

NGU Rapport nr. 84.002

IP-, ledningsevne-, SP- og magnetiske
målinger ved
FREMSTFJELL
Grong, Nord-Trøndelag

84.002

xxxx

xx inntil videre

IP-, ledningsevne-, SP- og magnetiske målinger ved Fremstfjell

Jan Steinar Rønning

Grong Gruber A/S

Nord-Trøndelag

Grong

Grong

1823 I Andorsjøen

38

Fremstfjell UTM 020 535

12

Aug. 1983

07.02.1984

2093

Jan S. Rønning

Rapporten meddeler resultater fra IP-, ledningsevne-, SP- og magnetiske målinger på bakken og i borhull ved Fremstfjell. Hensikten med målingene var å kartlegge mulighetene for funn av nye Mo-Cu-mineraliseringer, samt kartlegge den kjente mineraliseringens forløp mot øst. Målinger i borhull ble utført for å undersøke om det er noen korrelasjon mellom IP- og ledningsevne-anomalier og gehalt av Mo og Cu.

Målingene har ikke påvist noen nye mineraliseringer av den type som allerede var kjent. Svake anomalier ved Olavstjern anbefales undersøkt. Den kjente mineraliseringen synes å fortsette mot øst og det anbefales diamantboring. Det er påvist lave positive korrelasjonskoeffisienter mellom geofysiske anomalier og gehalt av Mo og Cu. IP-målinger anses fremdeles som en verdifull metode i kartleggingen av mulige Mo-Cu-mineraliseringer.

Geofysikk

Elektriske målinger

Malmgeologi

Magnetometri

INNHold

	<u>Side</u>
1. INNLEDNING	5
2. TIDLIGERE UNDERSØKELSER	6
3. MÅLEMETODER	6
4. MÅLINGENES UTFØRELSE	6
4.1. Bakkemålinger	6
4.2. Borhullsmålinger	8
4.3. Generelt	8
5. RESULTATER	9
5.1. Bakkemålinger	9
5.2. Borhullsmålinger og korrelasjonsanalyser	10
6. TOLKNING OG DISKUSJON	11
6.1. Bakkemålinger	11
6.2. Dybdesonderinger langs profil 6500Ø	16
6.3. Borhullsmålinger og korrelasjonsanalyser	18
7. KONKLUSJONER	20
8. REFERANSER	23

TEKSTBILAG

Bilag 1: IP dybdesonderinger, tolkningsresultater

" 2: Spredningsdiagram med korrelasjonsanalyser

KARTBILAG

84.002-01: Oversiktskart

- 02: IP-gradientmålinger, konturkart
- 03: σ -gradientmålinger, konturkart
- 04: SP, Fraserfiltrerte verdier, konturkart
- 05: Magnetisk residual totalfelt, konturkart
- 06: IP/ σ dybdesonderinger. Profil 6500Ø
- 07: IP- σ -Mo-Cu DBH 1 og DBH 3
- 08: IP- σ -Mo-Cu DBH 4
- 09: IP- σ -Mo-Cu DBH 5
- 10: IP- σ -Mo-Cu DBH 6
- 11: IP- σ -Mo-Cu DBH 7 og DBH 8
- 12: IP- σ Vertikalsnitt profil 5100Ø

1. INNLEDNING

På oppdrag fra Grong Gruber A/S utførte NGU i perioden 15. august til 2. september 1983 IP-, ledningsevne-, SP- og magnetiske målinger ved Fremstfjell, Grong kommune i Nord-Trøndelag. I de to første ukene ble målingene utført av geofysiker Jan S. Rønning og ingeniør Torleif Lauritsen samt to assistenter stilt til rådighet av oppdragsgiver (Eirik Muring og Tor Tjelland). Den siste uken ble de to sistnevnte erstattet av to NGU-ansatte, forsker Per Eidsvig og avdelingsingeniør Einar Dalsegg.

NGU har tidligere (1980) utført tilsvarende målinger i feltet (Rønning 1981), og målingene som her rapporteres er en naturlig utvidelse av målefeltet mot nordvest og mot øst/sør. Den aktuelle mineraliseringen er en sulfidimpregnasjon der Mo og Cu opptrer som økonomisk interessante elementer. 1980-målingene konkluderer med at den mineraliserte sonen fortsetter mot øst under et overdekke av grønnstein, og hensikten med nye målinger her var å kartlegge sonens forløp. Mot nordvest har geologisk kartlegging påvist samme type bergart som Mo-Cu-mineraliseringen ligger i (lenco trondhjemit) og hensikten med de geofysiske målingene var å se om det kunne finnes noen tilsvarende mineralisering som den en finner sentralt i feltet målt i 1980.

Ved den type mineralisering som finnes i feltet er svovelkis det mineral som vanligvis bidrar mest til IP-, ledningsevne- og eventuelt SP-anomalier. For å undersøke om det er noen korrelasjon mellom de geofysiske anomaliene (IP og ledningsevne) og Mo/Cu-gehalt ble det foretatt målinger i borhull, og resultatene fra disse ble sammenholdt med analyseverdier fra tilhørende kjerneprøver.

2. TIDLIGERE UNDERSØKELSER

Det er tidligere utført IP-, ledningsevne-, SP- og magnetiske målinger i feltet (Rønning 1981). Det er i tillegg utført rekognoserende geofysiske målinger (VLF), men resultatet fra disse er ikke kjent for forfatteren.

Detaljert geologisk kartlegging er utført somrene 1980, -81, -82 og -83 under ledelse av en engelsk geolog (Ryan 1983). Geologiske feltkart (Davis 1982, Enderby 1982, Swatton 1982, Ryan 1980) var tilgjengelig for forfatteren under utarbeidelsen av denne rapporten. Sommeren 1981 ble det diamantboret i alt ca. 1470 meter fordelt på 9 borhull. Oppdragsgiver stilte borhullsdialog samt analyseresultater på Mo, Cu og S til disposisjon for forfatteren.

3. MÅLEMETODER

Ved 1983-målingene ble de samme måle metodene som i 1980 benyttet, induisert polarisasjon (IP), ledningsevne (σ), selvpotensial (SP) og magnetisk totalfelt. Metodene er kort beskrevet i rapporten fra 1980-målingene (Rønning 1981).

4. MÅLINGENES UTFØRELSE

4.1. Bakkemålinger

IP-, ledningsevne-, SP- og magnetiske bakkemålinger ved Fremstfjell sommeren 1983 ble utført i en utvidelse av stikningsnettet fra 1980. I nordvest ble profil 4700Ø forlenget nordover, og en ny basis (2700N) stukket i retning 103-3039 mot magnetisk nord. Mot øst ble det med utgangspunkt i koordinat 5900Ø-2150N stukket

en ny basislinje i retning 1039 (magn.N). Profilene (normalt basislinjene) ble stukket for hver 25 meter samtidig med måling og merket med koordinater som angitt i tegningene. Mot sør ble profilene fra 1980-målingene forlenget. I utgangspunktet var profil-avstanden 200 meter, men i de mest interessante områdene ble det målt for hver 100 meter.

IP, ledningsevne og SP ble målt med gradientelektrodekonfigurasjon (se tegning 84.002-02) med NGUs selvbygde utrustning. IP- og ledningsevne-målingene ble utført med tre elektrode utlegg (se tegning 84.002-02). Elektrodeparene E1-E2 ble benyttet under 1980 målingene, E3-E4 ved målingene mot nordvest og E5-E6 ved målingene mot sør og øst. Strømstyrken var ved utlegg 1 og 2 1,2A, og ved utlegg 3 1,1A. Strømmen ble sendt i firkantpulser med vekslende polaritet hvor både strøm- og dødtid var ca. 2 sekund. Den induerte spenningen ble målt som summen av spenningene 0,21 og 1,8 sekund etter strømbrudd.

For å få kjennskap til IP- og ledningsevneforhold mot dypet ble det foretatt dybdesonderinger langs profil 6500Ø. Ved disse målingene ble det benyttet pol/pol og pol/dipol elektrodekonfigurasjon (se tegning 84.002-06). Ut fra de målte verdier for pol/pol med $a=100$ meter og pol/dipol med $a=50$ og 25 meter ble IP-effekt og ledningsevne beregnet for konfigurasjonene pol/pol med $a=50$ og 25 meter. Ved disse målingene ble den samme utrustningen som ved gradientmålingene benyttet og strøm- og måletider er de samme som angitt ovenfor. Som fjern strømelektrode ved disse målingene ble E5 (koordinat 6325Ø-1200N) benyttet, mens fjern potensialelektrode (bare pol/pol) ble plassert ved koordinat 6000Ø-2400N. Strømstyrken varierte fra målepunkt til målepunkt og maksimums- og minimumsverdier var henholdsvis 600 og 29 mA.

Magnetisk totalfelt ble målt med Unimag bærbart proton-magnetometer (Model G-836, Geometrics). Målepunktavstanden var hovedsakelig 12,5 meter, men i de mest stabile områdene ble denne øket til 25 meter. For å kontrollere at målingene ikke er utført

under magnetisk urolige forhold og at det ikke er noen drift i magnetometrene, ble krysningene mellom basisene og profilene målt to ganger. Jordens magnetfelt endrer seg fra år til år, og for å kunne bestemme denne årlige variasjonen ble det foretatt en del overlapping mellom 1980- og 1983-målingene

4.2. Borhullsmålinger

IP- og ledningsevne-målinger i borhullene 1,3,4,5,6,7 og 8 ble utført med pol/pol elektrode konfigurasjon der $a=5$ meter (se tegning 84.002-08). Til disse målingene ble en mindre utrustning som også er bygd ved NGU benyttet. Denne utrustningen har samme strømforløp som utrustningen brukt ved gradientmålingene, men den induerte spenningen ble målt som summen av spenningene 0,3 og 1,7 sekund etter strømbrudd. Som fjern strømelektrode ved disse målingene ble E6 (koordinat 63250-3030N) benyttet, mens fjern potensialelektrode ble plassert ved koordinat 4800N-2200N. Strømstyrken varierte mellom 6.5 og 100 mA.

4.3. Generelt

Målingene ble utført under særdeles dårlige værforhold med regn/sludd og tildels meget sterk vind. Den første uka ble det overnattet i telt, og de to neste i en liten hytte (Moelven brakke). Terrenget er stedvis meget ulendt, og disse forholdene gjorde at målingene gikk noe langsommere enn ønsket. I tillegg til dette ble målingene heftet av at reinsdyr ved en anledning hadde kuttet det ene kabelutlegget på ialt 5 plasser. Ennå større forsinkelser fikk en på grunn av at "instrumentteltet" ble ødelagt i den sterke vinden, og at en derved fikk fuktighet inne i senderboksen. Dette førte til at senderen ved oppstartning ble ødelagt, og måtte tas med til bygda for reparasjon. Ved ny oppstartning røk den på nytt, og denne gang ble senderen tatt med til Trondheim for reparasjon.

Etter disse uhellene avsluttet de to assistentene som oppdrags-
giver stilte til disposisjon feltsesongen, og resten av oppdraget
ble utført av NGU-ansatte.

Totalt ble det utført 56 dagsverk (inklusive reiser) og i løpet
av denne perioden ble det målt 20,2 profilm IP-ledningsevne-SP
med gradientkonfigurasjon, 1,1 profilm IP-ledningsevne dybdeson-
deringer (pol/pol a=100 m, pol/dipol a=50 og 25 m), ca. 1200
meter IP-ledningsevne i borhull (pol/pol a=5 m) og ca. 22 pro-
filkm magnetisk totalfelt.

5. RESULTATER

5.1. Bakkemålinger

IP-, ledningsevne-, SP- og magnetiske totalfeltnmålinger fra 1980
og 1983 er tegnet sammen og er presentert som konturkart henholds-
vis i tegningene 84.002-02, -03, -04 og -05.

For å undersøke om det kunne påvises noen nivåforskjell mellom
IP- og ledningsevne-målingene fra 1980 og 1983 ble det foretatt
enkelte overlappende målinger. De avvik som fremkom ved denne
kontroll lar seg forklare ut fra mineraliseringens- og elektro-
dens geometri. Ved sammentegningen av SP-målingene oppsto det
enkelte nivåforskjeller mellom noen profiler, og for å fjerne
disse ble SP-gradientverdiene Fraserfiltrert.

Jordens magnetfelt endrer seg fra år til år, og en må derfor
korrigere måleverdiene fra 1980 for at de kan sammenlignes med
måleverdiene fra 1983. På grunnlag av overlappende målinger er
1980-målingene hevet 60 nT. På grunn av drift i det ene magneto-
metret ved 1980-målingene ble måleverdiene langs enkelte profil
korrigert (Rønning 1981 s. 6). Ved de overlappende målingene i
1983 viste det seg at profilene 53000 og 54000 mellom koordinat-

ene 2250N og 2400N (nord for "Kyprostjern", 647 m.o.h.) var blitt korrigert uten at det her forelå noen feil i måleverdiene. Disse verdiene ble derfor korrigert tilbake til målte verdier pluss 60 nT ved sammentegningen av 1980- og 1983-målingene.

Resultatene fra IP- og ledningsevne dybdesonderinger langs profil 6500Ø er vist som profiler i tegning 84.002-06. Her er verdiene for konfigurasjonene gradient, pol/pol a=100 m, pol/dipol a=50 m og pol/dipol a=25 m målt, mens verdiene for pol/pol a=50 m og pol/pol a=25 m er beregnet på grunnlag av de målte data. Tolkninger av dybdeforholdene langs profilet basert på EDB-modellberegninger er vist i bilag 1.

5.2. Borhullsmålinger og korrelasjonsanalyser

Resultatene fra IP- og ledningsevne målingene i borhullene 1,3,4,5,6,7 og 8 er vist som profiler i tegningene 84.002-07, -08, -09, -10 og -11, sammen med gjennomsnittlig Mo- og Cu-gehalt for hver 5 meter. Analysene på de enkelte elementene er utført på kjerneprøvene med lengde 2 meter, og for å få sammenlignbare størrelser med IP- og ledningsevne målingene ble en gjennomsnittlig gehalt for hver 5 meter beregnet. Gjennomsnittsgehalt for Mo og Cu og tilhørende IP- og ledningsevneverdier er listet opp i bilag 2 side 1. I tegning 84.002-12 er IP- og ledningsevne målingene i borhullene 3,4,5 og 6 (profil 5100Ø) presentert som konturkart i vertikalsnitt.

I bilag 2 sidene 2 til 5 er den gjennomsnittlige gehalt av Mo og Cu plottet som funksjon av IP- og ledningsevne-verdier. Diagrammene angir antall prøver (N), korrelasjonskoeffisient (R), middelvei og standardavvik (Standard Deviation) langs x-aksen (Mx og Sx) og tilsvarende langs y-aksen (My og Sy). I tabellen nedenfor blir de tilsvarende data for hvert av borhullene presentert. Definisjon for de enkelte beregnede størrelsene er gitt i bilag 2 side 0.

DBH	N	R _{IP-Mo}	R _{IP-Cu}	R _{σ-Mo}	R _{σ-Cu}	Middelverdi+Avvik	
						Mo	Cu
1	6	0,70	0,01	-0,66	-0,68	223+ <u>122</u>	249+ <u>74</u>
3	15	0,41	0,34	0,68	0,45	122+ <u>50</u>	548+ <u>602</u>
4	27	0,51	0,32	0,31	0,54	160+ <u>71</u>	371+ <u>362</u>
5	33	0,05	0,22	-0,22	-0,19	374+ <u>273</u>	868+ <u>621</u>
6	24	0,32	-0,19	0,73	-0,15	209+ <u>150</u>	298+ <u>154</u>
7	8	-0,58	0,10	-0,74	-0,79	60+ <u>33</u>	294+ <u>73</u>
8	8	-0,35	-0,04	-0,88	0,09	148+ <u>76</u>	103+ <u>98</u>
ALLE	122	0,10	0,26	0,09	0,21	218+ <u>192</u>	483+ <u>493</u>

Fra oppdragsgiver forelå det analyser på S-innhold i enkelte 2 meters prøver. Gjennomsnittsgehalt i 5 meters prøver ble beregnet på samme måte som for Mo og Cu, og disse verdiene er plottet mot IP og ledningsevne i bilag 2 sidene 6 og 7. Korrelasjonsanalysene viser her at $R_{IP-S} = 0,44$ og $R_{σ-S} = 0,56$.

I bilag 2 sidene 8 og 9 er ledningsevne plottet mot IP og Mo mot Cu. Korrelasjonskoeffisientene er her henholdsvis 0,61 og 0,17.

6. TOLKNING OG DISKUSJON

6.1. Bakkemålinger

Korrelasjonsanalyser mellom de geofysiske anomaliene (IP og ledningsevne) og gehalt av Mo og Cu viser relativt lave positive korrelasjoner (avsnitt 6.3). Analysene indikerer at lave IP-effekter gir relativt lave gehalter av Mo og Cu, og det konkluderes med at IP kan være et nyttig hjelpemiddel i letingen etter nye Mo-Cu-mineraliseringer. De følgende vurderinger bygger på dette.

Som for 1980-målingene kan en også etter målingene i 1983 si at det er godt samsvar mellom IP-, ledningsevne- og SP-målingene,

men de magnetiske målingene skiller seg ut. Under den følgende vurdering av måledata blir det lagt vekt på de større strukturer. Detaljer innen det mineraliserte området sentralt i feltet målt i 1980 (hovedmineraliseringen) er utførlig behandlet i rapporten fra disse målingene (Rønning 1981) og det henvises til denne.

Resultatene fra IP-målingene (konturkart tegning 84.002-02) deler det målte feltet inn i tre hovedenheter, nordvestfeltet, hovedmineraliseringen og østfeltet.

Den nordvestlige delen av feltet kjennetegnes med lave IP-effekter (1-2%), men med enkelte forhøyde nivå (opp mot 5%). Fra ca. koordinat 4000Ø-2500N og i en bue mot ca. koordinat 4450Ø-2700N er det kartlagt lencotrondhjemitt (Swatton 1982), samme type bergart som er vert for hovedmineraliseringen. Det er i dette området ikke påvist IP-anomalier og heller ikke ledningsevne- og SP-anomalier som de en finner over hovedmineraliseringen. Ut fra dette kan en slutte at en ikke finner samme type mineralisering i denne blotningen av lencotrondhjemitt. Dette utelukker imidlertid ikke Mo- og Cu-mineraliseringer.

Øst og nordøst for Olavstjern er det kartlagt relativt svake IP-anomalier i størrelsesorden 3-4%. Disse faller sammen med kartlagt grønnstein (Swatton 1982), og svake kisimpregnasjoner i denne kan være en mulig anomaliårsak. Borhullsdialogen fra boringene i hovedsonen viser at bergartene skifter raskt, og at Mo-Cu-mineraliseringer finnes i alle de tre bergartene lencotrondhjemitt, granodioritt og grønnstein. I det aktuelle området ved Olavstjern finnes foruten grønnstein også mindre blotninger på de to andre bergartene, og området gir i tillegg ledningsevne-anomalier (tegning 84.002-03). For å undersøke om det finnes noen interessant mineralisering her anbefales området fulgt opp med detaljerte geologiske undersøkelser og eventuelt diamantboring. Hvis ikke den geologiske kartleggingen viser noe annet synes et loddhull ved koordinat 5300Ø-2975N å være fornuftig.

Hovedmineraliseringen kjennetegnes med IP-anomalier i størrelsesorden 10-15%. Sonen er på det bredeste ca. 300 meter og kan

følges fra ca. profil 45000 og østover. Mot øst svekkes anomaliene gradvis, og det synes som om den stikker mot dypet. Rett syd for hovedmineraliseringen er det kartlagt et område med lave IP-effekter (0-2%), uten noen tilsvarende endring i geologien (Enderby 1982). Årsaken til dette lavområdet er trolig en randeffekt av de relativt høye IP-anomaliene over hovedmineraliseringen.

Området øst for profil 58000 kjennetegnes ved et forhøyet IP-nivå på 3-6% og med enkelte lokale anomalier i størrelsesorden 6-8%. Disse anomaliene synes å fortsette ut over målefeltet mot øst. De høyeste anomaliene har en form som indikerer at anomaliårsakene ligger grunt. Det ble da også under måling observert kisimpregnasjoner i dagen en rekke steder, bl.a. ved ca. koordinatene 63000-2160N, 65000-2100N, 65000-2950N, 68000-2500N og 69000-2500N. Fire av disse blotningene ble prøvetatt og analysert med hensyn på Cu, Zn og Mo av oppdragsgiver. Tabellen nedenfor angir ca. koordinat for prøvene, bergart og de aktuelle analyseverdier (Haugen 1983, personlig informasjon).

Prøve nr.	Koord.	Bergart	Cu(%)	Zn(%)	Mo(ppm)
1	63000-2160N	Grønnstein	0.06	0.02	173
2	65000-2100N	"	0.00	0.01	205
3	69000-2500N	"	0.35	0.00	0
4	68000-2500N	Kvartsitt	0.31	0.01	170

Tabellen viser at mineraliseringene hovedsakelig ligger i grønnstein og at det finnes anrikninger både i Cu og Mo. Mo-mineralisering i grønnstein kan virke noe uvant, men dette kan være en indikasjon på at hovedmineraliseringen fortsetter mot øst.

Lengst mot nord i dette østfeltet svekkes IP-anomaliene gradvis inn mot fjernelektroden E6. Dette kan skyldes at anomalikilden ligger relativt dypt, og at strømmen nært elektroden ikke når ned til mineraliseringen. For å undersøke dette nærmere ble det foretatt IP-dybdesonderinger langs profil 65000 (se avsnitt 6.2.).

Lengst mot sør, rundt Langtjernets vestende er det kartlagt IP-effekter mindre enn 2%. Ved Storfiskstjern faller disse sammen med sedimentære bergarter (Davis 1982), og det synes her som om 2% konturen avspeiler grensen mellom sedimentære og eruptive bergarter. Dette er ikke i overensstemmelse med den kartlagte geologien lengre mot nord-øst, hvor et blokk-konglomerat kartlagt sør for Storfiskstjern dreier nordøstover mot koordinat 65000-2150N (Davis 1982).

Ledningsevne målingene på bakken (tegning 84.002-03) viser relativt svake anomalier. Dette har sammenheng med at mineraliseringene opptrer som impregnasjoner. Hovedmineraliseringen fremtrer også her med de mest markerte anomaliene. I østfeltet følger ledningsevneanomaliene hovedsakelig mønsteret for IP-anomaliene. Ned mot Langtjern finnes et større sammenhengende område med forhøyet ledningsevne. En finner også her IP-anomalier i størrelsesorden 5-7% og de anomaliene har trolig samme årsak. I så fall er også ledningsevne-anomaliene i uoverensstemmelse med den kartlagte geologien (Davis 1982). En annen mulig årsak for ledningsevneanomaliene er forhøyet ledningsevne i et beskjedent løsmasseoverdekke.

I nordvestfeltet finnes foruten de før omtalte anomaliene øst for Olavstjern flere områder med svakt forhøyet ledningsevne. IP-anomaliene viser her hovedsakelig lave verdier, og dette indikerer at impregnasjoner av ledende mineraler ikke er anomaliårsak. Ledningsevneanomaliene kan derfor skyldes større oppsprekning av bergartene, eventuelt øket ledningsevne i løsmasser der disse finnes.

De Fraser-filtrerte SP-dataene viser få anomalier av betydning. Fraserverdiene er beregnet etter formelen $f=0,5(a+b)-(c+d)$ og dette gir Fraser-anomalier med samme størrelse som SP-anomalier uttrykt i mV ville vært. Ved en misforståelse er de filtrerte verdiene plottet 12,5 meter for langt mot sør. Anomaliene må karakteriseres som relativt svake, og de mest markerte faller sammen med IP- og ledningsevne anomalier.

Ved oppteegningen av magnetiske totalfeltmålinger (tegning 84.002-05) er 51200 nT valgt som normalfelt. Dette gir et nær anomalifritt område mot vest hvor bergartene er kartlagt som granodioritt og lencotrondhjemitt. Sør for Olavstjern fremstår et anomalt område med tildels meget høye positive dagnære anomalier. Det antas at disse skyldes kartlagte blokker av gabbro i granodioritt (Swatton 1982). Disse anomaliene svekkes mot vest hvor det er heller ikke kartlagt gabbroblokker. Anomaliformen indikerer at årsaken kan ligge noe dypere, og en mulig årsak her er dypereliggende gabbroblokker i den samme bergarten. Relativt svake anomalier nordøst for Olavstjern synes å skyldes grønnstein og en blandingsbergart av dioritt og gabbro (Swatton 1982).

Området øst for profil 5000Ø er karakterisert ved relativt sterke hurtig skiftende positive og negative anomalier lengst mot nord, og et mer stabilt område med negative anomalier mot sør. Bergartene i den nordlige delen av dette området er hovedsakelig kartlagt som grønnstein (Davis 1982, Swatton 1982), og det antas at denne utgjør årsaken til anomaliene her. Disse anomaliene fremkommer ikke på magnetiske målingene fra fly (NGU 1970), og dette indikerer at volumet av den magnetiske bergarten (mektigheten av grønnsteinen) er relativt begrenset.

I et område øst for borhull 5 og i en langstrakt sone som strekker seg fra ca. koordinat 5000Ø-2000N og østover er det kartlagt magnetiske anomalier mens geologien er kartlagt som granodioritt og lencotrondhjemitt. Det kan her synes som ikke bare grønnsteinen, men også de andre bergartene i feltet er magnetittførende. Diamantboringene har imidlertid vist at det finnes grønnstein i veksling med de andre bergartene i alle borhullene unntatt i det første, og at andelen av grønnstein synes å øke mot øst. Det kan derfor synes som om de magnetiske anomaliene avspeiler andelen av grønnstein i bergartene.

Årsaken til de negative magnetiske anomaliene lengst sør i feltet er noe uviss. Det kan ikke påvises noen iøynefallende sammenheng mellom den kartlagte geologien og anomaliene. Lengre sør, i lia

ned mot Sandøla, er det ved flymålinger kartlagt relativt sterke positive magnetiske anomalier (NGU 1970), og de negative anomaliene lengst sør i målefeltet kan være en randeffekt av disse. Enkelte mindre positive anomalier i dette feltet faller delvis sammen med grønnsteinsblotninger, og disse utgjør trolig anomaliårsaken.

6.2. Dybdesonderinger langs profil 65000

IP/ σ -dybdesonderingene langs profil 65000 (tegning 84.002-06) viser vekslinger mellom dype og grunne mineraliseringer. En kvalitativ tolkning indikerer en dyp IP-anomalikilde mellom koordinatene 1900N og 2050N. Ved ca. koordinat 2100N finnes en grunn anomalikilde, og det ble her observert kisimpregnasjon i grønnstein i dagen. Fra ca. koordinat 2150N til ca. koordinat 2400N ligger anomalikilden noe dypere, men ikke så dypt som lengst sør på profilet. Ved ca. koordinat 2260N finnes en lokal oppbuling. Fra ca. koordinat 2400N til ca. koordinat 2800N er det en klar nivåforskjell mellom gradientmålingene på den ene side og pol/pol-pol/dipol på den andre. Dette indikerer en IP-anomaliårsak som ligger dypere enn 100 meter. Ved ca. koordinat 2675N kan det antydes en grense i de dagnære bergarter. Ved profilets nordende indikeres en dagnær IP-anomalikilde, og det ble da også observert kisimpregnasjon ved koordinat 2950N. Formen på IP-anomaliene indikerer her et fall mot sør. Til tross for denne dagnære mineraliseringen faller gradientverdiene (både IP og ledningsevne) mot enden av profilet, og det antas at dette skyldes en kombinasjon av elektrodens plassering og den ledende sonens geometri.

Ledningsevne målingene langs profilet indikerer at ledningsevnen på IP-anomalikilden i dypet er moderat, og at det ikke er noen vesentlig ledningsevnekontrast mot omgivelsene (koordinat 1900N-200N). Enkelte høye ledningsevneanomalier til side for den utgående mineraliseringen ved ca. koordinat 2100N kan skyldes en

kanteffekt av denne. Ved ca. koordinatene 2425N og 2500N finnes lokale ledningsevneanomalier for alle elektrodekonfigurasjonene unntatt gradient uten at en her finner tilsvarende IP-anomalier. Disse skyldes trolig forhøyet ledningsevne i løsmassene eventuelt større oppsprekning av bergartene.

For å få mer kvantitative dybdeangivelser ble det foretatt IP-modellberegninger (se bilag 1). Det er her benyttet det samme EDB-programmet som ved 1980-målingene (Rønning 1981). Programmet forutsetter horisontal lagdeling med uendelig utstrekning, og ingen ledningsevnekontrast mellom IP-anomaligivende sone og omgivelsene. Disse forutsetningene er sjelden oppfylt og resultatene må behandles ut fra dette. Punkter for modellberegninger er valgt for i størst mulig grad å oppfylle forutsetningene. Alle tolkningene er gjort med henblikk på å bestemme dybden til den anomaligivende sone, samt prøve å bestemme polariserbarheten av denne.

Tabellen nedenfor angir resultatene fra dybdetolkningene (bilag 1). KOORD. angir koordinat, M1 og M2 polariserbarheten av lag 1 og 2 i prosent og D2 dypet ned til lag 2 i meter.

KOORD	M1(%)	M2(%)	D2(m)
65000-1950N	1,0	4,0	130
65000-2300N	1,0	4,7	20
65000-2450N	1,0	3,9	65
65000-2725N	1,0	6,0	200

Modellberegningene bekrefter den kvalitative tolkningen med varierende dyp ned til anomaligivende sone. I tillegg til de dybdeangivelser som her er gitt kommer utgående ved koordinat 2100N og 2950N. Polariserbarheten i den anomaligivende sonen ligger i størrelsesorden 5%, og dette kan indikerer en annen type mineralisering enn i hovedsonen. Relativt lav IP-effekt kan også skyldes at mineraliseringene opptrer i mindre enheter med høyere IP-effekter, men at den gjennomsnittlige verdi (tilsynelatende verdi) blir lavere.

Analyser på prøver fra østfeltet indikerte at en også her finner Mo- og Cu-mineraliseringer, og feltet synes økonomisk interessant. For å kartlegge mineraliseringen samt bestemme mineraliseringstypen anbefales diamantboringer langs profil 6500Ø. Det vil være aktuelt med flere standplasser fra koordinat 2100N og nordover. Borhullenes fall og innbyrdes avstand må bestemmes ut fra geologiske vurderinger. Ved eventuelle positive funn, vil det være aktuelt å diamantbore også på de andre IP/ledningsevne-anomaliene i østfeltet og kanskje spesielt i området nordøst for Skarfjellbekkens utløp i Langtjernet, samt utvide målingene mot øst. For å få bedre kjennskap til hva som gir anomalier i østfeltet bør IP- og ledningsevne måles i alle borhull.

6.3. Borhullsmålinger og korrelasjonsanalyser

IP- og ledningsevne-målingene i borhullene 1,3,4,5,6,7 og 8 (tegningene 84.002-07, -08, -09, -10 og -11) viser verdier som hovedsakelig er i samsvar med bakkemålingene. IP-anomaliene og spesielt ledningsevneanomaliene er noe høyere ved borhullsmålingene. Dette er trolig en effekt av forskjellig elektrode konfigurasjon. I tillegg kan måleretningen hatt innflydelse, og tidspunktet for måling ved IP-målingene.

Målingene viser at flere av borhullene er avsluttet før mineraliseringene er gjennomskåret. Dette gjelder spesielt borhullene 3,6,7 og 8. I bunnen av borhullene 4 og 5 er det påvist Mo-Cu-mineralisering, og disse hullene er også for korte. For å få skåret gjennom hele mineraliseringen anbefales en forlengelse av enkelte borhull, og de mest aktuelle er DBH4, DBH5 og DBH6. Hvor mye hullene må forlenges er avhengig av eventuelle mineraliseringer, og for DBH6 er dette trolig minst 150 meter (se tegning 84.002-12). I tillegg bør det bores et hull som skjærer mineraliseringen på enda større dyp, og det er naturlig å legge dette langs det samme profilet som hullene 3,4,5 og 6. Dette hullet bør bores med samme fall som de andre hullene (659 mot S) og

aktuell standplass er 51000-2500N. For å skjære gjennom mineraliseringen må dette hullet trolig være minst 400 meter langt. For å øke det statistiske grunnlaget for korrelasjonsanalyser bør det måles IP- og ledningsevne i alle nye borhull og forlengelser.

Det mest interessante ved borhullsmålingene var å se om det var noen korrelasjon mellom IP- og ledningsevneanomalier og gehalter av Mo og Cu. Sammen med borhullsmålingene ble derfor analyseverdier for hver 5 meter borstreng plottet som stolpediagram. Sammenligning mellom de enkelte størrelser viser liten grad av samvariasjon. Det kan imidlertid bemerkes at de fleste høye verdier av Mo- og Cu-gehalt og derved de mest interessante, finnes på steder hvor IP-effekten er høy. For å få et bedre visuelt bilde av dette, samt få et kvantitativt uttrykk for korrelasjonen mellom de enkelte størrelser ble dataene lagt inn på EDB og plottet ut som spredningsdiagram (se bilag 2). Diagrammene inneholder mye informasjon, men her blir bare de forhold som har betydning for de geofysiske målingene behandlet.

Spredningsdiagrammene hvor alle prøvene (ialt 122) er fremstilt samlet (bilag 2 sidene 2 til 5) viser stor spredning mellom de enkelte størrelser. Det kan påvises positive korrelasjoner mellom de geofysiske anomaliene og Mo- og Cu-gehalt, men disse må betegnes som svake. Korrelasjonen er størst for Cu. Diagrammene viser at høye IP- og ledningsevneverdier ikke er noen garanti for høye gehalter av Mo og Cu.

Bilag 2 sidene 4 og 5 viser at selv om ledningsevnen er lav kan en ha tildels høye gehalter av både Mo og Cu. Diagrammene hvor Mo- og Cu-gehalt er plottet mot IP (bilag 2 sidene 2 og 3) viser at lave IP-effekter synes å gi lave gehalter. For IP-verdier mindre enn 5% er den maksimale Mo-gehalt lik 376 ppm og den maksimale Cu-gehalt lik 649 ppm (bilag 1 side 1). Selv om korrelasjonskoeffisientene mellom IP og Mo og mellom IP og Cu er lave (henholdsvis 0,10 og 0,26), kan det likevel synes som om IP-målingene kan peke ut mulige områder for høye Mo- og Cu-gehalter.

Korrelasjonsanalysene for hvert av borhullene (se avsnitt 5.2) viser større spredning enn når dataene behandles samlet. Årsaken til dette er færre prøver i hver gruppe og derved dårligere statistikk. Dette gir størst utslag for borhullene 1,7 og 8, hvor antall prøver er henholdsvis 6,8 og 8. Borhullene 3 og 4 gir relativt gode positive korrelasjoner, mens borhullene 5 og 6 som ligger langs det samme profilet, gir sterkt varierende og delvis negative korrelasjoner. Noen spesiell årsak til dette kan ikke påvises.

Korrelasjonsanalyser mellom IP og S, og ledningsevne og S for ialt 12 prøver fra borhullene 3,4,5 og 8 (bilag 1 sidene 6 og 7) viser relativt høye korrelasjonskoeffisienter (henholdsvis 0,44 og 0,56). Sett på bakgrunn av de lave korrelasjonene mellom de geofysiske anomaliene og gehalten av Mo og Cu, indikerer dette at IP- og ledningsevneanomaliene hovedsakelig skyldes uinteressante sulfider (svovelkis).

Korrelasjonsanalysene mellom IP og ledningsevne (bilag 1 side 8) viser godt samsvar mellom disse to målemetodene. Korrelasjonskoeffisient på 0,17 mellom Mo- og Cu-gehalt (bilag 1 side 9) viser at sammenhengen mellom de to elementenes opptreden er relativt liten.

7. KONKLUSJONER

IP-, ledningsevne-, SP- og magnetiske målinger ved Fremstfjell sommeren 1983 har ikke påvist nye mineraliseringer av samme type som hovedmineraliseringen som ble kartlagt ved målingen i 1980.

Nord-øst for Olavstjern er det kartlagt svake IP- og ledningsevne-anomalier. Geologien her har visse felles trekk med geologien i hovedmineraliseringen, og anomaliene anbefales fulgt opp med detaljerte geologiske undersøkelser og eventuelt diamantboring.

Utvidelsen av målefeltet fra 1980 mot øst indikerer at hoved-mineraliseringen fortsetter østover, men at den ligger dypere. IP-effekten er jevnt over svakere, og dette indikerer en annen type mineralisering. Flere steder i feltet er det funnet kis-impregnasjoner i grønnstein, og disse kan utgjøre anomaliårsaken. Kjemiske analyser har påvist anrikning av både Mo og Cu i disse impregnasjonene og feltet synes derfor interessant. Dybdesonderinger langs profil 6500Ø indikerer at dypet ned til den anomali-givende sone varierer, og er på det meste større enn 100 meter. For å klarlegge geologien samt undersøke om det finnes interessante gehalter av Mo og Cu, anbefales diamantboringer langs profil 6500Ø fra koordinat 2100N og nordover. Borhullenes fall og innbyrdes avstand må bestemmes ut fra geologiske vurderinger. Ved eventuelle positive funn, vil det være aktuelt å diamantbore på de andre IP/ledningsevne-anomaliene i østfeltet, samt utvide IP-målingene videre mot øst.

IP- og ledningsevne-målinger i borhullene 1,3,4,5,6,7 og 8 viser anomalier som hovedsakelig er i samsvar med bakkemålingene. Flere av borhullene er avsluttet før mineraliseringen er skåret igjennom, og borhullene 4,5 og 6 anbefales forlenget. I tillegg bør det bores et hull som skjærer hovedmineraliseringen på dypet. Det bør måles IP- og ledningsevne i alle nye borhull.

Sammenligning av de geofysiske anomaliene med Mo- og Cu-analyser fra kjerneprøver har påvist positive korrelasjoner, men disse må betegnes som svake. Plotting i spredningsdiagram har vist at høye IP- og ledningsevneanomalier ikke er noen garanti for høye gehalter av Mo og Cu. Lave ledningsevneanomalier utelukker ikke høye gehalter av de to elementene. Analysene indikerer at lav IP-effekt også gir lave verdier for Mo- og Cu-gehalt. Det synes derfor som om IP-målinger kan være verdifulle til å påvise mulige områder for Mo- og Cu-mineraliseringer. Relativt gode korrelasjoner mellom IP og S-innhold og ledningsevne og S-innhold indi-

kerer at de geofysiske anomaliene hovedsakelig skyldes uinteressante sulfider, trolig svovelkis.

Trondheim, 7. februar 1984
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
Geofysisk avdeling

Jan S. Rønning
Jan Steinar Rønning
geofysiker

8. REFERANSER

Davis 1982: Feltkart fra geologisk kartlegging sommeren 1982.
M 1:5 000 (upubl.).

Enderby 1982: Feltkart fra geologisk kartlegging sommeren 1982.
M 1:5 000 (upubl.).

Haugen 1983: Personlig informasjon.

NGU 1970: Aeromagnetisk kart, Andorsjøen 1823 I. M 1:50 000.

Rønning 1981: IP- og magnetiske målinger i SØNDRE DEL AV GRONG-
FELTET, Grong, Nord-Trøndelag. NGU Rapport nr. 1815 (upubl.).

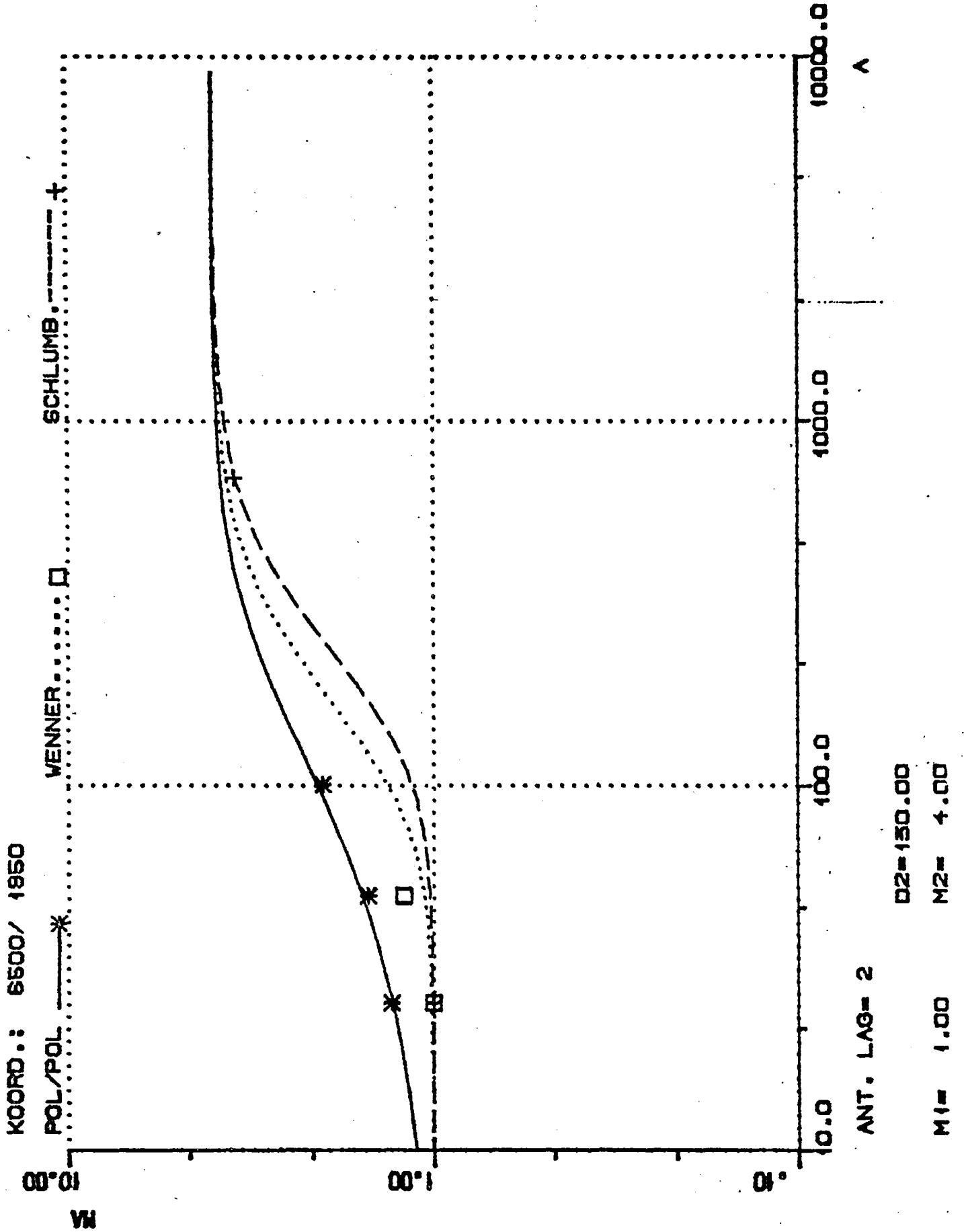
Ryan 1980: Feltkart fra geologisk kartlegging sommeren 1980.
M 1:5 000 (upubl.).

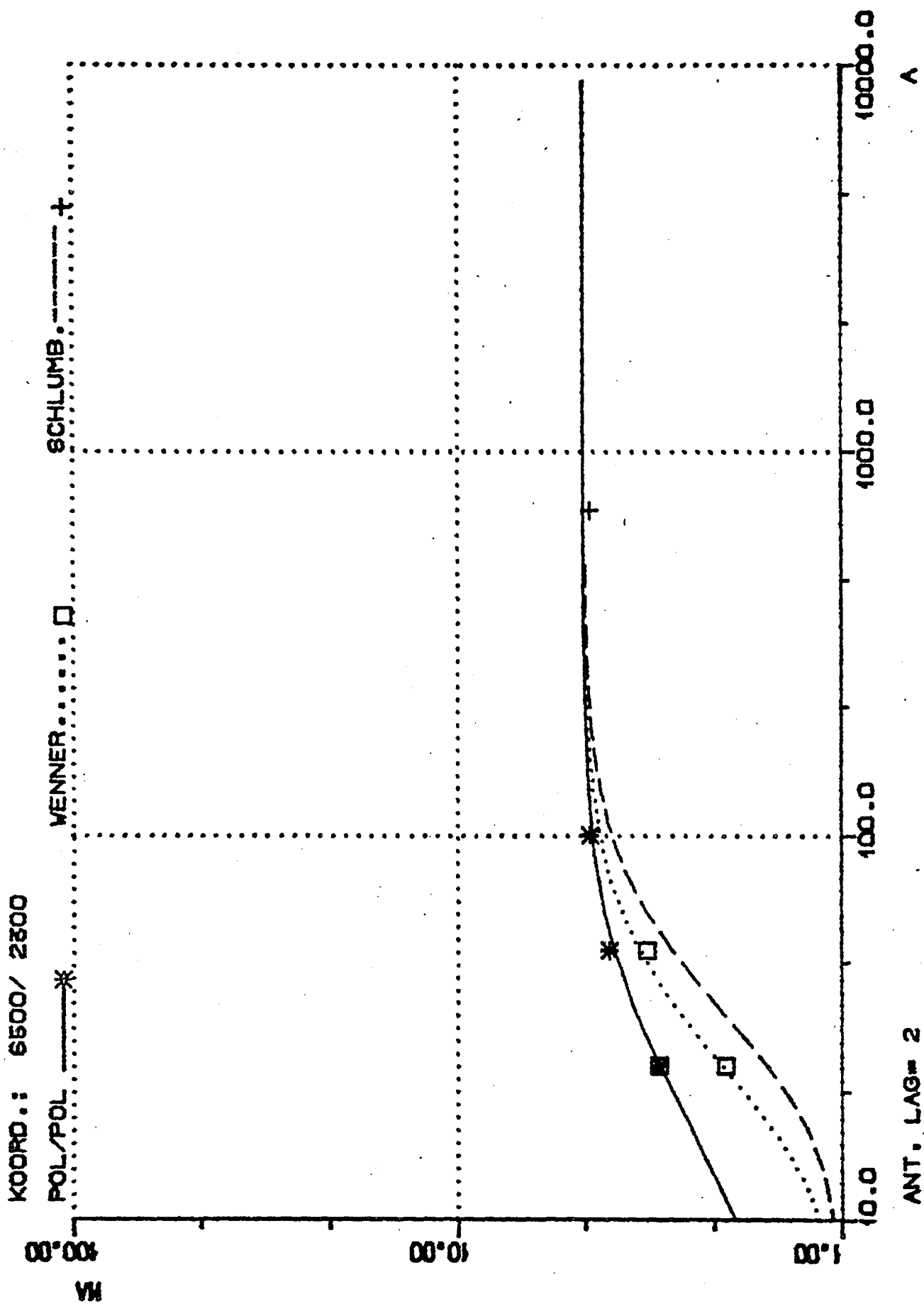
Ryan 1983: Personlig informasjon.

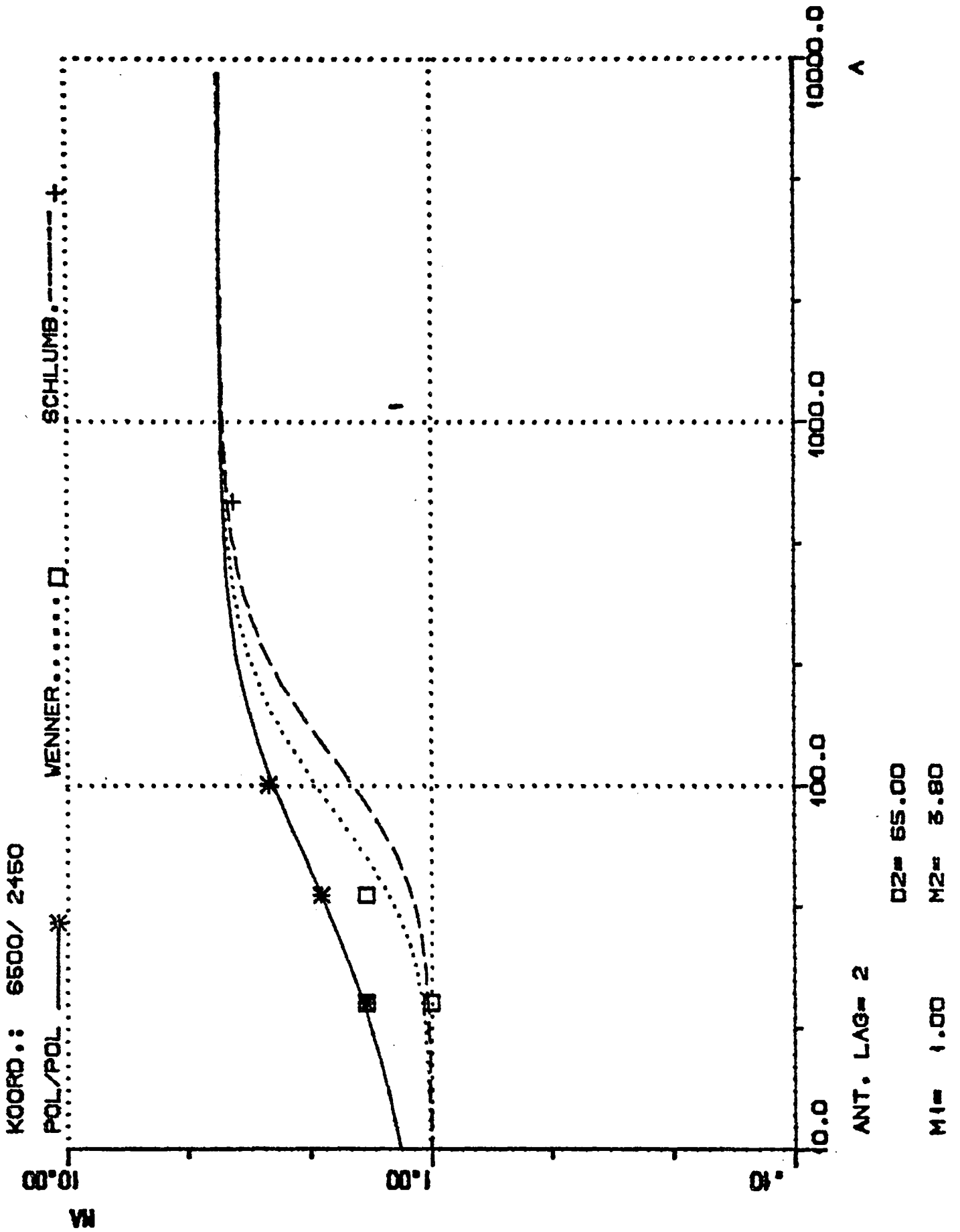
Swatton 1982: Feltkart fra geologisk kartlegging sommeren 1982.
M 1:5 000 (upubl.).

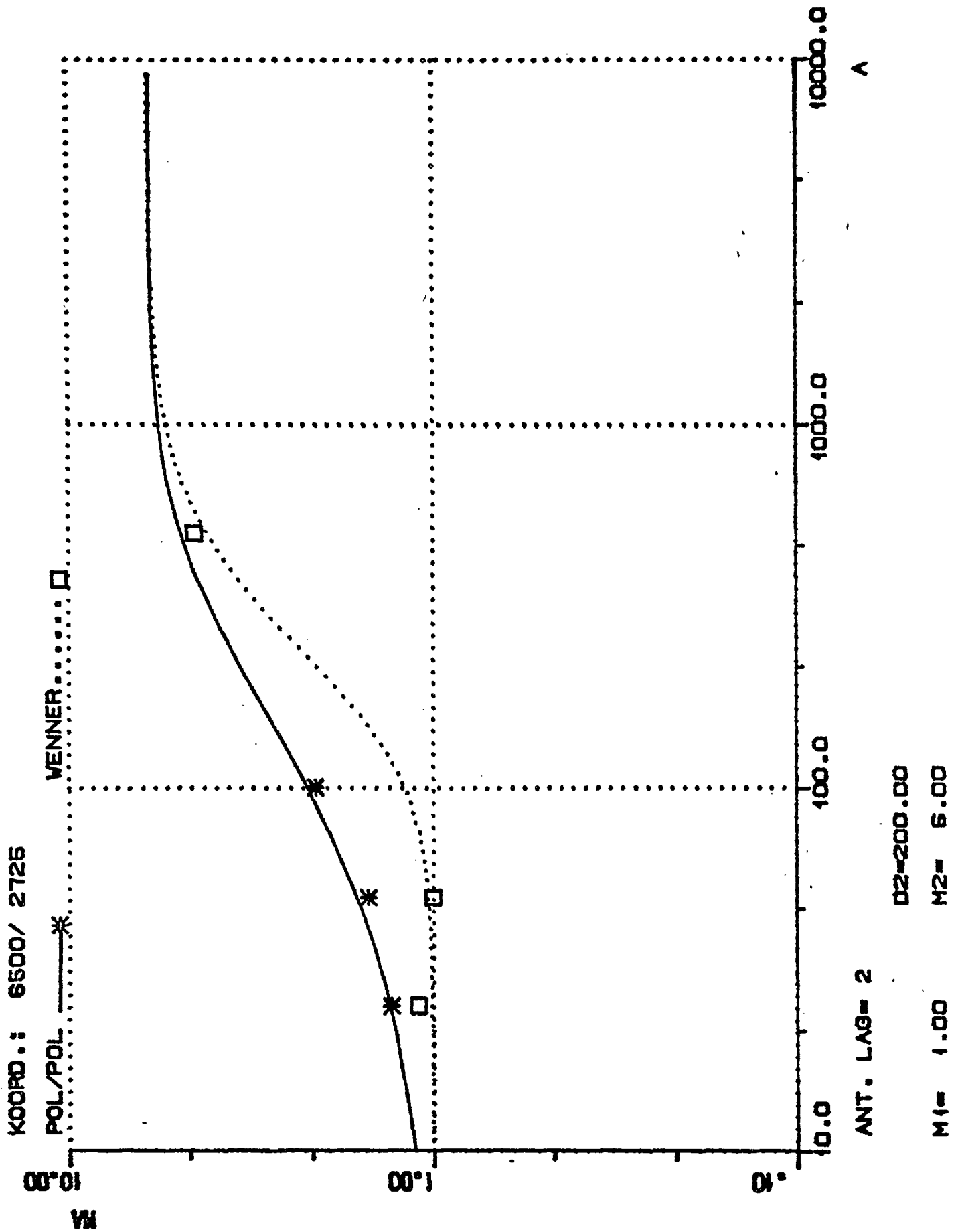
IP-dybdesonderinger, tolkningsresultater

Dybdetolkningene er basert på måleresultater fra pol/pol-, pol/dipol- og gradient elektrodekonfigurasjoner. I diagrammene er pol/dipol plottet som Wenner elektrodekonfigurasjon, og gradient som Schlumberger. Dette kan gjøres på grunn av at disse elektrodekonfigurasjonene har parvis tilnærmet samme dybderekkevidde. Beregningene er basert på to-lags-modeller med horisontal lagdeling der D2 angir dypet ned til lag 2, M1 og M2 angir polariserbarheten av lagene 1 og 2, A angir elektrodeavstand (AB/2 for Schlumberger konfigurasjon) og MA angir tilsynelatende polariserbarhet (målt på bakken). Koordinat 6500Ø-2725N ligger nært den ene strømelektroden (E6) og gradientmålingene blir her betraktet som en pol/dipol-måling.









Spredningsdiagram med korrelasjonsanalyser

Bilag 1 side 1 viser grunnlagsdata for korrelasjonsanalysene. Kolonne 1 angir borhull, kolonnene 2 og 3 gjennomsnittsgjehalt av Mo og Cu i ppm for kjerneprøver med lengde 5 meter. Kolonnene 4 og 5 tilhørende IP- og ledningsevne verdier uttrykt i henholdsvis % og 10^{-3} S/m. Gjennomsnittsgjehalt er beregnet etter formelen

$$\text{Gjennomsnittsgjehalt} = \frac{\sum a_i \cdot l_i}{\sum l_i}$$

der a_i angir de enkelte analyseverdier og l_i lengden av hver prøve som inngår i beregningene.

Bilag 2 sidene 2 til 5 viser henholdsvis spredningsdiagram der Mo er plottet mot IP, Cu mot IP, Mo mot σ og Cu mot σ . N angir antall prøver, R korrelasjonskoeffisienten, M_x og S_x er middelerdi og standardavvik i x-retning og M_y og S_y tilsvarende i y-retning. Middelerdi og standardavvik (standard deviation) beregnes på vanlig måte, mens korrelasjonskoeffisienten (R) beregnes etter følgende formel:

$$R = \frac{(\sum x \cdot y - \frac{1}{n} \sum x \cdot \sum y) \sqrt{\frac{1}{n} \sum x^2 - (\sum x)^2}}{(\sum x^2 - \frac{1}{n} (\sum x)^2) \sqrt{\frac{1}{n} \sum y^2 - (\sum y)^2}}$$

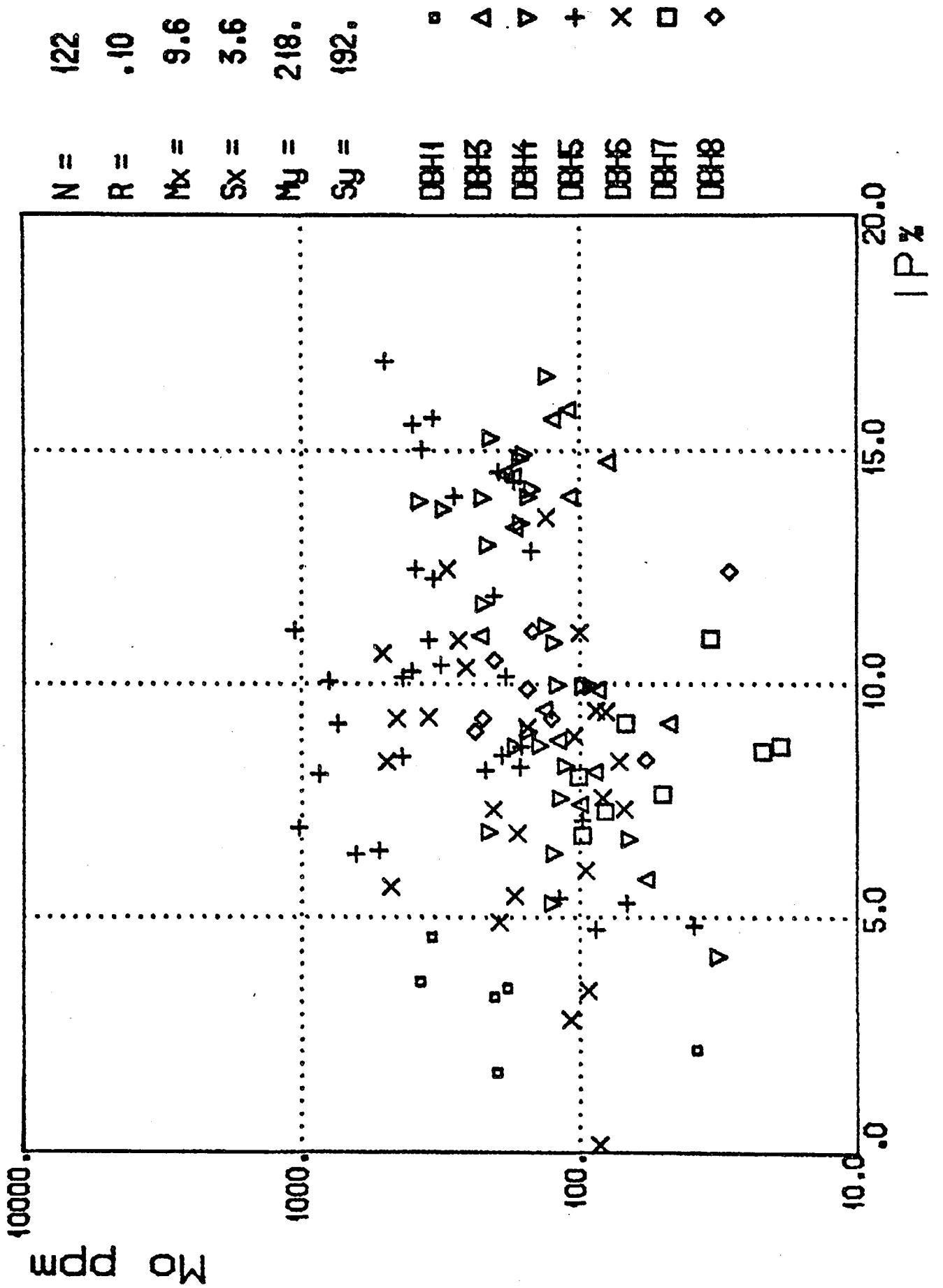
Bilag 2 sidene 6 og 7 viser svovelinnhold (%) plottet mot henholdsvis IP (%) og ledningsevne (10^{-3} S/m). Grunnlagsdata for disse analysene er vist i bilag 2 side 6. Kolonne 1 angir borhull, kolonne 2 S-innhold (%), kolonne 3 IP (%) og kolonne 4 ledningsevne (10^{-3} S/m).

Bilag 2 sidene 8 og 9 viser ledningsevne plottet mot IP og Cu plottet mot Mo.

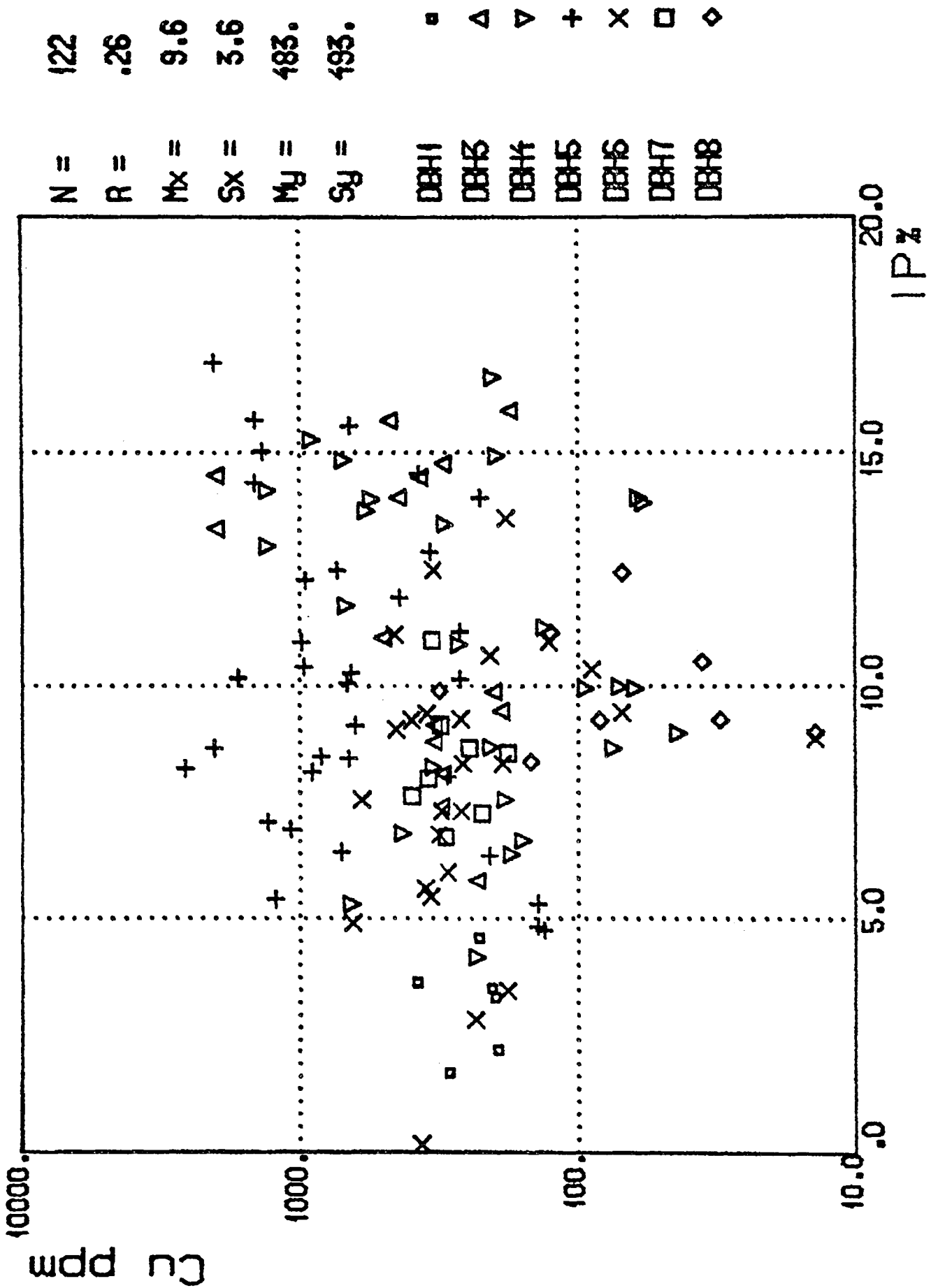
BH	Mo	Cu	IP	σ
1	197	290	1.75	0.243
1	376	380	3.69	0.273
1	203	197	3.37	0.310
1	343	228	4.64	0.344
1	181	204	3.54	0.429
1	38	194	2.22	0.489
3	173	2014	13.39	2.524
3	187	2005	14.53	2.175
3	80	304	14.73	1.349
3	111	177	15.92	2.102
3	126	481	15.70	1.913
3	110	447	14.04	1.246
3	175	374	14.47	1.656
3	229	508	11.06	2.970
3	87	203	9.86	0.911
3	101	310	7.47	1.316
3	58	232	5.84	0.393
3	90	308	8.17	0.565
3	120	331	8.84	0.928
3	136	190	9.48	2.132
3	48	332	9.18	2.136
4	154	44	9.02	2.277
4	92	63	9.97	2.129
4	98	95	9.97	1.619
4	154	61	14.06	3.007
4	223	688	11.76	2.243
4	216	1316	13.02	3.257
4	149	1320	14.20	3.185
4	225	556	14.01	3.309
4	310	582	13.73	2.814
4	209	909	15.30	2.496
4	164	701	14.87	2.714
4	158	195	14.93	2.921
4	131	202	16.64	0.727
4	379	58	13.95	0.713
4	164	302	13.48	0.817
4	133	133	11.27	0.395
4	121	71	10.00	0.199
4	170	75	8.70	0.664
4	67	158	6.70	0.497
4	32	231	4.21	0.533
4	124	175	6.42	0.723
4	113	335	8.31	0.598
4	118	184	7.61	0.715
4	140	207	8.75	0.683
4	124	269	10.92	2.104
4	212	433	6.86	0.632
4	126	661	5.35	0.430
5	99	1320	7.10	0.789
5	119	1239	5.43	0.477
5	165	2612	8.25	0.553
5	164	2050	8.71	0.570
5	185	1676	10.18	0.663
5	352	990	10.97	1.305
5	319	967	10.42	1.098
5	406	655	10.30	0.693
5	442	672	8.50	0.752
5	877	296	8.10	0.688
5	647	208	6.37	0.700
5	533	713	6.46	0.778
5	1030	1095	6.95	0.860

BH	Mo	Cu	IP	σ
5	805	681	10.09	0.939
5	743	636	9.19	0.918
5	1069	267	11.19	1.332
5	435	267	10.17	2.223
5	392	740	12.52	1.997
5	338	1470	15.71	1.288
5	340	966	12.30	2.639
5	507	2050	16.97	1.920
5	373	1371	15.04	1.830
5	399	667	15.59	2.220
5	172	1460	14.37	2.502
5	150	344	12.89	3.199
5	282	225	14.06	3.482
5	195	378	14.56	2.541
5	205	439	11.91	3.820
5	192	845	8.52	3.024
5	219	917	8.12	2.968
5	88	133	4.76	0.533
5	39	139	4.84	0.645
5	68	140	5.33	0.752
6	156	455	9.10	0.480
6	81	355	9.43	0.405
6	73	259	8.37	0.369
6	83	607	7.60	0.424
6	195	649	4.93	0.571
6	94	179	3.46	0.569
6	109	233	2.85	0.600
6	85	367	0.18	0.613
6	172	342	5.48	0.670
6	483	358	5.69	0.802
6	96	296	6.04	0.850
6	169	318	6.83	0.630
6	101	460	11.14	0.700
6	70	311	7.36	0.509
6	206	264	7.36	0.509
6	88	70	9.47	0.557
6	105	14	8.92	0.760
6	257	90	10.37	0.757
6	274	129	10.97	1.109
6	353	267	9.32	1.285
6	303	336	12.51	2.204
6	459	399	9.29	2.034
6	500	187	8.37	3.009
6	515	208	10.68	1.263
6	132	181	13.63	3.923
7	22	179	8.59	0.554
7	19	247	8.71	0.519
7	34	338	11.00	0.370
7	51	400	7.67	0.366
7	69	313	9.18	0.416
7	102	350	8.05	0.325
7	99	300	6.79	0.366
7	82	222	7.30	0.401
8	127	31	9.30	0.348
8	239	14	9.04	0.373
8	224	84	9.31	0.309
8	205	36	10.55	0.321
8	149	126	11.16	0.444
8	155	317	9.91	0.521
8	29	70	12.45	2.106
8	58	149	8.42	1.751

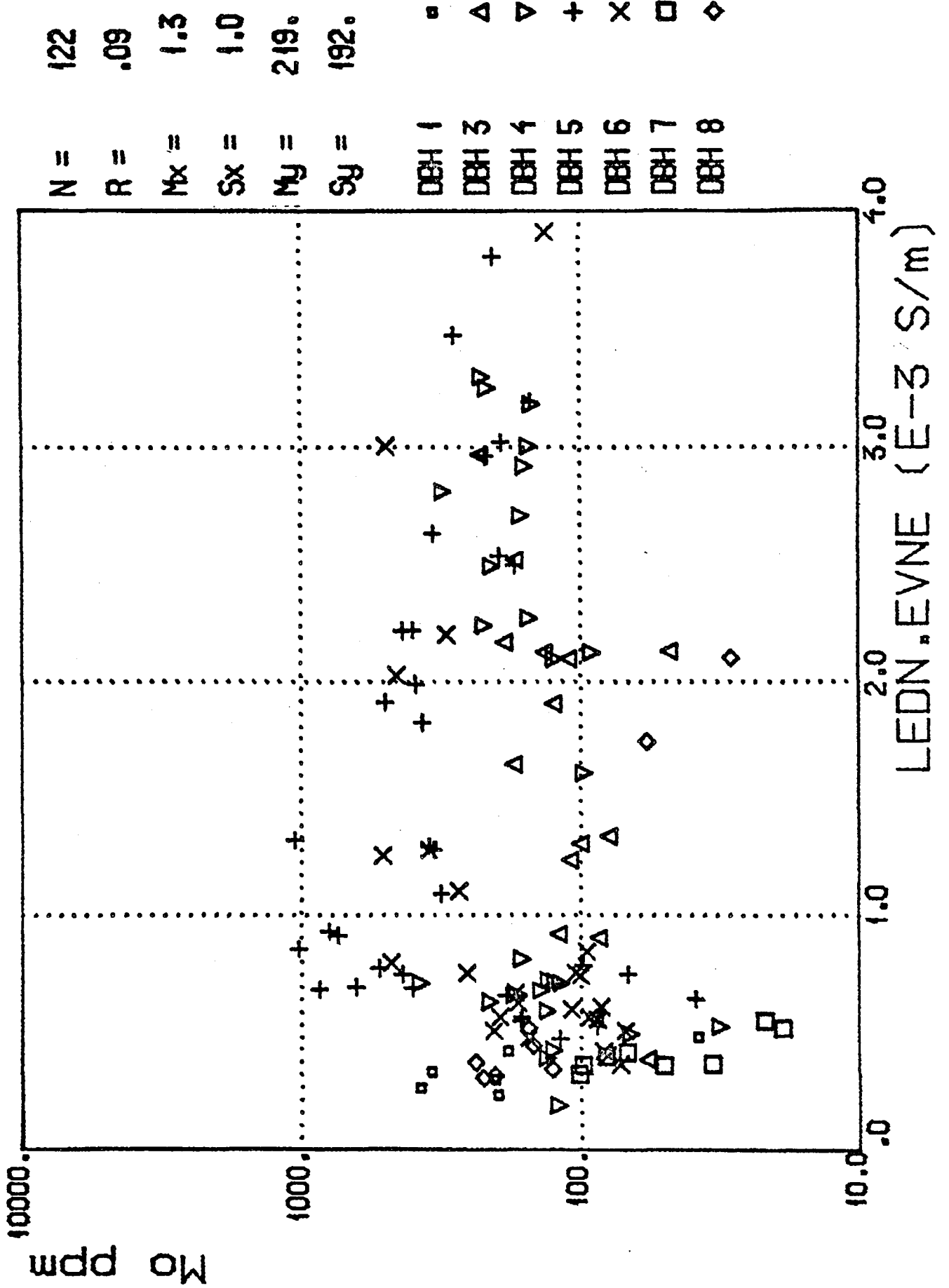
IP%-MO FREMSTFJELL



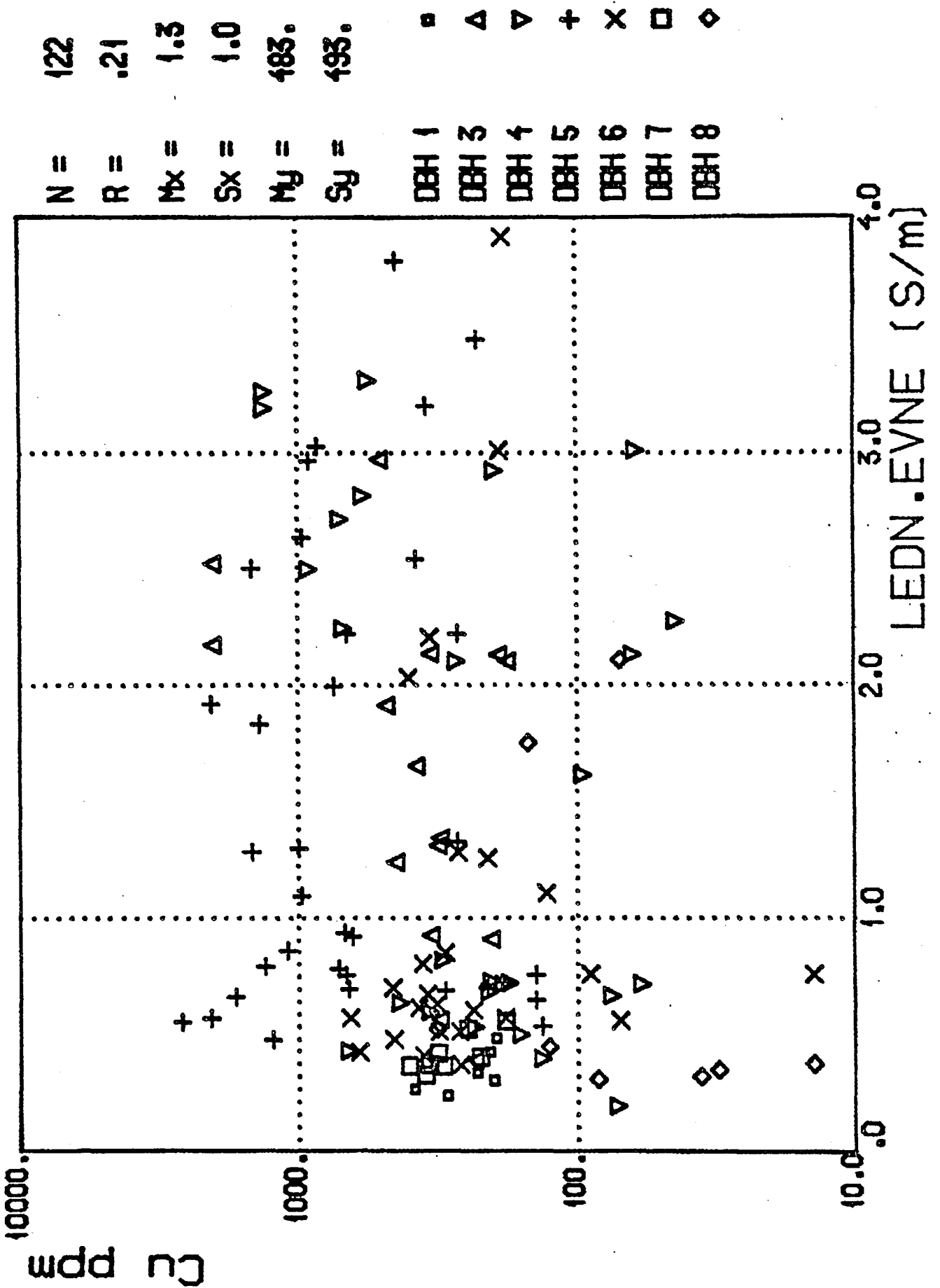
IP%-Cu FREMSTFJELL



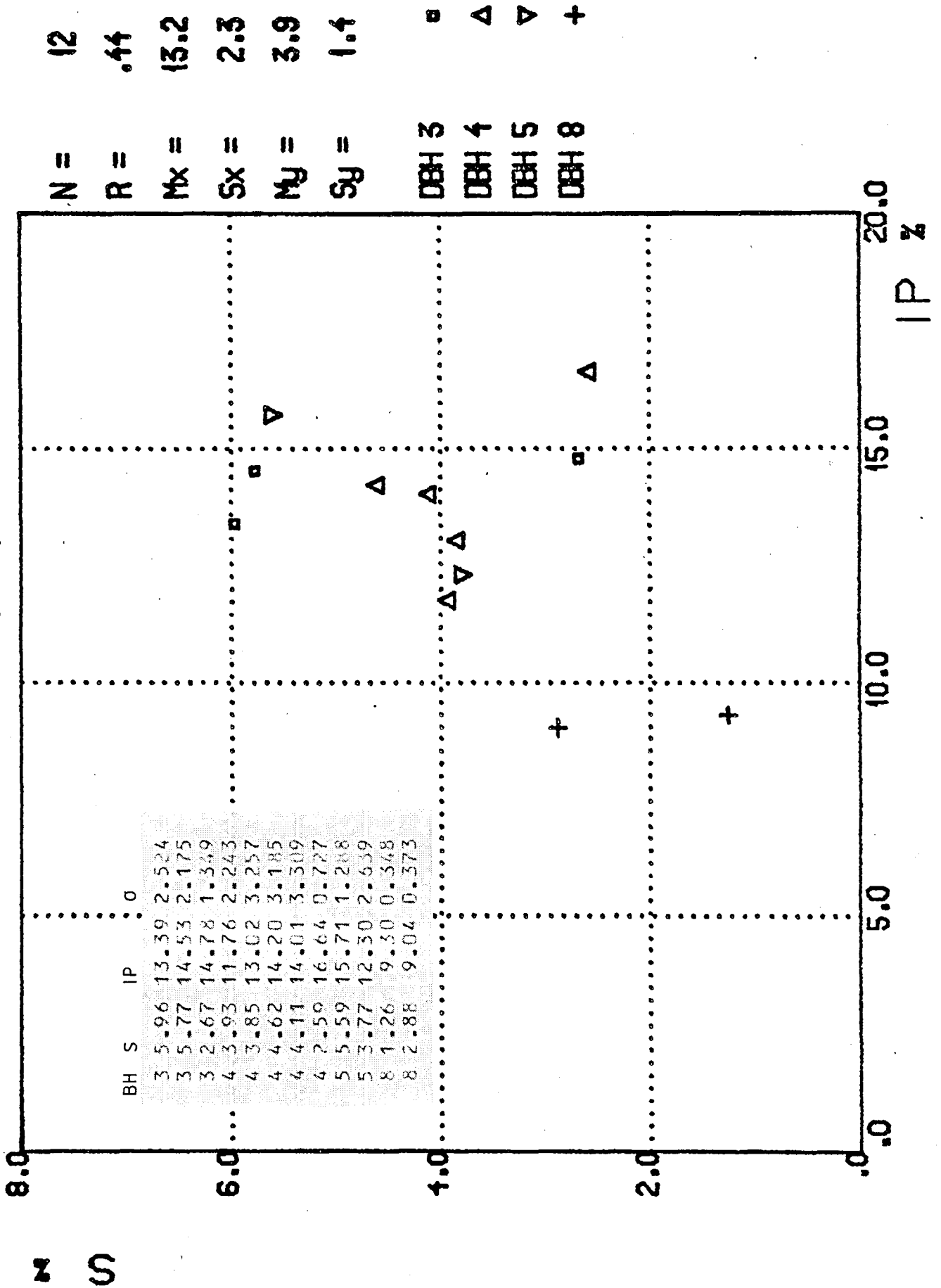
LEDN. EVNE-MO FREMSTFJELL



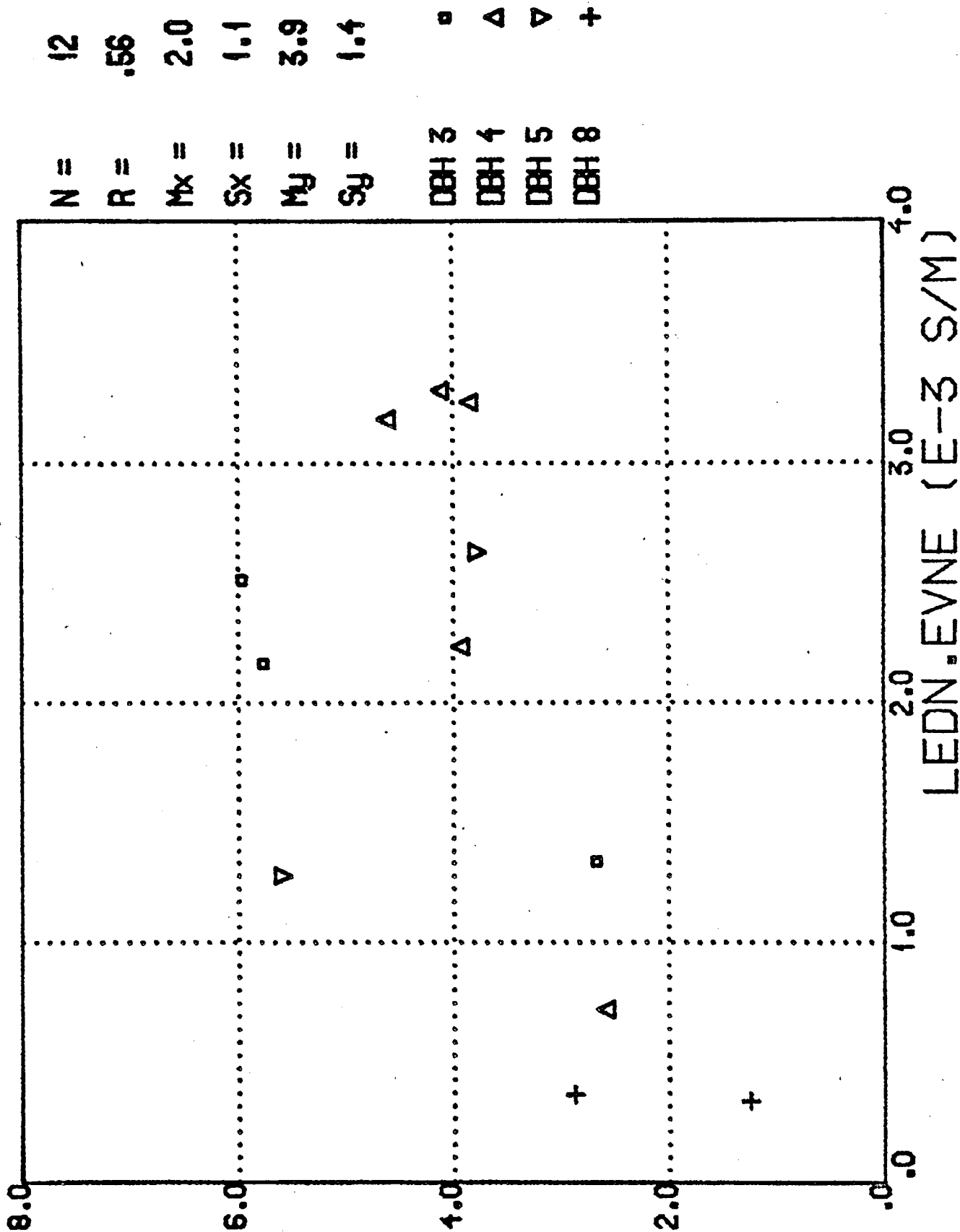
LEDN.EVNE-CU FREMSTFJELL



IP%-S% DBH 3,4,5 06 8



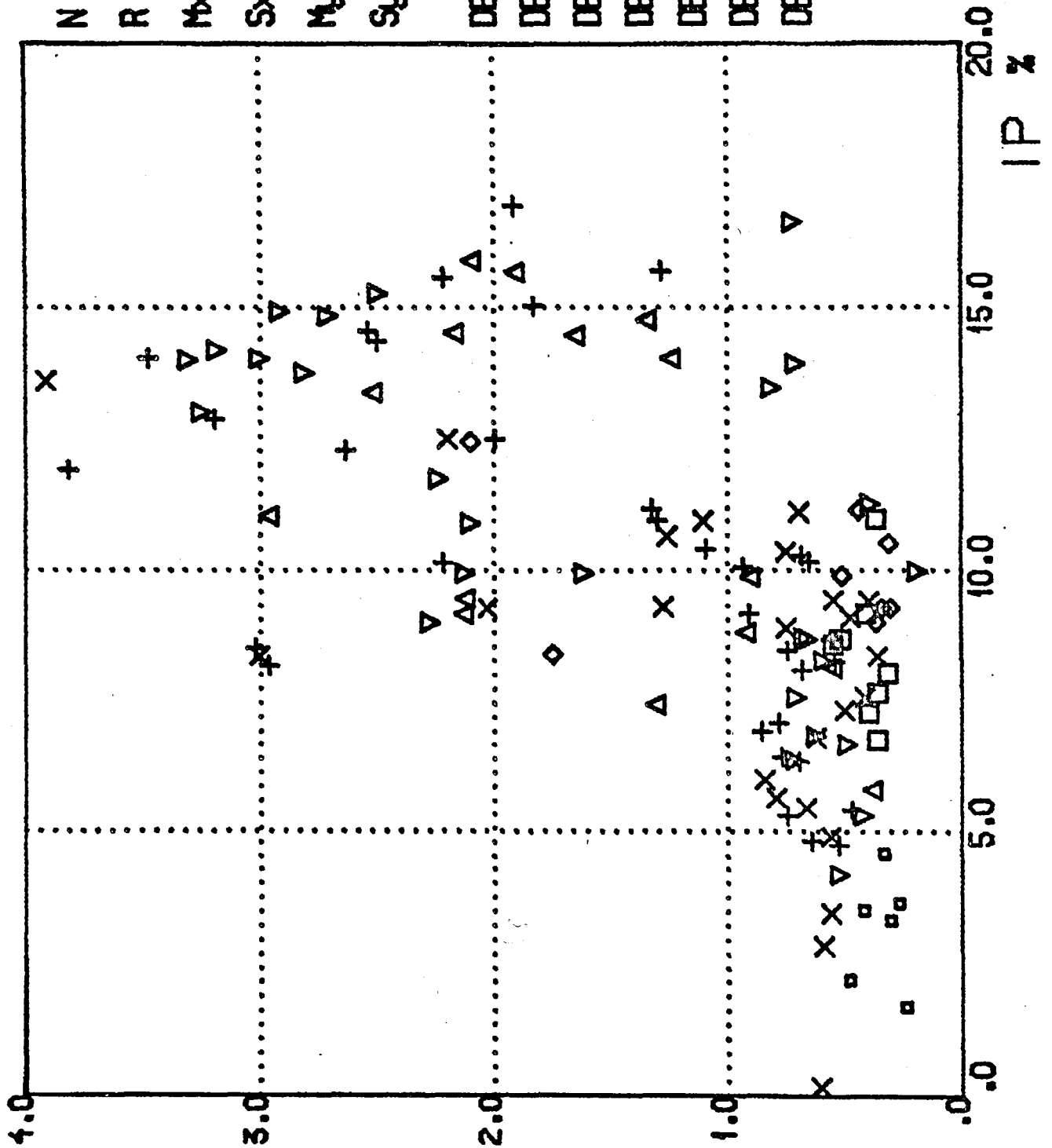
LEDN.EVNE-S% DBH 3,4,5 OG 8



z s

IP-LEDN.EVNE FREMSTFJELL

LEDN.EVNE (E-S S/m)



Mo-Cu FREMSTFJELL

