

NGU Rapport 99.098

Georadarmålinger i forbindelse med
kvartærgeologiske undersøkelser i Sandfjorden,
Berlevåg kommune, Finnmark.

Rapport nr.: 99.098		ISSN 0800-3416	Gradering: <i>ÅPEN</i>	
Tittel: Georadarmålinger i forbindelse med kvartærgeologiske undersøkelser i Sandfjorden, Berlevåg kommune, Finnmark.				
Forfatter: Eirik Mauring & Jan Steinar Rønning		Oppdragsgiver: Norsk Hydro		
Fylke: Finnmark		Kommune: Berlevåg		
Kartblad (M=1:250.000) Vadsø		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 2336 I Berlevåg		
Forekomstens navn og koordinater: Sandfjordendalen 35N 5828 78560		Sidetall: 19	Pris: Kr. 350,-	
Feltarbeid utført: Juni 1999		Rapportdato: 1/11-1999	Prosjektnr.: 2562.01	Ansvarlig: <i>Jan S. Rønning</i>
Sammendrag: Det er utført georadarmålinger i forbindelse med kvartærgeologiske undersøkelser i Sandfjorden ved Berlevåg. Hensikten med målingene har vært å kartlegge strukturer og lagdeling i kvartære avsetninger. Det er målt 19 profiler i en samlet lengde på ca. 9,6 km. Rapporten gir en beskrivelse av datainnsamling, prosessering og framstilling av georadardata. I tillegg gis en meget kort beskrivelse av de enkelte opptak. Detaljert tolkning av opptakene er ikke presentert i rapporten. Dette overlates til oppdragsgiver. Data er gjennomgående av svært høy kvalitet, og viser detaljert lagdeling og strukturer i kvartære avsetninger, stedvis til over 40 m dyp.				
Emneord: Geofysikk	Kvartærgeologi		Løsmasser	
Georadar				
			Fagrapport	

INNHOOLD

1. INNLEDNING.....	4
2. MÅLEMETODE OG UTFØRELSE	4
3. RESULTATER	6
4. KONKLUSJON	11

TEKSTBILAG

Georadar – metodebeskrivelse

DATABILAG

1. CMP1, råopptak og hastighetsanalyse
2. CMP2, råopptak og hastighetsanalyse
3. CMP3, råopptak og hastighetsanalyse
4. CMP4, råopptak og hastighetsanalyse
5. CMP5, råopptak og hastighetsanalyse
6. CMP6, råopptak og hastighetsanalyse

KARTBILAG

- | | |
|-----------|--|
| 99.098-01 | Oversiktskart – Sandfjorden (M 1:20 000) |
| 99.098-02 | Georadaropptak. P8 og P9 |
| 99.098-03 | Georadaropptak. P6 og P7 |
| 99.098-04 | Georadaropptak. P10, P12, P18 og P19 |
| 99.098-05 | Georadaropptak. P5 |
| 99.098-06 | Georadaropptak. P13 |
| 99.098-07 | Georadaropptak. P11 og P14 |
| 99.098-08 | Georadaropptak. P15 |
| 99.098-09 | Georadaropptak. P1 og P1c |
| 99.098-10 | Georadaropptak. P2, P16 og P17 |
| 99.098-11 | Georadaropptak. P3 og P4 |

1. INNLEDNING

Rapporten omfatter resultater fra georadarmålinger utført i forbindelse med kvartærgeologiske undersøkelser i Sandfjorden ved Berlevåg. Målingene er utført for Norsk Hydro v/Dr. Ole Martinsen. Hensikten med målingene er å kartlegge strukturer og lagdeling i kvartære avsetninger.

Målinger omfatter 19 profiler med en samlet lengde på ca. 9,6 km. Plasseringen av profilene er vist i kartbilag –01.

Målingene ble utført i perioden 21.-24. juni 1999 av forsker Jan Steinar Rønning (NGU), med assistanse av student Sture Leiknes (innleid av Norsk Hydro).

2. MÅLEMETODE OG UTFØRELSE

Georadar er en elektromagnetisk målemetode som kan benyttes til undersøkelse av lagdeling og strukturer i kvartære avsetninger. Metoden er basert på registrering av reflekterte elektromagnetiske pulser fra grenseflater i jorda. En mer detaljert beskrivelse av målinger med georadar er vedlagt i tekstbilag. Georadaren som ble benyttet er digital og av typen pulseEKKO 100 (Sensors & Software Inc., Canada). Det ble benyttet en sender på 1000 V.

Opptaksparametre for de forskjellige profiler er vist i tabell 1. I tabellen angir 'stacks' antall registreringer som ble utført og summert ved hvert målepunkt. 'f' angir antenne senterfrekvens, 't' angir total opptakstid i nanosekunder, ' Δt ' angir samplingsintervall i pikosekunder og 's' angir avstand mellom sender og mottaker i meter.

Etter å ha målt ett av profilene (P1) med både 50 og 100 MHz antennesystemer, ble det i enighet med oppdragsgiver besluttet å benytte vesentlig 50 MHz antennesystem ved utførelsen av målingene.

Ved målingene ble sender- og mottakerantenne plassert på en håndtrukket spesialvogn. Et tilhørende målehjul registrerte avstand langs profilet, og fra en kontrollenhet ble målepunktavstanden forhåndsstilt slik at radaren automatisk utførte måling for hver 0,5 m.

Samtlige opptak er terrengkorrigert. Terrenghøydene som er benyttet er delvis skaffet til veie av oppdragsgiver som nivellerte høyder. Lokale terrengvariasjoner er lagt inn på bakgrunn av observasjoner under måling. For å kunne dybdekonvertere data ble det utført CMP-målinger for å bestemme radarbølgehastigheten i grunnen. Resultater fra disse målingene er vist i tabell 2, og er tolket ut fra hastighetsanalyser i databilag 1 til 6. Som tabellen viser, varierer hastighetene noe. Dette skyldes vesentlig forskjellig beliggenhet av grunnvannsspeil.

Radarbølgehastigheten er vesentlig mindre i vannmettet sone (0,07-0,08 m/ns) enn i tørr sone (0,09-0,15 m/ns). Siden dyp til grunnvannsspeil varierer sterkt innenfor måleområdet, er det benyttet en antatt gjennomsnittlig hastighet på 0,1 m/ns ved dybdekonvertering og terrengkorleksjon av opptakene. Ved tolkning må det derfor tas hensyn til dette.

Ved utskrift av opptakene ble det benyttet egendefinert forsterkning. Ved denne type forsterkning settes bestemte forsterkningsverdier ved bestemte tidspunkt. Ved utskrift blir forsterkningen lineært interpolert mellom forsterkningsverdiene.

Tabell 1: Opptaksparametre og profillengder for georadarprofilene.

Profil	Profillengde (m)	f (MHz)	t (ns)	Δt (ps)	s (m)	stacks
P1 (50 MHz)	471	50	800	1600	2	16
P1 (100 MHz)	450	100	800	800	1	8
P1c	227	50	800	1600	2	16
P2	401	50	800	1600	2	16
P3	736	100	800	800	1	8
P4	650,5	100	800	800	1	8
P5	1202	50	800	1600	2	16
P6	70,5	50	800	1600	2	16
P7	392,5	50	800	1600	2	16
P8	320	50	800	1600	2	16
P9	261	50	800	1600	2	16
P10	382	50	800	1600	2	16
P11	555	50	800	1600	2	16
P12	119,5	50	1000	1600	2	16
P13	1144	50	1000-1200	1600	2	16
P14	425,5	50	1200	1600	2	16
P15	800,5	50	800	1600	2	16
P16	372,5	100	600	800	1	16
P17	508	100	800	800	1	16
P18	253,5	100	800	800	1	16
P19	329,5	100	800	800	1	16

Tabell 2. Hastighetsanalyser utført på CMP-målinger.

CMP nr. og posisjon	t_0 (ns)	v (m/ns)	t_0 (ns)	v (m/ns)	t_0 (ns)	v (m/ns)	t_0 (ns)	v (m/ns)
CMP1, P10-200	160	0,13	320	0,13				
CMP2, P9-60	120	0,15	290	0,13				
CMP3, P13-682	100	0,10	370	0,07	640	0,06		
CMP4, P13-402	100	0,09	300	0,07	640	0,07	700	0,06
CMP5, P2-250	100	0,09	360	0,07				
CMP6, P1-330	140	0,07						

3. RESULTATER

Et oversiktskart som viser plasseringen av profilene er presentert i kartbilag –01. Utskrift av georadaropptakene er vist i kartbilagene –02 til –11. Profilene er presentert og beskrives grovt sett i rekkefølge fra vest mot øst i det undersøkte området.

Opptakene P8 og P9 er vist i kartbilag –02.

P8

Fjell opptrer i dagen helt i vest ved posisjon 320. Videre mot vest kan fjell antydes som en uregelmessig reflektor som skråner jevnt nedover til nivå ca. 21 moh. (ca. 22 m dyp) ved posisjon 180. Videre kan fjell følges omtrent til posisjon 130 (ca. 18 moh.). Grunnvannsspeil kan sees som en nær horisontal reflektor fra posisjon 195 (ca. 31 moh.) til posisjon 30 (ca. 20 moh.). Mellom posisjonene 60 og 40 har grunnvannsspeil tilsynelatende en bratt helning, trolig pga. noe unøyaktig terrengkorreksjon og valg av hastighet (0,1 m/ns). Hastigheten er trolig noe for lav, og må anees som et gjennomsnitt av hastigheter over og under grunnvannsspeil. Løsmassene er karakterisert ved et overveiende skrått refleksjonsmønster.

P9

Ved nordenden av profilet (posisjon 261) opptrer fjell på 3-4 m dyp (nivå 41 moh.). Det skråner ned til nivå 32 moh. (ca. 13 m dyp) ved posisjon 236. I dette området sees kraftige diffraksjoner som skyldes uregelmessig fjelltopografi. Fjell kan antydes mellom posisjonene 170 (20 moh.) og 45 (15 moh.) som en undulerende reflektor. Grunnvannsspeil sees som en markant reflektor mellom posisjonene 190 (29 moh.) og 0 (23 moh.). Markert fall i grunnvannsnivå mellom posisjonene 40 og 20 skyldes mangelfull nivellering og trolig feil radarbølge-hastighet ved dybdekonverteringen. Refleksjoner fra løsmassene utgjør et haug- eller horisontalt mønster og kan indikere at profilet er målt omtrent på tvers av avsetningsretningen.

Opptakene P6 og P7 er vist i kartbilag –03.

P7

Mulig fjell sees mellom posisjonene 80 og 105 (nivå 31-33 moh.), men er vanskelig å erkjenne lenger vest og øst langs profilet, trolig pga. svært uregelmessig fjelloverflate som gir diffraksjoner. Grunnvannsspeil sees mellom posisjonene 110 (ca. 30 moh.) og 392 (ca. 13 moh.). Mulig grunnvannsspeil sees også mellom posisjonene 0 og 25 i nivå 45 moh. Opptaket er karakterisert ved et skrått refleksjonsmønster som representerer strukturer/lagdeling i kvartære avsetninger.

P6

Mulig fjell kan erkjennes i opptaket mellom posisjonene 0 og 25 (nivå 40 moh.). I den resterende del av opptaket kan fjell ikke sees, men går ut i dagen mellom posisjonene 67 og 70,5. Mulig grunnvannspeil sees mellom posisjonene 0 og 50 i nivå 45 moh. Horisontale hendelser som opptrer seint i opptaket (fra 650 ns) representerer instrumentgenerert støy.

Opptakene P10, P12, P18 og P19 er vist i kartbilag –04.

P10

Fjell har utgående ved nordenden av profilet (posisjon 382). Fjell er vanskelig å se på opptaket, men går trolig ned mot dypet fra nivå ca. 20 moh. ved posisjon 290 til nivå 0 moh. ved posisjon 255. Antatt grunnvannspeil sees mellom posisjonene 20 (ca. 20 moh.) og 230 (ca. 15 moh.) som en undulerende reflektor. Tilsynelatende variasjon i nivå på grunnvann kan skyldes for dårlige høydedata og feil hastighet ved dybdekonvertering, og derfor en unøyaktig terrengkorleksjon. Mellom posisjonene 170 og 180 indikeres et sprang i grunnvannsnivå som kan skyldes tette masser i avsetningen. Refleksjonsmønsteret er hauget med diffraksjoner mellom posisjonene 0 og 140. Diffraksjonene kan skyldes blokker i avsetningen. Ved posisjon 140 dreier profilet mot nordøst, og et vesentlig skrått refleksjonsmønster opptrer.

P12

Fjell ligger trolig svært grunt ved posisjon 0 (1-2 m dyp). Fra posisjon 25 går fjelloverflaten mot dypet, og kan sees i nivå –3 moh. mellom posisjonene 50 og 60. Skrå hendelser mellom posisjonene 0 og 30 representerer refleksjoner fra fjellsprekker eller steiltstående lagdeling/foliasjon. Fjelloverflaten er vanskelig å erkjenne mellom posisjonene 60 og 120. Over fjellreflektor er refleksjonsmønsteret parallelt i øvre del av opptaket og hauget i nedre del og representerer strukturer i løsmasser.

Profilene 18 og 19 ble målt for å studere nærmere den overraskende fallretning som strukturer i profilene 5 og 10 viste.

P19

Mulig fjell sees i nivå ca. 29 moh. (ca. 5 m dyp) ved posisjon 10 og skråner jevnt nedover til ca. 18 moh. (ca. 15 m dyp) ved posisjon 50. Fjell sees igjen omtrent ved posisjon 90 i nivå ca. 18 moh. (ca. 15 m dyp), og skråner ned til nivå –3 moh. (30-35 m dyp) ved posisjon 155. Videre sørøstover kan ikke fjellreflektor sees på opptaket. Grunnvannspeil sees som en subhorisontal reflektor mellom posisjonene 95 og 200 (16-18 moh.). Et mulig sprang i grunnvannspeil sees mellom posisjonene 203 og 210. Mellom posisjonene 210 og 275 ligger grunnvannspeil i nivå ca. 18 moh. Det skråner ned til nivå ca. 11 moh. ved posisjon 295. Fram til posisjon 210 er løsmassene karakterisert ved et hauget til kaotisk refleksjonsmønster, og sammenligning med profil 18 viser at profil 19 går tilnærmet vinkelrett på avsetningsretningen her. Mellom posisjonene 210 og 330 er refleksjonsmønsteret skrått, og dette indikerer endring i avsetningstype eller –retning.

P18

Fjell sees som en uregelmessig reflektor på 5-9 m dyp mellom posisjonene 145 og 230. Ved nordøstenden av profilet (posisjon 252) er fjell blottlagt. Antatt fjell sees i nivå ca. 15 moh. mellom posisjonene 105 og 85. Fra posisjon 85 skråner fjelloverflaten nedover mot dypet til nivå ca. -5 moh. (30-35 m dyp) ved posisjon 25. Grunnvannsspeil sees i nivå 16-17 moh. mellom posisjonene 0 og 87. Mellom posisjonene 115 og 200 sees antatt grunnvannsspeil i nivå 22-24 moh. Mellom posisjonene 0 og 100 er løsmassene karakterisert ved et skrått refleksjonsmønster, spesielt i øvre del av opptaket.

Opptak P5 er vist i kartbilag -05.

P5

Mellom posisjonene 1202 og 1120 sees skrå hendelser i to retninger som trolig representerer steilstående sprekker eller foliasjon i fjell. Hendelsene kan også være sidereflekser og/eller diffraksjoner fra en meget uregelmessig fjelloverflate. Strukturene sees flere steder i opptaket og gir en indikasjon på plassering av fjellreflektor. Fjell ligger overflatenært ved posisjon 1202 og skråner ned til nivå 46 moh. (ca. 7 m dyp) ved posisjon 1120. Fjell antas ellers å ligge relativt grunt mellom posisjonene 1120 og 800 (< 10 m dyp). Tilsvarende antas fjell å ligge grunt mellom posisjonene 540 og 410 (< 15 m dyp). Mellom posisjonene 410 og 350 grunner fjelloverflaten oppover til ca. 5 m dyp ved posisjon 530. Mellom posisjonene 530 og 0 ligger dyp til fjell trolig i området 0-5 m. Det er registrert fjell i dagen i områdene ved posisjonene 290, 188 og 106. Sedimentmektigheten antas å være størst mellom posisjonene 750 og 600. Her sees et overveiende skrått refleksjonsmønster med tilsynelatende fall som går motsatt rettet av antatt avsetningsretning mot fjorden. I det samme området sees grunnvannsspeil som en subhorisontal reflektor i nivå 13-16 moh.

Opptak P13 er vist i kartbilag -06.

P13

Fjell sees ved starten av profilet (posisjon 0) i nivå 9-10 moh. (8-9 m dyp) og heller nedover til nivå ca. -15 moh. (35 m dyp) ved posisjon 120. Antatt fjell sees også mellom posisjonene 350 (-25 moh.) og 430 (-15 moh.). Løsmassene er dominert av et hauget til skrått refleksjonsmønster mellom posisjonene 0 og 720. Flere kanaler/erosjonsflater er meget tydelig indikert i dette området. Størst penetrasjonsdyp opptrer mellom posisjonene 200 og 325 (stedvis oppe i 40-50 m). Mellom posisjonene 800 og 1145 er refleksjonsmønsteret mer parallelt, og penetrasjonsdypet redusert (10-15 m), og dette kan indikere mer finkornige avsetninger her. Seine, koherente hendelser mellom posisjonene 360 og 1145 representerer instrumentgenerert støy.

Opptakene P11 og P14 er vist i kartbilag –07.

P11

Mulig overflate av fjell er indikert ved diffraksjoner mellom posisjonene 200 og 155 (nivå –10 til –12 moh.) og ved posisjon 65 (-14 moh.). Reflektor mellom posisjonene 285 (-24 moh.) og 20 (-20 moh.) kan representere overflaten av fjell. Ellers ligger fjelloverflaten for dypt til å kunne sees på opptaket. Løsmassene er karakterisert ved et haugget til parallelt refleksjonsmønster. Flere brede kanaler indikeres på opptaket. Mellom posisjonene 555 og 300 er penetrasjonen større enn opptakstiden. Penetrasjonsdypet er her større enn ca. 35 m.

P14

Mellom posisjonene 0 og 100 kan ikke fjelloverflaten erkjennes på opptaket (ligger dypere enn max penetrasjonsdyp). Fjell antas å grunne opp til ca. 3-4 m dyp ved sørenden av profilet (posisjon 0). Løsmassene viser et haugget, parallelt eller skrått refleksjonsmønster. Opptaket viser store, trauformete strukturer (gamle kanaler) mellom posisjonene 425 og 70. Seine, horisontale hendelser (spesielt markant mellom 800 og 1200 ns mellom posisjonene 425 og 355) representerer instrumentgenerert støy.

Opptak P15 er vist i kartbilag –08.

P15

Profilet er målt langs veg. Manglende registrering mellom posisjonene 607 og 617 skyldes passering av bru. Fjell antas å ligge dagnært mellom posisjonene 800 og 700 (blotning ved posisjon 770). Fra posisjon 700 og i retning sørøst har fjelloverflaten en jevn helning nedover til nivå ca. –28 moh. ved posisjon 350. Mulig fjelloverflate sees igjen mellom posisjonene 40 (-8 moh.) og 0 (-4 moh.). Under fjellreflektor sees stedvis diffraksjoner som skyldes uregelmessig fjelloverflate. Sedimentene er karakterisert ved et parallelt eller haugget refleksjonsmønster.

Opptakene P1 og P1c er vist i kartbilag –09.

P1

Profilet er målt med både 50 og 100 MHz antenner. Fjelloverflaten kan antydes fra posisjon 115 (-15 moh.) til posisjon 0 (< 3 m dyp). Det er litt usikkert om en reflektor i nivå –20 til –26 moh. mellom posisjonen 471 og 435 kan representere fjell. Strukturer i løsmassene viser et haugget til parallelt refleksjonsmønster. En bred kanal med bunn i nivå ca. –28 moh. (posisjon 270) kan sees å gå gjennom omtrent hele 50 MHz-opptaket.

P1c

Profilet er en forlengelse av P1 i nordøstlig retning. Mulig overflate av fjell sees som en kraftig, gjennomgående reflektor som opptrer i nivå –18 moh. ved posisjon 500 og –5 moh. ved posisjon 727. Like registreringer mellom posisjonene 691 og 696 skyldes 'dummy'-registreringer for å få avstand til å stemme over vannkanal som ikke kunne forseres.

Strukturer i løsmasser utgjør et parallelt til kaotisk refleksjonsmønster. Kraftig dempning mellom posisjonene 605 og 595 skyldes trolig økt ledningsevne i markoverflaten (saltvannskanal).

Opptakene P2, P16 og P17 er vist i kartbilag –10.

P17

Opptaket er målt med 100 MHz antenner. Mulig fjell sees i nivå –16 til –19 moh. mellom posisjonene 508 og 480. Redusert og ujevn penetrasjon mellom posisjonene 45 og 0 skyldes økt ledningsevne pga. innslag av saltvann fra fjorden. Opptaket viser et gjennomgående parallelt refleksjonsmønster som kan representere relativt finkornige avsetninger.

P16

Opptaket er målt med 100 MHz antenner. Antatt fjelloverflate sees ved starten av profilet (posisjon 0) i nivå ca. –5 moh. (7-8 m dyp) og går jevnt nedover til nivå –15 moh. ved posisjon 65. I den resterende del av opptaket ligger fjell trolig for dypt til å kunne sees. Refleksjonsmønsteret er vesentlig parallelt og kan indikere finkornige avsetninger. Nedsatt penetrasjon mellom posisjonene 295 og 373 skyldes innslag av saltvann.

P2

Mulig fjell kan antydes i nivå –20 til –23 moh. mellom posisjonene 0 og 20. Refleksjonsmønsteret er overveiende parallelt og kan indikere relativt finkornige avsetninger. Sterkt redusert penetrasjon mellom posisjonene 305 og 401 skyldes inntrengning av saltvann. Hendelser etter 450 ns representerer støy innenfor det nevnte området.

Opptak P3 og P4 er vist i kartbilag –11.

P3

Opptaket viser variabel, men overveiende kraftig redusert penetrasjon som følge av saltvannsinntrengning, spesielt i nordvestlig del av profilet. Mulig grunnvannsspeil sees mellom posisjonene 580 og 350 som en subhorisontal reflektor i nivå 2-4 moh. Mulig fjell sees ved sørøstenden av profilet på 5-6 m dyp mellom posisjonene 35 og 0. I løsmassene sees flere subhorisontale reflektorer som trolig representerer relativt finkornige avsetninger. Hendelser ved ca. 500 ns skyldes instrumentgenerert støy.

P4

Som for P3 er penetrasjonen stedvis kraftig redusert pga. saltvannsinntrengning. Antatt fjelloverflate sees som en reflektor i nivå ca. –3 moh. (ca. 6 m dyp) ved posisjon 650 som skråner nedover til ca. –11 moh. (10-12 m dyp) ved posisjon 510. Hendelser som opptrer seinere enn 250 ns mellom posisjonene 500 og 0 representerer instrumentgenerert støy. Mellom posisjonene 440 og 305 sees et parallelt refleksjonsmønster som representerer strukturer i kvartære avsetninger.

4. KONKLUSJON

Det er utført georadarmålinger i forbindelse med kvartærgeologiske undersøkelser i Sandfjorden ved Berlevåg. Hensikten med målingene har vært å kartlegge strukturer og lagdeling i kvartære avsetninger.

Rapporten gir en beskrivelse av datainnsamling, prosessering og framstilling av georadardata. I tillegg gis en meget kort beskrivelse av de enkelte opptak. Detaljert tolkning av opptakene er ikke presentert i rapporten. Dette overlates til oppdragsgiver. Data er gjennomgående av svært høy kvalitet, og viser detaljert lagdeling og strukturer i kvartære avsetninger, stedvis til over 40 m dyp.

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 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 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.

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

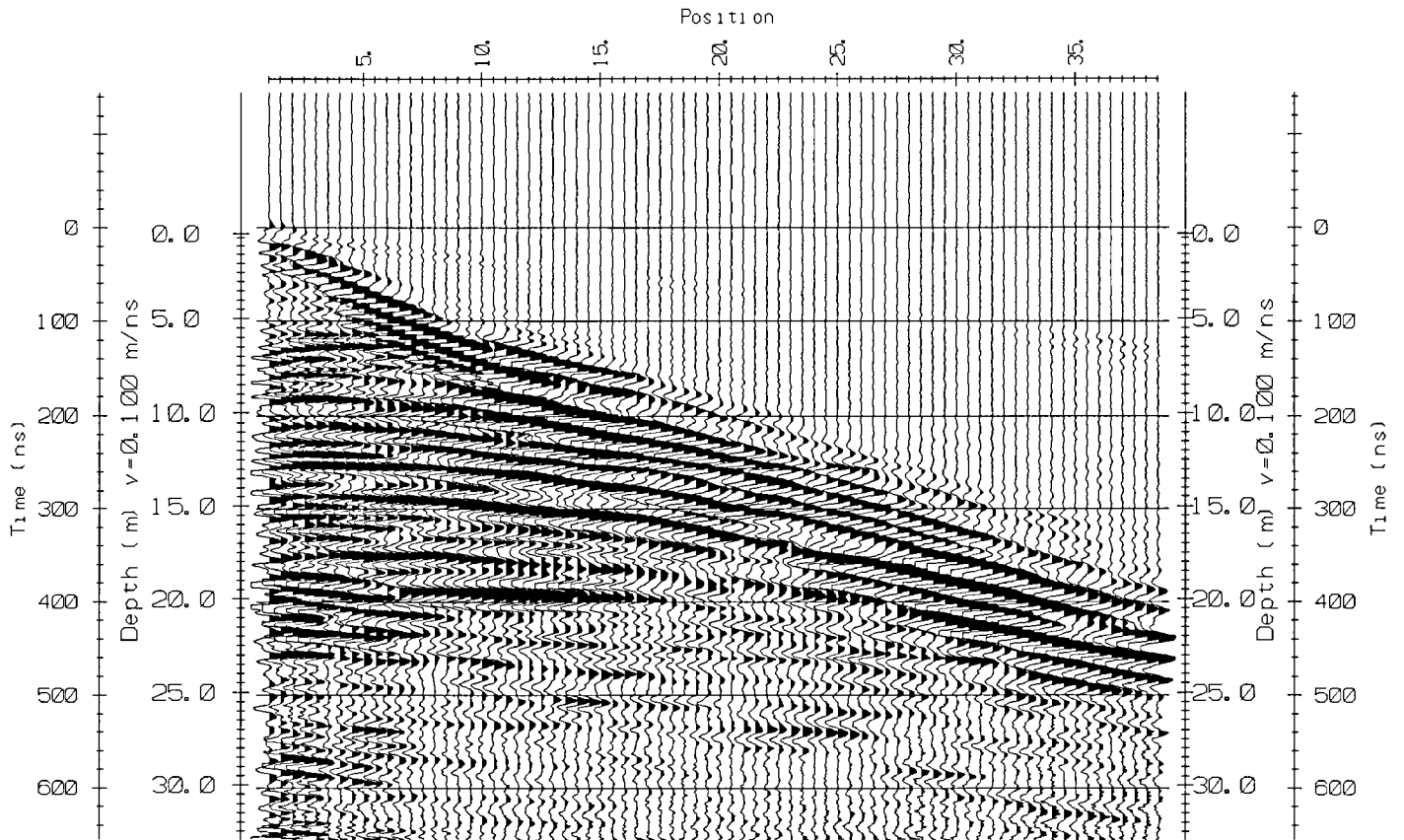
føre til hurtigere demping av bølgepulsene og dermed minkende penetrasjon. I godt ledende materiale som marin silt og leire vil penetrasjonen være helt ubetydelig. I dårlig ledende materiale som f.eks. tørr sand, kan det forventes en dybderekkevidde på flere titalls meter når det benyttes en lavfrekvent 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>
<i>Luft</i>	<i>1</i>	<i>0.3</i>	<i>0</i>
<i>Ferskvann</i>	<i>81</i>	<i>0.033</i>	<i>0.1</i>
<i>Sjøvann</i>	<i>81</i>	<i>0.033</i>	<i>1000</i>
<i>Leire</i>	<i>5-40</i>	<i>0.05-0.13</i>	<i>1-300</i>
<i>Tørr sand</i>	<i>5-10</i>	<i>0.09-0.14</i>	<i>0.01</i>
<i>Vannmettet sand</i>	<i>15-20</i>	<i>0.07-0.08</i>	<i>0.03-0.3</i>
<i>Silt</i>	<i>5-30</i>	<i>0.05-0.13</i>	<i>1-100</i>
<i>Fjell</i>	<i>5-8</i>	<i>0.10-0.13</i>	<i>0.01-1</i>

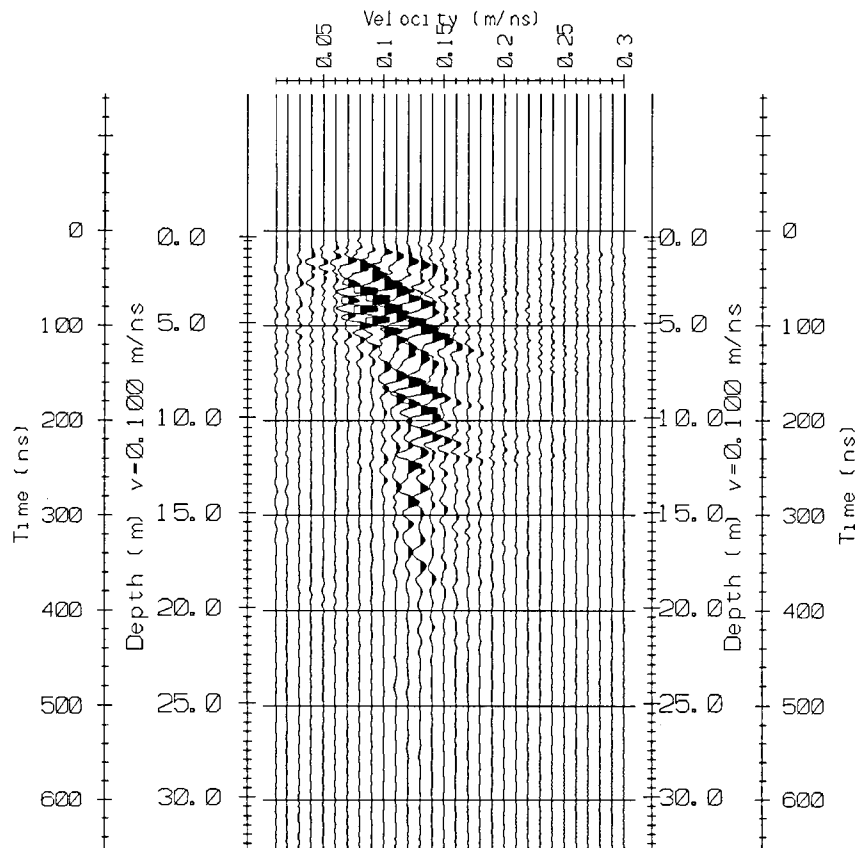
Tabell over relativt dielektrisitetstall, radarbølge-hastigheter og ledningsevne i vanlige materialtyper.

CMP1, posisjon 200 i profil 10

CMP råopptak

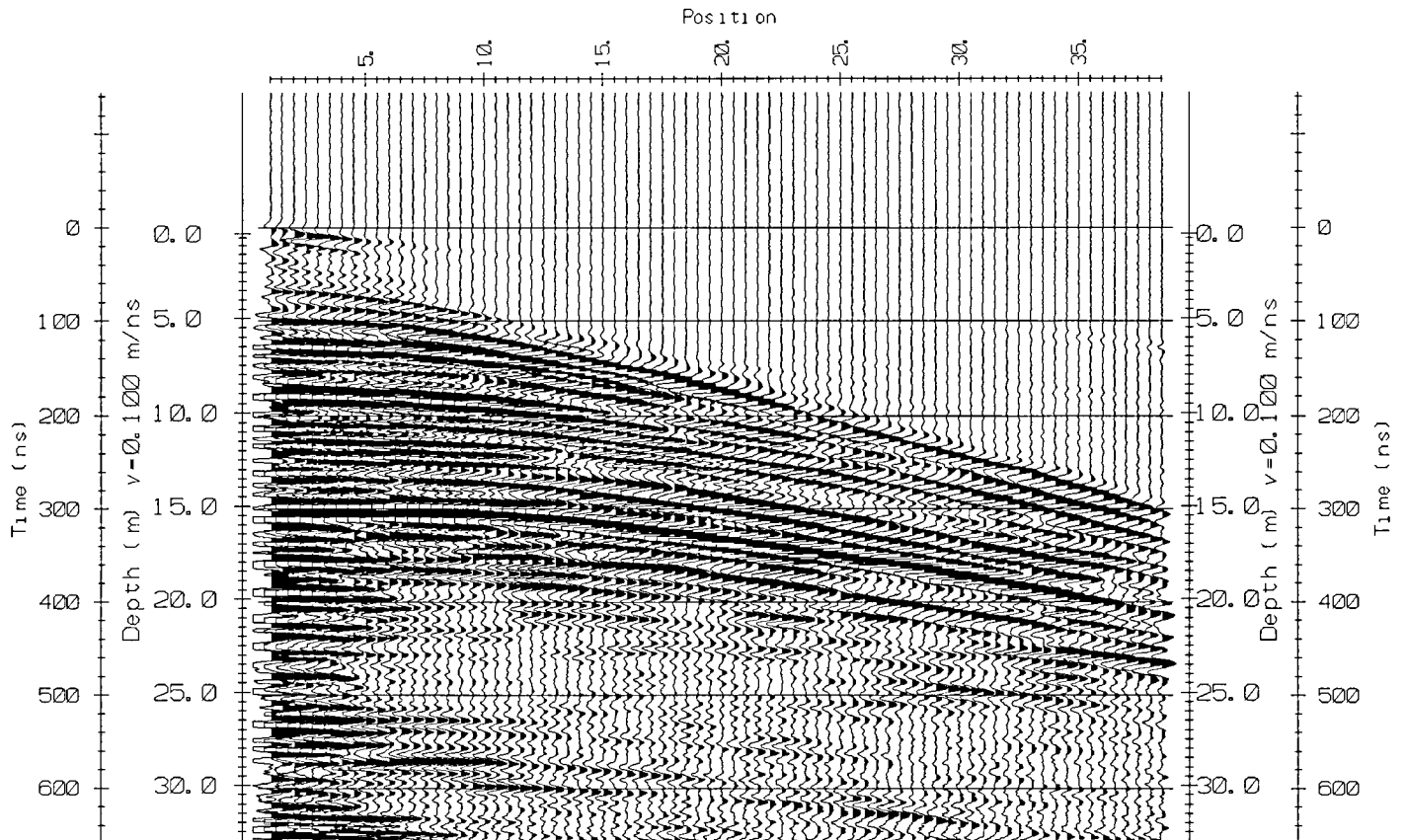


Hastighetsanalyse

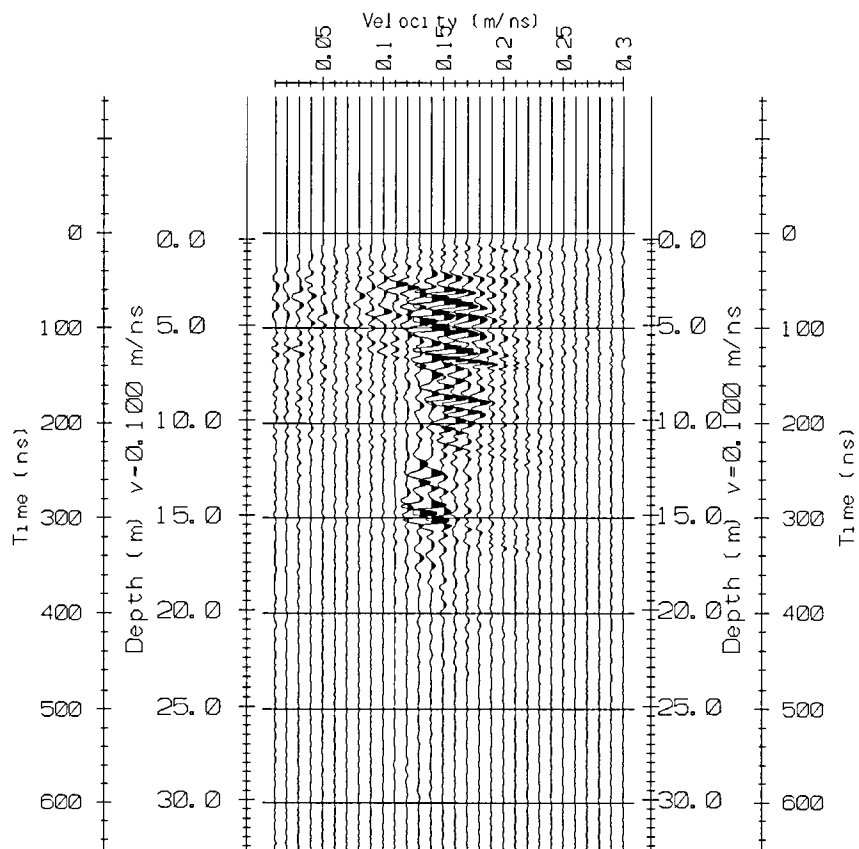


CMP2, posisjon 60 i profil 9

CMP råopptak

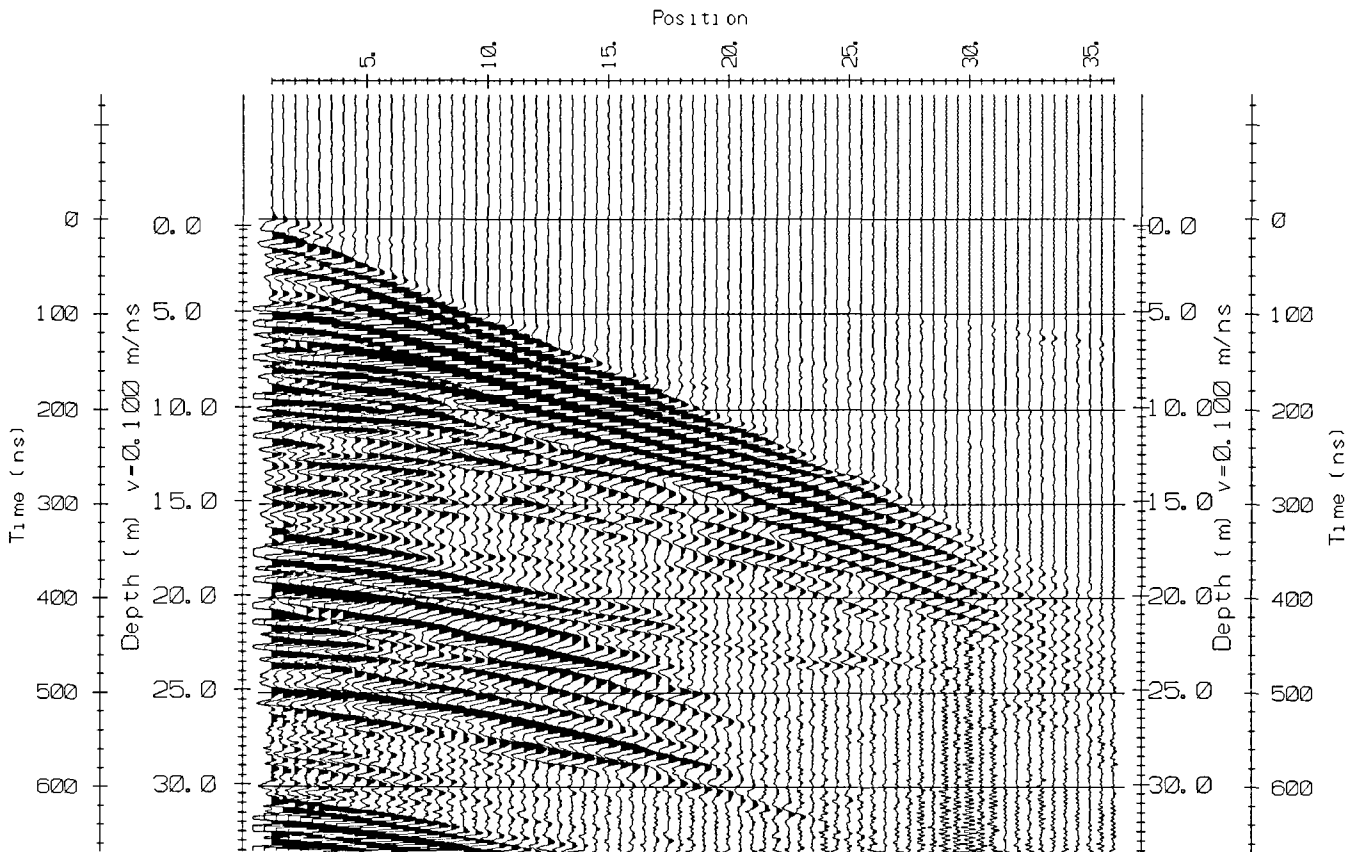


Hastighetsanalyse

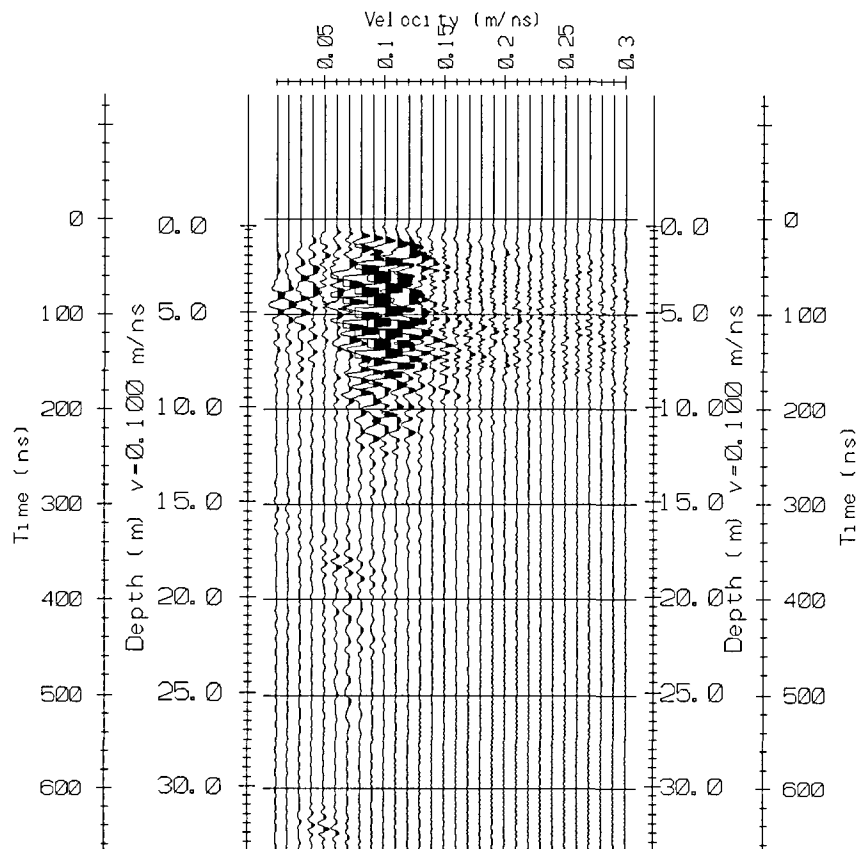


CMP3, posisjon 682 i profil 13

CMP råopptak

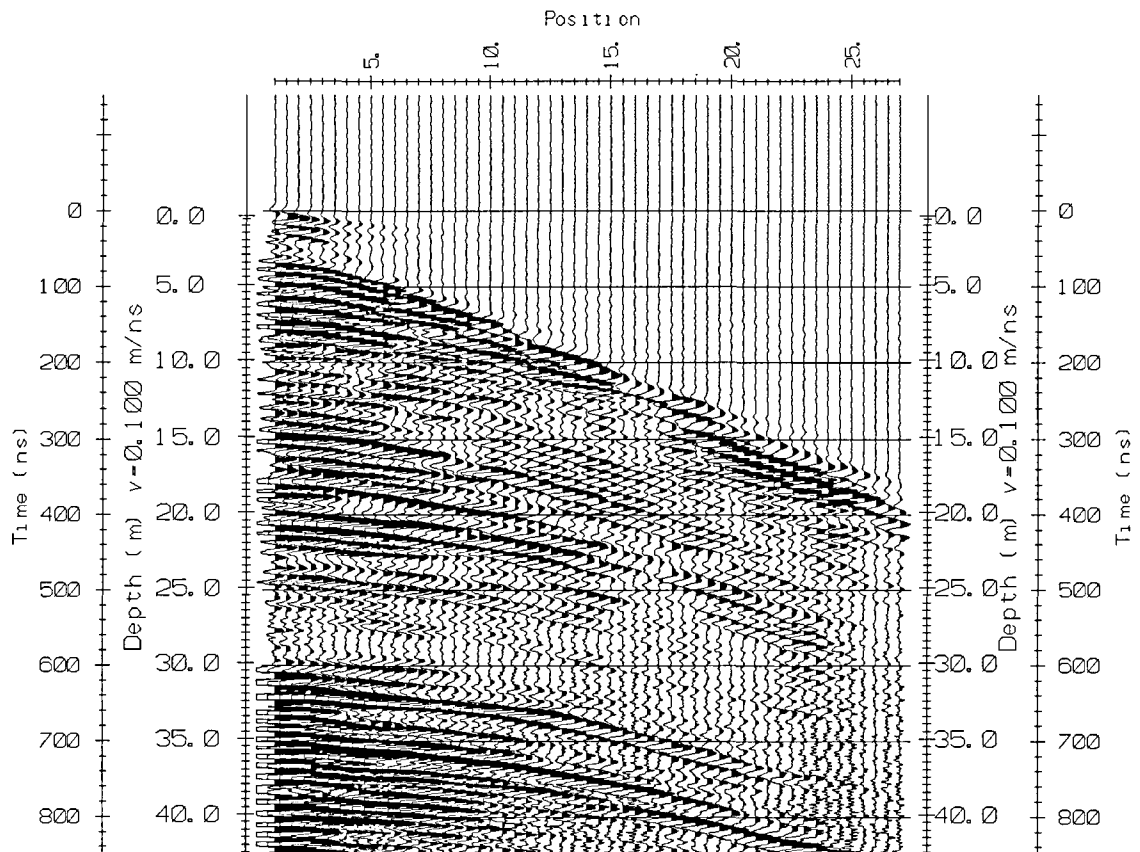


Hastighetsanalyse

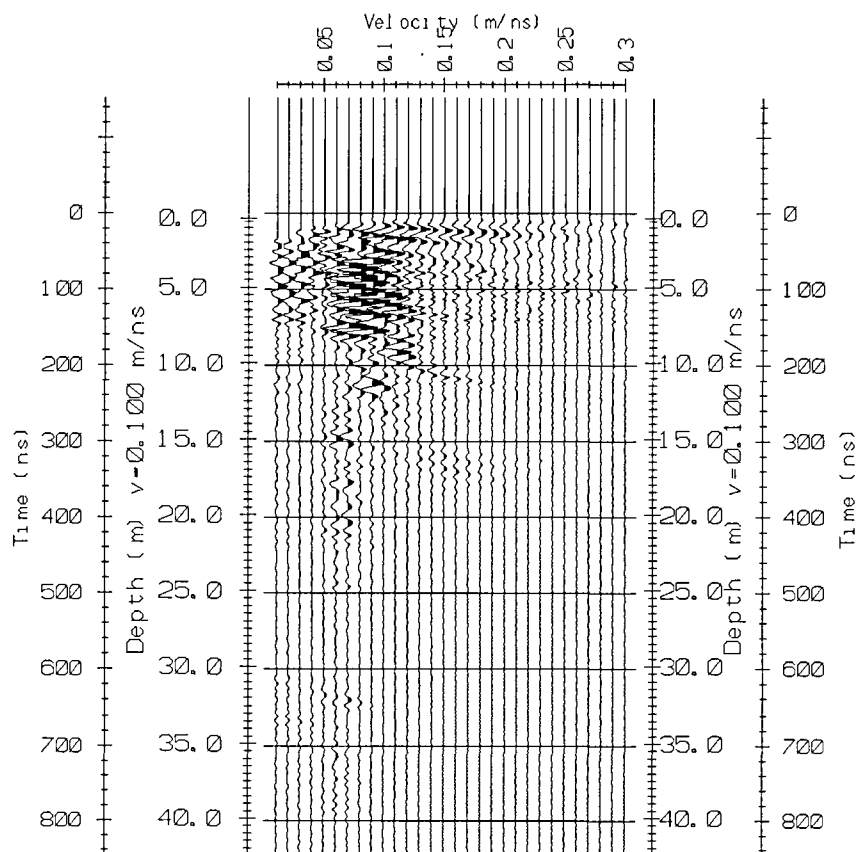


CMP4, posisjon 402 i profil 13

CMP råopptak

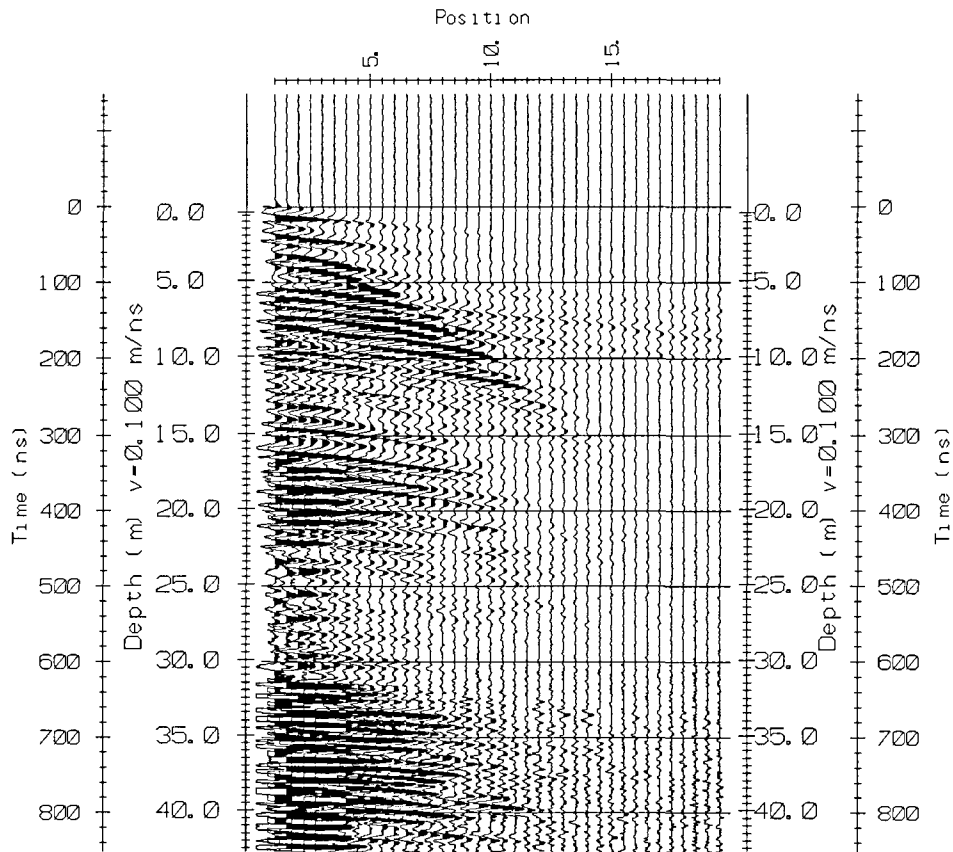


Hastighetsanalyse

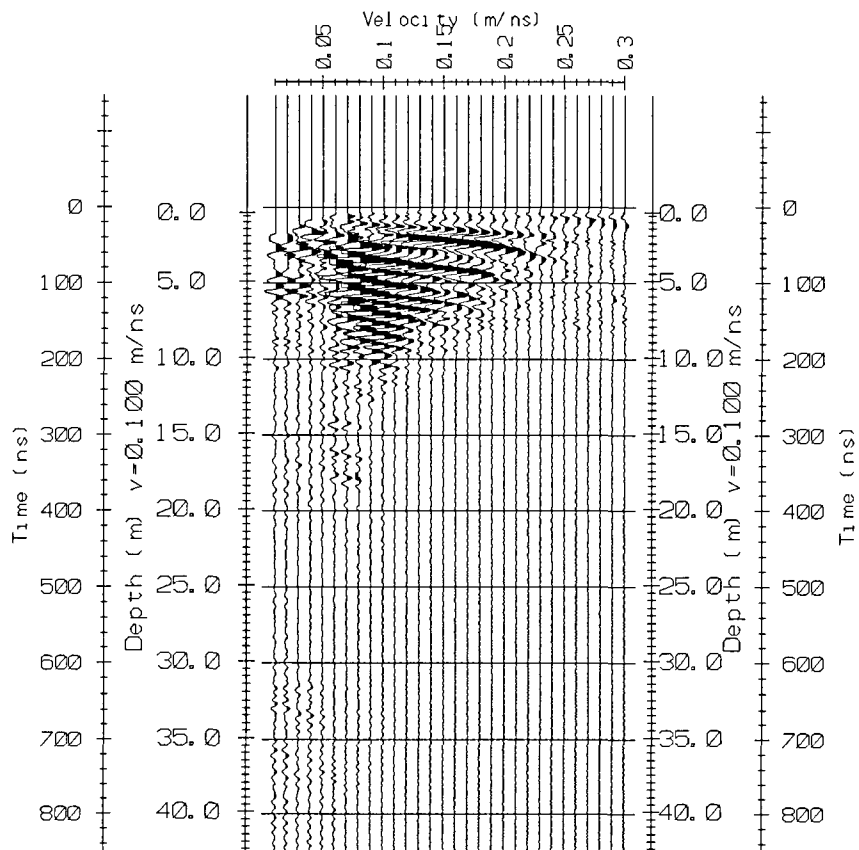


CMP5, posisjon 250 i profil 2

CMP råopptak

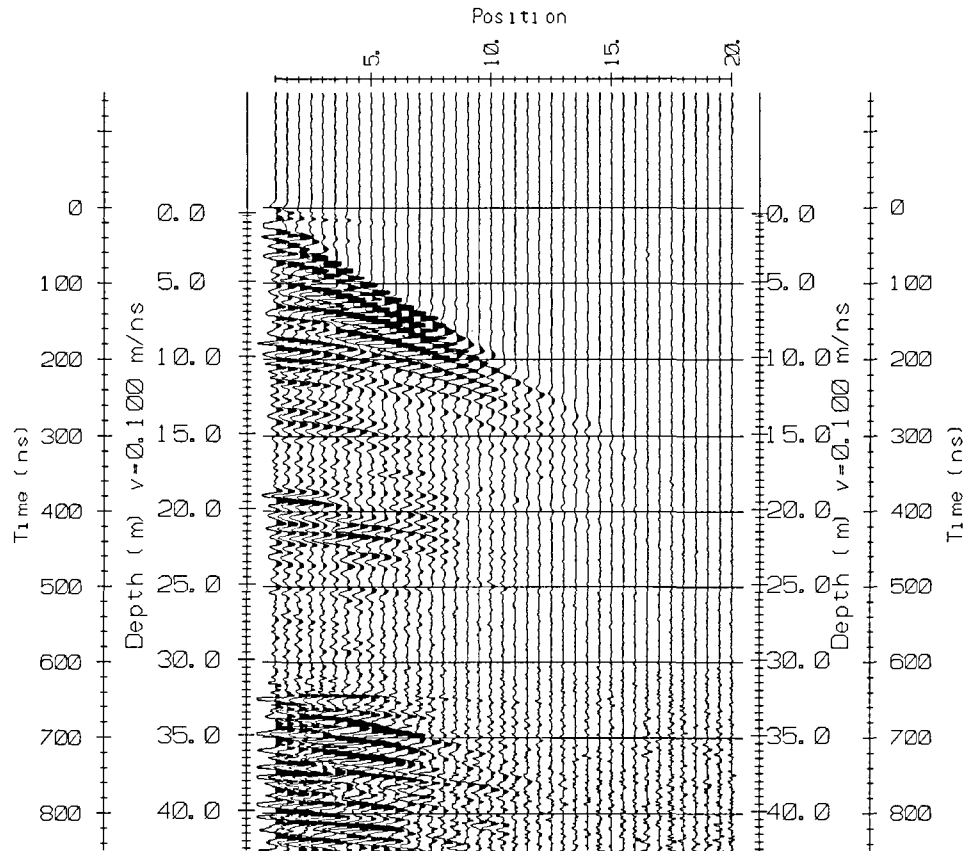


Hastighetsanalyse

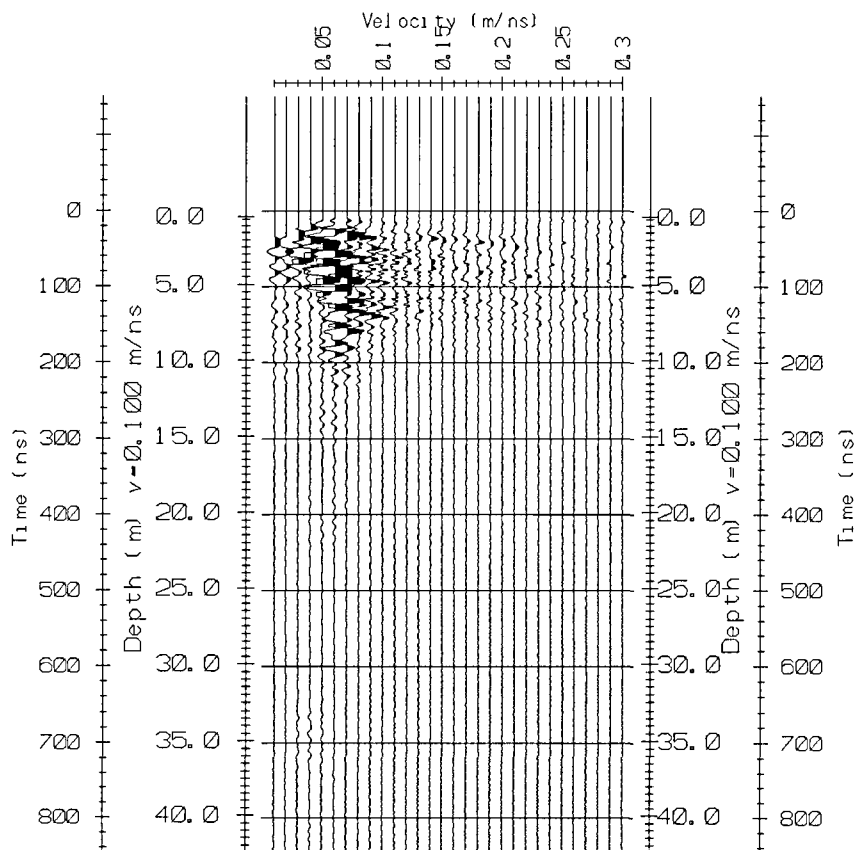


CMP6, posisjon 330 i profil 1

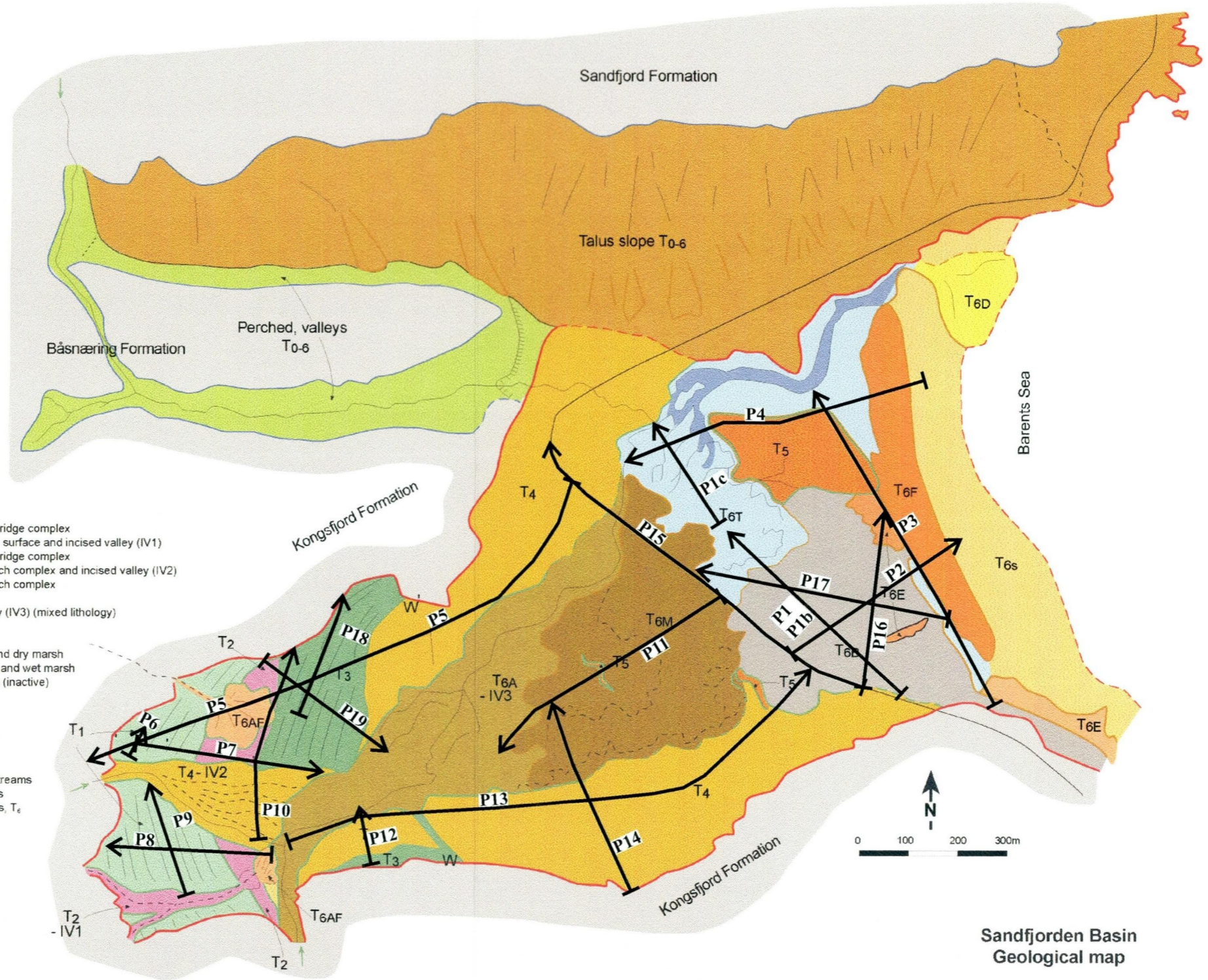
CMP råopptak



Hastighetsanalyse



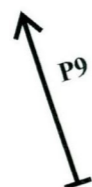
Location map



Legend:

- T₁: Conglomeratic beach-ridge complex
 - T₂: Transgressive erosion surface and incised valley (IV1)
 - T₃: Conglomeratic beach-ridge complex
 - T₄: Sandy eolian and beach complex and incised valley (IV2)
 - T₅: Sandy eolian and beach complex
 - T₆: Modern system
 - T_{6A}: Alluvial valley (IV3) (mixed lithology)
 - T_{6AF}: Alluvial fans
 - T_{6M}: Raised mire
 - T_{6B}: Backshore and dry marsh
 - T_{6T}: Tidal system and wet marsh
 - T_{6E}: Eolian dunes (inactive)
 - T_{6F}: Foreshore
 - T_{6S}: Shoreface
 - T_{6D}: Delta
- - - Basin margin
 - - - Active streams
 - - - Abandoned/inactive streams
 - - - Chrononit boundaries
 - - - Subsystem boundaries, T₆

FGO3259u/FH/OM/07.96



Georadarprofil. Pil angir retning for økende antall profilmeter.

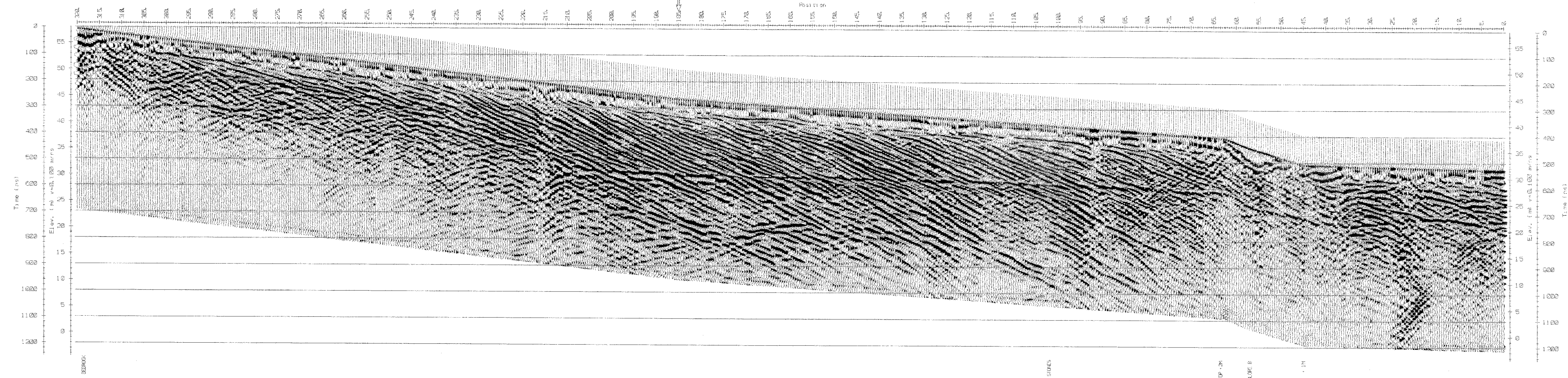
NORSK HYDRO/NGU
 OVERSIKTSKART
SANDFJORDEN
 BERLEVÅG KOMMUNE, FINNMARK

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
 TRONDHEIM

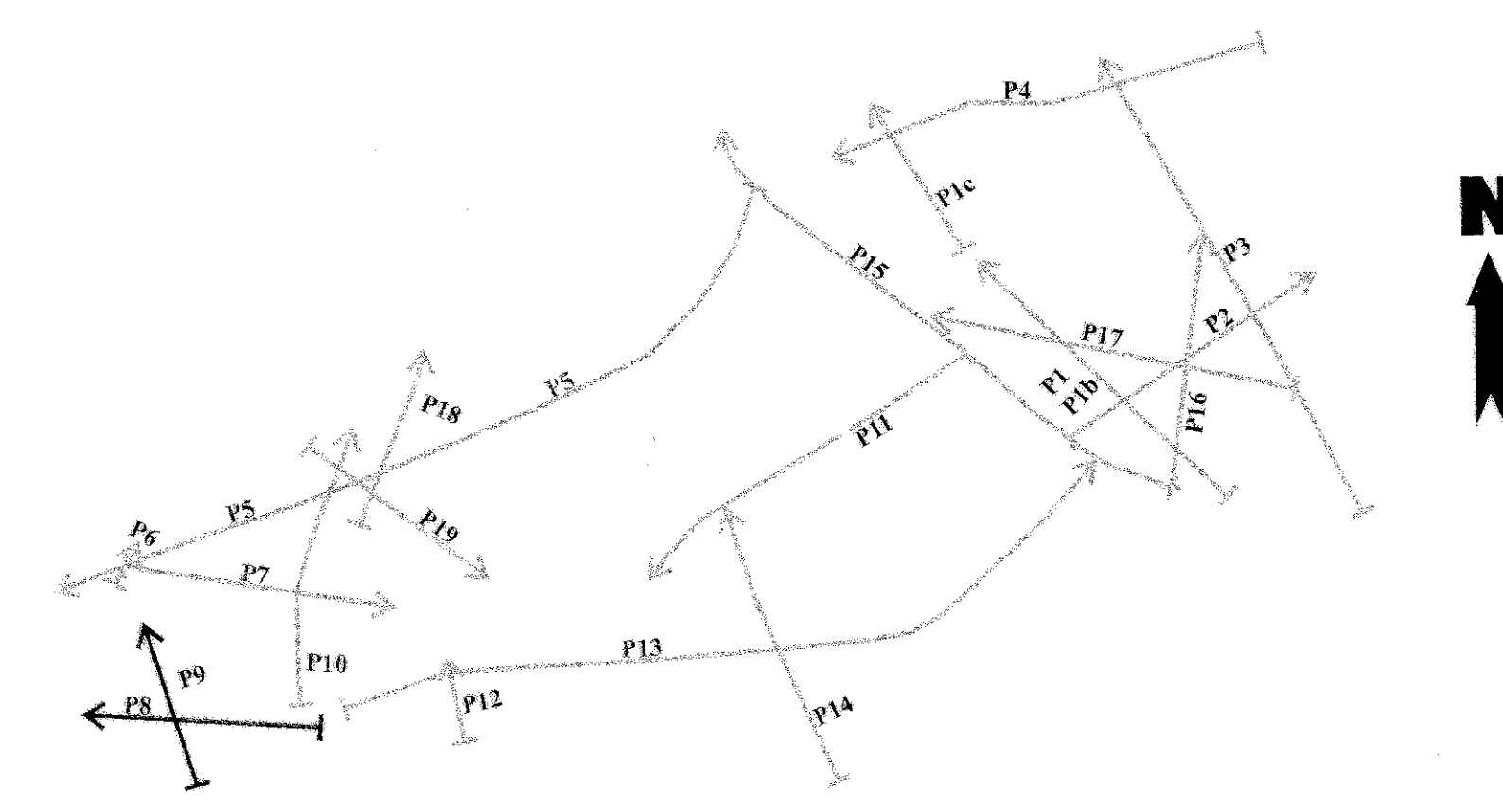
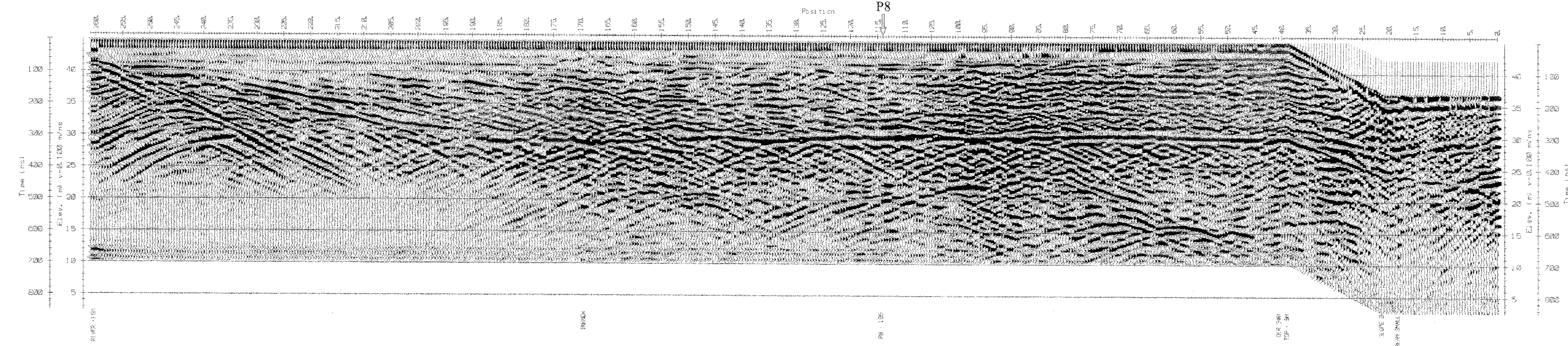
MÅLESTOKK 1:10 000	MÅLT JSR	Juni 1999
	TEGN EM	Sept. 1999
	TRAC	
	KFR	

TEGNING NR 99.098-01	KARTBLAD NR 2336 I
-------------------------	-----------------------

P8

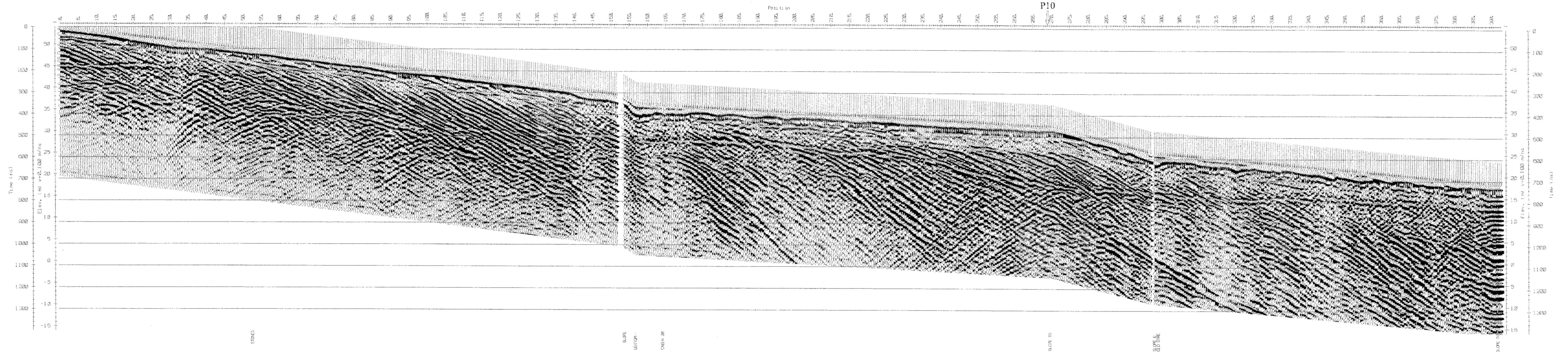


P9

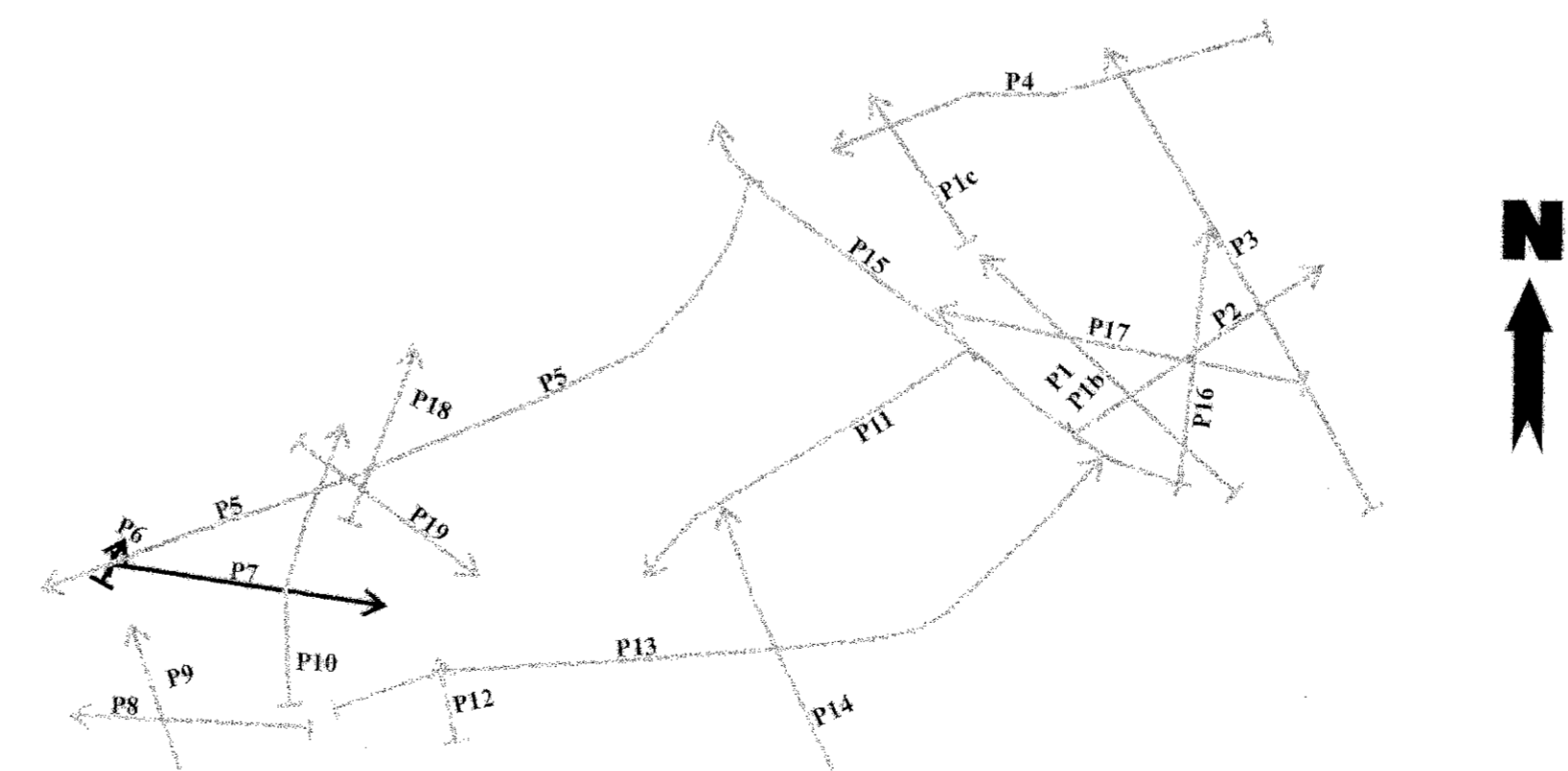
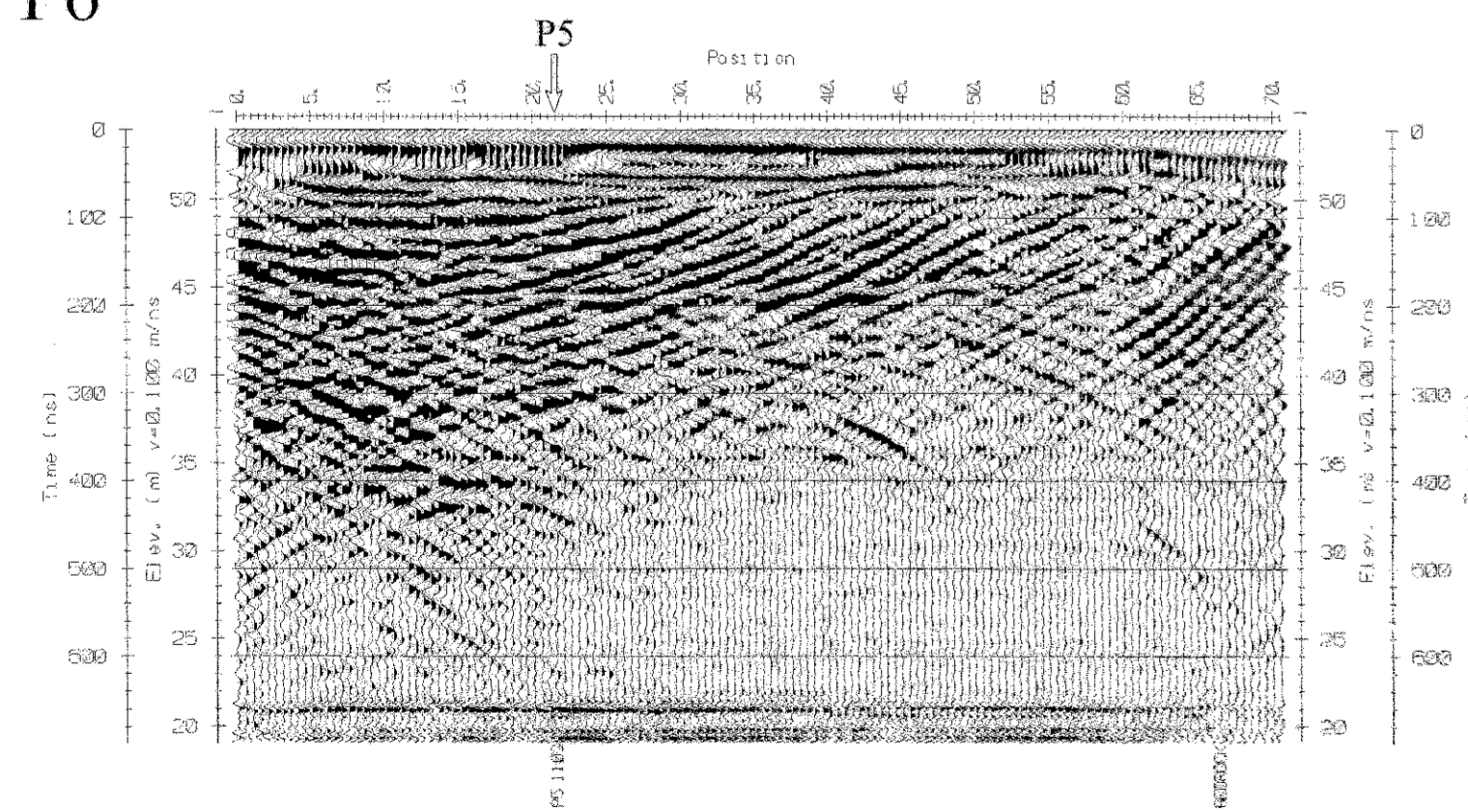


NORSK HYDRO/NGU GEORADAROPPTAK P8 & P9 SANDEFJORDEN BERLEVÅG KOMMUNE, FINNMARK	MÅLESTOKK	MÅLT JSR	Juni 1999
	1:10 000 (Profilkart)	TEGN EM	August 1999
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR	KARTBLAD NR	
	99.098-02	2336 1	

P7

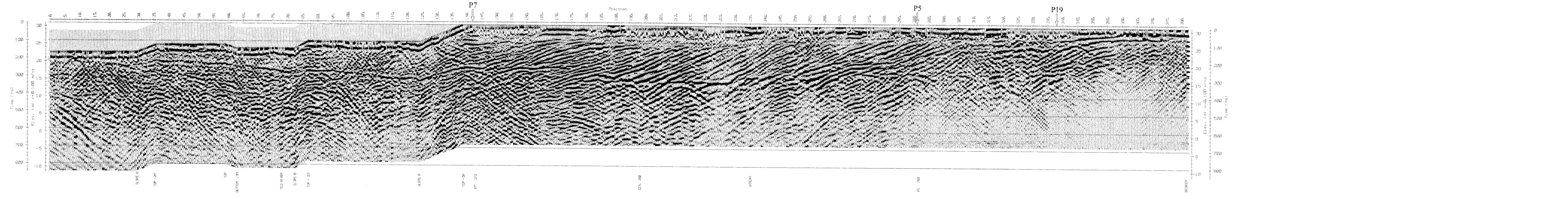


P6

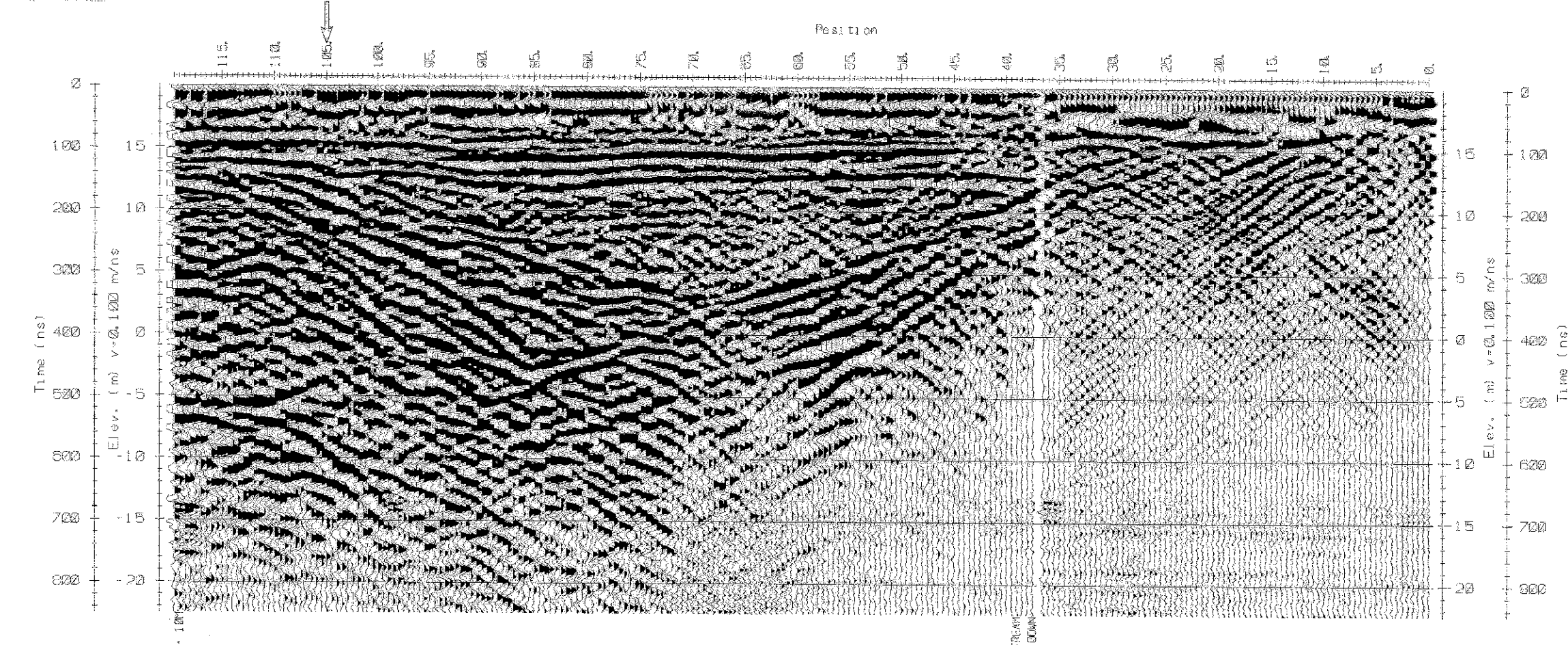


NORSK HYDRO/NGU GEORADAROPPTAK P6 & P7 SANDFJORDEN BERLEVÅG KOMMUNE, FINNMARK	MÅLESTOKK 1:10 000 (Profilkart)	MÅLT JSR TEGN EM TRAC KFR	Juni 1999 August 1999
	NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR 99.098-03	KARTBLAD NR 2336 I

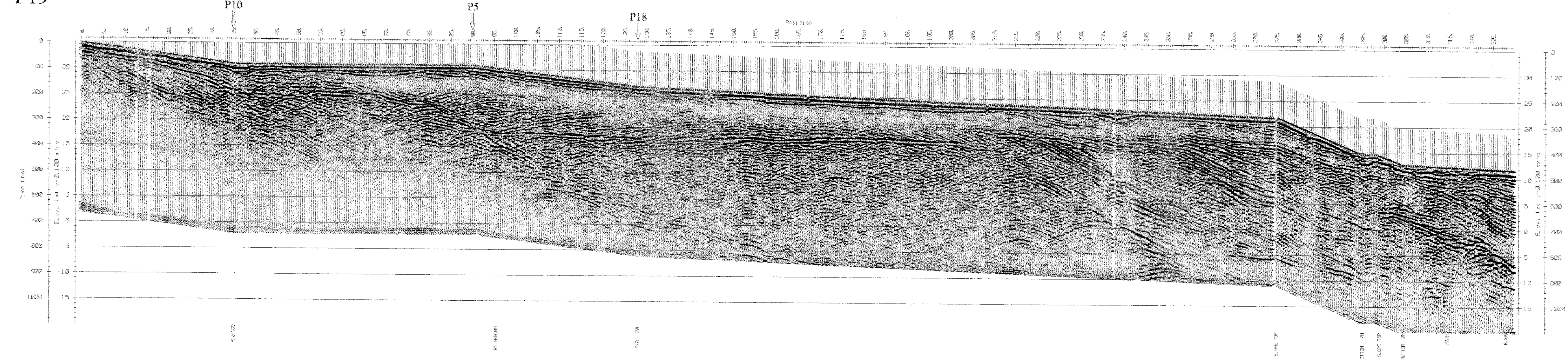
P10



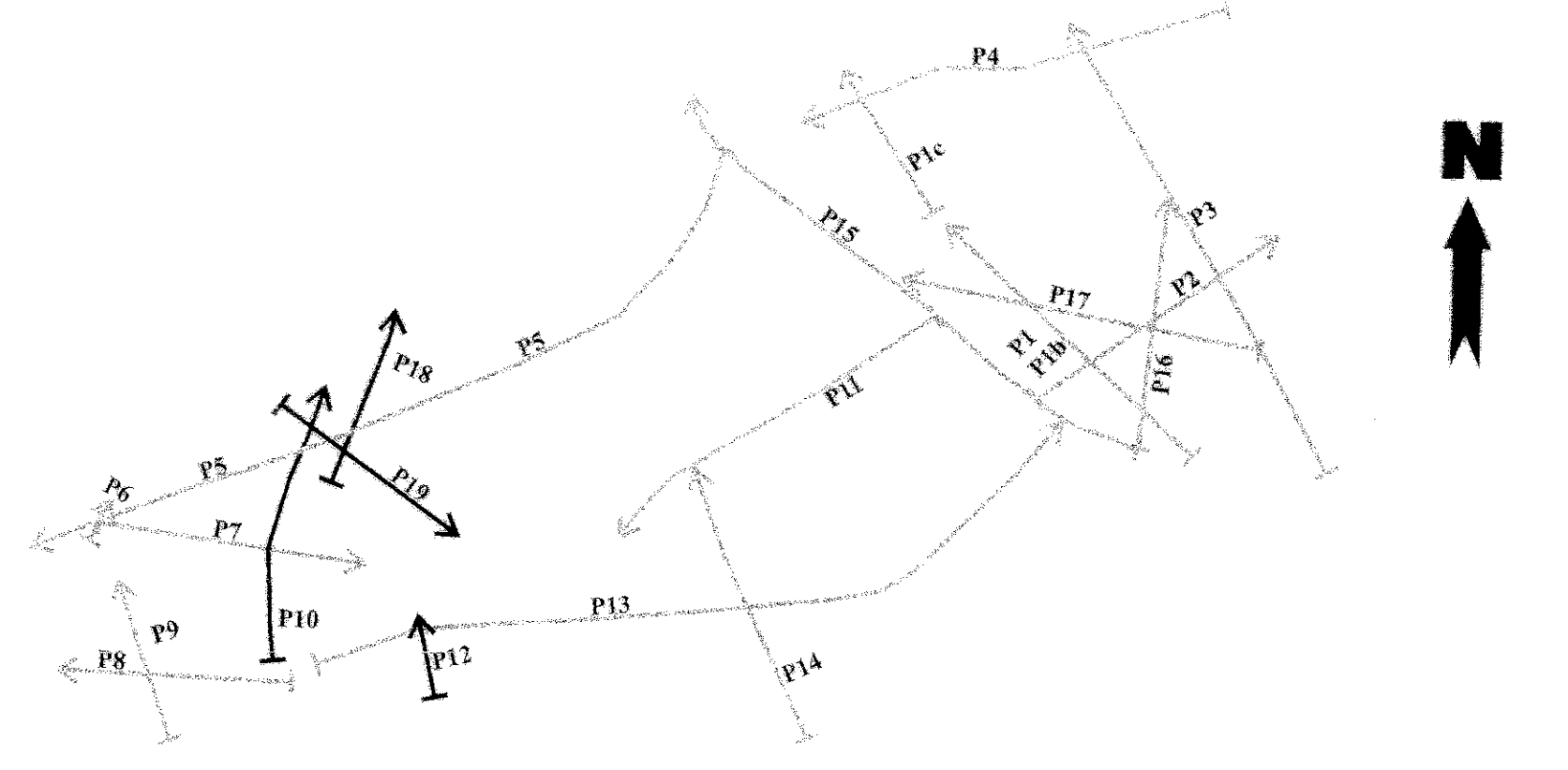
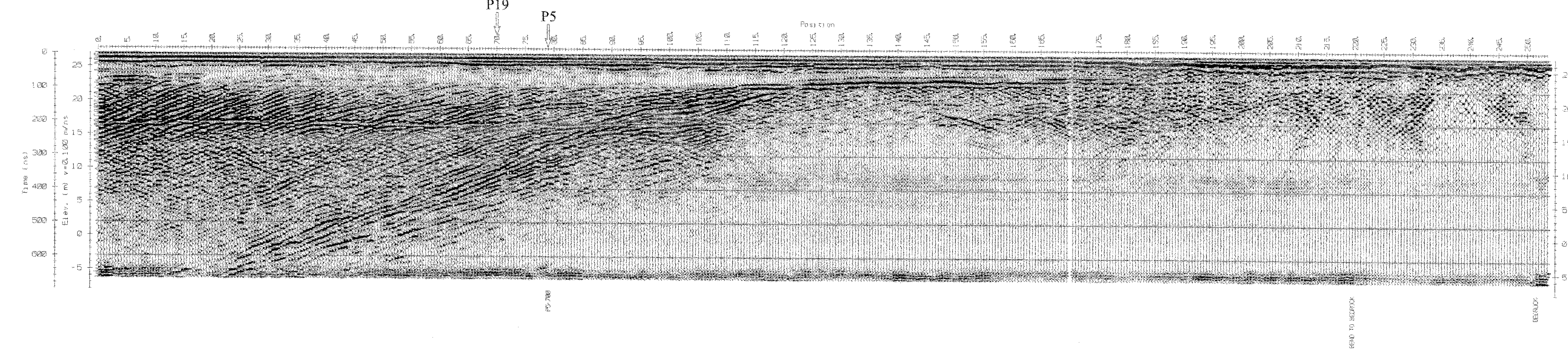
P12



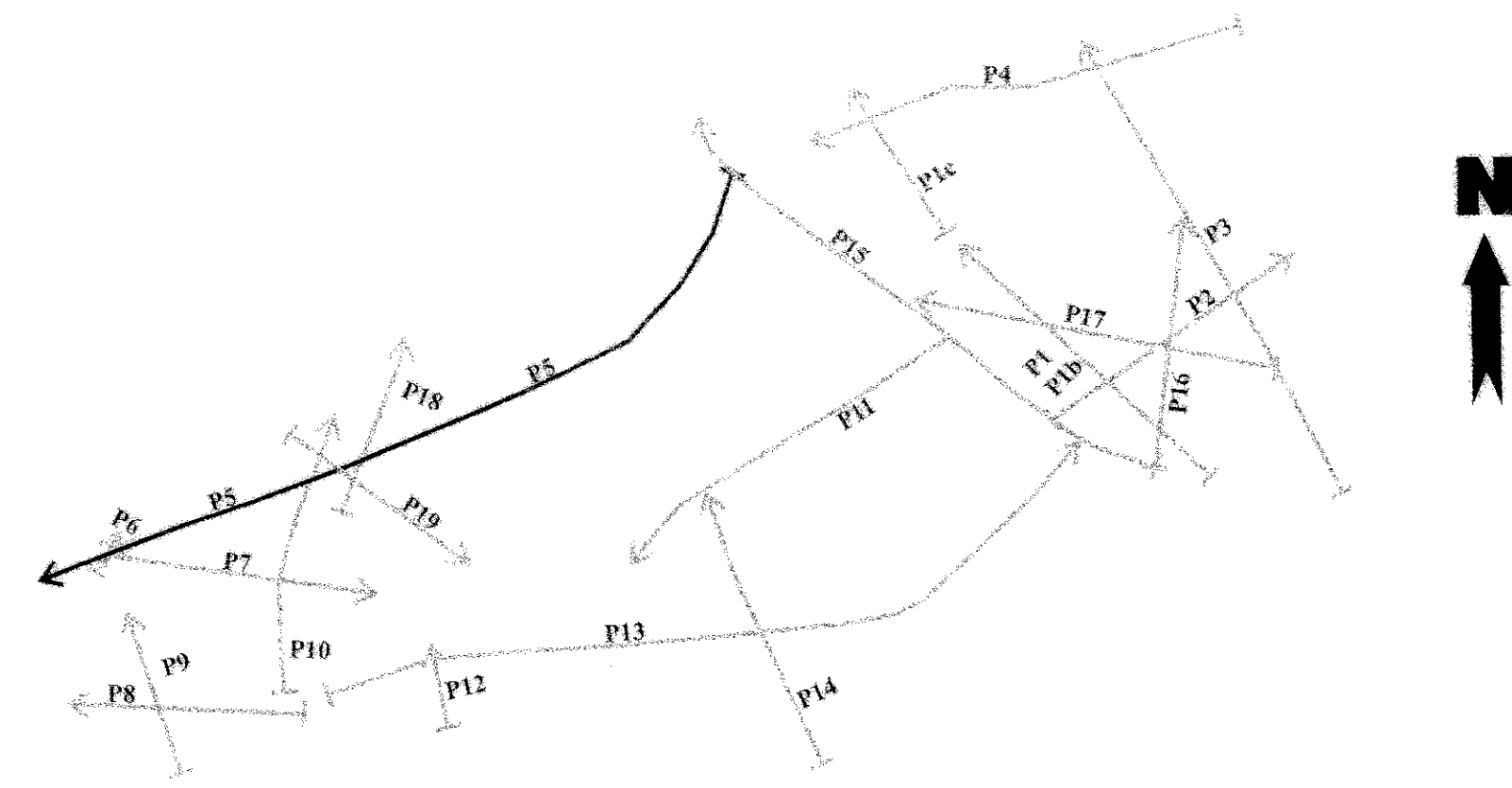
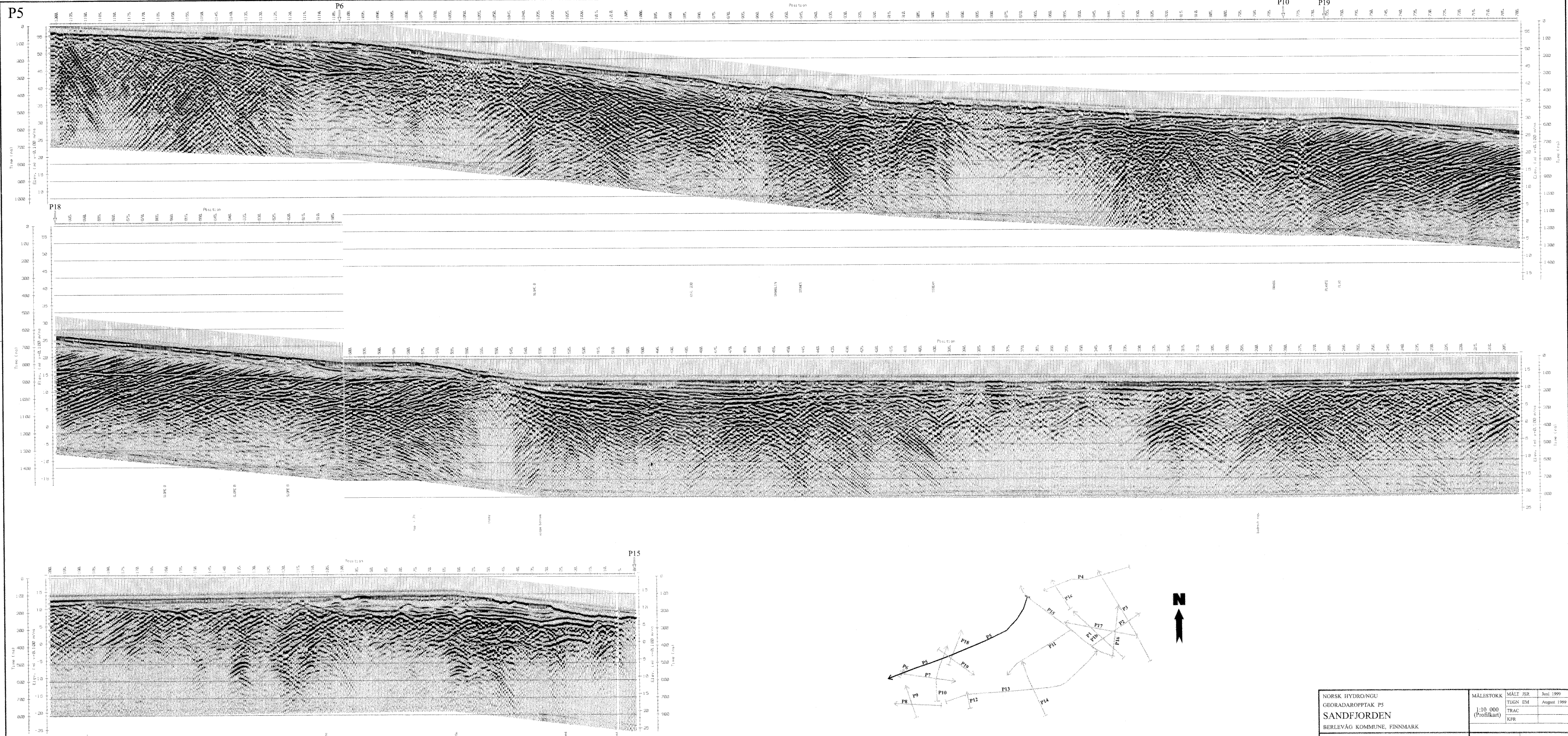
P19



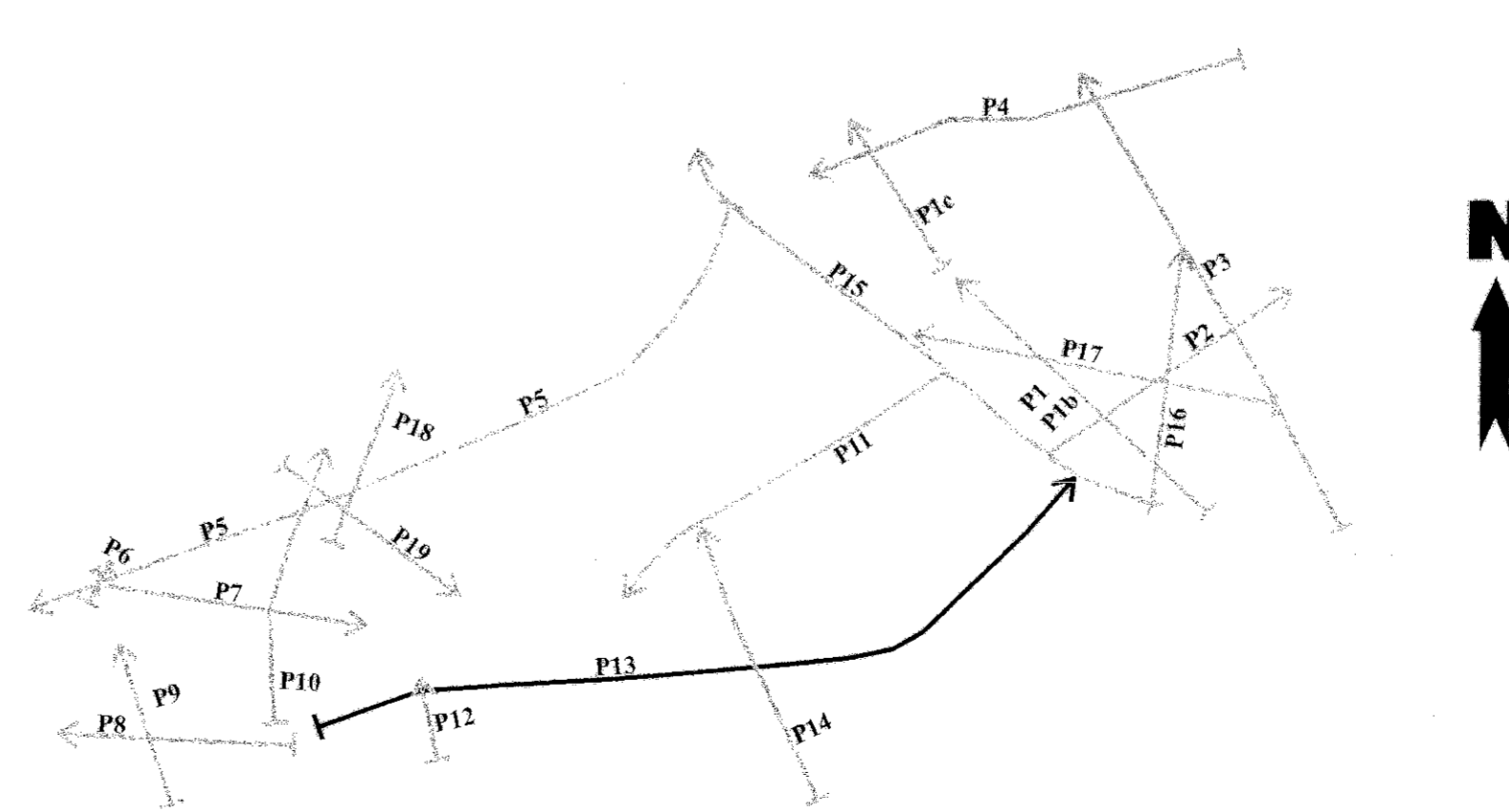
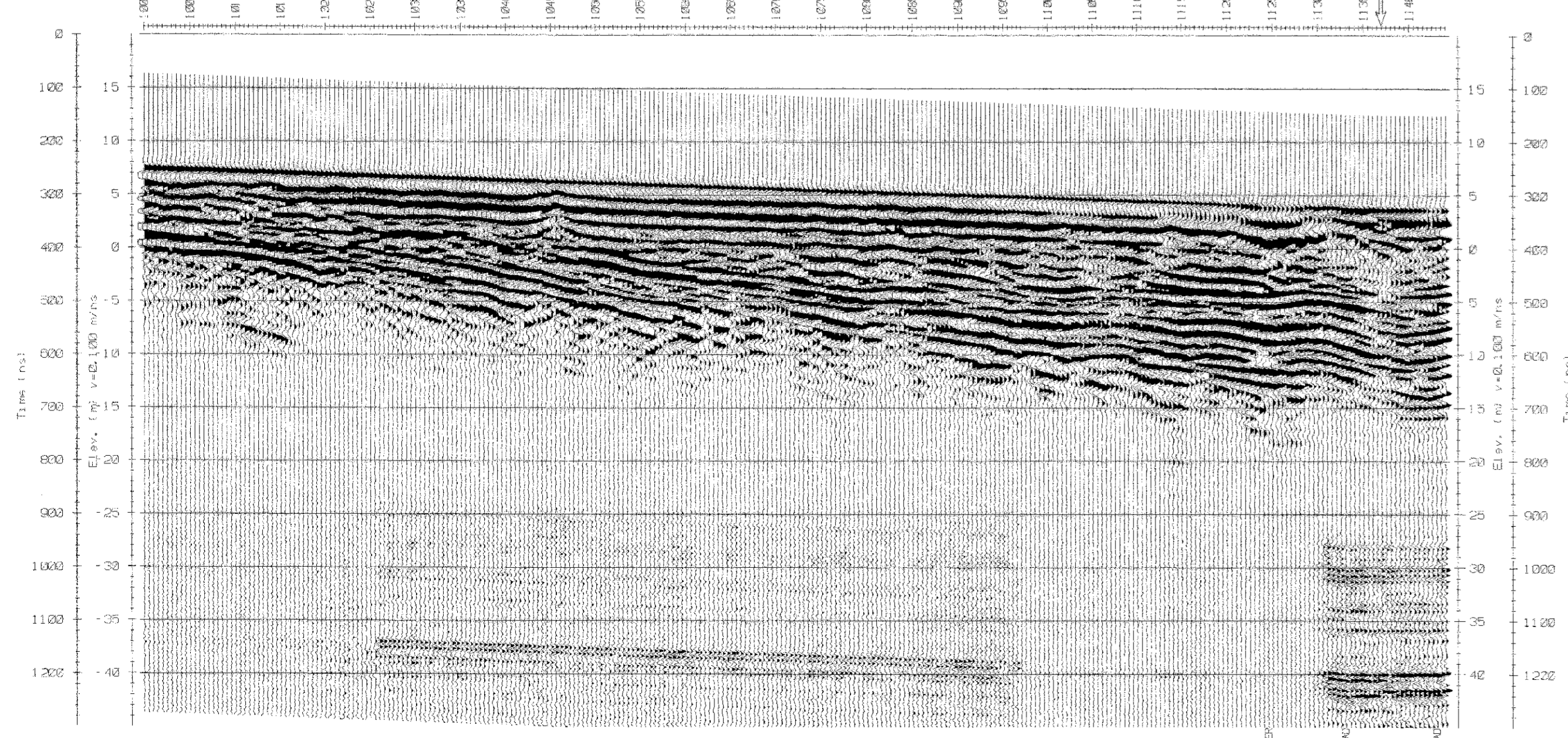
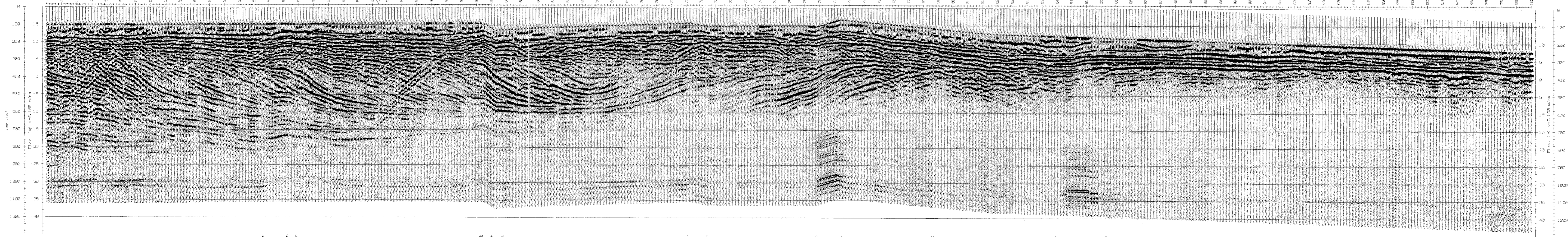
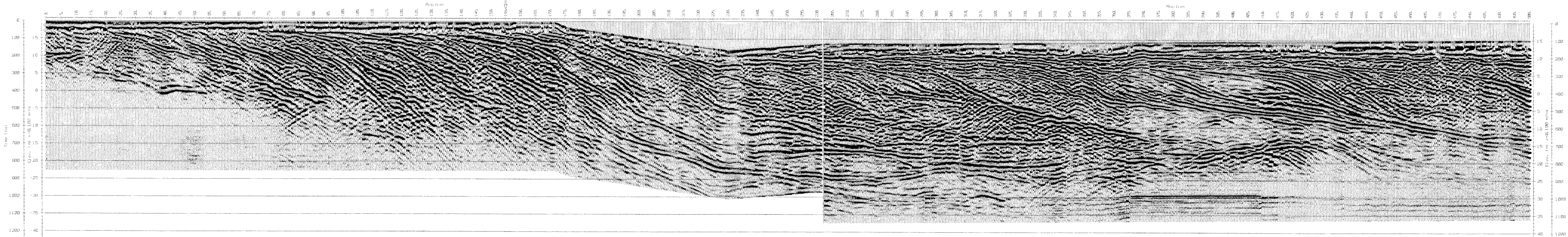
P18



NORSK HYDRO/NGU		MÅLESTOKK	MÅLT JSR	Julii 1999
GEORADAROPPTAK P10, P12, P18 & P19		1:10 000	TEGN EM	August 1999
SANDEFJORDEN		(Profilkart)	TRAC	
BERLEVÅG KOMMUNE, FINNMARK			KPR	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE		TEGNING NR	KARTBLAD NR	
TRONDHEIM		99.098-04	2336 I	

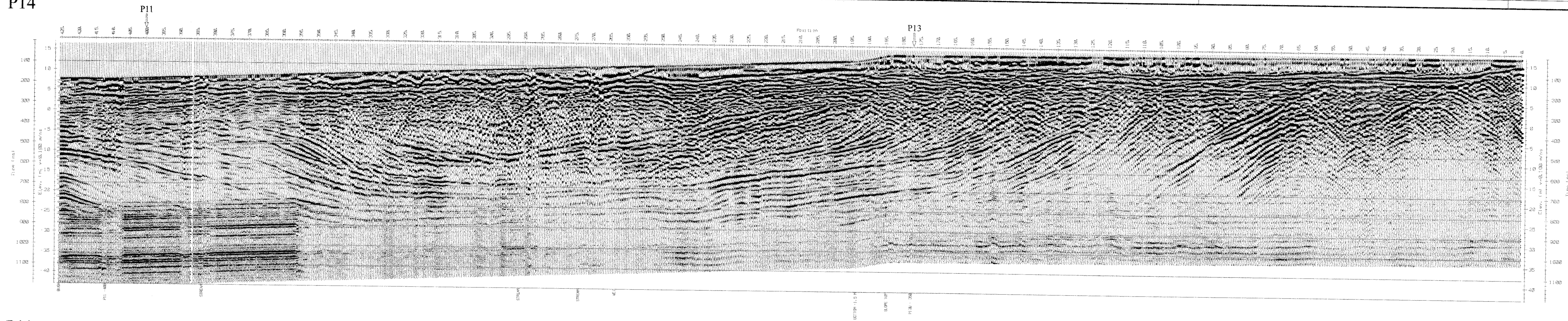


NORSK HYDRONGU GEORADAROPPTAK P5 SANDFJORDEN BERLEVÅG KOMMUNE, FINNMARK	MÅLESTOKK	MÅLT JSR	Junil 1999
	1:10 000 (Profilkart)	TEGN EM	August 1999
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR	KARTBLAD NR	
	99.098-05	2336 I	

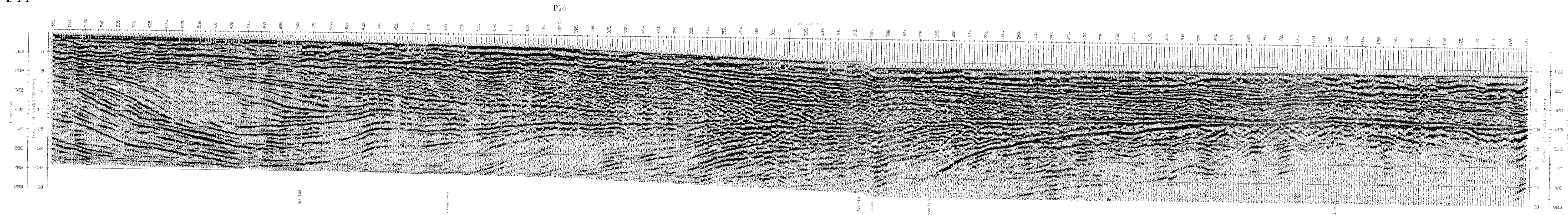


NORSK HYDRO/NGU GEORADAROPPTAK P13 SANDFJORDEN BERLEVÅG KOMMUNE, FINNMARK	MÅLESTOKK	MÅLT JSR	Jun 1999
	1:10 000 (Profikart)	TEGN EM	August 1999
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR 99,098-06	KARTBLAD NR 2336 I	

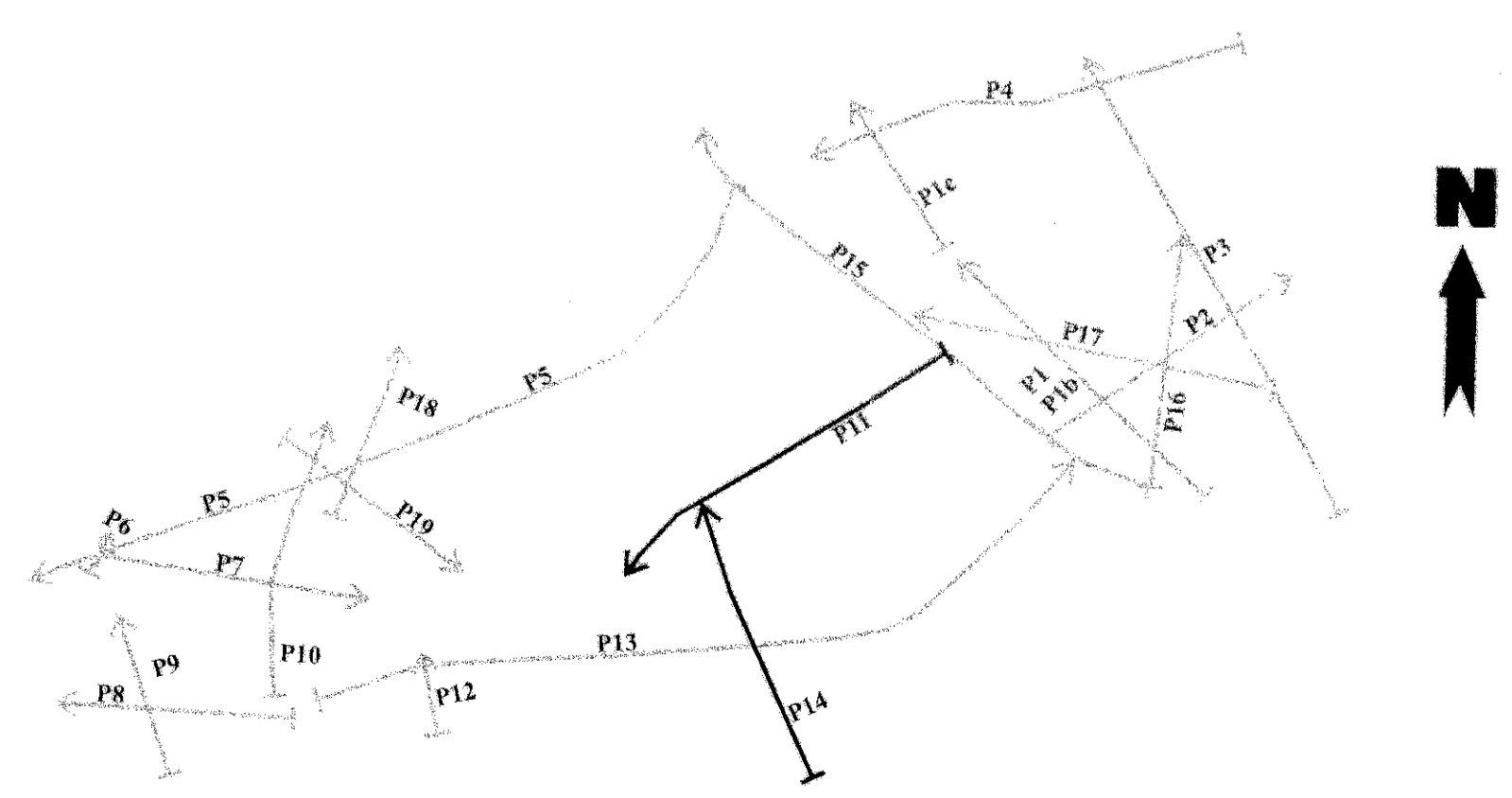
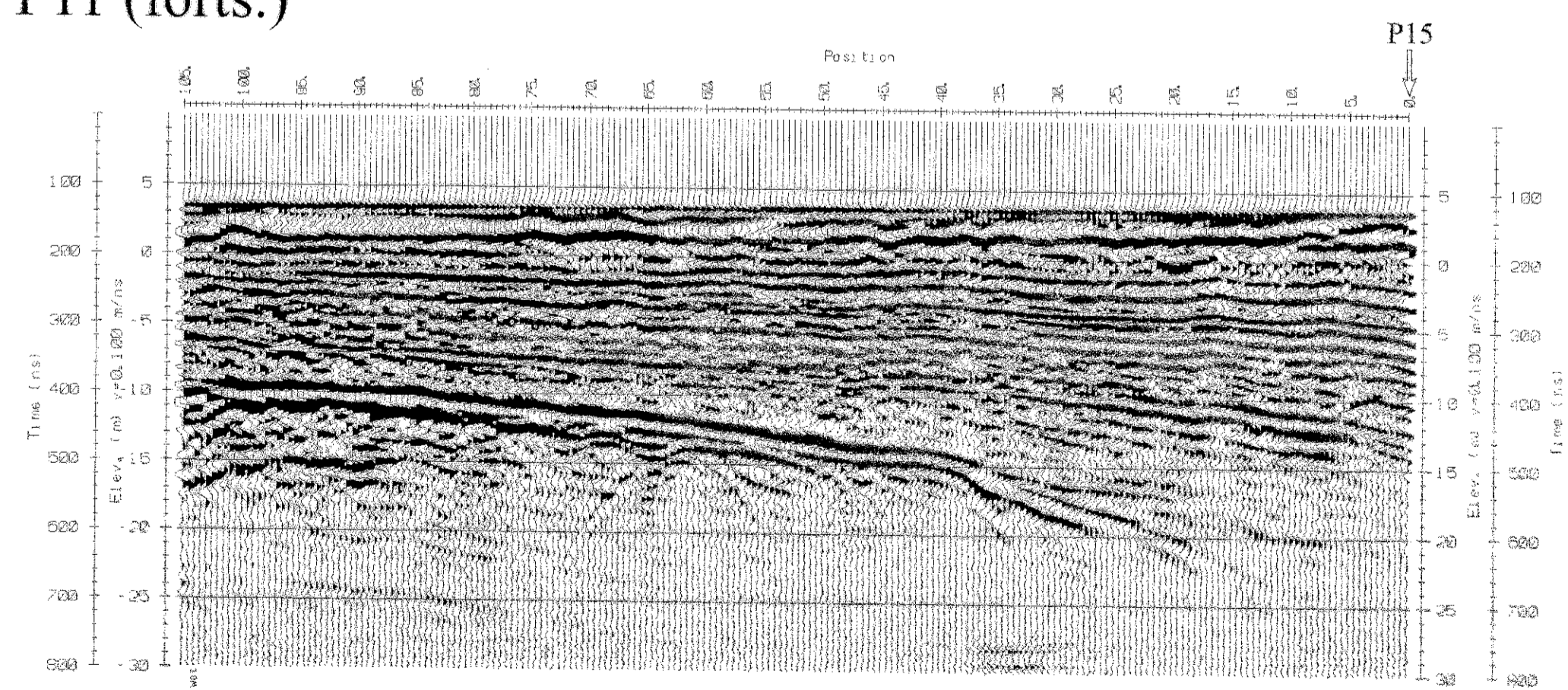
P14



P11

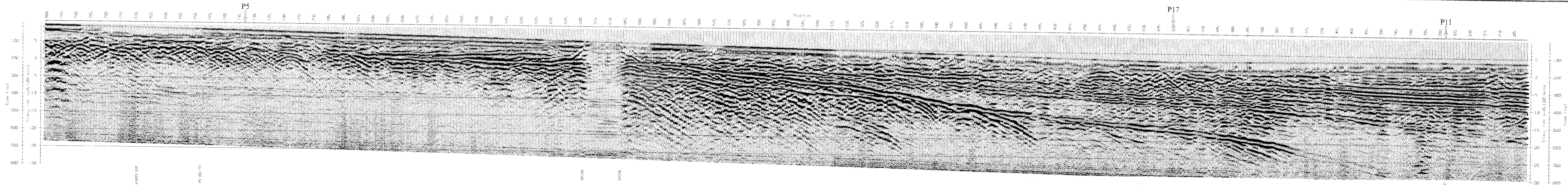


P11 (forts.)

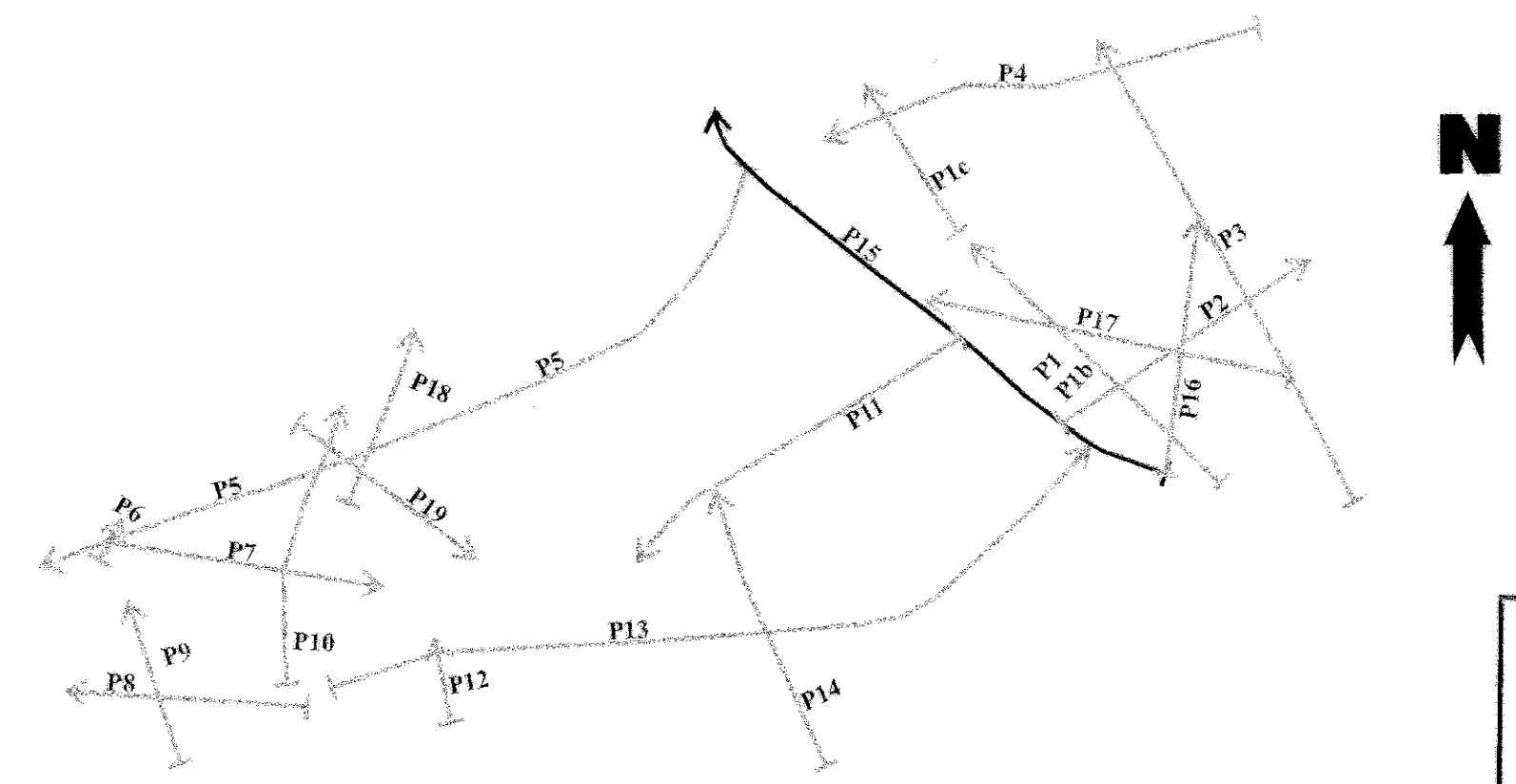
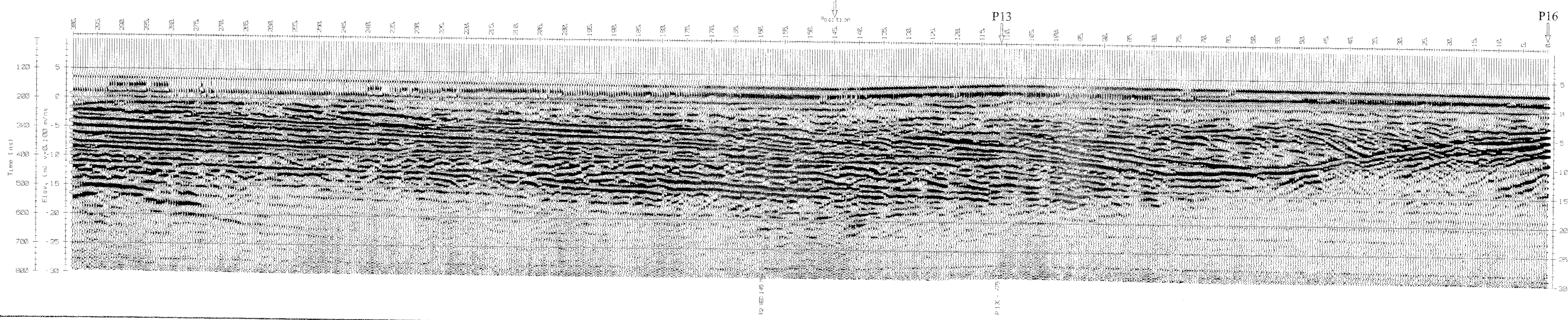


NORSK HYDRONGU		
GEODAROPPTAK P11 & P14		
SANDFJORDEN		
BERLEVÅG KOMMUNE, FINNMARK		
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE		
TRONDHEIM		
MÅLSTOKK	MÅLT JSR	Jun 1996
1:10 000	TEGN EM	August 1999
(Profilkart)	TRAC	
	KFR	
TEGNING NR	KARTBLAD NR	
99.09S-07	2336 I	

P15

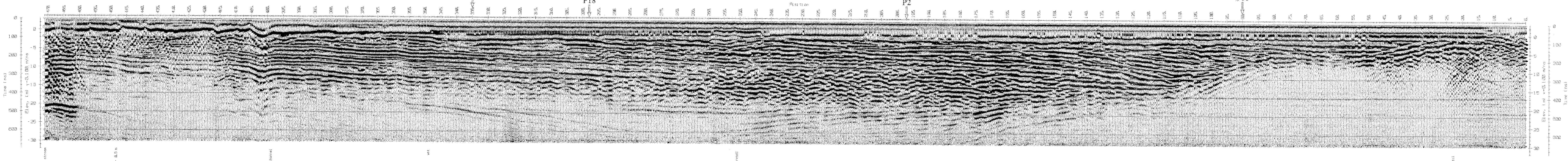


P15 (forts.)

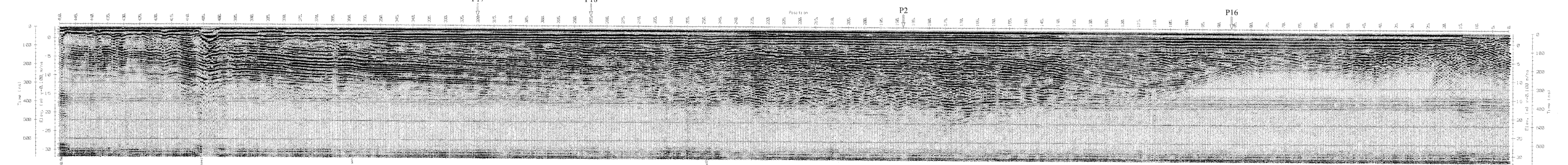


NORSK HYDRO/NGU GEORADAROPPTAK P15 SANDEFJORDEN BERLEVÅG KOMMUNE, FINNMARK	MÅLESTOKK	MÅLT JSR	Juni 1999
	1:10 000 (Profilkart)	TEGN EM	August 1999
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR	KARTBLAD NR	
	99.098-08	2336 I	

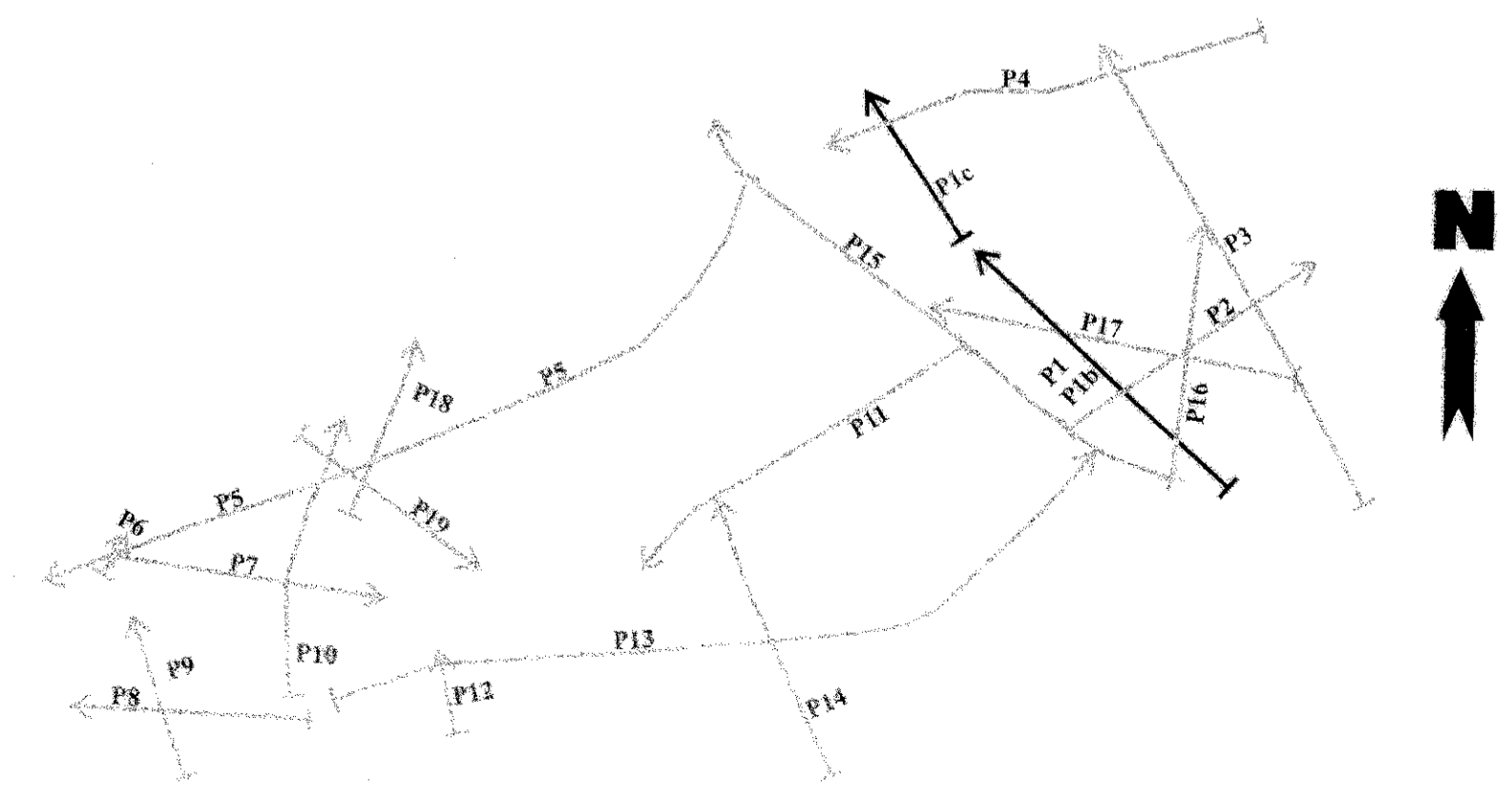
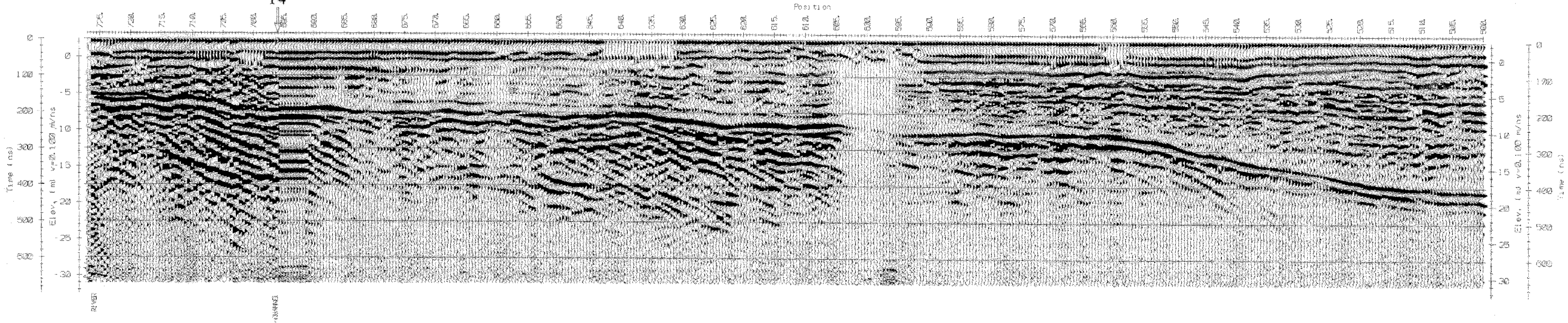
P1 (50 Mhz)



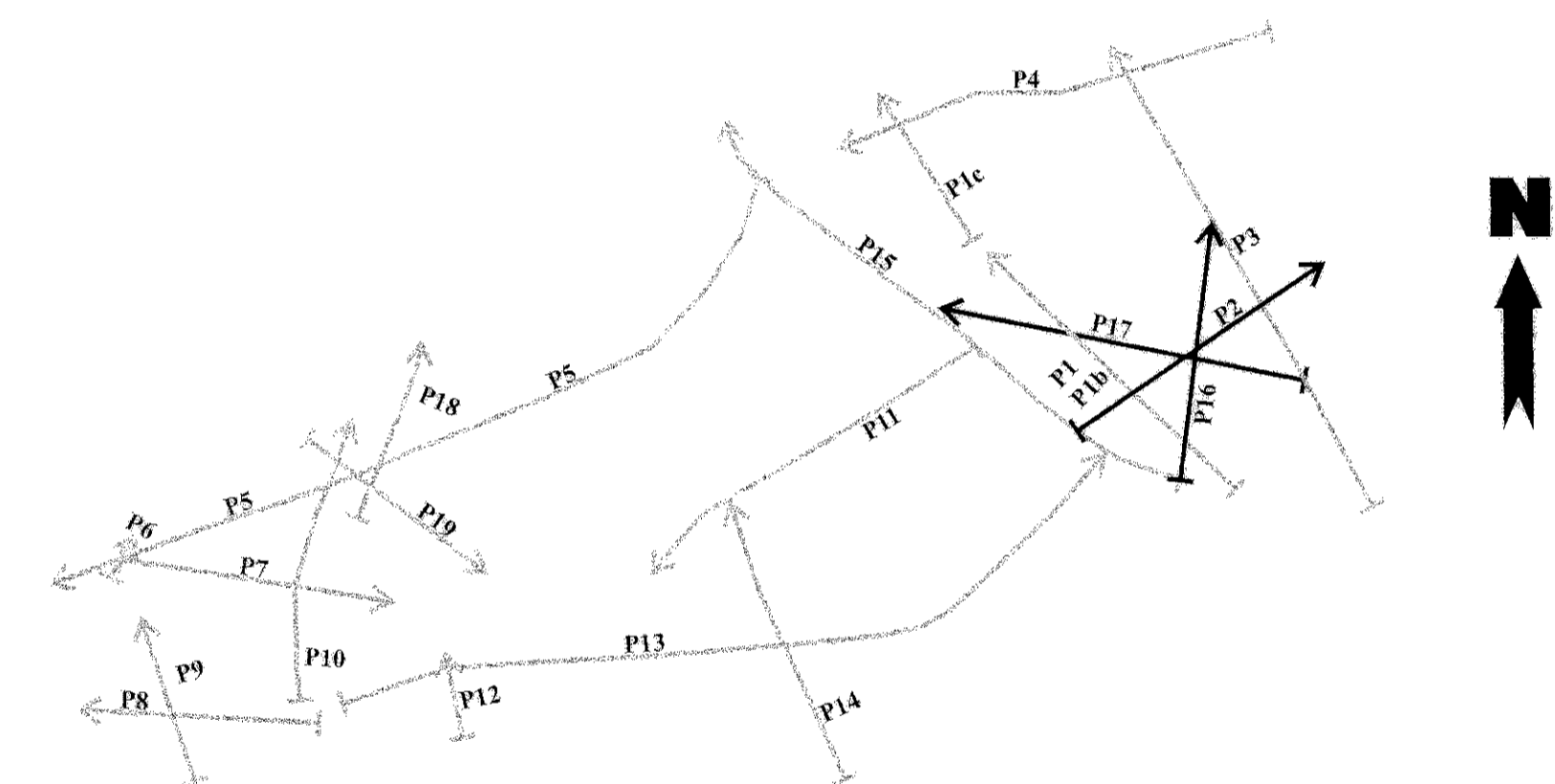
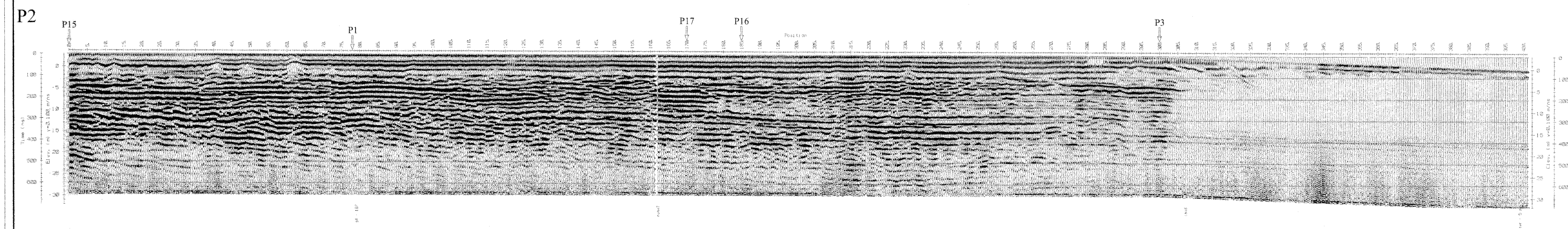
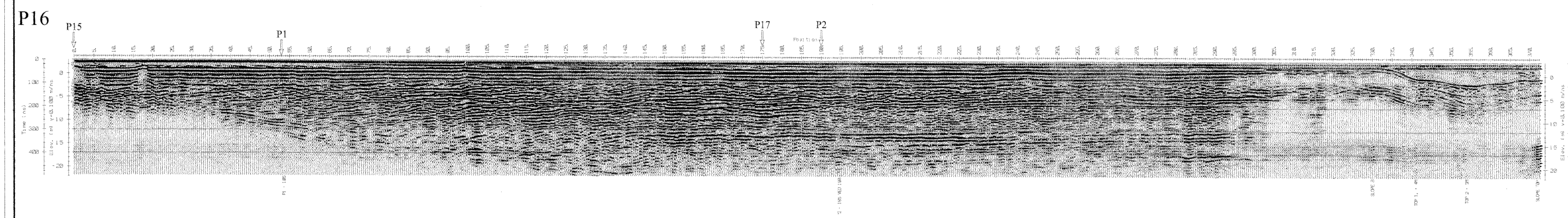
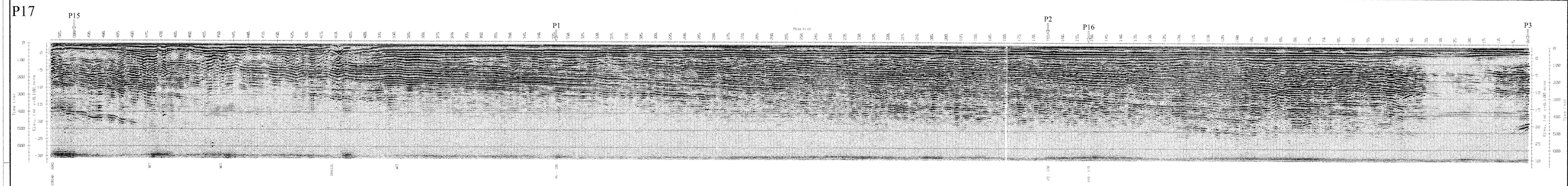
P1 (100 Mhz)



P1c (50 Mhz)

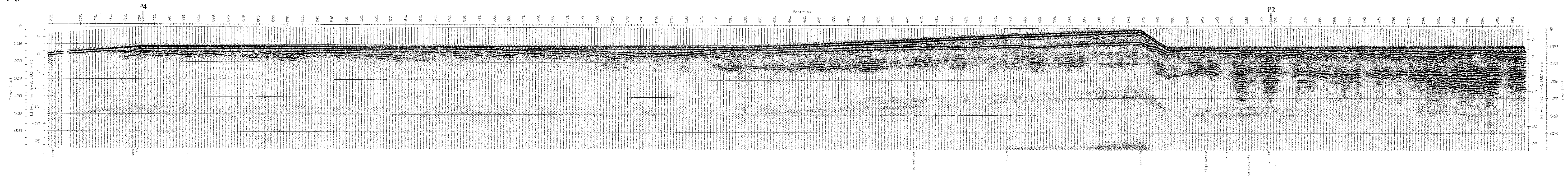


NORSK HYDRO/NGU GEORADAROPPTAK P1, P1b & P1c SANDEFJORDEN BERLEVÅG KOMMUNE, FINNMARK	MÅLESTOKK 1:10 000 (Profilkart)	MÅLT I SR TRAC KFR	Juni 1999 August 1999
	TEGNING NR 99.098-09	KARTBLAD NR 2336 I	

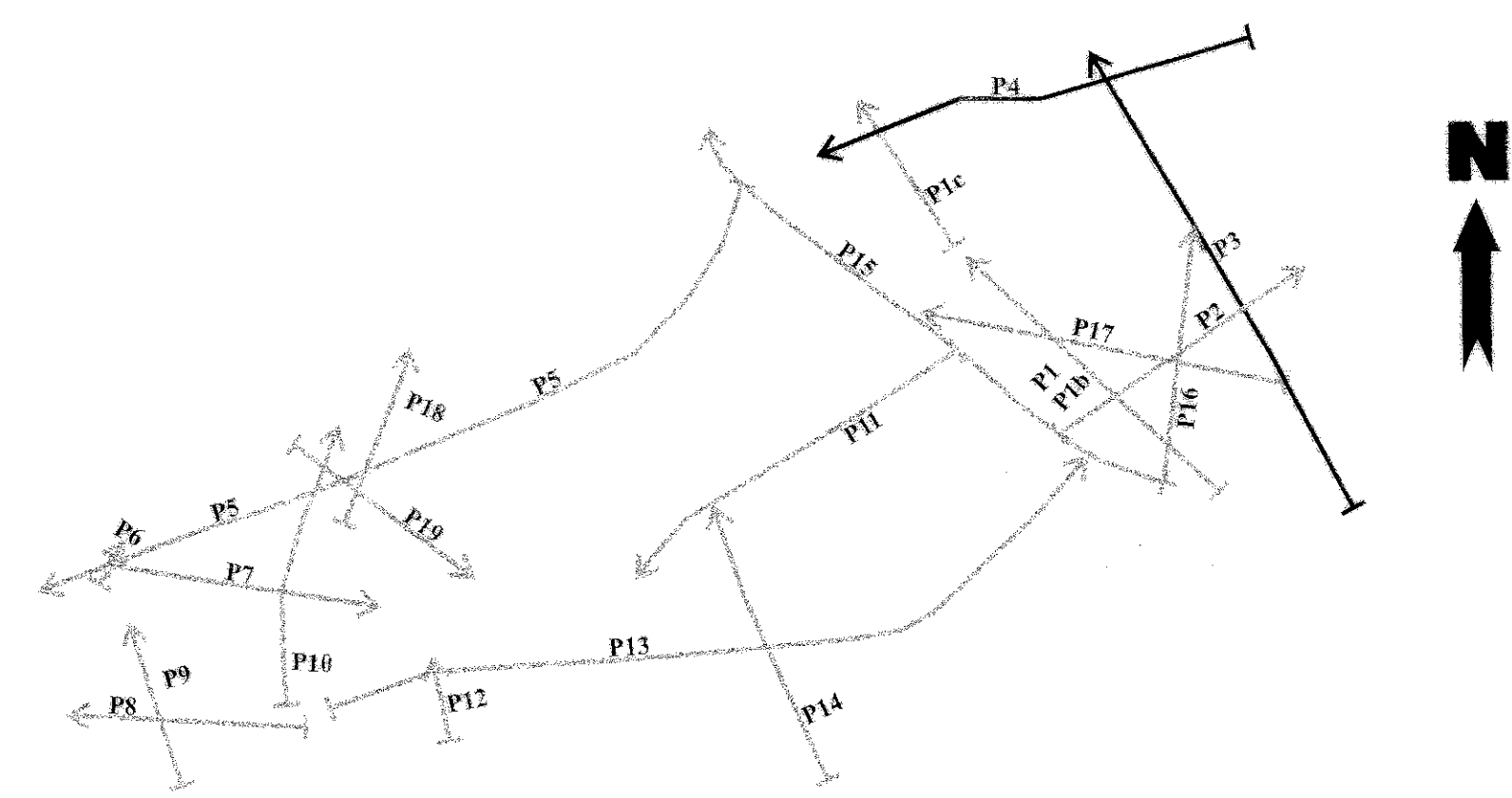
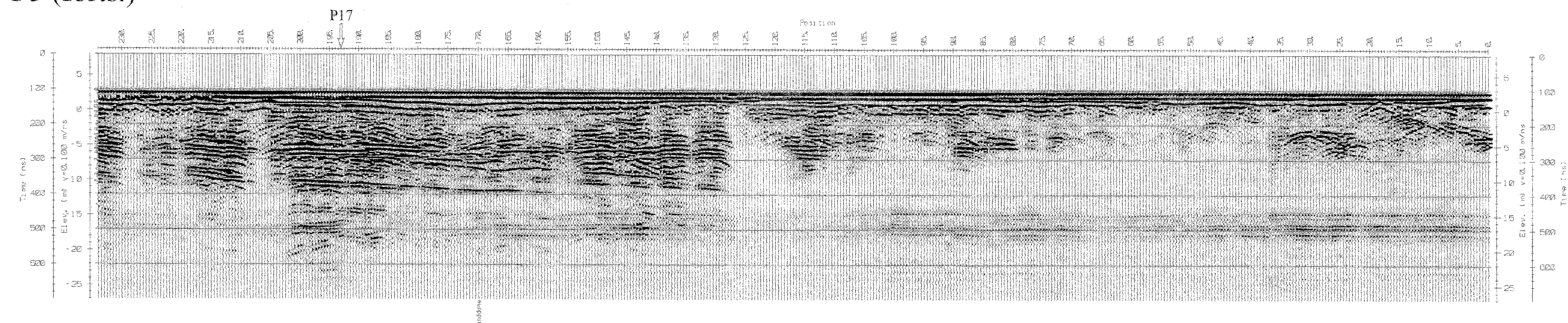


NORSK HYDRO/NGU GEORADAROPPTAK P2, P16 & P17 SANDEFJORDEN BERLEVÅG KOMMUNE, FINNMARK	MÅLSTOKK 1:10 000 (Profilkart)	MÅLT JSR Juni 1999
	NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEKNING NR 99.098-10

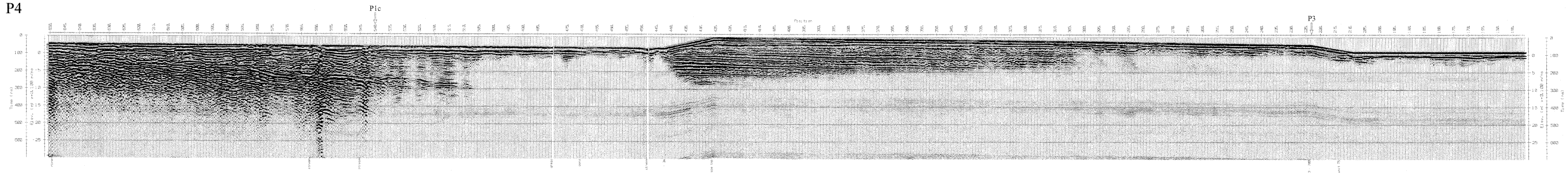
P3



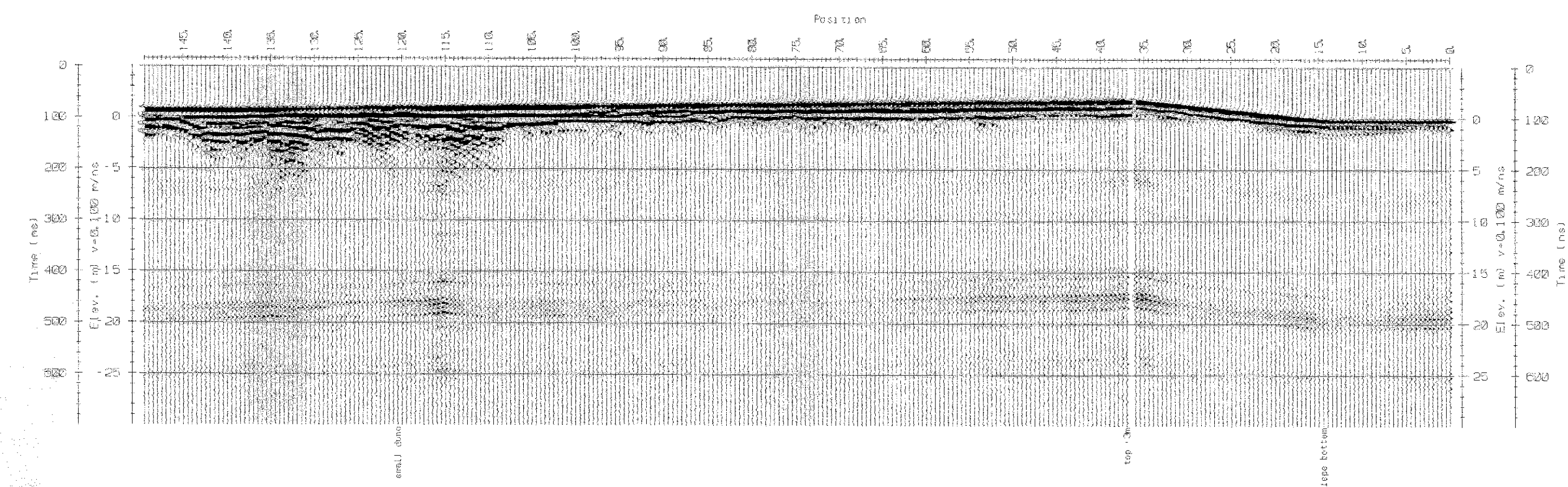
P3 (forts.)



P4



P4 (forts.)



NORSK HYDRONGU GEORADAROPPTAK P3 & P4 SANDFIJORDEN BERLEVÅG KOMMUNE, FINNMARK	MÅLESTOKK	MÅLT JSR	Jun 1999
	1:10 000 (Profilkart)	TEGN EM	August 1999
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR	KARTBLAD NR	
	99.098-11	2336 1	