

NGU Rapport 97.027

Georadarmålinger ved hydrogeologiske undersøkelser på Hjerkinn,
Dovre kommune, Oppland

Rapport nr.: 97.027		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: Georadarmålinger ved hydrogeologiske undersøkelser på Hjerkin, Dovre kommune, Oppland			
Forfatter: Eirik Mauring & Jan Fredrik Tønnesen		Oppdragsgiver: NGU/Dovre kommune/Forsvarets Bygnings- tjeneste, Hamar	
Fylke: Oppland		Kommune: Dovre	
Kartblad (M=1:250.000) Røros		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1519 III Hjerkin, 1519 IV Snøhetta	
Forekomstens navn og koordinater: Se sammendraget		Sidetall: 12	Pris: 95,-
Feltarbeid utført: 4/6-5/6-1996		Rapportdato: 18/3-1997	Prosjektnr.: 2713.05
		Ansvarlig: <i>Jan S. Mauring</i>	
Sammendrag: <p>Det er utført georadarmålinger ved to lokaliteter på Hjerkin, Dovre kommune, Oppland. For ett av områdene var formålet med undersøkelsene å finne egnete lokaliteter for uttak av grunnvann fra løsmasser. For det andre området var hensikten med målingene å foreslå lokaliteter for nedsetting av brønner for observasjon av forurensning.</p> <p>Georadarmålingene utført i forbindelse med grunnvannsundersøkelser indikerer enkelte lokaliteter for videre undersøkelser. Seinere utførte boringer viste imidlertid vesentlig moreneavsetninger ned til fjell på 6-10 m dyp og ingen muligheter for uttak av grunnvann.</p> <p>Ved deponiene ble det foreslått lokaliteter for nedsetting av observasjonsbrønner i områder der georadaropptakene indikerer forurenset grunnvann eller dreneringskanaler.</p>			
Forekomstens navn og koordinater (UTM-sone 32, WGS84): Hjerkin (grunnvann) 5268 69005, Hjerkin (deponi) 5253 69030 & 5252 69036			
Emneord: Geofysikk	Hydrogeologi	Georadar	
Grunnvann	Deponi	Løsmasse	
Sonderboring		Fagrapport	

INNHold

1 INNLEDNING	4
2 MÅLEMETODE, UTFØRELSE OG PROSESSERING	4
3 RESULTATER	5
3.1 Hjerkin (grunnvann).....	5
3.1.1 Sørlike område	5
3.1.2 Nordlike område.....	6
3.2 Hjerkin (deponi)	7
4 KONKLUSJON	8
5 REFERANSE	9

Tekstbilag

Georadar - metodebeskrivelse

Databilag

Skjema som knytter hendelser i georadaropptak til avsetningstype og lagdeling

Kartbilag

97.021-01: Oversiktskart. Hjerkin.

97.021-02: Georadaropptak P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10. Hjerkin (grunnvann).

97.021-03: Georadaropptak P11, P12. Hjerkin (deponi).

1 INNLEDNING

Ved Hjerkinn er det på oppdrag fra Dovre kommune og Forsvarets Bygningstjeneste, Hamar, utført georadarmålinger i forbindelse med grunnvannsundersøkelser. Andre områder som er undersøkt i Dovre kommune, er rapportert i NGU rapport 97.021 (Mauring & Tønnesen, 1997). Samtidig ble det for Forsvarets Bygningstjeneste, Hamar, i omtrent samme område utført målinger i forbindelse med observasjon av avrenning fra deponi. Rapporten omhandler resultatene fra målingene i begge områdene. Målingene ble utført av Jan Fredrik Tønnesen med assistanse fra en person fra Dovre kommune i perioden 4/6-5/6-1996.

2 MÅLEMETODE, UTFØRELSE OG PROSESSERING

Plassering av målte profiler er vist sammen med opptakene i kartbilag -02 og -03. En generell beskrivelse av georadarmålinger er vedlagt i tekstbilag. Georadaren som ble benyttet er av typen pulseEKKO 100 (Sensors & Software Inc, Canada). Antenne- og flyttavstand var 1 m. Det ble benyttet 50 MHz antenner og 1000 V sender. Opptakstid og samplingsintervall var hhv. 800 ns og 1,6 ns. For hvert målepunkt ble det utført 32 summerte registreringer. Det ble målt ca. 2,3 profilm km fordelt på 9 profiler og to lokaliteter. Reell lengde av profilene kan være noe forskjellig fra lengden angitt over georadaropptakene, pga. mulig tilfeldig eller systematisk feil i flyttavstand ved utførelsen av målingene. Kommentarer under opptakene kan bidra til en mer nøyaktig plassering profilene i terrenget (gjelder kommentarer som refererer til detaljer som kan finnes på kart). Det er i tillegg markert for hver 100 målte profilmeter på kartet i bilag -02. Ved beskrivelse av opptak refereres det til profilmeter.

Profilene målt ved deponiene (P11 & P12) er terrengkorrigert. Hastigheter som er benyttet ved dybdekonvertering av tidsseksjonene er angitt ved beskrivelsen av hvert måleområde. Ved utskrift av opptakene ble det benyttet 5-punkts gjennomsnitt langs traser for å redusere høyfrekvent støy. Det ble benyttet lineær, egendefinert forsterkning ved utskrift av data.

3 RESULTATER

Oversiktskart i målestokk 1:50 000 over de undersøkte områder er vist i kartbilag -01. Georadaropptak og profilplassering er vist i kartbilag -02 og -03. Ved tolkning av opptakene er det stedvis benyttet et skjema (etter Beres & Haeni, 1991) som knytter hendelser i georadaropptakene til lagdeling og avsetningstype (se databilag).

3.1 Hjerkin (grunnvann)

Like nord for Tverrfjellet gruver er det utført georadarmålinger i to områder. Det ble målt fire profiler (P4, P5, P6 & P7) i det sørligste området og tre profiler (P8, P9 & P10) i det nordligste (se kartbilag -02). Hensikten med undersøkelsene var å finne egnet(e) lokalitet(er) for uttak av grunnvann. På bakgrunn av georadarmålingene er det i ettertid utført fire sonderboringer på anbefalte lokaliteter. Resultater fra sonderboringene omtales også i denne rapporten.

Det ble ikke utført CMP-målinger for bestemmelse av EM-bølgehastighet. Ved dybdekonvertering av tidsseksjonene ble det benyttet en lav hastighet (0,07 m/ns) på grunn av antatt høyt grunnvannsspeil (nærhet til myr og elv).

3.1.1 Sørlige område

P4

Opptaket viser en markant reflektor mellom posisjon 220 (ca. 19 m dyp) og posisjon 360 (ca. 4 m dyp). Denne er kraftig, svakt uregelmessig og har varierende reflektivitet, og har en oppreden og signatur som vanligvis karakteriserer fjellreflektorer. Det ble derfor foreslått en boring (B1 i kartbilag -02) i området der P5 krysser P4 (antatt ca. 20 m til fjell). En sonderboring ble utført, og antatt fjell ble påtruffet på 6 m dyp. Reflektoren som er beskrevet representerer derfor muligens en vannfylt sprekk/svakhetssone i fjell. En annen mulighet er at blokk i moreneavsetning er påtruffet ved sonderboringen. En reflektor sees på 5-7 m dyp mellom posisjonene 105 og 160 og på ca. 5 m dyp mellom posisjonene 265 og 330. Denne kan eventuelt representere fjelloverflaten. Refleksjonsmønsteret over fjell er kaotisk, og det er vanskelig å si noe sikkert om avsetningstype*. Grunnvannsspeilet ligger trolig for høyt til å kunne sees i opptaket. Dersom et godt definert grunnvannsspeil var synlig i opptaket, ville dette normalt

* I følge Beres & Haeni (1991, se databilag) representerer et kaotisk refleksjonsmønster vanligvis grovkornige avsetninger. Egne erfaringer tilsier at dette ikke bestandig er riktig.

indikere grovkornige avsetninger. Boringen (B1 i kartbilag -02) viser leirblandete avsetninger og ingen muligheter for grunnvannsuttak.

P5

Opptaket viser et kaotisk refleksjonsmønster som sier lite om materialtypen. Fjellreflektoren er vanskelig å erkjenne i opptaket. Boring (B1) ved posisjon 45 indikerer at dyp til fjell her er 6 m. Dette kan ikke fastslås ut fra opptaket. Boringen viser uegnete masser (leirblandet materiale) for uttak av grunnvann.

P6

Fjell sees som en svært kraftig reflektor mellom posisjon 215 (ca. 10 m dyp) og posisjon 239 (ca. 6 m dyp). Siden dette er den eneste sikre indikasjonen på fjell langs profilet, ble det foreslått en sonderboring ved posisjon 215 der dyp til fjell er størst i dette intervallet. Sonderboringen som ble utført (B2 i kartbilag -02) viser at dyp til fjell er 10,5 m ved posisjon 215, dvs. i overensstemmelse med georadaropptaket. Refleksjonsmønsteret er kaotisk, og en kan ikke si noe sikkert om materialtype på bakgrunn av opptaket. Boringen viser imidlertid at løsmassene er dominert av siltig, leirblandet materiale som er uegnet for grunnvannsuttak.

P7

Mulig fjellreflektor sees på 6-7 m dyp mellom posisjonene 15 og 35 og kan antydes som en sone med kraftig refleksivitet på 6-7 m dyp mellom posisjon 160 og nordøstenden av profilet (posisjon 226). Refleksjonsmønsteret er kaotisk over antatt fjellreflektor og avsetningstypen er usikker. De groveste avsetningene langs profilet antas å være mellom posisjonene 0 og 75, da penetrasjonsdypet er størst i dette området. En boring (B3 i kartbilag -02) plassert ved posisjon 15, viste imidlertid at avsetningen består av leirblandet materiale ned til fjell på 6 m dyp.

Oppsummering

Det ble boret ved samtlige lokaliteter som på forhånd ble antatt å være de mest gunstige for videre undersøkelser på bakgrunn av resultater fra georadarmålingene. Siden ingen egnete masser ble påtruffet ved boringene på disse lokalitetene, kan trolig området utelukkes som potensiell grunnvannskilde.

3.1.2 Nordlige område

P8

Opptaket viser et kaotisk refleksjonsmønster som gir lite informasjon om avsetningstype. Grunnvannsspeilet kan ikke erkjennes i opptaket. Størst penetrasjonsdyp er det mellom posisjonene 160 og 300 (15-20 m). Det ble foreslått en boring i dette området for å få klarlagt av-

setningstype og dyp til fjell samt eventuell vanngiverevne. Boringen (B4 i kartbilag -02) viste hard morene ned til fjell på 6 m dyp og ingen muligheter for uttak av grunnvann.

P9

Mulig fjellreflektor sees på 4-6 m dyp mellom posisjonene 30 og 47. Fra posisjon 47 til posisjon 110 er mulig fjell indikert på 5-6 m dyp som nedre grense av en sone med kraftig refleksivitet. Refleksjonsmønsteret er kaotisk og likt det en ser for P8 der det ble påvist morene ved boring. Trolig er det samme avsetningstype langs dette profilet.

P10

Antatt fjellreflektor sees mellom posisjonene 13 og 35 på 5-6 m dyp. Profilet er målt nær borhull 4 der det ble påvist morene. Det er trolig samme avsetningstype langs dette profilet og dermed ingen muligheter for uttak av grunnvann.

Oppsummering

En boring ble anbefalt i et område der georadaropptakene indikerte størst sannsynlighet for å påtreff egnete masser for uttak av grunnvann. Siden boringen (B4 i kartbilag -02) viste uegnete masser (morene) for uttak av grunnvann, kan avsetningen trolig utelukkes som mulig grunnvannskilde.

3.2 Hjerkin (deponi)

Opptak og plassering av profiler er vist i kartbilag -03. Det er målt på sørsiden (nedstrøms) av to deponi, og det ble målt ett profil ved hvert deponi. Målingene ble utført i forbindelse med observasjon av avrenning fra deponiene. Hensikten med målingene var å foreslå plassering av observasjonsbrønner på bakgrunn av informasjon fra georadaropptakene. Det ble i ettertid utført én boring sør for hvert av deponiene (se kartbilag -03).

Det ble ikke utført CMP-målinger for bestemmelse av EM-bølgehastighet i løsmassene. Det ble benyttet en middels høy hastighet på 0,09 m/ns ved dybdekonvertering av tidsseksjonene.

P11

Profilet er målt like sør for det nordligste deponiet. Grunnvannsspeil kan ikke erkjennes i opptaket, og dette kan indikere finkornige avsetninger. Antatt fjellreflektor sees mellom posisjonene 0 og 25 i nivå 1063-1065 moh. (i størrelsesorden 10 m dyp). Fra posisjon 25 ser det ut til at fjell går mot dypet, men dette er usikkert, da reflektoren muligens kan være en sprekk i fjell. Antatt fjell sees trolig mellom posisjon 100 (ca. 1063 moh.) og til vestenden av profilet (posisjon 400, nivå ca. 1074 moh.). Dyp til fjell antas å være i størrelsesorden 5-10 m langs profilet. Over fjellreflektor er refleksjonsmønsteret kaotisk, og det er uklart hva slags materi-

altype som opptrer. Mellom posisjonene 35 og 120 sees en sone med redusert penetrasjon. Sentralt i dette området (posisjon 90) er penetrasjonsdypet bare ca. 5 m. Denne sonen kan indikere økt ledningsevne i grunnvann som følge av forurensning fra deponiet. Det er satt ned en observasjonsbrønn rundt posisjon 265 i profilet (observasjonsbrønn 1, kartbilag -03). Denne indikerer fjell på 5 m dyp. I vannprøver fra brønnen er det ikke påvist forurensning. Ut fra georadarmålingene foreslås plassert en ekstra observasjonsbrønn ved posisjon 90.

P12

Profilet er målt like sør for det sørligste deponiet. Antatt grunnvannsspeil kan sees i nivå ca. 1065 moh. mellom posisjonene 0 og 85. En sone med kraftig refleksivitet sees på 6-10 m dyp gjennom hele opptaket. Denne sonen antas å representere overflaten av fjell, muligens med et 1-2 m tykt morenelag over. Avsetningstypen i de øverste 4-5 m er mer usikker. Godt definert grunnvannsspeil mellom posisjonene 0 og 85 kan muligens indikere grovkornige avsetninger i dette området. Det kan ikke sees soner med sterkt redusert penetrasjon, som kan indikere forurenset grunnvann, langs dette profilet. En sone med svakt redusert penetrasjon som muligens kan representere en sone med forurenset grunnvann sees imidlertid mellom posisjonene 320 og 350. Fjellreflektoren ser ut til å være trauformet mellom posisjonene 95 og 175, og dette kan muligens representere en dreneringskanal for grunnvannet. Det anbefales plassering av en observasjonsbrønn sentralt i dette området. Observasjonsbrønn 2 (se kartbilag -03) er plassert ca. 50 m sør for posisjon 0. Denne viste 3 m dyp til fjell og det er ikke påvist forurensning i grunnvannet.

4 KONKLUSJON

Det er utført georadarmålinger ved to lokaliteter på Hjerkin, Dovre kommune, Oppland. For ett av områdene var formålet med undersøkelsene å finne egnete lokaliteter for uttak av grunnvann fra løsmasser. For det andre området var hensikten med målingene å foreslå lokaliteter for nedsetting av brønner for observasjon av forurensning.

Georadarmålingene utført i forbindelse med grunnvannsundersøkelser indikerer enkelte lokaliteter for videre undersøkelser. Seinere utførte borer viste imidlertid vesentlig moreneavsetninger ned til fjell på 6-10 m dyp og ingen muligheter for uttak av grunnvann.

Ved deponiene ble det foreslått flere lokaliteter for nedsetting av observasjonsbrønner i områder der georadaropptakene muligens indikerer forurenset grunnvann eller dreneringskanaler.

5 **REFERANSE**

Beres, M. Jr. & Haeni, F.P. 1991: Application of ground-penetrating-radar methods in hydrogeologic studies. *Ground water* 29, 375-386.

GEORADAR - METODEBESKRIVELSE

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

Bølgehastigheten kan bestemmes ved 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 refleksor 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;

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

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

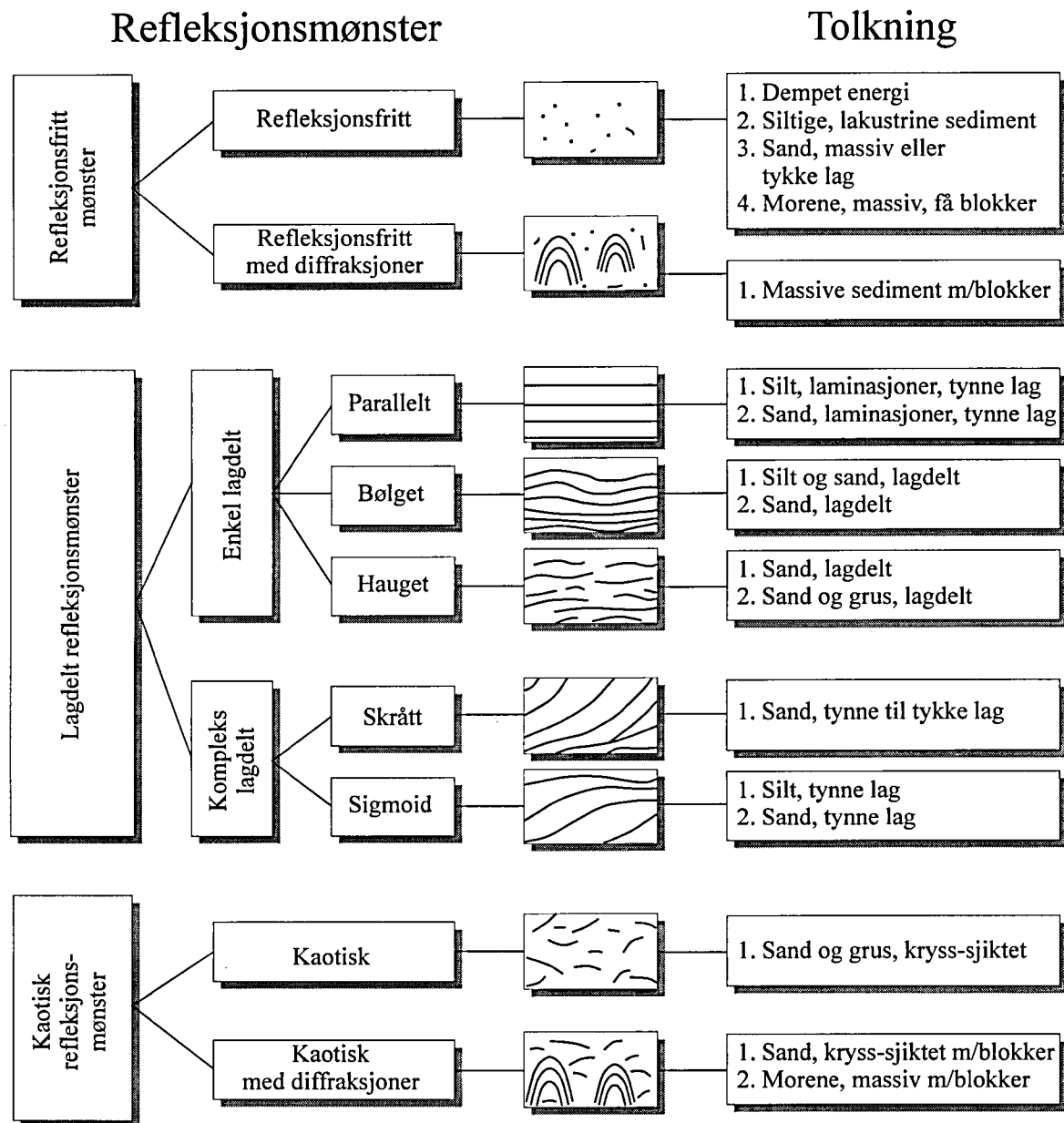
$$\epsilon_r = \left(\frac{c}{v}\right)^2$$

hvor ϵ_r er det relative dielektrisitetstallet. 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.

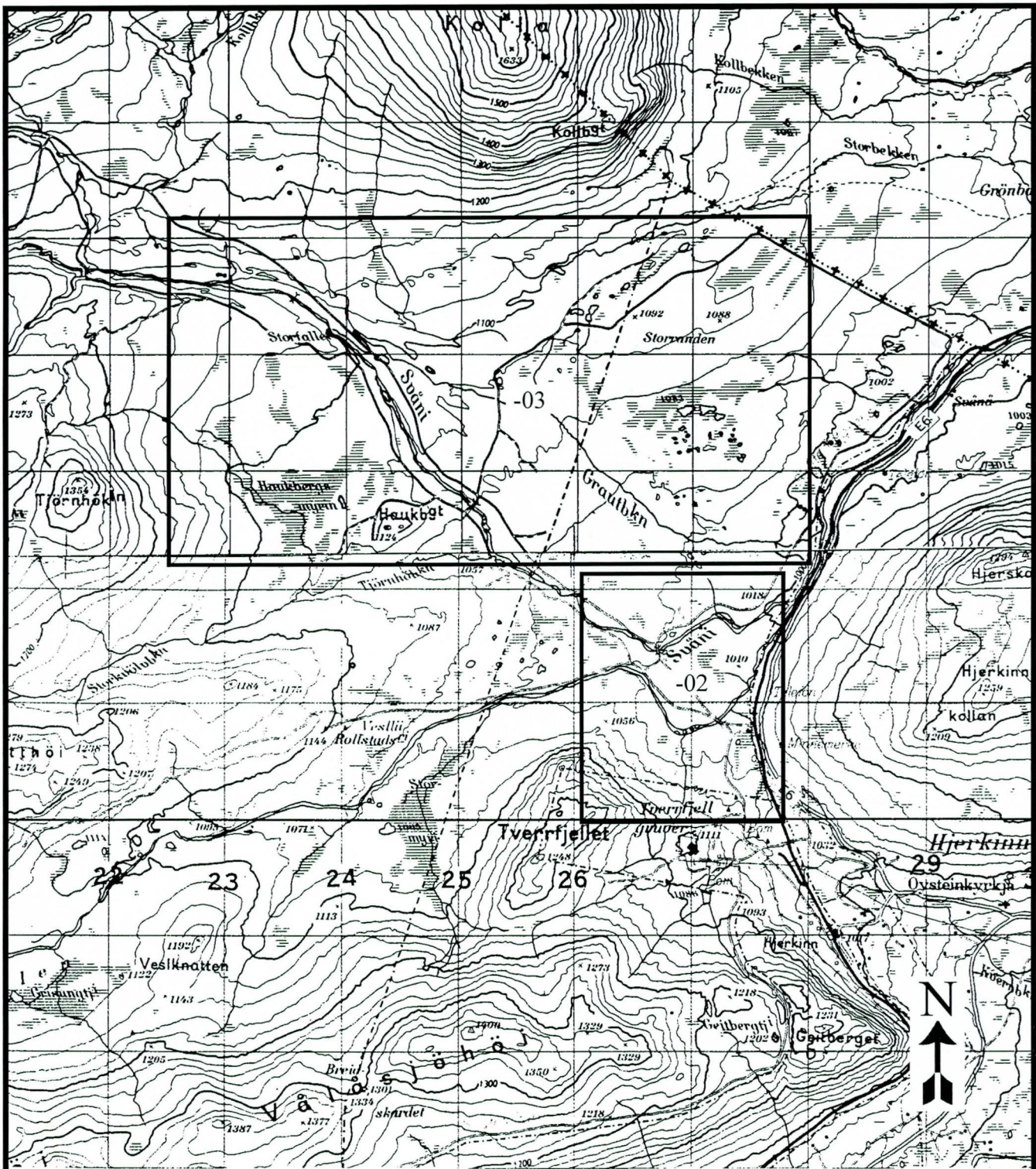
Dybderekkevidden for georadarmålinger er i stor grad avhengig av elektrisk ledningsevne i grunnen og av den utsendte antennefrekvens. Både økende ledningsevne og en økning i antennefrekvens vil føre til hurtigere demping av bølgepulsene og dermed minkende penetrasjon. I godt ledende materiale som marin silt og leire vil penetrasjonen være helt ubetydelig. I dårlig ledende materiale som f.eks. tørr sand, kan det forventes en dybderekkevidde på flere titalls meter når det benyttes en lavfrekvent antenne (f.eks. 50 eller 100 Mhz). For grunnere undersøkelser vil en mer høyfrekvent antenne gi bedre vertikal oppløsning.

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

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



Skjema som knytter refleksjonsmønster på georadaropptak til avsetningstype og lagdeling (etter Beres & Haeni, 1991).



-02

Utsnitt vist i kartbilag -02

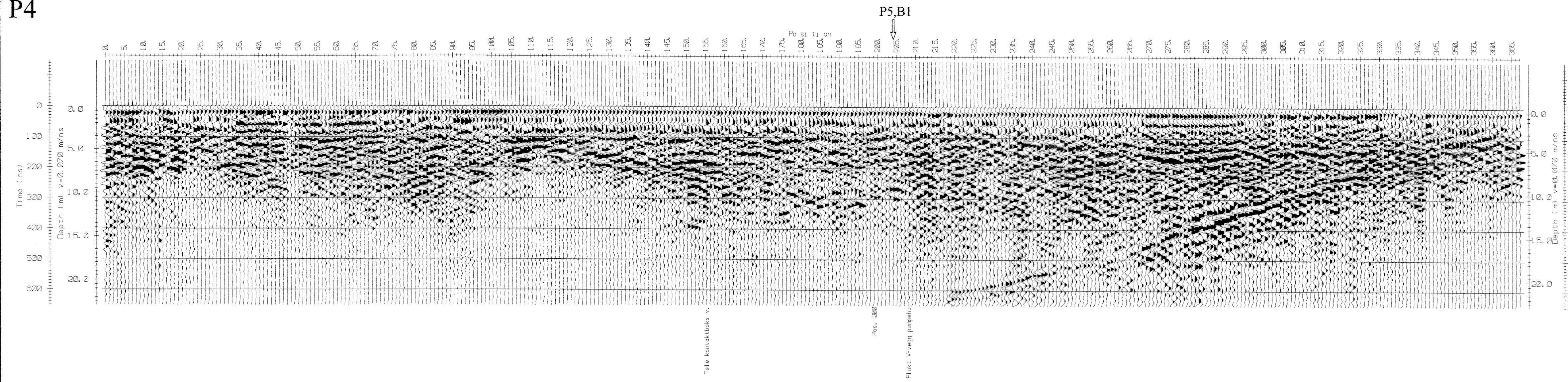
NGU/DOVRE KOMMUNE/FBT Hamar
 OVERSIKTSKART
HJERKINN
 DOVRE KOMMUNE, OPPLAND

MÅLESTOKK 1:50 000	MÅLT JFT	Juni -96
	TEGN EM	Feb. -97
	TRAC	
	KFR	

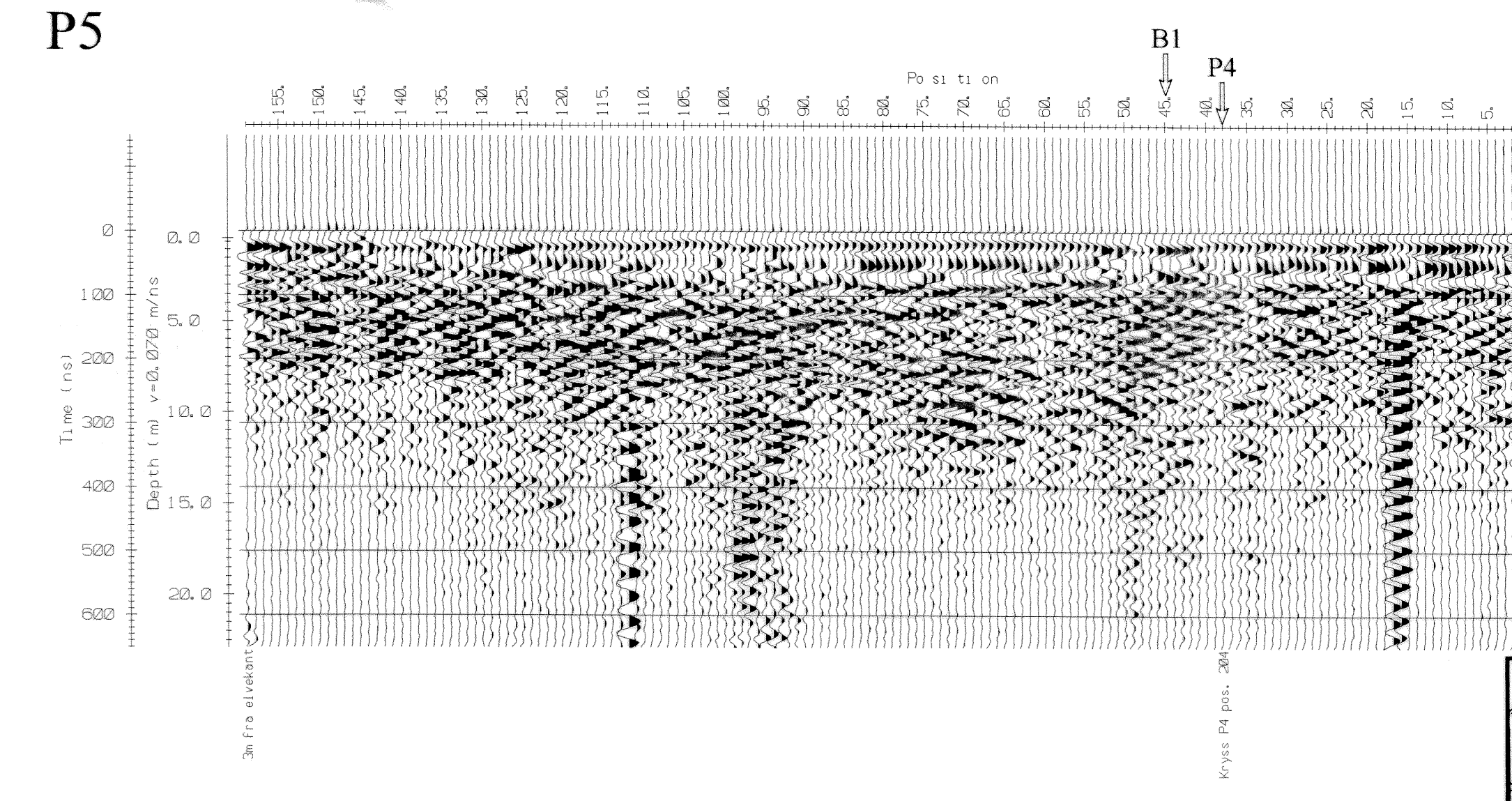
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
 TRONDHEIM

TEGNING NR 97.027-01	KARTBLAD NR 1519 III, 1519 IV
-------------------------	----------------------------------

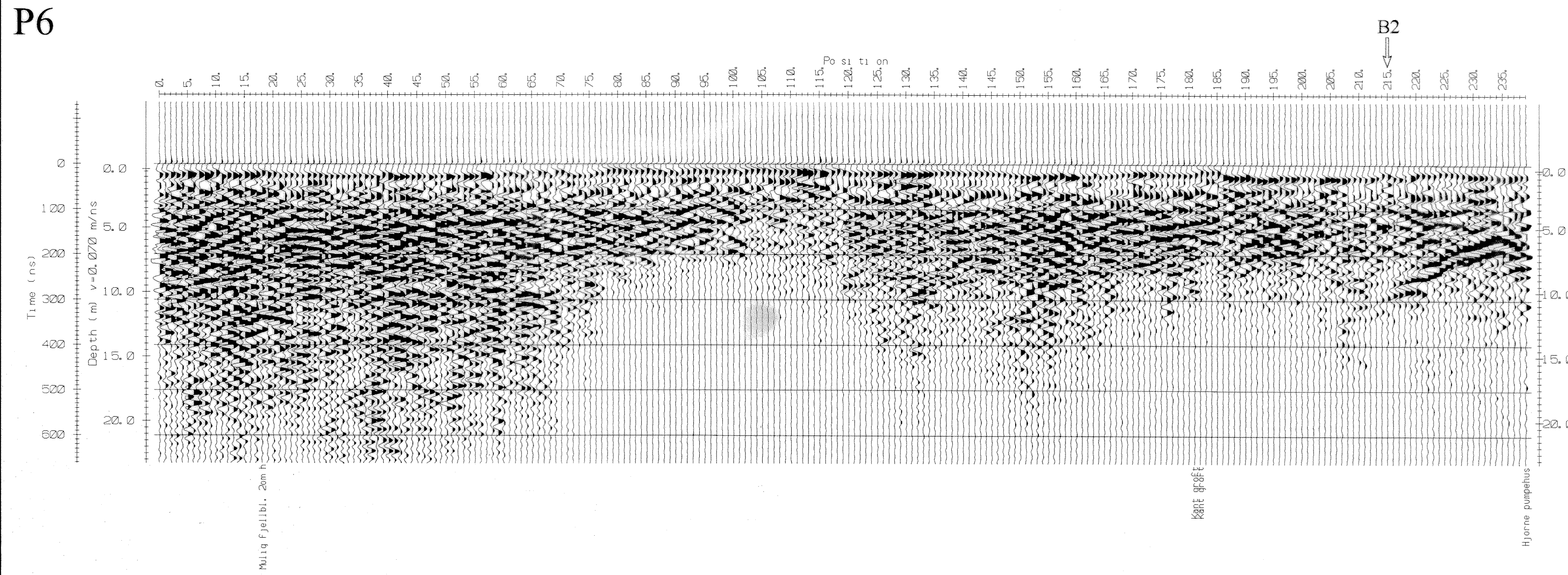
P4



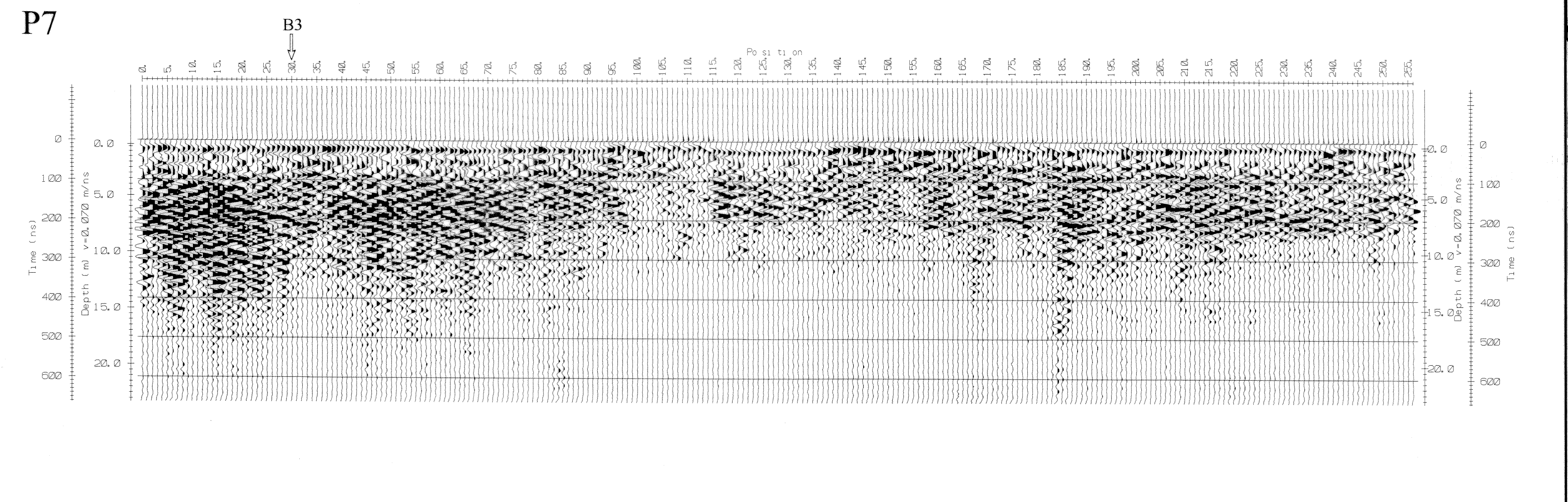
P5



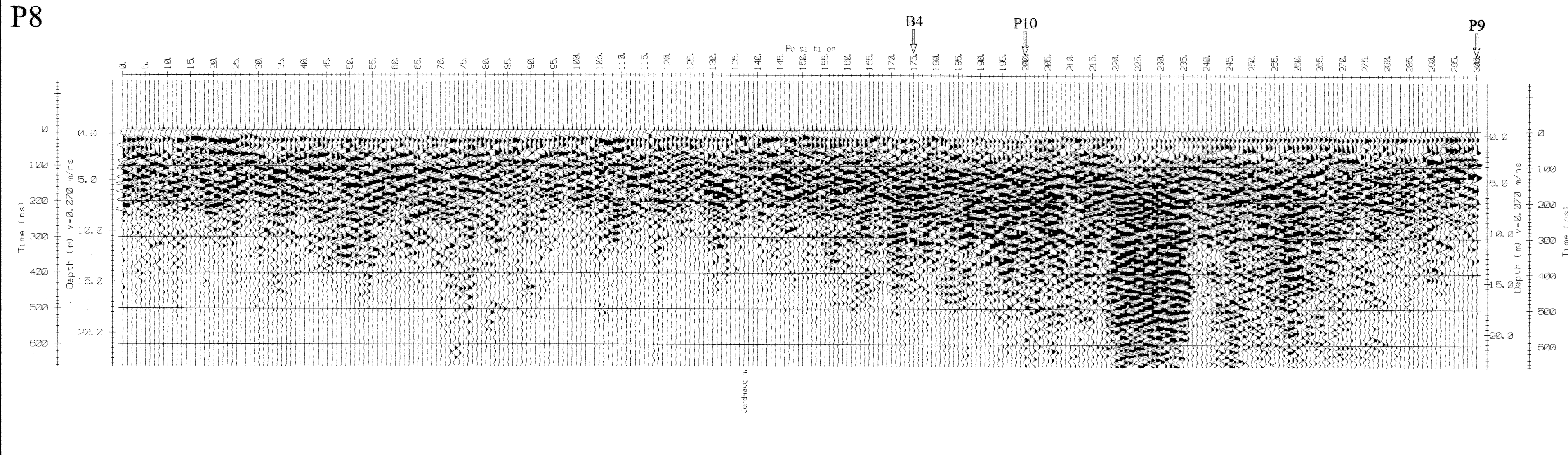
P6



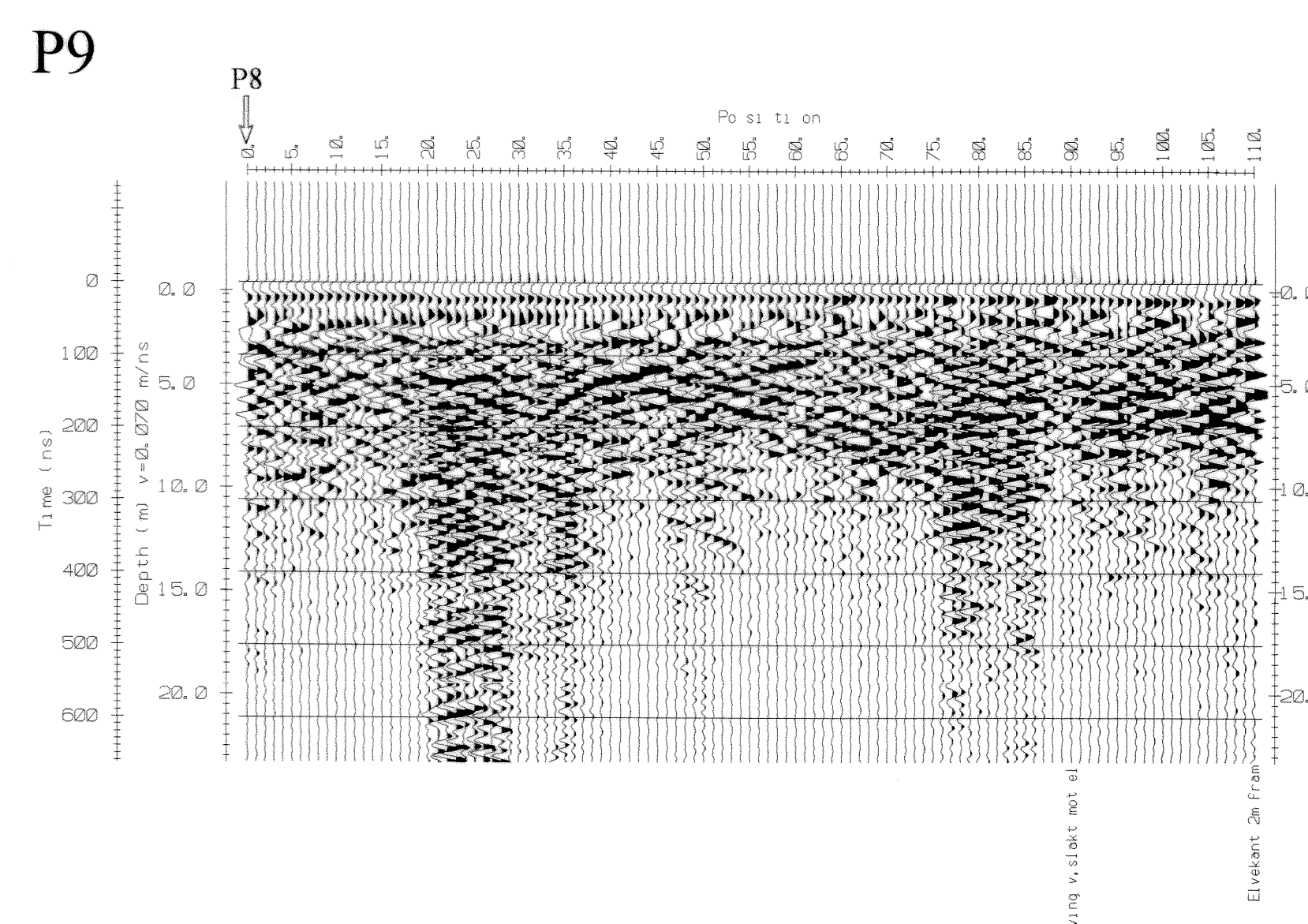
P7



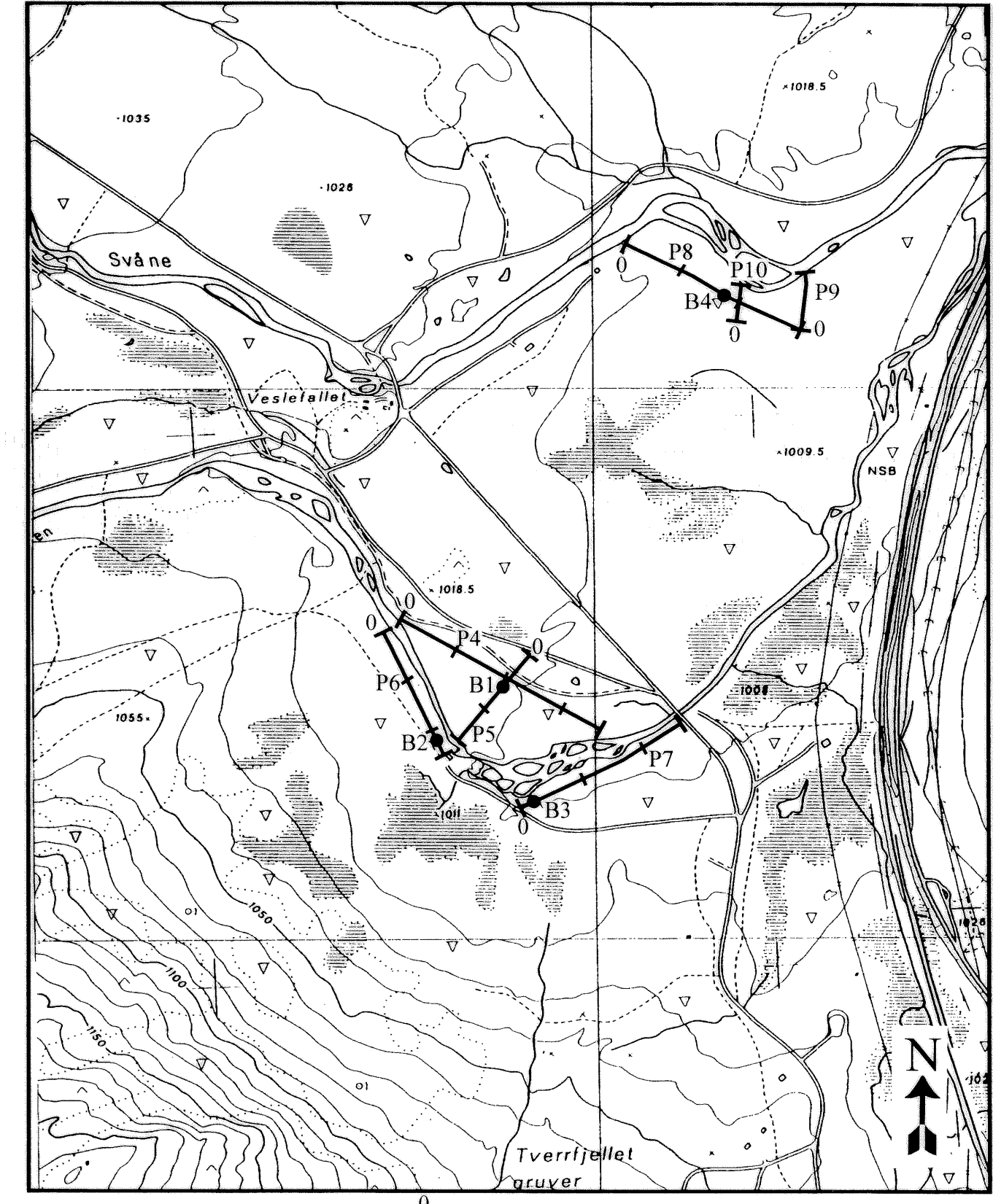
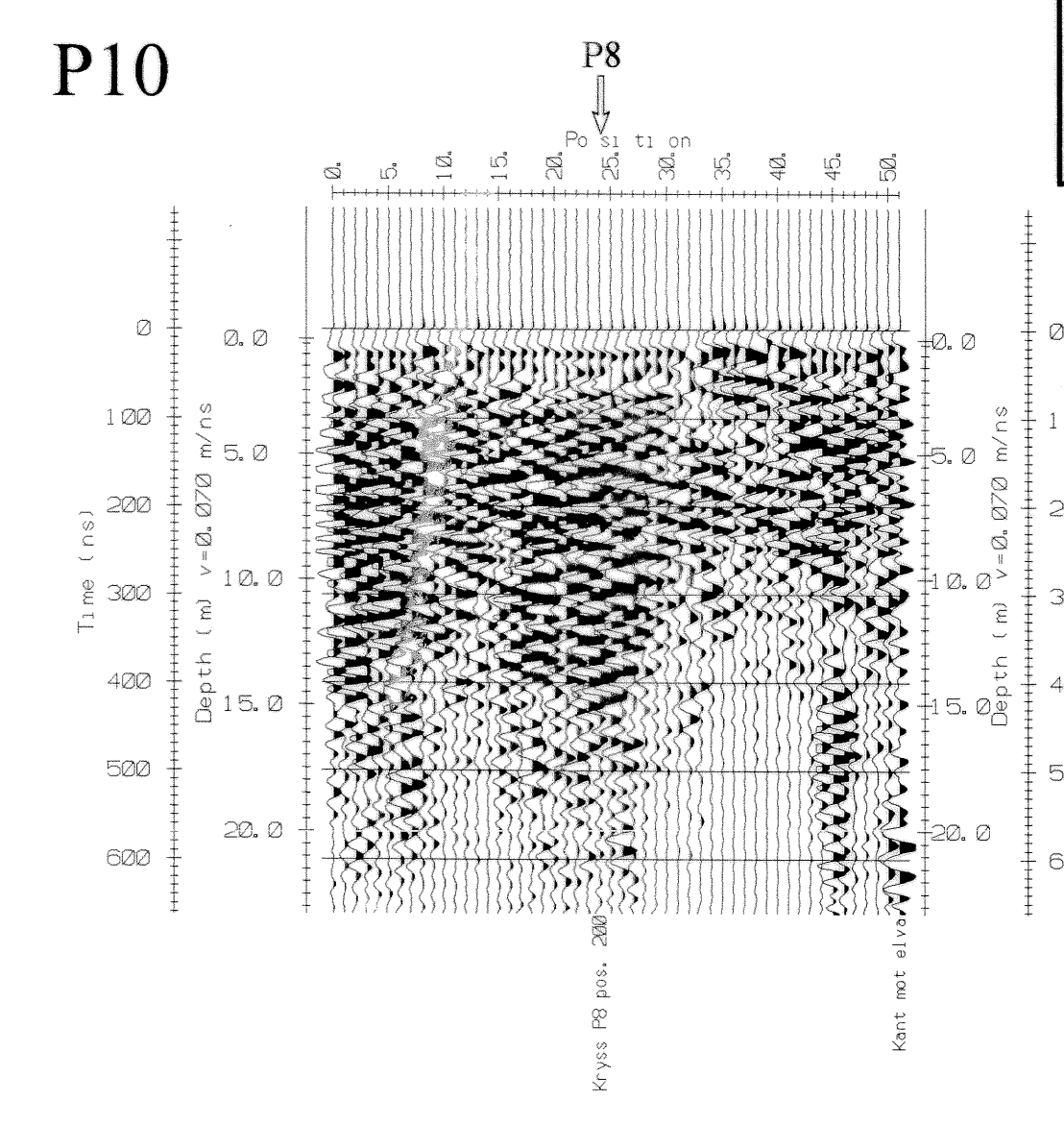
P8



P9



P10



B1 ● Plassering av sonder-boring

Georadarprofil med startposisjon og markering for hver hundre profilermeter

NGU/DOVRE KOMMUNE/FBT Hamar		MÅLSTOKK	MALT JFT	Juni -96
GEORADAROPPTAK P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10		1:10 000 (Kart)	TEGN EM	Jan. -97
HJERKINN			TRAC	
DOVRE KOMMUNE, OPPLAND			KFR	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE		TEGNING NR	KARTBLAD NR	
TRONDHEIM		97.027-02	1519 III	

