



Bergvesenet

Postboks 3021, 7002 Trondheim

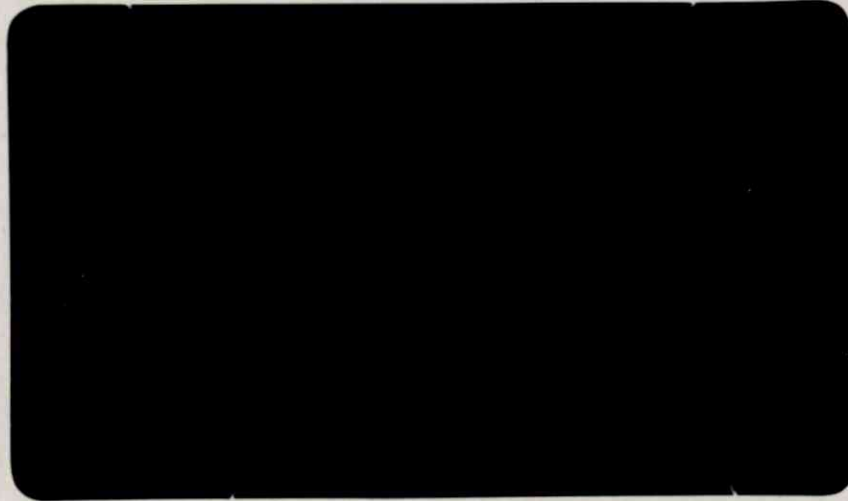
Rapportarkivet

Bergvesenet rapport nr BV 1965	Intern Journal nr	Internt arkiv nr	Rapport lokalisering Trondheim	Gradering
Kommer fra ..arkiv	Ekstern rapport nr GEOTEAM 4034.03	Oversendt fra	Fortrolig pga	Fortrolig fra dato:
Tittel Refleksjonsseismiske målinger på Løkken				
Forfatter Dahle, Anders		Dato 09.12 1976	Bedrift Orkla Industrier A/S GEOTEAM A/S	
Kommune Meldal	Fylke Sør-Trøndelag	Bergdistrikt Trondheimske	1: 50 000 kartblad 15213	1: 250 000 kartblad
Fagområde Geofysikk	Dokument type		Forekomster Løkken	
Råstofftype Malm/metall	Emneord			
Sammendrag				

132

BV1965

Orkla Industrier As
7340 LØKKEN VERK



Rapport 4034.03

Stabekk, 9.12.1976

REFLEKSJONSSEISMISKE MÅLINGER
PÅ LØKKEN
FOR ØRKLA INDUSTRIER A/S

A/S GEOTEAM

Hovedkontor

Wm. Thranesgt. 98 Oslo 1 - Tlf. (02) 379785

Tlx. 18489 gt n

Geofysisk avdeling G1. Drammensvei 48 1320 Stabekk

Tlf. (02) 12 37 90

Refleksjonsseismiske målinger
på Løkken
for Orkla Industrier A/S

INNHold

Innledning.....	side 1
Feltarbeid/datainnsamling.....	" 1
Dataanalyse/resultater.....	" 2
Konklusjoner.....	" 4

BILAG OG TEGNINGER

Bilag S 1	:	Seismiske metoder, generelt grunnlag
" S 3	:	Refleksjonsseismiske målinger, prinsipper og anvendelser
" S 30	:	DHR-1632 Seismisk registreringsutrustning
" S 31	:	Refleksjonsseismiske profiler - parametre
Tegning 4034-6	:	Situasjonsplan, refleksjonsseismisk profil 1/76
" 4034-7	:	Refleksjonsseismisk seksjon, filtrert, profil 1/76
" 4034-8	:	Refleksjonsseismisk seksjon, migrert, profil 1/76

INNLEDNING

På oppdrag fra Orkla Industrier A/S, har A/S GEOTEAM utført refleksjonsseismiske målinger over Løkkenmalmen ved Moshaugen nordvest for Astrup Sjøkt.

Hensikten med målingene var å forsøke refleksjonsseismikk over et kjent område, for dermed å stå sterkere i vurderingen av metoden som malmprospekteringsmetode i Løkkenfeltet.

Målingene ble utført i uke 44, 1976. Måleopplegget bygger på erfaringer fra lignende målinger i Sulitjelmafeltet sommeren 76. Det er skutt et profil med lengde ca. 400 m. Profilet er plassert med den gunstigste beliggenhet i forhold til malmen av geolog Grammeltvedt fra oppdragsgiveren.

De innsamlede data er bearbeidet ved GECO's regnesenter, Oslo.

FELTARBEID/DATAINNSAMLING

Utstyr

Ved de refleksjonsseismiske målingene er følgende utstyr benyttet:

Registreringssystem	: Input/Output, DHR-1632, 24 kanalers digitalsystem
Geofoner	: Mark Products, L25E, 50 Hz
Energikilde	: Dynamitt

DHR-1632 systemet er skjematisk vist i bilag S 30.

Refleksjonsseismisk profil, p 1/76

Profilets beliggenhet er vist på situasjonsplan, tegning 4034-6. Måleoppleggets parametre er angitt i bilag S 31.

Boring av skuddhull samt innmåling og nivellering av skudd- og geofonpunkter er utført av oppdragsgiveren.

Kobling av geofoner til fast fjell har vært en grunnleggende forutsetning ved etableringen av profilet. På grunn av problemer med å finne fjell nær dagen langs den ideelle trasé, har en måttet tillate tildels store geometriske avvik fra et opplegg som består av ekvidistante punkter langs en rett linje. Imidlertid er avvikene ikke større enn at de kan aksepteres med de seismiske hastigheter (5000-6000 m/s) en her står overfor.

Målepunktenes beliggenhet, nummerert fra - 12 til 44, er vist på situasjonsplan, tegning 4034-6.

Det skudd/geofon-opplegget som er benyttet ved feltarbeidene, gir en dekning på 4 x 1200%. Dette betyr at hvert refleksjonspunkt i de prosesserte seksjoner ideelt sett er sammensatt av en sum av 48 enkeltrefleksjoner.

DATAANALYSE/RESULTATER

Dataanalysen omfatter de alminneligste testtrinn ved prosessering av denne typen seismiske data. I tillegg er dataene underkastet såkalt migrasjon, en prosess som blir benyttet for å korrigere for "tilsynelatende" helninger av reflektorer og for diffraktert energi. Migrasjon gir "renere" bilde av reflekterende geologiske formasjoner.

Resultatene er etter dette presentert i to seismiske seksjoner.

- | | |
|--------------------|----------------|
| 1. Filtret versjon | tegning 4034-7 |
| 2. Migrert versjon | tegning 4034-8 |

For forklaring av den enkelte seismiske seksjons datainnhold, henvises til deklarasjoner og prosesseringsrekkefølger gitt på hver enkelt tegning.

Enheten langs seksjonens horisontale akse (SP = shot point) er m x 10. Null-referansen faller sammen med null-punktet på situasjonsplanens profilprojeksjon.

Enheten langs den vertikale akse er sekund (sek) og representerer to-veis gangtid for seismiske bølger.

Alle gangtider refererer seg til et datum-plan som er valgt lik 200 m.o.h.

Filtrert versjon, tegning 4034-7

Den seismiske seksjon viser tydelige refleksjoner med forventet beliggenhet både i tid og sted langs profilet.

Sett på bakgrunn av de tildels "uryddige" måle- og refleksjonsforholdene, er resultatet oppsiktsvekkende.

De dominerende refleksjoner opptrer konsentrert i midten, men dør ut mot start og endepunkt i profilet. Dette stemmer med malmens form og begrensning i området tilsvarende det refleksjonsseismiske profil.

Refleksjonsbildet er noe komplisert, og kan sannsynligvis tilskrives overgangen gabbro - grønnstein, evt. leirsleppe, og den tildels kompliserte malmformen med mulighet for refleksjoner ved siden av hovednormalplanet fra målelinjen mot malmen.

Hastighetsanalyser inkludert i prosesseringen av dataene ved GECO's regneanlegg, tyder på at den gjennomsnittshastighet som kommer til anvendelse ved tilnærmet vertikal refleksjon ligger på omkring 5000-5500 m/s.

Tar en utgangspunkt i en reflektor ved 0.275 sek, og en avstand fra nivå 200 m.o.h. til reflektoren på 750 m, tilsvarer dette en gjennomsnittshastighet på 5450 m/s.

Kvalitativt sett må resultatet presentert i den filtrerte seismiske seksjon sies å være i god overensstemmelse med det kjennskap en har til geologien og muligheter for refleksjoner fra dypet.

Kjennskap til de vertikale hastigheter i bergartene over malmen vil være av avgjørende betydning for en korrekt tolkning og identifikasjon av de refleksjoner som tilsvarer malmen.

Migrert versjon, tegning 4034-8

Den migrerte versjonen bekrefter resultatet fra den filtrerte versjonen.

Såkalte "randeffekter" ved selve migrasjonsprosessen gjør at bare den sentrale del av seksjonen, ca. SP 10-SP 30 kan betraktes som korrekt migrert.

Migrasjonen kan tyde på at helningen og det tildels uryddige forløp av reflektorene i den filtrerte versjonen er et resultat av komplekse måle- og refleksjonsforhold.

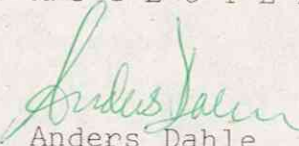
KONKLUSJONER

Etter sin hensikt må de refleksjonsseismiske målingene over kjent malm i Løkken Grube 1976 karakteriseres som vellykte og positive. Undersøkelsen er meget lovende m.h.t. refleksjonsseismikk som framtidig malmprospekteringsmetode i Løkkenfeltet.

Med tanke på slik prospektering er det av interesse å få klarlagt de vertikale seismiske hastighetene i bergartene over malmen. Dette kan gjøres ved å måle gangtid for seismiske bølger fra gruva mot overflaten og omvendt, eller ved målinger i dype borhull.

Videre er det ønskelig å få klarlagt om kobling av geofoner i overdekningsmasser kan aksepteres, eller om kobling til fast fjell vil være nødvendig ved fremtidige målinger.

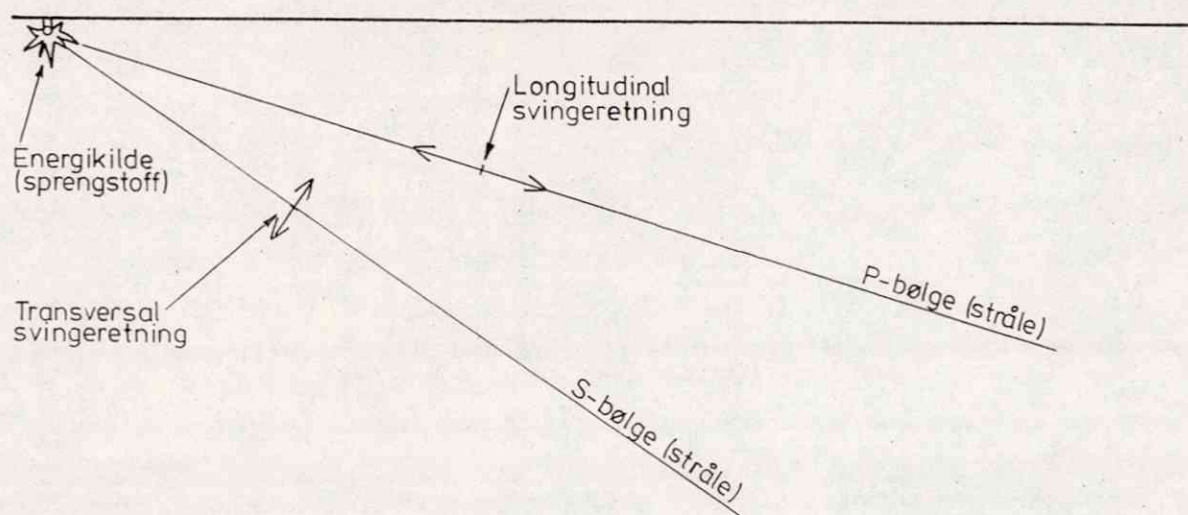
Stabekk, 9. desember 1976
for A/S G E O T E A M


Anders Dahle

SEISMISKE METODER, GENERELT GRUNNLAG

De seismiske metodene bygger på elastiske (seismiske) bølgers evne til å forplante seg i jord og fjell.

Dersom bakken settes i bevegelse, f.eks. ved slag eller detonasjon av sprengstoff, dannes to hovedtyper bølger som er av spesiell interesse ved seismiske undersøkelser. Disse to bølgetypene kalles P-bølger og S-bølger. Se fig.1.



Figur 1.

P-bølgene er karakterisert ved at forplantningsmediet svinger parallelt med bølgenes forplantningsretning (longitudinal svingbevegelse), på samme måte som akustiske bølger i luft og vann.

S-bølgene setter forplantningsmediet i svingninger på tvers av bølgenes utbredelsesretning (transversal svingbevegelse). Forplantningshastigheten for de to bølgetyper er bestemt av mediets elastiske egenskaper karakterisert ved parametrene:

- k: kompresjonsmodul
- μ : skjærmodul
- E: dynamisk elastisitetsmodul
- σ : Poisson's tall
- ρ : tetthet

Hastigheten V_p for P-bølger i et isotropt medium kan teoretisk uttrykkes ved formlene:

$$V_p = \sqrt{\frac{k + \frac{4}{3}\mu}{\rho}} = \sqrt{\frac{E(1-\sigma)}{(1-2\sigma)(1+\sigma)}} \quad (1)$$

mens hastigheten V_s for S-bølger tilsvarende uttrykkes som:

$$V_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}} = \sqrt{\frac{E}{2\rho(1+\sigma)}} \quad (2)$$

Fra (1) og (2) er:

$$\frac{V_p}{V_s} = \sqrt{\frac{1-\sigma}{1/2-\sigma}} \quad (3)$$

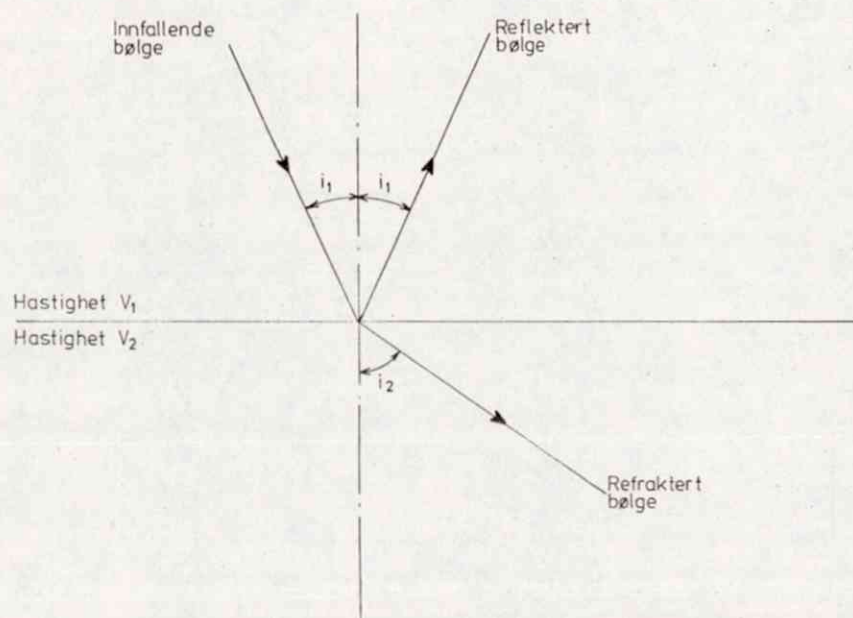
Poisson's tall er altså gitt ved forholdet mellom de seismiske hastighetene til P- og S-bølger. Dersom tettheten for et medium er kjent, kan de øvrige elastiske konstanter beregnes ved å måle P- og S-bølgenes hastigheter.

De seismiske bølgene brer seg i alle retninger ut fra energikilden. Den strekningen (s) bølgene tilbakelegger i tiden (t) er knyttet til hastigheten (v) etter formelen.

$$S = v \cdot t \quad (4)$$

Kjenner en hastigheten v, kan avstander beregnes ved å måle den tid (gangtid) bølger bruker på å tilbakelegge en viss strekning.

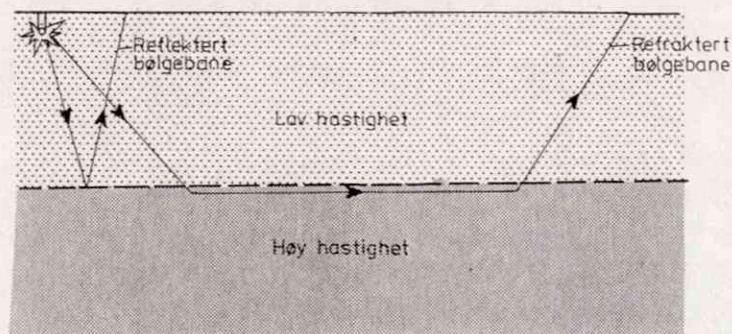
Ved overgang fra et medium med hastighet v_1 til et medium med hastighet v_2 vil samme bølgetype brytes (refrakteres) og reflekteres etter Snell's lov. Se fig. 2.



Figur 2.

SNELL'S LOV:
$$\frac{\sin i_1}{\sin i_2} = \frac{v_1}{v_2} \quad (5)$$

Refleksjonsseismikk er basert på å registrere bølger som er reflektert fra laggrenser, mens refraksjonsseismikk er basert på å registrere refrakterte bølger. Se fig. 3.



Figur 3.

Refraksjonsmetoden gir normalt den fyldigste informasjon om de geologiske forhold, idet både hastigheter og lagtykkelser kan bestemmes.

Refleksjonsmetoden gir ingen hastighetsinformasjon, men har sin styrke i at forløpet av laggrenser kan bestemmes med stor detaljrikhet.

Ved de seismiske metodene forsøker en å tilpasse gangtidsobservasjoner til regnemodeller basert på formlene (4) og (5).

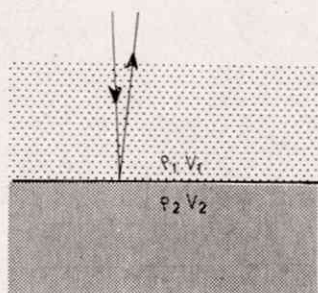
Som ved alle andre geofysiske metoder er det selve modelltilpasningen som er det kritiske trinn i anvendelsen. Selv om en kan forbedre målenøyaktigheten av størrelsenes gangtid (t) og avstand (s) nær sagt ubegrenset, ligger den vesentlige usikkerhet i spørsmålet om hvor godt forutsetningene for modellen tilsvarende de virkelige fysiske forhold på målestedet.

Seismiske målinger influeres ikke, som f.eks. boringer av blokker og steiner i løsmasselag. Målingene kan utføres i vann, og dette gjør disse metodene godt egnet ved problemstillinger hvor andre metoder faller kostbare og tidkrevende.

REFLEKSJONSSEISMISKE MÅLINGER, PRINSIPPER OG ANVENDELSER

Ved refleksjonsseismiske målinger registreres bølger som forplanter seg vertikalt mot dypet og reflekteres fra grenser mellom lag med forskjell i størrelsens tetthet (ρ) multiplisert med seismisk hastighet (v).

Den brøkdelen av seismisk bølgeenergi som ved tilnærmet normal-innfall reflekteres tilbake fra grenseflaten mellom lag med indeks 1 og 2 h.h.v. er gitt ved refleksjonskoeffisienten, r . Se fig. 1.



$$r = \frac{\rho_2 V_2 - \rho_1 V_1}{\rho_2 V_2 + \rho_1 V_1}$$

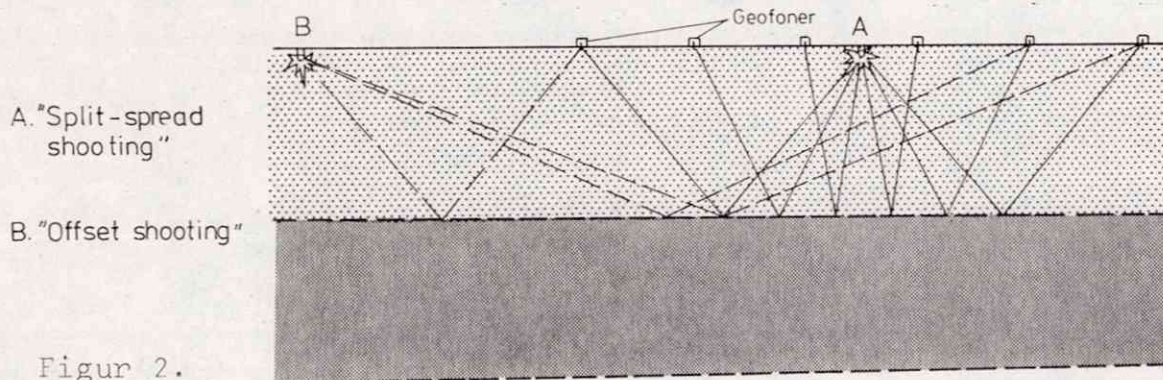
Figur 1.

Størrelsen ρv kalles akustisk impedans og er bestemmende for hvordan innfallende seismisk bølgeenergi blir fordelt på én reflektert og én transmittert bølge ved grenseflatene i en geologisk struktur.

I en flerlagdelt struktur er det ønskelig at refleksjonskoeffisienten har slike verdier at noe energi blir reflektert ved hver grenseflate, og at det samtidig transmitteres nok energi igjennom til å gi refleksjoner fra dypereliggende lag. Dersom refleksjonskoeffisienten ved en grenseflate er svært lav, vil denne ikke bli registrert av mangel på reflektert bølgeenergi. Er refleksjonskoeffisienten på den annen side ekstremt høy, vil lite eller ingen energi trenge gjennom og ned i underliggende strukturer.

Ved refleksjonsseismiske målinger langs en linje oppnår en et kontinuerlig profil av refleksjonstider. Tidsprofilen kan omsettes til et dybdeprofil dersom seismisk hastighet som funksjon av dypet er kjent. Disse hastighetene kan finnes ved refraksjonsseismiske målinger eller seismiske målinger i borhull.

To alminnelige opplegg for refleksjonsseismiske målinger har fått navn etter plasseringen av energikilden i forhold til registreringspunktene.



Ved "split-spread shooting" avfyres ladninger i midten av en rekke med geofoner som forskyves trinnvis langs en ønsket målelinje (profil).

Ved "offset shooting" avfyres energikilden utenfor rekken av registreringspunkter. Denne oppstillingsformen brukes f.eks. ved målinger til sjøs. Se figur 2.

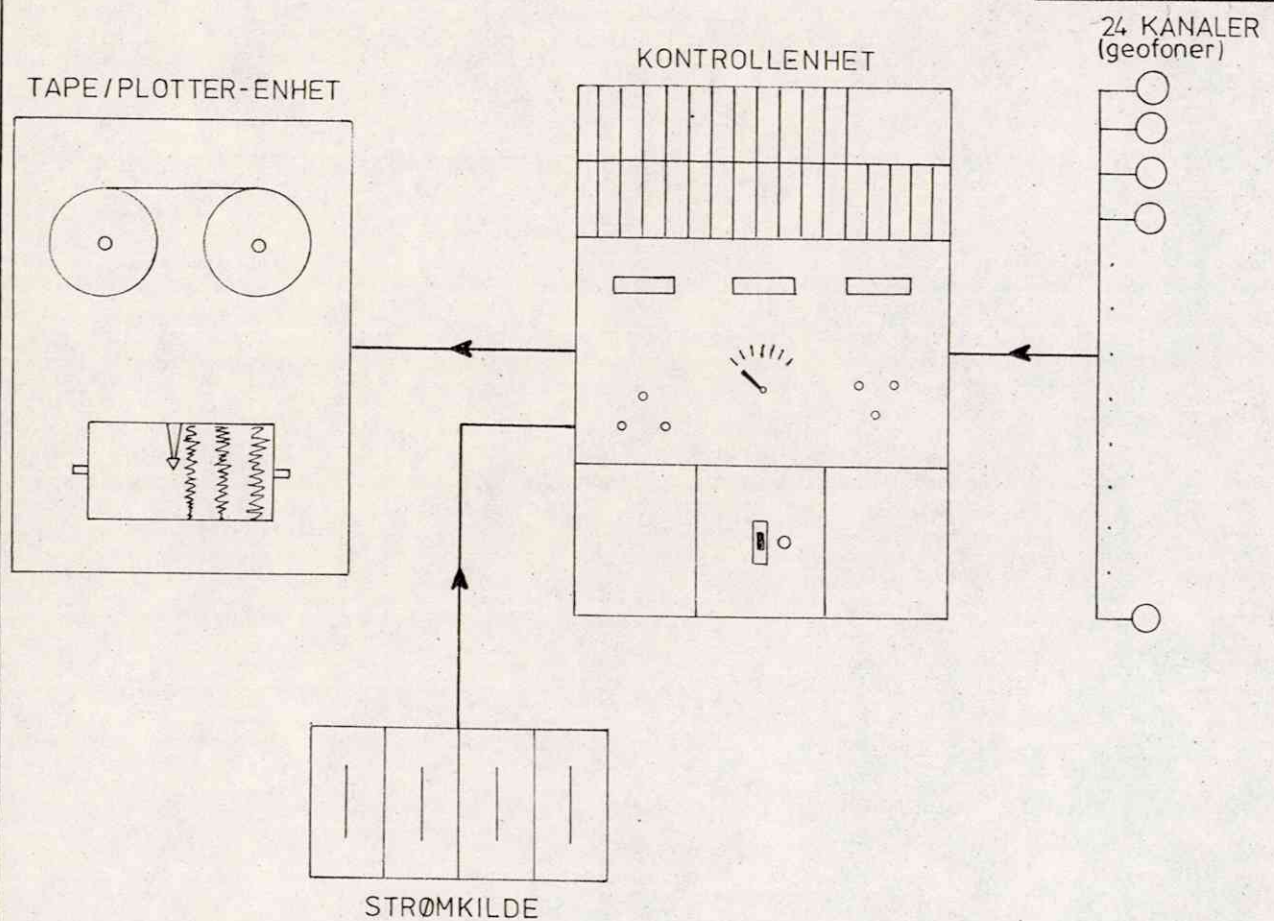
Registreringen av de reflekterte bølgene skjer ved at geofonene (hydrofonene) settes i svingninger. I geofonene blir svingningene omsatt til elektriske strømsignaler og ført frem til en sentral registreringsapparat gjennom elektriske kabler. Registreringsapparatene forsterker opp signalene og lagrer dem på magnetbånd (tape) eller skriver dem ut på en papirstrimmel (seismogram). Lagring av refleksjonsdata på magnetbånd i digital form tilpasset viderebehandling på elektroniske regnemaskiner har gjort metoden svært anvendelig.

Fordelen ved bruk av regnemaskiner er at svære datamasser lett kan systematiseres og presenteres som en helhet. Ved hjelp av digital filtrering kan en også velge ut de frekvenser hvor refleksjonene er kraftigst eller bølgene har størst nedtrengningsevne.

Ved refleksjonsseismiske målinger benyttes gjerne et stort antall geofoner eller grupper av geofoner. Hensikten med grupperingen er å eliminere uønskede bølgeformer og støy som dannes ved målingene. Slik støyeliminering kan også gjøres ved å gruppere skudd istedet for geofoner. Dette krever imidlertid relativt avansert registreringsutstyr.

Ved bruk av mange geofoner er det mulig å registrere refleksjoner fra samme punkt ved ulik plassering av skudd og geofoner. Ved å summere disse signalene oppnår en at svake refleksjoner trer tydeligere frem på seismogrammene. Dette kalles flerfoldig registrering eller summering og angis gjerne i % av en enkel dekning. Med f.eks. 600% dekning menes at hvert refleksjonspunkt er registrert 6 ganger.

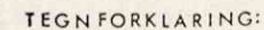
Refleksjonsmålinger er spesielt egnet til å innhente opplysninger om formasjoner og laggrenser i dybder av størrelsesorden 10^2 - 10^3 m. Metoden er den mest benyttede seismiske metode i våre dager og har gjennomgått sin vesentlige utvikling ved leting etter olje og gass. I dag finner en imidlertid anvendelse for refleksjonsseismikk ved leting etter ressurser generelt og ved problemstillinger av ingeniørgeologisk karakter.



Antall kanaler:	24				
Samplingshastighet:	1 ms				
Datalengde:	2 sek (1 sek)				
Datalagring:	Magnetbånd (tape) og/eller papirplott				
Strømkilde:	12 v likstrøm				
Vekt:	<table> <tr> <td>{ Kontrollenhet</td><td>32 kg</td></tr> <tr> <td>{ Tape/plotter-enhet:</td><td>35 kg</td></tr> </table>	{ Kontrollenhet	32 kg	{ Tape/plotter-enhet:	35 kg
{ Kontrollenhet	32 kg				
{ Tape/plotter-enhet:	35 kg				

DHR-1632 digital seismisk registreringsutrustning
 Spesifikasjoner og skjematisk opplegg for feltmålinger.

Bilag S 31



geofon-
gruppe

Skudd

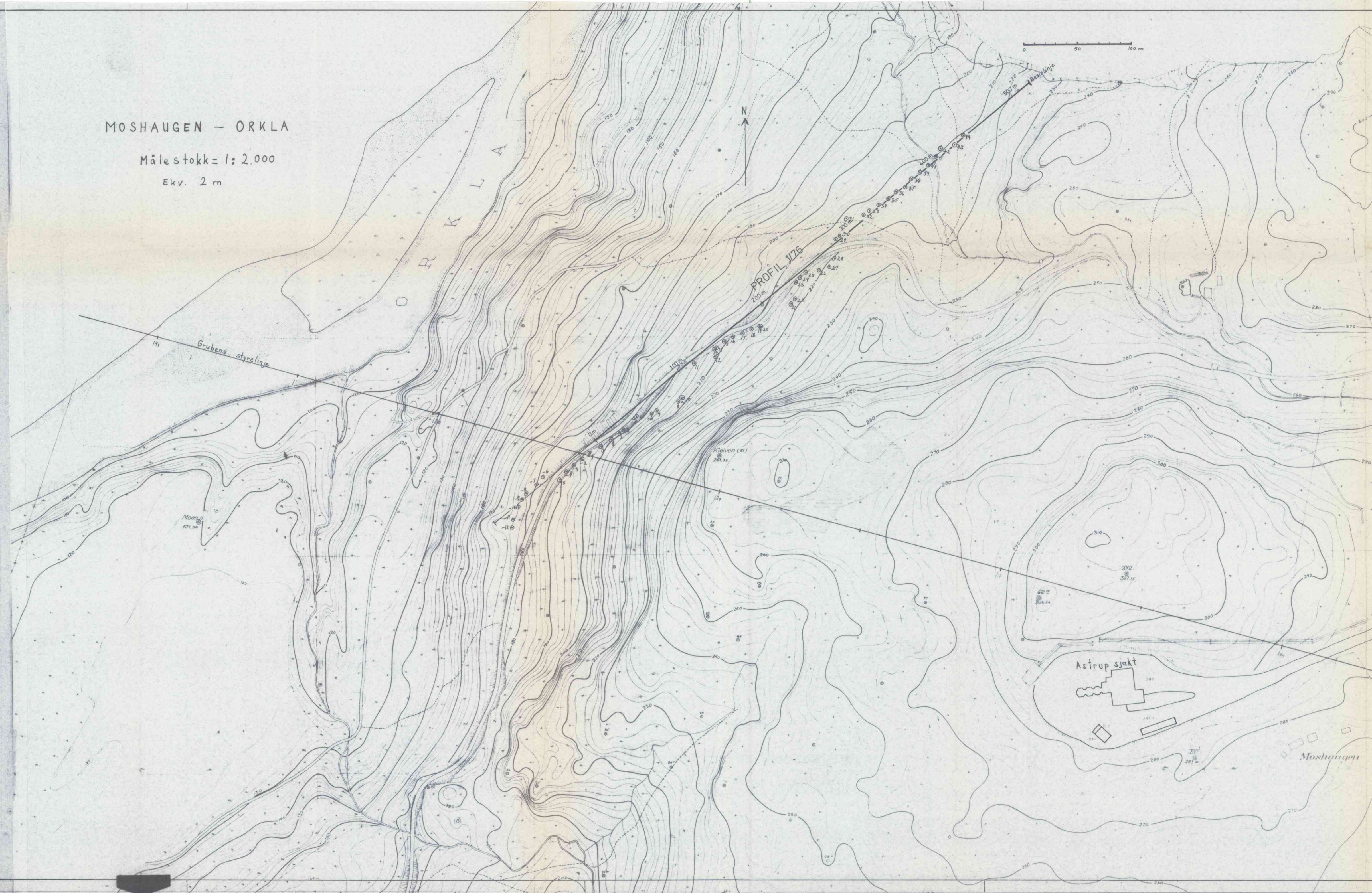
Skudd-
gruppe

A/S GEOTECHNICAL ENGINEERING

MOSHAUGEN — ORKLA

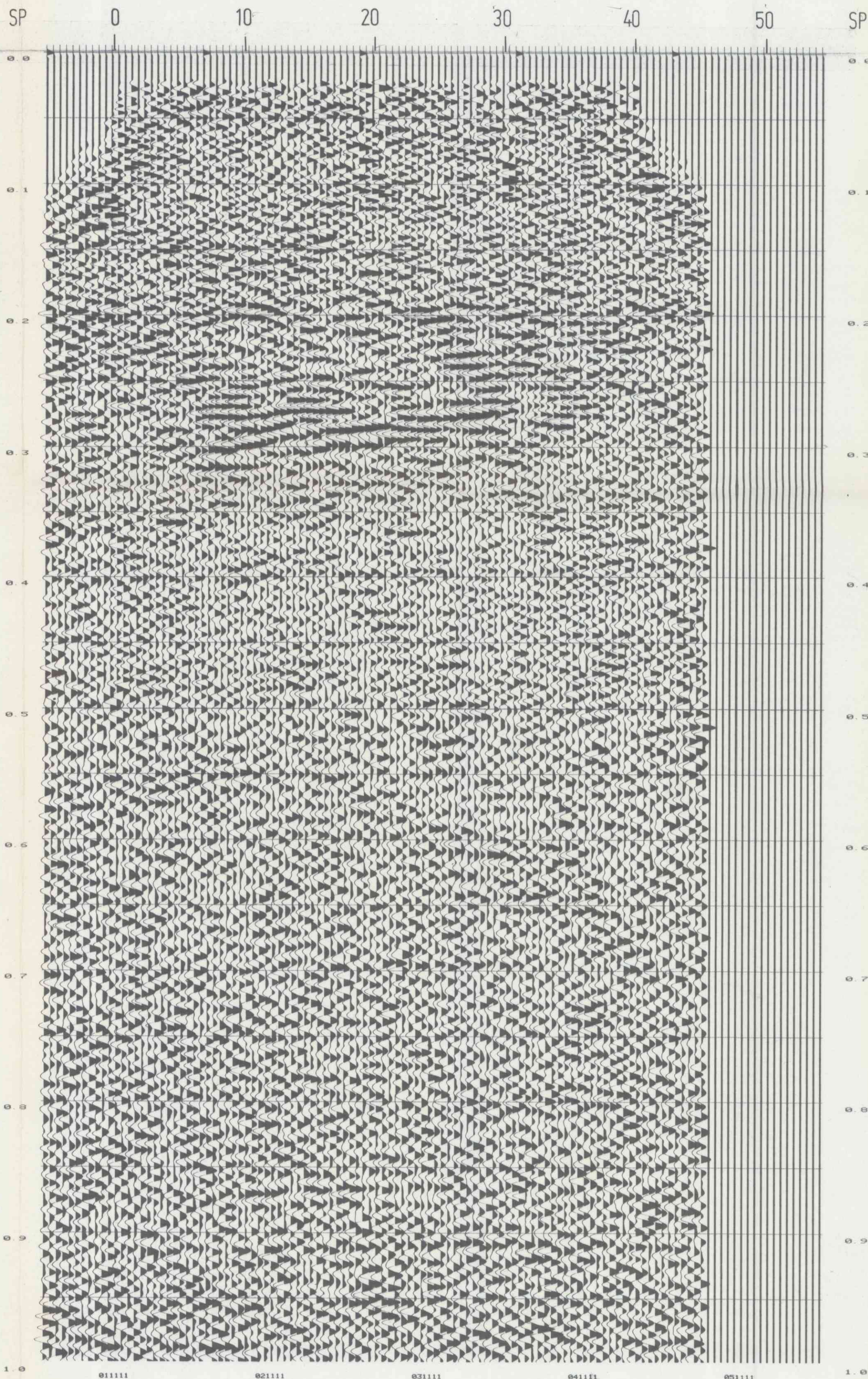
Målestokk = 1:2.000

Ekv. 2 m



c			
b			
a			
Rev.	Dato	Sign.	
Oppdragsgivers ORKLA INDUSTRIER A.S			
Anlegg: LØKKEN GRUBE			
Sted: MOSHAUGEN –ORKLA			
SITUASJONSPLAN		Målestokk	Målt AD / ST Okt. 76
REFLEKSJONSSEISMISK PROFIL 1/76		1:2000	Beregnet, GECO Nov. 76
			Tegn. AB Dec. 76
			Kfr.
A/s GEOTEAM GEOLOGISK GRUNNTEKNIKK INGENIØRLOGISK		Tegn. nr. 4034-6	

c			
b			
a			
Rev.	Date	Sign.	
Oppdragsgiver: ORKLA INDUSTRIER A.S			
Anlegg: LØKKEN GRUBE			
Sted: MOSHAUGEN ORKLA			
REFLEKSJONSSEISMISK SEKSJON		Målestokk	Målt AD/ST Okt. 76
FILTERT, PROFIL 1/76		Beregnet GECO	Nov 76
		Tegn.	
		Kfr.	
A/S GEOTEAM GEOTEAM GEOTEAM GEOTEAM GEOTEAM		Tegn. nr. 4034 - 7	



LINE 1/76

SP 0 to SP 40

4x1200% FILTERED STACK
SW —————> NE



A/S GEOTEAM



LØKKEN GRUBE

SHOT BY: A/S GEOTEAM
PROCESSED BY: GECO A/S
CONTRACT NO. 847

DATE OCT. 1976
DATE NOV. 1976
FIELD REEL NO 142106739

RECORDING DATA

SOURCE DYNAMITE
SPLITSREAD

SP INTERVAL 10 m

GEOPHONES PER GROUP 1
GROUPS 24
GROUP INTERVAL 10 m

INSTRUMENTS AMPLIFIER DHR-1632
FILTER LO CUT 60 Hz dB
RECORD LENGTH 1 sec
SAMPLE RATE 1 ms
TYPE AMPLITUDE CONTROL FX POINT
RECORDING TAPE 1/2" 800 BPI
RECORDING FORMAT SEG Y

POLARITY CONVENTION: RECORDED POSITIVE NUMBER DISPLAYED AS A PEAK (BLACK)

PROCESSING SEQUENCE AND PARAMETERS

EDIT/DEMULPLEX
SUMMER 4 SHOT VERTICAL SUM
GAIN APP. FIRST GAIN ZONE 40 ms
MAX GAIN ZONE 160 ms

DBS MINIMUM PREDICTION DISTANCE 4 ms
MAXIMUM PREDICTION DISTANCE 100 ms

NO OF AUTOCORR. WINDOWS 2
STOP OF AUTOCORR. 1000 ms
STOP OF DECONVOLUTION 1000 ms

NMO
COHERENCY STACK 1. VEL. FUNCT., MUTE, STATICS
3. GATES Sec. Max. Shift
0.001 - 0.200 4 ms
0.200 - 0.400 4 ms
0.400 - 1.000 4 ms

TV FILTER Sec. Lc Hc Slopes dB/oct
0.001 - 0.200 75 - 200 24/48
0.200 - 0.500 65 - 150 24/48
0.500 - 1.000 60 - 120 24/48

DATUM PLANE 200m
PLAYBACK SCALES HORIZONTAL 5 tr/cm
VERTICAL 40 cm/sec.

GAIN: 9 dB BIAS: -4

HORIZONTAL SCALE 1:2.500

0 5 10 SP's
0 50 100m

c			
b			
a			
Rev.	Dato	Sign.	
Oppdragsgiver: ORKLA INDUSTRIER A.S			
Anlegg: LØKKEN GRUBE			
Sted: MOSHAUGEN - ORKLA			
REFLEKSJONSSEISMISK SEKSJON		Målestokk	Målt AD/ST Okt. 76
MIGRERT, PROFIL 1/76		Beregnet GECO	Nov. 76
		Tegn.	
		Kfr.	
A/S GEOTEAM SEISMISKE GEOTEKNIKE INGENIØRLOGI		Tegn. nr. 4034-8	

LINE 1/76

SP 0 to SP 40

4x1200% MIGRATED STACK

SW —————> NE



A/S GEOTEAM



LØKKEN GRUBE

SHOT BY: A/S GEOTEAM
PROCESSED BY: GECO A.S
CONTRACT NO: 847

DATE OCT. 1976
DATE NOV. 1976
FIELD REEL NO 142106739

RECORDING DATA

SOURCE DYNAMITE
SPLITSREAD

SP INTERVAL 10 m

GEOPHONES PER GROUP 1
GROUPS 24
GROUP INTERVAL 10 m

INSTRUMENTS AMPLIFIER DHR-1632
FILTER LO CUT 60 Hz dB Oct
RECORD LENGTH 1 sec
SAMPLE RATE 1 ms
TYPE AMPLITUDE CONTROL FIX POINT
RECORDING TAPE 1/2" 800 BPI
RECORDING FORMAT SEG Y

POLARITY CONVENTION: RECORDED POSITIVE NUMBER DISPLAYED AS A PEAK (BLACK)

PROCESSING SEQUENCE AND PARAMETERS

EDIT/DEMULPLEX
SUMMER 4 SHOT VERTICAL SUM
GAIN APP. FIRST GAIN ZONE 40 ms
MAX GAIN ZONE 160 ms

DBS MINIMUM PREDICTION DISTANCE 4 ms
MAXIMUM PREDICTION DISTANCE 100 ms

NO OF AUTOCORR WINDOWS 2
STOP OF AUTOCORR 1000 ms
STOP OF DECONVOLUTION 1000 ms

NMO
COHERENCY STACK 3. GATES Sec. Max. Shift
0.001 - 0.200 4 ms
0.200 - 0.400 4 ms
0.400 - 1.000 4 ms

MIGRATION WAVE EQUATION, FINITE DIFF. APPROX.
TV FILTER Sec. Lc Hc Slopes dB/oct
0.001 - 0.200 75 - 200 24 / 48
0.200 - 0.500 65 - 150 24 / 48
0.500 - 1.000 60 - 120 24 / 48

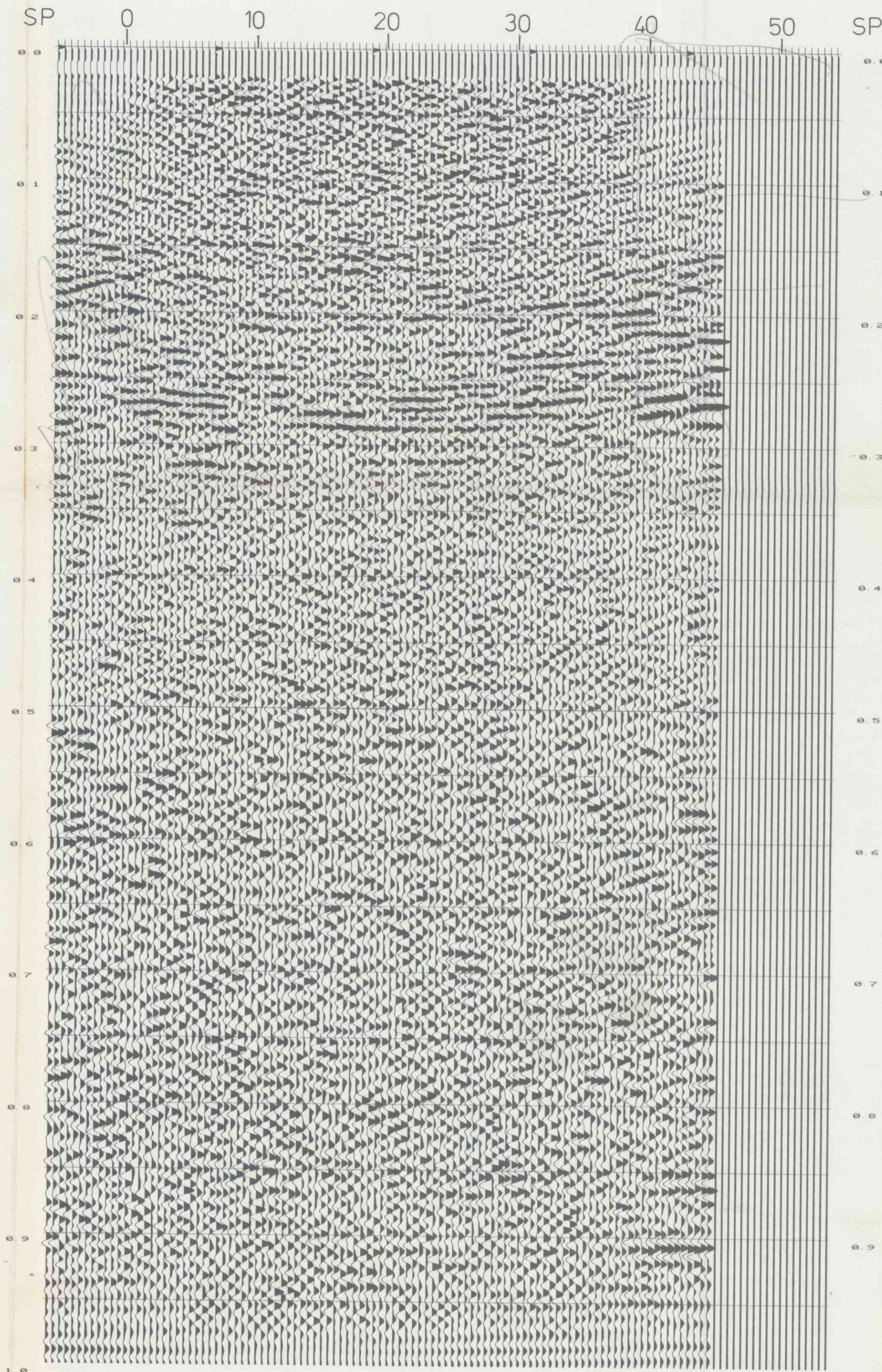
DATUM PLANE 200m

PLAYBACK SCALES HORIZONTAL 5 tr/cm
VERTICAL 40 cm/sec.

GAIN: 9 dB BIAS: -4

HORIZONTAL SCALE 1:2.500

0 5 10 SP's
0 50 100m



011111

021111

031111

041111

051111