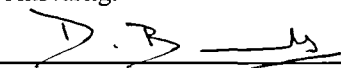


NGU Rapport 97.041

Grunnvannsundersøkelser -  
Erfjord/Hålandsdalen, Nesflaten og Suldalsosen,  
Suldal kommune

Rapport nr.: 97.041		ISSN 0800-3416	Gradering: åpen	
Tittel: Grunnvannsundersøkelser - Erfjord/Hålandsdalen, Nesflaten og Suldalsosen, Suldal kommune				
Forfatter: Aa.K. Midtgård, E. Mauring, Ø. Jæger, J.F. Tønnesen og B. Iversen		Oppdragsgiver: Suldal kommune, Rogaland fylkeskommune og Norges geologiske undersøkelse		
Fylke: Rogaland		Kommune: Suldal		
Kartblad (M=1:250.000) Sauda		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) Suldalsvatnet 1314 II, Blåfjell 1313 I og Sand 1313 IV		
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 59	Pris: 230,-	
Feltarbeid utført: juni-sept. 1996		Rapportdato: 20.03.97	Prosjektnr.: 27.1311	Ansvarlig: 
Sammendrag:				
<p>I forbindelse med Folkehelsas prosjekt «Forbedring av drikkevannskvalitet fram mot år 2000» har Norges geologiske undersøkelse utført grunnvannsundersøkelser i Suldal kommune.</p> <p>Feltundersøkelsene ble utført sommeren 1996 og har omfattet befaring, georadarundersøkelser, løsmasseboringer for kapasitetstesting og uttak av vannprøver og masseprøver. Prøvene er analysert ved NGUs laboratorier.</p> <p>Mulighetene for grunnvannsuttak er vurdert for forsyningsstedene Erfjord / Hålandsdalen, Nesflaten og Suldalsosen, vannbehovet er henholdsvis 5, 5 og 10 l/s. Det ble påvist gode muligheter for grunnvannsuttak alle tre stedene og etter NGUs vurdering vil trolig det oppgitte vannbehovet for hvert sted kunne dekkes. Grunnvannskvaliteten er generelt god med unntak av noe lav pH og alkalitet.</p> <p>På grunnlag av positive resultater fra de innledende undersøkelsene anbefales det videre undersøkelser i form av langtidsprøvepumping av fullskala brønner for alle tre forsyningsstedene. En sikker vurdering av vanngiverevne og grunnvannskvalitet kan først gjøres etter fullskala langtidsprøvepumping. Pumpingen bør foregå over minimum tre mnd. og det bør tas vannprøver jevnlig og foretas registreringer av kapasiteten over tid</p>				
Emneord: Hydrogeologi		Grunnvannsforsyning		Geofysikk
Sonderboring		Løsmasse		Fagrapport
Grunnvannskvalitet		Prøvetaking		

# INNHold

<b>FORORD</b> .....	4
<b>KONKLUSJON</b> .....	5
<b>1 INNLEDNING</b> .....	6
<b>2 METODIKK</b> .....	7
<b>3 FELTUNDERSØKELSER</b> .....	8
3.1 Erfjord/Hålandsdalen .....	8
3.1.1 Georadarmålinger	
3.1.2 Boringer	
3.1.3 Vannkvalitet	
3.1.4 Anbefalinger	
3.2 Nesflaten.....	10
3.1.1 Georadarmålinger	
3.2.2 Boringer	
3.2.3 Vannkvalitet	
3.2.4 Anbefalinger	
3.3 Suldalsosen.....	13
3.3.1 Georadarmålinger	
3.3.2 Boringer	
3.3.3 Vannkvalitet	
3.3.4 Anbefalinger	
<b>REFERANSER</b> .....	19
<b>TEKSTBILAG</b> .....	20
1    Georadar - metodebeskrivelse	
2    Metodebeskrivelse av hydrogeologiske og hydrokjemiske felt- og laboratoriemetoder	
<b>VEDLEGG</b> .....	30
1.1 - 1.2    Undersøkelsesboringer, Erfjord/Hålandsdalen, boreprofiler	
1.3 - 1.4    Undersøkelsesboringer, Nesflaten, boreprofiler	
1.5 - 1.10    Undersøkelsesboringer, Suldalsosen, boreprofiler	
2.1 - 2.5    Kornfordelingskurver av masseprøver fra undersøkelsesbrønner	
3.1 - 3.5    Kjemiske analyser fra undersøkelsesbrønner	
4            Skjema som knytter hendelser i georadaropptak til avsetningstype og lagdeling	
<b>KARTBILAG</b> .....	52
97.041-01    Oversiktskart Suldal kommune	
97.041-02/-03    Detaljkart, M 1: 5000, georadarprofil, sonderboringer, undersøkelsesbrønner, Erfjord/Hålandsdalen	
97.041-04    Detaljkart, M 1: 5000, georadarprofil, sonderboringer, undersøkelsesbrønner, Nesflaten	
97.041-05/-06/-07    Detaljkart, M 1: 5000, georadarprofil, sonderboringer, undersøkelsesbrønner, Suldalsosen	
97.041-08    Georadaropptak, Erfjord/Hålandsdalen	
97.041-09    Georadaropptak, Nesflaten	
97.041-10/-11/-12    Georadaropptak, Suldalsosen	

## FORORD

En god vannforsyning med hensyn til kapasitet og kvalitet er grunnleggende og burde være en selvfølge i vårt land som har så mye lett tilgjengelig og lite forurenset ferskvann. Likevel har nesten 1 mill nordmenn for dårlig vannforsyning, mest på grunn av feil valg av vannkilde og mangelfullt rensed vann. EU-normene og de nye norske drikkevannsforskriftene medfører behov for en bedring av drikkevannsforsyningen i mange områder. I en femårsperiode fra 1995-1999 vil ulike departement bevilge 100 mill. kr. hvert år til forbedring av vannforsyningen.

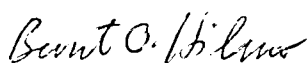
Etter initiativ fra Miljøverndepartementet gjennomførte Norges geologiske undersøkelse (NGU) i perioden 1989-1992 prosjektet *Grunnvann i Norge (GiN)*. Det overordnede mål for GiN-prosjektet var å skape grunnlag for økt bruk og bedre beskyttelse av grunnvannsressurser. En viktig del av prosjektet bestod i registrering av potensielle grunnvannsressurser i 301 av landets kommuner. Registreringen ble gjennomført dels ved feltarbeid (30 % av kommunene) og dels ved gjennomgang av eksisterende bakgrunnsmateriale. GiN-prosjektet viste muligheter for grunnvannsforsyning til over 800 forsyningssteder (over 600 000 p.e.).


NGU har på bakgrunn av de forannevnte momentene startet prosjektet «Økt bruk av grunnvann». Formålet er en sikker dokumentasjon av kvantitet og kvalitet av grunnvannsforekomster som kan nyttes til allminnelig drikkevannsforsyning. Bedre vannforsyning til næringsmiddel- og reiselivsbedrifter er også prioritert.

Prosjektet gjennomføres som et samarbeidsprosjekt mellom NGU, fylkeskommuner og kommuner. Prioriteringen av kommuner vil bli gjort i samarbeid med fylkeskommunene, mens prioriteringen av forsyningssteder vil bli foretatt i samråd med kommunene.

I samråd med fylkesmyndighetene i Rogaland og ut fra kommunenes interesse for prosjektet ble kommunene Bjerkreim, Gjesdal, Hjelmeland, Hå, Sauda og Suldal valgt for grunnvannsundersøkelser i 1996. Arbeidet i de enkelte kommuner er planlagt i samarbeid med teknisk etat.

Prosjektet finansieres av Rogaland fylkeskommune (25 %), de enkelte kommuner (15 %) og NGU (60 %). I tillegg har kommunene/vannverka bidratt med en egeninnsats i form innhenting av bakgrunnsmateriale og teknisk tilrettelegging.

  
Bernt Olav Hilmo  
Hovedprosjektleder

  
for Øystein Jæger  
avd.ing.

## KONKLUSJON

Mulighetene for grunnvannsuttak er vurdert for forsyningsstedene Erfjord / Hålandsdalen, Nesflaten og Suldalsosen, vannbehovet er henholdsvis 5, 5 og 10 l/s. Feltundersøkelser ble utført sommeren 1996 og har omfattet befarings, georadarundersøkelser, løsmasseboringer for kapasitetstesting og uttak av vannprøver og masseprøver. Det ble påvist gode muligheter for grunnvannsuttak alle tre stedene og etter NGUs vurdering vil trolig det oppgitte vannbehovet for hvert sted kunne dekkes. Grunnvannskvaliteten er generelt god med unntak av noe lav pH og alkalitet.

På grunnlag av positive resultater fra de innledende undersøkelsene anbefales det videre undersøkelser i form av langtidsprøvepumping av fullskala brønner for alle tre forsyningsstedene. En sikker vurdering av vanngiverevne og grunnvannskvalitet kan først gjøres etter fullskala langtidsprøvepumping. Pumpingen bør foregå over minimum tre mnd. og det bør tas vannprøver jevnlig og foretas registreringer av kapasitet og grunnvannsnivå over tid.

I Hålandsdalen er det gjort undersøkelser på breelv/elveavsetninger ved Storåna, her anbefales det oppfølgende undersøkelser på Svinamoen ved borehull 2.

På Nesflaten er det utført to boringer på deltaet ved Brattlandselvas utløp i Suldalslågen. Det bør utføres supplerende boringer på sørlige del av øya i Brattlandselva, i forbindelse med oppstart av langtidsprøvepumping, for å finne den beste brønnlokaliseringen.

For forsyningsstedet Suldalsosen er Storøy (borehull 5) og elvesletta ved Storånas utløp (borehull 9) de best egnede områdene for videre undersøkelser. Begge steder er det sand- og grusmasser til henholdsvis 23,5 m og 25,5 m dyp.

## 1 INNLEDNING

Suldal kommune har utarbeidet «Hovedplan for vannforsyning» ( Interconsult, 1995) og har på dette grunnlaget prioritert forsyningsstedene Erfjord, Nesflaten og Suldalsosen for oppfølgende grunnvannsundersøkelser. I alle områdene ønsker kommunen å utnytte grunnvann som erstatning for dagens vannkilder. Kartbilag 1 viser lokaliseringen av de undersøkte områdene.

Feltundersøkelsene ble utført sommeren 1996 og har omfattet befaring, georadarundersøkelser, løsmasseboringer for kapasitetstesting og uttak av vannprøver og masseprøver. Vann- og masseprøvene er analysert ved NGUs laboratorier.

Avd. ingeniør Øystein Jæger har vært ansvarlig for prosjektet, andre involverte var:

Forsker Gaute Storrø (befaring)

Forsker Jan Fredrik Tønnesen (georadarmålinger)

Forsker Eirik Mauring (tolkning av georadarmålinger)

Forsker Aase Midtgård (prøvetaking og feltmålinger)

Ingeniør Bjørn Iversen (løsmasseboringer)

Avd. ingeniør Helge Skarphagen (feltundersøkelser)

Kommunens kontaktperson har vært avd. ingeniør Reidar Blesvik. Kommunen har innhentet boretillatelse fra grunneiere, og ordnet med traktorskyss i forbindelse med boringene på Nesflaten.

De påløpte kostnader på kr. 330 000 er i samsvar med kostnadsoverslaget. Kostnadene er dekket av Rogaland fylkeskommune (25 %), Suldal kommune (15 %) og NGU (60 %).

## 2 METODIKK

På grunnlag av feltbefaringen og gjennomgang av rapporter fra tidligere undersøkelser ble det i samråd med kommunen satt opp et prosjektforslag med kostnadsoverslag for grunnvannsundersøkelser i de prioriterte områdene. De undersøkte lokalitetene er elve- og breelvasvetninger hvor det ut fra en geologisk vurdering er muligheter for å finne sorterte sand- og grusmasser med god vanngjennomgang. Undersøkelsene har omfattet befaring, geofysiske målinger (georadarmålinger) og sonderboringer med uttak av masseprøver/vannprøver samt kapasitetstesting. Det understrekes at kapasitetstestene angir vannmengder fra undersøkelsesbrønn (Ø 32 mm) med 1 m filter. Målingene gir informasjon om vanngjennomgangen i ulike løsmasselag og representerer ikke vannkapasiteten for en evt. produksjonsbrønn. Metodene står nærmere beskrevet i tekstbilag 1 og 2.

Georadaren som ble benyttet er digital og av typen pulseEKKO 100 (Sensors & Software Inc, Canada). Opptakstid og samplingsintervall var henholdsvis 1200 ns og 1,6 ns. Antenne- og flyttavstand var 1 m. Antenne senterfrekvens og senderspenning var henholdsvis 50 MHz og 1000 V. Det ble målt 28 profiler fordelt på tre områder i en samlet lengde på ca. 5,5 km. Reelle lengder av profiler (målt på kart) kan være noe forskjellig fra profilmeter angitt over georadaropptak, pga. mulig tilfeldig eller systematisk feil i flyttavstand ved utførelsen av målingene. Det er markert for hver 100 profilmeter på kartene i kartbilag -08 til -12. Kommentarer under opptakene kan også bidra til at en lettere kan plassere posisjoner riktig i forhold til kartet. Ved beskrivelse av opptak refereres det til profilmeter (over opptakene). Opptakene er terrengkorrigert der det som bakgrunn er benyttet kart i målestokk 1:5000 og kommentarer under opptak. Ved utskrift av opptakene er det benyttet 5-punkts gjennomsnitt langs traser for å redusere høyfrekvent støy. Det ble også benyttet lineær, egendefinert forsterkning.

Oversiktskart som viser plasseringen av profilene er vist i kartbilag -02 til -07.

Georadaropptakene er vist i kartbilag -08 til -12. Det ble ikke utført CMP-målinger (se tekstbilag 1 for en forklaring) for bestemmelse av EM-bølgehastighet. Ved konvertering av tidsdyp til moh. er det benyttet en forholdsvis lav EM-bølgehastighet (0,08 m/ns) på grunn av antatt høyt grunnvannsspeil. Dette er indikert ved nærhet til elver og vann. Ved tolkning av opptakene er det benyttet et skjema som knytter hendelser i opptakene til lagdeling og avsetningstype. Dette skjemaet er vist i vedlegg 4 (etter Beres & Haeni, 1991).

## 3 FELTUNDERSØKELSER

### 3.1 Erfjord/Hålandsdalen

Tidligere undersøkelser viser at de mest aktuelle områdene for grunnvannsuttkak er breelv/elveavsetninger på begge sider av Storåna i Hålandsdalen (Jæger, 1992). Det ble målt fem georadarprofiler og utført 2 boringer i disse områdene. Profilene P1-P3 er målt ved Brakafloa, mens P4 og P5 er målt ved Øreflotene. Kartbilag -02 og -03 viser plasseringen av georadarprofilene og borepunktene, georadaropptakene er vist i kartbilag -08. Vannbehovet for Erfjord er av kommunen oppgitt til ca. 5 l/s

#### 3.1.1 Georadarmålinger

##### P1

Opptaket viser et hauget til kaotisk refleksjonsmønster mellom posisjonene 0 og 400. Fra posisjon 400 til posisjon 470 er refleksjonsmønsteret hauget til skrått. Reflektiviteten er svært kraftig i det sistnevnte området, noe som kan ha sammenheng med at profilet her går gjennom skog og at noe av energien er reflektert. Penetrasjonsdypet er størst mellom posisjon 300 og 470, og er her stedvis større enn 35-40 m. Fjell sees tydelig som en ryggformet reflektor mellom posisjon 235 og 300 (nivå -15 til -8 moh.). Mot nordøstenden av profilet går fjellreflektoren mot overflaten og kan antydes i nivå ca. 10 moh. ved posisjon 470. Plasseringen av fjellreflektoren er svært usikker ved starten av profilet. En uregelmessig reflektor i nivå 10-13 moh. mellom posisjonene 0 og 45 kan muligens representere fjell, men i det samme området sees også meget svake reflektorer i nivå -8 til 0 moh. som kan være en annen mulig plassering av fjellreflektoren. Det mest gunstige området for oppfølgende boringer er trolig mellom posisjonene 300 og 470. I dette området er det indikert grovkornige avsetninger og 20-40 m dyp til fjell.

##### P2

Profilet er målt på tvers av P1. Antatt fjell sees som en skålformet reflektor. Den ligger i nivå ca. 18 moh. ved posisjon 0 og heller bratt nedover til ca. 4 moh. ved posisjon 40. Fra denne posisjonen skråer fjellreflektoren jevnt oppover til ca. 2 m dyp ved sørøstenden av profilet (posisjon 133). Refleksjonsmønsteret er for det meste skrått og kan indikere grovkornige avsetninger. Videre undersøkelser i form av sonderboring anbefales der dypet til fjell er størst, dvs. i området mellom posisjonene 20 og 100.

Sonderboring 2 (se kartbilag 8) ble plassert ca. 10 m sør for posisjon 60 i profil 2. Denne viste vesentlig sand/grus ned til mulig fjell på 21 m dyp. Opptaket for P2 indikerer fjell på ca. 25 m



dyp. Dette må sies å være i bra overensstemmelse med boringen, gitt at EM-bølgehastigheten som er benyttet ved dybdekonverteringen kan være noe lavere (0,07 m/ns gir ca. 22 m dyp til fjell) og at boringen ikke er plassert eksakt på profilet.

### P3

Profilet er målt langs øy i elva Storåna (se kartbilag 8). Opptaket viser vesentlig et skrått refleksjonsmønster som kan indikere grovkornige avsetninger, og en sonderboring ble anbefalt sentralt i profilet. Sonderboring 1 ble satt ned omtrent ved posisjon 40. Denne viste sand/grus ned til ca. 10 m dyp, og tettere masser av sand/finsand ned til enden av borhullet på 15,5 m dyp.

### P4

Mellom posisjonene 292 og 210 er penetrasjonsdypet størst langs profilet (20-25 m). En kraftig reflektor i nivå 43-45 moh. mellom posisjonene 270 og 210 representerer trolig fjelloverflaten. Refleksjonsmønsteret er haugt til kaotisk og kan representere grovkornige avsetninger i dette området. Mellom posisjonene 160 og 0 sees en sone med kraftig refleksivitet på 6-10 m dyp som ser ut til å utgjøre nedre grense for penetrasjonen. Sonen kan representere strukturer i morene eller fjell. Området antas å være uten interesse for videre undersøkelser. Sonderboring ble anbefalt mellom posisjon 292 og 210, men ble ikke utført.

### P5

Profilet er målt på tvers av P4. Som for P4 sees en sone med kraftig refleksivitet fra ca. 6 m dyp som trolig representerer fjell og morene, og området ansees for å være av liten interesse for videre undersøkelser.

## 3.1.2 Boringer

På grunnlag av feltbefaringen og georadarmålingene ble det utført 2 boringer (borepunkt 1 og 2) i Hålandsdalen (vedlegg 1.1 - 1.2). Boring 1 viser 10,5 m sand og grus over finsand. Kornfordelingskurver av masseprøver fra 5,5 og 9,5 m bekrefter at massene er dominert av sand (vedlegg 2.1). Testpumping av undersøkelsesbrønn ble utført annenhver meter fra 3,5 m til 11,5 m og ga vannmengder på henholdsvis 2,2, 1,7, 1,2, 2,0 og 0,1 l/s.

I borehull 2 består massene av sand med enkelte gruslag over fjell på 21 m dyp. 5 sedimentprøver fra 5,5 til 15,5 m viser at massene blir mer finkornige mot dypet (vedlegg 2.1 - 2.2). Også her ble undersøkelsesbrønn testpumpet annenhver meter fra 5,5 m til 17,5 m. Kapasiteten varierte fra 1,3 til 3,3 l/s.

### 3.1.3 Vannkvalitet

Det ble tatt ut 8 vannprøver til analyse på fysikalsk/kjemiske parametre ved NGUs laboratorium (vedlegg 3.1 - 3.2). I tillegg er det gjort feltmålinger av temperatur, pH, elektrisk ledningsevne og jern på enkelte prøver. Det ble også tatt prøve av elva for å vurdere kvaliteten på vannet som infiltreres i grunnvannsmagasinet. Resultatene viser at grunnvannet har lav pH og alkalitet, ellers er den kjemiske vannkvaliteten god. Vannprøvene fra borehull 2 har noe høyere ledningsevne og silisiuminnhold enn prøvene fra borehull 1 og elva. Dette tyder på at grunnvannet har lengst oppholdstid i borehull 2.

På grunn av ionefattig vann er ionebalanseavviket noe høyt (tabell 3 i tekstbilag 2). Sammenligning av totalt ioneinnhold og målt elektrisk ledningsevne samsvarer bra og viser at totalkvaliteten i analysene likevel er tilfredsstillende.

### 3.1.4 Anbefalinger

Boringene viser at det vil være mulig å ta ut grunnvannsmengder tilsvarende det oppgitte behovet på 5 l/s. På grunnlag av resultatene fra kapasitetstestene og de kjemiske analysene av vannprøver anbefales det at videre undersøkelser blir gjort i området ved borehull 2. En sikker konklusjon med hensyn til grunnvannets kvalitet og kvantitet kan først gjøres etter langtidsprøvepumping av fullskala brønn. På grunn av lav pH og alkalitet må det trolig etableres alkaliseringsanlegg ved et eventuelt framtidig vannforsyningsanlegg, men en endelig vurdering av vannbehandling må gjøres på grunnlag av vannkvaliteten under langtidsprøvepumpingen.

Brønn for langtids prøvepumping ved borehull 2 bør utformes etter følgende spesifikasjoner:

- brønndiameter: bestemmes av pumpevalg (minimum  $D_i = 160$  mm)
- filterplassering: 11 - 17 m under bakkenivå (6 m filter)
- filtertype/lysåpning: kontinuerlige slisser (con-slot) / 0,8 mm

Dersom prøvepumpingen blir vellykket kan brønnen senere benyttes som produksjonsbrønn.

## **3.2 Nesflaten**

Tidligere undersøkelser viser at det er muligheter for grunnvannsuttak i hele breelvdeltaet ved Brattlandselvas utløp i Suldalslågen (Jæger, 1992). Det ble utført georadarmålinger langs fem profiler på Nesflaten, på to steder er det utført boringer. Kartbilag -04 viser plasseringen av georadarprofilene og borepunktene, georadaropptakene er vist i kartbilag -09. Vannbehovet for Nesflaten er av kommunen oppgitt til ca. 5 l/s.

### 3.2.1 Georadarmålinger

#### P6

Profilen er målt langs nordsiden av Brattlandselva ned mot Suldalsvannet. Mellom posisjon 0 og 150 er opptaket dominert av et skrått (øverst) og haugrefleksjonsmønster, mens det i resten av profilen (til Suldalsvannet) er skrått. Penetrasjonsdypet er stedvis større enn 40 m. Disse forholdene indikerer grovkornige, permeable avsetninger. Mulig grunnvannsspeil sees sporadisk i nivå ca. 69 moh. mellom posisjon 60 og 250. Opptaket er stedvis skjemet av 'døde' områder som skyldes klipping av kraftig energi (f.eks. mellom posisjonene 0 og 60 og mellom posisjonene 455 og 490). Det antas å være gode muligheter for uttak av grunnvann langs hele profilen.

#### P7

Profilen er målt over ei øy ved utløpet av Brattlandselva. Refleksjonsmønsteret er skrått og penetrasjonsdypet er større enn 40 m (reflektorer kan ikke sees på større dyp enn 40 m pga. begrenset opptakstid). Løsmassene er trolig svært grovkornige langs hele profilen. Mulig bunn av topplag sees gjennom hele opptaket som en subhorisontal reflektor i nivå ca. 65 moh. Det antas å være svært gode muligheter for uttak av grunnvann. Sonderboring 4 ble plassert omtrent ved posisjon 75 og viste sand/grus ned til enden av borehullet på 27,5 m dyp.

#### P8

Profilen er målt som et tverrprofil til P7. Som for P7 sees et skrått refleksjonsmønster. De skrå reflektorene har ikke like stor helning som for P7, fordi profilen går mer på tvers av avsetningsretningen. Penetrasjonsdypet er ca. 40 m. Det antas å være svært gode muligheter for uttak av grunnvann.

#### P9

Profilen er målt langs sørsiden av Brattlandselva ned mot Suldalsvannet. Mellom posisjonene 494 og 380 er refleksjonsmønsteret haugrefleksjonsmønster, og grunnvannsspeil sees som en subhorisontal reflektor i nivå ca. 72 moh. Fra posisjon 380 til posisjon 0 er refleksjonsmønsteret skrått, og skrå reflektorer kan sees til et dyp på 40 m. Dette indikerer rask avsetning og grove masser. Grunnvannsspeil kan følges sporadisk mellom posisjonene 380 og 180 og opptrer på ca. 5 m dyp. Opptaket er svært skjemet av 'døde' områder. Spesielt mellom posisjonene 305 og 255 og mellom posisjonene 85 og 65. Det antas å være svært gode muligheter for uttak av grunnvann langs hele profilen. Sonderboring 3 ble plassert omtrent ved posisjon 100. Denne viste sand/grus ned til enden av borehullet på 25,5 m dyp.

#### P10

Profilen er målt på tvers av P9 og antatt avsetningsretning. Penetrasjonsdypet er større enn 40 m. Refleksjonsmønsteret er vesentlig haugrefleksjonsmønster. Hele opptaket er skjemet av 'døde' områder

ned til 250-300 ns. Penetrasjonsdyp og refleksjonsmønster indikerer grovkornige avsetninger og antatt gode muligheter for uttak av grunnvann.

### 3.2.2. Boringer

På grunnlag av feltbefaringen og georadarmålingene ble det utført 2 boringer (borepunkt 3 og 4) på Nesflaten (vedlegg 1.3 og 1.4). Boring 3 viser sand og grus til 25 m dyp.

Kornfordelingskurver av 5 sedimentprøver fra 5,5 til 21,5 m er vist i vedlegg 2.2.

Testpumping av prøvebrønn ble utført hver 4. meter fra 5,5 m til 21,5 m og ga vannmengder mellom 1,5 - 5,0 l/s. Testpumping på 25,5 m ga 0,7 l/s

I borehull 4 består massene av sand og grus til 27,5 m dyp. Vedlegg 2.3 viser kornfordelingskurver av 4 masseprøver fra 3,5 til 27,5 m. Også her ble det testpumpet hver 4. meter fra 3,5 m til 27,5 m. Kapasiteten varierte fra 3,3 til 5,0 l/s.

### 3.2.3 Vannkvalitet

Det ble tatt ut 9 vannprøver til analyse på fysikalsk/kjemiske parametre (vedlegg 3.1 - 3.2). I tillegg er det gjort feltmålinger av temperatur, pH, elektrisk ledningsevne og jern på enkelte prøver. Resultatene viser at grunnvannet har god kvalitet, bortsett fra lav pH og alkalitet (vedlegg 3.2 - 3.3). I borehull 4 ble det imidlertid målt høye grunnvannstemperaturer i de fleste nivåene. Ledningsevnen er også svært lav, og begge disse faktorene kan tyde på at vannet har kort oppholdstid i grunnen.

### 3.2.4 Anbefalinger

Boringene viser at det vil være mulig å ta ut grunnvannsmengder tilsvarende det oppgitte behovet på 5,0 l/s. For at vannet skal få lang nok oppholdstid i grunnen, bør en produksjonsbrønn plasseres i masser med mindre vann-gjennomgang enn i borehull 4.

De beste forholdene for grunnvannsuttak er påvist i området ved borehull 3. NGU anbefaler derfor etablering av fullskala brønn for langtidsprøvepumping i dette punktet.

Brønnen bør utformes etter følgende spesifikasjoner:

brøndiameter:	bestemmes av pumpevalg (minimun $D_i = 160$ mm)
filterplassering:	12 - 20 m under bakkenivå (8 m filter)
filtertype/lysåpning	kontinuerlige slisser (con-slot) / 1,0 mm

Dersom prøvepumpingen blir vellykket, kan brønnen senere benyttes som produksjonsbrønn.

Områdehygienisk vil en brønnplassering på øya i Brattlandselva være gunstig. Dersom kommunen velger å utrede dette alternativet før langtids prøvepumping, anbefales supplerende boringer på den sørøstre delen av øya.

### 3.3 Suldalsosen

For forsyningsstedet Suldalsosen er det flere sand- og grusavsetninger på begge sider av Suldalslågen som er aktuelle for grunnvannsuttak (Jæger, 1992). Det er målt 18 georadarprofiler (P11-P28) og utført 5 boringer (borehull 5-9) i området. Kartbilag -05 til -07 viser plasseringen av georadarprofilene og borepunktene. Georadaropptakene er vist i kartbilag -10 til -12 og beskrives i rekkefølge fra vest mot øst og fra sør mot nord. Vannbehovet for Suldalsosen er av Suldal kommune oppgitt til ca. 10 l/s.

#### 3.3.1 Georadarmålinger

##### P23

Opptaket er vist i kartbilag 10. Det er dominert av et hauget og skrått refleksjonsmønster med kraftig reflektivitet ned til 12-16 m. Stedvis sees bunn av gamle elvekanaler (f.eks. i nivå 58-59 moh. mellom posisjonene 65 og 110 og mellom posisjonene 160 og 190). De skrå lagene ser ut til å flate ut på 12-15 m dyp. Ned til dette dypet er avsetningene trolig dominert av grovkornige avsetninger. Dypere enn 12-16 m opptrer et bølget eller parallelt refleksjonsmønster, som i følge Beres & Haeni (1991) ofte indikerer lagdelt sand/silt (se vedlegg 4). Fjell kan ikke erkjennes i opptaket. En sonderboring (BH8 i kartbilag 10) ca. 10 m sør for profilet ved posisjon 170 viser sand/grus ned til ca. 10 m dyp, sand mellom 10 og 14 m dyp og sand/finsand ned til enden av borehullet på 23,5 m dyp.

##### P24

Opptaket er vist i kartbilag 10. Mellom posisjon 120 og 85 er refleksjonsmønsteret hauget eller skrått ned til ca. 200 ns (ca. 8 m dyp). Dette indikerer grovkornige avsetninger øverst. Mot sørøstenden av profilet (posisjon 0) øker mektigheten av sonen som har et hauget eller

skrått refleksjonsmønster til ca. 15 m. Dette kan være en indikasjon på at det opptrer grovkornige avsetninger til større dyp mot sørøstenden av profilet. I nedre deler av opptaket er refleksjonsmønsteret bølget og indikerer lagdelt sand/silt. Sonderboring 8 som ligger nær sørøstenden av profilet viser sand/finsand fra ca. 14 m dyp.

#### P25

Opptaket er vist i kartbilag 10. Ned til 7-8 m dyp er refleksjonsmønsteret skrått og indikerer grovkornige avsetninger. Dypere enn 7-8 m er refleksjonsmønsteret bølget til parallelt og indikerer mer finkornige avsetninger (finsand/silt).

#### P28

Profilet er målt langs øy i elva. Opptaket er presentert i kartbilag 10. Refleksjonsmønsteret er for det meste hauget ned til nivå ca. 35 moh. (25-30 m dyp) og representerer trolig grovkornige breelvavsetninger med gode muligheter for uttak av grunnvann. Dypere enn nivå 25-30 m er det indikert mer finkornige avsetninger ved en brå reduksjon i penetrasjonen. Sonderboring 5 ble plassert ved posisjon 35. Denne viste sand/grus ned til enden av borehullet på 23,5 m.

#### P26

Opptaket som er vist i kartbilag 10, viser en trauformet struktur mellom posisjon 168 og 55. Størst dyp til bunnen av denne sees mellom posisjonene 120 og 90 (16-20 m dyp). Refleksjonsmønsteret er hauget eller skrått i traustrukturen, og reflektiviteten er kraftig. Det er trolig grovkornige avsetninger her. Under og sør for traustrukturen sees et skrått refleksjonsmønster med svakere reflektivitet. Det er trolig grovkornige avsetninger også her. En uregelmessig, subhorisontal reflektor i nivå 59-61 moh. (6-7 m dyp) kan representere nedre grense for nyere elveavsetninger.

#### P27

Opptaket er vist i kartbilag 10. Traustrukturen som ble beskrevet for P26, sees her mellom posisjonene 95 og 0. Refleksjonsmønsteret er hauget til kaotisk, og reflektiviteten er kraftig. Størst dyp til bunnen av strukturen har vi mellom posisjonene 35 og 0 (20-25 m dyp). Det opptrer trolig grovkornige avsetninger i dette området. Mellom posisjon 150 og 75 sees et skrått refleksjonsmønster, stedvis til et dyp på over 30 m. Reflektiviteten er mye svakere enn i traustrukturen. Det opptrer trolig grovkornige avsetninger også her.

#### P16

Opptaket er vist i kartbilag 11. Profilet er målt ovenfor P26 på motsatt side av elva. En traustruktur som trolig representerer et gammelt breelvløp kan korreleres med tilsvarende struktur på P26. Traustrukturen sees mellom posisjon 0 og 170. Det er størst dyp til bunnen av strukturen mellom posisjonene 50 og 105 (ca. 30 m dyp). Reflektiviteten er kraftig og refleksjonsmønsteret er hauget, noe som kan indikere grovkornige avsetninger. Skrå

reflektorer sees mellom posisjon 195 og 234 ned til 20-25 m dyp. Det kan være grovkornige avsetninger også her.

Videre undersøkelser i form av sonderboringer anbefales sentralt i traustrukturen som sees i P26, P27 og P16 (mellom posisjonene 120 og 90 på P26, posisjonene 35 og 0 på P27 og posisjonene 50 og 105 på P16). Dersom det her ikke påtreffes masser som er egnet for grunnvannsutttak, foreslås boringer til sidene for traustrukturen (P26; 55-0, P27; 150-95 og P16; 195-234). Sonderboringer er foreløpig ikke utført og bør bare utføres dersom kvalitet/kapasitet på grunnvann fra BH5 og BH8 ikke er tilfredsstillende.

### P15

Profilen er målt på tvers av P16 langs nordsiden av elva. Opptak og profilplassering er vist i kartbilag -11. De øverste 200-300 ns av opptaket er skjemet av 'døde' områder mellom posisjonene 507 og 320 og mellom posisjonene 205 og 145. Refleksjonsmønsteret er vesentlig hauget mellom posisjon 507 og 330 og i øvre deler av opptaket mellom posisjon 145 og 0. I de sentrale deler av profilen (mellom posisjonene 330 og 145) er refleksjonsmønsteret skrått. Grunnvannsspeil sees som en horisontal reflektor i nivå ca. 60 moh. mellom posisjonene 145 og 0. Størst penetrasjonsdyp har vi mellom posisjonene 320 og 200 (større enn 35 m). Det ble anbefalt en sonderboring i dette området. BH6 (se kartbilag 11) viste sand/grus ned til enden av borehullet på 23,5 m dyp.

### P17

Profilen er målt på tvers av P15 ved sonderboring 6, og opptaket er vist i kartbilag 11. Refleksjonsmønsteret er hauget og representerer trolig for det meste grovkornige breelavsetninger. Dette er bekreftet ved sonderboring 6 som viser sand/grus (se P15). Grunnvannsspeil sees som en horisontal reflektor i nivå ca. 60 moh. mellom posisjonene 155 og 80. Mulig nedre grense av elveavsetninger sees som en uregelmessig, subhorisontal reflektor på 6-8 m dyp. Mellom posisjon 80 og 0 er penetrasjonsdypet 30-35 m. Det avtar jevnt til ca. 20 m ved posisjon 155, og mektigheten av grovkornige avsetninger avtar sannsynligvis i denne retningen.

### P11

Profilen er målt på sørsiden av elva rett ovenfor P15. Opptak og profilplassering er vist i kartbilag 11. Opptaket er skjemet av 'døde' områder ned til ca. 350 ns mellom posisjon 120 og 0. Opptaket viser et haugt refleksjonsmønster, og penetrasjonsdypet er i størrelsesorden 35-40 m. Det er trolig grovkornige avsetninger til et betydelig dyp langs hele profilen.

### P12

Profilen er målt på tvers av nordvestlige del av P11. Opptak og profilplassering er vist i kartbilag 11. Refleksjonsmønsteret er haugt. Ved siden av stort penetrasjonsdyp (30-40 m) indikerer dette grovkornige avsetninger.

### P13

Tverrprofil sentralt på P11. Opptaket er vist i kartbilag 11. Mellom posisjonene 97 og 50 er refleksjonsmønsteret kaotisk, mens det er hauget mellom posisjonene 50 og 0.

Penetrasjonsdypet er i størrelsesorden 30-40 m. Opptaket indikerer grovkornige avsetninger til stort dyp.

Profil 11, 12 og 13 ble målt i samme område. Opptakene indikerer grovkornige avsetninger og sonderboringer anbefales. Boring (Bh. 9) er i ettertid utført ved posisjon 150 i P11. Denne viste sand/grus ned til 17,5 m, og deretter sand ned til enden av borehullet på 25,5 m dyp.

### P14

Profilet er målt i retning sør til nord langs elva ved Stråpa. Opptak og profilplassering er vist i kartbilag 11. Opptaket viser et kaotisk refleksjonsmønster, og avsetningstypen er uklar.

Opptaket er stedvis skjemet av 'døde' områder. Verken fjell eller grunnvannsspeil kan erkjennes i opptaket. Penetrasjonsdypet er imidlertid stort, i størrelsesorden 30-40 m, og en sonderboring anbefales. En sonderboring (BH7) ble plassert ca. 15 m øst for posisjon 85.

Denne viste stein/grus/sand ned til 8 meter der boringen ble stoppet ved påtreff av blokk/fjell. Opptaket indikerer at det er svært lite sannsynlig at fjell er påtruffet på 8 m dyp.

### P19

Profilet er målt over Vekamoen ved sørlige ende av Suldalsvannet. Opptak og profilplassering er vist i kartbilag 12. 'Døde' områder sees ned til 200-300 ns gjennom store deler av opptaket. Refleksjonsmønsteret er kaotisk fra posisjon 346 til posisjon 240. Fra posisjon 240 til posisjon 0 er det hauget eller skrått, noe som kan indikere grovkornige avsetninger. Grunnvannsspeil sees som en tilnærmet horisontal reflektor i nivå ca. 67 moh. Avvik fra horisontalen skyldes trolig utilstrekkelig terrengkorreksjon. Penetrasjonsdypet er i størrelsesorden 30-35 m. Området mellom posisjon 240 og 0 kan være interessant for videre undersøkelser.

### P20

Profilet er målt på tvers av sørlige del av P19. Opptaket er vist i kartbilag 12. Grunnvannsspeil sees som en distinkt reflektor i nivå ca. 67 moh. mellom posisjon 20 og 55.

Refleksjonsmønsteret er hauget til kaotisk. Penetrasjonsdypet er i størrelsesorden 20-25 m, og løsmassene er trolig dominert av grovkornige avsetninger.

### P21

Profilet er målt på tvers av den sentrale delen av P19. Opptaket er vist i kartbilag 12.

Refleksjonsmønsteret er vesentlig hauget og indikerer grovkornige avsetninger.

Penetrasjonsdypet er i størrelsesorden 25-35 m, men er noe redusert mellom posisjon 0 og 15,



muligens pga. høyere elektrisk ledningsevne i overflaten ved passering av vei. Området er trolig egnet for uttak av grunnvann

I det området der P19-P21 er målt, anbefales videre undersøkelser i form av sonderboringer mellom posisjon 240 og 0 i P19 og mellom posisjon 15 og 107 langs P21.

### P18

Profilen er målt ved Litlamo langs sørlige bredd av Suldalsvannet. Opptak og profilplassering er vist i kartbilag 12. Opptaket viser et hauget refleksjonsmønster, med de best definerte og markante reflektorer mellom posisjon 120 og 0. Penetrasjonsdypet er større enn 35 m, og løsmassene er trolig dominert av grovkornig materiale.

### P22

Profilen er målt på tvers av P18, og opptaket er vist i kartbilag 12. Refleksjonsmønsteret er hauget til kaotisk og kan indikere grovkornige avsetninger. Indikasjonene på dette er imidlertid bedre for nordlige del av tverrprofil P18.

I det området der P18 og P22 er målt, anbefales videre undersøkelser mellom posisjon 120 og 0 langs P18.

## 3.3.2 Boringer

På grunnlag av feltbefaringen og georadarmålingene ble det utført 5 boringer (borepunkt 5 - 9) i Suldalsosen (vedlegg 1.5 - 1.10).

Boring 5 viser sand og grus til 23,5 m dyp. Kornfordelingskurver av 4 masseprøver fra 3,5 til 15,5 m er presentert i vedlegg 2.3 til 2.4. Testpumping av undersøkelsesbrønn ble utført hver 4. meter fra 3,5 m til 15,5 m og ga vannmengder mellom 1,8 - 5,0 l/s. Testpumping på 19,5 m ga 0,8 l/s.

I borehull 6 består massene av sand/finsand og noe grus til 23,5 m dyp. Testpumping av undersøkelsesbrønn i nivå 7,5 og 11,5 m ga vannmengder på henholdsvis 1,0 og 0,7 l/s. Det er ikke analysert vann- og masseprøver fra denne lokaliteten.

I borehull 7a og 7b var løsmassetykkelsen 6 - 8 m over fjell og ingen testpumper ble utført.

Boring 8 ved idrettsplassen viser ca. 12 m sand og noe grus over finsand til 23,5 m. Det er foretatt kornfordelingsanalyse på 3 masseprøver fra henholdsvis 5,5, 9,5 og 11,5 m (vedlegg

2.4). Prøvepumping av undersøkelsesbrønn ga vannmengder på 5,0 l/s i nivåene 5,5, 7,5 og 9,5 m. I nivå 11,5 m var det dårligere vanngjennomgang og vannmengden ved testpumping ble målt til 1,7 l/s.

Boring 9 ved Stråpaånas utløp i Suldalslågen viser grusig sand til 17,5 m over sand til 25,5 m dyp. Kornfordelingskurver av 5 sedimentprøver fra borehull 9 viser at massene blir mer finkornige mot dypet (vedlegg 2.4 - 2.5). Testpumping av prøvebrønn i nivå 3,5 og 5,5 m ga ikke vann fordi massene er for tette. Prøvepumping annenhver meter fra 7,5 til 21,5 m ga vannmengder mellom 2,0 og 5,0 l/s.

### 3.3.3 Vannkvalitet

Fra borehullene 5, 8 og 9 ble det tilsammen tatt ut 11 vannprøver til analyse ved NGUs laboratorium. I tillegg er det gjort feltmålinger av temperatur, pH, elektrisk ledningsevne og jern på enkelte prøver. Resultatene viser at grunnvannet stort sett har god kvalitet, bortsett fra for lav pH og alkalitet (vedlegg 3.3- 3.5). Vannprøver fra borehull 5 har noe høyere nitratinnhold og grunnvanns-temperatur enn det som ble målt i borehull 9. Men målte verdier av alkalitet, pH og kalsium er gunstigere i vannprøver fra borehull 5 sammenlignet med prøver fra borehull 9.

### 3.3.4 Anbefalinger

3 av boringene (borehull 5, 8, og 9) viste gode forhold for grunnvannsuttak og NGUs vurdering er at det trolig vil være mulig å dekke det oppgitte vannbehovet på 10 l/s. Borehull 5 på Storøy og borehull 9 på elvesletta ved Storånas utløp er best egnet for videre undersøkelser. På begge stedene vil det trolig være nødvendig med pH-justering og alkalisering ved et eventuelt vannforsyningsanlegg. En endelig vurdering av kapasitet og kvalitet vil kreve langtids prøvepumping av fullskala brønn. Ved brønnplassering bør det også tas hensyn til eventuelle arealkonflikter og beliggenheten av dagens ledningsnett.

I området ved Storånas utløp i Suldalslågen (borehull 9) er de forholdsvis tette massene i de øverste 5,5 m gunstig for beskyttelse av grunnvannet. Brønn for langtids prøvepumping ved borehull 9 bør utformes etter følgende spesifikasjoner:

brønndiameter:	bestemmes av pumpevalg (minimum $D_i = 200$ mm)
filterplassering:	13 - 21 m under bakkenivå (8 m filter)
filtertype/lysåpning	kontinuerlige slisser (con-slot) / 1,0 mm

Dersom prøvepumpingen blir vellykket, kan brønnen senere benyttes som produksjonsbrønn.

## REFERANSER

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

Huseby, S. 1981: Beskrivelse til vannressurskart «Grunnvann i løsavsetninger» - Sand. M = 1 : 50 000. *Spesiell rapport nr.2. Norges geologiske undersøkelse*

Interconsult 1995: Suldal kommune, hovedplan for vannforsyning.

Jæger, Ø. 1992: Grunnvann i Suldal kommune.  
*NGU rapport 92.098. Norges geologiske undersøkelse*

Jæger, Ø. 1991: Grus- og Pukkregisteret i Sauda og Suldal kommuner i Rogaland.  
*NGU rapport 90.077. Norges geologiske undersøkelse*

Sosial- og Helsedepartementet 1995: Forskrift om vannforsyning og drikkevann m.m.  
Nr. 68, 1-9 / 95.

## **TEKSTBILAG**

- 1 Georadar - metodebeskrivelse
- 2 Metodebeskrivelse av hydrogeologiske og hydrokjemiske felt- og laboratoriemetoder

## GEORADAR - METODEBESKRIVELSE

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

Bølgehastigheten kan bestemmes ved CDP-målinger ('common depth-point'). Slike målinger utføres ved å flytte sender- og mottakerantenne skrittvis og like langt ut til hver side fra et fast midtpunkt og registrere for hver ny posisjon. Refleksjoner vil da ideelt sett komme fra samme punkt på en reflektor som er planparallel med overflaten. Når antenneavstanden øker, vil reflekterte bølger få lenger gangvei og økning i gangtid. Denne økning i gangtid kan det ved digitale opptak kompenseres for ved å utføre NMO-korreksjon ('normal move-out'). Størrelsen på korreksjonen er avhengig av antenneavstand, toveis gangtid og bølgehastighet i materialet over reflektoren. Et CDP-opptak korrigeres med forskjellige hastigheter, og den hastighet som etter NMO-korreksjon gir best amplitude etter summering av trasene, angir radarbølgehastigheten i mediet.

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

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

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

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

hvor  $\epsilon_r$  er det relative dielektrisitetstallet.  $\epsilon_r$ -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 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><math>\epsilon_r</math></u>	<u><math>v</math> (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.

## HYDROGEOLOGISKE OG HYDROKJEMISKE FELT- OG LABORATORIEMETODER

### 1 SONDERBORINGER I LØSMASSER

#### a) Metodikk

Standard sonderboringer i løsmasser blir gjort med Borros 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 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 pumpa 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.

#### c) Tolkning

De forskjellige nivåenes vanngiverevne, vanngjennomgangen i massene og senkningen av grunnvannsstanden under testpumpingen 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 testpumpingen. 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 spesielle prøvetakere.

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

### **4 BORINGER AV FJELLBRØNNER**

#### a) Metodikk

Fjellbrønner blir boret med Nemec borerigg og Ø140 mm borkrone med luftspyling. Det blir benyttet foringsrør ned til fast fjell. Boreriggen kan bore skråbrønner, opptil 45° fra loddlinjen. Vanligvis blir det boret til 60-150 m dyp, men boringen kan bli avsluttet før på grunn av fare for innrasing i hullet (løst fjell) eller på grunn av klare indikasjoner på tilstrekkelige vannmengder på mindre dyp.



### b) Dataregistrering

Under boring registreres borsynk, farge på borkaks, svakhetssoner/sprekker, dybde til eventuelle vanninnslag og anslått mengde vann som blåses opp under boring.

### c) Tolkning

Ut fra fargen og forandringer av fargen på borkakset kan man vurdere bergartstype, type svakhetssone og bergartsgrenser. Vannmengden som blåses opp under boring gir grunnlag for kapasitetsanslag.

## 5 TESTPUMPINGER AV FJELLBRØNNER

Til testpumping av fjellbrønner benyttes en Ø95 mm elektrisk dykkpumpe og strømaggregat. Pumpa plasseres på min. 45 m dyp, eller ca. 2 m over bunnen hvis brønndypet er mindre enn 45 m. Kapasiteten kan måles på flere måter. En metode er å først lense borhullet (til pumpa suger luft) og så måle utpumpet vannmengde over en periode på 1-3 timer. Hvis brønnens kapasitet er så stor at pumpa ikke greier å lense hullet, kan kapasiteten beregnes ut fra senkningen av grunnvannsspeilet og pumperaten.

## 6 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, pumperate og av sjansene for at brønnen senere kan benyttes til produksjonsbrønn.

**Tabell 1: Brønn- og pumpetyper som benyttes til fullskala prøvepumping.**

Brønntype	Pumpetype	Pumperate	Grunnvannsstand under pumping	Produksjonsbrønn
Ø50-100 mm damprør med oppslisset filter	El. Sugepumpe (tørroppstilt)	1-20 l/s pr. brønn	Mindre enn ca. 6 m under overflaten	Nei
Ø50-76 mm brønn i rustfritt stål og med f.eks. Con Slot filter	El. Sugepumpe (tørroppstilt)	1-10 l/s pr. brønn	Mindre enn ca. 6 m under overflaten	Ja
Ø 150-500 mm rørbrønn.	El. Senkpumpe	1-50 l/s pr. brønn	Ingen begrensning	Ja

For å kunne måle grunnvannsnivået rundt prøvebrønnen før og under pumpeperioden blir det satt ut observasjonsbrønner av Ø32 mm damprør 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 seshongvariasjoner 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).

#### d) Langtids prøvepumping av fjellbrønner

Langtids prøvepumping av fjellbrønner skjer stort sett etter de samme prinsipper som prøvepumping av løsmassebrønner. Pumpeperioden bør være minst tre måneder. Pumpa bør dimensjoneres ut fra kapasiteten funnet ved testpumpingen og maksimal løftehøyde (i en driftsfase). Som oftest har man ingen eller svært få peilebrønner rundt pumpebrønnen. Dette gjør det vanskelig å beregne hydrauliske parametere og størrelsen på klausuleringssoner. Kapasiteten måles sikrest ved bruk av automatisk vannmåler på utløpsledningen fra pumpa etter at pumperaten er regulert slik at vannstanden i borehullet innstiller seg i et konstant nivå like over pumpa. Det er da likevekt mellom uttatt vannmengde og det maksimale tilsiget av grunnvann til brønnen. Utløpsledningen føres såpass langt bort fra brønnen at det ikke kan skje reinfiltrasjon av opp-pumpet vann langs brønnrøret eller i nærliggende fjellsprekker som står i hydraulisk kontakt med grunnvannsmagasinet.

Under pumpeperioden tas det vannprøver til både fysikalsk-kjemiske og bakteriologiske analyser minimum en gang pr. måned.

## **7 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.

## 8 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, NO<sub>3</sub>), CO<sub>2</sub>-innhold og O<sub>2</sub>-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 boringer/lokaliteter og grunnlag for lokalisering og filterplasseringen av testbrønner. Forundersøkelser og nedsetting av testbrønner kan dermed gjøres i samme tidsrom.

## 9 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 ± 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  $\pm 0.05$  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,  $\pm 0.04$  mmol/l i måleområdet 0.2-2 mmol/l og  $\pm 0.03$  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  $\pm 7.5$  %.

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  $\pm 0.04$  FTU i måleområde 0.05-1.0,  $\pm 0.4$  FTU i måleområde 1.0-10,  $\pm 4$  FTU i område 10-100 og  $\pm 40$  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 2: 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 %
P	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 3: Nedre bestemmelsesgrense for analyserte anioner**

ION	F <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Br <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
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 ( $\Sigma$ kationer =  $\Sigma$ 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:

$\Sigma$ Anioner + $\Sigma$ 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*.

## VEDLEGG

- 1.1 - 1.2 Undersøkelsesboringer, Erfjord/Hålandsdalen, boreprofiler
- 1.3 - 1.4 Undersøkelsesboringer, Nesflaten, boreprofiler
- 1.5 - 1.7 Undersøkelsesboringer, Suldalsosen, boreprofiler
- 2.1 - 2.5 Kornfordelingskurver av masseprøver fra undersøkelsesbrønner
- 3.1 - 3.5 Kjemiske analyser fra undersøkelsesbrønner
- 4 Skjema som knytter hendelser i georadaropptak til avsetningstype og lagdeling

## GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I LØSMASSER

**STED:** Hålandsdalen, Suldal kommune

**UTFØRT DATO:** 05.09.96

**BORPUNKT NR:** 1

**BORUTSTYR:** Borros borerigg

**SONDERBORING:** X                    **UNDERSØKELSESRØNN:** X

**UTM-KOORDINATER:**

**KARTBLAD (M711):** 1313 IV    **SONE:** 32 V                    **Ø-V:** 34396    **N-S:** 658310

**OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET:** 30 m

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

**GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN:** 1,37 m

**MERKNAD:**

Dyp [m]	Materialtype	Borsynk [min/m]	Slag	Vann- trykk [kg]	Boreslam	Temp. [°C]	P.tid før prøve taking [min]	Vann- føring [l/min]	Merknad
1,5	stein, sand		S	-	borte				
	stein, sand, grus	1,35	DS	-	"				
3,5	stein, sand, grus	1,00	S	-	"	14,0		130	
	sand	1,15	-	8	"				
5,5	sand m/gruslag	1,30	DS	0-7	"	11,1		100	MP1 + VP1
	sand	0,50	S	-	"				
7,5	sand m/gruslag	0,55	DS	-	"	8,4		75	
	sand	1,05	-	0-5	"				
9,5	sand	1,00	S	6	"	6,4		120	MP2 + VP2
	sand	1,15	S	7	"				
11,5	sand/finsand	1,45	S	6-10	"			5-10	tettere masser
	sand/finsand	2,00	S	8	"				
13,5	sand/finsand	3,10	S	10-12	"				
	sand/finsand	2,45	S	8-12	"				
15,5	sand/finsand	2,30	S	6-10	"				
17,5									
19,5									
21,5									
23,5									
25,5									
27,5									
29,5									

S: Slag

DS: Delvis slag

B: Brunt

G: Grått

S: Svart

R: Rødt

MP: Materialprøve

VP: Vannprøve

L: Ledningsevne [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ]

## GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I LØSMASSER

**STED:** Hålandsdalen, Suldal kommune

**UTFØRT DATO:** 05.09.96

**BORPUNKT NR:** 2

**BORUTSTYR:** Borros borerigg

**SONDERBORING:** X

**UNDERSØKELSESRØNN:** X

**UTM-KOORDINATER:**

**KARTBLAD (M711):**

**SONE:** 32 V

**Ø-V:** 34393

**N-S:** 658335

**OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET:** 33 m

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

**GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN:** 2,25 m

**MERKNAD:** 18 m 5/4 " rør står igjen

Dyp [m]	Materialtype	Borsynk [min/m]	Slag	Vann- trykk [kg]	Boreslam	Tem p. [°C]	P.tid før prøve taking [min]	Vann- føring [l/min]	Merknad
1,5	stein, sand, grus		S	5-8	lysbrunt				hardt, tett
3,5	stein, sand, grus sand, grus	0.55 1.25	S S	0-10 10-15	delvis borte "				" "
5,5	sand sand, grus	1.05 1.15	S -	10 -	lysbrunt "	7,9		200	MP3 + VP4
7,5	sand, grus sand, grus	1.00 1.10	DS DS	- -	" borte	7,3		175	MP4 + VP5
9,5	sand, grusig sand, grusig	0.55 1.00	S S	5-10 -	lysbrunt borte	7,3		130	MP5 + VP6
11,5	sand, grusig sand	0.55 1.20	S S	5 3	delvis borte lysbrunt/grått	7,5		80	MP6 + VP7
13,5	sand sand	1.05 1.30	S S	- -	" "	7,7		120	noe tettere
15,5	sand sand	1.30 1.25	S S	- -	" "	7,9		100	MP7 + VP8
17,5	sand, noe stein sand, noe stein	1.15 2.00	S S	- -	" "	7,9		90	
19,5	sand sand	1.25 1.40	S S	- 0-8	" "				tettere
21,5	fjell ? fra 21 m								
23,5									
25,5									
27,5									
29,5									

S: Slag

DS: Delvis slag

B: Brunt

G: Grått

S: Svart

R: Rødt

MP: Materialprøve

VP: Vannprøve

L: Ledningsevne [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ]



## GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I LØSMASSER

**STED:** Nesflaten, Suldal kommune

**UTFØRT DATO:** 10.09.96

**BORPUNKT NR:** 3

**BORUTSTYR:** Borros borerigg

**SONDERBORING:** X

**UNDERSØKELSESRØNN:** X

**UTM-KOORDINATER:**

**KARTBLAD (M711):** 1314 II    **SONE:** 32 V    **Ø-V:** 37662    **N-S:** 661414

**OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET:** 70 m

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

**GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN:** 1,85 m

**MERKNAD:** 6 m 5/4" rør står igjen

Dyp [m]	Materialtype	Borsynk [min/m]	Slag	Vann- trykk [kg]	Boreslam	Temp. [°C]	P.tid for prøve taking [min]	Vann- føring [l/min]	Merknad
1,5	stein, grus, sand		S	-	borte				
	stein, grus, sand	0.40	-	-	delvis borte				
3,5	stein, grus, sand	0.30	-	-	borte				
	stein, grus, sand	0.30	-	-	"				
5,5	stein, grus, sand	1.05	DS	3-7	"	5,9		175	MP8 + VP9
	stein, grus, sand	0.55	DS	4	"				
7,5	grusig, sand	0.30	S	-	"				
	grusig, sand	1.30	S	-	"				
9,5	grusig, sand	0.35	-	-	"	5,7		100	MP9 + VP10
	grusig, sand	0.25	DS	-	"				
11,5	grusig, sand	0.30	DS	-	"				
	grusig, sand	0.30	DS	-	"				
13,5	grusig, sand	0.30	DS	-	"	8,1		300	MP10
	grus, noe grovt	0.35	DS	-	"				
15,5	grus, noe grovt	0.55	S	-	"				meget god vanngjennomgang
	stein, grus, sand	2.10	S	-	"				lettere masser
17,5	grusig sand	1.25	DS	-	"	7,2		90	MP11 + VP11
	moreneaktig, hardt	1.35	S	3-5	"				"
19,5	moreneaktig, hardt	2.10	S	5	"				"
	sand, grus	0.45	DS	-	"				løsere
21,5	sand, grus	1.00	-	-	"	5,7		200	MP12 + VP12
	sand, grus	0.25	-	-	"				
23,5	sand, grus, vekslende	1.04	DS	-	"				god vanngj.gang, noe grovt
	sand, grus, vekslende	2.50	S	3-10	"				
25,5	sand, grus, vekslende	1.30	S	-	"	6,2		40	mye sand, men god vanngj.gang
27,5									
29,5									

S: Slag

DS: Delvis slag

B: Brunt

G: Grått

S: Svart

R: Rødt

MP: Materialprøve

VP: Vannprøve

L: Ledningsevne [ $\mu$ S/cm]

## GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I LØSMASSER

**STED:** Nesflaten, Suldal kommune

**UTFØRT DATO:** 11.09.96

**BORPUNKT NR:** 4

**BORUTSTYR:** Borros borerigg

**SONDERBORING:** X                    **UNDERSØKELSESRØNN:** X

**UTM-KOORDINATER:**

**KARTBLAD (M711):** 1314 II    **SONE:** 32 V                    **Ø-V:** 37665    **N-S:** 661423

**OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET:** 68 m

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

**GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN:** 1,20 m

**MERKNAD:** 28 m 5/4" rør står igjen som observasjonsrør

Dyp [m]	Materialtype	Borsynk [min/m]	Slag	Vann- trykk [kg]	Boreslam	Temp. [°C]	P.tid for prøve taking [min]	Vann- føring [l/min]	Merknad
1,5	stein, sand, grus		DS	-	borte				
3,5	stein, sand, grus sand, grus	0.50 0.50	DS S	- -	" "			300	MP13 + VP13
5,5	sand, grus sand, grus	1.00 0.55	S S	- 0-3	" "				
7,5	grusig sand grusig sand	1.05 0.40	DS S	2-6 5	" "			225	
9,5	sand, løst sand, løst	0.25 0.30	- -	- -	" "				
11,5	sand, løst sand, noe grusig	0.20 0.35	- -	- -	" "			250	MP14 + VP14
13,5	grusig sand grusig sand	1.05 0.45	DS DS	0-5 0-10	" "				
15,5	grus sand, grus, noe grovt	0.25 1.00	- S	- -	" "			200	
17,5	grus, sand grus, sand	0.50 1.45	- S	- 0-5	" "				noe tettere, meget god
19,5	vekslende sand/grus grusig sand	1.25 1.15	DS -	- 0-5	" "			200	vanngjennomg. MP15 + VP15
21,5	mye hardpakket sand mye hardpakket sand	2.20 2.40	S S	5-8 8	" "				hardere noe vanngjennomgang
23,5	grusig sand grusig sand	1.30 1.05	S S	5 5	" "			200	hardt pakket
25,5	moreneaktig vekslende sand/grus	2.20 1.55	S S	10-12 0-10	" "				hardt pakket noe vanngjennomgang
27,5	vekslende sand/grus vekslende sand/grus	1.05 1.34	S DS	0-5 -	" "			200	MP16 + VP16 løsere
29,5									

S: Slag

DS: Delvis slag

B: Brunt

G: Grått

S: Svart

R: Rødt

MP: Materialprøve

VP: Vannprøve

L: Ledningsevne [ $\mu$ S/cm]

## GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I LØSMASSER

STED: Suldalsosen, Suldal kommune

UTFØRT DATO: 12.09.96

BORPUNKT NR: 5

BORUTSTYR: Borros borerigg

SONDERBORING: X                      UNDERSØKELSESRØNN: X

UTM-KOORDINATER:

KARTBLAD (M711): 1313 I            SONE: 32 V                      Ø-V: 35836            N-S: 659707

OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET: 63 m

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

GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN: 1,05 m

MERKNAD: 20 m 5/4" rør står igjen som observasjonsrør

Dyp [m]	Materialtype	Borsynk [min/m]	Slag	Vann- trykk [kg]	Boreslam	Temp. [°C]	P.tid før prøve taking [min]	Vann- føring [l/min]	Merknad
1,5	stein, sand, grus		S	-	G				
3,5	stein, sand, grus sand	1.10 0.25	S -	- 2-5	G lysbrunt	9.1		200	MP17 + VP18
5,5	sand, noe grusig sand, noe grusig	0.35 1.05	- DS	2-5 0-3	borte "				
7,5	sand sand	0.40 0.35	- S	0-3 -	" "	9.7		300	MP18 + VP19
9,5	sand sand, noe grusig	0.40 1.50	DS -	- -	" "				
11,5	sand, grusig sand, grusig	0.25 0.25	S S	3 3	" "	9.1		300	MP19 + VP20
13,5	sand, grusig sand, tettere masser	0.25 1.25	S S	3 15-10	" "				
15,5	sand, tettere masser grusig sand, løsere	1.00 1.00	S DS	8 0-10	" "	6.6		110	MP20 + VP21
17,5	grusig sand, løsere sand, grus, løst	0.25 0.15	DS -	- -	" "				
19,5	sand, grus, hardere vekslende sand/grus	1.20 1.05	DS S	10-12 10	" "	7.4		50	mest sand, tettere masser pumper bare sand
21,5	vekslende sand/grus vekslende sand/grus	1.15 1.10	S S	8-10 8	" "				mest sand, tettere masser "
23,5	sand sand	1.00 1.30	S S	9 10-12	" "				
25,5									
27,5									
29,5									

S: Slag

DS: Delvis slag

B: Brunt

G: Grått

S: Svart

R: Rødt

MP: Materialprøve

VP: Vannprøve

L: Ledningsevne

[µS/cm]

## GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I LØSMASSER

**STED:** Suldalsosen, Suldal kommune

**UTFØRT DATO:** 13.09.96

**BORPUNKT NR:** 6

**BORUTSTYR:** Borros borerigg

**SONDERBORING:** X                    **UNDERSØKELSESRØNN:** X

**UTM-KOORDINATER:**

**KARTBLAD (M711):** 1313 I      **SONE:** 32 V      **Ø-V:** 35889      **N-S:** 659675

**OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET:** 72 m

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

**GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN:** 3,45 m

**MERKNAD:** 8 m 5/4" rør står igjen som observasjonsrør

Dyp [m]	Materialtype	Borsynk [min/m]	Slag	Vann- trykk [kg]	Boreslam	Temp. [°C]	P.tid for prøve taking [min]	Vann- føring [l/min]	Merknad
1,5	sand, grus, stein		DS	-	lysbrunt				
	sand, grus, stein	3.00	S	-	G/B				
3,5	sand, grus, stein	1.20	DS	-	G/B				
	sand/grus	1.50	-	-	borte				
5,5	sand/grus, grovt	1.15	S	-	"				for mye finstoff
	sand/grus, hardt	1.15	S	0-10	"				tette masser, vekslende
7,5	sand/grus, løse	1.45	DS	-	"			60	endel sand
	sand/grus	0.40	-	-	"				
9,5	sand/grus, noe grovt	1.00	DS	0-5	"				
	sand/grus, noe grovt	1.20	DS	2-8	"				vekslende, mest sand
11,5	sand	0.50	DS	5	"			40	
	sand	1.20	DS	5	"				
13,5	sand	1.35	-	5	"				
	sand, noe grusig	1.05	DS	0-5	"				lagdelt
15,5	sand	1.05	DS	5-8	"				
	sand	1.10	DS	5-7	"				
17,5	sand, vekslende	0.55	DS	5-12	"				lagdelt
	sand, vekslende	1.00	DS	5	"				noe grovt
19,5	sand	1.30	S	10-12	"				tettere
	sand, noe grusig	1.10	S	4	"				
21,5	sand, noe grusig	1.00	S	4	"				løst mot slutten
	sand	1.10	S	5	"				
23,5	sand	1.20	S	5	"				
25,5									
27,5									
29,5									

S: Slag

DS: Delvis slag

B: Brunt

G: Grått

S: Svart

R: Rødt

MP: Materialprøve

VP: Vannprøve

L: Ledningsevne

[µS/cm]

## GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I LØSMASSER

STED: Suldalsosen, Suldal kommune

UTFØRT DATO: 13.09.96

BORPUNKT NR: 7a

BORUTSTYR: Borros borerigg

SONDERBORING: X                      UNDERSØKELSESRØNN:

UTM-KOORDINATER:

KARTBLAD (M711): 1313 I            SONE: 32 V            Ø-V: 35932            N-S: 659720

OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET: 70 m

BRØNN-/FILTERTYPE:

GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN:

MERKNAD:

Dyp [m]	Materialtype	Borsynk [min/m]	Slag	Vann- trykk [kg]	Boreslam	Temp. [°C]	P.tid for prøve taking [min]	Vann- føring [l/s]	Merknad
1,5	stein, sand, grus		DS	-	borte				
	stein, sand, grus	0.50	DS	-	"				mye sand i mellom
3,5	stein, sand, grus - grovt	1.10	S	-	"				"
	stein, sand, grus - grovt	2.00	S	2	"				"
5,5	stein, sand, grus - grovt	1.05	S	-	"				"
	fjell/blokk på 6,0 m								
7,5									
9,5									
11,5									
13,5									
15,5									
17,5									
19,5									
21,5									
23,5									
25,5									
27,5									

S: Slag

DS: Delvis slag

B: Brunt

G: Grått

S: Svart

R: Rødt

MP: Materialprøve

VP: Vannprøve

L: Ledningsevne

[µS/cm]

## GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I LØSMASSER

**STED:** Suldalsosen, Suldal kommune

**UTFØRT DATO:** 13.09.96

**BORPUNKT NR:** 7b

**BORUTSTYR:** Borros borerigg

**SONDERBORING:** X                    **UNDERSØKELSESBRØNN:**

**UTM-KOORDINATER:**

**KARTBLAD (M711):** 1313 I            **SONE:** 32 V            **Ø-V:** 35932            **N-S:** 659720

**OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET:** 70 m

**BRØNN-/FILTERTYPE:**

**GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN:**

**MERKNAD:** borepunktet er like ved siden av borepunkt 7a

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, sand, grus								mye stein med sand i mellom
	stein, sand, grus								"
3,5	stein, sand, grus - grovt								"
	stein, sand, grus - grovt								"
5,5	stein, sand, grus - grovt								morene
	stein, sand	1.25	S	-					"
7,5	stein, sand	2.40	S	-					"
	blokk/fjell fra 8 meter								
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

B: Brunt

G: Grått

S: Svart

R: Rødt

MP: Materialprøve

VP: Vannprøve

L: Ledningsevne [ $\mu$ S/cm]

## GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I LØSMASSER

**STED:** Suldalsosen v/idrettsplassen, Suldal kommune

**UTFØRT DATO:** 14.09.96

**BORPUNKT NR:** 8

**BORUTSTYR:** Borros borerigg

**SONDERBORING:** X                      **UNDERSØKELSESRØNN:** X

**UTM-KOORDINATER:**

**KARTBLAD (M711):** 1313 I      **SONE:** 32 V      **Ø-V:** 35817      **N-S:** 659709

**OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET:** 60 m

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

**GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN:** 2,24 m

**MERKNAD:** spissen står igjen, den gikk av ved opptak

Dyp [m]	Materialtype	Borsynk [min/m]	Slag	Vann- trykk [kg]	Boreslam	Temp. [°C]	P.tid før prøve taking [min]	Vann- føring [l/min]	Merknad
1,5	sand, grus, stein		DS	-	lysbrunt				
3,5	sand, grus, stein	2.15	S	0-10	G				
5,5	sand, grus	1.10	S	0-10	G				
5,5	sand, grus	0.55	-	-	borte	8.0		300	MP21 + VP22
7,5	sand, grus	1.45	-	5	"				
7,5	grus m/sandlag	0.40	-	-	"	7.9		300	
9,5	sand, noe grus	1.15	-	-	"				
9,5	sand, noe grus	1.50	-	4	"	7.4		300	MP22 + VP23
11,5	sand	2.10	-	3	"				
11,5	sand	1.15	S	10	"	7.1		100	MP23
13,5	sand, noe løse	1.05	S	9	"				
13,5	sand	1.10	-	3	"				mye sand, får ikke opp vann,
15,5	sand	1.45	-	5	"				
15,5	sand, finsand	1.05	DS	5	"				bare finsand, dårlig vanngj.gang
17,5	sand, finsand	0.55	DS	5	"				
17,5	sand, finsand	0.50	S	5	"				
19,5	sand, finsand	0.45	S	5-8	"				
19,5	sand, finsand	0.35	S	5-8	"				
21,5	sand, finsand	0.45	S	5-8	"				
21,5	sand, finsand	0.45	S	5	"				
23,5	sand, finsand	0.55	S	5-7	"				
23,5	sand, finsand	1.00	S	5	"				
23,5	sand, finsand	1.00	DS	5	"				
25,5									
27,5									
29,5									

S: Slag

DS: Delvis slag

B: Brunt

G: Grått

S: Svart

R: Rødt

MP: Materialprøve

VP: Vannprøve

L: Ledningsevne [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ]

## GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I LØSMASSER

STED: Suldalsosen, Suldal kommune

UTFØRT DATO: 15.09.96

BORPUNKT NR: 9

BORUTSTYR: Borros borerigg

SONDERBORING: X                      UNDERSØKELSEBRØNN: X

UTM-KOORDINATER:

KARTBLAD (M711): 1313 I            SONE: 32 V                      Ø-V: 35870            N-S: 659649

OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET: 70 m

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

GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN: 1,0 m

MERKNAD: spissen med et rør gikk av, tok opp 8 m og satte ned ny spiss  
22m 5/4"rør (+ 4 m) står igjen som observasjonsrør

Dyp [m]	Materialtype	Borsynk [min/m]	Slag	Vann- trykk [kg]	Boreslam	Temp. [°C]	P.tid før prøve taking [min]	Vann- føring [l/min]	Merknad
1,5	myr, stein, sand,		DS	-	B				
	stein, grus, sand	1.10	S	5	B				
3,5	stein, grus, sand	1.30	S	0-5	B/G				mye grovt i mellom
	stein, grus, sand	2.30	S	0-10	G				
5,5	stein, grus, sand	3.50	S	0-10	G				
	stein, grus, sand	1.40	DS	0-12	borte				sand mot slutten
7,5	grusig sand	1.45	-	5	lysbrunt	8,6		250	MP24 + VP24 mest sand
	grusig sand	1.15	-	2	B/G				mest sand
9,5	grusig sand	1.40	DS	3	G	6,6		300	mest sand
	grusig sand	1.40	DS	3	G				mest sand
11,5	grusig sand	1.10	DS	-	borte	7,3		300	MP25 + VP25
	grusig sand	1.20	DS	0-3	"				
13,5	grusig sand	1.45	S	10-12	"	7,2		250	
	grusig sand, lagdelt	1.00	DS	-	"				
15,5	grusig sand, lagdelt	1.35	DS	0-6	"	6,3		200	MP26 + VP26
	grusig sand, lagdelt	1.30	S	5-10	"				tettere masser
17,5	grusig sand, lagdelt	1.40	S	10-12	"	6,5		120	tettere masser
	sand	1.00	S	7-8	"				mye sand
19,5	sand	1.00	S	8	"	6,3		150	MP27 + VP27 mye sand
	sand	1.00	S	8	"				mye sand
21,5	sand	1.05	S	8	"	6,4		120	MP28 + VP28 mye sand
	sand	1.00	S	8	"				
23,5	sand	1.00	S	8	"				
	sand	1.00	S	8	"				
25,5	sand	1.00	S	8	"				
	sand	1.00	S	8	"				
27,5									
29,5									

S: Slag

DS: Delvis slag

B: Brunt

G: Grått

S: Svart

R: Rødt

MP: Materialprøve

VP: Vannprøve

L: Ledningsevne

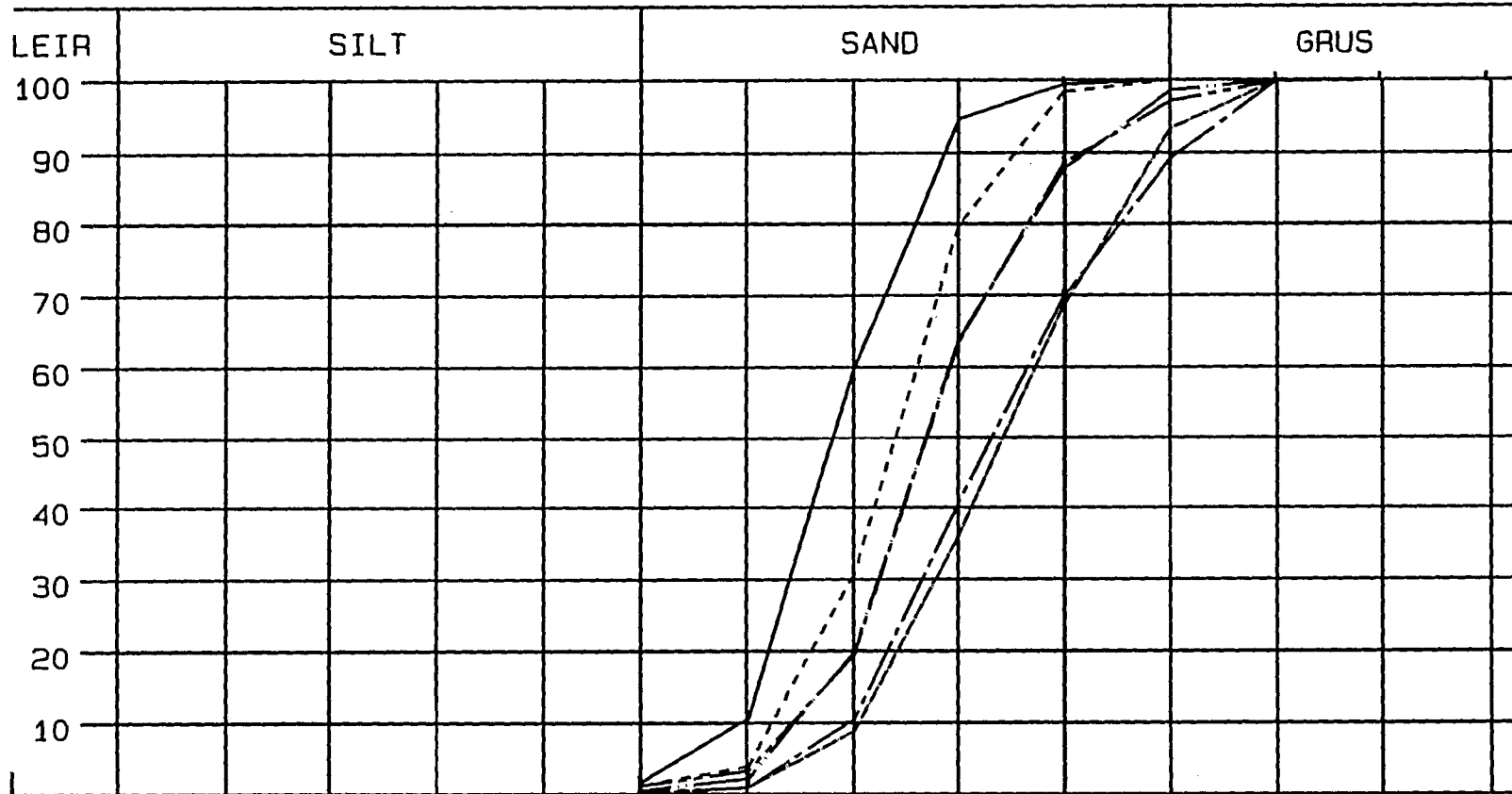
[µS/cm]



NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
 SEDIMENTLABORATORIET

KORNFORDELINGSKURVE

XXX XXX



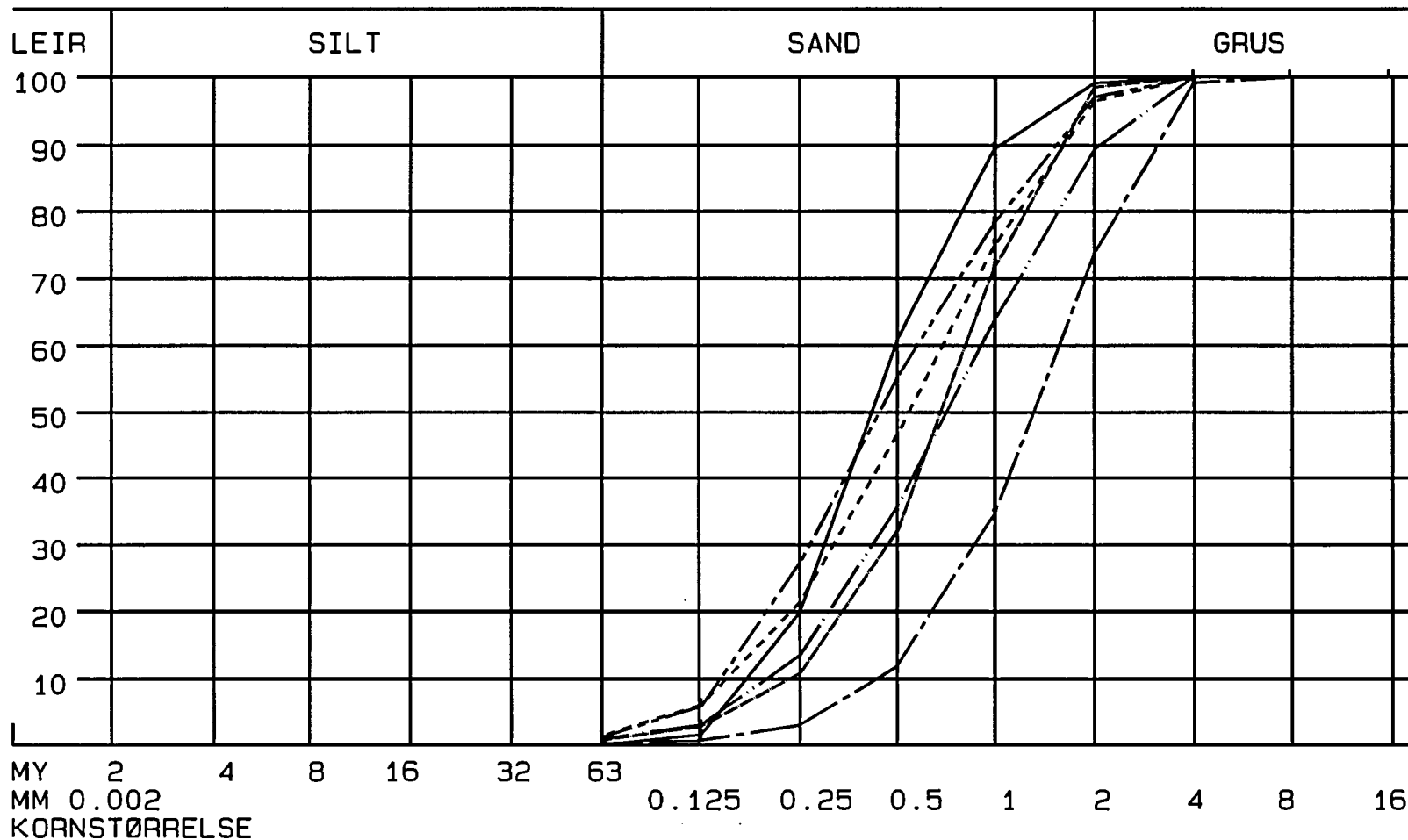
MY 2 4 8 16 32 63  
 MM 0.002  
 KORNSTØRRELSE 0.125 0.25 0.5 1 2 4 8 16

	Sted	Borehull	dyp (m)
—————	960450 Hålandsdalen	1	4,5 - 5,5
- - - - -	960451 "	1	8,5 - 9,5
—————	960452 "	2	4,5 - 5,5
- - - - -	960453 "	2	6,5 - 7,5
—————	960454 "	2	8,5 - 9,5
.....	960455 "	2	10,5 - 11,5

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
 SEDIMENTLABORATORIET

KORNFORDELINGSKURVE

XXX XXX

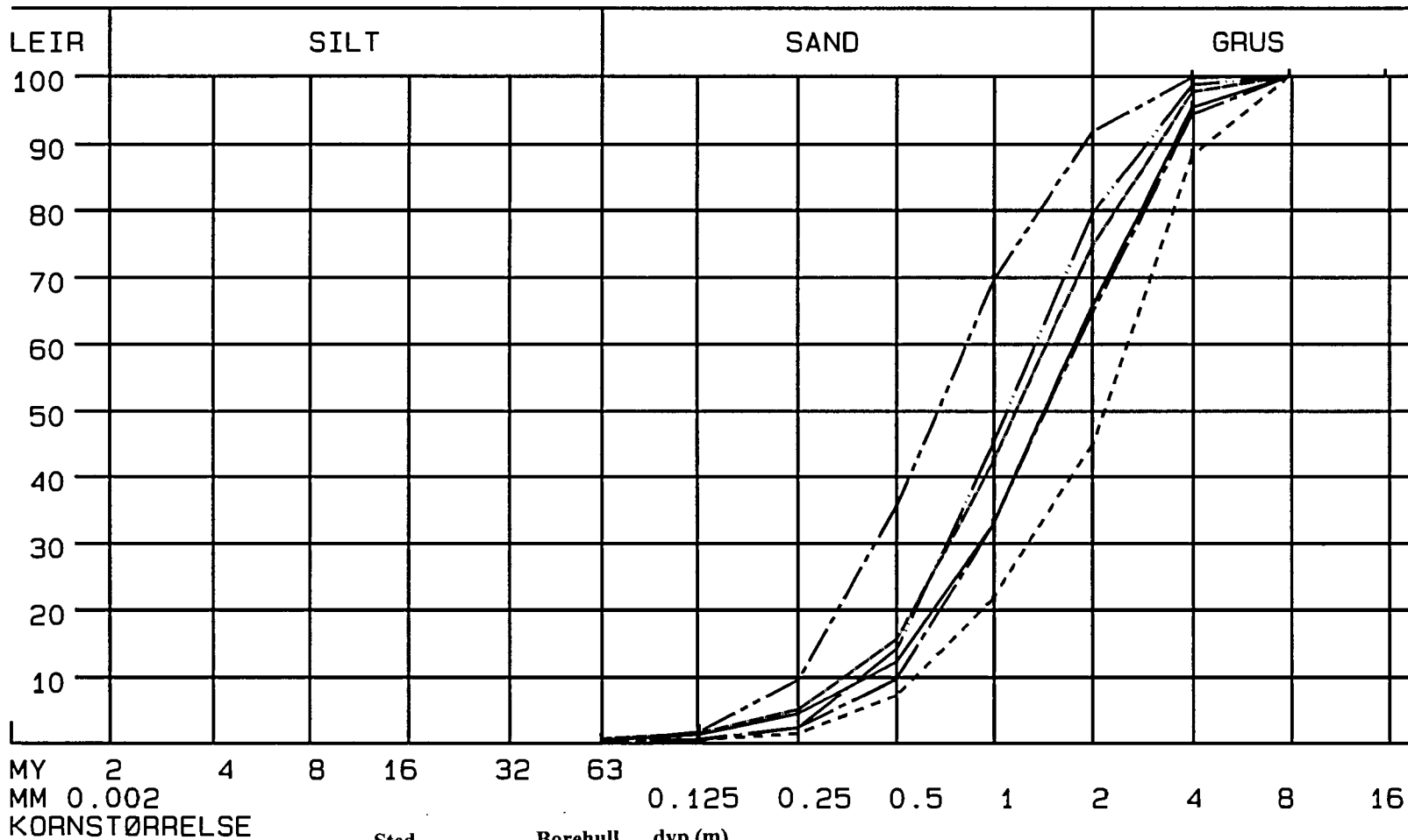


	Sted	Borehull	dyp (m)
—————	960456 Hålandsdalen	2	14,5 - 15,5
- - - - -	960457 Nesflaten	3	4,5 - 5,5
—————	960458 "	3	8,5 - 9,5
—————	960459 "	3	12,5 - 13,5
- - - - -	960460 "	3	16,5 - 17,5
—————	960461 "	3	20,5 - 21,5

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
 SEDIMENTLABORATORIET

KORNFORDELINGSKURVE

XXX XXX

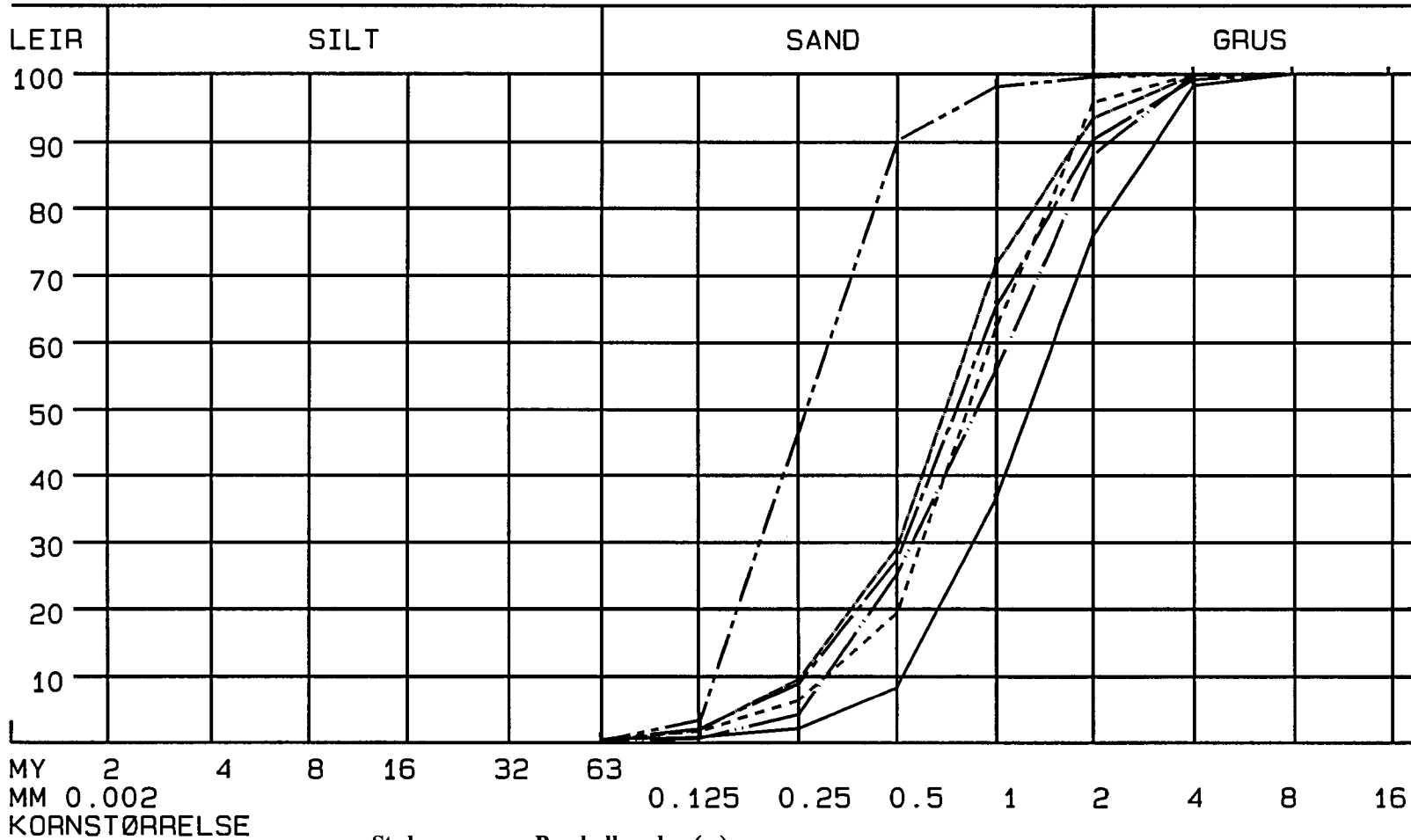


KORNFORDELINGSKURVE	Sted	Borehull	dyp (m)
—————	960462 Nesflaten	4	2,5 - 3,5
- - - - -	960463 "	4	10,5 - 11,5
—————	960464 "	4	18,5 - 19,5
—————	960465 "	4	26,5 - 27,5
- - - - -	960466 Suldalsosen	5	2,5 - 3,5
—————	960467 "	5	6,5 - 7,5

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
 SEDIMENTLABORATORIET

KORNFORDELINGSKURVE

XXX XXX



	Sted	Borehull	dyp (m)
—————	960468 Suldalsosen	5	10,5 - 11,5
-----	960469 "	5	14,5 - 15,5
-----	960470 "	8	4,5 - 5,5
-----	960471 "	8	8,5 - 9,5
-----	960472 "	8	10,5 - 11,5
-----	960473 "	9	6,5 - 7,5



## VANNANALYSER

FYLKE: Rogaland

KART (M711): 1313 IV

KOMMUNE: Suldal

PRØVESTED: Hålandsdalen

OPPDRAKSNUMMER: 1996.0224

ANALYSERT VED: Norges geologiske undersøkelse

Brønn-nr/sted	VP 1 borehull 1	VP2 borehull 1	VP 3 elva v/bh.1	VP 4 borehull 2	VP 5 borehull 2	VP 6 borehull 2		
Dato	05.09.96	05.09.96	05.09.96	05.09.96	05.09.96	06.09.96		
Brønntype								
Prøvedyp m	4,5 - 5,5	8,5 - 9,5		4,5 - 5,5	6,5 - 7,5	8,5 - 9,5		
Brønndimensjon mm	32	32		32	32	32		
X-koordinat Sone: 32 V	34396	34396		34393	34393	34393		
Y-koordinat Sone: 32 V	658310	658310		658335	658335	658335		
<b>Fysisk/kjemisk</b>							<b>Veiledende verdi</b>	<b>Største tillatte konsentrasjon</b>
Surhetsgrad, felt/lab pH	6,0	6,21	6,53	6,00	5,72	5,69	7,5-8,5	6,5-8,5 <sup>2</sup>
Ledningsevne, felt/lab $\mu\text{S/cm}$	23,0 22	23,8 22	22,4 21	31,6 29	34,2 31	34,8 32	< 400	
Temperatur $^{\circ}\text{C}$	11,1	6,4	12,4	7,9	7,3	7,3	< 12	25
Alkalitet mmol/l	0,05	0,04	0,05	<0,04	0,04	<0,04	0,6-1,0 <sup>2</sup>	
Fargetall mg Pt/l	<1,4	<1,4	10,7	1,6	3,1	2,5	< 1	20
Turbiditet F.T.U	0,28	0,39	0,47	0,76	0,24	4,6	< 0,4	4
Oppløst oksygen mg O <sub>2</sub> /l							> ca 9	
Fritt karbondioksid mg CO <sub>2</sub> /l							< 5 <sup>2</sup>	
Redoks.potensial, E <sub>h</sub> mV								
<b>Anioner</b>								
Fluorid mg F/l	<0,05	<0,05	0,058	<0,05	<0,05	<0,05		1,5
Klorid mg Cl/l	4,10	4,14	4,11	7,21	10,4	9,91	< 25	
Nitritt mg NO <sub>2</sub> /l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05		0,16
Brom mg Br/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		
Nitrat mg NO <sub>3</sub> /l	1,43	2,06	1,51	3,15	0,814	1,42		44
Fosfat mg PO <sub>4</sub> /l	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2		
Sulfat mg SO <sub>4</sub> /l	2,43	2,70	2,22	3,05	2,86	3,48	< 25	100
Sum anioner+alkalitet meq/l	. 0,25	. 0,26	. 0,25	. 0,37	. 0,42	. 0,43		
<b>Kationer</b>								
Silisium mg Si/l	0,648	0,622	0,342	1,8	1,7	1,3		
Aluminium mg Al/l	0,0604	0,0477	0,0344	0,0948	0,160	0,154	< 0,05	0,2
Jern mg Fe/l	0,0961	0,0429	0,0245	0,0368	0,0388	0,047	< 0,05	0,2
Magnesium mg Mg/l	0,263	0,261	0,290	0,486	0,414	0,421		20
Kalsium mg Ca/l	0,949	0,940	1,2	0,560	0,535	0,605	15-25 <sup>2</sup>	
Natrium mg Na/l	2,0	2,3	1,8	3,3	3,7	3,9	< 20	150
Kalium mg K/l	<0,5	<0,5	<0,5	0,551	<0,5	<0,5	< 10	12
Mangan mg Mn/l	0,0061	0,0023	<0,001	0,0188	0,0124	0,0091	< 0,02	0,05
Kobber mg Cu/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	< 0,1	0,3
Sink mg Zn/l	0,0052	0,0029	0,0025	0,0031	0,0041	0,0037	< 0,1	0,3
Bly mg Pb/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05		0,02
Nikkel mg Ni/l	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02		0,05
Kadmium mg Cd/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005		0,005
Krom mg Cr/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		0,05
Sølv mg Ag/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		0,01
Sum kationer <sup>3</sup> meq/l	. 0,17	. 0,18	. 0,17	. 0,23	. 0,23	. 0,25		
Ionebalanseavvik <sup>4</sup> %	- . 19	- . 18	- . 19	- . 23	- . 29	- . 26		

1. Det Kgl. Sosial- og helsedepartement: Forskrift om vannforsyning og drikkevann m.m (1995).

2. Vannet bør ikke være aggressivt.

3. Sum kationer = Na + Ca + Mg + K.

4. Ionebalanseavvik =  $\Sigma\text{kationer} - \Sigma\text{anioner} / (\Sigma\text{kationer} + \Sigma\text{anioner}) \cdot 100\%$

## VANNANALYSER

FYLKE: Rogaland

KART (M711): 1313 IV (bh.2) og 1314 II (bh.3)

KOMMUNE: Suldal

PRØVESTED: Hålandsdalen (bh.2) og Nesflaten (bh.3)

OPPDRAKSNUMMER: 1996.0224

ANALYSERT VED: Norges geologiske undersøkelse

Brønn-nr/sted	VP 7 borehull 2	VP 8 borehull 2	VP 9 borehull 3	VP 10 borehull 3	VP 11 borehull 3	VP 12 borehull 3								
Dato	06.09.96	06.09.96	10.09.96	12.09.96	12.09.96	12.09.96								
Brønntype														
Prøvedyp m	10,5 - 11,5	14,5 - 15,5	4,5 - 5,5	8,5 - 9,5	16,5 - 17,5	20,5 - 21,5								
Brønndimensjon mm	32	32	32	32	32	32								
X-koordinat Sone: 32 V	34393	34393	37662	37662	37662	37662								
Y-koordinat Sone: 32 V	658335	658335	661414	661414	661414	661414								
<b>Fysisk/kjemisk</b>							<b>Veiledende verdi</b>	<b>Største tillatte konsentrasjon</b>						
Surhetsgrad, felt/lab pH		5,76		5,79		6,35		6,38		6,26		6,39	7,5-8,5	6,5-8,5 <sup>2</sup>
Ledningsevne, felt/lab µS/cm	33,9	31	32,1	30	19,1	18	18,8	18	17,1	16	17,7	17	< 400	
Temperatur °C		7,5		7,9		5,9		5,7		7,3		5,7	< 12	25
Alkalitet mmol/l		<0,04		<0,04		0,04		0,04		0,08		0,04	0,6-1,0 <sup>2</sup>	
Fargetall mg Pt/l		1,6		2,0		<1,4		1,6		<1,4		2,0	< 1	20
Turbiditet F.T.U		0,26		0,28		0,41		0,26		0,19		0,54	< 0,4	4
Oppløst oksygen mg O <sub>2</sub> /l													> ca 9	
Fritt karbondioksid mg CO <sub>2</sub> /l													< 5 <sup>2</sup>	
Redoks.potensial, E <sub>h</sub> mV														
<b>Anioner</b>														
Fluorid mg F/l		<0,05		<0,05		<0,05		<0,05		<0,05		<0,05		1,5
Klorid mg Cl/l		9,04		8,71		3,29		2,98		2,67		2,81	< 25	
Nitritt mg NO <sub>2</sub> /l		<0,05		<0,05		<0,05		<0,05		<0,05		<0,05		0,16
Brom mg Br/l		<0,1		<0,1		<0,1		<0,1		<0,1		<0,1		
Nitrat mg NO <sub>3</sub> /l		1,87		1,73		2,51		2,70		2,32		2,57		44
Fosfat mg PO <sub>4</sub> /l		<0,2		<0,2		<0,2		<0,2		<0,2		<0,2		
Sulfat mg SO <sub>4</sub> /l		3,50		3,33		1,83		1,70		1,68		1,59	< 25	100
Sum anioner+alkalitet meq/l		. 0,41		. 0,39		. 0,22		. 0,21		. 0,24		. 0,21		
<b>Kationer</b>														
Silisium mg Si/l		1,1		1,1		0,922		0,870		0,872		0,939		
Aluminium mg Al/l		0,144		0,144		<0,02		<0,02		<0,02		<0,02	< 0,05	0,2
Jern mg Fe/l		0,0654		0,0675		0,0184		0,0184		0,0266		0,0225	< 0,05	0,2
Magnesium mg Mg/l		0,423		0,374		0,200		0,214		0,188		0,167		20
Kalsium mg Ca/l		0,548		0,520		1,0		0,945		0,791		0,884	15-25 <sup>2</sup>	
Natrium mg Na/l		4,0		3,7		1,7		1,6		1,5		1,6	< 20	150
Kalium mg K/l		<0,5		<0,5		<0,5		<0,5		<0,5		<0,5	< 10	12
Mangan mg Mn/l		0,0094		0,0089		0,0016		0,0016		0,0013		<0,001	< 0,02	0,05
Kobber mg Cu/l		<0,005		<0,005		<0,005		<0,005		<0,005		<0,005	< 0,1	0,3
Sink mg Zn/l		0,0128		0,0335		0,0079		<0,002		<0,002		<0,002	< 0,1	0,3
Bly mg Pb/l		<0,05		<0,05		<0,05		<0,05		<0,05		<0,05		0,02
Nikkel mg Ni/l		<0,02		<0,02		<0,02		<0,02		<0,02		<0,02		0,05
Kadmium mg Cd/l		<0,005		<0,005		<0,005		<0,005		<0,005		<0,005		0,005
Krom mg Cr/l		<0,01		<0,01		<0,01		<0,01		<0,01		<0,01		0,05
Sølv mg Ag/l		<0,01		<0,01		<0,01		<0,01		<0,01		0,01		0,01
Sum kationer <sup>3</sup> meq/l		. 0,25		. 0,23		. 0,15		. 0,15		. 0,13		. 0,14		
Ionebalanseavvik <sup>4</sup> %		- . 24		- . 26		- . 19		- . 17		- . 30		- . 20		

1. Det Kgl. Sosial- og helsedepartement: Forskrift om vannforsyning og drikkevann m.m (1995).

2. Vannet bør ikke være aggressivt.

3. Sum kationer = Na + Ca + Mg + K.

4. Ionebalanseavvik =  $\Sigma$ kationer -  $\Sigma$ anioner / ( $\Sigma$ kationer +  $\Sigma$ anioner) · 100%

## VANNANALYSER

FYLKE: Rogaland

KART (M711): 1314 II (bh.4) og 1313 I (bh.5)

KOMMUNE: Suldal

PRØVESTED: Nesflaten (bh.4) og Suldalsosen (bh.5)

OPPDRAKSNUMMER: 1996.0224

ANALYSERT VED: Norges geologiske undersøkelse

Brønn-nr/sted	VP 13 borehull 4	VP 14 borehull 4	VP 15 borehull 4	VP 16 borehull 4	VP 17 elva v/bh 4	VP 18 borehull 5			
Dato	11.09.96	11.09.96	11.09.96	11.09.96	11.09.96	12.09.96			
Brønntype									
Prøvedyp m	2,5 - 3,5	10,5 - 11,5	18,5 - 19,5	26,5 - 27,5		2,5 - 3,5			
Brønndimensjon mm	32	32	32	32		32			
X-koordinat Sone: 32 V	37666	37666	37666	37666		35836			
Y-koordinat Sone: 32 V	661423	661423	661423	661423		659707			
<b>Fysisk/kjemisk</b>							<b>Veiledende verdi</b>	<b>Største tillatte konsentrasjon</b>	
Surhetsgrad, felt/lab pH	5,80	6,53	6,08	6,03	5,96	6,11	7,5-8,5	6,5-8,5 <sup>2</sup>	
Ledningsevne, felt/lab µS/cm	15,2 14	16,2 16	15,3 15	14,9 14	14,7 15	16,3 16	< 400		
Temperatur °C	13,4	7,0	11,6	11,6	10,4	9,0	< 12	25	
Alkalitet mmol/l	<0,04	0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	0,6-1,0 <sup>2</sup>		
Fargetall mg Pt/l	4,4	2,1	3,2	2,4	3,5	4,1	< 1	20	
Turbiditet F.T.U	5,3	3,4	5,5	0,54	0,13	0,97	< 0,4	4	
Oppløst oksygen mg O <sub>2</sub> /l							> ca 9		
Fritt karbondioksid mg CO <sub>2</sub> /l							< 5 <sup>2</sup>		
Redoks.potensial, E <sub>h</sub> mV									
<b>Anioner</b>									
Fluorid mg F/l	<0,05	<0,05	0,05	<0,05	<0,05	<0,05			1,5
Klorid mg Cl/l	1,90	2,64	1,71	1,84	2,20	3,17	< 25		
Nitritt mg NO <sub>2</sub> /l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05			0,16
Brom mg Br/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1			
Nitrat mg NO <sub>3</sub> /l	2,31	1,60	2,50	2,54	2,26	1,42			44
Fosfat mg PO <sub>4</sub> /l	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2			
Sulfat mg SO <sub>4</sub> /l	1,71	1,74	1,63	1,59	1,72	1,59	< 25		100
Sum anioner+alkalitet meq/l	. 0,18	. 0,19	. 0,17	. 0,18	. 0,19	. 0,20			
<b>Kationer</b>									
Silisium mg Si/l	0,563	1,2	0,751	0,623	0,590	0,474			
Aluminium mg Al/l	0,0579	<0,02	0,0577	0,0318	0,032	0,0285	< 0,05		0,2
Jern mg Fe/l	0,047	0,0225	0,0634	0,0368	<0,01	0,0263	< 0,05		0,2
Magnesium mg Mg/l	0,155	0,198	0,182	0,167	0,169	0,192			20
Kalsium mg Ca/l	0,674	0,864	0,705	0,661	0,696	0,796	15-25 <sup>2</sup>		
Natrium mg Na/l	1,0	1,4	1,3	1,2	1,2	1,4	< 20		150
Kalium mg K/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	< 10		12
Mangan mg Mn/l	0,0081	0,0015	0,0064	0,0013	0,0056	0,0033	< 0,02		0,05
Kobber mg Cu/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	< 0,1		0,3
Sink mg Zn/l	0,0067	<0,002	<0,002	0,002	0,0058	0,002	< 0,1		0,3
Bly mg Pb/l	<0,05	0,0521	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05			0,02
Nikkel mg Ni/l	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02			0,05
Kadmium mg Cd/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005			0,005
Krom mg Cr/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01			0,05
Sølv mg Ag/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01			0,01
Sum kationer <sup>3</sup> meq/l	. 0,10	. 0,13	. 0,12	. 0,11	. 0,11	. 0,13			
Ionebalanseavvik <sup>4</sup> %	-. 29	-. 19	-. 17	-. 24	-. 27	-. 21			

1. Det Kgl. Sosial- og helsedepartement: Forskrift om vannforsyning og drikkevann m.m (1995).

2. Vannet bør ikke være aggressivt.

3. Sum kationer = Na + Ca + Mg + K.

4. Ionebalanseavvik =  $\Sigma$ kationer -  $\Sigma$ anioner / ( $\Sigma$ kationer +  $\Sigma$ anioner) · 100%



## VANNANALYSER

FYLKE: Rogaland

KART (M711): 1313 I

KOMMUNE: Suldal

PRØVESTED: Suldalsosen

OPPDRAKSNUMMER: 1996.0224

ANALYSERT VED: Norges geologiske undersøkelse

Brønn-nr/sted	VP 19 borehull 5	VP 20 borehull 5	VP 21 borehull 5	VP 22 borehull 8	VP 23 borehull 8	VP 24 borehull 9								
Dato	12.09.96	12.09.96	13.09.96	14.09.96	14.09.96	15.09.96								
Brønntype														
Prøvedyp m	6,5 - 7,5	10,5 - 11,5	14,5 - 15,5	4,5 - 5,5	8,5 - 9,5	6,5 - 7,5								
Brønndimensjon mm	32	32	32	32	32	32								
X-koordinat Sone: 32 V	35836	35836	35836	35817	35817	35870								
Y-koordinat Sone: 32 V	659707	659707	659707	659709	659709	659649								
<b>Fysisk/kjemisk</b>							<b>Veiledende verdi</b>	<b>Største tillatte konsentrasjon</b>						
Surhetsgrad, felt/lab pH		6,37	6,61	7,11	6,40	6,21	6,25	7,5-8,5	6,5-8,5 <sup>2</sup>					
Ledningsevne, felt/lab µS/cm	16,0	15	36,8	35	75,2	71	73,6	69	72,5	69	18,5	18	< 400	
Temperatur °C	9,6	9,0	6,6	7,9	7,3	8,6	< 12	25						
Alkalitet mmol/l	0,04	0,08	0,25	0,15	0,13	0,04	0,6-1,0 <sup>2</sup>							
Fargetall mg Pt/l	3,5	2,1	2,4	<1,4	3,2	2,5	< 1	20						
Turbiditet F.T.U	2,4	1,2	0,88	1,3	0,12	0,25	0,4	4						
Oppløst oksygen mg O <sub>2</sub> /l							> ca 9							
Fritt karbondioksid mg CO <sub>2</sub> /l							< 5 <sup>2</sup>							
Redoks.potensial, E <sub>h</sub> mV														
<b>Anioner</b>														
Fluorid mg F/l	<0,05	<0,05	0,065	<0,05	0,053	<0,05			1,5					
Klorid mg Cl/l	3,16	6,03	8,83	12,5	13,2	3,52	< 25							
Nitritt mg NO <sub>2</sub> /l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05			0,16					
Brom mg Br/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1								
Nitrat mg NO <sub>3</sub> /l	1,41	6,55	12,3	13,9	11,8	1,5			44					
Fosfat mg PO <sub>4</sub> /l	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2								
Sulfat mg SO <sub>4</sub> /l	1,54	2,57	6,20	5,64	5,53	2,31	< 25		100					
Sum anioner+alkalitet meq/l	. 0,20	. 0,42	. 0,84	. 0,86	. 0,82	. 0,22								
<b>Kationer</b>														
Silisium mg Si/l	0,465	1,3	4,5	2,0	2,1	0,693								
Aluminium mg Al/l	0,0287	0,0231	<0,02	<0,02	0,0207	<0,02	< 0,05		0,2					
Jern mg Fe/l	0,0266	0,0307	0,0327	0,0266	0,0266	0,0143	< 0,05		0,2					
Magnesium mg Mg/l	0,171	0,543	1,3	0,960	0,972	0,247			20					
Kalsium mg Ca/l	0,811	2,7	6,1	5,6	5,7	0,858	15-25 <sup>2</sup>							
Natrium mg Na/l	1,5	2,2	4,4	4,0	3,9	1,8	< 20		150					
Kalium mg K/l	<0,5	<0,5	1,5	2,3	1,8	<0,5	< 10		12					
Mangan mg Mn/l	0,0015	0,0105	0,0023	0,0049	0,0036	0,0012	< 0,02		0,05					
Kobber mg Cu/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	< 0,1		0,3					
Sink mg Zn/l	<0,002	<0,002	0,002	<0,002	0,0034	<0,002	< 0,1		0,3					
Bly mg Pb/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05			0,02					
Nikkel mg Ni/l	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02			0,05					
Kadmium mg Cd/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005			0,005					
Krom mg Cr/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01			0,05					
Sølv mg Ag/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01			0,01					
Sum kationer <sup>3</sup> meq/l	. 0,13	. 0,29	. 0,64	. 0,59	. 0,58	. 0,15								
Ionebalanseavvik <sup>4</sup> %	- . 21	- . 18	- . 14	- . 19	- . 17	- . 19								

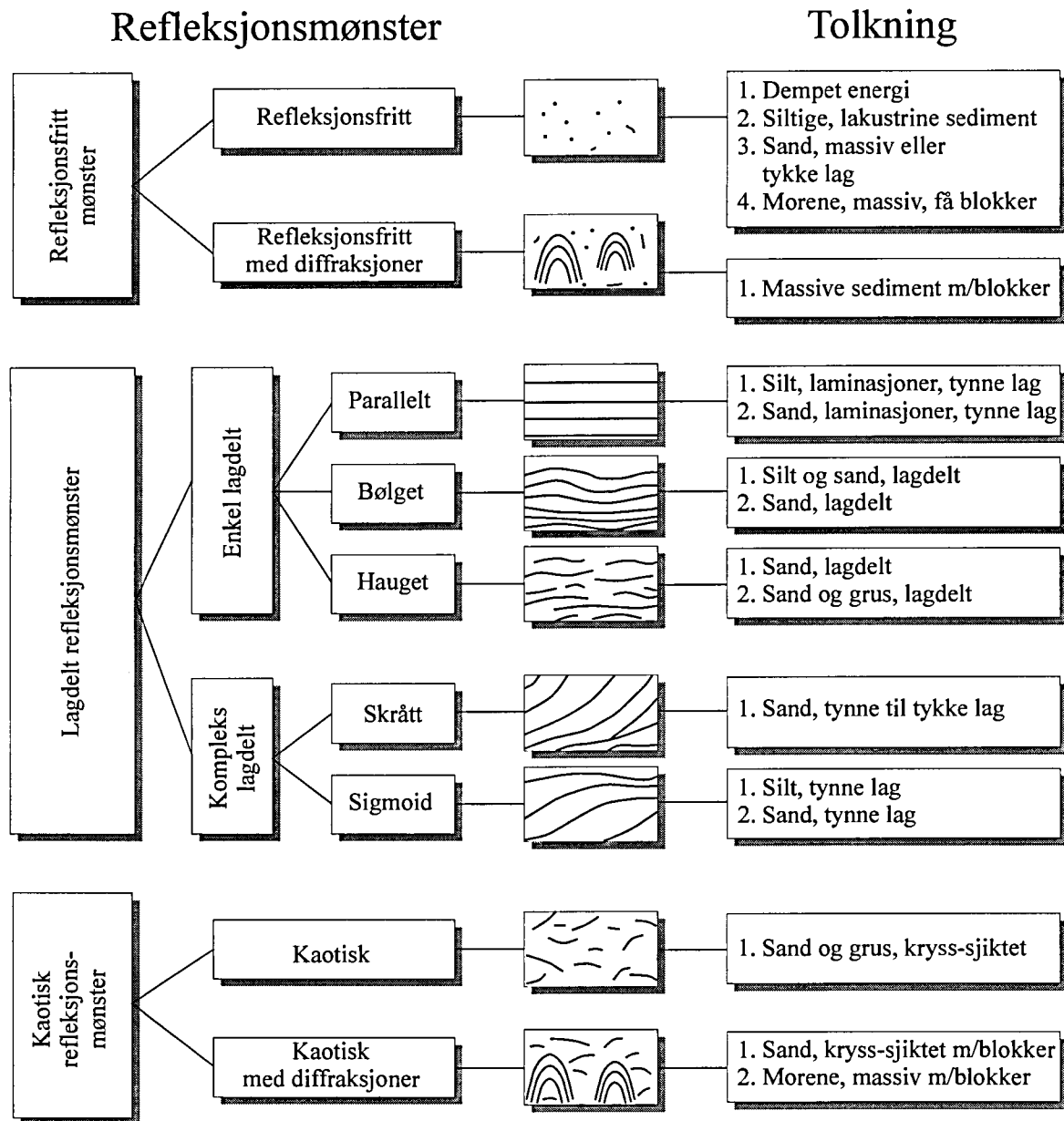
1. Det Kgl. Sosial- og helsedepartement: Forskrift om vannforsyning og drikkevann m.m (1995).

2. Vannet bør ikke være aggressivt.

3. Sum kationer = Na + Ca + Mg + K.

4. Ionebalanseavvik =  $\frac{\Sigma \text{kationer} - \Sigma \text{anioner}}{(\Sigma \text{kationer} + \Sigma \text{anioner})} \cdot 100\%$

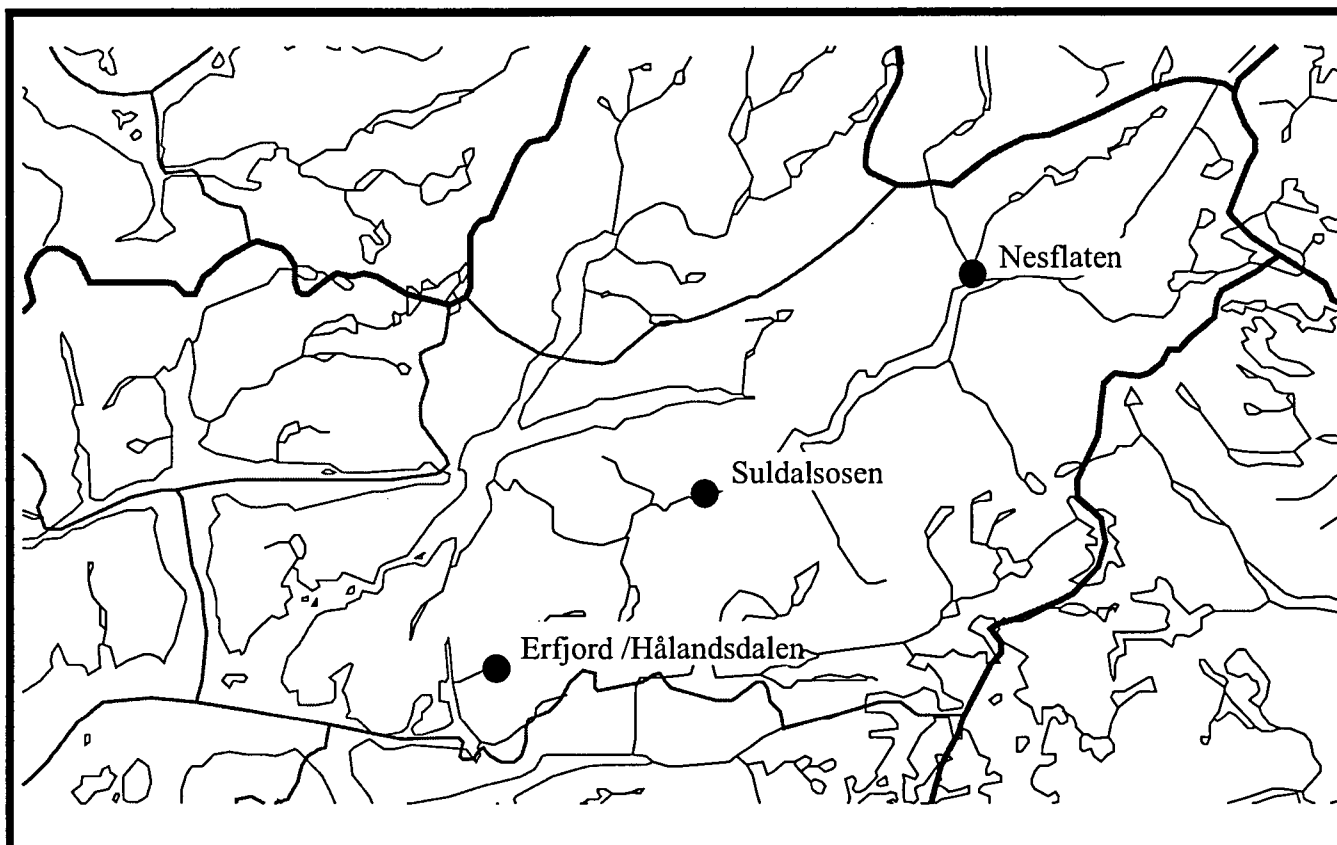




Skjema som knytter refleksjonsmønster på georadaropptak til avsetningstype og lagdeling (etter Beres & Haeni, 1991).

## KARTBILAG

97.041-01	Oversiktskart Suldal kommune
97.041-02/-03	Detaljkart, M 1: 5000, georadarprofil, sonderboringer, undersøkelsesbrønner, Erfjord/Hålandsdalen
97.041-04	Detaljkart, M 1: 5000, georadarprofil, sonderboringer, undersøkelsesbrønner, Nesflaten
97.041-05/-06/-07	Detaljkart, M 1: 5000, georadarprofil, sonderboringer, undersøkelsesbrønner, Suldalsosen
97.041-08	Georadaropptak, Erfjord/Hålandsdalen
97.041-09	Georadaropptak, Nesflaten
97.041-10/-11/-12	Georadaropptak, Suldalsosen



OVERSIKTSKART

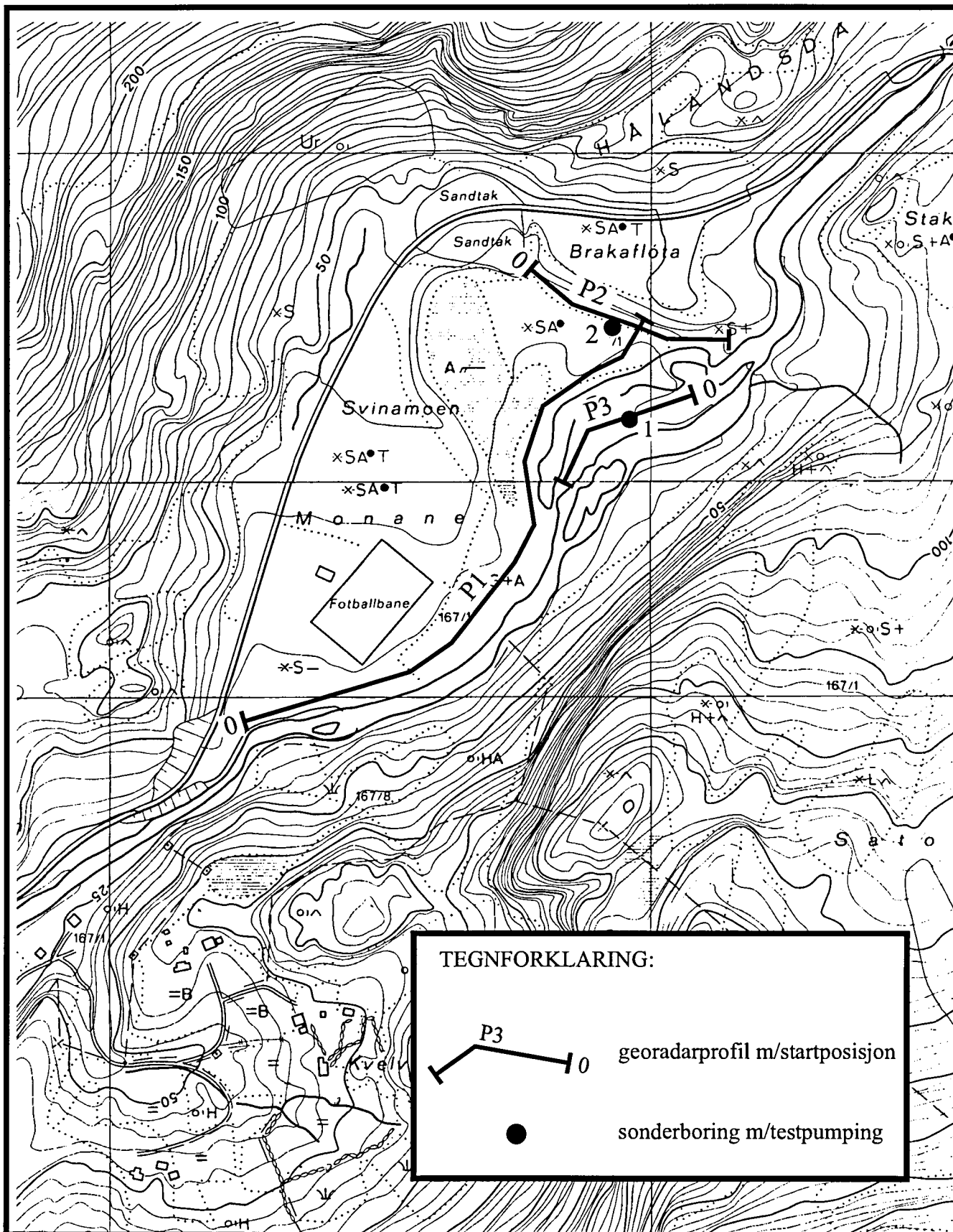
SULDAL KOMMUNE

ROGALAND

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE

TRONDHEIM

NGU Rapport 97.041



SULDAL KOMMUNE

DETALJKART

HÅLANDSDALEN

ROGALAND

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
TRONDHEIM

MÅLESTOKK

1: 5000

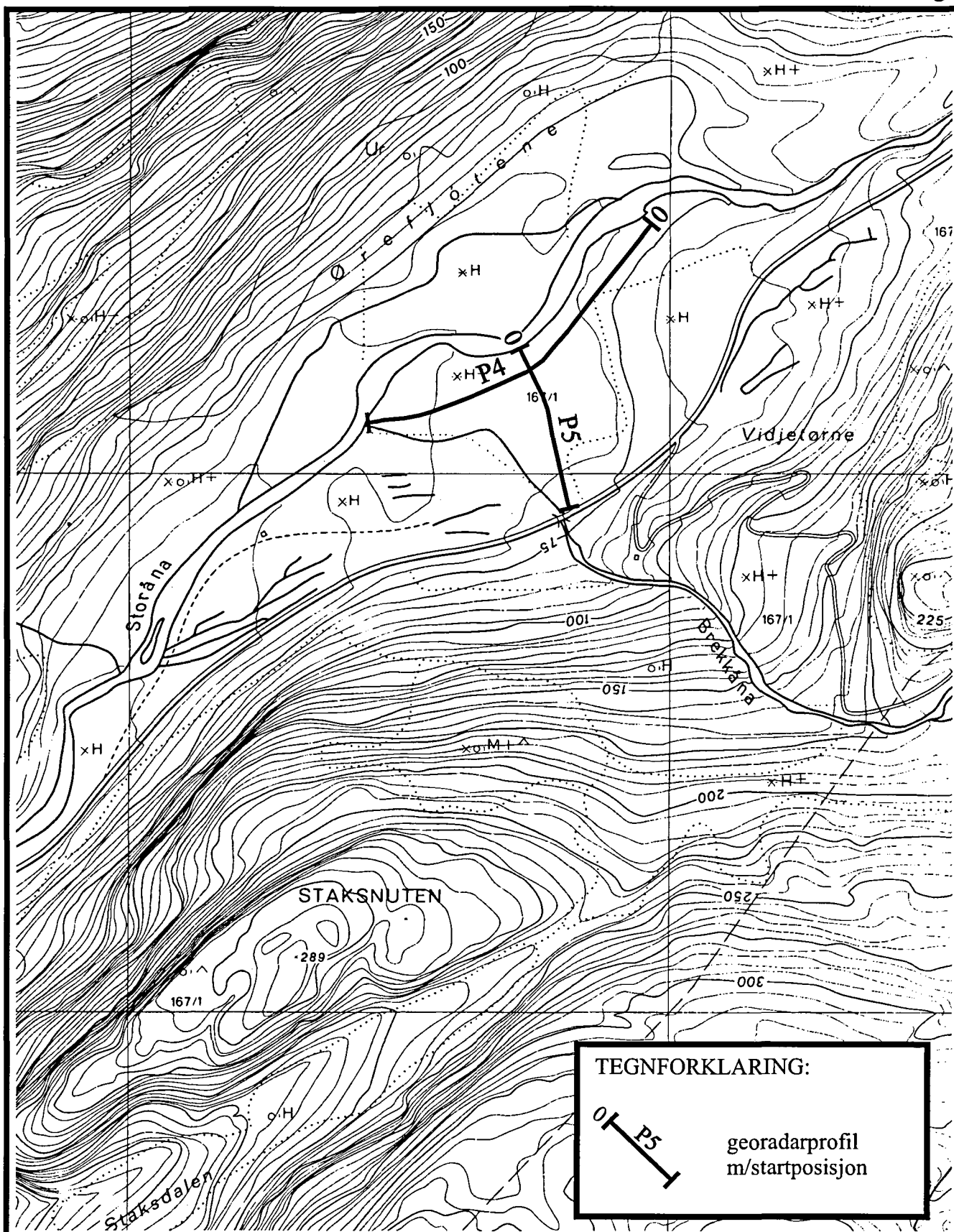
MÅLT JFT/ØJ JULI 1996

TEGN ØJ/AaM JAN 1997

TRAC

KFR

TEGNING NR  
97.041-2KARTBLAD NR  
AP 032-5-4/2



**TEGNFORKLARING:**

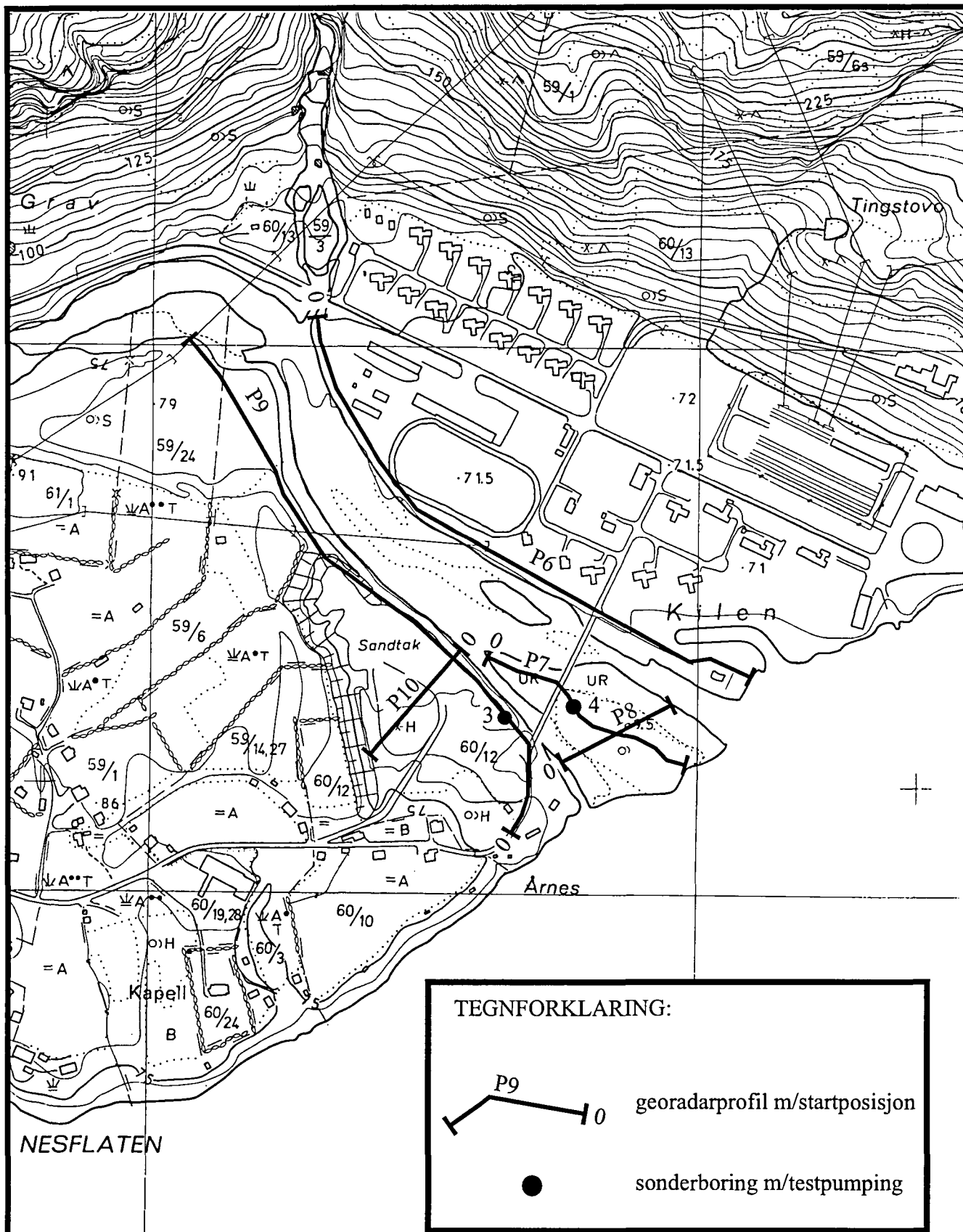
georadarprofil  
m/startposisjon

SULDAL KOMMUNE  
 DETALJKART  
**HÅLANDSDALEN**  
 ROGALAND

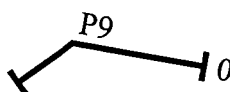
MÅLESTOKK  1: 5000	MÅLT JFT/ØJ	JULI 1996
	TEGN AaM/ØJ	JAN. 1997
	TRAC	
	KFR	

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
 TRONDHEIM

TEGNING NR 97.041-3	KARTBLAD NR AP 032-5-2
------------------------	---------------------------



## TEGNFORKLARING:



georadarprofil m/startposisjon



sonderboring m/testpumping

SULDAL KOMMUNE

DETALJKART

NESFLATEN

ROGALAND

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
TRONDHEIM

MÅLESTOKK

1: 5000

MÅLT JFT/ØJ JULI 1996

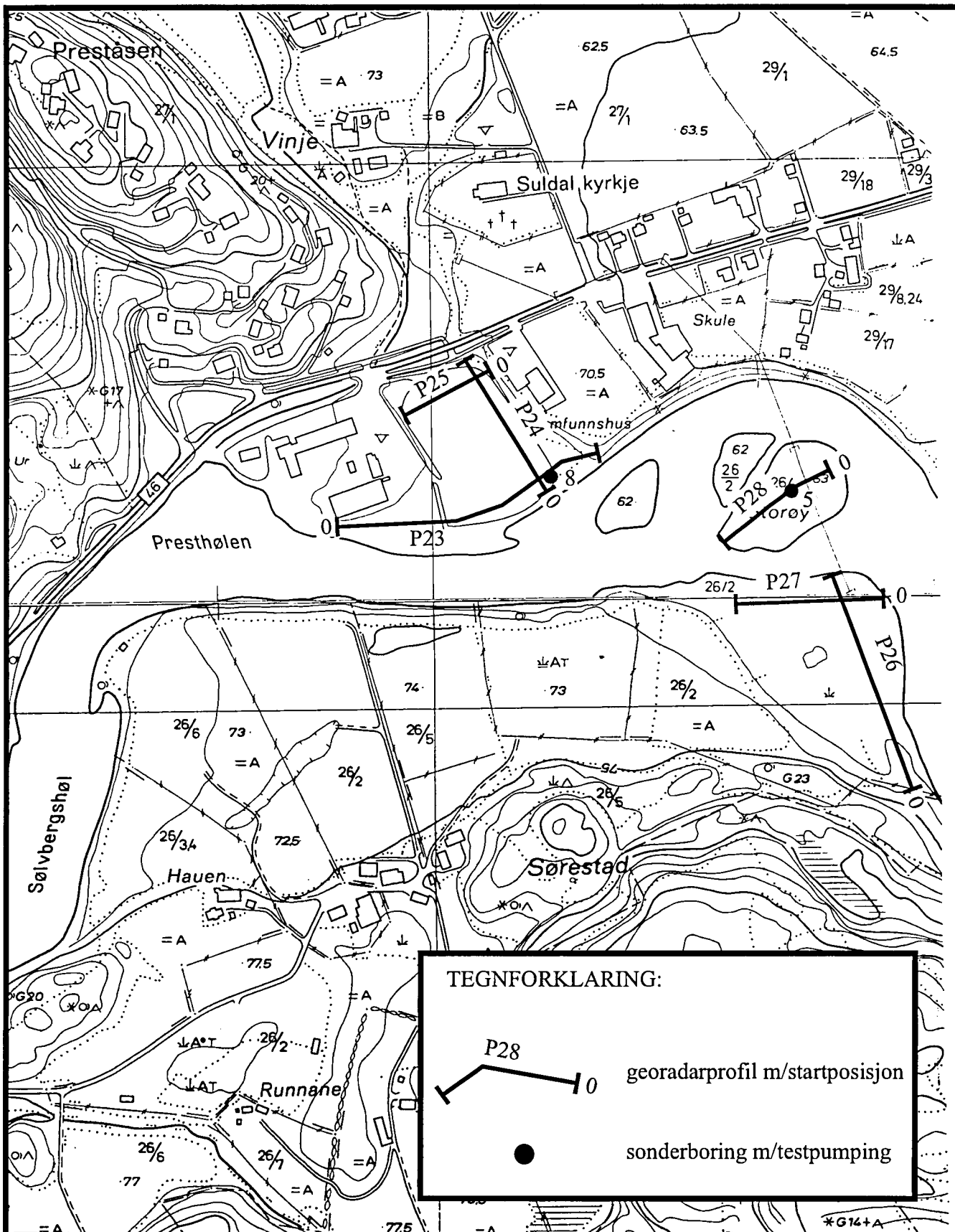
TEGN AaM/ØJ JAN. 1997

TRAC

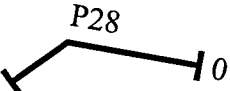
KFR


TEGNING NR  
97.041-4KARTBLAD NR  
AU 039-5-4





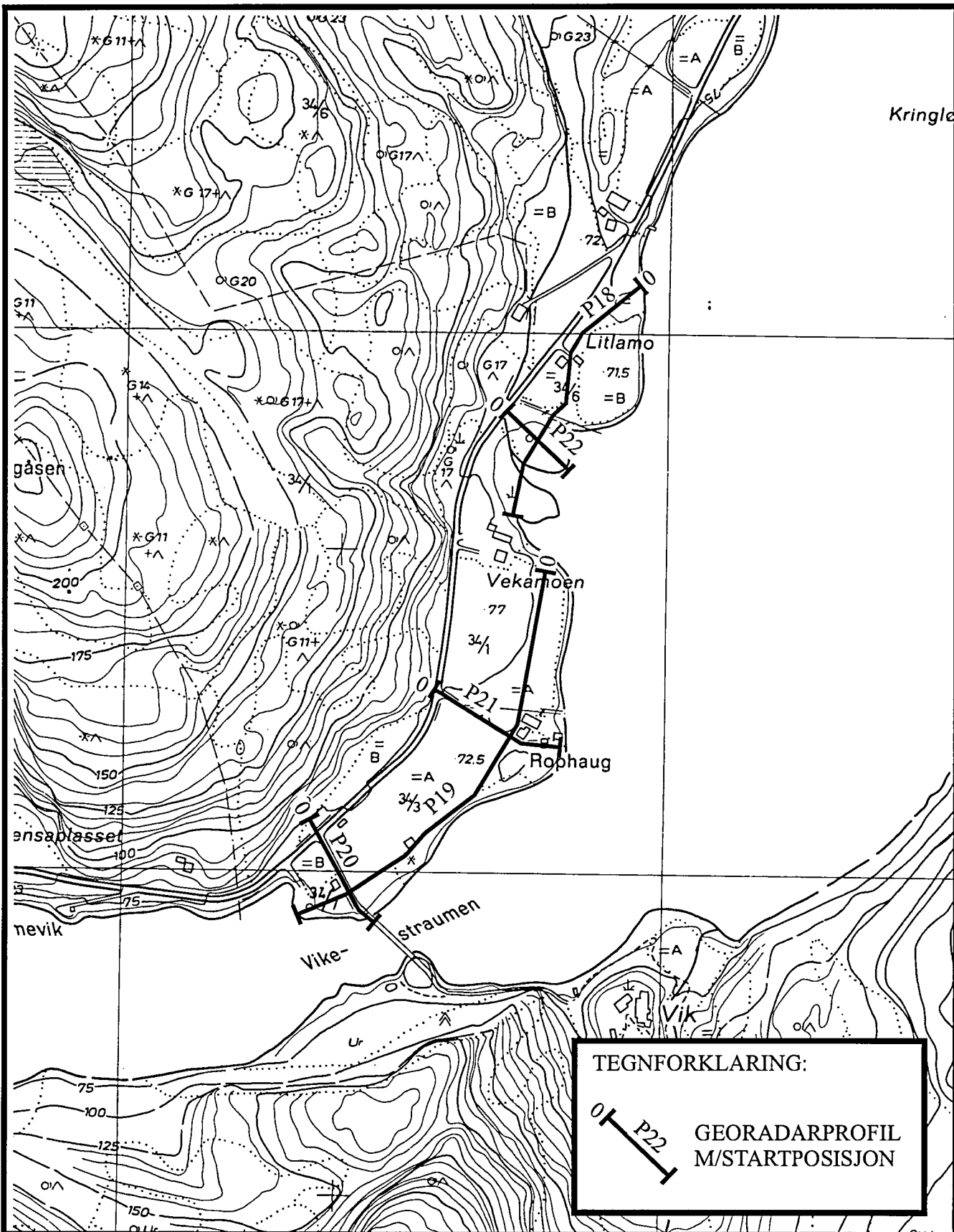
**TEGNFORKLARING:**

 georadarprofil m/startposisjon

 sonderboring m/testpumping

SULDAL KOMMUNE DETALJKART <b>SULDALSOSEN</b> RO GALAND	MÅLESTOKK 1: 5000	MÅLT JFT/ØJ	JULI 1996
		TEGN AaM	JAN. 1997
		TRAC	
		KFR	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR 97.041-5	KARTBLAD NR AR 035-5-2/4	





Kringlør

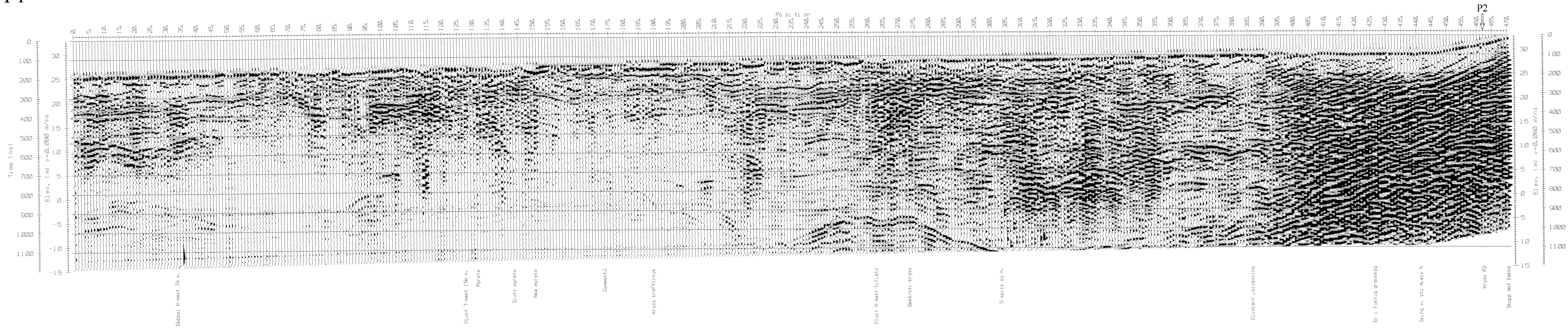
**TEGNFORKLARING:**

 **GEORADARPROFIL  
M/STARTPOSISJON**

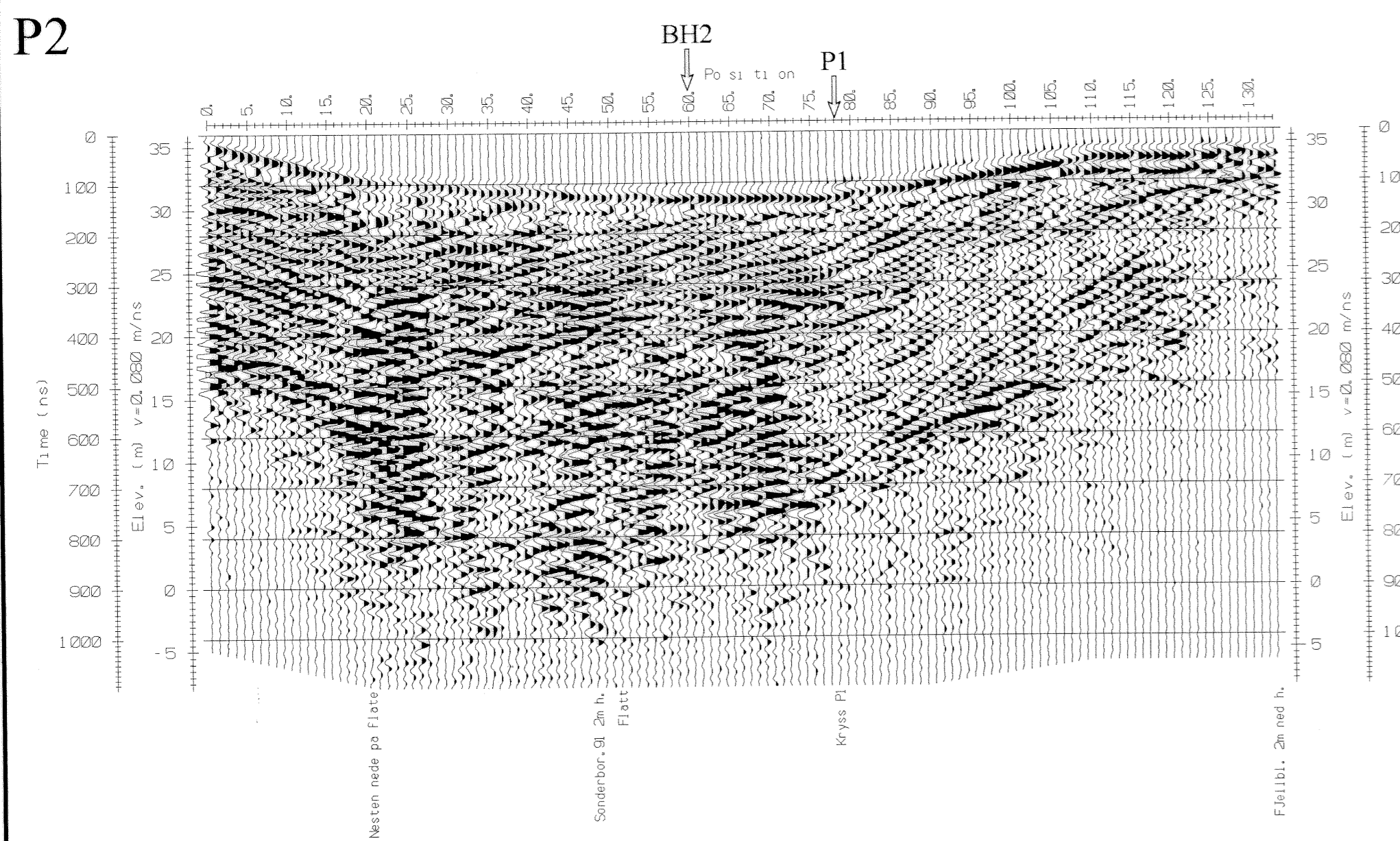
SULDAL KOMMUNE  
 DETALJKART  
**SULDALSOSEN**  
 ROGALAND  
 NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
 TRONDHEIM

MÅLESTOKK  1: 5000	MÅLT JFT/ØJ	JULI 1996
	TEGN AaM/ØJ	JAN 1997
	TRAC	
	KFR	
TEGNING NR 97.041-7	KARTBLAD NR AS 035-5-1	

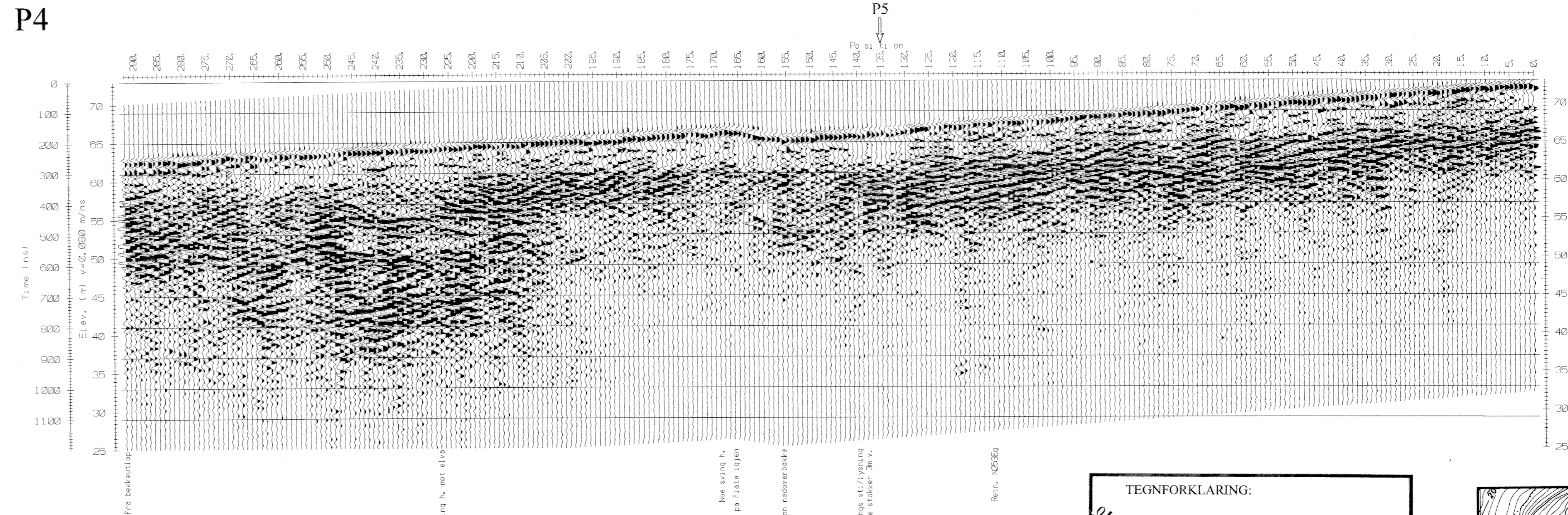
P1



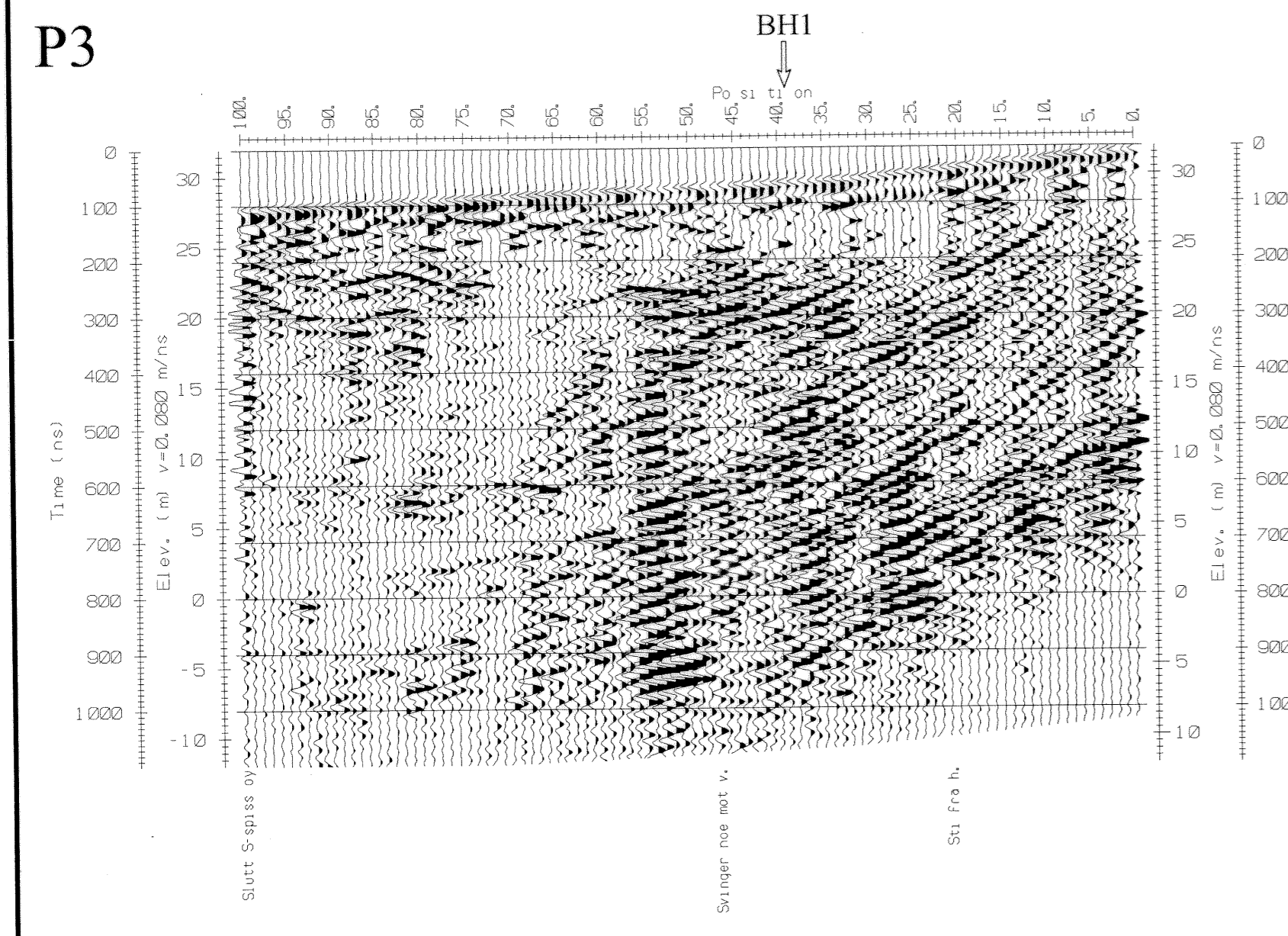
P2



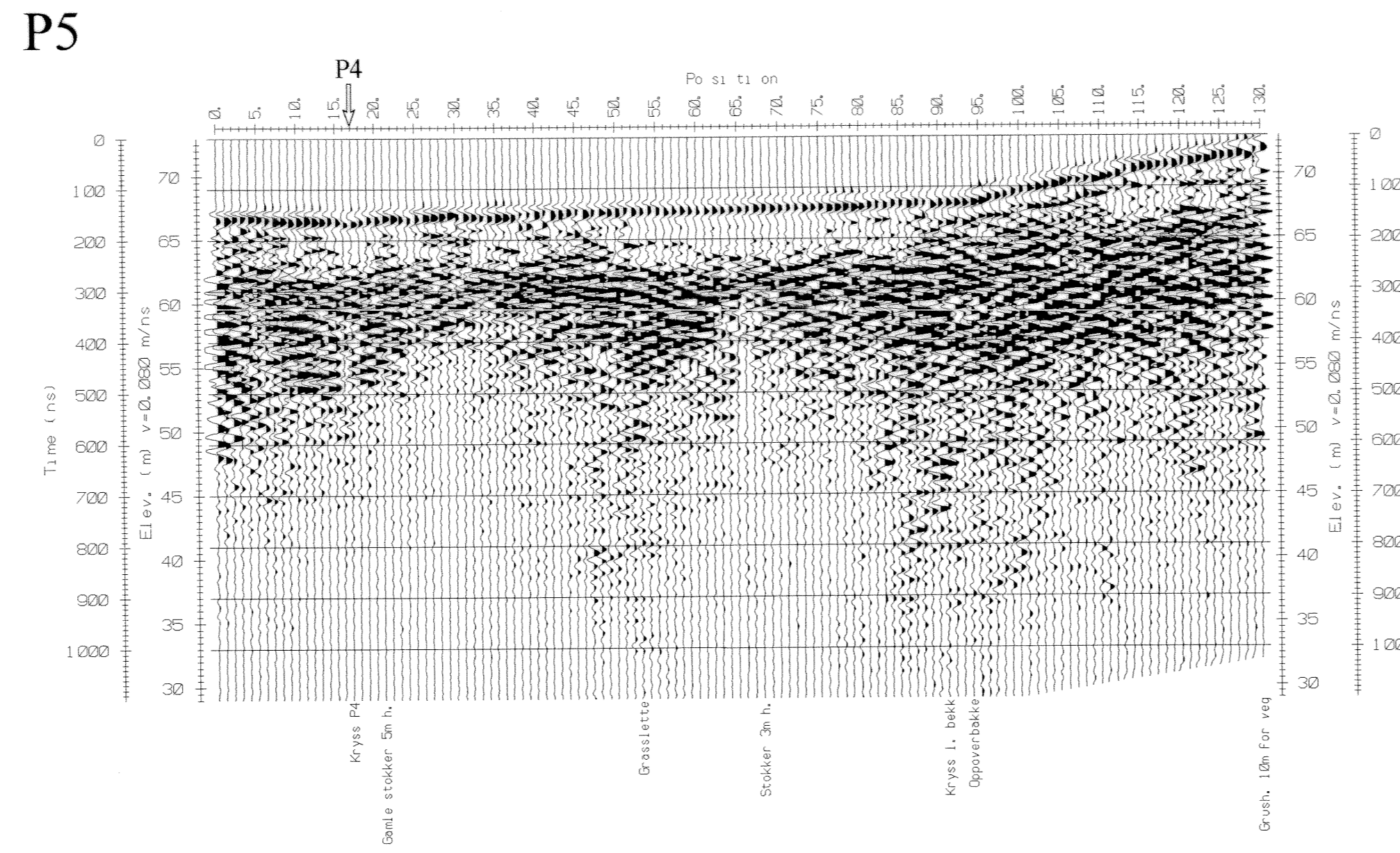
P4



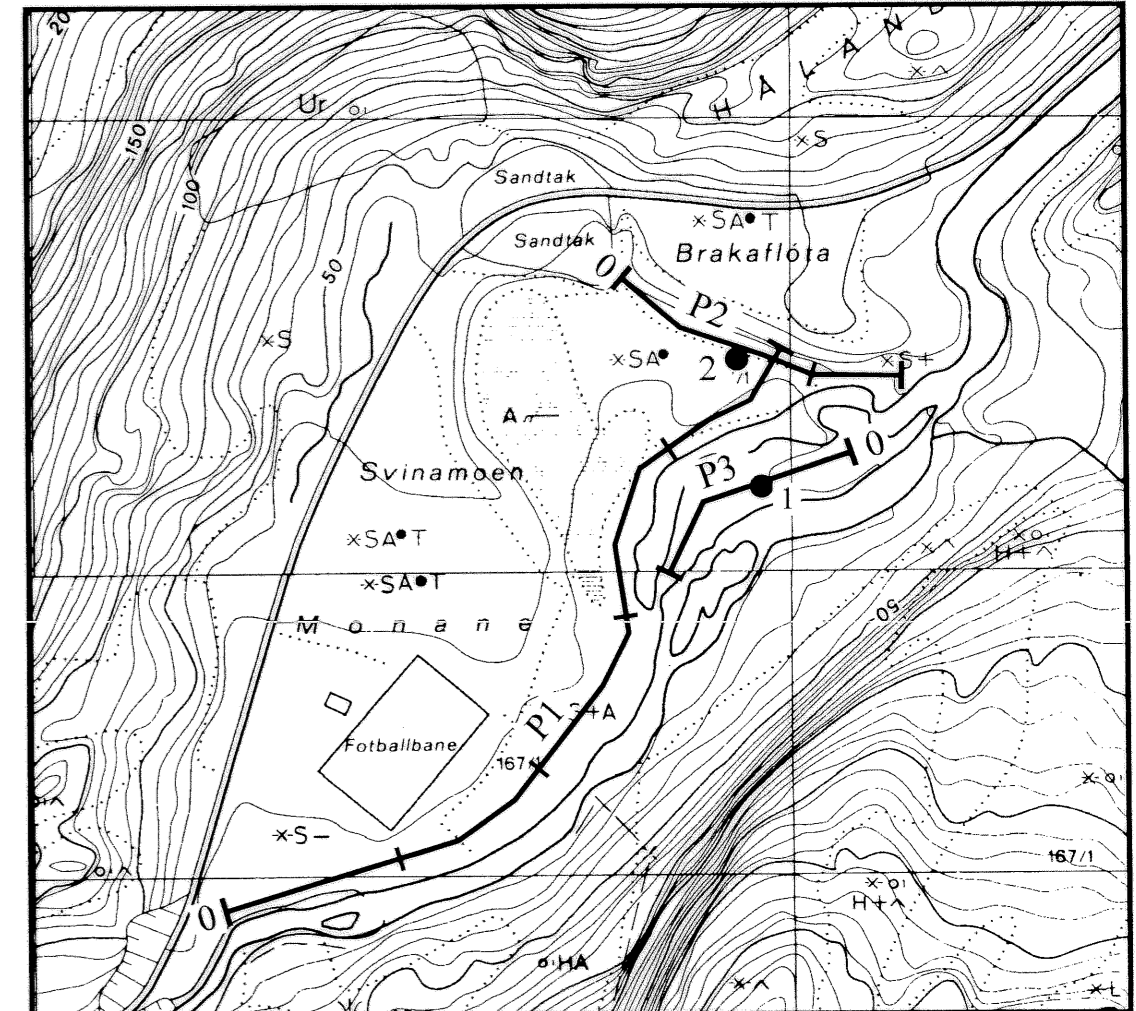
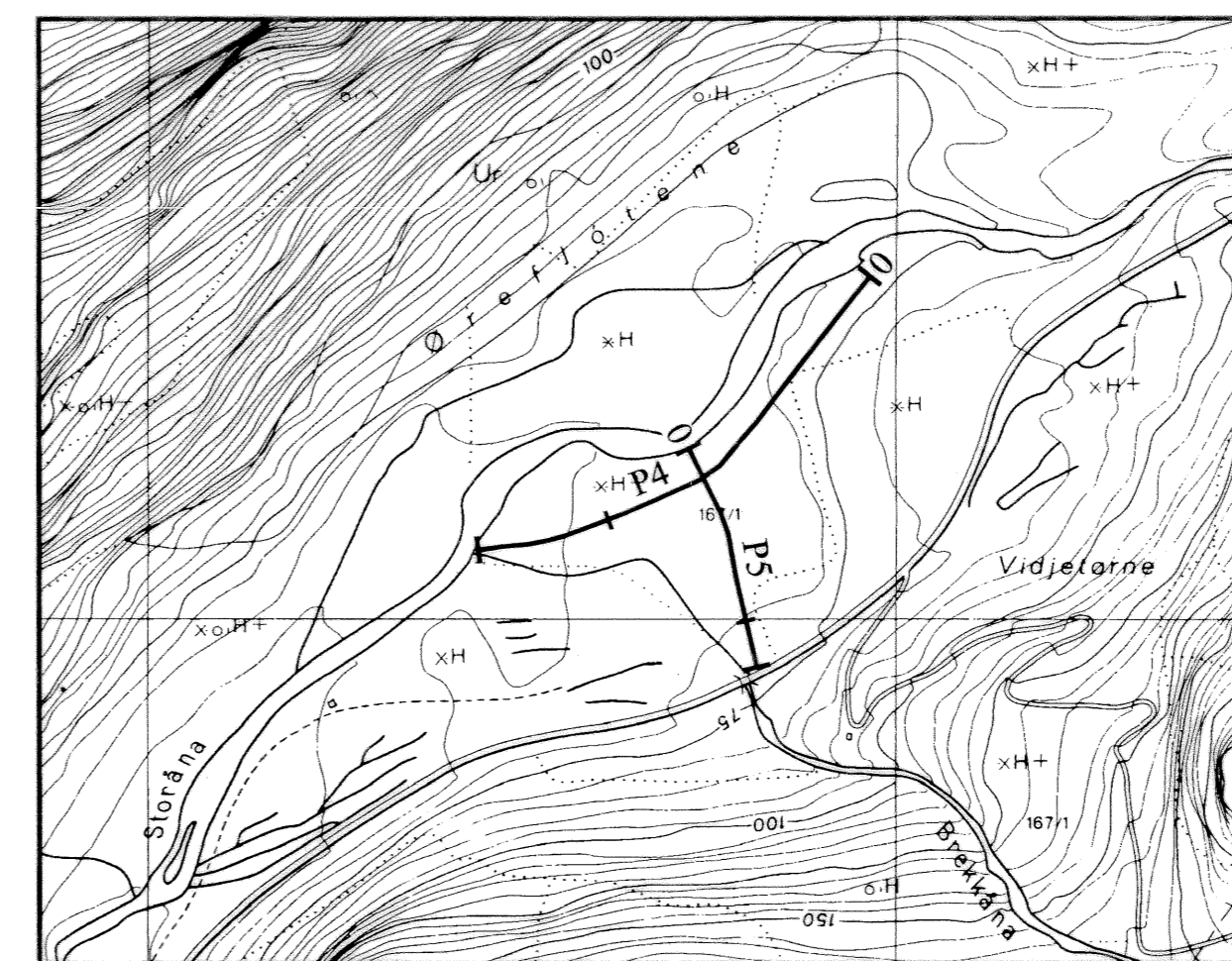
P3



P5

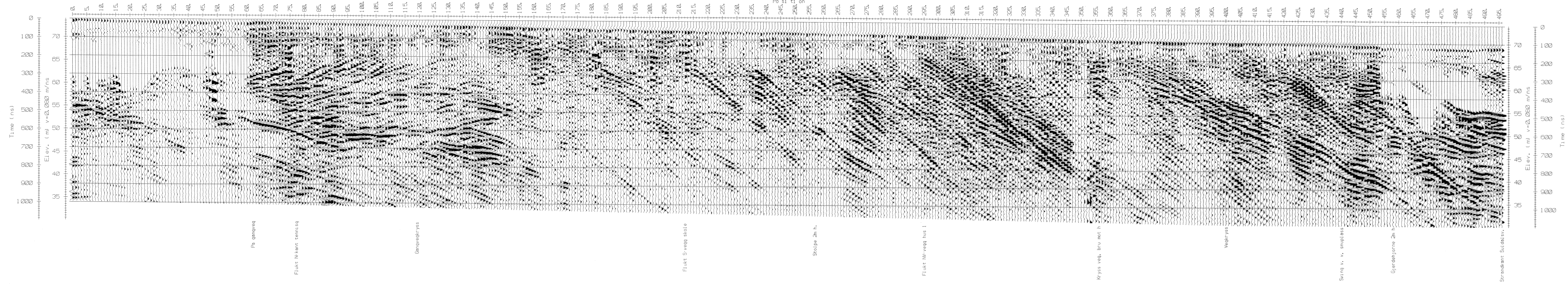


**TEGNFORKLARING:**  
 — georadarprofil m/startposisjon og markering for hver 100 meter  
 ● sonderboring m/testpumping

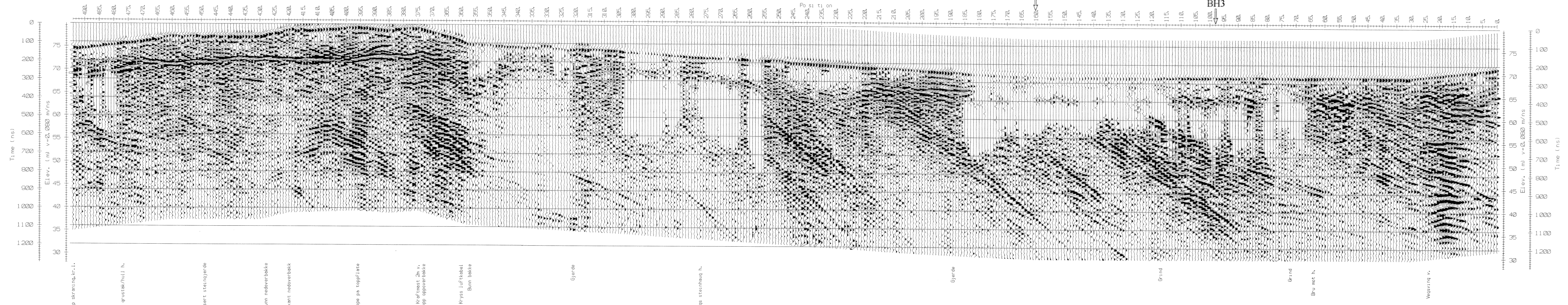


SULDAL KOMMUNE GEORADAROPPTAK P1, P2, P3, P4, P5 <b>HÅLANDSDALEN</b> SULDAL KOMMUNE, ROGALAND		MÅLESTOKK 1:5000 (Kart)	MÅLT JFT TEGN EM TRAC KFR	Juli -96 Feb. -97
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM		TEGNING NR 97.041-8	KARTBLAD NR AP 032-5-2/4	

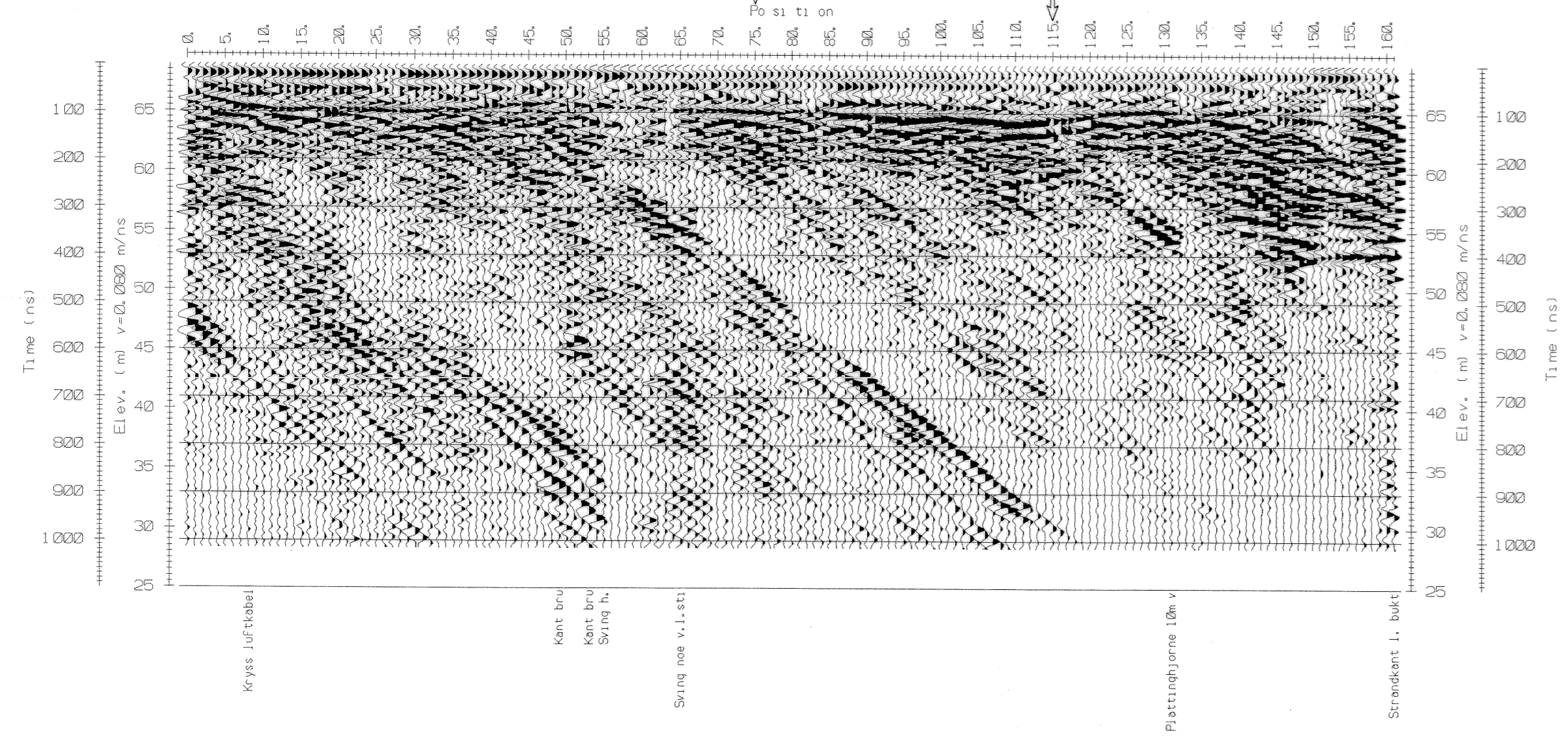
P6



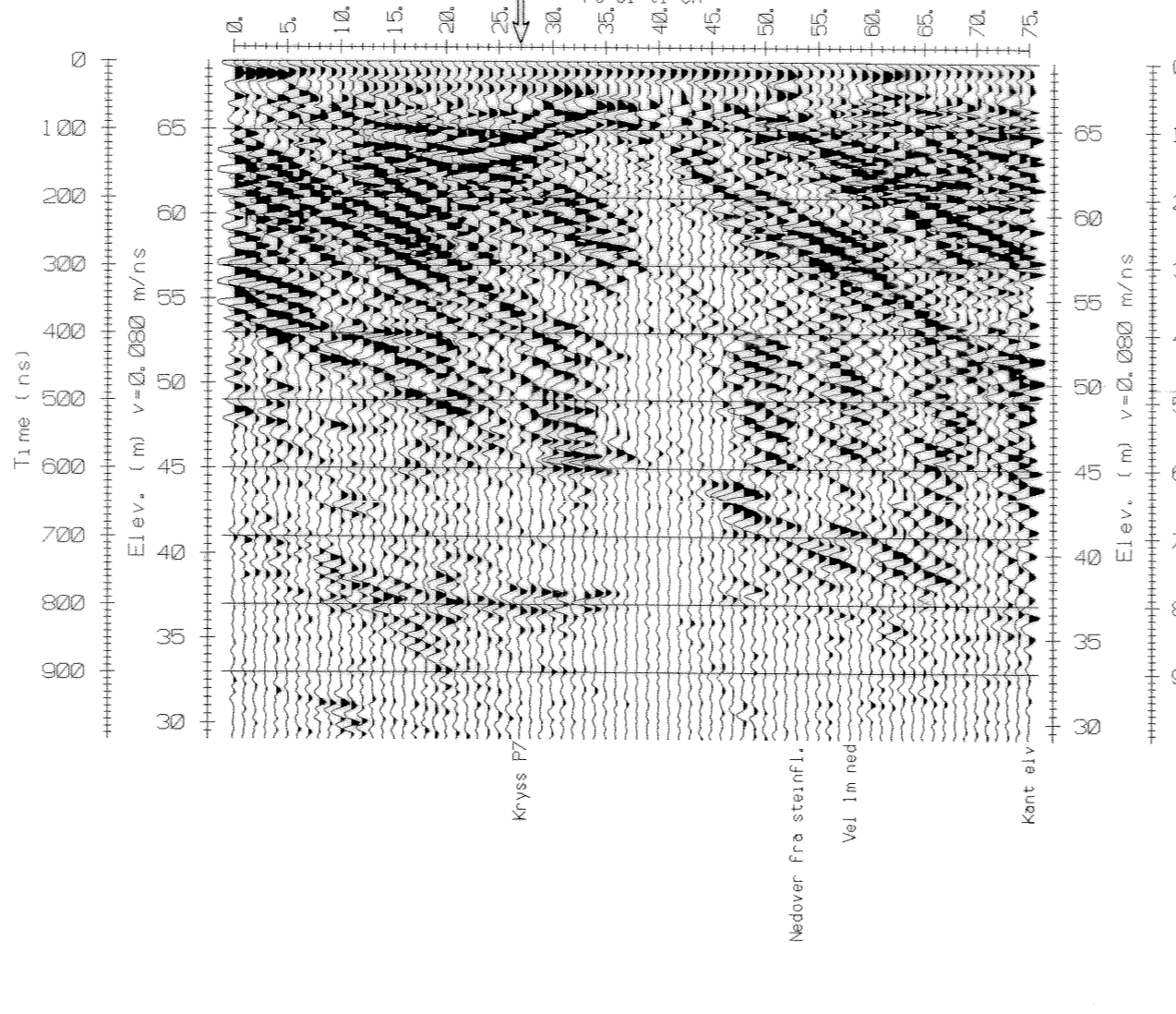
P9



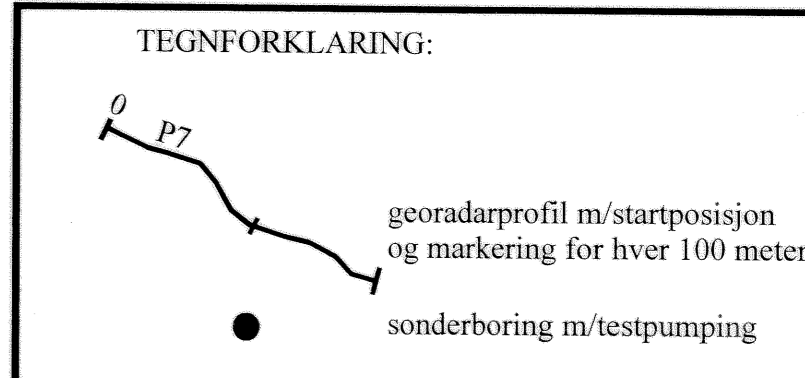
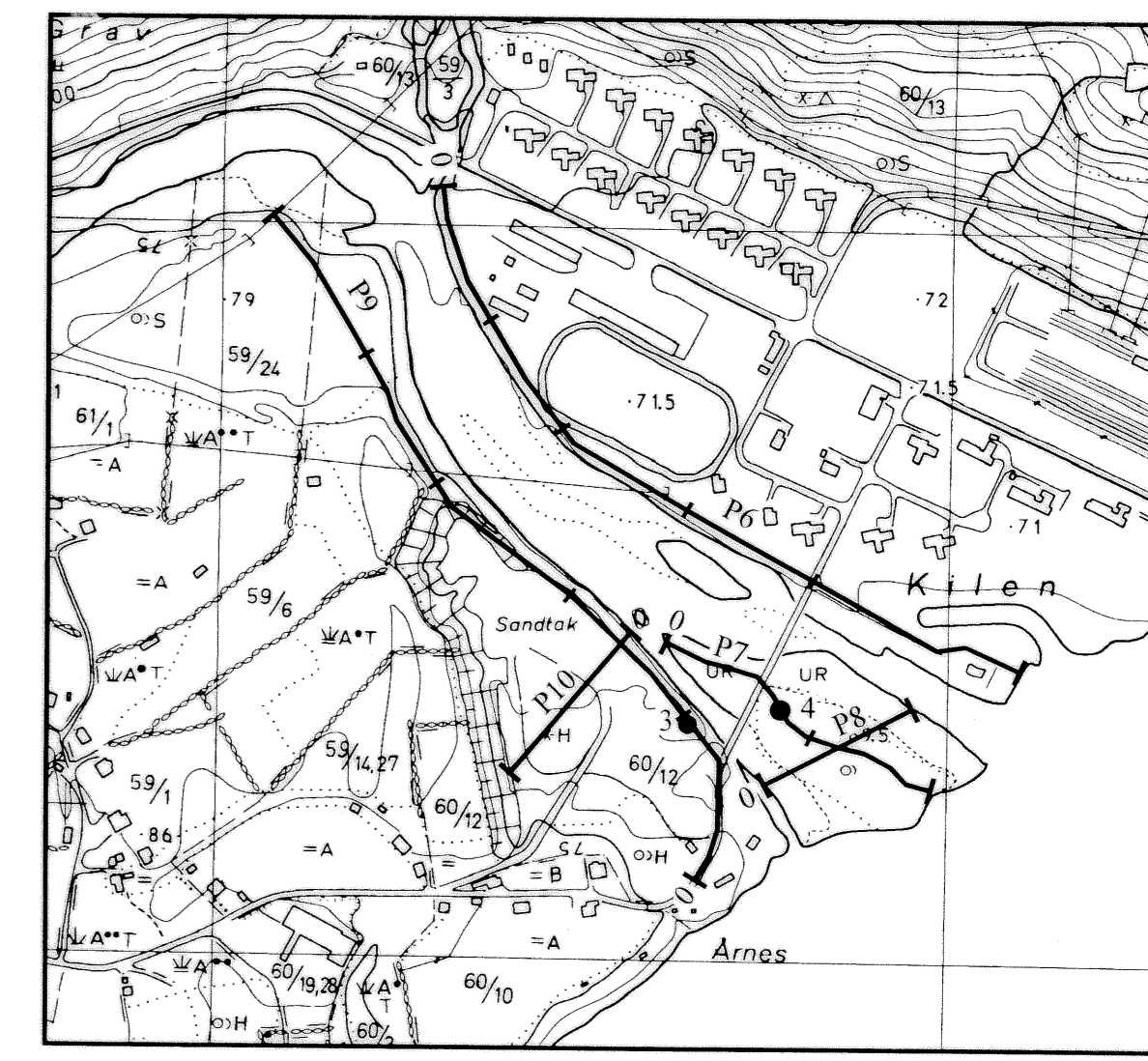
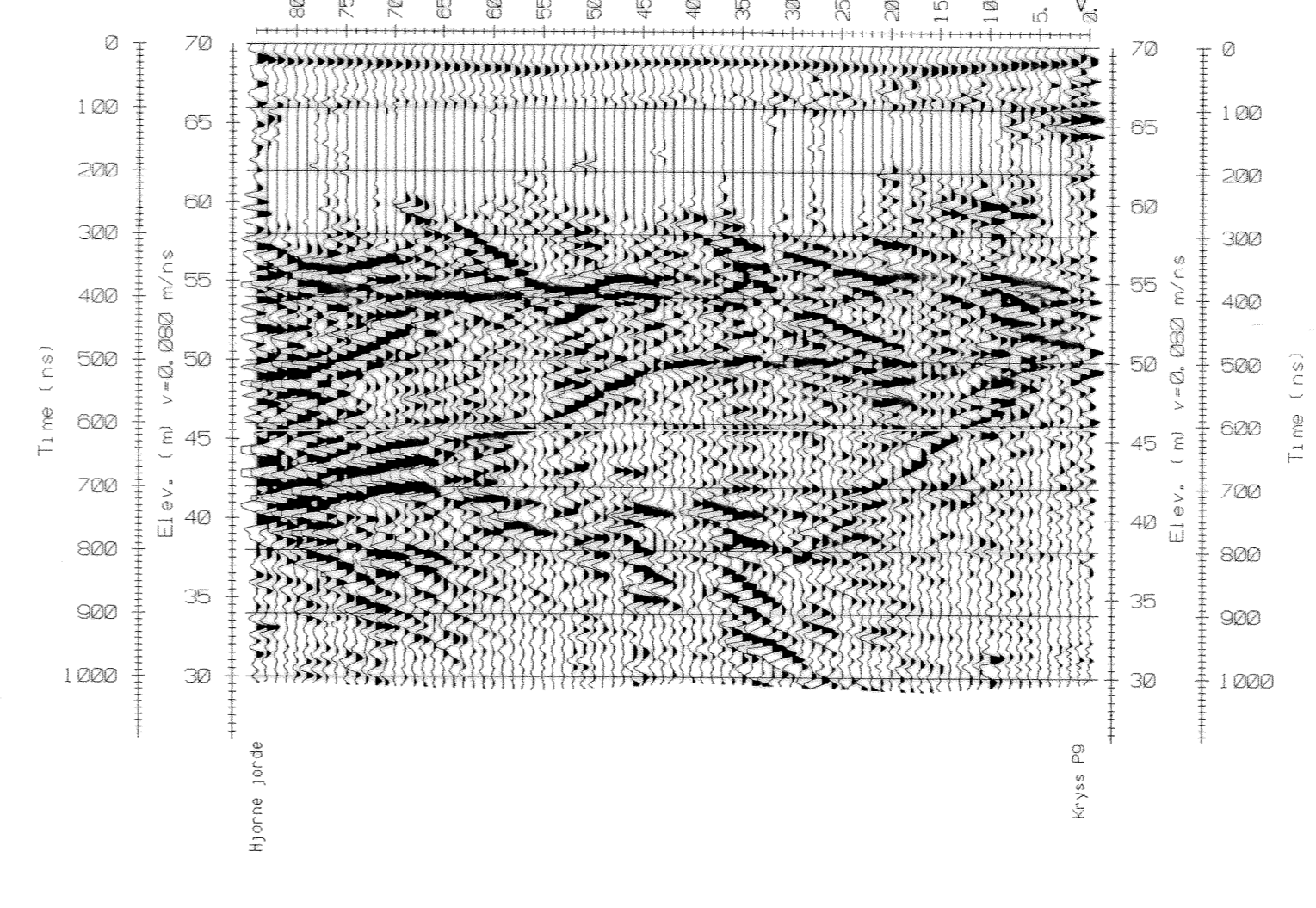
P7



P8



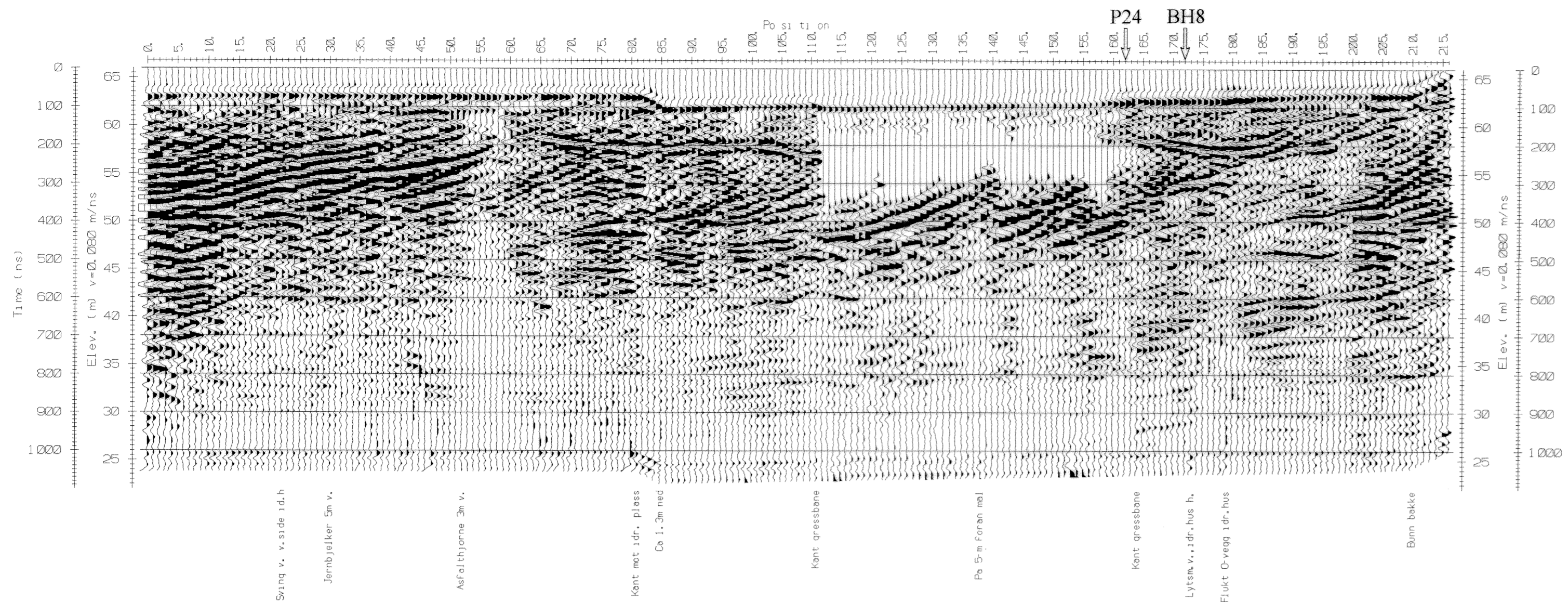
P10



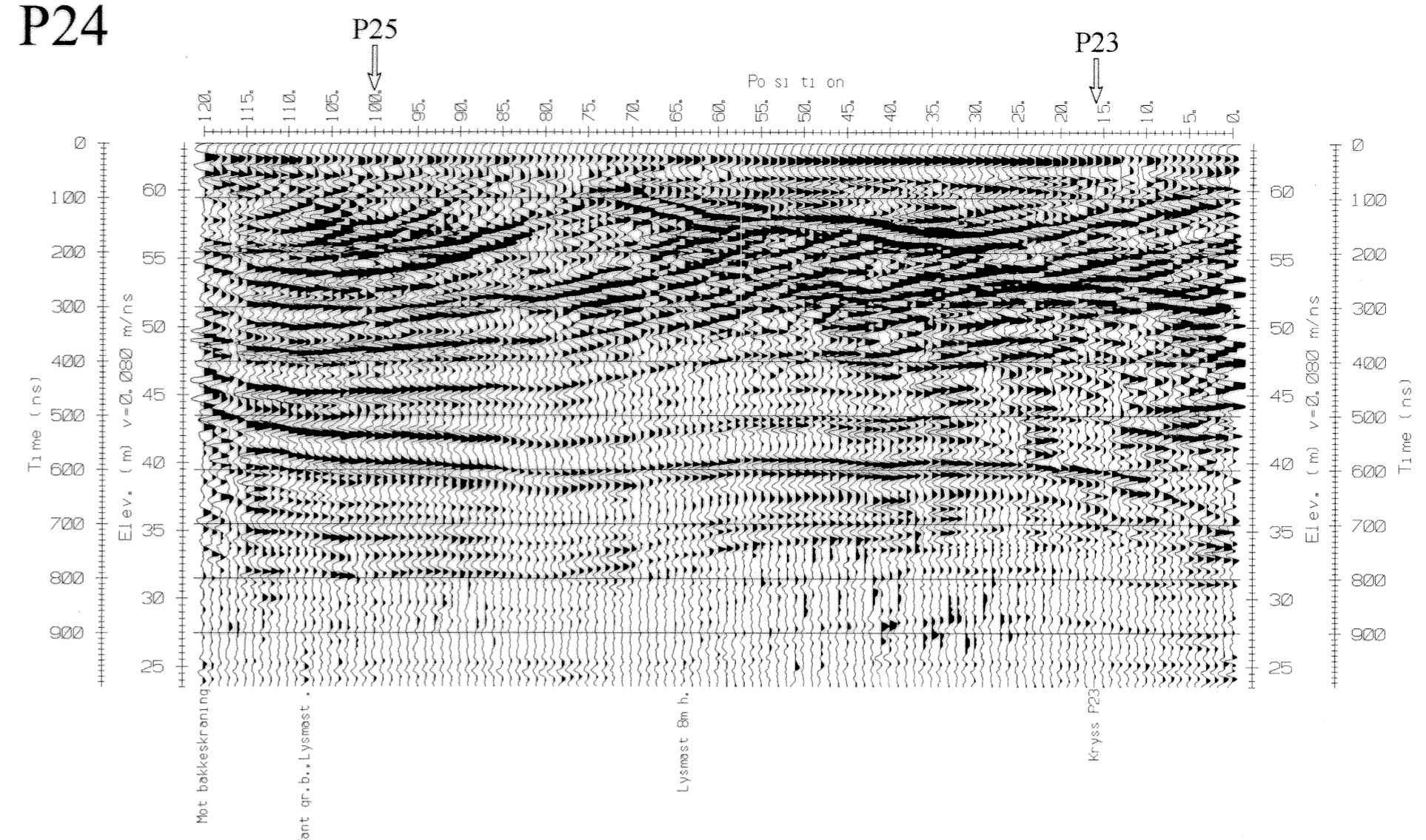
SULDAL KOMMUNE  
 GEORADAROPPTAK P6, P7, P8, P9, P10  
**NESFLATEN**  
 SULDAL KOMMUNE, ROGALAND  
 NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
 TRONDHEIM

MÅLESTOKK	MÅLT JET	Jul -96
1:5000 (Kart)	TEGN EM	Feb -97
	TRAC	
	KFR	
TEGNING NR	KARTBLAD NR	
97.041-9	AU 039-5-4	

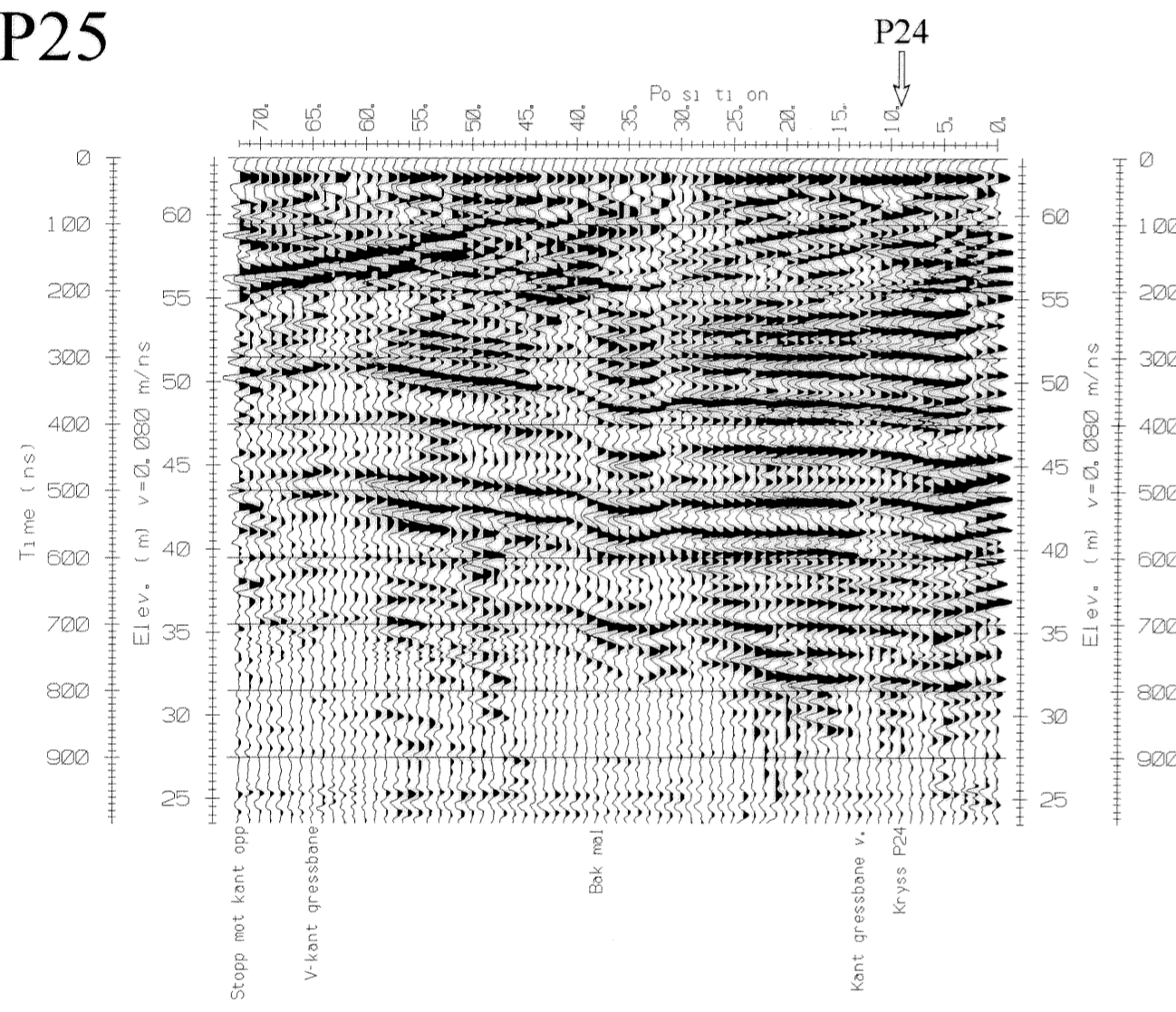
P23



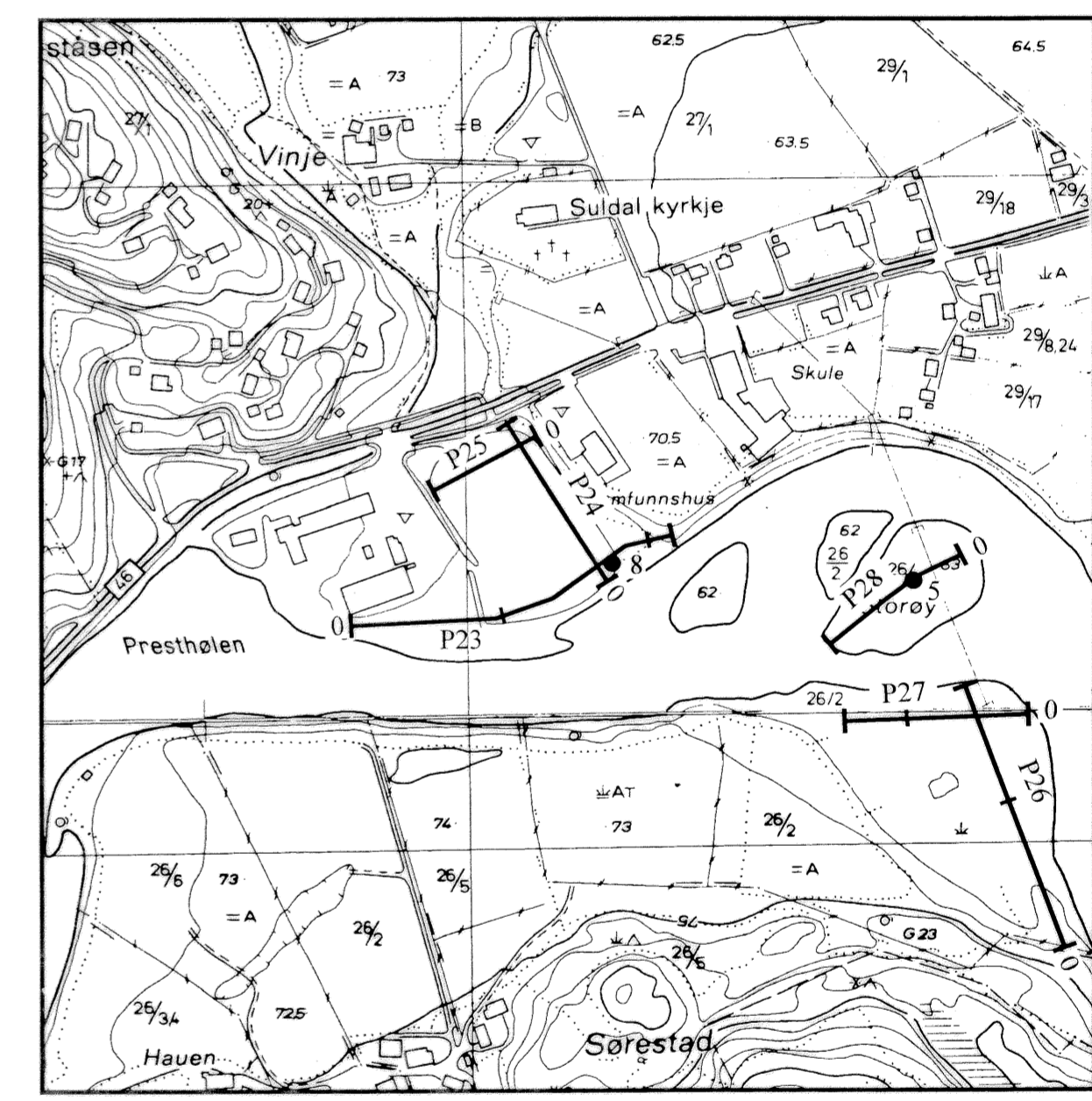
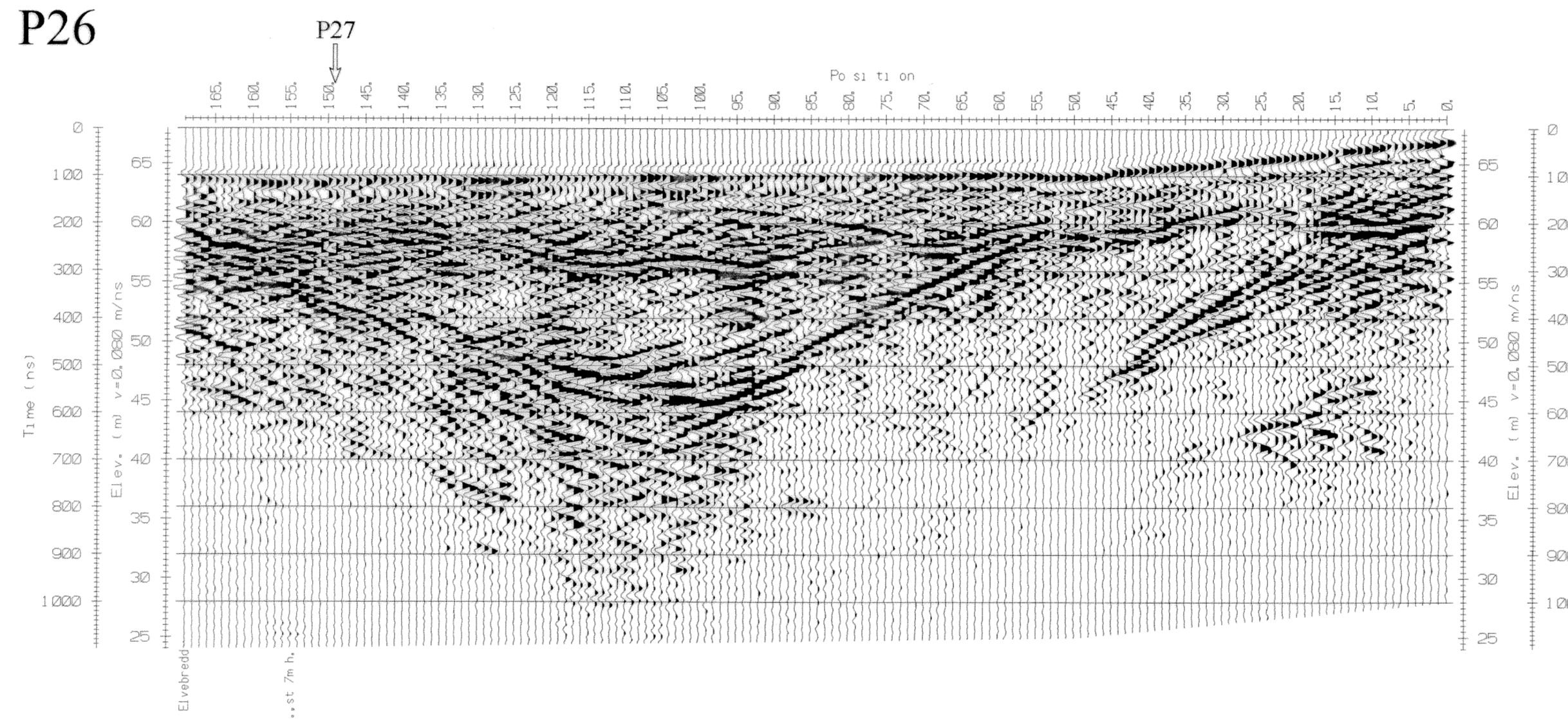
P24



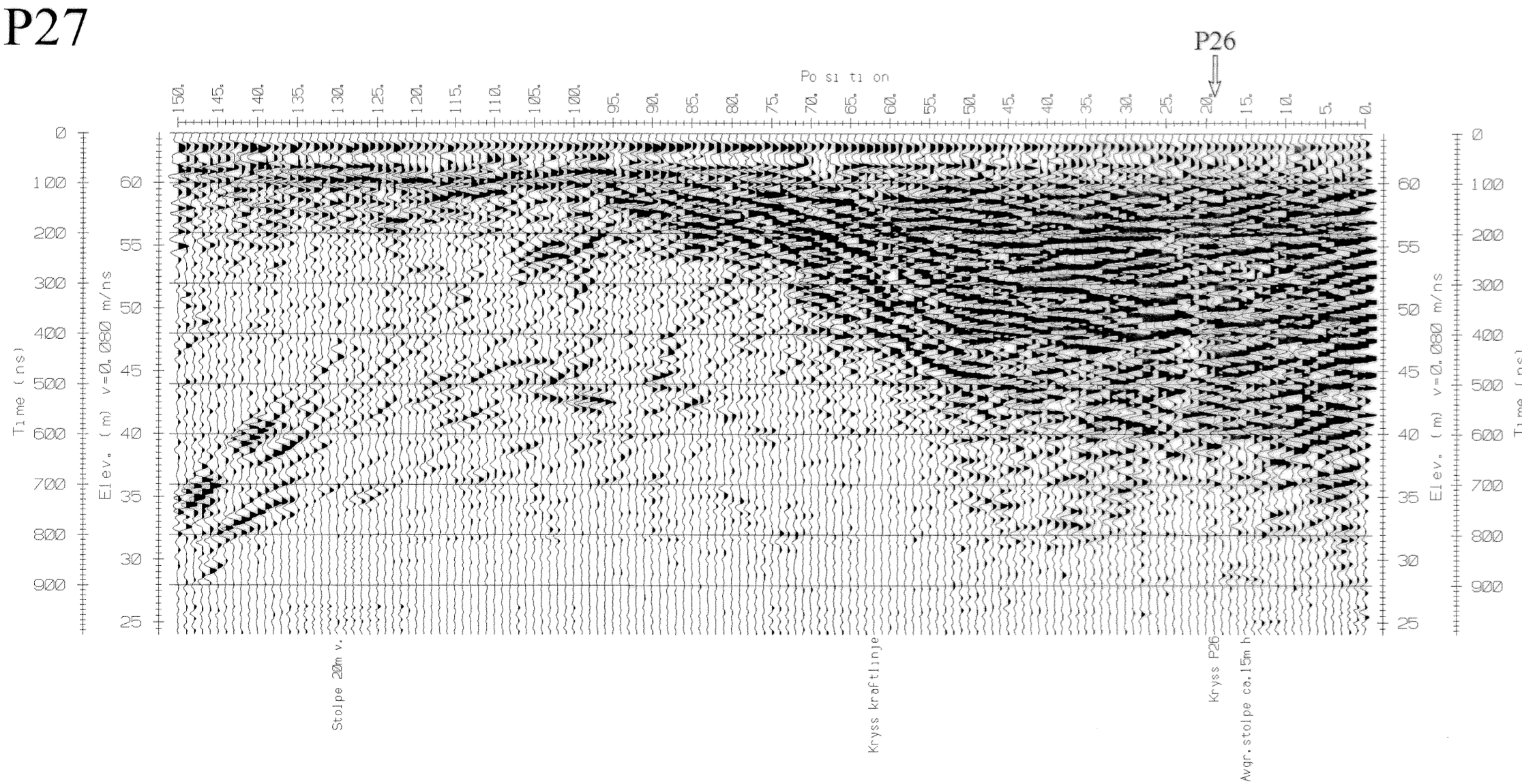
P25



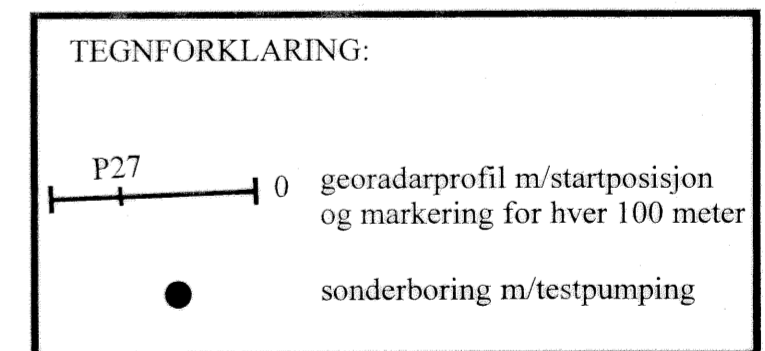
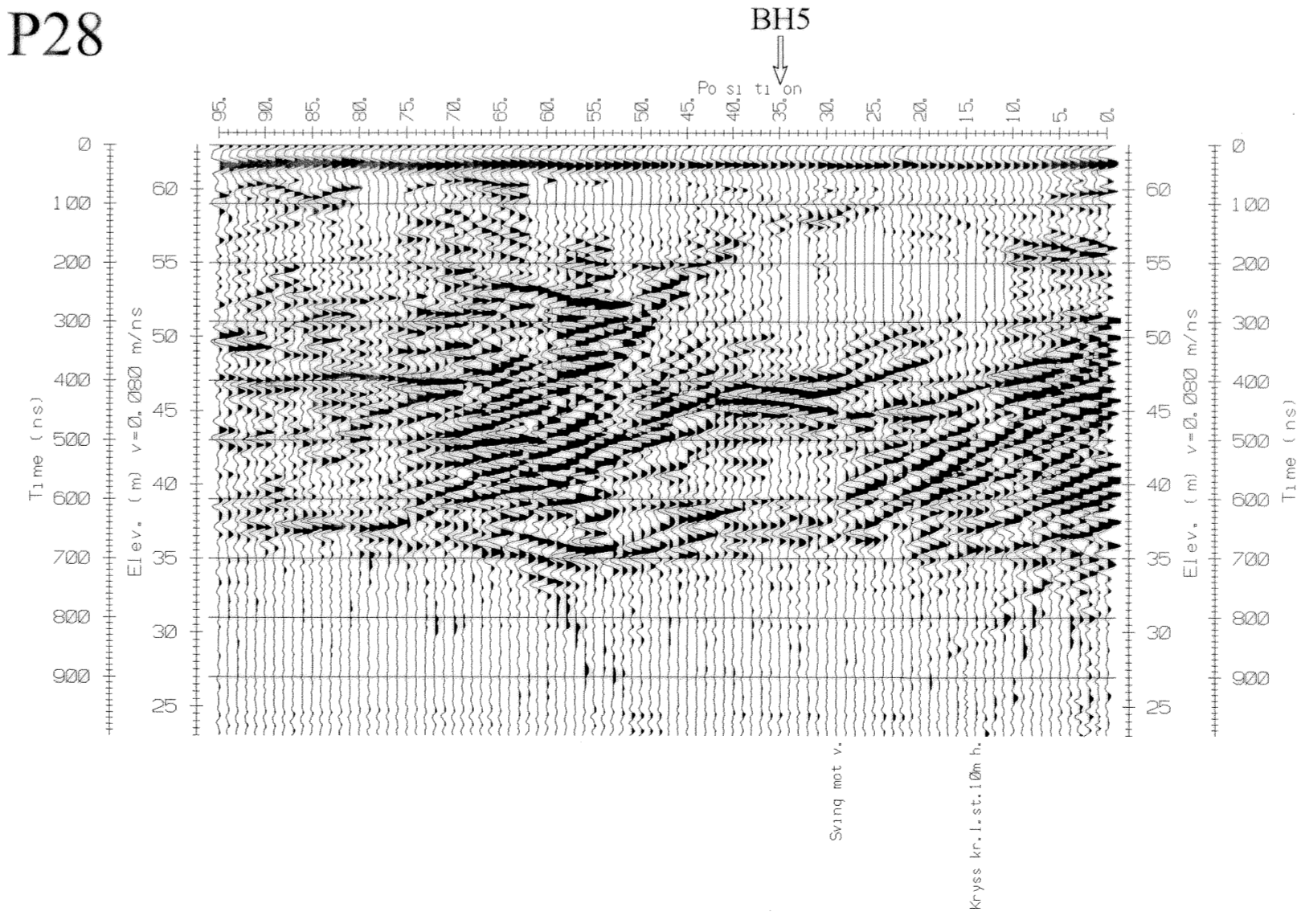
P26



P27



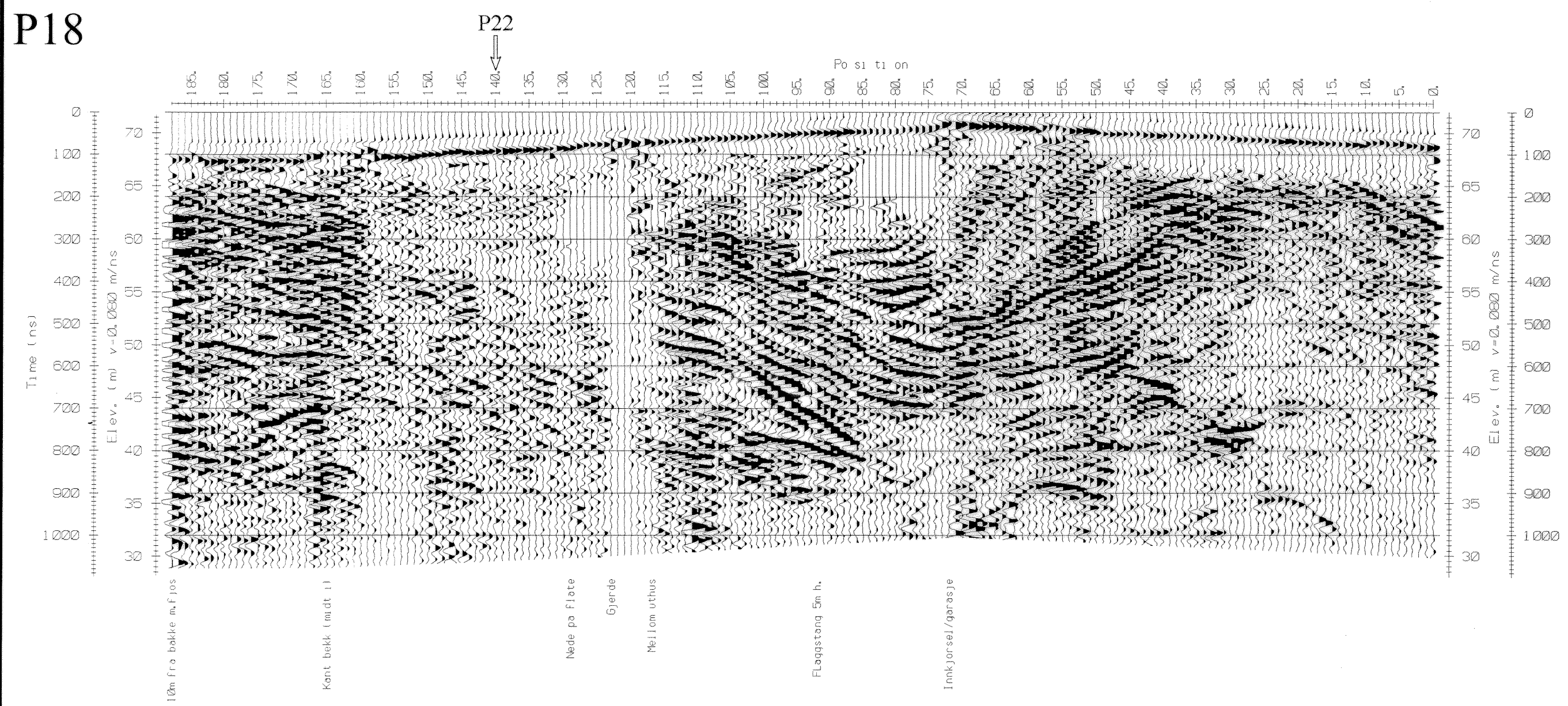
P28



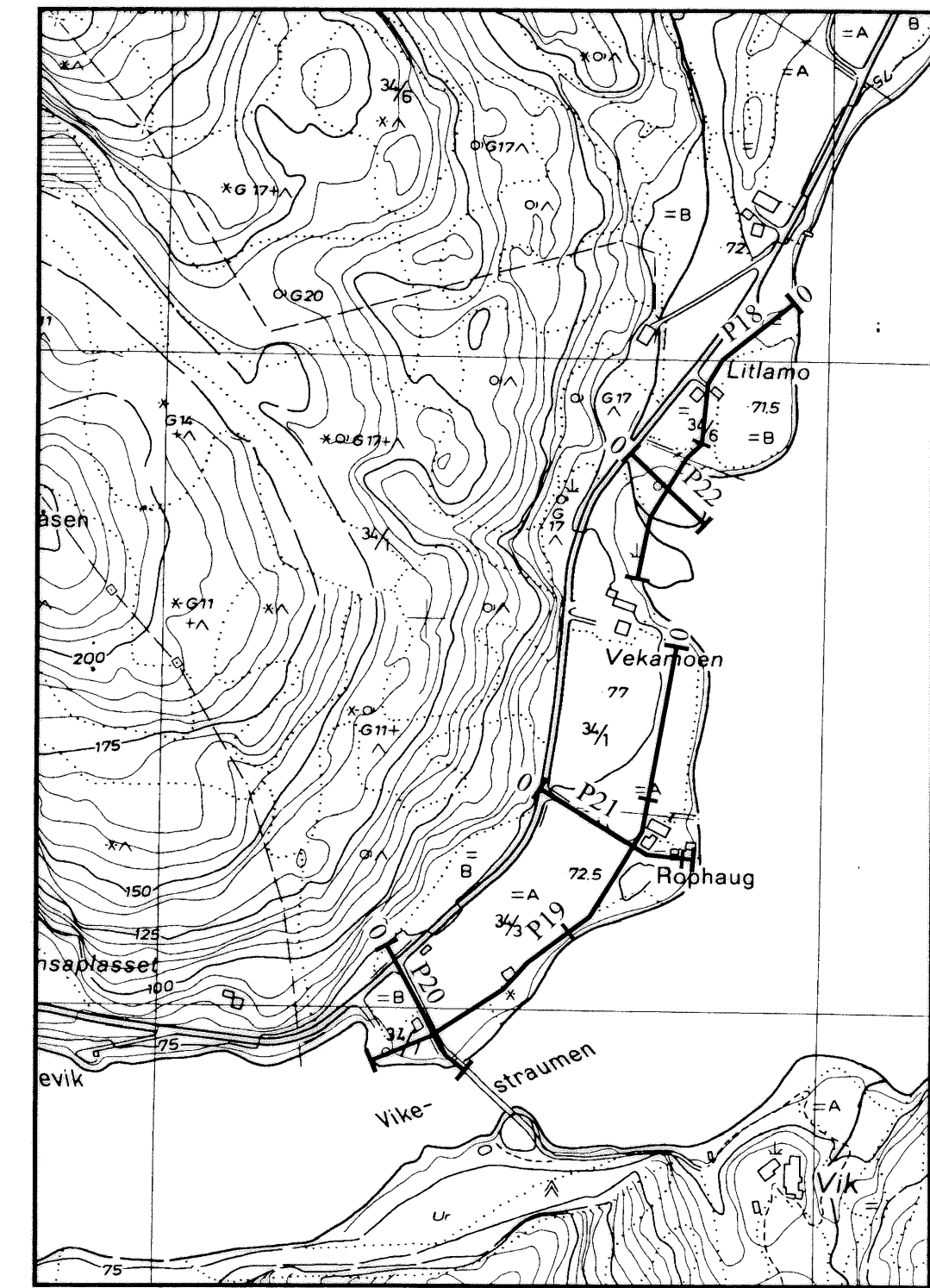
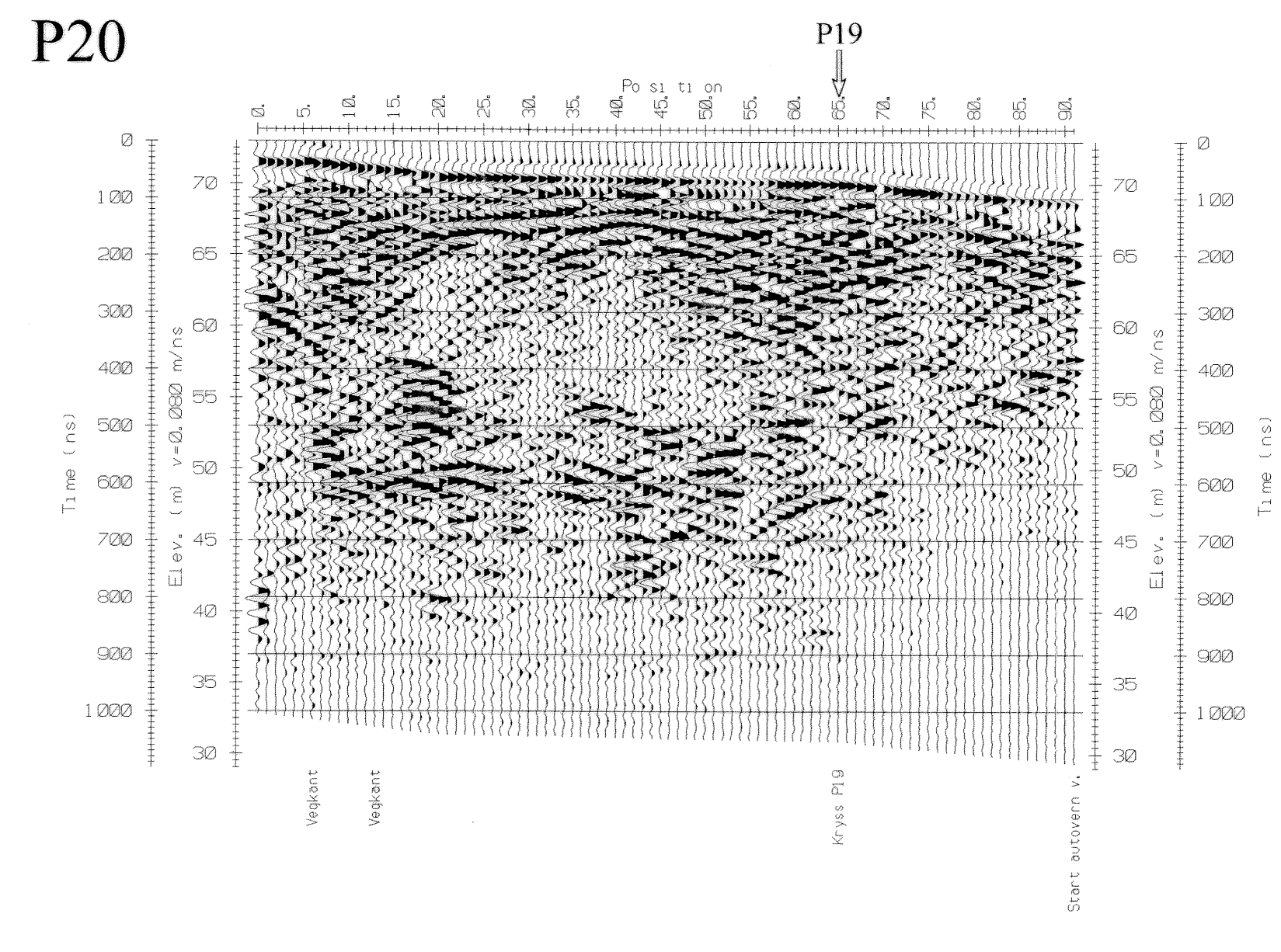
SULDAL KOMMUNE GEORADAROPPTAK P23, P24, P25, P26, P27, P28 SULDALSOSUNE	MÅLESTOKK 1:5000 (Kart)	MÅLT JFT TEGN EM TRAC KFR	Jul -96 Feb. -97
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR 97.041-10	KARTBLAD NR AR 035-5-2/4	



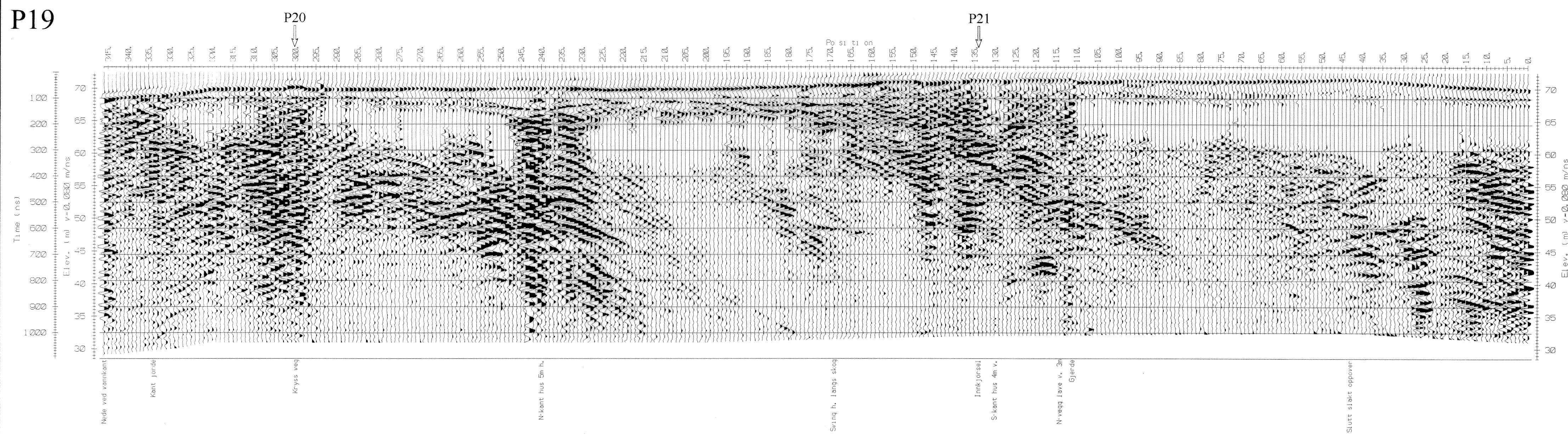
P18



P20

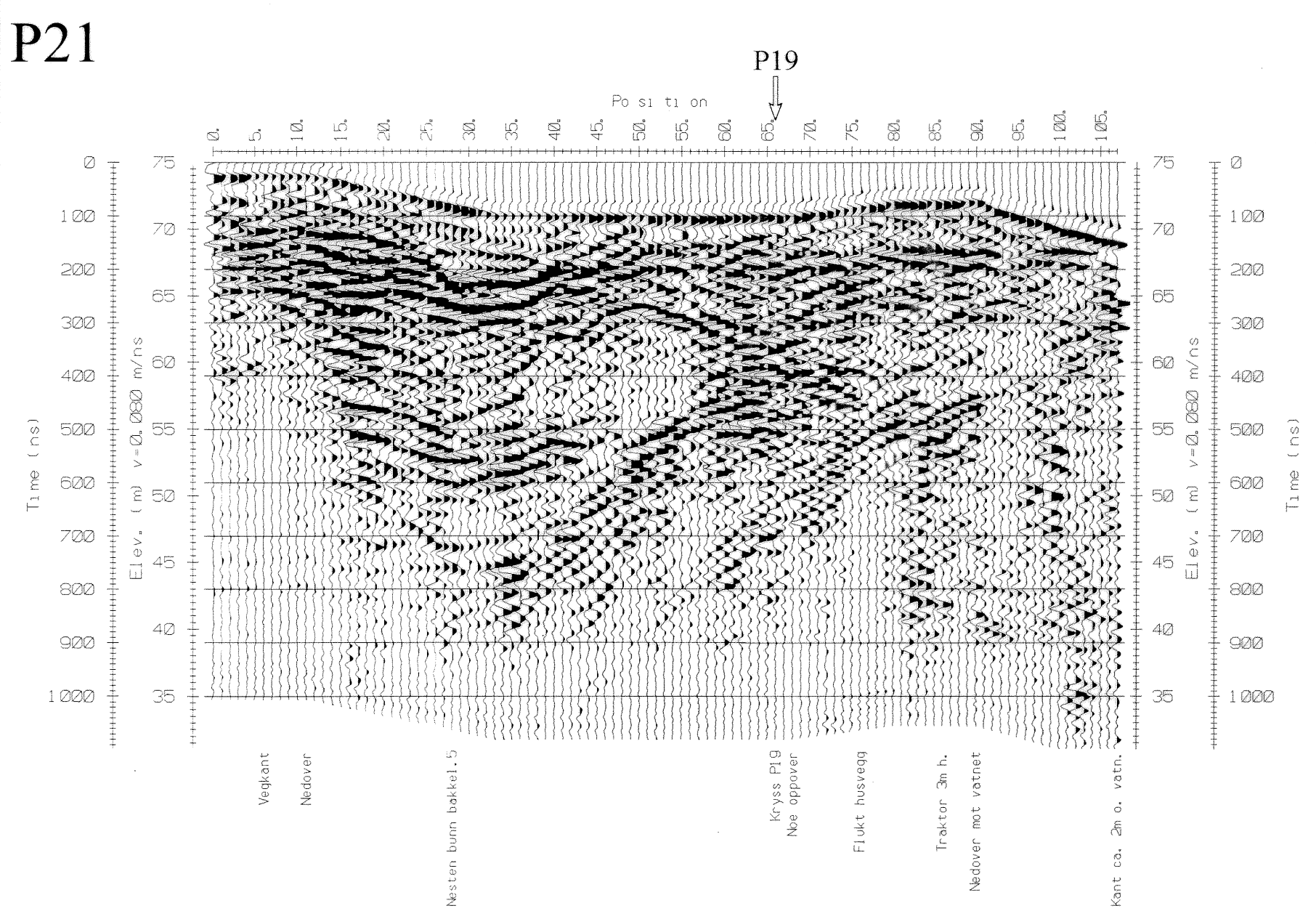


P19

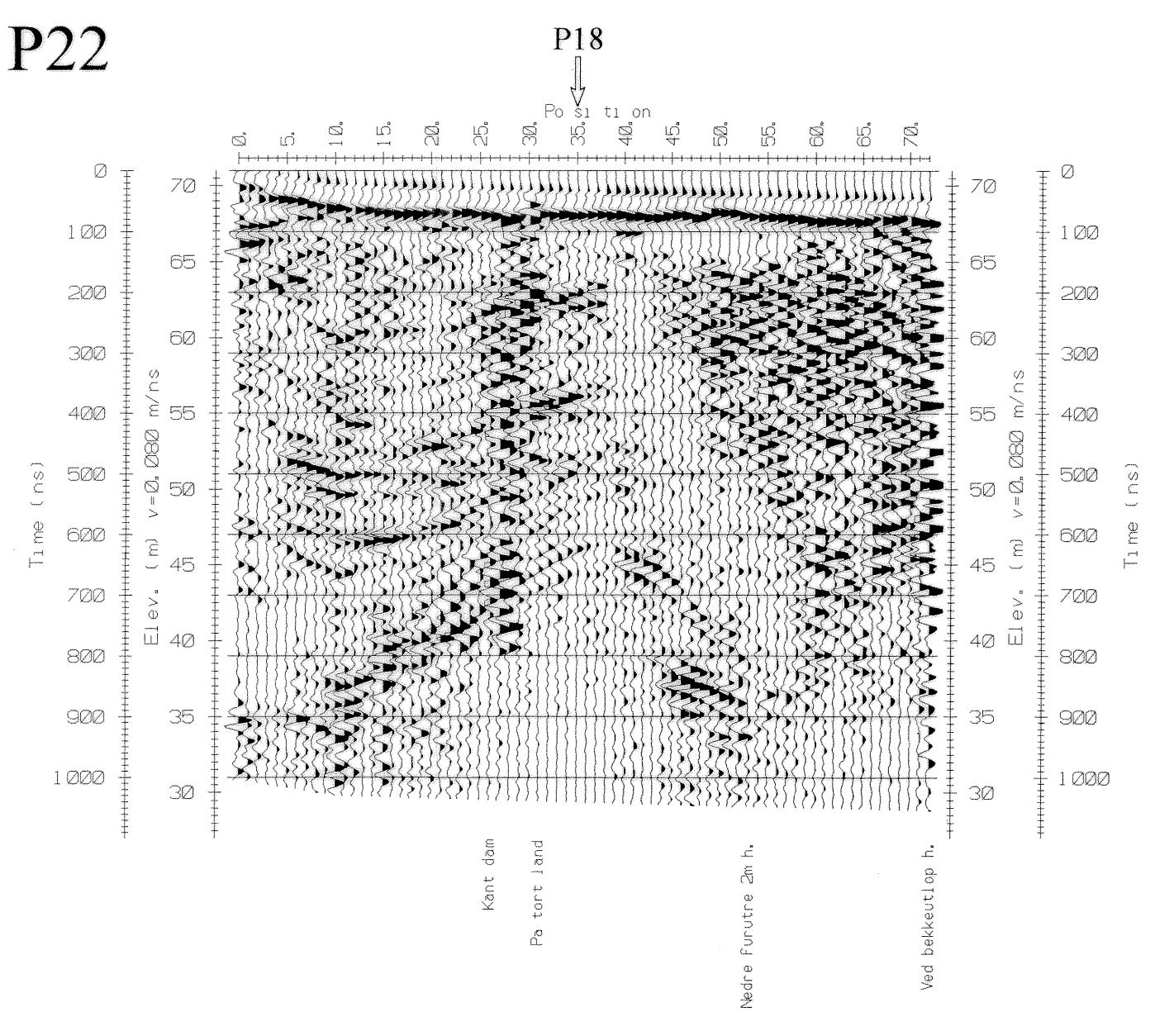


TEGNFORKLARING:  
Georadarprofil m/startposisjon og markering for hver 100 meter

P21



P22



SULDAL KOMMUNE GEORADAROPPTAK P18, P19, P20, P21, P22 <b>SULDALSØSEN</b> SULDAL KOMMUNE, ROGALAND	MÅLESTOKK 1:5000 (Kart)	MÅLT JFT TEGN EM TRAC KFR	Jul -96 Feb -97
	NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR 97.041-12	KARTBLAD NR AS 035-5-1