

Rapport nr.: 2006.040		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: Forprosjekt fjellskred i Troms – Status 2005			
Forfatter: Lars Harald Blikra, Trond Eiken, Iain Henderson, Guri Venvik-Ganerød,		Oppdragsgiver: NGU, Lyngen kommune, Fylkesmannen i Troms, Troms fylkeskommune, Statens landbruksforvaltning	
Fylke: Troms		Kommune:	
Kartblad (M=1:250.000)		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000)	
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 37 Kartbilag:	Pris: 330,-
Feltarbeid utført: 2003-2005	Rapportdato: 11.05.2006	Prosjektnr.: 310000	Ansvarlig: <i>Jan S. Rønning</i>
<p>Sammendrag:</p> <p>Geologiske undersøkelser i Troms har vist at det har gått mange store fjellskred både i fjordene og på land. Selv om mange av de store fjellskreda kan være svært gamle, vitner naturkatastrofen i Lyngen i 1810 om at slike hendelser også kan skje i dag. Mange fjellparti som viser også spor etter store bevegelser.</p> <p>Undersøkelsene på Nordnesfjellet og på sørvest siden av Kåfjorddalen viser at store volum har vært i bevegelse, noe som også er dokumentert ved GPS målinger utført i 2003, 2004 og 2005. Et stort område i den nordlige delen av Nordnes er i bevegelse (opp til 16 millioner m³). Størst bevegelse er funnet i den nordlige delen av dette feltet der to målepunkt viser en bevegelse på henholdsvis 2, 3 og 7 cm horisontalt og 2-3 cm vertikalt (innsynkning) i løpet av to år. I de andre områden ved Nordnes og Indre Nordnes kan det ikke utelukkes en aktiv bevegelse, men bevegelsen ligger i nærheten av usikkerheten ved metoden. Det er fremdeles usikkert om det finnes store gjennomgående glidesoner i dette området, noe som ofte er viktig for utløsning av store fjellskred. Revdalsfjellet, sør for Nordnes er det fjellområdet der det er observert større strukturer som kan indikere gjennomgående glidesoner. Her ble det i 2005 etablert 5 GPS punkter for periodisk overvåking. Store områder på østsida av Kåfjorddalen viser spor etter stor bevegelse. GPS målingene antyder bevegelse, men de ligger nært opp til usikkerheten i metoden. Det er videre foretatt rekognoserende geologiske undersøkelser i Sørfjorden i Tromsø kommune (Ragnhildurtind og Brosmebakktuva). Her er det også etablert GPS punkter i 2005. GPS punkter er også utsatt og målt ved Skjelltinden og Reinfjellet i Kvæfjord kommune</p> <p>Det er ikke gjort noen estimat på sannsynlighet for store utfall, og det finnes for lite data til å konkretisere dette. Det er heller ikke gjort noen analyse av fareområder som kan være utsatt for flodbølger fra eventuelle skred fra de ustabile partiene. Ut fra det en kjenner til fra andre historiske hendelser vet vi at et skred på noen millioner m³ vil skape store bølger som vil få store konsekvenser, dersom massene raser ut i en fjord eller innsjø. Det er vanskelig å si om de ustabile fjellpartiene kan fortsette å sige sakte eller om de kan øke hastigheten og føre til større fjellskred. Det er videre en utfordring å konkludere med om en kun vil få mindre skred i fronten, eller om store partier vil løsne samtidig.</p> <p>Det vil framover være viktig å overvåke mulige ustabile fjellparti, særlig de som har vært i bevegelse eller har store sprekker og som kan stå i fare for å gli ut i fjordane og skape dramatiske og farlige flodbølger. Det anbefales derfor en oppfølging av de ustabile partiene som viser bevegelse. Det bør etableres flere GPS punkter og flere områder må kartlegges i mer detalj for å finne utbredelsen i dypet og volum. Det anbefales også å etablere en første kontinuerlig overvåking av fjellpartiet i det nordligste området ved Nordnes. Videre anbefales det å etablere et samarbeid med NORUT og NGU om analyse av data fra radar satellitter i Lyngen – Nordnes for å evaluere mulighetene for å overvåke små bevegelser i et større område.</p>			
Emneord: Fjellskred	Skredfare	Flodbølger	
Stabilitet	Skredrisiko	Strukturgeologi	
Overvåking			

INNHold

1.	INNLEDNING	4
2.	HISTORISKE FJELLSKREDULYKKER I TROMS	4
3.	OVERSIKT OVER ARBEID OG METODIKK	5
3.1	Database	5
3.2	Geologiske og geofysiske undersøkelser	5
3.3	Bevegelsesmålinger GPS	6
3.4	Bevegelsesmålinger - Sjokkloggere	6
3.5	Temperatur	7
4.	GEOGRAFISK FORDELING AV FJELLSKRED	7
4.1	Fjellskred – Eksempler	7
4.1.1	Storurda, Sørfjorden	7
4.1.2	Grovfjorden	7
4.1.3	Gumpedalen, Sørreisa	9
4.1.4	Hølen, Balsfjord	10
5.	USTABILE FJELLPARTI	11
5.1	Nordnes, Lyngen	11
5.1.1	Geologiske og geofysiske undersøkelser	11
5.1.2	GPS målinger	14
5.1.3	Temperatur og sjokkloggere	14
5.1.4	Geologisk modell for fjellsida på Nordnes	15
5.1.5	Oppsummering og forslag til oppfølging	16
5.2	Indre Nordnes	17
5.2.1	Geologiske undersøkelser	17
5.2.2	GPS målinger	17
5.2.3	Oppsummering og forslag til oppfølging	19
5.3	Revdalsfjellet	20
5.3.1	Geologiske undersøkelser	21
5.3.2	GPS målinger	22
5.3.3	Oppsummering og forslag til oppfølging	22
5.4	Kåfjorddalen	22
5.4.1	Geologiske undersøkelser	22
5.4.2	GPS målinger	27
5.4.3	Oppsummering og forslag til oppfølging	27
5.5	Sørfjorden	28
5.5.1	Ragnhildurtind	28
5.5.2	Brosmebakktuva	31
5.6	Kvæfjord	32
5.6.1	Skjelltinden	32
5.6.2	Reinfjellet	35
6.	KONKLUSJONER	36
7.	LITTERATUR	37

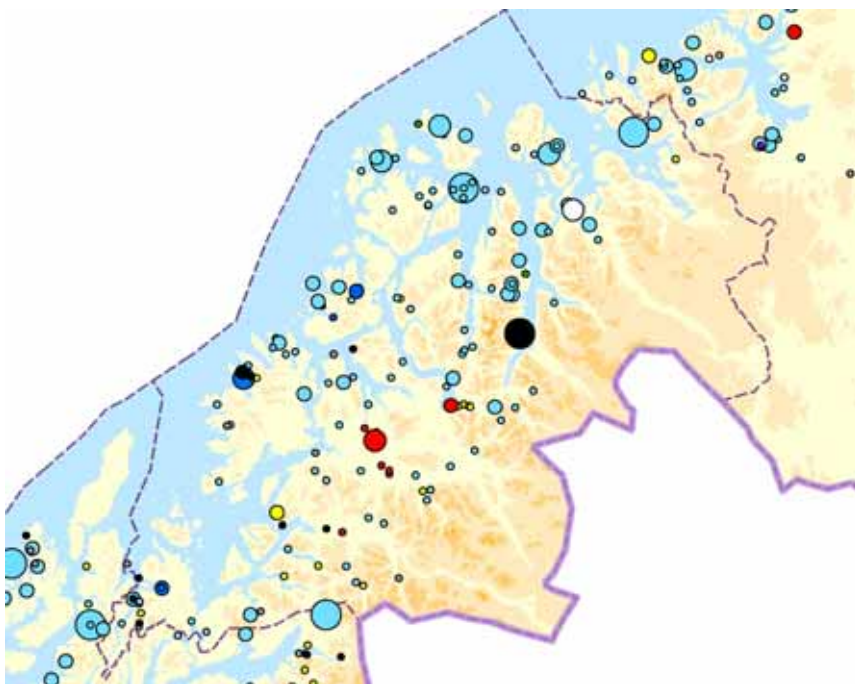
1. INNLEDNING

Store fjellskred er en risikofaktor som har vært lite fokusert i Norge. Dette til tross for at slike skred, ofte i kombinasjon med generering av store flodbølger når disse går ned i innsjøer eller fjorder, har ført til noen av de verste naturkatastrofene vi kjenner til i Norge. I Troms fylke er det ulykka i Lyngen i 1810 som er mest kjent. Det store fjellskredet gikk ned i fjorden og skapte en flodbølge der 14 mennesker omkom.

Denne rapporten gir en status for NGUs arbeid med prosjektet *Forprosjekt - Fjellskred i Troms*. Prosjektet er et interkommunalt samarbeid med kommunene Kåfjord, Storfjord, Lyngen, Tromsø og Kvæfjord. Lyngen kommune er prosjektleder. Denne rapporten oppsummerer også arbeid utført gjennom NGUs geologiske fylkesprogram i Troms. I dette arbeidet har også Statens landbruksforvaltning v/Statens naturskadefond og Troms fylkeskommune bidratt økonomisk. Det blir utarbeidet separate rapporter fra de geologiske undersøkelsene og GPS målingene. Det er også utført et arbeid i samarbeid med Universitetsstudiene på Svalbard om installering av sjøkk loggere i noen av de ustabile områdene. Videre er det også et samarbeid mellom Meteorologisk Institutt og Universitetet i Oslo for GPS målinger og måling av temperaturer i ulike områder ved Nordnes og i Kåfjorddalen. I tillegg til forfatterne har også Knut Stalsberg, Kari Sletten og Morgan Ganerød fra NGU bidratt med feltarbeid og figurer til rapporten.

2. HISTORISKE FJELLSKREDULYKKER I TROMS

Det ligger ikke føre mange registreringer av historiske fjellskredhendelser, men noen er registrert i den nasjonale skreddatabasen som er under oppbygging ved NGU. De historiske dataene her er bygd på data i nasjonal skreddatabase (*Skrednett.no*). Figur 1 viser en oversikt over hendelsene som er registrert som fjellskred, som er antatt å ha et volum på mer enn 10 000 m³. Den største hendelsen som er registrert er fjellskredet i Lyngen i 1810, som krevde 14 menneskeliv (Larssen, 1976; Blikra, 2002). Dette fjellskredet gikk fra Pollfjellet i Lyngen i 1810 (Figur 2). Skredet forårsaket en voldsom flodbølge som rev med seg husene på 3 gårder i Lyngsdalen og 14 mennesker omkom. Såret etter det store fjellskredet frå Pollfjellet i 1810 er godt synlig også i dag (Figur 2).



Figur 1. Oversikt over skredhendelser i Troms fylke registrert i den nasjonale skreddatabasen *skrednett.no*. De sorte sirklene representerer fjellskred og størrelsen angir antall omkomne.



Figur 2. Såret etter fjellskredet fra Pollfjellet i 1810 trer tydelig frem i høyre del av bilde.

Sitat fra Lyngen bygdebok (Larssen, 1976):

Det er imidlertid en naturkatastrofe av svære dimensjoner som mest og lengst har levd på folkemunne i Lyngen. Ole Gotaas, som var sokneprest i Lyngen i tida 1807-1816, skrev i kirkeboka at den 30 juni 1810 styrtet det ned fra fjellet mellom Pollen og Lyngsdalen (Pollfjellet) en stor steinmasse som forårsaket en voldsom flodbølge som rev med seg husene på 3 gårder i Lyngsdalen hvor 14 mennesker omkom. Dette ble først berettet for presten den 8 juli. Etter tradisjonen ble et lite barn funnet flytende i live i en komse på fjorden, og barnet ble således reddet

.....

Den flodbølgen som katastrofen forvoldte, forplantet seg in og utover fjorden slik at en merket den på Kviteberg, nærmere 2 mil fra rasstedet, og innerst i Storfjorden, ca 2 mil fra Pollfjellet, steg sjøen opp over strendene omtrent like høgt som det var forskjell mellom flo og fjøre sjø, er det fortalt..

.....

Denne naturkatastrofen må ha vært svær i omfang, etter det ennå tydelige og klare merker i fjellsida å dømme. Den må ha vært nær inn på 2 km i bredde. Den brede avsatsen i fjellet over stedet Furuflaten har opprinnelig gått over til den noe smalere avsats nærmere pollen. Under katastrofen har de overliggende leirskifermasser rast ut, avsatsen er blitt skåret over og rast ned, med den følge at det svarte grunnfjellet av gabbro er blitt blottlagt helt ned til liene under fjellet. En knapp grunne, om lag 300 meter fra strandkanten ute i fjorden, skal etter tradisjonene ha oppstått under katastrofen

3. OVERSIKT OVER ARBEID OG METODIKK

Det gis her en kort oversikt over hvilket arbeid og hvilke metoder som er benyttet i prosjektet i 2005.

3.1 Database

All informasjon som NGU har oversikt over i dag i form av fjellsider som viser tegn på ustabilitet (deformasjoner og sprekker) er nå lagt inn i en database over ustabile fjellsider i Norge. Alle GPS målepunkter ligger også inne som et eget tema. For hvert ustabil område er det lagt inn ekstra data i tabellform (volum, referanser etc.). Databasen vil bli lagt ut på *Skrednett.no* og vil være tilgjengelig for alle.

3.2 Geologiske og geofysiske undersøkelser

Dette har omfattet både kartlegging av fjellskred som har gått i tidligere tider og studier av ustabile fjellparti som viser spor etter stor bevegelse. Det blir benyttet kart, flybilder og

vanlige hjelpemidler for geologisk feltundersøkelser. Helikopter har vært benyttet for rekognoserende kartlegging. Data fremkommet i forbindelse med kartlegging og utarbeidelse av geologisk fylkeskart er også brukt i sammenstillingene (Sveian m.fl. 2005). Også tidligere studier og undersøkelser er sammenfattet i denne rapporten (for eksempel Blikra & Longva, 2000; Dehls m.fl. 2000).

De geofysiske undersøkelsene har omfattet målinger av 2D ledningsevne/ resistivitet og georadar målinger for å kunne verifisere utbredelsen av ustabile fjellområder og for å kunne si noe om mulig utbredelse av permafrost. Dette arbeidet er dokumentert i egen rapport (Tønnesen & Dalsegg, 2006).

3.3 Bevegelsesmålinger GPS

Målingene av GPS punkta vart utført 5-6/9 2003, 30/9 2004 og 14-15/9 2005 (Figur 3). Alle punkt er markert med bolter (5/8 UNC) som er limt fast i fjell. Gjengetypen gjør at GPS antenner ved måling kan skrues direkte på punktet med minimale feil i sentrering. I alle områda vart et punkt plassert i det en gikk ut frå var fast fjell, mens øvrige punkt vart sett ut i område som kunne ha bevegelse. Alle punkt var målt inn med GPS. Målingene er utført som statiske GPS vektorer i nett, for å få høyest mulig presisjon og kontroll mot eventuelle feil. Alle målinger som går fram av observasjonsriss er utført med Javad Legacy to frekvens GPS-mottaker. Observasjonstid for vektorer er 30 minutt eller mer, og estimert presisjon (standardavvik) på vektor komponenter er ca. 1-2 mm i N og E (plan), og 2-6 mm i høyde (sjå side 22-24 for tabeller). For ytterligere detaljer vises til egen rapport for GPS målingene (Eiken, 2005, 2006).



Figur 3. GPS målinger på Nordnesfjellet.

3.4 Bevegelsesmålinger - Sjokkloggere

I september 2005 blei 4 små bevegelsesfølere med tilhørende dataloggere satt ut i det ustabile fjellpartiet på Nordnesfjellet (Figur 4). Målerne er miniloggere av typen *Tinytag high sensitivity shock loggers*. De er selvopererende enheter på bare ca. 5 x 5 x 3 cm, som måler bevegelse i enheten i form av akselerasjon (m/s^2). Data fra disse loggerne må innsamles en gang årlig, og instrumentene må ha nytt batteri hvert år. De registrerer kontinuerlig bevegelse vinkelrett på fjelloverflaten som de er skruet fast på, og lagrer data om maksimal bevegelse i punktet for hver time. Loggerne står nært ved de to GPS punktene som har målt størst

bevegelse. Det er også montert et kamera ved den ene sprekk som tar bilde en gang i døgnet. Dette gjør det mulig å følge med snøforholdene og smelteprosessen i selve sprekk.

Formålet med denne instrumenteringen er å få data om når på året bevegelsen skjer. Minilogger teknikken har ikke vært brukt for dette formålet tidligere, men det forventes at den vil kunne bidra til økt viten om når det skjer bevegelse i fjellsida.



Figur 4. Venstre foto: To sjokk loggere (gul boks) på sida av en aktiv sprekk på Nordnesfjellet. GPS antennen ses montert på GPS målepunktet på samme fjellblokk. Høyre foto: Gul sjokk logger montert på siden av sprekk. Begge bilder er fra 14 september 2005.

3.5 Temperatur

En rekke temperaturloggere er utplassert i ulike høyder både på Nordnesfjellet og i Kåfjord. Dette er utført for å se om det er permafrost i noen av de ustabile fjellpartiene. En smelting av permafrost er kjent å kunne destabilisere fjellsider, slik at det er viktig å få en oversikt over dette i Troms. Det kan se ut som de ustabile partiene som ligger høyest, slik som i Kåfjord, har permafrost.

4. GEOGRAFISK FORDELING AV FJELLSKRED

De store fjellskreda i Troms grupperer seg i enkelte soner, se også Blikra (2002). Størst konsentrasjon finnes i en sone fra Balsfjord i sør til Oldervikdalen og Storslett i nord (Figur 5). Området strekker seg videre fra Lavangsdalen i vest til Reisadalen i øst, men det er klart flest fjellskred i Kåfjord. Videre er det kartlagt en del fjellskred i Sør Troms i et område fra Astafjorden til Sørreisa, og på Grytøya nord for Harstad). De fleste av fjellskreda er lokalisert i relativt svake bergarter, stort sett glimmerskifer.

4.1 Fjellskred – Eksempler

Det blir her gitt noen få eksempler på store fjellskred som er kartlagt i Troms.

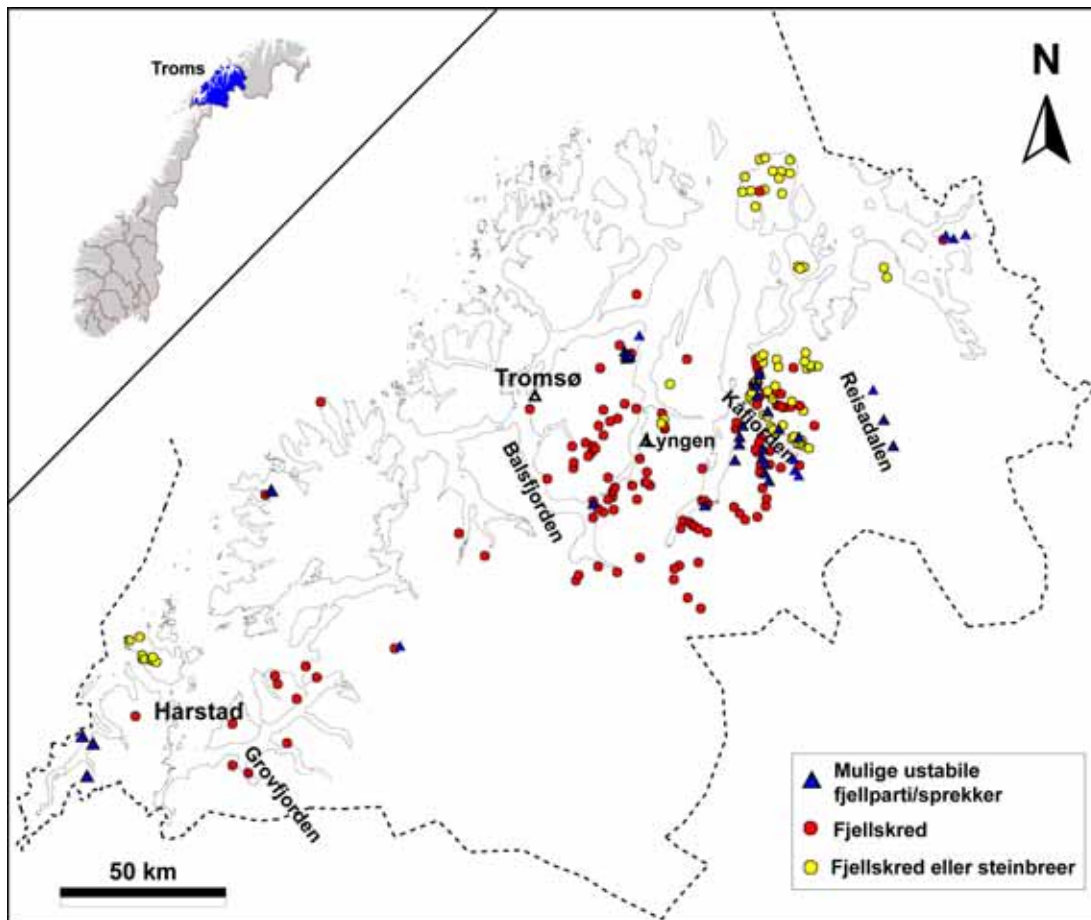
4.1.1 Storurda, Sørfjorden

Flere fjellskred har gått fra fjellområdet Skarveknausen på østsida av Storurda i Sørfjorden (Figur 6). Skredet har gått ut i fjorden, og er påvist ved bruk av seismikk.

4.1.2 Grovfjorden

Et av de største fjellskreda som er kartlagt i Troms finn en i Grovfjorden (Figur 7). Et stort fjellparti løsna i 1000 meters høyde under Skarvetind, og skredet som utvikla seg kryssa

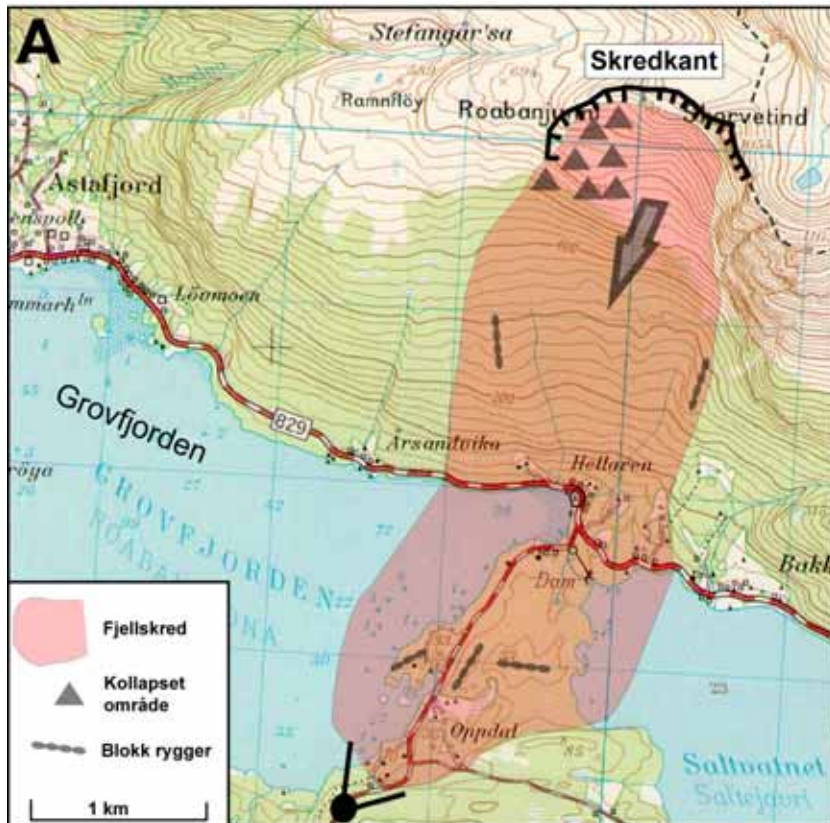
Grovfjorden og har demt opp Saltvatnet. Skredet gikk svært langt, over 4 km, og det er rekna ut at massene som ligg på land og i fjorden har et volum på mellom 60 og 100 millioner m³.



Figur 5. Oversikt over kartlagde fjellskred i Troms.



Figur 6. Storurda i Sørfjorden. Et stort fjellskred har løsna frå fjellet Skarveknusen og gått ut i fjorden. Et mindre fjellskred ligg over dette (stipla linje). Detalj av fjellskredet ved fjorden er vist i bildet til høyre.



Figur 7. Fjellskred i Grovfjorden

4.1.3 Gumpedalen, Sørreisa

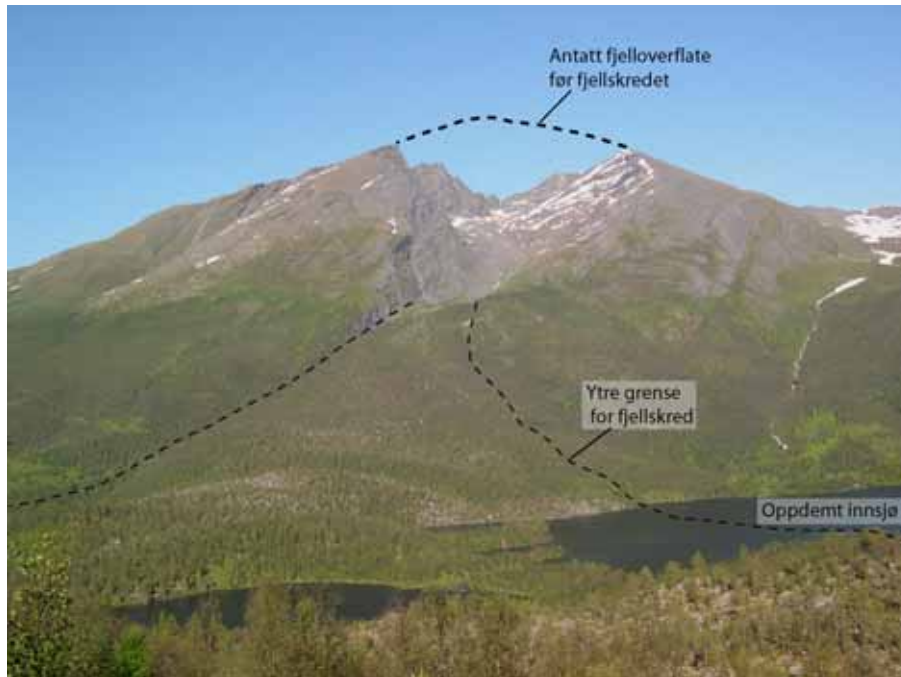
Det mest kjente fjellskredet i Troms ligg i Gumpedalen sør for Sørreisa. Dette er et eller flere skred som løsna på nordøstsida av Gumpedalen, gjekk ned i dalen og vidare opp i motsett dalside (Figur 8). Skredet har vært rekna å være et av de største i nord Europa, men dette er nok ikke rett, for skredet er langt mindre enn for eksempel fjellskredet i Grovfjorden.



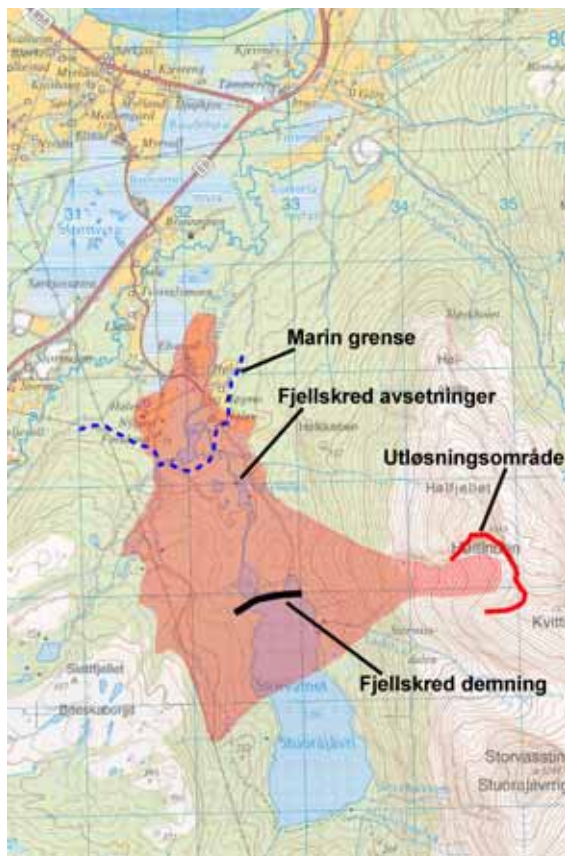
Figur 8. Oversikt over det store fjellskredet i Gumpedalen. Skredet har kryssa dalen og gått et stykke opp i motsatt fjellside.

4.1.4 Hølen, Balsfjord

Et stort fjellskred har gått fra Høltinden på østsida av Storvatnet i Balsfjord (Figur 9 og Figur 10). Kildeområdet er svært tydelig, og fjellet har sklidd langs lagdelinga av den skifrige bergarten. Skredet har gått tvers over dalføret og demt opp Storvatnet. Det er funne støvlag i ei myr frå denne hendelsen, og datering av disse syner at skredet er om lag 4000 år gammelt.



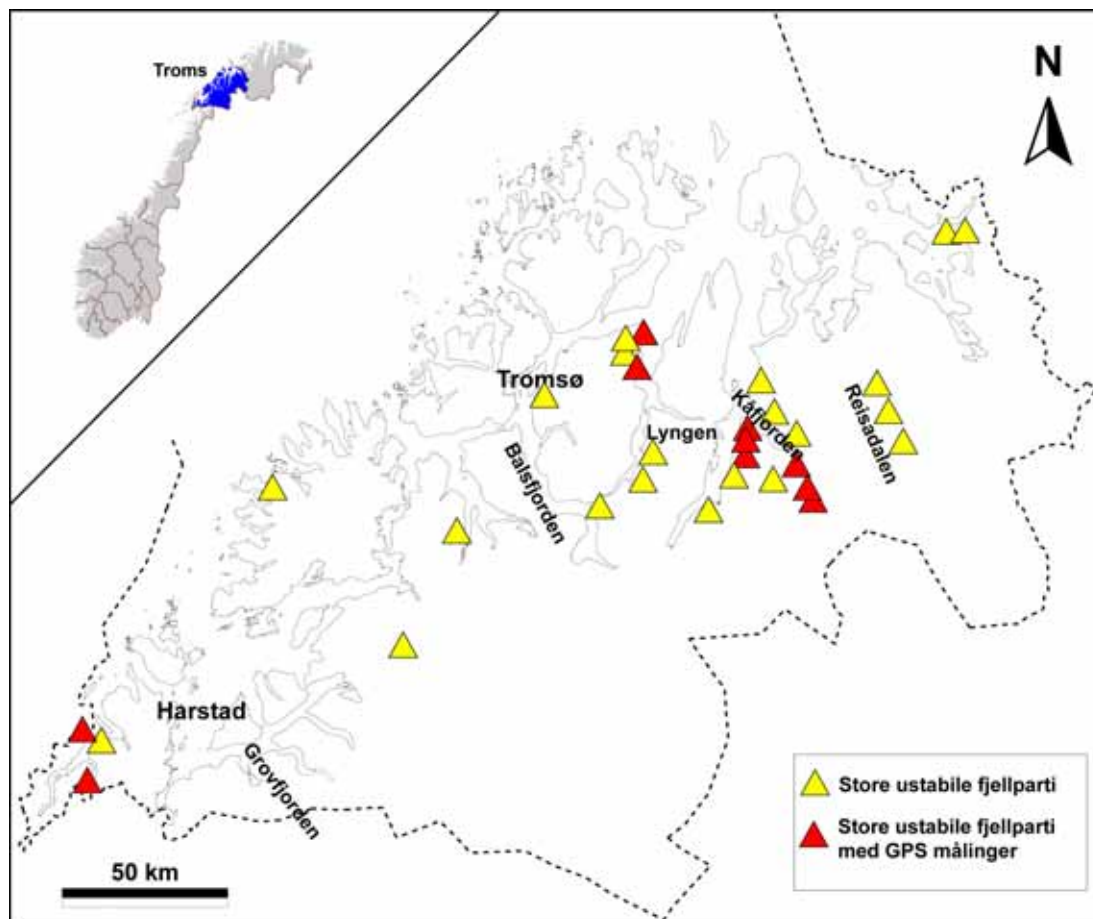
Figur 9. Fjellskred ved Hølen i Balsfjord.



Figur 10. Kart som viser utbredelse av det store fjellskredet ved Hølen i Balsfjord

5. USTABILE FJELLPARTI

Det er påvist en rekke mulige ustabile fjellparti i Troms kom kan føre til store fjellskred (Figur 11). Det blir her gitt en status for de ulike områdene hvor det er gjort undersøkelser. Det vil bli utarbeidet en egen geologisk rapport som beskriver de ulike områdene i mer detalj. Det er foretatt undersøkelser i de ustabile objektene på Nordnes og Kåfjorddalen som involverer kommunene Kåfjord, Storfjord og Lyngen. Videre er det foretatt noe oppfølging av objekter i Sørfjorden (Tromsø kommune) og i Gullsfjorden (Kvæfjord kommune).

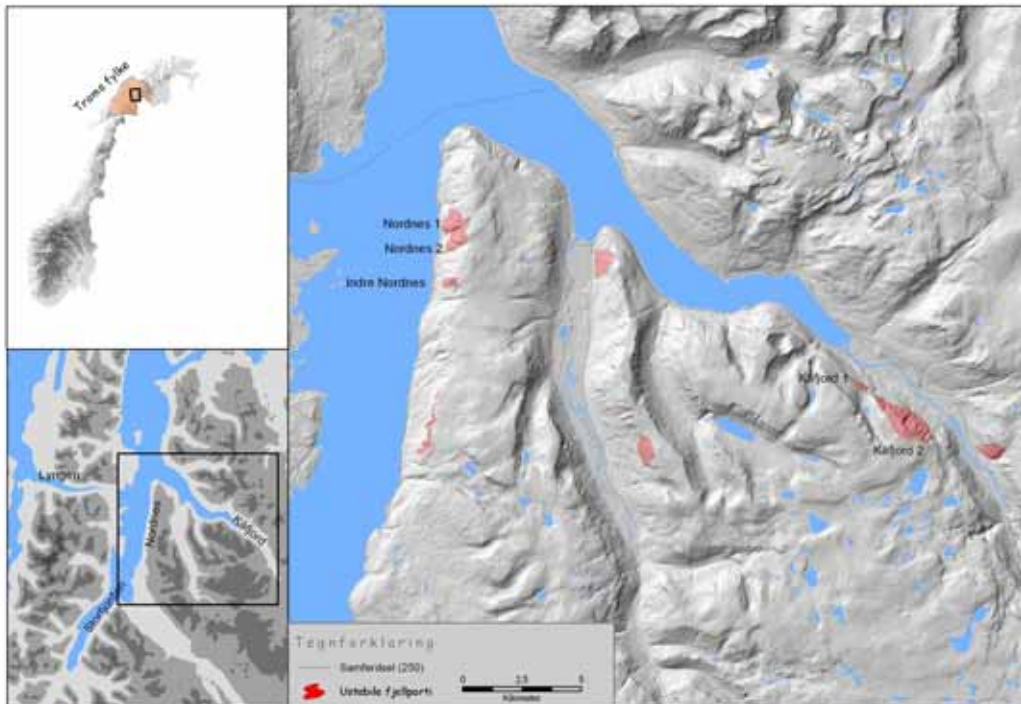


Figur 11. Store ustabile fjellparti i Troms. Røde trekkanter viser hvor det er etablert GPS punkt for periodisk måling av bevegelse.

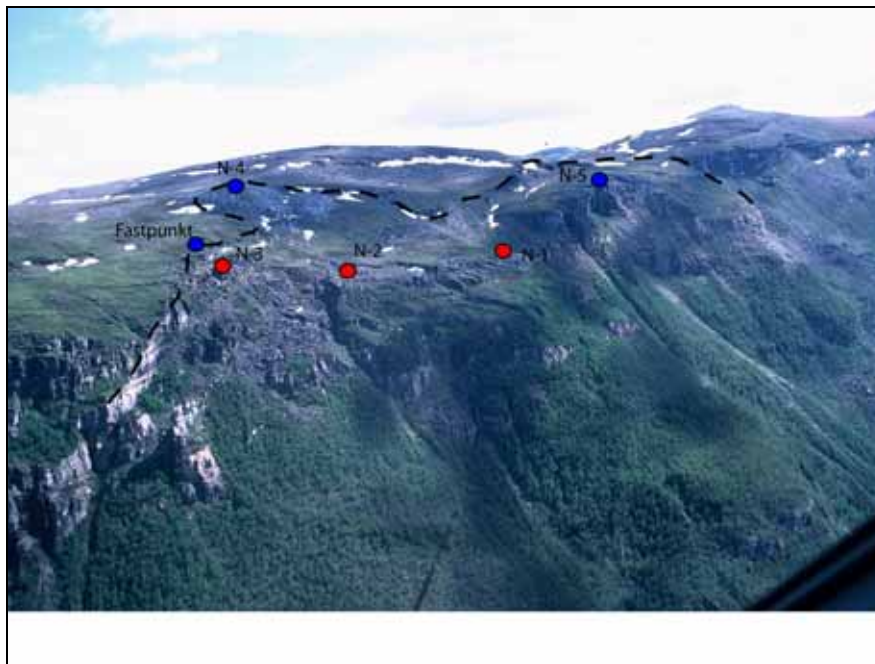
5.1 Nordnes, Lyngen

5.1.1 Geologiske og geofysiske undersøkelser

Figur 12 og Figur 13 viser en oversikt over området. Området er kartlagt tidligere, men det er gjort en geologisk oppfølging i felt i de nedre deler av feltet. Geofysiske målinger har også blitt utført her (Figur 14 og Figur 15). De indikerer at baksprekken som avgrenser det ustabile fjellpartiet kan være dyp (over 100 m dyp i bakre deler). Volumet i det nordlige feltet (Nordnes 1) er estimert til å ligge mellom 40 og 60 millioner m³.



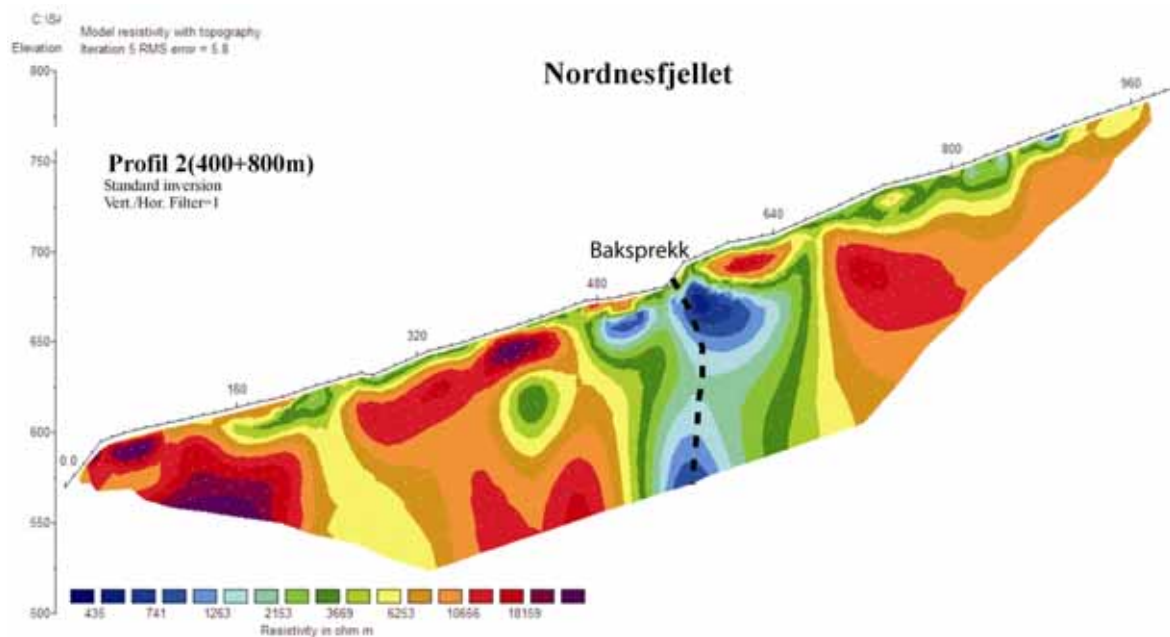
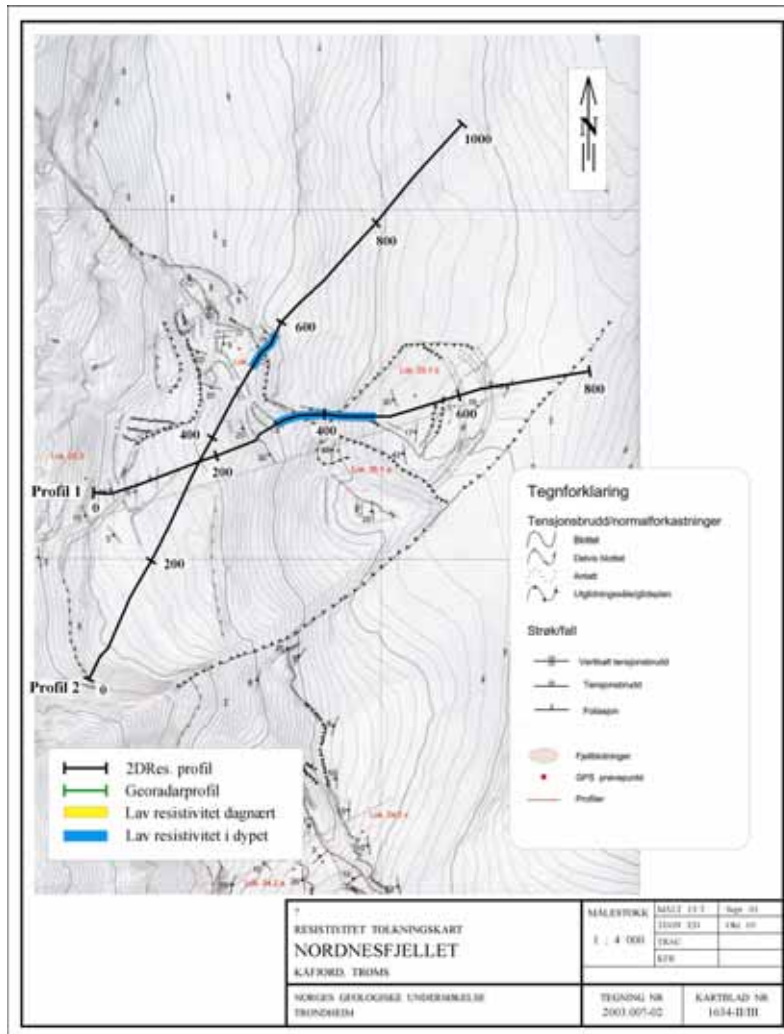
Figur 12. Oversikt over de ustabile områdene ved Nordnes og Kåfjord. GPS målinger er utført i lokalteter med navn på kartet (Nordnes 1 and 2, Indre Nordnes, Kåfjord 1 and Kåfjord 2).



Figur 13. Potensielle ustabile fjellparti ved Nordnes (Nordnes 1). Området har blitt kartlagt av studenter, og det eksisterer et detaljert kart. Lokalisering av GPS punktene er angitt. Røde punkt viser hvor det er dokumentert bevegelse.

Det er gjort noe feltundersøkelser i nedre deler av Nordnes, på sørsiden av feltet der det var tilgjengelige fjellblotninger. Formålet var å finne årsaken og strukturer som kunne forklare de store vertikale og horisontale bevegelsene oppe på platået i form av de store åpne sprekke. Det ble konstatert store ekstensjonsforkastninger (streck) i fjellblotninger som viser både horisontal og vertikal bevegelse utover og nedover mot fjorden (Figur 16). Disse forskyvningene ser ut til å være kontrollert av lavvinklede (20-30°) glideplan. Disse er observert noen få steder, særlig lavt nede i fjellsiden. Videre feltarbeid må gjøres for å kartlegge disse strukturene i detalj, spesielt høyere oppe i fjellsiden.

Figur 14. Geofysiske undersøkelser utført på Nordnesfjellet (Tønnesen & Dalsegg, 2006). Profil 2 er presentert i Figur 15.



Figur 15. Geofysikk profil (2D Resistivitet) som viser resistivitet eller ledningsevne i dypet (Tønnesen & Dalsegg, 2006). Blå farger angir høy ledningsevne, røde farger lav ledningsevne. Det blå feltet sentralt i profilet er tolket til å være baksprekken av hele det ustabile fjellpartiet som er vannholdig. Se lokalisering av profil 2 i Figur 14.



Figur 16. Strukturene sett på den sørlige delen av Nordnes. Venstre bilde: Lavvinklet skjærstruktur med flere centimeter bevegelse mot fjorden (ned mot høyre). Høyre bilde: Steiltstående strekkstrukturer som er utviklet pga skjærbevegelse langs lavvinklede glidesoner med bevegelser ned fjelsiden mot høyre.

5.1.2 GPS målinger

Det ble etablert 5 GPS punkter i 2003, som er målt på nytt i 2004 og 2005. I 2005 ble det også etablert 3 nye GPS punkter i det nordligste området (Figur 3). Dokumentasjon og detaljer fra GPS målingene og prosesseringen er gitt i egne rapporter (Eiken, 2005 og 2006). Tabell 1 viser konklusjonene fra GPS målingene. Punktene N2 og N3 (Figur 13) viser signifikante bevegelser med henholdsvis 2-2,5 cm og 7 cm i horisontal retning og 2-3 cm i innsynkning i løpet av 2 år. Volumet av området med størst bevegelse i nord (GPS punkt N2 og N3) er vurdert til å være i størrelsesorden 8-16 millioner m³. Det er etablert 3 nye GPS punkter i dette området i september 2005.

Det er ikke påvist bevegelser i de andre punktene, selv om punkt N1 (Tabell 1) antyder innsynkning. Disse verdiene er i grenseland for hva som er pålitelig (Eiken, 2005).

Tabell 1. GPS data fra Nordnes 1 og 2. Se lokalisering av punkter i Figur 13. Endringsvektorer (retning og avstand) og høyde endring for Nordnesfjellet. Tabellen viser endringer fra 2003-2004, 2004-2005 og 2003-2005.

Navn	Retning (grader)	Avstand (mm)	Høydedifferanse (mm)
N-1	350.00 / 0.00 / 350.00	1 / 0 / 1	-13 / 4 / -9
N-2	318.55 / 310.51 / 314.23	10 / 12 / 23	-18 / -1 / -19
N-3	291.21 / 282.55 / 287.07	36 / 33 / 69	-25 / -6 / -31
N-4	250.00 / 300.00 / 279.52	1 / 2 / 3	-1 / 1 / 0
N-5	0.00 / 370.48 / 384.40	2 / 2 / 4	-1 / 1 / 0

5.1.3 Temperatur og sjokkloggere

Det er også gjort en oppfølging med temperaturmålinger for å se vurdere mulige områder med permafrost. Alle eksisterende temperaturloggere er tappet. Det er også utplassert 3

sjokkloggere i det nordligste området på Nordnes (Figur 4). Et kamera er også utplassert i en av sprekkene i det nordlige området på Nordnes. Dette kameraet vil ta et bilde i døgnet for å kunne følge med på snøforholdene og smelting i sprekkene (Figur 17).



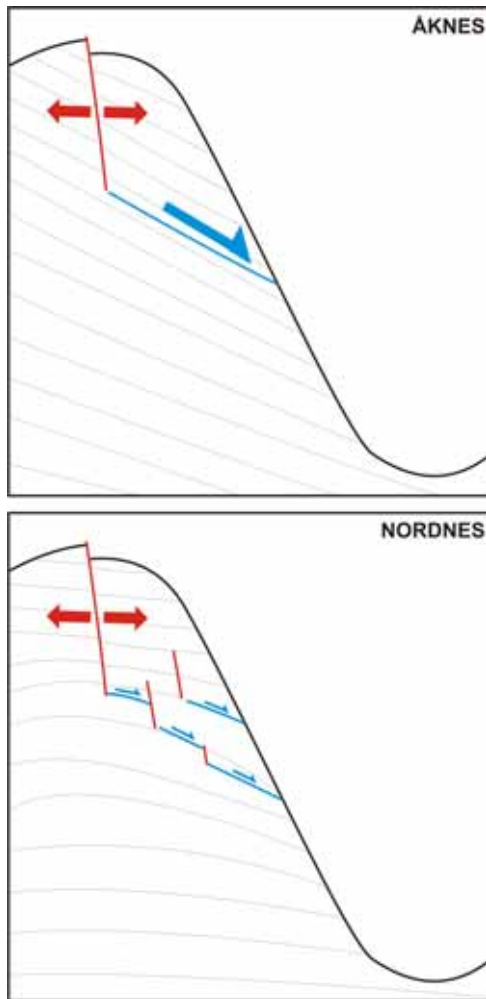
Figur 17. Utsyn fra kamera som står på Nordnesfjellet. Det blir tatt et bilde i døgnet som blir lagret lokalt.

5.1.4 Geologisk modell for fjellsida på Nordnes

Det er dokumentert at det har foregått til dels store bevegelser i et stort fjellparti ved Nordnes. Ved å bruke de kartlagte strukturer (steiltstående strekkstrukturer og lavvinkla utglidningsstrukturer) til å avgrense en potensiell utglidning gir dette et volum på 40-60 millioner m^3 over hele fjellsiden og 8-16 millioner m^3 mellom de to GPS punktene med størst bevegelse. Det er også funnet indikasjoner på bevegelse i bunn av fjellsiden på steiltstående strekksprekker. De er sannsynligvis forårsaket av flere lavvinkla glidesoner som tar opp bevegelsen av blokkene mot fjorden. Men disse har ikke blitt sett langt opp i fjellsiden hvor de største bevegelsene er dokumentert. GPS målinger i 2003, 2004 og 2005 viser at to punkter i det nordlige området har en relativt stor bevegelse. Dette området omfatter trolig et volum på mellom 8 og 16 millioner m^3 . Det nordligste punktet har beveget seg 7 cm i horisontal retning og med 3 cm innsynkning i løpet av 2 år. Bevegelsen som er registrert er i størrelsesorden noe av det samme som er registrert i det store ustabile fjellpartiet ved Åknes i Møre og Romsdal. Den store usikkerheten ved Nordnes er om det finnes store gjennomgående strukturer som kan føre store utglidninger. Det er indikasjoner på noen slike strukturer lenger sør.

Den beste måten å sette disse fakta i perspektiv på er å sammenligne geometrien og aktuell bevegelse med den mest undersøkte aktive fjellsiden i Norge: Åknes i Møre og Romsdal (Figur 18). Den ustabile fjellsida ved Åknes viser en liknende bevegelse og er sammenlignbar i volum. De to strukturtypene på Nordnes og deres geometrisk forhold (stor strekksprekk i bakkant og fjordstupende utglidninger parallelt med foliasjonen) er identiske med de på Åknes (Figur 18). Derimot er foliasjonen og dermed utglidningsstrukturenes forhold til fjorden annerledes. Foliasjonen på Åkneset stuper 30-35° mot fjorden, og lange sammenhengende utglidningsstrukturer er utviklet parallelt med foliasjonen. På Nordnes går foliasjonen med mindre fall mot fjorden (5-10°) og er noen ganger stupende inn mot fjellet.

Det er dermed mindre sannsynlig at en får utviklet store og sammenhengende utglidningsplan. Det mest sannsynlige er at en får utviklet flere mindre partier med en trappetrinn geometri med mange uglidningsplan. Dette stemmer med de manglende bevis på større utglidningssoner i nedre deler, selv om noen små avgrensede områder er registrert med fjordstupende utglidningsplan. Dette må imidlertid undersøkes og dokumenteres bedre. En annen usikkerhet er om det kan utvikle seg gjennomgående svakhetsstrukturer som kobler sammen trappetrinnene. Dette er noe som er tolket å ha skjedd i et stort fjellskred ved Randa i Sveits i 1991 (Willenberg, 2004). Et volum på ca 30 millioner m³ ble utløst, men som en sammenhengende serie av fjellskred i løpet av 4 timer.



Figur 18: Sammenligning av strukturene og geometriske forhold mellom de ustabile fjellpartiene ved fra Nordnes og Åknes i Møre og Romsdal.

5.1.5 Oppsummering og forslag til oppfølging

Det kan ikke utelukkes at det kan initieres betydelig store fjellskred på Nordnes og vi anbefaler følgende oppfølging.

1. Detaljert kartlegging i nedre sonen av fjellet for å avgrense ulike fjellparti og forsøke å dokumentere modellen med trappetrinn geometri med flere potensielle utglidningsblokker/plan.
2. Oppfølgende geofysikk (Resistivitetmålinger og seismikk) i fjordparallelle profiler og profiler vinkelrett på fjorden for å bestemme strukturene på dybden og variasjon i dybdestruktur som en resultat av en trappetrinn geometri.
3. Oppfølging av eksisterende GPS nett. Alternativt plassere ut noen i tillegg.

4. Siden det er dokumentert til dels betydelige bevegelser i et stort volum fjell, og at det ikke kan utelukkes at det finnes store gjennomgående strukturer, anbefales det å sette i gang en begrenset overvåking i dette området. Dette kan trolig best gjøres ved bruk av lasere og reflektorer oppe på platået. Det bør undersøkes om strømforsyning og overføring kan utføres ved å legge kabler fra stasjonen oppe på Nordnesfjellet.

5.2 Indre Nordnes

Det ustabile fjellpartiet ved Indre Nordnes er tidligere blitt kartlagt i øvre deler, og det er utarbeidet et detaljert kart fra dette arbeidet. Området og lokalisering av GPS punktene er illustrert i Figur 19 og Figur 20.

5.2.1 Geologiske undersøkelser

Det er påvist store vertikale og horisontale bevegelser langs steiltstående strekkbrudd. I feltsesongen 2005 ble undersøkelsene fokusert på strukturene i nedre deler av fjellsiden for å fastsette om det var store strukturer (lavvinkla skjærsoner) som forårsaker bevegelsene på de øverste strukturene. Noe tid ble brukt til å undersøke skråningene under Indre Nordnes som er bratt og vanskelig å ta seg frem i. Noen av strukturene som ble funnet er vist i Figur 21 og Figur 22. Figur 21 viser ekstensjonsbrudd (strekkbrudd) som er ganske hyppige i den midtre delen av fjellsiden, men den viser verken stor horisontal eller vertikal bevegelse. Derimot finns det mer bevis for bevegelse i den midtre til øverste del av fjellet, rett under de store klippene som utgjør den store baksprekken. Strukturene her vises i Figur 22. To forskjellige typer strukturer er funnet her. Først er det en reaktivert ekstensjonsforkastning som stuper på skrå nedover fjellsiden mot sørvest og tilsynelatende har beveget seg flere meter nedover i nyere tid. En kraftig forkastningsbrekksje, i form av nedknust materiale, vitner om denne bevegelsen. Videre nedover fjellsiden er det observert andre typer strukturer. Her er det bevis på bevegelse på en 100mx50m stor blokk langs steiltstående sprekker med forsenkninger i platået ovenfor. Det er imidlertid ikke observert noen større lavvinkla glideplan under denne blokken som kan forklare de store åpne sprekke på platået.

5.2.2 GPS målinger

De eksisterende punktene ble etablert og målt inn i 2005, og resultatene er presentert i tabell 2. Detaljer angående prosessering og data er gitt i Eiken (2005). Resultatene for indre Nordnes er mindre entydige både i grunnriss og høyde, og det er forskjeller mellom resultat fra to ulike prosesseringssystemer ("Pinnacle" og "GraNet"). En forklaring kan være at det bare er tre punkt, slik at det er et geometrisk svakt nett, og kombinert med relativt korte måletider kan det forklare et litt svakt resultat, svakere enn det estimert presisjon til målingene skulle tilsi. Den største forskjellen ser en på differansene over et år (03-04 eller 04-05). For hele perioden 03-05 er resultatene fra de to beregningene ganske samsvarende.

Det er indikert bevegelse i grunnriss for både punkt IN-1 som er i blokka ved stupet, og i IN-2, men for IN-2 er det 6-7 mm over to år som berre er litt over 99% konfidensgrense. I høyde er det indikert senking på 8-10 mm for IN-1 og 6-7 mm for IN-2 over to år. Endringene i høyde ligg og kring grensen for konfidens, men med bakgrunn i den svake geometrien og de noe sprikende resultatene mellom åra er det litt usikkert grunnlag for å trekke konklusjoner. Men i sum for alle resultatene er det indikasjoner på at det kan være bevegelser i både IN-1 og IN-2 på noen få mm i løpet av et år.

Tabell 2. GPS data fra Indre Nordnes. Endringsvektorer (retning og avstand) og høyde endring for indre Nordnes. (resultat frå "Pinnacle"). Kolonnene viser bevegelse mellom årene 2003-04 / 2004-05 / 2003-05.

Navn	Retning (grader)	Avstand (mm)	Høydedifferanse (mm)
IN_1	289.49 / 100.00 / 284.40	12 / 4 / 8	-8 / -6 / -14
IN_2	287.43 / 200.00 / 257.04	5 / 3 / 6	-4 / -5 / -9



Figur 19. Oversikt over det ustabile området ovenfor Indre Nordnes. GPS punktene er vist. Det er indikasjoner på bevegelse i de røde punktene.



Figur 20. Installering av GPS punkter ovenfor Indre Nordnes (IN-1).



Figur 21. Steiltstående sprekker som er observert i den nedre del av Indre Nordnes. Det er antatt at fjellpartiet beveger seg på et lavvinkla skjærplan.

5.2.3 Oppsummering og forslag til oppfølging

Det totale volumet ved indre Nordnes er vurdert til å ligge mellom 10 og 20 millioner m³.

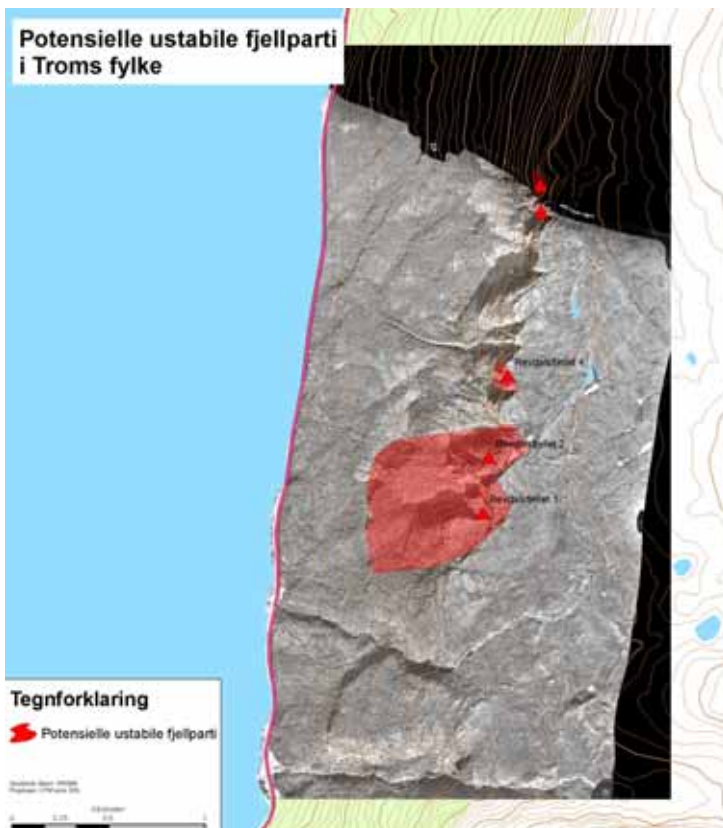
Utenfor den markert sprekken ved GPS punkt IN-1 (Figur 20) er volumet anslått til mellom 0,5 og 1 million m³. I tillegg kommer volumet av ura nedenfor. Flere steder i den midtre delen av fjellsiden under den store baksprekken er det påvist områder med åpne sprekker. Rett under den store baksprekkene er det reaktiverte strekksprekker men en kraftig nedknusningssone som kan forklare utviklingen av den store baksprekken. Et lavt platå nedenfor dette har flere ekstensjonssprekker, men det er her ikke funnet noe bevis for større utglidningsplan. Begge steder bør overvåkes med GPS som kan utplasseres i 2006.



Figur 22. Strukturene sett på den midtre delen av Indre Nordnes. Venstre: Eksisterende forkastningsstruktur som stuper mot SV (på skrå mot fjorden). Denne forkastningen har blitt reaktivert og viser flere meters forskyvning ned mot fjorden. En prøve av det nedknuste materialet (breksje) er tatt fra forkastningen. Høyre: Sonen vest for forkastningen til venstre(nedover skråningen). Dette viser en 100mx50m blokk med en stor forsenkning i bakkanten som er 5m bred og 1m dyp. Hele blokken er oppskjært av disse depresjonene og er sannsynligvis sprekker som er dekket av vegetasjon. Framkanten av blokken er preget av steiltstående strekksprekker, men det er ikke funnet noen større glideplan (lavvinkla skjærsoner) som kan forklare utglidning av blokkene. Det anbefaler at hengveggen til forkastningen og den overnevnte store blokken blir overvåket med GPS utstyr fra 2006.

5.3 Revdalsfjellet

Det ustabile området ligger sør for Indre Nordnes, mot Skibotn (Figur 12, Figur 23 og Figur 24). Området er undersøkt ved bruk av flybilder, helikopterbefaringer og feltbefaring. Flere store fjellparti viser tydelige spor etter deformasjoner og bevegelse. Det er foretatt geologiske feltundersøkelser i et av disse feltene.



Figur 23. Kart og flyfoto fra Revdalsfjellet. Se den sørligste lokaliteten i Figur 12.



Figur 24.
Revdalsfjellet sett
fra vest.

5.3.1 Geologiske undersøkelser

Feltbefaringen i et av fjellpartiene på Revdalsfjellet har gitt data om strukturer som er av stor betydning for de utglidningssystemene som er dokumentert øverst på platået. Figur 25 viser en fotomontasje av de viktige strukturene. En stor blokk på omtrent 200m x 100m ser ut til å være under bevegelse. Denne blokken er delt opp i 5 blokker av 4 store strekksprekker (ekstensjon). Disse sprekkene kan følges over hele feltet og er over 100 m lange, flere meter brede og flere titalls meter dype. Disse sprekkene er knyttet til en sideveis forkastning (transfer fault, Figur 25) som begrenser blokken mot sør. Langs denne strukturen har det vært en markert strekkbevegelse og med minst 5 meter vertikal bevegelse.



Figur 25. Fotomontasje av Revdalsfjellet som viser de forskjellige kritiske strukturer. Fire store strekksprekker er observert med en lengde på mer enn 100 m. Utgående av disse er markert med hvite piler. Disse har et horisontalt strekk på flere meter og dyp på flere titalls meter.

I bunnen av fjellet under disse strukturene finner vi bevis på lavvinklede utglidningsplan som skjærer gjennom båndingen i bergarten. Noen av disse strukturene har utviklet nedknusningssoner (breksjer) som er et resultat av nyere bevegelser (Figur 26). Det er høyst sannsynlig at det er bevegelsen på disse lavvinklede strukturer som har forårsaket de store sprekkene lenger opp på fjellet.

5.3.2 GPS målinger

På grunnlag av de geologiske undersøkelsene, og bevisene på større utglidningsplan er det etablert 5 GPS punkter (et fastpunkt på fjelltoppen og fire lenger ned på de forskjellige strekkblokkene). Disse ble etablert og målt inn i Oktober 2005. Disse bør overvåkes i 2006 for å bestemme eventuell størrelse og retningsmønster for bevegelsene.

5.3.3 Oppsummering og forslag til oppfølging

De geologiske undersøkelsene viser flere store utglidninger av fjellsiden som kan være styrt av større utglidningsplan. Det anbefales derfor sterkt videre detaljarbeid for å kartlegge og avgrense de store strukturene og for å måle retningsbevegelse og størrelsen på bevegelsen på de forskjellige blokker (feltundersøkelser og GPS).



Figur 26. Noen tynne nedknuste soner (breksjer) som ligger langs fjordstupende strukturer med lav til moderat vinkel. Disse er observert ned skråningen fra de store ekstensjonsblokkene som er vist i Figur 25. Breksjene er klare bevis for nyere bevegelse og disse strukturene kan være årsaken til de store åpningene på de steilstående strukturene.

5.4 Kåfjorddalen

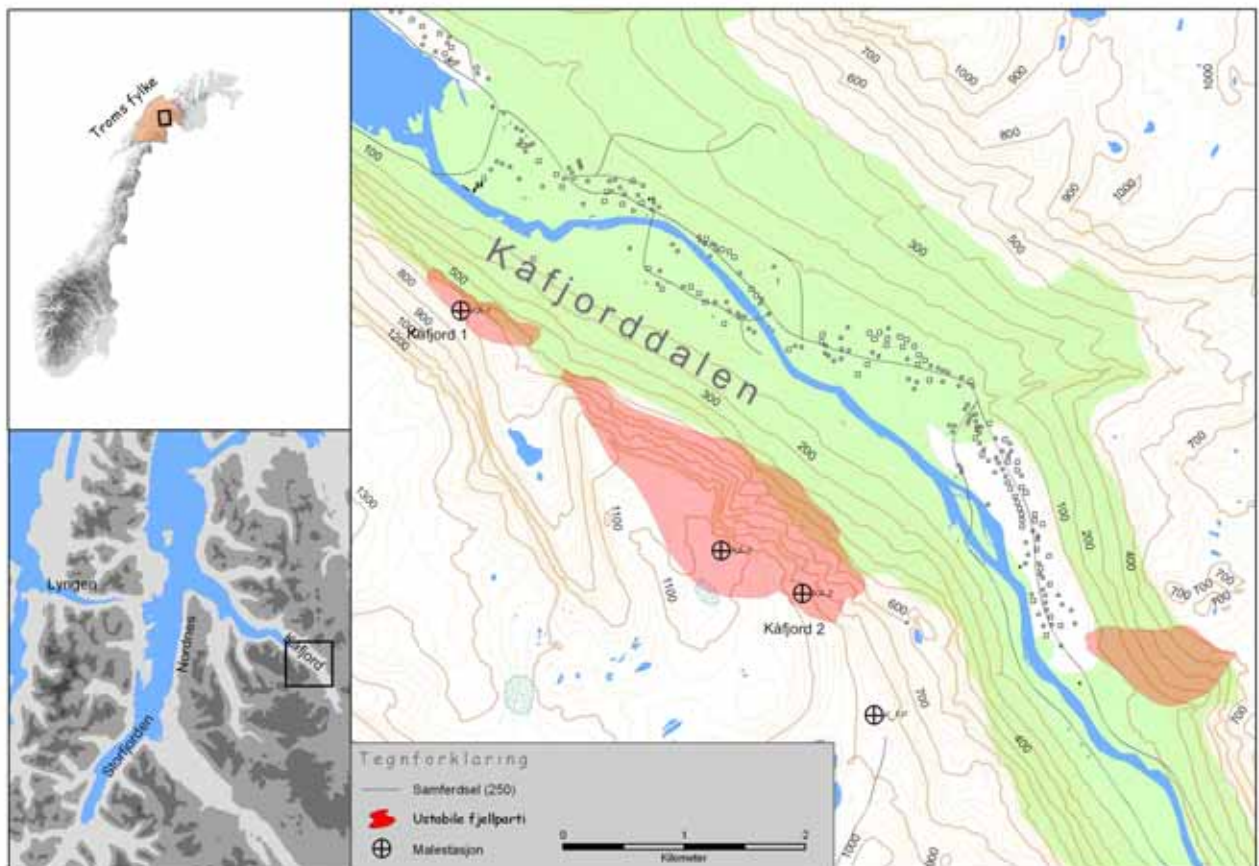
Områdene i Kåfjord er befart med helikopter og med ytterligere feltbefaring i det nordligste feltet (Kåfjord 1). GPS punkter ble etablert i 2004 og er fulgt opp med nye målinger i 2005. Utbredelsen og posisjonen til GPS punktene er vist i Figur 27, Figur 28 og Figur 29.

5.4.1 Geologiske undersøkelser

Kåfjord 1 (Figur 27 og Figur 28)

Den øvre delen er karakterisert av en serie sprekker som er begrenset på oversiden av en markert utglidningskant som viser betydelig vertikal bevegelse (Figur 28). Det er utført en dags feltundersøkelse i nedre deler av dette området. Målet med dette var å se om det var potensielle glideplan som kunne forklare de store bevegelsene som er dokumentert i den bakre vertikale sprekken øverst. De foreløpige observasjonene, uten en detaljert analyse av dataene, viser et komplekst sprekkesystem som muligvis kan forklare de store bevegelsene som eksisterer øverst i fjellsiden. Vanligvis er store utglidninger et resultat av bevegelse langs markerte skjærsoner som går parallelt med foliasjonen eller lagdelingen i fjellet og som stuper ned fjellsiden. I dette området finner vi imidlertid foliasjon som stuper mot fjellet. Figur 30 viser eksempler på de sprekkenes som er observert i felt. De er to hovedsprekkeretninger som

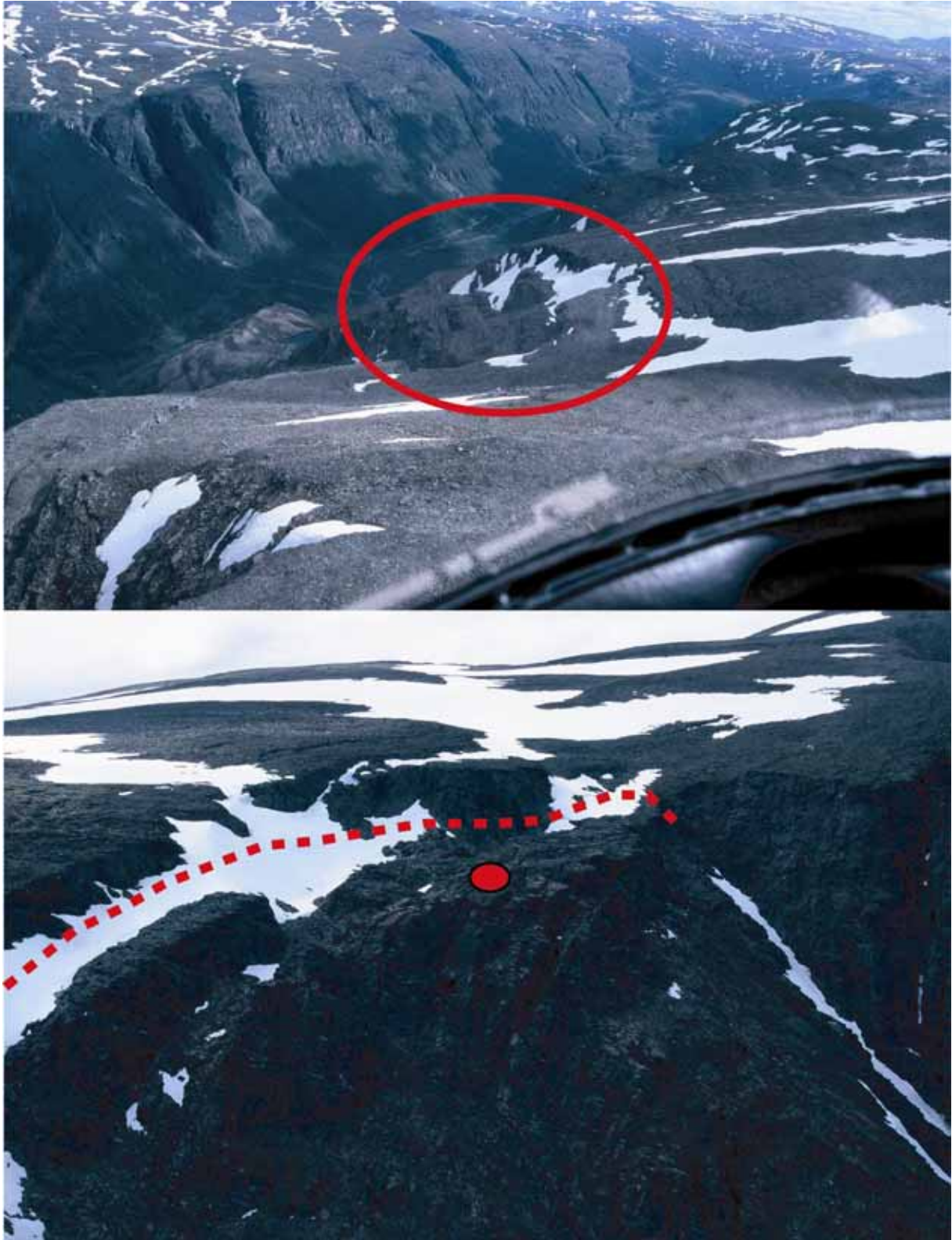
dominerer i dette området. De viser en steiltstående sprekkeretning som tydeligvis viser en ekstensjon eller strekk som er parallelt med fjellsiden. Den andre retningen er parallelt med foliasjonen, og med en bevegelse ned fjellsiden, men opp i luften. Dette er skjærsprekker. Bevegelsen som er påvist i skjærsprekkene betyr at strekk og vertikal forskyvning kan pågå på de steiltstående sprekkene. Hvis hele fjellsiden består av slike sprekker, og hvis en relativt liten bevegelse kan bli tatt opp på hver sprekk, kan de samlet føre til en stor bevegelse i den øverste sprekk (se Figur 31). Dette er en type bevegelse som gjør det svært vanskelig å skape store og sammenhengende utglidningsplan og derfor utglidninger av store fjellparti. Det vil derimot favorisere mindre blokkutglidninger av begrenset volum. Fremdeles er det imidlertid behov for å teste denne modellen for å være sikker på at det ikke kan utvikles sammenhengende svakhetssoner som kan føre til større utglidninger. Vi har lite data, men vi anslår volumet som avgrenses av de øverste sprekkene til å ligge mellom 5 og 10 millioner m^3 .



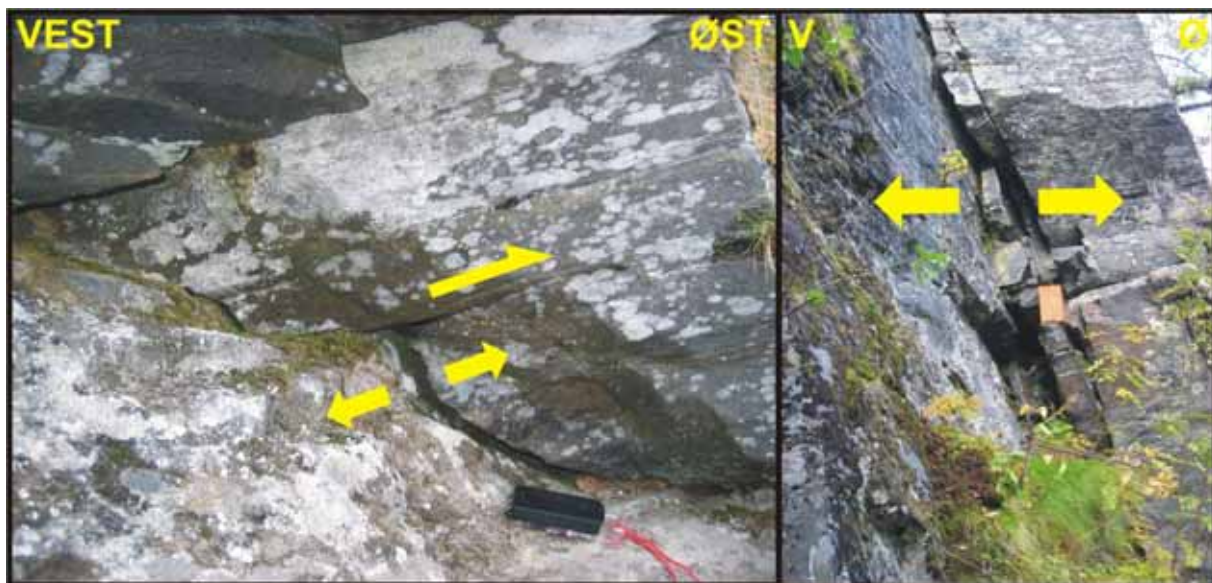
Figur 27. Oversikt over de ustabile fjellpartiene på sørvest siden av Kåfjorddalen. Sirklene viser GPS punkter. Se lokalisering i Figur 11.



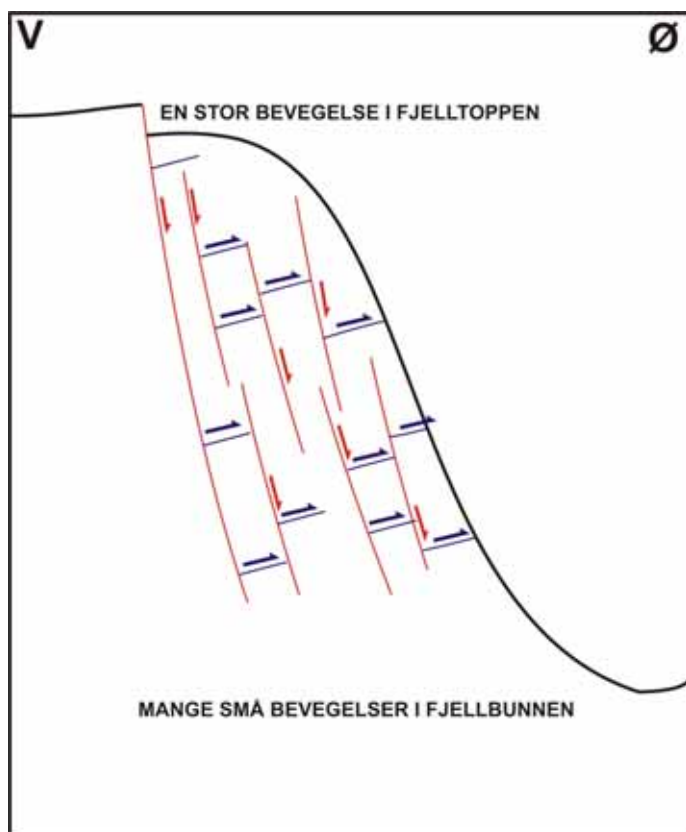
Figur 28. Oversikt over det ustabile fjellpartiet nedenfor Isfjellet i Kåfjorddalen (Kåfjord 1, Figur 27). Legg merke til den store vertikale forskyvningen øverst på utglidningsblokka. Den røde sirkelen viser lokalisering av GPS punkt fra 2004. I 2005 ble det etablert et nytt GPS punkt lenger nede på blokka.



Figur 29. Oversikt over det ustabile fjellpartiet på vestsiden av Kåfjorddalen, sør for Oksfjellet (Kåfjord 2, se Figur 27). Den stipla røde linja viser bakkanten av utglidningen. Den røde sirkelen viser lokalisering av GPS punkt.



Figur 30. Eksempel på sprekker observert i felt i nedre deler av fjellsiden ved Kåfjord 1 (nord). Venstre: Utover bevegelse langs foliasjonen (båndingen) i retning ned dalsida (høyre). Det er sannsynlig at denne bevegelsen kan forklare store strekkbevegelsene; Høyre: En kombinasjon av begge sprekketyper der små bevegelser i hele fjellsiden kan lede til de store bevegelsene som er dokumentert i toppen av fjellet.



Figur 31. Foreløpig arbeidsmodell for dannelsen av to forskjellige sprekketyper på Nord Kåfjord. Nedadgående bevegelser på mange små ekstensjonssprekker (rød) har ledet til dannelsen av skjærsprekker som tillater dannelse og bevegelse av blokker mot dalen. Mange små bevegelser kan akkumuleres til en tilsynelatende stor bevegelse helt øverst.

Kåfjord 2 (Figur 27 og Figur 29)

Dette området er karakterisert av en serie med åpne sprekker i et stort utglidningsområde. Området er kun kartlagt ved bruk av helikopter og det er ikke utført noen feltundersøkelser. Vi har lite data, men vi anslår volumet til å ligge mellom 10 og 25 millioner m³. Dette området ligger på ca. 1000 moh og ligger trolig i områder med permafrost.

5.4.2 GPS målinger

Resultatene fra GPS målingene er vist i tabell 3. Resultata fra Kåfjord er på ingen måte entydige. Totalbildet av retninger på indikert bevegelse og størrelse er så sprikende at en konklusjon i alle tilfeller blir svært usikker. Resultata er helt klart preget av at det er lange og tilsvarende mer usikre vektorer, som kombinert med svak geometri på grunn av få punkt gir et lite sikkert resultat. Relativt store sprik mellom resultatene fra de to ulike programvarene er og med på å gjøre bildet mer uklart.

5.4.3 Oppsummering og forslag til oppfølging

Nord Kåfjord viser et kompleks sprekkemønster. I og med at båndingen i fjellet stuper mot fjellet gjør det vanskelig å danne store utglidningsplan som betyr at større steinsprang eller steinskred er mest sannsynlig. Det er altså ikke funnet bevis for store utglidningsplan som kan gi store utglidninger av hele fjellsiden. En grundigere bearbeidning av feltdataene er nødvendig for å være mer sikker på de sprekkemønstrene som er registrert. Det anbefales at området følges noe mer opp i felt og at GPS punktene blir målt også i 2006.

Tabell 3. GPS data fra Kåfjord. Endringer for punkt ved Kåfjord 2003-05. Tabellen viser endring i posisjon mellom åra, og retning og størrelse til endringsvektoren. Punktet KA-3 er ikke målt i 2004.

RESULTAT PINNACLE											
PUNKT		Endring mellom målinger 2003-04-05 (mm)					Endring første - siste måling (03-05) (mm)				
		dN	dE	dH	Dist	Retn	dN	dE	dH	Dist	Retn
KA-1	2003-04	15	11	-7	19	40.28					
KA-1	2004-05	-13	-11	4	17	-155.29	2	0	-3	2	0.00
KA-2	2003-04	7	7	-18	10	50.00					
KA-2	2004-05	-1	0	24	1	200.00	1	-8	-7	8	307.92
KA-3	2003-04										
KA-3	2004-05						5	1	32	5	12.57

RESULTAT GRAFNET											
PUNKT		Endring mellom målinger 2003-04-05 (mm)					Endring første - siste måling (03-05) (mm)				
		dN	dE	dH	Dist	Retn	dN	dE	dH	Dist	Retn
KA-1	2003-04	13	9	-15	16	38.55					
KA-1	2004-05	-12	-1	-2	16	244.23	1	-1	-17	1	350.00
KA-2	2003-04	6	3	-18	7	29.52					
KA-2	2004-05	-5	3	14	6	165.60	1	6	-4	6	89.49
KA-3	2004-05						3	-2	12	4	362.57

5.5 Sørfjorden

Flere ustabile fjellparti er identifisert ved helikopter befaring. (Figur 32 og Figur 33). Ragnhildurtind, Sjelltinden og Brosmebaktuva er befart i felt og det er satt ut GPS punkter i 2005.



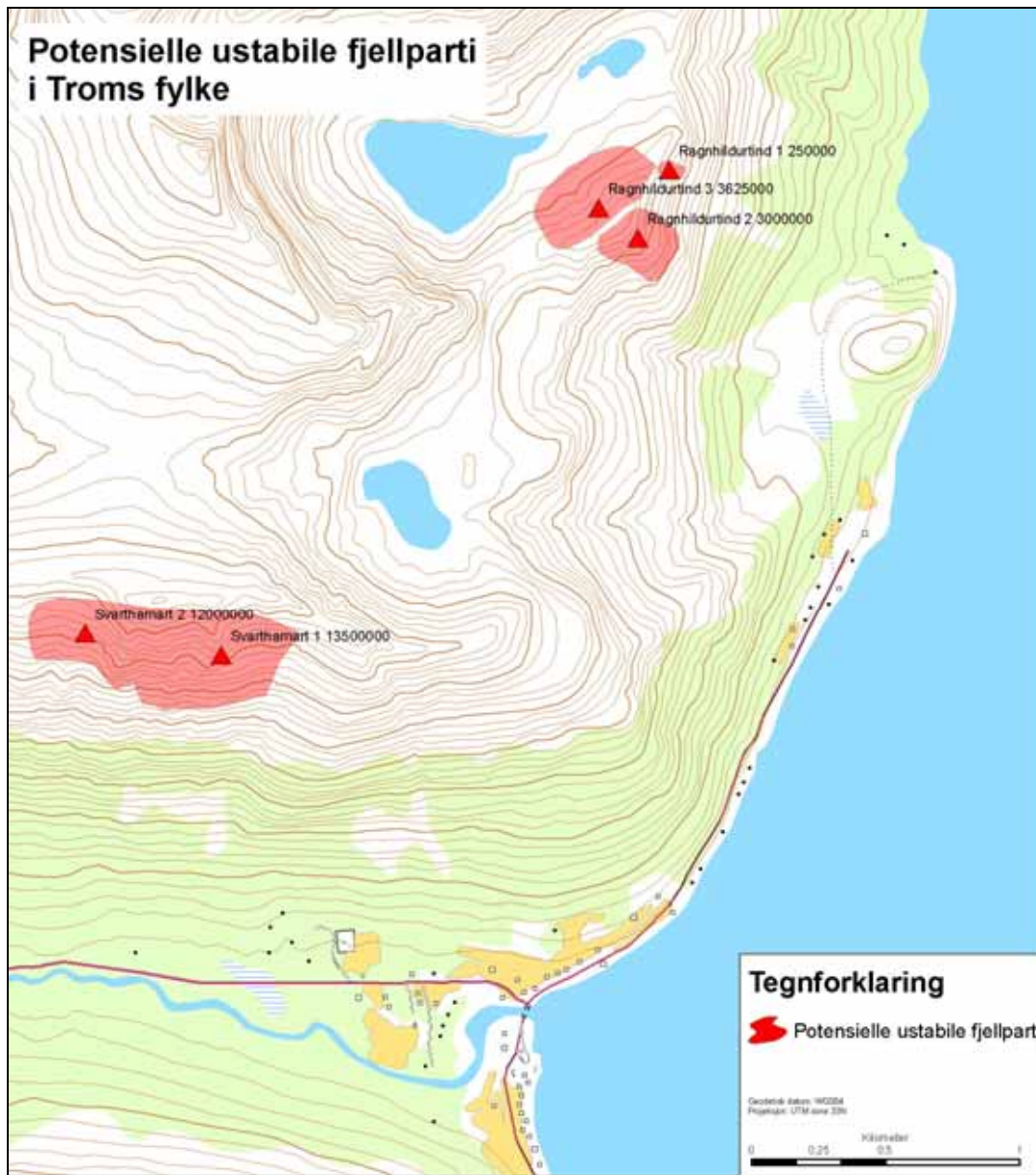
Figur 32. Oversikt over ustabile fjellparti som er identifisert ved helikopter befaring i Sørfjorden.

5.5.1 Ragnhildurtind

Området ble feltbefart med helikopter. Figur 34 viser strukturene som er observert fra helikopter. Tre store innsynkninger eller depresjoner er observert, og de går i retning NNØ-SSV. Den største av disse er lengst vest. Dybden og bredden på depresjonene blir mindre mot øst. Alle innsynkningene er tolket som bevokste strekksprekker. Alle sprekkene er tilsynelatende hengslet mot sør, siden dybden og bredden av sprekkene avtar mot sør. Det finns tilstrekkelig bevis for at fjellsiden er under ekstensjon. Figur 35 viser sekundære sprekker som stryker i retning NØ-SV og ligger på tvers av de store strekksprekkene. Disse strukturer viser en kombinert bevegelse med strekk og en sideveis bevegelse, og disse tar sannsynligvis tar opp det meste av oppsprekningen mellom de store ekstensjonssprekkene.

Lavvinkla strukturer er også funnet i selve fjellsiden (A på Figur 36). Disse stuper i en retning mot sørøst og kan være strukturer som påvirker bevegelsen på de steiltstående ekstensjonsstrukturene (B på Figur 36). De to steiltstående hovedsprekkeretningene (NNØ-SSV og NØ-SV) er enklest å observere fra luften (Figur 36). Dette viser at fjellet er ganske oppsprukket, selv om det ikke ser særlig oppsprukket ut på den igjengrodde overflaten. Selv om de er flere bevis for oppsprekking av fjellet, er det ikke noe spor etter aktiv bevegelse.

Det er etablert 4 GPS punkter. En fastpunkt er lagt ut vest for den vestligste depresjon og tre lenger mot øst på de forskjellige ekstensjonsblokkene mellom depresjonene. Disse ble målt inn i Oktober 2005 og bør måles på nytt i 2006 for å bestemme størrelsen og retningsmønster for eventuelle bevegelser.



Figur 33. Ustabile fjellparti nord for Oldervik og ved Ragnhildurtind. Se lokalisering i Figur 32.

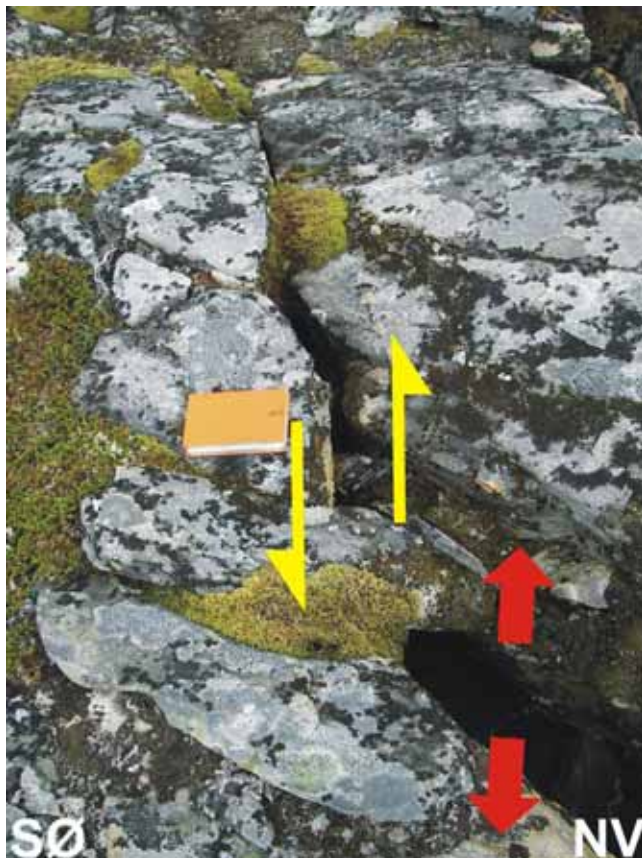
Oppsummering:

Flere store innsynkninger er tolket til å være NNØ-SSV strekksprekker. Disse deler opp fjellsiden i flere forskjellige blokker. Blokkene er videre delt opp av sekundære NØ-SV ekstensjons-skjærstrukturer. Disse ser ut til å bli dannet på grunn av bevegelse mot fjorden på

lavvinklede strukturer. De er ikke noen direkte bevis at det er aktiv bevegelse på noen av disse strukturene. Fire GPS punkter ble lagt ut og målt inn i September 2005. Disse bør måles inn på nytt i 2006.



Figur 34. Ragnhildurtind sett fra luften. Tre store depresjoner har blitt sett som stryker NNØ-SSV. Den største er den på venstre (vest) side og de blir gradvis mindre mot øst. Depresjonene er tolket som bevokste ekstensjonssprekker. Alle sprekkene er tilsynelatende hengslet mot sør siden dybden og bredden av sprekkene avtar mot sør.



Figur 35. Sekundær sprekker på Ragnhildurtind som ligger på tvers av de store ekstensjonssprekkene. De viser en kombinert sideveis og ekstensjonsbevegelse og tar sannsynligvis tar opp det meste av bevegelsen i oppsprekkingene mellom de store ekstensjonssprekkene.



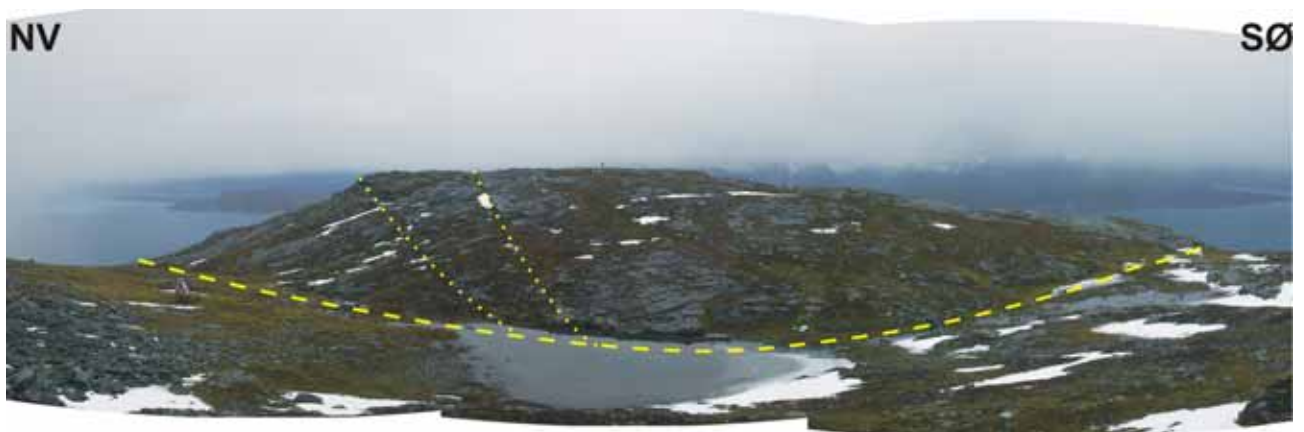
Figur 36. Strukturere sett på Ragnhildurtind. Venstre: Bevis for oppsprekking av fjellet på et blotningsnivå. Ekstensjonssprekker som stryker NØ-SV (sekundær ekstensjon) ser ut til å bli kontrollert av lavvinkla, SØ stupende skjærstrukturer. Høyre: Strukturene sett på en stor målestokk fra luften. De prikkede linjene er parallelt med depresjonene på overflaten og er de primære NNØ-SSV gående ekstensjonssprekkene. De stiplede linjene er sekundære, NØ-SV ekstensjons/skjær strukturer.

5.5.2 Brosmebakktuva

Brosmebakktuva ligger sør for Oldervik (Figur 32). Området har vært undersøkt av NGI og det er gjort manuelle målinger mellom en serie bolter.

Området ble feltbefart med helikopter. Figur 37 viser oversikten sett fra bakken. På samme måten som ved Ragnhildurtind, finnes det en stor nord-sør gående forsenkning eller depresjon som skiller ut en blokk som ligger øst for depresjonen. Denne forsenkningen er tolket som en strekksprekk. Blokken ser ut til å avgrense unge strekksprekker som stryker NØ-SV.

Ved Brosmebakktuva er det flere bevis for aktive bevegelser helt ute på kanten av fjellstupet, men det er uklart om bevegelsene strekker seg lengre bak på fjellet. Figur 38 viser sprekkemønstrene på framkanten av fjellet. To typer strukturer ser ut til å være karakteristisk. Disse er steiltstående ekstensjonssprekker (prikket) og lavvinkla skjærstrukturer (stiplet).



Figur 37. Fotomontasje av Brosmebakktuva. Den stiplet linjen viser trenden av en nord-sør depresjon som ligger i bakkanten av en blokk som kan være under bevegelse. Depresjonen er sannsynligvis en sprekk. Blokken ser ut til å være delt opp av flere tverrsprekker som stryker NØ-SV (prikkede linjer).



Figur 38. Framkanten av Brosmebakktuva sett fra luften. Strukturene viser steiltstående ekstensjonssprekker (prikket) og lavvinkla skjærstrukturer (stiplet).

Bevegelse på skjærstrukturene forårsaker trolig åpningene på de steiltstående ekstensjonssprekkene. Ekstensjonssprekkene har to forskjellige retninger slik at blokkene som er i ferd med å utløses fra fjellsiden skaper en geometri som kalles kileutglidning ('*wedge failure*'). Flere store blokker er i ferd med å utløses fra den fremste del av stupet. Tre GPS målepunkter er etablert på Brasmebakktuva. Et punkt er plassert vest for den store depresjonen som en fastfjellspunkt. Et punkt er etablert øst for den store depresjonen og et punkt på en av de store blokkene fremst på stupet.

Oppsummering

Fjellsida viser aktiv bevegelse i et begrenset volum helt ute på fjellstupet, men det er uklart om det er aktiv bevegelse knyttet til den store depresjonen som er tolket som en bakksprekk. Tre GPS punkter er etablert i 2005 og bør måles også i 2006.

5.6 Kvæfjord

Flere mulige ustabile fjellparti er registrert i Kvæfjord, ved Skjelltinden på vestsida av Gulesfjorden (Figur 11, Figur 39, og Figur 40) og ved Reinfjellet på vestsida av Austerfjorden (Figur 11, Figur 39, Figur 43 og Figur 44). Objektene har blitt verifisert ved flybilder og helikopter befarig.

5.6.1 Skjelltinden

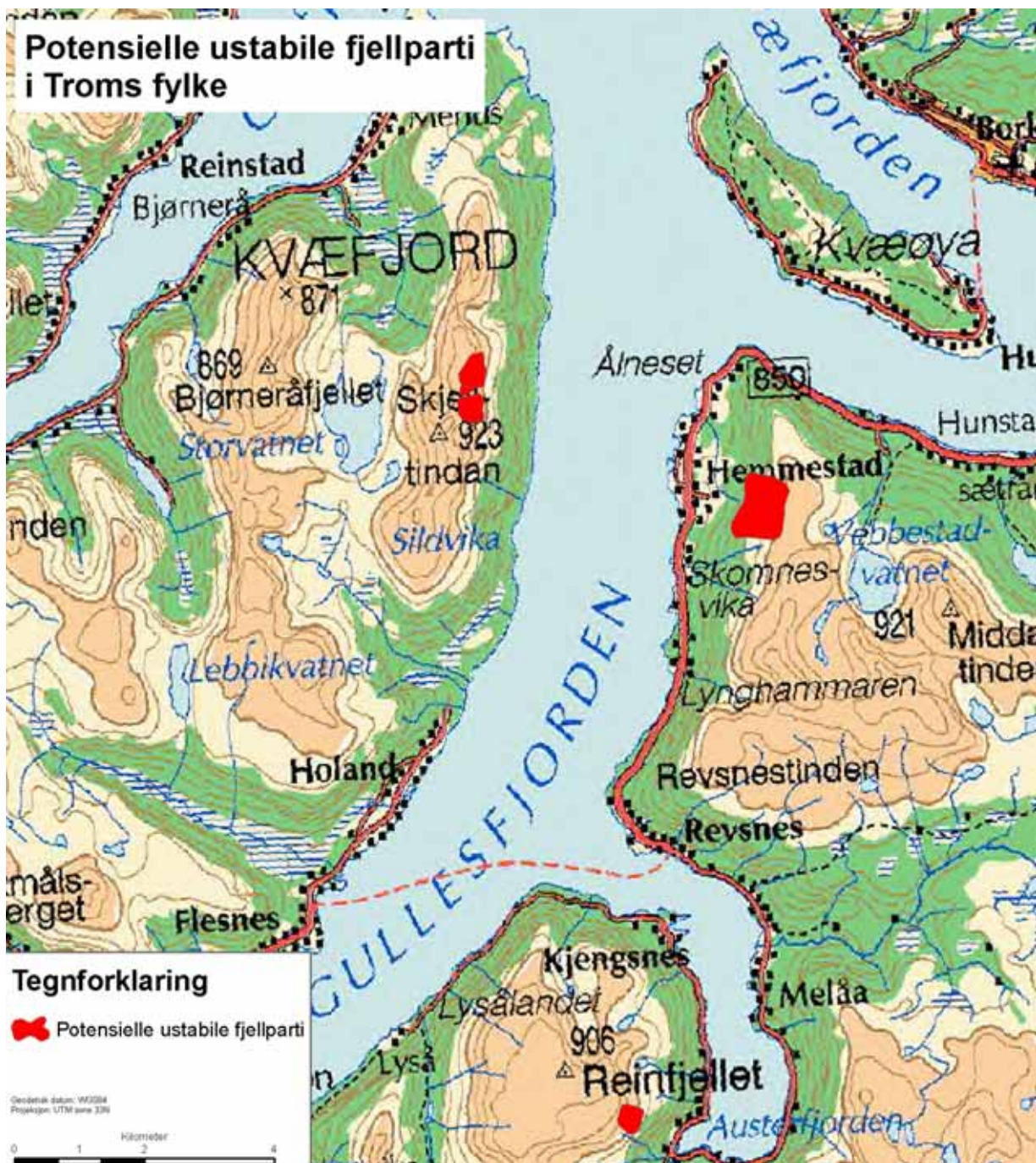
På vestsida av Gulesfjorden er det spor etter deformasjoner og sprekker i et stort område (Figur 43 og Figur 44). På grunn av tidsbegrensning og ekstremt dårlige værforhold ble det ikke foretatt noen rekognoserende geologisk kartlegging her. Flere store nord-sør gående depresjoner er observert, noe som ser ut til å være av samme type som på Ragnhildurtind. Det er uklart om det er noen bevegelse på disse strukturene. To forskjellige blokker ble avgrenset. Ytterst på disse stedene er det mye steinsprang, men det er ikke noen klare bevis for at fjellet lengre bak beveger seg. Det ble etablert 3 GPS punkter. Ett punkt var lagt ut på fastfjell og to

på en av blokkene. En tredje punkt var lagt ut på den sørlige blokken men det oppsto tekniske problemer under målingene.

Oppsummering

Det er ikke foretatt geologisk feltarbeid, men 3 GPS punkter ble målt inn. To forskjellige blokker er avgrenset. Det er bevis for mye steinsprang i forkant av fjellet men det er ikke noe konkret bevis for bevegelse av et større fjellparti. Det anbefales ny måling av GPS punktene i 2006.

Tre GPS punkter ble etablert og målt inn. Ett punkt var målt på fastfjell og to øst for den tydelige sprekken. Dersom punktene viser bevegelser ved neste måling anbefales en geologisk oppfølging.



Figur 39. Ustabile fjellparti i Kvæfjord (Gullesfjorden and Austerfjorden).



Figur 40. Ustabile fjellparti ved Skjelltindan på vestsida av Gullsfjorden i Kvæfjord. Se lokalisering i Figur 39.



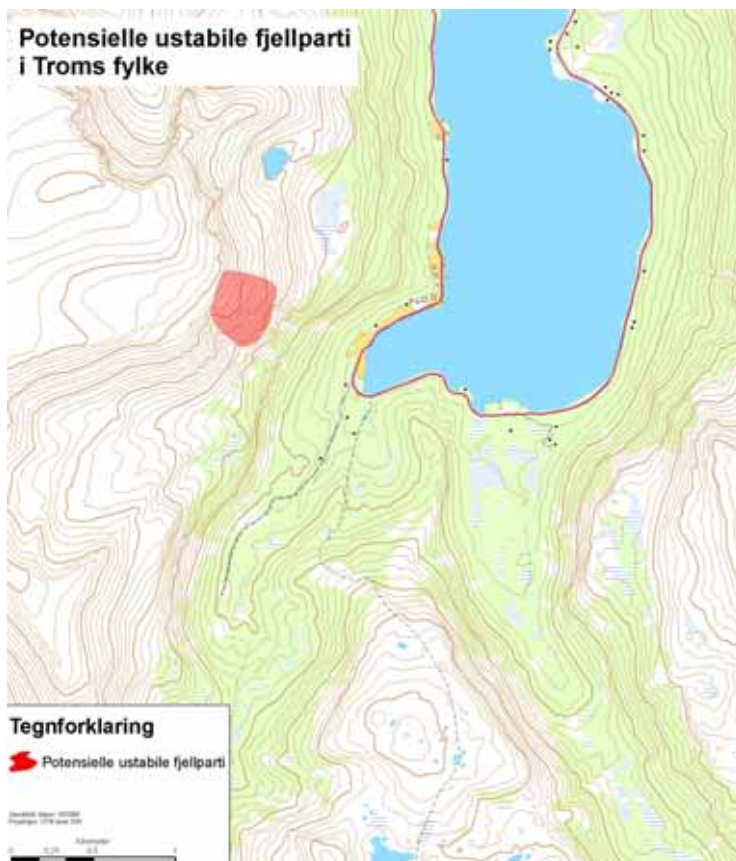
Figur 41. Det nordlige partiet vist i Figur 40.



Figur 42.
Det sørlige
fjellpartiet
vist i Figur
40.

5.6.2 Reinfjellet

På grunn av tidsbegrensning og ekstremt dårlige værforhold ble det ikke gjort rekognoserende geologi her i 2005. Det er to større partier som viser spor etter bevegelse (Figur 39, Figur 43 og Figur 44). I et av disse områdene er det en nord-sør gående sprekk, som er c. 1m meter bred og flere meter i dybden. Denne skjærer på tvers av den øst-vest, steilstående foliasjonen.



Figur 43. Ustabilt fjellparti som er identifisert vest for Austerfjorden i Kvæfjord. Se lokalisering i Figur 39.



Figur 44. Sprekker i overflaten av det ustabile fjellpartiet vest for Austerfjorden (Figur 39 og Figur 43)

6. KONKLUSJONER

1. Innlegging av alle data er nå fullført i en egen database som er tilrettelagt på Skrednett.no.
2. Det er dokumentert stor bevegelse i det nordlige området på Nordnes. De to GPS punktene viser bevegelse på henholdsvis 7 og 2,3 cm på to år. Det ene punktet flytter seg altså betydelig. Volumet av dette området kan komme opp i 16 millioner m³. Dette er omtrent en fjerdedel av størrelsen av det ustabile fjellpartiet ved Åkneset i Møre og Romsdal. Strukturene som er registrert på Nordnes er identiske til de en har ved Åkneset, bortsett fra at foliasjonen ikke stuper like bratt ned mot fjorden. Det har ledet til at de lavvinklede strukturene sannsynligvis har en 'trappetrinn' geometri som indikerer en redusert sannsynlighet for store, sammenhengende utglidninger. Det kan imidlertid ikke utelukkes at det kan utvikles større gjennomgående strukturer som kan fungere som glidesoner for store skred. Det anbefales derfor en utvidet detaljkartlegging, geofysiske undersøkelser og oppfølging av eksisterende GPS nett samtidig med etablering av flere punkter.
3. For de andre områdene på Nordnes og i Kåfjord er bevegelsene små, og de ligger i grenseland for påliteligheten for metoden, og det er derfor nødvendig med oppfølging av dette. I Kåfjord viser de foreløpige geologiske tolkningene at deformasjonene og bevegelsene sannsynligvis går gjennom en serie mindre bruddstrukturer. Det er ikke sett noen store gjennomgående svakhetsstrukturer. Lagdelinga i fjellet skrånene også inn i fjellet her, noe som er mer betryggende i forhold til sannsynligheten for store utfall.
4. Den regionale kartleggingen og oppfølging av enkeltobjekter i form av geologiske undersøkelser og måling/etablering av overvåkingspunkt (GPS) må fortsette i 2006. Dette gjelder både områdene ved Nordnes og Kåfjord, men også områdene i Sørfjorden /Tromsø kommune) og i Kvæfjord. Dette er et omfattende arbeid og må inkluderes i en nasjonal satsing på kartlegging av fare for store fjellskred.

5. Vi vil foreslå å etablere et samarbeid med NORUT for å prosessere eksisterende satellittdata for å verifisere bevegelser fra begynnelsen av 90 tallet. Det er allerede etablert et samarbeid mellom NGU/ICG og NORUT på dette området. Dette vil være viktig for den regionale kartleggingen og dokumentasjon av bevegelse. En må imidlertid være klar over at denne teknologien fremdeles er på forskningsstadiet. Imidlertid ser vi så store potensial i dette at vi anbefaler at prosjektet går inn i et samarbeid om dette.

6. Selv om det er påvist store bevegelser i det nordlige området på Nordnes er vi fremdeles usikre på hvor store volumer en utglidning vil kunne få. Det foreslås imidlertid å intensivere undersøkelsene i dette området, noe som også kunne inkludere en første etablering av kontinuerlig overvåking. Trolig kan det benyttes lasere og reflektorer i øvre deler med strømtilførsel fra stasjonen på Nordnesfjellet. Her bør det også gjøres en første analyse av mulige flodbølger.

7. LITTERATUR

Blikra, L.H. 2002: Store fjellskred i Troms. *Ottar* 241, 25-33.

Blikra, L.H. & Longva, O. 2000: Gravitational-slope failures in Troms: Indications of palaeoseismic activity? 31-40 In: Dehls, J & Olesen, O. (Red): Neotectonics in Norway, Annual Technical Report. *NGU Report 2000.01*.

Dehls, J.F., Olesen, O., Olsen, L. & Blikra, L.H. 2000: Neotectonic faulting in northern Norway; the Stuaragurra and Nordmannvikdalen faults. *Quaternary science reviews* 19, 1447-1460.

Eiken, T. 2006: Utrekningar av nye punkt for deformasjonsmålinger i Troms 2005. Internt notat.

Eiken, T. 2006: Rapport om deformasjonsmålinger i Troms 2003-2005 (Nordnesfjellet, Indre Nordnes, Kåfjord) . Internt notat.

Larssen, E. 1976: Lyngen bygdebok. Lyngen prestegjelds historie. A.S. Peder Nordbye, Tromsø. 438 s.

Sveian, H. mfl.(2005): Kvartærgeologisk fylkeskart Troms, M 1: 250 000. *Norges geologiske undersøkelse*.

Tønnesen, J.F. & Dalsegg, E. 2006: Geofysiske målinger Nordnesfjellet, Kåfjord kommune, Troms. *Norges geologiske undersøkelse Rapport 2004.012*.

Willenberg, H. (2004). Geologic and kinematic model of a complex landslide in crystalline rock (Randa, Switzerland). D.Sc. Thesis, Engineering Geology, ETH Zurich, Switzerland.