

Rapport nr. 90.140		ISSN 0800-3416		Åpen/ Fortrolig til	
Tittel: Seismiske og elektriske målinger over løsmasseavsetninger på Godøy, Giske, Møre og Romsdal					
Forfatter: Eirik Mauring, Oddvar Longva, Jan S. Rønning, Jan F. Tønnesen			Oppdragsgiver: NGU		
Fylke: Møre og Romsdal			Kommune: Giske		
Kartbladnavn (M. 1:250 000) Ålesund			Kartbladnr. og -navn (M. 1:50 000) 1119 I Ålesund		
Forekomstens navn og koordinater: Strandkleiv 32V 3472 69303			Sidetall: 27		Pris: kr. 90,-
Feltarbeid utført: okt. -89/juni -90		Rapportdato: 14.11.1990		Prosjektnr.: 62.2492.02	
Seksjonssjef: <i>Jens S. Rønning</i>					
Sammendrag: Seismiske og elektriske målinger ble utført som et ledd i generell kartlegging av løsmassestratigrafi og fjelltopografi. Hovedvekten ble lagt på refleksjonsseismikk. Det ble indikert løsmassemektigheter på opptil 145 m. På bakgrunn av geologiske observasjoner og VES-tolkning antas at de øverste 20-21 m representerer vesentlig morene og sanduravsetninger (Godøy-formasjonen). Avsetningene forøvrig kan inndeles i 4 sekvenser i de refleksjonsseismiske tidsseksjoner. Seismisk hastighet varierer bare lite fra sekvens til sekvens. Alle sekvenser indikerer lagdelte avsetninger. VES tilsier at disse avsetningene vesentlig representerer finstoffholdig materiale (finsand/silt/leir). Disse forhold tyder på ensartet avsetningstype helt ned til fjell. Vinkelforskjellen mellom lagdelingene i de ulike sekvensene tyder på at grensene mellom dem kan utgjøre erosjonsgrenser dannet ved breframstøt. I forbindelse med dette er det trolig avsatt tynne morenelag som gjenspeiles i kraftige reflektorer og som utgjør grenser mellom de seismiske sekvenser. Det antas at grensene skiller perioder med sedimentasjon under like avsetningsmiljø. Den mest sannsynlige tolkningen er at sedimentene er glasimarine.					
Emneord		Refraksjonsseismikk			
Geofysikk		Vertikal elektrisk sondering			
Refleksjonsseismikk		Løsavsetning		Fagrapport	

INNHOOLD

	Side
1. INNLEDNING	4
2. MÅLEMETODER	4
2.1 Refleksjonsseismikk	4
2.1.1 Måleteknikk	4
2.1.2 Utstyr	4
2.1.3 Utførelse	4
2.1.4 Prosessering	5
2.2 Refraksjonsseismikk	5
2.3 Vertikal elektrisk sondering	6
3. RESULTATER	6
3.1 Tidligere kvartærgeologiske undersøkelser	6
3.2 Tolkning av vertikal elektrisk sondering	6
3.3 Tolkning av seismiske data	7
4. KONKLUSJON	11
REFERANSER	12

Tekstbilag

1. Refraksjonsseismikk - metodebeskrivelse
2. Refleksjonsseismikk - metodebeskrivelse
3. Vertikal elektrisk sondering - metodebeskrivelse

Databilag

1. Tolkning av vertikal elektrisk sondering
2. Refleksjonsseismisk tidsseksjon, profil 2
3. Refleksjonsseismisk tidsseksjon, profil 3
4. Refleksjonsseismisk tidsseksjon, profil 4
5. Refleksjonsseismisk tidsseksjon, profil 5
6. Hastighetsanalyser

Kartbilag

- 90.140-01 Oversiktskart, Godøy
- 90.140-02 Tolkning av seismiske data

1. INNLEDNING

Området som er undersøkt ligger på sørøst-spissen av Godøy, Giske kommune, Møre og Romsdal (se kartbilag -01). I området ble det i hovedsak utført refleksjonsseismiske målinger. Refleksjonsseismiske målinger (med dynamitt som energiseringskilde) ble utført i deler av området. Refleksjonsseismiske målinger ble utført i 1990 i en periode da Vigra AM-sender var ute av drift. EM-bølger fra senderen induiserte strøm i kabelutlegget, noe som medførte støy. Én vertikal elektrisk sondering ble målt. Formålet med undersøkelsen var generell kartlegging av løsmassestratigrafi og fjelltopografi.

Målingene ble utført av Torleif Lauritsen, Oddvar Longva, Eirik Mauring, Jan Steinar Rønning og Jan Fredrik Tønnesen i perioden 3/10-6/10-1989 og 25/6-2/7-1990.

2. MÅLEMETODER

2.1 Refleksjonsseismikk

2.1.1 Måleteknikk

Ved utførelsen av de refleksjonsseismiske målingene ble det benyttet en teknikk kalt 'common depth point' (CDP). Denne teknikken er beskrevet i tekstbilag 2. Ved å registrere på 12 kanaler ble det oppnådd 6-fold (600 %) dekning.

2.1.2 Utstyr

Ved målingene ble det som registreringsinstrument benyttet en 24-kanals digital 12-bits seismograf av typen Scintrex S-2 'Echo'. Det ble anvendt geofoner med 50 Hz egenfrekvens. Energiseringskilden var 12 kalibers hagskudd avfyrt fra en spesiallagd børs.

2.1.3 Utførelse

Det ble ialt målt 4 profiler. Plassering, lengde og retning av disse er vist i kartbilag -01. Lengden av profilene er;

Profil 2: 400 m

Profil 3: 150 m

Profil 4: 448 m

Profil 5: 208 m

Viktige opptaksparametre er listet i tabellen under.

<u>Parameter</u>	<u>Verdi</u>
Antall kanaler	12
Geofon- og skuddavstand (m)	4
Offset (m)	32
Analogt lavkuttfilter (Hz)	100
Analogt høykuttfilter (Hz)	500
Opptakstid (ms)	200

Datakvaliteten var stort sett meget god, bortsett fra begynnelsen av profil 2 (skuddpunkt 5-50) og i deler av profil 4 (skuddpunkt 100-117) der en hadde hhv. lavfrekvente signaler og lavt signal/støy-forhold. De lavfrekvente signaler i begynnelsen av profil 2 skyldtes dårlig kobling mellom geofoner og bakke. I profil 4 var datakvaliteten dårlig på grunn av dårlig forplantning av høyfrekvent energi. Mellom skuddpunkt 60 og 70 skyldtes dette en blokkrik strandvoll, og ved enden av profilet skyldtes dette trolig grovkornig materiale dagnært, kombinert med et tynt myrlag under dette.

2.1.4 Prosessering

Ved prosesseringen er den PD-baserte programpakken Interpex/Seistrix 2 benyttet. Ferdig prosesserte seismiske tidsseksjoner er presentert i databilag 2, 3, 4 og 5. Under hver seksjon er prosesseringsrekkefølge og -parametre listet opp. De forskjellige prosesseringstrinn er beskrevet i tekstbilag 2. Det er benyttet kun ett hastighetsprofil ved stackingen, fordi seismisk hastighet ikke endret seg vesentlig med dypet, noe som framgår av hastighetsanalysene som er presentert i databilag 6 (avrundete verdier). Terreng høyder som er benyttet ved opptegning av dybde-seksjonen (kartbilag -02) er lest fra kart i målestokk 1:1000.

2.2 Refraksjonsseismikk

En kort beskrivelse av refraksjonsseismikk og de usikkerheter metoden er beheftet med, er vedlagt (tekstbilag 1). I 1989 ble det målt 2 refraksjonsseismiske profil (profil 1 og profil 6) som var henholdsvis 220 og 110 m lange. I 1990 ble det målt 660 m i forlengelsen av refraksjonsseismisk profil 4. Plassering og retning på profilene framgår av kartbilag -01. Det ble benyttet en 12-kanals ABEM TRIO analog seismograf som registreringsinstrument. Geofon-avstanden var 10 m i 1989, og 20 m i 1990. Ved endene ble geofonavstanden innkortet til hhv. 5 m og 10 m for å oppnå bedre oppløsning nær overflaten. Terreng høyder som er benyttet ved tolkning og opptegning av profilene (kartbilag -02) er hentet fra kart i målestokk 1:1000. Datakvaliteten var god.

2.3 Vertikal elektrisk sondering

En beskrivelse av måleteknikk, tolkning og metodiske usikkerheter er vedlagt (tekstbilag 3). Det ble målt én sondering ved skuddpunkt 93 i det refleksjonsseismiske profil 4. Plassering og retning for sonderingen er vist i kartbilag -01. Et kabelsystem for Schlumberger elektrodekonfigurasjon ble benyttet ved utførelsen av målingene. ABEM Terrameter SAS 300 ble benyttet som måleinstrument. Måleverdiene er først korrigert for Wenner-effekt (Mundry, 1980) og deretter for laterale variasjoner i spesifikk motstand ved potensialelektrodene. $AB/2_{max}$ var 300 m for sonderingen. Datakvaliteten var meget god.

3. RESULTATER

3.1 Tidligere kvartærgeologiske undersøkelser

Den korte, kvartærgeologiske beskrivelsen som følger er basert på publikasjoner av Landvik & Mangerud 1985 og Landvik & Hamborg 1987.

Det er bl.a. foretatt en undersøkelse av en vegskjæring ved Strandkleiv. Denne skjæringen ligger i måleområdet (se kartbilag -01 og -02). Den nederste del av skjæringen (11.5-16.7 m.o.h.) er beskrevet som Godøy-formasjonen. Dette er en sanduravsetning (avsetning fra forgreinete breeløp) som består av en veksling mellom sand- og siltlag. Den nedre grense av Godøy-formasjonen er ikke påvist. Over Godøy-formasjonen (16.7-17.7 m.o.h.) opptrer et deformert sandlag som antas å ha tilhørt Godøy-formasjonen, men som tydelig er glasiotektonisk påvirket. Over dette laget er det kartlagt to moreneavsetninger (17.7-25 m.o.h.) atskilt ved et blokklag. Den øverste meter av skjæringen består av strandsedimenter.

3.2 Tolkning av vertikal elektrisk sondering

Data fra VES er modelltilpasset ved hjelp av programpakken Interpex/Resixip. Kurvetilpassning og fysisk modell er vist i databilag 1. Summen av mektighetene av motstandslag over fjell er låst til løsmassemektighet funnet fra refraksjonsseismikk.

Det øverste motstandslaget har en mektighet på 0.5 m og representerer dyrket mark. Motstandslaget under (1224 ohmm) representerer trolig resterende materiale over vannmettet sone (1.8 m). Dette materialet er sannsynligvis strandsedimenter og morene, noe som er påvist ved kartlegging og observasjoner i skjæringer (se pkt. 3.1). Det påfølgende motstandslag (298 ohmm, 7.3 m) representerer sannsynligvis morene i vannmettet sone. Laget under (426 ohmm, 11.1 m) antas å representere sanduravsetningene (sand- og siltlag) i Godøy-formasjonen. Det påfølgende motstandslaget er modellert til å ha en spesifikk motstand på 87 ohmm og en mektighet på 85 m. Dette representerer

trolig finstoffholdig materiale (finsand/silt/leir). Det nederste motstandslaget representerer fjell, selv om motstanden er for lav til å tilsi det (383 ohmm). Dette skyldes for korte elektrodeutlegg.

3.3 Tolkning av seismiske data

Refleksjonsseismiske tidsseksjoner er presentert i databilag 2, 3, 4 og 5. Tolkete og dybdekonverterte seksjoner er vist i kartbilag -02. Tolkning av refraksjonsseismiske profil er også vist her. Ved tolkning av de refleksjonsseismiske data, er seksjonene delt opp i seismiske sekvenser etter standard foreslått av Norsk stratigrafisk komité (Nystuen (red.) 1986). Hver sekvens er kjennetegnet ved en følge av konforme seismiske reflektorer. Sekvensene er avgrenset i bunn og topp av seismiske inkonformitetsflater eller korrelerbare konformitetsflater.

Profil 4

I alt 5 sekvenser kan skilles ut i seismisk tidsseksjon (databilag 4). Disse er i kartbilag -02 nummerert 1-5 fra øverste til nederste sekvens. De to øverste av sekvensene kan ikke sees på de andre profilene. Den nedre grense av den øverste sekvensen kan bare sees i sørøstlig og nordvestlig del av seksjonen, da den ellers ligger for grunt til å kunne registreres. Den vertikale elektriske sonderingen ved skuddpunkt 93 viser at dyp ned til finstofflag med motstand på 87 ohmm (ca. 21 m) er i overensstemmelse med dyp til nedre grense av den øverste sekvensen her. Denne grensen kan utgjøre nedre begrensning av Godøy-formasjonen. Seismisk hastighet (funnet ved tolkning av refraksjonsseismikk) ligger i området 1450-1570 m/s.

Sekvens 2 har tykkelse i området 18-24 m. Gjennomsnittlig seismisk hastighet til nedre grense av sekvensen er ca. 1670 m/s. Materialtypen er ukjent, men vertikal elektrisk sondering antyder at materialet er finstoffdominert (finsand/silt/leir).

Sekvens 3 har varierende tykkelse. Den er mektigst i SØ (ca. 50 m) og avtar til ca. 40 m mot skuddpunkt 40. Denne mektigheten holder seg ut profilet mot NV. Gjennomsnittlig seismisk hastighet til nedre grense av sekvensen er ca. 1680 m/s. Det er altså ingen signifikant endring i hastighet fra sekvensen over. VES-tolkningen gir ikke grunnlag for inndeling i et separat motstandslag her, og viser at også denne sekvensen trolig er finstoffdominert. Nedre og øvre grense av sekvensen kan representere tynne horisonter av mulig morenemateriale. Disse er i tilfelle så tynne at de ikke påvirker gjennomsnittlig seismisk hastighet eller tilsynelatende spesifikk motstand. I sekvensen sees stedvis konforme, svake reflektorer som gir en indikasjon på lagdeling i avsetningen.

Sekvens 4 har i SØ en tykkelse på ca. 35 m. Denne tykkelsen holder seg til skuddpunkt 70. Sekvensen kiler kraftig ut fra dette punkt og mot NV. Den nedre grense viser seg (se under)

å være konform med den underliggende sekvens og fjelloverflaten. Ved enden av profilet er tykkelsen ca. 8-10 m. Reflektorer innen sekvensen er konforme med sekvensens nedre avgrensning. Gjennomsnittlig seismisk hastighet til nedre grense av sekvensen er 1670 m/s. Seismisk hastighet og tilsynelatende spesifikk motstand skiller seg ikke ut fra ovenforliggende sekvenser, noe som antyder en lignende materialtype.

Reflektorer innen sekvens 5 er tydelig konforme med fjelloverflaten. Tykkelsen er størst i SØ (20-25 m) og avtar jevnt i retning NV og er minst ved enden av det refleksjonsseismiske profilet (8-10 m). Gjennomsnittlig seismisk hastighet ned til fjell er 1780 m/s. Dette er en merkbart større seismisk hastighet enn til sekvensen over. Dette antyder en høy intervallhastighet for sekvens 5. Det er mulig at sekvensen representerer en bunnmorene. Den høye gjennomsnittshastigheten kan ellers skyldes usikkerhet på grunn av for få hastighetsanalyser til fjell.

Den totale mektigheten av løsmassene er størst i SØ ved skuddpunkt 5 (ca. 140 m) og avtar jevnt mot skuddpunkt 70 (ca. 130 m). Fra 70 og ut til 100 skråner fjellet brattere oppover, og løsmassemektigheten ved 100 er ca. 100 m. Alle 5 seismiske sekvenser kan sees her, og dette kan derfor være en bra lokalitet ved seinere boring.

I forlengelsen av det refleksjonsseismiske profilet ble det utført refraksjonsseismiske målinger. Dette måtte gjøres fordi profilet fortsatte inn i myrområde der betingelsene for anvendelse av refleksjonsseismikk ikke er oppfylt (se tekstbilag 2). Ved enden av det refleksjonsseismiske profilet kan man se at signal/støy-forhold avtar som en følge av tidligere omtalt dårlig forplantning av høyfrekvent energi. De refraksjonsseismiske målingene gav informasjon om dyp til fjell og seismisk hastighet i fjell. Resultatene viser at fjelloverflaten stiger jevnt i retning NV. Dyp til fjell er ca. 105 m ved skuddpunkt 0 og avtar til ca. 65 m ved enden av profilet (skuddpunkt 660). Fjellets seismiske hastighet avtar fra ca. 5300 m/s i SØ til ca. 4500 m/s ved enden av profilet i NV. Dette kan bl.a. skyldes økende oppsprekking i fjellet mot NV eller forandring i litologi.

Profil 3

Dette er den sørøstlige fortsettelsen av profil 4. Profilene er atskilt ved en vei og en brattskrent i løsmassene (Strandkleiv-lokaliteten). Sekvensene 3, 4 og 5 kan skiller ut i seismisk tidsseksjon (databilag 3). Det er mulig at nedre grense av sekvens 2 fortsetter inn i profilet, men denne ligger i tilfelle for grunt til å kunne registreres.

Den nedre grense av sekvens 3 er tilnærmet horisontal og ligger ca. 60-65 m under overflaten. Gjennomsnittlig seismisk hastighet ned til nedre grense er ca. 1670 m/s, i overensstemmelse med profil 4. Konforme reflektorer innen sekvensen antyder lagdelte avsetninger.

Mektigheten av sekvens 4 er størst i SØ (ca. 48 m) og avtar jevnt mot skuddpunkt 40 (ca. 35 m). Stedvis sees konforme, svake reflektorer innen sekvensen.

Sekvens 5 er parallell med fjelloverflaten. Sekvensen er jevntykk (ca. 15 m) langs profilet. Konforme reflektorer opptrer innen sekvensen, og avslører en lagdelt avsetning. Total mektighet av løsmassene i profil 3 er ca. 120 m.

Profil 2

Sekvensene 3, 4 og 5 opptrer i seismisk tidsseksjon (databilag 2). Sekvensene 3 og 4 er atskilt av en reflektor som skråner nedover mot NØ. Reflektorer innen sekvens 4 opptrer diskordant på denne. Karakter og opptreden av reflektoren kan tyde på at den utgjør en erosjonsgrense. Dyp ned til denne grensen er i SV ca. 40 m og i NØ ca. 65 m. Terrengoverflaten er horisontal langs profilet. Gjennomsnittlig seismisk hastighet ned til den nedre grense av sekvens 3 er ca. 1630 m/s.

Sekvens 4 har størst mektighet i SV (ca. 60 m) og avtar jevnt til ca. 35 m i NØ. Gjennomsnittlig seismisk hastighet til nedre grense av sekvensen er ca. 1650 m/s, omtrent som for sekvensen over. Reflektorer innen sekvensen stopper i SV diskordant mot nedre grense.

Sekvens 5 er jevntykk og konform med den underliggende fjelloverflate. Mektigheten er ca. 15 m. Gjennomsnittlig seismisk hastighet til fjell er ca. 1700 m/s. Dette er en noe høyere hastighet enn til nedre grense av sekvens 4. Sannsynligvis har sekvens 5 en høyere seismisk intervallhastighet enn sekvensene over. Tilsvarende forhold ble funnet i profil 4. Det ble her antatt at sekvensen representerer bunnmorene. I dette profilet ser vi tydelige, gjennomgående reflektorer innen sekvensen. Dette tyder på at sekvensen kan være lagdelt, et forhold som ikke er typisk for bunnmorener. Fjelloverflaten er svakt trauformet. Størst løsmassemektighet opptrer under skuddpunkt 40 (ca. 125 m), mens den avtar mot endene av profilet (ca. 115 m).

Profil 5

Profilet ligger NØ for profil 2. De samme seismiske sekvenser opptrer her (databilag 5). Mektigheten av den øverste sekvensen (3) er ca. 65 m, og gjennomsnittlig seismisk hastighet til dens nedre grense er ca. 1690 m/s. Denne hastigheten er noe høyere enn i de andre profilene, men ikke så mye høyere at det tillegges betydning for tolkningen. Reflektorer innen sekvensen viser at denne trolig representerer en lagdelt avsetningstype.

Sekvens 4 avtar i mektighet mot NØ. Denne tendensen var også utpreget i profil 2, men i enda sterkere grad. Mektigheten er ca. 40 m i SV og 30 m i NØ. Som i profil 2, gjenspeiles en lagdelt avsetningstype ved reflektorer innen sekvensen. Gjennomsnittlig seismisk hastighet til nedre grense er ca. 1730 m/s.

Overflaten av sekvens 5 er i dette profilet ikke konform med den underliggende fjelloverflaten. Mektigheten er konstant lik ca. 12 m fra SV til skuddpunkt 30. Derfra øker den mot NØ til ca. 22 m. Det opptrer tydelige reflektorer innen sekvensen.

Total mektighet av løsmassene er minst i SV (ca. 110-115 m) og størst i NØ (ca. 120 m).

Profil 1

Refraksjonsseismisk profil. Tolkningen viser en løsmassepakke med seismisk hastighet på ca. 1750 m/s over fjell med seismisk hastighet på ca. 4400 m/s. Den seismiske hastigheten i løsmassene er noe høyere enn hva som ble funnet ved hastighetsanalyser i de refleksjonsseismiske profiler (1650-1700 m/s). Hastighetsforskjellen er ikke større enn at den kan forklares ved at seismisk hastighet innen like avsetningstyper ofte varierer lokalt, blant annet på grunn av ulik konsolidering.

Fjelloverflaten er svakt trauformet. Dyp til fjell er i området 110-120 m.

Profil 6

Refraksjonsseismisk profil. Tolkningen viser en tolagsmodell. Seismisk hastighet i løsmasselaget er ca. 2100 m/s. Dette kan tyde på at en har meget godt konsolidert morenemateriale. Refleksjonsseismiske profil i SV viser betydelig lavere hastigheter i løsmassene. Sannsynligvis har vi i dette profilet et morenelag øverst med lag under som gir lavere seismisk hastighet, med andre ord hastighetsinversjon. Dette viser i så fall klart fordelingen med refleksjonsseismikk framfor refraksjonsseismikk med hensyn på skjulte lag.

I profilet ser en at fjellet skråner oppover fra SV mot NØ. Mektigheten av løsmassene varierer fra 120 m i SV til 105 m i NØ. På grunn av sannsynlig hastighetsinversjon, er disse beregnede dyp sannsynligvis for store i forhold til de reelle.

4. KONKLUSJON

På Godøy er det ved Strandkleiv indikert løsmassemektigheter på opptil 145 m. På bakgrunn av geologiske observasjoner og VES-tolkning antas at de øverste 20-21 m representerer vesentlig morene og sanduravsetninger (Godøy-formasjonen). De resterende avsetninger kan inndeles i 4 sekvenser i de refleksjonsseismiske tidsseksjoner. VES-tolkningen tilsier at disse avsetningene vesentlig representerer finstoffholdig materiale (finsand/silt/leir), og man kan ikke skille de 4 sekvensene i tilsvarende motstandslag. Gjennomsnittlig seismisk hastighet varierer bare lite fra sekvens til sekvens, og ligger i området 1650-1700 m/s. Alle sekvenser indikerer lagdelte avsetninger. Disse forhold tyder på ensartet avsetningstype helt ned til fjell. Vinkelforskjellen mellom lagdelingene i de ulike sekvensene tyder på at grensene mellom dem kan utgjøre erosjonsgrenser dannet ved breframstøt. I forbindelse med dette er det trolig avsatt tynne morenelag som gjenspeiles i kraftige reflektorer og som utgjør grenser mellom de seismiske sekvenser. Det antas at grensene skiller perioder med sedimentasjon under like avsetningsmiljø. Den mest sannsynlige tolkningen, ut fra akustisk signatur og avsetningsdyp (i forhold til havnivå) er at sedimentene er glasimarine. Dette underbygges av VES-målingene som antyder finstoffholdige sedimenter (finsand/silt/leir).

For seismisk sekvens 5 er det indikert en noe høyere seismisk intervallhastighet enn for sekvensene over. Det er mulig at denne sekvensen representerer bunnmorene, selv om det opptrer lagdeling i flere profiler, et forhold som ikke er typisk for bunnmorener.

De refleksjonsseismiske tidsseksjoner viser stedvis diskordante strukturer. Reflektorer innen de seismiske sekvenser viser at avsetningene for det meste er lagdelt.

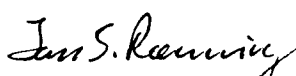
Resultatene viser refleksjonsseismikkens klare fortrinn framfor refraksjonsseismikk der førstnevnte metode kan benyttes (se tekstbilag 2). Refleksjonsseismikk har skilt ut 5 sekvenser i en avsetning der refraksjonsseismikk kun har påvist dyp til fjell. Dette demonstreres klart i profil 4. Et tilfelle med hastighetsinversjon i refraksjonsseismisk profil 6 er også påvist. I tillegg gir refleksjonsseismikk detaljert og direkte avtegning av strukturer og laggrenser.

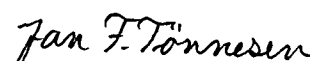
Trondheim, 14/11-1990

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE


Eirik Mauring
Forsker


Oddvar Longva
Forsker


Jan S. Rønning
Forsker


Jan F. Tønnesen
Forsker

Referanser

Landvik, J.Y. & Mangerud, J. 1985: A pleistocene sandur in western Norway: Facies relationships and sedimentological characteristics. *Boreas*, Vol. 14, pp. 161-174. Oslo. ISSN 0300-9483.

Landvik, J.Y. & Hamborg, M. 1987: Weichselian glacial episodes in outer Sunnmøre, western Norway. *Norsk Geologisk Tidsskrift*, Vol. 67, pp. 107-123. Oslo 1987. ISSN 0029-196X.

Mundry, E. 1980: The effects of a finite distance between potential electrodes on Schlumberger resistivity measurements - A simple correcting graph. *Geophysics* Vol. 45 No. 12, pp. 1872-1875.

Nystuen, J.P. (red.) 1986: Regler og råd for navnsetting av geologiske enheter i Norge. Av Norsk stratigrafisk komité. *Norsk Geologisk Tidsskrift*, Vol. 66 (Suppl 1), pp. 1-96, Oslo 1986. ISSN 08-01-4736.

REFRAKSJONSSEISMIKK - METODEBESKRIVELSE

Metoden grunner seg på at lydets forplantningshastighet forandrer seg med mediets elastiske egenskaper. Det aktuelle hastighetsområde i den såkalte ingeniørseismikk er fra ca. 200 m/s i visse typer porøst overdekke til godt over 5000 m/s i enkelte bergarter.

En 'lydstråle' fra en sprengning i overflaten treffer en grense mellom to sjikt hvor lydshastigheten er henholdsvis V_1 og V_2 , og vinkelen mellom lydstråle og innfallslodd kalles i . Etter at strålen har passert sjiktgrensen vil den danne en vinkel R med innfallsloddet, slik at

$$\sin i / \sin R = V_1 / V_2$$

Når $R=90^\circ$, vil den refrakterte stråle følge sjiktgrensen, og vi har

$$\sin i = V_1 / V_2$$

Den bestemte innfallsvinkel som tilfredsstillter denne betingelse kalles kritisk vinkel eller i_c .

Lydforplantningen langs sjiktgrensen vil gi opphav til sekundærbølger som returnerer til terrengoverflaten under vinkelen i_c . I en viss kritisk avstand fra skuddpunktet vil disse refrakterte bølger nå fram før de direkte bølger som har fulgt terrengoverflaten. Den kritiske avstand er proporsjonal med dypet til sjiktgrensen og forøvrig bare avhengig av forholdet mellom de to hastigheter. Denne sammenheng utnyttes ved å plassere seismometre (geofoner) langs en rett linje i terrenget og registrere de først ankomne bølger fra skudd i hensiktsmessig valgte posisjoner langs samme linje. Man får da bestemt de nødvendige data for å fastlegge dypene til sjiktgrensen. Dersom overdekket er homogent med hensyn på lydshastigheten langs profilet, kan det oppnås en god dybdebestemmelse for hver seismometerposisjon. Imidlertid vil det ofte være betydelige laterale variasjoner til stede, og overdekkeshastighetene blir ved små dyp bare bestemt i nærheten av skuddpunktene. Ofte vil det derfor være naturlig å legge størst vekt på dybdebestemmelsen under skuddpunktene.

Disse betraktninger kan utvides til å gjelde flere sjiktgrenser. Man får refrakterte bølger fra alle grenser når hastigheten i det underliggende medium er større enn i det overliggende. Kontrasten må være av en viss størrelse, og vinkelen mellom sjiktgrense og terrengoverflate må ikke være for stor. I praksis vil man ofte få vanskeligheter når denne vinkel overstiger 25° .

Det forekommer at en sjiktgrense ikke avspeiler seg i gangtidsdiagrammene, fordi de refrakterte bølger fra denne grense når overflaten seinere enn fra en dypere grense. Det

foreligger da en såkalt 'blind sone', og de virkelige dyp kan være vesentlig større enn de beregnede. En annen feilkilde er til stede hvis man har et sjikt med lavere hastighet enn det overliggende. Fra denne sjiktgrense vil det ikke komme refrakterte bølger til overflaten, og lavhastighetssjiktet vil ikke kunne erkjennes av måledata. Generelt kan det sies at usikkerheten i de beregnede dyp øker med antall sjikt. Med analog apparatur vil en kunne bestemme første ankomsttid med en usikkerhet på 1 millisekund ved middels god opptakskvalitet. Hvis overdekkehastigheten er 1600 m/s, tilsvarer dette en usikkerhet på ca. 0.8 m i dybdebestemmelsen på grunn av avlesningsfeil. I tillegg kommer eventuelle feil på grunn av at forutsetningene om isotropi og homogenitet ikke gjelder fullt ut.

Ved meget god datakvalitet kan første ankomsttid avleses med 0.5 millisekunders nøyaktighet. Med denne nøyaktigheten er det allikevel urealistisk å regne med mindre enn 0.5 m usikkerhet i dybdeangivelsene. Ved meget små dyp til fjell (mindre enn én meter) blir overdekkehastigheten dårlig bestemt, og man må regne med prosentvis store feil i dybdeangivelsene.

P-BØLGEHASTIGHET I NOEN MATERIALTYPER

<i>Luft</i>		<i>330 m/s</i>
<i>Vann</i>		<i>1400-1500 m/s</i>
<i>Organisk materiale</i>		<i>150-500 m/s</i>
<i>Sand og grus</i>	<i>- over vannmettet sone</i>	<i>200-800 m/s</i>
<i>Sand og grus</i>	<i>- i vannmettet sone</i>	<i>1400-1700 m/s</i>
<i>Morene</i>	<i>- over vannmettet sone</i>	<i>700-1500 m/s</i>
<i>Morene</i>	<i>- i vannmettet sone</i>	<i>1500-1900 m/s</i>
<i>Hardpakket bunnmorene</i>		<i>1900-2800 m/s</i>
<i>Leire</i>		<i>1100-1800 m/s</i>
<i>Oppsprukket fjell</i>		<i>< 4000 m/s</i>
<i>Fast fjell</i>		<i>3500-6000 m/s</i>

REFLEKSJONSSEISMIKK - METODEBESKRIVELSE

Refleksjonsseismikk anvendt på løsmasser er tilpasning og modifisering av konvensjonelle refleksjonsseismiske teknikker. I mange tilfeller kan refleksjonsseismikk være et alternativ til refraksjonsseismikk ved undersøkelse av løsmassestratigrafi og fjelltopografi under løsmasser.

Oppløsning/dybderekkevidde

I løpet av de siste årene har det skjedd en utvikling av digitalt refleksjonsseismisk utstyr i retning av høyere oppløsning og mindre tidkrevende prosessering. Oppløsningen er proporsjonal med registrerte signalers frekvensinnhold og seismisk hastighet. Man anvender derfor energiseringskilder som gir høyfrekvent energi. Et eksempel på en slik kilde er hagpatroner avfyrt fra en spesiallagd børs. Ytterligere framheving av høye frekvenser oppnås ved anvendelse av geofoner med høy egenfrekvens (50 eller 100 Hz), samt analog og digital frekvensfiltrering. En utvikling av seismografer i retning av økende dynamikkområde bidrar også til høyere oppløsning. Reflektorer kan under 'gunstige forhold' (se under) kartlegges på dyp i området 10 - flere hundre meter ved denne metoden. Ved en frekvens på 300 Hz og seismisk hastighet på 2000 m/s, kan man teoretisk sett skille lag med en mektighet større enn 2 m.

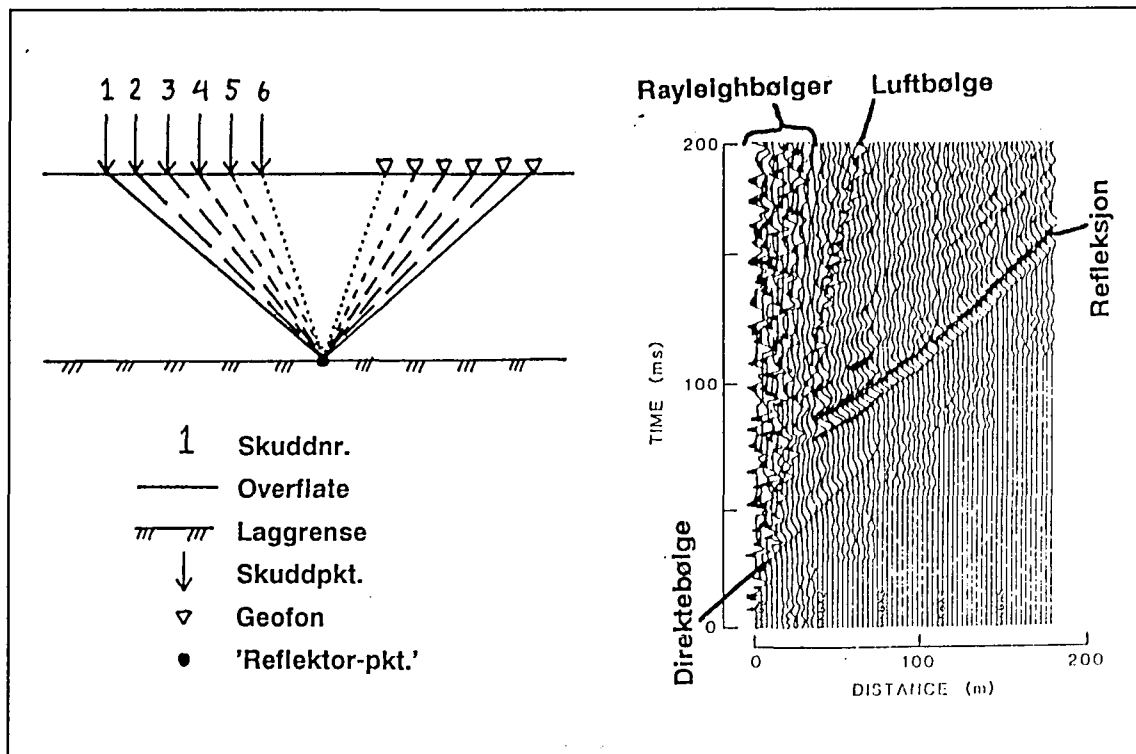
Anvendelse/Fordeler og ulemper

Anvendelsen av refleksjonsseismikk avhenger av god forplantning av høyfrekvent energi. Metoden egner seg derfor best der man ved overflaten har finkornige, vannmettede løsmasser. Dette gir best 'kobling' med bakken for skudd og geofoner. Metoden gir dårlige resultater ved grovkornige, tørre masser og over fyllinger og myr. Ved slike grunnforhold bør refraksjonsseismikk benyttes. I forhold til refraksjonsseismikk gir refleksjonsseismikk en mer direkte og detaljert avtegnning av lag i jorda, og man har ikke de samme problemer med blindsonelag og hastighetsinversjon. Metoden gir derimot dårligere informasjon om lagenes seismiske hastigheter og tykkelser. Ønskes informasjon om lag grunnere enn 10 m, benyttes refraksjonsseismikk.

'Common depth point (CDP)'

Ved NGU har man tilpasset programvare og utrustning til en måleteknikk kalt 'common depth point'. Teknikken er skissert i figuren på neste side. Det velges en fast avstand mellom skudd og geofonrekke. Avstanden bør være så stor at overflatebølger (Rayleigh-bølger) og luftbølger, som alle betraktes som støy, ankommer geofonene etter signal fra den dypeste laggrense man vil kartlegge (se figur på neste side). Det registreres på 12 kanaler, som gir 6-fold dekning av hvert 'reflektor-punkt'. Et CDP-opptak oppnås ved at første skudd registreres på geofonene 1-12. Deretter flyttes skuddpunktet fram en avstand som tilsvarer geofonavstanden, og man registrerer på geofonene 2-13. Man 'skyver' altså geofonrekka framover i profilretningen. Som vi ser av figuren, oppnås en 6-fold dekning av hvert

reflektorpunkt fra og med det sjette skuddet. Data fra hvert skudd blir lagret for seinere prosessering. En bemanning på 3 personer har vist seg å være optimal ved utførelsen av CDP-målinger. Når man benytter teknikken CDP, kan man under 'normale' forhold profilere 300-400 m pr. dag.



Figuren til venstre viser et opplegg for målinger ved 'common depth point'-teknikken. Figuren til høyre viser et utvalg av seismiske hendelser som er vanlige i et opptak.

Prosessering

Prosessering av CDP-data er meget tidkrevende, og krever en rask PD med stor lagringskapasitet. De viktigste prosesseringstrinn skal her skisseres:

1) Oppbygging av geometrifiler. Her leses inn navn på råopptaksfiler med tilhørende skuddpkt.-plassering. En kan her avgjøre om et opptak skal utelates ved CDP-sorteringen. Data for beregning av statisk korleksjon kan også leses inn (statisk korleksjon utføres for å fjerne effekten av ujevn topografi og variasjoner i hastighet i det øverste laget). Data om selve oppdraget/profilen leses inn og lagres i en parameterfil.

2) Editering av råopptak. Man ser på hvert opptak for å fjerne eventuelle traser (eng.: trace) med dårlig oppløsning eller dårlig signal/støy-forhold. Disse trasene vil da ikke benyttes ved stacking (se under) av data.

3) Bestemmelse av filterparametre. Prosesseringsprogrammene som benyttes kan utføre båndpassfiltrering, F-K-filtrering og dekonvolering ved sortering eller stacking. Det er oftest vanlig (og nødvendig) å utføre båndpassfiltrering. Ved båndpassfiltrering konstrueres et filter slik at man fjerner de frekvenser som ligger utenfor frekvensområdet for refleksjoner,

og/eller de frekvenser som er representert i støy. F-K-filtrering og dekonvolvering brukes bare unntaksvis ved prosesseringen, og omtales ikke nærmere.

4) Sortering av CDP-data. Ved sorteringen plukker man ut traser med felles midtpunkt og grupperer disse ('CDP gathers'). Filtrering kan utføres under sorteringen.

5) Hastighetsanalyse. Gjennomsnittlig seismisk hastighet ned til reflektorer bestemmes for enkelte 'CDP gathers'. Disse hastighetene benyttes ved NMO ('Normal Moveout') før stacking (se under). Hastighetsanalyse kan utføres på 3 forskjellige måter, der den vanligste er tilpasning av en hyperbel over tydelige refleksjoner som framtrer i en 'CDP-gather'.

6) Muting. Utføres på 'CDP gathers' for å fjerne støy innenfor et tidsvindu som defineres av bruker. Vanlig støy kan være luftbølger fra skuddet, Rayleigh-bølger eller refraksjoner.

7) Stacking. Data for hver 'CDP gather' slås sammen etter at NMO-korreksjon er utført. Filtrering (båndpass, F-K eller dekonvolvering) kan utføres før eller etter stacking.

8) 'Residual statics'. Fjerner resterende effekt av ujevn topografi og variasjoner i hastighet i det øverste laget (se pkt. 1). Prosedyren er basert på at en gjennomgående, kraftig reflektor opptrer i den seismiske tidsseksjonen. Ved å legge en linje langs denne reflektoren, vil programmet gå inn på hver 'CDP gather' og justere trasene i tid slik at stackingen langs reflektoren/linjen blir optimal. Deretter må en på nytt utføre hastighetsanalyse og stacking. 'Residual statics' utgjør ofte siste trinn i prosesseringen.

Plotting

Ved plotting av seismisk seksjon benyttes AGC ('automatic gain control') for å normalisere amplituder og for å framheve svake reflektorer. Grafisk framstilles amplitudeutslag v.h.j.a. en kombinasjon av 'wiggle trace' og 'variable area' (som i figuren). Plottet kan skrives ut i bestemte filformat eller sendes direkte til skriver eller plotter. I tillegg til seismisk seksjon blir detaljer om oppdrag, opptaksparametre og prosessering skrevet ut.

Tolkning

Tolkning av ferdig prosessert seismisk seksjon baserer seg på gjenkjenning og sammenknytning av refleksjoner. Sammenholdt med opplysninger om seismiske hastigheter avledes en geologisk modell, der man også trekker inn resultater fra eventuelle andre undersøkelser.

VERTIKAL ELEKTRISK SONDERING (VES) - METODEBESKRIVELSE

Elektriske dybdesonderinger (VES) benyttes for å kartlegge undergrunnens elektriske motstandsforhold. Målingene foretas med Schlumberger elektrodekonfigurasjon (se fig.). Strøm sendes i bakken ved hjelp av to strømelektroder A og B, og elektrisk potensialforskjell måles mellom to potensiëlektroder M og N. Ut fra målt potensialdifferens, målt strømstyrke og en geometrisk faktor bestemt av elektrodeplassingene kan elektrisk motstand i undergrunnen beregnes. Ved homogene og isotrope forhold er denne størrelsen lik materialets resistivitet eller spesifikke motstand (ρ) med enhet Ωm . I de aller fleste tilfeller har ikke undergrunnen homogene motstandsforhold, og verdien som beregnes fra målingene vil være en tilsynelatende resistivitet (ρ_a , a =apparent).

Ved å flytte strømelektroden A og B stegvis utover oppnås stadig dypere strøminntrengning, og den beregnede tilsynelatende resistivitet vil i økende grad være påvirket av resistiviteten i dypereliggende lag. Etter hvert som avstanden AB øker, reduseres potensialdifferansen mellom M og N, og signal/støy-forholdet avtar. Dette problemet løses ved også å øke avstanden mellom potensiëlektroden (MN) noen få ganger i løpet av en sondering. Når MN-avstanden økes, blir det målt om igjen på minst de to siste (største) AB-avstandene fra forrige MN-verdi.

Måleresultatene plottes i et dobbellogaritmisk diagram med tilsynelatende resistivitet langs vertikal akse og AB/2-avstand langs horisontal akse. Kurvesegmenter kan nå trekkes opp for hver MN-avstand som er benyttet. Kurvesegmentene vil som regel ikke være helt sammenfallende for overlappende AB/2-avstander. Dette har to årsaker. Ved endring av MN-avstanden innføres en liten feil kalt 'Wenner-effekten' som er avhengig av elektrodegeometri og geologiske forhold. Effekten kan relativt lett korrigeres. Spesielt for steile sonderingskurver vil korreksjonen være nødvendig, mens feilen ofte vil være neglisjerbar for mindre motstandskontraster. Dårlig samsvar mellom kurvesegmentene skyldes som regel hovedsakelig laterale inhomogeniteter mellom potensiëlektroden. Dette korrigeres ved å forskyve hvert kurvesegment langs vertikalaksen til det gir god overlapp med foregående segment. På denne måten kan det oppnås en sammenhengende sonderingskurve. De korrigerede sonderingsdata legges inn på PD og tolkes ved bruk av programpakken Interpex/Resixip. I programmet legges inn en geologisk modell, bestående av planparallelle lag og med angivelse av resistivitet (ρ) og tykkelse (h) for hvert lag. Programmet beregner den teoretiske sonderingskurven som modellen gir. Modellen justeres slik at det oppnås best mulig tilpasning mellom den teoretiske modellkurven og måledata. Optimal tilpasning kan deretter foretas ved invertert modellering.

En slik tolkning er ikke entydig, og det er vesentlig to forhold som kan gjøre tolkningene usikre. Det ene som kalles likeverdighet eller ekvivalens, skyldes at et lags tykkelse og

resistivitet kan variere innenfor visse grenser, men ha tilnærmet samme innvirkning på sonderingskurven. For et høymotstandslag som ligger mellom to lag med lavere motstand er det produktet av lagets resistivitet og tykkelse (ρh) som bestemmer kurveformen, og ikke de to størrelser hver for seg. For et lavmotstandslag som ligger mellom to lag med høyere motstand vil kurveformen være bestemt av forholdet mellom lagets tykkelse og resistivitet (h/ρ). Ekvivalensproblemet er spesielt stort ved store resistivitetskontraster og/eller dersom laget er tynt i forhold til overliggende materiale.

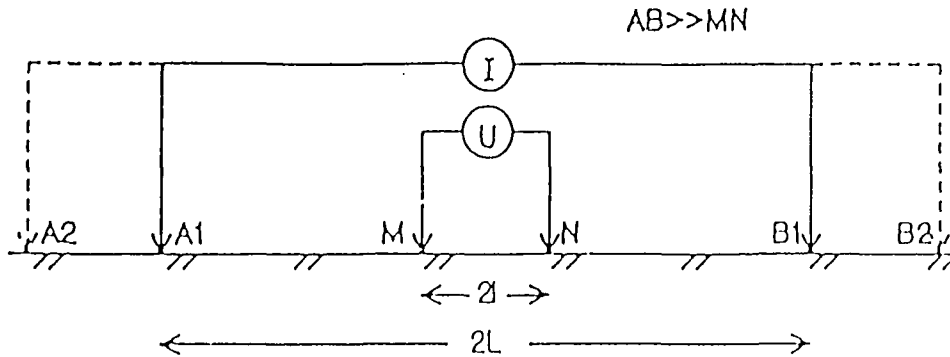
Det andre forhold som skaper tolkningsproblemer skyldes undertrykking (suppresjon) av et lag. Når lagets resistivitet har en verdi som ligger mellom de to omgivende lag, vil laget ikke kunne erkjennes av sonderingskurven hvis det ikke er tykt nok. Suppresjonsproblemet er størst ved store resistivitetskontraster. Den kritisk minste lagtykkelse som kan erkjennes vil også være avhengig av overliggende mektighet og vil være størst når resistiviteten i laget ligger nærmest resistivitetsverdien for underliggende materiale.

Anisotropi i det geologiske materiale kan også føre til feiltolkninger. Inhomogene forhold i grunnen kan dessuten medføre at sonderingskurvene ikke kan tolkes med de modelltyper som benyttes.

For å redusere flertydigheten er det viktig å benytte den geologiske informasjon som forøvrig finnes når tolkningsmodellene bygges opp.

På neste side er vist resistivitetsområdene for de mest vanlige materialtyper.

Schlumberger elektrodekonfigurasjon:



$$\rho_a = \pi \frac{L^2 - l^2}{2l} \cdot \frac{U}{I}$$

Tegnforklaring:

A OG B : STRØMELEKTRODER

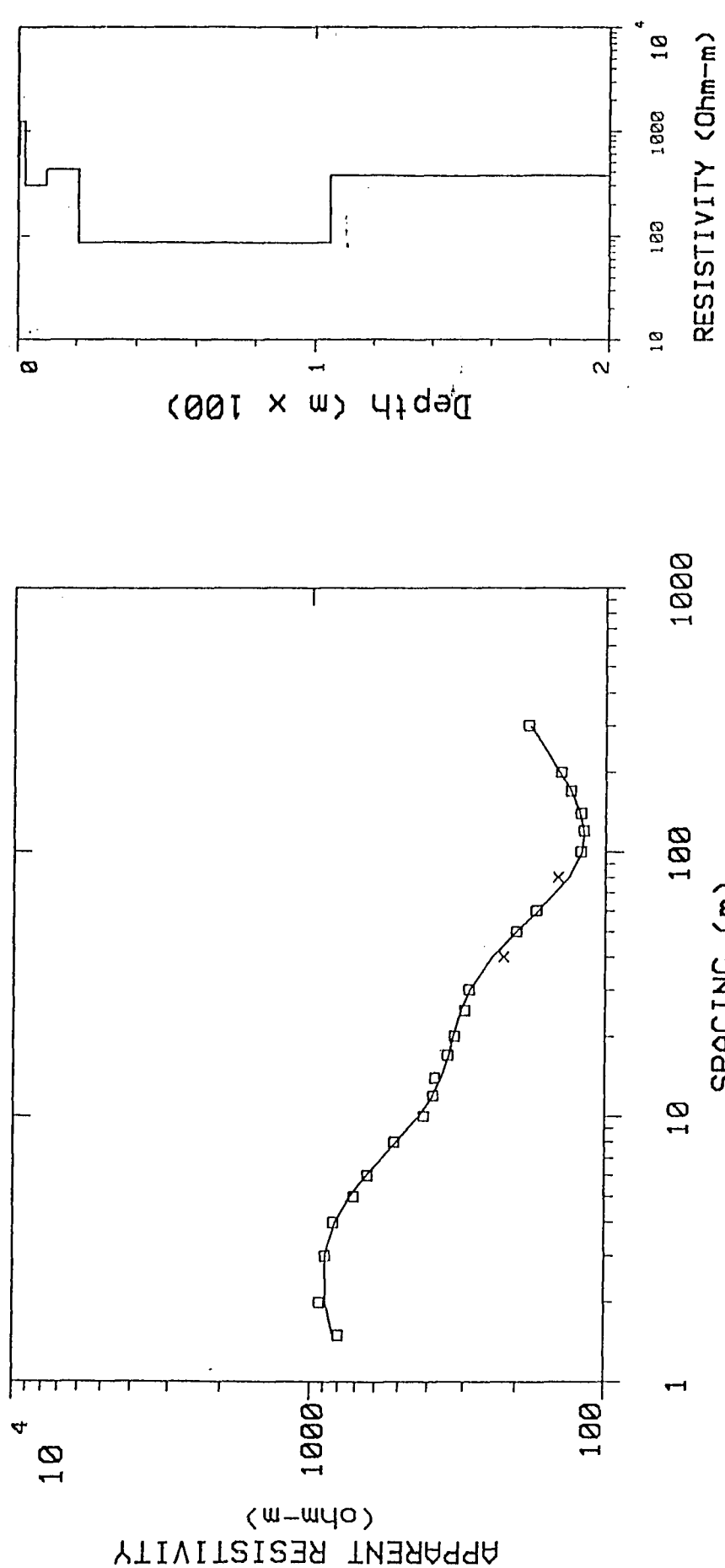
M OG N : POTENSIALELEKTRODER

(I) : AMPEREMETER

(U) : VOLTMETER

Spesifikk motstand (resistivitet) i noen geologiske materialer:

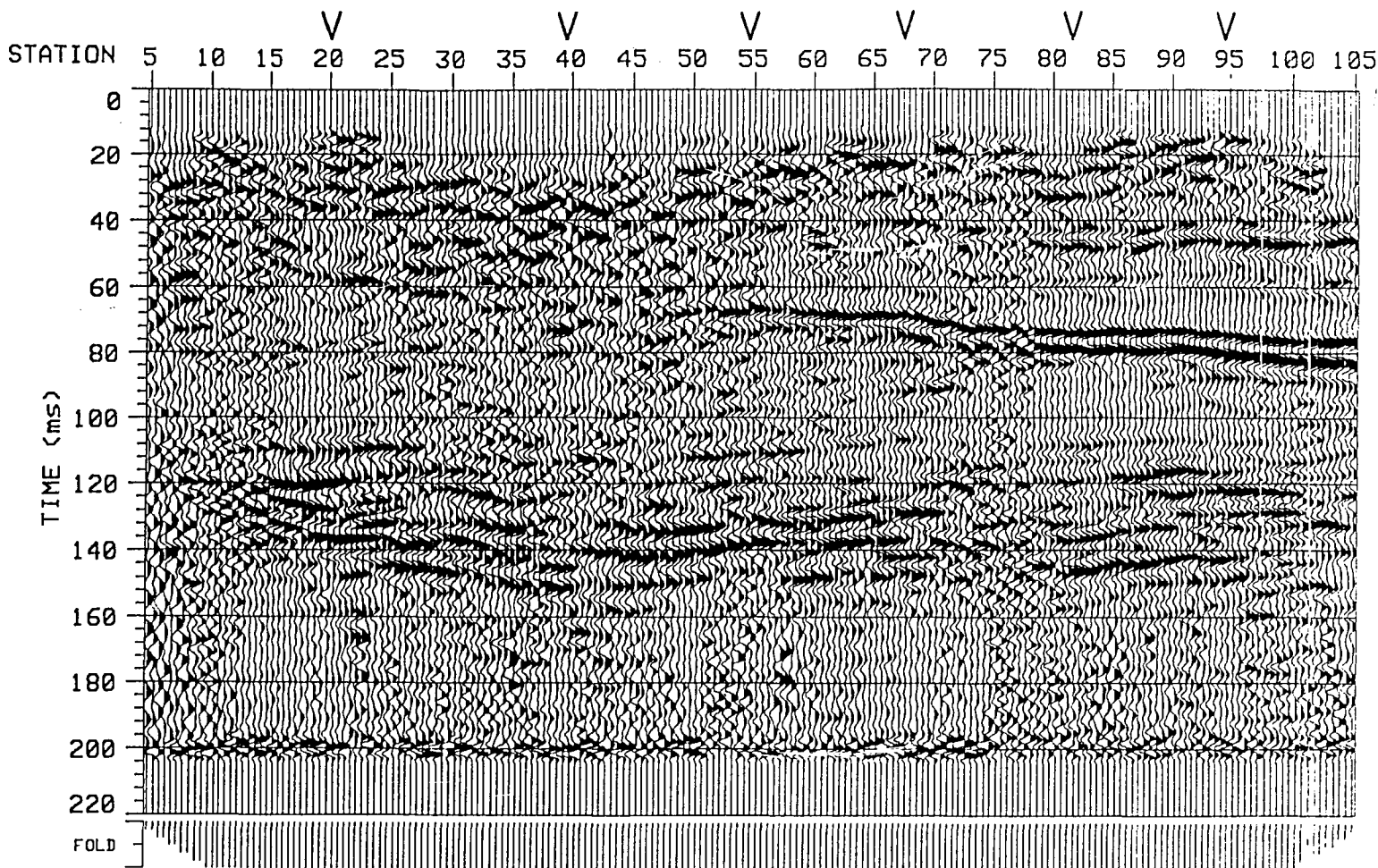
Materiale	Spesifikk motstand (ohm m)					
	1	10	100	1000	10000	100000
Leire, salt	----- ----- ----- ----- ----- -----					
Leire, utvasket	----- ----- ----- ----- ----- -----					
Silt, våt	----- ----- ----- ----- ----- -----					
Sand, vannm.	----- ----- ----- ----- ----- -----					
Grus, vannm.	----- ----- ----- ----- ----- -----					
Grus, tørr	----- ----- ----- ----- ----- -----					
Morene	----- ----- ----- ----- ----- -----					
Fjell	----- ----- ----- ----- ----- -----					



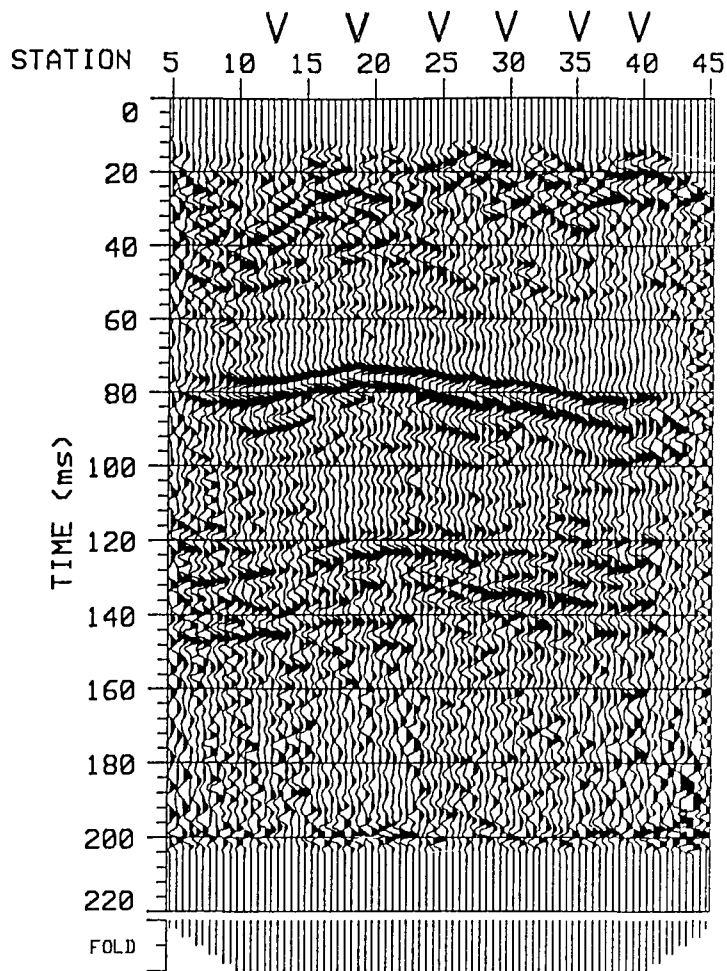
Log	ρ (Ω m)	t (m)
1	587	0.5
2	1224	1.8
3	298	7.3
4	426	11.1
5	87	85
6	383	

Fysisk modell

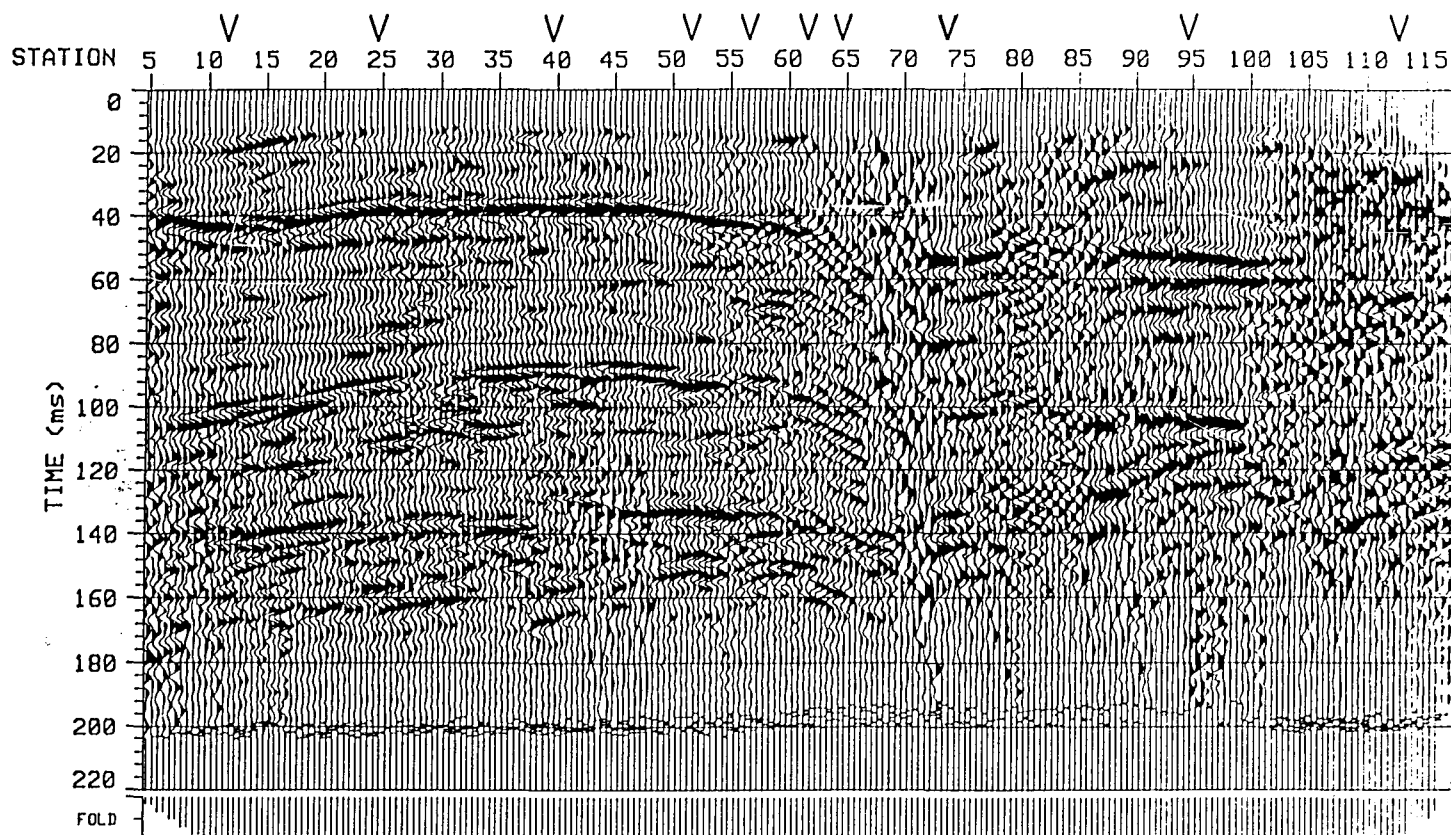
for:	NGU
by:	Geological Survey of Norway
Data Set:	P 4
Date:	30-jun-90
Equipment:	Terrameter
Sounding:	1
Schlumberger VES	
Godoy	
Giske, More og Romsdal	
Azimuth: 50 grader N	



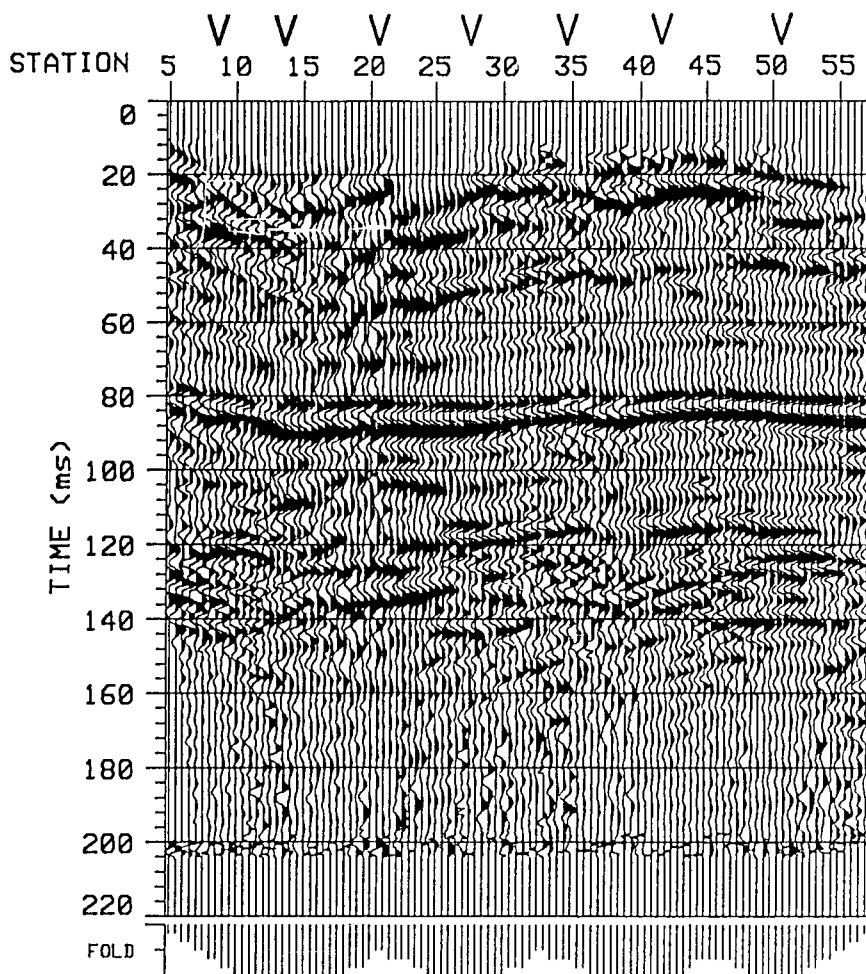
<p>LINE: Godøy, profil 2</p> <p>Møre og Romsdal</p> <p>Godøy</p> <p>CLIENT: NGU</p> <p>FOLD: 6</p> <p>BY: Geological Survey of Norw</p>	<p>SEQUENCE</p> <p>DATUM STATICS</p> <p>TRACE EDITING</p> <p>CDP SORT</p> <p>VELOCITY ANAL.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>CDP</th> <th>VEL (M/S)</th> <th>T0 (MS.)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>40</td> <td>1589</td> <td>55</td> </tr> <tr> <td>109</td> <td>1700</td> <td>68</td> </tr> <tr> <td>163</td> <td>1611</td> <td>75</td> </tr> </tbody> </table> <p>RESIDUAL STATICS</p> <p>NORMAL MOVEOUT</p> <p>STACK</p>	CDP	VEL (M/S)	T0 (MS.)	40	1589	55	109	1700	68	163	1611	75	<p>PROCESSING PARAMETERS</p> <p>NO CORRECTION APPLIED (SURFACE)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>CDP</th> <th>VEL (M/S)</th> <th>T0 (MS.)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>79</td> <td>1822</td> <td>68</td> </tr> <tr> <td>135</td> <td>1600</td> <td>75</td> </tr> <tr> <td>189</td> <td>1489</td> <td>82</td> </tr> </tbody> </table> <p>WINDOW 6. MS</p> <p>MAX. SHIFT 3. MS</p> <p>STRETCH .5</p> <p>STRAIGHT STACK</p> <p>SCALAR 1.</p> <p>100 TO 350 HZ.</p> <p>RMS AMPLITUDE AGC</p> <p>TIME GATE 61 MS</p> <p>AMPLITUDE 2048</p> <p>TRACE BALANCING</p>	CDP	VEL (M/S)	T0 (MS.)	79	1822	68	135	1600	75	189	1489	82
CDP	VEL (M/S)	T0 (MS.)																								
40	1589	55																								
109	1700	68																								
163	1611	75																								
CDP	VEL (M/S)	T0 (MS.)																								
79	1822	68																								
135	1600	75																								
189	1489	82																								
<p>RECORDING PARAMETERS</p> <p>RECORDED BY Jan Steinar Rønning</p> <p>ENERGY SOURCE 12 gauge shot gun</p> <p>INTERVAL GROUP: 4 SOURCE: 4 M</p> <p>TRACES 12 RECORD LENGTH 204. MS.</p> <p>RECORDING FILTER 100 500 HZ</p> <p>INSTRUMENT Scintre</p> <p>SAMPLE RATE .2 MS. DELAY 0 MS.</p> <p>GEOPHONE GROUP LENGTH 0 M</p> <p>SPREAD-Offset 0 - 32 -76</p> <p>DATE RECORDED 1 /1 /80</p> <p>DATE PROCESSED 8 /21/1990</p>	<p>BANDPASS FILTER</p> <p>TRACE SCALING</p>																									



<p>LINE: Godøy, profil 3 Møre og Romsdal Godøy CLIENT: NGU FOLD: 6 BY: Geological Survey of Norw</p>	<p>SEQUENCE DATUM STATICS TRACE EDITING CDP SORT VELOCITY ANAL. CDP VEL(M/S) T0(MS.) 25 1722 75 70 2000 82 79 1611 82 RESIDUAL STATICS</p>	<p>PROCESSING PARAMETERS NO CORRECTION APPLIED (SURFACE) CDP VEL(M/S) T0(MS.) 49 1511 82 59 1589 82 37 1600 75 WINDOW 6. MS MAX. SHIFT 3. MS STRETCH .5 STRAIGHT STACK SCALAR 1. 100 TO 350 HZ. RMS AMPLITUDE AGC TIME GATE 61 MS AMPLITUDE 3072 TRACE BALANCING</p>
<p>RECORDING PARAMETERS RECORDED BY Jan Steinar Rønning ENERGY SOURCE 12 Gauge shot gun INTERVAL GROUP: 4 SOURCE: 4 M TRACES 12 RECORD LENGTH 204. MS. RECORDING FILTER 100 500 HZ INSTRUMENT Scintre SAMPLE RATE .2 MS. DELAY 0 MS. GEOPHONE GROUP LENGTH 0 M SPREAD-Offset 0 - 32 -76 DATE RECORDED 6 /27/90 DATE PROCESSED 8 /17/1990</p>	<p>BANDPASS FILTER TRACE SCALING</p>	



<p>LINE: Godøy, profil 4 Møre og Romsdal Godøy CLIENT: NGU FOLD: 6 BY: Geological Survey of Norw</p>	<p>SEQUENCE DATUM STATICS TRACE EDITING CDP SORT VELOCITY ANAL.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>CDP</th> <th>VEL (M/S)</th> <th>T0 (MS.)</th> <th>CDP</th> <th>VEL (M/S)</th> <th>T0 (MS.)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>23</td> <td>1811</td> <td>41</td> <td>49</td> <td>1700</td> <td>41</td> </tr> <tr> <td>79</td> <td>1811</td> <td>34</td> <td>103</td> <td>1711</td> <td>41</td> </tr> <tr> <td>113</td> <td>1689</td> <td>41</td> <td>123</td> <td>1478</td> <td>48</td> </tr> <tr> <td>129</td> <td>1467</td> <td>48</td> <td>147</td> <td>1611</td> <td>48</td> </tr> <tr> <td>189</td> <td>1678</td> <td>48</td> <td>225</td> <td>1733</td> <td>61</td> </tr> </tbody> </table>	CDP	VEL (M/S)	T0 (MS.)	CDP	VEL (M/S)	T0 (MS.)	23	1811	41	49	1700	41	79	1811	34	103	1711	41	113	1689	41	123	1478	48	129	1467	48	147	1611	48	189	1678	48	225	1733	61	<p>PROCESSING PARAMETERS NO CORRECTION APPLIED (SURFACE)</p>
CDP	VEL (M/S)	T0 (MS.)	CDP	VEL (M/S)	T0 (MS.)																																	
23	1811	41	49	1700	41																																	
79	1811	34	103	1711	41																																	
113	1689	41	123	1478	48																																	
129	1467	48	147	1611	48																																	
189	1678	48	225	1733	61																																	
<p>RECORDING PARAMETERS RECORDED BY ENERGY SOURCE 12 gauge shot gun INTERVAL GROUP: 4 SOURCE: 4 M TRACES 12 RECORD LENGTH 204. MS. RECORDING FILTER 100 500 HZ INSTRUMENT Scintre SAMPLE RATE .2 MS. DELAY 0 MS. GEOPHONE GROUP LENGTH 0 M SPREAD-Offset 0 - 32 -76 DATE RECORDED 1 /1 /80 DATE PROCESSED 8 /20/1990</p>	<p>TRACE MUTING RESIDUAL STATICS NORMAL MOVEOUT STACK TRACE SCALING</p>	<p>WINDOW 6. MS MAX. SHIFT 3. MS STRETCH .5 STRAIGHT STACK SCALAR 1. RMS AMPLITUDE AGC TIME GATE 61 MS AMPLITUDE 2048 TRACE BALANCING</p>																																				



<p>LINE: Godøy, profil 5 Møre og Romsdal Godøy CLIENT: NGU FOLD: 6 BY: Geological Survey of Norw</p>	<p>SEQUENCE DATUM STATICS TRACE EDITING CDP SORT VELOCITY ANAL. CDP VEL (M/S) T0 (MS.) 27 1900 89 69 1567 82 101 1800 82 41 1567 82</p>	<p>PROCESSING PARAMETERS NO CORRECTION APPLIED (SURFACE)</p>
<p>RECORDING PARAMETERS RECORDED BY Jan Steinar Rønning ENERGY SOURCE 12 gauge shot gun INTERVAL GROUP: 4 SOURCE: 4 M TRACES 12 RECORD LENGTH 204. MS. RECORDING FILTER 100 500 HZ INSTRUMENT Scintre SAMPLE RATE .2 MS. DELAY 0 MS. GEOPHONE GROUP LENGTH 0 M SPREAD-Offset 0 - 32 -76 DATE RECORDED 1 /1 /80 DATE PROCESSED 8 /17/1990</p>	<p>TRACE MUTING RESIDUAL STATICS NORMAL MOVEOUT STACK BANDPASS FILTER TRACE SCALING</p>	<p>WINDOW 6. MS MAX. SHIFT 3. MS STRETCH .5 STRAIGHT STACK SCALAR 1. 100 TO 350 HZ. RMS AMPLITUDE AGC TIME GATE 61 MS AMPLITUDE 2047 TRACE BALANCING</p>

Hastighetsanalyser

PROFIL 2

<u>20</u>		<u>40</u>		<u>55</u>		<u>68</u>	
<u>v(m/s)</u>	<u>t₀(ms)</u>	<u>v(m/s)</u>	<u>t₀(ms)</u>	<u>v(m/s)</u>	<u>t₀(ms)</u>	<u>v(m/s)</u>	<u>t₀(ms)</u>
1600	55	1800	68	1700	68	1600	75
1600	130			1700	136	1700	130
<u>82</u>		<u>95</u>		<u>v(m/s)</u>			
<u>v(m/s)</u>	<u>t₀(ms)</u>	<u>v(m/s)</u>	<u>t₀(ms)</u>				
1600	75	1500	82	1630			
		1600	123	1650			
1700	143			1700			

PROFIL 3

<u>13</u>		<u>19</u>		<u>25</u>		<u>30</u>	
<u>v(m/s)</u>	<u>t₀(ms)</u>	<u>v(m/s)</u>	<u>t₀(ms)</u>	<u>v(m/s)</u>	<u>t₀(ms)</u>	<u>v(m/s)</u>	<u>t₀(ms)</u>
1700	75	1600	75	1500	82	1600	82
1800	123	1600	130	1500	123	1600	123
<u>35</u>		<u>40</u>		<u>v(m/s)</u>			
<u>v(m/s)</u>	<u>t₀(ms)</u>	<u>v(m/s)</u>	<u>t₀(ms)</u>				
2000	82	1600	82	1670			
2000	116			1700			

v angir gjennomsnittlig seismisk hastighet til reflektor under et skuddpunkt i profilet

t₀ angir toveis gangtid til reflektor

35 angir skuddpunkt for hastighetsanalyse

v angir gjennomsnittlig hastighet til reflektor i profilet

PROFIL 4

<u>12</u>		<u>25</u>		<u>35</u>		<u>40</u>	
<u>v(m/s)</u>	<u>t₀(ms)</u>	<u>v(m/s)</u>	<u>t₀(ms)</u>	<u>v(m/s)</u>	<u>t₀(ms)</u>	<u>v(m/s)</u>	<u>t₀(ms)</u>
1800	41	1700	41			1800	34
2000	102			1700	89	1700	89
2200	143	1700	143	1800	137		
2000	164	1600	157				

<u>52</u>		<u>57</u>		<u>62</u>		<u>65</u>	
<u>v(m/s)</u>	<u>t₀(ms)</u>	<u>v(m/s)</u>	<u>t₀(ms)</u>	<u>v(m/s)</u>	<u>t₀(ms)</u>	<u>v(m/s)</u>	<u>t₀(ms)</u>
1700	41	1700	41	1500	48	1500	48
1600	89	1600	89			1600	96
1700	130	1600	137				
1800	150	1700	150				

<u>74</u>		<u>90</u>		<u>95</u>		<u>v(m/s)</u>	
<u>v(m/s)</u>	<u>t₀(ms)</u>	<u>v(m/s)</u>	<u>t₀(ms)</u>	<u>v(m/s)</u>	<u>t₀(ms)</u>		
1600	48	1600	48	1700	48		1670
				1600	96		1680
		1300	130	1400	123		1670

PROFIL 5

<u>9</u>		<u>14</u>		<u>21</u>		<u>28</u>	
<u>v(m/s)</u>	<u>t₀(ms)</u>	<u>v(m/s)</u>	<u>t₀(ms)</u>	<u>v(m/s)</u>	<u>t₀(ms)</u>	<u>v(m/s)</u>	<u>t₀(ms)</u>
1700	82	1900	89	1600	82	1600	89
1800	116	2000	116			1600	109

<u>35</u>		<u>42</u>		<u>51</u>		<u>v(m/s)</u>	
<u>v(m/s)</u>	<u>t₀(ms)</u>	<u>v(m/s)</u>	<u>t₀(ms)</u>	<u>v(m/s)</u>	<u>t₀(ms)</u>		
1600	82	1600	82	1800	82		1690
1600	116	1500	116	1900	123		1730

v angir gjennomsnittlig seismisk hastighet til reflektor under et skuddpunkt i profilet





t₀ angir toveis gangtid til reflektor

35 angir skuddpunkt for hastighetsanalyse

v angir gjennomsnittlig hastighet til reflektor i profilet

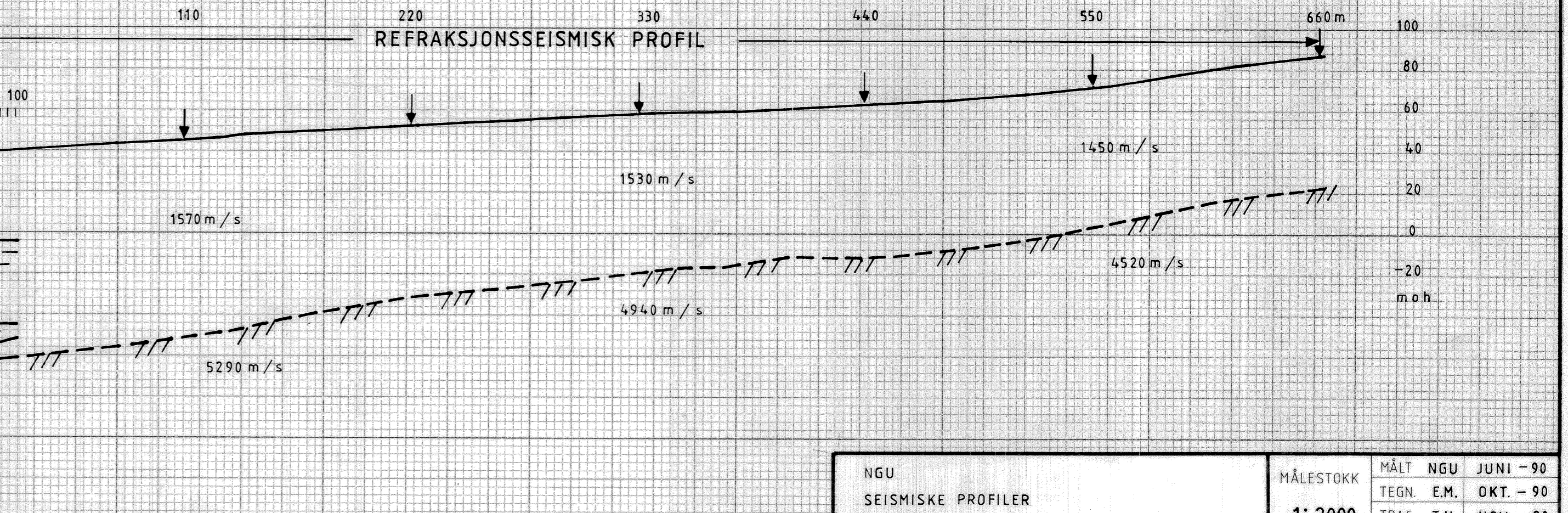
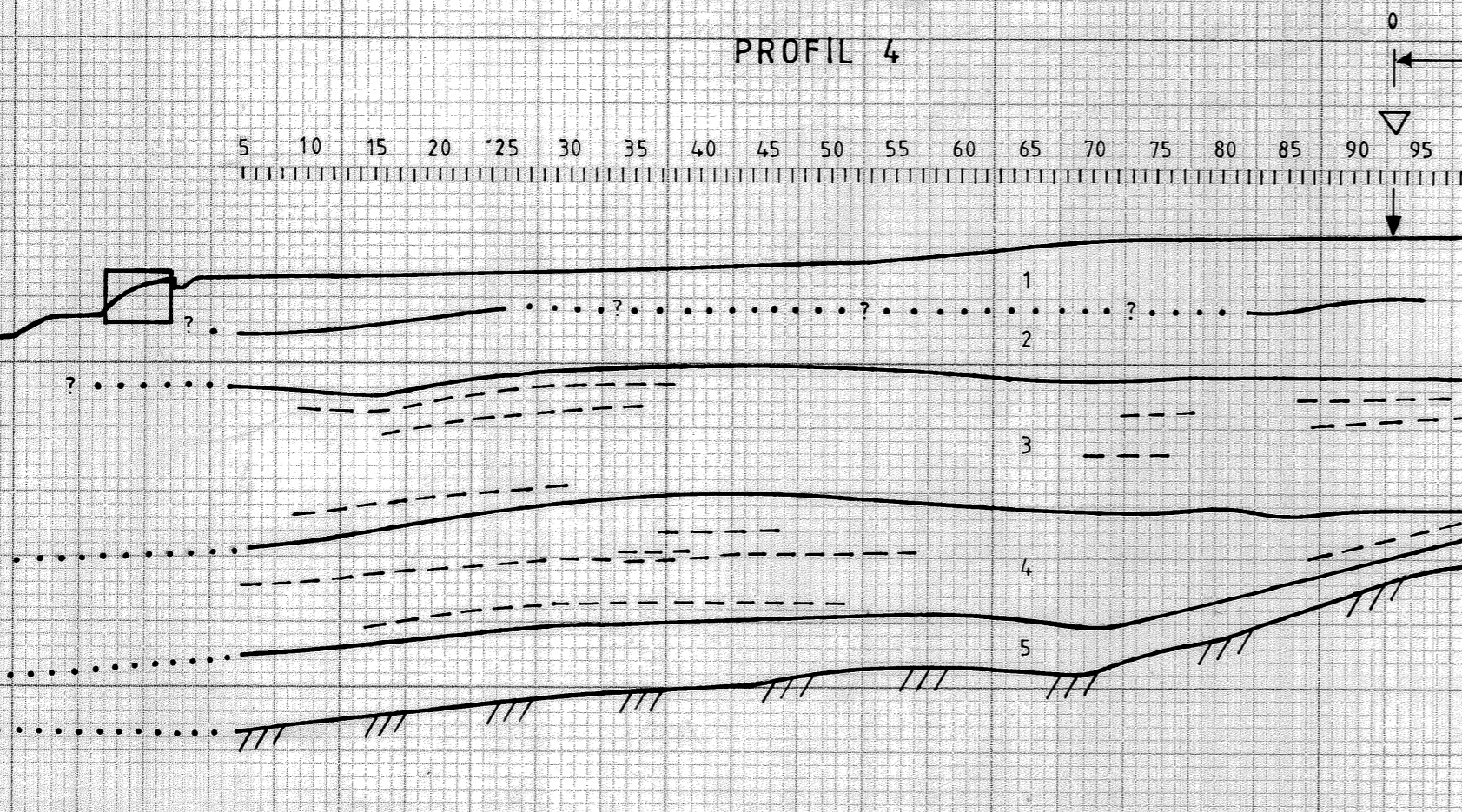
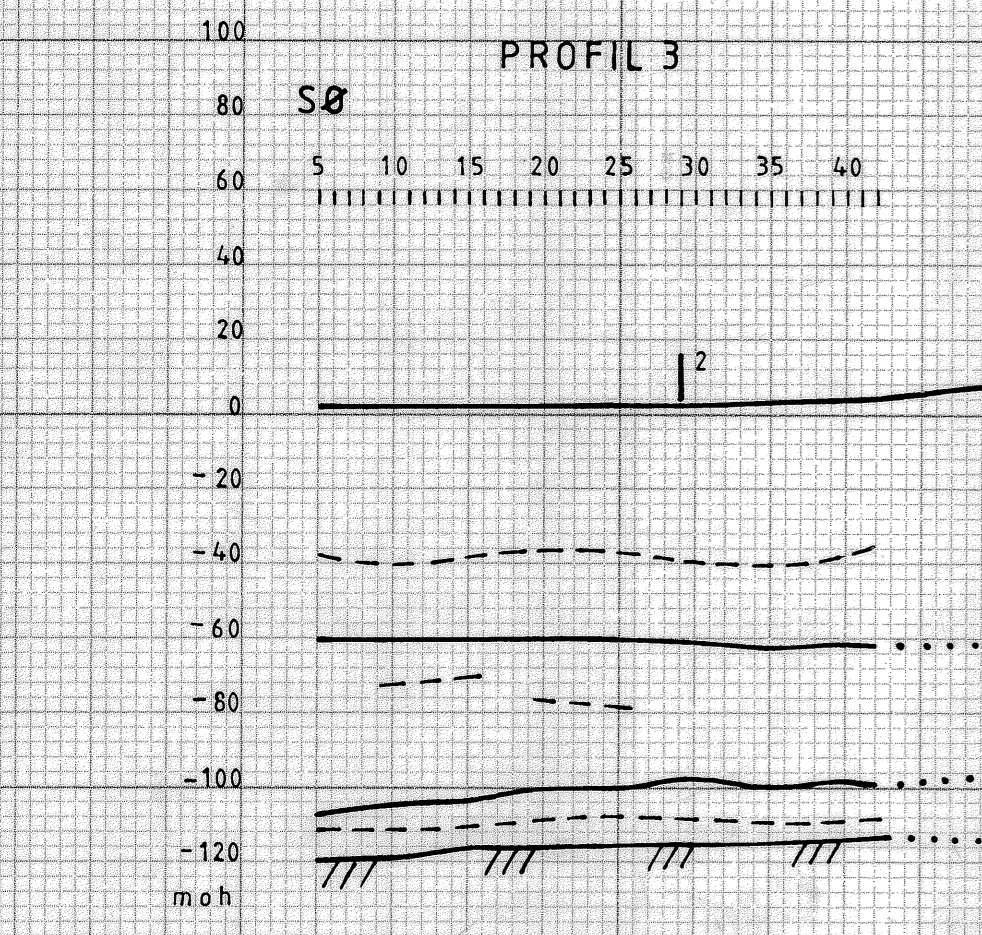
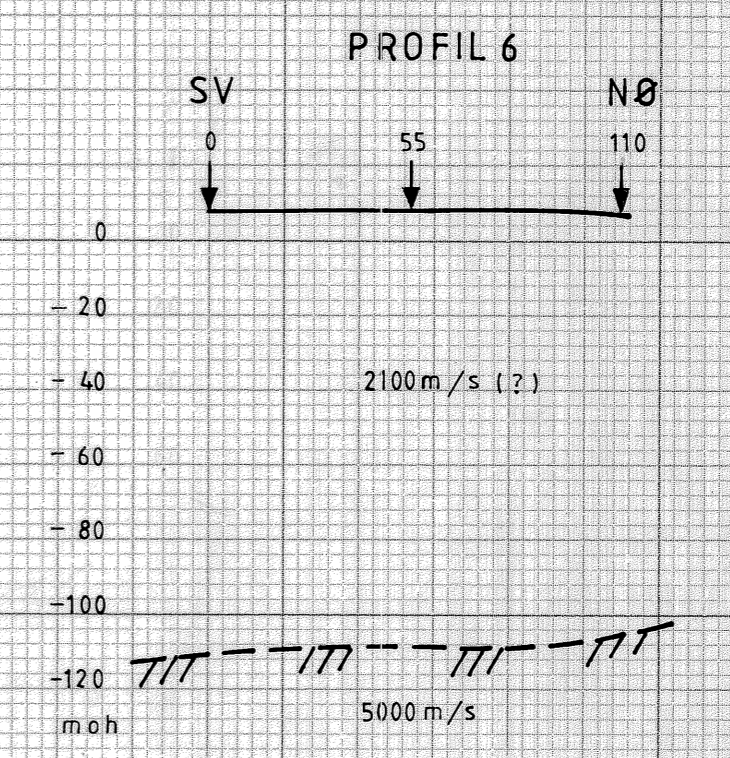
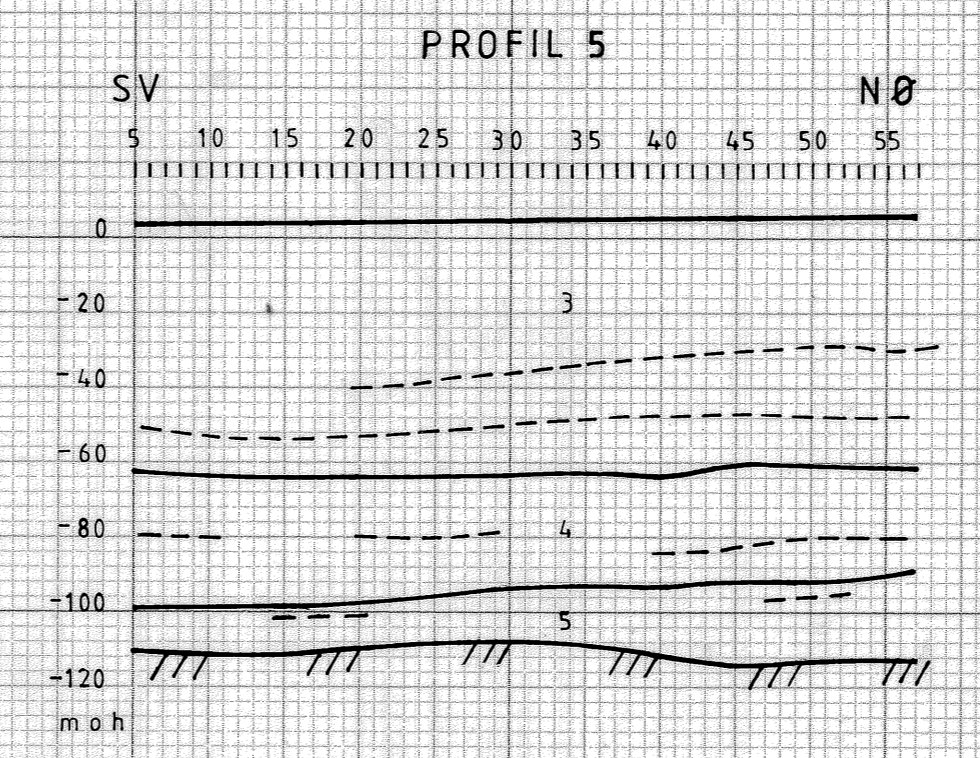
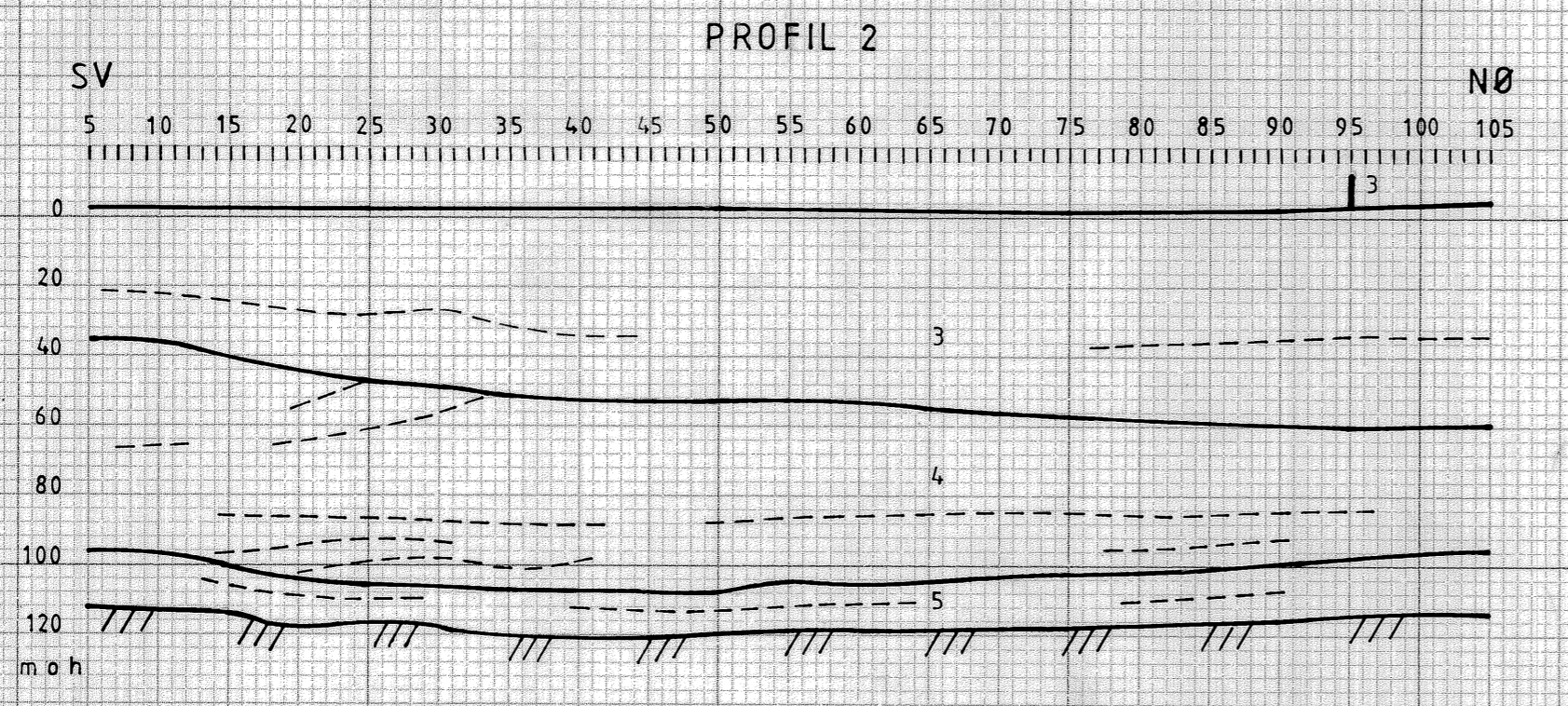
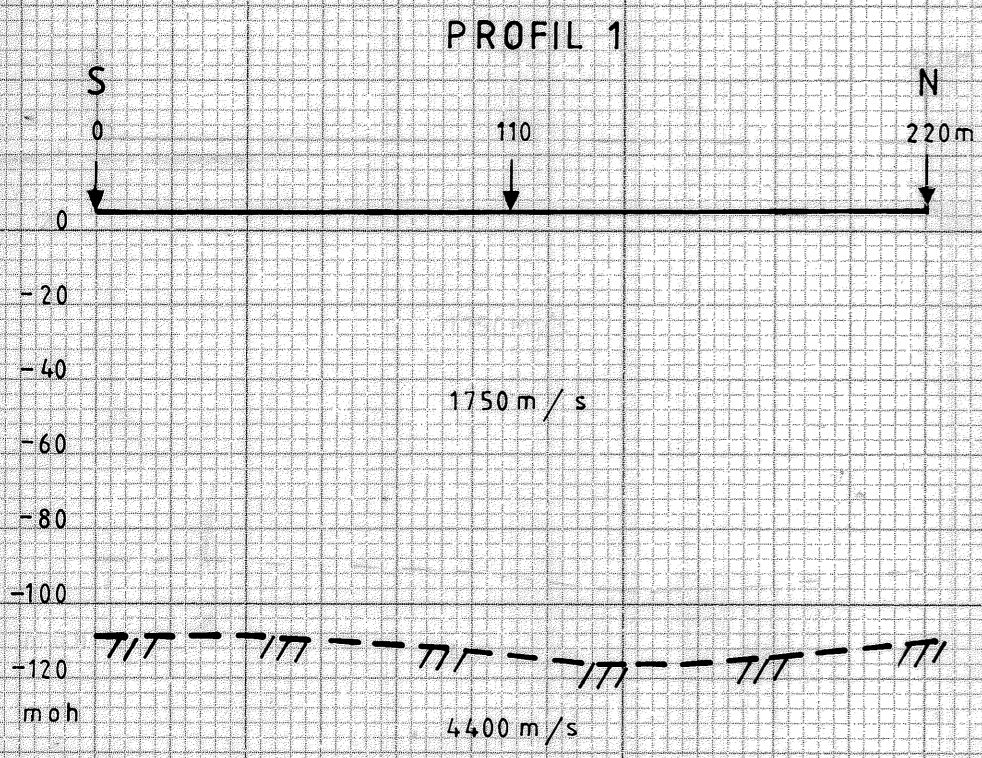


TEGNFORKLARING

-  STRANDKLEIV-LOKALITETEN (LANDVIK & MANGERUD 1985)
-  10 REFLEKSJONSSEISMISK PROFIL M/SKUDDPUNKTNUMMER
-  110 REFRAKSJONSSEISMISK PROFIL M/SKUDDPUNKTNUMMER
-  VERTIKAL ELEKTRISK SONDERING M/SONDERINGSPUNKT
- P1 PROFILNUMMER

NGU OVERSIKTSKART GODØY GISKE, MØRE OG ROMSDAL	MÅLESTOKK 1:5 000	MÅLT NGU JUNI 1990
	TEGN EM TRAC RB KFR EM	OKT 1990 NOV 1990
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR 90.140 - 01	KARTBLAD NR 1119 I

- TEGNFORKLARING**
- STRANDKLEIV-LOKALITETEN (LANDVIK OG MANGERUD 1985)
 - 5
1
0
↓ SKUDDPUNKT (REFLEKSJONSSEISMIKK)
 - 2
↓ SKUDDPUNKT (REFRAKSJONSSEISMIKK)
 - 1
↓ KRYSSENDE PROFIL MED PROFILNR.
 - 1 SEISMISK SEKVENSNR.
 - ▽ VERTIKAL ELEKTRISK SONDERING
 - TERRENGOVERFLATE
 - USIKKER SKILLELINJE
 - - - - REFLEKTOR INNEN SEISMISK SEKVENSNR.
 - ~ ~ ~ ~ REFLEKTOR SOM ADSKILLER SEISMISKE SEKVENSER
 - /// ANTATT FJELLREFLEKTOR
 - /// ANTATT FJELLREFRAKTOR



NGU SEISMISKE PROFILER GODØY GISKE, MØRE OG ROMSDAL	MÅLESTOKK	MÅLT NGU JUNI - 90
	1: 2000	TEGN. E.M. OKT. - 90
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TRAC. T.H. NOV. - 90	KFR. — —
	TEGNING NR. 90.140-02	KARTBLAD NR. 1119 I