

NGU rapport nr. 91.107

Geofysiske løsmasseunder-  
søkelser øst for  
Helgeroa i Brunlanes

Rapport nr. 91.107		ISSN 0800-3416		Åpen/ <del>Fortrolig</del>	
Tittel: Geofysiske løsmasseundersøkelser øst for Helgeroa i Brunlanes					
Forfatter: Jan Fredrik Tønnesen			Oppdragsgiver: NGU		
Fylke: Vestfold			Kommune: Larvik		
Kartbladnavn (M. 1:250 000) Arendal			Kartbladnr. og -navn (M. 1:50 000) 1712 I Langesund		
Forekomstens navn og koordinater: Helgeroa øst 32 5510 65395 Helgeroa sørøst 32 5512 65382			Sidetall: 30		Pris: kr. 95,-
Feltarbeid utført: 17.-27.09.90		Rapportdato: 18.03.1991		Prosjektnr.: 62.2438.04	
				Seksjonssjef: <i>Jan S. Reining</i>	
Sammendrag:					
<p>De geofysiske undersøkelsene er utført i forbindelse med kvartær-geologisk kartlegging innenfor kartblad 1712 I Langesund (M 1:50 000). Foruten 5 refraksjonsseismiske profiler med samlet lengde 1,66 km omfatter målingene 3 km elektromagnetisk profilering og vel 0,8 km kombinert elektrisk profilering/sondering.</p> <p>Langs et 1 km langt seismikk-profil på tvers av ra-avsetningene stikker det opp en fjellrygg under nordlige halvdel med ca. 15 m løsmasseoverdekke over ryggtoppen. Nordafor er løsmassemektheten vel 40 m, mens den sønnafor varierer i området 45-60 m. Under et 1-5 m tykt overflatelag som vesentlig består av strandvasket sand/grus, ligger det morenedominert materiale.</p> <p>Samtolkning av de anvendte metoder i området sør for raet indikerer stort sett marine finkornige sedimenter (leire) med tykkelse mindre enn 25 m. Et strandvasket overflatelag av variabel tykkelse har høyere elektrisk motstand enn underliggende materiale. Ved to lokaliteter er det indikert ryggformer med høyere resistivitet enn omgivende marine sedimenter. Ryggene kan være deler av en israndavsetning avsatt før ra-morenene nordafor.</p>					
Emneord		Elektromagnetisk måling		Løsmasse	
Geofysikk		Elektrisk måling		Israndavsetning	
Refraksjonsseismikk		Kvartærgeologi		Fagrapport	

## INNHOOLD

	Side
1. INNLEDNING	4
2. METODIKK OG UTFØRELSE	4
3. RESULTATER	6
3.1. Ra-avsetningene	6
3.2. Langprofilet sør for raet	7
3.3. Ryggform ved Eidsten	10
4. KONKLUSJON	11
5. REFERANSER	12

## TEKSTBILAG

- 1: Refraksjonsseismikk - Metodebeskrivelse
- 2: EM31 - Metodebeskrivelse
- 3: Kombinert elektrisk profilering/sondering - Metodebeskrivelse

## DATABILAG

- 1: Tolkede sonderinger

## KARTBILAG

- 91.107-01 Områdekart
  - 02 Lokalkart nord
  - 03 Lokalkart sør
  - 04 Refraksjonsseismikk - Grunnprofiler
  - 05 EM31 og kombinert elektrisk profilering/sondering - Måleprofiler

## 1. INNLEDNING

De geofysiske undersøkelsene i Brunlanes er utført i forbindelse med kvartærgeologisk kartlegging innenfor kartblad 1712 I Lange-sund.

Undersøkelsene er fordelt på to delområder øst og sørøst for Helge-roa ut fra forskjellig problemstilling (se kartbilag 91.107-01). I det nordlige området var hovedhensikten å kartlegge mektigheten av ra-avsetningene og fjelltopografien under raet. I området sønnafor var hensikten å kartlegge variasjoner i materialtyper og da spesielt å finne indikasjoner på mulige israndavsetninger utenfor selve raet. Den forutgående kartleggingen (Bergstrøm, pers. medd.) viser at det jevnt over er et relativt steinrikt overflate-materiale i dette området, men at det under stort sett er marine finkornige sedimenter (leire).

## 2. METODIKK OG UTFØRELSE

Seismiske målinger ble utført etter vanlig seismisk refraksjonsmetode (se tekstbilag 1). Et 12-kanals registreringsinstrument av type ABEM TRIO ble benyttet. Det er vesentlig brukt kabelutlegg med 10 m geofonavstand, men med innkorting til 5 m i hver ende. Skuddpunkt ble plassert 5 m ut fra hver endegeofon og ved midten av hvert utlegg, slik at skuddpunktavstanden langs målepro-filet ble 55 m. I det nordlige området er det benyttet noen kabelutlegg med dobbelt så store geofon- og skuddpunktavstander. For å få bedre måledekning av fjellrefraktoren ble det for hvert utlegg også plassert skuddpunkt i større avstand fra kabelendene, fortrinnsvis ved midtskudd eller endeskudd i naboutlegg.

To metoder er anvendt for måling av undergrunnens tilsynelatende resistivitet (spesifikk elektrisk motstand). For hurtig profiler-

ing er det anvendt et elektromagnetisk måleinstrument av type Geonics EM31 som har en dybderekkevidde på ca. 6 m (se tekstbilag 2). Ved profilering er det benyttet en målepunktavstand på 12,5 m. Det er foretatt enkle dybdesonderinger ved å legge instrumentet på bakken og utføre målinger med henholdsvis vertikale og horisontale spoilekser.

For å oppnå større penetrasjon ble det utført kombinert elektrisk profilering/sondering med "halv-Schlumberger" elektrode-oppsett (se tekstbilag 3). Avstanden mellom hvert sonderingspunkt var stort sett 25 m. I hver sondering ble avstanden mellom potensial-elektrodene holdt konstant lik 4 m, mens avstanden fra strømelektroden til nærmeste potensialelektrode var  $n \cdot 4$  m, hvor  $n$  varierte fra 1 til 8. For målingene ble det benyttet et registreringsinstrument av type ABEM SAS300 Terrameter.

I det nordlige området er det bare utført refraksjonsseismikk, og målingene omfatter et nær 1 km langt profil (Profil 1) på tvers av ra-avsetningene fra Torp mot Holhjem (se kartbilag 91.107-02).

I det sørlige området er det utført undersøkelser langs et 2 km langt profil fra Ødegårdsbukta og nord-nordvestover mot Holhjem. Det er dessuten gjort målinger over en ryggform ved Eidsten (se kartbilag 91.107-03). Hele det lange profilet ble først målt med EM31 (EM-A). Ut fra disse data ble det foretatt oppfølgende undersøkelser med kombinert elektrisk profilering/sondering fra 1100 m og nordover i profilet. I tillegg ble det målt to seismiske profiler for å få ytterligere informasjon, spesielt om fjelloverflatens forløp. Profil 2 er målt i området 1100-1310 m i hovedprofilet, men er plassert litt østafør. Profil 3 er i området 1580-1800 m. Til slutt ble det målt to korte EM31 profiler (EM-B og EM-C), ett på langs og ett på tvers av seismikkprofil 2.

Ved Eidsten er det målt to korte seismiske profiler, ett på langs og ett på tvers av ryggformen (profil 4 og 5). Dessuten ble det målt tre EM31 profiler (EM-D, EM-E og EM-F) med samlet lengde 660 m.

Feltarbeidet ble utført i løpet av 8 effektive arbeidsdager av Torbjørn Haugen og Jan Fredrik Tønnesen fra NGU. I denne tiden inngår også nødvendig kontakt med grunneiere, og innhenting av informasjon om telekabler, kommunale vannledninger (vesentlig gamle eternitrør) og ledningsnett for Brunlanes jordvanning (vesentlig plastrør).

### 3. RESULTATER

Tolkningen av de refraksjonsseismiske målingene er vist i kartbilag 91.107-04. Terreng høyden langs profilene er ikke nivellert, men er tegnet ut fra kartgrunnlag og visuell observasjon. Feil i terrengoverflatens nivå vil medføre tilsvarende feil i nivået for sjiktgrenser og fjelloverflate.

Måleresultatene for EM31 profilene og kombinert elektrisk profilering/sondering er gjengitt i kartbilag 91.107-05. Det er hovedsakelig foretatt en kvalitativ tolkning av disse målingene, men for en del av sonderingene er det utført en kvantitativ tolkning av motstand og dyp ved hjelp av tolkningsprogrammet Resixip (Interpex 1988). Disse tolkningene er vist i databilag 1.

#### 3.1. Ra-avsetningene

Under det nær 1 km lange seismiske profilet på tvers av ra-avsetningene danner fjelloverflaten en ryggform mellom 60 og 450 m fra nordenden. Fjellet når nær opp til 40 m over havnivå rundt 230 m i profilet. Lengst nord er fjelloverflaten 5-10 m over havnivå. I området 470-800 m er fjelloverflaten i området 0-5 m over havnivå, mens det er 0-10 m under havnivå resten av profilet med laveste nivå rundt 870 m i profilet.

Over toppen av fjellryggen er løsmassemekktigheten 14-15 m. Den øker til vel 40 m innen 150 m mot nord og 220 m mot sør. Videre sørover langs profilet varierer mektigheten i området 45-60 m. Et overflatelag med seismisk hastighet 400-650 m/s har en tykkelse på 1-3 m, unntatt over ryggformen rundt 700 m i profilet hvor tykkelsen når opp i 5 m. Seismisk hastighet er lavest i området 150-300 m og høyest i sørlige halvdel av profilet. Overflatelaget har derfor trolig noe variabel sammensetning, men regnes hovedsakelig å bestå av strandvasket sand/grusdominert materiale. I materialet under er seismisk hastighet bestemt til 1800 m/s i nordligste del av profilet og er i området 1700-1800 m/s for øvrig. Den relativt høye hastigheten indikerer at det ligger morenedominert materiale under overflatelaget langs hele profilet.

Ut fra terrengformene og variasjon i løsmassemekktighet kan det skilles ut to randtrinn; ett som danner ryggform med toppunkt ved 700 m i profilet og ett på nordsiden av fjellryggen. Målemetoden gir ikke informasjon om endringer i materialtype dypere i avsetningene, og det er sannsynlig at løsmassene har mer kompleks sammensetning enn det enkle bildet som seismikken indikerer.

### 3.2. Langprofilet sør for raet

Det 2 km lange EM31 profilet (EM-A) viser at tilsynelatende resistivitet for de øvre ca. 6 m gjennomgående er lav med verdier som varierer mellom 7 og 55 ohmm. De enkle sonderingene indikerer at resistiviteten hele veien er høyere overflatenært (de øvre ca. 3 m) enn totalt ned til normalt måledyp.

Lengst sørøst i profilet danner måleverdiene to rygger med toppverdier på 30 ohmm og 21-22 ohmm henholdsvis 50 m og 150 m fra sørøstenden. Sonderingen over den sørøstligste toppen viser at det er spesielt høy motstand overflatenært. De høye verdiene skyldes trolig derfor grovt strandvasket materiale i overflaten

mens det antas å være finkornig materiale under. Sammensetningen mot dypet i den andre høymotstandsryggen er mer uviss.

I området 200-1175 m i profilet varierer resistiviteten relativt lite med verdier på 10-16 ohmm fram til 875 m og 8-10 ohmm videre mot nordvest. Det regnes her å være forholdsvis homogene leiravsetninger, og de indikerte motstandsvariasjonene skyldes trolig vesentlig et tynt, men inhomogent overflatelag av strandvasket materiale.

Måleverdiene viser en markert ryggform mellom 1175 og 1300 m med toppverdi på 40 ohmm ved 1225 m. Nordover fra 1400 m stiger verdiene relativt jevnt opp mot toppunkt på 50-55 ohmm rundt 1700 m. Ved 1800 m opptrer et minimum på 10 ohmm, men med økning til et maksimum på 40 ohmm ved 1850 m. Nordligst i profilet er verdiene i området 25-30 ohmm.

Tolkning av kombinert elektrisk profilering/sondering for sonderingspunkt 1100N sør for ryggform i EM-A viser at det der er godt ledende materiale på ca. 2 ohmm under et tynt overflatelag med høy motstand. Sonderingen tyder på godt ledende marine sedimenter helt til fjell, når dybdetolkningen sammenholdes med beregnet dyp til fjell i seismikkprofil 2. De påfølgende sonderinger videre nordover viser at materiale med høyere motstand kommer inn i stadig grunnere nivå og kommer nær opp i dagen rundt 1225N. Nordafor øker tykkelsen av godt ledende materiale over, mens den totale løsmassemektheten avtar. Sonderingskurvene 1200-1250N indikerer at det er betydelige laterale motstandsendringer langs elektrodeutleggene. Da den anvendte tolkningsprosedyren egentlig forutsetter planparallele og homogene motstandslag, vil det her være vanskelig å oppnå modelltilpasninger som stemmer godt overens med måledata.

I seismikkprofilet (Profil 2) har det 1-2 m tykke overflatelaget en seismisk hastighet på 500 m/s, mens den i materialet under er 1450-1500 m/s. Ved skuddpunkt 165 m i profilet ser det ut til å



være materiale med høyere hastighet (1800 m/s), men verdien er usikkert bestemt på grunn av relativt liten løsmassemektighet og inhomogene forhold. Det er i profilet forøvrig markert hvor mektig et slikt høyhastighetslag kan være uten å bli registrert. Da profil 2 er plassert noe øst for EM-A, ble det også målt et EM31 profil langs en del av seismikktraseen (EM-B). Det viser lave verdier i hver ende (10-11 ohmm) med et høyere nivå på rundt 20 ohmm i mellom. I profil EM-C i ØV-retning kan det se ut til at materiale med høy motstand forsvinner ned under materiale med lav motstand mot vest og dels også mot øst. Dette kan skyldes at ryggform med høy motstand har mer sørvest-nordøstlig retning og at vestlige del av EM-C derfor ligger på nordsiden av ryggen.

Ut fra samtolkning av metodene kan det konkluderes med at det her ved Svenkerød er identifisert en ryggform med høyere resistivitet enn i avsetningene for øvrig, og det er sannsynlig at ryggformen representerer en israndavsetning.

Sonderingene fra 1325N til 1675N viser at den jevne økningen i EM31 verdiene skyldes at de godt ledende marine avsetningene er dekket av materiale med høyere motstand som øker i mektighet mot nord. Et slikt lag kan også sees i seismikkprofilen (Profil 3) med hastighet 900-1100 m/s, mens avsetninger med hastighet normalt for vannmettet materiale ligger 5-7 m under overflaten. I seismikkprofilen er løsmassemektighet beregnet å være 13-18 m.

Forholdene lengst nord er mer uklare. De lave motstandsverdiene rundt 1800N ser ut til å representere et noe tynnere overflatelag kombinert med ekstremt godt ledende materiale mot dypet. Toppverdiene rundt 1850N er sannsynligvis en terrengeffekt, da de faller sammen med toppen av skråningen mot terrasseflaten nordafor.

### 3.3. Ryggform ved Eidsten

Profil 4 langs toppen av ryggen viser at fjelloverflaten danner en dyprenne med en løsmassetykkelse på vel 20 m midt i profilet, avtagende til 9-10 m mot vestenden og under 5 m ved østenden. En fjellknatt stikker opp i dagen rundt 30 m østnordøst for østenden av profilet. Langs profil 5 avtar løsmassemektheten fra 20 m under toppen av ryggen til 10-11 m i nordlige del. Fjelloverflaten ser ut til å ligge 16-18 m o.h. i nordlige del mot 13-14 m o.h. i sør. Det er i begge profilene registrert et 1-3 m tykt overflate-lag med seismisk hastighet 400-500 m/s, som regnes å være strandvasket materiale. Underliggende løsmasser med hastighet 1450-1550 m/s kan være vannmettet finkornig materiale eller morene. Det er ikke påvist morenemateriale med høyere hastighet, men i begge tolkningsprofilene er det markert maksimum mektighet av et slikt lag som kan opptre blindsoner.

EM-F viser motstandsverdier på 28-36 ohmm langs seismikkprofil 5, men mot nordenden av EM-F avtar verdiene til 11-12 ohmm. Dette indikerer en markert endring i materialtype. Materialet i ryggformen regnes å være overlagret av marine finkornige sedimenter med økende mektighet mot nord.

I sør langs EM-D er det antatt at de relativt høye verdiene fra ca. 150 m og østover skyldes underliggende fjelltopografi. I området 160-180 m regnes fjellet å ligge dagnært. Sonderingen ved 175 m som viser økende motstand mot dypet bekrefter også at det er grunt til fjell. Det samme gjør sonderingen ved østenden hvor fjellet kommer bratt opp få meter østfor. Den brå stigningen i måleverdiene mot vest fra 100 m i profilet tyder på innslag av grovere materiale i denne del av ryggen.

I EM-E er vestligste målepunkt på fjellblotning, mens sondering viser at det er grunt til fjell i østligste målepunkt. Det noe høyere motstandsnivået fra 100 m og østover kan skyldes at grovere materiale kommer dagnært, men det er heller ikke utelukket at variasjonene kan skyldes oppgrunning av fjelloverflaten.

Samtolkning av informasjon viser at fjelloverflaten ligger grunt under østre del av ryggformen. Ryggmaterialet avgrenses mot nord av marine finkornige avsetninger. Ut fra målingene kan det antydes at ryggavsetningene har en mer sørvest-nordøstlig utbredelsesretning enn det overflateformene indikerer. Det er sannsynlig at ryggformen representerer en israndavsetning og at den er av samme alder som ryggformen funnet ved Svenkerød.

#### 4. KONKLUSJON

Seismiske målinger på tvers av ra-avsetningene viser at en fjellrygg stikker opp under nordlige del med ca. 15 m løsmasseoverdekke. Nordafor er løsmassemektheten vel 40 m, mens den sønnafor varierer i området 45-60 m. Under et 1-5 m tykt overflatelag som vesentlig består av strandvasket sand/grus, ligger det morenedominert materiale.

Seismiske og elektriske målinger sør for raet indikerer stort sett marine finkornige sedimenter med tykkelse mindre enn 25 m. Ved Svenkerød og Eidsten er det indikert ryggformer med høyere resistivitet enn omgivende marine sedimenter. Ryggene kan være deler av en israndavsetning avsatt før ra-morenene nordafor.

For å få bekreftelse på om ryggene representerer israndavsatt materiale bør de to lokalitetene undersøkes nærmere med boring og prøvetaking. Deretter kan det være av interesse å gjøre geofysiske målinger i områder lenger øst for om mulig å følge opp israndsonen mot Larvikfjorden.

Trondheim, 18. mars 1991

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE

Geofysisk avdeling

*Jan Fredrik Tønnesen*  
Jan Fredrik Tønnesen

Forsker

5. REFERANSER

Bergstrøm, B. (in prep.): Langesund 1712 I, kvartærgeologisk kart  
M 1:50 000. Norges geologiske undersøkelse.

Interpex (1988): RESIXIP user's manual. Copyright (c) 1988 by  
Interpex Limited, Golden, Co, USA.

## REFRAKSJONSSEISMIKK - Metodebeskrivelse

Metoden grunner seg på at lydets forplantningshastighet forandrer seg med mediets elastiske egenskaper. Det aktuelle hastighetsområde i den såkalte ingeniørseismikk er fra ca. 200 m/s (meter pr. sekund) i visse typer porøst overdekke til godt over 5000 m/s i enkelte bergarter.

En "lydstråle" fra en sprengning i overflaten treffer en grense mellom 2 sjikt hvor lydhastigheten er henholdsvis  $V_1$  og  $V_2$ , og vinkelen mellom lydstråle og innfallslodd kalles  $i$ . Etter at strålen har passert sjiktgrensen vil den danne en vinkel  $R$  med innfallslodden, slik at

$$\frac{\sin i}{\sin R} = \frac{V_1}{V_2} . \text{ Når } R \text{ blir } = 90^\circ, \text{ vil den refrakterte stråle følge sjiktgrensen og vi har } \sin i = \frac{V_1}{V_2}$$

Den bestemte innfallsvinkel som tilfredsstiller denne betingelse kalles kritisk vinkel eller  $i_c$ .

Lydforplantningen langs sjiktgrensen vil gi årsak til sekundærbølger som returnerer til terrengoverflaten under vinkelen  $i_c$ . I en viss kritisk avstand fra skuddpunktet vil disse refrakterte bølger nå frem før de direkte bølger som har fulgt terrengoverflaten. Den kritiske avstand er proporsjonal med dypet til sjiktgrensen og forøvrig bare avhengig av forholdet mellom de to hastigheter. Denne sammenheng utnytter en ved å plassere seismometre langs en rett linje i terrenget og registrere de først ankomne bølger fra skudd i hensiktsmessig valgte posisjoner i samme linje. En får da bestemt de nødvendige data for å fastlegge dypene til sjiktgrensen. Dersom overdekket er homogent med hensyn på lydhastigheten langs profilet, kan en oppnå en god dybdebestemmelse for hver seismometerposisjon. Imidlertid vil det ofte være betydelige laterale variasjoner til stede, og overdekkehastighetene blir ved små dyp bare bestemt i nærheten av skuddpunktene. Ofte vil det derfor være naturlig å legge størst vekt på dybdebestemmelsen under skuddpunktene.

Disse betraktninger kan utvides til å gjelde flere sjiktgrenser. En får refrakterte bølger fra alle grenser når hastigheten i det underliggende medium er større enn i det overliggende. Kontrasten må være av en viss størrelse, og vinkelen mellom sjiktgrense og terrengover-

flate må ikke være for stor. I praksis vil en gjerne få vanskeligheter når denne vinkel overstiger  $25^{\circ}$ .

Det forekommer at en sjiktgrense ikke avspeiler seg i de opptegnede diagrammer, fordi de refrakterte bølger fra denne grense når overflaten senere enn fra en dypere grense. Det foreligger da en såkalt "blind sone", og de virkelige dybder kan være vesentlig større enn de beregnede. En annen feilkilde er til stede hvis lyden på sin vei nedover i jordskorpen treffer et sjikt med lavere hastighet enn det overliggende. Fra denne sjiktgrense vil det aldri komme refrakterte bølger opp igjen til overflaten, og lavhastighetssjiktet vil derfor ikke kunne erkjennes av måledataene. De virkelige dyp vil være mindre enn de beregnede. Generelt må en si at usikkerheten i de beregnede dyp øker med antall sjikt.

Dersom det ikke opptrer systematiske feil som beskrevet ovenfor, er erfaringsmessig usikkerheten i dydeberegningene under 10% for dyp større enn 10 m og 1 m for mindre dyp. De største hastighetsendringer opptrer ved overgangen "tørre"/vannmettede løsmasser og overgangen løsmasser/fjell. Nedenfor er angitt seismisk hastighetsområde for de mest vanlige løsmassetyper. Spesielt under grunnvannsnivå er det betydelig hastighetsoverlapp mellom løsmassetypene.

Soner med lave hastigheter i fjell skyldes som regel oppsprukket (dårlig) fjell. Normalt er hastigheten i fast fjell i området fra 4000 til godt over 5000 m/s.

#### LYDHASTIGHETER I DE MEST VANLIGE LØSMASSETYPER

Organisk materiale		150 - 500 m/s
Sand og grus	- over grunnvann	200 - 800 "
Sand og grus	- under "	1400 - 1600 "
Morene	- over "	700 - 1500 "
Morene	- under "	1500 - 1900 "
Hardpakket bunmorene		1900 - 2800 "
Leire		1100 - 1800 "

### EM31 - Metodebeskrivelse

EM31 er en elektromagnetisk utrustning som måler undergrunnens elektriske ledningsevne uten å ha kontakt med bakken. Den er spesialbygd for kartlegging av forskjellige jordarter, og kan til en viss grad bestemme deres mektighet.

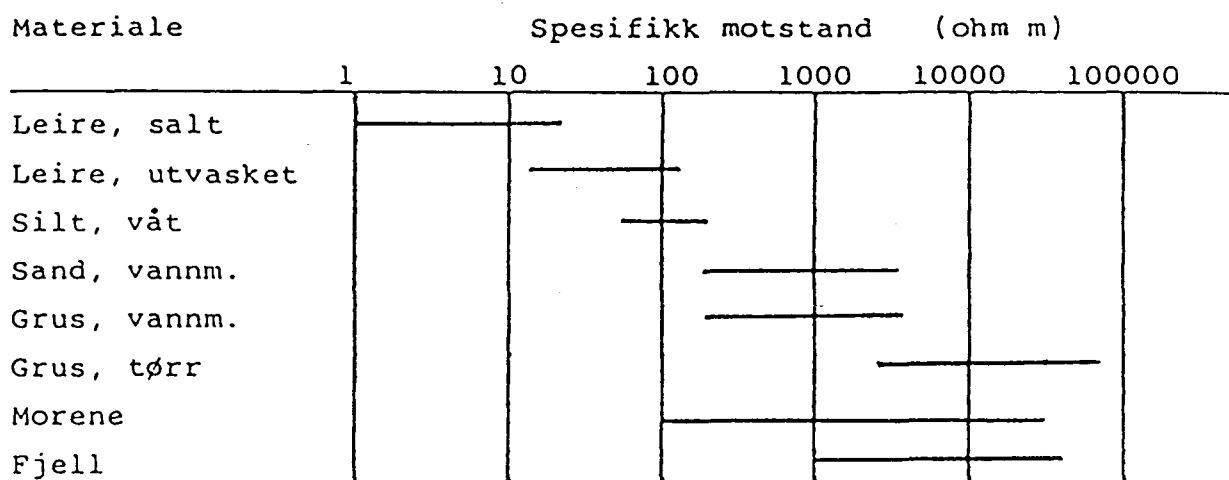
Instrumentet består av en senderspole og en mottagerspole samt en kontrollenhet hvor tilsynelatende ledningsevne kan avleses direkte i mmho/m. Spolene er plassert i en konstant avstand 3.66 meter fra hverandre og har vertikale akser. Arbeidsfrekvensen er på 9.8 kHz, og dybderekkevidden angis til 6 meter. Med dette menes at instrumentet kan detektere laterale endringer i ledningsevnen ned til 6 meters dyp. Tilsynelatende ledningsevne kan måles kontinuerlig, men i praksis vil en registrere data ved faste intervaller for senere profiluttegning. I mange tilfeller foretrekkes tilsynelatende resistivitet ( $\rho_a$ ) uttrykt i ohmm i dataframstillingen. Denne størrelse finnes ved å beregne den inverse verdi av ledningsevne.

Da både spoleavstand og frekvens er fiksert, kan det bare foretas såkalte geometriske dybdesonderinger. Dette kan enten gjøres ved å utføre målinger i forskjellig høyde over bakkenivå, eller ved å måle med spoleaksene vertikalt og horisontalt. Sistnevnte metode foretrekkes da denne er praktisk enkel å gjennomføre. Dybderekkevidden vil omtrent halveres når det måles med horisontale spoleakser.

En slik dybdesondering gir i første omgang et kvalitativt bilde av vertikal endring i ledningsevne. Kvantitativt kan en generelt for tolagstilfelle beregne tykkelse av lag 1 og ledningsevne i ett av lagene når en kjenner ledningsevnen i det andre laget. Siden EM31 alltid måler tilsynelatende ledningsevne, er det vanskelig å bestemme ledningsevnen i det ene laget slik at de andre to størrelsene kan bestemmes. Uten tilleggsinformasjon fra f.eks. vertikale elektriske sonderinger har derfor denne tolkningsmuligheten

begrenset verdi. I tolagstilfeller hvor en kjenner ledningsevnen i det best ledende laget og hvor en vet at ledningsevnekontrasten er stor ( $\geq 10$ ) kan tykkelsen av lag 1 beregnes for hver stasjon uten å utføre dybdesondering.

Nedenfor er vist normale resistivitetsområder for de mest vanlige materialtyper.



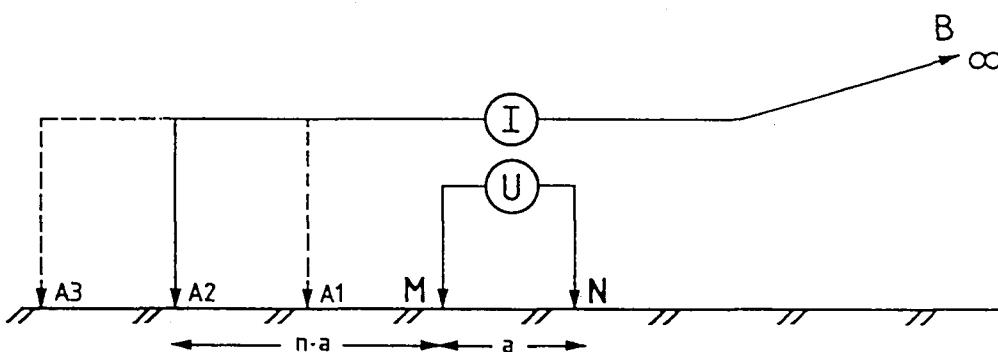


## KOMBINERT ELEKTRISK PROFILERING/SONDERING - Metodebeskrivelse

Metoden benyttes for å kartlegge laterale og vertikale endringer i elektrisk motstand langs profiler. I måleprofilen benyttes to potensialelektroder og en strømelektrode, mens en annen strømelektrode er fast plassert langt unna ("uendelig"). Ved å holde potensialelektrodeavstanden fast og flytte strømelektroden stegvis utover oppnås en dybdesondering. Elektrodeutlegget flyttes så til neste målepunkt i profilet og måleprosedyren gjentas. Måleprosedyre og beregning av tilsynelatende resistivitet ( $\rho_a$ ) fremgår av figuren nedenfor.

Motstandsverdiene kan fremstilles som profilkurver for hver strømelektrodeavstand, som dybdesonderingskurver i hvert målepunkt eller som pseudoseksjoner. Målemetoden gir et tilnærmet kontinuerlig 2-dimensjonalt bilde av motstandsforholdene langs måleprofilen. Kvalitativ tolkning av lagfølge kan foretas direkte ut fra sonderingskurvene. Det er også mulig med kvantitativ tolkning av lagtykkelser og resistivitet ved å benytte egnet programvare. Tolkingsproblemer og usikkerheter vil stort sett være de samme som ved "normale" vertikale elektriske sonderinger.

## HALV SCHLUMBERGER

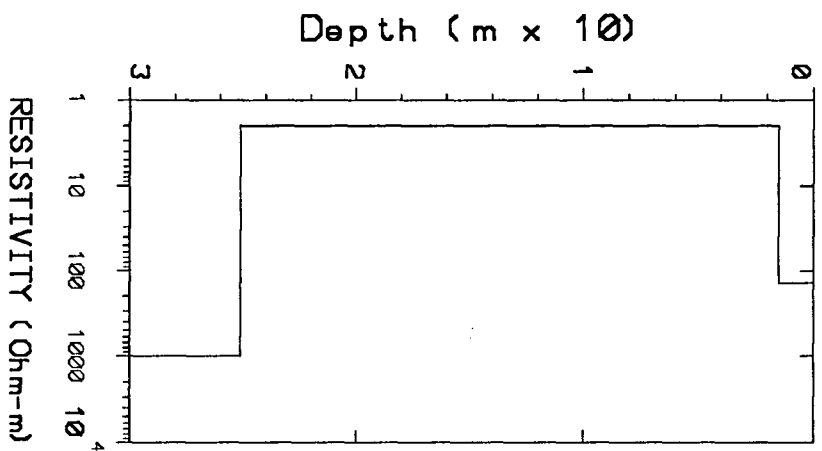
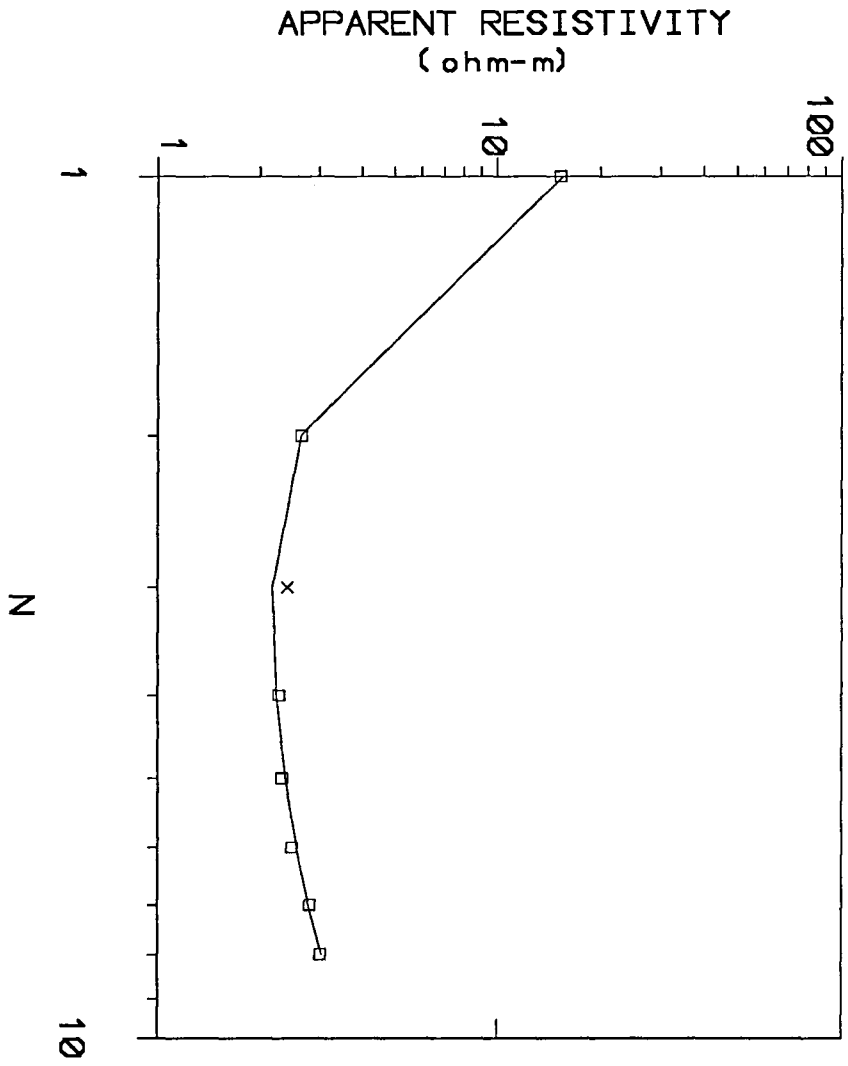


$$\rho_a = 2\pi a \cdot n \cdot (n+1) \cdot \frac{\Delta V}{I}$$

A OG B : STRØMELEKTRODER  
M OG N : POTENSIALELEKTRODER

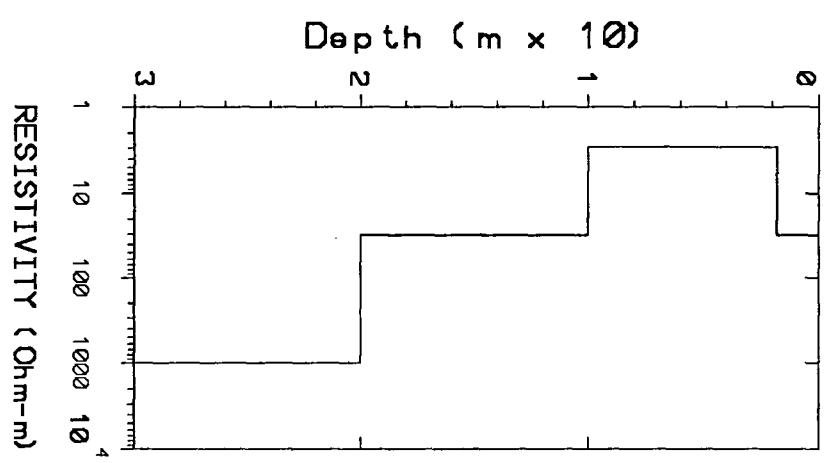
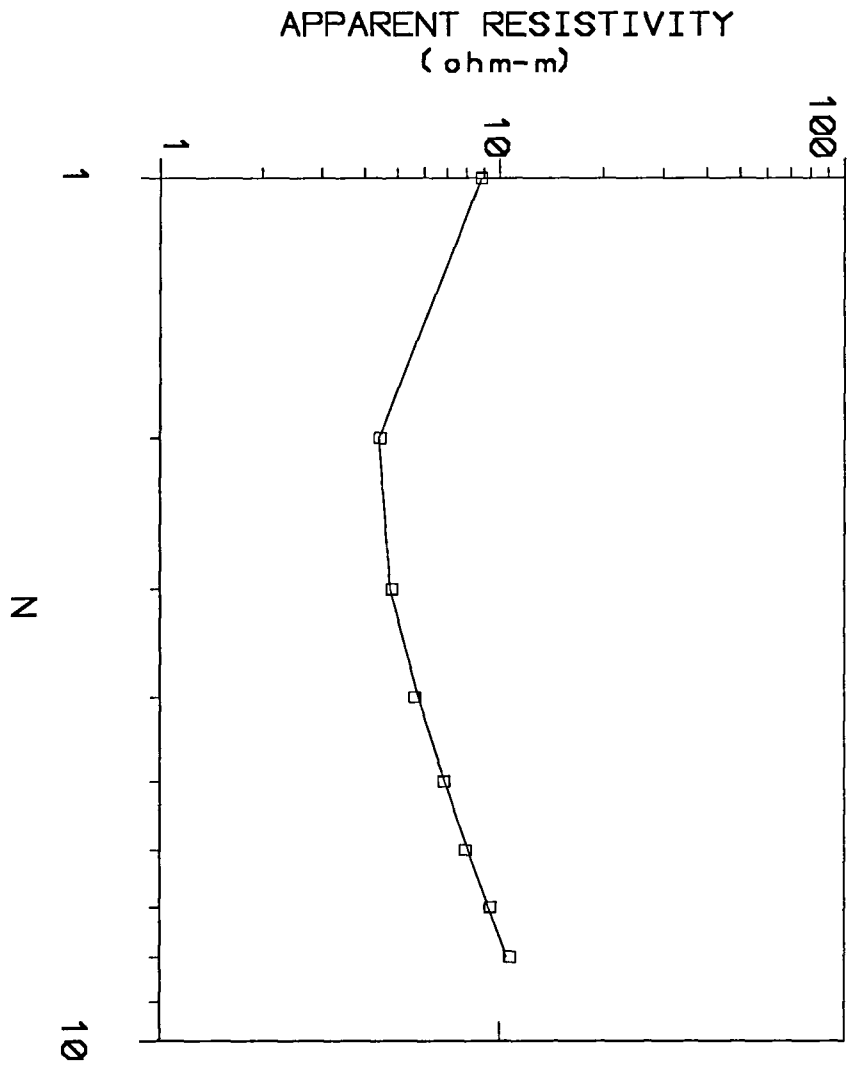
(I) : AMPEREMETER

(U) : VOLTMETER



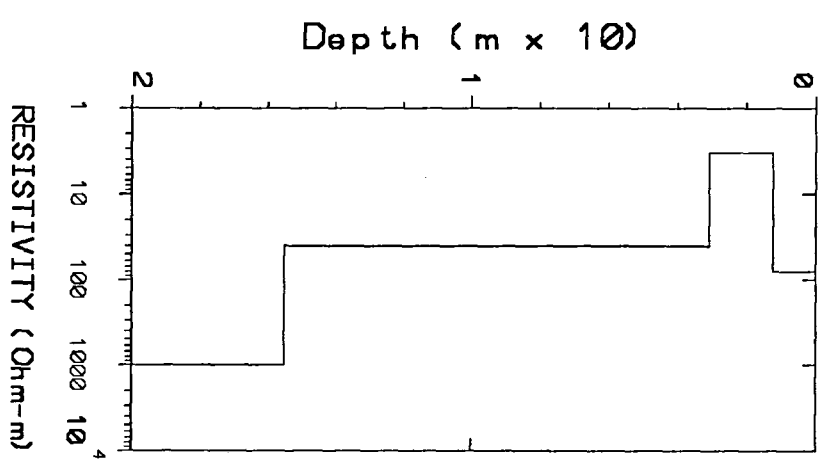
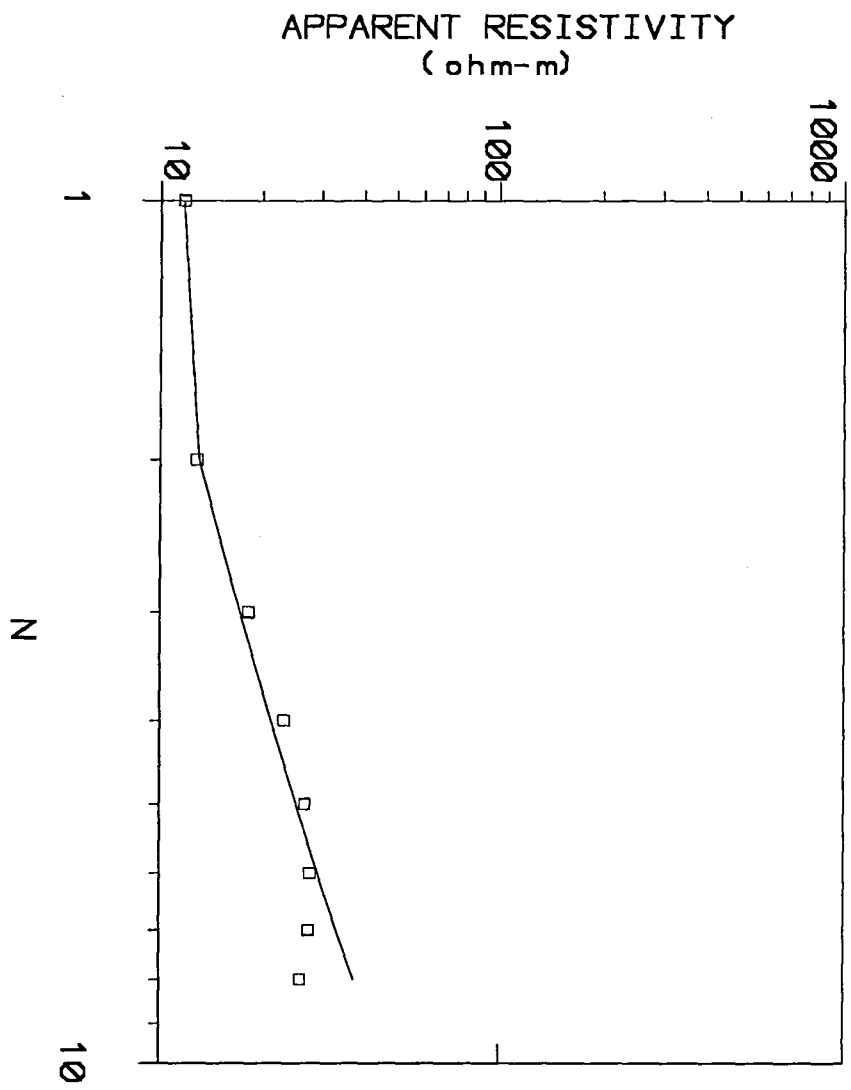
<b>for: NGU</b>	
by: Geological Survey of Norway	
Data Set: HELGROA	Date: 24.09.90
Equipment: Terrameter	Sounding: 1100N

pol-dipol-sondering	
Brunlønes	
Vestfold	
Azimuth: 0.0	



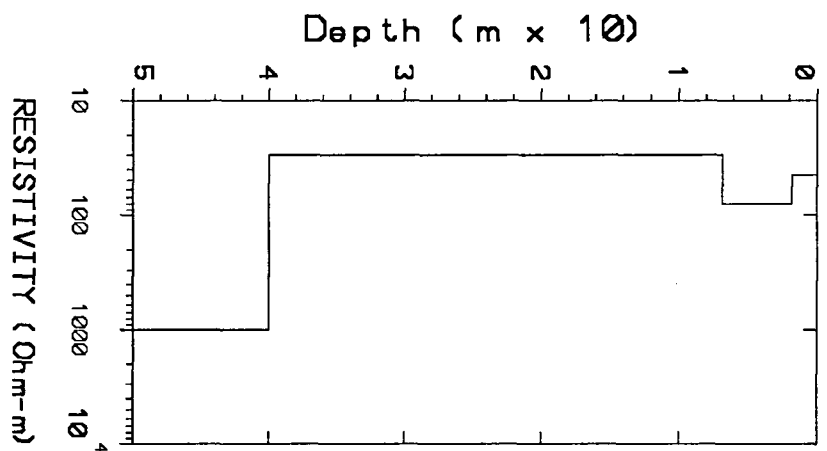
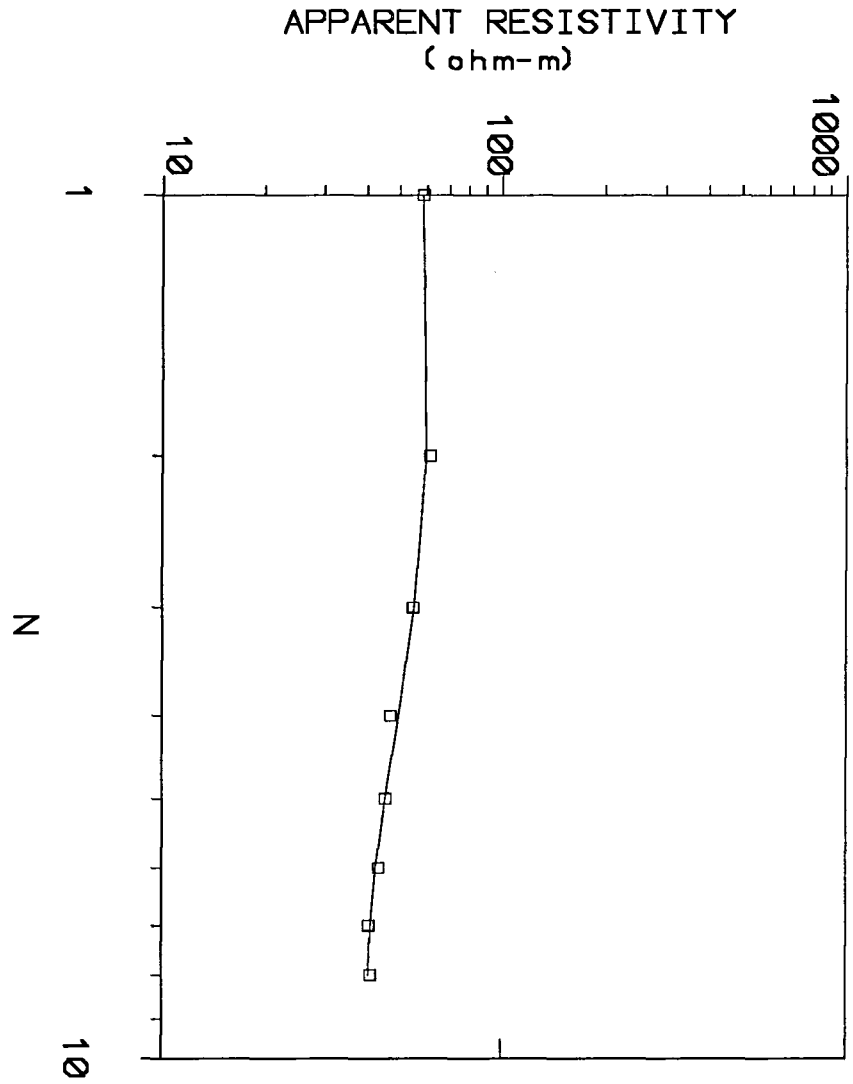
for: **NGU**  
 by: Geological Survey of Norway  
 Data Set: HELGEROA Date: 24.09.90  
 Equipment: Terremeter Sounding: 1175n

pol-dipol-sondering  
**Brunlones**  
**Vestfold**  
 Azimuth: 0.0



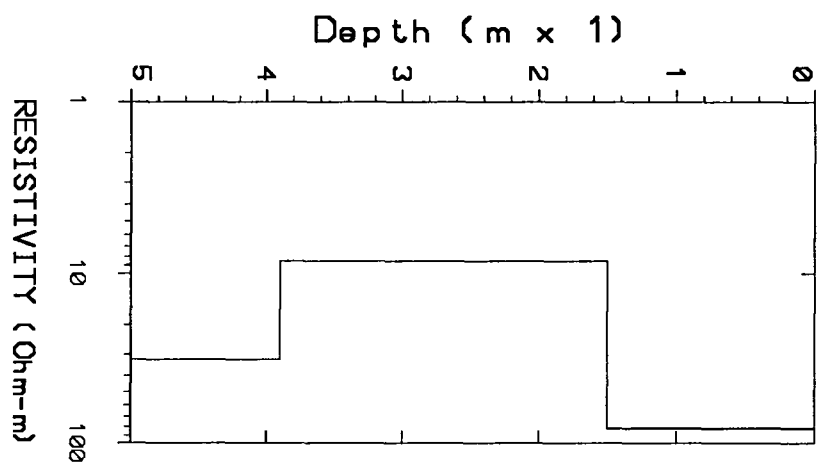
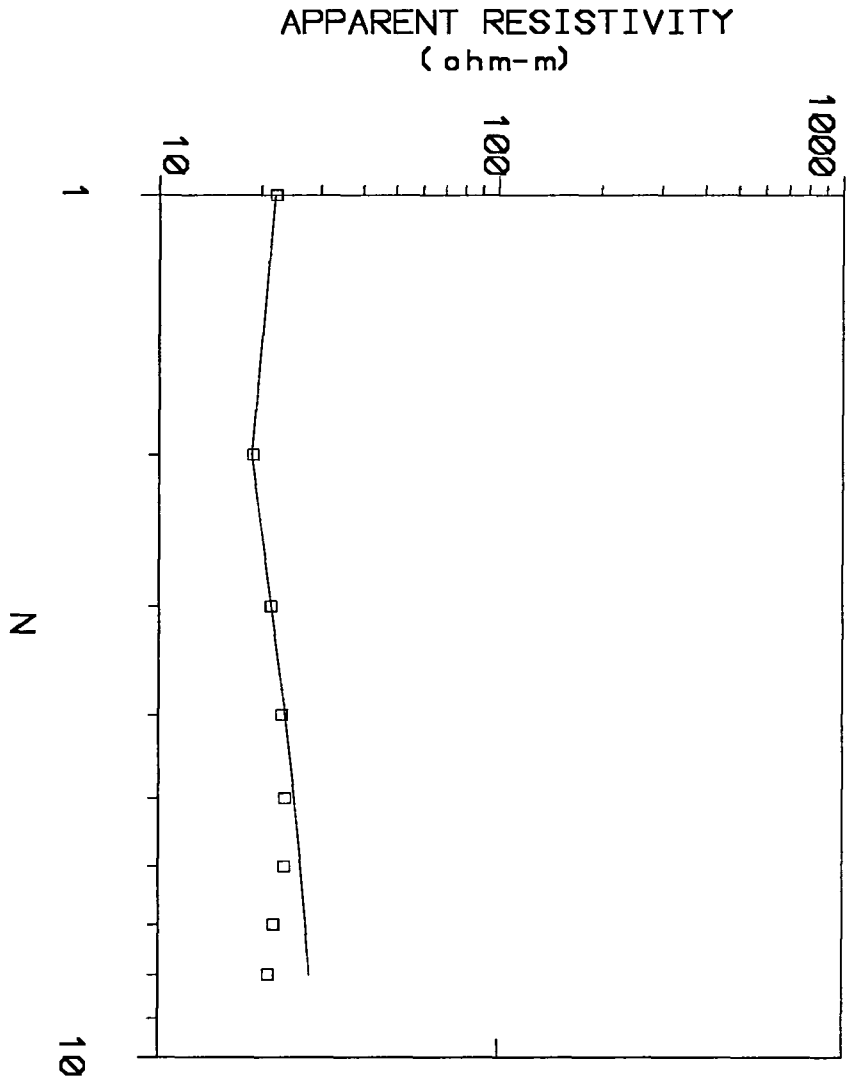
for: **NGU**  
 by: Geological Survey of Norway  
 Data Set: HELGEROA Date: 24.09.90  
 Equipment: Terrameter Sounding: 1200h

pol-dipol-sondering  
**Brunlønes**  
**Vestfold**  
 Azimuth: 0.0



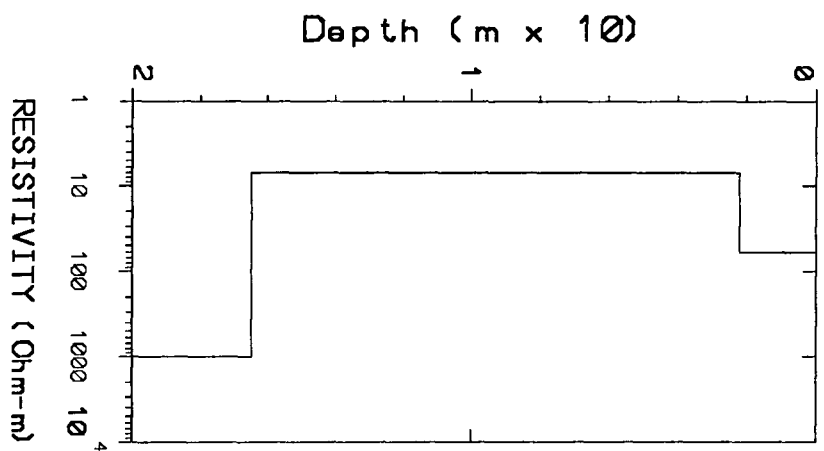
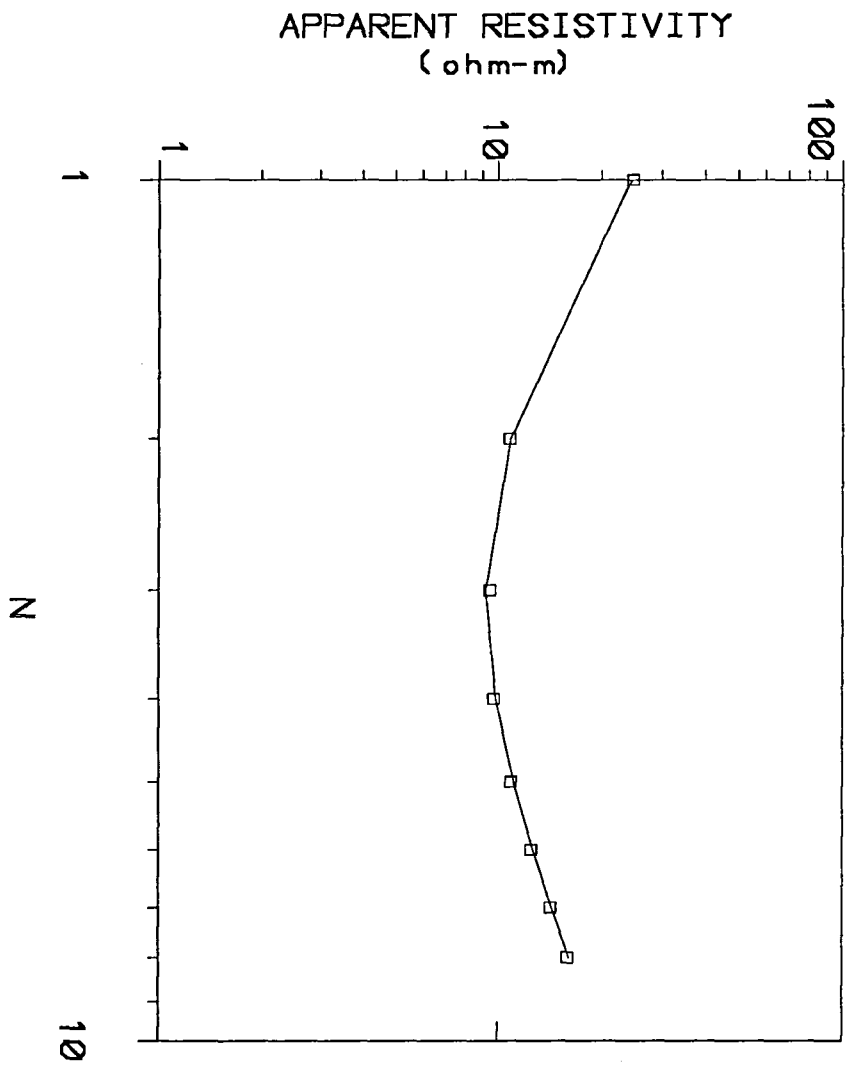
for: **NGU**  
 by: Geological Survey of Norway  
 Date Set: HELGEROA Date: 24.09.90  
 Equipment: Terrameter Sounding: 1225n

pol-d (pol-sondering)  
**Brunlanes**  
**Vestfold**  
 Azimuth: 0.0



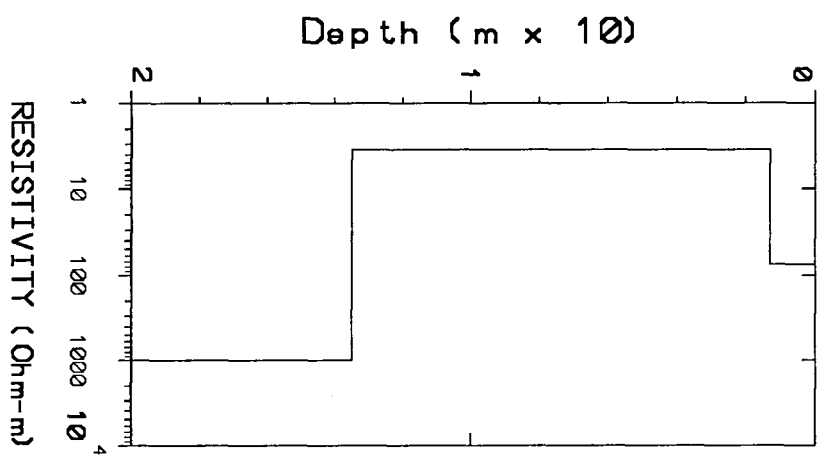
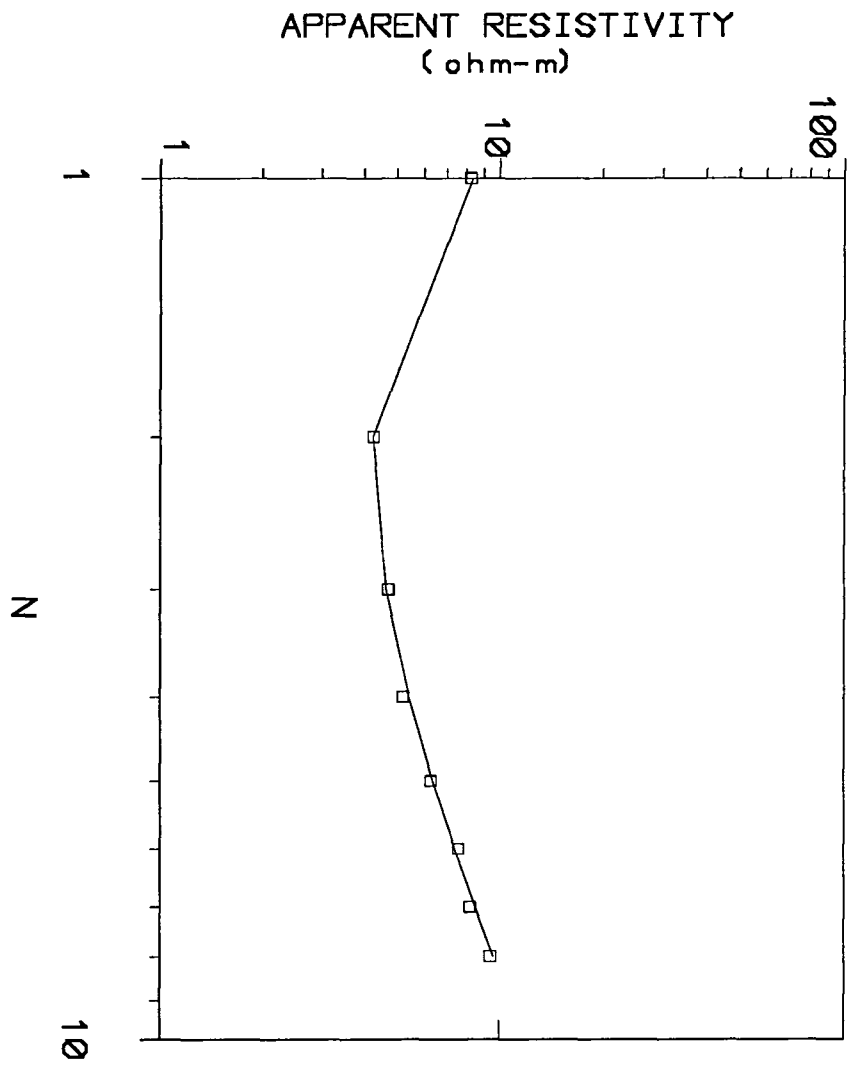
for: **NGU**  
 by: Geological Survey of Norway  
 Date Set: HELGEROA Date: 24.09.90  
 Equipment: Terrameter Sound ing: 1250h

pol-d lpol-sonder lng  
**Brunlanes**  
**Vestfold**  
 Az lmu th: 0.0



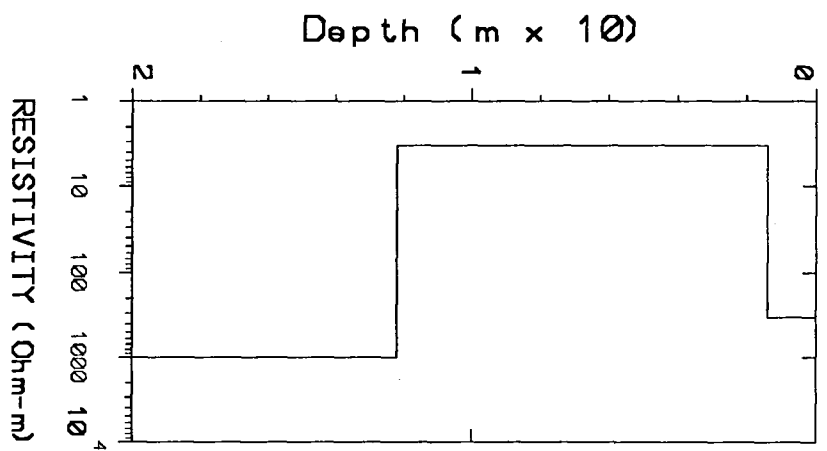
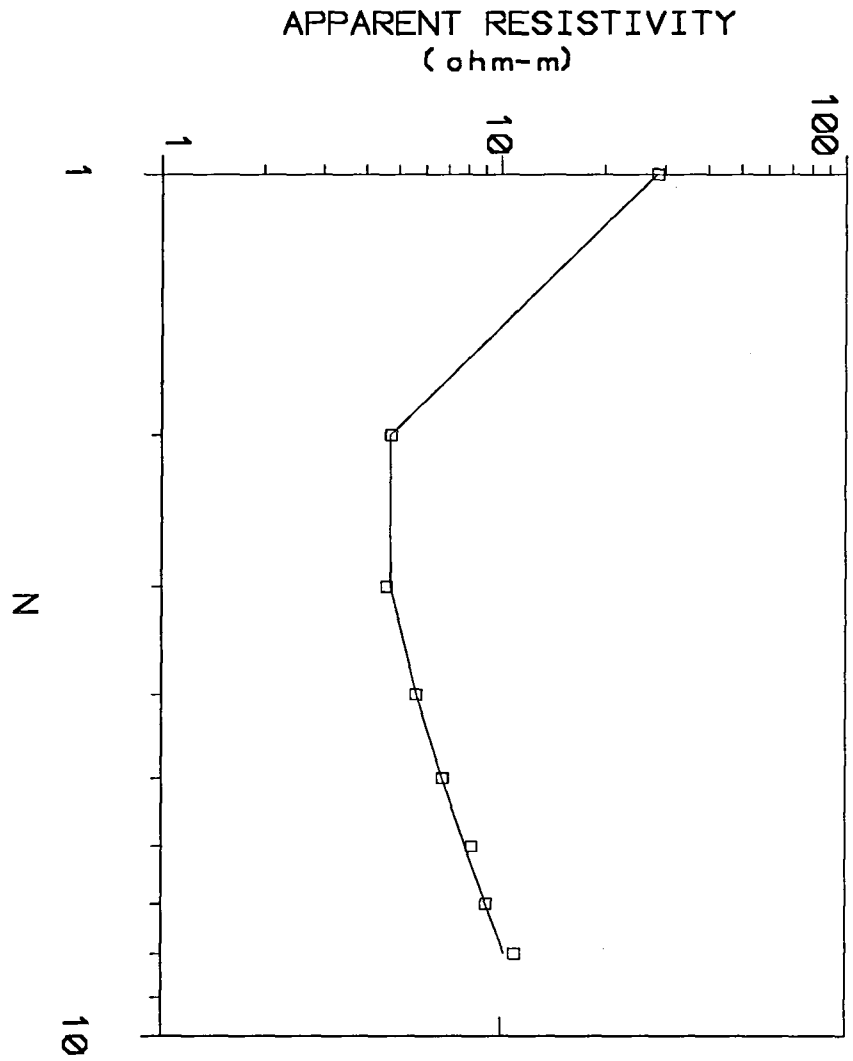
<b>for: NGU</b>	
by: Geological Survey of Norway	
Date Set: HELGEROA	Date: 24.09.90
Equipment: Terrameter	Sounding: 1275n

pol-d (pol-sondering)	
Brunlones	
Vestfold	
Azimuth: 0.0	

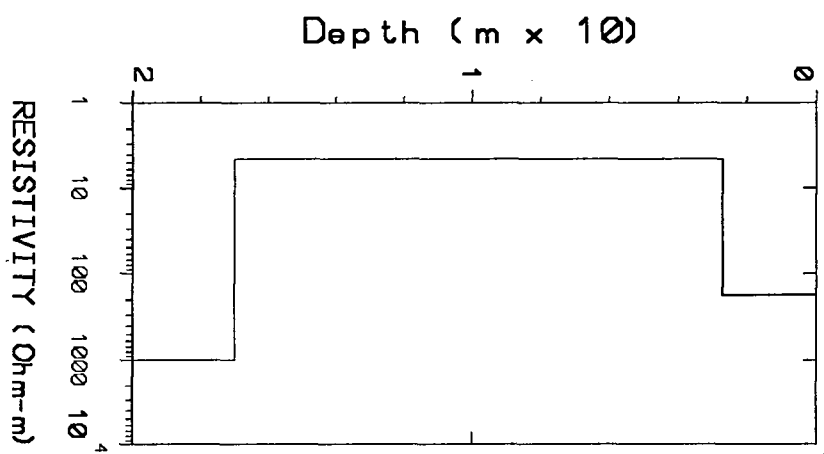
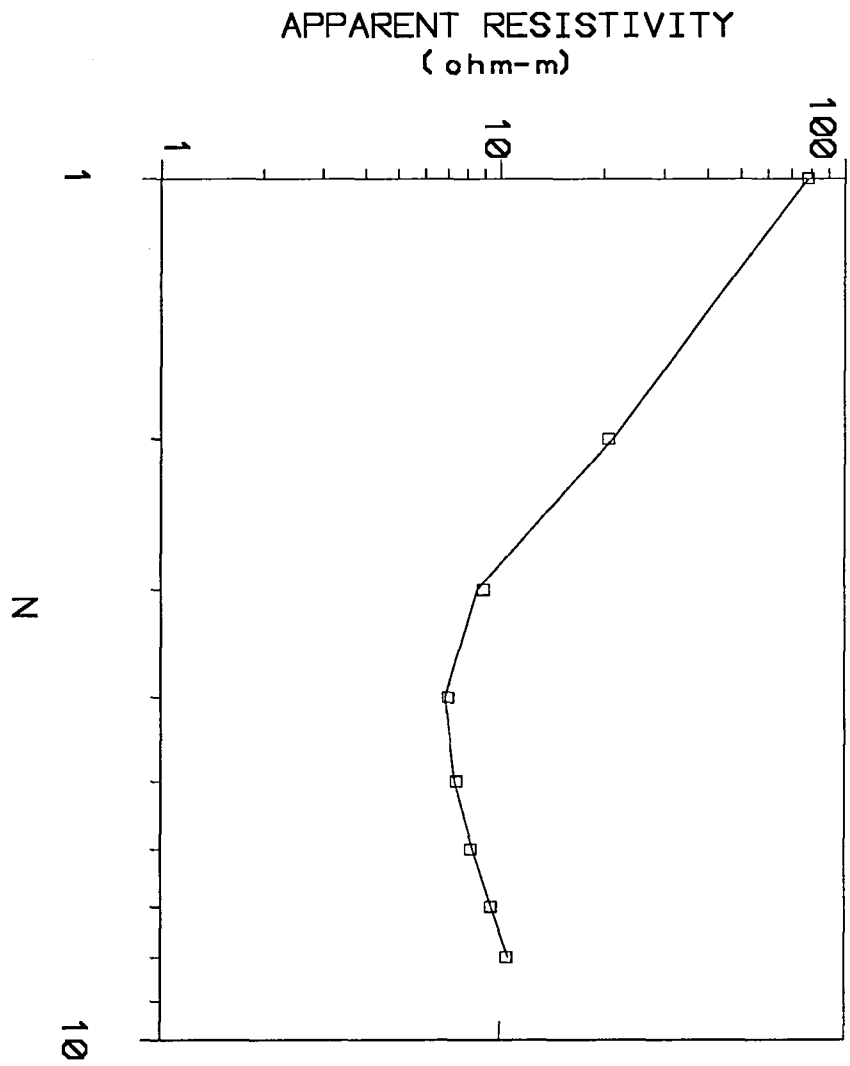


for: <b>NGU</b>		pol-dipol-sondering	
by: Geological Survey of Norway		Brunlønes	
Date Set: HELGEROA	Date: 24.09.90	Vestfold	
Equipment: Terrameter	Sounding: 1375n	Azimuth: 0.0	



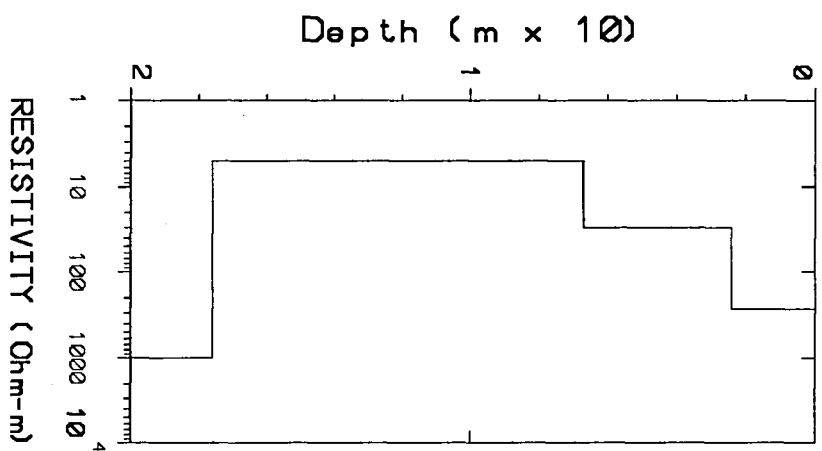
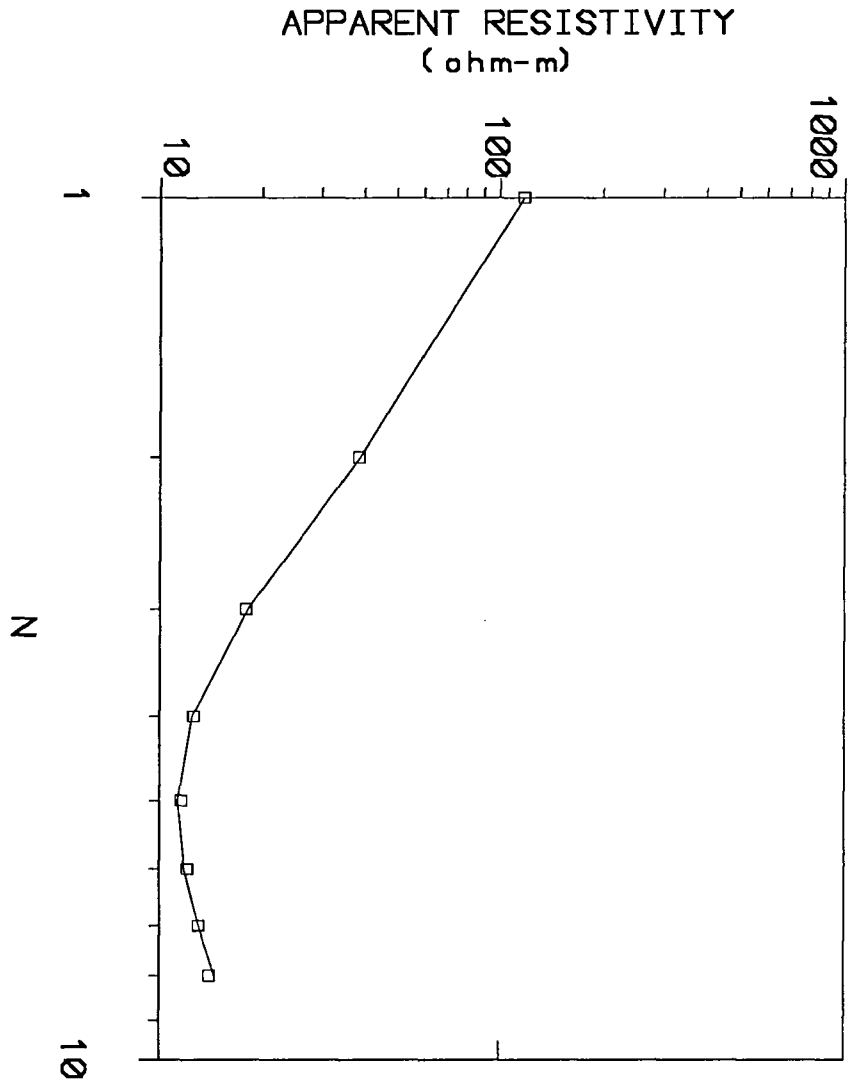


<b>for: NGU</b>		<b>pol-dipol-sondering</b>	
by: Geological Survey of Norway		<b>Brunlønes</b>	
Date Set: HELGEROA	Date: 24.09.90	<b>Vestfold</b>	
Equipment: Terrameter	Sounding: 1425n	<b>Azimuth: 0.0</b>	

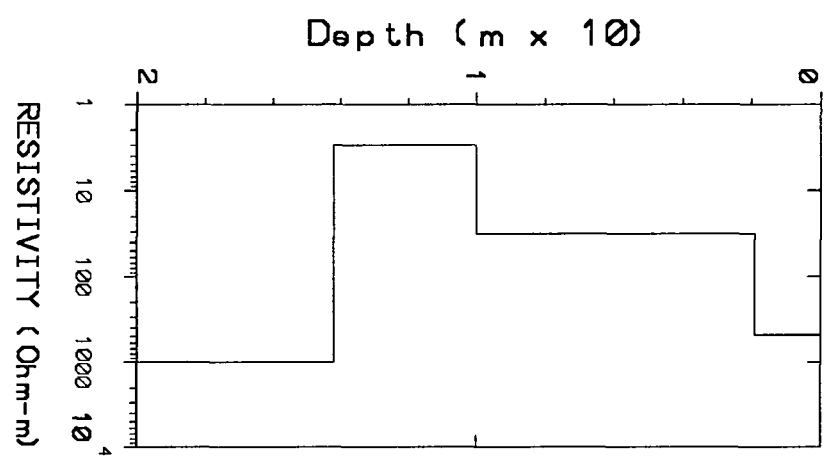
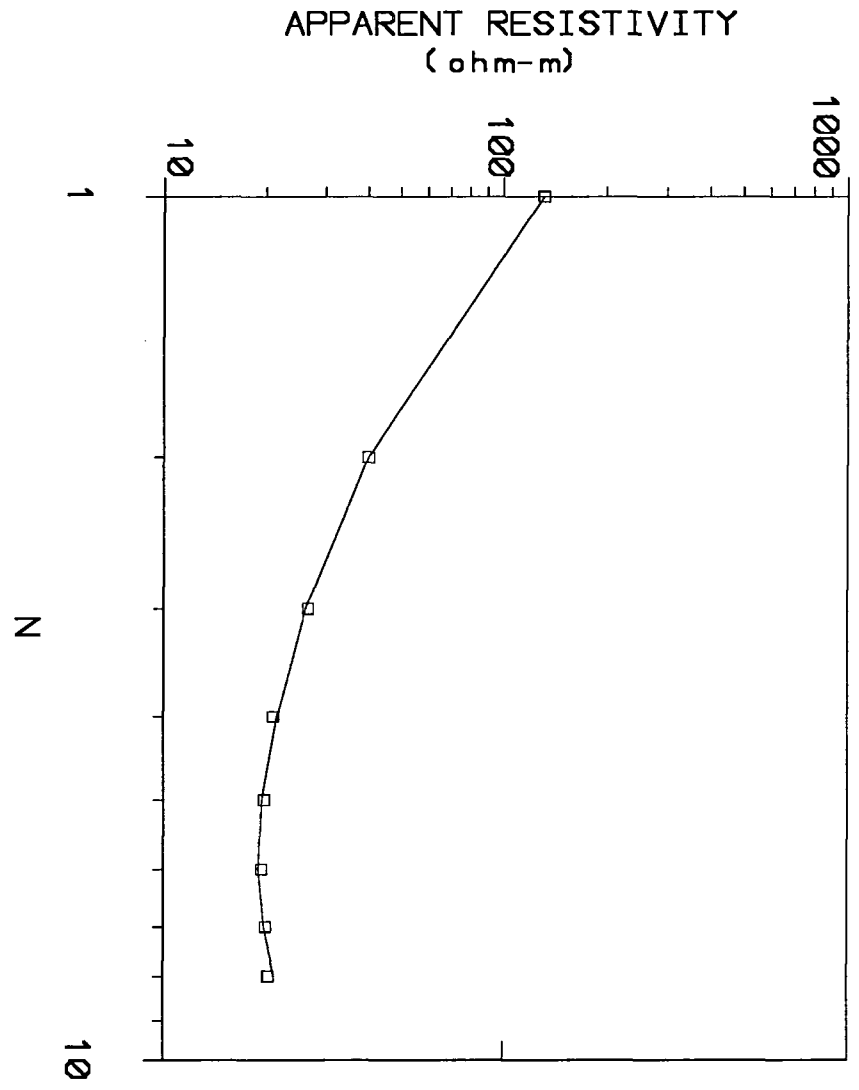


<b>for:</b> NGU	
by: Geological Survey of Norway	
Date Set: HELGEROA	Date: 22.09.90
Equipment: Terrameter	Sound ing: 1500h

pol-d lpol-sonder lng	
Brunlanes	
Vestfold	
Azimuth: 0.0	

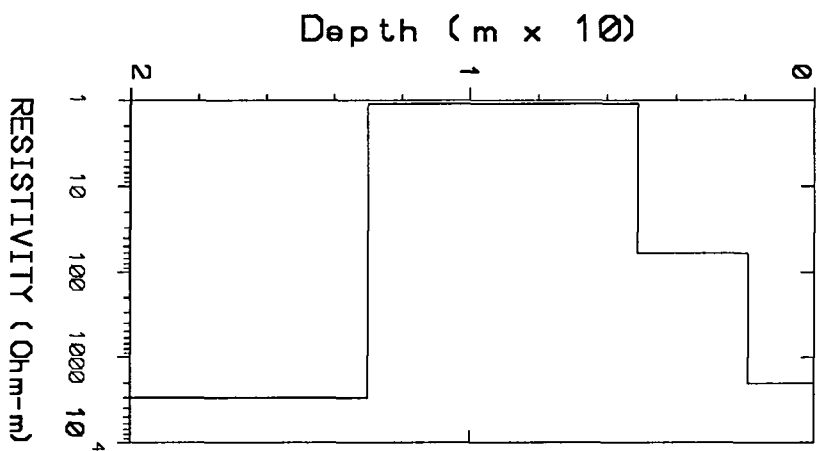
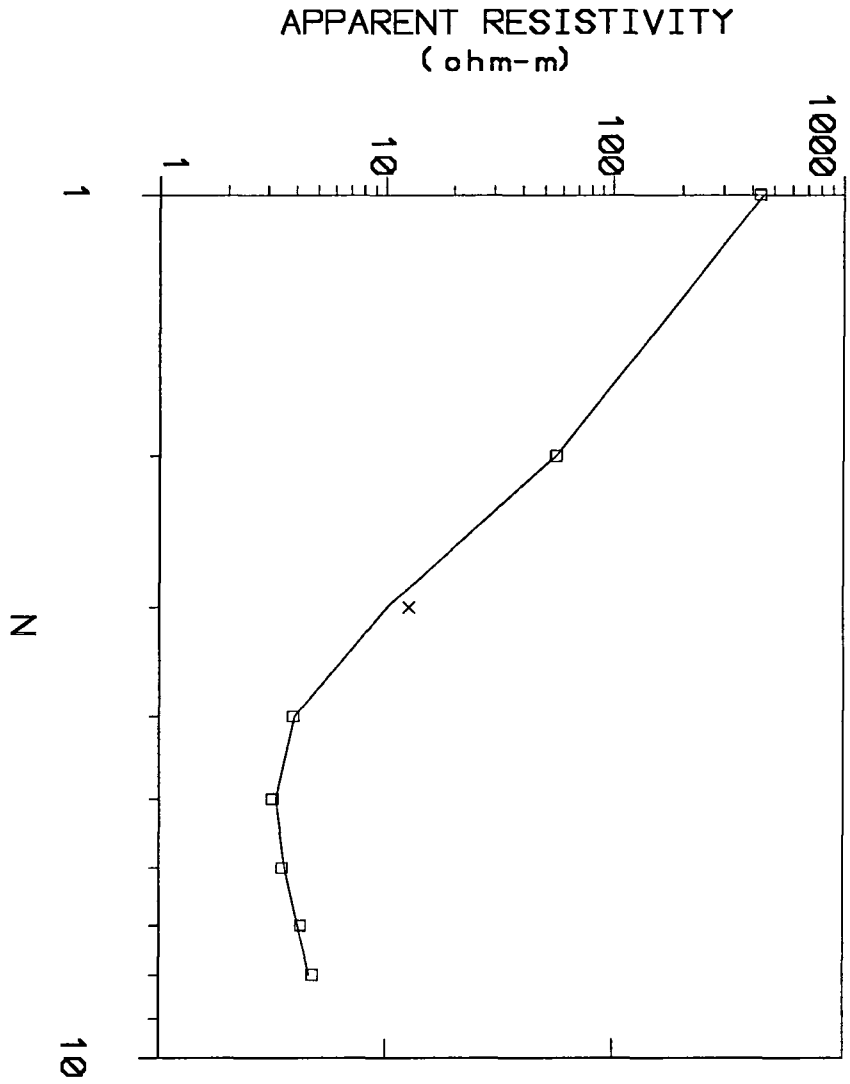


for: <b>NGU</b>		pol-dipol-sondering	
by: Geological Survey of Norway		Brunlønes	
Date Set: HELGEROA	Date: 22.09.90	Vestfold	
Equipment: Terremeter	Sounding: 1600h	Azimuth: 0.0	



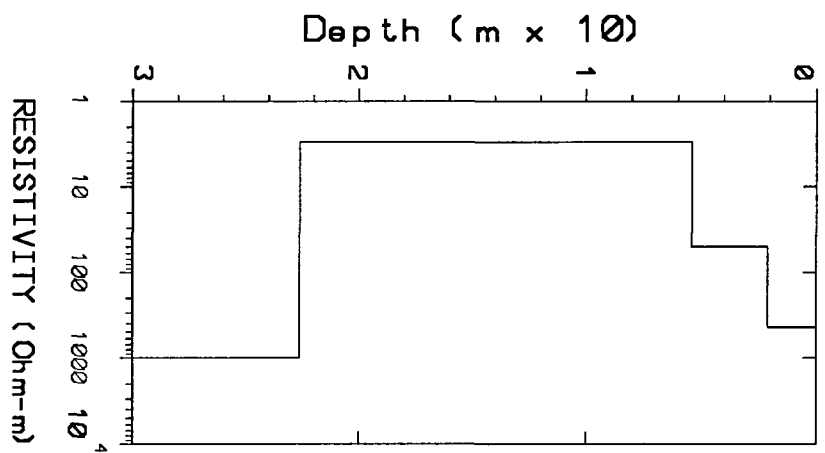
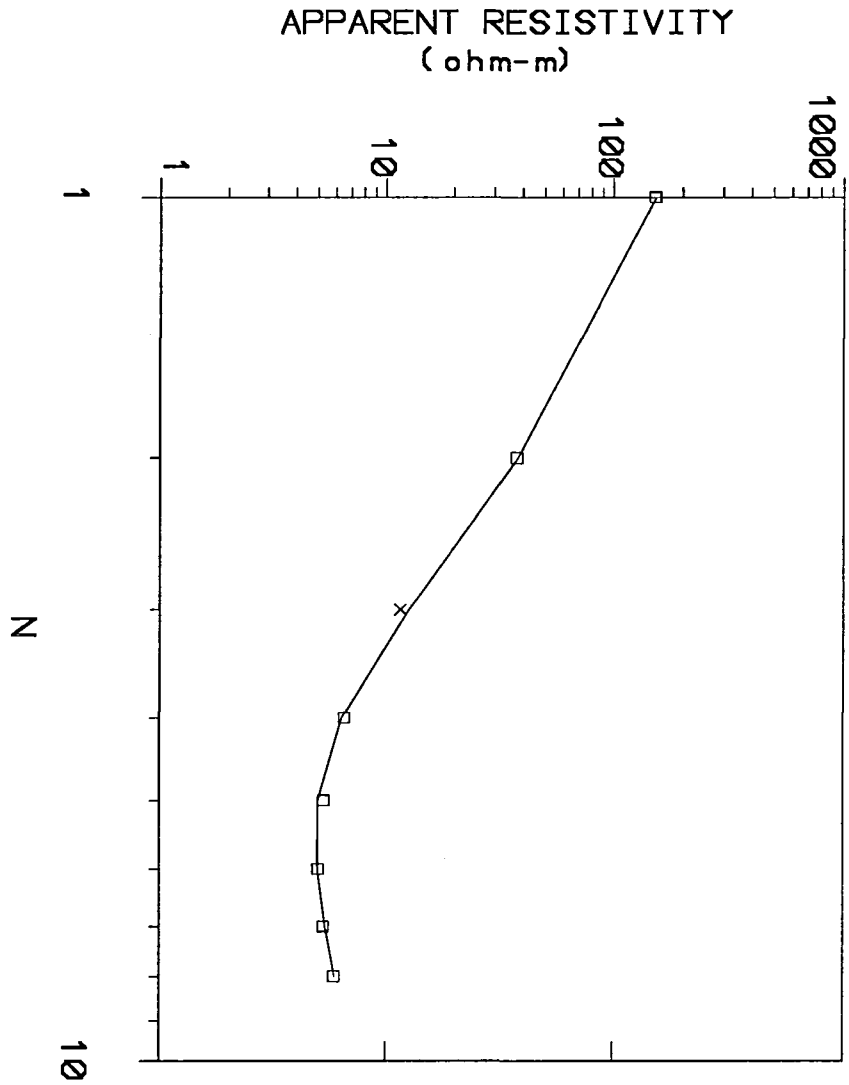
for: **NGU**  
 by: Geological Survey of Norway  
 Date Set: HELGEROA Date: 22.09.90  
 Equipment: Terrameter Sounding: 1675n

pol-dipol-sondering  
**Brunlanes**  
**Vestfold**  
 Azimuth: 0.0



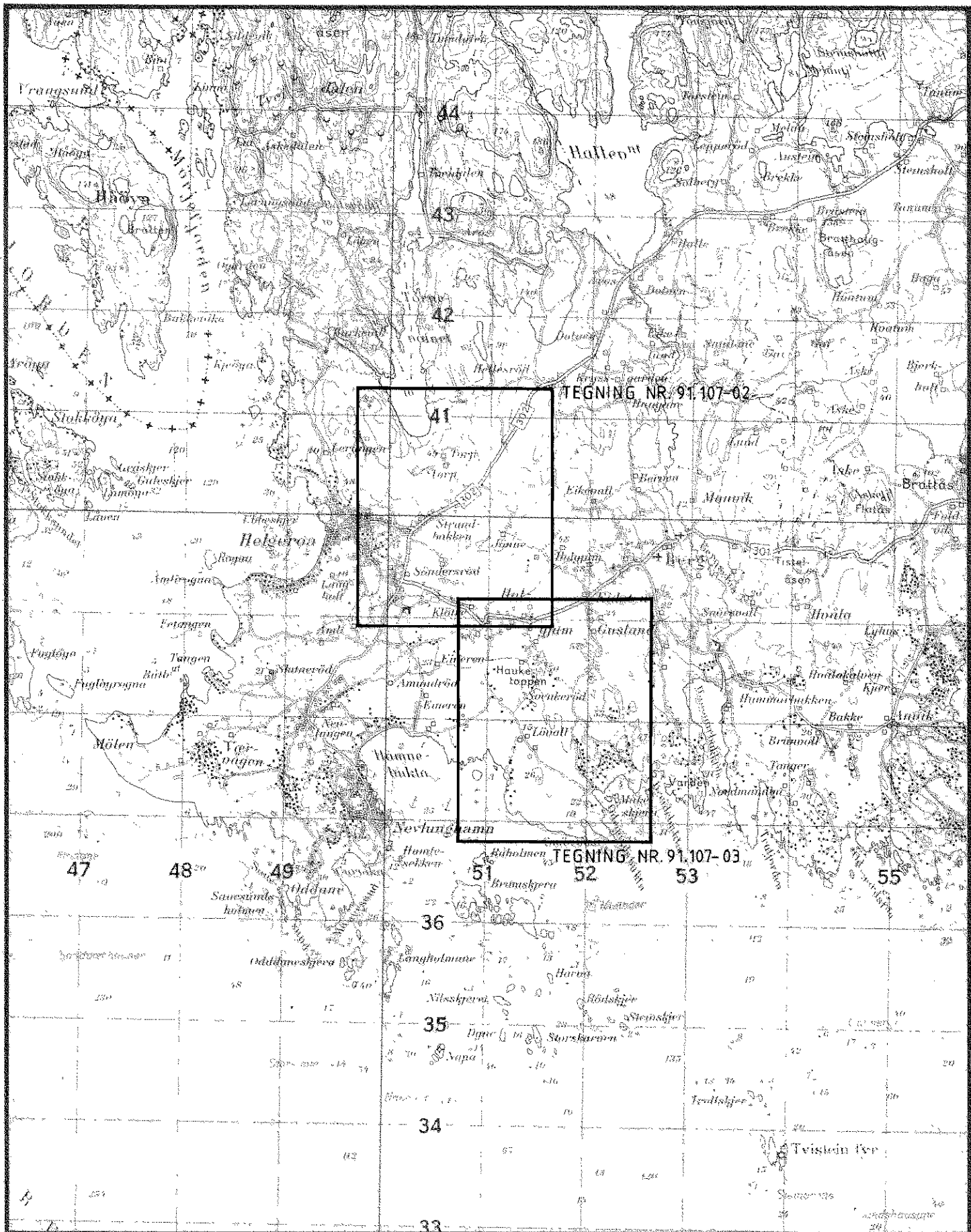
for: **NGU**  
 by: Geological Survey of Norway  
 Date Set: HELGEROA Date: 22.09.90  
 Equipment: Terrameter Sounding: 1775n

pol-dipol-sondering  
**Brunnes**  
**Vestfold**  
 Azimuth: 0.0



for: <b>NGU</b>	
by: Geological Survey of Norway	
Date Set: HELGEROA	Date: 22.09.90
Equipment: Terrameter	Sounding: 1900n

pol-dipol-sondering	
Brunlønes	
Vestfold	
Azimuth: 0.0	



NGU  
 GEOFYSISKE MÅLINGER  
 OMRÅDEKART  
**HELGEROA**  
 LARVIK KOMMUNE, VESTFOLD

MÅLESTOKK

1 : 50000

MÅLT J.F.T. SEPT. - 90

TEGN J.F.T. FEB. - 91

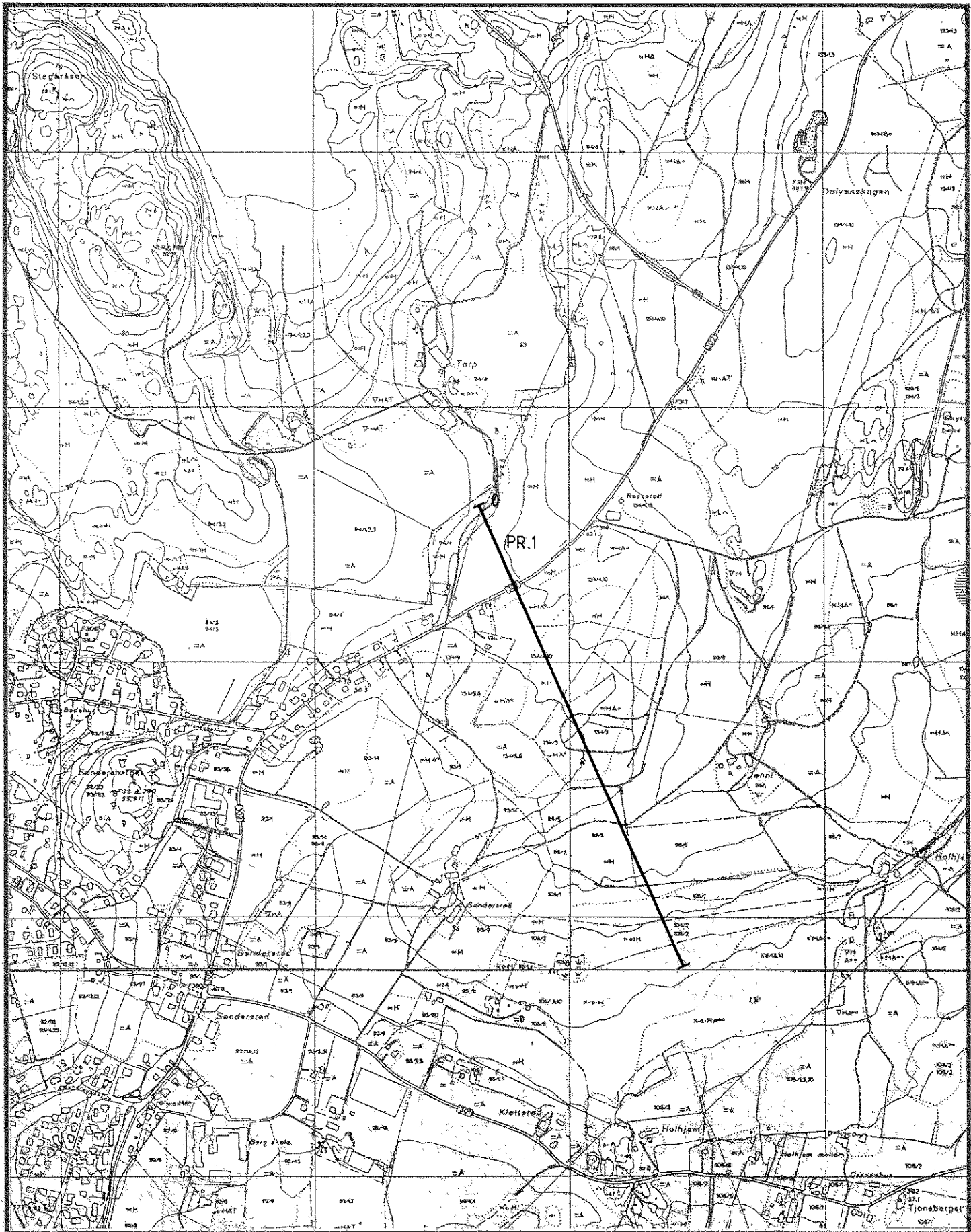
TRAC T.H. — " —

KFR — " —

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
 TRONDHEIM

TEGNING NR.  
 91.107-01

KARTBLAD NR.  
 1713 II  
 1712 I



NGU  
 GEOPYSISKE MÅLINGER  
 LOKALKART NORD  
**HELGEROA**  
 LARVIK KOMMUNE, VESTFOLD

MÅLESTOKK

1:10000

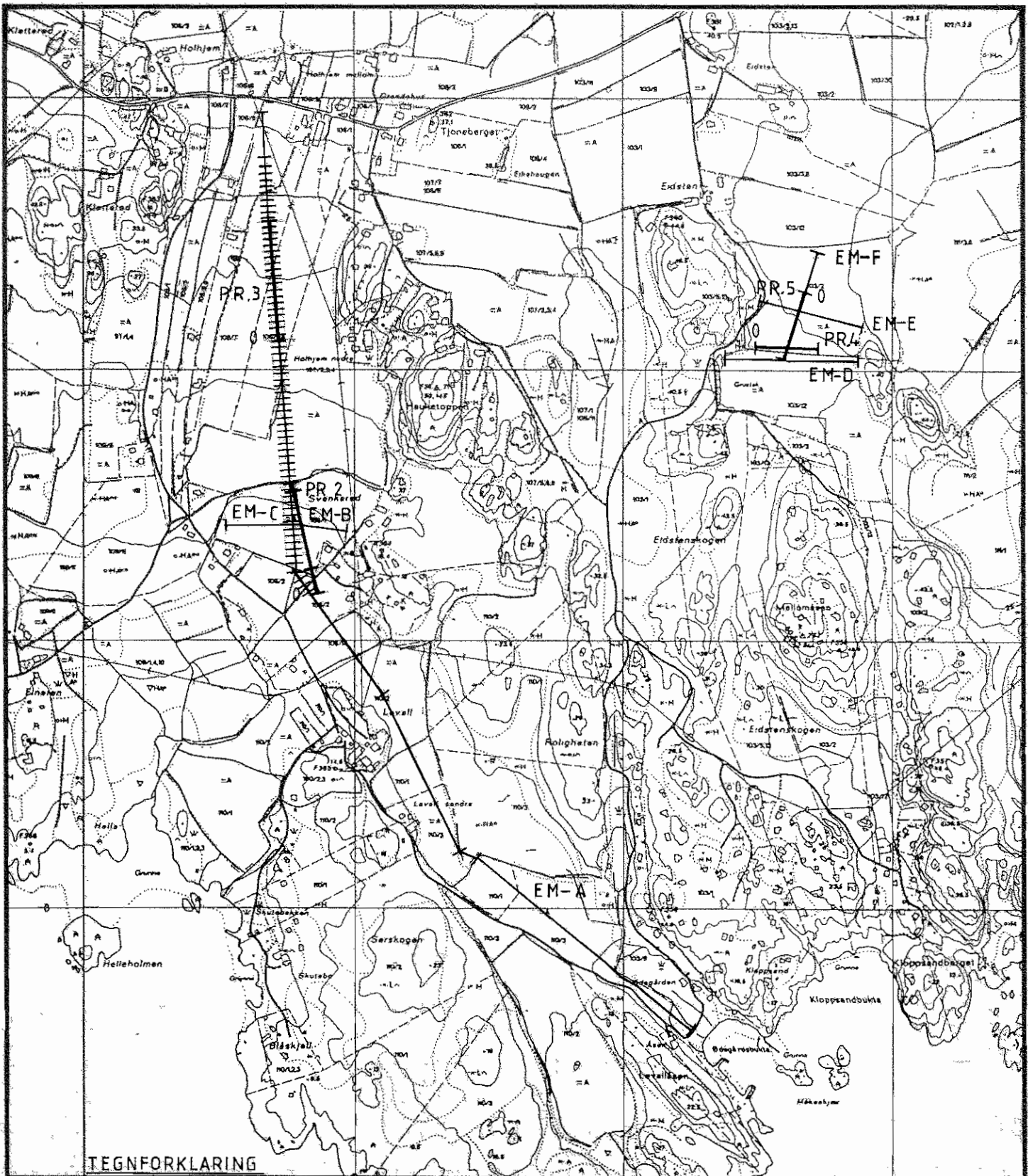
MÅLT J.F.T.	SEPT. - 90
TEGN J.F.T.	FEB. - 91
TRAC T.H.	— II —
KFR.	— II —

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
 TRONDHEIM

TEGNING NR.  
 91.107-02

KARTBLAD NR.  
 1712 I





TEGNFORKLARING

- PR.X
- REFRAKSJONSSEISMISK PROFIL
- EM-X EM-31 PROFIL
- ++++ KOMBINERT EL. PROFILERING / SONDERING (+ EM-31 PROFIL)

NGU  
 GEDFYSISKE MÅLINGER  
 LOKALKART SØR  
**HELGEROA**  
 LARVIK KOMMUNE, VESTFOLD

MÅLESTOKK

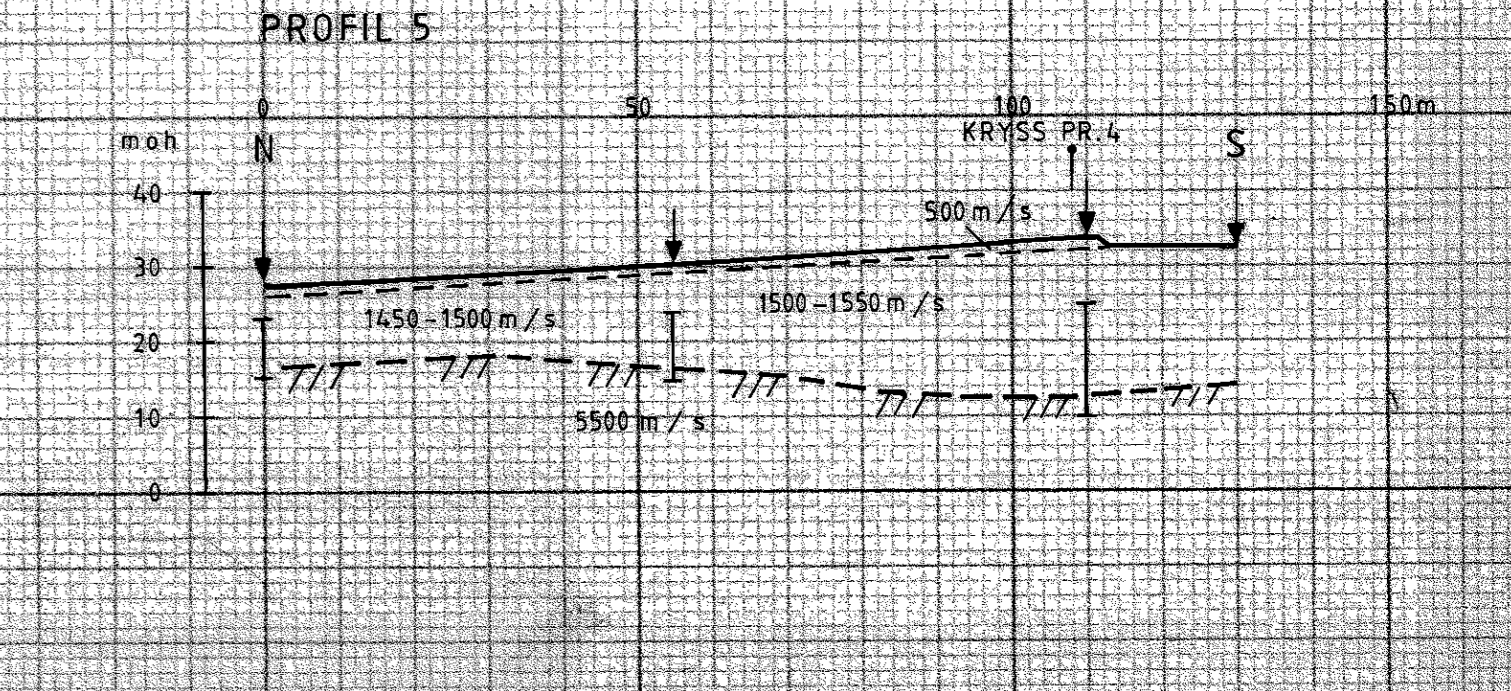
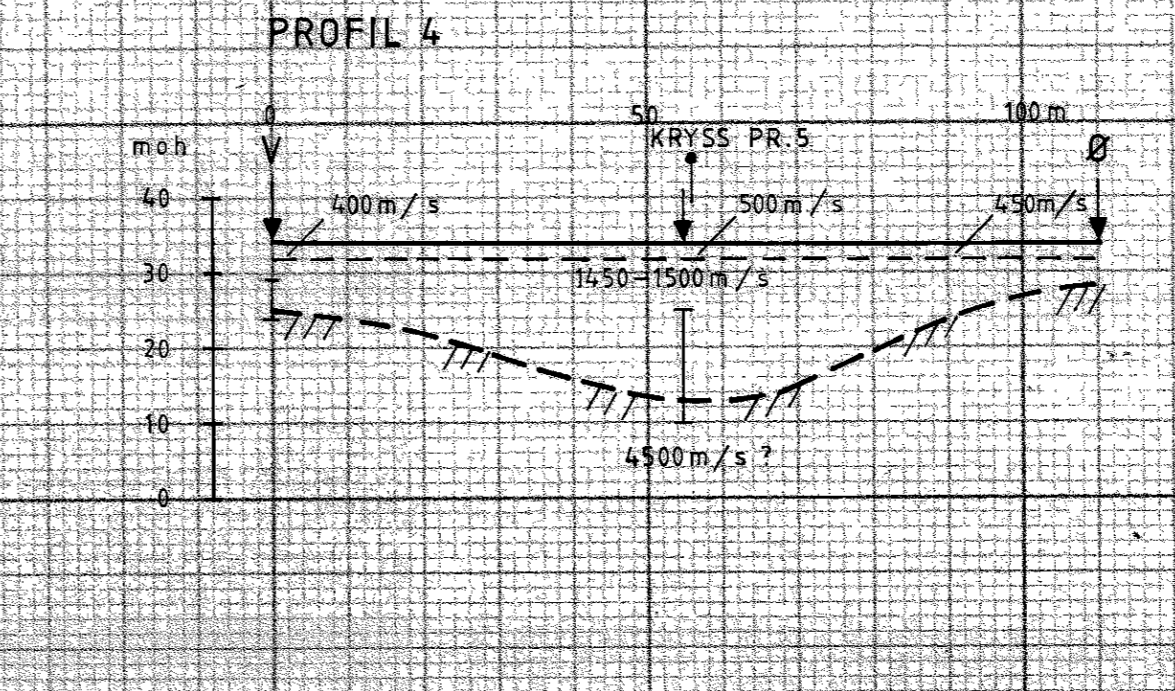
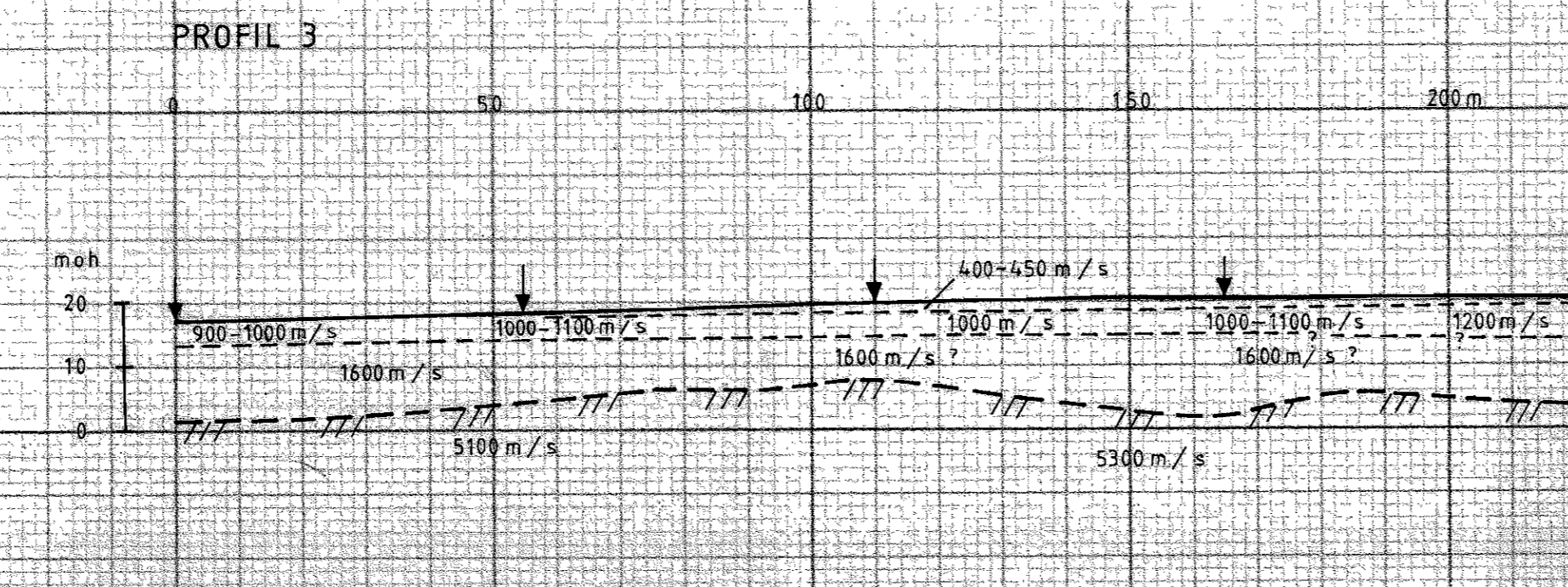
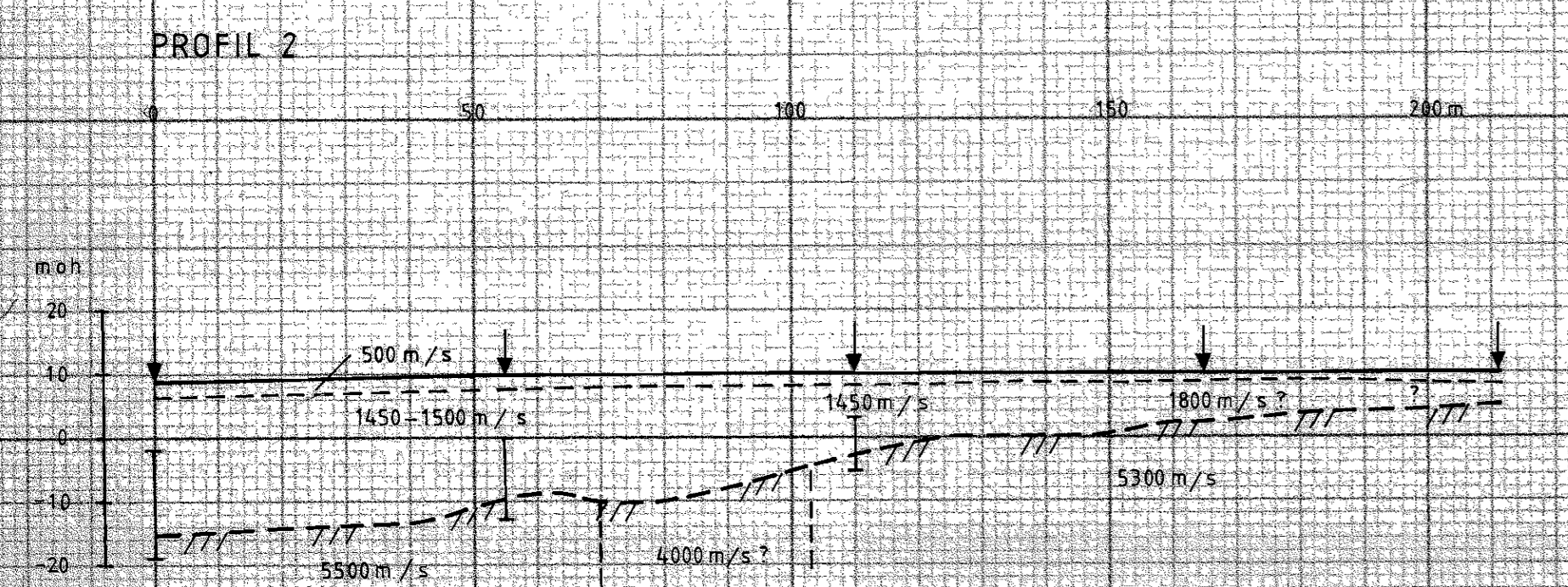
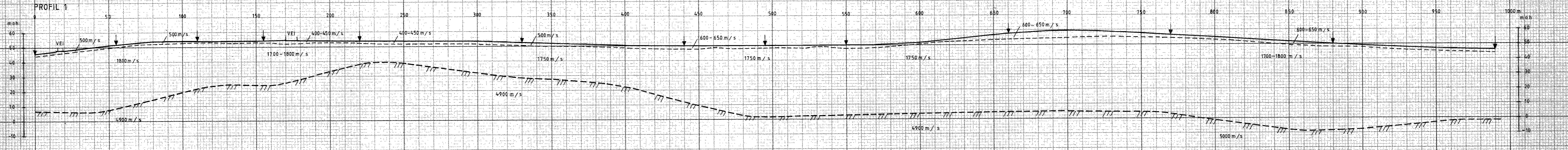
1:10000

MÅLT J.F.T.	SEPT.-90
TEGN J.F.T.	FEB.-91
TRAC T.H.	MARS-91
KFR.	—  —

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
 TRONDHEIM

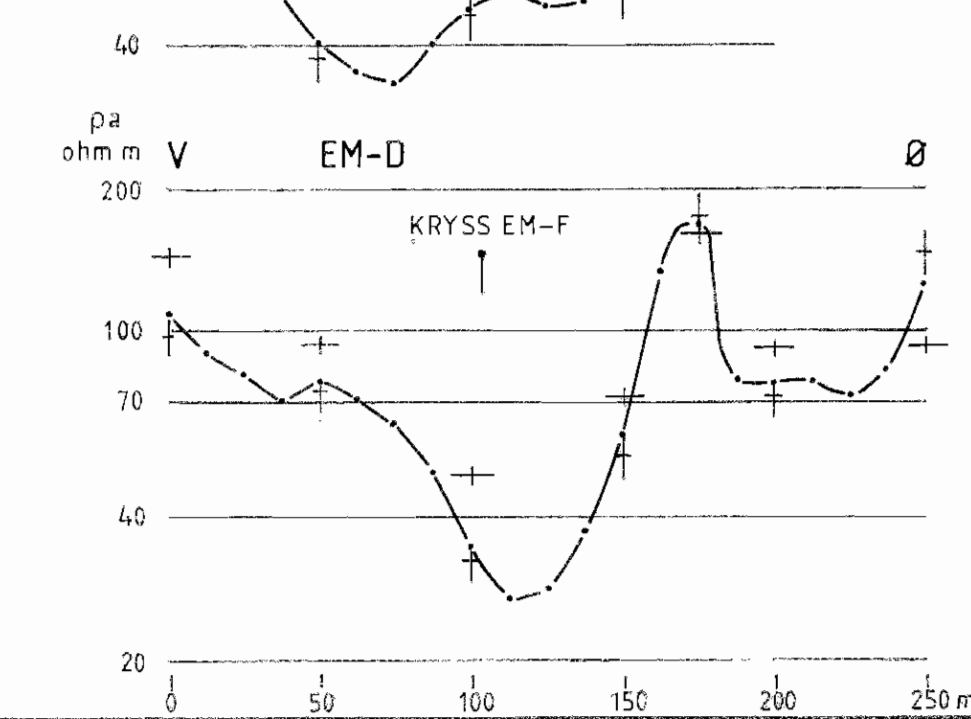
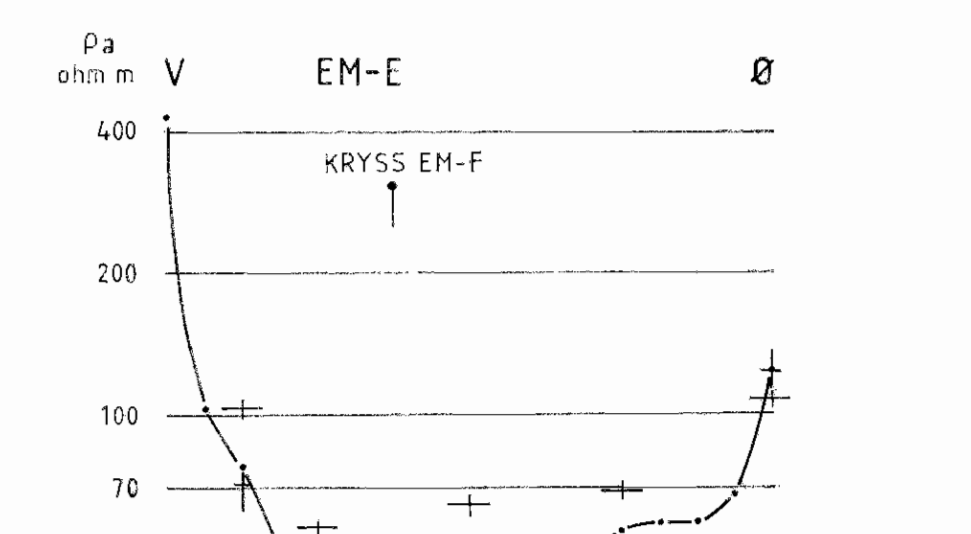
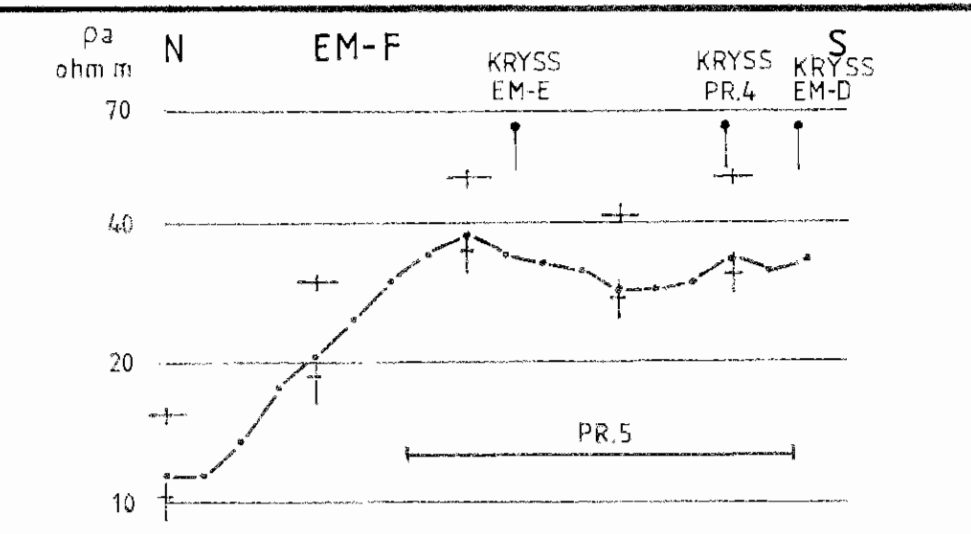
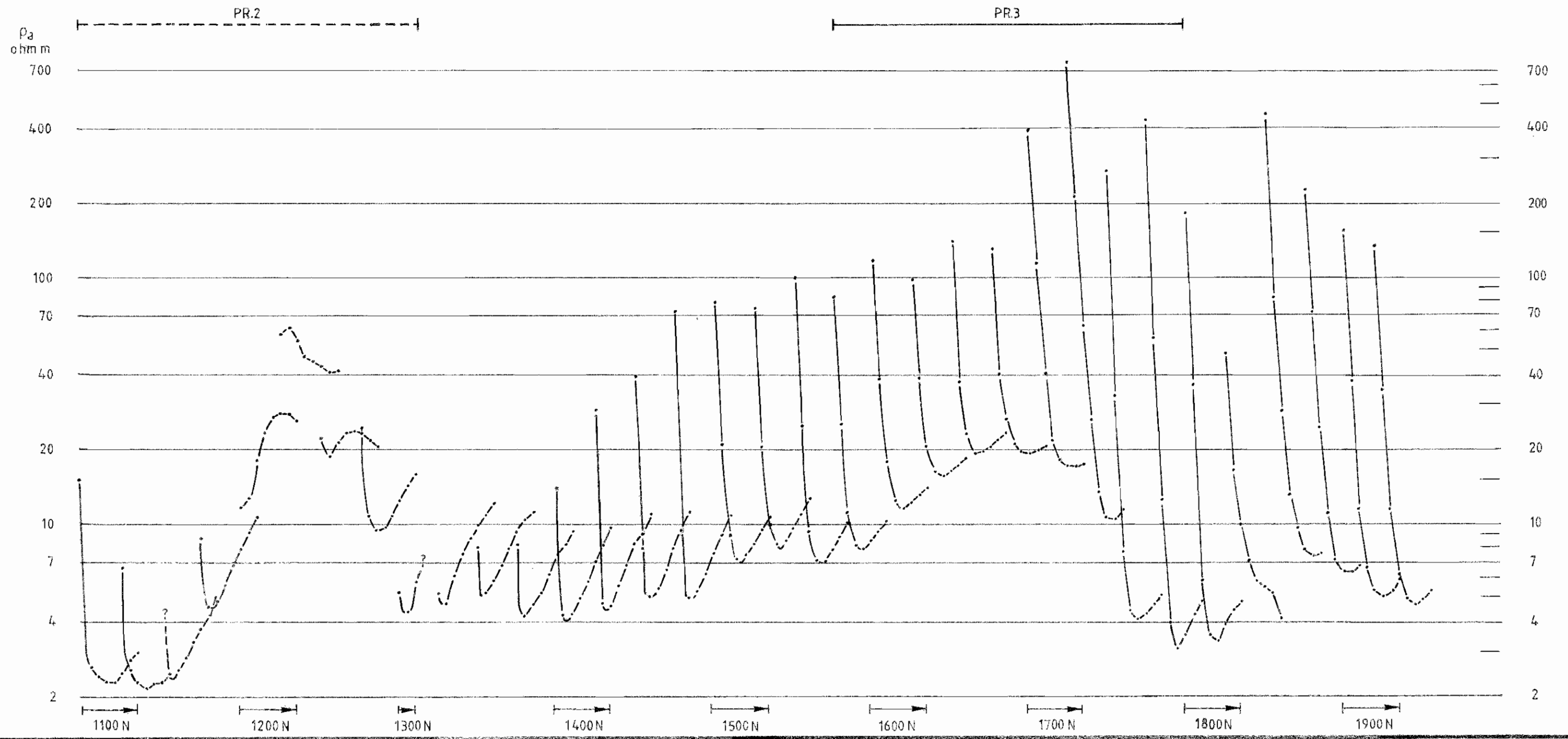
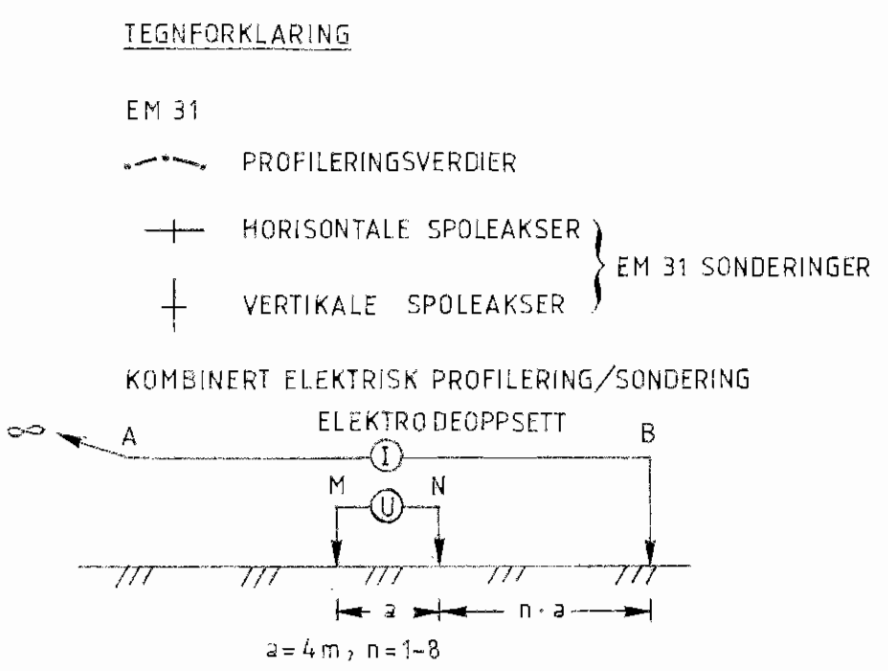
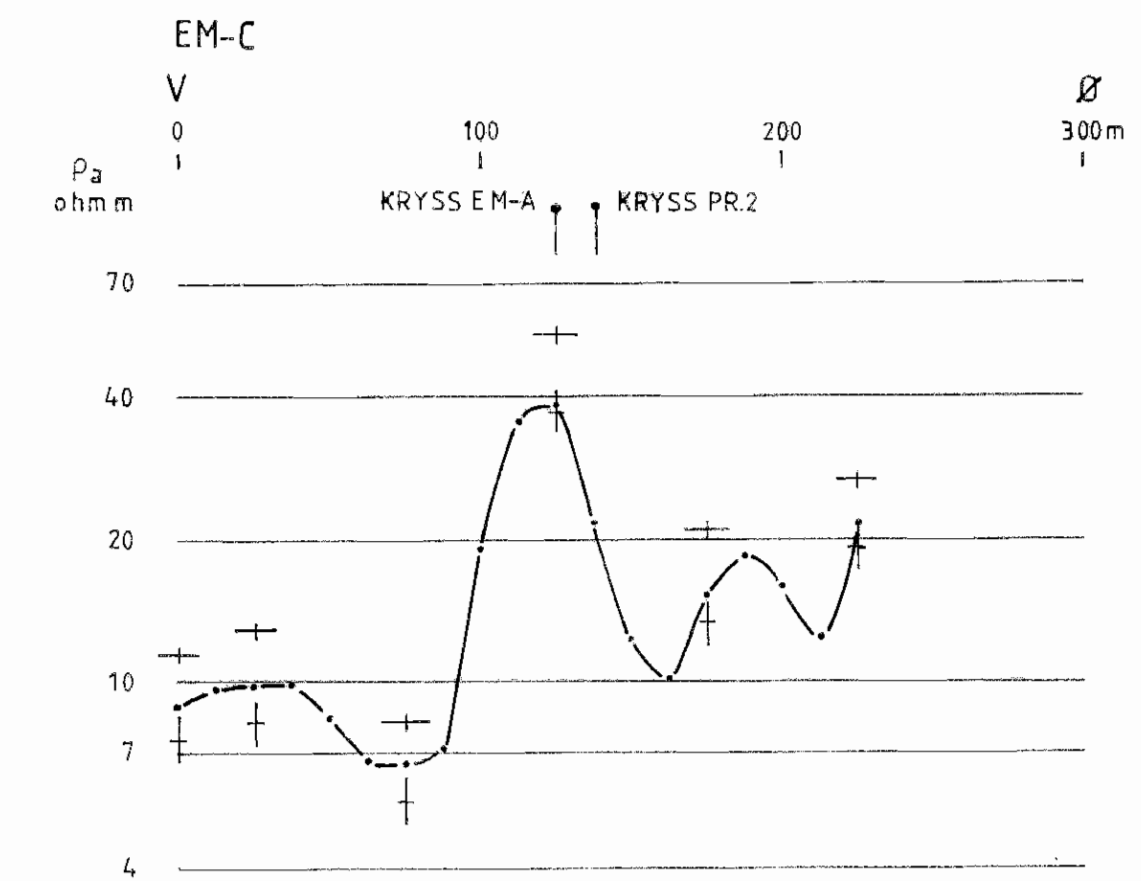
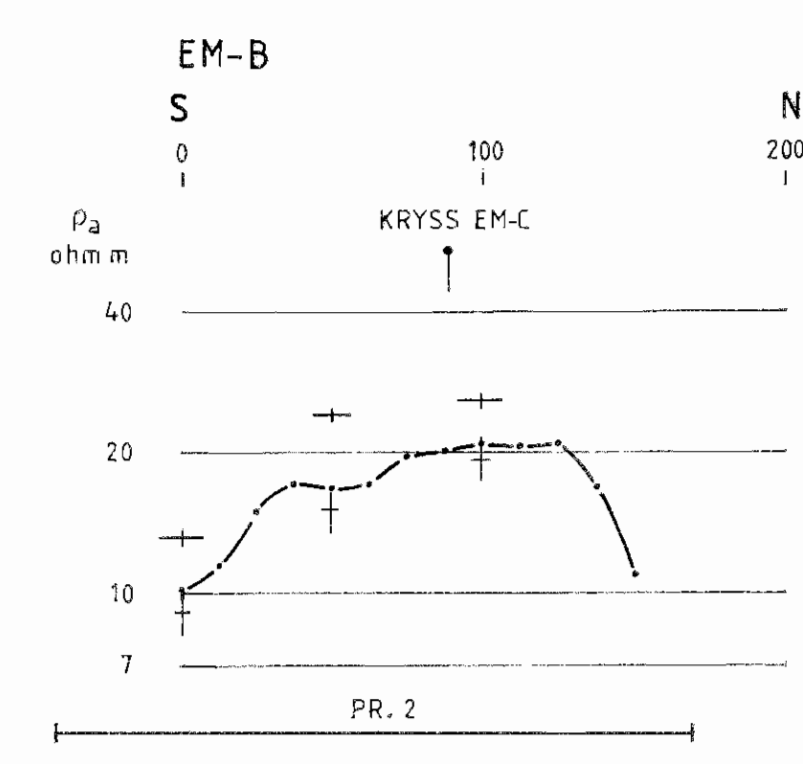
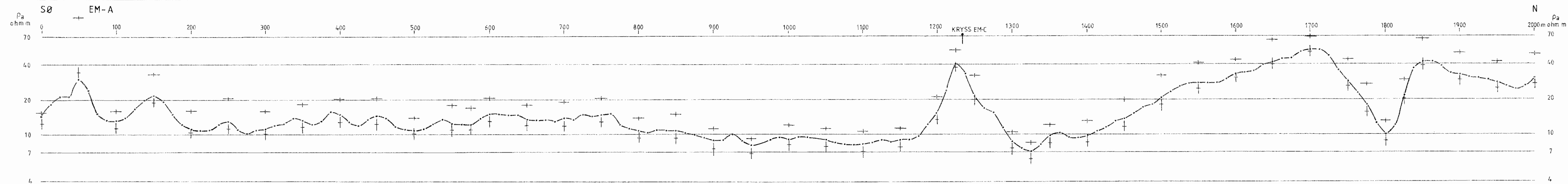
TEGNING NR.  
 91.107-03

KARTBLAD NR.  
 1712 I



- TEGNFORKLARING**
- TERREMSOVERELATE MED SKUDDPUNKT
  - SJIKTGRENSE I LØSMASSER
  - INDIKERT FJELLOVERELATE
  - MAKSIMUM MEKTIGHET AV MULIG BLINDSONELAG MED HASTIGHET 1800 m/s

NGU REFRAKSJONSSEISMIKK GRUNNPROFILER <b>HELGERØA</b> LARVIK KOMMUNE, VESTFOLD	MÅLSTOKK 1:1000	OBS. J.F.T. SEPT - 90 TEGN. J.F.T. FEB - 91 TRAC. T.H. KFR.
	NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR. 91.107-04



NGU EL. OG EL. MAGN. MÅLINGER PROFILDATA-TILSYNRELATENDE RESISTIVITET <b>HELGEROA</b> LARVIK KOMMUNE, VESTFOLD	MÅLESTOKK	MÅLT J.F.T.	SEPT. - 90
	LM=1:2500	TEGN. J.F.T.	FEB. - 91
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR.	KARTBLAD NR.	
	91.107-05	1712 I	