

NGU Rapport 2000.031

Geofysiske målinger fra helikopter ved Skien,
Telemark 1999, teknisk rapport

Rapport nr.: 2000.031		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen	
Tittel: Geofysiske målinger fra helikopter ved Skien, Telemark 1999, teknisk rapport				
Forfatter: John O. Mogaard, Les Beard		Oppdragsgiver: NGU, fylkesgeologen i Buskerud, Vestfold og Telemark		
Fylke: Telemark, Buskerud		Kommune: Skien, Kongsberg, Sauherad		
Kartblad (M=1:250.000) Skien		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1713 I Siljan, 1713 III Kilebygd, 1713 IV Nordagutu, 1714 II Kongsberg, 1714 III Notodden		
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 12	Pris: Kr. 112,-	
Feltarbeid utført: 26.09-30.09.99		Rapportdato: 07.04.2000	Prosjektnr.: 2755.01	Ansvarlig: <i>Jens E. Kvern</i>
Sammendrag:				
<p>NGU utførte helikoptermålinger i 1999 over et område nord for Skien, Telemark. Oppdragsgiver var NGU og fylkesgeologen i Buskerud, Vestfold og Telemark. Målingene var et ledd i NGU's arbeider med å lage et kartverk over natursteinsforekomster (da særlig larvikitt) til bruk i framtidig planlegging og forvaltning av blokksteinsdrift. En var også interessert i gammastråling i området.</p> <p>Det ble målt totalt ca 1925 profilkilometer i nord-sør retning med profilavstand 200 meter. Måleområdet har en utstrekning på totalt 385 km². Flyhøyden var nominelt 60 meter over bakken, og det ble foretatt magnetiske, elektromagnetiske (EM), very low frequency EM (VLF) og radiometriske målinger. Data er prosessert og det er laget fargekart i målestokk 1:50 000 (ikke VLF). Nedskalerte versjoner av noen av disse kartene i målestokk 1:125 000 er vedlagt rapporten.</p>				
Emneord: Geofysikk		Helikoptermålinger		Magnetometri
Elektromagnetiske målinger		VLF-målinger		Naturstein
Larvikitt		Fagrapport		

INNHOOLD

side

1. INNLEDNING	4
2. UNDERSØKELSESBETINGELSER.....	4
3. MÅLEMETODER OG UTFØRELSE.....	5
3.1 Oppdragets spesifikasjoner og måleforhold	5
3.2 Magnetiske målinger.....	6
3.3 Elektromagnetiske målinger	6
3.4 VLF elektromagnetiske målinger	7
3.5 Radiometriske målinger	7
3.6 Navigasjons- og dataloggersystem	8
4. PROSESSERING.....	9
5. PRODUKT.....	10
6. REFERANSER.....	11
APPENDIKS 1.....	12

FIGURER :

Fig. 1	Oversikt måleområde	M 1: 125 000
Fig. 2	Magnetisk totalfelt	M 1: 125 000
Fig. 3	Radiometri, totalstråling	M 1: 125 000
Fig. 4	EM-ledningsevne (880 Hz HCP)	M 1: 125 000

1 INNLEDNING

Norges geologiske undersøkelse (NGU) utførte i perioden 26 – 30 september 1999 geofysiske helikoptermålinger nord for Skien, over deler av kartbladene 1713 I Siljan, 1713 III Kilebygd, 1713 IV Nordagutu, 1714 II Kongsberg, 1714 III Notodden, Telemark og Buskerud. Målingene inngår som en del av et prosjekt hvor hovedmålet var fremstilling av et geologisk kartverk over natursteinsforekomster (særlig larvikitt) egnet for planlegging og forvaltning av fremtidig blokksteinsdrift. En var også interessert i å kartlegge gammastråling i området. Det er utført magnetiske, elektromagnetiske (EM), very low frequency EM (VLF) og radiometriske målinger. Måleområdet fremgår av fig. 1. Det er tilsammen målt ca. 1925 profilkilometer i området.

Denne rapporten beskriver innsamling, prosessering og presentasjon av data. Tolkning av de geofysiske data blir inkludert i NGUs bergrunnskart over området.

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 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 (^{222}Rn). Faktorer som lufttrykk, vind, temperatur, regn og overdekke vil kunne lede til varierende konsentrasjon, og dette påvirker resultatene i de andre kanalene, spesielt uran-kanalen. Generelt er radonkonsentrasjonen større under rolige værforhold. Regn og våt mark vil dempe 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 nylig har regnet kraftig. I tordenvær og ved snøskurer må målingene avbrytes på grunn av sikkerheten og faren for å ødelegge utsyr.

For de magnetiske målingene vil tidsrelaterte variasjoner i det naturlige magnetfeltets styrke ha stor innvirkning på datakvaliteten. Det benyttes derfor et stasjonsmagnetometer på bakken 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.

Terrenget har også en viss innvirkning på datakvaliteten. I områder med store høydevariasjoner er det vanskelig å holde eksakt flyhøyde og hastighet på helikopteret. Dette fører til varierende flyhøyde avhengig om en stiger opp en skråning eller om en slipper seg utfor. Økt flyhøyden vil redusere utslagebne ved alle geofysiske måledata. 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 kupert.

I urbaniserte områder med mye og kraftkrevende industri vil EM og VLF-målinger kunne påvirkes av elektromagnetiske felter som settes opp av både kraftlinjer og prosesser i industrien. Disse feltene kan ha stor utstrekning og påvirke målingene i hele området. Også store kommunikasjons- og radar-installasjoner nær måleområdet vil influere disse målingene på samme måte.

Ved VLF-målingene kan det oppstå problemer ved at sendere faller ut. En må da velge en ny sender, og siden det er et begrenset antall sendere tilgjengelig (6 -7 stk.), behøver den nye ikke nødvendigvis være i en gunstig retning. Dette gir en dårligere datakvalitet, men siden VLF er en sekundær målemetode, avbrytes vanligvis ikke målingene.

3 MÅLEMETODER OG UTFØRELSE.

Ved målingene ved Skien ble det benyttet full utstyrspakke (magnetometri, EM, VLF og radiometri). Instrumentene og datasystemet er plassert inne i helikopterkabinen. Målesondene henger under helikopteret i kabler, unntatt krystallet for de radiometriske målingene som er montert i en ramme som er festet under helikopteret.

3.1 Oppdragets spesifikasjoner og måleforhold.

Måleområdet har en utstrekning på totalt ca. 385 km² og omfatter deler av kartbladene 1713 I Siljan, 1713 III Kilebygd, 1713 IV Nordagutu, 1714 II Kongsberg og 1714 III Notodden (se fig.1). Totalt ble det fløyet ca. 1925 km i retning 0/180 grader. Linjeavstand var 200 meter mens den nominelle flyhøyden var 60 meter. Måleinstrumentene ble montert i et helikopter av typen Aerospatiale Ecureuil SA 350 B1. Flyhastighet var ca 100 km/t (ca 30 m/s).

Målingene ble utført i tidsrommet 26 - 30 september 1999 og besto av åtte måleturer. Base for oppdraget var Geiteryggen ved Skien.

Værforholdene under målingene ved Skien var varierende. Det gikk regnbyger i området (særlig på de første turene). Tåke skapte en god del problemer slik at noen linjer måtte brytes av i nord. Resten av disse linjene ble fløyet ferdig på en senere tur. Siden de radiometriske målingene ikke var den primære målemetoden, ble målingene likevel utført. De magnetiske forholdene (tidsrelaterede variasjoner) under målingene kan betegnes som gode.

Målefeltet legger nære industrialiserte områder. Det gikk flere høyspentlinjer gjennom området. Mye kraftkrevende industri er sentrert rundt Skien. Nord-øst av området har forsvaret flere installasjoner. Dette skapte store problemer for EM- og VLF-målingene.

Fra NGU deltok: Overing. John O. Mogaard
 Ing. Oddvar Blokkum

Fra Airlift ASA deltok: Pilot Ole Ronny Reierstad

3.2 Magnetiske målinger

Det magnetiske totalfeltet ble målt med et Scintrex Cs2- cesium sensor. Den magnetiske sensoren er lokalisert midt inne i den elektromagnetiske målesonden og henger 30 meter over bakken. Magnetometeret har meget høy følsomhet (0.01 nT) og det ble avlest 10 ganger pr. sekund (målepunktavstand ca 3 meter).

Daglige variasjoner i magnetfeltet ble registrert med et Scintrex MP-3 protonmagnetometer. Dette var plassert på basen ved Skien. Basestasjonen registrerte magnetfeltet digitalt hvert fjerde sekund, og måleverdiene ble skrevet ut på termisk skriver (TOA EPR 121A) for hurtig kvalitetskontroll. Fly- og basemagnetometer ble synkronisert før flygning for å sikre korrekt fjerning av tidsavhengige magnetfeltsvariasjoner fra de magnetiske profildata.

3.3 Elektromagnetiske målinger

EM-målingene ble utført med et 5-frekvens system av Hummingbird levert av Geotech Ltd, Canada. Systemet består av to spole-par med vertikal koaksial orientering (VCX) og tre spole-par med horisontal koplunar orientering (HCP). Frekvensene for dette systemet er:

- 1: 7001 Hz (VCX)
- 2: 6606 Hz (HCP)
- 3: 980 Hz (VCX)
- 4: 880 Hz (HCP)
- 5: 34133 Hz (HCP)

Avstanden mellom sender og mottakerspoler er seks meter for alle frekvenser. Primærfeltet fra senderspolene induserer strømmer i eventuelle elektriske ledere i bakken. De induserte strømmene setter opp et sekundærfelt som registreres av mottakerspolene. Systemet registrerer reell- og imaginær-komponent for hver frekvens og følsomheten er ca. 1 ppm av primærfeltet. Reell-komponenten er i fase med primærfeltet mens imaginær-komponenten er 90 grader faseforskjøvet.

Fordelen med et multifrekvens system er at en under gode målebetingelser oppnår respons fra geologiske objekter med resistivitet fra noen tidels ohm-meter til flere hundre ohm-meter.

Hummingbird-systemet samples 40 ganger pr. sek. Data blir midlet og registreres 10 ganger pr. sek. i loggesystemet. Dette gir et målepunkt hver tredje meter ved en flyhastighet på 30 m/s. Høy oppløsning gjør det enkelt å fjerne ”spikes” i datasettene (dvs. støy forårsaket av elektriske felt eller utladninger i atmosfæren). Dybderekkevidden for systemet er ca. 100 meter under bakkenivå avhengig av målebetingelsene. Målesensoren henger 30 meter under helikopteret.

3.4 VLF elektromagnetiske målinger

VLF-målinger ble utført med et målesystem av typen TOTEM-2A levert av Herz Industries, Canada. Som energikilde benyttes militære VLF (very low frequency) 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 en av senderne være i flyretningen (line), mens den andre bør være vinkelrett på flyretningen (ortho). Disse to datasettene fremhever elektrisk ledende strukturer med hovedkomponent henholdsvis langs og tvers av profilretningen.

Sonden i målesystemet som inneholder tre ortogonale spoler, slepes 10 m under helikopteret (50 meter over bakken). VLF-målingene er følsomme for forstyrrelser fra kraftlinjer og radiosendere. Dersom målebetingelsene er gode, vil VLF-målingene kunne gi respons fra objekter med svak elektrisk ledningsevne. Dybderekkevidden ved VLF målinger er 100-200 m, og dette skyldes høy utgangseffekt og stor avstand til senderne. Dagnære strukturer vil selvsagt dominere og dypere ledende soner kan bli skjermet. Både for line og ortho kanalene måles to parametre (totalfelt og vertikal kvadratur), men i praksis er det bare totalfeltet som benyttes ved kartfremstillingen.

For måling av totalfeltet 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.

Under målingene ved Skien ble NAA (Cutler Maine USA, 24.0 kHz) benyttet som orthogonal kanal, og GBR (Rugby England 16.0 kHz) som linje kanal. Det ble fortatt 5 registreringer pr. sekund (målepunktavstand ca 6 meter).

3.5 Radiometriske målinger

Til måling av gammastråling fra bakken ble det benyttet et system levert av Exploranium, Canada bestående av:

1. Multikanal gammaspektrometer (GR820)
2. GPX-1024-256 Krystalldetektor

Detektoren er sammensatt av 4 NaI (natriumjodid) krystaller med totalt volum 1024 kubikktommer (16.8 l). I tillegg har detektoren et krystall som registrerer bakgrunnsstråling (måler oppover). Bakgrunnsstråling skyldes først og fremst kosmisk stråling og stråling fra instrumenter og materialer i helikopteret. Detektoren plasseres på en plattform som festes på undersiden av helikopteret, slik at målekrystallene har uhindret sikt ned mot bakken.

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. 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. Nøyaktig bakkekonsentrasjon forutsetter kjennskap til lufttrykk, temperatur og luftfuktighet. Akkumulasjonstiden for de radiometriske målingene var 1 sekund. Men flyhøyde 60 meter og flyhastighet 30 m/s vil hver registrering representere et gjennomsnitt av strålingen fra et område på ca 120 x 150 meter.

For å registrere bakgrunnsstråling eksakt, ble det fløyet bakgrunnslinjer over sjø med en varighet på ca. 1 minutt før og etter hver flyvning. Linjene registreres digitalt og analogt, og brukes til korrigering under prosesseringen.

3.6 Navigasjons- og dataloggersystem

Navigasjon

Navigasjonssystemet består av en Ashtech G12 (12-kanals) GPS-mottaker samt en Seatex DFM-200 RDS-referansemottaker koblet til en bærbar PD. Signalene fra GPS-mottakeren blir korrigert i sann tid ved bruk av korreksjonssignal lagt ut i RDS-format på NRKs P2-sendinger. DGPS-data (differensiell GPS) beregnes v.h.a. programvare levert av Seatex og data overføres til navigasjonskonsoll og datalogger for henholdsvis navigasjon og posisjonering av måledata. I tillegg blir de samme referansedata logget på basen med et tilsvarende system.

Navigasjonskonsollet er av typen PNAV 2001 (Picodas Group Inc, Canada). Her programmeres profillinjene, og disse vises på en skjerm foran piloten. Helikopterets posisjon i forhold til den predefinerte målelinjen kan avleses og på denne måten kan piloten lettere følge målelinjen. Dersom korreksjonsdata faller ut, foretas denne navigeringen etter ordinære GPS data, mens en i ettertid foretar korreksjoner til DGPS slik at lokaliseringen av målepunktene får DGPS standard, dvs. nøyaktighet bedre enn 10 meter. Visuell navigasjon benyttes som sikkerhet, og her benytter navigatøren fargekart i målestokk 1: 20 000.

Radar høydemåler

Høyden på helikopteret registreres kontinuerlig ved hjelp av en radar høydemåler av typen King KRA-430. Høyden blir vist på et instrument foran piloten samt registrert både på en skriver og i den digitale dataloggeren. Målenøyaktigheten er 5% av flyhøyden

Dataloggersystem

Alle data samles på en PD som er en integrert del av Hummingbird-systemet levert av Geotech Ltd, Canada. Programvaren som styrer EM-systemet tar også hånd om dataloggingen. Data blir lagret på hard-disk. Opptak av data ble foretatt både digitalt og analogt (termisk skriver, RMS-GR33). Digitale data blir seinere overført til PD for prosessering og kartframstilling.

Utskrift av data til skriver muliggjør kvalitetskontroll av innsamlede data under måling. På skriveren registreres data fra EM, VLF, magnetometer (magnetisk totalfelt) og spektrometer (totalstråling og uran-kanalen). I tillegg skrives radarhøyde og fastpunkter.

4 PROSESSERING

Alle geofysiske data ble prosessert på en PD, med GEOSOFT montasje programvare skrevet for Windows/NT (Geosoft 1999). Fargekart er plottet på en Xerox Express ink jet fargeplotter. EM profilkurvekart er plottet på en HP755CM ink jet fargeplotter. De framstilte kart er prosessert med minimal filtrering for å beholde informasjonsnivået i data. Filtrering av grid ble utført kun for å glatte kanter på konturene (kosmetikk). Ved gridding ble det benyttet en rutine som bygger på prinsippet Akima spline-interpolasjon (Akima 1970), og hvor celledimensjonen var 50 m.

Magnetisk totalfelt: Magnetiske profildata ble filtrert for å fjerne spikes (støy på enkeltpunkter) uten at informasjon av betydning går tapt. Deretter ble data korrigert for tidsavhengige variasjoner i det jordmagnetiske feltet (data fra stasjonsmagnetometeret). Data ble nivåjustert med et differensielt, sirkulært medianfilter (E. Mauring 2000). Griddede data ble glattet med et 3 x 3 punkts Hanning-filter (Sheriff 1984) før konturering og kartframstilling.

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

EM: Det var umulig å prosessere EM-data med konvensjonell metode på grunn av støy på datasettene. Data ble prosessert av **Les Beard** med en spesiell teknikk. Se appendiks 1 for nærmere beskrivelse. De fem frekvensene ble tegnet ut som profilkurvekart. I tillegg ble det laget ledningsevnekart ut fra 880 Hz (HCP)-frekvensen

VLF: Det er ikke laget VLF-kart for dette området. Datasettene er så påvirket av støy, at lite eller ingen informasjon av geologisk verdi er å finne.

Radiometri: De radiometriske data er prosessert med Geosoft programvare (Geosoft 1995), etter rutiner som er utarbeidet av International Atomic Energy Agency (IAEA 1991). Data korrigeres først for dødtid (forsinkelse i A/D-omformerne i spektrometeret) og normaliseres til cps (counts per second). Deretter blir bakgrunnsverdiene for de forskjellige kanalene trukket fra. Alle data blir normalisert til en høyde av 60 meter ved å bruke data fra radarhøydemåleren. Så korrigeres data for effekten av Compton-spredning. Compton-effekten medfører at registreringer med høy energi også vil gi utslag hos elementer med lavere energi. Data blir så ført ned til bakkenivå og omregnet til egnede enheter (totalstråling – cps, K - %, Th – ppm og U – ppm). Til slutt ble data griddet, filtrert med et 9 x 9 punkts Hanning-filter og konturert før kartframstilling.

5 **PRODUKT**

Følgende kart er fremstilt i målestokk 1: 50 000 og kan bestilles fra NGU:

2000.031-01	Magnetisk totalfelt
2000.031-02	Beregnet magnetisk vertikal gradient
2000.031-03	Radiometri, totalstråling
2000.031-04	Radiometri, Kalium
2000.031-05	Radiometri, Uran
2000.031-06	Radiometri, Thorium
2000.031-07	EM – 7001 Hz koaxial konfigurasjon
2000.031-08	EM – 6606 Hz horisontal, koplanar konfigurasjon
2000.031-09	EM – 980 Hz koaxial konfigurasjon
2000.031-10	EM – 880 Hz horisontal, koplanar konfigurasjon
2000.031-11	EM – 33133 Hz horisontal, koplanar konfigurasjon
2000.31-12	EM – Ledningsevne (880 Hz HCP)

Nedfotograferte versjoner av magnetisk totalfelt, radiometrisk totalstråling og EM-ledningsevne (880 Hz HCP) er vist i figurene 2, 3 og 4.

6 REFERANSER.

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

Geosoft 1995: OASIS Airborne Radiometric Processing System Version 1.0 User's Guide, Geosoft Inc., Toronto Canada.

Geosoft 1999: OASIS montaj Version 4.3 User Guide, Geosoft Inc., Toronto Canada.

Mauring, E. 2000: Micro-levelling of aeromagnetic data using a floating differential median filter. NGU report 2000.053

Sheriff, R.E. 1984: Encyclopedic dictionary of exploration geophysics. Society of Exploration Geophysics, ISBN 0-931830-31-602.

IAEA, 1991: Airborne Gamma Ray Spectrometer Surveying, Technical Report 323, International Atomic Energy Agency, Vienna.

Appendiks 1.

Processing of the 1999 Skien survey EM data

Power lines and industrial activity produced high noise levels in the EM data, and distorted the fields, particularly in the southeast. The high man made EM fields also made the usual knelling procedure of periodic high altitude checks unreliable. The usual EM levelling procedure requires accurate high altitude EM measurements, so I had to use an alternate method. The method is valid if two conditions are met. The first condition is that the earth does not become continuously more conductive or resistive from north to south (required for step 2 below). Judging from surface geological maps, this is probably true in the survey area. The second condition is that the most resistive parts of the survey area produce almost no EM response (required for step 3). The geology of the survey area is mostly granites and igneous extrusives, and resistivities can be several thousands of ohm-m, in which case the second condition is approximately satisfied.

Processing description:

1. I filtered the in-phase (IP) and quadrature (Q) signals for each of the five frequencies. I used a 3-point nonlinear filter to remove high frequency spikes, and a 40 point (circa 200 m) low pass filter to smooth the very noisy data. I applied a 40 point low pass filter to the radar altimetry data also.
2. For each line, I found a best fit linear trend through the filtered IP and Q measurements. I subtracted this line and obtained a residual IP and Q.
3. For each frequency, I gridded the IP and Q and found zones of low response (high resistivity zones). I assumed the response in these zones must be near zero, and shifted all the lines of a particular frequency by a constant amount to make this true. For example, if after step 2 the 880 Hz Q averaged -30 ppm in the high resistivity zone, I shifted the entire 880 Hz Q data by $+30$ ppm.
4. For IP and Q of each frequency, I made a grid with a 50-m cell size and decorrugated it with a combination of Butterworth and directional cosine filters to obtain an error grid. I sampled the error grid into the database and subtracted the error from the filtered IP or Q channels to obtain decorrugated IP and Q channels.
5. For each frequency, I constructed look up tables that predict a half space resistivity for a particular sensor height and quadrature response. I passed the data through the look up tables and computed a half space resistivity for each measurement point. I transformed the resistivity values (ohm-m) to conductivities (mS/m) using the relation $\text{conductivity} = 1000.0/\text{resistivity}$.
6. I made a conductivity grid for each frequency and performed a decorrugation operation on it, finally obtaining a decorrugated conductivity grid. I sampled this grid into the data base as channels SIG1, SIG2, ..., SIG5.

Les Beard
15.02.2000

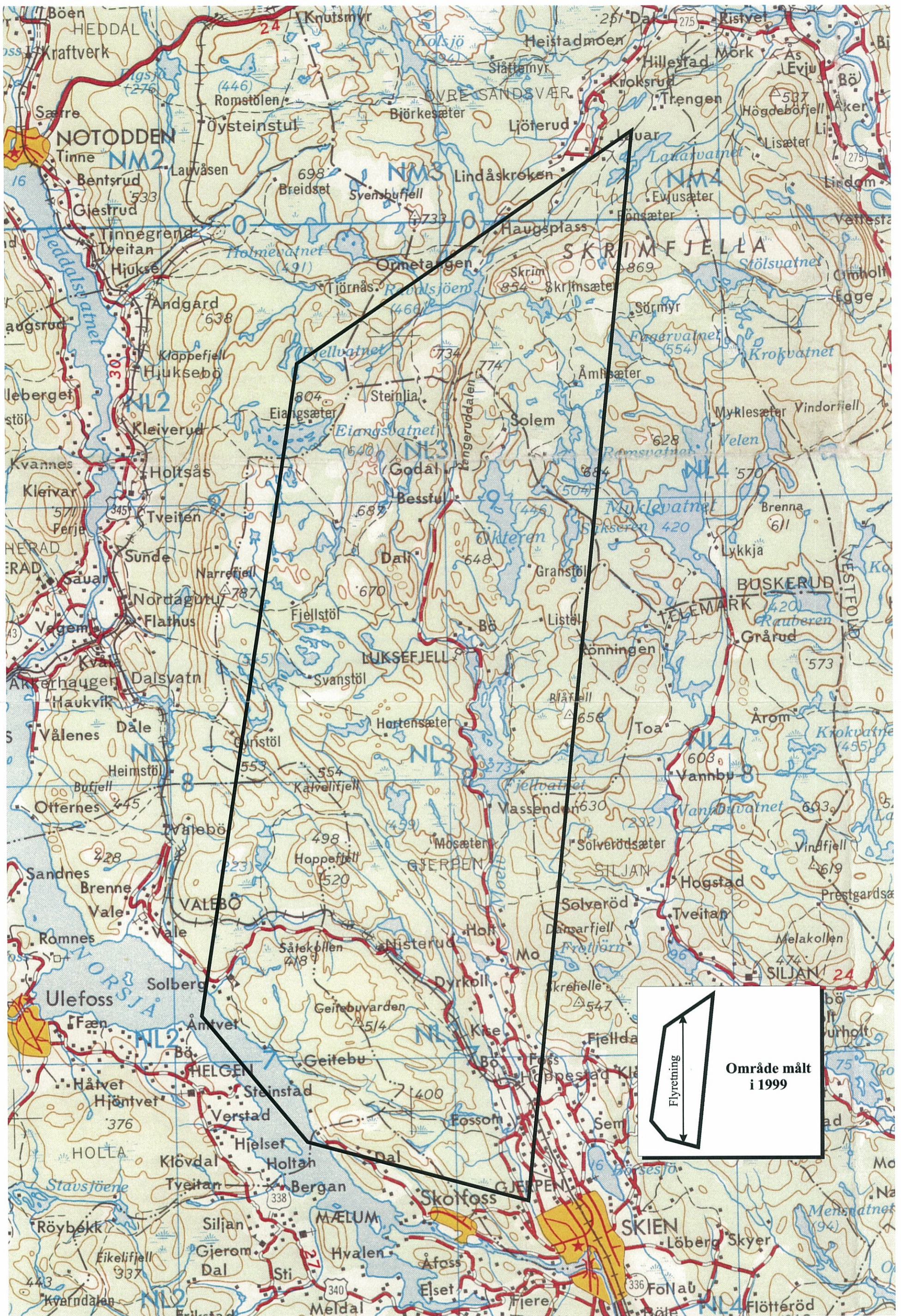
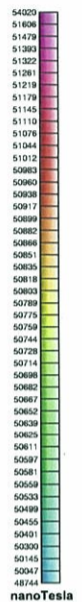
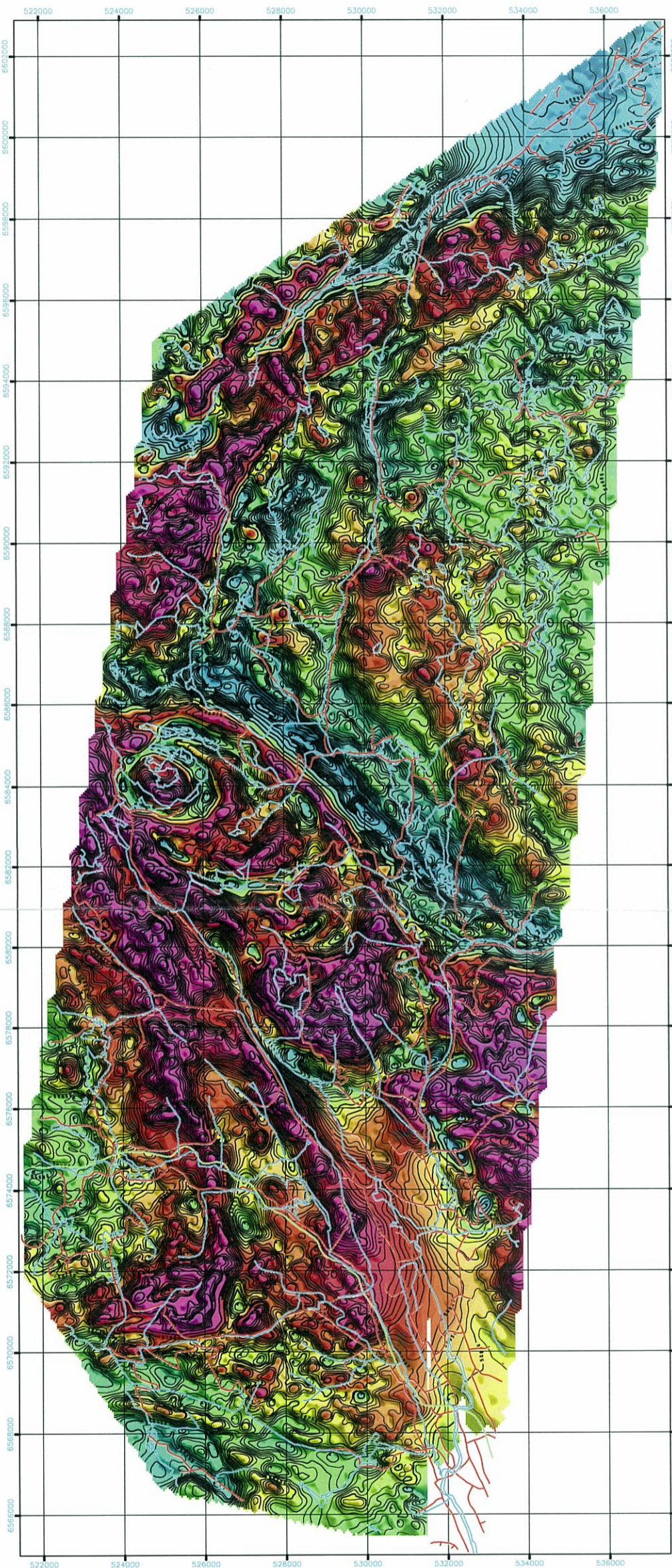
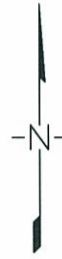


Fig.1. Utsnitt av kartblad Skien (1:250 000, forstørret til 1: 125 000)



MAGNETISK TOTALFELT

Intensitet av magnetisk totalfelt er i nanoTesla.

Konturer gitt i følgende intervall:

—	500
—	1000
—	2000
—	3000
—	4000
—	5000
—	6000
—	7000
—	8000
—	9000
—	10000
—	11000
—	12000
—	13000
—	14000
—	15000
—	16000
—	17000
—	18000
—	19000
—	20000
—	21000
—	22000
—	23000
—	24000
—	25000
—	26000
—	27000
—	28000
—	29000
—	30000
—	31000
—	32000
—	33000
—	34000
—	35000
—	36000
—	37000
—	38000
—	39000
—	40000
—	41000
—	42000
—	43000
—	44000
—	45000
—	46000
—	47000
—	48000
—	49000
—	50000
—	51000
—	52000
—	53000
—	54000
—	55000
—	56000
—	57000
—	58000
—	59000
—	60000
—	61000
—	62000
—	63000
—	64000
—	65000
—	66000
—	67000
—	68000
—	69000
—	70000
—	71000
—	72000
—	73000
—	74000
—	75000
—	76000
—	77000
—	78000
—	79000
—	80000
—	81000
—	82000
—	83000
—	84000
—	85000
—	86000
—	87000
—	88000
—	89000
—	90000
—	91000
—	92000
—	93000
—	94000
—	95000
—	96000
—	97000
—	98000
—	99000
—	100000

Farger - distribuert etter fargekalt.

Data er korrigert for daglige variasjoner og nivåjustert hjelp av et differensialt, sekulært medelvær.

Et høyfjellets totale magnetometer er brukt og gjennomsnittlig flyhøyde for sensoren er 30 meter.

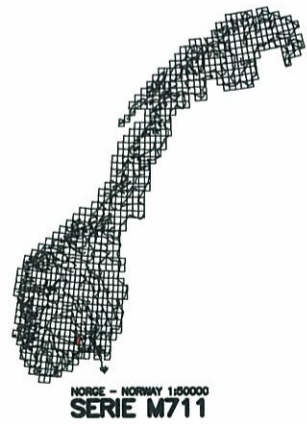
NAVIGASJON

Området er målt ved hjelp av GPS satellitt navigasjon. Bærrøds DGPS blir brukt i forbindelse med god radioløsing RAIM's PFD da korrigerte data brukes herfra (R2D). Ellers blir navigasjonsdata prosessert i ettertid med referensdata lagret på bunn for rekorrigerings og flytjer.

Middels terreng-klaring i området er 60 meter.

Digitale storskala tall fra Statens Kartverk 1:50 000 serie kartdata.

Vei
Jernbane
Vannkonturer



GEOMETRISKE DATA: WGS84
KORREKTUR AV LINJEBREKKE: 1983
MÅLSTAV: 1:125 000, side 32

Norges geologiske undersøkelse

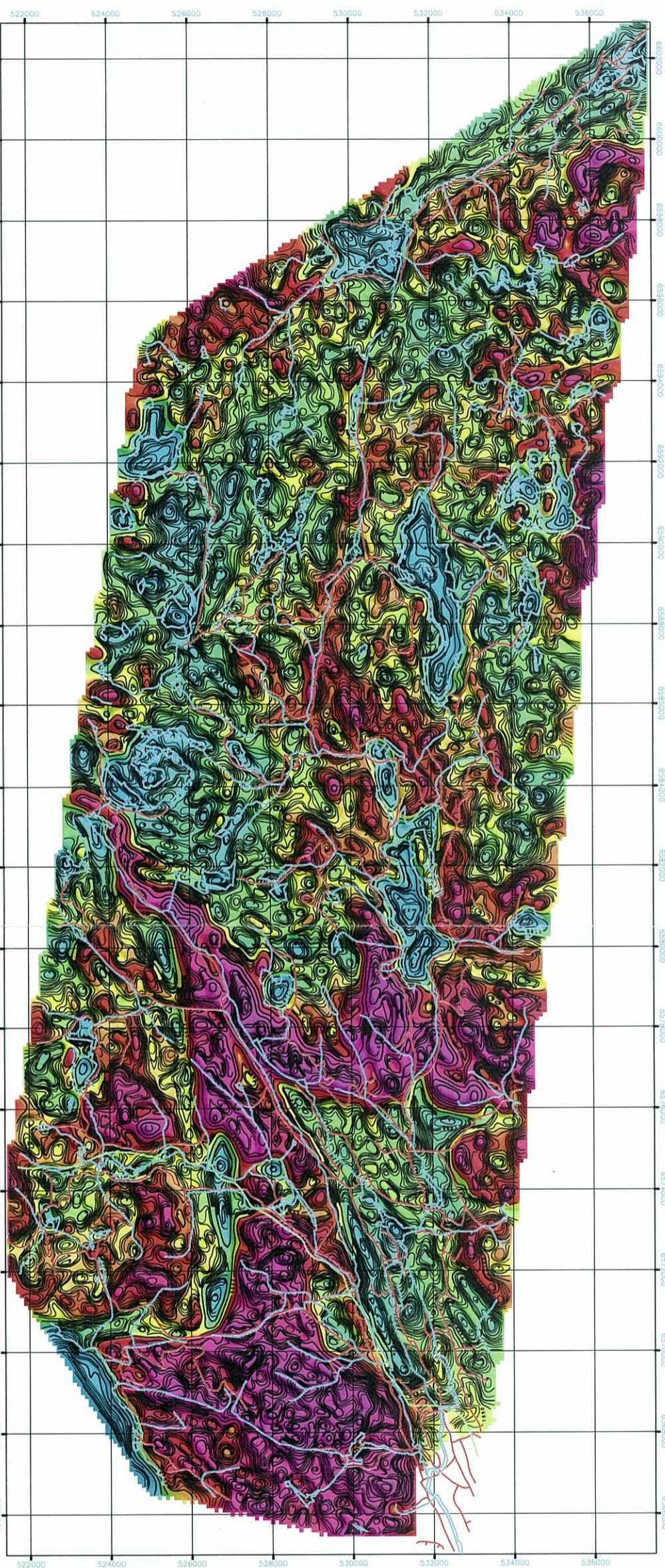
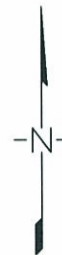
MAGNETISK TOTALFELT
Farger og konturer

SKIEN
TELEMARK

Tegn: Mogaard, J.O.	Dato: OKT 1999	Obs: JOM/OB
Målestokk 1:50 000		Kartblad (1:50 000): 1713 I Skien 1713 II Åmoygdal 1713 III Nordgullu 1714 I Hovingsberg 1714 II Nordstien
		TEGNING NR: 2000-031-01

NGU NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
Leiv Eirikssons vei 29
N-7421 TRONDHEIM
Tlf +47 73 90 40 00, Fax +47 73 92 16 20
http://www.ngu.no

Fig 2. Magnetisk totalfelt (1:125 000)

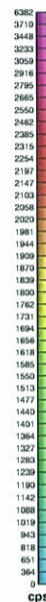


RADIOMETRISK TOTALSTRÅLING

Radiometrisk totalstråling (i tellinger pr. sek.)
Konturer gitt i følgende intervall:



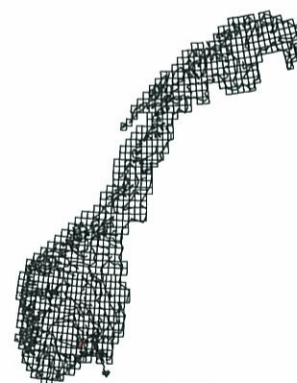
Farger - dalbunn eller fergeskiåle.
Data er redigert til bakkenivå fra nominell flyhøyde på 60 meter.



NAVIGASJON

Området er målt ved hjelp av GPS satellitt navigasjon. Samvirkende DGPS blir brukt i områder med god radiodekning (NRS; s. P2) da korreksjonsdata hentes fra RTCM. Ellers blir navigasjonsdata generert ettertid med referensdata lagret på bussen for rekonstruksjon av flyliner.

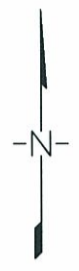
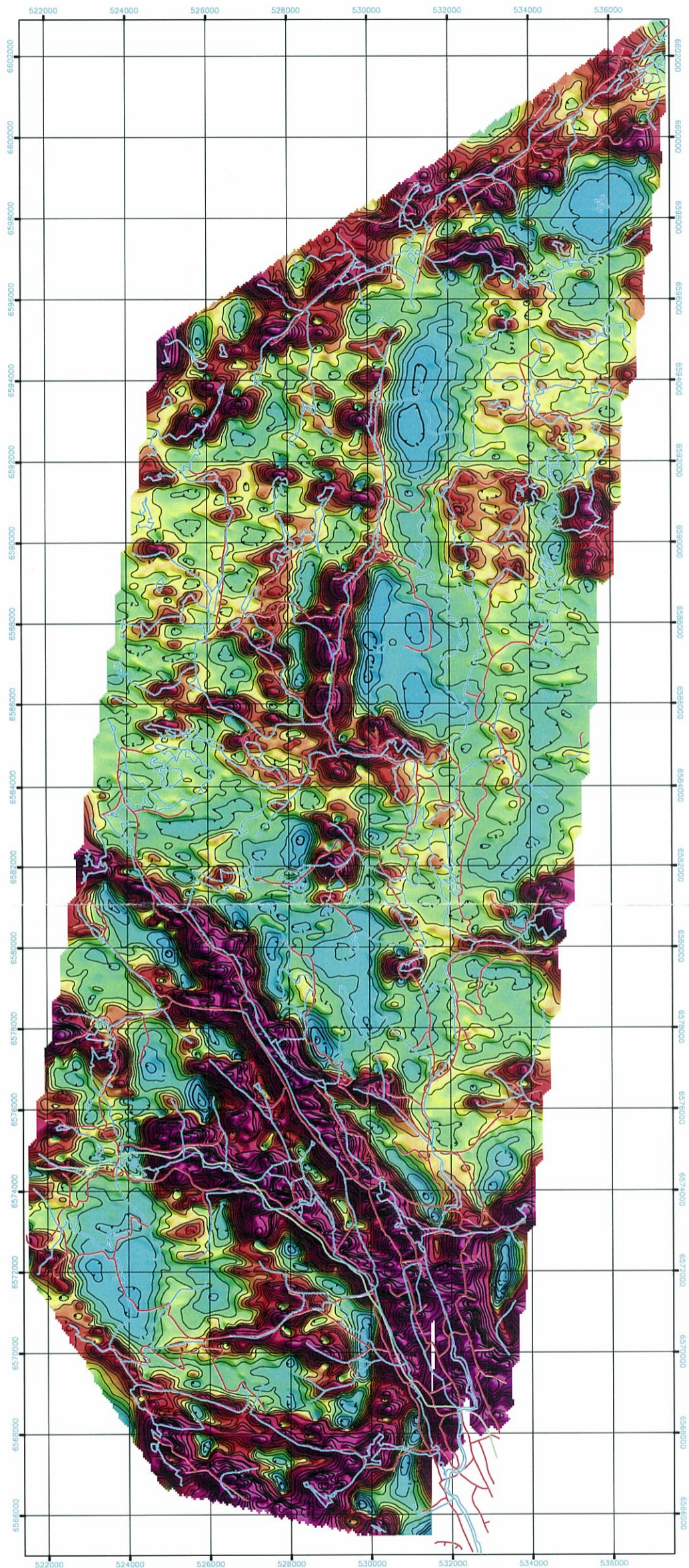
Middels terrengsløring i området er 60 meter.
Digitale stråke data tatt fra Statens Kartverk N250 serie kartdata.



ORDINERTE DATUM: WGS84
KONTINENT: EUROPA
TABELLATT: UTM
Koord. enhet: meter

Norges geologiske undersøkelse		
RADIOMETRISK TOTALSTRÅLING (CPS)		
Farger og konturer		
SKIEN		
TELEMARK		
Tegn: Mogaard, J.O.	Dato: OKT 1999	Obs: JOM/ØB
Målestokk 1:50 000		Kartblad (1:50 000):
0 1000 2000 3000		1713 I Siljan
(meter)		1713 II Rjukan
		1713 IV Nordseter
		1714 I Kongsberg
		1714 II Holtdalen
NGU	NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE	TEGNING NR:
Leiv Eirikssons vei 29	04791 TRONDHØM	2000-031-03
Tel +47 73 90 40 00, Fax +47 73 92 16 20	http://www.ngu.no	

Fig 3. Radiometrisk totalstråling (1:125 000)



BEREGNET LEDNINGSEVNE

Beregnet ledningsevne fra 880 Hz horisontal kopletet spolesett.
Konturer gitt i følgende intervall:

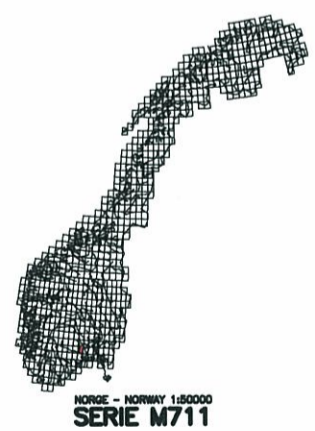
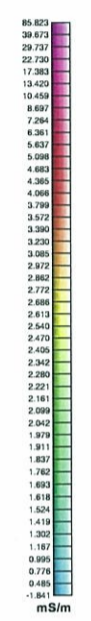
- 0.5 mS/m
- 1.0 mS/m
- 2.0 mS/m

Farger - distribuert etter fargekalk.
Gjennomsnittlig flythytte for sensoren er 30 meter.

NAVIGASJON

Området er målt ved hjelp av GPS etablert navigasjon. Bestvidt DGPS blir brukt i områder med god satellittdekning. DRC & P2 de korreksjonsdata hentes herfra (DRC). Etter de navigasjonsdata er innført i et felt med referansedata lagget på bussen for rekonstruksjon av flytting.
Middels korrigering i området er 60 meter.
Digitale strekkedata tatt fra Statens Kartverk NSG-serie kartdata.

- Veier
- Jernbane
- Vannkonturer



©2000 NGU. DATUM: WGS84
KONTROLL: EYDZ/2000/02/2000
TILTAK: KATT av UTM-kartprosjekt, vers 32

Norges geologiske undersøkelse

LEDNINGSEVNE (880 Hz HCP)
Farger og konturer

SKIEN
TELEMARK

Tegn: Mognard, J.G. Dato: OKT 1999 Obs: JOM/OB

Målestokk 1:50 000

0 1000 2000 3000
meter

NGU NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
Leiv Eirikssons vei 29
N-7481 TRONDHEIM
Tel +47 73 80 40 00, Fax +47 73 92 16 20
http://www.ngu.no

Kartblad (1:50 000):
1712 I Skien
1713 II Ålesund
1714 III Norddalen
1714 IV Kongsberg
1714 V Norddalen

TEGNING NR:
2000-031-12

Fig. 4 EM - ledningsevne (880 Hz HCP) (1:125 000)