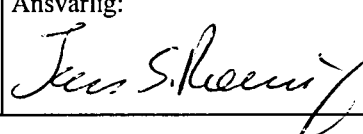


NGU Rapport 98.048

Georadarmålinger i forbindelse med undersøkelser av skredavsetninger ved Fivelstad, Leirdalen, Lærdal, Anestølsdalen og Sel.

Rapport nr.: 98.048		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen	
Tittel: Georadarmålinger i forbindelse med undersøkelser av skredavsetninger ved Fivelstad, Leirdalen, Lærdal, Anestølsdalen og Sel.				
Forfatter: Eirik Mauring, Lars Harald Blikra, Janusz Koziel og Torleif Lauritsen		Oppdragsgiver: NGU		
Fylke: Sogn og Fjordane, Oppland, Møre og Romsdal		Kommune: Lom, Lærdal, Stranda, Sogndal, Sel		
Kartblad (M=1:250.000) Ålesund, Årdal, Lillehammer		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1219 II Geiranger, 1518 II Visdalen, 1718 III Skåbu, 1317 I Fjærland, 1517 III Borgund		
Forekomstens navn og koordinater: Se sammendraget		Sidetall: 20	Pris: 375,-	
Feltarbeid utført: Aug. -96, Sept. -97		Rapportdato: 1/12-1998	Prosjektnr.: 2777.00	Ansvarlig: 
Sammendrag: Georadarmålinger er utført ved 7 lokaliteter i Møre og Romsdal, Sogn og Fjordane og Oppland. Hensikten med målingene var å kartlegge strukturer og avsetningstyper i forbindelse med rasavsetninger. Opptakene fra <u>Fivelstad</u> gir lite informasjon om avsetningstyper og forløp av rasavsetninger mot dypet. Ved <u>Leirdalen</u> viser 200 MHz-opptakene stedvis markerte grenser for raslobenes utbredelse. 50 MHz-opptakene indikerer overflaten av fjell på 6-12 m dyp. I <u>Gråura</u> ved Sel viser georadaropptakene tydelig skrå reflektorer i urmassene. Dette representerer skrålag i urmassene som påvist i grustak. Nedre grense for uravsetningene kan sees på opptakene. Maksimum mektighet av urmassene er i størrelsesorden 15-20 m. Ved <u>Skårheim</u> indikerer opptakene skredavsetninger på inntil 5 m mektighet. 200 MHz-opptakene viser stedvis reflektorer som trolig skiller flere faser med rasavsetninger. Opptakene fra <u>Øyestølen</u> viser vifteavsetninger, stedvis i bassenger på antatt 10 m mektighet. Raslober som overlager hverandre og lapper på eldre rasavsetninger kan stedvis sees på opptakene. Opptakene fra <u>Selseng</u> indikerer elveavsetninger (vifteavsetninger) ned til 3-6 m dyp. Stedvis ligger disse over innsjø- eller bresjøsedimenter som er karakterisert ved et parallelt refleksjonsmønster. Opptakene fra <u>Anestølen</u> indikerer snøskredavsetninger i mektigheter på opptil 5 m. Georadardata kan være et viktig supplement til gravinger og kartlegging for å få en best mulig forståelse av skredavsetninger og for en bedre frekvensanalyse av skredhendelser. Forekomstens navn og koordinater (Sone 32V, datum WGS84): Fivelstad 382700 6887600, Leirdalen 458000 6828000, Skårheim 440300 6771650, Øyestølen 388650 6771600, Selseng 389100 6803300, Anestølen 388200 6805000, Gråura 529300 6843500				
Emneord: Geofysikk		Kvartærgeologi		Georadar
Skredavsetninger				
				Fagrapport

INNHOOLD

1. INNLEDNING	4
2. MÅLEMETODE OG UTFØRELSE	4
3. PROSESSERING.....	5
4. RESULTATER	6
4.1 Fivelstad	6
4.2 Leirdalen	7
4.3 Gråura, Sel	7
4.4 Skårheim i Lærdal.....	9
4.5 Anestølsdalen	10
4.5.1 Øyestølen	10
4.5.2 Selseng	11
4.5.3 Anestølen	12
5. KONKLUSJON	14
6. REFERANSE.....	15

Tekstbilag

Georadar – metodebeskrivelse

Databilag

1. CMP-måling med hastighetsanalyse, Gråura, CMP4, P3-214
2. CMP-måling med hastighetsanalyse, Øyestølen, CMP1, 50 MHz, P3-75
3. CMP-måling med hastighetsanalyse, Øyestølen, CMP1, 200 MHz, P3-83
4. CMP-måling med hastighetsanalyse, Øyestølen, CMP2, P1-300
5. CMP-måling med hastighetsanalyse, Selseng, CMP3, P5-100

Kartbilag

- 98.048-01: Oversiktskart, undersøkte lokaliteter (M 1:1 mill.)
- 98.048-02: Oversiktskart, Fivelstad (M 1:50 000)
- 98.048-03: Oversiktskart, Leirdalen (M 1:50 000)
- 98.048-04: Oversiktskart, Sel (M 1:50 000)
- 98.048-05: Oversiktskart, Skårheim i Lærdal (M 1:50 000)
- 98.048-06: Oversiktskart, Anestølsdalen (M 1:50 000)
- 98.048-07: Georadaropptak, Fivelstad. P1, P1a, P2 og P3.
- 98.048-08: Georadaropptak, Leirdalen. P1, P1a, P2, P2a og P3.
- 98.048-09: Georadaropptak, Gråura i Sel. P1, P2 og P3.
- 98.048-10: Georadaropptak, Skårheim i Lærdal. P1, P2, P3, P4, P5 og P6.
- 98.048-11: Georadaropptak, Øyestølen, Anestølsdalen. P1.
- 98.048-12: Georadaropptak, Øyestølen, Anestølsdalen. P1 forts.
- 98.048-13: Georadaropptak, Øyestølen, Anestølsdalen. P3.
- 98.048-14: Georadaropptak, Øyestølen, Anestølsdalen. Pc, Pd og Pe.
- 98.048-15: Georadaropptak, Selseng, Anestølsdalen. P4.
- 98.048-16: Georadaropptak, Selseng, Anestølsdalen. P5 og P6.
- 98.048-17: Georadaropptak, Anestølen, Anestølsdalen. P8, P9, P10 og P11.

1. INNLEDNING

Det er utført georadarmålinger ved 7 lokaliteter i Møre og Romsdal (1), Oppland (2) og Sogn og Fjordane (4). Hensikten med målingene var å kartlegge strukturer og avsetningstyper i skredavsetninger. I Møre og Romsdal er lokaliteten Fivelstad undersøkt. I Oppland er lokalitetene Leirdalen og Gråura i Sel undersøkt. I Sogn og Fjordane ble lokalitetene Skårheim (Lærdal), Øvestølen, Selseng og Anestølen undersøkt.

Målingene ble utført i august 1996 av Janusz Koziel og i september 1997 av Torleif Lauritsen.

2. MÅLEMETODE OG UTFØRELSE

Det ble til sammen målt 34 profiler ved de 7 lokaliteter som ble undersøkt. Samlet lengde av profilene var ca. 7,5 km. Opptakene er vist sammen med kartutsnitt (M 1:5000) i kartbilag – 07 til –17. En generell metodebeskrivelse av georadar er vedlagt i tekstbilag. Det ble benyttet et georadarsystem av typen pulseEKKO IV (produsert av Sensors & Software Inc, Canada). Det ble målt med 50 eller 200 MHz antenner. Ved utførelse av målingene ble det benyttet et samplingsintervall på 0,8 ns for 200 MHz antenner og 1,6 ns for 50 MHz antenner. Avstand mellom sender- og mottakerantenne var 1 m for samtlige profiler. For hvert målepunkt ble det foretatt 32 summerte registreringer ('stacks'). Øvrige opptaksparametre er vist i tabell 1.

Langs enkelte profiler ble høydene nivellert. For de fleste profiler ble terrenghøyder avlest fra kart i målestokk 1:5000. Noen av profilene ble målt opp på forhånd og markert med stikker i bestemte lengdeintervall. Lengdeangivelsene under utskriftene (i kartbilag –07 til –17) angir disse utmålte avstandene, mens posisjonene over plottene (og i tabell 1) angir den automatisk registrerte. På grunn av usikkerheter i flyttavstand oppstår stedvis enkelte forskjeller i disse posisjonsangivelsene. Det er derfor markert for hver 100 profilmeter i kartbilagene, slik at det skal være lettere å finne igjen terrengdetaljer på kart på bakgrunn av beskrivelsen av opptakene. Detaljerte posisjonsangivelser (som plassering av hus, kryssende profiler osv.) er angitt under opptakene. Beskrivelser av opptakene refererer til automatisk registrert avstand.

Tabell 1: Opptaksparametre for de ulike profil.

Sted	Profil	Pos. (m)	Dato	a (m)	S (V)	f (MHz)	G	Tid (ns)
Fivelstad	P1	0-239	24/8-1996	0,5	400	200	Gain25a	850
Fivelstad	P1a	0-20,5	24/8-1996	0,5	400	200	Gain25a	850
Fivelstad	P2	0-239	24/8-1996	0,5	400	200	Gain30a	850
Fivelstad	P3	0-110,5	24/8-1996	0,5	400	200	Gain23	850
Leirdalen	P1	0-136	19/8-1996	0,5	400	200	Gain25	1000
Leirdalen	P1a	0-157	20/8-1996	0,5	400	50	Gain13	1000
Leirdalen	P2	0-102	20/8-1996	0,5	400	50	Gain13	1000
Leirdalen	P2a	0-45	20/8-1996	0,5	400	50	Gain13	1000
Leirdalen	P3	0-235	20/8-1996	1	400	50	Gain13	1000
Gråura, Sel	P1	0-215	21/9-1997	1	1000	50	Gain19	2000
Gråura, Sel	P2	0-308	21/9-1997	1	1000	50	Gain18	2000
Gråura, Sel	P3	0-438	21/9-1997	1	1000	50	Gain18	2000
Skårheim, Lærdal	P1	0-278,5	21/8-1996	0,5	400	200	Sec 0,3/500	600
Skårheim, Lærdal	P2	0-218,5	21/8-1996	0,5	400	200	Sec 0,5/500	600
Skårheim, Lærdal	P3	15-86,5	21/8-1996	0,4	400	200	Sec 0,5/500	600
Skårheim, Lærdal	P4	0-109,5	21/8-1996	0,5	400	50	Gain20	600
Skårheim, Lærdal	P5	0-291,5	21/8-1996	0,5	400	50	Gain20	600
Skårheim, Lærdal	P6	0-159,5	21/8-1996	0,5	400	50	Gain20	800
Øyestølen	P1_50	0-374,5	17/9-1997	0,25	1000	50	Gain10a	2000
Øyestølen	P1_200	0-369	18/9-1997	0,25	400	200	Gain200a	1000
Øyestølen	P3_50	0-258	17/9-1997	0,25	1000	50	Gain10a	2000
Øyestølen	P3_200	0-283,5	18/9-1997	0,25	400	200	Gain200b	1000
Øyestølen	Pc	0-127	22/8-1996	0,5	400	200	Gain28	800
Øyestølen	Pd	0-42,5	22/8-1996	0,5	400	200	Gain27a	800
Øyestølen	Pe	0-90,5	22/8-1996	0,5	400	200	Gain27a	800
Selseng	P4	0-1322	19/9-1997	1	1000	50	Gain10b	1800
Selseng	P5_50	0-175	20/9-1997	1	1000	50	Gain20	1800
Selseng	P5_200	0-182	19/9-1997	0,5	400	200	Gain200c	1200
Selseng	P6_50	0-211	20/9-1997	1	1000	50	Gain22	1800
Selseng	P6_200	0-206,5	20/9-1997	0,5	400	200	Gain200d	1000
Anestølen	P8	0-257	23/8-1996	0,5	1000	50	Gain1a	1600
Anestølen	P9	0-115	23/8-1996	0,5	1000	50	Gain2a	1600
Anestølen	P10	0-171,5	23/8-1996	0,5	1000	50	Gain3a	1600
Anestølen	P11	0-117,5	23/8-1996	0,5	400	200	Gain25	800

a (m): flyttavstand mellom hvert målepunkt i meter

f (MHz): antennesystemets senterfrekvens i MHz

G: Egendefinert, lineær forsterkningsfil eller SEC-forsterkning (Sec)

S (V): Senderstyrke (V)

3. PROSESSERING

I noen områder som er undersøkt har det vært vanskelig å finne egnede lokaliteter for utførelse av CMP-målinger for hastighetsanalyser. Dette skyldes vesentlig kaotiske refleksjonsmønstre og vanskeligheter med å følge horisontale reflektorer over noen avstand. Typiske EM-bølgehastigheter i vannmettede og tørre løsavsetninger er hhv. 0,06-0,07 m/ns og 0,12-0,13 m/ns. Det er valgt et gjennomsnitt av disse hastighetene (0,1 m/ns) ved konvertering av

tidsseksjonene til dyp (områdene Fivelstad, Leirdalen, Skårheim og Anestølen). Ved tre lokaliteter er det utført CMP-målinger for hastighetsanalyse (Gråura, Øyestølen og Selseng). Resultatene fra disse målingene er vist i databilag 1-4. Resultatene er benyttet ved dybdekonvertering av opptakene fra disse områdene.

Opptakene er korrigert for variasjoner i topografi og instrumentdrift. Ved utskrift av opptakene ble det benyttet 5-punkts (2-punkts for 200 MHz) gjennomsnitt langs traser for å redusere høyfrekvent støy. Det ble vesentlig benyttet lineær, egendefinert forsterkning ved utskrift av data. Stedvis ble det benyttet SEC-forsterkning ('spreading and exponential compensation').

4. RESULTATER

4.1 Fivelstad

Et oversiktskart over området er vist i kartbilag –02. Profilene ligger i et område med vifteavsetninger (fra breelv) og myr- og torvavsetninger. Et stort snøskred fra sørvest (i 1990) har stedvis avsatt masser over de nevnte avsetninger. Det er målt tre profiler med 200 MHz antenner. Opptak og profilplassering er vist i kartbilag –07.

P1+P1a

Opptakene er svært skjemmet av høyfrekvent støy, men viser ellers et kaotisk refleksjonsmønster som er svært vanskelig å tolke. Penetrasjonen er dårlig fra posisjon 132. Stedvis sees øverst et hauget til skrått refleksjonsmønster som kan representere elveavsetninger.

P2

Også dette opptaket er skjemmet av støy. Penetrasjonen er svært variabel, og bare bruddstykker av reflektorer kan sees ned til et dyp på max 10 m. Mangel på kontinuitet av reflektorer gjør det vanskelig å tolke opptaket, men reflektorene kan muligens representere en subhorisontal lagdeling.

P3

Som for de to andre opptakene er også dette preget av støy. Refleksjonsmønsteret er kaotisk og det er vanskelig å si noe om avsetningstype ut fra opptaket.

Oppsummering

Opptakene fra Fivelstad gir lite informasjon om avsetningstyper og forløp av rasavsetninger mot dypet.

4.2 Leirdalen

Et oversiktskart over det undersøkte området er vist i kartbilag –03. I overflaten er området karakterisert ved flere lobes dannet i ytre deler av ras. Avsetningene består øverst av myr med sand/grus-lag. Det er utført flere gravinger i området. Plassering av gravinger og profiler er vist sammen med georadaropptakene i kartbilag –08.

P1/P1a

P1 og P1a er målt langs samme profil, der P1 er målt med 200 MHz antenner, mens P1a er målt med 50 MHz antenner. Avgrensningen av flere raslober er spesielt tydelige på 200 MHz-opptaket. Mellom posisjonene 120 og 136 sees tydelig nedre grense av en raslobe i nivå 7-8 meter over definert nullnivå. Under denne sees en eldre raslobe som kiler ut ved posisjon 87. Bunnen av den eldre rasloben sees på 3-5 m dyp. Disse to raslobene kan også sees i terrenget (se skisse i kartbilag –08). Antatt bunn av myr sees som en markant reflektor mellom posisjonene 20 og 50 på 1-2 m dyp (mulig at dypet er bare halvparten, på grunn av mye lavere hastighet av EM-bølger i myr). 50 MHz-opptaket viser en sone med kraftig refleksivitet på 5-12 m dyp som kan representere overgang til fjell. Avsetningstypen mellom rasavsetninger og fjell er noe usikker, men kan være morene.

P2/P2a

P2 og P2a er målt langs samme profil med henholdsvis 200 MHz og 50 MHz antenner. Mulig bunn av myr og rasavsetninger kan sees som markante reflektorer på 200 MHz-opptaket på 1-3 m dyp (muligens så lite som halvparten, se P1/P1a), for eksempel mellom posisjonene 55 og 125. Mulig fjell er indikert som en sone med kraftig refleksivitet på 7-10 m dyp.

P3

Opptaket viser raslober mellom posisjonene 45 og 70 og mellom posisjonene 150 og 200. Nedre grense av lobene er vanskelig å påvise på grunn av for dårlig vertikal oppløsning på 50 MHz-opptaket. Plassering av fjellreflektor er noe vanskelig å erkjenne, men ligger trolig på 6-12 m dyp der vi har en sone med kraftig refleksivitet.

Oppsummering

200 MHz-opptakene viser stedvis markerte grenser for raslobenes utbredelse. 50 MHz-opptakene indikerer overflaten av fjell på 6-12 m dyp. Avsetningstypen mellom rasavsetninger og fjell er noe usikker, men kan være morene.

4.3 Gråura, Sel

Et oversiktskart for området er vist i kartbilag –04. I overflaten består avsetningen for en stor del av urmasser. Disse kan sees å opptre i skrålag i en skjæring i et grustak i området. Dette indikerer at massene er avsatt subakvatisk. Skrålagene har sannsynligvis en helning i retning

sør-sørvest (ca. 30° helning). Det er målt tre profiler i området. Opptak og kart med profilplassering er vist i kartbilag –09. En CMP-måling (se databilag 1) gir en stackinghastighet på ca. 0,14 m/ns ned til ca. 20 m dyp som indikerer tørre avsetninger. Denne hastigheten er benyttet ved dybdekonvertering av opptakene. Overflateparallele reflektorer fra ca. 600 ns representerer instrumentgenerert støy. Skrå, lineære reflektorer mellom posisjonene 130 og 0 representerer også støy.

P1

Profilet er målt langs dalsiden. Antatt bunn av uravsetninger sees som en kraftig, skrå refleksor som kiler ut omtrent ved posisjon 150. Mektigheten av uravsetningene ved nordenden av profilet (posisjon 0) er ca. 15 m. Over den kraftige reflektoren er refleksjonsmønsteret skrått og representerer lagdeling i uravsetningene. De skrå reflektorene har en helning på ca. 25°. Det antas at den kraftige reflektoren representerer moreneoverflaten. Antatt fjelloverflate sees som en haugform mellom posisjonene 110 og 180 med toppunkt på 3-4 m dyp ved posisjon 165.

P2

Profilet er målt parallelt med P1, 200-250 m vest for dette. Også her sees en kraftig, skrå refleksor som trolig representerer bunn av uravsetninger. Den kiler ut omtrent ved posisjon 85. Størst mektighet av urmassene har vi ved posisjon 307 (sørenden av profilet) der den er 16-17 m. Mulig fjellrefleksor skråer ned fra posisjon 45 til 0 (ca. 10 m dyp). Avsetningstypen over fjell er her usikker, men representerer trolig ikke urmasser (morene?). Mulig overgang til fjell sees som en skålformet sone med kraftig refleksivitet på 10-20 m dyp mellom posisjonene 280 og 95.

P3

Profilet er målt langs kant parallelt med elv på tvers av P1 og P2. På opptaket sees en refleksor mellom posisjonene 100 og 438 (nordøstenden av profilet) som trolig representerer bunn av urmasser. Den ligger på ca. 18 m dyp ved posisjon 100 og ca. 5 m dyp ved posisjon 438. En mulig fortsettelse vestover av reflektoren sees på ca. 15 m dyp mellom posisjonene 0 og 80. Over reflektoren er refleksjonsmønsteret for det meste skrått, med kun en svak helning mot vest (ut fra dalsiden). Refleksjonsmønsteret indikerer lagdelte urmasser. Mulig fjelloverflate sees på ca. 15 m dyp (nivå 410 moh.) ved posisjon 438 og skråner ned til 30-35 m dyp (nivå 365-370 moh.) ved posisjon 240.

Oppsummering

Georadaropptakene viser tydelig skrå reflektorer i urmassene. Dette representerer skrålag i urmassene som påvist i grustak. Nedre grense for uravsetningene kan sees på opptakene. Maksimum mektighet av urmassene er i størrelsesorden 15-20 m og avtar jevnt nordover og østover. En tolker massene å være avsatt i forbindelse med store smeltevatnsmengder i slutten av siste istid, sannsynligvis i en subglasial sjø/basseng.

4.4 Skårheim i Lærdal

Et oversiktskart over det undersøkte området er vist i kartbilag –05. Opptak og profilplassering er vist i kartbilag –10. I de øvre deler består løsmassene av jordskred-avsetninger. Det er utført to gravinger i området (se kartbilag). Graving G2A viser minst 3 m jordskredavsetninger, mens graving G2B viser 3 m med jordskredavsetninger over blokk (fjell?). Ved gravningene er det påvist 3-4 jordras som ligger over hverandre (Blikra & Aa, 1996).

P1/P6

P1 og P6 er målt langs samme profil med henholdsvis 200 MHz og 50 MHz antenner. P1 er målt noe lengere enn P6. Mulig bunn av skredavsetninger sees som en subhorisontal, kraftig reflektiv sone på ca. 5 m dyp på P6. P1 (200 MHz-opptaket) viser grunne reflektorer som trolig representerer grensen mellom forskjellige skredfaser, for eksempel reflektor som kiler ut ved posisjon 50 og subhorisontale reflektorer mellom posisjonene 110 og 190. Det antas å være morene under skredavsetningene. Lokal bunn i terrenget ved posisjon 80-85 ligger trolig mellom to akkumulasjonsfronter. Mulig fjell sees som en skrå reflektor mellom posisjonene 0 (ca. 15 m dyp) og 60 (6-7 m dyp), og kan muligens følges som en uregelmessig reflektor mellom posisjonene 70 (ca. 10 m dyp) og 160 (ca. 6 m dyp).

P2/P5

P2 og P5 er målt langs samme profil med henholdsvis 200 MHz og 50 MHz antenner. P5 er målt noe lengere enn P2. Utkilende rasavsetninger sees grunt på 50 MHz-opptaket mellom posisjonene 205 og 292. Antatt fjellreflektor sees på ca. 5 m dyp ved posisjon 0 og går ned til 10-15 m dyp ved posisjon 80. Fra denne posisjonen kan fjelloverflaten følges som en svakt undulerende reflektor på tilsvarende dyp fram til posisjon 255. Ved gravegrop G2B viser opptakene et sannsynlig dyp til fjell på 10-15 m. Dette betyr at blokken som ble observert i gropen trolig er toppen av et eldre skred.

P3/P4

P3 og P4 er målt langs samme profil med henholdsvis 200 MHz og 50 MHz antenner. P4 er målt noe lengere enn P3. 50 MHz-opptaket viser en bassengliknende innfylling mellom posisjonene 35 og 95 på 0-5 m dyp som trolig representerer jordskred-avsetninger. Det opptrer trolig morene under disse avsetningene. Fjell sees mellom posisjonene 25 og 47 (7-10 m dyp) og mellom posisjonene 75 og 105 (10-15 m dyp). Også her viser dataene at mektigheten av rasmasser er opp i 5 m, altså ca. 2 m under bunn av gravegrop G2A.

Oppsummering

Opptakene indikerer skredavsetninger på inntil 5 m mektighet. 200 MHz-opptakene viser stedvis reflektorer som trolig skiller flere faser med rasavsetninger. Graving indikerer minst 3-4 jordras, men georadaropptakene viser at det har gått flere ras i dette området. Fjellreflektor opptrer trolig på 5-15 m dyp i det undersøkte området.

4.5 Anestølsdalen

Tre lokaliteter er undersøkt i Anestølsdalen. En grov plassering av disse er vist i kartbilag – 06.

4.5.1 Øyestølen

Flere steder er det i overflaten kartlagt jordskred- og flomskred-avsetninger. Det er utført georadarmålinger i 1996 og 1997. I 1997 ble det utført svært detaljerte målinger langs to profiler. Målingene i 1997 ble utført med både 50 MHz og 200 MHz antenner og 25 cm målepunktavstand, og profilene ble nivellert (P1 og P3 i kartbilag –11 til –13). Målingene i 1996 (P1, Pb, Pc, Pd og Pe i kartbilag –14) ble utført med 50 MHz og 200 MHz antenner og 50 cm flyttavstand og profilene ble ikke nivellert. To av profilene som ble målt i 1996 (Pa og Pb) overlapper delvis P1 målt i 1997 og omtales derfor ikke nærmere. Det er utført tre CMP-målinger for hastighetsanalyse i området. To av disse er målt i samme punkt (CMP1 i databilag 2 og 3 og kartbilag –13) men med forskjellig frekvens (50 MHz og 200 MHz). CMP2 er målt ved posisjon ca. 300 langs vei og P1 (se databilag 4 og kartbilag –12). Ut fra disse målingene er det valgt en gjennomsnittlig stackinghastighet på 0,11 m/ns ved dybdekonvertering av opptakene.

P1

Opptakene er vist i kartbilag 11 og 12. Flere morenerygger ligger vest for profilet i området 250-400. Antatt morene opptrer i dagen ved starten av profilet og går mot dypet omtrent ved posisjon 45 (sees mest markant på 200 MHz-opptaket). Mulige overflater av morene og fjell sees som haugete reflektorer i henholdsvis nivå ca. 445 og ca. 440 moh. i områdene 110-125 og 145-170. Morene og fjell ligger trolig stedvis tett. Morenen går nesten opp til overflaten ved posisjon 135 og sørenden av profilet. Nedre grense for rasmassene/vifteavsetningene (overflaten av morene) sees som kraftige reflektorer på 1-10 m dyp mellom posisjonene 135 og 310. På 50 MHz-opptaket sees antatt nyere rasavsetninger å lappe på de eldre avsetningene mellom posisjon 310 og sørenden av profilet. I det samme området er moreneoverflaten vanskelig å følge. Mulig fjell sees mellom posisjonene 175 og 235 i nivå ca. 440 moh, men er vanskelig å følge videre mot sørenden av profilet.

P3

Profilet er målt fra elv i vest til fjellside i øst på tvers av P1. Opptaket er vist i kartbilag –13. Mellom posisjonene 0 og 15 sees en reflektor på 0-3 m dyp som trolig representerer bunn av myr eller elveavsetning. Mulige vifteavsetninger kiler ut ved posisjon 70 og blir mektigere mot posisjon 140. Fra posisjon 140 og til østenden av profilet opptrer flere loper som overlapper hverandre og kan adskilles ved detaljert tolkning av grunne reflektorer. Overflaten av antatt morene sees tydelig som en gjennomgående reflektor på ca. 5 m dyp på 200 MHz-opptaket. Mulig overflate av fjell sees best på 50 MHz-opptaket. Den opptrer omtrent i nivå 410 moh. (ca. 25 m dyp) ved posisjon 0. Den blir grunnere langs profilet og ligger omtrent på

10 m dyp fra posisjon 100. Stedvis sees reflektor å lappe på antatt fjell, spesielt mellom posisjonene 0 og 100. Disse representerer trolig strukturer i bresjøsedimenter eller elvesedimenter.

Pc

Profilet er et kort tverrprofil til P1 i sør. Opptaket er vist i kartbilag –14. Morene er indikert i overflaten ved posisjon 0 (morenerygg). Opptakene viser at overflaten av morene går mot dypet fra posisjon 5 og ligger omtrent i nivå 455-456 moh. mellom posisjonene 0 og 65. Fra posisjon 65 er det vanskelig å følge overflaten av morene. Fjelloverflaten antydes på 50 MHz-opptaket langs store deler av profilet. Den opptrer i nivå 440-442 moh. mellom posisjonene 0 og 60, og skråner opp til nivå 450-451 moh. ved posisjon 95. En graving som er utført ved posisjon 40 (se kartbilag –14) viste 3 m med torv som ligger lagvis med sand/grus (ytterste deler av jordras fra dalsida).

Pd

Dette er et tverrprofil til P1 som er målt ca. 25 m sørøst for Pc. Profilet er målt med 200 MHz antenner og viser antatt moreneoverflate på ca. 5 m dyp (nivå 453-456 moh.). Fjelloverflaten antydes i nivå ca. 445 moh. En graving utført omtrent ved posisjon 20 (se kartbilag –14) viste minst 2,5 m rasmasser.

Pe

Profilet er målt nær parallelt med P1 ca. 50 m sørvest for dette profilet og krysser Pc og Pd. En skålformet reflektor er trolig overflaten av morene. Størst dyp til morenen har vi mellom posisjonene 50 og 80 (ca. 5 m dyp). Over morenen opptrer trolig avsetninger av myr og sand/grus (rasmasser). Profilet er målt på et flatt basseng mellom to morenerygger.

Oppsummering

Opptakene ved Øyestølen viser vifteavsetninger, stedvis i bassenger på antatt 10 m mektighet. Raslober som overlager hverandre og lapper på eldre rasavsetninger kan stedvis sees på opptakene. Morene og fjell ligger stedvis tett, men kan ofte følges som separate reflektorer på deler av opptakene.

4.5.2 Selseng

Målingene er utført på et elvedelta. Det er målt tre profiler i området. Opptakene er vist i kartbilag –15 og –16. Det er utført en CMP-måling for hastighetsanalyse omtrent ved posisjon 100 langs P5 (CMP3 i databilag 5 og kartbilag 16). Denne viste en gjennomsnittlig stackinghastighet på 0,1 m/ns som er benyttet ved dybdekonvertering av opptakene.

P4

Profilet er målt på langs av elvevifta med 200 MHz antenner. En sone med kraftig reflektivitet og kaotisk refleksjonsmønster sees på 5-10 m dyp mellom posisjonene 0 og 940. Sonen representerer trolig morene eller fjell. Sonen fortsetter mot dypet mellom posisjonene 940 (ca. 15 m dyp) og 1040 (ca. 20 m dyp). En horisontal reflektor lapper på antatt fjell/morene ved posisjon 975-980. Fram til posisjon 940 har vi trolig overveiende elveavsetninger over fjell/morene. Et tynt basseng sees mellom posisjonene 590 og 700 (max 10 m mektighet). Bassenget kiler ut ved 470 og 700. Mellom posisjonene 940 og 1320 blir refleksjonsmønsteret mer parallelt på 5-10 m dyp. Det parallelle refleksjonsmønsteret representerer trolig innsjøsedimenter. Disse er overlagret av elveavsetninger. Tykkelsen av elveavsetningene blir brått mindre mellom posisjonene 1300 og 1320 (3-4 m mektig). Multipler sees stedvis, for eksempel ved posisjon 1290.

P5

Profilet er målt lengst sør på tvers av elvevifta fra sørvest og til elva i nordøst. Profilet er målt både med 50 MHz og 200 MHz antenner. Overflaten av fjell eller morene sees å gå fra overflaten (posisjon 0) mot dypet til posisjon 90 (ca. 15 m dyp). Overflaten kan kun følges til posisjon 80 (ca. 12 m dyp) på 200 MHz-opptaket. Dette opptaket viser tydelig grunnvannsspeil som en subhorisontal reflektor i nivå 398-399 moh. gjennom hele opptaket. Opptakene er dominert av et parallelt refleksjonsmønster fra 3-5 m dyp som trolig representerer innsjøsedimenter. De øverste 3-5 m består trolig av elveavsetninger.

P6

Profilet er målt på tvers av elvevifta fra fjell i nordøst til elva i sørvest. Også dette profilet er målt med 50 MHz og 200 MHz antenner, og opptakene viser de samme karakteristika som profil 5. Fjell/morene går brått mot dypet fra posisjon 45 og kan følges til ca. 15 m dyp ved posisjon 75 i 50 MHz-opptaket. Parallele strukturer i antatte innsjøsedimenter lapper på fjell/morene på ca. 6m dyp mellom posisjonene 60 og 65. Parallelt refleksjonsmønster opptrer fra 3-6 m dyp og representerer trolig innsjøsedimenter. Over disse har vi trolig elveavsetninger. Grunnvannsspeil sees i nivå ca. 398 moh. på 200 MHz-opptaket.

Oppsummering

Opptakene indikerer elveavsetninger ned til 3-6 m dyp. Stedvis ligger disse over innsjø- eller bresjøsedimenter som er karakterisert ved et parallelt refleksjonsmønster. Det er ikke registrert deltaavsetninger med skrå lagdeling. Disse avsetningene ligger over morene eller fjell på 5-20 m dyp.

4.5.3 Anestølen

Det er målt tre profiler i et område nord for Anestølsvatnet ved Anestølen. Det har gått flere snøskred i området, og snøskredavsetningene kan sees flere steder i overflaten. Opptak og

profilplassering er vist i kartbilag –17. En graving er utført nær P11, posisjon 55 (se kartbilaget).

P8

Opptaket viser et kaotisk refleksjonsmønster. Mulig fjell sees som soner med kraftig reflektivitet i områdene 70-105 (435-440 moh.), 175-205 (ca. 435 moh.) og 215-250 (430-440 moh.). Det er trolig skredavsetninger i de øvre deler av avsetningene, men underliggende morene antas å ligge grunt (1-2 m dyp).

P9/P11

Profilene er målt med henholdsvis 50 MHz og 200 MHz antenner. Opptaket for 200 MHz viser antatt fjell på 5-6 m dyp som en sone med kraftig reflektivitet. 50 MHz-opptaket viser en reflektor på 2-3 m dyp mellom posisjonene 0 og 75 som trolig representerer overflaten av morene. Løsmassene over morenen er trolig dominert av skredmateriale. Dette er bekreftet ved graving nær posisjon 55. Denne viser skredmateriale ned til minst 2,5 m dyp.

P10

Opptaket viser et hauget til kaotisk refleksjonsmønster. Mulig fjellreflektor sees mellom posisjonene 0 og 50 og 85 og 110 i nivå 417-422 moh. En svak, subhorisontal reflektor sees på ca. 5 m dyp mellom posisjonene 0 og 70. Denne representerer muligens overflaten av morene og kan følges ned i et basseng (6-7 m dyp) mellom posisjonene 75 og 115. Morenen går mot overflaten fra posisjon 115, og ligger helt nær eller oppe i dagen mellom posisjonene 130 og 170. Mellom posisjonene 0 og 70 har vi øverst trolig fjellskredavsetninger. Bassenget som er kartlagt i overflaten mellom posisjonene 75 og 125, kan muligens inneholde elveavsetninger og myr over morenen.

Oppsummering

Opptakene indikerer skredavsetninger i mektigheter på opptil 5 m. Under disse opptrer trolig morene. En graving som er utført i området viser skredmateriale ned til minst 2,5 m dyp. Det kan konkluderes med at georadaropptak i snøskredavsetninger trolig gir begrenset informasjon i dette området.

5. KONKLUSJON

Georadarmålinger er utført ved 7 lokaliteter i Møre og Romsdal, Sogn og Fjordane og Oppland. Hensikten med målingene var å kartlegge strukturer og avsetningstyper i forbindelse med rasavsetninger, og å teste georadar i slike studier.

Opptakene fra Fivelstad gir lite informasjon om avsetningstyper og forløp av rasavsetninger mot dypet.

Ved Leirdalen viser 200 MHz-opptakene stedvis markerte grenser for raslobenes utbredelse. 50 MHz-opptakene indikerer overflaten av fjell på 6-12 m dyp.

I Gråura ved Sel viser georadarpptakene tydelig skrå reflektorer i urmassene. Dette representerer skrålag i urmassene som påvist i grustak. Nedre grense for uravsetningene kan sees på opptakene. Maksimum mektighet av urmassene er i størrelsesorden 15-20 m.

Ved Skårheim indikerer opptakene skredavsetninger på inntil 5 m mektighet. 200 MHz-opptakene viser stedvis reflektorer som trolig skiller flere faser med rasavsetninger.

Opptakene fra Øyestølen viser vifteavsetninger, stedvis i bassenger på antall 10 m mektighet. Raslober som overlager hverandre og lapper på eldre rasavsetninger kan stedvis sees på opptakene. Opptakene fra Selseng indikerer elveavsetninger (vifteavsetninger) ned til 3-6 m dyp. Stedvis ligger disse over innsjø- eller bresjøsedimenter som er karakterisert ved et parallelt refleksjonsmønster. Opptakene fra Anestølen indikerer snøskredavsetninger i mektigheter på opptil 5 m.

Bruk av georadar ved kartlegging av skredavsetninger er vanskelig på grunn av komplekse avsetningsforhold. Ved bruk av detaljert terrengnivellering og korte målepunktavstander (25 cm) kan imidlertid slike målinger gi viktige bidrag til å forstå geometrien til skredmassene/skredviftene. I enkelte tilfeller har det også vært mulig å skille ut enkeltskred. Slike data er et viktig supplement til gravinger for å få en best mulig forståelse av utbredelsen av skredavsetningene og for en bedre frekvensanalyse av skredhendelser.

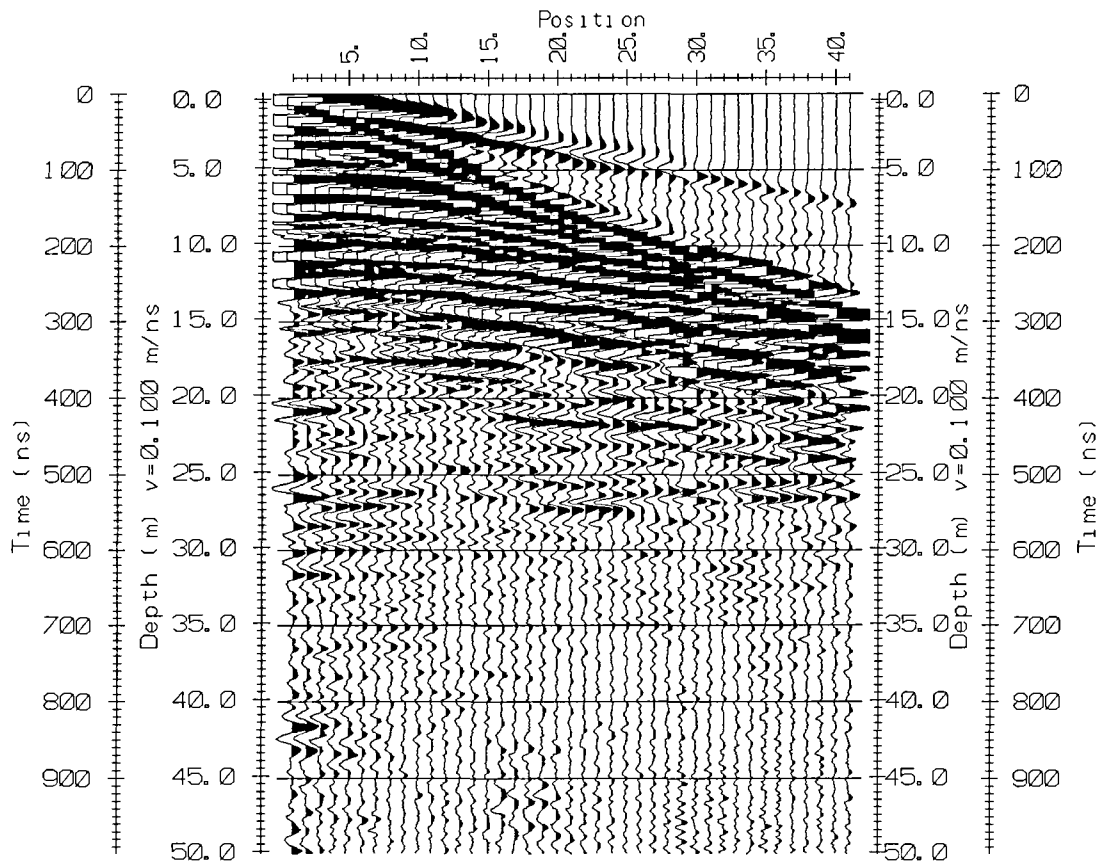
Det kan også konkluderes med at både 50 og 200 MHz antennesystemer bør benyttes for undersøkelser som denne, da det viser seg at de utfyller hverandre.

6. REFERANSE

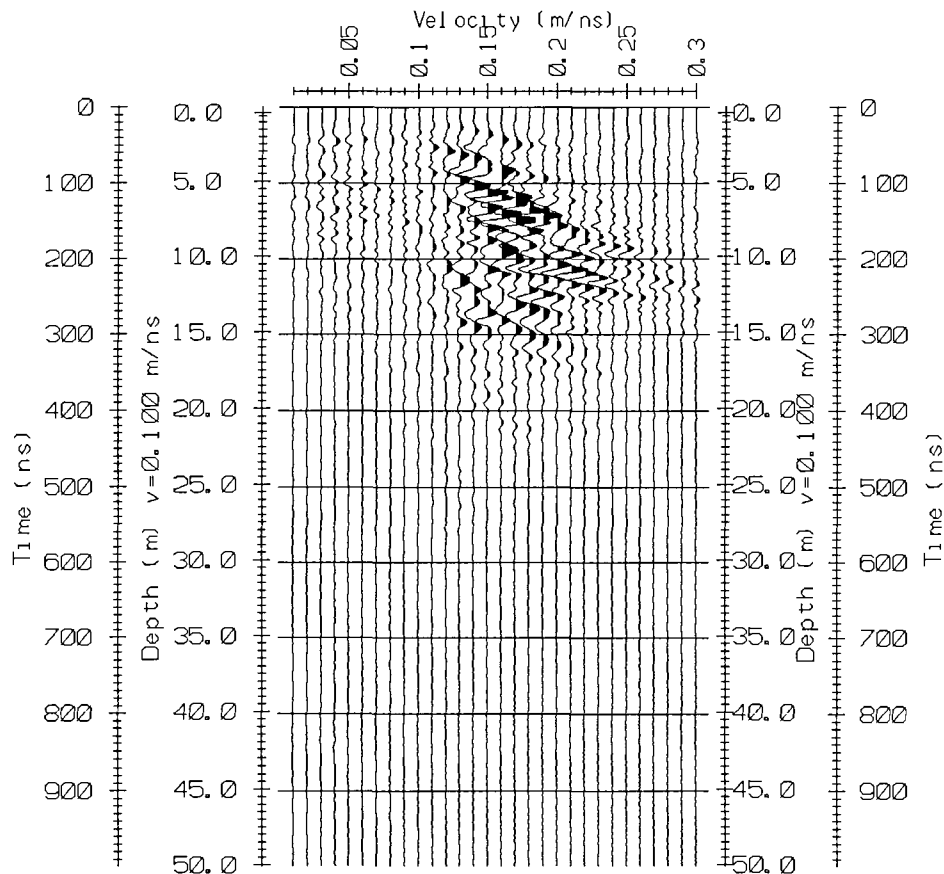
Blikra, L.H. & Aa, A.R. 1996: Skredfarekartlegging i Lærdal i samband med den nye stamveien Oslo-Bergen. *NGU Rapport 96.055*, 58 pp.

CMP-måling, Gråura, CMP4, P3-214

CMP røoptak

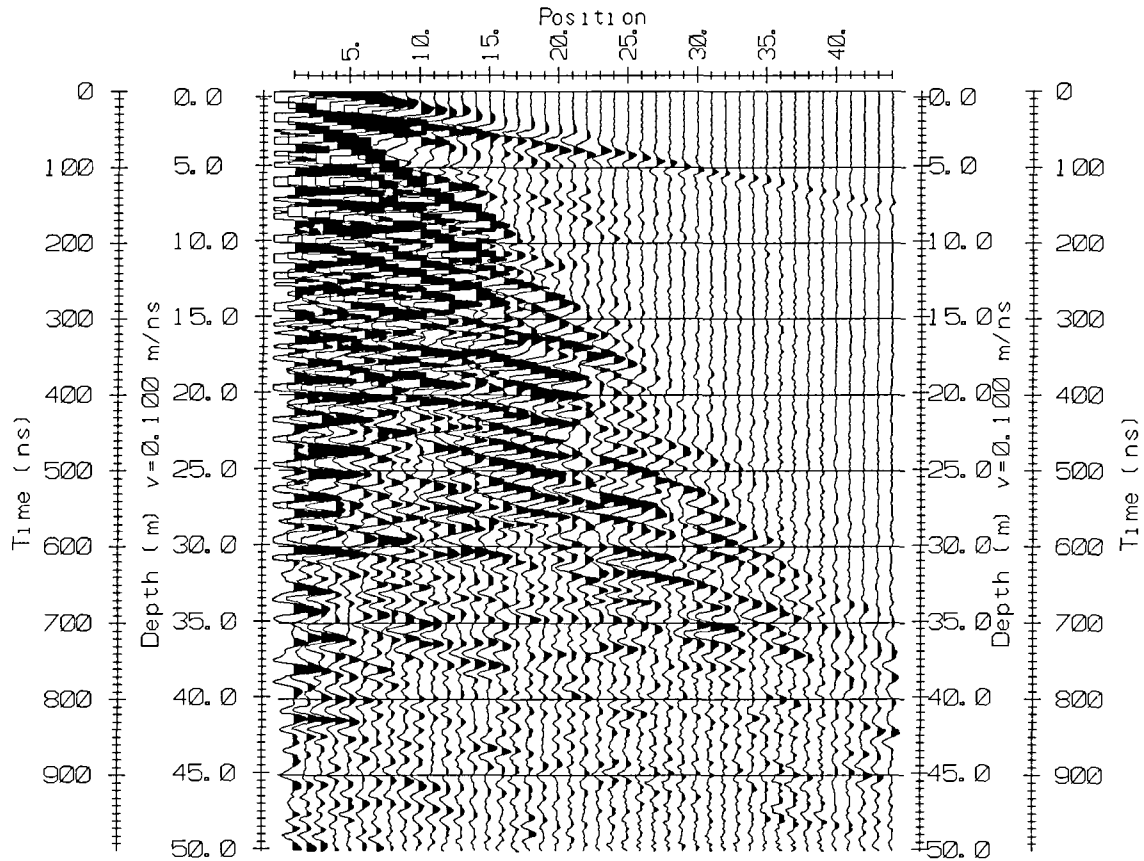


Hastighetsanalyse

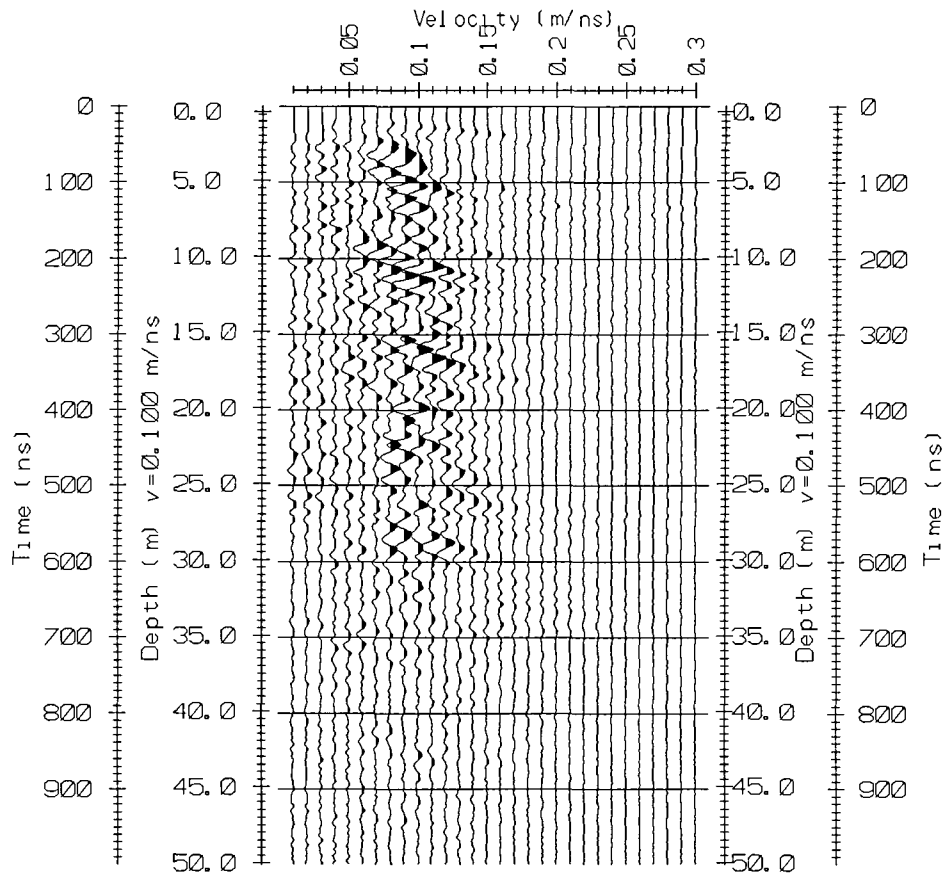


CMP-måling, Øyestølen, CMP1, 50 MHz, P3-75

CMP råopptak

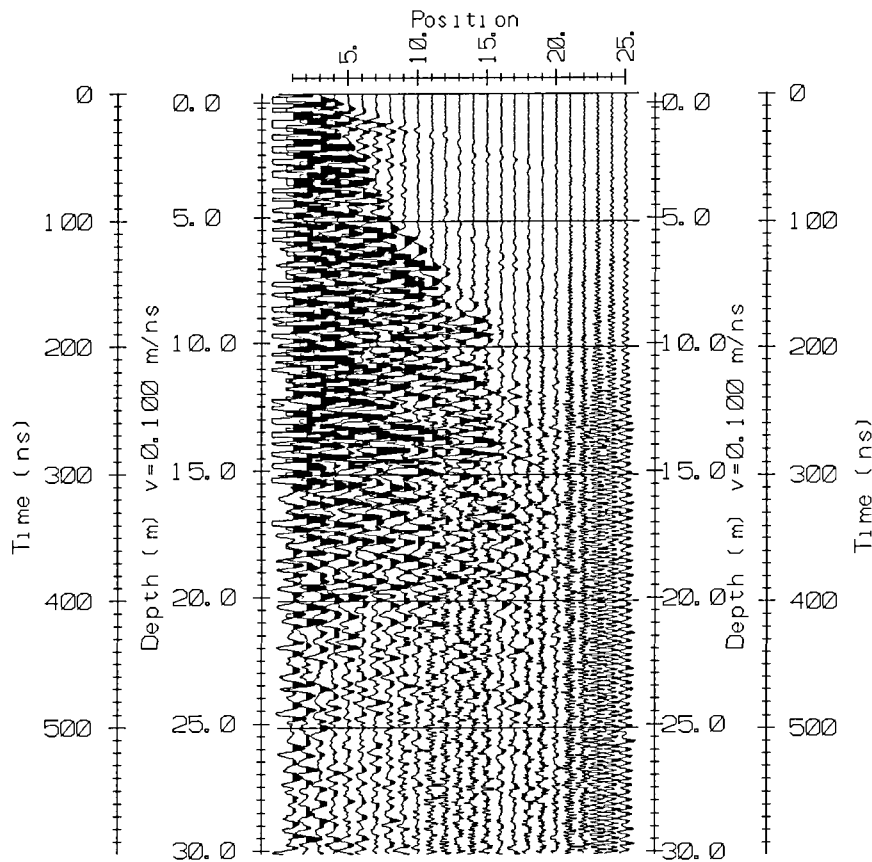


Hastighetsanalyse

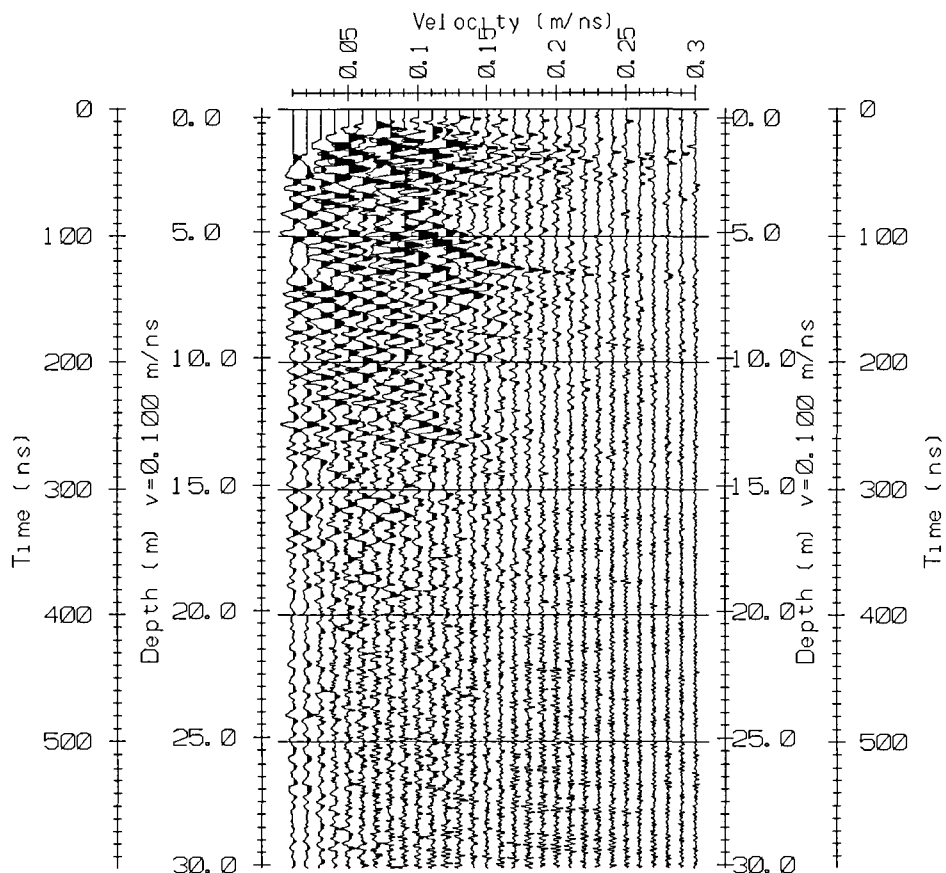


CMP-måling, Øyestølen, CMP1, 200 MHz, P3-83

CMP råopptak

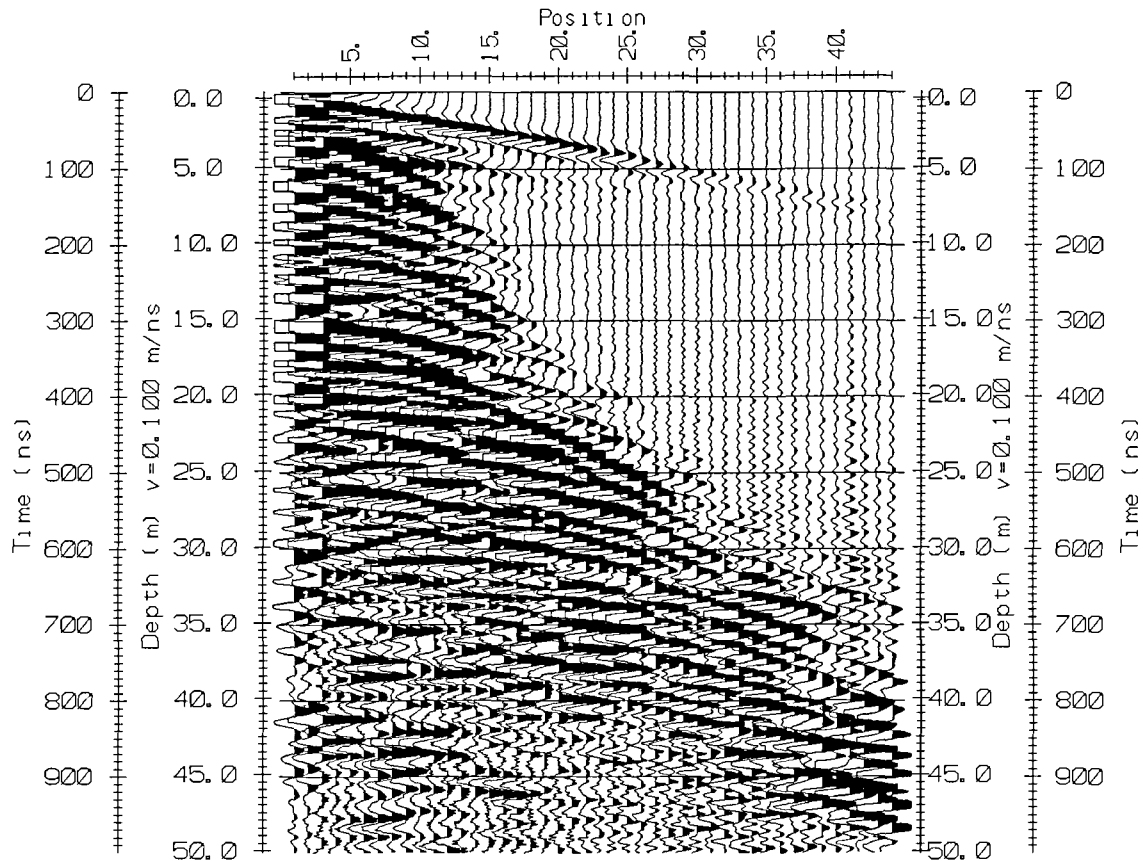


Hastighetsanalyse

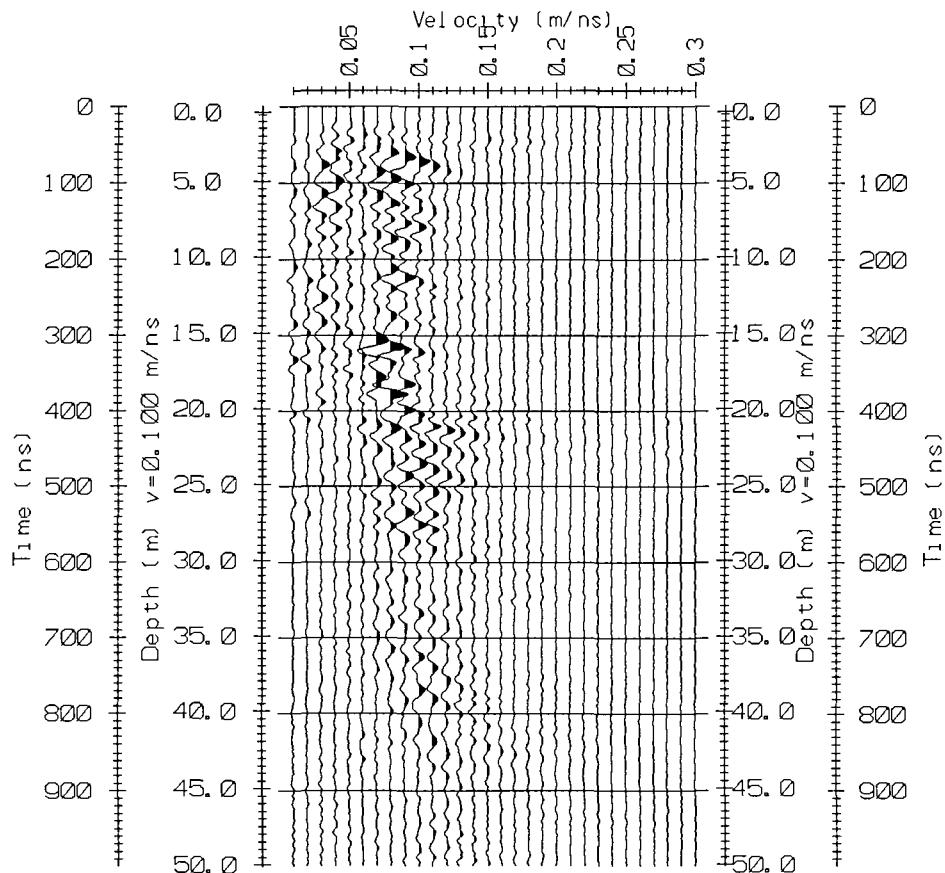


CMP-måling, Øyestølen, CMP2, P1-300

CMP råopptak

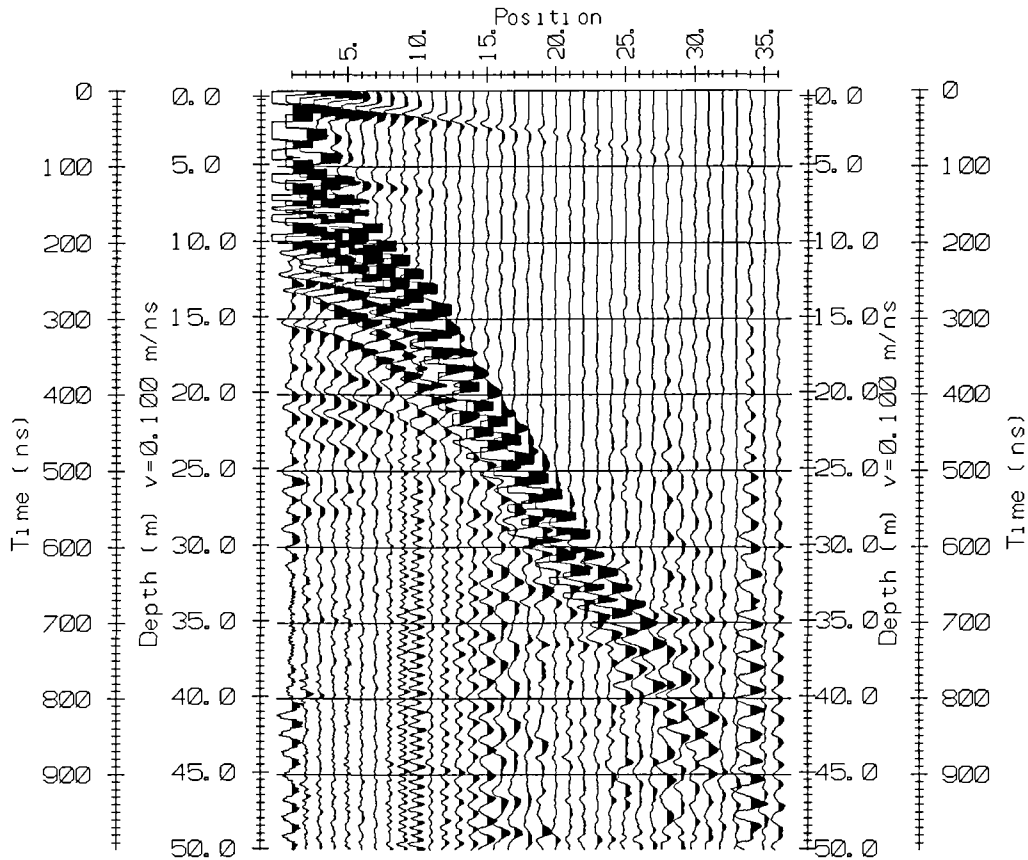


Hastighetsanalyse

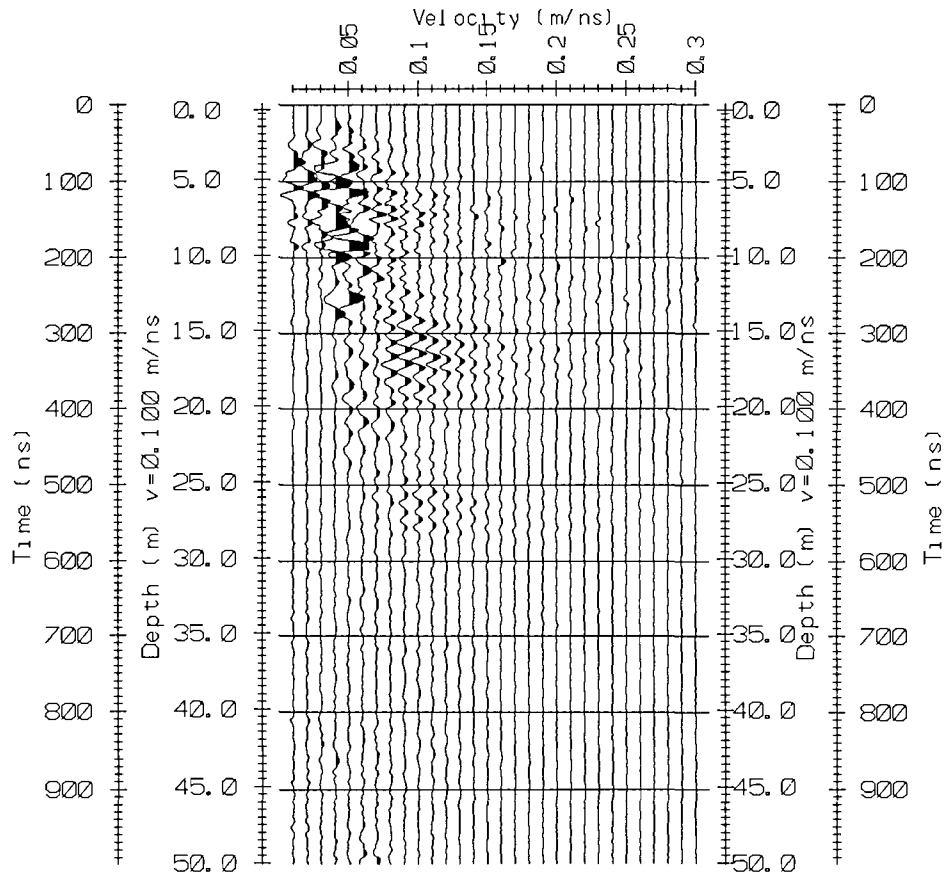


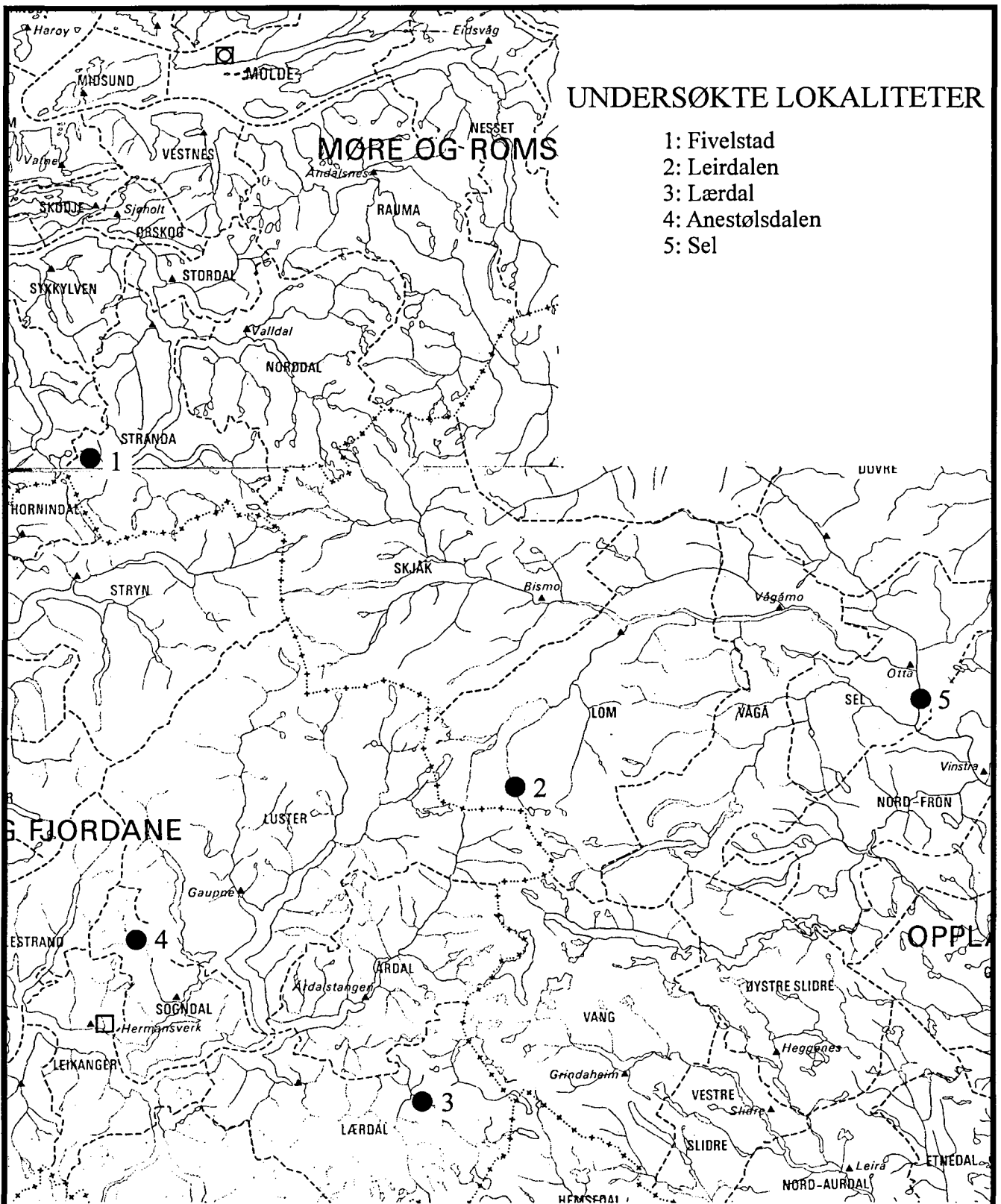
CMP-måling, Selseng, CMP3, P5-100

CMP råopptak



Hastighetsanalyse





UNDERSØKTE LOKALITETER

- 1: Fivelstad
- 2: Leirdalen
- 3: Lærdal
- 4: Anestølsdalen
- 5: Sel

NGU
OVERSIKTSKART

UNDERSØKTE LOKALITETER

SOGN & FJORDANE, OPPLAND & MØRE OG ROMSDAL

MÅLESTOKK

1:1 mill.

MÅLT JK/TL Aug. -96,-97

TEGN EM Sept. -98

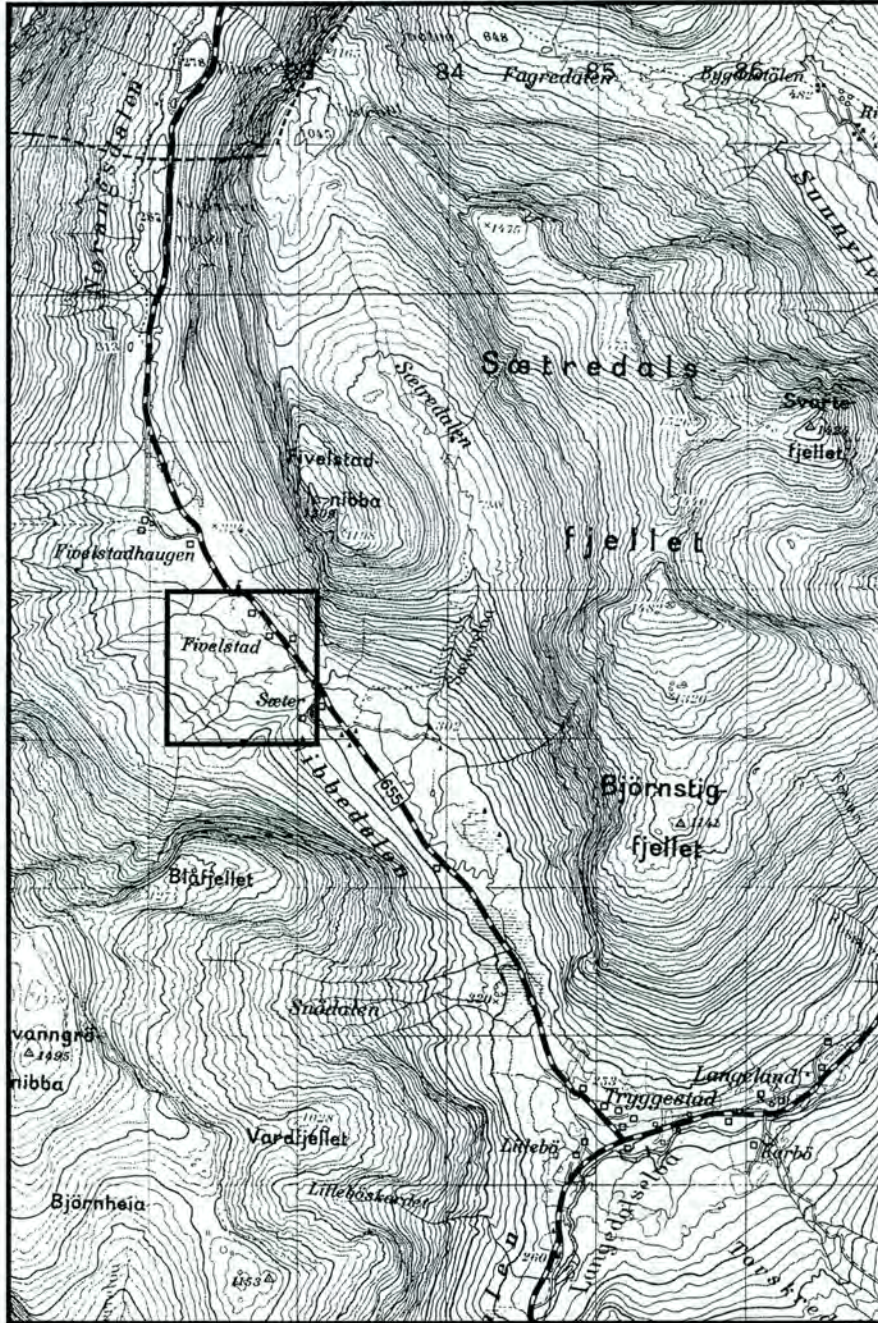
TRAC

KFR

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM

TEGNING NR
98.048-01

KARTBLAD NR



Utsnitt vist i kartbilag -07

NGU
OVERSIKTSKART

FIVELSTAD

STRANDA KOMMUNE, MØRE OG ROMSDAL

MÅLESTOKK

1:50 000

MÅLT JK Aug. -96

TEGN EM Jan. -98

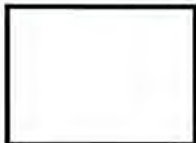
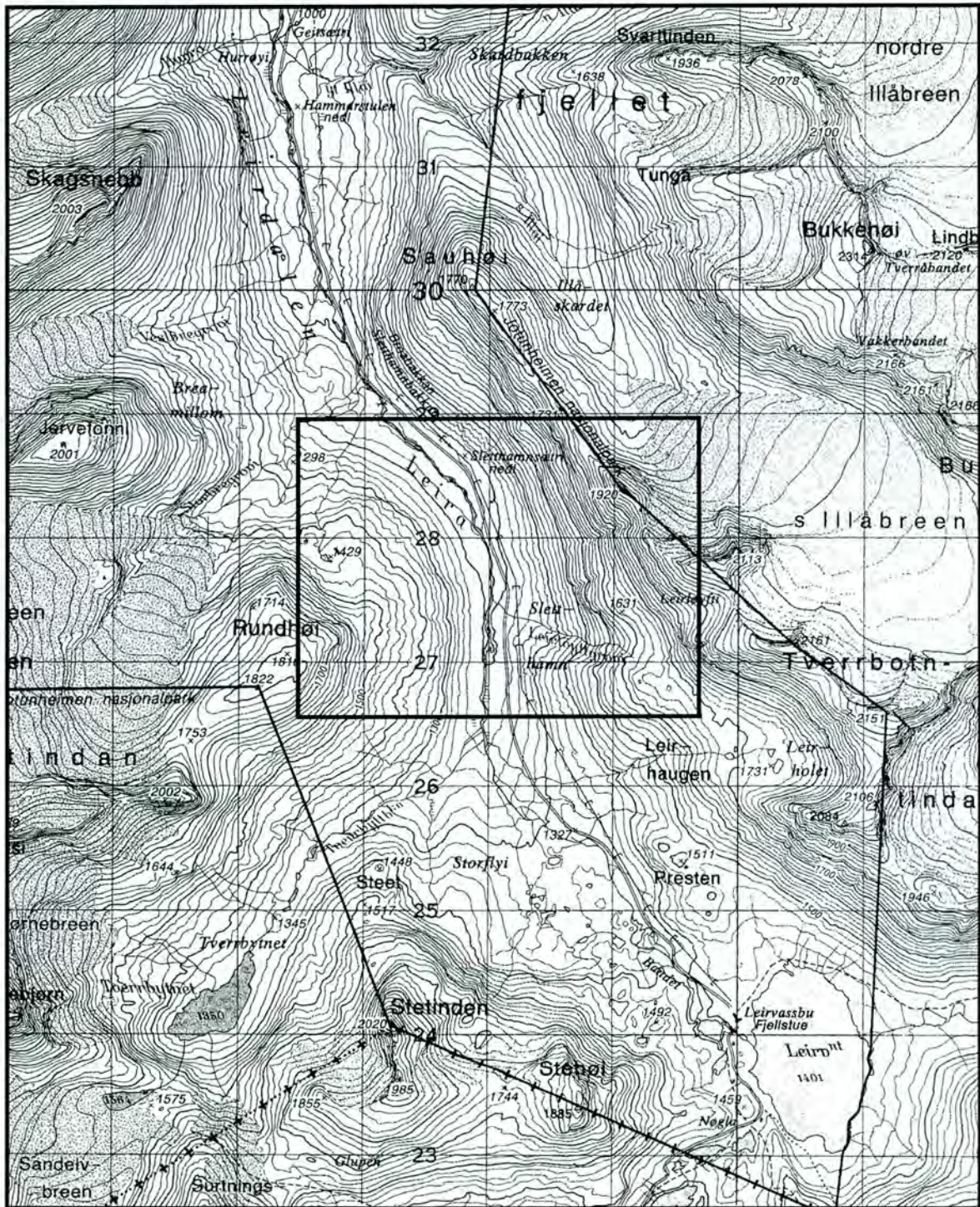
TRAC

KFR

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM

TEGNING NR
98.048-02

KARTBLAD NR
1219 II



Utsnitt vist i kartbilag -08

NGU
OVERSIKTSKART

LEIRDALEN

LOM KOMMUNE, OPPLAND

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM

MÅLESTOKK

1:50 000

MÅLT JK

TEGN EM

TRAC

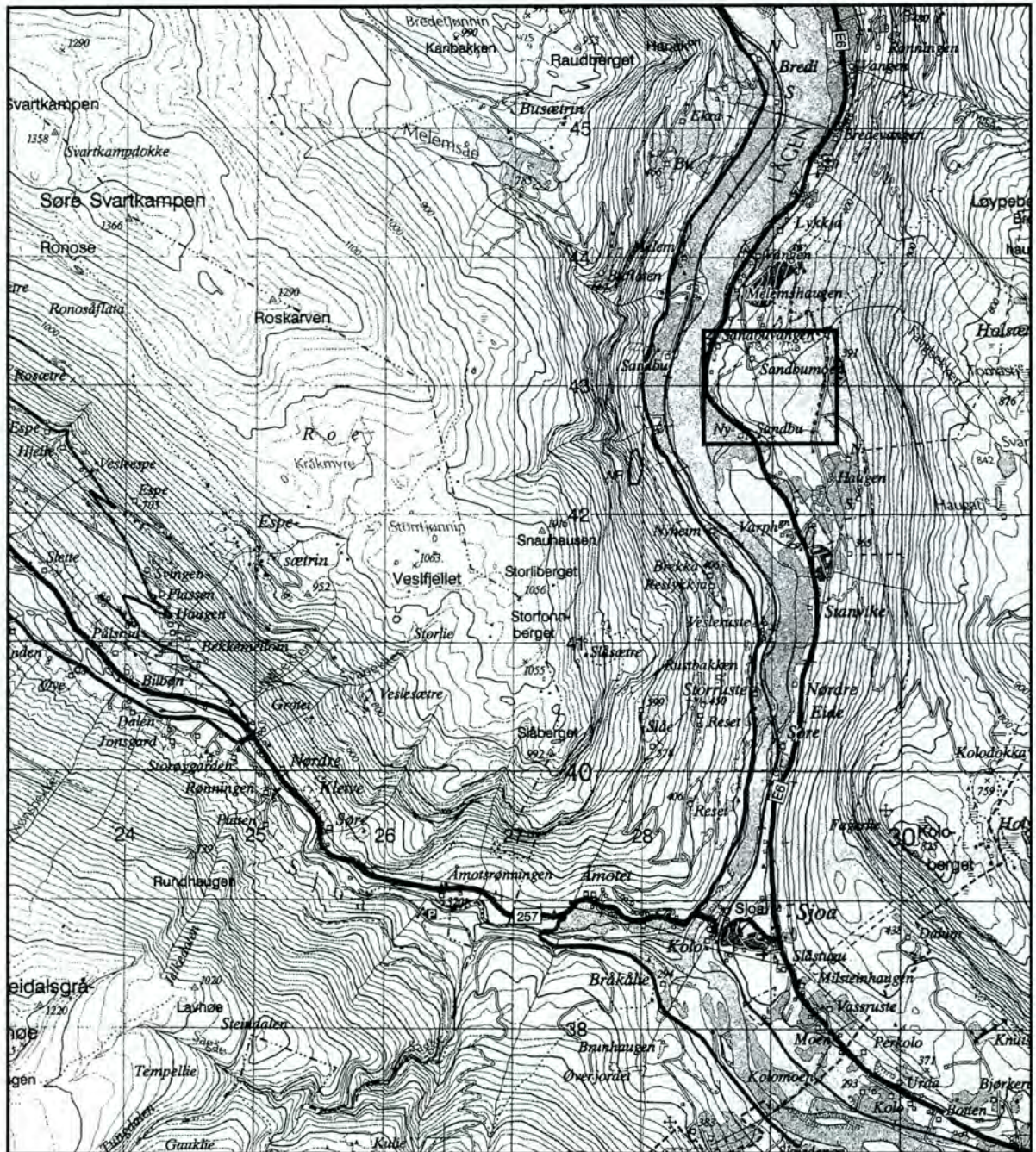
KFR

Aug. -96

Jan. -98

TEGNING NR
98.048-03

KARTBLAD NR
1518 II



Utsnitt vist i kartbilag -09

NGU
OVERSIKTSKART

GRÅURA, SEL

SEL KOMMUNE, OPPLAND

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM

MÅLESTOKK

1:50 000

MÅLT TL

TEGN EM

TRAC

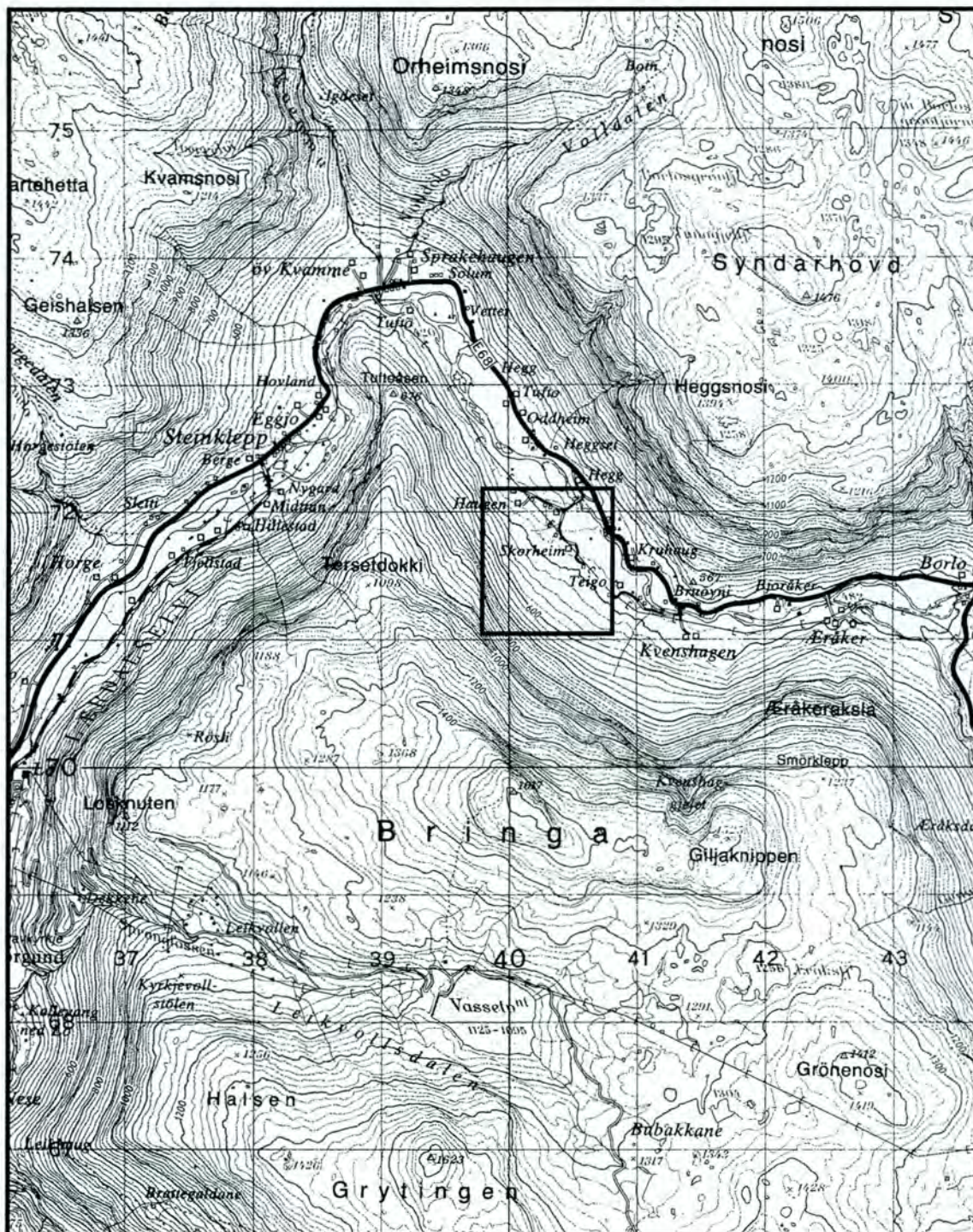
KFR

Juli -97

Sept. -98

TEGNING NR
98.048-04

KARTBLAD NR
1718-III



Utsnitt vist i kartbilag -10

NGU
OVERSIKTSKART

SKÅRHEIM, LÆRDAL

LÆRDAL KOMMUNE, SOGN OG FJORDANE

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM

MÅLESTOKK

1:50 000

MÅLT JK

TEGN EM

TRAC

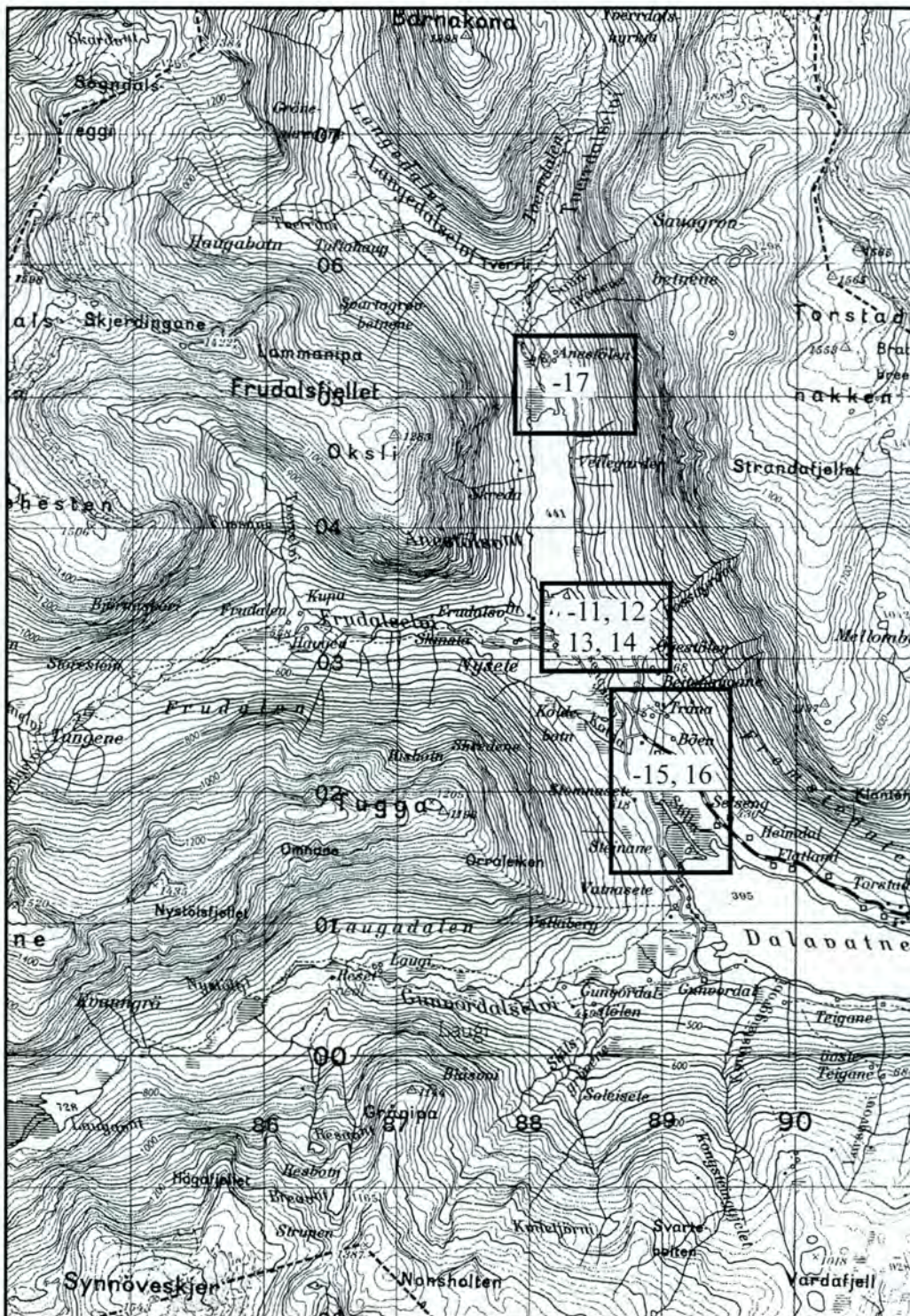
KFR

Aug. -96

Mars -98

TEGNING NR
98.048-05

KARTBLAD NR
1517 III



-11, 12,
13, 14

Utsnitt vist i kartbilag -11, -12, -13 og -14

NGU
OVERSIKTSKART

ANESTØLSDALEN

SOGNDAL KOMMUNE, SOGN OG FJORDANE

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM

MÅLESTOKK

1:50 000

MÅLT TL

Juli -97

TEGN EM

Sept.. -98

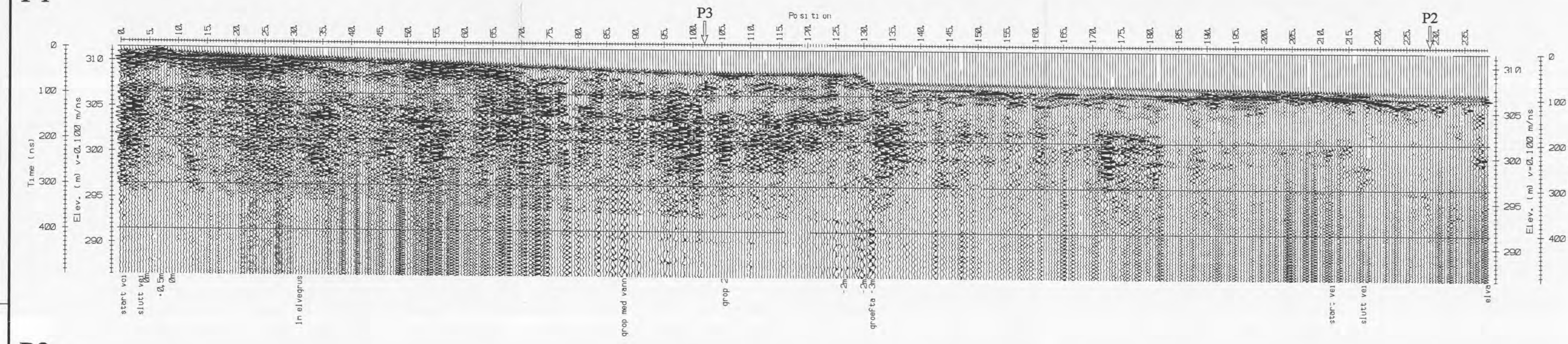
TRAC

KFR

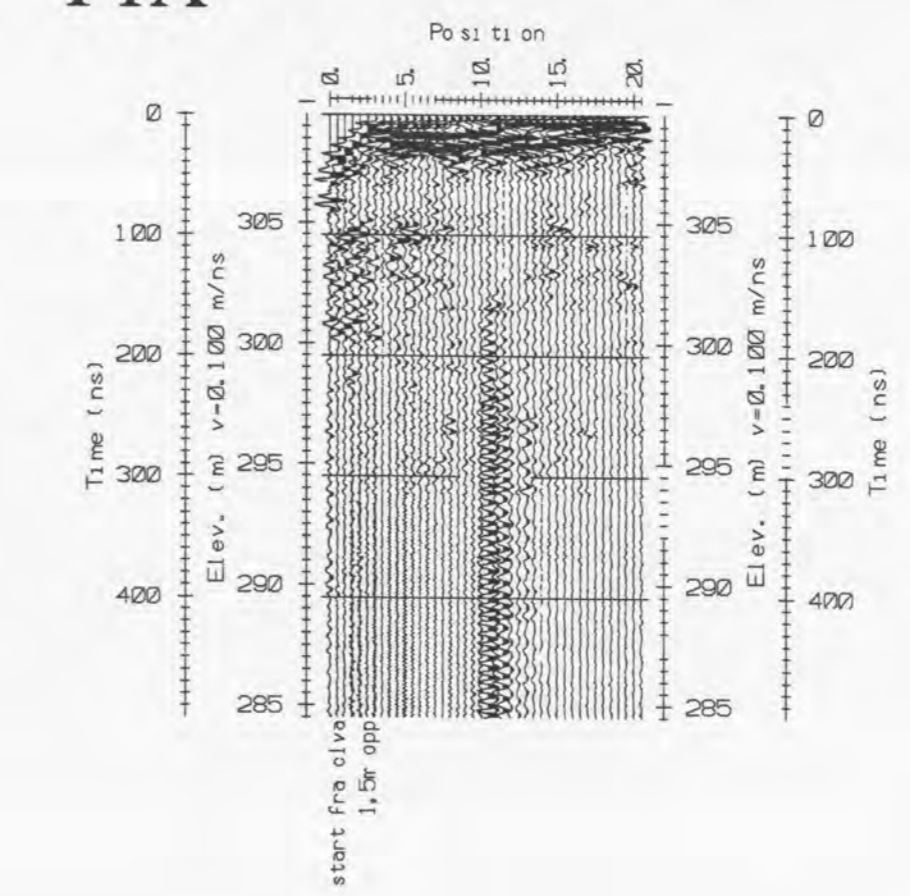
TEGNING NR
98.048-06

KARTBLAD NR
1317 I

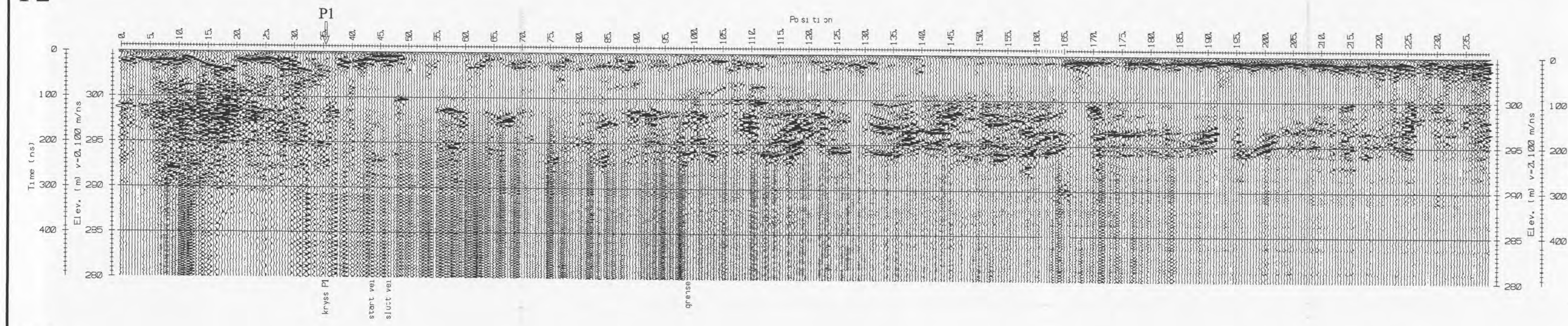
P1



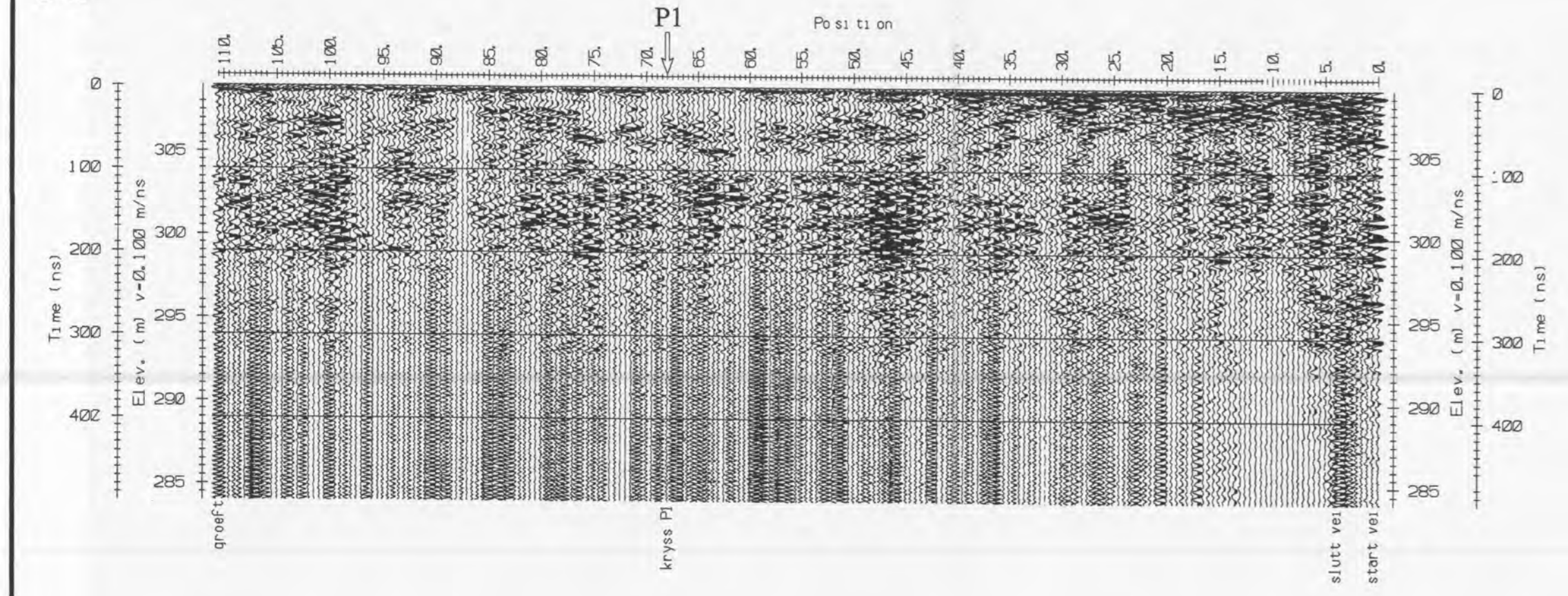
P1A



P2

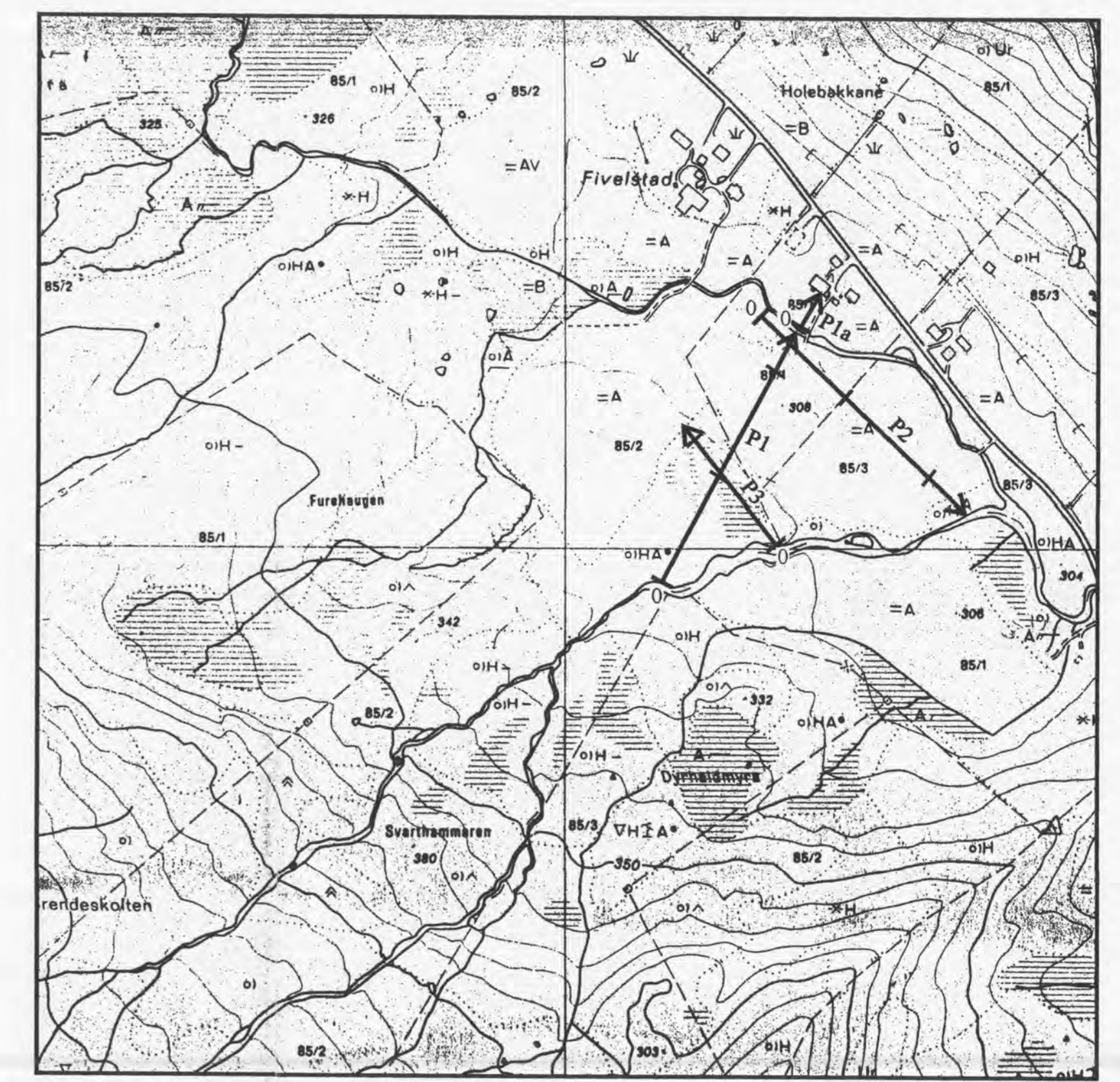


P3

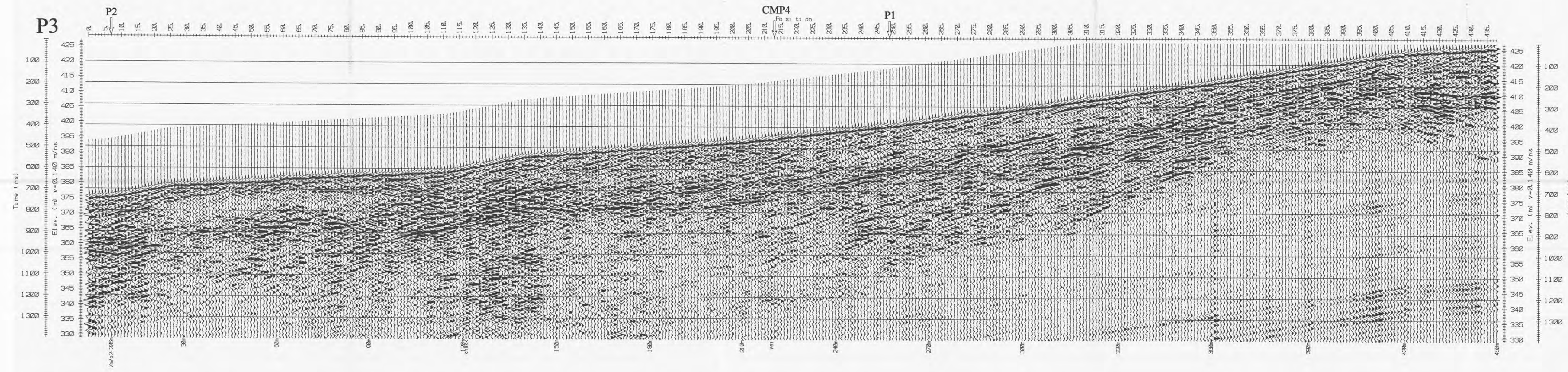
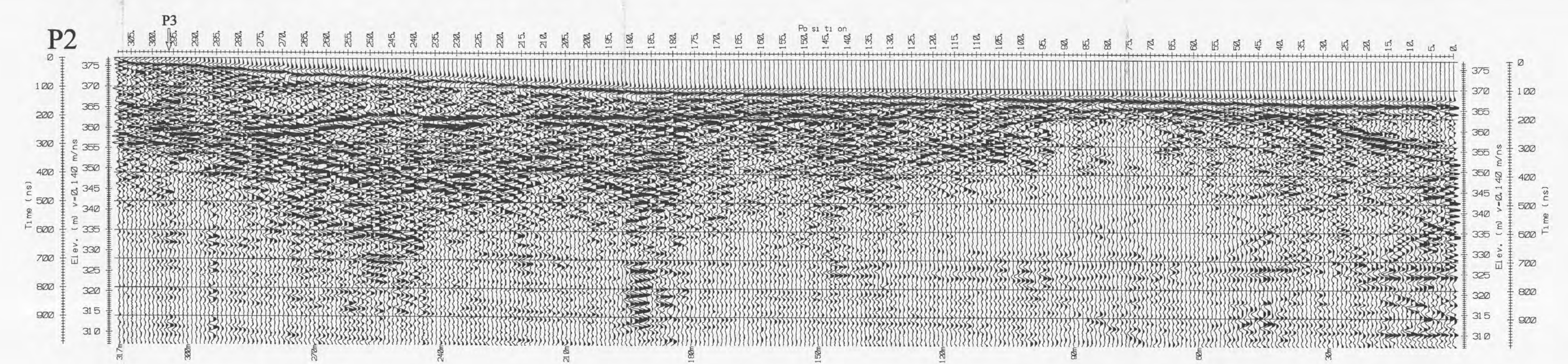
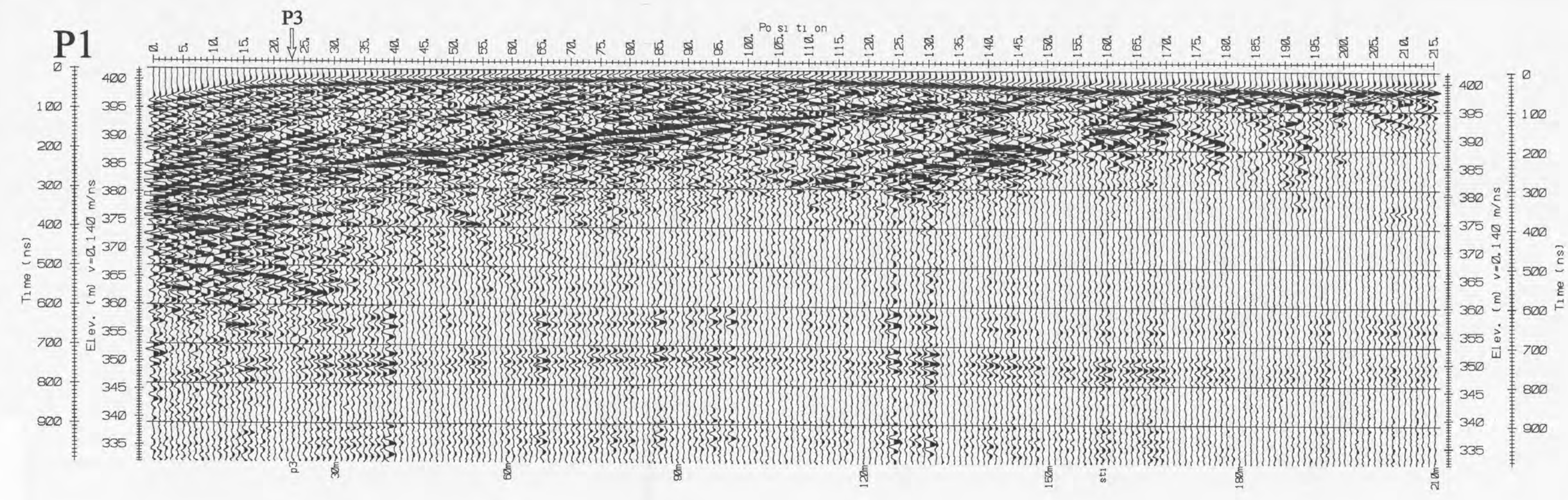


P1
↓
Kryssende profil

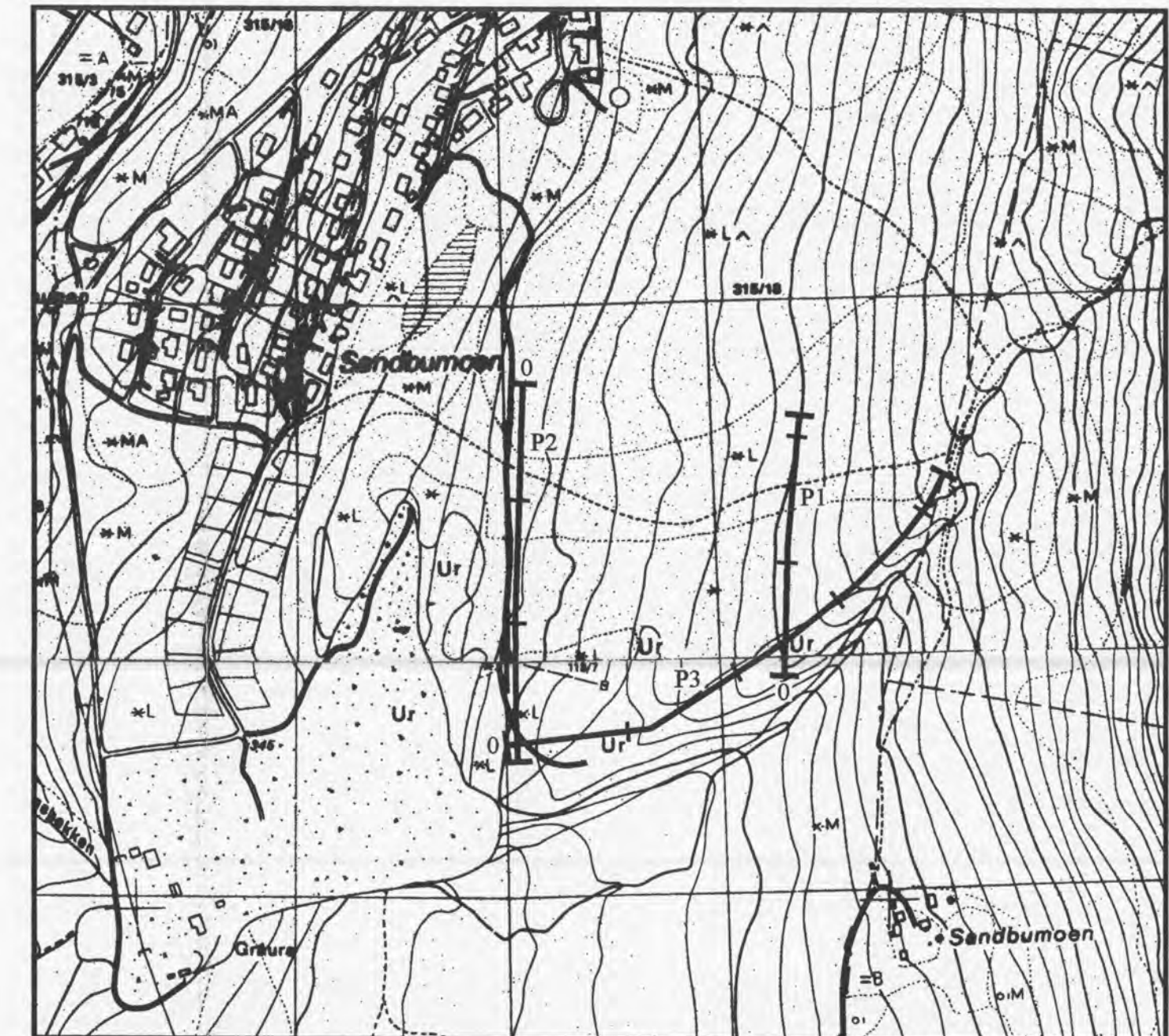
↖ P3
↗ P1
Georadaropptak med startposisjon og markering for hver 100 profilmeter



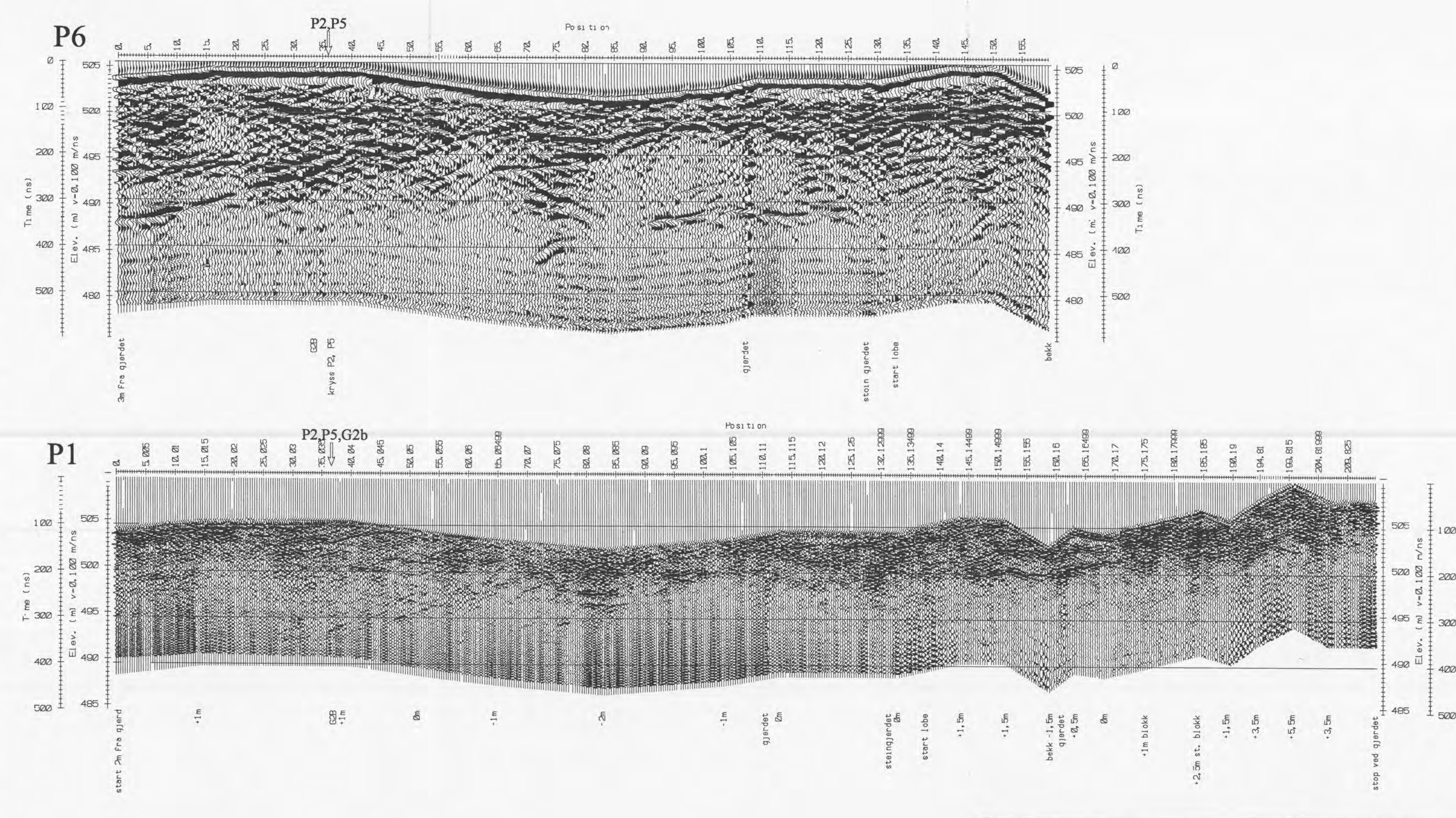
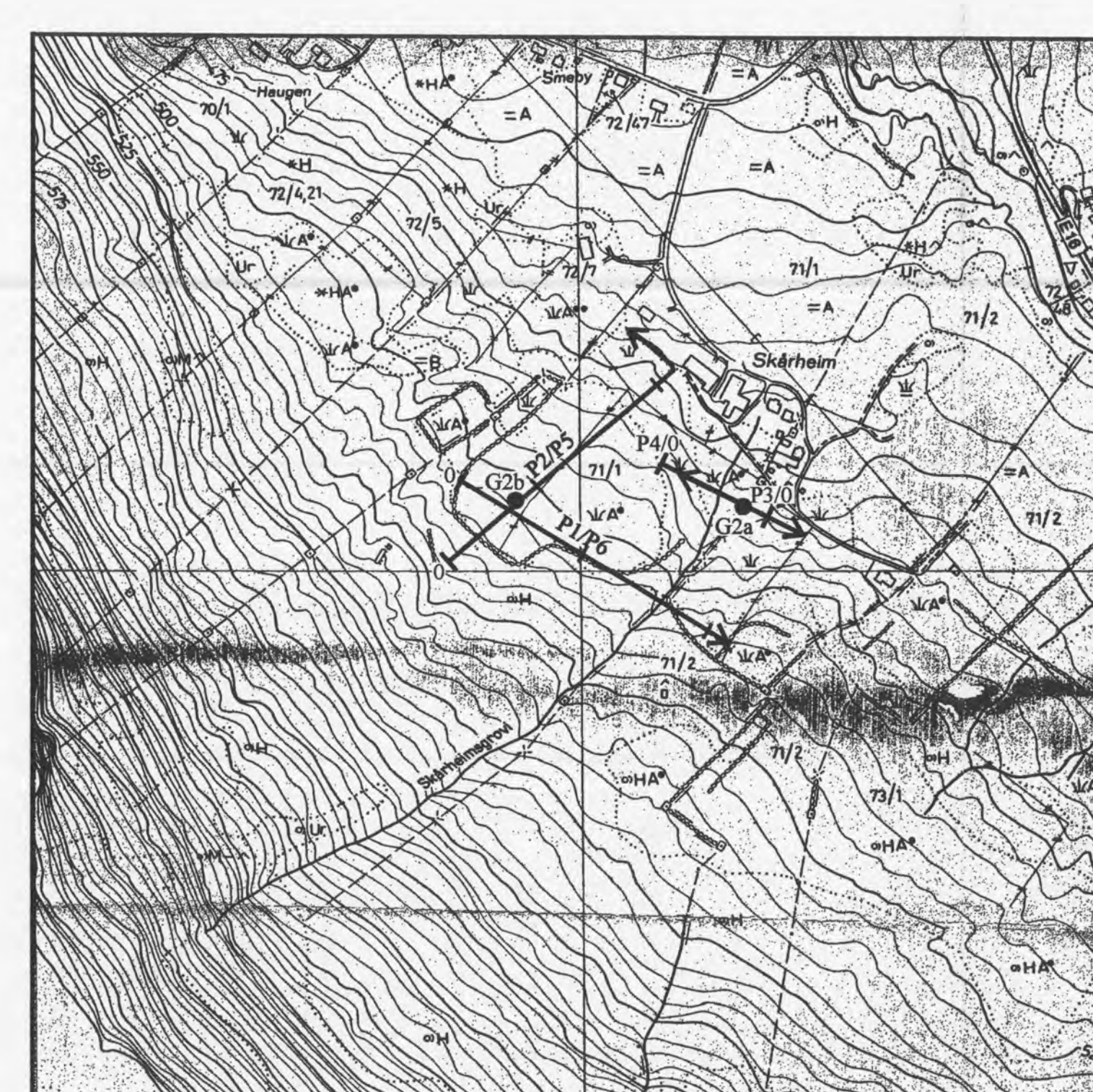
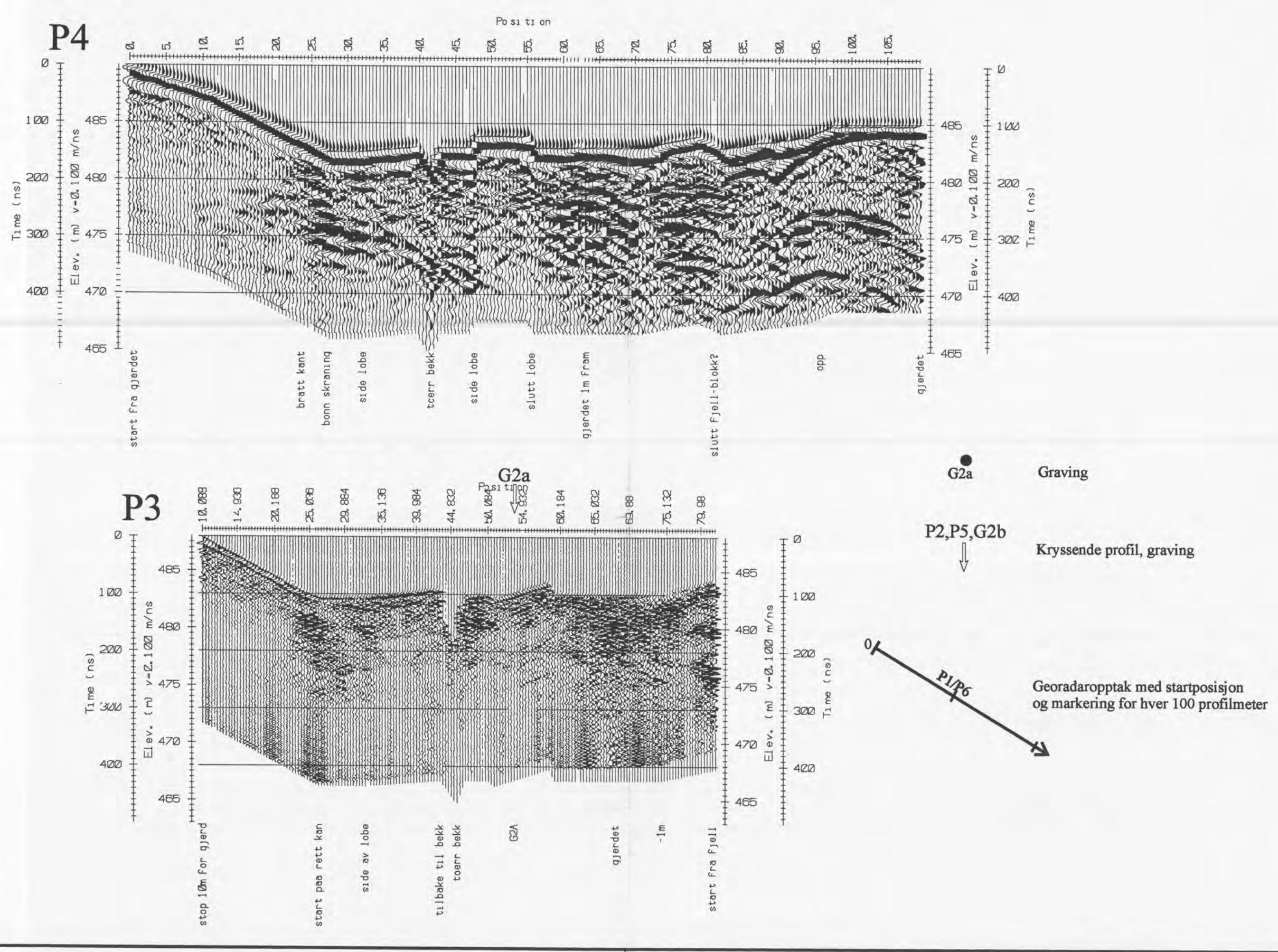
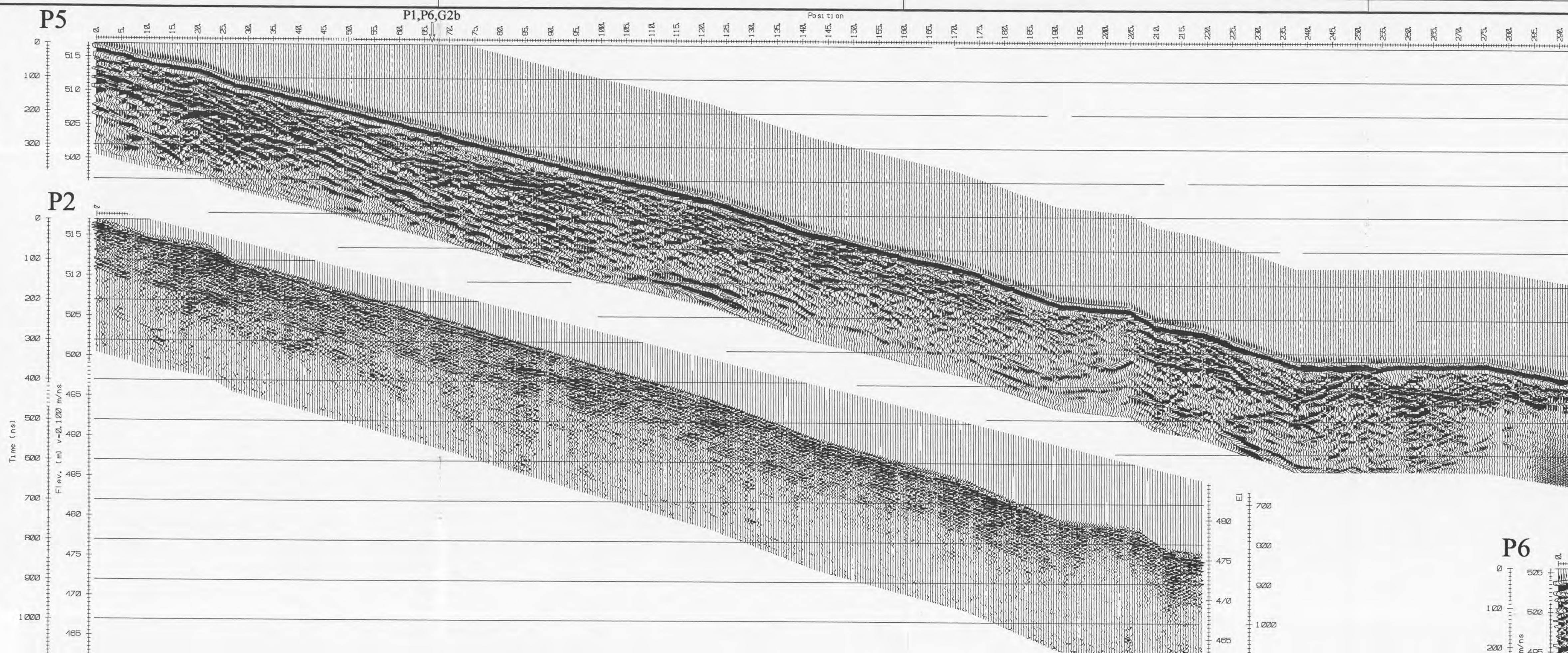
NGU GEORADAROPPTAK P1, P1A, P2, P3 FIVELSTAD STRANDA KOMMUNE, MØRE OG ROMSDAL	MÅLESTOKK 1:5000 (kart)	MÅLT JK TEGN EM TRAC KFR	Aug -96 Mars -98
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR 98.048-07	KARTBLAD NR 1219 II	



Georadarprofil med startposisjon og markering for hver 100 meter



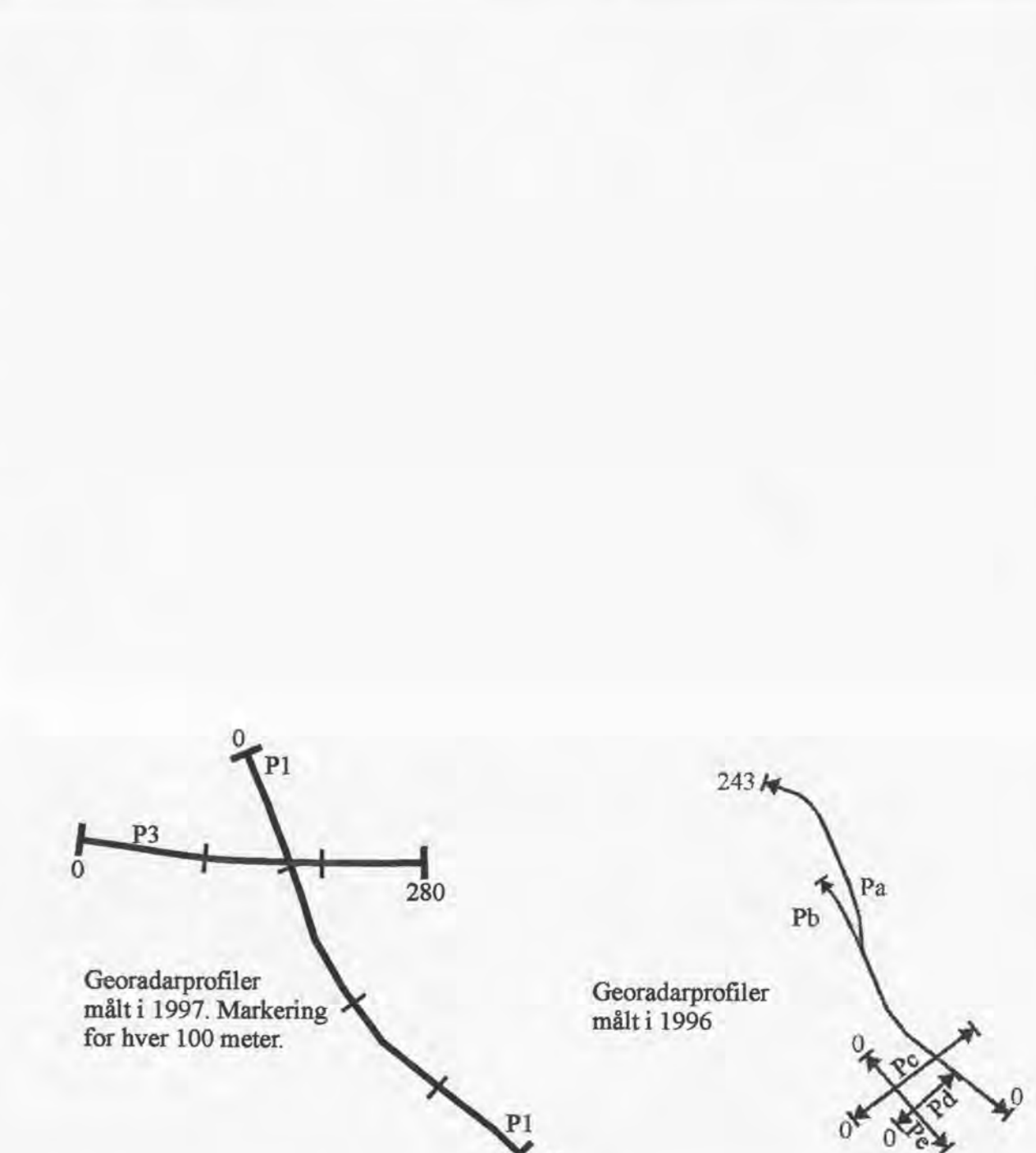
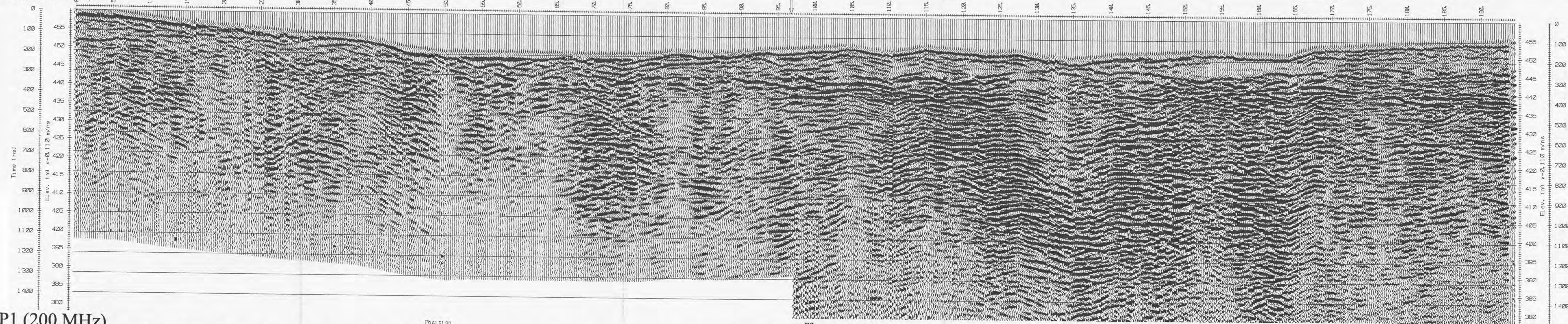
NGU GEORADAROPPTAK P1, P2 OG P3 GRÅURA, SEL SEL KOMMUNE, OPPLAND	MÅLESTOKK	MÅLT TL	Sept. -97
	1:5000 (Kart)	TEGN EM	Sept. -98
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR	KARTBLAD NR	
	98.048-09	1718 III	



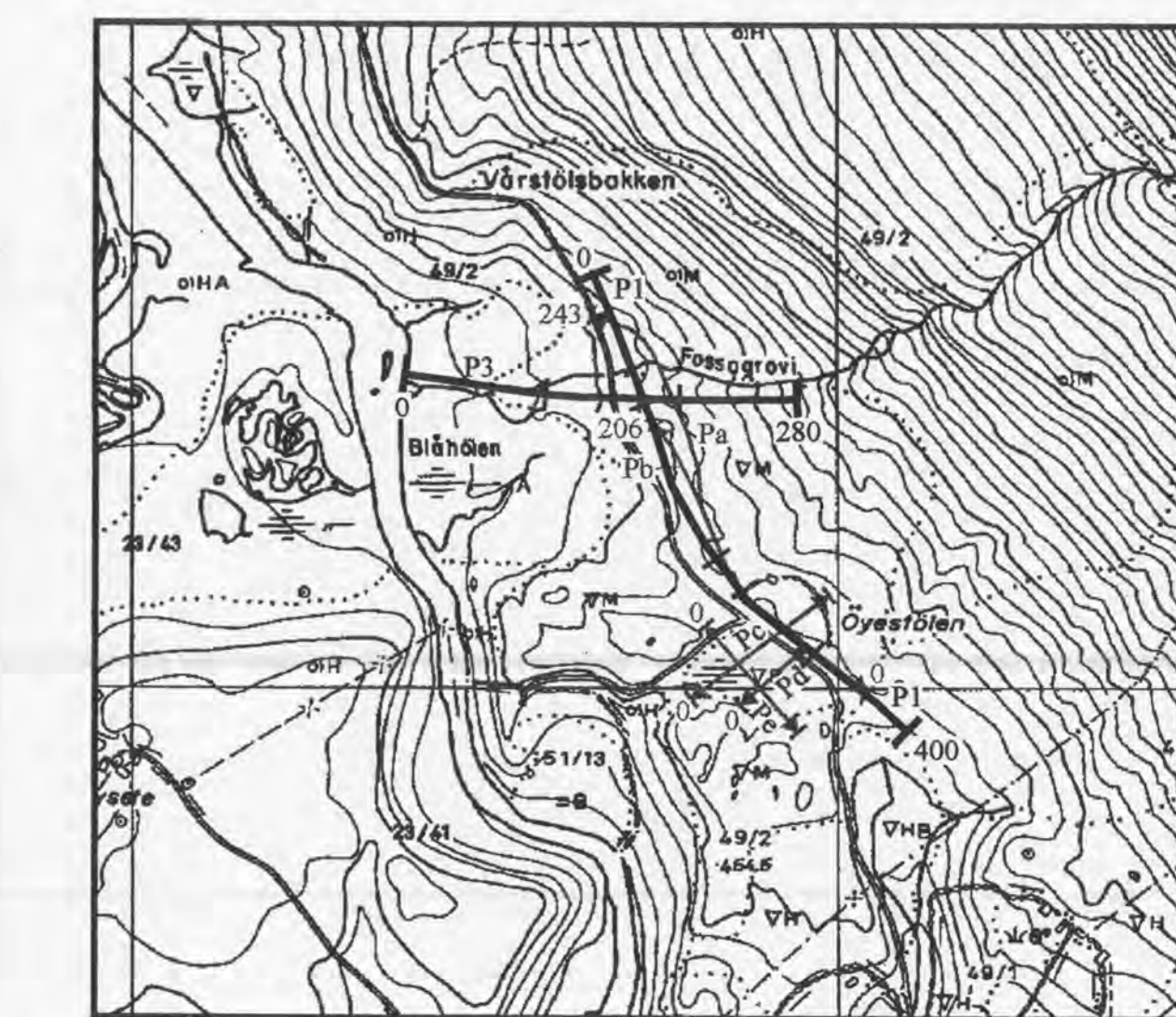
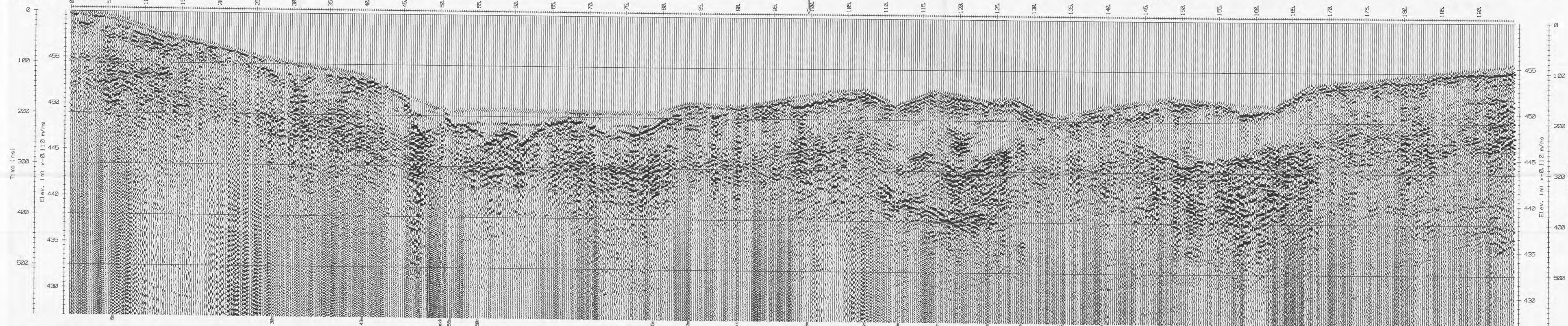
NGU GEORADAROPPTAK P1, P2, P3, P4, P5, P6 SKÅRHEIM, LÆRDAL LÆRDAL KOMMUNE, SOGN OG FJORDANE		
MÅLESTOKK 1:5000 (kart)	MÅLT JK TEGN EM TRAC KFR	Aug.-98 Mars-98
TEGNING NR 98.048-10	KARTBLAD NR 1517 III	

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM

P1 (50 MHz)

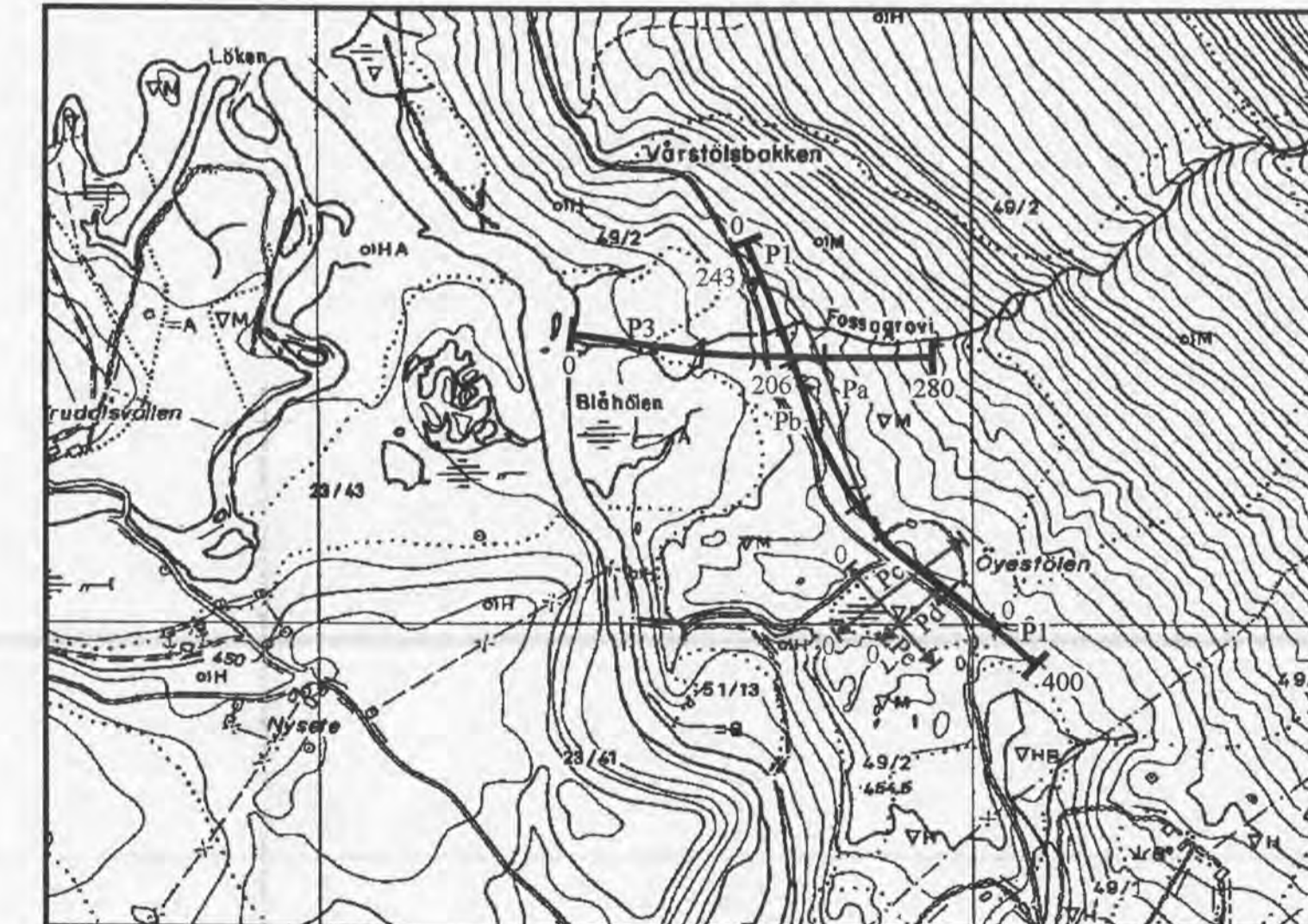
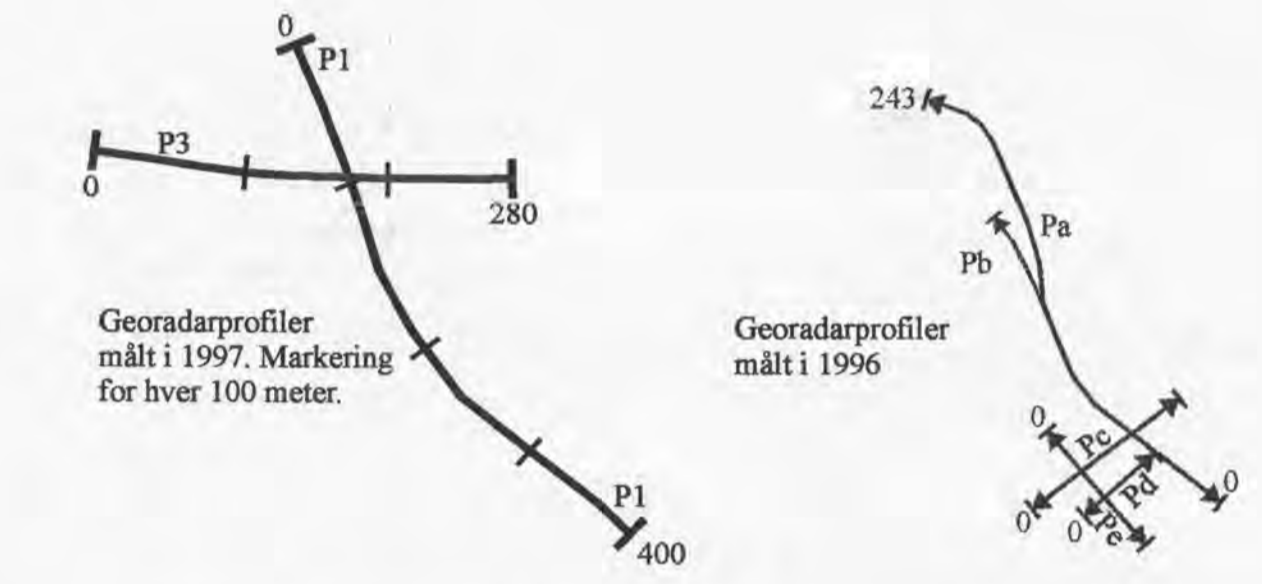
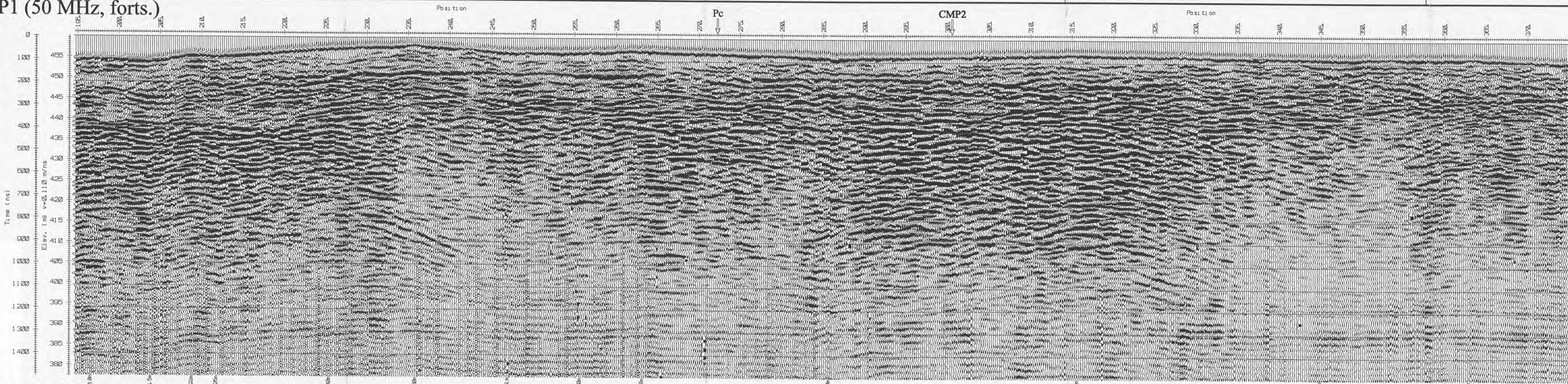


P1 (200 MHz)

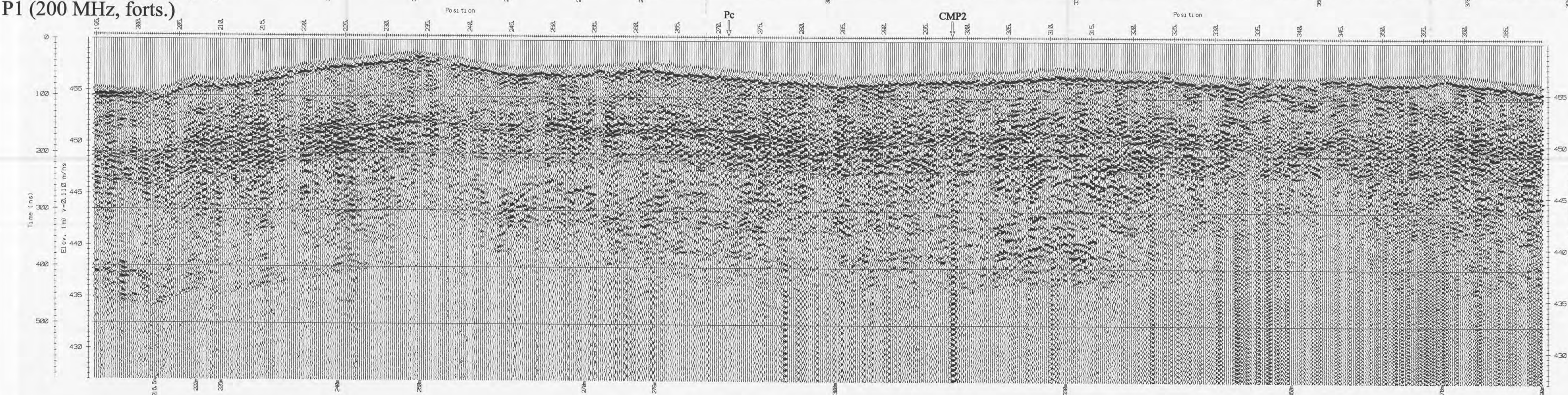


NGU GEORADAROPPTAK P1 ØYESTØLEN SOGNDAL KOMMUNE, SOGN OG FJORDANE	MÅLESTOKK	MÅLT TL	Sept. -97
	1:5000 (Kart)	TEGN EM	Sept. -98
		TRAC	
	KFR		
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR 98.048-11	KARTBLAD NR 1317 I	

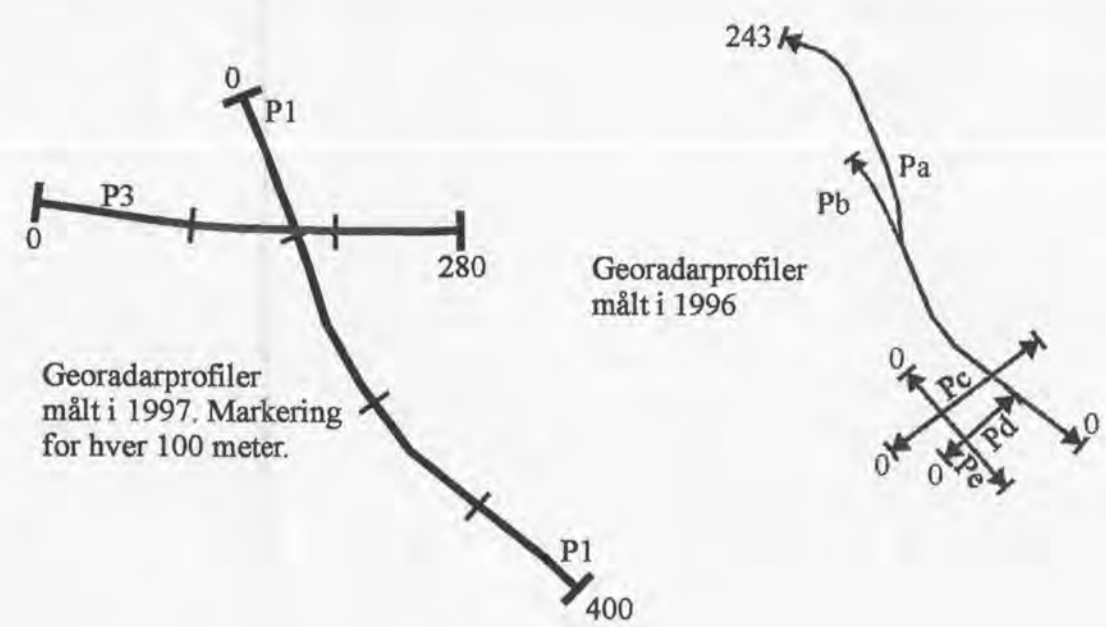
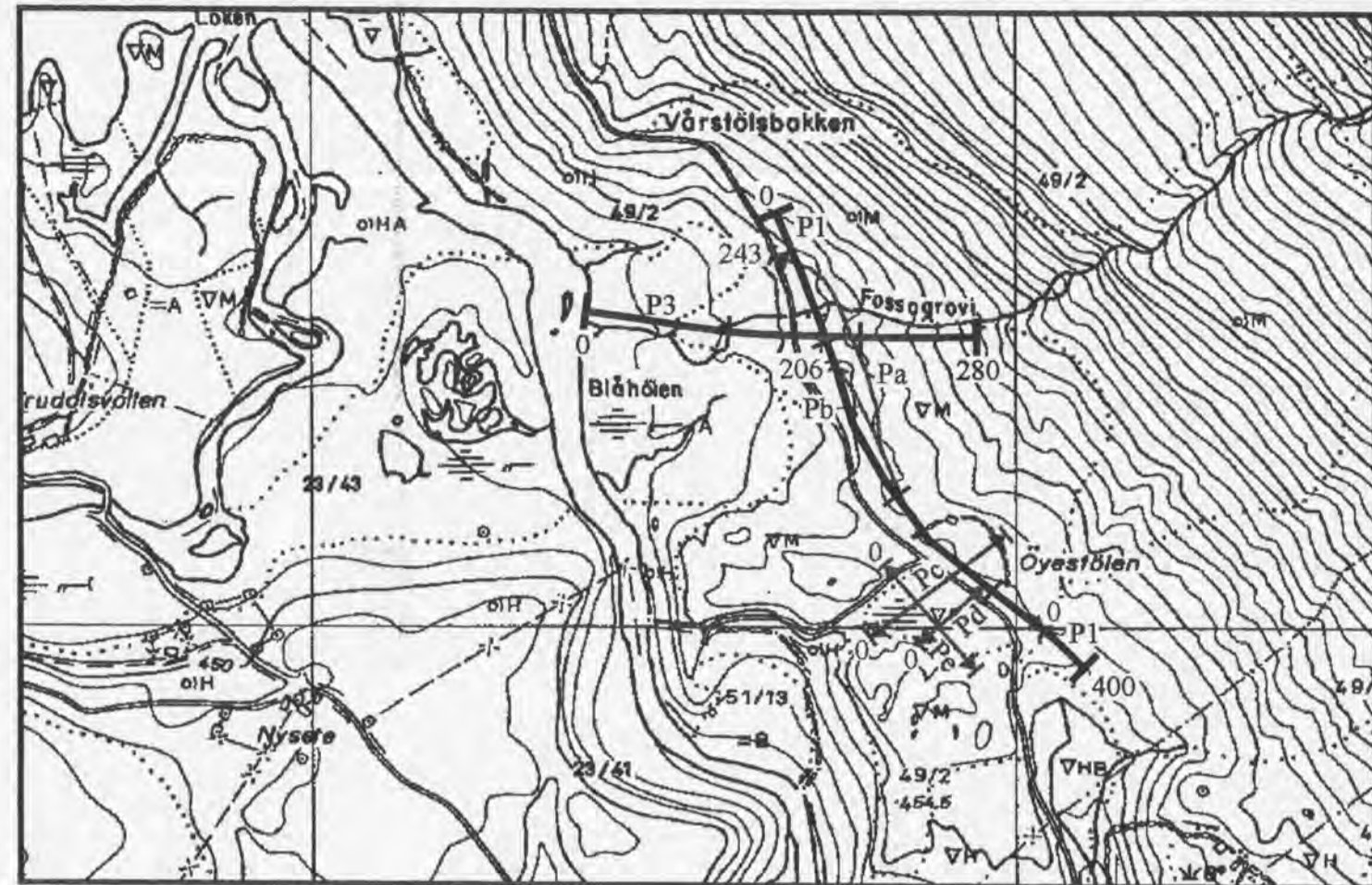
P1 (50 MHz, forts.)



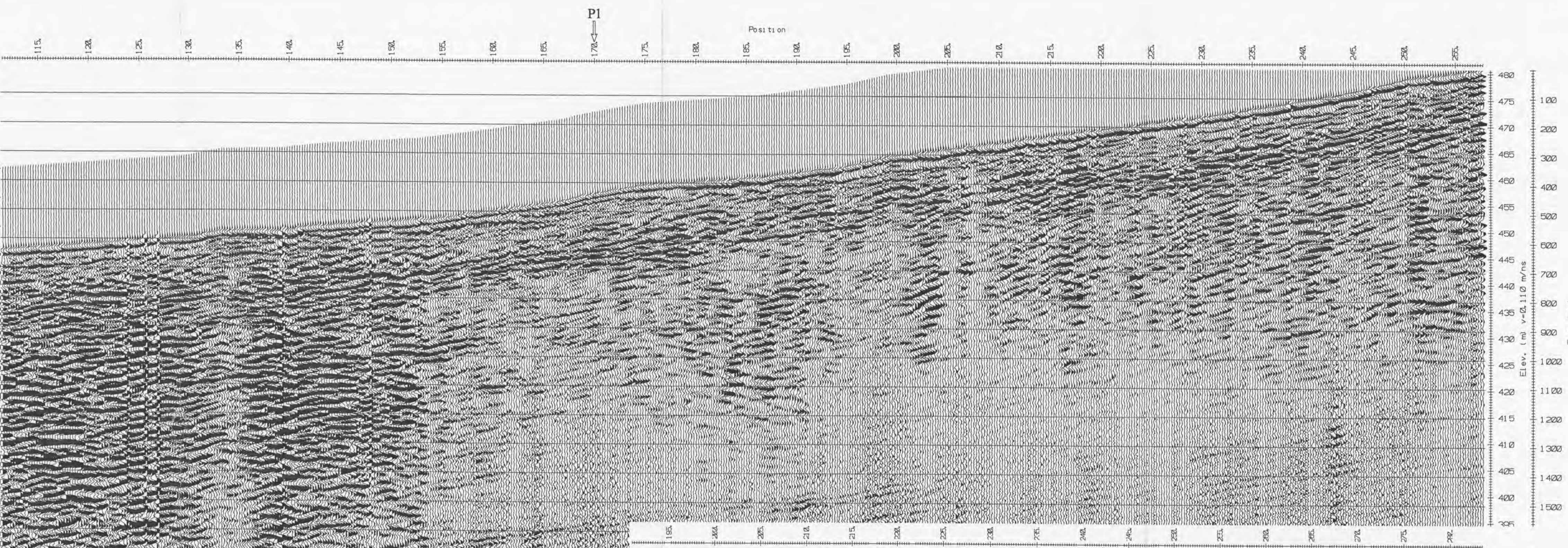
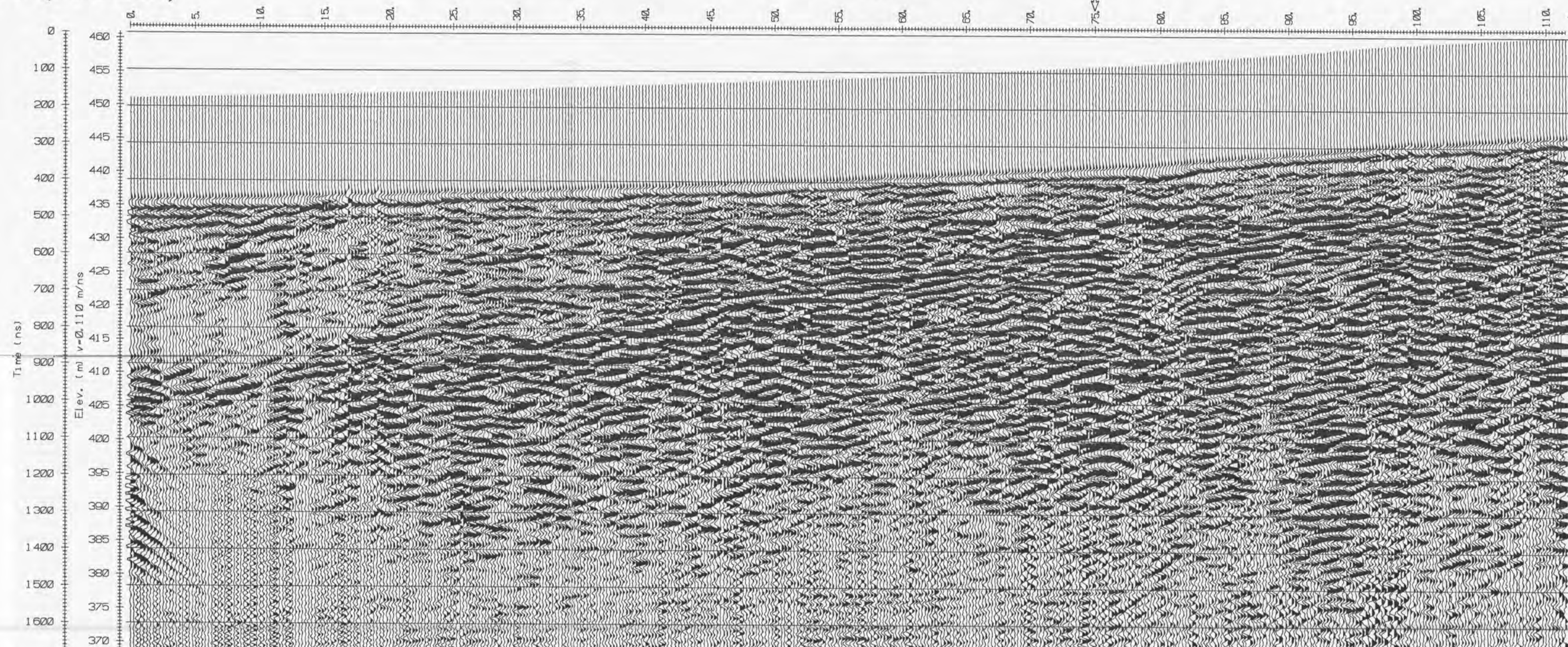
P1 (200 MHz, forts.)



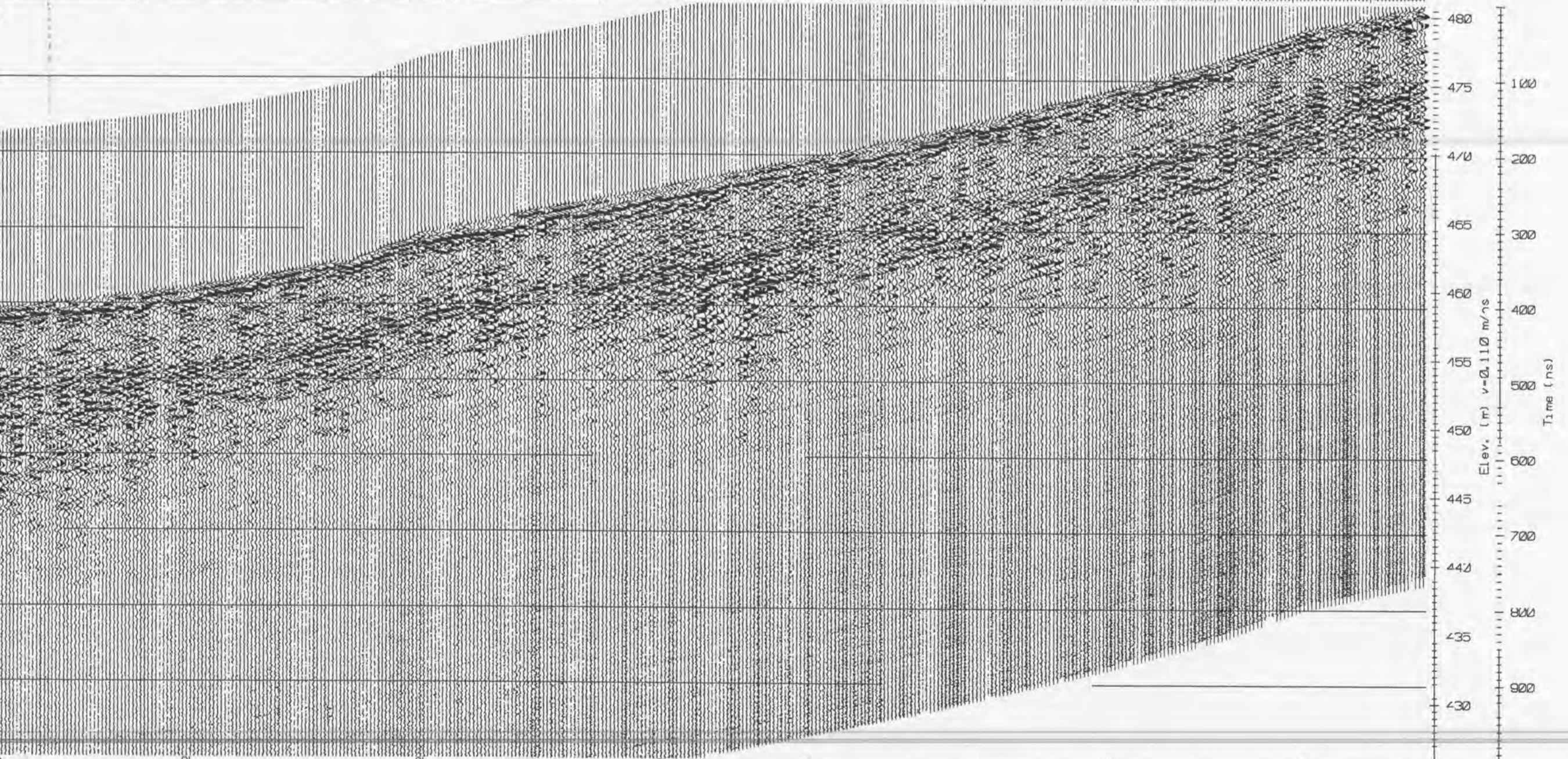
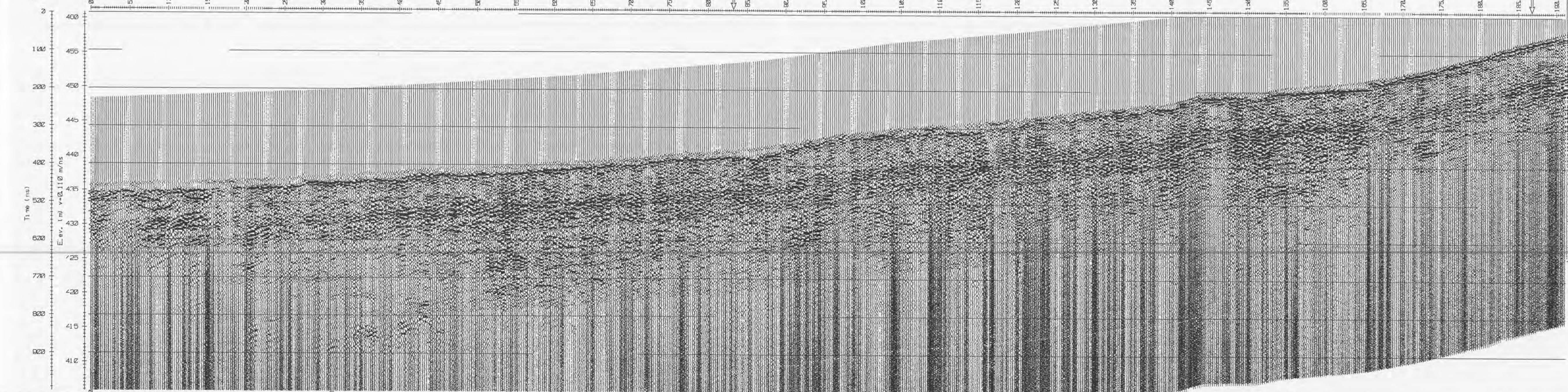
NGU GEORADAROPPTAK P1 (forts.) ØYESTØLEN SOGNDAL KOMMUNE, SOGN OG FJORDANE	MÅLESTOKK	MÅLT TL	Sept. -97
	1:5000 (Kart)	TEGN EM	Sept. -98
NORGE GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR	KARTBLAD NR	
	98.048-12	1317 I	



P3 (50 MHz)

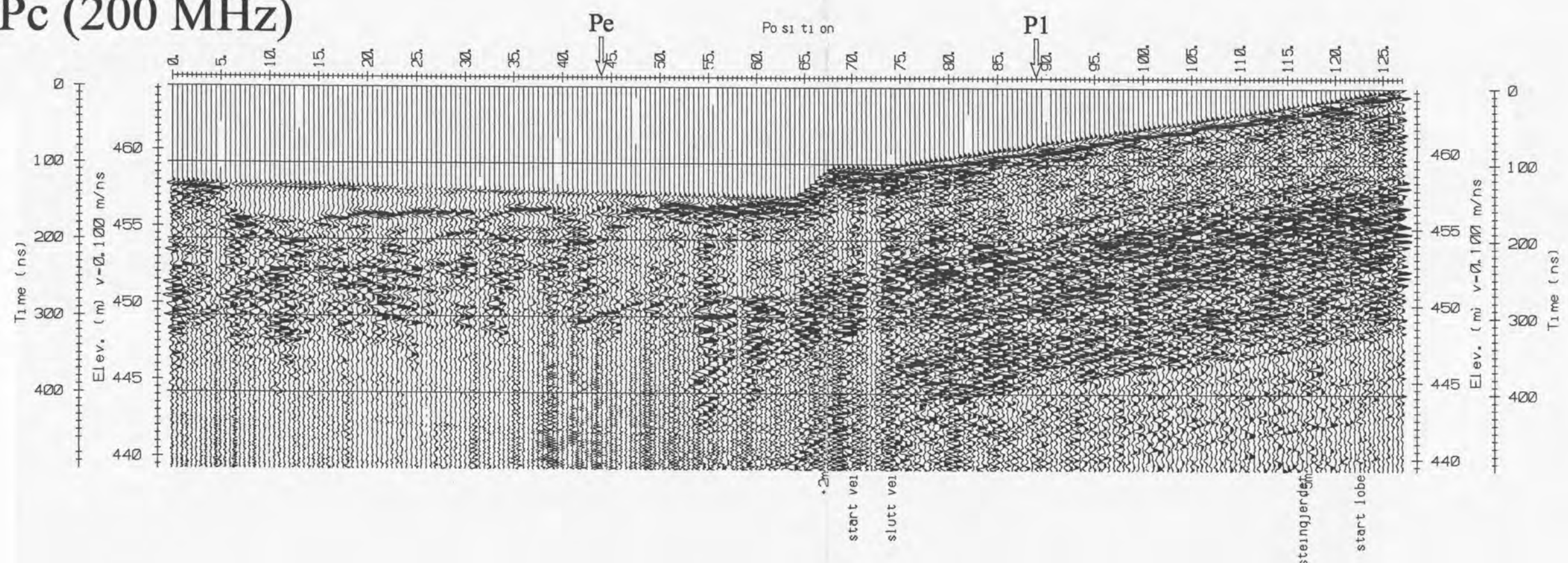


P3 (200 MHz)

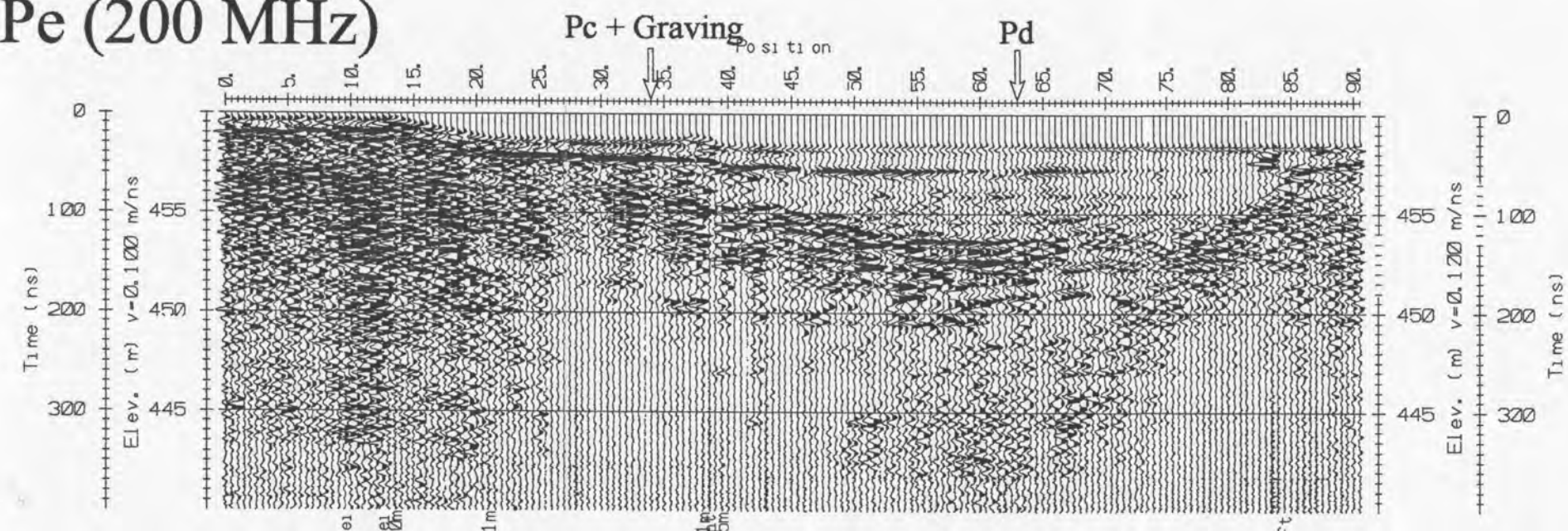


NGU GEORADAROPPTAK P3	MÅLESTOKK 1:5000 (Kart)	MÅLT TL TEGN EM TRAC KFR	Sept. -97 Sept. -98
ØYESTØLEN SOGNDAL KOMMUNE, SOGN OG FJORDANE		TEGNING NR 98.048-13	KARTBLAD NR 1317 I
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM			

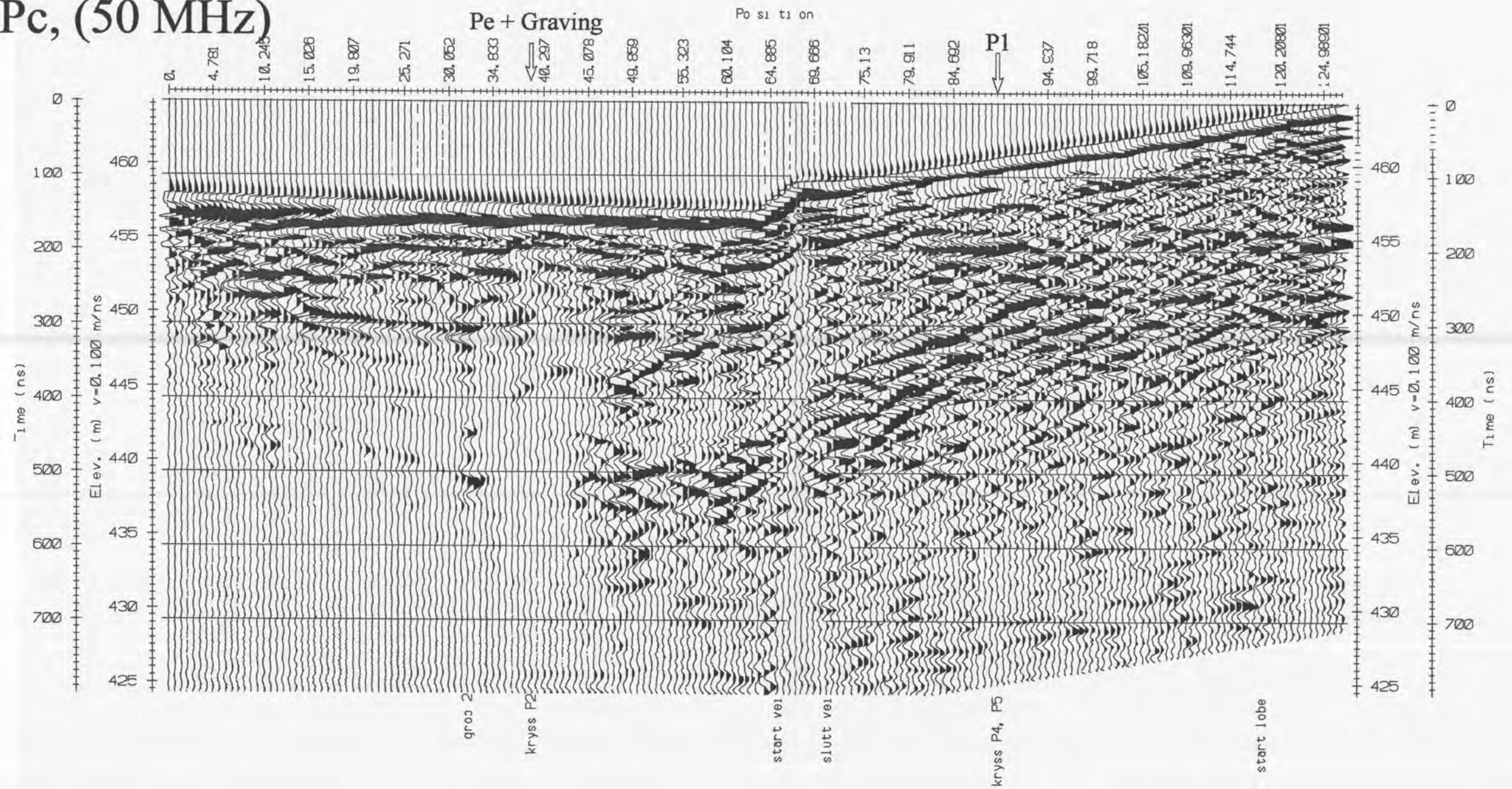
Pc (200 MHz)



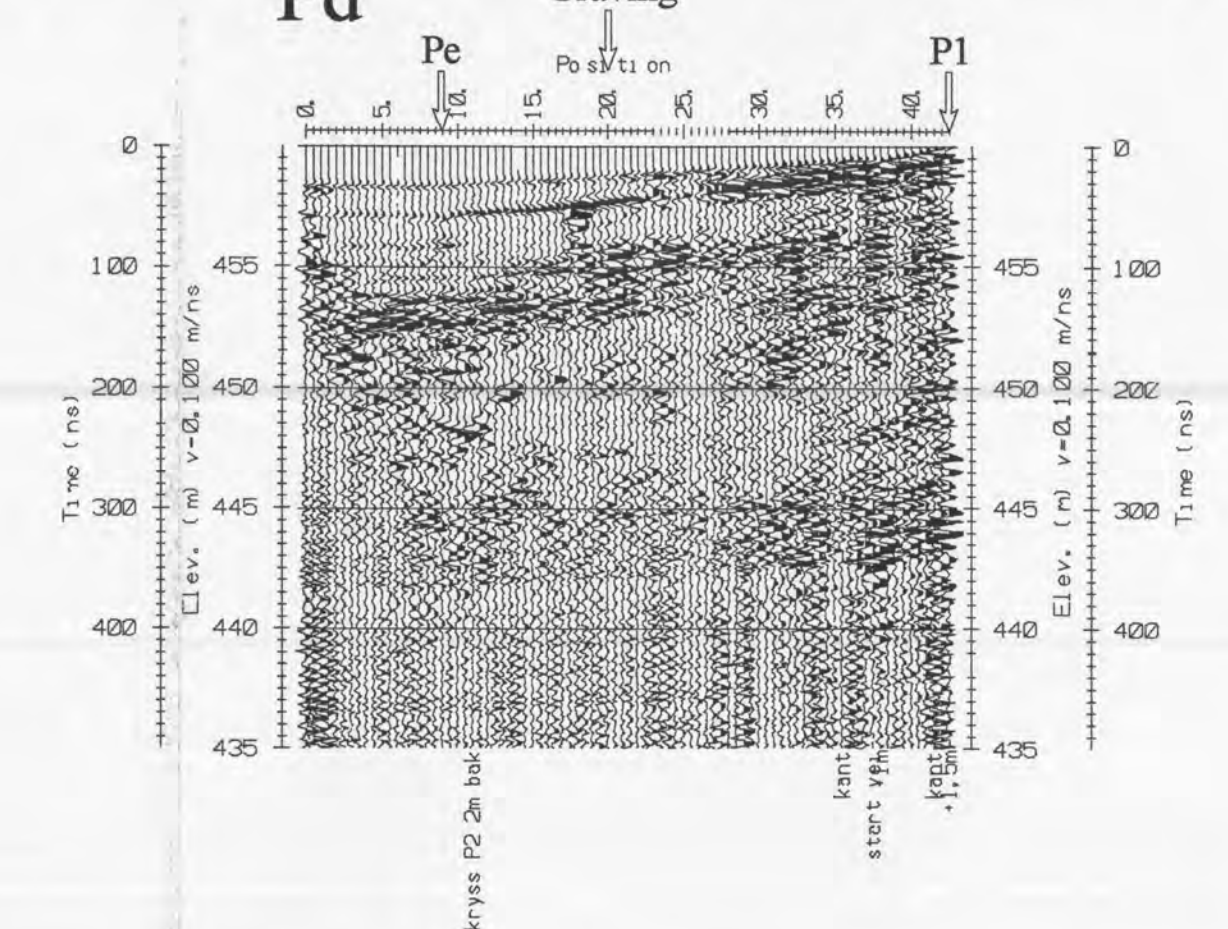
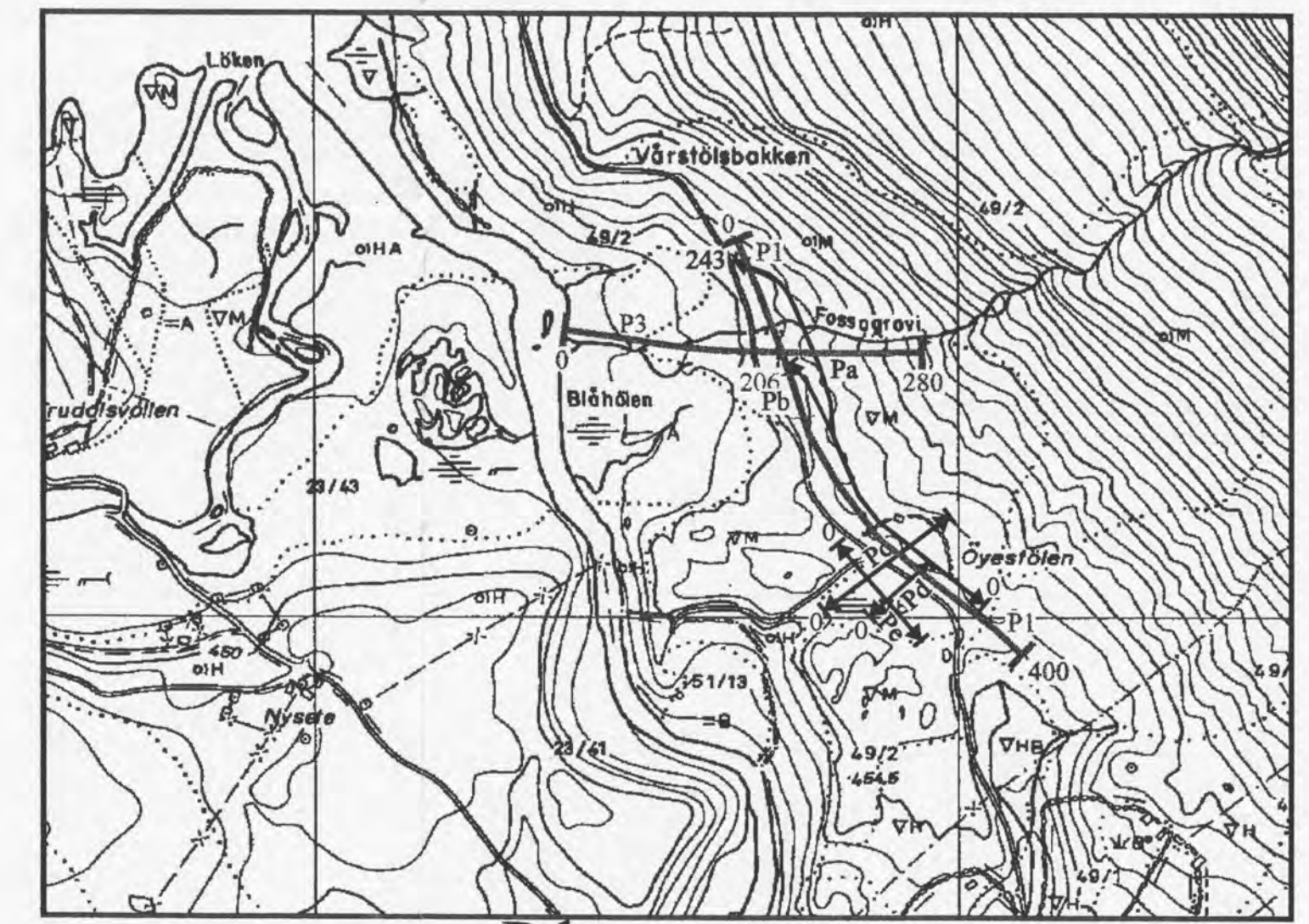
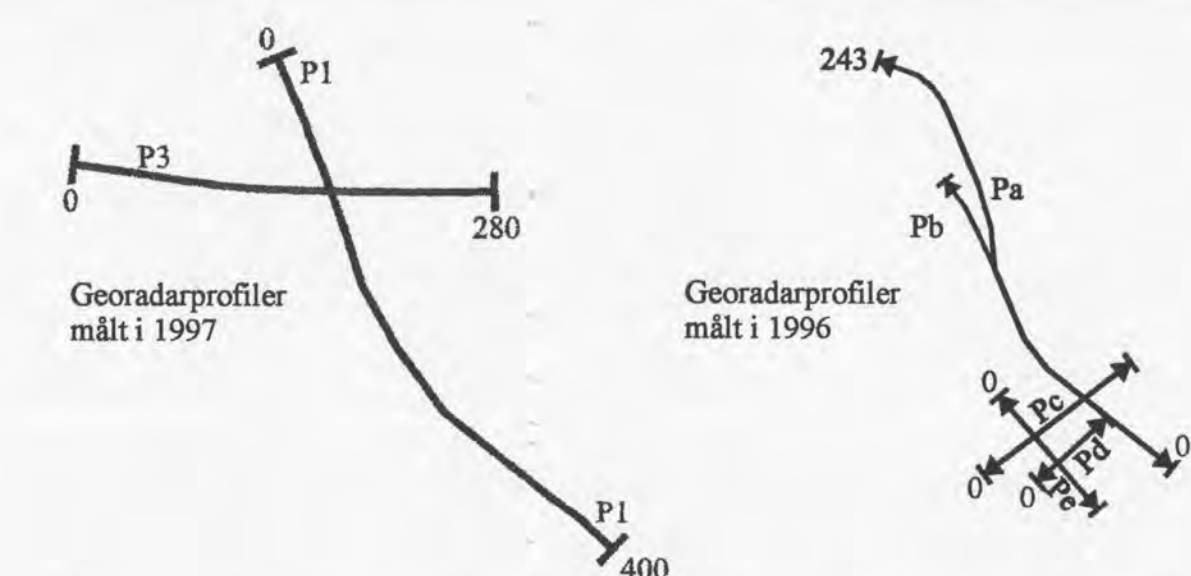
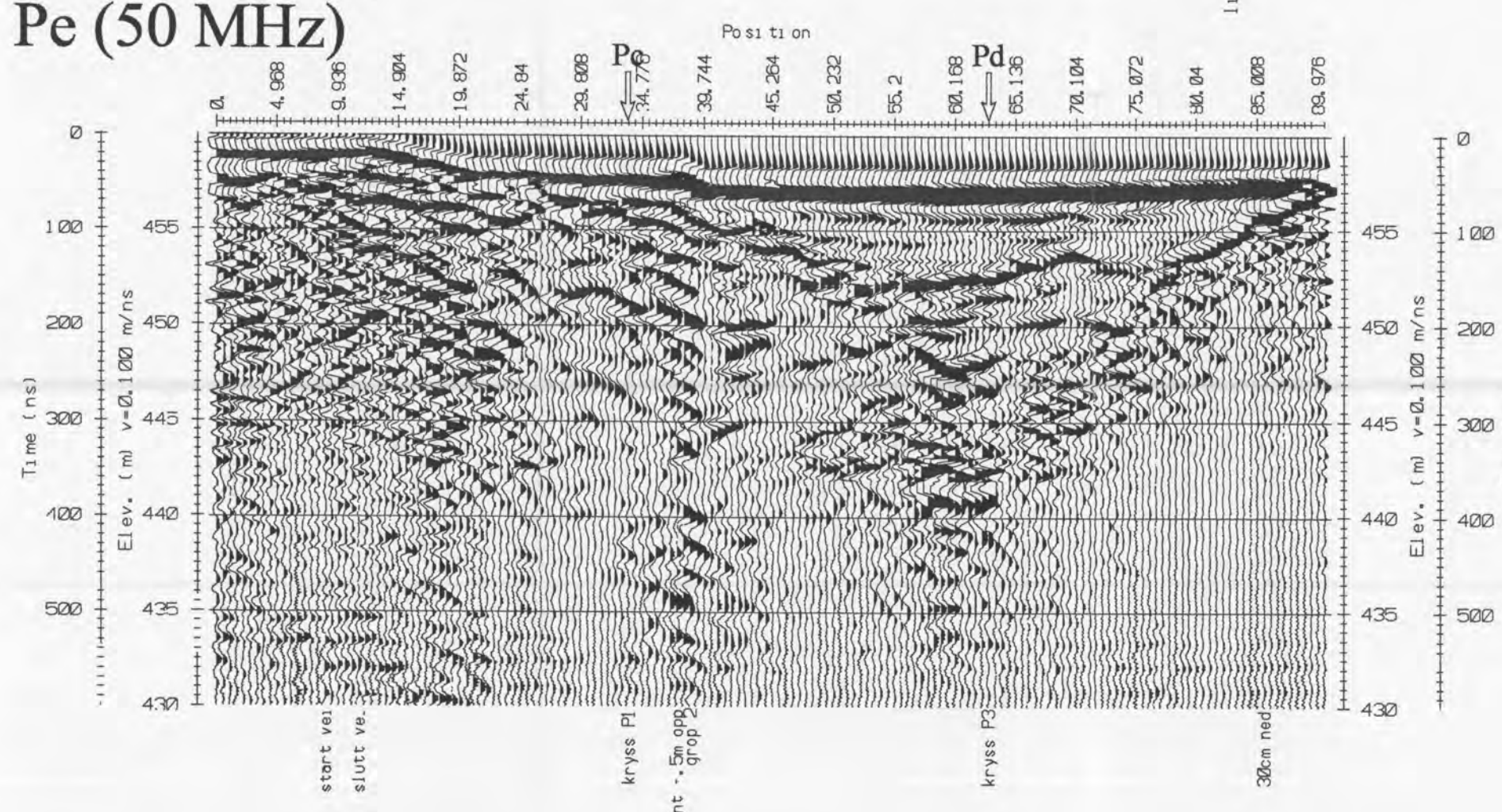
Pe (200 MHz)



Pc, (50 MHz)

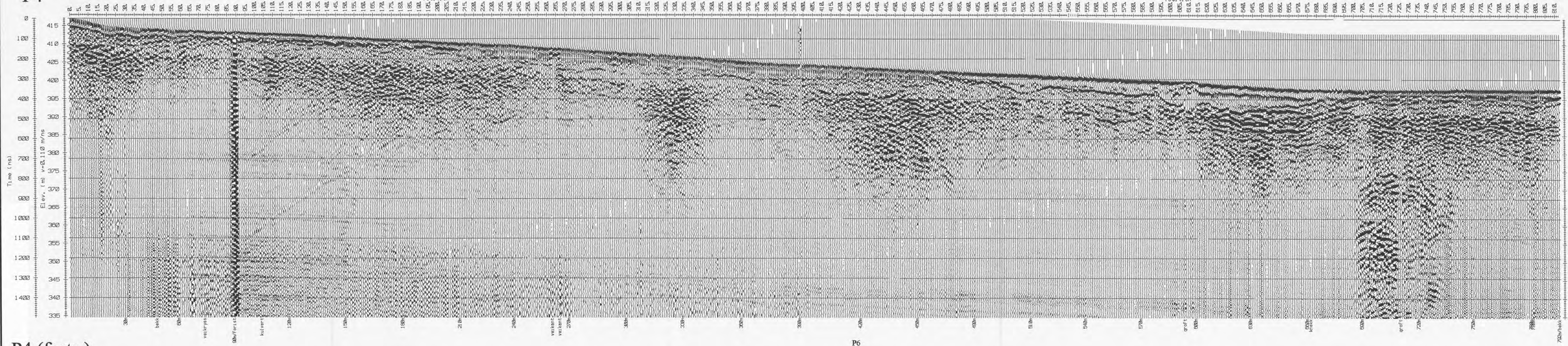


Pe (50 MHz)

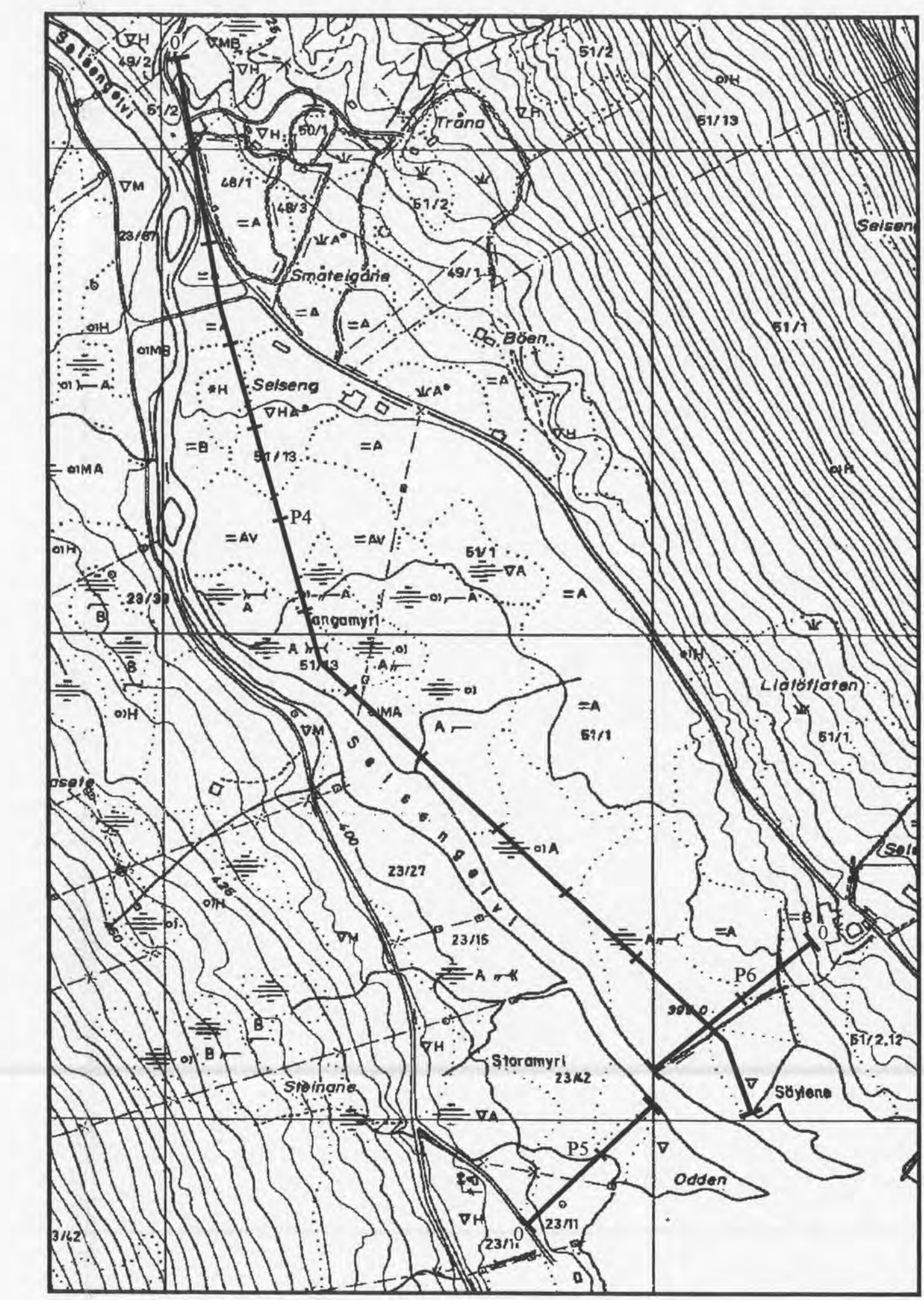


NGU GEORADAROPPTAK Pc, Pd og Pe ØYESTØLEN SOGNDAL KOMMUNE, SOGN OG FJORDANE	MÅLESTOKK	MÅLT JK	Aug. -96
	1:5000 (Kart)	TEGN EM	Sept. -98
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR	KARTBLAD NR	
	98.048-14	1317 I	

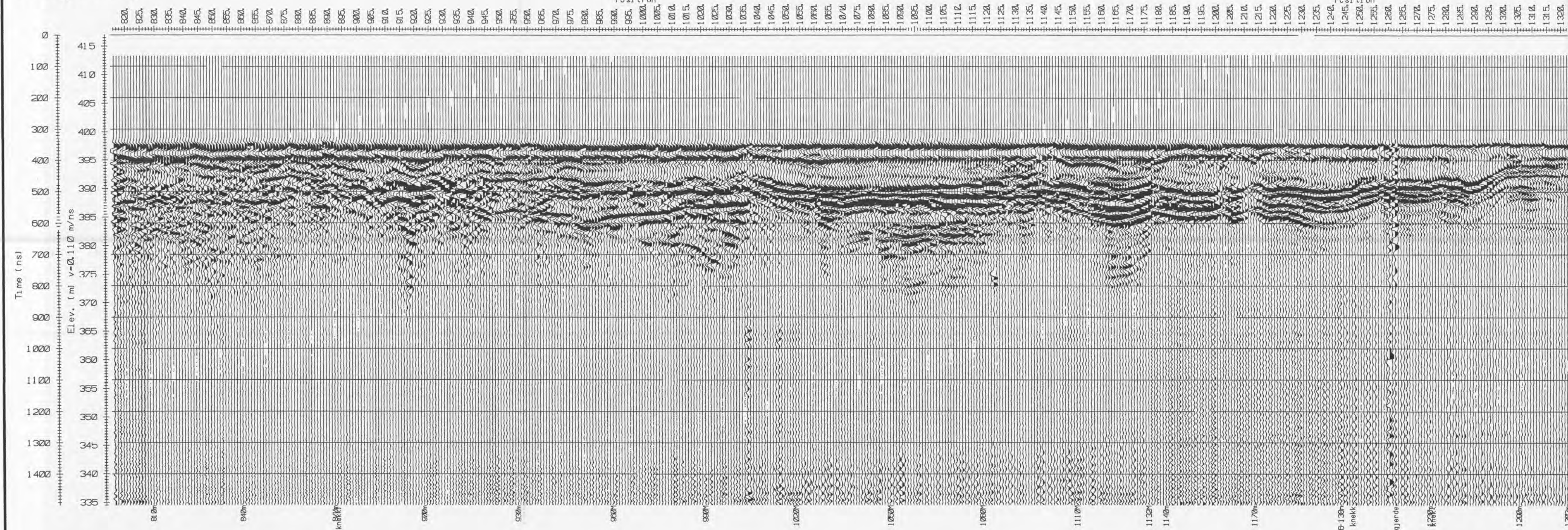
P4



P5
Georadarprofil med startposisjon og markering for hver 100 meter

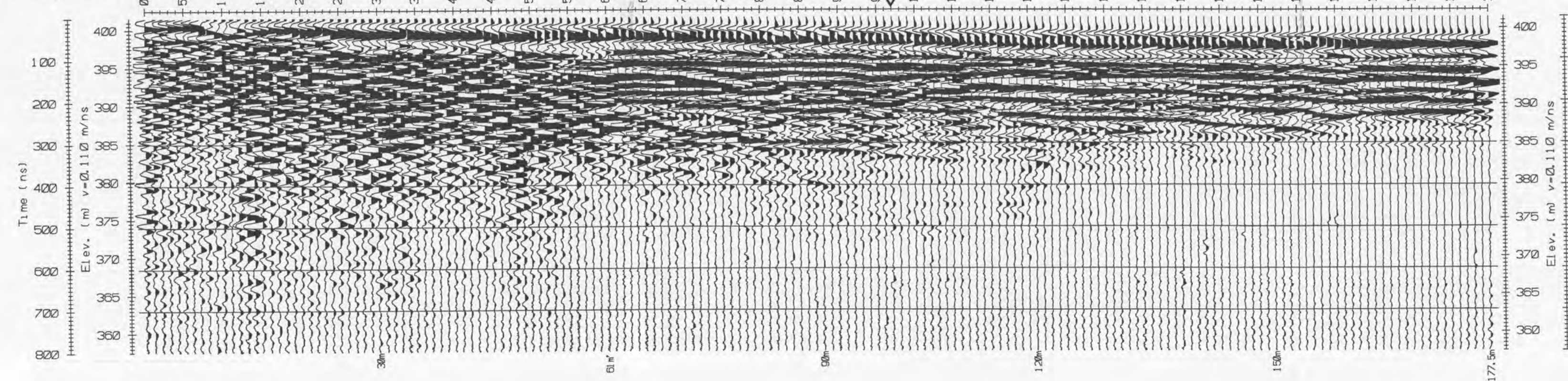


P4 (forts.)

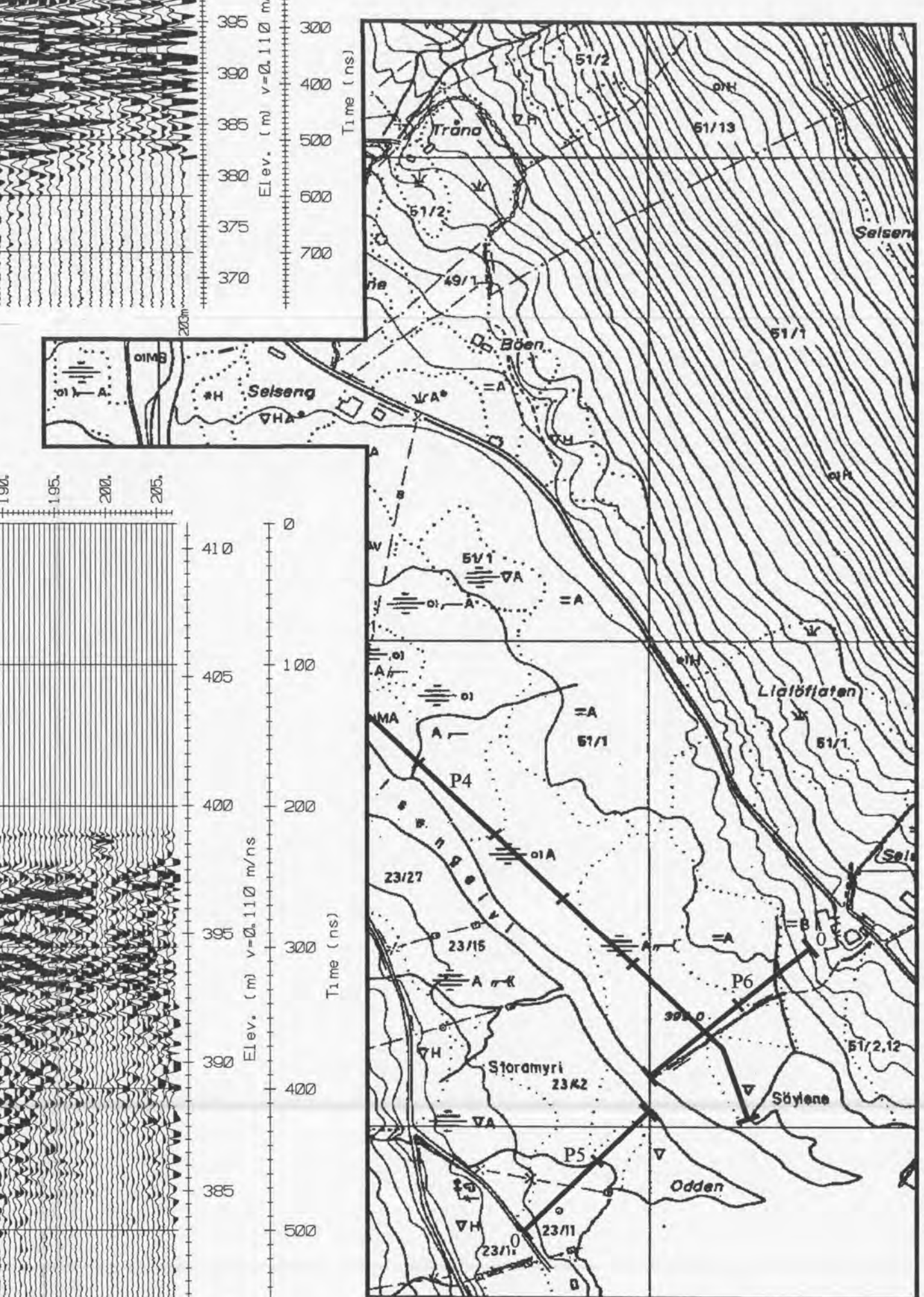
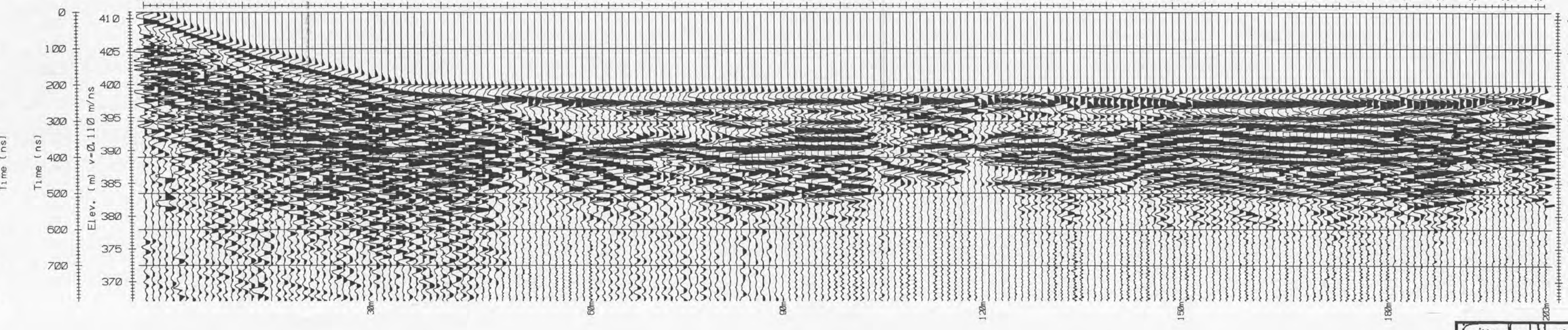


NGU GEORADAROPPTAK P4 SELSENG SOGNDAL KOMMUNE, SOGN OG FJORDANE	MÅLESTOKK	MÅLT TL	Sept. -97
	1:5000 (Kart)	TEGN EM	Sept. -98
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR	KARTBLAD NR	
	98.048-15	1317 I	

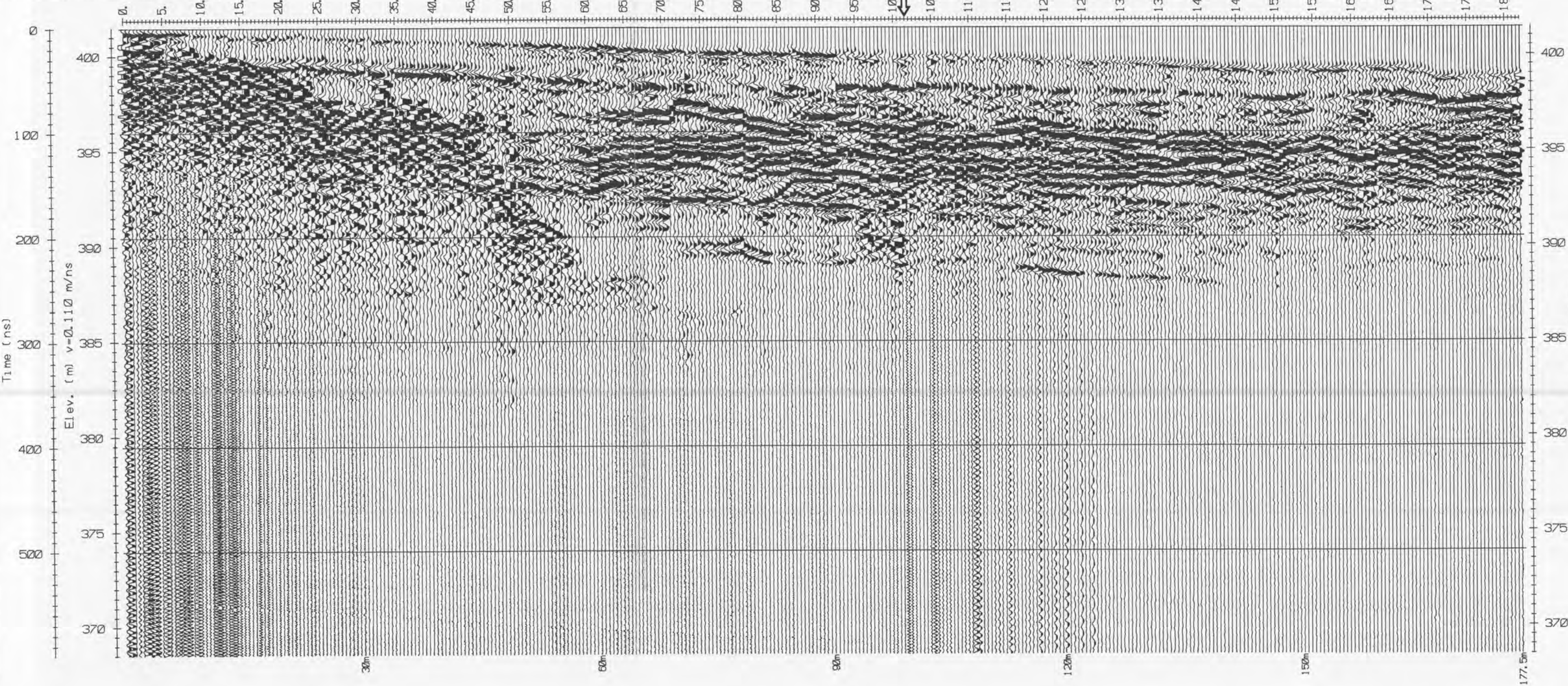
P5 (50 MHz)



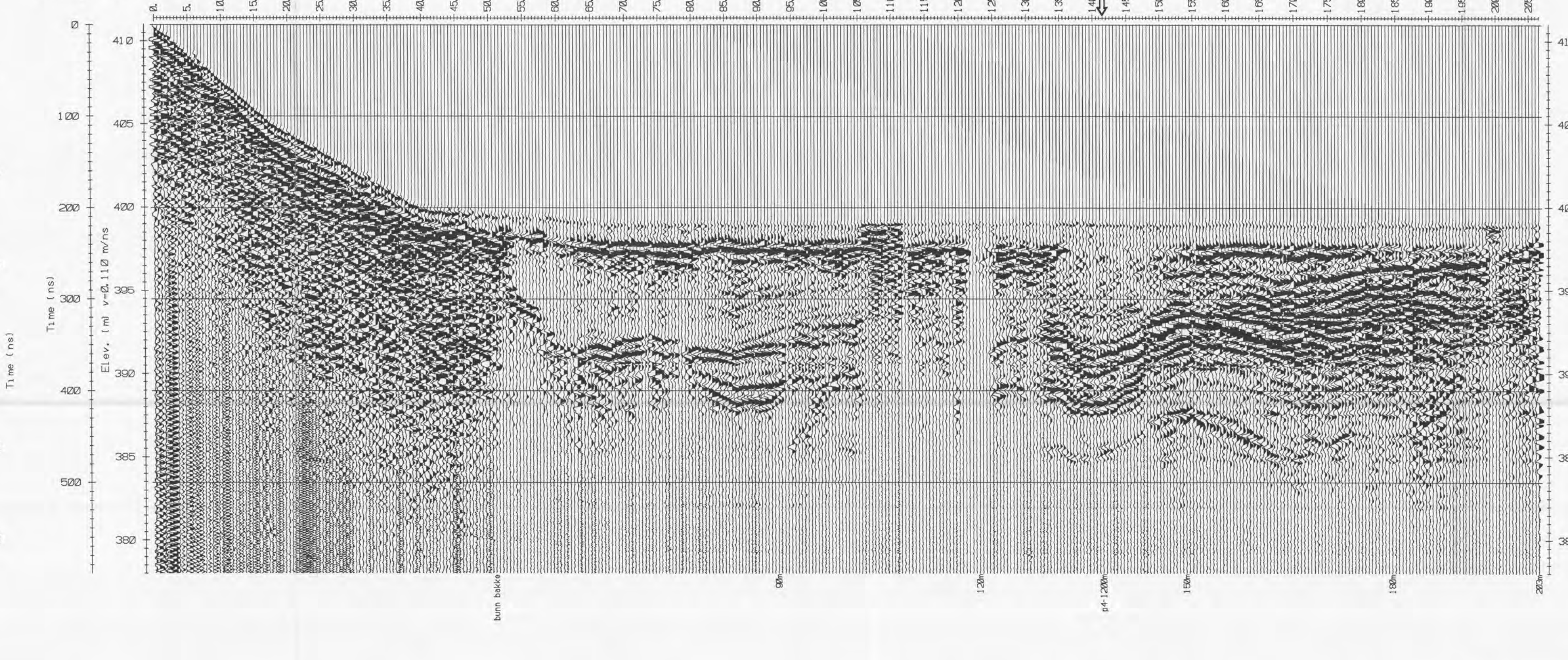
P6 (50 MHz)



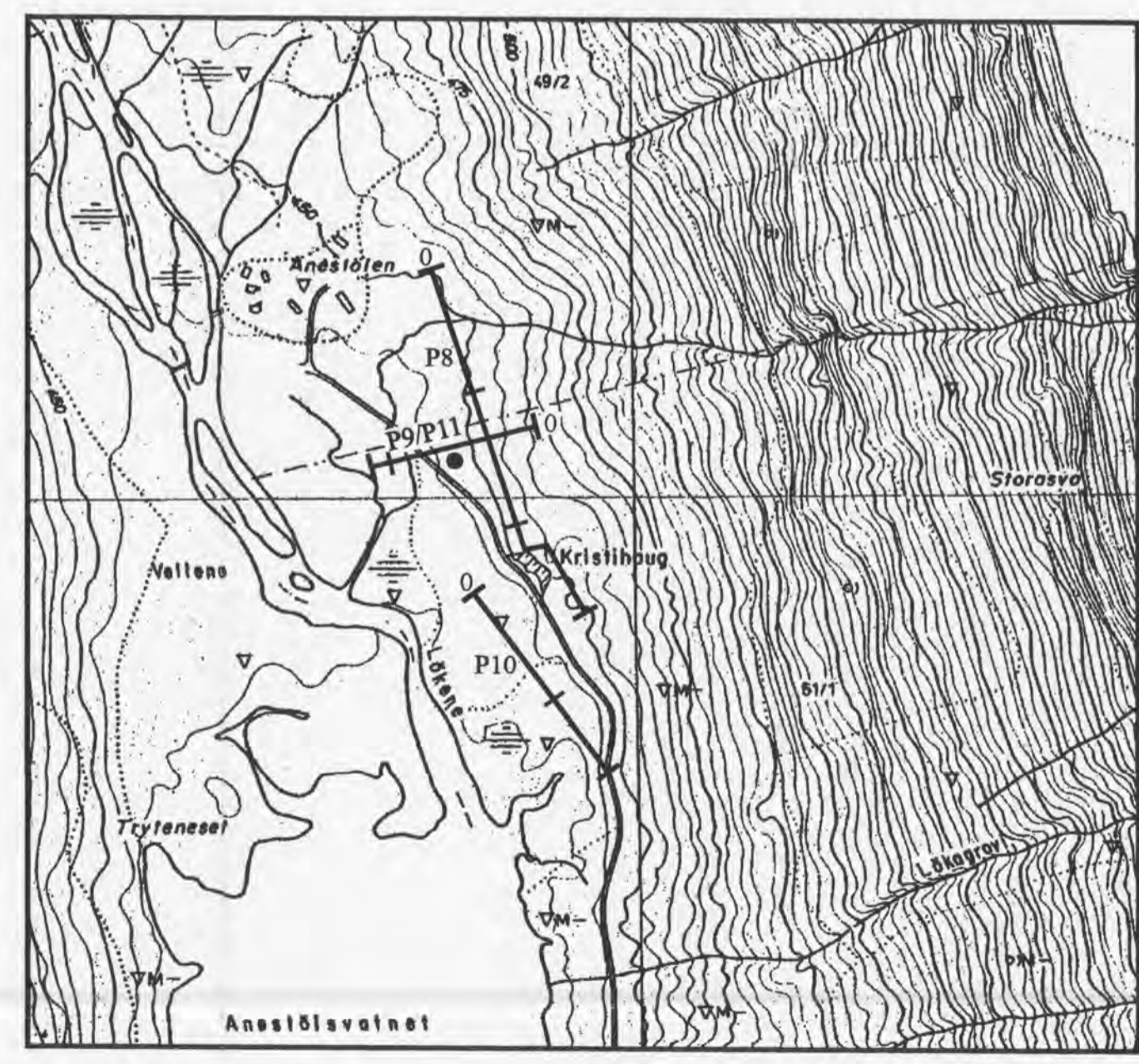
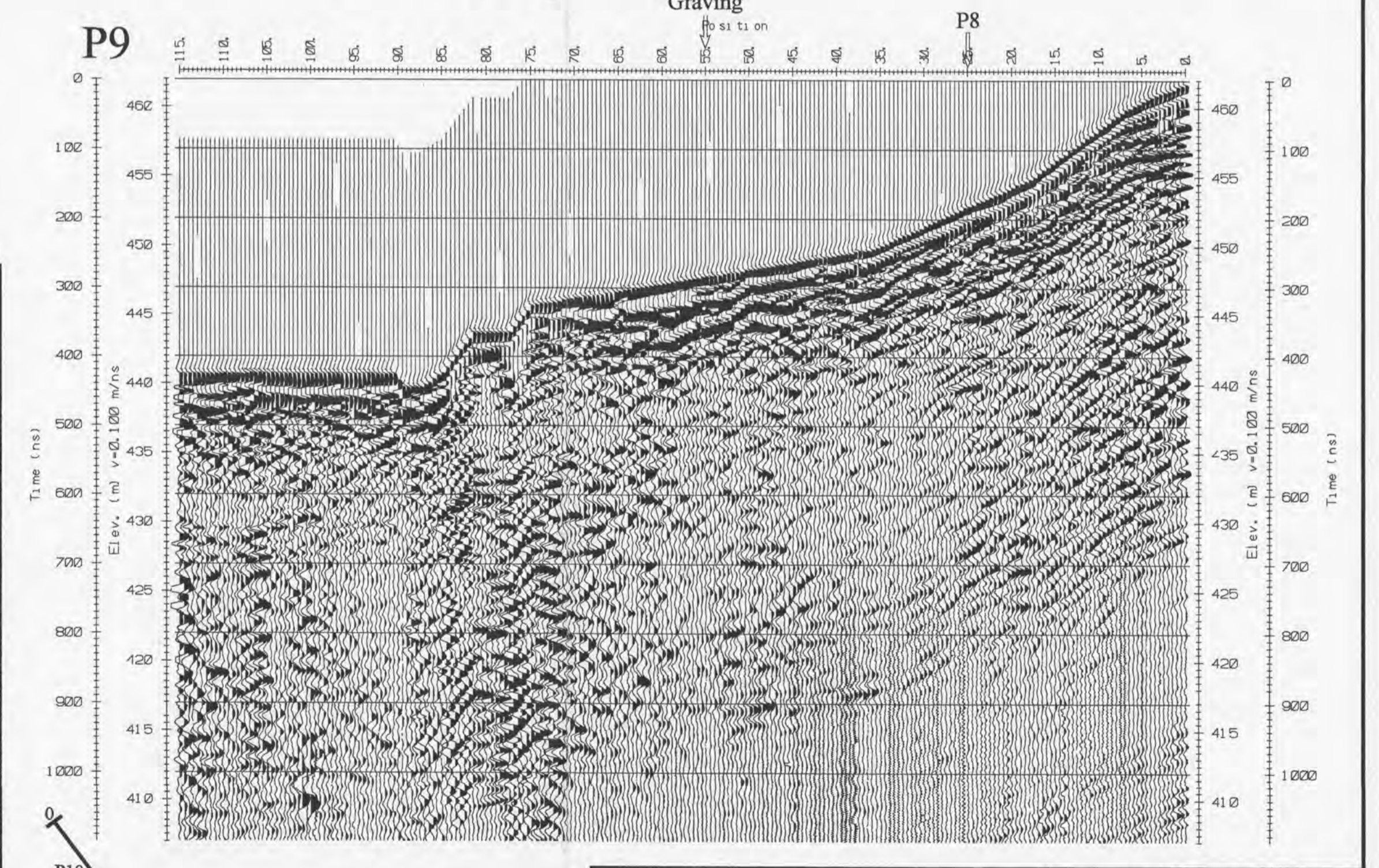
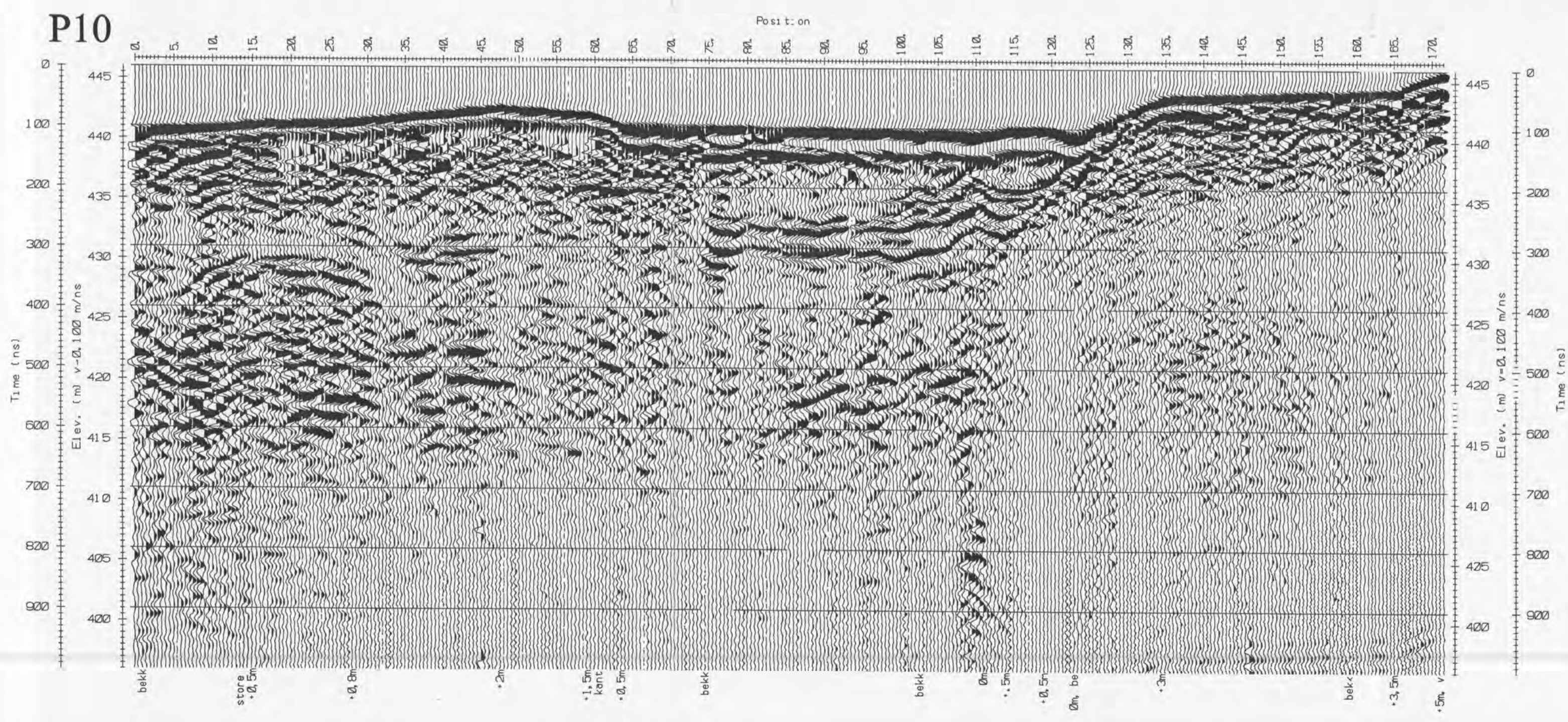
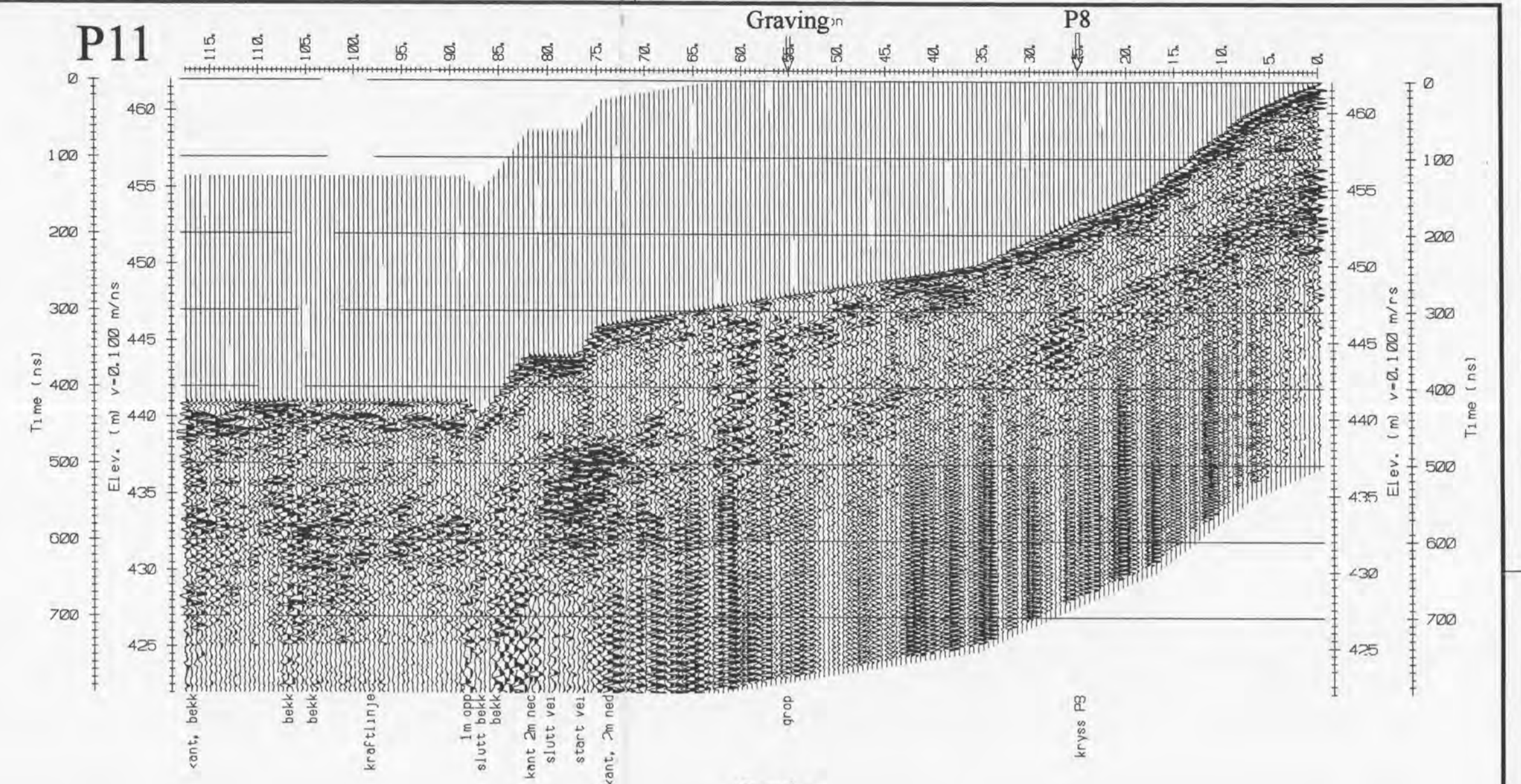
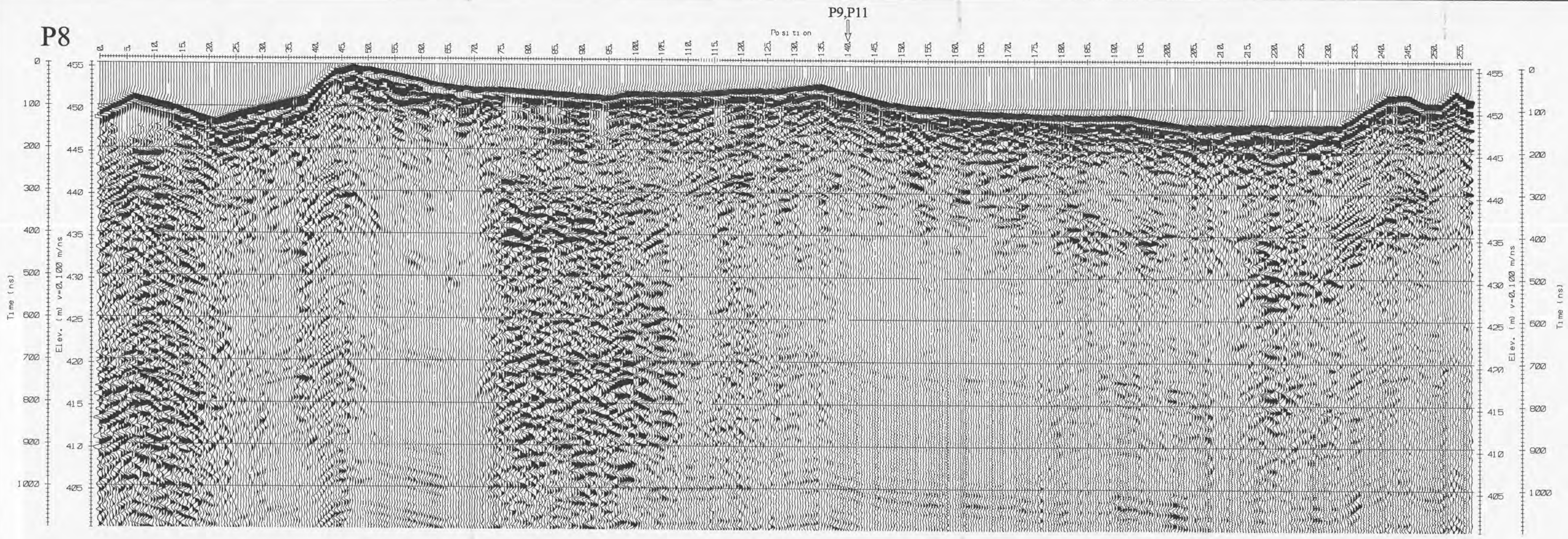
P5 (200 MHz)



P6 (200 MHz)



NGU GEORADAROPPTAK P5 OG P6 SELSENG SGNDAL KOMMUNE, SOGN OG FJORDANE	MÅLSTOKK	MÅLT TL	Sept. -97
	1:5000 (Kart)	TEGN EM	Sept. -98
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR	KARTBLAD NR	
	98.048-16	1317 I	



Georadarprofil med startposisjon og markering for hver 100 meter

● Graving

NGU GEORADAROPPTAK P8, P9, P10, P11 ANESTØLEN SOGNDAL KOMMUNE, SOGN OG FJORDANE	MÅLSTOKK 1:5000 (kart)	MÅLT JK TEGN EM TRAC KFR	Aug -96 Juni -97
	NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR 98.048-17	KARTBLAD NR 1317 I