

NGU Rapport 95.129

Refleksjonsseismiske målinger og georadar-
målinger ved utløpet av Altaelva, Finnmark

Rapport nr.: 95.129		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen	
Tittel: Refleksjonsseismiske målinger og georadarmålinger ved utløpet av Altaelva, Finnmark				
Forfatter: Eirik Mauring & Jan S. Rønning		Oppdragsgiver: NGU/UiTø/Norsk Hydro A/S		
Fylke: Finnmark		Kommune: Alta		
Kartblad (M=1:250.000) Nordreisa		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1834 I Alta, 1934 IV Gargia		
Forekomstens navn og koordinater: Alta (Rørholmen) 34V 5923 77650 (ED 50)		Sidetall: 24	Pris: 225,-	
Feltarbeid utført: 5/7-15/7-1995		Rapportdato: 12/2-1996	Prosjektnr.: 61.2562.02	Ansvarlig: <i>Jan S. Rønning</i>
<p>Sammendrag:</p> <p>Det er utført refleksjonsseismiske målinger og georadarmålinger ved utløpet av Altaelva i Finnmark. Formålet med undersøkelsen er å få innblikk i geometri (mektighet og form) for Altaelvas delta, som igjen inngår i et prosjekt som har som formål å konstruere en geologisk modell for nordnorske fjorddeltaer.</p> <p>Resultater fra de refleksjonsseismiske målingene indikerer et dyp til bunnen av deltaavsetningene på 80-125 m. Det er trolig ingen skarp overgang mellom deltaavsetningene og de underliggende, antatte glasi-marine avsetninger. Deltasekvensen viser kraftig reflektivitet, der reflektorene har en svak helning mot nord. Reflektorer i den antatt glasimarine sekvensen er svake, utholdende og horisontale/subhorisontale. Dyp til fjell ligger i området 180-355 m.</p> <p>Georadaropptakene viser detaljert strukturer i de øvre deler av deltaet ned til max 20 m dyp. Skrå lagdeling med varierende retning og helning sees i de fleste opptak og vil danne grunnlag for en detaljert tolkning av tidsmessige og romlige forhold ved oppbygningen av de øvre deler av deltaet.</p>				
Emneord: Geofysikk		Refleksjonsseismikk		Georadar
Kvartærgeologi		Deltaavsetning		
				Fagrapport

INNHold

1 INNLEDNING	4
2 MÅLEMETODER OG UTFØRELSE.....	4
2.1 Refleksjonsseismikk.....	4
2.2 Georadar	4
3 PROSESSERING	5
3.1 Refleksjonsseismikk.....	5
3.2 Georadar	6
4 RESULTATER.....	7
4.1 Refleksjonsseismikk.....	7
4.2 Georadar	9
5 KONKLUSJON	12
6 REFERANSER.....	13

Tekstbilag

1. Refleksjonsseismikk - metodebeskrivelse
2. Georadar - metodebeskrivelse

Databilag

1. Hastighetsanalyser, refleksjonsseismikk
2. Hastighetsanalyser, georadar
3. Skjema for refleksjonsmønster, georadar (etter Beres & Haeni, 1991)

Kartbilag

- 95.129-01: Oversiktskart
- 95.129-02: Refleksjonsseismiske opptak, profil 1 (R1) og 2 (R2)
- 95.129-03: Georadaropptak, profil G1
- 95.129-04: Georadaropptak, profil G1b
- 95.129-05: Georadaropptak, profil G1c
- 95.129-06: Georadaropptak, profil G2, G3 og G7
- 95.129-07: Georadaropptak, profil G4, G5 og G6

1 INNLEDNING

Det er utført refleksjonsseismiske målinger og georadarmålinger ved utløpet av Altaelva, Alta kommune, Finnmark. Målingene ble utført som den del av et samarbeidsprosjekt mellom Universitetet i Tromsø (UiTø), Norsk Hydro A/S og Norges Geologiske Undersøkelse (NGU). Formålet med undersøkelsene er å få innblikk i geometri (mektighet og form) for Altaelvas delta, som igjen inngår i et prosjekt som har som formål å konstruere en geologisk modell for nordnorske fjorddeltaer. Målingene ble utført i perioden 5/7-15/7-1995 av Jan S. Rønning (NGU) med assistanse fra Geoff Corner (UiTø) og Anne Jorun Rønning. Prosessering og framstilling av data er utført av Eirik Mauring (NGU).

2 MÅLEMETODER OG UTFØRELSE

2.1 Refleksjonsseismikk

Målingene ble utført etter 'common mid-point'-teknikken (CMP) som er beskrevet i tekstbilag 1. For hvert opptak ble det registrert på 12 kanaler. Skuddpunkt- og geofonavstand var like (5 m), noe som gir 6-fold (600 %) dekning. Seismografen som ble benyttet er av typen Scintrex S-2 'Echo'. Det ble anvendt geofoner med 50 Hz egenfrekvens. Energiseringskilden var 12-kalibers haglpatroner avfyrt fra en spesiellagd børs. Det ble målt to profiler ytterst på deltaet på tidevannsflaten (se kartbilag -01 og -02). Profil 1 (R1) ble målt tilnærmet langs deltaets utbygningretning, og profil 2 (R2) ble målt på tvers av denne retningen. Lengden på profilene er hhv. 1825 og 755 m. Opptakstiden var 512 ms med et samplingsintervall på 0,5 ms (Nyquistfrekvensen=1000 Hz). Avstand fra skudd til første geofon ('offset') var 25 m. Datakvaliteten er svært god. Opptak og plassering av profiler er vist i kartbilag -02.

2.2 Georadar

En beskrivelse av georadarmålinger er vedlagt i tekstbilag 2. Det ble profilert ca. 3,3 km og foretatt tre CMP-målinger for bestemmelse av EM-pulsenes utbredeshastighet i løsmassene. Georadaren som ble benyttet er av typen pulseEKKO IV (Sensors & Software Inc., Canada). Avstanden mellom sender- og mottakerantenne var 1 m. Øvrige opptaksparametre er vist i tabell 1. Oversikt over området som er undersøkt med georadar er vist i kartbilag -01. G5 og G5b er målt langs samme profil med henholdsvis 50 MHz og 200 MHz antenner. Profillengder i tabellen angir antall målepunkter multiplisert med flyttavstand. Dersom en ved måling har vært unøyaktig ved antenneplasseringene, stemmer nødvendigvis ikke de angitte profillengder med de reelle. I slike tilfeller kan informasjon om kryssende profiler, veier og terengdetaljer

benyttes for en mer eksakt plassering av profiler. Slik informasjon er lagt inn som kommentarer under selve opptakene. For enkelte profiler er hver 100 meter markert på kartet som er presentert sammen med opptakene (refererer til posisjoner på opptak). Endeposisjoner som er angitt på profiler i kartbilag refererer til posisjoner på georadaropptak og angir ikke reell lengde av profilene. De reelle lengder må måles ut på vedlagte kart.

Tabell 1. Opptaksparametre, georadar.

Profil	Lengde (m)	Samplingsintervall (ns)	Opptakstid (ns)	Flyttavstand (m)	Antenne senterfrekvens (MHz)	Senderspenning (V)	Stacks	Kartbilag
G1	720	0,8	500	0,5	50	1000	32	-03
G1b	685	0,8	600	0,5	50	1000	16	-04
G1c	1032,5	0,8	600	0,5	50	1000	16	-05
G2	203	0,8	800	0,5	50	1000	32	-06
G3	100	0,8	500	0,5	50	1000	32	-06
G4	181	0,8	600	0,5	50	1000	16	-07
G5	119,5	1,6	600	0,5	50	1000	16	-07
G5	115,5	0,8	400	0,25	200	400	16	-07
G6	100	1,6	600	0,5	50	1000	16	-07
G7	510	1,6	600	0,5	50	1000	16	-06

3 PROSESSERING

3.1 Refleksjonsseismikk

Ved prosessering av de refleksjonsseismiske data er programpakken Interpex/Seistrix-2 benyttet. Tabell 2 viser en oversikt over de forskjellige prosesseringstrinn som er benyttet for de to profilene.

Tabell 2. Oversikt over prosesseringstrinn, refleksjonsseismikk.

Profil	EDIT	SORT	BP (Hz)	HA	NMO	STACK	RES STAT	AGC
R1	X	X	100-300	X	Stretch 0,5	X	X	X
R2	X	X	100-350	X	Stretch 0,5	X	X	X

EDIT = editering av skudd og traser (fjerning av opptak/traser med mye støy eller traser som er 'døde')

SORT = CMP-sortering (samling av traser med felles midtpunkt)

BP = Båndpassfiltrering

HA = hastighetsanalyse (se databilag 1 for en oversikt over hastighetsanalyser for hvert profil)

NMO = 'normal move-out'-korreksjon

STACK = CMP stacking ('straight stack, scalar = 1,0')

RES STAT = residuell statistisk korreksjon

AGC = utskrift med AGC ('automatic gain correction')

En kort beskrivelse av de forskjellige prosesseringstrinn er vedlagt i tekstbilag 1.

Ved hastighetsanalyse av de refleksjonsseismiske opptakene ble stacking-hastigheten beregnet ned til flere reflektorer i 22 posisjoner for profil 1 og 10 posisjoner for profil 2 (se databilag 1). Hastighetsanalysene viser grovt at stacking-hastigheten øker jevnt med tiden, noe som er et uttrykk for økende lagringstetthet mot dypet. Dette impliserer at stacking-hastigheten kan uttrykkes ved;

$$v(t) = v_0 + kt$$

der t er tid, k er en konstant, og v_0 er hastigheten ved $t=0$. Stacking-hastigheter og tider i databilag 1 er lagt inn i en modell som beregner v_0 og k etter minste kvadraters metode. Beregning gir følgende tall for v_0 og k ; $v_0=1528$, $k=0,3363$. Uttrykket for hastigheten blir da;

$$v(t) = 1528 + 0,3363t$$

der tid er i ms og $v(t)$ er i m/s. Denne hastigheten er benyttet ved dybdekonvertering. Dypene som er angitt gjelder kun ned til fjellreflektoren.

3.2 Georadar

Det er foretatt tre CMP-målinger, der opptak og hastighetsanalyse er vist i databilag 2. Resultatene fra hastighetsanalysene er presentert i tabell 3.

Tabell 3. Hastighetsanalyser, georadar.

<u>Profil, posisjon</u>	<u>Tid (ns)</u>	<u>v (m/ns)</u>
G6-85	50	0,10
G7-70	120	0,11
G5-36	50	0,12

Det var vanskelig å finne en egnet lokalitet for hastighetsanalyser (dvs. område med horisontale reflektorer), og CMP-opptakene er derfor av mindre god kvalitet. Hastighetene ligger i området 0,10-0,12 m/ns i de øvre deler av avsetningen. Dette er høye hastigheter som indikerer tørre avsetninger. En gjennomsnittlig hastighet på 0,11 m/ns er benyttet ved dybdekonvertering av opptakene. Angitte dyp til reflektorer under grunnvannsspeil blir litt for store med denne hastigheten. Tabell 4 viser en oversikt over prosessering som er anvendt på de forskjellige opptak.

Tabell 4. Prosessering som er anvendt på de forskjellige georadaropptak.

<u>Profil</u>	<u>EDIT</u>	<u>DRIFT</u>	<u>TOPO</u>	<u>Forsterkning</u>
G1	X	X		Bruker
G1b	X	X		Bruker
G1c		X		Bruker
G2				Bruker
G3				SEC (0,1/100)
G4		X		Bruker
G5 (50 MHz)		X	X	Bruker
G5 (200 MHz)		X	X	Bruker
G6				SEC (0,5/100)
G7		X		SEC (0,5/100)

EDIT = editering av råopptak, f.eks. endring av 'timezero' (tidspunkt for førsteankomst av EM-puls), sammenslåing av flere opptaksfiler

DRIFT = korreksjon for temperaturavhengig drift i instrumentet

TOPO = topografisk korreksjon (legger inn høydedata i opptak)

Forsterkning = type forsterkning som benyttes ved utskrift av data. 'Bruker' står for brukerdefinert forsterkning.

Ved denne type forsterkning velges forsterkningsverdier ved flere tidspunkt, der utskriftsprogrammet interpolerer forsterkningen lineært mellom tidspunktene. 'SEC' står for 'spreading and exponential compensation', og er en type forsterkning som øker eksponentielt med tiden. Det første tallet i parentes angir hvor raskt forsterkningen øker med tiden, og det andre tallet angir maksimal forsterkning.

4 **RESULTATER**

Rapporten presenterer ikke en fullstendig tolkning av opptakene, da dette overlates til medarbeidere ved UiTø. En oversikt over de undersøkte områder i målestokk 1:50 000 er vist i kartbilag -01. Refleksjonsseismiske opptak og georadaropptak er vist i kartbilag -02-07.

4.1 **Refleksjonsseismikk**

Profil 1 (R1)

Profilen er målt tilnærmet langs deltaets antatte utbygningsretning. Opptaket er vist i kartbilag -02. Mellom 80 og 120 m dyp sees flere kraftige, nær horisontale reflektorer. Reflektorene blir mindre kraftige mot nordenden av profilen. Det antas at de representerer overgangen mellom to avsetningstyper. Over reflektorene er opptaket karakterisert ved kraftig reflektivitet, der reflektorene har en meget svak helning nedover mot nord. Det antas at disse representerer skrå lagdeling i deltaavsetninger. Fjell sees som en markant refleksor gjennom hele profilen. Ved posisjon 0 opptrer fjell på ca. 180 m dyp, og fjelloverflaten har en jevn helning nedover langs profi-

let til ca. 310 m dyp ved posisjon 825. Mellom posisjon 825 og enden av profilet er fjelloverflaten nær horisontal og opptrer på dyp i området 290-330 m. Langs store deler av profilet sees skrå eller hyperbelformete hendelser som representerer diffraksjoner fra uregelmessig fjelltopografi eller siderefleksjoner fra fjell. Det kan være vanskelig å skille mellom disse hendelsene siden opptaket ikke er migrert. Mellom fjellreflektoren og reflektor på 80-120 m dyp opptrer svake, horisontale/subhorisontale og utholdende reflektorer som muligens kan representere strukturer i lagdelte marine avsetninger. Mellom posisjon 1750 og enden av profilet (posisjon 1825) er signal/støy-forholdet lavt og ingen reflektorer kan følges inn i dette området. Dette skyldes trolig gassholdige og dårlig konsoliderte avsetninger nær overflaten i dette området. En tidligere hovedfagsstudent som drev med dykking kunne observere utstrømning av gass ytterst på deltakanten (Corner, pers. medd.). Enkel multippel av fjellreflektoren sees ved 470-500 ms mellom posisjon 90 og 225. Hendelse ved 345-365 ms i det samme området representerer energi som både er reflektert fra fjelloverflaten og overgangen deltaavsetninger/glasimarine avsetninger.

Opptaket har likhetstrekk med det en ser i tilsvarende avsetningsmiljø ved utløpet av Tanaelva (Mauring & Rønning 1993, Mauring & Rønning 1995). Ved Tana er imidlertid overgangen mellom deltaavsetninger og glasimarine avsetninger representert ved en skarp, gjennomgående reflektor, og ikke ved flere reflektorer slik som i dette opptaket.

Profil 2 (R2)

Profilet er målt tilnærmet på tvers av deltaets antatte utbygningsretning. Opptaket er vist i kartbilag -02. De kraftigste reflektorer opptrer ved 105-125 ms og representerer, som for profil 1, trolig overgangen mellom deltaavsetninger og glasimarine avsetninger. Over disse reflektorene er opptaket karakterisert ved kraftig refleksivitet og mange horisontale/subhorisontale reflektorer med varierende lateral utholdenhet. Fjell sees som en mer eller mindre kontinuerlig reflektor som skråner jevnt oppover langs profilretningen fra ca. 355 m dyp ved posisjon 0 til ca. 230 m dyp ved østenden av profilet (posisjon 755). Hendelser ved 430-450 ms (posisjon 0-200) og ved 360-420 ms (posisjon 210-440) representerer siderefleksjoner eller diffraksjoner. Mellom fjellreflektoren og reflektorer på 105-125 m dyp sees nær horisontale, svake og stedvis utholdende reflektorer som trolig representerer lagdeling i glasimarine avsetninger. Signal/støy-forholdet er stedvis lavt, slik at det kan være vanskelig å følge enkelte reflektorer innen den antatt glasimarine sekvensen.

4.2 Georadar

Beskrivelse og tolkning av georadaropptak er basert på mønster, amplitude og kontinuitet av refleksjoner. Et spesielt skjema (etter Beres & Haeni, 1991) er delvis benyttet til å knytte hendelser i opptakene til litologi og stratigrafi. Dette skjemaet er vist i databilag 3.

Profil 1 (G1)

Opptaket er vist i kartbilag -03. Den første delen av profilet er målt over glasimarine avsetninger. Dette gir seg til kjenne på opptaket ved at penetrasjonsdypet er neglisjérbart i dette området (fram til posisjon 240). Allikevel sees en grunn reflektor på 1-3 m dyp som muligens representerer bunnen av de øvre glasimarine avsetninger. Reflektoren nærmer seg overflaten fra posisjon 200, og kan ikke skilles fra direktebølgene fra posisjon 218. Fra posisjon 210 begynner skrå reflektorer å bli synlige under den nevnte reflektor, noe som indikerer at det opptrer grovere avsetninger (trolig fluviale) under de marine. Fra posisjon 240 øker penetrasjonsdypet brått til 10-15 m, og fra posisjon 280 er det i størrelsesorden 15-20 m. Antatt grunnvannsspeil sees som en horisontal reflektor ved 120-130 ns (ca. 7 m dyp) mellom posisjon 240 og 340 og mellom posisjon 460 og 635. Refleksjonsmønsteret veksler mellom skrått og hauget. Et slikt mønster gjenspeiler ofte lagdelte avsetninger av sand og grus, i dette tilfellet fluviale/glasifluviale avsetninger. 'Dødt' område i opptaket mellom posisjon 379 og 419 (50-170 ns) skyldes lokalt dårlig tilpasning mellom antennesystem og fysiske forhold i undergrunnen. Fenomenet er reproduserbart og skyldes ikke tilfeldige instrumentelle feil.

Profil 1b (G1b)

Profilet er en nordøstlig fortsettelse av profil 1, og starter ca. 25 m NØ for enden av profil 1. Opptaket er vist i kartbilag -04. Mellom posisjon 0 og 165 er refleksjonsmønsteret for det meste hauget, og strukturene gjenspeiler trolig erosjonsflater p.g.a. elvas skiftende løp og retning. På grunn av interferens med andre hendelser, er grunnvannsspeil vanskelig å følge, men kan antydes som en sone med kraftige amplituder på 5-6 m dyp.

Området mellom posisjon 165 og 190 ligger nær en bekk, og terrenget skråner ned mot bekken fra begge sider. På opptaket gir dette seg utslag ved at grunnvannsspeil tilsynelatende bøyer opp mot overflaten, men som kun er en effekt av endring i topografien. Penetrasjonsdypet avtar drastisk, noe som kan skyldes at det kan være innslag av sjøvann inn mot utløpet av bekken som gir høy elektrisk ledningsevne og sterkt redusert penetrasjon.

Mellom posisjon 190 og 685 (enden av profilet) er opptaket vesentlig karakterisert ved et skrått refleksjonsmønster der reflektorene heller nedover langs profilretningen. Grunnvannsspeil sees i enkelte områder langs hele profilet, og ligger på ca. 7-8 m dyp. Flere steder sees det at refleksiviteten blir svakere og reflektorer vanskelige å følge under grunnvannsspeil. Dette har sammenheng med at overflaten av grunnvannsspeil utgjør en kraftig reflektor (stor endring i dielektrisitet), slik at mye av energien blir reflektert fra grunnvannsspeil, mens en mindre andel

energi fortsetter videre mot dypet. En annen årsak til svakere reflektorer er at grunnvannet trolig er brakt så nær fjorden, og gir dermed demping av energien p.g.a. saltinnhold og økt ledningsevne. Svakere signaler under grunnvannsspeil er derfor ikke nødvendigvis en indikasjon på opptreden av finkornig materiale.

Profil 1c (G1c)

Opptaket er vist i kartbilag -05. Profilet går langs en skrent (terrasse) i retning sørøst over Lat-harimoen helt ut mot Altafjorden. Refleksjonsmønsteret er skrått, der de skrå lagene heller langs profilretningen. Penetrasjonsdypet er noe variabelt, men i gjennomsnitt 15-20 m. Mot nordøstenden av profilet er penetrasjonsdypet mindre (se under). Grunnvannsspeil sees som en horisontal reflektor gjennom hele opptaket. Mellom posisjon 990 og 515 ligger grunnvannsspeilet på ca. 6 m dyp. Fra posisjon 515 mot nordøstenden av profilet blir grunnvannsspeilet jevnt grunnere som en følge av at terrenget heller svakt nedover. Refleksjonene er svakere og penetrasjonsdypet begrenset under grunnvannsspeil. Som tidligere nevnt har dette delvis sammenheng med at grunnvannsspeil utgjør en kraftig reflektor. En annen årsak er, som for profil 1 og 1b, at grunnvannet har et visst saltinnhold så nær fjorden, og dette er trolig hovedårsaken til reduksjonen i penetrasjon under grunnvannsspeil i dette området. Spesielt tydelig er dette mot enden av profilet (mellom posisjon 210 og 0) der grunnvannsspeilet ligger nær terren-goverflaten. Penetrasjonsdypet er her mindre enn 5 m som følge av kraftig demping av EM-bølgene i det salte grunnvannet. Manglende data mellom posisjon 195 og 184 skyldes at senderantennen ved uhell var blitt frakoblet under målingene. Undulasjoner i grunne reflektorer mellom posisjon 210 og 240 skyldes variasjoner i overflatetopografien (se kommentarer under opptaket). Dette området ble detaljstudert (profil 5).

Profil 2 (G2)

Opptaket er vist i kartbilag -06. Refleksjonsmønsteret er hauget eller skrått og viser klare strukturer i fluviale/glasifluviale avsetninger. Grunnvannsspeil sees ikke tydelig, trolig p.g.a. interferens med andre hendelser, men indikeres som en sone med kraftige refleksjoner på 6-7 m dyp. Det er også indikert ved at refleksjonene er svakere under. Det er også en svak tendens til at refleksjonene under grunnvannsspeil blir tydeligere langs profilet når en beveger seg bort fra fjorden p.g.a. lavere salinitet i grunnvannet i denne retningen. Penetrasjonsdypet er i størrelsesorden 15-20 m.

Profil 3 (G3)

Dette profilet er målt over sørenden av Rørholmen (kart og opptak i kartbilag -06). Penetra-sjonen er neglisjérbar pga. det korte dypet ned til grunnvann med høyt saltinnhold. Grunnvannsspeil ligger trolig for grunt til å kunne sees på opptaket. Tilnærmet horisontale reflektorer sees ned til et dyp på ca. 3 m. Det er uklart hva disse reflektorene representerer.

Profil 7 (G7)

Opptaket i kartbilag -06 viser at penetrasjonsdypet avtar jevnt fra ca. 20 m ved posisjon 0 til ca. 5 m ved posisjon 200. Mellom posisjon 200 og 500 er penetrasjonsdypet mindre enn 5 m. De siste 10 meter av profilet (posisjon 500-510) er penetrasjonsdypet ca. 15 m. Redusert penetrasjon kan ha sammenheng med at profilet går langs vei nær dyrket mark (med oppløste næringssalter, der noe trolig har havnet på veien). Redusert penetrasjon kan også skyldes økende finstoffinnhold langs profilet (mot sørøst). Sistnevnte mulighet antas å være mindre sannsynlig, fordi penetrasjonsdypet øker igjen mot sørøstenden av profilet (som nevnt over). Langs hele profilet sees skrå reflektorer som heller nedover mot profilretningen (i retning nordvest). De skrå reflektorene flater ut fra posisjon 100 og mot starten av profilet (posisjon 0). I flere områder langs opptaket sees skrå, helt lineære hendelser. Disse har en helning som tilsvarer refleksjoner gjennom luft. Hendelsen representerer refleksjoner fra objekter/grenser på terrengoverflaten. Skrå hendelser mellom posisjon 410 og 465 skyldes trolig refleksjoner fra en trafo ved posisjon 481. Andre lineære hendelser som representerer overflaterefleksjoner (støy) opptrer i områdene 125-145, 165-210, 240-280 (svak), 335-375.

Profil 4 (G4)

Profilet er målt fra profil 1c og i retning sørøst, og opptaket er vist i kartbilag -07. Skrå lagdeling er spesielt tydelig i de øvre deler av opptaket ned til grunnvannsspeil (mot nordvest) mellom posisjon 181 og 125, og nedover mot sørøst mellom posisjon 100 og 0 og gjenspeiler endring i avsetningsretning. Penetrasjonen er dårlig under grunnvannsspeil mot nordvestenden av profilet, trolig pga. økende salinitet i grunnvannet mot fjorden.

Profil 5 (G5)

Profilet er målt med både 50 MHz og 200 MHz antenner, og opptakene er vist i kartbilag -07. Det ble satt opp stikker for hver tiende meter, og profilet ble håndnivellert. Opptakene er følgelig terrengkorrigert. Høydene er relativt til nivået på terrassen mellom posisjon 0 og 25. Nøyaktig plassering langs profilet er angitt som kommentarer under opptakene.

Opptak med 50 MHz antenner, flyttavstand 0,5 m

Penetrasjonsdypet er ca. 15 m, stedvis noe større. En markant, tilnærmet horisontal reflektor i nivå 0 (relativt til terrassen) ligger for høyt til å kunne representere grunnvannsspeil. Det er mulig at reflektoren markerer bunn av strandavsetninger. Opptaket er ellers karakterisert ved skrå reflektorer som heller nedover langs profilretningen (mot nordøst). Svake refleksjoner under nivå -4 mellom posisjon 20 og 0 skyldes at profilet nærmer seg sjøen, med økt salinitet i grunnvannet og dermed økt ledningsevne og demping.

Opptak med 200 MHz antenner, flyttavstand 0,25 m

Penetrasjonsdypet er 10-15 m mellom posisjon 70 og 25, og ellers 5-10 m. Oppløsning av reflektorer er bedre enn for 50 MHz-opptaket. Skrå reflektorer framtrer også tydeligere på dette opptaket, noe som delvis har sammenheng med kortere flyttavstand og bedre romlig oppløsning. Reflektor som muligens representerer bunn av strandavsetninger kan sees over en lengre

avstand enn for 50 MHz-opptaket (posisjon 95-23), og opptrer bølget mellom posisjon 50 og 25, trolig pga. utilstrekkelig terrengkorreksjon som følge av en noe unøyaktig håndnivellering.

Profil 6 (G6)

Opptaket er vist i kartbilag -07. Penetrasjonsdypet er mindre enn 5 m, og den eneste hendelse som kan følges er en reflektor på 2-3 m dyp mellom posisjon 95 og 33. Årsaken til den dårlige penetrasjonen kan skyldes at profilet går over en åker med oppløste næringssalter som gir høy elektrisk ledningsevne, og/eller at avsetningen er mer finkornig i dette området.

5 **KONKLUSJON**

Det er utført refleksjonsseismiske målinger og georadarmålinger ved utløpet av Altaelva som en del av et samarbeidsprosjekt mellom Universitetet i Tromsø (UiTø), Norsk Hydro A/S og Norges Geologiske Undersøkelse (NGU). Formålet med undersøkelsene er å få innblikk i geometri (mektighet og form) for Altaelvas delta, som inngår i et prosjekt som har som formål å konstruere en geologisk modell for nordnorske fjorddeltaer.

Resultater fra de refleksjonsseismiske målingene indikerer et dyp til bunnen av deltaavsetningene på 80-125 m. Det er trolig ingen skarp overgang mellom deltaavsetningene og de underliggende, antatte glasimarine avsetninger. Deltasekvensen viser kraftig reflektivitet, der reflektorene har en svak helning mot nord. Reflektorer i den antatte glasimarine sekvensen er svake, utholdende og horisontale/subhorisontale. Dyp til fjell ligger i området 180-355 m.

Georadaropptakene viser detaljert strukturer i de øvre deler av deltaet ned til max 20 m dyp. Skrå lagdeling med varierende retning og helning sees i de fleste opptak og vil danne grunnlag for en detaljert tolkning av tidsmessige og romlige forhold ved oppbygningen av de øvre deler av deltaet.

6 REFERANSER

- Beres, M.Jr. & Haeni, F.P. 1991: Application of ground-penetrating-radar methods in hydrogeologic studies. *Ground water* 29, 375-386.
- Mauring, E. & Rønning, J.S. 1993: Geofysiske undersøkelser i Tanadalen, Tana kommune, Finnmark. *NGU Rapport 93.122*.
- Mauring, E. & Rønning, J.S. 1995: Georadar og refleksjonsseismiske målinger i Tanadalen, Tana kommune, Finnmark. *NGU Rapport 95.007*.

REFLEKSJONSSEISMIKK - METODEBESKRIVELSE

Refleksjonsseismikk anvendt på løsmasser er tilpasning og modifisering av konvensjonelle refleksjonsseismiske teknikker. I mange tilfeller kan refleksjonsseismikk være et alternativ til refraksjonsseismikk ved undersøkelse av løsmassestratigrafi og fjelltopografi under løsmasser.

Oppløsning/dybderekkevidde

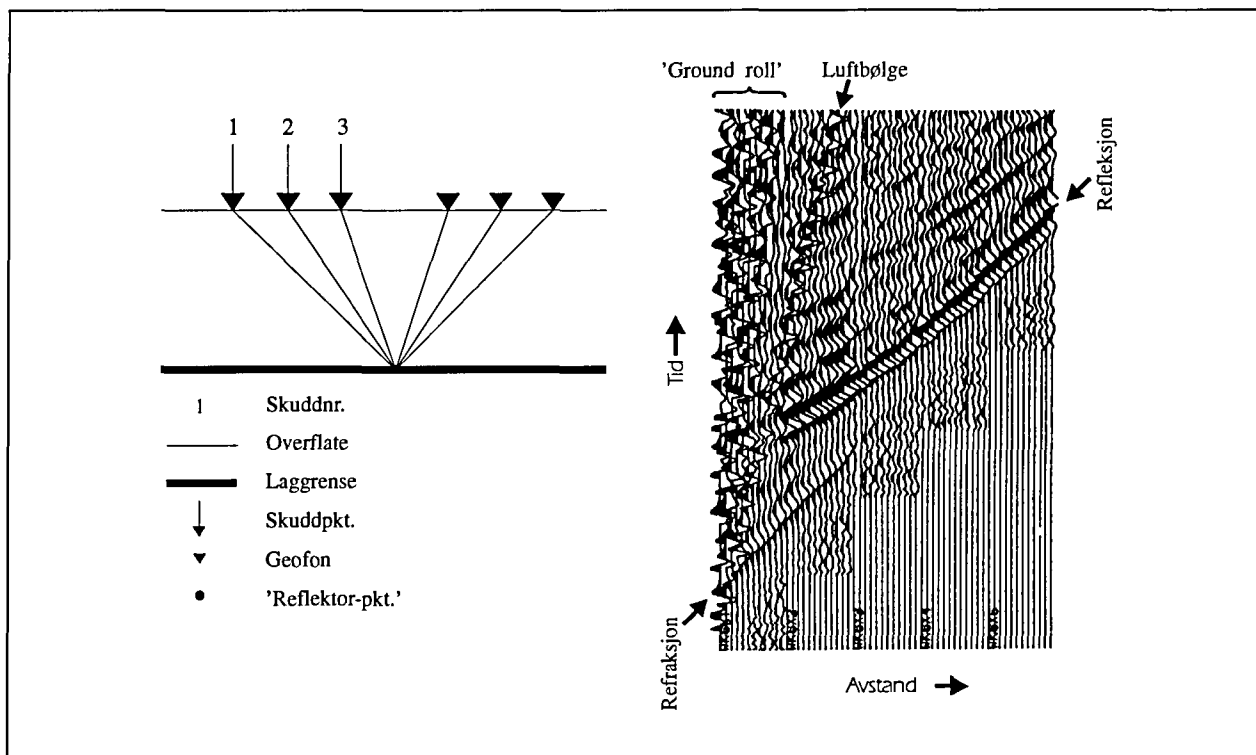
I løpet av de siste årene har det skjedd en utvikling av digitalt refleksjonsseismisk utstyr i retning av høyere oppløsning og mindre tidkrevende prosessering. Oppløsningen er proporsjonal med registrerte signalers frekvensinnhold og seismisk hastighet. Man anvender derfor energiseringskilder som gir høyfrekvent energi. Et eksempel på en slik kilde er haglpatroner avfyrt fra en spesiellagde borse. Ytterligere framheving av høye frekvenser oppnås ved anvendelse av geofoner med høy egenfrekvens (50 eller 100 Hz), samt analog og digital frekvensfiltrering. En utvikling av seismografer i retning av økende dynamikkområde bidrar også til høyere oppløsning. Reflektorer kan under 'gunstige forhold' (se under) kartlegges på dyp i området 10 - flere hundre meter ved denne metoden. Ved en frekvens på 300 Hz og seismisk hastighet på 2000 m/s, kan man teoretisk sett skille lag med en mektighet større enn 2 m.

Anvendelse/Fordeler og ulemper

Anvendelsen av refleksjonsseismikk avhenger av god forplantning av høyfrekvent energi. Metoden egner seg derfor best der man ved overflaten har finkornige, vannmettede løsmasser. Dette gir best 'kobling' med bakken for skudd og geofoner. Metoden gir dårlige resultater ved grovkornige, tørre masser og over fyllinger og myr. Ved slike grunnforhold bør refraksjonsseismikk benyttes. I forhold til refraksjonsseismikk gir refleksjonsseismikk en mer direkte og detaljert avtegnning av lag i jorda, og man har ikke de samme problemer med blindsonelag og hastighetsinversjon. Metoden gir derimot dårligere informasjon om lagenes seismiske hastigheter og tykkelser. Ønskes informasjon om lag grunnere enn 10 m, benyttes refraksjonsseismikk.

'Common mid-point (CMP)'

Ved NGU har man tilpasset programvare og utrustning til en måleteknikk kalt 'common mid-point'. Teknikken er skissert i figuren på neste side. Det velges en fast avstand mellom skudd og geofonrekke. Avstanden bør være så stor at overflatebølger (Rayleigh-bølger) og luftbølger, som alle betraktes som støy, ankommer geofonene etter signal fra den dypeste laggrense man vil kartlegge (se figur på neste side). Det registreres på 12 kanaler, som gir 6-fold dekning av hvert 'reflektor-punkt'. Et CMP-opptak oppnås ved at første skudd registreres på geofonene 1-12. Deretter flyttes skuddpunktet fram en avstand som tilsvarer geofonavstanden, og man registrerer på geofonene 2-13. Man 'skyver' altså geofonrekka framover i profilretningen. Som vi ser av figuren, oppnås en 6-fold dekning av hvert reflektorpunkt fra og med det sjette skuddet. Data fra hvert skudd blir lagret for seinere prosessering. En bemanning på 3 personer har vist seg å være optimal ved utførelsen av CMP-målinger. Når man benytter teknikken CMP, kan man under 'normale' forhold profilere 300-400 m pr. dag.



Figuren til venstre viser et opplegg for målinger ved 'common mid-point'-teknikken. Figuren til høyre viser et utvalg av seismiske hendelser som er vanlige i et opptak.

Prosessering

Prosessering av CMP-data er meget tidkrevende, og krever en rask PC med stor lagringskapasitet. De viktigste prosesseringstrinn skal her skisseres;

1) Oppbygging av geometrifiler. Her leses inn navn på råopptaksfiler med tilhørende skuddpkt.-plassering. En kan her avgjøre om et opptak skal utelates ved CMP-sorteringen. Data for beregning av statisk korreksjon kan også leses inn (statisk korreksjon utføres for å fjerne effekten av ujevn topografi og variasjoner i hastighet i det øverste laget). Data om selve oppdraget/profilet leses inn og lagres i en parameterfil.

2) Editering av råopptak. Man ser på hvert opptak for å fjerne eventuelle traser (eng.: trace) med dårlig oppløsning eller dårlig signal/støy-forhold. Disse trasene vil da ikke benyttes ved stacking (se under) av data.

3) Bestemmelse av filterparametre. Prosesseringsprogrammene som benyttes kan utføre båndpassfiltrering, F-K-filtrering og dekonvolvering ved sortering eller stacking. Det er oftest vanlig (og nødvendig) å utføre båndpassfiltrering. Ved båndpassfiltrering konstrueres et filter slik at man fjerner de frekvenser som ligger utenfor frekvensområdet for refleksjoner, og/eller de frekvenser som er representert i støy. F-K-filtrering og dekonvolvering brukes bare unntaksvis ved prosesseringen, og omtales ikke nærmere.

4) Sortering av CMP-data. Ved sorteringen plukker man ut traser med felles midtpunkt og grupperer disse ('CMP gathers'). Filtrering kan utføres under sorteringen.

5) Hastighetsanalyse. Gjennomsnittlig seismisk hastighet ned til reflektorer bestemmes for enkelte 'CMP gathers'. Disse hastighetene benyttes ved NMO ('Normal Moveout') før stacking (se under). Hastighetsanalyse kan utføres på 3 forskjellige måter, der den vanligste er tilpasning av en hyperbel over tydelige refleksjoner som framtrer i en 'CMP-gather'.

- 6) Muting. Utføres på 'CMP gathers' for å fjerne støy innenfor et tidsvindu som defineres av bruker. Vanlig støy kan være luftbølger fra skuddet, Rayleigh-bølger eller refraksjoner.
- 7) Stacking. Data for hver 'CDP gather' slås sammen etter at NMO-korreksjon er utført. Filtrering (båndpass, F-K eller dekonvolving) kan utføres før eller etter stacking.
- 8) 'Residual statics'. Fjerner resterende effekt av ujevn topografi og variasjoner i hastighet i det øverste laget (se pkt. 1). Prosedyren er basert på at en gjennomgående, kraftig reflektor opptrer i den seismiske tidsseksjonen. Ved å legge en linje langs denne reflektoren, vil programmet gå inn på hver 'CMP gather' og justere trasene i tid slik at stackingen langs reflektoren/linjen blir optimal. Deretter må en på nytt utføre hastighetsanalyse og stacking. 'Residual statics' utgjør ofte siste trinn i prosesseringen.

Plotting

Ved plotting av seismisk seksjon benyttes AGC ('automatic gain control') for å normalisere amplituder og for å framheve svake reflektorer. Grafisk framstilles amplitudeutslag v.h.j.a. en kombinasjon av 'wiggle trace' og 'variable area' (som i figuren). Plottet kan skrives ut i bestemte filformat eller sendes direkte til skriver eller plotter. I tillegg til seismisk seksjon blir detaljer om oppdrag, opptaksparametre og prosessering skrevet ut.

Tolkning

Tolkning av ferdig prosessert seismisk seksjon baserer seg på gjenkjenning og sammenknytning av refleksjoner. Sammenholdt med opplysninger om seismiske hastigheter avledes en geologisk modell, der man også trekker inn resultater fra eventuelle andre undersøkelser.

P-BØLGEHASTIGHET I NOEN MATERIALTYPER

<i>Luft</i>		<i>330 m/s</i>
<i>Vann</i>		<i>1400-1500 m/s</i>
<i>Organisk materiale</i>		<i>150-500 m/s</i>
<i>Sand og grus</i>	<i>- over vannmettet sone</i>	<i>200-800 m/s</i>
<i>Sand og grus</i>	<i>- i vannmettet sone</i>	<i>1400-1700 m/s</i>
<i>Morene</i>	<i>- over vannmettet sone</i>	<i>700-1500 m/s</i>
<i>Morene</i>	<i>- i vannmettet sone</i>	<i>1500-1900 m/s</i>
<i>Hardpakket bunnmorene</i>		<i>1900-2800 m/s</i>
<i>Leire</i>		<i>1100-1800 m/s</i>
<i>Oppsprukket fjell</i>		<i>< 4000 m/s</i>
<i>Fast fjell</i>		<i>3500-6000 m/s</i>

GEORADAR - METODEBESKRIVELSE

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

Bølgehastigheten kan bestemmes ved CDP-målinger ('common depth-point'). Slike målinger utføres ved å flytte sender- og mottakerantenne skrittvis og like langt ut til hver side fra et fast midtpunkt og registrere for hver ny posisjon. Refleksjoner vil da ideelt sett komme fra samme punkt på en reflektor som er 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 CDP-opptak korrigeres med forskjellige hastigheter, og den hastighet som etter NMO-korreksjon gir best amplitude etter summering av trasene, angir radarbølgehastigheten i mediet.

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

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

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

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

hvor ϵ_r er det relative dielektrisitetsstallet. ϵ_r -verdien for et materiale vil derfor være en bestemmende faktor for beregning av dyp til reflektorer. I tabellen på neste side er det gitt en oversikt over erfaringstall for ϵ_r i en del materialtyper. Tabellen viser også hastigheter og ledningsevne i de samme media.

Dybderekkevidden for georadarmålinger er i stor grad avhengig av elektrisk ledningsevne i grunnen og av den utsendte antennefrekvens. Både økende ledningsevne og en økning i antennefrekvens vil føre til

hurtigere dempning av bølgepulsene og dermed minkende penetrasjon. I godt ledende materiale som marin silt og leire vil penetrasjonen være helt ubetydelig. I dårlig ledende materiale som f.eks. tørr sand, kan det forventes en dybderekkevidde på flere titalls meter når det benyttes en lavfrekvent antenne (f.eks. 50 eller 100 Mhz). For grunnere undersøkelser vil en mer høyfrekvent antenne gi bedre vertikal oppløsning.

<i>Medium</i>	ϵ_r	v (m/ns)	<i>ledningsevne (mS/m)</i>
<i>Luft</i>	1	0.3	0
<i>Ferskvann</i>	81	0.033	0.1
<i>Sjøvann</i>	81	0.033	1000
<i>Leire</i>	5-40	0.05-0.13	1-300
<i>Tørr sand</i>	5-10	0.09-0.14	0.01
<i>Vannmettet sand</i>	15-20	0.07-0.08	0.03-0.3
<i>Silt</i>	5-30	0.05-0.13	1-100
<i>Fjell</i>	5-8	0.10-0.13	0.01-1

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

HASTIGHETSANALYSER, REFLEKSJONSSEISMIKK

Profil R1

Posisjon (m)	v (m/s)	T ₀ (ms)	v (m/s)	T ₀ (ms)	v (m/s)	T ₀ (ms)	v (m/s)	T ₀ (ms)
30	1625	75	1625	115	1700	190	1750	225
80	1450	50	1575	120	1600	180	1600	240
130	1550	70	1575	120	1625	210	1650	240
180	1575	90	1600	130	1600	150	1600	250
280	1550	80	1575	120	1625	170	1650	265
330	1500	50	1550	100	1575	130	1650	210
380	1525	50	1550	80	1575	130	1700	280
430	1550	50	1550	80	1575	130	1625	280
530	1550	40	1575	140	1600	170	1650	300
630	1550	38	1550	138	1575	198	1600	318
680	1500	50	1550	140	1575	190	1600	330
730	1550	60	1600	140	1625	230	1700	350
880	1550	40	1570	130	1600	230	1575	360
930	1525	50	1600	130	1650	260	1700	370
980	1550	50	1600	110	1600	150	1650	360
1080	1520	61	1550	131	1600	251	1625	371
1130	1500	60	1550	140	1575	210	1625	350
1230	1550	70	1575	140	1600	270	1600	380
1380	1550	60	1575	120	1590	190	1600	380
1530	1550	50	1600	140	1650	280	1650	390
1580	1510	60	1525	150	1550	230	1600	390
1680	1520	70	1570	150	1600	240	1675	390

Profil R2

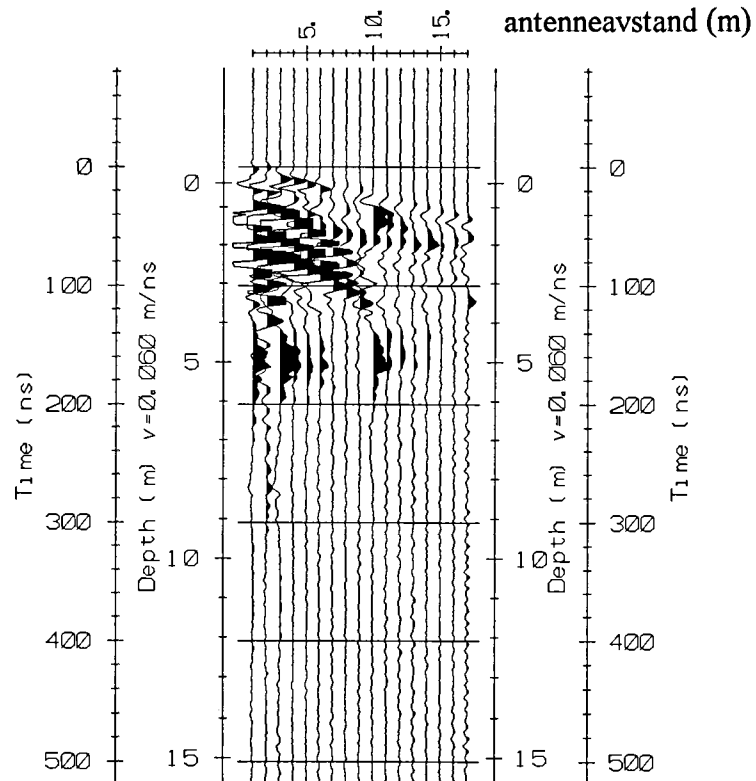
Posisjon (m)	v (m/s)	T ₀ (ms)	v (m/s)	T ₀ (ms)	v (m/s)	T ₀ (ms)	v (m/s)	T ₀ (ms)
55	1450	70	1500	170	1500	300	1475	420
230	1550	60	1625	150	1650	220	1700	390
280	1550	80	1600	150	1650	220	1700	390
380	1600	70	1650	150	1675	230	1750	340
430	1550	50	1560	100	1600	140	1800	350
480	1550	50	1600	150	1675	250	1700	330
530	1550	46	1600	146	1625	236	1650	316
580	1560	40	1600	150	1600	230	1650	310
680	1500	53	1525	143	1540	223	1450	303
730	1500	70	1550	140	1575	220	1650	290

Dersom det antas at hastigheten øker lineært mot dypet, blir hastigheten (utregnet etter ovenstående tabeller og minste kvadraters metode);

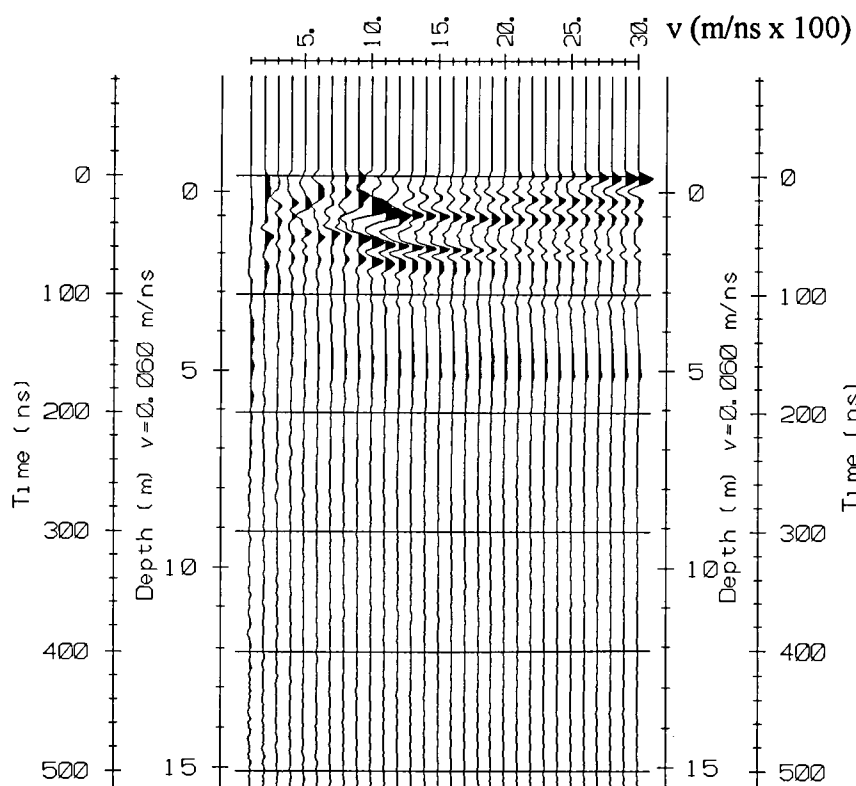
$$v(t) = 1528 + 0.3363t \quad (t \text{ er i ms, } v \text{ er i m/s})$$

CMP-måling, Alta G6-85

CMP-opptak

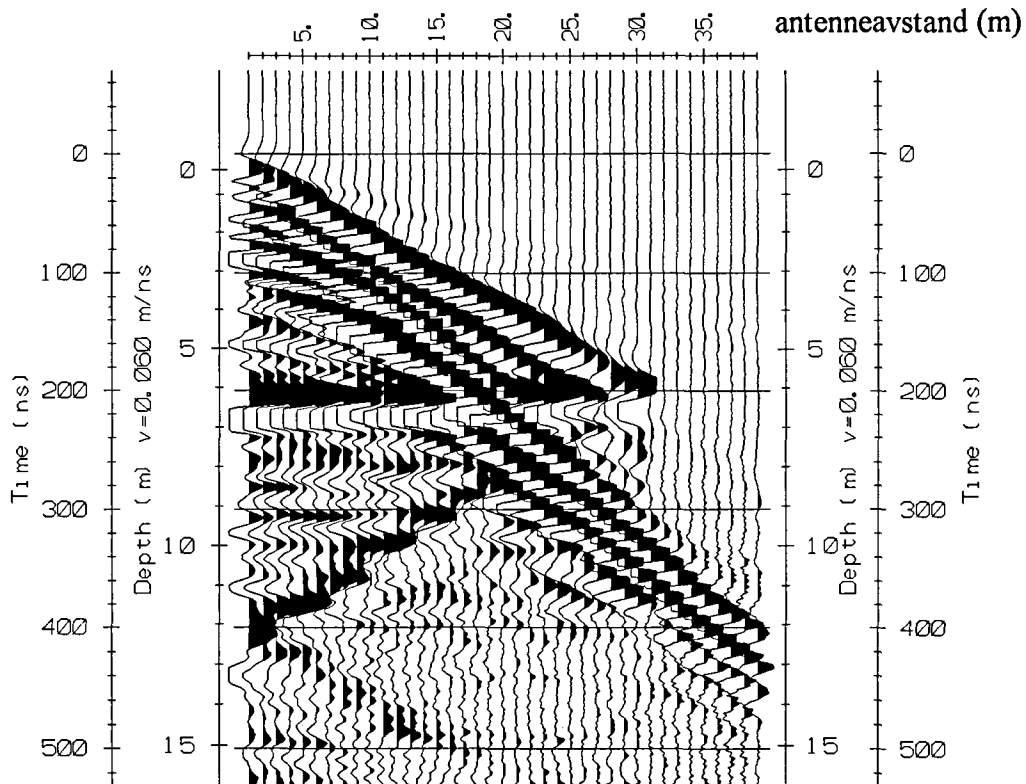


Hastighetsanalyse

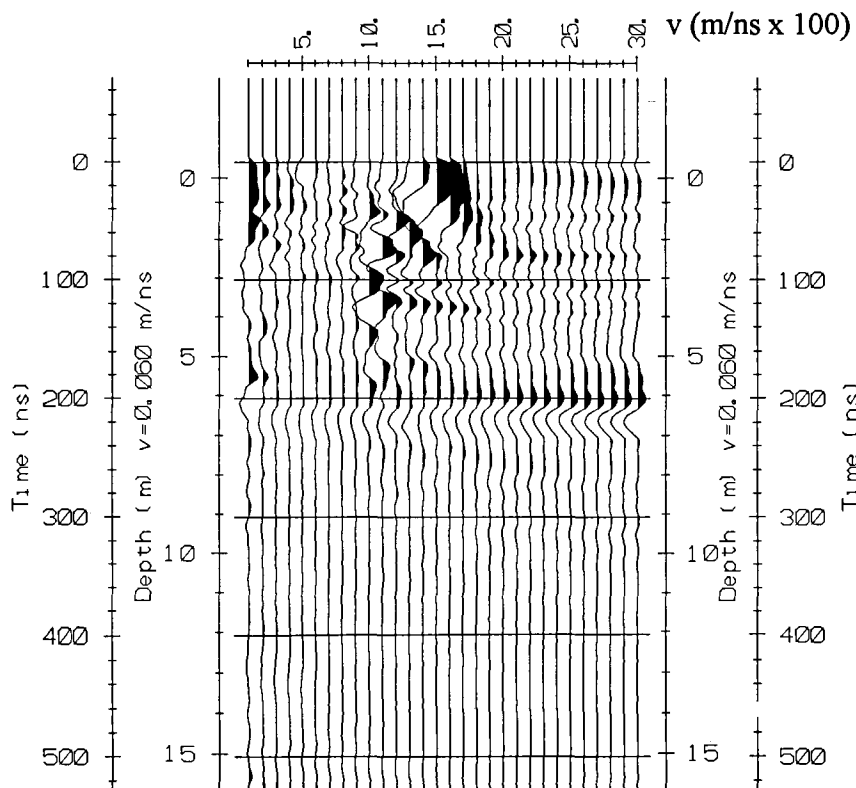


CMP-måling, Alta G7-70

CMP-opptak

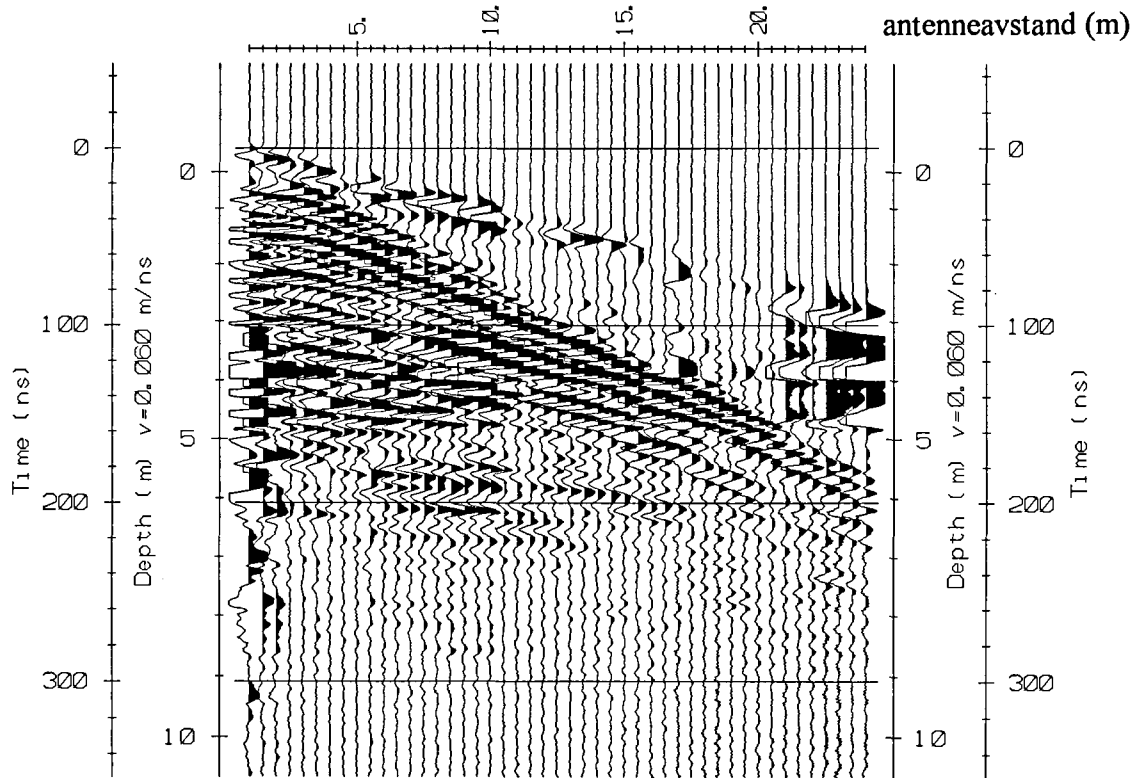


Hastighetsanalyse

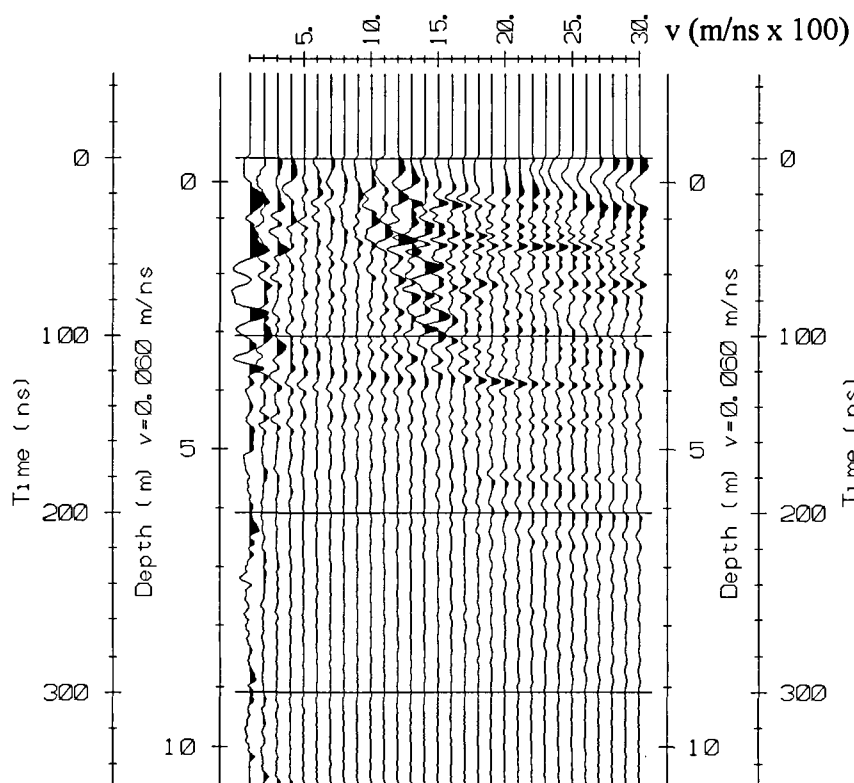


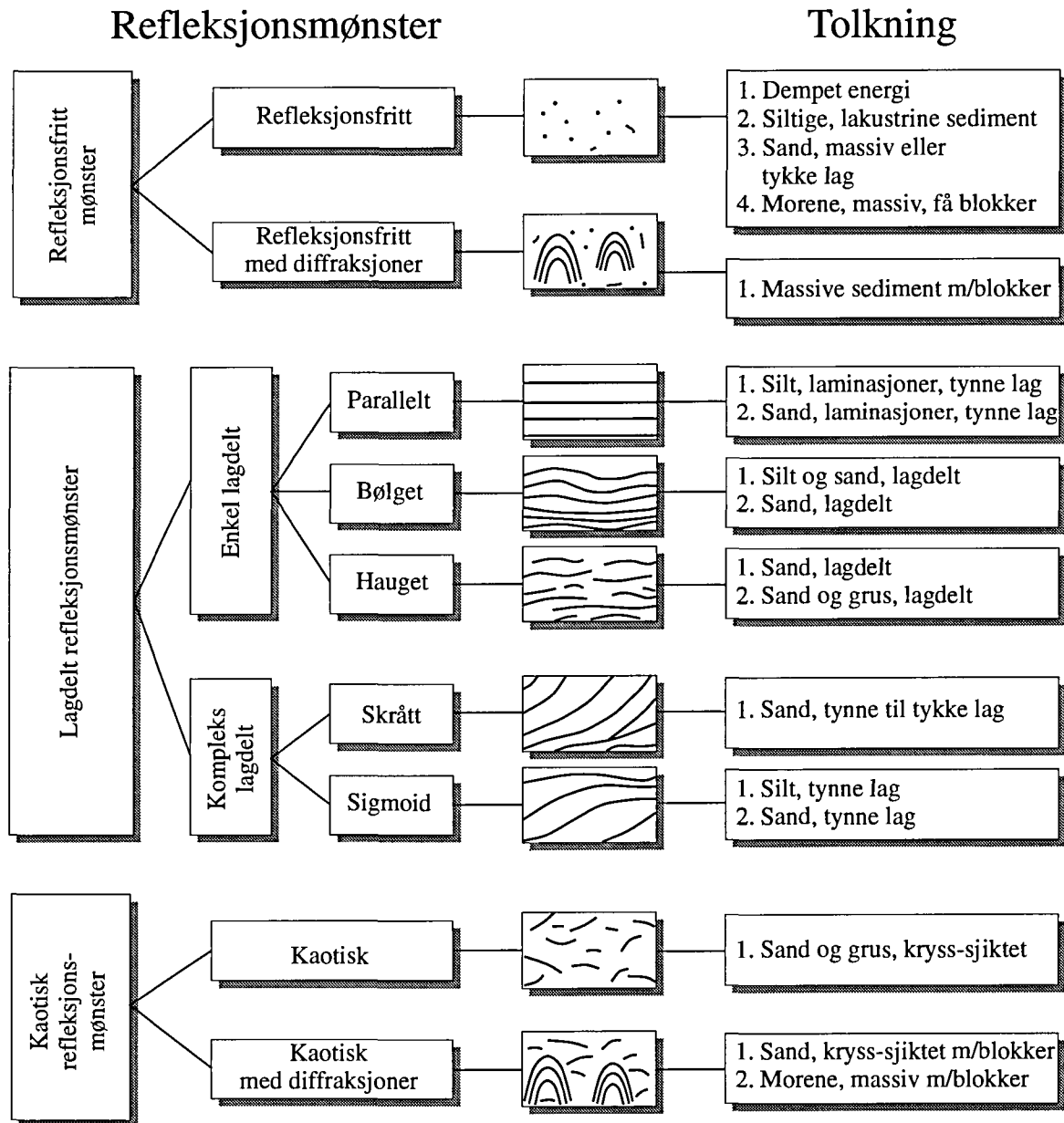
CMP-måling, Alta G5-36

CMP-opptak

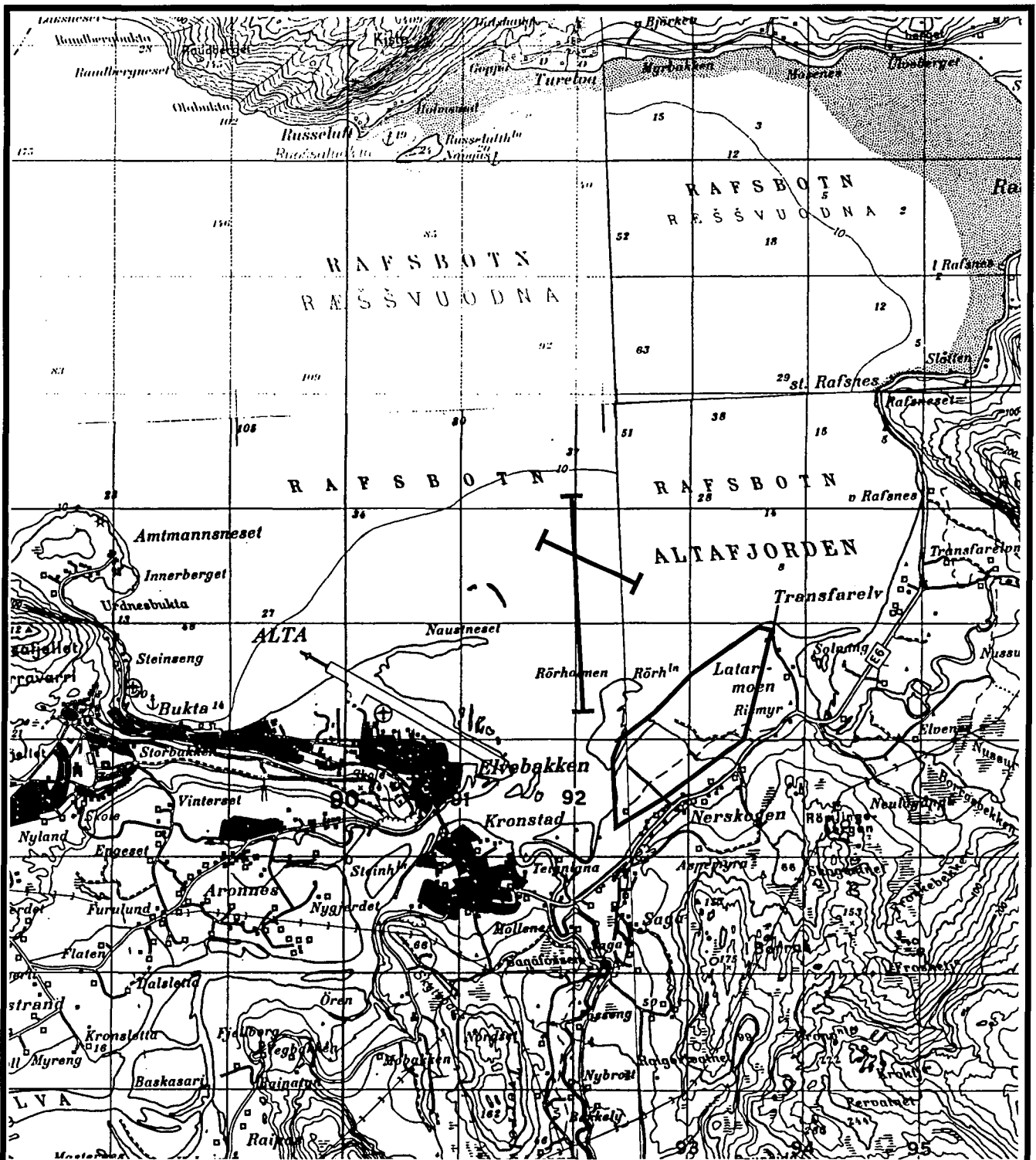


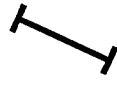

Hastighetsanalyse





Skjema som knytter refleksjonsmønster til litologi og stratigrafi



 Refleksjonsseismisk profil
 Område for georadarmålinger

NGU/UiTø/Norsk Hydro A/S
 OVERSIKTSKART

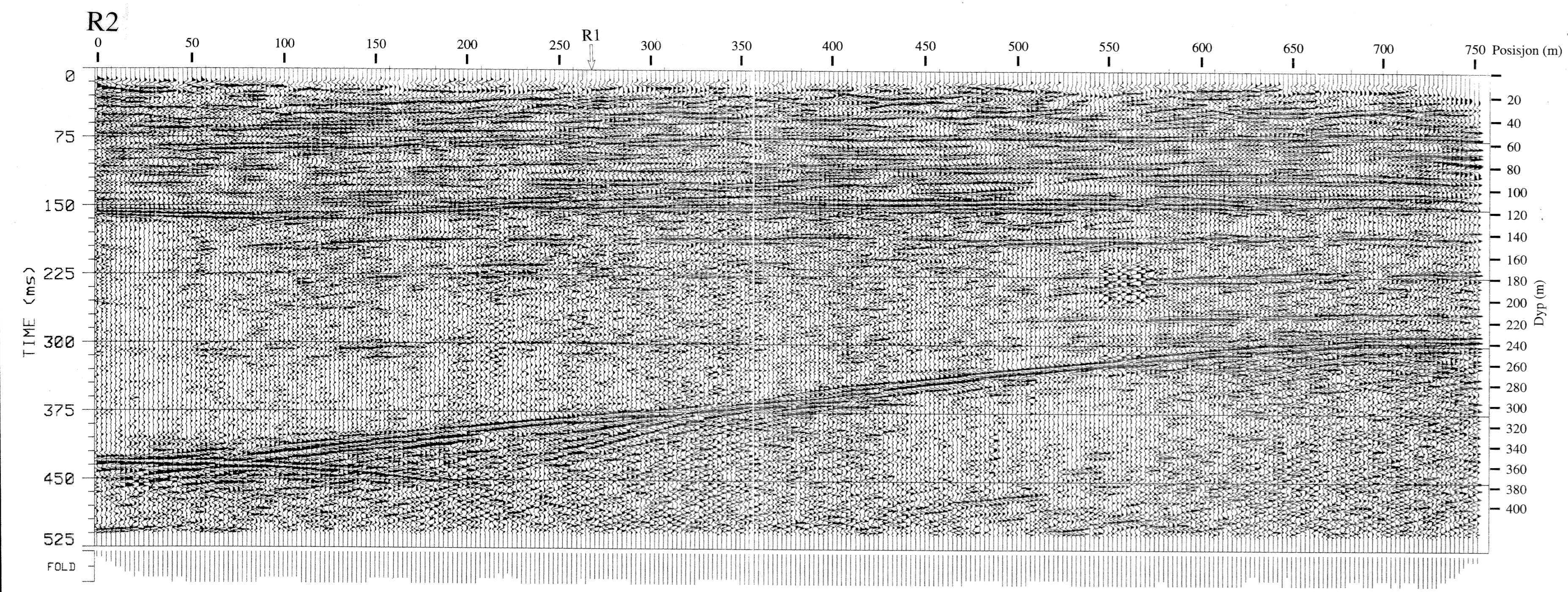
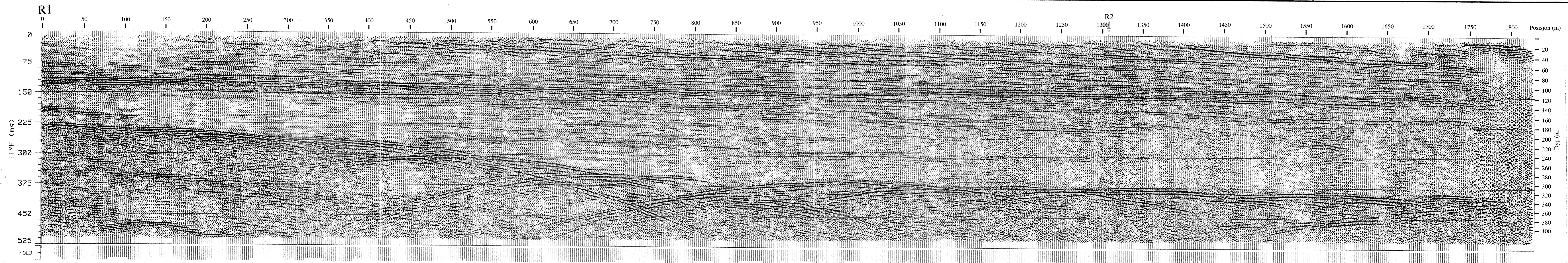
ALTA

ALTA KOMMUNE, FINNMARK

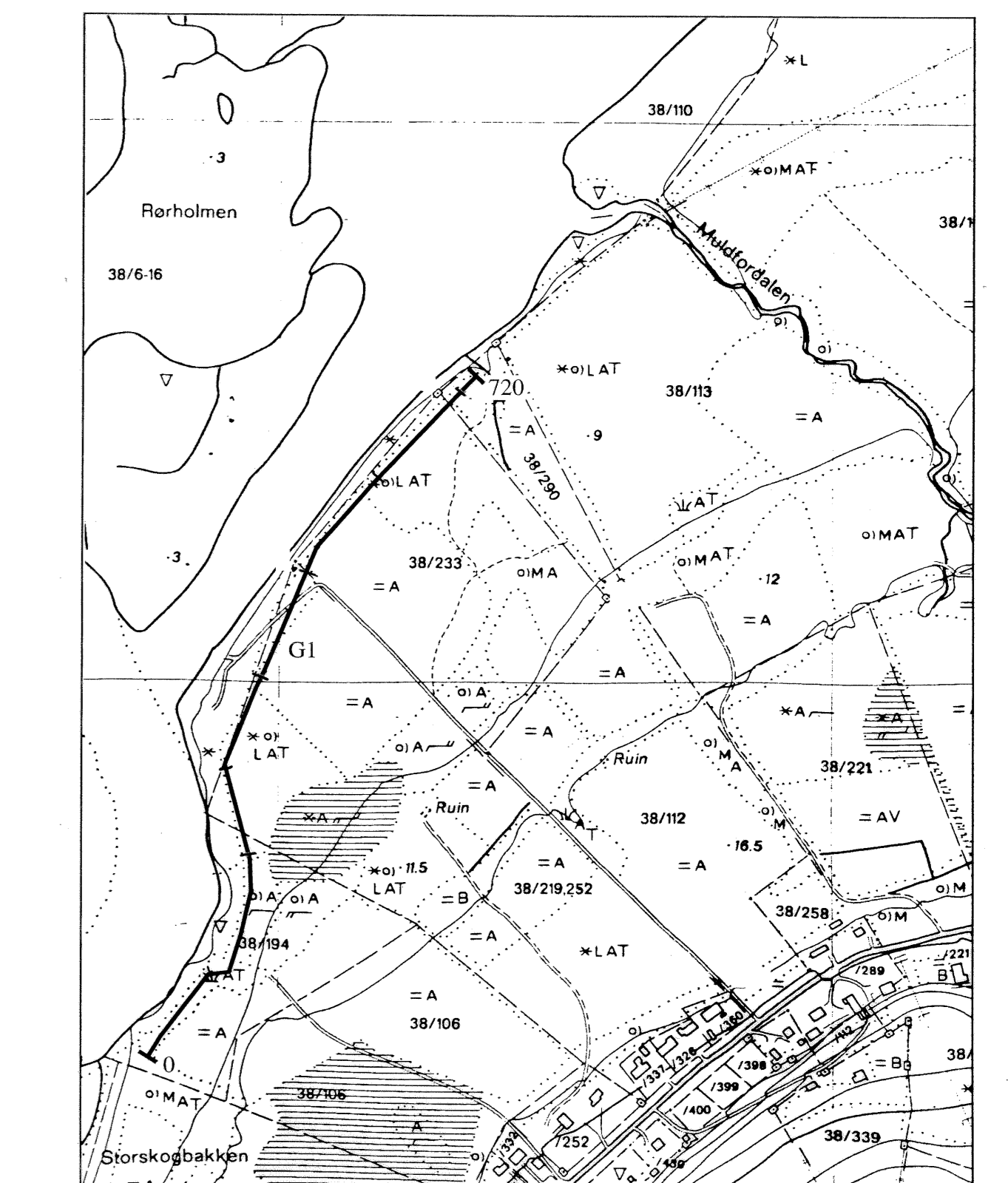
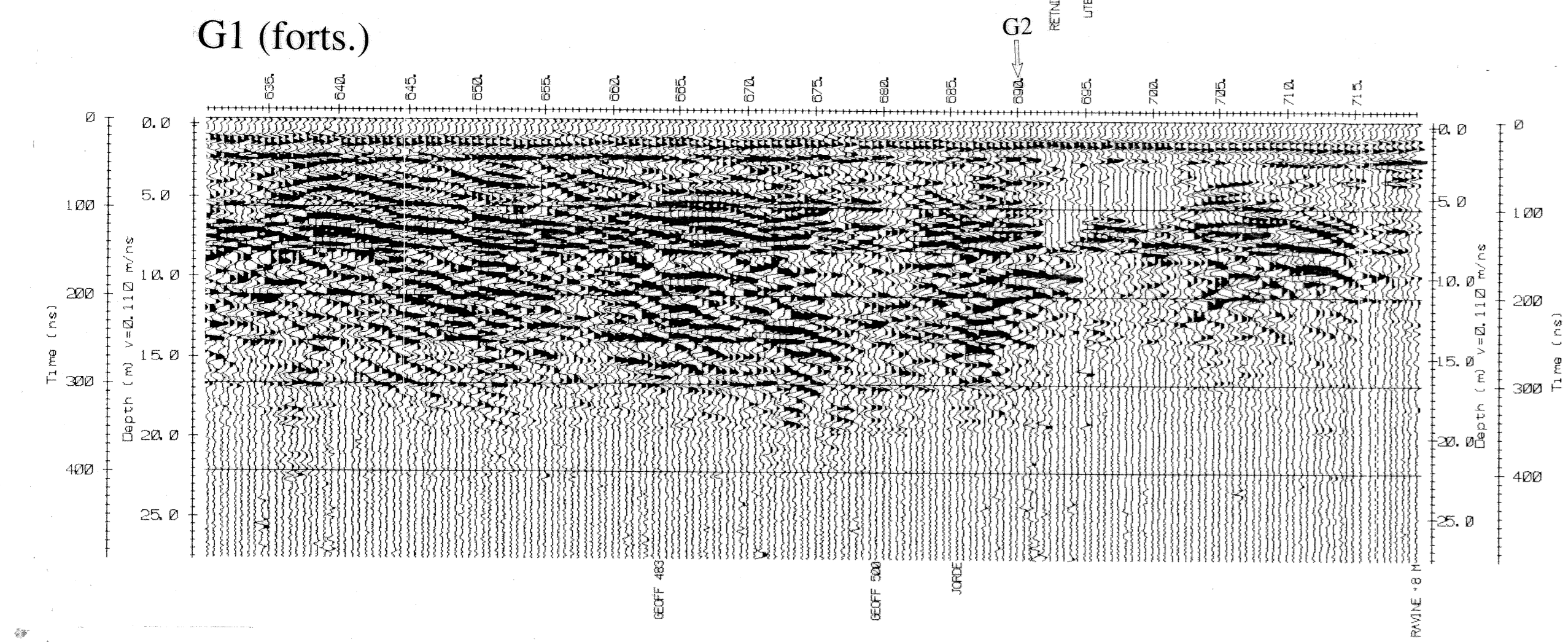
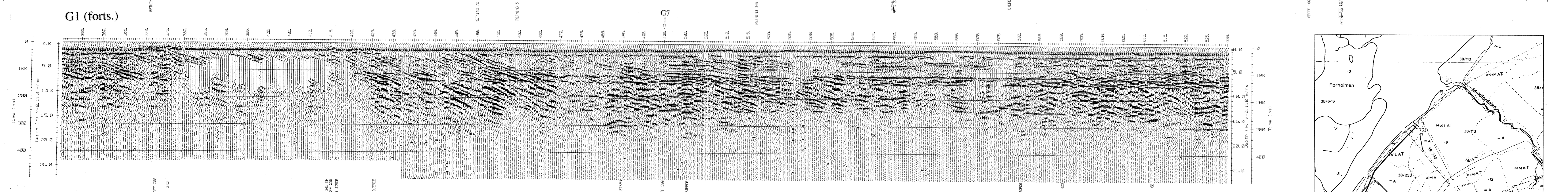
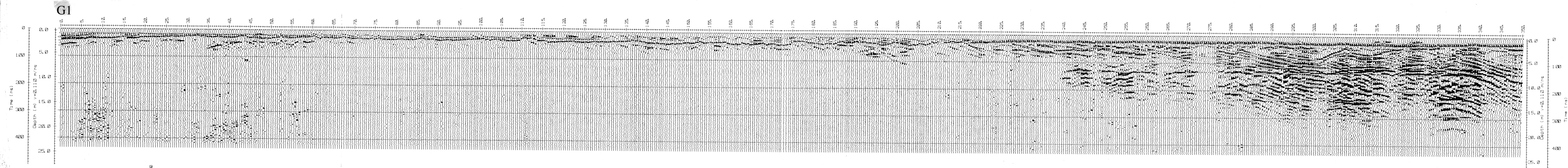
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
 TRONDHEIM

MÅLESTOKK 1:50 000	MÅLT JSR	Juli -95
	TEGN EM	Jan. -96
	TRAC	
	KFR	

TEGNING NR 95.129-01	KARTBLAD NR 1834 I, 1934 IV
-------------------------	--------------------------------

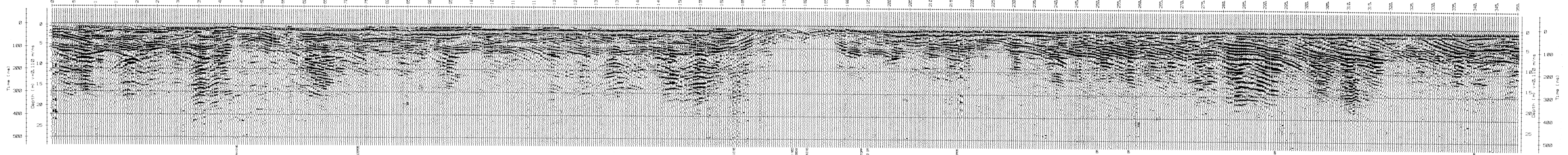


NGU/UITø Refleksjonsseismikk, profil 1 (R1) og 2 (R2)	MÅLESTOKK	MÅLT JSR	Jul -95
	Kart: 1:50 000	TEGN EM	Feb. -96
ALTA		TRAC	
ALTA KOMMUNE, FINNMARK		KFR	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR. 95.129-02	KARTBLAD NR. 1834 I, 1934 IV	

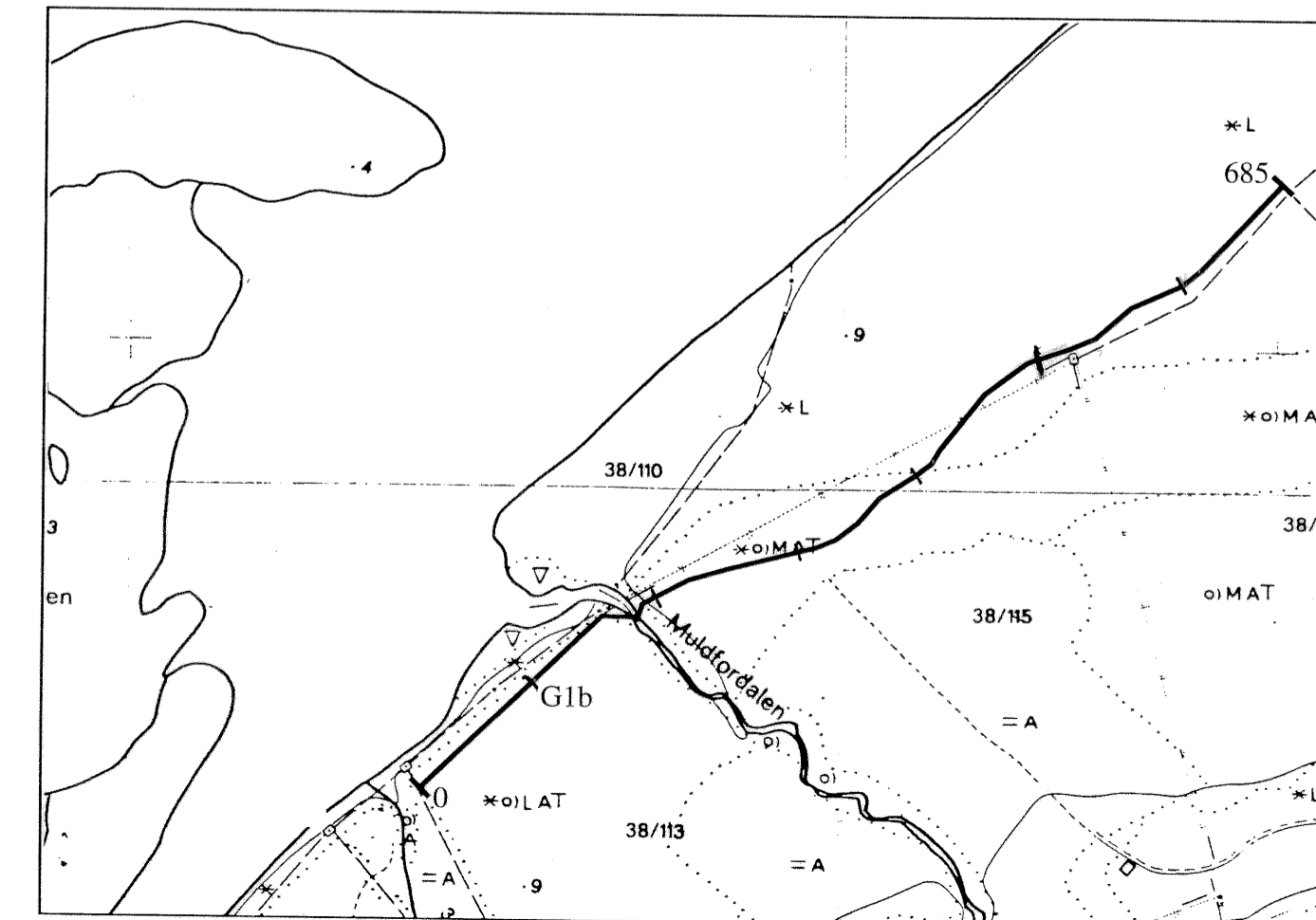
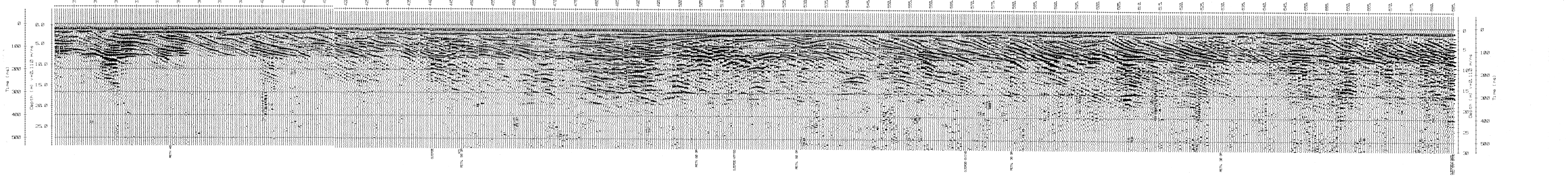


NGU/UiTø Georadaroptak, G1	MÅLESTOKK	MÅLT JSR	Jul -95
	Kart: 1:5000	TEGN EM	Feb. -96
ALTA ALTA KOMMUNE, FINNMARK	TRAC	KFR.	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR: 95.129-03	KARTBLAD NR: 1834 I, 1934 IV	

G1b



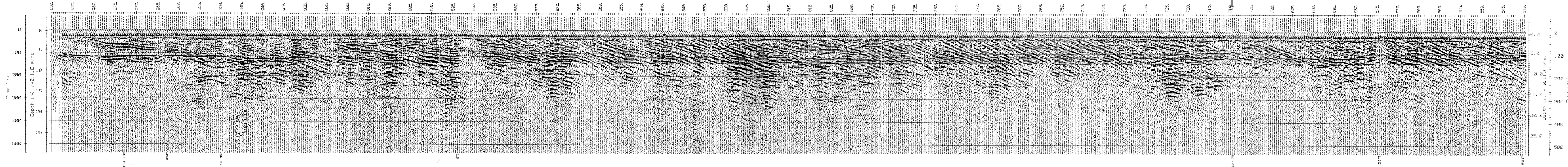
G1b (forts.)



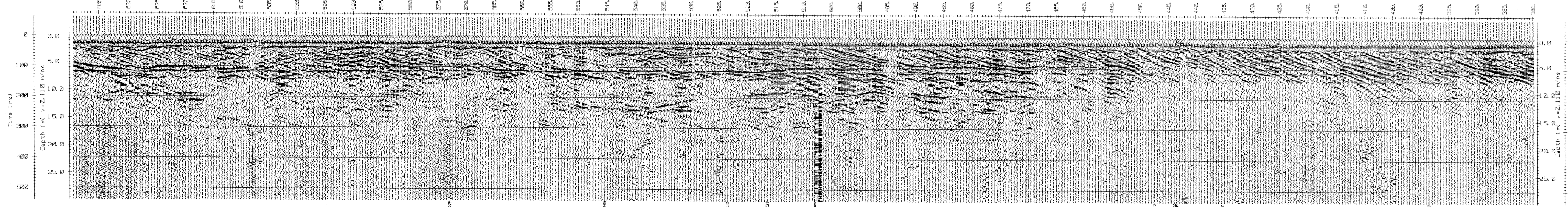
NGU/UiTø		MÅLT JSR	Juli -95
Georadaroptak, G1b		TEGN EM	Feb. -96
ALTA		Kart:	1:5000
ALTA KOMMUNE, FINNMARK		TRAC	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE		KFR.	
TRONDHEIM		TEGNING NR.	1834 I, 1934 IV
		KARTBLAD NR.	95.129-04

G1c

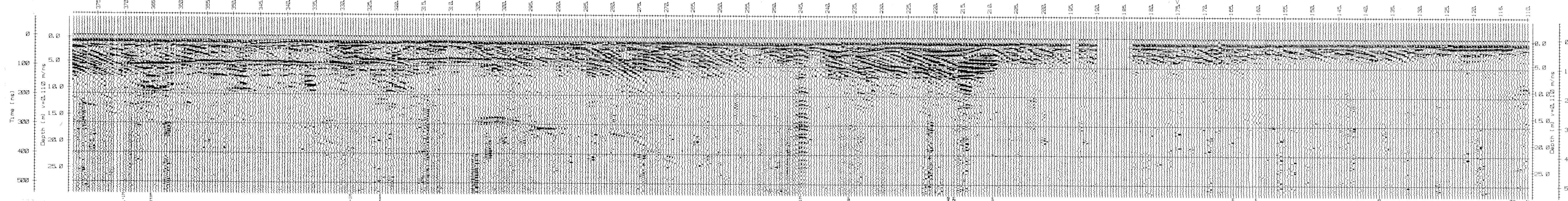
G4



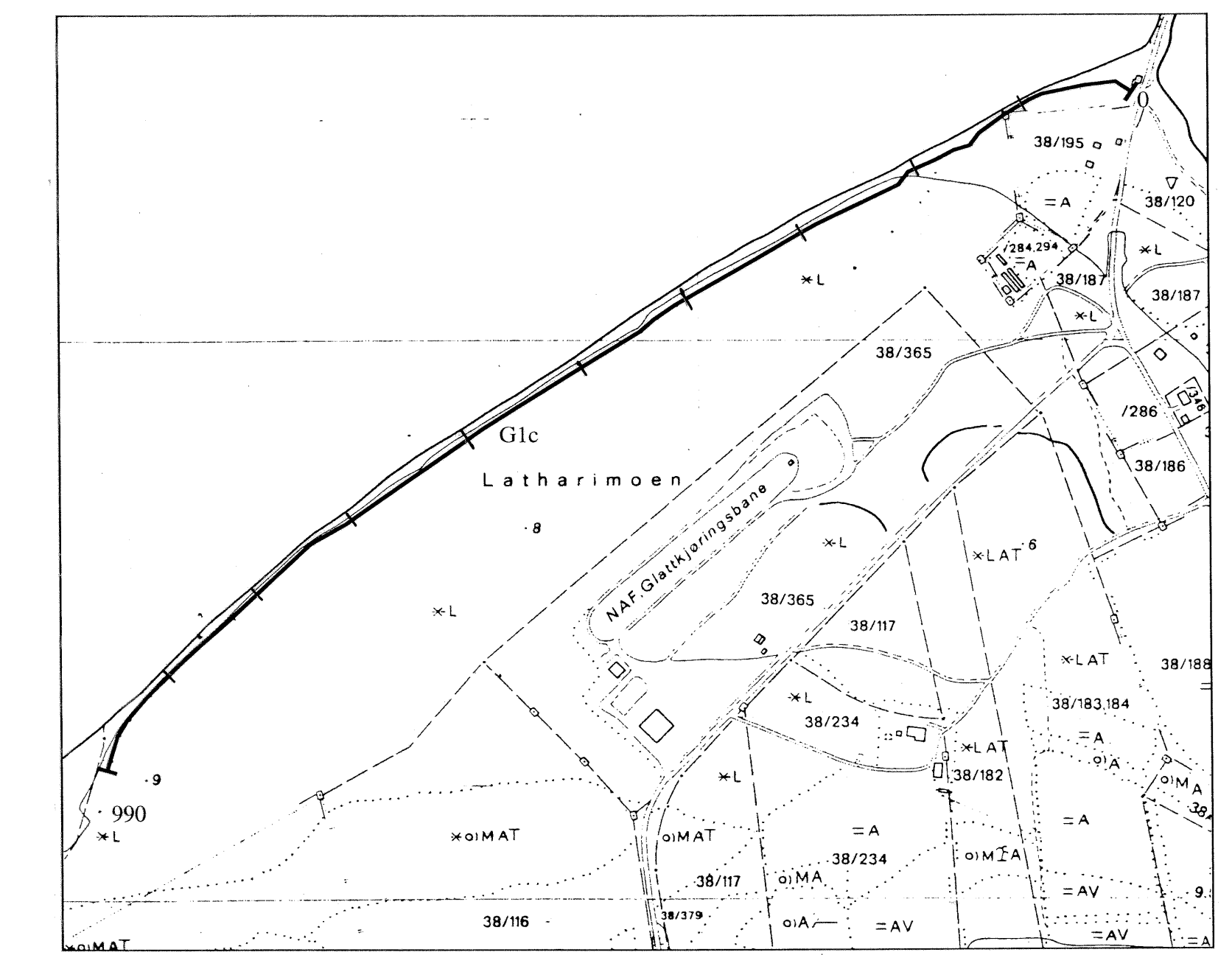
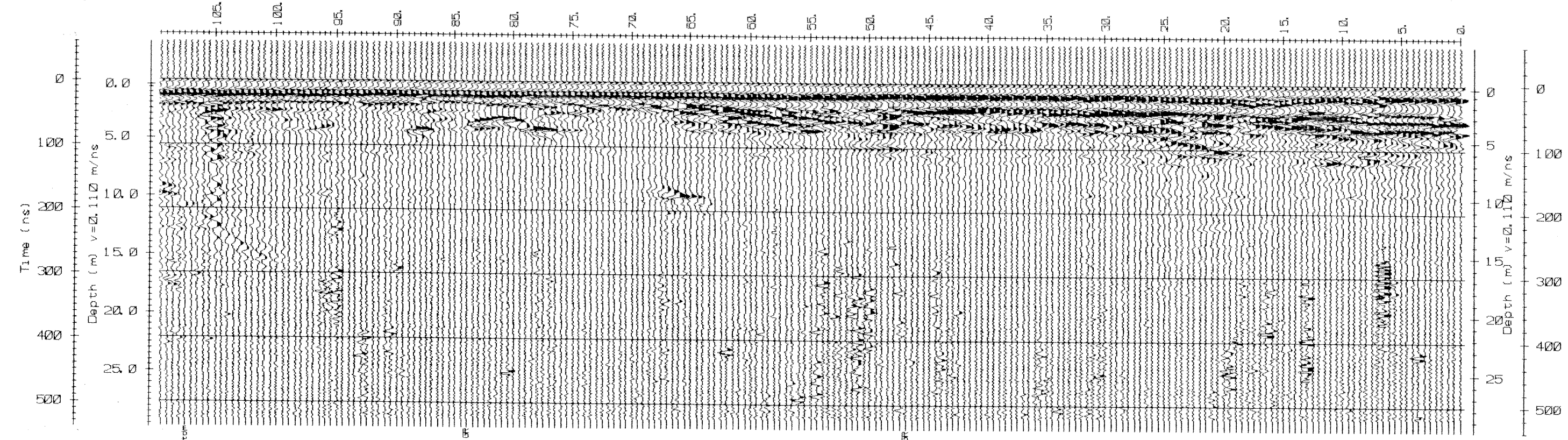
G1c (forts.)



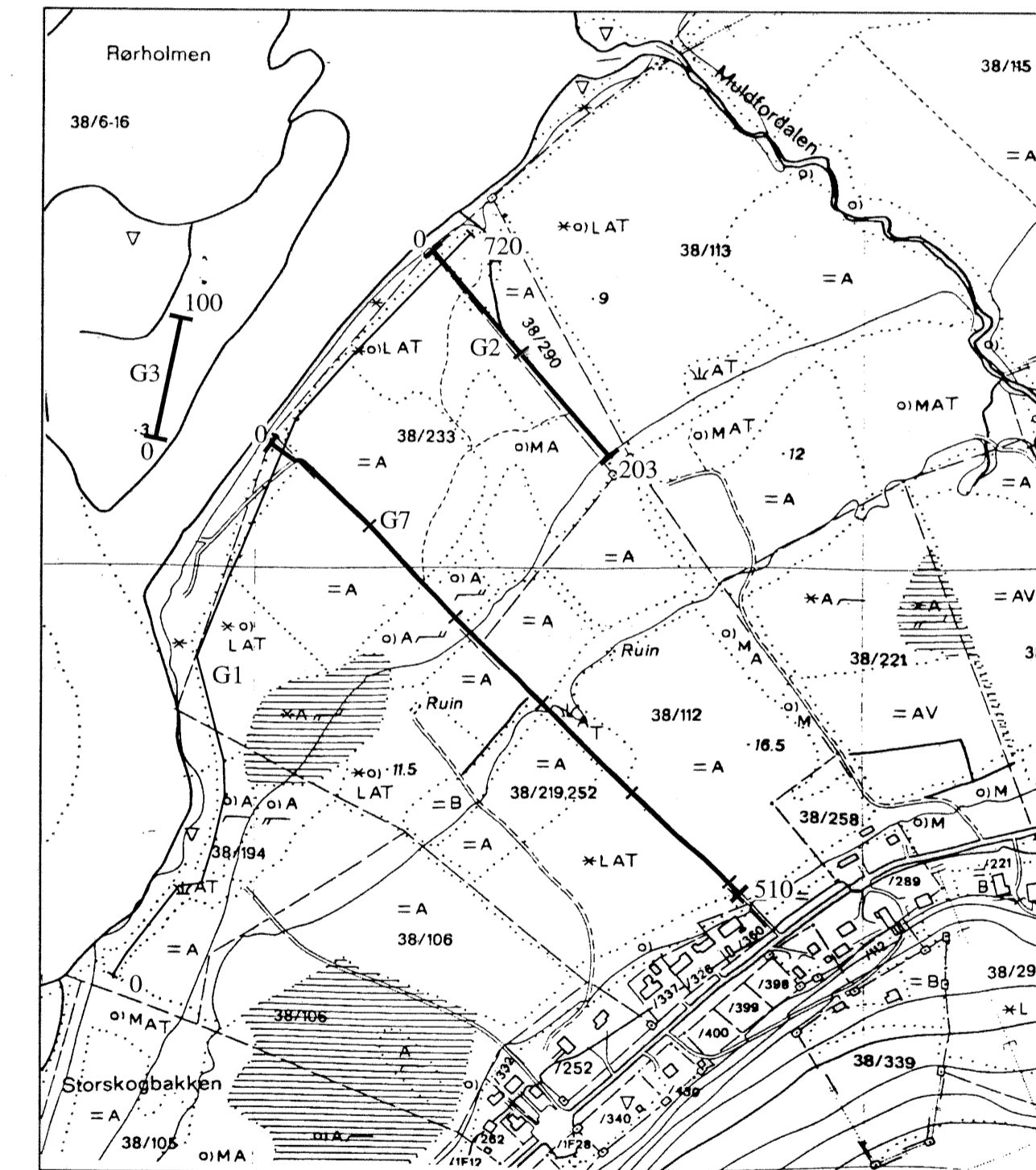
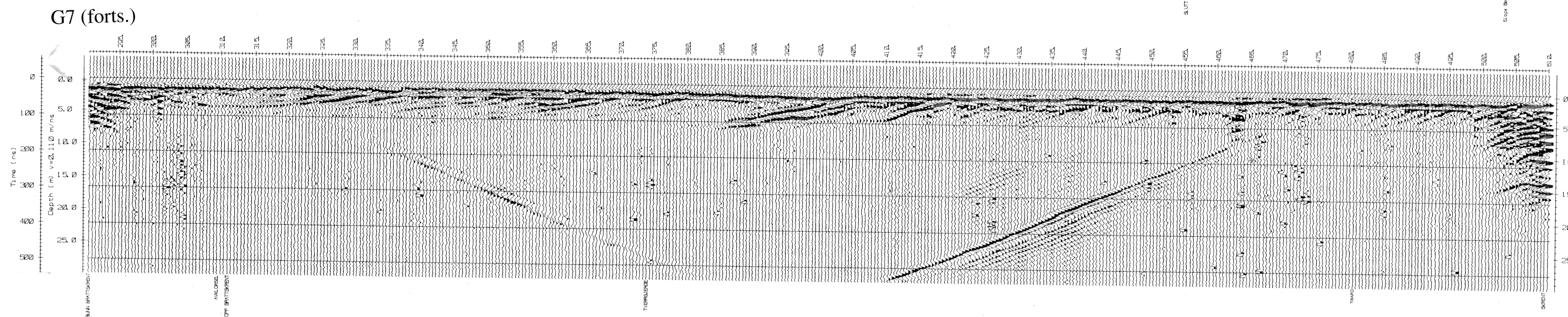
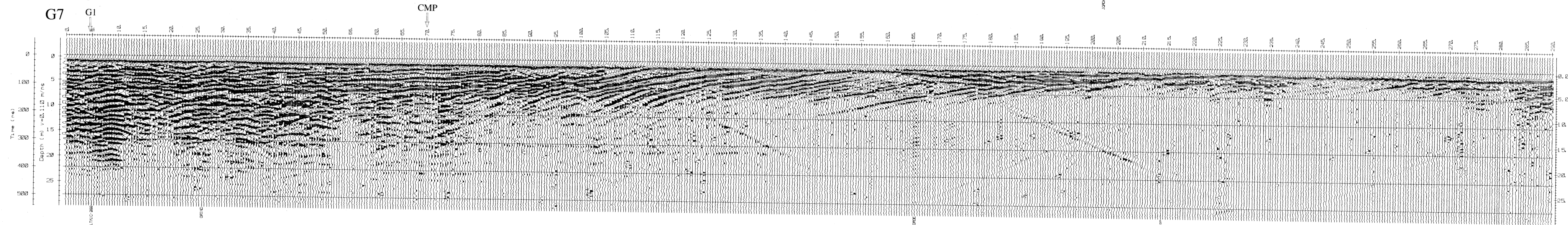
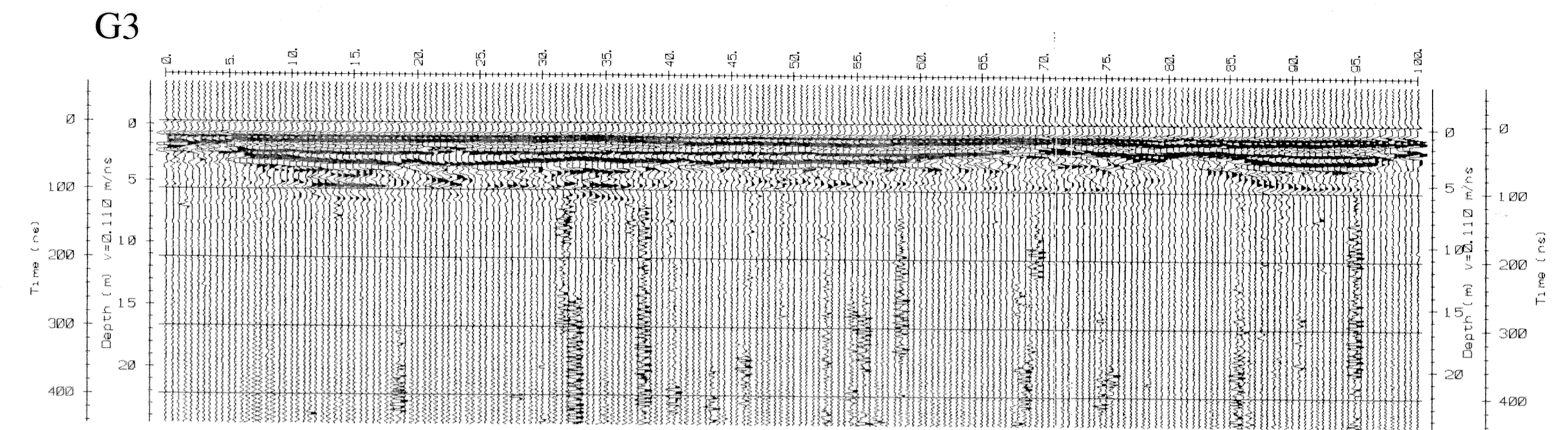
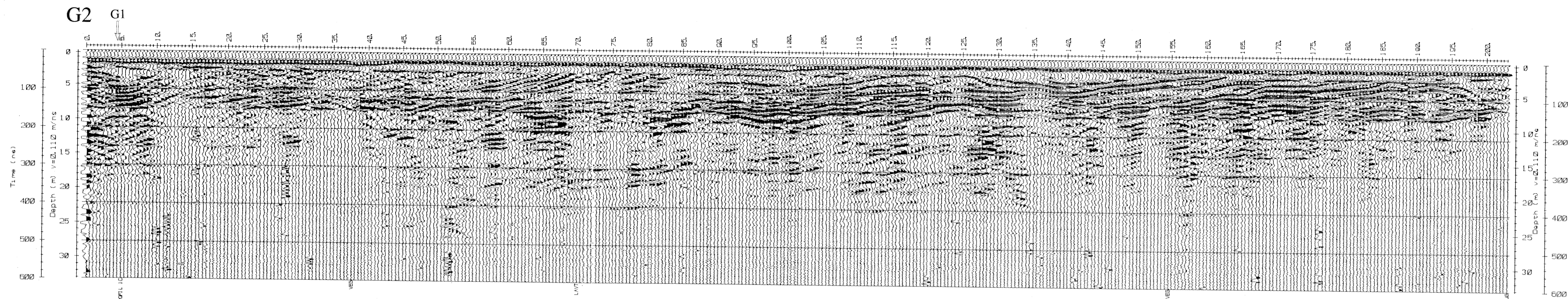
G1c (forts.)



G1c (forts.)

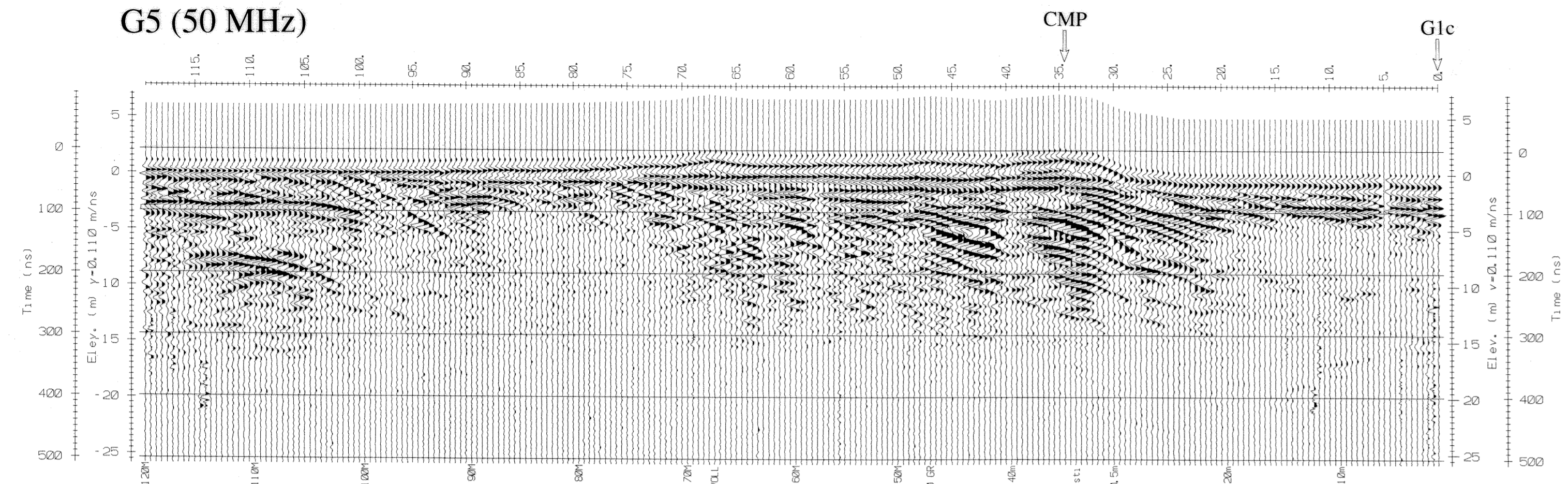


NGU/UiTo Georadaroptak, G1c ALTA ALTA KOMMUNE, FINNMARK	MÅLESTOKK	OBS. JSR	Jul -95
	Kart: 1:5000	TEGN. EM	Feb. -96
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR.	KFR.	KARTBLAD NR.
	95.129-05		1834 I, 1934 IV

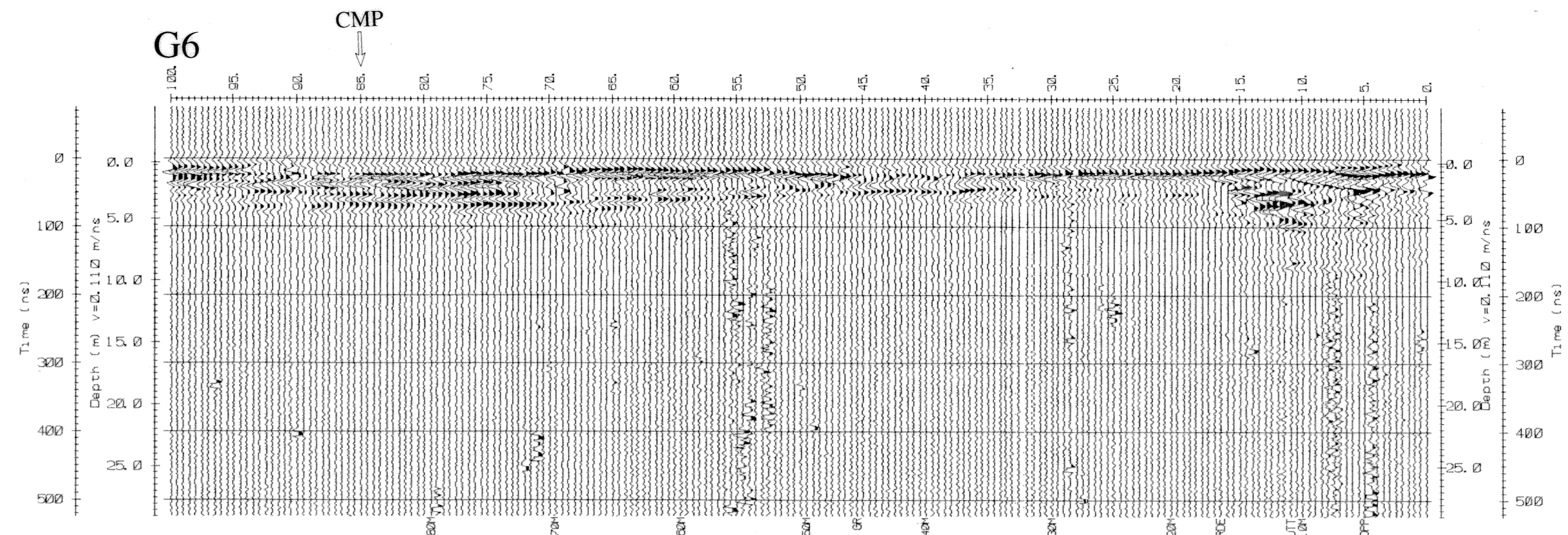


NGU/UTp Georadaropptak, G2, G3 og G7 ALTA ALTA KOMMUNE, FINNMARK	MÅLESTOKK	MÅLT JSR	Jul -95
	Kart: 1:5000	TEGN EM	Feb. -96
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR. 95.129-06	KARTBLAD NR. 1834 I, 1934 IV	

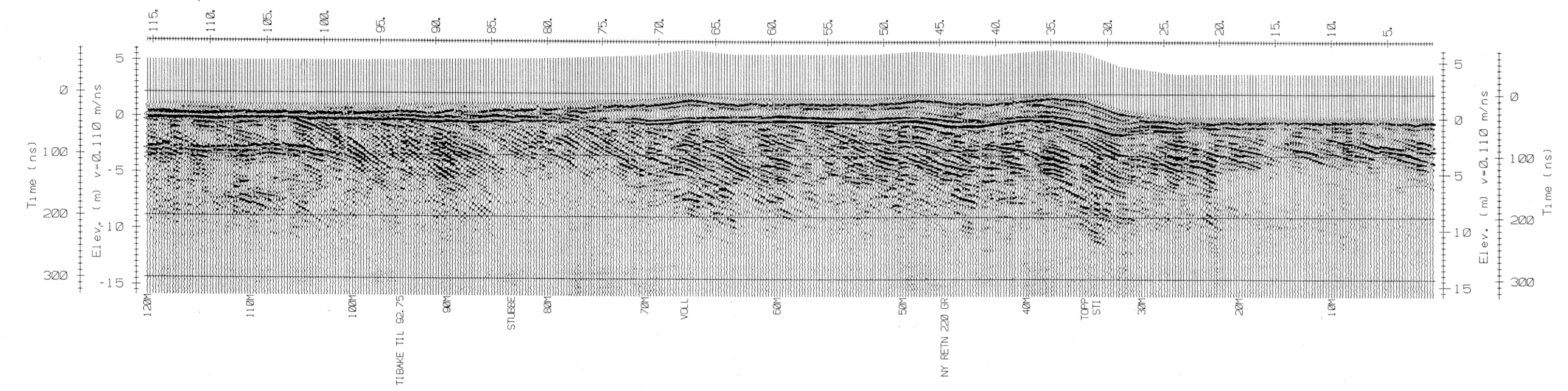
G5 (50 MHz)



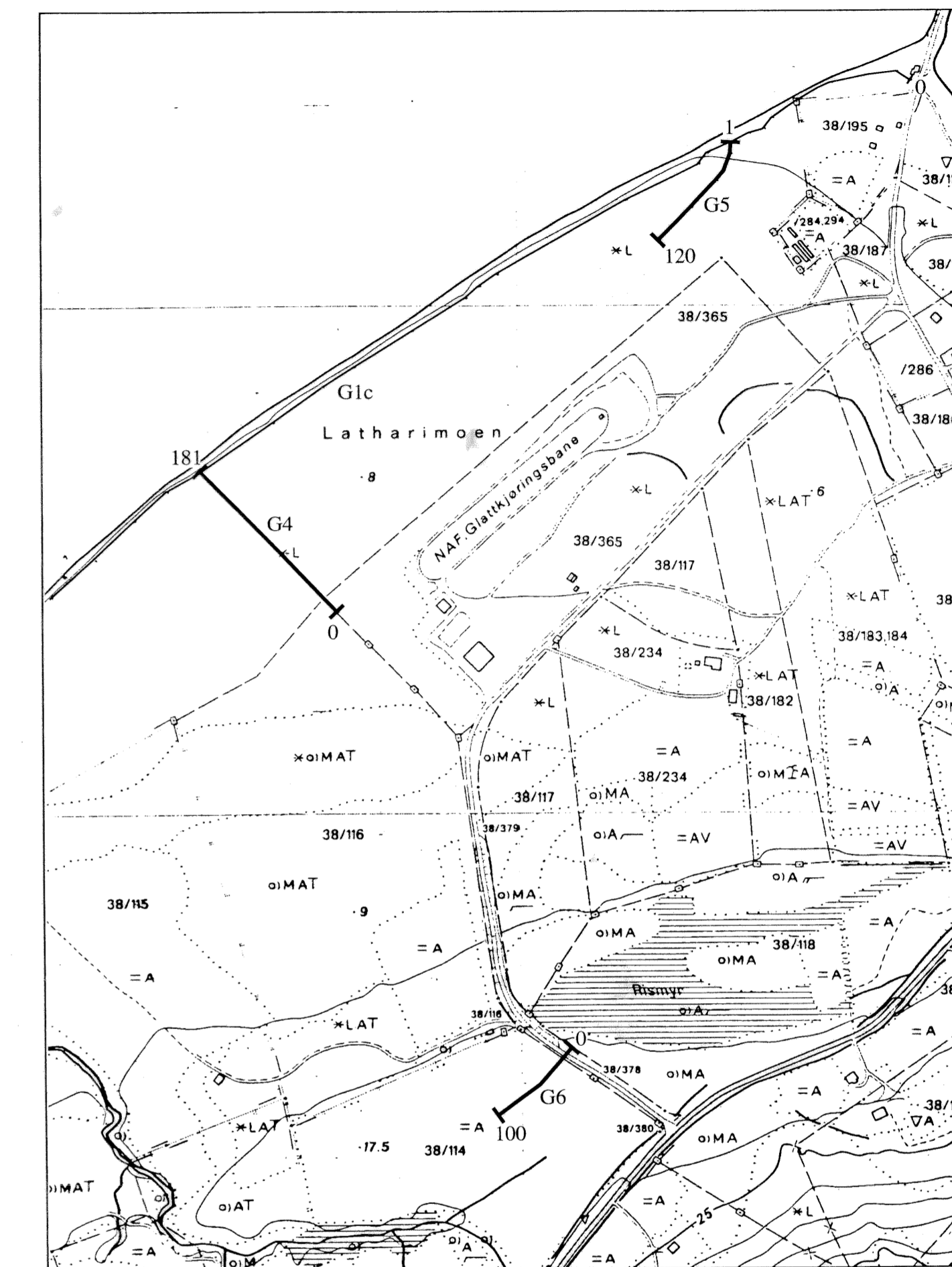
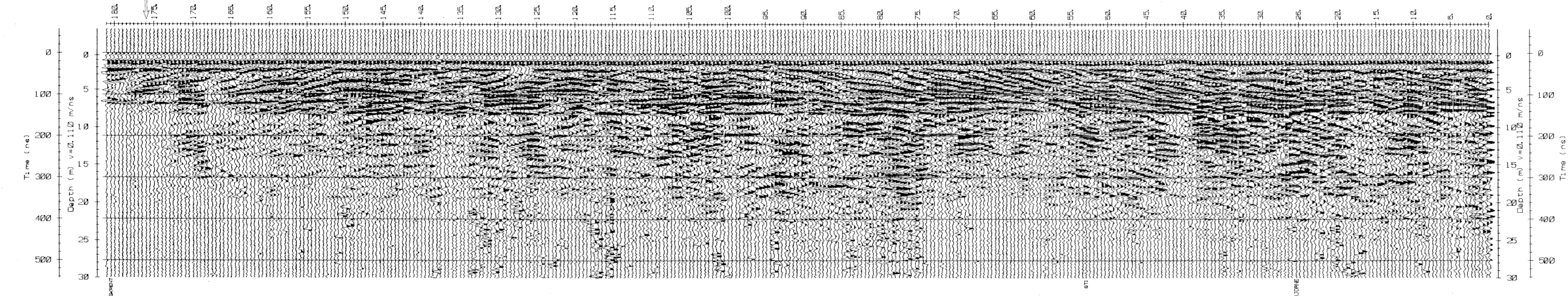
G6



G5 (200 MHz)



G4 G1c



NGU/UTø Georadaropptak, G4, G5 og G6 ALTA ALTA KOMMUNE, FINNMARK NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	MÅLESTOKK Kart: 1:5000	MÅLT JSR TEGN EM TRAC KFR.	Juli -95 Feb. -96
	TEGNING NR. 95.129-07	KARTBLAD NR. 1834 I, 1934 IV	