

NGU-rapport 91.277

Undersøkelse av grunnvann  
i Hol kommune, Buskerud.  
Georadarmålinger.

Rapport nr. 91.277	ISSN 0800-3416	Åpen/Forfattet XXX																																				
<b>Tittel:</b> Undersøkelse av grunnvann i Hol kommune, Buskerud. Georadarmålinger.																																						
<b>Forfatter:</b> Janusz Koziel		<b>Oppdragsgiver:</b> Carl-H.Knudsen AS																																				
<b>Fylke:</b> Buskerud		<b>Kommune:</b> Hol																																				
<b>Kartbladnavn (M. 1:250 000)</b> Odda		<b>Kartbladnr. og -navn (M. 1:50 000)</b> 1516 II Geilo																																				
<b>Forekomstens navn og koordinater:</b>		<b>Sidetall:</b> 20	<b>Pris:</b> kr.160,-																																			
<b>Feltarbeid utført:</b> nov. 1991		<b>Rapportdato:</b> 16.12.1991	<b>Prosjektnr.:</b> 63.2372.00																																			
		<b>Seksjonssjef:</b> <i>Jens S. Kvern</i>																																				
<b>Sammendrag:</b> <p>Georadar målinger i Hol kommune ble utført som et oppdrag for Carl-H.Knudsen AS, Drammen. Formålet med undersøkelsene var å finne egnete områder for uttak av fersk grunnvann fra løsmasser i forbindelse med vannforsyning til Geilo og Hovet.</p> <p>Undersøkelsene ble utført på 7 lokaliteter. Etter georadarmålingene er flere områder med grovkornig materiale blitt identifisert. Løsmasseoverdekket er i alle de undersøkte områdene relativt tynt. Georadar målingene ga mye informasjon og resultatene fra målingene gir grunnlag for utvalg av lokaliteter for senere grunnvannuttak.</p> <p><b>Forekomstens navn og koordinater:</b></p> <table border="1"> <tr><td>Ustedalsfjorden</td><td>UTM</td><td>32V</td><td>4550</td><td>67105</td></tr> <tr><td>Bardøla</td><td>UTM</td><td>32V</td><td>4576</td><td>67124</td></tr> <tr><td>Laurudbrue</td><td>UTM</td><td>32V</td><td>4587</td><td>67118</td></tr> <tr><td>Vøllo</td><td>UTM</td><td>32V</td><td>4593</td><td>67127</td></tr> <tr><td>Nykketjødnane</td><td>UTM</td><td>32V</td><td>4526</td><td>67211</td></tr> <tr><td>Skytebane</td><td>UTM</td><td>32V</td><td>4557</td><td>67208</td></tr> <tr><td>Nese</td><td>UTM</td><td>32V</td><td>4573</td><td>67205</td></tr> </table>				Ustedalsfjorden	UTM	32V	4550	67105	Bardøla	UTM	32V	4576	67124	Laurudbrue	UTM	32V	4587	67118	Vøllo	UTM	32V	4593	67127	Nykketjødnane	UTM	32V	4526	67211	Skytebane	UTM	32V	4557	67208	Nese	UTM	32V	4573	67205
Ustedalsfjorden	UTM	32V	4550	67105																																		
Bardøla	UTM	32V	4576	67124																																		
Laurudbrue	UTM	32V	4587	67118																																		
Vøllo	UTM	32V	4593	67127																																		
Nykketjødnane	UTM	32V	4526	67211																																		
Skytebane	UTM	32V	4557	67208																																		
Nese	UTM	32V	4573	67205																																		
<b>Emneord</b>	Georadar																																					
Geofysikk	Grunnvann																																					
Hydrogeologi	Løsmasse	Fagrapport																																				

## INNHOLD

	Side
1. INNLEDNING	4
1.1 Formål med undersøkelsen	4
1.2 Tidligere undersøkelser i område	4
2. MÅLEMETODER OG UTFØRELSE	5
3. RESULTATER	7
3.1 Hastighetsanalyse	7
3.2 Presentasjon av data	8
3.3 Tolkning av georadar opptak	8
4. KONKLUSJON	12
Referanser	13

### Tekstbilag

1.Georadar - metodebeskrivelse

### Databilag

1.CMP-opptak og hastighetsanalyse

### Kartbilag

- 91.277-01 Georadarprofiler P9,P10,P11; Ustaelve, Geilo
- 91.277-02 Georadarprofiler P12C,P12D,P13,P14; Ustedalsfjorden, Geilo
- 91.277-03 Georadarprofil P15; Ustedalsfjorden, Geilo
- 91.277-04 Georadarprofil P20; Vøllo, Geilo
- 91.277-05 Georadarprofiler P16A,P16B,P19; Bardøla og Laurudbrue, Geilo
- 91.277-06 Georadarprofiler P5,P6,P7,P8; Skytebane og Nese, Hovet
- 91.277-07 Georadarprofiler P1,P2,P22,P23; Nykketjødnane, Hovet
- 91.277-08 Georadarprofiler P3,P4; Gjerda, Hovet

## 1. INNLEDNING

### 1.1 Formål med undersøkelsen

Geofysiske georadarmålinger ble utført som et oppdrag for CARL-H.KNUDSEN AS fra Drammen. Målingene ble gjennomført på Geilo og Hovet, i Hol kommune, Buskerud fylke.

Formålet med undersøkelsen var å finne egnete områder for uttak av ferskt grunnvann fra løsmasser. Georadar ble benyttet som eneste målemetode. Målingene ble utført av Janusz Koziel fra 19/11-91 til 24/11-91. I målingene deltok: Jan Richard Eriksen fra CARL-H.KNUDSEN, Trond Bølstad og Ola Tore Kirkeluten fra Hol kommune som assistenter.

### 1.2 Tidligere undersøkelser i området

Etter oppdrag fra Hol kommune har NGU foretatt en hydrogeologisk vurdering av muligheter å anlegge grunnvannsbrønner i Geilo, Hovet og andre områder i Hol kommune. Undersøkelsene ble gjennomført høsten 1988 (NGU rapport nr 89.084). Oppfølgende undersøkelser ble gjennomført i oktober 1989 (NGU brev til Hol kommune datert 6/02-90,arkivnr 52.2372.00). Begge undersøkelsen viser positive resultater til bruk av grunnvann på blant annet Geilo og Hovet. Noen resultater fra boringer kan man bruke som referanser i forbindelse med tolkning av georadar profiler (se tabell 1).

Tidspunkt	sted	borhullnr	materiale	ned til (m)	referanse til profil	pos.
høst 88	Geilo	2	grus m.stein	3	P9	66
			sand/grus	12		
			morene	18		
høst 88	Geilo	3	løst l.steinet	10	P10	
			morene	12		
høst 88	Geilo	4	sand/grus-løst	5	P12D	
			fastere sand	8		
			s/g m.stein-løst	13		
			morene	14		
okt. 89	Geilo	4	steinet	3	P11	
			grus/sand	10		
			finsand	13.5		
			fjell			
høst 88	Hovet	1	sand/grus/stein	3	P23	
			fjell			

Tabell 1: Tidligere undersøkelser (boringer) som referanser for georadarprofiler

## 2.MÅLEMETODE OG UTFØRELSE

Beskrivelse av georadarmålinger og teoretiske prinsipper er vedlagt i tekstbilag.

Georadaren som ble benyttet var av typen PulseEKKO IV (Sensors & Software Inc.).

Antennens senderfrekvens var på 50 MHz. Samplingsintervallet var 0.8 ns. I alt ble det målt 22 profiler. Profilnummer, sted, profillengde, flyttavstand og antall stacks pr. trase framgår av tabell 2. I tillegg ble det målt 6 opptak for hastighetsanalyse (CMP-opptak;"common midt-point").

Tabell 3 viser profilnummer, posisjon og andre opptaksparametre av utførte CMP målinger.

<u>Profil</u>	<u>Sted</u>	<u>Lengde(m)</u>	<u>Flyttavstand(m)</u>	<u>Stacks</u>
P9	Geilo,Ustaelve	229	1.8	64
P10	Geilo,Ustaelve	195	1.0	64
P11	Geilo,Ustaelve	165	1.0	64
P12C	Geilo,Ustedalsfjorden	204	1.0	64
P12D	Geilo,Ustedalsfjorden	221	1.0	64
P13	Geilo,Ustedalsfjorden	153	1.0	64
P14	Geilo,Ustedalsfjorden	54	1.0	64
P15	Geilo,Ustedalsfjorden	245	1.8	64
P20	Geilo,Vøllø	110	1.8	32
P16A	Geilo,Bardøla	61	1.8	32
P16B	Geilo,Bardøla	94	1.8	32
P19	Geilo,Lauvrudbrue	185	1.8	32
P5	Hovet,v/skytebane	234	1.8	64
P6	Hovet,v/skytebane	99	1.8	64
P7	Hovet,Nese	416	1.8	64
P8	Hovet,Nese	164	1.8	64
P1	Hovet,Nykketjødnane	289	1.8	64
P2	Hovet,Nykketjødnane	378	1.8	64
P22	Hovet,Nykketjødnane	187	1.8	64
P23	Hovet,Nykketjødnane	193	1.8	64
P3	Hovet,Gjerda	288	1.8	64
P4	<u>Hovet,Gjerda</u>	<u>92</u>	1.8	64
Samlet lengde:		4.256		

Tabell 2: Oversikt over profiler og opptaksparametre

<u>Profil</u>	<u>Sted</u>	<u>Posisjon</u>	<u>Flyttavstand(m)</u>	<u>Stack</u>
P9	Geilo,Ustaelve	200	1.0	64
P7	Hovet,Nese	250	1.0	32
P7	Hovet,Nese	355	1.0	32
P1	Hovet,Nykketjødnane	90	1.0	32
P3	Hovet,Gjerda	20	1.0	64

Tabell 3: Oversikt over utførte CMP målinger

### 3. RESULTATER

#### 3.1 Hastighetsanalyse

Lokalisering av opptak for hastighetsanalyse framgår av tabell 3 i forrige kapittel. Datakvaliteten var god og ga mulighet å bestemme gjennomsnitt hastighet ( $V_{RMS}$ ) til ulike reflektorer. Både hastigheter av reflekterte bølger og hastigheter til direkte bølge i bakken mellom sender og mottaker er identifiserbare.

Databilag 1.1-1.5 viser både data fra CMP-opptak og resultater av hastighetsanalyse for hastigheter fra 0,01 til 0,3 m/ns. Tabell 4 gir en oversikt over målte hastigheter. De tre første analysene viser  $V_{RMS}$  som kan representere vannmettet sand/grus. De to siste viser høy hastighet som kan representere tørr morene (grus) eller fjell.

#### Hastigheter etter CMP-opptak og hastighetsanalyse.

Databilag	Profil	Posisjon (m)	Reflektor	Tid(ns)	$V_{RMS}$ (m/ns)
1.1	P9	200	direkte		0,07
			1	100	0,09
			2	320	0,08
			3	450	0,09
1.2	P7	250	direkte		0,07
			1	140	0,06
			2	340	0,07
			3	500	0,06
			4	600	0,06
			5	650	0,06
1.3	P7	355	direkte		0,07
			1	120	0,07
			2	260	0,06
			3	340	0,06
			4	480	0,06
			5	600	0,06
			6	660	0,06
1.4	P1	90	direkte		0,08
			1	180	0,11
			2	480	0,09
1.5	P3	20	direkte		0,11
			1	120	0,11
			2	180	0,11
			3	380	0,12

Tabell 4: Hastighetsanalyse basert på direkte og reflekterte bølger.

### 3.2 Presentasjon av data

Vedlagt kartbilag inneholder både georadarprofiler i form av diagrammer direkte produsert fra målte data (med hjelp av georadar programvare) og kart i målestokk 1:5000 med inntegnede profiler. Ved angivelse av dybdeskala er  $V_{RMS}$  funnet ved hastighetsanalysene benyttet. En gjør for ordens skyld oppmerksom på at horisontale hendelser mot slutten av trasene representerer støy.

### 3.3 Tolkning av georadaropptak

Kartbilag 91.277-01 viser georadarprofiler P9, P10 og P11. Profilene ble målt langs Ustaelve ved utløpet til Ustedalsfjorden. Profil P9 ble tatt på land mens profilene P10 og P11 ble tatt på is noen meter fra vannkanten.

På georadarprofil **P9** kan man identifisere en svak horisontal reflektor på ca 3-4m dyp gjennom store deler av dette profilet (unntatt mellom posisjon 110 og 160 pga dårlig penetrasjon). NGUs borehull nr 2 utført høsten 1988 viser grus med stein ned til 3m dyp, sand/grus til 12m dyp og morenemateriale under 12m dyp. Boringen ble avsluttet ved 18m uten at fjell ble nådd. Det første laget fra georadaropptak representerer trolig sand/grus inntil 3-4m dyp langs hele dette profilet. Neste laget (sand/grus etter resultater fra borehull) grenser på underside med et lag av finkornet materiale. Området mellom posisjon 100 og 170 er uklart. Mulig at morene eller fjell nærmer seg overflaten (på ca 6m dyp på posisjon 150) og deretter går mot dypet langs profilretningen nedtil ca 20m dyp ved posisjon 229. På profil P9 ble CMP-opptak utført. Hastighet 0,08m/ns ble valgt som gjennomsnittshastighet til profil P9 og noen profiler i nærheten. Best egnede område for grunnvannuttak ligger trolig i starten av profilet (posisjon 0-100) eller ved slutten (posisjon 200-227).

På georadar profil **P10** kan man observere en tydelig reflektor på ca 5-10m dyp ved posisjon 0-55. Det er sannsynligvis grense mellom løsmasser (sand/grus?) og morene eller fjell. På resten av profilet kan man observere mye reflektert energi fra området mellom overflate og ca 10m dyp med flere korte men tydelige reflektorer trolig representert av sand/grus-materiale. En horisontal og lite sammenhengende reflektor opptrer på 10-14m dyp langs hele profilet viser trolig overgang til fjell. Best egnet område for grunnvannsutttak antas å ligge i posisjon 150 til 190 hvor det indikerer interessante masser ned til ca. 15m dyp.

Georadarprofil **P11** er karakterisert av skråsjiktning som indikerer lagdelt sand og grus. Denne lagpakken avslutter mot en mer eller mindre sammenhengende reflektor på ca. 8 til 15 meters dyp. Denne reflektoren er sammenfallende med fjell funnet på 13,5 meters dyp i borhull 4.



Dette er senere bekreftet ved nye boringer (T. Aasland personlig meddelelse). Det mest interessante området for grunnvannsuttak ved Ustaelve synes å ligge ved slutten av profil P11.

Kartbilag 91.277-02 viser georadarprofiler P12C, P12D, P13 og P14 målt på område kalt Fekja like ved Ustedalsfjorden sør for Gello. Profiler P12C, P12D og en del av P13 ble tatt på is noen meter fra vannkanten. Gjennomsnittshastighet  $V=0,08$  m/ns er benyttet på disse 4 profilene for å bestemme dybdemålestokk.

På profil **P12C** ses korte og svake reflektorer stedvis ned til ca 15 meter. Boring ved ca. posisjon 120 viser grove masser med god vanngiverevne (T. Aasland personlig meddelelse). Overgang til eventuelt tettere lag er ikke mulig å identifisere. Elvebunn er vist av og til (eksempelvis ved posisjon 80-90 og 155-200) i form av en kraftig reflektor som stikker ut under direkte-bølger.

Georadarprofil **P12D** viser stedvis skrå lag ned til 7-8 meters dyp. Under dette indikeres en relativt homogen pakke med få reflektorer. Neste laget ligger på skrå fra posisjon 85 ca. 27m dyp opptil posisjon 200 og 8m dyp. Dette laget kan representere fjell. Total løsmassemektighet sentralt i profilet er større enn 20 meter.

Data fra profil **P13** bekrefter i stor grad resultater fra P12C og P12D. Mellom posisjon 0 og 35 er vist 3-lags struktur. Direkte under overflaten ligger et lag av løst lagret materiale inntil ca 5m dyp, lenger ned mer homogen masse. Grense til et tredje lag ligger på skrå fra posisjon 0 og 18m dyp til posisjon 35 og 8m dyp. Hendelser på den grensen tyder på fjell lenger ned. På resten av profilet (posisjon fra 35 til 150) kan man identifisere løst lagret grovt materiale direkte under overflate til ca 5-8m dyp. Overgang fra dette laget til fjell lenger ned er mulig. Ingen reflektor er vist dypere.

Georadarprofil **P14** viser nesten samme hendelser som profil P13 på posisjon 0-35 og bekrefter hendelser på P12D.

Data fra de fire profilene tillater å anta at området omfattes av dem har 4-lags struktur: 1: øverst: løst lagret materiale inntil ca. 10m dyp, 2: homogent materiale stedvis inntil 20m mektig, 3: et tynt lag morenemateriale, 4: fjell. Tykkelse til det andre laget varierer mest. Området antas godt egnet til grunnvannsuttak.

Kartbilag 91.277-03 viser georadarprofil **P15** som ble målt på Storisøyne på Ustedalsfjorden ca. 400m mot øst fra slutten av profil P12D. Data viser en meget ujevn reflektor på ca 3-8m dyp. Ingen reflektor lenger nede er identifisert. Man kan anta fjell med et tynt lag (ca. 2 til 7m) av

løsmasser over.

Kartbilag 91.277-04 viser georadarprofil **P20** målt i nærheten av Vøllogården. En skrå "reflektor" er vist på fra posisjon 0 ca 15m dyp opptil posisjon 60 og 3m dyp. Over dette er vist hendelser som tyder på lite homogene løsmasser. Resten av profilet kan utgjøre tette finere løsmasser eventuelt fjell. Steder for eventuelt grunnvannsuttak ligger mellom pos. 0 og 30.

Kartbilag 91.277-05 viser to korte georadarprofiler P16A, P16B målt på Bardøla og et profil P19 målt på Laurudbrue.

Profil **P16A** ble målt på norsiden av elva (dagens elveløp stemmer ikke med vedlagt kart). Data viser dårlig georadar-penetrasjon. Viste hendelser mellom overflate og ca 6m dyp kan tyde på løsmasser. Under dette mulig fjell.

Profil **P16B** ble målt på kanten av en fiskedam (tidligere grustak). Data fra dette profilet tillater å identifisere en horisontal reflektor på ca 2-3m dyp og en annen på ca 5-6m dyp. Den første representerer antakelig grunnvannsspeil, den andre overgang til morene eller fjell.

På profil **P19** målt på Laurudbrue kan man observere ujevn reflektor på ca 5-10m dyp. Det er antakelig grense mellom løst lagret sand/grus og morene eller fjell. Område best egnet for grunnvannsuttak antas å ligge ved pos. 60-140.

Kartbilag 91.277-06 viser georadarprofiler P5, P6, P7 og P8 som ble målt på Hovet på to områder: P5, P6 mellom skytebane og Ellinsøyne og P7, P8 på Nese sør for revfarm.

Data fra profil **P5** viser fra overflate til ca 4-5m dyp trolig et lag av sand/grus, noe som er bekreftet ved boring (T. Aasland personlig meddelelse).

Profil **P6** som ble tatt på tvers i forhold til profil P5 i retning mot elva støtter data fått på profil P5. Man kan anta fjell ned fra ca 4-8m dyp. Reflektivt materiale dypere enn 5-8 meter (også på P5) kan representere oppknytt fjell. P6 indikerer et fall mot øst.

Måleresultater fra profil **P7** viser en klassisk deltautbygning med "topset" og underliggende "foreset". "Topset" , trolig sand/grus/blokk rekker ned til ca 5m dyp og fyller to dypere kanaler ved pos. 50 og 130. Lag nr. 2, ("foreset") representerer trolig lagdelt sand/grus med gode grunnvannsmuligheter. Man kan observere flere korte og lange skrå reflektorer i det laget.

Nedre grense til det andre laget mellom posisjon 0 og 240 ligger under georadarens rekkevidde. Mellom posisjon 240 og 416 kan man observere en markert skrå reflektor på ca 16-25m dyp som kan representere grense mellom "foreset" og dypere liggende finstoff-materiale ("bottomset"). Hendelser på mellom posisjon 360 og 416 under 23m dyp kan tyde på fjell. Grunnvannspeil er vist stedvis som en fragmentarisk reflektor på ca 1-2m dyp. CMP-opptak ble tatt på det profilet. Benyttet gjennomsnittshastighet  $V=0,07$  m/ns representerer vannmettet sone.

Data fra profil **P8** bekrefter data fra profil P7. Det første laget (sand/grus) ned til ca 5m dyp. Andre lag mellom ca 5m og ca 14-19m dyp viser tydelig markert skråsjikting. Nær horisontal reflektor på ca. 9 til 17 meters dyp kan representere overgang til finstoff (bottomset). Hele dette området ved profiler P7 og P8 synes godt egnet til grunnvannsutttak, noe som er bekreftet ved boring (T. Aasland personlig meddelelse).

Kartbilag 91.277-07 viser georadar profiler P1, P2, P21 og P22 målt ved Nykketjødnane på Hovet. På profil ble P1 CMP-opptak tatt. Gjennomsnittshastighet  $V=0,1$  m/ns er benyttet på de fire profilene for å bestemme dybdemålestokk. Topografisk korreksjon ble benyttet ved plotting av diagrammer.

På profil **P1** kan man observere en lite sammenhengende horisontal reflektor langs hele profilet på ca 8-10m dyp. Profil **P2** som krysser profil P1 nesten vinkelrett, bekrefter reflektoren fra profil P1 på ca 8-10m dyp. Senere utførte boringer langs første 100 meter av profil P2 indikerer fjell på 2 til 3 meters dyp (T. Aasland personlig meddelelse). Den markerte reflektoren på 8-10 meters dyp langs profilene P1 og P2 og andre dypere reflektorer representerer i så fall hendelser i fjell.

Profil **P22** - en tydelig horisontal reflektor er vist på ca 2-5m dyp langs hele profilet. Den representerer sannsynligvis grunnvannspeil. En del energi er reflektert fra ca 10-15m dyp. Det kan tyde på oppsprukket fjell. Området antas lite egnet for grunnvannsutttak.

Profil **P23** - viser ingen tegn på store mektigheter av vannmettet sand/grus. Sporadiske hendelser kan representere oppsprekning i fjell.

Kartbilag 91.277-08 viser georadar profiler P3 og P4. CMP-opptak ble tatt på profil P3. Gjennomsnittshastighet  $V=0,11$  m/ns er benyttet ved angivelse av dybdeskala. Dette representerer trolig tørre masser.

Profil **P3** - en svak og ujevn reflektor markert langs store deler av profilet på ca 6-10m dyp. Denne representerer sannsynligvis grensen mellom løsmasser og fjell. Denne er bedre markert mellom posisjon 0 og 115. Lenger ned er ingen energi reflektert. Grunnvannspeil er svakt markert som fragmenter av en reflektor på ca 3-4m dyp.

Profil **P4** - viser svakt en reflektor på ca 2-5 meters dyp. Det er trolig grunnvannsspeil. Dybde varierer blant annet pga overflatetopografi. Antatt lag med løst lagret sand/grus er vist tydelig mellom posisjon 20 og 70 på 5 til 10m dyp. Ingen reflektert energi fra dypere lag.

Område antas lite egnet til grunnvannsuttak.

#### **4. KONKLUSJON**

Det ble utført georadarmålinger i Hol kommune på 4 lokaliteter ved Gello og 3 lokaliteter ved Hovet. Hensikten var å finne egnede områder for uttak av grunnvann fra løsmasser. I alt ble det profilert 4.2 km. Penetrasjonsdybde varierte mellom ca. 5 og 30 m. Boringer bekrefter resultater fra georadar i enkelte områder. En del profiler viser ganske rik lagdeling både horisontal og skråsjiktet. Resultater fra de utførte georadarmålingene gir et godt grunnlag for valg av steder for senere uttak av grunnvann.

Trondheim, 16/12-91

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSER

Enhet for geofysikk



Janusz Koziel

Overingeniør

**Referanser**

Malme, B.,Klemetsrud,T.1989:Grunnvannsundersøkelser i Hol kommune. NGU-rapport 89.084.

Malme,B.,Klemetsrud,T.1990:Grunnvannsundersøkelser i Hol kommune. Oppfølgende undersøkelser høsten 1989. Resultater fra NGUs oppdrag i Hol kommune. Arkivnr.:52.2372.00

PulseEKKO IV User's Guide. Technical Manual 12. Sensors & Software Inc.,Canada.

PulseEKKO IV Velocity Analysis User's Guide. Technical Manual 15. Sensors & Software Inc.,Canada.

## 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 CMP-målinger ('common mid-point'). Slike målinger utføres ved å flytte sender- og mottakerantenne skrittvis og like langt ut til hver side fra et fast midtpunkt og registrere for hver ny posisjon. Refleksjoner vil da ideelt sett komme fra samme punkt på en refleksor som er planparallel med overflaten. Når antenneavstanden øker, vil reflekterte bølger få lenger gangvei og økning i gangtid. Denne økning i gangtid kan det ved digitale opptak kompenseres for ved å utføre NMO-korreksjon ('normal move-out'). Størrelsen på korreksjonen er avhengig av antenneavstand, toveis gangtid og bølgehastighet i materialet over reflektoren. Et CMP-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;

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

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

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

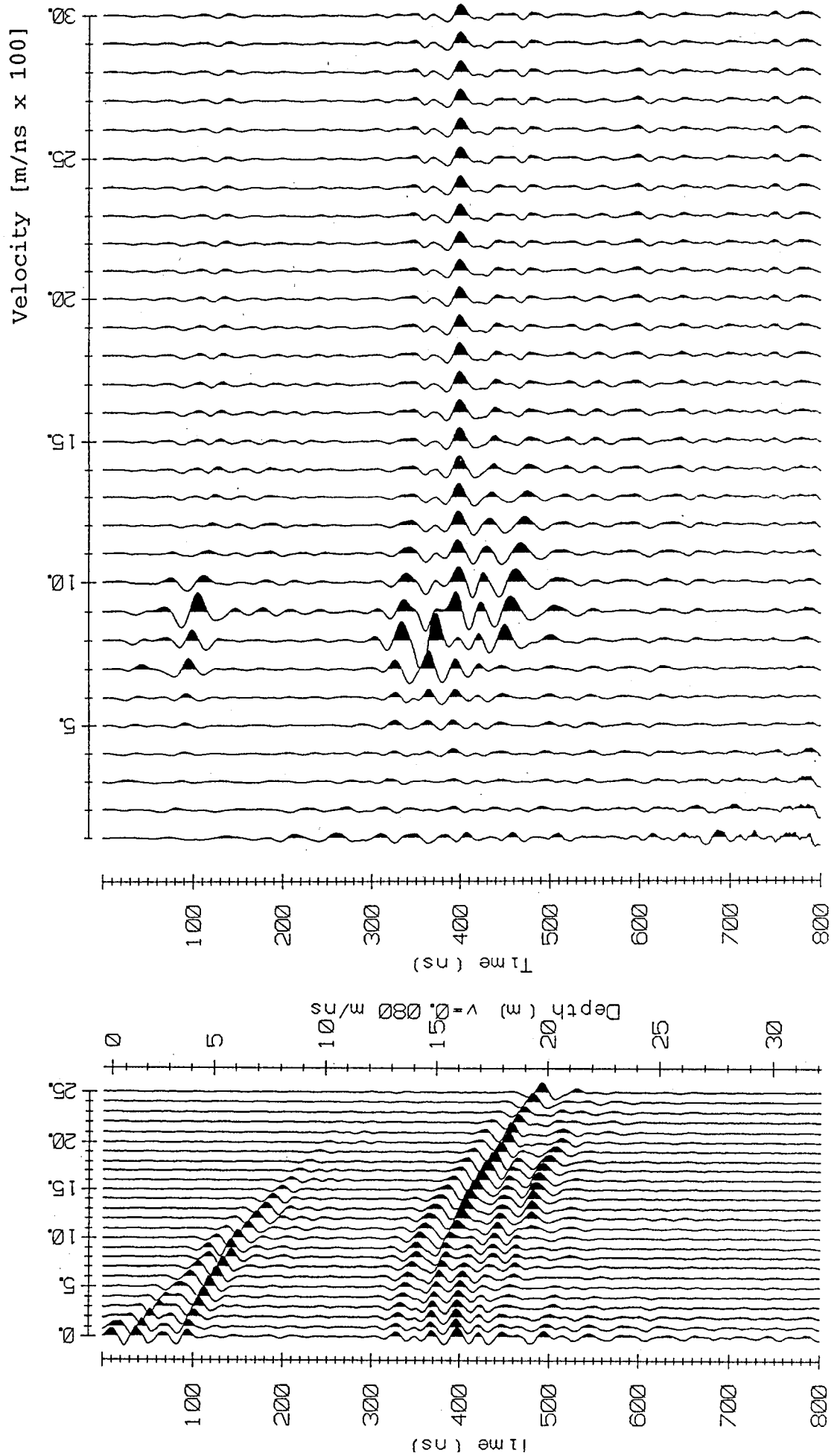
hvor  $\epsilon_r$  er det relative dielektrisitetsstallet.  $\epsilon_r$ -verdien for et materiale vil derfor være en bestemmende faktor for beregning av dyp til reflektorer. I tabellen på neste side er det gitt en oversikt over erfaringstall for  $\epsilon_r$  i en del materialtyper. Tabellen viser 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><math>\epsilon_r</math></u>	<u><math>v</math> (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

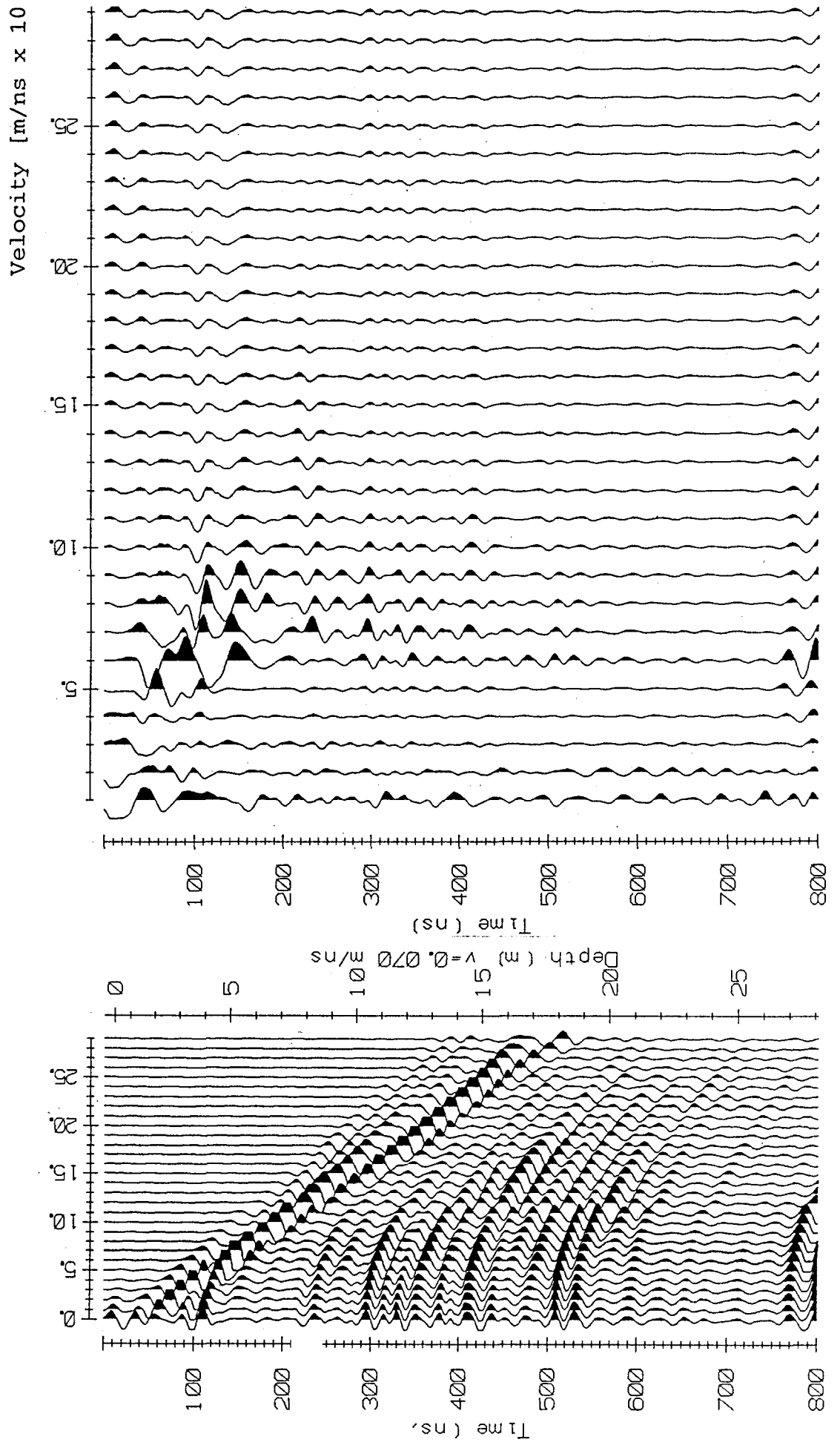
Tabell over relativt dielektrisitetsstall, radarbølge-hastigheter og ledningsevne i vanlige materialtyper.

CMP1. Georadar, CMP-opptak og hastighetsseksjon, GEILO, profil P9, posisjon 200

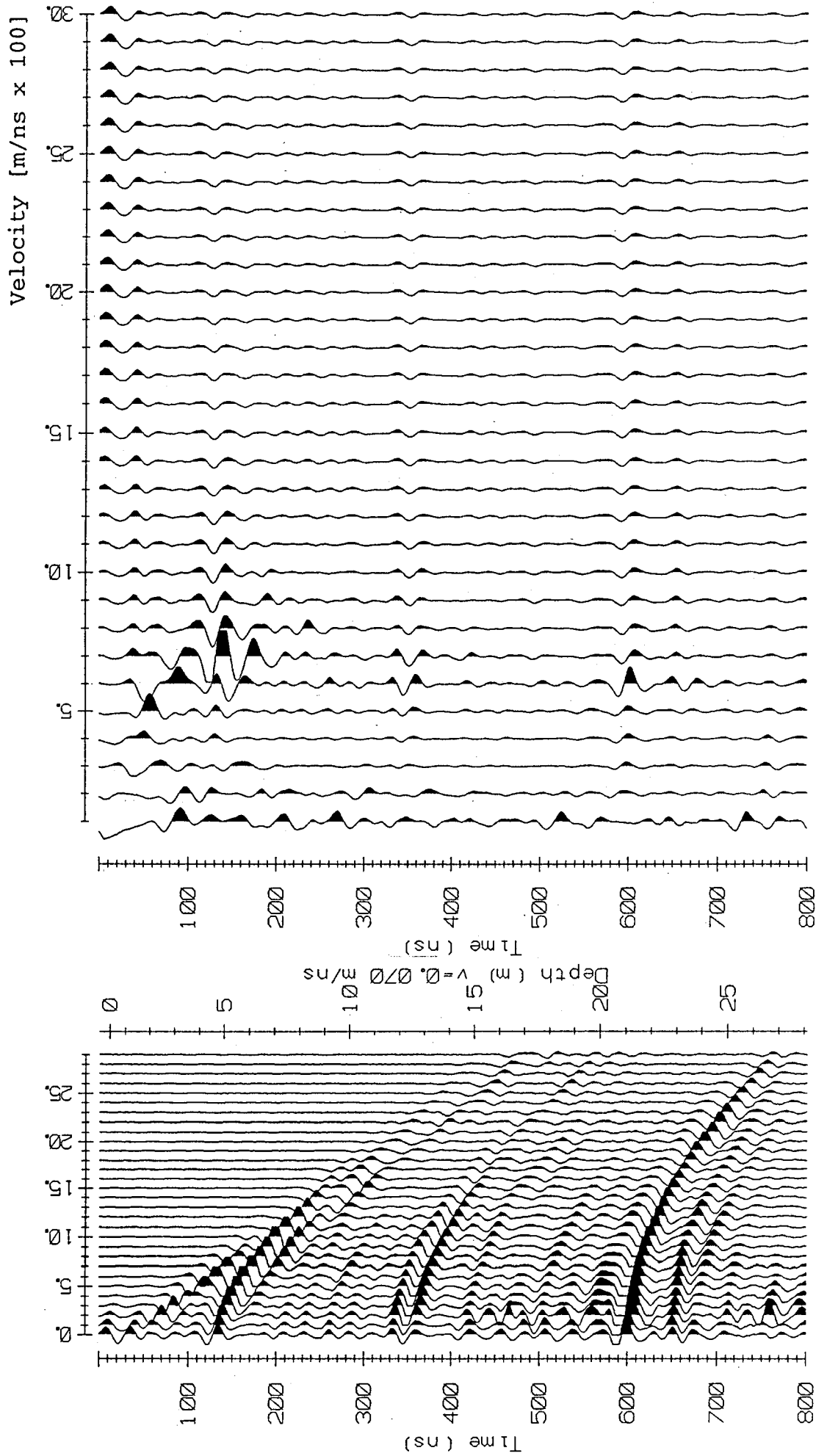




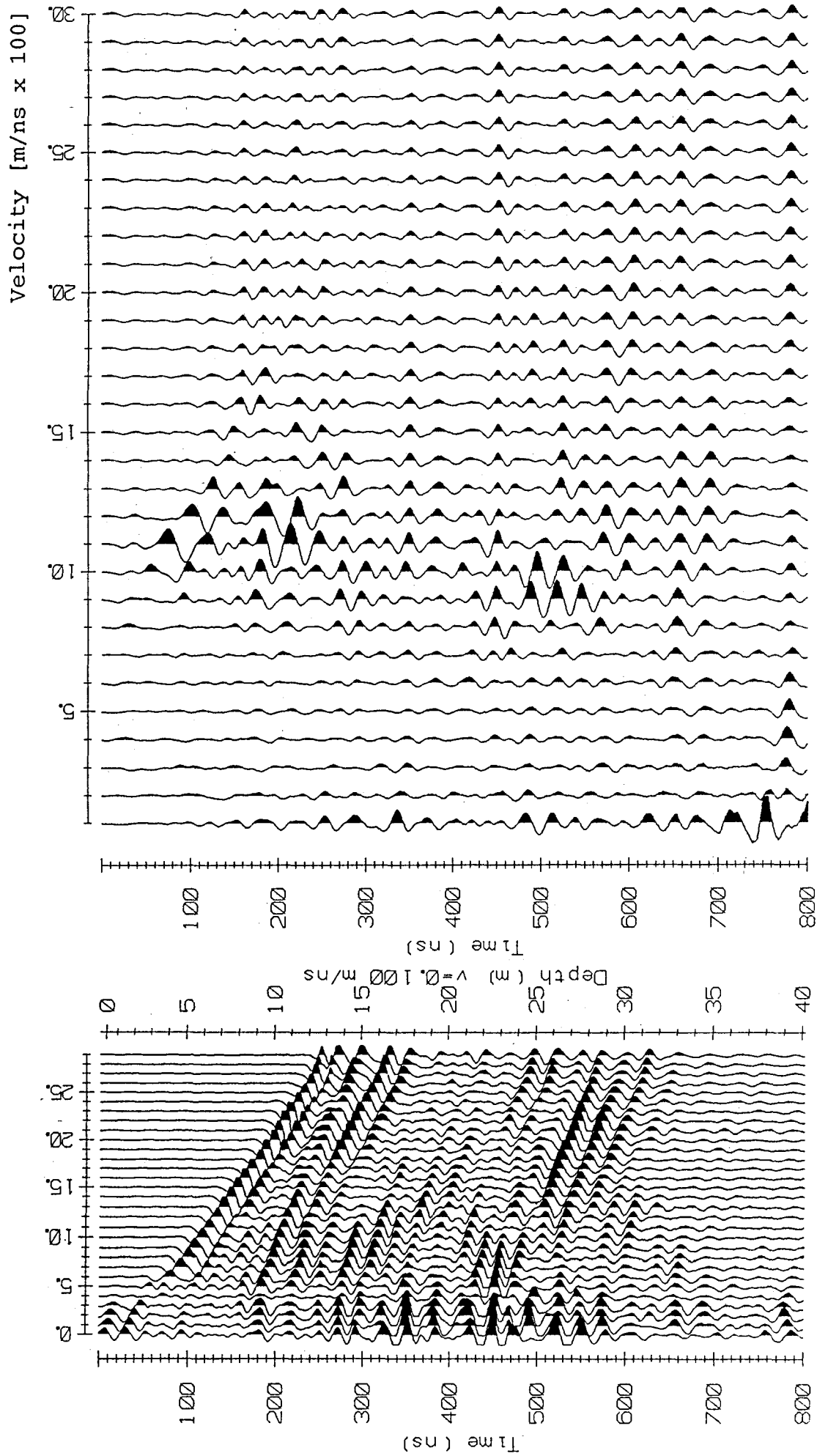
CMP2. Georadar, CMP-opptak og hastighetsseksjon, HOVET, profil P7, posisjon 250



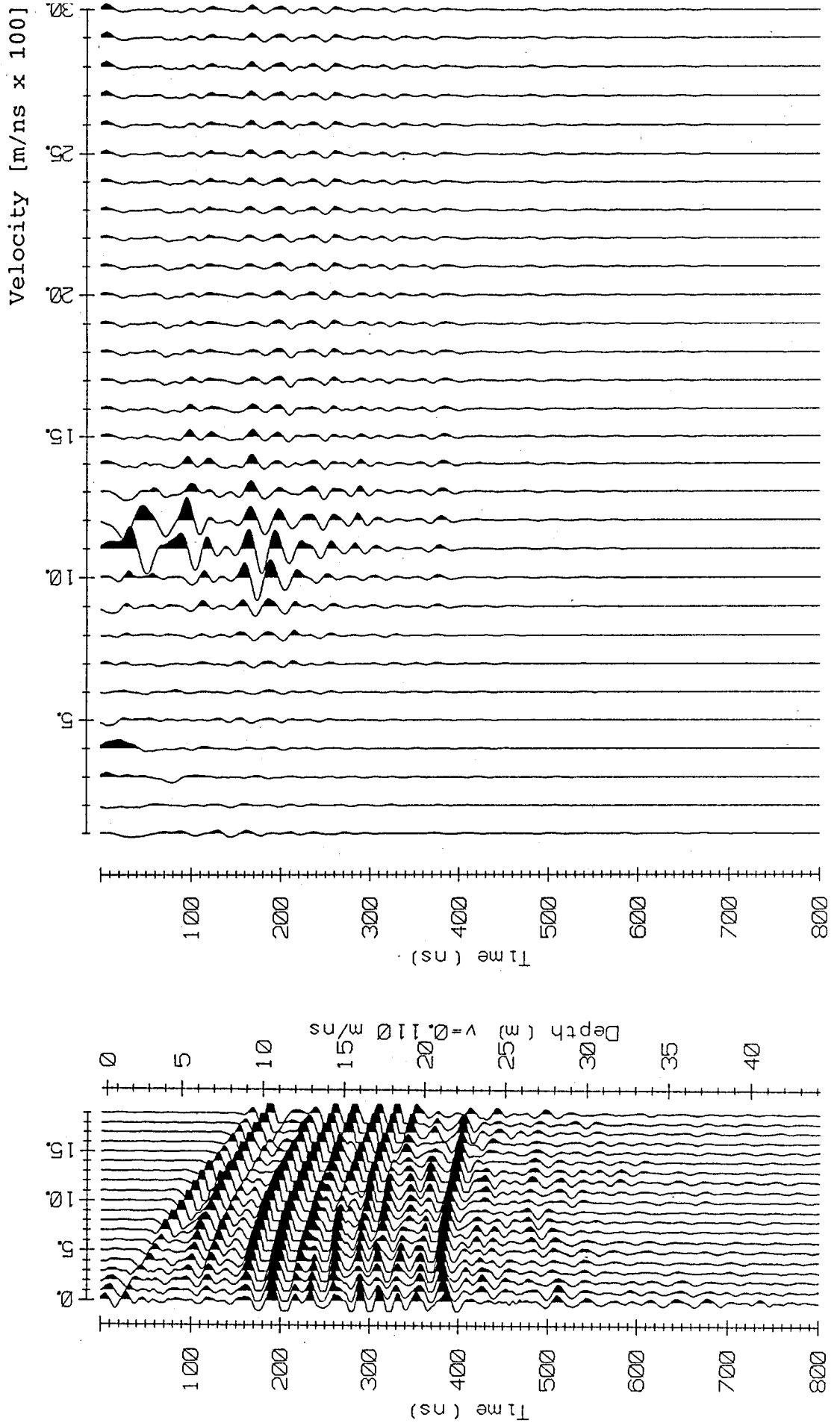
CMP3. Georadar, CMP-opptak og hastighetsseksjon, HOVET, profil P7, posisjon 355



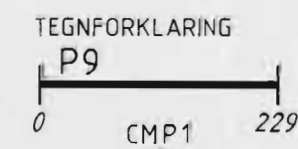
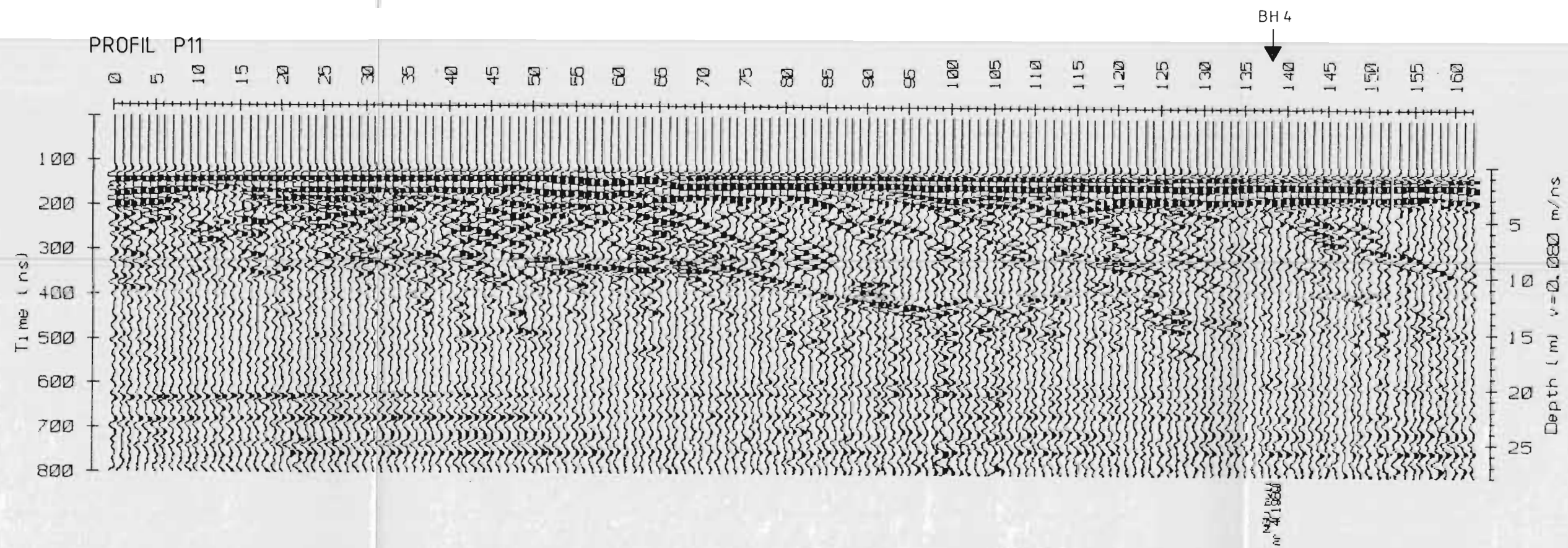
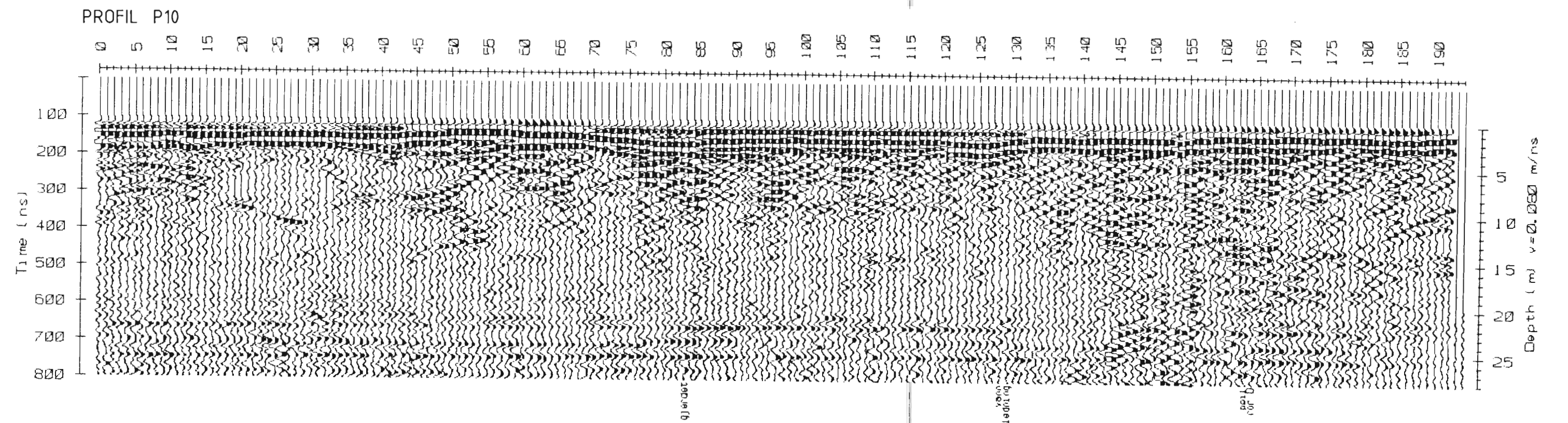
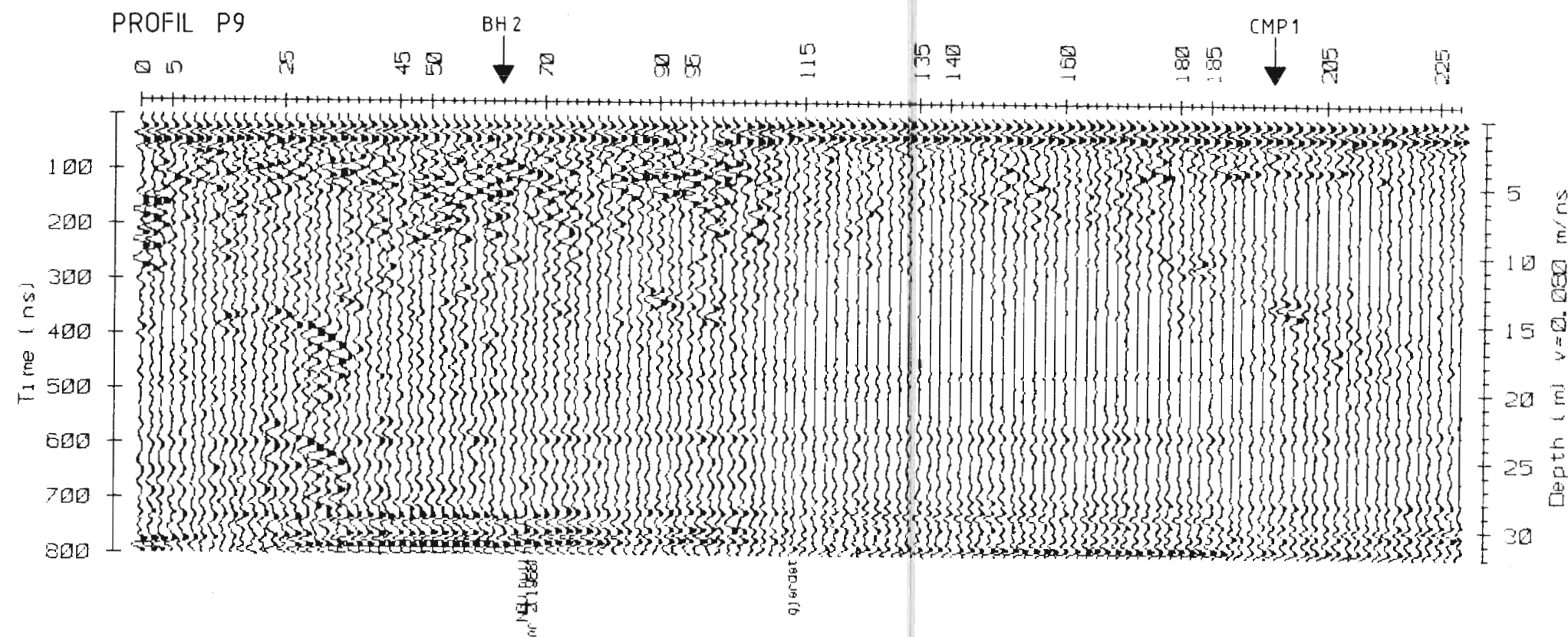
CMP4. Georadar, CMP-opptak og hastighetsseksjon, HOVET, profil P1, posisjon 90



CMP5. Georadar, CMP-opptak og hastighetsseksjon, HOVET, profil P3, posisjon 20

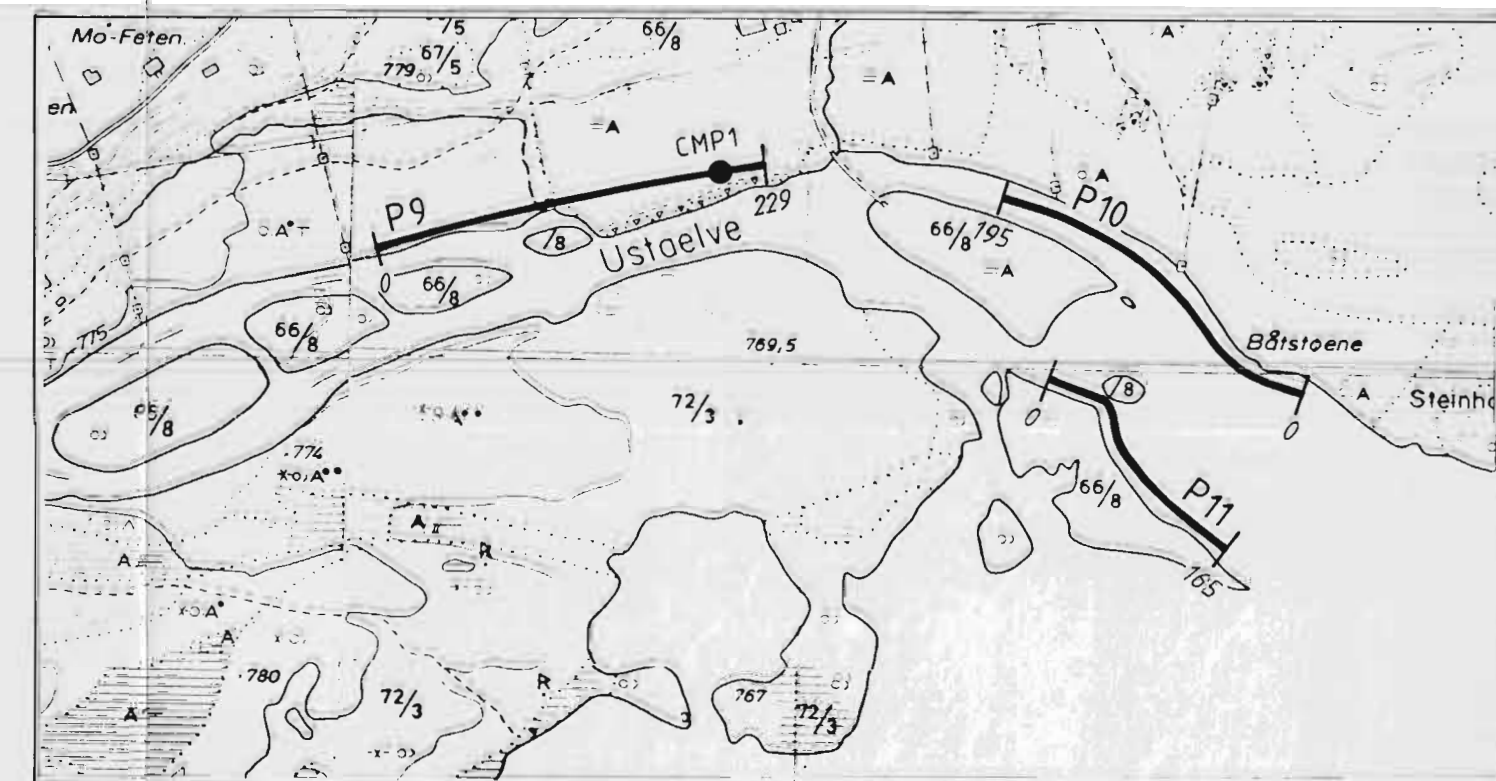






GEORADAR PROFILER MED ANGIIVELSE AV  
PROFILNUMMER OG ENDEPOSISJONER

HASTIGHETSANALYSE



NGU - CARL H. KNUDSEN AS  
GEORADAR PROFILER, USTAEVLE

GEILO  
HOL KOMMUNE, BÜSKERUD

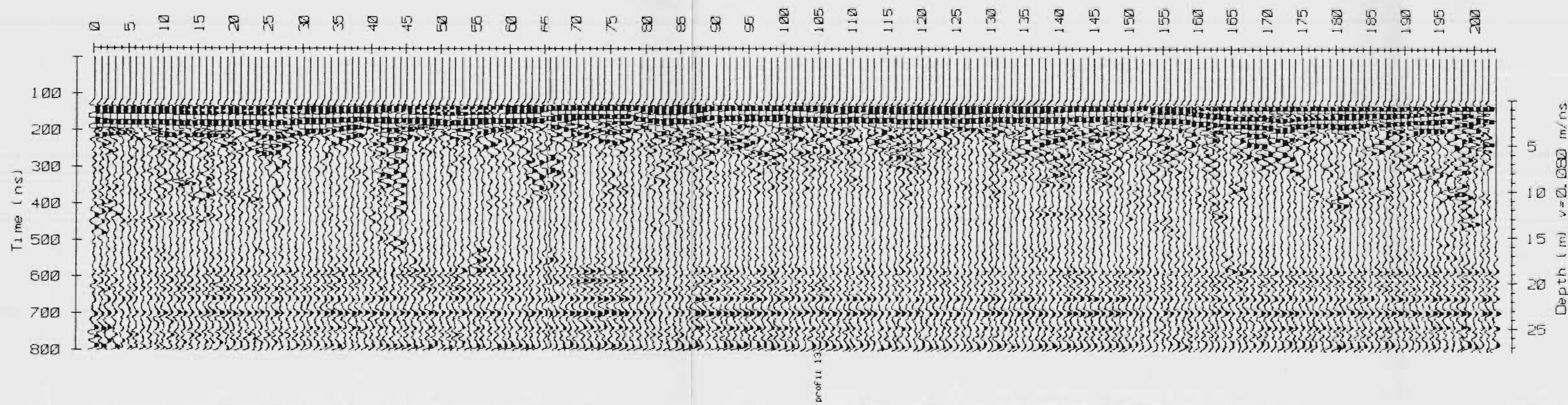
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
TRONDHEIM

MÅLSTOKK	MÅLT JK	DES 1991
	TEGN JK	DES 1991
	TRAC	
	KFR	

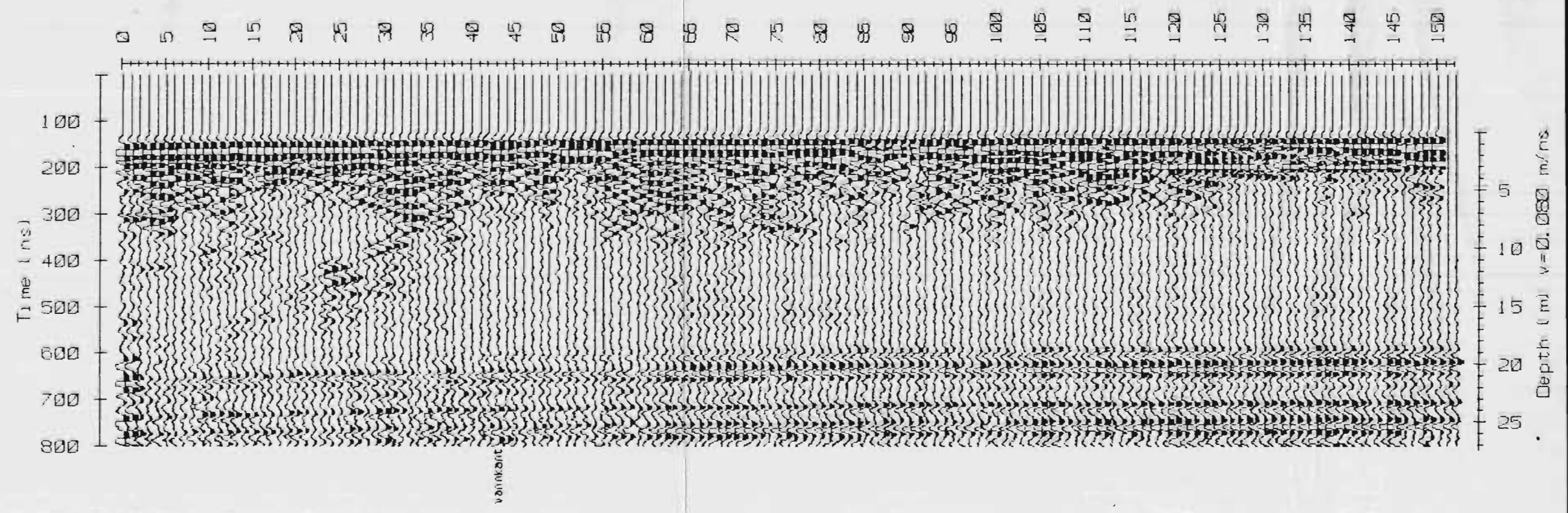
TEGNING NR	KARTBLAD NR.
91.277 - 01	1516 II



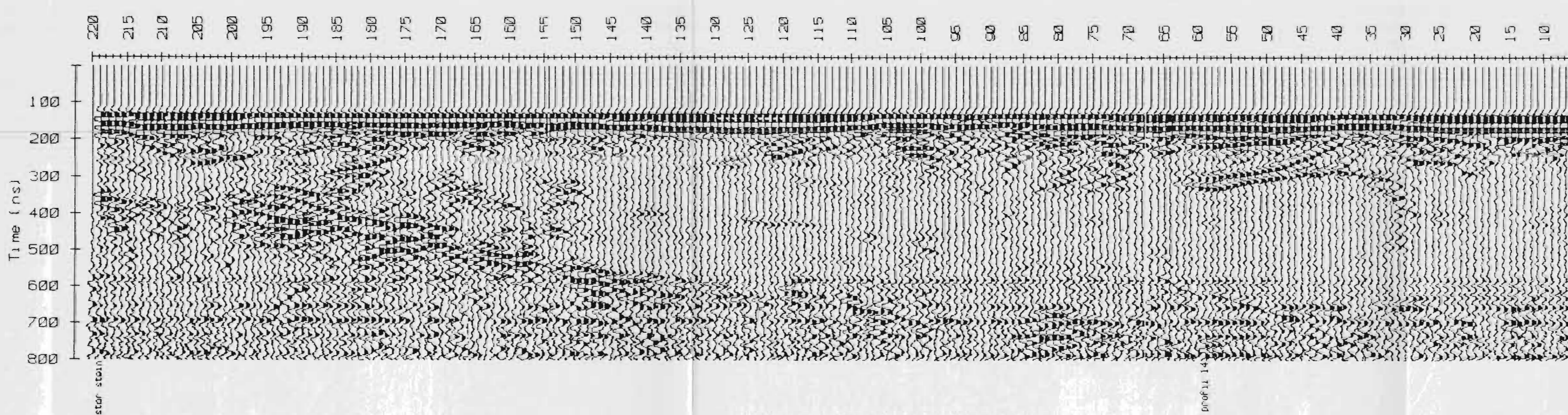
PROFIL P12 C



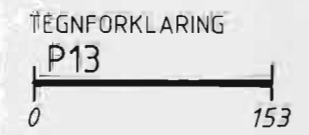
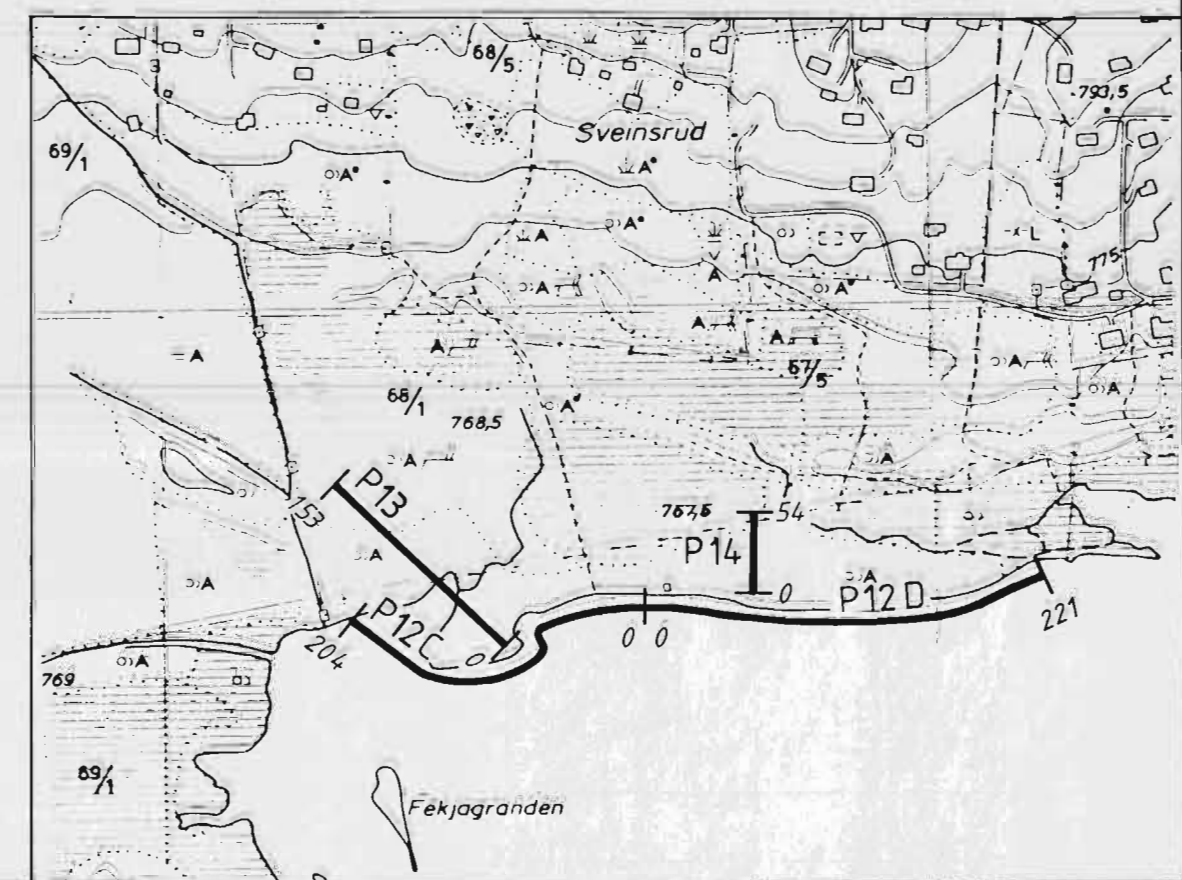
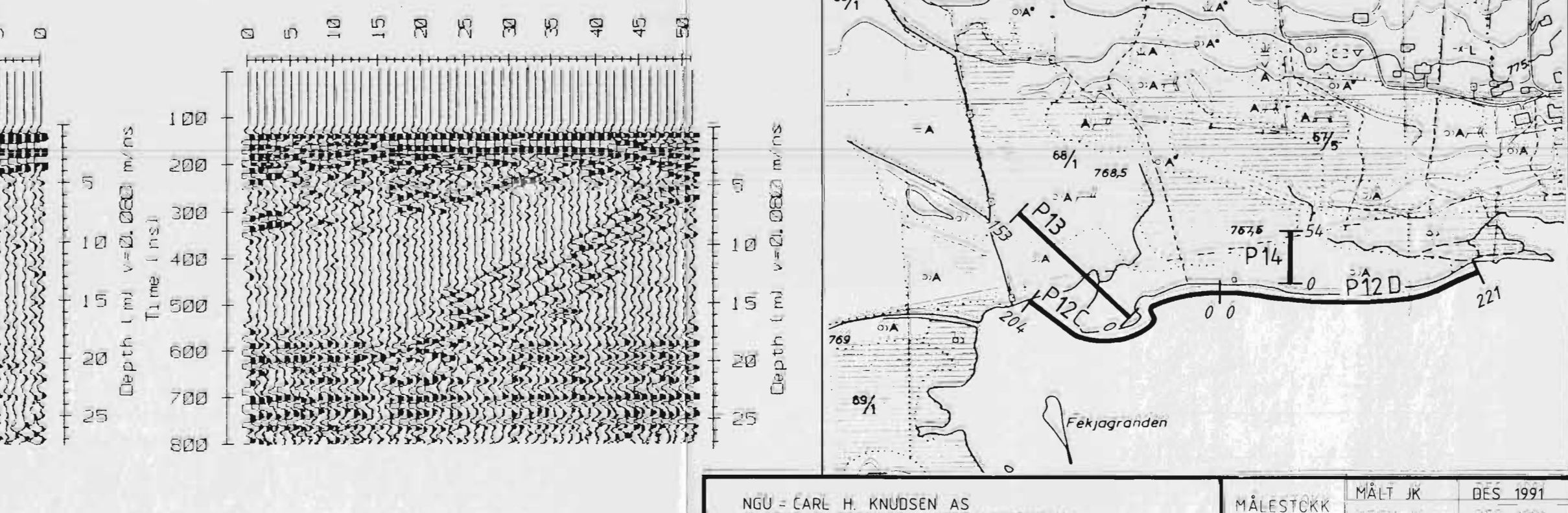
PROFIL P13



PROFIL P12 D



PROFIL P14

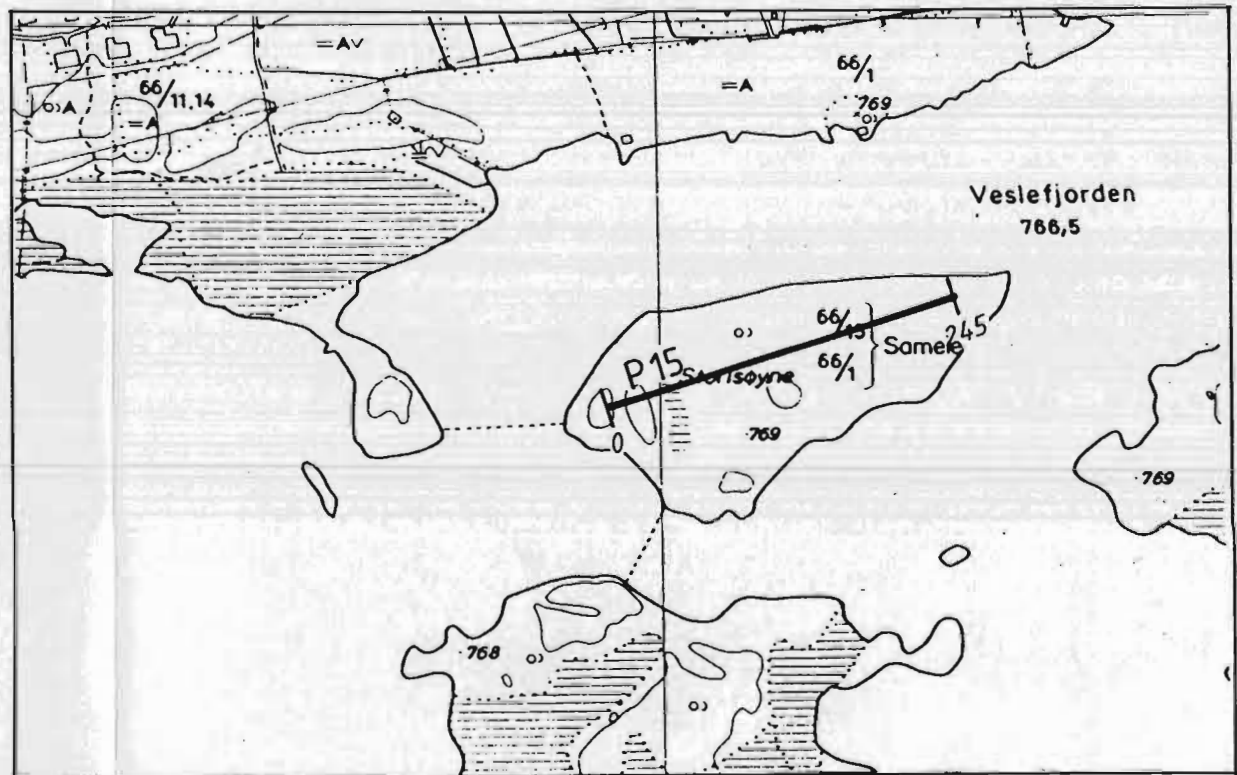
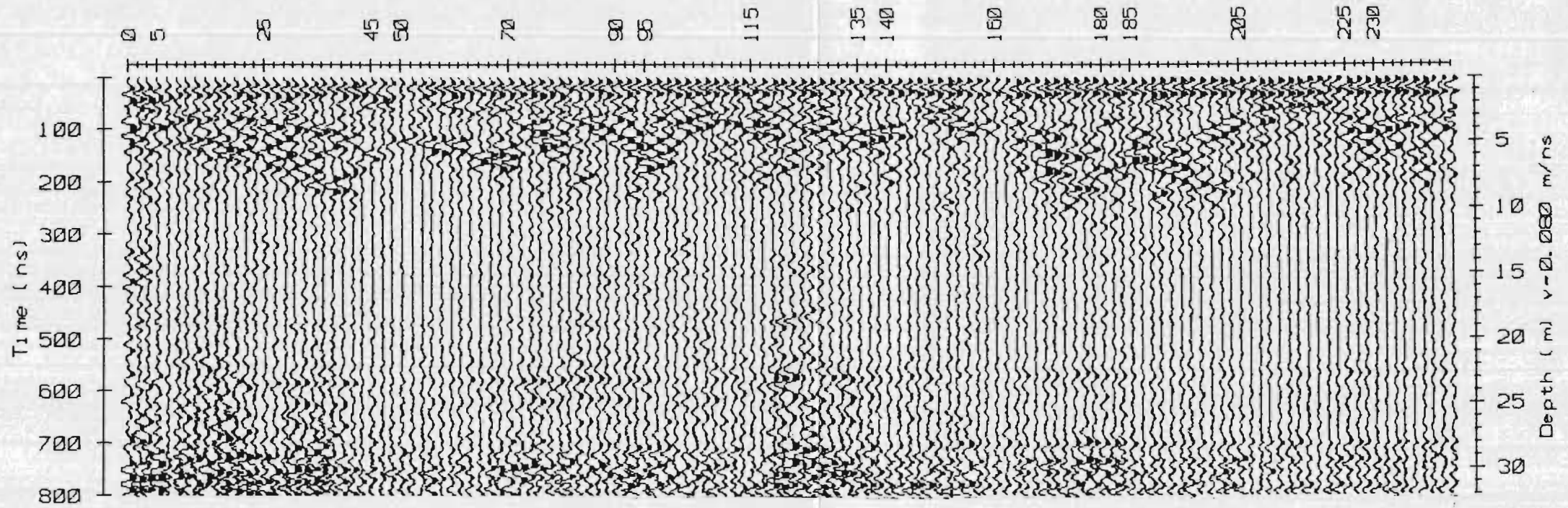


TEGNFORKLARING  
P13  
GEORADAR PROFILER MED ANGIVELSE AV  
PROFILNUMMER OG ENDEPOSISJONER

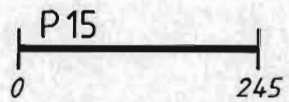
NGU - CARL H. KNUDSEN AS GEORADAR PROFILER, USTEDÅLSFJORDEN GEILO HOL KOMMUNE, BUSKERUD	MÅLESTOKK	MÅLT JK	DÉS 1991
	1:5 000	TEGN JK	DÉS 1991
NORGES GEOLÖGISKE UNDERSÖKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR.	KARTBLAD NR.	
	91.277 - 02	1516 II	



PROFIL P15



TEGNFORKLARING



GEORADAR PROFILER MED ANGIVELSE AV  
PROFILNUMMER OG ENDEPOSISJONER

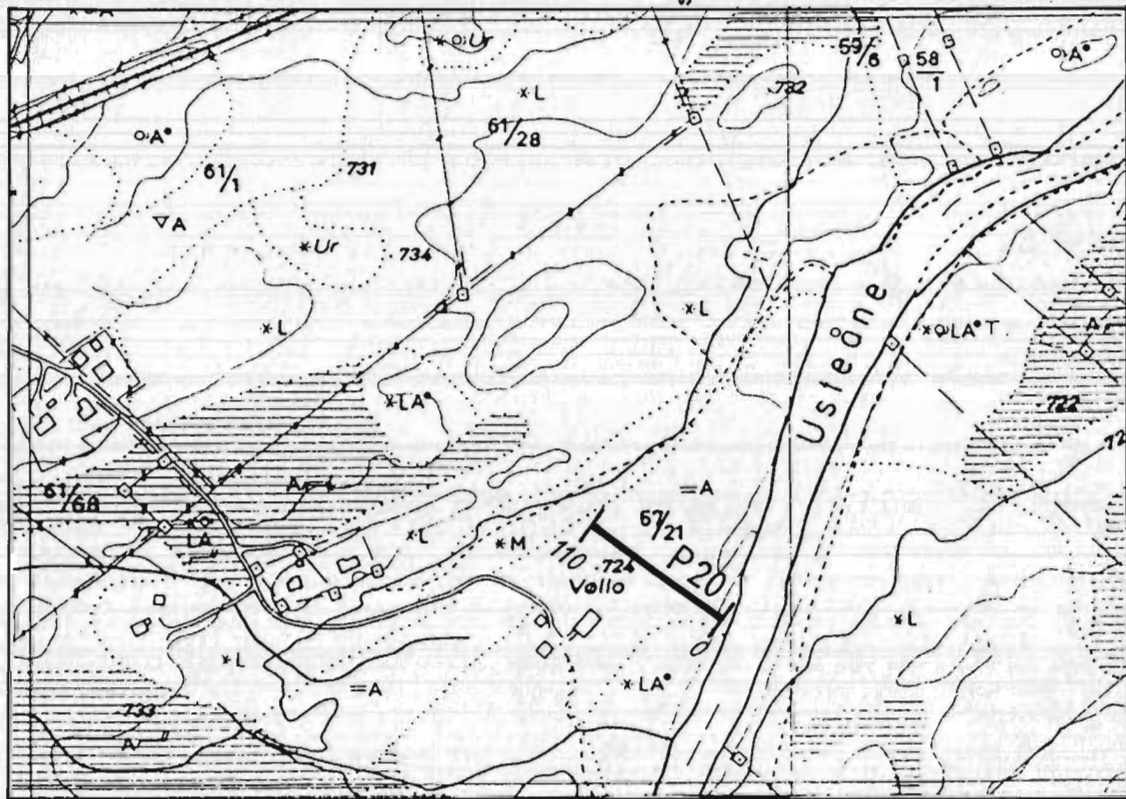
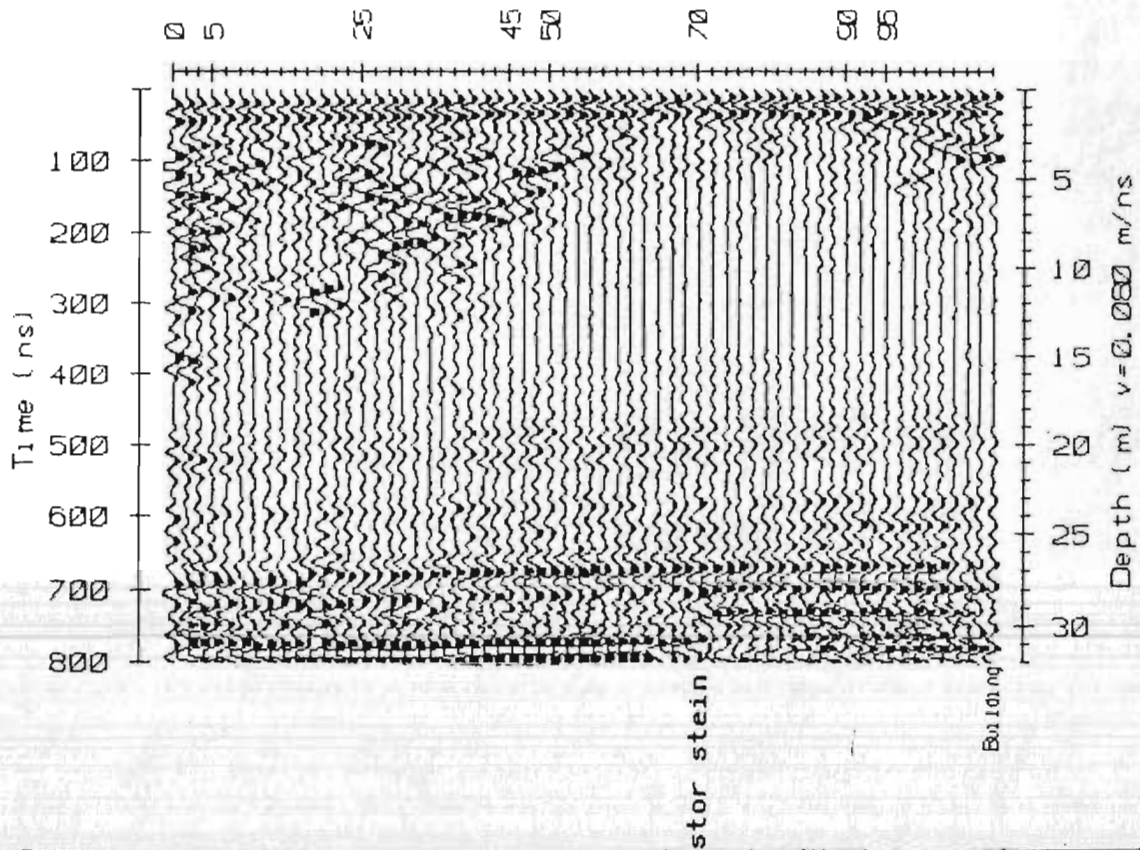
NGU - CARL H. KNUDSEN AS  
GEORADAR PROFILER, USTEDALSFJORDEN  
GEILO  
HOL KOMMUNE, BUSKERUD

MÅLESTOKK 1: 5 000	MÅLT JK	DES 1991
	TEGN JK	DES 1991
	TRAC	
	KFR	

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
TRONDHEIM

TEGNING NR. 91.277 - 03	KARTBLAD NR. 1516 II
----------------------------	-------------------------

PROFIL P20



NGU - CARL H. KNUDSEN AS  
 GEORADAR PROFILER, VØLLO  
 GEILO  
 HOL KOMMUNE, BUSKERUD

MÅLESTOKK

1: 5 000

MÅLT JK DES 1991

TEGN JK DES 1991

TRAC

KFR.

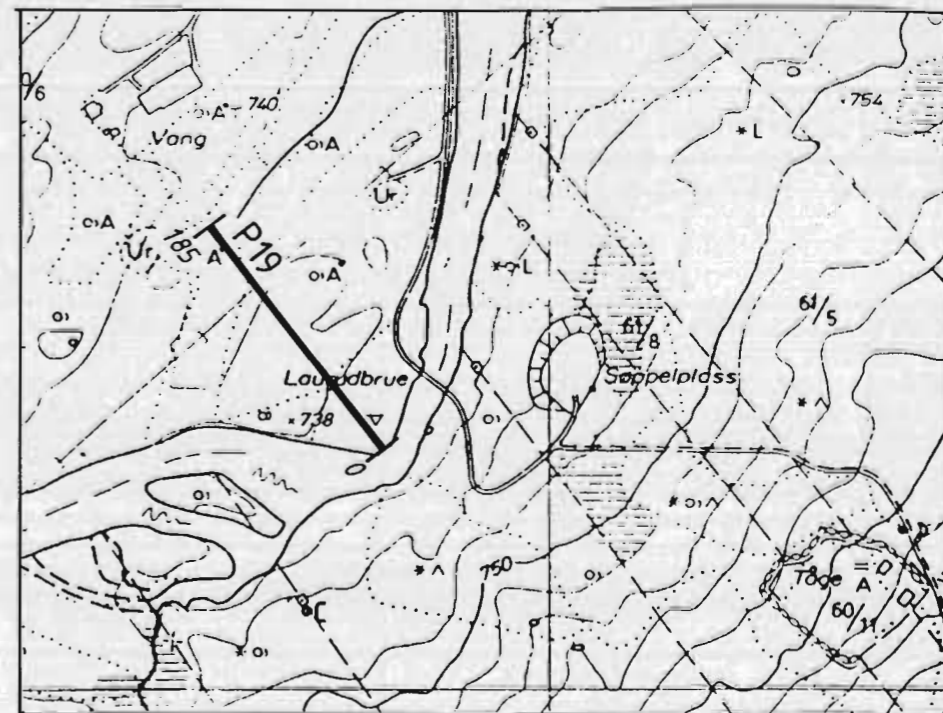
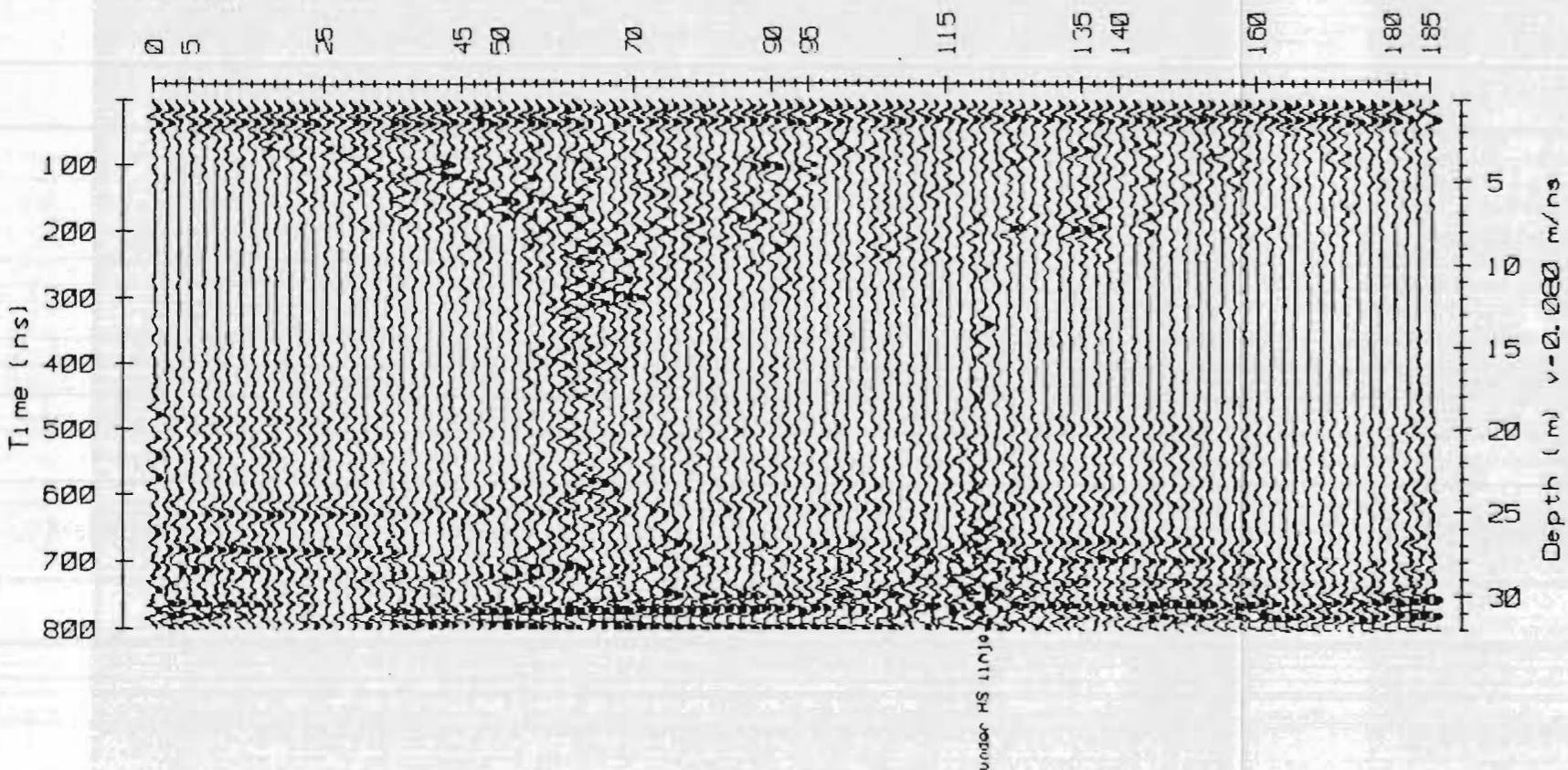
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
 TRONDHEIM

TEGNING NR.  
 91.277 - 04

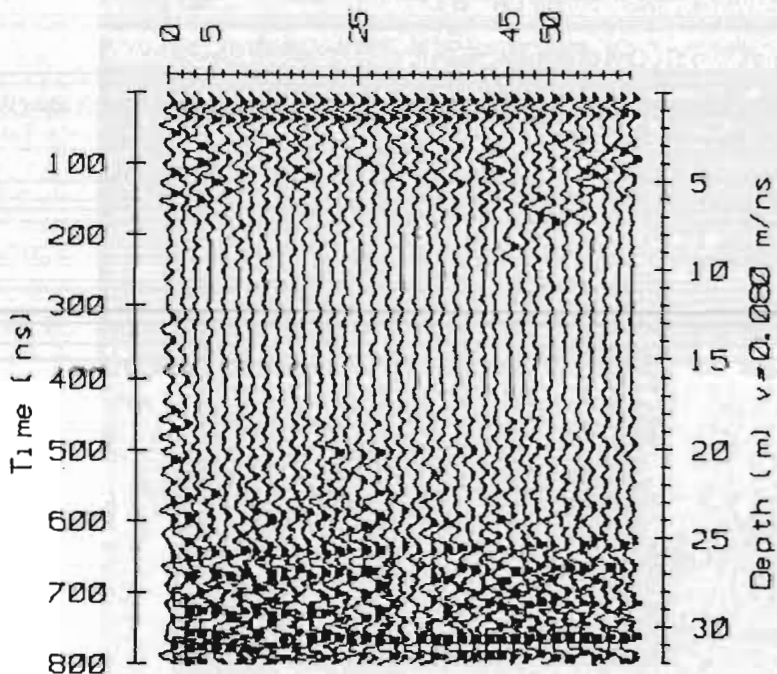
KARTBLAD NR.  
 1516 II



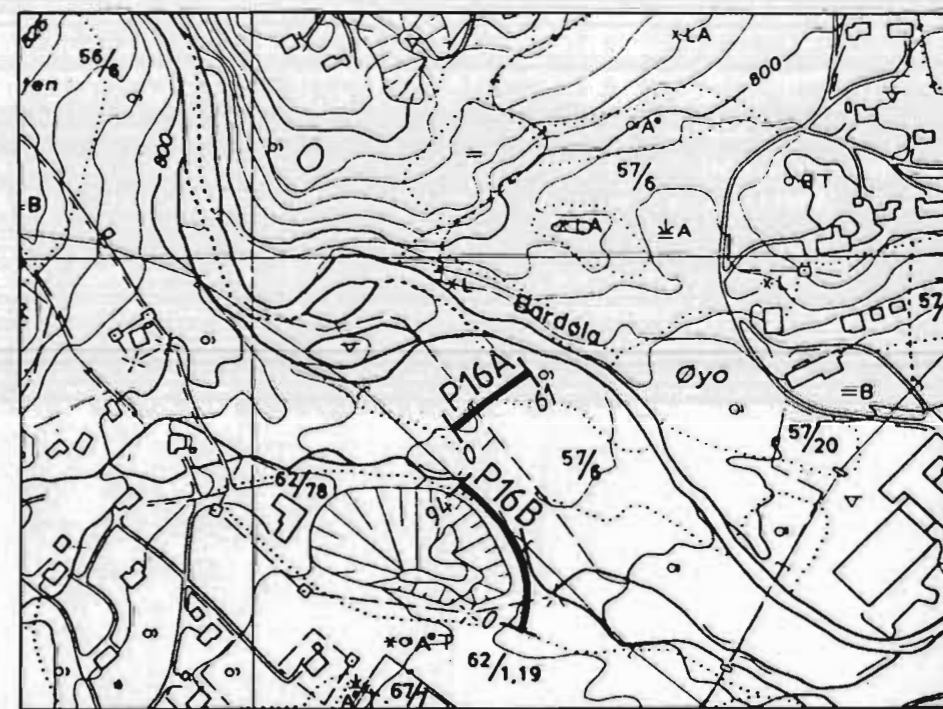
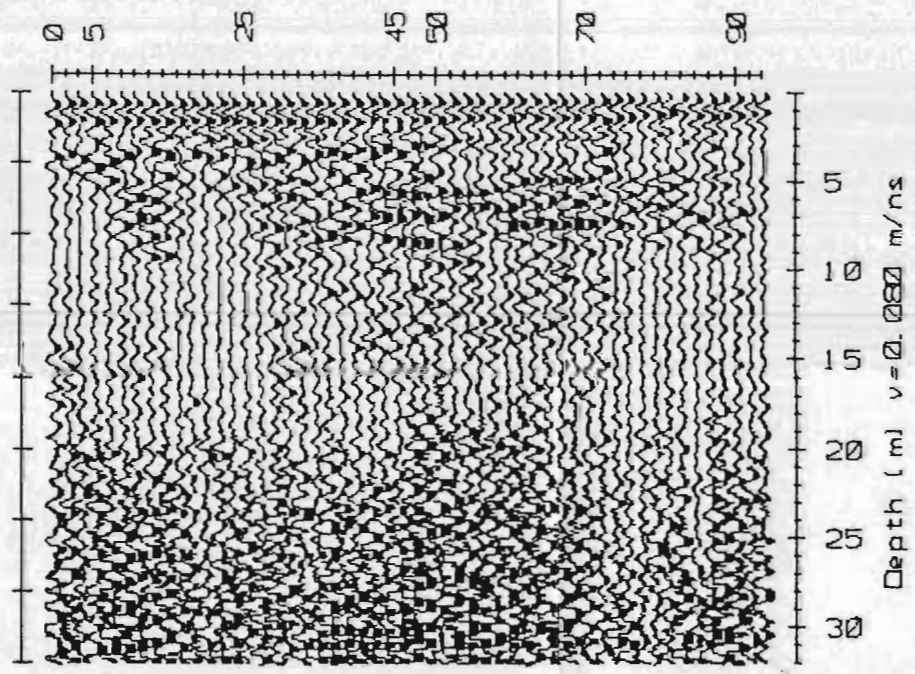
PROFIL P19



PROFIL P16 A



PROFIL P16 B



TEGNFORKLARING



GEORADAR PROFILER MED ANGIIVELSE AV  
PROFILNUMMER OG ENDEPOSISJONER

NGU - CARL H. KNUDSEN AS  
GEORADAR PROFILER, BARDØLA OG LAURUDBRUE  
GEILO  
HOL KOMMUNE, BUSKERUD

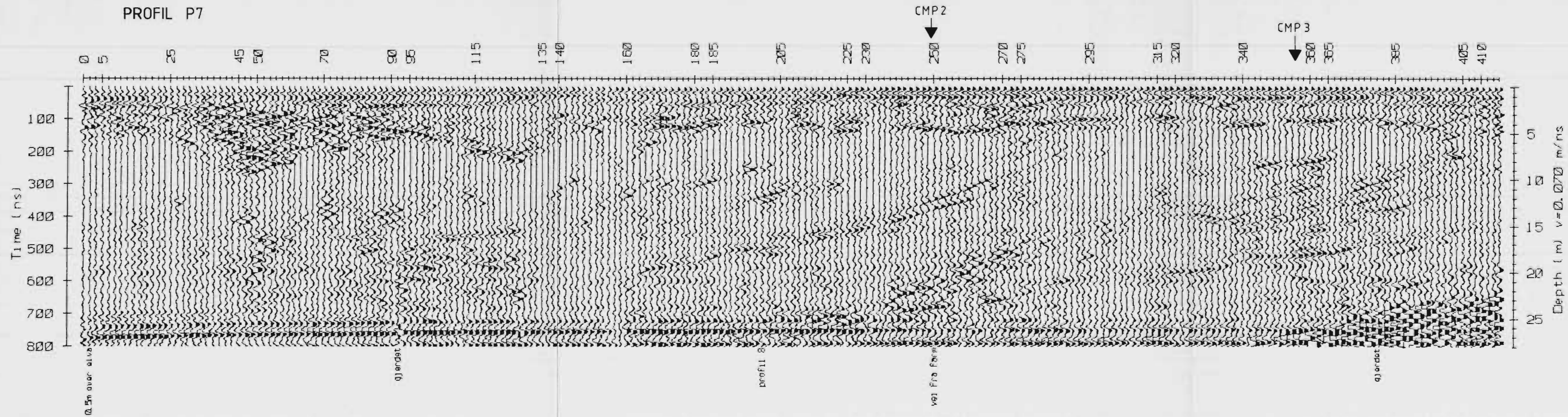
MÅLESTOKK	MÅLT JK	DES 1991
	TEGN JK	DES 1991
1: 5 000	TRAC	
	KFR	

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
TRONDHEIM

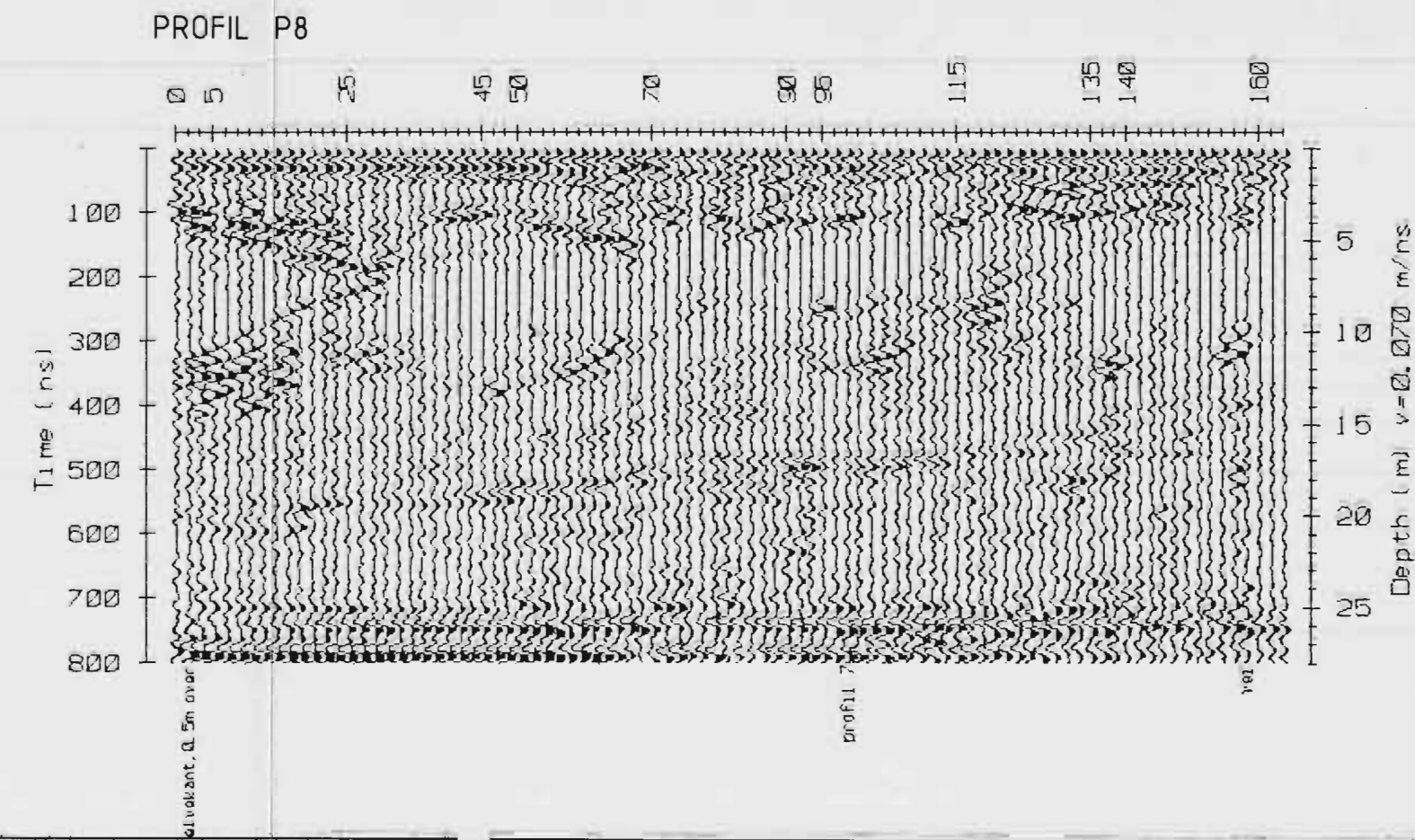
TEGNING NR.	KARTBLAD NR.
91.277 - 05	1516 II



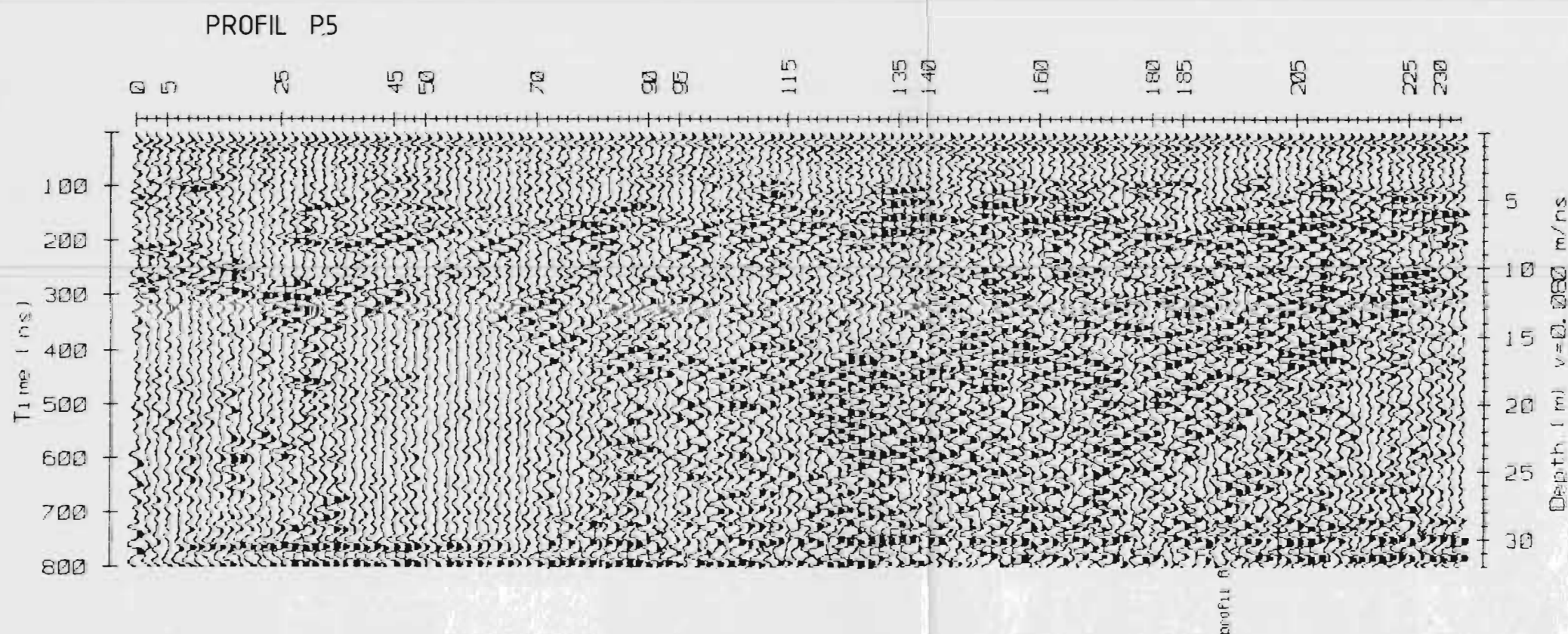
PROFIL P7



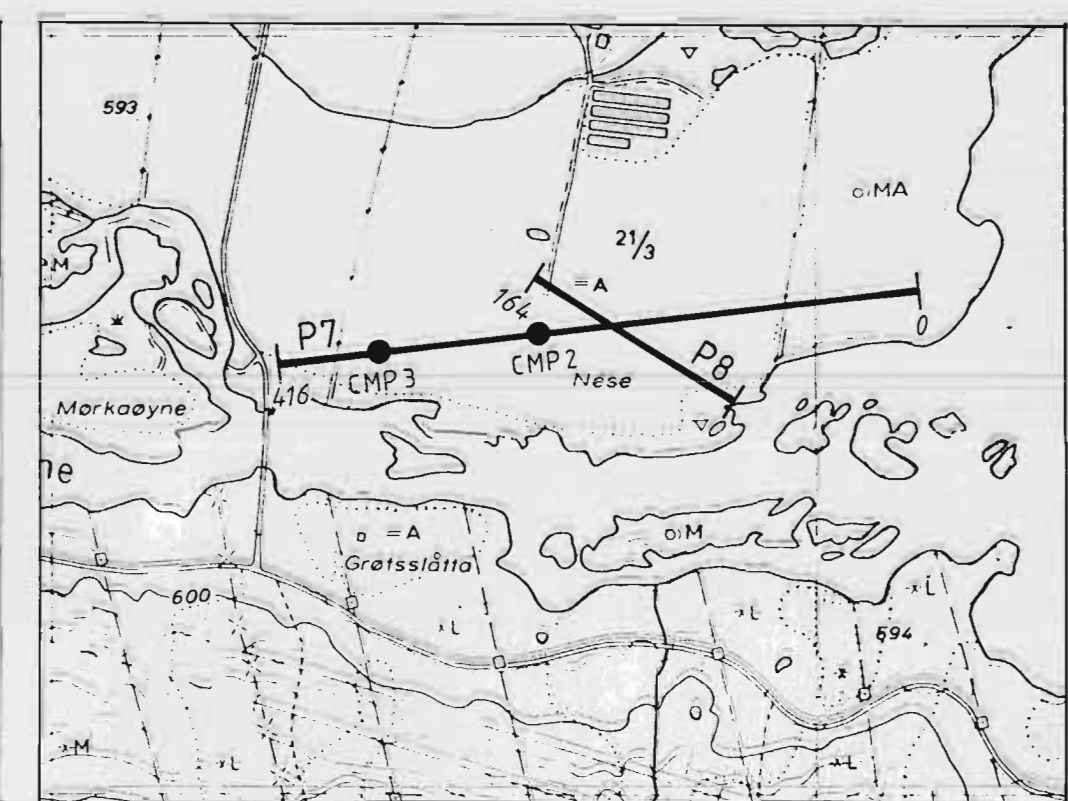
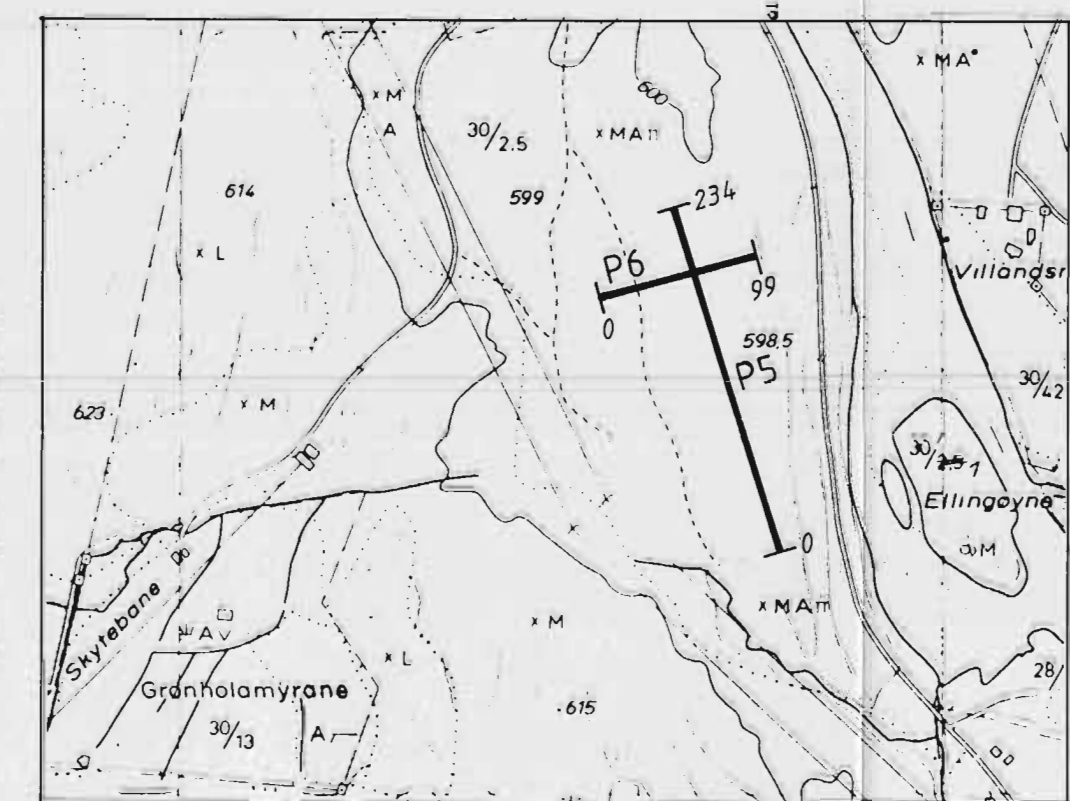
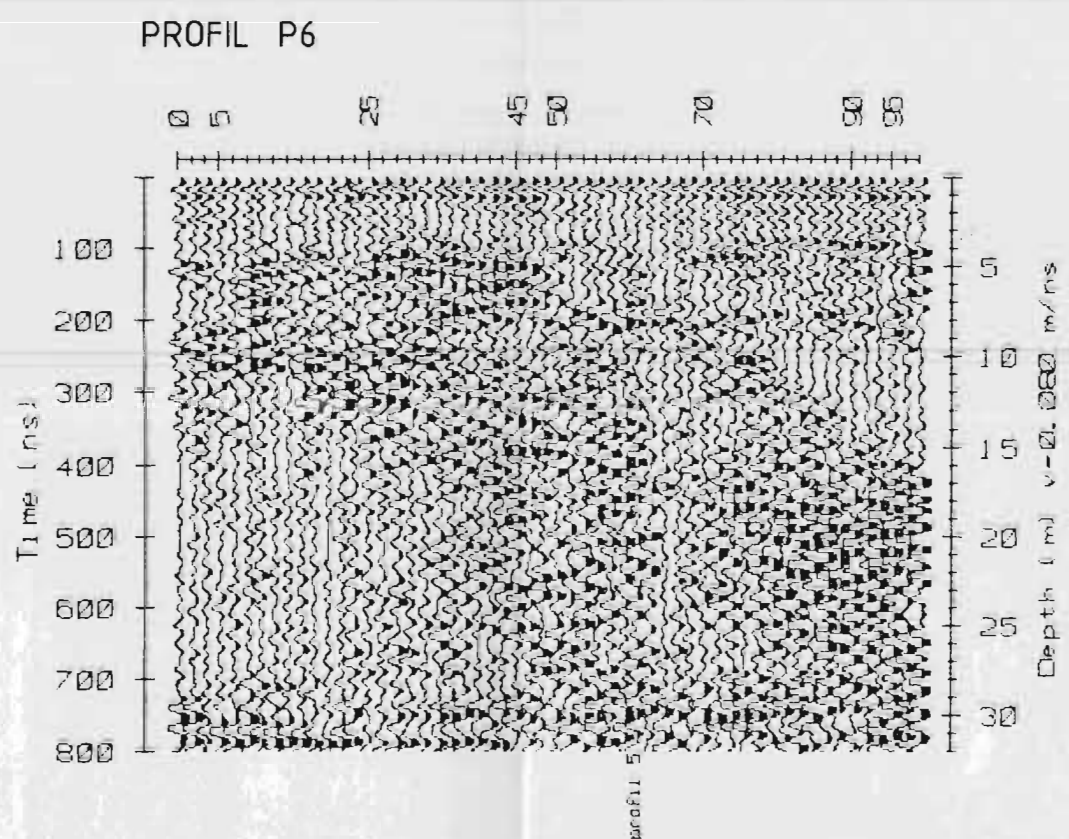
PROFIL P8



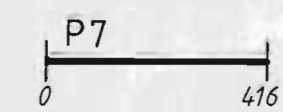
PROFIL P5



PROFIL P6



TÆGNFORKLARING



GEORADAR PROFILER MED ANGIIVELSE AV PROFILNUMMER OG ENDEPOSISJONER

HASTIGHETSANALYSE

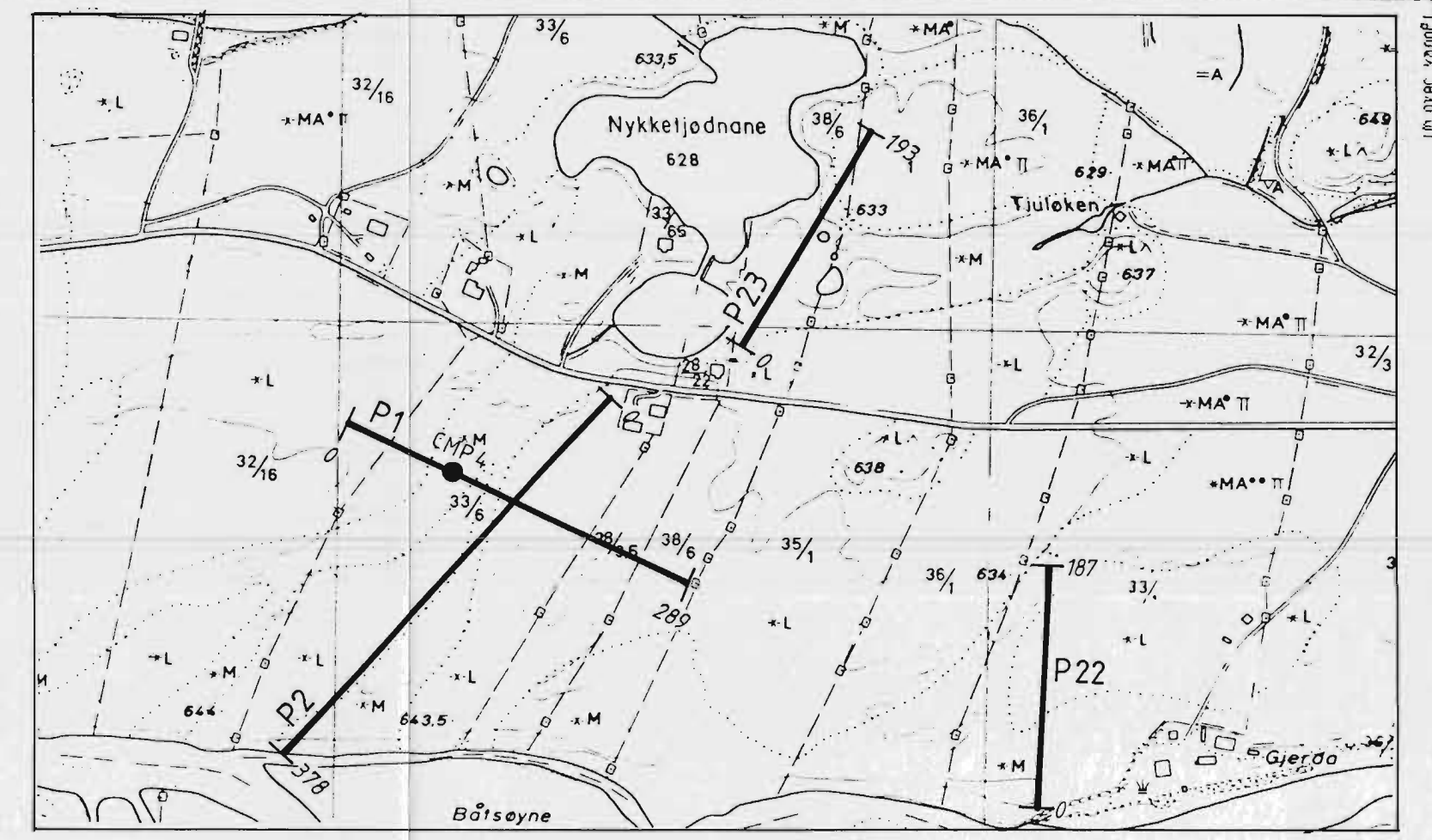
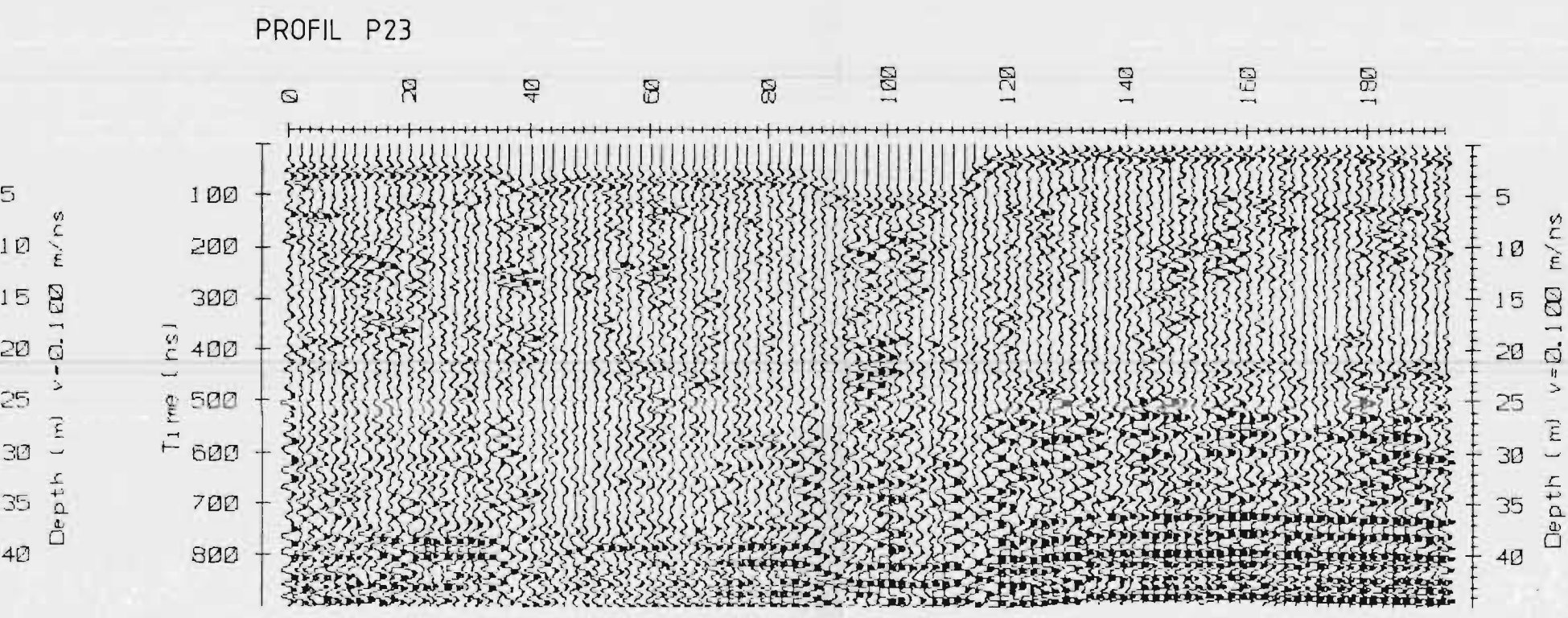
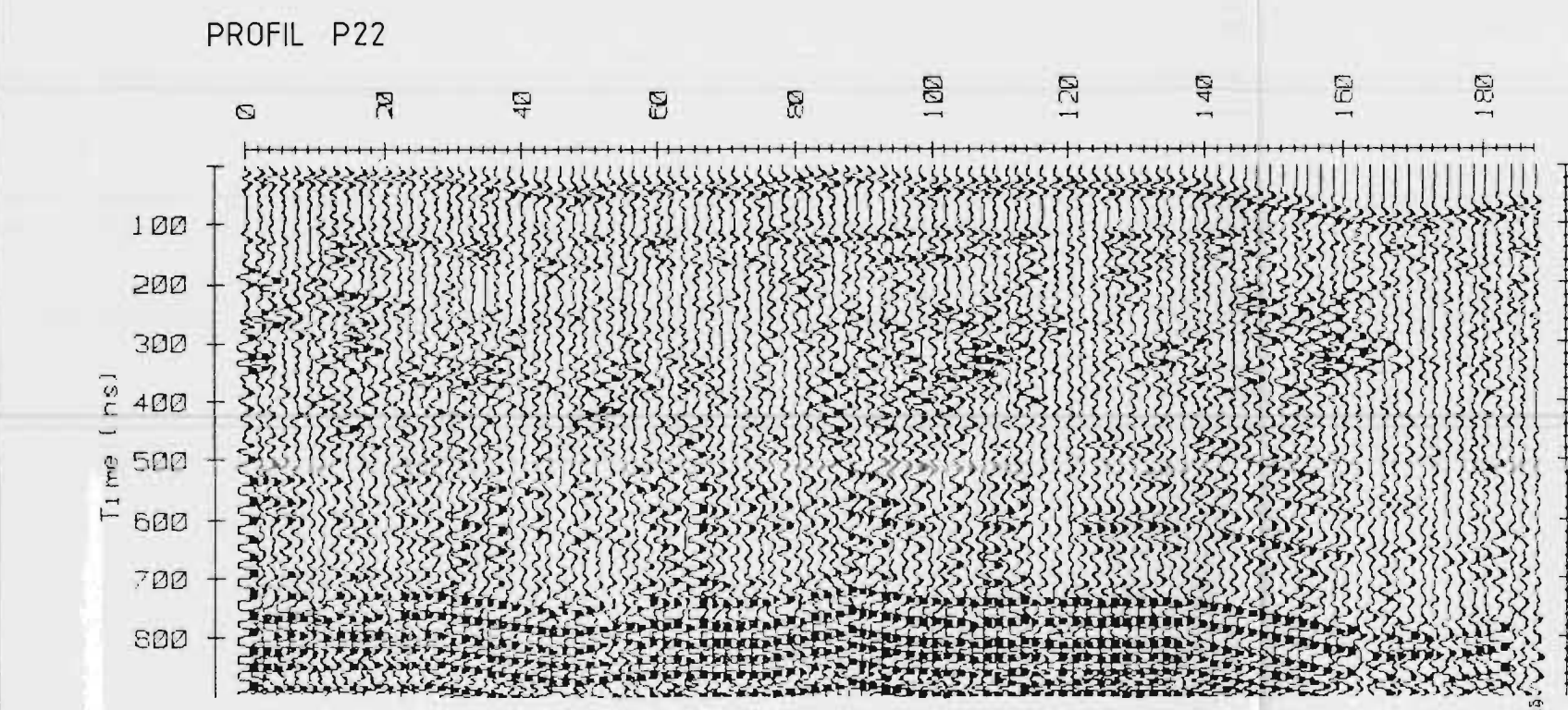
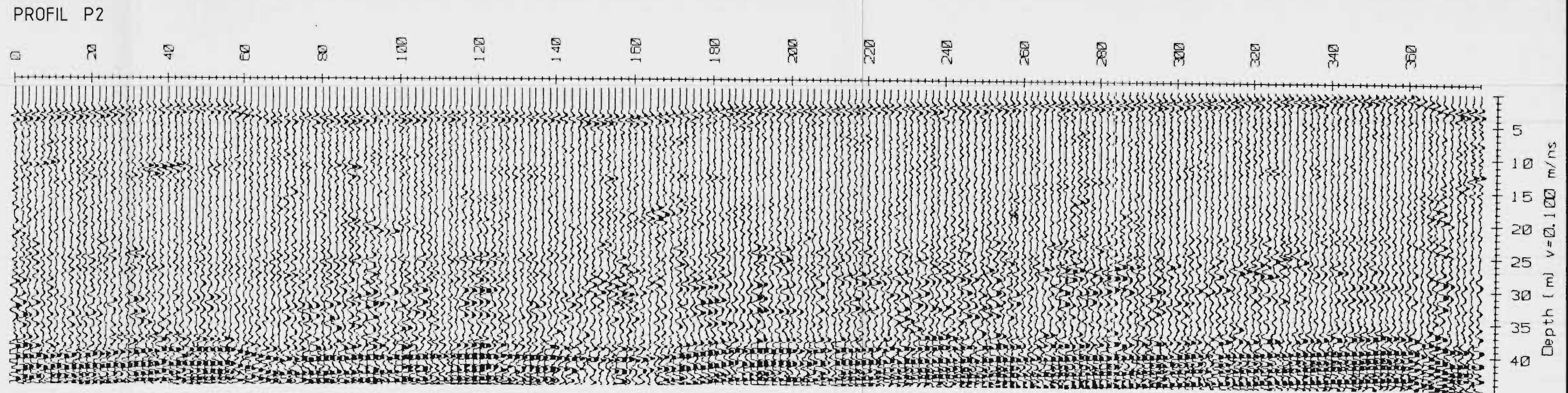
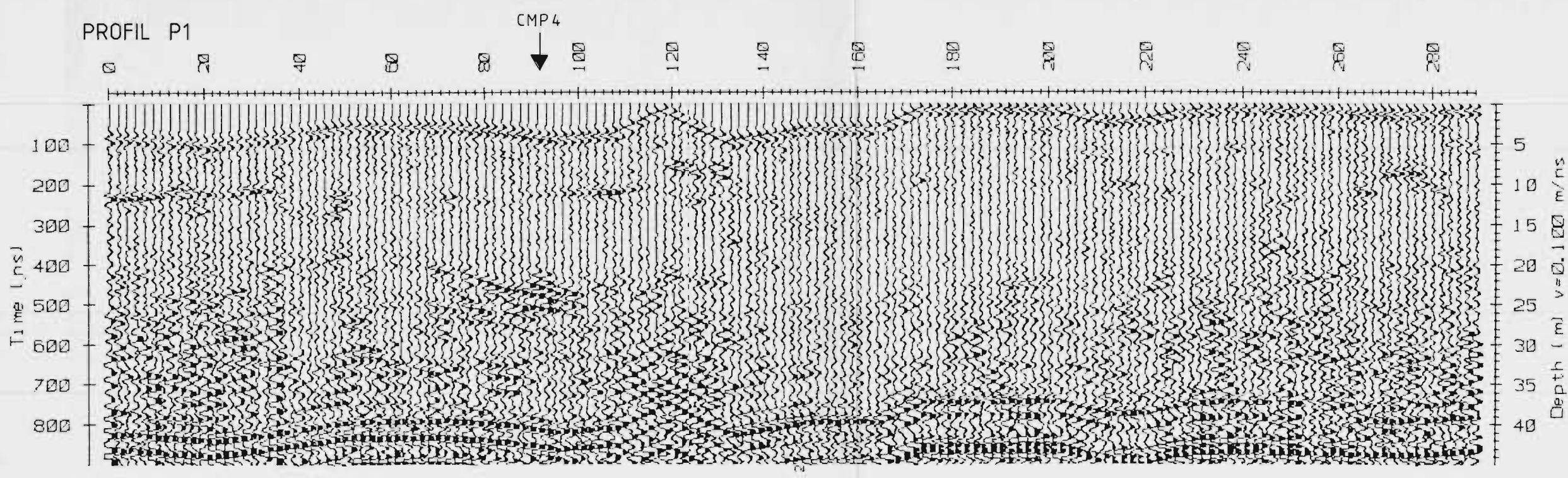
NGU = CARL H. KNUDSEN AS  
 GEORADAR PROFILER, SKYTEBANE OG NESE  
**HOVET**  
 HØL KOMMUNE, BUSKERUD

MÅLESTØRRE	MÅLT JK	DES 1991
1: 5 000	TÆGN JK	DES 1991
	TRAC	
	KÆR	

NORGES GEOLGISKE UNDERSØKELSE  
 TRONDHEIM

TÆGNING NR.	KARTBLAD NR.
91.277 - 06	1516 II





TEGNFORKLARING

P1

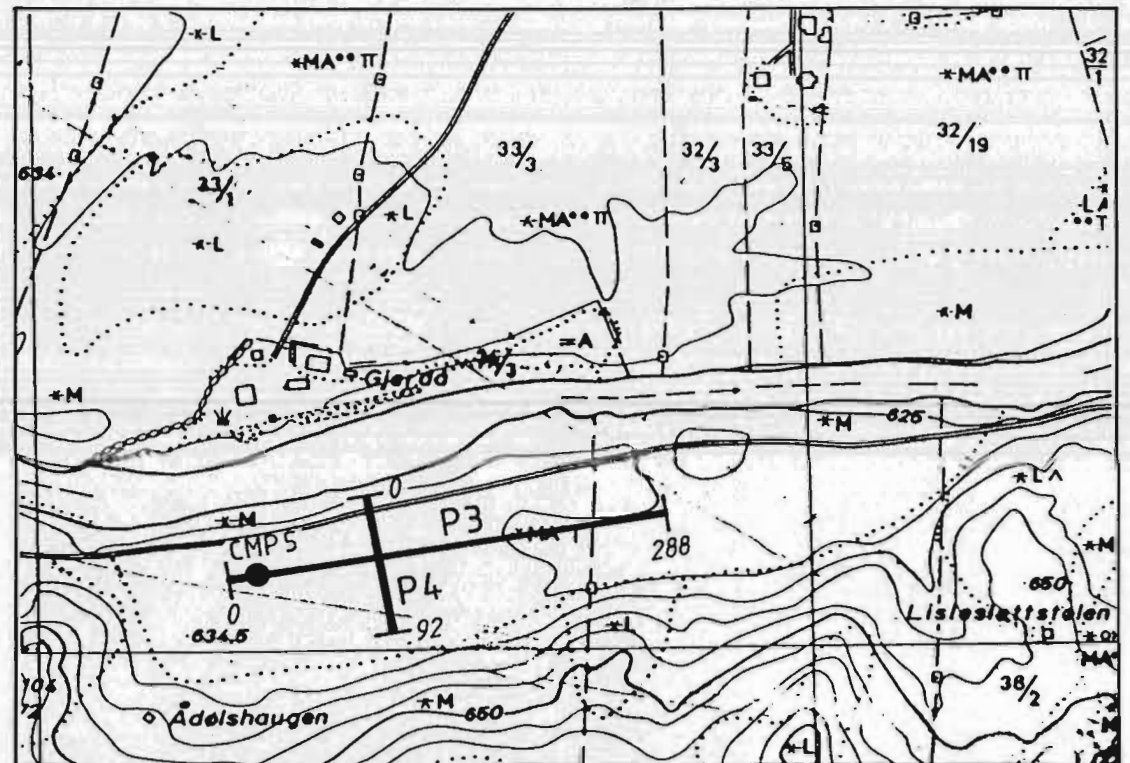
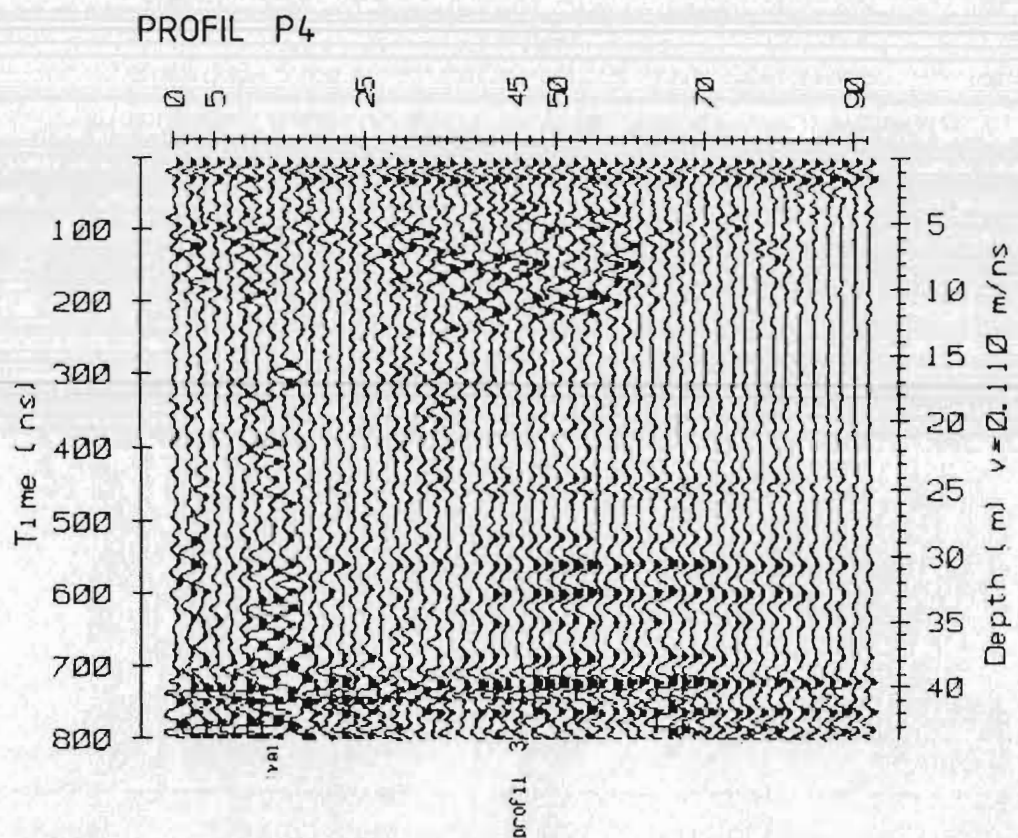
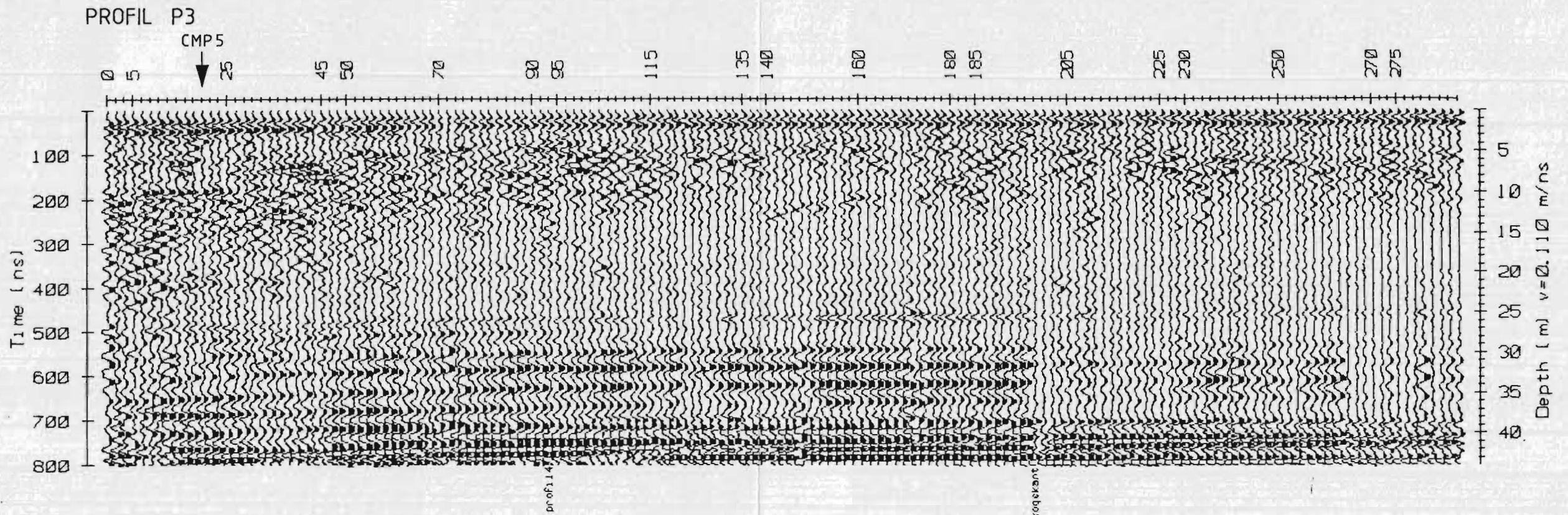
0 289

GEORADAR PROFILER MED ANGIIVELSE AV PROFILNUMMER OG ENDEPOSISJONER

● HASTIGHETSANALYSE

NGU - CARL H. KNUDSEN AS GEORADAR PROFILER, NYKKELJØDNANE HOVET HOL KOMMUNE, BUSKERUD	MÅLESTOKK	MÅLT JK	DES 1991
	1: 5 000	TEGN. JK	DES 1991
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TRAC.		
	KFR.		
TEGNING NR	91.277 - 07	KARTBLAD NR.	1516 II





TEGNFORKLARING



GEORADAR PROFILER MED ANGIIVELSE AV  
PROFILNUMMER OG ENDEPOSISJONER

HASTIGHETSANALYSE

NGU - CARL H. KNUDSEN AS  
GEORADAR PROFILER, GJERDA

HOVET

HOL KOMMUNE, BUSKERUD

MÅLESTOKK

1: 5 000

MÅLT JK DES 1991

TEGN JK DES 1991

TRAC

KFR

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
TRONDHEIM

TEGNING NR.  
91.277 - 08

KARTBLAD NR.  
1516 II