

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE

A/S Sulfidmalm

v/ geolog J. B. Gammon
Husebybakken 34

OSLO 3

LEIV EIRIKSSONS VEI 39

POSTBOKS 3006

TELEFON (075) 20 166

DERES REF:

DERES BREV:

VÅR REF:

7001 TRONDHEIM.

Jnr. 1596/75Gf 24. april 1975
HH/CS.

HELIKOPTERMÅLINGER MASI

Takk for sist!

Du beklaget så pent at du ikke hadde sett profilnummereringen på flykartene fra Masi da dere besøkte oss på NGU denne uken at jeg tar sjansen på å fortelle at målestaven på Masikartene (ikke målestokken!) ved en misforståelse har fått feil tall påtegnet. I stedet for 10 cm = 2 km har vi satt 10 cm = 1 km. Målestaven er riktig nok, men altså benevningen gal. Håper du får rettet dette, og jeg beklager feilen.

Geofysisk avdeling

Henrik Håbrekk
Henrik Håbrekk
geofysiker

Oppdragsgiver:

A/S SULFIDMALM

NGU Rapport nr. 1270

Magnetiske og elektromagnetiske
målinger fra helikopter over

MASI I KAUTOKEINO

FINNMARK

6. - 12. 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	7

Bilag:

1270-01, 02: Magnetiske kote kart	m/ flylinjer
1270-03, 04: Elektromagnetiske kote kart, reellkomponent	"
1270-05, 06: " " imaginærkomp.	"
1270-07, 08: " tolkningskart	

INNLEDNING

NGU, Geofysisk avdeling fikk i 1974 i oppdrag for A/S Sulfidmalm å utføre geofysiske målinger fra helikopter over et område (i denne rapporten kalt MASI) vest og nord for tettstedet Masi som ligger mellom Alta og Kautokeino i Finnmark.

Området dekker totalt ca. 250 km^2 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 målespolen. Støynivået øker også i sterkt regnvær, og i tillegg vil da sikten avta slik at den nødvendige lave målehøyde ikke kan oppnås. Ved måling over Masiområdet var værforholdene gode.

Under måling søker en å holde helikopterets hastighet på ca. 100 km/time og flyhøyden ca. 170 fot. Dersom navigatøren skal kunne dirigere piloten til riktig profilkurs ved denne hastighet og høyde, må kartgrunlaget være av god kvalitet. Det bør også være et rimelig antall referansepunkter på bakken (elver, veier, vann, bebyggelse etc.). Ved dette oppdraget ble benyttet fotomosaikk i målestokk 1:20.000, og bortsett fra enkelte uoverensstemmelser mellom mosaikk og terreng i den syd-vestlige delen av området, gikk navigeringen greit, og en oppnådde den ønskede dekning av området.

Når en utfører magnetiske målinger enten 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.

I nærheten av elektriske høyspennings kraftlinjer forstyrres de elektromagnetiske målingene i stor grad, og de forstyrrede områder strekker seg ofte 100 - 200 m til begge sider av linjetracéen. Andre elektromagnetiske sendere vil også ofte forstyrre målingene. I Masiområdet ble målingene ikke forstyrt av høyspenningslinjer eller andre elektriske støykilder.

MÅLEMETODER, INSTRUMENTER

Ved oppdraget over Masi ble to av jordens fysiske egenskaper målt og registrert, det jordmagnetiske tqtalfeltet 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. Selve magnetometeret med alle styreorganer er plassert i 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 induse-

rer i målespolen. Systemet oppgis å ha en støygrense lik 0.5 ppm for imagi-
nærkomponenten og 1 ppm for reellkomponenten. Disse tallene refererer selv-
sagt til de ideelle tilfeller med gunstige topografiske forhold, værforhold etc.

Registreringen av de magnetiske og elektromagnetiske data ble gjort i heli-
kopteret på en sekskanals oscillografskriver av type Century 444. To kanaler
ble benyttet til magnetisk - og to til elektromagnetisk registrering. Den femte
kanalen ble benyttet til registrering av data fra en radar høydemåler av type
Bonzer TR70. 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 regist-
reringspapiret. For å lette plottingen av de registrerte anomalier, merker
navigatøren i helikopteret lett kjennbare punkter langs profilene av på foto-
mosaikken. 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 Soulovuobme fjellstue
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 Sulfidmalm. Den søndre delen av feltet ble fløyet i ca. nord/syd retning,
mens resten ble fløyet i øst/vest retning. Profilavstanden ble bestemt til
200 m. Det ble i alt målt 1260 km profil. Arealet av måleområdet er ca.
250 km².

Målingene ble utført i tidsrommet 6. - 12. september 1974 og Soulovuobme
fjellstue 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 del-

tok følgende fra A/S Helilift ved oppdraget:

Helge Siljuberger	flyger
Finn Hegle	mekaniker

Hver kveld etter avsluttede målinger ble de fleste elektromagnetiske anomalier plottet inn på fotomosaikk, og A/S Sulfidmalm's geolog Erkki Kreivi kunne umiddelbart sjekke noen av anomaliene som fremkom ved målingene.

BEARBEIDELSE

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

De registrerte elektromagnetiske data blir justert ved hjelp av radarhøyde-målerens utskrift til en referansehøyde for helikopteret på 170 fot. Dette blir gjort for å minske variasjoner i anomaliamplitudene 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 elektromagnetiske måledata overført til grunnlagskartene og kotert på samme måte som magnetiske måledata. På grunn av forskjell i anomaliamplitudene er forskjellig 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 reellanomali forekommer imidlertid også, og disse er skravert på kartene som følger denne rapporten.

RESULTATER

Resultatene fra målingene over Masiområdet er fremstilt i følgende kartverk i målestokk 1:20.000:

2 magnetisk totalfelt	kotekart m/ flylinjer	Pl. 1270-1, 2
2 elektromagnetisk reellkomponent	" "	" 1270-3, 4
2 " imaginærkomponent	" "	" 1270-5, 6
2 " tolkningskart	" "	" 1270-7, 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 oppgave ved slike målinger må være å lokalisere objekter i eller under bakken som har en elektrisk ledningsevne som skiller seg ut fra det omkringliggende medium. En kan i tillegg kartlegge utbredelsen av disse ledere i to dimensjoner, og dersom forholdene er gunstige, grovt antyde hvor dypt under bakken lederen befinner seg.

Ved å bruke både reell- og imaginærkartene 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 200 - 300 m lengde og over 100 m dybde). En kan da ved å sammenholde reell- og imaginærkomponentene 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 ledeses og ledendes ledningsevne er basert på de ovennevnte forutsetninger om geometrien og dessuten at lederen og det omkringliggende medium 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. Det opptrer mange og kraftige anomalier i feltet, og de fleste indikerer både i størrelse og form at en har å gjøre med lange og mektige grafittskifersoner med meget god ledningsevne.

I Masiområdet fikk vi flere relativt kraftige positive reellanomali-er samtidig med magnetiske anomalier. Dette gjelder særlig den nordre delen av målefeltet. Disse positive reellanomali-er er skravert på reellkomponentkartene.

Magnetiske anomalier blir ofte registrert av den elektromagnetiske måleapparat-uren. Disse vil ofte gi positive reellkomponenter og i enkelte tilfeller moderate negative imaginærkomponenter. Tolkning av slike anomalier etter den vanlige ($\sigma \times t$)metoden er umulig. Erfaringer som Dr. Sander sitter inne med fra Canada har vist at positive reellanomali-er ofte skyldes fordelt magnetitt i basiske bergarter. Samtidige negative imaginærregistreringer kan da indikere moderat ledningsevne som heller ikke er uvanlig for eksempel ved basiske bergarter dersom disse har gjennomgått en serpentiniseringsprosess.

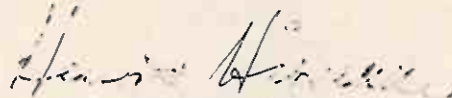
I den delen av måleområdet der en har vanskelige forhold for tolkning vil derfor reell- og imaginærkomponentkartene bare kunne benyttes til å lokalisere og kartlegge de ledere og soner som finnes.

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 også på de aeromagnetiske kart over området. Magnetiske målinger fra fly er ikke i samme grad avhengig av målehøyden som elektromagnetiske og radiometriske målinger 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 kartfremstilling.

Trondheim 10. februar 1975.

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
Geofysisk avdeling


Henrik Håbrekke
geofysiker



Havggajavre

UNNA
Kuddas

GAERBMASOAJUVE

Suolajavre

Salggajavre

Ruoddojavre

Dualbajavre

Sodnajokke

Salvajokke

Mastjokka

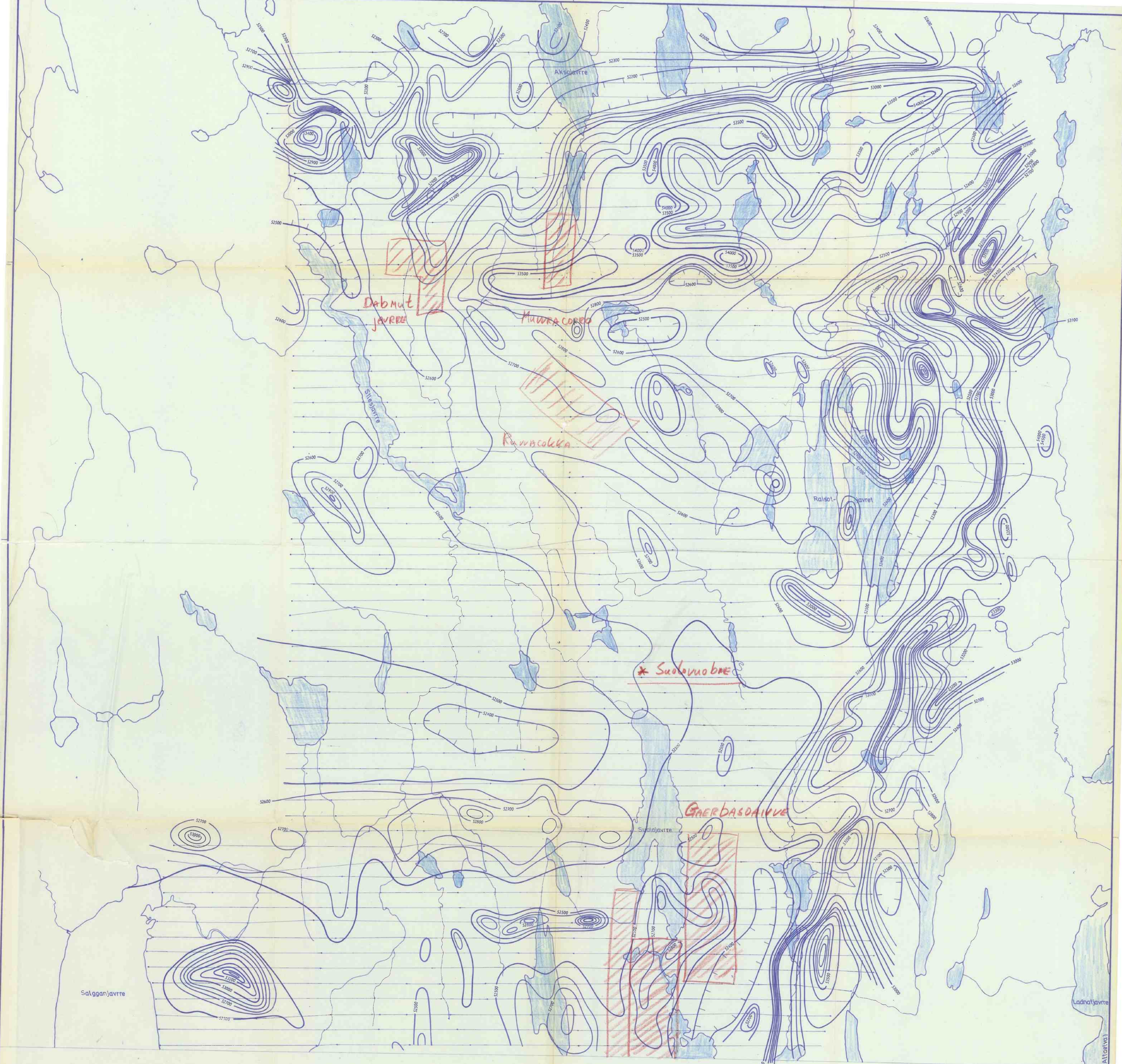
NORD

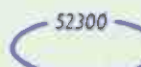
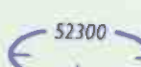
Magnetisk isonamalikurve med intervall 100γ

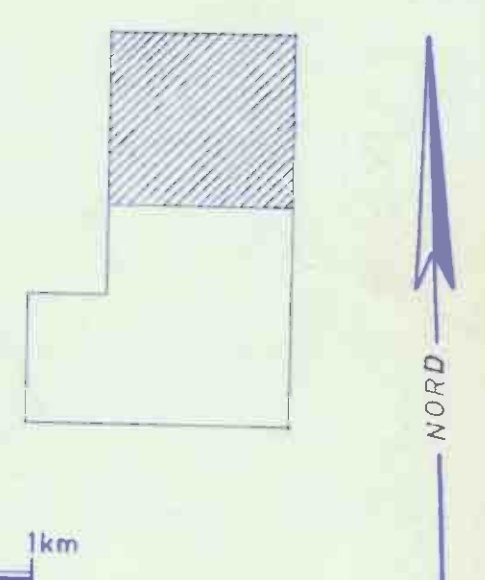
Lukket lavere område

Flylinje med plottet punkt

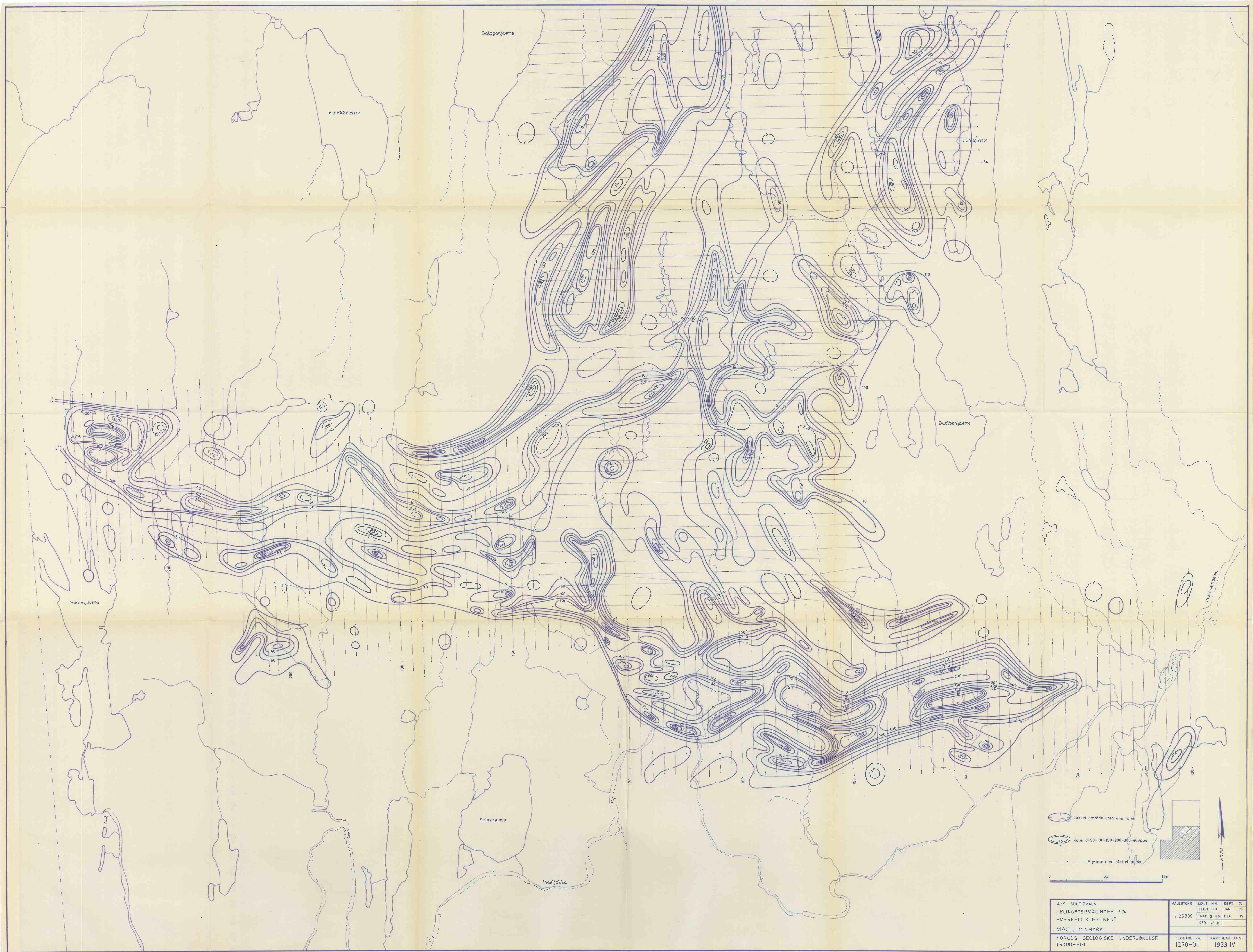
A/S SULFIDALM HELIKOPTERMÅLINGER 1974 MAGNETISK TOTALFELT MASI, FINNMARK NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	MÅLSTOKK	MÅLT H.M.	SEPT. 74
	1:20000	TEOM. H.M.	JAN. 75
		TRAC. & H.S.	FEB. 75
		KFR.	
TEGNING NR. 1270-01		KARTBLAD (AMS) 1933 IV	



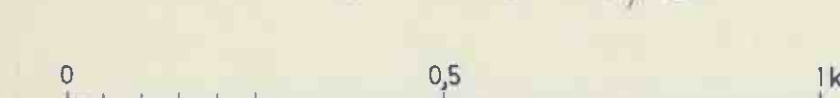
-  Magnetisk isonomalikurve med intervall 100 γ
-  Lukket lavere område
-  Flylinje med plottet punkt



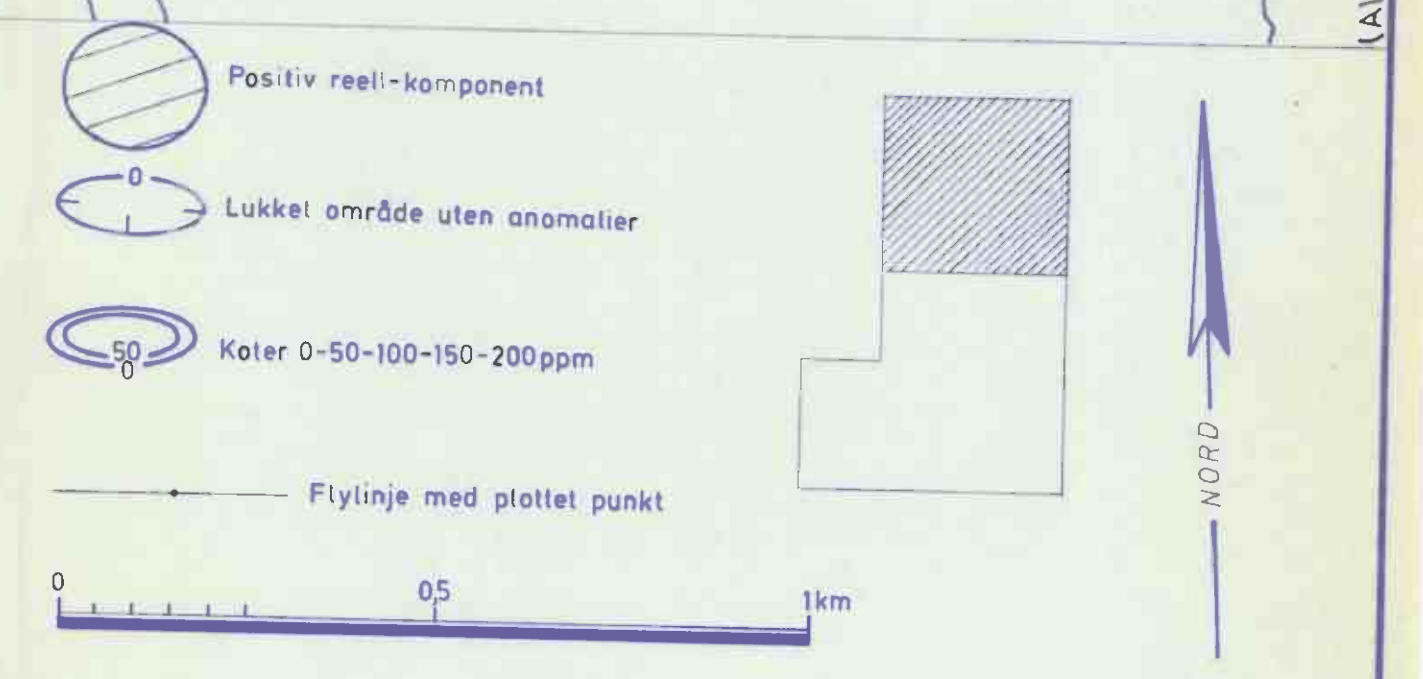
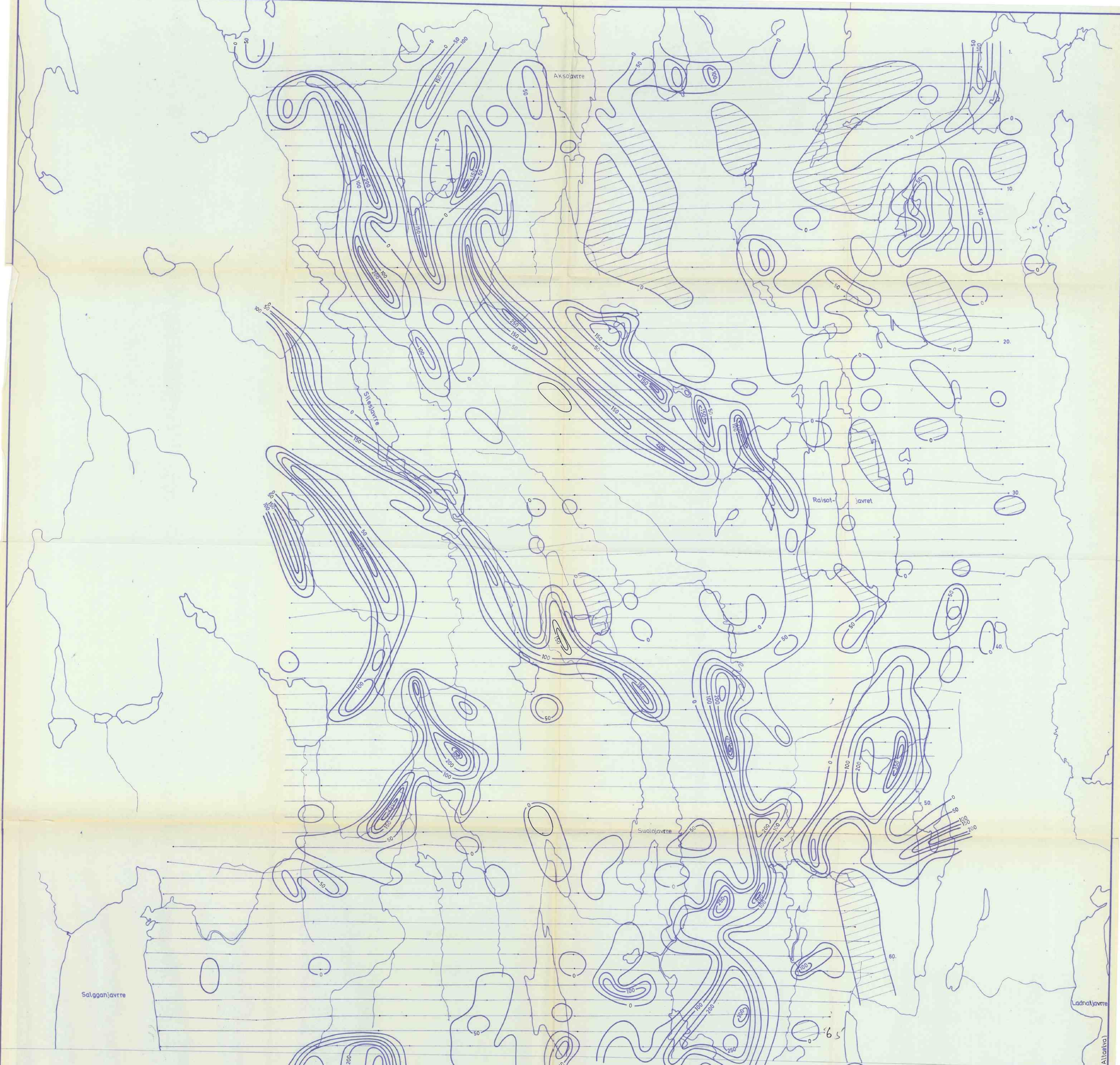
A/S SULFIDMÅLM HELIKOPTERMÅLINGER 1974 MAGNETISK TOTALFELT MASI, FINNMARK NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	MÅLESTOKK	MÅLT H.H.	SEPT. 74
	1:20000	TEGN. H.H.	JAN. 75
		TRAC. G.H.S.	FEB. 75
		KFR. H.H.	
TEGNING NR. 1270-02	KARTBLAD (AMS) 1934 III		



- Lukket område uten anomalier
- Koter 0-50-100-150-200-300-400ppm
- Flylinje med plottet punkt



A/S SULFIDMALM HELIKOPTERMÅLINGER 1974 EM-REELL KOMPONENT MASI, FINNMARK NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	MÅLSTOKK 1:20000 KFR. / /	MÅLT H.H. TEGN. H.H. TRAC. & H.S. KFR. / /	SEPT. 74 JAN. 75 FEB. 75
	TEGNING NR. 1270-03	KARTBLAD (AMS) 1933 IV	



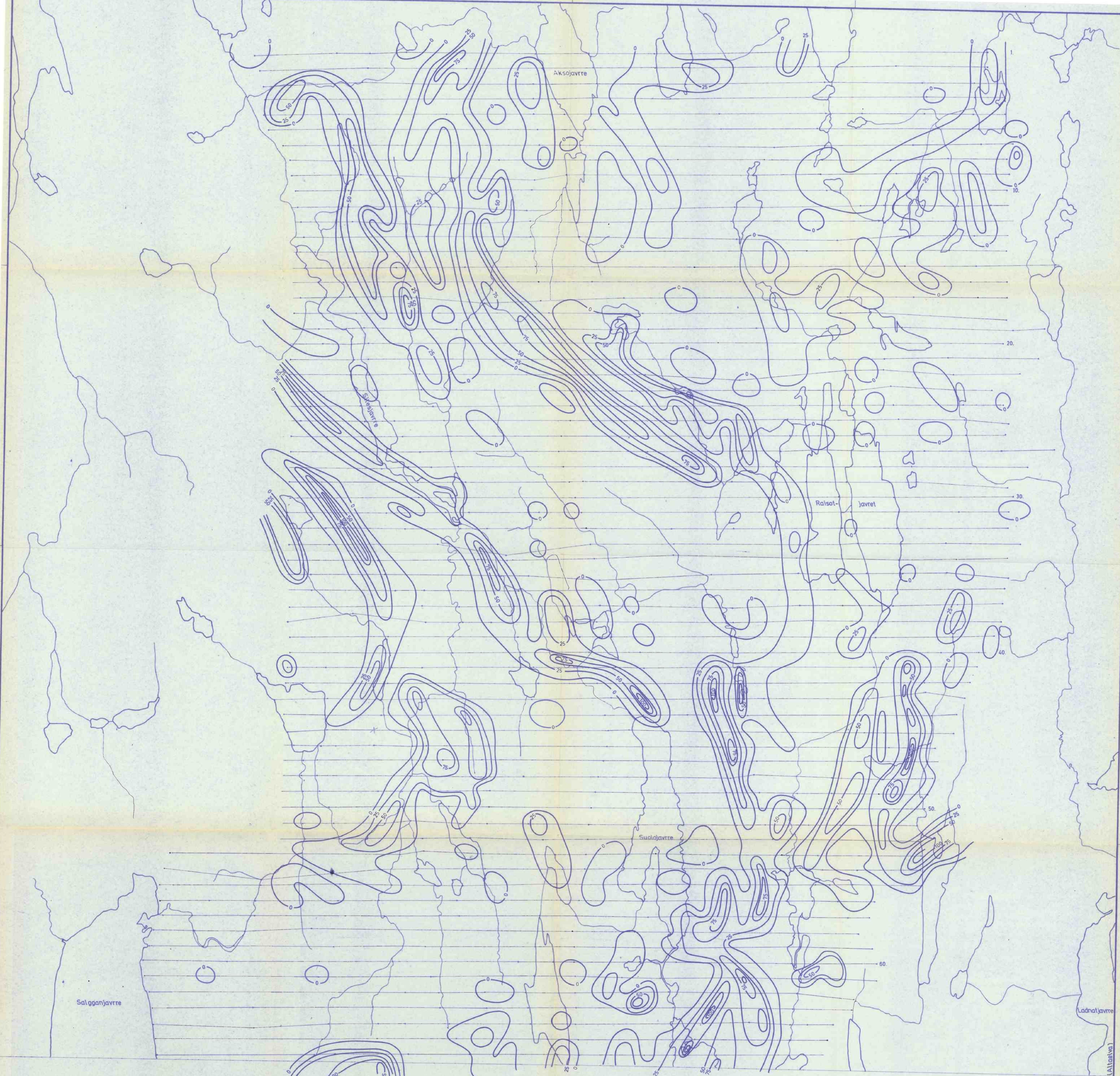
A/S SULFIDMALM HELIKOPTERMÅLINGER 1974 EM-REELL KOMPONENT MASI, FINNMARK NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	MÅLESTOKK	MÅLT H.H.	SEPT 74
	1:20000	TEGN. H.H.	JAN. 75
		TRAC. & H.S.	FEB. 75
		KFR. #	#
TEGNING NR.	KARTBLAD (AMS)		
1270-04	1934.III		



Lukket område uten anomalier
Koter 0-25-50-75-100 ppm
Flylinje med plottet punkt

0 0.5 1 km

A/S SULFIDMALM HELIKOPTERMÅLINGER 1974 EM-IMAGINÆR KOMPONENT MASI, FINNMARK NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	MÅLSTOKK	MÅLT H.H.	SEPT 74
	1:20000	TEGN. H.H.	JAN. 75
		TRAC. & H.S.	FEB. 75
		KFR.	H. H.
		TEGNING NR.	
1270-05	1933 IV		



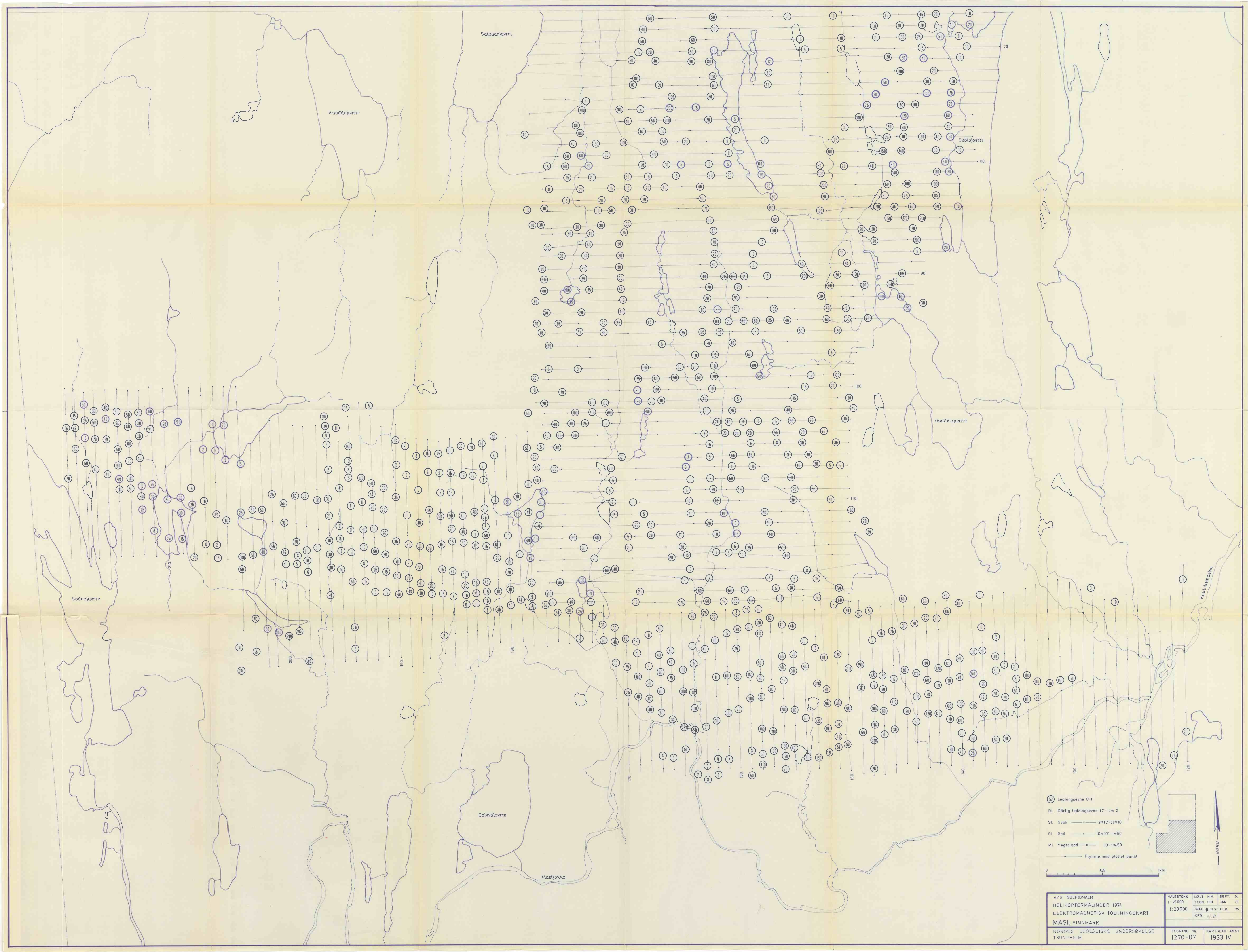
Koter 0-25-50-75-100 ppm

Flylinje med plottet punkt

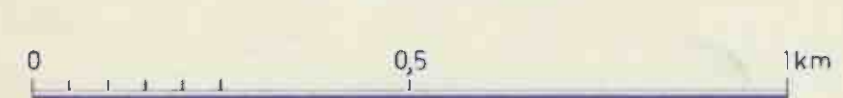
0 0.5 1 km

NORD

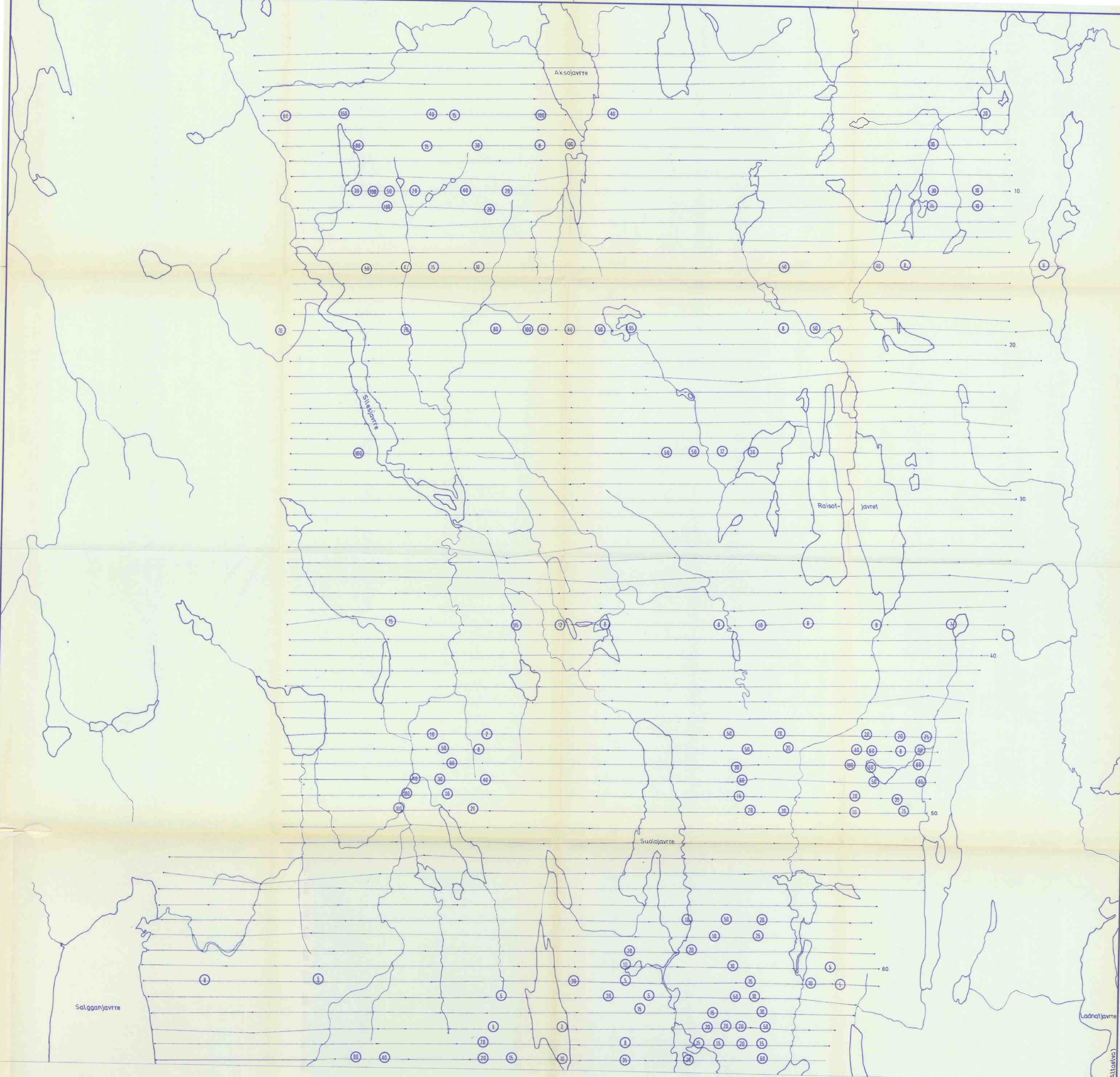
A/S SULFIDMÅLM HELIKOPTERMÅLINGER 1974 EM-IMAGINÆR KOMPONENT MASI, FINNMARK	MÅLESTOKK	MÅLT M.H.	SEPT. 74
	1:20000	TEGN. M.H.	JAN. 75
		TRAC. Ø. H.S.	FEB. 75
		KFR.	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR. 1270-06	KARTBLAD (AMS) 1934 III	



50 Ledningsevne 0-t
DL Dårlig ledningsevne (0-t) = 2
SL Svak ——— 2 < (0-t) < 10
GL God ——— 10 < (0-t) < 50
ML Meget god ——— (0-t) > 50
— Flylinje med plottet punkt



A/S SULFIDMALM HELIKOPTERMÅLINGER 1974 ELEKTROMAGNETISK TOLKNINGSKART MASI, FINNMARK NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	MÅLSTOKK 1:15000 1:20000	MÅLT MÅN	SEPT. 75
		TEGN. MÅN	JAN. 75
		TRAC. & H.S.	FEB. 75
		KFR.	4/75
TEGNING NR.		KARTBLAD (AMS)	
1270-07		1933 IV	



(5) Ledningsevne $\sigma-t$

DL Dårlig ledningsevne ($\sigma-t$) < 2

SL Svak ——— $2 < (\sigma-t) < 10$

GL God ——— $10 < (\sigma-t) < 50$

ML Meget god ——— $(\sigma-t) > 50$

— Fylt linje med plottet punkt

0 0.5 1 km

NORD

A/S SULFIDMALM HELIKOPTERMÅLINGER 1974 ELEKTROMAGNETISK TOLKNINGSKART MASI, FINNMARK	MÅLESTOKK	MÅLT H.H.	SEPT. 74
	1:20000	TEGN. H.H.	JAN. 75
		TRAC. G.H.S.	FEB. 75
		KFR. ~~4/4~~	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR. 1270-08	KARTBLAD (AMS) 1934 III	