

NGU Rapport 91.285

Magnetiske målinger over  
Altermark-området

**NGU**

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE

Postboks 3006 - Lade  
7002 Trondheim  
Tlf. (07) 90 40 11  
Telefax (07) 92 16 20

# RAPPORT

Rapport nr. 91.285	ISSN 0800-3416	Åpen/Forretningslik	
Tittel: Magnetiske målinger over Altermark-området			
Forfatter: John O. Mogaard & Peter Walker		Oppdragsgiver: NGU/Norwegian Talc, Altermark	
Fylke: Nordland		Kommune: Rana	
Kartbladnavn (M. 1:250 000) Mo i Rana		Kartbladnr. og -navn (M. 1:50 000) 1927 I Mo i Rana	
Forekomstens navn og koordinater: Altermark 33W 2548 73585		Sidetall: 7	Pris: 220,-
		Kartbilag: 9	
Feltarbeid utført: 08.-10.08.91	Rapportdato: Desember 1991	Prosjektnr.: 67.2543.05	Seksjonssjef: <i>Jan S. Reinert</i>
Sammendrag: <p>NGU utførte i samarbeid med Norwegian Talc, Altermark helikoptermålinger (magnetometri, radiometri og VLF) høsten -91 over tre små områder nær Altermark, Nordland fylke. Det ble målt ca. 500 profilkilometer. Hensikten med målingene var å finne nye talkforekomster for å sikre driften av gruva. Resultatene er representert som profil og kotekart med farger plottet ut på en calcomp 58000 elektrostatiske fargeplotter. Målestokken er 1:20.000. I rapporten presenteres nedfotograferte versjoner av forskjellige kart. Fargeplottede kart i full størrelse (9 stk.) kan bestilles fra NGU.</p> <p>Det vil bli utarbeidet en egen rapport på modellering og tolkning av magnetiske data.</p>			
Emneord	Magnetometri		
Geofysikk	Radiometri		
Helikoptermåling	VLF-måling	Fagrapport	

**INNHALDSFORTEGNELSE**

1. Innledning :	side 4
2. Undersøkellesbetingelser :	side 4
3. Utførelse :	side 4
4. Resultat :	side 6
5. Referanser :	side 8

**Tekstbilag :**

1. Målemetoder og instrumenter
2. Bearbeidelse av data

**Kartbilag :**

Kart 1:	Oversikt over måleområde
Kart 2:	Flylinjer
Kart 3:	Magnetisk totalfelt Konturer og farger
Kart 4:	VLF-EM-LINE totalfelt Konturer og farger
Kart 5:	VLF-EM-ORTHO totalfelt Konturer og farger

## 1. INNLEDNING

NGU utførte sommeren 1991 helikoptermålinger over tre delområder av kartblad Mo i Rana (M 1:50000). Hensikten var å kartlegge mulighetene for funn av nye talkforekomster i området rundt Altermark gruve.

Området er tidligere dekket med flymålinger av NGU (magnetiske og elektromagnetiske målinger). Helikoptermålinger over Høgtuvaområdet i 1987 (NGU-rapport 88.157) berører også de nordlige deler av området. Helikoptermålingene utført i 1991 omfatter magnetiske, radiometriske og VLF målinger. Elektromagnetiske målinger er i denne sammenheng ikke interessant.

Totalt ble det fløyet ca. 500 profilkilometer over kartblad Mo i Rana med en profilavstand på 100 meter (delområde 1 og 2) og 200 meter på delområde 3. Måleområdenes utstrekning er 60 kvadratkilometer.

## 2. UNDERSØKELSES BETINGELSER

For å oppnå vellykkede resultater ved helikoptermålinger er det en rekke betingelser som må oppfylles. Under målingene må man ta hensyn til en rekke forhold som innvirker på måleresultat. I verste fall må flygingen kanselleres.

Været har stor innvirkning på måleresultatet. Regn og vind kan føre til høyt støynivå og skaper vanskelige forhold for navigasjonen. Under målingene over kartblad Mo i Rana var værforholdene brukbare slik at all data som ble innsamlet er av god kvalitet.

Oppdraget ble fløyet med satelittnavigasjon (GPS) og måling ble utført bare i perioder med god satelittdekning.

Terrenget har også en viss innvirkning på måleresultatet. I områder med store høydevariasjoner er det vanskelig å holde eksakt målehøyde og hastighet. Terrenget i måleområdet over kartblad Mo i Rana kan ikke betegnes som spesielt vanskelig for helikoptermålinger.

For de magnetiske målingene vil tidsrelaterte variasjoner ha stor innvirkning. Det benyttes et stasjonsmagnetometer for å registrere disse variasjonene slik at man kan foreta en korrigering under prosesseringen av de magnetiske data. I visse perioder kan det oppstå store variasjoner over kort tid i det magnetiske feltet (magnetisk storm). Under slike forhold må målingene kanselleres. Under målingene ved Altermark hadde en ingen problemer med tidsavhengige magnetiske variasjoner.

## 3. UTFØRELSE

Måleinstrumentene ble montert i et helikopter av typen Aerospatiale Ecureuil SA 350B1 fra

Helikopterteneste A/S i Kinsarvik for dette oppdraget. Instrumentene og datasystemet er plassert inne i helikopteret ved siden av operatøren. Målesondene for de magnetiske- og VLF målingene henger under helikopteret i kabler. Målekrystallet for de radiometriske målingene er plassert i en ramme som er festet til undersiden av helikopteret.

Det ble benyttet GPS satellittnavigasjon kombinert med visuell navigasjon. Som kartgrunnlag for den visuelle navigasjonen ble kart i 1:50 000 serien oppfotografert til 1:20 000 og deretter påtegnet profiler. Navigatøren avmerker referansepunkt på kartene under målingene slik at den visuelle navigasjonen kan benyttes under prosesseringen i de tilfellene GPS satellittnavigasjonen ikke er god nok.

Totalt ble det målt ca. 500 profilkilometer med en profilavstand på 100 meter (200 meter på delområde 3). Flyhøyden for slike målinger er 60 meter. Flyretningen ble bestemt ut fra strøkretning og er forskjellig for de tre delområdene. Tekniske data for de ulike metodene framgår av tabell 1.

Målingene over kartblad Mo i Rana ble utført i perioden 08.08.91–10.08.91. Som base for oppdraget ble Røssvoll flyplass benyttet.

Fra NGU deltok:

Overingeniør John O Mogaard  
Ingeniør Oddvar Blokkum

Fra Helikopterteneste A/S:

Pilot Ole Jackobsen

METODE	SAMPLINGSFREKV.	TELLETID	SENDERSTASJON
Magnetisk	0.2 Hz	*	*
VLF	0.2 HZ	*	NAA og GBR
Radiometri	*	1 sek.	

Tabell 1

Metoder, samplingsfrekvens, telletid og senderstasjoner ved målinger over kartblad Mo i Rana.

#### 4. RESULTATER

Resultatene for målingene (magnometri, VLF-EM og radiometri) er fremstilt som kart i målestokken 1:20000.

Følgende kart kan bestilles fra NGU:

Kart 91.285-01:	Flylinjer
Kart 91.285-02:	Magnetisk totalfelt profiler
Kart 91.285-03:	Magnetisk totalfelt konturer og farger
Kart 91.285-04:	Beregnet magnetisk vertikal gradient konturer og farger
Kart 91.285-05:	VLF-EM-LINE Totalfelt konturer og farger
Kart 91.285-06:	VLF-EM-ORTHO Totalfelt konturer og farger
Kart 91.285-07:	Radiometrisk totalstråling konturer og farger
Kart 91.285-08:	Thorium konturer og farger
Kart 91.285-09:	Kalium konturer og farger

På grunn av lave telletall og derved stor usikkerhet er det ikke produsert noe kart over uran.

De relativt tette magnetiske målingene som ble utført ga et godt datasett som senere er benyttet ved modellering og tolkning av utvalgte profiler. Det utarbeides en egen tolkningsrapport (Olesen og Karlsen 1991).

Følgende kart nedfotografert til A-4 format er vedlagt rapporten:

Kart 1:	Oversikt over måleområde
Kart 2:	Flylinjer
Kart 3:	Magnetisk totalfelt Konturer og farger
Kart 4:	VLF-EM-LINE totalfelt Konturer og farger

**Kart 5:**            VLF-EM-ORTHO totalfelt  
Konturer og farger

## 5. REFERANSER

Akima,H. 1970 : A new method of interpolation and smooth curve fittings based on local procedures.Jour. of Ass. for computing Machinery 17,589–602.

Swain,C.J 1976: A Fortran IV program for interpolating irregularly spaced data using the difference between equations for minimum curvature.Computers and Geosciences 1,231–240.

Olesen,O. og Karlsen,T.A. 1991: Tolking av geofysiske helikoptermålinger, Altemark, Nordland. NGU rapport 91.288.

Kihle,O. 1985: Produksjonssystem for fargerasterkart. Foreløpig brukerbeskrivelse.



## MÅLEMETODER OG INSTRUMENTER

Ved NGU's kombinerte geofysiske målinger fra helikopter utføres fire måletyper samtidig ,

1. Måling av det jordmagnetiske totalfeltet
2. Elektromagnetiske målinger ( 4 frekvenser )
3. Radimetrisk Målinger
4. VLF målinger ( Very Low Frequency )

### **1. Magnetiske målinger.**

Det jordmagnetiske totalfeltet måles med et cesium magnetometer av type Scintrex MEP 410. Sonden for magnetometeret henger 15 meter under helikopteret i en kabel som er surret felles med kablene for VLF og EM instrumentene.

Cesiummagnetometeret har en meget høy følsomhet ( 0.005 nT ), og målefrekvensen er også høyere enn for et protonmagnetometer.

Instrumentet kan foreta inntil 10 målinger pr sekund. Vanligvis benyttes to målinger i sekundet. Dette sammen med målehøyden på ca. 45 meter og helikopterets hastighet på ca. 30 meter/sekund bevirker at anomaliårsaker med 30 – 40 meters avstand fra hverandre kan skilles i bakkenivå.

For å registrere daglige og tidsavhengige variasjoner i det jordmagnetiske feltet benyttes et basemagnetometer med både analog og digital registrering. Basemagnetometeret består av et protonmagnetometer av typen Scintrex MP-3 som tilkobles en skriver (type TOA EPR121A). Data lagres i magnetometerets minne for senere å bli overført til en PD.

Basemagnetometeret plasseres nær området som skal undersøkes. Data som registreres av basemagnetometeret brukes under prosesseringen av måledata for å korrigere for tidsavhengige variasjoner i magnetfeltet.

## **2. Elektromagnetiske målinger.**

NGU's elektromagnetiske målesystem for helikoptermålinger består av et fire frekvens sender – mottaker system av type EMEX – 2 , levert av Aerodat Ltd i Canada. Sender og mottakerspolene med tilhørende elektronikk er plassert i hver sin ende av målesonden som slepes 30 meter under helikopteret. De fire frekvensene som benyttes i NGU's målesystem er :

Koaksial spole 1 : 923 Hz

Koaksial spole 2 : 4557 Hz

Koplanar spole 1 : 4287 Hz

Koplanar spole 2 : 34165 Hz

Primærfeltet fra senderspolene induserer strømmer i eventuelle elektrisk ledere i bakken. De induserte strømmene setter opp et sekundærfelt som registreres av mottakerspolene i målesonden. Respons ( anomalier ) fra elektrisk ledende materialer i bakken kan dermed registreres. Systemet kan registrere sekundærfelt som er under 1 ppm ( 1 milliontedel ) av primærfeltet.

Fordelene med et multifrekvens system er at man under gode målebetingelser oppnår respons fra geologiske objekter med resistivitet varierende fra noen tidels ohm-meter til flere hundre ohm-meter. Tolkningen av måledata lettes også ved at man benytter flere sender – mottaker spolekonfigurasjoner.

Systemet registrerer en reell og en imaginær komponent for hver frekvens. Reell-komponenten er i fase med primærfeltet, mens imaginærkomponenten er 90 grader faseforskyvet i forhold til primærfeltet. I tillegg registreres respons fra kraftlinjer. Kraftlinjer vil påvirke spesielt de lave frekvensene slik at måledata over kraftlinjer ofte må fjernes.

EMEX-2 systemet måler kontinuerlig, mens det digitale systemet samler data 10 ganger i sekundet. På denne måten øker oppløsningen og spikes fra elektriske feil eller utladninger i atmosfæren kan fjernes fra måledata. Dybderekkevidden for systemet er ca. 100 meter under bakkenivå avhengig av målebetingelsene.

## **3. VLF – elektromagnetiske målinger.**

Ved VLF – målinger fra helikopter benyttes måleinstrumenter av type TOTEM 2A levert av Herz Industries, Kanada. VLF målingene bruker primærfeltet fra militære radiosendere i Europa og USA som signalkilde. Senderne opererer i frekvensområdet 15 – 25 kHz.

TOTEM 2A systemet består av en målesonde med tre ortogonale målespoler og tilhørende elektronikk. Sonden slepes ca. 10 meter under helikopteret. Målesignalene sendes via en kabel til et konsol i helikopteret der de omformes og behandles. Systemet måler samtidig signaler fra to sendere som velges før målingene startes. For å oppnå god kobling med eventuelle elektriske ledere i området som skal undersøkes bør sendere med geografisk beliggenhet mest mulig i (line) eller perpendikulært på (ortho) flyretningen velges. Dette kan ofte by på store problemer, særlig når man opererer i Nord-Norge.

VLF målingene er som EM målingene følsomme for forstyrrelser fra kraftlinjer og radiosendere. Dersom målebetingelsene er gode vil VLF målingene kunne gi respons fra objekter med svak elektrisk ledningsevne, og vil derfor utfylle målinger med lavfrekvente EM instrumenter. Dybderekkevidden er ofte bedre ved VLF-målinger enn for EM målinger når overdekket har høy resistivitet. Dette skyldes høy utgangseffekt og stor avstand til senderne.

#### **4. Radiometriske Målinger.**

Til måling av gammastråling fra bakken benyttes et spektrometersystem levert av Geometrics, USA.

Utstyrspakken består av :

1. Multikanal gammaspektrometer, type GR 800
2. Krystalldetektor ( NaI ), type DET 1024
3. Detektor styreenhet, type GR 900

Detektoren er sammensatt av 4 NaI ( natriumjodid ) krystaller med totalt volum 1024 kubikktommer ( 16.8 l ). Detektoren plasseres på en plattform som festes på undersiden av helikopteret, slik at målekrystallene har uhindret sikt ned mot bakken. Krystalldetektoren blir varmestabilisert ved hjelp av et termostatstyrt varmeelement.

Spektrometeret er en pulshøydeanalysator som analyserer måledata etter energi og sorterer data i 256 kanaler. Hver kanal har en energibredde på 0.012 Mev i gamma energispekteret. Vinduer i spekteret som består av flere kanaler samler bidrag fra Kalium-40, Bismuth-214 og Thallium-208. Disse representerer stråling for henholdsvis Kalium-40, Uran-238 og Thorium-232. Totalstrålingen mellom 0.2 Mev og 6 Mev blir også registrert.

Målefrekvensen for de radometriske målingene kan varieres mellom 0.1 – 9.9 sekunder. Vanligvis benyttes måletid på hvert 1–2 sekund. Mellom hvert målepunkt akkumuleres tellingene og under prosesseringen ved NGU blir måledata normalisert til tellinger pr. sekund ( counts/sec ).

#### **5. Satelittnavigasjon, radarhøydemåler, dataloggersystem og diverse tilleggsutstyr.**

Ved geofysiske helikoptermålinger er man avhengig av et navigasjonssystem for å kunne stedfeste data. Vanligvis benyttes elektronisk navigasjon kombinert med visuell navigasjon. Ved GPS satelittnavigasjon monteres en GPS antenne på helikopteret og via en GPS mottaker kan posisjonen beregnes. Dette skjer i sanntid slik at piloten kan holde nøyaktig kurs under målingene.

Under målingene registreres høyden på helikopteret hele tiden ved hjelp av en radarhøydemåler av typen King KRA–10A. Høyden blir vist på et instrument foran piloten samt registrert både på en skriver og i den digitale dataloggeren.

Målenøyaktigheten for radarhøydemåleren er 2 meter i den aktuelle målehøyden.

Dataloggersystemet som benyttes består av en utstyrspakke levert av RMS Instruments, Kanada. Denne pakken inneholder følgende :

1. DAS 8 – dataloggersystem
2. TCR 12 – datakassett recorder
3. GR 33 – alfanumerisk, 32 kanals analog skriver

På skriveren registreres :

EM	: 8 signalkanaler og 1 kraftlinjeindikator
VLF	: 4 signalkanaler
Magnetometer	: Magnetisk totalfelt med varierende følsomhet
Spektrometer	: Totalstråling og uran kanalen

I tillegg kommer radarhøyden, klokke, fastpunkter og navigasjonsdata

DAS 8 dataloggeren er kjernen i systemet som formidler data både til skriver og datarecorder ( TCR 12 ). Systemet er meget fleksibelt og kan konfigureres til å samle og behandle data fra flere instrument samtidig. Formatterte data blir lagt ut på en datakassett via TCR 12 enheten. Datakassetten har en lagringskapasitet på 12 Mbyte og dekker vanligvis lagringsbehovet for en flytur. Data fra kassetten blir ved prosessering lest inn i NGU's dataanlegg via TCR 12 enheten.

BEARBEIDELSE AV DATA

Alle geofysiske data blir prosessert i NGU's dataanlegg. En datamaskin av type Microvax II benyttes til dette formålet. Alle profilkurvekart og kotekart med eller uten farger plottes ut på en Calcomp 5800 elektrostatiske fargeplotter. Relieffkartene blir produsert på en Applicon ink-jet fargeplotter. All programvare som benyttes ved prosesseringen er levert av Aerodat, Kanada. Grafisk programvare som benyttes kommer dels fra samme firma, og dels av egen produksjon ( O. Kihle 1985).

Bearbeiding av måledata starter med de elektroniske navigasjonsdata som danner grunnlaget for en nøyaktig gjenskapning av profillet. Alle målepunktene blir gitt en x-y koordinat, slik at data kan plottes ut i form av kurver og kart etter bearbeiding i datamaskinen.

Magnetiske data blir lett filtrert for å fjerne spikes uten at informasjon av betydning går tapt. Deretter korrigerer man de målte data for tidsavhengige variasjoner i det jordmagnetiske feltet. Dette gjøres ved å korrelere de registrerte basemagnetometer-data med de data man måler i helikopteret. Som referanse bruker man tid ved denne korreleringen. Under denne prosessen blir alle målepunktene normalisert mot en basisverdi som måles av basemagnetometeret. Denne prosessen sikrer at anomalier skyldes geologiske forhold, og ikke de tidsavhengige variasjonene. Ved produksjon av magnetiske kotekart blir data prosessert med en gridrutine som bygger på prinsippet Akima-Spline interpolasjon ( Akima 1970 ). Farger som er distribuert etter konturintervallene legges på kartet for å øke den visuelle virkningen. Data kan også fremstilles med en relieffvirkning for å fremheve anomalimønstret ( O. Kihle 1985 ).

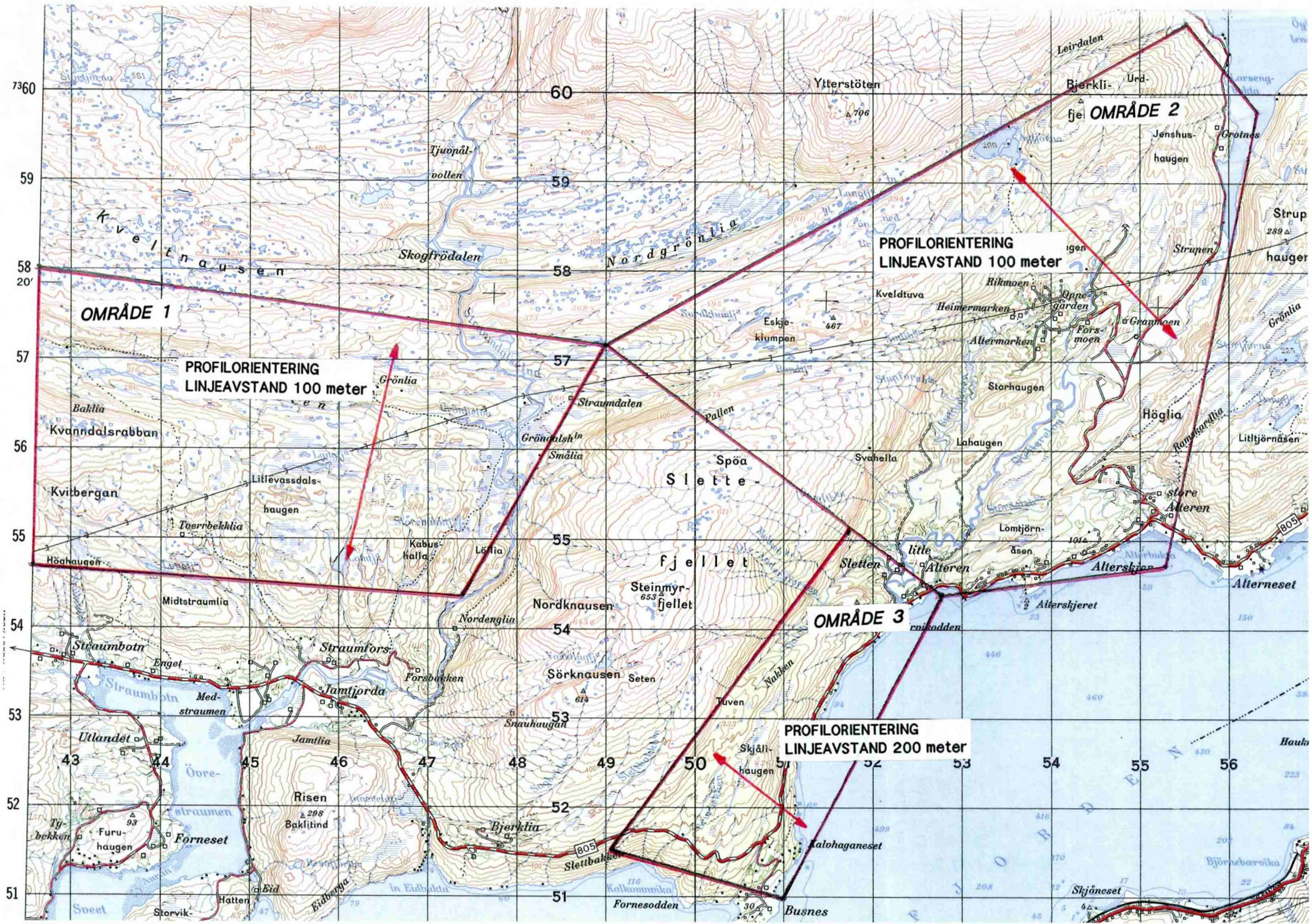
De elektromagnetiske data prosesseres med en rutine for støyfiltrering og lavpassfiltrering. Dette utføres for å fjerne mikrofoniske effekter fra kabel og målesonde, spikes og påvirkning fra kraftlinjer etc. Etter filtrering blir data nivåjustert slik at eventuell langbølget drift som skyldes termiske effekter blir fjernet. For å kontrollere nullnivå blir målesonden løftet til ca. 500 meter over bakken flere ganger i løpet av en flytur. Ferdige prosesserte EM-data blir plottet ut som profilkurvekart. I tillegg gjøres et anomaliutplukk langs profilene. For disse anomaliene beregnes tilsynelatende elektrisk ledningsevne ut fra en vertikal tynnplatemodell med uendelig utstrekning til sidene og mot dypet.

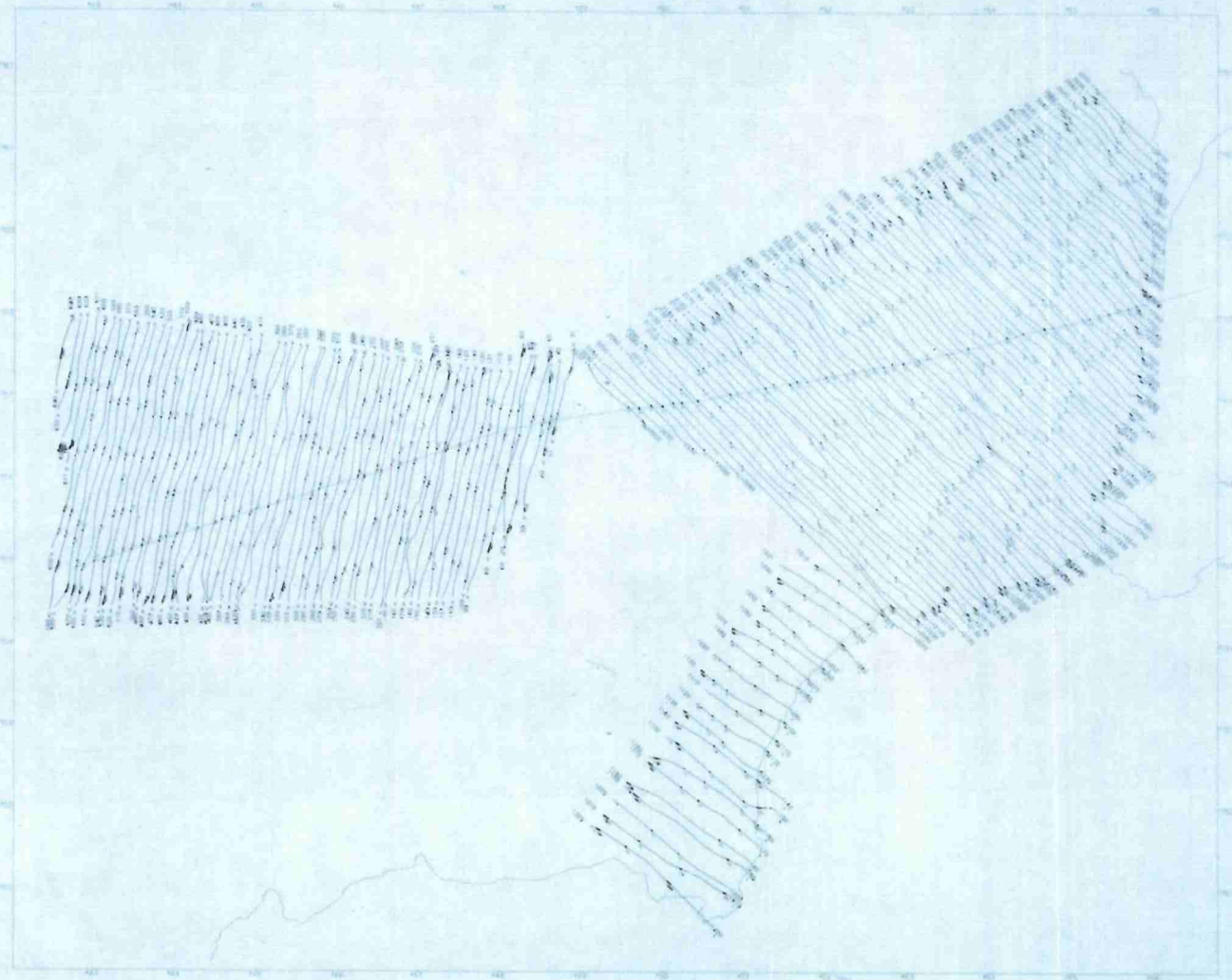
Ut fra disse beregningene lages et symbolkart som kombineres med et resistivitetskart. Resistivitetskartet fremstilles ved hjelp av ledningsevnekalkulasjoner basert på reell og

imaginær data for en frekvens. Resultatet presenteres ved et kotekart som viser tilsynelatende resistivitet for hele området. Vanligvis benyttes koaksial 2 frekvensen ( 4551 Hz ) til dette formålet. Som ved de magnetiske målingene blir EM data prosessert med Akima-Spline gridrutine.

VLF data blir som de magnetiske og EM data støyfiltrert og deretter nivåjustert. Som følge av at profilene ikke flys i samme retning oppstår en reversering av fortegnene på måledata. Dette justeres for under prosesseringen slik at alle profiler er normalisert til samme flyretning. Totalkomponentene fra line og ortho kanalene blir så prosessert hver for seg med gridderutinen som bygger på minimum curvature interpolasjon (Swain 1976). De to filene med griddede data summeres og resultatet presenteres som farge kotekart.

De radiometriske data er prosessert med en programpakke som opprinnelig er utviklet av instrumentprodusenten Geometrics. Data korrigeres først for deadtime ( forsinkelse i A/D omformerne i spektrometeret ) og normalisert til cps ( counts per second ). Deretter blir bakgrunnsverdiene for de forskjellige kanalene trukket fra. Bakgrunnsstråling skyldes først og fremst kosmisk stråling og stråling fra instrumenter og materialer i helikopteret. Bakgrunnsverdiene finner man ved å foreta målinger over vann slik at man er sikker på at ingen stråling fra bakken registreres. Deretter blir alle data normalisert til en høyde av 250 fot ved å bruke data fra radarhøydemåleren. Til slutt korrigeres data for Compton Scatter effekt. Compton scatter betyr at registreringer med høy energi også vil gi utslag hos elementer med lavere energi.





Frøslundet  
 1:50000  
 1:50000  
 1:50000

Topografi  
 1:50000  
 1:50000

NDRWEGIAN TALC ALTERNATIVE AS FLY LINJER OG TOPOGRAFI	
NO 1 RANA NORLAND	
NORWEGIAN GEOLOGICAL SURVEY NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE	DATE: AUG 1991 PROJECT: 01 225-01



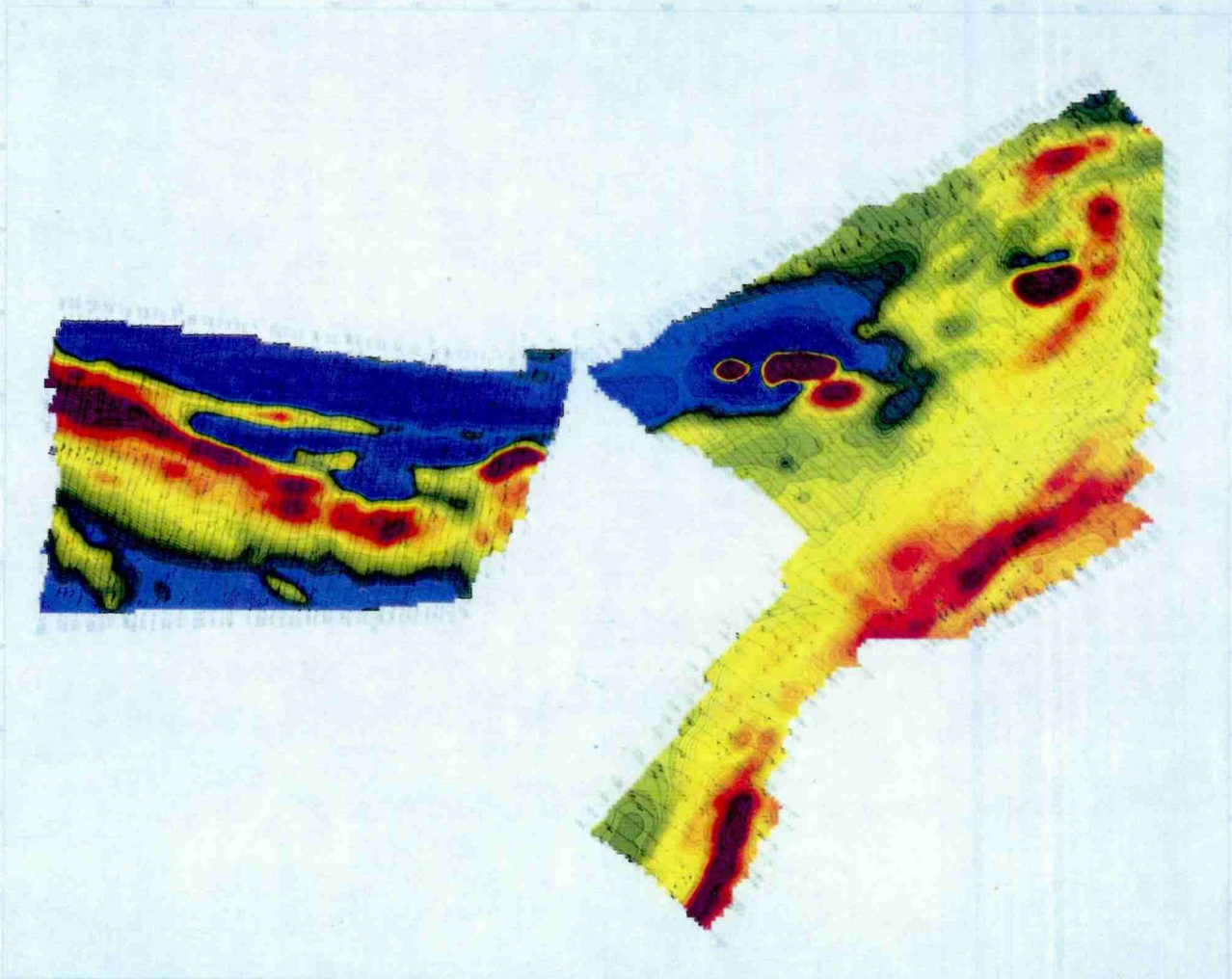
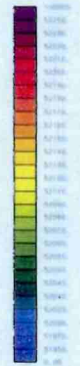


**Forord**

Denne rapporten er utarbeidet på oppdrag fra Norges geologiske undersøkelse (NGU) og er en del av prosjektet "Geofysiske undersøkelser i Rana og Mo i Rana".

**Magnetisk Lokalisering**

Denne rapporten viser magnetiske konturer og farger for området Mo i Rana. Dataene er basert på magnetiske målinger utført i 1998 og 1999.



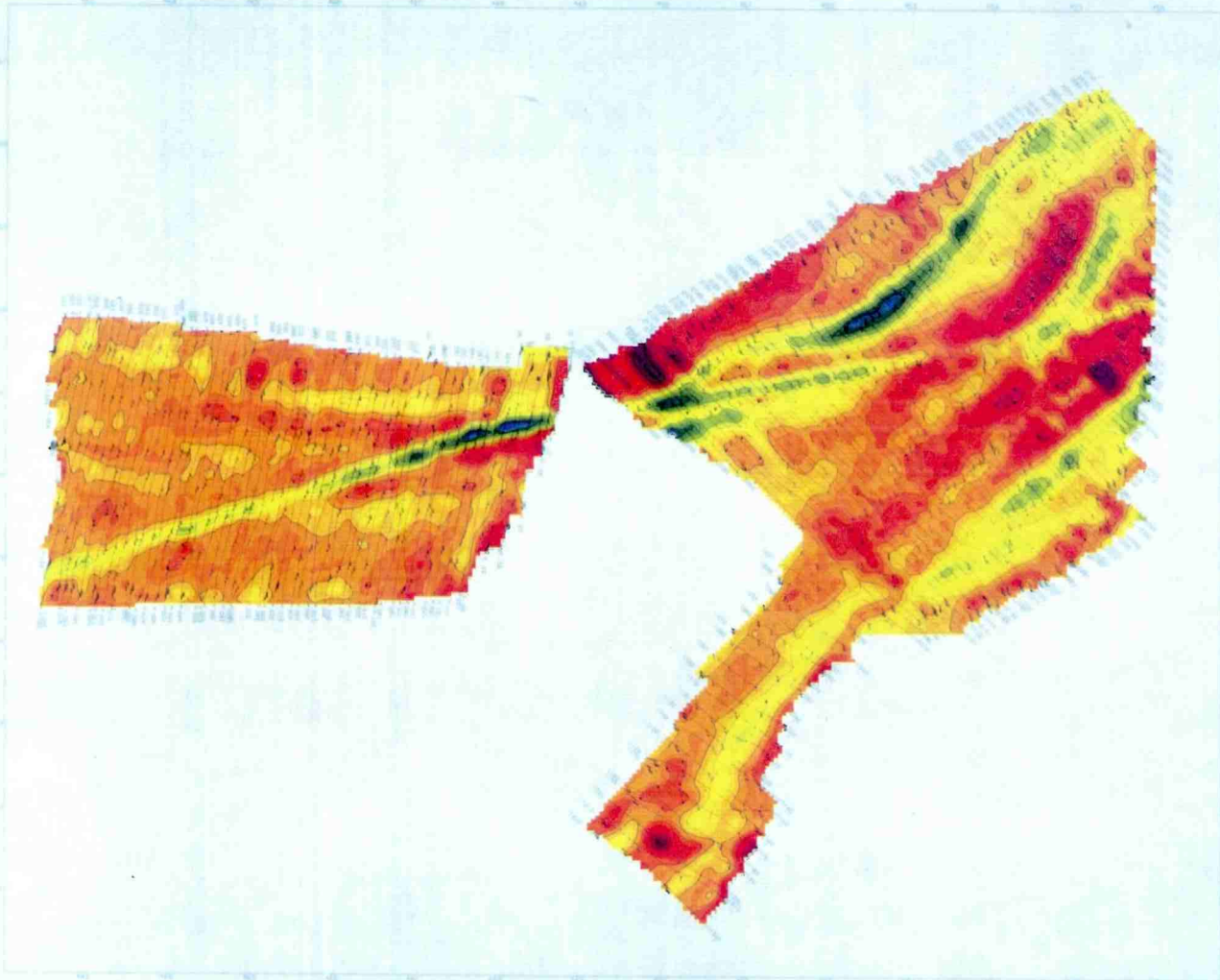
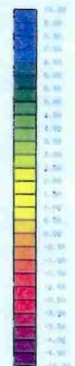


**Prosjekt**

Geoteknisk undersøkelse av  
Kontinert grunn under  
Kontinert grunn under  
Kontinert grunn under

**VLF-EM**

VLF-EM metode for å undersøke  
Kontinert grunn under  
Kontinert grunn under  
Kontinert grunn under



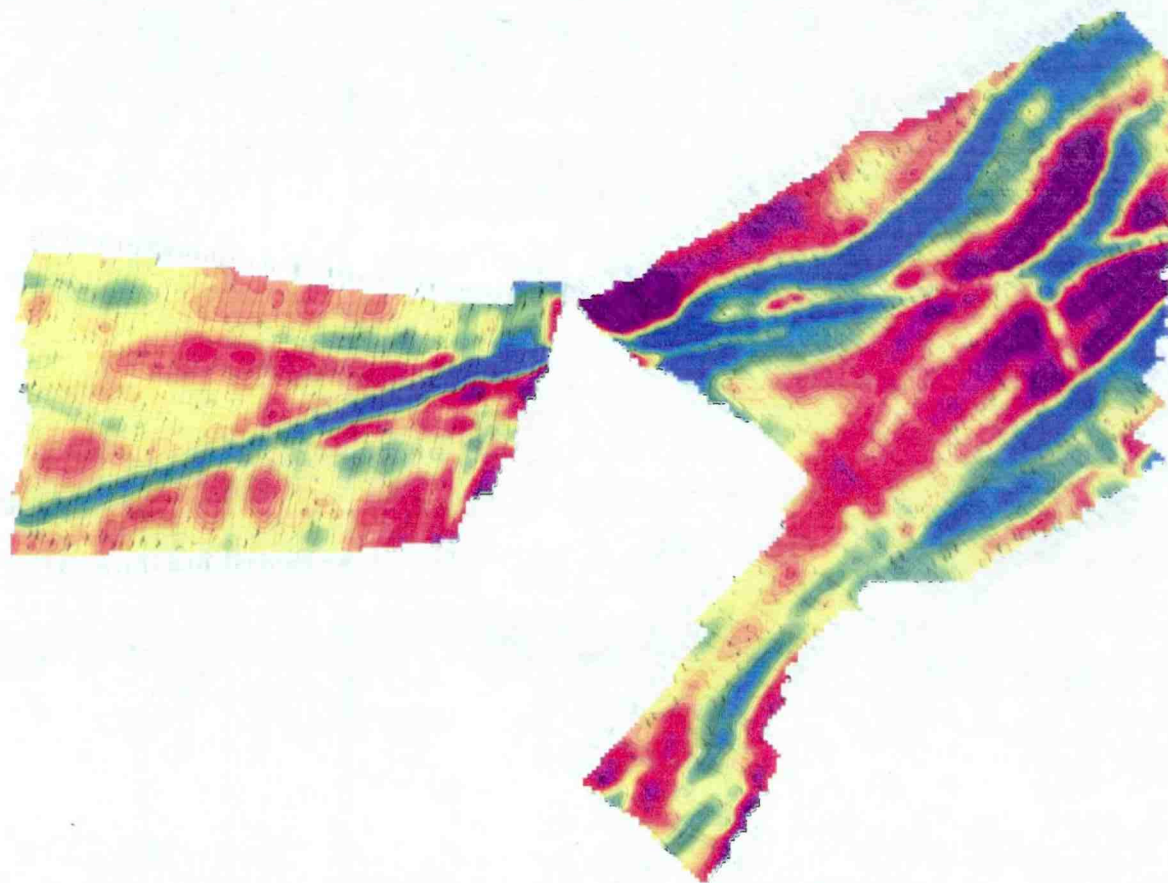
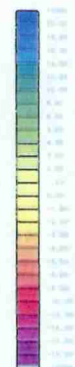
**NORWEGIAN TALC ALTERNATIVE AS**  
VLF-EM IN-LINE-TOTAL FELT  
KONTURER OG FARGER  
NO 1 RANA  
NORLAND

PROSJEKTLEDER	PROSJEKT
UTVÆRDET	UTVÆRDET
UTVÆRDET	UTVÆRDET
UTVÆRDET	UTVÆRDET



1:50000

VLF-EM



NRWEGIAN TALE ALJERMARK AS

VLF-EM ORTHO-TOTAL FELT  
KONTURER OG FARGER

MO 1 RANA  
1992

UTGIVNINGSDATO	1992
UTGIVNINGEN ER	1:50000
UTGIVNINGEN ER	91205-00