

NGU Rapport 93.122

Geofysiske målinger i Tanadalen,
Tana kommune, Finnmark

Rapport nr. 93.122		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: Geofysiske målinger i Tanadalen, Tana kommune, Finnmark.			
Forfatter: Eirik Mauring Jan S. Rønning		Oppdragsgiver: NGU/UiTø	
Fylke: Finnmark		Kommune: Tana	
Kartbladnavn (M=1:250.000) Vadsø		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 2235 I Smalfjord, 2235 II Polmak 2335 IV Tana, 2336 III Trollfjorden	
Forekomstens navn og koordinater: Bjerkenes 35V 5520 78203 Masjok 35V 5435 77950		Sidetall: 33	Pris: 325,-
Feltarbeid utført: 2/9-14/9-1993		Rapportdato: 2/12-1993	Prosjektnr.: 61.2562.02
		Ansvarlig: <i>Jan S. Rønning</i>	
Sammendrag: <p>Refleksjonsseismiske målinger, georadarmålinger og vertikale elektriske sonderinger er utført i Tanadalen i Finnmark som et samarbeidsprosjekt mellom Universitetet i Tromsø og NGU. Formålet med undersøkelsene var å få en oversikt over Tanadeltaets geometri og indre strukturer.</p> <p>De refleksjonsseismiske målingene ble utført ved utløpet av Tanaelva. Opptakene var av svært god kvalitet og viser; 1) detaljerte strukturer i deltaavsetningen, 2) en skarp grense mot underliggende glasimarine sedimenter (80-90 m dyp), 3) strukturer i de glasimarine sedimentene, 4) detaljert bilde av fjelltopografien under sedimentene (140-205 m dyp), 5) strukturer i fjell.</p> <p>Georadarmålinger er utført ved tre lokaliteter langs Tanaelva. Opptakene viser detaljerte strukturer i de øvre deler av deltaet/elveavsetningene. De vanligste er skrålagning (foresets) og trauformete strukturer. Penetrasjonsdypet lå i gjennomsnitt på ca. 20 m, men i enkeltområder på over 30 m. I noen områder ble penetrasjonsdypet sterkt svekket, vesentlig på grunn av salt porevann. Dette bekreftes av vertikale elektriske sonderinger.</p> <p>Forekomstens navn og koordinater forts.: Tana bru 35V 5448 77892</p>			
Emneord: Geofysikk		Elektrisk måling	
Refleksjonsseismikk		Deltaavsetning	
Georadar		Fagrapport	

INNHOOLD

1	INNLEDNING	5
2	UTFØRELSE	5
	2.1 Refleksjonsseismikk	5
	2.2 Georadar	6
	2.3 Vertikal elektrisk sondering	7
3	PROSESSERING	7
	3.1 Refleksjonsseismikk	7
	3.2 Georadar	8
	3.3 Vertikal elektrisk sondering	9
4	RESULTATER	9
	4.1 Refleksjonsseismiske profiler	9
	4.2 Vertikale elektriske sonderinger	10
	4.3 Georadarprofiler	11
	4.3.1 Bjerkenes	11
	4.3.2 Masjok	13
	4.3.3 Tana bru	14
5	KONKLUSJON	15
6	REFERANSER	16

TEKSTBILAG

Tekstbilag 1. Refleksjonsseismikk - metodebeskrivelse

Tekstbilag 2. Georadar - metodebeskrivelse

Tekstbilag 3. Vertikal elektrisk sondering - metodebeskrivelse

DATABILAG

Databilag 1. Hastighetsanalyser, georadar

Databilag 2. Hastighetsanalyser, refleksjonsseismikk

Databilag 3. Fourier-spektre, refleksjonsseismisk profil 1

Databilag 4. 'Fence'-diagram, refleksjonsseismikk

Databilag 5. Vertikale elektriske sonderinger, modelltilpasning

KARTBILAG

- 93.122-01 Oversiktskart, Bjerkenes
- 93.122-02 Oversiktskart, Masjok og Tana bru
- 93.122-03 Refleksjonsseismiske opptak, profil 1 og 2
- 93.122-04 Georadar-opptak, profil 2, 3 og 4
- 93.122-05 Georadar-opptak, profil 5 og 6
- 93.122-06 Georadar-opptak, profil 7
- 93.122-07 Georadar-opptak, profil 7, 7a, 7b, 7c og 7d
- 93.122-08 Georadar-opptak, profil 8 og 9
- 93.122-09 Georadar-opptak, profil 10 og 10b
- 93.122-10 Georadar-opptak, profil 12 og 12b
- 93.122-11 Georadar-opptak, profil 11 og 11b

1 INNLEDNING

Refleksjonsseismiske målinger, georadarmålinger og vertikale elektriske sonderinger er utført i Tanadalen i Finnmark som et samarbeidsprosjekt mellom Universitetet i Tromsø (UiTø) og NGU. Undersøkelsene inngår i et prosjekt som har som formål å konstruere en geologisk modell for nord-norske fjord-deltaer. I forbindelse med undersøkelser av Tana-deltaet er det tidligere utført refleksjonsseismiske undersøkelser i sjøen utenfor deltafronten. Formålet med undersøkelsene som rapporteres her var å få både en oversikt over deltaets geometri (mektighet og form) og en innsikt i deltaets indre strukturer. Målingene ble utført av Jan S. Rønning (NGU) i samarbeid med Karin Andreassen og Geoff Corner fra UiTø, samt Birute Stanzyte og Rimantas Šečkus fra den geologiske undersøkelsen i Litauen (gjester ved NGU). Målingene ble utført i perioden 2/9-14/9-1993. Prosessering og framstilling av data er utført av Eirik Muring, NGU.

2 UTFØRELSE

2.1 Refleksjonsseismikk

Målingene ble utført ved hjelp av 'common-depth-point'-teknikken (CDP) beskrevet i tekstbilag 1. For hvert skuddpunkt ble det registrert på 12 kanaler. Ved målingene ble det benyttet en 24-kanals digital seismograf av typen Scintrex S-2 'Echo'. Det ble anvendt geofoner med 50 Hz egenfrekvens. Energiseringskilden var 12-kalibers haglskudd avfyrt fra en spesiellagd børs. Det ble målt ett langprofil (R1, 2440 m) langs deltaets antatte utbygningsretning og ett profil vinkelrett dette (R2, 380 m). Plasseringen av profilene er vist i kartbilag -01. De viktigste opptaksparametrene er listet i tabellen under.

Tabell 1. Opptaksparametre, refleksjonsseismikk

<u>Parameter</u>	<u>Verdi</u>
Antall kanaler	12
Geofon- og skuddpunktavstand (m)	5
Avstand fra skudd til første geofon (m)	20
Opptakstid (ms)	300

Datakvaliteten var stort sett svært god, bortsett fra R1 fram til posisjon 650 der dominant frekvens og signal/støy-forhold var noe lavere enn ellers i opptaket. Datakvaliteten må allikevel karakteriseres som meget god i dette området.

2.2 Georadar

En beskrivelse av målinger med georadar er vedlagt i tekstbilag 2. Det ble i alt profilert ca. 7.2 km og foretatt 4 CMP-målinger for bestemmelse av EM-bølgenes utbredelseshastighet i løsmassene. Det ble benyttet både 50 MHz og 200 MHz antenner (se tabell 2). Plassering av profilene er vist i egne kartutsnitt sammen med opptakene i kartbilag -04 til -11. Georadaren som ble benyttet var av typen pulseEKKO IV (Sensors & Software Inc., Canada). Det ble benyttet 400V sender, og antenneavstanden var 1 m. Øvrige opptaksparametre er vist i tabell 2.

Tabell 2. Oversikt over opptaksparametre. Lengde og flyttavstand er oppgitt i meter, opptakstid og samplingsintervall i ns, og antennefrekvens i MHz.

Profil	Lengde	Sampl.int.	Opptakstid	Flyttavst.	Ant.frek.	Stacks	Kartbilag
2	290	1.6	800	1.8	50	128	-04
3	784	1.6	800	1.8	50	128	-04
4	488	1.6	800	1.8	50	128	-04
5	524	1.6	800	1.8	50	128	-05
6	500	1.6	800	1	50	128	-05
7	1000	1.6	800	1	50	128	-06
7a	309	1.6	800	1	50	64	-07
7b	254	1.6	800	1	50	64	-07
7c	200	1.6	800	1	50	64	-07
7d	200	1.6	800	1	50	64	-07
8	526	1.6	1200	1	50	64	-08
9	324	1.6	1200	1	50	64	-08
10	182	1.6	1000	1	50	64	-09
10b	634	1.6	1000	1	50	64	-09
11	400	1.6	1000	1	50	64	-11
11b	311	1.6	500	1	200	128	-11
12	250	0.8	500	1	200	128	-10
12b	250	1.6	1000	1	50	128	-10

Ved utskrift av georadaropptakene er disse i hovedsak plottet vest-øst og sør-nord. Profillengder som er angitt i tabell 2 angir antall målepunkter multiplisert med flyttavstand. Dersom en ved måling har vært unøyaktig ved antenneplasseringene, stemmer nødvendigvis

ikke de angitte profillengder med de virkelige. I slike tilfeller kan informasjon om kryssende profiler, veier og terrengdetaljer benyttes for en mer eksakt plassering av profiler. Slik informasjon er notert ved målingenes utførelse, og er plottet under opptakene som kommentarer. Posisjoner som er angitt langs profiler i kartbilag, refererer til posisjoner på georadaropptak, og angir ikke reell lengde langs profilene. Ikke alle opptak er plottet til full opptakstid. Dette skyldes at en del opptak har dårlig penetrasjon, og plott av hele opptaket blir da uhensiktsmessig. Profil 10b er terrengkorrigert, der høydedata ble fremskaffet av oppdragsgiver.

2.3 Vertikal elektrisk sondering

En beskrivelse av måleteknikk, tolkning og metodiske usikkerheter er vedlagt (tekstbilag 3). Det ble utført to sonderinger langs refleksjonsseismisk profil 1. Plassering av sonderingspunktene er vist i kartbilag -01. Et kabelsystem for Schlumberger elektrodekonfigurasjon ble benyttet ved utførelsen av målingene. ABEM SAS300 Terrameter med strømforsterker ble benyttet som måleinstrument. $AB/2_{\max}$ var 300 m for begge sonderingene.

3 PROSESSERING

3.1 Refleksjonsseismikk

Ved CDP-prosessering av de refleksjonsseismiske data er programpakken Interpex/Seistrix-2 benyttet (Interpex 1990). Prosesseringen omfattet;

- Editering av skudd og traser (fjerning av opptak med mye støy)
- CDP-sortering (samling av traser med felles midtpunkt)
- Båndpassfiltrering (120-500 Hz)
- Notch-filtrering (50 Hz, 10 Hz båndbredde)
- Hastighetsanalyse (en gjennomsnittlig RMS-hastighet på 1570 m/s ble benyttet ved dybdekonvertering av tidsseksjon, se databilag 2)
- Muting av overflatebølger (Rayleighbølger, luftbølger)
- NMO-korreksjon ('NMO-stretch'=0.5)
- CDP stacking ('Straight stack, scalar=1.0')
- Residuell statistisk korreksjon (Vindu=8 ms, max skift=3 ms)
- Utskrift med AGC ('Automatic gain correction')

Som nevnt under 2.1, varierte datakvaliteten noe langs R1, med lavere dominant frekvens fram til ca. posisjon 650. Databilag 3 viser øverst et typisk fourier-spekter for profilet fram til denne

posisjonen, mens det nederste spekteret er typisk for resten av profilet. Området med de beste data er kjennetegnet ved et bredbåndet spekter og høyere dominant frekvens. Utskrift av prosesserte refleksjonsseismiske profiler er vist i kartbilag -03. Et såkalt 'fence'-diagram som viser profilene i området der de krysser hverandre, er vist i databilag 4.

I tillegg til CDP-opptakene ble det sammenstilt 'common offset'-opptak (CO) fra råopptaksfilene for å undersøke grunne strukturer som vanligvis er vanskelige å oppdage på CDP-opptak. Ingen 'ny' informasjon framkom på CO-opptakene, og de er derfor ikke beskrevet eller presentert i denne rapporten.

3.2 Georadar

Det er foretatt 4 CMP-målinger for hastighetsanalyse innenfor det undersøkte området (se databilag 1). Plasseringen av disse er vist i kartbilagene. Resultater fra hastighetsanalysene er presentert i tabell 3.

Tabell 3. Oversikt over CMP hastighetsanalyser. Tidspunkt for refleksjoner (tid) er angitt i ns, og hastighet i m/ns.

CMP Nr.	Profil, posisjon	Tid	Hastighet	Tid	Hastighet
1	P7, 945	90	0.13	340	0.08
2	P7, 371	110	0.12	390	0.07
3	P10b, 50	220	0.06	290	0.06
4	P10b, 514	80	0.12	200	0.12

Hastighetsanalysene er utført i forskjellige områder, og de benyttes for dybdekonvertering av tidsseksjonene. Følgende hastigheter er benyttet for dybdekonvertering av de forskjellige profiler;

0.07 m/ns; P2, P3, P4, P5, P6

0.08 m/ns; P7, P7a, P7b, P7c, P7d

0.09 m/ns; P10, P10b

0.12 m/ns; P8, P9, P11, P11b, P12, P12b

Profil 10b er målt i et område der hastigheten lå mellom 0.06 m/ns og 0.12 m/ns, og en gjennomsnittlig hastighet på 0.09 m/ns er benyttet ved dybdekonverteringen. Dette gjelder også profil 10, siden dette profilet krysser 10b, selv om reell hastighet er noe lavere for dette profilet (0.06 m/ns).

Ved utskrift av data ble det benyttet en spesiell type forsterkning kalt 'spreading and exponential compensation' (SEC) for å forsterke svake signaler seint i opptaket. Videre ble det benyttet henholdsvis 5-punkts og 2-punkts stacking for å redusere høyfrekvent støy i 50- og 200 MHz-opptak.

3.3 Vertikal elektrisk sondering

Måleverdiene er korrigert for laterale variasjoner i spesifikk motstand ved potensialelektrode-ene. Data er modelltilpasset ved hjelp av programpakken Interpex/Resixip (Interpex 1990a). Både framlengs og invers modellering er benyttet. Informasjon om dyp til ulike laggrenser fra refleksjonsseismikken ble benyttet under modelleringen.

4 RESULTATER

Kun en kort beskrivelse av opptakene presenteres i denne rapporten. En fullstendig tolkning av opptakene vil bli presentert i en publikasjon seinere.

4.1 Refleksjonsseismiske profiler

De refleksjonsseismiske profiler er målt ved utløpet av Tanaelva i området Høgholmen og sørvestover (kartbilag -01).

Refleksjonsseismisk profil 1 (R1) er vist i kartbilag -03. En meget markant, horisontal reflektor sees gjennom hele opptaket ved ca. 100-115 ms (80-90 m dyp). Denne antas å representere grensen mellom overliggende deltaavsetninger og underliggende glasimarine avsetninger. Deltaavsetningen er representert ved flere skrå reflektorer med fallkomponent mot profilretningen. Disse har stort sett liten utholdenhet. Denne delen av opptaket er kjennetegnet ved kraftig reflektivitet, høy oppløsning og mange reflektorer som stedvis går over i hverandre. Det sees en svak tendens til at reflektorene flater ut mot den gjennomgående, horisontale reflektoren som er nevnt over. Skrålagningen synes også å opptre brattere tidlig i opptaket. Stedvis viser skråreflektorene en dominant frekvens på 300-500 Hz i flg. fourier-analyser. Med en antatt seismisk hastighet på 1570 m/s gir dette en teoretisk maksimal vertikal oppløsning på 0.8-1.3 m ($=\lambda/4$ i flg. Sheriff & Geldart (1982)). Reflektorer i de marine avsetninger er kjennetegnet ved at de er svake, men utholdende. Noen av dem kan følges gjennom hele opptaket, og følger stedvis topografien i den underliggende fjellreflektoren.

Fjelloverflaten kan sees som en meget kraftig reflektor mellom 180 og 260 ms (140-205 m dyp). Stedvis kan denne være vanskelig å følge, spesielt fra posisjon 2050 og ut profilet, men antas her å ligge på ca. 250 ms. Årsaken til at flere kraftige reflektorer opptrer i dette området kan være at fjellet her er oppsprukket eller forvitret, eller at reflektorene representerer strukturer i fjell. Dette gjelder også området 150-275 på 170-200 m dyp. Svake reflektorer kan sees i fjell, spesielt i området 1200-1900. Disse heller svakt nedover i profilretningen og representerer sannsynligvis ikke multipler, fordi de har en annen helningsretning enn reflektorer over. Disse reflektorene antas å representere primær lagdeling i fjell (bestående av sedimentære bergarter). Forsenkninger og brå topografi i fjelloverflaten gir seg stedvis til kjenne ved diffraksjonshyperbler i opptaket. Disse opptrer spesielt tydelig ved posisjon 610, 1025, 1240, 1490, 1610 og 1700. Diffraksjonene ble forsøkt fjernet ved migrering, uten at en lyktes med dette.

Refleksjonsseismisk profil 2 (R2) er vist i kartbilag -03. Opptaket viser stort sett de samme hovedtrekk som profil 1. En markant reflektor på ca. 105 ms (82 m dyp) representerer grensen mellom overliggende deltaavsetninger og underliggende marine avsetninger. Ingen markert skrålagning kan sees i deltaavsetningen, trolig fordi profilet er målt på tvers av avsetningsretningen. Dette viser at skrålagning i profil R1 representerer sant fall (dog ikke migrert). Trauformete strukturer kan stedvis sees, som ved posisjon 160 på ca. 20 m dyp. Også i dette profilet kan strukturer sees under fjelloverflaten, samt diffraksjonshyperbler (posisjon 50, 110, 240).

4.2 Vertikale elektriske sonderinger

To vertikale elektriske sonderinger ble plassert med sonderingspunkt på refleksjonsseismisk profil R1. Hensikten var å se om det kunne påvises noen ledningsevnekontrast mellom forskjellige lag. Sondering VES1 ble lagt til posisjon 255, og sondering VES2 til posisjon 2005 (se kartbilag -01). For begge sonderinger er dyp til fjell som ble funnet ved refleksjonsseismikk benyttet ved modelleringen.

Modelltilpasning av sondering VES1 er vist i databilag 5 side 1. Sett på bakgrunn av nivået på resistivitetsverdiene må datakvaliteten sies å være meget god, selv om måleverdiene har et uryddig forløp som ikke gir god modelltilpasning. På ca. 0.5 m dyp påtreffes sone med saltvann representert ved lav spesifikk motstand ($1.5 \Omega\text{m}$). Den lave resistiviteten indikerer lite påtrykk av ferskvann fra Tanaelva i dette området. Det øverste laget ($30 \Omega\text{m}$) representerer trolig fuktige avsetninger med høy salinitet i porevannet. Det nederste motstandslaget (anslagsvis $5000 \Omega\text{m}$) representerer fjell på ca. 150 m dyp.

Modelltilpasning av VES2 er vist i databilag 5 side 2. De fire øverste resistivitetslag har alle spesifikk motstand som er mindre enn $2 \Omega\text{m}$ og representerer saltvannsmettede avsetninger. Påviste variasjoner i resistivitet er ikke signifikant for å kunne si noe om geologien. De lave motstandsverdiene indikerer lite påtrykk av ferskvann fra elva. Det nederste motstandslaget (anslagsvis $5000 \Omega\text{m}$) representerer fjell på ca. 205 m dyp.

4.3 Georadarprofiler

Det er utført georadarmålinger i tre delområder langs Tanadalen.

4.3.1 Bjerkenes

Profilene P1-P7 er målt innenfor dette området, og opptakene er vist i kartbilag -04 til -07. Profil P1 ble forsøkt målt langs refleksjonsseismisk profil R1, men her var penetrasjonen svært liten pga. salt porevann (jfr. lave resistivitetsverdier ved VES-målinger under pkt. 4.2) og presenteres derfor ikke.

P2

Opptaket er vist i kartbilag -04. Dårlig penetrasjon fram til posisjon 135 skyldes saltvannsinntrengning fra fjorden. Mellom posisjon 135 og 0 sees en lateral veksling mellom horisontale og skrå lag, som trolig representerer forskjellige avsetningsretninger. Maksimalt penetrasjonsdyp for denne delen av opptaket er ca. 14-15 m.

P3

Opptaket er vist i kartbilag -04. Fra posisjon 484 til posisjon ca. 285 er penetrasjonen nær null pga. saltvannsinntrengning. Fra 285 er refleksjonsmønsteret mer eller mindre kaotisk i flg. nomenklatur foreslått av Beres & Haeni (1991). Redusert penetrasjon mot nordøst-enden av profilet skyldes at en igjen nærmer seg fjorden med saltvannsinntrengning. Maksimalt penetrasjonsdyp er ca. 12-13 m.

P4

Opptaket er vist i kartbilag -04. Trasene for posisjon 50 og 272 representerer instrumentgenerert støy. Fram til posisjon ca. 135 er penetrasjonen redusert, muligens pga. saltvannsinntrengning via grøfter i området. Allikevel sees tendens til skrålagning i denne delen av opptaket. Mellom posisjon 135 og 360 sees flere reflektorer som danner trauformete strukturer. Disse representerer muligens gamle elvekanaler eller erosjonsflater. Fra posisjon 360 blir igjen penetrasjonen redusert som følge av at en nærmer seg fjorden. Svak tendens til skrålagning kan sees. Maksimalt penetrasjonsdyp er 17-18 m.

P5

Opptaket er vist i kartbilag -05. Trase for posisjon 88 representerer instrumentgenerert støy. Dårlig penetrasjon fra posisjon 524 til 480 skyldes saltvannsinntrengning. Den resterende del av profilet er dominert av skrålagning med varierende helning og helningsretning og stedvis trauformete strukturer (f.eks. posisjon 30). Mellom posisjon 480 og 300 er opptaket noe skjemmet av støy. Maksimalt penetrasjonsdyp er ca. 20 m.

P6

Opptaket er vist i kartbilag -05. Ingen eller sterkt redusert penetrasjon fra posisjon 190 til posisjon 0 skyldes inntrengning av saltvann. Mellom posisjon 500 og 190 sees skrå og trauformete reflektorer som trolig representerer varierende avsetningsretninger og/eller erosjonskanaler. Grunnvannsspeil ligger stort sett nært overflaten, bortsett fra ved posisjon 200 der det kan sees på 2-3 m dyp pga. passering av en bakketopp. Maksimalt penetrasjonsdyp er ca. 18-19 m.

P7

Opptaket er vist i kartbilag -06. Trase for posisjon 978 representerer instrumentgenerert støy. Deler av opptaket er ellers skjemmet av støy som spesielt gjør seg gjeldende seint i opptaket pga. den eksponentielle forsterkningen. Penetrasjonen er noe varierende, noe som for en stor del skyldes variasjoner i elektrisk ledningsevne nær terrengoverflaten. Spesielt har en redusert penetrasjon i områdene 225-220 (vei), 115-90 (myrområde rundt grøft) og 70-30 (jorde). Penetrasjonsdypet ligger ellers jevnt over på ca. 20 m. Opptaket viser skrå og trauformete reflektorer.

P7a, P7 og P7b

På hver side av den sentrale del av P7 er det målt to profiler, P7a og P7b, for å prøve å kartlegge laterale endringer i strukturer i dette området. Profilene er vist i kartbilag -07. Signal/støy-forholdet er tydelig lavere på P7b og P7a enn på P7. Dette medfører at opptakene kan være vanskelige å sammenligne direkte. Som for P7, kan også skrå og trauformete reflektorer sees på P7b og P7a, selv om disse kan være vanskelige å korrelere mellom profilene. Grunnvannsspeil kan sees som en horisontal reflektor på 2-3 m dyp på P7a.

P7c

Opptaket er vist i kartbilag -07, og profilet er målt på tvers av de tre ovennevnte profiler. Mellom posisjon 101 og 105 har sender vært ute av funksjon. Opptaket er dominert av skrå reflektorer som kan sees til et maksimalt penetrasjonsdyp på ca. 22 m. Skrå reflektorer fra posisjon 50 (100 ns) til posisjon 100 (320 ns) binder sammen trauformete reflektorer langs profilene P7a, P7 og P7b.

P7d

Opptaket er vist i kartbilag -07, og er målt på tvers av P7 ved posisjon 357. Signal/støyforholdet er svært lavt, men enkelte skrå reflektorer kan skimtes ned til ca. 18-19 m dyp. Lavt signal/støy-forhold kan skyldes godt ledende materiale ved overflaten (effekt av gjødsling?).

4.3.2 Masjok

Profilene P8, P9, P10, P10b, P12 og P12b er målt innenfor dette området, og opptakene er vist i kartbilag -08, -09 og -10.

P8

Opptaket er vist i kartbilag -08. Det er kjennetegnet ved kraftige reflektorer ned til 300-350 ns (18-21 m dyp) der grunnvannsspeil trolig påtreffes. Reflektorene er stort sett horisontale eller har en svak helning nedover i profilretningen (mot nord). Refleksjonsmønsteret er stedvis kaotisk. Under grunnvannsspeil er reflektorene svake, men viser grovt sett det samme refleksjonsmønster som reflektorer over grunnvannsspeil. Årsaken til svakere reflektorer under grunnvannsspeil skyldes; 1) grunnvannsspeil er en kraftig reflektor, slik at lite av energien slipper gjennom denne grenseflaten, 2) ledningsevnen (og dermed dempingen) øker i vannmettet sone, 3) forskjellen i refleksjonskoeffisienter (=kontraster i dielektrisitet) avtar i vannmettet sone. Penetrasjonsdypet er stedvis større enn 30 m.

P9

Opptaket er vist i kartbilag -08. Grunnvannsspeil sees trolig som en svakt undulerende reflektor på 11 m dyp (posisjon 315) til 19 m dyp (posisjon 40). Undulasjonen skyldes små høydevariasjoner i terrengoverflaten. Over grunnvannsspeil er refleksjonsmønsteret stedvis kaotisk med kraftige reflektorer. Det samme refleksjonsmønster kan sees under grunnvannsspeil, men med svakere reflektorer. Penetrasjonsdypet er stedvis større enn 30 m.

P10

Opptaket er vist i kartbilag -09, og profilet er målt nede på en sandbanke ved Tanaelva. Antatt finstofflag påtreffes ved 200-300 ns, indikert ved en brå reduksjon i penetrasjonen og en sekvens av parallelle reflektorer. Over denne sekvensen er refleksjonsmønsteret hauget eller parallelt, der flere horisontale/subhorisontale reflektorer kan følges. Hastigheten som er valgt ved dybdekonverteringen (0.09 m/ns) er i samsvar med P10b, men er for høy for dette profilet (skal være 0.06 m/ns).

P10b

Opptaket er vist i kartbilag -09. Profilet går fra vei via tre høydetrasser ned til sandbanke ved elva der det krysser profil 10. Pga. varierende dyp til grunnvannsspeil langs profilet, varierer hastigheten som skal benyttes ved dybdekonverteringen (0.12 m/ns over grunnvannsspeil og 0.06 m/ns under grunnvannsspeil). En gjennomsnittlig hastighet på 0.09 m/ns er valgt. Profilet er terrengekorrigert der denne hastigheten også er benyttet. Elva utgjør her 0-nivå. Grunnvannsspeil kan følges som en tydelig reflektor fra starten av profilet (ca. 15 m over elva) til posisjon 290 (ca. 7-8 m over elva). Fra posisjon 290 er grunnvannsspeil vanskelig å gjenkjenne på opptaket. Fra starten av profilet til ca. posisjon 140 er refleksjonsmønsteret mest kaotisk eller horisontalt lagdelt. Fra posisjon 140 heller terrenget bratt nedover mot sandbanken, og penetrasjonen er redusert ned mot sandbanken. Fra posisjon 85 sees en svak reflektor som heller nedover i profilretningen og trolig representerer toppen av et finstofflag. Støy på trase 82 og 83 er trolig instrumentgenerert.

P12b

I dette området var det i skjæringer påvist til dels store mektigheter 'topset'-avsetninger. Hensikten med målingene var å se om disse avsetningene kunne sees på georadaropptaket. Opptaket (målt med 50 MHz-antennene) er vist i kartbilag -10. Signal/støy-forholdet er lavt, spesielt etter ca. 400 ns. Den øvre del av opptaket (ned til ca. 150 ns) er karakterisert ved kraftige reflektorer og flere horisontale reflektorer. Bunnene av 'topset'-avsetningene kan sees som en tydelig reflektor på 4-8 m dyp. Under denne sees haugete reflektorer som muligens kan representere gamle elvekanaler/erosjonsflater. Maksimalt penetrasjonsdyp er i størrelsesordenen 20-25 m.

P12

Opptaket er vist i kartbilag -10 og er målt langs samme profil som P12b, men med 200 MHz antenner. Dette ble gjort for å se om målinger med 200 MHz antenner kunne gi mer detaljert informasjon om avsetningene. Mellom posisjon 173 og 177 har sender vært ute av funksjon. Opptaket gir svært lite informasjon utover det som framkom i P12b. Opptaket gir riktignok et litt mer detaljert bilde av strukturer i 'topset'-avsetningen. Bunnene av denne kan trolig sees mellom posisjon 90 og 200 (6-8 m dyp).

4.3.3 Tana bru

Profil P11 (50 MHz-antennene) og P11b (200 MHz-antennene) er målt innenfor dette området. Hensikten med georadar-målinger langs dette profilet var å se om strukturer blottet i elveskråning kunne påvises med georadar. Opptakene er vist i kartbilag -11.

P11

Antatt grunnvannsspeil opptrer som en diskontinuerlig reflektor på 16-18 m dyp. Over denne sees stedvis et haugget refleksjonsmønster med skrå reflektorer som har varierende helning nedover langs profilretningen. Reflektorene er kraftige i dette området. Under grunnvannsspeil er reflektorene betydelig svakere, og det er vanskelig å følge reflektorer lateralt. Penetrasjonen er meget jevn langs profilet. Maksimalt penetrasjonsdyp er over 30 m.

P11b

Opptaket er målt med 200 MHz-antennene fra posisjon 89 til posisjon 400 på profil 11. Opptaket gir lite informasjon utover det som framkom i opptak P11. De skrå reflektorer opptrer diskontinuerlig og kan stedvis være vanskelig å erkjenne. Det samme gjelder horisontale reflektorer. Dette skyldes trolig varierende absorpsjon av signalet. For så høye frekvente antenner har små ledningsevnevariasjoner ved overflaten stor betydning for penetrasjonen. Maksimalt penetrasjonsdyp er ca. 20 m.

5 KONKLUSJON

Refleksjonsseismiske målinger og georadarmålinger er utført i Tanadalen i Finnmark som en del av et arbeid for å få en oversikt over Tana-deltaets geometri og indre strukturer.

De refleksjonsseismiske målingene ble utført ved utløpet av Tanaelva. Opptakene var av svært god kvalitet og viser; 1) detaljerte strukturer i deltaavsetningen, 2) en skarp grense mot underliggende glasimarine sedimenter (80-90 m dyp), 3) strukturer i de glasimarine sedimentene, 4) detaljert bilde av fjelltopografien under sedimentene (140-205 m dyp), 5) strukturer i fjell.

Georadarmålinger er utført ved tre lokaliteter langs Tanadalen. Opptakene viser detaljerte strukturer i de øvre deler av deltaet/elveavsetningene. De vanligste er skrålagning (foresets) og trauformete strukturer. Penetrasjonsdypet lå i gjennomsnitt på ca. 20 m, men i enkeltområder på over 30 m. I noen områder ble penetrasjonsdypet sterkt svekket, vesentlig på grunn av salt porevann. Dette bekreftes av vertikale elektriske sonderinger.

6 REFERANSER

Beres, M. Jr. & Haeni, F.P. 1991: Application of ground-penetrating-radar methods in hydrogeologic studies. *Ground water*. Vol. 29, No. 3, pp. 375-386.

Interpex 1990: SEISTRIX-2. User's manual.

Interpex 1990a: RESIXIP. User's manual.

Sheriff, R.E & Geldart, L.P. 1982: Exploration seismology. *Cambridge University press*. ISBN 0 521 24373 4.

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 haglpatroner 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.

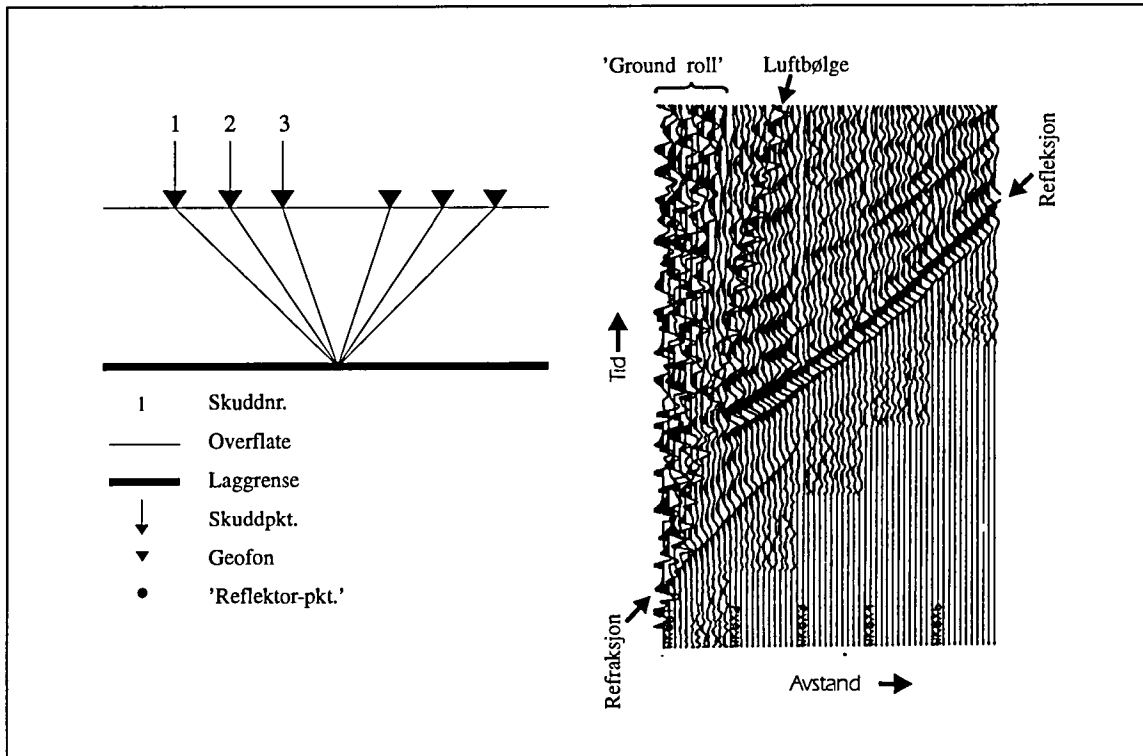
Anvendelse/Fordeler og ulemper

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 avtegning 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 korreksjon kan også leses inn (statisk korreksjon 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 dekonvolving 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 dekonvolving 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.

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>

GEORADAR - METODEBESKRIVELSE

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

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

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

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

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

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

hvor ϵ_r er det relative dielektrisitetsstallet. 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.

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

<u>Medium</u>	<u>ϵ_r</u>	<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.

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 potensialforskjell, målt strømstyrke og en geometrisk faktor bestemt av elektrodeplasseringene 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 potensialforskjellen 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 dobbeltlogaritmisk 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 neglisjérbar for mindre motstandskontraster. Dårlig samsvar mellom kurvesegmentene skyldes som regel hovedsakelig laterale inhomogeniteter mellom potensialelektroden. Dette korrigeres ved å forskyve kurvesegment vertikalt 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 måldata. 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.

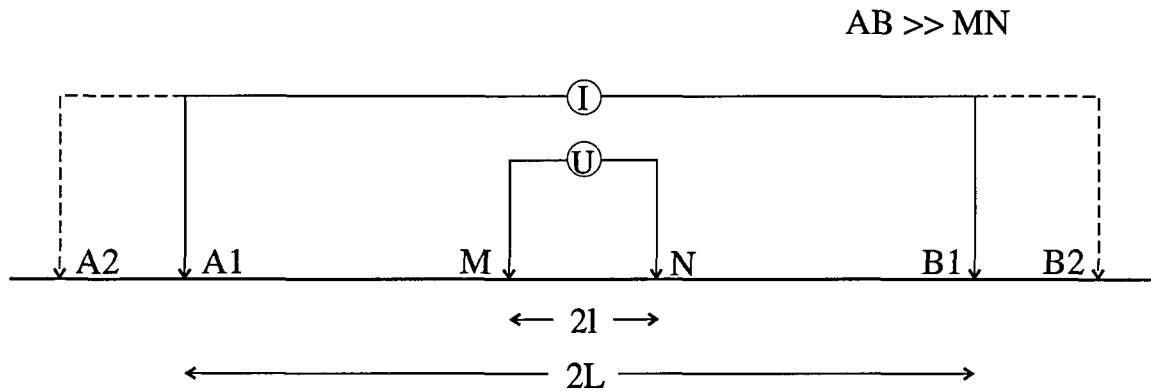
Det andre forhold som skaper tolkningsproblemer skyldes undertrykking (suppresjon) av et lag. Når lagets resistivitet har en verdi som ligger mellom de to omgivende lag, vil laget ikke kunne erkjennes av sonderingskurven hvis det ikke er tykt nok. Suppresjonsproblemet er størst ved store resistivitetskontraster. 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 for øvrig finnes når tolkningsmodellene bygges opp.

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

Schlumberger elektrodekonfigurasjon



A og B: Strømelektroder

M og N: Potensialelektroder

Ⓢ Amperemeter

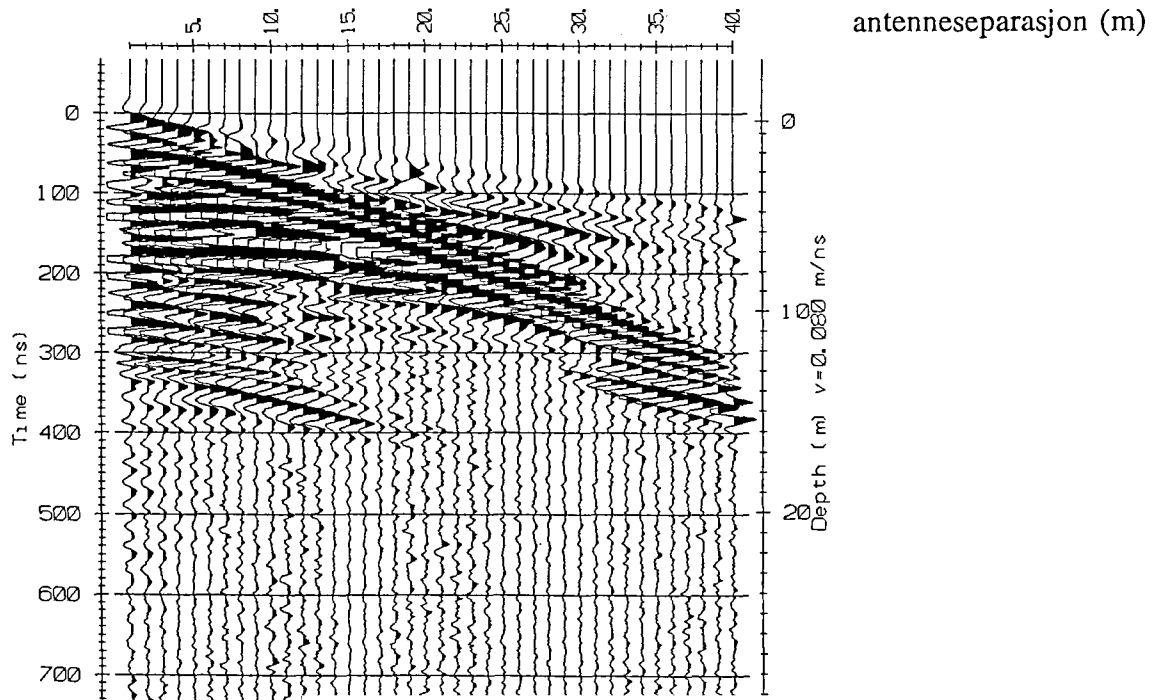
Ⓤ Voltmeter

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

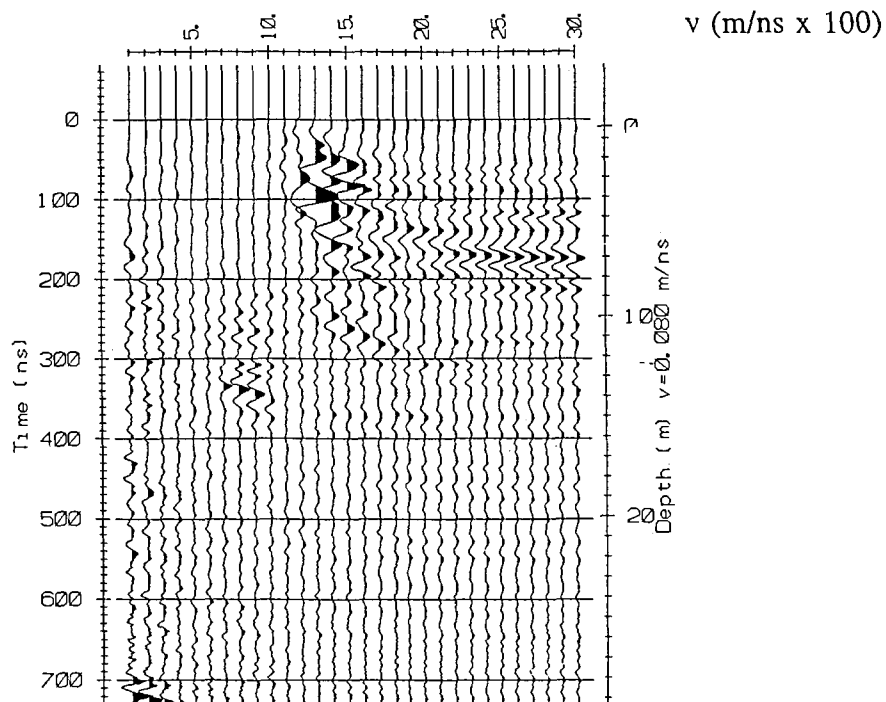
Spesifikk motstand (resistivitet) i noen geologiske materialer:

Materiale	Spesifikk motstand (ohmm)					
	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, vannmettet	[Horizontal line from 1000 to 10000]					
Grus, vannmettet	[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]					

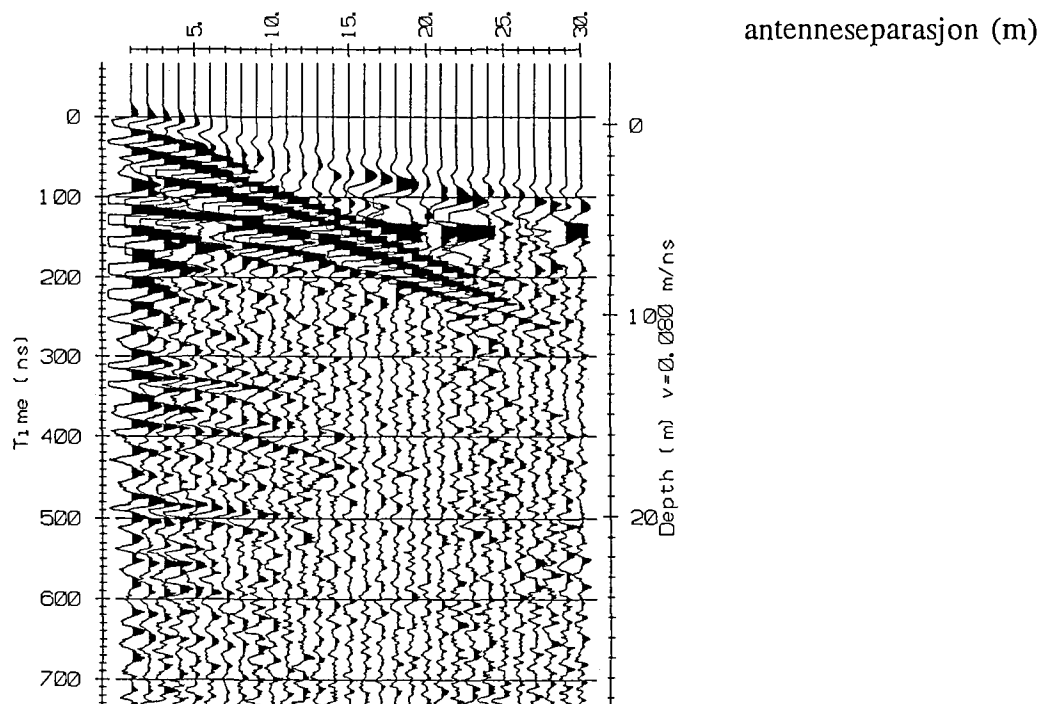
CMP-opptak 1



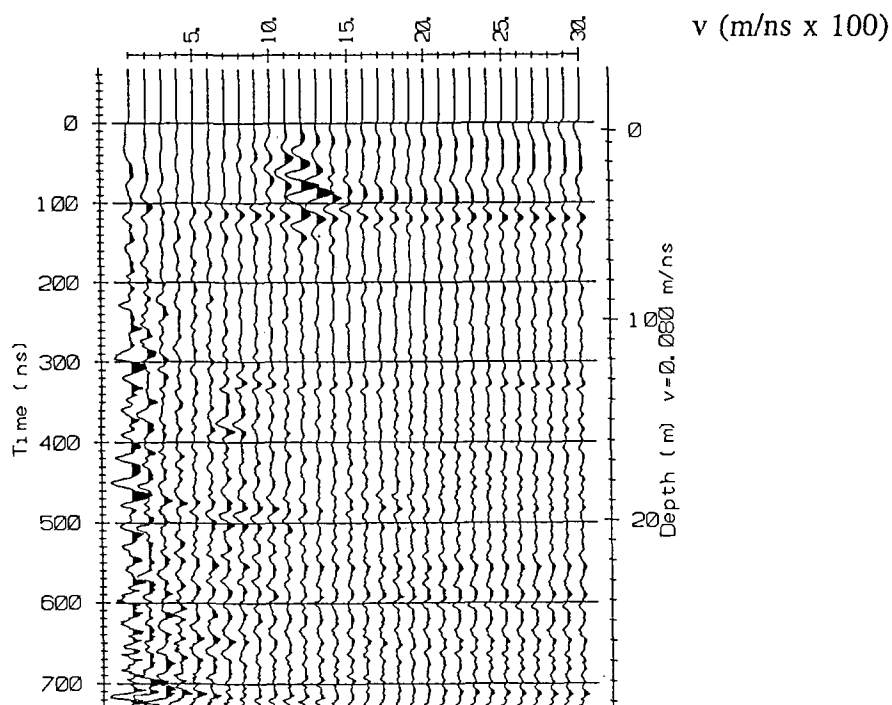
Hastighetsanalyse



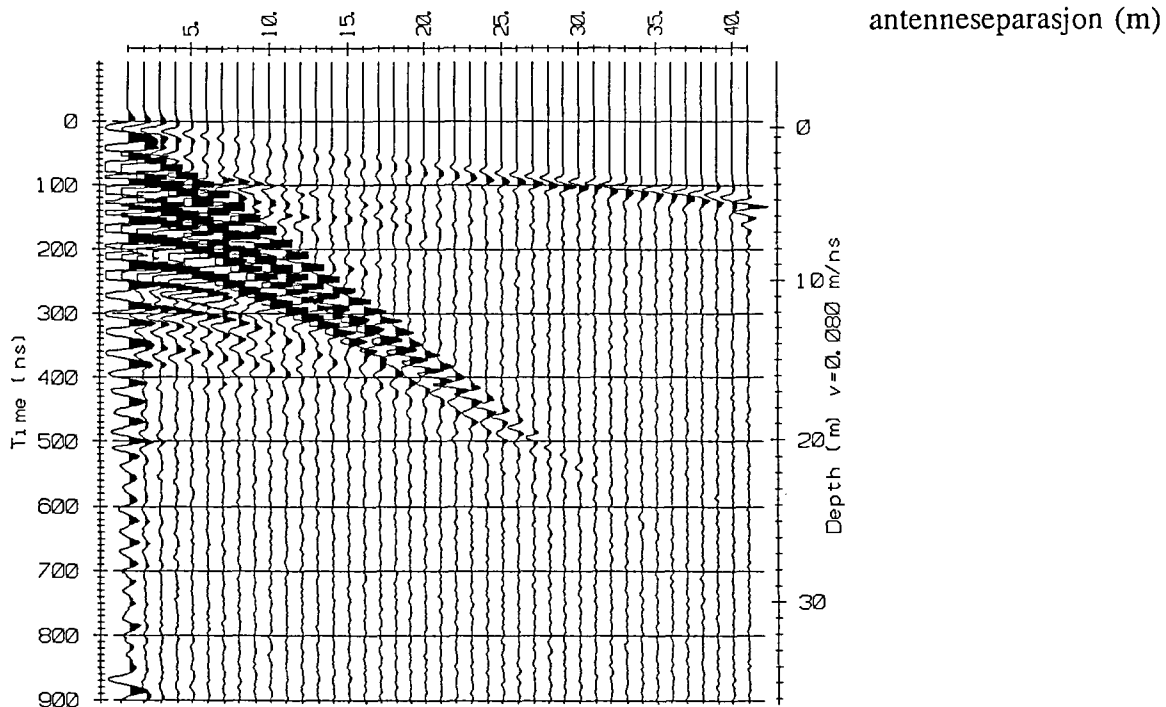
CMP-opptak 2



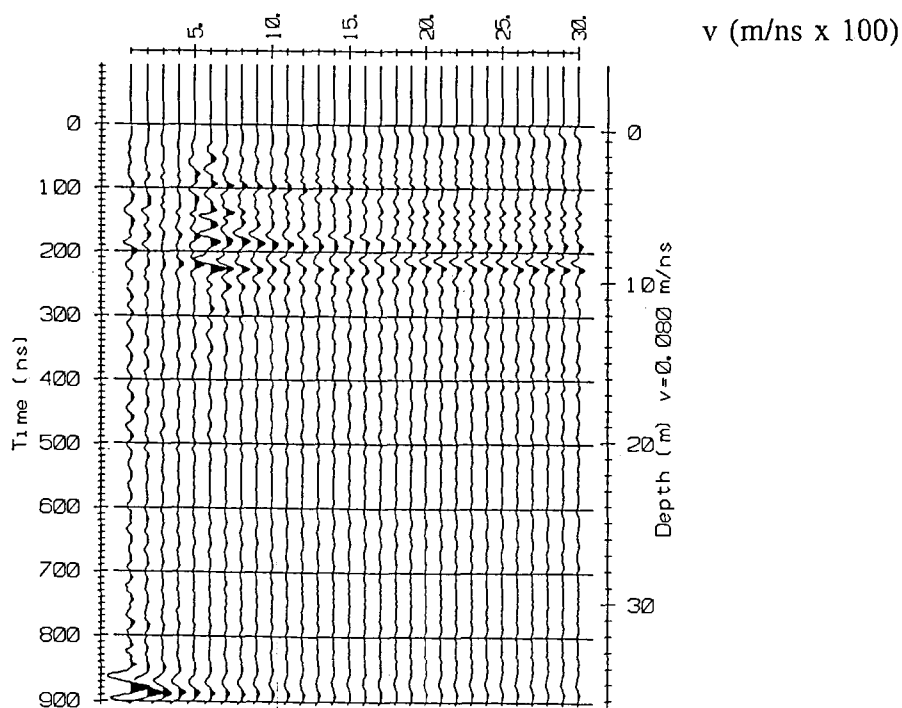
Hastighetsanalyse



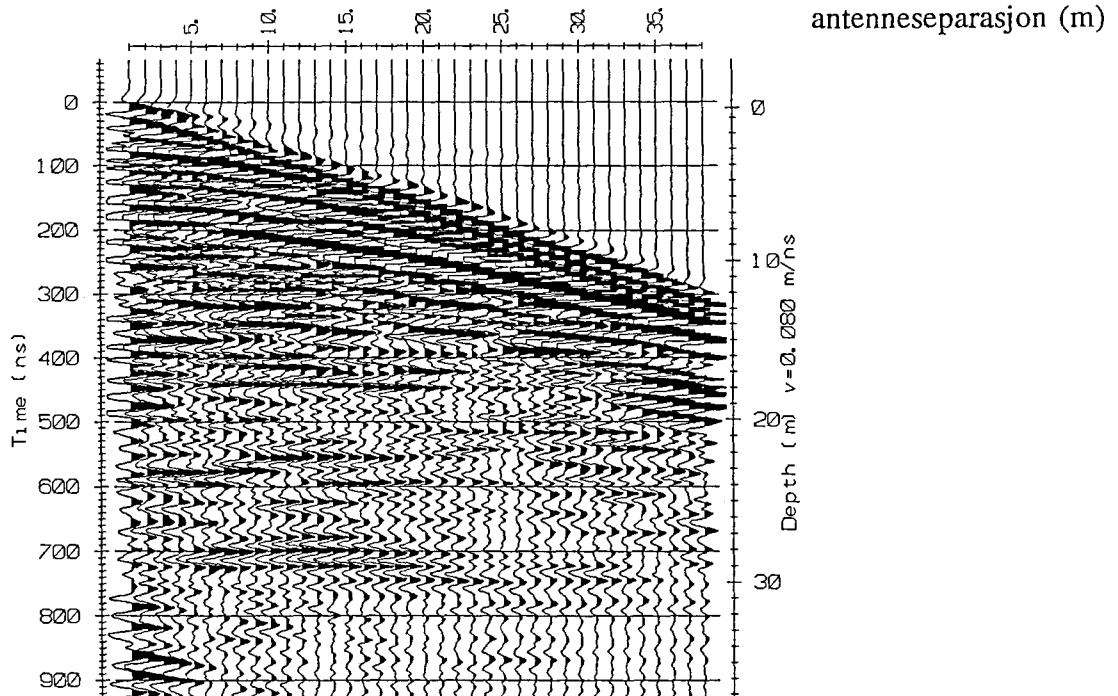
CMP-opptak 3



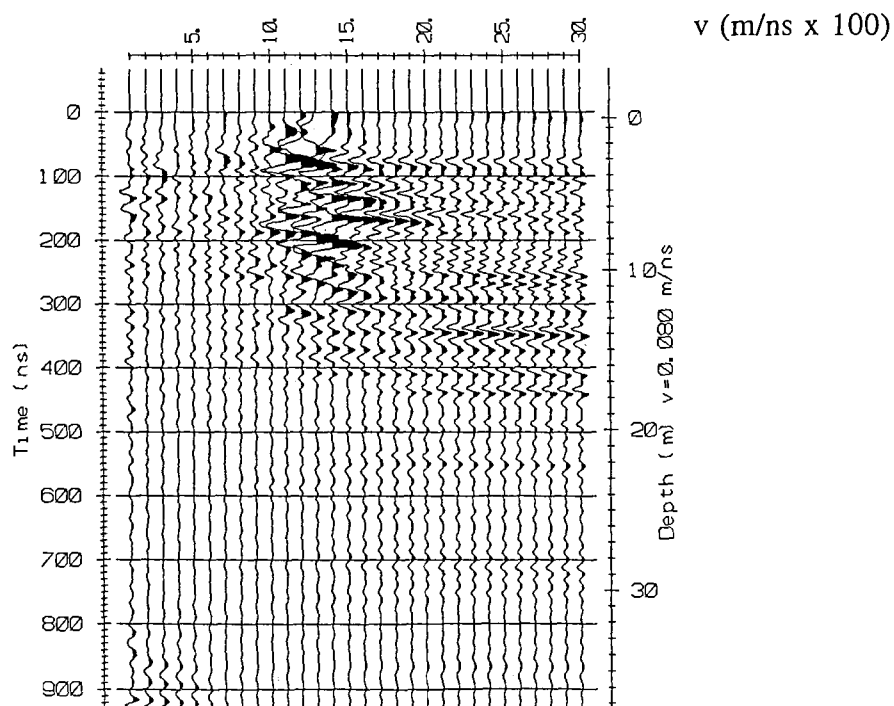
Hastighetsanalyse



CMP-opptak 4



Hastighetsanalyse



HASTIGHETSANALYSER, REFLEKSJONSSEISMIKK

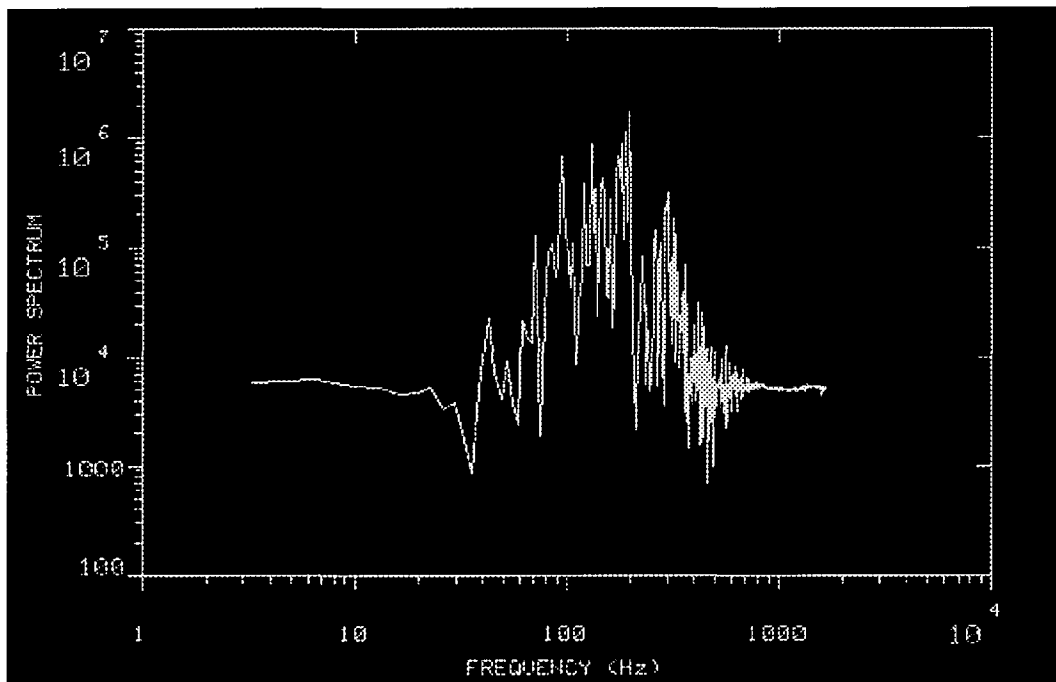
Profil R1

<u>Posisjon (m)</u>	<u>Hastighet (m/s)</u>	<u>T₀ (ms)</u>	<u>Hastighet (m/s)</u>	<u>T₀ (ms)</u>
62.5	1500	93	1520	113
162.5	1600	82	1550	113
262.5	1500	72	1540	113
362.5	1500	93	1520	113
462.5	1500	93	1540	113
562.5	1540	103	1600	133
662.5	1600	61	1600	102
762.5	1540	102	1540	122
862.5	1600	61	1600	102
962.5	1540	92	1540	122
1062.5	1520	81	1520	102
1162.5	1600	71	1600	102
1262.5	1550	72	1570	103
1362.5	1600	71	1600	102
1462.5	1600	83	1600	103
1562.5	1570	62	1570	103
1662.5	1600	83	1600	103
1762.5	1550	82	1600	102
1862.5	1600	83	1600	103
1962.5	1600	71	1600	102
2062.5	1600	82	1600	102
2162.5	1600	71	1600	102
2362.5	1550	71	1570	102
2412.5	1600	71	1600	102

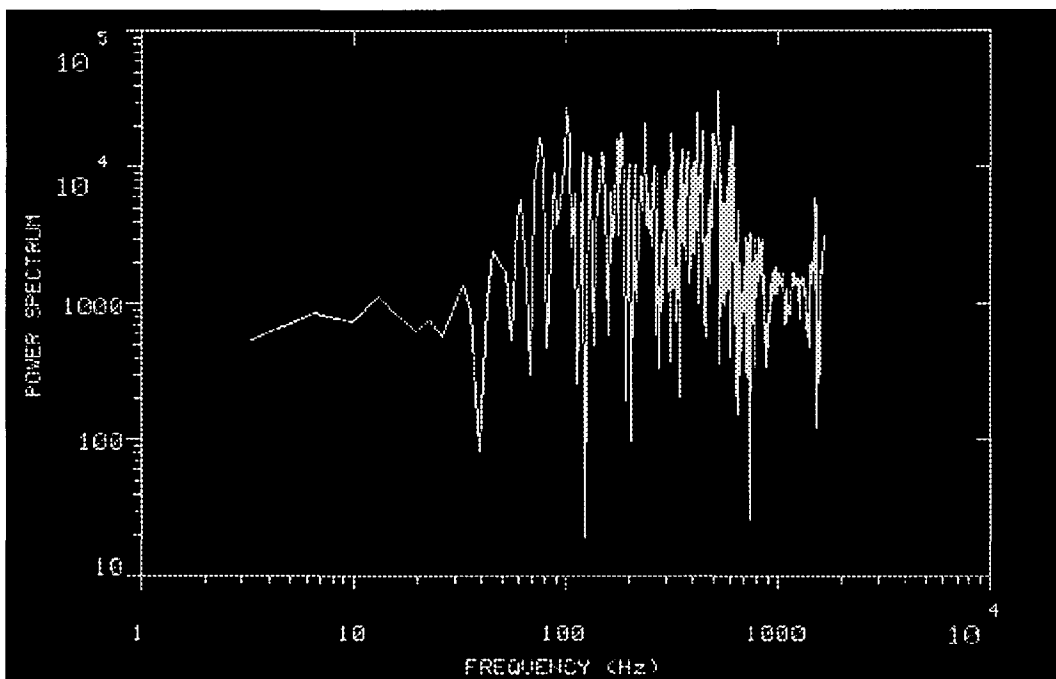
Profil R2

32.5	1600	82	1600	102
132.5	1500	71	1550	102
232.5	1600	82	1600	102
332.5	1570	61	1600	102

$$\bar{v} = 1570 \text{ m/s}$$

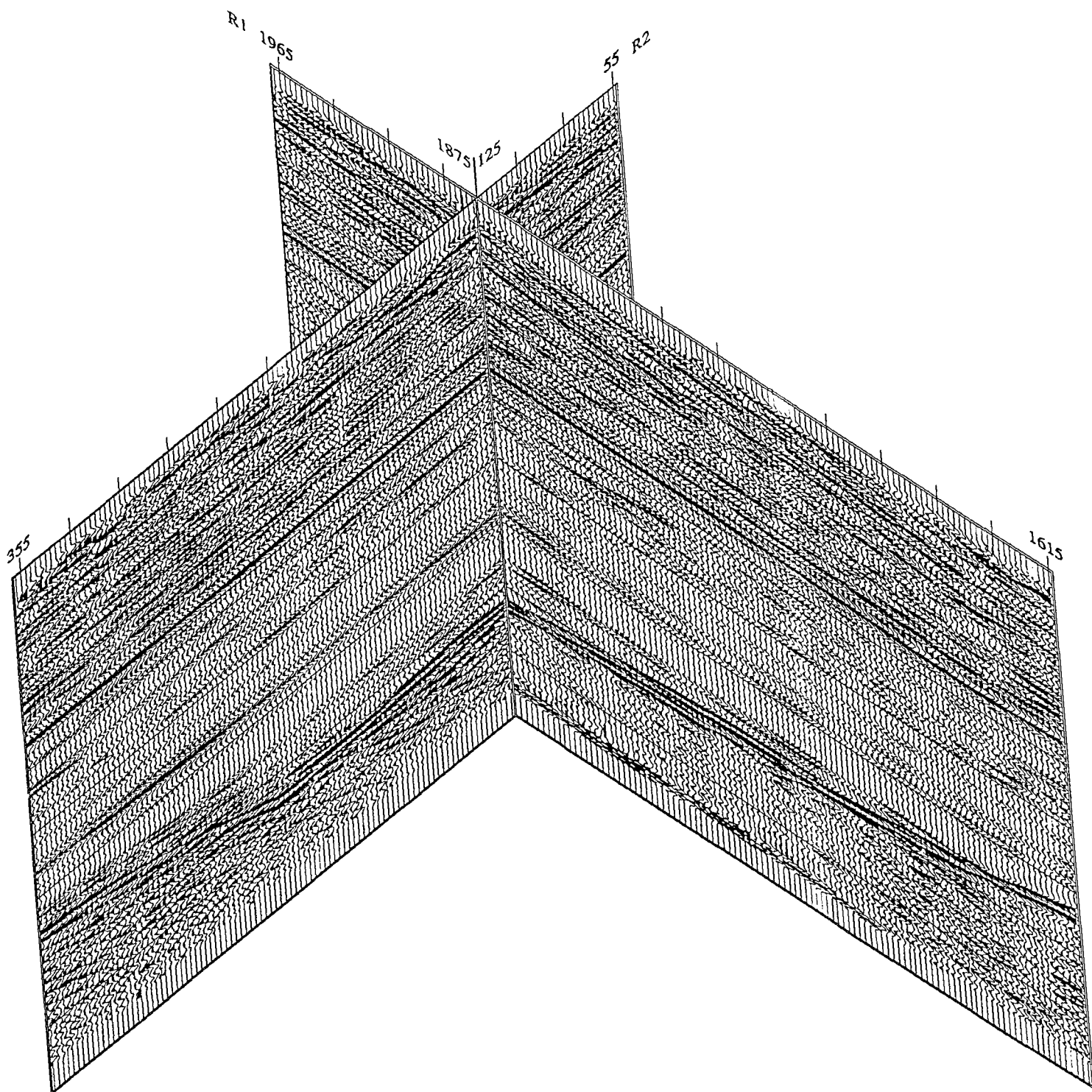


Fourier-spekter, posisjon 5

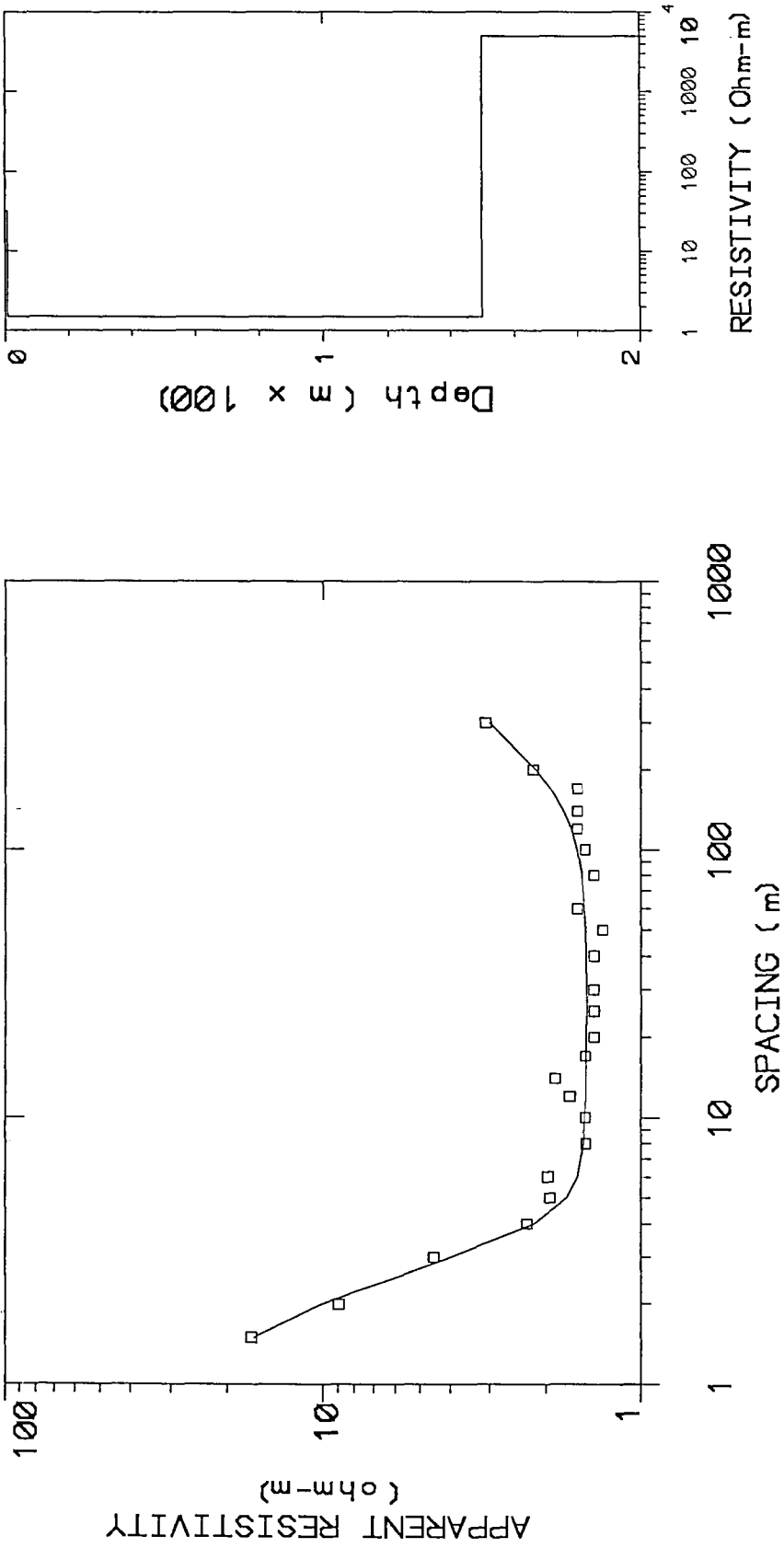


Fourier-spekter, posisjon 1280

'Fence'-diagram, refleksjonsseismikk



VES1



Fysisk modell

Lag	t (m)	ρ (Ω m)
1	0.5	30
2	150	1.5
3		5000

for: **NGU**

by: Geological Survey of Norway

Date Set: DEFAULT Date: 1993.09.13

Equipment: Terrameter Soundng: 1-61

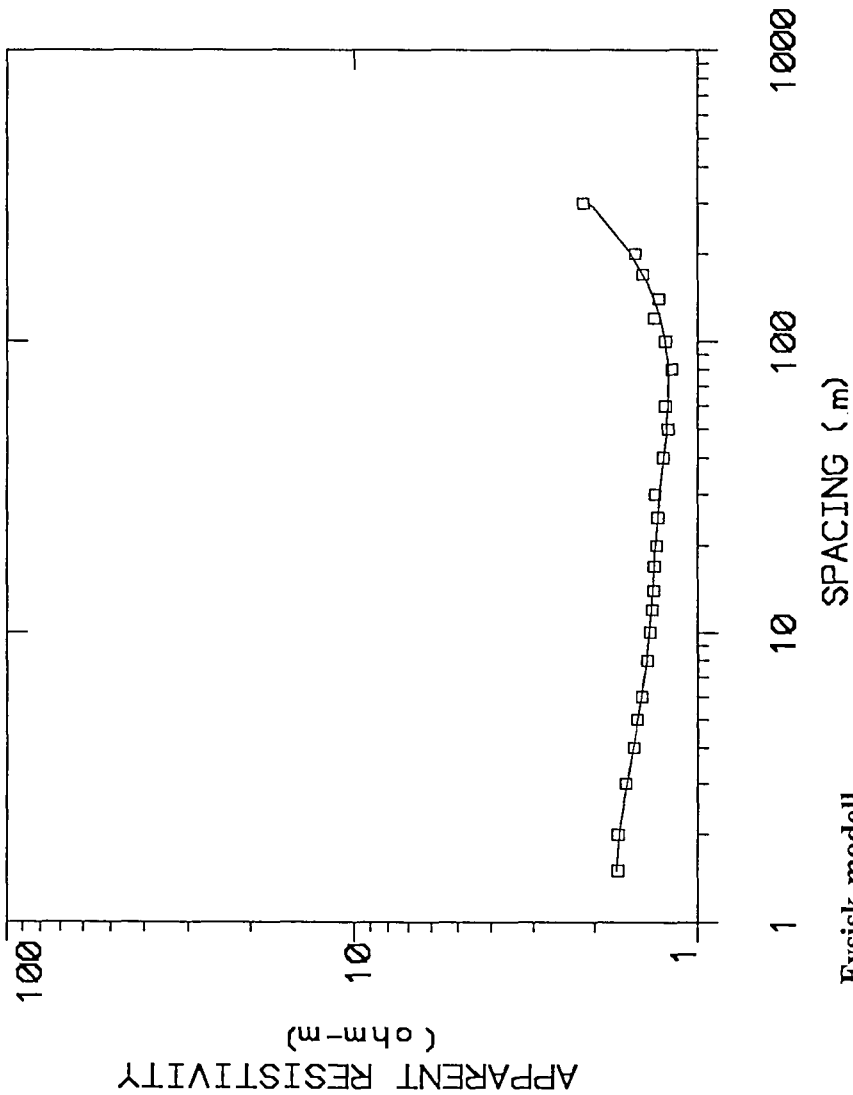
Resistivity sounding

Tana

Tana kommune, Finnmark

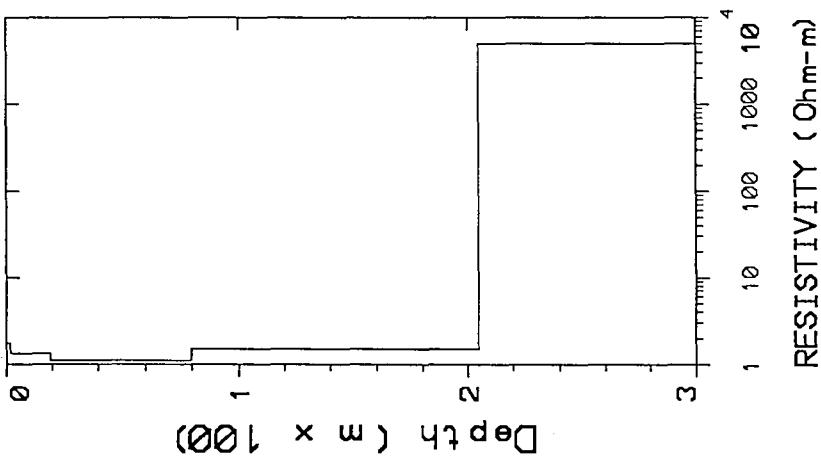
Azimuth: 170 grades

VES2



Fysisk modell

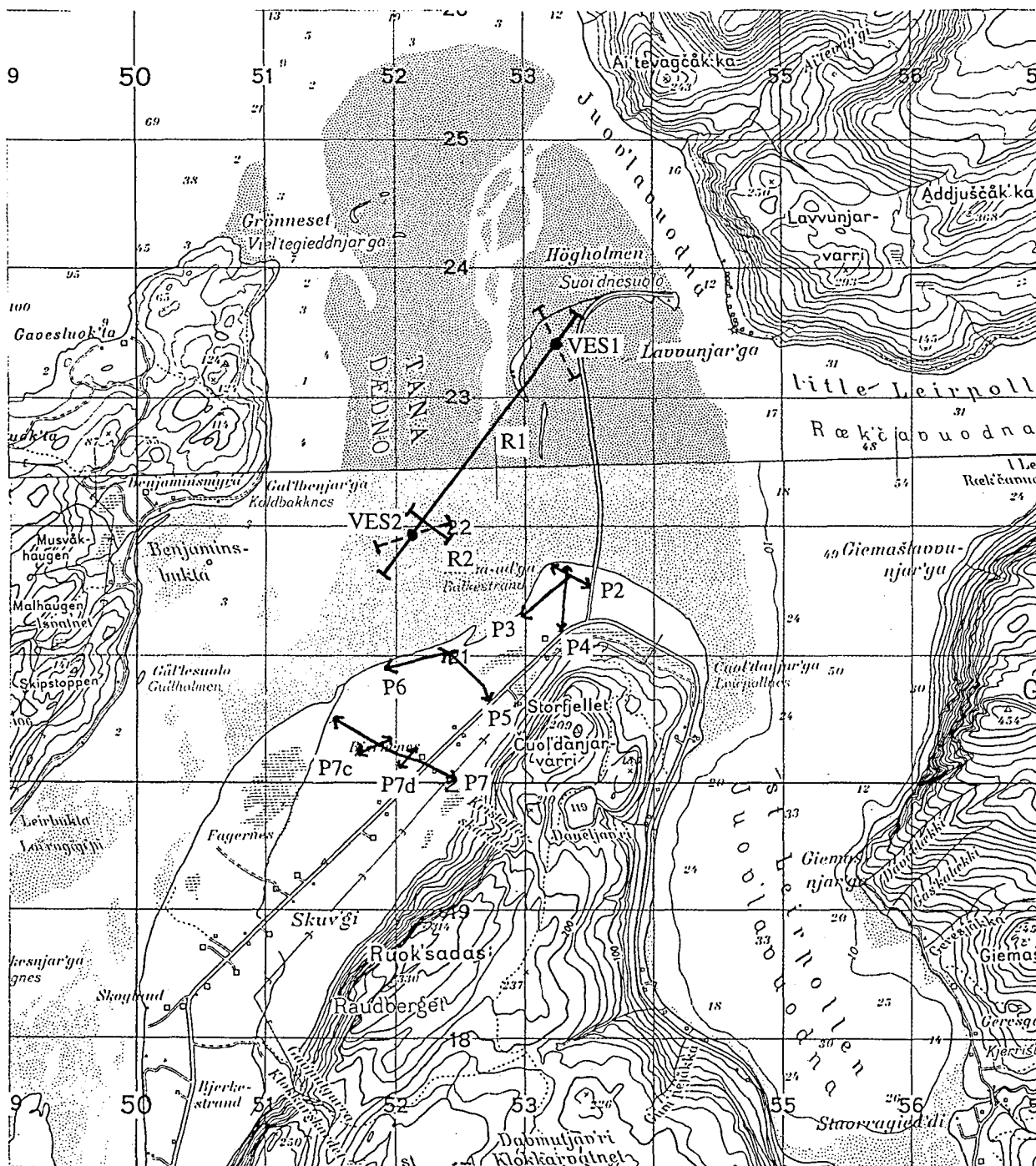
Lag	t (m)	ρ (Ω m)
1	1.6	1.6
2	17.5	1.3
3	61	1.1
4	125	1.4
5		5000



for:	NGU
by:	Geological Survey of Norway
Date Set:	DEFAULT
Equipment:	Terrameter
Date:	1993.09.13
Soundng:	1-412
Resistivity soundng	Tana
	Tana kommune, Finnmark
	Azimuth: 80 grades

TEGNFORKLARING

- ↔ P2 Georadarprofil
- ┌ R1 ─┘ Refleksjonsseismisk profil
- ┌ VES1 ─┘ VES, sonderingspunkt og retning for elektrodeutlegg



NGU/UiTØ
OVERSIKTSKART

BJERKENES

TANA KOMMUNE, FINNMARK

MÅLESTOKK

1:50 000

MÅLT JSR

TEGN EM

TRAC

KFR

Sept. -93

Nov. -93

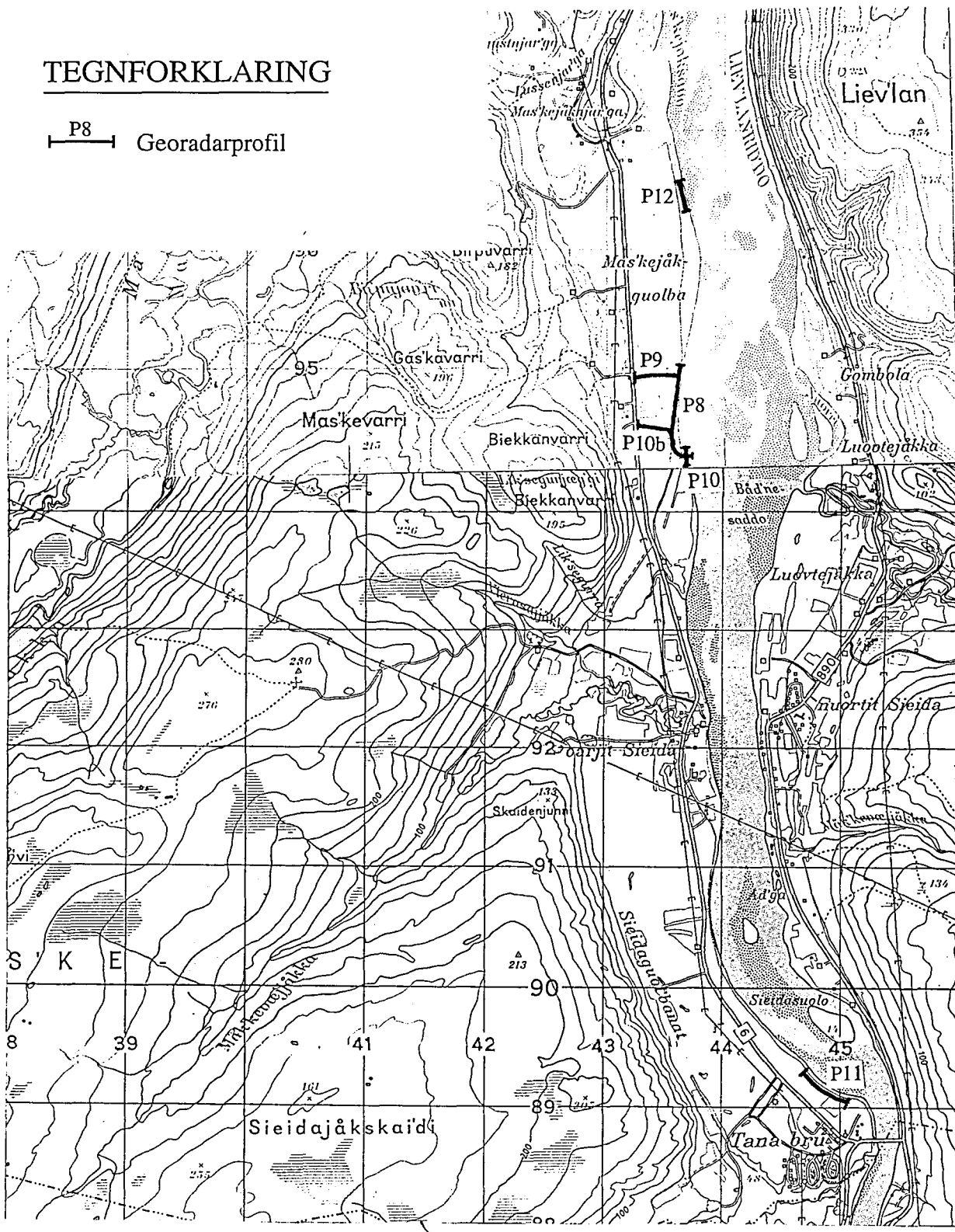
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM

TEGNING NR
93.122-01

KARTBLAD NR
2336 III, 2335 IV

TEGNFORKLARING

 Georadarprofil



NGU/UiTØ
OVERSIKTSKART

MASJOK OG TANA BRU

TANA KOMMUNE, FINNMARK

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM

MÅLESTOKK

1:50 000

MÅLT JSR

TEGN EM

TRAC

KFR

Sept. -93

Nov. -93

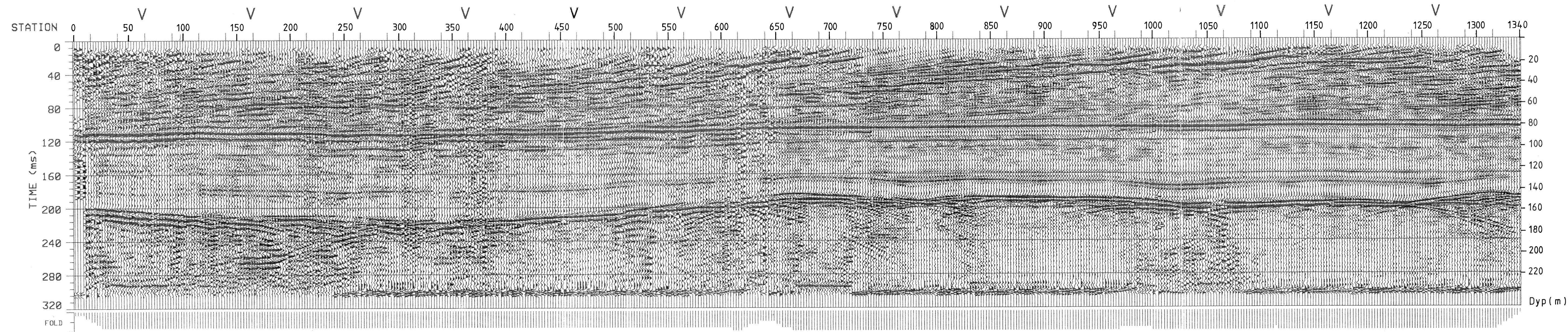
TEGNING NR

93.122-02

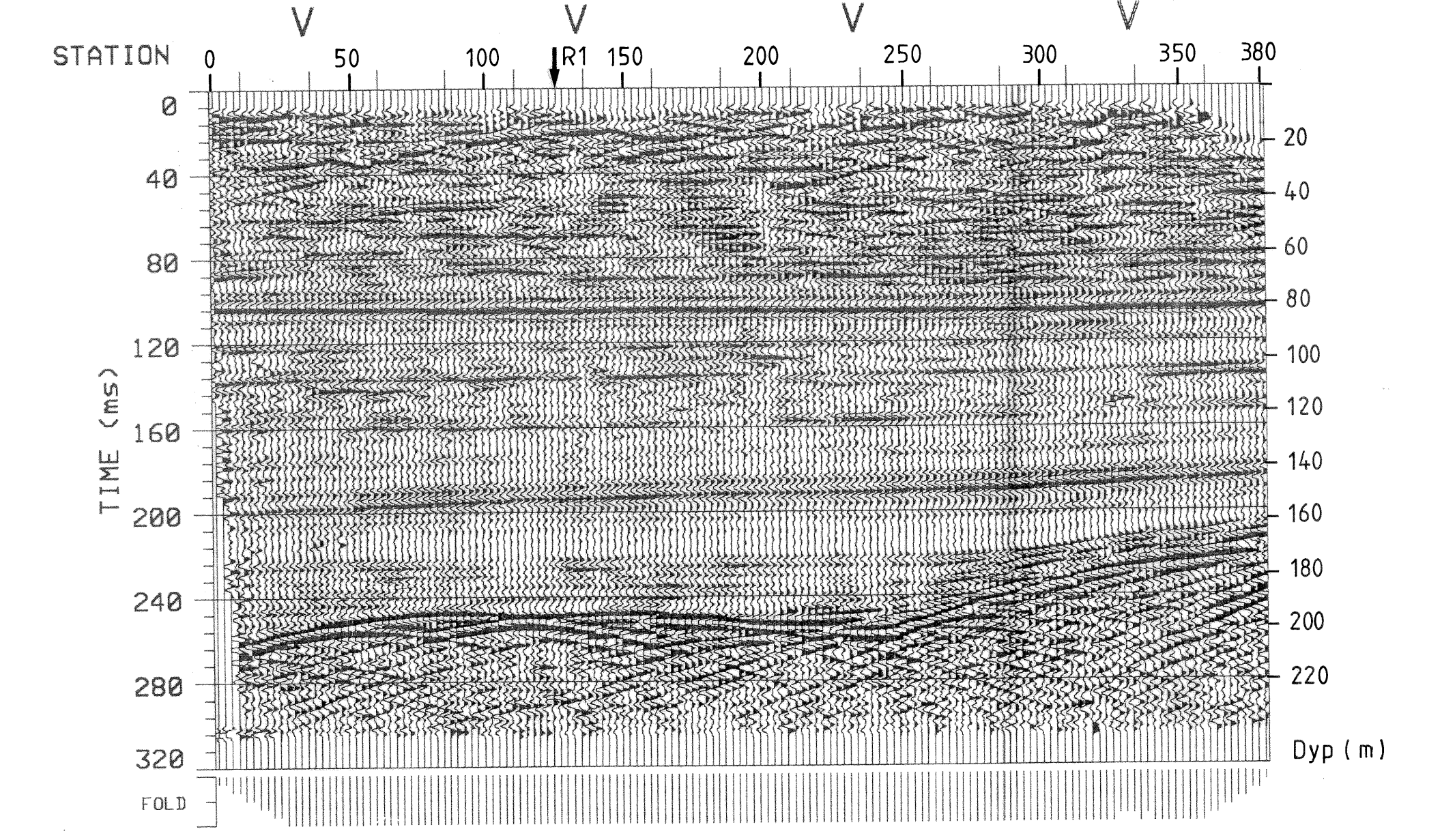
KARTBLAD NR

2235 I, II

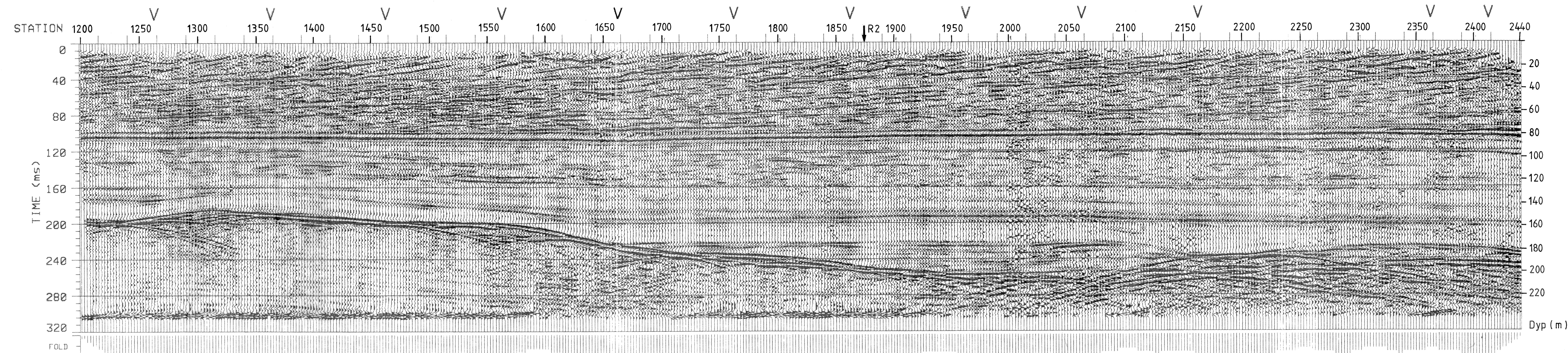
R1



R2

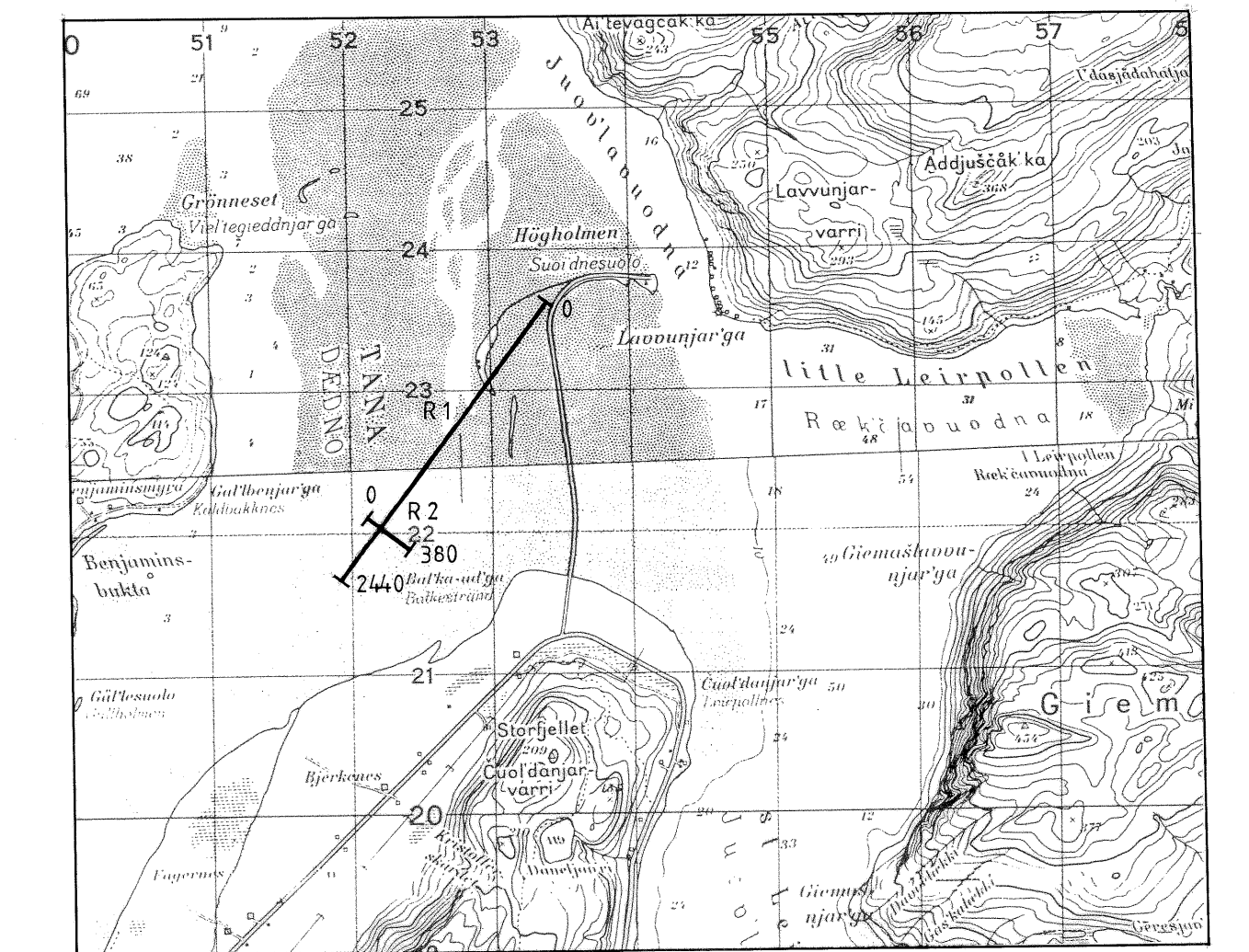


R1 (forts.)

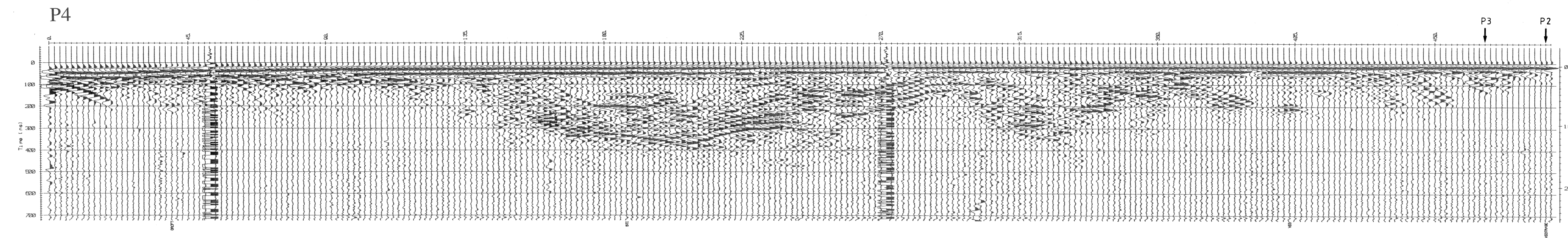
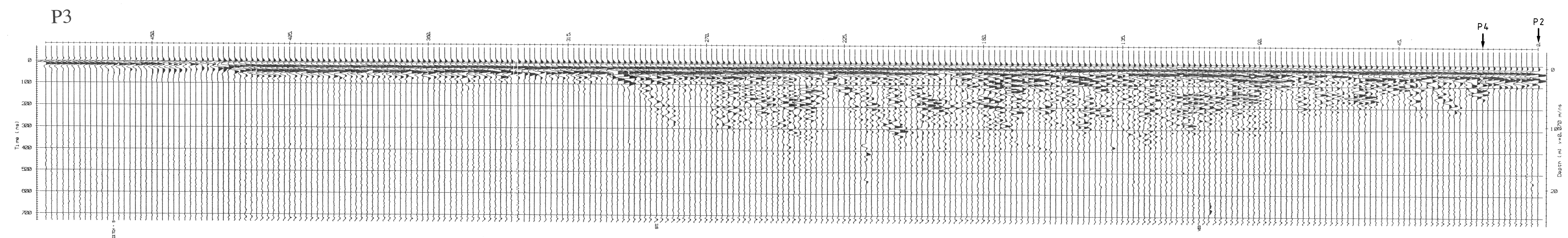
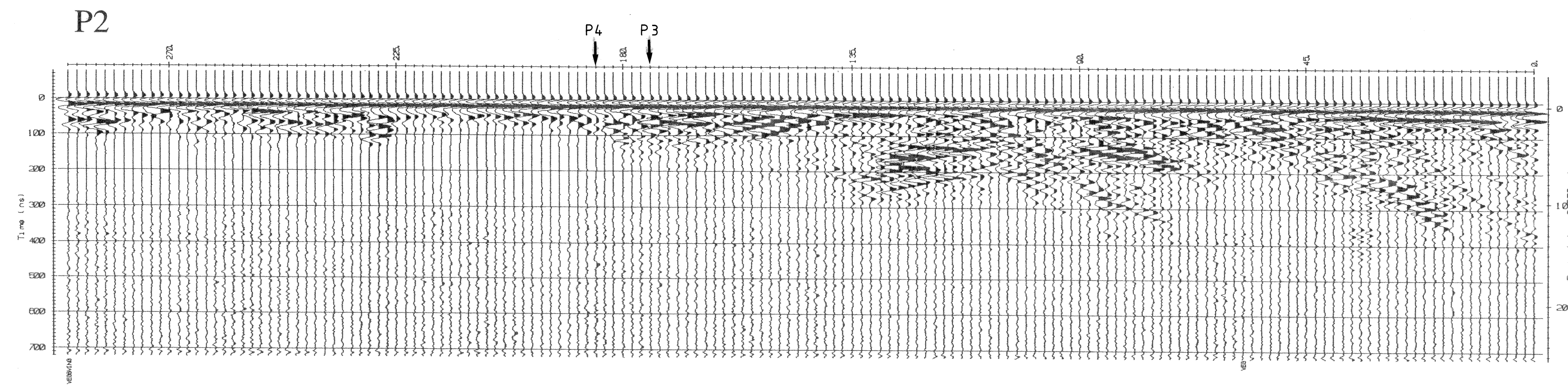


TEGNFORKLARING

- V Posisjon for hastighetsanalyse
- ↓ R2 Kryssende profil

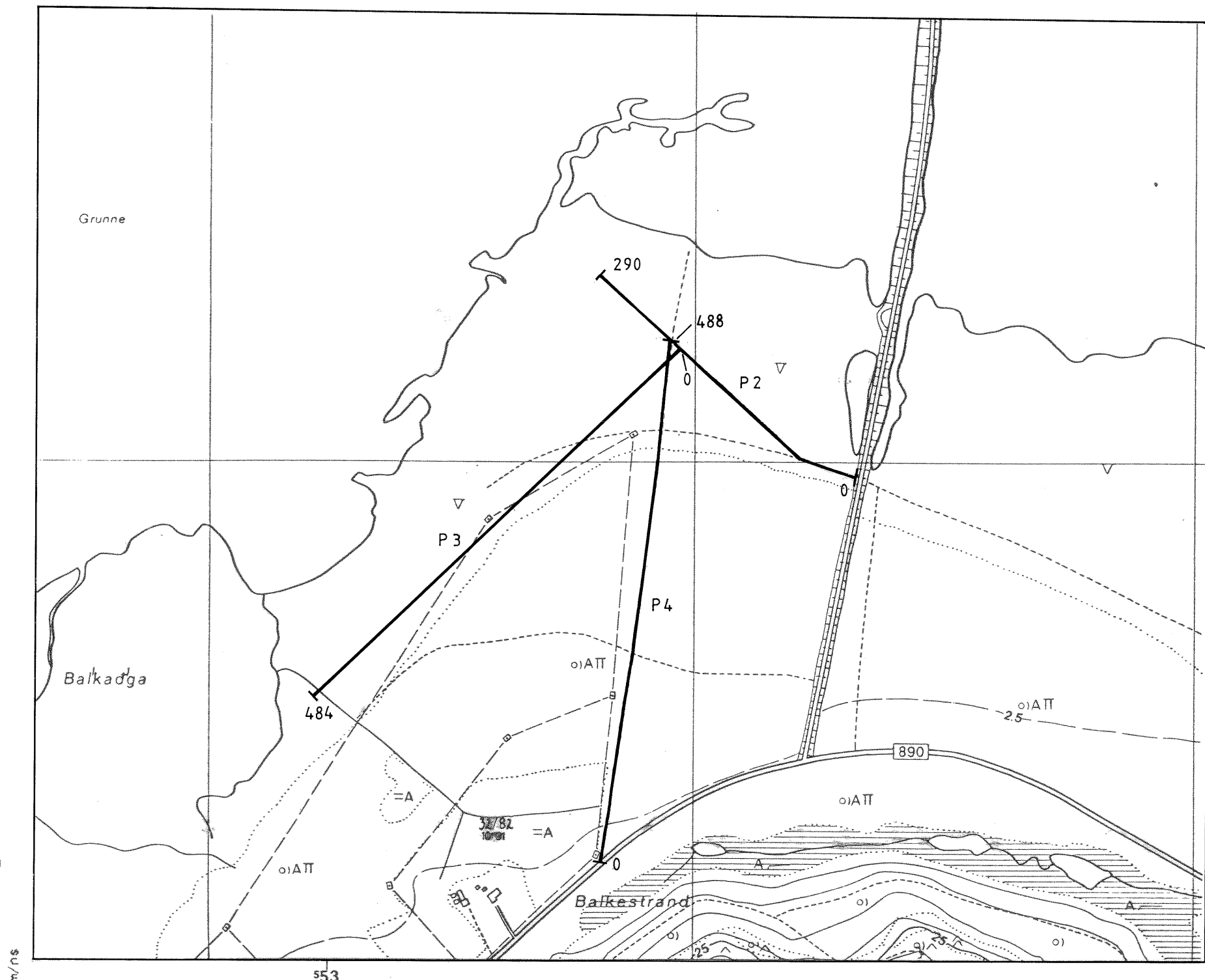


NGU/UIT6 REFLEKSJONSSEISMISK PROFIL R1 OG R2 BJRKENES TANÅ KOMMUNE, FINNMARK	MÅLESTOKK 1:50000 (KART)	MÅLT J.S.R. SEPT.-93 TEGN E.M. NOV.-93 TRAC KFR
	NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR 93.122-03

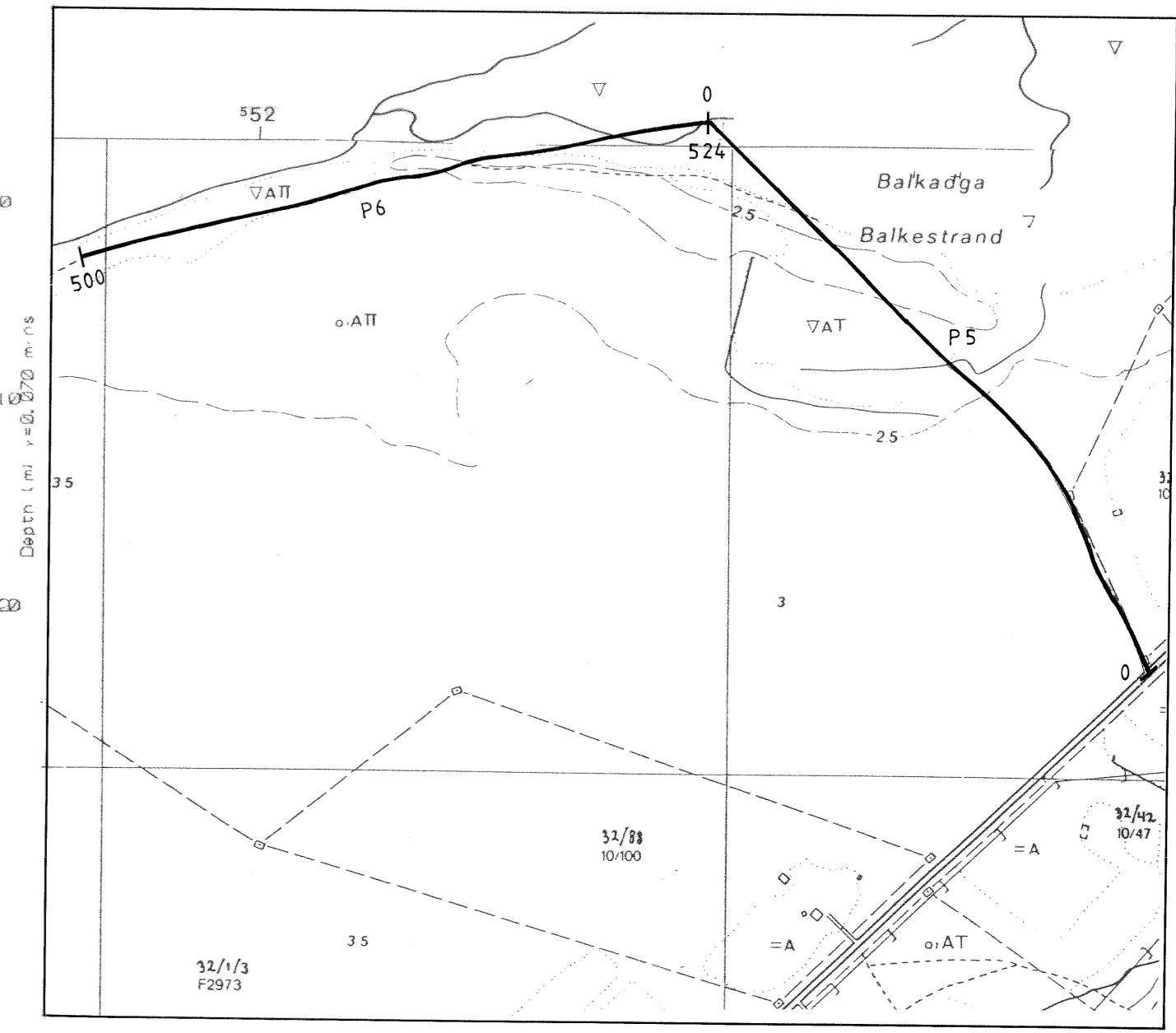
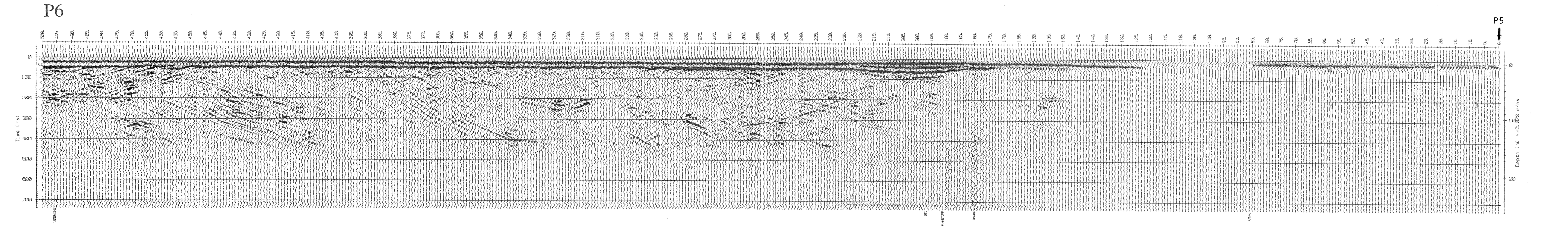
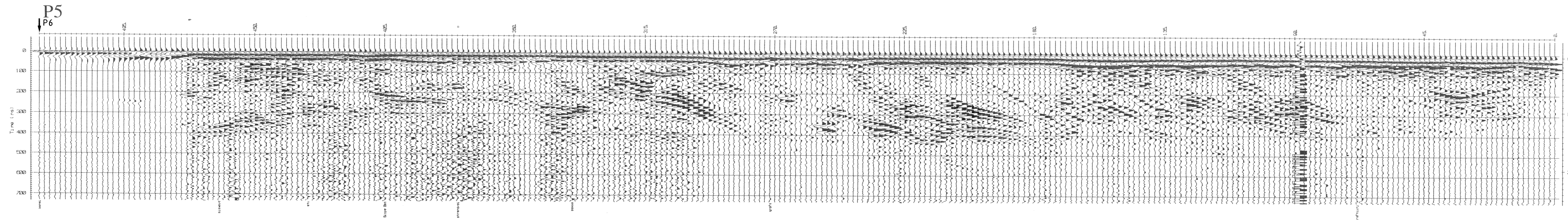


TEGNFORKLARING

P4
↓ Kryssende profil



NGU / UIT8 GEORADARPROFIL P2, P3 OG P4 BJERKENES TANA KOMMUNE, FINNMARK	MÅLESTOKK 1: 5000 (KART)	MÅLT J.S.R. SEPT-93 TEGN E.M. NOV-93 TRAC KFR
	NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR 93.122-04



TEGNFORKLARING

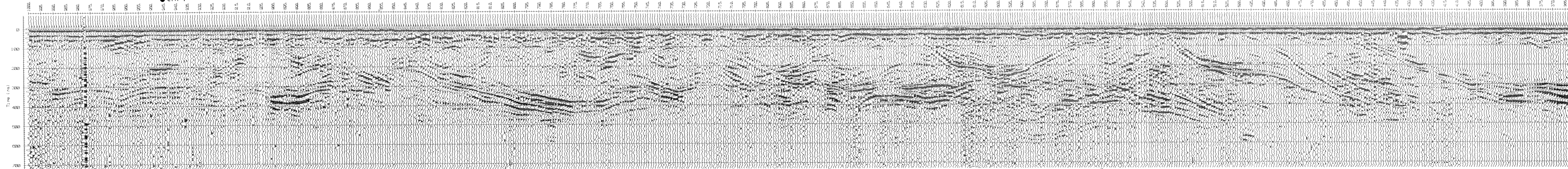
P6
↓
Kryssende profil

NGU/UiT6 GEORADARPROFIL P5 OG P6 BJERKENES TANA KOMMUNE, FINNMARK	MÅLSTOKK	MÅLT J.S.R.	SEPT.-93
	1:5000 (KART)	TEGN. E.M.	NOV.-93
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR.	KARTBLAD NR.	
	93.122-05	2335 IV	

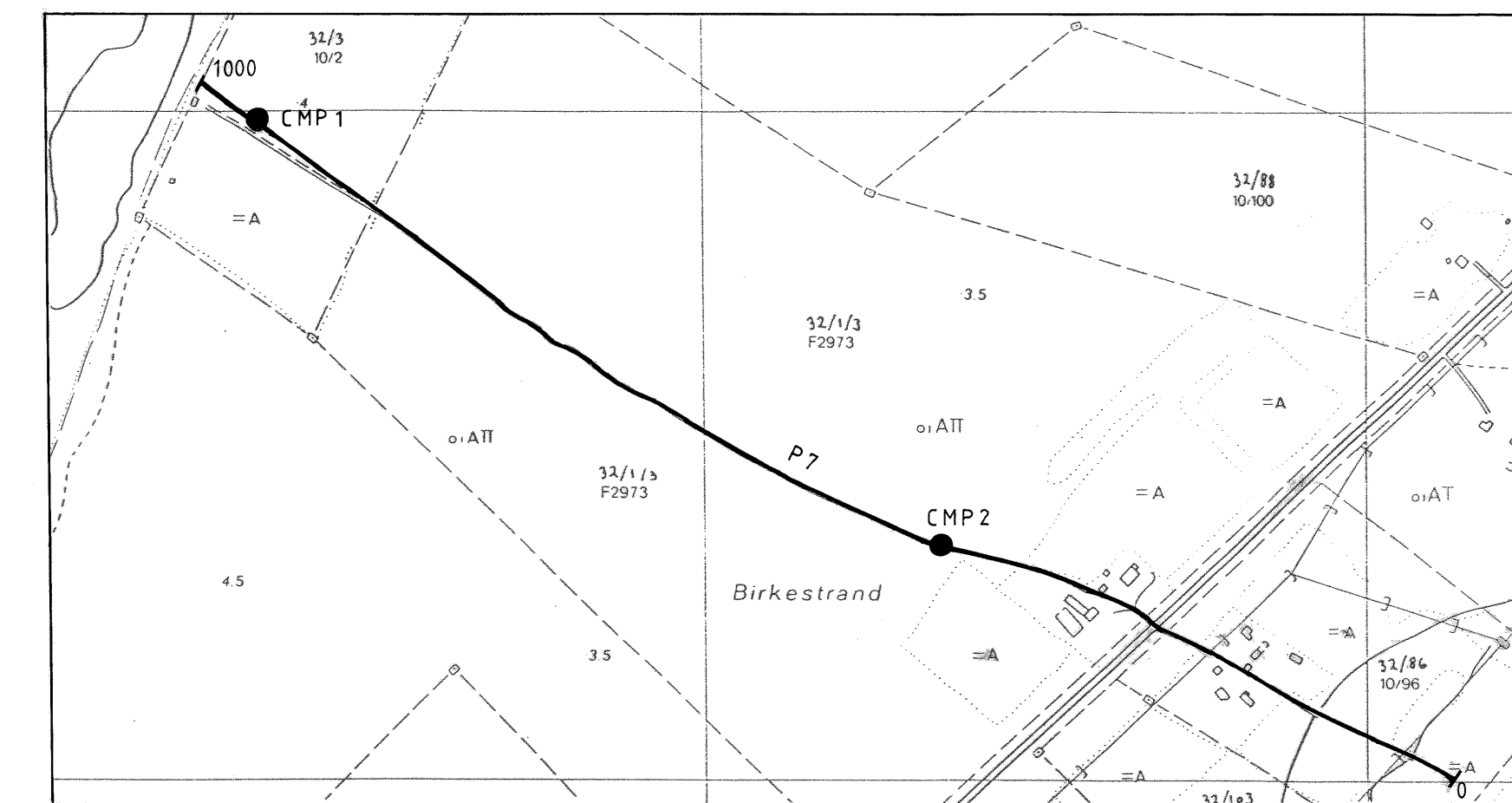
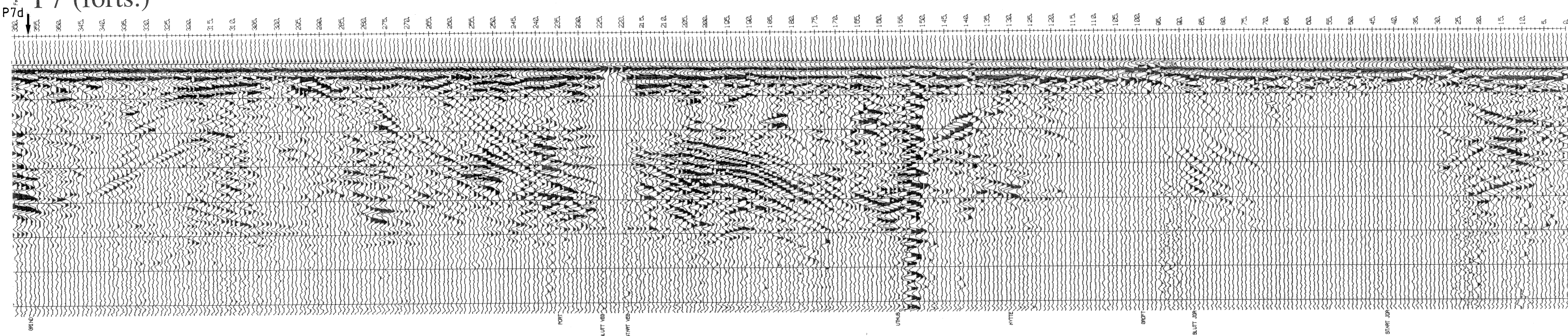
P7

● CMP1

● CMP2



P7d (forts.)

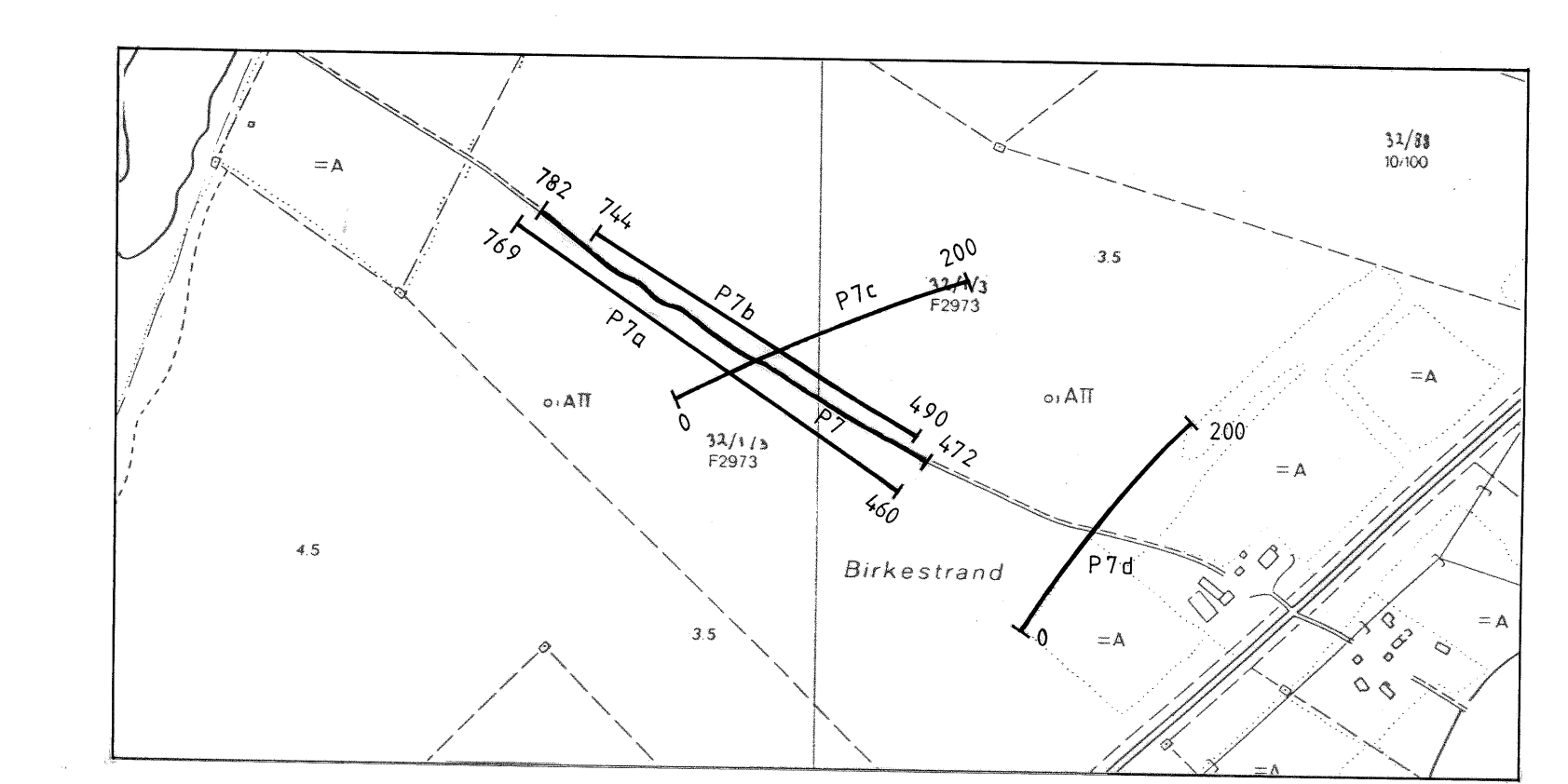
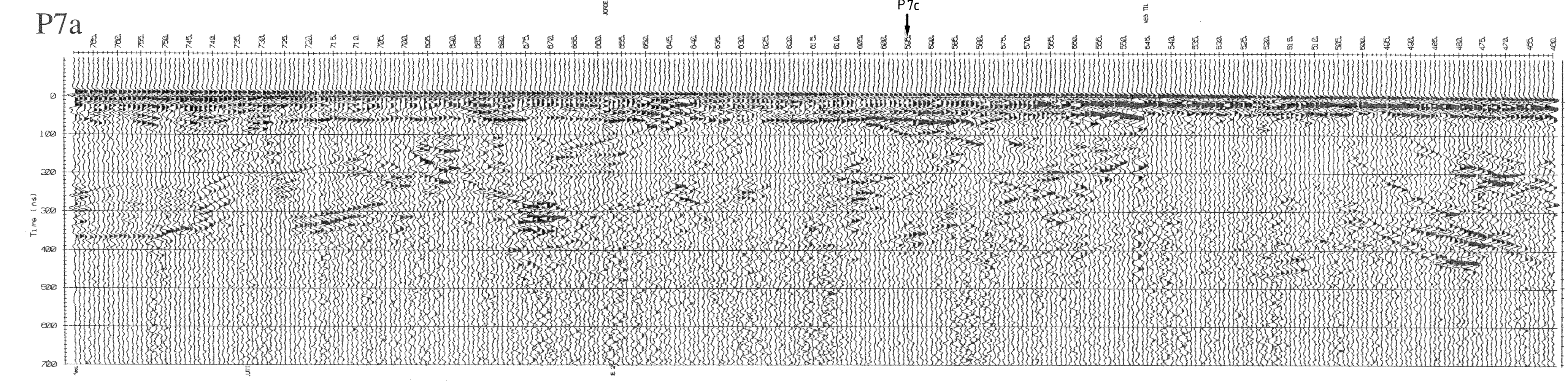
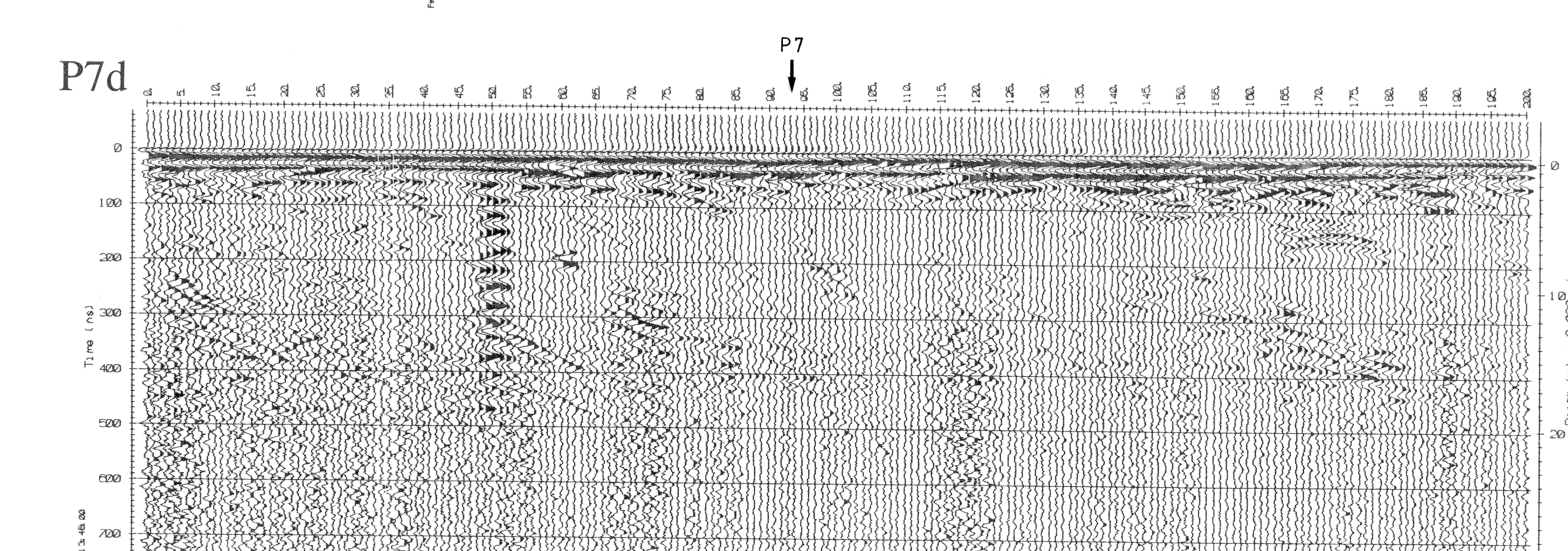
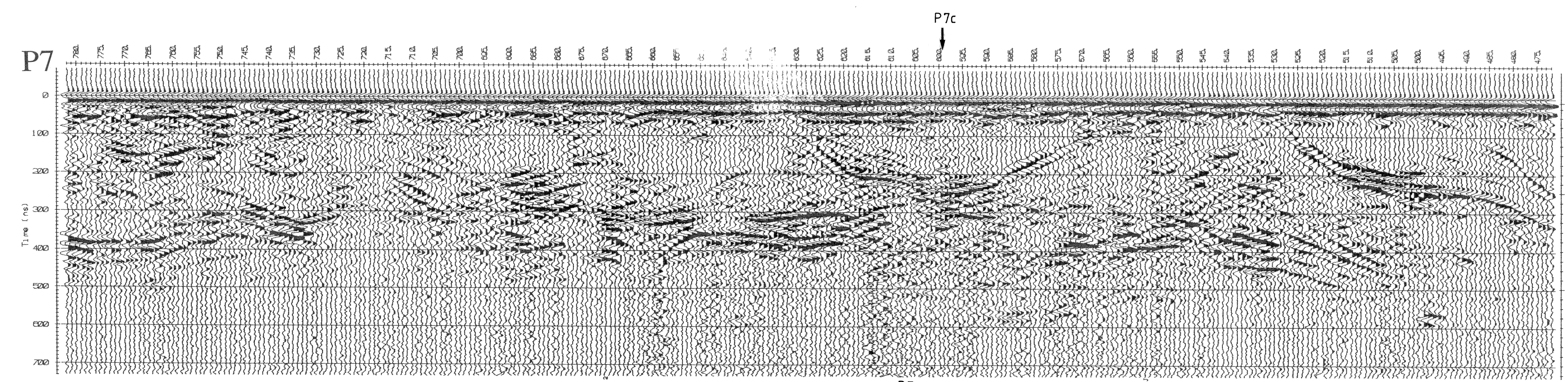
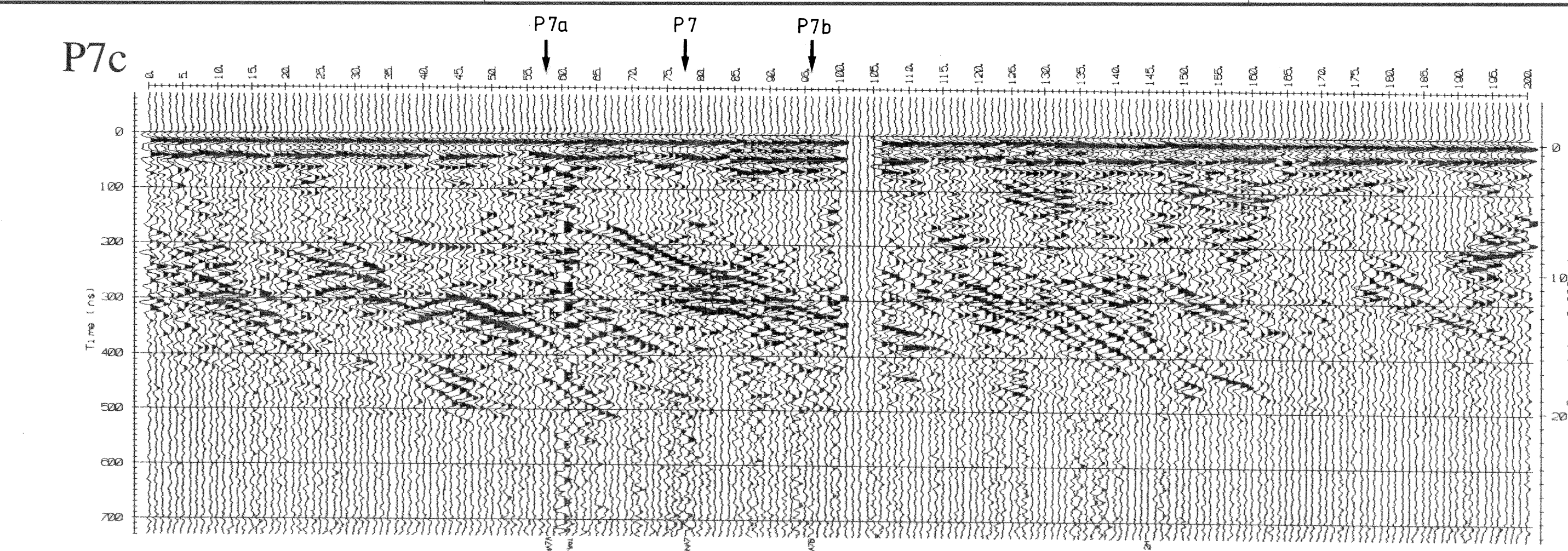
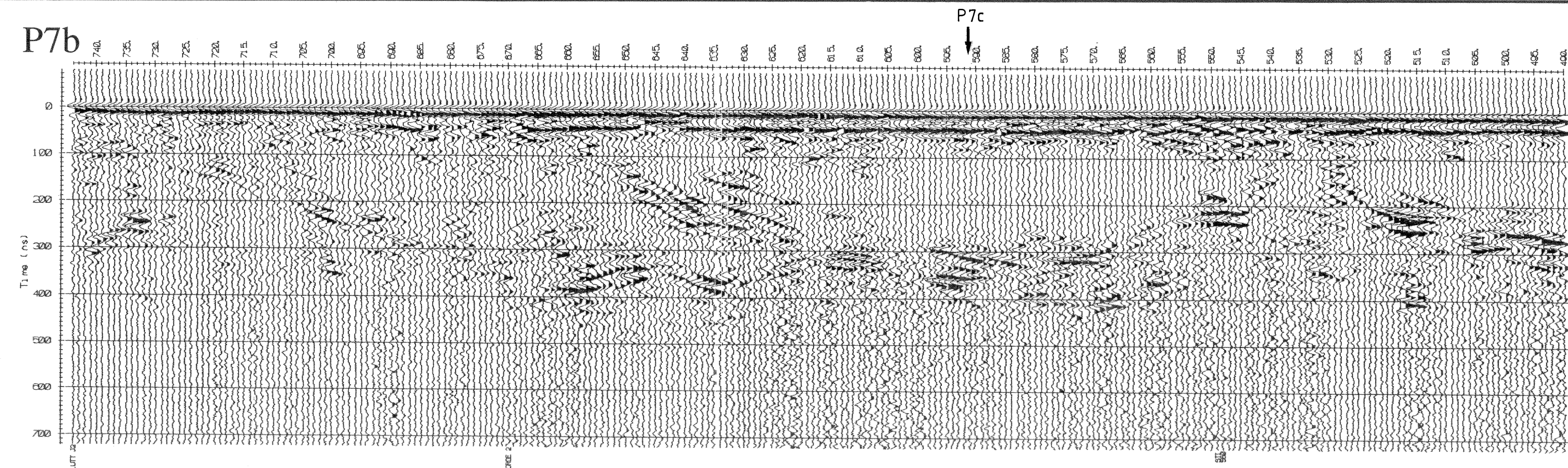


TEGNFORKLARING

● CMP1 Posisjon for hastighetsanalyse

P7d
↓
Kryssende profil

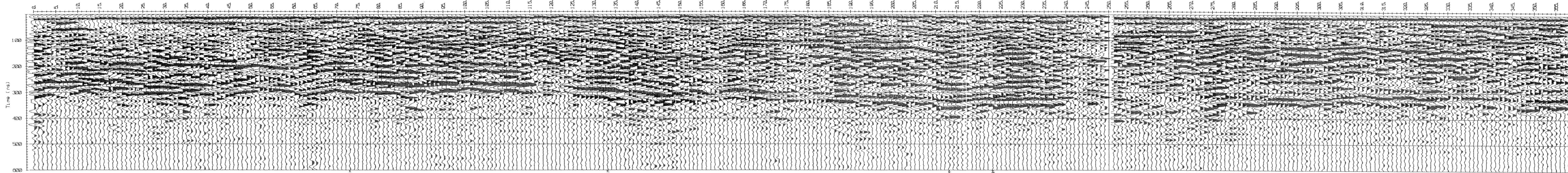
NGU/UiTø GEORADARPROFIL P7 BJERKENES TANA KOMMUNE, FINNMARK	MÅLESTOKK	MÅLT J.S.R.	SEPT. -93
	1: 5000 (KART)	TEGN. E.M.	NOV -93
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR.	KARTBLAD NR.	
	93.122-06	2335 IV	



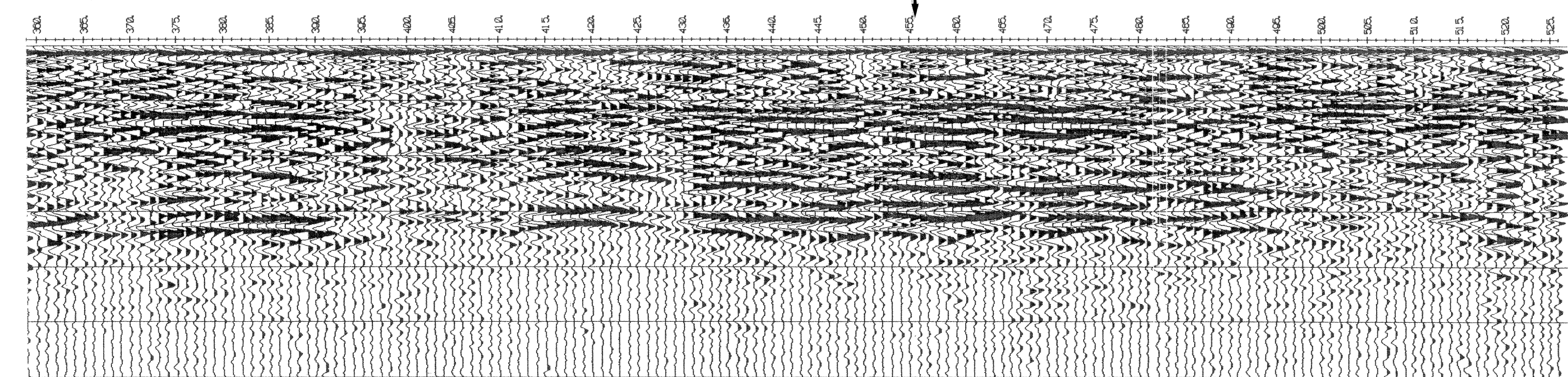
TEGNFORKLARING
 P7
 ↓ Kryssende profil

NGU/UITØ GEORADARPROFIL P7, P7a, P7b, P7c, OG P7d BJERKENES TANA KOMMUNE, FINNMARK	MÅLESTOKK 1:5000 (KART)	MÅLT J.S.R. TEGN. E.M. TRAC KFR	SEPT.-93 NOV.-93
	NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR 93.122-07	KARTBLAD NR 2335 IV

P8



P8 (forts.)



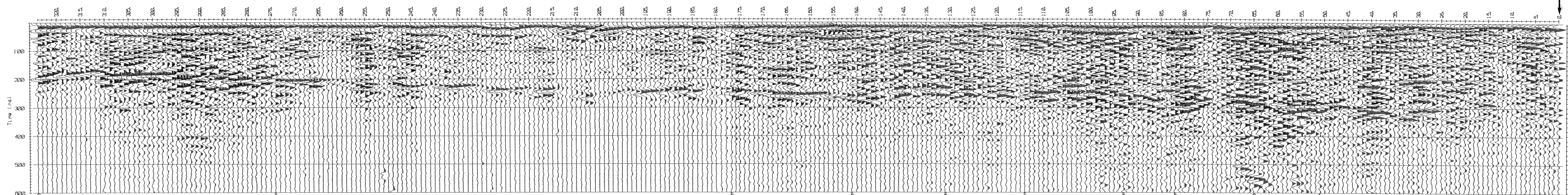
P9

Distri (m) v=0.120 m/ns

TEGNFORKLARING

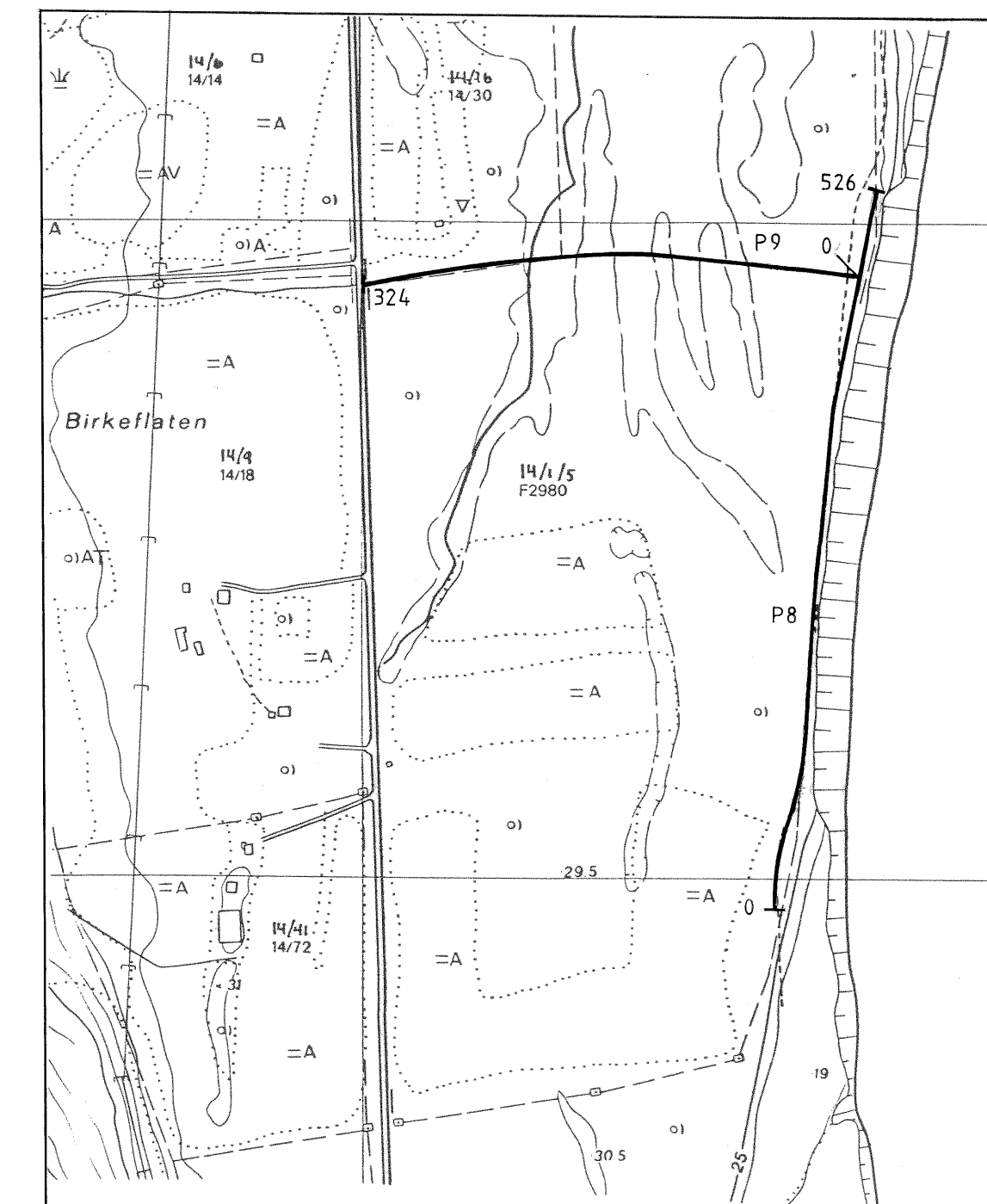
P9
↓ Kryssende profil

P9



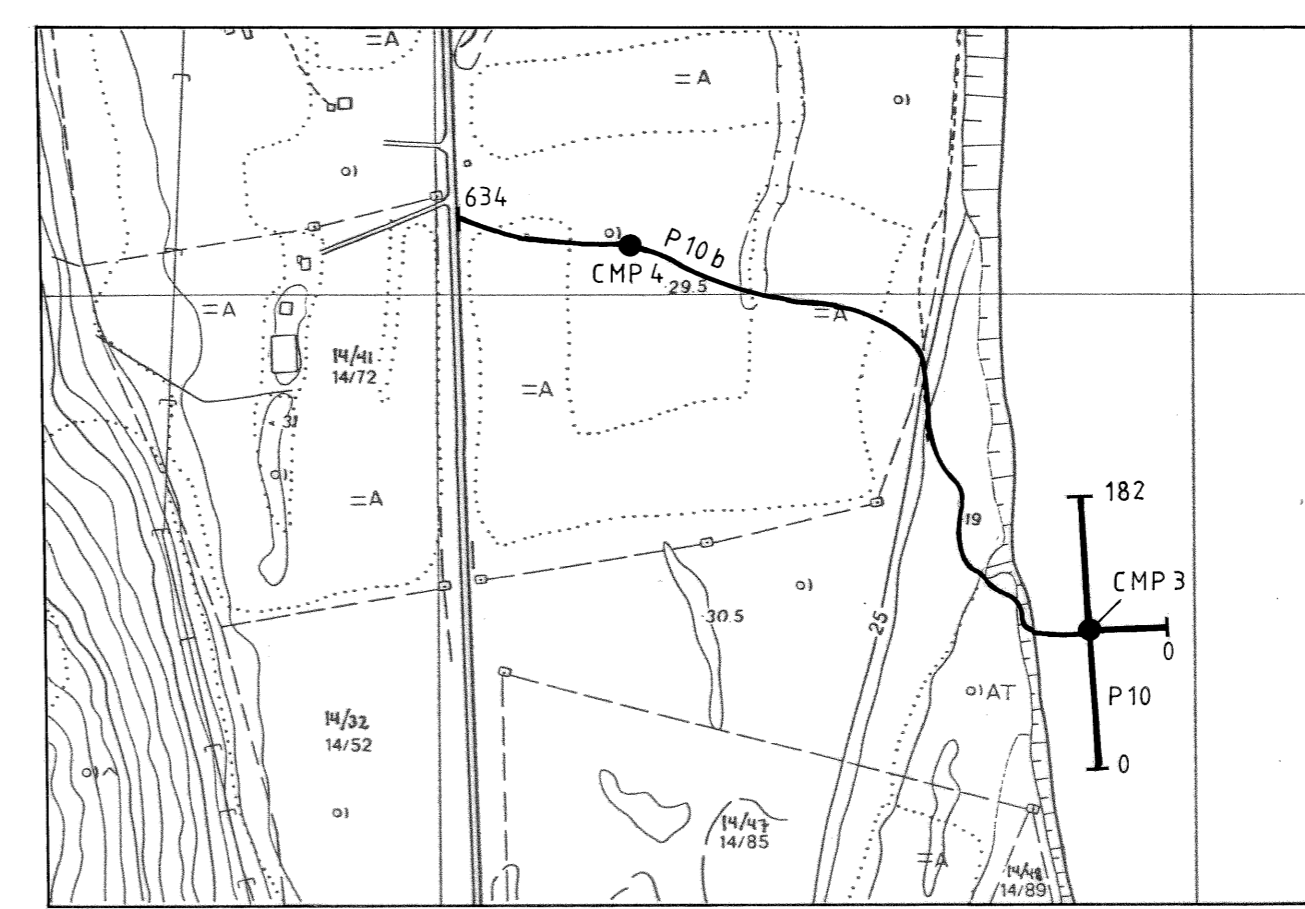
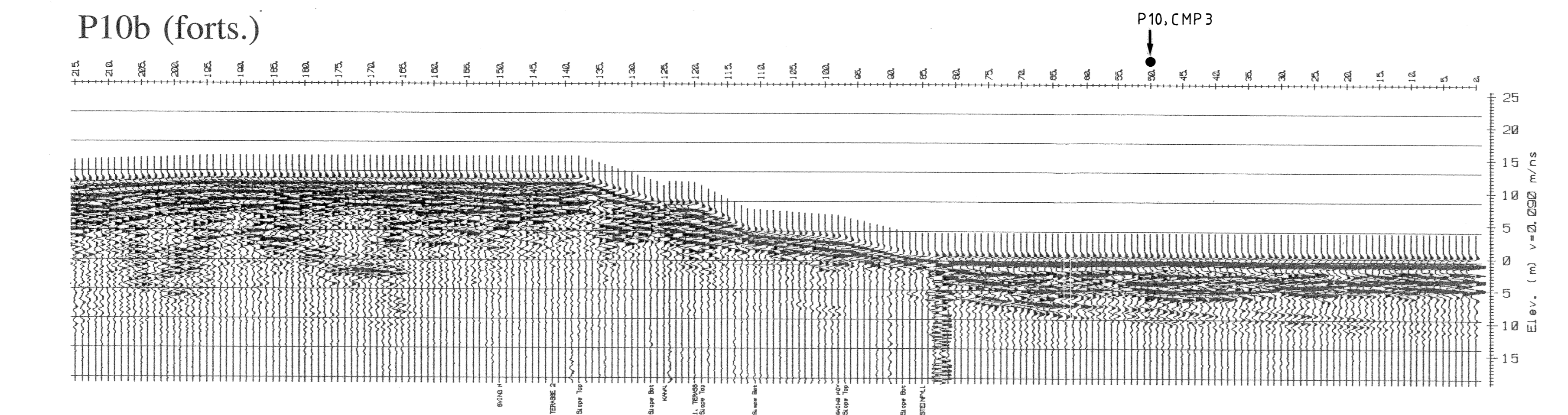
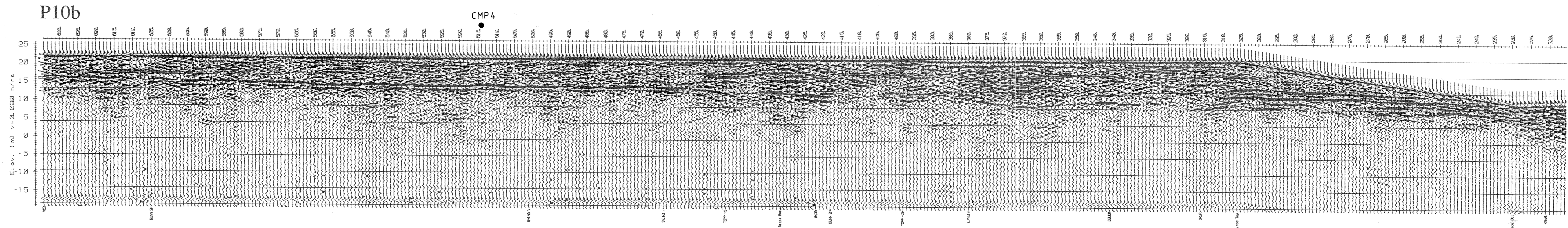
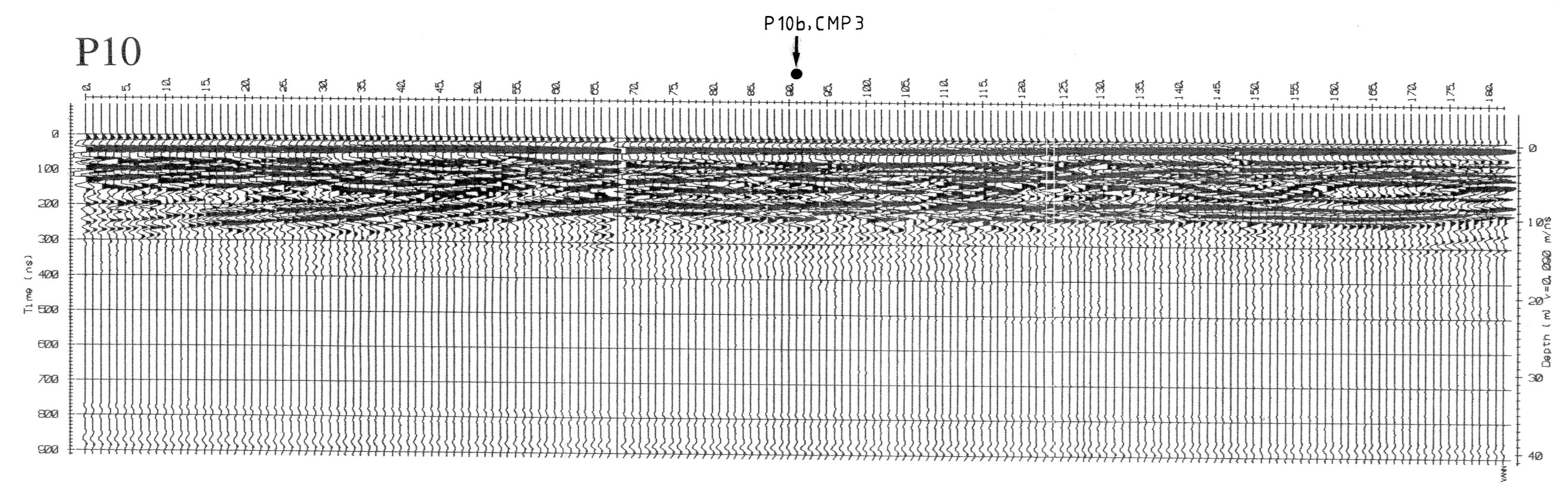
P8

Distri (m) v=0.120 m/ns



NGU/UIT6 GEORADARPROFIL P8 OG P9 MASJOK TANA KOMMUNE, FINNMARK	MÅLESTOKK 1: 5000 (KART)	MÅLT J.S.R. TEGN E.M. TRAC KFR.	SEPT-93 NOV.-93
	TEGNING NR 93.122-08	KARTBLAD NR 2235 I	

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM



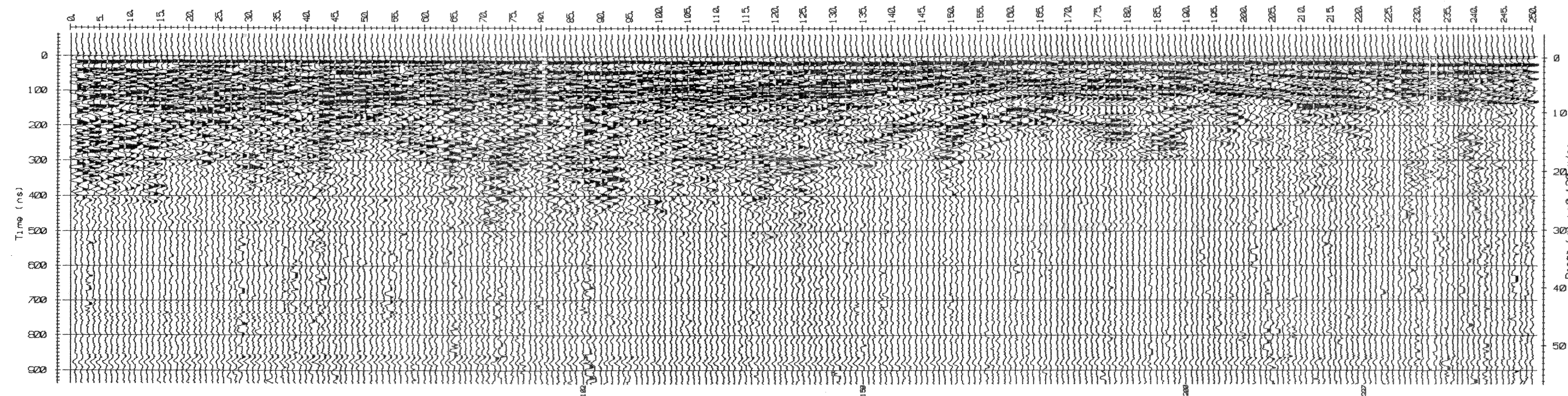
TEGNFORKLARING

● CMP3 Posisjon for hastighetsanalyse

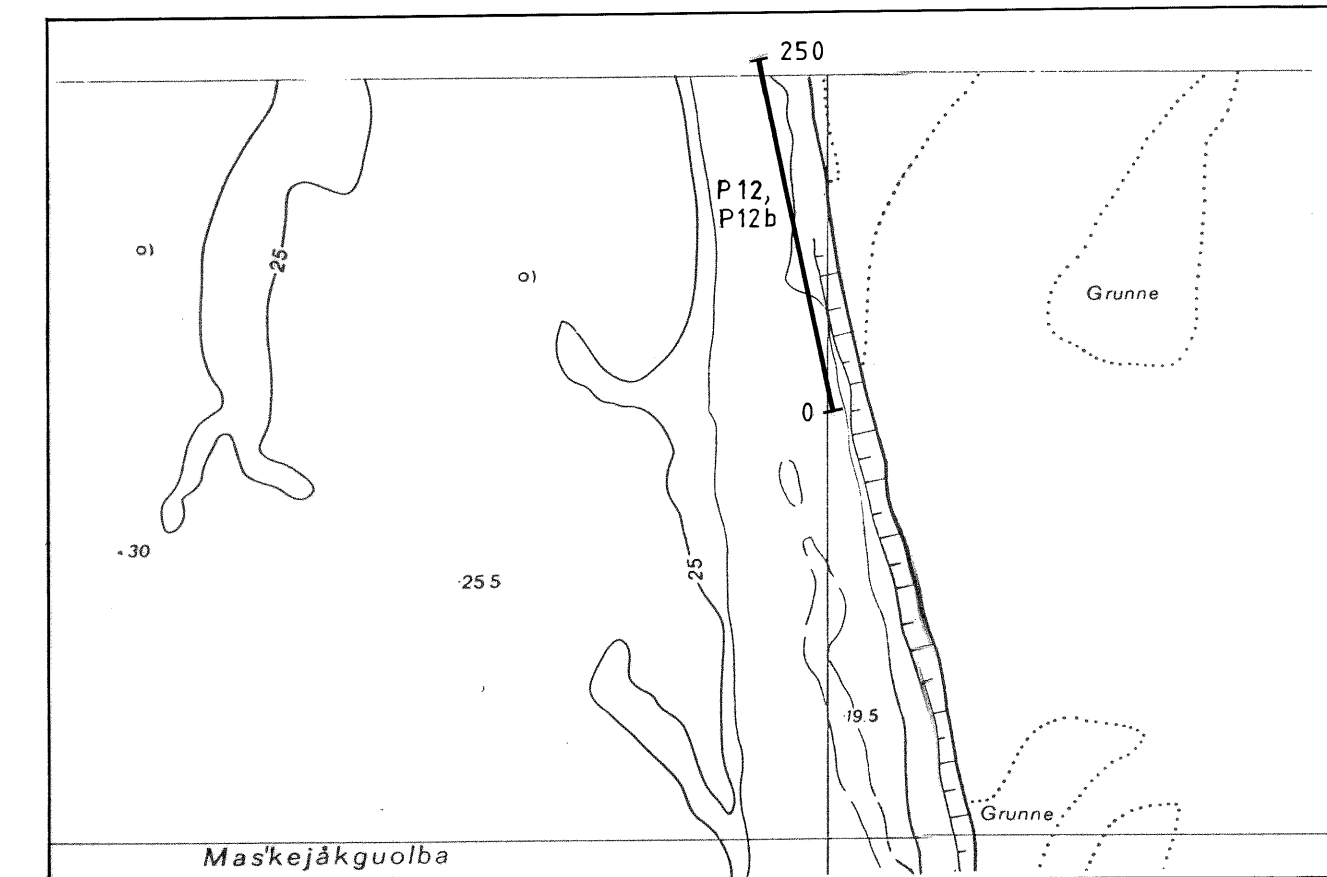
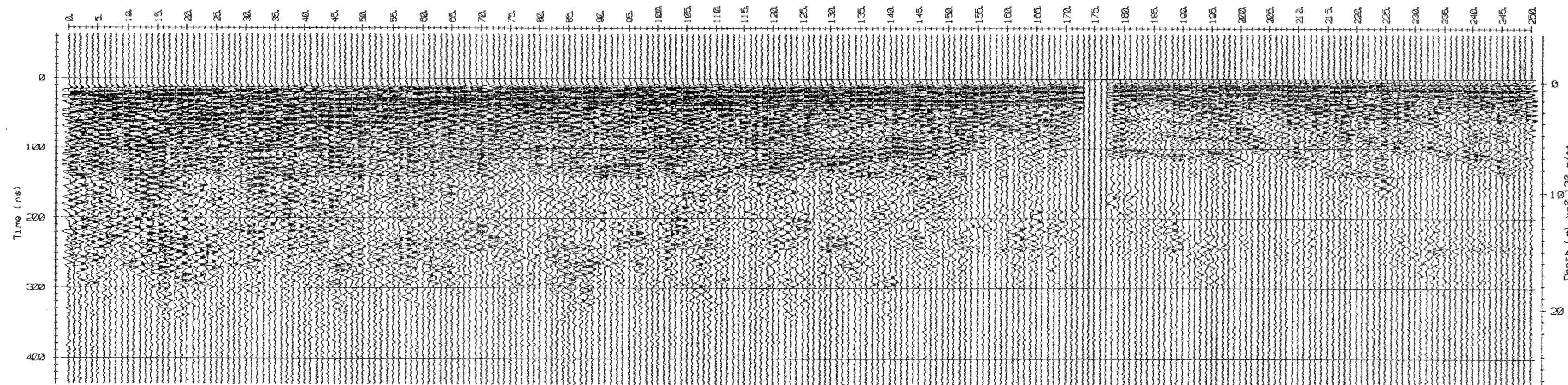
P10 Kryssende profil

NGU/UIT6 GEORADARPROFIL P10 OG P10b MASJOK TANA KOMMUNE, FINNMARK	MÅLESTOKK 1:5000 (KART)	MÅLT J.S.R. SEPT.-93 TEGN E.M. NOV.-93
	NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR 93.122-09

P12b

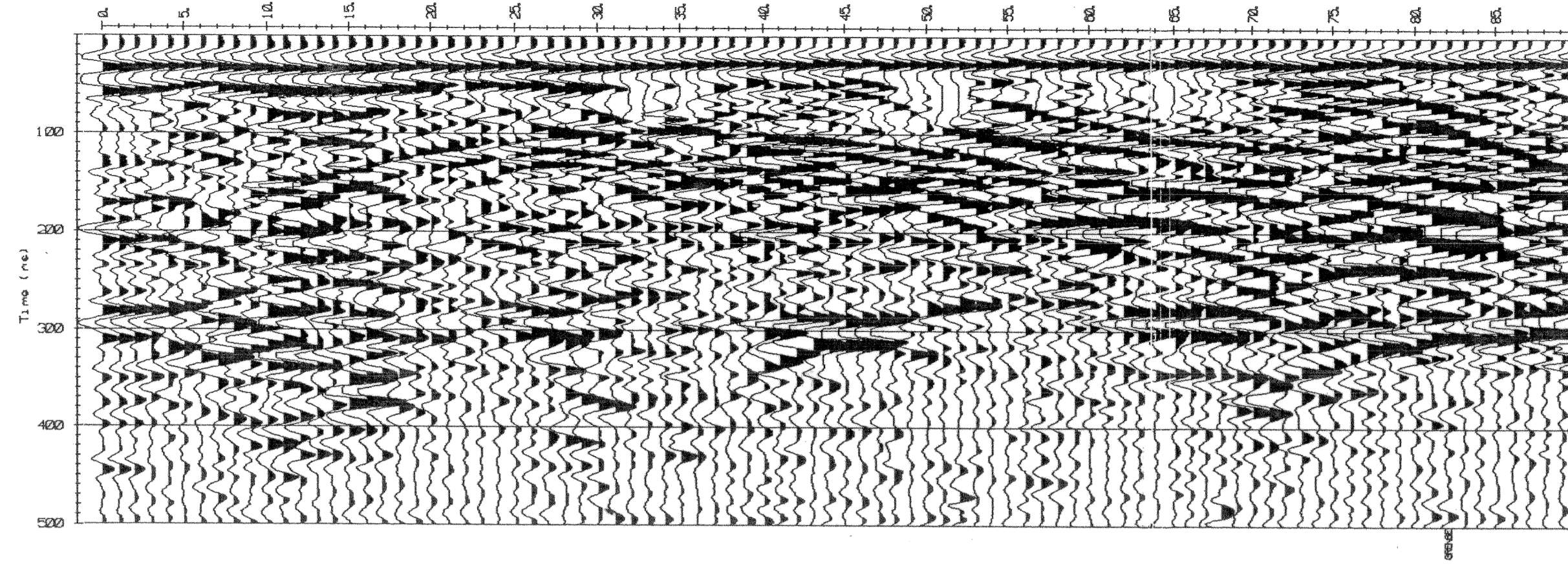


P12 (200 MHz)

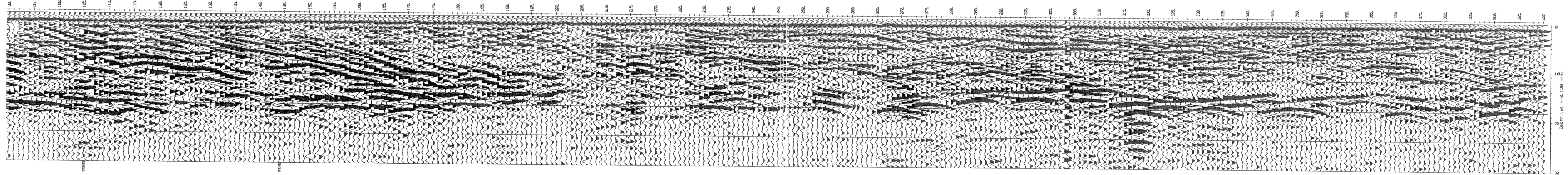


NGU/UiTø GEORADARPROFIL P12 OG P12b MASJOK TANA KOMMUNE, FINNMARK	MÅLESTOKK 1:5000 (KART)	MÅLT J.SR. SEPT.-93 TEGN. E.M. NOV.-93 TRAC. KFR.
	NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR. 93.122-10

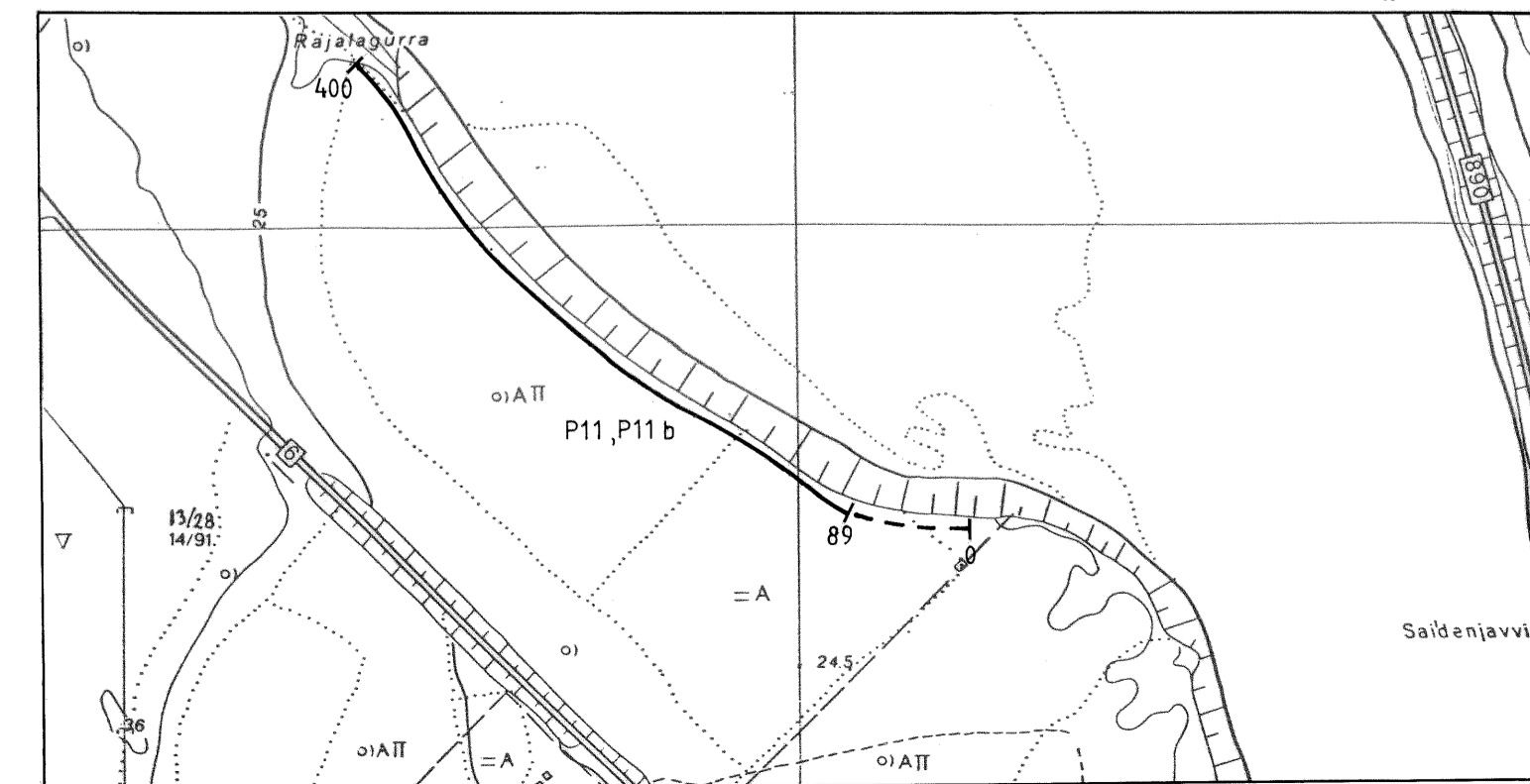
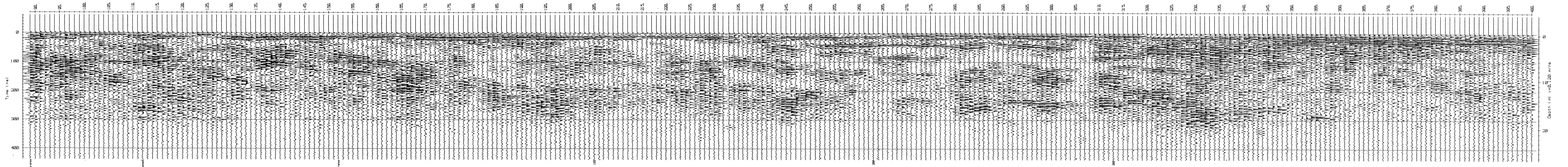
P11



P11 (forts.)



P11b (200 MHz)



NGU/UIT6 GEORADARPROFIL P11 06 P11b TANABRU TANAKOMMUNE, FINNMARK	MÅLSTOKK	OBS. J.S.R. SEPT.-93
	1:5000	TEGN. E.M. NOV.-93
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR.	KARTBLAD NR.
	93.122-11	2235 II