

NGU-rapport 91.198

Geofysiske grunnvannsundersøkelser
i Dirdal, Gjesdal kommune,
Rogaland

Rapport nr. 91.198		ISSN 0800-3416		Åpen/ Fortrolig	
Tittel: Geofysiske grunnvannsundersøkelser i Dirdal, Gjesdal kommune, Rogaland					
Forfatter: Eirik Mauring og Jan Fr. Tønnesen			Oppdragsgiver: Norsk Bioakva A/S - NGU		
Fylke: Rogaland			Kommune: Gjesdal		
Kartbladnavn (M. 1:250 000) Mandal			Kartbladnr. og -navn (M. 1:50 000) 1212 I Høle		
Forekomstens navn og koordinater: Dirdal 32V 3376 65253			Sidetall: 35		Pris: kr. 80,-
Feltarbeid utført: 24.-29.05.91		Rapportdato: 25.06.1991		Prosjektnr.: 63.2383.00	
				Seksjonssjef: <i>Jan S. Mauring</i>	
Sammendrag: Geofysiske undersøkelser er utført som et oppdrag for Norsk Bioakva A/S. Formålet med undersøkelsene var å finne egnete områder for uttak av ferskt grunnvann fra løsmasser til fiskeoppdrettsanlegg. De geofysiske metoder som har vært anvendt er georadar, refleksjonsseismikk, kombinert elektrisk profilering/sondering og vertikal elektrisk sondering. Georadarmålinger ga mest informasjon, og resultater fra disse målingene er i størst grad benyttet som grunnlag for utvalg av områder som er aktuelle ved boringer. Det er valgt ut 4 slike områder i prioritert rekkefølge. Innenfor disse områdene opptrer grovkornig materiale til et dyp på over 30 m. Ved valg av områdene er det også tatt hensyn til eventuelle problemer med saltvannsinntrengning fra fjorden. For å oppnå god naturlig filtrering av grunnvannet er områdene plassert et stykke unna elva Dirdalsåna. Det er også tatt praktiske hensyn ved at områdene ligger nær fiskeoppdrettsanlegget, og at grunnvannsspeilet ligger grunt i områdene. Dersom vanngiverevnen er for lav i avsetningene innenfor avmerket område, kan ny prøvebrønn plasseres nærmere elva.					
Emneord		Elektrisk måling		Løsmasse	
Geofysikk		Refleksjonsseismikk			
Elektromagnetisk måling		Grunnvann		Fagrapport	

INNHOLD

	Side
1. INNLEDNING	4
2. METODER OG UTFØRELSE	4
2.1 Georadar	4
2.2 Refleksjonsseismikk	5
2.3 Kombinert elektrisk profilering/sondering	5
2.4 Vertikal elektrisk sondering	5
3. RESULTATER	6
3.1 Georadar	6
3.2 Refleksjonsseismikk	7
3.3 Kombinert elektrisk profilering/sondering	8
3.4 Vertikal elektrisk sondering	9
3.5 Aktuelle områder for boringer	10
4. KONKLUSJON	11
Referanser	12

Tekstbilag

1. Georadar - metodebeskrivelse
2. Refleksjonsseismikk - metodebeskrivelse
3. Kombinert elektrisk profilering/sondering - metodebeskrivelse
4. Vertikal elektrisk sondering - metodebeskrivelse

Databilag

1. Georadaropptak
2. Refleksjonsseismiske profiler
3. Modellberegning, pol-dipol-målinger
4. Modellberegninger, vertikale elektriske sonderinger

Kartbilag

- 91.198-01: Oversiktskart, georadar-målinger
- 91.198-02: Oversiktskart, refleksjonsseismikk og elektriske målinger
- 91.198-03: Aktuelle områder for boringer
- 91.198-04: Pol-dipol, pseudoseksjoner

1. INNLEDNING

Geofysiske undersøkelser er utført som et oppdrag for Felleskjøpets forskningsstasjon, Norsk Bioakva A/S, i Dirdal, Gjesdal kommune, Rogaland. Formålet med undersøkelsen var å finne egnede områder for uttak av ferskt grunnvann fra løsmasser til forskningsstasjonens fiskeoppdrettsanlegg. Områdene som ble undersøkt ligger relativt nær stasjonen avgrenset til dalavsetningen mindre enn 800 m fra fjorden og gjennomgående mindre enn 200 m fra Dirdalsåna.

Hoveddelen av undersøkelsen ble utført ved hjelp av georadar for å kartlegge dyp til grunnvannsspeil, dyp til finstofflag og dyp til soner med saltvannsinntrengning fra fjorden. Refleksjonsseismikk ble anvendt for om mulig å kartlegge dyp til finstofflag og fjell. Vertikal elektrisk sondering og kombinert elektrisk profilering/sondering ble utført som et supplement til georadarmålingene for kartlegging av finstofflag og soner med saltvannsinntrengning.

2. METODER OG UTFØRELSE

2.1 Georadar

En generell beskrivelse av georadarmålinger og teoretiske prinsipper er vedlagt (tekstbilag 1). Det ble målt langs 8 profiler, og disse er inntegnet på kartbilag -01. Georadaren som ble benyttet er digital og av typen pulseEKKO IV (Sensors & Software Inc.). Senderfrekvensen 50 MHz ble benyttet. Opptakstiden var 1024 ns og samplingsintervallet var 0.8 ns. Signalene ble stacket 128 (profil 1) og 64 ganger (profil 2-8) ved hvert målepunkt. Avstanden mellom sender og mottaker var 1 m, flyttavstanden var 1 m, og lengden av profilene er vist under;

	<u>Lengde (m)</u>
Profil 1:	739
Profil 2:	156
Profil 3:	343
Profil 4:	300
Profil 5:	280
Profil 6:	266
Profil 7:	200
Profil 8:	<u>106</u>
Samlet lengde:	2390

I tillegg ble det ved to lokaliteter utført CDP-målinger ('common depth-point') for bestemmelse av radarbølgenes hastighet i tørr og vannmettet sone.

2.2 Refleksjonsseismikk

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.

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 haglskudd avfyrt fra en spesiallagd bøsse.

Det ble ialt målt 3 profiler, hver med en lengde på ca. 88 m (se kartbilag -02). Viktige opptaksparametre er listet i tabellen under.

<u>Parameter</u>	<u>Verdi</u>
Antall kanaler	12
Geofon- og skuddavstand (m)	5
Avstand fra skudd til første geofon (m)	20
Analogt lavkuttfilter (Hz)	100
Analogt høykuttfilter (Hz)	2000
Opptakstid (ms)	200

Datakvaliteten var variabel, men i gjennomsnitt god.

2.3 Kombinert elektrisk profilering/sondering

Målingene ble utført med pol-dipol elektrodekonfigurasjon (se tekstbilag 3). Avstanden mellom hvert sonderingspunkt var stort sett 25 m. For hver sondering ble avstanden mellom potensialelektrodene holdt konstant lik 4 m, mens avstanden fra strømelektroden til nærmeste potensialelektrode var $n \cdot 4$ m, der n varierte fra 1 til 10. Ved målingene ble det benyttet et registreringsinstrument av typen ABEM SAS300 Terrameter. Det ble målt langs 4 profiler, og plasseringen av disse er vist i kartbilag -02. Profilene er stort sett lagt langs georadarprofiler.

2.4 Vertikal elektrisk sondering

En beskrivelse av måleteknikk, tolkning og metodiske usikkerheter er vedlagt (tekstbilag 4). Det ble målt to sonderinger. Sonderingspunkt og retning for elektrodeutlegg er vist i kartbilag -02. Et kabelsystem for Schlumberger elektrodekonfigurasjon ble benyttet ved utførelsen av målingene. ABEM SAS300 Terrameter 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 140 m for begge sonderinger.

3. RESULTATER

Under dette kapittelet beskrives først resultater fra hver enkelt målemetode, og deretter presenteres aktuelle områder for boringer basert på resultater fra de geofysiske målinger.

3.1 Georadar

Resultater fra målinger med georadar presenteres som kotekart over penetrasjonsdyp i kartbilag -01. Penetrasjon angir maksimal dybderekkevidde for radarsignaler. Med fast senderfrekvens er dybderekkevidden i stor grad avhengig av elektrisk ledningsevne i grunnen. Økende ledningsevne fører til hurtigere demping av bølgepulsene og minkende penetrasjon. Av tabellen i tekstbilag 1 ser vi at blant annet saltvann og finkornige sedimenter (silt/leir) gir stor demping av bølgepulser, mens tørre eller grovkornige sedimenter (sand/grus) gir liten demping. I løsmasser er derfor stort penetrasjonsdyp en indikasjon på tørre eller grovkornige sedimenter. Ved uttak av grunnvann fra løsmasser er det en forutsetning at massene er tilstrekkelig grove, dvs. sand/grus-dominerte med liten andel av de fineste sandfraksjoner for å få godt tilsig av vann (høy permeabilitet).

For å bestemme radarbølgenes hastighet (og dermed dybdeskala) i tørr og vannmettet sone, ble det utført to CDP-opptak, henholdsvis CDP 1 og CDP 2. Opptakene er NMO-korrigert i hastighetsintervallet 0.01-0.3 m/ns og er presentert i databilag 1.1. Hastighet i tørr sone (CDP 1) er 0.13 m/ns, mens den i vannmettet sone er 0.08 m/ns (CDP 2). Dette gir to dybdeskalaer, én for materiale over grunnvannsspeil og én for materiale under. Mye av målingene ble foretatt i områder med grunt dyp til grunnvannsspeil (2-4 m), og siden det var av primær interesse å bestemme korrekt dyp til lag i vannmettet sone, ble 0.08 m/ns benyttet som hastighet ved opptegning av dybdeskala.

Utdrag av georadarprofiler er vist i databilag 1.2-1.7. Ved utskrift av profilene er det benyttet forsterkning som øker med tiden, for å framheve dype reflektorer.

Databilag 1.2 viser opptak ved Bjørå (utdrag av profil 1a). Penetrasjonen øker langs profilet. Opprinnelig ble nedre grense for penetrasjonen antatt å representere fjell. Elektriske målinger viste seinere at denne grensen representerer finstoffmateriale. Fra posisjon 100 vises skrålagning. Lagningen flater ut mot finstofflaget. Skrålagningen regnes å være avsatt i frontskråningen på elvedeltaet som har bygd seg utover i fjordbassenget. Finstofflaget antas å utgjøre bunnlag avsatt utenfor den tidligere deltafronten.

Databilag 1.3 og 1.4 viser utdrag av henholdsvis profil 1a og 1b. Begge utsnitt viser bratt skrålagning (20-35°), stedvis til et dyp på over 35 m. Bratt skrålagning og stor penetrasjon gjenspeiler grovkornige avsetninger og gunstige forhold for uttak av grunnvann.

Databilag 1.5 viser den sentrale del av profil 3a. Profilet er målt på tvers av antatt avsetningsretning. Reflektor på ca. 150 ns representerer grunnvannsspeil. Mellom posisjon 120 og 140

skråner terrenget ned, og grunnvannsspeilet kommer nærmere overflaten. Dyp til grunnvannspeil mellom posisjon 80 og 120 er ca. 9 m (dybdeskala som er angitt i bilaget gjelder vannmettet sone). Seinere boringer bør av praktiske hensyn utføres der grunnvannsspeilet ligger grunt. Mellom posisjon 80 og 120 er radarsignalene svake. Dette skyldes sannsynligvis høy ledningsevne i det øverste oppdyrkete laget (oppløste næringssalter), påvist ved vertikal elektrisk sondering VES 2 (se 3.4).

Databilag 1.6 viser østligste del av profil 3a. Mot elva, mellom posisjon 200 og 238, viser lagene forskjellig skråningsretning. De dypeste lag skråner oppover i profilretningen, mens de grunneste lag skråner nedover. Dette er uttrykk for at sedimenter er avsatt i forskjellige retninger til forskjellige tider og at elva sannsynligvis har skiftet løp flere ganger. Datakvaliteten er meget god med penetrasjonsdyp på minst 30 m.

Databilag 1.7 viser profil 5b mellom posisjon 1 og 80. Ved starten av profilet er penetrasjonen større enn 30 m. Den avtar langs profilet, på grunn av at et finstofflag kommer opp (vist ved elektriske målinger, se 3.3). Penetrasjonen ved posisjon 80 er 7-8 m.

Det skraverte feltet i kartbilag -01 angir områder der penetrasjonsdypet er større enn 30 m. Dette betyr at det i dette området sannsynligvis opptrer relativt grovkornige sedimenter ned til et dyp på over 30 m. Avtakende penetrasjon mot sjøen skyldes økende ledningsevne på grunn av saltvannsinntrengning. Sonen for saltvannsinntrengning opptrer ikke som en skarp grense i georadaropptakene. Avtakende penetrasjon mot fjellsiden i Ø kan skyldes finstofflag eller at fjellet kommer opp. Kombinert elektrisk sondering/profilering viste (se 3.3) at avtakende penetrasjon skyldtes finstofflag (høy ledningsevne).

3.2 Refleksjonsseismikk

Refleksjonsseismiske tidsseksjoner er presentert i databilag 2. Opptaksparametre og prosesseringstrinn er listet til høyre for hver seksjon. Ved prosesseringen er programpakken Interpex/Seistrix-2 benyttet (Interpex 1990). Reflektorer som omtales er angitt med piler på seksjonene.

Profil S1

Refleksjonsseismisk tidsseksjon er vist i databilag 2.1. Reflektor på ca. 130 ms antas å representere fjell. Hastighetsanalyser på 3 CDP-samlinger (angitt med haker over tidsseksjonen) ga gjennomsnittlig seismisk hastighet på ca. 1600 m/s. Dette gir et dyp til fjell på 100-105 m. I området 40-80 ms opptrer flere reflektorer. Disse heller nedover mot N, slik som skrålagningen i georadaropptakene. Vinkelen på skrålagningen er i dette tilfellet betydelig mindre. Den mest markerte reflektor opptrer på ca. 55 m dyp ved posisjon 0 og på ca. 40 m dyp ved posisjon 87.5. Det er mulig at denne utgjør grensen mot finstoffmateriale.

Profil S2

Profil målt langs Bruholmen. Refleksjonsseismisk tidsseksjon er vist i databilag 2.2. Reflektor på 60-70 ms antas å representere fjell. Også for dette profilet gir hastighetsanalyser en gjennomsnittlig seismisk hastighet på 1600 m/s, og dyp til fjell ligger sannsynligvis i området 45-55 m. Grunnere reflektorer er mindre utholdende og viser skrålagning. Grense til finstofflag er ikke indikert.

Profil S3

Profil målt på tvers av Bruholmen. Tidsseksjon er vist i databilag 2.3. Hastighetsanalyser viser gjennomsnittlig seismisk hastighet på ca. 1600 m/s. Ved posisjon 0 opptrer reflektor på ca. 56 ms (45 m) som trolig representerer fjell. Fjellet skråner ned langs profilet og opptrer på ca. 84 ms (67 m) ved posisjon 87.5. Reflektorer over fjell er lite utholdende, og grensen mot finstofflag kan ikke påvises.

3.3 Kombinert elektrisk profilering/sondering

Data fra pol-dipolmålinger er presentert som pseudoseksjoner i kartbilag -04. Pseudoseksjonene gir et kvalitativt inntrykk av hvordan tilsynelatende resistivitet endrer seg langs profilene og mot dypet. I pseudoseksjonen trekkes konturer gjennom områder med lik tilsynelatende resistivitet. Dybdeskala som er angitt ved siden av seksjonene angir plottedyb og ikke virkelige dyp. For å få bedre kvantitativ vurdering av lagtykkelser og motstander er det foretatt modellberegning for enkelte sonderingspunkter ved bruk av programpakken Interpex/Resixip (Interpex 1988).

Profil 1a

Profil langs Bjørå. Ved starten av profilet (posisjon 0-70) ser vi at tilsynelatende resistivitet avtar raskt mot dypet. Dette tolkes til å være forårsaket av et finstofflag, noe som er i samsvar med georadarmålinger som har dårlig penetrasjon i dette området. Fra posisjon 70 går resistivitetskurvene mot dypet og blir mindre tette. Dette indikerer at finstofflaget går mot dypet, noe som også framgår av georadaropptakene (databilag 1.2), der penetrasjonen øker langs profilet.

Profil 1b

Profil fra bru (ved Bruholmen) mot fjorden. Helt fram til posisjon 240 er grunnen karakterisert ved høy tilsynelatende resistivitet og bare relativt små laterale og vertikale endringer i resistivitetsverdiene. Mellom posisjon 200 og 260 har vi høyere motstand i plottedyb 5-10 m, og dette skyldes større dyp til grunnvannsspeil i dette området (høyde i terrenget). Fra posisjon 240 opptrer resistivitetskurvene tettere og resistiviteten avtar raskt mot dypet. Dette skyldes etter all sannsynlighet saltvannsinntrengning fra fjorden.

Profil 9

Profil fra fjorden i retning ØSØ. Resistivitetskurvene viser jevnt økende resistivitet langs profilet (bort fra fjorden) og mot dypet. Dette skyldes avtakende saltvannsinntrengning langs profilretningen. For å få et mer eksakt inntrykk av dyp til saltvannspåvirket sone og resistivitet i denne sonen, er det utført modellberegninger på data fra sondering i posisjon 0 og 50 langs

profilen. Modellene er presentert i databilag 3. Det er ikke modellert dyp til ferskvannsmettet sone, fordi denne ikke gir seg til kjenne i måledata på grunn av suppresjon (se tekstbilag 4). Dyp til saltvannspåvirket sone er derfor sannsynligvis noe større enn det modellberegningene viser. Det er også sannsynlig at overgangen mellom ferskt og salt grunnvann er mer diffus enn det som kommer til uttrykk fra modellberegningene.

Sondering 0 (databilag 3.1) gir et dyp til saltvannspåvirket sone på ca. 7.5 m, og sonen har en resistivitet på ca. 70 Ωm . Sondering 50 (databilag 3.2) gir et dyp til sonen på ca. 9.5 m med en resistivitet på ca. 300 Ωm . Resistiviteten gir et uttrykk for saliniteten i saltvannspåvirket sone. Sonderingene indikerer at saliniteten i grunnvannet raskt avtar fra fjorden og at dyp til saltvannspåvirket sone øker svakt.

Profil 5b

Profil ved Bjørå målt på tvers av profil 1a. Profilet viser avtakende resistivitet mot dypet og langs profilretningen. Dette indikerer at et finstofflag kommer opp mot overflaten i dette området. Mot enden av profilet (posisjon 60-90) øker resistiviteten mot dypet, og det antas at dette skyldes fjell. Det ble foretatt modellberegning av sondering i posisjon 70 (databilag 3.3). Datakvaliteten var mindre god på grunn av terrengeffekter og laterale resistivitetsvariasjoner i overflaten. Dette gir seg utslag i at det blir umulig å få en modellberegnet kurve til å passe helt til måleverdiene. Dyp til finstofflag (150 Ωm) er ca. 2.5 m, og dyp til fjell er ca. 6 m.

3.4 Vertikal elektrisk sondering (VES)

Data fra VES er modellberegnet ved hjelp av programpakken Interpex/Resixip (Interpex 1988).

VES 1

Denne sonderingen ble målt på Bruholmen, med elektrodeutlegg plassert langs øya i retning NNV-SSØ. Modelltilpasning og fysisk modell er vist i databilag 4.1. Ved modellberegningen ble dyp til fjell (funnet ved refleksjonsseismikk) låst til 50 m. Datakvaliteten var meget god. Det øverste motstandslaget (1500 Ωm) er ca. 0.5 m tykt og representerer vegetasjonslaget. Laget under (50000 Ωm) er ca. 1.5 m tykt og representerer grove avsetninger over grunnvannsnivå. Det påfølgende motstandslaget representerer grove avsetninger i vannmettet sone (3400 Ωm). På ca. 40 m dyp opptrer et lavmotstandslag (160 Ωm) som sannsynligvis representerer finkornige avsetninger (silt/leir) og som utgjør nedre grense av utnyttbart grunnvannsreservoar. Det nederste motstandslaget (5000 Ωm) representerer fjell.

VES 2

Denne sonderingen ble målt med elektrodeutlegg i retning NØ-SV mellom Krossen og oppdrettsanlegget. Modelltilpasning og fysisk modell er vist i databilag 4.2. Datakvaliteten var mindre god på grunn av varierende motstand i overflatelaget og topografiske forhold. Ved modellberegningen ble dyp til fjell (funnet fra refleksjonsseismisk profil S1) låst til 105 m. Det øverste laget har lav spesifikk motstand (140 Ωm). Dette har trolig medført svake georadarsignaler i dette området. Den lave motstanden skyldes trolig oppløste næringsalter i den

oppdyrkete jorda nær sonderingspunktet. Tykkelsen av lavmotstandslaget er ca. 0.4 m. Motstandslaget under går ned til ca. 9 m dyp og representerer trolig grovkornig materiale over grunnvannsspeil. Dypet er i samsvar med resultater fra georadarmålingene i dette området. Tolkning av videre kurveforløp er meget usikker. I vannmettet sone er det tolket to motstandslag over fjell. Det øverste laget (valgt til 1500 Ω m) representerer grovkornige avsetninger. Dette laget sees ikke direkte ut fra kurveformen (suppresjon), men det antas at laget eksisterer ut fra observasjoner fra georadaropptak i samme område, der skrålagning under grunnvannsspeil tydelig kan observeres. Med den valgte spesifikke motstand er det ca. 20 m ned til et lavmotstandslag med spesifikk motstand på ca. 150 Ω m. Georadaropptak nær sonderingen viser bratt skrålagning til dyp på over 30 m, og dette indikerer grovkornige avsetninger. Georadarsignalene er svake mot dypet, og det antas at lavmotstandslaget skyldes saltvannsinntrengning fra fjorden.

3.5 Aktuelle områder for boringer

Innenfor området med georadarpenetrasjon på over 30 m (skravert felt i kartbilag -03) er det valgt ut 4 områder (dobbeltskravert felt i kartbilag -03) som er aktuelle for boringer. Disse er satt opp i prioritert rekkefølge på grunnlag av følgende kriterier (betingelser):

- a) Kort dyp til grunnvann (2-4 m). Det er ønskelig med færrest mulig bormeter i tørt materiale.
- b) Plassering av borhull nær oppdrettsanlegget av praktiske hensyn.
- c) Plassering av borhull i en viss avstand fra fjorden for å unngå saltvannsinntrengning.
- d) Plassering av borhull i en viss avstand fra elva (valgt til 30 m) for å oppnå naturlig filtrering av vannet gjennom løsmassene. Filtreringseffekten avhenger av hvor grove massene er (K. Sand, pers. medd.). Dersom vanngiverevnen er for lav i avsetningen innenfor avmerket område, bør ny prøvebrønn plasseres nærmere elva.

Aktuelle områder

Nummereringen av aktuelle områder (i prioritert rekkefølge) henviser til kartbilag -03.

- 1) Oppfyller betingelse a), b) og d). Det er noe usikkert om dette området er langt nok unna fjorden for å unngå saltvannsinntrengning ved pumping. Boring og prøvepumping vil klarlegge dette.
- 2) Oppfyller betingelse a), c) og d). Vannledning fra grunnvannsbrønn må krysse elva. Dersom dette er akseptabelt, er dette området like gunstig som område 1). Liten risiko for saltvannsinntrengning.
- 3) Oppfyller betingelse a), c) og d). Området ligger for langt fra anlegget til å anses som høyt prioritert. Ingen risiko for saltvannsinntrengning.

4) Oppfyller betingelse a), b) og d). I dette området er det fare for at saltvannsinntrængning kan inntre ved pumping. Området velges kun dersom det legges avgjørende vekt på å ha kortest mulig avstand til anlegget.

4. KONKLUSJON

Et område i Dirdal er undersøkt ved hjelp av geofysiske målemetoder for å påvise områder som er egnet til uttak av ferskt grunnvann til fiskeoppdrettsanlegg. De metoder som har vært benyttet er georadar, refleksjonsseismikk, kombinert elektrisk profilering/sondering og vertikal elektrisk sondering. Georadamålingene har gitt mest informasjon, og er vesentlig benyttet som bakgrunn ved utvalg av områder som er aktuelle ved boringer og prøvepumping. Det er valgt ut 4 slike områder i prioritert rekkefølge. Innenfor disse områdene opptrer relativt grovkornig materiale til et dyp på over 30 m. Ved valg av områdene er det også tatt hensyn til eventuelle problemer med saltvannsinntrængning fra fjorden. For å oppnå god filtrering av grunnvannet er områdene plassert et stykke unna Dirdalsåna. Det er også tatt praktiske hensyn ved at områdene ligger nær fiskeoppdrettsanlegget, og at det er kort dyp til vannmettet sone. Dersom vanngiverevne er for lav i avsetningen innenfor avmerket område, kan ny prøvebrønn plasseres nærmere elva.


Trondheim, 25/6-1991

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE

Geofysisk avdeling



Eirik Mauring
Forsker



Jan Fredrik Tønnesen
Forsker

Referanser

Interpex 1988: RESIXIP, user's manual.

Interpex 1990: SEISTRIX-2, user's manual.

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.

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 refleksor 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 refleksor 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.

Efter 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 ϵ_r er det relative dielektrisitetstallet. ϵ_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 ϵ_r i en del materialtyper. Tabellen viser også hastigheter og ledningsevne i de samme media.

Dybderækkevidden 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 demping av bølgepulserne 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 høfrekvent antenne gi bedre vertikal oppløsning.

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

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

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

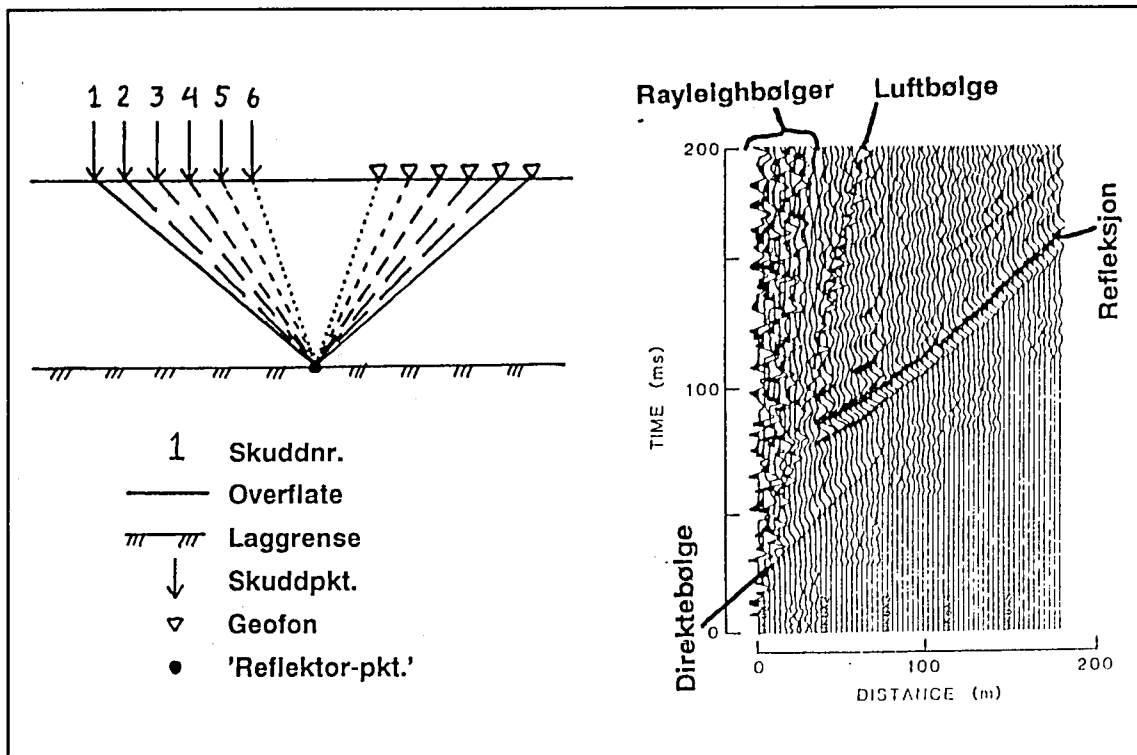
I løpet av de siste årene har det skjedd en utvikling av digitalt refleksjonsseismisk utstyr i retning av høyere oppløsning og mindre tidkrevende prosessering. Oppløsningen er proporsjonal med registrerte signalers frekvensinnhold og seismisk hastighet. Man anvender derfor energiseringskilder som gir høyfrekvent energi. Et eksempel på en slik kilde er hagpatroner avfyrt fra en spesiallagd bølge. 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 dekonvolering 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 refleksorer 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 tilpassing 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 dekonvolering) 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.

P-BØLGEHASTIGHET I NOEN MATERIALTYPER

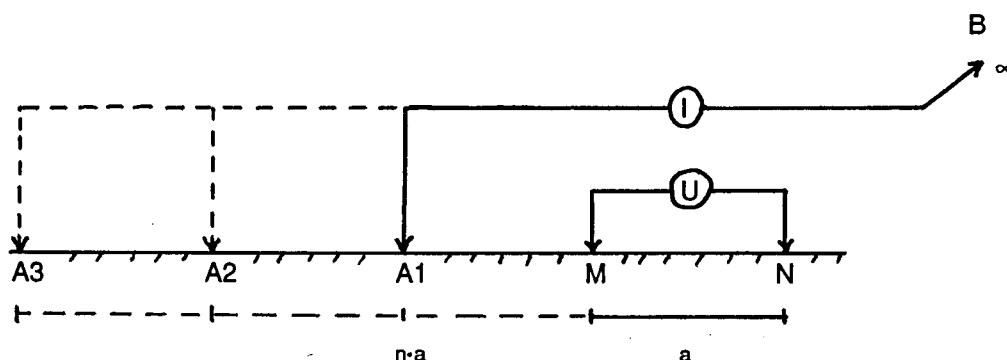
Luft		330 m/s
Vann		1400-1500 m/s
Organisk materiale		150-500 m/s
Sand og grus	- over vannmettet sone	200-800 m/s
Sand og grus	- i vannmettet sone	1400-1700 m/s
Morene	- over vannmettet sone	700-1500 m/s
Morene	- i vannmettet sone	1500-1900 m/s
Hardpakket bunnmorene		1900-2800 m/s
Leire		1100-1800 m/s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

KOMBINERT ELEKTRISK PROFILERING/SONDERING - METODEBESKRIVELSE

Metoden benyttes for å kartlegge laterale og vertikale endringer i elektrisk motstand langs profiler. I måleprofilen benyttes to potensialelektroder og en strømelektrode, mens en annen strømelektrode er fast plassert langt unna ('uendelig'). Ved å holde potensialelektrodeavstanden fast og flytte strømelektroden stegvis utover oppnås en dybdesondering. Elektrodeutlegget flyttes så til neste målepunkt i profilet og måleprosedyren gjentas. Måleprosedyre og beregning av tilsynelatende resistivitet (ρ_a) framgår av figuren nedenfor.

Motstandsverdiene kan framstilles som profilkurver for hver strømelektrodeavstand, som dybdesonderingskurver i hvert målepunkt eller som pseudoseksjoner. Målemetoden gir et tilnærmet kontinuerlig 2-dimensjonalt bilde av motstandsforholdene langs måleprofilet. Kvalitativ tolkning av lagfølge kan foretas direkte ut fra sonderingskurvene. Det er også mulig med kvantitativ tolkning av lagtykkelser og resistivitet ved å benytte egnet programvare. Tolkingsproblemer og usikkerheter vil stort sett være de samme som ved 'normale' vertikale elektriske sonderinger.

POL-DIPOL ELEKTRODEKONFIGURASJON



A og B: Strømelektroder
M og N: Potensialelektroder

Ⓜ Amperemeter
Ⓤ Voltmeter

Tilsynelatende resistiviter: $\rho_a = 2\pi an(n+1) \frac{\Delta V}{I}$

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 potensialelektroder M og N. Ut fra målt potensialdifferens, målt strømstyrke og en geometrisk faktor bestemt av elektrodeposisjoner 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 dypere liggende 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 potensialelektroden (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 potensialelektroden. 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 korrigerte 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 resistivetskontraster og/eller dersom laget er tynt i forhold til overliggende materiale.

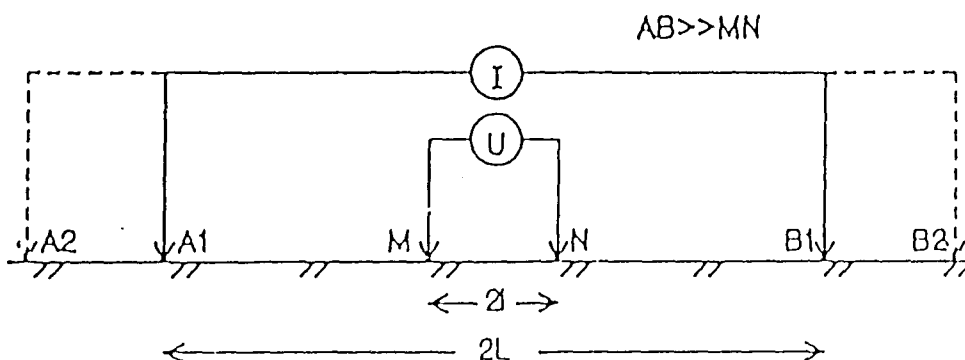
Det andre forhold som skaper tolkningsproblemer skyldes undertrykking (suppresjon) av et lag. Når lagets resistivitet har en verdi som ligger mellom de to omgivende lag, vil laget ikke kunne erkjennes av sonderingskurven hvis det ikke er tykt nok. Suppresjonsproblemet er størst ved store resistivetskontraster.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

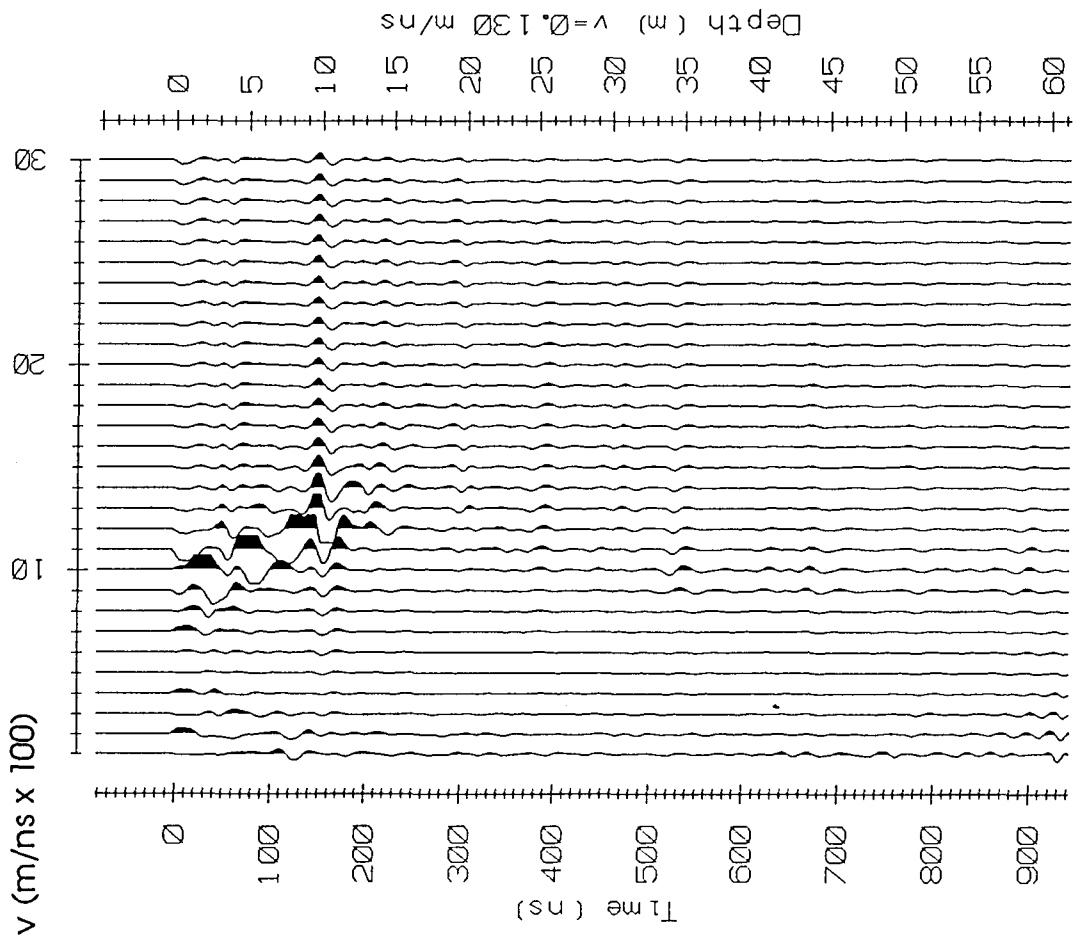
(I) : AMPEREMETER

(U) : VOLTMETER

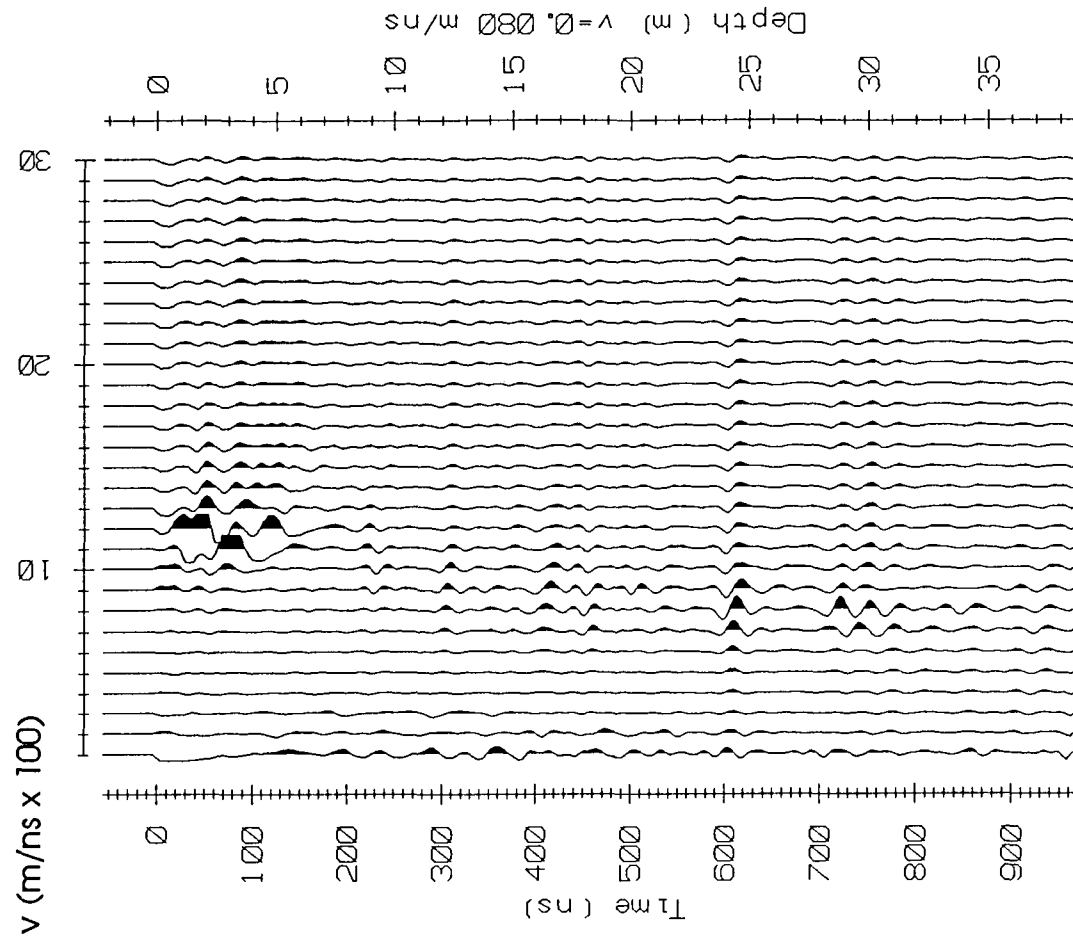
Spesifikk motstand (resistivitet) i noen geologiske materialer:

Materiale	Spesifikk motstand (ohm m)					
	1	10	100	1000	10000	100000
Leire, salt	[Horizontal line from 1 to 10]					
Leire, utvasket	[Horizontal line from 10 to 100]					
Silt, våt	[Horizontal line from 100 to 1000]					
Sand, vannm.	[Horizontal line from 1000 to 10000]					
Grus, vannm.	[Horizontal line from 1000 to 10000]					
Grus, tørr	[Horizontal line from 10000 to 100000]					
Morene	[Horizontal line from 100 to 10000]					
Fjell	[Horizontal line from 1000 to 10000]					

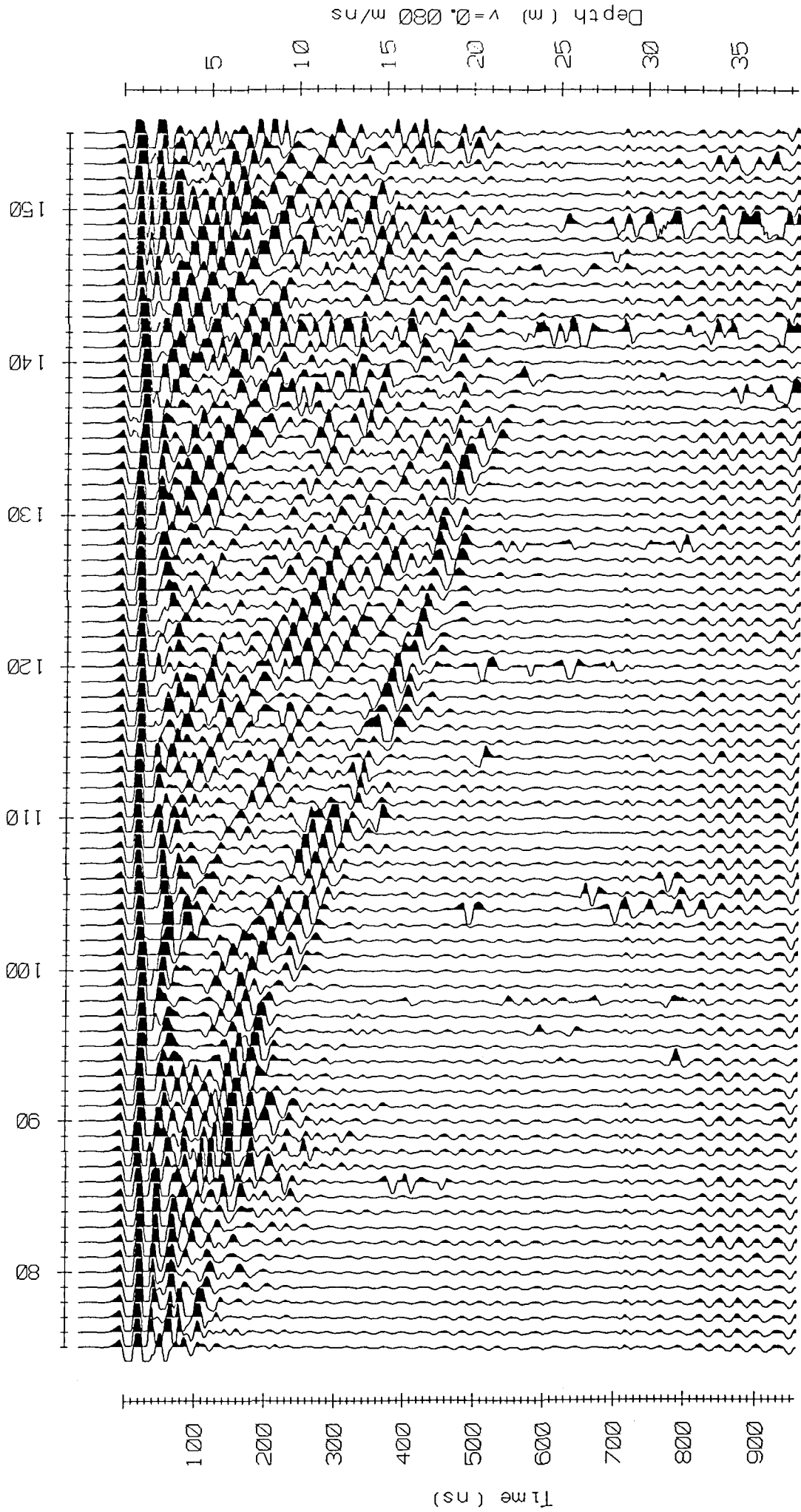
Georadar, NMO-hastigheter, CDP 1



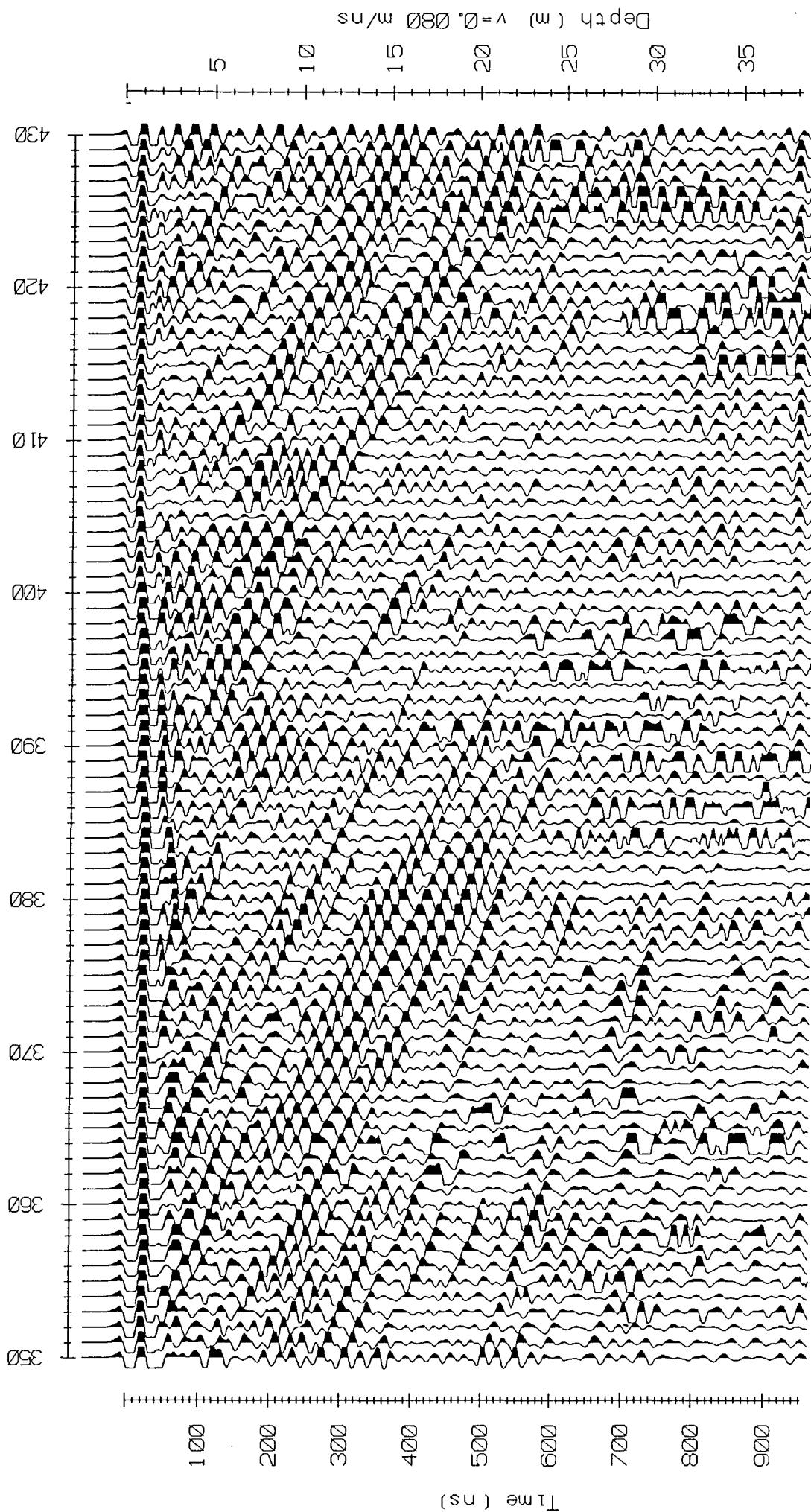
Georadar, NMO-hastigheter, CDP 2



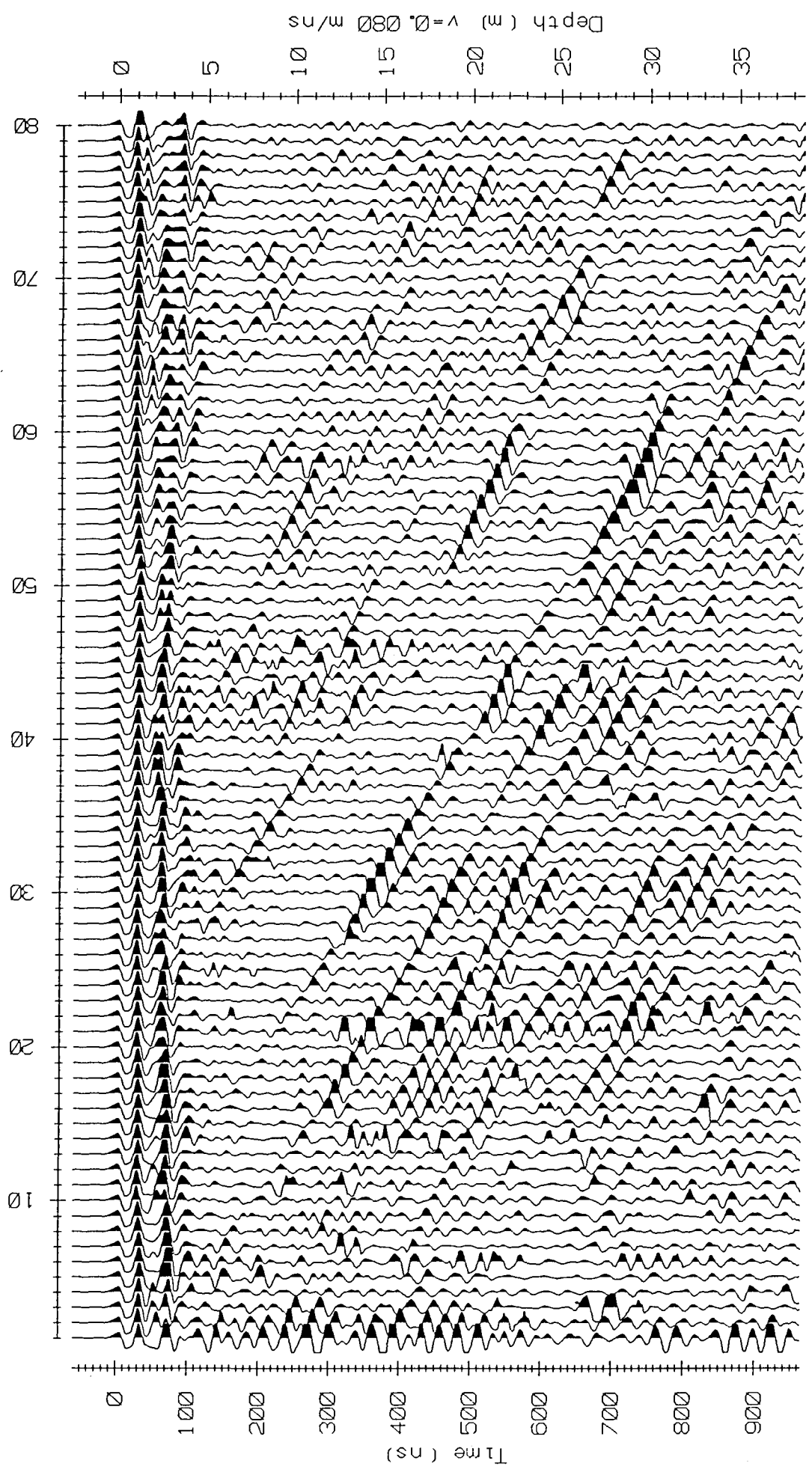
Georadar, profil 1a, posisjon 75-155



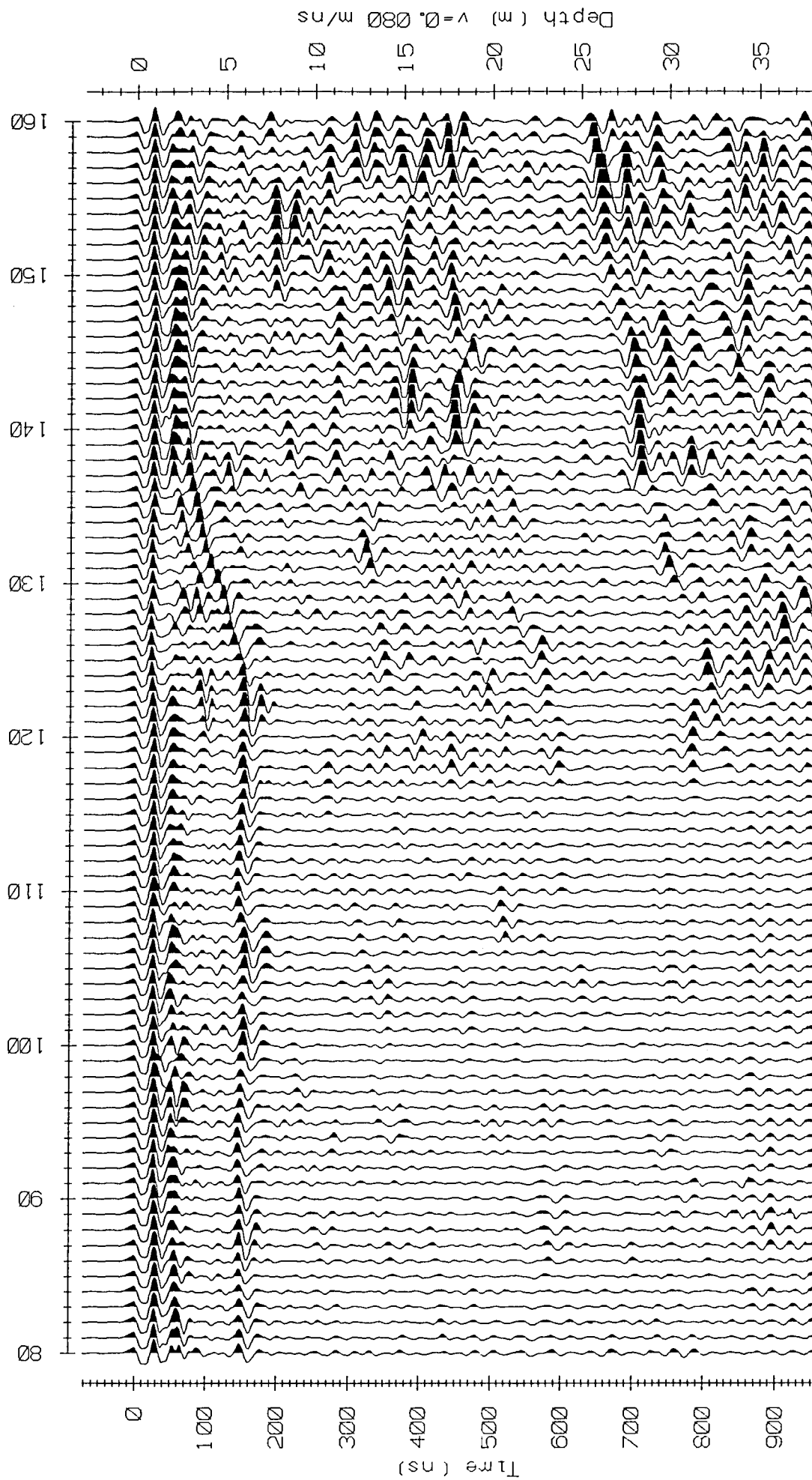
Georadar, profil 1a, posisjon 350-430



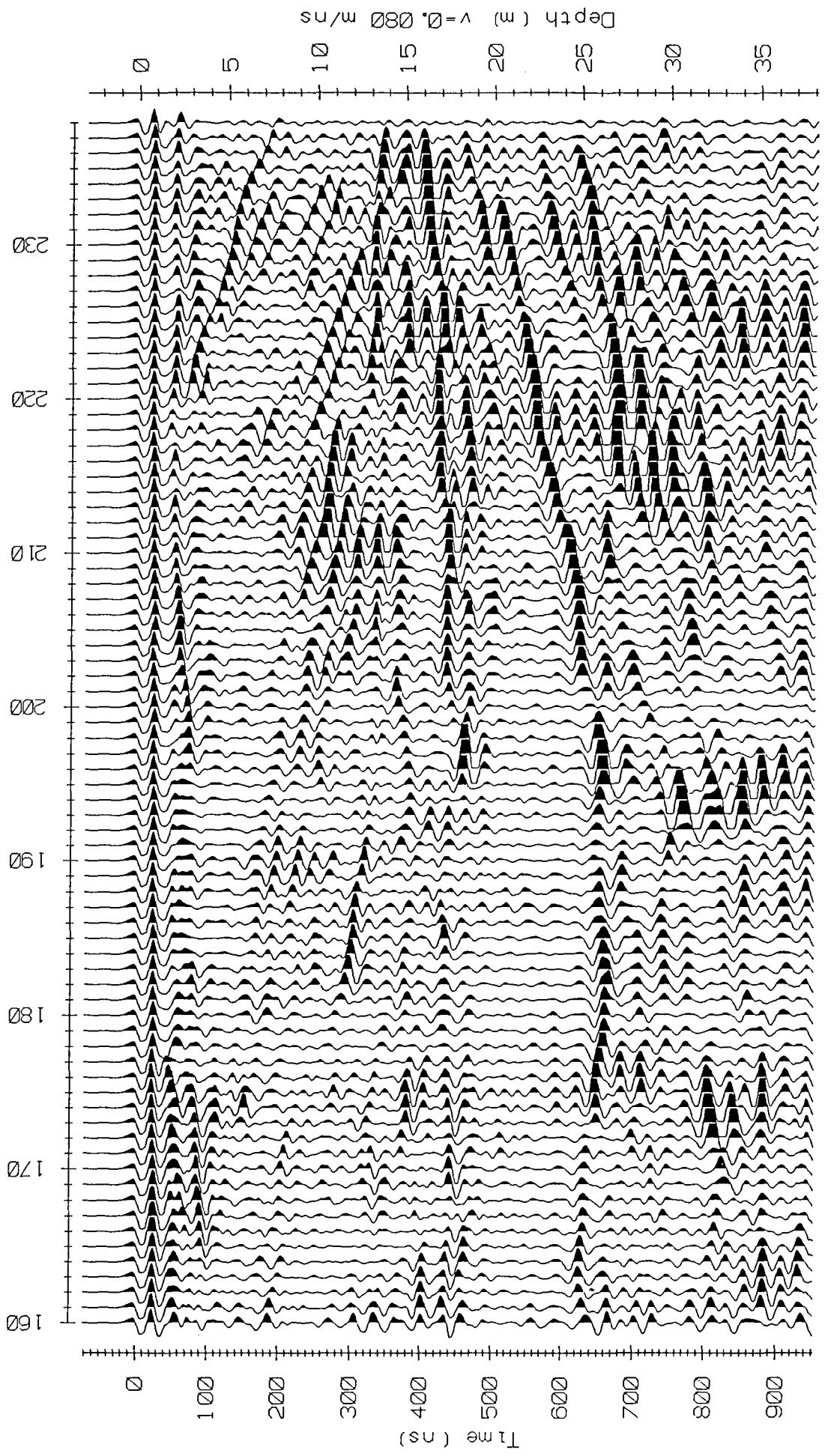
Georadar, profil 1b, posisjon 1-80



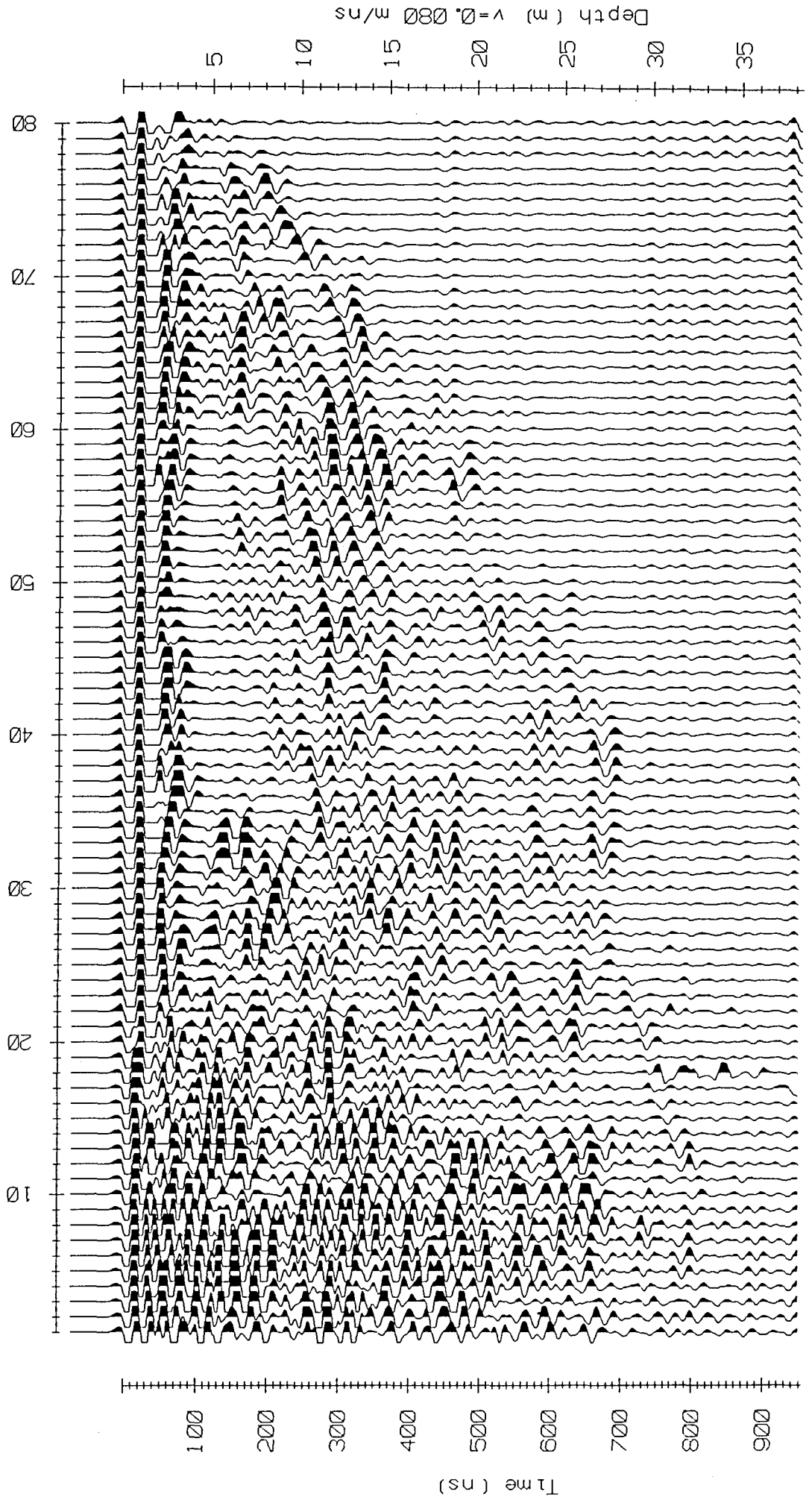
Georadar, profil 3a, posisjon 80-160



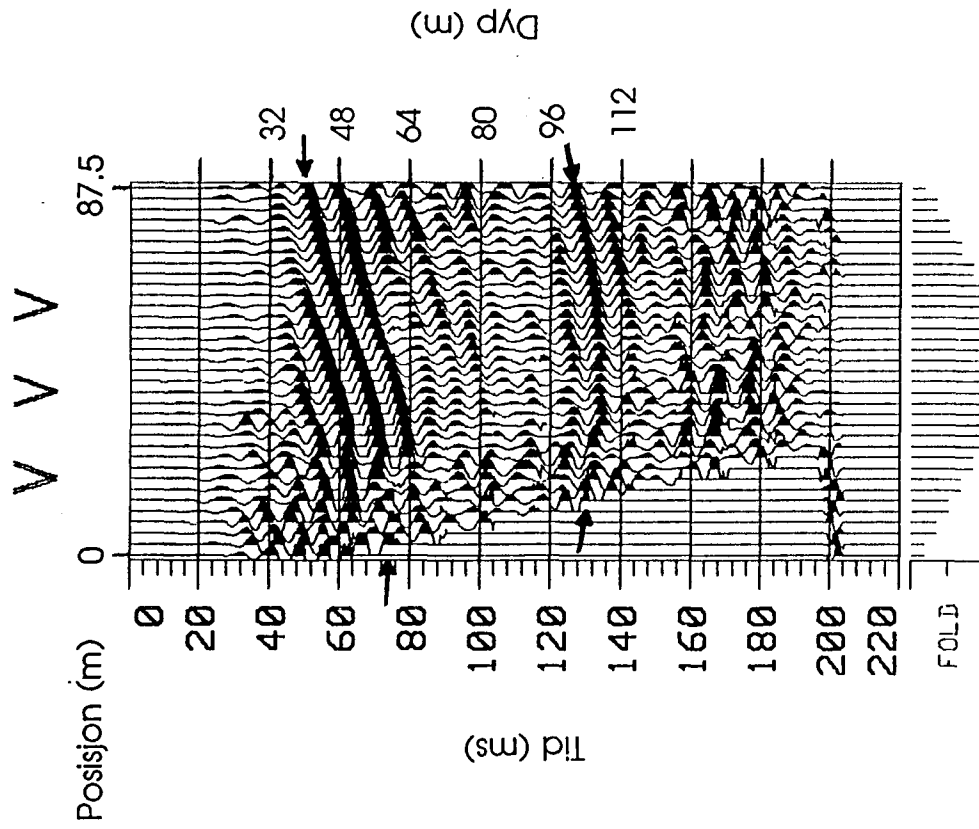
Georadar, profil 3a, posisjon 160-238



Georadar, profil 5b, posisjon 1-80



Refleksjonsseismikk, profil S1



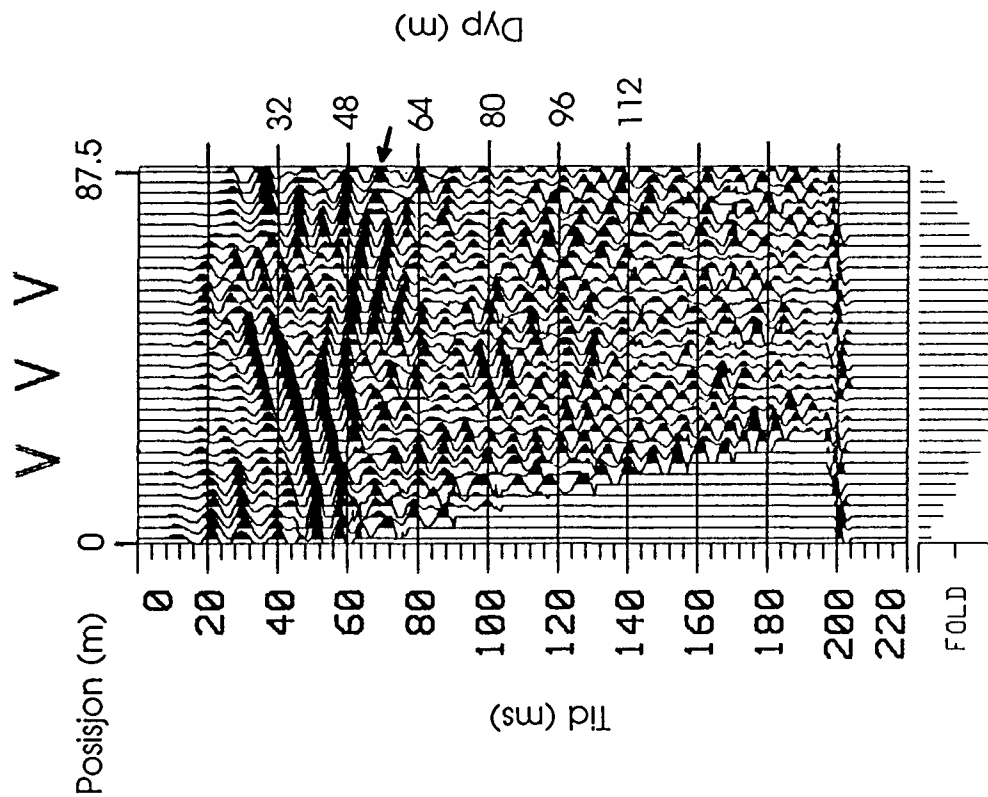
Opptaksparametre

Energisering: 12 kalibers hagløbørse
Geofonavstand: 5 m
Opptakstid: 200 ms
Skudd-geofonavstand: 20 m
Fold: 6
Analogt lavkuttfilter: 100 Hz
Analogt høykuttfilter: 500 Hz

Prosessering

Båndpassfiltrering: 100-200 Hz
CDP-sortering
Hastighetsanalyse
Muting
NMO-korreksjon
Stacking
Residuell statistisk korreksjon

Refleksjonsseismikk, profil S2



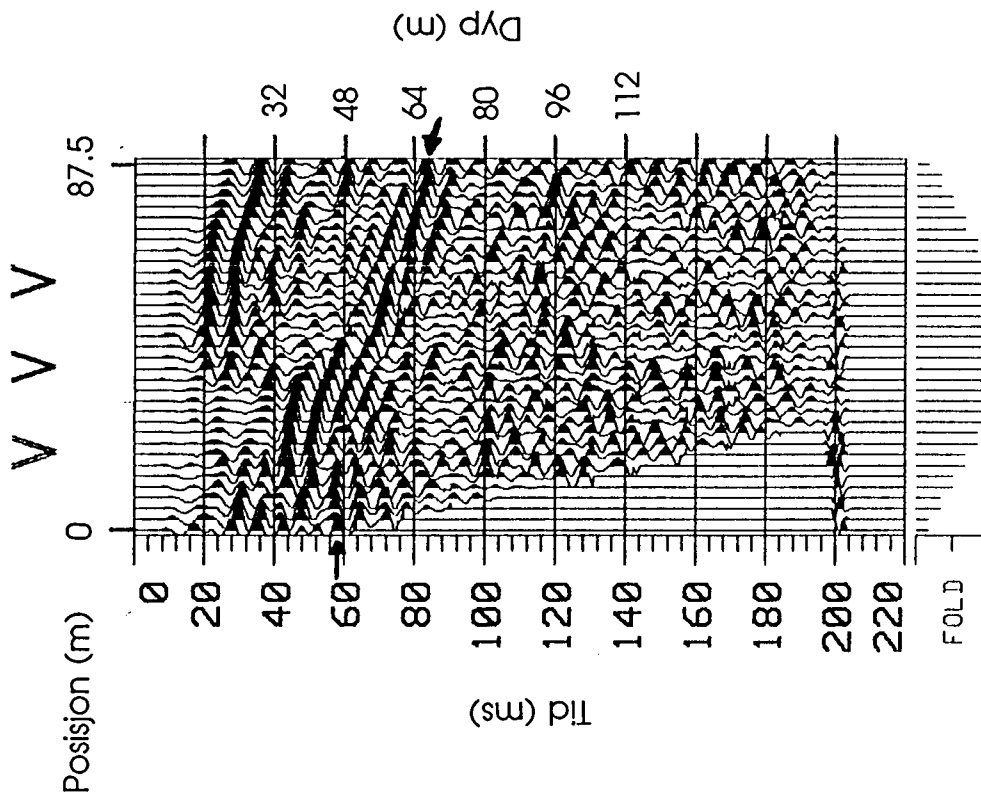
Opptaksparametre

- Energisering: 12 kalibers haglbørse
- Geofonavstand: 5 m
- Opptakstid: 200 ms
- Skudd-geofonavstand: 20 m
- Fold: 6
- Analogt lavkuttfilter: 100 Hz
- Analogt høykuttfilter: 500 Hz

Prosessering

- Båndpassfiltrering: 110-240 Hz
- CDP-sortering
- Hastighetsanalyse
- Muting
- NMO-korreksjon
- Stacking
- Residuell statisk korreksjon

Refleksjonsseismikk, profil S3

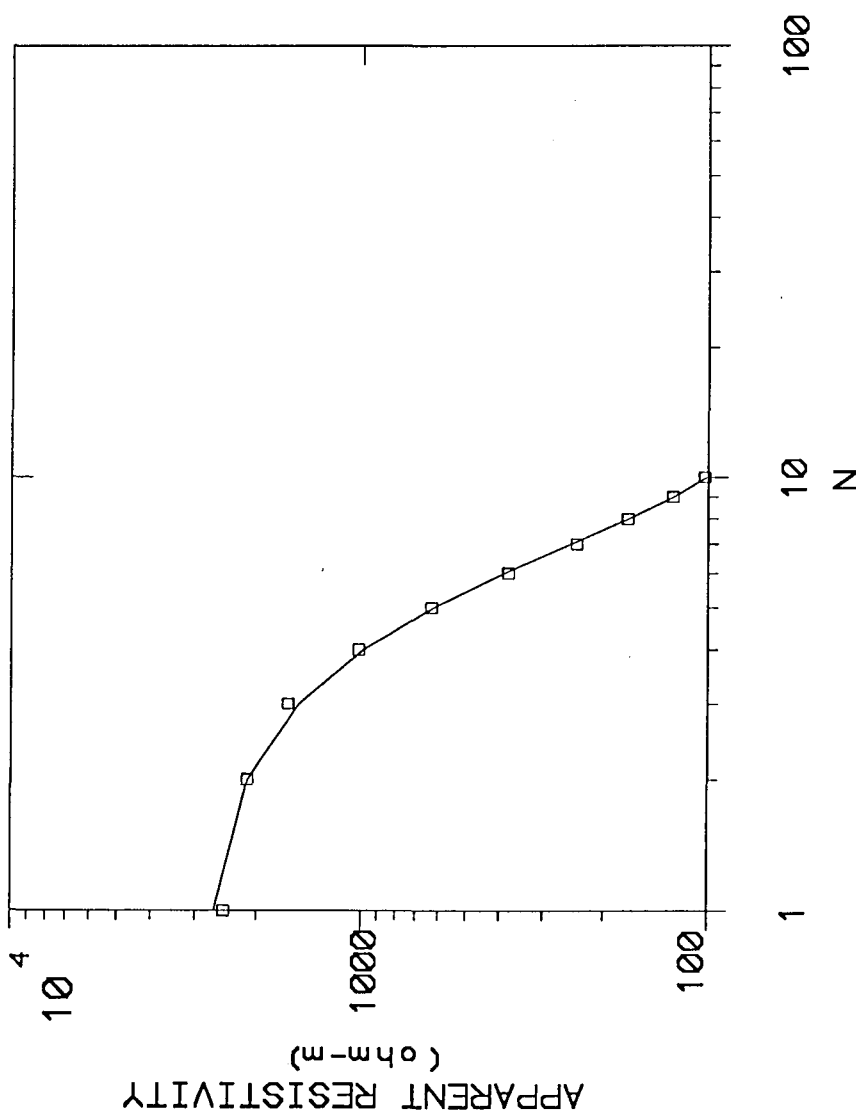
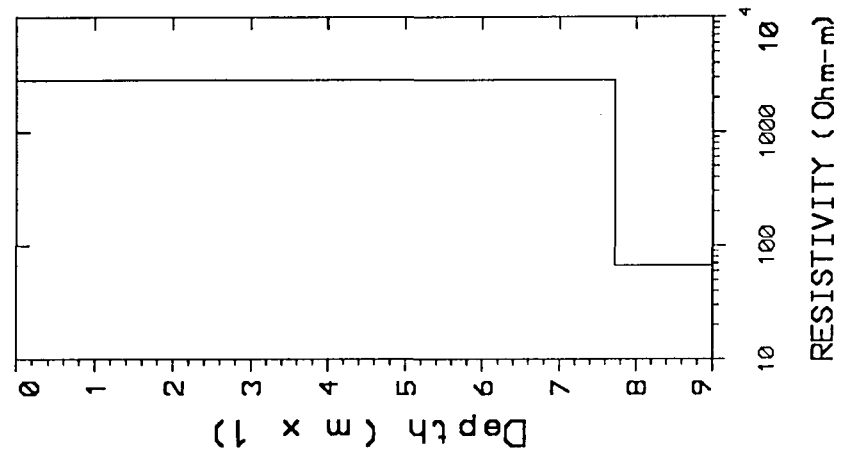


Opptaksparametre

Energisering: 12 kalibers haglbørse
 Geofonavstand: 5 m
 Opptakstid: 200 ms
 Skudd-geofonavstand: 20 m
 Fold: 6
 Analogt lavkuttfilter: 100 Hz
 Analogt høykuttfilter: 500 Hz

Prosessering

Båndpassfiltrering: 120-240 Hz
 CDP-sortering
 Hastighetsanalyse
 Muting
 NMO-korreksjon
 Stacking
 Residuell statisk korreksjon



Fysisk modell

Lag	ρ (Ω m)	dyp (m)
1	2845	7.7
2	65	

for: Norsk Blokke A/S

by: Geological Survey of Norway

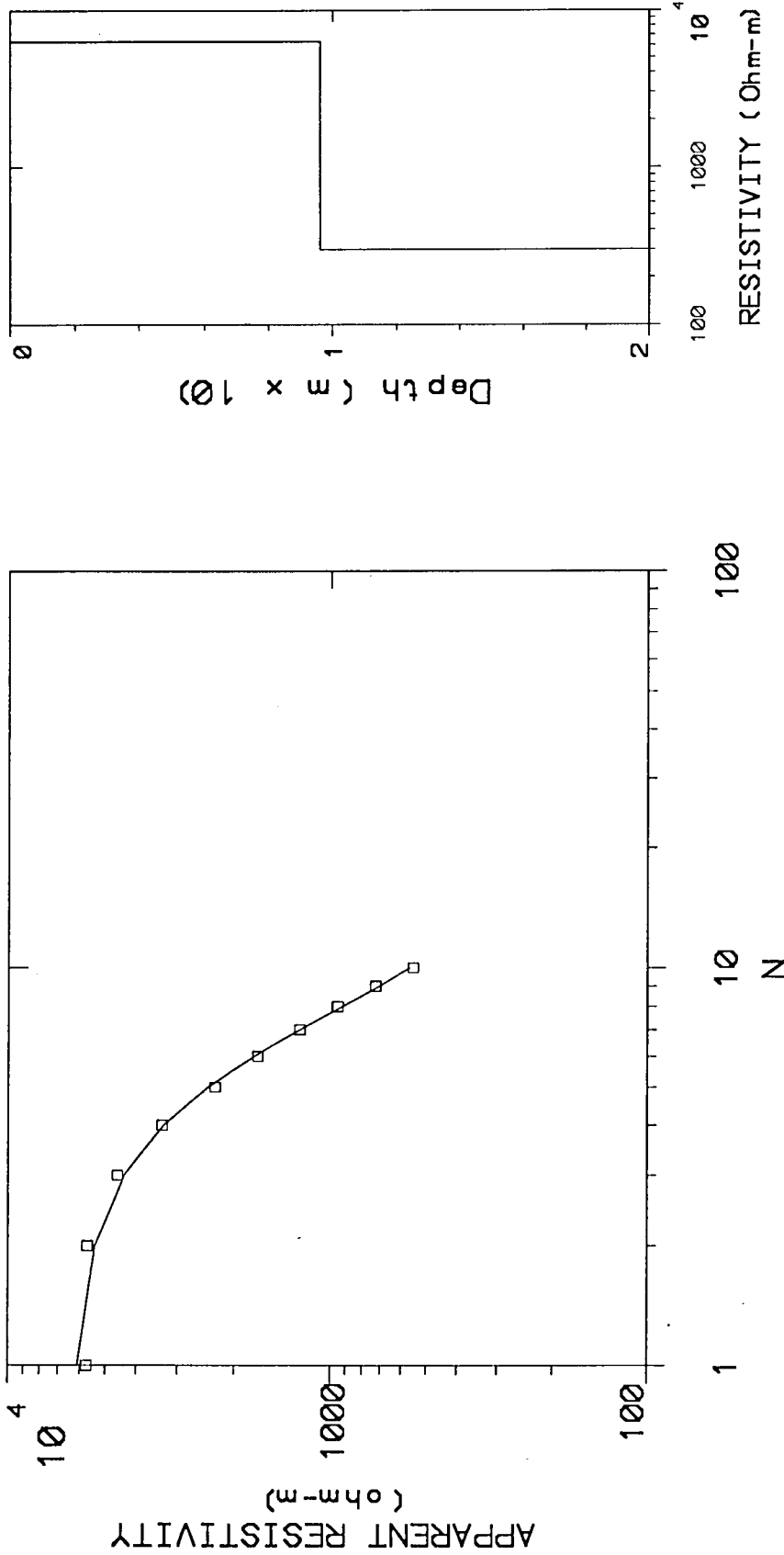
Data Set: P90 Date: 28/5-91

Equipment: Terrameter Sound (ng: P90

Pol-dipol sonder lng

Dirdal
Gjesdal, Rogaland

Azimuth: NO



Fysisk modell

Lag	ρ (Ω m)	dyp (m)
1	6340	9.6
2	300	

for: Norsk Bloekva A/S

by: Geological Survey of Norway

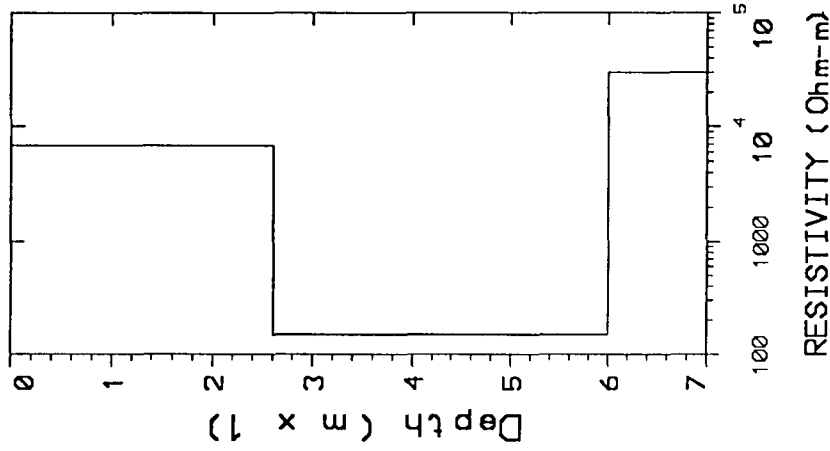
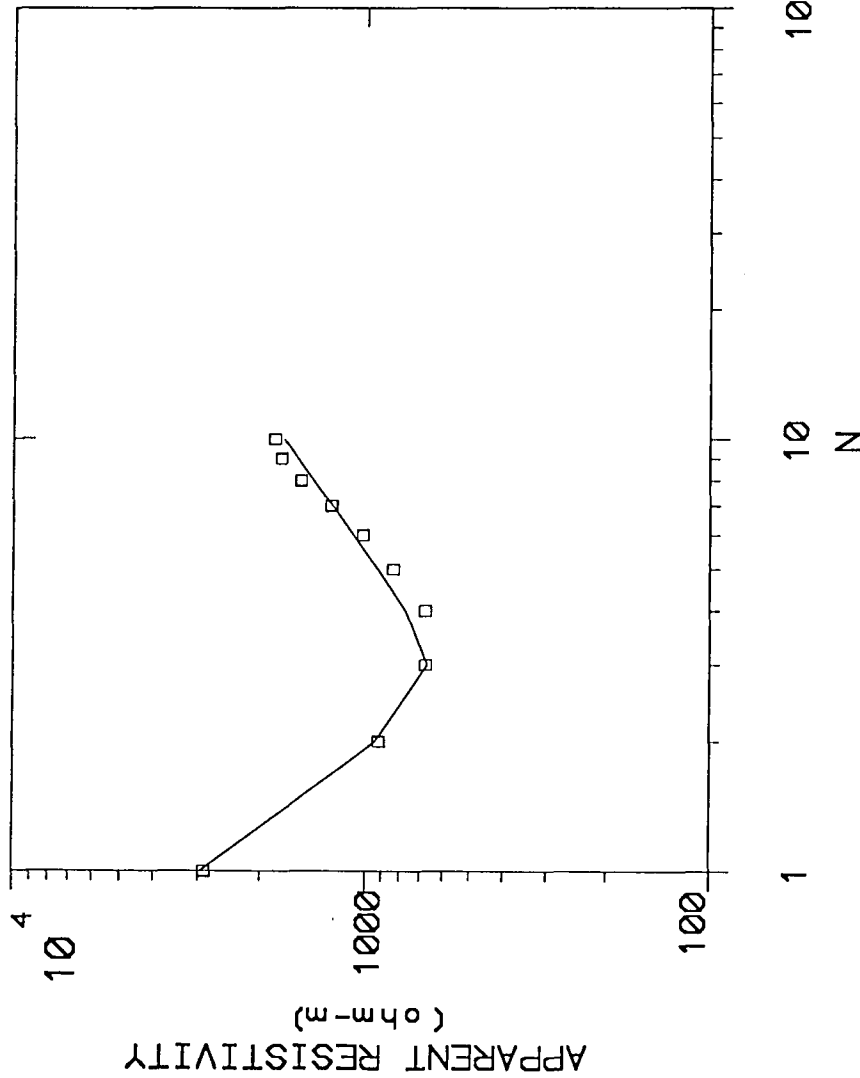
Date Set: P950 Date: 28/5-91

Equipment: Terremeter Sound ing: P950

Pol-dipol sonder lng

Dirdal
Gjesdal, Rogaland

Azimuth: NO



Fysisk modell

Lag	ρ (Ω m)	dyp (m)
1	6840	2.6
2	150	6
3	30000	

for: Norsk Blokkvæ A/S

by: Geological Survey of Norway

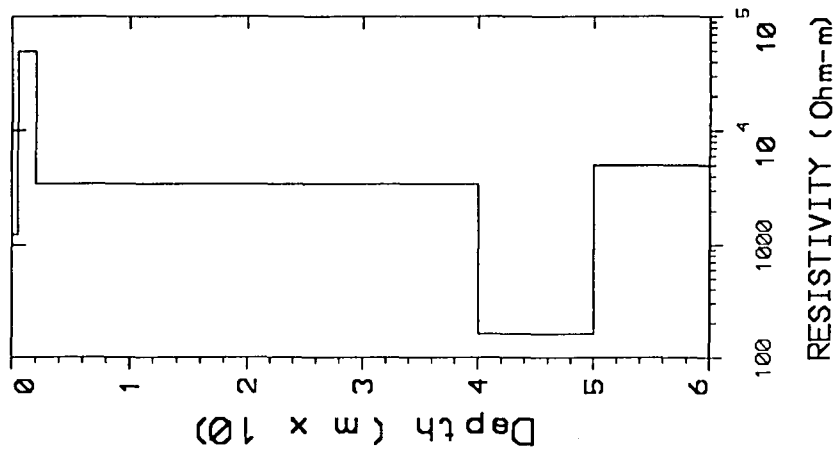
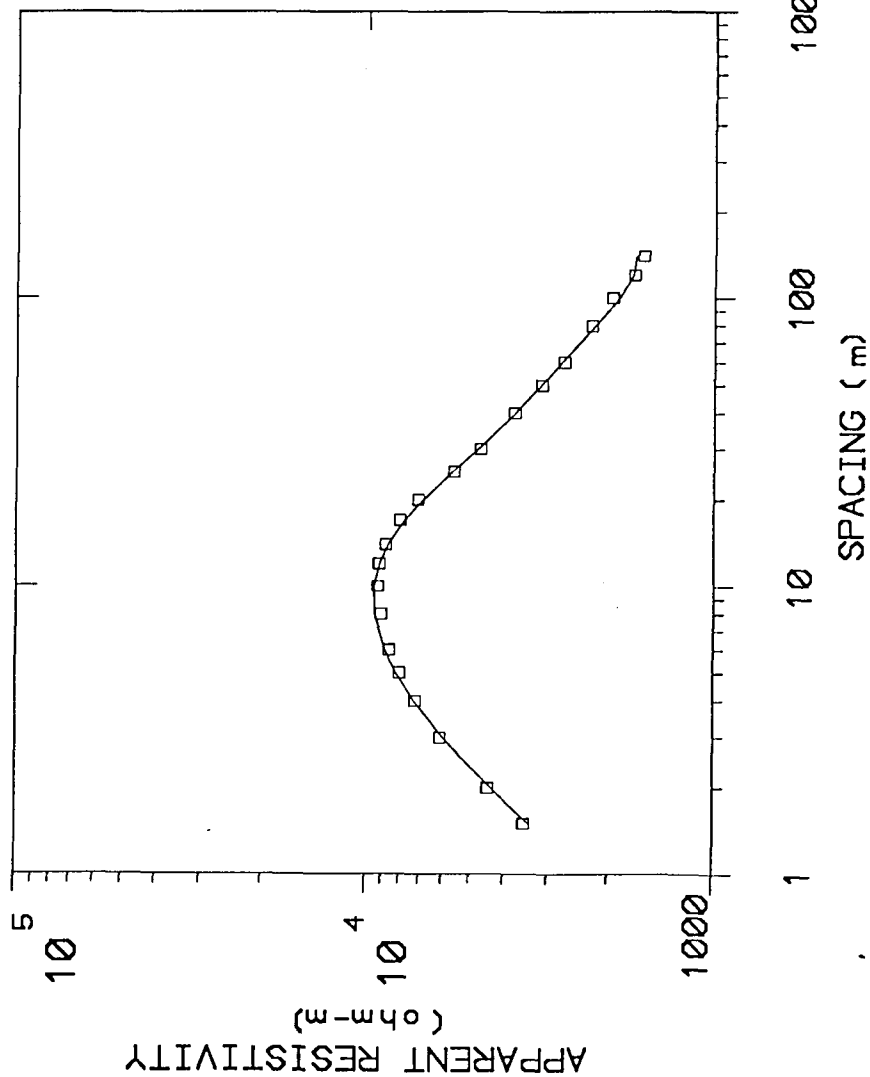
Date Set: P5870 Date: 28/5-91

Equipment: Terrameter Sounding: P5b70

Pol-dipol sonder lng

Dirdal
Gjesdal, Rogaland

Azimuth: NO

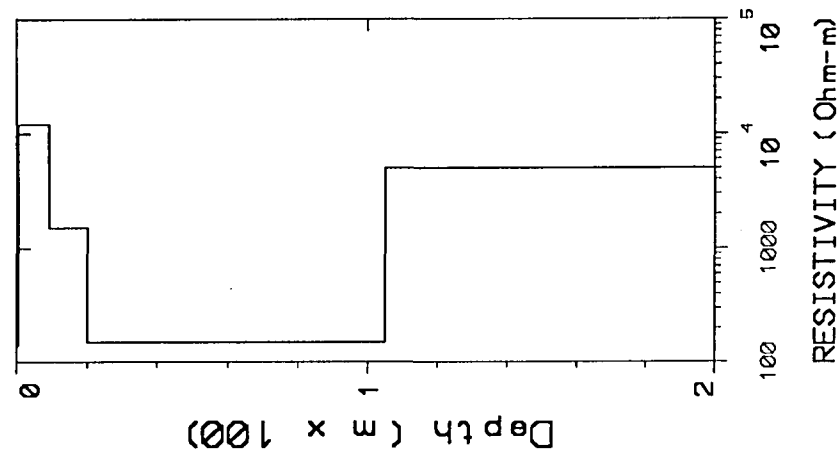
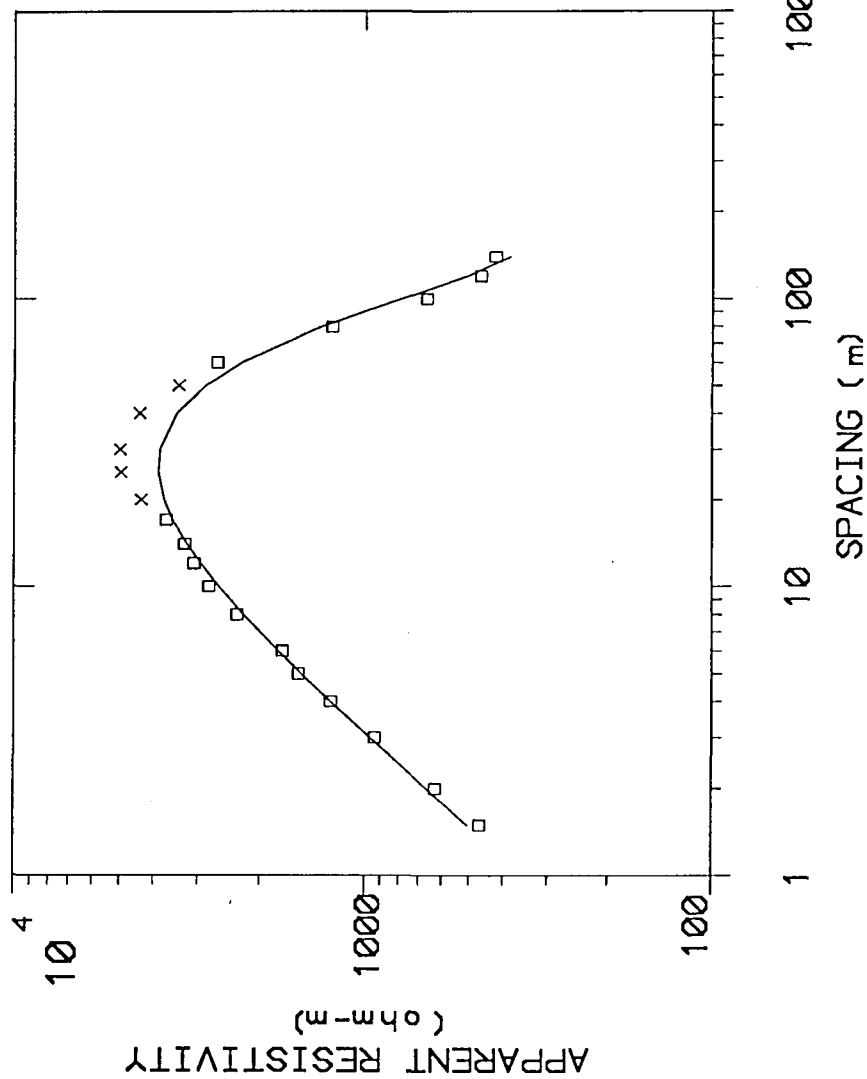


Fysisk modell

Lag	ρ (Ω m)	dyp (m)
1	1500	0.5
2	50000	2
3	3400	40
4	160	50
5	5000	

for:	Norsk Blokk v A/S
by:	Geological Survey of Norway
Date Set:	VES 1
Equipment:	Terrameter
Date:	29/5-91
Sound Ing:	1

Vertikal elektrisk sonder Ing
Dirdal
Gjesdal, Rogaland
Azimuth: NNW

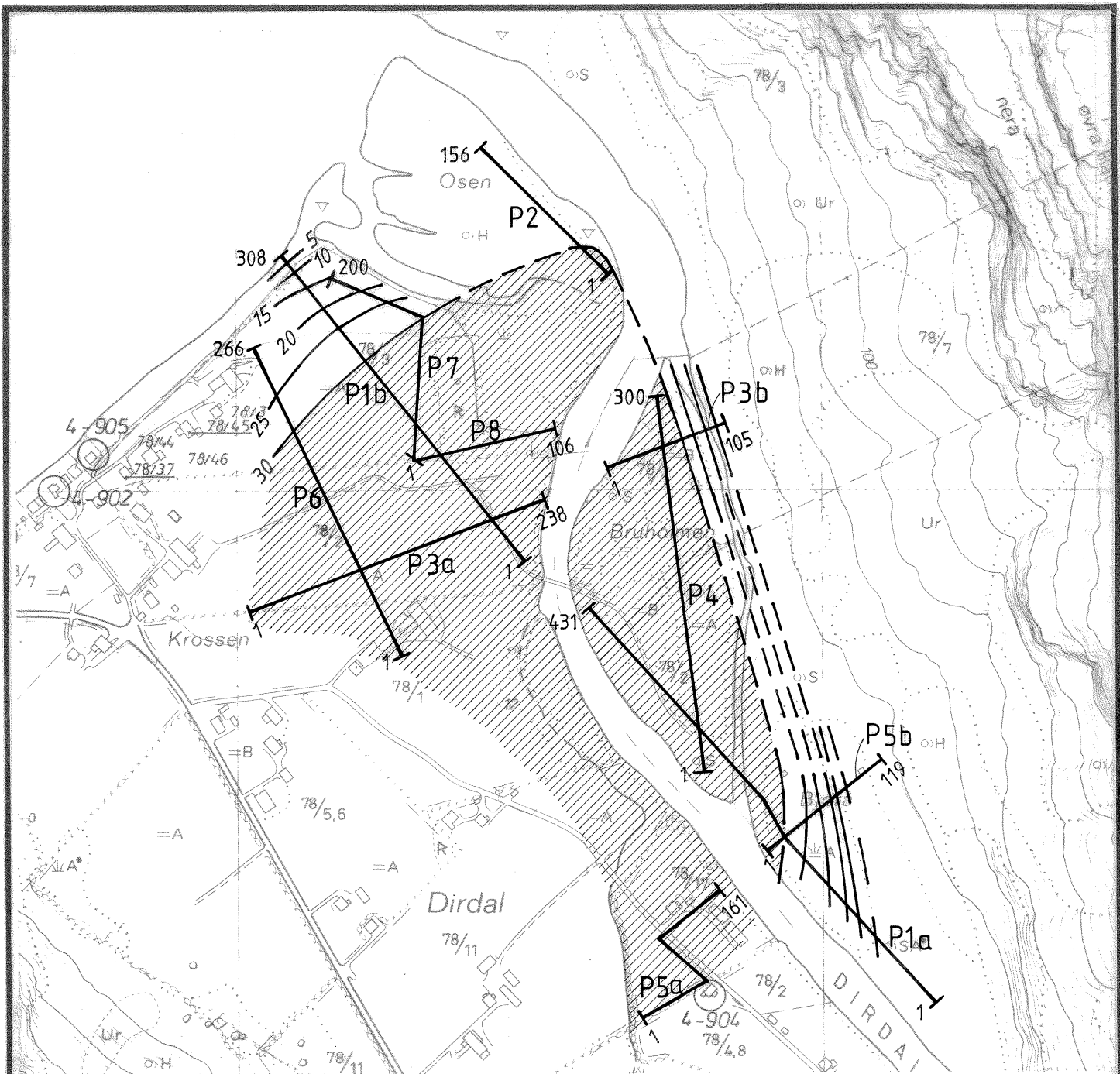


Fysisk modell

Lag	ρ (Ω m)	dyp (m)
1	140	0.4
2	12000	9
3	1500	20
4	150	105
5	5000	

for: Norsk Blokkva A/S	
by: Geological Survey of Norway	
Date Set: VES 2	Date: 29/5-91
Equipment: Terrameter	Sound Ing: 2

Vertikal elektrisk sondering
Dirdal
Gjesdal, Rogaland
Azimuth: NO



TEGNFORKLARING

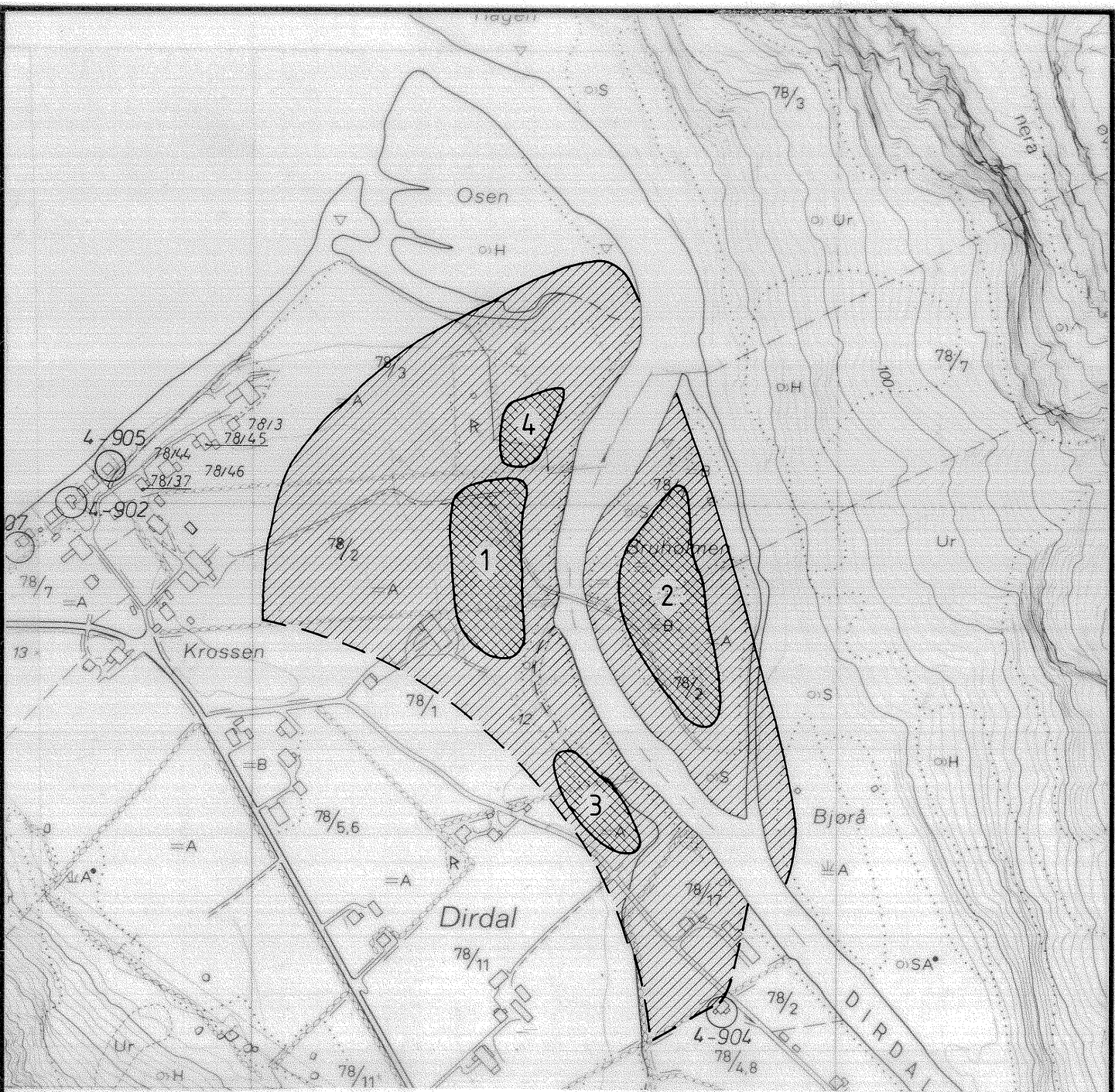
- Georadarprofil med angivelse av profilnummer og endeposisjoner
- Kurver for max penetrasjonsdyp 25
- Kurver for max penetrasjonsdyp 30
- Område med penetrasjonsdyp større enn 30m

NGU - NORSK BIOAKVA A/S
 Oversiktskart
 Georadarmålinger
 DIRDAL, GJESDAL KOMMUNE, ROGALAND


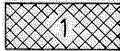
MÅLESTOKK 1: 5000	MÅLT JFT/EM	MAI 91
	TEGN EM	JUNI 91
	TRAC	
	KFR. EM	

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
 TRONDHEIM

TEGNING NR. 91.198 - 01	KARTBLAD NR. 1212 - I
----------------------------	--------------------------



TEGNFORKLARING

- 
 Område med georadarpenetrasjon større enn 30m. Stiplet linje mot V og S indikerer kun avgrensningen av måleområdet.
- 
 1. Aktuelt område for boringer, angitt med prioritet.

NGU - NORSK BIOAKVA A/S
 AKTUELLE OMRÅDER FOR BORINGER
 DIRDAL, GJESDAL KOMMUNE, ROGALAND

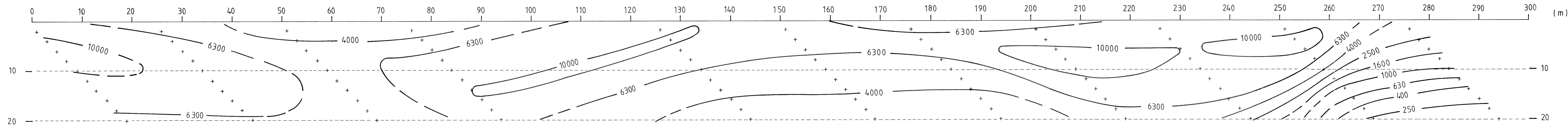
MÅLESTOKK 1: 5000	MÅLT EM/JFT	MAI 91
	TEGN EM	JUNI 91
	TRAC SS	JUNI 91
	KFR. EM	

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
 TRONDHEIM

TEGNING NR.
 91. 198 - 03

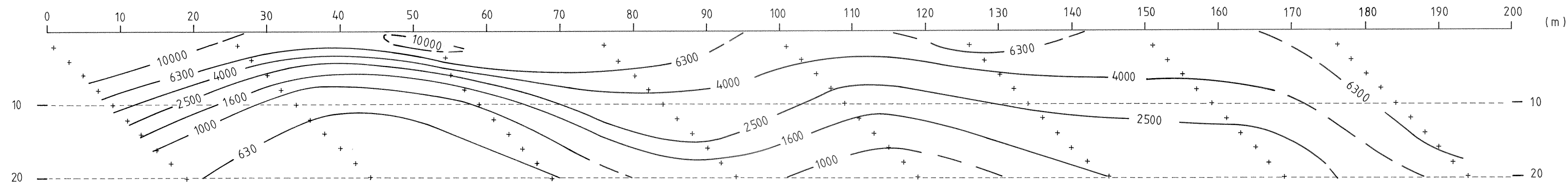
KARTBLAD NR.
 1212 I

PROFIL 1b



Plottedyp (m)

PROFIL 1a



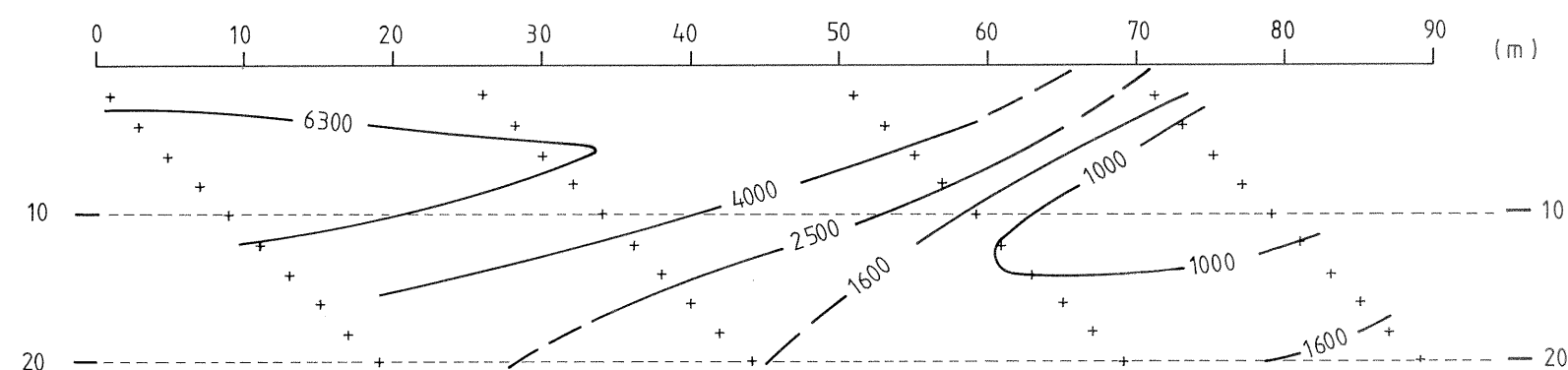
Plottedyp (m)

TEGNFORKLARING

+ Plottepunkt for måleverdier, filsynelatende resistivitet

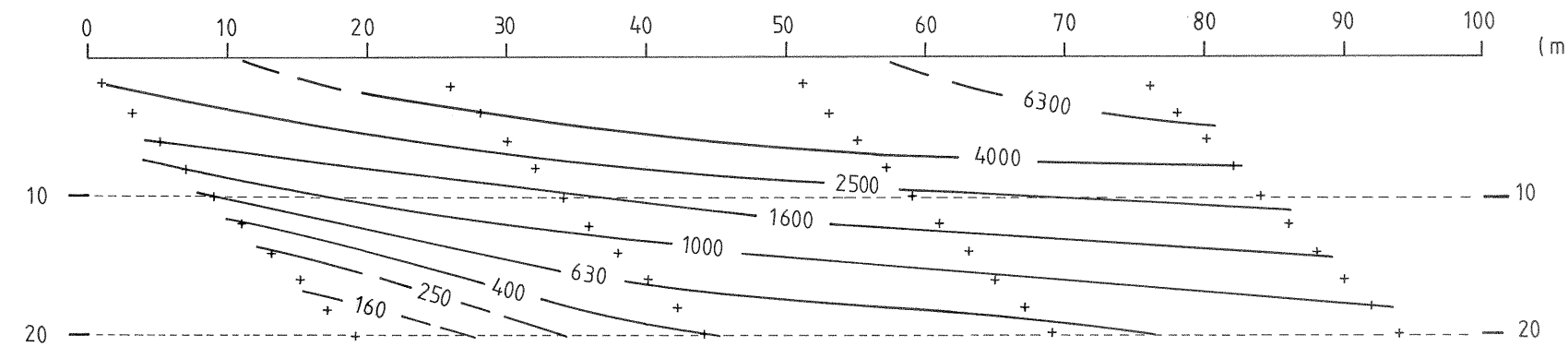
— 1600 — Ekviresistivitetskurver med angivelse av filsynelatende resistivitet

PROFIL 5b



Plottedyp (m)

PROFIL 9



Plottedyp (m)

NGU - NORSK BIOAKVA A/S Pol-dipol-målinger Pseudoseksjoner DIRDAL, GJESDAL KOMMUNE, ROGALAND	MÅLESTOKK	OBS. EM/JFT	MAI 91
	1: 500	TEGN. EM	JUNI 91
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TRAC. KFR.	JUNI 91	
	TEGNING NR	KARTBLAD NR.	
91.198 - 04	1212 - I		