

NGU Rapport 96.046

Georadarmålinger ved Bråsteinvatnet i Sandnes

Rapport nr.: 96.046		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen	
Tittel: Georadarmålinger ved Bråsteinvatnet i Sandnes				
Forfatter: Jan Fredrik Tønnesen		Oppdragsgiver: NGU/UiB, Geologisk inst. avd.B		
Fylke: Rogaland		Kommune: Sandnes		
Kartblad (M=1:250.000) Stavanger		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1212 IV Stavanger		
Forekomstens navn og koordinater: Bråsteinvatnet 32V 3154 65229 (ED50)		Sidetall: 11	Pris: 60,-	
Feltarbeid utført: 8.-9.11. 1995		Rapportdato: 8.3.1996	Prosjektnr.: 63.2662.02	Ansvarlig: <i>Jan S. Rønning</i>
Sammendrag:				
<p>Georadarmålingene ble utført for å få en oversikt over mektighet og utbredelse av breelvavsetningene ved østenden av Bråsteinvatnet. Målingene omfatter 8 profiler med samlet lengde ca. 1,3 km. Undersøkelsen inngår i et større måleprogram som ble gjennomført på Jæren høsten 1995 i forbindelse med kartlegging og hydrogeologisk vurdering av en rekke løsmasseavsetninger.</p> <p>Målingene ved Bråsteinvatnet viser at det i store deler av området trolig er relativt grovt materiale (sand og grus) ned til 15-20 meters dyp. Løsmassene synes imidlertid å være avsatt i flere faser og kan derfor variere en god del i sammensetning. Sentralt i nordlige del av måleområdet er det et myrbasseng med en mektighet på opptil 5-7 m. Materialtypen under myra er usikker. Østligst i måleområdet er det indikert deponert materiale.</p> <p>Målingene viser at løsmassene i området kan være godt egnet for uttak av grunnvann. Før det kan trekkes noen endelig konklusjon om grunnvannsmulighetene, er det nødvendig å vurdere resultater fra oppfølgende boringer og prøvepumping.</p>				
Emneord: Geofysikk		Hydrogeologi		Georadar
Løsmasse		Grunnvann		
				Fagrapport

## **INNHold**

1 INNLEDNING .....	4
2 TIDLIGERE UNDERSØKELSER.....	4
3 METODE OG UTFØRELSE.....	4
4 RESULTATER .....	5
4.1 Profilbeskrivelser .....	5
4.2 Sammenfatning .....	7
5 KONKLUSJON .....	8
6 REFERANSER .....	9

## **TEKSTBILAG**

1. Georadar - metodebeskrivelse

## **KARTBILAG**

- 96.046-01    Georadaropptak, profil 9-14 og 17-18

## **1 INNLEDNING**

I samarbeid med Geologisk institutt avd. B ved Universitetet i Bergen, har NGU høsten 1995 utført georadarmålinger en rekke utvalgte steder på Jæren i forbindelse med kartlegging og hydrogeologisk vurdering av løsmasseavsetninger. Denne rapporten omhandler målingene som er utført ved østenden av Bråsteinvatnet i Sandnes kommune.

Formålet med disse målingene var å få en oversikt over mektighet og utbredelse av breelvavsetningene øst for Bråsteinvatnet og ut fra strukturer i løsmassene kunne si noe om avsetningsmønster og variasjon i materialet.

## **2 TIDLIGERE UNDERSØKELSER**

Området ligger innenfor kvartærgeologisk kartblad Stavanger (1212 IV) i målestokk 1:50 000 (Østmo og Olsen 1986) og kvartærgeologisk beskrivelse av området framgår også av Andersen m.fl. (1987). Løsmassene øst for vatnet består vesentlig av breelvmateriale avsatt som rygger (eskere) under og mellom isrester i et dødisterreng og som terrasser bygd opp i en isdemt innsjø. I sørøst-kant av det undersøkte området er det et større massetak. Sand- og grusressursene i området er tidligere kartlagt og beskrevet av Jæger (1992 a og b). I forbindelse med prosjektet Grunnvann i Norge (GiN) er områdets grunnvannsmuligheter tidligere vurdert av Soldal og Jæger (1992).

## **3 METODE OG UTFØRELSE**

En generell beskrivelse av georadarmetoden er gitt i tekstbilag 1. Georadaren som ble benyttet er digital og av typen pulseEKKO IV (Sensors & Software Inc., Canada).

Målingene omfatter 8 profiler med samlet lengde nær 1,3 km. Profilene er nummerert fra P9 til P14 og P17-P18, og plasseringen framgår av kartutsnitt i kartbilag -01. Profilene P11 og P12 er målt i utmark/skog, mens de øvrige profilene er på dyrket mark (eng). Målingene ble utført 8.-9. nov. 1995 av Jan Fredrik Tønnesen (NGU) og Jan Tore Samlanes (UiB).

For profilene P9-P14 ble det benyttet en sender på 1000V og antenner med senterfrekvens 50 MHz. Opptakstiden var 800 ns (nanosekunder) med samplingsintervall på 1,6 ns. Målingene ble utført med 32 registreringer («stacks») i hvert målepunkt (posisjon). Antenneavstand og flyttavstand var 1 m ved profilmålingene. For profilene P17 og P18 ble det benyttet en sender

på 400V og antenner med senterfrekvens 200 MHz. Både opptakstid, samplingsintervall og flyttavstand er halvert i forhold til de øvrige profilene. Reell lengde av profiler kan avvike en del fra lengde angitt ut fra posisjoner og flyttavstand på grunn av tilfeldig eller systematisk feil i flyttavstanden. Generelt er det brukt for stor flyttavstand og de målte profilene er derfor en del lenger enn oppgitt. Angitt informasjon om kryssende profiler, veger, bekker og andre terrengdetaljer kan benyttes for mer nøyaktig profilposisjonering.

Det er ikke utført CMP-målinger for beregning av radarbølgehastighet i grunnen. Ved utplotting av georadarprofilene er det anvendt en hastighet på 0.1 m/ns for beregning av en dybdeskala (m under terrengoverflaten). Variasjoner i terrengoverflaten er ikke lagt inn, og høydeskala er derfor utelatt. Den valgte hastigheten er erfaringsmessig for lav for sand/grus over grunnvannsspeil og for høy for tilsvarende vannmettet materiale. Grunnvannsspeil er forventet å variere fra nær terrengnivå til noen få meters dyp, og profilene vil være dominert av materiale i vannmettet sone. Virkelig dyp til dype reflektorer er derfor en del mindre enn det som framgår av dybdeskalaen. Myrtykkelse vil bli betydelig overdrevet med den anvendte dybdeskalaen, da myrtorv som regel har lav hastighet.

Ved utskrift av georadarprofilene (kartbilag -01) ble det benyttet en forsterkning som kompenserer for geometrisk spredning og demping av signalene. Det ble benyttet 3-punkts gjennomsnitt langs traser for å redusere høyfrekvent støy i P9-P14, og 5-punkts gjennomsnitt for P17-P18. Profilutskriftene er orientert slik at venstre kant er i vest for P9 og P12, og i sør for de øvrige profilene.

## **4 RESULTATER**

### **4.1 Profilbeskrivelser**

Langs radarprofilene P9-P14, (kartbilag -01) er det oppnådd reflekterte signaler fra et tidsdyp på rundt 500 ns. I vannmettet materiale kan dette tilsvare et dyp på 18-20 m. Det antas da at radarbølge-hastigheten i materialet er lavere enn den som er anvendt for dybdeskalaen i profilutskriftene. (Dersom det antas en gjennomsnittshastighet på 0,08 m/ns i stedet for 0.1m/ns, vil dypene reduseres med 20 % i forhold til angitt dybdeskala).

Profilene P11 og P12 er plassert henholdsvis på tvers og på langs av odden som stikker ut i Bråsteinvatnet. P12 synes å indikere tverrsnitt av en slak ryggform med toppunkt rundt pos. 35 og med skrålagning nedover mot begge sider. Avsetningen kan se ut til å være bygd opp i flere faser. Under toppunktet er det ned til 4-5 meters dyp og fra 10-20 meters dyp relativt kraftig reflektivitet, mens mellomliggende avsetninger har dårlig reflektivitet. Det siste kan

bety finere materiale eller mer homogen avsetning. Langs P11 indikeres slak skrålagning nedover mot nord fra sørenden og fram til midten av profilet. Penetrasjonsdypet avtar med ca. 10 m fra sør mot nord langs profilet, og skyldes trolig variasjoner i sammensetning som i P12. Rundt krysningpunktet mellom profilene kan det være myrmateriale i overflaten.

I hovedområdet øst for Bråsteinvatnet er det med de lavfrekvente antennene målt ett langprofil fra vatnet og østover (P9), og tre kortere tverrprofiler (P10, P13 og P14). I vestlige del av P9 (pos. 0-110) er det noe undulerende reflektorer, mens tverrprofilet P14 krysser en ryggformet struktur med toppunkt rundt pos. 50, dvs. ca. 35 m sør for P9. Reflektorene skrånner nedover mot begge sider av ryggen.

De sentrale deler av P9 (pos. 110-300) er dominert av myrmateriale og en markert bunnreflektor som avgrenser myrbassenget. Myra har størst mektighet rundt pos 175 med et tidsdyp til bunnreflektoren på ca. 300 ns. Myrmaterialet må regnes å ha betydelig lavere radarbølgehastighet enn avsetningene forøvrig, og anslås å kunne ligge i området 0.035-0.050 m/ns. Da vil den maksimale myrmektigheten være 5-7 m. Myrmaterialet og spesielt bunnreflektoren demper og kaster tilbake mye av den utsendte energien, og det oppnås derfor stort sett liten penetrasjon i materialet under bunnreflektoren. I nordlige del (mellom pos. 240 og 300) er myra grunn, og det kan der sees en del reflektorer under som er tilnærmet parallelle med bunnreflektoren. Dette kan indikere at det er relativt finkornig materiale (finsand?) et stykke ned under myra, men det kan ikke utelukkes at det forøvrig under myra kan ligge grovere materiale av samme type som til side for myra. Tverrprofilet P13 viser at myra strekker seg bortimot 30 m sørover fra P9 og at myrtykkelsen her er størst i nordlige del nord for P9. I P13 indikeres en ryggform med skrålagning nedover mot begge sider fra toppunkt rundt pos.85, dvs. ca. 20 m sør for myrkant. Mot sørenden av profilet kan det komme opp en ny rygg, men den er noe usikker. I mellom kan det se ut til å være et basseng med største dyp rundt pos. 40 og som har materiale med skrålagning i flere retninger. Det er sannsynlig at materialet i bassenget mellom ryggene er avsatt i en senere fase enn selve ryggene.

I østlige del av profil P9 (pos. 300-477) er det undulerende reflektorer i øvre del av avsetningen, mens det fra dyp større enn 10-15 m er kraftigere og nær horisontale reflektorer, eller med en slak stigning mot øst. Mot østenden skrånner det opp reflektorer mot en mulig ryggform, men det kan ikke utelukkes at en her kan få inn støysignal fra kraftlinje med trafo like i nærheten. I et ca. 15 m langt område fra pos.373 og østover er penetrasjonen og reflektiviteten kraftig redusert. Dette kan skyldes myrlendt overflate, lokal overgjødsling eller deponert materiale. I tverrprofilet P10 kan det i øvre del av avsetningene antydes strukturer som kan indikere ryggformer, en i sør med toppunkt rundt pos. 20 og en like nord for P9 rundt pos. 90-95. Fra ca. 10 meters dyp ser det ut til å være kraftigere og nær horisontale reflektorer. I nordlige halvdel av P10 er det meget dårlig penetrasjon. Profilet krysser her over et område hvor det er opplyst å være deponert en del avfall, men som nå er påfylt og oppdyrket. På grunn av periodisk instrumentfeil ved måling av dette profilet, er ikke måledata

helt til å stole på, i hvert fall ikke fra pos.167 og ut profilet. Nordlige avgrensning av deponiområdet er derfor ikke definert, mens sørlige avgrensning kan være rundt pos. 100.

For å oppnå både bedre oppløsning i materialet og sikrere avgrensning av deponiområdet , ble det forsøkt brukt 200 MHz antenner for måling av profil P17, som er sammenfallende med nordlige del av P10. Profil P18 ble målt parallelt et stykke vestafor og ble forventet å ligge utenfor deponiområdet. I P17 indikeres klart redusert penetrasjon sentralt i profilet, og det regnes at deponiområdet er avgrenset til området mellom meterangivelsene 20 og 75 m. I P18 er det som forventet ingen redusert penetrasjon, men det er stor myrmektighet de nordligste 30 m av profilet, og det er et mindre myrbasseng sønnafor med størst mektighet omtrent ved midten av profilet (pos. 60).

Grunnvannsspeilet er generelt dårlig definert langs profilene. Det skyldes for en stor del at det ligger nær terrengoverflaten og at reflekterte signaler fra grunnvannsspeilet dermed vil interferere med det kraftige overflatesignalet. I profil P14 kan det skimtes en reflektor på 2-3 meters dyp, som trolig representerer grunnvannsspeilet. Det sees tydeligst i deler av profil P13, hvor det skråner ned mot sør fra ca. 2 meters dyp ved pos. 100 til nærmere 5 m ved pos.60. (Egentlig er det terrengoverflaten som her skråner oppover, mens grunnvannsspeilet er tilnærmet horisontalt). Det er imidlertid vanskelig å følge grunnvannsspeilet langs resten av profilet mot sør. I østlige del av området (P10 og østlige del av P9) er ikke grunnvannsnivået identifisert, selv om det der antas at det langs noen profildeler vil ligge noen meter under terrengoverflaten.

Det er ingen klare indikasjoner på morene- eller fjelloverflate mot dypet langs profilene, men det kan ikke utelukkes at noen av de dypestliggende reflektorene kan representere en slik overgang.

## **4.2 Sammenfatning**

I de undersøkte avsetningene er det gjennomgående oppnådd en georadarpenetrasjon på 15-20 m. Grunnvannsnivå regnes å ligge fra nær terrengoverflaten til vel 5 m under, men er generelt dårlig definert i radarutskriftene. Sentralt i nordlige del av det undersøkte området kommer det inn et myrbasseng med en anslått maksimal mektighet på 5-7 m. Det er fra begrenset til ingen penetrasjon dypere enn bunnreflektoren i myra, og materialtypen dypere under myra er derfor usikker. Under den grunne del av myra i øst er det nær horisontale reflektorer, noe som kan tyde på relativt finkornig materiale. Det kan likevel ikke utelukkes at det forøvrig under myra er tilsvarende breelvmateriale som ellers i området.

Avsetningene utenom myra har tilsynelatende nokså uregelmessige og lite utholdende reflektorer, noe som tyder på relativt grovt materiale (sand og grus). Det er imidlertid indikert en del ryggformede strukturer med skrålagning ned på hver side. Ryggformene ser ut til å ha retning østvest, da de krysses av de nordsør-gående profilene (P10,P13 og P14), mens tilsvarende rygger ikke indikeres i det lange østvest-profilet (P9). På neset som går ut i Bråsteinvatnet lengst vest i området, kan det se ut som det er en ryggform med retning mot nord eller nordvest. Det regnes at ryggformene representerer eskeravsetninger. Materialet mellom ryggformene antas å være avsatt i en noe senere fase, og kan ha en noe annen sammensetning enn ryggmaterialet. Esker-avsetningene er sannsynligvis grovere enn materialet som ble avsatt senere, og ryggformene kan derfor være best egnet for grunnvannsuttak. Også en ryggform kan være avsatt i flere faser med noe variabel sammensetning, noe som indikeres i P12.

I østlige del av det undersøkte området er det langs P17 (og P10) indikert og avgrenset et deponiområde på 50-60 meters lengde.

## **5 KONKLUSJON**

Georadarmålingene øst for Bråsteinvatnet viser at løsmassene i området kan være godt egnet for grunnvannsformål. Det regnes at det ned til et dyp på 15-20 m vesentlig er breelavsatt sand og grus. Målingene indikerer imidlertid at løsmassene er avsatt i flere faser og kan derfor variere en god del i sammensetning.

Sentralt i nordlige del av området er det et myrbasseng med en maksimum mektighet på 5-7 m. Materialtypen under myra er usikker.

Østligst i området har målingene indikert deponert materiale.

Det vil være behov for oppfølgende boringer med masseprøvetaking for å vurdere korngradering og variasjoner i løsmassesammensetning. Før endelig konklusjon om grunnvannsmulighetene kan trekkes, er det nødvendig med nedsetting av prøvebrønner med oppfølgende prøvepumping for vurdering av vannkapasitet og vannkvalitet.



## 6 REFERANSER

- Andersen, B. G., Wangen, O. P. & Østmo, S. R. 1987: Quaternary geology of Jæren and adjacent areas, southwestern Norway. *NGU Bulletin 411, 55pp.*
- Jæger, Ø. 1992a: Sand- og grusressurskart Stavanger 1212 IV (M 1:50 000). *NGU*
- Jæger, Ø. 1992b: Grus og pukkregisteret for Bjerkreim, Eigersund, Gjesdal, Hå, Klepp, Lund, Randaberg, Sandnes, Sokndal, Sola, Stavanger og Time kommuner. *NGU Rapport 92.241.*
- Soldal, O. & Jæger, Ø. 1992: Grunnvann i Sandnes kommune. *NGU Rapport 92.097.*
- Østmo, S. R. & Olsen, K. S. 1986: Stavanger 1212 IV. Kvartærgeologisk kart M 1:50 000. *NGU*

## 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 planparallell med overflaten. Når antenneavstanden øker, vil reflekterte bølger få lenger gangvei og økning i gangtid. Denne økning i gangtid kan det ved digitale opptak kompenseres for ved å utføre NMO-korreksjon ('normal move-out'). Størrelsen på korreksjonen er avhengig av antenneavstand, toveis gangtid og bølgehastighet i materialet over reflektoren. Et CDP-opptak korrigeres med forskjellige hastigheter, og den hastighet som etter NMO-korreksjon gir best amplitude etter summering av trasene, angir radarbølgehastigheten i mediet.

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

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

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

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

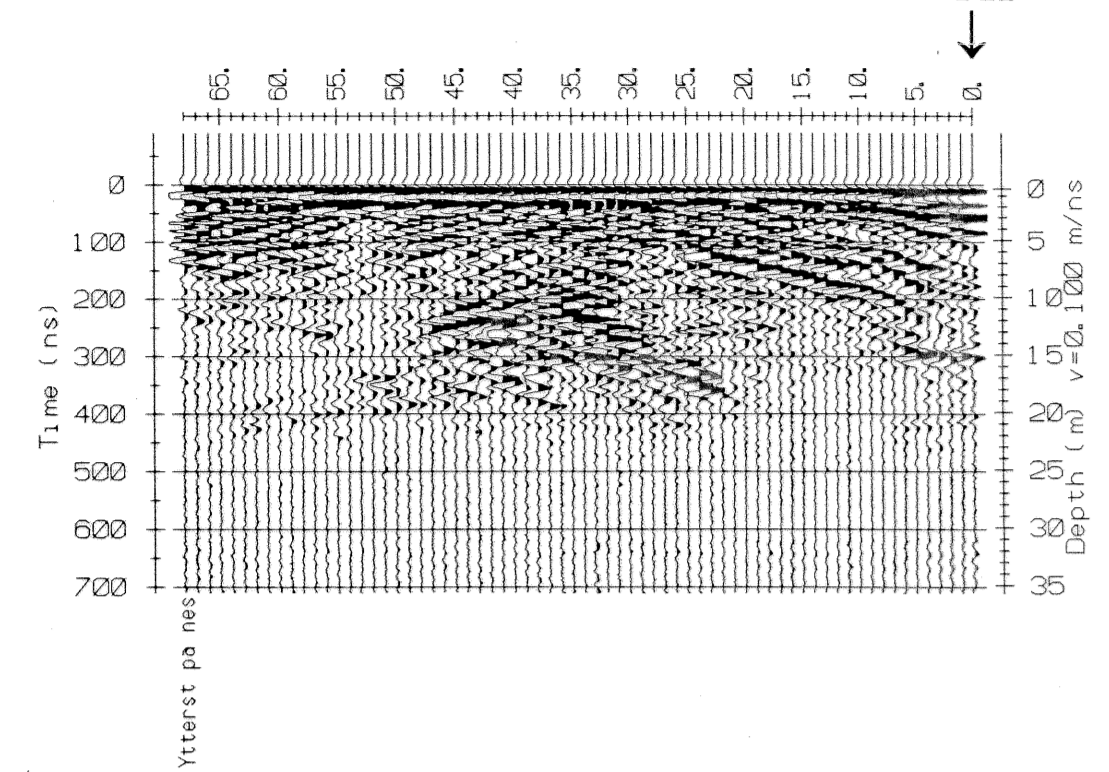
hvor  $\epsilon_r$  er det relative dielektrisitetsstallet.  $\epsilon_r$ -verdien for et materiale vil derfor være en bestemmende faktor for beregning av dyp til reflektorer. I tabellen på neste side er det gitt en oversikt over erfaringstall for  $\epsilon_r$  i en del materialtyper. Tabellen viser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

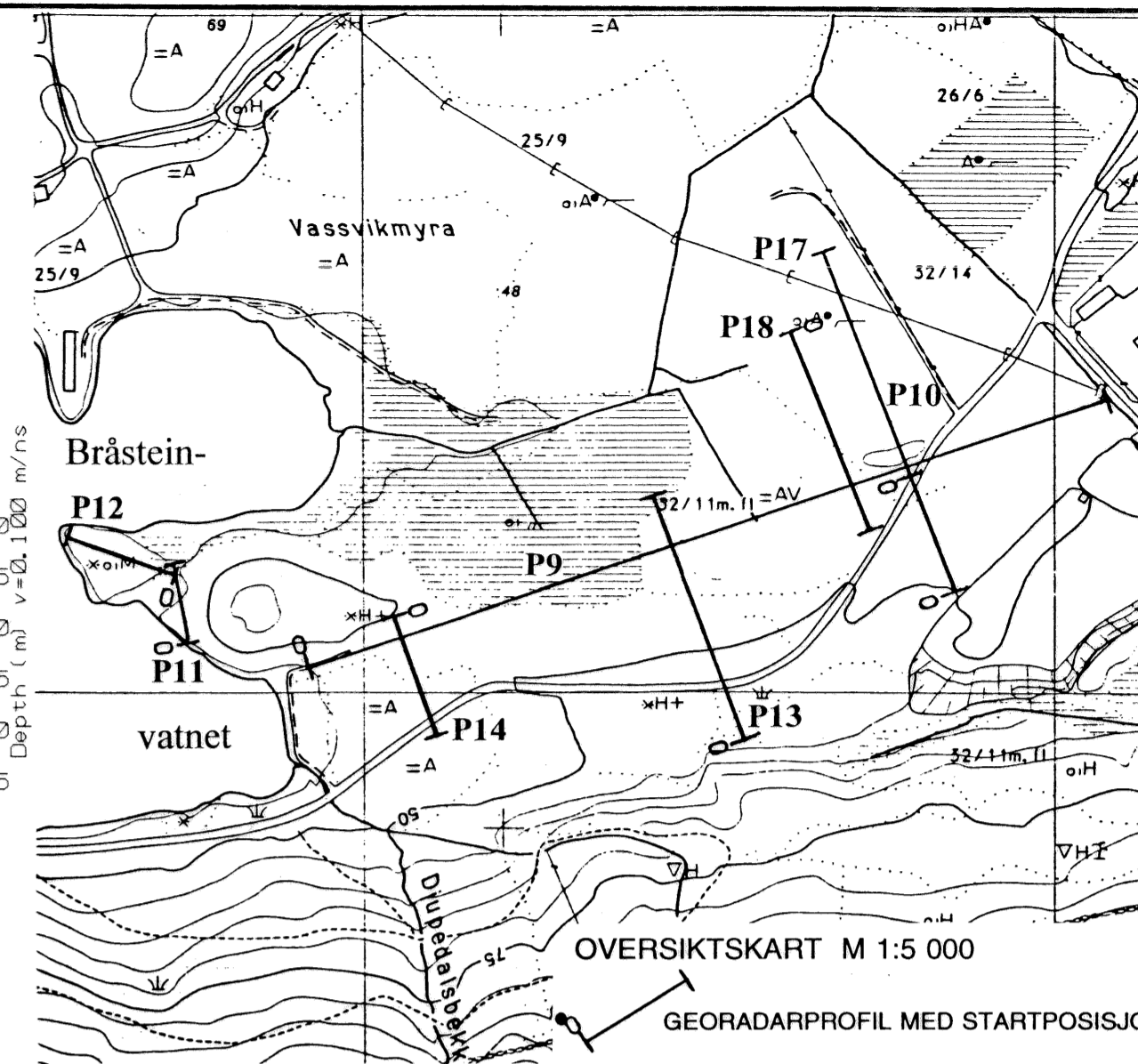
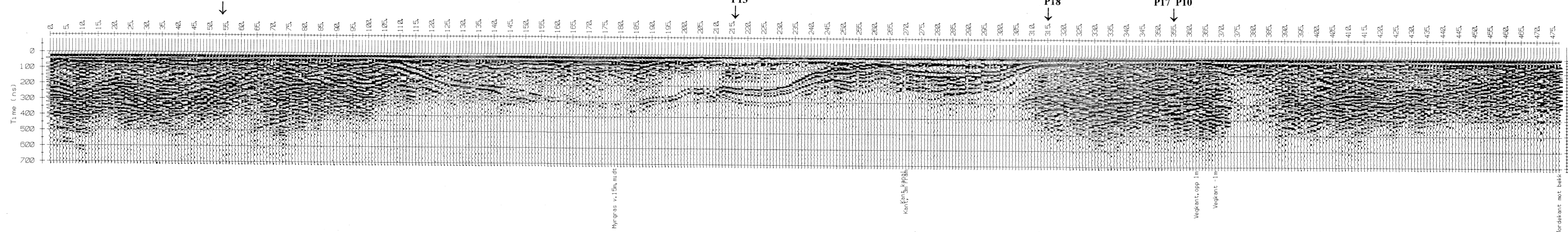
<u>Medium</u>	$\epsilon_r$	$v$ (m/ns)	<u>ledningsevne (mS/m)</u>
<i>Luft</i>	1	0.3	0
<i>Ferskvann</i>	81	0.033	0.1
<i>Sjøvann</i>	81	0.033	1000
<i>Leire</i>	5-40	0.05-0.13	1-300
<i>Tørr sand</i>	5-10	0.09-0.14	0.01
<i>Vannmettet sand</i>	15-20	0.07-0.08	0.03-0.3
<i>Silt</i>	5-30	0.05-0.13	1-100
<i>Fjell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

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

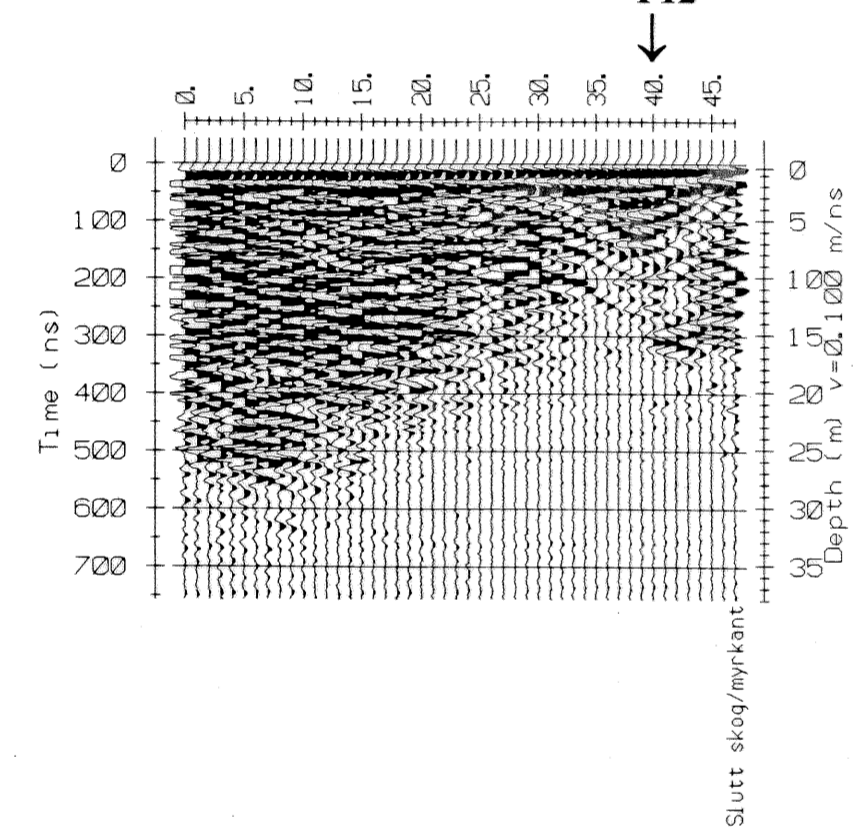
PROFIL 12



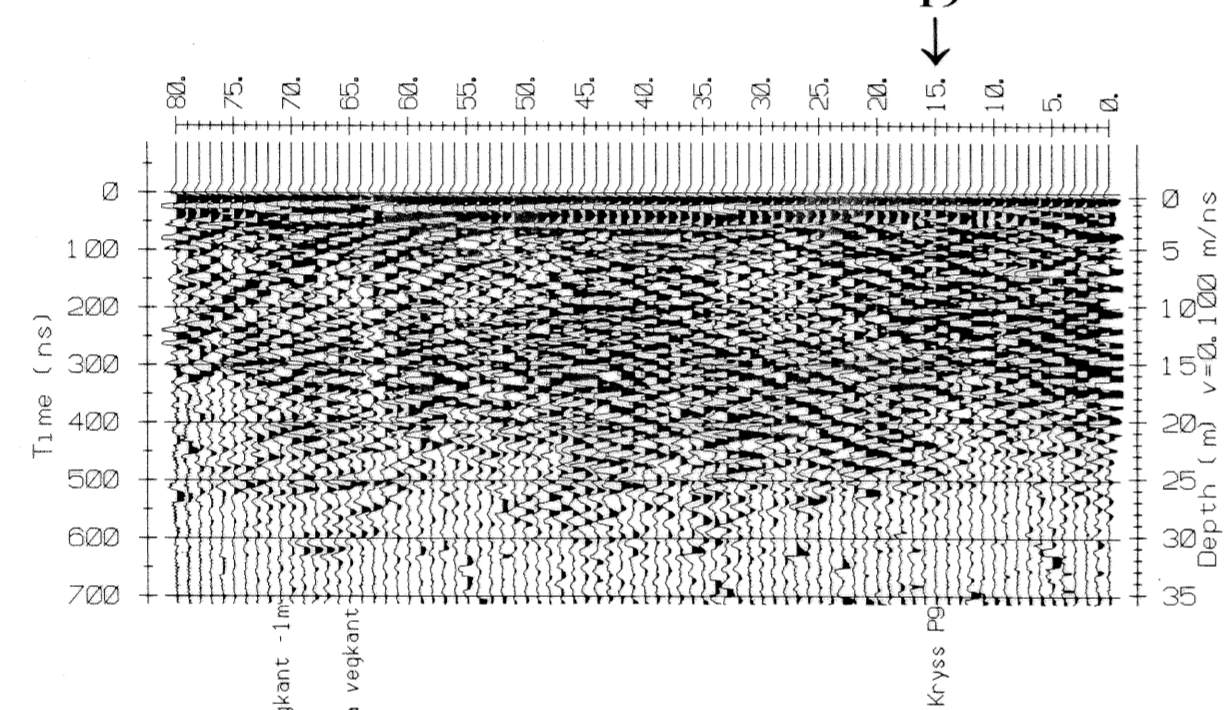
PROFIL 9



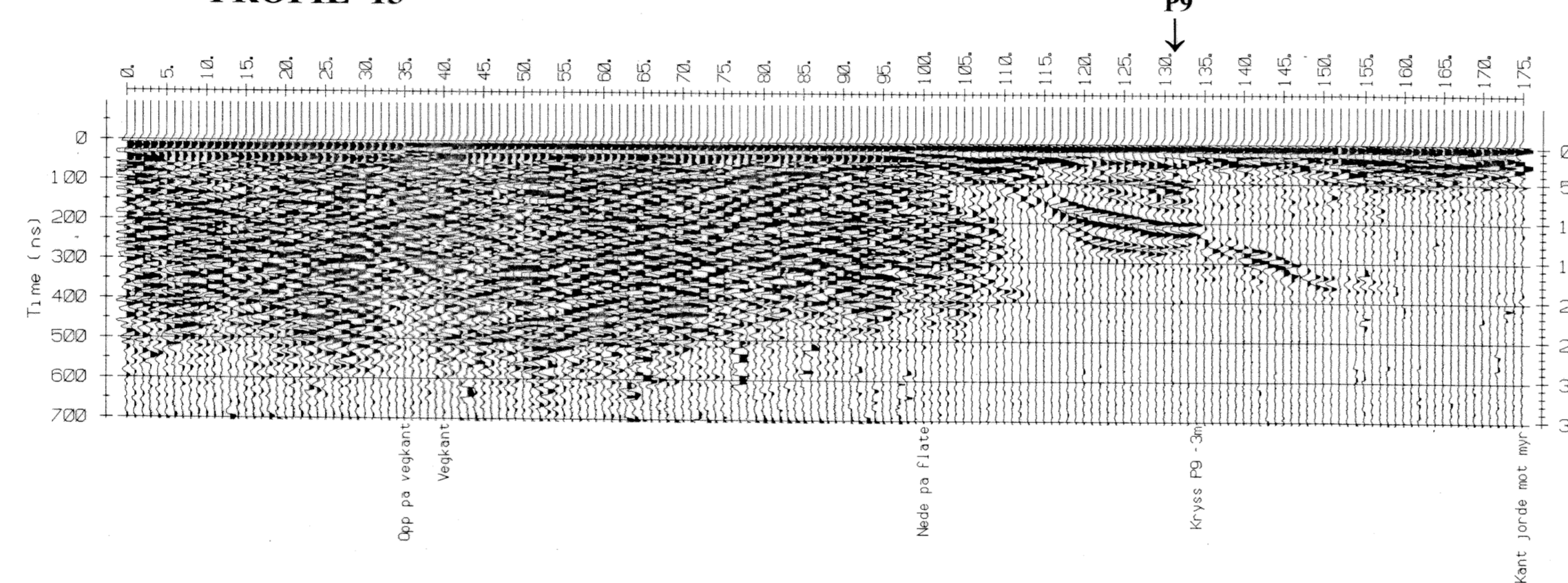
PROFIL 11



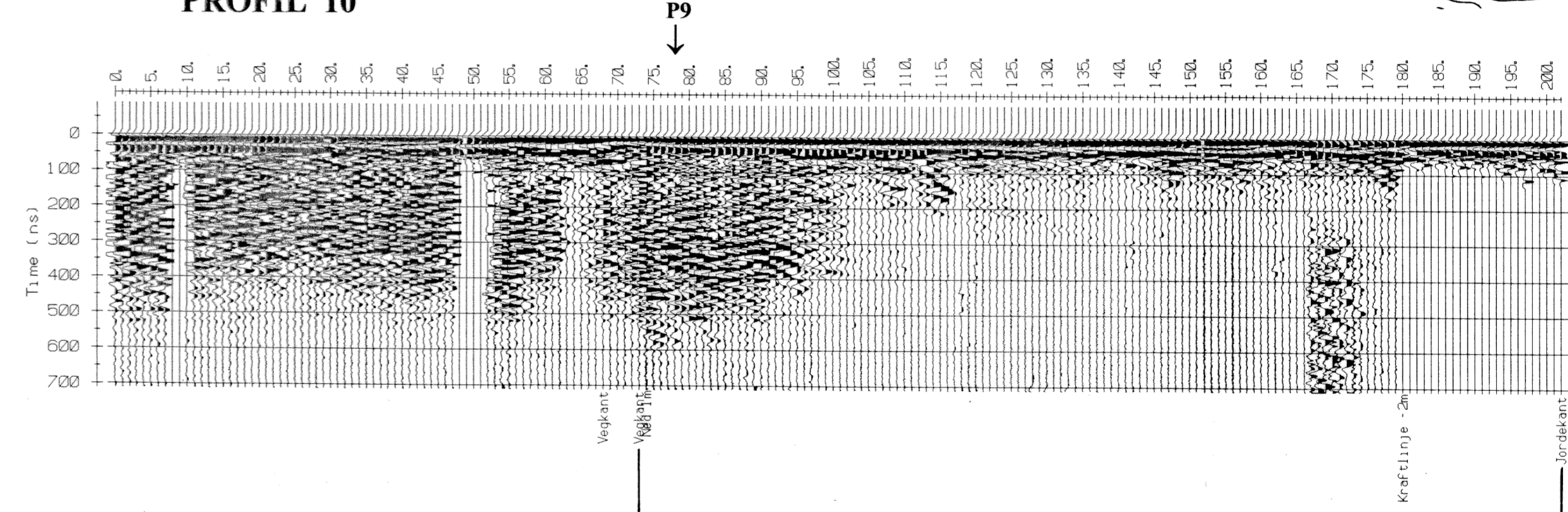
PROFIL 14



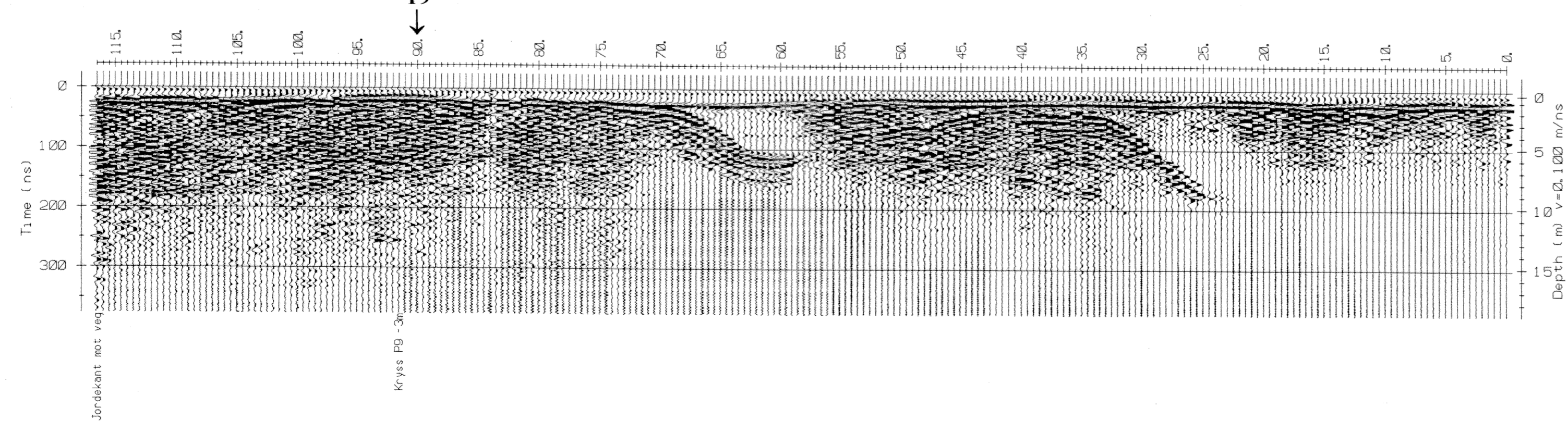
PROFIL 13



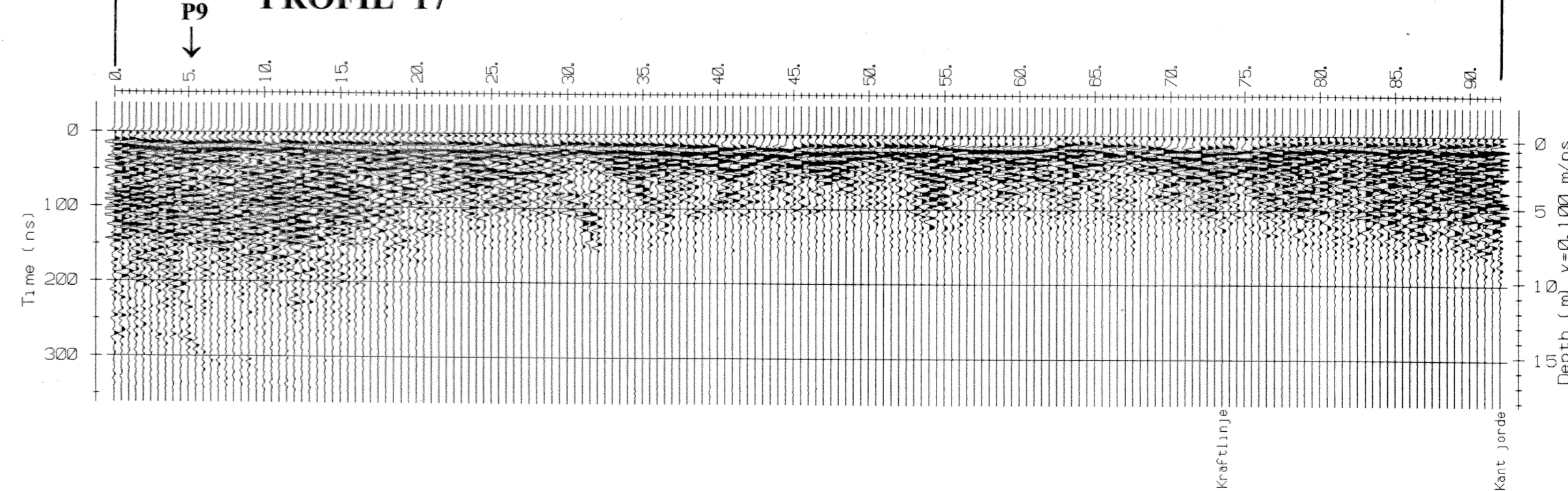
PROFIL 10



PROFIL 18



PROFIL 17



Profil 9-14 er målt med 50 MHz antenner

Profil 17-18 er målt med 200 MHz antenner

NGU / UIB GEOLOGISK INSTITUTT AVD. B GRUNNVANNSUNDERSØKELSER PÅ JÆREN GEORADAROPPTAK PROFIL 9-14 OG 17-18 BRÅSTEINVATNET SANDNES KOMMUNE, ROGALAND	MÅLESTOKK	MÅLT JFT	NOV. -95
		TEGN JFT	MARS -96
		TRAC	
	KFR		
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR.	KARTBLAD NR.	
	96.046-01	1212 IV	