



Bergvesenet

Postboks 3021, N-7441 Trondheim

Rapportarkivet

Bergvesenet rapport nr 6414	Intern Journal nr	Internt arkiv nr	Rapport lokalisering	Gradering
Kommer fra ..arkiv Nordlandske	Ekstern rapport nr NGU	Oversendt fra	Fortrolig pga	Fortrolig fra dato:
Tittel NGU-rapport 1061. Kombinerte potensialmålinger Bruvannsfeltet. Ballangen, Nordland				
Forfatter Per Eidsvig		Dato: År aug-sept 1971	Bedrift (oppdragsgiver og/eller oppdragstaker) Stavanger Staal A/S	
Kommune Ballangen	Fylke Nordland	Bergdisrikt	1: 50 000 kartblad 13311	1: 250 000 kartblad
Fagområde Geofysikk	Dokument type		Forekomster (forekomst, gruvefelt, undersøkelsesfelt) Råna	
Råstoffgruppe Malm/metall	Råstofftype Ni			
Sammendrag, innholdsfortegnelse eller innholdsbeskrivelse Rapport fra IP-, ledningsevne- og selvpotensialmålinger. Utvalgte målinger på borhullsprøver. Det mest fremtredende trekk ved de utførte målinger er det meget høye IP-nivået. IP-målinger er meget velegnet for påvisning av denne malmtypen. Magnetiske målinger er lite egnet. Gravimetriske målinger skulle gi muligheter for å vurdere hvorvidt peridotitten forsetter under skiferen mot vest.				

Oppdragsgiver:
STAVANGER STAAL A/S

NGU Rapport nr. 1061

Kombinerte potensialmålinger
BRUVANNSFELTET
Ballangen, Nordland

30. august - 16. september 1971

Ansvarlig leder: Per Eidsvig, geofysiker
Assistent : Ragnar Opdahl, tekniker

Norges geologiske undersøkelse
Geofysisk avdeling
Postboks 3006, 7001 Trondheim
Tlf.: (075) 20166

INNHOOLD:Side:

I	INNLEDNING	3
II	MÅLEMETODER	3
III	MÅLINGENES UTFØRELSE	4
IV	MÅLERESULTATER	5
V	TOLKNING	6
VI	KONKLUSJON	12

BILAG:

P1. 1061-01:	Indusert polarisasjon,	kotekart
-02:	Ledningsevne,	"
-03:	Selvpotensial,	"
-04:	Indusert polarisasjon,	kurver
-05:	Ledningsevne,	"
-06:	Selvpotensial og magnetisk vertikalkomponent,	"

I INNLEDNING.

På oppdrag for Stavanger Staal A/S utførte NGU i tiden 30. august - 16. september de kombinerte potensialmålinger indukert polarisasjon (IP), ledningsevne (σ), og selvpotensial (SP), i et ca. 1 km² stort område i Bruvannsfeltet i Råna-massivet. Det ble dessuten målt noen profiler med magnetiske bakkemålinger.

Omtrent samtidig med målingene ble det boret en rekke diamantborhull i området. Som støtte til tolkningen av feltmålingene ble det på 25 utvalgte borkjerneprøver målt IP og σ i laboratorium.

Hensikten med de utførte arbeider var å påvise nikkelfineraliserte soner i området og om mulig å følge disse mot dypet.

II MÅLEMETODER.

IP-effekten skyldes hovedsakelig langsomme elektrokjemiske reaksjoner som settes i gang når elektrisk strøm passerer en grenseflate mellom en elektron- og en ioneleder, for eksempel grenseflaten mellom et malkorn og grunnvannet i porer i bergarten. Enkelte typer leirmineraler gir også IP-effekter, men dette er sjelden av praktisk betydning ved malmundersøkelser i Norge.

På grunn av at IP-effekten er knyttet til overflaten av malkornene, egner IP-målinger seg særlig godt for påvisning av impregnasjonsmalmer, men IP-målinger gir også sterke anomalier på mer kompakte malmer.

Ved laboratoriemålinger av IP-effekten vil dårlig ledende prøver gi høyere IP-effekt enn godt ledende prøver dersom

ledningsevnen ikke skyldes innhold av elektronledere som sulfid-mineralisering, grafitt eller enkelte jernoksyder. Ved felt-målinger gjelder ikke dette forholdet generelt, idet oppladning-en av malmen vanligvis øker med malmens ledningsevne.

Ved IP-målinger utgjør måling av σ og SP en nødvendig del av selve IP-målingene, og disse størrelsene kommer derfor vanligvis som supplement til IP-resultatene.

I praksis foregår IP-målinger ved at en sender strøm i bakken som firkantpulser mellom to strømelektroder. Mellom to potensial-elektroder måles spenningen når det går strøm (V_{RP}) og også like etter strømbrydd (V_{IP}). Eventuelt selvpotensial mellom potensialelektrodene, (V_{SP}), kompenseres før en starter selve IP-målingen. Ved hjelp av spenningen V_{RP} og data for elektrode-geometrien, beregnes σ . Denne beregnede størrelse gir bare "sann ledningsevne" dersom ledningsevnen er den samme i et område med vesentlig større dimensjoner enn elektrogeometriens. Av denne grunn benevnes den beregnede ledningsevne ofte som "tilsynelatende ledningsevne". Vanligvis gir den tilsynelatende ledningsevne gode opplysninger om de relative lednings-evneforhold i et område. Ved målingene beskrevet i denne rapporten ble det på grunn av de mange godt ledende soner i området benyttet såkalte pol/pol-målinger. En strøm- og en potensialelektrode plasseres så langt bort at de kan betraktes som uendelig fjerne. En strøm- og en potensialelektrode flyttes langs profiler med konstant avstand a . Slike målinger har en dybderekkevidde av størrelsesorden a , og ved å benytte forskjellige størrelser på a , får en data som gjør det mulig å vurdere dypet til legemet som gir anomali.

III MÅLINGENES UTFØRELSE.

En forsøkte innledningsvis å måle med gradientmålinger, (to

stasjonære strømelektroder ca. 1 - 2 km fra hverandre - og to mobile potensialelektroder ca. 25 m fra hverandre) men dette viste seg å være umulig på grunn av mange godt ledende soner i området. Det ble derfor foretatt noen orienterende SP-målinger for å klarlegge IP-målingenes utstrekning. På grunnlag av de så langt eksisterende data ble det besluttet å utføre de resterende målinger som pol/pol-målinger med profilavstand 100 m og med $a = 25$ og 50 m. Enkelte steder ble det også målt med $a = 100$ m.

Sterkt kupert terreng og delvis dårlig vær sinket målingene noe.

Stikningsarbeidet ble utført av en mann fra NGU med to hjelpere, mens målingene ble utført av to mann fra NGU.

I alt ble målt ca. 11 profilkm SP,
 " 9 " IP,
 " 9 " σ ,
 " 5 " magnetisk vertikalkomponent.

IV MÅLERESULTATER.

Feltmålingene:

Resultatet av IP-målingene med $a = 25$ m er vist som kotekart i pl. 1061-01. Samtlige IP-resultater er vist som kurver i pl. 1061-04. Resultatet av ledningsevne-målingene med $a = 25$ m er vist som kotekart i pl. 1061-02, mens samtlige ledningsevne-målinger er vist som kurver i pl. 1061-05.

Resultatet av SP-målingene er vist som kotekart i pl. 1061-03 og som kurver i pl. 1061-06 sammen med resultatene for den magnetiske vertikalkomponenten. Usikkerheten i de forskjellige potensialmålinger er stort sett ca. 2 - 10%, men for ledningsevne-målingene er den vesentlig større i de dårligst ledende områder. Usikkerheten i de magnetiske målinger er ca. 25 gamma.

Resultatene av laboratoriemålingene og de kjemiske analyser er vist i tabell 1061-1 side 7. De oppgitte verdier for magnetittinnhold er beregnet ut fra susceptibilitetsmålinger, mens S, Ni, Cu og grafittinnholdet er bestemt ved hjelp av kjemiske analyser.

I diagram side 3 er IP fremstilt som funksjon av svovelgehalt i prøvene. Summen av nikkel- og kobberinnholdet er angitt ved sirklenes areal. Prøvenes bergart er angitt ved bokstavsymboler. Peridotitt-prøvene er dessuten markert ved fylte sirkler.

Resultatene av laboratoriemålinger av IP og σ er avhengig av porevannets ledningsevne - denne er neppe den samme ved laboratoriemålingene som ved feltmålingene, og dette gir derfor en viss usikkerhet i resultatene for laboratoriemålingene, slik at en ikke uten videre kan sammenligne nivået fra laboratoriemålingene med feltmålingene. Denne usikkerheten kan også i noen grad påvirke de relative verdier innen laboratoriemålingene. Stort sett regner en imidlertid at laboratoriemålingene gir gode holdepunkter for å vurdere innflytelsen av de enkelte prøver i feltforhold. Prøvene ble også undersøkt i poler- og tynnslip, men av denne undersøkelsen er ikke tatt med andre resultater i tabell 1061-1 enn at en har anført bergart for de forskjellige prøver.

V TOLKNING.

Det mest fremtredende trekk ved de utførte målinger er det meget høye IP-nivået - både for bakgrunnen og anomaliene. Stort sett ligger IP-verdiene to til tre ganger høyere enn vanlig. Da de utførte feltmålinger er meget lokale i sin

TABELL 1061-1

Prøve nr.	DBH-Dyp	IP% 4/360	σ mMho/m	Porøsitet Vol 0/00	Egenvekt ρ g/cm ³	Magnetitt 0/00	S %	Ni %	Cu %	Grafitt % (>0,5)	Berg- art
1	13- 72,5	2,40	0,260	3,9	2,92	-	0,16	-	0,003	-	N
2	220,3	10,5	0,004	0,36	3,22	-	0,30	0,060	0,012	-	P
3	288,8	56	0,72	0,62	,33	0,5	0,36	0,13	0,017	-	P
4	15-249,5	11,7	0,032	0,94	,28	-	0,18	0,019	0,008	-	P
5	284,5	6,3	0,014	0,64	,24	-	0,10	0,022	0,004	-	P
6	317,5	6,5	0,017	0,21	,22	-	0,74	0,022	0,015	-	PE
7	16-118,4	42	8,5	5,2	,60	1,8	11,5	1,39	0,71	4,55	GG
8	121,3	25	0,277	4,3	,17	0,5	3,54	0,76	0,12	1,79	ON
9	185,6	64,5	0,64	0,97	,35	1,2	3,10	1,23	0,14	1,38	P
10	212,5	60	2,5	2,45	,40	-	3,98	0,77	0,17	1,68	P
11	226,3	6,5	0,012	0,58	,24	-	0,10	0,053	0,006	-	P
12	356,7	3,3	0,03	1,7	,14	-	0,26	0,029	0,004	-	E
13	18- 9,7	4,0	0,33	4,9	2,85	-	0,52	0,012	0,005	-	GG
14	24,2	54,5	8,0	3,3	3,03	1,5	8,06	0,015	0,013	7,65	GG
15	26,2	18,5	0,90	6,5	2,82	-	6,36	0,015	0,010	6,30	G
16	28,3	2,60	0,165	4,8	,88	-	0,62	0,009	0,004	1,10	GG
17	32,1	1,35	0,21	5,8	,80	-	0,14	0,006	0,007	-	KG
18	54,5	2,2	0,25	7,0	,85	-	0,22	0,006	0,002	-	KG
19	62,8	4,6	0,54	6,3	,79	-	2,46	0,003	0,006	2,62	G
20	119,6	2,1	0,22	5,6	,83	-	0,14	-	-	-	G
21	137,4	1,9	0,33	3,8	,92	-	0,14	0,006	0,003	-	N
22	222,2	62	9,8	2,8	3,36	-	16,1	0,48	0,017	12,9	E
23	329,6	2,9	0,17	4,1	2,93	-	0,14	0,003	0,002	0,77	N
24	351,5	2,5	0,12	3,0	,88	-	0,20	0,009	0,005	0,60	N
25	354,5	10	0,076	2,0	,96	-	1,30	0,015	0,016	0,63	N

N = Noritt

ON = Olivin noritt

P = Peridotitt

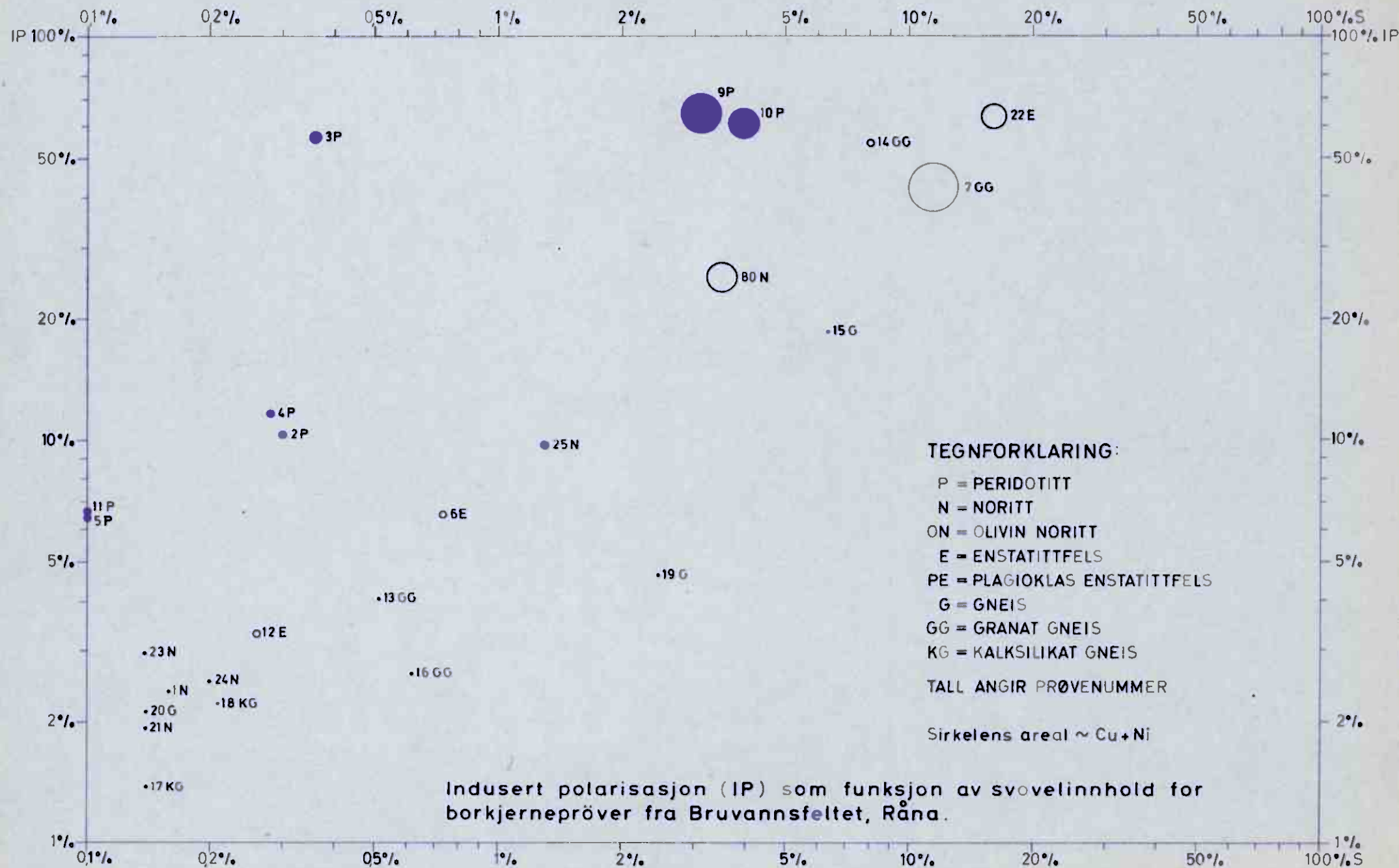
E = Enstatitt fels

PE = Plagioklas enstatittfels

KG = Kalksilikat gneis

G = Gneis

GG = Granat gneis



natur, er det klart at dette skyldes at bergarten i seg selv må inneholde mineraler som gir stort bidrag til IP-effekten. Dette bekreftes av de utførte laboratoriemålinger som også gir meget høye IP-verdier. En deler inn prøvene målt i laboratorium i tre grupper etter geologien:

A: Peridotitt 7 stk.
 B: Noritt og enstatittfels 9 stk.
 C: Gneis 9 stk.

I diagrammet side 8 er A-gruppen merket som fylte sirkler, mens de øvrige er åpne. En har foretatt endel lineære korrelasjonsanalyser for $IP=IP(S)$. Resultatene er gitt i tabell 1061-02.

Tabell 1061-02:

Prøver	Antall	Sammenheng	Korr. Koeff.	Sannsynlighet for korrelasjon i %
A'	6	$IP=15,4xS+ 6,7$	0,978	98,3
A	7	$IP=13,2xS+15,5$	0,79	71
B	9	$IP= 3,8xS+ 3,6$	0,986	99,995
C	9	$IP= 4,3xS+ 0,4$	0,907	98,7
B+C	18	$IP= 3,9xS+ 2,3$	0,945	99,99998
A'+B+C	24	$IP= 4,0xS+ 6,9$	0,76	99,95
A+B+C	25	$IP= 3,8xS+ 9,4$	0,68	99,5

A' er peridotittprøvene unntatt prøve nr. 3.

Spesielt for prøve 3 har det ikke lyktes å finne årsaken til den meget høye IP-effekten. Det er uklart ut fra slipbeskrivelsene hvorvidt det i denne prøven er vesentlig mer jernoksyder enn i de øvrige peridotittprøver. Da prøve 3 avviker så sterkt fra den generelle tendens, har en sett bort fra denne prøven ved enkelte av korrelasjonsanalysene.

Fra tabell 2 fremgår at gneis- og noritt-prøvene skiller seg lite fra hverandre, og for begge grupper synes det meste av IP-effekten å kunne forklares ut fra det totale sulfidinnhold. Om

en sammenligner med andre tilsvarende undersøkelser, finner en at disse prøvene gir omtrent de verdier en skulle vente ut fra sulfidinnholdet.

Peridotittprøvene skiller seg imidlertid klart fra de andre prøvene ved at de både gir meget høy proporsjonalitetsfaktor mellom IP og svovelinnhold og en meget høy bakgrunnsverdi som må skyldes et ikke-sulfidmineral. En kan ikke på det nåværende stadium av undersøkelsene angi sikkert hva som er årsaken til de høye IP-effekter for peridotittprøvene, men det antas at det skyldes et jernoksyd som ilmenitt eller hematitt. Fra slipundersøkelsene er det antatt tilstedeværelse av magnetitt i peridotittprøvene, men på grunn av disse prøvenes lave susceptibilitet er det klart at dette istedet må være f.eks. ilmenitt eller hematitt.

Et annet særtrekk ved peridotittprøvene er at de er dårligere ledende i forhold til sulfidinnholdet enn de øvrige prøvene; det skyldes sannsynligvis at peridotittprøvene er klart mindre porøse enn de øvrige prøver. Dette forholdet er høyst sannsynlig en medvirkende årsak til de høye IP-effektene fra disse prøvene ved laboratoriemålingene. Da peridotittprøvene er relativt dårlig ledende, vil de ved feltmålinger få noe mindre IP-effekt i forhold til de øvrige prøver enn ved laboratoriemålingene. Dette avhenger imidlertid noe av malmgeometri og målegeometri - ved pol/pol-målinger vil dette være av mindre betydning. Generelt har dette størst betydning for de svakest mineraliserte prøver.

Stort sett har de tre typer potensialmålinger og også de elektromagnetiske målinger fra 1946 (GM rapport nr. 52) gitt nær det samme anomalibildet. SP-målingene (Pl. 1061-03) indikerer at mineraliseringen dør ut straks man kommer ut av peridotitten mot vest. Det er imidlertid ikke utelukket at peridotitten kan fortsette med mineralisering vestover under

skiferen, idet en generelt må være meget forsiktig med å trekke negative konklusjoner på grunnlag av SP-målinger.

Da alle tre typer av potensialmålinger har gitt anomalier på mineraliseringer både i og utenfor peridotittmassivet, kan en ikke uten videre si hvilke anomalier som skyldes peridotitt. Resultatene av laboratoriemålingene indikerer imidlertid at sannsynligheten for peridotitt er størst hvor IP-anomaliene er store i forhold til ledningsevneanomaliene. Dette er spesielt tilfelle for anomaliene med sentrum på 14800 Ø, 2250 N, på 14900 Ø, 2075 N, på 15200 Ø, 2150 N, på 15500 Ø, 2225 N, på 15700 Ø, 2700 N og dessuten for selve hovedanomalien. På grunn av de lave ledningsevner og det høye IP-nivå på de nordligste deler av profil 15700 og 15800 Ø, synes det som om det her er meget svakt mineralisert peridotitt. (Sammenlign laboratoriemålingene.) Denne antagelsen styrkes av at målinger med forskjellige dybderekkevidde gir de samme IP-effekter og således ikke indikerer noen dypmalm.

Vest for profil 1500 Ø indikerer de lite sammenhengende IP-anomalier og de høye ledningsevner at området er sterkt tektonisert.

IP-anomaliene som flere steder langs kanten av måleområdet kiler inn i dette, er alltid i forbindelse med sterke ledningsevneanomalier og som regel også SP-anomalier. Ledningsenve-målingene med størst dybdevirkning indikerer her at disse lederne har meget store dimensjoner, og det er således sannsynlig at lederne er knyttet til den omkringliggende skiferen, som enkelte steder således synes å kile inn i gabbromassivet.

Fra målingene med forskjellige elektrodeavstander synes det klart at intensiteten av mineraliseringen ikke minker mot dypet i de øverste 50 - 100 m. Den tilsynelatende økningen i effektene ved de største elektrodeavstandene kan skyldes

at de øverste metrene ikke gir vesentlige effekter på grunn av forvitring og/eller lite innhold av grunnvann. Målingene foregikk jo for en stor del i meget bratt terreng.

Spesielt ble det i profil 15600 og 15700 Ø foretatt målinger med elektrodeavstand på 100 m for å undersøke

- a): om det sterke fallet i IP-anomaliens størrelse ved ca. 15400 - 15500 Ø skyldtes at mineraliseringen sluttet her, eller
- b): om den fortsatte på et større dyp på grunn av terrengets sterke stigning her.

Resultatet viser at det er alternativ a) som høyst sannsynlig er riktig. Dersom mineraliseringen skulle fortsette på dypet, vil det være med sterkt redusert gehalt og/eller mektighet.

De magnetiske målingene indikerer i samsvar med laboratoriemålingene at magnetittinnholdet er svært tilfeldig fordelt i området, tilsynelatende uten korrelasjon til bergart eller mineraliseringstype. Laboratoriemålingene viser imidlertid at en bare har magnetitt i forbindelse med de sterkest mineraliserte prøver. Forøvrig viser egenvektsmålingene at det er en kontrast på ca. $0,3 - 0,4 \text{ g/cm}^3$ mellom peridotitten og gneisen, mens noritten ligger bare svakt høyere i egenvekt enn gneisen.

VI KONKLUSJON.

Av de utførte målinger synes IP-målingene å gi de beste holdpunkter for å vurdere hvor en har økonomisk malm, selv om de øvrige resultater er verdifulle som støtteopplysninger. Spesielt gir peridotitten i seg selv meget høye IP-anomalier, men en har på det nåværende tidspunkt for få opplysninger til

å gi en sikker kvantitativ vurdering av resultatene. Meget tyder imidlertid på at IP-anomaliene over dagnær peridotitt bør være minst ca. 10% dersom mineraliseringen skal være av økonomisk interesse. Målingene har ikke gitt en sikker begrensning av peridotitten mot vest - mot øst synes det som om den økonomisk mineraliserte peridotitt slutter ved ca. 15400 - 15500 Ø selv om selve peridotitten synes å fortsette mot nordøst helt ut av måleområdet. I peridotitten er det sannsynligvis et relativt stort innhold av hematitt og/eller ilmenitt som bidrar til de høye IP-effektene.

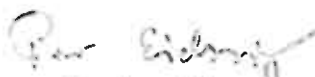
En anser de kombinerte potensialmålinger for meget velegnet for påvisning av denne malmtpe.

Magnetiske målinger synes lite egnet i dette området, idet magnetitten synes ukorrelert både til bergart og mineraliserings-type.

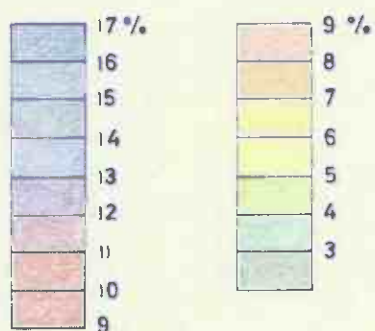
Gravimetriske målinger skulle gi muligheter for å vurdere hvorvidt peridotitten fortsetter under skiferen mot vest.

Trondheim, 6. juni 1972

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
Geofysisk avdeling


Per Eidsvig
geofysiker

FARGESKALA:

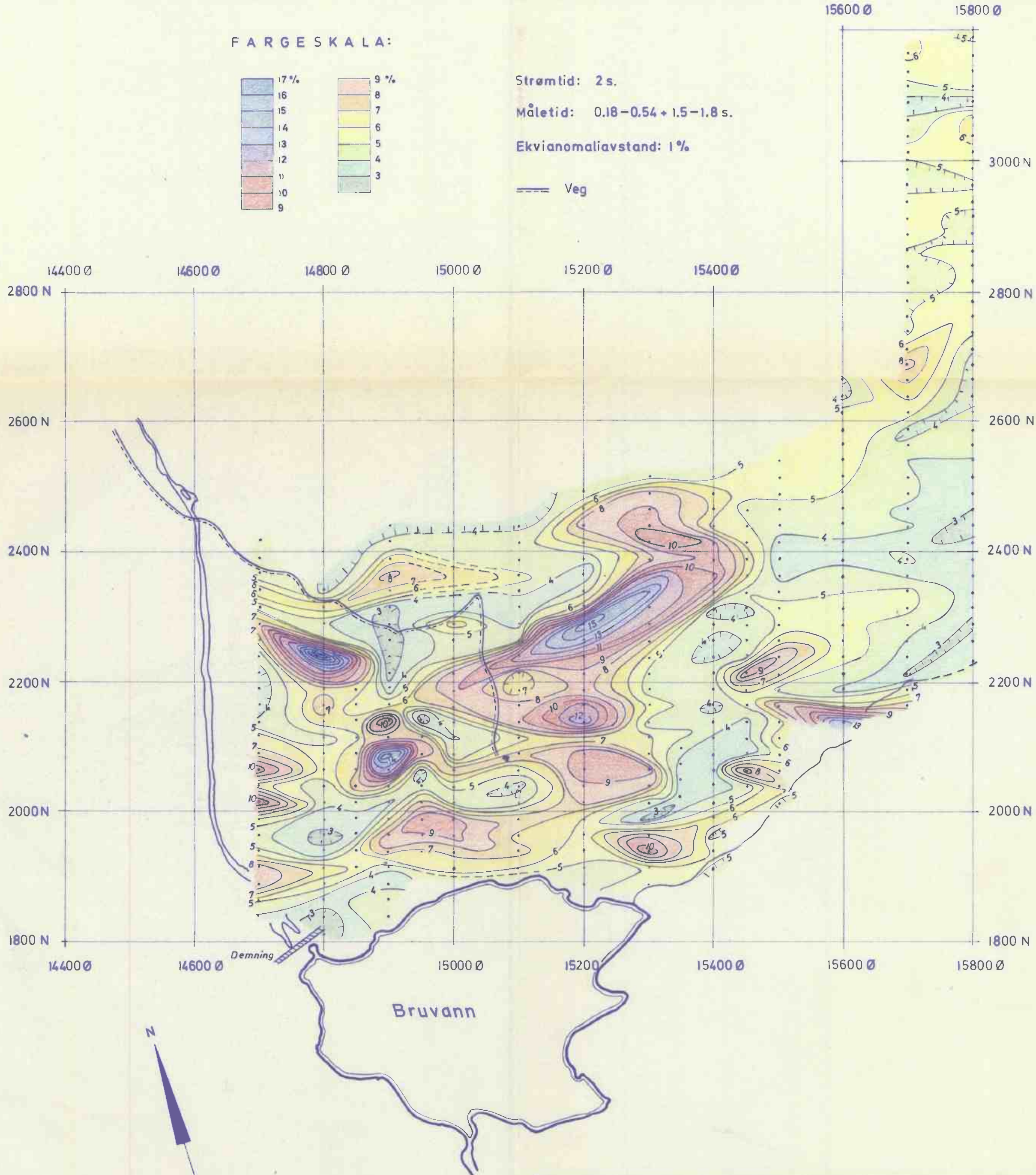


Strømtid: 2 s.

Måletid: 0.18-0.54 + 1.5-1.8 s.

Ekvianomaliavstand: 1%

— Veg



STAVANGER STAAL A/S

INDUSERT POLARISASJON,
POL/POL, $\alpha = 25$ m.

BRUVANN, BALLANGEN NORDLAND

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM

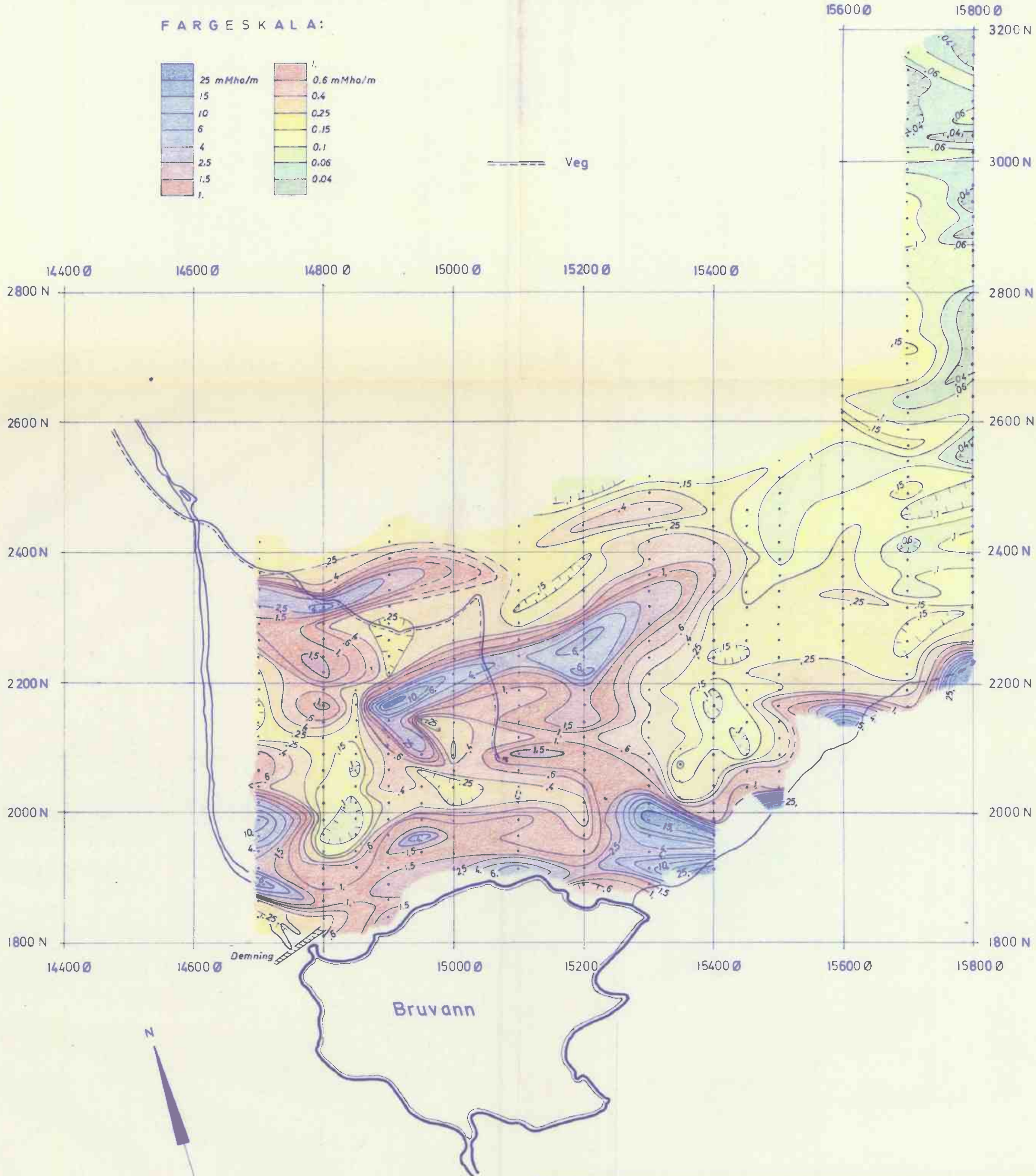
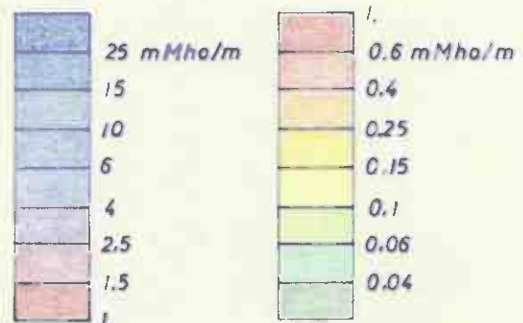
MÅLESTOKK
1:5000

MÅLT P.E.	Sept. 71
TEGN P.E.	Jan. 72
TRAC R.O.	Febr. 72
KFR	

TEGNING NR
1061-01

KARTBLAD (AMS)
1331-I

FARGESKALA:



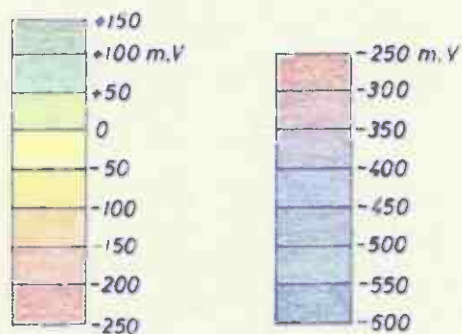
STAVANGER STAAL A/S
TILSYNELATENDE LEDNINGSEVNE,
POL/POL, $a = 25$ m.
BRUVANN, BALLANGEN, NORDLAND

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM

MÅLESTOKK 1:5000	MÅLT P.E.	Sept. 71
	TEGN. P.E.	Jan. 72
	TRAC. R.O.	Febr. 72
	KFR.	

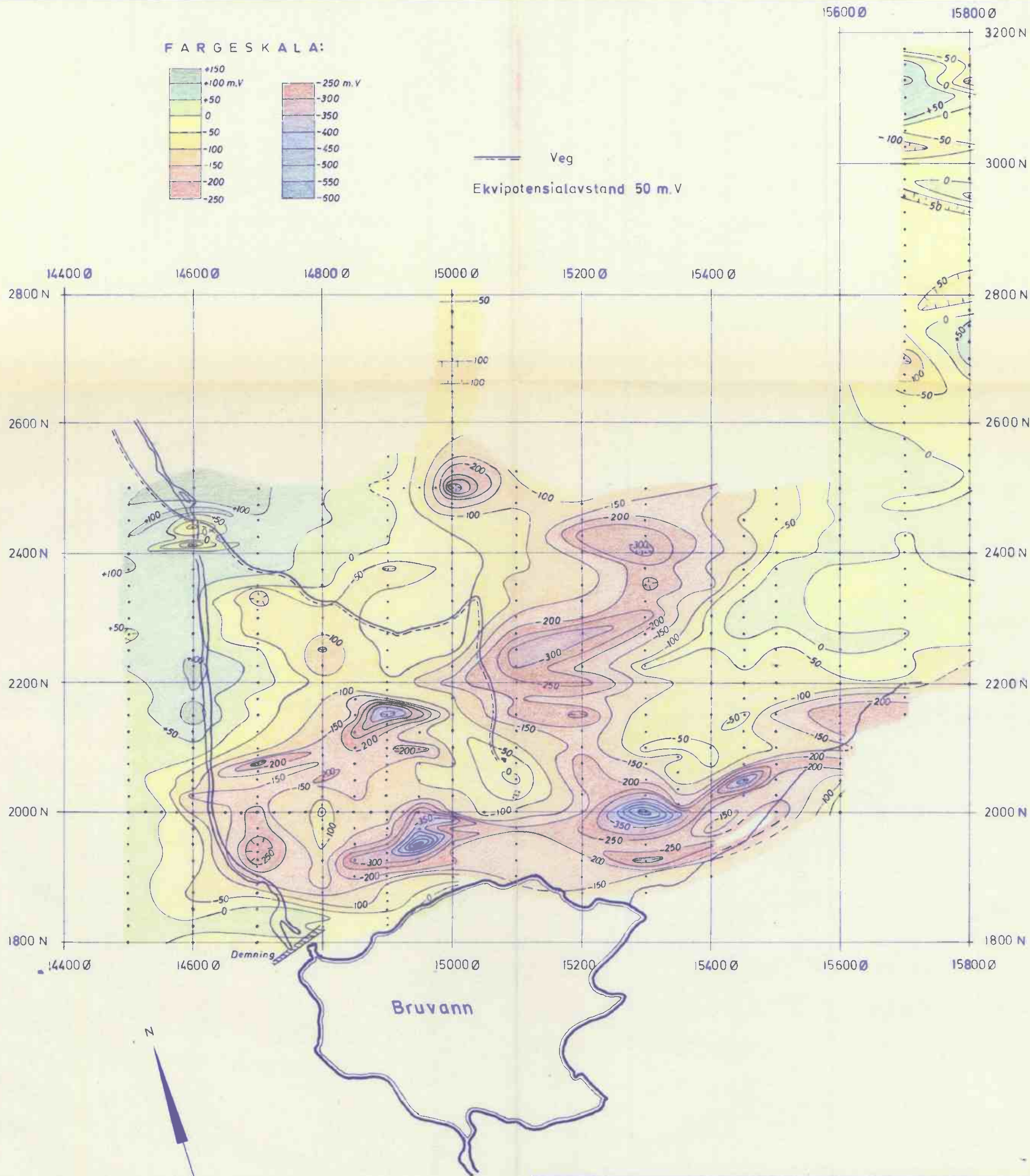
TEGNING NR 1061-02	KARTBLAD (AMS) 1331-I
------------------------------	---------------------------------

FARGESKALA:



Veg

Ekvipotensialavstand 50 m.V



STAVANGER STAAL A/S

SELPOTENSIAL

BRUVANN, BALLANGEN, NORDLAND

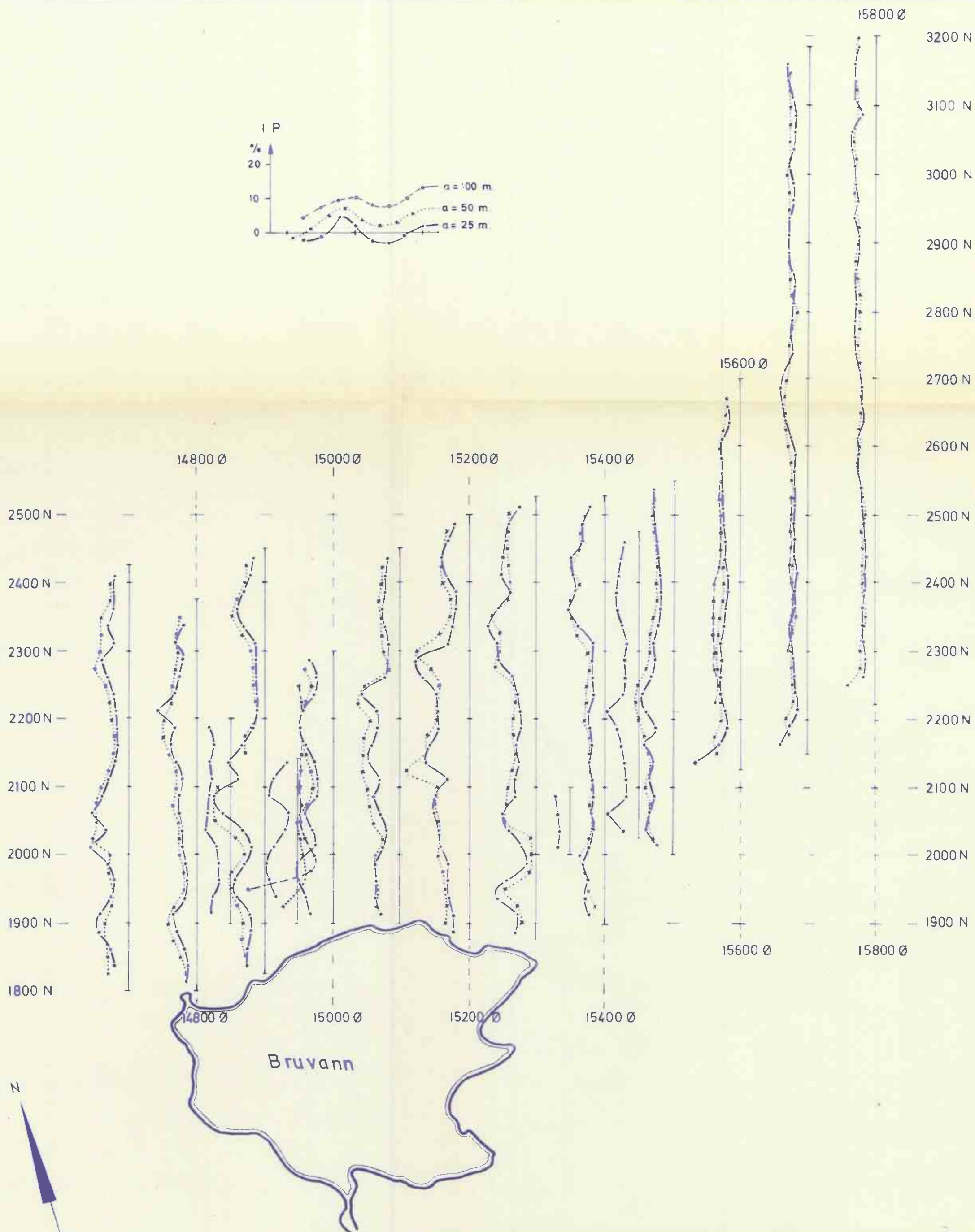
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM

MÅLESTOKK
1: 5000

MÅLT P.E.	Sept. 71
TEGN. P.E.	Jan. 72
TRAC. R.O.	Febr. 72
KFR.	

TEGNING NR.
1061 - 03

KARTBLAD (AMS)
1331 - I



STAVANGER STAAL A/S

INDUSERT POLARISASJON,
POL/POL

BRUVANN, BALLANGEN, NORDLAND

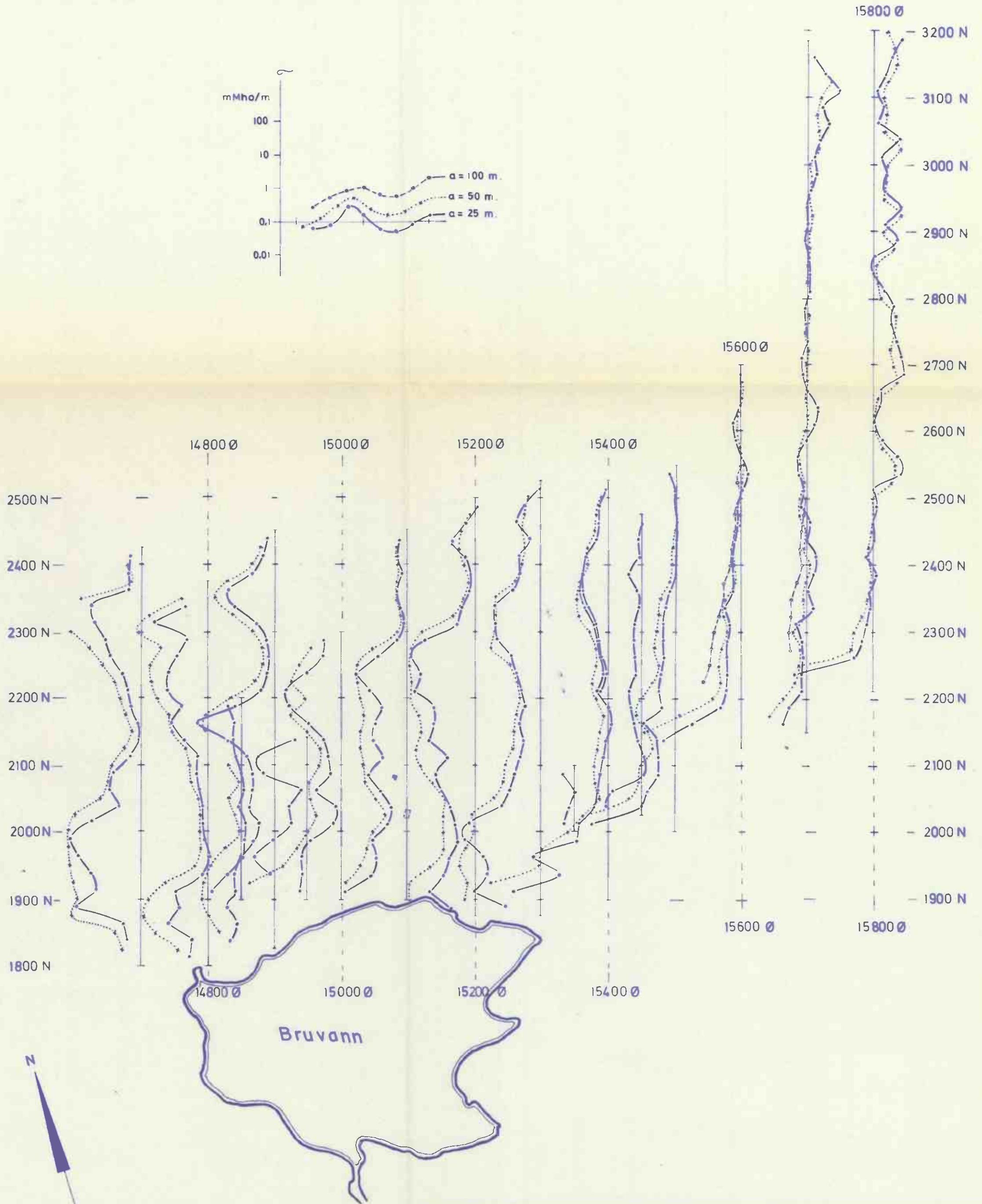
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM

MÅLESTOKK
1:5000

MÅLT P.E.	Sept. 71
TEGN P.E.	Jan. 72
TRAC R.O.	Febr. 72
KFR.	

TEGNING NR
1061-04

KARTBLAD (AMS)
1331-I



STAVANGER STAAL A/S

TILSYNELATENDE LEDNINSEVNE σ ,
POL/POL

BRUVANN, BALLANGEN, NORDLAND

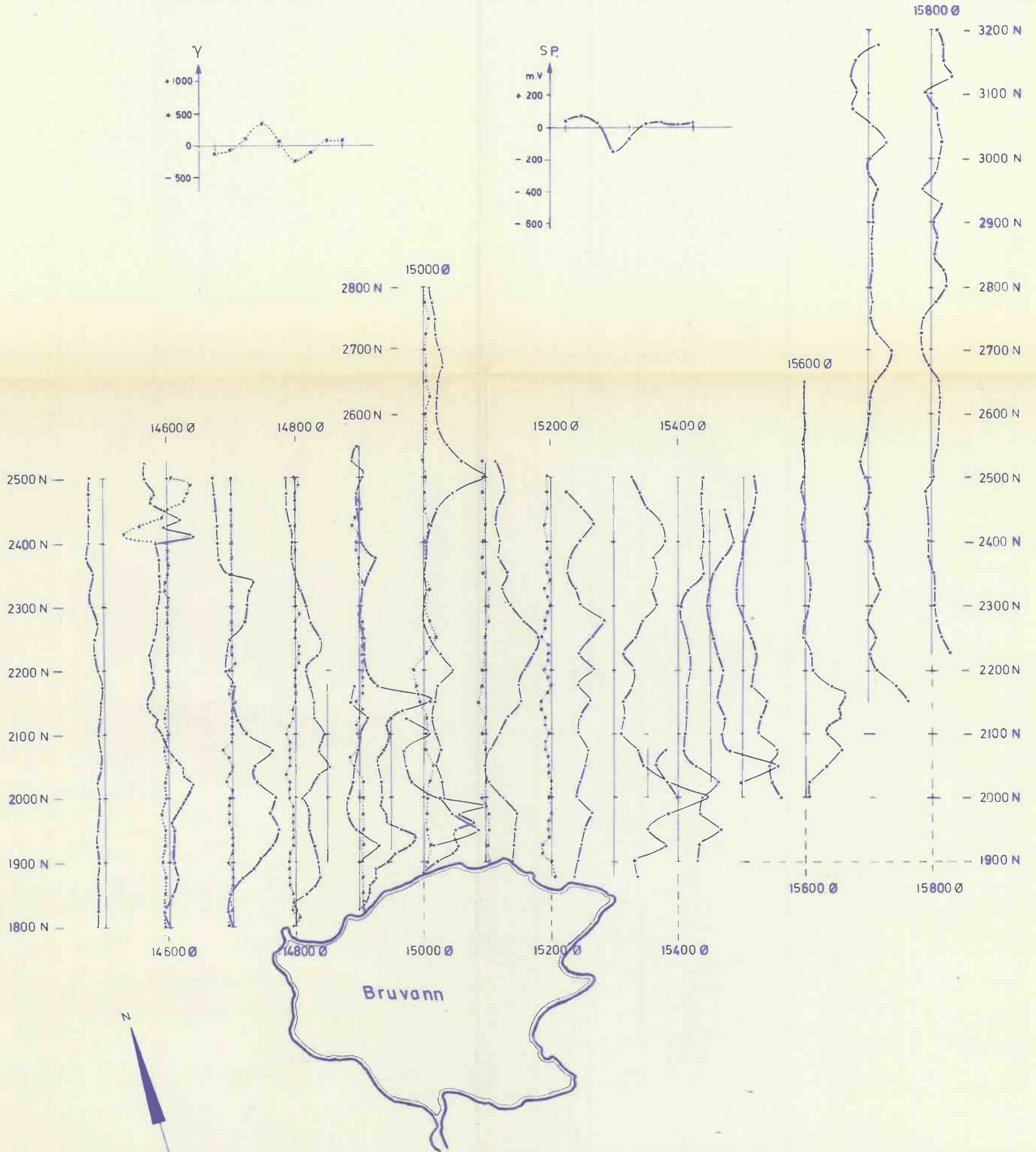
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM

MÅLESTOKK
1: 5000

MÅLT P.E.	Sept. 71
TEGN P.E.	Jan. 72
TRAC. R.O.	Febr. 72
KFR.	

TEGNING NR
1061-05

KARTBLAD (AMS)
1331-I



STAVANGER STAAL A/S
 SELVPOTENSIAL SP.
 MAGNETISK VERTIKALKOMPONENT Y
 BRUVANN, BALLANGEN, NORDLAND

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
 TRONDHEIM

MÅLESTOKK 1: 5000	MÅLT P.E.	Sept. 71
	TEGN P.E.	Jan. 72
	TRAC. R.O.	Febr. 72
	KFR.	

TEGNING NR
 1061-06

KARTBLAD (AMS)
 1331- I