

NGU Rapport 99.051

Testprosjekt Finneidfjord; integret  
skredfarekartlegging - metodevurdering.

Rapport nr.: 99.051		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen	
Tittel: <b>TESTPROSJEKT FINNEIDFJORD; INTEGRERT SKREDFAREKARTLEGGING - METODEVURDERING.</b>				
Forfatter: Oddvar Longva, Lars Harald Blikra, Eirik Mauring, Terje Thorsnes og Else Reither		Oppdragsgiver: Statens kartverk/ NGU		
Fylke: Nordland og Troms		Kommune: Hemnes og Balsfjord		
Kartblad (M=1:250.000) Mo i Rana og Tromsø		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1927.2 Korgen, 1927.3 Elsfjord, 1533.1 Balsfjord og 1533.2 Tamokdalen		
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 62	Pris: 225,-	
Feltarbeid utført: 19.08.98 - 02.10.98		Rapportdato: 22.06.99	Prosjektnr.: 281200	Ansvarlig: <i>Kjønneberg</i>
Sammendrag: <p>I denne rapporten gis oppsummering av <b>Testprosjekt Finneidfjord</b>, som er et av testprosjektene foreslått i Statens kartverks prosjekt <u>Videreføring av kartlegging av fare for løsmasseskred i Norge</u>. Testprosjektet er utvidet geografisk i forhold til forslaget i forprosjektet til også å gjelde Balsfjord hvor det i 1988 gikk et fatalt leirskred med tap av menneskeliv. Testprosjektet er et samarbeidsprosjekt mellom Statens kartverk og NGU. Innenfor prosjektet er det fokusert på anvendelsen og nytten av ulike geologiske og geofysiske metoder for å påvise skredfarlige sedimenter i sjøen og strandnært på land. I tillegg er det lagt ned en betydelig innsats på å sammenstille både eksisterende og nyinnsamlede data i forskjellige GIS-verktøy for å lette tolkingen av data og å se sammenhenger mellom de forskjellige datasett.</p> <p>Testprosjektet viser at kvartærgeologiske kart er nødvendig grunnlag for en skredfarevurdering. I en kartlegging som skal brukes til skredfarevurdering må det legges vekt på tredimensjonale data. Undersøkelser i sjøen er nødvendig for en skredfarevurdering i strandsonen. Høyoppløselig refleksjonsseismikk og detaljerte bilder av sjøbunnen (sonar og/eller multistråle-ekkolodd-batymetri) gir data som er meget viktige og som må inngå som standard metoder under oppfølging av potensielt skredfarlige områder – ”gule” soner - i en Fase 2. Undersøkelsesprogrammet under Fase 2 kan varieres noe fra region til region etter antatt skredfare og etter hvorvidt man planlegger større utbygginger. Ny innsamling av geotekniske data legges til fase 2 og 3.</p>				
Emneord: Refleksjonsseismikk		Refraksjonsseismikk		Georadar
Sidesøkende sonar		Batymetri		Prøvetaking
Kvartærgeologi		Geoteknikk		Fagrapport

## INNHold

1.	INNLEDNING .....	4
2.	METODER; TESTER OG VURDERINGER .....	5
2.1	Refleksjonsseismikk i sjøen .....	6
2.2	Sidesøkende sonar .....	8
2.3	Enkeltstråle-ekkolodd .....	10
2.4	Multistråle-ekkolodd .....	12
2.5	Prøvetaking av bunnsedimenter .....	14
2.6	Georadar .....	16
2.7	Refraksjonsseismikk på land .....	18
2.8	Kvartærgeologisk kartlegging .....	20
2.9	Gravinger i skredmasser på land .....	22
3.	HVA ER GJORT HVOR .....	24
4.	GEOGRAFISKE INFORMASJONSSYSTEMER - GIS .....	26
4.1	Sammenstillinger i GIS .....	26
5.	RESULTATER .....	28
5.1	Finneidfjord .....	28
5.2	Balsfjord .....	38
6.	VURDERING AV TESTEDE METODER .....	56
6.1	Refleksjonsseismikk i sjøen .....	56
6.2	Sidesøkende sonar .....	56
6.3	Enkeltstråle-ekkolodd .....	57
6.4	Multistråle-ekkolodd .....	57
6.5	Prøvetaking av bunnsedimenter .....	58
6.6	Georadar .....	58
6.7	Refraksjonsseismikk på land .....	58
6.8	Kvartærgeologisk kartlegging .....	59
6.9	Gravinger i skredmasser på land .....	59
7.	ØKONOMI .....	60
8.	OPPFØLGING OG KONKLUSJONER .....	61
9.	REFERANSER .....	63

## 1. INNLEDNING

Etter kvikkleireskredet i Rissa i 1978 ble det satt i gang kartlegging av faren for kvikkleireskred på Østlandet og i Trøndelag. Arbeidet ble primært utført av Norges Geotekniske Institutt og Norges geologiske undersøkelse. Dette arbeidet nærmer seg sin avslutning. Det tragiske skredet i Finneidfjord i 1996, hvor fire mennesker omkom, aktualiserte en videreføring av denne kartleggingen.

Statens kartverk, som nå administrerer skredkartleggingen i Norge, ga NTNU ansvar for å lage en utredning for et slikt prosjekt og leverte i desember 1997 følgende rapport: Emdal, A., Nordal, S. og Janbu, N. 1997: **Videreføring av kartlegging av fare for løsmasseskred i Norge**. Høringsutkast. Rapport nr: O.97.03-1, NTNU, Institutt for geoteknikk.

Rapporten skisserer følgende tidsplan for kartleggingen:

- 1997: Forprosjektfase, rapportert i Emdal, Nordal og Janbu (1997)
- 1998: Testprosjektfase, for utprøving og endelig fastlegging av metodikk
- 1999 - : Hovedprosjektfase, utføres i henhold til konklusjoner fra forprosjekt og mellomfase.

Tidsplanen er allerede forskjøvet slik at testprosjektfasen også vil gå inn i 1999.

I denne rapporten oppsummeres **Testprosjekt Finneidfjord**, som er et av testprosjektene foreslått i forprosjektet. Prosjektet er utvidet geografisk, i forhold til forslaget i forprosjektet, til også å gjelde Balsfjord hvor det i 1988 gikk et fatalt leirskred med tap av menneskeliv. Testprosjektet er et samarbeidsprosjekt mellom Statens kartverk og NGU. Innenfor prosjektet er det fokusert på anvendelsen og nytten av ulike geologiske og geofysiske metoder for å påvise skredfarlige sedimenter i sjøen og strandnært på land. I tillegg er det lagt ned en betydelig innsats på å sammenstille både eksisterende og nyinnsamlede data i forskjellige GIS-verktøy for å lette tolkingen av data og å se sammenhenger mellom de forskjellige datasett.

Målet er å komme fram til de mest kostnadseffektive metoder for en sikker påvisning av skredfarlige områder i strandsonen.

Under gjennomføringen av testprosjektet har vi fått meget positiv respons, god hjelp og tilgang til viktige data fra vegvesenet i Nordland og Troms, fra Universitetet i Tromsø og fra ulike avdelinger og personer innen Statens Kartverk og NGU.

## 2. METODER; TESTER OG VURDERINGER

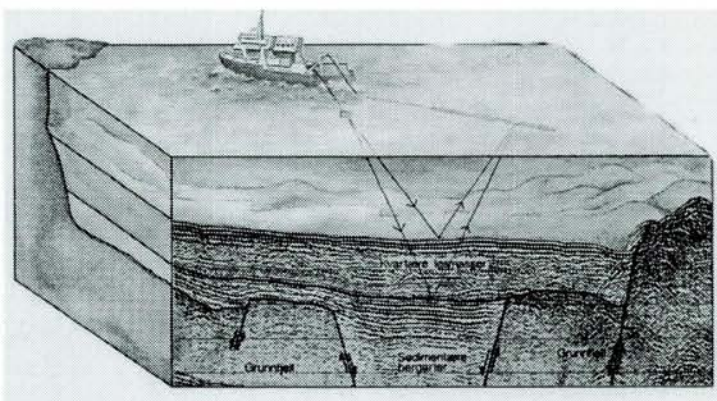
Følgende geofysiske og geologiske metoder er testet:

Metode	Utført av	Avsnitt
Refleksjonsseismikk i sjøen	NGU	2.1
Sidesøkende sonar	NTNU/NGU	2.2
Enkeltstråle-ekkolodd	SKSK	2.3
Multistråle-ekkolodd	SKSK	2.4
Prøvetaking av bunnsedimenter	NGU/UiTø	2.5
Georadar	NGU	2.6
Refraksjonsseismikk på land	NGU	2.7
Kvartærgeologisk kartlegging	NGU	2.8
Gravinger i skredmasser på land	NGU	2.9

## 2.1 Refleksjonsseismikk i sjøen

Ved den seismiske målemetoden sendes en seismisk bølge (lydpuls) ut fra ett punkt og mottas i et annet punkt. I praksis skjer dette ved at det sendes lydsignaler ut fra en signalkilde. Lyden forplanter seg gjennom vannet og ned i sedimentet. Når lyden treffer grenseflater, som overgangen fra vann til sediment eller mellom forskjellige sjikt i sedimentet med ulik tetthet eller seismisk hastighet, sendes det reflekser tilbake mot vannflaten. Ekkoene fanges opp av hydrofoner som enten taues i en kabel bak båten eller er montert på skroget og signalene skrives ut på en skriver, samt lagres elektronisk. Resultatet blir et tverrsnitt gjennom sedimentene. Rekkevidden av lydbølgene ned i sediment eller fjell og oppløsningen av de detaljer man kan se på seismikken avhenger av signalkilden og de lydfrekvenser som sendes ut.

I dette prosjektet er TOPAS Ps 40 og Geopulse Boomer brukt som signalkilder. TOPAS har en vertikal oppløsning av detaljer i sedimentene fra 0.1 m til 0.5 m, mens Geopulse Boomer har en oppløsning på 0.5 m til 1 m. Penetrasjonen av lydbølgene fra disse kildene er begrenset i sedimenter og stopper mot fjell.

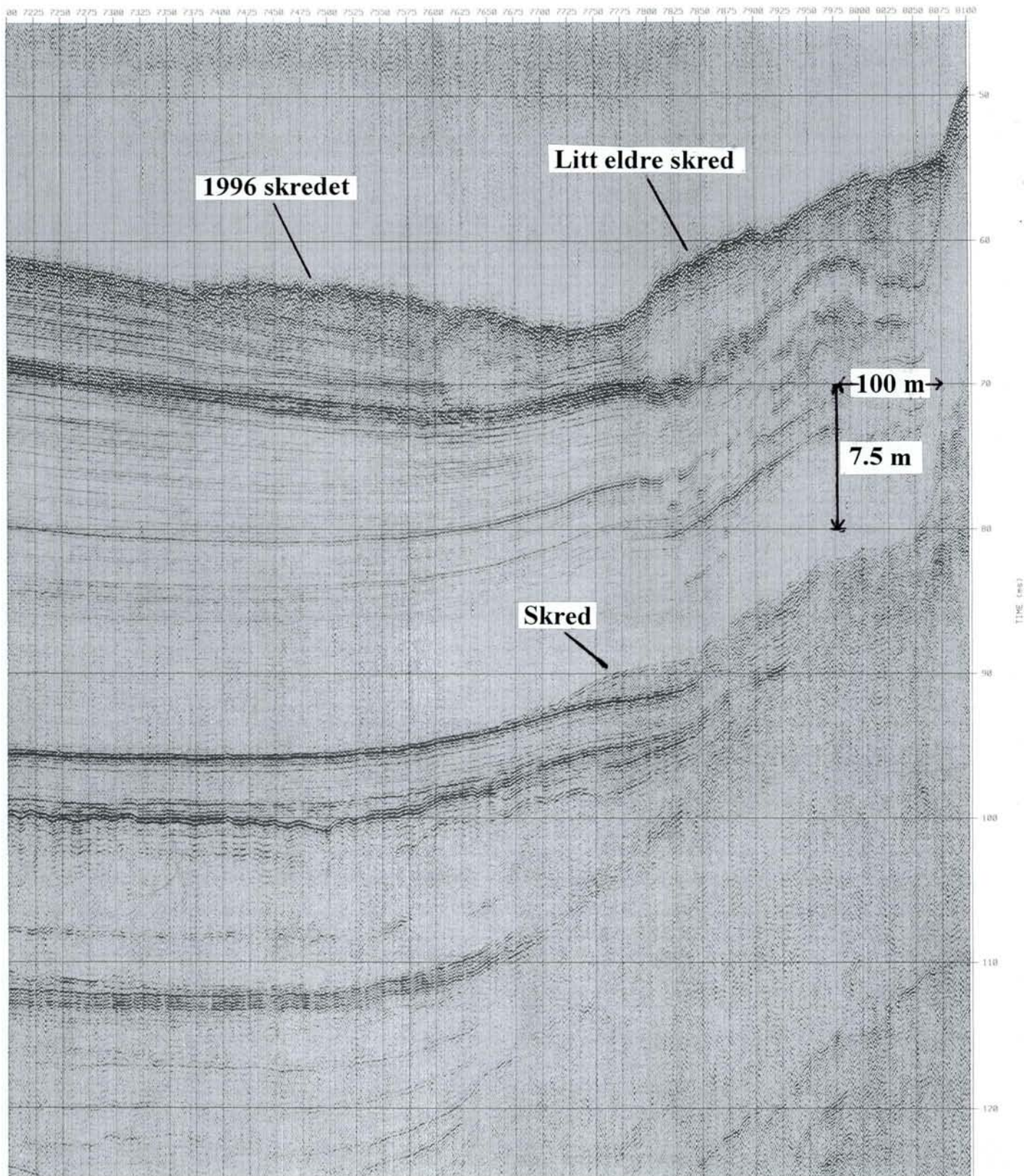


### Formål:

- påvise unge skred som avsetninger på overflaten av sjøbunnen eller eldre skred som er begravd av yngre sedimenter.
- etablere en skredfrekvens for området.
- finne skredkanter og utglidninger i finkornige sedimenter i sjøen.
- påvise ustabile, finkornige sedimenter som strekker seg fra sjøen og inn på land.
- se på berggrunnsflaten og eventuelle terskler under finkornige sedimenter i strandsonen som kan fungere som demninger mot utglidning.

### Eksempel:

*Prosessert TOPAS-registrering fra Finneidfjord. Utsnittet viser den seismiske lagdelingen i de øverste ca 50 m av sedimentene like utenfor skredgropa fra skredet i 1996. Det ligger flere skredpakker nedover i sedimentet. I nedre del av sekvensen ser vi flere tykke pakker som vi antar er dannet i slutten av istiden. Skredpakken som er merket med skred, ble dannet av et skred som gikk like etter istiden (anslagsvis for 8500 år siden). Skredpakkene i overflaten er skredet fra 1996 og et som har gått noe tidligere, i de siste par hundre år. Fra seismikken ser en at 1996-skredet fremdeles har svært ujevn overflate, mens det eldre skredet er slettet til og har fått en tynn hinne av sedimenter over. Det typiske i Finneidfjord-området er at det ligger flere skredpakker over hverandre. Det vil si, skred har gått fra samme sted gjentatte ganger.*

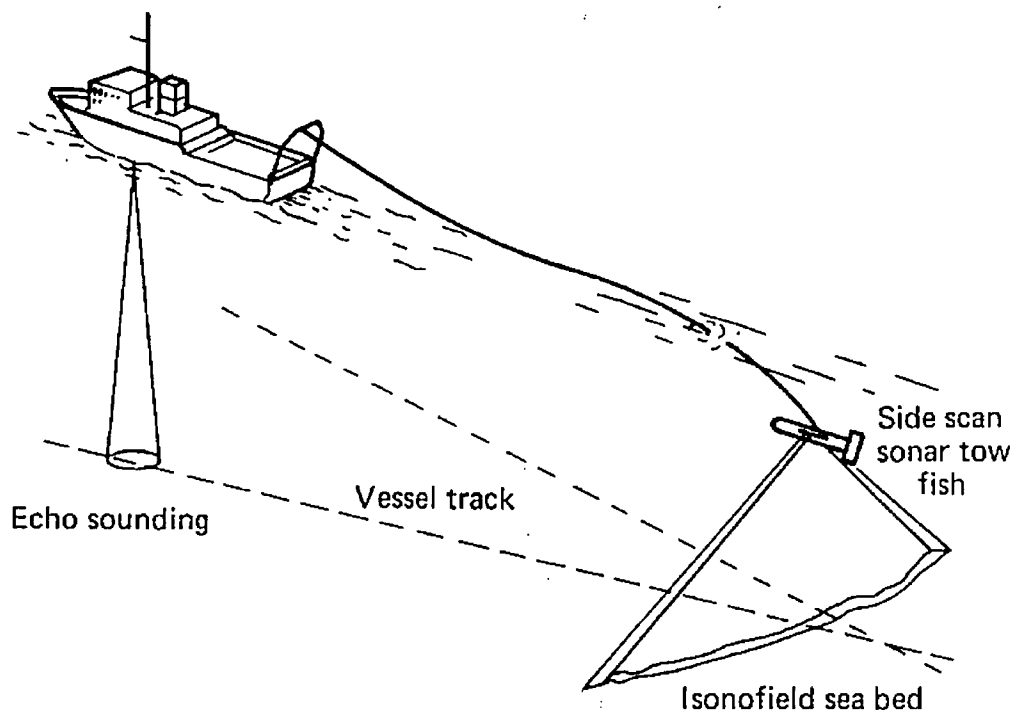


**Eksempel på refleksjonsseimisk registrering**

## 2.2 Sidesøkende sonar

En sidesøkende sonar taes som en fisk etter et fartøy og sender ut en smal lydstråle i en sektor mot havbunnen og ut til hver side. Signalene reflekteres som ekko fra sjøbunnen, fanges opp i fisken og sendes til en skriver som tegner et bilde av havbunnen.

I denne undersøkelsen er det benyttet en SeaScan PC. med sonarfisk som sender på høye frekvenser (600 kHz), og har stor detaljoppløsning, men relativt liten rekkevidde.



### Formål:

- se skredkanter, skredgroper og skredmasser på sjøbunnen.
- se sigeformer på sjøbunnen som indikerer ustabil grunn.
- se etter veksling i sedimenttype og fjellblotninger på bunnen.
- se etter gass som siver ut av bunnen.

### Eksempel:

*Sidesøkende sonarregistreringer fra Finneidfjord. Hver av stripene viser en sektor på ca 75m av havbunnen. A: Sonaren ser inn mot marbakken utenfor fyllingen i strandsonen som ligger inn til skredgropen fra 1996. Til høyre på registreringen A sees skredkanten fra 1996-skredet. Registreringen viser at det har gått flere initialskred i marbakken i nærheten av hovedskredet. B: Bildet viser den sørlige skredkanten av 1996-skredet og at større blokker langs skredkanten har satt seg, men ennå ikke glidd ut. Sigestructurer i marbakken ved siden av skredet er et signal på ustabilitet. C: Stripen tilsvarende stripe B, men er sett i en litt annen vinkel.*

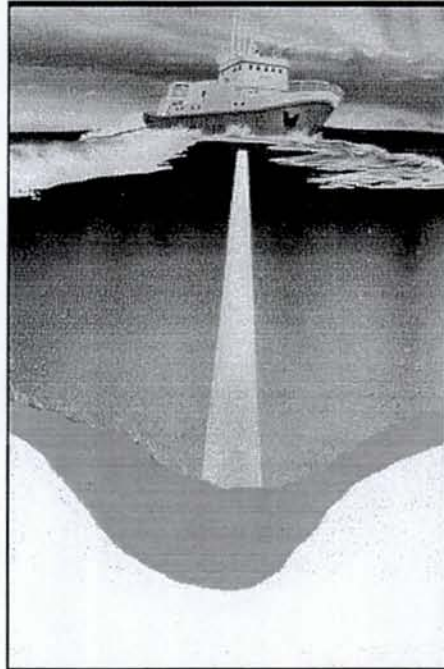




Eksempler på sidesøkende sonar registreringer

## 2.2 Enkeltstråle-ekkolodd

Enkeltstråle-ekkolodd er den tradisjonelle type ekkolodd. Prinsippet er at en enkelt lydstråle går fra en sender/mottaker plassert i bunnen av et fartøy, lyden treffer bunnen og blir reflektert. Ekkoet fanges opp av mottakeren og vanddypet registreres på en skriver. I dag nyttes digitale teknikker også i slike ekkolodd. Ved å kjøre tett med linjer får man målinger som kan brukes til å konstruere kart. Tettheten av linjene avgjør detaljeringsgraden på kartene.



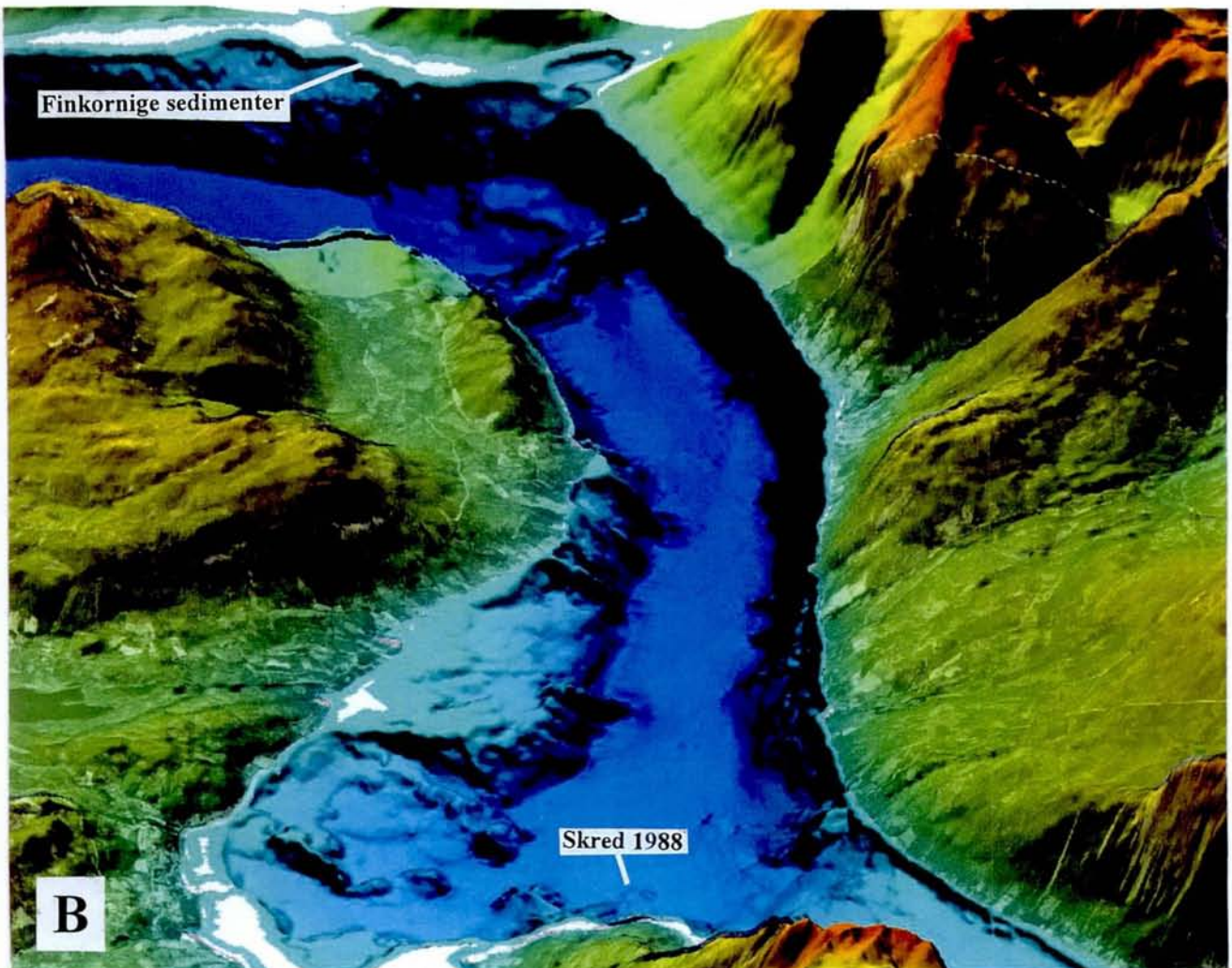
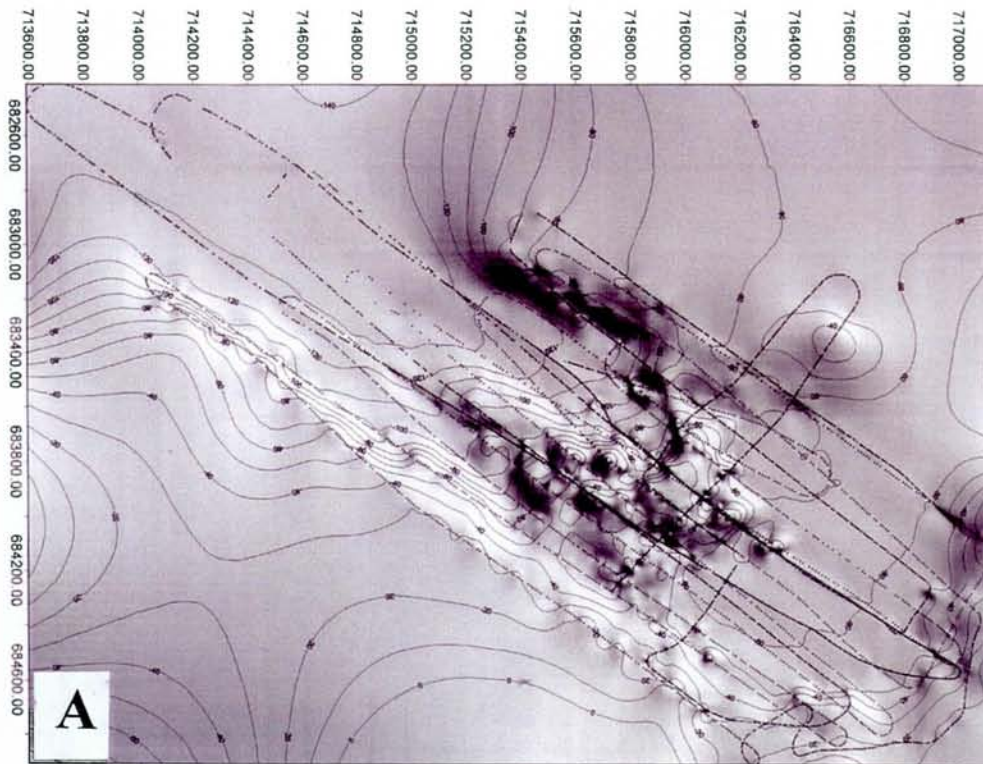
### Formål:

- framstille topografien av sjøbunnen.
- studere skråninger.
- avhengig av registreringstetthet - se om skredgroper og avsetninger kan identifiseres.

### Eksempel:

*A: Kart over et større fjellskred i Urdvika i Ullsfjord. Profillinjene på kartet viser fartøylinjer under registreringene av seismikk og dybdemålinger og gir datagrunnlaget for konstruksjonen av kartet. Selv om linjene er få gir kartet en god oversikt over skredets utbredelse og form. Kartet er laget ved hjelp av programpakken Surfer (Golden Software Inc).*

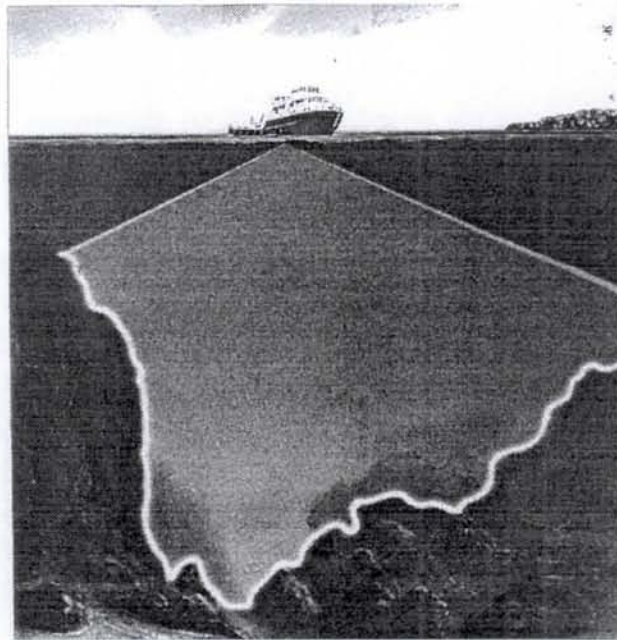
*B: Det blå partiet på bildet viser batymetrien i Balsfjord basert på digitale enkeltstråle-ekkolodd-data som Sjøkartverket har samlet inn til bruk for framstilling av sjøkart. Linjetettheten under registreringene er 200 m i de dypeste partiene, 100 m og 50 m i de mellomste dypene og 25 m i strandsonen. Kartet gir en veldig god informasjon om hovedtrekkene i fjorden, og det er råd å plukke ut områder hvor det sannsynligvis ligger finkornige sedimenter i strandsonen. Man kan også se en del detaljer, mellom annet leirskredet som gikk i 1988. Kartet er framstilt tredimensjonalt i programpakken ER-Mapper.*



Eksempler på kart laget på basis av enkeltstråleekkolodd-registreringer

### 2.3 Multistråle-ekkolodd

I et multistråle-ekkolodd sender ekkoloddet ut et stort antall lydstråler samtidig. Disse er plassert innbyrdes slik at de kartlegger havbunnen i en sektor til hver side for fartøyet. Bredden på denne sektoren avhenger av type ekkolodd og vanddyp. De mest moderne multistråle-ekkoloddene har også en sonarfunksjon som kan gi et sonarbilde av bunnen. I prinsippet gir multistråle-ekkoloddet en flatedekkende beskrivelse av havbunnen og ved moderne datateknologi kan man lage framstillinger som best kan sammenlignes med flyfoto av landjorda.

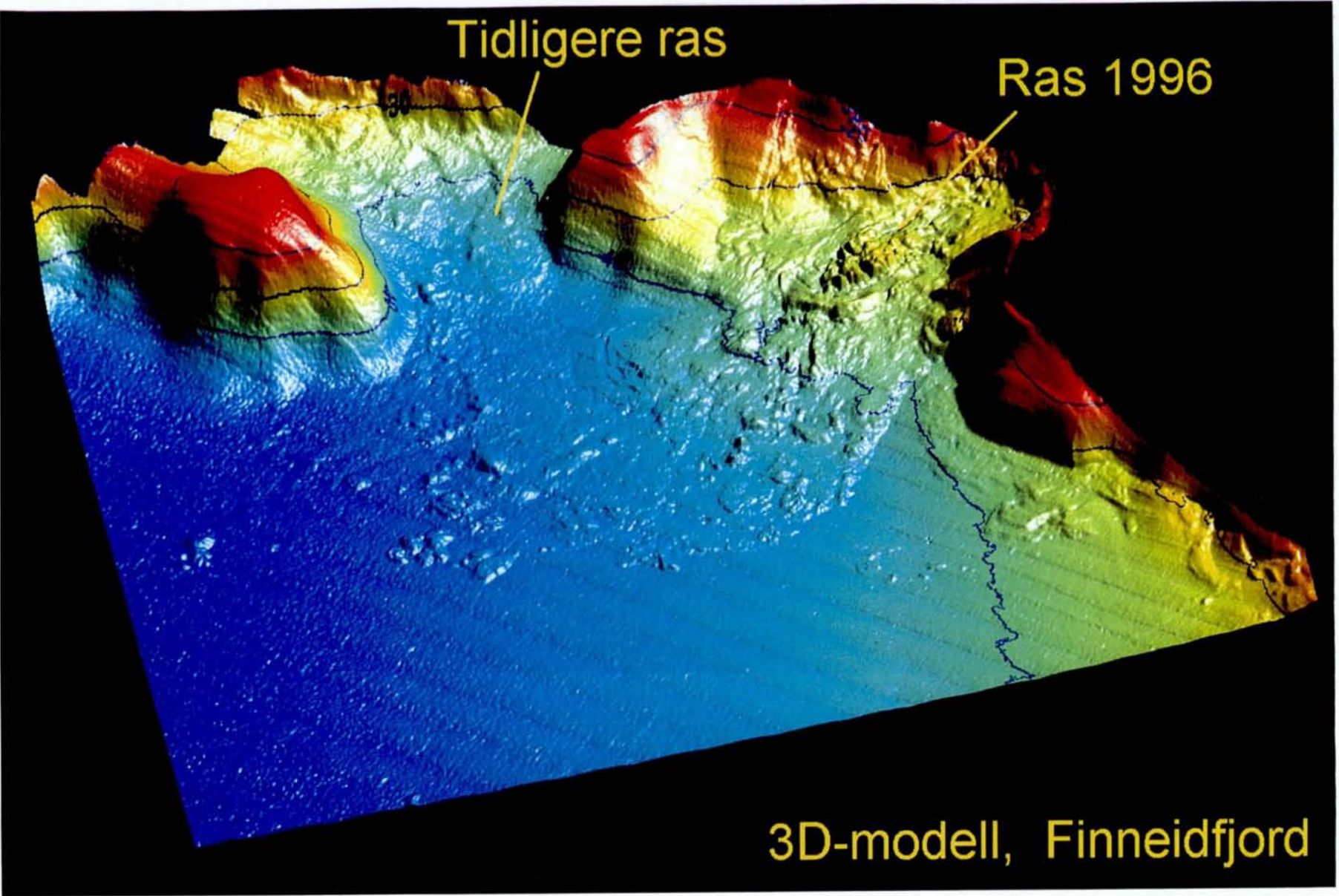


#### Formål:

- få fram detaljerte bilder av havbunnen.
- påvise skredgroper og skredavsetninger.
- se på erosjonsformer på sjøbunnen.
- se om gass siver opp av sedimentene.

#### Eksempel:

*Bildet viser et skyggerelieff-bilde av avsetningene på bunnen av Sør fjorden etter skredet som gikk i Finneidfjord i 1996. Skyggerelieffet framkommer ved at det lages en digital terrengmodell som «belyses» ved hjelp av en kunstig sol. Solens plassering i forhold til himmelretning og horisont kan varieres for å framheve ulike strukturer. Bildet er laget i programpakken ER-Mapper på basis av multistråle-ekkolodd-registreringer som Sjøkartverket samlet inn på oppdrag fra NGU i september 1997.*



3D bilde av 1996-raset i Finneidfjord basert på multistråleekkolodd-registreringer

## 2.4 Prøvetaking av bunnsedimenter

Elver og bekker, skred og bølgevasking i strandsonen fører sedimentpartikler ut i fjorden hvor de bunnfelles. De groveste partiklene, som sand og grus, avsettes i elveosen eller ligger igjen i strandsonen. De fineste partiklene, som silt og leire, føres ut på dypere vann og bunnfelles der. Skred som går ut i fjorden vil føre en blanding av sedimenttyper med seg og avsette et «rotete» sedimentlag.

Føres det mye sedimenter ut i fjorden, «vokser» tykkelsen av bunnsedimentene fort, og tilsvarende sakte om lite materiale tilføres. Når sedimentene bunnfelles, begraver de dyre- og planterester (fossiler) og de binder til seg kjemiske stoffer som finnes i havvannet. De organiske restene og noen av de kjemiske forbindelsene inneholder radioaktive isotoper som kan brukes til å datere tidspunktet for når sedimentet ble avsatt.

Prøver av bunnsedimenter tas opp enten med grabb eller forskjellige typer fallprøvetakere.

Prinsippet er at et rør, på grunn av prøvetakerens vekt, presses ned i sedimentet og skjærer inn en sylinder av sedimentet. I Sør fjorden er det benyttet en Niemisto prøvetaker som tar opp 30 - 70 cm lange kjerner og i Balsfjorden en stempelprøvetaker som kan ta opp inntil 12 m lange kjerner.

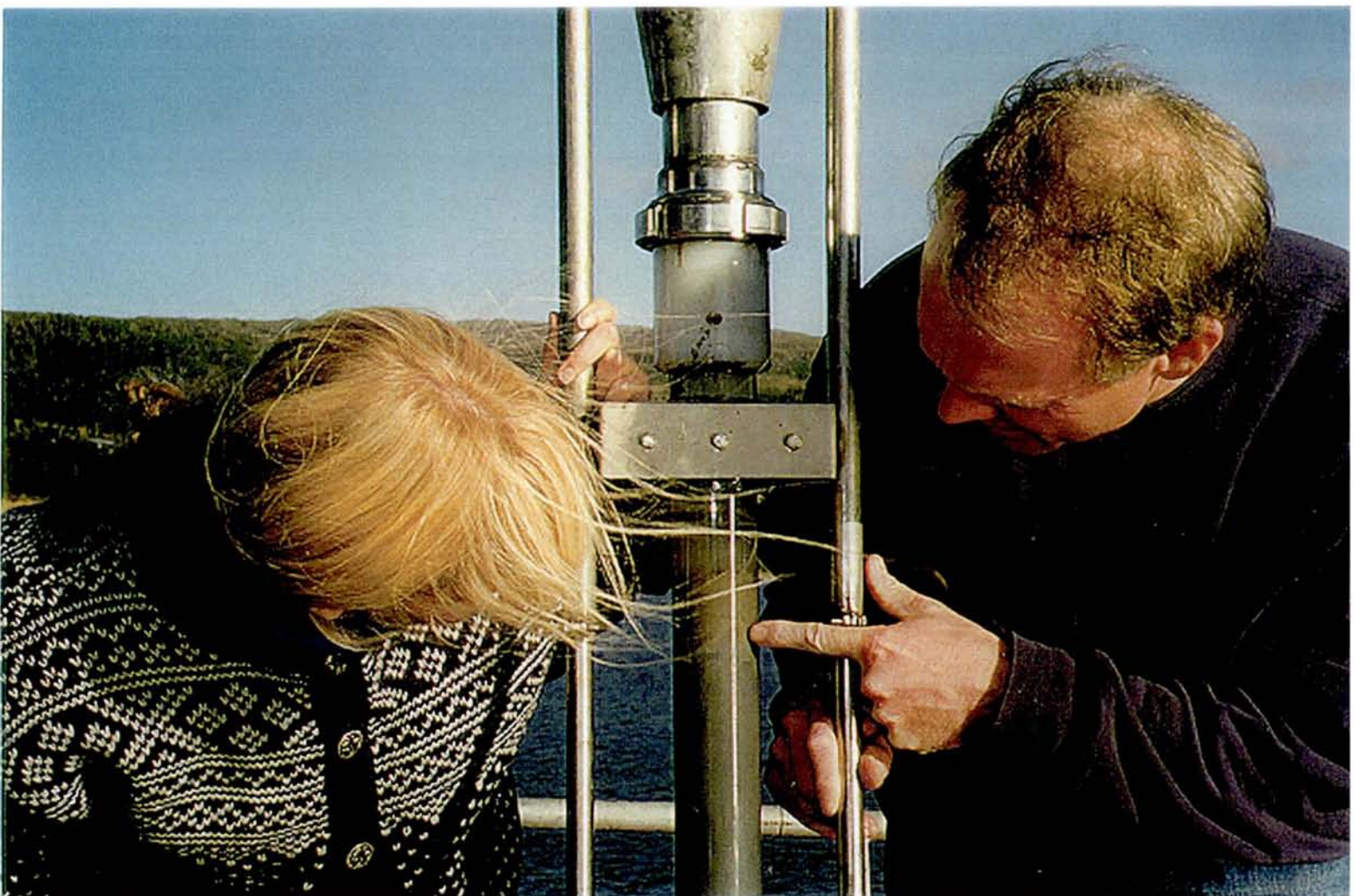


### Formål:

- finne skredlag i kjernene.
- få opp materiale som kan datere skred.
- utarbeide en oversikt over hvor fort sedimentene i området «vokser» (sedimentasjonsrate).
- muliggjøre sammenligning av seismisk lagfølge og sedimentasjonsrate og få relative aldre for de ulike skredene.

### Eksempel:

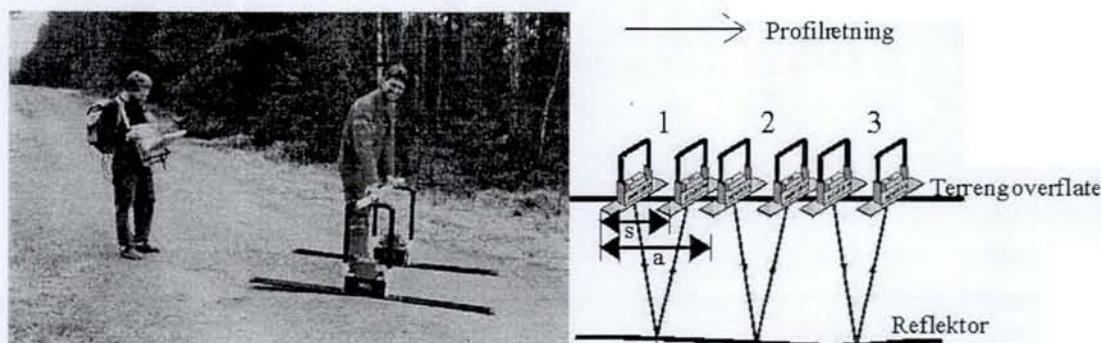
*Kjernen på bildet er en 63 mm Niemisto kjerne fra overflaten av et skred i området mellom Kleivneset og Kvalneset, vest for Finneidfjord sentrum. Den viser to brune horisonter med et tynt grått lag mellom. Sannsynligvis er det grå laget skredmasser som har begravd et brunt overflatelag og igjen er dekket av ny sjøbunn.*



Eksempel på kjerne av bunnsedimenter

## 2.5 Georadar

Georadar er et instrument som sender elektromagnetiske bølger ned i grunnen. Disse bølgene reflekteres av sjikt i løsmassene eller av fjelloverflaten. Georadar er den geofysiske metode som kan gi størst detaljinformasjon om beskaffenhet i løsmasser, men den har veldig begrenset rekkevidde - fra meter til timeter alt etter sedimentenes beskaffenhet. Georadar-registreringer måles i profiler der man stegvis flytter antennen ca 1 m om gangen eller man kan dra utrustningen på en slede eller vogn. Registreringene bearbejdes i en datamaskin og profiler over sedimentdyp og lagdeling kan tegnes ut.



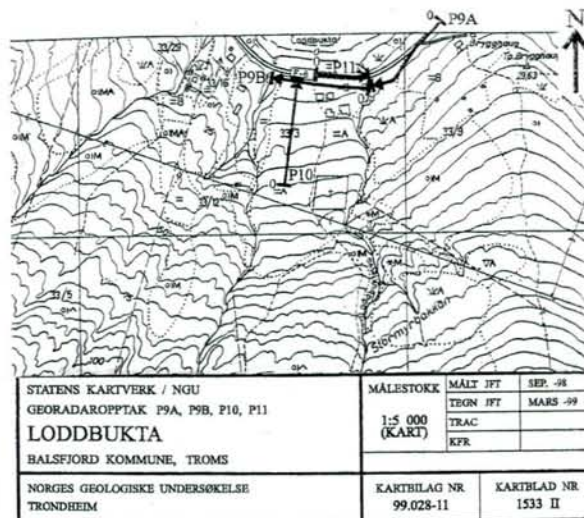
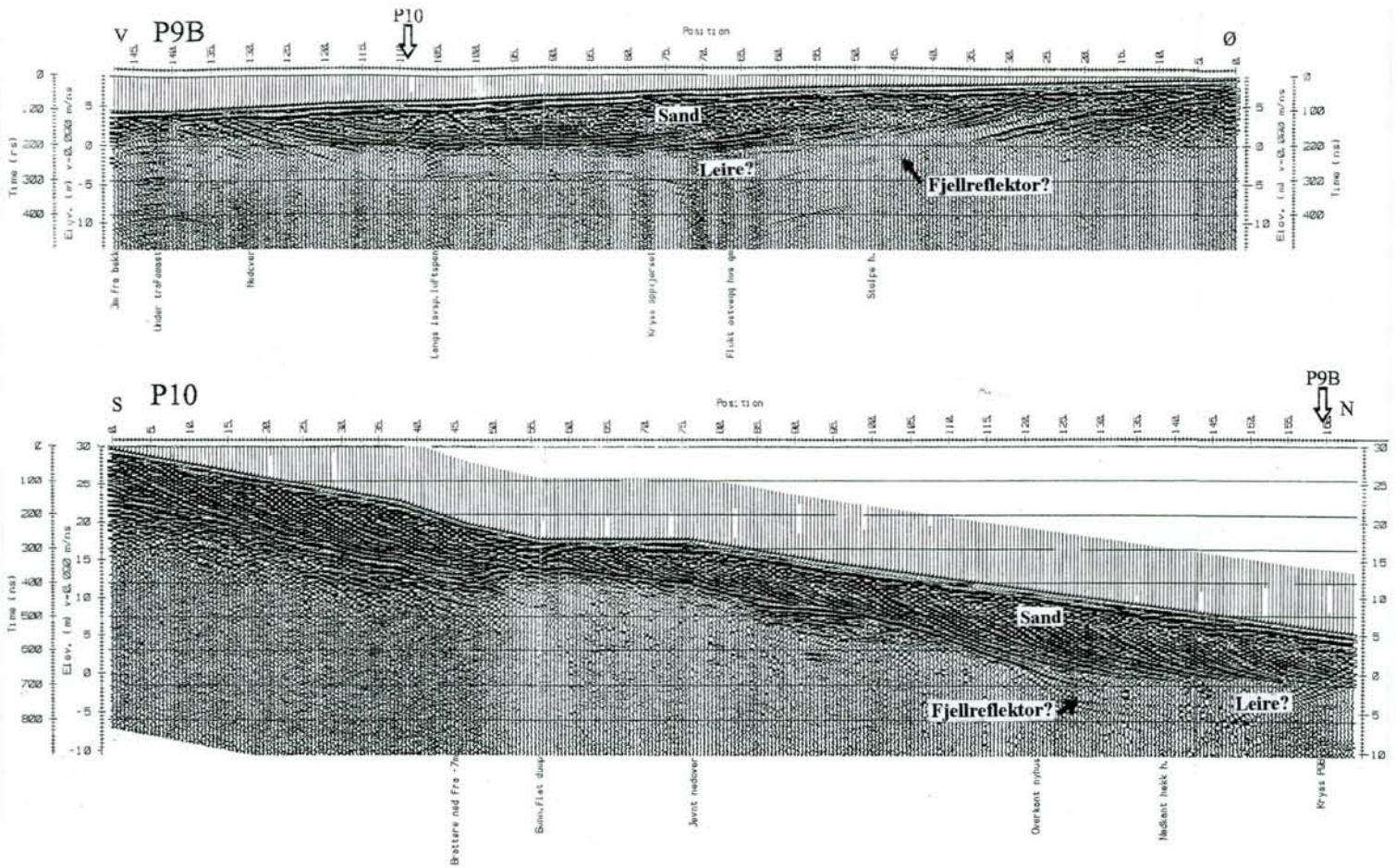
### Formål:

- kartlegge utbredelse av finkornige sedimenter i strandsonen og innover land.
- påvise finkornige sedimenter under andre avsetninger.
- i de tilfeller hvor penetrasjonen er god nok - kartlegge berggrunnsflaten under finkornige sedimenter.

### Eksempel:

*Utskriften viser et georadarprofil langs veien i Loddbukta i Balsford. Profilet viser at det sannsynligvis ligger en 2 - 5 m mektig leirpakke under maksimum 10 m sandige sedimenter sentralt i bukta. Fjelloverflaten ligger på sitt dypeste ca 15 m under markoverflaten.*

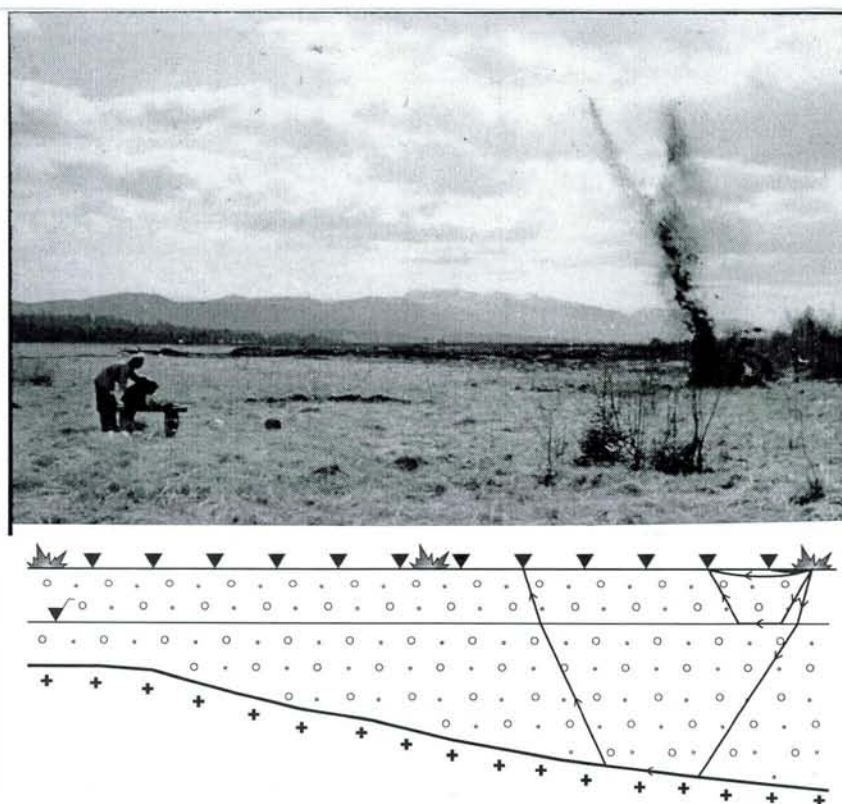




Eksempel på georadar-registrering

## 2.7 Refraksjonsseismikk på land

Metoden baserer seg på å måle hastigheten på lydbølger som brer seg i jord og fjell. Lydbølgene utløses ved å detonere små sprengladninger langs en kabel med mikrofoner eller såkalte geofoner. Ved å sammenligne tiden lyden bruker fra forskjellige detoneringspunkter til geofonene, lages en modell over lag i jord og fjell med samme hastighet. Vanlige lydhastigheter i tørr sand er 400 - 800 m/s, i vannmetta sand og i leire ca 1500 m/s, i morene ca 2000 m/s og i fjell mer enn 3500 m/s. Registreringene gir også mulighet til å beregne nøyaktig avstand fra overflaten til de forskjellige lag - eksempelvis bergoverflaten under et dekke av sedimenter.







### Formål:

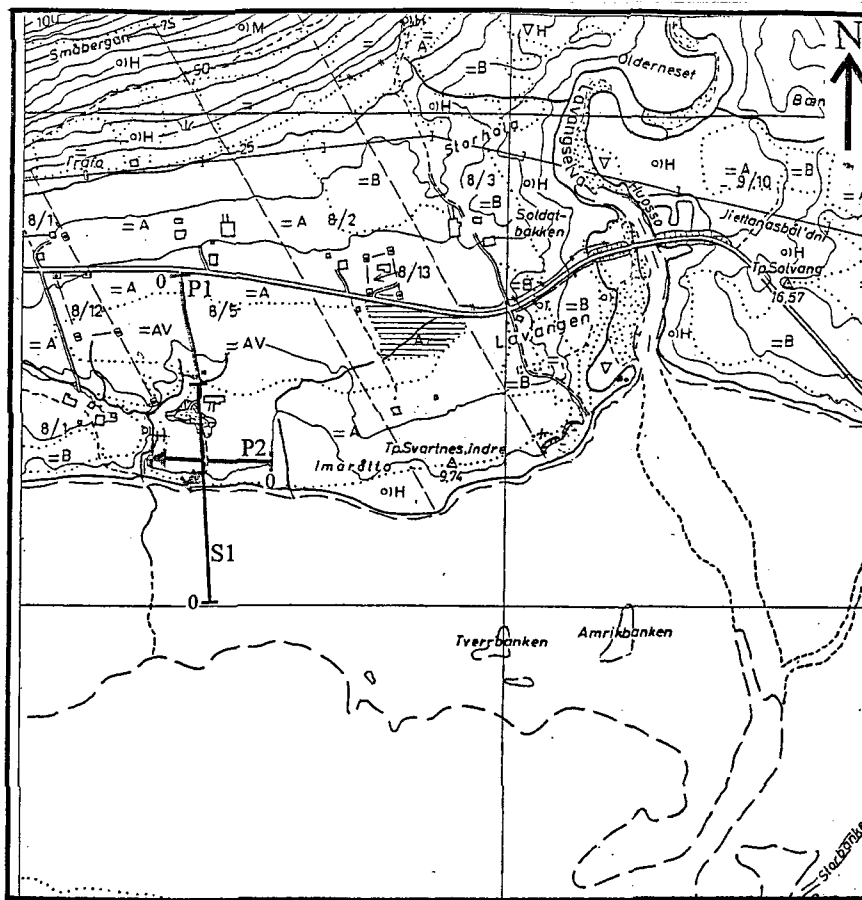
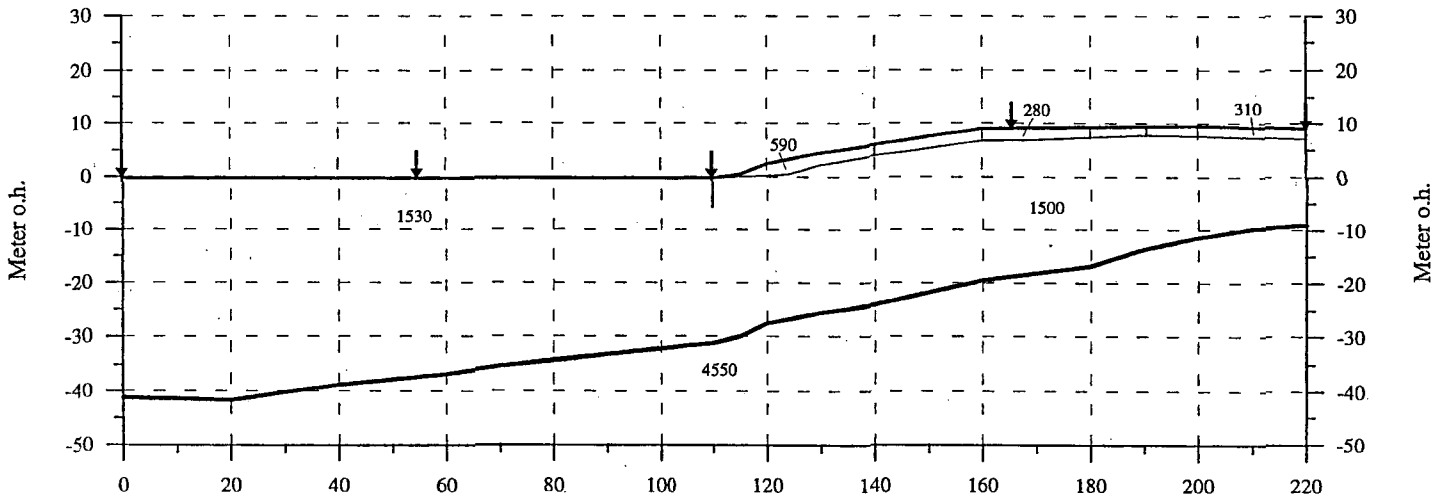
- avgjøre om det ligger lag av finkornige sedimenter under andre sedimenter.
- kartlegge berggrunnsflaten under sedimenter.
- påvise sprekkesoner i fjellet, ettersom slike soner kan være vannførende og lede til økt skredfare.

### Eksempel:

*Seismiske profiler laget på basis av utført refraksjonsseismiske registreringer. Profilene viser sann dybde av løsmasser med lydhastighet mellom 1510 m/s og 1720 m/s. Sedimentet er sannsynligvis sand eller leire. Skille i lydhastighet i sedimentene, som også markerer en jordartsgrense, er markert på profilene. Det samme gjelder for underliggende berggrunn.*

# BALSFJORD, refraksjonsseismisk profil S1

Tegnforklaring	
	Terrengoverflate
	Refraktor i løsmasser
	Fjellrefraktor
	Skuddpunkt
1530	Seismisk hastighet (m/s)



Eksempel på tolka refraksjonsseismiske profil

## 2.8 Kvartærgeologisk kartlegging

Kvartærgeologisk kartlegging er en kartlegging av løsmassene i et område. Man deler løsmassene inn etter om de er avsatt av en isbre, av ras, av elver eller utfelt i havet. Videre fastsettes utbredelsen og tykkelsen av de ulike sedimentene og prøver å forstå de geologiske prosessene som er aktive i området. Alt dette tegnes inn på kart ved hjelp av farger og symboler. Viktige hjelpemidler under kartleggingen er detaljerte topografiske kart, flybilder og gravinger, boringer og blotninger i sedimentene. I tillegg benyttes flere av de geofysiske metodene som er beskrevet ovenfor.

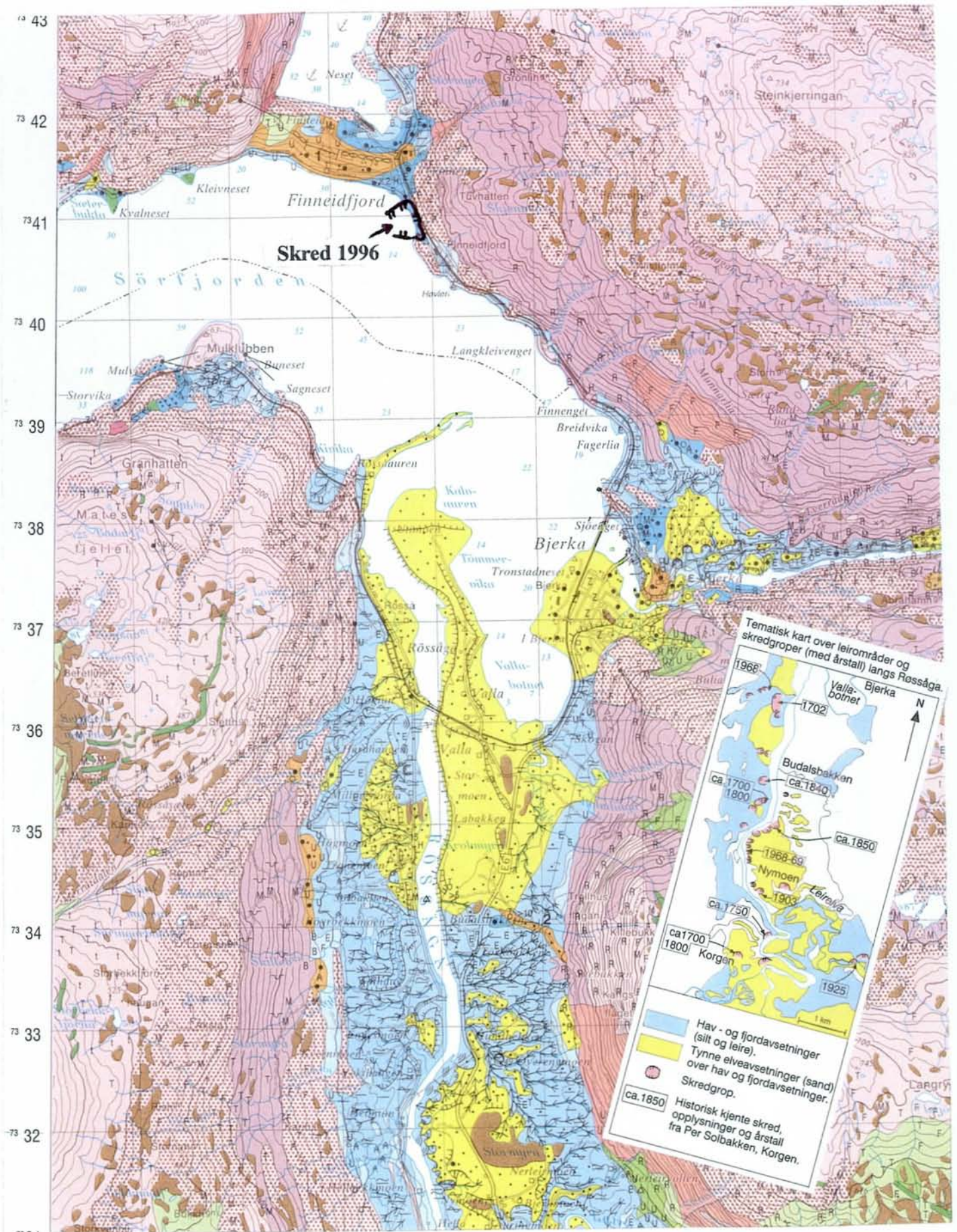


### Formål:

- finne utbredelsen av sedimenter som kan være skredfarlige
- påvise tidligere skred
- påvise grunnvannsutslag

### Eksempel:

Figuren viser et utsnitt av det kvartærgeologiske kartbladet Korgen i M 1:50 000. Rosa farger viser fjell, grønne farger tykt eller tynt dekke av morene som er avsatt av isbreer, oransje og gule farger viser sand og grus som er avsatt av elver, enten smeltevannselver fra istiden eller moderne elver. Blå farger viser sedimenter som er avsatt i havet, enten silt og leire avsatt i fjorden eller mer sandige og grusige sedimenter dannet i strandsonen. Det er de finkornige sedimentene silt, leire og sand avsatt i havet som er de mest rasfarlige. Kartet viser at det har gått en mengde større og mindre ras i slike sedimenter langs elva innover dalføret mot Korgen i historisk tid. Kartet viser også at det ligger mange flekker med «blå sedimenter» langs stranden av Sørfjorden og at veier og bebyggelse gjerne ligger på disse flekkene. Det var en av disse «flekkene» som så tragisk raste ut i 1996 (se pil og inntegnet raskant).



Utsnitt av kvartærgeologisk kart

## 2.8 Gravinger i skredmasser på land

I Nord-Norge ligger mye av bebyggelsen og veier og jernbane i en smal sone langs stranda i fjorder med bratte fjellsider. Det betyr at strandsonen også kan være utsatt for skred fra skråningene ovenfor i tillegg til at fundamentet i selve strandsonen kan svikte og rase ut. Når det skjer skred i skråningene avsettes det ofte skredvifter helt ned til og ut i sjøen. Skred har en tendens til å gå i samme område flere ganger med års-, hundreårs- eller tusenårs mellomrom. I avsetningsområdene for skredene legges skredmassene seg over hverandre og de ulike skredene kan skilles fra hverandre når man graver groper i slike skredvifter. Som oftest ligger det jordprofiler mellom skredpakkene som lar seg datere ved hjelp av  $^{14}\text{C}$ -metoden.

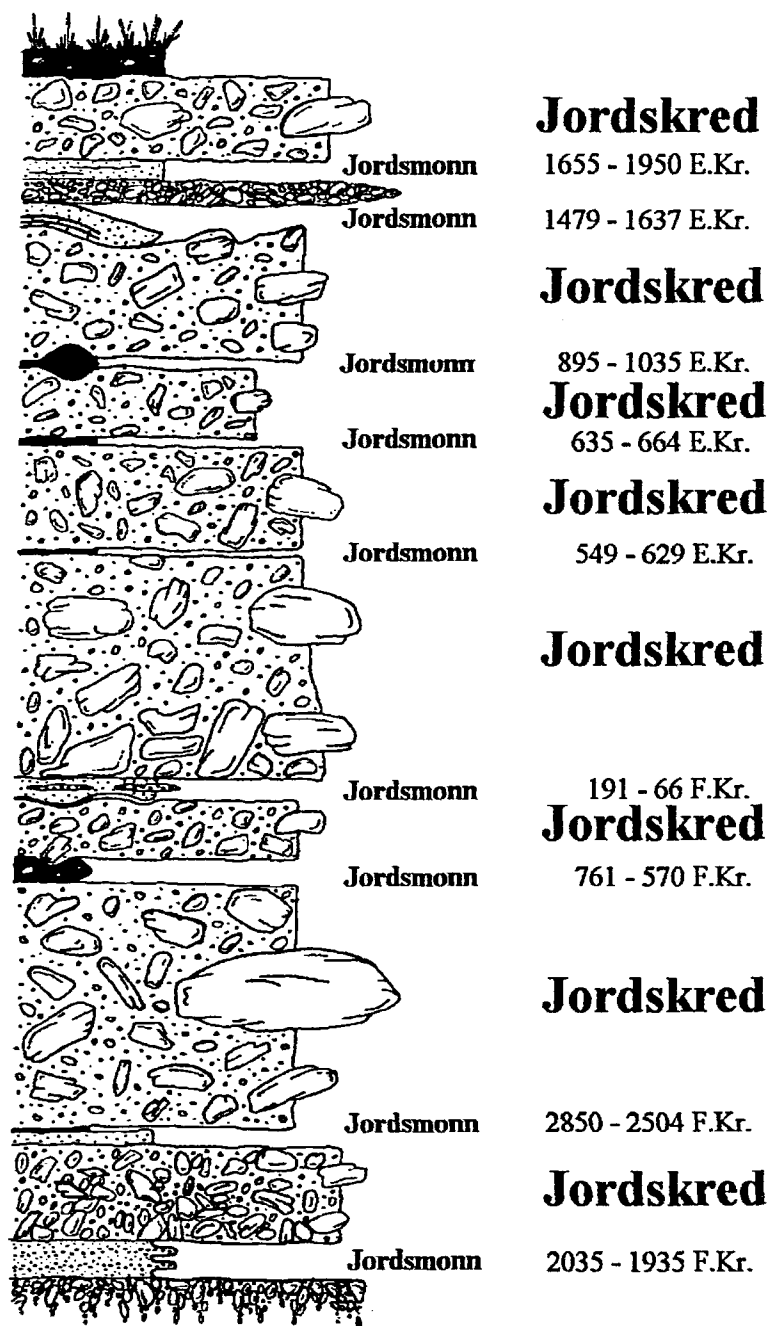


- identifisere antall skred i området og datere skredepisoder.
- utarbeide sannsynlig skredfare.

### Eksempel:

Figuren viser resultatene fra en 5 m dyp graving i et jordskredområde i Sollia innenfor Nordkjosbotn. Loggen viser grove skredlag med tidligere markoverflater mellom skredpakkene. Jordsmonnet fra disse markoverflatene er datert med  $^{14}\text{C}$ -metoden. Dateringene viser at det må ha gått minst 8 jordskred i området de siste 4000 år og av disse har 5 skjedd de siste 1000 år. Dette vitner om generell stor jordskredfare i området og spesielt i skråninger med gradient over 28 grader. Slike gravegroper er avgjørende for å kunne estimere en skredsannsynlighet i jordskredområder.

# Sollia, Nordkjosbotn



Eksempel på lagfølge i en gravegrop i et skredområde

### 3. HVA ER GJORT HVOR

#### *Finneidfjord*

I Finneidfjord eksisterte mye data før testprosjektet ble startet (se Tabell 1). Spesielt framheves kvartærgeologisk kart, multistråle-ekkolodd og geotekniske borer. Det er derfor fokusert på å samle inn høyoppløselig seismikk som støtte til å tolke skredfrekvens ut fra det bilde multistrålebatymetrien gir (Fig. 1, Tabell 2). Det er samlet inn prøver av bunnsedimentene for å datere de forskjellige skredene. Seismikk er samlet inn over geotekniske borer for å se om det ved hjelp av prosessert seismikk er råd å påvise sensitiv leire. Videre er det gjort en seismisk registrering langs land ellers i Sørfjorden for å teste om skred og skredfare lar seg påvise ved enkel seismisk rekognosering. Det er samlet inn sidesøkende sonarregistreringer i marbakken i indre del av Sørfjorden.

#### *Balsfjord*

I Balsfjord fantes mindre data på forhånd enn i Finneidfjord (Tabell 1). Testingen som er lagt opp (Fig. 1, Tabell 2) vil derfor gi en mer reell innsikt i hvilke metoder som er uunnværlige og hvilke som overlapper hverandre. Testen startet med en GIS-sammenstilling av Sjøkartverkets digitale enkeltstråle-ekkolodd-data. På basis av den ble det kjørt seismisk registrering i fjorden og langs land i deler av fjorden. På bakgrunn av dette ble det gjennomført sonarregistreringer og senere multistråle-ekkolodd-registreringer i deler av fjorden. I noen områder der hvor seismikken registrerte finkornige sedimentær og indikasjoner på skred i sjøen, ble dette fulgt opp med en kvartærgeologisk kartlegging og tester av geofysiske metoder som georadar og refraksjonsseismikk. Eksisterende detaljtopografi og geotekniske borer fra Troms vegkontor er trukket inn både som uavhengig test av enkeltresultater og som generell støtte for tolkninger.

**Tabell 1: Eksisterende data**

Område	Sjø				Land			
	Geotekniske borer <i>Statens Vegvesen</i>	Rekognoseringe seismikk <i>NGU</i>	MuE <i>SKSK/NGU</i>	Digitale enkeltstråle-ekkolodd-data <i>SKSK</i>	Kvartærgeologisk kart M 1:50000 <i>NGU</i>	Berggrunns-geologisk kart M 1:250000 <i>NGU</i>	Høydedatabase M 1:50000 <i>SK</i>	Høydedatabase M 1:1000 <i>Statens Vegvesen</i>
Finneidfjord	x	x	x	x	x	x	x	x
Balsfjord	x	x		x		x	x	x

MuE: multistråle-ekkolodd-data.

Kilder: *NGU*: Norges geologiske undersøkelse, *SK*: Statens kartverk - Landdivisjonen, *SKSK*: Statens kartverk - Sjøkartverket

**Tabell 2: Nye data**

Metode benyttet	Sjø				Land			
	Seismikk	Sidesøk. sonar	MuE	Prøvetaking	Refraksjonsseismikk	Georadar	Geologisk kartlegging	Gravinger
Finneidfjord	x	x		x				
Balsfjord	x	x	x	x	x	x	x	x

Seismikk og sidesøkende sonarregistreringer er samlet inn med *NGU*'s fartøy «Seisma», prøvetaking i Sørfjorden er gjort med «Seisma» og i Balsfjord av Universitetet i Tromsø med deres fartøy «Jan Mayen». Multistråle-ekkolodd-dataene er innsamlet av Sjøkartverkets skip «Sjømåleren». Undersøkelsene på land er utført av *NGU*.



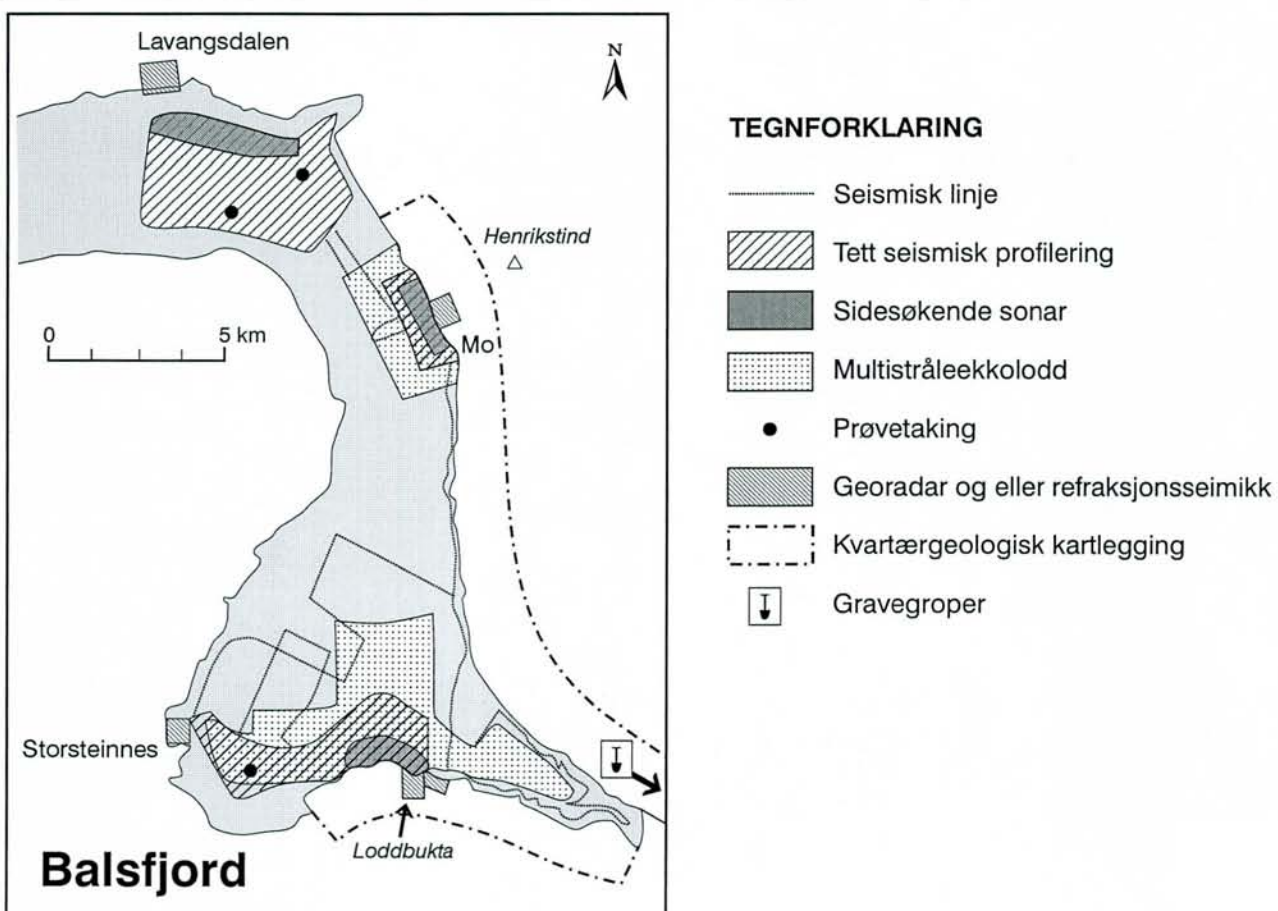
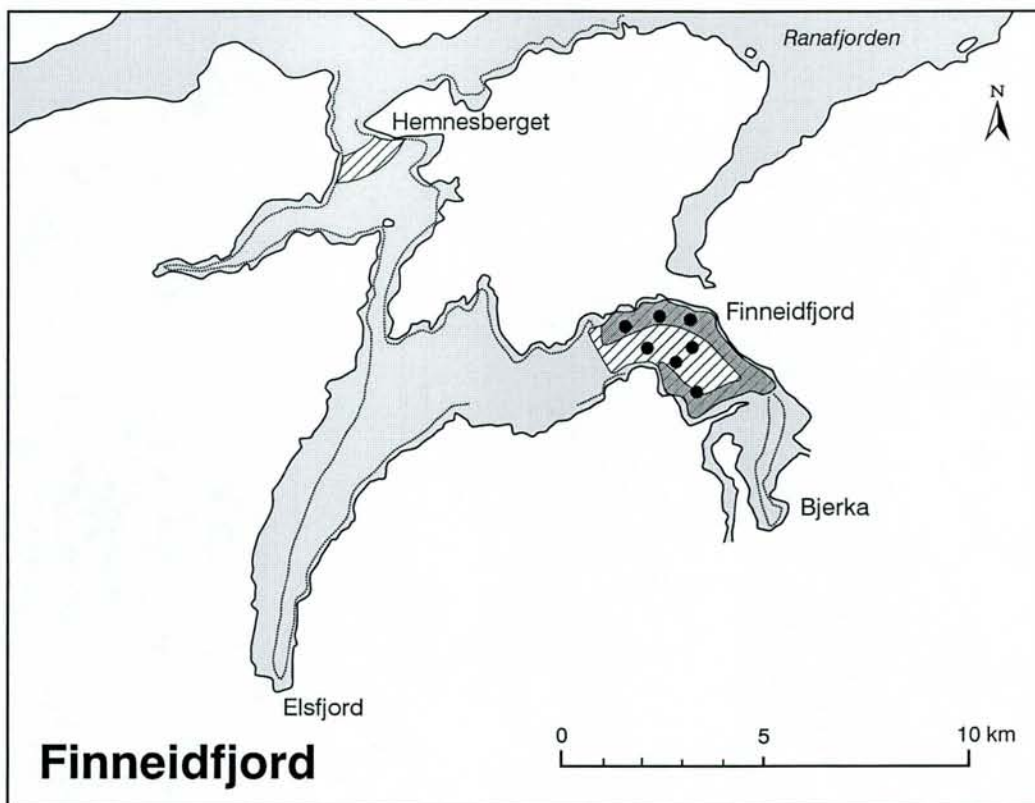


Fig. 1: Lokaliseringskart for anvendelsen av ulike geologiske og geofysiske metoder i Finneidfjord og Balsfjord.

## 4. GEOGRAFISKE INFORMASJONSSYSTEMER - GIS

I prosjektet er det lagt ned en betydelig innsats på å sammenstille både eksisterende og nyinnsamlede data i forskjellige GIS-verktøy for å lette tolkingen av data og å se sammenhenger mellom de forskjellige datasett.

### 4.1 Sammenstillinger i GIS

Figur 9 gir et eksempel på en slik sammenstilling:

- rute 1** (venstre øverst) - 3D-modell fra Balsfjord, basert på regionale høyde- og dybde data fra Statens kartverk og Sjøkartverket. Detaljområde er avmerket med gult, og er 6 x 8 km (rutene 2-6).
- rute 2** (høyre øverst) - 2D-modell fra Balsfjord, basert på regionale høyde- og dybde data fra Statens kartverk og Sjøkartverket. Skyggerelieffteknikk er benyttet for å fremheve morfologi.
- rute 3** (venstre midt) - langs østre fjordside er det lagt inn detaljerte høyde data (M 1:1000) fra Statens vegvesen i Troms.
- rute 4** (høyre midt) - detaljerte dybde data fra Sjøkartverket er tilføyd.
- rute 5** (venstre nede) - manus til kvartærgeologisk kart er scannet og georeferert og føyd til.
- rute 6** (høyre nede) - alle datasett pluss flyfoto som er scannet og georeferert.

## Balsfjord - eksempel på GIS og 3D-modellering for skredfarevurdering

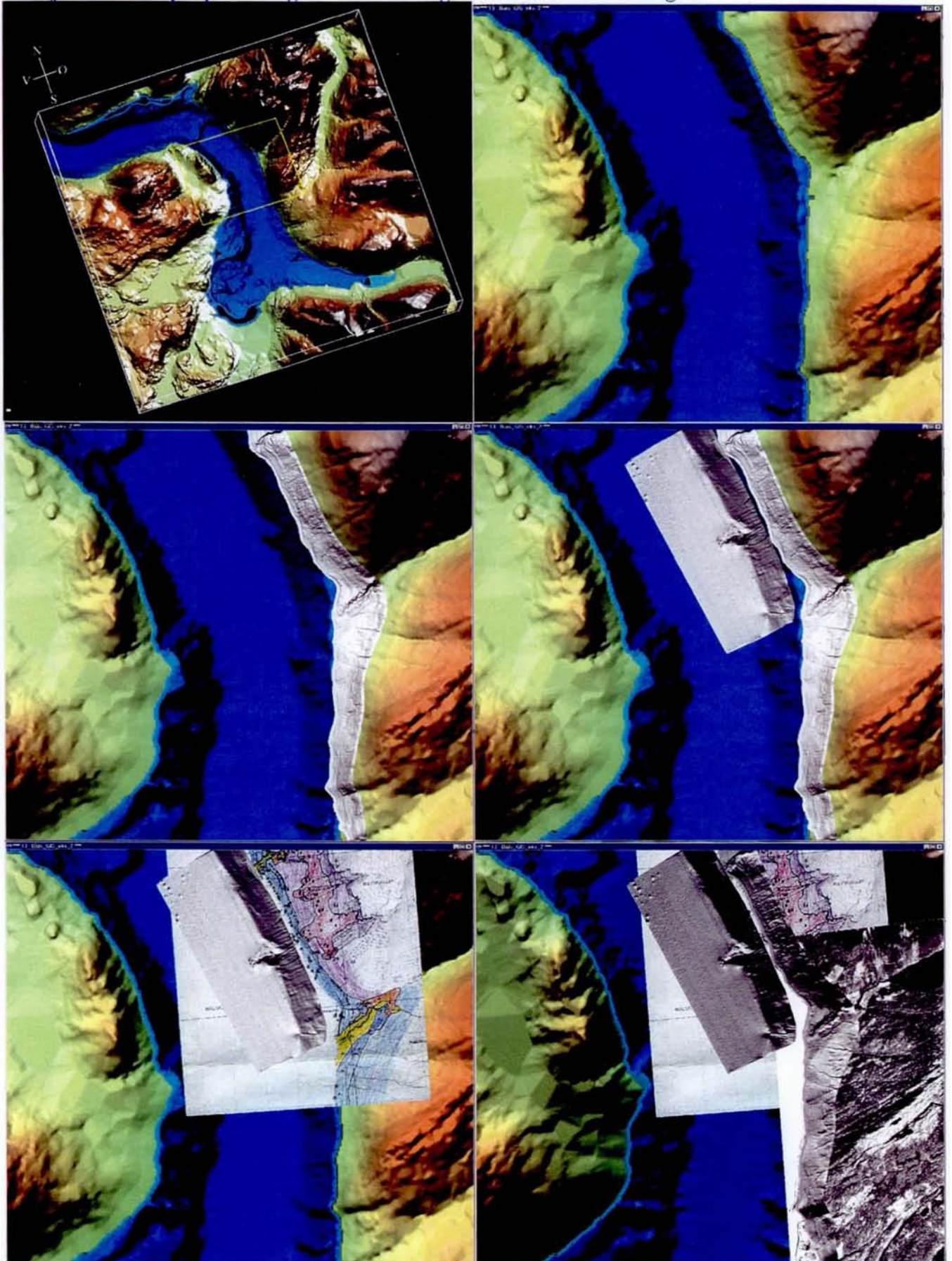


Fig. 2: Eksempler fra Balsfjord på bruk av GIS og terrengmodellering i skredfarekartlegging.

## 5. RESULTATER

### 5.1 Finneidfjord

#### *Skredfrekvens*

Noen rekognoserende seismikkprofiler som NGU kjørte i Sørfjorden i 1997, viste at det hadde gått skred i løsmasser flere ganger i indre deler av fjorden. Dette ble fulgt opp med en opptetting av det seismiske profilnettet i 1998. Formålet var å påvise hvor skred har gått, når de gikk og om skred går gjentatte ganger på samme sted. I områder hvor skred ble påvist, ble det undersøkt om det er forhold på land som er karakteristiske og som kan gjenkjennes og benyttes i en generell utplukking av skredfarlige områder i strandsonen.

Fra Hemnesberget til Finneidfjord via Leirvik og Elsfjord, ble det kjørt enkel seismisk registrering langs fjordsidene og delvis sentralt i fjorden. Det var ikke spor etter ung skredaktivitet i overflatesedimentene i Leirvika og Elsfjord. I Elsfjord var det ganske stor skredaktivitet fra området Kalvavika til Sagvika like etter istiden, men senere synes området å ha vært stabilt. I Sørfjorden derimot, fra Hattneset, Gangvika og innover mot Finneidfjord var det mange skredavsetninger høyt oppe i fjordbunnsedimentene som vitner om stor skredaktivitet.

Fig. 3 viser utsnitt av et seismisk profil fra Sørfjorden utenfor Finneidfjord gjennom ca 20 m sedimenter som er avsatt fra slutten av istiden og fram til i dag (se også eksempel side 7). Lagrekken er delt inn i pakker etter tydelige seismiske horisonter som kan gjenfinnes over hele fjordbassenget, og gitt fargekoder. Alderen på de ulike horisontene er usikker, men trolig er den blå pakken avsatt mellom ca 9000 og 4-5000 år før nåtid. De grønne, røde og gule lagene representerer trolig hver seg tidsbolker på 1 - 2000 år. På Fig. 4 er multistrålebatymetrien koblet sammen med det kvartærgeologiske kartet ved hjelp av ulike GIS-verktøy. Utstrekningen av forskjellige skred, som er påvist på de seismiske registreringene, er lagt inn på bildet og gitt farge etter hvilken seismisk lagpakke de ligger i. For eksempel viser blå strek skred som har gått i tidsrommet ca 9000 - 4-5000 år før nåtid osv. Der det er forskjellig farge i blått og gult, representerer strekene skred som har gått til ulik tid og de lyseste fargene viser de yngste skredene. For gult, er de yngste skredene «ferske». Sannsynligvis har de gått i løpet av siste århundre og trolig i løpet av de siste 20 - 30 år. De nest yngste skredene ser ut til å være litt eldre. Det er blitt spekulert på om de kan ha sammenheng med det kraftige jordskjelvet som rystet Rana-distriktet i 1819 (Muir Wood 1989) og som vi vet utløste flere skred. Det ble derfor tatt en serie korte kjerner over og til side for noen av skredene i et forsøk på å påvise skredlag og datere sedimentene over og under skredlagene. Syv av disse kjernene er datert ved hjelp av bly og cesium isotoper. Fig. 5 viser hvor kjernene er tatt og hvilke som er datert.

For to av skredene som er avmerket, kjenner man enten dato eller sannsynlig tidspunkt for når de gikk:

**Skredet 20. Juni 1996** (Fig. 4, eksempel s. 13) – på sitt dypeste danner skredet et mer enn 20 m dypt sår i leirige sedimentær som er avsatt i slutten av istiden og etterpå. Skredmassene ligger nesten 1 km utover fjordbunnen fra skredgropa og på det tykkeste er avsetningene 3-4 m mektige (eksempel side 7). Noen leirblokker ligger spredt utenfor hovedmassen av skredet.

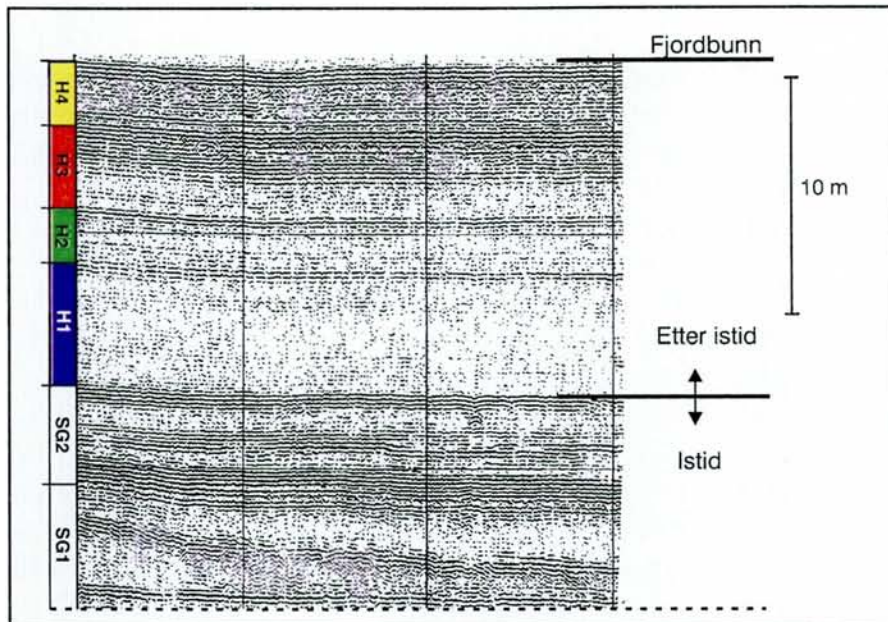


Fig. 3: Lagrekken av bunnsedimenter i Sørforfjorden inndelt i tidshorisonter.

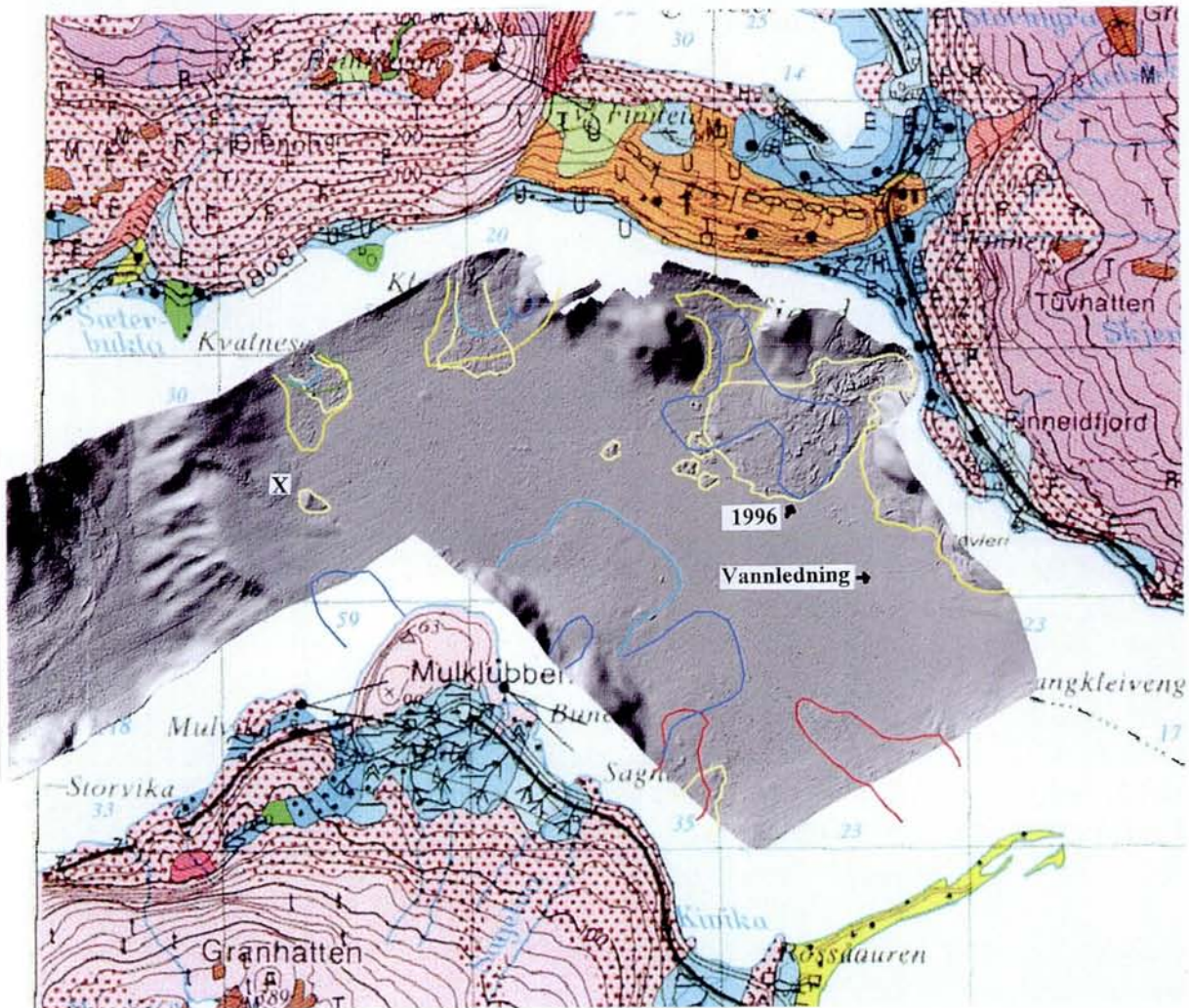


Fig. 4: Utstrekningen av skred som har gått i de ulike tidshorisontene på Fig. 3 er markert med tilhørende farge. Har det gått flere skred innenfor samme tidshorizont, er de yngste skredene markert med lysere farge.

Den største av disse er ca 75 m lang, 50 m brei og 2 m tykk. Denne blokken (X på Fig. 4) ligger ca 2,4 km utenfor skredporten og har sannsynligvis «vannplanet» utover den slake sjøbunnen. Trolig ville den ha kuttet vann-, strøm- eller teleledninger dersom slike hadde krysset sporet den fulgte.

Vannledningen til Finneidfjord sentrum kommer fra Bjerka og ligger i sjøen. Den kan sees som en lys skygge langs bunnen på Fig. 4, spesielt tydelig er en sideledning inn til trelastlageret/høvleriet like sør for den gamle stasjonsbygningen i Finneidfjord. Man ser at ledningen kuttes av skredet og det ble også rapportert at vannet ble borte en stund før skredet gikk inn på land skrednatten 20. juni 1996.

Sidesøkende sonarregistreringer av marbakken til side for skredporten (eksempel side 9) og seismikk registreringer (Fig. 7) viser at det har gått overflateskred eller skjedd setninger til begge sider for porten. Seismikken viser at i disse overflateskredene er det den yngste lagpakken som har glidd ut og sannsynligvis er det disse sedimentene som ligger foldet ved foten av marbakken fra skredgropa fra 1996 og sørøstover og som tydelig sees på bildet av bunnen på Fig. 5 til begge sider av prøvetakingslokalitet 10. Slike overflateskred kan gå uavhengig av større skredkatastrofer og enkelt slite av en vannledning. Skjer det, kan vanntrykket underminere marbakken og utløse langt alvorligere skred. **Man bør derfor være meget varsom med å legge vannledninger eller andre installasjoner som kan påvirke stabilitet på sjøbunnen i områder med skredfarlige sedimentær.**

1996-skredet er et av de største som har gått i fjorden etter istiden, men som man ser av figuren ligger det en «blå» skredpakke under med nesten samme omfang. Begge disse skredpakkene kan sees på seismikkseksempelet side 7.

**Mulig skred 1978/79** - i dette tidsrommet ble veien forbi Storkleiva, mellom Sjøsetta og Kleivneset vestover fra Finneidfjord, lagt i en større fjellskjæring. Under sprengningsarbeider oppdaget man at telekabelen som gikk i sjøen forbi anleggsområdet ble brutt (kilde: Arild Sleipnes, Nordland vegkontor). Man antok at det muligens var blokker av sprengt stein som hadde kuttet kabelen, men så ikke bort fra at det kunne ha skjedd undersjøisk skred. Multistråle-ekkolodd-registreringene viser at det ligger to relativt unge skred, over eldre skred, utenfor Storkleiva og seismikken bekrefter at skredmassene ligger helt opp mot overflaten. Det ble forsøkt å ta prøve av skredet, men kjerne 9803105 ble plassert øst for den yngste skredloben ( Fig. 5, 4). Uten datering kan det ikke konkluderes med at skredet gikk under anleggsarbeidene i 1978/79, men sannsynligheten er meget stor. Derimot er det nokså sikkert at skredet i bukta vestenfor, ved Kvalneset, prøvelokalitet 9803103, gikk i det tidsrommet. I kjerne 9803103 så vi fargenyanser mellom brunt og grått øverst i kjernen under prøvetakingen (se eksempel side 15). Røntgenbildet av toppen av kjernen (Fig. 6) viser en del mørke punkter og skygger, som kan være gruskorn, i de øverste 0-4 cm. Blydateringen viser også at kjernen er forstyrret i de øverste 4 cm. Meget sannsynlig har vi her påvist en tynn horisont med skredmasser. Bly og cesium isotopinnholdet i sedimentene antyder en sannsynlig alder på skredepisoden til slutten av 1970-årene.

Ingen av de øvrige kjernene som ble analysert viste samme grad av forstyrrelser i de deler av kjernene som lå etter 1950. Vi tolker på basis av dette at de øvrige skredene som ble forsøkt datert er eldre enn 1950 og sannsynligvis skyldes noen av dem jordskjelvet i 1819, men for å finne ut det må man gjøre <sup>14</sup>C dateringer.

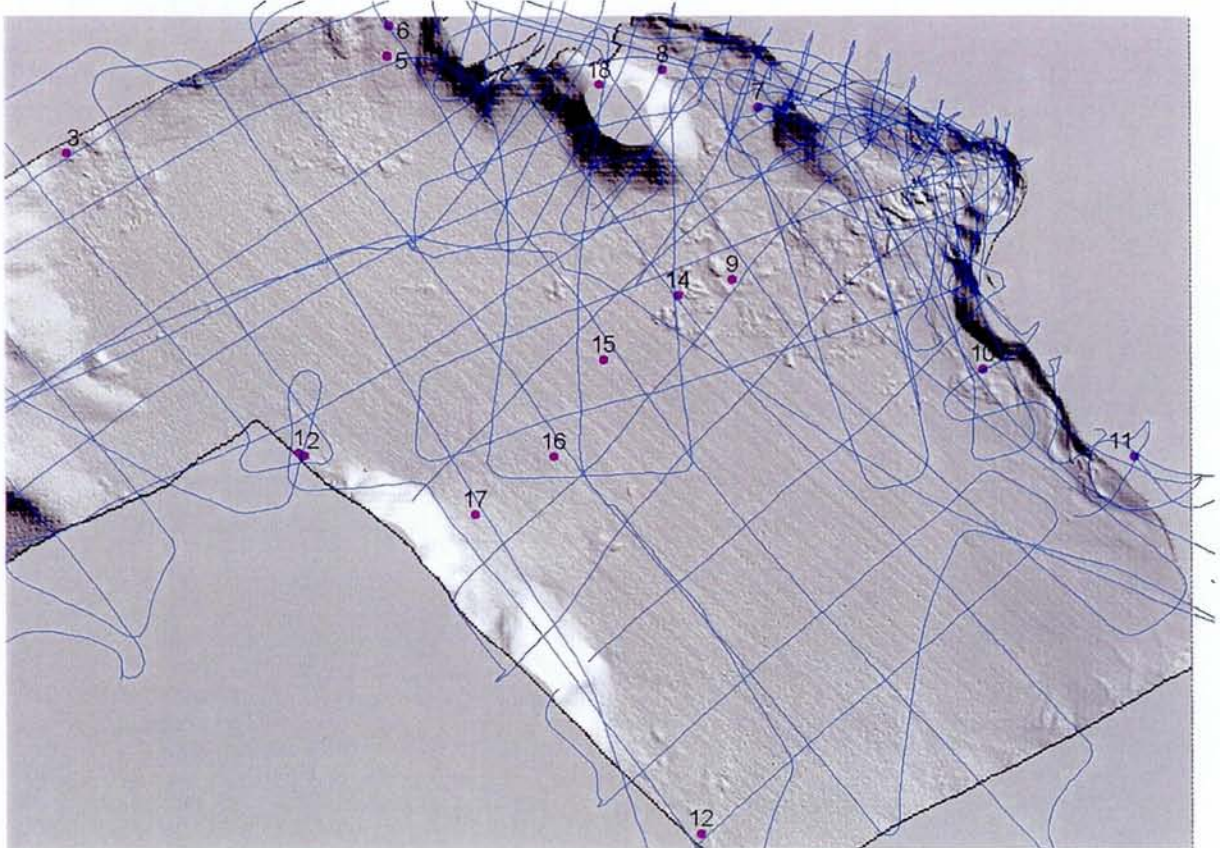


Fig. 5: Skyggerelieffbilde fra Sørkjolen ved Finneidfjord med seismisk profilnett (linjer) og prøvelokaliteter (punkt). Se Fig. 4 for geografisk plassering. Nummeret ved siden av prøvelokalitetene tilsvarer siste eller to siste siffer i fullstendig kjernenummer for eksempel tilsvarer prøve 3 (9803103). Kjerne 13 er tatt like sør for kjerne 12. Kjernene 2, 3, 5, 8, 10, 13 og 16 er datert med blyisotoper. Dateringene viste at skredet ved prøve 3 gikk i slutten av 1970-årene. De andre som ble forsøkt datert har gått før ca 1950.

Fig. 6: Røntgenbilde av de øverste 7 cm av kjerne 9803103. De mørke flekkene i toppen av kjernen er sannsynligvis være gruskorn som stammer fra en skredepisode. Kjernen ble frosset før fotografering og strekmønsteret på bildet er iskrystaller.



Blydateringene viste forskjellig sedimentasjonshastighet på østsiden og vestsiden av bassenget med henholdsvis 0.28 cm og 0.56 cm som snitt de siste 40 år i kjernene 16 og 10. Dette bekreftes av seismikken som viser tykkere sedimentlag i øst og vest (Fig 8). Det kan bety at det ligger mer løst lagret materiale langs øst og nordsiden av bassenget og økt fare for undersjøiske utglidninger. Dette bekreftes for så vidt av seismikkregistreringene. I overflate-skredene som har skjedd i marbakken til begge sider av skredet fra 1996 (se eksempel sidesøkende sonar og multistråle ekkolodd s. 9 og 13) , er det den yngste lagpakken, den gule på Fig. 4, som har glidd ut. Dette kan tydelig sees på Fig. 7.

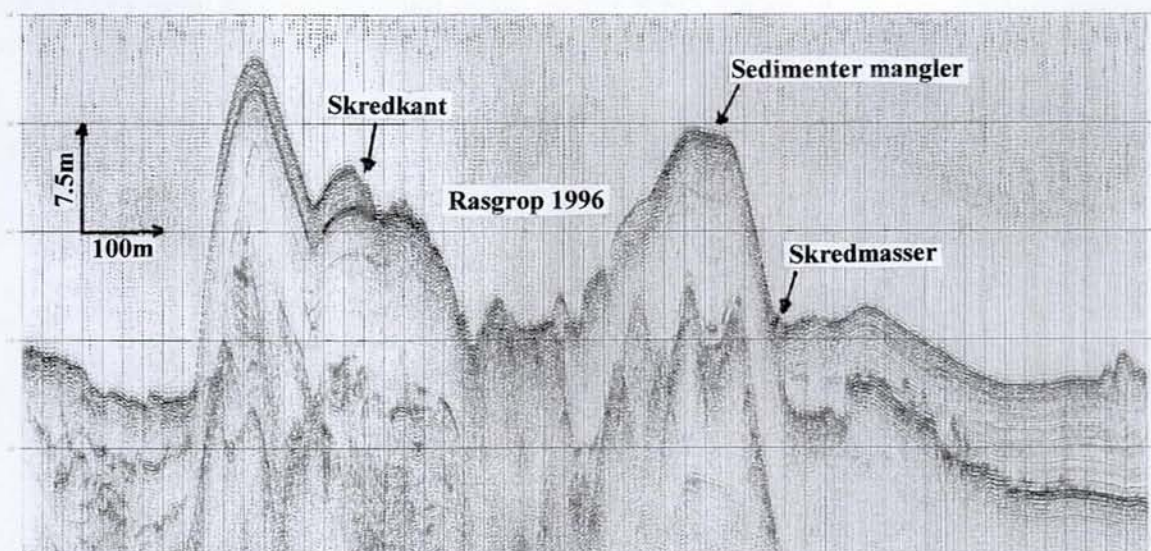


Fig. 7: Forsenkningen midt på bildet er skredgropa fra 1996 og forhøyningene til siden viser deler av marbakken til sidene for skredet. De yngste sedimentene, den "gule" lagpakken på Fig. 2 (lagrekken av sedimentær) kommer tydelig fram på forhøyningen til venstre for skredgropa og stopper i en skredkant, hvor laget har glidd ut. Til høyre for skredgropa mangler denne lagpakken totalt. Sannsynligvis er det disse sedimentene som ligger foldet ved foten av marbakken fra skredgropa fra 1996 og sørøstover og som tydelig sees på bildet av fjordbunnen på Fig. 5 til begge sider av prøvetakingslokalitet 10. Dateringen av lokalitet 10 tyder på at denne utglidningen har skjedd før 1950, mens vi tolker utglidningen til venstre for skredgropa til å være yngre og trolig dannet i løpet av de siste årene.

### Sprekker i fjellet

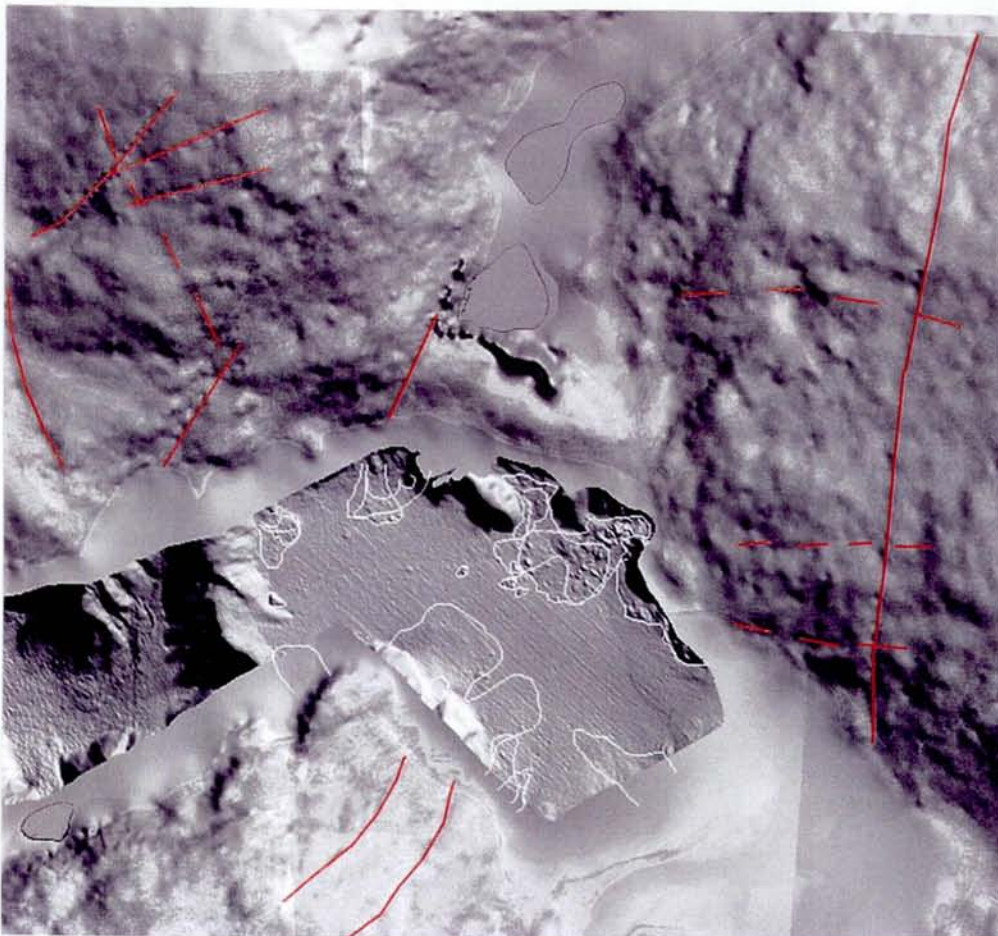
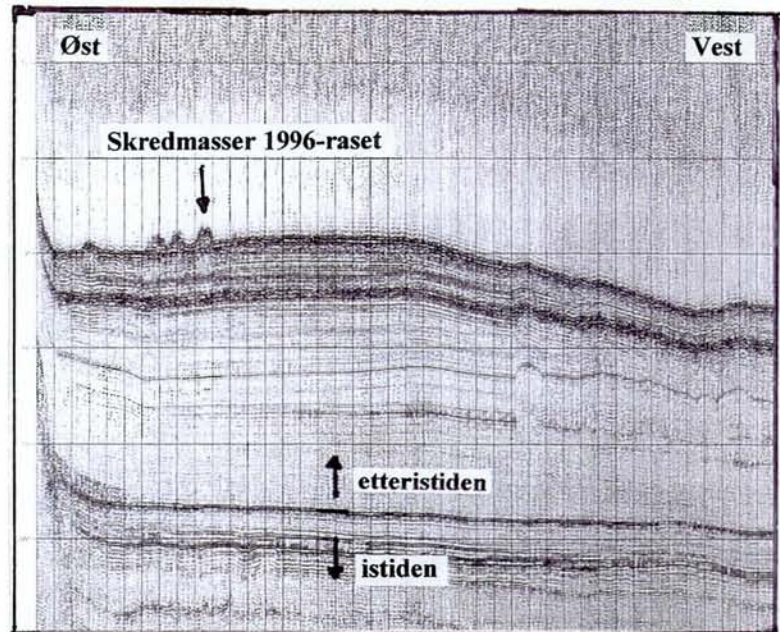
Vi har gjort en enkel analyse av sprekkeretninger i fjellet basert på terrengmodellen fra Statens kartverks 100x100 m grid. Slike sprekker representerer ofte svakhetssoner og danner naturlige forsenkninger i fjellet som kan fylles av løsmasser. Sprekkene fører ofte mye vann som kan lede til utvasking av saltet i leirene eller skape høye poretrykk og øke faren for løsmasseskred. På Fig. 9 har vi markert de mest tydelige sprekkene i fjellet rundt Finneidfjord på et grunnlag satt sammen av topografisk høydedatabase, multistråle ekkolodd batymetri og flyfoto. Skredene som er registrert på bunnen av fjorden er lagt inn. Som det går fram av figuren kan man finne samlokalisering av sprekker og skred, som for eksempel på østsiden av Mulklubben og på vestsiden av Finneidfjord sentrum. Vi mangler informasjon om hvordan disse sprekkene er og hvorvidt forhold rundt dem har skapt spesielt skredfarlige sedimentær. Likevel er det svært sannsynlig at sprekker kan medvirke til å svekke strukturen i marine leirer og det er



absolutt viktig at slik informasjon vektlegges ved en geologisk kartlegging i forbindelse med skredfarevurderinger.

Det eksisterer etter vår kunnskap ikke relevante data angående grunnvannsforhold, og vi har ikke fått samlet inn nye data på grunnvann fra disse sprekkene eller i løsmassene for øvrig.

*Fig. 8: Seismisk profil fra øst mot vest i det indre bassenget av Sør fjorden. Profilet viser at sedimentene avsatt etter istiden er tykkere i øst enn i vest. Dette skyldes strømforholdene i fjorden som i hovedsak leder elvevannet fra Røssåga langs øst og nordsiden av fjorden og fører til større utfelling av slam her enn langs vestsiden av fjordbassenget*



*Fig. 9: Sprekker og leirskred fra strandsonen i Finneidfjord. Grunnlaget er satt sammen av digital høydedatabase, skyggerelieff av fjordbunnen og flyfoto.*

## *Gule soner i Hemnes*

På basis av tilgjengelig materiale har vi plukket ut 16 soner i Hemnes (Fig. 10) som går inn under begrepet "gule" soner – områder som er prioritert for videre skredfarevurdering i fase 2 (Emdal med flere 1997: Rapport O.97.03-1: Videreføring av kartlegging av fare for løsmasseskred i Norge). Det er ikke gjort noen gjennomgang av geotekniske rapporter unntatt fra området Finneidfjord sentrum og sørøstover mot Bjerka. (Vegvesenets rapporter: Wh-07-08 Rapport nr. 1, Flaathe 1993 og Wh-07-07 Rapport nr. 8, Sleipnes 1997). Området utenfor Hemnesberget og innenfor Røssågas utløp er ikke vurdert.

I fjordbassenget sør for Hemnesberget ligger tykke marine leirer på bunnen. Sedimentene stopper i en bratt, ca 70 m høy skredkant som går tvers over fjorden fra Hemnesberget og til Stemnesvika Fig. 10. Vi antar, uten å ha skikkelige bunntopografiske kart, at det er relativt liten skredfare ved aktivitet i strandsonen i dag, men et stort skred kan bre seg tilbake til bukta ved Hemnesberget øst og Sundsbukta. Sannsynligheten for at det vil skje, antas å være liten. I selve Hemnesberget er det fjell i strandsonen og ingen skredfare.

I Leirvika og Elsfjord har vi registrert liten ung skredaktivitet, men det finnes leirområder som går ut i sjøen og som kan være ustabile ved inngrep.

I Finneidfjordområdet og indre del av Sørfjorden viser mange skredlober på sjøbunnen at det har skjedd undersjøiske løsmasseskred som kan ha påvirket strandsonen jevnlig de siste 10 000 år. Det, i tillegg til mange historiske skred langs Røssåga s. 21, viser at sedimentene i området generelt er skredfarlige. Gjentatte skred fra samme lokalitet viser at enkelte områder er mer skredfarlige enn andre. Det ser ut som at leire som ligger direkte på fjell lettere sklir ut enn leire som ligger på andre løsmasser.

Et punkt som er verdt å merke seg er at leiravsetningene i fjorder vanligvis blir mektigere på dypt enn grunt vann. Mesteparten av de leirene som ligger i strandsonen i dag ble avsatt på dypere vann, men på grunn av landhevingen ligger de nå i strandsonen. Janbu (1996) mener at variasjoner av poretrykk på grunn av tidevannsforskjeller og grunnvannsstrømmer kan svekke strukturen i leire, silt og finsand og øke skredfaren i strandsonen. Med mer leire i strandsonen i dag enn for noen tusen år tilbake, er det kanskje naturlig at skredfrekvensen har økt opp mot nyere tid, slik det går fram av Fig. 4.

Man vet at skred kan utløses naturlig etter for eksempel kraftig nedbør, jordskjelv osv. og at menneskelig aktivitet i skredfarlige områder kan medvirke til at naturens "tålegrenser" passeres og skred utløses (Janbu 1996). Seismikken i sjøen i Sørfjorden viser at mange skred har gått så tidlig at mennesker ikke kan ha hatt noen innvirkning og at utløsningen av massene har skjedd naturlig. Det betyr at i dette området kan skred utløses både naturlig og ved menneskelig aktivitet og at man bør gjøre grundige forundersøkelser og ta nødvendige forhåndsregler før man gjennomfører anleggsarbeider eller bygger ut arealer dekket av marine sedimentær.

# SKREDSONER- FINNEIDFJORD

 "Gule soner"

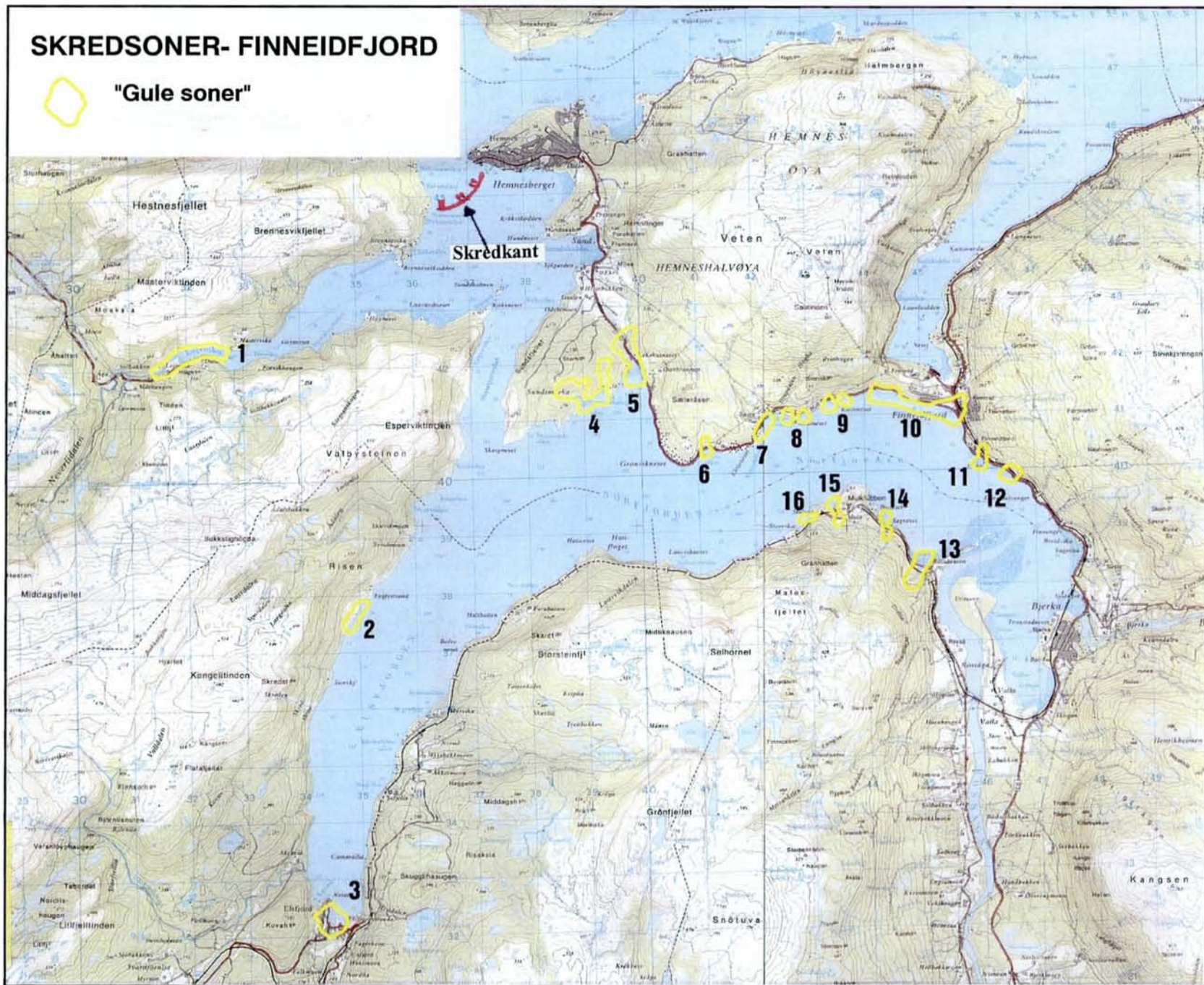


Fig. 10: "Gule soner" i Hennes.

<i>Sone Nr.</i>	<i>Sted</i>	<i>Grunnlag for vurdering (stikkord)</i>	<i>Anvendte metoder</i>
1	Leirvika	Leire fra sjøen inn under delta. "Gamle" skredkanter i sjøen.	Kvartærgeologisk kart, seismikk i sjøen.
2	Fuglestrand	Leire i skråning ut i sjøen. Bratt marbakke.	Kvartærgeologisk kart
3	Elsfjord	Leire under elveavsetninger. Bratt marbakke. Seismikk i sjøen viser fjell på sjøbunnen langt inn mot land.	Kvartærgeologisk kart, refraksjonsseismikk.
4	Tømmerhaugvika	Leirområder på land som strekker seg ut i sjøen i smale passasjer i berggrunnen. Seismikken i sjøen går for langt fra land til å være til nytte i evalueringen.	Kvartærgeologisk kart.
5	Gangvika	Leirområde på land. Seismikk i sjøen for langt fra land til å vise sedimentenes fortsettelse ut i sjøen. Seismikken viser tydelig kløft i fjellet som går inn mot land. Lengre ute, i fortsettelsen av kløfta, ligger unge skredmasser.	Kvartærgeologisk kart, seismikk i sjøen.
6	Grønvika	Leire på land, på fjell? Bratt marbakke. Skredmasser på dypt vann utenfor.	Kvartærgeologisk kart, seismikk i sjøen, multistråle-batymetri.
7	Finneidbukta	Leire i kløfter i sjøen, tidligere skred ut fra bukta. Kvartærkartet for lite detaljert, hvis leire i forsenkning inn på land, er det skredfare, hvis fjell er blottet i hele strandsonen ingen fare.	Kvartærgeologisk kart, seismikk i sjøen, multistråle-batymetri.
8	Kvalneset	Mulig leire under strandavsetninger i buktene på begge sider av neset som er en morenerygg. Bratt marbakke. Flere skred i bukta østenfor neset.	Kvartærgeologisk kart, seismikk i sjøen, multistråle-batymetri.
9	Kleivneset	Leire på land på begge sider av neset, leire i sjøen inn mot land. Bratt marbakke, gjentatte skred i sjøen på begge sider av neset.	Kvartærgeologisk kart, seismikk i sjøen, multistråle-batymetri.

<i>Sone Nr.</i>	<i>Sted</i>	<i>Grunnlag for vurdering (stikkord)</i>	<i>Anvendte metoder</i>
10	Finneidfjord (syd)	Leire på land, bratt marbakke og skredkanter i leire i sjøen. Gjentatte skred. Kvikkleire.	Kvartærgeologisk kart, seismikk i sjøen, multistråle-batymetri, geoteknikk.
11	Bukt nord for Høvleriet	Leire inn på land, Skred og bratt marbakke i sjøen.	Kvartærgeologisk kart, seismikk i sjøen, multistråle-batymetri.
12	Nord for Langkleivenget	Leire inn på land og utover i sjøen. Skredkant i sjøen. Sensitive leirer.	Kvartærgeologisk kart, seismikk i sjøen, multistråle-batymetri.
13	Kivika	Leire på land og ut i sjøen, skred i sjøen, bratt marbakke.	Kvartærgeologisk kart, seismikk i sjøen, multistråle-batymetri.
14	Sagneset	Leire på land og ut i sjøen, skred i sjøen, bratt marbakke.	Kvartærgeologisk kart, seismikk i sjøen, multistråle-batymetri.
15	Vik vest for Mulklubben	Leire/strandsedimenter på land og ut i sjøen. Raviner på land. Bratt marbakke i sjøen.	Kvartærgeologisk kart, seismikk i sjøen, multistråle-batymetri.
16	Mulvika	Leire på land og ut i sjøen. Bratt marbakke.	Kvartærgeologisk kart, seismikk i sjøen, multistråle-batymetri.

## 5.2 Balsfjord

### Skredfrekvens

Det er kjørt relativt tette seismiske nett i indre del av Balsfjorden og utenfor Lavangsdalen, med strandnær seismisk registrering langs land på østsiden av fjorden mellom disse to områdene (Fig. 1). Seismikken og terrengmodellene laget på basis av enkeltstråle- og multistråle-ekkolodd data viser begrenset, ung skredaktivitet fra strandsonen i Balsfjord. Fig. 11 viser deler av en seismisk linje utenfor Sandbukta sentralt i indre del av Balsfjord. På bunnen av fjorden ligger skredet fra 1988. Skredet ligger på toppen av en ca 10 m tykk pakke av sedimentær med akustisk transparent nedre del og regelmessig lagdeling i øvre del. Dette er tolket å være sedimentene som er avsatt etter istiden. Denne lagpakken kan følges i sentrale deler av fjorden unntatt over terskelen nord for Tomasjord (eksempel s. 11).

I denne lagpakken har vi kun funnet ett skredlag. Laget er ca 1 m tykt, dekker relativt lite areal og ligger utenfor Laksvatnbukta omtrent midt i lagpakken. Laget antas representere et ca 4000 år gammelt skred og er sammen med skredet fra 1988 de eneste leirskredene vi har klart å påvise i sjøen som er yngre enn ca 9000 år.

Universitet i Tromsø har tatt en del lange kjerner som vil kunne datere disse skredhendelsene. Kjernene inngår i en studentoppgave og data foreligger foreløpig ikke.

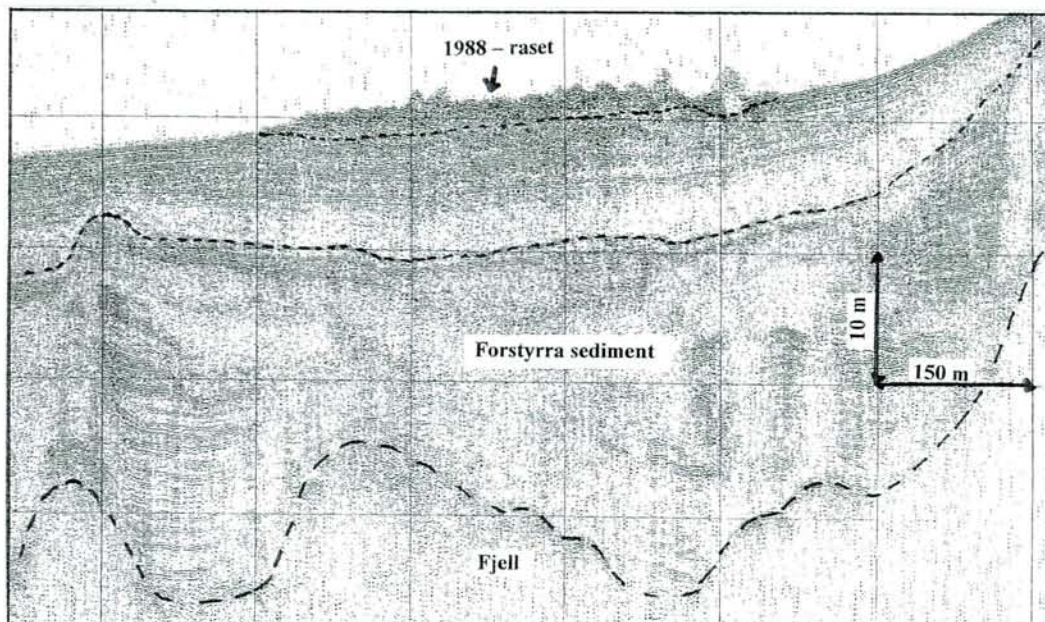


Fig. 11: Seismisk linje over 1988-skredet i indre del av Balsfjord. Profilet viser nederst fjell eller kanskje morene. Over der ligger forstyrrede sedimentær fra isavsmeltingen fulgt av sedimentær avsatt gjennom de siste vel 9000 år og med skredmassene fra 1988 på toppen.

Under sedimentene fra etter-istiden ligger tykke lag med leire som ble avsatt i sjøen på slutten av istiden. På figuren ser man tydelig at lagdelingen i disse sedimentene er brutt opp og forstyrret. I partier er sedimentene blitt transparente. Fig. 13 viser et annet profil i nærheten med en 15 x 300 m stor leirblokk som er revet løs fra omgivelsene, flyttet og som "flyter" i en akustisk transparent masse. Etter-istids-sedimentene ligger drapert over det hele.

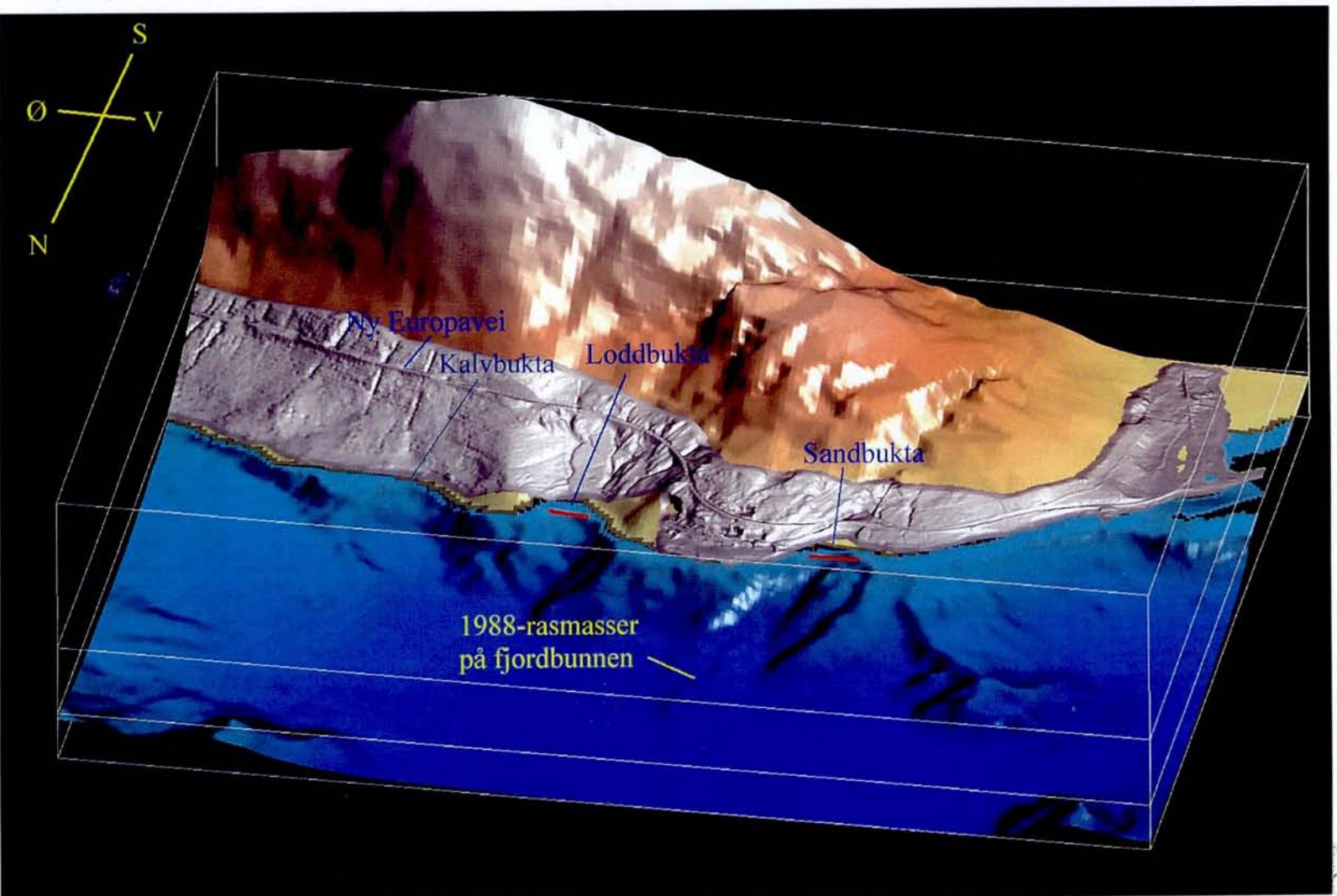


Fig. 12: 3D-modell fra sørrenden av Balsfjord med Sandbukta, Loddbukta og Kalvbukta. Modellen er laget fra regionale høyde- og dybde data fra Statens kartverk og Sjøkartverket. Over terrengmodellen har vi drapert detaljerte høyde data fra Statens vegvesen i Troms. Modellen viser godt skredmassene fra 1988 og terrengformene under vann tyder på at det har gått løsmasseskred i alle tre buktene tidligere. Tolkning av seismikken bekrefter det, men viser samtidig at disse skredene gikk umiddelbart etter isiden og at skredet i 1988 var det første i området på over 9000 år. De røde strekene gir omtrentlig posisjon for seismikk-profilene på Fig. 14 og 15.

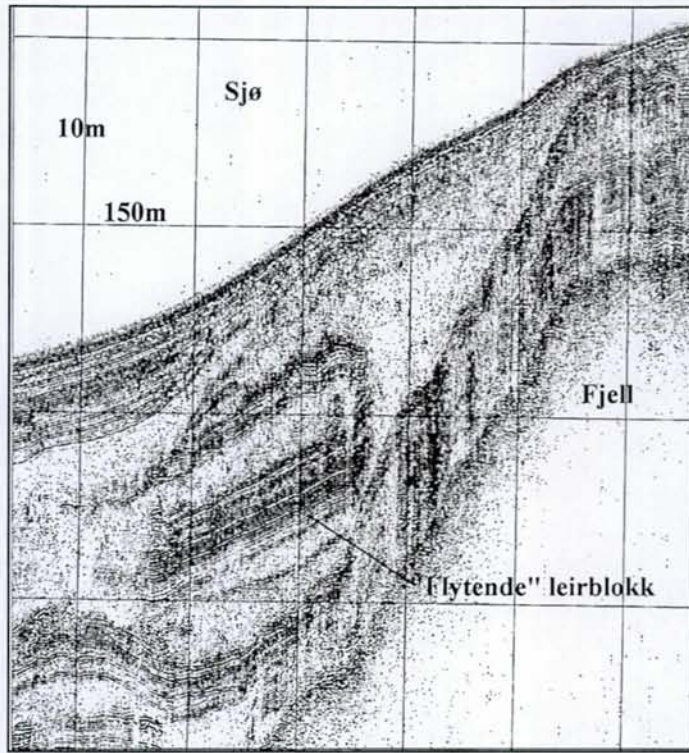


Fig. 13: 15 x 150 m leirblokk som "flyter" isolert i løsmasser. Vi antar at blokken er del av et skred som kan være utløst av et kraftig jordskjelv på slutten av istiden.

Disse forstyrrede sedimentene kan følges i hele den sentrale del av fjorden og flere steder inn mot land. For eksempel i Loddbukta viser seismikk tvers over ytre deler av Loddbukta en mektig pakke av akustisk lagdelte, finkornige sedimenter som ligger på fjell (Fig. 14).

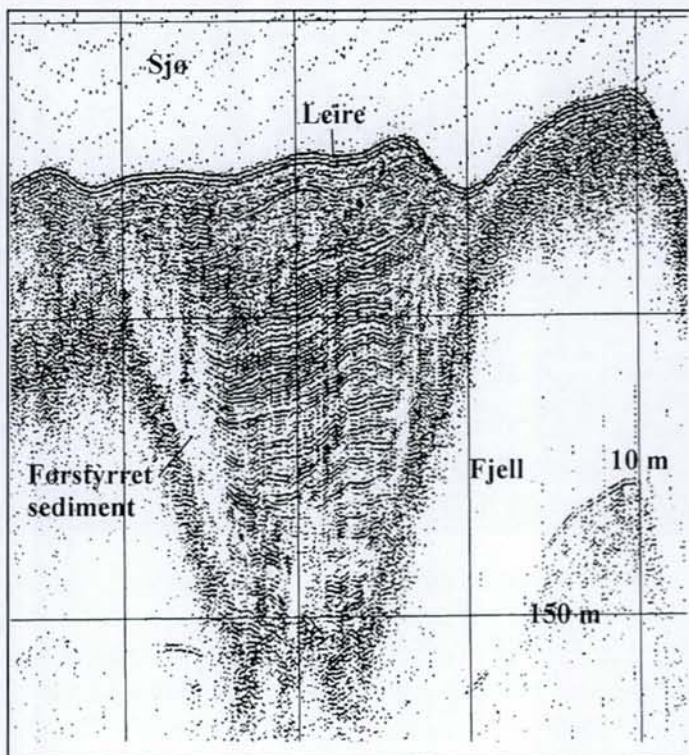


Fig. 14: Seismikk over ytre del av Loddbukta.



Seismikken viser tydelig at sedimentene har vært utsatt for deformasjoner eller vært i bevegelse og det er dannet akustisk transparente soner. Seismikken viste også at de finkornige sedimentene fortsetter inn på land.

På terrengmodellen av fjordbassenget (Fig. 12) ser man forsenkninger som minner om skredgroper. At det er skredgroper, blir bekreftet av seismikk som viser seismiske reflektorer som blir kuttet i noen av brattkantene. Skredgropene er gamle og helt sannsynlig dannet samtidig med den kraftige forstyrrelsen av leirene som er vist på figurene 11, 13 og 14. Trolig skyldes forstyrrelsen ett eller flere kraftige jordskjelv på slutten av isavsmeltingen for vel 9000 år siden. At vi ikke finner skredavsetninger i fjorden (med 2 unntak) fra etteristiden, tyder på at området er stabilt og at faren for leirskred skal utløses naturlig er meget liten. Fig. 16 viser skredet fra 1998 på bunnen utenfor Sandbukta (lokalisering på Fig. 12). Man kan tydelig se selve skredmassene og skredsåret på fjordbunnen. Fremdeles er det ustabile sedimenter knyttet til dette skredet. I østveggen av skredgropa, på 20 - 30 m vanddyp, henger en leirblokk med et tverrsnitt på ca 5 x 50 m (Fig. 15). Den interne lagdelingen av sedimentene i leirblokken viser at den har beveget seg. I bakkant av blokken, langs bevegelsesplanet, er lagdelingen helt utvisket og sedimentene er blitt såkalt akustisk transparente. Denne blokken vil høyst sannsynlig gli ut før eller senere.

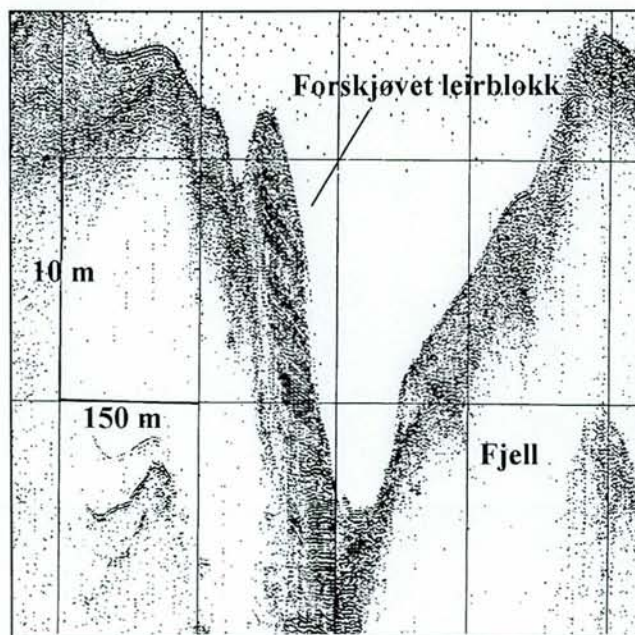
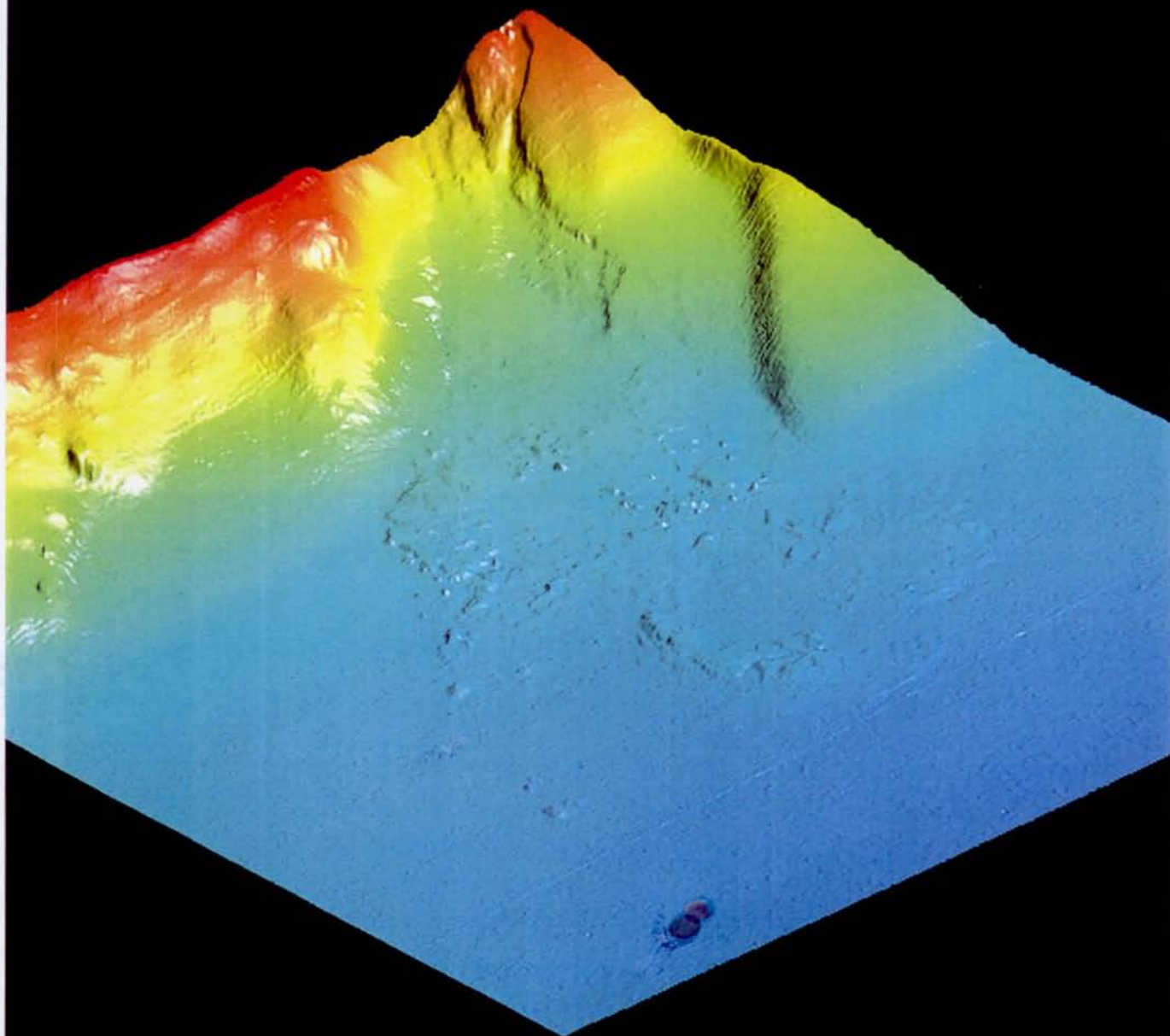


Fig. 15: «Hengende» leirblokk i den ene skredveggen av 1988-skredet.

Skredsåret ligger innenfor en gammel skredgrop som er glattet og avrundet i formen og 1988-skredet danner det eneste unge skredsåret i de områdene som ble dekket av multistråle-ekkolodd batymetri (Fig. 1).

# 1988 raset i Balsfjord



**3D modell**

*Fig. 16: Skyggerelieff-bilde av 1988-skredet på fjordbunnen utenfor Sandbukta basert på multistråle-batymetri.*

## Morenerygger hindrer utrasning

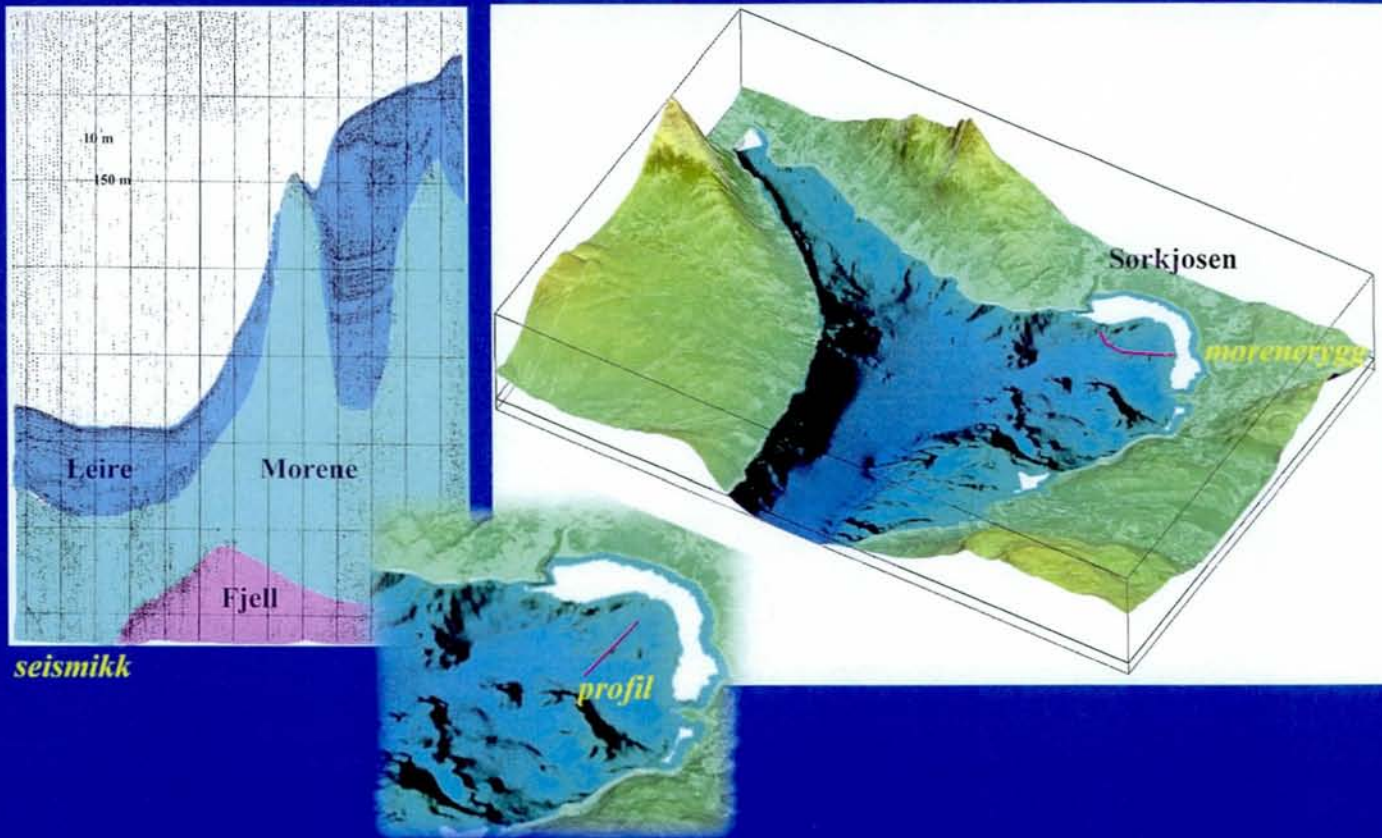


Fig. 17: Morenerygger tvers over Sørkjosen-leira virker som en demning for leirmassene og stabiliserer området.

Sørkjosen-leira (Fig. 17) utgjør et stort, grunt, areal med tykke avsetninger av leire som går fra sjøen og inn på land. Leira ender i en bratt skråning ned mot dypere vann. I tilfelle det fantes kvikkleire i området ville dette vanligvis bli vurdert som et område med stor skredfare. Nå viser seismikken at det går morenerygger tvers over bukta og at brattkanten ned mot dypere vann delvis dannes av morene. Ryggene danner en naturlig demning for leirmassene og virker som en stabilisator for hele området. I øst av leira, mot Marknes (se kart side 22), ligger det muligens tykke parti med leire utenfor moreneryggen og som bør stabilitetsvurderes, men heller ikke her er det registrert unge skred på sjøbunnen.

Seismikken i sjøen har videre vist skredkanter, skredavsetninger eller erosjonsrester av tykke pakker med finkornige sedimenter m.a. ved Kalvebukta, ved Russeneset lengre øst og på nordsida av Nordkjosen. Alle disse stedene viste Vegvesenets grunnboringer dårlige grunnforhold med sensitiv leire på land (Fig. 20). På nordsida av Nordkjosen viste kvartærgeologisk kartlegging at skredkanter strekker seg fra sjøen og inn på land. Detaljbatymetrien basert på de digitale enkeltstråle- og multistråle-ekkolodd-dataene viste bunnformer i disse områdene som tydet på erosjonsrester, skredgroper eller tykke avsetninger av finkornige sedimenter.

### ***Refraksjonsseismikk og georadarmålinger***

Indikasjonene på forstyrrede sedimenter i sjøen utenfor Loddbukta, ble fulgt opp med georadarprofil og refraksjonsseismikk på land. Tre profiler, to langs veien og et normalt på ble undersøkt med georadar og refraksjonsseismikk (eksempel s. 17). Georadar-registreringene viser at forsenkningen i fjellet fortsetter innover land og at det sannsynligvis ligger silt/leire under sand til langt ovenfor veien (se eksempel s. 17 og Fig. 7). Profilet normalt på veien viser at det er bygget ut lagdelte sedimenter fra bekken i strandsonen i bukta under landhevingen som har skjedd siden istiden. Disse sedimentene er høyst sannsynlig vannførende og kan føre til oppbygging av høyt poretrykk og utvasking av leire og lede til økt risiko for skred. Refraksjonsseismikken syntes å bekrefte at det ligger leire under strand- og bekkersedimentene i bukta.

Statens Vegvesen har utført en rekke geotekniske boringer i Loddbukta, fra ovenfor veien og ut i sjøen (se Fig. 20). Disse boringene ble gjort under arbeidet med å finne ny trase for E6. Boringene viste svært dårlige grunnforhold med sensitiv leire, til dels kvikk, både i sjøen og innover land. Dette bekrefter de indikasjoner på ustabile sedimenter som seismikk i sjøen og georadar på land har gitt.

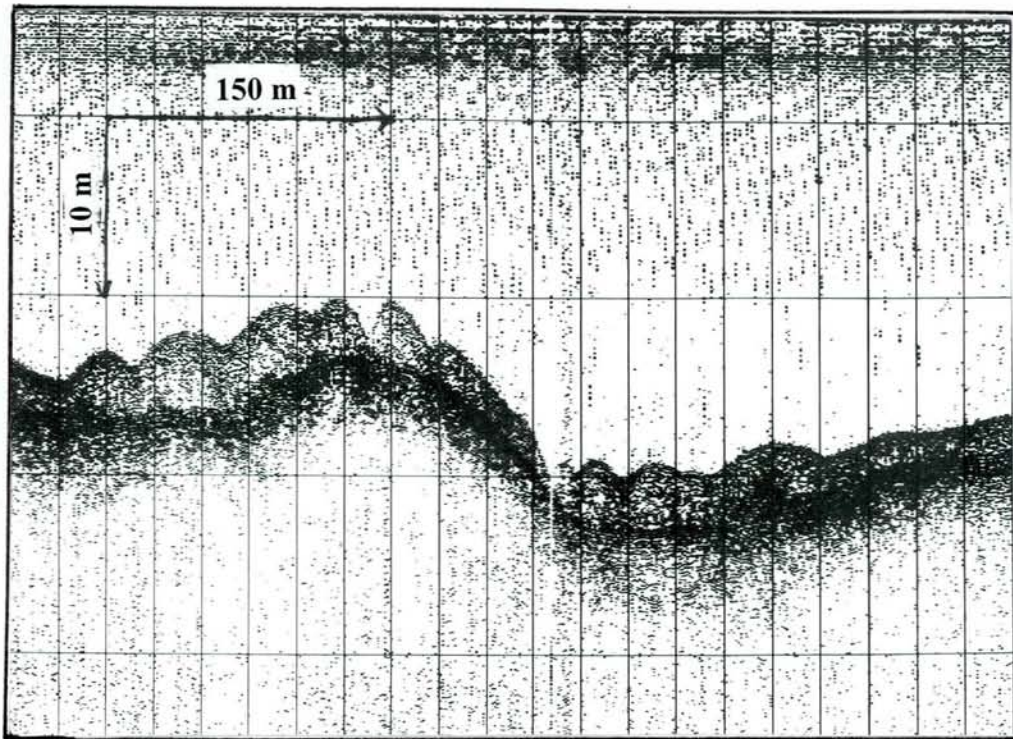
Det ble gjort georadar og refraksjonsseismiske registreringer også i Lavangsdalen (Fig. 1, eksempel s. 19), ved Mo, i Kalvebukta og på Storsteinnnes. Disse undersøkelser er rapportert i egen rapport (NGU Rapport 99.028, Tønnesen med flere 1999). De viser at georadar er et nyttig og raskt verktøy for å lage tredimensjonale modeller av sedimentær på land, men har sine begrensninger i strandsonen hvor sedimentene inneholder salter. Refraksjonsseismiske registreringer gir god informasjon om mektigheter til fjell, men er relativt langsom i utføring.

### ***Strandsonen under Henrikstind; seismikk, sidesøkende sonar og oppfølgende undersøkelser***

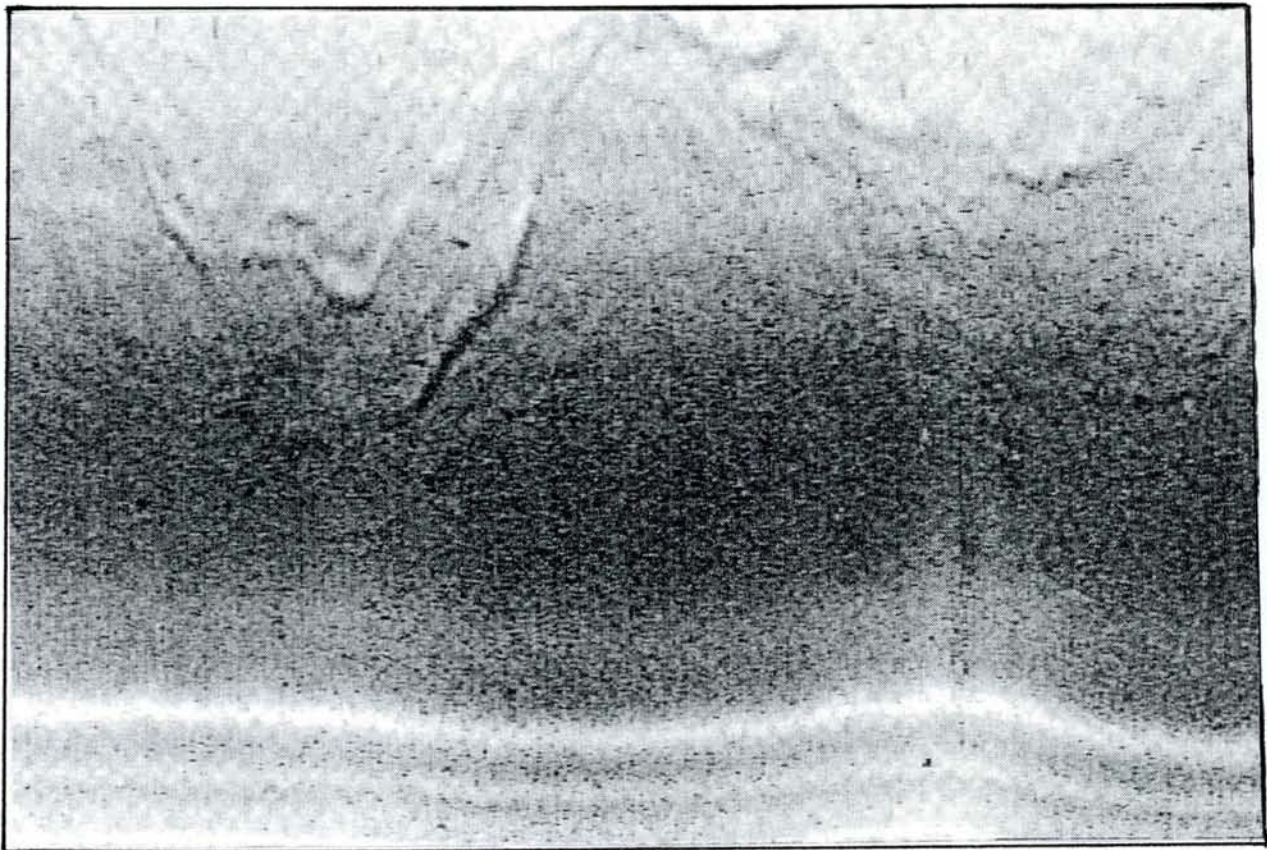
I deler av strekningen mellom Melelva og Tomasjordelva (forbi Mo planteskole) viste seismikken en uventet ujevn bunntopografi (Fig. 18). Det ble derfor gjort en sidesøkende sonarregistrering i samme området. Dette viste valker på bunnen fra marbakken og nedover, som minner mest om sigevalker i løsmasser som man kan se i skråninger i høyfjellet (Fig. 19). Sonarregistreringer som senere ble gjort i Sørfjorden (eksempel side 9) viser lignende former inntil skredgroper. Valkene ble tatt som signal på at marbakken i området kunne være ustabil. Folk som bor i området har også gjort observasjoner som kan tyde på ustabile forhold. Bestyrer ved Mo planteskole har registrert 1 m dype sprekker i sandige sedimenter like ovenfor stranden og flere mener å ha registrert at strandsonen og marbakken har endret seg i løpet av de siste årene. Det ble derfor både utført kvartærgeologisk kartlegging og undersøkelser med georadar og refraksjonsseismikk på land, og kartlegging med multistråle-ekkolodd i sjøen for om mulig å få bedre oversikt over hva formene betydde. Fig. 2 viser en GIS-sammenstilling av noen datasett fra området.

Den geologiske kartleggingen viste at det lå 4 m sand over leire i strandsonen. Det er også observert grunnvannsutslag med artesisk trykk i området. Georadarprofilene viser at det ligger lagdelte sedimenter over mer transparente sedimenter, sannsynligvis leire. De lagdelte sandige sedimentene kan føre mye vann og lede til høyt poretrykk og utvasking av leire (Tønnesen og Mauring 1999). Geotekniske boringer som vegvesenet har utført i forbindelse med planlegging av ny vegtrase, viser at det er leire i området (Fig. 20).

Multistråle-ekkolodd-dataene viser ikke tidligere omfattende skredvirksomhet i løsmasser i sjøen. Derimot ligger det et større fjellskred på fjordbunnen. Skredet har sannsynligvis gått like etter isavsmeltingen for rundt 9000 år siden. Også på land er dette skredet kartlagt (skredmasser har rød farge, se Fig. 20). I tillegg er det påvist flere skredvifter i løsmasser i den bratte dalsiden. Dette viser hvor det bør gjøres detaljerte skredfarevurderinger. Rekognoseringen har vist at løsmassene i strandsonen kan være ustabile og NGU har anbefalt kommunen å engasjere konsulentfirma for å få gjort en stabilitetsvurdering av området.



*Fig 18: Seismikk over ujevn bunntopografi i området utenfor Mo.*



*Fig. 19: Sidesøkende-sonar-registrering med sigevalker i marbakken i området ved Mo.*

## *Grunnundersøkelser fra Statens vegvesen*

Statens vegvesen Troms har utført en rekke grunnundersøkelser i forbindelse med veiprosjekter i Balsfjord. Det er foretatt en gjennomgang av et utvalg av disse rapportene for å verifisere områder med sensitive sedimenter (rapportnr. Xd-645B, Xd-645C, Xd-682A, Xd-682B, Xd-682E, Xd-761A, Xd-761C, Xd-770A). Resultatet av gjennomgangen er vist i Fig. 20.

De geotekniske undersøkelsene viser at en har sensitive og til dels kvikke sedimenter fra de østlige deler av Sørkjosen-området og til Russeneset. I de østlige områder av Sørkjosen er det påvist sensitive og til dels meget kvikke leirsedimenter til et dyp på over 20 m. I området mellom Markeneset og Sandbukta er det også leire, men disse er ikke sensitive og enkelte lag har en udrenert skjærfasthet på i underkant av  $20 \text{ kN/m}^2$ . I Loddbukta og Kalvebukta er det påvist sensitive og kvikke leirsedimenter. Videre østover fra Kalvebukta er det forholdsvis lite finkornige sedimentær, men dette øker betraktelig i området mot Russeneset. I Russenesbukta er det registrert sensitive og kvikke leirer ned mot 8 meters dyp.

De geotekniske undersøkelsene bekrefter i store trekk den maringeologiske og den kvartærgeologiske kartleggingen, men med de geotekniske undersøkelsene er det mulig å begrense de potensielle skredfarlige områdene mer i detalj.

På østsiden av Balsfjorden mellom Nordkjøsbøtn (Jernberg) og Tomasjordneset viser den maringeologiske og den kvartærgeologiske kartleggingen at det er mye mindre leirmektigheter enn på sørsiden av fjorden. Dette bekrefter grunnundersøkelsene som er utført av Statens vegvesen. I enkelte mindre soner er det registrert leirer med lav udrenert skjærfasthet, men i hovedsak ikke sensitive. I området mellom Havnesodden og Langskjæret finnes det opp til 6 m mektige leiravsetninger med en lav udrenert skjærstyrke ( $10\text{-}20 \text{ kN/m}^2$ ). I bukta like nordvest for Forskognes er det påvist leirer, men her er det ikke foretatt vingeboringer og skjærfastheten er derfor ukjent. Den kvartærgeologiske kartleggingen viser at denne bukta sannsynligvis er dannet av et leirskred (alder er ukjent). I et lite parti like sør for Aspenesodden er det påvist et leirlag på 3-4 m dyp, men heller ikke her er det utført vingeboring. I Melbukta er det påvist leire med svært lav udrenert skjærfasthet (mindre enn  $10 \text{ kN/m}^2$ ). Rapport Xd-770A konkluderer med at leiren ikke er sensitiv, men den ene vingeboringen indikerer at partier av leirsedimentene her kan være sensitiv. I områdene videre nordover mot Tomasjordneset konkluderes det i rapport Xd-770A at det for det meste er friksjonsjordarter. Noen av trykksonderingene indikerer imidlertid at det kan være leire i enkelte områder. Den kvartærgeologiske kartleggingen har også vist at en har leire i strandsonen, men det er ofte grunt til fjell, og leirene kan være dekket av flere meter med sand.

De geotekniske grunnundersøkelsene gir et viktig bidrag for å kunne plukke ut områder hvor det kan være fare for leirskred. Den maringeologiske og kvartærgeologiske kartleggingen klarer å påvise områder med mulig sensitiv leire, men med de omfattende geotekniske

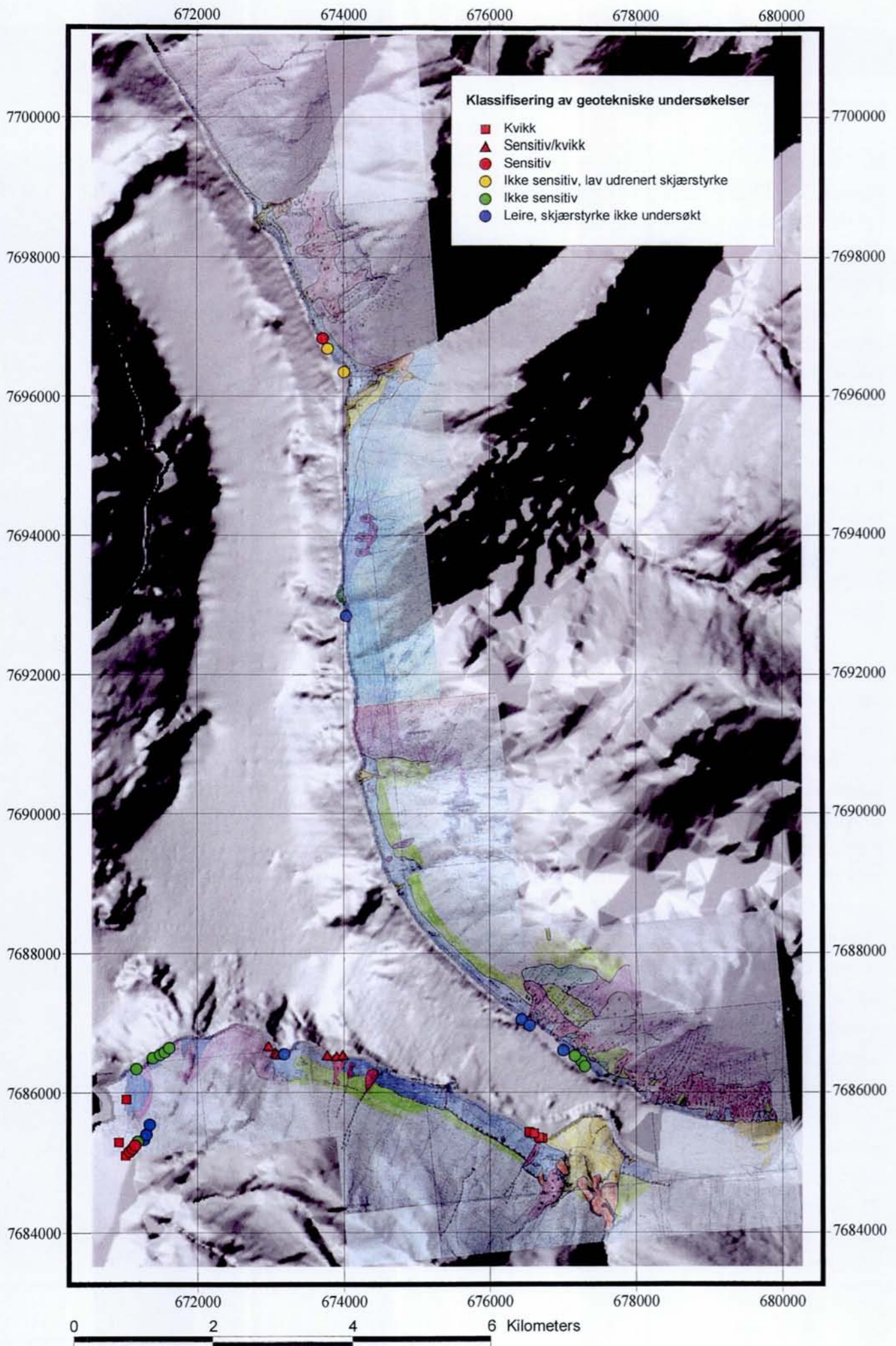


Fig. 20



undersøkelsene i området klarer en å avgrense de potensielle skredfarlige områdene i større detalj. I enkelte områder mener vi det kan være fare for leirskred selv om de geotekniske boringene indikerer at det er lite leire i området. Grunnen til dette er at det i enkelte partier er mindre lommer av leire som ligger over fjell. "Feil" lokalisering av boringene kan derfor føre til at en overser enkelte soner med sensitiv leire. Dette kan være tilfelle i området mellom Melbukta og Tomasjordneset. Kartleggingen av geologien i sjøen vil være meget viktig for en bedre evaluering av slike soner.

*Fig. 20: Figuren på motstående side gir en sammenstilling av topografi over og under vann, de kvartærgeologiske registreringene som er gjort langs deler av fjordsidene og geotekniske boringer. På kvartærkartet viser rosa farger fjell, grønne farger tykt eller tynt dekke av morene, oransje og gule farger viser sand og grus som er avsatt av elver, enten smeltevannselver fra istiden eller moderne elver. Blå farger viser enten silt og leire avsatt i fjorden eller mer sandige og grusige sedimentær dannet i strandsonen. De geotekniske boringene er angitt med fargesymboler som viser leirenes geotekniske egenskaper i henhold til tegnforklaringen på figuren.*

### **Jordskred i Balsfjord**

I forbindelse med den kvartærgeologiske kartleggingen i Balsfjord har vi fokusert på områder med fare for jordskred og lagt spesiell vekt på utløpsrekkeviddene for slike skred. Flere steder går det skred der de største når ned til stranden og ut i sjøen. Eksempelet på gravegrop i skredområder, side 23, er fra en grop i Sollia, mellom Nordkjosbotn og Balsfjordeidet. Dateringer av jordsmonn mellom skredlagene i gropa, viser stor skredaktivitet i området. Bare i løpet av de siste 1000 år har det gått 5 markerte skred i Sollia og antallet kan være større. Generelt kan vi si at frekvensen av denne type skred er høy i Balsfjord og er tre til fem ganger så stor som i tilsvarende skråninger på Østlandet.

Analyser av dalskråningene viser at jordskred utløses i helninger helt ned mot 28°. Dette er noe lavere enn det en ofte bruker når en skal vurdere faren for jordskred (30°). Alle løsmasseskråninger med gradienter høyere enn 28° vil være utsatt for slike skred (se helningskart, Fig. 21). Gravegroper gir den beste informasjonen om skredhyppighet og grunnlag for å vurdere regionale forskjeller i skredfrekvenser og bør inngå som en fast del av kvartærgeologisk kartlegging i basis for skredfarevurderinger.

Fig. 21 viser et eksempel på en skredfarevurdering for jordskred i området Musnes – Jernberg på nordsida av Nordkjosbotn. Ut fra fordelingen av skredavsetninger og andre løsmasser fra kvartærkartet (Fig. 20), dalsidenes gradienter og skredhyppighet ut fra erfaring/dateringer, er det trukket grenser markert med rødt på figuren som angir områder med en sannsynlig hyppighet på minst 1 skred pr. 1000 år. Mange av disse skredene går ut i fjorden og skredvifter på fjordbunnen ble påvist under den seismiske, strandnære rekognoseringen.

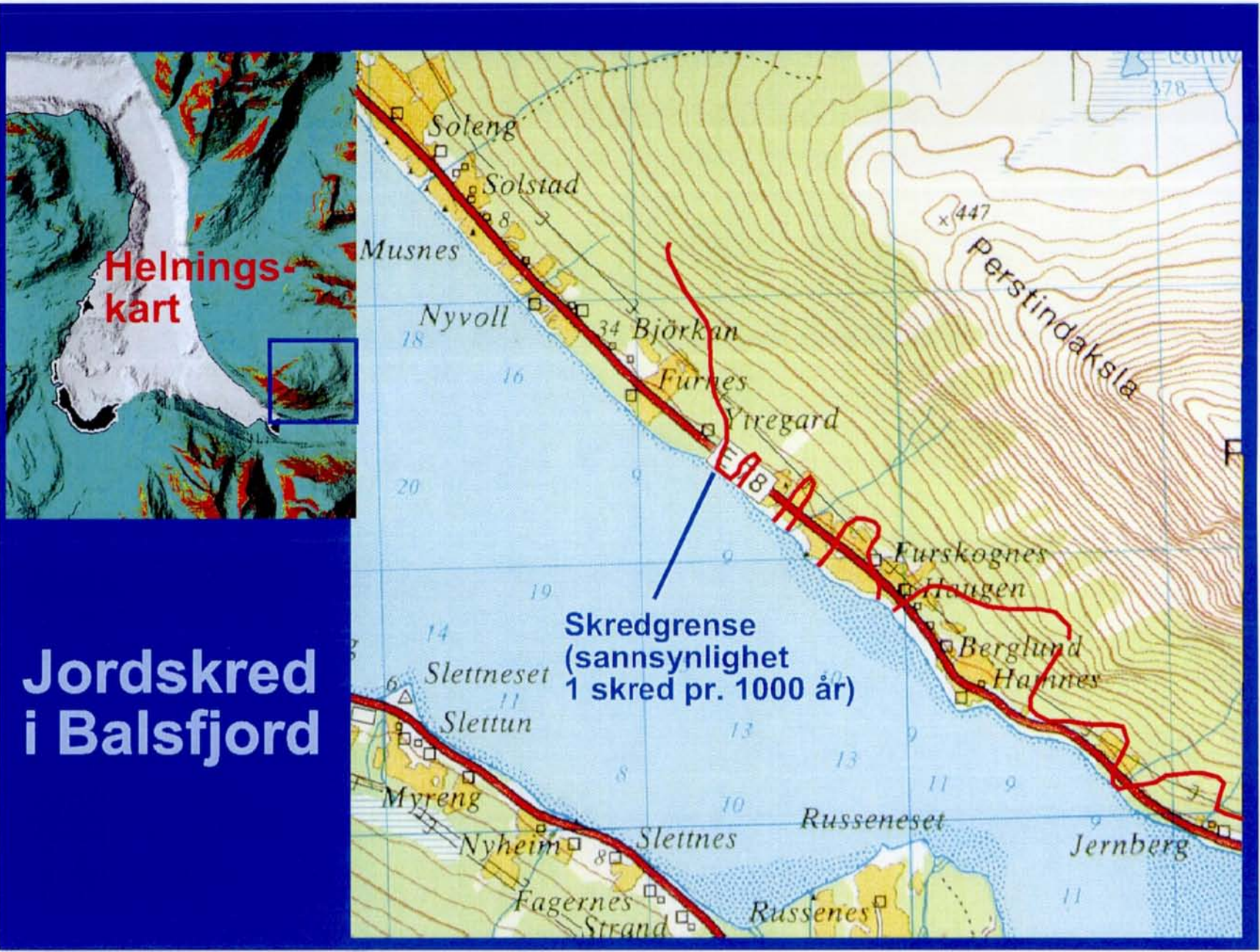


Fig. 21: Jordskredområde i Balsfjord. Helningskartet viser med gult de områdene som har skråninger mellom 28°-30° og rødt skråninger over 30°. I disse skråningene må det forventes løsmasseskred. Den røde streken avgrensner områder hvor en må regne med minst ett jordskred fra skråningen ovenfor pr. 1000 år.

### *Gule soner i Balsfjord*

Generelt går det meget sjelden leirskred i Balsfjord. En, eller noen få svære skredepisoder med utrasing av enorme leirmasser skjedde tidlig i etteristiden, mest sannsynlig utløst av kraftige jordskjelv. Etter det, har vi bare registrert to skred, ett skred (ca 4000 år gammelt) som må være utløst naturlig og ett skred (1988) som gikk samtidig som det var anleggsarbeid i området og hvor menneskelig aktivitet kanskje var utløsende årsak. Likevel er det påvist flere områder med sensitive til kvikke leirer i strandsonen og som ligger slik til at massene kan rase ut om en eller annen hendelse utløser massene. På basis av de data som er samlet inn og eller sammenstilt fra tidligere undersøkelser har vi plukket ut 11 områder eller såkalte "gule soner" som bør følges opp før man gjør inngrep i naturen (Fig. 22). Dersom områdene får ligge i ro, tilsier den lave hyppigheten av leirskred, som vi har registrert i Balsfjord, at skredfaren generelt er liten.

<i>Sone Nr.</i>	<i>Sted</i>	<i>Grunnlag for vurdering (stikkord)</i>	<i>Anvendte metoder</i>
1	Sørkjosen, østlige område	Skredgroper på land på østsiden av veien sørover fra Markenes. Brattkant i terrenget. Tykke leiravsetninger på land som fortsetter ut i sjøen ved Markenes, bratt marbakke/gammel skredkant. Ingen terskel i sjøen som holder på leira. Geotekniske boringer viser kvikke og sensitive leirer i området.	Kvartærkart, topografisk kart, enkeltstråle-ekkolodd-batymetri, seismikk, geotekniske boringer.
2	Sandbukta	Leirfylt sprekkedal som fortsetter ut i sjøen. Tykke leirer. Gamle og unge leirskred i sjøen og på land.	Topografisk kart, kvartærgeologisk kart, enkeltstråle/multistråle-ekkolodd-batymetri, seismikk.

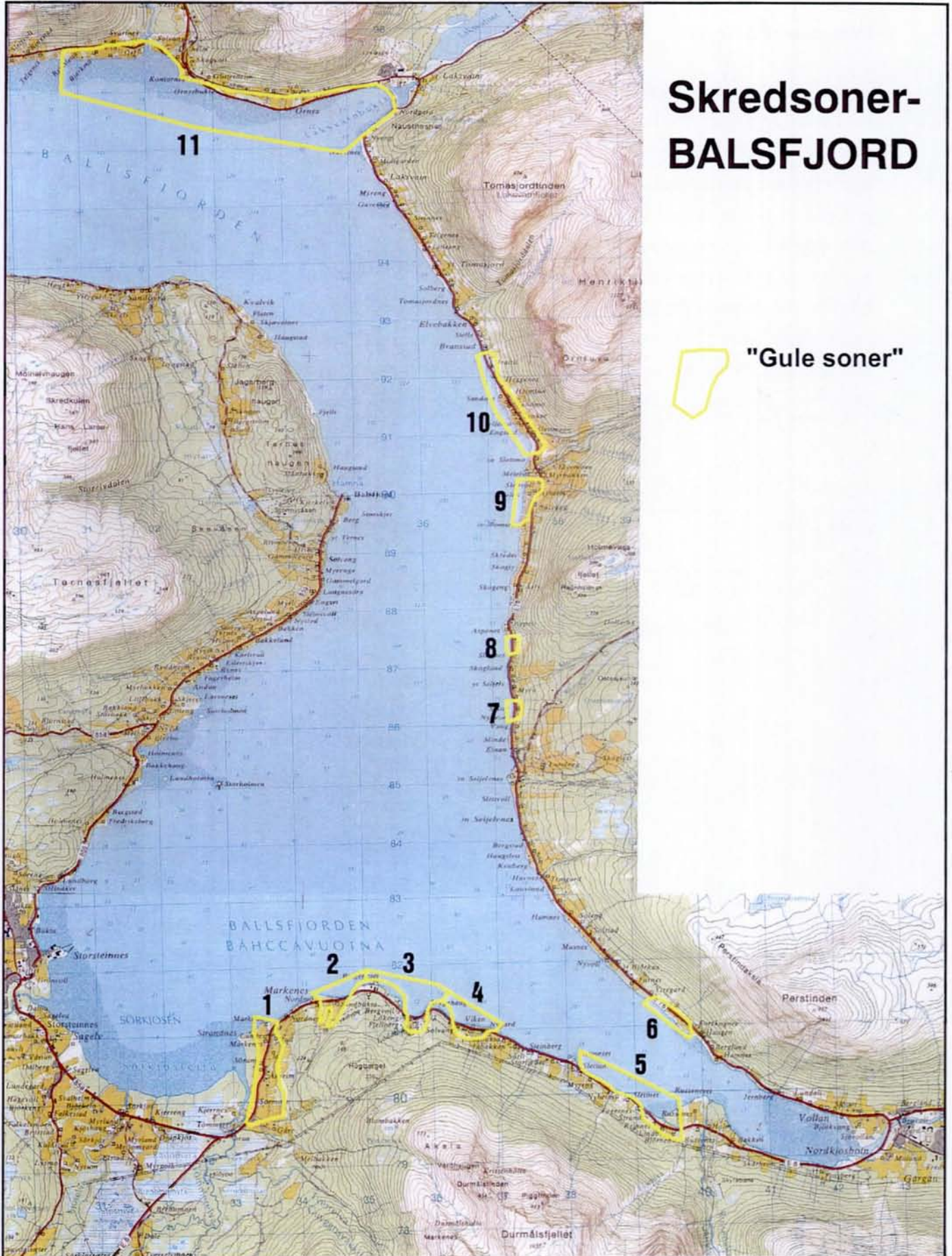


Fig. 22: "Gule" soner i Balsfjord.

<i>Sone Nr.</i>	<i>Sted</i>	<i>Grunnlag for vurdering (stikkord)</i>	<i>Anvendte metoder</i>
3	Loddbukta	Leirfylt forsenkning i fjellet som fortsetter ut i sjøen. Store gamle skredgroper og forstyrret lagfølge i sedimentene i sjøen: Ingen terskel som holder på sedimentene. Bratt marbakke og leire som fortsetter innover land under sandige strand- og bekkersedimenter. Geotekniske boringer viser sensitiv til kvikk leire.	Kvartærgeologi, seismikk, multi-/enkeltstråle- ekkolodd-batymetri, georadar, refraksjonsseismikk.
4	Kalvebukta	Gammel skredkant/bratt marbakke. Tykk leire på morene i sjøen og i strandsonen, leira tynner ut mellom stranden og 10 m o.h. Geotekniske boringer viser sensitiv til kvikk leire.	Multi-/enkeltstråle- ekkolodd-batymetri, seismikk, georadar, refraksjonsseismikk, kvartærgeologisk kart.
5	Russenesbukta	Marbakke med leire langs land. Strandavsetninger over leire på land. Geotekniske boringer viser kvikkleire under sand.	Enkeltstråle- ekkolodd-batymetri, seismikk, kvartærgeologisk kart.
6	Yttregard - Furskognes	Bratt marbakke i leire. Skredgroper i leire i strandsonen. Jordskred fra ovenforliggende skråning går ned til sjøen og avsetter vifter på sjøbunnen. Geotekniske boringer har påvist leire, skjærstyrke ikke testet.	Seismikk, enkeltstråle- ekkolodd-batymetri, kvartærgeologisk kart.
7	Slåttli	Leire under strandavsetninger på land? Leire i sjøen.	Kvartærgeologisk kart, seismikk.
8	Slåttnes – Aspenes	Leire under strandavsetninger. Strukturelt betinget forsenkning i berggrunnen fylt opp av leire. Leire i sjøen inn mot land. Geotekniske boringer bekrefter leire under strandavsetninger, skjærfasthet ikke testet.	Kvartærgeologisk kart, topografisk kart, seismikk.

<i>Sone Nr.</i>	<i>Sted</i>	<i>Grunnlag for vurdering (stikkord)</i>	<i>Anvendte metoder</i>
9	Melen	Sannsynligvis leire under sand. Bukt med drenering - fare for høye porevannstrykk.	Kvartærgeologisk kart, seismikk.
10	Melbukta – Brattli	Leire under sand. Sprekker og setninger i løsmassene i strandsonen og bratt marbakke med sig. Bekke-/skredvifter fra fjell til fjordbunn  Geotekniske boringer viser leire med lav udrenert skjærstyrke.	Kvartærgeologisk kart, seismikk, georadar, sidesøkende sonar, multistråle-ekkolodd-batymetri.
11	Laksvatn – Lavangen	Sand over leire i strandsonen, setninger i løsmassene. Bratt marbakke i leir, ”gamle” skredkanter i leir på brinken av fjordsida ned mot dypeste delen av fjorden. Ingen ”ung” skredaktivitet. Kvartærkart mangler.	Georadar, refraksjonsseismikk, enkeltstråle-ekkolodd batymetri, seismikk, sidesøkende sonar.

## 6. VURDERING AV TESTEDE METODER

### 6.1 Refleksjonsseismikk i sjøen

- refleksjonsseismikk er en rask og effektiv metode for å påvise finkornige sedimentær i strandsonen og å se tidligere skredaktivitet i et område.
- effektiv metode for å kartlegge fortsettelse av sedimentær fra land og ut i sjøen
- seismikk gir mest informasjon kombinert med detaljerte kart/bilder av bunnen - enten sidesøkende sonar eller multistråle-ekkolodd-opptak.

#### *Anbefaling:*

Metoden bør benyttes som standard i fase 2 av en regional vurdering av skredfarlige sedimentær i strandsonen. For optimal bruk av seismikk-metoden i en regional oversikt, bør geologien et stykke utover i sjøen kartlegges ved en kombinasjon hvor en legger en linje med opptettinger nært land og en til to nye linjer et stykke ut fra land. Det er viktig at seismiske linjer også legges normalt inn mot stranden der hvor man ser at leirfylte forsenkninger går ut fra land, enten på det kvartærgeologiske kartet eller seismikk-registreringene. I områder hvor man påviser stor skredaktivitet bør det seismiske nettet tettes opp slik at man kan gjøre en sikker skredfrekvensvurdering for området.

Metoden bør som standard suppleres med utstyr som gir et flatedekkende bilde av havbunnen (se under sidesøkende sonar eller multistråle-ekkolodd).

### 6.2 Sidesøkende sonar

- Sidesøkende sonar-registreringer med høy oppløselighet kan gi viktig informasjon om ustabilitet i strandsonesedimenter og spesielt om overflateskred og sig i marbakken.
- Sonarer med liten rekkevidde, som i denne testen, er tidkrevende å operere på grunt vann med varierende bunntopografi og ujevn kystlinje.
- Sonar-registreringer vil trolig i nær framtid delvis kunne erstattes av prosesserte bilder fra multistråle ekkolodd-data som blir mer og mer detaljerte ettersom teknologien utvikles

#### *Anbefaling:*

Sonar-registreringer bør supplere høyoppløselig seismikk i regionale undersøkelser. En sonar med relativ stor rekkevidde og som kan taes i overflateposisjon (dette er ikke testet), vil forenkle operasjonen og være et viktig supplement til høyoppløselig seismikk i en strandnær registrering av bunn- og stabilitetsforhold. Det forutsettes akseptabel kvalitet på sonar-

registreringene fra overflatetauet posisjon. (slik sonar var ikke tilgjengelig under testen). Dersom fartøyet opererer multistråle-ekkolodd med stor datatetthet kan sonar sløyfes.

### 6.3 Enkeltstråle-ekkolodd

- Innsamling av enkeltstråle-ekkolodd data i forbindelse med seismikkundersøkelser er en relativ rask metode for å framskaffe en røff terrengmodell i mindre områder og ved objektundersøkelser hvor digitale data mangler.
- avlegs metode for å samle inn data for å lage terrengmodeller over større arealer.
- terrengmodeller basert på enkeltstråle-ekkolodd-data med tetthet som Sjøkartverkets standard (se eksempel på s.11) er godt egnet for skråningsanalyser, påvisning av større skredgroper og gir indikasjoner på hvor man finner tykke sedimentlag i strandsonen.
- digitalisering av sjøkart og hydrografiske originaler basert på enkeltstråle-ekkolodd-data gir gode terrengmodeller, men detaljeringsgraden blir dårligere enn på kart basert på digitale enkelt- eller multistråle-ekkolodd-måledata. Kartene gir liten detaljinformasjon til nytte i skredfarevurdering og vurderes derfor som kostbare data i forhold til nytteverdi.

#### *Anbefaling:*

Eksisterende digitale enkeltstråle-ekkolodd-data hos Sjøkartverket eller i konsulentfirma bør benyttes i regional skredfarevurdering. Nyoppmåling av havbunn bør fortrinnsvis gjøres med multistråle-ekkolodd. Er ikke multistråle-ekkolodd tilgjengelig, kan man få gode terrengmodeller med bruk av enkeltstråle-ekkolodd, men det blir tidkrevende og dyrt å dekke store arealer. Man må ned på profilavstand på 10 m eller mindre for å få detaljeringsgrad som kan ligne på multistråle-ekkolodd registreringer.

### 6.4 Multistråle-ekkolodd

- prosesserte multistråle-ekkolodd-registreringer gir "flyfoto" av bunnen og muliggjør en sikker identifikasjon av tidligere skredaktivitet.
- multistråle-ekkolodd batymetri er et **meget** godt hjelpemiddel i skredfarevurderinger – spesielt ved detaljerte undersøkelser og prosessstudier.
- siste generasjon ekkolodd gir bedre oppløsning enn gamle, dekker større bunnareal og kan opereres i høyere hastigheter, noe som gjør metoden mer kostnadseffektiv.

#### *Anbefaling:*

Multistråle-ekkolodd-registreringer av havbunnen **er av meget stor verdi** og gjøres så langt råd er i forbindelse med detaljerte skredfarevurderinger. For en regional skredfarevurdering anbefales bruk av eksisterende data. Dersom et multistråle-ekkolodd av typen EM 3000 eller tilsvarende kan opereres samtidig med seismikk fra samme fartøy, kan sidesøkende sonar



sløyfes. Hvis seismikk og multistråle-batymetri opereres fra to fartøyer, kan nyinnsamling fort bli dyrt og bør trolig begrenses til områder der en vurderer det nødvendig med en mer detaljert oppfølging av ”gule” soner. Dette kan være langs hovedferdselsårer, befolkningsentra eller i områder hvor man planlegger omfattende anleggsarbeider.

## 6.5 Prøvetaking av bunnsedimenter

- sedimentkjerner er nødvendige for å få absolutte dateringer av undersjøiske skred og for å etablere sikre skredfrekvensvurderinger for et område.
- i mange tilfeller krever det omfattende analyser av kjernene for å påvise skredlag.

### *Anbefaling:*

I en overordnet, regional vurdering av om et område har en mulig skredfare er det ikke nødvendig med kjerner, men skal man inn med omfattende utbygginger i et område, bør man sterkt vurdere å etablere skredfrekvens i området og derfor gjennomføre prøvetaking og datering av eventuelle tidligere skred.

## 6.6 Georadar

- velegnet metode for påvisning av sjiktninger i sedimentene, som for eksempel sand over leire.
- viser godt grunnvannspeil og mulighet for høye poretrykk.
- godt tilskudd til kvartærgeologisk kartlegging for å etablere 3-D modeller av lagfølge og sedimenttykkelse.
- har sin begrensninger hvis sedimentene inneholder for mye salt for eksempel nær strandnivå.
- metoden er relativt rask i felt, men krever en del oppfølgende prosessering.
- tolkning av data blir styrket ved korrelasjon mot boringer.

### *Anbefaling:*

Metoden anbefales utstrakt brukt i tilknytning til kvartærgeologisk kartlegging hvor skredfarevurdering er en viktig del.

## 6.7 Refraksjonsseismikk på land

- metoden gir dyp til fjell og sannsynlig lagfølge i sedimentene.
- gir lydhastighet i sedimentene og mulig tolkning av sedimenttype.
- langsom metode i felt.

*Anbefaling:*

Metoden kan gi viktig informasjon om løsmassene i strandsonen, men kan til dels erstattes av en kombinasjon av seismikk i sjøen og georadar på land og korrelasjon mellom resultatene. Anbefales derfor ikke brukt i regionale undersøkelser.

## 6.8 Kvartærgeologisk kartlegging

- kvartærgeologiske kart gir utbredelsen av marine sedimenter på land og i noen tilfeller i sjøen
- kvartærgeologiske kart inneholder i varierende grad informasjon om løsmassemektighet og lagfølge
- nødvendig informasjon for skredfarevurdering

*Anbefaling:*

**Kvartærgeologiske kart er nødvendig** for å gjøre en skredfarevurdering. Områder prioritert for en slik vurdering bør først dekkes av kvartærgeologisk kartlegging i målestokk 1:50 000 eller større. Kartene bør inneholde mest mulig informasjon om sedimentdyp, strukturelle forsenkninger i terrenget og tredimensjonale modeller av lagfølge som leire under sand osv. Det bør også gjøres en lineamentanalyse av terrenget for å få fram viktige sprekkeretninger i fjellgrunnen som kan ha betydning for løsmassemektighet og grunnvannsdrenering. Man bør registrere grunnvannsutslag.

Eksisterende kart kan ha mangelfull informasjon om stratigrafi og i noen tilfeller synes sekkebegrepet; ”Hav- og fjordavsetning, usammenhengende eller tynt dekke over berggrunnen” å ha blitt brukt i for stort omfang. Termen er nok dekkende for området, men leirfylte forsenkninger som kan representere reell skredfare kommer ikke fram i kartbildet.

## 6.9 Gravinger i skredmasser på land

- effektiv metode for å etablere skredfrekvens og vurdere fare forbundet med å bygge og bo i utsatte områder

*Anbefaling:*

Bør benyttes som del av kvartærgeologisk kartlegging for å etablere skredfare i bratte skråninger og i dalbunnen eller i strandsonen under skråningene.

## 7. ØKONOMI

Følgende priser anskueliggjør hva undersøkelser med de testede metoder koster. Prisene er basert på Statens kartverk - Sjøkartverkets og NGU's rater og vil kunne variere etter hvem som utfører undersøkelsene. Prisene avhenger også av områdets beskaffenhet, avstand mellom undersøkelsesområder osv. og må oppfattes som omtrentlige og foreløpige priser.

kvartærgeologisk kartlegging	kr.	6000 pr km <sup>2</sup>
seismikk + sonar,		
profiltetthet 3x undersøkt strandlinje	kr.	2000 pr km strandlinje
multistråle-ekkolodd-registreringer	kr.	6000 pr km <sup>2</sup>
georadarprofilering	kr.	4000 pr profilkm
refraksjonsseismiske registreringer	kr.	20000 pr profilkm
databearbeiding pluss omkostninger	kr.	600 pr time

### Eksempel på en skredfarevurdering i en fjord med 40 km strandlinje.

Faser og soner er i følge terminologi innført i NTNU Rapport: *Videreføring av kartlegging av fare for løsmasseskred i Norge (se kap. 8)*.

Fase 1: "Gule" soner bestemmes på basis av kvartærgeologisk kart og geotekniske data innenfor de områder som på samfunnsøkonomiske kriterier er prioritert for en skredfarevurdering. Hvis kvartærgeologisk kart mangler, utarbeides dette.

1 km bred sone langs stranden kartlegges kvartærgeologisk	kr. 240 000
5 km georadarprofiler	kr. 20 000
1 gravegrop med dateringer (eksempel Sollia)	kr. 30 000

Fase 2: Seismikk/sonar langs de "gule" soner – erfaring fra Finneidfjord/Balsfjord - ca 1/3 eller mindre av strandlinjen

	kr. 30 000
--	------------

Høyest prioriterte områder - ca 1/6 eller mindre av strandsonen i – dekkes av 1 km bred sone multistråle-batymetri

	kr. 50 000
--	------------

Innsnevrede "gule" soner følges opp geoteknisk, "Røde og grønne" soner bestemmes

Fase 3: Geoteknisk oppfølging av noen kritiske "røde" soner.

Omtrentlig pris pr strandkilometer for kvartærgeologisk kartlegging og undersøkelser i sjøen blir da i størrelsesorden kr. 9000.- . Geotekniske undersøkelser kommer i tillegg.

Isolert sett er prisen pr km strandlinje høy. Det må imidlertid tas med i betraktning at største kostnadene er knyttet til den kvartærgeologiske kartleggingen, som er et helt nødvendig grunnlag for en skredfarevurdering. I deler av Nordland og Troms finnes kart og her vil kostnadene bli tilsvarende lavere.

## 8. OPPFØLGING OG KONKLUSJONER

Alle metodene som er testet er egnet til bruk i skredfarevurdering, men noen er viktigere enn andre og man må vurdere en nyansert bruk av metodene i ulike faser av en skredfarevurdering.

Ut fra erfaringer gjennom testprosjektet gjør vi følgende konklusjoner.

Faser og soner er i følge terminologi innført i NTNU Rapport: *Videreføring av kartlegging av fare for løsmasseskred i Norge.*

*Fase 1: Regional utplukk av områder med potensiell skredfare – ”gule soner”.*

*Fase 2: Oppfølgende undersøkelse av ”gule” soner – inndeling i ”røde” - skredfarlige – soner og ”grønne” soner – ”friskmeldte” ”gule” soner.*

*Fase 3: Oppfølging av spesielt kritiske ”røde” soner.*

### Fase 1.

- kvartærgeologiske kart er nødvendige og hvor de mangler innenfor prioriterte områder startes en kartlegging i målestokk 1:50 000 eller større. Det kartlegges en 1 km bred sone fra stranden og innover. Kartleggingen bør fokusere på tredimensjonale data og det bør vurderes utstrakt bruk av georadar og sonderboringer for å kunne lage best mulig geologiske modeller over områder hvor det finnes leire på land; enten i overflaten eller begravd under andre sedimentær. Man bør vurdere å kjøre litt seismikk sentralt i fjordene under kartleggingen for å avdekke om området har stor skredaktivitet i sjøen. Dette kan avgrense omfanget av de gule soner og effektivisere Fase 2 (dette er ikke lagt inn under regneeksempelet s. 58).
- innsamling og klassifisering av lett tilgjengelig geotekniske undersøkelser i området foretas.
- gradientanalyser av skråninger på land og i sjøen (hvor gode nok kart finnes) gjøres.

### Fase 2.

- når man på basis av Fase 1 har plukket ut gule områder, bør disse følges opp med seismikk i sjøen og en eller annen form for bilde av sjøbunnen. Dette kan være sonarbilder, men da må man finne optimal sonarutrustning som kan taues tilnærmet i overflate-posisjon. Multistråle-ekkolodd-data vil kunne erstatte sonarbildene, men hvis man må operere med to tokt, vil de være dyrere i innsamling. Alternativt kan multistråle-ekkolodd-data innsamles samtidig med og fra samme fartøy som seismikk-undersøkelsen. Dataene har en klar fordel ettersom de er digitale og arealdekkende og lett kan brukes i GIS-sammenheng. Gradientanalyser foretas i strandsonen.
- man bør nyansere detaljeringsgraden i oppfølging av gule soner. I områder med hovedkommunikasjonsårer og eldre veier eller jernbanelinjer, hvor man har gjort utbedringer og hvor utbedring og vedlikeholdsarbeider utføres, vil det være fornuftig å lage en terrengmodell basert på multistråle-ekkolodd og begrenset seismisk registrering, for å se om tidligere aktivitet har utløst skred i sjøen og for å vurdere om nye vedlikeholds-arbeider kan utløse skred. I områder hvor man planlegger større utbygginger i strandsonen bør det lages terrengmodell basert på multistråle-ekkolodd-opptak og en omfattende seismisk

registrering for å kartlegge fjellflaten, sedimentene over og sedimentenes forsettelse fra land og ut i sjøen. Man må få fastlagt om området har naturlig forekommende skredaktivitet eller om menneskelig aktivitet er viktigste faktor som kan utløse skred.

- Innsamling, vurdering og klassifisering av geotekniske data suppleres. Nye geotekniske undersøkelser foretas der dette mangler.

### **Fase 3.**

- geotekniske undersøkelser og eventuelt oppfølgende geologiske undersøkelser i sjøen og på land i spesielt kritiske "røde" soner.

## 9. REFERANSER

Emdal, A., Nordal, A., Janbu, N. 1997: Videreføring av kartlegging av fare for løsmasseskred i Norge. Høringsutkast. NTNU Rapport O.97.03-1.

Gregersen, O. 1999: Testprosjekt Tromsø. Kartlegging av skredfare. NGI Rapport 980074-1.

Muir Wood, R. 1989: The Scandinavian Earthquakes of 22 December 1759 and 31 August 1819. *Disasters* 12, 223-236.

Tønnesen, J. F., og Mauring, E. 1999: Georadarmålinger og refraksjonsseismikk utført i 1998 i forbindelse med skredfarekartlegging i strandsonen i Balsfjord kommune. NGU Rapport 99.028.

Sleipnes, A 1997: RV808-01: Finneidfjord XE6-Hemnesberget FK. Skred ved Finneidfjord, supplerende undersøkelser. Statens vegvesen, Nordland, Oppdrag Wh-07-07, rapport 8.

Flaathe, G. 1993: E6-07: Bjerka – Finneidfjord N. Parsell: Valla – Breivika. Profil 0 – profil 2940. Statens vegvesen, Nordland. Oppdrag Wh-07-08, rapport 1.

Bergstrøm, B. 1995: ELSFJORD. Kvartærgeologisk kart 1927 III – M 1 : 50 000, med beskrivelse. Norges geologiske undersøkelse.

Olsen, L., Sveian, H. og Blikra, L. H. 1996: KORGEN 1927 II. Kvartærgeologisk kart – M 1 : 50 000, med beskrivelse. Norges geologiske undersøkelse.

Janbu, N. 1996: En samlet vurdering av forholdene før, under og etter skredet i Finneidfjord 20. juni 1996. Årsaksvurdering. Rapport nr. 1, rev. 1, 18. nov. 96.

Geotekniske rapporter fra Statens vegvesen i Troms:

Rapportnr. Xd-645B, Xd-645C, Xd-682A, Xd-682B, Xd-682E, Xd-761A, Xd-761C, Xd-770A.