



Bergvesenet rapport nr 5683	Intern Journal nr	Internt arkiv nr	Rapport lokalisering	Gradering
Kommer fra arkiv Elkem AS	Ekstern rapport nr	Oversendt fra Elkem AS	Fortrolig pga	Fortrolig fra dato:
Tittel A.M.T. målinger på Tverrfjellet for Folldal verk AS				
Forfatter C. W. Carstens		Dato År 31.1. 1980	Bedrift (oppdragsgiver og/eller oppdragstaker) Folldal Verk AS	
Kommune Dovre	Fylke Oppland	Bergdistrikt	1: 50 000 kartblad 15193	1: 250 000 kartblad Roros
Fagområde Geologi	Dokument type		Forekomster (forekomst, gruvefelt, undersøkelsesfelt) Tverrfjellet	
Råstoffgruppe Malm/metall	Råstofftype Cu Zn			
Sammen drag, innholdsfortegnelse eller innholdsbeskrivelse A.T.M.målingene er gjennomført i perioden 3. - 5. okt.1979. Formålet med målingene har vært å finne igjen melmsone øst for forkastningen. Konklusjon: Uansett om resultatene gjenspeiler en eventuell forkastet malmsone eller ikke så har men forhåpentligvis fått et bedre grunnlag for videre malmundersøkelser. Hvis man skulle bore ut fra foreliggende resultater, ville man foreslått et ca. 700-800 meter langt borehull slik som vist i bilag 1 fig.2. Det må imidlertid påpekes at man har et relativt tynt grunnlag å trekke konklusjoner på. Man synes grunnlaget bør forberedes, og man vil foreslå ytterligere A.M.T.målinger øst for profil 400O. En alternativ geofysisk undersøkelsesmetode kan være D.C.motstandsmålinger. Det beste er naturligvis begge type målinger. A.M.T.målinger vil imidlertid kunne utføres raskere og A.M.T.-metoden vil tradisjonelt ha bedre oppløsningsevne.				



A.M.T. MÅLINGER PÅ TVERRFJELLET FOR FOLLDAL VERK A/S

Resymé

A.M.T. står for Audio Magneto Telluric. Med metoden registreres såkalte naturlige jordstrømmer og dets assosierte magnetfelter. Et fransk instrument er benyttet og dette kan registrere elektriske og magnetiske felter på 9 forskjellige frekvenser. Avhengig av motstandsforholdene i berggrunnen kan man få indikasjoner på elektriske motstandsforhold i berggrunnen fra et nivå nær overflaten ned til dyp på noen km.

Kjennskapen til malmen mot øst er begrenset av en gjennomskjærende forkastning. Formålet med målingene var primært å søke etter "malmgeofysiske" indikasjoner øst for forkastningen.

Målingene ble foretatt i perioden 3.-5. oktober 1979. Spesielt kjøreledningen til N.S.B. var en noe forstyrrende faktor, men i fint høstvær og meget lett måleterreng, gikk målingene raskt unna. Tilsammen er 39 lokaliteter målt, fordelt på 4 profiler med samlet lengde lik 3,9 km.

Resultater:

1. En projeksjon med dagoverflaten av A.M.T.-anomaliene fra 3 måleprofiler er "offset" ca. 150 m mot nord i relasjon til kjent malmdrag (se bilag 1 fig.1). En eventuell leders øvre kant kan ligge 500 - 700 m under dagen. I 2 av profilene er indikasjonene usikre. Resultatene fra det 3.profil er bedre og indikasjonene kan der gjenspeile en relativt god leder (se bilag 1 fig.1).
2. Man har fått indikasjoner på en steil ledende synform. Dennes tverrsnitt er ca. 3,3 km og dybden kan indikativt være ca. 2,5 km. Eventuelle utgående av synformens flanker synes å kunne korrelere med NGU's turamindikasjoner (se bilag 1 fig.1 og fig. 6).

Et ca. 700 m langt borhull kan muligens gi indikasjoner på om hvorvidt A.M.T. indikasjonene gjenspeiler forkastet malm-sone eller ikke.

Man vil imidlertid anbefale ytterligere A.M.T.målinger mot øst for å forbedre grunnlaget for videre malmundersøkelser.

Oslo, 31. januar 1980

T. Christoffersen

C.W. Carstens

I.W. Carstens

INNHALDSFORTEGNELSE

	Side
1. Innledning	3
1.1 Bakgrunn	3
1.2 Målemetode	3
1.3 Generell vurdering av A.M.T.-metoden	3
1.4 Tolkning	3
2. Gjennomføring av målingene	4
2.1 Måleopplegg	
2.2 Problemer	
3. Geofysiske resultater	5
3.1 Presentasjonsform	5
3.2 Generelle kommentarer	5
3.3 Ledende synform	6
3.4 Et potensielt boreobjekt	6
4. Konklusjon - oppfølging	7

BILAG

1. Situasjonsskart, motstandsprofiler og tolkningsprofiler
2. Nomogrammer med rådata

1. INNLEDNING

Å/S Sulitjelma Gruber utførte i tidsrommet 3.-5. oktober 1979 Audiomagnetotelluriske (A.M.T.) målinger på Tverrfjellet. Målingene ble utført av C.W.Carstens med god assistanse fra Folldal Verks geofysiker.

1.1. Bakgrunn. Malmen er mot øst kuttet av en gjennomskjærende forkastning, og formålet med målingene var primært å søke å finne igjen malmsonen øst for forkastningen.

1.2. Målemetode. Med den audiomagnetotelluriske metoden registreres variasjoner i såkalte naturlige jordstrømmer. Hovedsakelig er jord strømmene induisert av pulserende elektromagnetiske bølger som stammer fra tordenvær forskjellige steder på kloden.

Amplityden på de elektriske og magnetiske felter kan registreres på 9 frekvenser fra 8 - 3700 Hz. Det elektriske feltet måles galvanisk. Magnetfeltet blir målt ved hjelp av 2 magnetiske spoler - hvorav den ene brukes for de lave frekvenser (8-3700 Hz) og den andre for de høye frekvenser (170-3700 Hz). Feltene blir forsterket og passerer gjennom filtre der uønskede frekvenser siles ut. Den tilsynelatende motstand som er avhengig av forholdet mellom styrken på det elektriske og magnetiske felt, kan på instrumentet leses av direkte.

1.3. Generell vurdering av A.M.T.-metoden. Fordelen med den audiomagnetotelluriske metode er dens store dybderekkevidde fordi man på målestasjonene kan måle på flere frekvenser. Med lave frekvenser kan man teoretisk "se" gjennom svært tynne grafittskifre og/eller magnetkishorisonter.

Svakheten med metoden ligger i de pulserende energiseringskildene. Dårlige signaler kan være et problem selv om man opererer langt fra støyende kraftledninger og A.M. radiosendere. Det kreves erfaring av operatøren som i felten må vurdere og sile en del signaler.

1.4. Tolkning. Tolkningsmodellen man bruker er ideelt sett basert på nær horisontale strukturer, og tolkningen av steiltstående strukturer kan derfor være noe usikker.

I felten plotter vi motstanden mot de forskjellige frekvensene i nomogrammer (bilag 2). Ved hjelp av nomogrammet kan man omtrentlig bestemme dypet ned til et ledende skikt. Dybdelinjene på nomogrammet er avhengig av inntrengingsdypet ^{for} forskjellig motstand frekvenskombinasjoner. Hvis det er en god leder i undergrunnen, bør en del av plottene for de forskjellige motstand og frekvenskombinasjoner følge en av dybdelinjene. Dypet til en perfekt leder og ledningsevne tykkelse produktet finnes av følgende formler:

Dyp til perfekt leder: $H(m) = 356 \times \sqrt{\rho \text{ (ohm m) / } F \text{ (Hz)}}$

Ledningsevne tykkelse produktet: $S = \left(\frac{1}{\rho_{\text{ohm}}}\right) = 520 \sqrt{\rho_{\text{min. (ohm m)}} \times F_{\text{min. (Hz)}}$

(ρ = tilsynelatende motstand, F = Frekvens)

Resultatene fra målestasjon 28 (bilag 2) er et eksempel på et relativt lett tydbart måleresultat og man har fra denne stasjonen en bra indikasjon på en leder 5-700 m under dagen. Av dette resultat kan man regne ut et indikativt ledningsevneprodukt til ca. $1,2 \frac{1}{\text{ohm}}$.

2. Gjennomføring av målingenr.

2.1. Måleopplegg. På grunn av et fantastisk fint høstvær og et meget lett måleterreng, gikk målingene raskt unna, på tross av en del forstyrrelser. I løpet av 21,5 felttimer ble det målt på 39 stasjoner fordelt på 4 profiler (se bilag 1 fig.1). Samlet profilengde er ca. 3,9 km, og målestasjonsavstanden varierer fra 50 - 200 m.

Resultatene er basert på målinger omtrent parallelt med strøkretningen (dvs. det elektriske feltet er målt langs strøkretningen). Kun få målinger er gjort på tvers av strøkretningen da resultatene fra disse målinger bærer preg av forstyrrelser.

2.2. Problemer. Forstyrrende faktorer var NSB's kjørelørdning der effekten varierer mellom 600 og 5400 MW. Strømperioden er ca. 16 Hz. Man har i alle fall erfart at ankommende elektriske tog kan detekteres på meget stor avstand med A.M.T. instrumentet. Av andre forstyrrende faktorer nevnes kraftledninger i det vestligste profil nær basis. Det har heller ikke lyktes å få reproducerbare resultater fra stasjoner nær turamanomaliene som gjenspeiler kisimpregnasjoner og magnetittbånd. Magnetittsonen i seg selv kan forårsake magnetiske forstyrrelser. På enkelte lokaliteter har forstyrrelser yttret seg som et for høyt elektrisk nivå på instrumentet. I nomogrammene er da F.H. anført og det er ellers satt klamme rundt tvilsomme resultater i motstandsprofilene.

Sannsynligvis som følge av elektriske forstyrrelser sviktet den lavfrekvente magnetspolen der en forforsterker "brant opp". Selv om mesteparten av målingene er utført med kun den høyfrekvente magnetspolen, har dette ikke hatt nevneverdig innflytelse på måleresultatene.

3. GEOPHYSISKE RESULTATER

3.1. Presentasjonsform: Samtlige nomogrammer med rådata fra de enkelte målestasjoner er presentert i bilag 2, slik at Folldal Verk's geofysiske konsulent skal ha anledning til å gjøre egne og uavhengige tolkninger.

Gjennom måleprofilene er det presentert motstandsprofiler hvor tilsynelatende motstand forekommer som funksjon av horisontal avstand og frekvens (bilag 1). Lavere frekvenser sonderer til større dyp slik at frekvensskalaen gir et visst inntrykk av metodens sonderingsdyp.

Under disse motstandsprofilene har man i profiler laget geofysiske tolkninger hvor ledningsevnekontraster og dets dyp er inntegnet. Ledningsevnekontraster gjenspeiler elektriske ledere som kis eller grafitthorisonter. De kan også gjenspeile bergartsgrenser så fremt ledningsevneproduktkontrastene i disse er store nok.

3.2. Generelle kommentarer. Når man måler på relativt steiltstående strukturer, kan det være vanskelig å vite om man ser i et vertikallplan eller i et plan tilnærmet vinkelrett på formasjonene. For enkelthets skyld er tolkningen gjort i tilnærmet vertikalsnitt.

Ledningsevnekontrastene eller indikasjonene på en leder ut ifra nomogrammene er enkelte ganger ganske utydelige og en kritisk geofysiker ville kanskje vært mer forbeholden enn undertegnede i tolkningen. Hvis man imidlertid ser på usikre geofysiske indikasjoner i den større sammenheng, får man frem interessante resultater.

Av motstandsprofilene gjennom 200V, 100Ø og 400Ø (se bilag 1 fig. 2, 3 og 4), kan en se at det er en viss systematikk i motstandsbildet som blandt annet antyder en strøkretning i overensstemmelse med de faktiske forhold. I de tre profilene kan en videre legge merke til en generell økning i motstanden mot nord noe som i seg selv kan antyde en ledende sones utstrekning og fall mot nord.

Når man ser på tolkningsprofilene under motstandsprofilene, må man være oppmerksom på at det er stor forskjell mellom horisontal

og vertikal skala. Ledningsevnekontrastene er i profil 200V og 100 Ø svake, men de kan antyde en utstrekning av en leder mot dybnet fra rundt 500 m under dagen. I profil 400Ø er indikasjonene sikrere på at det opptrer en steiltstående leder med fall mot nord.

Av det 4. profil vest for Hjerskavelen (bilag 1 fig.5), ser en at motstanden minker mot nord. Ledningsevnekontrastene fra stasjon 35, 36 og 37 er meget usikre. Men dersom de tas med i tolkningen, kan de indikere en interessant del av en struktur.

3.3. "Ledende synform".

Dersom man prøver å se resultatene fra profil 400Ø og Hjerskavelen profilet i den større sammenheng, får man frem en steil "ledende" synform struktur (se bilag 1 fig.5 og 6) Ombøyningssonen på en eventuell synform kan ligge indikativt ca. 2,5 km under dagoverflaten. Man har for få resultater til å kunne antyde om hvorvidt man har helt relative bevegelser over og under forkastningsprosjeksjonen. Det er imidlertid ganske iøynefallende at flankene på synformen kan gjenspeile turamanomalier. A.M.T.indikasjonene er dypere enn turamindikasjonene, men det er en viss korrelasjon da begge type indikasjoner er tydeligere på sydsiden enn på nord-siden.

3.4. Potensielt boreobjekt. Som tidligere nevnt er A.M.T. indikasjonene på en leder relativt usikker i profil 100Ø og 200 V. Resultatene fra målingene i profil 400Ø er bedre og fra stasjonene 26 og 28 har man indikasjoner på en leder hvis ledningsevneprodukt er ca. $1,3 \frac{1}{\text{ohm}}$. Hvis man antar at tykkelsen på lederen er 15 m (som er gjennomsnittsmektighet på kjent malm, kan man regne ut en indikativ motstand på objektet til ca. 12 ohmmeter.

Det er relativt iøynefallende at en projeksjon med dagoverflater av anomaliene i de 3 omtalte profiler er "offset" ca. 150 m mot nord i relasjon til kjent malmdrag. Selv om nærmeste profil går ca. 1 km øst for kjent malm, kan man derfor ikke helt utelukke at det er den forkastede malmsonen man "ser" (oppdragsgivers grubegeolog mener det er geologiske indikasjoner på at malmen øst for forkastningen er forkastet nordover).

4. KONKLUSJON

Uansett om resultatene gjenspeiler en eventuell forkastet malmsone eller ikke, så har man forhåpentligvis fått et bedre grunnlag for videre malmundersøkelser.

Hvis man skulle bore ut ifra foreliggende resultater, ville man foreslått et ca.7-800 m langt borhull slik som vist i bilag 1 fig.2.

Det må imidlertid påpekes at man har et relativt tynt grunnlag å trekke konklusjoner på.

Man synes grunnlaget bør forberedes, og man vil foreslå ytterligere A.M.T.-målinger øst for profil 400Ø. En alternativ geofysisk undersøkelses-metode kan være D.C.motstandsmålinger. Det beste er naturligvis begge type målinger. A.M.T.målinger vil imidlertid kunne utføres raskere og A.M.T.-metoden vil tradisjonelt ha bedre oppløsningsevne.

Bilag 1

Fig. 1

Situasjonskart
Tverrfjellet

1 km.
1:20 000

N

Forkastning

Jernbane

2000 N

1500 N

1000 N

500 N

Jernbane-
stasjon

Basis linje

200 V 100 Ø 400 Ø

PROFIL AB

Gamle kongevei

Hjerkin fjellstue

Tegnforklaring

— A.M.T. Målestasjon
med angitt måleretning

--- Sterke turamindikasjoner

..... Svake



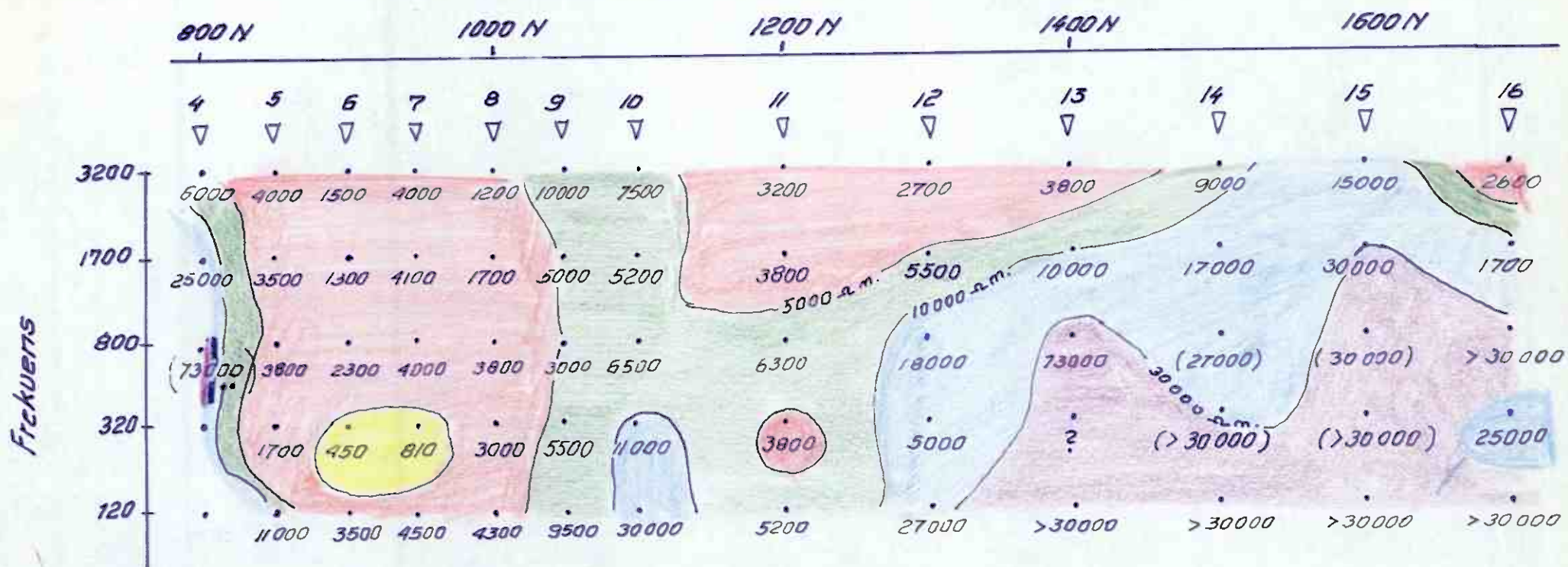
Indikasjon på leder

500-1000 m. under dager

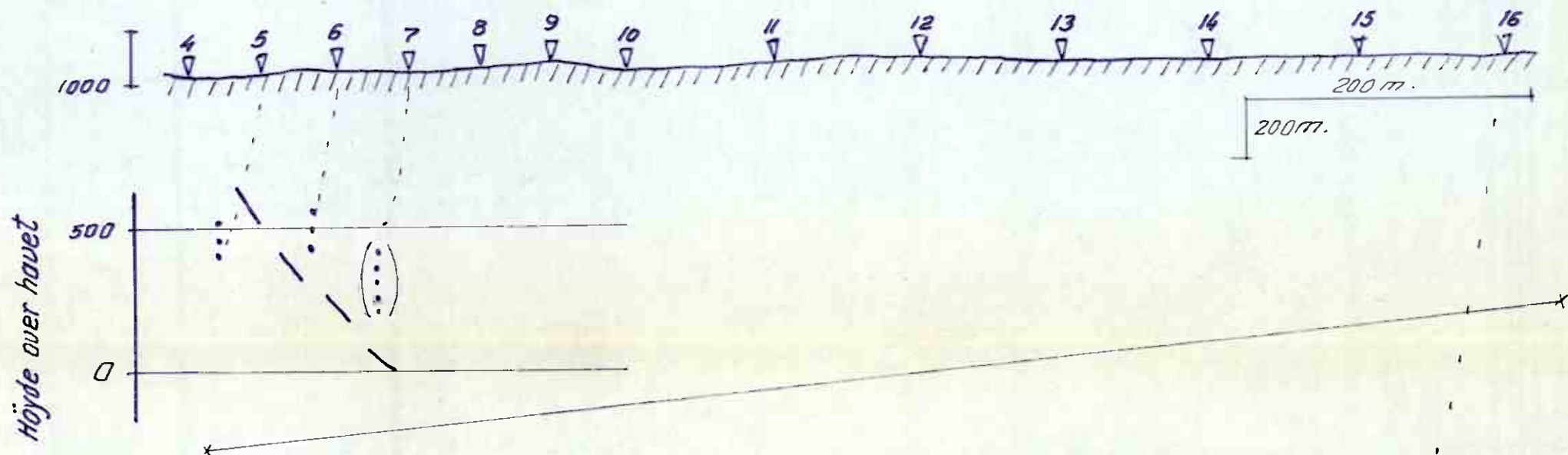
|||| Meget svake turamindikasjoner

Fig. 2

A.M.T.-MOTSTANDSPROFIL 200V TVERFJELLET



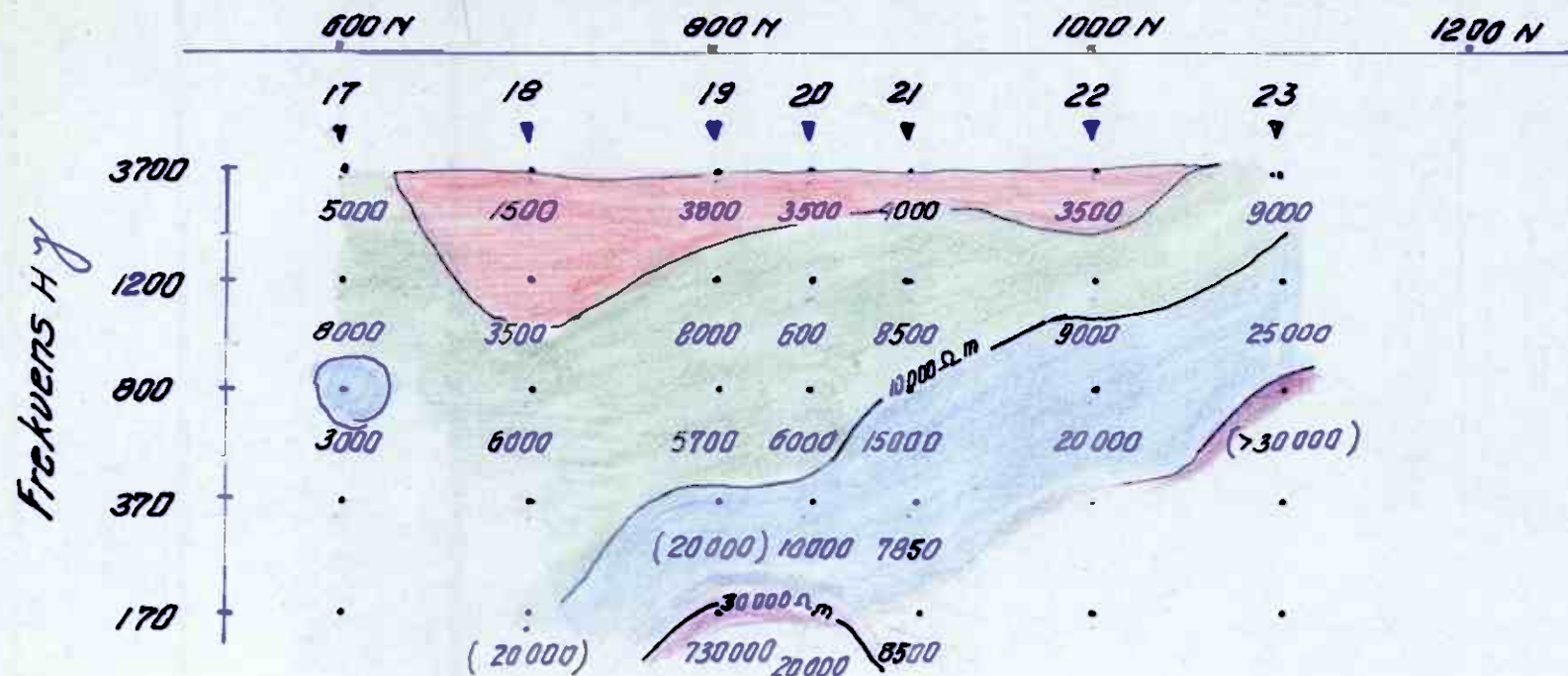
TOLKNINGSPROFIL 200V



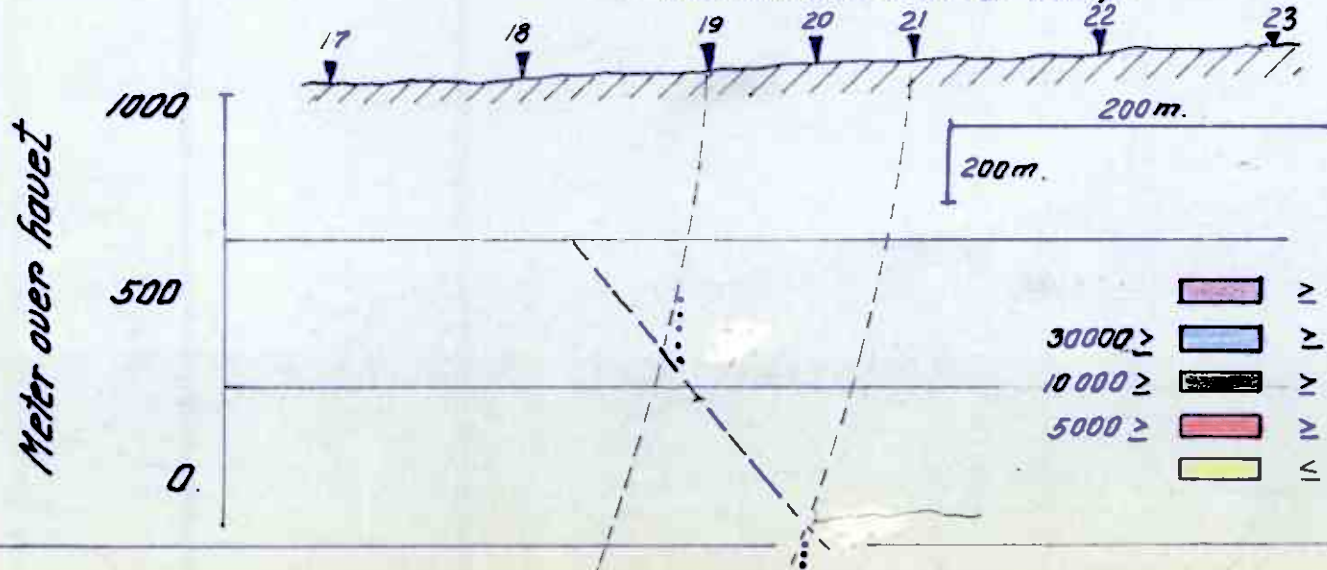
Tegnforklaring

- $\geq 30000 \Omega m$ ▽ Målestasjon
 $30000 \geq \geq 10000 \Omega m$ | Middels god indikasjon på leder
 $10000 \geq \geq 5000 \Omega m$: Usikker indikasjon
 $5000 \geq \geq 1000 \Omega m$ (:) Meget usikker indikasjon
 $\leq 1000 \Omega m$ \ Mulig søne
 x ————— x Projeksjon av forkastning

AMT-MOTSTANDSPROFIL 100 Ø TVERFJELLET.



TOLKINGSPROFIL 100 Ø

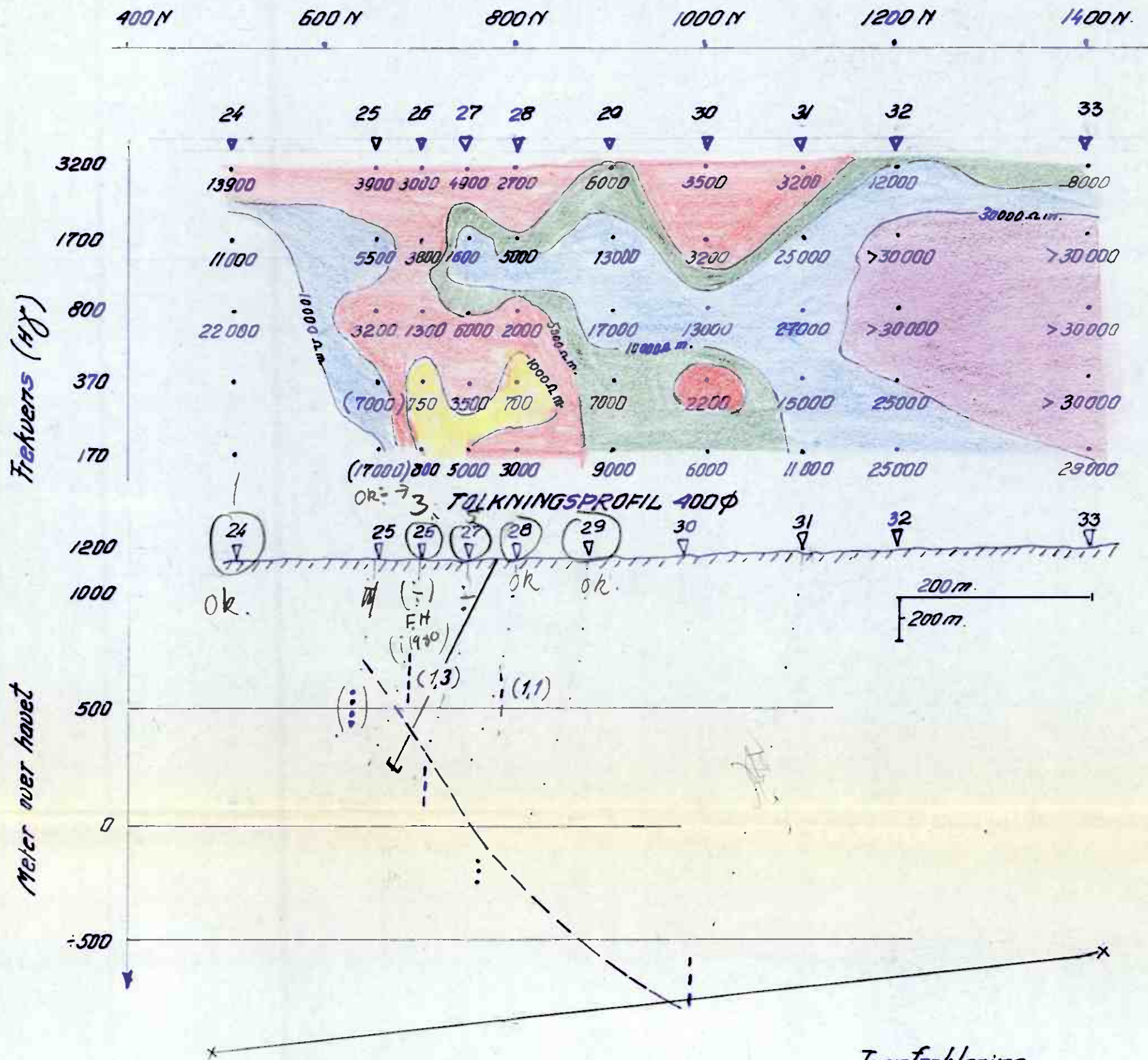


Tegnforklaring

- | | | |
|--|-------------------------------------|---------------------------------|
| | $\geq 30\,000 \Omega m.$ | ▼ Målestasjon |
| | $30000 \geq \geq 10\,000 \Omega m.$ | Middels god indikasjon på leder |
| | $10000 \geq \geq 5000 \Omega m.$ | : Usikker indikasjon |
| | $5000 \geq \geq 1000 \Omega m.$ | (:) Meget usikker indikasjon |
| | $\leq 1000 \Omega m.$ | - Mulig sone |

Fig. 4

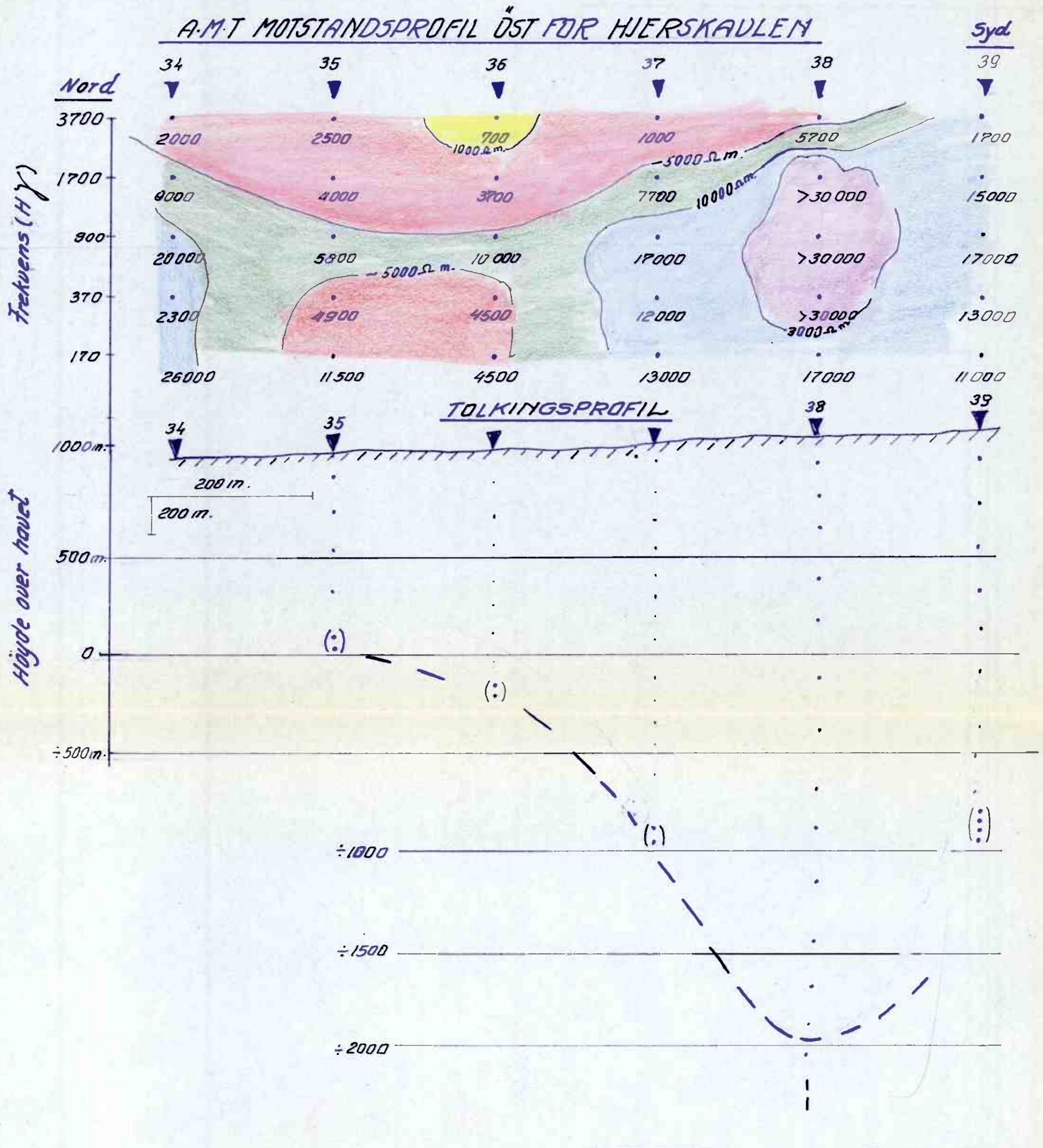
AM.T MOTSTANDSPROFIL 400 ϕ , TVERFJELLET



Tegnforklaring

- $\geq 30000 \Omega m$ ▽ Målestasjon
- $30000 \geq \geq 10000 \Omega m$ | Middels god indikasjon på leder
- $10000 \geq \geq 5000 \Omega m$: Usikker indikasjon
- $5000 \geq \geq 1000 \Omega m$ (:) Meget usikker indikasjon
- $\leq 1000 \Omega m$ (13) Indikativt ledningsevneprodukt
- Mulig sone
- ↙ Forslag til borehull
- x—x Projeksjon av forkastning

Fig 5.



Tegnforklaring

- | | | |
|----------------------|-----------------------|---------------------------------|
| $> 30000 \Omega m$ | ∇ | Målestasjon |
| $30000 \geq$ | $\geq 10000 \Omega m$ | Middels god indikasjon på leder |
| $10000 \geq$ | $\geq 5000 \Omega m$ | Usikker indikasjon |
| $5000 \geq$ | $\geq 1000 \Omega m$ | Meget usikker indikasjon |
| $\leq 1000 \Omega m$ | | Mulig søne |

PROFIL AB - "LEDENDE SYNFORM"

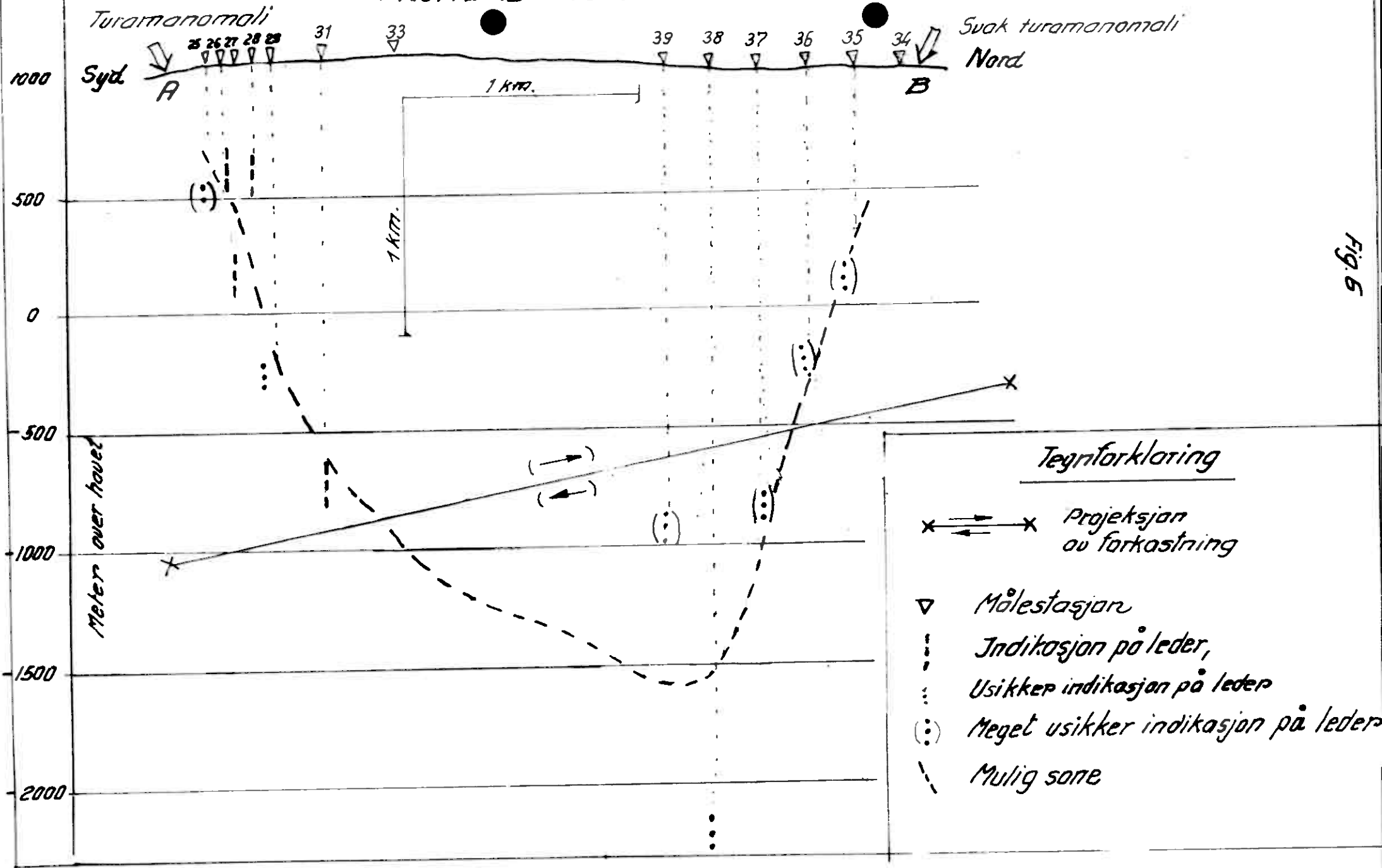


Fig. 6