


NGU Rapport 2001.016

Georadarundersøkelser av mulige forkastninger  
og fjellskredavsetninger i Flåmsdalen, Sogn og  
Fjordane.

Rapport nr.: 2001.016		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: Georadarundersøkelser av mulige forkastninger og fjellskredavsetninger i Flåmsdalen, Sogn og Fjordane.			
Forfatter: Torleif Lauritsen, Harald Elvebakk og Lars Harald Blikra		Oppdragsgiver: NGU/NFR/Aurland kommune	
Fylke: Sogn og Fjordane		Kommune: Aurland	
Kartblad (M=1:250.000) Odda		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1416 IV Aurland	
Forekomstens navn og koordinater: Gudmedal 40000/674515, 32V WGS84 Holo 39830/674390, 32V WGS84 Heimdal 39800/674700, 32V WGS84		Sidetall: 11 Kartbilag: 4	Pris: 130,-
Feltarbeid utført: Oktober 2000	Rapportdato: 07.03.2001	Prosjektnr.: 2689.01	Ansvarlig: 
Sammendrag:			
<p>NGU har utført georadarmålinger innenfor 3 lokaliteter i Flåmsdalen i Sogn og Fjordane. Hensikten med målingene var å studere strukturer og mektighet av skredmasser og påvisning av mulige sprekker i fjell. Arbeidet inngår i FOU-prosjekt 139034/222 "Studie av fjellskred og dalsidestabilitet i fyllittområder". De 3 lokalitetene som ble undersøkt var Gudmedal, Holo og Heimdal.</p> <p>Georadarmålingene viser at dybderekkevidden i fjellskredmaterialet er begrenset, trolig på grunn av at fyllittmassene har en relativt høy elektrisk ledningsevne. Dybderekkevidden for georadarbølgene ligger stort sett på 5-9 m i opptakene (Holo og Heimdal). Dette viser også at det kan være problematisk å bruke elektriske motstandsmålinger for å kartlegge vannivå/vannkanaler eller grunnvannsspeil i skredmasser bestående av fyllittmateriale.</p> <p>Selv om opptakene viser en begrenset dybderekkevidde og ofte et kaotisk reflektormønster, er det mulig å se enkelte interne strukturer. I nedre del av Holo kan en trolig se fjelloverflaten og moreneoverflate. Flere av profilene, både fra Holo og Heimdal, viser interne reflektorer som er tolket til å være laggrenser mellom flere skred eller interne skjærsoner i skredmassene. Ved Holo er også en slik laggrense dokumentert gjennom en graving der et gammelt jordsmonn beviser to skredepisoder. I øvre deler av Holo ser det også ut til å være reflektorer som antyder grunne vannivå på 2-5 m dyp. Kombinasjonen av geologisk kartlegging, graving og georadarmålinger viser at fjellskredmassene i dalsidene har stor mektighet, og det er ikke spor etter eldre marine sedimenter eller elveavsetninger under eller over skredene i dalbunnen. Dette indikerer at det har vært store bevegelser i massene i relativt ung geologisk tid.</p> <p>Georadarmålingene i Gudmedalen er vanskelige å tolke, men de viser klart en nedbøyning av laggrenser i løsmasser som indikerer utvidelse av sprekkesoner med påfølgende innsynking av løsmasser.</p> <p>Generelt viser resultatene at fjellskredmassene i området kan ha et komplisert bevegelsesmønster med flere skred og interne skjærsoner. Videre viser de at en kan ha flere separate vannivåer i massene. Dette må en ha i tankene, og det vil få betydning for hvordan poretrykksmålinger, bevegelsesmålinger og tracerforsøk utføres.</p>			
Emneord: Geofysikk	Kvartærgeologi	Georadar	
Skredavsetninger	Fjellskred	Løsmasser	
Fyllitt		Fagrapport	

## **INNHold**

1. INNLEDNING .....	4
2. TIDLIGERE UNDERSØKELSER.....	4
3. MÅLEMETODE, UTFØRELSE OG PROSESSERING .....	4
4. RESULTATER .....	5
4.1 Gudmedal .....	5
4.2 Holo.....	5
4.3 Heimdal .....	7
5. KONKLUSJON OG DISKUSJON.....	8
6. REFERANSER .....	9

## **TEKSTBILAG**

Georadar - metodebeskrivelse

## **KARTBILAG**

- 2001.016-01: Oversiktskart, Flåm (M 1 : 50 000)
- 02: Georadaropptak, profil 1 og 2 (M 1 : 5 000)
- 03: Georadaropptak, profil 3, 4 og 7 (M 1 : 5 000)
- 04: Georadaropptak, profil 5 og 6 (M 1 : 5 000)

## **TABELLER**

Tabell 1: UTM-koordinater for georadarprofilenes endepunkter og knekkpunkter

## 1. INNLEDNING

NGU har utført georadarmålinger innenfor 3 lokaliteter i Flåmsdalen i Sogn og Fjordane. Hensikten med målingene var å teste bruken av georadar i skredmasser dominert av fyllitt, for derfor å kunne studere interne strukturer og mektighet av skredmasser og påvisning av mulige sprekker i fjell. De 3 lokalitetene som ble undersøkt var Gudmedal (P1 og P2), Holo (P3, P4 og P7) og Heimdal (P5 og P6). Områdenes beliggenhet er vist i oversiktskart –01. Tabell 1 viser georadarprofilenes UTM-koordinater i WGS84.

Profil	UTM-øst	UTM-nord	UTM sone	Geoide
<b>Gudmedal:</b>				
P1	399916	6745183	32	WGS84
P1	399810	6745292	32	WGS84
P2	400263	6745222	32	WGS84
P2	400156	6745302	32	WGS84
<b>Holo:</b>				
P3	398179	6743609	32	WGS84
P3	398179	6743624	32	WGS84
P3	398201	6743669	32	WGS84
P3	398202	6743784	32	WGS84
P3	398160	6743851	32	WGS84
P4	398239	6743717	32	WGS84
P4	398152	6743686	32	WGS84
P7	398424	6743829	32	WGS84
P7	398443	6743818	32	WGS84
P7	398438	6743933	32	WGS84
P7	398371	6743996	32	WGS84
<b>Heimdal:</b>				
P5	398066	6747117	32	WGS84
P5	398022	6746919	32	WGS84
P5	398028	6746818	32	WGS84
P5	398041	6746788	32	WGS84
P6	398067	6747027	32	WGS84
P6	397951	6747117	32	WGS84

Tabell 1: UTM-koordinater for georadarprofilenes endepunkter og knekkpunkter.

Arbeidet inngår i FOU-prosjekt 139034/222 "Studie av fjellskred og dalsidestabilitet i fyllittområder" (Domaas m.fl. 2000).

Målingene ble utført 9.-10. oktober 2000 av Harald Elvebakk fra NGU, med assistanse fra Aurland kommune.

## 2. TIDLIGERE UNDERSØKELSER

Entreprenør Spilde A/S har utført 2 løsmasseboringer og to gravinger ved Holo (Domaas m.fl. 2000). Resultatene herfra er benyttet ved tolking av georadaropptakene. NGU har tidligere ikke utført geofysiske målinger ved lokalitetene som omfattes av denne rapporten.

## 3. MÅLEMETODE, UTFØRELSE OG PROSESSERING

En generell beskrivelse av georadarmetoden er gitt i tekstbilag 1. Målingene ble utført med digital georadar av typen pulseEKKO 100 (Sensors & Software Inc., Canada). Det ble benyttet 100 MHz-antennene og 1000 V sender. Ved Gudmedal ble målingene supplert med 50 MHz-antennene. Profilene er målt med total opptakstid på 800 ns. Samplingsintervallet var 0.8 ns og signalene ble summert 8 ganger (unntaksvis 4 ganger ved Gudmedal) ved hvert målepunkt (posisjon). Antenneavstanden var 1 m og målepunktavstanden 0.25 m (Holo og Heimdal) og 0.5 m (Gudmedal). Merknader nederst på opptakene angir kryssing av veier,

bekker og profiler, samt passering av gjerder og lignende. Posisjonene som er angitt øverst på opptakene forteller hvilken vei profilene er målt.

Ved utplotting av georadarprofilene ble det benyttet AGC-forsterkning (Automatic Gain Control) med en vindusbredde på 4 pulser. Denne forsterkningen er invers proporsjonal til styrken av reflekterte signaler, men med en vindusbredde på bare 4 pulser vil sterke refleksjoner likevel kunne skilles fra svake refleksjoner. AGC-forsterkning er effektiv for å avbilde svake refleksjoner som ofte er vanlig ved sedimentære strukturer. Radarbølgenes gjennomsnittlige vertikale hastighet ble satt til 0.12 m/ns (Gudmedal) og 0.08 m/ns (Holo og Heimdal). Hastighetene er benyttet ved beregning av dyp under terrengoverflata (dybdekonvertering) og representerer et erfaringstall for henholdsvis umettet og vannmettet materiale.

For å få en så nøyaktig framstilling av opptakene som mulig, har en foretatt terrengkorleksjoner av profilene. Terreng høydene er hentet fra topografiske kart i målestokk 1:5000 med 5 m koteavstand, og opptakene er forsynt med høydeakser som refererer til havoverflata.

## **4. RESULTATER**

Opptakene er presentert med ulike opptakstider. Felles for de benyttede opptakstider er at det ikke er avdekket reflektorer nedenfor nivået de representerer.

### **4.1 Gudmedal**

I dette området er det utført georadarmålinger langs profilene P1 og P2. Hvert profil ble målt med både 50 og 100 MHz-antennene, og ble lagt på tvers av kartlagte sprekkesoner (fra flyfoto). Sprekkesonene er avmerket på opptakene. Profilenes samlede lengde er 280 m. Opptakene og profilenes beliggenhet er presentert i kartbilag –02.

#### P1

Profilen er målt fra sørøst mot nordvest og krysser mulig sprekkesone nordvest for ruiner ved Gudmedalen. Opptakene er plottet reversert. Georadarbølgenes dybderekkevidde ser ut til å ligge ved henholdsvis ca. 20 m (50 MHz) og ca. 12-13 m (100MHz). Det er ikke mulig å påvise en entydig fjellsprekke i opptakene. Både 50 og 100 MHz-opptaket viser imidlertid en nedbøying av reflektorene ved sprekkesonens antatte beliggenhet. Dette kan indikere en utvidelse av sprekkesonen med påfølgende innsynking av løsmassene. Det er vanskelig å detektere fjelloverflata, trolig p.g.a liten kontrast mellom morenemateriale og forvitret fjell (fyllitt).

#### P2

Profilen går parallelt med P1 og krysser mulig sprekkesone eller forkastningssone nordøst for ruiner ved Gudmedalen. Opptakene er plottet fra nordvest mot sørøst (reversert). Også på disse opptakene indikeres et meget svakt nedbøyd reflektormønster der sprekkesonen antas å krysse profilen. Fjelloverflata trer heller ikke tydelig fram på disse opptakene.

### **4.2 Holo**

Innenfor denne lokaliteten er det utført georadarmålinger langs profilene P3, P4 og P7. Samlet profillengde er ca. 570 m. Opptakene og profilenes beliggenhet er presentert i kartbilag –03. Typisk for disse opptakene er et relativt beskjedent penetrasjonsdyp. Dette skyldes trolig godt

elektrisk ledende rasmasser (fyllitt) som reduserer radarbølgenes nedregningsevne. Det er for øvrig noe vanskelig å påvise sikre laggrenser mellom skredsekvenser eller å skille fjellskredmasser fra underliggende morene i disse opptakene. Imidlertid viser opptakene interne reflektorer som trolig indikerer at skredmassene er bygd opp av flere skred, eller at det finnes klare skjærplan i massene. Deler av profilene viser trolig også dyp til morene og/eller fjell.

### P3

Profilen er målt langs dalsiden, fra sør mot nord, ved Vellene. Siste del av profilen (fra posisjon 167 m) går på vei. Opptaket er plottet reversert. Øverst i opptaket, fra posisjon 90 m til enden av profilen i nord, indikeres et ca. 2 m tykt topplag. Topplaget kan bestå av jord og/eller skredmasser. Ellers i opptaket sees et hauget til kaotisk reflektormønster som trolig representerer fjellskredmasser og/eller morene. Det er vanskelig å skille skredmasser fra morene i opptaket. En relativt tydelig reflektor kan følges fra underkant av topplaget ved posisjon 236 m ned til nivå 318 m.o.h ved posisjon 216 m. Reflektoren kan indikere et skille mellom mulige skredmasser og underliggende morenemateriale eller fjell. Det er imidlertid påvist fjell i dagen nedenfor veien i dette området, og reflektoren representerer derfor trolig fjelloverflata. Underliggende reflektorer avtegner i så fall strukturer i fjellet. Bruddstykker av en reflektor som kan være laggrense mot underliggende morene eller fjell antydes mellom posisjonene 180 m og 210 m. Mellom posisjonene 128 m og 145 m sees en oppdomende reflektor som trolig avtegner fjelloverflata. En relativt usammenhengende reflektor kan antydes fra ca. 1-2 m dyp ved posisjon 235 m til ca. 4-5 m dyp ved posisjon 195 m. Videre kan reflektoren følges på ca. 4-5 m dyp fram mot posisjon 130 m. Reflektoren kan representere moreneoverflata, men også avtegne et skille mellom to skredsekvenser. Prøvetaking ved graving (gravegrop 1) ble utført ned til 4 meters dyp ved ca. posisjon 65-70 m (Domaas m.fl. 2000). Gravingen avdekket skredmasser ned til 3.5 meters dyp med antatt underliggende morene. Jordsmonnlag som deler skredmassene i to sekvenser, ble påvist ved 1.5 meters dyp. Opplysningene fra gravingen er påført georadaropptaket. Mellom posisjonene 40 m og 75 m sees en oppdomende struktur som kan representere fjell eller morene. Fra posisjon 0 m til 80 m sees et tett men svakt reflektormønster nedenfor ca. 5 meters dyp. Det er vanskelig å fastslå årsaken til dette mønsteret, men det kan være forårsaket av sidereflekser.

### P4

Profil 4 er målt på tvers av P3, ned dalsiden, med start fra vei ved Vellene. Opptaket er plottet reversert, fra vest mot øst. Enkelte utholdende reflektorer som skrå opp mot overflata i vestlig retning, representerer trolig laggrenser mellom flere skredsekvenser eller skjærplan i skredmassene. En markert reflektor kan følges fra posisjon 50 m ved ca. 5 meters dyp, til enden av profilen ved ca. 2 meters dyp. Reflektoren kan representere overgang fra rasmasser til underliggende morene. En svakere reflektor kan sees mellom posisjonene 72 m og 90 m, fra henholdsvis nivå 311 m.o.h og 309 m.o.h. Denne kan avtegne fjelloverflata.

### P7

Profilen følger de siste 230 m av veien opp til gården Holo. Opptaket er plottet reversert (fra nord mot sør). Det er utført 2 boringer i forbindelse med poretrykkmålinger ved dette profilen (Domaas m.fl. 2000). Borhull 1 er lokalisert ved posisjon 130 m og borhull 2 ved posisjon 3 m. Løsmassene ble karakterisert som fyllittskred. Borhull 1 ble boret ned til fjell ved 13 meters dyp, mens boring nr 2 ble avsluttet med morene fra 19-20 meters dyp. Georadarbølgene ser ut til å penetrere ned til kun ca. 5-7 m langs hele profilen. Fra starten av profilen (posisjon 0 m) til omlag posisjon 60 m indikeres en relativt utholdende reflektor ved ca. 3-4 meters dyp. Denne kan representere et skille mellom to skred eller interne skjærsoner. Fra posisjon 190 m til enden av profilen sees tilnærmet skrå reflektorer ned til ca. 4-5 meters

dyp. Disse representerer trolig også interne reflektorer i rasmasser. Under dette nivået ser reflektormønsteret ut til å ligge mer horisontalt, og overgangen kan være intern grense i skredmasser eller mulig vannnivå eller morene. Geologisk kartlegging og gravegrop 2, like ovenfor profilet, indikerer at skredmassene er mektige her (> 7 m). Fra posisjon 65 m til posisjon 95 m sees bruddstykker av horisontal reflektor ved nivå 425 m.o.h (3-5 meters dyp). Denne kan representere grunnvannsspeil. En mulig grunnvannsreflektor kan også antydes mellom posisjonene 105 m og 130 m (fra henholdsvis 4-5 meters dyp til ca. 2-3 meters dyp), og mellom posisjonene 135 m og 160 m (2 meters dyp). Likeledes sees trolig et vannnivå fra posisjon 120 m (3 m dyp) til posisjon 138 m (4 m dyp).

En markert skrå lineær reflektor mellom posisjonene 140-155 m representerer trolig en siderefleksjon.

### 4.3 Heimdal

Ved denne lokaliteten er det utført georadarmålinger langs profilene P5 og P6, med en total lengde på 484 m. Opptakene og profilenes beliggenhet er vist i kartbilag -04. Som for de andre undersøkte områdene i Flåmsdalen, viser også disse georadaropptakene et beskjedent penetrasjonsdyp. Det er heller ikke mulig å påvise entydige grenser (tydelige reflektorer) mellom skredmateriale og morenemasser, eller mellom ulike skredsekvenser. En har likevel kunnet antyde interne laggrenser eller skjærplan i skredmassene. Det er ikke observert underliggende marine sedimenter eller elveavsetninger i profilene.

#### P5

Profilet er målt fra nord mot sør, langs dalsiden ved Skaftåkrane, øst for gården Heimdal. Øverst i opptaket sees et ca. 2 m tykt topplag med tilnærmet overflateparallell lagdeling. Topplaget kan bestå av jord/torv (eller skredmasser). Under topplaget sees et hauget til kaotisk reflektormønster som indikerer skredmasser. Det er imidlertid ikke mulig å detektere entydige laggrenser innen skredmassene. Variasjon i reflektormønster under topplaget kan indikere ulike skredsekvenser, men ingen distinkte grenser lar seg påvise. Markert reflektor nederst i opptaket mellom posisjonene 280 m og 300 m skyldes trolig sidereflekser fra en mur.

#### P6

Profilet krysser P5, og går ned dalsiden øst for gården Heimdal. Profilet er målt for kort til å krysse kartlagt sigefront og grense for ytre utbredelse av skredmasser mot dalbunnen. Overflateparallele reflektorer fram mot ca. posisjon 100 m, indikerer et opptil 2 m tykt topplag av jord/torv eller skredmasser. En grense mellom to reflektormønstre kan antydes fra ca. 6 meters dyp ved omlag posisjon 20 m til ca. 2 meters dyp ved posisjon 40 m, og videre til ca. 1 meters dyp ved posisjon 75 m. Tilsvarende grense kan antydes mellom posisjonene 70 m og 104 m. Grensa kan indikere skille mellom to skred, eller interne skjærsoner i skredmasser. I den bratteste delen av profilet ble antenneplassering og -retning påvirket av mye stor stein og blokk i markoverflata. Dette kan være årsaken til kaotisk reflektormønster i denne delen av opptaket (fra posisjon 120 m).

## 5. KONKLUSJON OG DISKUSJON

Georadarmålingene viser at dybderekkevidden i fjellskredmaterialet er begrenset, trolig på grunn av at fyllittmassene har en relativt høy elektrisk ledningsevne. Dybderekkevidden for georadarbølgene ligger stort sett på 5-9 m i opptakene (Holo og Heimdal). Dette viser også at det kan være problematisk å bruke elektriske motstandsmålinger for å kartlegge vannivå/vannkanaler eller grunnvannsspeil i skredmasser bestående av fyllittmateriale.

Selv om opptakene viser en begrenset dybderekkevidde og ofte et kaotisk reflektormønster, er det mulig å se enkelte interne strukturer. I nedre del av Holo kan en trolig se fjelloverflaten og moreneoverflate. Flere av profilene, både fra Holo og Heimdal, viser interne reflektorer som er tolket til å være laggrenser mellom flere skred eller interne skjærsoner i skredmassene. Ved Holo er også en slik laggrense dokumentert gjennom en graving der et gammelt jordsmonn beviser to skredepisoder. I øvre deler av Holo ser det også ut til å være reflektorer som antyder grunne vannivå på 2-5 m dyp. Kombinasjonen av geologisk kartlegging, graving og georadarmålinger viser at fjellskredmassene i dalsidene har stor mektighet, og det er ikke spor etter eldre marine sedimenter eller elveavsetninger under eller over skredene i dalbunnen. Dette indikerer at det har vært store bevegelser i massene i relativt ung geologisk tid.

Georadarmålingene i Gudmedalen er vanskelige å tolke, men de viser klart en nedbøyning av laggrenser i løsmasser som indikerer utvidelse av sprekkesoner med påfølgende innsynking av løsmasser.

Generelt viser resultatene at fjellskredmassene i området kan ha et komplisert bevegelsesmønster med flere skred og interne skjærsoner. Videre viser de at en kan ha flere separate vannivåer i massene. Dette må en ha i tankene, og det vil få betydning for hvordan poretrykksmålinger, bevegelsesmålinger og tracerforsøk utføres.



## 6. REFERANSER

Domaas, U., Blikra, L.H., Rosenvold, B.S., Læg Reid, O., Gunleiksrud, O. og Grimstad, E. 2000: FOU Prosjekt "Studie av fjellskred og dalsidestabilitet i fyllittområder". Årsrapport 2000. *NGI Rapport 20001132-1*.

## GEORADAR - METODEBESKRIVELSE

Georadar er en elektromagnetisk målemetode som kan benyttes til undersøkelse av lagdeling og strukturer i grunnen. Med en spesiell antenne sendes elektromagnetiske bølgepulser ned i jorda. En del av bølgeenergien blir reflektert tilbake til overflaten når bølgepulsen treffer en grense som representerer en endring i mediets dielektriske egenskaper. Resten av energien vil fortsette nedover og det kan fås reflekterte signaler fra en rekke grenseflater. Refleksjonene kan registreres med en mottakerantenne på overflaten. De mottatte signaler overføres til en kontrollenhet for forsterkning (og digitalisering ved digital georadar). Signalene sendes derfra til skriver (ved analog georadar) eller PD (digital georadar). Fra en utskrift av et georadar-opptak kan toveis gangtid ( $t_{2v}$ ) til de forskjellige reflektorene avleses. For å bestemme virkelig dyp til en reflektor må bølgehastigheten ( $v$ ) i overliggende medium være kjent eller kunne bestemmes.

Bølgehastigheten kan bestemmes ved CDP-målinger ('common depth-point'). Slike målinger utføres ved å flytte sender- og mottakerantenne skrittvis og like langt ut til hver side fra et fast midtpunkt og registrere for hver ny posisjon. Refleksjoner vil da ideelt sett komme fra samme punkt på en reflektor som er planparallel med overflaten. Når antenneavstanden øker, vil reflekterte bølger få lenger gangvei og økning i gangtid. Denne økning i gangtid kan det ved digitale opptak kompenseres for ved å utføre NMO-korreksjon ('normal move-out'). Størrelsen på korreksjonen er avhengig av antenneavstand, toveis gangtid og bølgehastighet i materialet over reflektoren. Et CDP-opptak korrigeres med forskjellige hastigheter, og den hastighet som etter NMO-korreksjon gir best amplitude etter summering av trasene, angir radarbølgehastigheten i mediet.

Etter at hastigheten er bestemt kan dypet ( $d$ ) beregnes etter uttrykket;

$$d = \frac{vt_{2v}}{2}$$

I vakuum er bølgehastigheten lik lyshastigheten:  $c = 3.0 \cdot 10^8$  m/s. I alle andre media gjelder følgende relasjon;

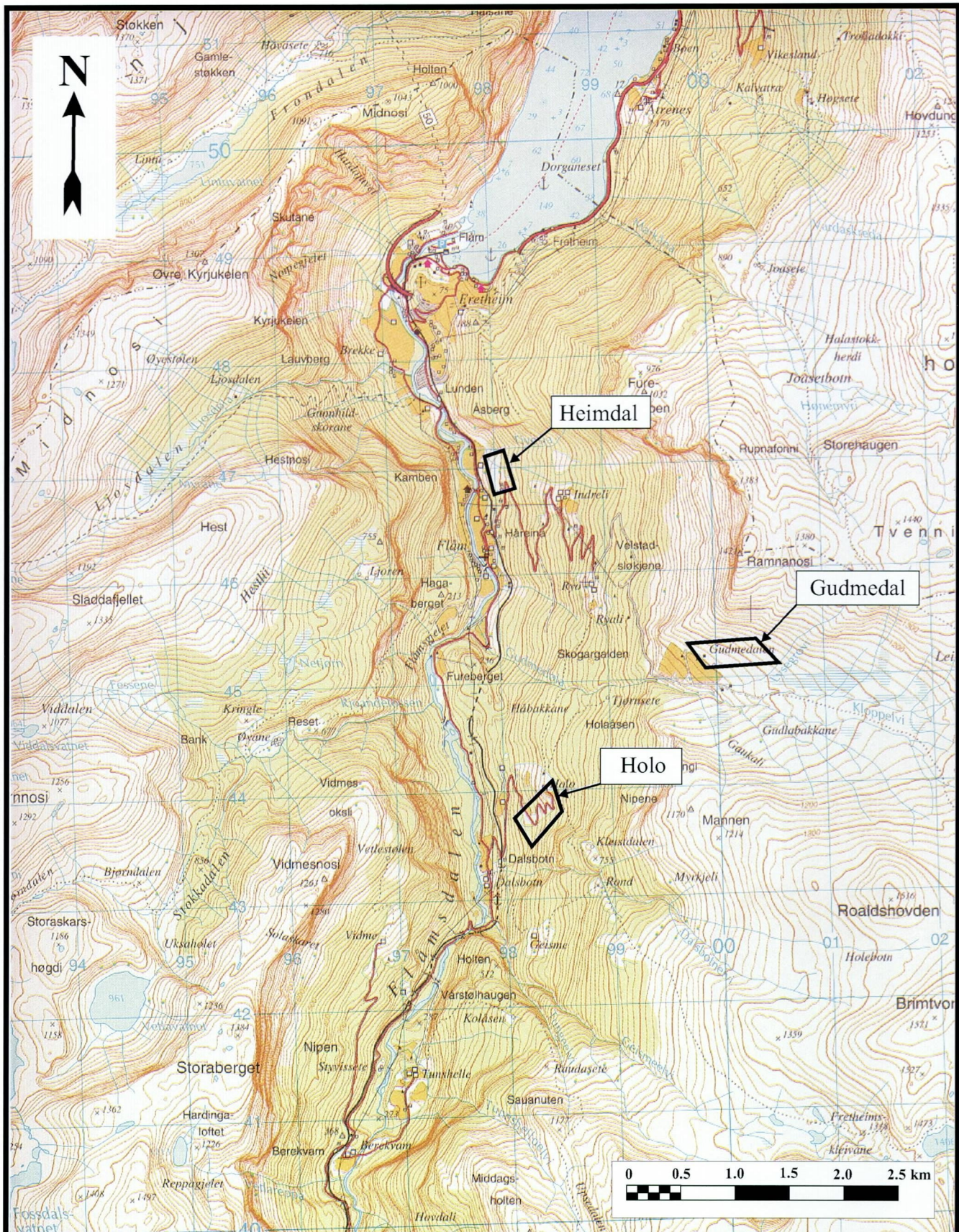
$$\epsilon_r = \left(\frac{c}{v}\right)^2$$

hvor  $\epsilon_r$  er det relative dielektrisitetstallet.  $\epsilon_r$ -verdien for et materiale vil derfor være en bestemmende faktor for beregning av dyp til reflektorer. I tabellen på neste side er det gitt en oversikt over erfaringstall for  $\epsilon_r$  i en del materialtyper. Tabellen viser også hastigheter og ledningsevne i de samme media.

Dybderekkevidden for georadarmålinger er i stor grad avhengig av elektrisk ledningsevne i grunnen og av den utsendte antennefrekvens. Både økende ledningsevne og en økning i antennefrekvens vil føre til hurtigere dempning av bølgepulsene og dermed minkende penetrasjon. I godt ledende materiale som marin silt og leire vil penetrasjonen være helt ubetydelig. I dårlig ledende materiale som f.eks. tørr sand, kan det forventes en dybderekkevidde på flere titalls meter når det benyttes en lavfrekvent antenne (f.eks. 50 eller 100 Mhz). For grunnere undersøkelser vil en mer høyfrekvent antenne gi bedre vertikal oppløsning.

<i>Medium</i>	<i><math>\epsilon_r</math></i>	<i><math>v</math> (m/ns)</i>	<i>ledningsevne (mS/m)</i>
<i>Luft</i>	<i>1</i>	<i>0.3</i>	<i>0</i>
<i>Ferskvann</i>	<i>81</i>	<i>0.033</i>	<i>0.1</i>
<i>Sjøvann</i>	<i>81</i>	<i>0.033</i>	<i>1000</i>
<i>Leire</i>	<i>5-40</i>	<i>0.05-0.13</i>	<i>1-300</i>
<i>Tørr sand</i>	<i>5-10</i>	<i>0.09-0.14</i>	<i>0.01</i>
<i>Vannmettet sand</i>	<i>15-20</i>	<i>0.07-0.08</i>	<i>0.03-0.3</i>
<i>Silt</i>	<i>5-30</i>	<i>0.05-0.13</i>	<i>1-100</i>
<i>Fjell</i>	<i>5-8</i>	<i>0.10-0.13</i>	<i>0.01-1</i>

Tabell over relativt dielektrisitetstall, radarbølge-hastigheter og ledningsevne i vanlige materialtyper.



NGU/NFR

Oversiktskart, undersøkte lokaliteter

# FLÅM

AURLAND KOMMUNE, SOGN OG FJORDANE

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
TRONDHEIM

MÅLESTOKK

1 : 50 000

MÅLT H.E.

TEGN T.L.

TRAC

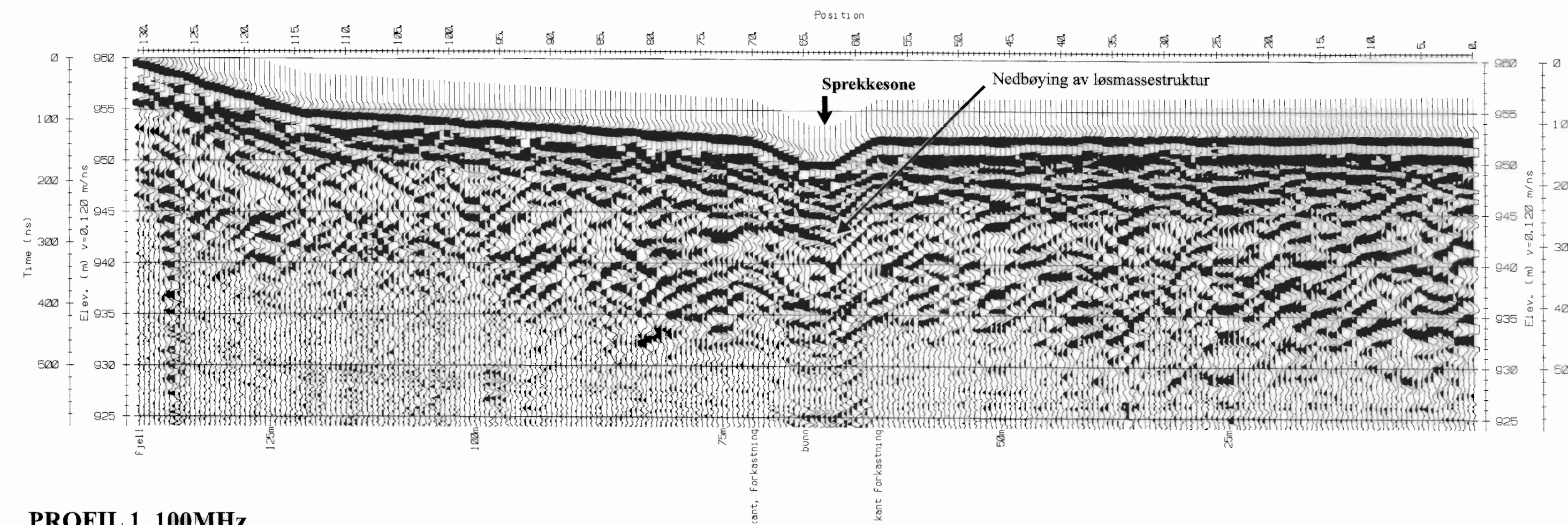
Oktober 2000

Februar 2001

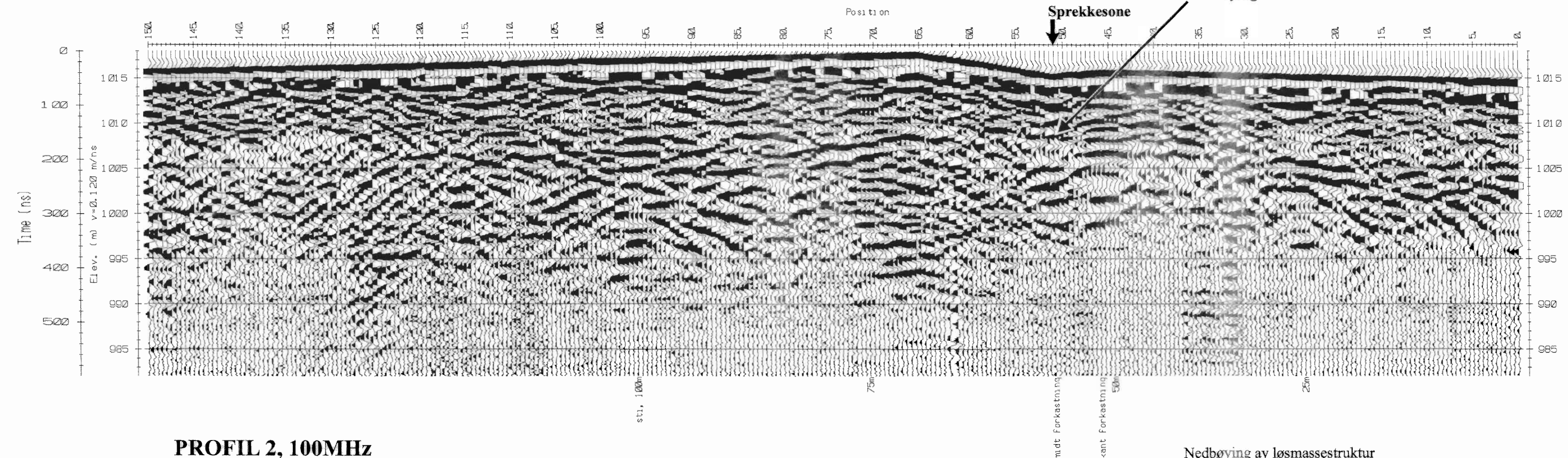
KARTBILAG NR  
2001.016-01

KARTBLAD NR  
1416 IV

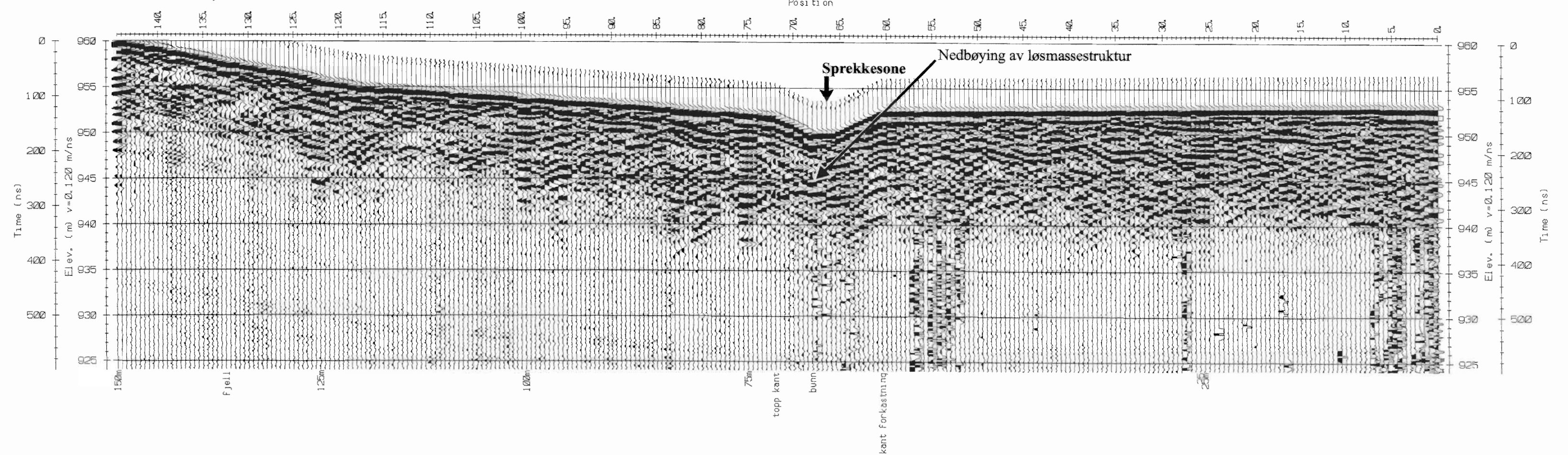
**PROFIL 1, 50MHz**



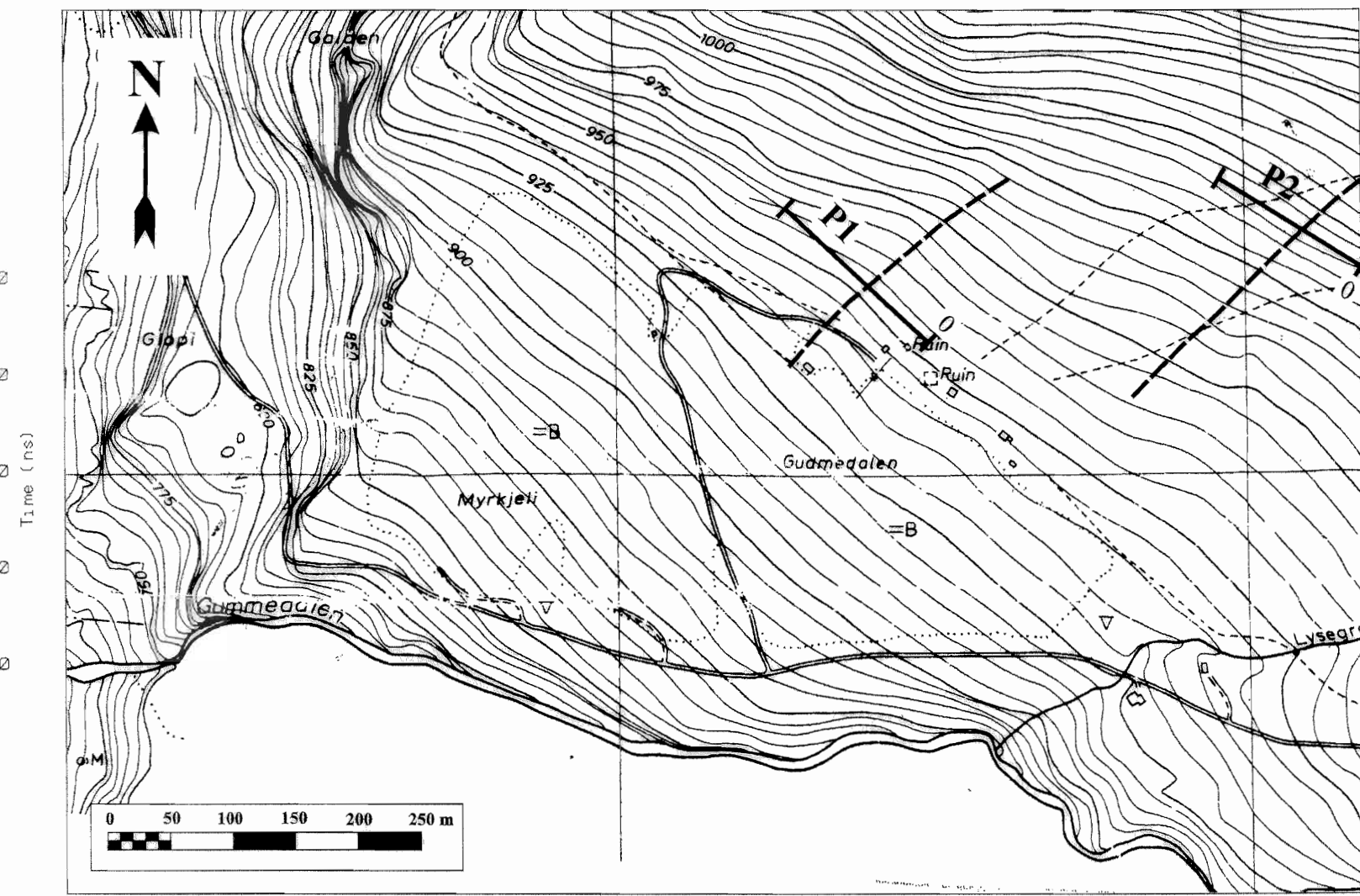
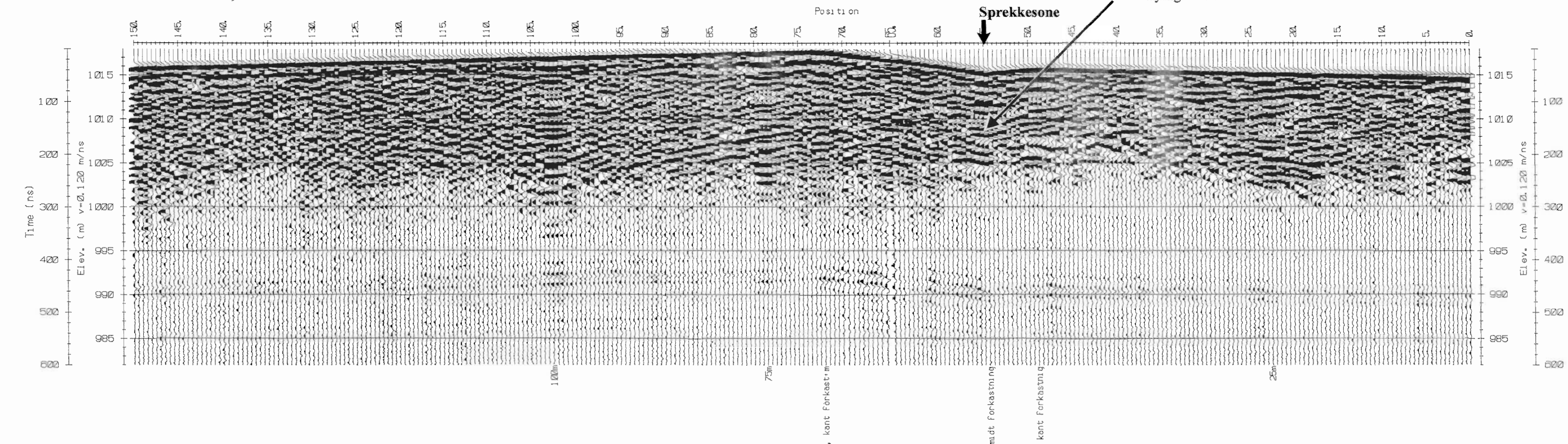
**PROFIL 2, 50MHz**



**PROFIL 1, 100MHz**



**PROFIL 2, 100MHz**



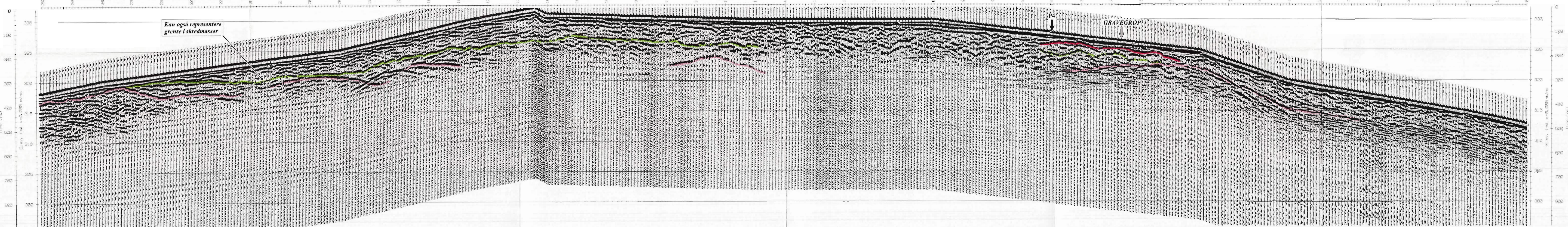
**TEGNFORKLARING (Kart)**

**P1** Georadarprofil m/startpunkt

----- Sprekkesone

NGU/NFR/AURLAND KOMMUNE GEORADAROPPTAK, P1 OG P2 <b>GUDMEDAL</b> AURLAND KOMMUNE, SOGN OG FJORDANE	MÅLSTOKK (Kart)	MÅLT H.E.	Oktober 2000
	1: 5 000	TEGN TL.	Februar 2001
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	KARTBILAG NR	KARTBLAD NR	
	2001.016-02	1416 IV	

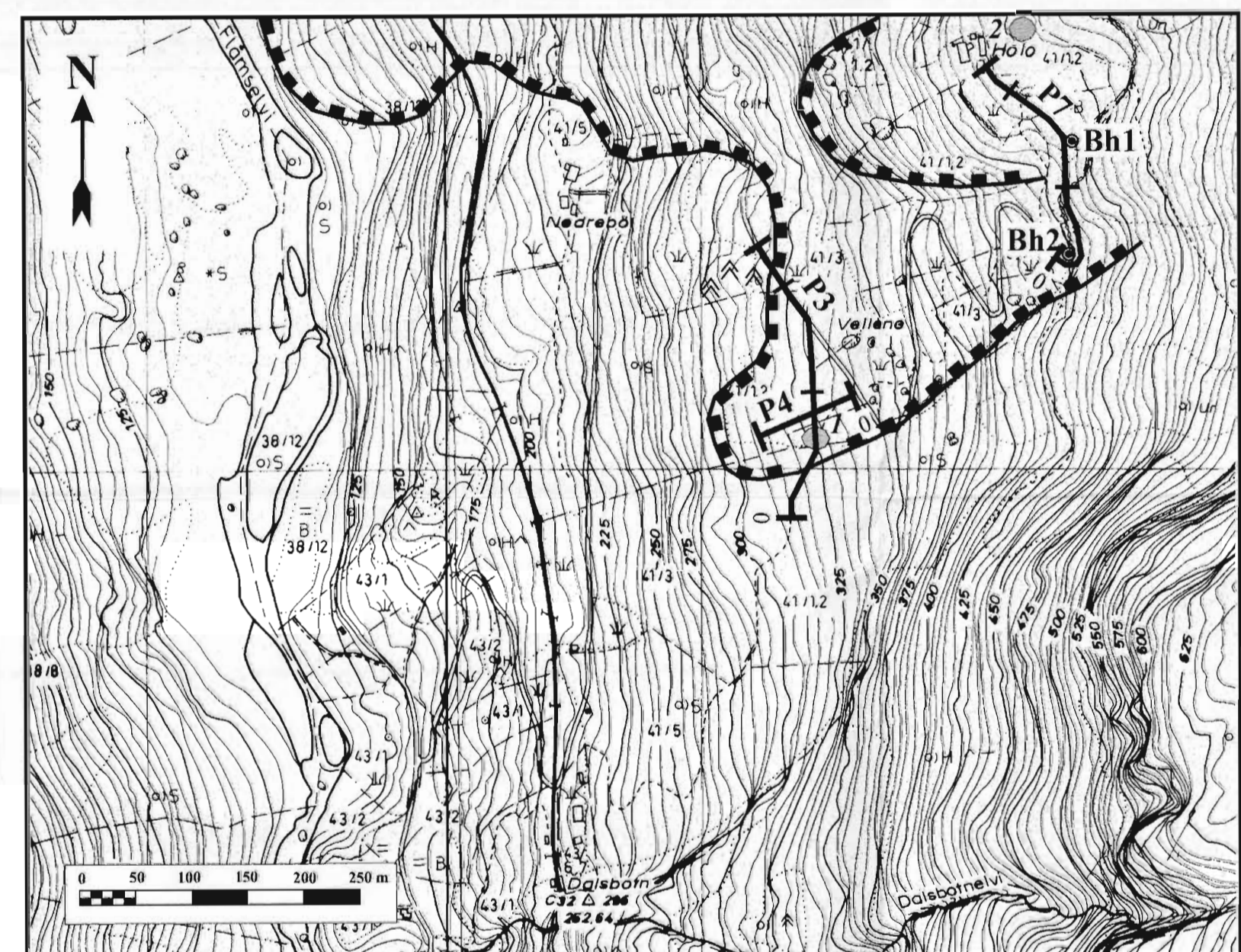
PROFIL 3



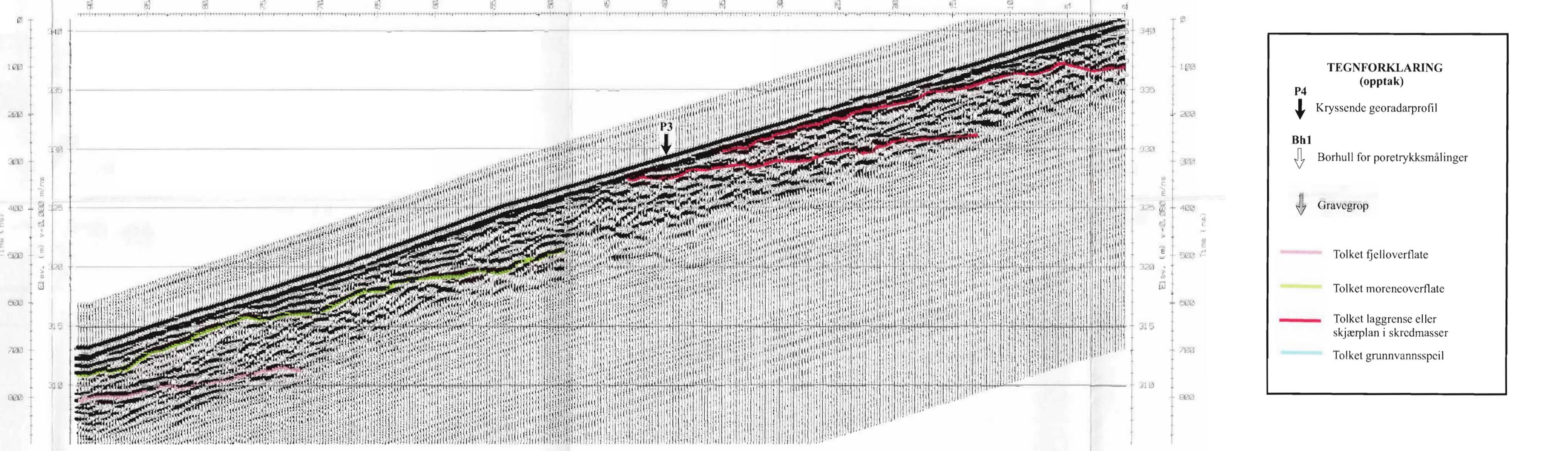
Kan også representere grense i skredmasser

**TEGNFORKLARING (Kart)**

- Georadarprofil m/startpunkt og markering for hver 100 m
- Kartlagt ytre utbredelse av fjellskredmasser eller sigefront
- Borhull for poretryksmålinger
- Gravegrop
- Fjellblotning



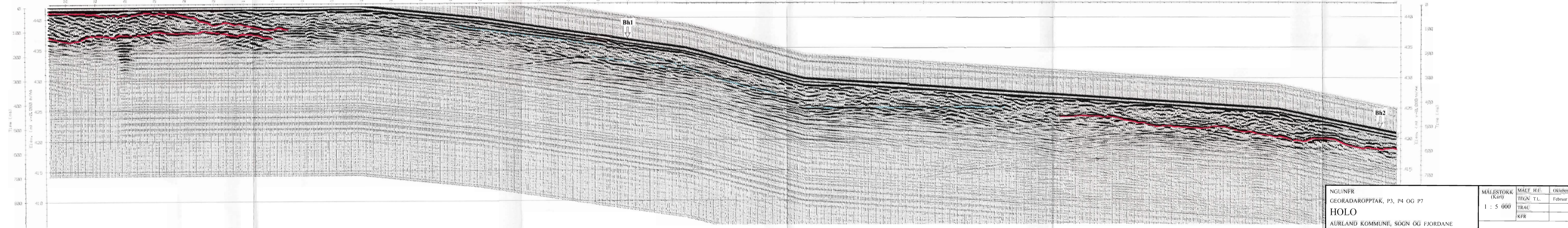
PROFIL 4



**TEGNFORKLARING (opptak)**

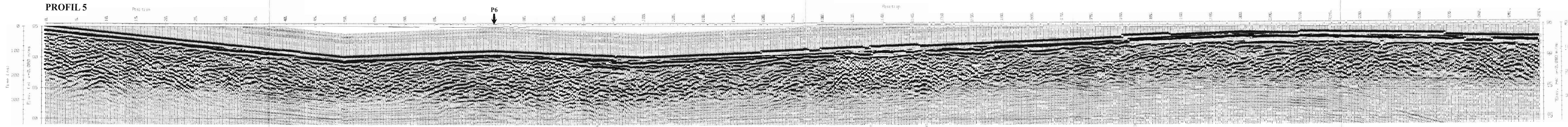
- P4 Kryssende georadarprofil
- Bh1 Borhull for poretryksmålinger
- Gravegrop
- Tolket fjelloverflate
- Tolket moreneoverflate
- Tolket laggrense eller skjærplan i skredmasser
- Tolket grunnvannsspeil

PROFIL 7

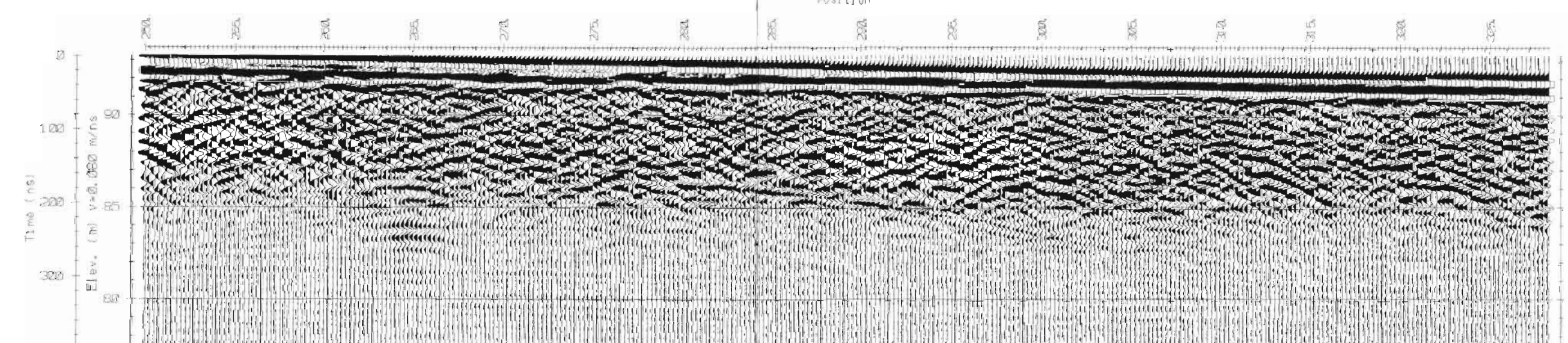


NGU/NFR	MÅLESTOKK (Kart)	MÅLT H.E.	Oktober 2000
GEORADAROPPTAK, P3, P4 OG P7	1 : 5 000	TEGN T.L.	Februar 2001
<b>HOLO</b>		TRAC	
AURLAND KOMMUNE, SOGN OG FJORDANE		RFR	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	KARTBILAG NR 2001.016-03	KARTBLAD NR 1416 IV	

**PROFIL 5**



**PROFIL 5, forts.**



**TEGNFORKLARING (opptak)**

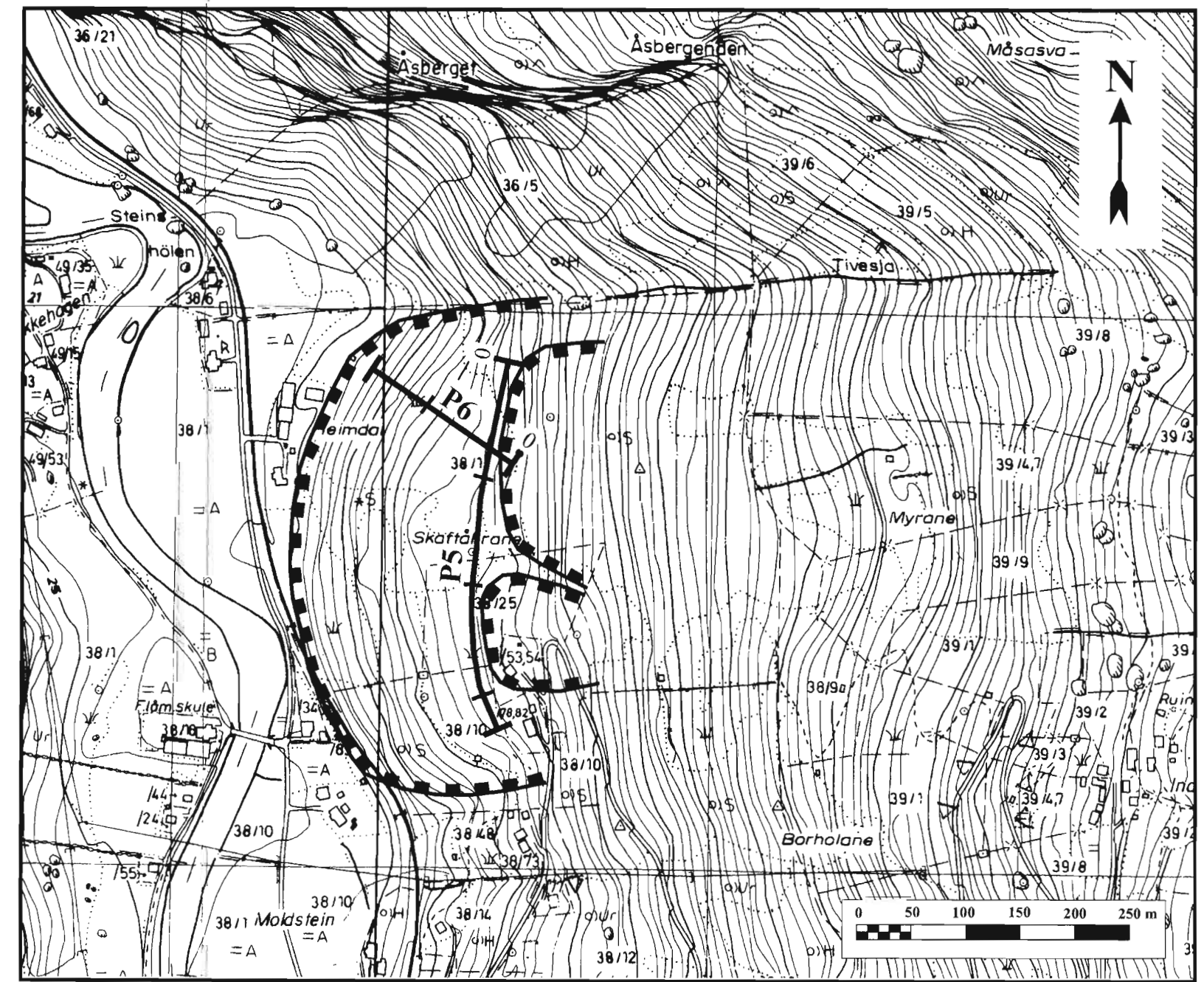
P6 ↓ Kryssende georadarprofil

— Tolket laggrense eller skjærsone i skredmasser

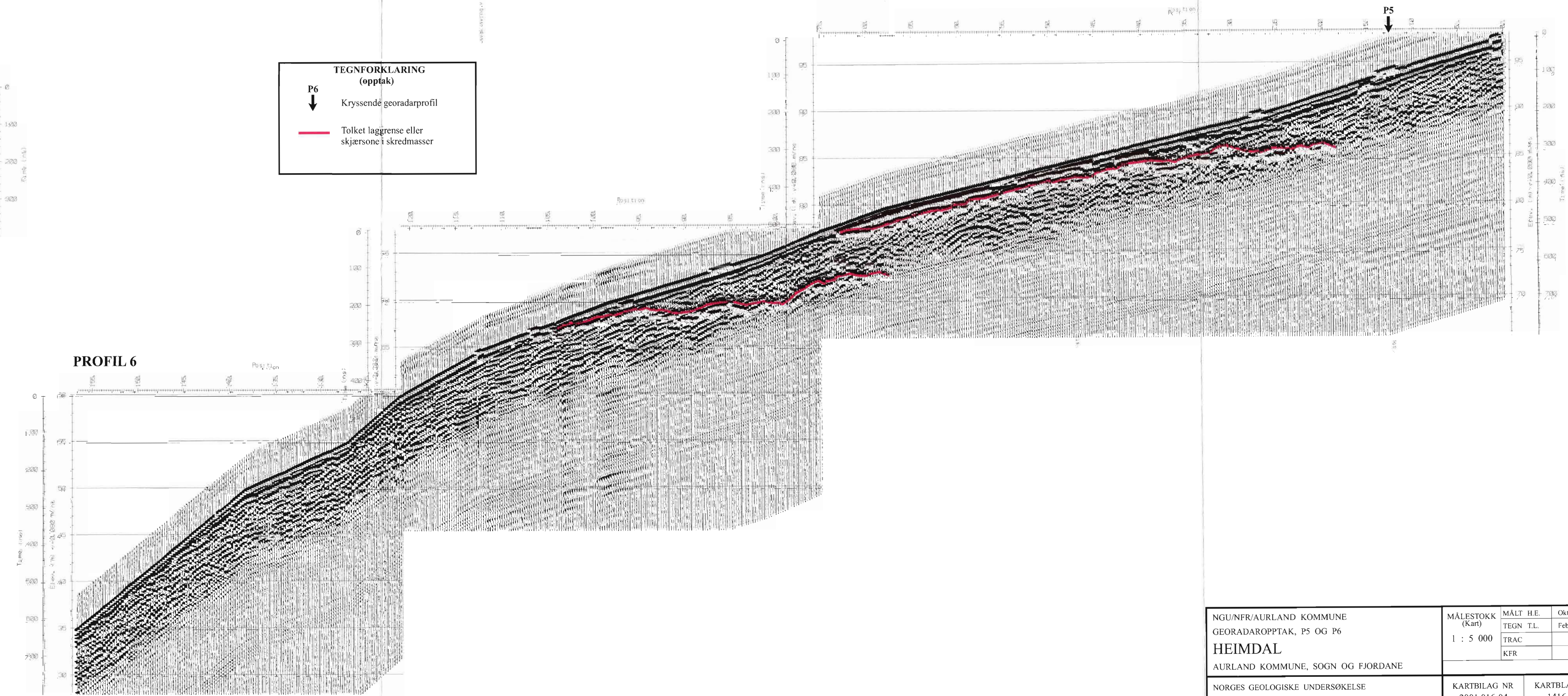
**TEGNFORKLARING (Kart)**

P5 — Georadarprofil m/startpunkt og markering for hver 100 m

— Ytre utbredelse av fjellskredmasser eller sigefront



**PROFIL 6**



NGU/NFR/AURLAND KOMMUNE GEORADAROPPTAK, P5 OG P6 <b>HEIMDAL</b> AURLAND KOMMUNE, SOGN OG FJORDANE	MÅLESTOKK (Kart) 1 : 5 000	MÅLT H.E. Oktober 2000 TEGN T.L. Februar 2001 TRAC KFR
	NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	KARTBLAG NR 2001.016-04