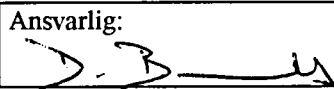


NGU Rapport 98.073

Grunnvannsundersøkelser i Naustdal kommune

Rapport nr.: 98.073		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen	
Tittel: Grunnvannsundersøkelser i Naustdal kommune				
Forfatter: Bernt O. Hilmo og Jan Fr. Tønnesen		Oppdragsgiver: NGU og Naustdal kommune		
Fylke: Sogn og Fjordane		Kommune: Naustdal		
Kartblad (M=1:250.000) Florø		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1218 III Naustdal		
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 41	Pris: 180,-	
		Kartbilag: 4		
Feltarbeid utført: Aug. 96 og sept. 97	Rapportdato: 11.06.1998	Prosjektnr.: 271314	Ansvarlig: 	
<p>Sammendrag:</p> <p>Formålet med disse undersøkelsene var å kartlegge grunnvannsressurser i området Naustdal sentrum - Ullaland med tanke på ny vannkilde til Naustdal vassverk som har et vannbehov på ca. 12 l/s.</p> <p>Tidligere undersøkelser har vist muligheter for å ta ut grunnvann fra et grovt topplag av sand og grus på elveavsetninger ved Reiakvam og Kvame. På grunn av forventet konflikt med dyrket mark, flomutsatte områder og stort vannbehov (12 l/s), anses disse alternativene for lite gunstig.</p> <p>Vurderingen av grunnvannspotensialet er gjort ut fra georadarmålinger og undersøkelsesboringer. Disse undersøkelsene har påvist løsmasser bestående stort sett av et tynt topplag av sand og grus over finkornige marine sedimenter av finsand og silt. Det kan være mulig å ta ut noe grunnvann fra gravde brønner/horisontalbrønner i topplaget, men det er tvilsomt om dette kan dekke det oppgitte vannbehovet. Slike anlegg vil også være flomutsatt og meget sårbare for forurensninger. De underliggende massene av finsand og silt er for finkornige til større grunnvannsuttak. På grunnlag av våre undersøkelser og tidligere utførte undersøkelser er det dermed ikke påvist større grunnvannsressurser som kan være aktuelle for vannforsyning til Naustdal vannverk i området mellom Naustdal sentrum og Ullaland.</p> <p>Området Kalland - Fimlandsgrend er ikke detaljundersøkt. Ut fra feltbefaringen er det likevel større sjanser for å påvise betydelige grunnvannsressurser i dette området enn i området lenger nede i dalen.</p>				
Emneord: Hydrogeologi	Geofysikk		Grunnvannsforsyning	
Sonderboring	Ressurskartlegging		Løsmasse	
Georadar			Fagrapport	

INNHold

1. INNLEDNING	5
1.1 Bakgrunn	5
1.2 Muligheter for grunnvannsuttak i Naustdal	5
1.3 Gjennomføring	5
2. METODEBESKRIVELSE.....	6
2.1 Georadar	6
2.2 Undersøkelsesboringer.....	7
3. RESULTATER.....	7
3.1 Åsedøla	7
3.1.1 Georadarmålinger (P10, P11, P12, P13 og P14).....	7
3.1.2 Undersøkelsesboringer.....	8
3.2 Reiakvamsøyane.....	8
3.2.1 Georadarmålinger (P6 og P7)	8
3.2.2 Undersøkelsesboringer.....	9
3.3 Horstadøyane	9
3.3.1 Georadarmålinger (P8 og P9)	9
3.3.2 Undersøkelsesboringer.....	9
3.4 Ekrehaugen	10
3.4.1 Georadarmålinger (P4 og P5)	10
3.4.2 Undersøkelsesboringer.....	10
3.5 Åmot.....	10
3.5.1 Georadarmålinger (P18 og P19).....	10
3.5.2 Undersøkelsesboringer.....	11
3.6 Ullaland.....	11
3.6.1 Georadarmålinger (P15, P16 og P17).....	11
3.7 Kalland.....	11
3.7.1 Georadarmålinger (P1, P2 og P3)	11
4. KONKLUSJON	12
5. REFERANSER.....	13

TEKSTBILAG

- 1 Georadar - metodebeskrivelse
- 2 Skjema for tolkning av refleksjonsmønster i georadaropptak
- 3 Hydrogeologiske undersøkelsesmetoder i løsmasser ved NGU

DATABILAG

1.1-1.11 Borprofiler

KARTBILAG

- 1.1 Oversiktskart i M 1:50 000 over undersøkte områder i Naustdal kommune
- 1.2 Lokalkart Åsedøla (M 1:5 000) - georadarprofiler og boringer
- 1.3 Lokalkart Reiakvamsøyana (M 1:5 000) - georadarprofiler og boringer
- 1.4 Lokalkart Horstadøyane (M 1:5 000) - georadarprofiler og boringer
- 1.5 Lokalkart Ekrehaugen (M 1:5 000) - georadarprofiler og boringer
- 1.6 Lokalkart Åmot (M 1:5 000) - georadarprofiler og boringer
- 1.7 Lokalkart Ullaland (M 1:5 000) - georadarprofiler
- 1.8 Lokalkart Kalland (M 1:5 000) - georadarprofiler

TEGNINGSBILAG

- 98.073-01 Åsedøla - Georadaropptak (P10 - P13)
- 98.073-02 Reiakvams-/Horstad-øyane - Georadaropptak (P6, P7 og P8, P9)
- 98.073-03 Ekrehaugen og Åmot - Georadaropptak (P4, P5 og P18, P19)
- 98.073-04 Ullaland og Kalland - Georadaropptak (P15 - P17 og P1 - P3)

1. INNLEDNING

1.1 Bakgrunn

Norges geologiske undersøkelse (NGU) og Naustdal kommune har inngått et samarbeidsprosjekt for å kartlegge grunnvannsressurser med tanke på ny vannkilde til Naustdal vassverk som har et vannbehov på ca. 12 l/s.

Naustdal vannverk forsynes i dag med vann fra et daminntak i elv fra Horstadvatn. Vannet blir silt og desinfisert ved UV-bestråling. Vannkvaliteten er preget av for lav pH-verdi og tidvis noe høyt fargetall.

1.2 Muligheter for grunnvannsuttak i Naustdal

Mulighetene for grunnvannsforsyning er tidligere vurdert av VIAK (1971), Rye (1973), Huseby (1973) og Soldal (1995). Ut fra disse undersøkelsene er det påvist muligheter for grunnvannsuttak fra grunne sand- og grusavsetninger på elveslettene ved Reiakvam og Kvame. I tillegg til usikker kapasitet vil et grunnvannsuttak på disse stedene komme i konflikt med jordbruksinteresser. Det var derfor av interesse å undersøke grunnvannsmulighetene andre steder på strekningen mellom Naustdal sentrum og Kalland. Løsmassene i dette området er kartlagt som elveavsetninger av sand og grus på slettene i dalbunnen og med breelvvavsetninger avsatt i terrasser i dalsidene (Rye, 1976). Dalbunnen i hele området ligger under marin grense, og det er derfor sannsynlig at det finnes marine sedimenter av silt og leire under elveavsetningene. Mange av breelvterrassene er bygd opp til marin grense på ca. 60 moh. Disse avsetningene ligger som oftest drenert med små muligheter for større uttak av grunnvann. Mulighetene for grunnvannsuttak er størst på elveavsetningene med størst tykkelse av sand og grus og hvor elvevann kan infiltrere inn i avsetningene.

1.3 Gjennomføring

I det aktuelle dalområdet ble det i august 1996 gjort en feltbefaring og valgt ut 7 lokaliteter for videre undersøkelser. Lokalitetene er vist i kartbilag 1.1. På alle disse områdene ble det 18.-19. august utført georadarmålinger for å få en oversikt over løsmassefordeling og løsmassemektigheter. Målingene omfatter 19 profiler med samlet lengde 1,6 km. Ut fra disse resultatene og framkommelighet med boreutstyr ble det valgt ut lokaliteter for undersøkelsesboringer som ble utført i august 1997.

Bernt Olav Hilmo har vært ansvarlig for arbeidet. Andre involverte har vært:

Jan Fredrik Tønnesen (georadar)

Ingar Fossan (løsmasseboring)

Bjørn Frengstad (feltbefaring)

Bjørn Iversen (løsmasseboring)

Teknisk etat i kommunen har skaffet nødvendig bakgrunnsinformasjon (opplysninger om eksisterende vannforsyning, kart etc.) og innhentet boretillatelser fra grunneiere.

2. METODEBESKRIVELSE

2.1 Georadar

Georadar er en elektromagnetisk målemetode som kan benyttes til undersøkelse av løsmassenes lagdeling og strukturer, samt grunnvannsnivåets beliggenhet. Metoden er basert på registrering av reflekterte elektromagnetiske bølgepulser fra grenseflater i jorda. En mer detaljert beskrivelse av målinger med georadar er vedlagt i tekstbilag 1. Georadaren som ble benyttet er digital og av typen pulseEKKO 100 (Sensors & Software Inc., Canada).

For alle profilene ble det benyttet en sender på 1000V. For de fleste profilene (dvs. P6 og P8-P19) ble det anvendt antenner med senterfrekvens 100 MHz med opptakstid på 800 ns (nanosekunder) og samplingsintervall på 0,8 ns. Målingene ble utført med 16 registreringer («stacks») i hvert målepunkt (posisjon). Antenneavstand var 1 m, mens det ble benyttet en flyttavstand på 0,5 m ved profilmålingene. Langs de øvrige profilene (dvs. P1-P5 og P7) ble det anvendt antenner med senterfrekvens 50 MHz med opptakstid 1000 ns og samplingsintervall 1,6 ns, mens flyttavstanden ble øket til 1m.

Reell lengde av profiler kan avvike en del fra lengde angitt i profilopptakene 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, stier, bekker og andre terrengdetaljer kan benyttes for mer nøyaktig profilposisjonering.

Det er ikke utført noen CMP-målinger for å beregne radarbølgehastighet i løsmassene. Ved utplotting av georadarprofilene ble det anvendt en hastighet på 0,08 m/ns for beregning av en dybdeskala (m under terrengoverflaten). For materiale over grunnvannsspeil er nok denne hastigheten for lav, da den der kan forventes å ligge i området 0,10-0,12 m/ns. Mektigheten av den umettede sonen vil derfor være noe større enn dybdeskalaen viser. Feilen vil være liten da grunnvannsspeilet stort sett ligger mindre enn 2 m under terrengnivå. Grunnvannsspeilet er gjennomgående ikke definert i georadaropptakene da det regnes at refleksjoner fra dette interfererer med direktebølgen mellom sender og mottager eller med nær horisontale reflektorer øverst i avsetningene. Variasjoner i terrengoverflaten er ikke lagt inn langs profilene, og høydeskala er derfor utelatt. Viktige terrengvariasjoner er angitt som kommentarer under profilutskriftene.

Ved utskrift av profilopptakene ble det benyttet egendefinert forsterkning. Ved denne type forsterkning settes bestemte forsterkningsverdier ved bestemte tidspunkt. Ved utskrift blir forsterkningen lineært interpolert mellom forsterkningsverdiene.

Penetrasjonsdypet (dybderekkevidden) vil være viktigste indikator for mulighetene for uttak av grunnvann fra løsmassene, da dette som regel vil beskrive mektigheten av sand/grus-dominerte avsetninger. Det kan være forholdsvis god penetrasjon også i finsanddominerte avsetninger selv med et visst siltinnhold, men disse vil være dårlige vanngivere. Refleksjons-mønsteret vil som regel kunne gi en del tilleggsinformasjon om avsetningstyper og materialsammensetning. I tekstbilag 2 er vist et skjema (etter Beres & Haeni, 1991) som kan være til hjelp for tolkning av sammenhengen mellom refleksjonsmønster og løsmasstype.

2.2 Undersøkelsesboringer

Undersøkelsesboringene ble gjort med Borros beltegående borerigg. Der hvor sonderboringen indikerte egnede løsmasser for grunnvannsuttak, ble det satt ned en Ø32 mm testbrønn med en meter filter som ble pumpet i forskjellige nivå for kapasitetsvurderinger og prøvetaking av grunnvann og løsmasser.

Tekstbilag 3 gir en mer detaljert beskrivelse av grunnvannsundersøkelser i løsmasser.

3. RESULTATER

Lokalisering av georadarprofilene og plassering av de etterfølgende sonderboringene er vist i kartbilagene 1.2 - 1.8. Utskrift av georadaropptakene langs profilene er vist i tegningsbilagene -01 til -04, mens resultatene fra boringene framgår av databilag 1.1 til 1.11.

3.1 Åsedøla

3.1.1 Georadarmålinger (P10, P11, P12, P13 og P14)

Målingene er utført på avsetningene ved utløpet av Åsedøla i Nausta (P10, P11 og P13) og på nordlige del av Gjeldsøyna sørvest for utløpet (P12 og P13). Lokalisering av georadarprofilene framgår av kartbilag 1.2, mens utskrift av georadaropptakene er vist i tegningsbilag -01.

Penetrasjonsdypet (dybderekkevidden) for reflekterte georadarsignaler varierer stort sett fra 10 til 15 m. Reflektor som antas å representere fjelloverflaten opptrer langs deler av profilene. Fra dagnært ved nordenden av P10 skråner den ned til 11-12 m dyp ved pos. 20 og når trolig ned til et maksimumsdyp på 14 m rundt pos. 35. Langs sørlige del av profilet er fjellnivået usikkert. I de kryssende profilene P11 og P12 varierer fjelloverflaten stort sett i området 10-12 m. Oppstikkende ryggform med toppunkt på 8 m dyp ved pos. 88 i P11 og på 6 m dyp ved pos. 19 i P12 er trolig fjell, men kan ikke utelukkes å bestå av løsmasser. På Gjeldsøyna (P13 og P14) er fjelloverflaten ikke indikert.

Langs P10, P11 og P12 er det indikert et 2-4 m tykt overflatelag med til dels markert bunnreflektor. Georadarsignalene har generelt dårlig oppløsning i overflatelaget, men synes å være dominert av nær horisontale reflektorer. Laget regnes å bestå av vekslende sand/grus-dominerte elveavsetninger. Materialet under har mer finstrukturert refleksjonsmønster, men også disse avsetningene er dominert av nær horisontale reflektorer. Avsetningene regnes å bestå av eldre elve- eller deltaavsetninger. Det er meget svak reflektivitet i løsmassene under 6-8 m dyp og det er sannsynlig at det er forholdsvis finstoffrikt materiale (finsand og silt) mot større dyp. Mulighetene for uttak av grunnvann vil derfor trolig være begrenset til avsetningene over. Langs P13 og P14 er overflatelaget 3-5 m tykt, mens reflektiviteten i underliggende materiale blir svak fra 8-10 m dyp. For oppfølgende boringer anbefales områdene med størst penetrasjon og mest markert reflektivitet i løsmassene, dvs. i området langs P13 på Gjeldsøyna og i området nær krysningspunkt for P10 og P11 ved utløpet av Åsedøla.

3.1.2 Undersøkellesboringer

Borhull 1 og 2 ble plassert på ei elveslette ved Åsedølas utløp i Nausta (kartbilag 1.2). Boringene viste 2-3 m med grus og sand over finsand og silt (databilag 1.1 og 1.2). Fjell ble nådd på ca. 10 m dyp i begge borhullene. Ut fra løsmassetypen er det ikke muligheter for større uttak av grunnvann fra noen av borhullene.

3.2 Reiakvamsøyane

Elveslettene ved Reiakvam er tidligere undersøkt av NGU (Huseby 1973). Det ble da påvist maks. 5,5 m med stein, grus og sand over silt og leire. Ut fra undersøkelsene ble det antydnet muligheter for uttak av ca. 250 l/min pr m² filterflate i dette topplaget. På grunn av mye dyrket mark i området foreslo VIAK (1973) å flytte en eventuell prøvepumpingsbrønn ut på ei øy i Nausta.

3.2.1 Georadarmålinger (P6 og P7)

Målingene er begrenset til den foreslåtte øya i Nausta. Lokalisering av profilene er vist i kartbilag 1.3, mens utskrift av georadaropptakene er vist i tegningsbilag -02.

Penetrasjonsdypet er også ved denne lokaliteten 10-15 m og det ser ut til å være tilsvarende lagdeling som ved Åsedøla. Overflatelaget er 3,5-5,5 m tykt og i underliggende materiale er det svak reflektivitet fra 8-9 m dyp under terrengoverflaten. Det regnes at materiale på større dyp er for finstoffholdig til å være av interesse for grunnvannsuttak. Nær horisontal reflektor på 10-11 m dyp langs østlige del P6 og sentrale deler av P7 regnes å være en løsmasse-reflektor, mens fjelloverflaten ligger dypere og utenfor radarens rekkevidde. Ryggform som stikker opp til nær 8 m under overflaten rundt pos. 20-25 i P6 kan være fjell.

3.2.2 Undersøkelsesboringer

For oppfølgende vurdering av grunnvannsmulighetene ble borhull 6 og 7 plassert på denne øya (kartbilag 1.4). Borhull 6 og 7 viste henholdsvis ca. 4 m og ca. 3 m med grus og sand over sand/ finsand og silt (databilag 1.6 og 1.7). Boringene ble avsluttet mot fjell/bokk på henholdsvis 15 m og 17 m dyp. Ut fra disse resultatene er det ikke muligheter for større uttak av grunnvann i det undersøkte området.

3.3 Horstadøyane

Grunnvannsundersøkelser foretatt av universitetet i Bergen har påvist sand og grusmasser med mulighet for grunnvannsuttak på elvesletta mellom gårdene på Kvame og Nausta. Tykkelsen på sand og grusmassene er opptil 12 m, men det ble ikke utført pumpetester i noen av borhullene. Et betydelig grunnvannsuttak krever infiltrasjon fra Nausta, og dette er vanskelig å vurdere ut fra boreresultatene. Området består av dyrkamark, slik at en eventuell brønn vil medføre store restriksjoner på gjødsling. For å begrense mulige arealkonflikter ble forholdene på øya mellom Kvame og Horstad (kartbilag 1.4) undersøkt.

3.3.1 Georadarmålinger (P8 og P9)

Målingene er lokalisert til sørvestligste del av øya (kartbilag 1.4) og utskrift av georadaropptakene langs profilene er vist i tegningsbilag -02.

Det er indikert tilsvarende penetrasjon og lagdeling som ved de foran nevnte lokaliteter. Overflatelaget, som regnes å være forholdsvis grovt, er hovedsakelig bare 3-4 m tykt, men tykkelsen øker til 5-6 m i vestlige del av P8 (pos. 70-110) og i sørlige del av P9 (pos. 35-56). Svak refleksivitet i laget under langs østlige del av P8 (pos. 0-55) indikerer forholdsvis finstoffholdig materiale, men kan delvis skyldes overflateforhold. (Oppdyrket mark og bedre gjødsling vil dempe georadarsignalet). Det regnes å være grovest materiale til størst dyp langs vestlige del av P8, dvs. at det kan være egnede løsmasser for grunnvannsuttak ned til vel 10 m dyp i området pos. 70-110. Langs P9 regnes det å komme mer finstoffholdig materiale fra 8 m dyp. Bunnreflektor på rundt 14 m dyp langs P8 og som stiger opp sørover langs P9 til ca. 11 m, antas å være løsmassereflektor, mens fjelloverflaten ligger dypere og utenfor radarens rekkevidde.

3.3.2 Undersøkelsesboringer

Borhull 8 er lokalisert lengst nordøst på øya, mens borhull 9 er plassert nær sørvestenden i området anbefalt ut fra georadarmålingene (kartbilag 1.4). Borhull 8 viste ca. 6 m med sand, grus og stein over finsand og silt til min. 20 m (databilag 1.8). Testpumping på 5,5 m og 7,5 m ga intet vann. I borhull 9 ble det påvist ca. 3 m med grus og sand over finsand og silt til min.

20 m (databilag 1.9). Resultatene av boringene indikerer derfor små muligheter for betydelige uttak av grunnvann.

3.4 Ekrehaugen

Undersøkelsene er begrenset til ei smal elveslette langs vestsiden av Nausta øst for Ekrehaugen (kartbilag 1.5).

3.4.1 Georadarmålinger (P4 og P5)

Utskrift av georadaropptakene langs profilene er vist i tegningsbilag -03. Overflatelaget som regnes å være sand/grus-dominert, er her 3-6 m tykt og med størst mektighet i sør langs P4 (pos. 5-35). Det er stort sett kaotisk refleksjonsmønster i underliggende materiale. Dette kan indikere til dels grovt men dårlig sortert materiale, muligens morenedominert. Det er derfor usikkert om avsetningene under overflatelaget er egnet for grunnvannsuttak. Det rotete refleksjonsmønsteret medfører også at det er vanskelig å identifisere fjelloverflaten. Det er mulig at fjellet stikker opp til 7-8 m dyp ved pos. 15 i P4, og at det ligger på 10-12 m dyp mellom pos. 25 og 50 og rundt 8 m dypt videre nordover.

3.4.2 Undersøkelsesboringer

Det ble utført to sonderboringer på den smale elvesletta. Borhull 4 og 5 viste henholdsvis 6,3 m og 8,2 m med sand, grus og stein over fjell (databilag 1.4 og 1.5). Massene ble tolket som relativt tette, og det er derfor små muligheter for store uttak av grunnvann.

3.5 Åmot

Lokalisering av georadarprofiler på elveslette ved utløpet av Hyaelva i Nausta og boringer, både der og på øy nordøst for utløpet, er vist i kartbilag 1.6.

3.5.1 Georadarmålinger (P18 og P19)

Utskrift av georadaropptakene langs profilene er vist i tegningsbilag -03. Langs P18 vest for brua over Hyaelva er det stort sett kaotisk refleksjonsmønster. Det er svak refleksivitet fra større dyp enn 8-10 m i østlige del, mens det i vest (pos. 30-43) er indikert refleksjoner ned til 12-14 m dyp. Dette kan indikere til dels grovt men dårlig sortert materiale, muligens morenedominert. Det er derfor usikkert om avsetningene kan være egnet for grunnvannsuttak. Det rotete refleksjonsmønsteret medfører at det er vanskelig å identifisere fjelloverflaten og den kan ikke utelukkes å ligge grunt. Øst for brua, sørøstover langs P19 fra Hyaelva mot Nausta, er penetrasjonsdypet stort sett 8-10 m. Begrensningen i penetrasjon skyldes trolig at det er høyt finstoffinnhold fra dette dypet og videre nedover. Fjelloverflaten regnes å ligge på større dyp, men det er mulig at den kommer opp til 5-7 m dyp lengst mot nordvest (pos. 0-25).

Overflatelaget, som antas å være sand/grus-dominert, er hovedsakelig 2-4 m tykt og er tynnest langs sørøstlige del av profilet (pos. 70-120). Lokalt rundt pos. 25 kan lagtykkelsen være opptil 6 m. Det er usikkert om løsmassene under dette laget og ned til 8-10 m dyp er grove nok til å være egnet for grunnvannsuttak. Svakere og mer horisontale reflektorer i sørøstlige del (pos. 75-120) indikerer at det der er høyest innhold av finkornig materiale.

3.5.2 Undersøkelsesboringer

Borhull 3 ble utført ved georadarprofil P18 vest for brua over Hyelva. Denne boringen viste hovedsakelig sanddominerte masser med innhold av blokk og stein. Blokk/fjell ble nådd på 8,5 m (databilag 1.3). På grunn av for tette masser ble det ikke utført pumpeforsøk.

Boring av VIAK (1972) foretatt nærmere Nausta viste 4 m grus og stein over leire, silt og finsand. Ut fra disse resultatene, samt utførte georadarmålinger, kan det konkluderes med små muligheter for større grunnvannsuttak i dette området.

Borhull 10 og 11 ble boret på ei elveslette/øy nordøst for utløpet av Hyelva. Borhull 10 viste ca. 4 m med stein, grus og sand over finsand og silt. Fjell/blokk ble nådd på 6 m dyp (databilag 1.10). I borhull 11 ble det påvist ca. 3 m med grus og sand over finsand og silt til min. 16 m (databilag 1.11). Det er heller ikke her muligheter for grunnvannsuttak tilsvarende det oppgitte vannbehovet på 12 l/s.

3.6 Ullaland

3.6.1 Georadarmålinger (P15, P16 og P17)

Målingene er lokalisert til østlige halvdel av elveslette/øy ved Ullaland, og omfatter ett lengdeprofil (P15) og to tverrprofiler (kartbilag 1.7). Utskrift av georadarprofilene er vist i tegningsbilag -04.

Det er liten refleksivitet fra større dyp enn 10 m. Det er mulig at fjell kan ligge på eller nær dette dypet, men det er mer sannsynlig at finkornige løsmasser begrenser penetrasjonen. Et overflatelag som gjennomgående er 2-3 m tykt regnes å bestå av sand/grusdominerte elveavsetninger. Løsmassene under er for det meste karakterisert ved nær horisontale og forholdsvis svake reflektorer. Dette indikerer at avsetningene trolig er sanddominerte, men de kan være forholdsvis finkornige og dermed dårlig egnet for større grunnvannsuttak.

3.7 Kalland

3.7.1 Georadarmålinger (P1, P2 og P3)

Målingene er utført på elveslette ved bekkeutløp øst for Kalland (kartbilag 1.8). Utskrift av georadaropptakene langs profilene er vist i tegningsbilag -04.

Det er oppnådd et penetrasjonsdyp på mellom 15 og 20 m med 50 MHz antenner. Et 3-5 m tykt overflatelag regnes å bestå av sand/grus-dominerte elveavsetninger. Langs P1 og P2, som er plassert henholdsvis vest og øst for bekken og parallelt med denne, er det indikert en løsmassegrense på 8-10 m dyp. I det kryssende profilet P3, som går parallelt med elvebredden av Nausta, kan løsmassegrensen gå ned mot 14 m dyp ved nordøstenden. Nær horisontale reflektorer i avsetningene under indikerer trolig vekslende men finstoffrikt materiale dårlig egnet for grunnvannsuttak. Materialet over er trolig sanddominert, men det er usikkert om det er grovt nok for større grunnvannsuttak.

4. KONKLUSJON

Tidligere undersøkelser har vist muligheter for grunnvannsuttak fra et grovt topplag med mindre enn 6 m tykkelse av sand og grus fra elveavsetninger ved Reiakvam og Kvame. På grunn av forventet konflikt med dyrket mark, flomutsatte områder og stort vannbehov (12 l/s), anses disse alternativene for lite gunstig.

Våre undersøkelser viser også at det kan være mulig å ta ut noe grunnvann fra gravde brønner/horisontalbrønner flere steder, men det er tvilsomt om dette kan dekke det oppgitte vannbehovet. Slike anlegg vil også være flomutsatt og meget sårbare for forurensninger. En eventuell utbygging vil kreve flomsikring og omfattende klausulering. **På grunnlag av våre undersøkelser og tidligere utførte undersøkelser er det dermed ikke påvist større grunnvannsressurser som kan være aktuelle for vannforsyning til Naustdal vannverk i området mellom Naustdal sentrum og Ullaland.** Området Kalland - Fimlandsgrend er ikke detaljundersøkt. Ut fra feltbefaringen er det likevel større sjanser for å påvise betydelige grunnvannsressurser i dette området enn i området lenger nede i dalen.

5. REFERANSER

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

Frengstad, B. 1996: Statusrapport, grunnvannsundersøkelser i Naustdal kommune. Norges geologiske undersøkelse.

Hilmo, B. O. 1997: Statusrapport, grunnvannsundersøkelser i Naustdal kommune. Norges geologiske undersøkelse.

Huseby, S. 1973: Grunnvannsforsyning til Naustdal, rapport etter utførte forundersøkelser. Norges geologiske undersøkelse.

Rye, N. 1973: Grunnvannsutnyttelse på Kvame i Naustdal. Rapport fra universitetet i Bergen.

Rye, N. 1976: Førde B30-Ø, kvartærgeologisk kart, M. 1: 50 000. Norges geologiske undersøkelse.

Soldal, O. 1995: Grunnvatn i Naustdal. GEOfuturum as.

VIAK 1971: Kortfattet rapport fra konferanser og befaringer 10.05 og 12.05 1971.

VIAK 1972: Rapport fra grunnvannsundersøkelser i tiden 7.3.-10.3.-1972. Brev til Naustdal kommune datert 28.april 1972.

VIAK 1973: Vedrørende vannforsyningen. Brev til Naustdal kommune datert 08.11.1973

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;

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

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

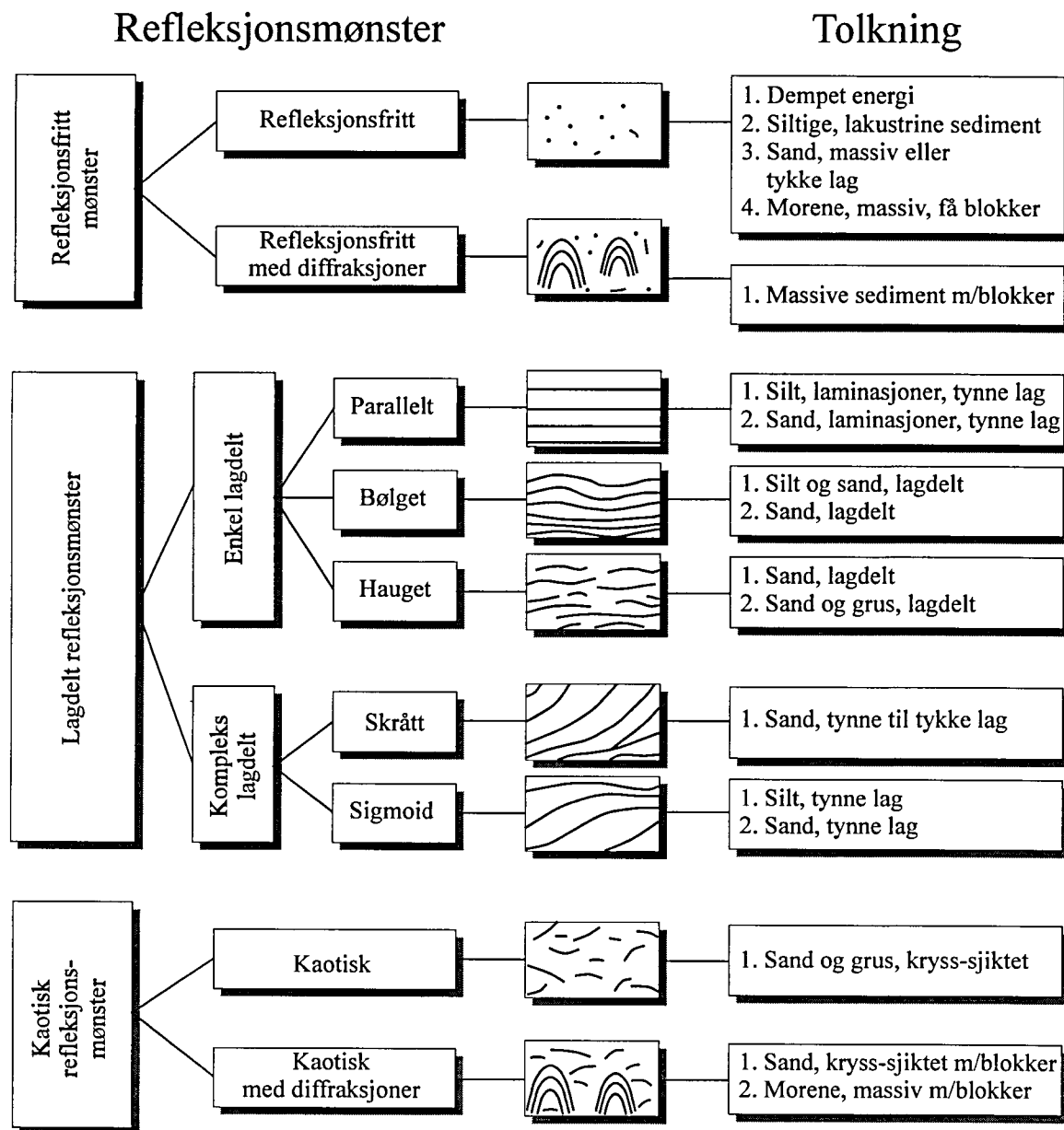
$$\epsilon_r = \left(\frac{c}{v}\right)^2$$

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).

HYDROGEOLOGISKE UNDERSØKELSESMETODER I LØSMASSER VED NGU

1 SONDERBORINGER

a) Metodikk

Standard sonderboringer i løsmasser blir gjort med Borros/Hafo borerigg og Ø57 mm krone med vannspyling. Boringen er hydraulisk drevet og kan gjøres med både rotasjon og slag. Vanligvis bores det til 20-30 m dyp eller til fjell, men ellers er lengden av sonderstrengen eneste begrensning i mulig boredyp. For å få en mest mulig sikker kontroll av fjelldyp, bores det min. 0.5 m ned i fjellet.

Sonderboringer kan også gjøres med håndholdt borutstyr (pionar slagbormaskin). Det benyttes 40 mm firkantet sonderspiss og Ø25 mm sonderstenger av en meters lengde. Denne boremetoden er mest brukt på lokaliteter med vanskelig tilgjengelighet og ved grunne boringer.

b) Dataregistreringer

Under boring med Borros/Hafo borerigg registreres borsynk (sekund/m), vanntrykk (kg), om det brukes slag under boring og karakterisering av boreslammet (farge og kornstørrelse). Ved sonderboring med håndholdt borutstyr registreres borsynk og friksjonslyden ved dreining av sonderspissen.

c) Tolkning

Ut fra dataregistreringene og egne vurderinger gjør boreingeniøren en tolkning av massene for hver meter. Fargen på boreslammet sier i tillegg noe om det er oksyderende (brunt spylevann) eller reduserende forhold (grått spylevann) i magasinet. Hvis spylevannet forsvinner i grunnen, gir vanntrykket en indikasjon på massenes hydrauliske ledningsevne.

Ved sonderboring med håndholdt borutstyr vurderes løsmassetypen for hver meter ut fra borsynk, dreiemotstand og friksjonslyd ved dreining av sonderspissen.

2 TESTPUMPINGER

a) Metodikk

Hvis sonderboringen indikerer egnede masser for grunnvannsuttak, blir det boret en undersøkelsesbrønn for kapasitetsmålinger og prøvetaking av masser og grunnvann i bestemte nivå i magasinet. Brønnen bores med samme utstyr som sonderboringene og den settes ned i et forboret hull. Undersøkelsesbrønner lages av Ø32 mm damprør med en meter filterlengde bestående av 3-5 mm brede slisser. Det finnes også spesielle sandspisser til dette formålet. Før testpumpingen spyles brønnen ren for masser som har trengt inn under boring. Testpumpingen

skjer ved bruk av bensindrevet sugepumpe med en kapasitet på 5 l/s. For å kunne vurdere kapasiteten i hvert nivå og for å få klart grunnvann til prøvetaking, må det bygges opp et naturlig grusfilter rundt brønnfilteret. Dette gjøres ved vekselvis spyling og pumping av brønnen, dreining av hele brønnrøret og/eller ved å starte og stoppe pumpe gjentatte ganger. For å få pumpet opp vann med sugepumper må dybden til grunnvannsnivået ikke være større enn 6-7 m.

b) Dataregistreringer

Før pumpingen starter måles grunnvannsstanden i testbrønnen. I hvert nivå hvor det blir testpumpet, blir brønnens vanngiverevne målt (l/s) og det blir tatt prøver av grunnvannet etter ca. 15 min. pumping. Grunnvannsstanden blir også målt like etter pumpingen. I tillegg blir det gjort en bedømming av vanngjennomgangen ut fra hvor raskt nedspylt vann synker i testbrønnen. Ved en undersøkelse av en grunnvannsførekost er det vanlig med 2-10 undersøkelsesbrønner som prøvetas og testpumpes i 2-5 forskjellige nivå. Alle sonderboringer og undersøkelsesbrønner blir lagt inn i NGU's hydrogeologiske database.

c) Tolkning

De forskjellige nivåenes vanngiverevne, vanngjennomgangen i massene og senkningen av grunnvannsstanden under testpumping blir brukt til en helhetlig vurdering av grunnvannsmagasinet's hydrauliske egenskaper og til å bestemme lokalisering og filterplassering til eventuelle fullskala pumpebrønner.

3 SEDIMENTPRØVETAKING

Sedimentprøver kan tas av oppspylte/oppumpede masser i hvert nivå hvor det blir testpumpet. Vanligvis tas det oppumpede prøver, men i tilfeller med lav grunnvannsstand eller for liten prøvemengde ved pumping, tas det oppspylte prøver. Oppspylte prøver tas etter at brønnen er spylt ren for masser som er trengt inn under boring, mens oppumpede prøver tas like etter oppstart av testpumping. Disse sedimentprøvene er ikke helt representative for jordarten idet man mister korn større enn filteråpningen og de minste korna som ikke sedimenterer i prøvekarer. Ved undersøkelser som stiller strengere krav til representative og mer uforstyrrende prøver blir det benyttet gjennomstrømningsprøvetaker.

Ut fra sedimentprøvenes kornfordeling kan man gjøre overslag av massenes hydrauliske ledningsevne og anbefale filteråpning på eventuelle produksjonsbrønner.

4 FULLSKALA, LANGTIDS PRØVEPUMPING

a) Metodikk

Fullskala, langtids prøvepumping av løsmassebrønner kan skje ved bruk av forskjellige brønntyper og pumper avhengig av forventet grunnvannsnivå under pumping og vannbehov.

Det vanligste er å sette ned fullskala brønner som senere kan benyttes til produksjonsbrønner, men ved usikre forhold brukes det ofte enklere prøvebrønner til prøvepumping.

For å kunne måle grunnvannsnivået rundt prøvebrønnen før og under pumpeperioden blir det satt ut observasjonsbrønner av Ø32 mm dampør med filter bestående av oppslisset rør. Det er viktig at disse brønnene blir satt ned i samme nivå som filteret på prøvebrønnen eller i et nivå med god hydraulisk kommunikasjon til prøvebrønnen. Opp-pumpet grunnvann blir ledet bort fra brønnens influensområde eller til et vassdrag med mye større vannføring enn pumperaten for å unngå reinfiltrasjon og tilbakestrømning til pumpebrønnen.

b) Dataregistrering

Før og under prøvepumpingen blir grunnvannsstanden i observasjonsbrønnene målt ved hjelp av et spesiallaget målebånd. Målingene blir gjort med korte tidsintervall i starten og stadig lengre intervall etter hvert. I tillegg blir pumperaten målt, enten manuelt med målekar og stoppeklokke eller ved hjelp av automatisk vannmåler. Det prøvepumpes i min. 3 måneder, men for større vannverk bør det prøvepumpes ett år slik at man får med eventuelle sesongvariasjoner i nedbør og vannføring i nærliggende vassdrag som kan ha innvirkning på kapasitet og grunnvannskvalitet.

c) Tolkning

Pumperaten og senkningen av grunnvannsnivået under pumping gir grunnlag for beregning av hydrauliske parametere som igjen brukes til vurderinger av magasinets/brønnens totale kapasitet og utbredelsen av klausulerinssonene (se GiN-veileder nr. 7).

5 VANNPRØVETAKING

Under grunnvannsundersøkelser tas det vannprøver til fysikalsk-kjemiske analyser fra:

- undersøkelsesbrønner i løsmasser
- borede fjellbrønner
- kildeutslag
- prøvepumpingsbrønner
- nærliggende produksjonsbrønner
- nærliggende overflatevann som kan infiltrere i grunnvannsmagasinet

Prøvetakingen av grunnvann fra undersøkelsesbrønner blir tatt etter min. 15 min. pumping og fra borede fjellbrønner etter min. 1 times pumping. Vannprøver fra eksisterende produksjonsbrønner tas så nær inntaket som mulig.

Hver vannprøve omfatter en 500 ml ufiltrert prøve til analyse av pH, elektrisk ledningsevne, alkalitet, turbiditet og fargetall, en filtrert (0.45 µm papirfilter) 100 ml prøve til anionanalyser og en 100 ml filtrert og surgjort prøve (tilsatt 0.5 ml ultraren 65 % salpetersyre) til

kationanalyser. Vannprøvene blir lagret i kjølerom/kjøleskap før analyse på NGU's laboratorium.

6 FELTANALYSER

Feltanalyser blir gjort for å få en foreløpig vurdering av grunnvannskvaliteten, og av parametre som må/bør analyseres i felt. Aktuelle kationer og anioner (Fe, Mn, NO₃), CO₂-innhold og O₂-innhold blir bestemt ved bruk av fargespektrometri, mens til feltmålinger av pH, Eh og ledningsevne brukes sensoriske metoder.

Den største fordelen med feltanalysene er at de gir raske indikasjoner på grunnvannskvaliteten. Dette kan ha stor betydning for feltundersøkelsene i og med at foreløpige resultater av grunnvannskvalitet gir grunnlag for omprioriteringer av borer/lokalteter og grunnlag for lokalisering og filterplasseringen av testbrønner. Forundersøkelser og nedsetting av testbrønner kan dermed gjøres i samme tidsrom.

7 LABORATORIEUNDERSØKELSER

I forbindelse med grunnvannsundersøkelser blir det ved NGU's laboratorium utført kornfordelingsanalyser av masseprøver og fysikalsk-kjemiske analyser av grunnvannsprøver. Kornfordelingen er bestemt ved tørrsiktning av materiale større enn 0.063 mm med bruk av følgende siktesats: 0.0625 mm, 0.125 mm, 0.25 mm, 0.5 mm, 1.0 mm, 2.0 mm, 4.0 mm, 8.0 mm og 16 mm. Hvis mer enn 10 % av prøven er mindre enn 0.0625 mm blir det kjørt sedigrafanalyse på oppslemmet materiale av denne prøvedelen.

Som standard analyseres følgende fysikalsk-kjemiske parametre på vannprøver:

- | | |
|----------------|---------------|
| - ledningsevne | - turbiditet |
| - pH | - 30 kationer |
| - alkalitet | - 7 anioner |
| - fargetall | |

Bestemmelse av ledningsevne blir gjort etter Norsk Standard (NS) 4721 og måleinstrumentet er et Radiometer CDM 83 Conductivity meter med en nedre bestemmelsesgrense på 0.004 mS/m og en målenøyaktighet på $\pm 2\%$ for verdier over 0.2 mS/m, ± 0.004 mS/m i måleområdet 0.004-0.2 mS/m og ± 0.003 mS/m i måleområdet < 0.004 mS/m.

pH-verdien blir bestemt etter NS 4720 og måleinstrumentet er et Radiometer PHM 84 Research pH meter med en analyseusikkerhet på ± 0.05 pH.

Bestemmelse av alkalitet blir gjort etter NS 4754. Måleinstrumentet er et Radiometer PHM 84 Research pH-meter med en nedre bestemmelsesgrense på 0.03 mmol/l og en målenøyaktighet på $\pm 2.5\%$ for verdier over 2.0 mmol/l, ± 0.04 mmol/l i måleområdet 0.2-2 mmol/l og ± 0.03 mmol/l i måleområdet 0.03-0.2 mmol/l.

Fargetallet bestemmes etter NS 4787 og instrumenttypen er et SHIMADZU UV-1201 Spektrofotometer med en nedre bestemmelsesgrense på 1.4 og en analyseusikkerhet på ± 7.5 %.

Bestemmelse av turbiditet blir gjort etter NS 4723. Måleinstrumentet er et Hach 2100 A Turbidimeter med en nedre bestemmelsesgrense på 0.05 FTU og en analyseusikkerhet på ± 0.04 FTU i måleområde 0.05-1.0, ± 0.4 FTU i måleområde 1.0-10, ± 4 FTU i område 10-100 og ± 40 FTU i område 100-1000 FTU.

Standardanalyse av 30 forskjellige elementer bestemmes ved ICP og bruk av måleinstrumentet Thermo Jarrell Ash ICP 61. Nedre bestemmelsesgrenser og analyseusikkerhet går fram av tabell 2:

I tillegg kan tungmetaller som Pb, Cd, Hg, As, Se og Sb bestemmes ved bruk av atomadsorpsjon og med en målenøyaktighet som tilfredsstillende de krav som stilles i Forskriftene om vannforsyning og drikkevann m.m. (Sosial- og Helsedepartementet, 1995).

Tabell 1: Nedre bestemmelsesgrense og analyseusikkerhet for analyserte kationer.

Element	Nedre bestemmelsesgrense	Analyseusikkerhet	Element	Nedre bestemmelsesgrense	Analyseusikkerhet
Si	20 ppb	10 %	V	5 ppb	
Al	20 ppb	10 %	Mo	10 ppb	10 %
Fe	10 ppb		Cd	5 ppb	20 %
Ti	5 ppb		Cr	10 ppb	
Mg	50 ppb		Ba	2 ppb	
Ca	20 ppb		Sr	1 ppm	
Na	50 ppb	10 %	Zr	5 ppb	10 %
K	500 ppb	20 %	Ag	10 ppb	10 %
Mn	1 ppb		B	10 ppb	10 %
Å	100 ppb		Be	1 ppb	
Cu	5 ppb		Li	5 ppb	20 %
Zn	2 ppb		Sc	1 ppb	
Pb	50 ppb	20 %	Ce	50 ppb	20 %
Ni	20 ppb		La	10 ppb	10 %
Co	10 ppb		Y	1 ppb	

Sju forskjellige anioner bestemmes ved en IC-analyse der instrumenttypen er en Dionex ionekromatograf 2120i. Nedre bestemmelsesgrense går fram av følgende tabell:

Tabell 2: Nedre bestemmelsesgrense for analyserte anioner

ION	F ⁻	Cl ⁻	NO ₂ ⁻	Br ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻
Nedre bestemmelsesgrense - mg/l	0.05	0.1	0.05	0.10	0.05	0.2	0.1

Analyseusikkerheten er 10 % rel. for alle ionene.

Kvaliteten av analysene er kontrollert ved beregning av ionebalansen ($\Sigma\text{kationer} = \Sigma\text{anioner}$)
Ionebalanseavviket er beregnet etter formelen:

$$(\Sigma\text{kationer} - \Sigma\text{anioner}) / (\Sigma\text{kationer} + \Sigma\text{anioner}) \times 100 \%$$

Avhengig av totalkonsentrasjonen kan ionebalanseavviket si om totalkvaliteten i analysen er tilfredsstillende. Ionebalanseavviket bør være mindre enn følgende verdier for at analysen er akseptabel:

$\Sigma\text{Anioner} + \Sigma\text{kationer}$ [mekv/l]	20	7	0.9
Ionebalanseavvik [%]	2	3	12

Sammenligning av totalt ioneinnhold og målt elektrisk ledningsevne gir også muligheter for å kontrollere analyseresultatene.

NGU, faggruppe for laboratorier er akkreditert for alle de nevnte analysene (akkrediteringsdokument P020), og en nærmere beskrivelse av kvalitetssikring, produksjonsrutiner og måleutstyr er gitt i NGU-SD 0.1 Kvalitetshåndbok for NGU-lab.

LITTERATUR

Sosial- og helsedepartementet, 1995: Forskrifter om vannforsyning og drikkevann m.m.

Bjerkli, K., 1994: NGU-SD 0.1 Kvalitetshåndbok for NGU-LAB. *Norges geologiske undersøkelse*.

GiN-veileder nr. 3, 1990: Grunnvannsundersøkelser i løsmasser. *Norges geologiske undersøkelse, Miljøverndepartementet*.

GiN-veileder nr. 6, 1990: Grunnvatn i fjell til spreidd busetnad. *Norges geologiske undersøkelse, Miljøverndepartementet*.

GiN-veileder nr. 7, 1990: Grunnvann. Beskyttelse av drikkevannskilder. *Norges geologiske undersøkelse, Miljøverndepartementet*.

GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I LØSMASSER

STED: Åsedøla, Naustdal

UTFØRT DATO: 28.08.97

BORPUNKT NR: 1

BORUTSTYR: Borros borerigg

SONDERBORING: X **UNDERSØKELSEBRØNN:** X

UTM-KOORDINATER:

KARTBLAD (M711): **SONE:** 32 V **Ø-V:** 3272 **N-S:** 68259

OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET: 10 moh

BRØNN-/FILTERTYPE: 32 mm rør med 1 m filter og 2-4 mm slisseåpning

GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN: 1,0 m

MERKNAD: Sonderboringen har brønn ID 62 i Hydrogeologisk database

Dyp [m]	Materialtype	Borsynk [min/m]	Slag	Vann- trykk [kg]	Boreslam	Temp. [°C]	P.tid før prøve taking [min]	Vann- føring [l/s]	Merknad
1,5	stein, grus og sand		S	0	B				
	grus og sand	0,50	DS	0	B				
3,5	sand og finsand	0,17		0	B				
	sand og finsand	0,15		0	G				
5,5	sand og finsand	0,15		0	G				Tette masser
	finsand	0,15		0	G				
7,5	finsand	0,20		0	G				Tette masser
	finsand	0,20		0	G				
9,5	finsand	0,20		0	G				
	finsand, fjell på 10,3 m	3,50	S	0	G				
11,5									
13,5									
15,5									
17,5									
19,5									
21,5									
23,5									
25,5									
27,5									
29,5									

S: Slag DS: Delvis slag
MP: Materialprøve

B: Brunt G: Grått
VP: Vannprøve

S: Svart R: Rødt

GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I LØSMASSER

STED: Åsedøla, Naustdal

UTFØRT DATO: 28.08.97

BORPUNKT NR: 2

BORUTSTYR: Borros borerigg

SONDERBORING: X **UNDERSØKELSEBRØNN:** X

UTM-KOORDINATER:

KARTBLAD (M711): **SONE:** 32 V **Ø-V:** 3273 **N-S:** 68259

OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET: 12 moh

BRØNN-/FILTERTYPE: 32 mm rør med 1 m filter og 2-4 mm slisseåpning

GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN: 2 m

MERKNAD: Sonderboringen har brønn ID 63 i Hydrogeologisk database

Dyp [m]	Materialtype	Borsynk [min/m]	Slag	Vann- trykk [kg]	Boreslam	Temp. [°C]	P.tid før prøve taking [min]	Vann- føring [l/s]	Merknad
1,5	stein, grus og sand		DS		borte				
3,5	stein, grus og sand	0,50	DS	0	borte				
	sand og finsand	0,15		0	borte				
5,5	sand og finsand	0,20		0	borte			0	siltig, tette maser
	sand og finsand	0,15		0	borte				
7,5	finsand	0,17		0	borte			0	siltig, tette masser
	finsand	0,22		0	borte				
9,5	finsand	0,30		0	borte				
	finsand			0	borte				
11,5	blokk/fjell fra 9,6 m		S						
13,5									
15,5									
17,5									
19,5									
21,5									
23,5									
25,5									
27,5									
29,5									

S: Slag DS: Delvis slag
MP: Materialprøve

B: Brunt G: Grått
VP: Vannprøve

S: Svart R: Rødt

GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I LØSMASSER

STED: Åmot, Naustdal

UTFØRT DATO: 28.08.97

BORPUNKT NR: 3

BORUTSTYR: Borros borerigg

SONDERBORING: X **UNDERSØKELSEBRØNN:**

UTM-KOORDINATER:

KARTBLAD (M711):

SONE: 32 V

Ø-V: 3290

N-S: 68302

OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET: 45 moh

BRØNN-/FILTERTYPE:

GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN:

MERKNAD: Sonderboringen har brønn ID 64 i Hydrogeologisk database

Dyp [m]	Materialtype	Borsynk [min/m]	Slag	Vann-trykk [kg]	Boreslam	Temp. [°C]	P.tid før prøve taking [min]	Vann- føring [l/s]	Merknad
1,5	stein, grus og sand		DS		B				
	sand og blokk	4,10	S	0	G				
3,5	stein og sand	1,05	DS	0	G				
	blokk og sand	9,30	S	0	G				
5,5	blokk og sand	2,45	S	0	G				
	morene	1,55	S	0	G				
7,5	morene, blokk	6,00	S		G				
	morene, blokk/fjell fra 8,5	7,00	S		G				
9,5									
11,5									
13,5									
15,5									
17,5									
19,5									
21,5									
23,5									
25,5									
27,5									
29,5									

S: Slag DS: Delvis slag
MP: Materialprøve

B: Brunt G: Grått
VP: Vannprøve

S: Svart R: Rødt

GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I LØSMASSER

STED: Ekrehaugen, Naustdal

UTFØRT DATO: 28.08.97

BORPUNKT NR: 4

BORUTSTYR: Borros borerigg

SONDERBORING: X **UNDERSØKELSESRØNN:**

UTM-KOORDINATER:

KARTBLAD (M711):

SONE: 32 V

Ø-V: 3292

N-S: 68274

OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET: 35 moh

BRØNN-/FILTERTYPE:

GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN:

MERKNAD: Sonderboringen har brønn ID 65 i Hydrogeologisk database

Dyp [m]	Materialtype	Borsynk [min/m]	Slag	Vann- trykk [kg]	Boreslam	Temp. [°C]	P.tid før prøve taking [min]	Vann- føring [l/s]	Merknad
1,5	sand og stein		S	0	B				
	sand + stein	2,15	S	0	B				
3,5	grus og sand + stein	2,10	DS	0	B				
	grus og sand + stein	1,25	S	0	delv borte				
5,5	sand + grus	0,35		0	B				
	blokk/fjell fra 6,3 m		S	0					
7,5									
9,5									
11,5									
13,5									
15,5									
17,5									
19,5									
21,5									
23,5									
25,5									
27,5									
29,5									

S: Slag DS: Delvis slag
MP: Materialprøve

B: Brunt G: Grått
VP: Vannprøve

S: Svart R: Rødt

GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I LØSMASSER

STED: Ekrehaugen, Naustdal

UTFØRT DATO: 29.08.97

BORPUNKT NR: 5

BORUTSTYR: Borros borerigg

SONDERBORING: X **UNDERSØKELSESRØNN:**

UTM-KOORDINATER:

KARTBLAD (M711):

SONE: 32 V

Ø-V: 3292

N-S: 68275

OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET: 35 moh

BRØNN-/FILTERTYPE:

GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN:

MERKNAD: Sonderboringen har brønn ID 66 i Hydrogeologisk database

Dyp [m]	Materialtype	Borsynk [min/m]	Slag	Vann- trykk [kg]	Boreslam	Temp. [°C]	P.tid før prøve taking [min]	Vann- føring [l/s]	Merknad
1,5	torv og grusig sand		DS		B				
3,5	grusig sand + stein	1,20	DS	0	B				
	stein, grusig sand	2,05	S	0	B				
5,5	stein, grus og sand	1,10	S	0	B				
	stein, grusig sand	3,30	S	0	B				
7,5	stein, grusig sand	0,45	S	0	borte				
	stein, grusig sand	0,30	S		B				
	Blokk/fjell fra 8,2 m								
9,5									
11,5									
13,5									
15,5									
17,5									
19,5									
21,5									
23,5									
25,5									
27,5									
29,5									

S: Slag DS: Delvis slag
MP: Materialprøve

B: Brunt G: Grått
VP: Vannprøve

S: Svart R: Rødt

GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I LØSMASSER

STED: Reiakvamsøyane, Naustdal

UTFØRT DATO: 29.08.97

BORPUNKT NR: 6

BORUTSTYR: Borros borerigg

SONDERBORING: X **UNDERSØKELSESRØNN:**

UTM-KOORDINATER:

KARTBLAD (M711):

SONE: 32 V

Ø-V: 3278

N-S: 68268

OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET: 30 moh

BRØNN-/FILTERTYPE:

GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN:

MERKNAD: Sonderboringen har brønn ID 67 i Hydrogeologisk database

Dyp [m]	Materialtype	Borsynk [min/m]	Slag	Vann- trykk [kg]	Boreslam	Temp. [°C]	P.tid før prøve taking [min]	Vann- føring [l/s]	Merknad
1,5	stein, grus og sand		DS	0	B				
	grus og sand	1,00	S	0	B				
3,5	sand + noe grus	0,35	DS	0	B				
	sand og finsand	0,16		0	B				
5,5	sand og finsand	0,20		0	G				
	finsand	0,20		0	G				
7,5	finsand	0,20		0	G				
	siltig finsand	0,20		0	G				
9,5	siltig finsand	0,20		0	G				
	siltig finsand	0,20		0	G				
11,5	siltig finsand	0,20		0	G				
	siltig finsand	0,20		0	G				
13,5	siltig finsand	0,20		0	G				
	siltig finsand	0,20		0	G				
15,5	siltig finsand, noe grovt Morene/fjell på 15,5 m	1,15		0 5-10	G G				
17,5									
19,5									
21,5									
23,5									
25,5									
27,5									
29,5									

S: Slag DS: Delvis slag
MP: Materialprøve

B: Brunt G: Grått
VP: Vannprøve

S: Svart R: Rødt

GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I LØSMASSER

STED: Reiakvamsøyane, Naustdal

UTFØRT DATO: 29.08.97

BORPUNKT NR: 7

BORUTSTYR: Borros borerigg

SONDERBORING: X **UNDERSØKELSEBRØNN:**

UTM-KOORDINATER:

KARTBLAD (M711): **SONE:** 32 V **Ø-V:** 3278 **N-S:** 68268

OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET: 30 moh

BRØNN-/FILTERTYPE:

GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN:

MERKNAD: Sonderboringen har brønn ID 68 i Hydrogeologisk database

Dyp [m]	Materialtype	Borsynk [min/m]	Slag	Vann- trykk [kg]	Boreslam	Temp. [°C]	P.tid før prøve taking [min]	Vann- føring [l/s]	Merknad
1,5	stein, grus og sand		DS	0	B				
	grus og sand	0,45	S	0	B				
3,5	sand og finsand	0,10		0	B				
	sand og finsand	0,05		0	G				
5,5	sand og finsand	0,05		0	G				
	finsand	0,07		0	G				
7,5	finsand	0,07		0	G				
	siltig finsand	0,27	DS	0	G				
9,5	siltig finsand	0,20		0	G				
	siltig finsand	0,05		0	G				
11,5	siltig finsand	0,35		0	G				
	siltig finsand	0,25		0	G				
13,5	siltig finsand	0,45		0	G				
	siltig finsand	0,40		0	G				
15,5	siltig finsand	0,55		0	G				
	siltig finsand	0,40		0	G				
17,5	Fjell fra 17,4 m	1,55			G				
19,5									
21,5									
23,5									
25,5									
27,5									
29,5									

S: Slag DS: Delvis slag
MP: Materialprøve

B: Brunt G: Grått
VP: Vannprøve

S: Svart R: Rødt

GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I LØSMASSER

STED: Horstadøyane, Naustdal

UTFØRT DATO: 30.08.97

BORPUNKT NR: 8

BORUTSTYR: Borros borerigg

SONDERBORING: X

UNDERSØKELSEBRØNN: X

UTM-KOORDINATER:

KARTBLAD (M711):

SONE: 32 V

Ø-V: 3289

N-S: 68270

OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET: 34 moh

BRØNN-/FILTERTYPE: 32 mm rør med 1 m filter og 2-4 mm slisseåpning

GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN:

MERKNAD: Sonderboringen har brønn ID 69 i Hydrogeologisk database

Dyp [m]	Materialtype	Borsynk [min/m]	Slag	Vann-trykk [kg]	Boreslam	Temp. [°C]	P.tid før prøve taking [min]	Vann- føring [l/s]	Merknad
1,5	jord, stein, grus og sand		DS	0	B				
	grus og sand + stein	1,05	S	0	B/borte				
3,5	grusig sand + stein	0,35	DS	0	borte				
	sand	0,25		0	borte				
5,5	grusig sand	1,00		0	G			0	dårlig vanngjennomgang
	grusig sand	0,45		0	G				
7,5	finsand	0,15		0	G			0	potte tett
	finsand	0,20		0	G				
9,5	finsand	0,35		0	G				
	finsand	0,45		0	G				
11,5	finsand	0,30		0	G				
	finsand	0,30		0	G				
13,5	finsand	0,35		0	G				
	finsand	0,30		0	G				
15,5	siltig finsand	0,50		0	G				
	siltig finsand	0,35	S	0	G				
17,5	silt	0,25	S	0	G				
	silt	0,25	S	0	G				
19,5	silt	0,25	S	0	G				
21,5									
23,5									
25,5									
27,5									
29,5									

S: Slag
MP: Materialprøve

DS: Delvis slag

B: Brunt
VP: Vannprøve

G: Grått

S: Svart

R: Rødt

GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I LØSMASSER

STED: Horstadøyane, Naustdal

UTFØRT DATO: 30.08.97

BORPUNKT NR: 9

BORUTSTYR: Borros borerigg

SONDERBORING: X UNDERSØKELSESRØNN:

UTM-KOORDINATER:

KARTBLAD (M711): SONE: 32 V Ø-V: 3286 N-S: 68268

OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET: 33 moh

BRØNN-/FILTERTYPE:

GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN:

MERKNAD: Sonderboringen har brønn ID 70 i Hydrogeologisk database

Dyp [m]	Materialtype	Borsynk [min/m]	Slag	Vann- trykk [kg]	Boreslam	Temp. [°C]	P.tid før prøve taking [min]	Vann- føring [l/s]	Merknad
1,5	grus og sand		DS	0	borte				
3,5	grus og sand sand og finsand	0,55 0,20	DS	0 0	B borte				
5,5	finsand finsand	0,15 0,20		0 0	B B				
7,5	finsand finsand	0,15 0,15		0 0	B/G B/G				
9,5	finsand	0,20	DS	0	G				
11,5	siltig finsand siltig finsand	0,15 0,15	S S	0 0	G G				
13,5	siltig finsand siltig finsand	0,15 0,20	S S	0 0	G G				
15,5	siltig finsand siltig finsand	0,25 0,35	S DS	0 0	G G				
17,5	siltig finsand siltig finsand	0,15 0,20		0 0	G G				
19,5	siltig finsand silt	0,20 0,46		0 0	G G				
21,5									
23,5									
25,5									
27,5									
29,5									

S: Slag DS: Delvis slag
MP: Materialprøve

B: Brunt G: Grått
VP: Vannprøve

S: Svart R: Rødt

GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I LØSMASSER

STED: Åmot, Naustdal

UTFØRT DATO: 30.08.97

BORPUNKT NR: 10

BORUTSTYR: Borros borerigg

SONDERBORING: X **UNDERSØKELSEBRØNN:**

UTM-KOORDINATER:

KARTBLAD (M711):

SONE: 32 V

Ø-V: 3294

N-S: 68304

OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET: 44 moh

BRØNN-/FILTERTYPE:

GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN:

MERKNAD: Sonderboringen har brønn ID 71 i Hydrogeologisk database

Dyp [m]	Materialtype	Borsynk [min/m]	Slag	Vann- trykk [kg]	Boreslam	Temp. [°C]	P.tid før prøve taking [min]	Vann- føring [l/s]	Merknad
1,5	jord, grus og stein			0	B/borte				
	grus og sand + stein	0,50	DS	0	B				
3,5	grus og sand/finsand	0,55	DS	0	B				
	finsand	0,35		0	G				
5,5	siltig finsand + stein	1,00	DS	0	G				
	blokk/fjell fra 6,0 m		S	0					
7,5									
9,5									
11,5									
13,5									
15,5									
17,5									
19,5									
21,5									
23,5									
25,5									
27,5									
29,5									

S: Slag DS: Delvis slag
MP: Materialprøve

B: Brunt G: Grått
VP: Vannprøve

S: Svart R: Rødt

GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I LØSMASSER

STED: Åmot, Naustdal

UTFØRT DATO: 30.08.97

BORPUNKT NR: 11

BORUTSTYR: Borros borerigg

SONDERBORING: X UNDERSØKELSEBRØNN:

UTM-KOORDINATER:

KARTBLAD (M711): SONE: 32 V Ø-V: 3293 N-S: 68303

OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET: 44 moh

BRØNN-/FILTERTYPE:

GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN:

MERKNAD: Sonderboringen har brønn ID 72 i Hydrogeologisk database

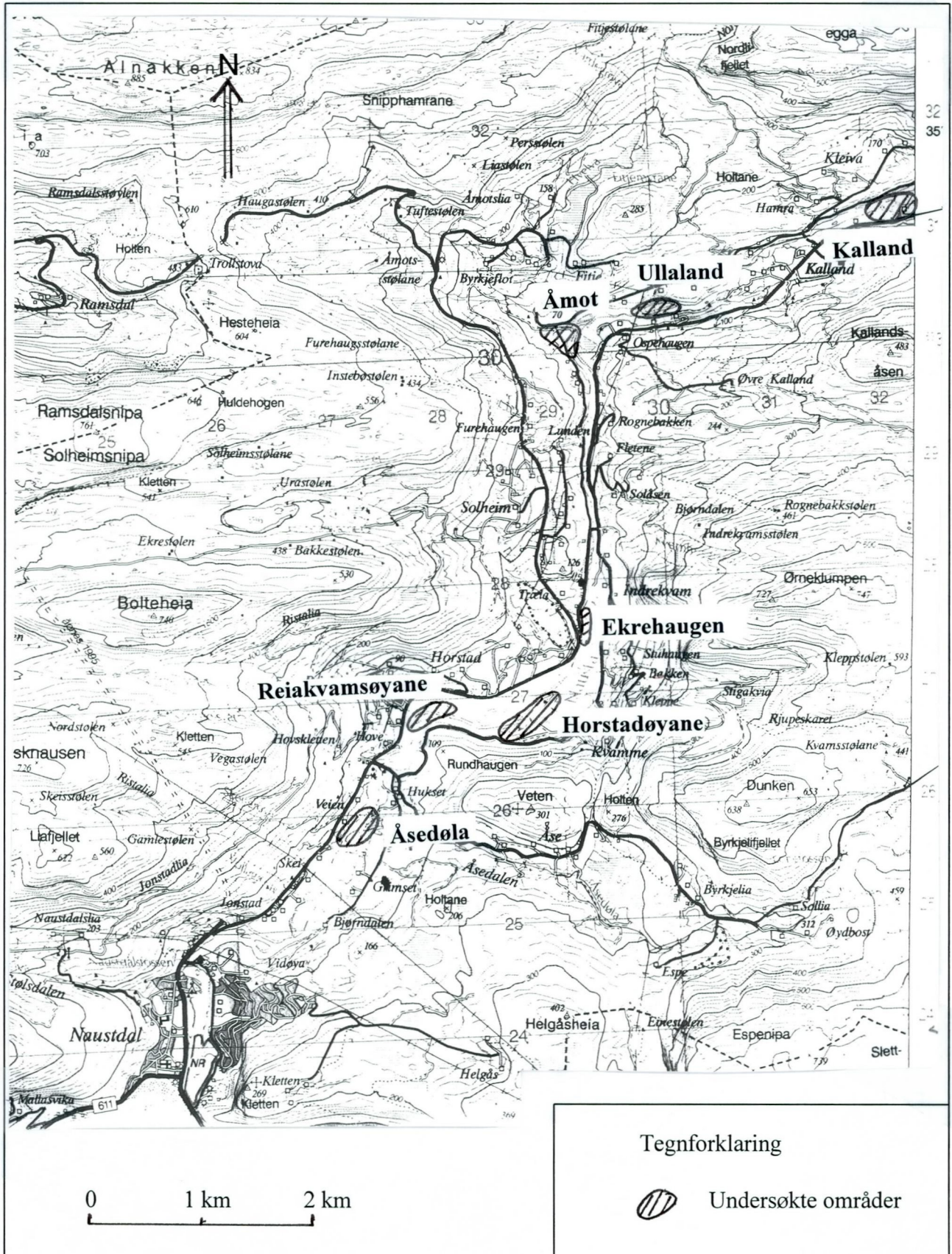
Dyp [m]	Materialtype	Borsynk [min/m]	Slag	Vann- trykk [kg]	Boreslam	Temp. [°C]	P.tid før prøve taking [min]	Vann- føring [l/s]	Merknad
1,5	jord, grus og stein		DS	0	B/borte				
	grus og sand + stein	0,50	DS	0	B				
3,5	sand/finsand	0,20		0	B				
	finsand	0,15		0	G				
5,5	blokk	5,00	S	0	G				
	finsand	0,25		0	G				
7,5	siltig finsand	0,35	DS	0	G				
	siltig finsand	0,15		0	G				
9,5	siltig finsand	0,07		0	G				
	siltig finsand	0,07		0	G				
11,5	siltig finsand	0,30	DS	0	G				
	siltig finsand	0,30	DS	0	G				
13,5	siltig finsand	0,30	S	0	G				
	silt	0,55	S	0	G				
15,5	silt	0,35	DS	0	G				
17,5									
19,5									
21,5									
23,5									
25,5									
27,5									
29,5									

S: Slag DS: Delvis slag
MP: Materialprøve

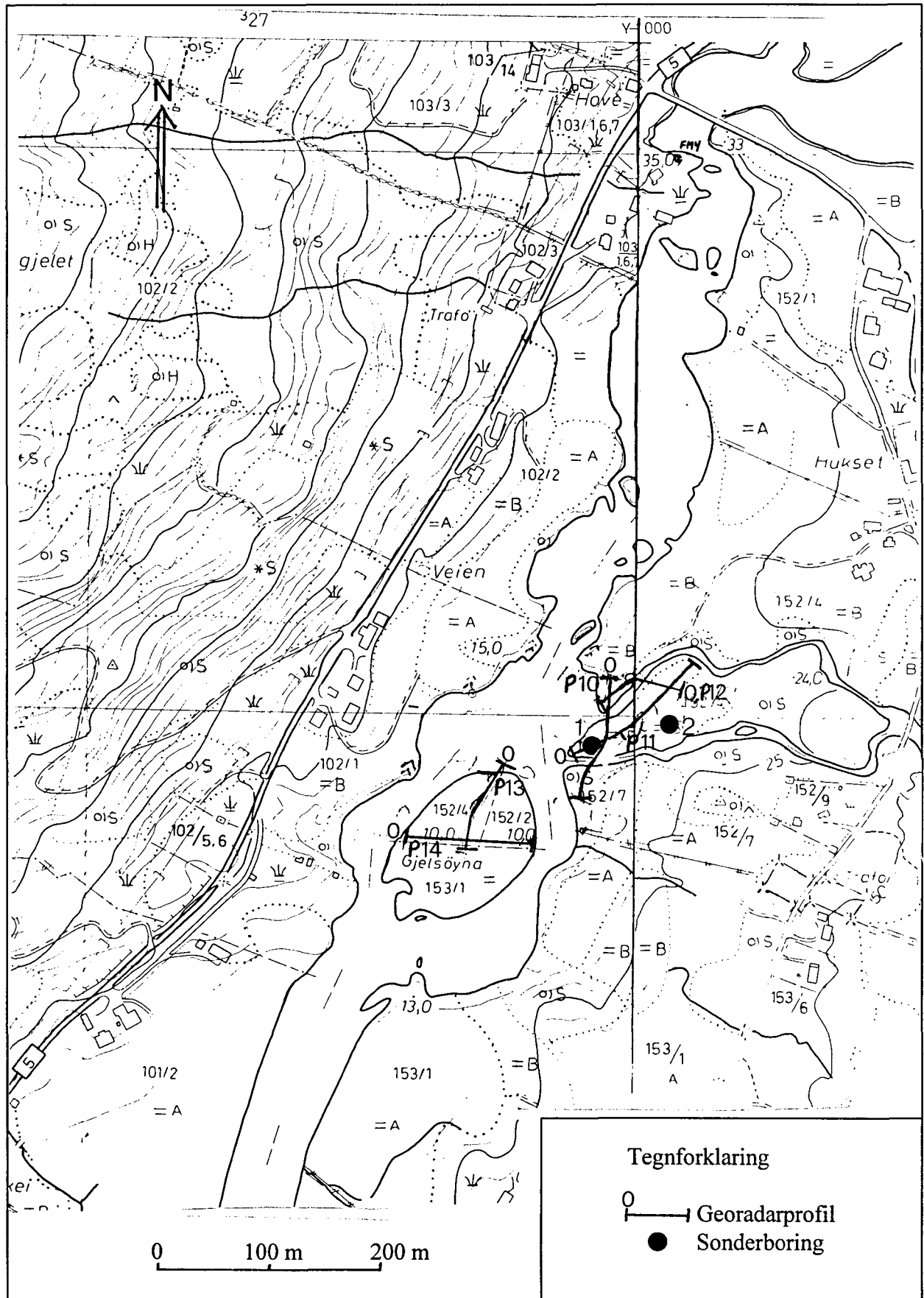
B: Brunt G: Grått
VP: Vannprøve

S: Svart R: Rødt

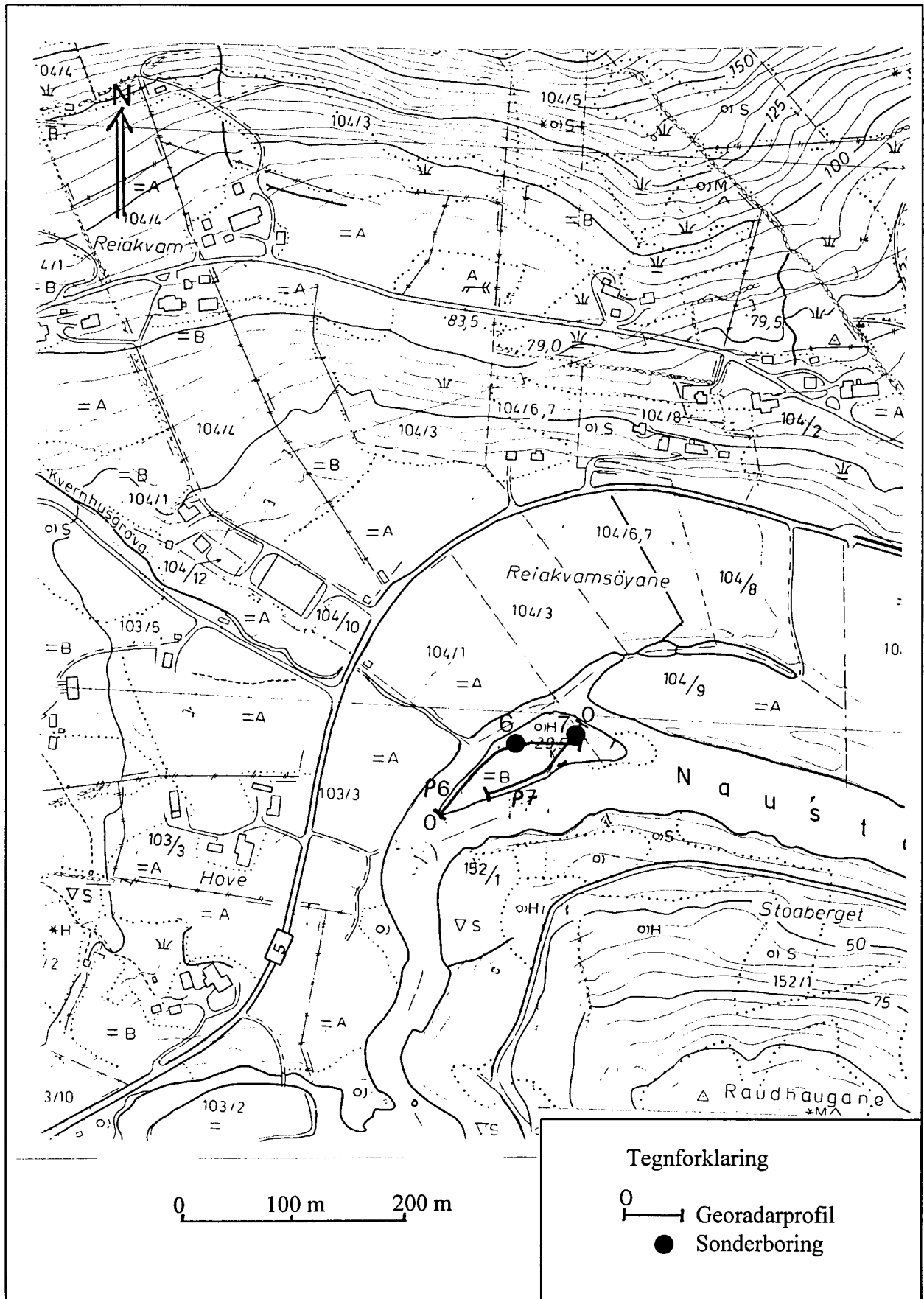
Oversiktskart over nedre Naustdal med inntegning av undersøkte områder for grunnvannsutttak



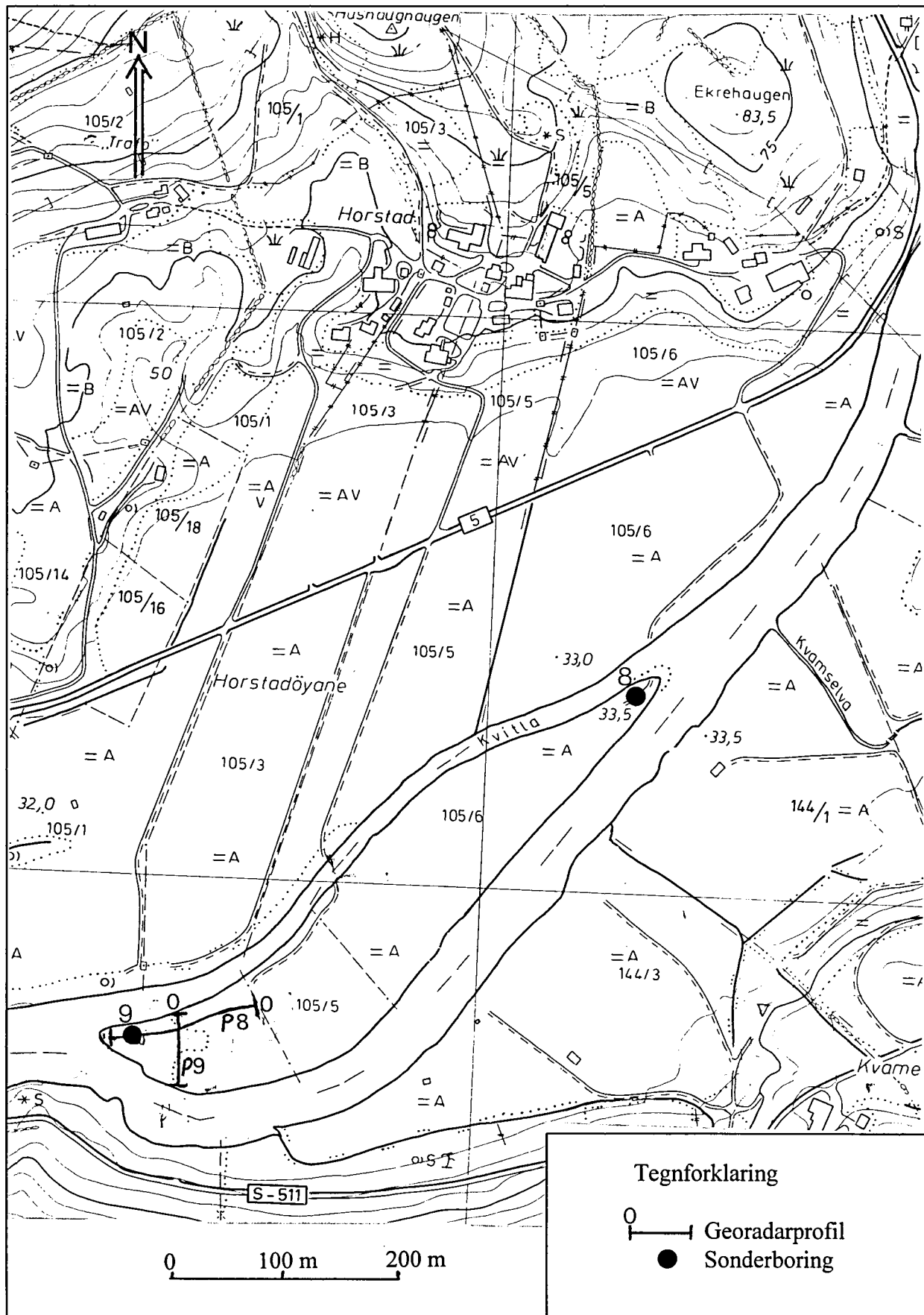
Undersøkelsesboringer og georadarprofil ved Åsedølas utløp i Nausta



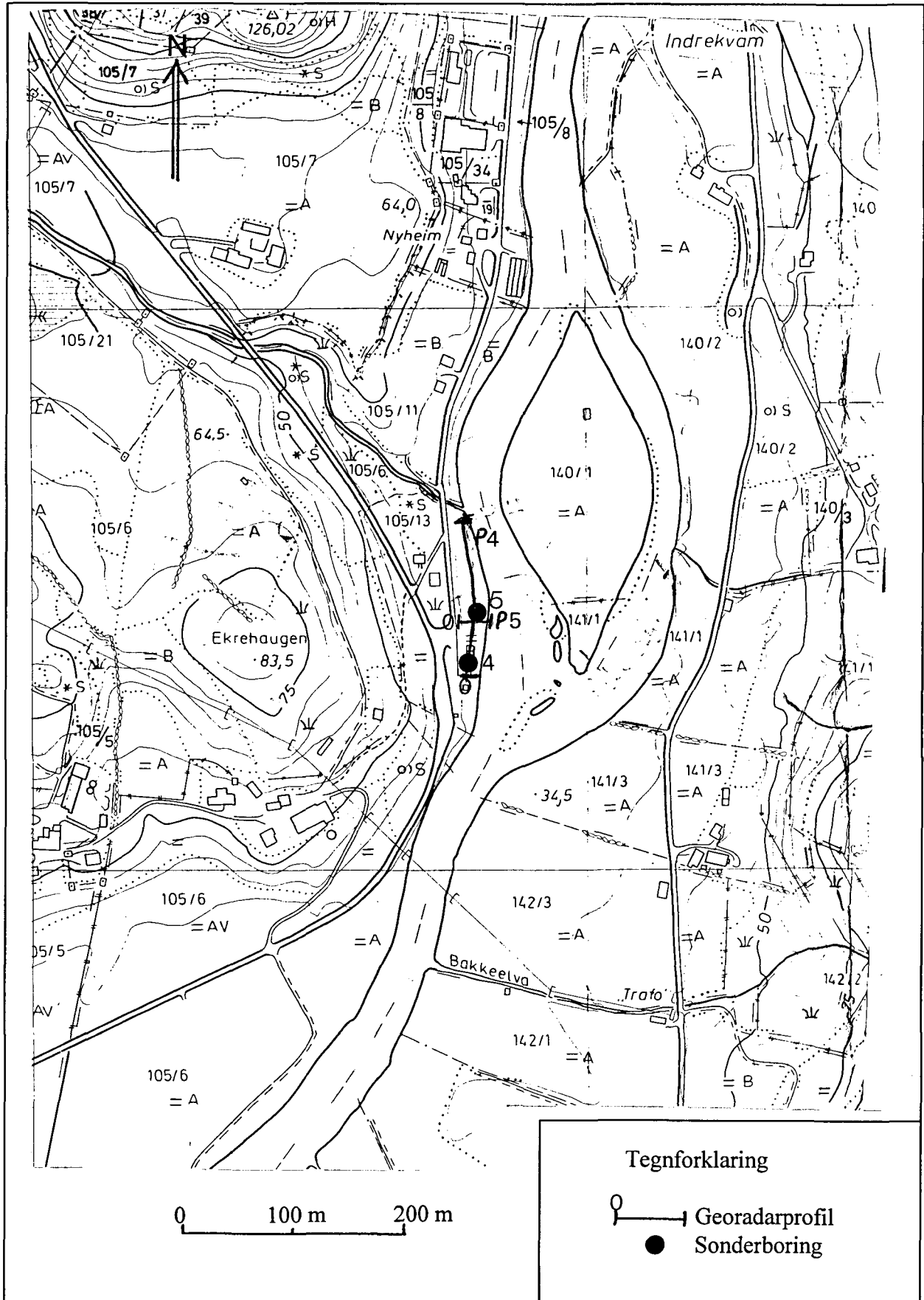
Undersøkelsesboringer og georadarprofil ved Reiakvamsøyane



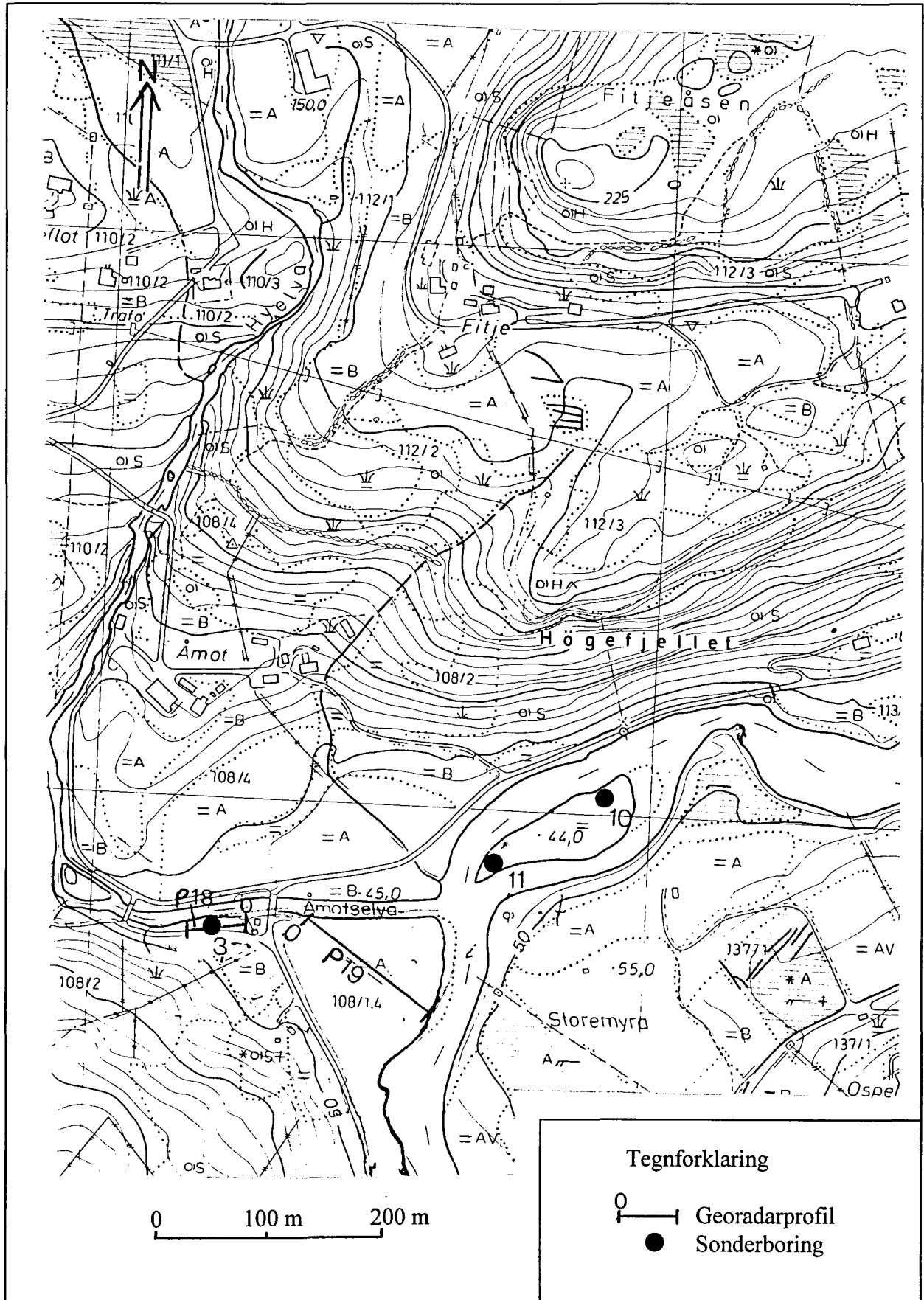
Undersøkellesboringer og georadarprofil ved Horstadøyane



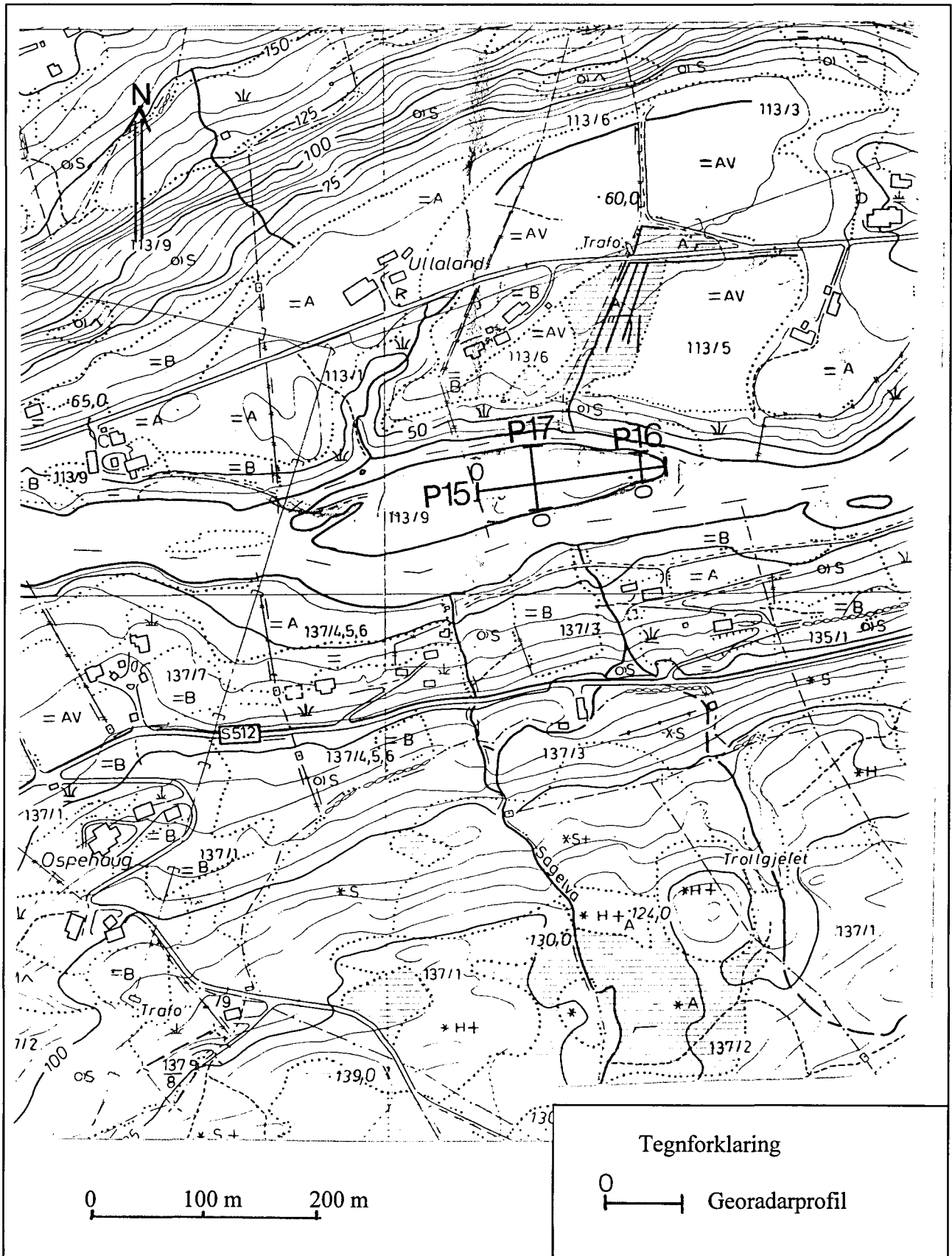
Undersøkellesboringer og georadarprofil ved Ekrehaugen



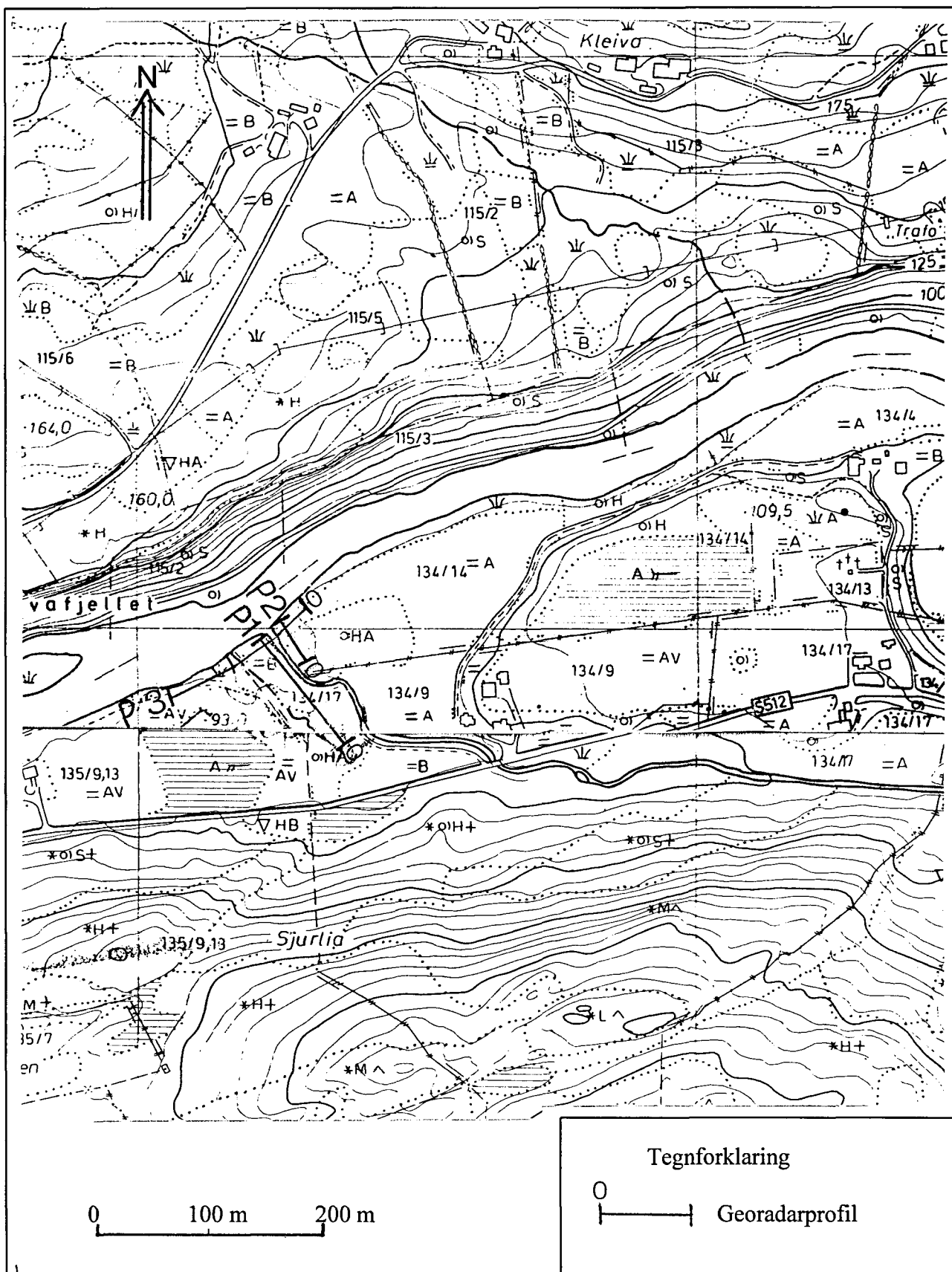
Undersøkellesboringer og georadarprofil ved Åmot

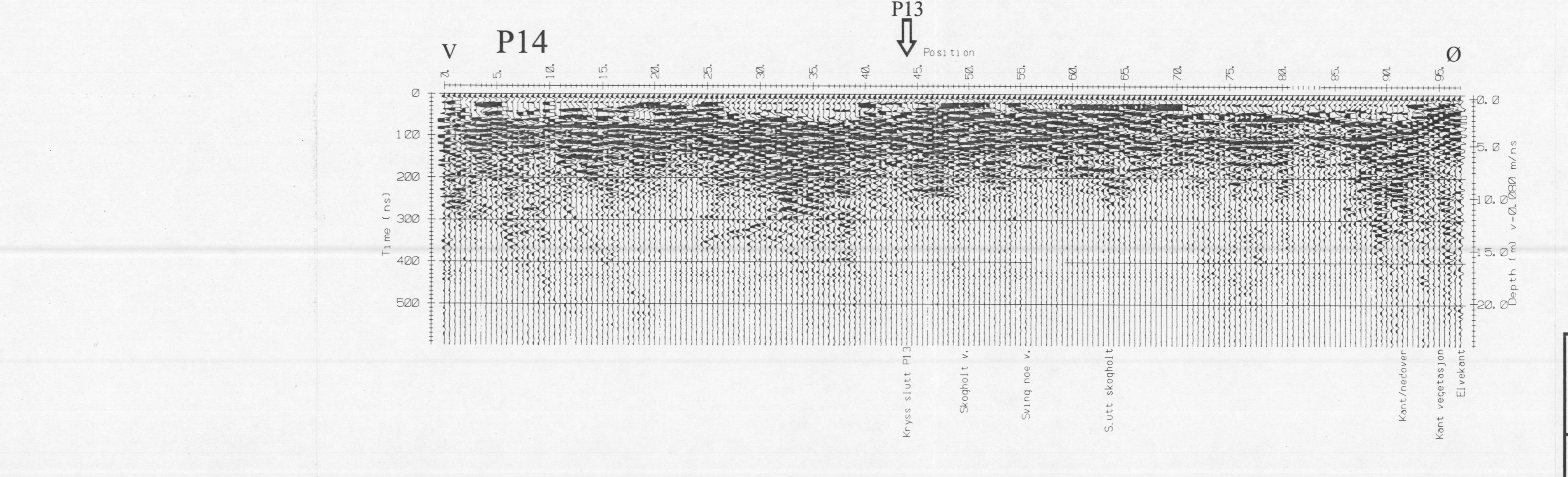
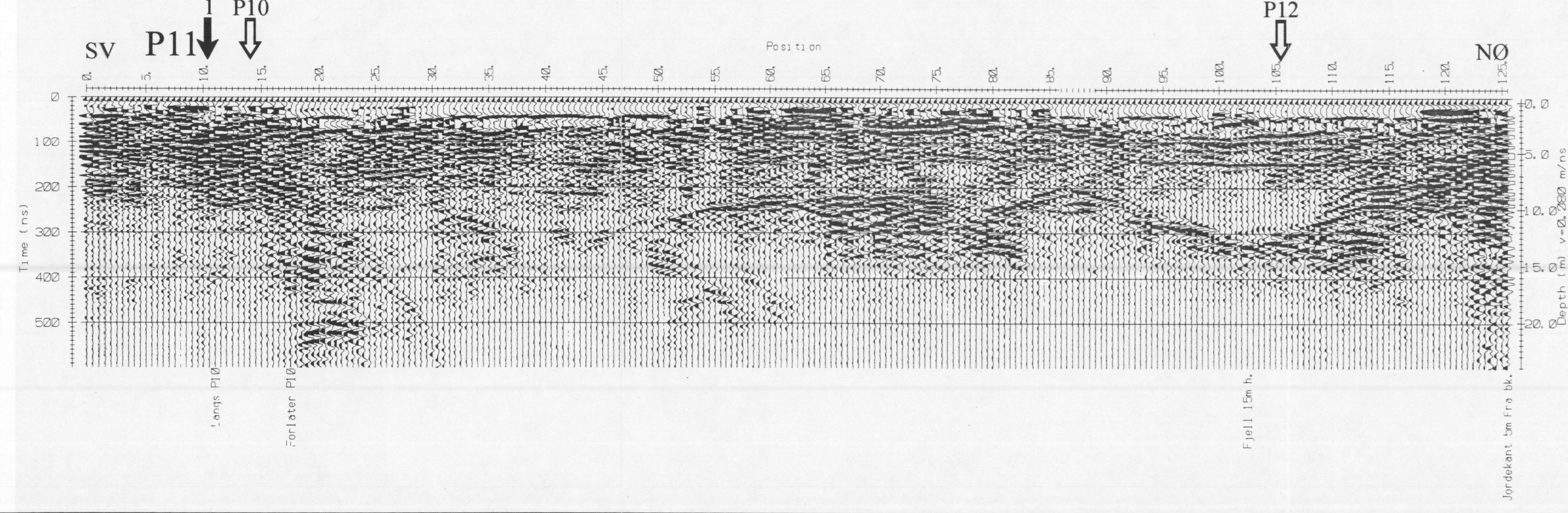
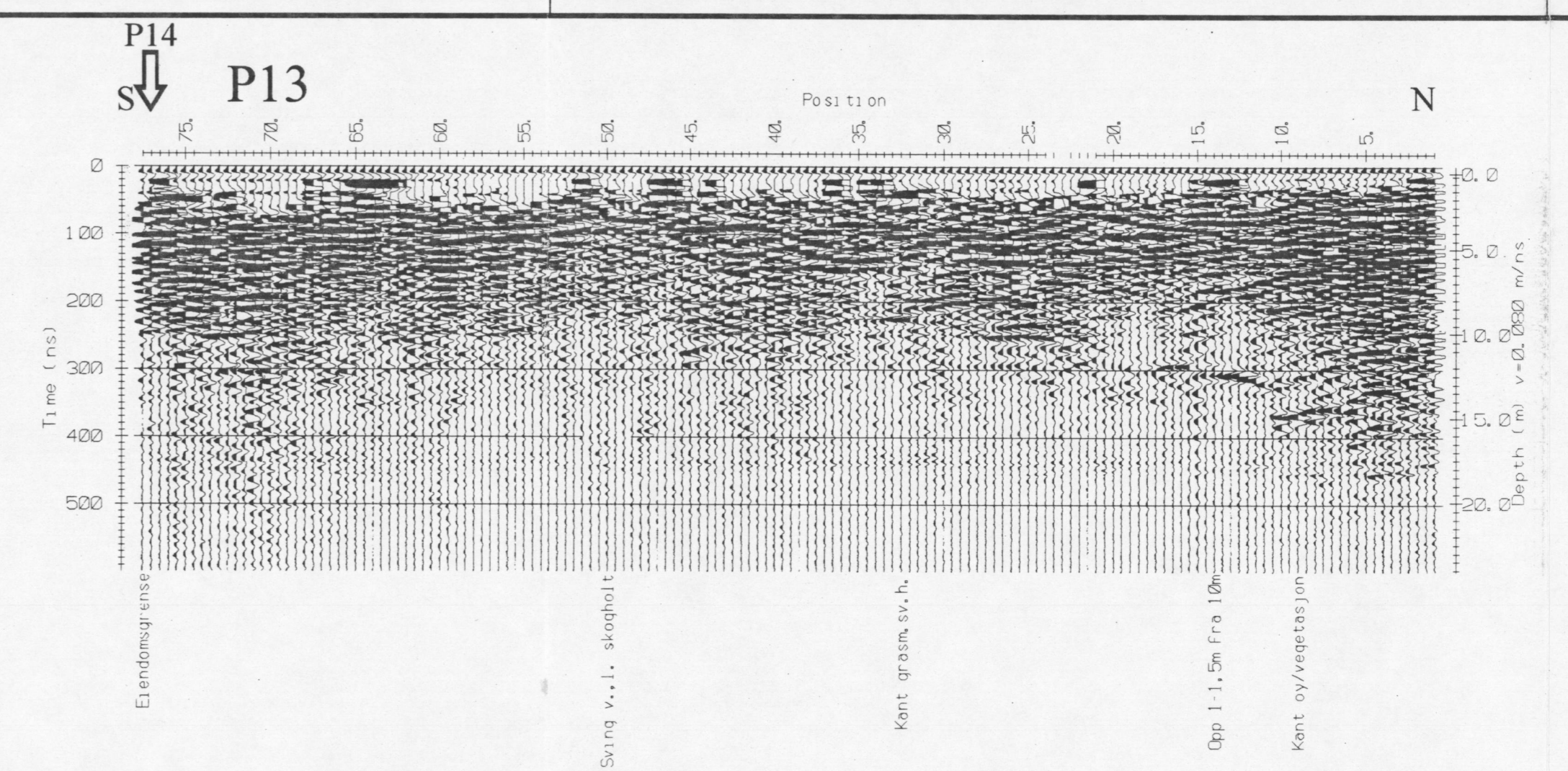
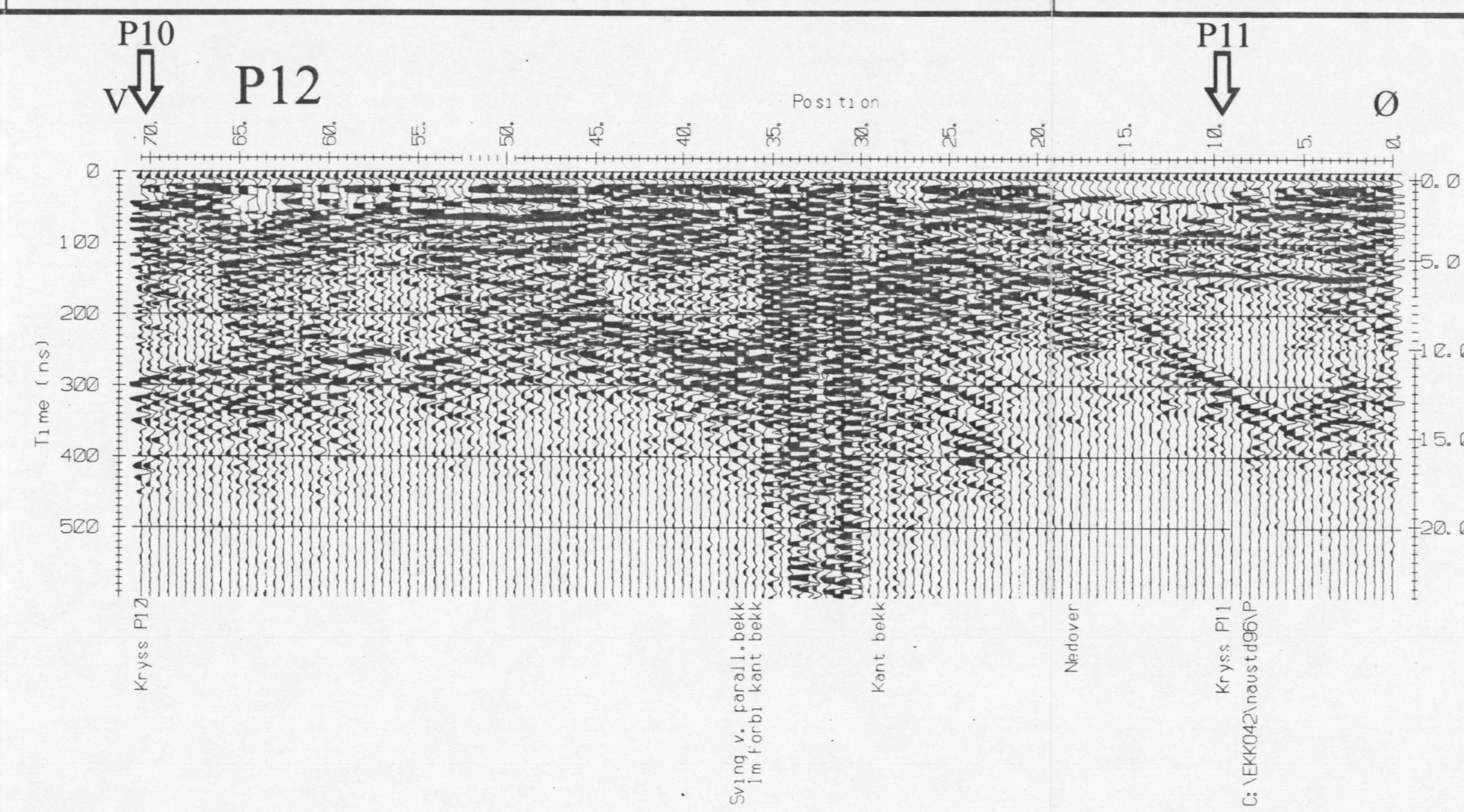
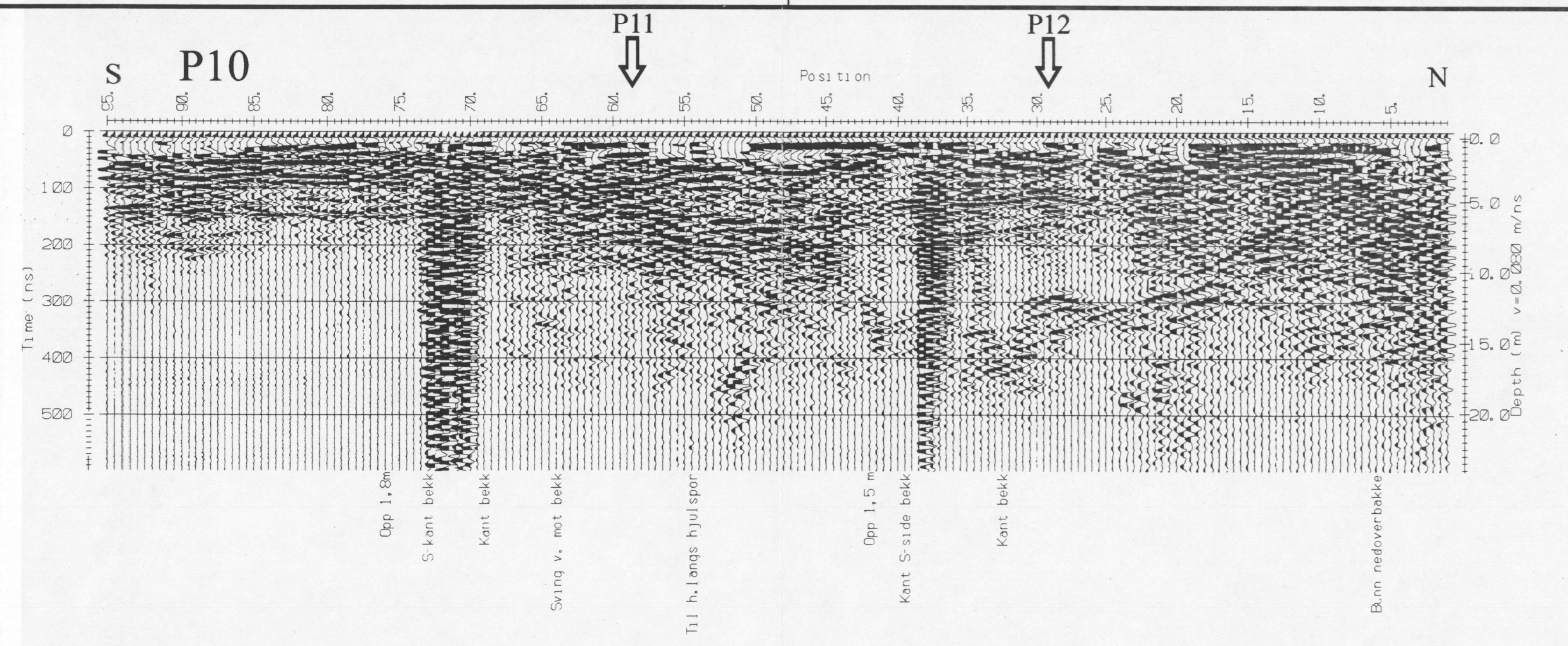


Georadarprofil ved Ullaland



Georadarprofil øst for Kalland



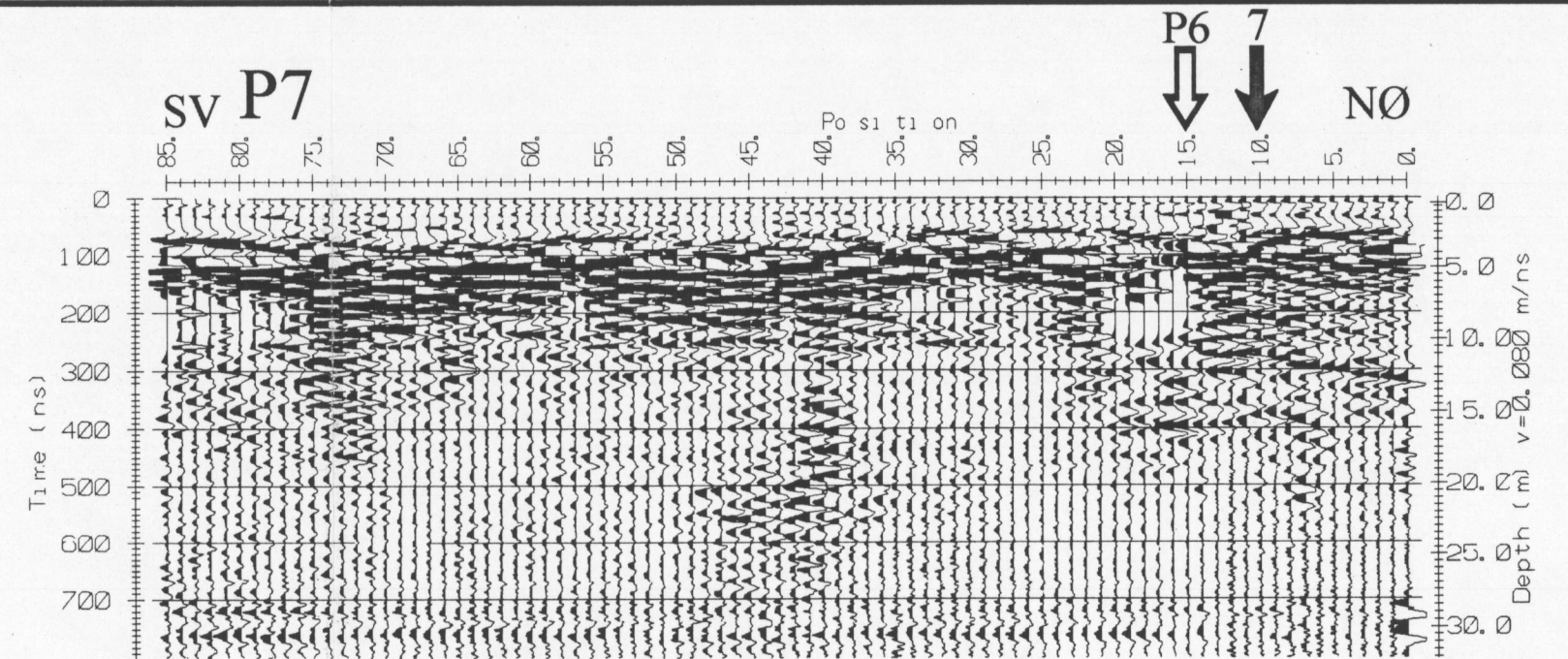
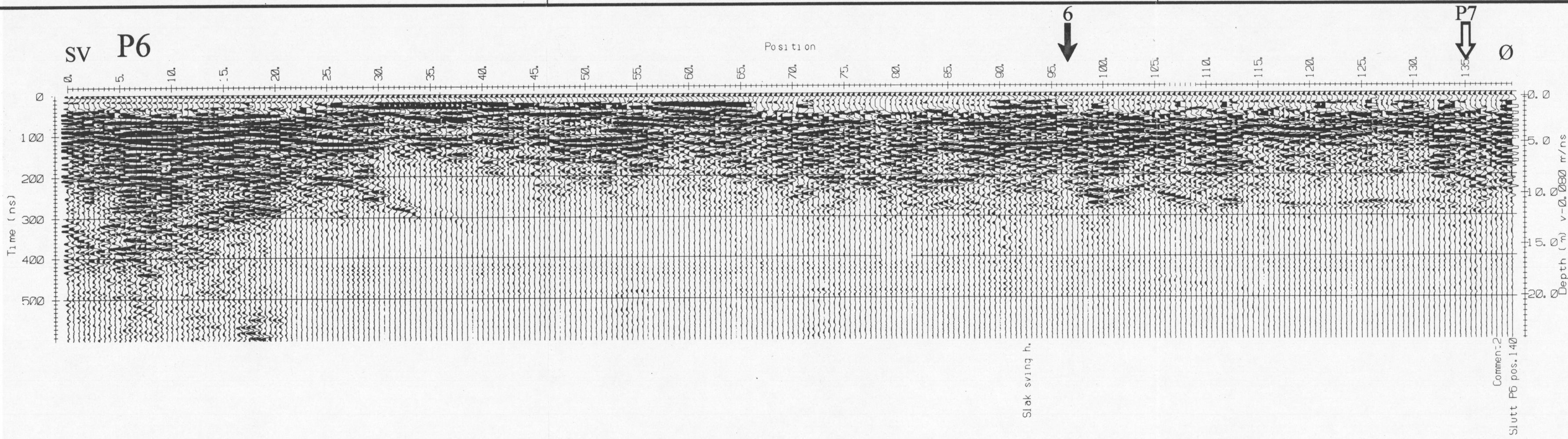


TEGNFORKLARING

P14
Kryssende profil

1
Undersøkelsesboring 1997

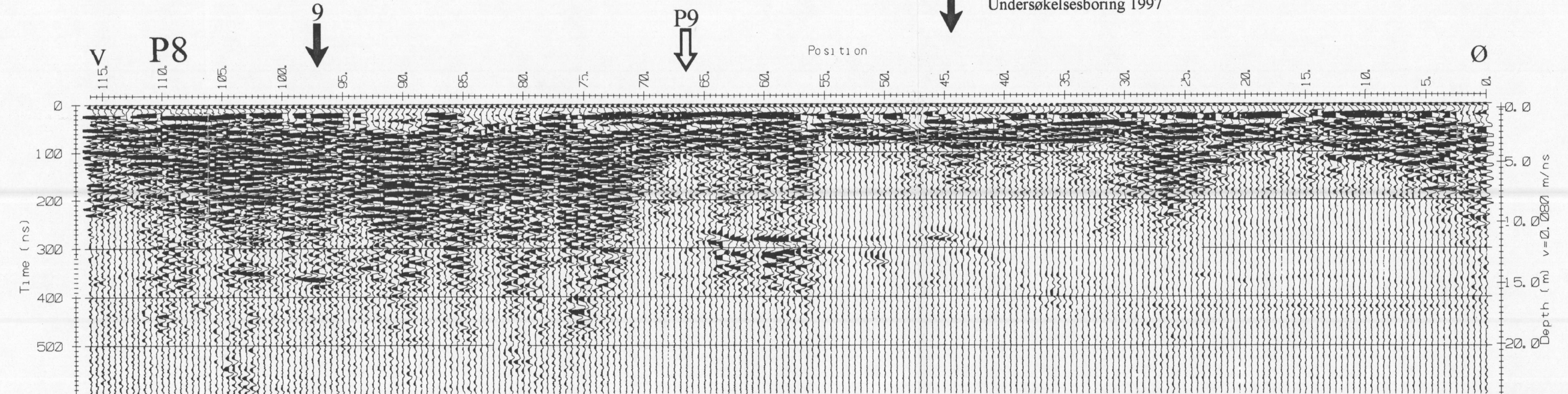
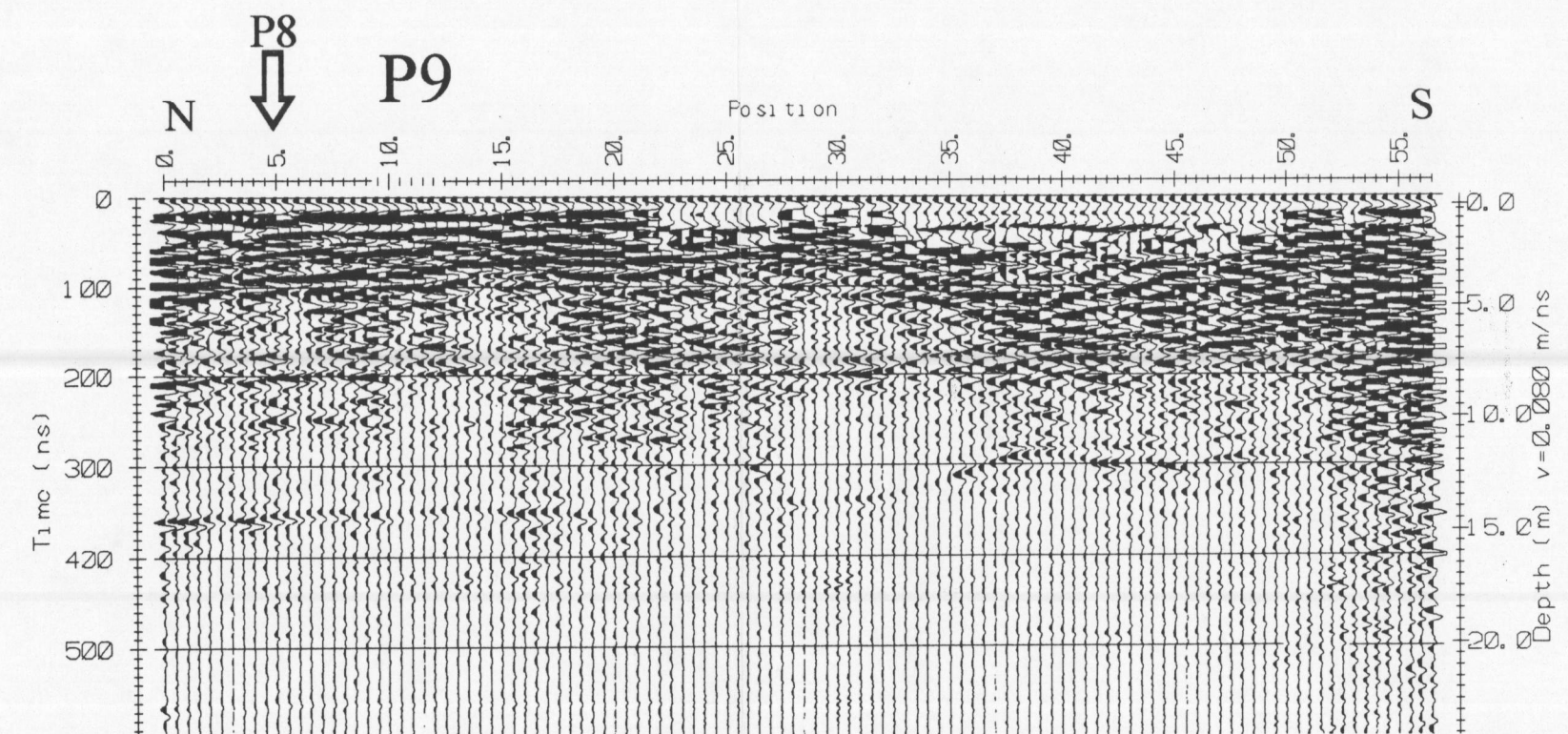
NGU / NAUSTDAL KOMMUNE GEORADAROPPTAK P10, P11, P12, P13, P14 ÅSEDØLA NAUSTDAL KOMMUNE, SOGN OG FJORDANE NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	MÅLESTOKK	MÅLT JFT	AUG. -96
		TEGN JFT	APR. -98
		TRAC	
		KFR	
TEGNING NR	98.073-01	KARTBLAD NR	1218 III



TEGNFORKLARING
 P7: 50 MHz antenner
 P6, P8, P9: 100 MHz antenner

↓ P6
 ↓ 7

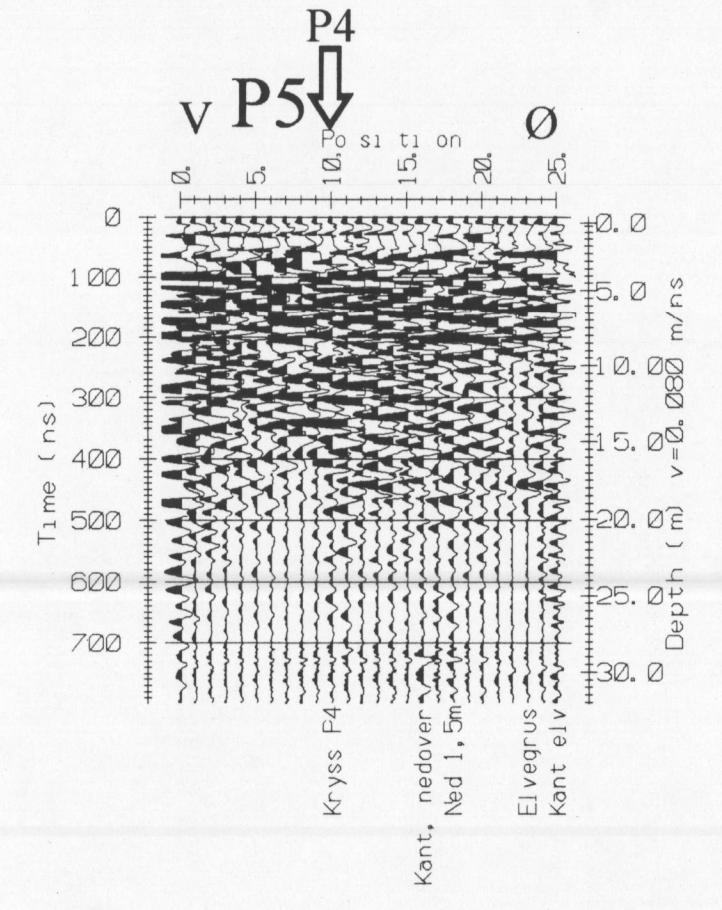
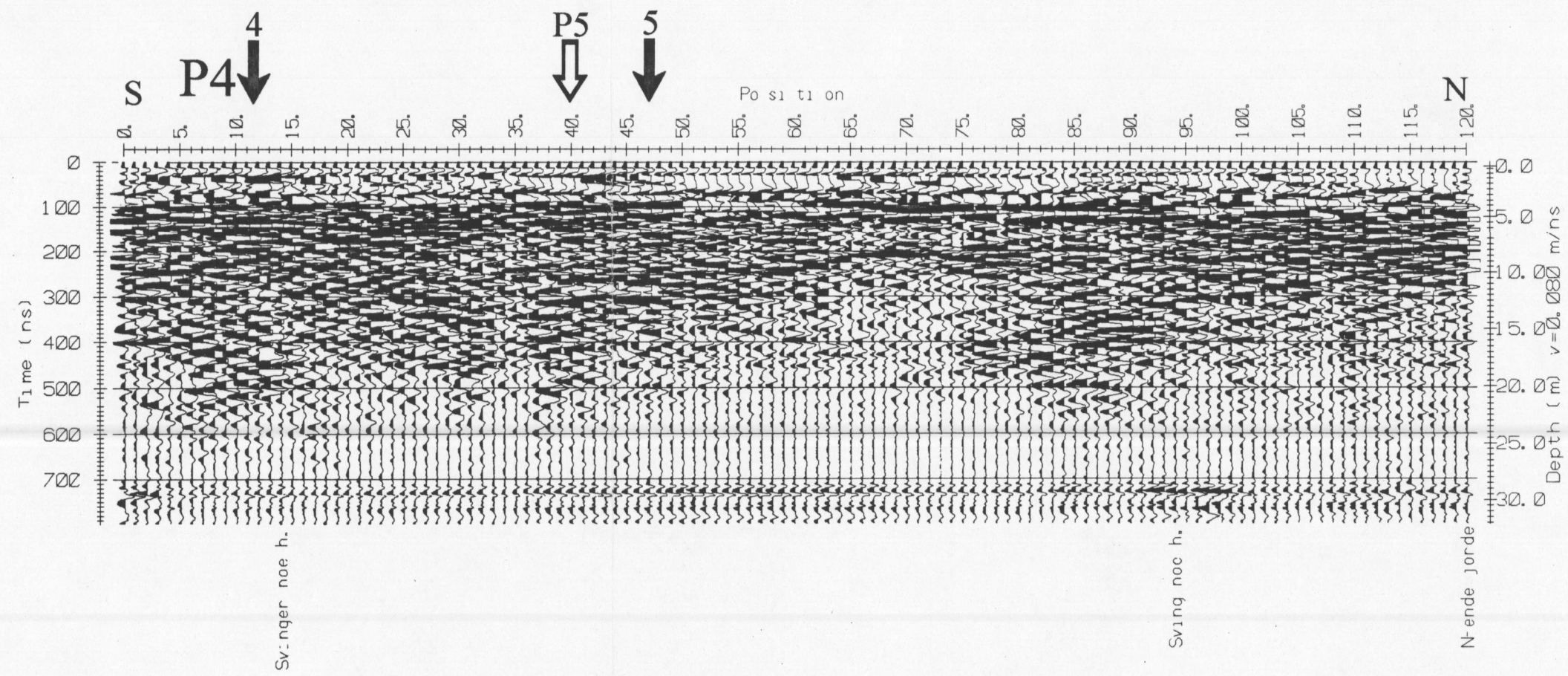
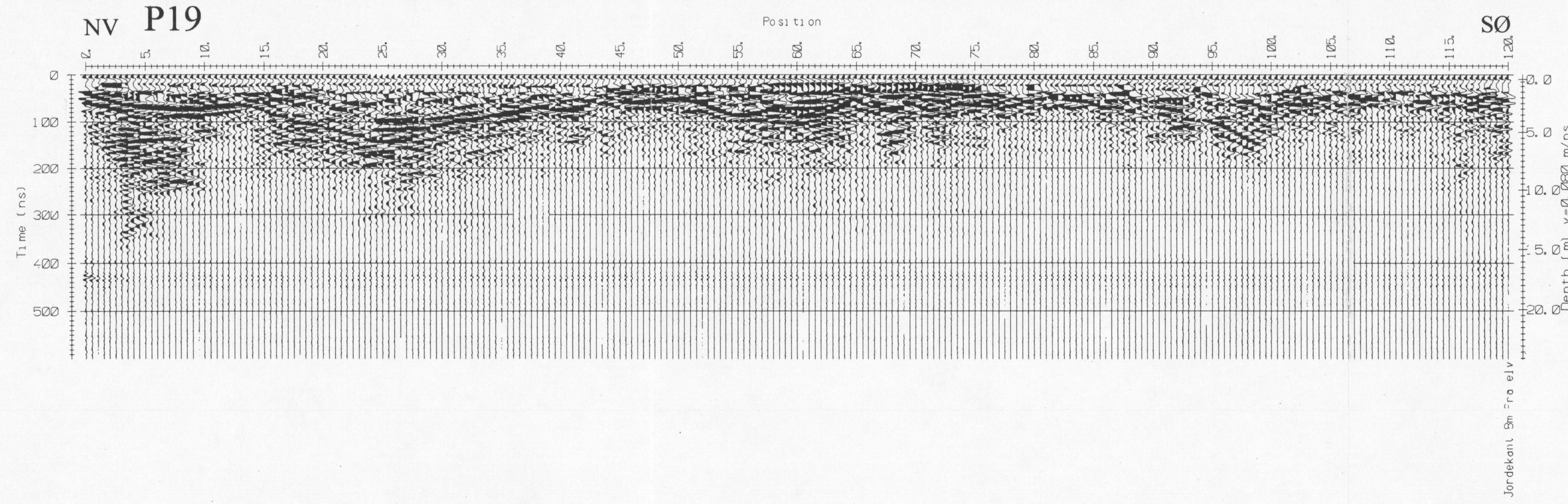
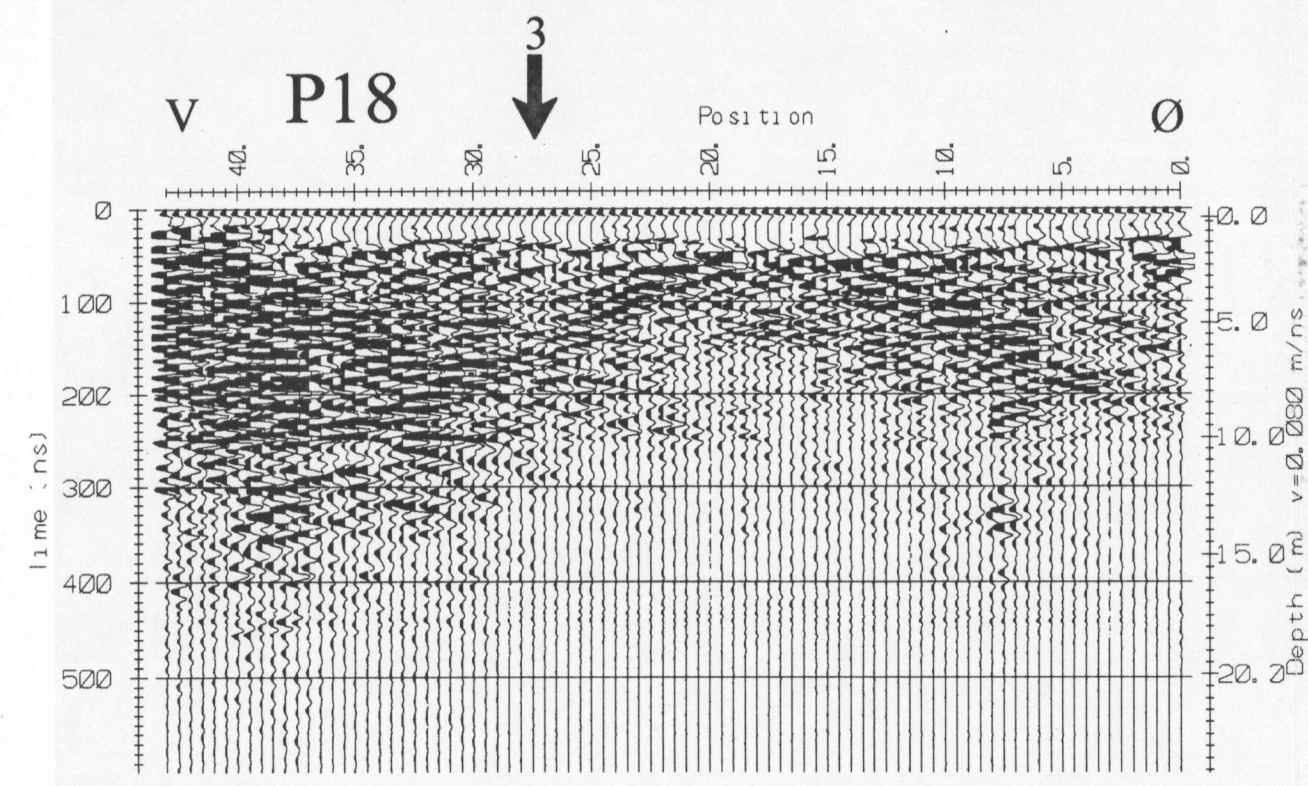
Kryssende profil
 Undersøkelsesboring 1997



Kryss P8 2m forbi sv
 Lønes V-kant 8m forbi
 Kant jorde
 Kant mot el.v. nedover
 Elvegros
 Elvakant

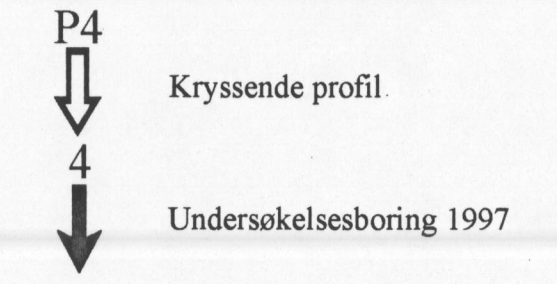
Ute av skog
 Sving h. NØ11Eq.
 Opp 1m fra 2m
 Stort skog
 Sving v. NØ65Eq.
 Kant dyrket

NGU / NAUSTDAL KOMMUNE GEORADAROPPTAK P6, P7, P8, P9 REIAKVAMS-/HORSTAD-ØYANE NAUSTDAL KOMMUNE, SOGN OG FJORDANE	MÅLESTOKK	MÅLT JFT	AUG. -96
		TEGN JFT	APR. -98
		TRAC	
		KFR	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR 98.073-02	KARTBLAD NR 1218 III	



TEGNFORKLARING

P4, P5: 50 MHz antenner
 P18, P19: 100 MHz antenner

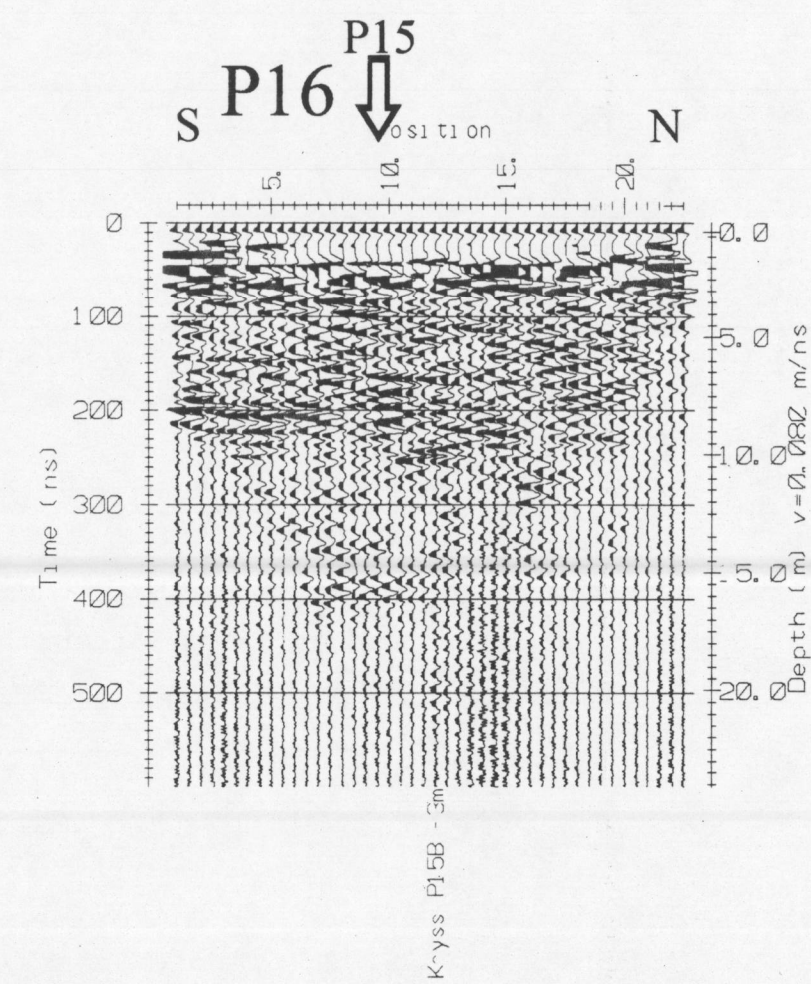
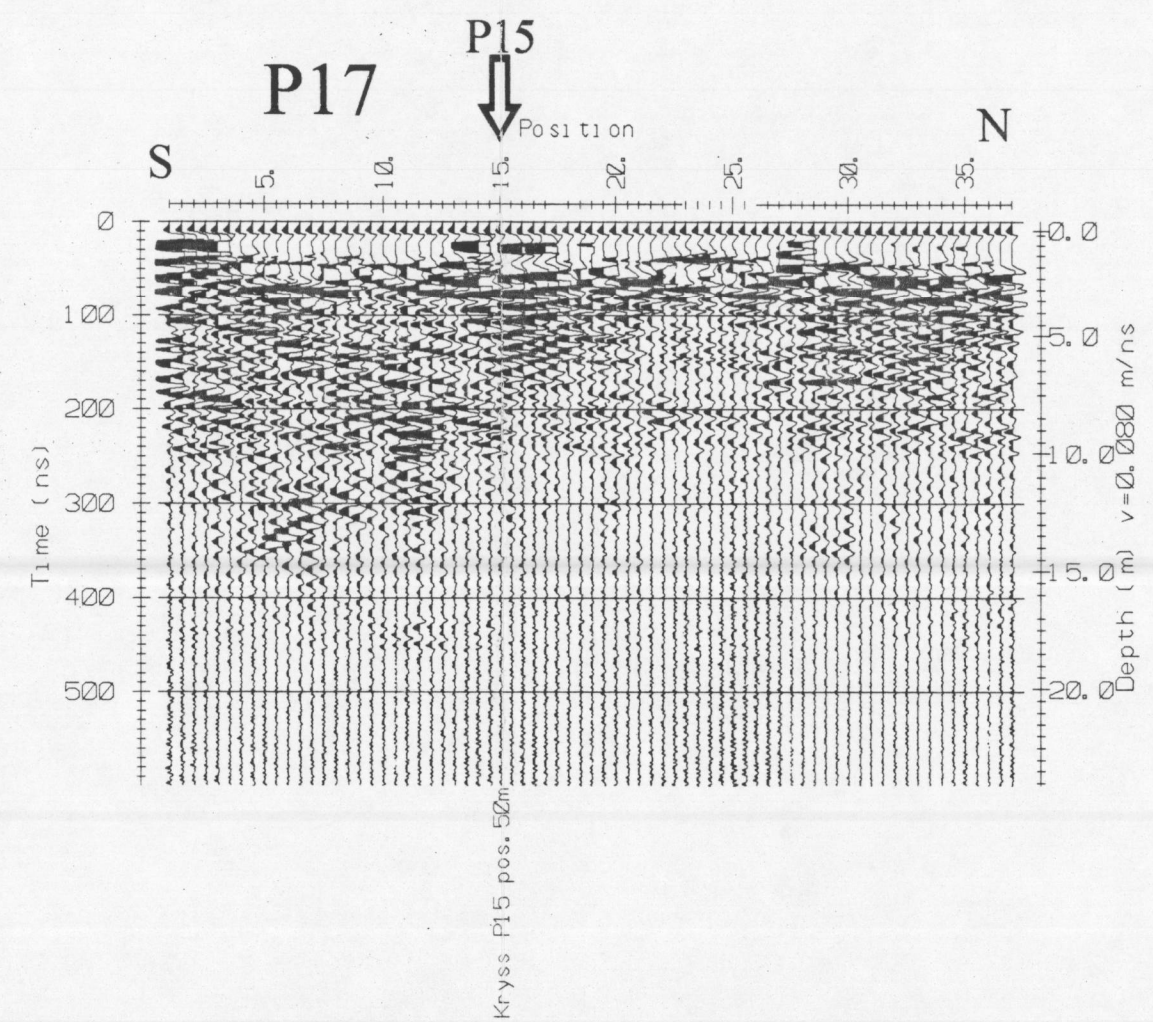
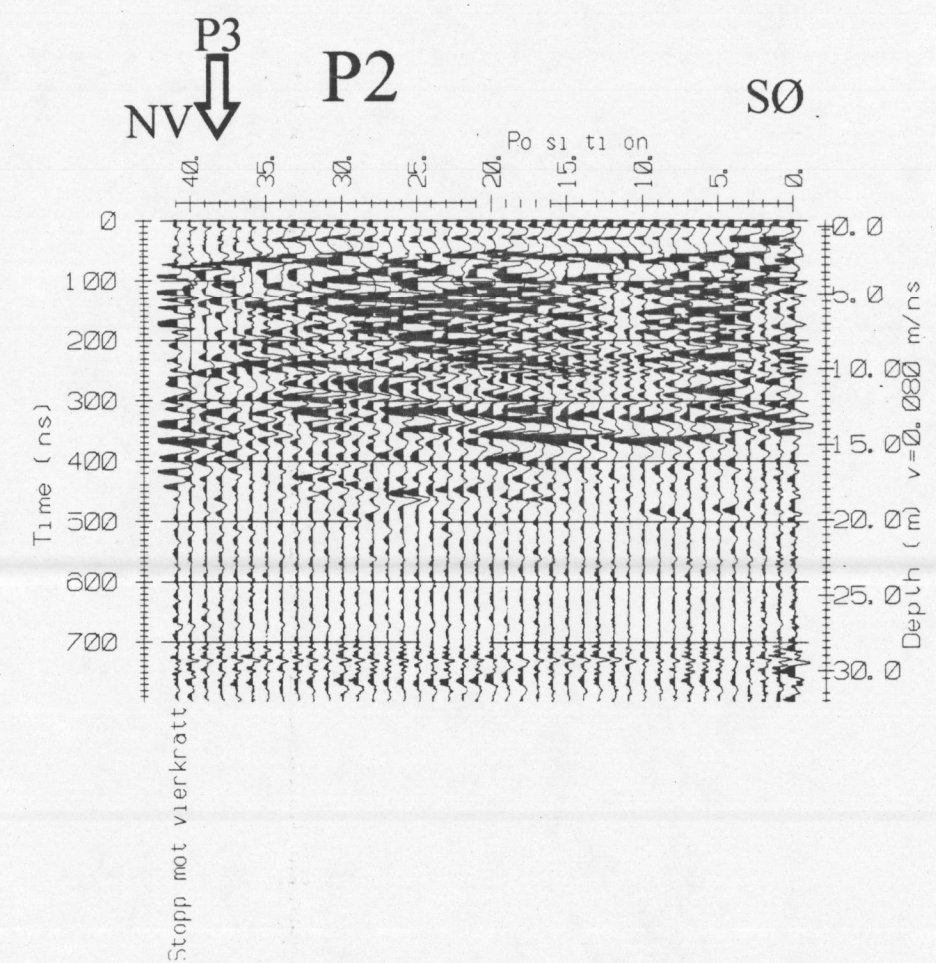
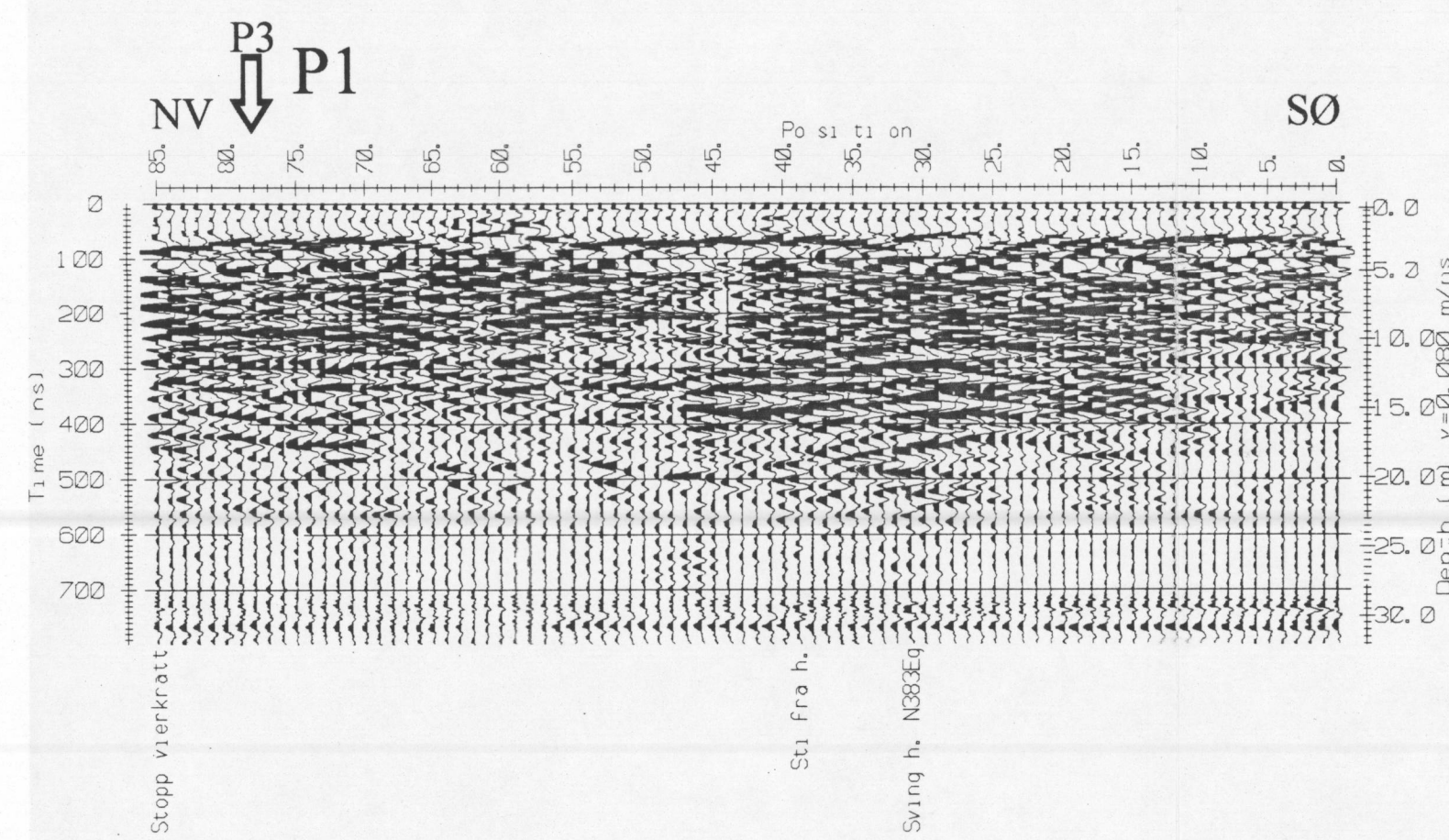
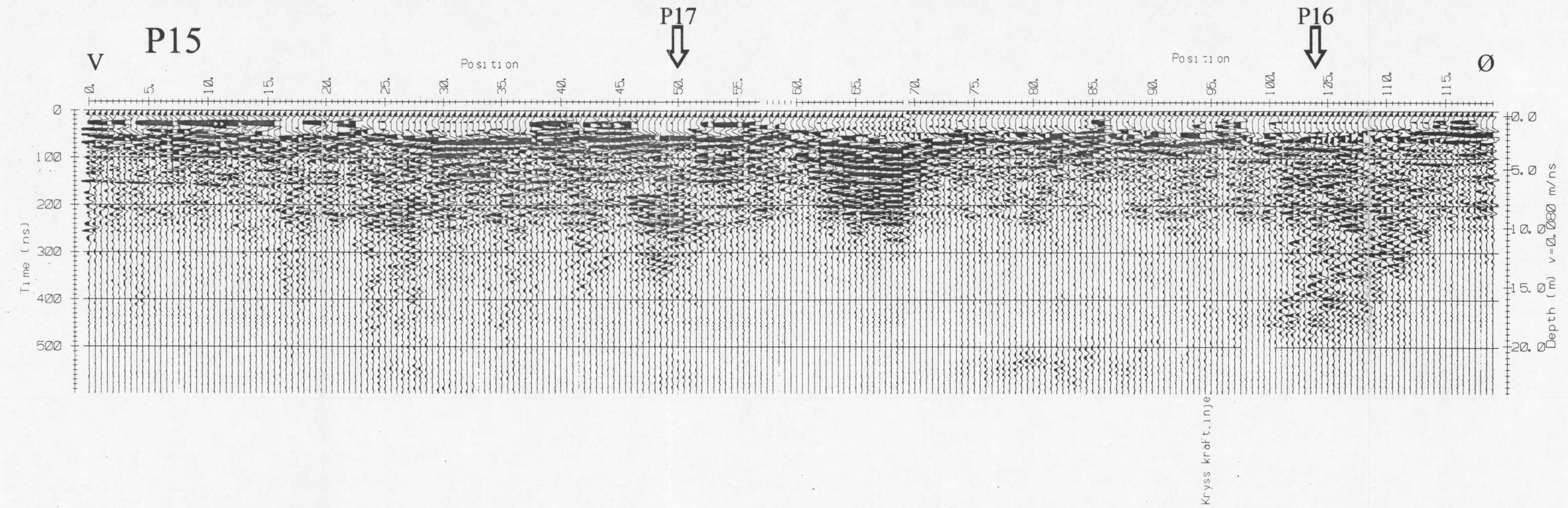
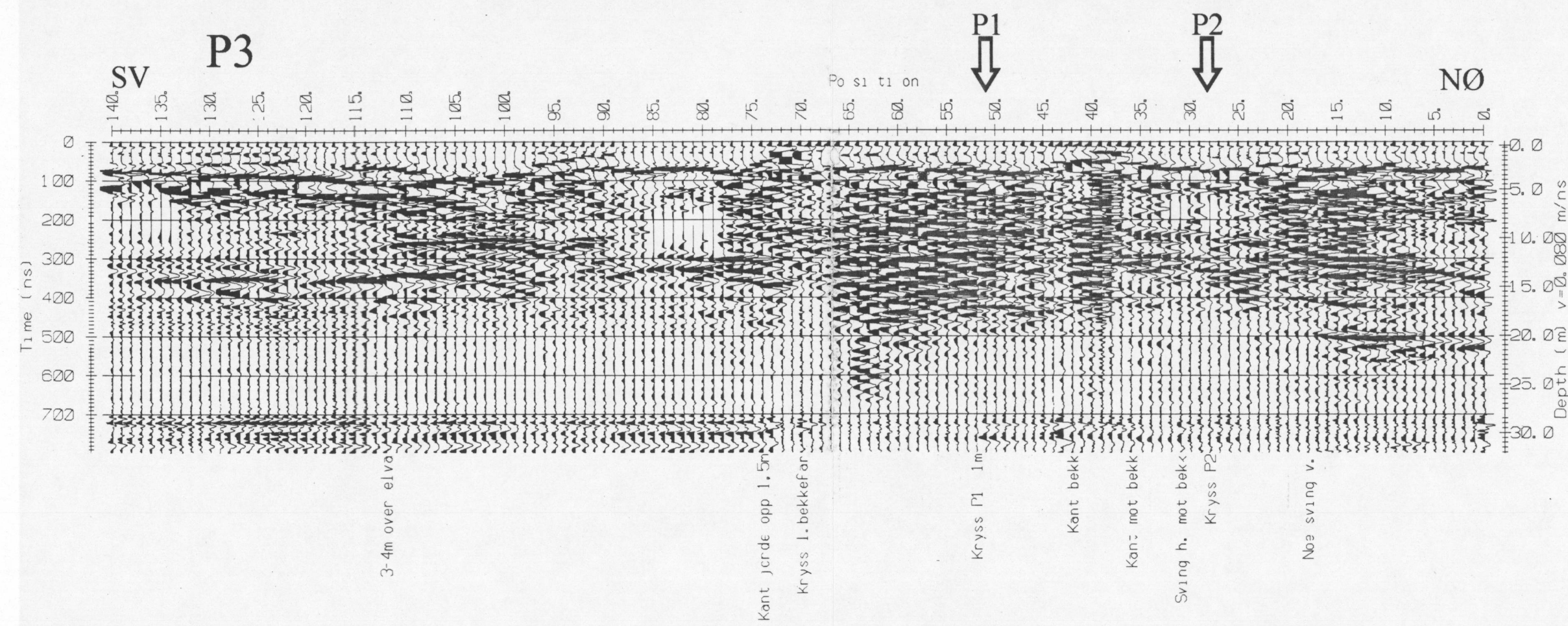


NGU / NAUSTDAL KOMMUNE
 GEORADAROPPTAK P4, P5, P18, P19
EKREHAUGEN OG ÅMOT
 NAUSTDAL KOMMUNE, SOGN OG FJORDANE

MÅLESTOKK	MÅLT JFT	AUG. -96
	TEGN JFT	APR. -98
	TRAC	
	KFR	

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
 TRONDHEIM

TEGNING NR	KARTBLAD NR
98.073-03	1218 III



TEGNFORKLARING
 P1, P2, P3: 50 MHz antenner
 P15, P16, P17: 100 MHz antenner

P16
 ↓
 Kryssende profil

NGU / NAUSTDAL KOMMUNE
 GEORADAROPPTAK P15, P16, P17, P1, P2, P3
ULLALAND OG KALLAND
 NAUSTDAL KOMMUNE, SOGN OG FJORDANE

MÅLESTOKK	MÅLT JFT	AUG. -96
	TEGN JFT	APR. -98
	TRAC	
	KFR	

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
 TRONDHEIM

TEGNING NR	KARTBLAD NR
98.073-04	1218 III