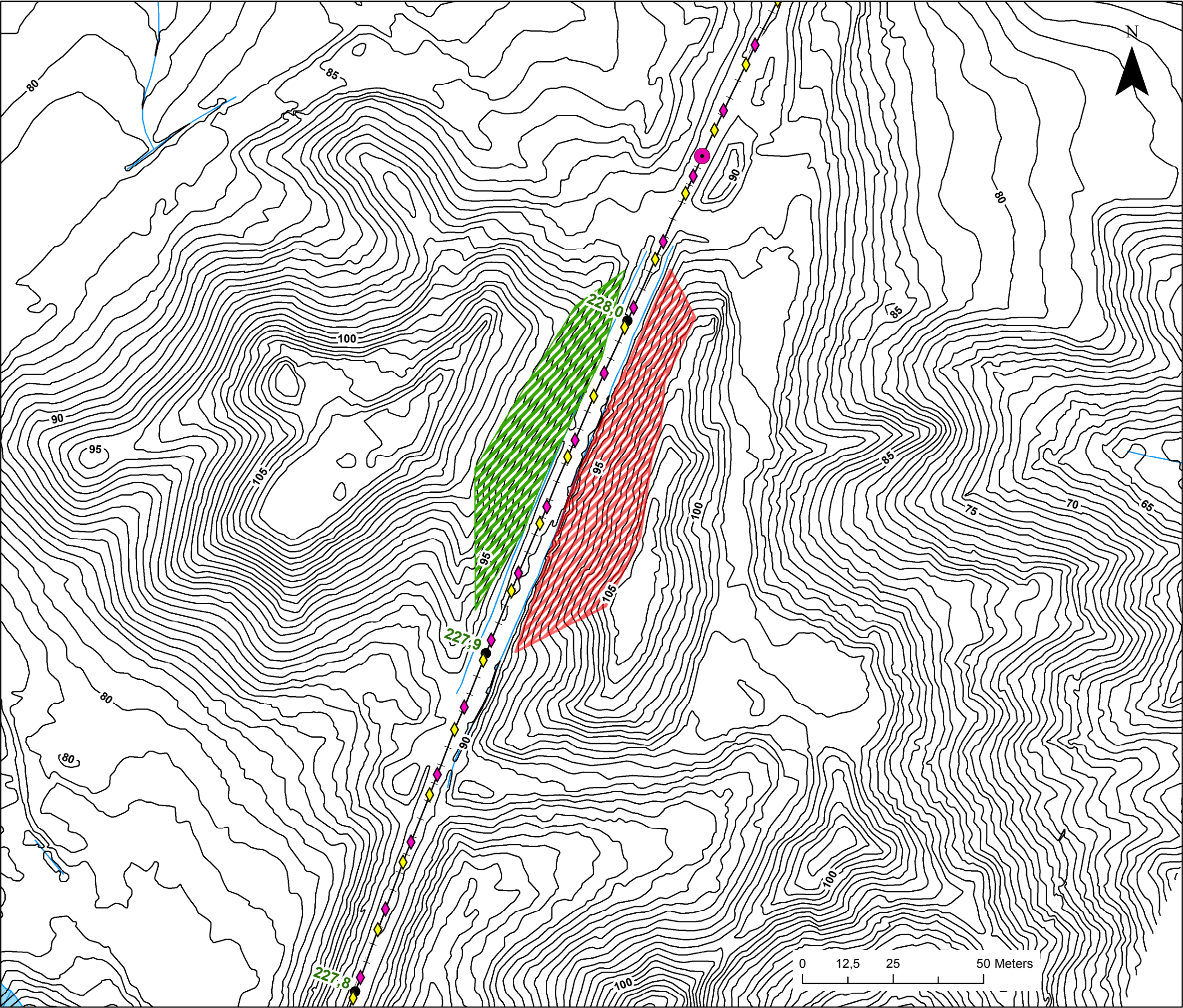
- Større tiltak
- Mindre tiltak

Rashendelser

- Ukjent
- Under 0,5m³
- 0.5-5m³
- 5-25m³
- 25-100m³
- 100-500m³
- >500m³
- Stikkrenner
- Geometriske tiltak - Nivå 1
- Dreneringstiltak - Nivå 1
- Dreneringstiltak - Nivå 2
- Geometriske tiltak - Nivå 2

Målestokk (A3): 1:1 000 Datum: ETRS 1989, Kartprojeksjon: UTM 33N

Detaljkartlegging og anbefalte tiltak		
Prioritetsområde nr. 4 : Nausthagen-Gartlandsåsen	Prosjektnr. 20120665	Kart nr. 308
	Utført JSL	Dato 2014-12-19
	Kontrollert RMo	
Tiltaksplan km 227,51 - 227,78	Godkjent RMo	



Tiltak stikkrenne - Se Vedlegg A

Større tiltak

Mindre tiltak

Rashendelser

- Ukjent
- Under 0,5m³
- 0.5-5m³
- 5-25m³
- 25-100m³
- 100-500m³
- >500m³
- Stikkrenner
- Geometriske tiltak - Nivå 1
- Dreneringstiltak - Nivå 1
- Dreneringstiltak - Nivå 2
- Geometriske tiltak - Nivå 2

Målestokk (A3): 1:1 000 Datum: ETRS 1989, Kartprojeksjon: UTM 33N

Detaljkartlegging og anbefalte tiltak		
Prioritetsområde nr. 4 : Nausthagen-Gartlandsåsen	Prosjektnr. 20120665	Kart nr. 309
	Utført JSL	Dato 2014-12-19
	Kontrollert RMo	
	Godkjent RMo	

Vedlegg A - Flomberegning og kulvert kapasitet

Innhold

Vedlegget A presenterer flom- og kapasitetsberegning på strekningen Nausthaugen-Gartlandsåsen km 223,1-227,7 (Tabell 1). Vedlegget presenterer også bilder med kommentarer angående enkelte stikkrenner/kulvert som ble tatt under befaring i 2014 og hvor tiltak er anbefalt.

Tabell 1: Flom og kapasitetsberegning på strekningen Nausthaugen-Gartlandsåsen

Km	A (ha)	t_c (min)	i (L/s*ha)	C	Q (L/s)	$Q_{20\%}$ (L/s)	$Q_{40\%}$ (L/s)	$K_{20\%}$	$K_{40\%}$
223,135	0,9	13	273	0,55	450	162	189	36 %	42 %
223,237	12,2	50	89,1	0,55	2200	722	842	68 %	79 %
223,461	0,5	8	369,4	0,55	450	122	142	27 %	32 %
223,515	1,4	13	280,4	0,55	450	259	302	58 %	67 %
223,609	3,1	27	150,4	0,55	450	308	359	68 %	80 %
223,757	4,5	25	159,3	0,55	840	473	552	56 %	66 %
223,837	6,2	24	161,6	0,55	450	661	771	147 %	171 %
224,035	4,8	31	128,3	0,49	450	363	424	81 %	94 %
224,176	1,0	16	226,4	0,54	450	149	174	33 %	39 %
224,283	17,1	44	97,7	0,47	1600	939	1095	59 %	68 %
224,393	0,7	11	307,9	0,56	960	142	166	18 %	21 %
224,440	1,0	17	219,3	0,57	782,4	145	169	18 %	22 %
224,533	0,7	12	287,6	0,55	782,4	133	155	17 %	20 %
224,593	7,3	485	39,2	0,51	2136	174	203	8 %	10 %
224,695	25,8	477	39,4	0,46	7100	557	650	9 %	10 %
224,848	1,0	15	238,9	0,58	840	158	184	19 %	22 %
224,950	2,9	22	174,1	0,55	840	333	389	40 %	46 %
225,002	12,9	46	94,5	0,49	840	719	839	86 %	100 %
225,137	1,6	11	305,9	0,57	7100	323	377	5 %	5 %
225,195	0,9	12	292,6	0,57	7100	174	203	2 %	3 %
225,287	2,6	17	214,3	0,55	7100	368	429	5 %	6 %
225,382	1,4	11	316,9	0,56	450	293	342	65 %	76 %
225,606	30,6	173	46,7	0,47	14700	802	935	5 %	6 %
225,714	1,2	9	348,3	0,53	450	276	322	61 %	72 %
225,835	1,5	14	267	0,54	450	264	308	59 %	69 %
225,961	28,0	48	91,6	0,53	7100	1629	1901	23 %	27 %
226,142	1,4	9	349,1	0,55	7100	323	376	5 %	5 %
226,178	0,9	11	309,2	0,55	450	184	214	41 %	48 %
226,327	0,4	6	451,2	0,55	7100	119	139	2 %	2 %
226,370	15,5	44	97,7	0,54	7100	976	1139	14 %	16 %
226,414	1,1	12	284,7	0,55	450	207	241	46 %	54 %
226,593	18,6	33	125,2	0,54	840	1522	1776	181 %	211 %
226,699	6,9	20	184,4	0,55	7100	846	987	12 %	14 %
226,906	4,6	25	159,9	0,55	450	485	566	108 %	126 %
227,011	6,1	25	158,4	0,55	450	638	744	142 %	165 %
227,155	0,9	10	320,6	0,55	450	190	222	42 %	49 %
227,282	2,2	14	258,5	0,55	450	375	438	83 %	97 %
227,392	0,8	11	313,5	0,55	450	166	193	37 %	43 %
227,470	1,0	14	266,3	0,55	450	176	205	39 %	46 %
227,612	11,9	41	105	0,55	3200	825	962	43 %	51 %
227,671	0,4	14	263,4	0,55	450	70	81	15 %	18 %

der:

A = areal av nedbørsfelt, ha;

t_c = konsentrasjonstid, min;

i = dimensjonerende nedbørintensitet, (L/s*ha);

C = avrenningskoeffisient, dim.løs;

Q = dagens kapasitet, L/s;

$Q_{20\%}$ = avrenning beregnet med klimafaktor (K_f) på 20 %, L/s;

$Q_{40\%}$ = avrenning beregnet med klimafaktor (K_f) på 40 %, L/s;

i = dimensjonerende nedbørintensitet, L/(s*ha)

$K_{20\%}$ = Kapasitetsutnyttelse for dagens stikkrenne med en klimafaktor på 20%

$K_{40\%}$ = Kapasitetsutnyttelse for dagens stikkrenne med en klimafaktor på 40%

Tabell 2: Flom og kapasitetsberegning på strekningen Nausthaugen-Gartlandsåsen
km 223,1-227,7

Km	K ₂₀	K ₄₀	Kommentar	Anbefalte tiltak	Bilde nr.
223,135	36 %	42 %	T-stålprofil-peler holder svillene på plass, men to av disse gir etter. Fare for tetting av utløp, men det virker å være relativt tørt her. Innløpet holder på å tettes av leire. Må renskes	Rensk av innløp	1
223,237	68 %	79 %		—	
223,461	27 %	32 %	Masser foran innløp. Noe rask også foran utløp.	Rensk	2
223,515	58 %	67 %	Innløp delvis fylt av pukk	Rensk	3
223,609	68 %	80 %		—	
223,757	56 %	66 %		—	
223,837	147 %	171 %	Innløpet er 1m x 1m, mens utløpet er 0,6 x 0,6m. Beregningen er konservativt. Magasineringsarealet oppstrøms er stort nok for å ta imot 200 års nedbør. Ikke anbefalt tiltak.	—	4
224,035	81 %	94 %		—	
224,176	33 %	39 %		Rensk	9
224,283	59 %	68 %	Sammenrast lem	Rensk	
224,393	18 %	21 %		—	
224,440	18 %	22 %		—	
224,533	17 %	20 %	Utløp delvis tett. Ikke optimalt.	Rensk	5
224,593	8 %	10 %		—	
224,695	9 %	10 %		—	
224,848	19 %	22 %	Sammenrast lem foran innløpet. Noe sedimentasjon v. utløpet. Kvist og kvast som bør fjernes.	Rensk	
224,950	40 %	46 %	Utløp - firkant 60x60 - tverrsnitt delvis fylt opp av masser.	Rensk	
225,002	86 %	100 %	Neglisjert myr øverst i felt ved utrekning av Ase. Beregningene er konservative og stikkrenne så bra ut under befaringen. Ikke anbefalt tiltak.	—	
225,137	5 %	5 %		—	
225,195	2 %	3 %		—	
225,287	5 %	6 %		—	
225,382	65 %	76 %		—	
225,606	5 %	6 %		—	
225,714	61 %	72 %		—	
225,835	59 %	69 %		—	

Tabell 2 (forts.): Flom og kapasitetsberegning på strekningen Nausthaugen-Gartlandsåsen km 223,1-227,7

Km	K ₂₀	K ₄₀	Kommentar	Anbefalte tiltak	Bilde
225,961	23 %	27 %		—	
226,142	5 %	5 %		—	
226,178	41 %	48 %		—	
226,327	2 %	2 %		—	
226,370	14 %	16 %		—	
226,414	46 %	54 %		—	
226,593	181 %	211 %	Det er nylig (2013-14) satt inn ny stikkrenne og reserveløp med "steamrør" og området friskmeldes.	Tiltak utført!	6-7
226,699	12 %	14 %		—	
226,906	108 %	126 %	Fjell terreng. Beregningen er konservativt og område så bra ut under befaring.	Trenger lem over innløpet	8
227,011	142 %	165 %	Fjell terreng. Beregningen er konservativt og område så bra ut under befaring. Ikke anbefalt tiltak	—	
227,155	42 %	49 %		—	
227,282	83 %	97 %	Fjell terreng. Beregningen er konservativt og område så bra ut under befaring. Ikke anbefalt tiltak	—	
227,392	37 %	43 %		—	
227,470	39 %	46 %		—	
227,612	43 %	51 %		—	
227,671	15 %	18 %		—	



Figur 1: Innløpet på stikkrenne ved km 223,135 holder på med å bli tett.



Figur 2: Innløpet på stikkrenne ved km 223,461 trenger rensk.



Figur 3: Innløp av stikkrenne delvis fylt av pukk ved km 223,515.



Figur 4: Utløp av stikkrenne ved km 223,837.



Figur 5 Utløp av stikkrenne delvis blokkert km 224,533.



Figur 6: Nytt inntak med reserveløp ved km 226,590.



Figur 7: Ny utløp for stikkrenne og reserveløp ved km 226,590.



Figur 8: Anbefalt lem over innløpet av stikkrenne ved km 226,906.



Figur 9: Anbefalt rensk av stikkrenne ved km 224,176.

Vedlegg B - Skjema for evaluering av faregrad, skadekonsekvens og risikoklasse

Innhold

Evaluerings for kvikkleiresonen 1104– Gartland med tanke på faregrad, skadekonsekvens og risikoklasse i henhold til ref. (1). Evalueringen er tidligere utført av NGI i ref. (2).

Tabeller

B1 – Vurdering av faregrad, for kvikkleiresonen 1104– Gartland.

B2 – Vurdering av faregradsklasse, for kvikkleiresonen 1104– Gartland.

B3 – Vurdering av skadekonsekvens for kvikkleiresone 1104– Gartland

B4 – Vurdering av skadekonsekvens- og risikoklasse for kvikkleiresone 1104– Gartland.

Figur

B1 – Utstrekning og lokalitet av kvikkleiresone 1104-Gartland.

1 Referanser

1. **NVE**. *Sikkerhet mot kvikkleireskred - Veileder nr 7-2014*. s.l. : Norges vassdrag- og energidirektorat, 2014.

2. **NGI**. *Kartlegging av områder med potensiell fare for kvikkleireskred - Kartbladet Harran, M = 1:50000*. Desember 2000. 20001301-1.

Tabell B1: Vurdering av faregrad, for kvikkleiresonen 1104-Gartland.

Faktorer	Score				Observasjon/beskrivelse
Tidligere skredaktivitet	Høy	Noe	Lav	Ingen	I hele dalstrøket har det gått mange skred. Rasgroper kan sees langs store deler av Namsenvassdraget. Ras har tidligere gått på sonen.
Skråningshøyde, H	> 30 m	20-30 m	15-20 m	< 15 m	Skråningen ved yttersvingen av Namsen er den største høydeforskjellen på sonen. Skråningen er over 30 meter høy. Helningen på skråningen er opp mot 1:3.
Forkonsolidering (OCR)	1,0-1,2	1,2-1,5	1,5-2,0	>2,0	Området er preget av raviner som har skåret sterkt rundt platåene. Erosjon har ført til at området lokalt er senket. Antar noe konsolidert.
Poreovertrykk i kritisk glideflate	>30 kPa	10-30 kPa	0-10 kPa	Hydrostatisk	Antatt hydrostatisk
Kvikkleiremektighet	>H/2	H/4-H/2	<H/4	Tynt lag	Dreietrykksondering indikerer kvikkleire i en dybde fra 11.5-19.5 meter og fra 26-33 meter under terreng. En total tykkelse på 15 meter.
Sensitivitet	>100	30-100	20-30	<20	
Erosjon	Aktiv	Noe	Lite	Ingen	I Gartlandselva pågår det noe erosjon i yttersvingene lengst nord på sonen. Øst og vest for Gartlandselva pågår det litt torverosjon.
Forverrende inngrep	Stort	Noe	Lite	Ingen	
Forbedrende inngrep	Stort	Noe	Lite	Ingen	Namsen er sikret langs hele strekningen som berører sonen frem til Johylla. Det er utført en del bekkelukking på sonen og Gartlandselva går i tunnel over en strekning på ca 200 meter.

Tabell B2: Vurdering av faregradsklasse, for kvikkleiresonen 1104-Gartland.

Faregradsevaluering

Faktorer	Vektall	Beskrivelse	Score	Produkt
Tidligere skredaktivitet	1	Høy	3	3
Skråningshøyde, meter	2	20-30 m	3	6
OCR	2	1,2-1,5	2	4
Poreovertrykk	3	10-30 kPa	0	0
Poreundertrykk	-3	> -50 kPa	0	0
Kvikkleiremektighet	2	>H/2	2	4
Sensitivitet	1	>100	2	2
Erosjon	3	Noe	1	3
Inngrep, forverring	3	Ingen	0	0
Inngrep, forbedring	-3	Ingen	2	-6

Sum poeng 16 av maks. oppnåelig 51 poeng
Faregradsklasse: **Lav** 31 % av maksimal poengsum

Tabell B3: Vurdering av skadekonsekvens for kvikkleiresone 1104-Gartland.

Faktorer	Hva må sjekkes:	Score				Observasjon/beskrivelse
		Tett > 5	Spredt > 5	Spredt < 5	Ingen	
Boligheter, antall	Permanent opphold i sonen + utløpsområdet. 1 boligenhet = 1 familie					3 gårdsbruk og 8 bolighus.
Næringsbygg, personer	Midlertidig opphold. Industri, næring, kontorer, skoler, offentlige bygg	> 50	10 - 50	< 10	Ingen	
Annen bebyggelse, verdi	Bygg der det normalt ikke oppholder seg mennesker.	Stor	Betydelig	Begrenset	Ingen	
Vei, ÅDT	Kfr. SVV trafikkregister	> 5000	1001-5000	100-1000	< 100	E6 og kommunal vei
Toglinje, baneprioritet	Kfr. JBV baneprioritet	1-2	3-4	5	Ingen	Nordlandsbanen
Kraftnett	Kfr. Statkrafts nettklasser	Sentral	Regional	Distribusjon	Lokal	
Oppdemming/flom	Tilstrekkelig volum skredmasser, tilstrekkelig sensitive skredmasser, mulig volum på oppdemming, lett eroderbare masser, bebyggelse i kritiske områder	Alvorlig	Middels	Liten	Ingen	Hvis hele sonen raser ut og demmer opp Namsen vil dette ha alvorlige konsekvenser.

Tabell B4: Vurdering av skadekonsekvens- og risikoklasse for kvikkleiresone 1104-Gartland.

Faktorer	Vektall		Score	Produkt
Boligheter, antall	4	Tett > 5	2	8
Næringsbygg, personer	3	Ingen	0	0
Annen bebyggelse, verdi	1	Ingen	0	0
Vei, ÅDT	2	100-1000	3	6
Toglinje, baneprioritet	2	Ingen	2	4
Kraftnett	1	Sentral	1	1
Oppdemming/flom	2	Alvorlig	3	6

Sum poeng 25 av maks. oppnåelig 45 poeng

Skadekonsekvensklasse: **Meget alvorlig** 56 % av maksimal poengsum

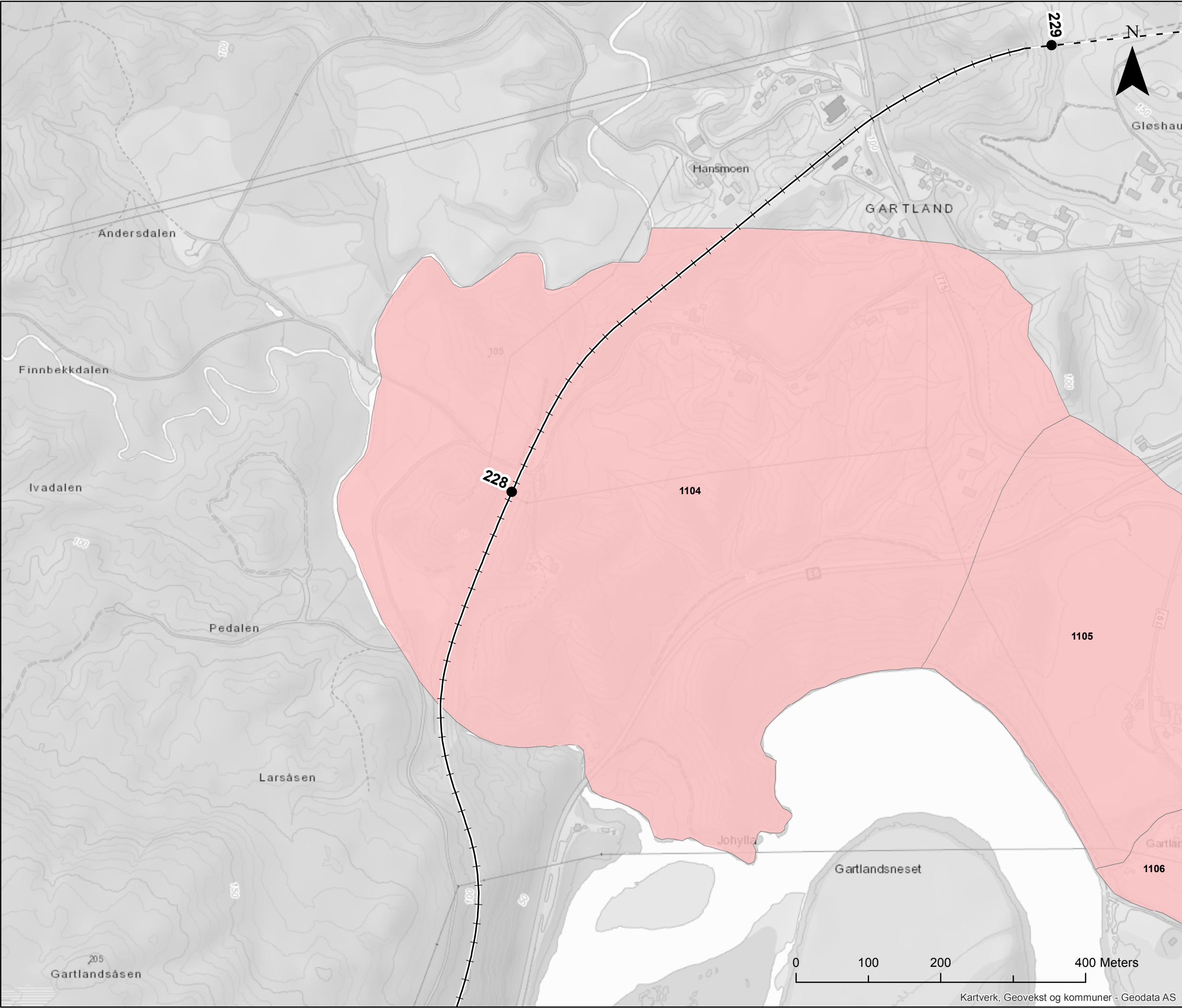
Risiko = fare% x konsekvens%: 1743

Risikoklasse: **3**

Tiltakskategori avh. av faregrad: K3

Krav til material faktor større enn: 1.4

Forbedring avh. av faregrad v/ym for liten: Forbedring



Faregradklasse
SkredfaregradKlasse

- 1 - Lav
- 2 - Middels
- 3 - Høy

Målestokk (A3): 1:5 000 Datum: ETRS 1989, Kartprojeksjon: UTM 33N

Detaljkartlegging og anbefalte tiltak		
Prioritetsområde nr. 4 : Nausthagen-Gartlandsåsen	Prosjektnr. 20120665	Kart nr. Figur B1
	Utført JSL	Dato 2014-12-19
	Kontrollert RMo	
	Godkjent RMo	

Vedlegg C - Tolkning av treaksforsøk

Innhold

Vedlegget inneholder resultater fra tolkning av 4 treaksforsøk (CAUA), ref. /1/.

Tabell liste

Tabell C1 Oppsummeringstabell av treaksforsøk

Referanser

/1/ NGI (2013)
Kartlegging av løsmassestabilitet Grong – Mosjøen. Grunnundersøkelser
datarapport. Dokumentnr.

20120665-04-R

Kartlegging av løsmassestabilitet, Grong-Mosjøen

TABELL C1:

TOLKNING AV TREAKSIALFORSØK

PRØVE IDENTIFISERING					INDEKSEGENSKAPER						KONSOLIDERING										UDRENERT SKJÆRING Enaks			STYRKEEGENSKAPER							
Hull nr.	Prøve diameter	Sylinder Del	Dybde	Jordart	w _i	w _l	w _p	Ip	γ _{tot}	Type forsøk	p' _{0v}	σ' _{ac}	σ' _{rc}	K ₀ '	ε _{vol}	ε _{ac}	w _c	Δe/e ₀	OCR fra CPTU	Prøve kvalitet (NVE)	t _f	e _f	t _f / p' _{0v}	s _u (peak)	ε _a (peak)	s _u (1%)	s _{u peak} /s' _{ac}	a (m=0.6)	φ (phi)	attraksjon	
	mm		m		%	%	%	%	kN/m ³		kPa	kPa	kPa		%	%	%					kPa	%		kPa	%	kPa			°	kPa
NG-7	72	3-A-1	13,35	Leire	31,3	25,3	17,5	7,8	19,52	CAUA	146,6	146,5	96,8	0,66	3,97	1,72	28,67	0,086	1,6	Akseptabel	31,2	6,5	0,21	59	12,8	48	0,40	0,27	33,0	5	
NG-7	72	5-A-1	15,19	Leire	30,9	25,3	17,5	7,8	19,38	CAUA	171,1	171,0	112,9	0,66	2,76	1,61	29,10	0,060	1,5	Akseptabel	45,1	5,7	0,26	68	1,8	66	0,40	0,24	30,9	5	
NG-10	72	1-A-1	5,42	Leire	27,2	25,5	17,7	7,8	20,07	CAUA	35,8	35,7	23,6	0,66	0,31	0,30	27,00	0,007	2,0	Perfekt	40,2	4,2	1,12	59	8,5	30	1,65	3,39	33,0	5	
NG-10	72	2-A-3	10,43	Leire	32,3	36,0	20,9	15,1	19,36	CAUA	73,4	73,5	48,4	0,66	0,64	0,56	31,84	0,014	1,5	Perfekt	59,0	5,1	0,80	49	5	38	0,67	1,37	33,0	5	

w_i

In-situ vanninnhold

w_l

Flytegrense

w_p

Utrullingsgrense

Ip

Plastisitetsindeks, Ip = w_l - w_p

p'_{0v}

In-situ vertikal effektivspenning

s'_{ac}

Vertikal konsolideringsspenning

s'_{rc}

Horisontal konsolideringsspenning

e_{vol}

Volumetrisk tøying ved konsolidering

e_{ac}

Vertikal tøying ved konsolidering

B

Skemptions poretrykksfaktor, Du/s_m

t_f

Skjærspenning ved brudd

u_f

Poretrykk i prøven ved brudd

e_f

Vertikal tøying ved brudd

Δe/e₀

Δe = ε_{vol} (1+e_i) og e_i = 2.75 * w_i

Prøvekvalitet i hht NVE:	Volumtøying ΔV/V0 (εvol)			
	OCR	Kv.kl.1 Perfekt	Kv.kl.1 Akseptat	Kv.kl.2 Forstyrret
	1-1,2	<3,0	3,0-5,0	>5,0
	1,2-1,5	<2,0	2,0-4,0	>4,0
	1,5-2	<1,5	1,5-3,5	>3,5
	2-3	<1,0	1,0-3,0	>3,0
	3-8	<0,5	0,5-1,0	>1,0

Vedlegg D - Tolkning av ødometerforsøk

Innhold

Vedlegget inneholder resultater fra tolkning av 4 ødometerforsøk (CRS), ref. /1/
Forsøkene er tolket i henhold til (2) og (3).

Tabell liste

Tabell C1 Oppsummeringstabell av ødometerforsøk

Referanser

/1/ NGI (2013)
Kartlegging av løsmassestabilitet Grong – Mosjøen. Grunnundersøkelser
datarapport. Dokumentnr. 20120665-04-R.

OVERSIKT OVER ØDOMETERFORSØK

LA / SIH 12.02.97

Vedlegg E - Tolkning av CPTU-sonderinger

Innhold

Det er utført 4 CPTU-sonderinger. Ref. /1/ viser et anslag på kvaliteten av sonderingene. Alle sonderingene havner i anvendelsesklasse 1.

CPTU-sonderingene fra de grunnundersøkelsene, ref. /1/, er benyttet for tolkning av udrenert skjærstyrke iht. ref. /2/ med forutsetninger gitt i Tabell E2.

Tabell E1 Forutsetninger for tolkning av CPTU-sonderinger.

$N_{\Delta u}$ – korrelasjon (poretrykksbasert): $s_u^A = (u_2 - u_0)/N_{\Delta u}$									
N_{kt} – korrelasjon (spissmotstandsbasert): $s_u^A = (q_t - \sigma_{v0}')/N_{kt}$									
Borpkt	Rom-vekt	Pore-trykk	OCR (p_c'/p_0')	I_p	$S_t > 15$	$N_{\Delta u}$		N_{kt}	
						$S_t > 15$	$S_t < 15$	$S_t > 15$	$S_t < 15$
NG-7	Fra typiske verdier	Fra lokal poretrykksmåling	2,5-1,1 (d=5-35m)	Fra lokal prøveserie på NG-7 og NG-10	8-35 m	9.8 – 4.5 log OCR	6.9 – 4 log OCR + 0.07 I_p	8.5 + 2.5 log OCR	7.8 + 2.5 log OCR + 0.082 I_p
NG-8		Fra strømanalyse med lokal poretrykksmåling på NG-10	2,3-1,2 (d=5-30m)		20-40 m				
NG-9			2,0-1,2 (d=5-35m)		22-40 m				

Udrenert aktivt skjærstyrkeprofil som er benyttet i stabilitetsberegningene fremgår som «anbefalt s_u » - grønn linje i etterfølgende figurer. Blå linje vist på skjærstyrkeprofilene angir SHANSEP-beregnet skjærstyrke ved de aktuelle CPTU-sonderingene. I borepunktene hvor det samtidig er tatt opp en prøveserie og utført laboratoriearbeid fremgår også disse resultatene på de etterfølgende plottene.

Tolket OCR-profil vises for hvert borepunkt. Den tykke blå linjen viser tolket trend for OCR-profilet. Basert på trendlinjen beregnes faktorene $N_{\Delta u}$ og N_{kt} . Den tynne blå linjen angir OCR-profil i henhold til antatt tidligere havbunnsnivå som beskrevet i rapportteksten og presentert i Tabell E2. Etter dette profilet er SHANSEP-basert skjærstyrke beregnet.

Tabell E2: Antatt tidligere havbunnsnivå ved CPTU lokalitetene.

CPTU	Antatt tidligere havbunnsnivå (kote)
NG-7	105
NG-8	105
NG-9	105

Jordarter kan bestemmes med hjelp av klassifisering diagrammer fra ref. /3/ og ref. /4/. Normalisert verdier er brukt i diagrammer. Disse verdiene er Q_t normaliser spissmotstand forhold, B_q er poretrykksforhold og F_r normalisert friksjonsforhold som er definert:

$$1) Q_t = \frac{q_t - \sigma_{vo}}{\sigma_{vo}'}$$

$$2) B_q = \frac{u_2 - u_o}{q_t - \sigma_{vo}} = \frac{\Delta u}{q_t - \sigma_{vo}}$$

$$3) F_r = \frac{f_s}{q_t - \sigma_{vo}} \times 100\%$$

Hvor q_t er den korrigert spissmotstand, σ_{vo} er den total vertikalt overlagingstrykk, σ_{vo}' er den effektivt vertikalt overlagingstrykk, u_2 er poretrykk målt umiddelbart bak den koniske delen, u_o er den initielt in-situ poretrykk og f_s er det målt sidefriksjon.

CPTU jordartsklassifiseringsresultatene er vist hvor z er penetrasjonsdybde. Det var antatt en grunnvannstand (GV) ifølge med lokal poretrykksmålinger og strømanalyser. Romvekt ble tatt fra typiske verdier. Tabell E3 viser en oppsummering av resultater i hvert boringen.

Tabell E3: Oppsummering av CPTU jordartsklassifisering

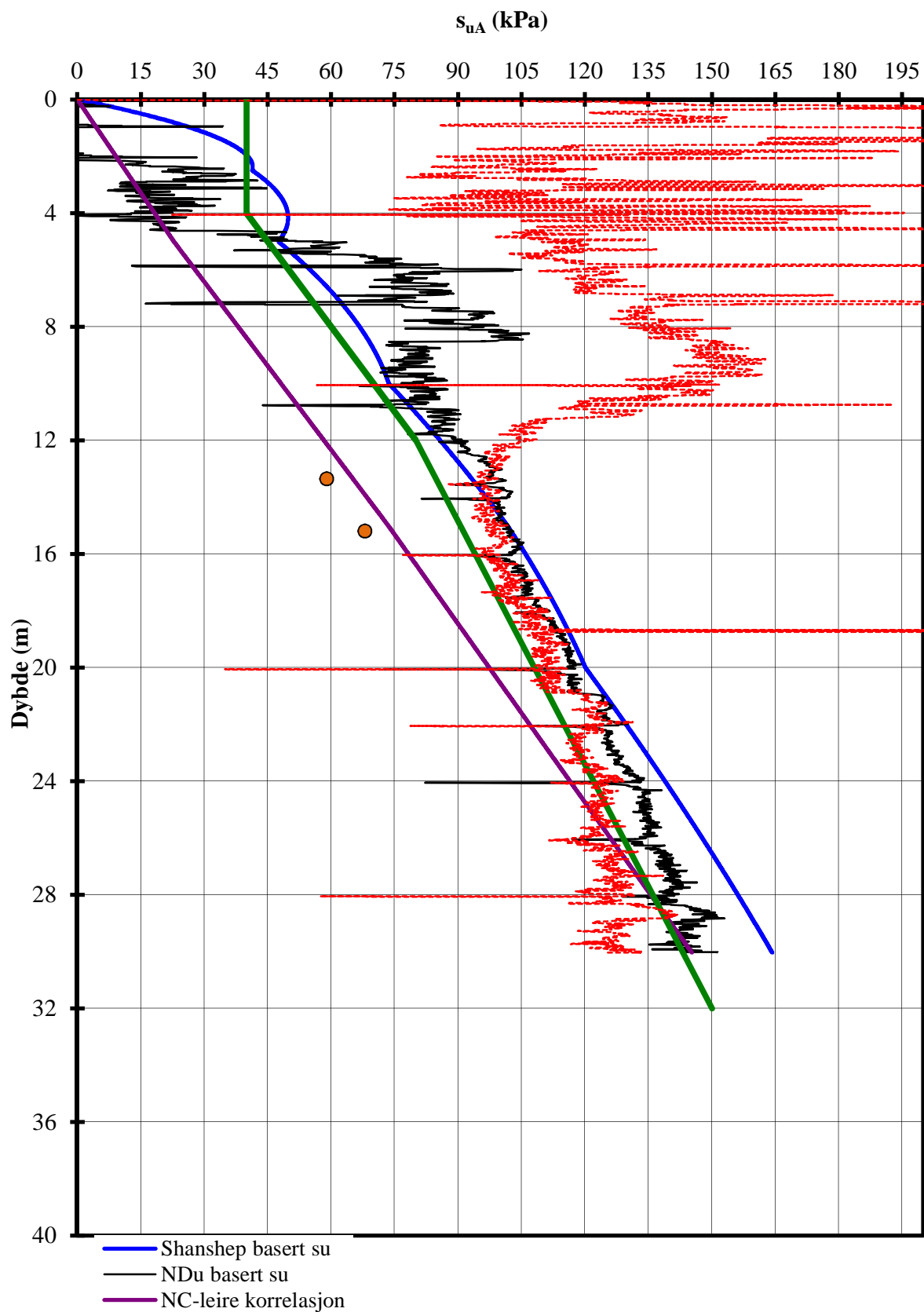
Borepkt.	Beskrivelse
NG-5	Profil er mest sand og silt blanding, med sand i grunnere soner og blandingen av silt-sand i dypere soner.
NG-7	Profil varierer fra silt, sand blanding og løs sand i grunnere soner (0-15m) til leire mot sensitiv leire i dypere soner (15-30m).
NG-8	Profil varierer fra silt, sand blanding og fast-løs sand i grunnere soner (0-15m) til leire mot sensitiv leire i dypere soner (15-30m)..
NG-9	Profil varierer fra silt-sand blandinger i grunnere soner (0-20m) til leire mot sensitiv leire i dypere soner (20-30m).

Figurliste

Figur E1	Borhull NG-7, su-profil
Figur E2	Borhull NG-7, OCR-profil
Figur E3	Borhull NG-8, su-profil
Figur E4	Borhull NG-8, OCR-profil
Figur E5	Borhull NG-9, su-profil
Figur E6	Borhull NG-9, OCR-profil
Figur E7	Borhull NG-5 og NG-7, CPTU jordartsklassifisering
Figur E8	Borhull NG-8 og NG-9, CPTU jordartsklassifisering

Referanser

- /1/ NGI (2013)
Kartlegging av løsmassestabilitet Grong – Mosjøen. Grunnundersøkelser datarapport. Dokumentnr. 20120665-04-R.
- /2/ Karlsrud K. et al. (2005). CPTU correlations for clays. *Proceedings, ICSMGE, Osaka*.
- /3/ Robertson P.K., Campanella R.G., Gillespie D. & Greig, J. (1986) Use of Piezometer Cone data. In-Situ'86 Use of In-situ testing in Geotechnical Engineering, GSP 6 , ASCE, Reston, VA, Specialty Publication, pp 1263-1280.
- /4/ Senneset K., Sandven R. & Janbu N. (1989)
The Evaluation of Soil Parameters from Piezocone Tests. National Research Council. Transportation Research Board, Washington D.C.



Terrengkote : 90.11 m

#VALUE!

Stabilisering av løsmasser i sideterreng og fyllinger Grong-Mosjøen

Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanshep.

Borhull NG-7

Rapport nr.
20120665-05-R

Figur nr.
E1

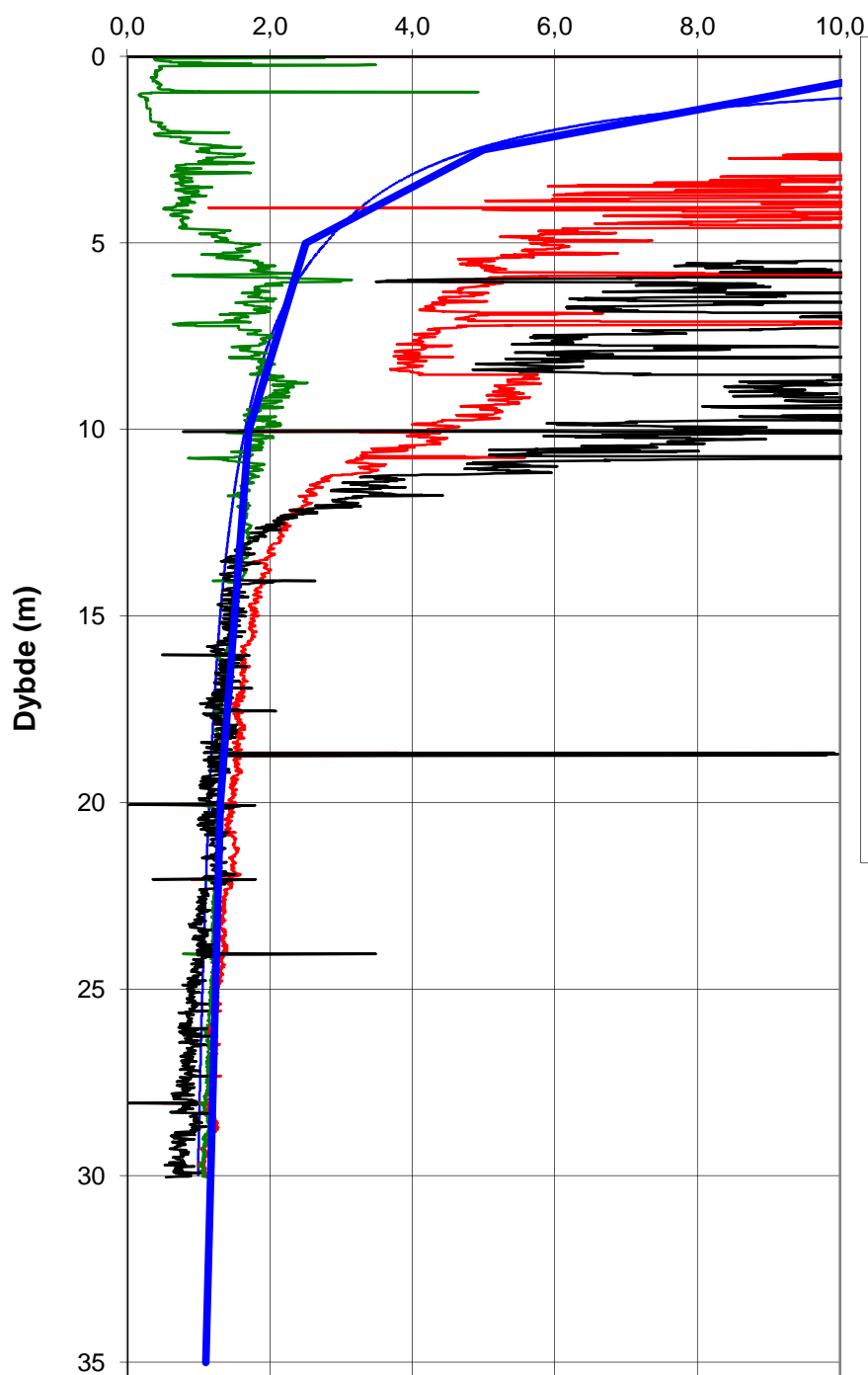
Tegner
JSL

Dato
2012-12-02

Kontrollert
RMo
Godkjent
RMo



OCR




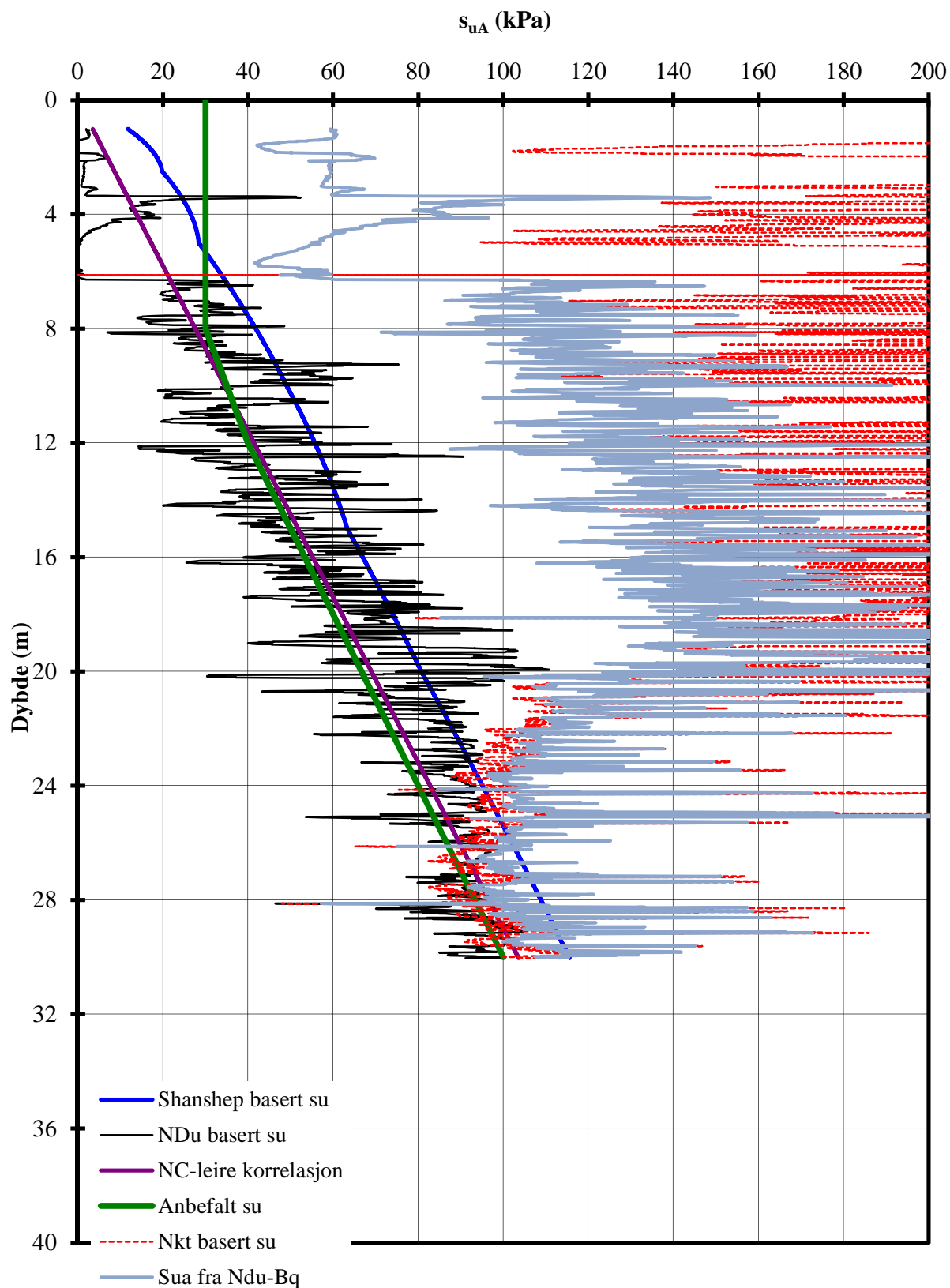
- OCR (Tidligere terrengnivå)
- OCR (Qt)
- OCR (Poretrykk)
- OCR (Bq)
- OCR trendlinje

Parantesen forklarer
hva OCR kurven er
beregnet ut fra

Terrengkote : 90.11 m

#VALUE!

Stabilisering av løsmasser i sideterreng og fyllinger Grong-Mosjøen OCR profil Borhull NG-7	Rapport nr. 20120665-05-R	Figur nr. E2
	Tegner JSL	Dato 2012-12-02
	Kontrollert RMo	
	Godkjent RMo	



Terrengkote : 95.6 m

#VALUE!

Stabilisering av løsmasser i sideterreng og fyllinger Grong-Mosjøen

Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanshep.

Borhull NG-8

Rapport nr.

20120665-05-R

Figur nr.

E3

Tegner

JSL

Dato

201412-01

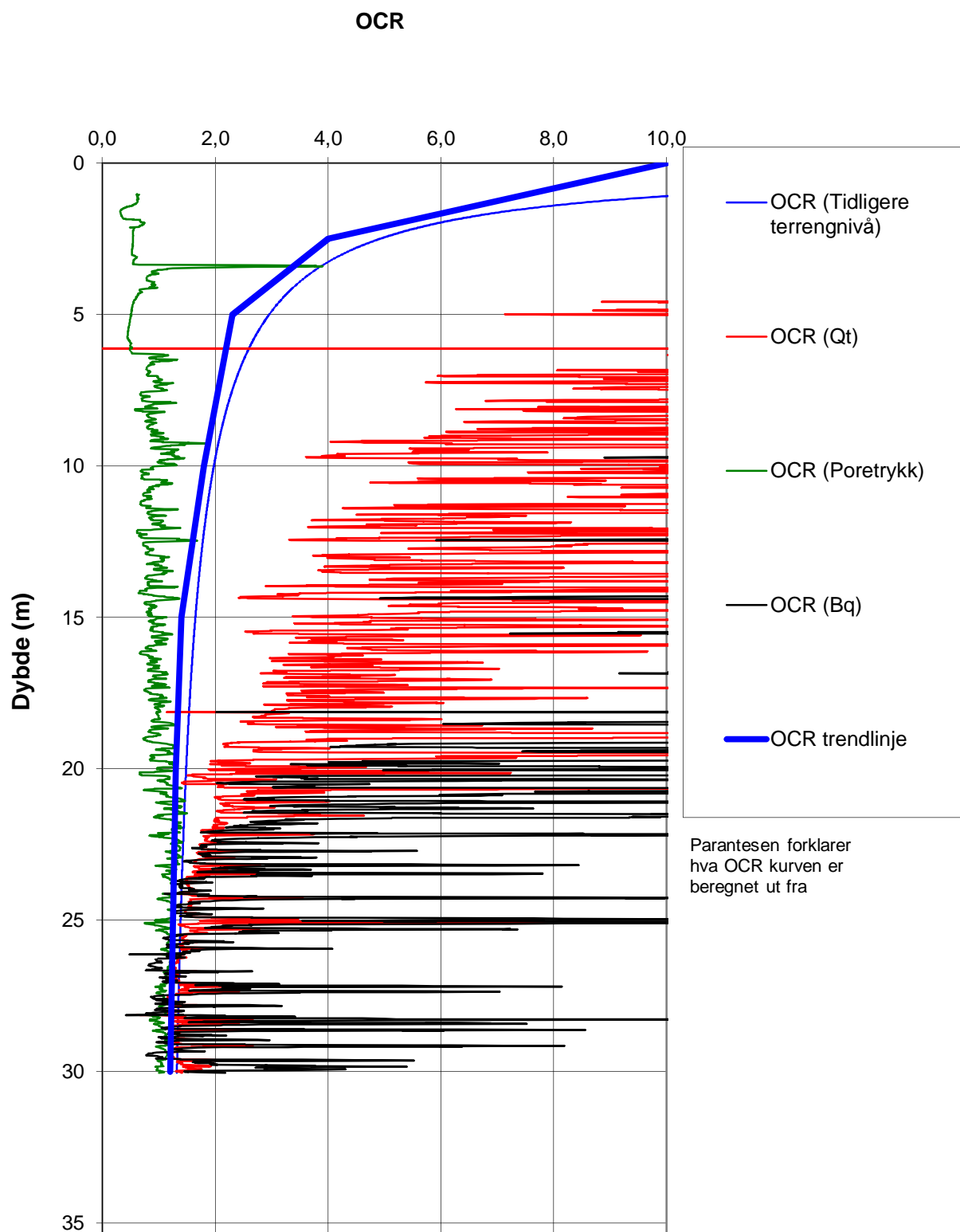
Kontrollert

RMo

Godkjent


RMo

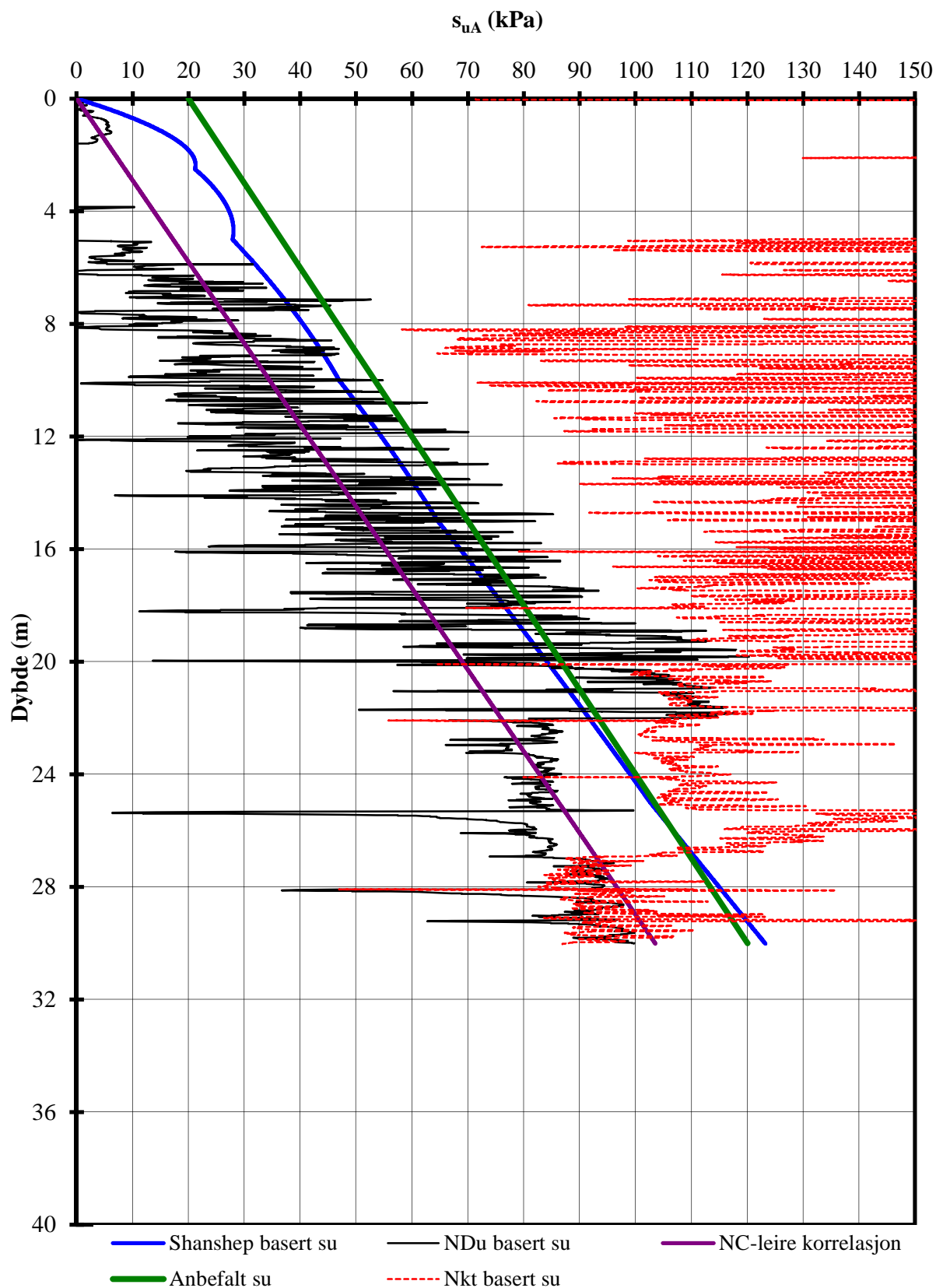




Terrengekote : 95.6 m

#VALUE!

Stabilisering av løsmasser i sideterreng og fyllinger Grong-Mosjøen OCR profil Borhull NG-8	Rapport nr.	Figur nr.
	20120665-05-R	E4
	Tegner	Dato
	JSL	201412-01
	Kontrollert	
	RMo	
	Godkjent	
	RMo	



#VALUE!

Stabilisering av løsmasser i sideterreng og fyllinger Grong-Mosjøen

Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanshep.

Borhull NG-9

Rapport nr.

20120665-05-R

Figur nr.

E5

Tegner

JSL

Dato

02-12-2012

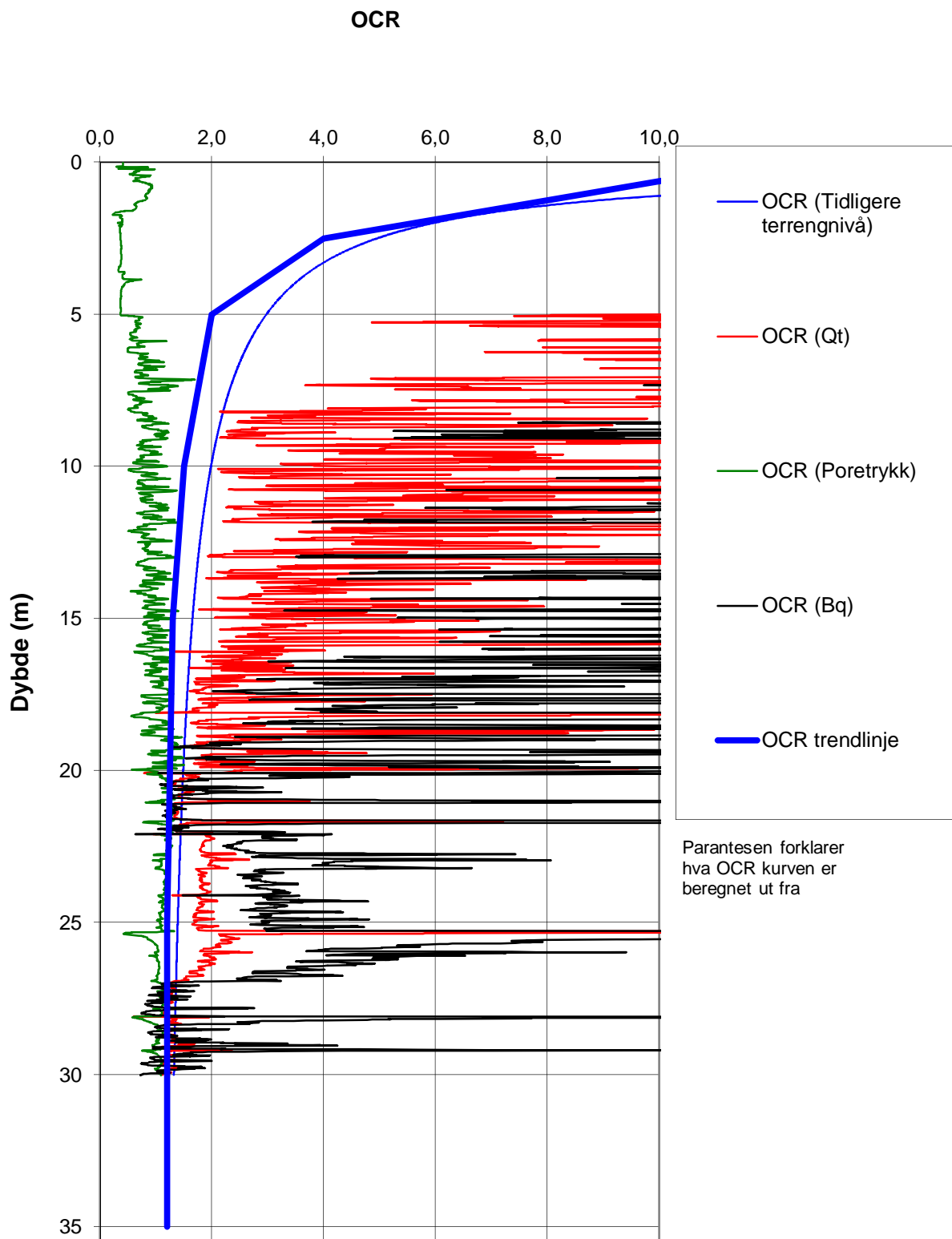
Kontrollert

RMo


Godkjent

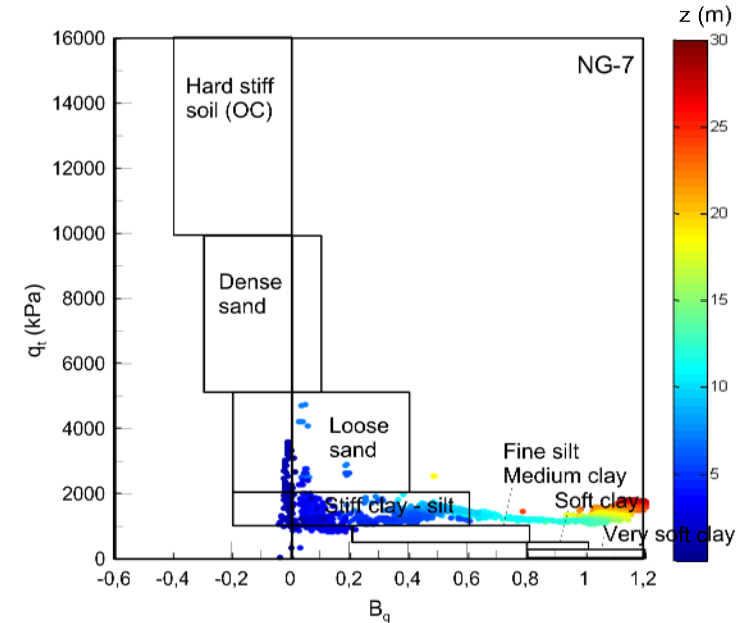
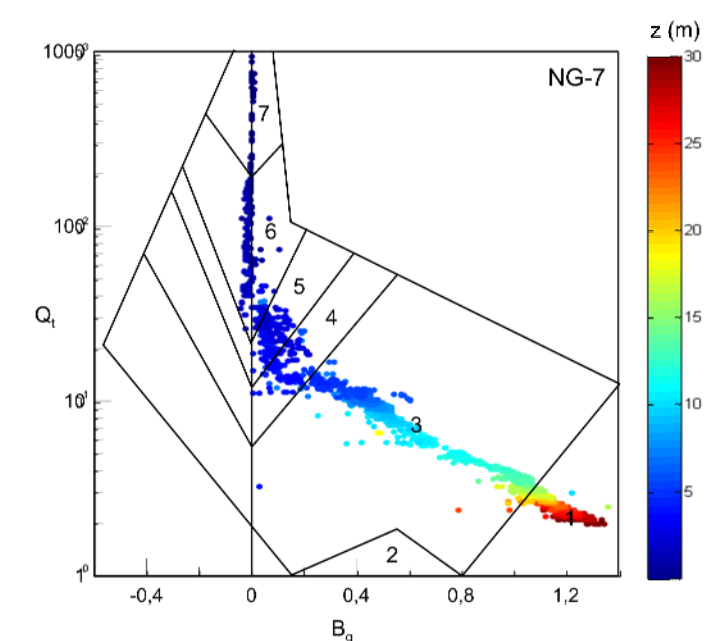
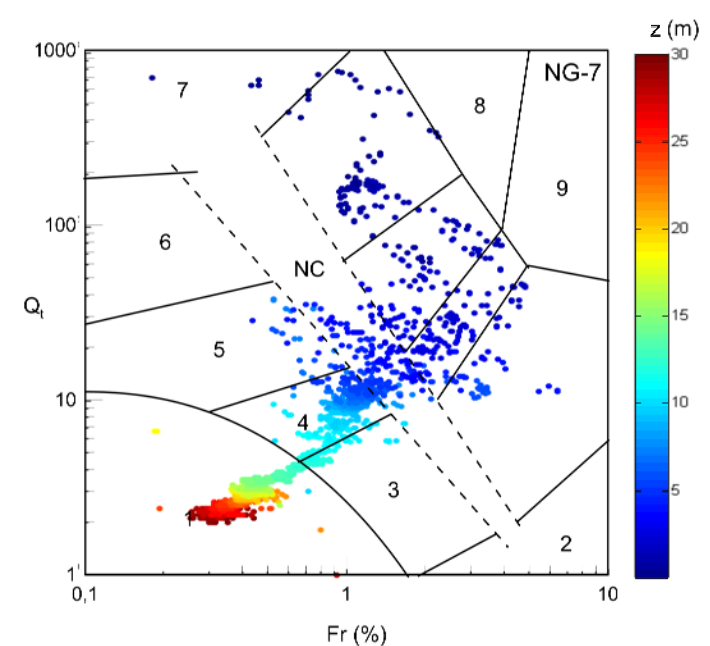
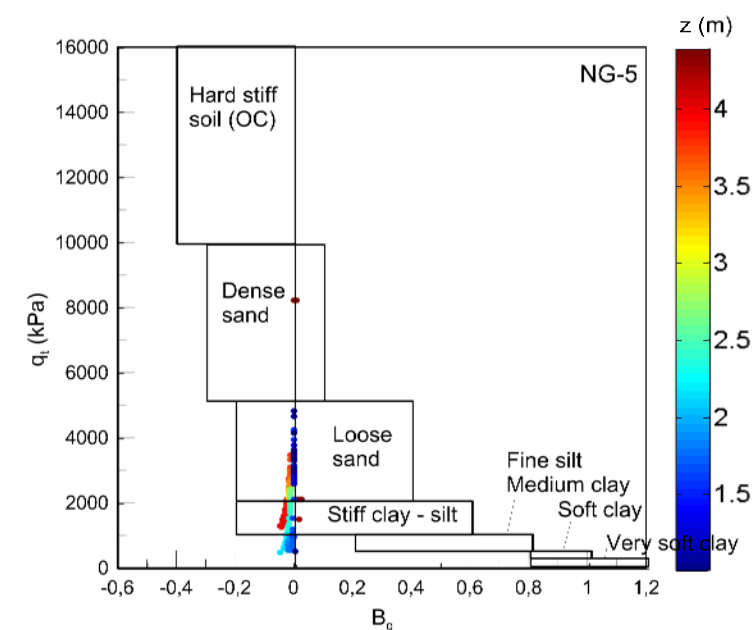
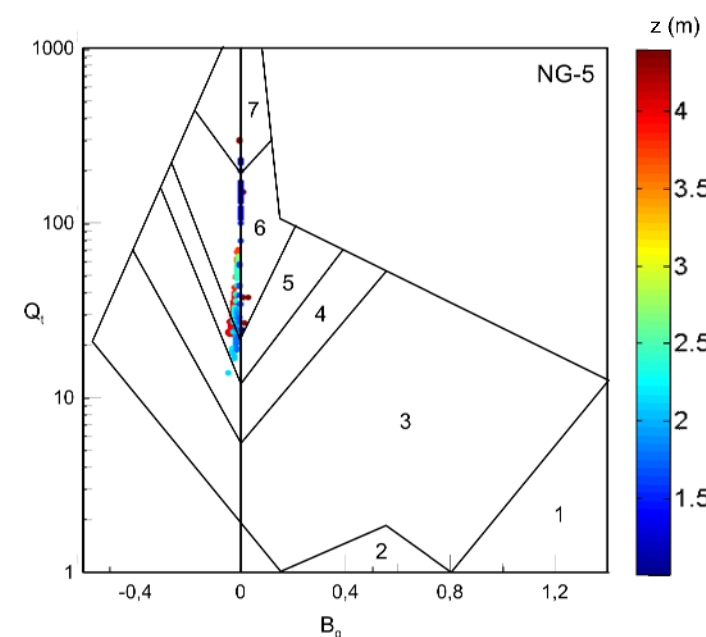
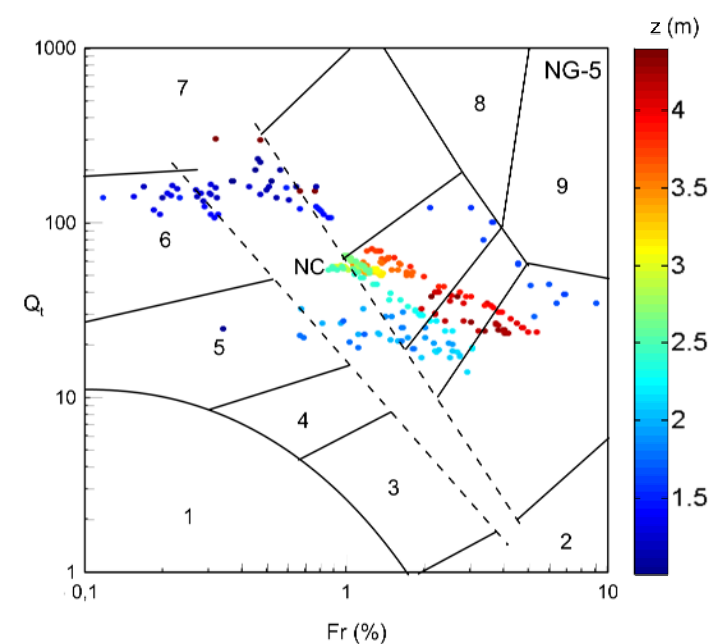
RMo





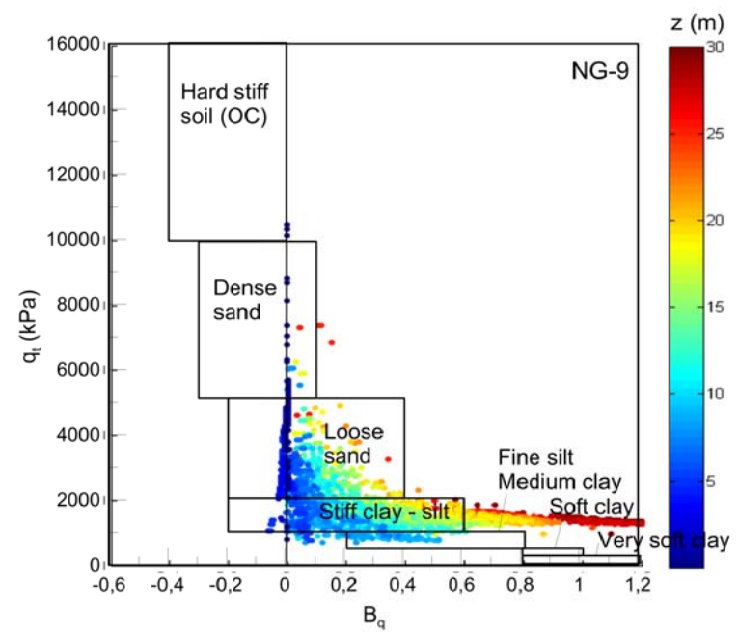
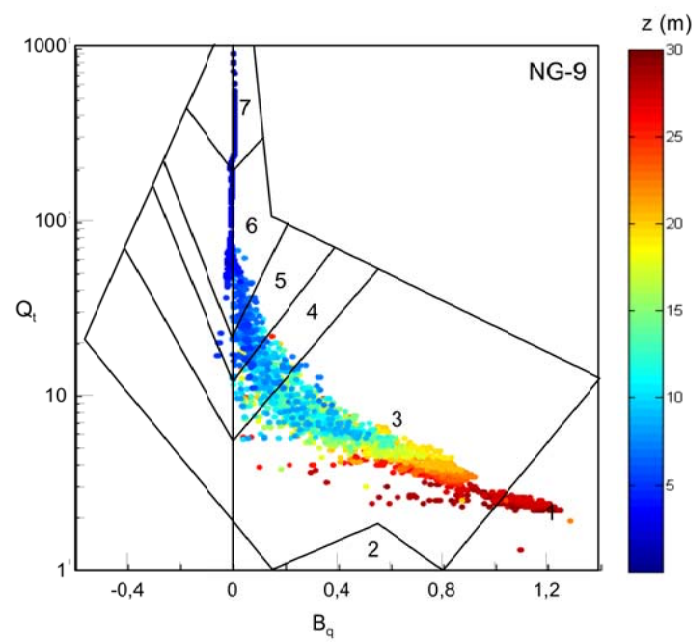
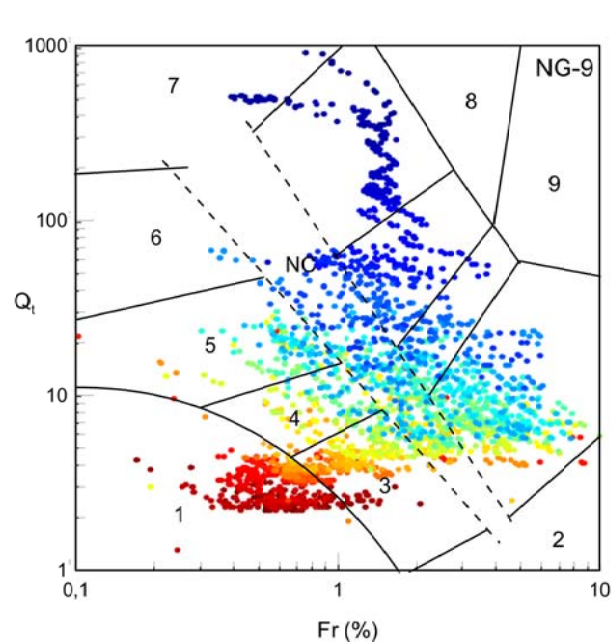
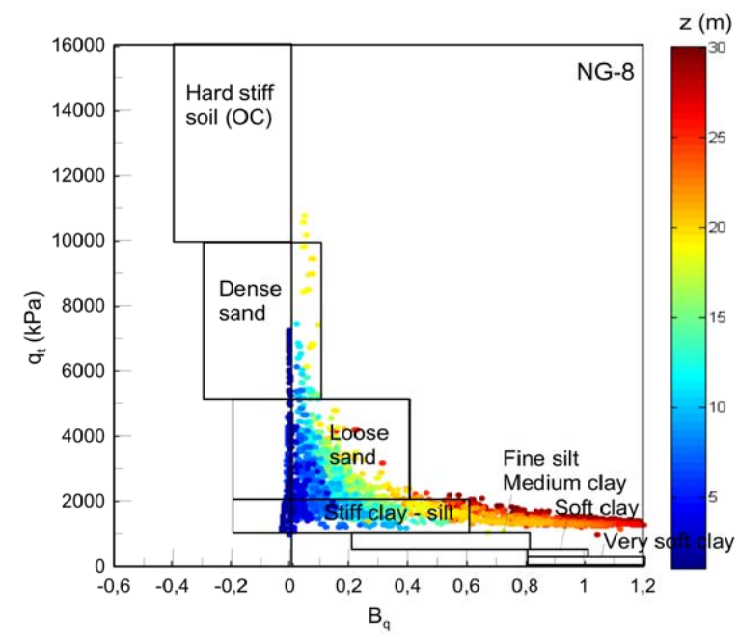
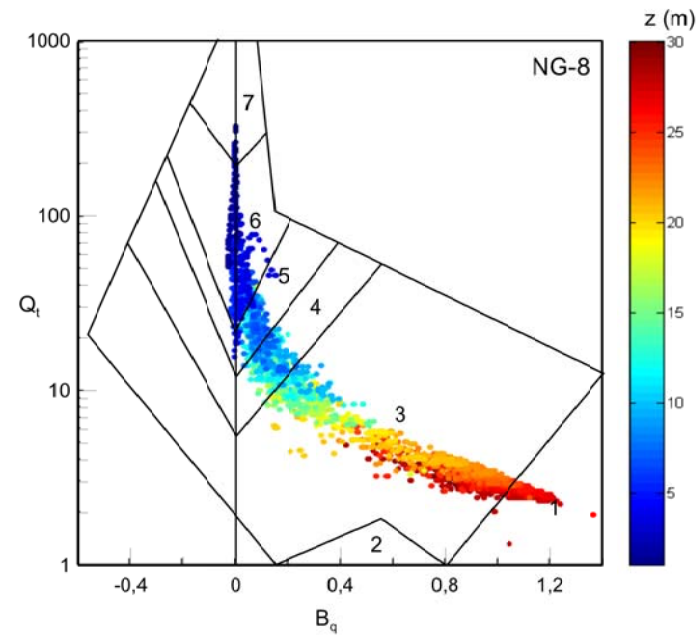
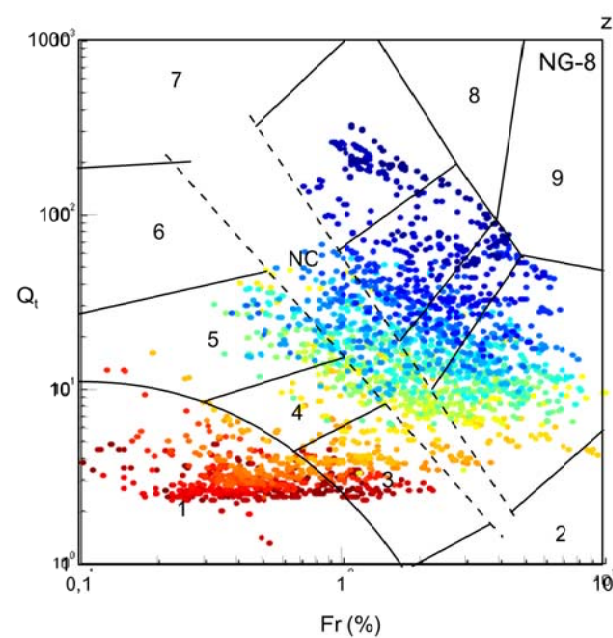
Parantesen forklarer
hva OCR kurven er
beregnet ut fra

OCR-profil Borhull NG-9	Rapport nr.	Figur nr.
	20120665-05-R	E6
	Tegner	Dato
	JSL	02-12-2012
	Kontrollert	
	RMo	
	Godkjent	
	RMo	



Sone	Jordartsklassifisering
1	Sensitiv, fin kornet
2	Organisk jord - leire
3	Leire - siltig leire til leire
4	Silt blandinger - leirig silt til siltig leirig
5	Sand blandinger - siltig sand til sandig silt
6	Sand - rent sand til siltig sand
7	Grusig sand til fast sand
8	Veldig stiv sand til leirig sand
9	Veldig stift, fin kornet

-	-	-	-	-	-
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Kartlegging av løsmassestabilitet Nordlandsbanen, Jerbaneverket		Status -			
		Original format A-3			
		Tegningens filnavn			
CPTU jordartsklassifisering ifølge Robertson et al. (1986) & Senneset et al. (1989) Borhull NG-5 og NG-7		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 22.10.2014	Konstr./Tegnet APP	Kontrollert JSL	Godkjent RMo
		Oppdragsnr. 20120665	Tegningsnr. E7		Rev. -



Sone	Jordartsklassifisering
1	Sensitiv, fin kornet
2	Organisk jord - leire
3	Leire - siltig leire til leire
4	Silt blandinger - leirig silt til siltig leirig
5	Sand blandinger - siltig sand til sandig silt
6	Sand - rent sand til siltig sand
7	Grusig sand til fast sand
8	Veldig stiv sand til leirig sand
9	Veldig stift, fin kornet

-	-	-	-	-	-
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Kartlegging av løsmassestabilitet Nordlandsbanen, Jerbaneverket		Status			
		-			
		Original format			
		A-3			
CPTU jordartsklassifisering ifølge Robertson et al. (1986) & Senneset et al. (1989) Borhull NG-5 og NG-7		Tegningens filnavn			
		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
		22.10.2014	APP	JSL	RMo
		Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.	
		20120665	E8	-	

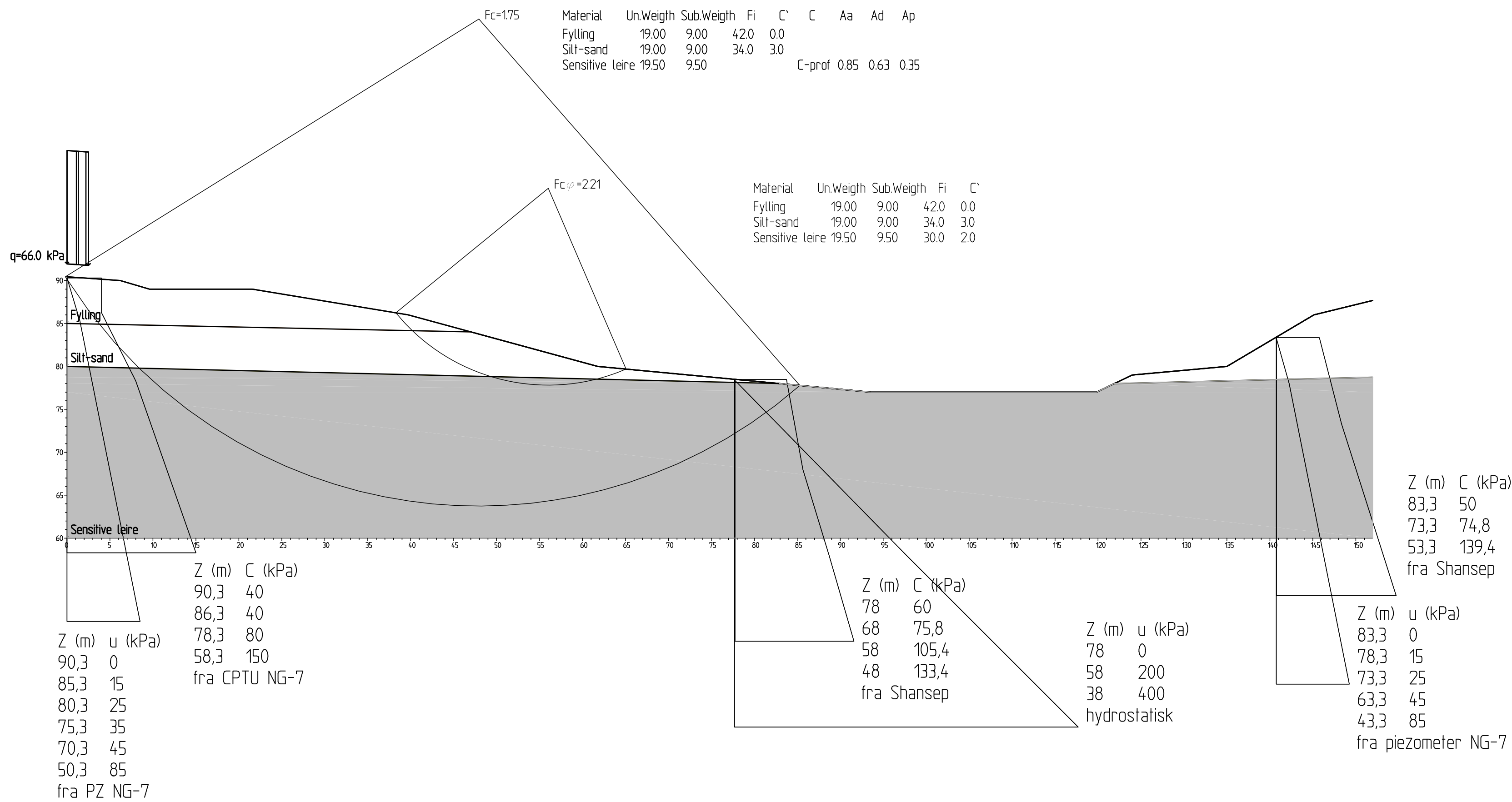
Vedlegg F - Stabilitetsberegninger

Innhold

Figurer

Figur F1-F6

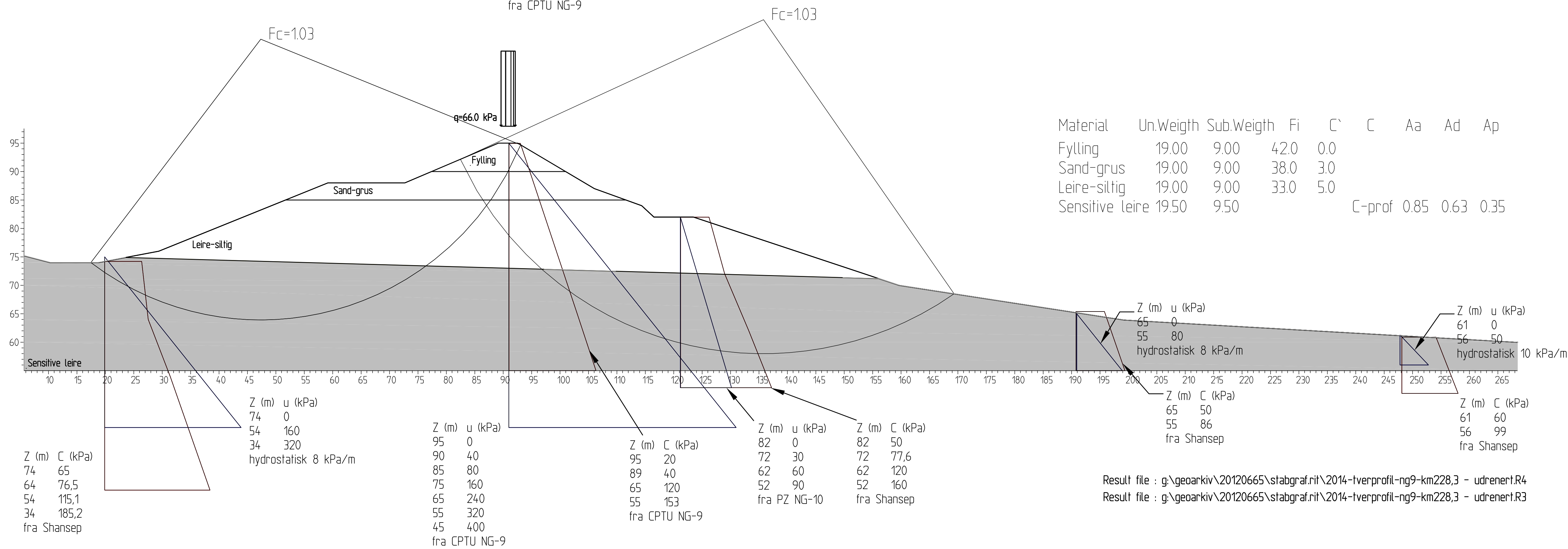
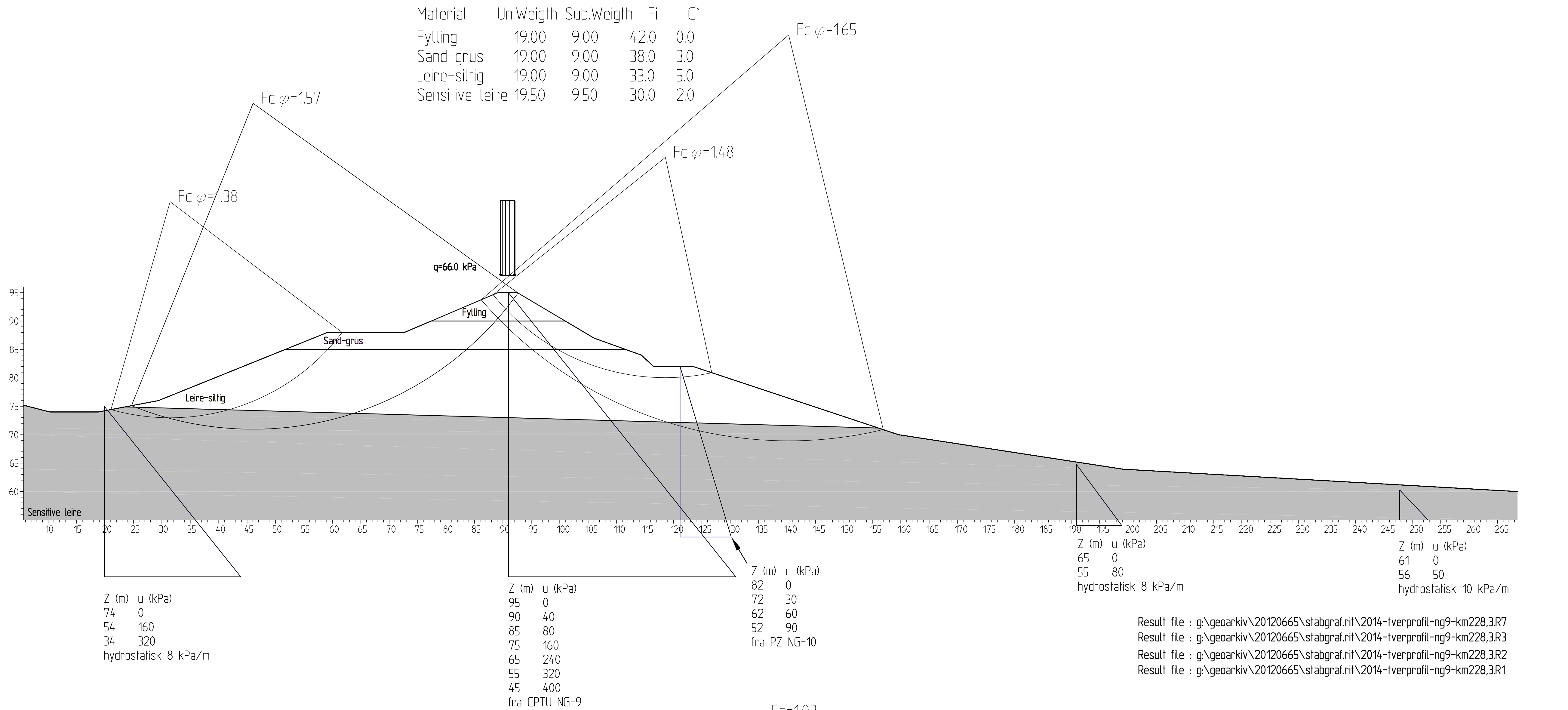
Profiler med stabilitetsberegninger



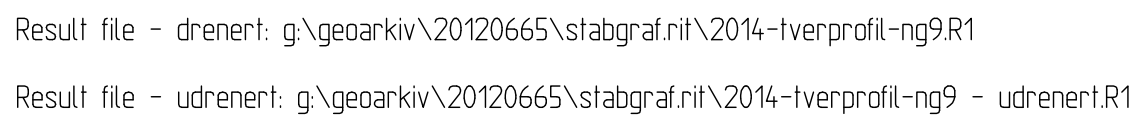
Result file - drenert: g:\geoarkiv\20120665\stabgraf.nit\2014-tverprofil-ng7.R1

Result file - udrenert: g:\geoarkiv\20120665\stabgraf.nit\2014-tverprofil-ng7 - udrenert.R1

-	-	-	-	-	-
Rev	Beskrivelse	Dato	Tegn	Kont	Godk
Detaljkartlegging av løsmassestabilitet, Nordlandsbanen Jernbaneløst		Status	Original format		
Prioriteringsområde 4: Nausthaugen - Gartlandsåsen Stabilitetsberegninger - profil NG-7 km227,890		År 1	Tegningsnavn		
		2014-TVERPROFIL-NG7 - udrenert - drenert - tegn.dwg	Målestokk		
		1400 (A1)	1800 (A3)		
NGI		Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
Sognsveten 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion		09.12.2014	APP	JSL	RMo
NO-0806 Oslo, Norway		Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev	
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48		20120665	F3	-	
www.ngi.no					



-	-	-	-	-	-
Rev	Beskrivelse	Dato	Status	Tegn	Kontroll
-	-	-	-	-	-
Detaljkartlegging av løsmassestabilitet, Nordlandsbanen					
Jernbaneverket					
Prioriteringsområde 4: Nausthaugen - Gartlandsåsen					
Stabilitetsberegninger - profil NG-9 km228,3					
NGI		Dato	Kontroll / Tegnet	Godkjent	
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion		09.12.2014	APP	JSL	RMo
NO-0806 Oslo, Norway		Oppr. signert	Tegningsnr.		
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48		20120665	F4		
www.ngi.no					

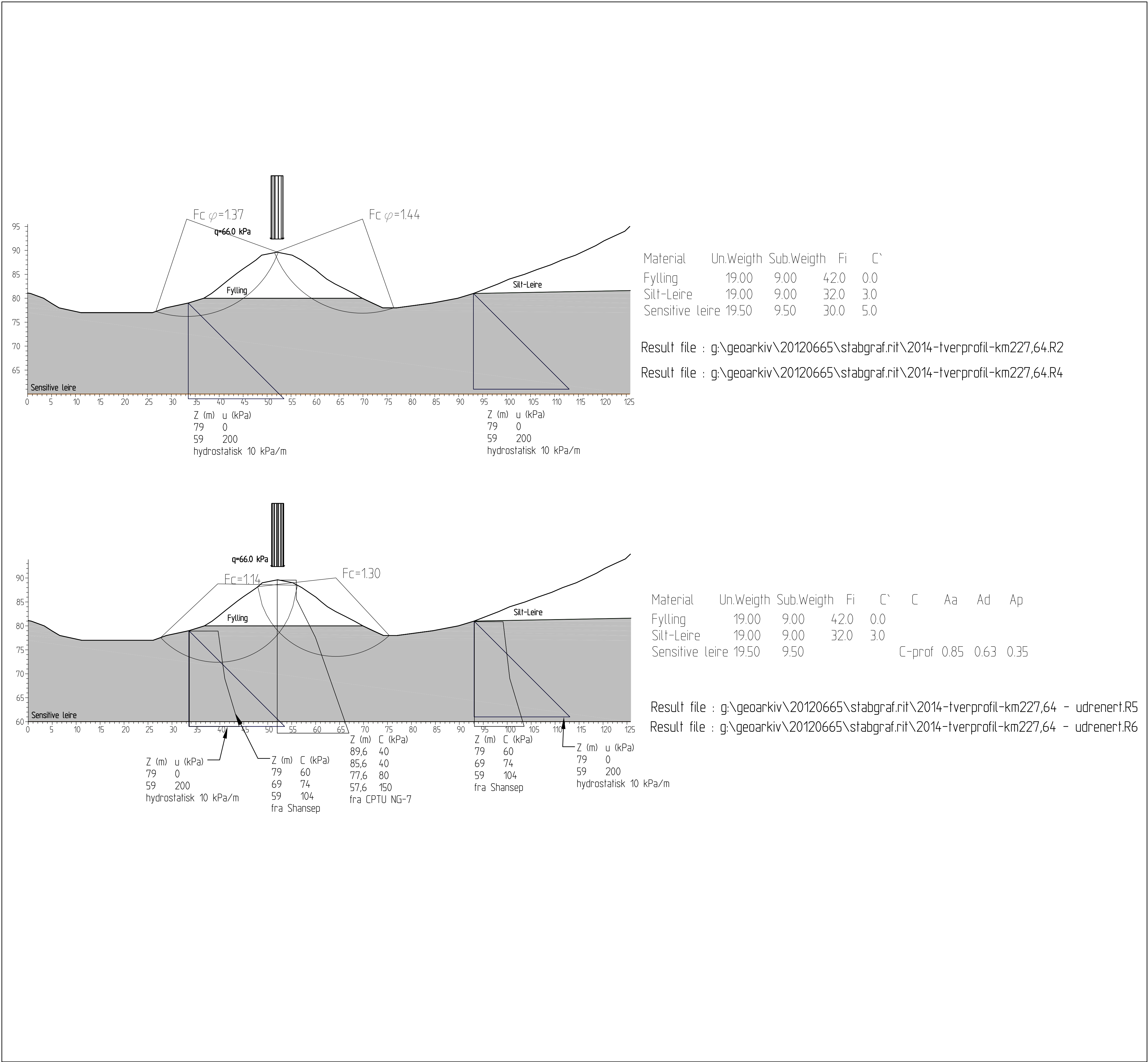


Material	Un.Weight	Sub.Weight	Fi	C
Fylling	19.00	9.00	42.0	0.0
Lagdelt l-s-s	19.00	9.00	35.0	5.0
Sensitiv leire	19.50	9.50	33.0	2.0

$$F_c = 0.83$$

Material	Un.Weighth	Sub.Weighth	Fi	C`	C	Aa	Ad	Ap
Fylling	19.00	9.00	42.0	0.0				
Lagdelt t-s-s	19.00	9.00	35.0	5.0				
Sensitiv leire	19.50	9.50			C-prof	0.85	0.63	0.35

[illegible]



-	-	-	-	-	-
Rev	Beskrivelse	Dato	Tegn	Kont	Godk
		Status			
	Detaljerttegning av løsmassestabilitet, Nordlandsbanen Jernbaneløst	Original format			
		A-1			
		Tegningsnr. R5000			
		2014-tverprofil-km227,64 - tverp - udrenert - udrenert.dwg			
		Målestokk			
	Prioriteringsområde 4: Nausthaugen - Gartlandsåsen Stabilitetsberegninger - profil km227,64	1400 (A1) 1800 (A3)			
	NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato 10.12.2014 Oppdragsnr. 20120665	Konstr./Tegnet APP Tegningsnr.	Kontrollert JSL	Godkjent RMo
		F6			-

Kontroll- og referanseside/ Review and reference page



Dokumentinformasjon/Document information					
Dokumenttittel/Document title Detaljkartlegging og anbefalte tiltak på strekningen Nausthaugen - Gartlandsåsen				Dokumentnr./Document No. 20120665-05-R	
Dokumenttype/Type of document Rapport/Report		Distribusjon/Distribution Begrenset/Limited		Dato/Date 19. desember 2014	
				Rev.nr.&dato/Rev.No.&date 0	
Oppdragsgiver/Client JBV					
Emneord/Keywords Løsmasse, stabilitet, skjæring, fylling, skred, stikkrenne, avrenning, tiltak					
Stedfesting/Geographical information					
Land, fylke/Country, County Norge, Nord Trøndelag				Havområde/Offshore area	
Kommune/Municipality Grong				Feltnavn/Field name	
Sted/Location Nausthaugen - Gartlandsåsen				Sted/Location	
Kartblad/Map 1824 III Harran				Felt, blokknr./Field, Block No.	
UTM-koordinater/UTM-coordinates 32V E661393 N7158495					
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	JSL <i>ASL</i>	RMo <i>RMo</i>		
Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release		Dato/Date 19. desember 2014		Sign. Prosjektleder/Project Manager RMo <i>Ragnar Moholdt</i>	

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.

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.

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 5687 Sluppen
NO-7485 Trondheim
Norway

Besøksadresse/Street address:
Høgskoleringen 9, 7034 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