

NGU Rapport nr. 89.158

**Tolkning av helikoptergeofysikk,
gravimetri og petrofysikk innenfor
kartblad 1723 III Steinkjer,
Nord-Trøndelag**

Rapport nr. 89.158		ISSN 0800-3416		Åpen/Forlagt	
<p>Tittel: Tolkning av helikoptergeofysikk, gravimetri og petrofysikk innenfor kartblad 1723 III Steinkjer, Nord-Trøndelag</p>					
Forfatter: Fasteland, F. og Skilbrei, J.R.			Oppdragsgiver: NGU		
Fylke: Nord-Trøndelag			Kommune: Namdalseid, Namsos, Steinkjer og Verran		
Kartbladnavn (M. 1:250 000) Namsos			Kartbladnr. og -navn (M. 1:50 000) 1723 III Steinkjer		
Forekomstens navn og koordinater:			Sidetall: 31		Pris: kr. 130,-
			Kartbilag: 2		
Feltarbeid utført: 1985-1989		Rapportdato: 29.12.1989		Prosjektnr.: 32.2297.00	
				Seksjonssjef: <i>Jens S. Aarvink</i>	
<p>Sammendrag:</p> <p>Rapporten presenterer en geofysisk tolkning av geologiske strukturer innenfor kartblad Steinkjer (nr. 1723 III i M711-serien). Hoveddatagrunnlaget har vært geofysiske data målt fra helikopter, dvs. magnetiske og elektromagnetiske data. I tillegg er det gjort tolkninger av gravimetri og bakkegeofysikk. I tolkningen av aeromagnetiske og gravimetrisk kart er det benyttet petrofysiske data.</p> <p>Den aeromagnetiske tolkningen omfatter 1) magnetiske strukturkart som viser magnetiseringsmønster, -kontakter og -nivåer og 2) fall-angivelser basert på modellberegninger. Tolkning av magnetiske dislokasjoner viser to hovedretninger: 1) NØ-SV (sammenfallende med Møre-Trøndelag-forkastningssonen) 2) NNW-SSØ. Den aeromagnetiske tolkningen har bidratt til den geologiske kartleggingen, bl.a. er intrusjoner med metagabbro/amfibolitt blitt kartlagt.</p> <p>Gravimetrisk tolkning er gjort langs et profil med retning NV-SØ. Maksimal tykkelse på Størendekket er trolig 4-6 km i området. Skjøtingendekket bergarter kan tolkes som en sammenhengende synform under Størendekket bergarter.</p> <p>Ved en preliminær tolkning av elektromagnetiske data målt fra helikopter er flere EM-anomalier blitt påvist. Det er foretatt feltoppfølging (bakkegeofysikk, geologisk arbeid og borer) for å identifisere kildene til EM-anomalier ved Rørvatn i Namdalseid kommune.</p>					
Emneord		Gravimetri		Tolkning	
Geologi		Magnetometri		Petrofysikk	
Geofysikk		Laboratoriemåling		Fagrapport	

INNHOOLD

1. INNLEDNING	6
2. GEOLOGISK OVERSIKT	7
2.1 Regional geologi	7
2.2 Geologiske hovedtrekk kartblad Steinkjer	8
2.2.1 Grunnfjell, skjøvet til nært stedegent (Vestranden)	8
2.2.2 Midtre dekkserie	8
2.2.3 Øvre dekkserie	9
3. METODEBESKRIVELSE	11
3.1 Datagrunnlag	11
3.2 Feltoppfølgning og laboratoriearbeid	12
3.3 Aeromagnetisk tolkning	13
3.4 Gravimetrisk tolkning	15
4. RESULTATER	16
4.1 Petrofysikk	16
4.1.1 Magnetisk susceptibilitet	16
4.1.2 Tetthet	17
4.2 Aeromagnetisk tolkning	18
4.2.1 Magnetisk mønster og nivå	18
4.2.2 Magnetisk strukturkart	19
4.3 Gravimetrisk tolkning	21
4.4 Tolkning av elektromagnetiske data målt fra helikopter	23
4.4.1 Preliminær tolkning	23
4.4.2 Geofysisk og geologisk oppfølging av EM-anomalier ved Rørvatn	24
5. KONKLUSJON	26
REFERANSER	29

APPENDIKS A**Petrofysikk**

Magnetisk susceptibilitet, in-situ	s. 1- 6
Magnetisk susceptibilitet, laboratoriemålinger	s. 7- 8
Tetthet, laboratoriemålinger	s. 9-11
Statistikktabell - petrofysiske målinger	s. 12-13

APPENDIKS B**Modellberegninger**

Magnetiske modellberegninger	s. 1- 5
Gravimetrisk regionalfelt	s. 6
Gravimetrisk modellberegning	s. 7
Gravimetrisk modellberegning, tegnforklaring	s. 8

APPENDIKS C**VLF - og magnetiske bakkemålinger**

Profil 1	s. 1
Profil 2-4	s. 2
Profil 5-6	s. 3
Profil 7	s. 4
Profil 8-9	s. 5

APPENDIKS DElektromagnetisk anomali ved Rørvatn, Namdalseid kommune

Oversiktskart	Tegn. nr.	1
Responser fra ulike frekvenser	Tegn. nr.	2

APPENDIKS EDatagrunnlag og tolkningskart

Magnetisk residualfelt, fargestripekart	(M 1:150000)	Kart	1
Magnetisk residualfelt, relieffkart	(M 1:150000)	Kart	2
Bouguer anomalikart	(M 1:150000)	Kart	3
Magnetisk strukturkart	(M 1:150000)	Kart	4
Magnetisk strukturkart	(M 1:50000)	Kart	5

1. INNLEDNING

Rapporten presenterer regional geofysisk tolkning innenfor kartblad Steinkjer (nr. 1723-3 i M711-serien) i målestokk 1:50000. Hoveddatagrunnlaget har vært geofysiske data målt fra helikopter, dvs. magnetiske og elektromagnetiske data. I tillegg er det gjort tolkninger av gravimetri og bakkegeofysikk. I tolkningen av aeromagnetiske og gravimetrisk kart er det benyttet petrofysiske data. En teknisk rapport beskriver helikoptermålingene og prosessering av data (Mogaard 1989).

Mesteparten av de petrofysiske data ble innsamlet fra 1985 til 1987 i forbindelse med tolkning av flymagnetiske data som er gjort innenfor Nord-Trøndelagsprogrammet. En del nye petrofysiske data ble innsamlet sommeren 1989 for å undersøke de geologiske årsakene til anomalier som fremkom på helikopterdataene. Disse nye data er sammenstilt med de gamle data og tolket i denne rapporten. Feltoppfølgning av EM-anomalier tolket fra helikopterdata ble gjort høsten 1989. Dette innbefatter bakkegeofysikk, geologisk arbeid og boringer for å identifisere kilden til anomaliene. Det har vært et fruktbart samarbeid med berggrunnsgeolog i samband med utgivelse av berggrunnsgeologisk kart Steinkjer, målestokk 1:50000.

Geografisk dekker kartblad Steinkjer området fra Beitstadfjorden og Steinkjer by i sør til Dorrås og Daltjørnaksla i nord. Kartbladet omfatter den nordvestlige delen av Steinkjer kommune, den sørøstlige delen av Namdalseid kommune, den sørligste delen av Namsos kommune og den østligste delen av Verran kommune.

Et geologisk oversiktskart hvor kartblad Steinkjer er avmerket, er vist i figur 1 (etter Skilbrei 1988a). Som bakgrunnsmateriale for geografiske stedsnavn, geologiske enheter og strukturelle trekk som blir omtalt i rapporten, henvises det til berggrunnsgeologisk kart 1723-3 i målestokk 1:50000 over Steinkjer (Tietzsch-Tyler & Roberts 1989). Kartbladet blir trykt våren 1990 og kan da bestilles fra NGU.

2. GEOLOGISK OVERSIKT

2.1 Regional geologi

I et regionalt geologisk perspektiv dekker kartblad Steinkjer overgangen mellom to ulike komplekser, det såkalte Trondheimsfeltet i sørøst og Nordlige Vestranden i nordvest (se fig.1).

Nordlige Vestranden er en del av den vestlige gneisregionen, og bergartene kan inndeles i 2 hovedenheter (Roberts 1986):

- (1) Et omfattende kompleks av migmatittiske gneiser som består av ortogneiser med varierende sammensetning fra granittisk til tonalittisk.
- (2) Suprakrustale dekkesekvenser med metasedimenter, ortamfibolitter og forskjellige glimmergneiser. Disse betraktes generelt å være alloktone.

Omfattende deformasjon og omvandling av de metamorfe bergartene i den vestlige gneisregionen har generelt ført til at deres opprinnelige form og orientering er totalt forandret. Dette kompliserer den geologiske og geofysiske tolkningen. Gneisene er av prekambrisk, trolig tidlig proterozoisk alder (Johansson 1986, Møller 1988, Roberts 1986).

Over Vestrandens bergarter, som kan betraktes som stedegne til nær stedegne, er den teknostratigrafiske inndeling følgende (Gee et al. 1985): Undre dekkeserie, midtre dekkeserie, øvre dekkeserie og øverste dekkeserie. Påvirkning av skyvetektonikk har gitt opphav til inndelingen i ulike dekkenheter. Bare midtre og øvre dekkeserie finnes innenfor kartblad Steinkjer. Undre dekkeserie består av lavmetamorfe sedimenter med alder fra kambrium til silur, og disse sedimentene opptrer ofte sammen med det prekambriske underlaget de er avsatt på. Midtre dekkeserie består av prekambriske øyegneiser og senprekambriske sandsteiner. Øvre dekkeserie består stort sett av langtransporterte dekker og inneholder både sedimentære, vulkanske og intrusive bergarter. Underst er Sevedekkenene (delvis prekambrisk), og øverst er Trondheim dekkekompleks (ekvivalent til Kølidedkkekompleks) av hovedsaklig ordovicisk alder. Bergartene i Trondheimsfeltet

ble deformert og omvandlet under den Kaledonske fjellkjededannelsen.

De fremtredende Hitra-Snása og Verran forkastningene med strøkretning ØNØ-VSV er en del av Møre-Trøndelagforkastningssonen (Oftedahl 1975, Gabrielsen & Ramberg 1979, Grønlie & Roberts 1987). Forkastningssystemet følger retningen til Beitstadvfjorden og Beitstadsundet. Den regionale forkastningssonen har dermed strukturgeologisk betydning i området ved Steinkjer.

2.2 Geologiske hovedtrekk kartblad Steinkjer

2.2.1 Grunnfjell, skjøvet til nært stedegent (Vestranden)

Den nordvestlige delen av kartbildet er preget av omdannede bergarter fra proterozoisk tid. Hovedbergartene er granittiske til granodiorittiske gneiser som stedvis er migmatittisert. Dessuten opptrer granat-hornblende glimmerskifer eller -gneis og tildels kalksilikatskifer i områdene Våttå, Tømmeråshøgda og Sørlitinden. Ved Svartåsen opptrer metadioritt og diorittisk gneis. I den nordlige og østlige delen av gneisområdet finnes linser og intrusiver med metagabbro og amfibolitt.

2.2.2 Midtre dekkserie

Leksdalsdekket er den underste delen av den tektonostratigrafiske lagrekken som er representert i området. Leksdalsdekket omfatter omdannede bergarter fra sen- proterozoisk tid. I kartbildet opptrer bergarter tilhørende Leksdalsdekket sydøst for Fossenvatnet og Reinsvatnet. Hovedbergartene er feltspatrik metasandstein og leirholdig skifer eller fyllonitt. Karakteristisk er også opptreden av diabasganger.

2.2.3 Øvre dekkserie

Kartblad Steinkjer domineres av bergarter tilhørende Skjøtingendekket og det teknostratigrafisk overliggende Størendekket. Skjøtingendekket representerer omdannede overflatebergarter og lokalt dypbergarter fra antatt senproterozoisk til senprekambrisk tid. Skjøtingendekket er korrelert med Sevedekkene ellers i Kalodonidene. Størendekket representeres ved omdannede sedimenter og vulkanske bergarter fra antatt kambrisk til ordovicisk tid. Generelt betraktes Størendekket, Meråker- og Gjersvikdekket som geologisk interessante innenfor de Midt-Norske deler av Kaledonidene (Roberts 1985). Dette er fordi disse dekkene inneholder fossilførende metasedimenter som viser ordovicisk alder. Dessuten er det her de fleste grønnsteinsenhetene, ofiolittfragmentene og stratabundne kisleforekomstene i de Midt-Norske Kaledonidene befinner seg.

Innenfor kartblad Steinkjer opptrer bergarter tilhørende Skjøtingendekket i to områder: (1) I syd en relativt smal stripe fra Beitstadfjorden i sørvest til Snåsavatnet i nordøst og (2) i de sentrale deler av kartbildet området fra Beitstadsundet og Mollelva og nordvestover. Bergartene i det sørlige området domineres av ulike varianter av grønnstein, grønnskifer og amfibolitt. Området i nordvest tolkes geologisk som en hellende synform med kjerne av metasediment, leirholdig eller sandig skifer, og med flanker som domineres av grønnstein, amfibolitt, felsitt og kalkspatmarmor.

Størendekket antas å være skjøvet over Skjøtingendekket, noe som indikerer at det i dypet kan være sammenheng mellom de to områdene av bergarter tilhørende Skjøtingendekket (S.Solli, pers. kom. 1989). I kartbildet opptrer Størendekkets bergarter som en synform fra Beistadfjorden og nordøstover til Snåsavatnet. I den underste delen av lagpakken opptrer en kompleks sone med blant annet grønnskifer, metasandstein og metakalkstein. Den øverste delen av lagpakken er dominert av metasandstein, -siltstein, -gråvakke og -kalkstein.

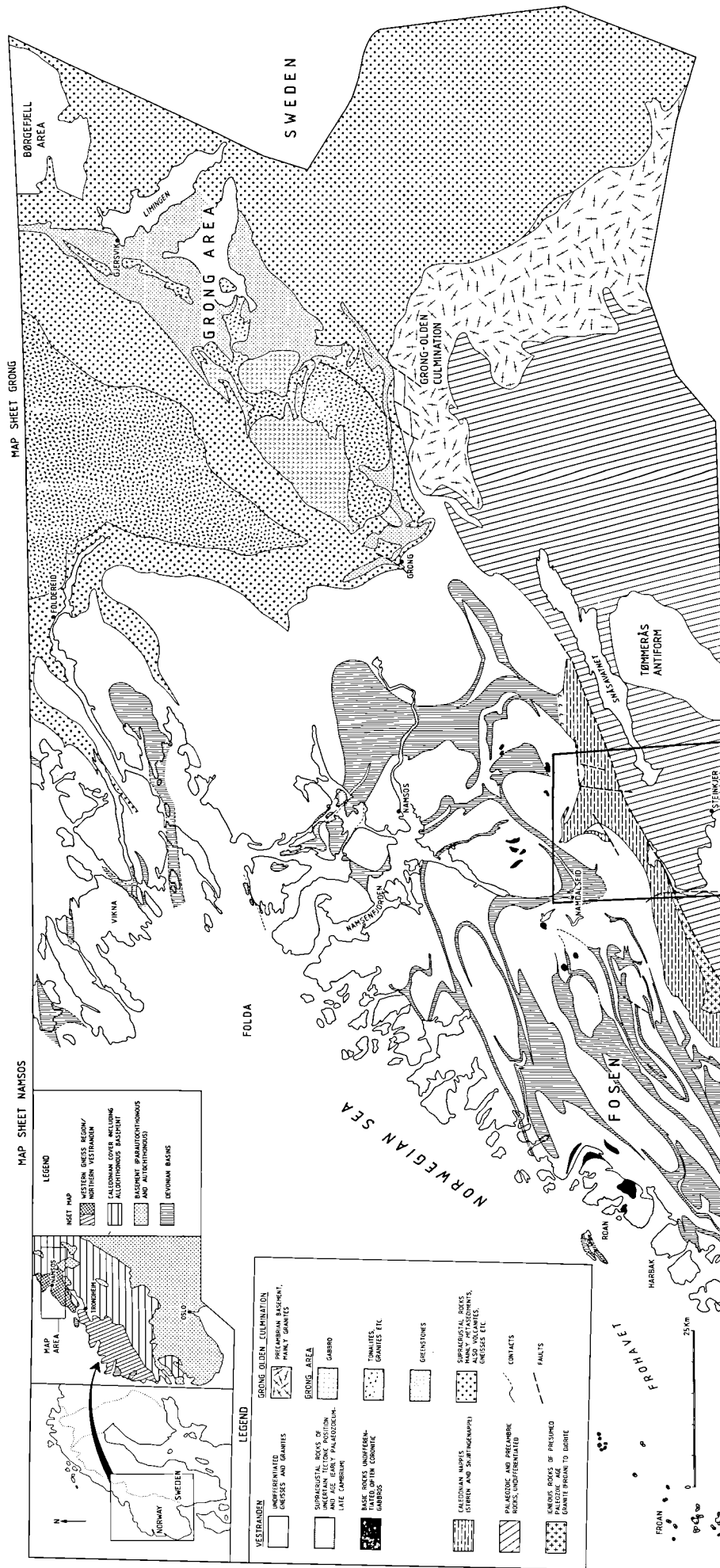


Fig. 1 Forenklet geologisk kart over Namsos og Grong
 Indre ramme viser kartblad Steinkjer
 (etter Skilbrei 1988)

3. METODEBESKRIVELSE

3.1 DATAGRUNNLAG

Datagrunnlag for tolkningen har vært:

- (1) Elektromagnetiske og magnetiske helikoptermålinger utført i 1986, 87 og 88. Data ble innsamlet med gjennomsnittlig profilavstand på 200 meter. Flyhøyden er forsøkt holdt til ca. 60 meter over terrenget. Vanligvis varierer den fra 55 til 75 meter. Utskrift av radarhøydemåleren viser at flyhøyden i områder med kraftig topografisk relieff varierer mellom 60 og 150 meter.
- (2) Gravimetrisk bakkemålinger utført av NGO (nå Statens Kartverk) og av NGU i årene 1986-88, tilsammen 190 punktobservasjoner.
- (3) Foreløpig berggrunnskart i målestokk 1:50000 (Tietzsch-Tyler & Roberts 1985) og preliminær utgave av berggrunnskart som blir utgitt i 1990 (Tietzsch-Tyler & Roberts 1989).
- (4) Geologiske observasjoner gjort under oppfølging av magnetiske og elektromagnetiske anomalier i felt.
- (5) In-situ måling av susceptibilitet innenfor kartblad Steinkjer og av korrelerbare geologiske enheter i de omkringliggende områder.
- (6) Laboratiemålinger av petrofysiske parametre på 138 bergartsprøver innsamlet fra kartblad Steinkjer i årene 1985-89.

Fra NGU har følgende personell vært involvert:

Prosjektleder:

J.R.Skilbrei

Helikoptermålinger:

O.Blokkum, J.Classon, H.Håbrekke, J.O.Mogaard og
S.Rønning

Prosessering av helikoptermålinger:

O.Blokkum, O.Kihle, J.O.Mogaard og S.Rønning

Gravimetrisk bakkemålinger:

J.Gellein og A.Sindre

Oppfølging av anomalier i felt, innsamling av bergartsprøver og laboratoriearbeid:

F.Fasteland, R.Lynum, O.Olesen, O.Olsborg, D.Roberts,
J.R.Skilbrei, T.Skyseth og T.Thorsnes

Bakkegeofysikk:

E.Dalsegg, F.Fasteland, J.Gellein og J.S.Rønning

3.2 Feltoppfølging og laboratoriearbeid

I feltsesongen 1989 ble det gjort feltoppfølging av magnetiske og elektromagnetiske anomalier på grunnlag av en preliminær tolkning. Under feltarbeidet ble det gjort VLF- og magnetiske bakkemålinger over indikerte dislokasjoner og EM-anomalier. VLF-målinger er utført med instrumentering utviklet ved NGU, og til de magnetiske bakkemålingene er UniMag proton magnetometer benyttet.

Innsamling av bergartsprøver og in situ målinger av magnetisk susceptibilitet ble utført fra 1985 til 89. Målingene av magnetisk susceptibilitet er gjort over flere feltsesonger med forskjellige instrumenter. Instrumenttype som er benyttet er Geoinstruments TH-15.

Petrofysiske parametre som er målt i laboratorium er tetthet, susceptibilitet og forholdet mellom remanent og induert magnetisering (Q-verdi). Måleprosedyre for prøvene som er målt før feltsesongen 1988, er beskrevet av Olesen (1985) mens målemetoden for prøver målt etter 1988, er beskrevet av Torsvik og Olesen (1988).

Volumet av bergartsprøvene bestemmes som differansen i vekt av prøvene målt i luft og nedsenket i vann. Tettheten er massen av prøven dividert med volumet. Laboratoriemålinger av tetthet kan p.g.a effekten av porøse prøver og vann på overflaten gi en feil på opptil 20 kg/m³ (Henkel & Mannby 1976). Undersøkelser utført av Skilbrei (1988b) har vist at presisjonen på instrumentene som benyttes for tetthets-

målingene er 100% signifikant til 3. siffer. Feilmarginen ved tetthetsmålingene er derfor liten sett i forhold til de tetthetskontraster som er benyttet i tolkningen.

Susceptibilitetsmålingene utføres med et system bestående av spole, frekvensgenerator og frekvensteller. Magnetisk susceptibilitet bestemmes ved å måle endringen i egenfrekvensen i spolen med og uten bergartsprøve. For å øke følsomheten i systemet brukes tre ulike spolestørrelser avhengig av prøvestørrelsen. Instrumentene gir god målenøyaktighet (Torsvik & Olesen 1988) og reproduserbarheten av målingene er meget gode (Skilbrei 1988b).

Remanensintensiteten bestemmes ved å måle den magnetiske feltstyrken fra bergartsprøvene i tre retninger. I tidsrommet 1984-88 ble disse målingene gjort med et Oerstedmeter og fire fluxgate-sonder i en Førstersonde-oppstilling (Sharma 1968, Olesen 1985). Målenøyaktigheten og presisjonen for dette instrumentet var ikke tilfredstillende for prøver med lav magnetisering (Skilbrei 1988b). Fra 1988 er målingene utført med et Schonstedt Digital magnetometer og en fluxgate-sonde. Målingene som utføres med denne instrumenteringen blir i mindre grad påvirket av det ytre magnetiske feltet (Torsvik & Olesen 1988). De fleste bergartsprøvene fra området som dekkes av kartblad Steinkjer er målt i laboratorium før 1988. Remanensen er i rapporten vist som Q-verdi (forholdet mellom remanent og induert magnetisering).

Statistisk analyse av petrofysiske parametre er gjort ved hjelp av databasesystem for petrofysiske målinger (Kleven & Leistad 1985).

3.3 Aeromagnetisk tolkning

Tolkning er basert på metoder utviklet ved SGU (Henkel 1975, 1979, 1984 og 1985). Kart 1 og 2 (app. E) viser data-grunnlaget for tolkningen og kart 4 og 5 (app. E) viser geofysiske tolkningskart.

Tolkningskartet er delt inn i områder ut i fra anomaliens mønster og amplituder. Det er skilt mellom 1) **båndede** og 2) **uregelmessige områder**. Områdene er igjen delt inn i 3 for-

skjellige magnetiseringsnivå; lavt, middels og høyt. Grensene mellom ulike magnetiseringsnivå/ -mønster betegnes som **kontakter**. Innen de avgrensede områdene er de magnetiske anomaliene en funksjon av kroppenes geometri og magnetiske egenskaper. På tolkningskartet er kontinuerlige og sammenhengende magnetiske anomalier representert ved **magnetiske bånd**. Båndenes bredde og retning antyder henholdsvis magnetittrike bergarters utgående og strukturetning.

De magnetiske strukturenes strøk og fall vises på kart 5 (app. E). Tallfestede tegn er fremkommet ved modellering av anomalier ved hjelp av et 2 1/2 dimensjonalt modelleringsprogram (Hesselstrøm 1987). De magnetiske kroppene som gir en modellberegnet anomali er en funksjon av flere parametre; geometrisk form, utstrekning langs lengdeakse, vinkel i forhold til profilretning og magnetisk susceptibilitet. Eksempel på modellberegninger er vist i app. B, side 1-5. Andre falltegn er tolket ut i fra de magnetiske anomalienes kurveform.

Kart 5 (app. E) viser også tolkete magnetiske dislokasjoner. Følgende kriterier er brukt (Henkel 1975):

- (1) Linære brudd i anomalimønsteret
- (2) Forskyvning av karakteristiske anomalier (referansestrukturer)
- (3) Linære gradienter i magnetfeltet
- (4) Linære diskordante magnetiske minima

Magnetiske dislokasjoner kan være indikasjon på forkastninger, knusningssoner, sprekkesystem eller skyvesoner. Den preliminare tolkning av dislokasjoner ble i den grad det var mulig sjekket i felt ved måling av VLF. Eksempel på VLF-profiler er vist i app. C, side 1-5.

3.4 Gravimetrisk tolkning

Gravimetriske observasjoner innenfor kartblad Steinkjer er gjort av NGU i årene 1986-88. Disse målingene er utført innenfor Nord-Trøndelagsprogrammet. Målingene er gjort langs veier med ca. 1 km mellom observasjonspunktene, tilsammen 175 målinger. Norges Geografiske oppmåling har gjort 15 observasjoner innenfor kartbladet (ca. 2 målinger pr. 100 km²). Disse er også brukt i kartproduksjonen. Kart 3 (app. E) viser et nedfotografert bilde (M 1:150000) av et fargekart som fremstiller Bougueranomaliene på kartblad Steinkjer. Anomaliene er terrengkorrigert der en tetthet på 2670 kg/m³ er brukt for korreksjonen. Datagrunnlaget er beskrevet mer inngående i en NGU-rapport (Skilbrei 1988c). Metode for datareduksjon og korreksjon av tyngdedata som NGU bruker er beskrevet av Gellein (1985, med referanser gitt i denne).

4. RESULTATER

4.1 Petrofysikk

Målemetoder er omtalt i kap. 3.2. In-situ målingene av magnetisk susceptibilitet ble gjort i 1986. For gneisene inkluderer disse data derfor målinger på bergarter også utenfor selve kartblad Steinkjer.

4.1.1 Magnetisk susceptibilitet

App. A side 1-8 viser prosent frekvensfordelinger i form av histogrammer over magnetisk susceptibilitet. Verdiene er avsatt langs X-akse med logaritmisk inndeling. Susceptibilitetsverdiene er brukt som parameter i de magnetiske modellberegningene. Dette øker nøyaktigheten på modellberegningene.

Gneisene viser en bred fordeling fra lav til middels magnetisering (App. A, s.1). De granittiske gneisene har en sentral-tendens rundt 0.008 SI. Dette forklarer magnetiske anomalier med moderate amplituder i områder med granittisk gneis, som gir opphav til diffus bånding (se kap. 4.2.1). Det er godt samsvar mellom lab.målingene og in-situ målingene. (In-situ målingene måler bergartene i en "halv-kule" med ca. 20 cm diameter fra overflaten og nedover. De er derfor mer representative for bergarten enn håndstykkemålingene). Fra diagrammene ser en at de metasedimentære b.a. stort sett er lavmagnetiske. Det magnetiske kartet viser et flatt magnetisk bildet over metasedimentene. Grønnsteiner og amfibolitter fra Skjøtingendekket og Størendekket viser både fordelinger innenfor det paramagnetiske og det ferromagnetiske området. De viser tendens til bimodale fordelinger som kan forklare det areromagnetiske mønsteret. Denne fordelingen kan forklare den magnetiske båndingen innenfor matavulkanitt-områdene. Videre ser en at amfibolittene er noe sterkere magnetisert enn grønnsteinene. Generelt ser det ut til at bergartene fra Skjøtingendekket viser noe høyere susceptibilitetsverdier enn tilsvarende bergarter fra Størendekket. Dette kan skyldes

forskjellige avsetningsforhold og/eller forskjellig metamorfosegrad. En del av Skjøtingendekket har høyere metamorfosegrad enn Størendekket.

Hornblendeskifre og kalksilikatskifre viser også høy magnetisering. Dette gjelder også hornblende- og kalksilikatgneiser (som er antatt suprakrystall-bergarter) fra gneisregionen nord for de Kaledonske dekkenhetene, og fra Skjøtingendekket. Desverre har vi ikke in-situ målinger fra gabbroene som gir opphav til kraftige magnetiske anomalier på nordlige deler av kartbladet. Sammendragstatistikk er gitt i egen tabell på s. 12 i app. A. Susceptibilitetsverdiene er inndelt i tre grupper; gruppe a representerer alle prøver, gruppe b de målingene med verdi over $3 * 10^{-3}$, gruppe c er de verdiene som er under denne grenseverdien.

Q-verdiene (forholdet mellom remanent magnetisering, NRM, og induert magnetisering) er generelt lave (se tabell s. 12, app. A). Dette forenkler tolkningsarbeidet da en som en regel kan gå ut fra at magnetiseringen i b.a. er paralell til dagens dipol-felt.

4.1.2 Tetthet

Histogram over tetthet for hovedbergartene er vist på side 11 og side 12 i app. A. Middelveier og spredning er gitt i tabellen på side 13. Disse data er brukt i den kvantitative gravimetrisk tolkningen (modell på side 7 i app. B). En ser fra sammendragsstatistikken at det er tilstrekkelig tetthetskontrast mellom grunnfjellsgneisene og de overliggende dekkebergartene til å gjøre en nokså nøyaktig modellberegning.

4.2 Aeromagnetisk tolkning

4.2.1 Magnetisk mønster og nivå

Kart 1 og 2 i app. E viser datagrunnlaget for tolkningen. Magnetisk strukturkart i målestokk 1:150000 som omfatter magnetiske mønster, -kontakter og -nivåer er vedlagt som kart 4 i app. E. Kartets fargekoder skiller mellom 1) båndete og 2) uregelmessige områder. Områdene er igjen delt inn i 3 forskjellige magnetiseringsnivåer; lavt, middels og høyt. Magnetiske kontakter viser grensene mellom de forskjellige magnetiseringsnivå/ -mønster. I dette kapitlet omtales noen hovedtrekk ved det magnetiske strukturkartet (kart 4, app.E).

Den nordlige og nordvestlige delen av kartbladet tilhører den vestlige gneisregionen. Gneisområdene viser generelt uregelmessig magnetisk mønster med lavt til middels magnetiseringsnivå. Magnetiseringsmønster og -nivå korresponderer med susceptibilitets-fordelingene til gneisene, se kap. 4.1 og side 1,7 og 8 i app. A. I den nordvestlige delen av kartbildet opptrer et magnetisk båndet område med høyt magnetiseringsnivå, dette blir nærmere beskrevet i kap. 4.2.2. I den nordøstlige delen opptrer uregelmessige, høyt magnetiserte områder. På det foreløpige geologiske kartet (Tietzsch-Tyler & Roberts 1985) er disse områdene ikke skilt ut som egne bergartsenheter. Innsamling av bergartsprøver, in-situ målinger av susceptibilitet og petrofysiske laboratoriemålinger viser at disse høyt magnetiserte områdene korresponderer med metagabbroer/ -amfibolitter, se kap. 4.1 og side 7 i app. A. På det berggrunnsgeologiske kartet i målestokk 1:50000 som blir utgitt våren 1990 (Tietzsch-Tyler & Roberts 1989) er disse bergartene inntegnet utifra den geofysiske kartleggingen.

Bergarter tilhørende Leksdalsdekket opptrer i de sørøstlige delene av kartbladet. De metasedimentære bergartene vises som et uregelmessig, lavt til middels magnetisert område.

Bergarter tilhørende Skjøtingendekket kan utifra de magnetiske data inndeles i 2 hovedkategorier:

- (1) Uregelmessige, lavt magnetiserte områder. De petrofysiske data vist i app. A og beskrevet i kap. 4.1, viser at disse områdene korresponderer med metasedimentære bergarter.

- (2) Båndete, middels til høyt magnetiserte områder. De petrofysiske data vist i app. A og omtalt i kap. 4.1, viser at den relativt høye magnetiseringen korresponderer med kalksilikatskifre, kalksilikatgneiser, grønnsteiner og amfibolitter.

Størendekkets bergarter opptrer generelt som et uregelmessig område med lavt magnetiseringsnivå. Fra det petrofysiske datagrunnlaget antas det at den lave magnetiseringen korresponderer med grønnskifre, metasandsteiner og metakalksteiner. Innenfor den nordvestlige delen av Størendekket opptrer bergarter med middels høyt magnetiseringsnivå. Dette skyldes trolig grønnsteiner, glimmerskifre og metakonglomerat som har høyere susceptibilitet.

De magnetiske kontaktene (som viser grensene mellom de forskjellige magnetiseringsnivå/ -mønster) sammenfaller til en viss grad med utstrekningen til de ulike dekke-enhetene. Fra det magnetiske tolkningskartet er det mulig å skille Skjøtingendekket fra Størendekket. Videre fremgår tydelig grensene mellom de lavmagnetiske metasedimentene og metavulkanittene. Videre skiller de omkringliggende ortogneisene seg ut ved uregelmessig mønster som viser middels til høy magnetisering.

4.2.2 Magnetisk strukturkart

Kart 1 og 2 i app. E viser datagrunnlaget for tolkningen. Magnetisk strukturkart i målestokk 1:150000 er vedlagt som kart 4 i app. E (beskrivelse i kap. 4.2.1). Magnetisk strukturkart i målestokk 1:50000 er vedlagt som kart 5 (kartbilag) i app. E. Dette kartet inneholder informasjon om magnetiske bånd og magnetiske dislokasjoner. Dessuten er strøk/fall angitt for en del av de magnetiske strukturene. Dette inkluderer både modellberegnete verdier og fallretning tolket utifra de magnetiske anomaliens kurveformer. Magnetiske modellberegninger er vist i app. B, side 1-5. Beliggenheten for disse er avmerket på kart 1 i app. E. VLF- og magnetiske bakkemålinger er vist i app. C, side 1-5. I dette kapitlet omtales noen hovedtrekk ved det magnetiske strukturkartet (kart 5, app. E). Forøvrig henvises det til nevnte tolkningskart og figurer.

I den nordvestlige delen av kartbildet opptrer et båndet, høyt magnetisert område. De magnetiske strukturene kan følges fra Finnåsen i nordøst og sørvestover til Holstad. Strukturene tolkes som en hellende synform utifra kurveformen til de magnetiske anomaliene og EDB-baserte modellberegninger (profil 4-7, app. B). Modellberegningene tyder på at de magnetiske strukturene er relativt steiltstående i området ved Finnåsen. Lengre mot sørvest tolkes strukturene til å ha et moderat fall mot nord-nordvest. Den magnetiske susceptibiliteten som er brukt i modellberegningene varierer fra $2 \cdot 10^{-2}$ SI til $4.5 \cdot 10^{-2}$ SI. I modellberegningene er det tatt hensyn til varierende flyhøyde langs profilene. De magnetiske strukturene som her er beskrevet antyder en direkte sammenheng mellom Skjøtingendekket og de metasedimentære bergartene som er kartlagt lengre nordvest i den vestlige gneisregionen. Denne mulige fortsettelsen av Skjøtingendekkets bergarter vises relativt tydelig på kartet over magnetisk residualfelt (kart 2, app. E). I dette området hvor blotningsgraden er liten, kan problemstillingen undersøkes nærmere med detaljert gravimetri og med seismiske undersøkelser.

De magnetiske strukturene i gneisområdet ved Svartåsen og Hornburuvatn tolkes som en dom med middels magnetiseringsnivå (se kart 4, app. E). Den slakke magnetiske gradienten tyder på dypereliggende magnetiske strukturer. Dette kan indikere at Skjøtingendekket (og en eventuell fortsettelse mot sørvest) overlager de ytre delene av dom-strukturen.

De magnetittrike bergartene tilhørende Skjøtingendekket er relativt kontinuerlige, og de kraftige magnetiske båndene viser stor lateral utstrekning. Strøkretningen til de magnetiske strukturene viser hovedretningene nordøst-sørvest og østnordøst - sørsørvest.

I det lavmagnetiske området innen Størendekket fremtrer en smal sone med noe høyere magnetisering. Denne sonen kan følges fra Dyrstad og nordøstover til Høggjøta. Utifra den geologiske kartleggingen korresponderer denne magnetiske anomalien med metakonglomerat. Til kartleggingen av konglomeratets utbredelse på det berggrunnsgeologiske kartet, er den geofysiske tolkningen blitt benyttet. En tilsvarende magnetisk anomali som skyldes metakonglomerat opptrer i området fra Steinkjer by og nordøstover til Fossemvatnet. De magnetiske strukturene som her er omtalt kommer tydeligst frem på det magnetiske relieffkartet (kart 2, app. E).

Tolkningen av magnetiske dislokasjoner viser to hovedretninger:

- (1) Nordøst - sørvest (sammenfallende med Møre-Trøndelag-forkastningssonen)
- (2) Nord til nordvest - sør til sørøst

Dislokasjonene med retning nordøst-sørvest tolkes å være parallelle med strøkretningen til de magnetitteholdige bergartene innen Skjøtingendekket. Tolkningen av dislokasjoner indikerer, sammen med VLF- og magnetiske bakkemålinger (se app. C), at Møre-Trøndelag-forkastningssonen opptrer som et forkastningssystem med flere parallelle til subparallelle forkastninger i dette området.

Dislokasjoner med retning nord til nordvest - sør til sørøst opptrer både i gneisområdene og innen dekke-enhetene. De tydeligste magnetiske dislokasjonene samsvarer i stor grad med geologisk kartlagte forkastninger. Magnetiske dislokasjoner kan indikere forkastninger, knusningssoner eller sprekkesystemer.

4.3 Gravimetrisk tolkning

En regional tolkning av Bougueranomaliene i Nord-Tøndelag er gjort tidligere (Skilbrei 1988a, 1988c). Det som rapporteres her er en modellberegning som er gjort langs et profil som krysser kartblad Steinkjer med profilretning nordvest-sydøst. Profilet er vist på side 7 i app. B. (Dette profilet er tidligere vist på NOFTIG-møtet, Trondheim, 1986). Profilet starter på den nordvestlige delen av kartblad Steinkjer og fortsetter sørøstover over Tømmeråsantiklinalen og Gula- og Meråkerdekkene mot Svenskegrensen. Det er imidlertid bare gjort detaljerte tolkninger på den delen av profilet som ligger innenfor kartbladet, fordi det er her den detaljerte gravimetrien og petrofysikken finnes. Det er i tolkningen lagt vekt på å modellere tykkelsen på supra-krystallbergartene tilhørende dekkeenhetene. Gravimetrisk modellberegning er gjort ved hjelp av programvare utviklet ved SGU (Hesselstrøm 1987).

Det er en kraftig gradient i Bouguer verdiene fra kysten og til svenskegrensen. Verdiene minker fra ca. +40 mGal til -80 mGal over denne strekningen. Et profil (se side 6 i app. B) som krysser Trøndelag fra kysten i nordvest til svenskegrensen i sørøst, illustrerer dette idet profilet er lagt langsmed den regionale gradienten (vinkelrett kotene på Bouguerkartet). Kartblad Steinkjer ligger midt på det området der den regionale gradienten er størst. Dette ser en på det nedfotograferte Bouguerkartet, kart 3 i app. E; det er høye relative verdier nordvest på kartbladet (røde, matte farger) mens det er lave relative verdier i sørvest (blå farger). Denne regionale gradienten er det tatt hensyn til i modelleringen. Et lineært regionalfelt som varierer med 20 mGal over kartbladet er trukket fra de observerte verdiene slik at det er modellert på et residualfelt.

Petrofysikken viser at det er en positiv tetthetskontrast mellom de Kaledonske dekke-bergartene og grunnfjellsgneisene ("basement"). Det er derfor god grunn til å anta at det er denne kontrasten som gir opphav til den positive residual-anomalien som fremkommer over dekke-enhetene på profilet (side 7, app. B). Lokaliseringen av dette profilet er vist på tyngdekartet i App. E (kart 3). I regional-residual separasjonen er Bouguerverdiene over gneisområder, hvor petrofysikken indikerer at gjennomsnittlig tetthet av gneisene er 2680 kg/m^3 , definert til å være null. Dette er over gneisene nordvest for Skjøtingen-dekket på kartblad Steinkjer og visse deler av Tømmerås-antiklinalen. På profilet fremkommer en svak negativ anomali i den nordvestlige enden av profilet hvor det er granittiske gneiser med en tetthet på 2664 kg/m^3 . Anvendte tettheter for de ulike dekke-enhetene som er representert som gravimetrisk kropper i modellen er vist på side 8 i app. B, sammen med en oppstilling av hovedlitologi.

Grensene (utgående) for de forskjellige kroppene som inngår i modellberegningen (side 7, app. B) er tatt fra geologisk kart. Litologien er slått sammen til dekke-enheter. Dette er nødvendig fordi det enkelte steder er opptil flere km mellom tyngdestasjonene. De observerte verdiene som vises i figurene er ikke observert langs et rett profil. Verdiene representerer punkter målt innenfor et rektangel med bredde 5 km, og lengde lik profillengde. Dette, sammen med den heterogene geologien, forklarer at den modellerte kurven i figuren enkelte steder er tilpasset en punktsverm, heller enn et jevnt varierende tyngdefelt. Dette influerer imidlertid

ikke på tolkninger av dekketykkelse. Den skarpe gradienten over den nordlige delen av Skjøtingendekket tyder på at denne lagpakken av grønnsteiner og amfibolitter er steiltstående med et fall mot sør-sørøst. Dekkebergartene i sørøst mot Tømmerásantiklinalen viser et fall mot nordvest.

Den modellberegnete dekketykkelsen vil avhenge av amplituden på (tolket) residualfelt og tetthetskontrastene som er anvendt. Maksimal tykkelse på Størendekket er trolig 4 til 6 km i området. Generelt sett kan det se ut som om dekkebergartene danner en synform i området slik at det er en mulig sammenheng mellom Skjøtingendekket (kropp nr. 1 i modellberegningen) og grønnsteinene innenfor Størendekket lengre sørvest som er representert ved kropp nr. 10. Formen på kropp 3 skal man ikke ta hensyn til, kroppen er bare lagt inn for å unngå ende-effekter i modellberegningen. Dette gjelder også kropp nr. 9.

4.4 Tolkning av elektromagnetiske data målt fra helikopter

4.4.1 Preliminær tolkning

Det er foretatt en preliminær tolkning av elektromagnetiske data målt fra helikopter. Tolkningen er gjort på grunnlag av rådata og et foreløpig kart som viser tilsynelatende resistivitet.

Øvre marine grense er ca. 170 meter o.h. i det området som kartblad Steinkjer omfatter. Betydelige deler av området, spesielt i sør og vest, ligger under den marine grense. Kvartærgeologisk kart over området (Sveian 1988) viser at store deler er dekket av marine strandavsetninger og hav- og fjordavsetninger. Videre viser det topografiske kartet (NGO 1974) at deler av området er preget av myrlendt terreng. Dessuten må den sørlige og vestlige delen av kartblad Steinkjer betegnes som et kulturlandskap; herunder Steinkjer by med omkringliggende jordbruksbygder. De nevnte faktorer har betydning for de elektromagnetiske målinger som er utført med helikopter. Elektrisk ledende overdekke vil gi elektromagnetiske anomalier som vil skjule responsen fra eventuelle elektriske ledere i berggrunnen under overdekket.

Veier, jernbanelinjer, elektrisk ledningsnett o.l kan gi opphav til elektromagnetiske anomalier. For nærmere beskrivelse av innsamling og prosessering av elektromagnetiske data målt fra helikopter henvises det til teknisk rapport (Mogaard 1989).

Fra den preliminnære tolkningen kan noen hovedtrekk oppsummeres. Bunn sedimentene i Reinsvatnet, Fossemvatnet, Snåsavatnet og Lømsen er tydelig elektrisk ledende, noe som indikerer marine avsetninger. I den sørligste delen av Gilten og Rørdalsbukta tyder dataene på at bunn sedimentene er elektrisk ledende, dette til tross for at området ligger over den øvre marine grense. Den sørlige og vestlige delen av kartbildet domineres av marine avsetninger. I den nordvestlige delen av området fremkommer flere anomalier som kan tyde på elektrisk ledende materiale i berggrunnen. Det er ikke blitt foretatt en detaljert og systematisk gjennomgang av alle de elektromagnetiske dataene, men på grunnlag av det foreløpige resistivitetskartet er to aktuelle objekt påvist av O.Kihle:

- (1) En elektromagnetisk anomali opptrer på nordsiden av Gilteelva ca. 1 km vest for Tommerdalsbukta. Anomalien vises på 3 helikopterprofil og den indikerer en relativ god elektrisk leder. Bergartene i området er kartlagt som gneiser med granittisk til granodiorittisk sammensetning. Anomalien bør undersøkes nærmere og eventuelt oppfølges med bakkegeofysikk.
- (2) En elektromagnetisk anomali sør for Rørvatn. Undersøkelse og oppfølging omtales i kap. 4.4.2

4.4.2 Geofysisk og geologisk oppfølging av EM-anomalier ved Rørvatn

På grunnlag av det tilsynelatende resistivitetskartet som er omtalt i kap. 4.4.1 og et nærmere studium av responsen for de ulike frekvensene, påviste O.Kihle en tydelig EM-anomali. Anomaliens geografiske beliggenhet er ca. 1 km sør for Rørvatn i Namdalseid kommune; nærmere bestemt på nordøst-siden av Svartåsen (iflg. kartblad 1723 3 - 1:50000) eller Langseterhalla (iflg. Økonomisk kartverk CT145 - 1:10000). Det aktuelle området er avmerket på tegn.nr. 2 i app. D. Foreløpig berggrunnskart (Tietzsch-Tyler & Roberts 1985) viser at anomalien opptrer i metasedimentære bergarter som tilhører

Skjøtingendekket. Bergartenes strøkretning er ØSØ-VNV, og med 35-45 fall mot NNØ.

Responser for de ulike frekvensene langs helikopterprofilene over det aktuelle området er vist på tegn.nr. 3 i app. D. Figuren viser den elektromagnetiske responsen i ppm for de 4 frekvenser (923 Hz og 4551 Hz koaksialt system, og 4287 Hz og 34164 Hz koplanart system). Heltrukne linjer angir reellkomponenter og stiplede linjer imaginærkomponenter. En indikasjon på at anomaliårsaken er en god elektrisk leder i berggrunnen er at reelldelen har høyere respons enn imaginærdelen, og at responsen viser en enkeltstående skarp anomali. Anomalien kan følges over 4 profil fra sør mot nord, noe som indikerer at det ledende materialet har en utstrekning på minst 1 km. Det er mulig at anomaliårsaken fortsetter videre nordøstover, men responsen fra kvartære marine avsetninger skjuler her en eventuell respons fra en elektrisk leder i berggrunnen. Dette kommer til uttrykk ved kurvenes signaturer og ved at imaginærdelen har større respons enn reelldelen. De 3 nordligste profilene tyder på at anomaliårsaken har strøkretning SØ-NV. Det sørligste profilet kan indikere at anomaliårsaken bøyer av mot sør, eller at det er to adskilte legemer som gir anomalibildet. Den asymmetriske kurveformen til reellkomponenten av koaksial 4551 Hz (heltrukket rød linje), tyder på at anomaliårsaken er en plate med svakt til moderat fall mot nordøst. Videre er responsen til det koplanare systemet (for 4287 Hz) 2 til 4 ganger større enn responsen til det koaksiale systemet (for 4551 Hz). Dette kan også forklares med en platemodell.

Geofysisk avdeling besluttet sammen med leder for Nord-Trøndelagsprogrammet å følge opp den elektromagnetiske anomalien med bakkemålinger. I oktober -89 ble det i felt målt 8 VLF-profiler med lengde fra 125 til 675 meter. Utgående av anomaliårsaken ble klart definert ved VLF-målingene. Etterfølgende boring av 3 hull med total lengde på 23.8 meter ble utført med packsack borutstyr. Prøver fra boringene blir kjemisk analysert m.h.p gull og ca. 30 andre elementer. Foreløpige resultater fra oppfølging i felt tyder på at anomaliårsaken er et stratatabundet lag med kismineralisering. Den elektriske ledningsevnen skyldes trolig magnetkis. Våren 1990 vil det bli publisert en egen rapport som omhandler den geofysiske og geologiske oppfølgingen ved Rørvatn (NGU-rapport nr. 90.003)

5. KONKLUSJON

De aeromagnetiske tolkningskartene omfatter magnetiseringsmønster, -kontakter og -nivåer. På kartene er fallangivelser inntegnet på grunnlag av de magnetiske anomaliens kurveform og ved hjelp av EDB-baserte modellberegninger. Kartene viser også de tektonostratigrafiske enhetenes utstrekning på overflaten. I gneisområdet tilhørende Nordlige Vestranden er høymagnetiske metagabbroer/ -amfibolitter blitt kartlagt. Disse bergartene var ikke kartlagt på det preliminære berggrunnskartet. Det aeromagnetiske kartet antyder en direkte sammenheng mellom Skjøtingendekket og de metasedimentære bergartene som er kartlagt lengre nordvest i den vestlige gneisregionen. Dette kan kartlegges mer i detalj ved detaljert gravimetri og ved seismiske undersøkelser. Fra de aeromagnetiske dataene fremgår tydelig grensene mellom de lavmagnetiske metasedimentene og de omkringliggende grønnsteinene og ortogneisene som viser middels til høy magnetisering.

Tolkning av magnetiske dislokasjoner viser to hovedretninger:

- 1) Nordøst - sørvest (sammenfallende med Møre-Trøndelag-forkastningssonen)
- 2) Nord til nordvest - sør til sørøst

I området som dekkes av kartblad Steinkjer indikerer tolkningen av magnetiske dislokasjoner sammen med VLF-profilene at Møre-Trøndelag-forkastningssonen opptrer som et forkastningssystem med flere parallelle til subparallelle forkastninger.

En gravimetrisk tolkning er gjort langs et profil med retning NV-SØ. Maksimal tykkelse på Størendekket er trolig 4-6 km i området. Generelt sett kan det se ut som om dekkebergartene danner en synform. Fra modellberegningene kan det se ut som om det er en direkte sammenheng mot dypet mellom Skjøtingendekket og grønnsteinene innenfor Størendekket lengre sørvest.

Ved en preliminær tolkning av elektromagnetiske data målt fra helikopter er flere EM-anomalier blitt påvist. Det er foretatt feltoppfølging (bakkegeofysikk, geologisk arbeid og boringer) for å identifisere kildene til EM-anomalier ved Rørvatn i Namdalseid kommune. Foreløpige resultater fra oppfølging i felt tyder på at anomaliårsaken er et stratabundet lag med kismineralisering. Den elektriske ledningsevnen skyldes trolig magnetkis. Prøver fra boringene vil bli analysert på blant annet gull. Endelig rapport fra dette arbeidet vil foreligge våren 1990 (NGU-rapport nr. 90.003).

Det har vært et fruktbart samarbeid med berggrunnsgeolog under arbeidet med utgivelsen av berggrunnskart Steinkjer, målestokk 1:50000

Ved videre tolkning av tilgjengelige geologiske og geofysiske data anbefales det å konsentrere seg om følgende problemstillinger:

- (1) Kartlegge en eventuell sammenheng mellom Skjøtingendekket og de metasedimentære bergartene lengre nordvest.
- (2) Kartlegge utbredelse og opptreden av Møre-Trøndelag-forkastningssonen i dette overdekkede området.
- (3) Foreta en detaljert tolkning av de elektromagnetiske data målt fra helikopter for eventuelt å kunne påvise økonomisk interessante forekomster.
- (4) Tolke de radiometriske data målt fra helikopter. Dette dersom det viser seg mulig å sammenstille et kombinert datasett for radiometri.

Trondheim 29. desember 1989
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
Geofysisk avdeling

F. de Fasteland.

Frode Fasteland
Forsker

Jan Reidar Skilbrei

Jan Reidar Skilbrei
Forsker

REFERANSER

Gabrielsen, R.H. & Ramberg, I.B. 1979: Fracture patterns in Norway from Landsat imagery: results and potential use. Proc., Norwegian Sea Symposium, Tromsø, Norwegian Petroleum Society, NNS/23, 1-28.

Gee, D.G., Guezou, J.C., Roberts, D. & Wolff, F.C. 1985: The central-southern part of the Scandinavian Caledonides. In Gee, D.G. & Sturt, B.A. (eds.) The Caledonide Orogen Scandinavia and related areas. John Wiley & Sons, Chichester, 109-133.

Gellein, J. 1985: Gravimetrisk Bougueranomali-kart, Finnmark, M 1:500 000. NGU Rapport 85.219.

Grønlie, A. & Roberts, D. 1987: Dextral strike-slip duplexes of Mesozoic age along the Hitra-Snása and Verran Faults, Møre-Trøndelag Fault Zone, Central Norway. Upubl. NGU Rapport 87.139, 24 s.

Henkel, H. 1975: Studies of density and magnetic properties of rocks from Northern Sweden. Pure & Appl. Geophys. 114, 236-249.

Henkel, H. 1979: Dislocation sets in northern Sweden. Geol. Førh. Stockholm Førh. 100, 271-278.

Henkel, H. 1984: Nordkalottprosjektet - flymagnetisk tolkning i testområdet. Upublisert SGU Rapport 84.04, 22 s.

Henkel, H. 1985: The North Calotte Projectreport on the aeromagnetic interpretation map. Abstract. XV Nordiska geofysikermøte 15.-17. jan. 1985, Esbo, Finland.

Henkel, H. & Mannby, B. 1976: Parametermåtning, instruksjon og dokumentasjon, del II. Rutinmassig parametermatning i laboratoriet SGU. Upubl. rapport.

Hesselstrøm, B. 1987: Gamma 86, User's manual. SGU Rapport 27, 17 s.

Johansson, L. 1986: Basement and cover relationships in the Vestranden Grong-Olden region, Central Scandinavian Caledonides. Unpubl. Dr.phil.thesis, Univ. of Lund, 142 s.

- Kleven, E. & Leistad, R. 1985: Databasesystem for petrofysiske målinger, dokumentasjon. NGU Rapport 85.166, 93s.
- Mogaard, J.O. 1989: Helikoptermålinger Steinkjer. NGU Rapport 89.142.
- Møller, C. 1988: Geology and metamorphic evolution of the Roan area, Vestranden, Western Gneiss Region, Central Norwegian Caledonides. Nor. geol. unders. Bull 413.
- NGO, 1974: Steinkjer, 1723 III, Serie M711, Topografisk kart M 1:50 000, utgave 2-NOR, Norges geografiske oppmåling.
- Oftedahl, C. 1975: Middle Jurassic graben tectonics in Mid-Norway. Proc. Jurassic North Sea Symposium, Stavanger, JNSS/21,1-13.
- Olesen, O. 1985: Petrofysisk laboratorium. Brukerbeskrivelse. NGU Rapport 85.271, 46s.
- Roberts 1985: Hovedtrekk av geologien i Nord-Trøndelag og Fosenhalvøya, NGU Rapport nr 85.274.
- Roberts, D. 1986: Structural-photogeological and general tectonic features of the Fosen-Namsos Western Gneiss Region of Central Norway. Nor. geol. unders. Bull. 407, 13-25.
- Sharma, P.V. 1968: Choice of configuration for measurement of magnetic moment of a rock specimen with fluxgate unit. Geosurveying 6, 101-108.
- Skilbrei, J.R. 1988a: Geophysical interpretation of the Fosen-Namsos Western Gneiss Region and northern part of the Trondheim Region Caledonides, Central Norway. Nor. geol. unders. Special publ. 3, 70-79.
- Skilbrei, J.R. 1988b: Målenøyaktighet og reproducerbarhet ved måling av petrofysiske egenskaper i laboratorium og i felt; med forslag til endringer og utskiftning av instrumenter. NGU Rapport 88.001, 25s.
- Skilbrei, J.R. 1988c: Gravimetrisk Bouguer-anomalikart for Trøndelag (M 1:500 000) og området fra 62° N til 67° N (M 1:1 mill.), med vurdering av metoder for regional-residual separasjon og kvalitativ tolkning av residualkart. NGU Rapport 88.003, 18 s.

Sveian, H. 1988: Steinkjer, 1723 III, kvartærgeologisk kart M 1:50 000, Norges geologiske undersøkelse.

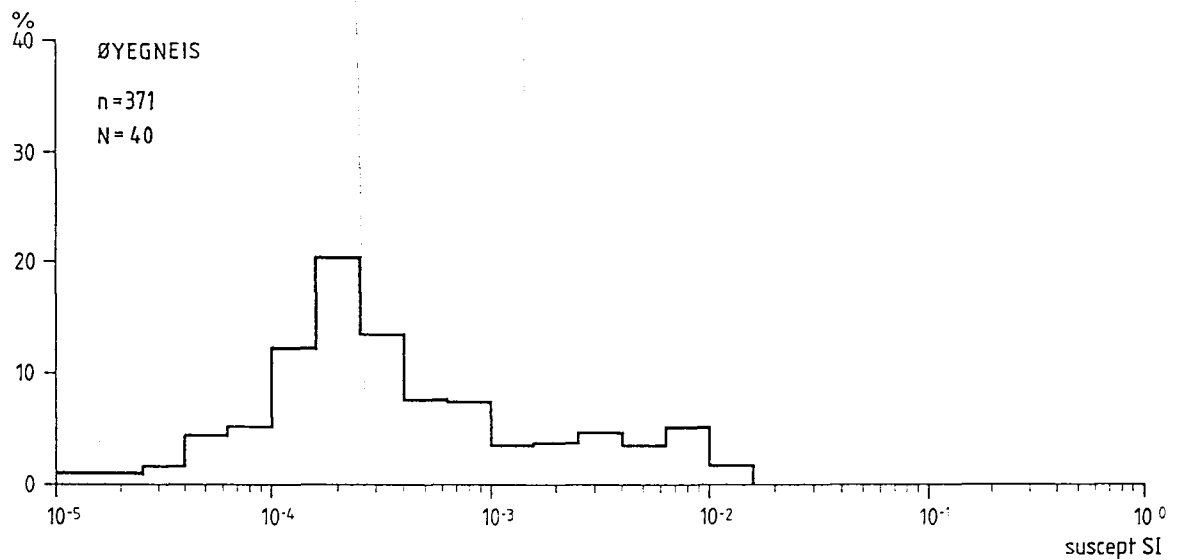
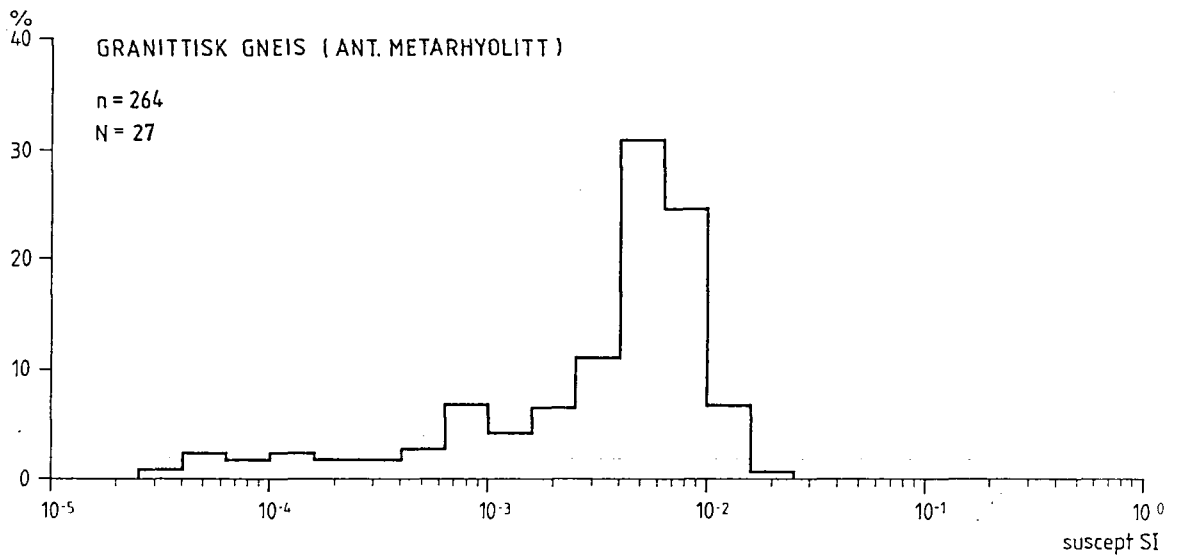
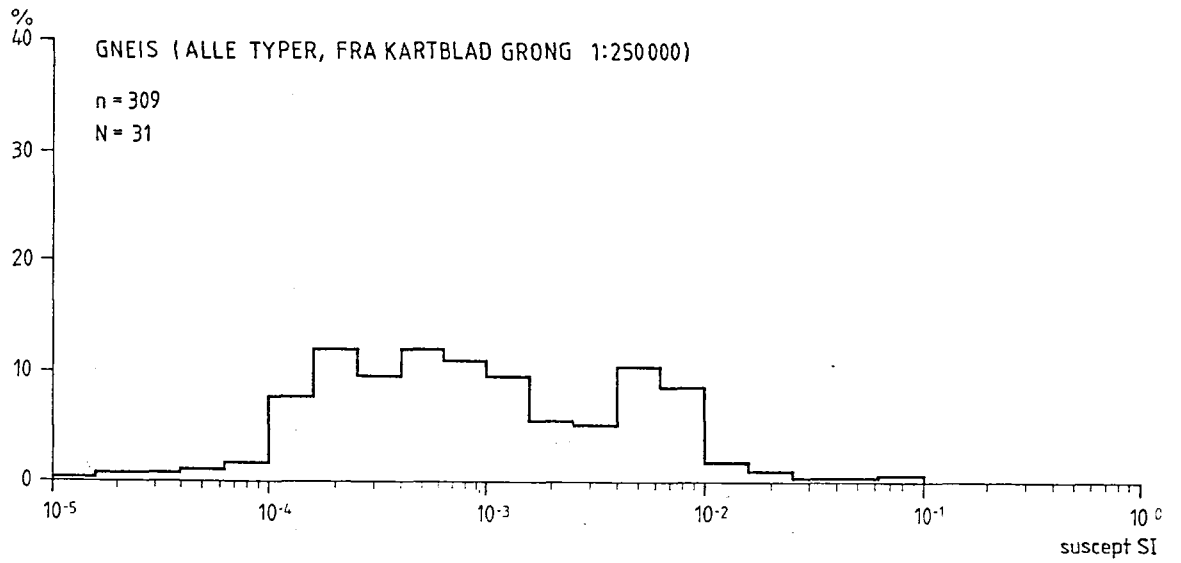
Tietzsch-Tyler, D. & Roberts, D., 1985: Steinkjer berggrunnsgeologisk kart 1723 3 - 1:50 000, foreløpig utgave. Norges geologiske undersøkelse.

Tietzsch-Tyler, D. & Roberts, D., 1989: Steinkjer, berggrunnsgeologisk kart 1723 3 - 1:50 000. Norges geologiske undersøkelse.

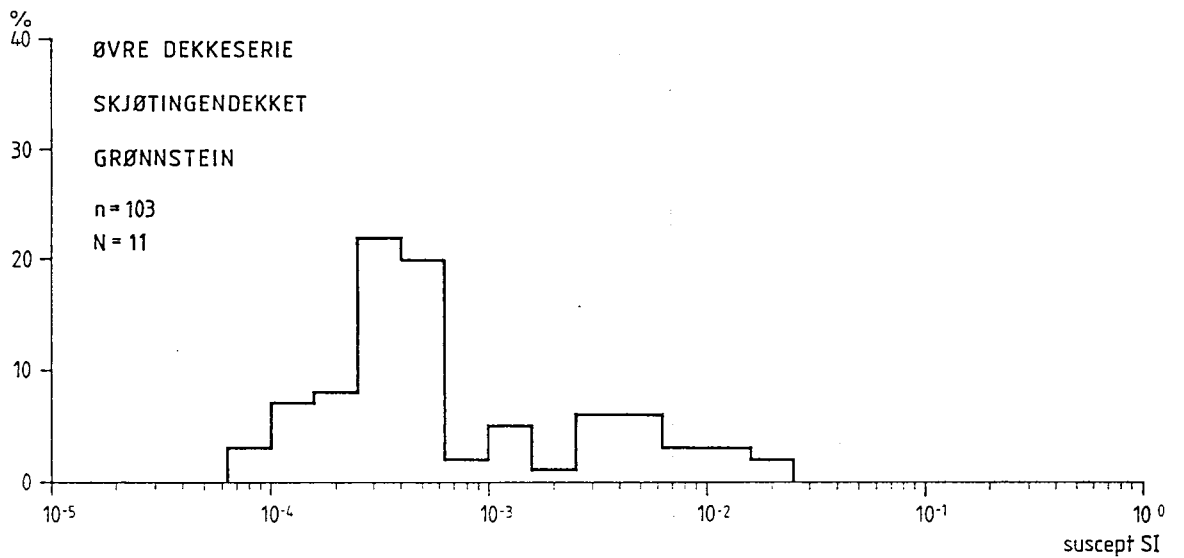
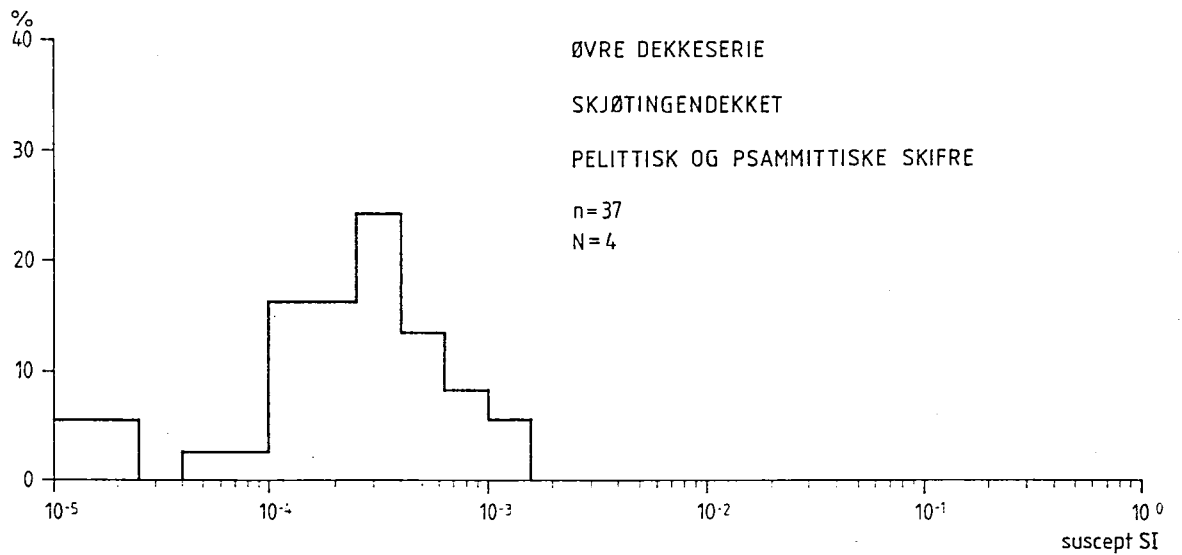
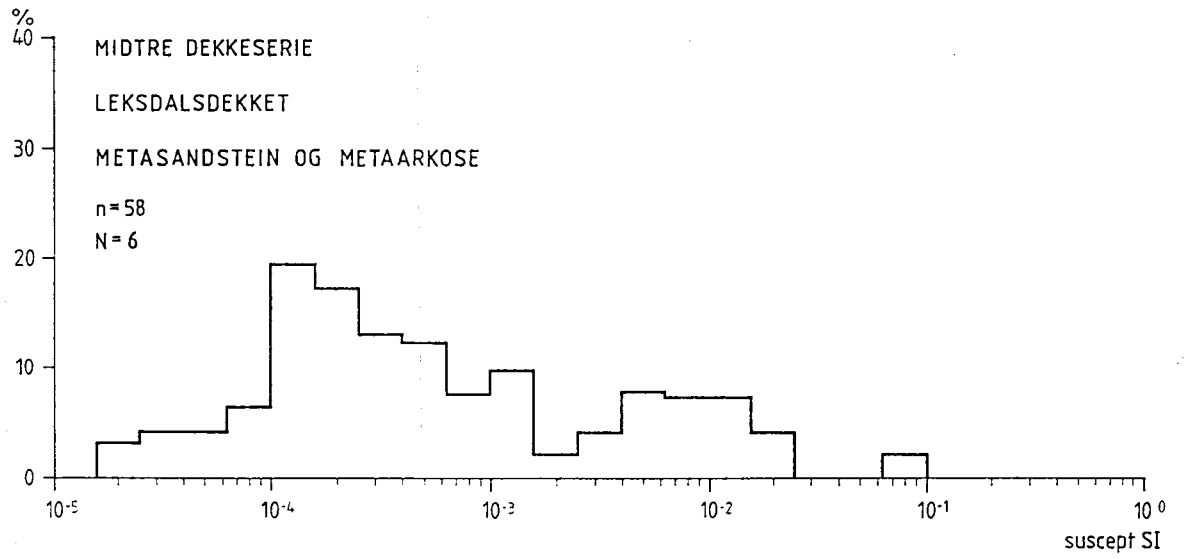
Torsvik, T.H. & Olesen, O. 1988: Petrophysics and palaeomagnetism initial report of the Norwegian Geological Survey Laboratory. NGU Rapport 88.171, 108 s.

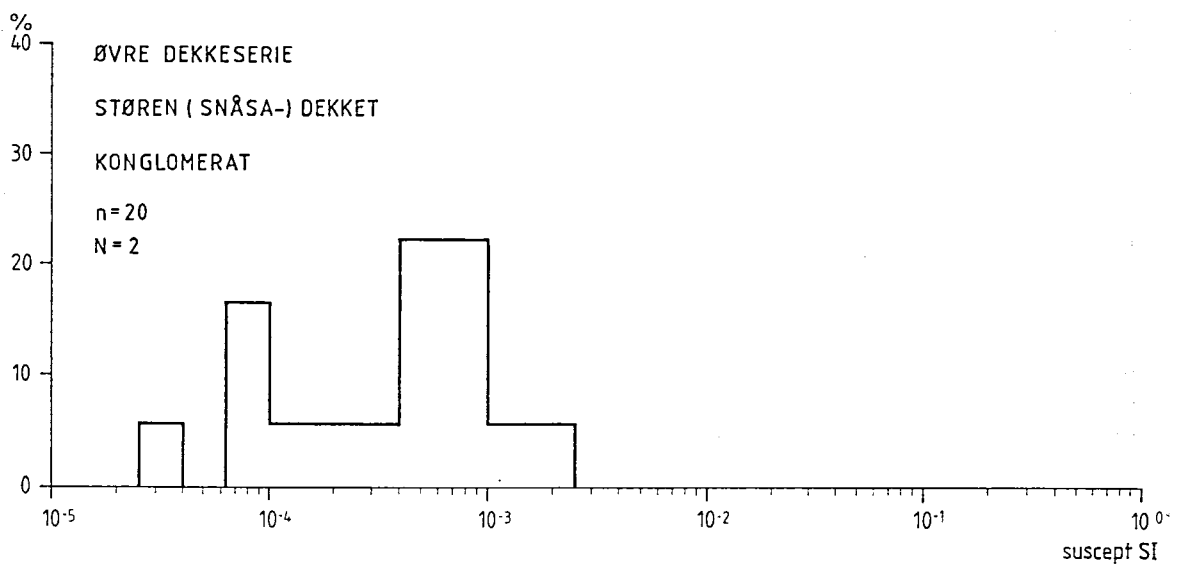
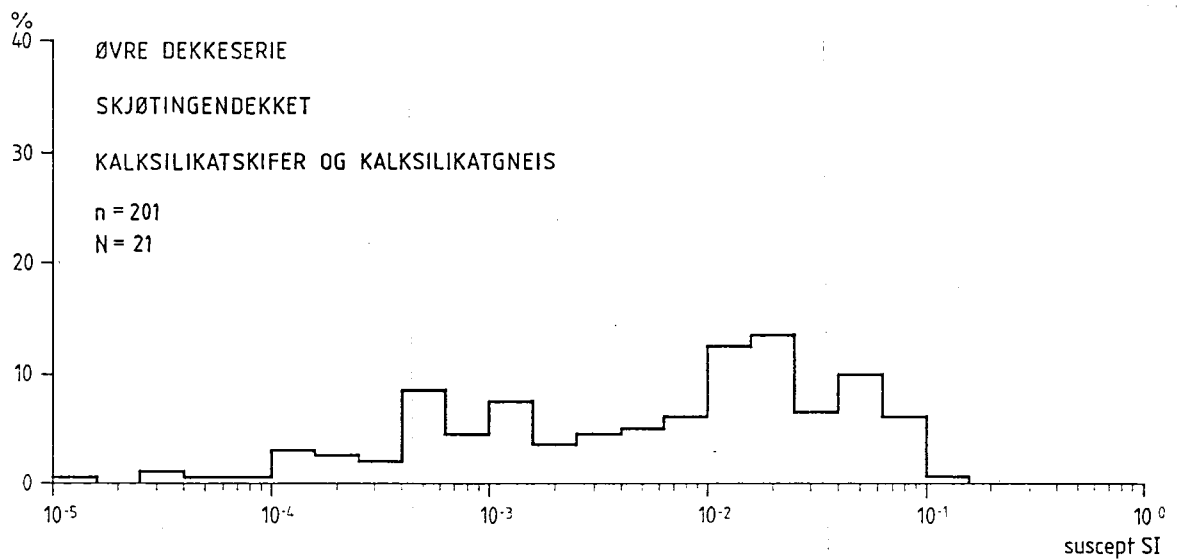
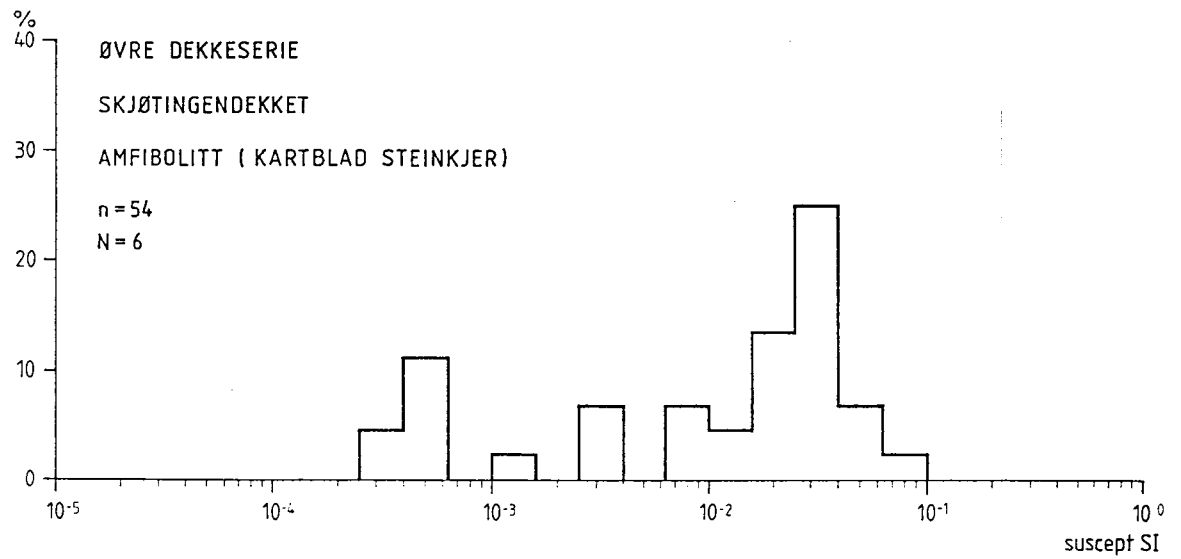
APPENDIKS A
PETROFYSIKK

MAGNETISK SUSCEPTIBILITET, IN - SITU

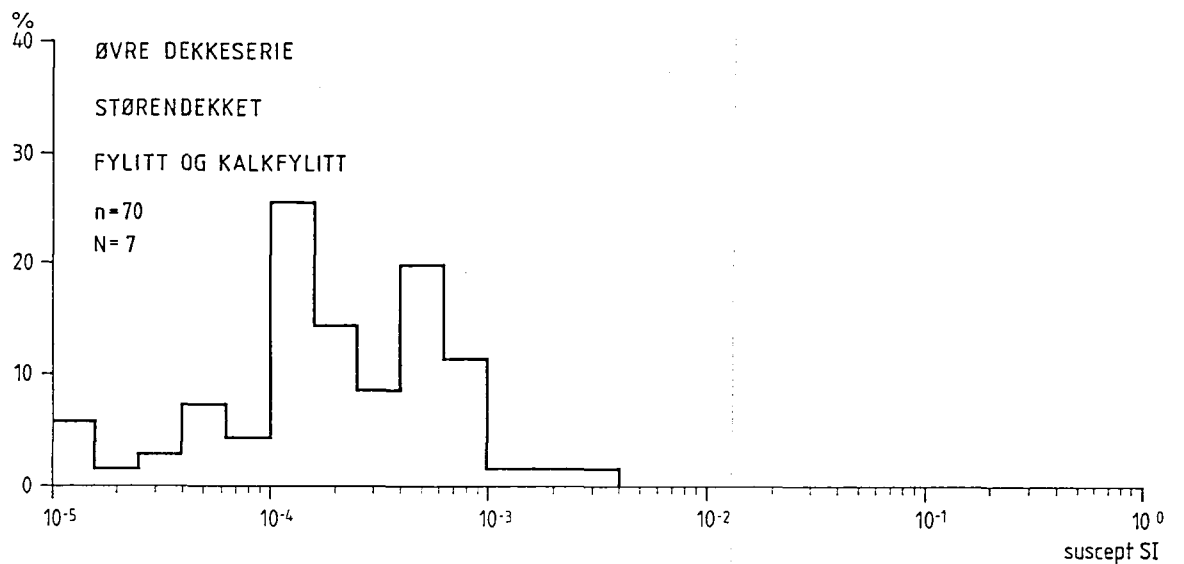
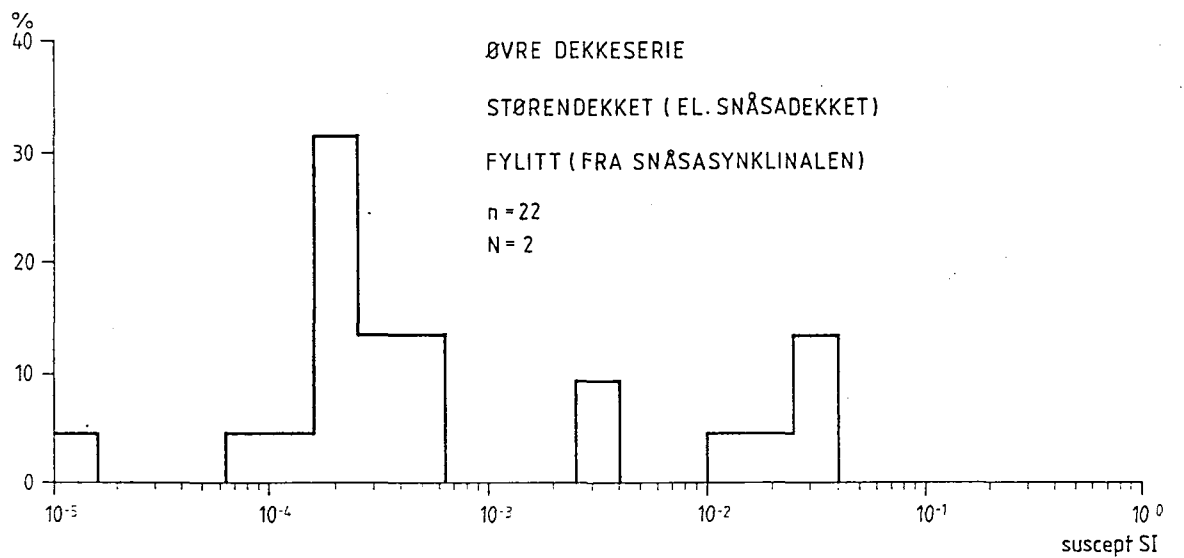
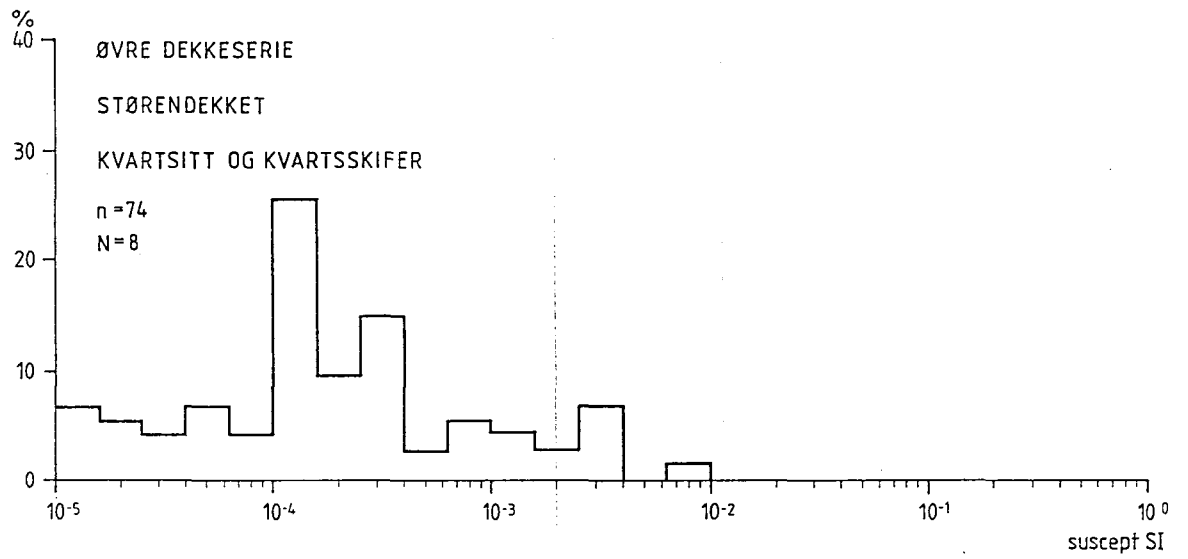


MAGNETISK SUSCEPTIBILITET, IN - SITU

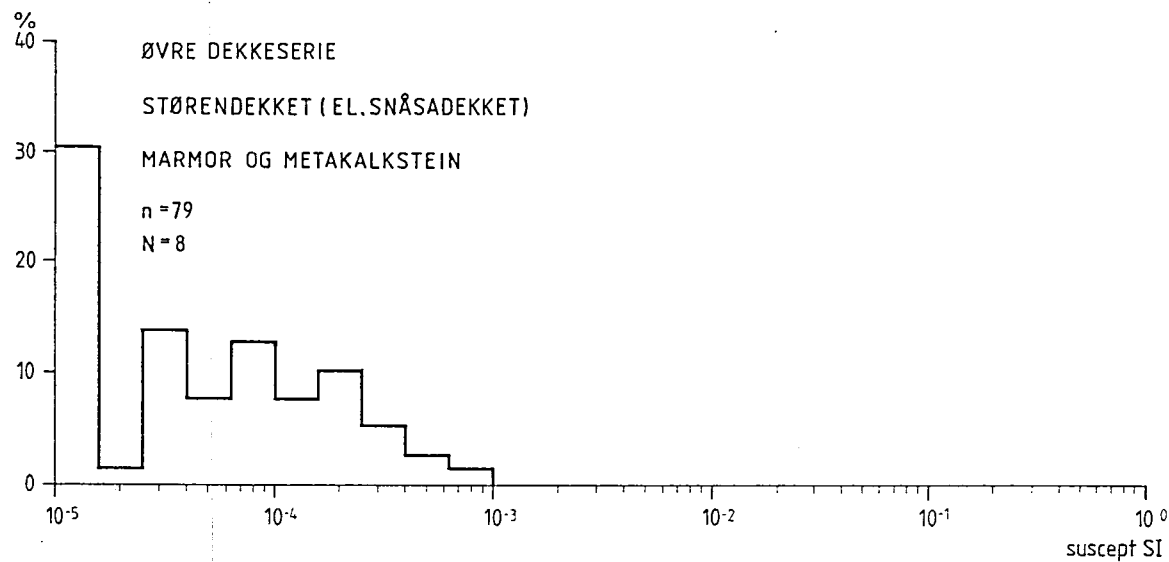
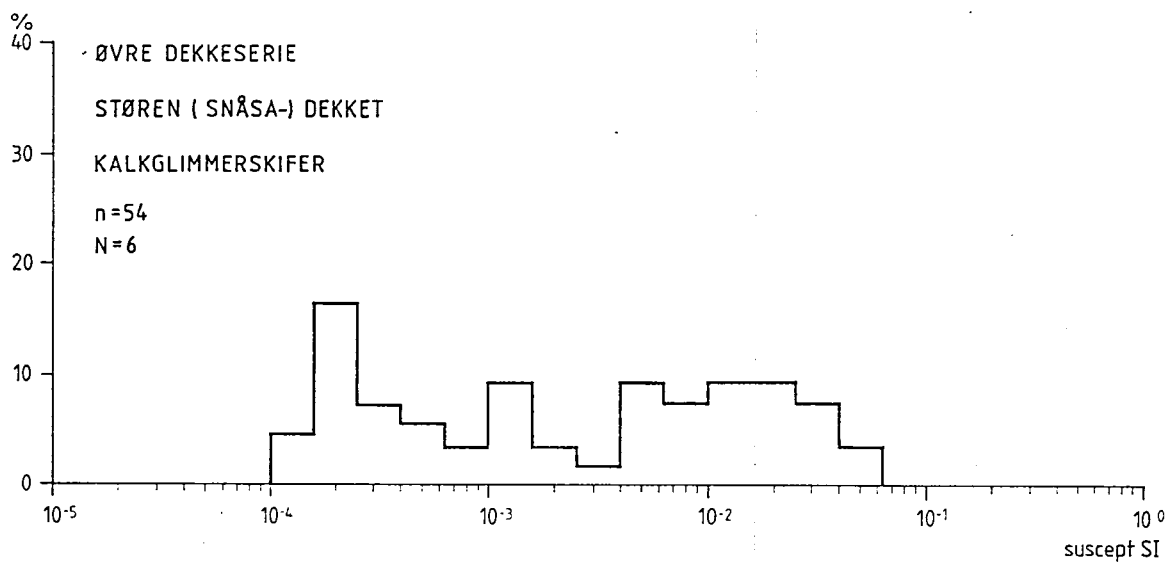
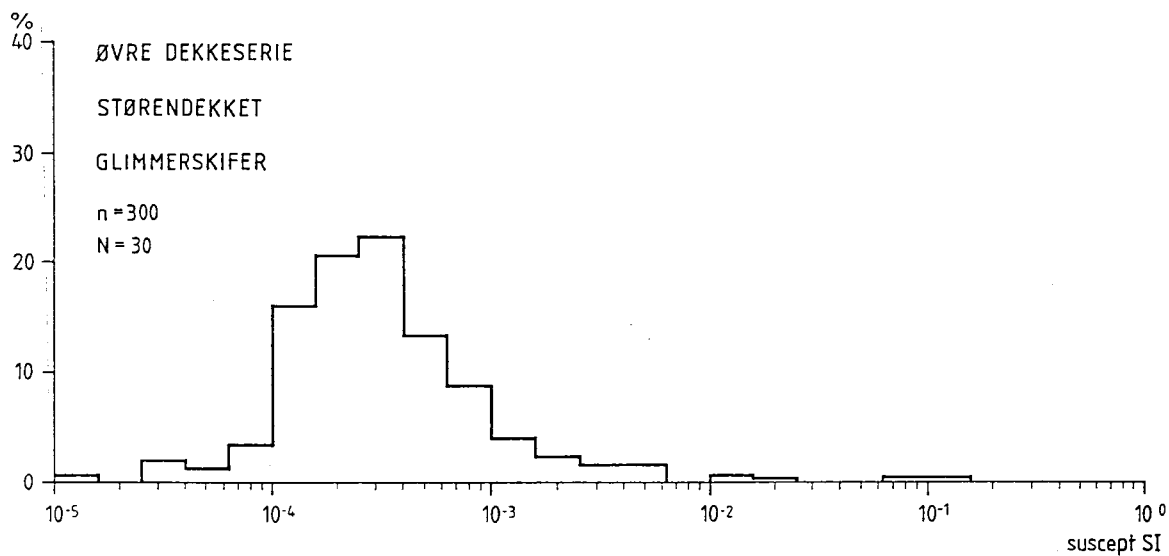


MAGNETISK SUSCEPTIBILITET, IN - SITU

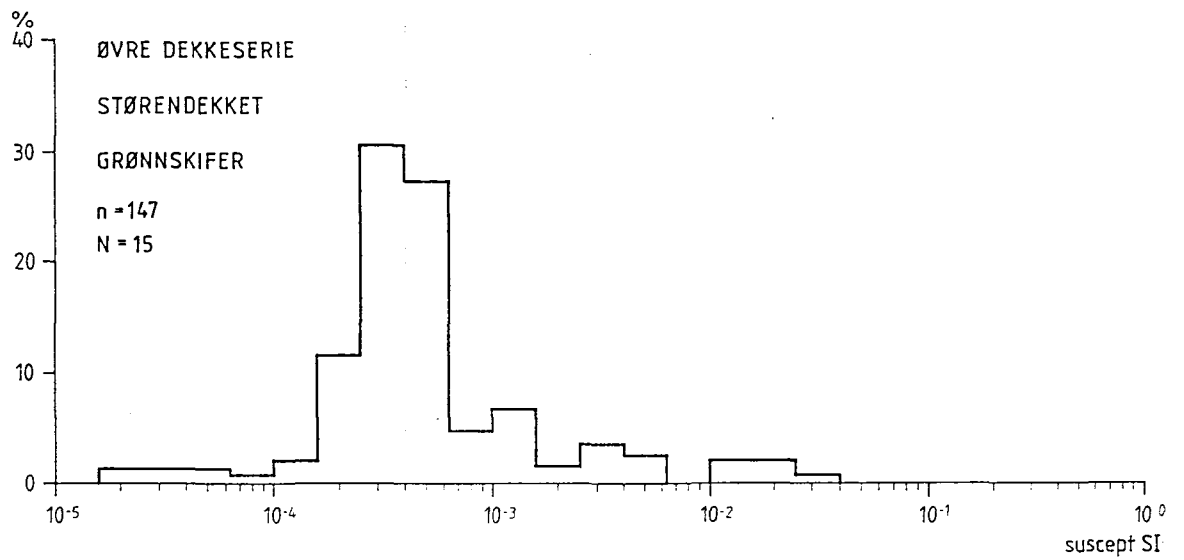
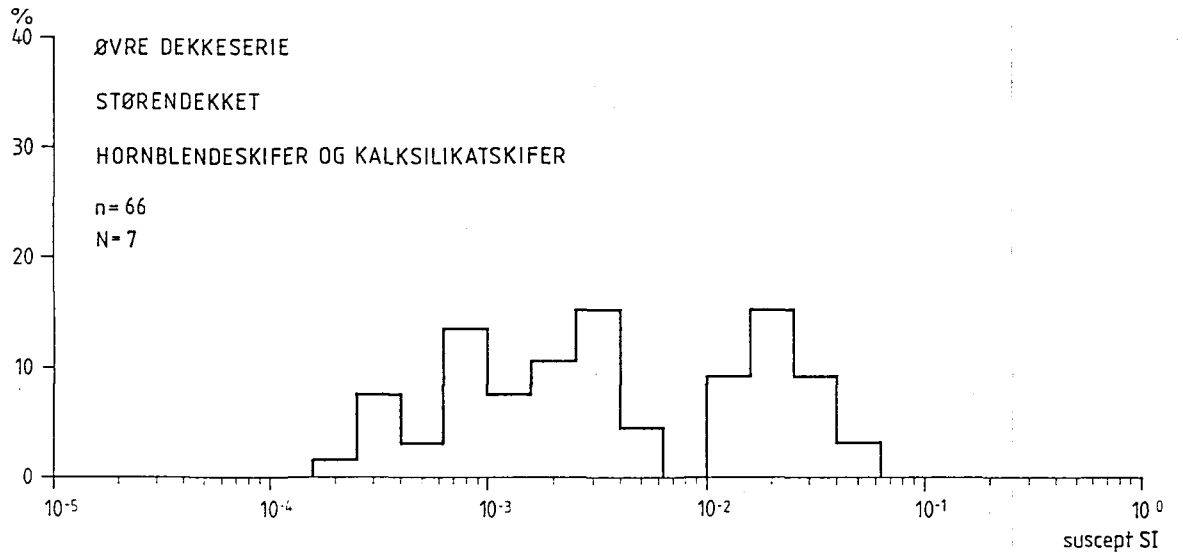
MAGNETISK SUSCEPTIBILITET, IN - SITU



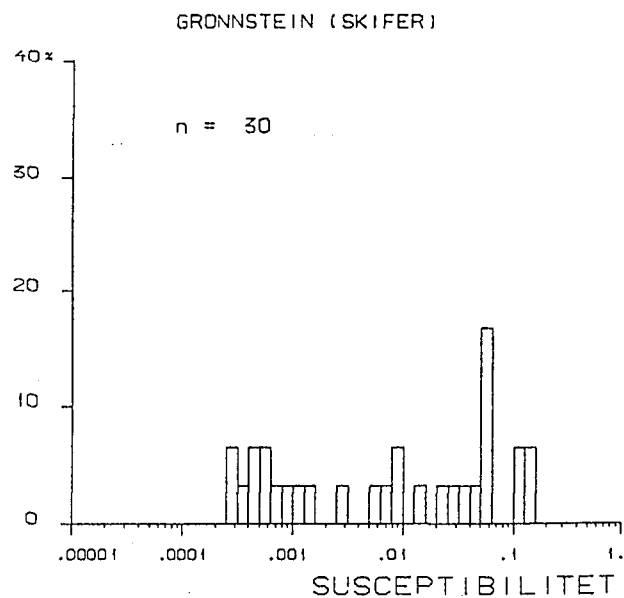
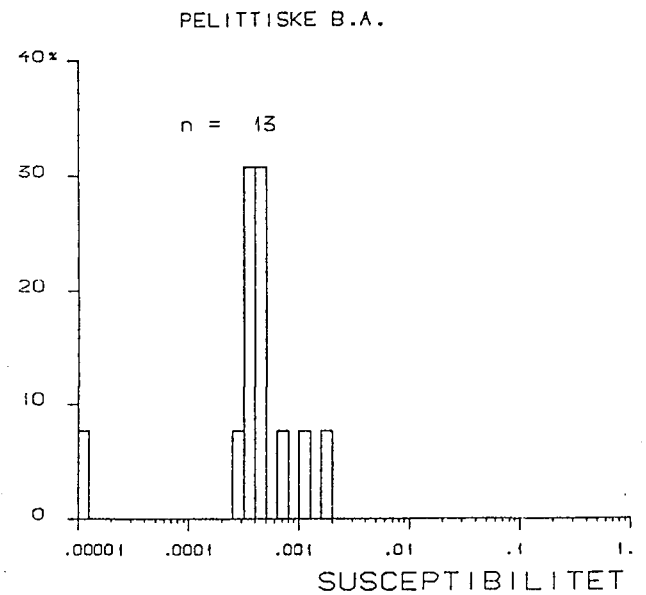
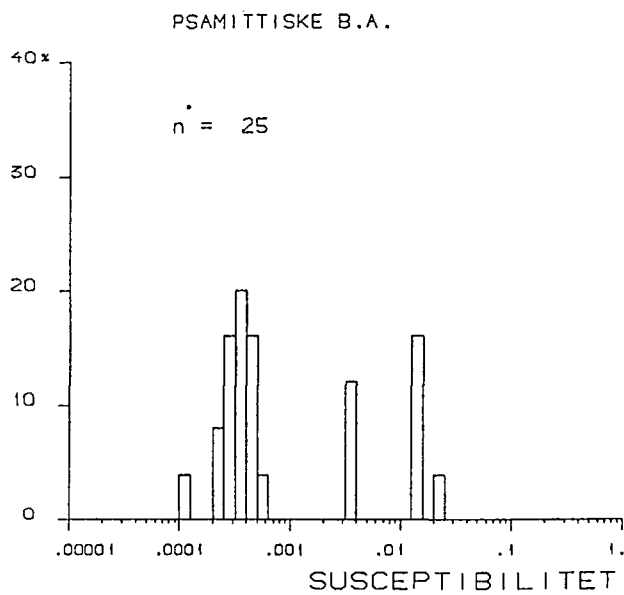
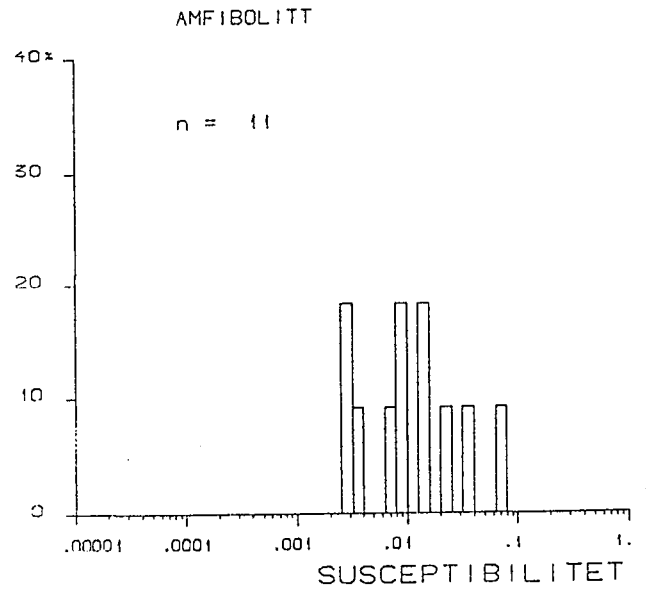
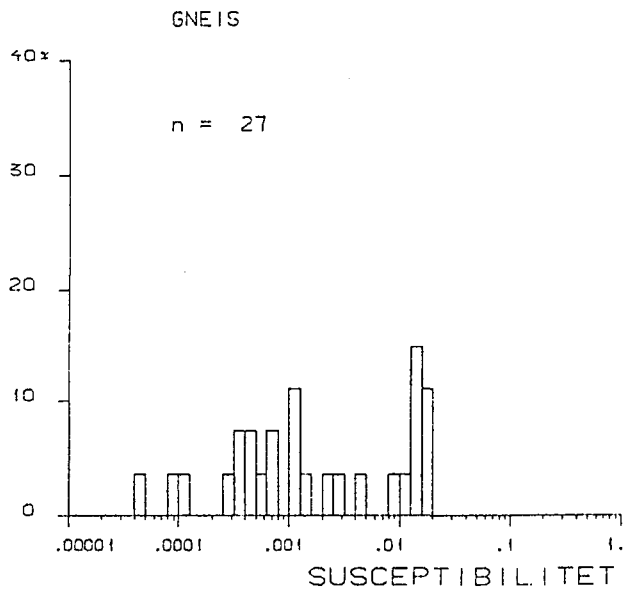
MAGNETISK SUSCEPTIBILITET, IN - SITU



MAGNETISK SUSCEPTIBILITET, IN - SITU

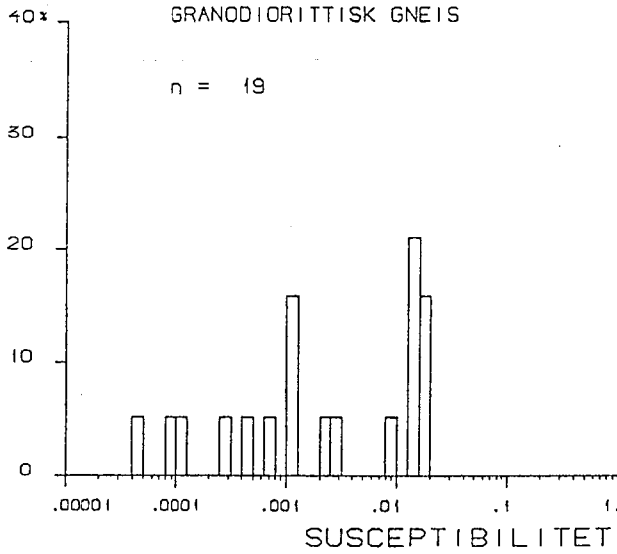


KARTBLAD STEINKJER
MAGNETISK SUSCEPTIBILITET, LABORATORIEMÅLINGER

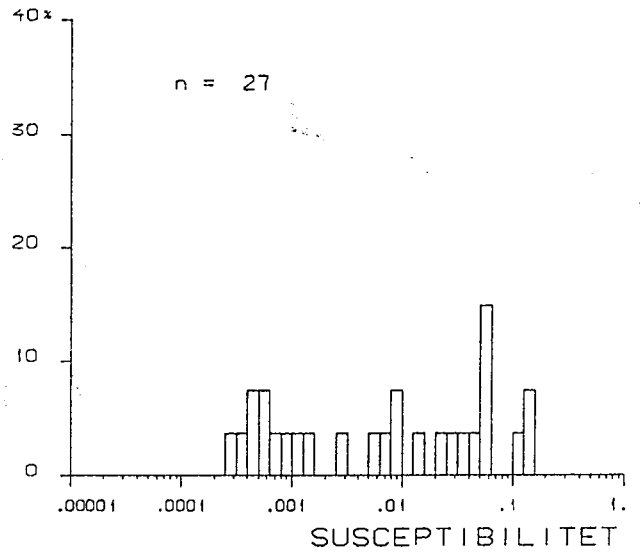


KARTBLAD STEINKJER
MAGNETISK SUSCEPTIBILITET, LABORATORIEMÅLINGER

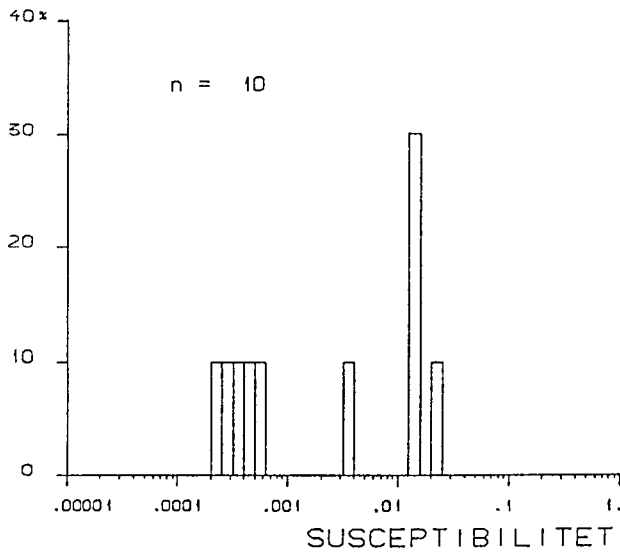
PREKAMBRISKE BA. N-TR.L
 GRANITTISK GNEIS
 GRANODIORITTISK GNEIS



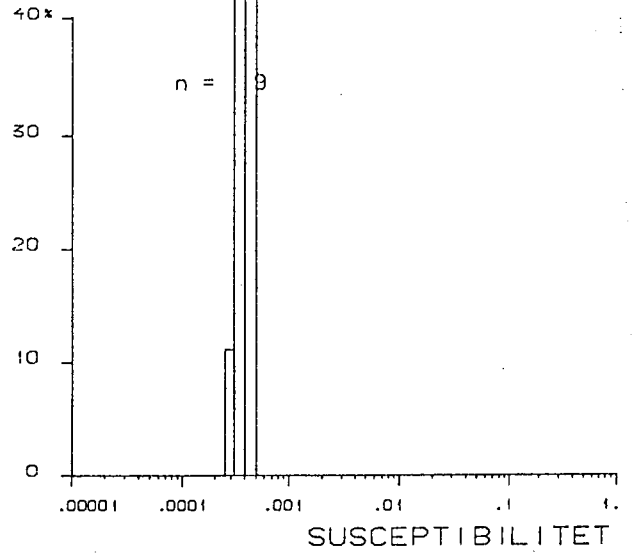
SKJØTINGENDEKKET
 GRØNNSTEIN (SKIFER)



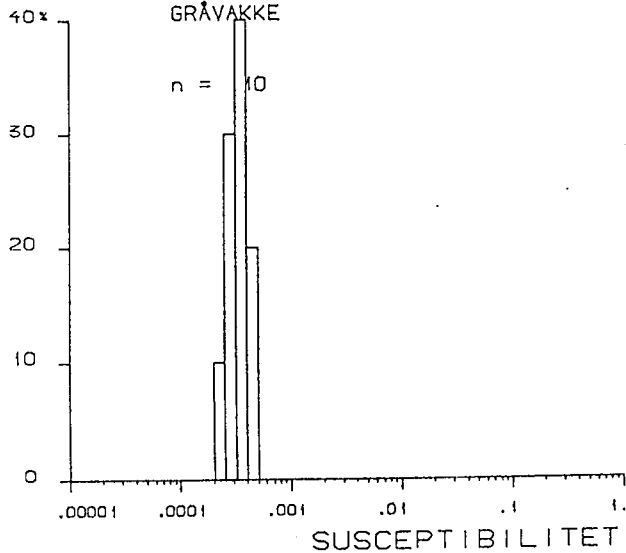
SKJØTINGENDEKKET
 PSAMITTISKE B.A.



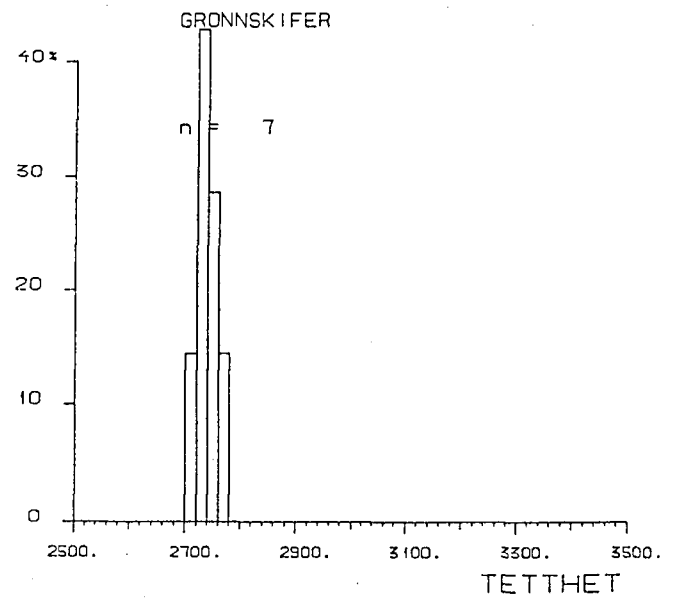
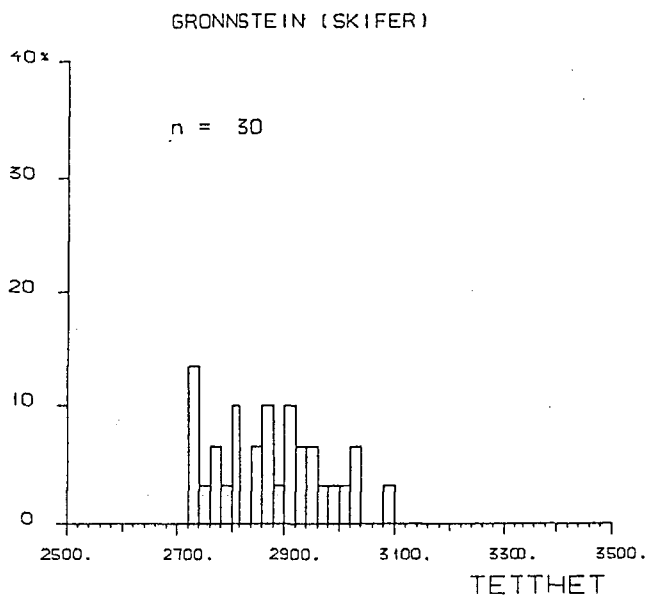
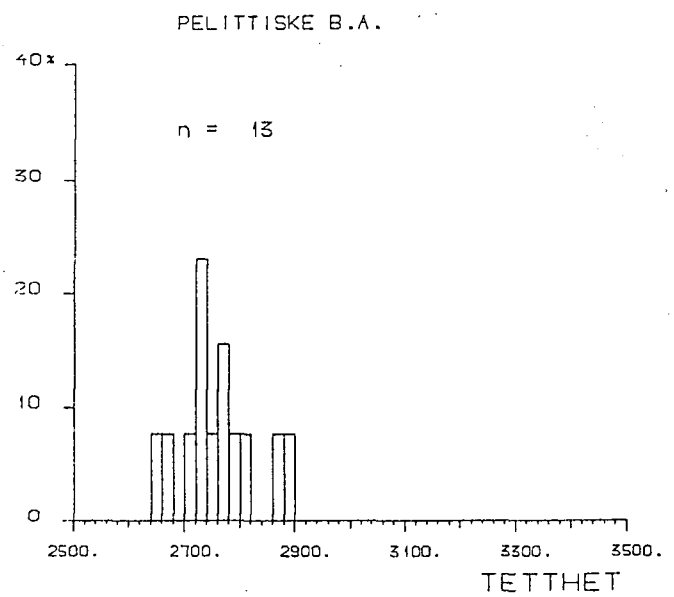
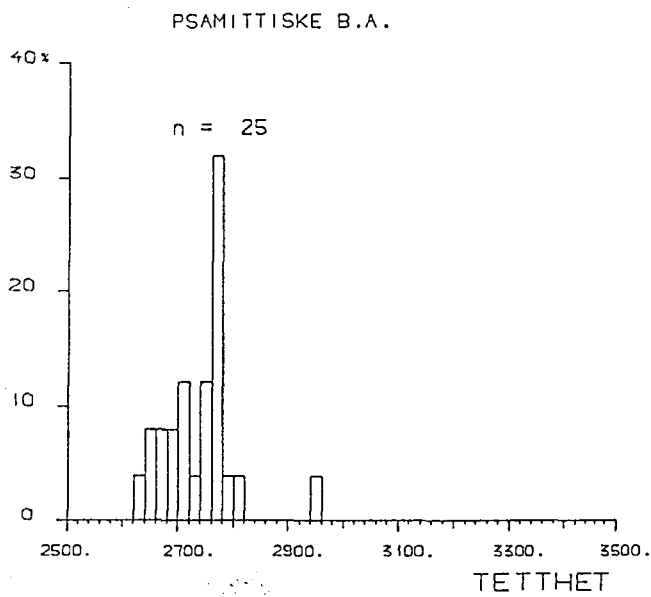
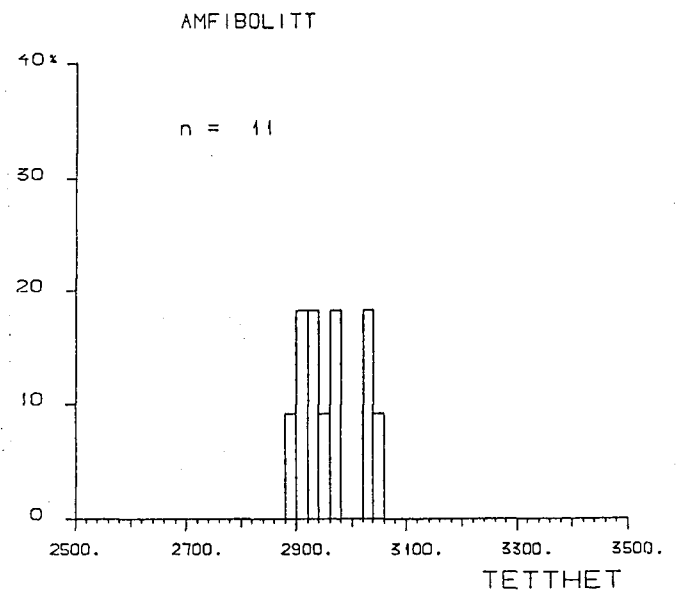
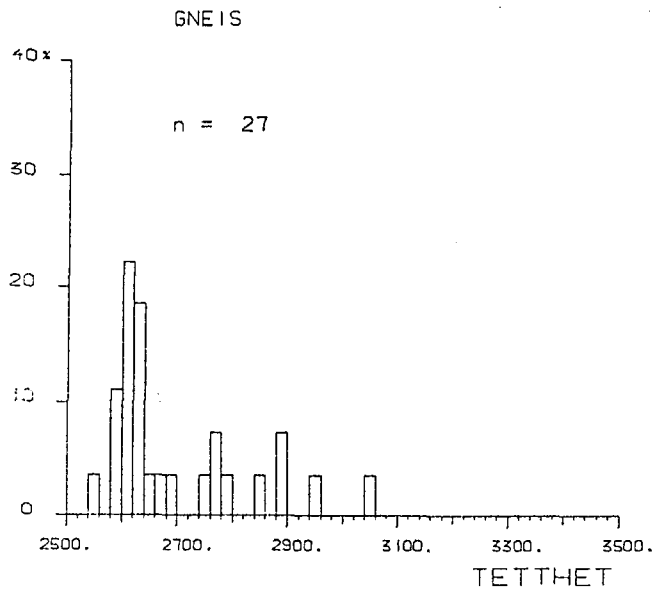
SKJØTINGENDEKKET
 PELITTISKE B.A.



STØRENDEKKET
 KVARTSSANDSTEIN
 GRÅVAKKE

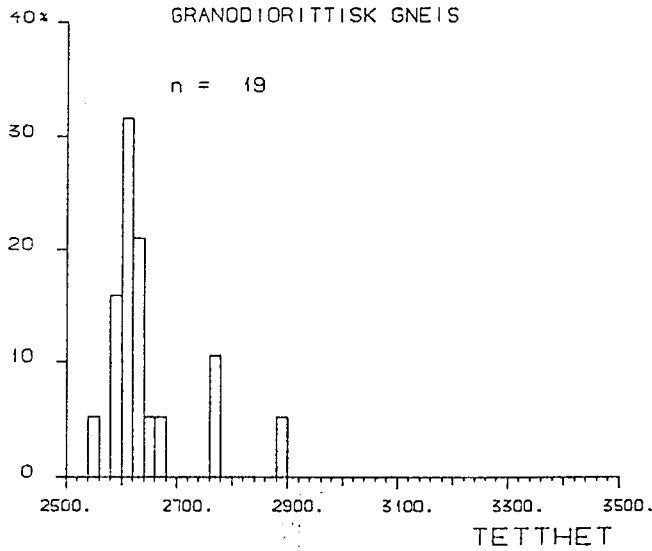


KARTBLAD STEINKJER
TETTHET, LABORATORIEMÅLINGER

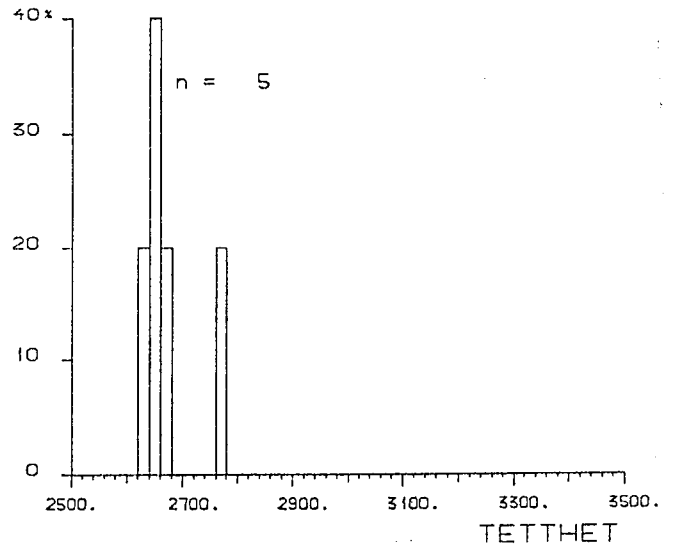


KARTBLAD STEINKJER
TETHET, LABORATORIEMÅLINGER

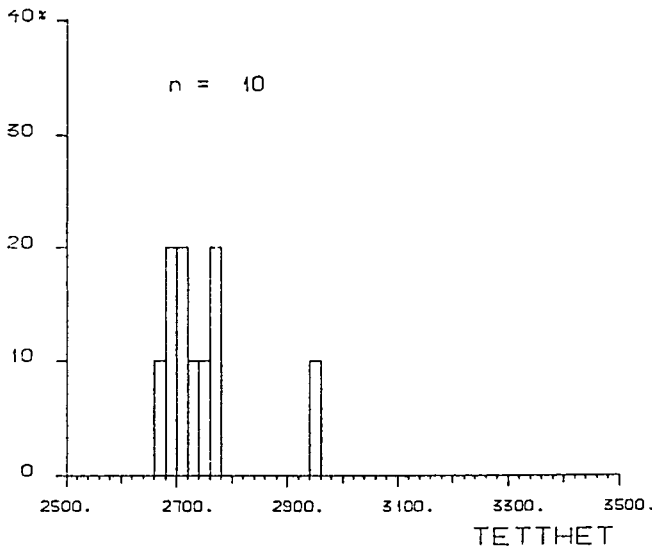
PREKAMBRISKE BA. N-TR.L
 GRANITTISK GNEIS
 GRANODIORITTISK GNEIS



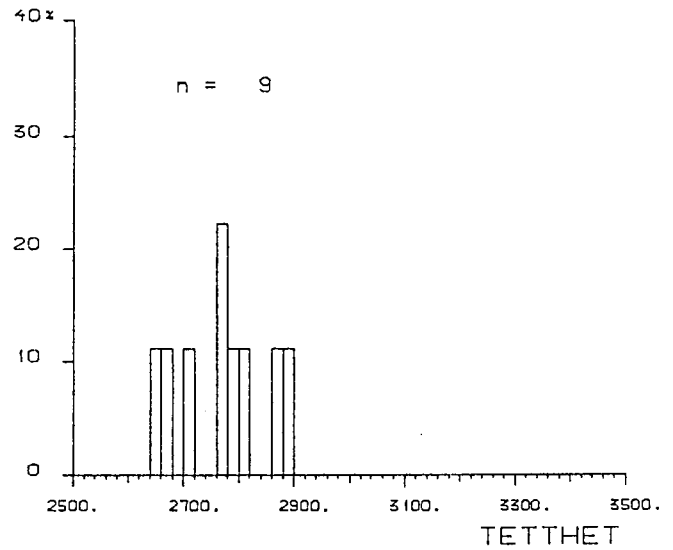
LEKSDALSVATNDEKKET
 PSAMITTISKE B.A.



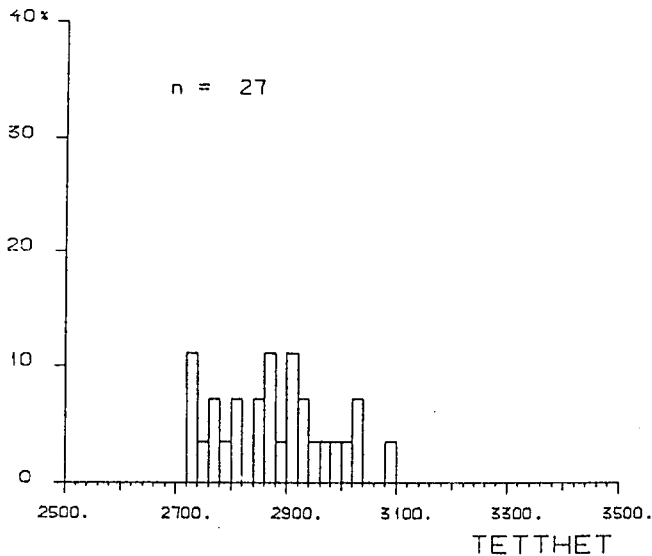
SKJØTINGENDEKKET
 PSAMITTISKE B.A.



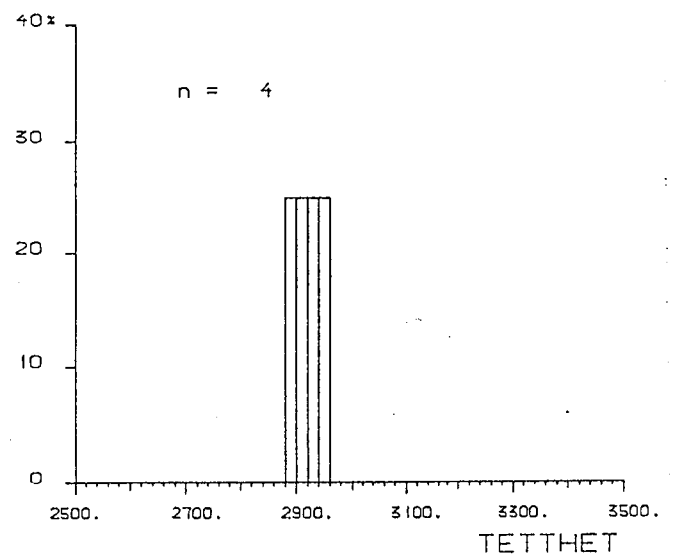
SKJØTINGENDEKKET
 PELITTISKE B.A.



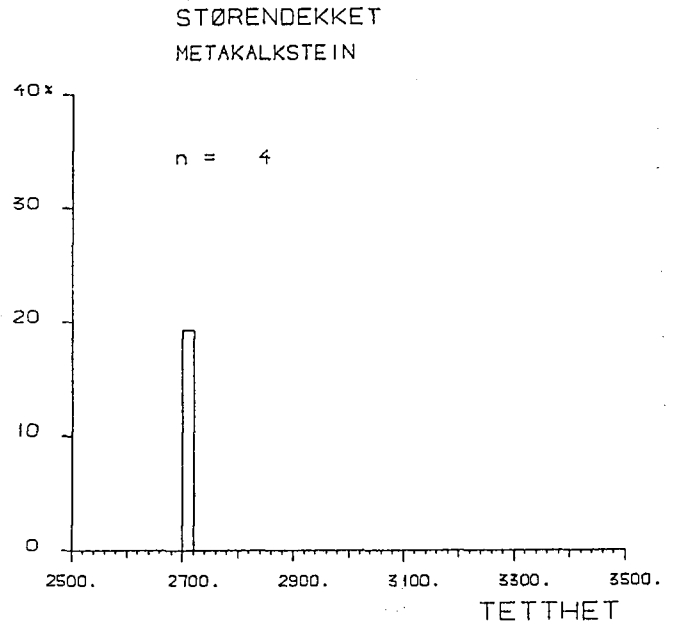
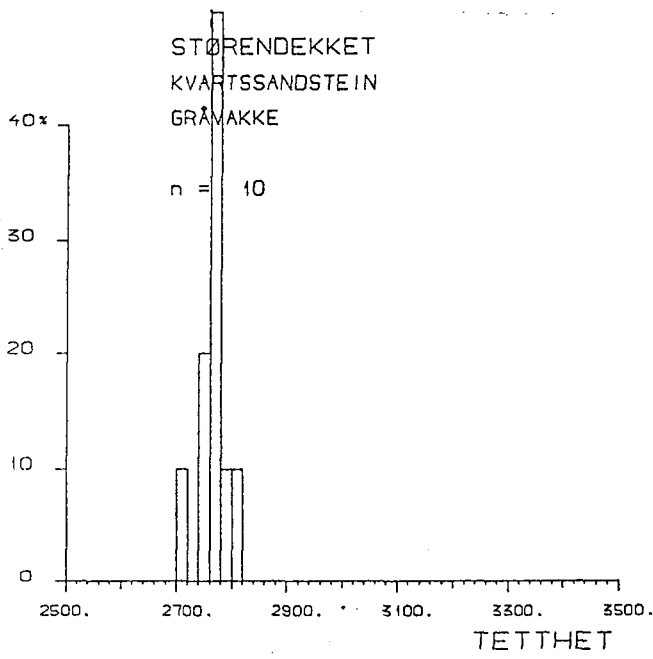
SKJØTINGENDEKKET
 GRØNNSTEIN (SKIFER)



SKJØTINGENDEKKET
 AMFIBOLITT



KARTBLAD STEINKJER
TETTHET, LABORATORIEMÅLINGER



KARTBLAD STEINKJER
STATISTIKKTABELL - PETROFYSIKK

BERGARTSENHET/-TYPE	ANTALL	TETTHET				SUSCEPTIBILITET				QVERDI				
		MIN	MAX	MIDDEL	STD	MIN	MAX	MIDDEL	STD	MIN	MAX	MIDDEL	STD	
Gneis	a	27	2550	3053	2898	126	00005	.01963	.00167	.78327	.02	3.73	.27	.56
	b	17							.00052	.45953				
	c	10							.01223	.16973				
													Antall prøver med OK Q-verdi :	26
Psamittiske b.a.	a	25	2625	2945	2739	64	.00012	.02442	.00092	.70499	.08	14.36	.50	.54
	b	17							.00032	.15174				
	c	8							.00872	.30967				
													Antall prøver med OK Q-verdi :	22
Pelittiske b.a.	a	13	2656	2892	2759	66	.00001	.00160	.00037	.50160	.39	10.09	1.55	.37
	b	13							.00037	.50160				
	c	0							.00000	.00000				
													Antall prøver med OK Q-verdi :	10
Gronnstein (skifer)	a	30	2721	3099	2873	102	.00026	.15148	.00712	.93471	.04	5.65	.28	.52
	b	12							.00065	.28579				
	c	18							.03518	.44600				
													Antall prøver med OK Q-verdi :	24
Gronnskifer	a	7	2713	2776	2738	19	.00027	.03132	.00106	.73835	.56	2.21	.95	.18
	b	5							.00038	.10008				
	c	2							.01407	.34755				
													Antall prøver med OK Q-verdi :	4
Amfibolitt	a	11	2899	3046	2960	48	.00267	.06780	.01021	.43987	.03	.84	.29	.42
	b	2							.00267	.00081				
	c	3							.01375	.38026				

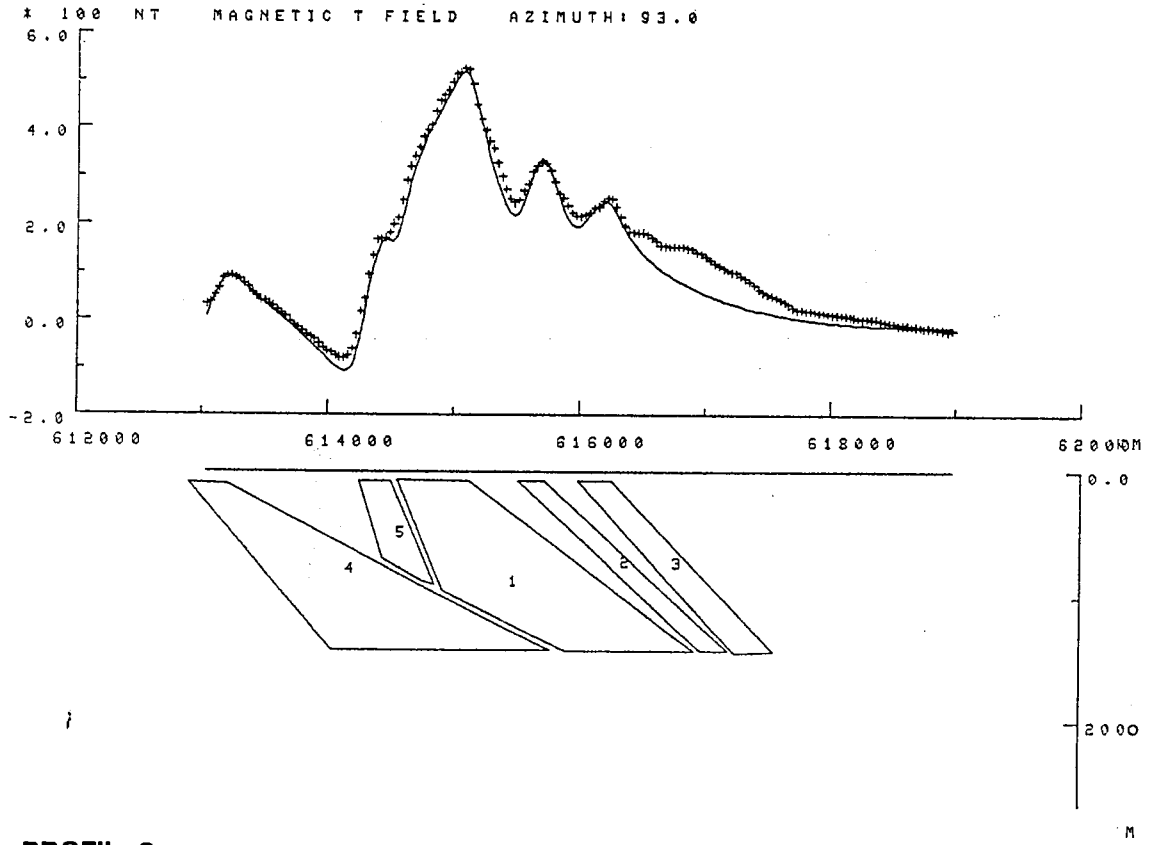
KARTBLAD STEINKJER
STATISTIKKTABELL - PETROFYSIKK

BERGARTSFNHET/-TYPE	ANTALL	TETHET				SUSCEPTIBILITET				QVERDI				
		MIN	MAX	MIDDEL	STD	MIN	MAX	MIDDEL	STD	MIN	MAX	MIDDEL	STD	
PREKAMBRISKE BA. N-TR.L Granittisk gneis	a	17	2550	2895	2631	70	.00005	.01963	.00217	.87908	.02	3.73	.18	.62
	b	9						.00041	.58034					
	c	8						.01422	.08035					
Antall prøver med OK Q-verdi : 16														
PREKAMBRISKE BA. N-TR.L Granodiorittisk gneis	a	2	2765	2771	2768	3	.00105	.00112	.00108	.01401	.32	.43	.37	.06
	b	2						.00108	.01401					
	c	0						.00000	.00000					
Antall prøver med OK Q-verdi : 4														
LEKSDALSVATNDEKKET Kvaritssandstein	a	5	2625	2771	2673	50	.00012	.01351	.00158	.73846	.35	14.36	2.62	.63
	b	2						.00023	.27714					
	c	3						.00577	.26178					
Antall prøver med OK Q-verdi : 4														
SKJØTINGENDEKKET Amfibolitt	a	4	2899	2948	2923	20	.00268	.06780	.01057	.50726	.13	.84	.34	.29
	b	1						.00268	.00000					
	c	3						.01670	.43041					
Antall prøver med OK Q-verdi : 9														
SKJØTINGENDEKKET Psamittiske b.a.	a	10	2676	2945	2745	73	.00022	.02442	.00196	.78998	.10	2.11	.32	.38
	b	5						.00034	.14817					
	c	5						.01118	.28520					
Antall prøver med OK Q-verdi : 9														
SKJØTINGENDEKKET Pelittiske b.a.	a	9	2656	2892	2771	77	.00028	.00050	.00039	.08105	.39	2.49	.96	.26
	b	9						.00038	.08105					
	c	0						.00000	.00000					
Antall prøver med OK Q-verdi : 7														
SKJØTINGENDEKKET Keratofyr/kvaritser.	a	4	2631	2694	2667	24	.00017	.00847	.00091	.66662	.40	3.81	.99	.40
	b	3						.00043	.41850					
	c	1						.00847	.00000					
Antall prøver med OK Q-verdi : 23														
SKJØTINGENDEKKET Gronnstein (skifer)	a	27	2730	3099	2878	101	.00028	.15148	.00678	.90386	.04	5.65	.28	.55
	b	11						.00071	.27102					
	c	16						.03215	.45505					
Antall prøver med OK Q-verdi : 23														
STØRENDEKKET Gronnskiifer	a	5	2713	2756	2733	14	.00027	.03132	.00166	.79471	.56	2.21	.95	.21
	b	3						.00040	.11996					
	c	2						.01407	.34755					
Antall prøver med OK Q-verdi : 4														
STØRENDEKKET Kvaritssandstein	a	4	2754	2770	2761	7	.00022	.00043	.00032	.11584	.08	.85	.28	.38
	b	4						.00032	.11584					
	c	0						.00000	.00000					
Antall prøver med OK Q-verdi : 3														
STØRENDEKKET Fyllitt	a	4	2724	2743	2733	6	.00001	.00160	.00034	.89451	2.86	10.09	4.78	.20
	b	4						.00034	.89451					
	c	0						.00000	.00000					
Antall prøver med OK Q-verdi : 3														
STØRENDEKKET Metakalkstein	a	4	2700	2718	2709	7	.00001	.00010	.00002	.40849	12.14	12.14	12.14	.00
	b	4						.00002	.40849					
	c	0						.00000	.00000					
Antall prøver med OK Q-verdi : 1														
STØRENDEKKET Gronnstein (skifer)	a	3	2721	2952	2825	95	.00026	.10291	.01108	1.15900	.42	.42	.42	.00
	b	1						.00026	.00000					
	c	2						.07231	.15325					
Antall prøver med OK Q-verdi : 1														

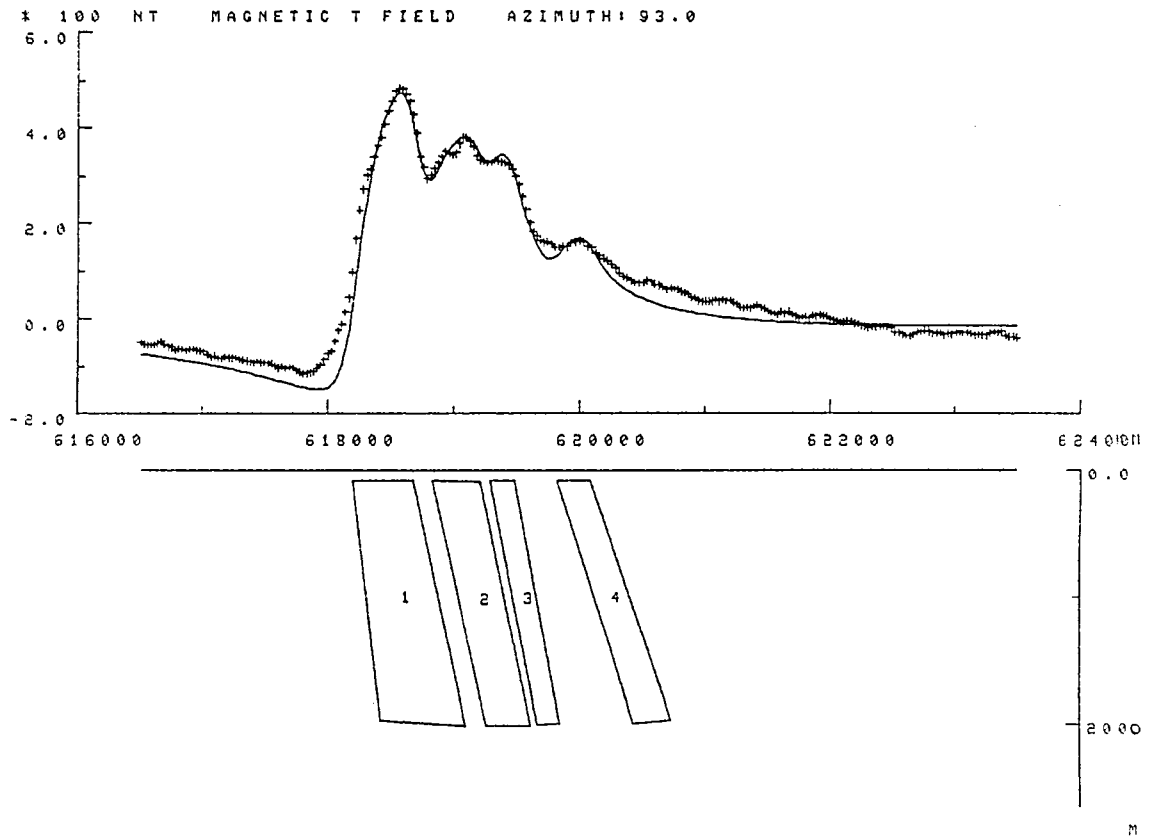
APPENDIKS B
MODELLBEREGNINGER

MAGNETISKE MODELLBEREGNINGER

PROFIL 1

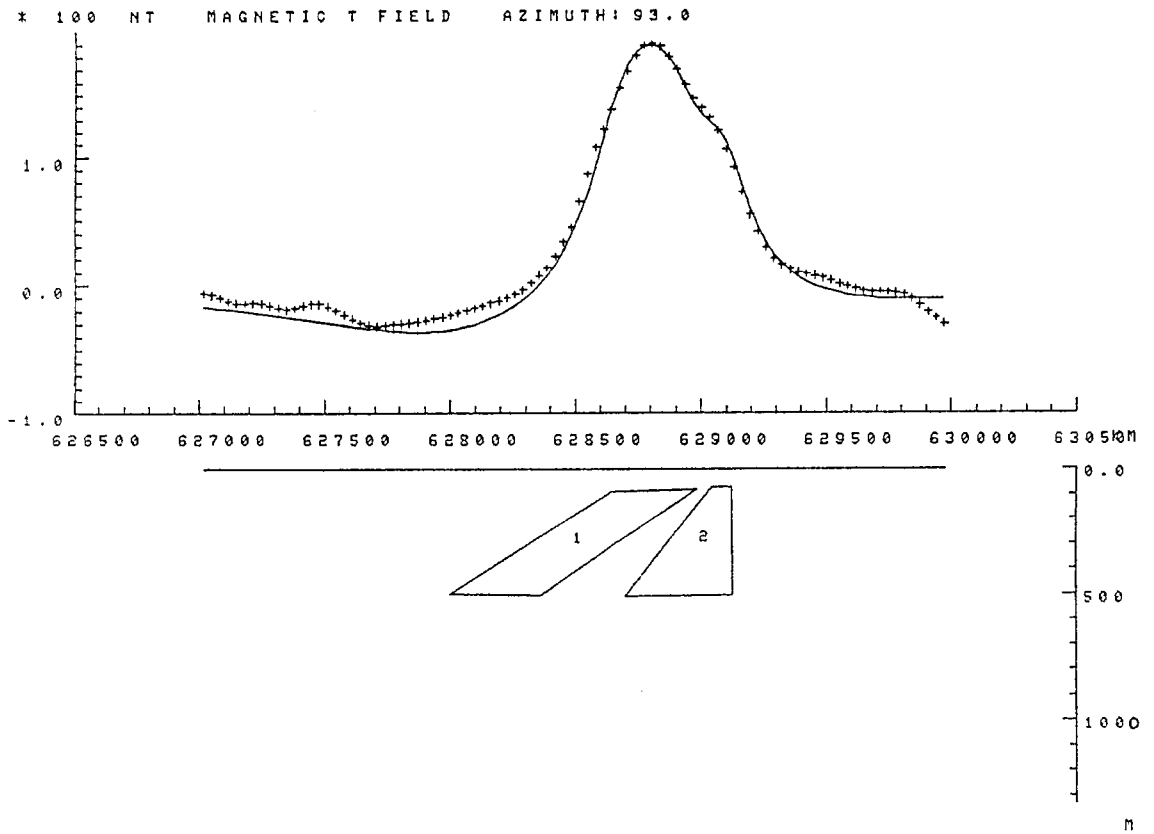


PROFIL 2

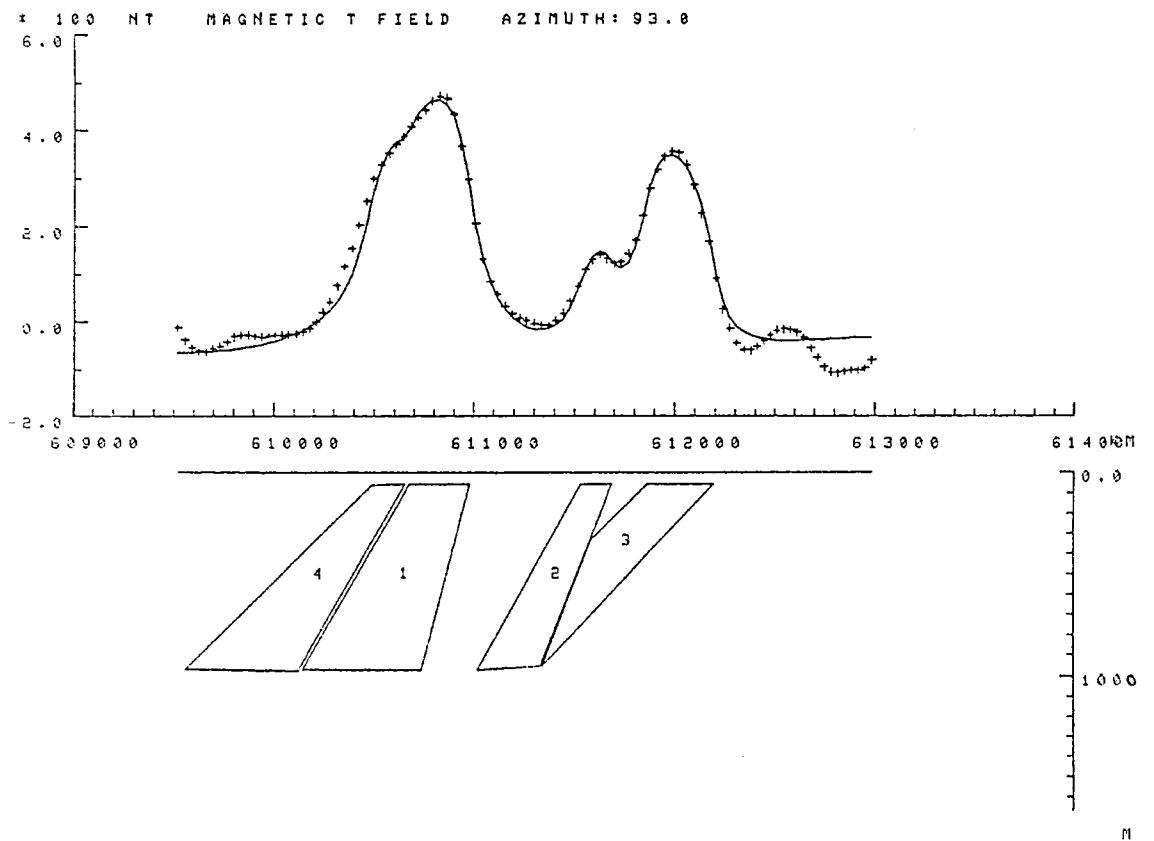


MAGNETISKE MODELLBEREGNINGER

PROFIL 3

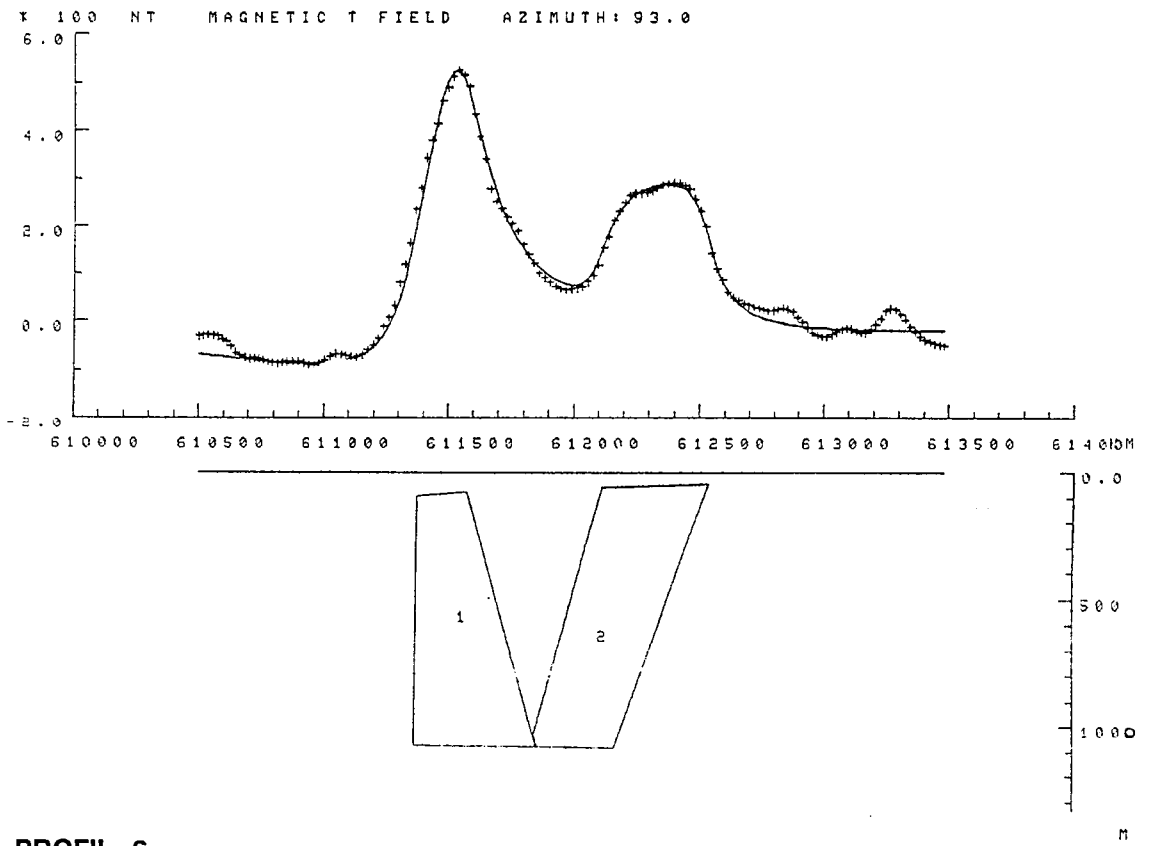


PROFIL 4

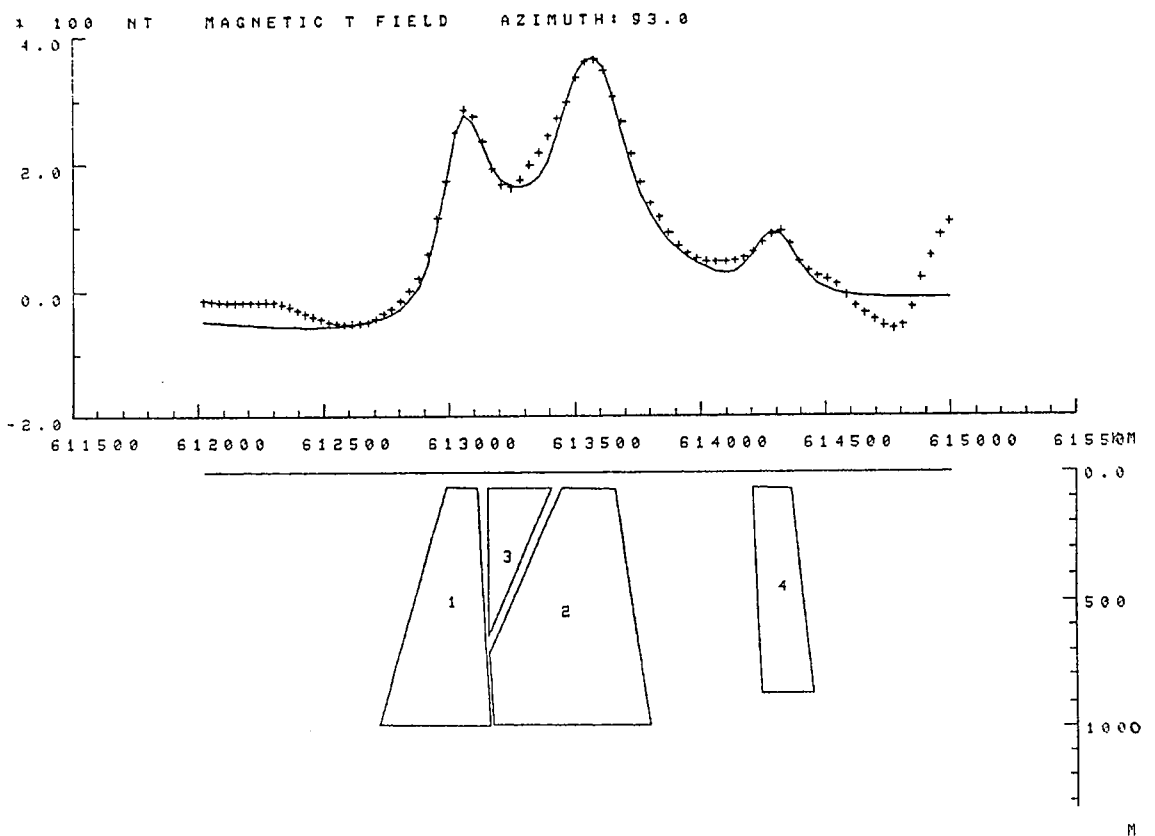


MAGNETISKE MODELLBEREGNINGER

PROFIL 5

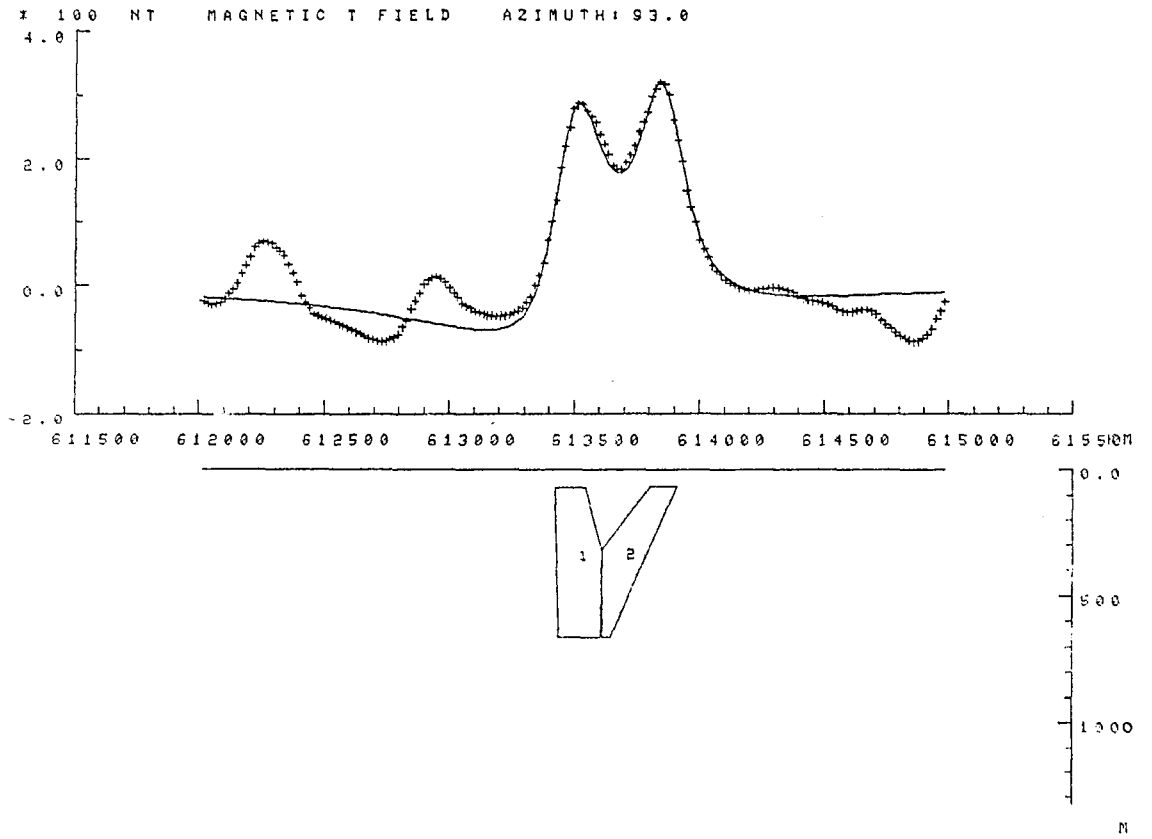


PROFIL 6

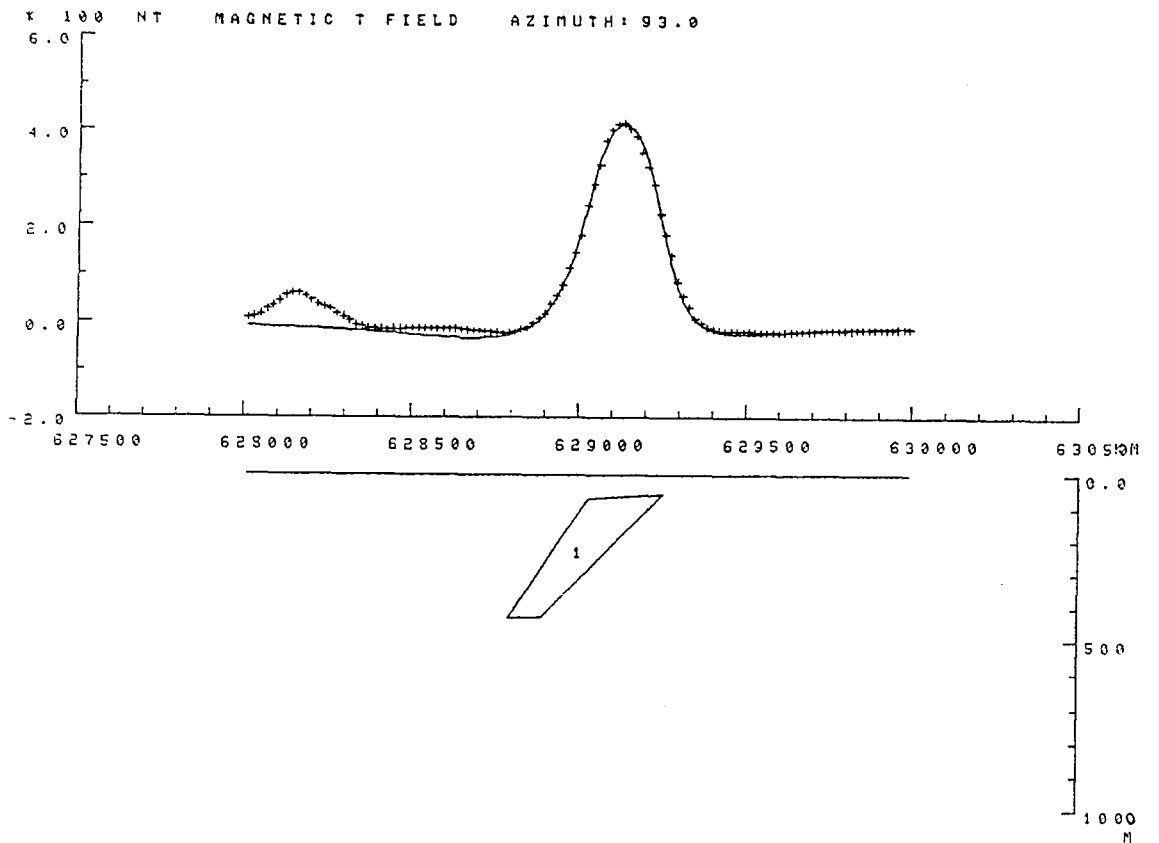


MAGNETISKE MODELLBEREGNINGER

PROFIL 7

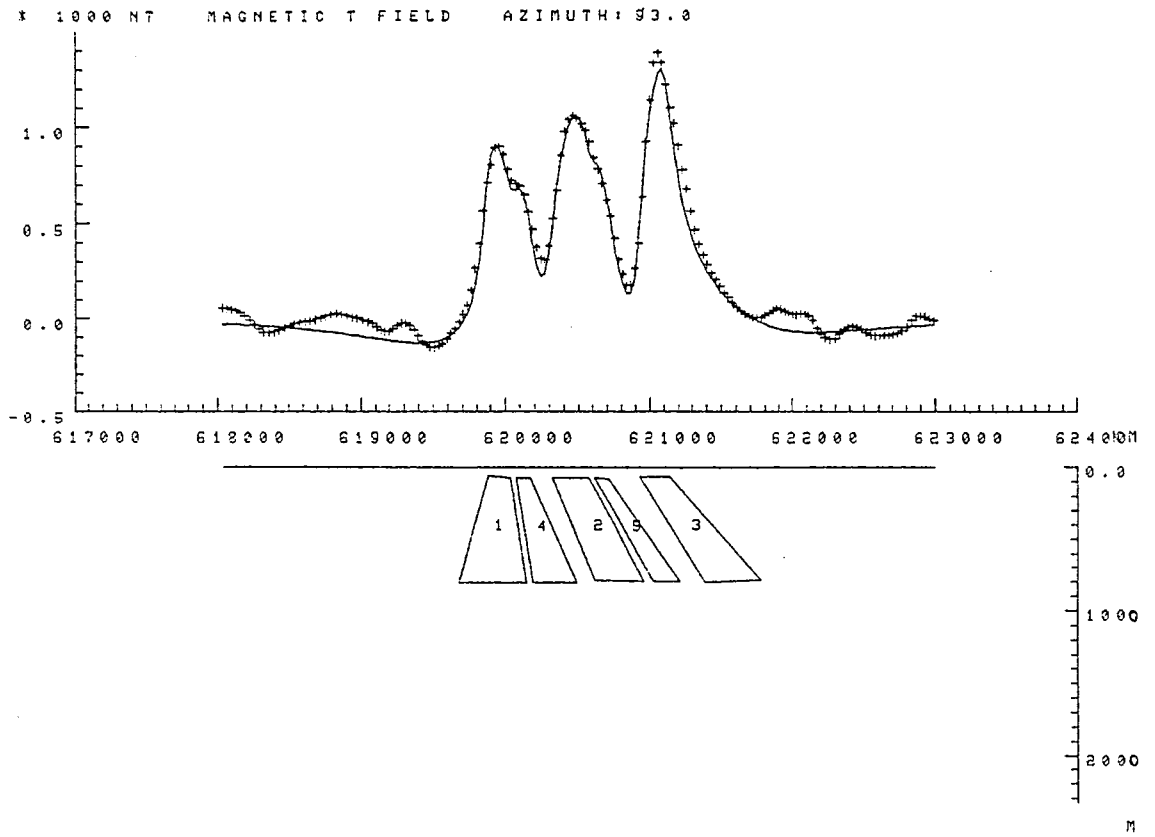


PROFIL 8

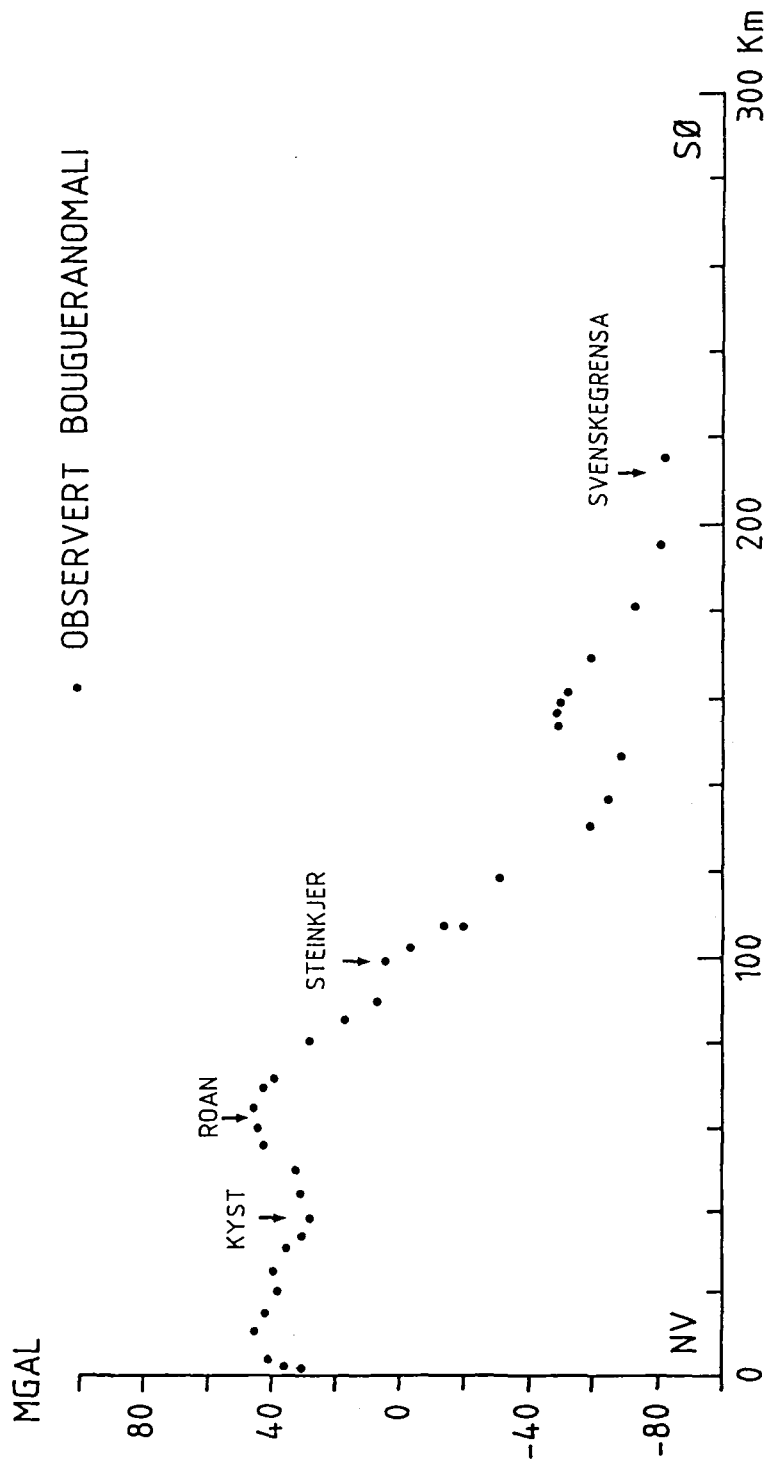


MAGNETISKE MODELLBEREGNINGER

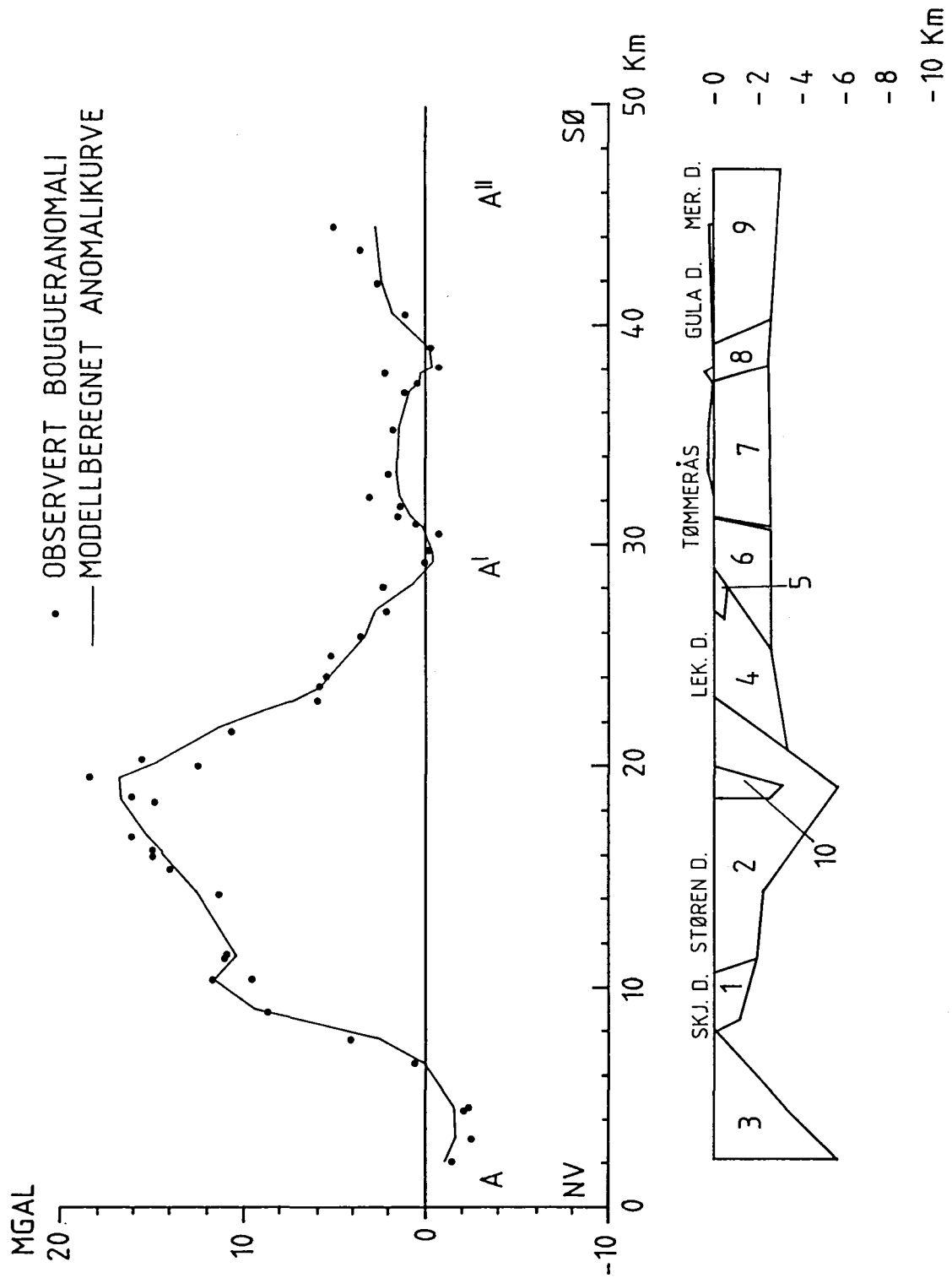
PROFIL 9



GRAVIMETRISK REGIONALFELT



GRAVIMETRISK MODELL, PROFIL A



GRAVIMETRISK MODELL, PROFIL A TEGNFORKLARING

Modellberegnet gravimetrisk profil med retning nordvest-sørøst over kartblad Steinkjer og tilgrensende områder mot svenskegrensen.

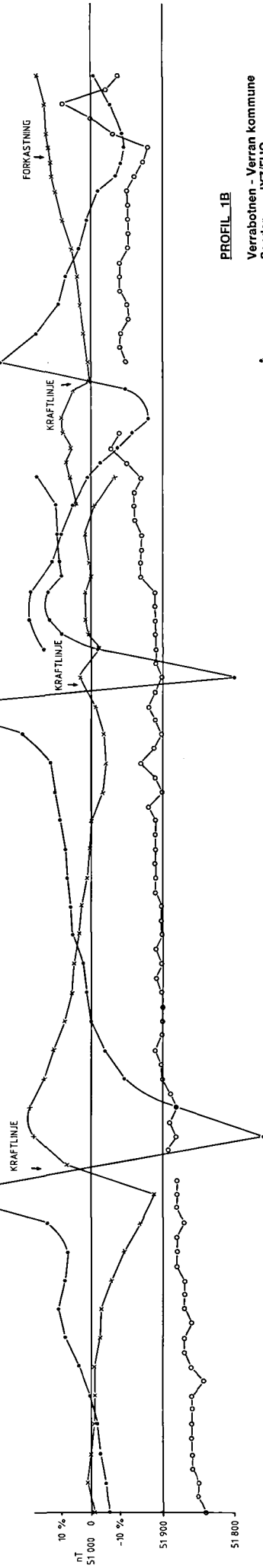
	<u>Dekkeenhet</u>	<u>Litologi</u>	<u>Tetthet</u> kg*m ⁻³
Kropp 1 :	Skjøtingendekket,	amfibolitt/grønnstein	2890
Kropp 2 :	Størendekket,	hovedsakelig metasedimenter	2790
	men også tuffitter og basiske b.a.		
Kropp 3 :	Granittisk gneis, lagt inn i modellb. for å unngå kanteffekter		2640
Kropp 4 :	Løksdaldekkeet,	metasedimenter/kvartssandst.	2710
Kropp 5 :	Basiske b.a.		2830
Kropp 6 :	Metarhyolitter tilhørende Tømmeråstantiklinal.		2650
Kropp 7 :	Sentrale deler av Tømmeråstant. gneiser		2690
Kropp 8 :	Som kropp 6.		
Kropp 9 :	Meråker og Guladekkene. Lagt inn som ende-kropper for å unngå endeeffekter i mod.beregn.		
Kropp 10:	Hovedsakelig grønnsteiner o.a. basiske b.a.		2780

APPENDIKS C
VLF - OG MAGNETISKE BAKKEMÅLINGER

VLF - og magnetiske bakkemålinger

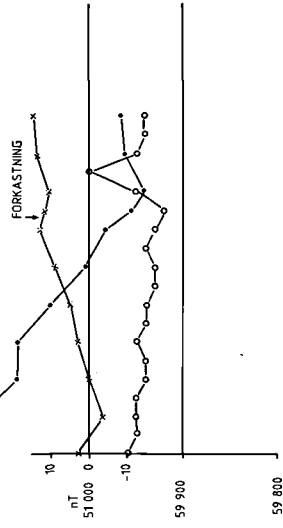
PROFIL 1A

Verrabotnen - Verran kommune
 Sender JXZ/FUO
 Start koor. 57325 707165
 Retning 360°



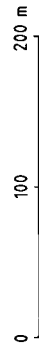
PROFIL 1B

Verrabotnen - Verran kommune
 Sender JXZ/FUO
 Start koor. 57305 707255
 Retning 360°



TEGNFORKLARING

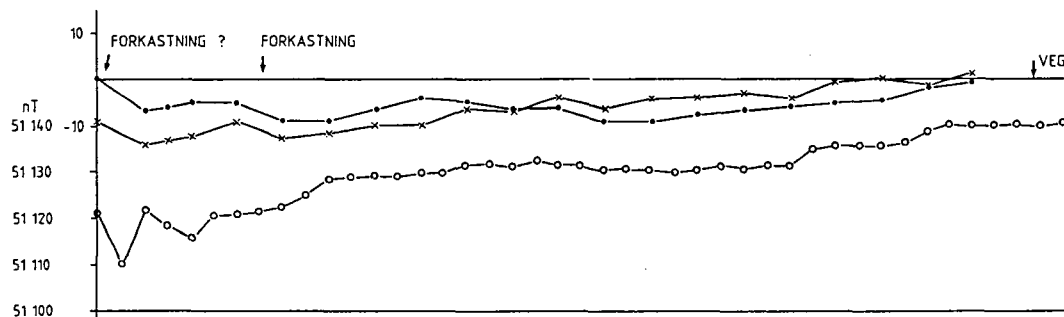
- MAGNETISK TOTALFELT (nT)
- VLF - REEL KOMPONENT (GRADER)
- ×— VLF - IMAGINÆR KOMPONENT (%)



VLF - og magnetiske bakkemålinger

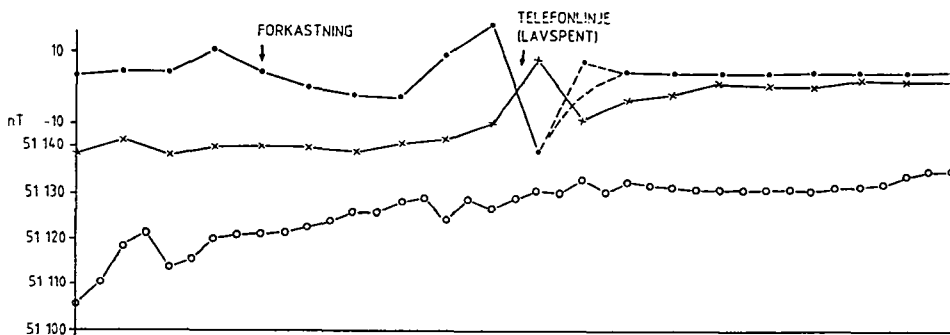
PROFIL 2

Tverrás - Verran kommune
 Sender GYD
 Start koor. 60940 710880
 Retning 370°



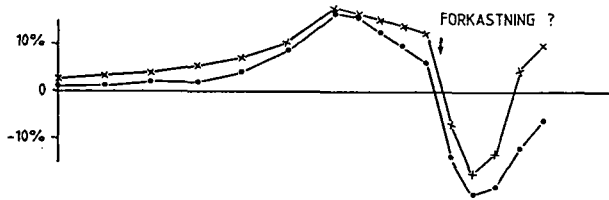
PROFIL 3

Holmvik - Verran kommune
 Sender GYD
 Start koor. 61205 710995
 Retning 340°



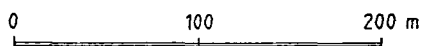
PROFIL 4

Hjellhøgda - Steinkjer kommune
 Sender NAA
 Start koor. 61435 711280
 Retning 70°



TEGNFORKLARING

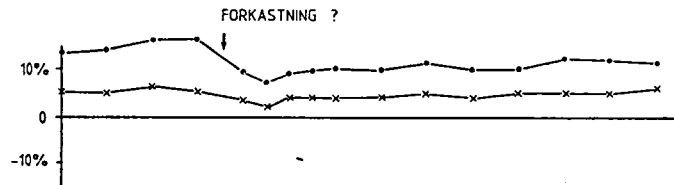
- MAGNETISK TOTALFELT (nT)
- VLF - REEL KOMPONENT (GRADER)
- x—x—x— VLF - IMAGINÆR KOMPONENT (%)



VLF - og magnetiske bakkemålinger

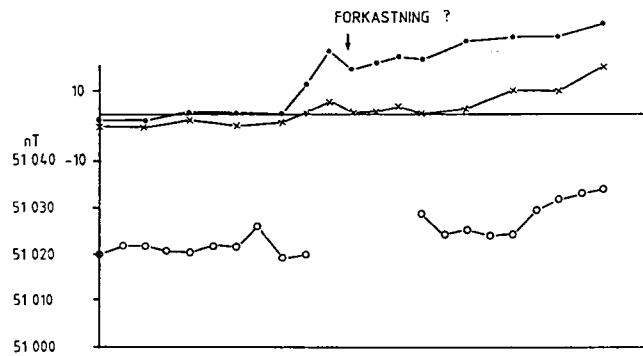
PROFIL 5

Vellaholla - Steinkjer kommune
 Sender GYD
 Start koor. 61680 711365
 Retning 370°



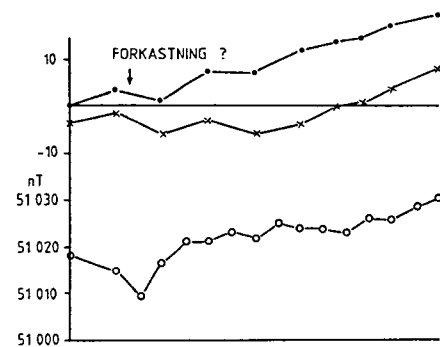
PROFIL 6A

Hatlinghus - Steinkjer kommune
 Sender GYD
 Start koor. 62430 711615
 Retning 370°



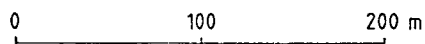
PROFIL 6B

Hatlinghus - Steinkjer kommune
 Sender GYD
 Start koor. 62415 711610
 Retning 370°



TEGNFORKLARING

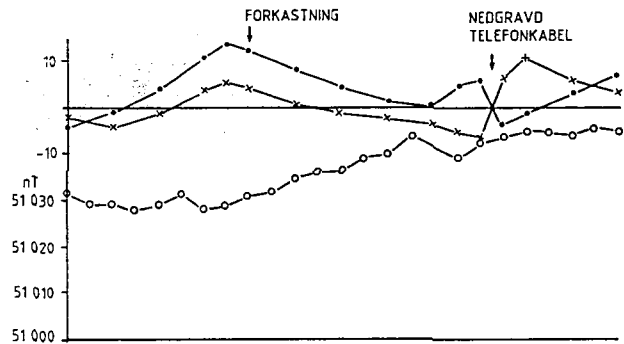
- MAGNETISK TOTALFELT (nT)
- VLF - REEL KOMPONENT (GRADER)
- x—x— VLF - IMAGINÆR KOMPONENT (%)



VLF - og magnetiske bakkemålinger

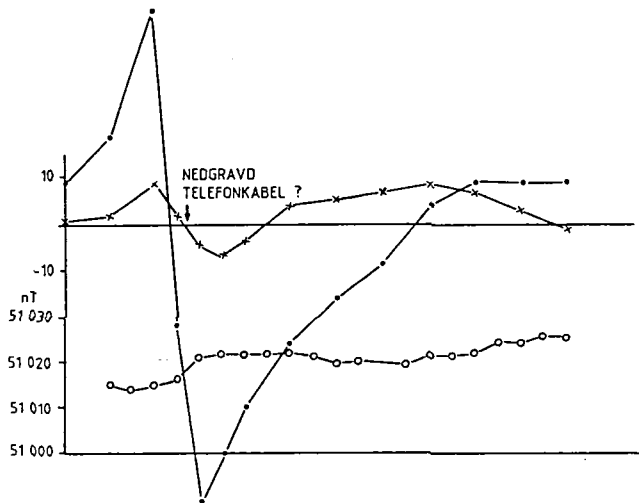
PROFIL 7A

Midterdalen - Steinkjer kommune
 Sender FJO
 Start koor. 63015 711810
 Retning 380°



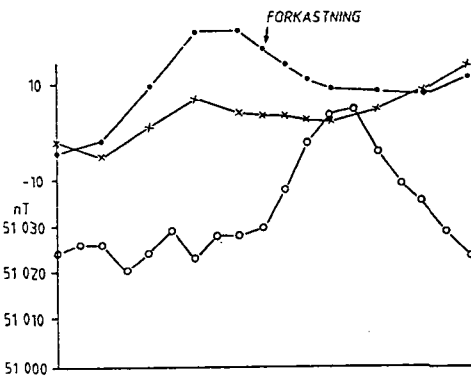
PROFIL 7B

Midterdalen - Steinkjer kommune
 Sender GYD
 Start koor. 63090 711825
 Retning 390°



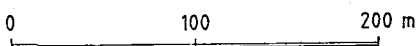
PROFIL 7C

Midterdalen - Steinkjer kommune
 Sender GYD
 Start koor. 63090 711850
 Retning 360°



TEGNFORKLARING

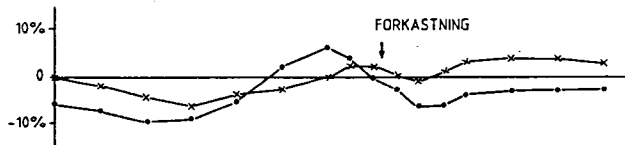
- MAGNETISK TOTALFELT (nT)
- - - ● - - - VLF - REEL KOMPONENT (GRADER)
- x - x - VLF - IMAGINÆR KOMPONENT (%)



VLF - og magnetiske bakkemålinger

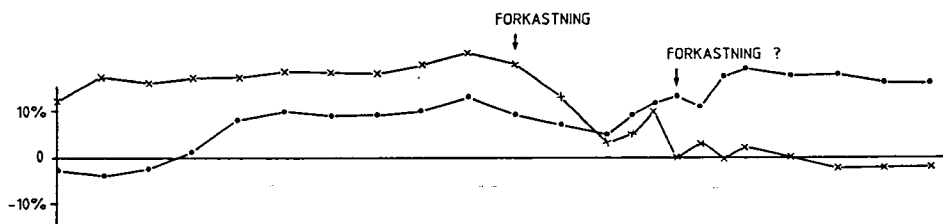
PROFIL 8

Lomtjørnhaugen - Steinkjer kommune
 Sender GYD
 Start koor. 61665 711760
 Retning 350°



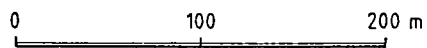
PROFIL 9

Tømmeråshøgda - Namdalseid kommune
 Sender NAA
 Start koor. 61105 712245
 Retning 30°



TEGNFORKLARING

- MAGNETISK TOTALFELT (nT)
- VLF - REEL KOMPONENT (GRADER)
- x—x— VLF - IMAGINÆR KOMPONENT (%)



APPENDIKS D

**ELEKTROMAGNETISK ANOMALI VED RØRVATN,
NAMDALSEID KOMMUNE**

STEINKJER

NORD-TRØNDELAG FYLKE

RØRVATN

NAMSOS

25 16

17 25

18

19

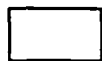
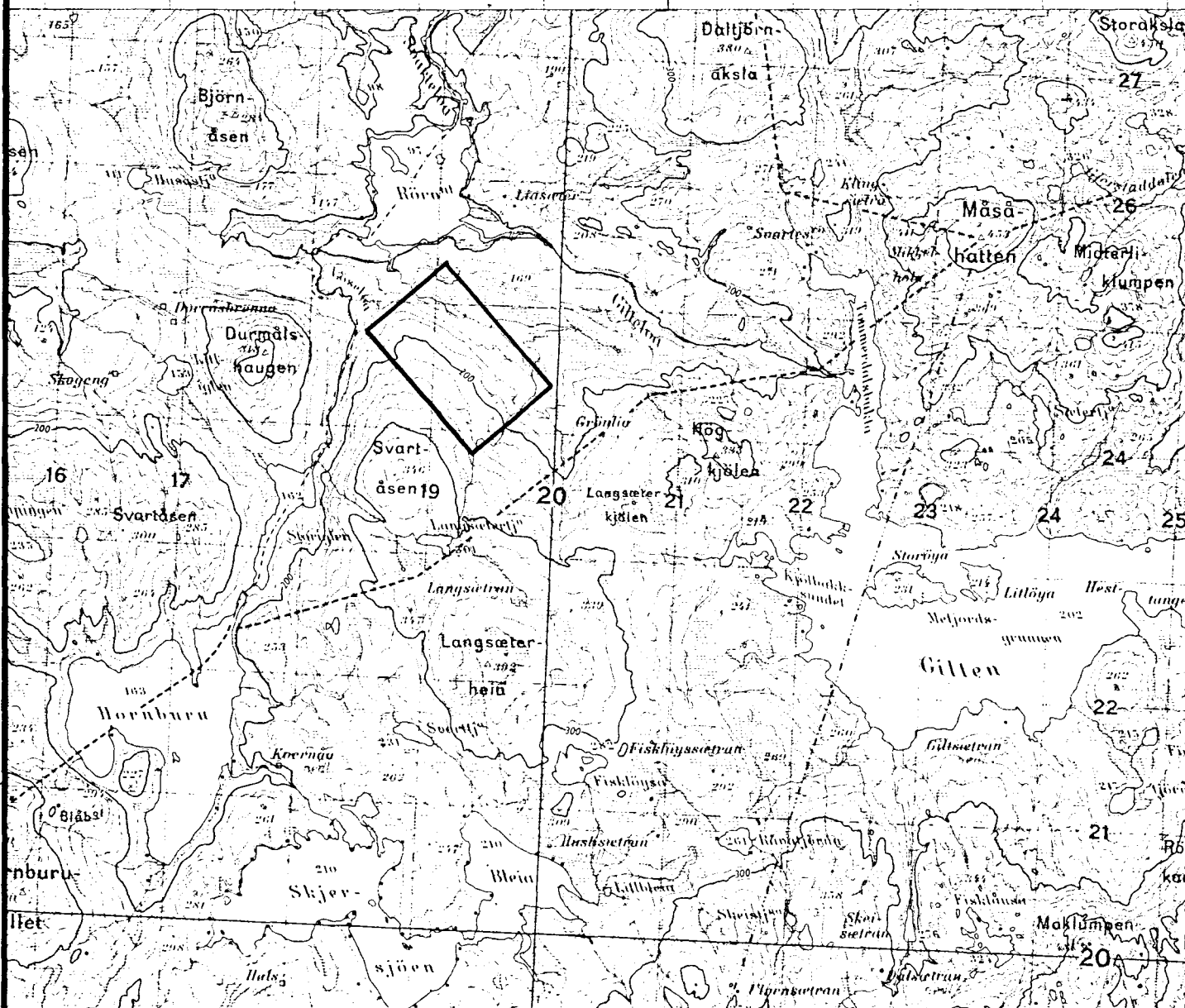
20

21 30

22

23

24



UNDERSØKT OMRÅDE

NGU V/NORD-TRØNDELAGSPROGRAMMET
ELEKTROMAGNETISKE HELIKOPTERMÅLINGER / VLF-PROFILER

RØRVATN

NAMDALSEID, NORD-TRØNDELAG

MÅLESTOKK

1: 50 000

MÅLT FF

TEGN

TRAC RB

KFR.

OKT 1989

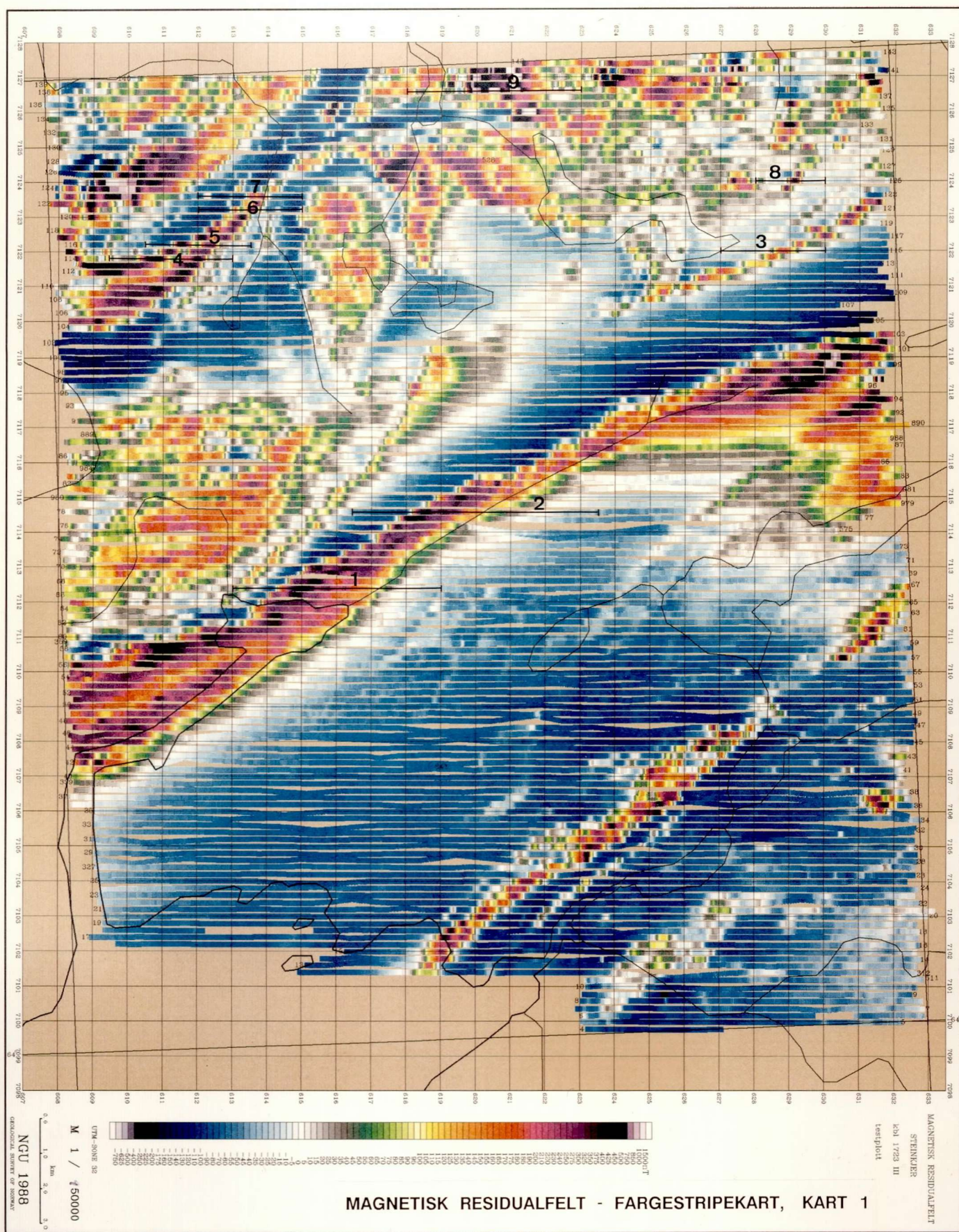
DES 1989

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM

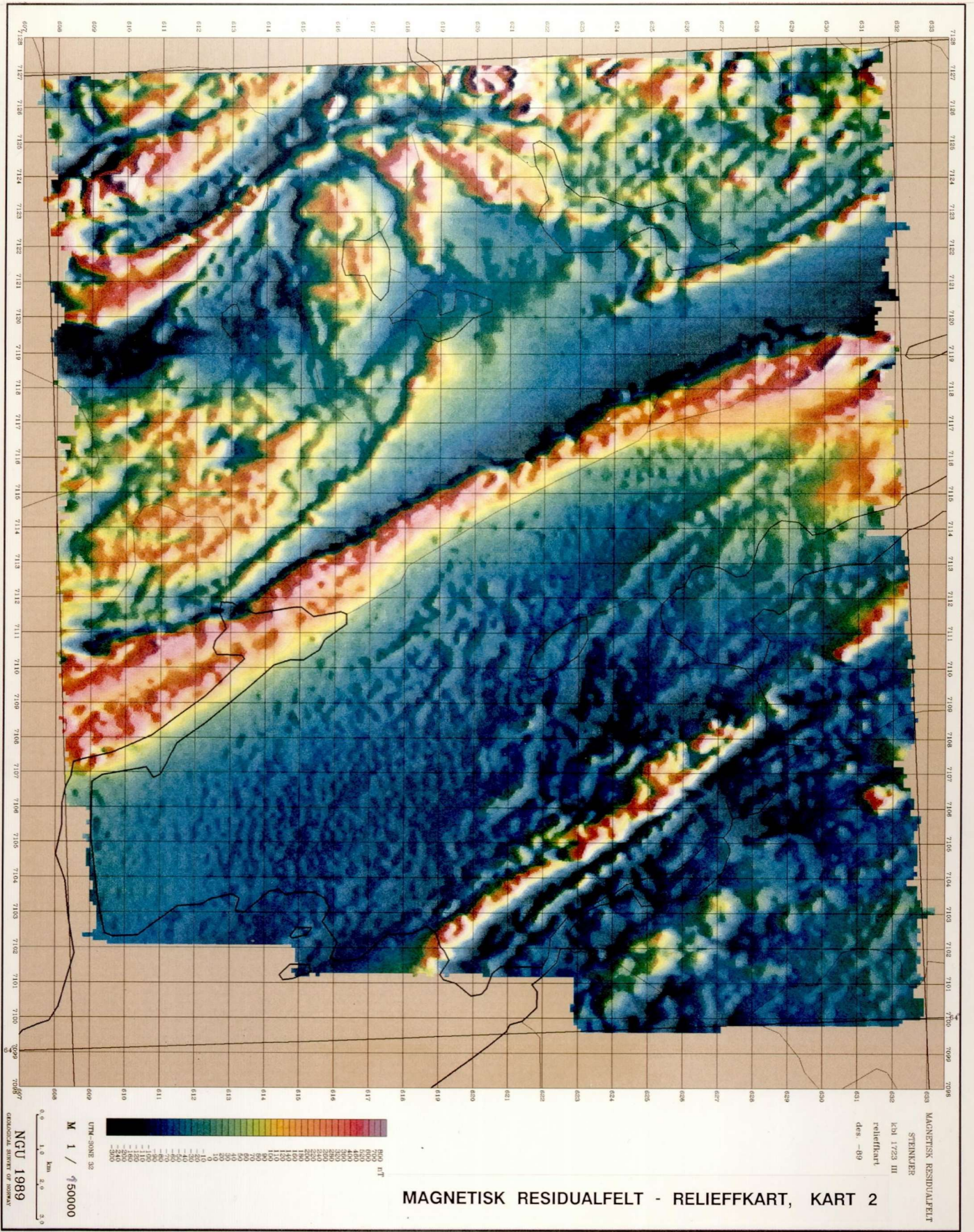
TEGNING NR.
89.158 - 01

KARTBLAD NR.
1723 III

APPENDIKS E
DATAGRUNNLAG OG TOLKNINGSKART

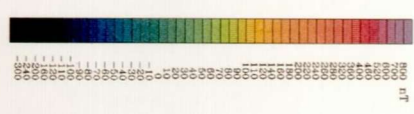


MAGNETISK RESIDUALFELT - FARGESTRIPEKART, KART 1



MAGNETISK RESIDUALFELT - RELIEFFKART, KART 2

MAGNETISK RESIDUALFELT
 STEINHEIER
 Kbl 1723 III
 relieffkart
 dss - 09

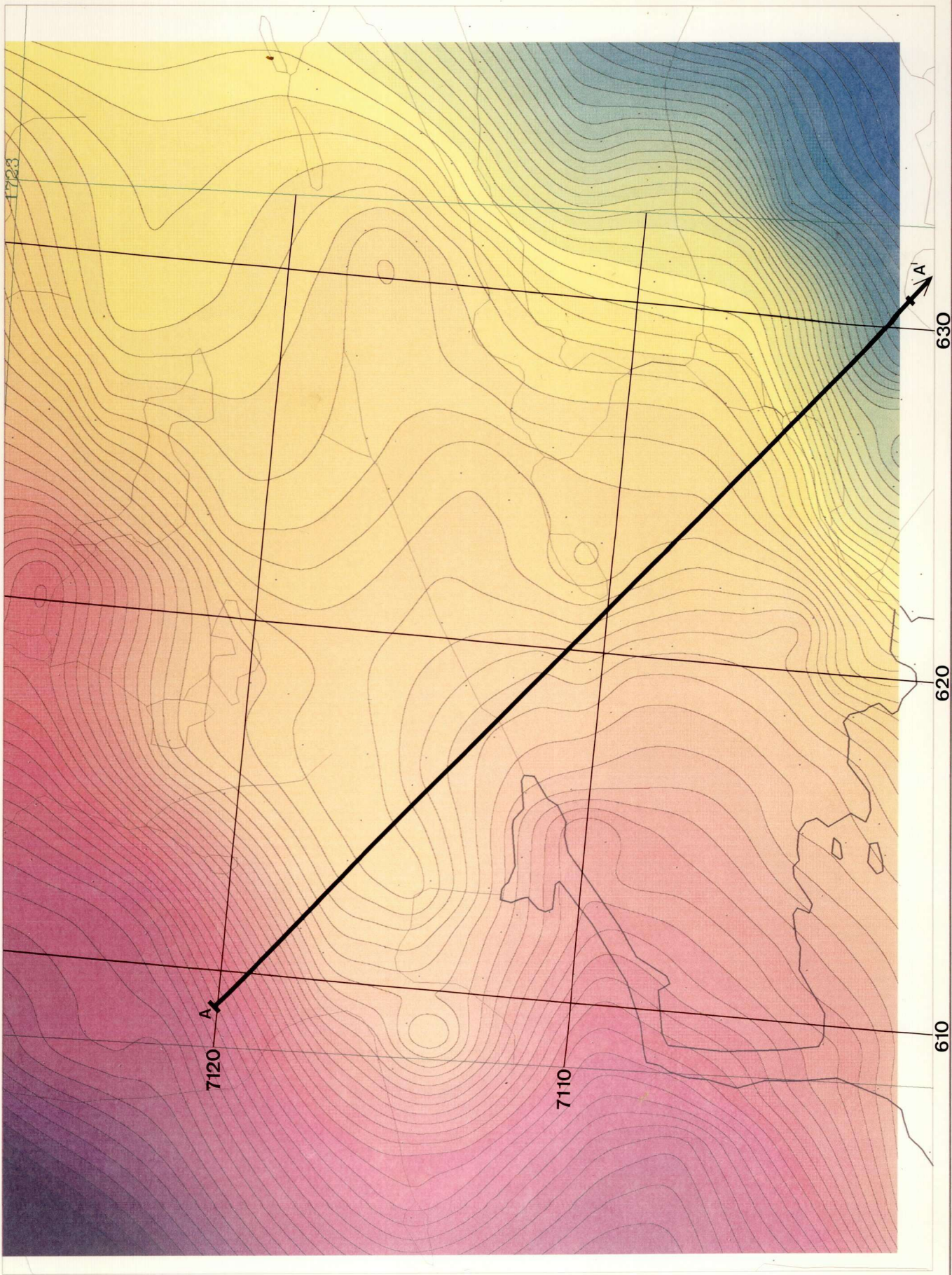


UTM - ZONE 32
 M 1 / 50000
 NGU 1989
 GEOGRAPHICAL NUMBER OF NORWAY

BOUGUER GRAVITY
ANOMALY MAP
STENSKJER
grid 1500 x 1500 m
min. radius 45 km
version 89 06 09
IG S.N.71 SYSTEM




BOUGUER ANOMALIKART, KART 3

UTM-ZONE 32
M 1 / 150000
NGU 1988
GEOLOGISKE TILFØRSELSE AF DANMARK











MAGNETISKE BÅND

-  DISTINKTE, HØY MAGNETISERING
-  DIFFUSE, HØY MAGNETISERING
-  DIFFUSE, LAV MAGNETISERING

MAGNETISKE KONTAKTER

-  DISTINKTE
-  DIFFUSE
-  DISKORDANTE

STRØK / FALL

-  85 MODELLBEREGNET VERDI
-  FALLRETNING TOLKET UTIFRA DE
-  MAGNETISKE ANOMALIENES KURVEFORM

MAGNETISERINGSMØNSTER

BÅNDET
MAGNETISERINGSNIVÅ


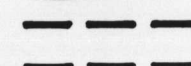

-  LAVT
-  MIDDELS
-  HØYT

UREGELMESSIG
MAGNETISERINGSNIVÅ

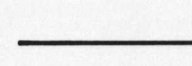
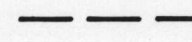
-  LAVT
-  MIDDELS
-  HØYT



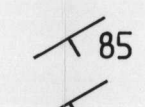
MAGNETISKE BÅND

-  DISTINKTE, HØY MAGNETISERING
-  DIFFUSE, HØY MAGNETISERING
-  DIFFUSE, LAV MAGNETISERING

MAGNETISKE DISLOKASJONER

-  DISTINKTE
-  DIFFUSE

STRØK / FALL

-  85 MODELLBEREGNET VERDI
- FALLRETNING TOLKET UTIFRA DE
- MAGNETISKE ANOMALIENES KURVEFORM