

Oppdragsgiver:

A/S SYDVARANGER

NGU Rapport nr. 1306

Magnetiske og elektromagnetiske
målinger fra helikopter over

HARSJØFELTET

som omfatter deler av kommunene
HOLTÅLEN OG RØROS I SØR-TRØNDELAG
OG TOLGA - OS I HEDMARK

19. - 22. september 1974

Ansvarlig leder: Henrik Håbrekke geofysiker

Operatør : Oddvar Blokkum tekniker

Norges geologiske undersøkelse

Geofysisk avdeling

Postboks 3006

7001 TRONDHEIM

Tlf.: (075) 20166

INNHold:

Side:

INNLEDNING	3
UNDERSØKELSES BETINGELSER	3
MÅLEMETODER, INSTRUMENTER	4
UTFØRELSE	5
BEARBEIDELSE	6
RESULTATER	6

Bilag:

1306-01, 02: Magnetisk	kotekart	m/flylinjer
1306-03, 04: Elektromagnetisk	"	reellkomponent "
1306-05, 06:	"	" imaginærkomp. "
1306-07, 08:	"	tolkningskart

INNLEDNING

NGU, Geofysisk avdeling fikk i 1974 i oppdrag for A/S Sydvaranger å utføre geofysiske målinger fra helikopter over et område (i denne rapporten kalt Harsjøfeltet) i nord avgrenset av elva Hesja i Ålen, Holtålen kommune og i syd av Vanngrøftdalen i Tolga-Os kommune. I vest grenser området til Morkavollhøgda, Berghøgda, Litløyhøgda og Svartådalshøgda, og i øst til Granåshøgda, Nyvollhøgda, Kjurrudalsmåna og Setersjøvola.

Området omfatter totalt ca. 85 km² og er tidligere dekket med aeromagnetiske målinger utført av NGU, Geofysisk avdeling.

UNDERSØKELSESBETINGELSER

For at geofysiske målinger fra helikopter skal gi vellykkede resultater, må værforholdene være rimelig gode. I sterk vind, regn, tåke kan en spesielt i dårlig terreng ikke utføre slike målinger. Sterk sidevind vil f. eks. bevirke at målesonden vil svinge ukontrollert, og dette fører ofte til for høyt støynivå i den elektromagnetiske målespolen. Støynivået øker også sterkt i regnvær, og i tillegg vil da sikten avta slik at den nødvendige lave målehøyde ikke kan oppnås. Ved målingene over Harsjøfeltet ble vi sjenert av en del sidevind og måtte innstille målingene en dag.

Under måling søker en å holde helikopterets hastighet på ca. 100 km/t og flyhøyden på ca. 170 fot. Dersom navigatøren skal kunne dirigere piloten til riktig profilkurs ved denne hastighet og høyde, må kartgrunnlaget være av god kvalitet. Det bør også være et rimelig antall referansepunkter på bakken (elver, veier, vann, bebyggelse etc.). Ved dette oppdraget ble fotomosaikk i målestokk 1:15 000 benyttet, og bortsett fra et lite parti med stupbratt topografi i Kjurrudalen i den nordlige delen av området som ikke kunne måles, ble den ønskede grad av dekning oppnådd.

Når en utfører magnetiske målinger fra fly, helikopter eller på bakken, må en gardere seg mot at de variasjoner en måler i det magnetiske feltet er tidsavhengige. Dette oppnås ved å benytte et stasjonært magnetometer i målefeltet som registrerer slike variasjoner. På dager med høy magnetisk aktivitet må målingene avbrytes. En hadde ingen slike daglige forstyrrelser ved målingene over

Harsjøfeltet, men på grunn av en feil ved helikoptermagnetometeret, ble en del av de magnetiske opptakene av dårlig kvalitet. Dette gjelder profilene 85 - 125, og de opptegnede resultater i dette området må vurderes i lys av dette. Feilen var vanskelig å konstatere mens feltarbeidet pågikk, og de nevnte profiler ble derfor ikke omfløyet.

MÅLEMETODER, INSTRUMENTER

Ved oppdraget over Harsjøfeltet ble to av jordens fysiske egenskaper målt og registrert: det jordmagnetiske totalfeltet og variasjoner i den elektriske ledningsevnen i bakken under målesonden. Magnetfeltet ble målt med et Sander protonmagnetometer type NPM-4. Dette instrumentet består av et sensorelement som sammen med en forsterker slepes i en sigarlignende instrumentbeholder 65 fot under helikopteret. Protonmagnetometeret er et punktregistrerende instrument. Tiden mellom hvert målepunkt bør vanligvis være så kort som mulig, men dersom den minskes for mye, vil instrumentets målenøyaktighet reduseres. En benytter derfor vanligvis en repetisjonstid på ca. 1 sek. ved slike målinger. Ved en helikopterhastighet på ca. 100 km/t vil dette svare til ett målepunkt ca. hver 30. meter. Målesonden i "sigaren" slepes 65 fot under helikopteret, og en tilstreber å holde konstant flyhøyde ca. 170 fot.

"Sigaren" inneholder også den vesentlige del av de elektromagnetiske måleinstrumentene som er av type Sander EM3. Sender- og mottakerspolene er plassert i ca. 7 m innbyrdes avstand i hver sin ende av "sigaren". De er montert koaksialt, og systemet er ved sin spesielle konstruksjon meget støysvakt. Dette fører til at dybderekkevidden er relativt stor, oppgitt fra Sander Geophysics Ltd. til ca. 100 m under bakken i gunstigste tilfelle. Senderfrekvensen er 1000 Hz, og systemet måler og registrerer både reell- og imaginærkomponenten av signalet fra ledere under målesonden. "Anomalisignalet" måles i milliontedeler (ppm) av det signal som senderen inducerer i målespolen. Systemet oppgis å ha en støygrense lik 0.5 ppm for imaginærkomponenten og 1 ppm for reellkomponenten. Disse tallene refererer selvsagt til de ideelle tilfeller med gunstige topografiske forhold, værforhold etc.

Registreringen av de magnetiske og elektromagnetiske data ble gjort i helikopteret på en sekskanals oscillografskriver av type Century 444. To kanaler ble benyttet til magnetisk og to til elektromagnetisk registrering. Den femte kana-

len ble benyttet til registrering av data fra en radar høydemåler av type Bonzer TR. 70. Denne måler helikopterets høyde over bakken med ± 10 fots nøyaktighet. Den sjette kanalen registrerer fiducialmerker fra et Sander CM12 kamera. Dette fotograferer bakken under helikopteret hvert annet sekund, og filmen merkes etter samme kode som den en benytter på registreringspapiret. For å lette plottingen av de registrerte anomalier, merker navigatøren i helikopteret lett kjennbare punkter langs profilene av på fotomosaikken. Samtidig blir også slike punkter registrert på opptaksrullen.

For å varsle og registrere daglige variasjoner i det jordmagnetiske feltet ble en magnetisk bakkestasjon satt opp ved basen på Røros mens målingene pågikk. Denne stasjonen bestod av et protonmagnetometer av type Elsec og en servoskriver av type Telsec.

UTFØRELSE

Måleområdets størrelse, flyretning og profilavstand ble valgt i samråd med A/S Sydvaranger's geologer. Feltet ble fløyet i ca. $300^{\circ}/120^{\circ}$ retning og profilavstanden ble bestemt til 150 m.

Det ble i alt målt 510 km profil. Arealet av det målte området er ca. 85 km^2 .

Målingene ble utført i tidsrommet 19. - 22. september 1974, og Røros flyplass ble benyttet som base for flygingen.

Helikopteret som ble benyttet var et turbinhelikopter av type Hughes 500. Det ble leiet fra A/S Helilift, Hamar, og i tillegg til NGU's mannskap deltok følgende fra A/S Helilift ved oppdraget:

Helge Siljberg	flyger
Finn Hegle	mekaniker

BEARBEIDELSE

Bearbeidelsen av resultatene begynner med plotting av riktige profilkurser på fotomosaikken. Gjennomsnittlig blir ett plottepunkt benyttet pr. kilometer fløy-
et. Mellom plottepunktene har en antatt at helikopteret har holdt konstant hast-
ighet og kurs. Overføring av de registrerte magnetiske data til de ferdig plot-
tede profiler blir så utført etter at registreringspapirets målestokk er justert
til samme verdi som fotomosaikkens målestokk. Isolinjer eller koter er der-
etter trukket gjennom punkter med lik magnetisk feltstyrke. Det er benyttet
100 gammas avstand mellom kotene.

De registrerte elektromagnetiske data blir justert ved hjelp av radarhøydemå-
lerens utskrift til en referansehøyde for helikopteret på 170 fot. Dette blir
gjort for å minske variasjoner i anomaliamplydene på grunn av varierende
høyde mellom helikopteret og bakken. Forut for dette er eventuell støy fra
kraftlinjer og andre støykilder eliminert fra målingene. Deretter blir de elek-
tromagnetiske måledata overført til grunnlagskartene og kotert på samme måte
som magnetiske måledata. På grunn av forskjell i anomaliamplydene er for-
skjellig koteavstand benyttet på reell- og imaginærkomponentene.

Vanligvis angis elektromagnetiske anomalier som negative anomalier på grunn
av at primærfeltet som måles av mottakerspolen svekkes når ledere opptrer
under målesonden. Positive reellanomalier forekommer imidlertid også, og
disse er skravert på kartene som følger denne rapporten.

RESULTATER

Resultatene fra målingene over Harsjøfeltet er fremstilt i følgende kartverk i
målestokk 1:15 000:

2 magnetisk totalfelt	kotekart m/flylinjer	Pl. 1306-1, 2
2 elektromagnetisk reellkomponent	"	" 1306-3, 4
2 " imaginærkomponent	"	" 1306-5, 6
2 " tolkningskart	"	" 1306-7, 8

Ved tolkning av de elektromagnetiske anomalier bør en være klar over at e. m.

helikoptermålinger må betraktes som regionale målinger, og at den primære oppgaven ved slike målinger må være å lokalisere objekter i eller under bakken som har en elektrisk ledningsevne som skiller seg ut fra de omkringliggende bergarter. En kan i tillegg kartlegge utbredelsen av disse ledere i to dimensjoner.

Ved å bruke både reell- og imaginærkomponentene kan en utføre en generell tolkning av de fremkomne anomalier. Ved en slik generell tolkning må en forutsette at de ledere som opptrer i feltet kan betraktes som tynne vertikale plater, halvplan, med stor utstrekning til sidene og mot dypet (større enn 2-300 m lengde og over 100 m dybde). En kan da ved å benytte imaginær- og reellkomponentene danne seg et begrep om ledningsevnen. En knytter gjerne ledningsevnen sammen med lederens tykkelse og opererer med ledningsevne \times tykkelse produktet ($\sigma \times t$).

Tolkningskartene som følger denne rapporten er utarbeidet fra responskurver gitt av Sander Geophysics Ltd. Bestemmelsen av de enkelte lederes og ledendesoners ledningsevne er basert på de ovennevnte forutsetninger om geometrien og dessuten at lederen og de omkringliggende bergarter har samme magnetiske permeabilitet. Tallene som er påtegnet tolkningskartene representerer da ($\sigma \times t$) og skulle være til hjelp ved prioritering av anomaliene. Anomalier med høye ($\sigma \times t$) produkt vil være de viktigste ved en slik generell tolkning og bør sjekkes først.

Ved målingene over Harsjøfeltet ble en del magnetiske anomalier registrert som positive reellkomponentanomalier. Dette er vanlig f.eks. ved fordelt magnetitt i basiske bergarter. På kartene er disse positive anomalier skravert.

I slike områder med relativt store magnetiske anomalier vil ($\sigma \times t$) tolkning være umulig da denne baseres på like magnetiske egenskaper både i lederen og de omkringliggende bergarter.

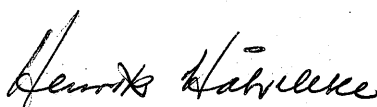
En bør også huske at Sander's, og de fleste andre helikoptersystemer, favoriserer vertikaltstående ledere fordi sender- og mottakerspolene har en vertikal, koaksial geometri. Tynne horisontaltliggende ledere vil derfor være dårlige mål for slike systemer.

De magnetiske kartene viser det magnetiske totalfeltet over området. Det er benyttet 100 gammas koteavstand, og de generelle trekk finner en igjen fra de aeromagnetiske målingene som er utført over området.

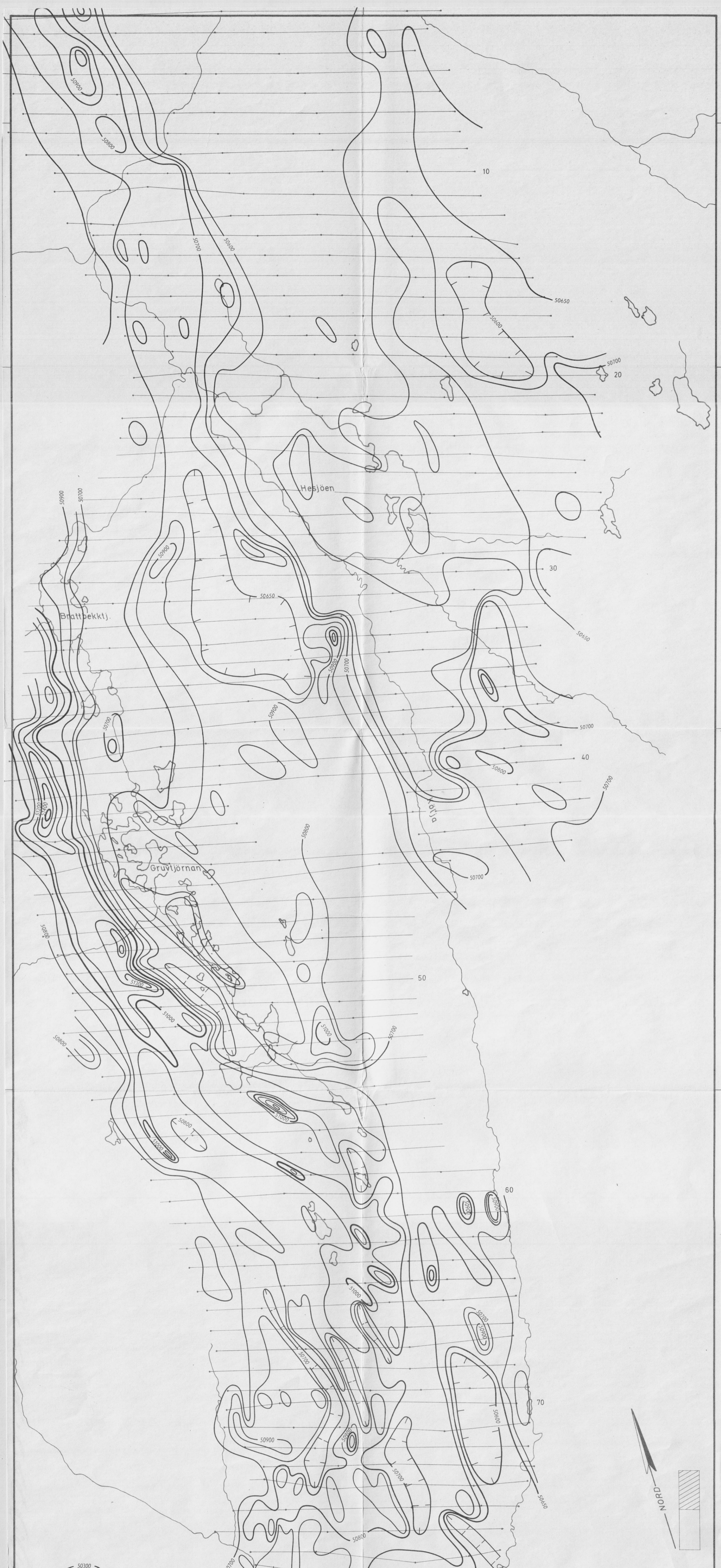
Magnetiske målinger fra fly er ikke i samme grad som elektromagnetiske - og radiometriske målinger avhengig av målehøyden og gir ofte bedre oversikt over geologiske formasjoner og grenser enn helikoptermålinger der målesonden er svært nær bakken. Helikoptermålinger gir imidlertid bedre diskriminering av de enkelte små grunne anomaliårsaker, og dette fører igjen til større detaljrikdom ved kartfremstillingen.

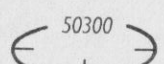

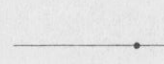
Trondheim 5. mai 1975.

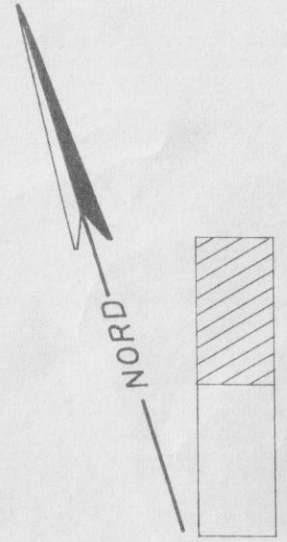
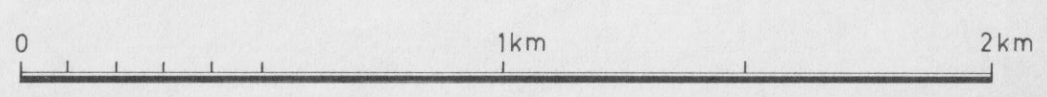
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
Geofysisk avdeling



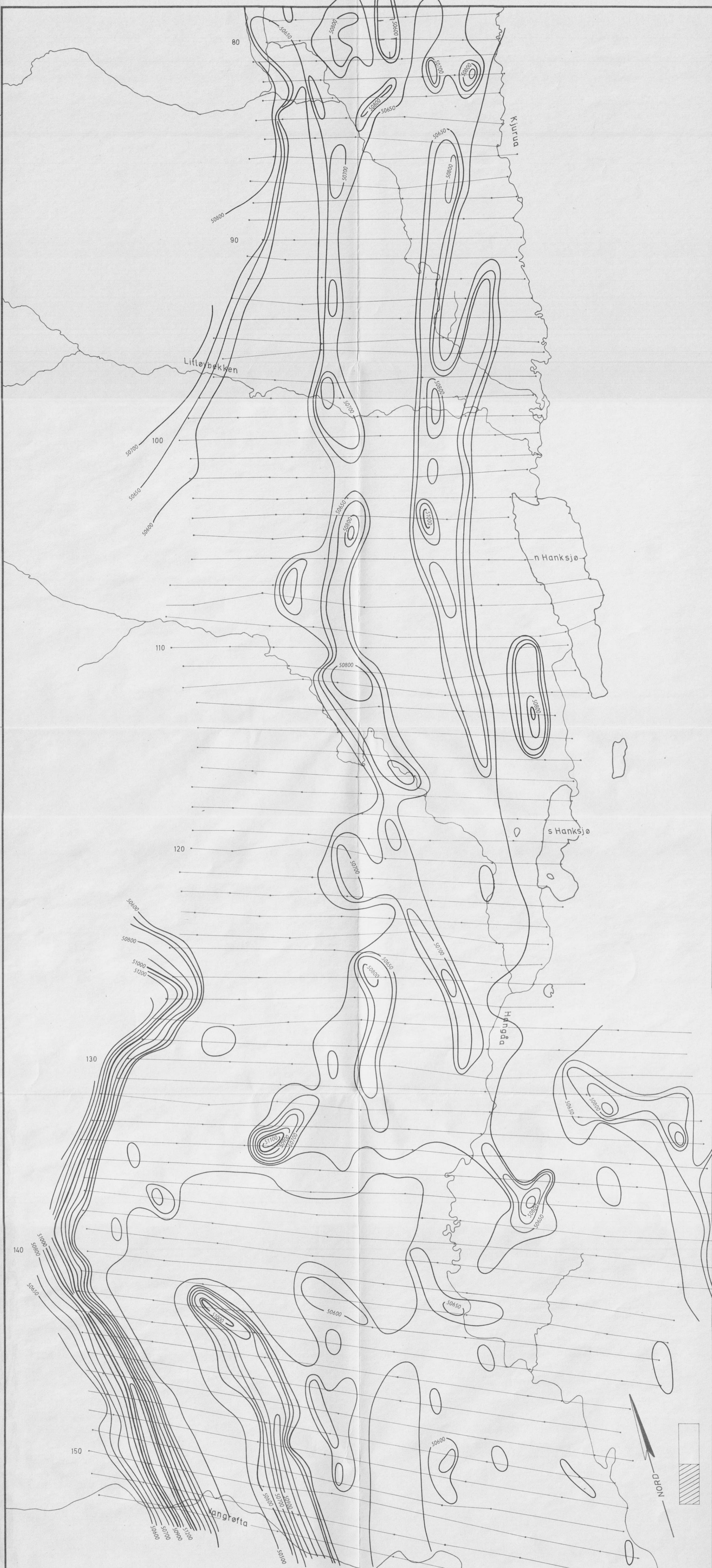
Henrik Håbrekke
geofysiker

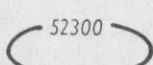
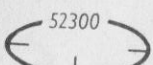
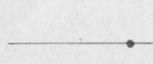


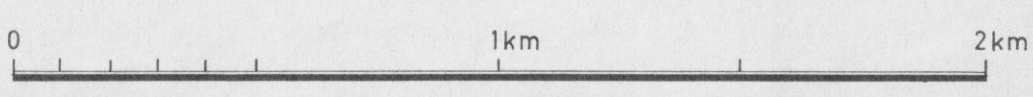
-  Lukket lavere område
-  Magnetisk isonomalikurve med intervall 100γ+650γ
-  Flylinje med plottet punkt



A/S SYDVARANGER HELIKOPTERMÅLINGER 1974 MAGNETISK TOTALFELT DALSBYGDA, RØROS	MÅLESTOKK	MÅLT H.H.	SEPT. 74
	1:15 000	TEGN. H.H.	APRIL 75
TRAC. H.S.		MAI 75	
KFR. H.H.			
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR. 1306-01	KARTBLAD (AMS) 1620 II	



-  Magnetisk isoanomalikurve med intervall 100g + 650g
-  Lukket lavere område
-  Flylinje med plottet punkt

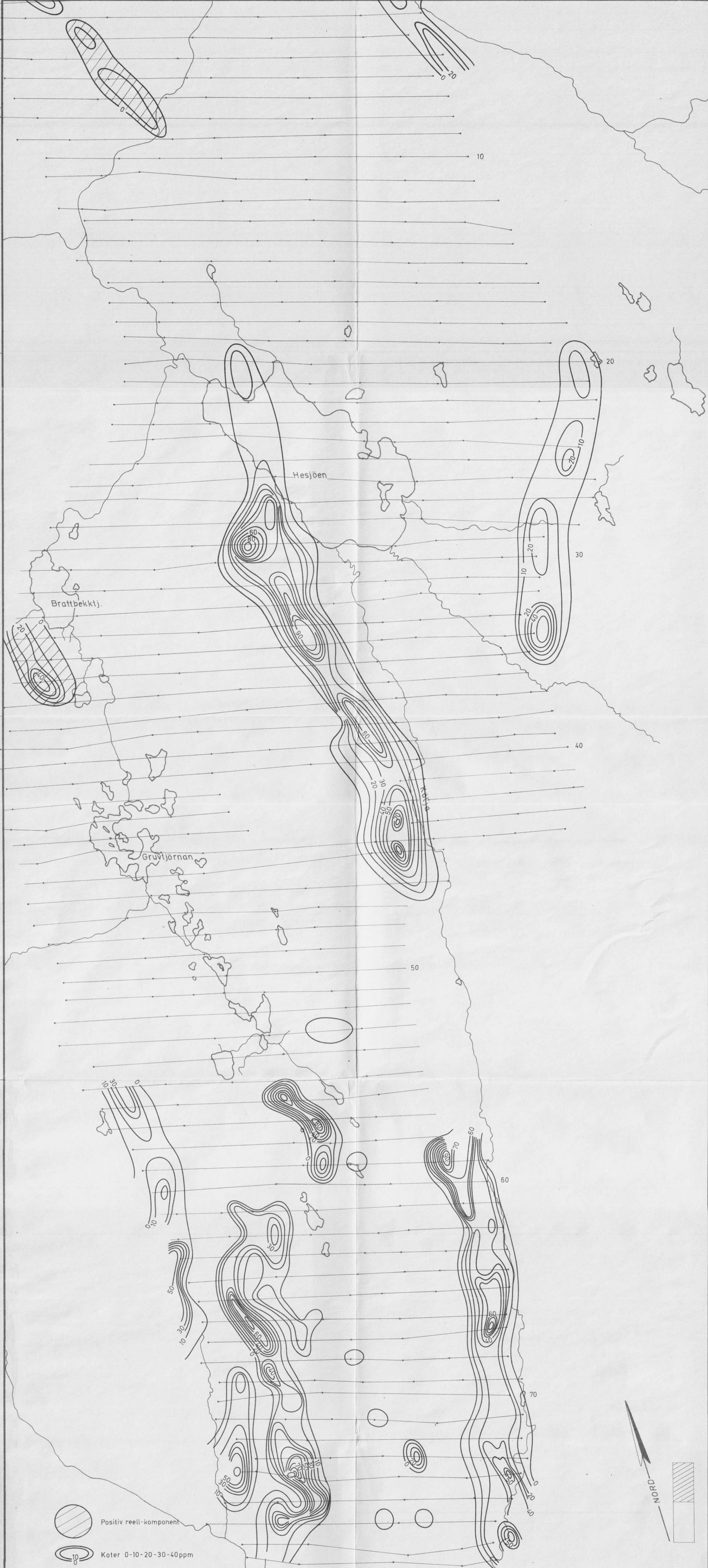


A/S SYDVARANGER
 HELIKOPTERMÅLINGER 1974
 MAGNETISK TOTALFELT
 DALSBYGDA, RØROS

MÅLESTOKK 1:15 000	MÅLT H.H.	SEPT. 74
	TEGN. H.H.	APRIL 75
	TRAC. H.S.	MAI 75
	KFR. H.H.	

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
 TRONDHEIM

TEGNING NR. 1306-02	KARTBLAD (AMS) 1620 II
------------------------	---------------------------

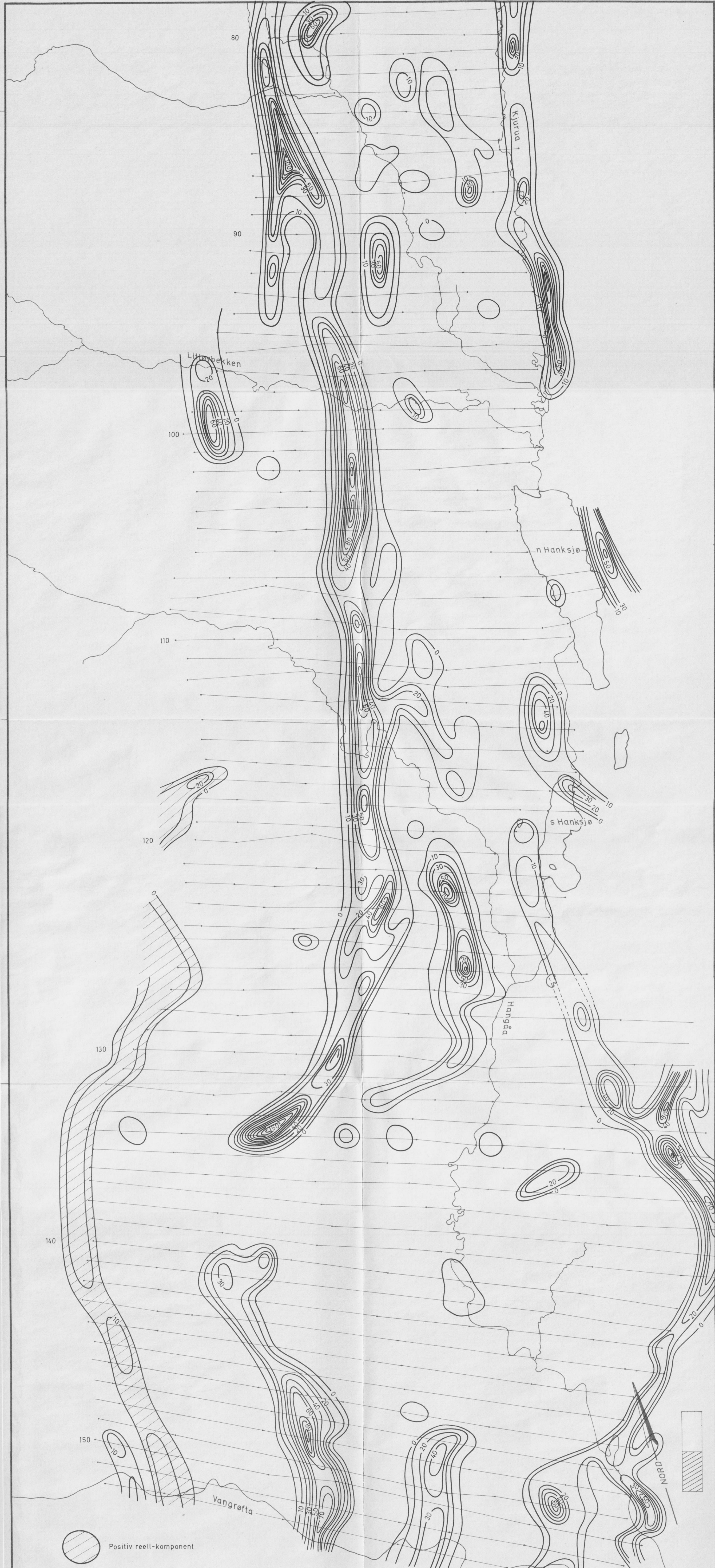



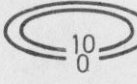
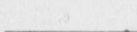
A/S SYDVARANGER
 HELIKOPTERMÅLINGER 1974
 EM-REELL KOMPONENT
 DALSBYGDA, RØROS

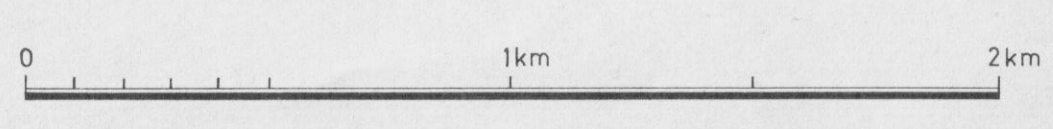
MÅLESTOKK 1:15 000	MÅLT H.H.	SEPT. 74
	TEGN. H.H.	APRIL 75
	TRAC. H.S.	APRIL 75
	KFR. H.H.	

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
 TRONDHEIM

TEGNING NR. 1306-03	KARTBLAD (AMS) 1620 II
------------------------	---------------------------



-  Positiv reell-komponent
-  Koter 0-10-20-30-40 ppm
-  Flylinje med plottet punkt



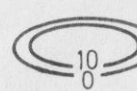
A/S SYDVARANGER
 HELIKOPTERMÅLINGER 1974
 EM-REELL KOMONENT
 DALSBYGDA, RØROS

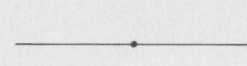
MÅLESTOKK 1:15 000	MÅLT H.H.	SEPT. 74
	TEGN. H.H.	APRIL 75
	TRAC. H.S.	APRIL 75
	KFR. H.H.	

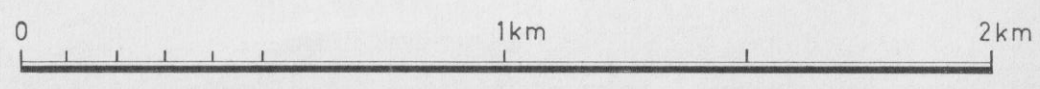
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
 TRONDHEIM

TEGNING NR. 1306-04	KARTBLAD (AMS) 1620 II
------------------------	---------------------------



 Koter 0-10-20-30-40ppm

 Flylinje med plottet punkt

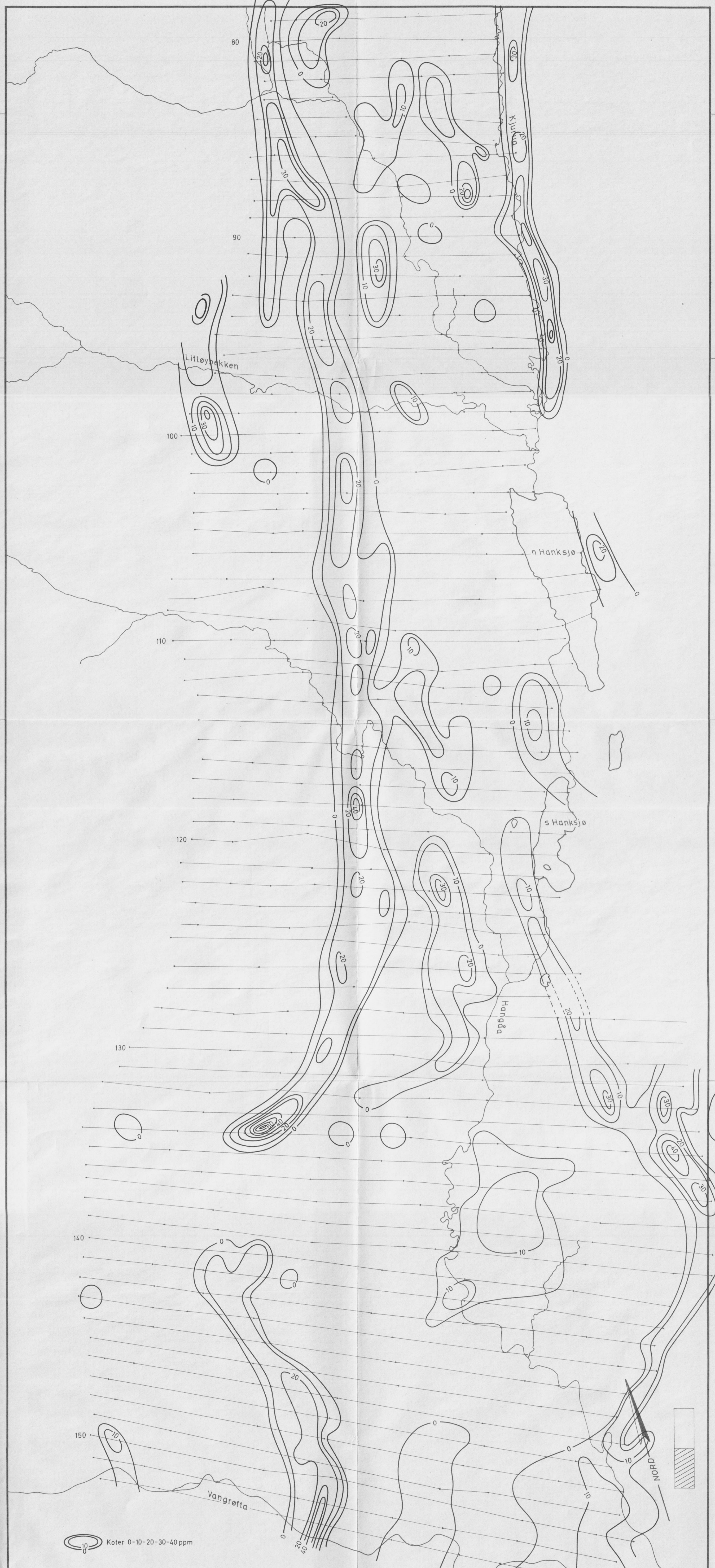


A/S SYDVARANGER
 HELIKOPTERMÅLINGER 1974
 EM-IMAGINÆR KOMPONENT
DALSBYGDA, RØROS

MÅLESTOKK 1:15 000	MÅLT H.H.	SEPT. 74
	TEGN. H.H.	APRIL 75
	TRAC. H.S.	APRIL 75
	KFR. H.H.	

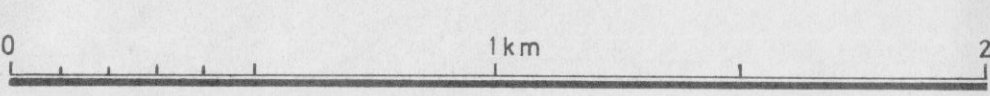
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
 TRONDHEIM

TEGNING NR. 1306-05	KARTBLAD (AMS) 1620 II
------------------------	---------------------------



Koter 0-10-20-30-40 ppm

Flylinje med plottet punkt

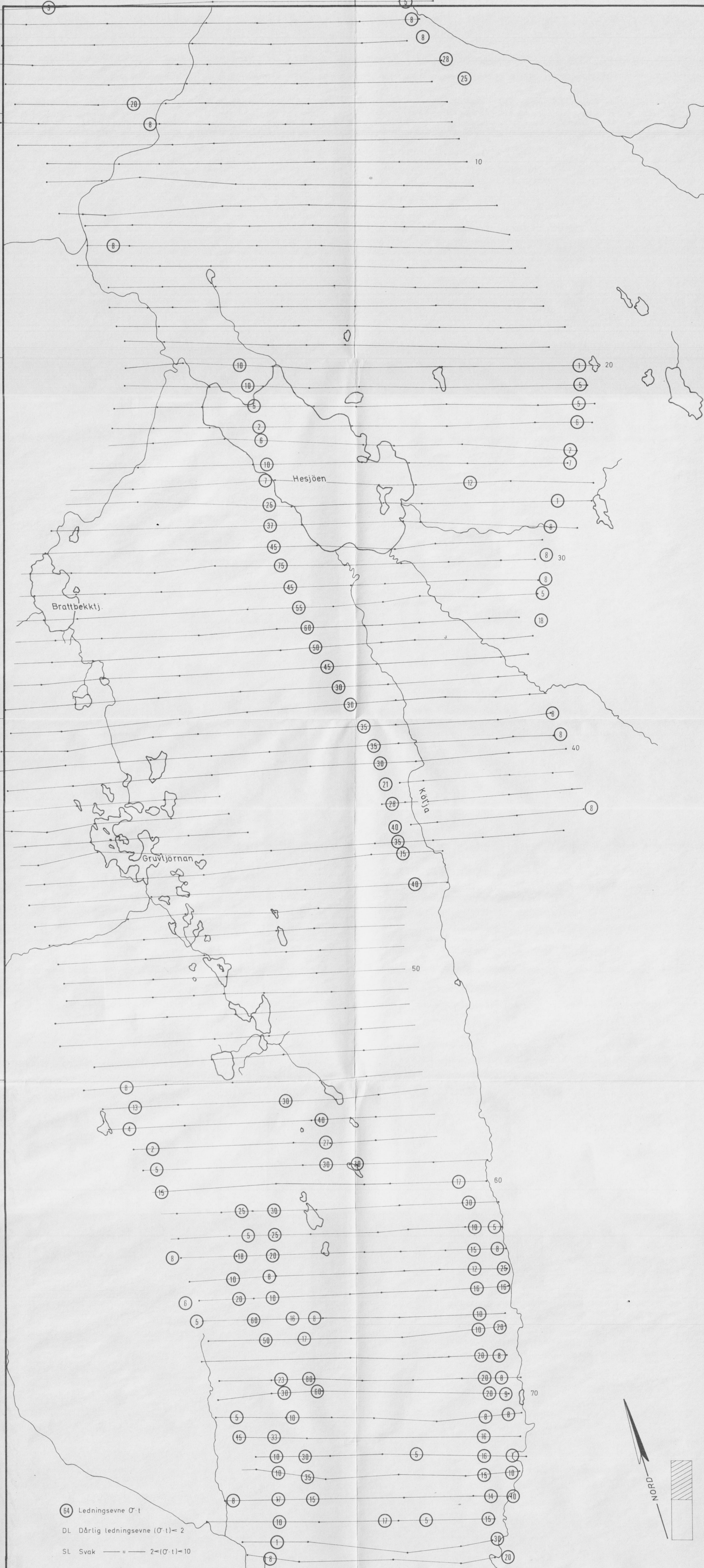


A/S SYDVARANGER
 HELIKOPTERMÅLINGER 1974
 EM-IMAGINÆR KOMPONENT
 DALSBYGDA, RØROS

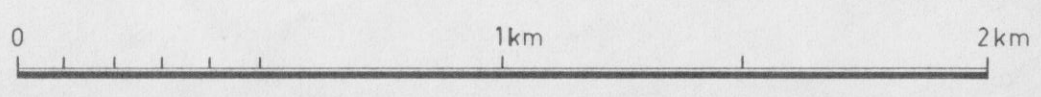
MÅLESTOKK 1:15 000	MÅLT H.H.	SEPT. 74
	TEGN. H.H.	APRIL 75
	TRAC. H.S.	APRIL 75
	KFR. H.H.	

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
 TRONDHEIM

TEGNING NR. 1306-06
 KARTBLAD (AMS) 1620 II



- 64 Ledningsevne σ_t
- DL Dårlig ledningsevne (σ_t) = 2
- SL Svak " " $2 < (\sigma_t) < 10$
- GL God " " $10 < (\sigma_t) < 50$
- ML Meget god " " $(\sigma_t) > 50$
- Flylinje med plottet punkt

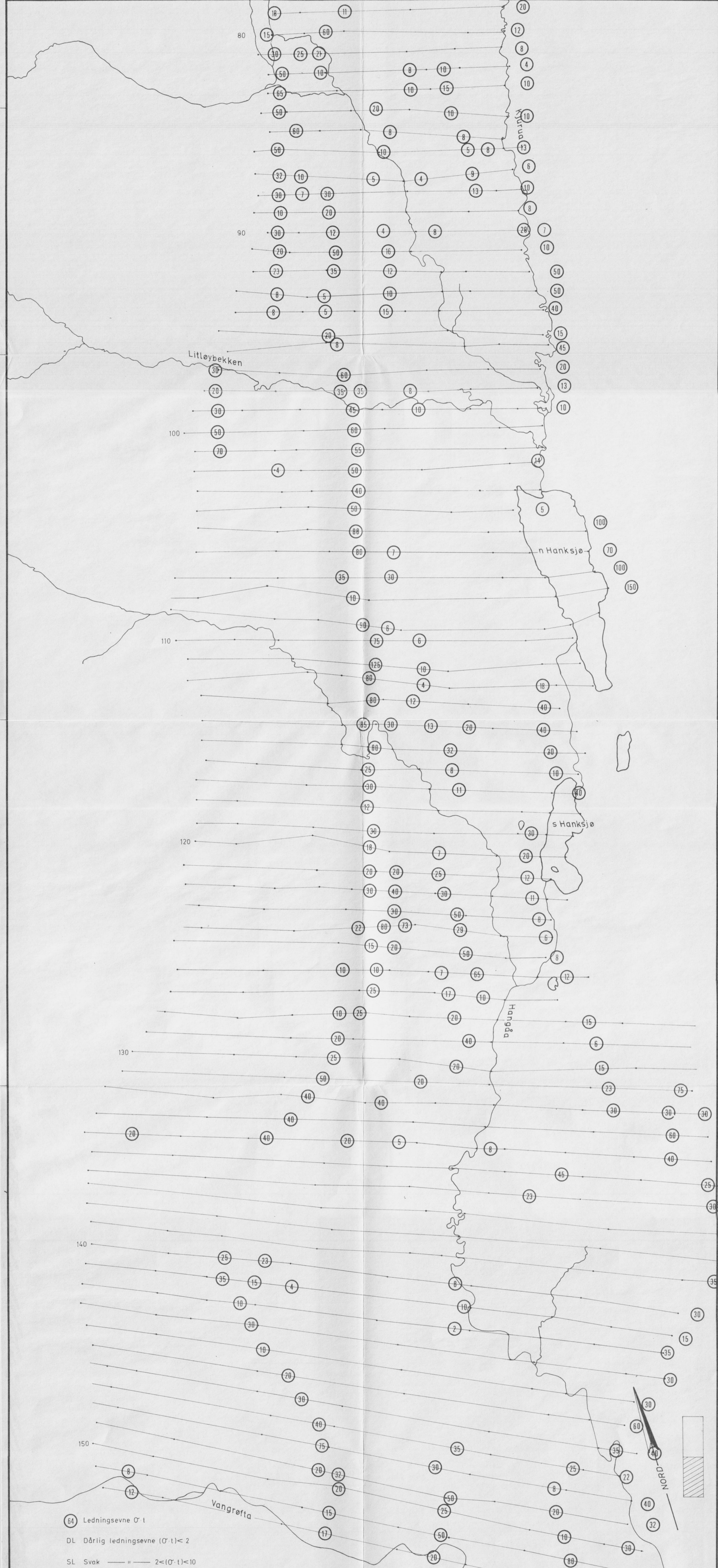


A/S SYDVARANGER
 HELIKOPTERMÅLINGER 1974
 ELEKTROMAGNETISK TOLKNINGSKART
DALSBYGDA, RØROS

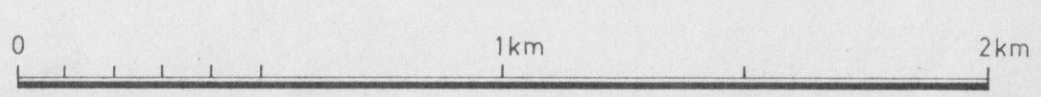
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
 TRONDHEIM

MÅLESTOKK 1:15 000	MÅLT H.H.	SEPT. 74
	TEGN. H.H.	APRIL 75
	TRAC. H.S.	MAI 75
	KFR. H.H.	

TEGNING NR. 1306-07	KARTBLAD (AMS) 1620 II
------------------------	---------------------------



- 64 Ledningsevne σ_t
- DL Dårlig ledningsevne ($\sigma_t < 2$)
- SL Svak " ($2 < \sigma_t < 10$)
- GL God " ($10 < \sigma_t < 50$)
- ML Meget god " ($\sigma_t > 50$)
- Flylinje med plottet punkt



A/S SYDVARANGER HELIKOPTERMÅLINGER 1974 ELEKTROMAGNETISK TOLKNINGSKART DALSBYGDA, RØROS	MÅLESTOKK 1:15 000	MÅLT H.H. TEGN. H.H. TRAC. H.S. KFR. H.H.	SEPT. 74 APRIL 75 MAI 75
	NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR. 1306-08	KARTBLAD (AMS) 1620 II