

NGU Rapport 95.120

Helikoptermålinger over kartblad  
1311-IV Sokndal

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                          |                            |                                                      |                                     |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|----------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------|--|
| Rapport nr.: 95.120                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                          | ISSN 0800-3416             |                                                      | Gradering: ÅPEN                     |  |
| Tittel:<br>Helikoptermålinger over kartblad 1311-IV Sokndal                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                          |                            |                                                      |                                     |  |
| Forfatter:<br>Stig Rønning                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                          |                            | Oppdragsgiver:<br>Titania A/S                        |                                     |  |
| Fylke:<br>Rogaland                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                          |                            | Kommune:<br>Sokndal                                  |                                     |  |
| Kartblad (M=1:250.000)<br>Mandal                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                          |                            | Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000)<br>1311-IV Sokndal |                                     |  |
| Forekomstens navn og koordinater:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                          |                            | Sidetall: 14      Pris: kr. 34,-<br>Kartbilag:       |                                     |  |
| Feltarbeid utført:<br>03.06.95-10.06.95                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Rapportdato:<br>05.12.95 | Prosjektnr.:<br>67.2663.00 |                                                      | Ansvarlig:<br><i>Jon S. Rønning</i> |  |
| <p>Sammendrag:</p> <p>Norges Geologiske Undersøkelse(NGU) gjennomførte geofysiske helikoptermålinger over kartblad 1311-IV i perioden 03.06.95-10.06.95. Totalt ble det målt 2400 profilkilometer med profilavstand 100 meter. Det ble utført magnetiske, elektromagnetiske (EMEX 2 og VLF) og radiometriske målinger. Målingene er et samarbeidsprosjekt mellom NGU og Titania A/S. Hensikten med målingene var å vurdere mulighetene for nye ilmenitt funn i nærområdet til Tellnes malmen.</p> <p>Rapporten beskriver innsamling, prosessering og presentasjon av data. Vedlagt rapporten foreligger farvekart i målestokk 1: 25 000 og profilkurvekart (EM) i målestokk 1: 10 000.</p> |                          |                            |                                                      |                                     |  |
| Emneord: Geofysikk                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                          | Magnetometri               |                                                      | Elektromagnetisk måling             |  |
| Radiometri                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                          | Fagrapport                 |                                                      |                                     |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                          |                            |                                                      |                                     |  |

## INNHOOLD

|                                  |         |
|----------------------------------|---------|
| 1. INNLEDNING.....               | side 4  |
| 2. UNDERSØKELSESBETINGELSER..... | side 4  |
| 3. MÅLEMETODER OG UTSTYR .....   | side 5  |
| 4. UTFØRELSE .....               | side 8  |
| 5. PROSESSERING.....             | side 10 |
| 6. PRODUKT .....                 | side 12 |
| 7. REFERANSER .....              | side 13 |

Vedlagt rapporten er følgende farvekart i målestokk 1: 25 000 (EM profilkurvekart 1: 10 000):

|            |                                         |
|------------|-----------------------------------------|
| 95.120-01  | Magnetisk totalfelt                     |
| 95.120-02  | Beregnet magnetisk vertikal gradient    |
| 95.120-03  | VLF-EM, ortho                           |
| 95.120-04  | VLF-EM, linje                           |
| 95.120-05A | EM profilkurverkart, 923 Hz og 32165 Hz |
| 95.120-05B | EM profilkurverkart, 4551 Hz og 4287 Hz |
| 95.120-05C | EM profilkurverkart, 923 Hz og 32165 Hz |
| 95.120-05D | EM profilkurverkart, 4551 Hz og 4287 Hz |
| 95.120-05E | EM profilkurverkart, 923 Hz og 32165 Hz |
| 95.120-05F | EM profilkurverkart, 4551 Hz og 4287 Hz |
| 95.120-06  | Resistivitet, 4551 Hz, koaksial         |
| 95.120-07  | Radiometri, total-stråling              |
| 95.120-08  | Radiometri, kalium-stråling             |
| 95.120-09  | Radiometri, uran-stråling               |
| 95.120-10  | Radiometri, thorium-stråling            |

## 1 INNLEDNING

Norges Geologiske Undersøkelse (NGU) utførte geofysiske helikoptermålinger over kartblad 1311-IV, Sokndal i perioden 03.06-10.06.95. Målingene omfatter 2400 profilkilometer i et område med 250 km<sup>2</sup> utstrekning (se figur 1). Målingene er et samarbeidsprosjekt mellom NGU og Titania A/S, hvor hensikten var malmprospektering i nærheten av Tellnes forekomsten. Det ble utført magnetiske, elektromagnetiske (EMEX-2 og VLF) og radiometriske målinger. Denne rapporten beskriver innsamling, prosessering og presentasjon av data.

## 2 UNDERSØKELSESBETINGELSER

For å oppnå vellykkede resultater ved helikoptermålinger er det en rekke betingelser som må oppfylles. Under målingene må det tas hensyn til flere forhold som innvirker på datakvaliteten, og som kan forringe denne i en slik grad at flygning må avbrytes eller utsettes.

Værforholdene har stor innvirkning på resultatet av geofysisk kartlegging fra helikopter. Regn og sterk vind fører til økt støynivå, og reduserer kvaliteten på innsamlede data. Værforholdene påvirker også bakkekonsentrasjonen for den radioaktive gassen radon (<sup>222</sup>Rn). Faktorer som lufttrykk, vind, temperatur, regn og overdekke vil kunne lede til varierende konsentrasjon. Generelt er radon konsentrasjonen større under rolige værforhold. Et av halveringsproduktene til radon, <sup>214</sup>Pb, benyttes for å måle uraninnhold i bakken. Varierende radonkonsentrasjon kan føre til nivåforskjeller i målt uran innhold i bakken under spesielle forhold, og i spesielle geografiske områder. Regn og våt mark vil i tillegg dempe all gammastråling fra bakken slik at dette kan forårsake nivåforskjeller også i de andre kanalene (total, Th og K). Måling bør utsettes i områder hvor det har nylig regnet kraftig.

For de magnetiske målingene vil tidsrelaterte variasjoner i det naturlige magnetfeltets styrke ha stor innvirkning på datakvaliteten. Det benyttes derfor et stasjonsmagnetometer for å registrere disse tidsvariasjonene slik at det kan foretas en korrigering under prosesseringen av de magnetiske data. I visse perioder kan det oppstå store variasjoner over kort tid i det naturlige magnetiske feltet (magnetisk storm). Under slike forhold må målingene avbrytes eller utsettes.

Terrenget har også en viss innvirkning på datakvaliteten. I områder med store høydevariasjoner er det vanskelig å holde eksakt flyhøyde og hastighet på helikopteret. Flyhøyden vil påvirke de magnetiske, radiometriske og EM målingene. Det magnetiske totalfeltet vil svekkes ved økende flyhøyde, samtidig som flyhøyden kombinert med flyretningen kan føre til nivåforskjeller fra et profil til naboprofil i områder med store høydevariasjoner. Dette problemet oppstår fordi man vil holde ulik flyhøyde avhengig av flyretningen. Ved flygning oppover et bratt parti kan det være vanskelig å holde eksakt flyhøyde p.g.a. helikopterets motorkraft blir for svak. På naboprofil vil man fly nedover samme bratte parti med en flyhøyde som er mere nøyaktig i forhold til spesifisert flyhøyde. Den avvikende flyhøyden vil føre til nivåforskjeller mellom profilene. På samme måte vil



gammastrålingen fra bakken og EM målingene svekkes med økt flyhøyde, noe som fører til nivåforskjeller også her. Normal akseptabel variasjon i flyhøyden er  $\pm 20$  % av nominell flyhøyde (60 meter). Sikkerhetshensyn kommer i første rekke slik at spesifikasjonene for flyhøyde og hastighet vil overskrides når terrenget er for vanskelig.

Ved VLF-målingene kan det oppstå problemer ved at en sender faller ut. Dette medfører dårligere dekning, men målingene avbrytes vanligvis ikke.

### **3 MÅLEMETODER OG UTSTYR**

Ved målingene over kartblad 1311-IV Sokndal ble det benyttet full utstyrspakke (magnetometri, EM, VLF og radiometri). Måleinstrumentene ble montert i et helikopter av typen Aerospatiale Ecureuil SA 350 b1. Instrumentene og datasystemet er plassert inne i helikopteret ved siden av operatør. Målesondene henger under helikopteret i kabler, unntatt krystallet for de radiometriske målingene som er plassert i en ramme som er festet til helikopteret. Videokamera for opptak av flyrute ble også montert på denne rammen.

#### **3.1 Magnetiske målinger**

Det magnetiske totalfeltet ble målt med et cesium magnetometer av typen Scintrex MEP 410. Sonden for magnetometeret henger 15 m under helikopteret i en kabel som er festet felles med kablene for VLF- og EM- sondene. Magnetometeret har meget høy følsomhet (0.01 nT) og kan foretar 5 målinger pr. sekund.

For å registrere daglige og tidsavhengige variasjoner i det magnetiske feltet benyttes et basemagnetometer med både analog og digital registrering. Basestasjonen består av et protonmagnetometer av typen Scintrex MP-3 som tilkobles en termisk skriver (type TOA EPR 121A). Data lagres i magnetometerets minne for seinere å bli overført for lagring på PD. Fly- og basemagnetometer ble synkronisert før flygning for å sikre korrekt fjerning av tidsavhengige magnetfeltsvariasjoner fra de magnetiske profildata.

#### **3.2 EMEX-2 elektromagnetiske målinger**

NGU's elektromagnetiske målesystem for helikoptermålinger består av et fire frekvens sender-mottaker-system av typen 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:

Koaksialt spolesett 1: 923 Hz

Koaksialt spolesett 2: 4551 Hz

Koplanart spolesett 1: 4287 Hz

Koplanart spolesett 2: 32165 Hz

Primærfeltet fra senderspolene induserer strømmer i eventuelle elektriske ledere i bakken. De induerte strømmene setter opp et sekundærfelt som registreres av mottakerspolene i målesonden. Systemet registrerer reell- og imaginær-komponent for hver frekvens. Reell-komponenten er i fase med primærfeltet, mens imaginærkomponenten er 90 grader faseforskjøvet i forhold til primærfeltet. Respons (anomalier) fra elektrisk ledende materialer i bakken kan dermed registreres på to kanaler for hver frekvens. 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. Informasjonsinnholdet økes ved at man benytter flere sender-mottaker spolekonfigurasjoner. I tillegg registreres nettfrekvensen fra kraftlinjer. Denne vil påvirke spesielt de lave frekvensene slik at måldata over kraftlinjer ofte må fjernes.

EMEX-2-systemet måler kontinuerlig, mens det digitale systemet kan sample data 10 ganger pr. sekund (hver 3 m med flyhastighet 30 m/s). På denne måten øker oppløsningen, og spikes fra elektriske feil eller utladninger i atmosfæren kan fjernes fra måldata. Dybderekkevidden for systemet er ca. 100 meter under bakkenivå avhengig av målebetingelsene.

### 3.3 VLF elektromagnetiske målinger

VLF-målinger ble utført med et målesystem av typen TOTEM-2A levert av Herz Industries, Canada. Som energikilde benyttes militære radiosendere i Europa og USA. Disse opererer i frekvensområdet 15-30 kHz. For å oppnå god kobling med eventuelle ledere i bakken i alle retninger, bør retningen til den ene av senderne være i flyretningen (line), mens den andre bør være vinkelrett på flyretningen (ortho). Dette kan ofte by på store problemer, særlig når man opererer i Nord-Norge. Sonden i målesystemet som inneholder de tre ortogonale spolene, slepes 10 m under helikopteret. VLF-målingene er som EMEX-2-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 utfylle målinger med lavfrekvente EMEX-2-spoler. Dybderekkevidden er ofte bedre ved VLF målinger (2-300 m) enn for EMEX-2-målinger. Dette skyldes høy utgangseffekt og stor avstand til senderne. Både for line og ortho kanalene måles to parametre, totalfelt og vertikal kvadratur.

Måling av totalfelt: For måling av totalfelt i en bestemt retning (line eller ortho), registreres feltstyrken fra den spole som peker i denne retningen. For de to andre spolene registreres styrken av feltkomponentene som er i fase med førstnevnte spole. Bidragene fra de tre spolene vektorsummeres. Totalfeltet måles som endringen (i %) av størrelsen på vektoren i forhold til feltstyrken over et anomalifritt område.

Måling av vertikal kvadratur: Ved måling av vertikal kvadratur i en bestemt retning (line eller ortho) måles størrelsen på den feltvektorkomponent i vertikal spoleakse som er  $90^\circ$  faseforskjøvet i forhold til feltet i måleretning.

### 3.4 Radiometriske målinger

De radiometriske målingene ble utført med et Exploranium GR 820 spektrometer med tilhørende krystalldetektor. Detektoren i systemet 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 temperaturstabilisert 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 (datterprodukt av Uran-238) og Thallium-208 (datterprodukt av Thorium-232). Totalstrålingen mellom 0.4 MeV og 3 MeV blir også registrert i eget vindu. Akkumulasjonstiden for de radiometriske målingene kan varieres mellom 0.1 og 9.9 sekunder. Ved målinger over vann, myr eller tett overdekke, vil strålingen fra berggrunnen skjermes. Etter at instrument er kalibrert med måling på prøver med kjent konsentrasjon, kan konsentrasjon av elementene U, Th og K samt intensitet av stråling fra Cs beregnes ved bakkenivå.

### 3.5 Navigasjons- og dataloggersystem

#### Navigasjon

Navigasjonssystemet består av en Trimble SVeeSix 6-kanals GPS-mottaker koblet til en bærbar PD. Programvaren er levert av Seatex i Trondheim. Et navigasjonskonsoll av typen PNAV 2001 (Picodas Group Inc, Canada) ble koblet til den bærbare PDen. Navigasjonsdata og GPS-tid lagres samtidig på PD og dataloggersystemet. Profillinjene programmeres på PNAV, og all navigasjon skjer i sanntid slik at piloten kan holde nøyaktig kurs under målingene. Navigasjonsdata som er lagret på PD, blir korrigert ved å bruke data fra en GPS basestasjon (differensiell GPS). De

korrigerte data blir deretter lagret i databasen som inneholder de geofysiske data ved å benytte GPS-tid.

#### Radar høydemåler

Høyden på helikopteret registreres hele tiden ved hjelp av en radar høydemåler 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 er 5%.

#### Dataloggersystem

Alle data samles med et DAS-8 dataloggersystem levert av RMS Instruments Ltd. Opptak av data ble foretatt både digitalt (datakassettopptaker av typen TCR 12) og analogt i sanntid (termisk skriver av typen RMS-GR33). Digitale data blir seinere overført til en microVAX datamaskin for prosessering og kartframstilling.

Utskrift av data til skriver muliggjør kvalitetskontroll av innsamlede data i sann tid. Utskrift foregår med en hastighet på 1.5 mm/sek. (målestokk ca. 1:20000 med en flyhastighet på 30 m/s). På skriveren registreres data fra EMEX-2 (8 signalkanaler og 1 kraftlinjeindikator), VLF (4 signalkanaler), magnetometer (magnetisk totalfelt med varierende følsomhet) og spektrometer (totalstråling og uran-kanalen). I tillegg registreres radarhøyde, klokke, fastpunkter og navigasjonsdata.

## 4 UTFØRELSE

**Oppdrags spesifikasjoner:** Måleområdet har en utstrekning på 250 km<sup>2</sup> (se figur 1). Totalt ble det målt 2400 profilkilometer med en profilavstand på 100 meter. Det ble målt med en nominell flyhøyde på 60 meter, og flyhastighet 100 km/t. I tabell 1 er det vist samlingsintervall og akkumulasjonstid for de anvendte målemetoder vist. Feltarbeide ble utført av Oddvar Blokkum og John Mogaard fra NGU i perioden 03.06.95-10.06.95.

**Forhold under målingene:** Målingene ble utført under gode værforhold. Terrenget i måleområdet må karakteriseres som vanskelig for helikoptermålinger. Store høydevariasjoner og svært kupert terreng medførte vanskeligheter å holde eksakt flyhøyde under målingene. I enkelte deler av måleområdet vil terrenget derfor ha innvirkning på de målte data, spesielt magnetiske og radiometriske data.

**Navigasjon:** Det ble benyttet en kombinasjon av GPS satelittnavigasjon (differensielt ukorrigert under flyvning) og visuell navigasjon. Flymønster rekonstrueres ved å foreta differensiell korrigering på digitalt registrerte GPS data etter hver flyvning. De korrigerte data benyttes for å lokalisere

målingene under prosesseringen. Data fra en GPS basestasjon plassert i Trondheim, hos Seatex A/S ble brukt for å foreta den differensielle korrigeringen.

**Magnetisk basestasjon:** For å registrere tidsrelaterte variasjoner i magnetfeltet ble det benyttet en magnetisk basestasjon. Målte data fra basestasjonen brukes for å fjerne tidsrelaterte variasjoner på de magnetiske profildata. Basestasjonen registrerer målte verdier hvert fjerde sekund både digitalt og analogt. Data registreres analogt for å foreta en kvalitetskontroll av de magnetiske data i felt. Den magnetiske basestasjonen var plassert i Egersund i måleperioden. De magnetiske forholdene (tidsrelaterte variasjoner) under målingene kan betegnes som gode.

**Spektrometer bakgrunnslinjer:** For å registrere bakgrunnsstråling ble det fløyet bakgrunnslinjer før og etter hver flyvning, med en varighet på ca. 1 minutt. Bakgrunnslinjene flyves over et vann eller sjø for å hindre registrering av stråling fra bakken. Linjene registreres digitalt og analogt, og brukes til korrigering for kosmisk stråling m.m. under prosesseringen.

**VLF stasjoner:** Stasjonene NAA og NPM ble benyttet som orthogonal kanal, mens GBR ble benyttet som linje kanal.

| <u>Stasjon</u> | <u>Sted</u>       | <u>Frekvens</u> |
|----------------|-------------------|-----------------|
| GBR            | Rugby, England    | 16.0 Khz.       |
| NAA            | Cutler, Maine     | 24.0 Khz.       |
| NPM            | Laulualei, Hawaii | 23.4 Khz.       |

| Metode       | Samplingsintervall | Akkumulasjonstid |
|--------------|--------------------|------------------|
| Magnetometri | 0.2 sek.           | -                |
| EM, EMEX-2   | 0.1 sek.           | -                |
| EM, VLF      | 0.2 sek.           | -                |
| Radiometri   | -                  | 1 sek.           |

**Tabell 1. Samplingsintervall og akkumulasjonstid for de anvendte målemetoder.**

## 5 PROSESSERING

**Prosesseringssystem:** Alle geofysiske data ble prosessert i NGU's dataanlegg. En datamaskin av typen microVAX 3100 ble benyttet til dette formålet. Alle profilkurvekart og kotekart med eller uten farger plottes ut på en Calcomp 58000 elektrostatisk fargeplotter. Det meste av programvare som benyttes ved prosessering og kartframstilling er levert av Aerodat Ltd. (Toronto, Canada).

**Prosesseringsfilosofi:** De framstilte kart er prosessert med minimal filtrering, interpolasjon og sammensmelting av data fra naboprofiler under gridding. Filtrering av grid ble utført kun for å redusere kanter på konturene. Kartene er på denne måten ment å bibeholde informasjonsnivået i data på en mest mulig troverdig måte.

**Gridding:** Ved griddingen ble det benyttet en rutine som bygger på prinsippet Akima spline-interpolasjon (Akima 1970), og hvor celledimensjonen var 25 m.

**Magnetisk totalfelt:** Magnetiske profildata ble filtrert for å fjerne spikes uten at informasjon av betydning går tapt. Deretter ble data korrigert 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 brukes 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. Griddede data ble glattet med et 5 x 5 punkts Hanning-filter.

**Magnetisk vertikal gradient:** Griddet for magnetisk vertikal gradient er framstilt fra det Hanning-filtrerte magnetisk totalfelt-griddet ved bruk av et 17 x 17 punkts vertikal gradient-filter. Dette griddet ble igjen glattet med et 3 x 3 punkts Hanning-filter før konturering og kartframstilling.

**EMEX-2:** EMEX-2 elektromagnetiske data ble prosessert med en rutine for støyfiltrering og lavpassfiltrering. Dette utføres for å fjerne mikrofonske effekter fra kabel og målesonde, spikes og påvirkning fra kraftlinjer etc. Etter filtrering ble data nivåjustert slik at eventuell langbølget drift som skyldes termiske effekter i måleutstyr blir fjernet. Ferdig prosesserte data ble plottet som profilkurvekart. Resistivitetskartet framstilles ved hjelp av ledningsevnekalkulasjoner basert på reelle og imaginære data for en frekvens (vanligvis koaksial 4551 Hz). Resultatet presenteres ved et kotekart (farver) som viser tilsynelatende resistivitet for hele området. Som ved de magnetiske målingene ble resistivitetskart produsert med Akima-spline gridrutine, og glattet med et 5 x 5 punkts Hanning-filter.

**VLF:** Komponentene fra line- og ortho-kanalene ble støyfiltrert og glattet med et 9-punkts Hanning-filter. Som følge av at profilene flys i alternerende retning, oppstår en reversering av fortegnene på måledata. Dette justeres for under prosesseringen slik at alle profiler er normalisert til samme flyretning.

**Radiometri:** 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 normaliseres 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. Alle data blir normalisert til en høyde av 60 meter ved å bruke data fra radarhøydemåleren. Til slutt korrigeres data for effekten av Compton-spredning. Compton-effekten medfører at registreringer med høy energi også vil gi utslag hos elementer med lavere energi (og til en viss grad omvendt). De radiometriske data ble griddet, filtrert med et 9 x 9 punkts Hanning-filter og konturert før kartframstilling. Stor flyhøyde vil føre til en overkompensasjon under høydekorrigeringen som foretas i prosesseringen. Vanligvis slettes radiometriske data som er målt i en flyhøyde tilsvarende to ganger den spesifiserte flyhøyden (60 meter), men på dette oppdraget ble grensen satt høyere. Terrenget rundt Tellnes forekomsten er vanskelig for helikoptermålinger, slik at store deler av måleområdet ble fløyet med en flyhøyde i området 90 - 110 meter. Radiometriske data som ble målt med en flyhøyde større enn 200 meter ble slettet. Usikkerhet i de radiometriske data rundt Tellnes forekomsten er så stor at konsentrasjon av U,Th og K på bakken ikke er forsøkt beregnet.

## 6      **PRODUKT**

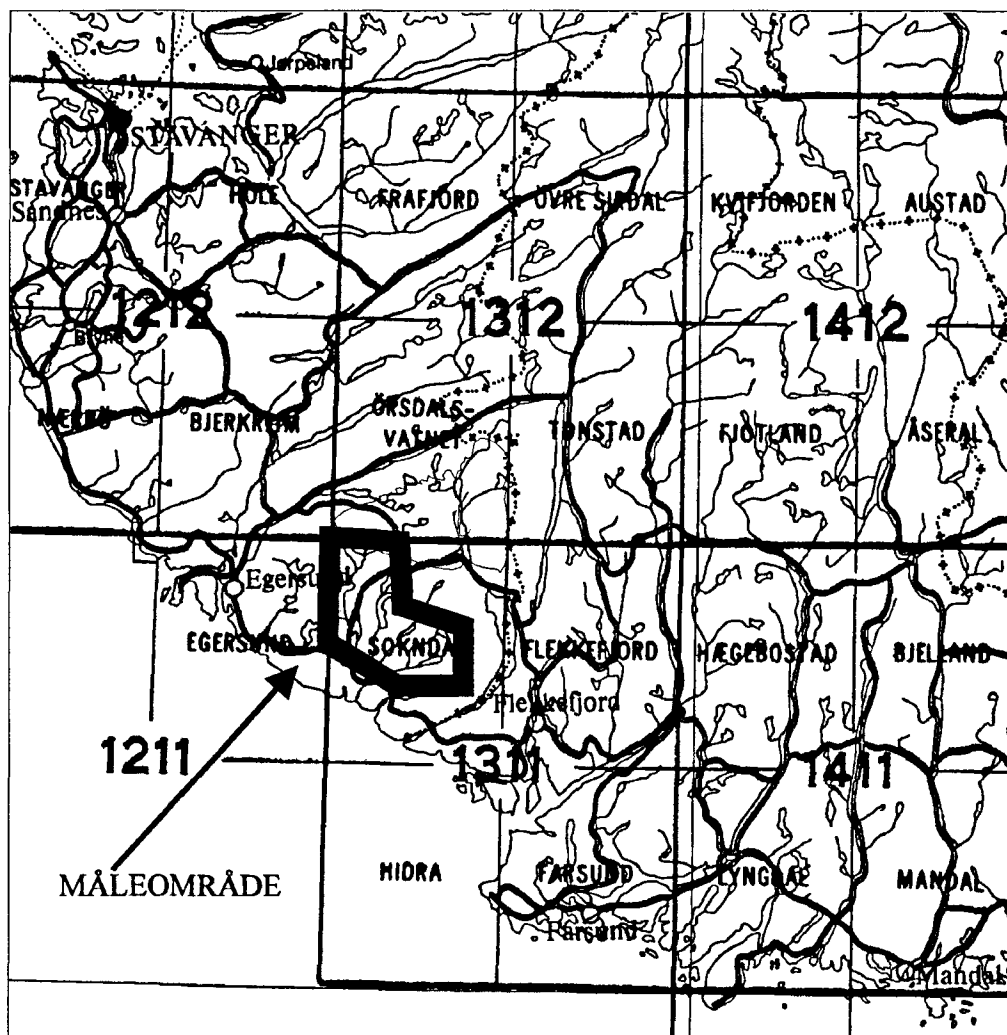
Følgende kart er fremstilt i målestokk 1: 25 000 (EM profilkurvekart i målestokk 1: 10 000) og vedlagt rapport:

|            |                                         |
|------------|-----------------------------------------|
| 95.120-01  | Magnetisk totalfelt                     |
| 95.120-02  | Beregnet magnetisk vertikal gradient    |
| 95.120-03  | VLF-EM, ortho                           |
| 95.120-04  | VLF-EM, linje                           |
| 95.120-05A | EM profilkurverkart, 923 Hz og 32165 Hz |
| 95.120-05B | EM profilkurverkart, 4551 Hz og 4287 Hz |
| 95.120-05C | EM profilkurverkart, 923 Hz og 32165 Hz |
| 95.120-05D | EM profilkurverkart, 4551 Hz og 4287 Hz |
| 95.120-05E | EM profilkurverkart, 923 Hz og 32165 Hz |
| 95.120-05F | EM profilkurverkart, 4551 Hz og 4287 Hz |
| 95.120-06  | Resistivitet, 4551 Hz, koaksial         |
| 95.120-07  | Radiometri, total-stråling              |
| 95.120-08  | Radiometri, kalium-stråling             |
| 95.120-09  | Radiometri, uran-stråling               |
| 95.120-10  | Radiometri, thorium-stråling            |



## 7      **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.



**Figur 1**  
**Måleområde**

**Sokndal**  
**Rogaland**

**Norges Geologiske Undersøkelse**  
**Trondheim**

**Målt. JOM/OB**

**Juni 1995**

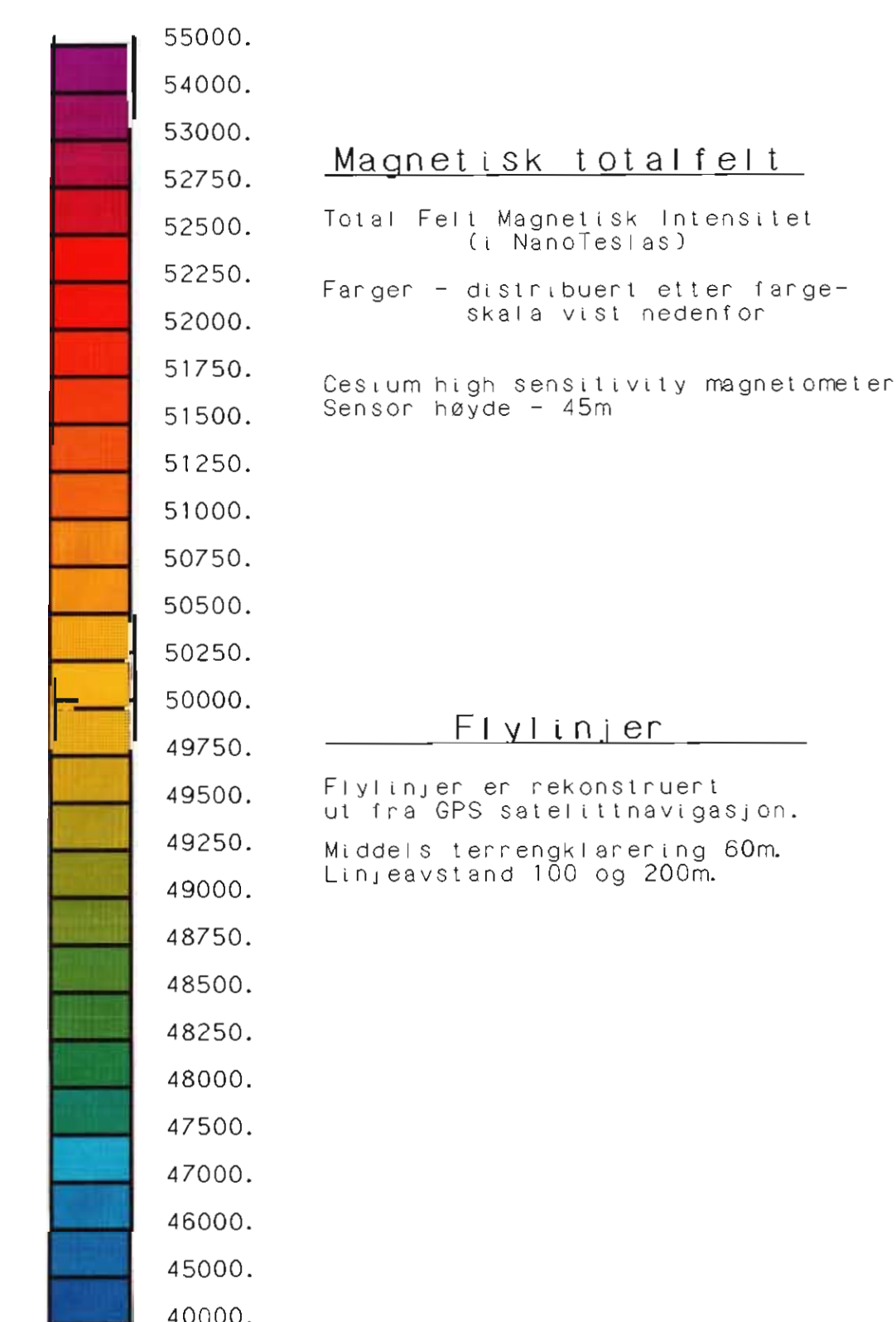
**Tegn. SR**

**25.10.95**

**Kommuner Sokndal**

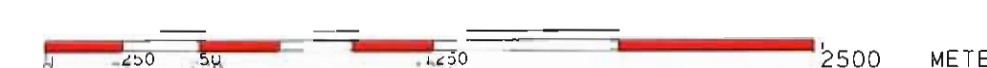
**Kartblad 1311-IV**





**TITANIA**  
**MAGNETISK TOTALFELT**  
**KONTURER OG FARGER**  
**SOKNDAL**  
ROGALAND

MALESTOKK 1 : 25000



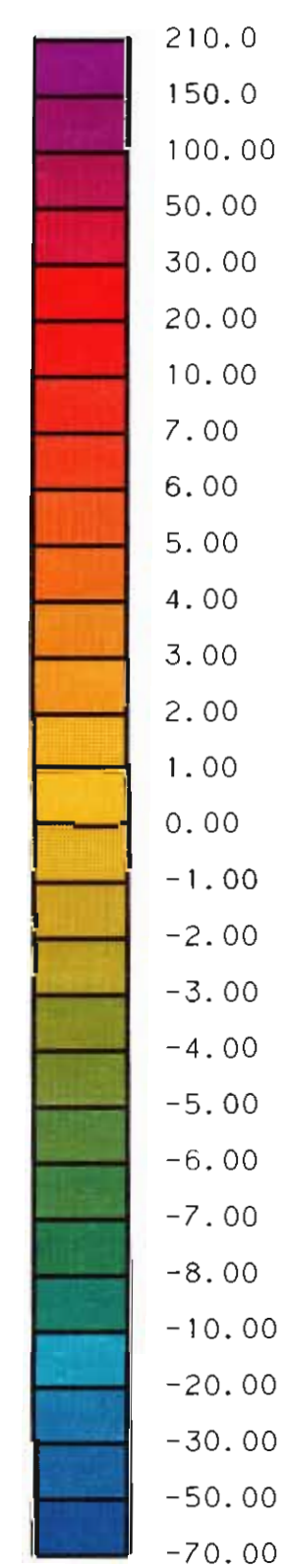
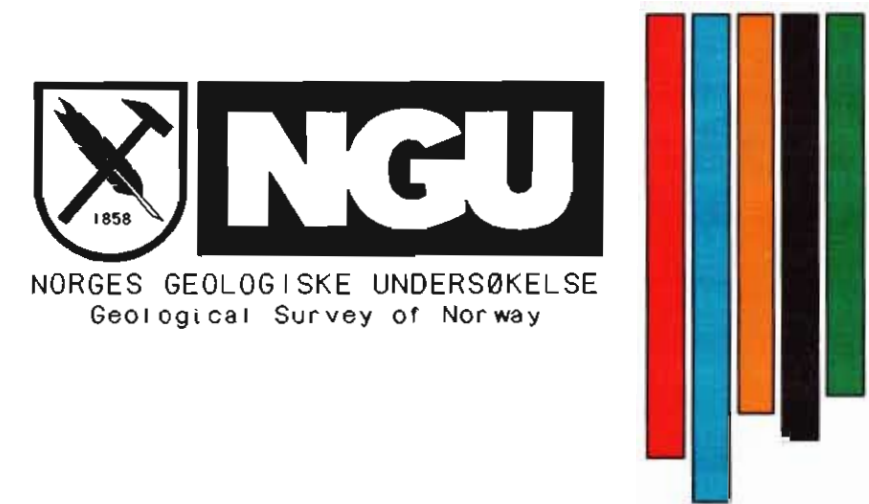
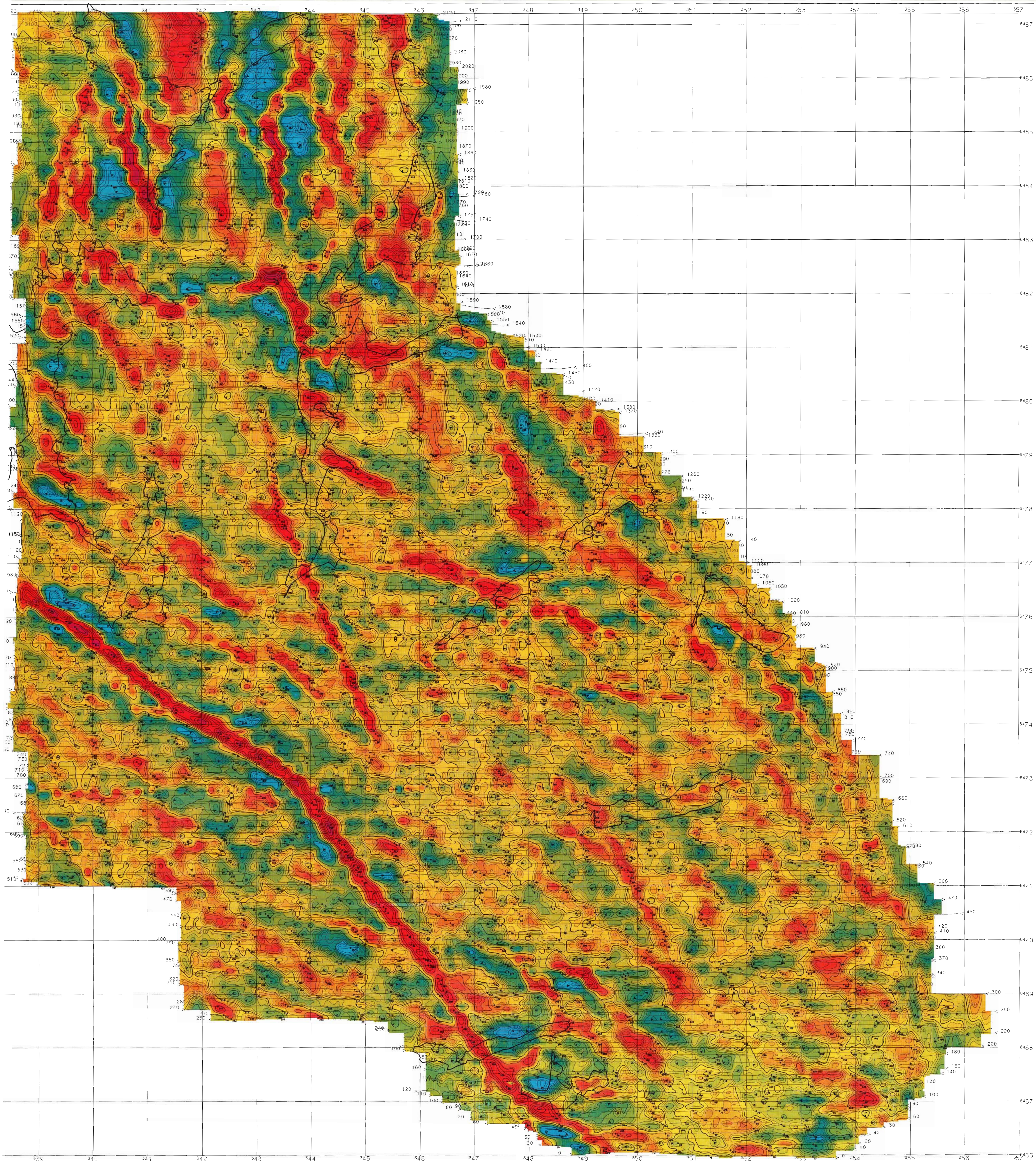
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
Leiv Eirikssons vei 39  
N-7040 TRONDHEIM  
TEL 73 90 40 11

DATO: JUNI 1995

TEGNING NR:  
95.120-01

KARTBLAD NR:  
1311-IV





**VLF-EM (LINE)**

VLF-EM Total Felt (Line), intensitet  
i prosent. (Konturer)  
Stasjon: NAA  
Rugby, England  
16.0 kHz  
Farger - distribueret eller farge-  
skala vist nedenfor  
Sensor høyde - 45m

**Flylinjer**

Flylinjer er rekonstruert  
ut fra GPS satellittnavigasjon.  
Middels terrengklarering 60m.  
Linjevstund 100 og 200m.

**TITANIA**

**VLF-EM TOTAL FELT (LINE)  
KONTURER OG FARGER**

**SOKNDAL**

ROGALAND

MALESTOKK 1 : 25000

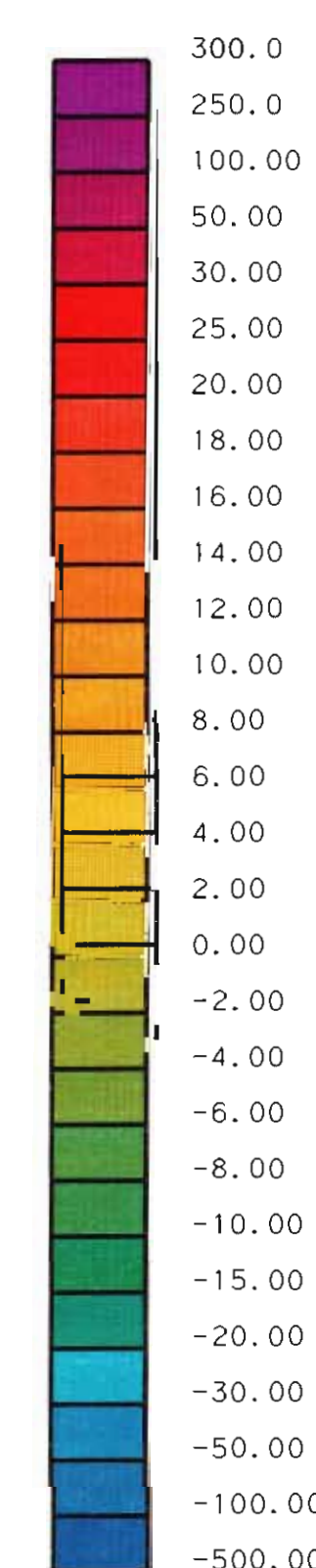


NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
Leiv Eirikssons vei 39  
N-7040 TRONDHEIM  
TEL 73 90 40 11

DATO: JUNI 1995  
TEGNING NR:  
95.120-03

KARTBLAD NR:  
1311-IV





#### Vertikal Gradient

Vertikal Magnetisk Gradient  
(i NanoTesla per meter)  
kalkulert fra det magnetiske  
totalfeltet

Farger - distribuert som vist i  
fargeskalaen.

Cesium high sensitivity magnetometer  
Sensor høyde 45m

#### Flylinjer

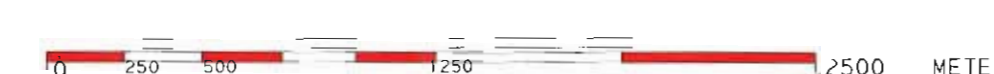
Flylinjer er rekonstruert  
ut fra GPS satellittnavigasjon.  
Middels terrengklaring 60m.  
Linjeavstand 100 og 200m.

### TITANIA

#### VERTIKAL GRADIENT KONTURER OG FARGER

#### SOKNDAL ROGALAND

MÅLSTOKK 1 : 25000



NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE

Leiv Eirikssons vei 39  
N-7040 TRONDHEIM  
TEL 73 90 40 11

DATO: JUNI 1995

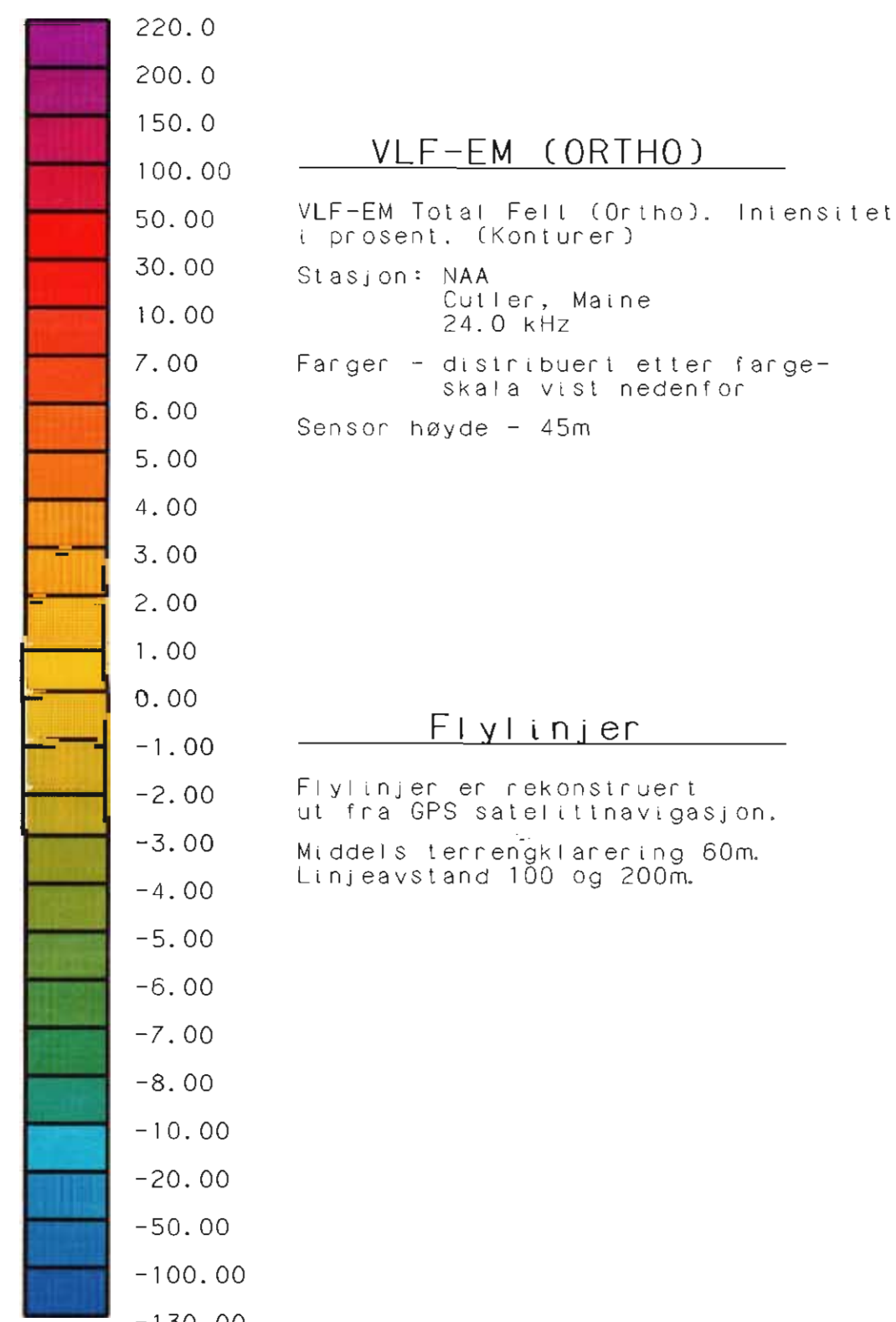
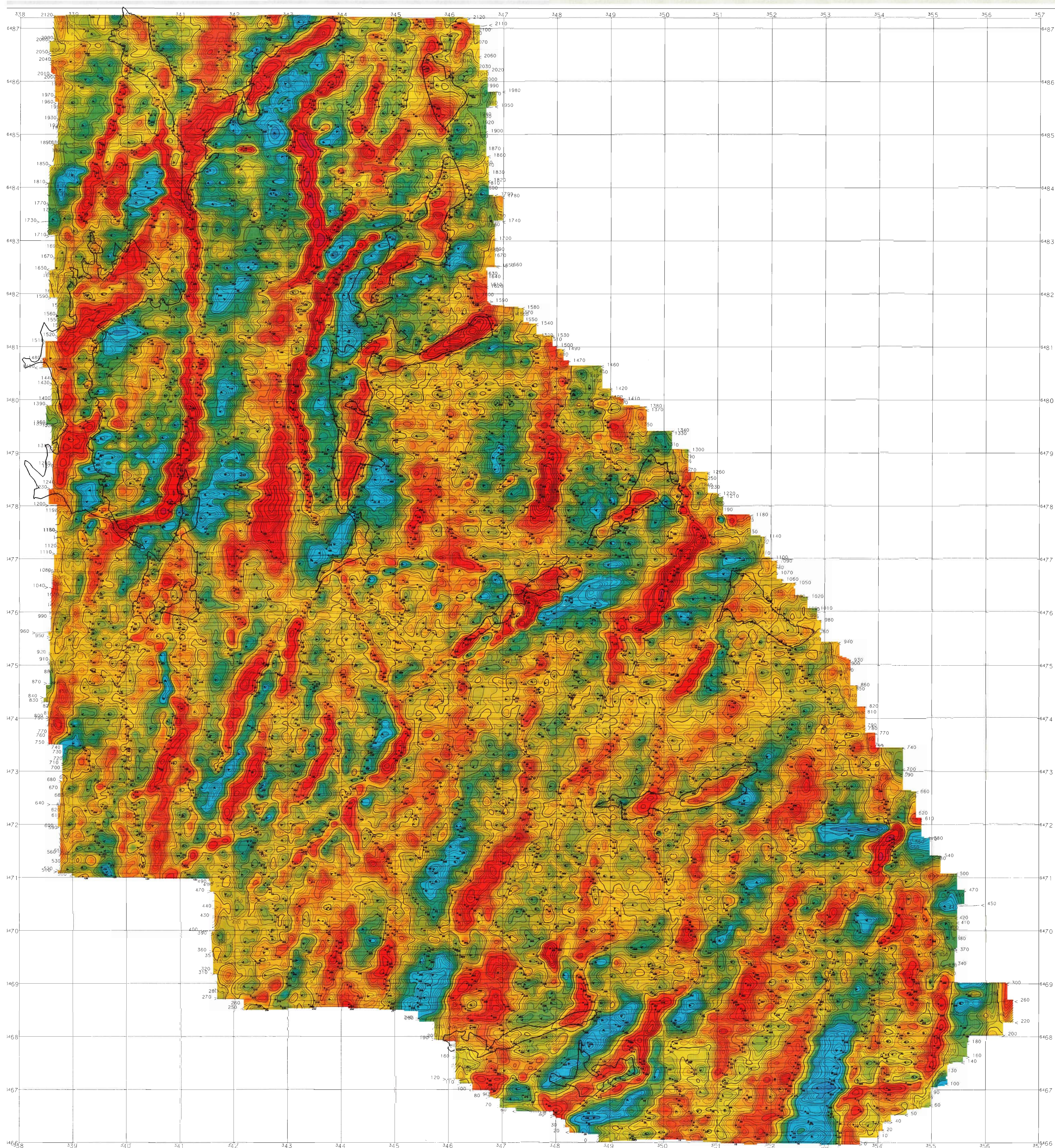
TEGNING NR:

95.120-02

KARTBLAD NR:

1311-IV





TITANIA

VLF-EM TOTAL FELT (CORTH0)  
KONTURER OG FARGER

SOKNDAL

ROGALAND

MALESTOKK 1 : 25000

0 250 500 1.50 2500 METER

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE

Leiv Eirikssons vei 39

N-7040 TRONDHEIM

TEL 73 90 40 11

DATO: JUNI 1995

TEGNING NR:

95.120-04

KARTBLAD NR:

1311-IV





#### FM Profiler

923 Hz. Axial: 4 ppm/m  
Realis-komponent  
Imaginær-komponent  
923 Hz. Copolar: 60 ppm/m  
Realis-komponent  
Imaginær-komponent  
Sensor høyde: 30m  
Spole separasjon: 7m

#### Flylinjer

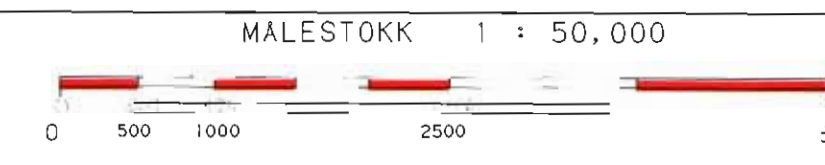
Flylinjer er rekonstruert  
ultra-GPS satellittinnavisjon.  
Middels terrengklaring 60m.  
Linjehastighet 100 og 200m.

### TITANIA

ELEKTROMAGNETISKE MÅLINGER  
PROFILKURVEKART

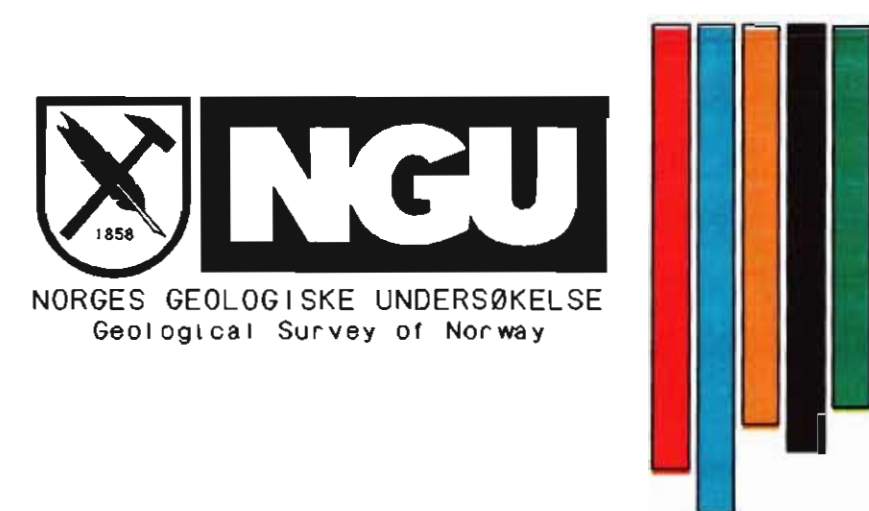
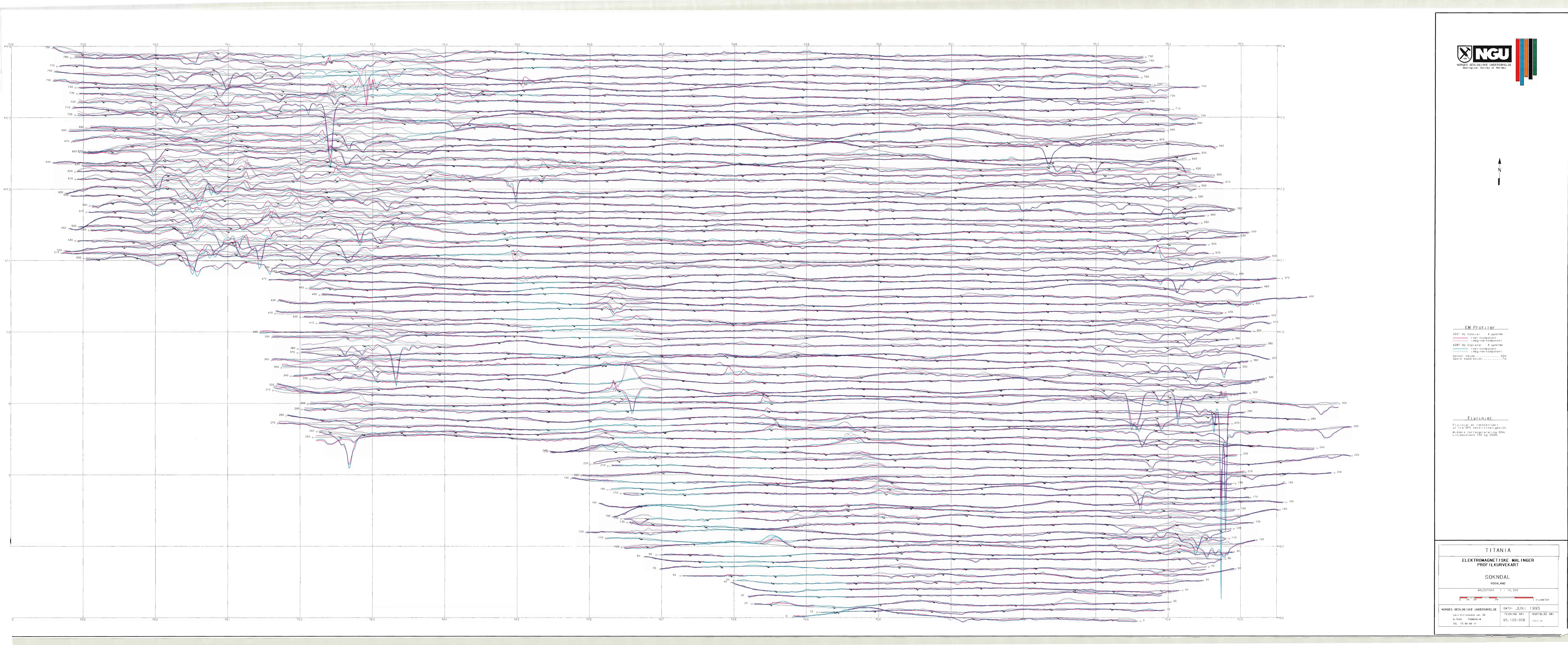
#### SOKNDAL

ROGLAND



|                                                                                                 |                                                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE<br>Leiv Eiriksson vei 39<br>N-7040 TRONDHEIM<br>TEL: 73 30 40 11 | DATO: JUNI 1995<br>TEGNING NR: 95.120-05A<br>KARTBLAD NR: 1311-1V |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|





#### EM Profiler

4551 Hz Coaxial 4 ppm/mm  
real component  
imaginary component  
4287 Hz Coplanar 8 ppm/mm  
real component  
imaginary component  
Sensor height: ..... 30m  
Spot to Spot: ..... 7m

#### Flylinjer

Flylinjer er rekonstruert  
ut fra GPS satellittnavigasjon.  
Midtveis terrengsluttning: 40m  
Linjeavstand: 100 og 200m.

#### TITANIA

ELEKTROMAGNETISKE MÅLINGER  
PROFILKURVEKART

#### SØKNDAL

ROGLAND

MALESTOKK 1 : 10,000



NORSKES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
Leiv Eiriksson vei 39  
N-7020 TROMSØ  
TEL 73 90 40 11

DATO: JUNI 1995  
TEKNIK NR:  
95.120-05B

KARTBLAD NR:  
1211-1X

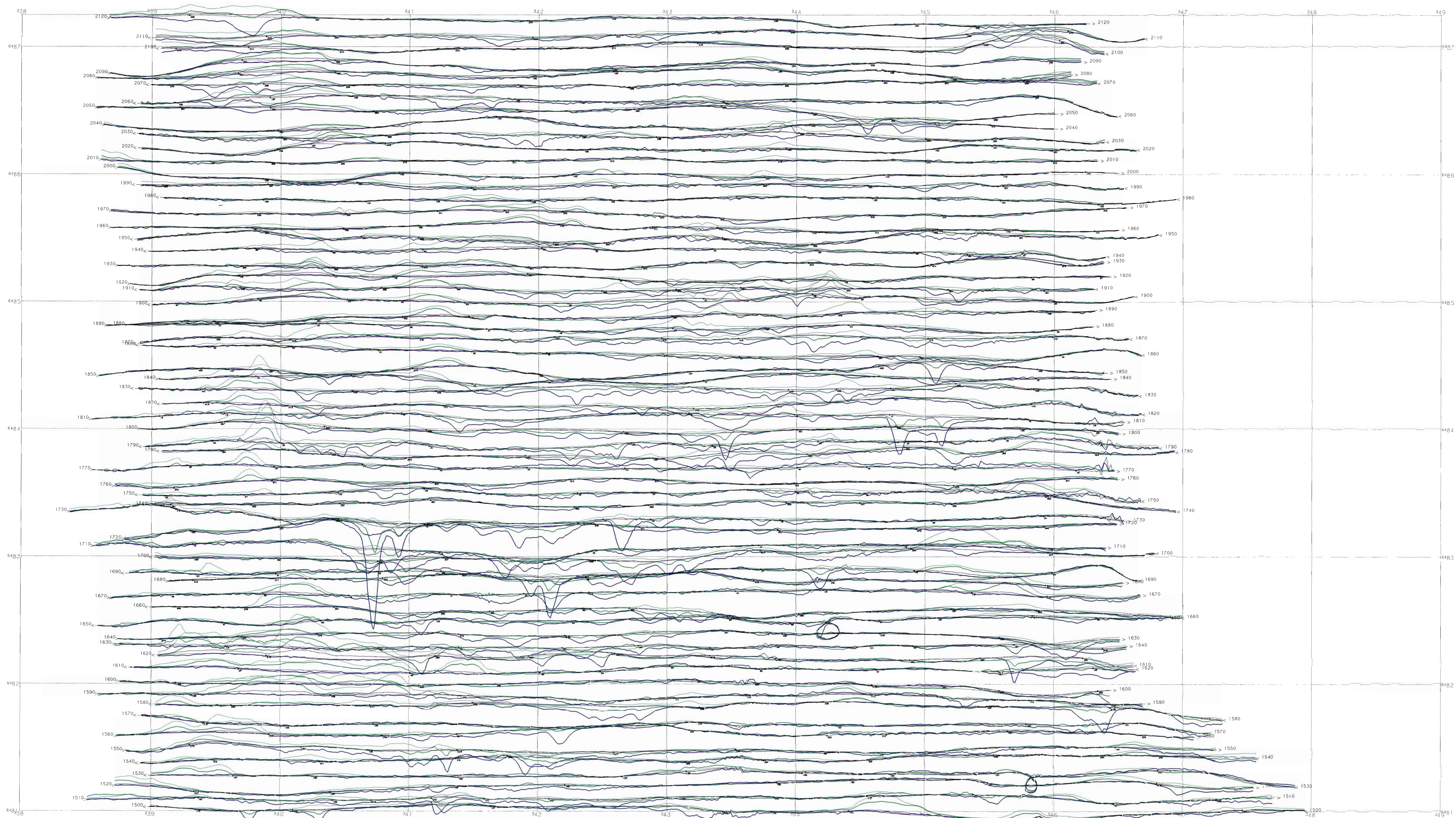




EM Profiler  
4551 Hz Coaxial 4 ppm/mm  
real komponent  
imagær komponent  
4287 Hz Dipolar 8 ppm/mm  
real komponent  
imagær komponent  
Sensor høyde.....30m  
Spole separasjon.....7m

Flylinjer  
Flylinjer er rekonstruert  
ut fra GPS satellittregistrasjon.  
Midtveis i terrengflatering 50m.  
Linjearbredning 100 og 200m.





EM Profiler

923 Hz Coaxial 4 ppm/mm  
— realikomponent  
— imaginærkomponent  
34165 Hz Coplanar 60 ppm/mm  
— realikomponent  
— imaginærkomponent  
Sensor høyde ..... 30m  
Spole separasjon ..... 7m

Flylinjer

Flylinjer er rekonstruert  
ut fra GPS satellittnavgasjon.  
Middels terrengklaring 60m.  
Linjeavstand 100 og 200m.

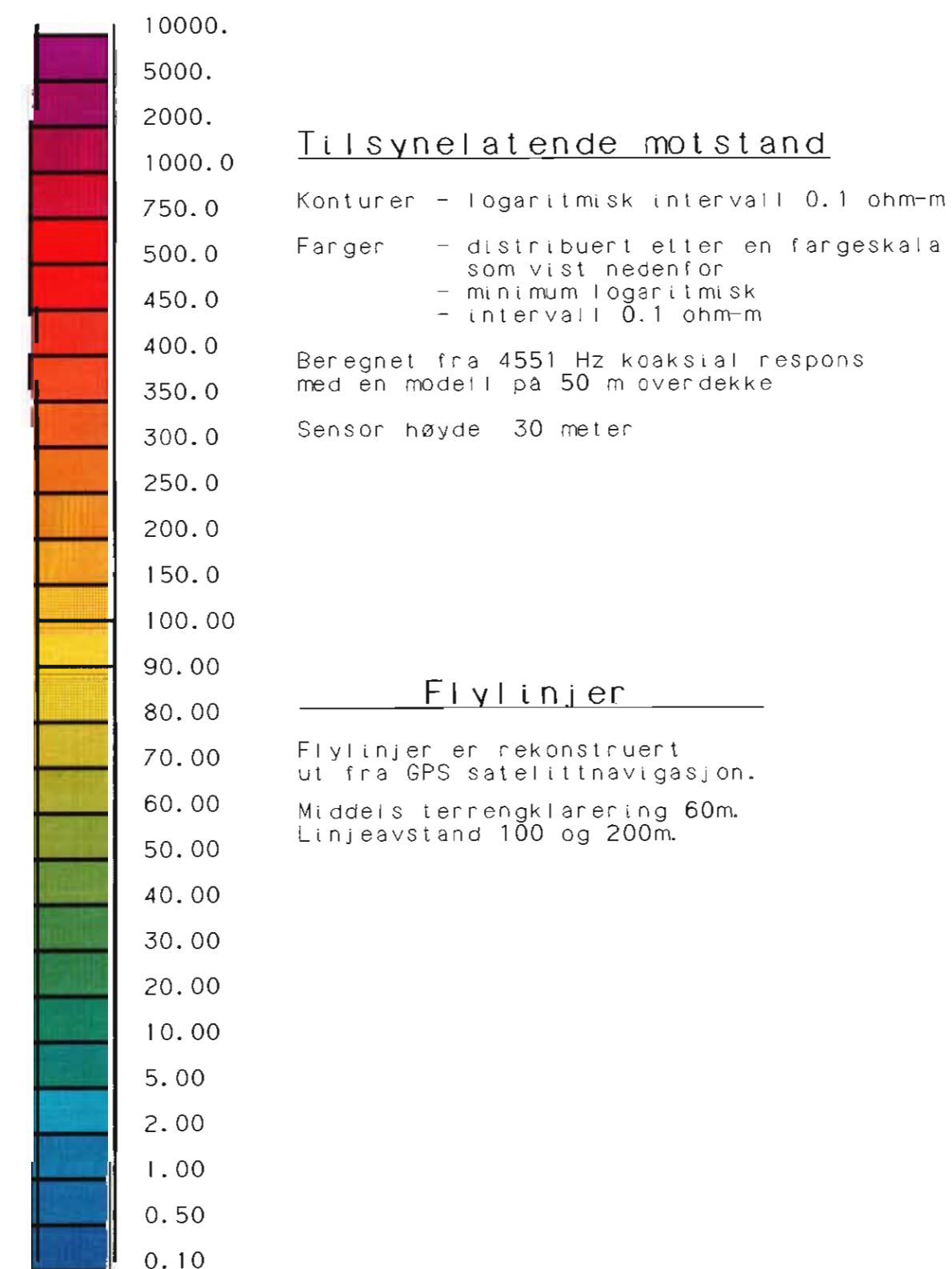
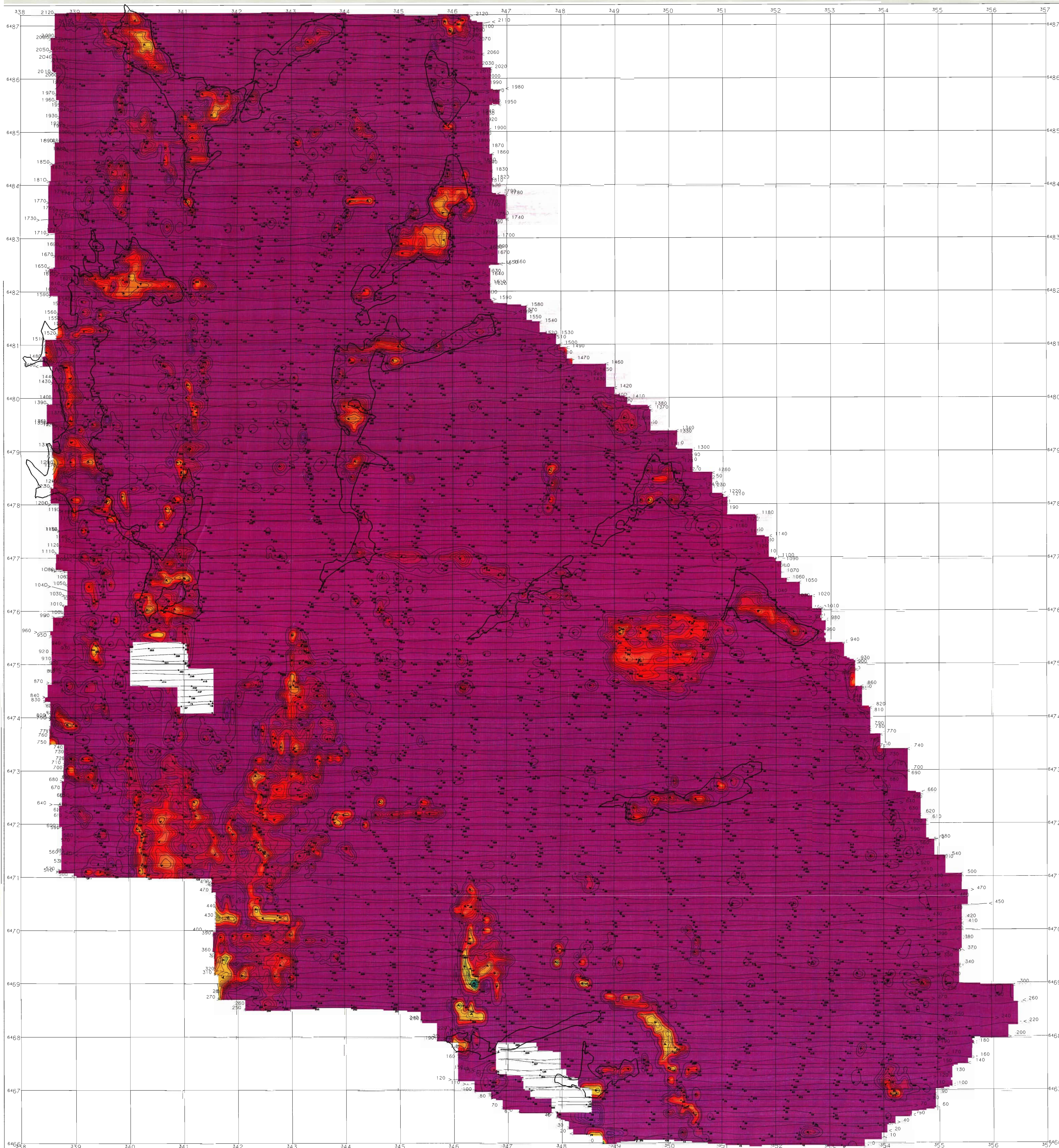




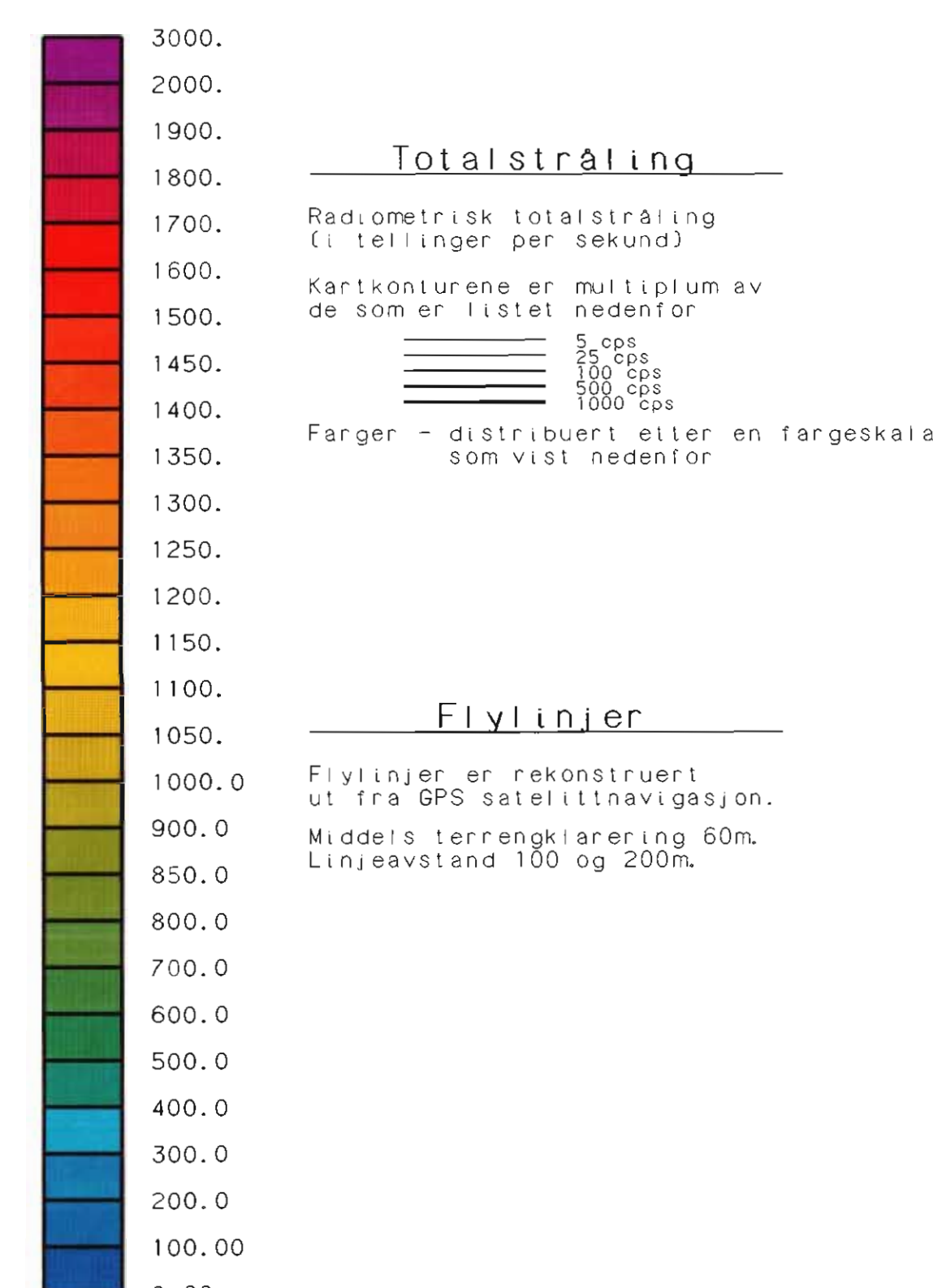
**EM Profiler**  
4551 Hz Coaxial 4 ppm/mm  
realikomponent  
imagærkomponent  
4287 Hz Coplanar 8 ppm/mm  
realikomponent  
imagærkomponent  
Sensor høyde.....30m  
Spole separasjon.....7m

**Flylinjer**  
Flylinjer er rekonstruert  
ut fra GPS satellittnavigasjon.  
Middels terrengkartering 60m.  
Linjeavstand 100 og 200m.









TITANIA

RADIONETRISK TOTALSTRÅLING  
KONTURER OG FARGER

SOKNDAL  
ROGALAND

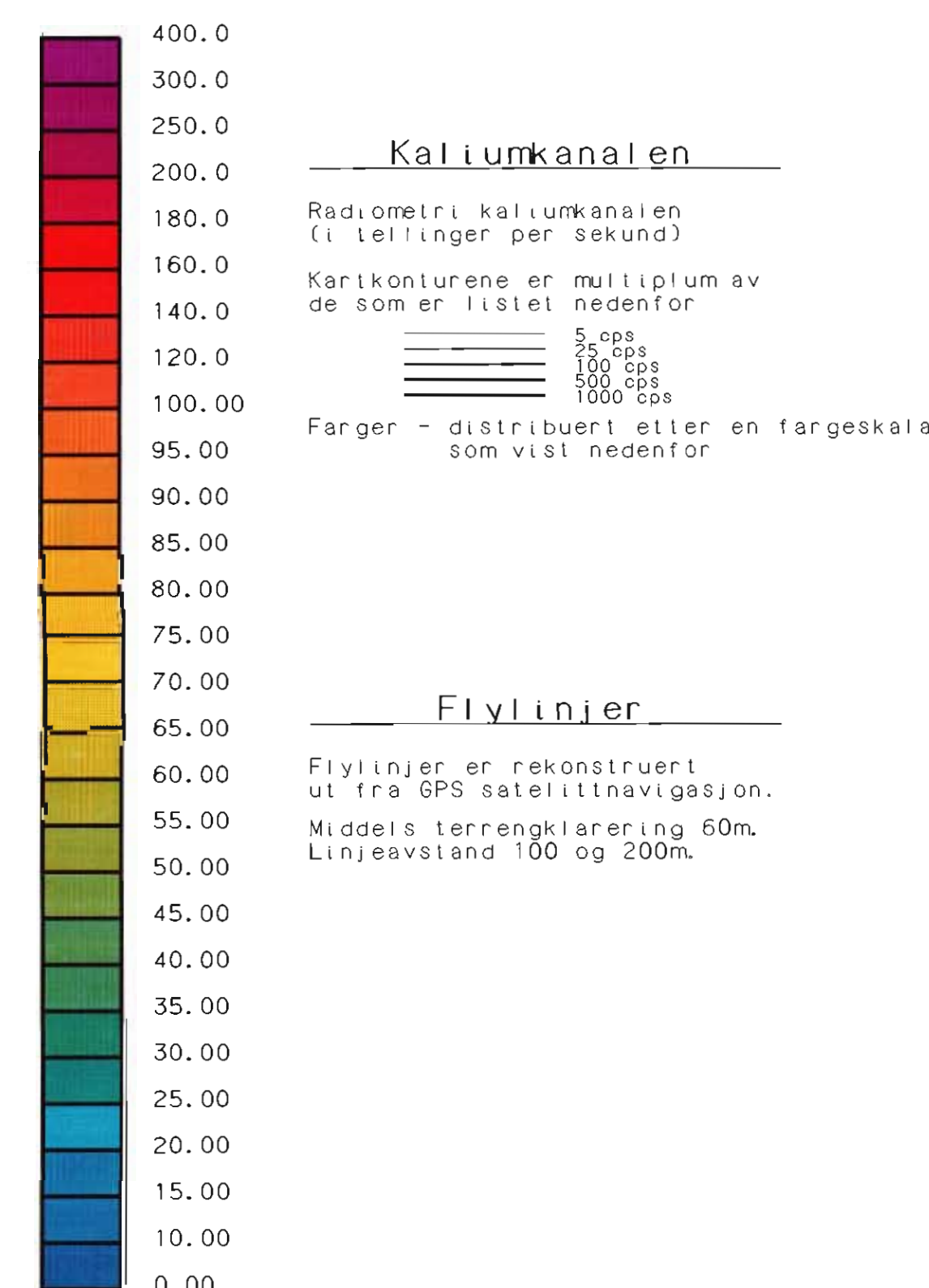
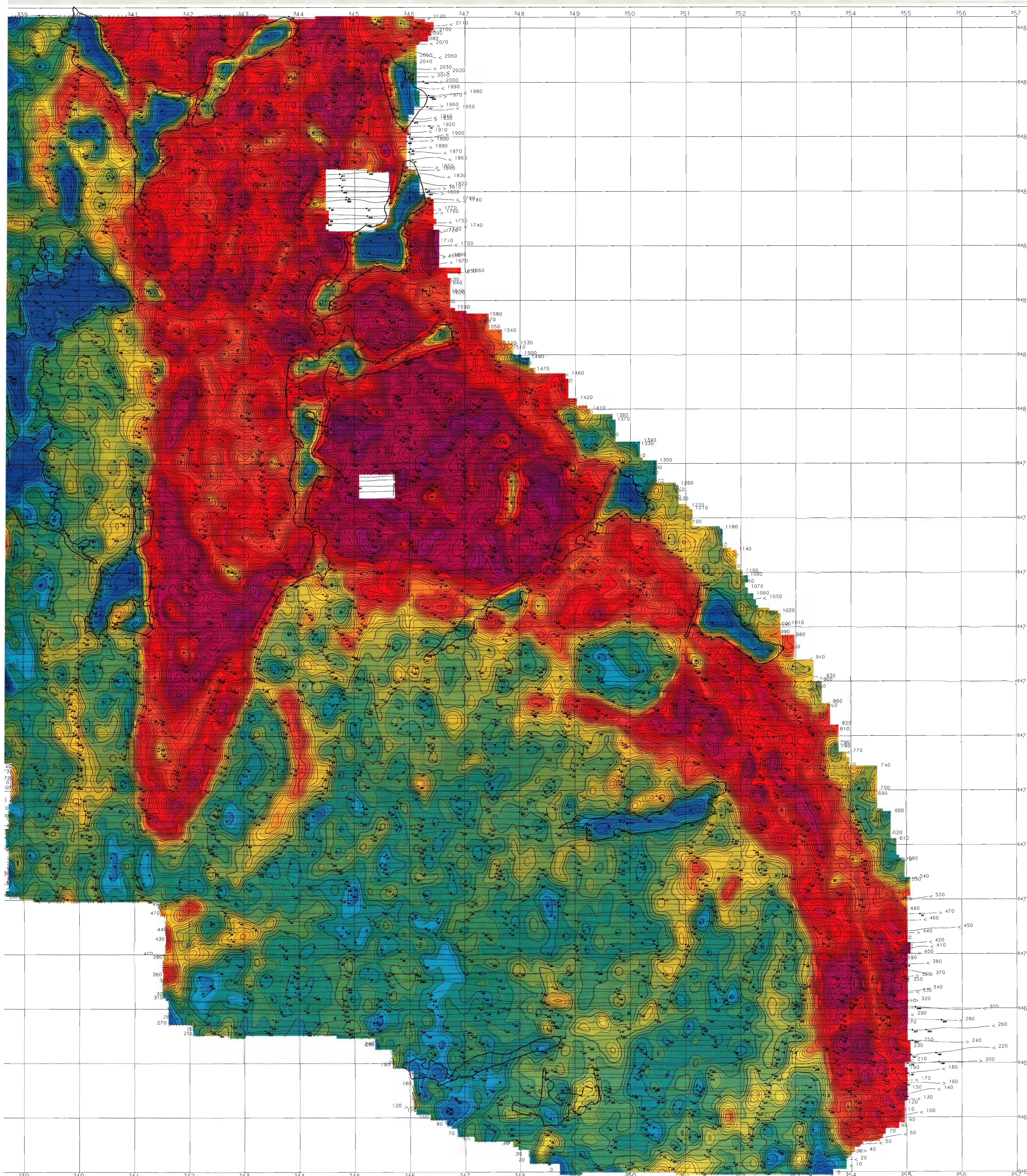
MALESTOKK 1 : 25000

0 250 500 1000 1500 2000 2500 METER

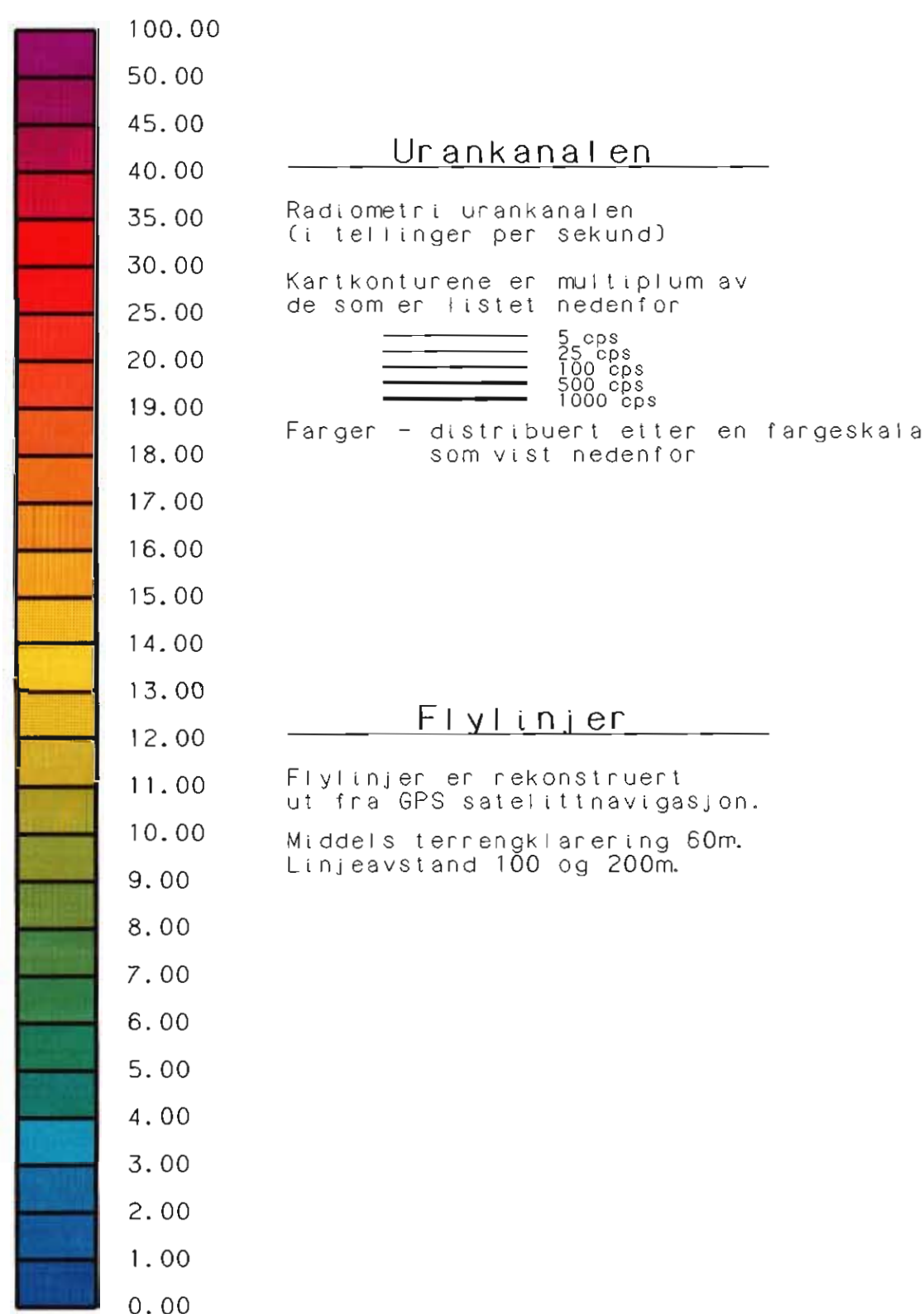
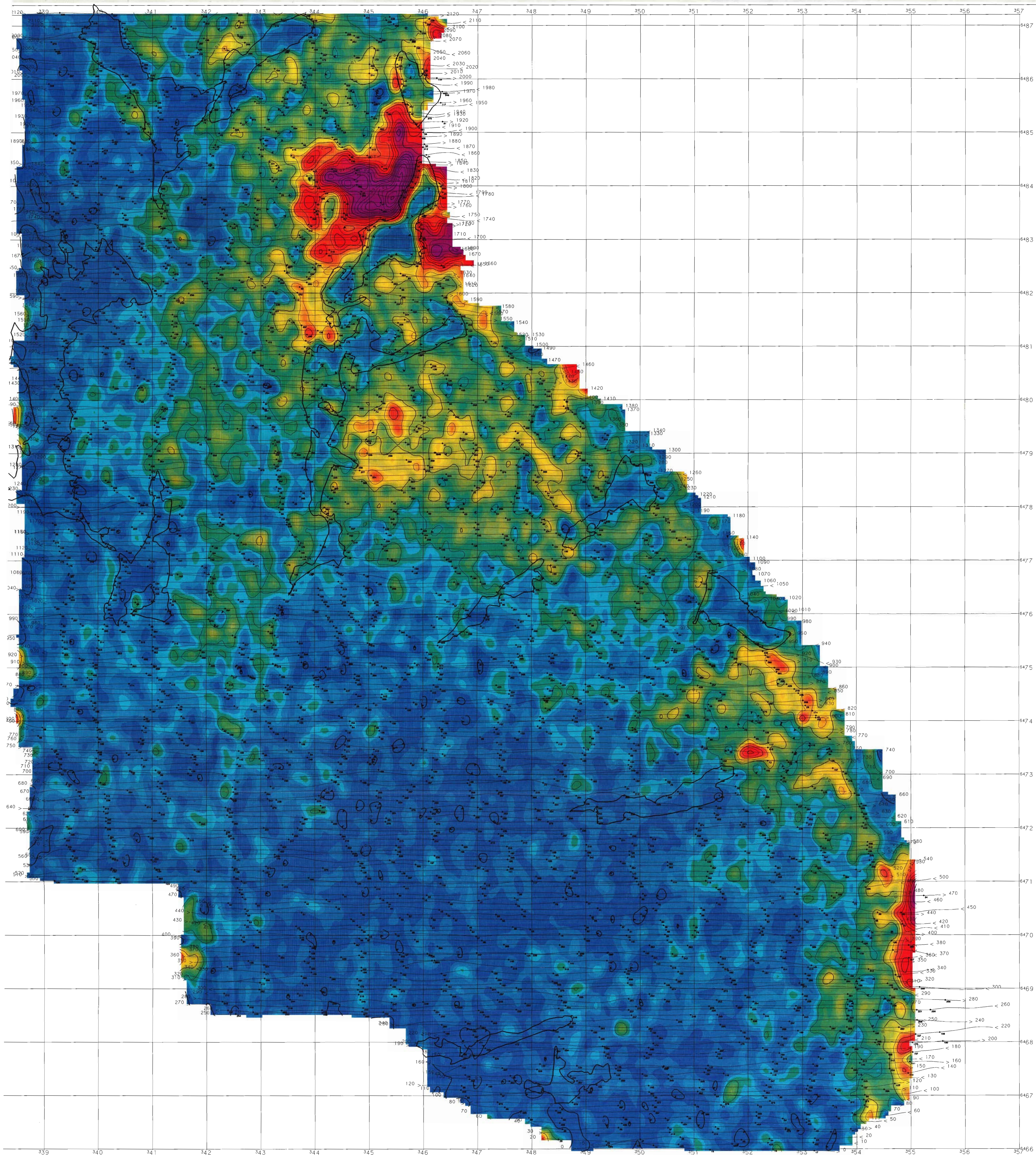
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
Leiv Eirikssons vei 39  
N-7040 TRONDHEIM  
TEL 73 90 40 11

DATO: JUNI 1995  
TEGNING NR: 95.120-07  
KARTBLAD NR: 1311-IV



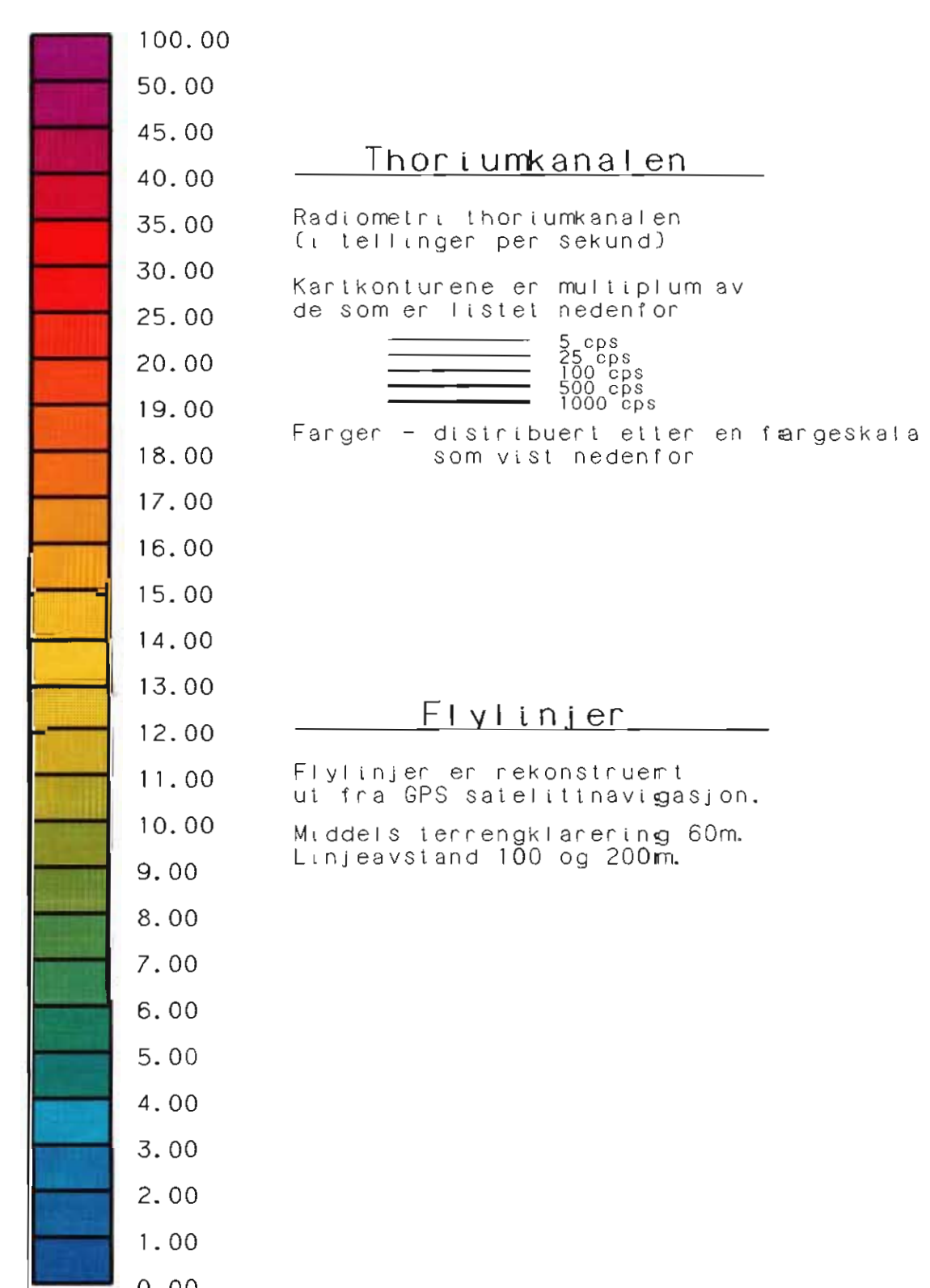
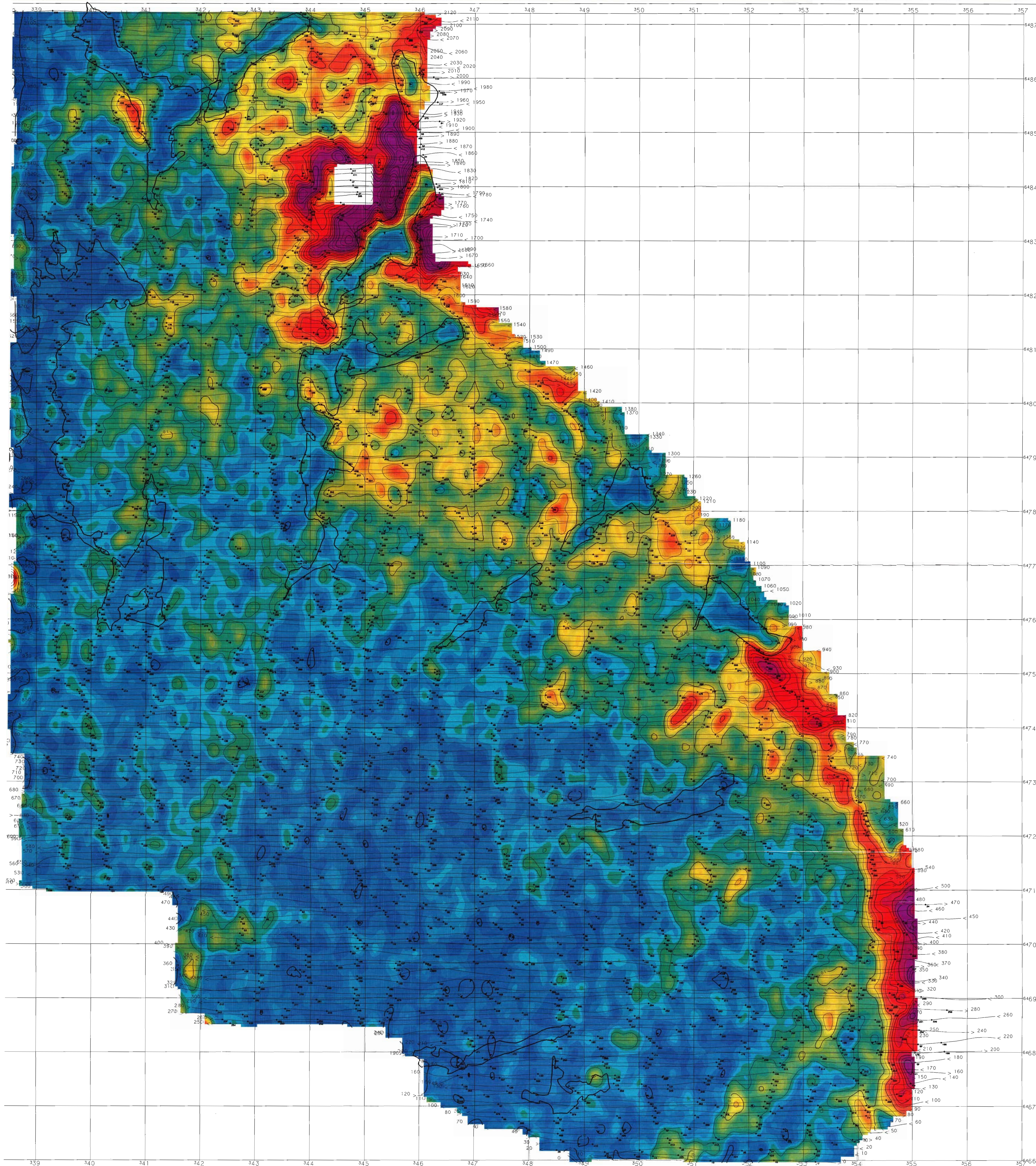






|                                                                                                 |                                          |                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|----------------------|
| TITANIA                                                                                         |                                          |                      |
| RADIOMETRI URAN KANALEN<br>KONTURER OG FARGER                                                   |                                          |                      |
| SOKNDAL<br>ROGALAND                                                                             |                                          |                      |
| MALESTOKK 1 : 25000                                                                             |                                          |                      |
|                                                                                                 |                                          |                      |
| NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE<br>Leiv Eirikssons vei 39<br>N-7040 TRONDHEIM<br>TEL 73 90 40 11 | DATO: JUNI 1995<br>TEGNING NR: 95.120-09 | KARTBLAD NR: 1311-IV |





**TITANIA**

**RADIOMETRI THORIUM KANALEN**  
**KONTURER OG FARGER**

**SOKNDAL**  
ROGALAND

MALESTOKK 1 : 25000



0 250 500 1250 2500 METER

|                                |  |                 |              |
|--------------------------------|--|-----------------|--------------|
| NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE |  | DATO: JUNI 1995 |              |
| Leiv Eirikssons vei 39         |  | TEGNING NR:     | KARTBLAD NR: |
| N-7040 TRONDHEIM               |  | 95.120-10       | 1311-IV      |
| TEL 73 90 40 11                |  |                 |              |