

NGU Rapport nr. 90.104

Forsøksmålinger med georadar  
Ullensaker kommune,  
Akershus

Rapport nr. 90.104		ISSN 0800-3416		Åpen/ <del>Fortrolig</del> til	
Tittel: Forsøksmålinger med georadar, Ullensaker kommune, Akershus					
Forfatter: Jan Fredrik Tønnesen			Oppdragsgiver: NGU		
Fylke: Akershus			Kommune: Ullensaker		
Kartbladnavn (M. 1:250 000) Hamar			Kartbladnr. og -navn (M. 1:50 000) 1915 II Ullensaker		
Forekomstens navn og koordinater:			Sidetall: 45		Pris: kr. 115,-
			Kartbilag: 4		
Feltarbeid utført: 22.-25.08.1988		Rapportdato: 06.07.1990		Prosjektnr.: 62.2512.00	
				Seksjonssjef: <i>Jan S. Kvernberg</i>	
Sammendrag:					
<p>Forsøksmålingene med georadar ble utført for å få belyst nytteverdien av denne målemetoden for NGUs virksomhet. Målingene omfatter 6 profiler med samlet lengde 16 km. Hovedvekt er lagt på undersøkelse av breelvdeltaet ved Gardermoen i tilknytning til kartlegging av byggeråstoff og grunnvannsforhold, men for mer variert utprøving av metoden ble det også målt på noen andre lokaliteter i Ullensaker kommune.</p> <p>Metoden har gitt geologisk informasjon ned til 12-20 meters dyp i breelvdeltaet. I et område med høytliggende grunnvannsspeil er det oppnådd en penetrasjon på 8-12 m i vannmettet sand/grus. I sanddominerte og i hovedsak vannmettede bresjøsedimenter er dybderekkevidden over 20 m. I fjell med tynt overdekke oppnås også betydelig penetrasjon.</p> <p>Georadar er en hurtig profileringsmetode med høy oppløsning både vertikalt og horisontalt, og egner seg derfor både til regionale målinger og til detaljundersøkelser. Metoden gir informasjon om lagdeling og sedimentære strukturer som ikke kan kartlegges med andre geofysiske metoder. Den begrensede dybderekkevidden og at metoden ikke er egnet i områder dekket av godt elektrisk ledende materiale som marin silt og leire, medfører at georadar ikke kan erstatte andre geofysiske målinger og boringer, men vil være et viktig supplement til disse. For NGU vil georadar være et velegnet hjelpemiddel spesielt innenfor generell løsmassekartlegging, undersøkelse av sand- og grusressurser, hydrogeologi og miljøgeologi.</p>					
Emneord		Ingeniørgeologi			
Geofysikk		Hydrogeologi			
Elektromagnetisk måling		Løsmasser		Fagrapport	

## INNHOOLD

	Side
1. INNLEDNING	5
2. GEOLOGISK BAKGRUNN	6
3. METODE OG UTSTYR	8
4. UTFØRELSE OG OMFANG	11
5. RESULTATER	13
5.1. Datapresentasjon - Dybdebestemmelse	13
5.2. Profilbeskrivelser	14
5.2.1. Delområde A (Profil 2, 4 og 5)	14
5.2.2. Delområde B (Profil 1 og 6)	16
5.2.3. Delområde C (Profil 3)	18
5.3. Oppsummering	19
6. GEORADAR - MULIGHETER OG BEGRENSNINGER	20
7. GEORADAR - ANVENDELSESOMRÅDER VED NGU	21
8. UTSTYRSKOMMENTARER	22
9. KONKLUSJON	24
10. REFERANSER	25

## VEDLEGG

1. Noen Skandinaviske konsulentfirma som tilbyr georadarmålinger
2. Profilutsnitt av radargrammene
  - 2A. Delområde A (Utsnitt A1-A7)
  - 2B. Delområde B (Utsnitt B1-B5)
  - 2C. Delområde C (Utsnitt C1-C5)

KARTBILAG

90.104-01 Oversigtskart

- 02 Delområde A, Tolkede georadarprofiler (Pr. 2, 4 og 5)
- 03 Delområde B, " " (Pr. 1 og 6)
- 04 Delområde C, " " (Pr. 3)

## 1. INNLEDNING

I Norge har georadarmålinger allerede vært benyttet i noen år av konsulentfirma, men metoden har inntil nylig ikke vært anvendt ved NGU. Prosjektet "Forsøksmålinger med georadar" ble igangsatt for å få belyst nytteverdien av denne målemetoden for NGUs virksomhet. Det vil spesielt si for løsmasseundersøkelser innen fagområdene generell løsmassekartlegging, undersøkelse av sand- og grusressurser, hydrogeologi og miljøgeologi.

Forsøksmålingene ble lokalisert til Ullensaker kommune i Akershus. NGU skulle her foreta en tematisk kartlegging av byggeråstoff og grunnvann i Gardermo-avsetningen (Wolden & Erichsen 1989) og georadar ville være nyttig som en utfyllende undersøkelsesmetode.

Prosjektet er gjennomført med tilskudd fra seksjonene for geofysikk, hydrogeologi og ingeniørgeologi. Flere aktuelle firma i Skandinavia ble forespurt om å utføre målingene (vedlegg 1). Ut fra en totalvurdering (kostnad, utstyr, erfaring og ønsket tidspunkt) ble SGAB valgt med Thrainn Sigurdsson som operatør. Målingene ble lagt til uke 34/1988 (22.-25. august). Fra NGU deltok avd.ing. Knut Wolden fra Seksjon for ingeniørgeologi og forsker Jan Fredrik Tønnesen fra Seksjon for geofysikk. Seksjonsjefene Peer-Richard Neeb (ingeniørgeologi) og Bernt Malme (hydrogeologi) deltok også under deler av datainnsamlingen.

SGAB har presentert måleresultatene på to måter:

1. En rapport som foruten en kortfattet utredning om metoden, gir en oversikt over typiske profilavsnitt i området (Sigurdsson 1988).
2. Direkte på kopier i A3-format av måledata (radargrammene) er det utført en del tolkninger av lagfølge og materialtyper.

I denne rapporten gis en tolket sammenstilling av måledata for å få bedre oversikt over hva som er oppnådd og hva en kan vente å oppnå med georadar innenfor NGUs virksomhet.

## 2. GEOLOGISK BAKGRUNN

Et viktig argument for lokalisering av forsøksmålinger med georadar til Ullensaker var at geologien er godt kjent fra tidligere kartlegging og grunnundersøkelser. Det finnes kvartærgeologiske kart både i målestokk 1:20 000 (Østmo 1976a og 1977) og 1:50 000 (Longva & Østmo 1986, Longva 1987).

For å gi en kortfattet oversikt viser fig. 1 isens trinnvise tilbaketrekning over Romerike, mens fig. 2 er et forenklet kvartærgeologisk kart over Øvre Romerike. Stiplet rute markerer kartutsnittet vist i kartbilag 90.104-01 som avgrensner måleområdet. Kartutsnittet utgjør nordvestlige del av kartblad 1915 II Ullensaker (M 1:50 000). Hauer setertrinnets sand- og grusdominerte breelvdelta dekker en stor del av området. Deltaavsetningen ble bygd opp et godt stykke over datidens havnivå (sanduravsetning). Mot sør og vest avgrenses deltaet av finkornige havavsetninger (silt og leire). Nord for iskontaktskråningen ligger det bresjø-sedimenter som domineres av finsand. Disse går mot nord over i mer breelvdominerte avsetninger som synes å tilhøre Daltrinnets distale sedimenter. Nord for iskонтakten ved Hauer seter er deler av bresjø- og breelvavsetningene dekket av vindavsetninger.

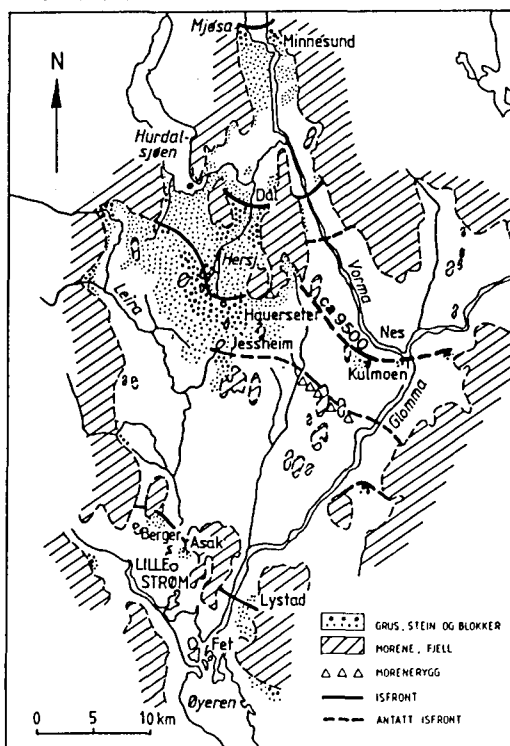


Fig. 1 Isavsmeltningsforløpet på Romerike (Longva 1987).

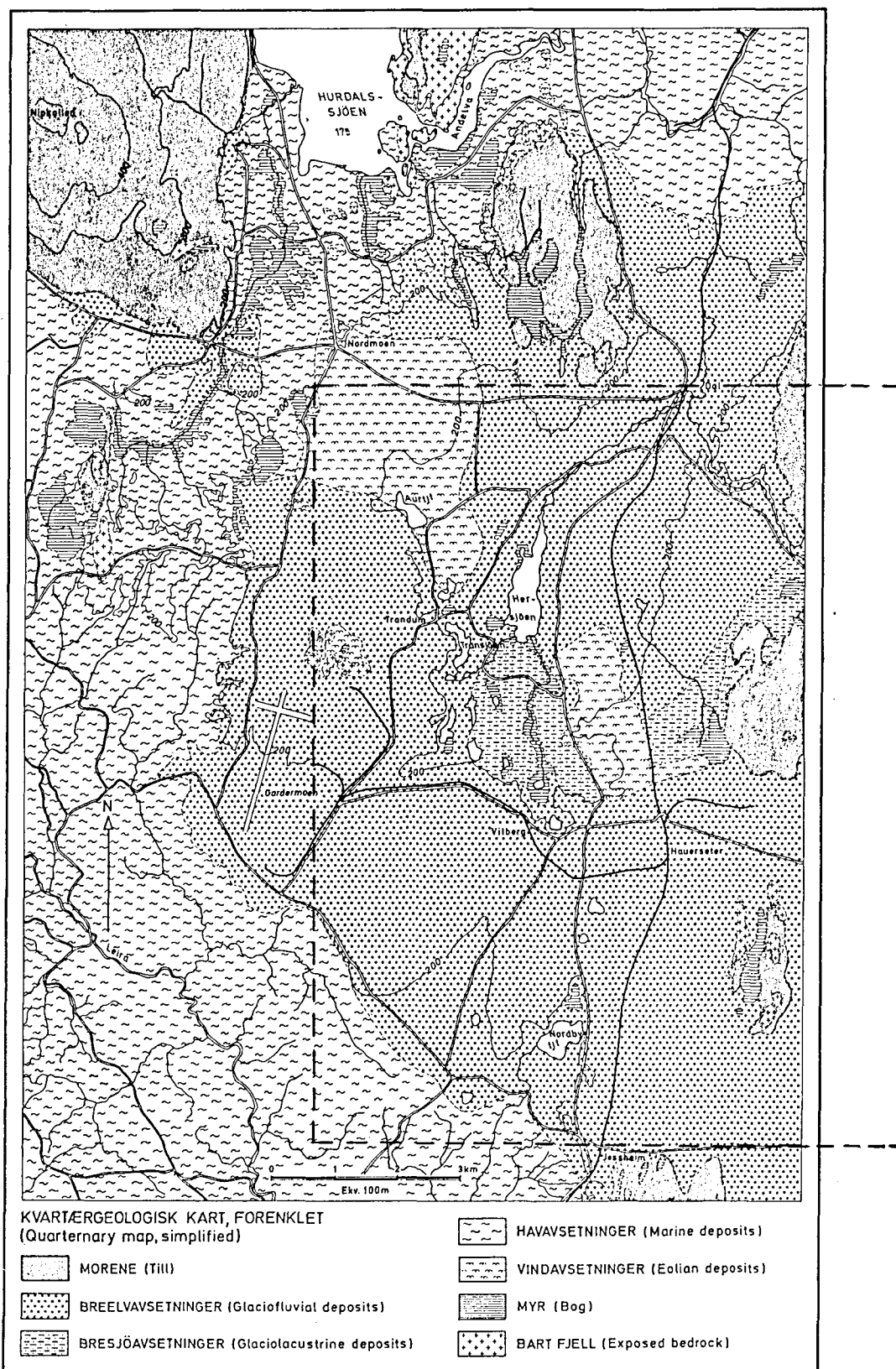


Fig. 2. Forenklet kvartærgeologisk kart over Øvre Romerike (Østmo 1976b). Stiplet rute indikerer kartutsnitt kartbilag 90.104-01.

I forbindelse med tidligere kartlegging er det også utført en registrering av sand- og grusressursene i Ullensaker (Østmo 1977). I samme periode ble det gjennomført en større grunnvannsundersøkelse i området i forbindelse med den internasjonale hydrologiske dekade (IHD). Det ble da foretatt omfattende refraksjonsseismiske målinger (Hillestad 1975), grunnboringer og nedsetting av peilerør. Ut fra denne informasjon ble det utarbeidet et hydrogeologisk kart som blant annet viser grunnvannsstander og grunnvannets dreneringsretninger (Østmo 1976b).

### 3. METODE OG UTSTYR

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 jorden (se fig. 3a). 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 videre nedover og det kan fås reflekterte signaler fra en rekke grenseflater. Refleksjonene kan registreres med en mottagerantenne på overflaten. De mottatte signaler overføres til en kontrollenhet med forsterknings- og filtreringsmuligheter og derfra videre til en grafisk skriver. I fig. 3b vises i prinsipp hvordan mottatt signal kan se ut og hvordan dette blir presentert på skriveren. Fra et slikt radargram 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. Dypet ( $d$ ) kan da beregnes lett av uttrykket:

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

I vakuum er bølgehastigheten lik lyshastigheten:  $c = 3 \cdot 10^8$  m/s. I alle andre media gjelder følgende relasjon:



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

hvor  $\epsilon_r$  = det relative dielektrisitetstallet.  
 $\epsilon_r$ -verdien for et materiale vil derfor være en bestemmende faktor for beregning av dyp til reflektorer. I tabell 1 er det gitt en oversikt over erfaringstall for  $\epsilon_r$  i en del materialtyper (Ulriksen 1982). Erfaringstall fra Sverige og Danmark indikerer at naturtørr sand og grus har  $\epsilon_r$ -verdier i området 5-10 og vannmettet sand og grus 15-20 (Berg et al. 1983).

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 bølgepulserne 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. 80 eller 120 MHz). For grunnere undersøkelser vil en mer høyfrekvent antenne gi bedre vertikal oppløsning. For en grundigere gjennomgang av georadarmetoden vises til litteraturen, f.eks. Ulriksen (1982) og Berg et al. (1983).

Instrumenteringen som ble benyttet ved forsøksmålingene er fabrikkert av Geophysical Survey System Inc. (GSSI), USA og går under betegnelsen SIR-systemet, hvor SIR er forkortelse for Subsurface Interface Radar. Det benyttes separate antenner for ulike frekvensområder. Til systemet leveres det antenner med senterfrekvenser på 80, 120, 300, 400, 500, 900 og 1000 MHz.

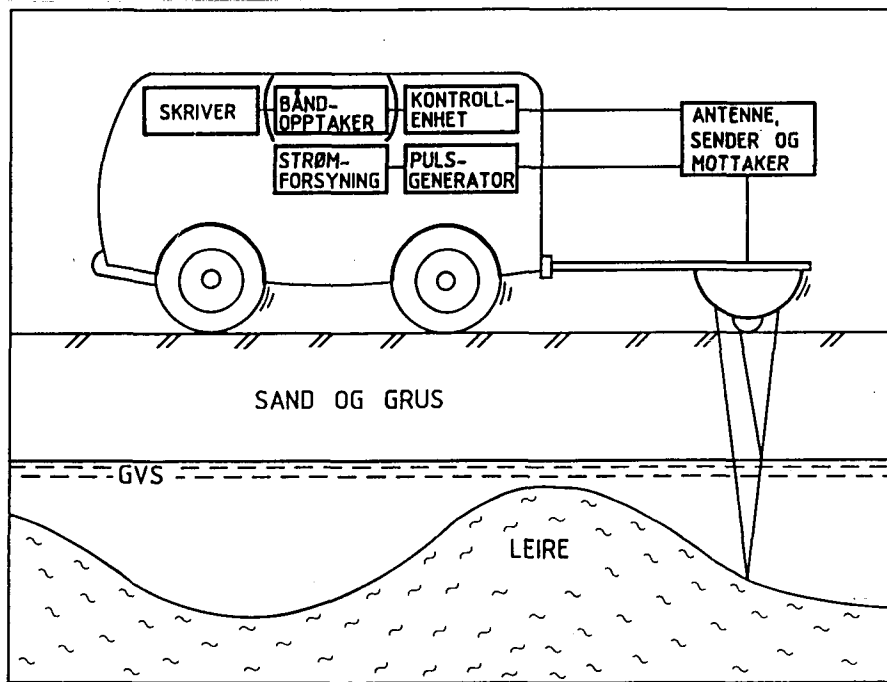


Fig. 3a. Prinsipp-tegning for utførelse av georadarmålinger.

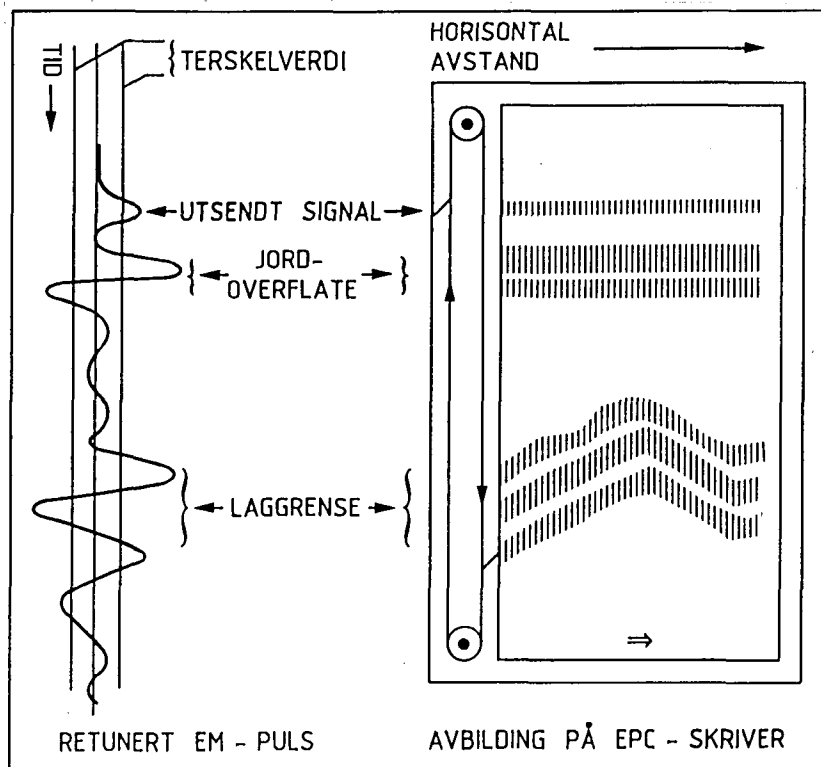


Fig. 3b. Prinsipp-tegning som viser hvordan mottatt signal kan se ut og hvordan dette blir presentert på EPC-skriver.

Material	$\sigma$ mho/m	$\epsilon_r$
Air	0	1
Pure water	$10^{-4}$ to $3 \cdot 10^{-2}$	81
Seawater	4	81
Freshwater ice	$10^{-3}$	4
Granite (dry)	$10^{-8}$	5
Limestone (dry)	$10^{-9}$	7
Clay (saturated)	$10^{-1}$ to $10^{-5}$	8 to 12
Snow firm	$10^{-7}$ to $10^{-3}$	1.4
Sand (dry)	$10^{-7}$ to $10^{-3}$	4 to 6
Sand (saturated)	$10^{-4}$ to $10^{-2}$	30
Silt (saturated)	$10^{-3}$ to $10^{-2}$	10
Seawater ice	$10^{-2}$ to $10^{-1}$	4 to 8
Basalt (wet)	$10^{-2}$	8
Granite (wet)	$10^{-3}$	7
Shale (wet)	$10^{-1}$	7
Sandstone (wet)	$4 \cdot 10^{-2}$	6
Limestone (wet)	$2.5 \cdot 10^{-2}$	8
Copper	$5.8 \cdot 10^7$	1
Iron	$10^6$	1
Soil - sandy dry	$1.4 \cdot 10^{-4}$	2.6
- sandy wet	$6.9 \cdot 10^{-3}$	25
- loamy dry	$1.1 \cdot 10^{-4}$	2.5
- loamy wet	$2.1 \cdot 10^{-2}$	19
- clayey dry	$2.7 \cdot 10^{-4}$	2.4
- clayey wet	$5.0 \cdot 10^{-2}$	15
Permafrost	$10^{-5}$ to $10^{-2}$	4 to 8

Data from MOREY 1974, KELLER 1966, VON HIPPEL 1954.

Articles not listed.

Tabell 1. Verdier av spesifikk ledningsevne ( $\sigma$ ) og det relative dielektrisitetstallet ( $\epsilon_r$ ) for en del materialer (Etter Ulriksen 1982).

#### 4. UTFØRELSE OG OMFANG

Ved målingene ble det anvendt en 120 MHz antenne som ble brukt både som sender og mottager. Antennen ble montert på en justerbar bom foran på kjøretøyet, som var en Range Rover.

To mann vil som regel være nødvendig og tilstrekkelig for å gjennomføre georadarmålingene. Bilføreren må under kjøringen foruten hastighet og styring passe på at antennen holdes i mest

mulig konstant høyde noen få dm over bakken. Operatøren må overvåke instrumenteringen (kontrollenhet og skriver) som her var montert i baksetet. På skriveren var det montert en avtrekksvifte for å hindre spredning av sotpartikler i kupeen. Det ble forsøkt å holde en relativ jevn profileringshastighet på 2-3 km/time. Det ble da brukt krabbegir med innlagt turtallskontroll. Avstanden langs profilene ble målt med en ekstra og mer nøyaktig tripteller, og gjennomgående ble det avsatt en markering for hver 100 m i radargrammene. Under profileringen ble det også ført en enkel logg ved å anmerke passering av kjente punkter (veikryss, gjerde, hus, bekk osv.) ut fra grunnlagskart i målestokk 1:20 000. Da terrenghøyden langs profilene ikke er målt, ble det også anmerket en del spesielle terrengdetaljer som ikke framgår av kartet.

Målingene omfatter 6 profiler med samlet lengde ca. 16 km (kartbilag 90.104-01). Hovedvekten er lagt på undersøkelse av sand/grus og grunnvannsforhold i Gardermo-avsetningen, men for mer variert utprøving av metoden ble det også målt på noen andre lokaliteter i området. Ut fra grunnforhold og problemstillinger er det naturlig å fordele målingene på 3 delområder:

A. Hoveddeltaet (Gardermo-avsetningen)

Profil 2, 4, 5 og sørlige del av profil 1 inngår i dette området og utgjør vel 10 km av profileringen. Området har gjennomgående dyptliggende grunnvannsspeil, fra 10 til 30 m under terrengnivå.

B. Området nord for hoveddeltaet

I området inngår de nordlige 3 km av profil 1 og hele profil 6. Kartlegging indikerer bresjøsedimenter i sør med overgang til breelvmateriale mot nord. Disse avsetningene er dekket av et topplag med flygesand. Hydrogeologisk kart indikerer et høyt grunnvannsnivå i sørlige del av området, men at det faller steilt mot nordligste del hvor det ligger ca. 30 m lavere.

### C. Området lengst øst på deltaet

I dette området inngår bare profil 3 med lengde vel 1,6 km. Området karakteriseres ved dagnært grunnvannsspeil i relativt grovt materiale og stedvis grunt til fjell. Her er også myr og muligens morenemateriale.

## 5. RESULTATER

### 5.1. Datapresentasjon - Dybdebestemmelse

En forenklet sammenstilling av målingene er vist som profiltolkninger for hvert delområde i kartbilagene -02, -03 og -04, men hele profil 1 er her tatt med i delområde B og vist samlet i kartbilag -03.

Det er stor vertikal overdrivelse i profilene. I kartbilag -02 og -03 er horisontal målestokk 1:10 000 mens vertikal målestokk er 1:500. Kartbilag -04 har samme vertikale skala, men horisontal målestokk er øket til 1:5000.

I vedlegg 2 er vist utsnitt fra radargrammene for å illustrere typiske eller spesielle profilavsnitt. Radargrammene gir dyp til reflektorer i toveis gangtid. For å kunne beregne en dybdeskala i meter er det nødvendig å kjenne bølgehastighet eller det relative dielektrisitetstallet ( $\epsilon_r$ ) for overliggende materiale. En boring som ble utført etter profileringen i profil 3 (kartbilag -04) ga et dyp til fjell på ca. 5,5 m, mens grunnvannsnivå i peilerør ble avlest til 1,55 m under terrengnivå 4 uker etter profileringen. Derav er  $\epsilon_r$ -verdi for vannmettet breelvmateriale beregnet til 18,4, mens naturtørt materiale har en verdi i området 7,0-8,3. Denne er noe usikker på grunn av liten mektighet og dermed relativ unøyaktig bestemmelse av gangtid. Verdien for tørt breelvmateriale ble derfor også vurdert ut fra anslått dyp til grunnvannsspeil i profil 2. Ut fra NGUS overvåking av grunnvannsnivået i området var det klart at dette lå 2-3 m høyere i

1988 enn ved observasjoner i 1975 som er grunnlagsdata for det hydrogeologiske kartet. Dybdeanslagene i profil 2 gir da  $\epsilon_r$ -verdier rundt 7. For beregning av dybdeskala i radargrammene er relative dielektrisitetstall vist i tabell 2 benyttet:

	$\epsilon_r$
Breelvmateriale (over grunnvannsspeil)	7
Breelvmateriale (under grunnvannsspeil)	18,4
Bresjøsedimenter (nær/helt vannmettet)	16
Myrtorv	60
Fjell	7

Tabell 2: Verdier av relative dielektrisitetstall ( $\epsilon_r$ ) benyttet ved beregning av dybdeskala.

For bresjøsedimenter er verdien bare antatt, for myrtorv representerer verdien et middel for erfaringstall fra Sverige (Ulriksen 1982), mens for fjell er verdien antatt ut fra tabell 1.

## 5.2. Profilbeskrivelser

I tolkningsbeskrivelsen er det lagt hovedvekt på ett profil fra hvert delområde, mens de øvrige profiler blir kortere kommentert.

### 5.2.1. Delområde A (Profil 2, 4 og 5, kartbilag -02)

Profil 2. Penetrasjonen er gjennomgående 12-15 m i det 4,5 km lange profilet, men avtar til få meter i den sørligste delen og i et lite område nord for midten.

I den nordligste delen er det nokså uregelmessige og uklare reflektorer, men hovedsakelig nær flattliggende (utsnitt A1).

Fra 1100 m er det mulig å skille ut et 7-9 m tykt topplag med dette refleksjonsmønsteret fra underliggende lag med markert skråsjikting mot sør (utsnitt A2). Fra 1700 m fås refleksjoner fra grunnvannsspeilet som skjærer gjennom skråsjiktningen (utsnitt A3). Rundt 1900 m reduseres penetrasjonen betydelig (utsnitt A4). Målingene passerer her en dødsgrop hvor veien er noe oppfylt. En meget markert reflektor på få meters dyp indikerer trolig et finstoffrikt lag i bunnen av gropa. Kraftig refleksjon og demping av signalet gjør at det oppnås liten penetrasjon i det grovere materialet under.

Topplaget varierer noe i mektighet, men avtar gjennomgående mot sør. Utsnitt A5 ved 3150 m indikerer en mektighet rundt 4 m med markert skråsjikting under og med grunnvannsspeil nær penetrasjonsgrensen. I utsnitt A6 er tykkelsen av topplaget redusert til 2-3 m, men i området 3600-3700 m ser det ut til å være grovere og stort sett flattliggende avsetninger også under topplaget. Dette kan skyldes lokale variasjoner i avsetningsforhold, men det er også mulig at denne strukturen kan være en vest-nord-vestlig fortsettelse av Jessheim-trinnets avsetninger. Det kan se ut som hovedtrinnets deltaavsetning er bygd ut over disse avsetningene.

Penetrasjonen reduseres til noen få meter ved overgang til mer finkornig materiale i sørlige del av profilet (utsnitt A7).

Profil 4. I dette profilet er det tilsvarende avsetninger som i nordligste del av profil 2 med penetrasjon bortimot 15 m. Enkelte forsenkninger ser ut til å være oppfylt med finere materiale som reduserer penetrasjonen.

Profil 5. I det 3,2 km lange profilet vel 1,5 km vest for profil 5 er penetrasjonen 15-18 m de nordligste 500 m, deretter 12-15 m fram til 1700-1800 m i profilet og 9-13 m for den sørlige del. Lagdeling er noenlunde tilsvarende som i profil 2. Skråsjikting kan se ut til å opptre i området 300-430 m fra nordenden fra 7-8 meters dyp, men grenser mellom lagene er dårlig definert fram til rundt 1500 m. Dette skyldes sannsynligvis at

det er stor vinkel mellom profilretningen og avsetningsretning definert ved dreneringsspor i sanduroverflaten. Fra 1500 m til enden av profilet tynner topplaget ut fra 5 til 2 m. Grunnvannsnivå er ikke med sikkerhet registrert da det ligger nær ved eller for det meste dypere enn penetrasjonsgrensen. Avtagende penetrasjon sørover i profilet kan skyldes at underliggende materiale der har høyere finstoffinnhold.

#### 5.2.2. Delområde B (Profil 1 og 6, kartbilag -03)

Profil 1. Profilet følger ny E6-trasé som var under konstruksjon, og det foregikk både utgraving og planering i traseen. De sørligste 1,8 km av det 4,8 km lange profilet er målingene utført på breelvdeltaet hvor de høyeste partier representerer naturlig deltaflate, mens de øvrige er utgravd trase for veien. Iskkontaktskråningen passerer i området 1580-1860 m. Ryggen like nordenfor er en meget stor flygesandsdyne som er bygd opp inn mot skråningen. Fortsettelsen av iskkontaktskråningen mot nord under terrengnivå er dårlig definert. Overgangen vind/bresjøavsetninger i området nordenfor er også relativ usikker. Det er umiddelbart heller ikke lett å trekke ut eksakt grunnvannsspeil fra de stort sett flattliggende interne reflektorene som disse avsetningene viser.

Vindavsetningene har sin største mektighet i de sørlige deler (utsnitt B1) og grunnvannsspeilet ligger i disse avsetningene. Bresjøsedimentene har her et noe uryddig refleksjonsmønster, spesielt i øvre del. Utsnitt B2 indikerer spesielle hendelser under avsetningsperioden, muligens lokal erosjon, utrasning e.l. For en nærmere analyse kreves mer inngående studier i et tettere målenett. (Det bør anmerkes at utsnitt B2-B5 har motsatt retning av profilretningen med nord til venstre på utsnittene.)

Videre mot nord kommer det inn svært utholdende reflektorer i bresjøsedimentene (utsnitt B3) med et slakt fall mot sør. Reflektorene stiger etter hvert brattere mot nord hvor de ender opp



mot overgang til breelvmateriale (utsnitt B4). Breelvavsetningene synes å komme opp som en ryggform og ligger bare noen få meter under overflata ved koordinat 3500 m. Videre nordover i profilet (utsnitt B5) dominerer breelvmaterialet som er dekket av noen få meter med bresjø- og vindavsetninger. Disse relativt fin-kornige sedimentene kan ha høy vannmetning, mens breelvmaterialet under trolig er forholdsvis tørt ned til et dyp større enn penetrasjonen for målingene. Ved 3750 m i profilet er det en depresjon i breelvmaterialet som regnes å være en dødisgrop. Denne er oppfylt vesentlig av bresjøsedimenter. I de nordligste deler av profilet er det en mer diffus overgang mellom de relativt fin-kornige overflatesedimentene og underliggende breelvmateriale.

Penetrasjonen på breelvdeltaet i sør varierer mellom 12 og 16 m. Størst penetrasjon er oppnådd i bresjøsedimentene med en toveis gangtid til nederste indikerte reflektor på over 600 ns. Med antatt vesentlig vannmettet materiale gir dette en penetrasjon på 20-23 m i området 2800-3400 m i profilet. Penetrasjonen avtar en del mot sør trolig på grunn av høyere finstoffinnhold i avsetningen. Videre mot nord der underliggende breelvavsetninger regnes å ha lavt vanninnhold, er penetrasjonen anslått å variere mellom 15 og 20 m.

Profil 6. Målingene indikerer hovedsakelig flattliggende, men usammenhengende reflektorer og materialet regnes vesentlig å være bresjøsedimenter. I området 300-600 m i det nær 1,5 km lange profilet er det indikert mer sammenhengende reflektorer med slakt fall mot SV. Profilet har her en mer nordlig retning som trolig bedre faller sammen med avsetningsretningen. Målingene indikerer grovere, mer breelvdominerte avsetninger i nordøstre del av profilet. I profilet er det øverst et få meter tykt lag med vindavsetninger med gjennomgående mindre indre reflektivitet enn bresjøsedimentene.

Det er vanskelig å skille ut grunnvannsspeil som egen reflektor, men det er trolig vannmetning få meter under overflaten i sørvestlige del. Med tilnærmet vannmettet materiale er penetrasjonen anslått til 11-14 m langs profilet.

### 5.2.3. Delområde C (Profil 3, kartbilag -04)

Penetrasjonen varierer mellom 10 og 14 m i det vel 1,6 km lange profilet. Da grunnvannsspeil bare er 1-2 m under overflata fås en penetrasjon i vannmettet breelvmateriale og fjell på 8-12 m. Breelvavsetningene viser jevnt over en uregelmessig lagdeling (utsnitt C1). Kartlegging indikerer at avsetningsretning går tilnærmet normalt på profilretningen. I området 500-600 m er det en spesiell innfyllingsstruktur (utsnitt C2). Sjiktingen kan skyldes innfylling av erosjonskanal eller dødisgrop, men årsaken kan ikke avgjøres ut fra ett måleprofil. Rundt 600 m i profilet kommer fjelloverflaten bratt opp som en markert reflektor (utsnitt C3). Ut fra radargrammet ble det plassert et borpunkt over toppen av fjellryggen for å bestemme eksakt dyp til fjell og grunnvannsspeil, som var henholdsvis 5,5 og 1,55 m.

Fra 750 m til nær 1200 m i profilet er fjelloverflaten tolket å ligge dagnært, gjennomgående mindre enn 2-3 m dypt. Utsnitt C4 viser at målingene også kan indikere strukturer i fjellet. En markert og et par mindre tydelige reflektorer med fall mot nord i profilet antas å representere sprekkesoner. Det er også noen nær flattliggende strukturer i fjellet. Fra 1200 m og nordover er dyp til fjell 4-7 m. Fra ca. 1500 m er det mer markert fjelltopografi og det kommer inn et par partier med myrmateriale. Utsnitt C5 viser at målingene gir en god beskrivelse av mektighetsvariasjonene av myrtorv.

I tolkningen er det ikke identifisert moreneavsetninger. Da refleksjonsmønsteret fra en morene kan ligne på fjellrefleksjoner, er det imidlertid godt mulig at den indikerte fjelloverflaten stedvis kan være en moreneoverflate. Spesielt i området 1070-1200 m i profilet er det sannsynlig at indikert ryggform ikke består av fjell, men er en fortsettelse av randmoreneryggen som er kartlagt like østenfor profilet (Longva & Østmo 1986, Longva 1987).

### 5.3. Oppsummering

I breelvdeltaet er det i materialet over grunnvannsnivå oppnådd penetrasjonsdyp fra 12 til 18 m. I områder med grovt og dårlig sortert sandurmateriale i øvre del av avsetningen ser penetrasjonen ut til å være noe mindre enn forøvrig. Dette skyldes trolig større spredning av signalet i sanduravsetningen. Ved overgang til finkornig materiale (vesentlig silt) i overflaten ved sørkant av breelvdeltaet blir penetrasjonen svært liten.

I bresjøsedimenter er det registrert en toveis gangtid på over 600 ns til nederste indikerte reflektor. Dersom det antas stort sett vannmettet materiale gir dette et penetrasjonsdyp på vel 20 m. Penetrasjonen avtar noe mot sør i bresjøsedimentene trolig på grunn av økende finstoffinnhold (silt).

I breelvdeltaet kan grunnvannsspeilet lett ses der avsetningen har skråsjiktning. Ved gjennomgående horisontale reflektorer kan det være vanskeligere å følge grunnvannsspeilet kontinuerlig. Det er også vanskelig å definere eksakt grunnvannsspeil i finere avsetninger (bresjø- og vindavsetninger) hvor det kan være kapillær sone. I breelvavsetninger med 10-12 m dypt grunnvannsnivå er det oppnådd liten penetrasjon i vannmettet materiale (1-3 m). Med et dyp til grunnvannsnivå mindre enn 2 m er det oppnådd en penetrasjon i vannmettet materiale på 8-12 m.

I breelvdeltaet er det mulig å skille mellom topplag med gjennomgående flattliggende, men lite markerte reflektorer, og underliggende materiale med tydelig skråsjiktning. Det er betydelig endring i refleksjonsmønster fra grovt og dårlig sortert materiale til finere og godt sortert materiale.

Det er relativt markert overgang mellom bresjøsedimenter og breelvavsetninger, mens det kan være vanskelig å plassere grensen mellom bresjøsedimenter og overliggende vindavsetninger. Det er en klar reflektor i bunnen av myr og metoden er derfor velegnet til å kartlegge variasjoner i myrmektighet. Fjellreflektoren er

også forholdsvis godt markert, men den kan være vanskelig å skille fra en moreneoverflate, spesielt med noen meters overdekke av andre avsetninger. Ved liten løsmasseoverdekning oppnås betydelig penetrasjon i fjell og det er mulig å se f.eks. sprekkestrukturer eller forkastninger i fjellgrunnen.

## 6. GEORADAR - MULIGHETER OG BEGRENSNINGER

Som andre geofysiske metoder har georadar sine fortrinn og sine begrensninger. Den er en hurtig profileringsmetode som gir en kontinuerlig profilutskrift med høy oppløsning både vertikalt og horisontalt. Den er derfor egnet både til å gi regional oversikt og til detaljundersøkelser innen spesielle områder. I radargrammene framtrer sedimentære strukturer som ikke kan kartlegges ved andre metoder. Ut fra refleksjonsmønster er det til en viss grad mulig å skille mellom materialtypene. Metoden har erfaringsvis en dybderekkevidde på 12-20 m i sand- og grusavsetninger, noe som er lite i forhold til metoder som refraksjonsseismikk og elektriske motstandsmålinger. Anvendelse av nyere digitalt utstyr har imidlertid vist enda større penetrasjonsevne (Sigurdsson 1990, pers. medd.). Største begrensning er at metoden ikke gir noen informasjon i områder dekket med silt og leiravsetninger.

For å beregne eksakte dyp til indikerte reflektorer vil det som regel være nødvendig med tilleggsinformasjon, fortrinnsvis fra boringer. Det vil også være nødvendig med boring og prøvetaking for sikker analyse av avsetningstype. Radarmålingene vil være svært nyttige for å styre plassering og begrense omfang av boring og prøvetaking. Et viktig fortrinn for metoden er at målingene kan utføres til den årstid som er mest praktisk da radaren kan benyttes over frossen og snødekt mark.

## 7. GEORADAR - ANVENDELSESOMRÅDER VED NGU

Georadar vil være et velegnet verktøy i den generelle løsmassekartleggingen. Den kan benyttes til å indikere ulike materialtyper og til å kartlegge grenser mellom forskjellige løsmasseavsetninger. Målingene vil gi informasjon både om lagdeling, laterale faciesendringer og interne avsetningsstrukturer. Georadaren gjør at en lettere og mer sikkert kan angi aktuelle dannelsesmodeller for løsmasseavsetningene.

Ved kartlegging av sand- og grusressurser vil georadaren spesielt gi viktig informasjon om oppbygging og intern variasjon i avsetningene. Dette gir grunnlag for å vurdere hvilke deler av en avsetning som vil være best egnet for uttak og til forskjellige formål. For nærmere kvalitetsvurdering av en avsetning vil georadarkartlegging kunne styre plasseringen av og redusere kostnadene til boring og prøvetaking. En sand- og grusressurs avgrenses mot dypet av grunnvannsspeil, fjell eller andre løsmassetyper. Når dette dypet er mindre enn georadarens penetrasjonsevne, vil målemetoden kunne angi mektighet og volum av utnyttbar ressurs.

Georadar vil være en viktig supplerende metode ved hydrogeologisk kartlegging og undersøkelser, spesielt i områder hvor grunnvannspeilet ligger relativt grunt i løsmassene og utnyttbar grunnvannssonen har forholdsvis begrenset mektighet. Begrensningen av denne sonen mot dypet kan være fjell, morene eller finkornig materiale. Det siste er typisk for elveavsetninger og resente deltaavsetninger. Metoden vil kunne skille ut områder med de gunstigste materialtyper og hvor disse har størst mektighet. I avsetninger som står i kontakt med sjøvann vil metoden trolig kunne indikere hvor grunnvannet blir infiltrert av saltvann.

Georadar kan også bli et meget nyttig hjelpemiddel ved miljøgeologiske undersøkelser, da som regel kombinert med andre geofysiske metoder og/eller boringer. Det kan f.eks. dreie seg om oppsøking og kartlegging av gamle deponier, kartlegge grunnen ved anlegg av nye deponier, kartlegge forurensing osv. Et godt eksempel på det siste er rapportert fra Canada (Davis & Annan 1989).

I områder med tynt løsmassedekke vil georadar være et nyttig redskap for kartlegging av sprekker og andre svakhetssoner i fjellgrunnen. Sprekkekartlegging er spesielt viktig for vurdering av grunnvannsmulighetene i fjell og for å styre plassering av borebrønner, men lokalisering av svakhetssoner kan også være nyttig informasjon til andre ingeniørgeologiske formål og til strukturgeologiske og tektoniske studier. Eksempler på bruk av georadar ved fjellundersøkelser er gitt av Davis & Annan (1989). De viser også at metoden kan brukes til å kartlegge forløpet av en gangbergart som har relativt små avvik i fysiske egenskaper fra omgivende bergart.

Det er viktig å ha en god styring med bruken av de forskjellige geofysiske metodene. Til dette kreves godt kjennskap til de enkelte metoders egenskaper og muligheter. For å avgjøre hvilken metode eller kombinasjon av metoder som vil være best egnet i et område er det nødvendig å trekke inn tilgjengelig geologisk forhåndsinformasjon. Dessuten må ønskemål for undersøkelsen og de aktuelle problemstillinger i området defineres klarest mulig.

## 8. UTSTYRSKOMMENTARER

Med den anvendte antenne med senterfrekvens 120 MHz er det oppnådd et relativt begrenset penetrasjonsdyp. Det er usikkert om bruk av en 80 MHz antenne ville ha øket dybderekkevidden noe vesentlig.

Opprinnelig var det meningen å benytte to antenner ved målingene, en som sender og en som mottager. Sendereffekten kunne da økes betydelig. Tekniske problemer gjorde at slike målinger ikke lot seg gjennomføre. Det er derfor ikke mulig å si noe om bruk av separate antenner ville medført noen særlig økning i penetrasjonen.

Store nedbørmengder i dagene før og første del av måleperioden gjorde at det var unormalt høyt vanninnhold i overflatematerialet.

Dette kan ha virket i negativ retning for penetrasjonsevnen. Værforholdene medførte at det oppstod en del signaloverføringsproblemer på grunn av fuktighet i overgangskontaktene.

Det kan regnes at målingene ble gjennomført i løpet av 3 felt-dager, dvs. en dagsproduksjon på ca. 5 km. Ved god forhåndsplanlegging og lett tilgjengelighet skulle det erfaringsvis være mulig å komme opp i en dagsprofilering på 7-8 km.

Radargrammene skjemmes av et markert støysignal som kommer inn i området 330-360 ns på tidsskalaen. Årsaken til denne systemstøyen er ikke kjent. Da antennen ikke er skjermet, kan det også komme inn uønskede signaler utenfra. På radargrammene kom det markerte hyperbelformede reflekser ved passering under luftspenn for lokal strømfordeling. Målingene ble i ett tilfelle kraftig forstyrret ved nær passering av mobiltelefon hvor samtale pågikk.

Ved analog registrering med direkte utskrift i radargram må operatøren hele tiden kontrollere forsterking og filtrering for å oppnå optimale utskrifter. Det er som regel nødvendig med noen prøveopptak før ordinær profilering for å bestemme visse instrumentparametre. Langs profilene kan det være brå variasjoner i signalforholdene. Dette kan medføre tapt informasjon på grunn av problem med justering av opptaksparametrene. Det er nå mulig å tilkoble utstyr for digital registrering og lagring av radarsignalene. Det kan da foretas prosessering av data i ettertid slik at utskriften kan gi optimal informasjon.

Foruten GSSI i USA fins det kommersielle produsenter av georadar-systemer både i Japan (OYO) og i Canada (Sensors & Software Inc.). Sistnevnte, som har betegnelsen pulse EKKO IV, er basert på punkt-vise observasjoner langs profil. Det er nylig også utviklet georadarsystem i Norge som er tatt i bruk av NGI.

## 9. KONKLUSJON

Erfaringene fra forsøksmålingene og en generell metodevurdering viser at georadar vil være et velegnet hjelpemiddel innen flere av NGUs virksomheter, det vil spesielt si innen generell løsmassekartlegging, undersøkelser av sand- og grusressurser, hydrogeologi og miljøgeologi.

I sand og/eller grusdominerte avsetninger gir metoden kontinuerlig profilinformasjon med høy oppløsning ned til 12-20 m dyp under terrengnivå. Den begrensede dybderekkevidde og at metoden ikke er egnet i områder dekket av silt og leire, viser at georadar ikke kan erstatte andre geofysiske metoder, men vil være et viktig supplement til disse.

Dersom NGU skal ha et mest mulig komplett tilbud å gi innen ingeniørgeofysikk vil det være nødvendig også å kunne disponere georadarmetoden. De aktuelle og framtidige behov for georadarmålinger innenfor NGUs virksomhetsområder bør utredes. Dersom investering i georadarutstyr skal realiseres må det også vurderes nærmere hva slags utstyr NGU vil være best tjent med.

Trondheim, 6. juli 1990  
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
Geofysisk avdeling

*Jan Fredrik Tønnesen*  
Jan Fredrik Tønnesen  
forsker



## 10. REFERANSER

- Berg, F., Andreasen, F. & Ahrentzen, P. 1983: Georadar til sand- og gruskortlægning. Et samarbejdsprojekt mellem Fredningsstyrelsen, Danmarks Geologiske Undersøgelse og Statens Vejlaboratorium. Statens Vejlaboratorium. Interne notater 147.
- Davis, J.L. & Annan, A.P. 1989: Ground-Penetrating Radar for High-Resolution Mapping of Soil and Rock Stratigraphy. *Geophysical Prospecting* 37, 531-551.
- Hillestad, G. 1975: Seismiske målinger på Øvre Romerike i perioden 1967-1974 i forbindelse med den internasjonale hydrologiske dekaden (IHD). NGU-oppdrag 1310. (Originaltolkninger i NGUs arkiv.)
- Longva, O. 1987: Ullensaker 1915 II. Beskrivelse til kvartærgeologisk kart M 1:50 000 (med fargetrykt kart). *Nor. geol. unders. Skrifter* 76.
- Longva, O. & Østmo, S.R. 1986: Ullensaker 1915 II, kvartærgeologisk kart M 1:50 000. *Nor. geol. unders.*
- Sigurdsson, T. 1988: Georadarmätning vid Gardermoen, Ullensaker kommune, Akershus. (Testmätning i olika geologiska miljöer.) Sveriges Geologiska AB. ID-nr.: IRAP:88424.
- Ulriksen, P. 1982: Application of Impulse Radar to Civil Engineering. Doctoral Thesis, Dep. of Engin. Geol., Lund University of Technology, Sweden. LUTVDG/(TVTG-1001)/1-175/1982.
- Wolden, K. & Erichsen, E. 1989: Geologiske temakart for bruk i kommunal arealplanlegging. Ullensaker kommune. NGU rapport 89.038.
- Østmo, S.R. 1976a: Gardermoen, kvartærgeologisk kart CQR 051052-20, M 1:20 000. *Nor. geol. unders.*
- Østmo, S.R. 1976b: Hydrogeologisk kart over Øvre Romerike; grunnvann i løsavsetninger mellom Jessheim og Hurdalsjøen - M 1:20 000. *Nor. geol. unders.*
- Østmo, S.R. 1977: Rapport vedrørende kvartærgeologisk kartlegging med spesiell vekt på registrering og undersøkelse av sand- og grusforekomster i Ullensaker kommune, Akershus fylke. NGU rapport 0-75045.

VEDLEGG 1

Noen skandinaviske konsulentfirma som utfører georadarmålinger.

a. Firma som ble forespurt i forbindelse med forsøksmålingene

BÅÅTH

Ingenjørsfirman BÅÅTH AB

Nygatan 19B, Box 406

35106 Växjö - Sverige

Tlf. 0470 14560

(konsulentfirma, georadargruppen utgått fra SKANRAD)

NOTEBY

Norsk Teknisk Byggekontroll A/S

Waldemar Thranesgt. 75, Postboks 9810 Ila

0132 Oslo 1

Tlf. 02 204100

(Geofysikkavdelingen er nå skilt ut som eget firma med navnet Geomap A/S)

Ramböll & Hannemann A/S

Consulting Engineers and Planners

Teknikerbyen 38

DK-2830 Virum - København

Tlf. (+452) 856500

Sveriges Geologiska AB

Division Ingenjørsgeologi

Hovedkontor: Køpmangatan 40A, Box 801

95128 Luleå

Tlf. 0920 60300

Avdelingskontorer: Kungsgatan 109, Box 1424  
75144 Uppsala  
Tlf. 018 156420

Pusterviksgatan 2  
41301 Gøteborg  
Tlf. 031 101040

b. Firma som er etablert senere eller nylig har tatt i bruk georadar

Geomap A/S  
Garver Ytteborgsv. 98  
0977 Oslo 9  
Tlf. 02 214310

NGI  
Norges Geotekniske Institutt  
Sognsv. 72  
0855 Oslo 8  
Tlf. 02 230388  
(Norskutviklet utstyr)

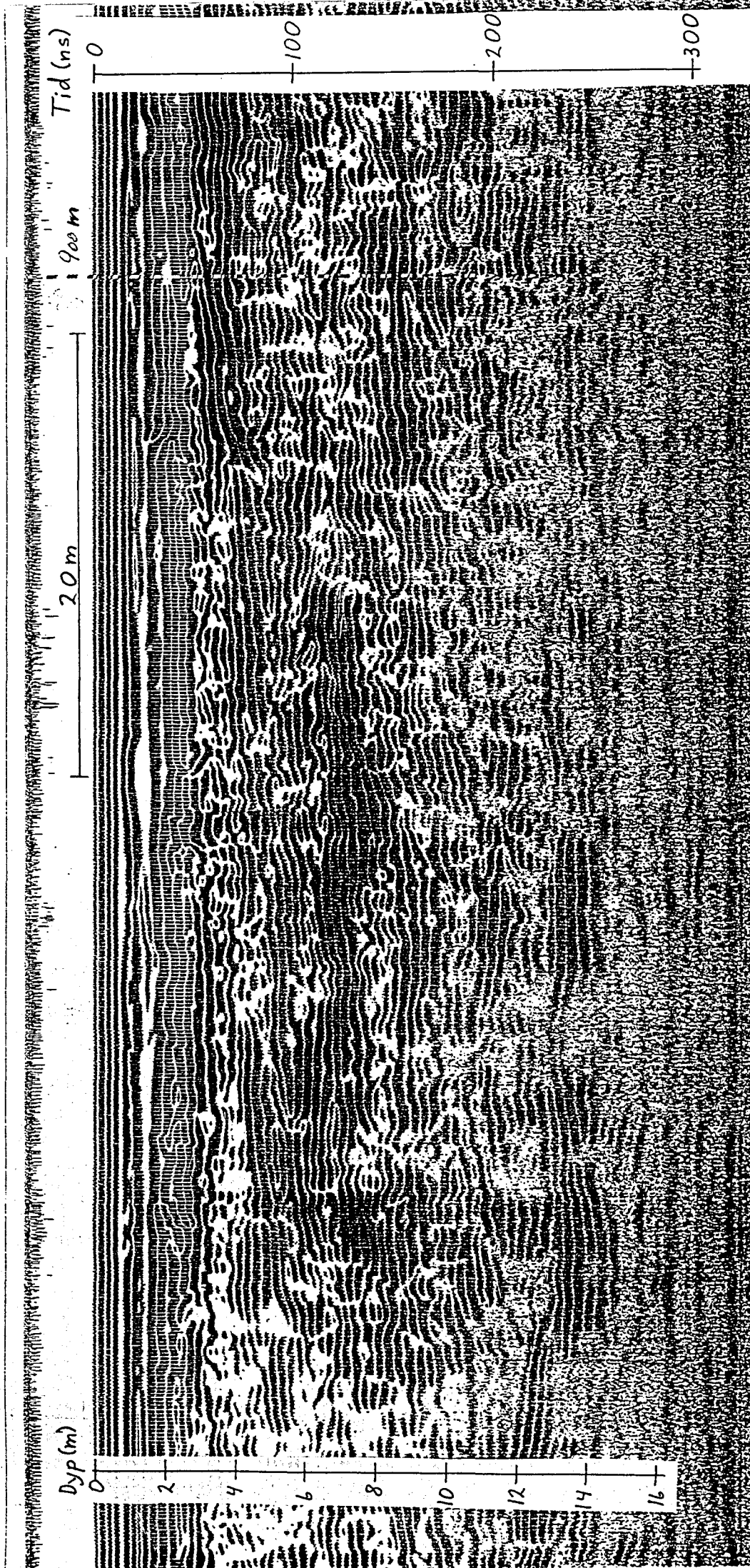
Thrainn Sigurdsson  
Nedre Axåsvägen 23  
44332 Lerum - Sverige  
Tlf. +302 12569  
(Tidligere i SGAB, tilbyr nå målinger med kanadisk utstyr, "pulse EKKO IV")

VEDLEGG 2 Profilutsnitt av radargrammene

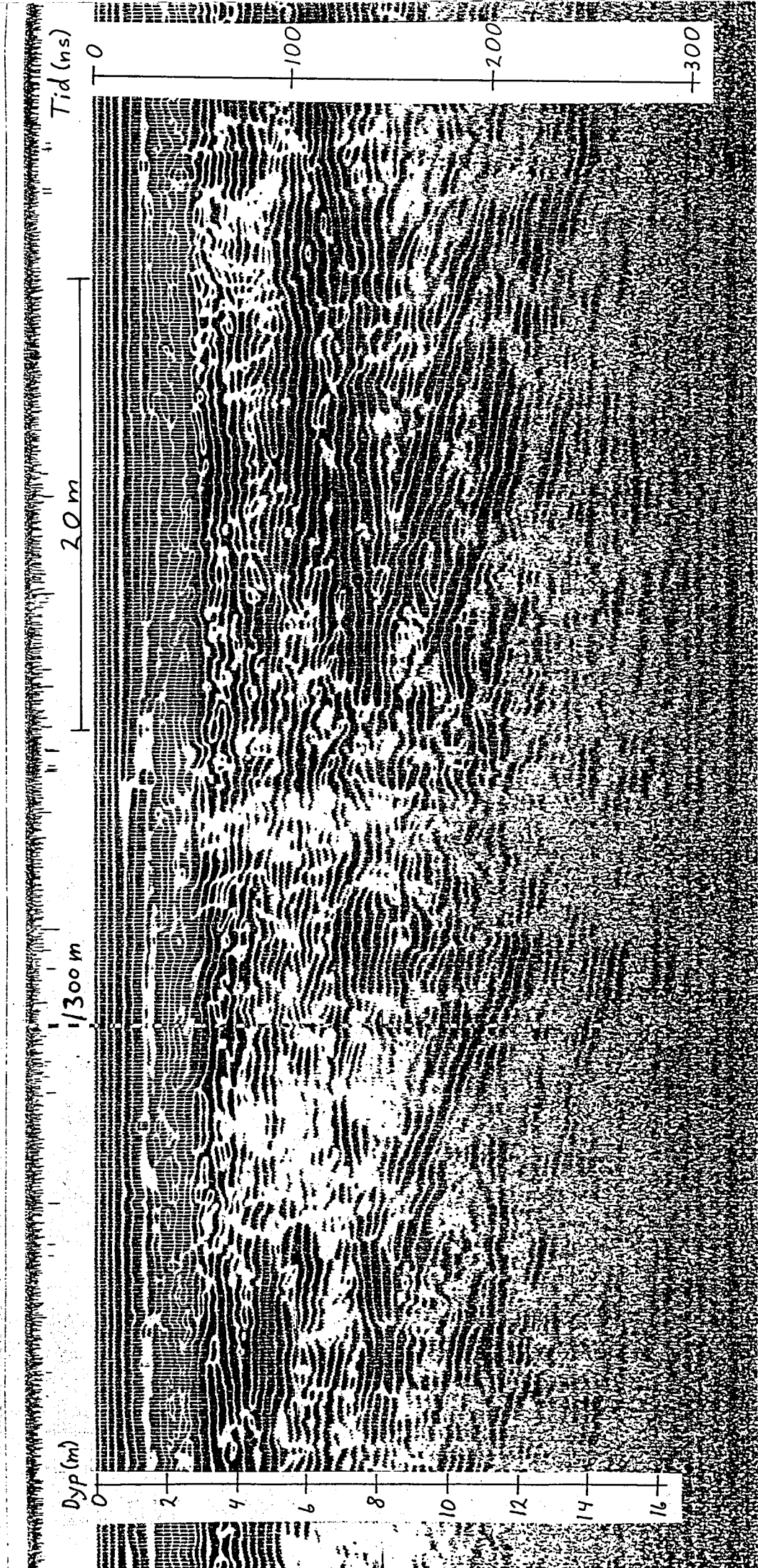
2A. Delområde A (Utsnitt A1-A7)

2B. Delområde B (Utsnitt B1-B5)

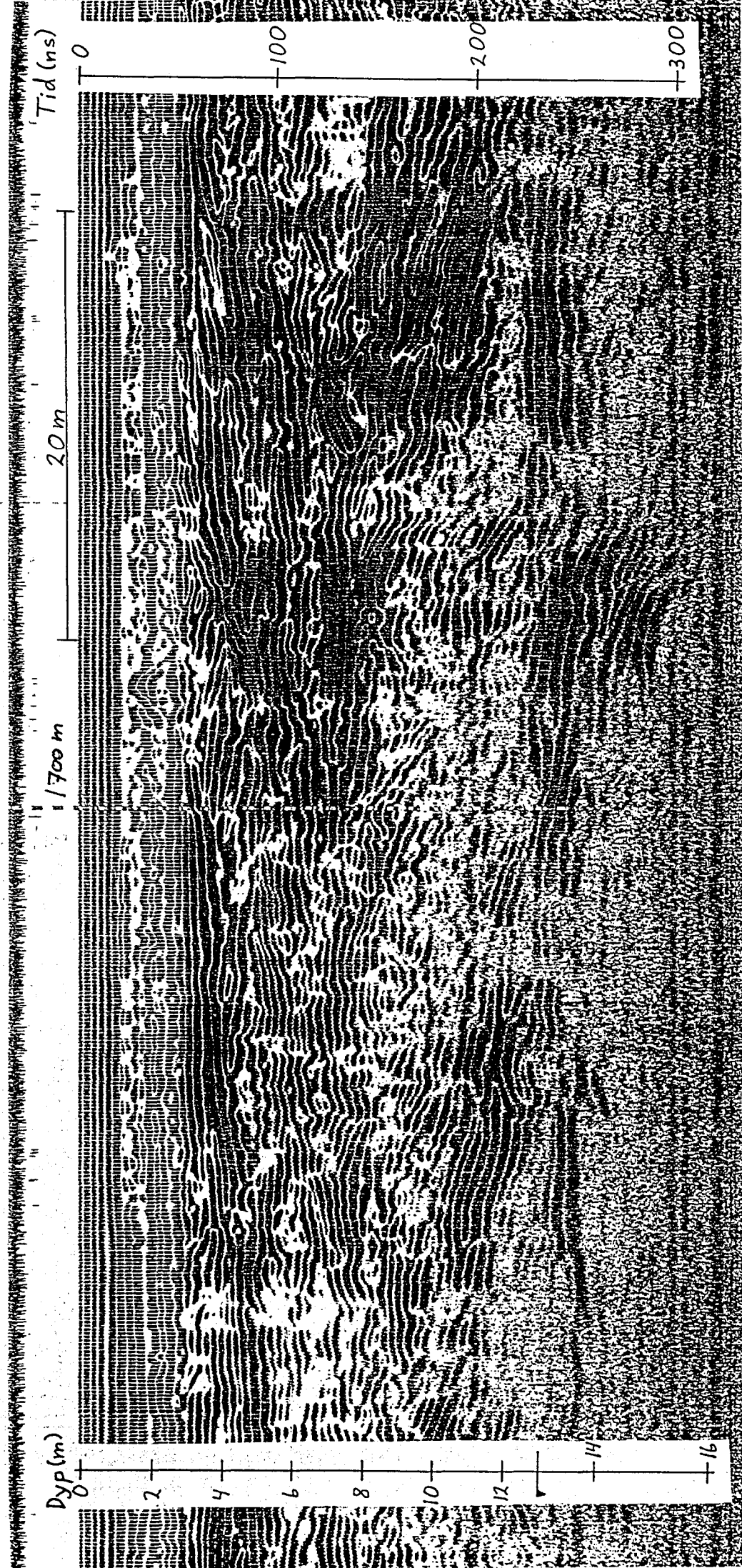
2C. Delområde C (Utsnitt C1-C5)



Vedlegg 2A, Utsnitt A1

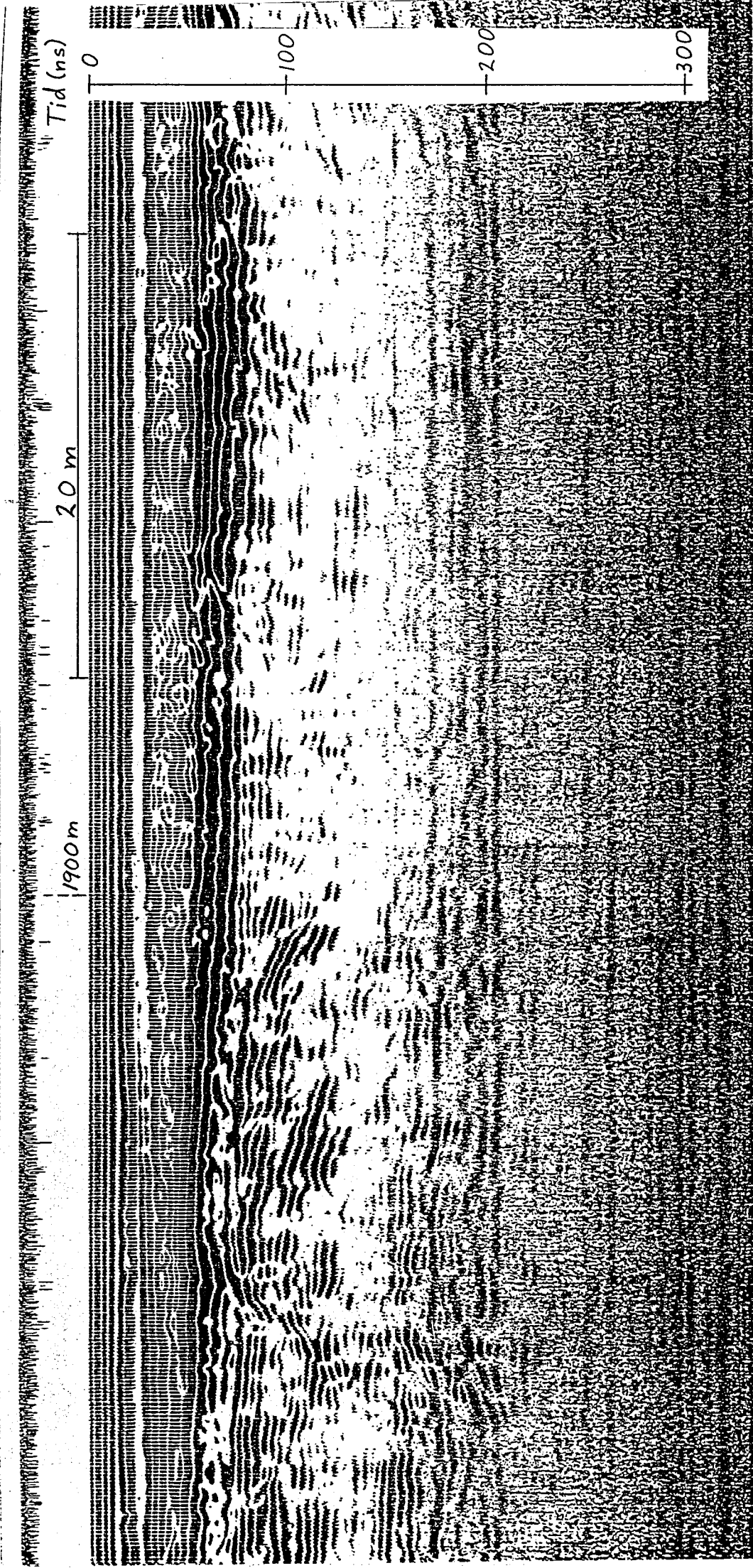


vedlegg 2A, Utsnitt A2



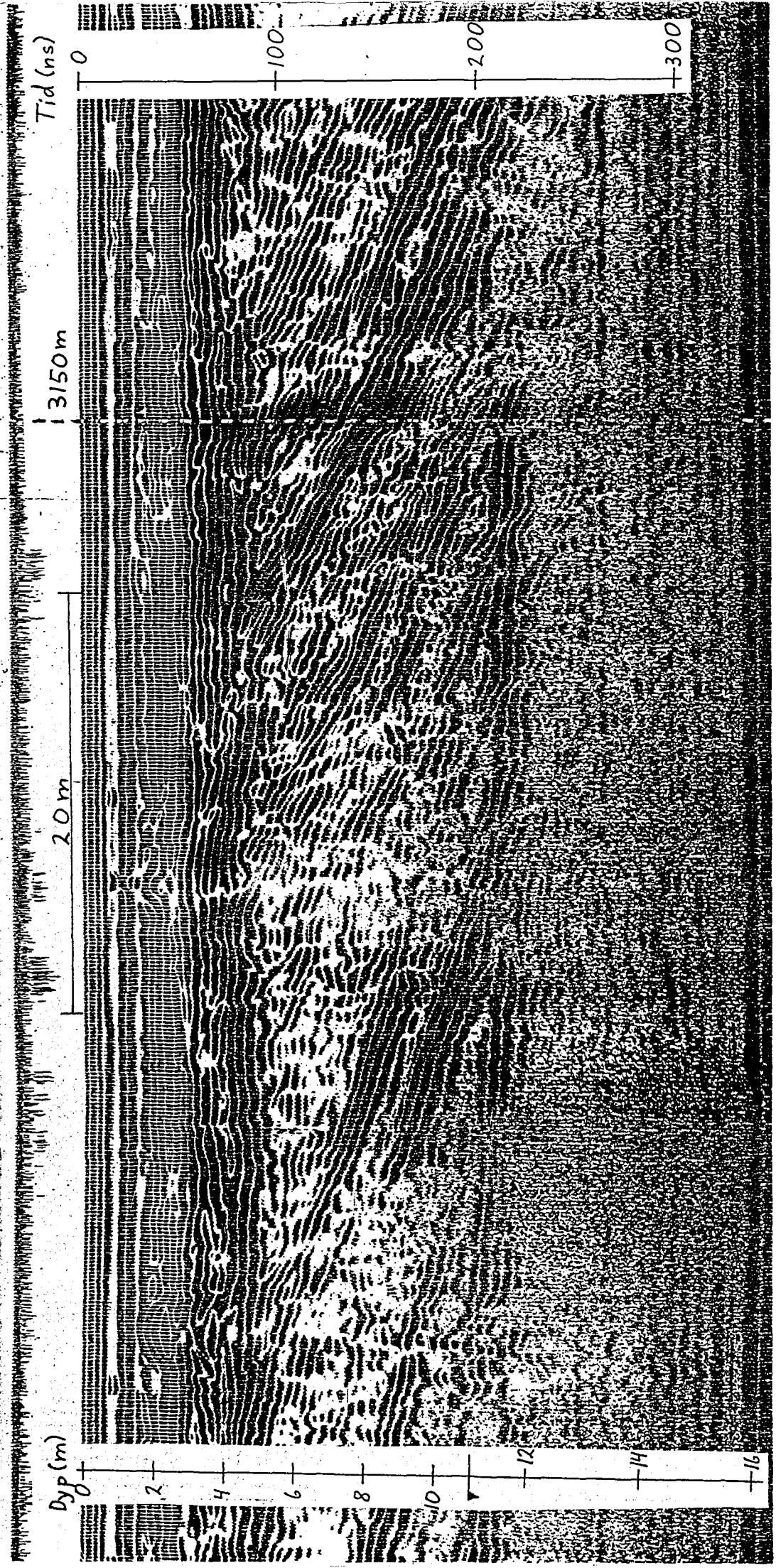
Vedlegg 2A, Utsnitt A3



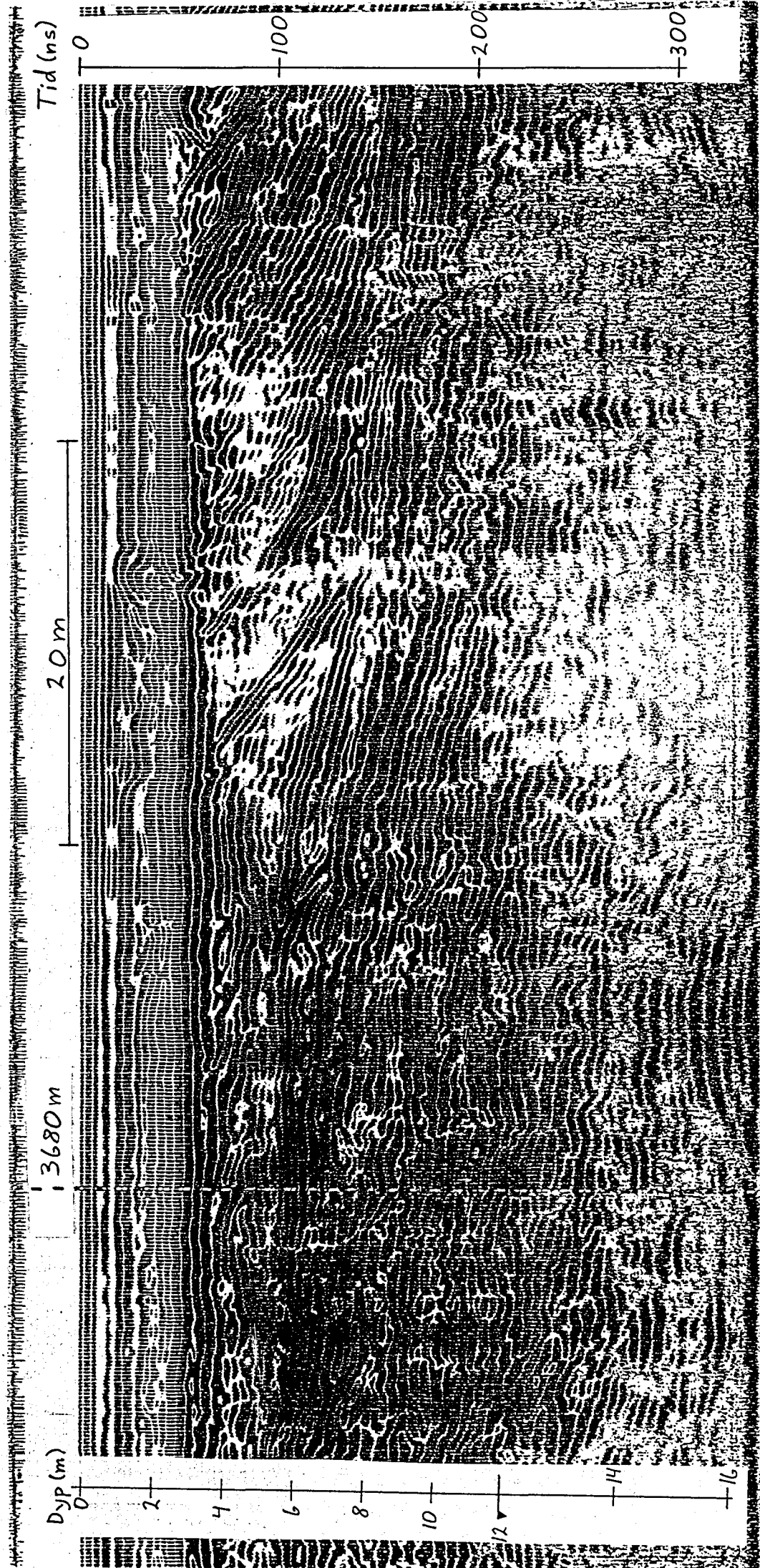


Vedlegg 2A, Utsnitt A4

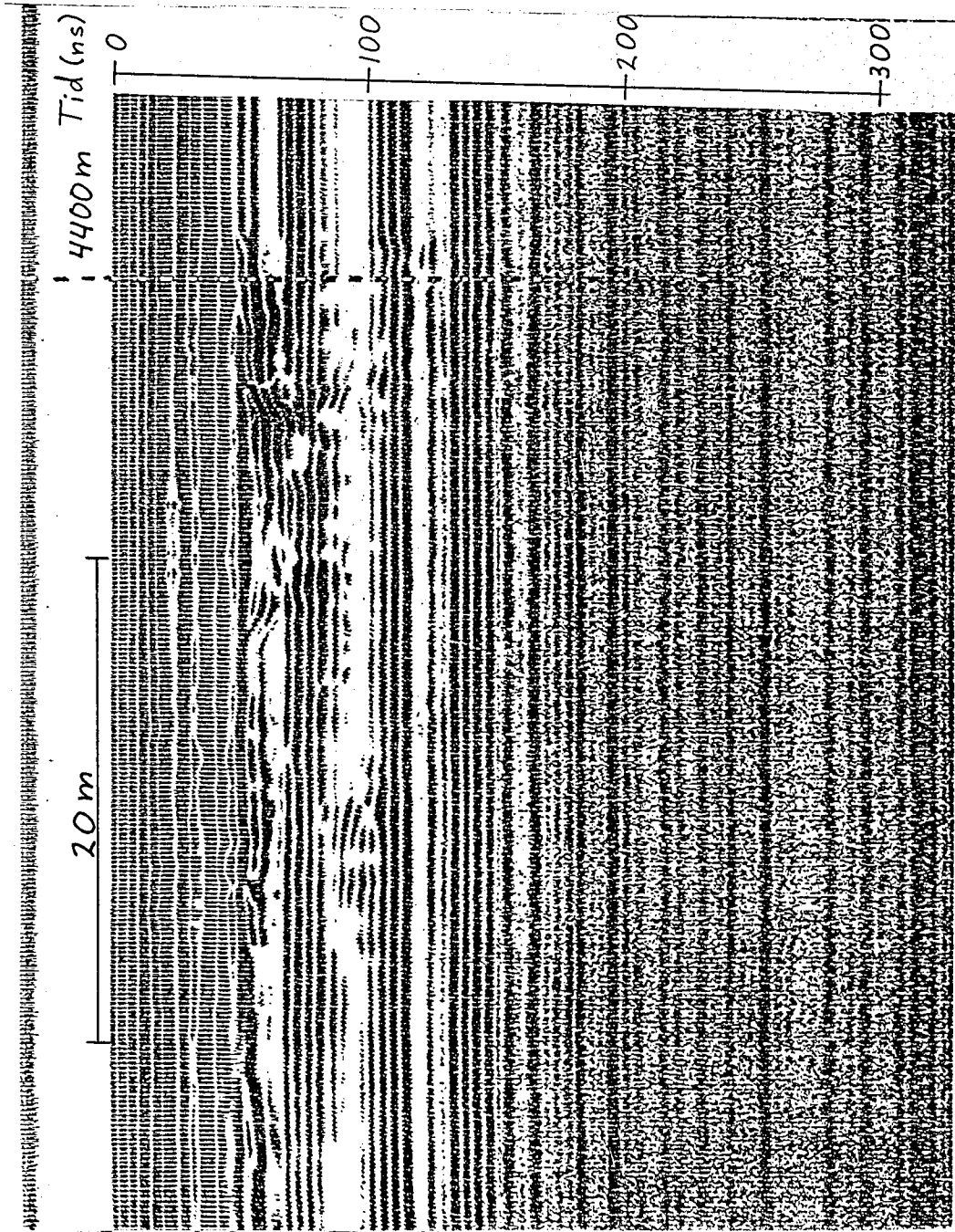




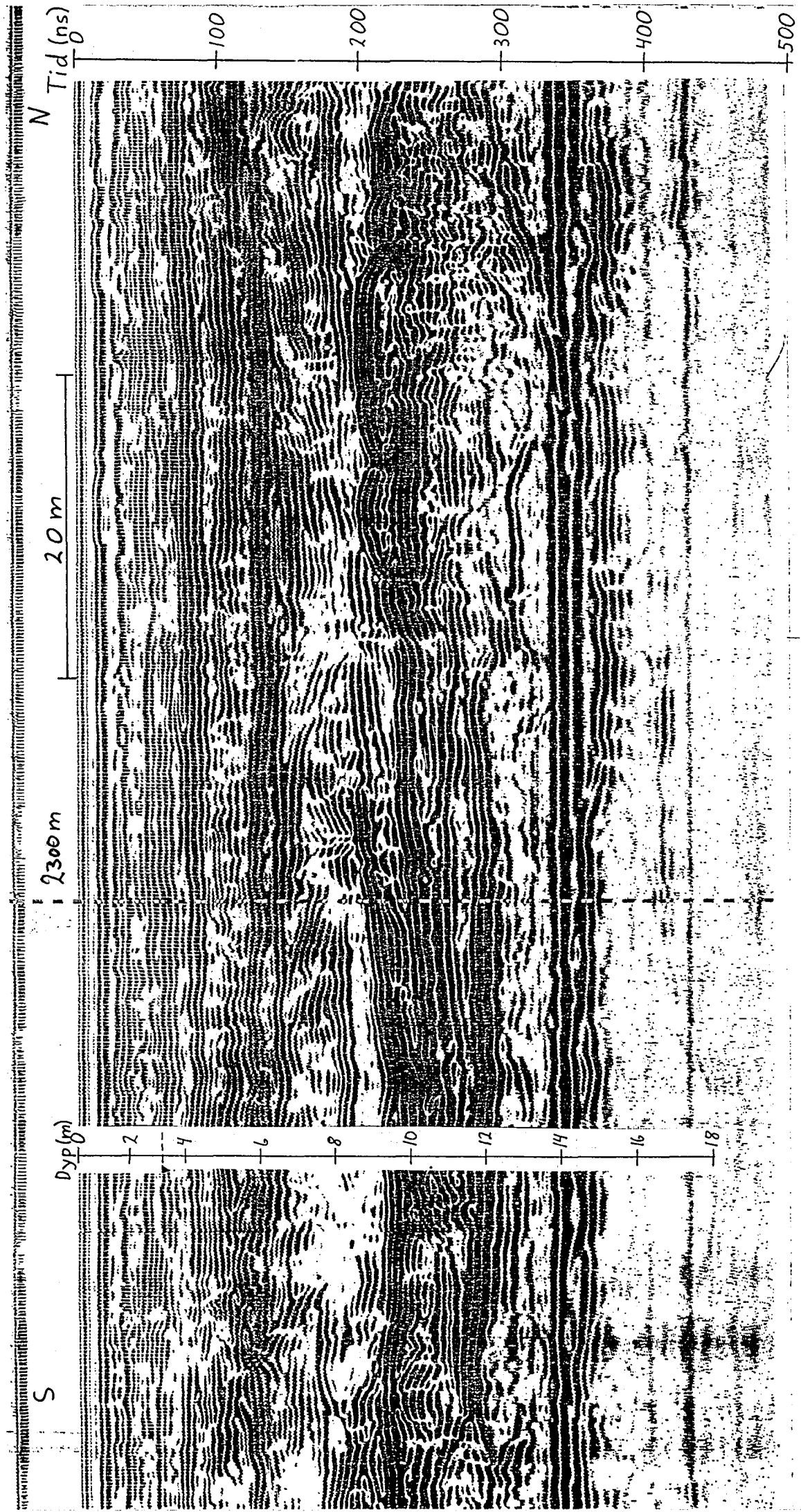
vedlegg 2A, Utsnitt A5



Vedlegg 2A, Utsnitt A6

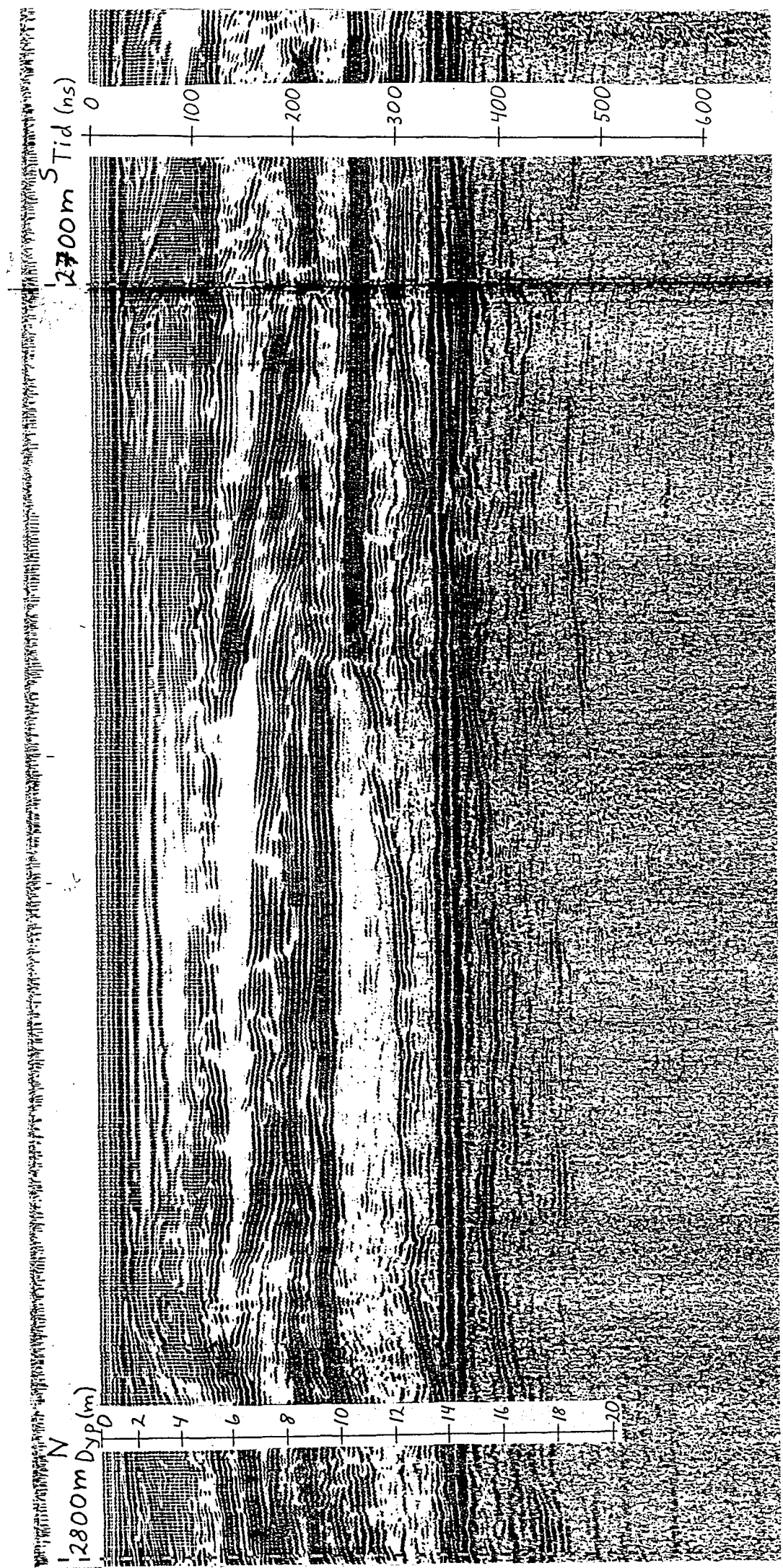


vedlegg 2A, Utsnitt A7

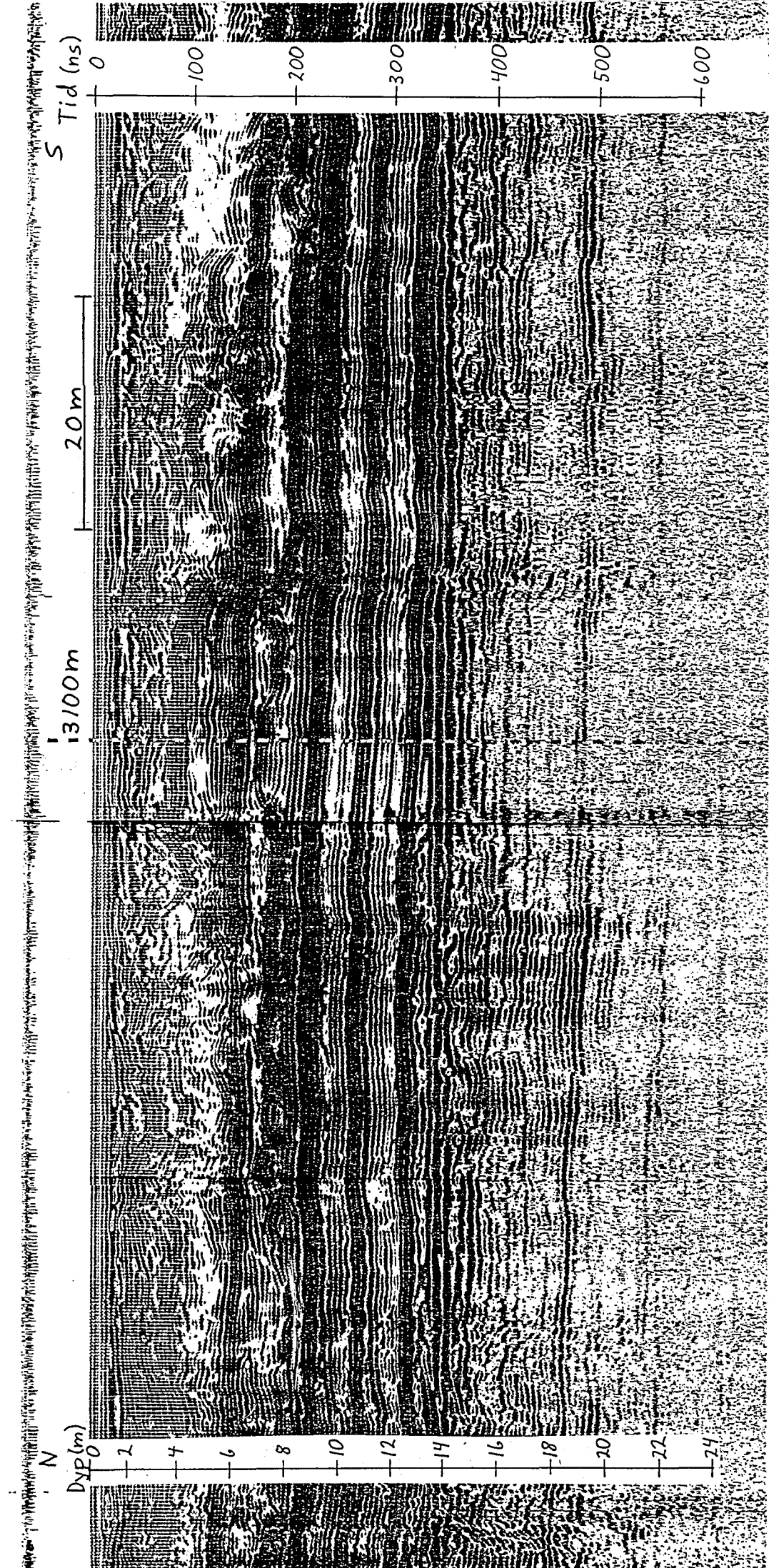


Vedlegg 2B, Utsnitt B1

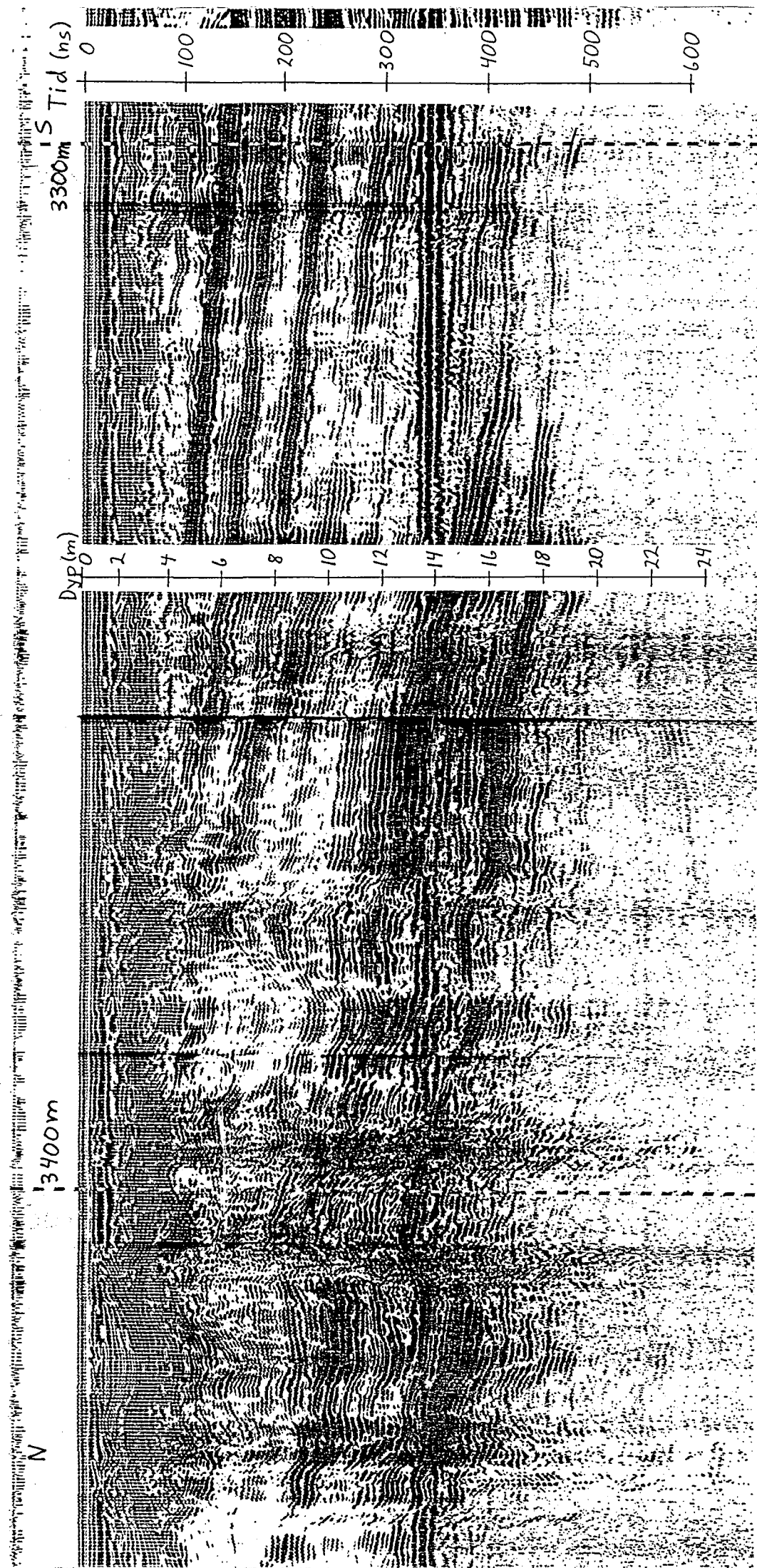




Vedlegg 2B, Utsnitt B2

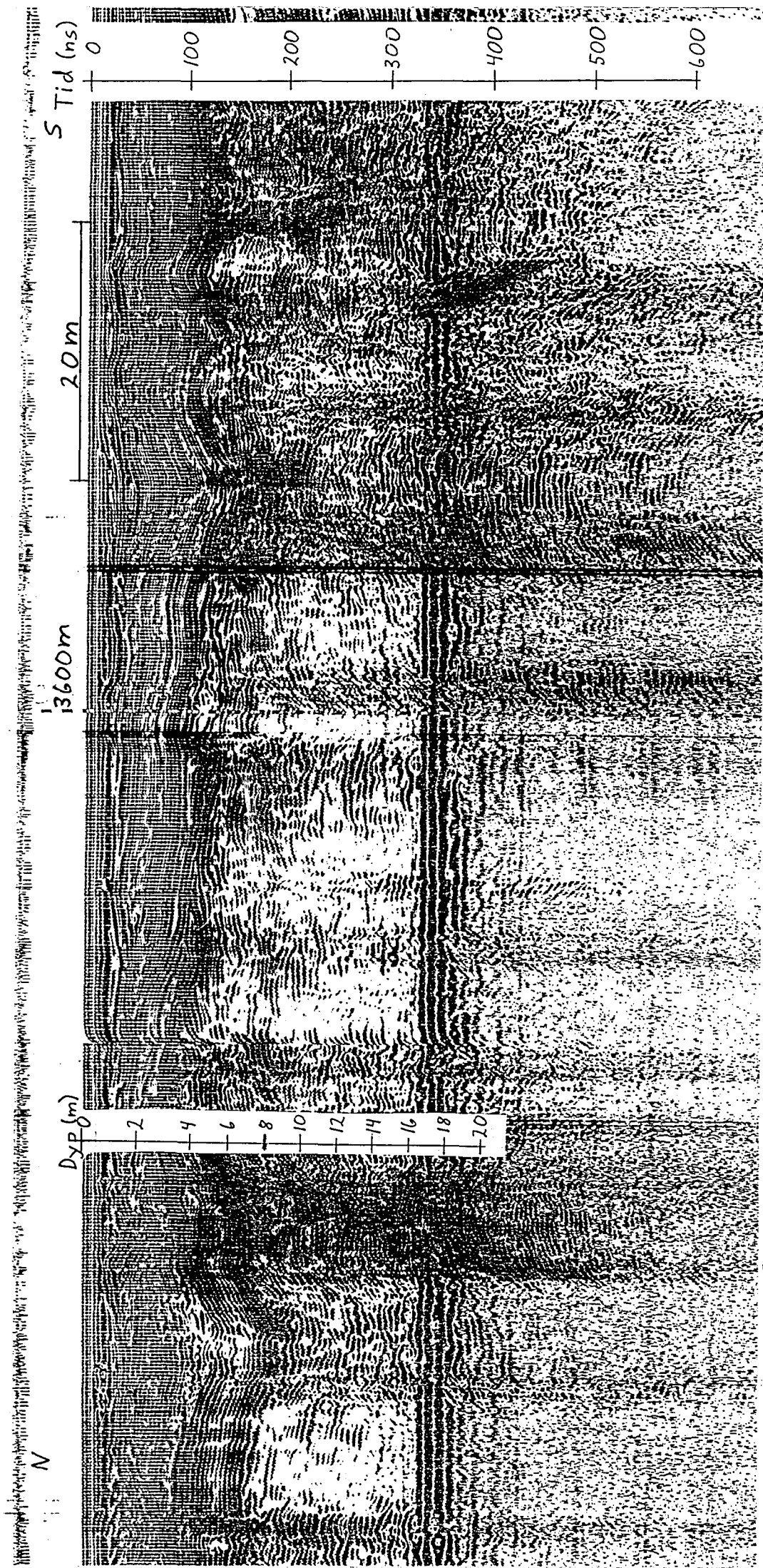


Vedlegg 2B, Utsnitt B3



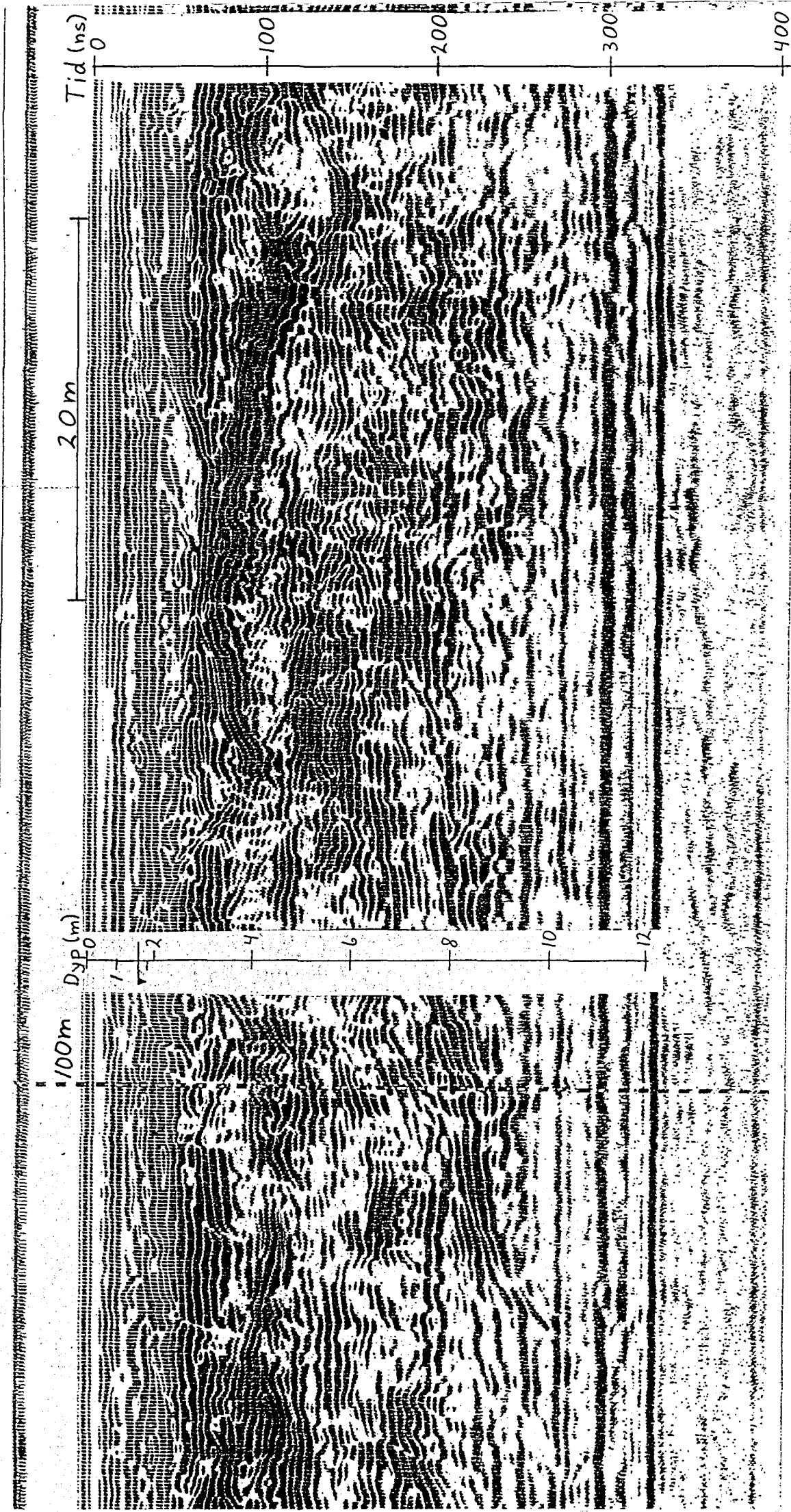
Vedlegg 2B, Utsnitt B4



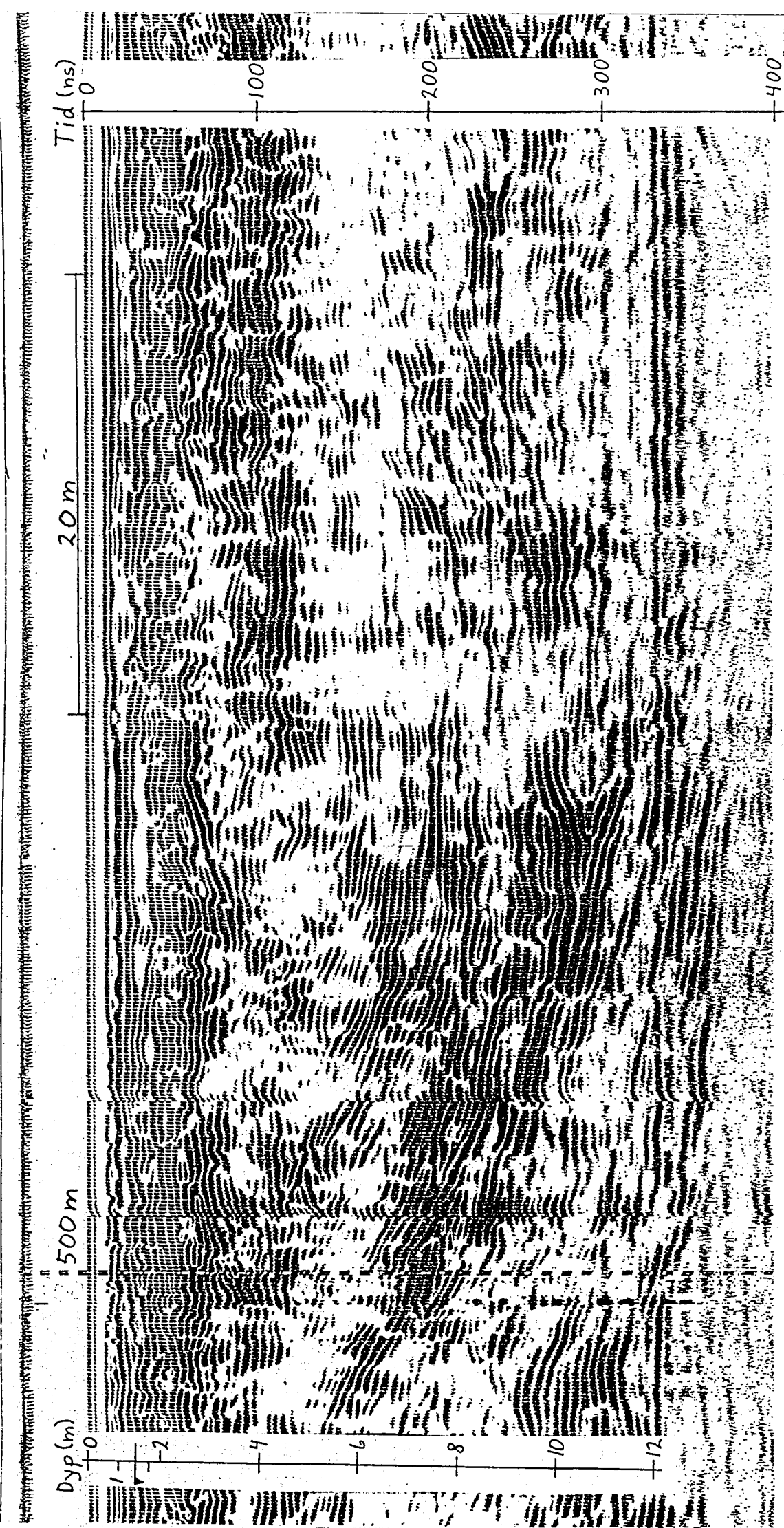


Vedlegg 2B, Utsnitt B5

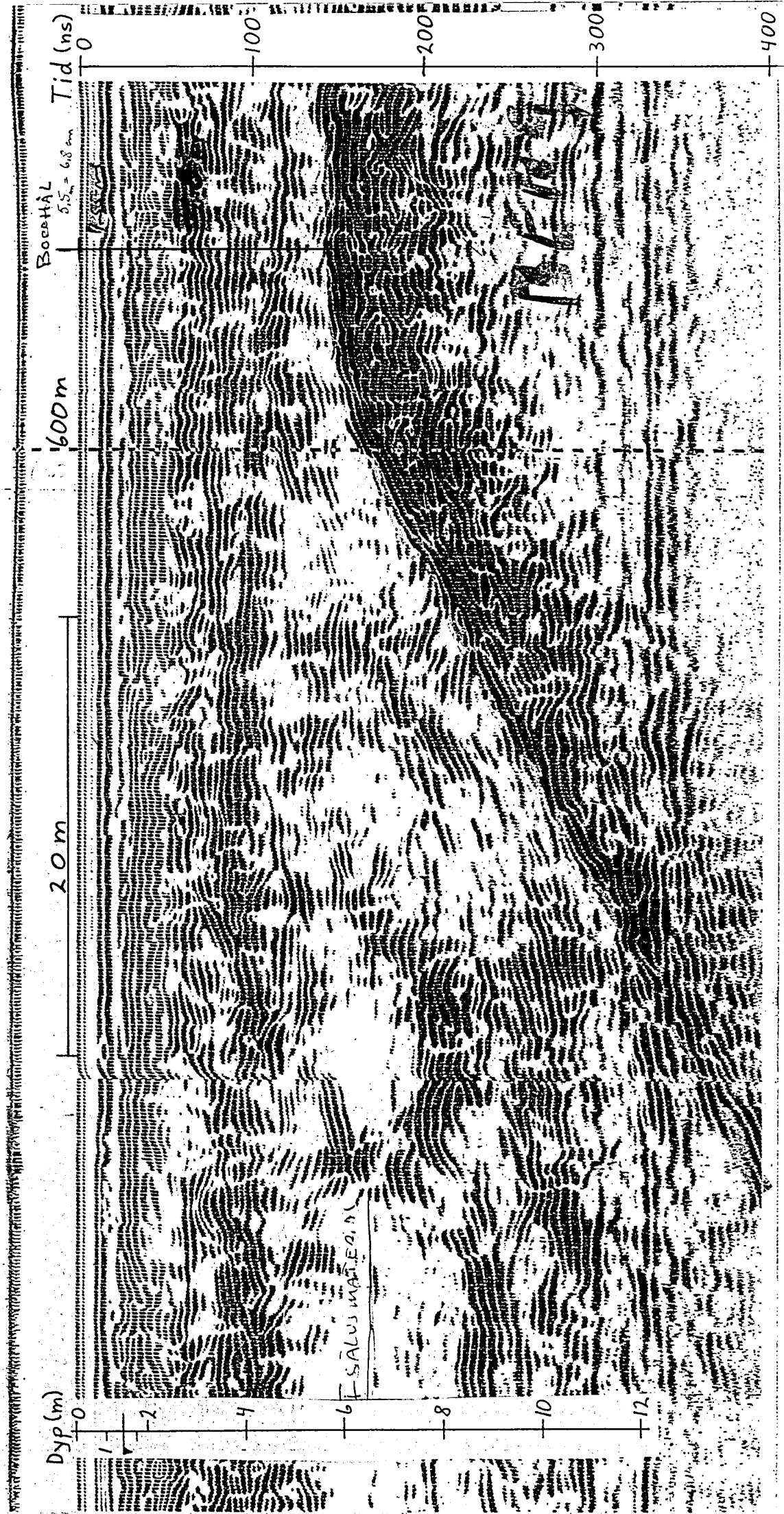




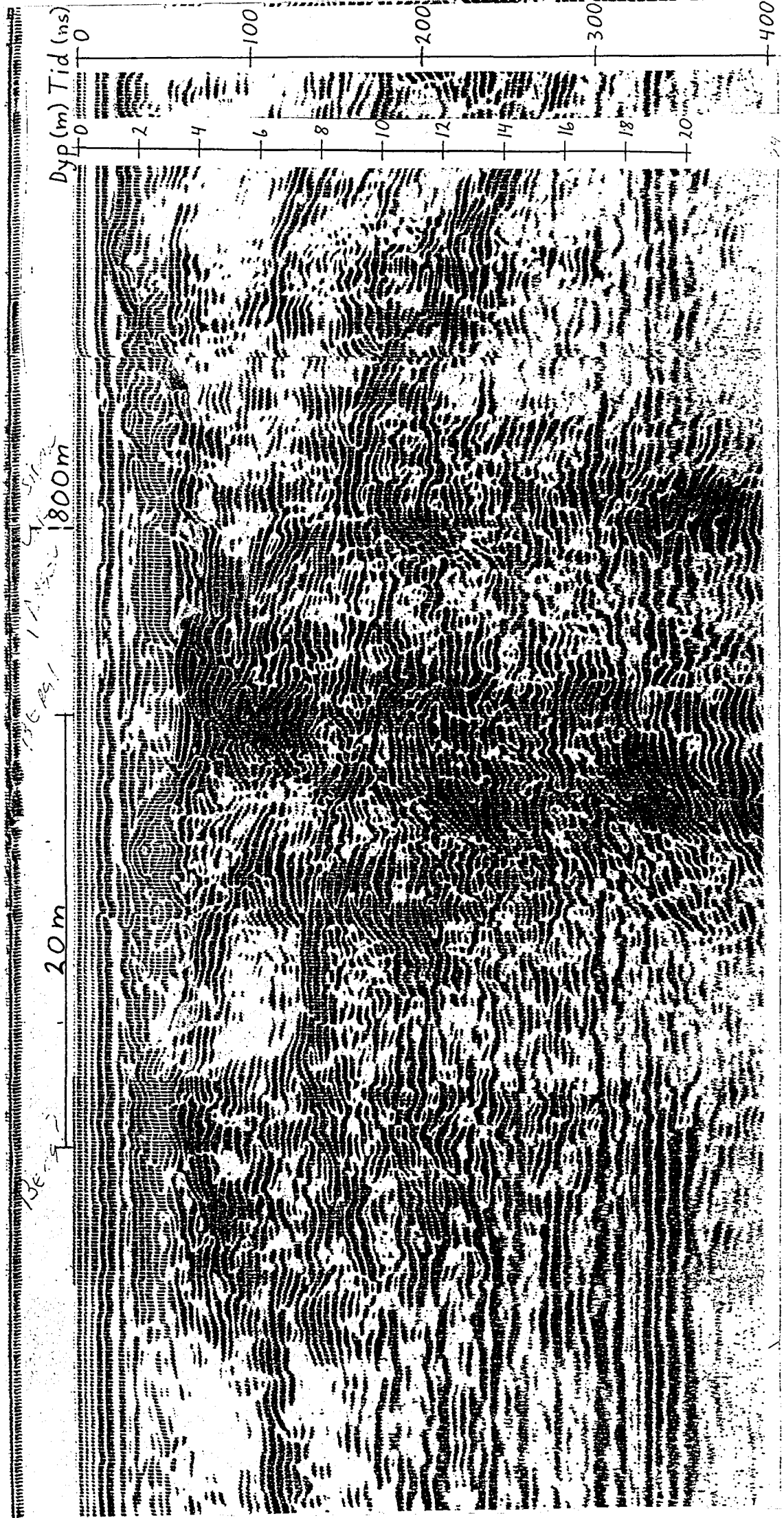
vedlegg 2C, Utsnitt CI



vedlegg 2C, Utsnitt C2

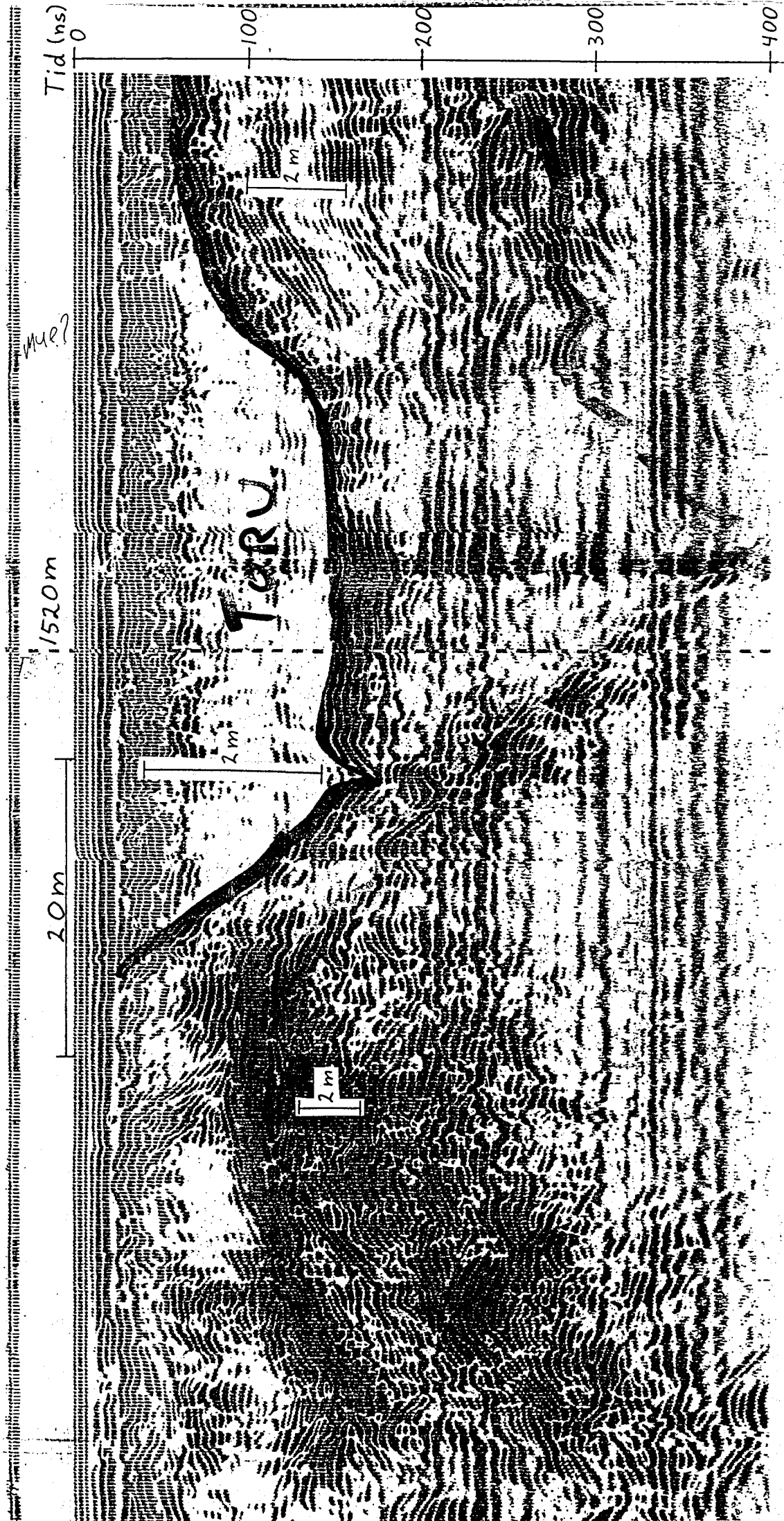


Vedlegg 2C, Utsnitt C3

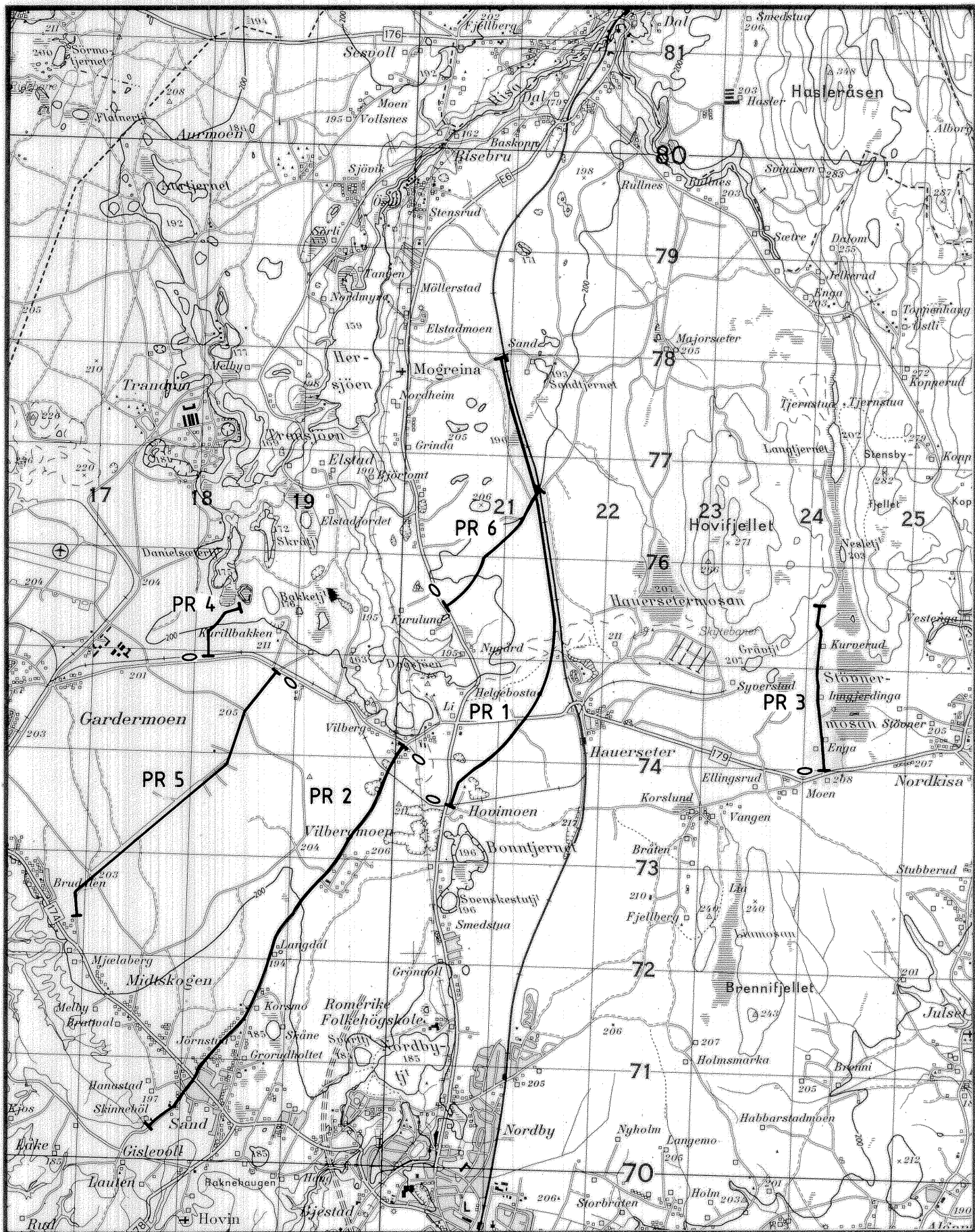


Vedlegg 2C, Utsnitt C4





vedlegg 2C, Utsnitt C5



NGU  
 GEORADAR - MÅLINGER  
 OVERSIKTSKART  
**ULLENSAKER**  
 ULLENSAKER, AKERSHUS FYLKE

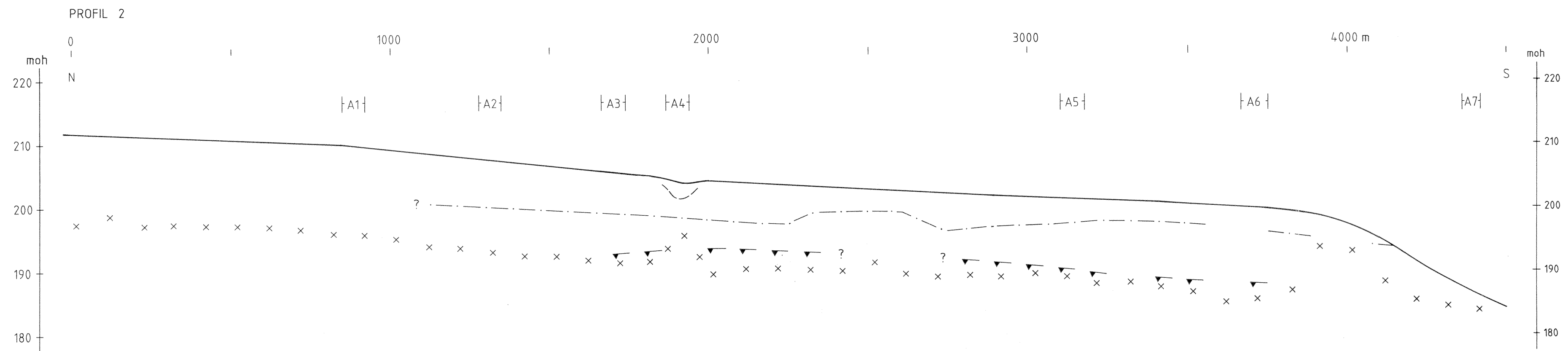
MÅLESTOKK  
**1: 50 000**

MÅLT	AUG 1988
TEGN JFT	MAI 1990
TRAC RB	JULI 1990
KFR.	

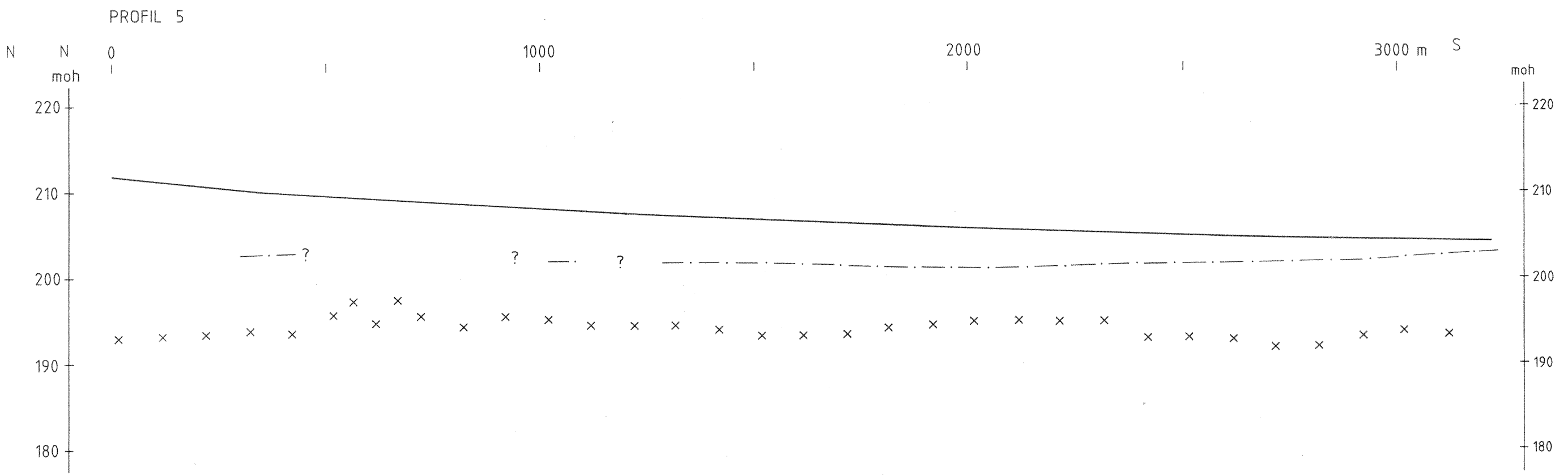
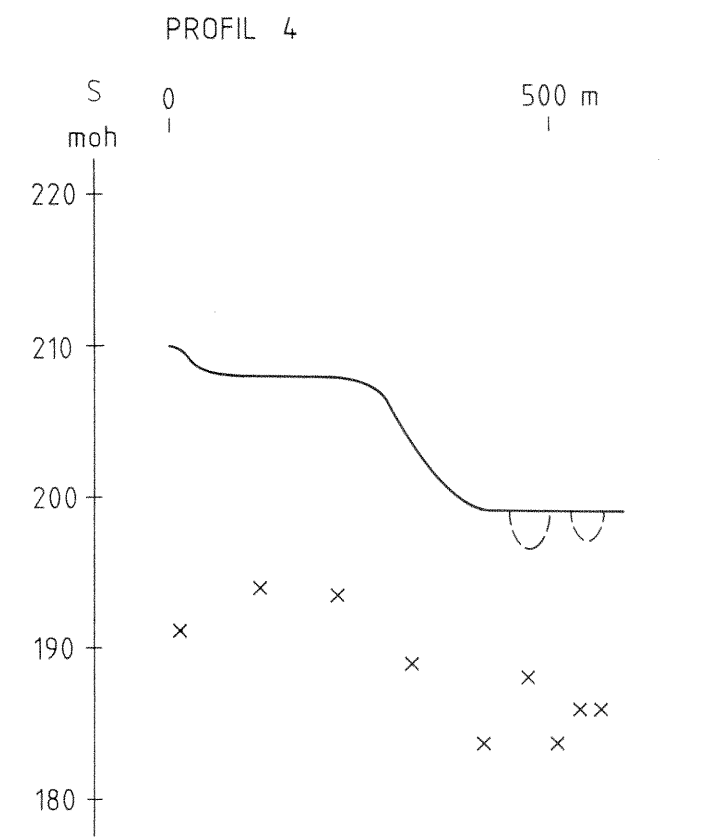
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
 TRONDHEIM

TEGNING NR.  
**90.104 - 01**

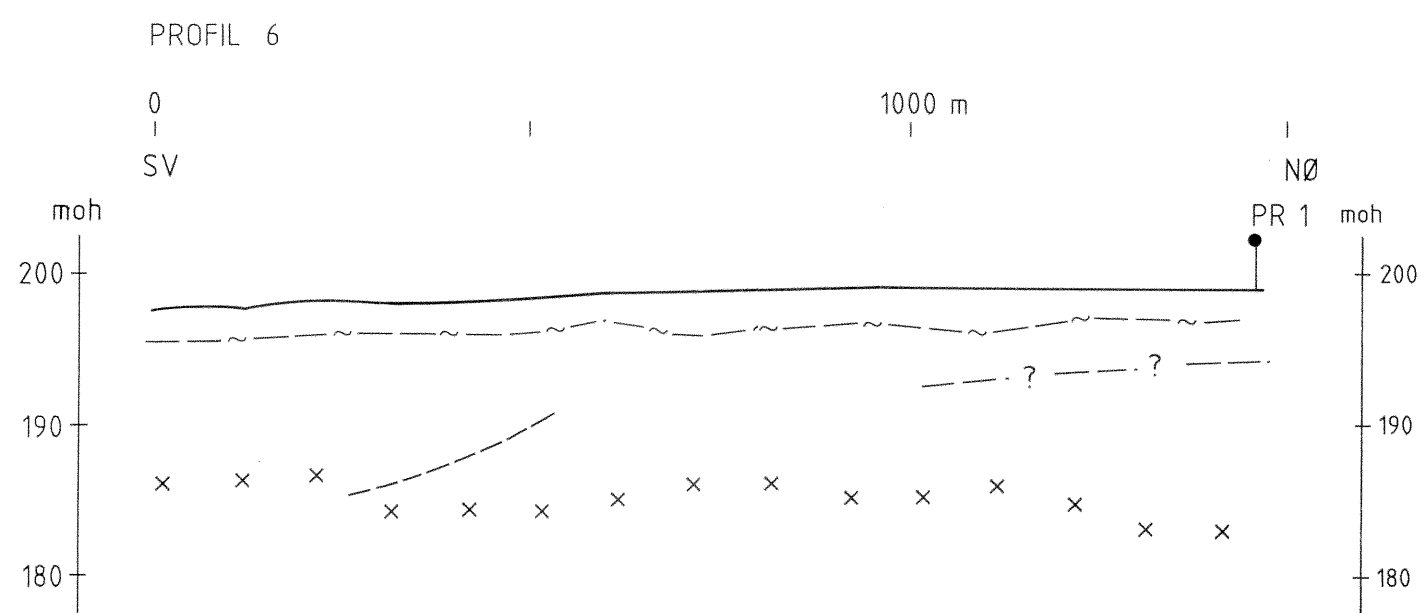
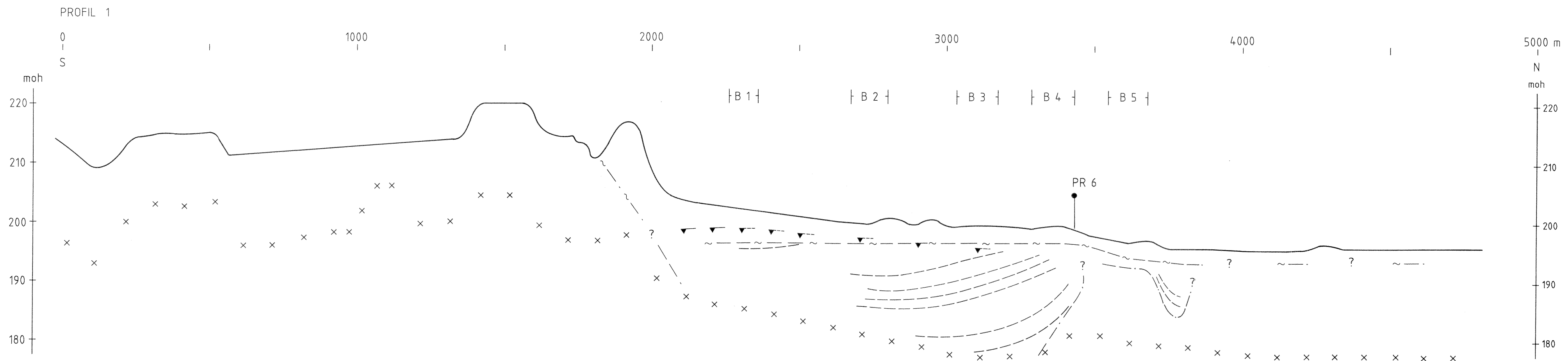
KARTBLAD NR.  
**1915 II**



- TEGNFORKLARING
- TERRENGOVERFLATE
  - · - · - · OVERGRENSE SKRÅSJKTET DELTA-AVSETN.
  - - - - - SPESIELL / MARKERT INTERN REFLEKTOR
  - ▼ ▼ GRUNNVANNSSPEIL
  - x x x PENETRASJONSGRENSE
  - { A X } PROFILUTSNITT VEDLEGG 2



NGU GEORADAR - MÅLINGER TOLKNINGS-PROFILER DELOMRÅDE A <b>ULLENSAKER</b> ULLENSAKER, AKERSHUS FYLKE	MÅLESTOKK	MÅLT	AUG 1988
	H 1: 10 000	TEGN JFT	MAI 1990
	V 1: 5 00	TRAC RB	JULI 1990
	KFR		
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR 90.104 - 02	KARTBLAD NR 1915 II	

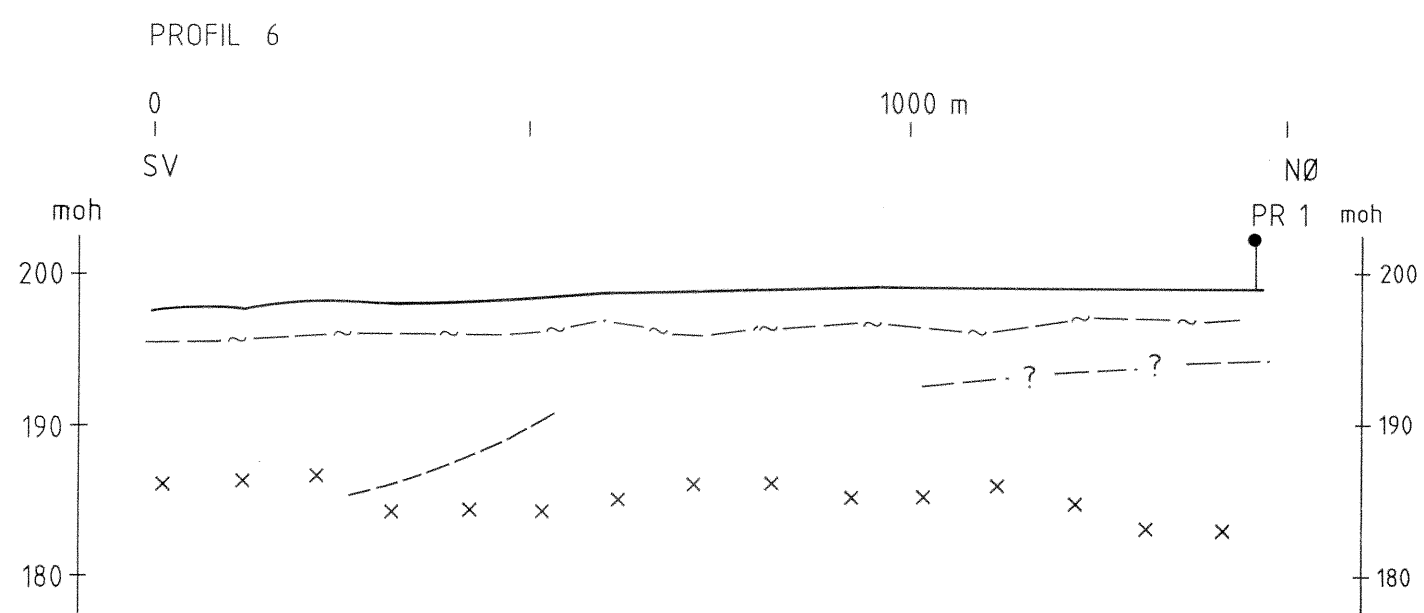
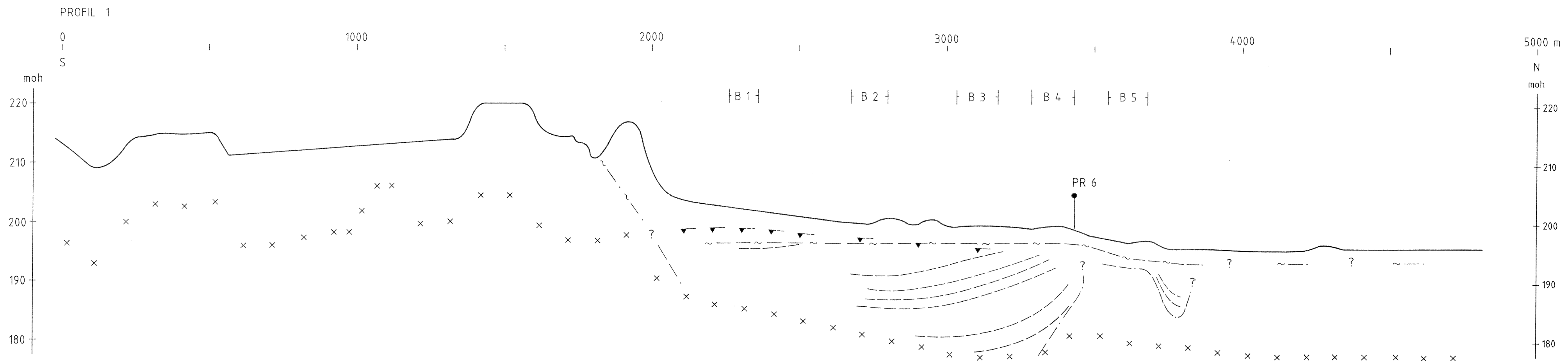


TEGNFORKLARING

- TERRENGOVERFLATE
- ▼ ▼ GRUNNVANNSSPEIL
- ~ ~ GRENSE VIND-/BRESJØ-AVSETN.
- ~ ~ GRENSE VIND-/BREELV-AVSETN.
- - - GRENSE BRESJØ-/BREELV-AVSETN.
- - - UTHOLDENDE/MARKERTE INTERNE LAGREFLEKTORER
- x x x PENETRASJONGRENSE
- | B X | PROFILUTSNITT VEDLEGG 2

NGU GEORADAR - MÅLINGER TOLKNINGS-PROFILER DELOMRÅDE B ULLENSAKER ULLENSAKER, AKERSHUS FYLKE	MÅLESTOKK	MÅLT	AUG 1988
	H 1: 10 000 V 1: 5 00	TEGN JFT	MAI 1990
		TRAC RB	JULI 1990
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	KFR		
	TEGNING NR 90.104 - 03	KARTBLAD NR 1915 II	



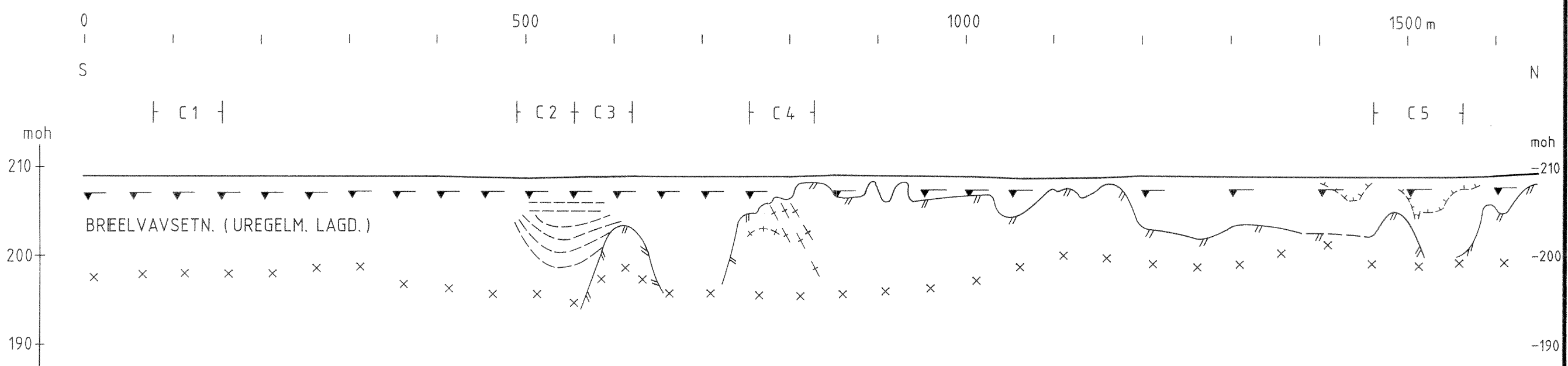


TEGNFORKLARING

- TERRENGOVERFLATE
- ▼ GRUNNVANNSSPEIL
- ~ GRENSE VIND-/BRESJØ-AVSETN.
- ~ GRENSE VIND-/BREELV-AVSETN.
- GRENSE BRESJØ-/BREELV-AVSETN.
- UTHOLDENDE/MARKERTE INTERNE LAGREFLEKTORER
- x x x PENETRASJONGRENSE
- | B X | PROFILUTSNITT VEDLEGG 2

NGU GEORADAR - MÅLINGER TOLKNINGS-PROFILER DELOMRÅDE B ULLENSAKER ULLENSAKER, AKERSHUS FYLKE	MÅLESTOKK	MÅLT	AUG 1988
	H 1: 10 000 V 1: 5 00	TEGN JFT	MAI 1990
		TRAC RB	JULI 1990
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	KFR		
	TEGNING NR 90.104 - 03	KARTBLAD NR 1915 II	

PROFIL 3



TEGNFORKLARING

- TERRENGOVERFLATE
- ▼▼ GRUNNVANNSSPEIL
- ++++ BUNN AV MYR
- UTHOLDENDE/MARKERTE INTERNE LAGREFLEKTORER
- /// FJELLOVERFLATE
- +++ REFLEKTOR I FJELL (SPREKKSONE, FORKASTN. E.L.)
- xxx PENETRASJONSGRENSE
- | C X | PROFILUTSNITT VEDLEGG 2

NGU GEORADAR - MÅLINGER TOLKNINGS-PROFIL DELOMRÅDE C <b>ULLENSAKER</b> ULLENSAKER, AKERSHUS FYLKE	MÅLESTOKK	MÅLT	AUG 1988
	H 1: 5 000 V 1: 5 00	TEGN JFT	MAI 1990
		TRAC RB	JULI 1990
	KFR		
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR 90.104 - 04	KARTBLAD NR 1915 II	