



# Bergvesenet

Postboks 3021, 7002 Trondheim

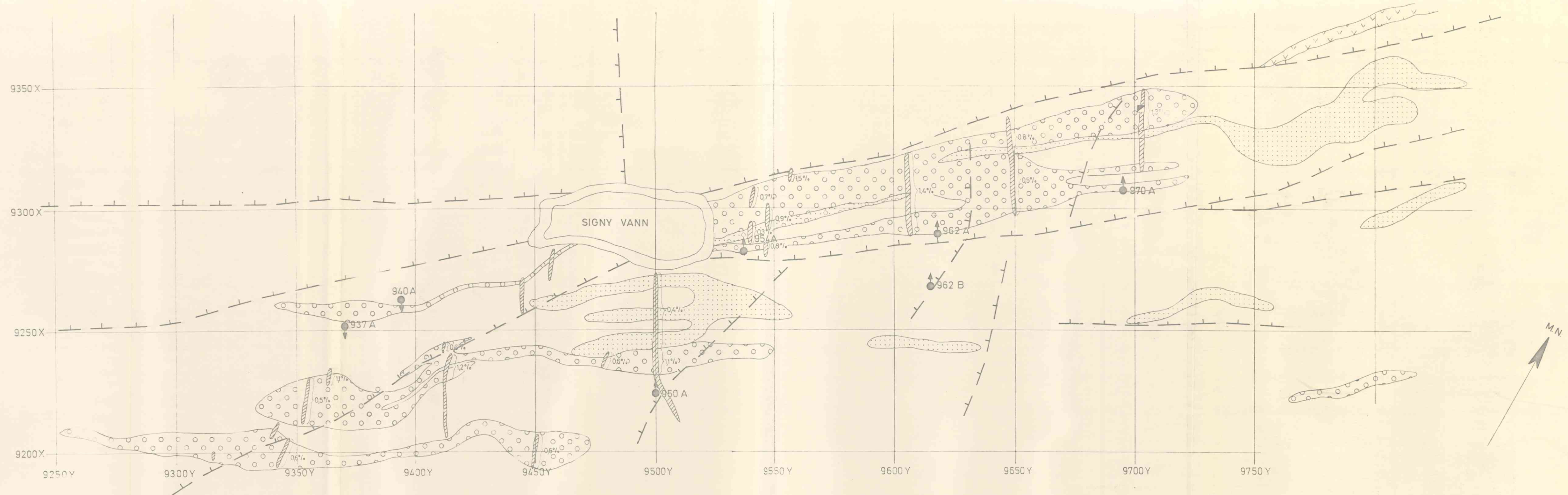
## Rapportarkivet

|                                                                           |                    |                                      |                                      |                     |
|---------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------|
| Bergvesenet rapport nr<br><b>BV 1644</b>                                  | Intern Journal nr  | Internt arkiv nr                     | Rapport lokalisering<br>Trondheim    | Gradering           |
| Kommer fra ..arkiv                                                        | Ekstern rapport nr | Oversendt fra                        | Fortrolig pga                        | Fortrolig fra dato: |
| Tittel<br><b>Prospektering i Komagfjordvinduet 1977</b><br><b>Bind II</b> |                    |                                      |                                      |                     |
| Forfatter                                                                 |                    | Dato<br>1977                         | Bedrift<br>Folldal Verk A/S          |                     |
| Kommune<br>Alta<br>Kvalsund                                               | Fylke<br>Finnmark  | Bergdistrikt<br>Troms og<br>Finnmark | 1: 50 000 kartblad<br>19351<br>19354 | 1: 250 000 kartblad |
| Fagområde<br>Regionalgeologi<br>Geofysikk<br>Geokjemi                     |                    | Dokument type                        | Forekomster                          |                     |
| Råstofftype<br>Malm/metall                                                |                    | Emneord                              |                                      |                     |
| Sammendrag                                                                |                    |                                      |                                      |                     |

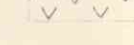
BV1644







# TEGNFORKLARING

-  KØBBERKISMINERALISERING
-  KØBBERGLANS, BORNITTMINERALISERING
-  BORNITT KØBBERKIS MINERALISERING
-  DIABAS
-  SPREKKE (FORKASTNINGS) SONE
-  ROSKER

-  DIAMANTBORHULL
-  LODDSJAKT

950 B

A/S NATIONAL INDUSTRI  
GEOL. KART OVER VESTFELTET  
**REPPARFJORD**

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
TRONDHEIM

|                             |       |       |           |
|-----------------------------|-------|-------|-----------|
| MÅLESTOKK.<br><b>1:1000</b> | OBS.  | R. H. | Juli 1966 |
|                             | TEGN. | R. H. | Des. 1966 |
|                             | TRAC. | B. E. | Jan. 1967 |
|                             | KFR.  | R. H. | Jan. 1967 |

|                              |              |
|------------------------------|--------------|
| TEGNING NR.<br><b>742-02</b> | KARTBLAD NR. |
|------------------------------|--------------|

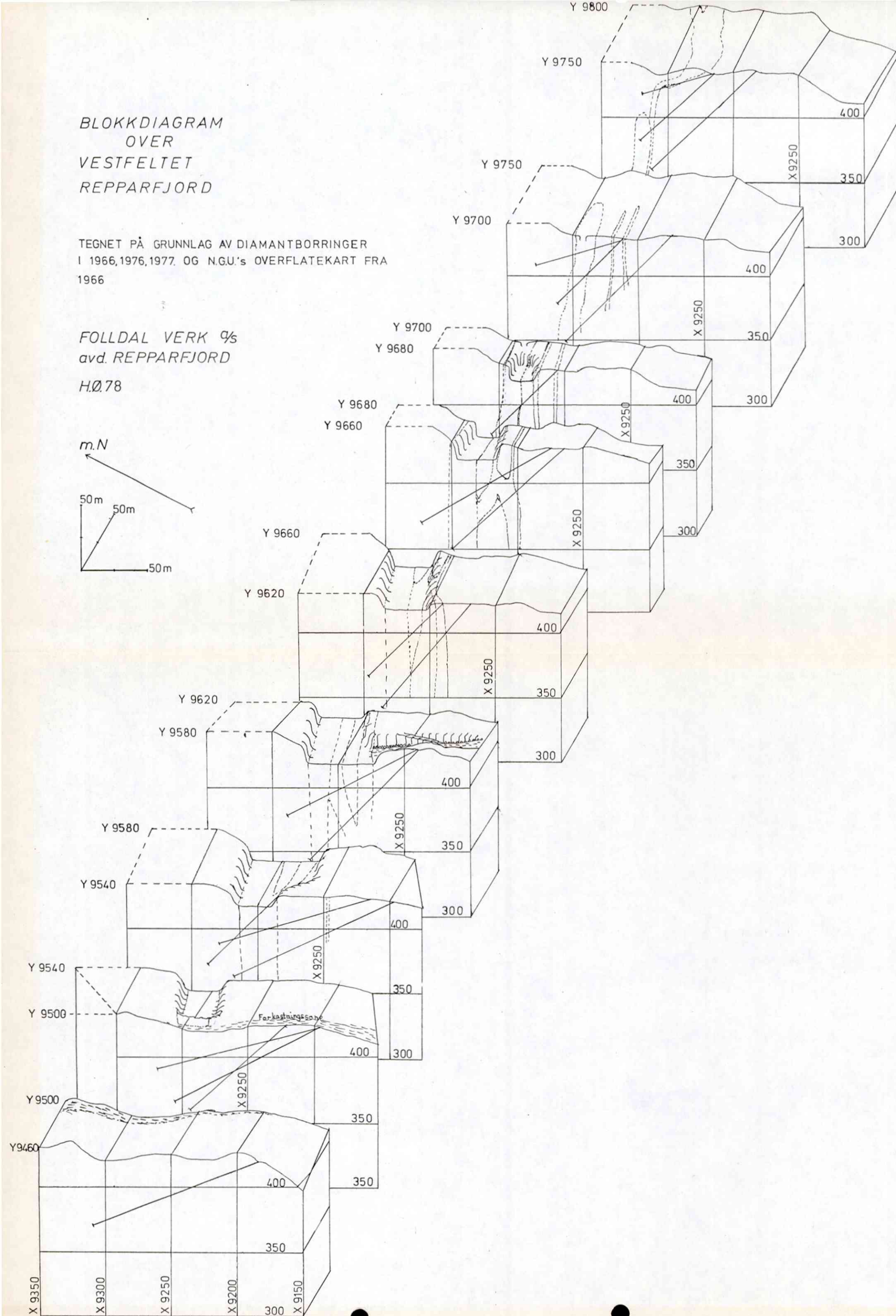
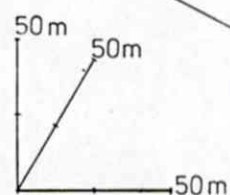


BLOKKDIAGRAM  
OVER  
VESTFELTET  
REPPARFJORD

TEGNET PÅ GRUNNLAG AV DIAMANTBORRINGER  
I 1966, 1976, 1977. OG N.G.U.'s OVERFLATEKART FRA  
1966

FOLLDAL VERK 9/5  
avd. REPPARFJORD  
H.Ø.78

m.N



NV  
K

SØ  
K<sub>1</sub>

Borhull nr  
946 A

Z 400

$\approx 22^\circ$   
136.14 m

Z 350

Basis i X 9327

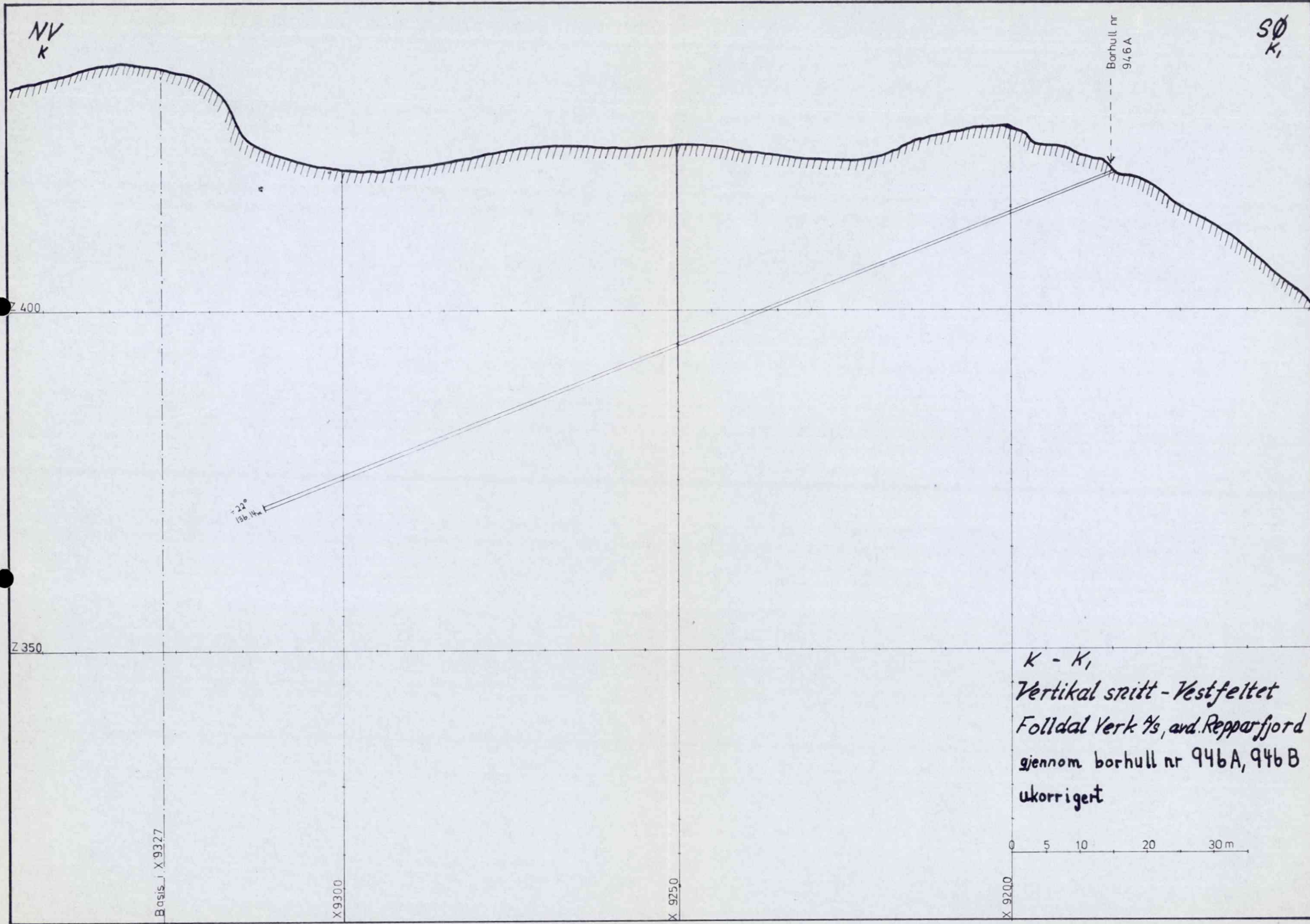
X 9300

X 9250

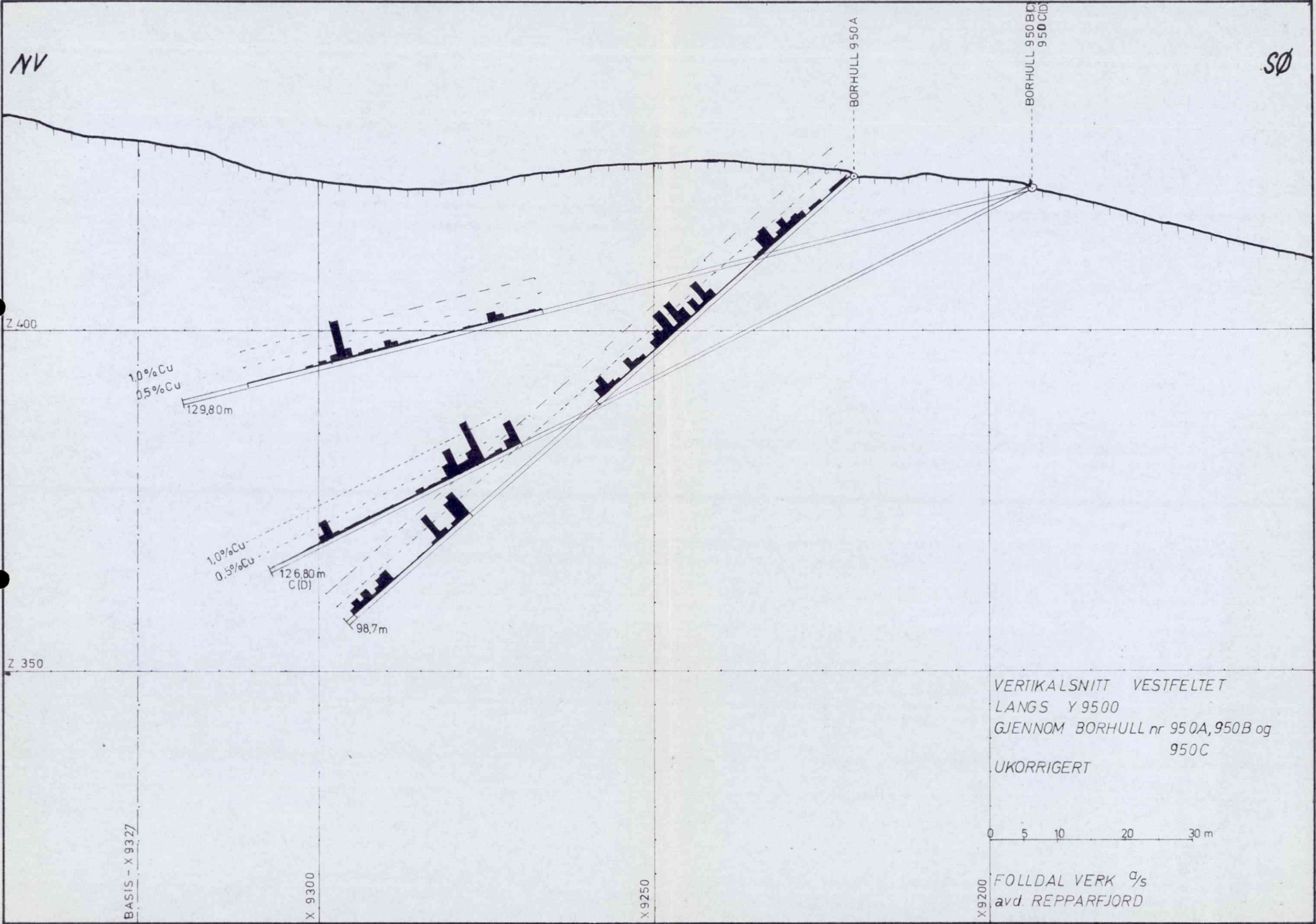
X 9200

K - K<sub>1</sub>  
Vertikal snitt - Vestfeltet  
Folldal Verk  $\frac{1}{2}$ s, ved Repparfjord  
gjennom borhull nr 946 A, 946 B  
ukorrigert

0 5 10 20 30 m







NV

SØ

Z 400

Z 350

1.0% Cu  
0.5% Cu

129,80m

1.0% Cu  
0.5% Cu

126,80m  
C(D)

98,7m

BORHULL 950A

BORHULL 950B  
950C(D)

BASIS - X 9327

X 9300

X 9250

X 9200

VERTIKALSNITT VESTFELTET  
LANGS Y 9500  
GJENNOM BORHULL nr 950A, 950B og  
950C  
UKORRIGERT

0 5 10 20 30 m

FOLLDAL VERK a/s  
avd. REPPARFJORD



I  
NV

I,  
SØ

Z 400

Z 350

954 A - 66 (usikker X-koordinat)

954 A(B)

954 B(C)

119,9m

74m

132,10m

BASIS - X9327

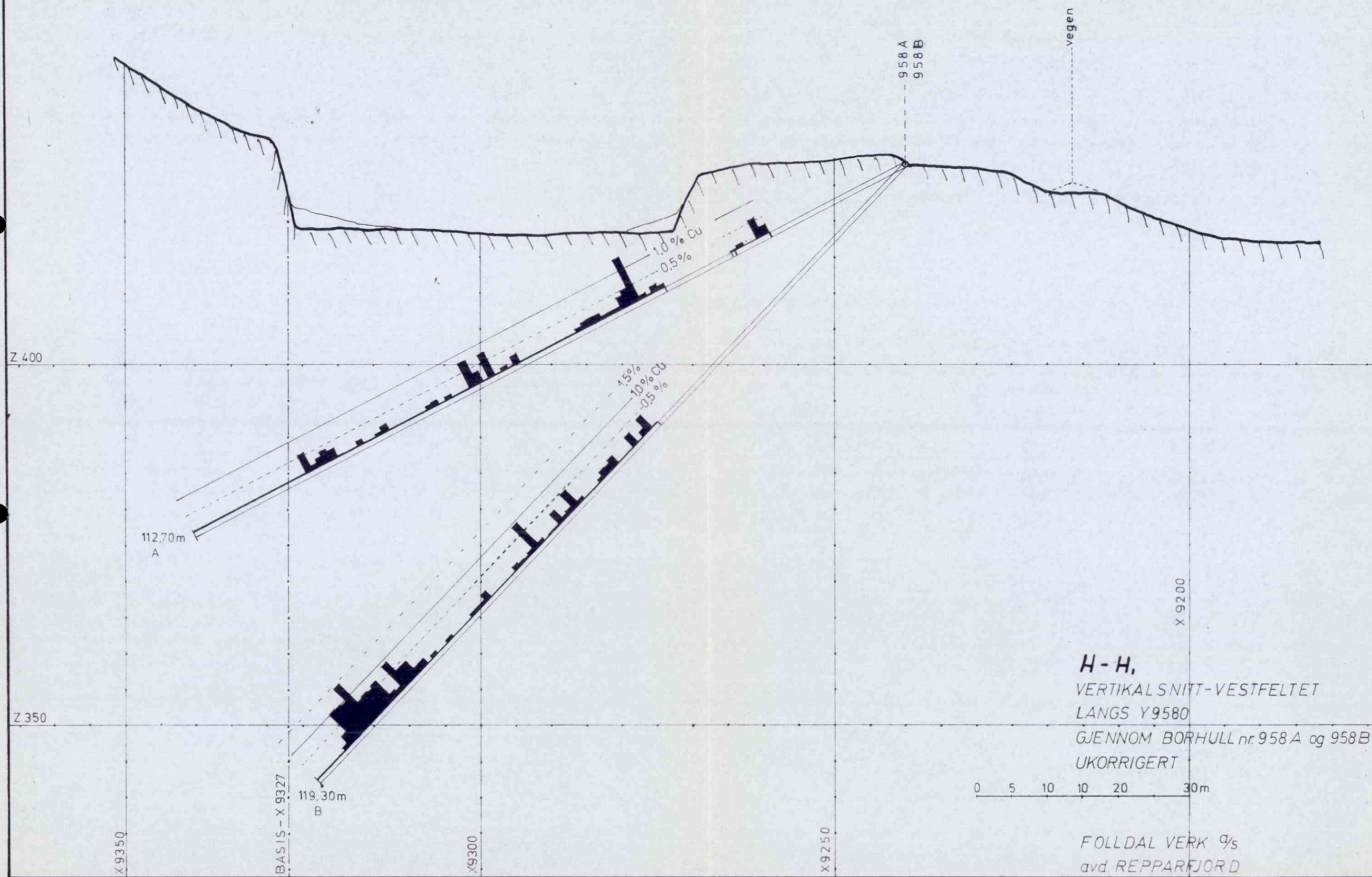
X 9300

X9250

I-I.  
VERTIKALSNITT - VESTFELTET  
LANGS Y9540  
GJENNOM BORHULL nr 954 A(B)-77 og  
nr 954 B(C)-77.  
nr 954 A - 66.  
UKORRIGERT

0 5 10 20 30m  
FOLDAL VERK 9's  
avd REPPARFJORD

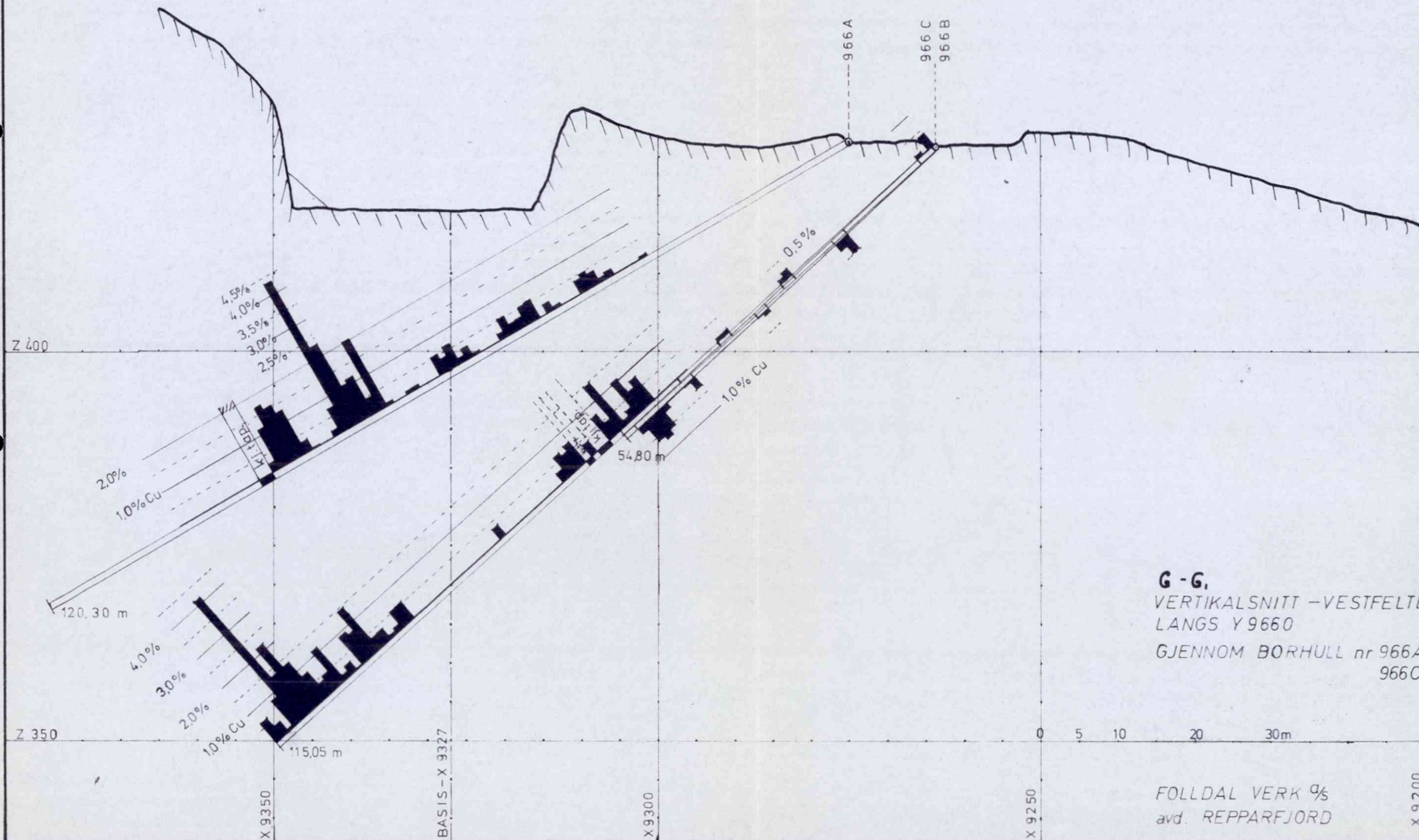
X 9350

$$S\phi$$




NV  
G

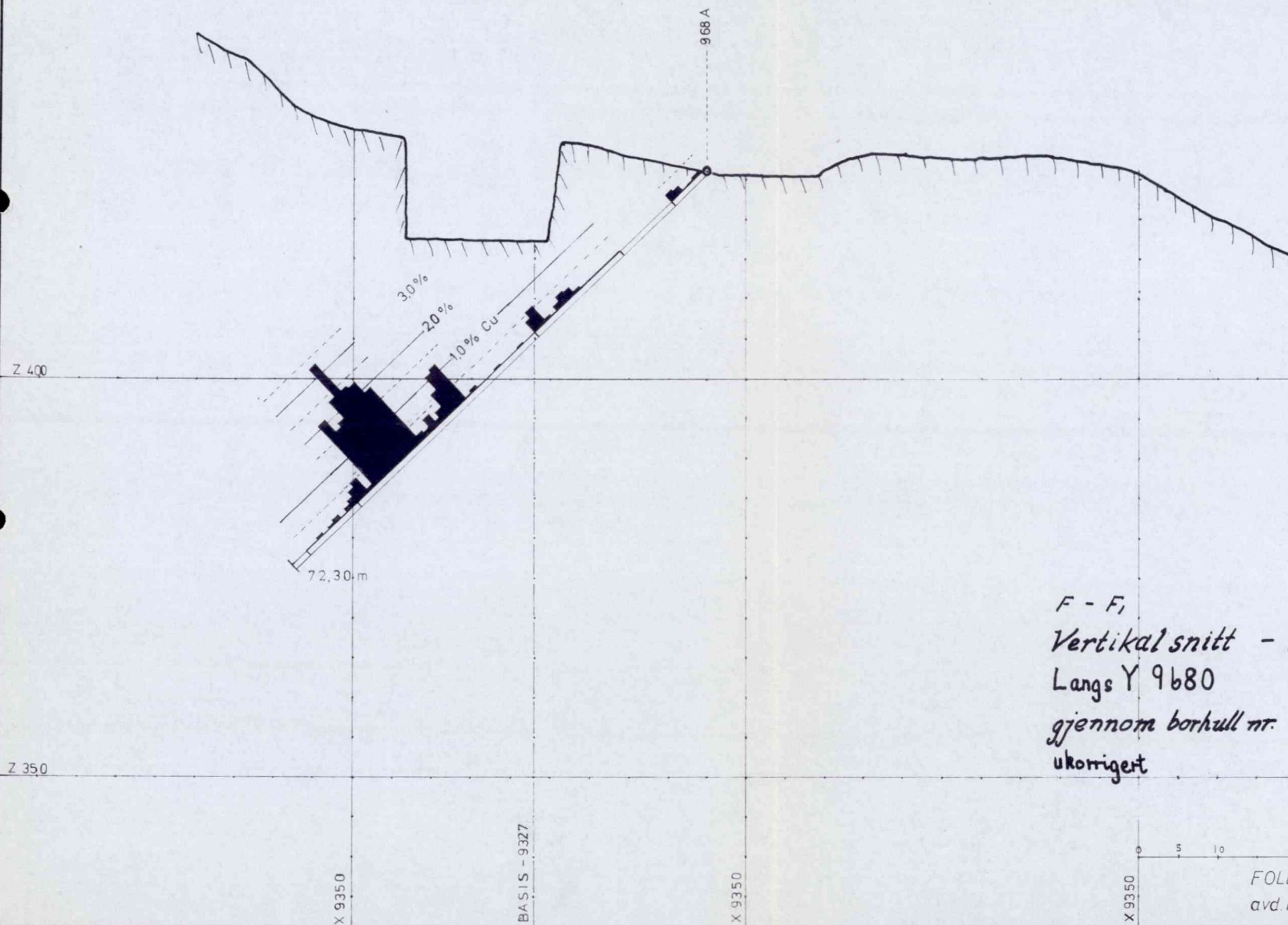
SØ  
G<sub>1</sub>



**G-G,**  
VERTIKALSNITT - VESTFELTET  
LANGS Y 9660  
GJENNOM BORHULL nr 966A, 966B,  
966C.

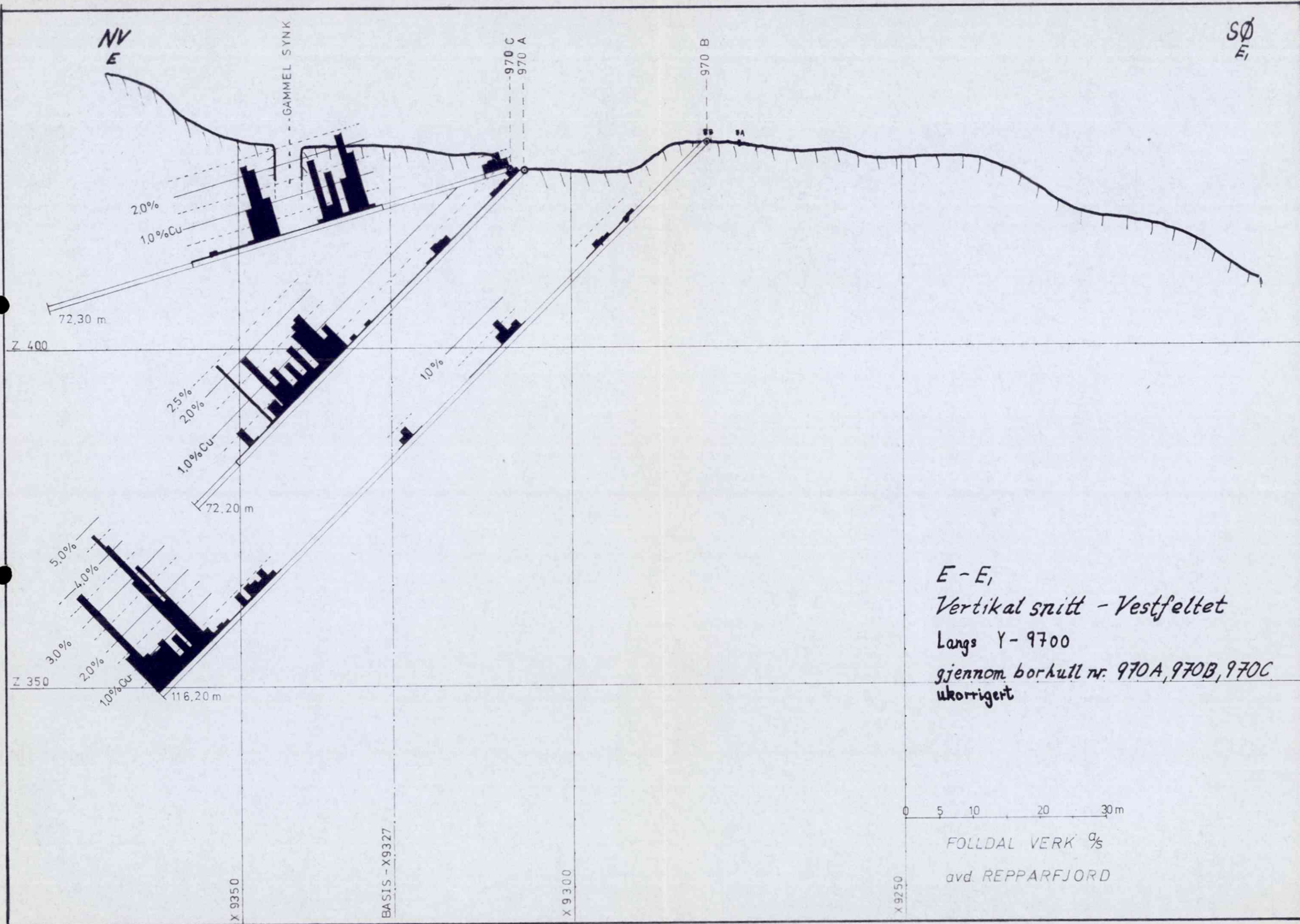
NV  
F

SØ  
F<sub>1</sub>



F - F<sub>1</sub>  
Vertikal snitt - Vestfeltet  
Langs Y 9680  
gjennom borkull nr. 968 A  
ukorrigeret





NV  
D

SØ  
D

927A

3.0%  
2.0%

1.0% Cu

Z 400

121,80m

Z 350

VERTIKALSNITT-VESTFLTET  
LANGS - Y 9720  
GJENNOM BORHULL nr. 972 A  
UKORRIGERT

0 5 10 20 30m

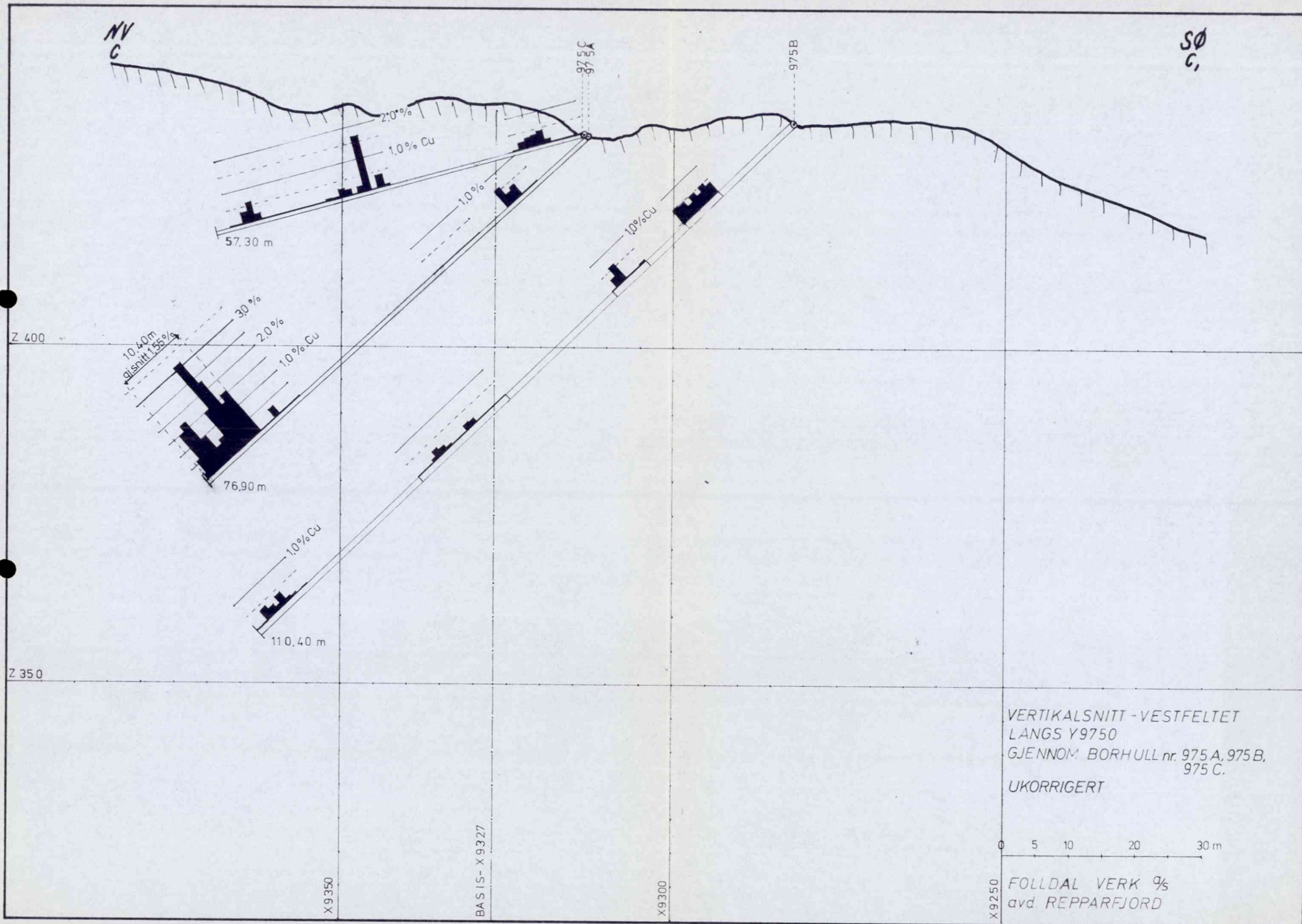
FOLLDAL VERK 9/s  
avd. REPPARFJORD

X 9350

BASIS - X 9327

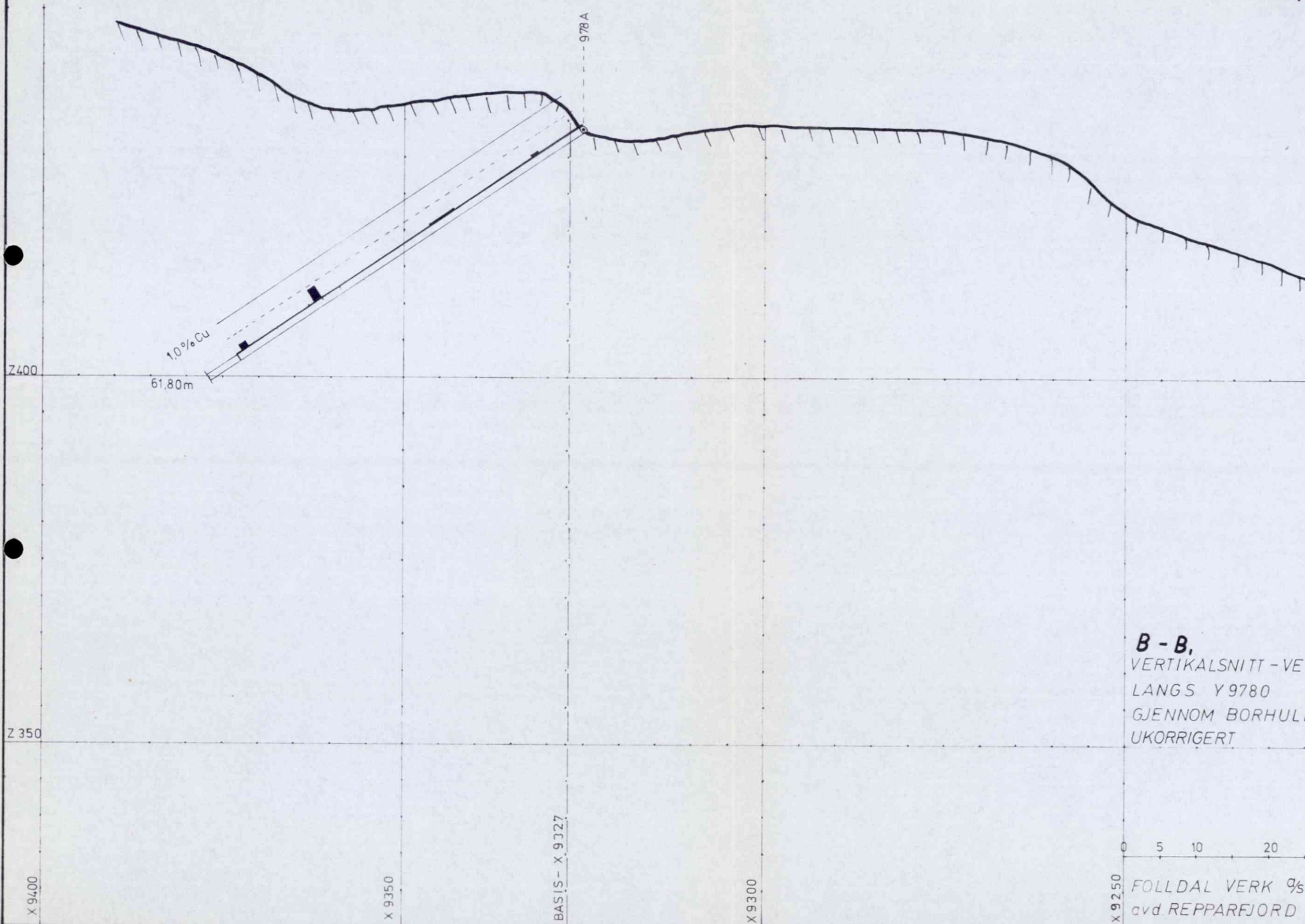
X 9300





NV  
B

SØ  
B,

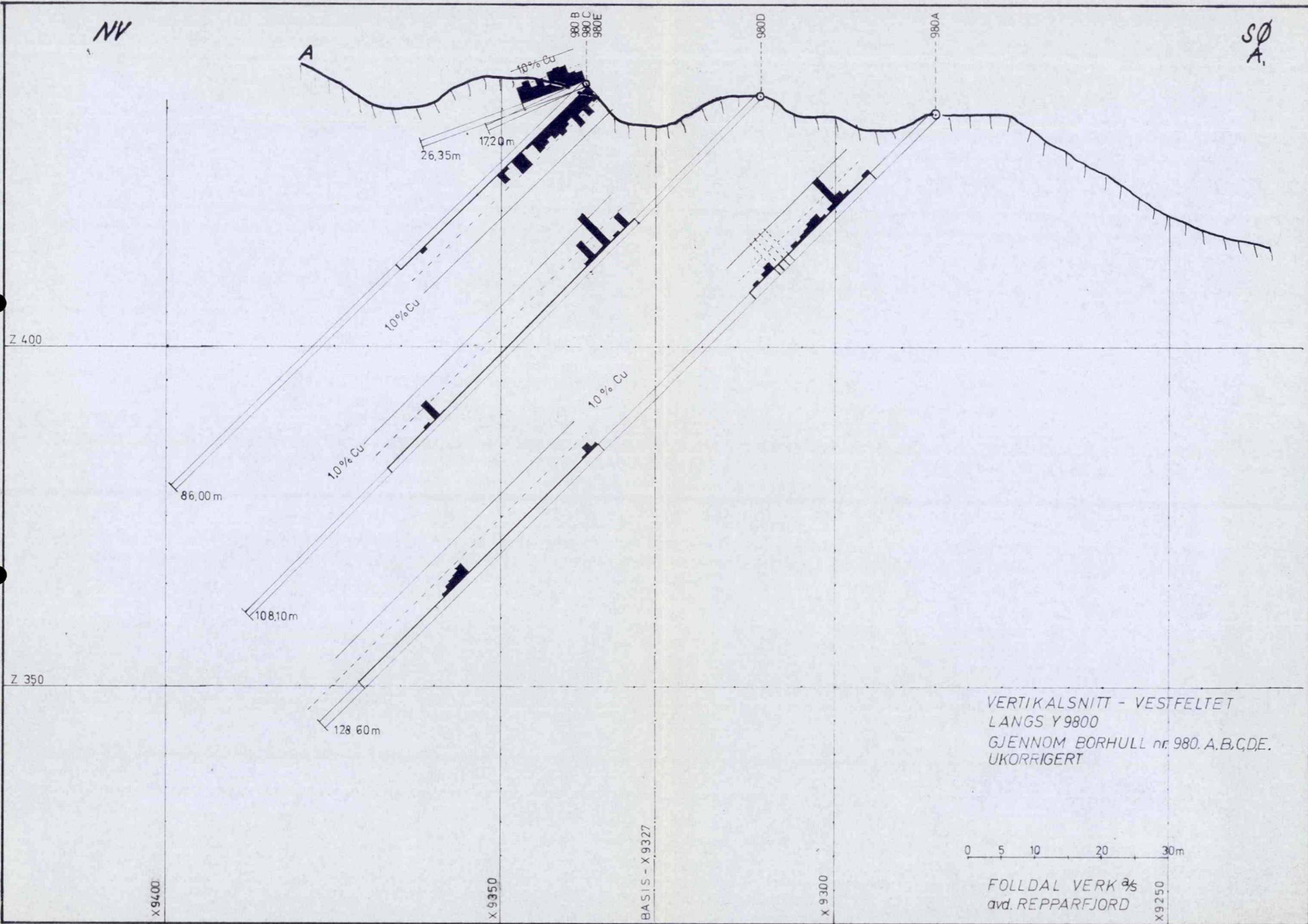


**B - B,**  
VERTIKALSNITT - VESTFELTET  
LANGS Y 9780  
GJENNOM BORHULL 978A  
UKORRIGERT



NV

SO  
A<sub>1</sub>



VERTIKALSNITT - VESTFELTET  
 LANGS Y 9800  
 GJENNOM BORHULL nr. 980. A,B,C,D,E.  
 UKORRIGERT

0 5 10 20 30m

FOLLDAL VERK <sup>2/5</sup>  
 avd. REPPARFJORD

NV

SØ

Z 400

Z 350

BASIS X 9327

X 9300

X 9250

X 9200

VERTIKALSNITT—HOVEDFELTET  
LANGS Y 10.000  
målestokk 1:500

FOLLDAL VERK<sup>a/s</sup> avd. REPPARFJORD



b

R A P P O R T

O M

MOTSTANDSMÅLINGER I REPPARFJORD

av

Ole Bernt Lile

Universitetet i Trondheim  
Norges tekniske høgskole  
1977



## INNHOOLD

|                                        | side |
|----------------------------------------|------|
| SAMMENDRAG .....                       | 1    |
| 1. INNLEDNING .....                    | 2    |
| 2. PROBLEMSTILLING .....               | 3    |
| 3. TEORI .....                         | 4    |
| 4. BESKRIVELSE AV MÅLERESULTATER ..... | 6    |
| 4.1. Indusert polarisasjon.....        | 6    |
| 4.2. Anisotropi målinger .....         | 7    |
| 4.3. Magnetiske målinger .....         | 8    |
| 4.4. VLF målinger .....                | 8    |
| 5. VURDERING OG KONKLUSJON .....       | 9    |

## SAMMENDRAG

I tiden 8. - 19. august 1977 ble det utført målinger av tilsynelatende spesifikk motstand over en del av malmmineraliseringen på Ulveryggen i Repparfjord. Målingene ble utført langs profil Y 9400 fra X 9100 til X 9500. Motstandsmålingene ble utført med Schlumberger elektrodefigurasjon orientert langs strøkretningen og på tvers av strøkretningen. Forholdet mellom verdiene for spesifikk motstand målt langs strøket ( $\rho_{aL}$ ) og på tvers av strøket ( $\rho_{aT}$ ) gir den såkalte anisotropi koeffisienten,  $\lambda$ .

Motstandsverdiene som ble målt langs profilet viser liten overensstemmelse med mineraliseringen på profilet. Derimot får man et tydelig utslag i anisotropi koeffisienten over mineraliseringen. Med  $AB/2 = 100$  m, har  $\lambda$  en verdi på rundt 3 over mineraliseringen ved X 9225, mens den har en verdi på 1.6 - 1.8 utenfor. På pkt. X 9400 og X 9500 viser også  $\lambda$  høge verdier på ca. 3 uten at man kjenner mineralisering i dagen der. Det ble målt med flere elektrodeavstander over X 9400, og alle målingene ga tydelig anomali både i  $\rho_{aL}$  og  $\lambda$ . Det ble derfor tatt knakkprøver i dagen langs profilet over X 9400. Et par av disse prøvene viste tydelig tegn på kobbermineralisering. Analyse med røntgenspektrometer med radioaktiv energisering, viste kobberinnhold på ca. 0.3%.

Profil Y 9400 ble også målt med VLF instrument og protonmagnetometer. VLF anomaliene viste forkastningssoner, men ga ingen indikasjon på mineralisering. Magnetometermålingene ga svake anomalier på X 9325, X 9400 og X 9480. Ingen av disse anomaliene har sannsynligvis noe å gjøre med anomaliene i anisotropi koeffisient eller spesifikk motstand. Konklusjonen av forsøkene er at anisotropi koeffisienten for spesifikk motstand ser ut til å gi tydelige utslag over malmmineraliseringen. Anisotropi koeffisienten er derfor en geofysisk parameter som kan vise seg nyttig ved svak malmmineralisering der man får svake motstands- og IP anomalier.



## 1. INNLEDNING

Folldal Verk A/S har siden 1972 drevet utvinning av kobbermalm fra forekomsten Ulveryggen i Repparfjord. Sommeren 1977 ble det startet en omfattende malmletingskampanje for å forsøke å finne nye malmreserver i området som kan sikre fortsatt gruvedrift.

I tiden 8. - 19. august 1977 ble det gjort en del eksperimenter med måling av spesifikk elektrisk motstand over en del av mineraliseringene på Ulveryggen. Profil Y 9400 ble valgt ut som forsøksprofil og målingene ble foretatt i området X 9100 - X 9500. På dette profilet har man en bornitt- og kobberglansmineralisering på X 9200, X 9225 og X 9260. Profilet var ikke forstyrret av tekniske installasjoner eller arbeider. Gruvedriften pågikk i dagbrudd 200 meter lenger øst, men dette forstyrret ikke målingene. Noen få punkter ble også målt på profil X 10 900 for å få resultater over en annen malmmineralisering. På grunn av gråbergstipp ble imidlertid dette profilet i korteste laget.

Selve målingene ble foretatt av undertegnede. Til flytting av elektroder hadde jeg et par 15 års ungdommer fra Kvalsund. Som strømkilde brukte jeg en likeretter laget ved NGU og en bensindrevet generator. Til spenningsmålingene ble en Hewlett Packard DC voltmeter og et NGU voltmeter brukt. Det ble benyttet kobbersulfatelektroder til spenningsmålingene og jernstaver som strømelektroder.

Uheldigvis hadde Folldal Verk A/S lånt ut sin IP apparatur til LKAB. Hvis jeg hadde kunnet bruke IP apparaturen, ville målingene også innbefattet IP responsen, noe som ville vært av stor verdi. I denne rapporten sammenligner jeg måleresultatene med IP resultater fra NGU's målinger 1966.

## 2. PROBLEMSTILLING

Malmmineraliseringen i Repparfjord er meget uregelmessig. Som oftest består malmlinsene av en noe rikere kjerne av bornitt- eller kobberkisimpregnasjon og en gradvis fattigere impregnasjon utover til sidene. Grensene fastsettes ved hjelp av kjemiske analyser og er såkalte økonomiske malmgrenser. Mektigheten på malmlinsene varierer fra profil til profil og også nedover mot dypet. På f.eks. 50 meters avstand kan mektigheten typisk variere fra noen tiere av meter til noen meter. De fleste malmlinsene er funnet ved kartlegging og prøvetaking i dagen da det nesten ikke finnes overdekke i området. Malmlinsene er så nærmere kartlagt med diamantboringer.

Av geofysiske målinger er det først og fremst målinger av spesifikk motstand (RP) og indusert polarisasjon (IP) som har vært av nytte i Repparfjord. I denne forbindelse kan man nevne tre problemstillinger som man står overfor.

1. Lange forkastningssoner fylt med leire gir soner med god ledningsevne og store IP anomalier.
2. Hematitt-mineralisering gir IP anomalier som meget vanskelig kan skilles fra anomalier som skyldes kobbermineralisering.
3. Kobbermineraliseringen gir meget varierte IP anomalier og vanligvis ikke ledningsevneanomalier i det hele tatt.

Det første problemet er egentlig ikke alvorlig i praksis. Anomaliene som skyldes leirsoner kan som oftest plukkes ut direkte fra kartet fordi man kjenner deres beliggenhet fra geologisk kartlegging, fra borhull og fordi anomaliene er meget lange og gjennomgående. Grunnen til at man har store IP anomalier i forbindelse med disse leirsonene skyldes antagelig elektromagnetisk induksjon, eller såkalt EM kobling. Slik EM kobling får man lett ved lange elektrodeutlegg. Ved IP målingene i Repparfjord har man brukt gradient utlegg hvor strømelektrodene ligger fast på hver side av målefeltet mens



man flytter potensialelektrode. Der man har god lednings-  
evne i undergrunnen, vil man få god EM kobling mellom strøm  
og potential kretsen og følgelig høye IP verdier.

Problem nr. 2 er vanskeligere. Her har man forsøkt å identi-  
fisere hematittsoner som gir IP anomalier ved hjelp av prøve-  
taking. På den måten kan man skille ut mange anomalier som  
ikke behøves fulgt nærmere opp. Den fare ligger imidlertid  
her at man generaliserer for mye og derfor kan la være å  
følge opp IP anomalier som skyldes kobbermineralisering, men  
som ser ut til å skyldes hematitt på grunn av prøvetaking  
fra naboprofiler. Forsøk med magnetiske målinger tyder på  
at magnetiske anomalier følger hematittmineraliseringen.  
Dette kommer antagelig av at hematitten er en oksydert  
magnetitt, såkalt martitt, og at rester av magnetitten som  
pleier å forekomme sammen med martitt, gir de magnetiske  
anomaliene. Magnetiske målinger kan derfor antagelig brukes  
systematisk for å skille ut de IP anomaliene som skyldes  
hematitt.

Problem 3 er et vanlig problem ved svake malmmineraliseringer.  
Målingene som denne rapporten omhandler, er et forsøk på å  
finne en ny metode som sammen med IP skal kunne gi mere  
entydige anomalier.

### 3. TEORI

I en lagdelt bergart vil den spesifikke motstand langs lagene  
( $\rho_L$ ) være mindre enn den spesifikke motstand på tvers av  
lagene ( $\rho_T$ ). Den spesifikke motstand i forskjellige retninger  
langs lagene behøver ikke være så mye forskjellig.

Forholdet

$$\lambda = \sqrt{\frac{\rho_T}{\rho_L}} \quad (3.1)$$

kalles anisotropi koeffisienten.

Nå er det slik at den spesifikke motstand som man måler ved hjelp av et elektrodeutlegg på overflaten, vanligvis ikke er den sanne spesifikke motstanden. Derfor kalles den for tilsynelatende spesifikk motstand og betegnes  $\rho_a$ . I denne rapporten kaller jeg den tilsynelatende spesifikke motstanden som måles med et elektrodeutlegg langs strøket, for  $\rho_{aL}$ . Tilsvarende kaller jeg den tilsynelatende spesifikke motstand målt på tvers av strøket for  $\rho_{aT}$ .

Det kan vises teoretisk at tilsynelatende spesifikk motstand målt på tvers av lagene i virkeligheten er den spesifikke motstanden (sanne) langs lagene. Tilsvarende er den tilsynelatende spesifikke motstand målt langs lagene lik kvadratroten av sann spesifikk motstand på tvers av lagene ganget med sann spesifikk motstand langs lagene.

Altså:

$$\begin{aligned}\rho_{aT} &= \rho_L \\ \rho_{aL} &= \sqrt{\rho_L \rho_T}\end{aligned}\tag{3.2}$$

Når lagene står vertikalt som i Repparfjord, vil målingene på tvers av og langs strøketretningen gi tilsvarende resultater.

Anisotropi koeffisienten kan da uttrykkes slik

$$\lambda = \frac{\rho_{aL}}{\rho_{aT}} = \frac{\sqrt{\rho_L \rho_T}}{\rho_L} = \sqrt{\frac{\rho_T}{\rho_L}}\tag{3.3}$$

Anisotropi koeffisienten fås altså ved å dividere spesifikk motstand målt langs strøket med spesifikk motstand målt på tvers av strøket.

En lagdelt bergart som er sammensatt av lag med vekslende motstand, vil være anisotrop selv om de enkelte lagene i seg selv er isotrope. Denne type anisotropi kalles gjerne makroanisotropi. Tykkelsen på lagene må da være mye mindre enn avstanden mellom elektrodene. Anisotropikoeffisienten



kan da uttrykkes slik:

$$\lambda = \sqrt{\frac{(\sum h_i \rho_i)(\sum h_i / \rho_i)}{(\sum h_i)^2}} \quad (3.4)$$

der  $h_i$  = tykkelsen på lag nr.  $i$

$\rho_i$  = sann. sp. motstand på lag nr.  $i$

Denne teorien kan ikke uten videre anvendes på de målingene som er utført i Repparfjord. Der har man nemlig med inhomogeniteter (malm mineralisering) å gjøre som er av samme størrelsesorden som elektrodeavstandene. Derfor kan anisotropi koeffisienten regnet ut etter (3.3) anta ganske høge verdier. Man kan her tale om en tilsynelatende anisotropi koeffisient.

Målingene i Repparfjord hadde til hensikt å undersøke hvordan anisotropi koeffisienten målt med elektrodeutlegg med forskjellige elektrodeavstander varierer over malmmineraliseringen.

#### 4. BESKRIVELSE AV MÅLERESULTATER

I Repparfjord-feltet har det vært gjort omfattende geologiske, geofysiske og geokjemiske undersøkelser i de siste 15-20 år. På grunnlag av disse undersøkelsene kjenner man utbredelsen av malm-mineraliseringene i dagen meget godt.

Figurene 1 og 2 viser grensene for malm-mineraliseringen omkring og langs profil Y 9400. Gruvedriften i dagbrudd var kommet til Y 9500 på ca. X 9300 da målingene ble foretatt.

##### 4.1. Indusert polarisasjon

Figur 3 viser resultatet fra målinger av indusert polarisasjon (IP) langs profil Y 9400. Målingene er utført av NGU i 1966 med gradientutlegg. Strømelektrodene er plassert på Y 9050 - X 9500 og Y 9050 - X 8550 og har en ugunstig beliggenhet for målinger på Y 9400. Resultatene er tatt fra

NGU's kart og er derfor ikke helt nøyaktige.

På ca. X 9100 opptrer en høy IP respons. Denne skyldes en forkastningssone som man kjenner. VLF målingene som omtales senere i rapporten, indikerer også denne sonen. Fra ca. X 9200 til X 9300 ligger også IP responsen forholdsvis høgt. Men man har ingen entydig indikasjon på malm-mineraliseringen på ca. X 9225.

Videre ligger IP responsen høyt rundt ca. X 9400 og mot X 9500.

#### 4.2. Anisotropi målinger

Det ble først undersøkt hvordan anisotropi koeffisienten varierer over malm-mineraliseringen på X 9225 med forskjellige elektrodeavstander. Det ble brukt Schlumberger elektrode konfigurasjon. Den halve avstanden mellom strømelektrodene betegnes  $AB/2$ , og denne varierte slik: 3, 6, 10, 25, 50, 75, 100 og 150 meter. Figur 4 viser at anisotropi koeffisienten stiger fra ca. 1 til ca. 3 med økende elektrode avstand. Variasjonene som opptrer må antas skyldes tilfeldige lokale inhomogeniteter nær elektrodene. Det ser ut som om tendensen er at  $\lambda$  stiger med økende  $AB/2$  og flater ut ved  $AB/2 = 100-150$  m.

Deretter ble prøve profilet (Y 9400) målt med fast  $AB/2 = 100$  m. Resultatet er plottet på figur 5. Som det fremgår, varierer  $\lambda$  fra 1 til over 3. Over mineraliseringen, fra X 9200 til X 9250, har  $\lambda$  høye verdier på rundt 3. På X 9400 har også  $\lambda$  en høy verdi på 2.87. Dessverre ble X 9375 ikke målt med  $AB/2 = 100$  m. Målingene ble avsluttet på X 9500, og her finner man også en høy verdi av  $\lambda$ , lik 2.74. Man kjenner ikke til noen mineralisering på X 9400 og X 9500.

Figur 6 viser hvordan spesifikk motstand målt langs strøket ( $\rho_{aL}$ ) og på tvers av strøket ( $\rho_{aT}$ ) varierer. Rundt X 9100 finner man en lav motstands sone. Denne tilsvarer forkastningssonen som er kjent fra tidligere. Denne sonen kom også frem ved NGU's målinger i 1966 både i ledningsevne og IP som nevnt under pkt. 4.1.



Over mineraliseringen rundt X 9225 har man ikke noen anomali i spesifikk motstand. På X 9275 har  $\rho_{aL}$  et minimum. Dette tror jeg skyldes en forkastningssone (se pkt. 4.4). På X 9400 og X 9500 går  $\rho_{aT}$  ned til samme verdi som den har over mineraliseringen rundt X 9225.

For å undersøke anomalien på X 9400 nærmere, ble det målt med flere elektrodeavstander. Som det fremgår av figur 7, får man på X 9400 igjen minimumsverdi på  $\rho_{aT}$  kurven både med  $AB/2 = 50$  og  $200$  m.

Anisotropi koeffisienten viser også en tydelig anomal verdi på samme punkt, som vist på figur 8.

For å undersøke hvordan anisotropi koeffisienten varierer over en annen kjent mineralisering i området, ble det målt over mineraliseringen på profil Y 10 900, ca. X 9285. Resultatet er plottet på figur 9.

På grunn av gråbergstipp, ble profilet målt i korteste laget. Likevel ser man også her at  $\lambda$  har en tydelig topp over malm mineraliseringen. Man kan ikke se en tilsvarende like tydelig anomali på kurvene for spesifikk motstand.

#### 4.3. Magnetiske målinger

Det magnetiske totalfelt ble målt med et Geometrics proton magnetometer. Profilet er vist på figur 10. Man kan skille ut tre markerte, men svake anomalier. Bare toppen på X 9400 korresponderer med de elektriske anomaliene.

#### 4.4. VLF målinger

Det ble også målt VLF langs Y 9400. Instrumentet som ble benyttet var av Paulsen fabrikat. Som det fremgår av figur 11, er det bare leirfylte forkastningssoner som indikeres med VLF. Forkastningssonene på Y 9100 (eller Y 9125) og Y 9150 er kjente. Sonen som er indikert på ca. X 9275, kommer som nevnt også frem på  $\rho_{aL}$ -kurven på figur 6.

## 5. VURDERING OG KONKLUSJON

Ut fra målingene over de kjente mineraliseringene på profil Y 9400 og Y 10 900, ser det ut til at anisotropi koeffisienten er en indikator for malm-mineralisering. Selv om mineraliseringen ikke indikeres med noen anomali i spesifikk motstand, ser det ut til at kombinasjonen av måleverdiene langs strøket og på tvers av strøket varierer på en systematisk måte.

Spørsmålet som melder seg etter disse målingene er hva skyldes så anomaliene i anisotropi koeffisienten på X 9400 og X 9500? Det ble bare tid til å undersøke anomalien på X 9400 nærmere. Som det er vist, bekreftes anomalien av målingene med flere elektrodeavstander.

Videre ligger IP responsen forholdsvis høyt fra X 9375 til X 9400. Faktisk ligger responsen høyere her enn over den kjente malmmineraliseringen på X 9225. IP responsen rundt X 9400 kan ikke skyldes ledende forkastningssoner eller lignende, da slike ikke er indikert med motstands- eller VLF målingene. Selv om IP resultatene er noe usikre p.g.a. uheldig elektrode plassering, må det konkluderes med at IP responsen bekrefter anisotropi responsen på X 9400.

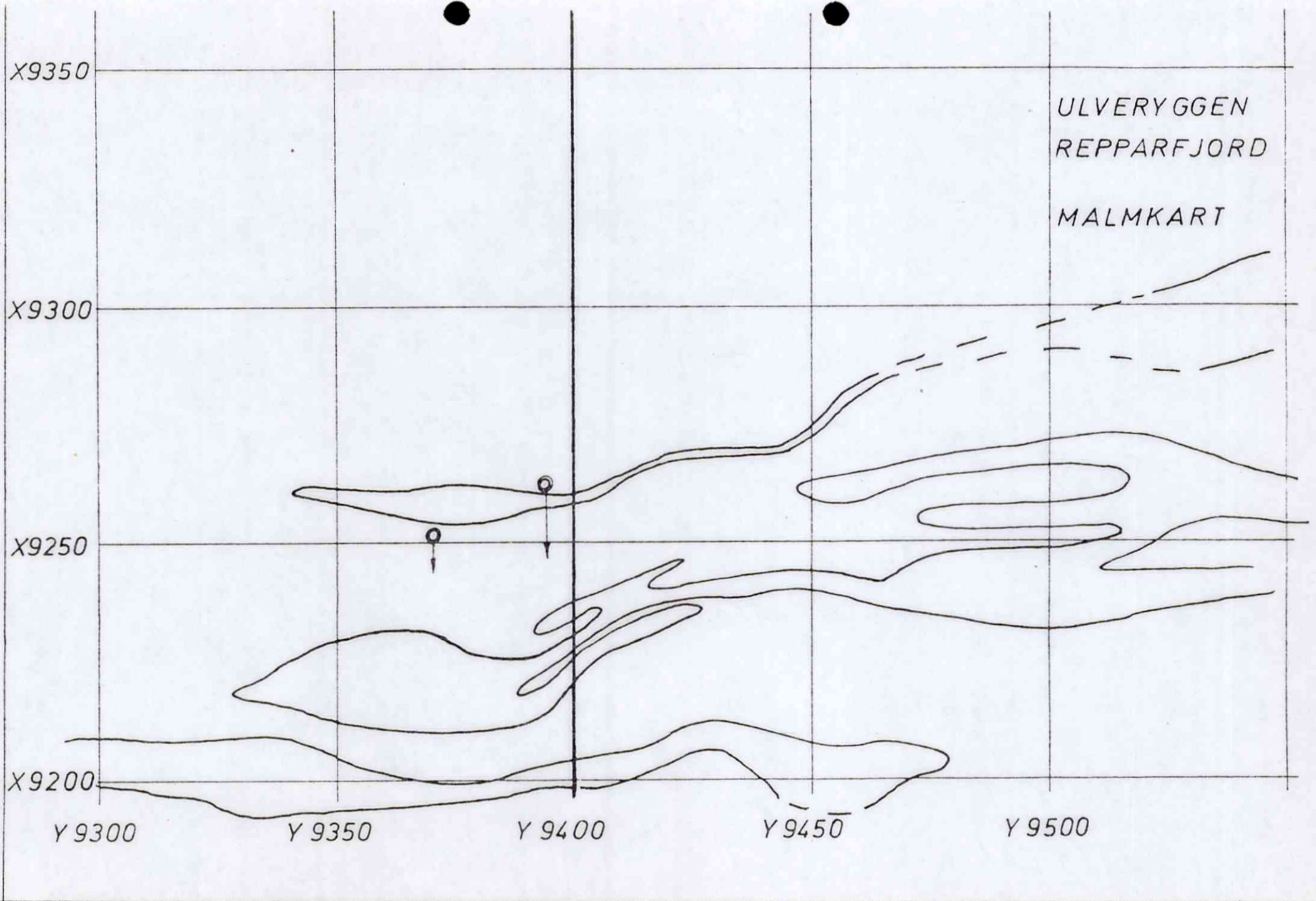
De magnetiske målingene viser en svak anomali på X 9400. Man kan derfor fremsette den teori at anomalien i anisotropi koeffisienten skyldes hematitt og magnetitt mineralisering. Men man har også magnetiske anomalier på X 9325 og X 9460 uten at disse indikeres tilsvarende av anisotropi koeffisienten eller motstandsverdiene. På denne bakgrunn er det lite sannsynlig at den elektriske anomalien på X 9400 skyldes magnetitt mineralisering, selv om det ikke kan utelukkes.

Det ble tatt knakkprøver i dagen med 5 meters mellomrom fra X 9375 til X 9425. Disse prøvene ble analysert med røntgenspektrometer med radioaktiv energisering (PIF = Portable Isotope Fluorescence). Flere prøver viste spor av kobberinnhold ( $< 0.1\%$ ) og et par prøver mellom X 9375



og X 9400 viste verdier på ca. 0.3% Cu. Dette tas som en positiv indikasjon på at anomalien kan skyldes kobber mineralisering. På grunn av at anomalien er så tydelig ved elektrodeavstander opp til 200 meter, kan man vente mineralisering nedover til 100-150 m og det er neppe en så svak mineralisering som 0.1 - 0.3% Cu som gir så tydelig anomalier.

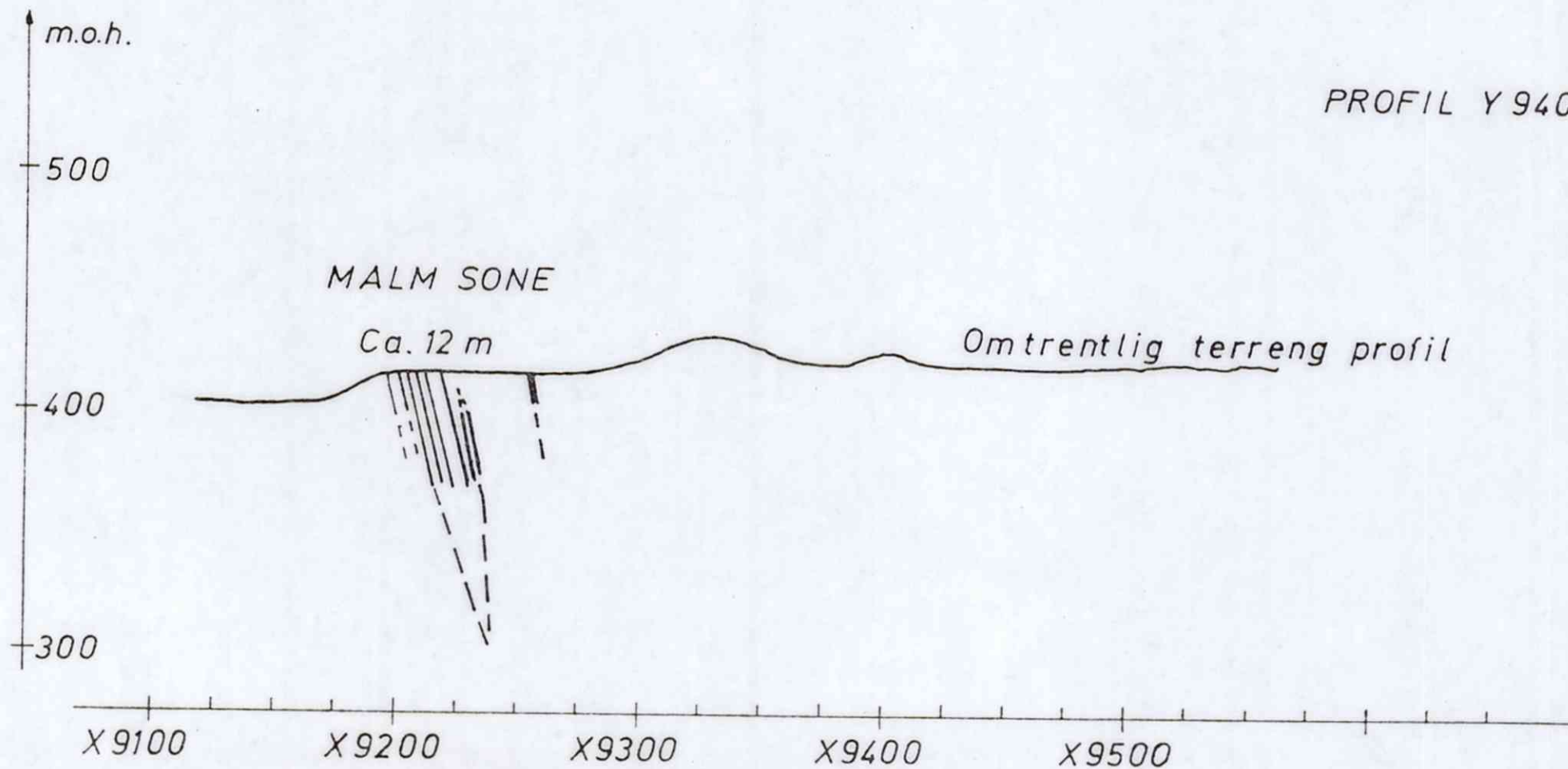
På grunn av at disse målingene er det første eksperimentet med bruk av anisotropi koeffisienten som indikator på malm mineralisering, må de ovennevnte vurderinger bli nok så spekulative. Det er derfor meget ønskelig å få testet anomalien på X 9400 med et borhull som skjærer i minst 50 meters dyp.





ULVERYGGEN  
REPPARFJORD

PROFIL Y 9400



ULVERYGGEN  
REPPARFJORD

PROFIL Y9400

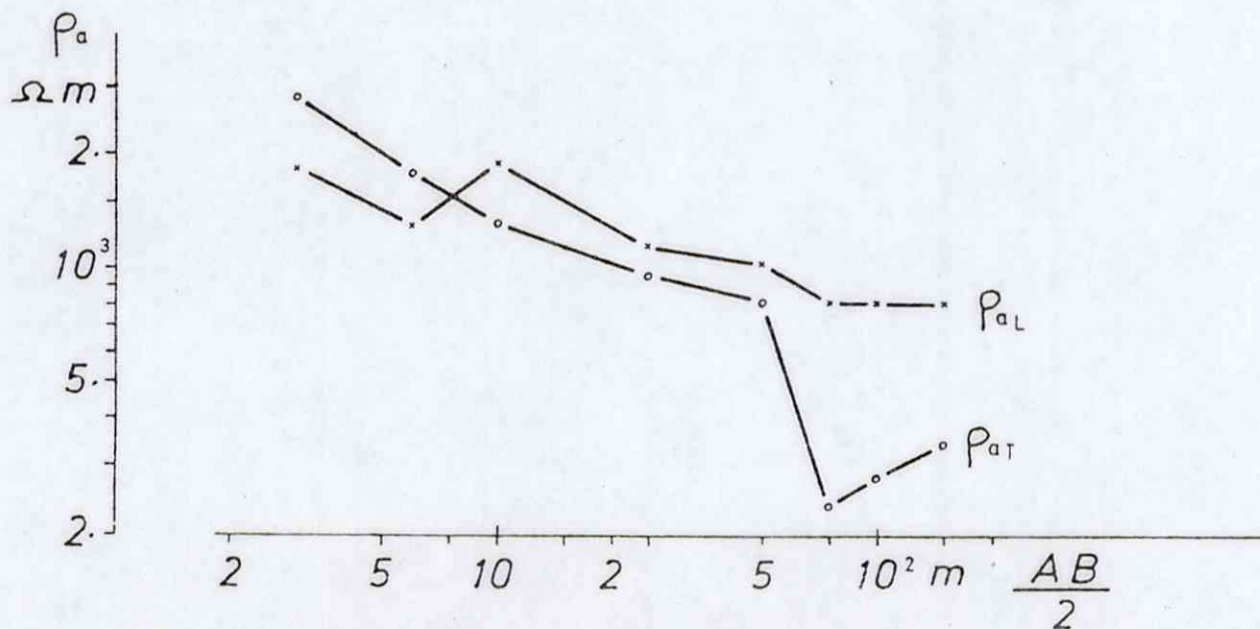
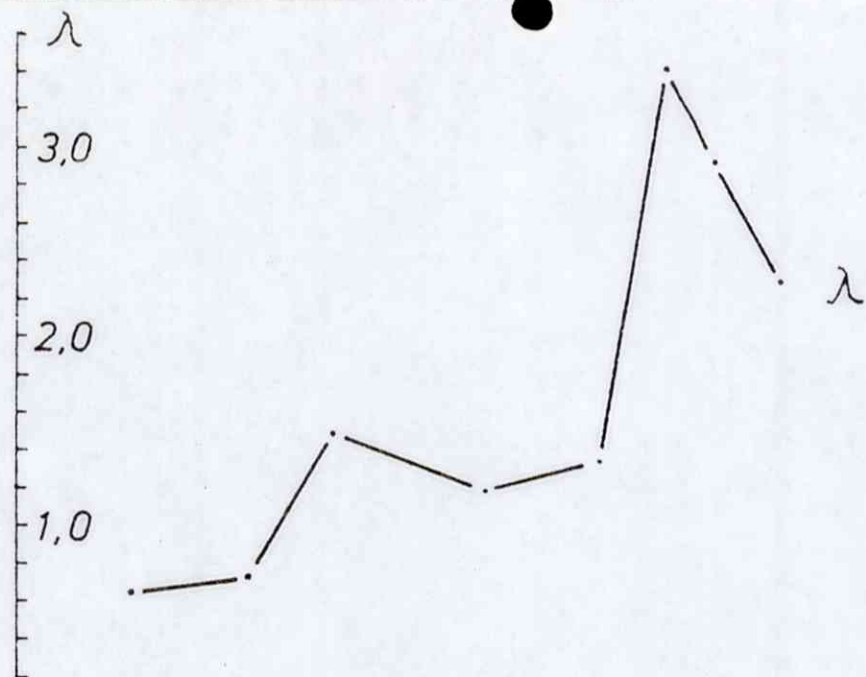
IP  
MÅLINGER

GRADIENT



MÅLT AV NGU  
1966





ULVERYGGEN  
REPPARFJORD

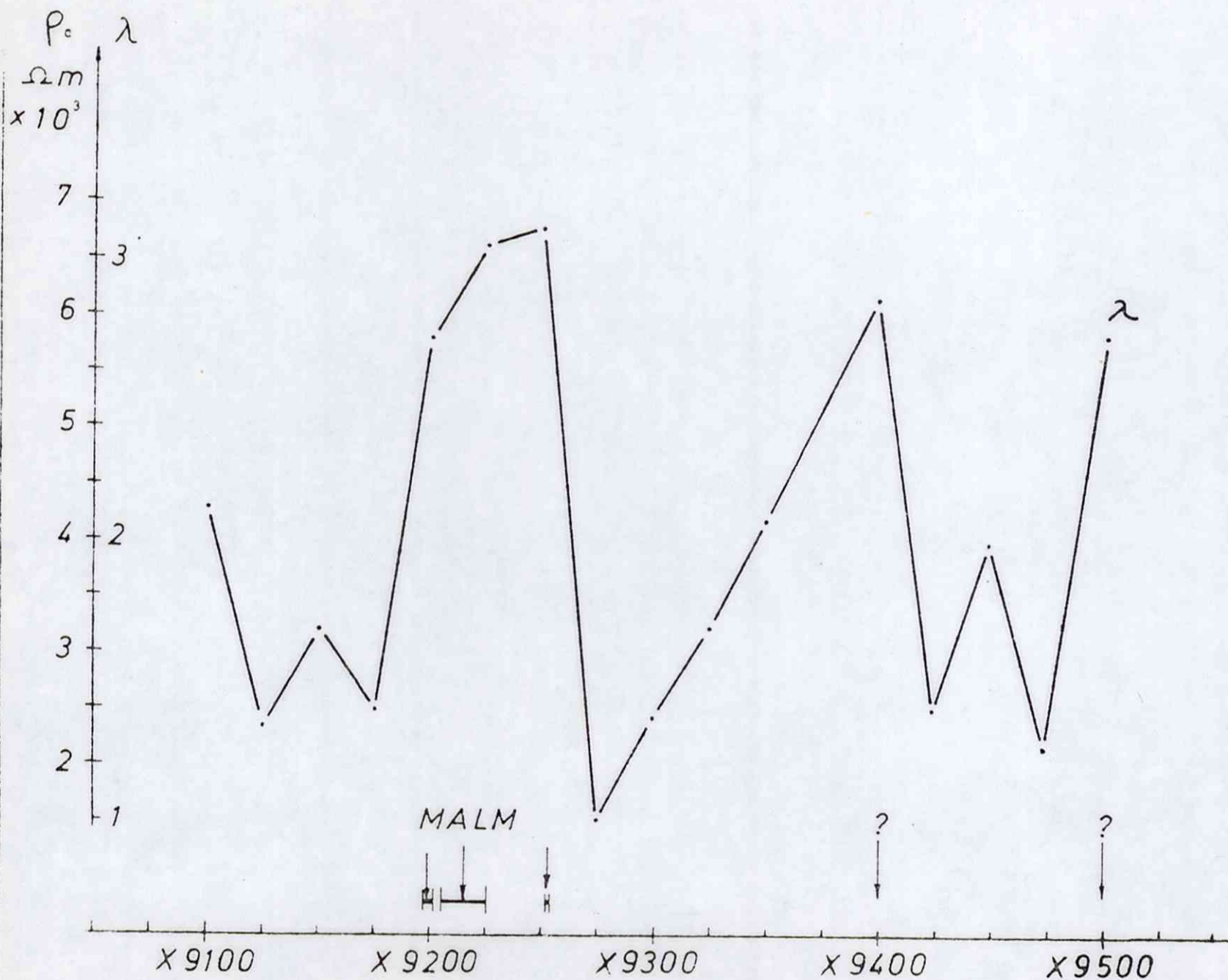
PROFIL Y 9400  
PKT X 9225

MOTSTANDS -  
MÅLINGER

SCHLUMBERGER

MÅLT : Aug.1977

OBL



ULVERYGGEN  
 REPPARFJORD

PROFIL Y 9400

MOTSTANDS -  
 MÅLINGER

SCHLUMBERGER

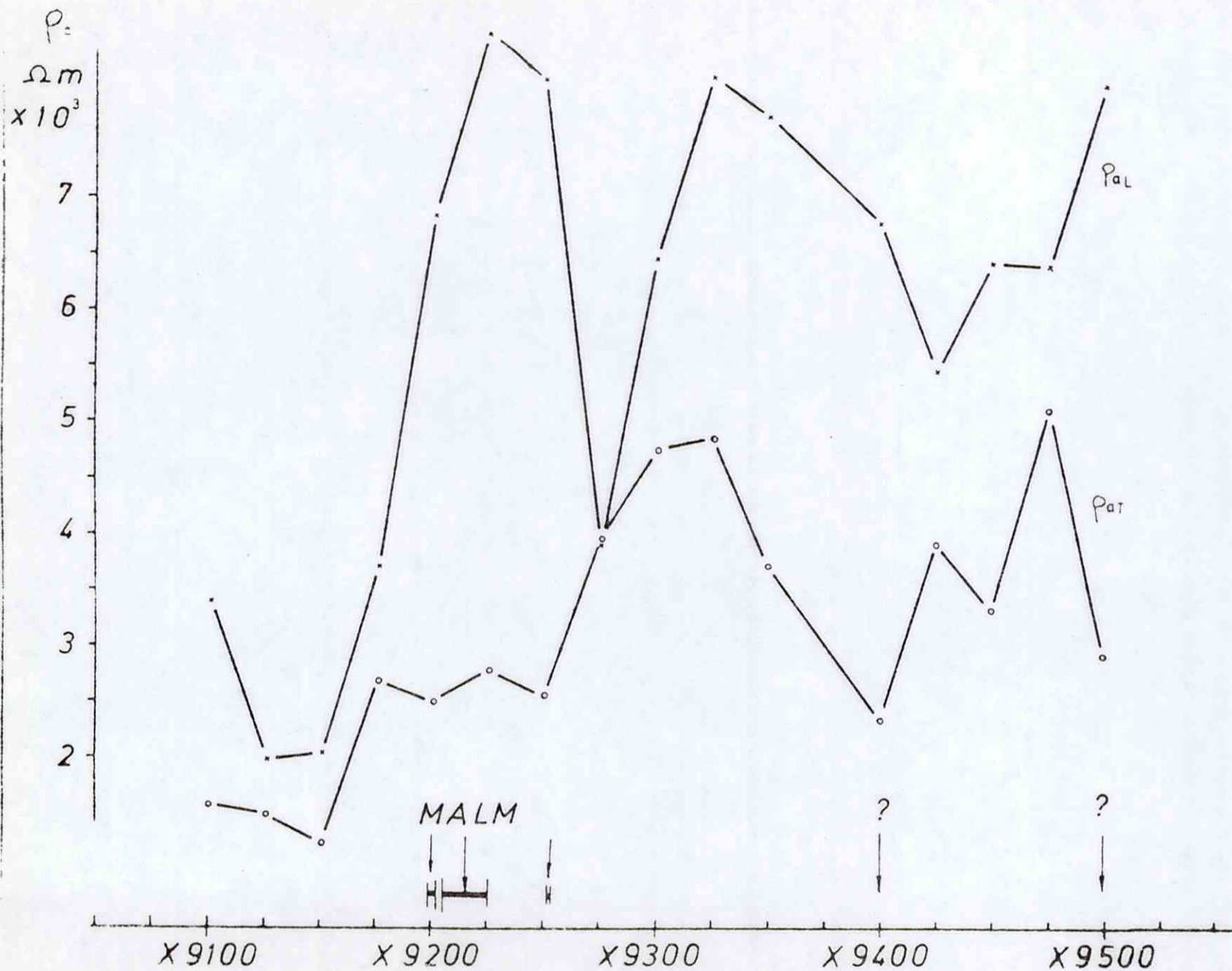
$\lambda = \rho_{AL} / \rho_{AT}$   
 = ANISOTROPI -  
 KOEFFICIENTEN

$$\frac{AB}{2} = 100 \text{ m}$$

MÅLT: Aug. 1977

Ole B. Lile





ULVERYGGEN  
REPPARFJORD

PROFIL Y 9400

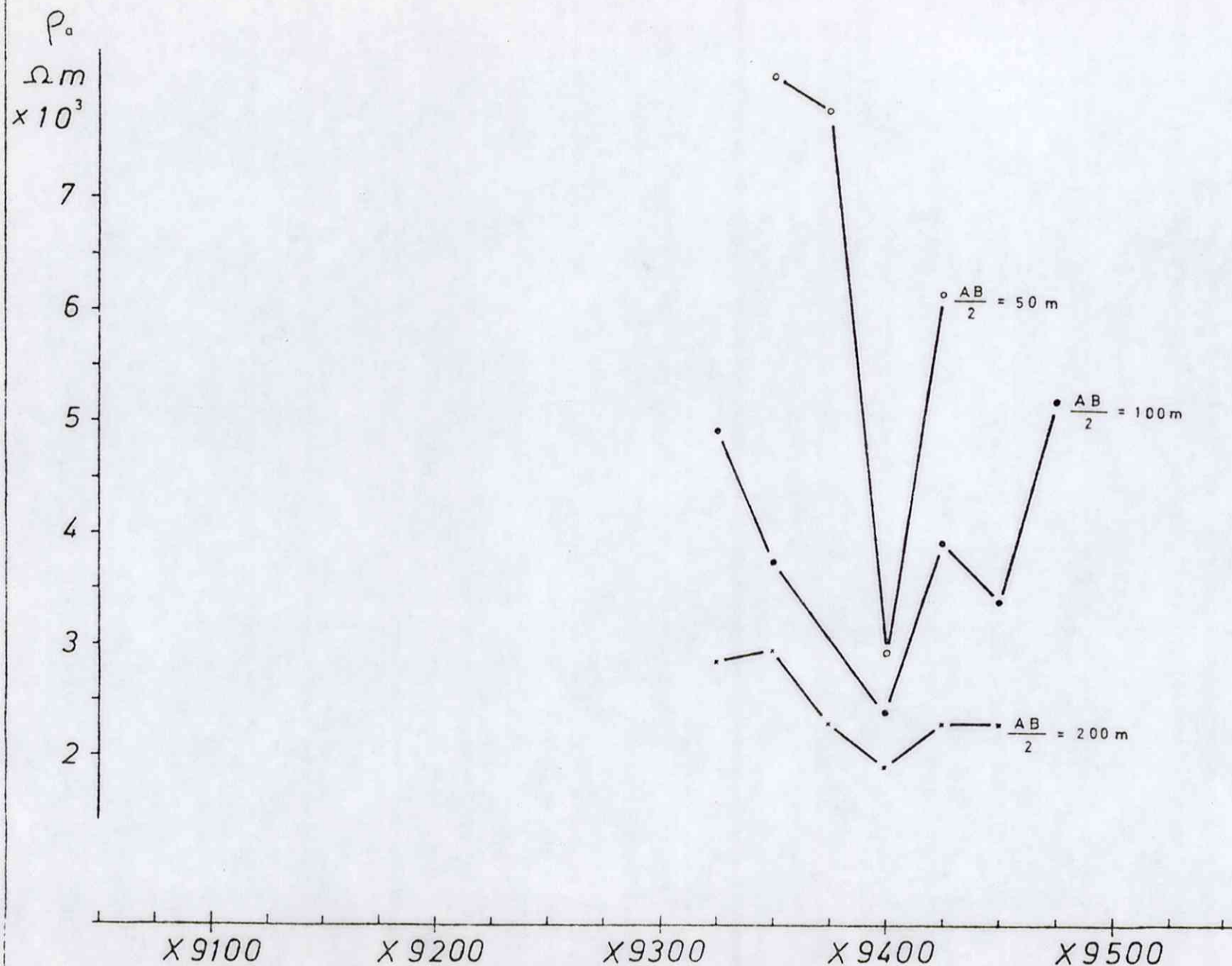
MOTSTANDS -  
MÅLINGER

SCHLUMBERGER

$$\frac{AB}{2} = 100 m$$

MÅLT: Aug. 1977

Ole B. Lile



ULVERYGGEN  
REPPARFJORD

PROFIL Y 9400

MOTSTANDS -  
MÅLINGER

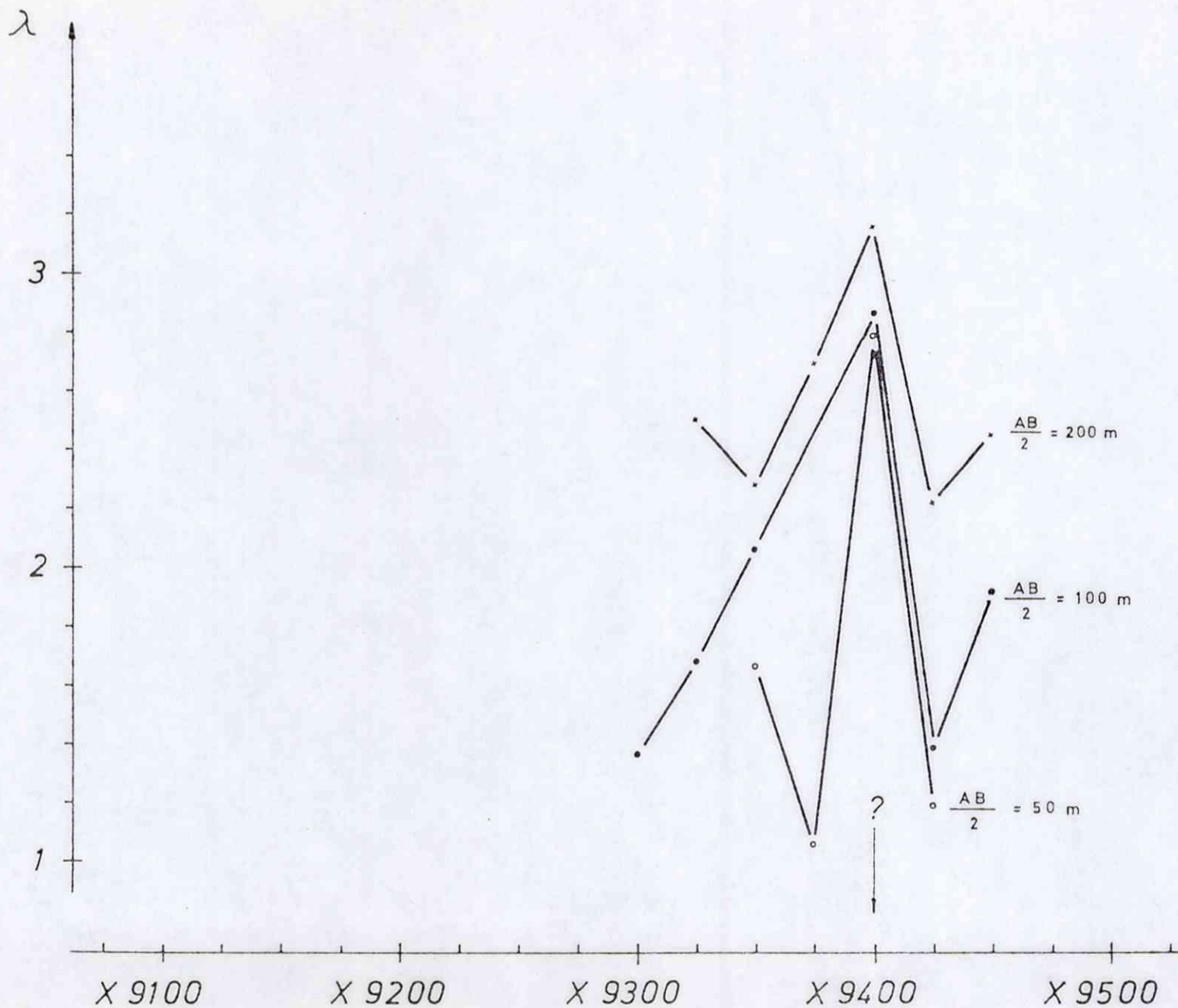
SCHLUMBERGER

$\rho_{at}$

MÅLT: Aug. 1977

Ole B. Lile





ULVERYGGEN  
REPPARFJORD

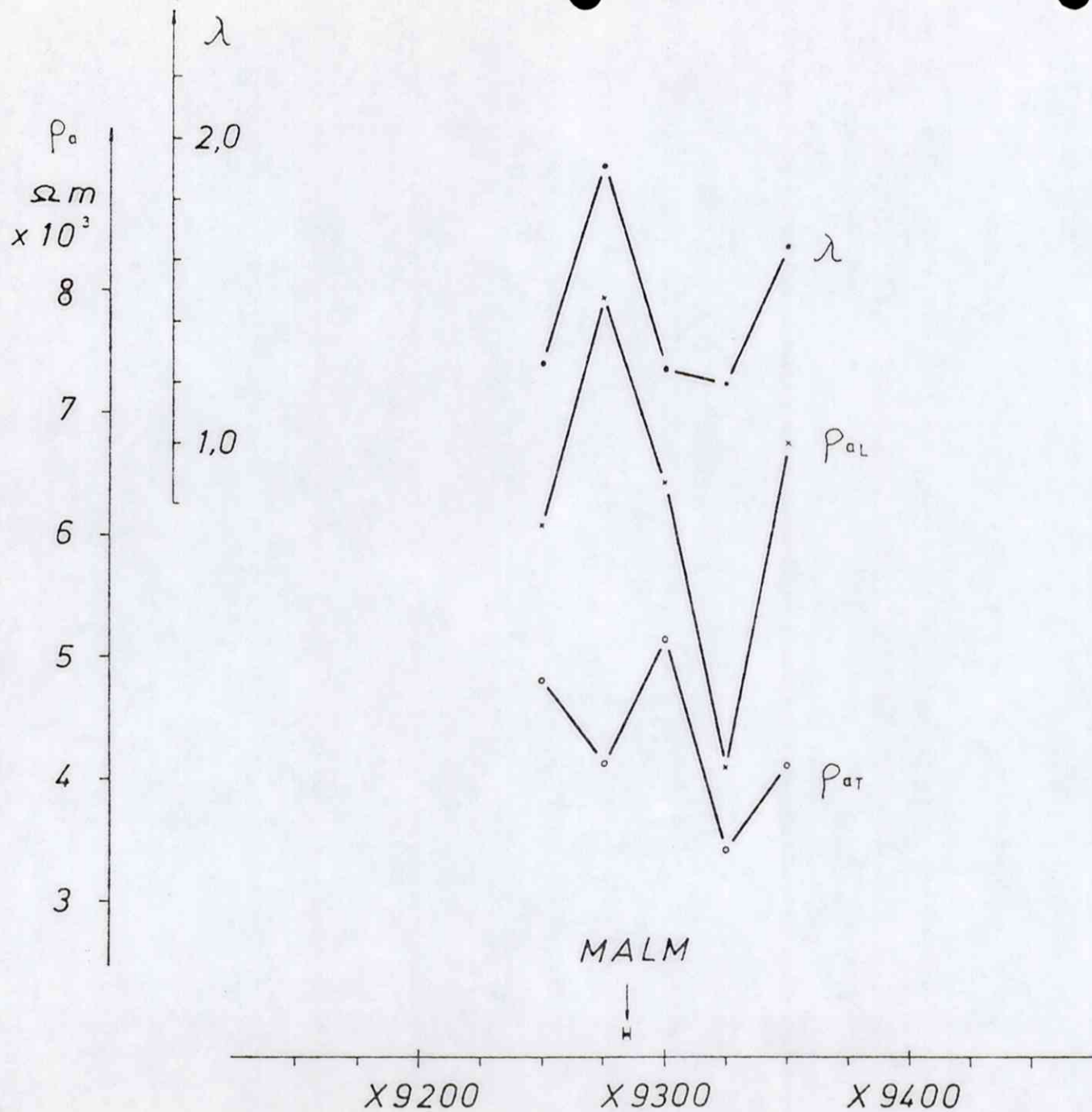
PROFIL Y 9400

MOTSTANDS -  
MÅLINGER

SCHLUMBERGER

$$\lambda = \frac{\rho_{aL}}{\rho_{aT}}$$

MÅLT: Aug. 77  
OBL



ULVERYGGEN  
REPPARFJORD

PROFIL Y10900

MOTSTANDS-  
MÅLINGER

SCHLUMBERGER

$$\frac{AB}{2} = 50 m$$

MÅLT: Aug. 1977

OBL



ULVERYGGEN  
REPPARFJORD

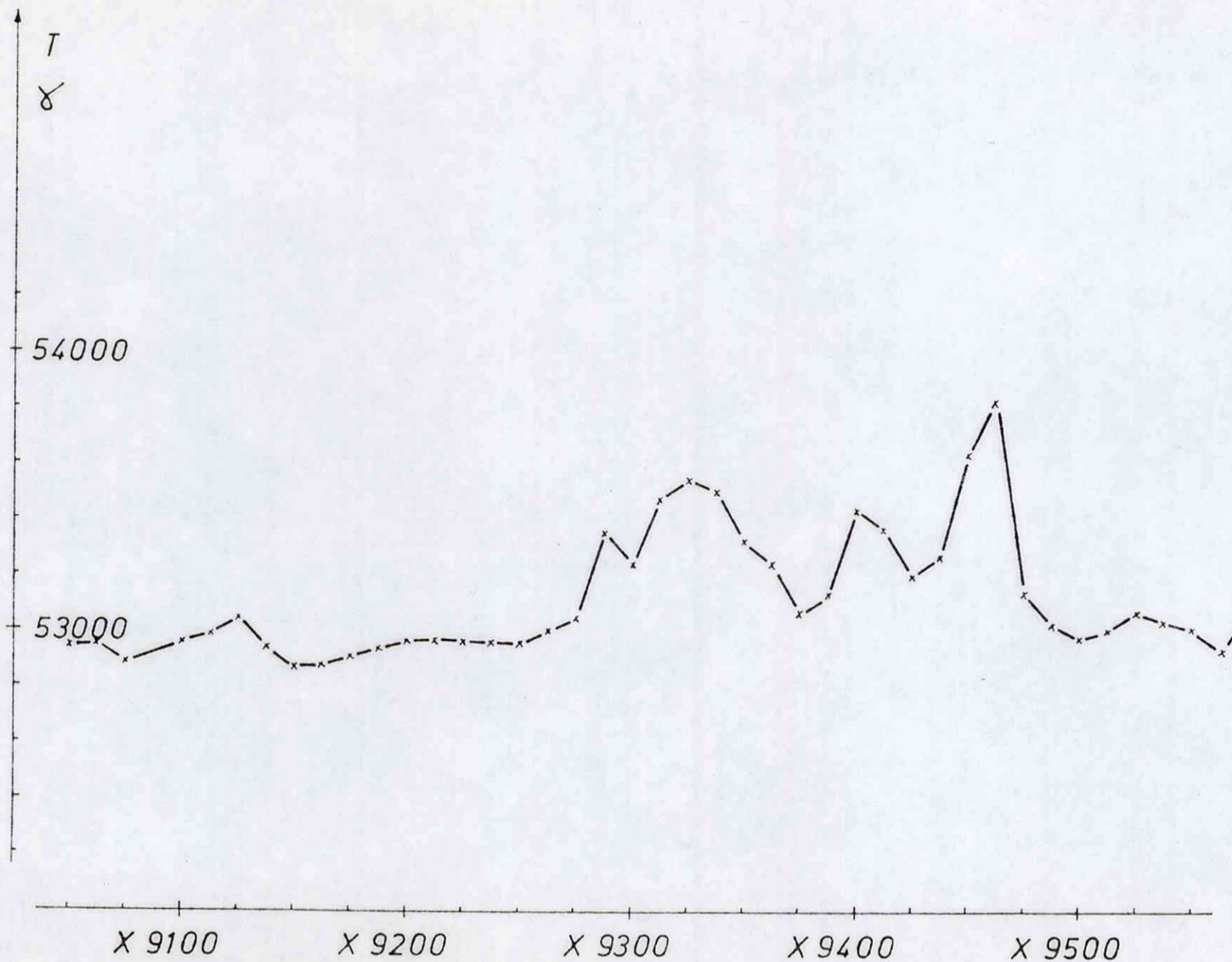
PROFIL Y 9400

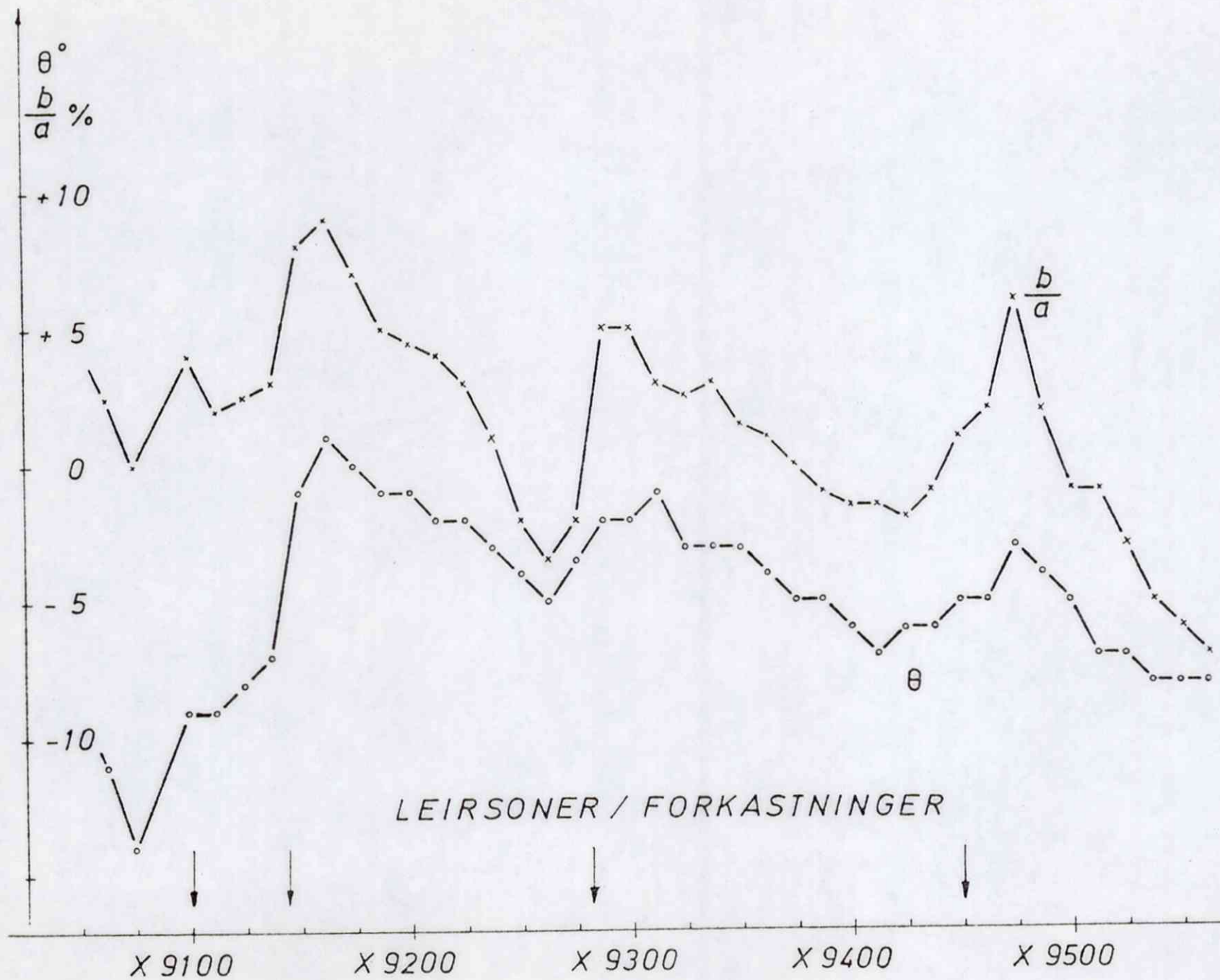
MAGNETISKE  
MÅLINGER

T: Totalfelt

MÅLT: Aug. 77

OBL





ULVERYGGEN  
REPPARFJORD

PROFIL Y 9400

VLF-MÅLINGER  
STASJON: GBR

$\theta$ : Dippvinkel

$\frac{b}{a}$ : Akseforhold  
i pol. ellipsen

MÅLT: Aug. 77

OBL











Undersøkelse av væskeinneslutninger ved Ulveryggen.

I sammenheng med malmgenetiske betraktninger har man rettet søke-lyset på temperaturforholdene i Ulveryggenbergartene under diagenesen og metamorfosen.

Diskusjonen begynte etter at F.M. VOKES i 1963 hadde observert forvoksninger mellom kobberkis og bornitt i en malmstuff fra Ulveryggen. De her iaktattatte fenomener tydes som avblandingsreaksjoner i kobberkisen. Temperaturen hvor en slik avblanding utvikler seg ligger ved  $475^{\circ}\text{C}$ . "Malmløsningene" måtte derfor hatt en temperatur over  $500^{\circ}\text{C}$ .

Den tilsynelatende metamorfosen er derimot forholdsvis lav i Ulveryggenkvartsittene, og overstiger i den nordlige del av Komagfjordvinduet ikke den øvre grønnskiferfasis.

Konklusjonen var, at kobberdisseminasjonene ved Ulveryggen måtte være avsatt av høytempererte hydrotermale løsninger som trengte inn i bergarten via sprekker, kløfter og skifrichetsflater (pelittiskellag.).

Undersøkelsen av væskeinneslutninger i kvarts og feltspatkrystaller skulle nå gi en oversikt over hvilke temperaturbetingelser disse krystallene har vokst under.

Hermed ønsket vi å eliminere feilinterpretasjon av temperaturforhold p.gr. av eventuell diaforetiske fenomener eller bergartens reaksjonstregghet p.gr. av for lavt  $\text{H}_2\text{O}$  partialtrykk under metamorfosen.

Ved væskeinneslutningsundersøkelser ble innholdet av oftest krystallografiske orienterte hulrom som har dannet seg under krystallens oppvekst homogeniserte. D.v.s. innholdet av et slik hulrom ble varmet opp såpass at eventuelle salt-krystaller i inneslutningen løses opp og at gassfasen diffunderer i væsken. Temperaturen hvor gass og den faste fasen er forsvunnet betegnes som homogeniseringstemperatur ( $t_h$ ). - (Diagram III)

- 2 -

Sådan ble det bestemt frysepunktsdepresjon ved at man nedkjøler prøven til  $+ 120^{\circ}$  og varmer den sakte opp til krystallene i inneslutningen begynner å tine opp. (se diagram I) Så får man smeltetemperaturen av den innesluttete væsken.

Etterpå har man konstruert en regressionskurve med smelte-temperaturen mot homogeniseringstemperaturen for å studere avhengigheten mellom salinitet, smelte- og homogeniserings-temperaturen.

Undersøkelsen er blitt utført ved univ. København ved Johs. Fabritius.

Den er ikke avsluttet og her skal det fremlegges de midlertidige resultater:



Diagram I.

Smeltetemperaturer. Frysepunktsdepresjoner.  $t_m$

$n = 85$  målinger på 1,1-g og 1-g-s inneslutninger. Alle inneslutninger er primære, de fleste er negative krystaller eller har meget regelmessig form. Ingen inneslutninger under necking down.

Aritmetisk middeltal  $M = + 26.5$  svarende til ekv.wt% NaCl. d=

Høgeste  $t_m$ :  $+ 18^{\circ}$   $\approx$  ekv.wt% NaCl. d= .

Laveste  $t_m$ :  $+ 34^{\circ}$   $\approx$  ekv.wt% NaCl. d= .

Da oppløsningene vil være mettet med NaCl ved  $t_m = + 21.1$ , vil der være oppløst andre salter: KCl,  $MgCl_2$  m.v. for at kunne få  $t_m$  mindre enn  $+ 21.1$ .

Mettet KCl oppløsning har frysepunkt- smeltepunkt- ved  $+ 22^{\circ}$ .

Foruten NaCl - konstaterte ved tilstedeværelsen av NaCl-hydrat- må der være andre oppløste salter, mest sannsynlig  $CaCl_2$  og KCl, mens  $MgCl_2$  forekommer sjeldnere enn de nevnte salter.

Diagram II.

Smeltetemperaturer  $t_m$  mot homogeniseringstemperaturer  $t_h$ .

$n = 51$ . Aritmetisk middel  $M = (325.5, + 26.07$

$t_h = 325.5$  er vesentlig høyere enn samtlige homogeniserings-temperaturers middeltall:  $256.4$  (diagram II). Dette skyldes populationens ringe størrelse.

Smeltetemperaturens middel:  $+ 26.07$  er i overensstemmelse med den ved diagram I funede:  $+ 26.5$ .

Regressionslinjen  $r$  er beregnet etter formelen  $y = a_1 x + a_0$  og inntegnet i diagrammet. Linjens heldning  $v = 5.7$ .

Regressionslinjen viser en svak tendens til avtagende salinitet- stigende  $t_m$ , fallende densitet- med stigende homogeniserings-temperatur  $t_h$ .

Dersom populationen var vesentlig større, ville der statistisk bli overvekt av lavere  $t_h$ , se diagram III, hvilket utvilsomt ville medføre, at regressionslinjen ville få en større heldning.

Overnevnte tendens ville dermed bli mere utpreget.

Dette forhold kan skyldes pulsationer av connate vesker med litt forskjellig salinitet.



Forts. Diagram II.

Pulsationsteorien bestyrkes av det forhold, at regressionslinjen har positiv heldning: det kaldeste vann er mere salint enn det varmere.

I henhold til de energetiske lover for omhandlede saltes oppløselighet vil regressionslinjens heldning være negativ.

Diagram III.

Homogeniseringstemperatur  $t_h$ .

$n = 334$ . Aritmetisk middel  $M = 256.4$   $t_{\min} = 145^\circ$ .  $t_{\max} = 535^\circ$ .

6 målinger over  $550^\circ$  er utelatte, da den nøyaktige  $t_h$  ikke kunne bestemmes.

Det kan mere eller mindre nøyaktig utskilles 4 populationer:

|       | intervall               | bredde     | antall | %  | gsn.t       | $t_{\max}$  |
|-------|-------------------------|------------|--------|----|-------------|-------------|
| $p_1$ | $145^\circ - 190^\circ$ | $45^\circ$ | 106    | 32 | $170^\circ$ | $190^\circ$ |
| $p_2$ | $190^\circ - 260^\circ$ | $70^\circ$ | 89     | 27 | $215^\circ$ | $260^\circ$ |
| $p_3$ | $260^\circ - 350^\circ$ | $90^\circ$ | 83     | 25 | $300^\circ$ | $350^\circ$ |
| $p_4$ | $375^\circ - 460^\circ$ | $85^\circ$ | 39     | 12 | $415^\circ$ | $460^\circ$ |
|       | $350^\circ - 375^\circ$ |            | 8      | 2  |             |             |
|       | over $460^\circ$        |            | 9      | 3  |             |             |

$p_1$  og  $p_2$  griper mere eller mindre inn over hverandre, hvorimot  $p_3$  og  $p_4$  er tydelig adskilte.

Nøyaktigheten av det tegnede bilde kan ikke stå for en kritisk statistisk analyse. Men bildet viser dog en tendens til, at den ved diagram II antydde pulsationsteori bestyrkes.

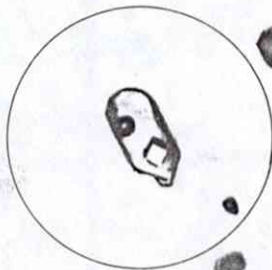
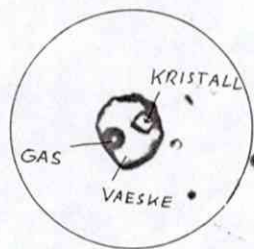
Under målingene er temperaturen hevet relativt hurtig til ca.  $50^\circ$  under forventede homogeniseringstemperatur og fastholdt her i ca.  $\frac{1}{2}$  time for at utligne temperaturgradienten over prøven. Deretter er temperaturen hevet med  $1^\circ - 3^\circ$  /min inntil homogenisering. De målte temperaturer er samlet i intervaller å  $5^\circ$  pga. måleunøyaktigheten. (termometrets korreksjon: opp til  $+2^\circ$ ) og manglende kjennskap til trykket og dets innflytelse på temperaturen. At for sterkt saline væsker ved anslått max. trykk 1 kb er av størrelsesorden  $+25-50^\circ$ .

Ved siden av væskeinneslutninger ble det observert kuleformete dannelser av ca 150 um i diameter. (se bilag). Etter at de er blitt gransket av paleontologisk avdeling ved universitetet i København ble det fastslått at noen av de kuleformete dannelser med sikkerhet er fossiler.

Formodningene går i retning av sphaeromorphe acritareer (alger) og man konstaterte store likhetstegn med arten Leiosphaera. Slike alger er datert til mellom 600 og 1000 millioner år og levde i marint miljø.

Disse undersøkelser skal fastsettes for å komme til sikrere resultater. Det er helt klart at konsekvensene både for bestemmelsen av temperaturforholdene og en mer eller mindre absolutt aldersdatering ville føre til avgjørende nye momenter i undersøkelsen av malmgenesen og dermed for videre malmløsing innen Komagfjordvinduet.

Væskeinnestutninger i en kvartskristall

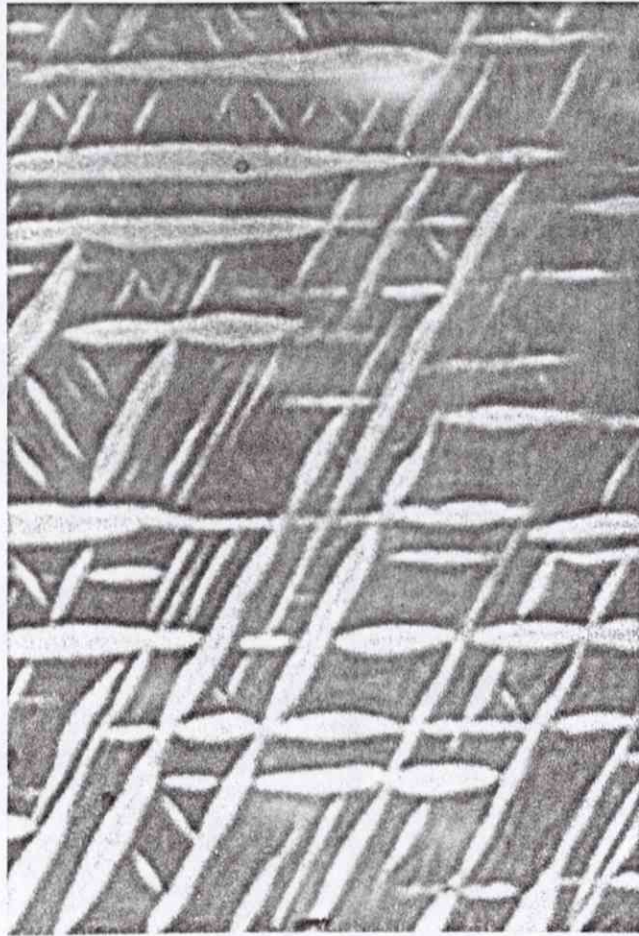


10  $\mu$ m

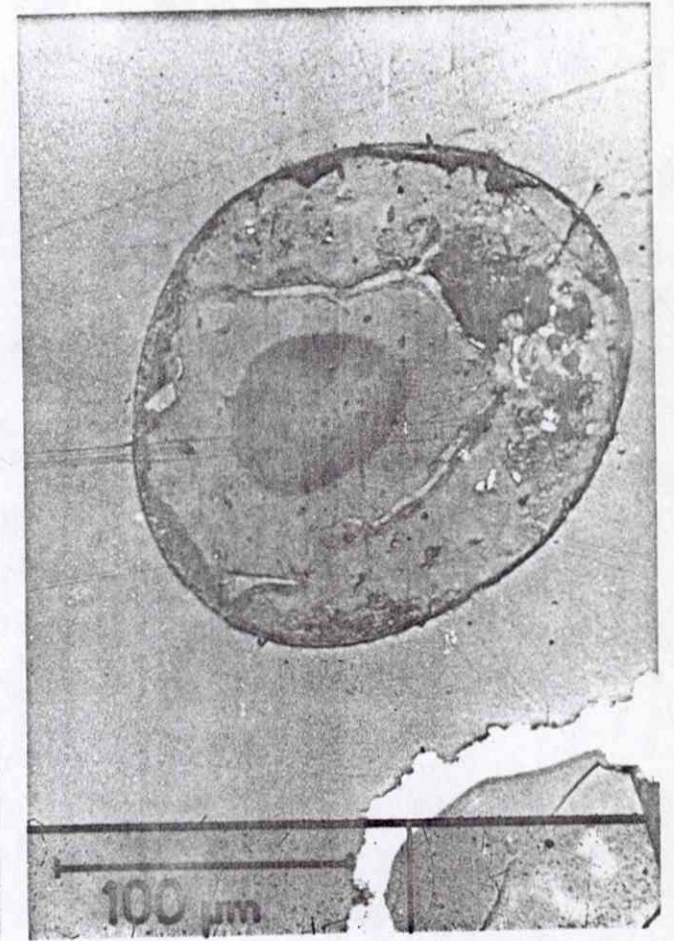






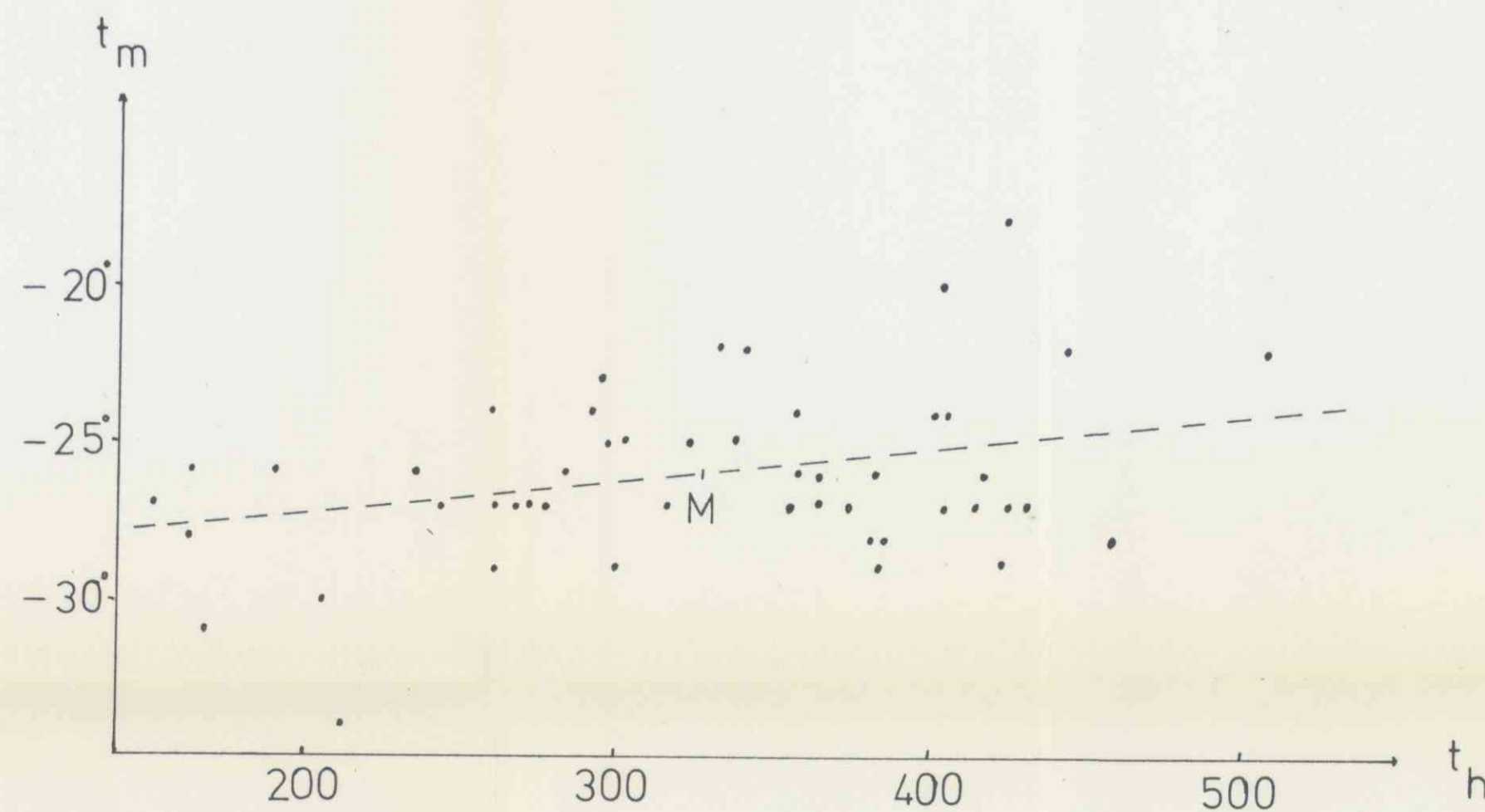


forvoksminger : bornitt - kobberkis

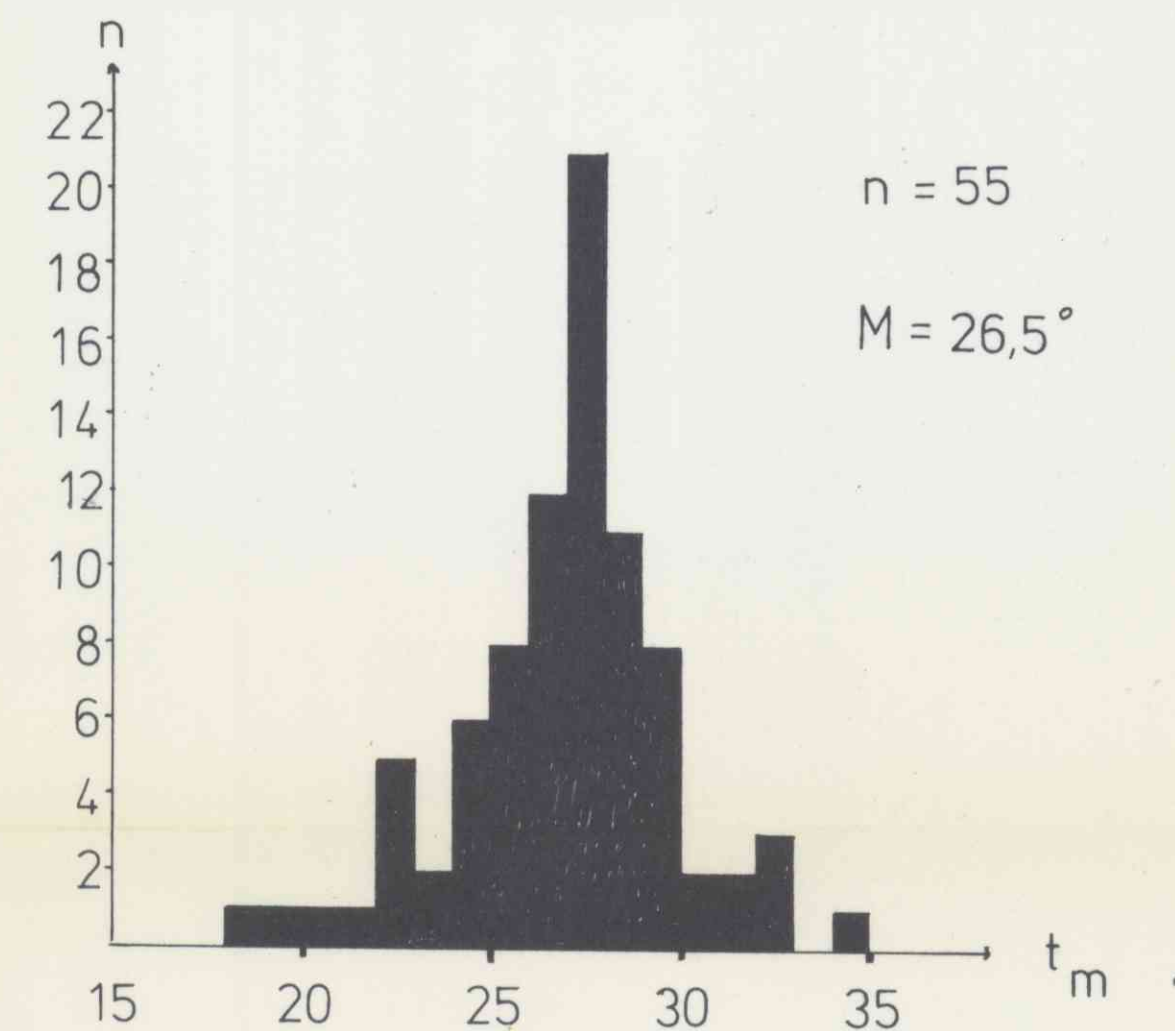


Algefossil : "Leiosphaera ?"

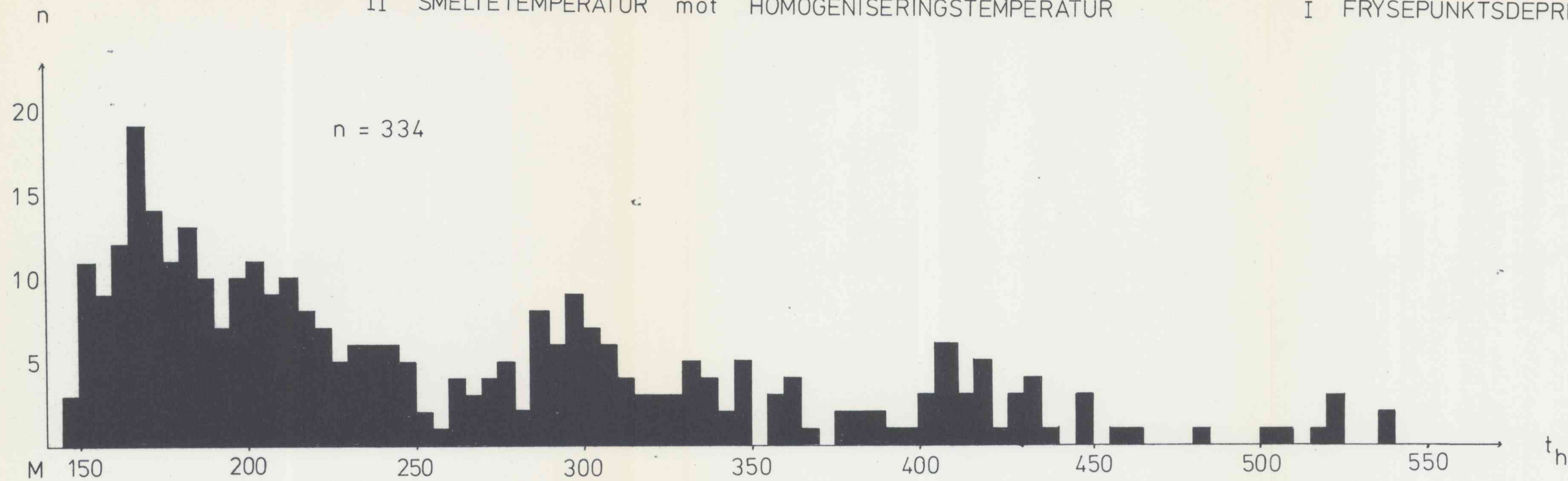




II SMELTETEMPERATUR mot HOMOGENISERINGSTEMPERATUR

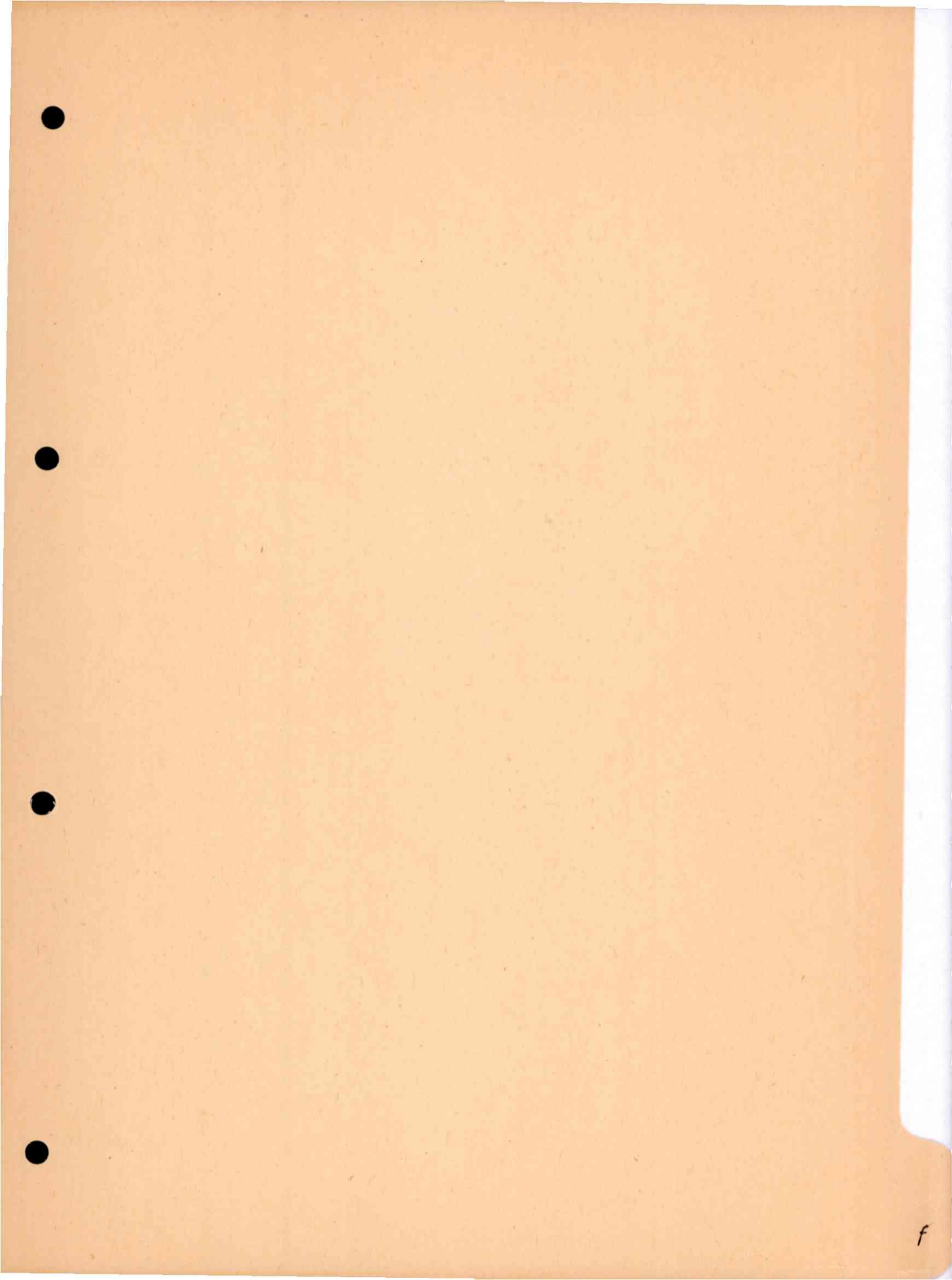


I FRYSEPUNKTSDEPRESSION



III HOMOGENISERINGSTEMPERATUR

|                        |           |       |  |
|------------------------|-----------|-------|--|
|                        | Målestokk | Tegn. |  |
|                        |           | Trac. |  |
|                        |           | Kfr.  |  |
| Erstatning for:        |           |       |  |
| <i>J. C. Fabritius</i> |           |       |  |
| Erstattet av:          |           |       |  |



Veiledning til det tektoniske kart over Ulveryggen.

Målingene har vært foretatt i et 1,6 km langt og 0,2 km bredt område som dekker det meste av dagbruddsarealet. I vesentlig utstrekning er det målt på dagbruddets vegger i et profilnett og tegnet opp i målestokk 1:500.

## Resultat:

Ulveryggenforekomsten ligger på NV- flanken av en NV-SØ strykende antiform. Antiformen faller med  $5^{\circ}$  mot NØ, vergensflaten faller med  $75^{\circ}$  mot SØ. Den har videre en halv foldningsbølgelengde av 200 m og en rekonstruert høyde av ca. 100 m. Avskyvningsflater i område av flanken og i ombøyningsområdet, gjør disse verdier usikre.

Den nevnte antiformen ligger i SØ- delen av et synklinorium med konstant klinenswinkel av  $15^{\circ}$ , og en middels linjær innsnevringsfaktor i denne delen av  $F = 0,5$  (d.d.s.: denne delen inntar idag bare halvparten av arealet som den dekket før de tektoniske krefter begynte å virke).

Den første transversalskifriheten kan tilbakeføres til en strekkpåkjenning i retning av kulminasjonspunktene.

Inkompetente fyllittbenker viser delvis en skifrihet som etteralt å dømme kommer av skjærbevegelser mellom de kompetente kvartsittlagene. Kvartsittlagene selv utjevnet slike skjærspenninger gjennom div. dislokasjoner mellom de enkelte sjikt. Påkjenningsene i kvartsittlagene er strekkspenninger gjennom forskjellige dislokasjoner innenfor en enkelt ombøyning. Påkjenningen ble utjevnet gjennom bevegelser parallelt til sjiktflatene. På denne måten oppstod mange glidespeil og radiale tensjonssprekker.

I den midtre delen av den undersøkte foldningsflanken er det blottet en skyveflak som er adskilt fra omgivelsen gjennom h01 oppskyvningsbaner. Årsaken til at dette sjiktflaket ble skjøvet fra antiformens kjerne ut mot flanken er formodentlig en basisk intrusjon som fant sted omtrent samtidig med foldingen inne i foldesentret. (vinkeldiskordans av ca.  $15^{\circ}$ ). Form og størrelse av skyveflaket er vanskelig å vurdere p.g. av få blottinger.

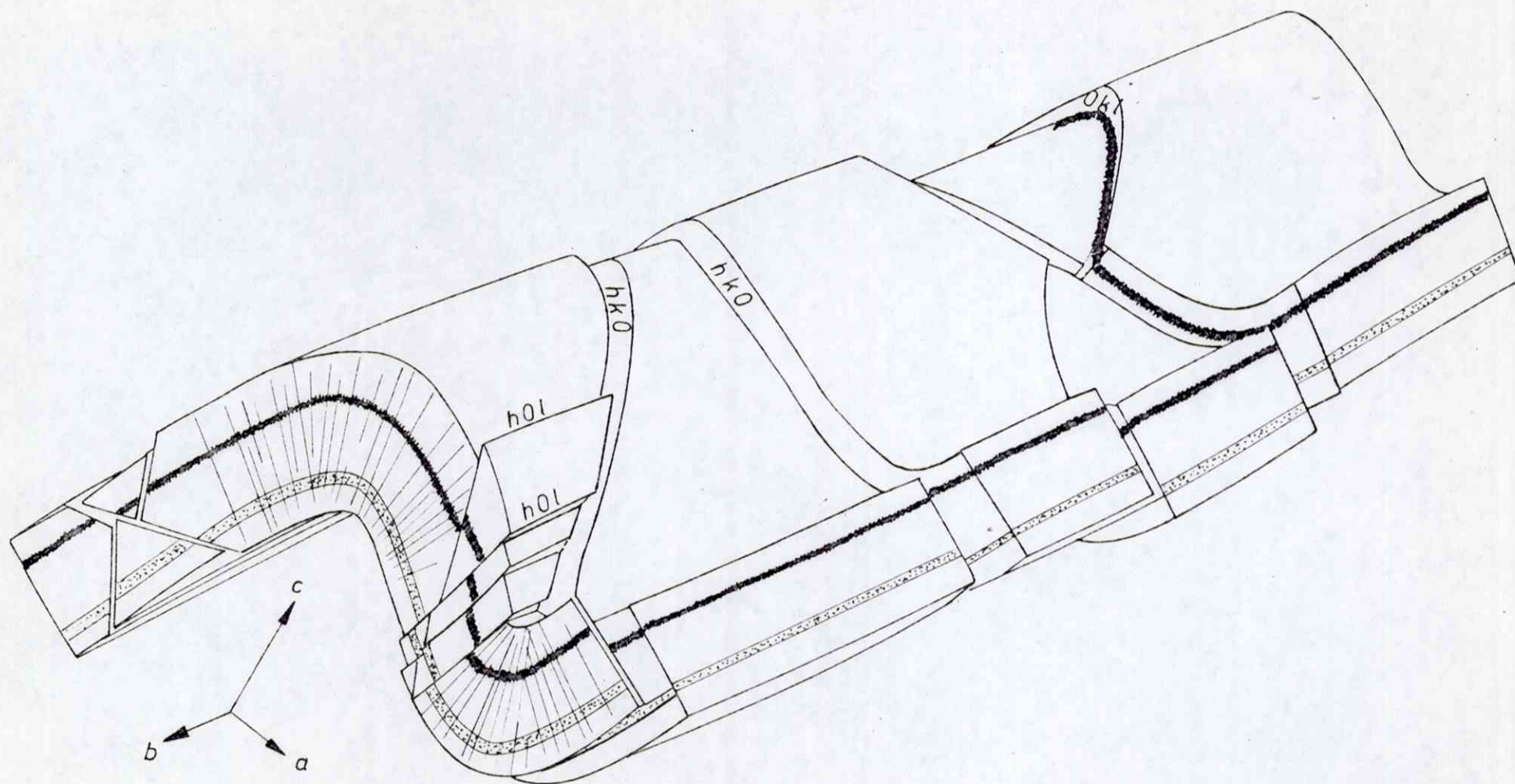


## Bevegelsesforløp:

- a) Oppreising av sjiktene under lateralt press mindre enn  $45^{\circ}$  og maksimalt plasstilbud mens antiformen bøyer opp - det oppstår en første skifrihet av skjærspenning i ombøyningen.
- b) Skjærpåkjennning bevirket av det basiske intrusiv - utvikling av oppskyvningsplan h01 .
- c) Oppreising av sjiktene større enn  $45^{\circ}$  - bevegelse av sjiktflaket gjennom antiformets flanke p.g. av mindre plasstilbud etter at  $45^{\circ}$  vinkel var overskredet.

Innsnevringsfaktoren fører til utvidelsen av foldingen parallel til akse. Denne utvidelsen ble kompensert av tensjonsbrudd. I det undersøkte område viser kvartsittene markerte tensjonsfenomener: maksimale avskyvninger på hko flater og mindre avskyvninger på ac-og okl - flater.

Dette representerer et grovt bilde av en prosess som kan ha artet seg på den ovenpå fremstilte måte. Planen er å manifestere de enkelte bevegelsesfaser gjennom mikrotektoniske målinger i 1978 og få en positiv eller negativ korrelasjon til mineraliseringen.

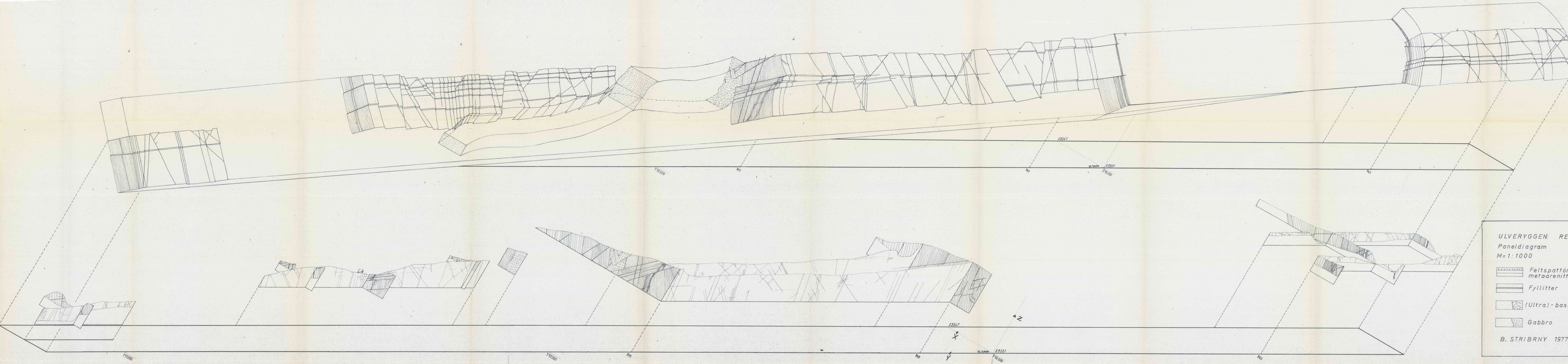


ULVERYGGEN  
Blokkdiagram  
B. Stribny 1977









ULVERYGGEN REPPARFJORD  
Paneldiagram  
M=1:1000

|  |                                                |
|--|------------------------------------------------|
|  | Feltspatførende metaarenitter og konglomerater |
|  | Fyllitter                                      |
|  | (Ultra)-basisk intrusjon                       |
|  | Gabbro                                         |

B. STRIBRNY 1977



E