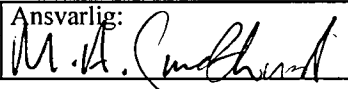


NGU Rapport 2000.129

Georadarmålinger for grunnvannsundersøkelser
ved Braskereidfoss vannverk

Rapport nr.: 2000.129		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: Georadarmålinger for grunnvannsundersøkelser ved Braskereidfoss vannverk			
Forfatter: Jan Fredrik Tønnesen		Oppdragsgiver: NGU / Våler kommune	
Fylke: Hedmark		Kommune: Våler	
Kartblad (M=1:250.000) Hamar		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 2016 III Våler	
Forekomstens navn og koordinater: Braskereidfoss 32V 6526 67339		Sidetall: 17 Kartbilag: 7	Pris: 205,-
Feltarbeid utført: 24.-25.05.2000	Rapportdato: 15.12.2000	Prosjektnr.: 2713.04	Ansvarlig: 
<p>Sammendrag:</p> <p>I samarbeid med Våler kommune har NGU utført georadarmålinger i området rundt grunnvannsbrønnene for Braskereidfoss vannverk. Hovedområdet er begrenset til maksimum 500 m fra brønnene, men i tillegg er det målt et 1 km langt profil 750-1000 m nordafor. Målingene omfatter totalt 12 profiler med samlet lengde vel 4 km. Formålet var å kartlegge løsmassefordeling og grunnvannsforholdene for å få et bredere grunnlag for vurdering av sikringssoner rundt brønnene.</p> <p>Ut fra indikerte ryggformer og veksling i strukturer og refleksjonsmønster er det sannsynlig at meste- parten av løsmassene består av breelavsatt materiale med bare et toppdekke av yngre elveavsetninger. Breelvmaterialet er avsatt i flere faser og på ulike måter under isavsmeltingen, men de forholdsvis grove avsetningene i brønnområdet regnes å være en ryggform avsatt like sør for isfronten.</p> <p>Målingene bekrefter tidligere undersøkelser at det i brønnområdet opptrer et grunnvannsspeil i nivå 163.5-165 m o.h. I områdene rundt ligger grunnvannsspeilet i et høyere nivå og det har et slakt fall mot sør og sørvest fra 170-171 m o.h. i nord og øst til 167-168 m o.h. i sør og sørvest. Dette øvre grunnvannsnivået ligger godt over Glåmas nivå, mens grunnvannsspeilet i brønnområdet ligger nær elvenivået ovenfor Braskereidfossen. I en overgangssone rundt brønnområdet, unntatt i sør, er begge grunnvannsnivåene indikert.</p> <p>Ved begrenset (normalt) grunnvannsuttak fra brønnene regnes det å foregå en diffus grunnvannstilstrømning til brønnområdet fra de omkringliggende områder med høytliggende grunnvannsspeil. Ved kraftigere utpumping med senkning av det nedre grunnvannsspeilet er det også mulig at Glåma mater grunnvannsmagasinet, men i hvilken utstrekning dette skjer er uklart. Ut fra georadarkartleggingen synes elvebredden fra Støa camping og noen hundre meter nordover å være det mest sannsynlige og viktigste innstrømningsområde fra Glåma.</p> <p>Den beregnede virkningsradius for 60 døgns oppholdstid på 160 m opprettholdes som tilstrekkelig sikringszone når det gjelder bakteriologisk sikkerhet. I et forholdsvis vidt område utenfor dette bør imidlertid kommunen holde oversikt over og kontroll med all forurensende virksomhet, spesielt med tilførsel av lite eller ikke nedbrytbare uønskede stoffer til grunnen. For å kunne avgrense dette influensområdet til grunnvannsanlegget er det nødvendig å utføre målinger av vannnivå langs Glåma og grunnvannsnivå i flere observasjonsrør rundt grunnvannsanlegget over en lengre periode.</p>			
Emneord: Geofysikk	Georadar		Løsmasse
Grunnvann			
			Fagrapport

INNHold

1. INNLEDNING	4
2. MÅLEMETODE OG UTFØRELSE	4
3. RESULTATER	6
3.1 Profilbeskrivelser	6
3.1.1 Brønnområdet (P1, P1X, P2, P3 og P4)	6
3.1.2 Hovedområdet (P5, P5X, P6, P7, P8, P9, P11 og P12).....	7
3.1.3 Område nord (P10X).....	9
3.2 Sammenfattende tolkning og vurdering	10
3.2.1 Geologisk modell	10
3.2.2 Grunnvannsspeil.....	11
3.2.3 Grunnvannskommunikasjon.....	11
3.2.4 Vurdering av tiltak	12
4. REFERANSER	13

TEKSTBILAG

1. Georadar – metodebeskrivelse
2. Skjema for tolkning av refleksjonsmønster

DATABILAG

1. CMP-måling med hastighetsanalyse (CMP1)

KARTBILAG

- 2000.129-01 Oversiktskart Braskereidfoss (M 1:50 000)
- 2000.129-02 Georadaropptak P1, P1X, P2, P3 og P4 (Brønnområdet)
- 2000.129-03 Georadaropptak P5, P5X og P11 (Hovedområdet)
- 2000.129-04 Georadaropptak P6 og P7 (Hovedområdet)
- 2000.129-05 Georadaropptak P8, P9 og P12 (Hovedområdet)
- 2000.129-06 Georadaropptak P10X (Område nord)
- 2000.129-07 Tolkningskart – georadarmålinger (M 1:5 000)

1. INNLEDNING

I samarbeid med Våler kommune har NGU utført georadarmålinger i området rundt grunnvannsbrønnene for Braskereidfoss vannverk. Løsmassebrønnene er lokalisert i et nedlagt sandtak vel 600 m øst for Braskereidfossen i Glåma (se kartbilag -01). Hovedområdet for målingene er begrenset til maksimum 500 m fra brønnene, men i tillegg er det målt et forholdsvis langt georadarprofil lenger nord som ligger 750-1000 m fra brønnområdet.

Formålet med målingene var å kartlegge løsmassevariasjoner både lateralt og vertikalt, mektighet av mulig utnyttbar vannmettet sone, grunnvannsspeilets nivå og variasjon og mulig grunnvannskommunikasjon med Glåma. Denne kartleggingen skulle danne grunnlag for en ny og bredere vurdering av egnede sikringssoner rundt brønnene.

Ut fra tidligere pumpeforsøk utført av NGU er det kommet fram til at en gjennomsnittlig radius for 60 døgns oppholdstid er på 160 m fra brønnpunkt (Misund 1991). I nærområdet til brønnene, dvs. i peilerør innenfor en radius på 110 m, ble det den gang registrert et grunnvannsspeil på rundt 163 m o.h. og det er indikert at dette grunnvannsnivået fluktuerer med vannstanden i Glåma. Prøvepumpingen tyder på at vanninstrømningen mot brønnen har en hovedkomponent fra nord, men dreier og kommer fra mer vestlig kant ved kraftigere vannuttak. Sonderboringer, prøvetaking og nedsatte peilerør lenger unna brønnområdet indikerer større innslag av mer finstoffrikt materiale, og grunnvannsnivået ligger høyere og har slakt fall fra nord mot sør, dvs. fra ca. 169 m o.h. 300 m nord for brønn til 166.5 m o.h. like langt sør for brønn. Ved en sonderboring 110 m nordvest for brønnene ble begge grunnvannsnivåene påvist. Under pumpeforsøket ble det ikke registrert endringer i det øvre grunnvannsnivået, mens det nedre grunnvannsnivået nærmere brønnene gjennomgående ble senket med 0,6 m.

2. MÅLEMETODE OG UTFØRELSE

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

For alle profilene ble det benyttet en sender på 1000V. For 11 profiler (P1-P9 og P11-P12) ble det benyttet antenner med senterfrekvens 100 MHz og med opptakstid på 1000 ns (nanosekunder) og samplingsintervall på 0,8 ns. For profil P10X ble det anvendt antenner med senterfrekvens 50 MHz og med opptakstid på 1400 ns og samplingsintervall 1,6 ns. For sammenligning av antennetypene i området ble P1 og de sørligste 300 m av P5 målt om igjen med 50 MHz antenner (P1X og P5X).

For å lette gjennomføringen av profilmålingene ble antennene plassert på en håndtrukket spesialvogn med en fast antenneavstand på 1,0 m. Et tilhørende målehjul registrerte avstand langs profilet, og fra en kontrollenhet ble målepunktavstanden forhåndsinnstilt slik at radaren automatisk utførte måling for hver 0,5 m. I hvert målepunkt (posisjon) ble det foretatt 8 registreringer som ble summert. Underveis langs profilet ble det skrevet inn kommentarer ved passering av peilerør, kryssende profiler, veier, stier, gjerder, bygninger og andre

terrengdetaljer for å få sikrest mulig profilposisjonering. Ved CMP-målingen (CMP1) ble det benyttet antenner med senterfrekvens 50 MHz og opptakstid på 1400 ns. Georadarmålingene ble utført 24.-25 mai 2000 av NGU-forskerne Atle Dagestad og Jan Fredrik Tønnesen.

Ved utskrift av profilopptakene ble det benyttet egendefinert forsterkning. Ved denne type forsterkning settes bestemte forsterkningsverdier ved bestemte tidspunkt. Ved utskrift blir forsterkningen lineært interpolert mellom forsterkningsverdiene. Georadaropptakene har et relativt kraftig innslag av teknisk støy. For å bedre signal/støyforholdet i opptakene ble høyfrekvente signaler fjernet ved filtrering. For profil målt med 100 MHz antenner ble signaler med frekvens over 125 MHz fjernet, for profil målt med 50 MHz antenner ble frekvenser over 94 MHz fjernet før utskrift. For å redusere innvirkningen av kraftige og bratte skråreflektorer (diffraksjoner og/eller støy) i opptakene fra profilene P5-P12, er det før utskrift foretatt en summering av to og to traser, dvs at hver trase representerer midlere sum av den egentlige trase og trasen foran. I utskriftene er også terrengoverflaten forsøkt lagt inn. Kartgrunnlaget er økonomisk kartverk i målestokk 1:5 000 med koteavstand 5 m. Dette er nokså unøyaktig for å ta ut høyder langs profilene, og det utgravde massetaket framgår heller ikke av kartet. Til god hjelp for høydebestemmelse har vært angitte høyder på sonderboringer, peilerør og brønner fra tidligere rapport (Misund 1991), og i tillegg visuell observasjon av terrengvariasjoner under profileringen. Utskriftene er forsynt med høydeakser som refererer til havnivå. Tabell 1 viser en oversikt over de målte profilene og angir lengde, hvilken antennefrekvens som er benyttet og i hvilke kartbilag profilutskriftene er gjengitt.

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

Tabell 1. Oversikt over antennefrekvens, lengde og utskriftsbilag for hvert profil

Profil	Antenner (MHz)	Lengde (m)	Kartbilagsnr.
P1	100	125.0	-02
P1X	50	122.5	-02
P2	100	65.0	-02
P3	100	82.0	-02
P4	100	71.0	-02
P5	100	802.0	-03
P5X	50	299.5	-03
P6	100	394.0	-04
P7	100	538.5	-04
P8	100	517.5	-05
P9	100	72.0	-05
P10X	50	1004.5	-06
P11	100	194.5	-03
P12	100	160.0	-05

3. RESULTATER

Utskrift av georadaropptakene samt lokaliseringskart for georadarprofilene er vist i kartbilagene -02 – -06. Lokalisering av sonderboringer, peilerør og brønner (fra Misund 1991) er vist i kartbilag -02. Utskrift av CMP-opptak (CMP1) med hastighetsanalyse er vist i databilag 1. Det framgår av den at radarbølgehastigheten ned til et tidsdyp på 700-800 ns ligger på 0.08-0.09 m/ns, men den ser ut til å være noe høyere i øvre del av avsetningen, og det er sannsynlig at den ligger i området 0.10-0.12 i materialet over grunnvannsnivå, dvs. ned til 140-150 ns. Det er benyttet en hastighet på 0.09 m/ns for beregning av høydeskala i profil-utskriftene. Tykkelsen av materialet over grunnvannspeil kan derfor bli noe undervurdert og grunnvannspeilet kan ligge noe lavere enn antydning i områder med mektig tørrsone over, men ikke mer enn 1-2 m.

3.1 Profilbeskrivelser

3.1.1 Brønnområdet (P1, P1X, P2, P3 og P4)

Utskrift av georadaropptakene og lokaliseringskart for profilene er vist i kartbilag -02. (Lokaliseringskartet er forstørret fra økonomisk kart og er i målestokk ca. 1:2 860). På kartet inngår også plasseringen av sonderboringer, peilerør og brønner (Misund 1991). Profil P1X er det samme som P1, men er målt med 50 MHz antenner i stedet for antenner med 100 MHz senterfrekvens. Profilene er plassert i utgravd massetak innenfor inngjerdingen av brønnområdet med unntak av de vestligste 20 m av P1 som ligger utenfor innkjøringsporten. Der ligger terrengoverflaten på naturlig nivå rundt 172 m o.h. mens den skråner ned i massetaket mot øst langs P1 til 166-167 m o.h. Terrenghøyden langs de øvrige profilene nede i massetaket varierer mellom 165 og 168 m o.h.

Grunnvannspeilet opptrer som en meget markert reflektor langs profilene med unntak av P3 og sørlige del av P4 hvor det ligger mindre enn 2 m under overflaten og hvor refleksjonen blir forstyrret av direktebølgen langs overflaten. Grunnvannsnivået ligger i området 163,5 til vel 165 m o.h. og synes å ligge høyest langs vestlige del av P1. Det er sannsynlig at det i vest kan ligge vel 1 m lavere pga. at radarbølgehastigheten i materialet over kan være større enn hastigheten på 0.09 m/ns benyttet ved beregning av høydeskalaen. Det indikerte grunnvannspeilet representerer det nedre grunnvannsnivået som framgår av tidligere observasjoner fra borebrønner og peilerør i brønnområdet. Penetrasjonsdypet synes gjennomgående å variere mellom 20 og 30 m under grunnvannsnivå langs profilene.

Profil P1 (og P1X) ser ut til å krysse en noe diffus ryggform som stikker opp til grunnvannsnivå i området pos. 40-70 m. Reflektiviteten er noe svakere i ryggformen, men med kraftigere diffraksjoner og med noe mindre dybderekkevidde enn ellers i profilet. Selv om det er mye diffraksjoner, er det skrålagning med fall mot vest langs profilet som dominerer ryggformen. Lengst vest kommer det inn mer horisontale reflektorer over skrålagene, spesielt i nivå rundt 160 m o.h. og som kan bety innslag av noe mer finkornig materiale. I øst forbi toppen av ryggformen (pos.80-125) er strukturene forholdsvis kaotiske og det regnes at avsetningene er en del av ryggformen. Det kan se ut som ryggformen ligger over en dypere liggende og slakere ryggform av antatt annet materiale (mulig mer finstoffrikt materiale, eventuelt morene eller fjell) og som kan nå opp mot 145-150 m o.h. I profil P2 sørover fra østlige del av P1 er det også forholdsvis diffus reflektivitet, men synes å være

dominert av skråreflektorer med fall mot sør. Det er mulig at det er et skille rundt 155 m o.h. hvor det kommer inn mer flattliggende reflektorer (153-156 m o.h.). Skråreflektorene er mest markert i sør, men også nordover i nedre del av avsetningene. I parallellprofilen P4 ca. 40 m lenger vest er det meget kraftige skråreflektorer med bratt fall mot sør. Skråreflektorene når opp til grunnvannsspeil i sørlige halvdel av profilet, mens de videre nordover sees fra større dyp. I nordlige del er det i øvre del av avsetningene indikasjoner på skråreflektorer med motsatt fallretning. Dette indikerer at toppen av ryggformen ligger nær nordenden av profilet.

Profil P3 er målt tilnærmet parallelt med P1 ved sydenden av P4 og må derfor forventes å gå tilnærmet på tvers av avsetningsretningen for de steile skrålagene i P4. Det er en meget markert diskordans i avsetningsstrukturene og den skråner slakt nedover fra ca. 154 m o.h. ved østenden til ca. 150 m o.h. ved vestenden. Materialet under viser slake skråreflektorer med fall mot vest langs profilet, mens overliggende materiale har reflektorer med meget slakt fall mot øst og er tilnærmet horisontaltliggende i østlige del. Dette viser at løsmassene må være avsatt i to adskilte episoder med noe ulik avsetningsretning. Skillet som ble antydnet i P2 kan representere samme diskordans. Den kan også antydnes i P4, men skråner diffust oppover mot nord tilnærmet parallelt med skrålagningen.

Boredata for nedsetting av peilerør (Misund 1991) viser at avsetningene ved peilerør 8 ved sydenden av P4 vesentlig består av sand/grus ned til 146 m o.h., men det er innslag av mer finkornig materiale i området 150-156 m o.h. Dette representerer underste del av avsetningene over diskordansen. På ryggformen nordafor, dvs. ved peilerør 1 ved nordenden av P4 og pumpebrønn Pb1 vel 20 m lenger sør, er det registrert sammenhengende grus/sand ned til 148 m o.h. Ved peilerør 9 ved vestenden av P1 er det angitt sand/grus de øverste 4 m med mer finstoffrike sandavsetninger ned til 152 m o.h.

3.1.2 Hovedområdet (P5, P5X, P6, P7, P8, P9, P11 og P12)

Hovedområdet omfattes av området innenfor en radius av 500 m fra grunnvannsbrønnene, men ligger utenfor inngjerdingen rundt brønnene.

Utskrift av georadaropptakene er vist i kartbilag -03 for profilene P5, P5X og P11, i kartbilag -04 for profilene P6 og P7 og i kartbilag -05 for profilene P8, P9 og P12. Profil P5X dekker samme område som første del av P5 (pos. 0-300) og er målt med 50 MHz antenner i stedet for antenner med 100 MHz senterfrekvens. Lokaliseringskart for profilene i målestokk 1:5 000 er vist i de samme kartbilagene.

P11 og P5 (pos. 0-300) går i retning SSØ-NNV vest for brønnområdet. Fortsettelsen av P5 (dvs. pos. 300-802) går i nordøstlig retning nord for brønnområdet (se kartbilag -03). Det nedre grunnvannsspeilet, som ble observert i brønnområdet (P1- P4), er indikert rundt 165 m o.h. i nordlige del av P11 (pos. 0-30) og i sørlige del av P5 (pos. 0-175) og opptrer muligens noe lenger nord i området pos. 205-260. Et høyereliggende antatt grunnvannsspeil er indikert i høydenivå 169-171 m o.h. fra pos. 170 i P5 og stort sett gjennomgående fram til enden av profilet, men med et brudd i området pos. 365-430. Det kan se ut som grunnvannsreflektoren skråner ned til et lavere nivå fra hver side, men kan ikke følges gjennom området. Årsaken er noe usikker, men kan enten skyldes organisk materiale (myr) i overflaten med lav radarbølggehastighet eller grovere avsetninger i øvre del av avsetningen som trolig vil gi et lavere grunnvannsnivå. Sørøver fra pos. 75 i P11 er det et noe diffust men antatt grunnvannsspeil i nivå rundt 168 m o.h.

Penetrasjonsdyppet varierer stort sett mellom 20 og 30 m. Det er størst i sørlige del av P5 (pos. 0-125). I noen områder er det meget svak reflektivitet og tilsynelatende mer begrenset penetrasjon. I området pos. 510-670 i P5 skyldes dette sannsynligvis at energien blir kraftig dempet i vegmaterialet på grunn av veisaltning og/eller høyt finstoffinnhold og høyt vanninnhold. I området pos. 370-420 kan dempningen skyldes myr eller overflatematerialet i veien, men det bør avklares om avrenning og infiltrasjon i grunnen fra en fylling nordøst for området kan utelukkes. I P11 pos. 30-90 regnes det at redusert reflektivitet kan skyldes overflateeffekter, muligens påfylt finstoffrikt materiale.

I sørligste del av området (P11 pos. 80-194) er det nær horisontale lagreflektorer som indikerer forholdsvis finkornige, men sanddominerte elveavsetninger eller innsjøavsetninger ned til rundt 8 m dyp. Underliggende materiale synes å ha mer undulerende og usammenhengende reflektorer som kan indikere noe grovere materiale. De sentrale deler nordafor (P11 pos. 0-30 og P5 pos. 0-260) er preget av skråreflektorer og en markert ryggform. Ryggformen har toppunkt rundt pos. 175. Nordafor er det en del skrålagning med fall mot nord. Sønafor er avsetningene dominert av skrålagning med fall mot sør, men med vekslende helning og til dels med innslag av nær horisontal lagning. Det ser ut til at materialet mot sør er avsatt i flere pulser som har medført utbygging av pålagrede lober som regnes å bestå av sand/grus-dominert breelvmateriale, men som kan variere betydelig i sammensetning. Øverst består avsetningene av elvedominerte sandsedimenter avsatt senere. Strukturene nordøstover langs resten av profilet (fra pos. 300) er lite markerte og derfor vanskeligere å tolke, dels på grunn av at profilretningen regnes å gå på tvers av dominerende avsetningsretning. Utskriftene domineres av nær horisontale men usammenhengende reflektorer og avsetningene regnes å bestå av sanddominert materiale. Skråstrukturer representerer som regel diffraksjoner og i hvert fall en del av dem stammer fra ulike støykilder/tekniske installasjoner, for eksempel strukturene rundt pos. 480. I nordøstlige del (pos. 700-802) ser det ut til å være en grense i løsmassene i nivå 157-160 m o.h.

Profil P6 er målt fra kryss P5 i nord og sørover på østsiden av brønnområdet, mens P7 er målt langs vei fra slutten av P6 og sørvestover mot Glåma sør for brønnområdet. Utskrift av profilopptakene og lokaliseringskart er vist i kartbilag -04.

Langs elvebredden 70 m vest for vestenden av P7 er det bart fjell. Det er vanskelig å tolke fjelloverflatens forløp nordøstover langs profilet. Reflektor i nivå 165-167 m o.h. lengst vest (fra pos. 500 og vestover) kan være fjelloverflaten, mens den kan skråne ned og ligge rundt 150 m o.h. fra pos. 440 og et stykke østover. Penetrasjonsdyppet for georadarsignalene varierer en god del fra over 20 til mindre enn 10 m, og den er minst i området pos. 65-165 rundt krysningsspunkt for P11. Grunnvannsspeil er vanskelig å følge gjennomgående og faller dels sammen med overflatenære horisontale reflektorer, men sees stykkevis 167-169 m o.h. Brudd i overflatenære reflektorer i områdene pos. 325-410 og 165-230 ser ut til å skyldes gjenfylte eroderte elveløp. I området pos. 225-335 er det nær horisontale reflektorer ned til 8-10 m dyp. For øvrig er det ganske kaotisk refleksjonsmønster i avsetningene, noe som indikerer at det kan være betydelige variasjoner i avsetningene, men er trolig vesentlig sanddominerte.

I profil P6 er grunnvannsspeilet en meget markert reflektor i nivå 170-171 m o.h., unntatt lengst i sør (pos. 360-394) hvor forløpet er usikkert. Avsetningene over er karakterisert med svake nær horisontale reflektorer og regnes å være sanddominerte men forholdsvis finkornige elveavsetninger. I avsetningene under er det et skille i området pos. 160-230 hvor overflaten av en ryggform skråner opp fra 160 m o.h. og opp til grunnvannsnivå. Avsetningene i

ryggformen sørover er preget av haugformet til kaotisk refleksjonsmønster, og indikerer at det kan være betydelig variasjon i sammensetning. Ryggen og avsetningene sønnafor er trolig breelvdominert materiale. Avsetningene nordafor er preget av svakere, men usammenhengende nær horisontale reflektorer og er trolig finere og mer ensartet enn avsetningene sønnafor. De regnes å være avsatt i en senere fase, men trolig i forbindelse med isavsmeltingen nordfra. Svak reflektor i nivå ca. 165 m o.h. i området pos. 120-190 er antatt å representere det nedre grunnvannsspeilet, men reflektoren kan ikke utelukkes å være en multipel av den kraftige grunnvannsreflektoren over.

Profilene P8, P9 og P12 er lokalisert nordvest i hovedområdet, dvs. vest for P5 og nord for P7. Utskrift av georadaropptakene og lokaliseringskart er vist i kartbilag -05.

Langs sørlige del av P8 er grunnvannsspeil dårlig definert. Ved pos. 185 ligger det 167-168 m o.h., det skråner slakt opp mot nord til rundt 170 m o.h. ved pos. 395 og fortsetter i dette nivå videre, men er diffust lengst nord fra pos. 450. I sør er det et brudd i overflatenære reflektorer ved pos. 95 og overflatematerialet sønnafor ned til 165 m o.h. regnes å være et gjenfylt erodert elveløp. Under den nordlige delen av elveløpet (pos. 60-90) er penetrasjonen kraftig redusert til 12-15 m mens den for øvrig ligger i området 20-30 m. Avsetningene under grunnvannsnivå langs sørlige halvdel av profilet er preget av kraftig refleksivitet med hauget og ujevnt mønster og indikerer trolig breelvavsatt materiale av vekslende sammensetning. En markert reflektor skråner slakt nedover mot nord fra pos. 180 til 260 og derfra kan den bøye bratt ned mot 150 m o.h. Avsetningene over og nordafor denne reflektor er preget av svakere refleksivitet og mer horisontale reflektorer og er trolig mer finkornet og ensartet enn avsetningene sønnafor. Men fra pos. 360 og nordover er refleksiviteten kraftigere og med til dels kaotisk mønster. En reflektor som kan representere endring i materialtype, opptrer i nivå 150-155 m o.h. pos. 270-300 og stiger opp mot nord til nærmere 160 m o.h. ved pos. 420. Materialet under har innslag av kraftigere men nær horisontale reflektorer og kan være mer finstoffholdig enn avsetningene over. Mye diffraksjoner videre mot dypet kan indikere at fjelloverflaten ligger grunt under disse bunnavssetningene. Sørover fra pos. 270 kan muligens reflektoren vel 150 m o.h. følges fram til pos. 110. Under er det mye diffraksjoner som kan indikere fjelloverflate.

Profil P9, som går mot øst fra nordenden av P8, har grunnvannsspeil 169-170 m o.h. Profilet har tilsvarende refleksjonsstrukturer som nordlige del av P8, og det opptrer også her langs deler av profilet kraftigere reflektorer under et nivå på 150-155 m o.h.

Profil P12 utfyller området mellom brønnområdet ved profilene P5 og P1 og profil P8 vestafor. Grunnvannsreflektoren ligger i nivå 165-166 m o.h. og må regnes å tilsvare det nedre grunnvannsspeilet i brønnområdet. Vest for pos. 100 er grunnvannsreflektoren diffus og det kommer inn en grunnere reflektor på 167-168 m o.h. som tilsvarer det høyereliggende grunnvannsnivået registrert i P8. Penetrasjonsdypet er på vel 30 m, dvs. ned til 140-145 m o.h. Løsmassene regnes stort sett å bestå av sand/grus-dominerte breelvavssetninger, men med en del mer finkornige avsetninger i øvre del. I overflatematerialet lengst øst (pos. 0-70) kan det være en gjenfylt erodert elvekanal.

3.1.3 Område nord (P10X)

Utskrift av georadaropptak og lokaliseringskart for profil P10X er vist i kartbilag -06. Profilet er meget vanskelig å tolke på grunn av at opptaket domineres av kraftige skråligninger (støy) som

skygger over reelle geologiske reflektorer og refleksjonsmønsteret i løsmassene. Lengst sørvest i profilet (dvs. fra pos. 890) er det meget variabel refleksivitet og penetrasjonsdyp. Det er observert fjellblotning ved nordsiden av veien ved pos. 895-900 og ved elvebredd få meter fra enden av profilet. Det meste av refleksjoner og diffraksjoner i dette området må derfor være fra fjell eller støysignaler fra siden av profilet. Det er heller ikke indikasjon på grunnvannsspeil i dette området og fjelloverflaten regnes derfor gjennomgående å ligge på få meters dyp. Horisontal reflektor rundt 169 m o.h. i området pos. 750-850 kan være grunnvannsspeil, men kan også indikere bunn av gjenfylt erodert elvekanal. Det er mulig at fjelloverflaten skråner nedover mot nordøst fra ca. 5 m dyp ved pos. 820 og kan nå ned mot 150 m o.h. ved pos. 750. En annen reflektor som alternativt kan representere fjelloverflaten, har slakere helning og når bare ned mot 160 m o.h. ved pos. 735. Mellom pos. 705 og 750 ser det ut til å være et brudd i grunnvannsreflektoren og den kommer inn i et høyere nivå fra pos. 705 og nordøstover. Den skråner slakt nedover fra ca. 171,5 til 170 m o.h. fra pos. 705 og nordøstover til 610. Den fortsetter tilnærmet i dette nivå langs resten av profilet, men er dårlig definert i området pos. 65 til 160.

Refleksjonsmønsteret i løsmassene under grunnvannsnivå er problematisk å se på grunn av støynivået, men det opptrer en del variasjoner langs profilet. Området pos. 520-650 er karakterisert ved ujevne haugformede reflektorer og tolkes som sand/grus-dominerte breelavsetninger av vekslende sammensetning. I området videre mot sørvest fram til pos. 735 er støyen helt dominerende, men det kan ikke utelukkes at samme type materiale strekker seg helt inn mot fjell sørvest i profilet. Området 370-520 ser ut til å være dominert av tilnærmet horisontale reflektorer, og avsetningene regnes å bestå av bedre sorterte men mer finstoffholdige løsmasser. I området videre mot nordøst (pos. 220-370) er det igjen mer haugformet og urolig refleksjonsmønster som indikerer grovere og mer vekslende avsetninger. Fra pos. 220 og nordøstover ser overflaten av disse avsetningene ut til å skråne ned mot dypet til rundt 150 m o.h. ved pos. 150. Avsetningene over er dominert av horisontale reflektorer og regnes å bestå av finere og bedre sorterte løsmasser. Ved pos. 65 er det en brå overgang mot nordøst til urolig refleksjonsmønster med antatt breelavsetninger av vekslende sammensetning.

3.2 Sammenfattende tolkning og vurdering

3.2.1 Geologisk modell

Ut fra indikerte ryggformer og veksling i strukturer og refleksjonsmønster er det sannsynlig at mesteparten av løsmassene i området består av breelavsatt materiale med et toppdekke av yngre elveavsetninger. Avsetningene regnes å stamme fra nedsmeltingen av en antatt inaktiv dalbre ("dødis") med kraftig smeltevannsdrenering nordfra. Dreneringen kan ha foregått både langs overflaten av isen og i tunneler under isen. Det regnes at havnivået lå så høyt på den tiden at det var åpen fjord helt inn mot iskanten. De ryggformete avsetningene indikert i brønnområdet er trolig avsatt like utenfor isfronten (israndavsetninger), men strukturene viser at de er avsatt i flere faser eller pulser. Av løsmassene for øvrig kan en del være avsatt i smeltevannskanaler og hulrom under isen, en del langs åpne sprekker i isen eller i mer åpne områder mellom isrester som lå igjen. Et slikt avsetningsmiljø gir meget kompliserte avsetningsmønstre som kan være vanskelig å tolke. Mer finstoffholdige men bedre sorterte avsetninger i mellom og over breelavsetningene kan være avsatt noe senere da isfronten hadde trukket seg et stykke lenger nord og isrestene i området hadde smeltet bort.

3.2.2 Grunnvannsspeil

Målingene bekrefter tidligere undersøkelser at det i brønnområdet opptrer et grunnvannsspeil i nivå 163.5-165 m o.h. I områdene rundt ligger grunnvannsspeilet i et høyere nivå og det har et slakt fall mot sør og sørvest fra 170-171 m o.h. i nord og øst til 167-168 m o.h. i sør og sørvest. Dette øvre grunnvannsnivået ligger godt over Glåmas nivå, mens grunnvannsspeilet i brønnområdet ligger nær elvenivået ovenfor Braskereidfossen. I kartbilag -07 viser linje med ensartet stipling utstrekningen av området hvor bare det nedre grunnvannsspeilet er registrert, mens området videre ut til linje med vekslende stipling angir hvor begge nivåene er registrert. De to grunnvannsnivåene ser ut til å ligge nærmest hverandre lengst vest (vestligst i P12). Utenfor den ytre linjen er bare det øvre nivået registrert og alt materialet under må regnes å være vannmettet. I området med to grunnvannsspeil er det så tette masser i øvre del at det opptrer et øvre hengende grunnvannsspeil, mens materialet under er grovere og bedre drenert, noe som medfører at materialet blir umettet ned til et nytt lavereliggende grunnvannsspeil. I området med bare det nedre grunnvannsspeilet er det forholdsvis grovt og godt drenert materiale helt opp mot overflaten (eller over nivået for øvre grunnvannsspeil).

3.2.3 Grunnvannskommunikasjon

I tidligere pumpeforsøk ble det ikke registrert senkning i peilebrønner plassert i områder med bare høytliggende grunnvannsspeil. Det må likevel regnes med betydelig diffus vanninnstrømning både fra disse områdene og fra området med to grunnvannsspeil og inn mot brønnområdet.

Hvordan og i hvilken utstrekning grunnvannsmagasinet i brønnområdet står i kommunikasjon med Glåma er noe usikkert. Elvebredden i vest, fra Støa camping nordøst for Braskereidfoss bru i nord og sørover, er preget av fjellblotninger, og det anses derfor å være begrenset mulighet for vanninntrengning derfra. Georadarprofilen langs veien i nord (P10X) indikerer at det kan være betydelig løsmassemekthet fra campingplassen og videre mot nordnordøst. Tolkningen indikerer også betydelige laterale variasjoner i løsmassesammensetning. I profilet er det tolket å være tre soner med forholdsvis grove avsetninger og disse er angitt i kartbilag -07. Sonen ved nordøstenden går fram til pos. 65 m i profilet, midtre sone krysses i området pos. 220-370 m, mens sonen i sørvest er registrert fra pos. 520 til 650 m, men kan opptre også videre mot sørvest fram til pos. 730. Områdene i mellom regnes å være dominert av mer finstoffholdige og mindre permeable avsetninger. Lengderetning og lengdeutstrekning av de grovere løsmassepartiene er ikke fastlagt. Avgrensningene angitt i profilet antyder lengderetningen NNV-SSØ ut fra en sannsynlig retning langsetter dalføret.

Med denne retningen vil den vestlige grove sonen ha et infiltrasjonsområde på flere hundre meter langs Glåma fra nordlige del av campingplassen og nordover. Utstrekning av avsetningen mot SSØ og sammenknytning med avsetningene i brønnområdet er usikker, men på grunn av forholdsvis korte avstander regnes det at hovedkommunikasjonen med Glåma skjer gjennom den vestlige grove sonen. Det kan tenkes at den midtre grove sonen også kan strekke seg sørover mot brønnområdet og bidra som tilførselsområde, men den har ikke åpenbar god kommunikasjon med Glåma og avstanden fra elva til brønnområdet er betydelig større. Tidligere pumpeforsøk viser at ved kraftig pumping vil hovedinnstrømningen mot brønnområdet komme fra vest. Dette støtter også opp om at kommunikasjonen med Glåma hovedsakelig skjer gjennom den vestlige grove sonen.

Tolkningen av georadarprofil P10X viser at sonene med forholdsvis grovt materiale mot dypet ikke faller sammen med de gamle elvekanalene som sees som forsenkninger i terrenget og at grunnvannsinnstrømningen fra Glåma skjer uavhengig av disse.

3.2.4 Vurdering av tiltak

Tidligere vurdering viser at ved mindre (og tilnærmet normalt) vannuttak vil grunnvannstilstrømningen til brønnene komme fra alle kanter, men med trolig minst bidrag fra sør. Den beregnede virkningsradius for 60 døgns oppholdstid på 160 m opprettholdes som tilstrekkelig sikringssone når det gjelder bakteriologisk sikkerhet.

I et forholdsvis vidt område utenfor dette bør imidlertid kommunen holde oversikt over og kontroll med all forurensende virksomhet, spesielt med tilførsel av lite eller ikke nedbrytbare uønskede stoffer til grunnen. Disse kan etter lang oppholdstid og langsom transport i grunnvannssonen nå fram til brønnområdet. Slike stoffer kan for eksempel stamme fra avrenning fra deponier, utslipp eller lekkasjer fra industri eller annen virksomhet, men også næringssalter fra jordbruk kan være uønsket. Det er i denne undersøkelsen ikke foretatt noen registrering av mulige forurensningskilder. Det er imidlertid indikert deponert materiale nord for profil P5 knapt 300 m NNV for brønnene. Det er ulik virksomhet/industri både i nord, øst og sør for brønnområdet. Dyrket mark ligger fra 400 m nord for brønnene og nordover og likeså i vest mot Glåma.

For å få bedre oversikt over den regionale grunnvannsstrømning ut over grunnvannsbrønnenes nærområde anbefales det at det utføres registreringer av grunnvannsnivå over en lengre periode i flere observasjonsbrønner, samt i tidligere produksjonsbrønn i området nord for nåværende grunnvannsanlegg. Det bør samtidig gjennomføres registreringer av vannivå i Glåma ved flere målepunkter mellom Braskereidfoss kraftverk og Støa Camping for å få avdekket mulighetene for innmating av elvevann til grunnvannsbrønnene.

4. REFERANSER

Bargel, T.H. 1983: Elverum. Beskrivelse til kvartærgeologisk kart 2016 IV – M 1:50 000 *Norges geologiske undersøkelse 376 (Skrifter 38)*.

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

Goffeng, G. & Bargel, T.H. 1986: Braskereidfoss CWX063064-20. Kvartærgeologisk kart-M 1:20 000. *Norges geologiske undersøkelse*.

Klemetsrud, T. 1986: Vedrørende videre utbygging av grunnvannsanlegget på Braskereidfoss i området på østsiden av Glomma ved Braskereidfoss kraftverk. *NGU Rapport 86.138*.

Misund, A. 1991: Grunnvannsforsyning fra Braskereidfoss vannverk. Prøvepumping og sikringssoner. *NGU Rapport 91.230*.

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;

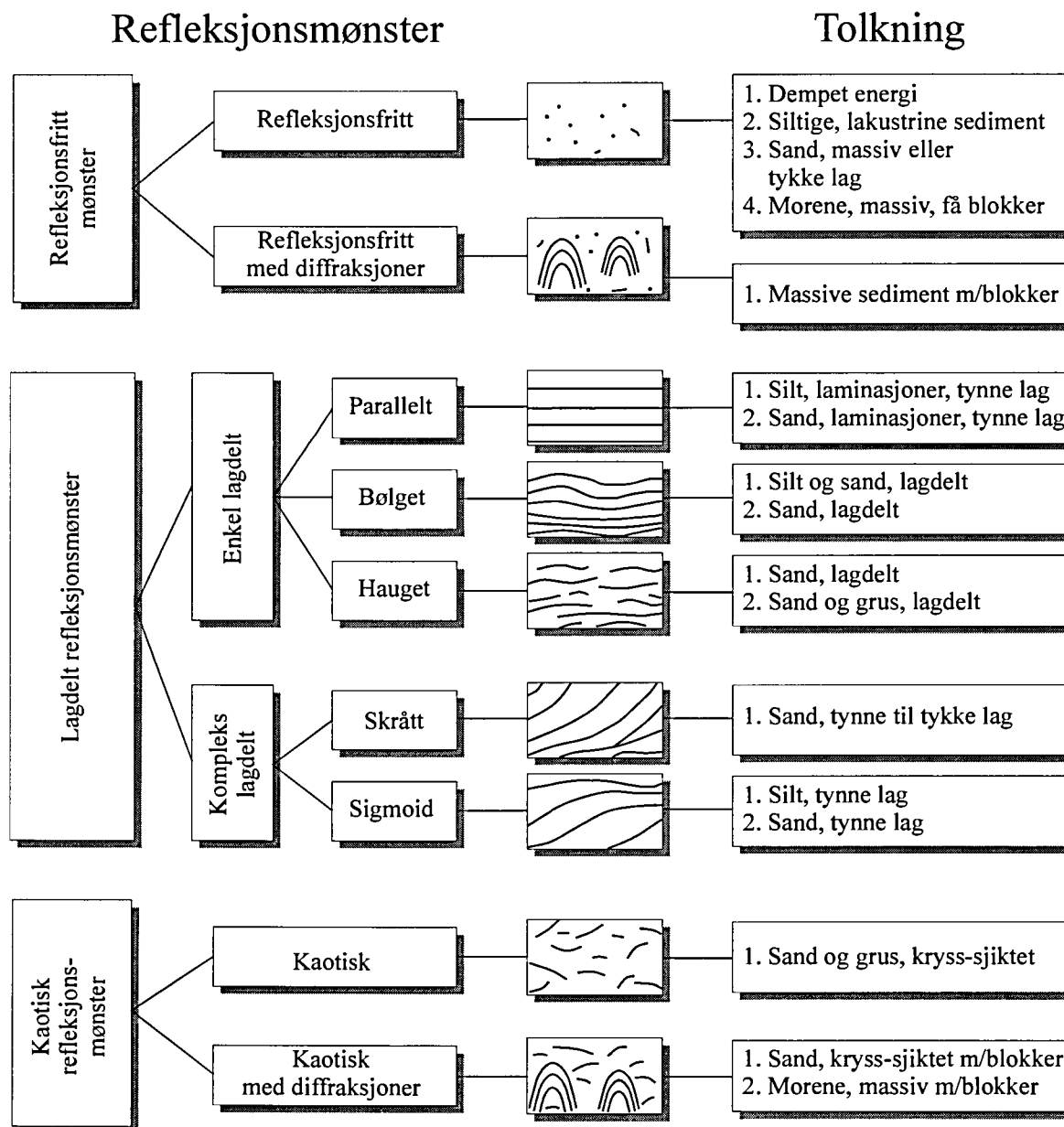
$$\epsilon_r = \left(\frac{c}{v}\right)^2$$

hvor ϵ_r er det relative dielektrisitetstallet. ϵ_r -verdien for et materiale vil derfor være en bestemmende faktor for beregning av dyp til reflektorer. I tabellen på neste side er det gitt en oversikt over erfaringstall for ϵ_r i en del materialtyper. Tabellen viser også hastigheter og ledningsevne i de samme media.

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

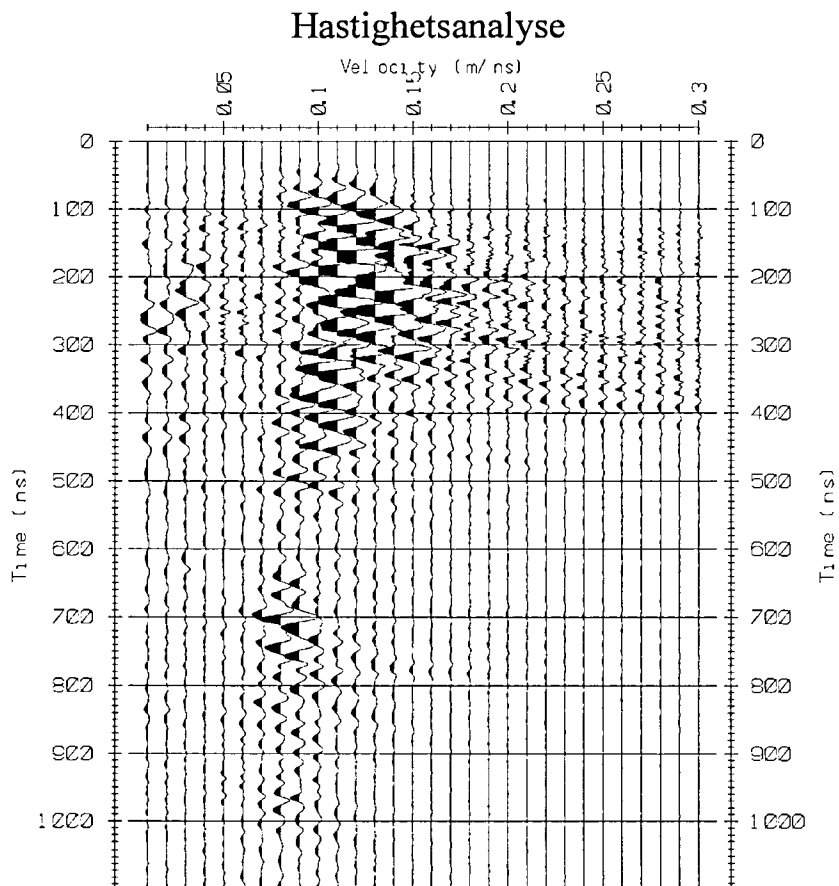
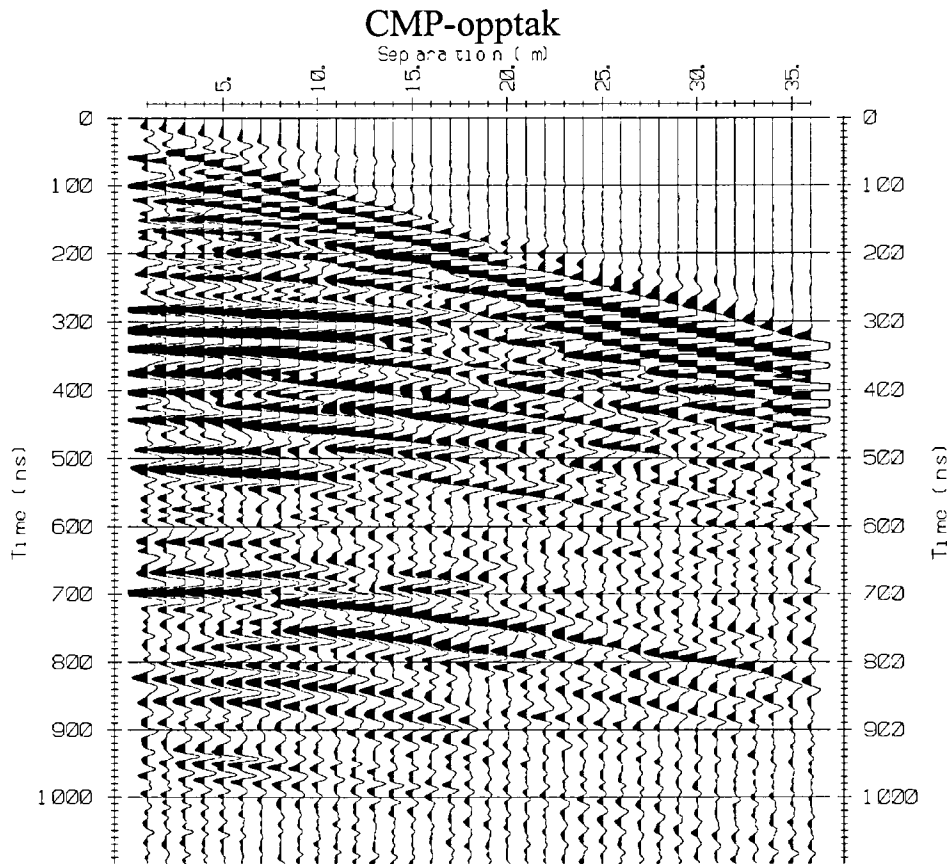
<u>Medium</u>	<u>ϵ_r</u>	<u>v (m/ns)</u>	<u>ledningsevne (mS/m)</u>
<i>Luft</i>	<i>1</i>	<i>0.3</i>	<i>0</i>
<i>Ferskvann</i>	<i>81</i>	<i>0.033</i>	<i>0.1</i>
<i>Sjøvann</i>	<i>81</i>	<i>0.033</i>	<i>1000</i>
<i>Leire</i>	<i>5-40</i>	<i>0.05-0.13</i>	<i>1-300</i>
<i>Tørr sand</i>	<i>5-10</i>	<i>0.09-0.14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

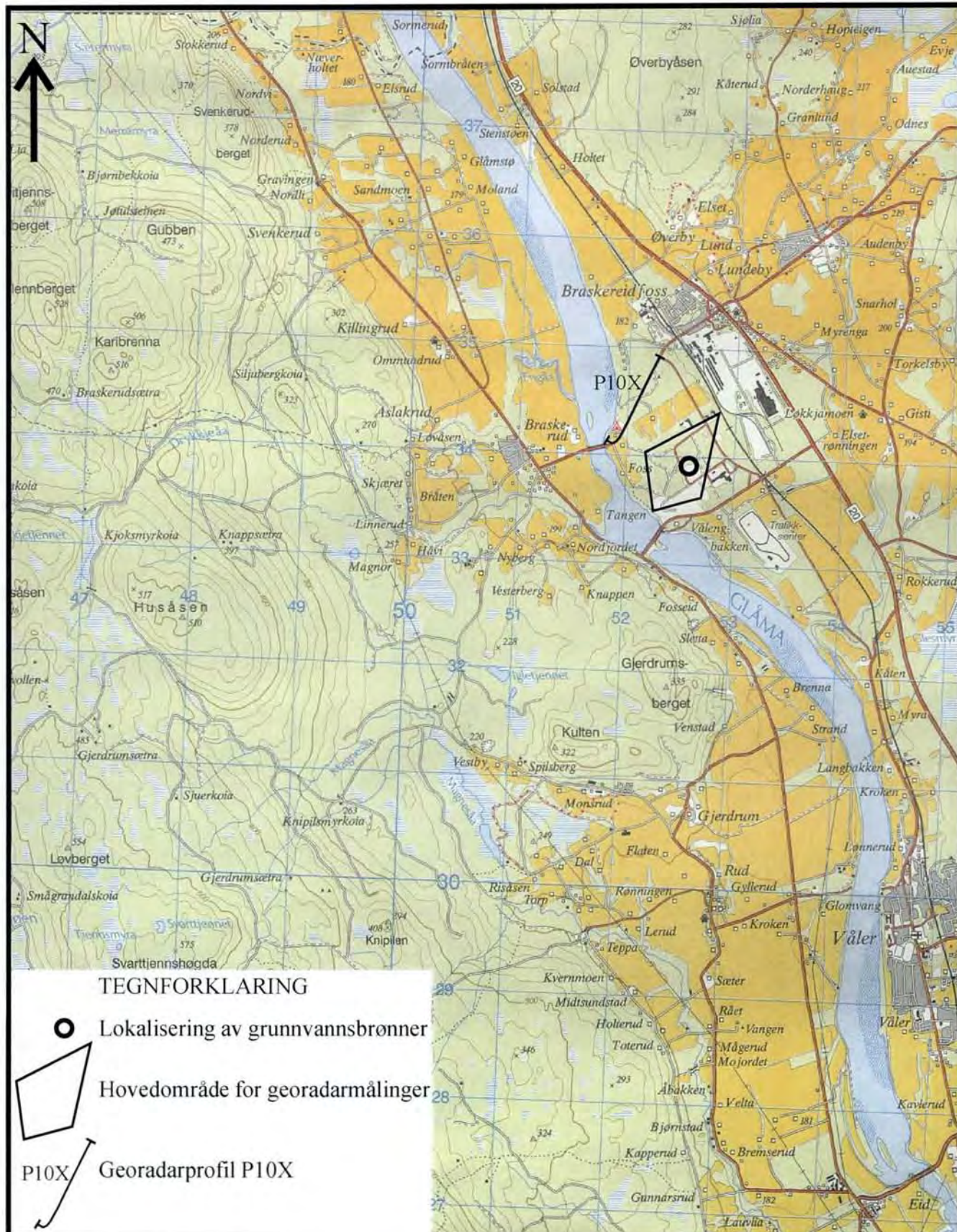
Tabell over relativt dielektrisitetstall, radarbølge-hastigheter og ledningsevne i vanlige materialtyper.



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

Braskereidfoss, CMP1, lokalisert ved pos. 17 m i P5





NGU / VÅLER KOMMUNE
 OVERSIKTSKART - GEORADARMÅLINGER

BRASKEREIDFOSS

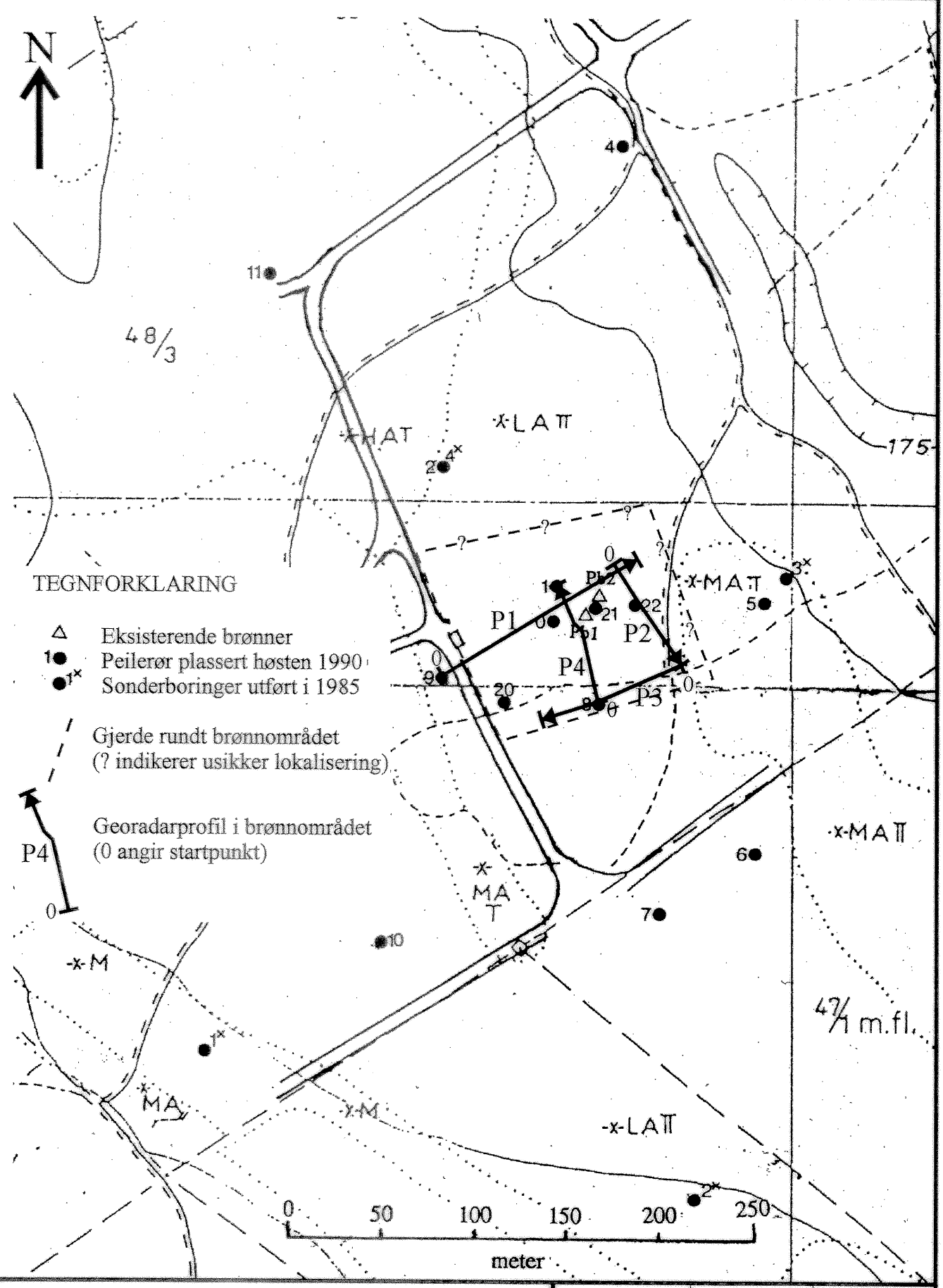
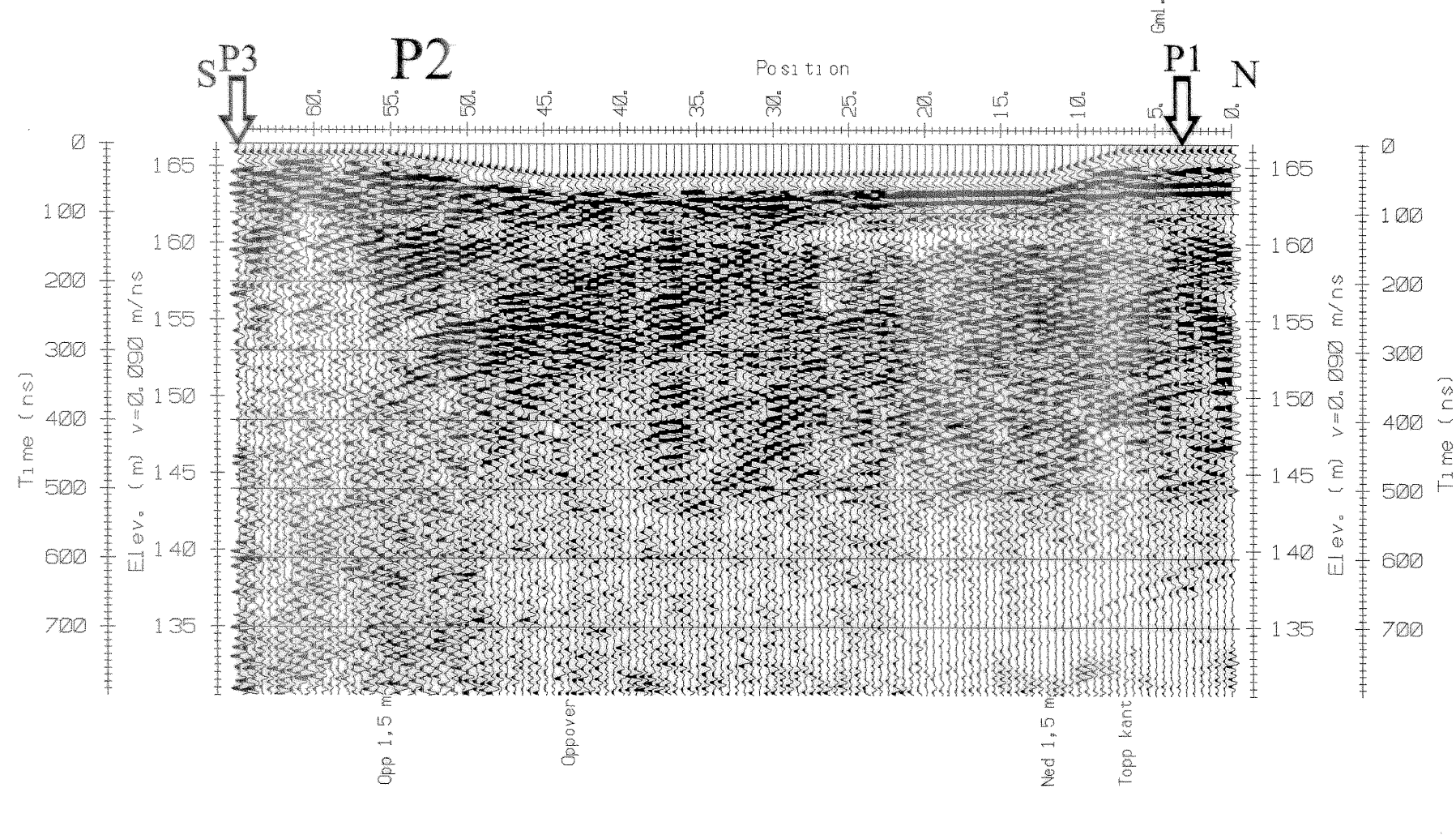
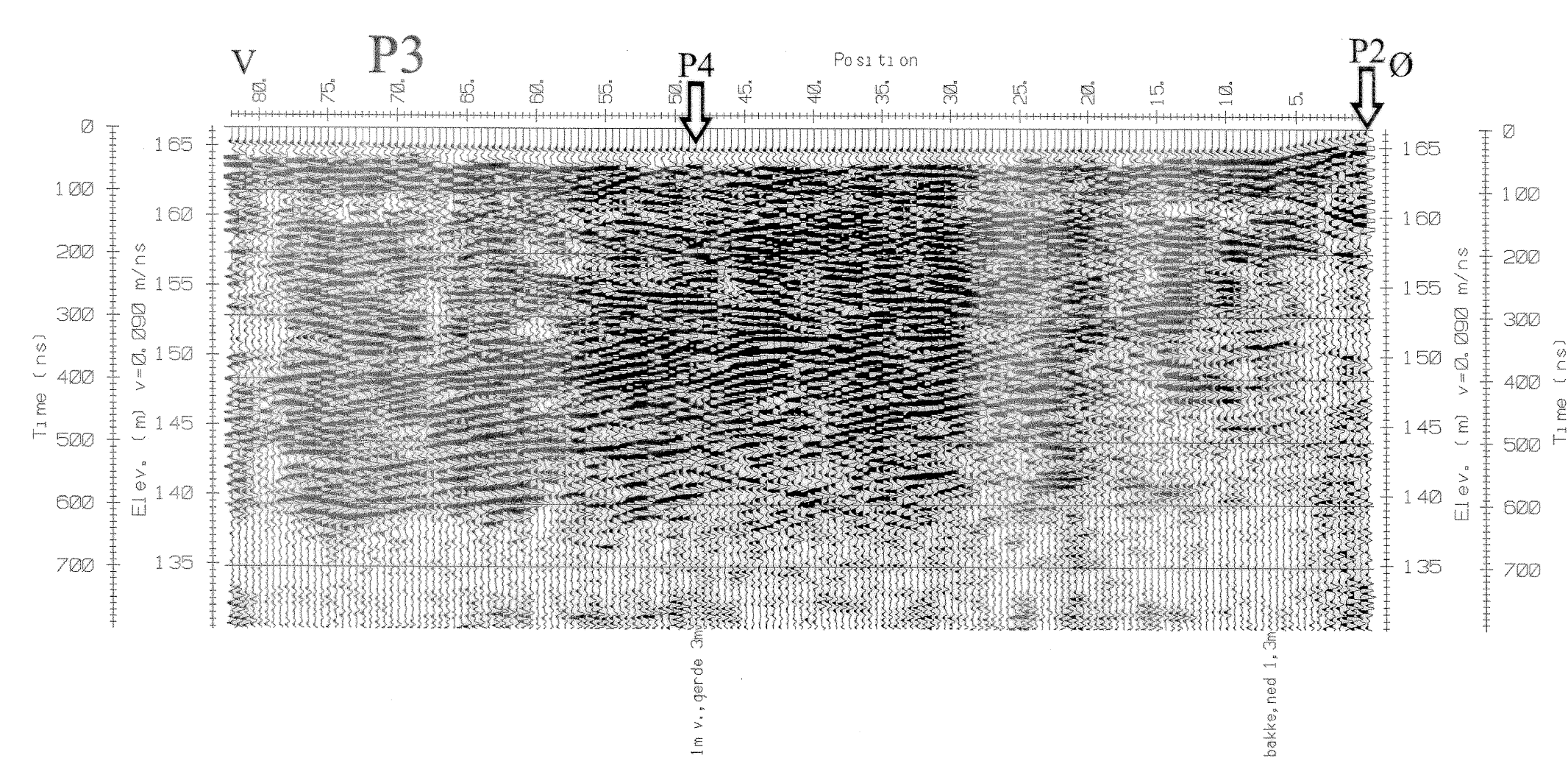
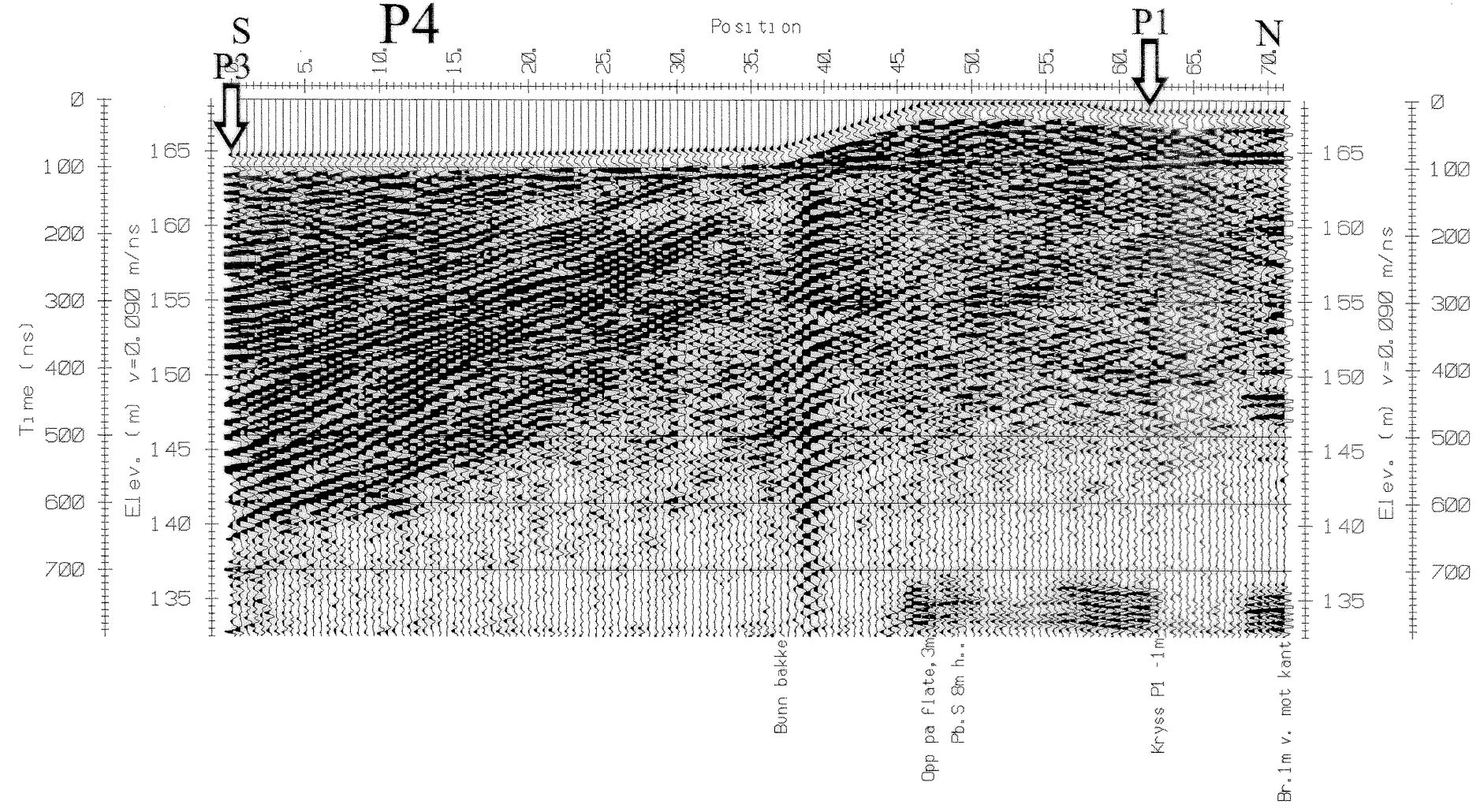
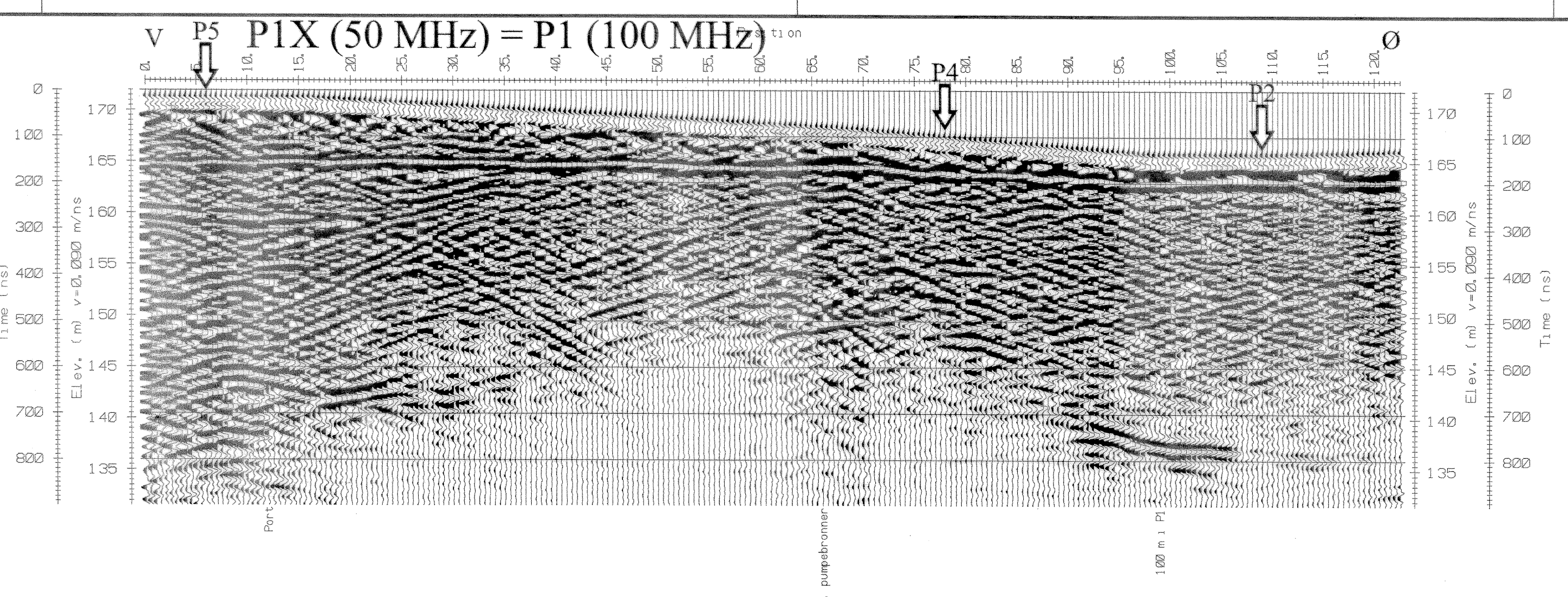
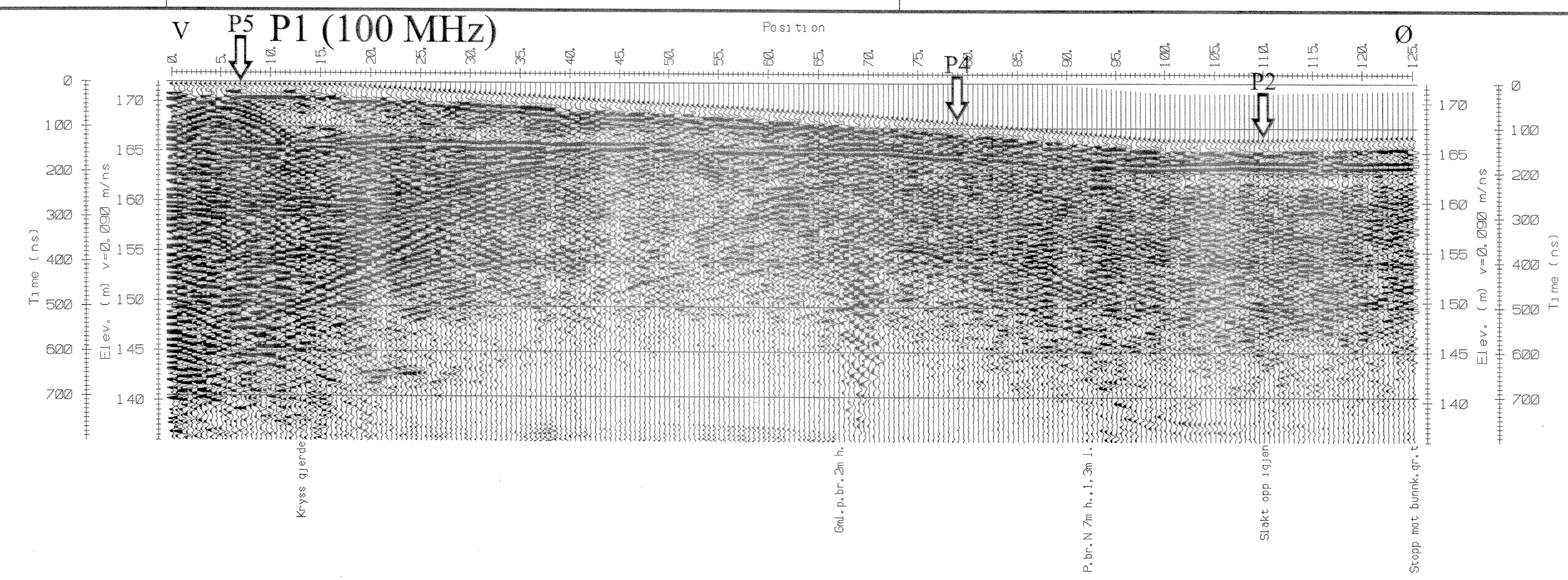
VÅLER KOMMUNE, HEDMARK

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
 TRONDHEIM

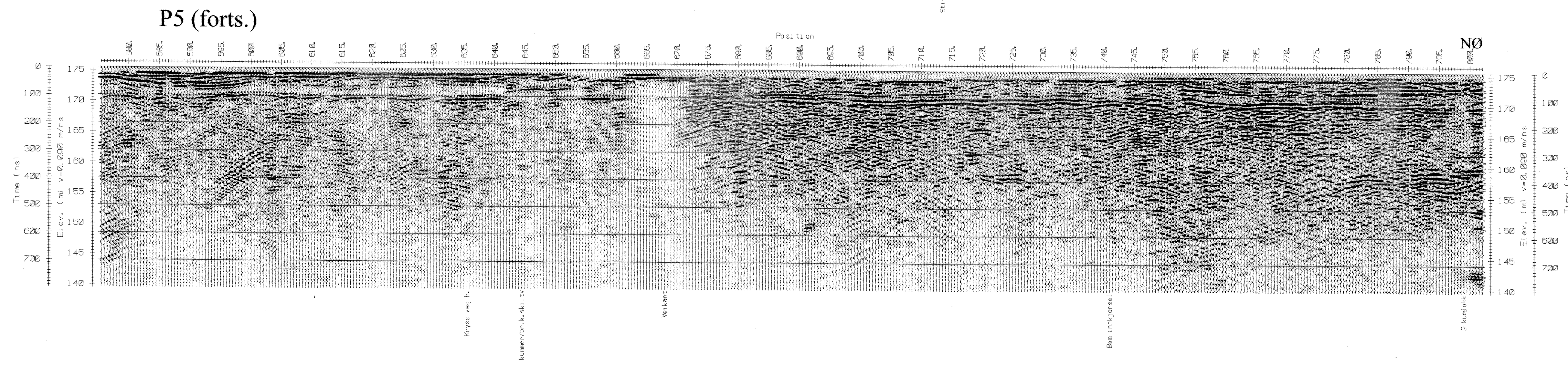
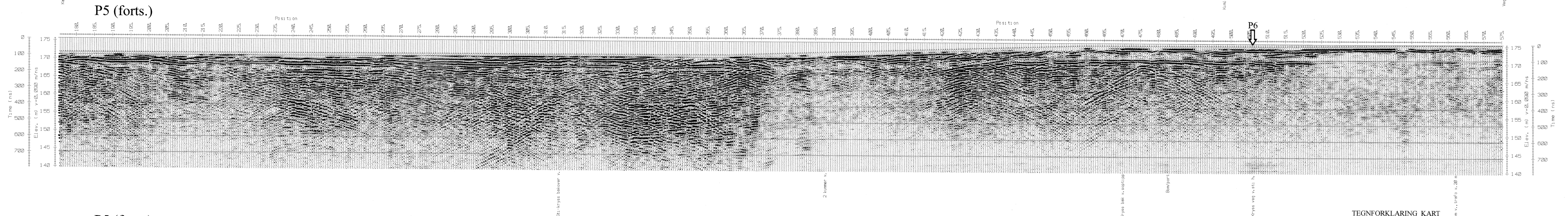
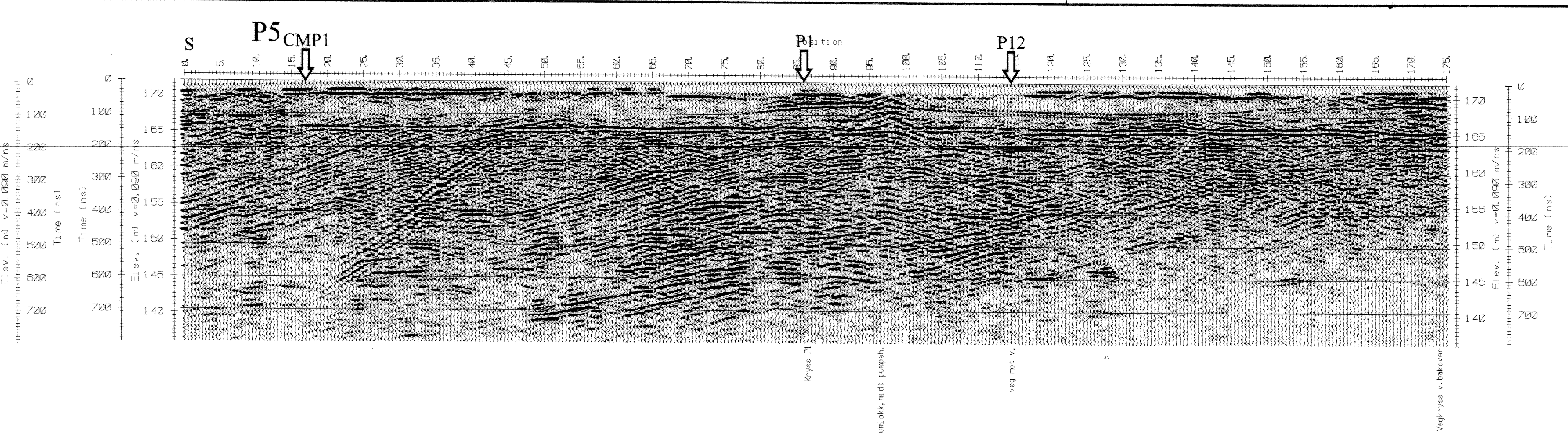
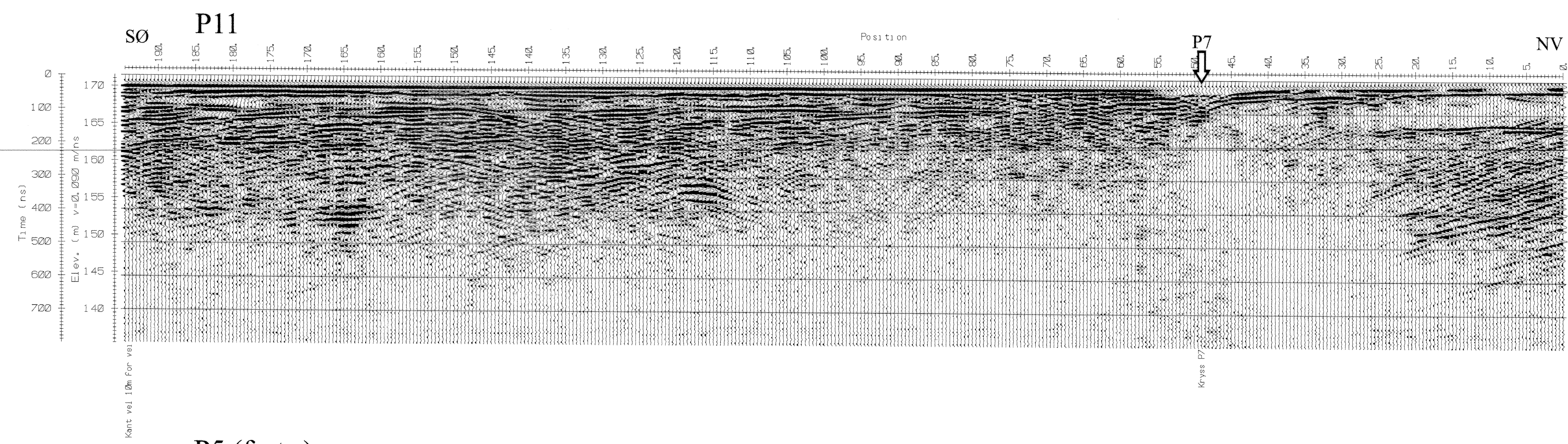
MÅLESTOKK 1:50 000	MÅLT JFT	MAI 2000
	TEGN JFT	NOV. 2000
	TRAC	
	KFR	

KARTBILAG NR
2000.129-01

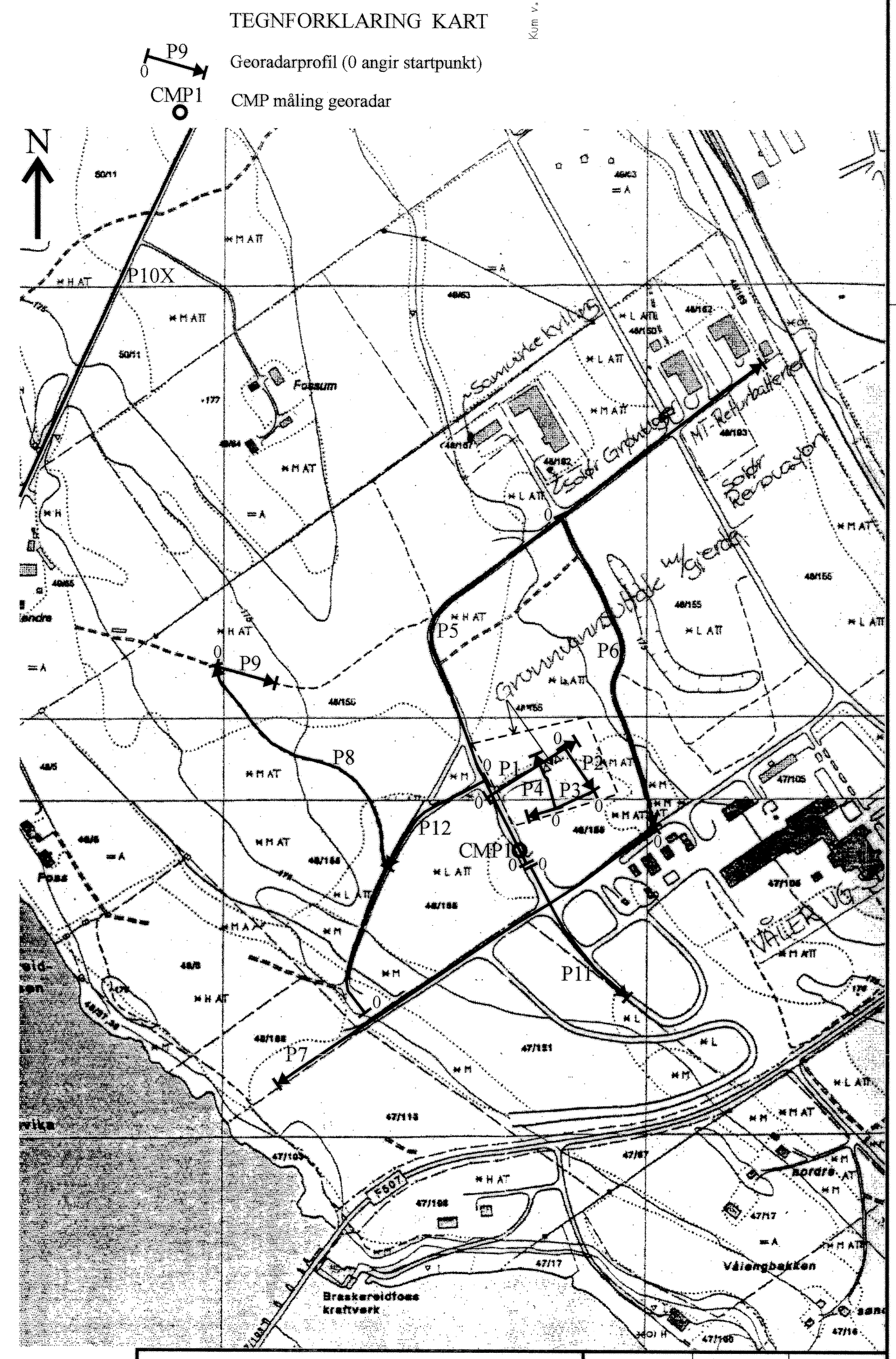
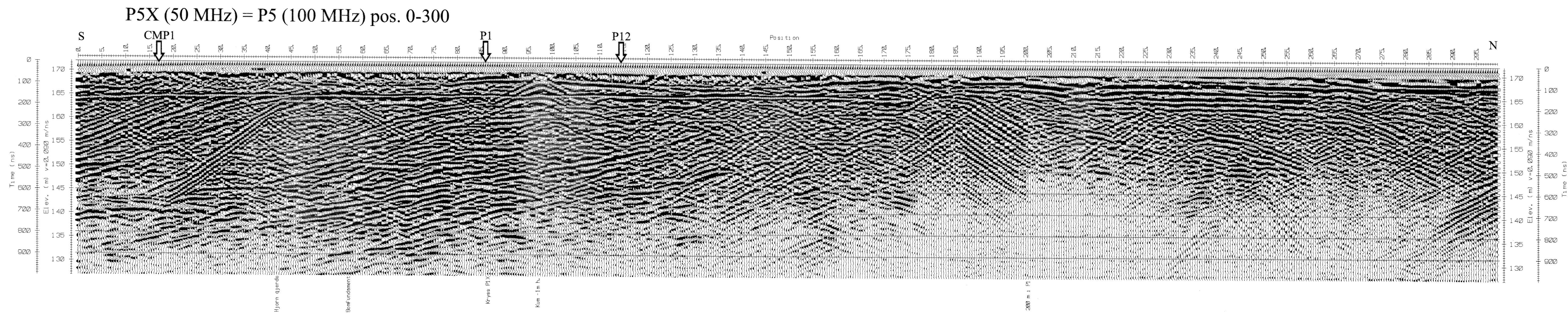
KARTBLAD NR
2016 III



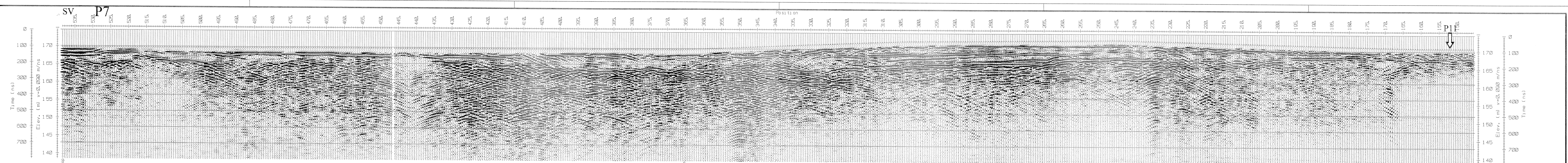
NGU / VÅLER KOMMUNE GEORADAROPPTAK P1, PIX, P2, P3 OG P4 BRASKEREIDFOSS VÅLER KOMMUNE, HEDMARK	MÅLESTOKK	MÅLT JFT	MAI 2000
	1:2 860 (KART)	TEGN JFT	NOV. 2000
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	KARTBILAG NR	KARTBLAD NR	
	2000.129-02	2016 III	



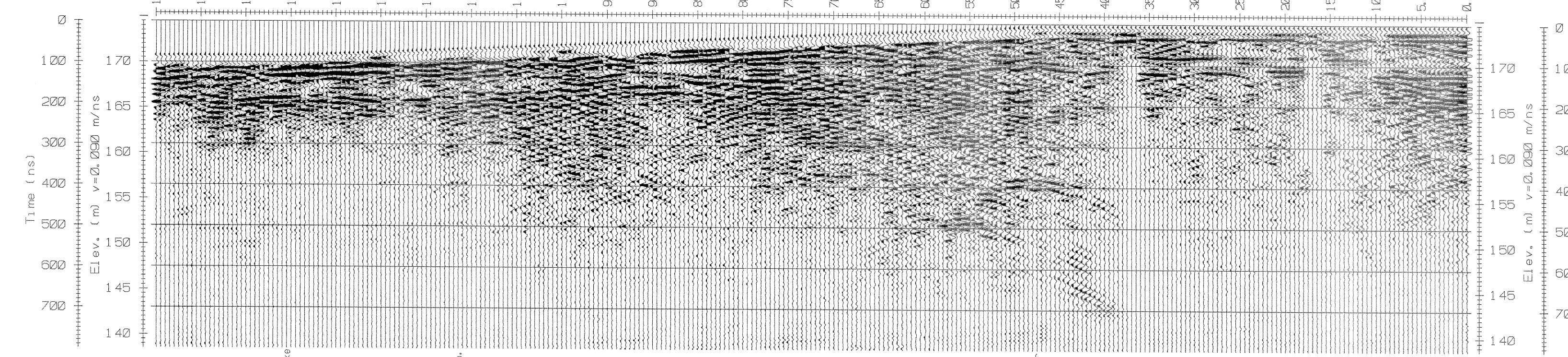
TEGNFORKLARING PROFIL
 P1 ↓
 ↓
 ↓
 CMP1 ↓
 ↓
 ↓



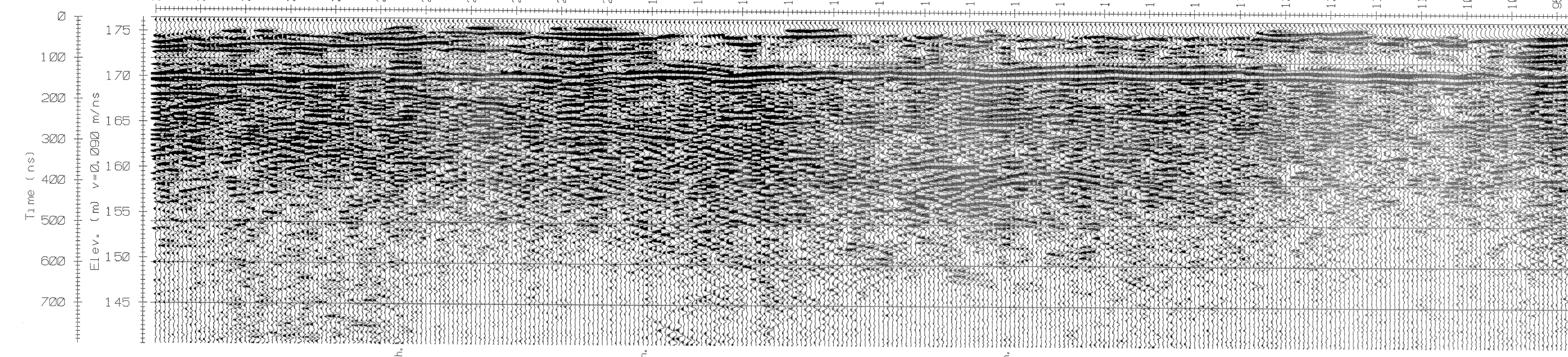
NGU / VÅLER KOMMUNE GEORADAROPPTAK P5, P5X OG P11 BRASKEREIDFOSS VÅLER KOMMUNE, HEDMARK	MÅLESTOKK 1:5 000 (KART)	MÅLT JFT NOV. 2000	
	NORSES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	KARTBLAG NR 2000.129-03	KARTBLAD NR 2016 III



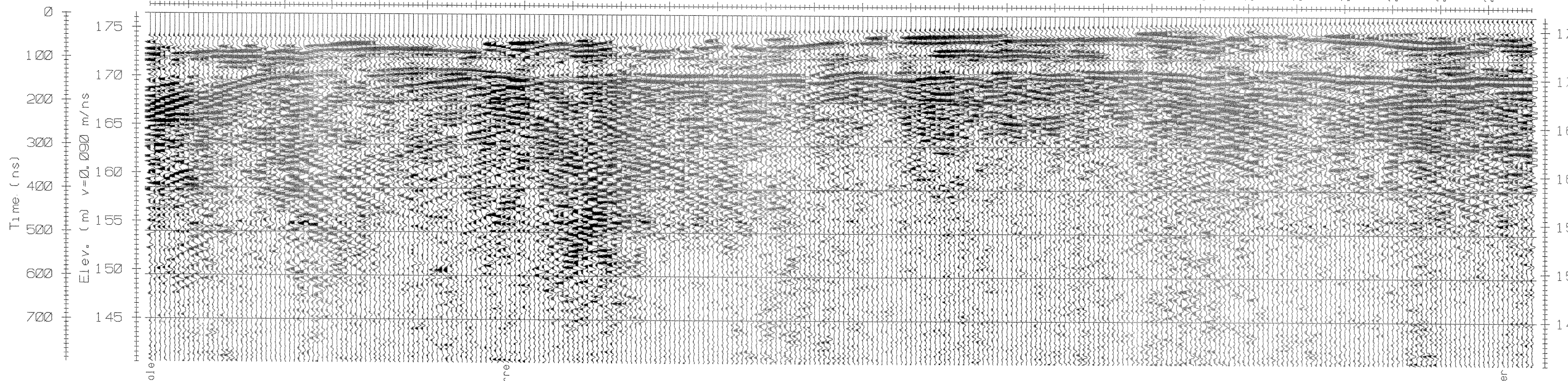
P7 (forts.)



P6 (forts.)

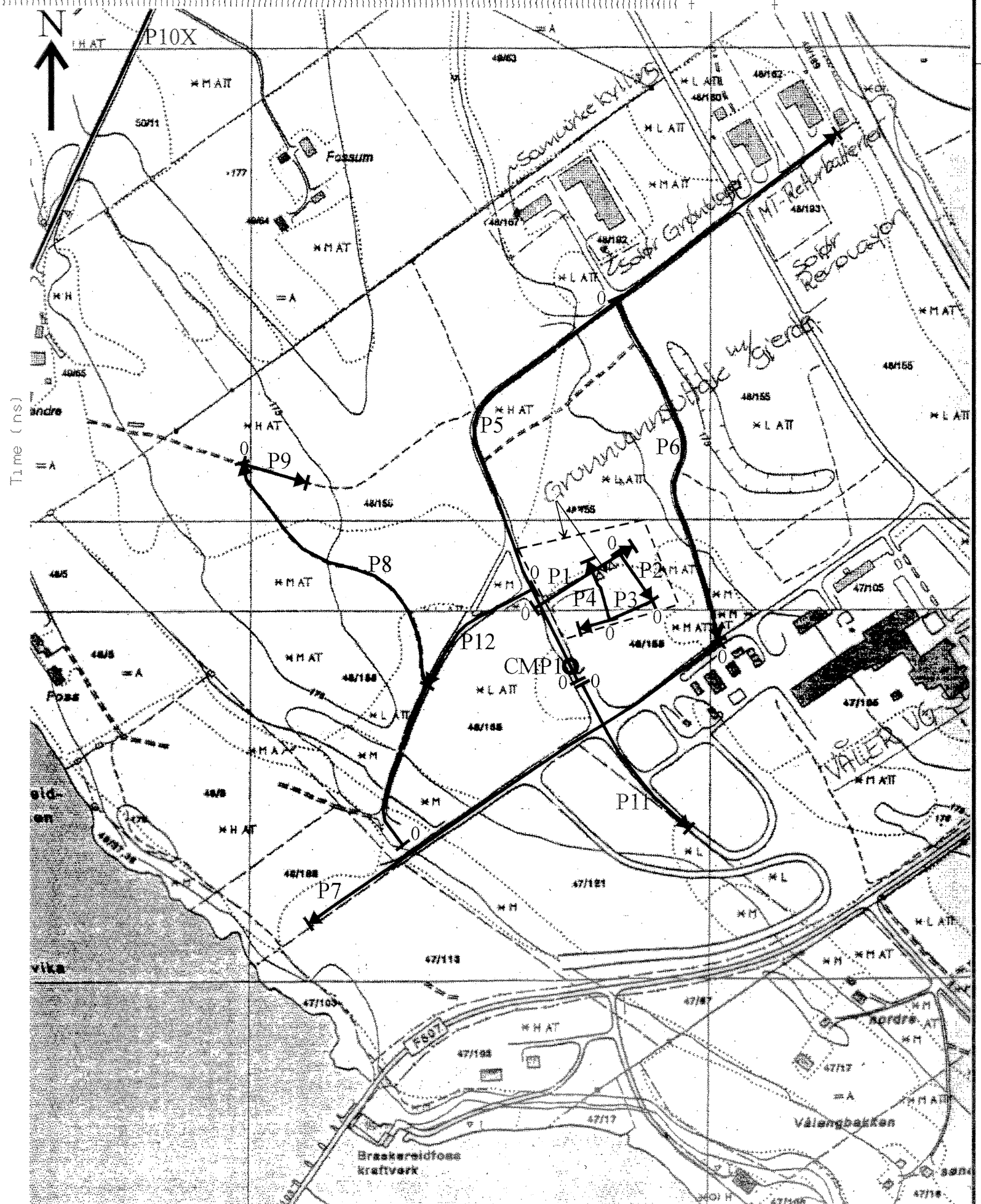


P6

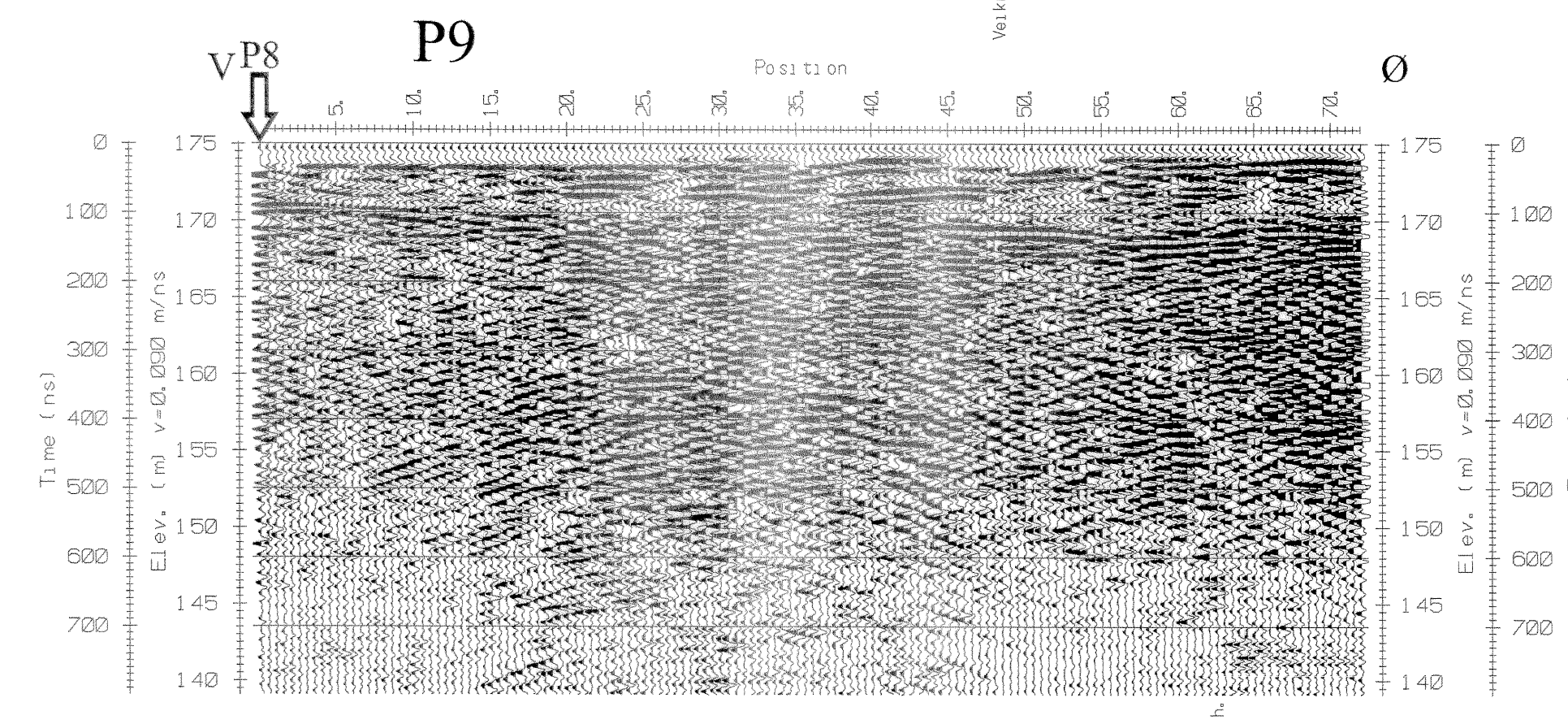
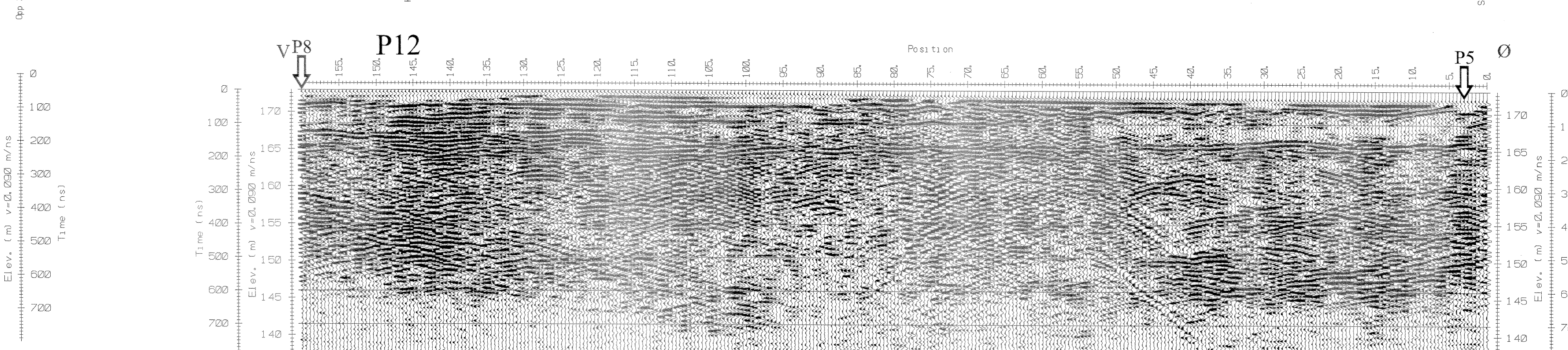
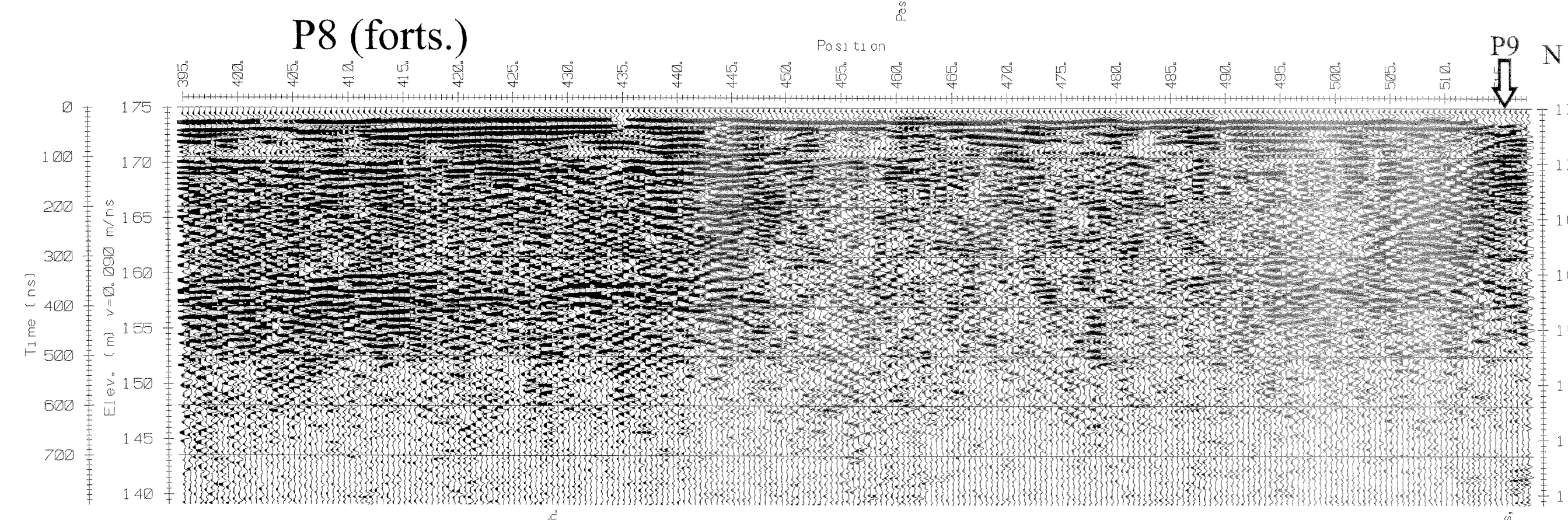
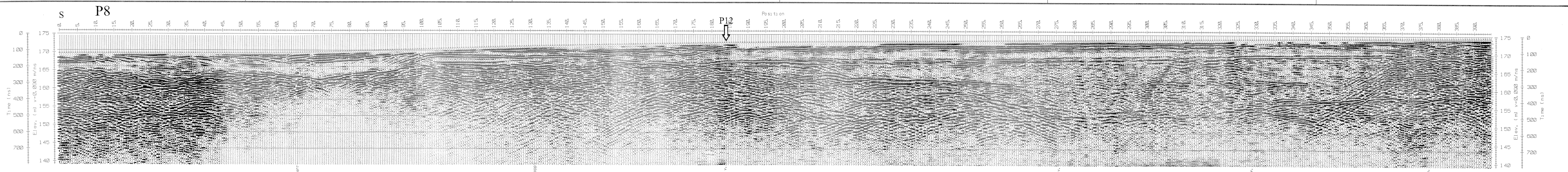


TEGNFORKLARING KART
 Georadarprofil (0 angir startpunkt)
 CMP måling georadar

TEGNFORKLARING PROFIL
 Krysning profil

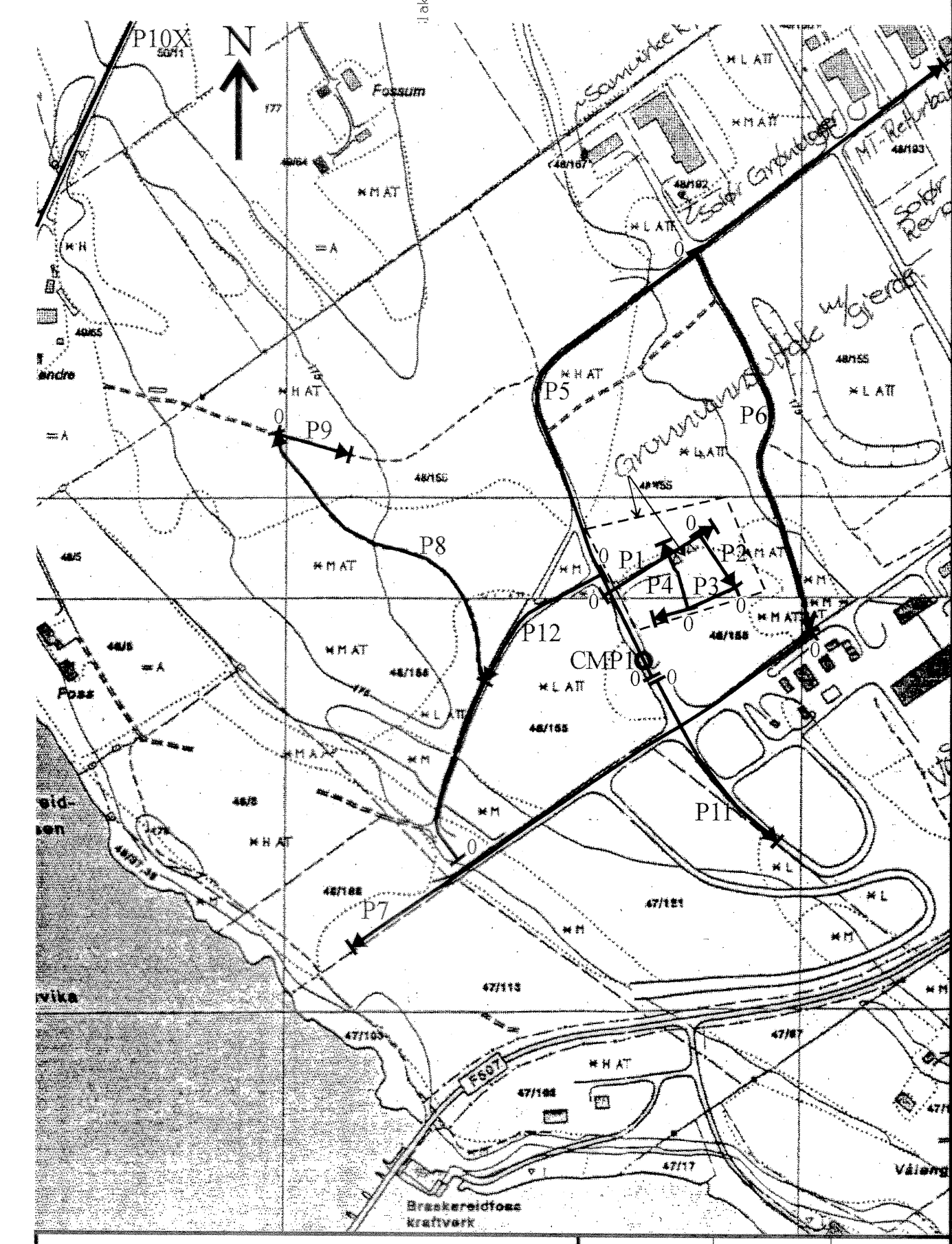


NGU / VALER KOMMUNE GEORADAROPPIAK P6 OG P7 BRASKEREIDFOSS VALER KOMMUNE, HEDMARK	MÅLESTOKK 1:5 000 (KART)	MÅLT JFT NOV. 2000
	TRAC KFR	KARTBLAD NR 2000.129-04



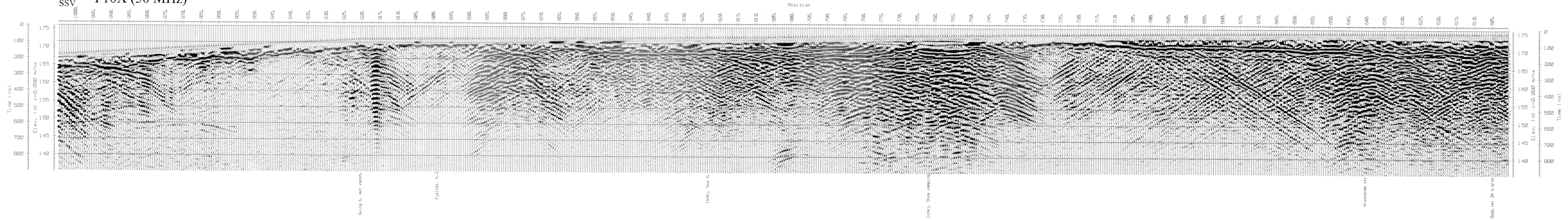
TEGNFORKLARING PROFIL
P12
Kryssende profil

TEGNFORKLARING KART
P9
CMP1
Georadarprofil (0 angir startpunkt)
CMP måling georadar

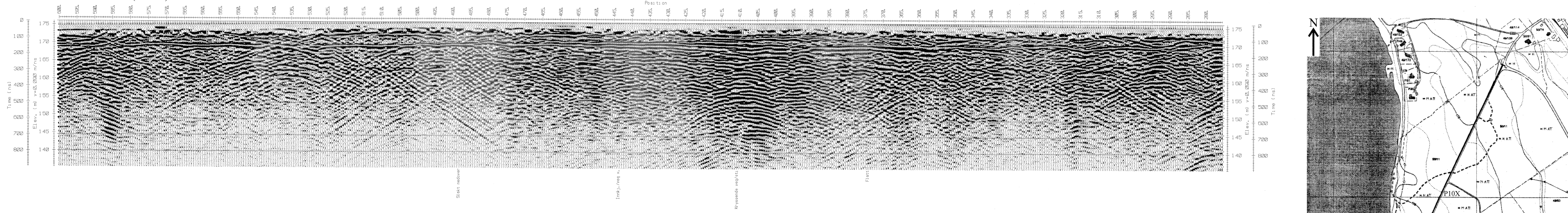


NGU / VÅLER KOMMUNE GEORADAROPPTAK P8, P9 OG P12 BRASKEREIDFOSS VÅLER KOMMUNE, HEDMARK	MÅLESTOKK 1:5 000 (KART)	MÅLT JFT TEGN JFT TRAC KFR	MAI 2000 NOV. 2000
	NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	KARTBILAG NR 2000.129-05	KARTBLAD NR 2016 III

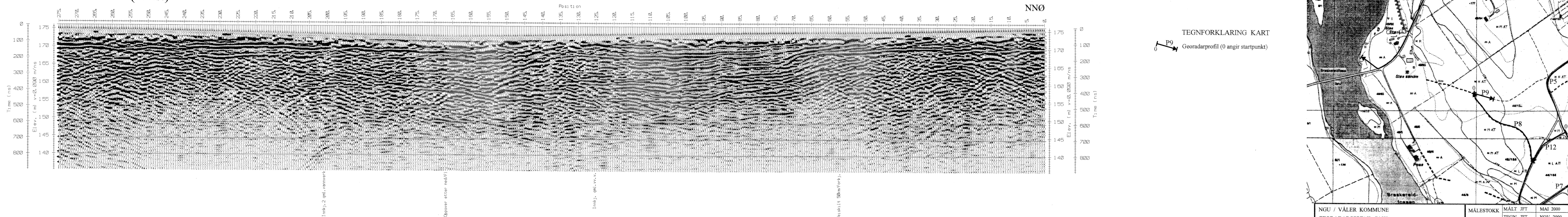
SSV P10X (50 MHz)



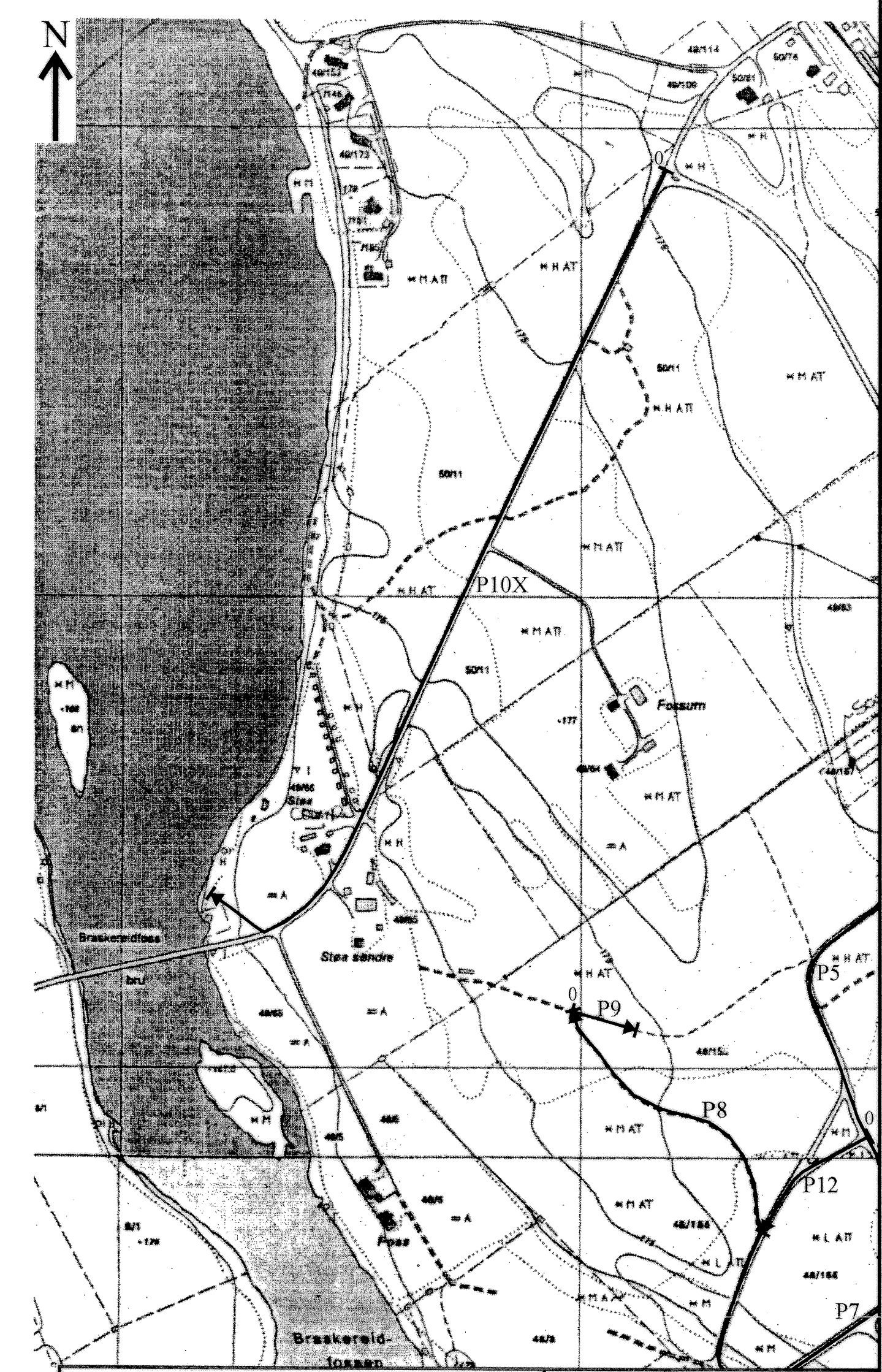
P10X (forts.)



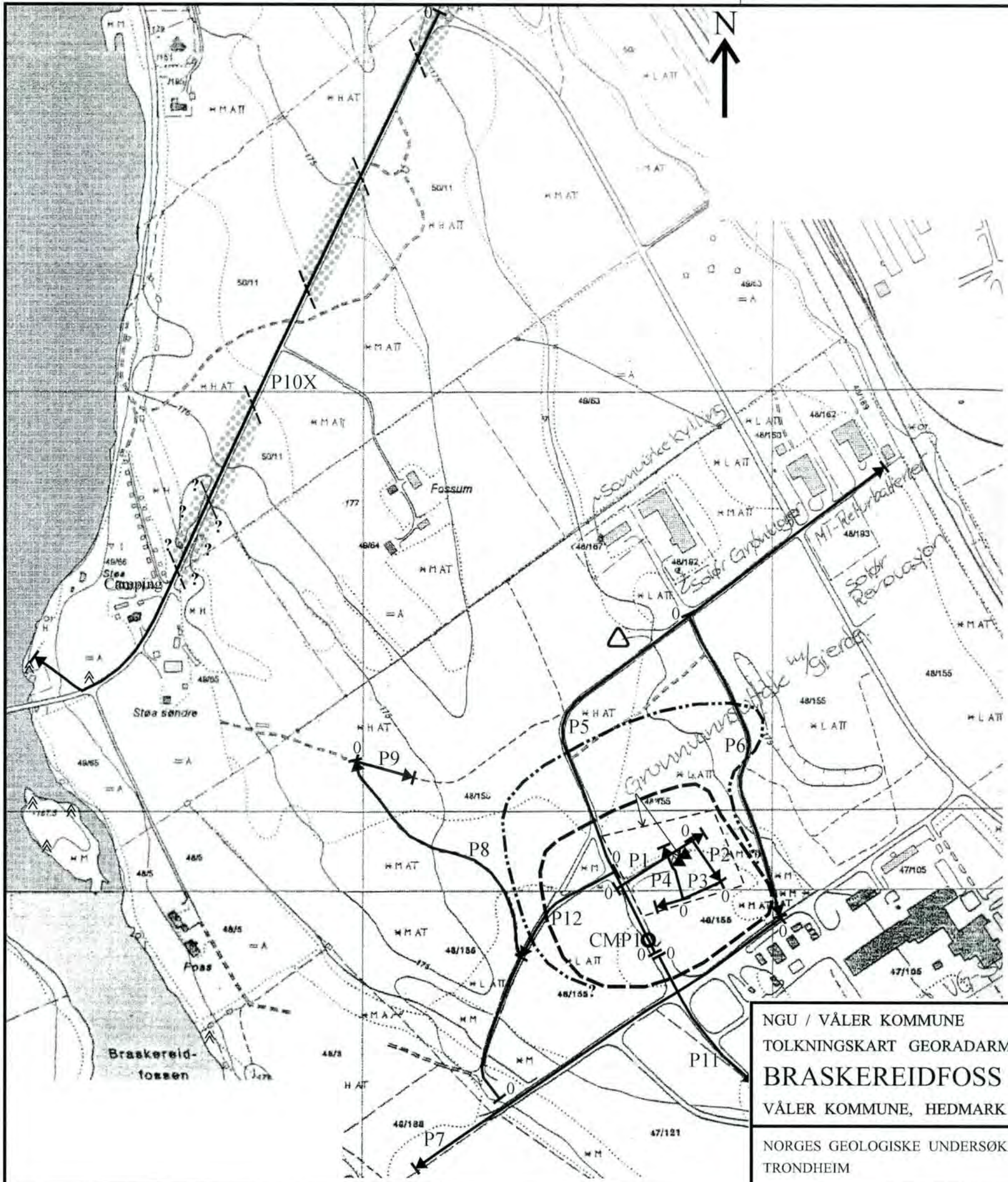
P10X (forts.)




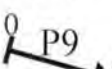






TEGNFORKLARING KART
Georadarprofil (0 angir startpunkt)



NGU / VÅLER KOMMUNE GEORADAROPPTAK P10X BRASKEREIDFOSS VÅLER KOMMUNE, HEDMARK	MÅLSTOKK 1:5 000 (KART)	MÅLT JFT NOV. 2000
	NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	KARTBLAG NR 2000.129-06



TEGNFORKLARING

-  Grunnvannsbrønn
-  Georadarprofil (0 angir startpunkt)
-  CMP-måling georadar
-  Mulig deponi (ukjent fyllmasse)
-  Fjellblotning
-  Yttergrense for område med bare lavtliggende grunnvannsspeil (163,5-166 m o.h.)
-  Yttergrense for område hvor det er indikert både et lavtliggende og et høyereliggende grunnvannsspeil. Utenfor er bare det høyeste grunnvannsnivået registrert (168-171 m o.h.)
-  Soner langs P10X tolket som forholdsvis grove løsmasseavsetninger med antatt god permeabilitet

NGU / VÅLER KOMMUNE
 TOLKNINGSKART GEORADARMÅLINGER
BRASKEREIDFOSS
 VÅLER KOMMUNE, HEDMARK

MÅLESTOKK 1:5 000	MÅLT JFT	MAI 2000
	TEGN JFT	DES. 2000
	TRAC	
	KFR	

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
 TRONDHEIM

KARTBILAG NR 2000.129-07	KARTBLAD NR 2016 III
-----------------------------	-------------------------