



Bergvesenet

Postboks 3021, N-7441 Trondheim

Rapportarkivet

Bergvesenet rapport nr 7256	Intern Journal nr	Internt arkiv nr	Rapport lokalisering	Gradering
Kommer fra arkiv	Ekstern rapport nr	Oversendt fra Nordlandske	Fortrolig pga	Fortrolig fra dato
Tittel Malmgeologisk undersøkelse med henblikk på økonomisk utnyttelse av kromittforekomstene på kartbladene Rødøy og Lurøy i Nordland				
Forfatter Korneliussen Are		Dato År 06.02 1976	Bedrift (Oppdragsgiver og/eller oppdragstaker) USB	
Kommune Rødøy Lurøy	Fylke Nordland	Bergdistrikt	1: 50 000 kartblad 18271 18282 19283	1: 250 000 kartblad Mo i Rana
Fagområde Geologi Analyser Mineralogi Geofysikk	Dokument type	Forekomster (forekomst, gruvefelt, undersøkelsesfelt) Hestmannøyfeltet Æsje holmene Nordvernes Steintuva Jektvik, Kalvholmen Rødøy Selsøyvik, Rauholmen Melfjordbotn		
Råstoffgruppe Malm/metall	Råstofftype Cr, Ni			

Sammendrag, innholdsfortegnelse eller innholdsbeskrivelse

Rapporten er det "Store eksamensarbeidet" (Diplomoppgaven) ved NTH.

Kromitt som mineral og kromitt i sammenheng med periodotitter gjennomgås. En forekomst gås gjennom i detalj (Nordvernes), magnetiske målinger i sammenheng med små periodotittkupper diskuteres.

Utnyttelse av kromitt og periodotitt drøftes.

Kromittprøver viser kraftige variasjoner og kromitt er anriket som cumulat.

Økonomisk utnyttelse av kromitten ut fra kvalitetskrav og mengde er utelukket. Æsje holmene kan være interessante å følge opp ut fra innhold av sulfider med Nikkel (0,45 % Ni) og en kraftig flymagnetisk anomali.

NORL. DEITM. MILTE	
Artl. nr.	
Jnr.	331/76
in k.	25.3 Salob
Ekip.	
Mér. n.	

18 og 16

MALMGEOLOGISK UNDERSØKELSE MED
HENBLIKK PÅ ØKONOMISK UTNYTTELSE
AV KROMITTFOREKOMSTENE PÅ
KARTBLADENE RØDØY OG LURØY
I NORDLAND.

Jeg erklærer at arbeidet er utført
selvstendig og i samsvar med
høgskolens eksamensreglement.

Trondheim 6.2.1975.

Are Korneliussen
Are Korneliussen

SUPPLEMENT TIL HOVEDOPPGAVE

FOR

ARE KORNELIUSSEN

Malmgeologisk undersøkelse med henblikk på økonomisk utnyttelse av kromittforekomstene i Rødøy og Lurøy i Nordland.

Vurder ut fra litteratur og egne undersøkelser mulighetene for økonomisk utnyttelse av kromittmalmene som opptrer i forbindelse med peridotittforekomstene i Rødøy-Lurøy-området.

Gjør detaljstudier i forbindelse med en av de kromittførende peridotitter spesielt med henblikk på å forklare kromittmalmenes mineralparagenese og geologiske opptreden.

Sammenlikn malmmineralenes sammensetning ved flere av forekomstene.

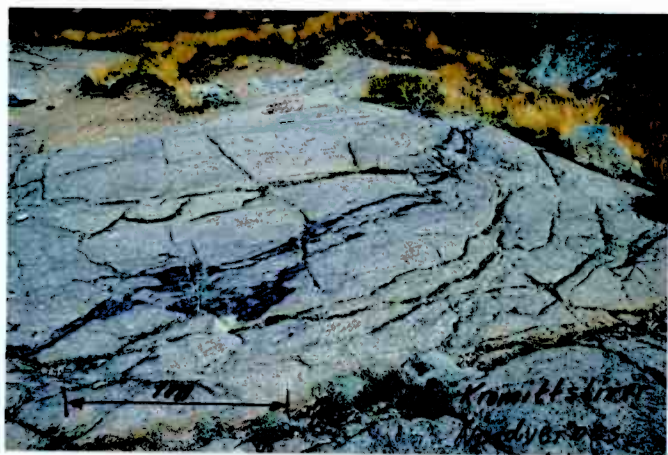
Begjør muting på den detaljundersøkte forekomst på vegne av Industridepartementet.

Industridepartementet gjennom Kontor for undersøkelse av Statens bergrettigheter yter økonomisk støtte under feltarbeidet og til de nødvendige kjemiske analyser i forbindelse med oppgaven. Ett eksemplar av hovedoppgaven stilles til departementets rådighet etter at sensuren er falt. Industridepartementet sine interesser bør ivaretas under oppgavens utførelse. Det vises forøvrig til eksamensreglementet.

Trondheim 6/6-1975

S. Bergstøl

S. Bergstøl
amanuensis



INNHOLDSFORTEGNELSE

side

1.	FORORD	7
2.	INNLEDNING	
	Kromitt	8
	Verdensproduksjon.Priser	8
	Norsk produksjon	9
	Politisk aspekt	9
	Generelle betraktninger	10
	Bakgrunn.Arbeidsopplegg	11
3.	FELTARBEIDET	
	Generellt	13
	Om feltobservasjoner	14
	Feltbeskrivelse.Karter	15
4.	PERIDOTITTER	
	Tidligere arbeider	22
	Topografisk beskrivelse	22
	Generell petrografisk beskrivelse ...	28
	Kromittopptreden	29
	De enkelte peridotitter.	
	Kromittforekomstene	35
	Nordvernes.	
	En detaljundersøkt peridotitt	48
5.	MAGNETOMETRI	
	Generell omtale	65
	Bakkemålinger	67
	Flymålinger	68
6.	KROMITT MINERALOGI	
	Analyser.Analyseresultater	71
	Kryssplottinger av analysedata	76
	Mineralogisk kromittbeskrivelse	84
	Magnetisk/mineralogisk aspekt	87

	Røntgenundersøkelser	90
	Microprobeundersøkelser	92
	Kromittsammensetninger	93
	Reflektivitetssmålinger	102
	Platina	104
7.	KROMITTANVENDELSER	
	Anvendelser og kvalitetskriterier,	
	Lurøy-Røddøy kromitter	105
8.	MINERALPARAGENESER	
	Introduksjon	111
	Mineralogiske sammenhenger	113
	Petrografiske sammensetninger	120
	Sammenfatting	130
9.	MINERALOGISK BESKRIVELSE AV KROMITT	
	OG ANDRE OPAKE MINERALER	130
10.	GENESE	
	Peridotitter	146
	Kromitt	153
11.	ANNEN UTNYTTELSE AV PERIDOTITTER	
	Olivin	161
	Talk	162
	Magnesitt	163
	Pentlanditt	163
12.	KONKLUSJON - ØKONOMISK UTNYTTELSE	164
13.	FORSLAG TIL VIDERE UNDERSØKELSER	165
14.	SAMMENDRAG	166
15.	MUTING	167
16.	LITTERATURREFERANSER	169
17.	BILAG	173

Kapitel 1.

Forord.

Dette arbeid er utført på vegne av Industridepartementet ved Kontor for undersøkelser av Statens bergrettigheter.

Feltarbeidet er utført i perioden 6.9 til 7.10.1975.

Analysene er utført ved Kjemisk avdeling - NGU.

Alle øvrige arbeider er utført ved Geologisk institutt-NTH.

Jeg takker Kontor for undersøkelser av Statens bergrettigheter ved Sverre Svinndal for økonomisk støtte i forbindelse med feltarbeid og analyser.

Likeledes takker jeg personene Bergstøl, Bøe, Rønne, Prestvik, Olsen og Strand for hjelp og veiledning i forbindelse med mikroskopering, røntgenundersøkelser med mere, samt Frøseth og Isaksen for slipprepareringer.

Men aller hjerteligst retter jeg en takk til alle de hyggelige og gjestfrie mennesker jeg lærte å kjenne i forbindelse med feltarbeidet, og som gjorde feltarbeidet til en hyggelig og humørfyllt opplevelse på tross av utpregede dårlige værforhold med kuling, regn og tildels også snø i fjellet det meste av tiden.

For ordens skyld gjør jeg oppmerksom på at jeg selv har maskinskrevet denne avhandling uten forhåndserfaring i maskinskriving.

Kapitel 2.

Innledning.

KROMITT

Det meste av det krom som foreligger i jordskorpa finnes i oksydmineraler, først og fremst i spinellmineralet kromitt som er det eneste krommineral av økonomisk betydning. Kromittmalmer inndeles i massive og disseminerte malmer, og klassifiseres i 3 grupper avhengig av til hvilke formål deskal brukes; metallurgisk, kjemisk eller ildfast sten. Kromittmalmer bør helst være massive for å unngå fysisk oppredning.

Avhengig av bruksområdet stilles det spesielle krav til malmens eller oppredningsproduktets kjemiske sammensetning, forhold som vil bli detaljert omtalt i kap. 7.

I første omgang nevnes her bare noen generelle trekk som det er gunstig å være oppmerksom på:

Krominnholdet bør være høyt, over 42% Cr_2O_3 , for metallurgiske formål, og over 30% for ildfast sten. SiO_2 er uønsket.

For metallurgiske formål er P og S skadelig, for kjemiske formål Al_2O_3 .

VERDENS PRODUKSJON - PRISER.

Verdens produksjon av kromitt var i 1960 4 mill. tonn, i 1975 nærmere 7 mill. tonn, hvorav metallurgisk industri bruker 60%, kjemisk industri 20%, og de resterende 20% hovedsakelig til ildfast sten.

U.S.S.R. og Syd-Afrika er de største produsentene, med til sammen noe over 50% av verdensproduksjonen. USA er verdens største kromitt importør (1134000 tonn. i 1974).

Norge importerte i 1973 87150 tonn kromitt, hovedsakelig fra Tyrkia og U.S.S.R.. Denne kromitt antas i stor grad eller i sin helhet å ha gått til Meråker Smelteverk som forøvrig, (1975) har avsluttet sin ferrokrom produksjon.

PRISER: Prisene på kromitt er omtrent fordoblet i løpet av 2 år, for eksempel fra ca. £18 til ca. £36 pr. tonn (1975) "refractory grade" (til ildfast sten) kromitt fra Filippinene levert Nord-Europa.

Presise opplysninger når det gjelder prisforholdene for de forskjellige kromitt kvaliteter kan ikke gies, fordi priser i stor grad avgjøres ved forhandlinger mellom leverandør og mottaker uten å offentliggjøres.

Kilde: Ind.Min., aug. 1975.

NORSK PRODUKSJON.

Norge har for tiden ingen produksjon av kromitt.

Tidligere er det brukt kromitt i følgende 2 områder:

1. Feragen området.

Totalproduksjonen var i perioden 1827 - 1940 32500 tonn (Engzelius, 1940), hvorav det meste ble produsert i perioden 1914 - 1918 (under 1. verdenskrig).

2. Lurøy-Rødøy området (Hestmannøy feltet).

Totalproduksjonen er ved feltobservasjoner i forbindelse med denne undersøkelse funnet å ha vært ca. 300 tonn fordelt på 4 forekomster.

POLITISKE ASPEKTER.

Krom er et viktig legeringselement og ansees derfor å være et strategisk viktig metall. De største forekomstene ligger i Syd-Afrika, Rhodesia, USSR, Albania og Tyrkia (Ind.Min., aug. 1975). I de senere år har kromitt forsyningen i verden vært viet en viss oppmerksomhet i forbindelse med omstendigheter vedrørende de internasjonale handelssanksjoner mot Rhodesia og Syd-Afrika. Flere av de vestlige industri-land er blitt tvunget til å importere det meste av sin "metallurgical grade" kromitt fra USSR, samt til i stor grad å kjøpe ferdig ferrokrom basert på Rhodesisk kromitt fra diverse mellomland.

GENERELLE BETRAKTNINGER.

Om økonomisk utnyttelse av malmforekomster kan det kort sies at målet er å bli i stand til å produsere et eller flere salgbar produkter i slike mengder og med såpass lave utgifter at drift blir lønnsom. Veien mot dette målet er lang og omstendig, en logisk og skrittvis vurdering av alle de faktorer som kan tenkes å få innvirkning for en eventuell økonomisk utnyttelse.

De fleste malmforekomster er ikke utnyttbare på grunn av enten for lite malm, for fattig malm, eller fordi malmen har ugunstig kjemisk og/eller mineralogisk sammensetning.

Med denne bakgrunn er det av overordentlig stor betydning å undersøke alle faktorer som, hvis de er ugunstige, vil kunne ødelegge mulighetene for økonomisk utnyttelse av kromittforekomstene i Lurøy-Røddøy området (Hestmannøy-feltet).

Allerede på det innledende stadium av en malmgeologisk undersøkelse er det viktig å ha solide kunnskaper om den malmtypen en kommer til å arbeide med, for å kunne vite hvilke kriterier og oppfatninger som skal være bestemmende for det videre arbeid.

Poenget er å få flest mulige relevante opplysninger med minst mulig innsats, for så å bruke kunnskapene på en slik måte at det tjene oppgaven maksimalt.

En slik ideallisert situasjon forutsetter solide praktiske erfaringer og teoretiske kunnskaper, kombinert med en god porsjon teft, og kan ikke sies å ha vært framtrædende i dette tilfellet. Dette arbeidet kan noe overdrevet karakteriseres som en prøve og feile prosess, noe tungrodd og tilfeldig i begynnelsen, for så etter hvert å bli mere effektiv og målrettet.

Oppgavens primære målsetting, en vurdering av mulighetene for økonomisk utnyttelse av kromittforekomster i Lurøy-Røddøy området, må anses som løst.

En samlet økonomisk vurdering vil komme til slutt i denne avhandling (kap. 8), som en konklusjon utarbeidet på grunnlag av eller mindre omfattende behandlinger av forskjellige forhold av betydning for forekomstene.

Den andre målsetting, en generell forståelse for "kromittmalmenes mineralparagenese og geologiske opptreden", innbefatter undersøkelser av kromittsammensetninger, kromittopptreden og generelle petrografiske forhold, og kan betraktes å bare delvis være løst. Temaet er meget komplekst og en god forståelse forutsetter undersøkelser av en helt annen størrelsesorden enn dette arbeidet.

BAKGRUNN - ARBEIDSOPPLEGG.

Utgangspunktet for denne undersøkelse av Lurøy-Røddøy kromitt forekomster kan kort summeres som følger:

1. Kjennte faktorer.
 - a. Vet at finnes kromitt i området.
 - b. Alle eller i alle fall nesten alle kromittforekomster som ligger i dagen og som vil kunne være av interesse, er funnet tidligere og studert mere eller mindre grundig av privatpersoner. De mest lovende av disse forekomstene er også registrert.
2. Ukjennte faktorer.
 - a. Kromittens mineralogi, kjemi og tekstur.
 - b. Kromittmineraliseringens opptreden, størrelser og gealter.

Dette arbeidets første og største hensikt er å klarlegge de ukjente forhold under pkt. 2 ovenfor, for å få det nødvendige grunnlag for å avgjøre om forekomstene er økonomisk interressente eller ikke.

En hvilken som helst av disse faktorer er i stand til å velte hele lasset og skape konklusjonen "ikke drivverdig" hvis ugunstig.

Hvis det nå skulle vise seg at alle disse forhold vedrørende kromittmineralogien og mineraliseringenes størrelser og gehalter, er positive, at ingen avgjørende forhold alene gjør den eller de rikeste av forekomstene ikke drivverdige, da og bare da er det forsvarlig å gå et steg lengre i prosessen mot endelig økonomisk utnyttelse.

En slik situasjon nødvendiggjør mere detaljerte kunnskaper om det eller de produkter en akter å produsere, for dermed å kunne vite bedre hvor salgbart produktet vil kunne bli.

Det vil da være naturlig å gjøre enkle oppredningsforsøk.

I dette tilfellet er oppredningsforsøk ikke utført fordi flere avgjørende faktorer har vært negative og alene utelukket mulighetene for økonomisk utnyttelse.

Så langt innenfor rammen av denne oppgaven.

Ytterligere studier med henblikk på drift, forutsatt positive forhold ellers, for eksempel for å komme fram til konkrete tall for malmforekomsters ved systematiske prøvetakinger, ligger enda et steg videre i prospekteringsprosessen, og faller av praktiske og økonomiske grunner utenfor rammen for denne oppgaven.

Kapitel 3.

Feltarbeidet

GENERELLT.

Det er overordentlig viktig å ha klart definert hva som ønskes oppnådd ved feltarbeidet.

I dette tilfellet er det naturlig å legge opp feltarbeidet først og fremst for å kunne tidligere omtalte forhold som kromittene sammensetning og tekstur, samt mineraliseringenes geologiske opptreden, størrelser og gehalter.

Dessuten hører det inn under dette arbeidet å opparbeide en generell forståelse for de kromittførende peridotitters mineralparageneser.

Prøvetaking er et nøkkelbegrep, og har i dette tilfellet følgende definerte formål:

1. Bestemme kromittmineraliseringenes omtrentlige størrelser og gehalter.
2. Gi prøvemateriale for kromittanalyser, polerslip og tynnslip.
3. Gi grunnlag for å bestemme variasjoner i malmkvalitet.
4. Bestemme peridotittenes mineralparageneser.
5. oppdage og bestemme eventuelle variasjoner i peridotittenes sideberg (gneis).

Prøvetakingen skal således framskaffe de viktigste grunnlagsmateriale for de senere undersøkelser og betraktninger i dette kromitt/peridotittarbeidet.

En utvalgt peridotitt er detaljundersøkt for med det å bli bedre i stand til å kunne klarlegge faktorene 1-5 ovenfor på en bedre måte.

De detaljkunnskaper som er opparbeidet gjennom denne detaljundersøkelsen har fått stor betydning for den kromitt/peridotitt forståelse som blir framlagt i denne avhandlingen.

OM OBSERVASJONER.

Ingen direkte geologisk kartlegging er foretatt, hverken petrografisk eller strukturell, fordi slik kartlegging ikke er funnet å kunne gi opplysninger av en slik kvalitet at resultatet vil kunne stå i noe rimelig forhold til innsatsen.

Geologisk kartlegging skal være målrettet, for å løse en bestemt oppgave, et bestemt problem.

I dette tilfellet kunne en slik oppgave være å kartlegge en eller flere kromittmineraliseringers (malmforekomster) størrelse og form og/eller kartlegge strukturer i peridotittbergartene som kan antas å være bestemmende for mineraliseringenes opptreden i dypet. Slike ^{strukturer} med innvirkning på malmenes opptreden er riktignok funnet (flytestrukturer; se beskrivelse av den detaljundersøkte peridotitt ved Nordvernes, side 48), men deres opptreden og innvirkning på kromittmineraliseringene er diffus og vanskelig kartleggbare. Videre er mineraliseringenes størrelser og form (se side 29) av en slik art at kartlegging i detaljmålestokk (f.eks. 1:500) er vanskelig gjennomførbart. Kartlegging av utpreget kromittrike områder er selvsagt mulig, og er delvis også utført for de fleste peridotitter, men lave gehalter og ugunstig kromittsammensetning gjør presentasjon av disse opplysninger i denne rapport unødvendig. Det samme kan sies om tildels detaljerte feltobservasjoner i forbindelse med prøvetatte stuffer, og blir derfor ikke presentert i denne rapporten. Imidlertid utgjør slike observasjoner et viktig bakgrunnsmateriale for de betraktninger og konklusjoner som blir presentert.

FELTBESKRIVELSE.

Det aktuelle peridotittområdet ligger i Nordland fylke, i kommunene Lurøy og Røddøy på Nord-Helgeland.

Karakteristiske trekk i landskapet er fjorder og fjell i de østlige deler inn mot Svartisen, og øyer og holmer ut mot storhavet i vest. Se forøvrig de vedlagte karter (side 17-21), som er laget på grunnlag av topografiske karter i målestokk 1:50.000.

Fjordene Tjongsfjorden, Værangsfjorden, Melfjorden og Nordfjorden ligger innenfor området, likeledes øyene Hestmannøy, Nesøy, Selsøy og Røddøy.

Stedsnavn av spesiell betydning for feltarbeidet er Nordvernes og Vågaholmen ved Tjongsfjorden, Jektvik ved Værangsfjorden, Melfjordbotn innerst i Melfjorden, Tonnes, og Storselsøy på Hestmannøy.

Hele dette området dekkes av et rektangel på ca. 3000 km².

Berggrunnen i området er glimmerskifer, gneis og granitt. Både glimmerskifer og gneis er biotittholdige, granatførende og kan stedvis inneholde endel mindre kvartslinser, samt stedvis smale horisonter ($\frac{1}{2}$ -2m er observert) av krystallin kalksten.

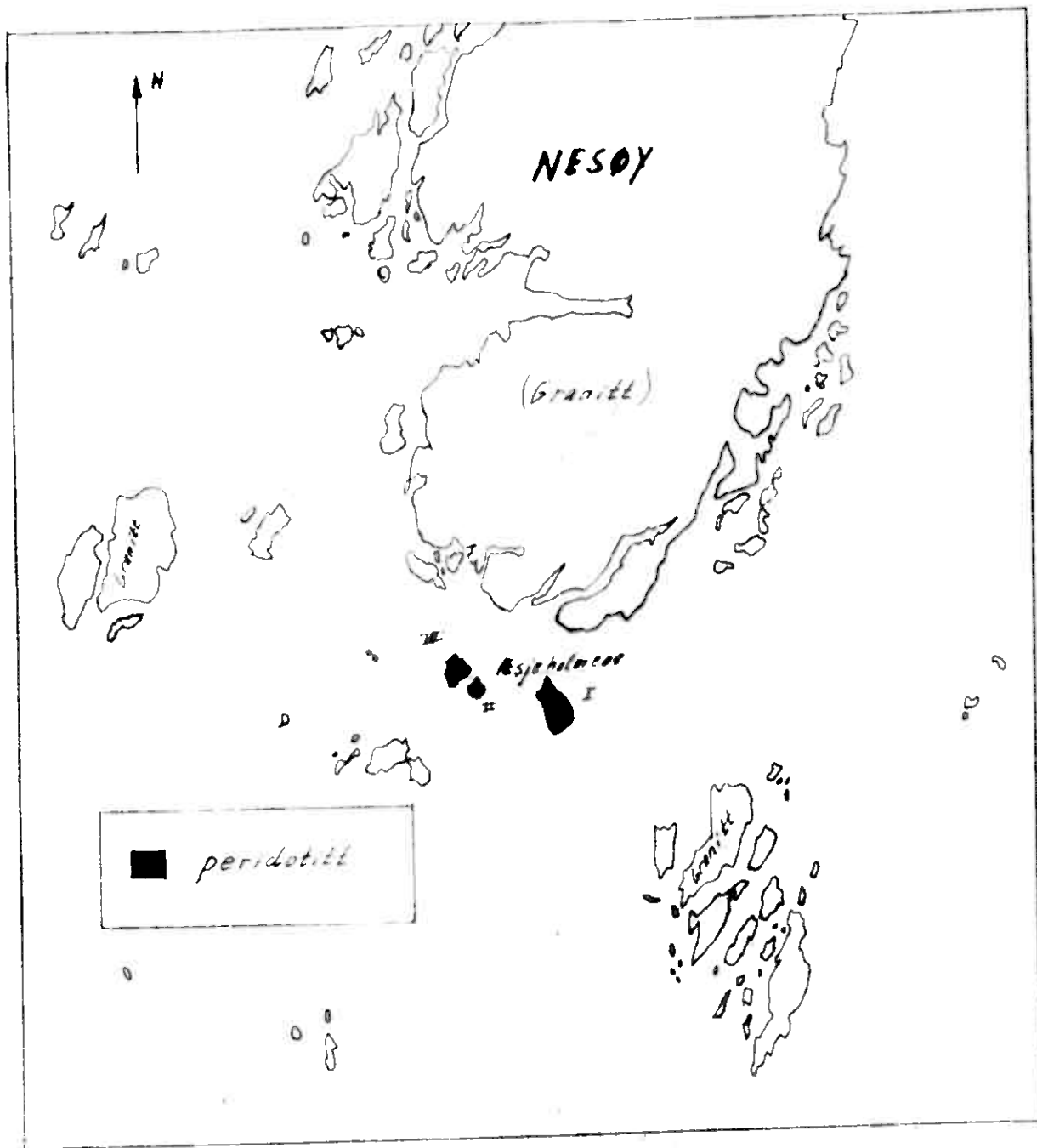
Gneis skilles fra glimmerskifer ved at den er mere grovkrystallin, har høyere feltspatgehalt, samt virker mere tyktskifrig. Skarp grense mellom glimmerskifer og gneis er ikke observert. Forøvrig er glimmerskifer bare observert innerst i Melfjorden (Glimmerskifer er ikke markert på kartene K4). Granitt utgjør en betydelig andel av berggrunnen i de vestlige deler. Nesøy og de Nærliggende øyer og holmer er stort sett granitt, likeledes store deler av Røddøy og deler av Hestmannøy.

Granittene er stort sett lyst grå, av og til noe rødlig, og er gjerne noe presset slik at det dannes benker i overflaten. Se vedlagte karter (grense granitt/gneis er ikke inntegnet).

PERIDOTITTER opptrer forholdsvis spredt innen dette området (se karter), enkeltvis eller i mindre grupper i gneis, gjerne på rekker langs bestemte gneishorisonter. De petrografiske sammensetninger varierer meget, både mellom peridotitter og innen peridotitter, noe som forøvrig vil bli omtalt i detalj siden. Hovedmineralene er olivin og enstatitt. Se kap. 4 (side 22) for nærmere beskrivelse av peridotittenes opptreden.



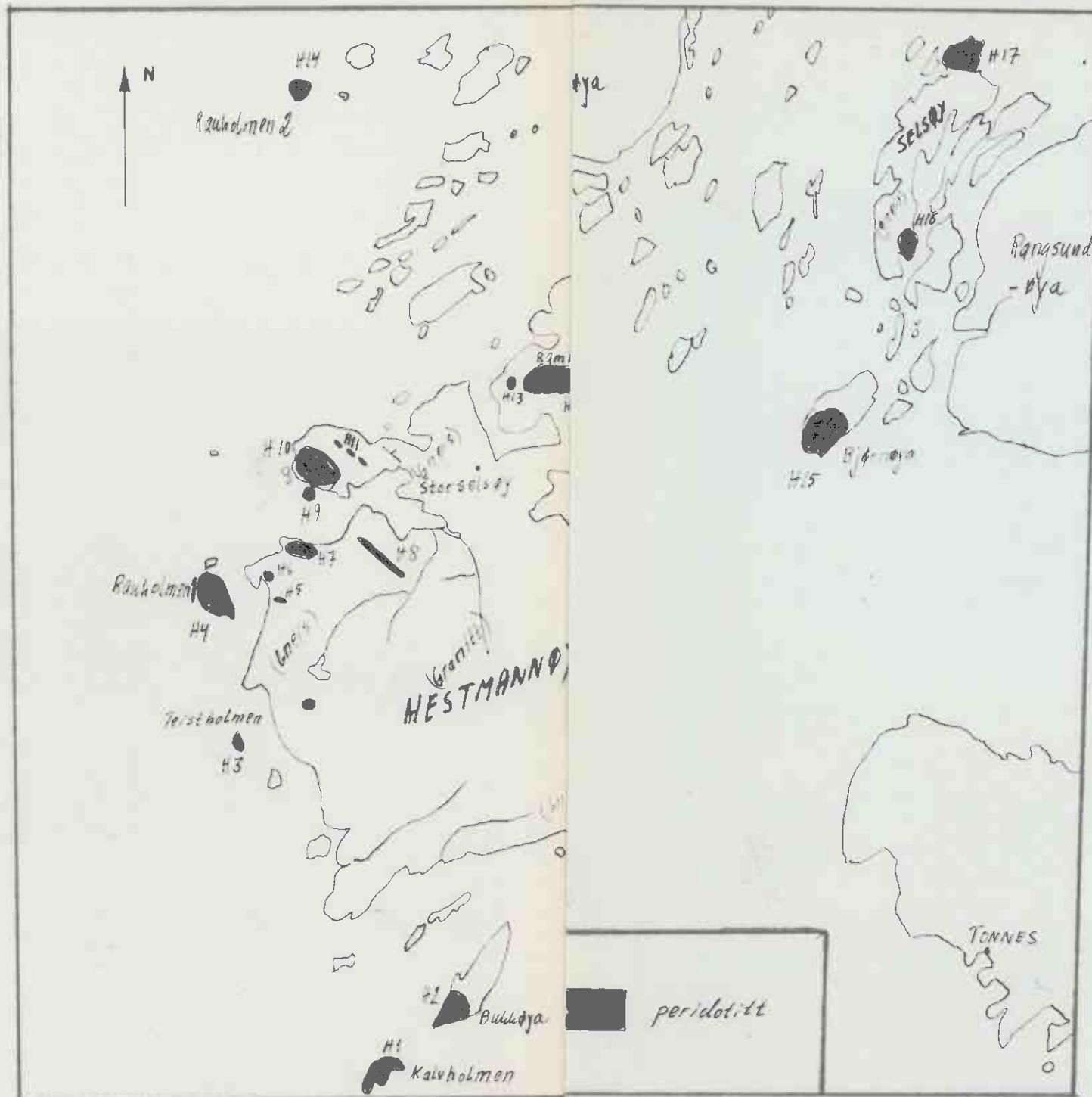
Lurøy-Rødøy området. Se de 4 påfølgende kartblader K1-K4.



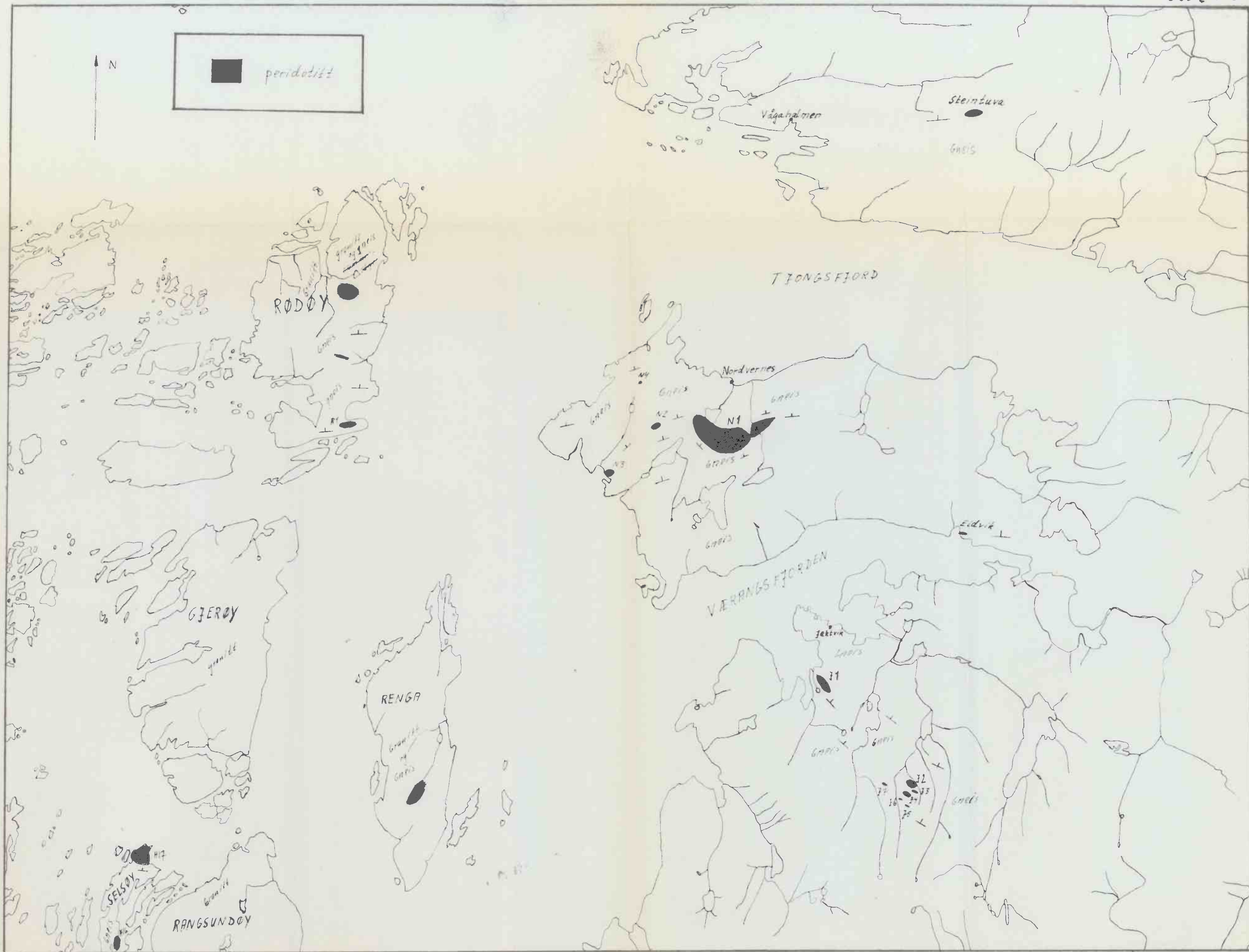
MÅLESTOKK 1: 50 000

ÆSJEHOLMENE . K1.

side 19



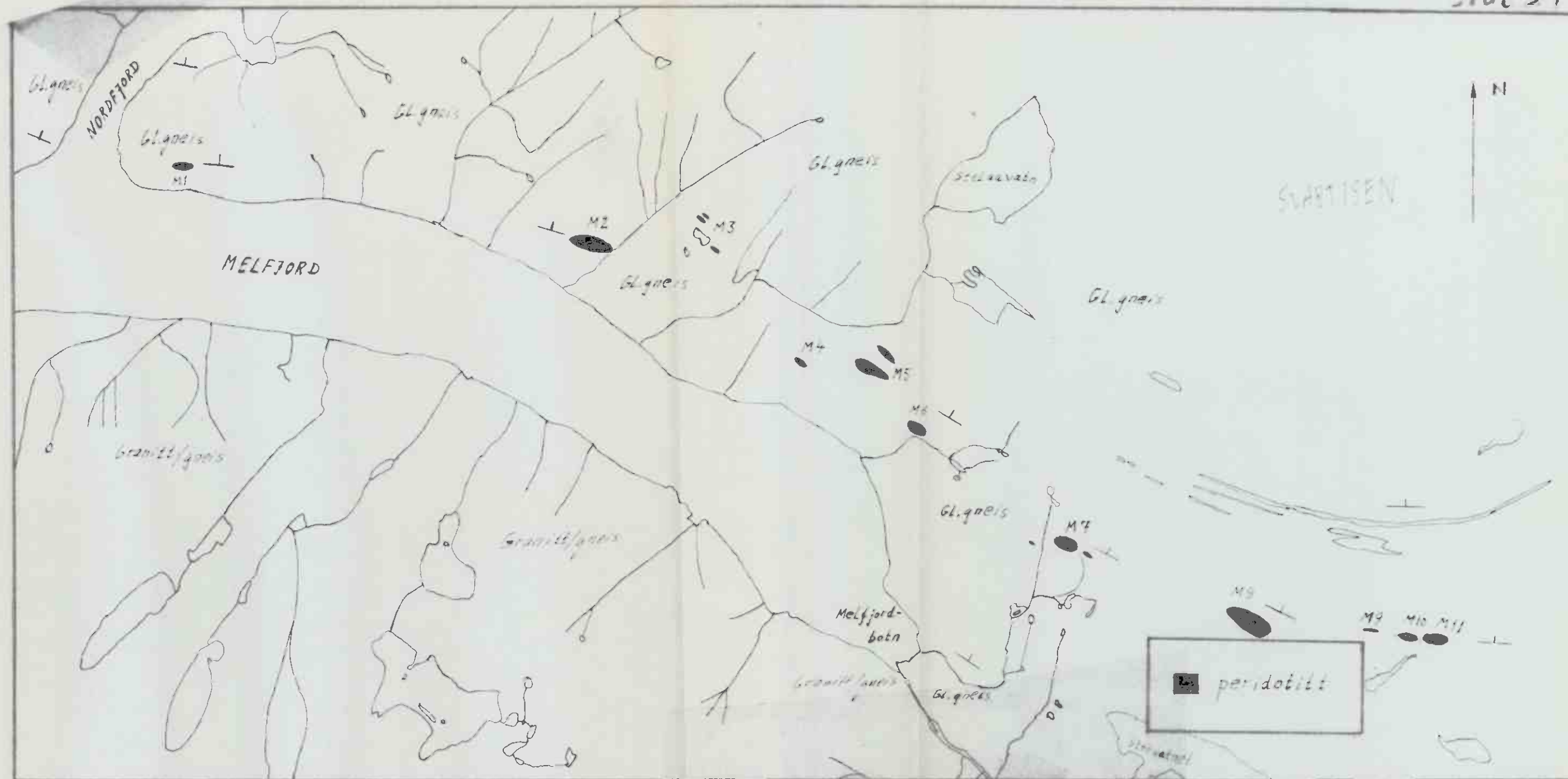
MALESTOKK 1:50000 ANNØY. SELSØY. K2



MÅLESTOKK 1:50000

NORDVERNES. JECTVIK. RØDDØY

K 3.



MÅLESTOKK 1:50000

MELFJORDBOTN

K 4

Kapitel 4. Peridotitter.

Tidligere arbeider.

Ingen tidligere arbeider angående kromittundersøkelser i Lurøy-Rødøy området foreligger.

Donath (1930, side 38) beskriver ~~imidlertid~~ en kromittprøve fra Hestmannøy (Ramberget) som er svakt anisotrop og har et abnormt høyt ZnO-innhold ~~(ca. 2-3%)~~ (over 2%).

Av norske kromittundersøkelser foreligger en undersøkelse av kromitter i en større peridotitt ved Feragen (Engzelius, 1944).

Når det gjelder peridotitter generellt foreligger en rekke publiserte undersøkelser (se litteraturrefrensers, s.). Særlig peridotitter på Møre og i Troms har vært viet stor oppmersomhet.

For Lurøy-Rødøy området foreligger kun C.W. Carstens arbeide fra 1918 hvor han beskriver endel peridotitter i Hestmannøyområdet.

Topografisk beskrivelse.

Peridotitter i Lurøy-Rødøy området er av undertegnede bare observert i gneis.

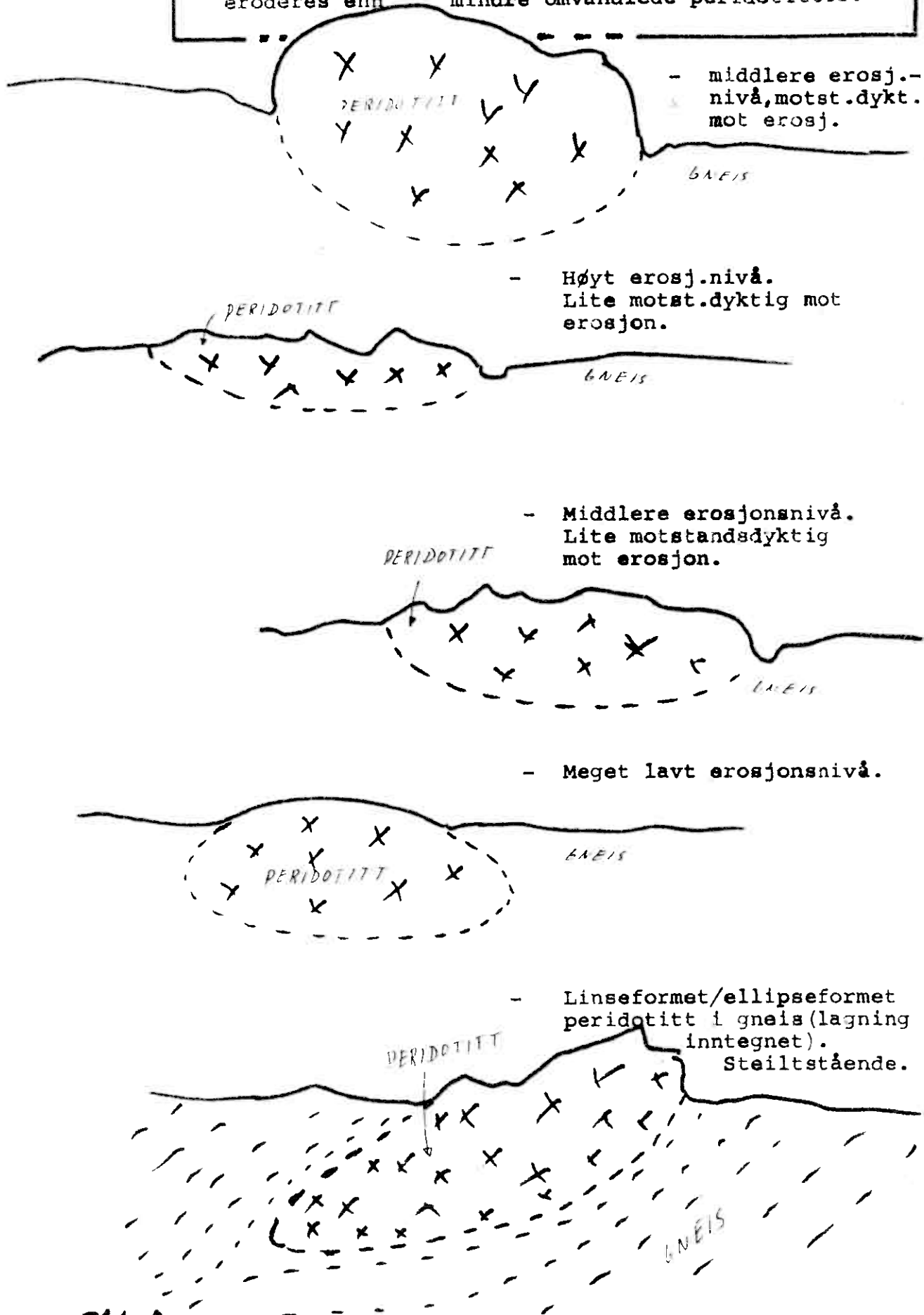
Peridotittene forekommer enkeltvis eller i grupper, hvor tendensen er at flere peridotitter ligger etter hverandre på rekke i samme eller nærliggende horisonter i gneisene.

Formen er generellt ellipsoidisk / *linseformet*.

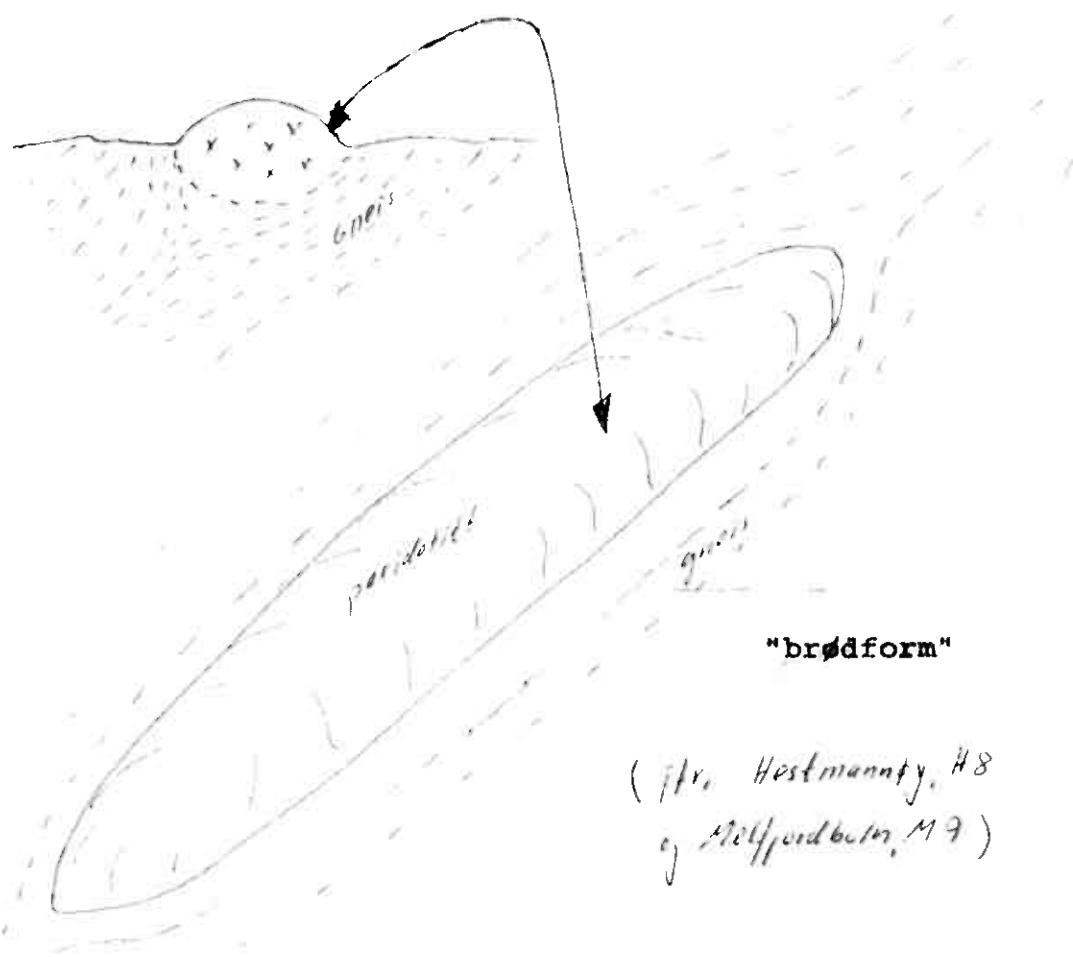
Størrelsene varierer svært meget, fra 10m til 1.5km langs lengste akse. Gjennomsnittsstørrelsen er i underkant av 200 m.

Se påfølgende figurer med kommentarer for nærmere beskrivelse av peridotittersopptreden.

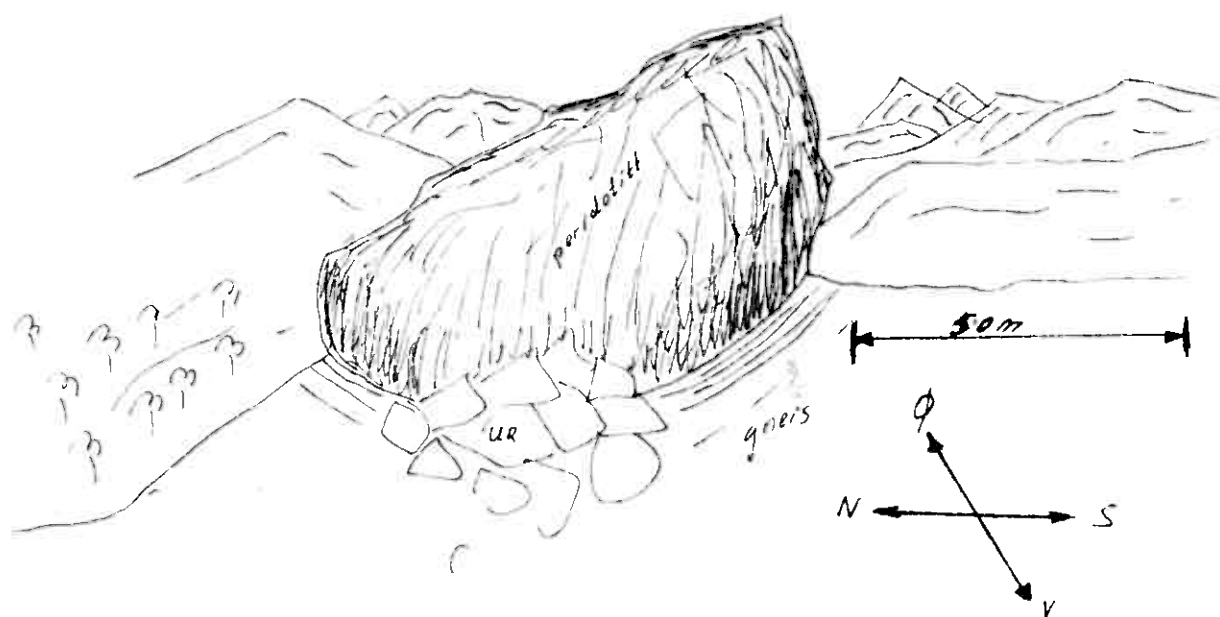
Peridotitter opptrer i forskjellige erosjonsnivåer. Enkelte peridotitter er mere motstandsdyktige mot erosjon enn andre. Kraftig omvandlede peridotitter viser en tendens til å lettere eroderes enn mindre omvandlede peridotitter.



Konstruerte eksempler på peridotitt-
opptredener slik det kan forekomme.



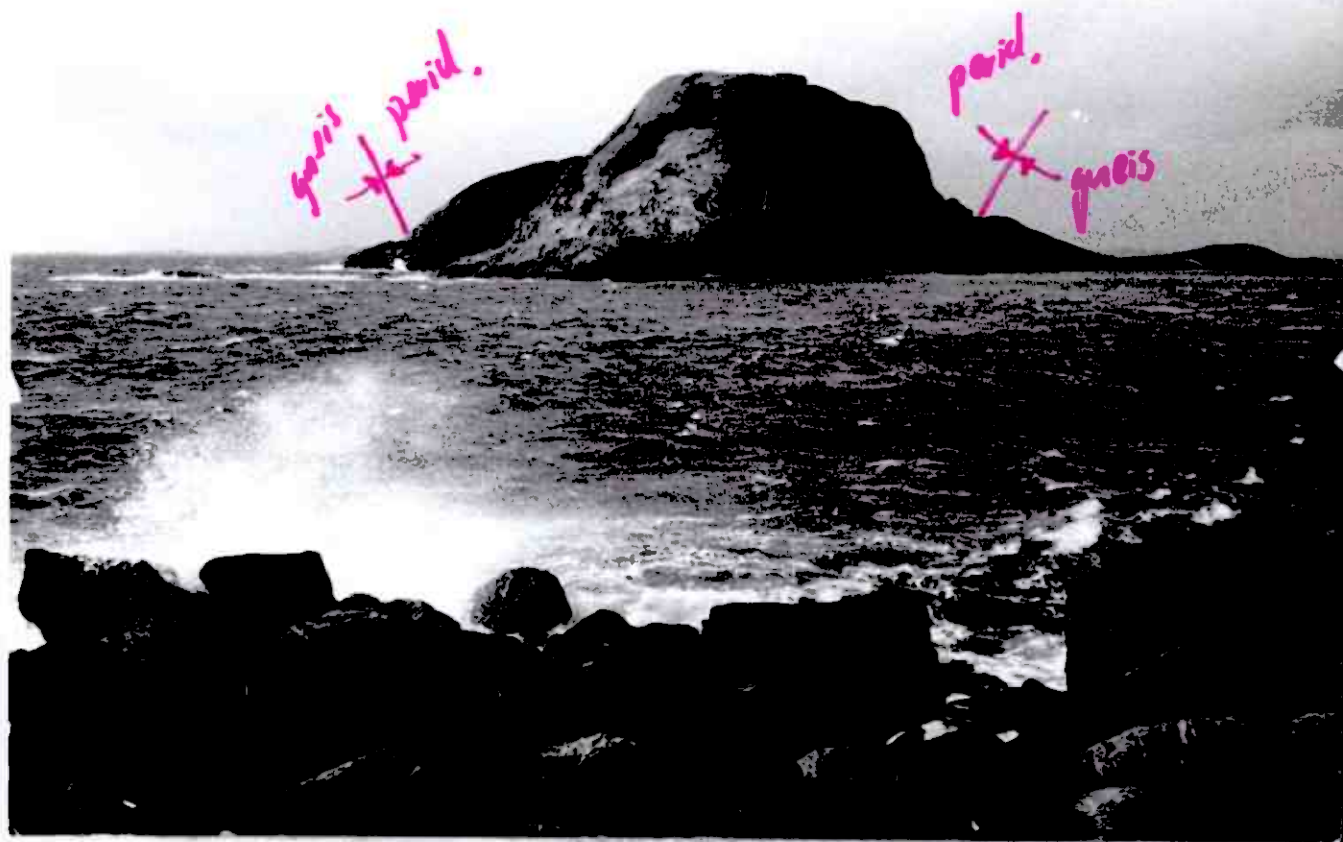
F16.2



Hvirkelig eksempel på peridotitt i høyt erosjonsnivå (Jektvik, J2).

Grensesone perid./gneis er meget utpreget forskifret på gneissiden, og utpreget flogopitt, granat, spinell og korund(!)-holdig i en tykkelse av ca. $\frac{1}{2}$ m (se bergartsbeskrivelse side 125) på peridotittsiden.

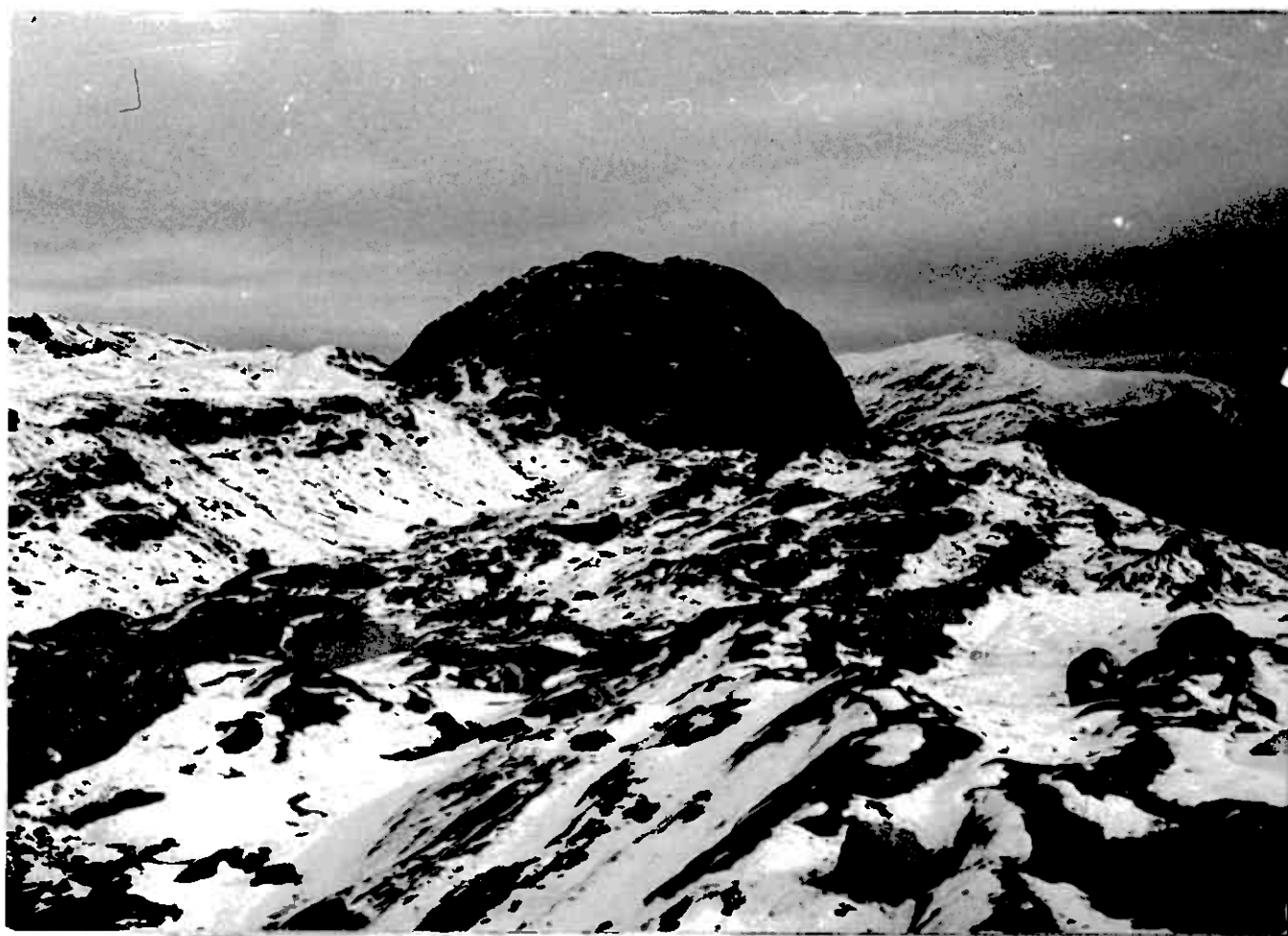
F16.3



Peridotitter er mere motstandsdyktige mot erosjon enn gneis, og stikker gjerne opp over havflaten som holmer.

Bildet er tatt fra Hestmannøy mot Rauholmen 1 (H4) i vest.

FIG. 4



Peridotitter er utpreget motstandsdyktige
mot erosjon og stikker gjerne opp som
kupper i terrenget.

Bildet viser peridotitt M? (Melfjordbotn),
og er tatt mot øst.

Fig. 5

Generell petrografisk beskrivelse.

Peridotittene er i stor grad sammensatt av omvandlings-mineraler, og er fra et petrografisk/genetisk synspunkt ganske komplekse. Store variasjoner er karakteristiske, helt ned i mm-cm skala, noe som indikerer at bare lokale like-vekter mellom mineral faser er oppnådd.

Omvandlingene har primært skjedd på bekostning av olivin og enstatitt, med dannelse av mineraler som i første rekke serpentin, magnesitt, talk, kloritt og amfiboler.

Fra sidestenen tilførte bestanddeler som H_2O og CO_2 har hatt avgjørende betydning for dannelse av de særskilte omvandlings mineraler. Disse forhold vil imidlertid bli nærmere diskutert andre steder (kap.8).

Hvis man tenker seg en gjennomsnittlig peridotittbergart, så vil denne få følgende omtrentlige sammensetning:

- 30-40 vol.% olivin
- 20-30 vol.% enstatitt
- 10-20 vol.% serpentin
- 10-20 vol.% magnesitt
- 10-20 vol.% talk
- ca.10 vol.% kloritt, amfiboler, o.a.

Følgende ytterligheter er observert:

- serpentinit (100% serpentin)
- hornblenditter/hornblendebergarter
- talk-magnesitt bergarter
- talk-serpentin bergarter
- flogopitt-korund-granat bergart
- hornblende-epidot bergart
- plagioklas-hornblendebergart
- clinopyroksen bergart

En rekke bergarts sammensetninger forekommer mellom flere av disse ytterligheter.

En mere detaljert beskrivelse av de petrografiske og mineralogiske forhold vil bli gitt i kap.6 (under Mineralogi, s.)

Kromittens opptreden.

Kromitt har en tendens til å forekomme som kornede aggregater i størrelser fra 3-4mm og nedover (se forøvrig kap. 9 om mikroskopering av kromitt).

Kromittens opptreden er uavhengig av peridotittbergartenes omvandlingsgrad, noe som må sees på den bakgrunn at kromitt er tidlig magmatisk krystallisert mineral (se kap. 10), mens omvandlingene har skjedd på senere tidspunkter (se kap. 6) og 7, på bekostning av mineralene olivin og enstatitt, og altså ikke kromitt.

For enkelte peridotitter kan det virke som om enstatittfattige partier gjennomsnittlig har et noe høyere kromittinnhold enn enstatittrike partier, altså at engang dunittiske partier (nå mere eller mindre omvandlet) generellt er de kromrikeste. Dette er imidlertid en tendens med mange unntak, og kan derfor ikke oppfattes som en generell regel.

Kromitt forekommer i 2 markant forskjellige typer av konsentrasjoner:

1. som skarpt avgrensede konsentrasjoner av massiv malm i strukturer som kan betegnes med uttrykk som knuter, linser, slirer, årer og stokker (fig. 7).
2. disseminert mineralisering.

1. SLIRER.

Uttrykket slire vil for enkehets skyld bli brukt for massiv malm konsentrasjoner i den grad det lar seg gjøre. Slike slirer har gjerne tykkelser i størrelsesorden cm-dm og lengder fra $\frac{1}{2}$ til flere 10-metre.

Slirer er vanligvis skarpt avgrenset fra den omkringliggende bergart som enten kan være disseminert kromitt mineralisert peridotittbergart av type 1 ovenfor, eller tilnærmet kromittfri bergart.

Kromittinnholdet i massiv malm ligger stort sett i området 60-90vol.%.

Flere slirer forekommer gjerne sammen mere eller mindre parallellorientert (fig. 6), og kan i gunstigste fall utgjøre 5-6m brede soner med et maksimalt gjennomsnittlig kromittinnhold på 20-25vol.%.

Massive malmpartier i størrelsesorden 1 m^3 forekommer bare rent unntaksvis, og da som stokker eller som mere udefinerbare klumper, med gjennomsnittlige kromittgehalter på ca. 70% som vanlige (70% eller mindre).

Flytestrukturer i peridotitter er observert å kunne kutte malmslirer (se forøvrig "Nordværes-en detaljundersøkt peridotitt"). *se fig. 7 og 8.*

2. DISSEMINERT KROMITTMINERALISERING.

Disseminert kromittmineralisering er å oppfatte som alle overganger fra bergart med bare såvidt observerbart kromittinnhold til bergart med maksimalt 50vol.% kromitt. Overganger mellom svakt kromittholdig bergart (under 1-2vol.%) til sterkt kromittholdig bergart (over 5-10vol.%) er vanligvis meget gradvise og ubestemmelige, unntatt i enkelte tilfeller da flytestrukturer kan gi skarpe tektoniske grenser. Markant kromittrike (30-50vol.%) partier har gjerne linialform og med gradvise overganger mot mindre kromittholdig bergart.

Arealer med såpass kromittholdig bergart som 5-10vol.% i gjennomsnitt er sjeldne. 10000m^2 med 5vol.% kromitt i gjennom-
snitt er å betrakte som det maksimale (Nordværes, N1),
likeledes 1000m^2 med 10vol.% i gjennomsnitt (flere-peridotitter)
(Nordværes, N1). Mindre partier i størrelsesorden $30-50\text{m}^2$
kan maksimalt inneholde 20-25vol.% kromitt (massive malmslirer
forekommer da samtidig).

TOTALT er kromittinnholdet i peridotitter i størrelses-
orden 1-2 vol.% eller mindre.

Enkelte peridotitter er tilsynelatende fri for kromitt
(ikke observert) eller inneholder bare meget spredte og små
kromittslirer (cm-tykkelser) og/eller/eller bare såvidt
synlig kromitt impregnasjon.

Andre peridotitter (særlig de største, men ikke nødvendigvis),
er vesentlig kromittrikere, men det gjennomsnittlige kromitt-
innholdet kommer likevel ikke over 1-2 vol.%.

TOPOGRAFISK EFFEKT.

Kromitt er det mest forvittringsbestandige mineral i
peridotitt bergartene. Kromittslirer viser generelt en
utpreget tendens til å stå opp som små benker (cm-dm tykkelser)
i peridotitt overflaten.



Konstruert eksempel for å illustrere kromittens opptreden. Massive kromittmalmslirer sammen med disseminert kromitt i olivin/enstatitt bergart. Kromitt viser nesten alltid en viss tendens til å danne en viss parallellorientering, noe som er bare svakt markert på den øvre tegningen. Enstatitt viser ofte en tendens til å opptre i konsentrasjoner særlig gjelder dette for større enstatittkrystaller, i $\frac{1}{2}$ -1 dm størrelse.

Slirer av kromitt (massiv, disseminert), opptrer vanligvis med en viss parallellorientering, men sjelden så utpreget som i denne tegningen (konstruert). Slirer er ofte avslitt, med de forskjellige fragmenter nær opptil hverandre, slik som på tegningen. Se fig 7 og 8.

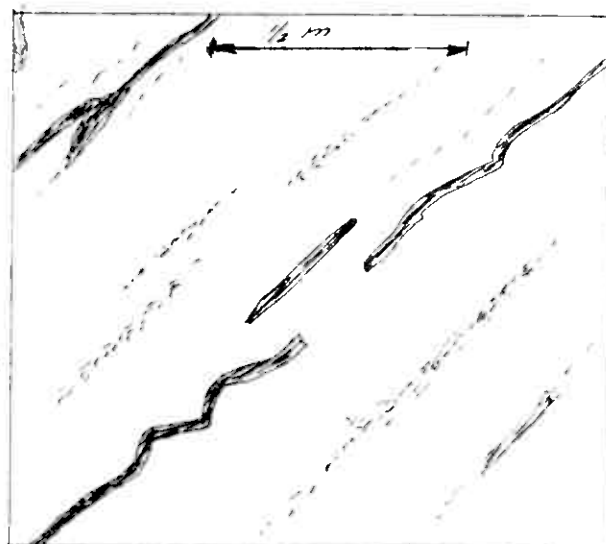
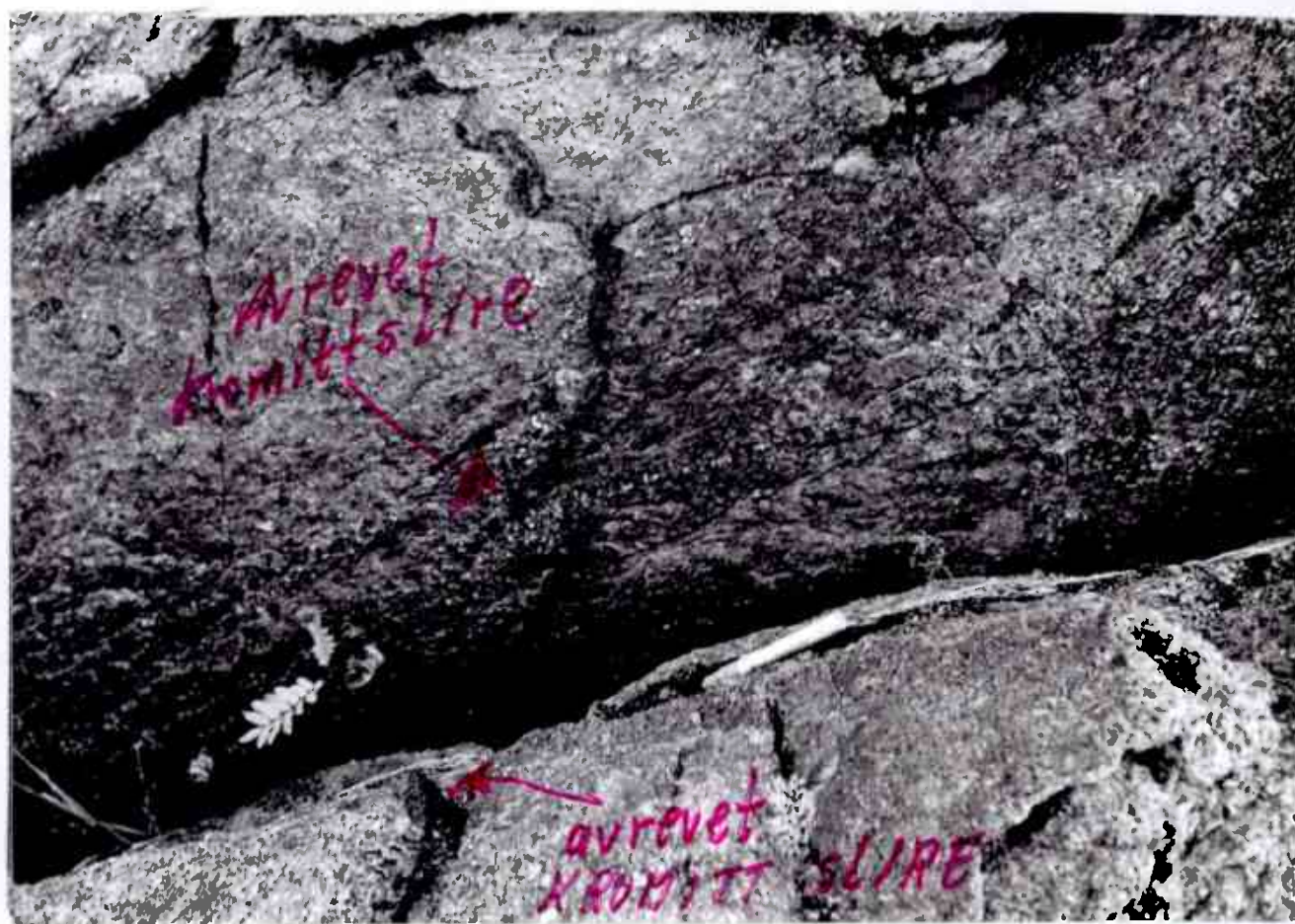


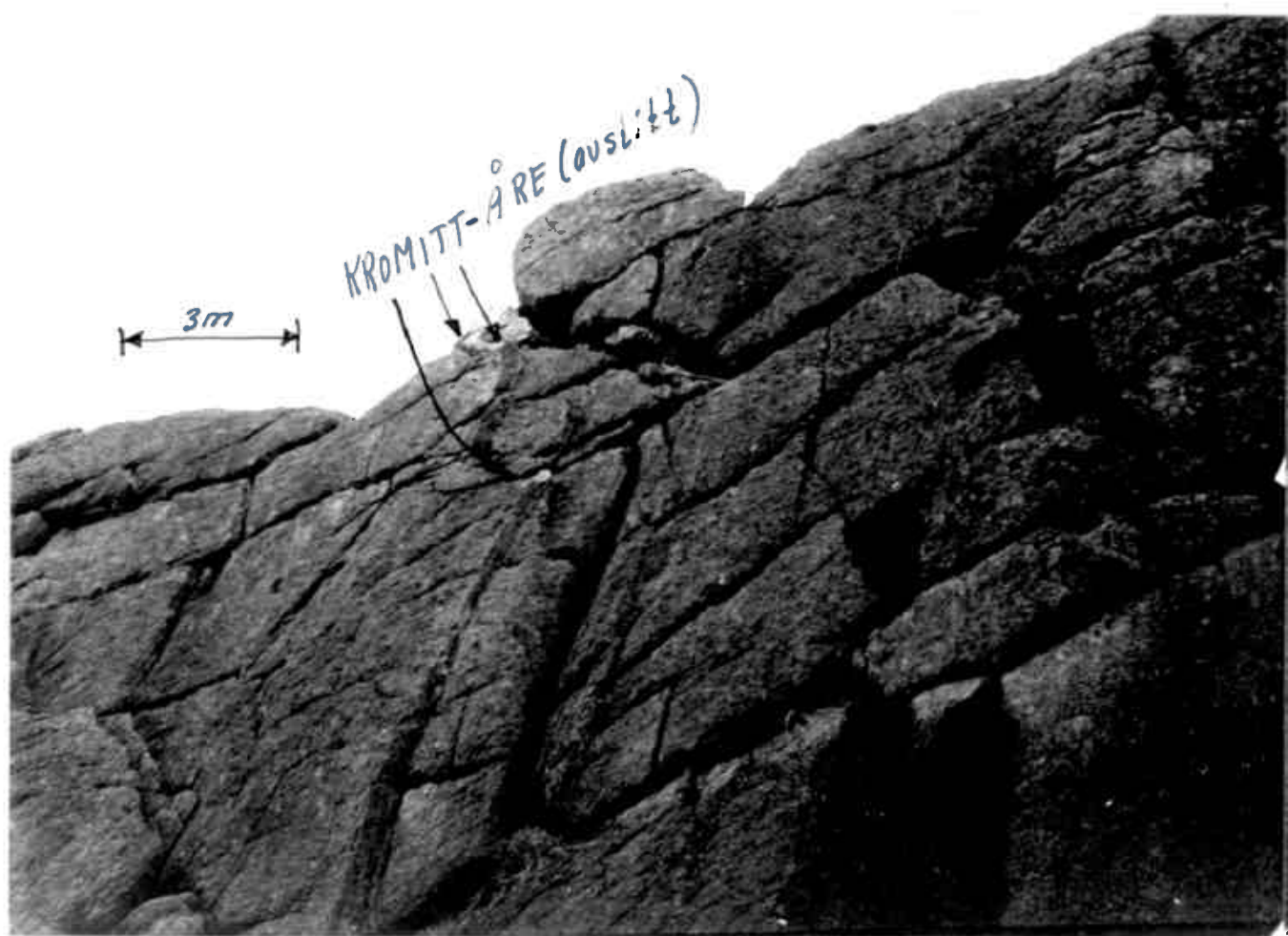
FIG. 6



F16.7.

Nordvernes (N1).
Kromitt slirer/årer etc. er gjerne foldet
uten foldningene gjenspeiles i peridotittbergarten
(bildet nedenfor). Ofte forekommer bare enkelte
bruddstykker av tidligere massivmalm årer/bånd o.l.
(bildet ovenfor).





Typisk eksempel på oppsprekning i peridotitt
(Nordvernes, Nl).

Legg merke til den avrevne kromitt-åre/plate (?)
midt i bildet.

F16.8

De enkelte peridotitter - Kromittforekomstene.

Bare de av peridotittene i området som er befart vil bli omtalt.

De enkelte omtaler blir meget kortfattet, og i første rekke med henblikk på kromitt (oppgitte gehalter i vol.%).

De befarte peridotitter samt noen ikke-befarte peridotitter (etter ^{og Holmsen, 1932} Rekstad, 1925) er avmerket på vedlagte karter. .

Se forøvrig feltbeskrivelsen (side 15) og karter.

STEINTUVA (VÅGAHOLMEN).

Forholdsvis kromittrik peridotitt, med kromittslirer i utpregede konsentrasjoner som i 2-3 tilfeller danner konsentrasjoner i størrelsesorden 20-25% kromitt over arealer av maksimum 15-20m². Kromitten er ikke observert å være magnetisk, og anslåes derfor å være forholdsvis krom-rik (ingen analyser).

En 15m lang stoll er utsprengt (1.5x2.0m i tverrsnitt) i et utpreget kromittrikt parti i peridotittens nordflanke. Det meste av den utsprengte masse ligger igjen på stedet og har en gjennomsnittlig ~~kromittprosent-på-ca.~~ kromittinnhold ca. 10%. Malmen er utvilsomt håndskedet og de kromittrikeste stykker fraktet bort.

NORDVERNES.

4 peridotitter er observert og undersøkt, hvorav den ene (N1) er utpreget kromittrik og meget variert petrografisk og ~~av disse~~ ^{er} ~~an den~~ grunn~~det~~ ^{er} undersøkt (se side 48).

De øvrige peridotitter har ikke utpregede kromittanrikninger i form av kraftig kromittimpregnasjon eller slirer slik som f. eks. Steintuva (se ovenfor) eller den ovenfor nevnte Nordvernesperidotitt (N1).

Derimot er disse 3 peridotitter (N1, N2, N3) usedvanlig sterkt omvandlet og magnesittrike. N3 har 2-5cm tykke soner av hornblendeasbest.

EIDVIK.

Liten og meget sterkt omvandlet peridotitt. Utpreget flogopittrik (over 50%). Kromitt ikke observert.

JEKTVIK(J1).

Usedvanlig homogen og ensartet peridotitt med liten variasjon i petrografisk sammensetning (serpentinisert olivin/enstatittbergart med relativt høyt magnesittinnhold, muligens over 15-20%).

Enkelte kromittslirer forekommer, hvorav noe er utpreget magnetisk. Se magnetometerprofil (fig. 9). Det totale kromittinnhold er lavt (vesentlig under 1%).

JEKTVIK(J2, J3, J4, J5).

Relativt kraftig omvandlede peridotitter. Kromitt bare som meget spredte slirer i cm-dm størrelse (umagnetisk). Magnetometriske profiler gir ikke registrerbare utslag over peridotitt ~~som skiller seg~~. Profilkurver er ikke vedlagt.

Peridotitt J1 inneholder korund i en ½-lm tykk grensesone mot gneis. Se bergartsbeskrivelse side 125, samt fig. 3 (side 25)

700000 31.

1. 1st 1/2 sec. 1st 1/2 sec.
2. 2nd 1/2 sec. 1st 1/2 sec.
3. 3rd 1/2 sec. 1st 1/2 sec.

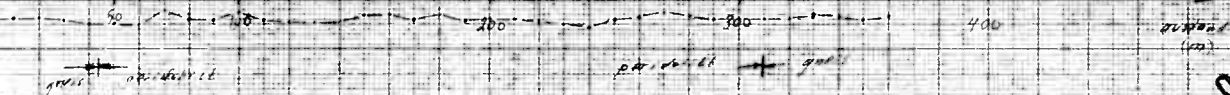
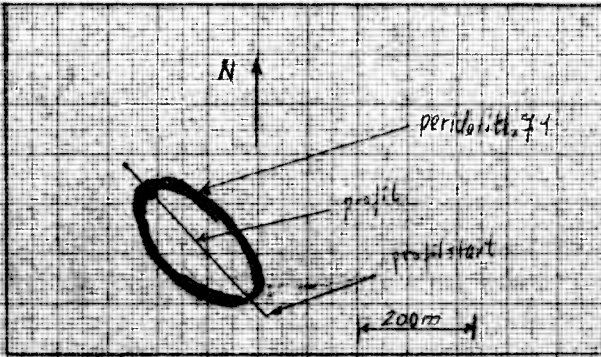


Fig. 9

RØDØY (R1).

Peridotitten viser usædvanlig stor omvandlingsgrad.

Peridotitten er meget overdekket slik at noen omtrentlig beskrivelse av kromittinnholdet kan ikke gies.

De vestlige deler av peridotitten er usædvanlig lite omvandlet og inneholder den friskeste olivin som er observert i hele Lurøy-Rødøy området (tynnslip er ikke laget slik at ~~serpentininnholdet~~ innholdet av sekundære mineraler er ukjent). Denne olivinbergart/dunitt er utpreget kromittholdig, men kromitten er meget magnetisk og derfor nødvendigvis ~~Fe³⁺-holdig~~ utpreget Fe³⁺-holdig og tilsvarende (Cr + Al)-fattig (se kapittel 6).

I øst og nordøst er peridotitten kraftig omvandlet (utpreget magnesittrik) og kromittfattig (aksessorisk).

2 andre peridotitter ligger på Rødøya, men er ikke undersøkt.

OMRÅDET HESTMANNØY-SELSØYVIK.

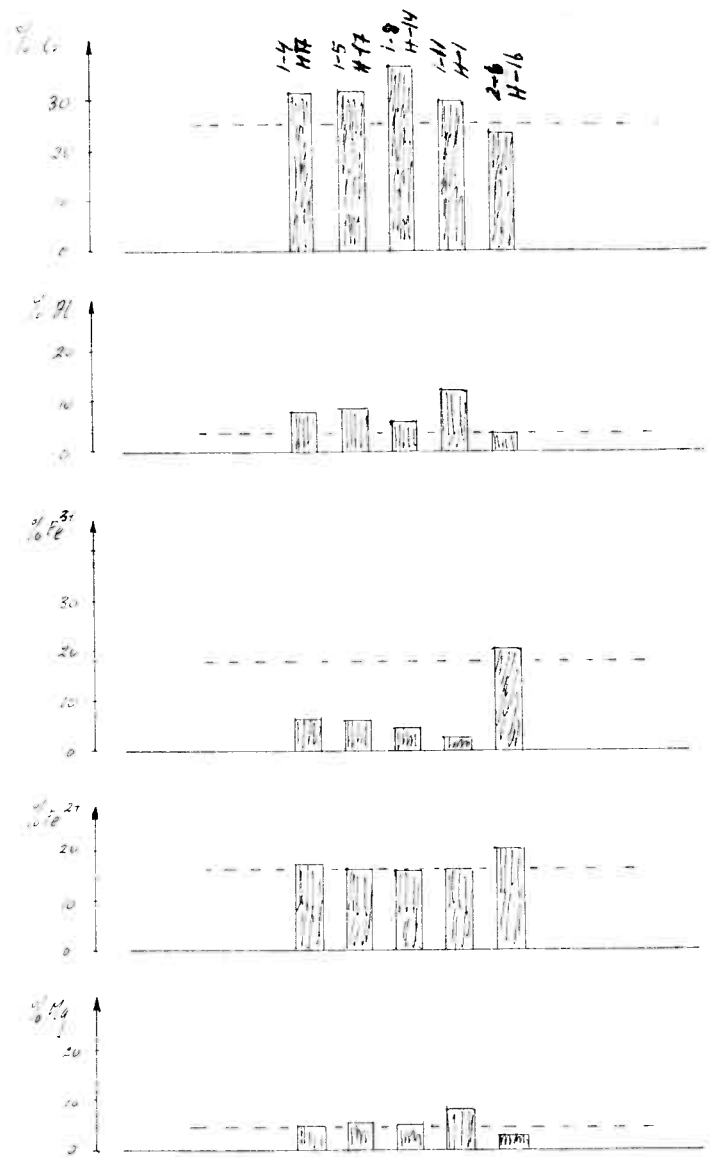
En rekke peridotitter (se kart K2) befinner seg innenfor dette området, og er petrografisk forholdsvis like og lite varierte (serpentinisert olivin/enstatittbergart med noe magnesitt, talk, kloritt, hornblende).

5 analyserte kromittprøver foreligger (se fig. 10).

Prøvene er kromrike og viser mindre variasjon i elementinnhold enn det som ellers er vanlig (se figurene 10, 11 og 23, side 40). Dog må det ikke legges stor vekt på denne tendens fordi prøvetallet 5 er gir et for svakt grunnlag til å trekke generelle konklusjoner om kromittsammensetning i dette området sammenliknet med andre områder (Nordvernes, Melfjordbotn).

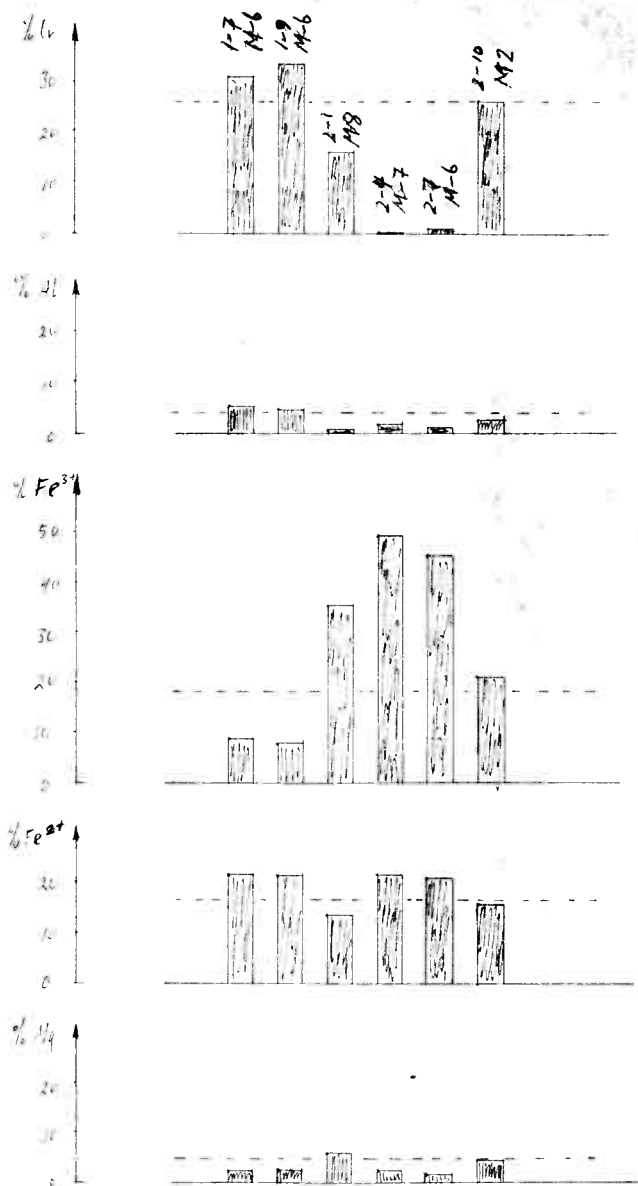
På Kalvholmen og Rauholmen er det brudd noe kromittmalm (1918) (se fig. 2),

(forts. side 42)



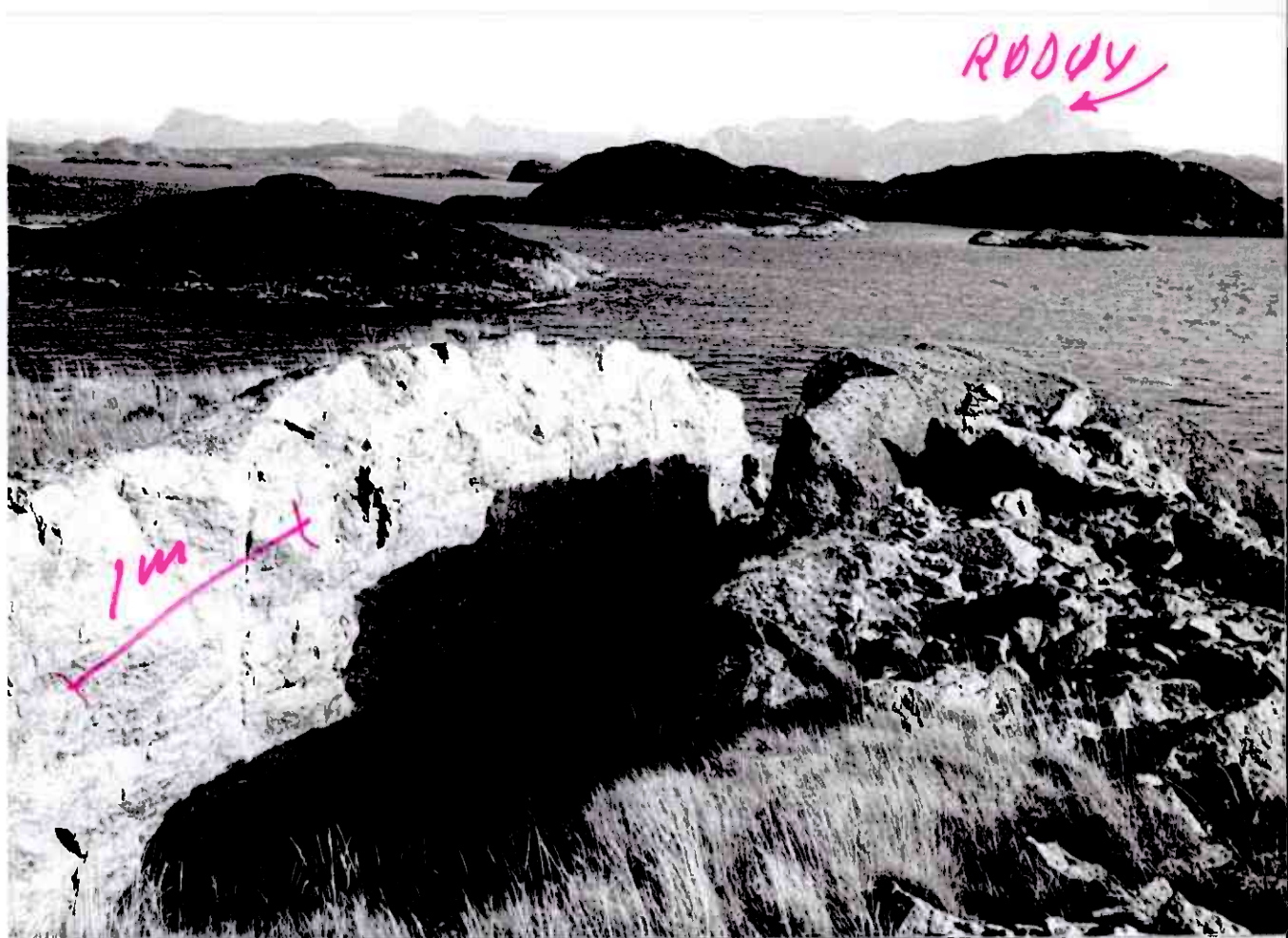
representative g. sammensatte verdier av
det totale antallet analyserte prøver

FIG. 10. Krossnitprøver fra området Hestmannøy - Selsøyvik



representer gennemsnitsværdier
af det samlede antal analyserede prøver

FIG. 11. Kvantitativ analyse af jernindholdet i Høllandsbøden.



Bildet er fra Rauholmen 2, og viser en grøft
(ca. 10x3x2m) hvor det er brudt kromittmalm.
Røddøy i bakgrunnen (mot NØ).

FIG. 12.

ca. 20-30m³ på hvert sted, hvorav bare en forholdsvis liten andel er fraktet bort. Dette i de rikeste partier som i det hele tatt er observert i hele Lurøy-Røddøy området² (ved siden av Nordvernes) og utgjør ca. 50m store partier med gjennomsnittlige kromittgehalter på ca. 20-25% (0,25 %). Utenfor disse markant kromittanrikede partier er gehaltene vesentlig lavere. Det totale kromittinnhold i disse peridotitter er i størrelsesorden 1% eller mindre.

ÆSJEHOLMENE I, II og III (syd for Nesøy).

Disse peridotitter er usedvanlig interressente ved at de skiller seg ut fra samtlige av de øvrige undersøkte peridotitter ved følgende forhold:

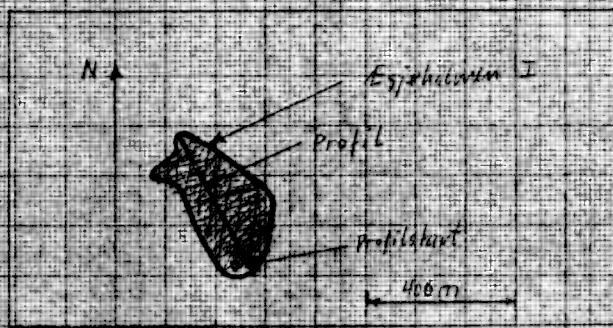
- finkornigere, hardere og seigere peridotittbergart enn noe annet sted.
 - amfibolittiske soner av ubestemmelig form og størrelser utgjør et vesentlig større innslag enn noe annet sted (det relative ^{mange} innhold *til smelte peridot. bergart* kan ikke oppgis).
 - grensesone mot gneis (i gneis; variabel tykkelse, over 5m vanlig) består av sort hornblende i plagioklasmass (se fig. 53, side 129). Dette kan oppfattes som sidestensomvandling av gneis (Æsje h. III) Mere om dette kan ikke sies grunnet mangelfulle feltobservasjoner.
 - clinopyroksen-bergart forekommer (mengdeforholdene er ukjente). Se bergartsbeskrivelse side 125.
 - KROMITT forekommer bare unntaksvis observerbar i form av korn (magnetisk) slik som vanlig i andre peridotitter. Istedet forekommer kromitt *hyppig* som myrmekittisk kromitt/bergart og kan ikke observeres ved stoffbetragtning annet ved at kromittholdige stuffer har en mørkere farge og er usedvanlig tunge. Slik kromitt er ikke observert å være magnetisk slik som kornig kromitt, og som får øvrig (som nevnt ovenfor) bare forekommer unntaksvis, (som enkelte cm tykke og noen få dm lange anrikninger med 10-30% kromitt)
- Analysedata foreligger ikke. på kromitt (se forøvrig om)

bergartsanalyse nedenfor).

- sulfidinnholdet er usedvanlig høyt, hovedsakelig magnetkis og pentlanditt (En bergartsanalyse viser sågar 0.45% Ni (!) (Se spesiell omtale senere)). Magnetkis og pentlanditt forekommer både i peridotittbergart og i enkelte 1-5 cm tykke malmslirer (se nedenfor), og i mengdeforhold som er helt enestående høye sammenliknet med andre peridotitter. Modalanalyse av peridotittbergart viser i ett tilfelle 5.2% (2000 tellinger) magnetkis + pentlanditt (aksessorisk). En bergartsanalyse (3-1, se analysedata side 74) på en utpreget sulfidrik malmslire viser (som nevnt ovenfor) 0.45% Ni (som skyldes pentlanditt). Et polerslip fra denne malmen viser følgende mineraler: Kromitt, ilmenitt, ^{en}ubestemmelig grumsete sammenvoksning mellom 2 mineralfaser hvorav kromitt er den ene fase og den andre fase er ukjent (isotrop), magnetkis, pentlanditt, bravoitt, kopperkis. Et tynnslip viser bergartsmineralene olivin, serpentin, magnesitt, talk og kloritt. Se nærmere omtale på side 143, med foto.

Kromitt i disse bergar- peridotitter er økonomisk uinteressant fordi den lar seg vanskelig opprede på grunn av den myrmekittiske strukturen. Dessuten er sulfidinnhold i kromitt lite ønskelig. Sulfidinnholdet er såpass høyt at nærmere undersøkelser bør foretaes. Likeledes bør det gjøres undersøkelser med henblikk på å forklare en stor flymagnetometrisk anomali i dette området (se side 68).

Esjehavnen I



1000

5000

profil

300

400

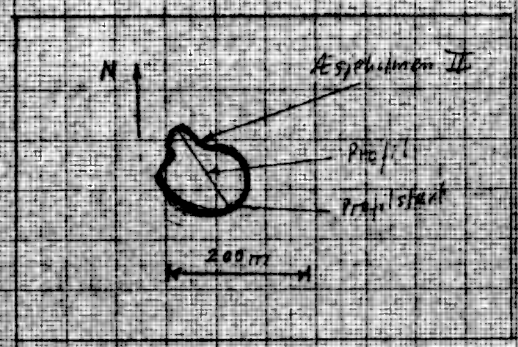
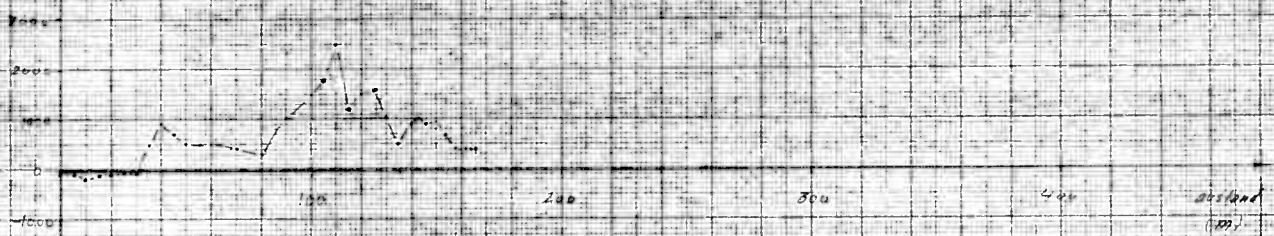
500

500 m d.

(100)

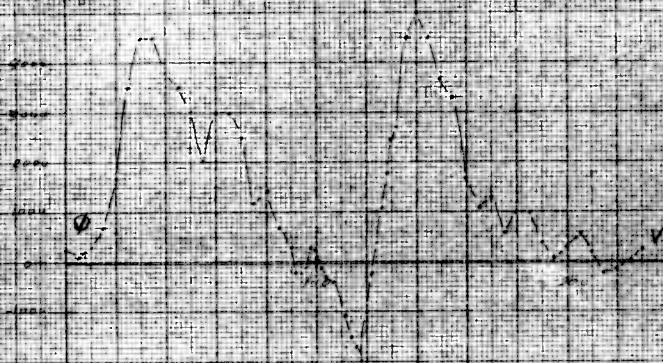
F16/13.

Respiration



4/1/13

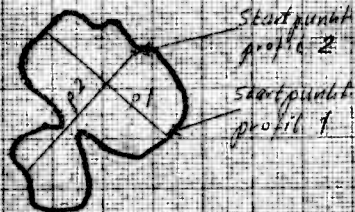
Esgenhemmen I. profil 1



Esgenhemmen I. profil 2

Esgenhemmen
III

NA



K 200.00 H

FIL 15.

MELFJORDBOTN.

Området inneholder en rekke peridotitter som er relativt kraftig omvandlet. Kromittinnholdet er lavt og økonomisk uinteressent sammenliknet med Nordvernes og enkelte Hestmannøy-Selsøyvik peridotitter. Dessuten har disse peridotitter en meget utilgjengelig beliggenhet oppe i fjellet med en forholdsvis bratt fjellside ned mot Melfjordbotn og kai (se kart **K4**).

Analyserte kromittprøver viser vesentlig større variasjon i sammensetning enn tilsvarende prøver fra Hestmannøy-Selsøyvik området. ^(side 40) Forøvrig er antall analyser (6) for lite til å si noe sikkert om tendenser i denne sammenheng. Selv innen samme peridotitt forekommer utpreget variasjon i kromittsammensetning (peridotitt M6, prøvene 1-7, 1-9 og 2-7). ^(side 39)

Peridotitt M2 er epidotrik(!) i et større parti (50x50m meget omtrentlig) i peridotittens sentrale deler.

Se forøvrig bergartsbeskrivelse side 127.

Talk og magnesittinnholdet er i disse peridotitter høyere enn i andre undersøkt peridotitter (gehalter kan ikke oppgis).

Nordvernes - En detaljundersøkt peridotitt.

ORIENTERING.

En peridotitt $\frac{1}{2}$ km syd for stedet Nordvernes er undersøkt i detalj. Denne peridotitt er den største peridotitt (1,5 km) (~~1700 x 1200 m~~) som er observert i hele området, og forøvrig den mest lovende peridotitt når det gjelder kromitt-mineraliseringer.

I 1913 ble her bruddt noe kromittmalm hvorav ca. 90 tonn ble skippet bort (som stykkmalm).

Som før beskrevet er de undersøkte peridotitter i Lurøy-Røddøy området i første rekke undersøkt med henblikk på kromittmineraliseringenes størrelse og rikhet. Petrografiske variasjoner og tektonisk dannede strukturer og kromittens opptreden i forhold til disse, er vanligvis kun observert uten at nærmere studier er foretatt. En detaljundersøkelse av disse forhold i et større antall peridotitter har av praktiske årsaker ikke vært gjennomførbart.

Med denne bakgrunn var det ønskelig å foreta et detaljert studium av en utvalgt peridotitt, for derigjennom bare å få opplysninger om karakteristiske trekk ved ikke bare denne ene peridotitten, men også om tilsvarende observerte trekk ved andre peridotitter.

Følgende faktorer var avgjørende for at den største av peridotittene ved Nordvernes ble utvalgt for detaljundersøkelse:

- inneholder de rikeste og største kromittmineraliseringer som er observert i området.
- viser stor variasjon i kromittens opptreden
- usedvanlig stor variasjon i petrografiske sammensetninger.
- gunstig beliggenhet. Nær bebyggelse og bare 1 km fra kai (Nordvernes)

BESKRIVELSE.

Generell beskrivelse av mineralomvandlinger og petrografiske forhold forholdsvis ellers og andre steder (kap. 8).
og vil ikke bli nærmere omtalt her.

Fornålet med denne beskrivelse er å skape en generell forståelse for denne peridotitt, med henblikk på petrografiske forhold og kromitt.

Som en grov forenkling kan peridotitten betraktes å være oppbygget av 2 bergartstyper som skilles fra hverandre på grunnlag av en ganske sterk gradsforskjell i serpentinisering.

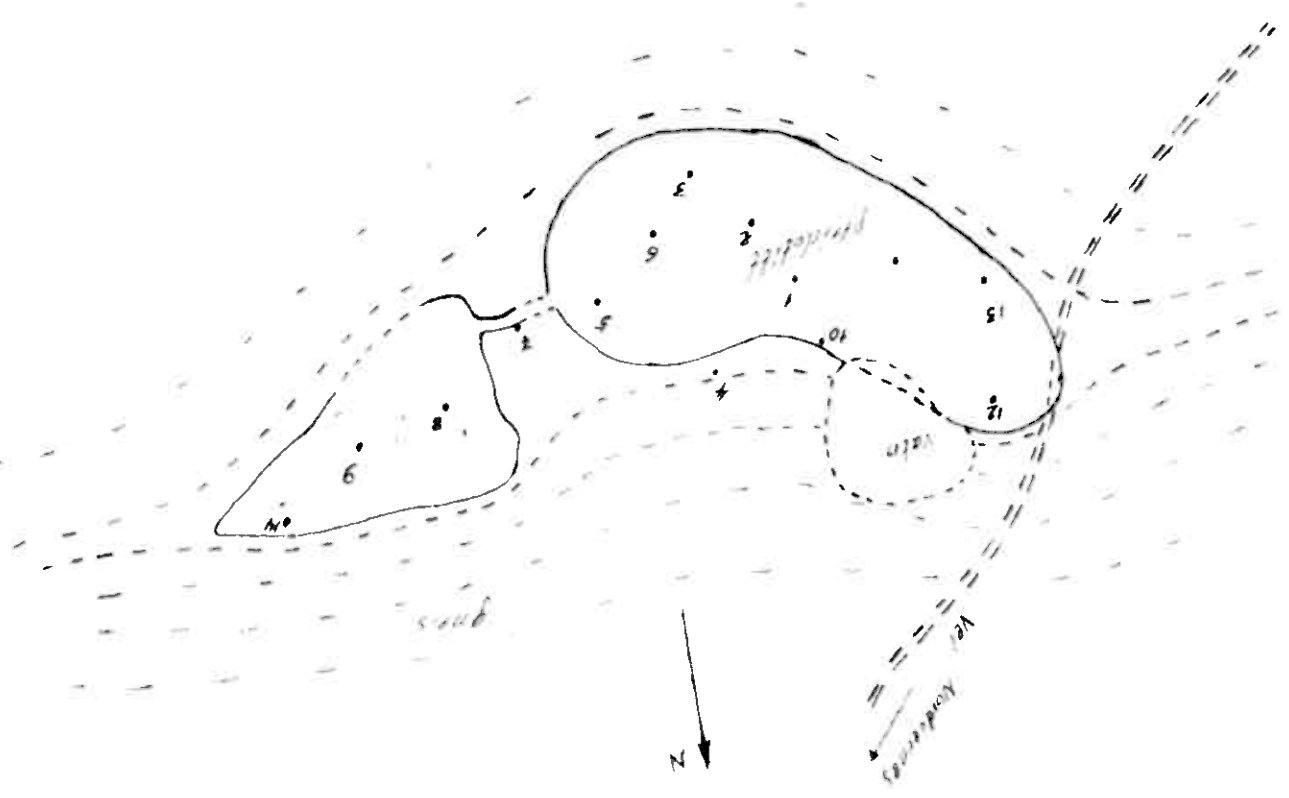
1. svakt til middels serpentinisert (5-20% serpentin)
olivin/enstatitt bergart (farge:grønnlig grå)
med brunlig forvitringfarge .
2. sterkt serpentinisert (over 50% serpentin)
olivin/enstatitt bergart (farge:mørk grå til sort)
med lys brunlig forvitningsfarge.

Innholdet av de vanlige peridotittmineraler magnesitt, talk og kloritt varierer en god del, og må ansees å være representativt for den gjennomsnittlige peridotittbergart (side 28).

Grense mellom disse 2 bergartstyper har ofte et sterkt tektonisk preg, og utgjør en dm -m tykk sone med et utgnidd preg særlig hvis sonen er tynn (1-3 dm). *Se fig. 18, side 54.*
Bevegelsen av de 2 bergartsenheter i forhold til hverandre ser ofte (ikke alltid) ut til å ha vært forholdsvis korte, gjerne bare noen få meter. Bakgrunnen for dette utsagn er det faktum at kromittslirer som slites av ved bevegelsen kan gjenfinnes få meter ^(eller dm) unna i flere tilfeller.
Utvilsomt er kromittslirer dannet før disse bevegelser.

Enstatitt er imidlertid et problem i denne sammenheng i og med at den ikke ser ut til å være påvirket av disse "flytebevegelser". Man kunne vente at store enstatittkrystaller (1-3cm i gjennomsnitt) ville få en viss parallellorientering når utsettes for skjærbevegelser, men dette er ~~altså~~ ikke observert (*unntatt av og til i grensesone mot gneis, se side 58*).

F16.16.



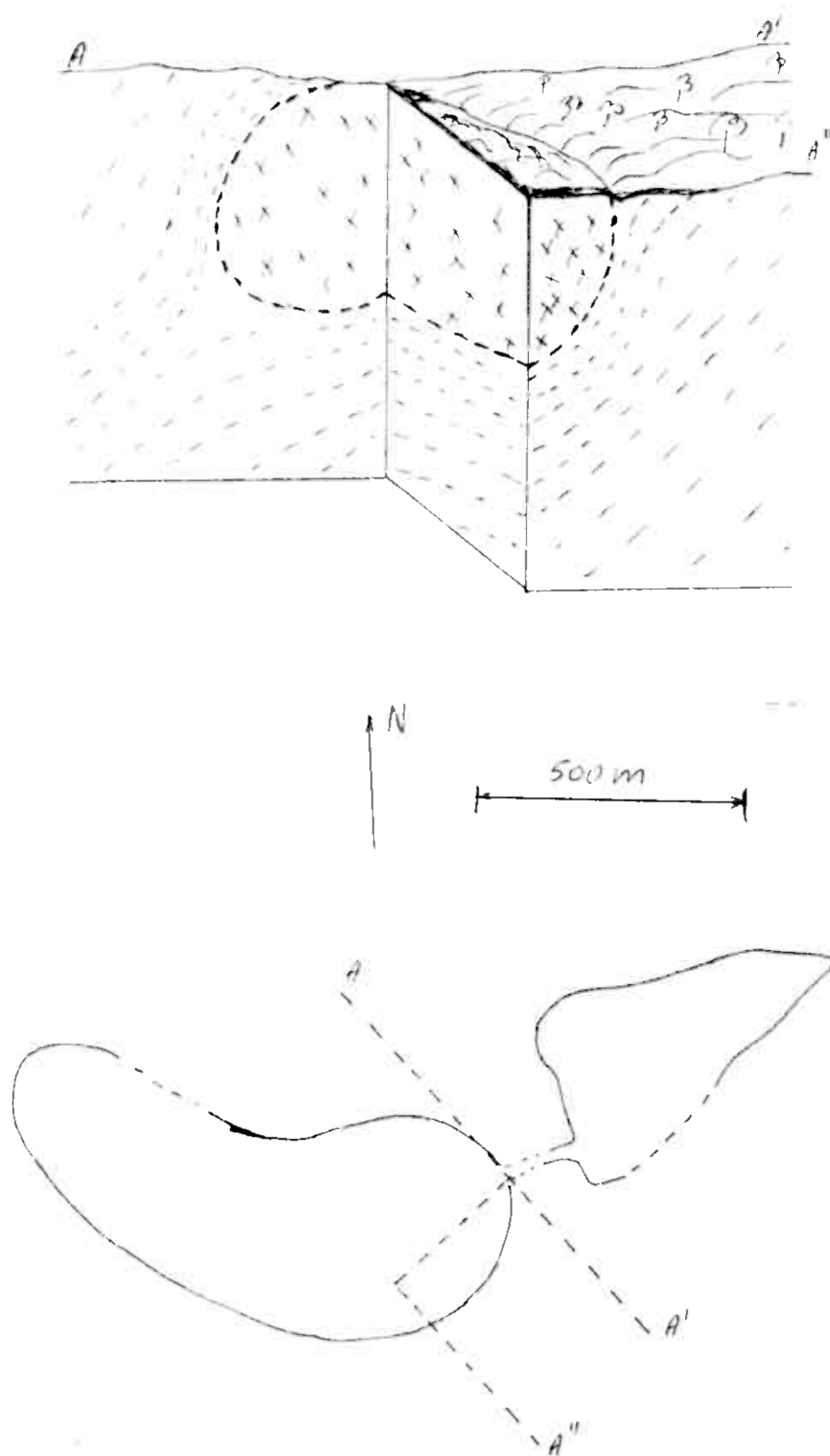


FIG. 17.

Peridotitt N1, Nordvernes
Snittet viser antatt forløp
i dypet.

Mikroskopstudier av slik grensesone bergart viser imidlertid stresslammeller i både olivin og enstatitt, større grad enn det som ellers er vanlig (bare stresslammealer i olivin).
~~Se fig. 19, 20~~

Bergartsgruppe 1 dominerer i mengde over gruppe 2 (forhold ca. 3:1). Type 2 forekommer hovedsakelig i området ved lokalitetene 10, 12, 13 i vest og ved lok. 8 i øst.

Tektoniske strukturer av flytestrukturtypen slik som beskrevet ovenfor, er vanlig innenfor bergartstype 1 i motsetning til bergartstype 2 hvor de ikke er observert.

Slike strukturer medfører mindre "overfoldninger". Særlig er dette markant i området ved lokalitetene 1, 2, 3, 6, hvor overskyvningene er mot syd.

Det poengteres at disse strukturer river over kromittslirer, og igjenfinne-rike-kromittsoner og vil kunne gjøre det vanskelig å gjenfinne følge rike kromittsoner i dypet i tilfelle drift.

Forøvrig er problemet "flytestrukturer" ganske uklart, og det er ikke gjort seriøse forsøk på å finne noen sammenheng eller lovmessighet.

De rikeste kromittpartier (maks. 25% over arealer i størrelsesorden $10-20m^2$) opptrer kun i bergartstype 1, noe som ser ut til å skyldes tilfeldigheter.

Ingen observasjoner har gitt noen grunn til å anta at kromittens opptreden påvirkes av sekundære omvandlingsprosesser, eller at sekundære omvandlingsprosesser skjer lettere i kromittfattig bergart.

Forøvrig er bergartstype 2 bemerkelsesverdig i og med at den inneholder noe som kan oppfattes som 2 generasjoner av enstatittdannelse og 2 generasjoner av olivindannelse.

A. Enstatitt opptrer

- forholdsvis jevnt fordelt, $\frac{1}{2}$ til 1cm store enstatittkrystaller (10-20%)
- og i $\frac{1}{2}$ til 2-3dm tykke soner med markant store enstatittkrystaller opp til 1.5dm (totalt ca. 20-30%)

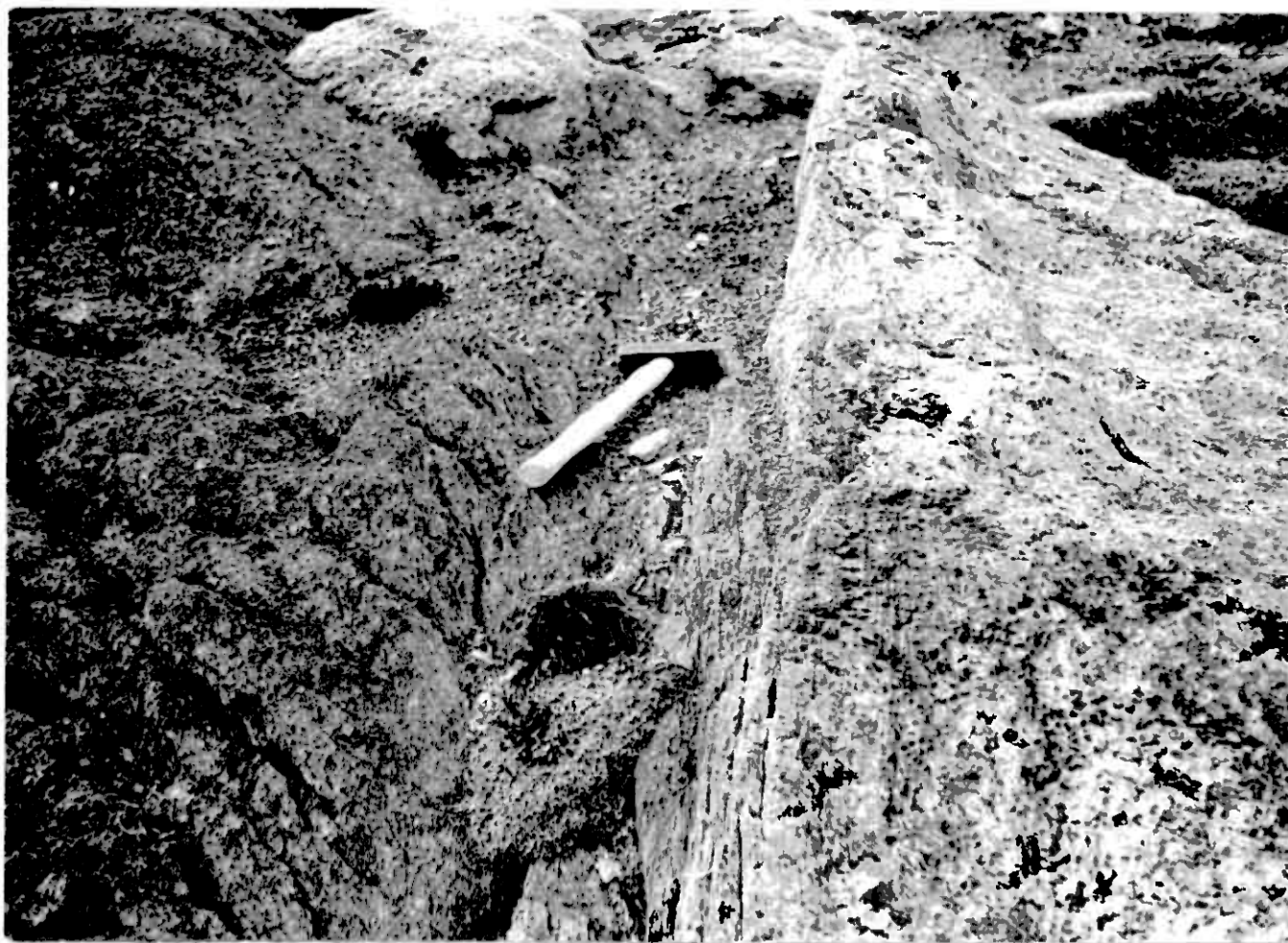
Disse soner (fig. 19, 20) er gjerne 10-20m lange

med ganske varierende retning og tykkelser (maks. 3 dm), og kan krysses hverandre, og danne forgreninger og således flere nye soner, for så å ende i en vifteformet enstatittkonsentrasjon som gradvis går over i den omkringliggende bergart. Denne iøynefallende enstatittdannelse ser ut til å være dannet på bekostning av både mindre enstatittkrystaller og olivin (ved tilførsel av SiO_2).

- B. Bergartstype 2 er som nevnt ovenfor en kraftig serpentinisert ~~olivin~~- olivin/enstatitt bergart. På denne bakgrunn er det bemerkelsesverdig at denne bergarten inneholder enkelte $\frac{1}{2}$ til 1 m tykke og 10-15 m lange soner eller plater som stikker opp fra dypet, bestående av ikke-serpentinisert olivin sammen med hornblende. Grensen mot det sterkt serpentiniserte sideberget er uklar og gradvis. (se forøvrig side 130 for nærmere mineralogisk beskrivelse).

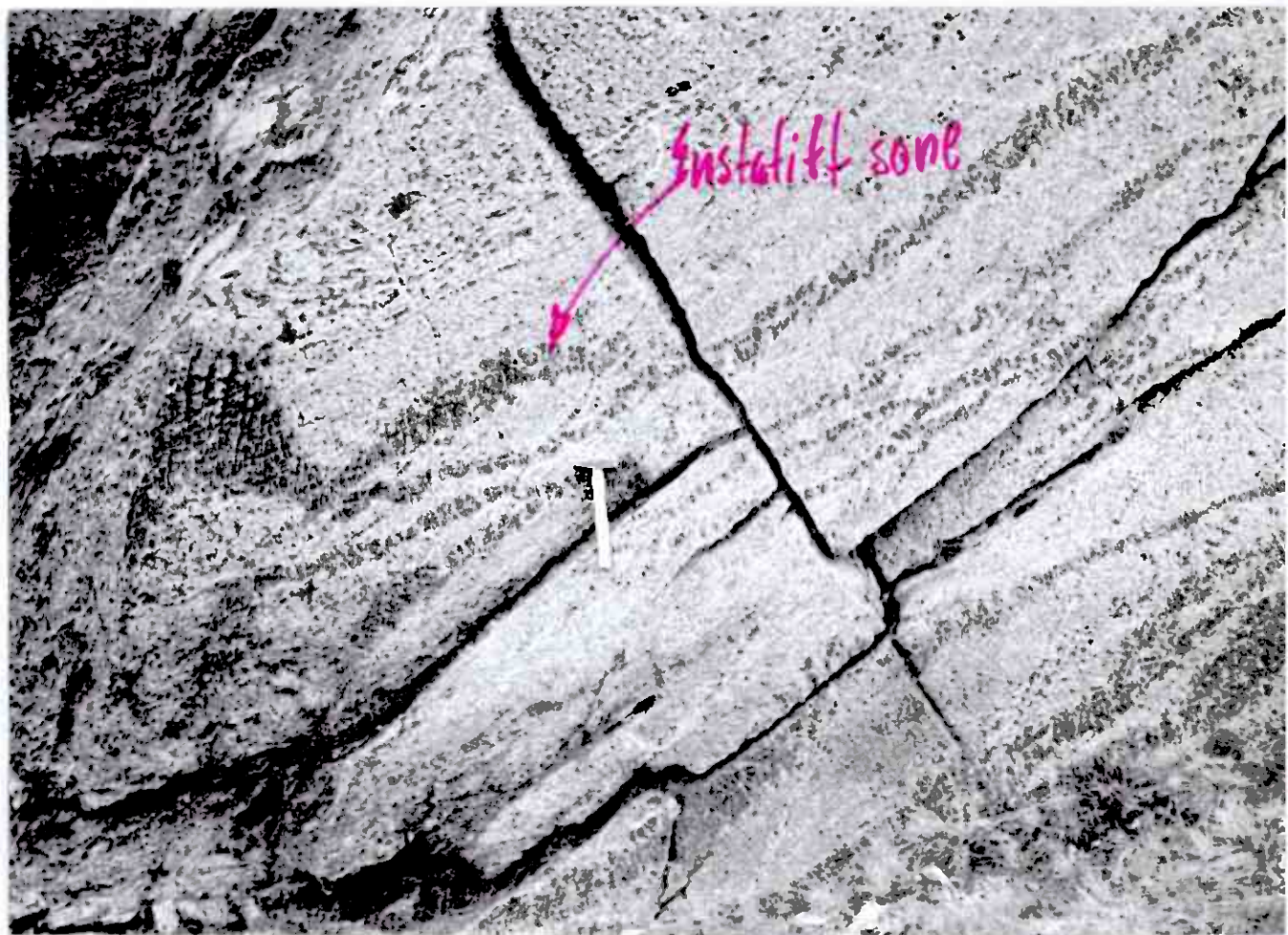
Ellers forekommer underlige "ellipseformede" olivinkorn som skiller seg meget fra omkringliggende olivin ved en vesentlig mindre grad av og anderledes utseende serpentinisering. Se fig. 49 ^(side 119) for nærmere beskrivelse.

Faktisk ser det ut til å forekomme 3 vesentlig forskjellige olivindannelser hvorav den ene er primær og de 2 andre kan være sekundære og altså dannet etter den første olivindannelse. Dette ikke som en kategorisk ^{påstand} uttalelse, men som en sannsynlig antagelse.



Flytestrukturer i peridotitter er vanligvis
 meget diffuse, bare forholdsvis sjelden tydelige
 og skarpe slik som i dette tilfellet (Nordvernes, N1).
 Kraftig serpentinisert peridotittbergart ^(ol. + enst.) (hartzburgitt)
 er forskjøvet i forhold til svak serpentinisert
 bergart ^(ol. + enst.) (hartzburgitt). Slike strukturer er utvilsomt
 dannet før plasseringen av peridotittene i de
 nåværende posisjoner, men etter serpentiniseringen.
se kapittel om genese.

F16.18



De iøynefallende soner består av anrikninger av utpreget store enstatittkrystaller i serpentinisert olivinrik grunnmasse.

Den omkringliggende bergart inneholder også enstatitt, men av en helt annen og mindre størrelsesorden (under 1cm).

Disse 2 opptredener av enstatitt er meget forskjellige (se teksten).

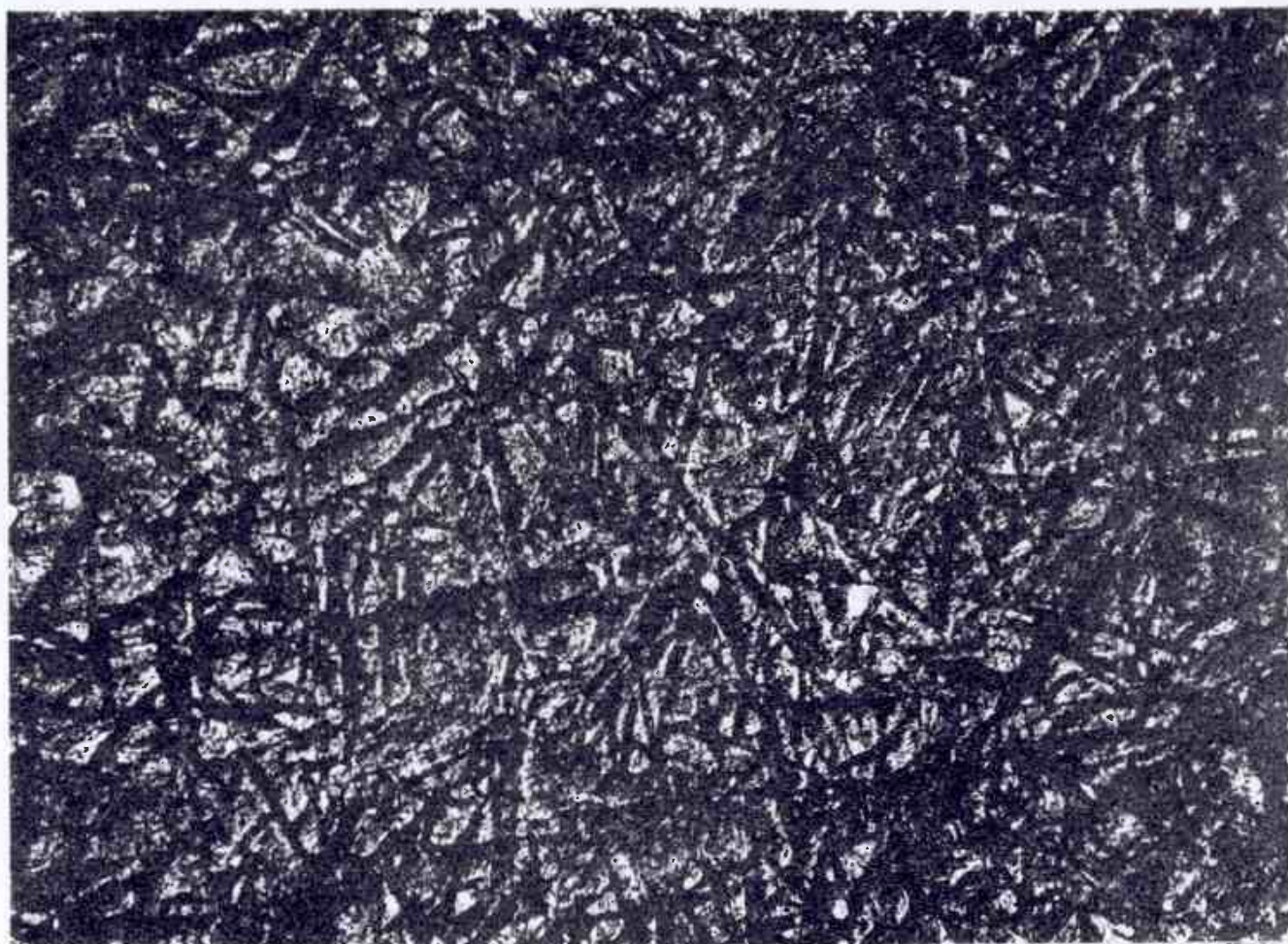
Bemerk den forholdsvis rettvinklede oppsprekningen, med sprekker som ender skarpt i andre sprekker. Denne type oppsprekning danner gjerne rektangulære sprekkemønstre (se fig. 8, s. 34) som når forekommer i steile peridotitthellinger gjør at blokker lett faller ut og danner urer. Se fig. 20 (neste side).

FIG. 19



Nærbilde av enstatittsone i olivin/enstatitt-
 bergart (^{kraftig}serpentinisert). Se foregående side.
 Slike soner antas dannet etter den primære
 størkning av peridotittbergarten, ved tilførsel
 av SiO_2 , mens massen enda var forholdsvis plastisk.
 Denne enstatittopptreden er meget karakteristisk
 i visse partier av kraftig serpentinisert
 peridotittbergart, og ser ut til være dannet før
 plastiske flytestrukturer i samme bergart.
 Hvorfor disse strukturer ^(enstatittsone)bare forekommer i kraftig
 serpentinisert peridotittbergart, er ukjent.
 Muligens kan dannelsen ha foregått i forbindelse
 med serpentiniserings prosessen, som forøvrig
 også har skjedd før dannelsen av flytestrukturer
 (se fig. 18, side 54).

Fig. 20.



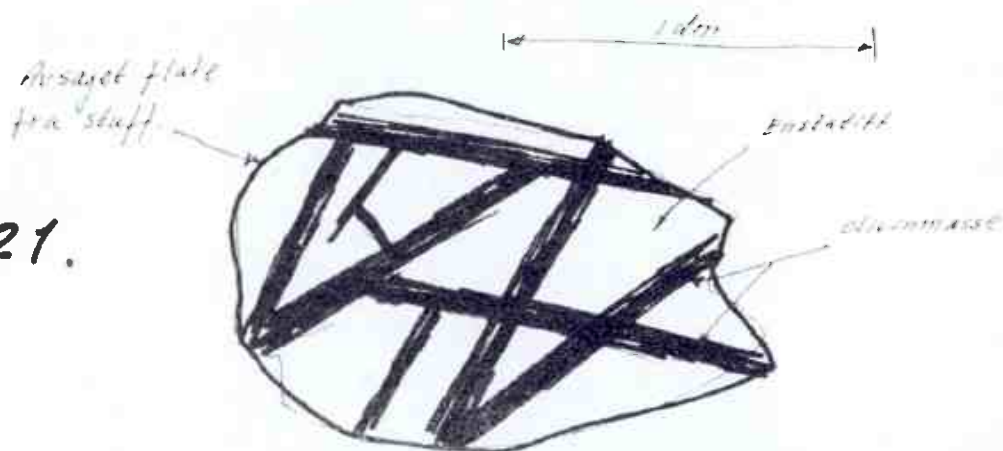
← 3 dm →

NORDVERNES, N1

Opp til 5 cm store enstatittkrystaller i olivin grunnmasse danner underlig mønstret overflate med skarpe linjer og enstatitt som stikker markant opp fra olivinegrunnmassen.

Tegningen nedenfor er laget på grunnlag av avsaget ~~oppsaget~~ stuff fra Nordvernes (N1), hvor denne dannelse er særskiltd markant ved lokalitet 5.

FIG. 21.





Nordvernes (N1).

En viss parallellorientering i enstatitt i peridotitt 5-10m fra gneisgrense (overdekket). Lineasjonen er parallell gneisgrensen (omtrentlig), og skyldes utgnidninger i peridotittbergarten (harzburgitt) under plasseringen i gneisene sedimentbergartene (nå gneiser).

Diskordanser forekommer.

Slike observasjoner er meget sjeldne og derfor ikke representative. Vanligvis viser peridotitter ingen slik utgnidning, og må oppfattes å ha vært stive masser ved inntrengningen i sedimentene.

Se kapittel om gneiser.

F16.22.

KROMITT.

9 kromittanalyser foreligger, med analyseresultatene for hovedelementene presentert i fig. 23. Se forøvrig side 7/ for nærmere omtale av analysene.

Prøvene 1-1, 1-2, 1-3, 1-12 er magnetiske, 2-2, 2-3, 2-5, 2-9 og 2-11 er umagnetiske.

Bemerk den store variasjonen i kromittsammensetningen.

Selv 3 prøver fra samme lokalitet (lok. 2), 2-5, 2-2, 2-9, viser stor variasjon i sammensetning. Disse 3 prøver er fra stuffer (2 massivmalmstuffer og 1 disseminert kromittstuf) innen et område på ca. 10x20m i forholdsvis ensartet svakt serpentinisert peridotittbergart av type 1 (se side 49).

Prøvene 1-3 og 1-12 er fra samme lokalitet (lok. 8) og representerer malm som ble brudt i 1918 (ca. 90 tonn ble skipet).

Lokalitetene 2, 3 og 6 har magnetiske prøver, noe som sammen med at hele dette området er spesielt kromittrikt (ca. 5% i gjennomsnitt, men med flere rikere partier innimellom), forklarer de utpregede anomalier på magnetiske profiler over området (p3, p4, p8, p9, se bilag II).

Variasjonen mellom magnetiske og umagnetiske prøver er mere markant enn analyseresultatene gir inntrykk av, fordi magnetometermålinger av håndstykker viser ofte (5-6 tilfeller) variasjoner mellom magnetisk og ikke-magnetisk kromitt over såpass små avstander som 30-50m.

Forøvrig poengteres at ingen observasjoner indikerer noen sammenheng mellom kromittens sammensetning og de tilhørende peridotittbergarters sammensetning og omvandlingsgrad, hverken i denne peridotitt eller i andre undersøkte peridotitter.

Fig. 24 viser kromittanalyser for Nordvernesprøver sammenliknet med tilsvarende analyser fra andre peridotitter. Nordverneskromitt ser ikke ut til å skille seg ut fra kromitt fra andre peridotitter når det gjelder elementinnhold og variasjoner.

Se kapittel 9 for nærmere mineralogisk beskrivelse av kromitt.

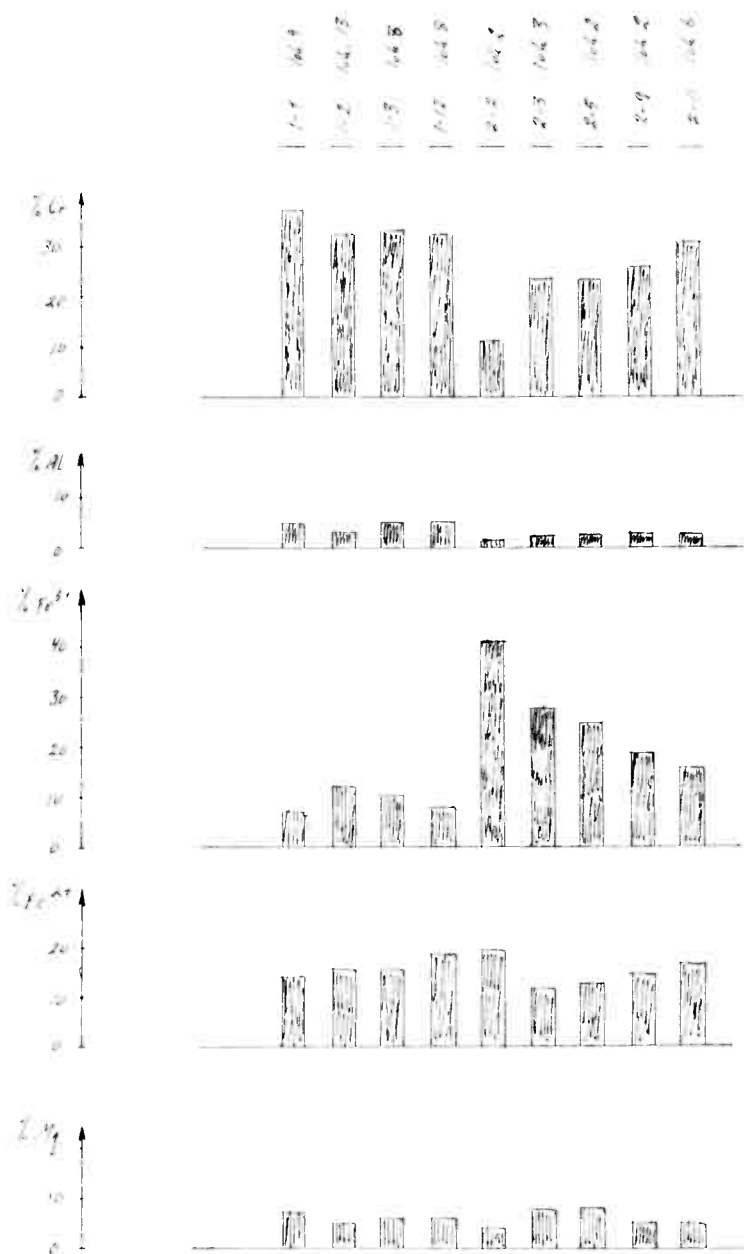


FIG. 23. Analysis of *Strobilomyces* sp. Fe³⁺ and Fe²⁺ as above.

MAGNETOMETRI

BAKGRUNN.

Håndstykker av kromittmalm er meget variabelt magnetiske, og gjorde på et tidlig stadium av feltarbeidet det klart at det relative forhold mellom kromitt og magnetitt i "kromitt" - mialeriseringer er ytterst variabelt.

På denne bakgrunn er det ikke utført systematiske magnetometermålinger med henblikk på å bestemme magnetitt-innhold og form ^{en del} av malmkonsentrasjoner.

Hensikten med de utførte målinger har vært rent kvalitativ, for sammen med overflate geologi og prøvetaking, å høste opplysninger om den generelle kromitt/magnetitt-opptreden. Se forøvrig kap.5 (Om magnetometri, side 65).

UTFØRELSE.

12 profiler er målt (p1 - p12, ^{BILAG II} fig.) langs terengmessig gunstige traseer, med endepunkter i karakteristiske terrengformasjoner og avmerket med vardeer.

Profilavstander er omtrentlig oppskrittet, vanligvis 10 m, men 5, 2, 1 og en sjelden gang også ½ m er benyttet for å oppfange særskilte skarpe magnetfeltvariasjoner.

Som 0-pkt. er benyttet en liten varde 10m øst for grinda ved veien i peridotittens vestrekant. Samtlige profiler refereres til dette 0-pkt.

Unøyaktighet i målepunktavstand kombinert med en ikke arealriktig (målestokken varierer) gjengivelse av peridotitten basert på flybilde (fig. 16 ^(s. 45)) medfører uoverensstemmelser mellom profillengdene som oppgis og de respektive plasseringer på kartet (fig. 16). Dette har imidlertid ingen betydning for resultatet av disse målinger.

RESULTAT.

De enkelte profiler omtales ikke i detalj da dette er forholdsvis uinteressant, og det gjøres intet forsøk på å beskrive magnetittholdige malmpartiets form, størrelser og magnetittgehalter. Se profilene, BILAG II.

Magnetometri har i grove trekk gitt følgende opplysninger:

1. Det magnetiske bilde som framgår av profilkurvene varierer meget, slake og forholdsvis jevne i enkelte områder over peridotitt og over gneis, til markant anomale partier med utpreget rask vekslning mellom høye magnetfeltverdier (1000-4000). Jevnt anomale partier er forholdsvis sjeldne (p3).

Skarpe konsentrasjoner skyldes magnetittkonsentrasjoner i ellernær overflaten. Mindre skarpe variasjoner skyldes mindre utpregede magnetittkonsentrasjoner i/ved overflaten og/eller markante konsentrasjoner i dypet.

Disseminert magnetittholdig "kromitt" (5-10%) med enkelte massivmalm slirer, knuter etc., i/nær overflaten gir utpregede anomalier (p3, 300-400m). Magnetittholdig massivmalm i form av flattliggende slirer, årer o.a. kan gi utslag oppmot 3-4000%.

Imidlertid er det påvist variasjoner i områder 5-15000%. Kildene er aldri i slike tilfelle observert blottet annet enn som litt kromitt/magnetitt her og der som ikke på noen måte skiller seg ut fra omkringliggende mineraliseringer, og antas å skyldes magnetittrike massivmalmslirer, årer, stokker etc. som er skråttstående og som såvidt stikker opp i/nær overflaten og forårsaker enorme vekslinger ved endepunktet. Se eksempelet i fig. — Bilag II (siste side).

2. Av fundamental betydning er det ^{naturlig} at enkelte av de rikeste malmpartier ikke eller i bare meget liten grad gir magnetometer-utslag (10-100%), noe som på en utmerket måte illustrerer magnetometrimetodens begrensning i denne sammenheng.

KONKLUSJON - MAGNETOMETRI.

Magnetometri gir rask forståelse for kromittmineraliseringers magnetittinnhold og er således velegnet for orienterende undersøkelser av kromittforekomster i denne type peridotitter. Imidlertid gir ikke magnetometri i dette tilfellet opplysninger av avgjørende betydning som ikke samtidig oppnåes ved kombinasjon av overflategeologi, prøvetaking og analyser.

Magnetometri underbygger i dette tilfellet følgende forhold:

- meget stor variasjon i forholdet kromitt/magnetitt (se side 7) om analyseresultatene).
- magnetittrike konsentrasjoner i dypet, noe som med stor sannsynlighet kan sies på grunnlag av overflategeologi og analyser

Magnetometri sier altså intet om om ikke-magnetiske kromittmineraliseringer i dypet, men siden magnetittmineraliseringer forekommer i dypet og både magnetitt- og kromittmineraliseringer finnes i overflaten, kan det antas at også ikke-magnetittholdige kromittmineraliseringer (malmer) forekommer i dypet.

Kapitel 5. Magnetometri.

Generell omtale.

På grunnlag av magnetiske flymålinger foreligger et kart i målestokk 1:250000 (se senere omtale).

I forbindelse med feltarbeidet er det utført magnetometermålinger langs profiler over endel peridotitter.

Hensikten med bakke-målingene:

1. Innhente opplysninger om kromittens opptreden i dypet.
2. Om mulig å komme fram til en nærmere forståelse for en eller flere kromittmalms opptreden i dypet, med hensyn på form, størrelse og gehalter.

I praksis kan man stort sett regne magnetitt som det eneste mineral med såpass høy susceptibilitet at vil kunne gi magnetiske anomalier (magnetitt har susceptibilitet ca.1.0, magnetkis ca.0.1 og ilmenitt ca.0.1, for å nevne de 3 vanlige mineraler med høyest susceptibilitet; ifl. Aalstad og Aam, 1972).

Det viktige med denne undersøkelsen er imidlertid kromitt, ikke magnetitt. Omstendighetene vil bli nærmere redegjort for i det følgende:

Det er alment kjent at magnetitt 'opptrer' i norske peridotitter i tildels meget varierende mengder. Dette gjelder også for Lurøy-Røddøy peridotittene. Videre er det kjent at også kromitt forekommer i de norske peridotitter i større eller mindre grad avhengig av i hvilke område av landet man befinner seg. Lurøy-Røddøy området regnes å ha spesielt kromittrike peridotitter.

Kromitt og magnetitt er krystallografisk meget like mineraler (dog med meget forskjellige magnetiske egenskaper, se forøvrig under kap.6 "Det magnetiske aspekt", side 87).

Begge tilhører spinellgruppen og de regnes begge å være tidlig krystalliserte mineraler i eruptivbergarter.

Med bakgrunn i disse opplysninger er det grunnlag for å anta at kromittens opptreden i peridotitter er nært forbundet med magnetittens opptreden. Hvis denne antakelsen er riktig (noe den har vist seg å være), og hvis samtidig det relative ^{men}forholdet mellom kromitt og magnetitt er forholdsvis konstant (noe det har vist seg å ikke være), da og bare da vil en ved magnetometri kunne bli i stand til å beregne kromittmalmer's størrelse, form og gjennomsnittsgehalter i dypet. Man vil da også bli i stand til å finne omtrentlig det totale kromittinnholdet i utvalgte peridotitter.

Imidlertid har det vist seg at selv om kromitt og magnetitt er nært forbundet i geologisk opptreden, så er det relative mengdeforhold tildels meget varierende, sågar i samme peridotitt.

En magnetometrisk ^{nøkkel} til en forståelse for form, størrelse og gjennomsnittsgehalter for kromittmalmer i dypet eksisterer således ikke. Likevel har de utførte målinger gitt en bedre forståelse i og med at magnetitt konsentrasjonsvariasjoner under overflaten har gjenspeilet seg i de målte magnetfelter. Dette som en bekreftelse på at den store variasjoner observert i overflate mineralisering og overflate prøver, også eksisterer i dypet. Disse forhold vil forøvrig bli beskrevet nærmere i hvert enkelt tilfelle.

Magnetometri - Bakkemålinger.

Herunder beskrives i første rekke de praktiske sider ved målingene. Til målingene er benyttet et kompensasjonsmagnetometer av type GM 59A på stativ. Målingene er utført langs profiler over over peridotitter samt også over en del av sideberget i den grad topografiske årsaker har tillatt dette. Profilplassering og retning er valgt med henblikk på å dekke en størst mulig del av de målte peridotitter, altså fortrinnsvis langs de respektive peridotitters lengste utstrekning. Alle ^{undersøkte} peridotitter er ikke målt. I de fleste tilfeller er det målt et profil. I et tilfelle, den detaljundersøkte peridotitt ved Nordvernes, er hele peridotitten blitt dekket av profiler. En nærmere beskrivelse av profilene og resultatene er vedlagt hver enkelt peridotittbeskrivelse (under kap.4).

Ved orienterende målinger av malmstuffer ble på et tidlig stadium av feltarbeidet følgende forhold klargjort:

1. Enkelte malmstuffer (massiv malm og disseminert malm) er sterkt magnetiske mens andre ikke er magnetiske eller i alle fall ikke gir magnetometerutslag. Av dette kan sluttet at enkelte malmstuffer er sterkt magnetittholdige^{og} sågar i noen tilfeller består av ganske ren magnetitt, mens andre ikke eller i bare helt ubetydelig grad er magnetitt holdige. Således er det relative mengdeforholdet mellom kromitt og magnetitt sterkt varierende.
2. Denne variasjonen gjelder ikke bare mellom peridotitter men også innen peridotitter, og er funnet å være tildels meget markant i den detaljundersøkte peridotitt ved Nordvernes (se side 48).
3. Peridotittbergarter uten synlig ertsmineralisering (magnetitt/~~og~~ kromitt) er som ventet aldri funnet å være magnetiske.

Som en konklusjon på grunnlag av magnetometermålinger av kromittholdige stuffer kan det sies følgende:

1. Det er ikke mulig på grunnlag av magnetometri å beregne kromittmalms forløp i-dypet og omtrentlige gehalter i dypet.
2. Det vil likevel kunne høstes nyttige opplysninger om kromittmineraliseringene (egentlig kromitt og magnetitt) i dypet, ved å observere magnetfeltets variasjoner på overflaten.

På grunnlag av pkt.2 ovenfor er det funnet å være hensktmessig å utføre magnetometriske målinger over peridotitter. Se figurer med kommentarer på de 2 neste sider.

Flymagnetiske målinger.

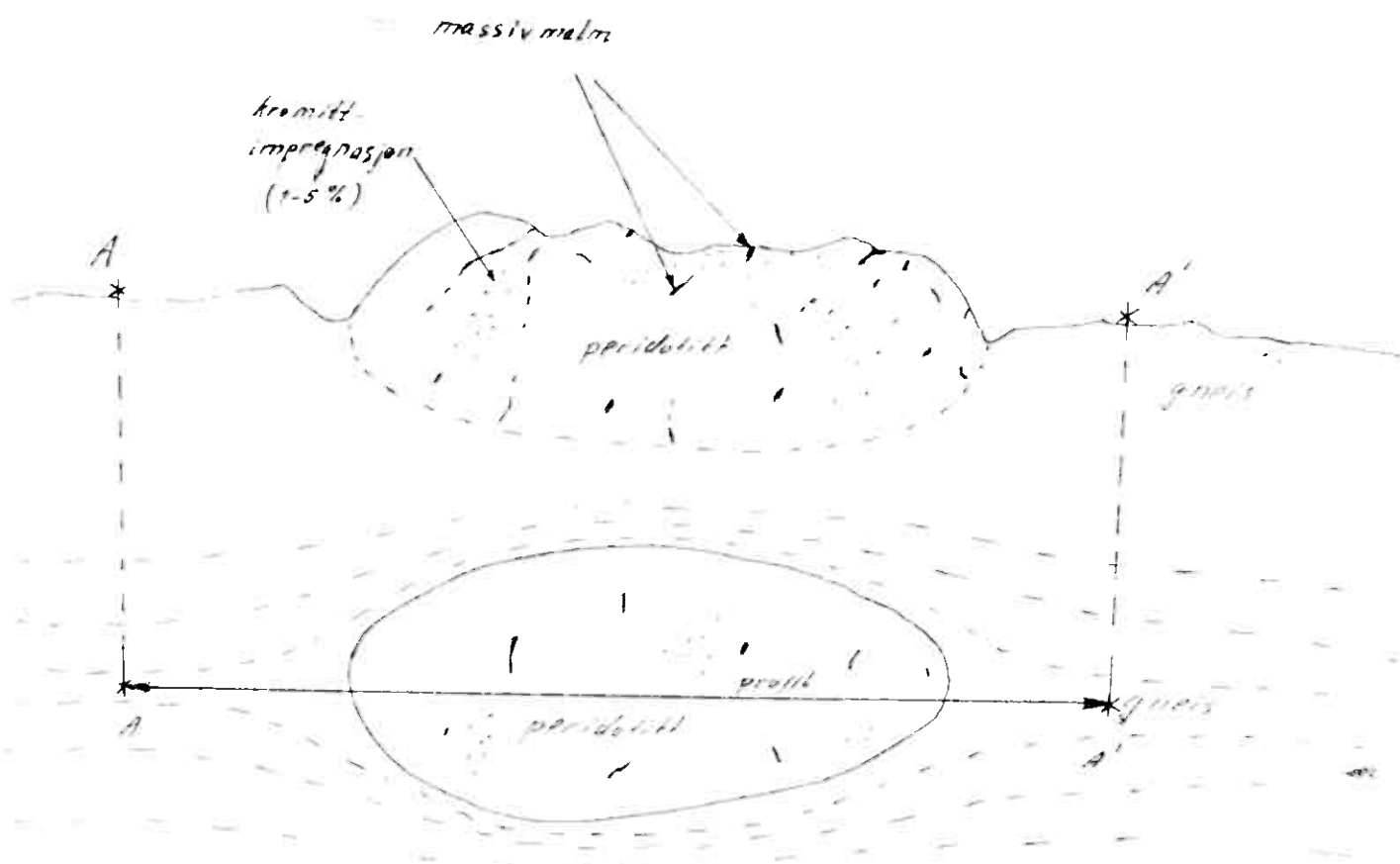
Kartblad MO I RANA foreligger. Magnetisk totalfelt 1:250000.

Ingen av de undersøkte peridotitter framtrer på dette kartet. ^(46 vedlagt)

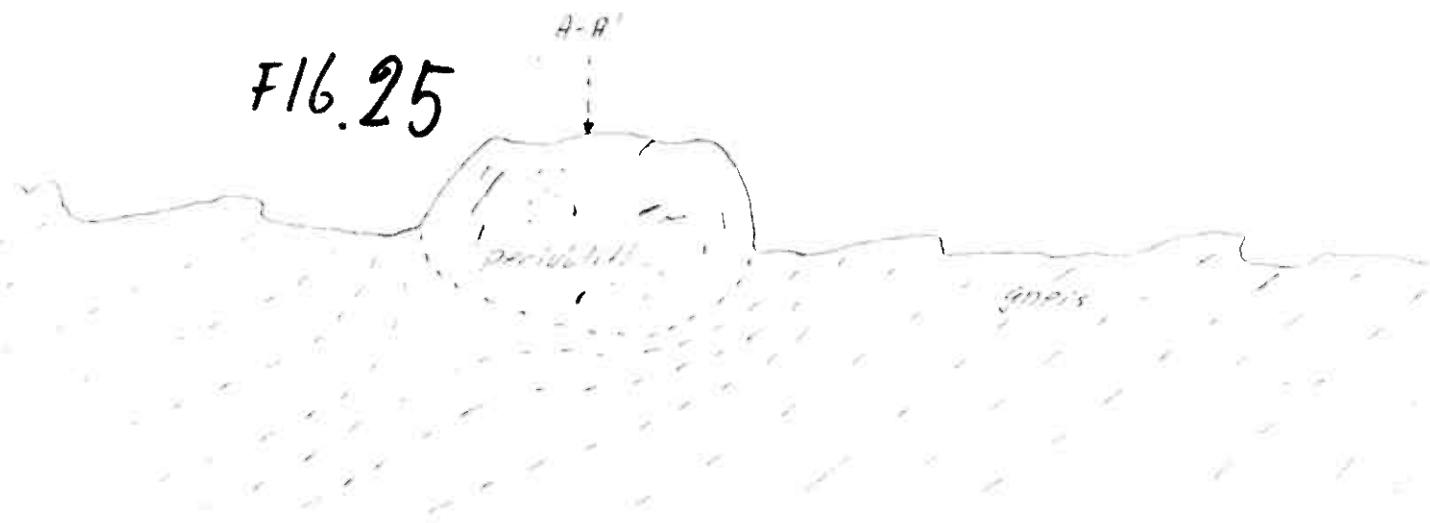
Kartet er interessant fordi at det viser 3 utpregede anomali-områder hvorav det ene har ukejennte årsaker og ligger over de vestlige deler av det i dette arbeid undersøkte område, nærmere bestemt Nesøy og omkringliggende havområder, spesielt i sydvestlig retning. De krom-førende peridotitter Æsjeholmen I, II og III ligger ved sydenden av Nesøy (se side 42). Det store spørsmål er om det eksisterer en sammenheng mellom årsaken til den store anomali (magnetittmineraliseringer) og disse peridotitter. Spørsmålet står ubesvart. Forøvrig finnes på Nesøy en pegmatittgang (i granitt) med magnetittknuter (Rekstad.1925).

Figuren nedenfor representerer et forsøk på å illustrere kromitt mineraliseringer i peridotitt (konstruert eksempel). Noe kromitt er synlig i overflaten som enkelte dm-tykke slirer av massivmalm samt noe disseminert kromitt her og der. Noe av kromitten er magnetisk og noe er ikke magnetisk. Bare magnetisk kromitt (magnetittholdig) påvirker magnetfeltet i peridotittoverflaten og er således registrerbar. Magnetittkonsentrasjonene (kromitt) er meget utpregede med det resultat at magnetometrimålinger tildels kan bli vise meget store magnetfeltvariasjoner over små avstander.

100 m



F16.25



Kapitel 6. Kromitt mineralogi.

Analyser.

Av de innsamlede prøver ble det ~~tatt~~ et utvalg for utseparering av kromitt.

Videre behandlingsprosess:

1. Et utvalg kromittholdige stuffer nedknauses, finstoffet vaskes bort, og det resterende materialet siktes mellom 80 og 120 mesh
2. Med håndmagnet utskilles en eventuell magnetitt fraksjon.
3. Materialet sendes gjennom Franz magnetseparator for ^(Franz Isodynamic separator Model L-1) å skille kromitten fra bergartsmineraler ellers.
4. Mindre rene kromittkonsentrater utsepareres videre i den tunge væske Metyleniodid (sp.v. 3.32).
5. Den resterende kromittfraksjon analyseres (atomabsorpsjon, NGU-Kjemisk avdeling).

Kommentarer til prøvebehandlingen:

- vedrørende pkt. 2 og 3.

Kromitten viser meget stor variasjon i magnetisk susceptibilitet. Enten lar all kromitt i hver enkelt prøve seg skille ut med håndmagnet eller så lar intet seg skille ut. Aldri lar det seg fra samme prøve seg skille ut både et magnetisk og et umagnetisk kromitt konsentrat.

De magnetiske kromittfraksjoner viser en markant stor variasjon i magnetisk susceptibilitet (subjektiv bedømmelse, magnetiske susceptibiliteter er ikke målt).

De ikke-magnetiske kromittfraksjoner viser i magnetseparatoren bare en ganske ubetydelig variasjon i susceptibilitet.

Den sannsynlige forklaringer at den magnetiske kromitt inneholder magnetitt (i varierende grad fra prøve til prøve), enten som sammenvoksninger mellom korn eller på annen måte (se side 84) og at den umagnetiske kromitt er magnetittfri.

- vedrørende pkt.4,

Magnetseparatoren gir for enkelte prøver forholdsvis urene konsentrater.

For disse vanskelige prøver gir Metyleniodid (sp.v.332) vesentlig bedre resultater. Se fig 29 (side 75).

- vedrørende punkt 5.

Analysemetoden som er benyttet er egentlig lite egnet for denne type analyser. Atomabsorpsjon gir ikke nøyaktige resultater i samme grad som kjemiske analyser, og vil for de høygehaltige elementer Cr og Fe kunne gi seg utslag i avvik fra de korrekte verdier på kanskje 3-4% for de mest ekstreme verdiers ~~se~~ vedkommende.

Kjemiske analyser gir vesentlig nøyaktigere resultater, men er en omstendig prosess, særlig for kromitt fordi kromitt er spesielt tungt løselig. Kjemiske analyser tar følgelig vesentlig lengere tid samt koster mere. Kravene til nøyaktighet ved denne i grunnen orienterende kromittundersøkelse er imidlertid ikke store, og i grunnen ganske tøyelige.

Det er ikke om å gjøre å vite verdier med tiendedelers eller hundredelers nøyaktighet, men bli i stand til å observere de generelle størrelsesforhold, de grove variasjoner og tendenser, i første rekke for elementene Cr, Fe, Mg og Al.

Dette er oppnådd.

En vesentlig innvending mot analysemetoden er at den ikke gir Fe^{2+} og Fe^{3+} , bare Fe totalt.

ANALYSERESULTATET (se fig. 27 side 74).

Prøvene 1-1 til 1-12 (1-10 er ikke analysert p.g.a. for lite prøvemateriale) representerer umagnetiske prøver (ikke magnetittholdig).

Prøvene 2-1 til 2-12 representerer urpreget magnetiske prøver (magnetittholdige).

Prøve 3-1 er en malmprøve (se spesiell omtale side).

Foreløpig kommentarer:

1-1 til 1-10

- lavt cr/Fe forhold
 - verdiene for Cr, Fe, Mg og Al varierer forholdsvis meget.
 - tildels store variasjoner for enkelte av de andre elementer, særlig Ti. *Enkelte høye Ni-verdier skyldes innhold av sulfider.*
- Forøvrig er verdiene forholdsvis lave og derfor lite interressente, kanskje med unntak av prøve 1-12 for Ti og Mn.

2-1 til 2-11

- meget sterk variasjon for Cr og Fe, antakelig forårsaket av varierende magnetittkomponent. Således kan 2-3 og 2-7 oppfattes å representere forholdsvis rene magnetitter.
- Ti, Ni og Mn viser interressente variasjoner.

3-1 Prøven representerer ren malm.
Det høye Mg innholdet skyldes olivin.
Ni innholdet er høyt (0.45%).

Det viktige er nå å kunne utnytte de foreliggende analyseresultater for å oppnå en god forståelse for kromitt i de undersøkte peridotitter, samt også å presenter analyseresultane på en slik måte at sammenlikningen med de forskjellige kvalitetskriterier som stilles til kromitt til de forskjellige anvendelsesområder frangår med stor tydelighet.

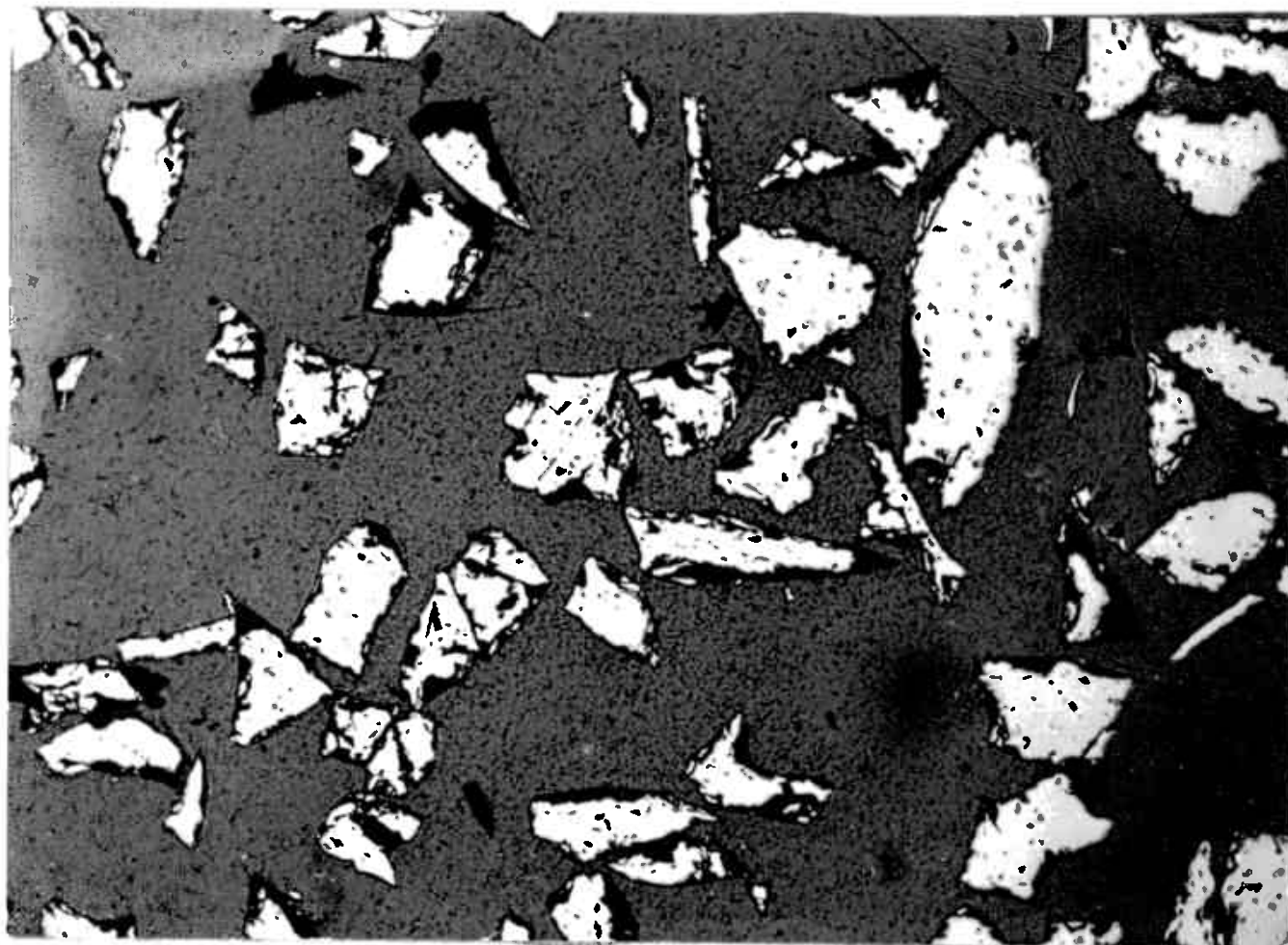
ANALYSERESULTATER

1961-74

F16.27 74

Prøve	Funnelt ved atmosfæriske tryk										Ufregnet (Se side 1)	
	Cr	Fe	Mg	Mn	V	Ti	Ni	Zn	Mo	Co	Fe ²⁺	Fe ³⁺
1-1	31	21	6.2	4.6	0.07	0.05	0.08	0.15	0.18	0.03	13.2	6.8
1-2	32	21	4.6	2.7	0.03	0.03	0.13	0.18	0.40	0.03	15.3	11.7
1-3	33	25	6.3	4.5	0.03	0.07	0.11	0.18	0.31	0.04	15.0	10.0
1-4	31	23	4.6	7.3	0.05	0.16	0.11	0.13	0.21	0.03	17.0	6.0
1-5	31	32	5.0	7.1	0.08	0.14	0.10	0.13	0.20	0.04	16.2	6.8
1-6	33	20	5.7	5.3	0.03	0.03	0.08	0.25	0.15	0.04	13.0	7.0
1-7	31	30	2.1	5.0	0.09	0.13	0.12	0.18	0.25	0.04	21.3	8.7
1-8	36	20	4.7	5.6	0.11	0.17	0.06	0.19	0.19	0.03	15.9	4.1
1-9	33	24	2.3	4.4	0.09	0.15	0.20	0.16	0.18	0.03	21.1	7.9
1-10	46% andyrolt											
1-11	24	18	7.6	11.3	0.09	0.13	0.10	0.15	0.16	0.03	15.9	2.1
1-12	32	26	5.6	4.6	0.04	0.04	0.10	0.18	0.37	0.03	18.2	7.8
2-1	16	49	6.0	0.7	0.07	0.07	0.34	0.15	0.22	0.04	13.4	35.6
2-2	11	60	3.7	1.2	0.05	0.01	0.58	0.07	0.21	0.04	19.1	40.9
2-3	23	39	7.1	1.9	0.03	0.01	0.45	0.10	0.36	0.04	11.1	27.3
2-4	0.3	71	2.1	1.6	0.15	0.66	0.06	0.05	0.12	0.03	21.7	44.3
2-5	23	37	7.4	2.7	0.02	0.00	0.32	0.14	0.28	0.03	12.1	24.9
2-6	23	40	2.5	3.2	0.15	0.26	0.34	0.10	0.15	0.04	20.0	20.0
2-7	15	66	1.9	1.1	0.25	0.25	0.06	0.04	0.16	0.03	20.3	45.1
2-8	28	31	7.0	3.8	0.05	0.05	0.27	0.14	0.35	0.03	12.8	18.2
2-9	26	39	4.9	2.4	0.05	0.13	0.27	0.11	0.75	0.04	14.5	13.5
2-10	25	31	4.6	2.4	0.05	0.13	0.27	0.10	0.77	0.03	15.9	21.1
2-11	31	32	4.8	2.7	0.04	0.08	0.21	0.17	0.37	0.04	16.4	15.6
3-1	4.7	25	17.2	2.9	0.07	0.09	0.45	0.05	0.08	0.02		
7-111 1-12	32.6	23.6	4.7	5.7	0.07	0.15	0.11	0.17	0.24	0.03	16.7	7.1
1-112 1-1	18.9	42.0	4.7	2.2	0.08	0.15	0.29	0.11	0.34	0.04	16.2	28.4
1-111 1-1	25.7	34.3	4.8	3.9	0.08	0.15	0.20	0.14	0.29	0.04	16.5	16.0

F16.27



Polerslip preparat av analysert kromittprøve (1-11).

Kommentar:

Bildet er forholdsvis representativt for de analyserte kromittprøver, og viser liten bergartsforurensing.

Unøyaktighet i analysene (Mg fra olivin, særlig) forårsaket av bergartsforurensing kan antas å være ubetydelig.

F16.28.

Kryssplottinger av analysedata.

Figurene 29 - 35 viser sammenhenger mellom elementene Cr, Fe, Al og Mg for de analyserte kromittprøver, og beviser at den generelle kromittformelen $\frac{(Mg, Fe)(Cr, Al, Fe)}{2}O_4$ har gyldighet. Se forøvrig kommentarene ved hver enkelt figur.

Ved datamaskin (Univac 1108, NTH) er elementene V, Ti, Ni, Zn og Mn plottet mot Mg, Al, Cr og Fe i alle mulige kombinasjoner, samt seg imellom, uten at klare sammenhenger er påvist, med ett unntak: Zn ser ut til å følge Cr (fig. 36).

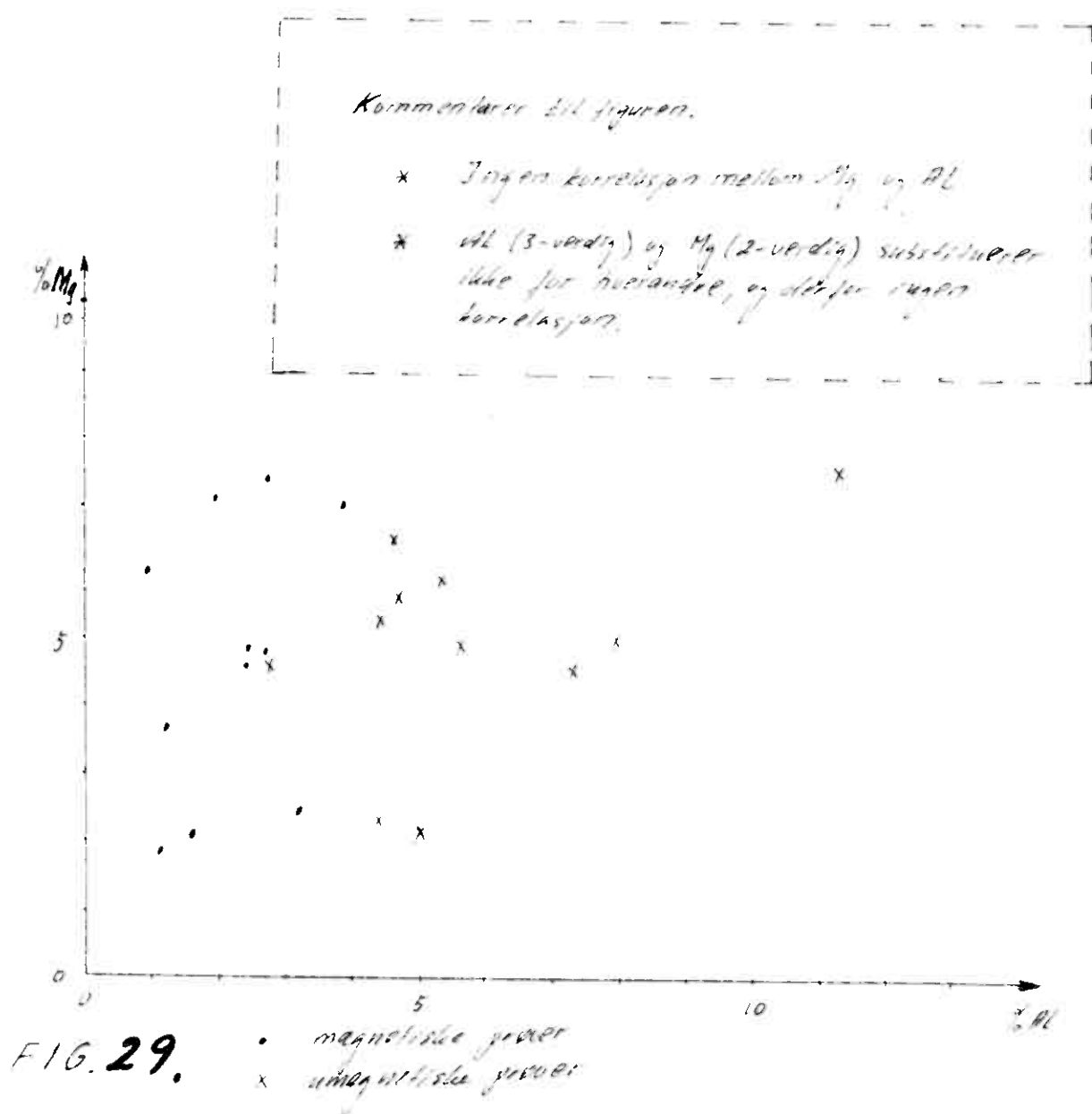
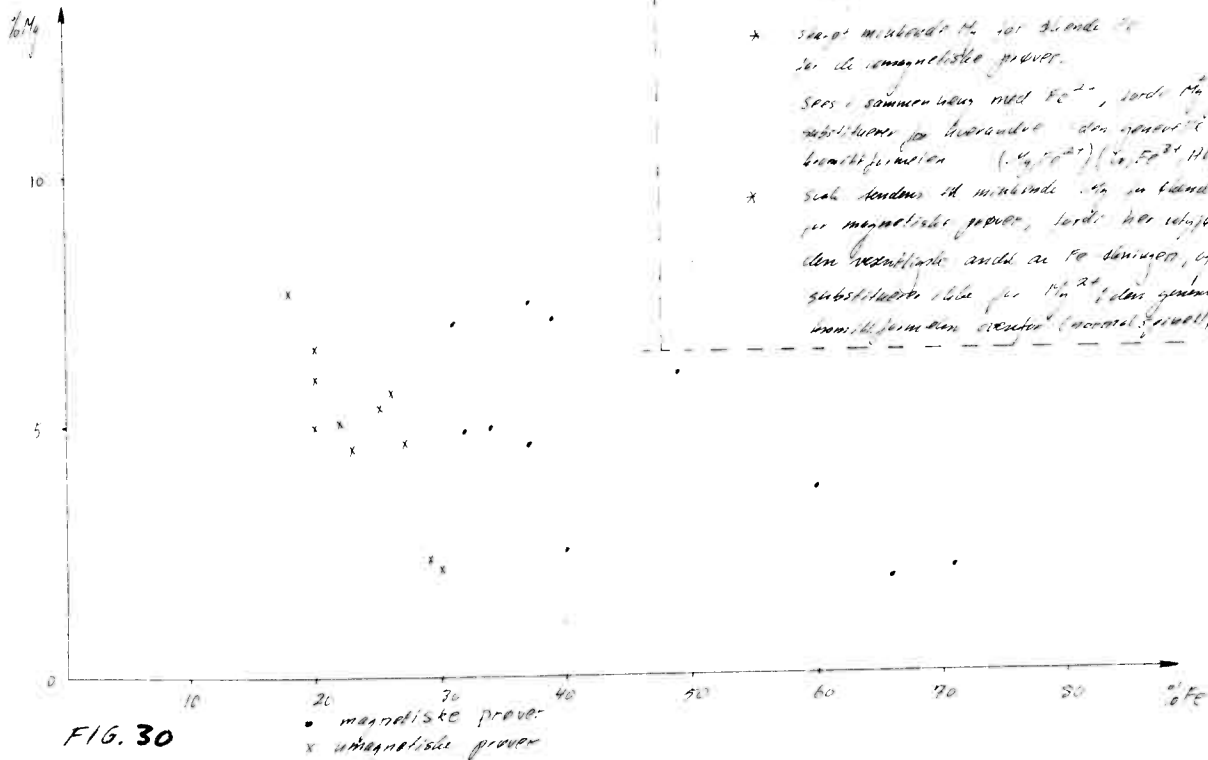


FIG. 30



Kommentarer

- * Sees at mindede 14 for blende Fe for de magnetiske prøver. Sees i sammenhæng med Fe^{2+} , fordi Mn^{2+} Fe^{2+} substituerer for hinanden den samme kræfter i nettet (Fe^{2+}) (Fe^{2+} , Mn^{2+})
- * Sees kendes at mindede 14 for blende Fe for magnetiske prøver, fordi her udgør Fe^{3+} den største andel af Fe i blende, og Fe^{3+} substituerer ikke for Mn^{2+} (den samlede kræfter i nettet) (magnetisk prøver).

Fig 31

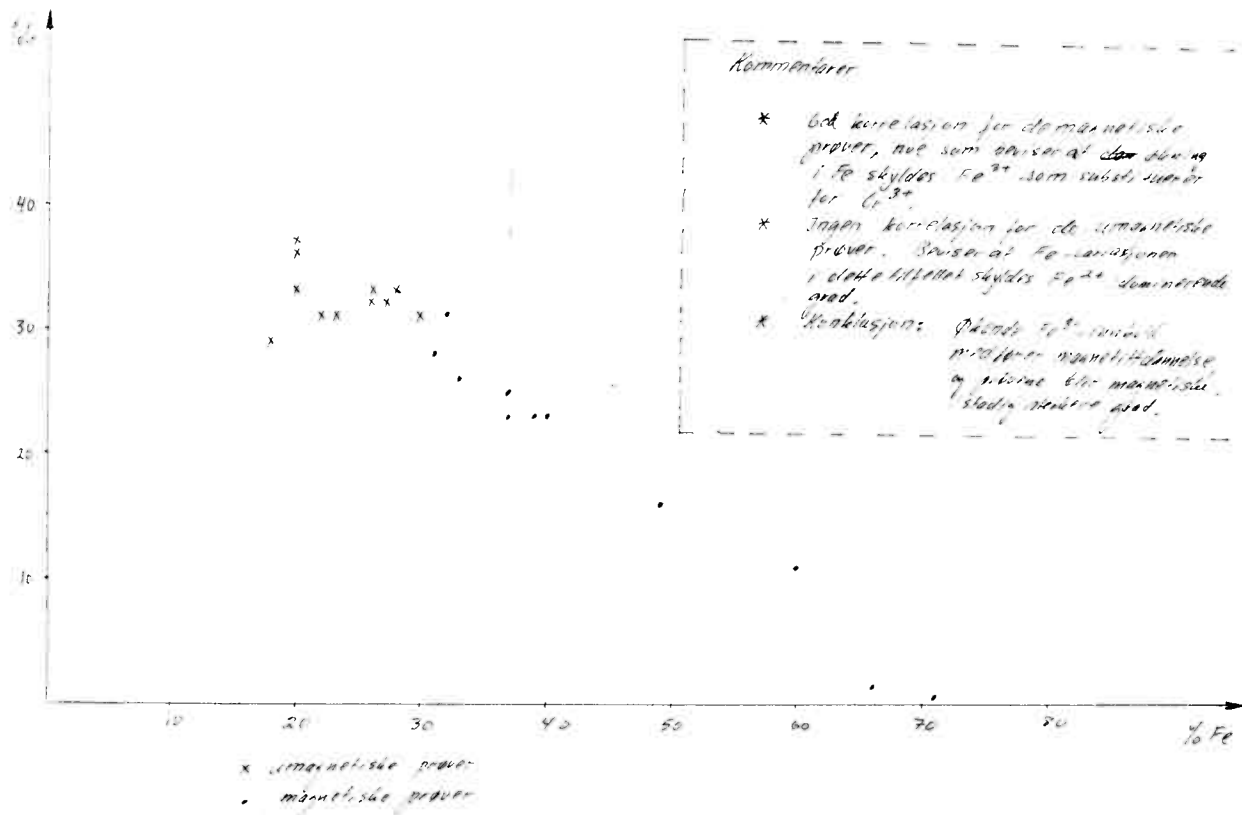


Fig 31

Kommentarer

- * God korrelation for de magnetiske prøver, men som observeret den skævhed i Fe skyldes Fe^{2+} som substituerer for Co^{2+} .
- * Ingen korrelation for de hematitiske prøver. Observeret Fe-variationen i de fleste tilfælde skyldes Fe^{2+} dominerende ind.
- * Konklusion: Phosfor Fe^{2+} indholdet i magnetitindholdet og indholdet af magnetitisk indholdet i de hematitiske prøver er stort set ens.

Fig. 32

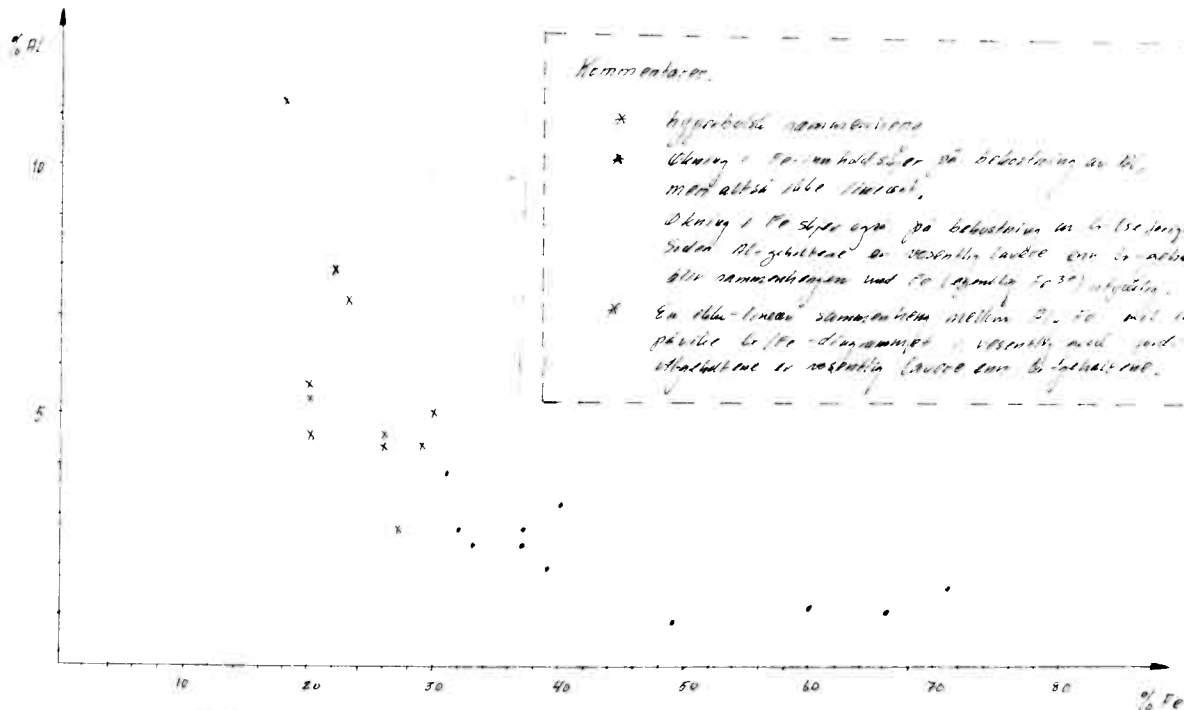
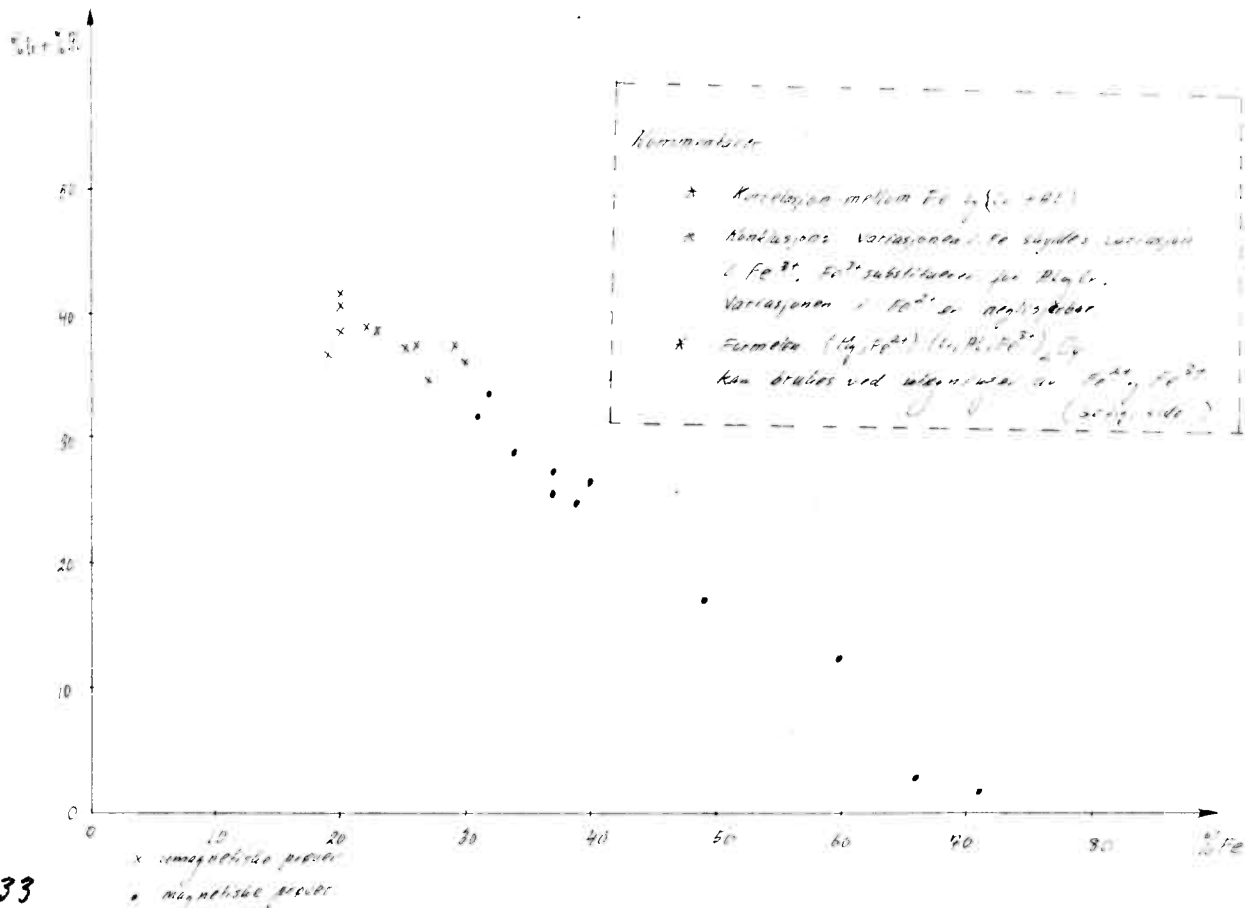


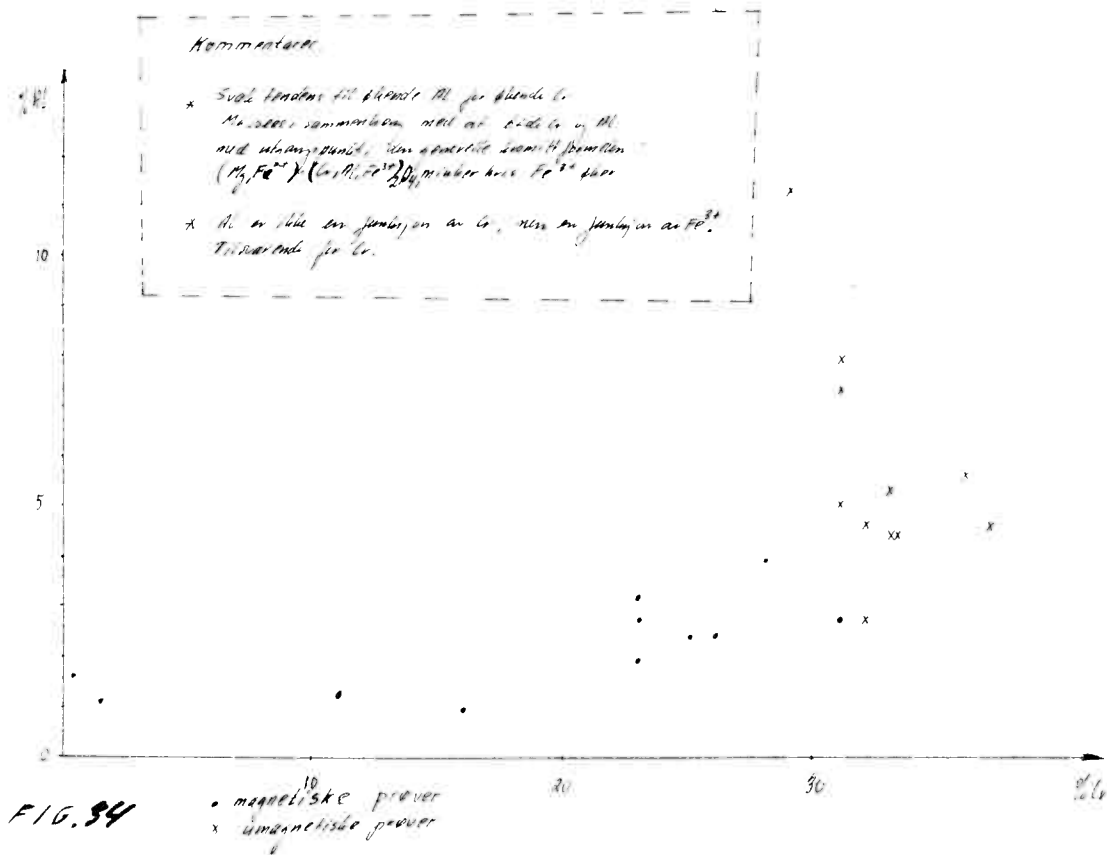
Fig 32

F16. 33



F16 33

FIG 34

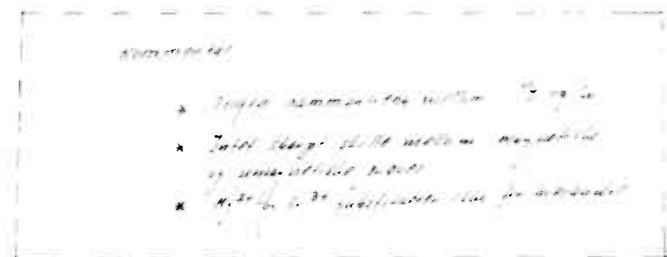


F16.35



F16.35

• statistiske prøver
x observationer



20

30

40

100

FIG. 36

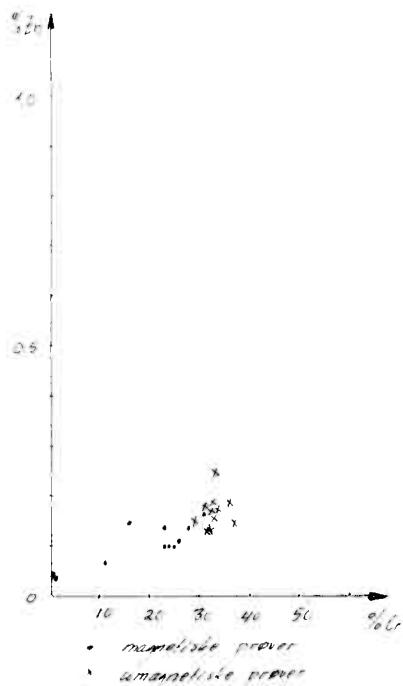
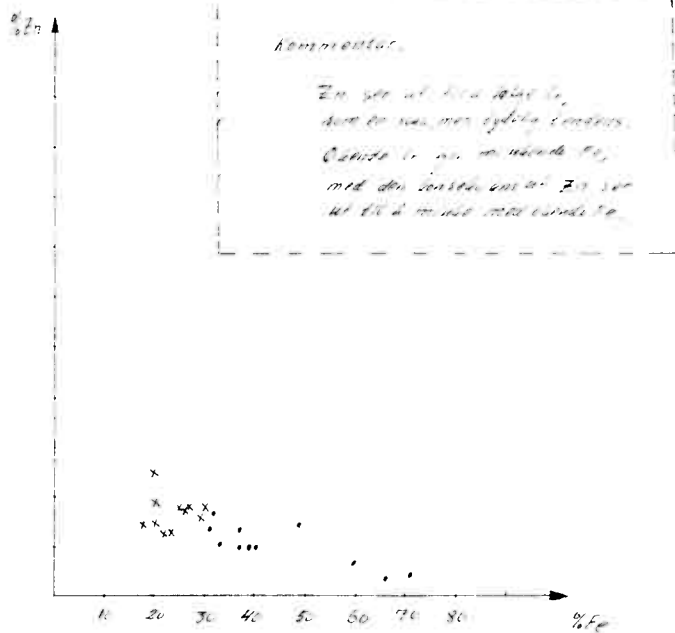


FIG. 36



Mineralogisk beskrivelse.

(Kilde: Battey, 1972, s. 202)

Hvis man tenker seg O^{2-} ioner puttet sammen i kubisk tetteste pakning, for enkelhets skyld 32 O^{2-} ioner, så vil en slik struktur inneholde 64 tetraedriske mellomposisjoner (A-posisjoner) og 32 oktaedriske mellomposisjoner (B-posisjoner).

8 A-posisjoner og 16 B-posisjoner fylles med kationer på en slik måte at fyllte oktaederposisjoner (hjørne til hjørne) orienteres diagonal: i den kubiske strukturen, og danner sammen med sammenbindende fyllte tetraederposisjoner et lag slik som illustrert i fig. 37a.

4 slike lag danner en enhetscelle i et spinellmineral, hvis nedre halvdel illustreres ved fig. 37b.

Imidlertid er kationene av 2 typer (se spinellformelen ovenfor), 2-verdige og 3-verdige, hvorav det minste har en tendens til å gå inn i oktaederposisjoner.

Dette gir som resultat 2 typer spineller, normale spineller og inverse spineller, avhengig av hvorvidt Me^{2+} kationene er mindre eller større enn Me^{3+} kationene.

1. Normale spineller

Me^{2+} kationer i A-posisjoner.

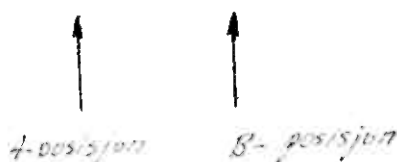
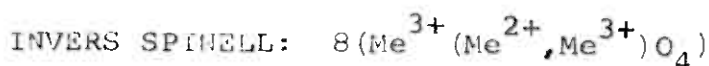
Me^{3+} kationer i B-posisjoner.

2. Inverse spineller

8 av 16 Me^{3+} kationer i A-posisjoner.

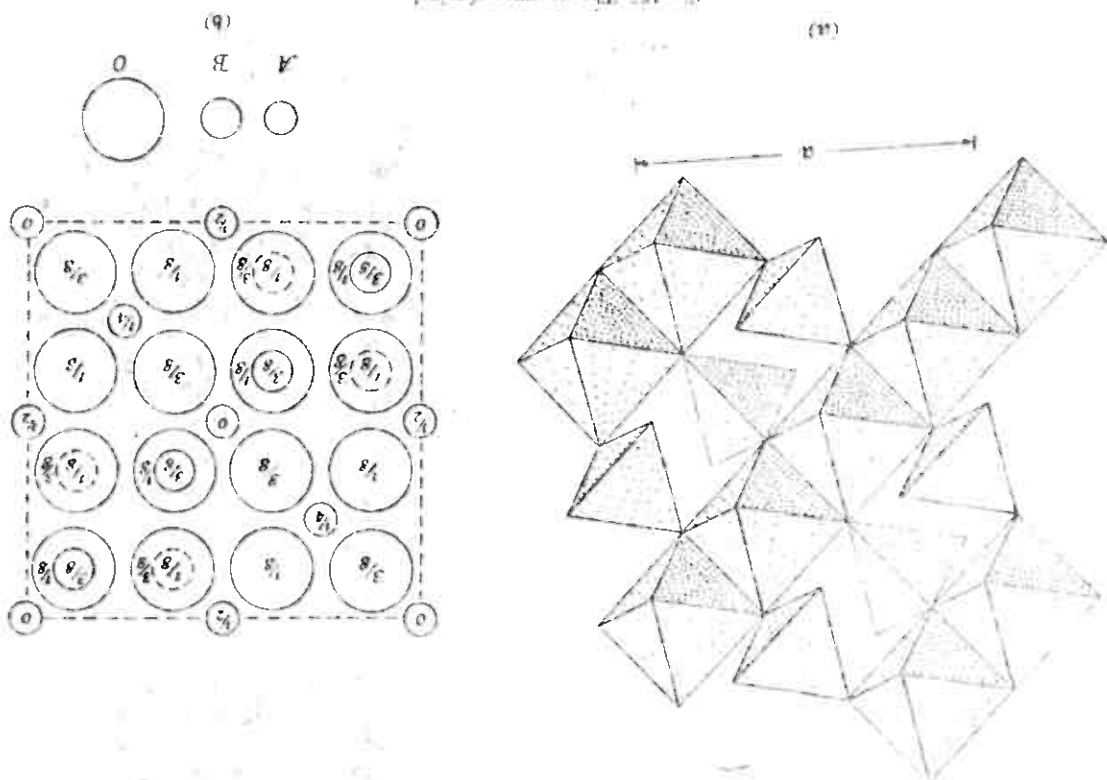
Me^{2+} kationene samt de resterende

3 Me^{3+} kationer i B-posisjoner.



58

Fig. 187. The structure of epial.



Solid solution er mulig innen de forskjellige serier (fig.37).
 Spinellserien (aluminium spineller) og kromittserien
 (krom spineller) er normale spineller, mens magnetittserien
 (jernspineller) er inverse spineller (*unplatt Franklinitt, $ZnFe_2O_4$*).

Det magnetisk - mineralogiske aspekt.

Kromittprøver fra Lurøy-Rødøy området viser kraftige variasjoner i magnetiske egenskaper. De magnetiske susceptibiliteter er ikke målt, men det er likevel mulig å skape seg en relativ oppfatning av i hvor stor grad de forskjellige prøver er magnetiske ved å studere deres påvirkning av en kompassnål. Kromittprøvene er som tidligere omtalt utskilt i 2 grupper, hvorav den ene er såpass kraftig magnetisk at har latt seg utskille med håndmagnet fra nedknust stoff (se nærmere beskrivelse om prøvebehandlingen, side 71). Selv ved denne enkle utsepareringsprosessen observeres en kraftig variasjon i magnetiske egenskaper. De utpregede magnetiske prøvene er plottet som kryss i fig. 41 (side 98).

Den andre prøvegruppen betraktes som "umagnetisk" i og med at den ikke har latt seg påvirke av håndmagnet. Ved utskilling fra bergartskorn i magnetseparator er det dog observert en svak variasjon i magnetisk susceptibilitet. Se forøvrig omtale av utsepareringsprosessen på side 71.

Som nevnt ovenfor er systematiske målinger av magnetiske susceptibiliteter ikke utført, så det kan derfor ikke sies noe definitivt om de magnetiske egenskaper i forhold til innholdet av de forskjellige ioner i prøvene. Imidlertid er det en klar tendens til at innholdet av Fe^{3+} (s. 74) har avgjørende innflytelse på de magnetiske susceptibiliteter.

Denne oppdagelsen er meget interessant, og må sees i sammenheng med dannelsen av såkalte inverse spineller. En mere detaljert omtale av magnetisme og inverse spineller vil bli gitt senere.

Årsakene til den kraftige variasjonen, en variasjon som ikke bare eksisterer mellom peridotitter men også innen peridotitter, antas å skyldes små variasjoner i magmaets red./oks. - forhold den gang kromitten krystalliserte.

Se kapitel om genese for nærmere omtale.

MAGNETISME

Alle stoffer er magnetiske. De magnetiske egenskaper har sitt sete i elektronene til atomer eller ioner, som igjen er byggestenene i krystaller, og som settes sammen i tildels meget komplekse strukturer.

I denne forbindelse er det interessant å se nærmere på de faktorer som er avgjørende for mineralers magnetiske egenskaper, for dermed kanskje å kunne forklare den store magnetisme-variasjonen i Lurøy-Røddøy kromittene.

Ifølge Battey (1972) er følgende forhold¹⁹⁰ bestemmende for mineralers magnetiske egenskaper:

1. Magnetisk susceptibilitet.

Forholdet mellom det resulterende magnetiske moment (M) når et krystall plasseres i et eksternt magnetfelt og dette feltet (H).

$$\chi = M/H$$

2. Diamagnetiske stoffer,

Assosieres med elektronenes spinn.

χ er svakt neg.

3. Paramagnetiske stoffer.

Assosieres med elektronenes fordeling i rommet.

χ er svakt pos.

En nærmere ~~redegjørelse~~-for forklaring av begrepene paramagnetisme og diamagnetisme blir i denne forbindelse ikke gitt.

4. Ferromagnetisme.

Ferromagnetiske stoffer tiltrekkes kraftig av selv et svakt magnetfelt og magnetiseres permanent av dette.

5. Antiferromagnetisme.

På grunn av samvirke mellom nærliggende atomer kan man få en tilstand (i visse krystaller) hvor elektronspinnene parallelliseres, men med motsatt retning, uten at dette medfører noe permanent magnetisk moment.

6. Ferrimagnetisme.

En antiparallell oppstilling av elektronspinnene hvor komponentene ikke er like store.

Dette medfører et permanent magnetisk moment.

INVERSE SPINELLER/MAGNETISME

Som tidligere beskrevet (side) er 8 tetraedriske posisjoner i spinellstrukturen (A-pos.) og 16 oktaedriske posisjoner (B-pos.) fylt med metallioner på en slik måte at kjeder av oktaedriske grupper ligger parallellt til de kubiske diagonaler. Disse kjeder kryssbundes av tetraedriske grupper (fig.37, side85).

2 - og 3-verdige metallioner fordeles på følgende måte:

1. Normal spinell.
 Me^{2+} ioner i A-pos. og Me^{3+} ioner i B-pos.
2. Invers spinell.
 Halvparten av Me^{3+} ionene i A-pos., og resten av Me^{3+} ionene og samtlige Me^{2+} ionene i B-posisjoner.

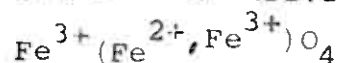
De magnetiske egenskaper forklares således (Battey, 1972, s.92): A og B posisjoner danner 2 subgitter innenfor hovedgitteret. Når posisjonene fylles med blandede ioner får man flere typer av samvirke mellom nærliggende metallioner:

A-A, B-B og A-B.

En forenklet forklaring på magnetisme fåes ved å anta at A-B samvirkningen er den sterkeste, og at dette samvirket medfører antiparallell (antiferromagnetisk) arrangement av spinnene til metallionene i A og B posisjonene.

I en invers Fe^{3+} spinell opphever Fe^{3+} A-spinnene den magnetiske virkningen fra Fe^{3+} B-spinnene, og det resulterende magnetfeltet skyldes momentene til Fe^{2+} ionene i B-posisjoner.

På bakgrunn i den antakelse at bare Fe^{2+} ionene gir det magnetiske momentet i en invers magnetisk jernspinell (magnetitt), kan formelen skrives som følger:



KONKLUSJON:

Lurøy-Røddøy kromittenes utpregede variasjon i magnetiske egenskaper skyldes variasjoner i magnetittinnhold, ved at Fe^{2+} -ioner inngår i B-posisjoner (oktaederposisjoner) i krystallstrukturen.

Røntgenundersøkelser.

A. SPEKTROMETRI.

Kun orienterende kvalitative undersøkelser er foretatt.

1. Kromittprøver.

10 kromittprøver er undersøkt på et tidlig stadium etter feltarbeidet for å velge ut de elementer på hvilke kromittanalyser skulle utføres.

Følgende elementer er påvist:

- hovedelementer:

Fe, Cr (Mg og Al ikke påvist spektrometrisk men inngår i den generelle kromittformel, side 76, og er derfor tatt med i analysene)

- sporelementer:

V, Ti, Ni, Zn, Mn, Co (er analysert på).

Ga, Cu, Pb (såvidt påvist, ikke anal.på).

2. Bergartsprøver/mineraler.

Elementene ovenfor er påvist (unntatt Mg, Al, Co, Mn, Ga) og forekommer i sterkt vekslende mengder i en rekke bergartssammensetninger og mineraler. Systematiske undersøkelser i denne forbindelse er ikke utført med henblikk på å oppnå konkrete opplysninger om hvilke elementer som inngår i de forskjellige mineraler.

Imidlertid er Ni observert å anrikes kraftig i serpentin og talk (gehalter ukjente).

B. DIFFRAKTOMETRI.

1. Kromittprøver.

Følgende analyserte kromittprøver
(se analysedata side) er undersøkt:

- umagnetiske prøver:
1-1, 1-5, 1-11.
- magnetiske prøver:
2-1, 2-4, 2-9.

Resultat:

Krom-picotitt ($(\text{Mg}, \text{Fe}) (\text{Cr}, \text{Al})_2\text{O}_4$), og
magnesiuferritt (MgFe_2O_4)/magnetitt (FeFe_2O_4)
er påvist. Imidlertid viser gitteravstandene
(d-verdiene) utpregede forskyvninger mellom
prøver med stor forskjell i elementinnhold,
som en konsekvens av spinell-mineralenes store
evne til solid-solution.

Utpregete Fe-rike prøver viser klare magnetitt-
linjer. Således er prøve 2-5 å betrakte som
forholdsvis ren magnetitt. Prøver med lavt Fe-
innhold viser krom-picotitt i dominerende mengder.

Grundige undersøkelser av gitterverdi-forskyvninger
med henblikk på kvantitative tolkninger av
mineralsammensetninger er ikke utført.

2. Serpentin.

3 prøver (fra Nordvernes N1, Åsjeholmen III
og Melfjordbotn M6) viser chrysotil.
Lizarditt og antigoritt er ikke påvist.

3. Karbonat.

3 prøver (Nordvernes N1, Åsjeholmen III og
Melfjordbotn M6) viser magnesitt.
Dolomitt er i denne undersøkelsen av Lurøy-Røddøy
peridotitter ikke i det hele tatt påvist.
Kalkspat forekommer som spredte 1-10dm store
linser i enkelte peridotitter, og forveksles ikke
med magnesitt. (bruser i fortynnet 0.1N, saltsyre).

Microprobe-undersøkelser.

A. Kromitt

Formål: Finne eventuelle variasjoner i elementinnhold over kromittkorn, og om slike variasjoner i så fall skyldes sekundære omvandlingsprosesser.

Kromitt i 4 polerslip er undersøkt med henblikk på elementene Cr, Fe, Mg, Al, V, Ti, Ni, Zn, Mn, Co, med følgende resultat:

1. Varasjoner i elementinnhold innen samme "kromitt"-korn er observert i et tilfelle, elementene Cr, Fe, Mg og Al, og er sammenfallende med skarpt avgrensede mineralfaser. Tilfellet blir nærmere beskrevet i fig. 64 (side 144).
2. Homogent utseende kromitt er ikke funnet å vise variasjoner i elementinnhold, hverken kromitt i kraftig omvandlet peridotittbergart, i svakt omvandlet peridotittbergart, eller kromitt i massiv kromittmalm.
3. Anisotrop kromitt (kraftig magnetisk og derfor meget magnetitttrik) viser ingen variasjon i elementinnhold (elementene ovenfor) over et underlig, uregelmessig anisotropimønster (fig. 65 (s. 145)). Årsaken til dette anisotropimønsteret er ukjent.

B. olivin.

Formål: Finne Mg/Fe forholdet i olivin samt om dette kan variere.

Resultat fra 2 kvantitative analyser:

1. Olivin fra Æsjeholmen I (sterkt omv. perid. bergart).
Mg = 36.38 % Fe = 6.84 %
Mg/Fe = 5.35
2. Olivin fra Nordvernes, N1 (svakt omv. perid. bergart).
Mg = 37.24 % Fe = 4.46 %
Mg/Fe = 5.35

Konklusjon: Mg/Fe forholdet i olivin kan variere mellom peridotitter. Hvorvidt dette har primære eller sekundære årsaker (p.g.a. omvandlinger) vites ikke.

Den mineralogiske sammensetning.

På grunn av det dominerende innhold av de 4 elementene Cr, Fe, Mg og Al, kan prøvene antas å bestå av følgende av spinellgruppens mineraler (se fig. 37, side 85):

- Spinell MgAl_2O_4
- Hercynitt FeAl_2O_4
- Magnesioferritt $\text{Fe}^{3+}(\text{Mg}, \text{Fe}^{3+})\text{O}_4$
 evt. MgFe_2O_4 hvis skrives som normalspinell.
- Magnetitt $\text{Fe}^{3+}(\text{Fe}, \text{Fe}^{3+})\text{O}_4$ evt. FeFe_2O_4
- Magnesiokromitt MgCr_2O_4
- Kromitt FeCr_2O_4

Magnesioferritt og Magnetitt er inverse spineller (se side 34).

Polerslipstudier viser bare unntaksvis flere faser av spinellgruppens mineraler (side 44).

Dette innebærer at mineralene ovenfor opptrer i isomorfe serier, noe som forøvrig bekreftes ved røntgendiffraktometri (side 91).

På grunnlag av de foreliggende analyser ønskes følgende forhold klarlagt:

1. Lurøy-Røddøy kromittenes mineralogiske sammensetning.
2. Faktorer som bestemmer de mineralogiske sammensetninger.

1. Ved innsetting i den sammenfattende "kromitt"-formelen $(\text{Mg}, \text{Fe})\text{O} \cdot (\text{Cr}, \text{Al}, \text{Fe})_2\text{O}_4$ finnes verdiene for Fe^{2+} og Fe^{3+} , og deretter antall kationer pr. enhetscelle for elementene $\text{Cr}, \text{Al}, \text{Mg}, \text{Fe}^{2+}$ og Fe^{3+} (fig. 38). De resulterende verdier plottes i spinell gruppens prismediagram (fig. 40, 41, 42).

Ved denne metoden taes ikke hensyn til at 2 av endeleddene (Magnesioferritt og Magnetitt) er inverse spineller.

Ved 4 endeledd kan en hvilken som helst sammensetning i spinell-prismediagrammet bestemmes (Stevens-metode, (Stevens, 1944), for eksempel:

1. Spinell, Magnesiochromitt, Chromitt, Magnetitt
2. Chromitt, Magnetitt, Magnesioferritt, Spinell

De relative forhold mellom endeleddene beregnes som følger (Stevens' metode):

1. $\text{Spinell} = \text{Al}/2$ (elementer i atomer pr. enhetscelle)
 $\text{Magnesiochromitt} = \text{Mg} - \text{Al}/2$
 $\text{Ferrochromitt} = (\text{Cr} + \text{Al})/2 - \text{Mg}$
 $\text{Magnetitt} = \text{Fe}^{2+} + \text{Mg} - (\text{Cr} + \text{Al})/2 = \text{Fe}^{3+}/2$
2. $\text{Chromitt} = \text{Cr}/2$
 $\text{Magnetitt} = \text{Fe}^{2+} - \text{Cr}/2$
 $\text{Magnesioferritt} = (\text{Fe}^{3+} + \text{Cr})/2 - \text{Fe}^{2+}$
 $\text{Spinell} = \text{Mg} + \text{Fe}^{2+} - (\text{Fe}^{3+} + \text{Cr})/2 = \text{Al}/2$

Ved å multiplisere med molekylvekter og rekalkulere til 100% fåes vekt-prosentene:

FIG. 38

	I		Mol. vekt	I x mol. vekt		Vekt - %	
	1-11/1-12 (g. sm.)	2-11/1-2-11 (g. sm.)		1-11/1-12 (g. sm.)	2-11/1-2-11 (g. sm.)	1-11/1-12 (g. sm.)	2-11/1-2-11 (g. sm.)
1.							
Spinell	2.85	1.10	142	406	157	8.4	2.9
Magnesiochromitt	2.05	3.60	192	394	692	2.2	12.6
Chromitt	14.35	5.75	224	3190	1287	66.3	23.5
Magnetitt	3.55	14.45	232	822	3346	17.1	61.0
2.							
Chromitt	5.20	3.05	224	1165	683	63.3	40.4
Magnetitt	0.5	1.85	232	116	429	6.3	23.3
Magnesioferritt	1.55	2.45	200	310	490	16.9	23.9
Spinell	1.75	0.65	142	249	92	13.5	5.4

KOMMENTARER.

Prøvene 1-1 til 1-12 er umagnetiske og skal således ikke inneholde magnetitt (se side 87 om magnetiske egenskaper i mineraler, bl.a. Magnetitt). 6.3% Magnetitt i tilfelle 2 kan ikke være riktig (Magnesioferritt er her utskilt som den andre Fe^{3+} -spinell).

Denne metode må betraktes å være lite korrekt, men enkelte tendenser er dog klare:

1. Al-spineller: Lavere innhold i magnetiske prøver (2-1, ...)
2. Fe-spineller: Vesentlig høyere innhold i magnetiske prøver (2-1, ...).
3. Cr-spineller: Lavere innhold i magnetiske prøver (2-1, ...)

2. Faktorer som bestemmer kromittens sammensetning.

Disse forhold blir nærmere diskutert i kapitlet om genese, hvor konklusjonen er at det er meget god grunn til å anta at små variasjoner i peridotittmagmaets red./oks.-forhold medfører kraftige variasjoner i kromittenes Fe^{3+} forhold og dermed også i Cr og Al,

96

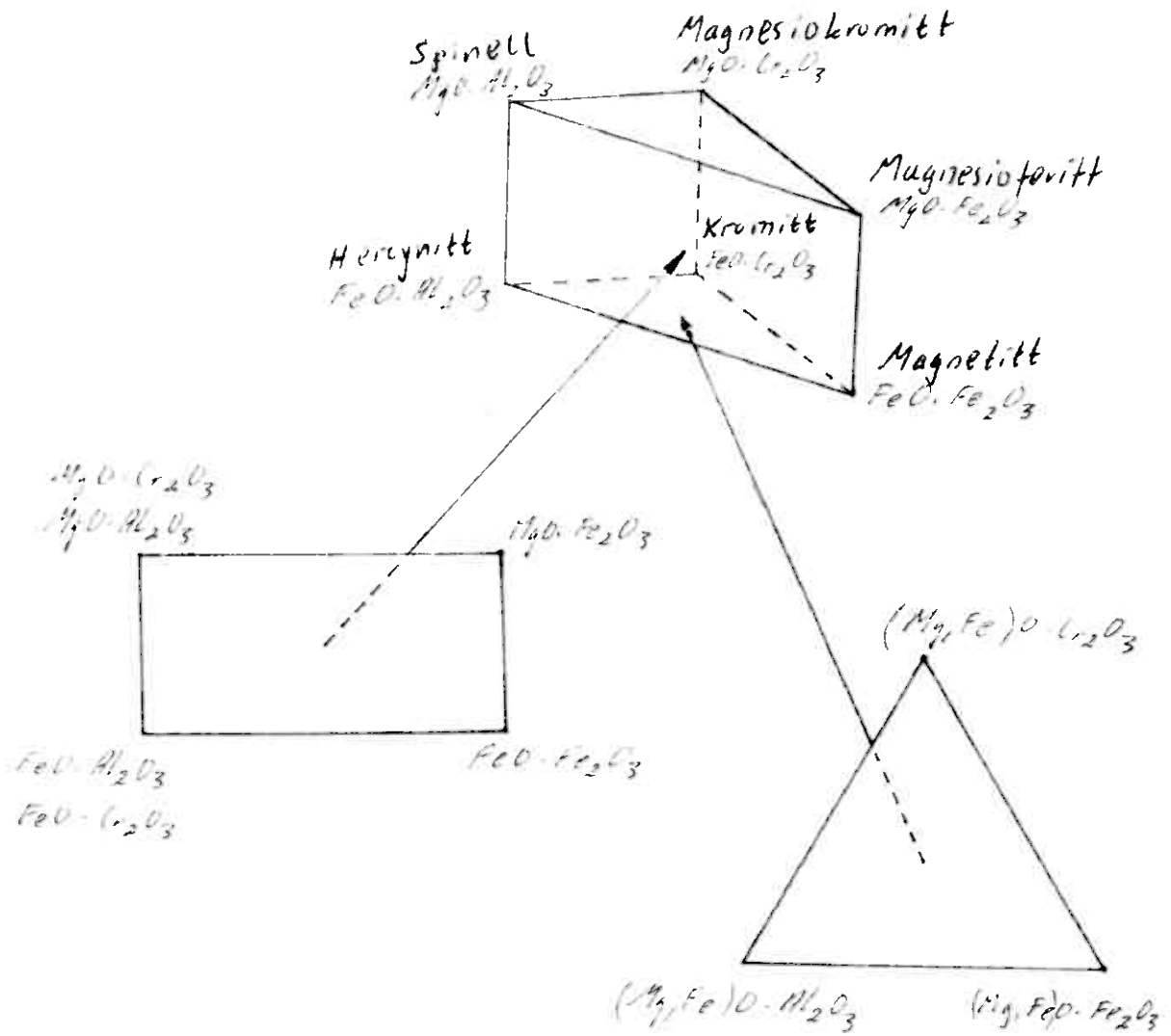


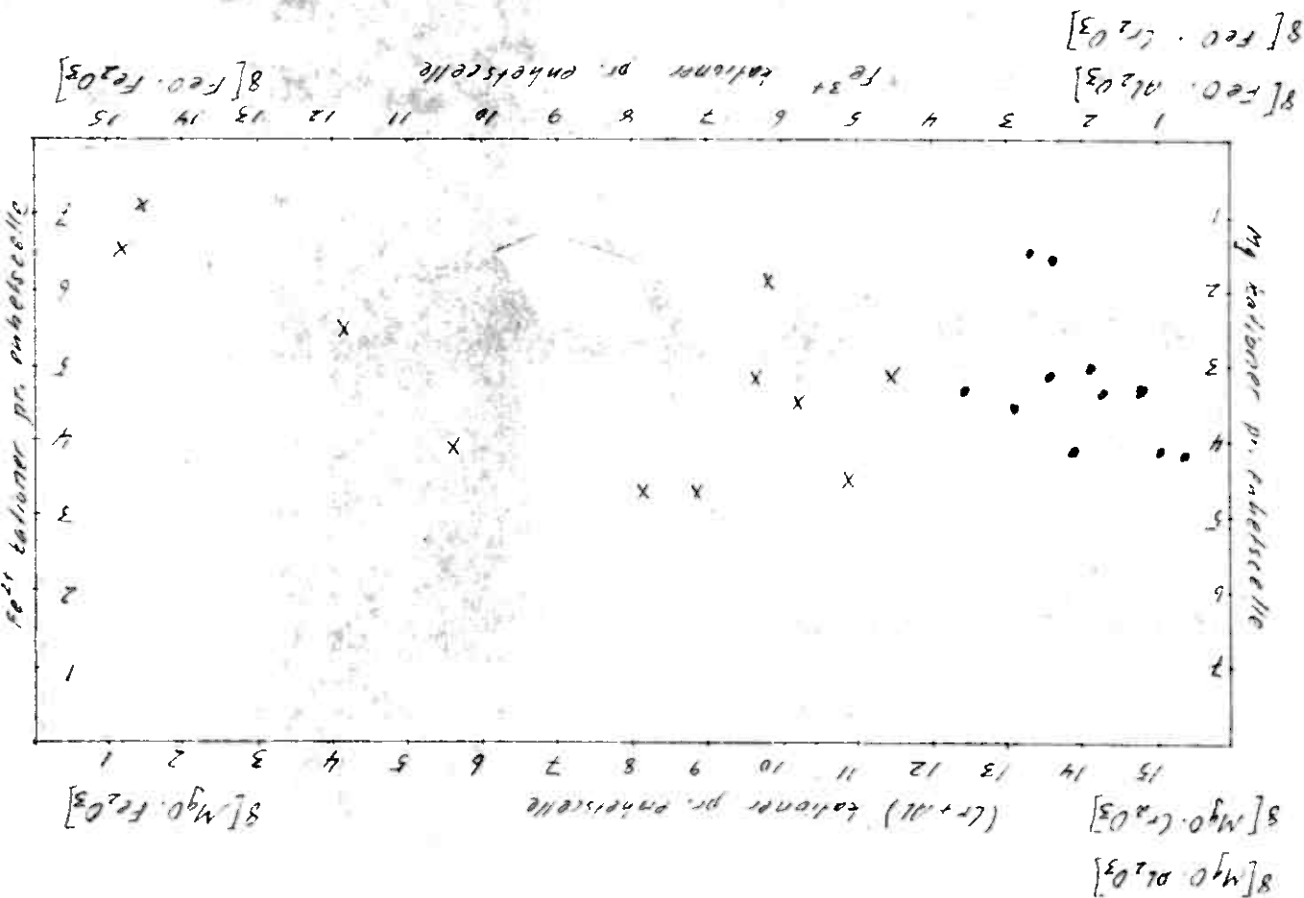
FIG. 40

Spinelgruppen's fase diagram
 Se fig. 41 og 42.
 Efter Slavens (1944).

Fig. 41

Elter, Stearns (1944)

Kury-Roddy kromitit: • unmagnezierte prae.
x magnezierte prae.



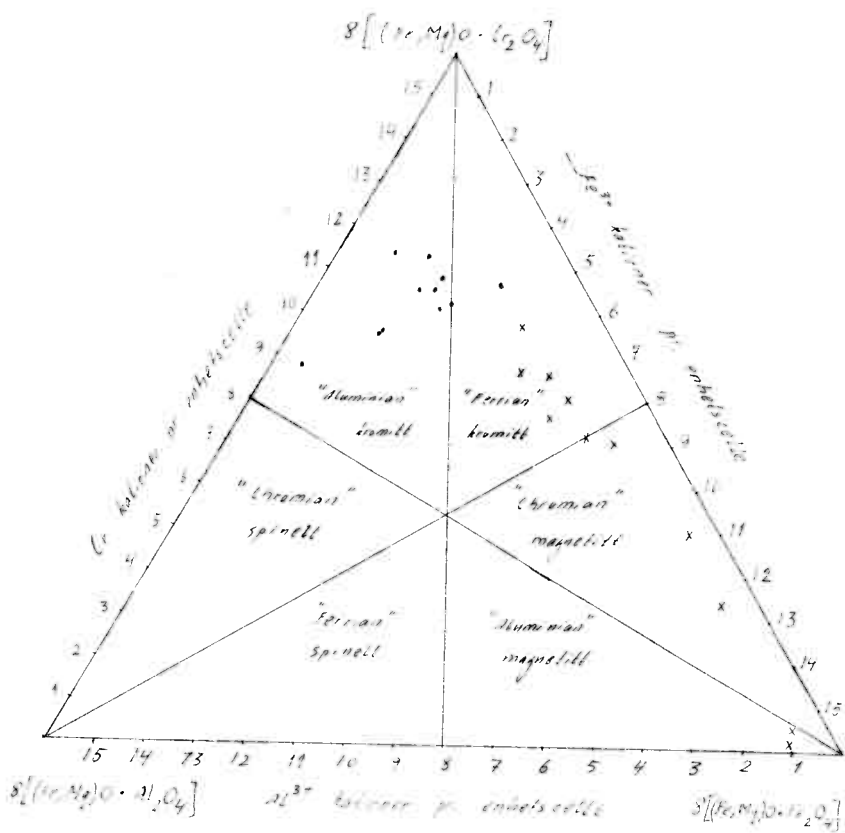


FIG. 42

After Stevens (1949)

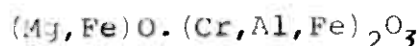
Curry-Robb, Kramm:

• unmagetische prober
 x: magnetische prober

Kommentarer - figurer, utregninger.

1. Fig. 39 (side 76).

Fe^{2+} og Fe^{3+} er utregnet ved innsetting i den atomfattende kromittformelen



Se forøvrig pkt. 3 nedenfor vedrørende metodens effektivitet.

2. Fig. 38 (side 74).

Atomer pr. enhetscelle

Regnemethoden illustreres enklest ved et eksempel:

Prøve 1-5

		atomvekt	atomforhold	atomer pr. enhetscelle
Cr	31%	52.0	0.596 ($= \frac{31}{52.0}$)	0.6
Al	7.1%	27.0	0.263	4.7
Fe^{2+}	5.8%	55.9	0.104	1.7
			$\Sigma 0.993$ (seller $\frac{56}{116.16}$)	$\Sigma 16.0$
Fe^{2+}	16.2%	55.9	0.290	4.7
Mg	5.0%	24.3	0.206	3.3
			$\Sigma 0.496$ (seller $\frac{56}{116.8}$)	$\Sigma 8.0$

3. Fig. 46 (side 110a).

Oksydsummer.

For elementene Cr, Fe, Mg og Al er henholdsvis oksydene Cr_2O_3 , FeO , MgO og Al_2O_3 utregnet.

Oksydsummene holder seg godt under 100% (gj.sn.tot. 97.2%).

Årsaker:

a. ^{Myet} Svak bergartsforurensning (olivin)

i prøvene 1-1 til 1-12 (umagnetiske).

Gir reduksjon i oksydsummene.

De magnetiske prøver er praktisk talt

100% rene (2-1 til 2-11).

b. Det virkelige Fe^{3+} -innhold er vesentlig høyere for prøvene 2-1 til 2-11 enn

for prøvene 1-1 til 1-12.

Dette gir størst reduksjon i

oksydsummene for prøvene 2-1 til 2-11(FeO).

Fig. 45 (side 100).

Fe^{2+} og Fe^{3+} gjennomsnittsverdier er benyttet ved nye oksydberegninger.

Summene blir nå nærmere 100%, lavest for prøvene 1-1 til 1-12 fordi bergartsforurensingen (olivin) her er merkbar.

KONKLUSJON: Innsetningsmetoden beskrevet under pkt. 1 er meget brukbar.

Reflektivitetmålinger.

SE BILAG I

Formål: Finne eventuelle sammenhenger mellom element-innhold og reflektiviteter i kromitt.

Ifølge Ramdohr (^{s. 923}1969) kan kromitt-reflektiviteter variere i området 12-16%, samt at Al og Mg rike kromitter har interne reflekser (altså lav reflektivitet).

I den forbindelse er det interessant å kunne vite hvor klar sammenheng det er mellom reflektivitet og de forskjellige hovedelementer i kromitt.

Lurøy-Røddøy kromittene representerer på grunn av den store bredde i kjemisk sammensetning, i denne forbindelse et ganske verdifullt prøvemateriale.

Utførelse:

Kromitt fra 27 polerslip er reflektivitetsmålt, og en gjennomsnittsverdi er beregnet på grunnlag av tilsammen 7 målinger av forskjellige korn. SiC (R=20.6%) er brukt som referanse ved bølgelengde 540nm.

^{Bilag I}Fig. viser hvilke slip som er reflektivitetsmålt og hovedelementer i atomer pr. enhetscelle i de tilfeller hvor analyser foreligger.

Resultater:

Figurene i Bilag I er laget på grunnlag av 9 analyserte prøver (~~se fig.~~).

Den stiplede linje i figurene representerer en gjennomsnittlig, utregnet, lineær korrelasjon som kan trekkes gjennom punktene.

1. Markant korrelasjon.

Al + Mg øker ved lavere reflektivitet.

2. Svak korrelasjon.

For Mg og Al enkeltvis,
samt for Fe^{2+} + Fe^{3+} .

3. Ingen eller meget svak korrelasjon.

For elementene Cr, Fe^{2+} og Fe^{3+} .

Generell tendens:

Økende reflektivitet gir

- kraftig økning i Fe-innhold
hovedsakelig p.g.a. Fe^{3+} .
- minkende Cr-innhold.
- minkende Mg-innhold.
- sterkt minkende Al-innhold.

Den utpregede sammenheng mellom reflektivitet og Al+Mg indikerer at variasjonen i spinell-innhold (MgAl_2O_4) er nært forbundet med variasjon i reflektivitet.

Andre Mg-holdige bestanddeler er magnesioferritt (MgFe_2O_4) og kromitt (MgCr_2O_4). Variasjonen i Cr viser ingen sammenheng med reflektiviteter. Variasjon i Fe^{3+} viser en viss (meget svak) sammenheng med reflektiviteter, likeledes for Fe^{2+} . Økning av Fe^{2+} og/eller Fe^{3+} gir imidlertid høyere R, mens økning av Mg gir lavere R. Man kan derfor slutte at magnesioferritt-innholdet er konstant, ^(med antakelse) og at variasjon i Fe^{3+} skyldes magnetitt (med samtidig variasjon i Fe^{2+} , men svakere, se magnetittformelen).

Med utgangspunkt i den oppfattning at magnesioferritt-innholdet er konstant og at Cr-variasjoner omtrent ikke påvirker reflektiviteten, kan det postuleres at variasjoner i reflektivitet primært skyldes variasjoner i spinell-innhold!

På dette grunnlag kan man trekke den konklusjon at nøyaktig/omtrentlig ~~forut~~bestemmelse av elementinnhold i krom-spineller på grunnlag av reflektivitetmålinger ikke vil være mulig.

Med unntak av (Al+Mg) er de observerte sammenhenger for svake til å kunne gi grunnlag for utregninger av kromittsammensetninger fra reflektivitetmålinger.

Dessuten er målingene og analysene tilsammen, for grove og unøyaktige tatt i betraktning at reflektiviteter (og således antakelig også sammensetninger) varierer med opptil 2% innen samme slip (massivmalmer, gravitativt anriket). På denne bakgrunn er den ^{forholdsvis} sterke korrelasjon mellom (Mg+Al) og de målte reflektiviteter overraskende.

Platina.

2 peridotitt bergartsprøver er analysert med henblikk på platina:

1. svakt serpentinisert olivin/enstatitt bergart med ca.30vol.% kromitt (myrmekittisk alt sammen, se side 42) fra Esjeholmen III.
2. flogopitt bergart med noe magnesitt fra Evik (se side 36).

Platina er ikke påvist

(Pt under 0.25 g/t, Pd under 0.025 g/t, Au under 0.1 g/t.
Analyser ved NGU-Kjemisk avdeling)

Ved en feiltakelse fra undertegnede side er rene kromittprøver ikke analysert på platina. Imidlertid kan med utgangspunkt i prøve 1 ovenfor slutte at kromitt i dette tilfellet har et platinainnhold på under 1 g/tonn.

Ifølge Stumpf (1974) har platina i ultramafiske bergarter en tendens til å anrikes i forsteritt og spinellmineraler, og da i første rekke i spinellmineraler. Således er det uheldig^{at} platina ikke er analysert Lurøy-Røddøy kromittprøver.

5.48

Forøvrig nevner Engzelius (1944) at kromitt fra Feragen er funnet å inneholde ca.1.2 g/tonn og at platina for Feragens vedkommende viser en utpreget tendens til å anrikes i kromitt (under 0.1 g/tonn i peridotittbergart).

I peridotitter i Troms, som forøvrig har mange likhetstrekk med Lurøy-Røddøy peridotitter, "sagvanditter", er det påvist platina. Barth (1927) har registrert 0.73 g/tonn Pt i sagvanditt bergart, 1.22 g/tonn i hornblenditt kontaktsonebergart og 0.01 g/tonn i sideberg sedimentbergart, med en klar tendens til anrikning i den pneumatolyttiske kontaktsone (iflg. Barth). Kromitt Pt-analyse foreligger ikke.

Kromitt - Anvendelser og kvalitetskriterier.

Som nevnt i Innledningen nyttes kromitt til 3 formål: metallurgisk, kjemisk og ildfast sten.

Til de forskjellige anvendelsene stilles spesielle kvalitetskrav (kilder: Ind.Min., aug.1975; Vokes, 1974).

1. Metallurgiske formål.

Kromitt smeltes til et mellomprodukt, ferrokrom, som så brukes i produksjonen av spesielle stållegeringer. Tidligere var det et absolutt krav at ferrokrom måtte ha et krominnhold på minst 70%. For å oppnå dette var en nødt til å benytte kromitt med et krominnhold Cr_2O_3 innhold på minst 46%, samt at forholdet Cr/Fe måtte være minst 3/1. Idag er det imidlertid utviklet metallurgiske prosesser for ferrokrom med såpass lavt Cr - innhold som 52%. Følgelig kan en benytte kromittmalmer med Cr_2O_3 innhold helt nede i 34%, og med Cr/Fe forhold nede i underkant av 2.8/1.

Kromitt til metallurgiske formål må være hard og bestå av kornige aggregater med minst mulig finstoff innhold.

SiO_2 innholdet bør være minst mulig, helst under 5-6%, og ikke under noen omstendigheter overstige 10%.

P og S er skadelig, med øvre grenser henholdsvis 0.05%S og 0.07%P.

Sammensetningen av noen metallurgiske kromittmalmer (Vokes):

	Cr_2O_3	FeO	Al_2O_3	MgO	SiO_2	Cr/Fe
Rhodesia	49.62	13.96	12.72	13.08	7.26	3.1
Ny Caledonia	58.28	15.10	11.17	12.58	0.81	3.4
Tyrkia	51.67	13.58	8.52	16.04	5.92	3.3
Jugoslavia	48.74	13.26	10.22	16.68	7.19	3.2

Se figurene 43 og 44 for sammenlikning med Lurøy-Røddøy kromitter.

LURØY-RØDØY KROMITTENE.

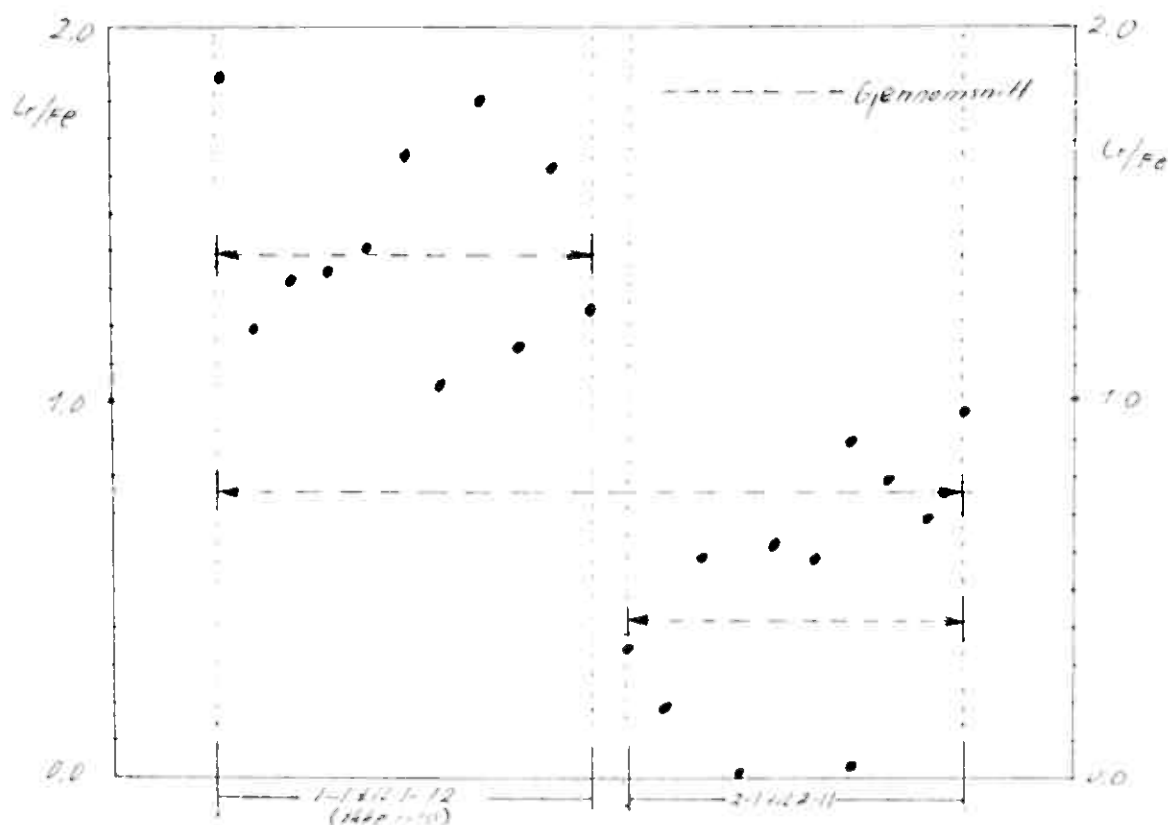
Fig. 43 viser kromittprøvenes Cr/Fe forhold.

Kromittene er ikke anvendbare til metallurgiske formål fordi metallurgisk anvendelse krever Cr/Fe forhold i størrelsesorden 2.8/1 eller høyere. Gjennomsnittet for disse prøver er 0.75, og ingen enkeltprøve overstiger 2.0 i Cr/Fe forhold.

Videre er variasjonen i Cr/Fe forhold mellom prøvene enorm (sågar innen samme peridotitt, Nordvernes), et forhold som i tilfelle produksjon vil medføre uheldige kvalitetsvariasjoner.

KONKLUSJON.

Ikke anvendbar til metallurgiske formål.



F16.43

Cr/Fe forholdet i Lurøy - Rødøy kromittler

2. Kjemiske formål.

Kromitt til kjemisk industri bør være lett å knuse og å finmale. Krominnholdet bør være mellom 45 og 50% Cr_2O_3 .

SiO og Ca innholdet er viktig. Avhengig av hvilke kromkjemikalier som skal produseres og hva disse skal brukes til, settes det maksimale innhold av SiO_2 til mellom 2 og 8%, og for CaO til mellom 0.5 og 1.5%.

Al_2 innholdet bør være forholdsvis lavt, uten at det settes noen bestemt grense.

Sammensetningen av noen kromittmalmer for kjemiske formål (Vokes):

	Cr_2O_3	FeO	Al_2O_3	MgO	SiO_2
Montana (USA)-kons.	41.40	20.50	18.20	12.50	4.25
Rhodesia - kons.	48.98	19.40	12.50	13.33	3.38
Jugoslavia - kons.	48.07	15.10	12.30	15.01	6.27

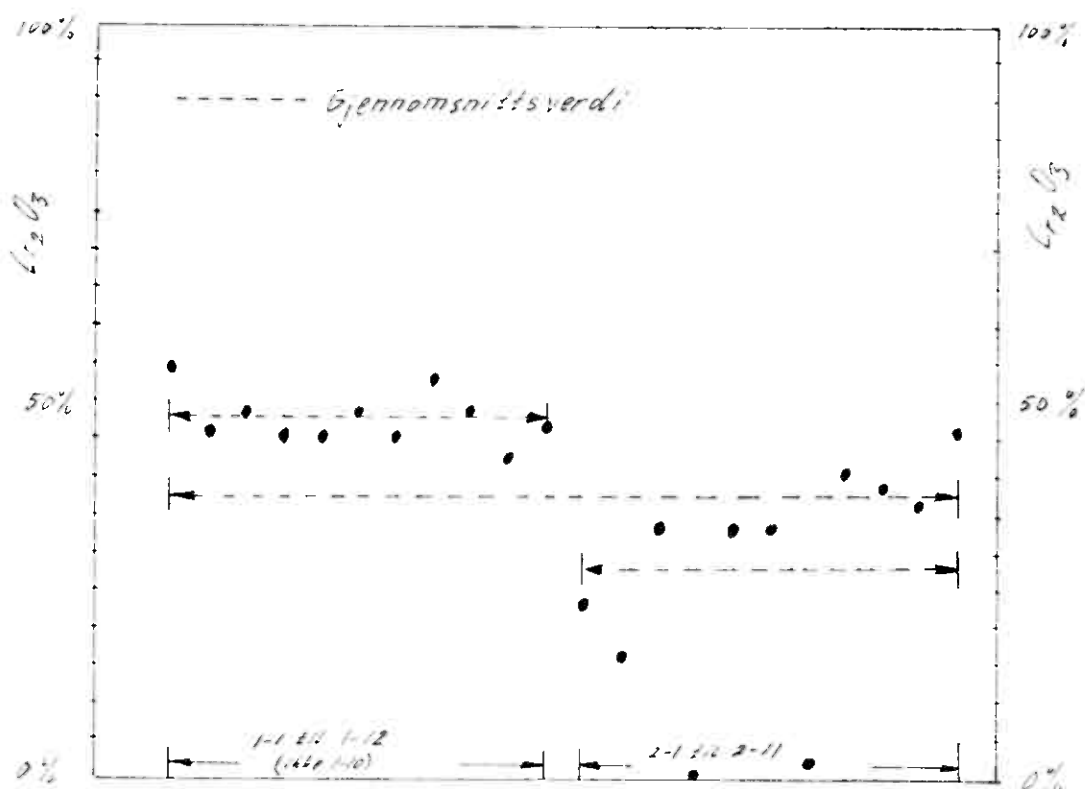


FIG. 44 Cr_2O_3 innhold i Lurey-Rödöy kromittprøver. Se i tabellen.

LURØY-PØDØY KROMITTENE.

Fig. 44 viser prøvenes Cr_2O_3 innhold.

Gjennomsnittsverdier:

1-1 til 1-12	47.6% Cr_2O_3
2-1 til 2-11	27.6% Cr_2O_3
Totalt	37.6% Cr_2O_3

Som nevnt tidligere bør Cr_2O_3 innholdet i kromitter (egentlig kromittkonsentrater) til kjemiske formål inneholde mellom 45 og 50% Cr_2O_3 . Bare gjennomsnittsprøvene verdiene for prøvene 1-1 til 1-12 (de umagnetiske prøver) tilfredstiller dette kravet. Slik kromitt er det mulig å produsere hvis den magnetiske fraksjonen i store oppsamlede kromittkvanta separeres bort.

Konsentrater med følgende omtrentlige gjennomsnittssammensetninger kan produseres i teorien:

	Cr_2O_3	FeO	Fe_2O_3	M_2O	Al_2O_3	Sum oksyd
Gjennomsnitt 1-1 til 1-12	47.6	21.7	10.2	5.2	10.8	98.5
Gjennomsnitt 2-1 til 2-11	27.6	20.8	41.3	7.8	4.1	101.6
Gjennomsnitt Totalt	37.6	21.2	25.8	5.0	7.4	100.0

FIG. 45

Al_2O_3 innholdet er gunstig lavt.

SiO_2 og CaO innholdene er ukjente.

se side 101
for kommentarer
til figur 45.

KONKLUSJON.

Kjemiske formål kan være et mulig anvendelsesområde for ikke-magnetiske kromittkonsentrater.

3. Ildfast sten.

Malmen må være hard og kompakt stykkmalm (50-300mm), grovkrystallin (2-3mm), og med minst mulig finstoff.

Al_2O_3 innholdet bør være høyt (dog ingen nedre grense).

SiO_2 innholdet bør være minst mulig (mindre enn 5-6%).

Cr/Fe innholdet er uten betydning

En egnet malm bør ha følgende omtrentlige sammensetning (Ind.Min., aug.1975):

- 30-35% Cr_2O_3
- 25-30% Al_2O_3
- 15-20% MgO
- ca 15% Fe_2O_3 (alt jern regnes som treverdige)

En tendens i tiden er at sukkerkornig kromitt med et noe høyere krominnhold blir mere ettertraktet.

I de senere år har man etterhvert begynt å bruke kromitt som støpesand i enkelte typer høg-temperatur metallurgiske ovner.

Følgende generelle kvalitetskrav gjelder for slik kromitt (Ind.Min., aug.1975):

- over 44% Cr_2O_3
- under 20% Fe_2O_3
- under 4% SiO_2
- under 0.5% CaO

Sammensetningen av noen kromittmalmer for Ildfast sten (Vokes):

	Cr_2O_3	FeO	Al_2O_3	MgO	SiO_2
Kuba	36.43	14.16	26.46	18.56	3.40
Grekenland	38.33	15.70	21.62	18.48	4.68
Filipinene	37.09	13.00	27.61	18.18	5.31
Jugoslavia	46.24	13.85	12.51	18.68	7.71

30-27 46 og 45 for sammensetning med høy-temperatur

LURØY-RØDØY KROMITTENE.

Følgende faktorer utelukker anvendelses muligheten "Ildfast sten":

- Al_2O_3 -innholdet er for lavt.
Egentlig er bare det gjennomsnittlige Cr_2O_3 innholdet som er gunstig (37.6%, fig. 46).
- Meget begrensede muligheter til å produsere stykkjalm. Dessuten kan den kjemiske sammensetningen til massivjalm-kromitt variere meget, også innen samme peridotitt.

KONKLUSJON.

Anvendelsesområde "Ildfast sten" er utelukket.

SAMLET KONKLUSJON.

Kjemiske formål er den eneste anvendelses mulighet som eksisterer med dagens krav til kromittkvaliteter. Denne anvendelse gjelder bare umagnetiske prøver.

Imidlertid ^{er} kromitt mengdeforholdene i de undersøkte peridotitter av en så liten størrelsesorden at økonomisk utnyttelse er absolutt utelukket.

		vekt - %				
	probe	Ca/Ca ₂ O ₃	Fe/FeO	Mg/MgO	Al/Al ₂ O ₃	Sum oksyd
	1-1	37/54.1	20/25.7	6.5/110.8	4.6/18.7	99.3
	1-2	32/46.8	27/34.7	4.6/17.6	2.7/5.1	94.2
	1-3	33/45.2	25/32.2	5.3/8.8	4.4/8.3	97.5
	1-4	31/45.3	23/29.6	4.5/7.5	7.3/13.9	96.3
	1-5	31/45.3	22/28.3	5.0/8.3	7.9/14.9	96.8
	1-6	33/48.2	20/25.7	5.9/9.8	5.3/10.0	98.7
	1-7	31/45.3	30/38.6	2.1/3.5	5.0/9.4	96.8
	1-8	36/52.6	20/25.7	4.9/8.1	5.6/10.6	97.0
	1-9	33/48.2	29/37.3	2.3/3.8	4.4/8.3	97.6
	1-11	29/42.4	18/25.2	7.6/12.6	11.3/21.3	101.4
	1-12	32/46.8	26/33.4	5.6/9.3	4.6/8.7	98.2
	Gj. snitt.	32.6/47.6	23.6/30.4	4.9/8.2	5.7/10.8	97.0
	2-1	16/23.4	49/63.0	6.0/10.0	0.9/1.7	98.1
	2-2	11/16.1	60/77.2	3.7/6.1	1.2/2.3	101.6
	2-3	23/33.6	39/50.2	7.1/11.6	1.9/3.6	99.0
	2-4	0.3/0.4	71/91.3	2.1/3.5	1.6/3.0	98.2
	2-5	23/33.6	37/47.6	7.4/12.3	2.7/5.1	98.6
	2-6	23/33.6	40/51.5	2.5/4.2	3.2/6.0	95.3
	2-7	15/18.2	66/84.9	1.9/3.2	1.1/2.1	92.4
	2-8	25/40.9	31/39.7	7.0/11.6	3.8/7.2	99.7
	2-9	26/38.0	33/42.5	4.9/8.1	2.4/4.5	93.1
	2-10	25/36.5	37/47.6	4.6/7.6	2.4/4.5	96.2
	2-11	31/45.3	32/41.2	4.5/8.0	2.7/5.1	94.6
	Gj. snitt	15.7/27.6	45/57.9	4.7/7.8	2.2/4.1	97.4
	Totalt snitt	25.7/37.6	34.3/44.2	4.8/8.0	3.9/7.4	97.2

F16.46

se side 100 for kommentarer,

Kapitel 8.

Mineralparageneser.

INTRODUKSJON.

Olivin og enstatitt er de tidligst dannede mineraler, og er i større eller mindre grad omvandlet til mineraler som i første rekke serpentin, magnesitt, talk og kloritt ved tilførsel/avgivelse av bestanddeler som H_2O , CO_2 , SiO_2 (se senere).

Omvandlingsmineraler kan omvandles videre til nye omvandlingsmineraler etter som de fysiske/kjemiske forhold varierer. Ofte er det oppnådd bare lokale likevekter mellom mineralfaser, og de petrografiske/mineralogiske sammenhenger blir ganske innfløyte.

Det totale helhetsbilde er således lite oversiktlig.

For eksempel er 4-5 varianter av hornblende observert (Carstens beskriver i 1918 7 hornblendevarianter fra Hestmannøy områdets peridotitter), 2 typer karbonat (magnesitt og kalkspat), 2 forskjellige opptredener av mineralene talk, magnesitt, serpentin, og olivin og enstatitt, plagioklas/hornblende bergart (i gneis, opptil peridotitt), korund og epidot.

En enkel presentasjon av mineralogisk/petrografiske forhold lar seg vanskelig gjennomføre.

Den påfølgende mineralogisk/petrografiske redegjørelse er derfor noe oppstykket og springende, men de store hovedlinjer burde likevel framtre forholdsvis klart.

På et tidlig stadium er det viktig å ha klargjort enkelte fundamentale forhold:

1. Olivin og orthopyroksen (enstatitt) utgjør det basismaterialet som sammen med tilførte yttre bestanddeler som H_2O og CO_2 muliggjør den utpregede nydannelse av mineraler (se senere).

Sterkt omvandlet peridotittbergart inneholder bare spredte eller ingen rester av olivin og enstatitt.

2. Peridotittene har vært utsatt for kraftige tektoniske påkjenninger som tilkjennegis ved følgende forhold:

- Stresslameller i olivin og tildels også i enstatitt.
- Oppknusing og oppbrekking av mineralkorn. Særlig markant er kataklase av kromitt, dernest oppbrekking av større amfibolkrystaller.
- Sprekkedannelser på tvers av peridotittene har muliggjort inntrengning av bestanddeler som H_2O og CO_2 , og derigjennom utstrakt omvandling på og nær disse sprekker.

Følgende bergartsmineraler er funnet:

- vanlige mineraler som antakelig forekommer i samtlige peridotitter:
 - olivin, orthopyroksen (enstatitt),
 - sepsentin, magnesitt, talk, kloritt, *limonitt*.
- mineraler som bare er oppdaget i noen få slip og som dermed oppfattes å være mindre vanlige:
 - plagioklas, clinopyroksen,
 - anthofyllitt, spinell,
 - flogopitt, granat,
 - kalkspat (ikke optisk identifisert, men bruser i 0.1M HCl).
- sjeldne mineraler som bare er observert i et tilfelle hver:
 - korund
 - epidot
 - serisit

Observerte malmmineraler:

- vanlige: kromitt (/magnetitt), magnetkis, pentlanditt.
- sjeldne: bravoitt, haezlewooditt, kopperkis, ilmenitt.

Alle disse mineraler er omtalt tidligere *kap 9* og vil her ikke bli nærmere beskrevet.

OBSERVERTE MINERALOGISKE SAMMENHENGER.

1. Olivin kan erstattes av enstatitt.

Grupper av små anhedrale olivinkorn med samme krystallografiske orientering er observert i større anhedrale enstatittkrystaller. Slike tilfeller kan oppfattes som at de mindre olivinkorn representerer rester av større olivinkorn som så er blitt delvis oppspist under enstatittdannelsen.

Olivin og enstatitt er alment akseptert å være magmatisk primært dannede mineraler. Med bakgrun i fig. 66 ^{side 149} ~~nedre~~ krystalliserer olivin (forsteritt) før enstatitt.

Dannelse av enstatitt delvis på bekostning av olivin kan skyldes laterale variasjoner i smeltediagrammet for olivin/enstatitt ($\text{forsteritt} + \text{SiO}_2 \rightarrow \text{enstatitt}$).

2. Olivin kan erstattes av serpentin.

Serpentindannelse på bekostning av olivin er den mest vanlige omvandling i disse peridotitter.

Olivin er vanligvis i større eller mindre grad omvandlet til serpentin (serpentinisert).

Serpentindannelse på bekostning av olivin kan utarte seg på 2 forskjellige måter:

1. Som begynnende serpentinisering inne i olivinkorn.
2. Som serpentinisering først langs korn grensene mellom olivinkrystaller, dernest som årer gjennom de enkelte olivinkrystaller.

Denne type av serpentindannelse er uten sammenlikning den mest vanlige og er ofte utviklet såpass langt at bare enkelte rester av olivin forekommer i serpentinmassen.

De opprinnelige olivinkrystaller tilkjennegis ved at nærliggende mindre olivinkorn har samme krystallografiske orientering.

3. Olivin kan erstattes av talk.

Talkdannelse kan forekomme i olivin som spredte aggregater, eller som større talkområder uavhengig av korn grensene i olivinmassen. Nærliggende olivinkorn i talkmasse kan ha samme krystallografiske orientering og således indikere at de er rester av samme opprinnelige

olivinkrystall som nå er delvis oppspist av talk.
~~(se fig. nedenfor)~~. Vanligvis, men ikke alltid forekommer
 også magnesitt i slike tilfeller sammen med talk, men da
 som en tidligere dannelselse.

4. Hornblendedannelse på bekostning av serpentinisert olivin.

Hornblende forekommer gjerne overlagret serpentinisert olivin. I slike tilfeller kan hornblende ha inneslutninger av olivin. Sågar kan nærliggende olivinkorn i samme hornblendekrystall ha samme krystallografiske orientering og således antas å stamme fra samme olivinkrystall. Hornblende er også observert å kunne overlagre mineraler som enstatitt, magnesitt og talk, og må således betraktes som relativt sen dannelselse.

5. Olivin kan erstattes av magnesitt. *se fig. 47, neste side.*

Begynnende magnesittdannelse i olivin kan utarte seg som spettede små korn i olivin. Mere framskredet kan magnesittdannelsen overlagre grensene mellom olivinkorn, og i de mest ytterliggående tilfeller kan mindre rester av tidligere store ^{olivin} korn forekomme isolert i store ^{magnesitt} talkpartier, gjerne slik at nærliggende ^{olivin} magnesittkorn har samme krystallografiske orientering og således ^{kan} antas å representere samme opprinnelige magnesittkrystall. ~~(se fig. nedenfor)~~

6. Enstatitt kan omvandles til serpentin.

Serpentinisering av olivin i den opprinnelige peridotittbergart (olivin + enstatitt) medfører samtidig en viss serpentindannelse også på bekostning av enstatitt. Imidlertid lar ikke enstatitt seg like lett serpentinisere som olivin. Serpentinisering av enstatitt har en tendens til å skje langs spalteriss, i mindre grad ved gjennomskjærende årer slik som for olivin. Dog vil enstatitt i markant-se sterkt serpentinisert peridotittbergart likevel være en god del serpentinisert, men som sagt ikke i like stor grad som olivin.

7. Magnesitt kan dannes på bekostning av enstatitt.

Magnesitt har en tendens til å forekomme som spredte korn i enstatittkrystaller, gjerne også over korngrenser mellom ...



forl. 100.000. 47

Magnesitt i serpentinisert
olivinbergart (Nordvernes, N1, X-nic.).

F16. 47

mellom enstatittkrystaller eller mellom enstatitt og olivin. Magnesitt forekommer gjerne (ikke nødvendigvis) i enstatitt sammen med talk og/eller kloritt, og er i slike tilfeller den tidligste dannelsen (se nedenfor).

8. Talkdannelse i enstatitt.

Talk er meget mere vanlig i enstatitt enn magnesitt, og dannes lettest langs enstatittens spalteriss. Talk dannes lettere i enstatitt enn i olivin, noe som kan være årsak til at relikte enstatitt ikke er observert i talkmasse slik som olivin (se pkt. 3). ~~Talk får færre angrepspunkter for nydannelse i olivin enn i enstatitt.~~

9. Klorittdannelse i enstatitt.

Kloritt kan dannes på bakostning av enstatitt, fortrinnsvis i talkrike partier, og dannes da gjerne på bekostning av både talk og ~~kloritt~~ enstatitt.

10. Enstatitt kan erstattes av hornblende.

Skarpt avgrensede hornblendekrystaller kan overlagre enstatitt. Ofte samtidig ~~nydannelse~~ overlagring av mineraler som olivin, serpentin, magnesitt og talk.

11. Talk kan dannes på bekostning av serpentin.

Talkdannelse i serpentin er vanlig, gjerne bare som spredte talkaggregater hvor den totale talkmengde er forholdsvis liten sammenliknet med serpentinmengden, eller talk kan forekomme i såpass store mengder at at dominerer fullstendig over serpentin.

I denne forbindelse må det imidlertid poengteres at talk dannes meget lettere i enstatitt enn i serpentin, noe som antas å ha gitt seg utslag i helt spesielle bergarter bestående av talkpseudomorfer av enstatitt i serpentin grunnmasse (for nærmere beskrivelse se side/28)

12. Kloritt kan erstatte serpentin.

Klorittdannelse i serpentin forekommer, men ser ikke ut til å være vanlig.

13. Hornblende kan dannes på bekostning av serpentin (se *fig. 4*).

Skarpt avgrensede hornblendekrystaller er observert i ren serpentin grunnmasse, ofte med inneslutninger av serpentin- den samme serpentinmasse. *Se fig. 52, side 127,*

14. Korund er i et tilfelle observert i serpentin grunnmasse.

(lok. J3, Jektvik)

Obs~~er~~vert. er den samme serpentin grunnmasse observert som inneslutninger i korund. Det kan virke som om korund kan være dannet etter serpentinmassen, og på bekostning av denne (se forøvrig under bergartsbeskrivelse, side 126).

15. Talk og kloritt kan dannes på bekostning av magnesitt.

Talk forekommer gjerne som spredte mindre aggregater i magnesitt. I de mest ytterliggående tilfeller kan rester av tidligere større magnesittkorn forekomme innesluttet i større talkpartier. Magnesitten virker i slike tilfeller markant oppspist langs kantene.

Dessuten kan nærliggende magnesittkorn ha samme krystallografiske orientering og representerer antakelig samme magnesittkrystall.

I tilfeller med både magnesitt og talk forekommer det vanligvis også endel kloritt, men kloritten er i så fall en senere dannelselse, og dannet på bekostning av i første rekke talk.

16. Anthofyllitt

er observert i magnesitt, talk og kloritt-rike bergarter, dannet på bekostning av disse mineraler (*se fig. —*).

Anthofyllitt kan stedvis vise en tendens til å omvandles til kloritt, noe som indikerer en 2. generasjon klorittdannelse?

17. Hornblende er i et tilfelle funnet (lok.38, Melfjordboen) observert å kunne omvandles til epidot (se fig.52 side 127, samt bergartsbeskrivelse på side 126).

Hornblendekrystaller er markant oppspist av en finkornig epidotmasse som forøvrig inneholder enkelte utydelige hornblenderester. Sporadisk epidotdannelse kan forekomme isolert inne i hornblendekorn som grenser opp til større epidotpartier og således er utsatt for omvandling (oppspises) langs kantene. Dette kan tolkes som om epidotisering av hornblende skjer spontant uten tilførsel av yttre bestandeler(?).

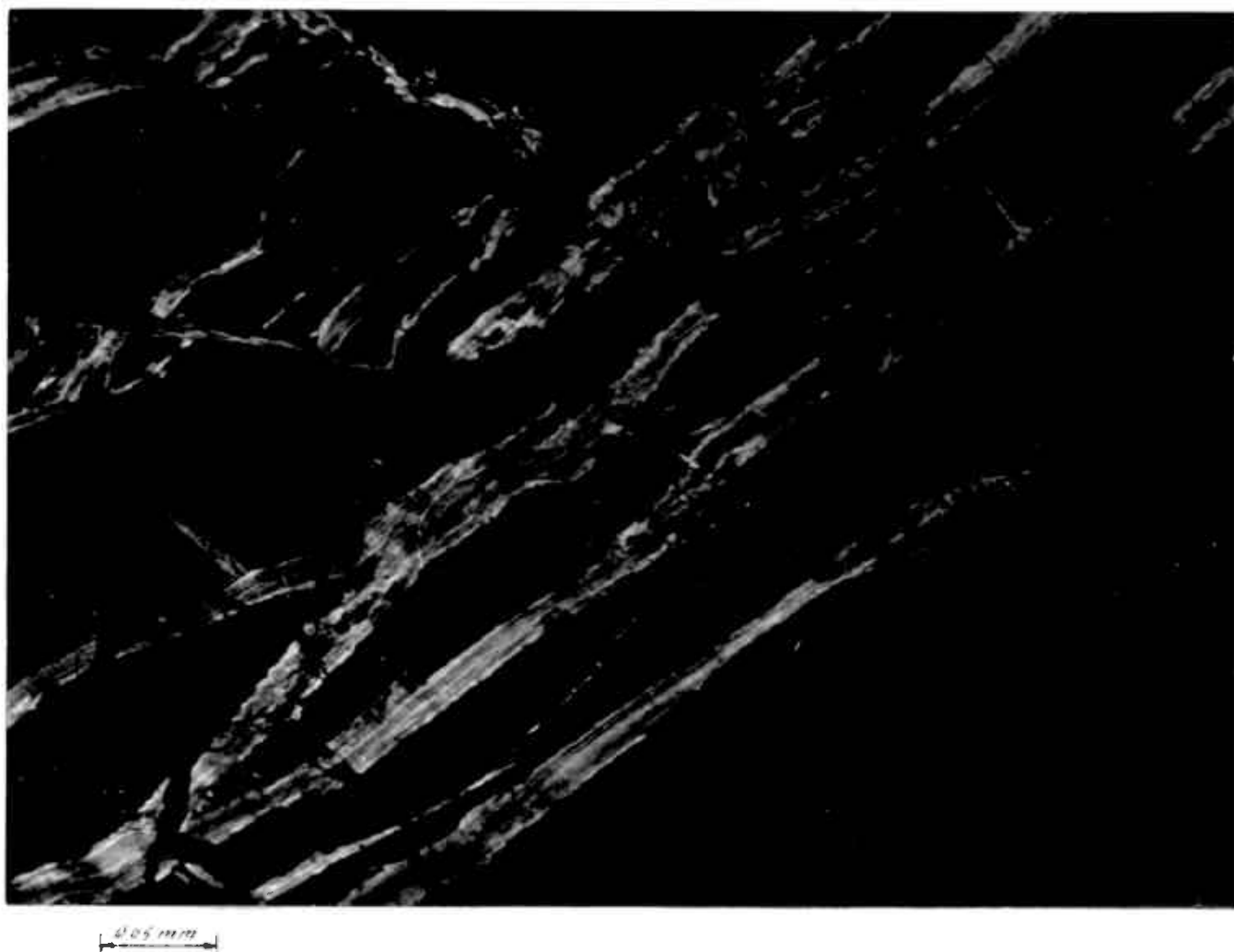


FIG. 48

I kraftig serpentinisert olivin (olivin/enstatitt) bergart foreligger serpentin gjerne i meget utpregede årer, slik som i dette tilfellet (Nordvernes, N1, X-lys).



Serpentinisert olivinbergart
fra Nordvernes (N1).

Kommentar:

Bildet viser 2 forskjellige opptredener av olivin:

Olivin I: Normalt utseende serpentinisert olivin med serpentiniseringsnett uten foretrukken retningsorientering.

Olivin II: Utpreget langstrakte olivinkorn som skiller seg sterkt fra den omkringliggende olivin ved serpentinisering i bare EN retning!

F16. 49.

PETROGRAFISKE SAMMENSETNINGER.

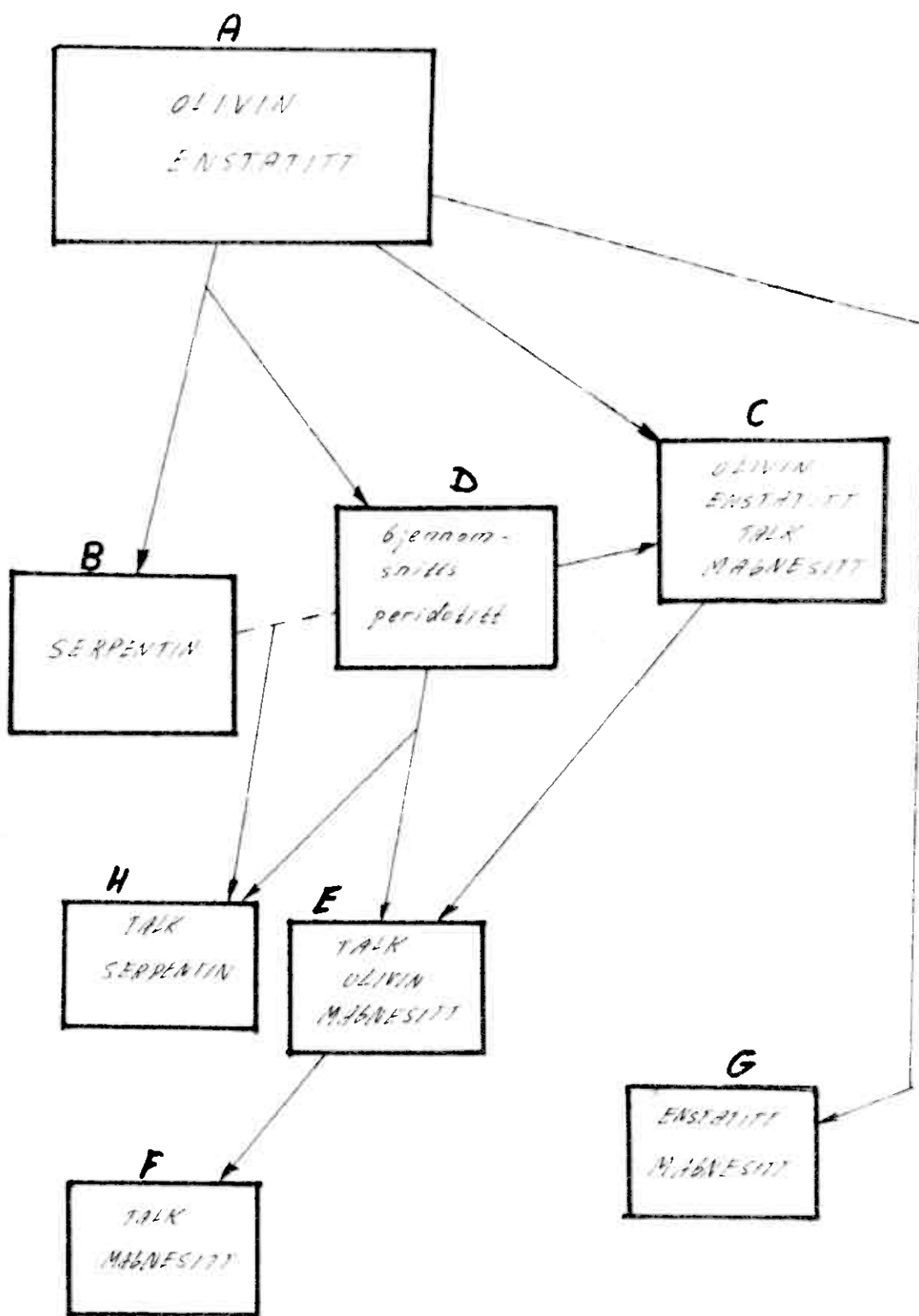
Som et forsøk på å forenkle framstillingen av de viktigste petrografiske sammensetninger er diagrammet i fig.122 laget.

Mineralenes omvandlingsforhold er beskrevet tidligere og vil her ikke bli beskrevet.

Fig.122 forklares som følger:

- A-B Den primære peridotittbergart (A, gjennomsnittlig 70-80% olivin og 20-30 vol.% enstatitt) omvandles i første rekke mot en ren serpentinbergart som endeledd (B). Se bergartsbeskrivelse nr.6 (side 128).
- A-D Serpentiniserings prosessen stopper vanligvis opp før all olivin og enstatitt er oppbrukt (også enstatitt kan serpentiniseres, se side 114), med påfølgende dannelse av ^{Serfitt} i første rekke ~~magnesitt og talk, mot det~~ ^{Som kan betraktes som} ~~man kan kalle~~ ^{en} ~~den~~ gjennomsnittlige peridotittbergart (D):
- olivin (30-40 vol%)
 - enstatitt (20-30 vol.%)
 - serpentin (10-20 vol.%)
 - magnesitt (10-20 vol.%)
 - talk (10-20 vol%)
 - kloritt, amfiboler o.a. (ca. 10 vol.%)
- A-D-C Hvis med utgangspunkt i D all serpentin omvandles videre til f.eks. talk, fås sammensetning C.
- A-C Dannelse av sammensetning C kan tenkes å kunne forekomme uten noen mellomliggende serpentiniseringsperiode. Observasjoner av forholdsvis rene flerkornige olivinaggregater i talk-og magnesittholdige masser indikerer en slik mulighet.
- C-E Fullstendig omvandling av enstatitt til i første rekke talk gir sammensetning E som vanligvis er meget talkrik (gj.sn. 30-40 vol.% talk, maks. 60-70%).

- C-E Kombinasjon E kan dannes ved at serpentinit i kombinasjon C omvandles til talk (mest sannsynlig jfr. magnesitt), samt ellers samme utvikling som for C-E.
- E-F Talk-magnesittbergart med spesiell og iøynefallende opptreden i de fleste peridotitter, som mer eller mindre parallelle mm-dm tykke plater på tvers av peridotittene (vinkelrett på strøket i gneisene, vanligvis meget steilt). Disse dannelser antas å være ~~utvilsomt~~ foranlediget ved at sprekke-dannelser i peridotittene har muliggjort tilførsel av bestanddeler som H_2O og CO_2 , som igjen har medført den nåværende omvandlingsgrad.
- Grensen til sideberget er alltid skarp (sidebergarten er vanligvis ganske normal peridotittbergart, type D). Forøvrig er den samme bergart observert i "breksjepartier" i en peridotitt (lok. 32, Melfjordbotn, se side 47).
- A-G Sagvanditt. Fullstendig omvandling av olivin til magnesitt. Enstatitt omvandles ikke til talk. Den resulterende bergart (sagvanditt, karbonat-orthopyroksenitt) er ikke observert i Lurøy-Røddøy peridotitter, men forekommer i liknende peridotitter i Troms ("sagvanditter").
- B-H, D-H Olivin omvandles til serpentinit og enstatitt til talk. Se bergartsbeskrivelse side .



F16.50

Skjematisk framstilling
(sterkt forenklet) av
mulige bergartskomposisjoner.
Se teksten.

Dette komplekse bildet indikerer en kompleks dannelseshistorie for disse peridotitter, hvor variasjoner i trykk og temperatur i samspill med fluide faser med bestanddeler som H_2O , CO_2 og SiO_2 , har hatt avgjørende betydning for dannelsene av de forskjellige mineralfaser. Denne dannelses kompleksitet kan sees i sammenheng med den alment aksepterte oppfatning (se kapittel om genese) at denne type peridotitter dannes i riftsoner, fraktes i hen- oceaniske plater, for så å presses inn i ukonsoliderte sedimentærbergarter langs kantene av kontinentale plater i subduksjons- eller obduksjons soner. Trykk og temperatur såvel som tilførsel/avgivelse av bestanddelene H_2O , SiO_2 og CO_2 vil under denne prosessen variere meget, med stor kompleksitet i mineralsammensetninger som resultat.

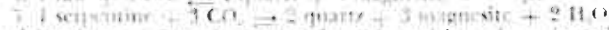
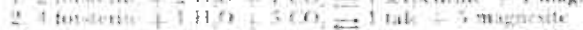
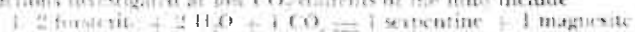
Johannes (1969) har gjort eksperimentelle fase-forsøk for systemet $MgO - SiO_2 - H_2O - CO_2$ (se fig. 5/). Resultatene av disse forsøk er meget komplekse, og det er derfor ikke gjort forsøk på tolkning av dannelsesforløpet når det gjelder P/T-forhold for Lurøy-Røddøy peridotittene. Se forøvrig Ohnmacht (1974) hvor en slik tolkning gjøres for sagvanditter i Troms, og Lappin (1974) som gir en illustrerende tolkning av dannelsen av peridotitter på Møre (Åheim).

AN EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE SYSTEM $MgO-SiO_2-H_2O-CO_2$

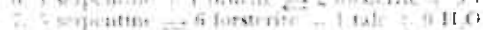
W. JOHANNES

ABSTRACT. Equilibrium reactions of the system $MgO-SiO_2-H_2O-CO_2$ have been experimentally investigated at pressures up to 7000 bars and temperatures up to 660°C. The results are presented in isobaric $T-X_{CO_2}$ diagrams.

Reactions investigated at low CO_2 contents of the fluid include:



The following reactions do not involve CO_2 and have been investigated previously:



The positions of reactions (3) and (5) demonstrate that serpentine can coexist only with a CO_2 -poor fluid. Reactions (1) and (6) represent the lower stability of forsterite. Reactions (4) and (8) represent the lower stability of talc and demonstrate that at high pressures talc is a metamorphic mineral. At a fluid pressure of 2 kb talc is stable only above 500°C.

A second group of reactions that occur only at high CO_2 contents of the fluid was investigated at a pressure of 2000 bars.



The relatively low temperature of reaction (17) (below 560°C) is not consistent with a previously suggested magmatic origin for the assemblages enstatite + magnesite and anthophyllite + magnesite.

Reactions (2) and (4) can also occur in fluid of intermediate CO_2 content. They form the upper and lower temperature stability boundaries, respectively, of the assemblage talc + magnesite and therefore set limits upon the temperature of formation of talc-bearing magnesite deposits and magnesite-bearing talc deposits. At a fluid pressure of 20 kb the assemblage talc + magnesite is stable between about 550° to 650°C and at 7 kb about 400° to 600°C.

The conditions of origin for a number of types and specific localities of magnesite deposits are discussed in the light of these experimental studies.

FIG. 51 See legend.

Kort beskrivelse av noen spesielle bergarter som stort sett bare er registrert uten at nærmere detaljerte undersøkelser er foretatt, både når det gjelder feltarbeidet såvel som mikroskoperingen:

1. Klinopyroksen bergart.

Bergarten er meget interessant (fra lok. 27, Æsjeholmen III, se side 42) og inneholder noe som kan oppfattes som 2 generasjoner av pyroksen krystallisasjon:

I. klinopyroksen peppret med meget finkornig krystallografisk orientert erts.

II. ertsfri klinopyroksen.

Dessuten forekommer i samme bergart 2 markant forskjellige serpentindannelser:

I. Limonitt-fri hvit serpentinmasse (under 1 vol.% tilsammen) forekommer i enkelte mellomrom mellom pyroksenkrystaller av type I.

II. Sterkt limonitt holdig rustbrun serpentinmasse. Forekommer innimellom pyroksenkrystaller både av type I og II, og er observert som inneslutninger i type I. Kontakt mellom serpentin I og II forekommer, men er vanligvis uklar unntatt i et tilfelle hvor den er observert å være skarp.

Noe detaljert tolkning gjøres ikke, men det kan unektelig se ut som om bergarten har gjennomgått flere generasjoner av serpentin- og pyroksendannelse.

Dannelses historien må i alle fall betraktes som temmelig kompleks.

2. Hornblende-epidot bergart (lok. ⁴²38, Melfjordbotn) ~~se side 127~~).

Mineralene er ved siden av hornblende (ca. 50 vol.%) og epidot (20-30 vol.%), spinell (ca. 10 vol.%), serpentin (10-15 vol.%) samt noe erts (1-5 vol.%).

Hornblenden ligger i serpentin masse som skarpt avgrensede korn, tildels med inneslutninger av den samme serpentinmasse. Epidot er så dannet på bekostning av hornblende (se side 127) og utgjør tildels en del store partier med mere eller mindre ren epidotmasse (meget finkornige korn, anhedrale).

Spinellen har skjelettaktig utseende, tildels med et noe myrmekittisk preg. Kornstørrelsene når opp i ca. 1 mm.

3. Korund-spinell-granat-flogopitt bergart (lok. 32, Jektvik)

Bergarten består av korund (ca. 30%), spinell (ca. 20%), granat (ser ut som almandin, ca. 10%), flogopitt (ca. 40%), samt noe serpentin, talk, plagioklas.

Opp til 1/2 cm store korunder gjør denne bergarten
Korundene er i størrelsesordenen

Korundene forekommer i størrelser opp til 1/2 cm (Anhedral til subhedral), tildels med inneslutninger av serpentin. Sågar kan mindre korundkrystaller forekomme i den samme serpentinmasse. I serpentinmassen observeres restene av et mineral som ser ut til å kunne være klinopyroksen (?). Granatene er i størrelsesordenen opp til 1 cm (subhedral), spinellene opp til 1/2 cm (anhedral), og flogopitt kornene (subhedral til anhedral) opp til 1 cm. Dannelses rekkefølgen er meget uklar, men det kan virke som om korund er dannet etter serpentin, og at korund, granat og flogopitt alle er sene og forholdsvis sene-dannelser samtidig dannelser.



Begge fotografier er fra samme tynnslip (X-lys)
fra en hornblende/epidotbergart (Melfjordbotn, M2).

Fig. 52

Øvre bilde: Hornblendekrystall i serpentinmasse.

Nedre bilde: Hornblende spises opp av en epidotmasse.



4. Plagioklas-hornblende bergart (lok. 27, Esjeholmen III, s. 42).

Opp til flere (cm) store plagioklas krystaller (totalt ca. 50 vol.%) kan inneholde inneslutninger av hornblende.

Det virker som om plagioklas er den seneste dannelselse.

Se fig. 53, side 127.

5. Talk- serpentinerbergart (lok. ¹¹⁶32, Melfjordbotn)

Talkpsedomorfer av enstatitt (?) i en grunnmasse av serpent
serpentin (ca. 70 vol.%). Noe magnesitt forekommer som
skjelett krystaller (totalt under 10 vol.%).

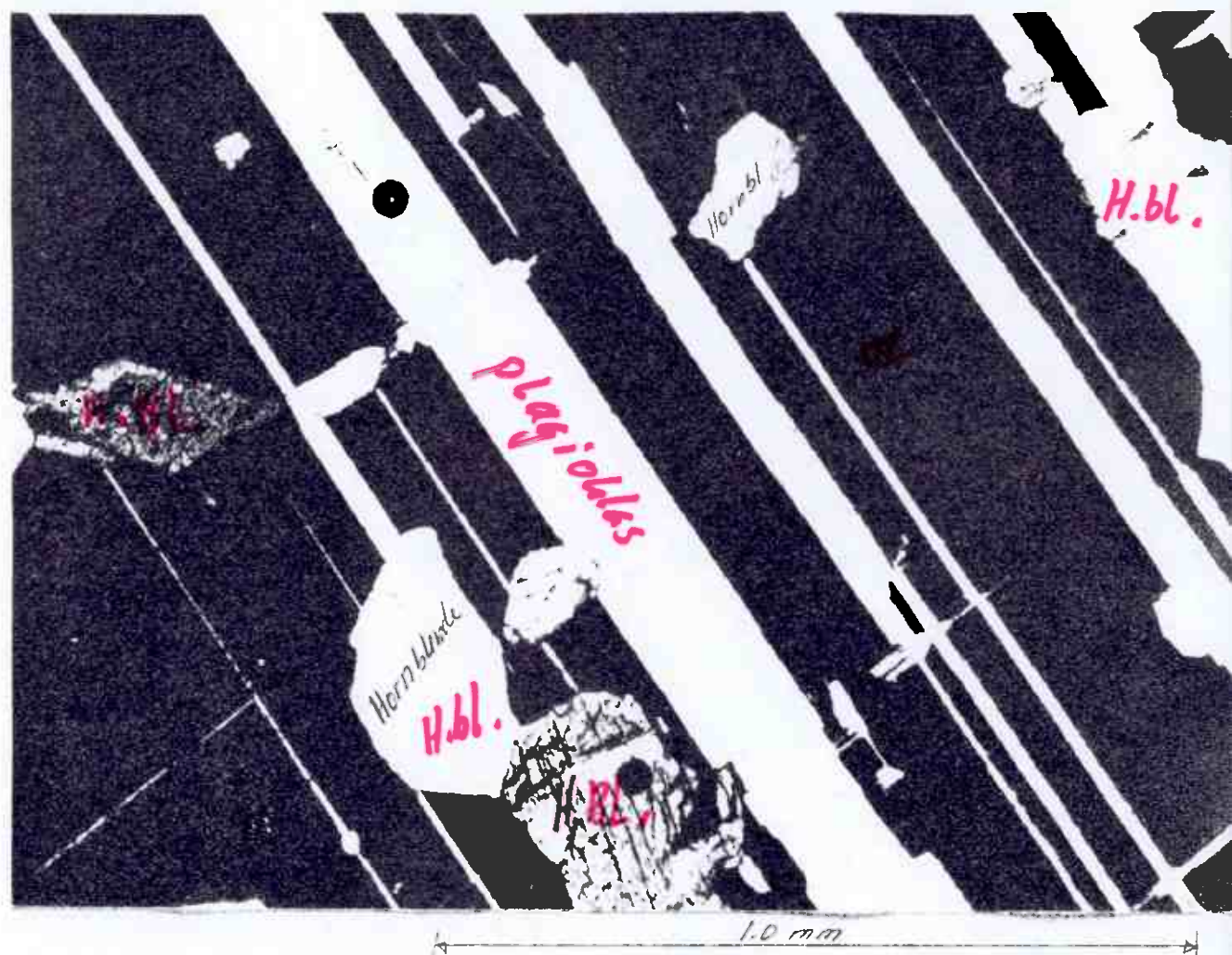
Dannelseshypotese (usikkert):

1. serpentinisering av olivin gir serpentinmassen.
2. magnesittdannelse i serpentin *av relikte olivin i serpentin*.
3. svak omdanning av magnesitt tilbake til serpentin?
Kan forklare hvorfor magnesitt viser en tendens
til å være noe oppspist av serpentin.
4. talk erstatter enstatitt.



6. Serpentinitt (lok. ¹¹⁷33, Melfjordbotn)

Blålig grå serpentinit i peridotitt nær ^{ved} grensen mot gneis.
Såfrig parallellt gneiskontakten. I serpentinmassen forekomme
ca. 1-5% kromitt/magnetitt.



Hornblende inneslutninger i plagioklas !
 Hornblende/plagioklas bergart utgjør grensesone
 mellom peridotitt (Æsjeholmen III, se side 41)
 og gneis (i gneis). Plagioklaskrystallene er i ^{mm - cm (!)} ~~en-~~
 størrelser og ser unektelig ut til å være dannet
 etter hornblenden (sort, grønn i tynnslip).
 Dette kan oppfattes som kontaktomvandling av gneis(?),
 og er i så henseende et enkeltstående tilfelle.
 Forøvrig er disse peridotitter delvis stedvis
 clinopyroksenittiske (diopsid), noe som også er
 enestående i denne peridotittundersøkelsen.
 Plag./h.bl. -grensesonens tykkelse ^(5m + ?) kan ikke bedømmes
 fordi den ligger i strandsonen slik at yttergrensen
 ligger under vann.
 Nærmere undersøkelser er ikke utført.

7. Olivin-hornblende bergart (Nordvernes, N1). *Se side 55,*

Opptil 1m tykke og 10-15 m lange soner/plater stikker op fra dypet, bestående av olivin (50vol.%), hornblende (grønn/lys grønn, farveløs i tynnslip, ca. 40vol.%) og noe serpentin (5%) og magnesitt (under 5%).

Olivin kan forekomme som inneslutninger i amfibol.

Serpentin forekommer som finkornig serpentinmasse i mellomrom mellom auhedrale amfibolkrystaller og er ikke observert i kontakt med olivin.

Hornblenden ser ut til å være dannet etter serpentin som igjen nødvendigvis må være dannet på bekostning av i første rekke olivin. Men olivinen i slippet er ikke serpentinisert, og kan oppfattes å være dannet ved rekrySTALLISASJON ved at økning i P/T-forholdene har forårsaket at H_2O er utdrevet fra bergarten (?).

Nærmere undersøkelser er ikke foretatt, men tilfellet er meget interressent og vil kunne belyse peridotittenes komplekse dannelseshistorie.

Sammenfatting.

Dannelses rekkefølgen olivin, enstatitt, serpentin, magnesitt talk er almen gyldig, likeså den gjennomsnittlige peridotitt bergart (side 28). De spesielle bergarter er interessante på grunn av sin særegenhet, og et nøyere studium av disse vil utvilsomt kunne gi verdifulle opplysninger om problemkomplekset peridotitter.

Om bergarteres plassering i peridotittene:

- ^{De fleste} bergartssammensetningene i fig. 50 (side 22) kan forekomme hvor som helst.
- serpentinit er bare funnet i grensesone mot gneis.
- korund/granat bergart er bare funnet i grensesone mot gneis.
- hornblendeholdige bergarter til hornblenditter forekommer vanligvis i grensesone mot gneis.

Mineralogisk beskrivelse av kromitt
og andre opake mineraler.

På grunnlag av 36 polerslip er følgende opake mineraler identifisert:

- kromitt
- ilmenitt
- magnetkis
- pentlanditt
- bravoitt
- kopperkis
- haezlewooditt

Betegnelsen kromitt bli her brukt (som ellers, hvis ikke noe annet framgår) som fellesbetegnelse på spinellgruppens mineraler (se side 84 om spinellgruppens mineraler).

Kromitt viser en utpreget tendens til å opptre som kornige aggregater i størrelsesorden 3-4 mm og nedover, samt til å anrikes i markante konsentrasjoner, disseminert, eller som massivmalm (gjærne med kornstrukturen i behold). Myrmekittisk kromitt er vanlig innimellom massive "korn". Unntaksvis kan all kromitt i enkelte slip være myrmekittisk. Beskrivelser av strukturer vil hovedsakelig baseres på kommentare til fotografier. Se således figurene 54-65.

Analysedata fra 22 kromittprøver foreligger (se figurene 27 og 41, side 24 og 28), sammen med 10 korresponderende polerslip, og viser en bemerkelsesverdig stor variasjon i kjemisk sammensetning, uten at dette resulterer i utskillelse av flere mineralogiske faser i kromittkornene.

Kun forskjell i refleksivitet indikerer at kromitt fra forskjellige stuffer og tildels også innen samme stoff (slip) har forskjellig kjemisk sammensetning.

Dette prøvemateriale er således meget verdifullt og mineralogisk interresant, og illustrerer på en utmerket måte spinellmineralenes stor evne til solid solution.

Av tilsammen 36 polerslip (fra hvilke 10 kromittanalyser foreligger) er kromitt i 17 polerslip magnetisk (magnetittholdig, 4 analyser foreligger), og 19 polerslip er umagnetiske. Det eneste ^{er observert} som skiller magnetisk kromitt fra umagnetisk kromitt er reflektivitetene, i og med at magnetisk kromitt har høyere reflektivitet enn umagnetisk kromitt (se fig. 1, s. 102).

For om mulig å finne sammenhengen mellom reflektivitet og elementinnhold er reflektivitetmålinger utført.

Slike sammenhenger er faktisk funnet å eksistere, men ikke tydelige nok til å kunne brukes til å bestemme de omtrentlige elementinnhold i kromitt i slip i de tilfeller hvor analyser ikke foreligger (22 slip inneholder kromitt med ukjent sammensetning). Se side 102 for nærmere beskrivelse av reflektivitetmålingene.

ILMENITT er observert som lameller og som dråpeformede inneslutninger i kromitt i 2 tilfeller.

Se figurene ^(side 142) 62 og 63 for nærmere omtale.

2FASER av spinellgruppens mineraler (~~antakelig~~) er observert i ett tilfelle, med skarpe grenselinjer seg imellom, og med forskjellig reflektivitet. Microprobeundersøkelse viser sterk forskjell i elementinnhold mellom fasene. Se side 144 for nærmere beskrivelse.

MAGNETKIS er vanlig aksessorisk mineral både i peridotittbergart og i kromitt. I 2 tilfeller, begge fra Æsjeholmen III, kommer magnetkisinnholdet opp i flere prosent (maksimalt 5.2% magnetkis + pentlanditt, ved modalanalyse, 2000 tellinger, peridotittbergart).

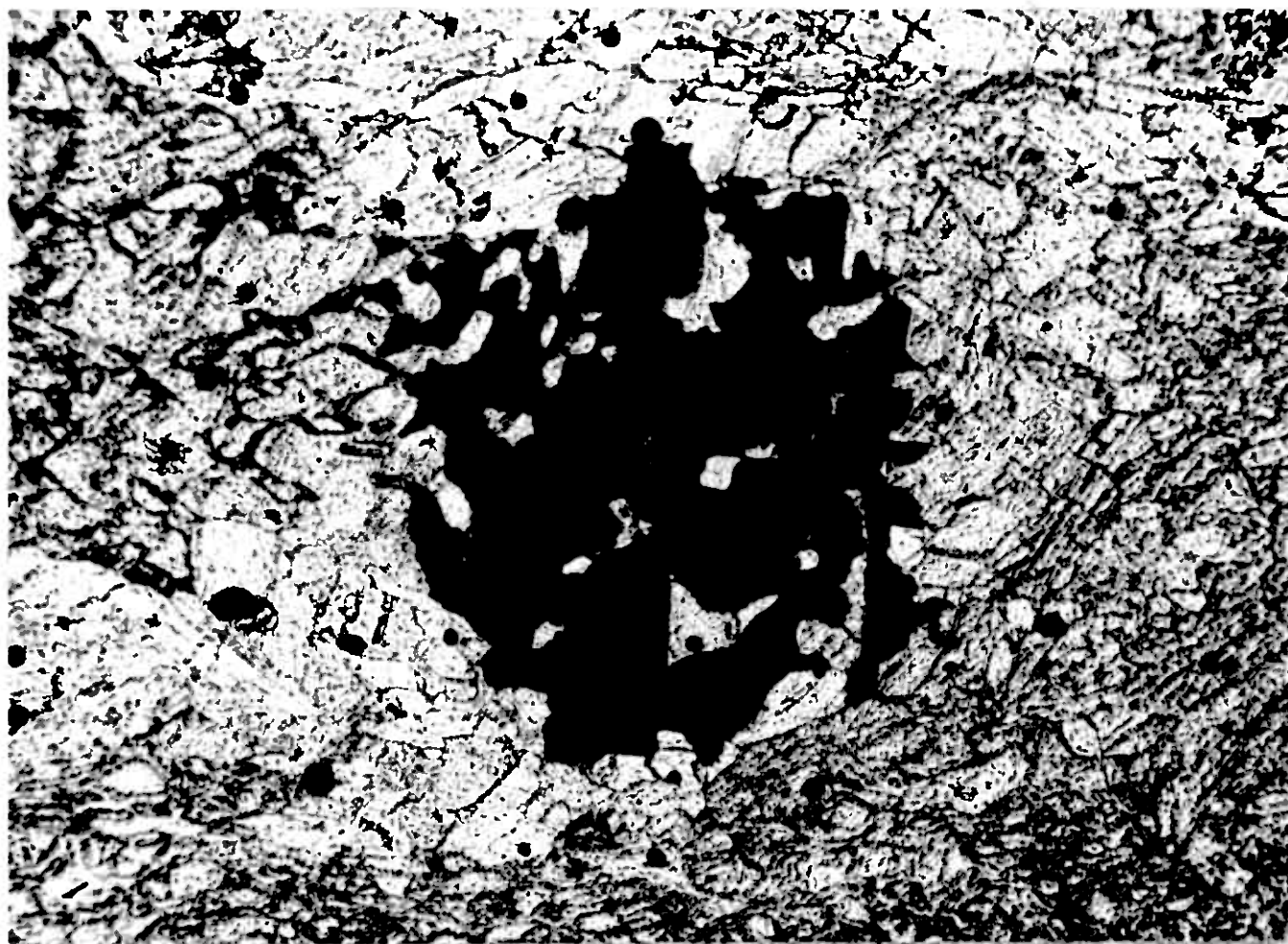
PENTLANDITT er i likhet med magnetkis vanlig aksessorisk mineral både i peridotittbergart og i kromitt.

Pentlanditt innholdet er funnet å være forholdsvis høyt bare for Æsjeholmene I, II og III. En bergartsanalyse fra Æsjeholmen III viser 0.45% Ni (analyseprøve 3-1, fig. 27, s. 14). Se omtale med foto av denne bergart, side 143.

BRAVOITT er observert bare i ett tilfelle ,og da bare i meget små mengder (bergartsprøve 3-1, se spesiell beskrivelse på side).

KOPPERKIS. Som for bravoitt, bare i enda mindre mengder.

HAEZLEWOODITT forekommer relativt vanlig som aksessorisk mineral i peridotittbergart, og^{er} bare i ett tilfelle observert som inneslutning i kromitt.



0,1 mm

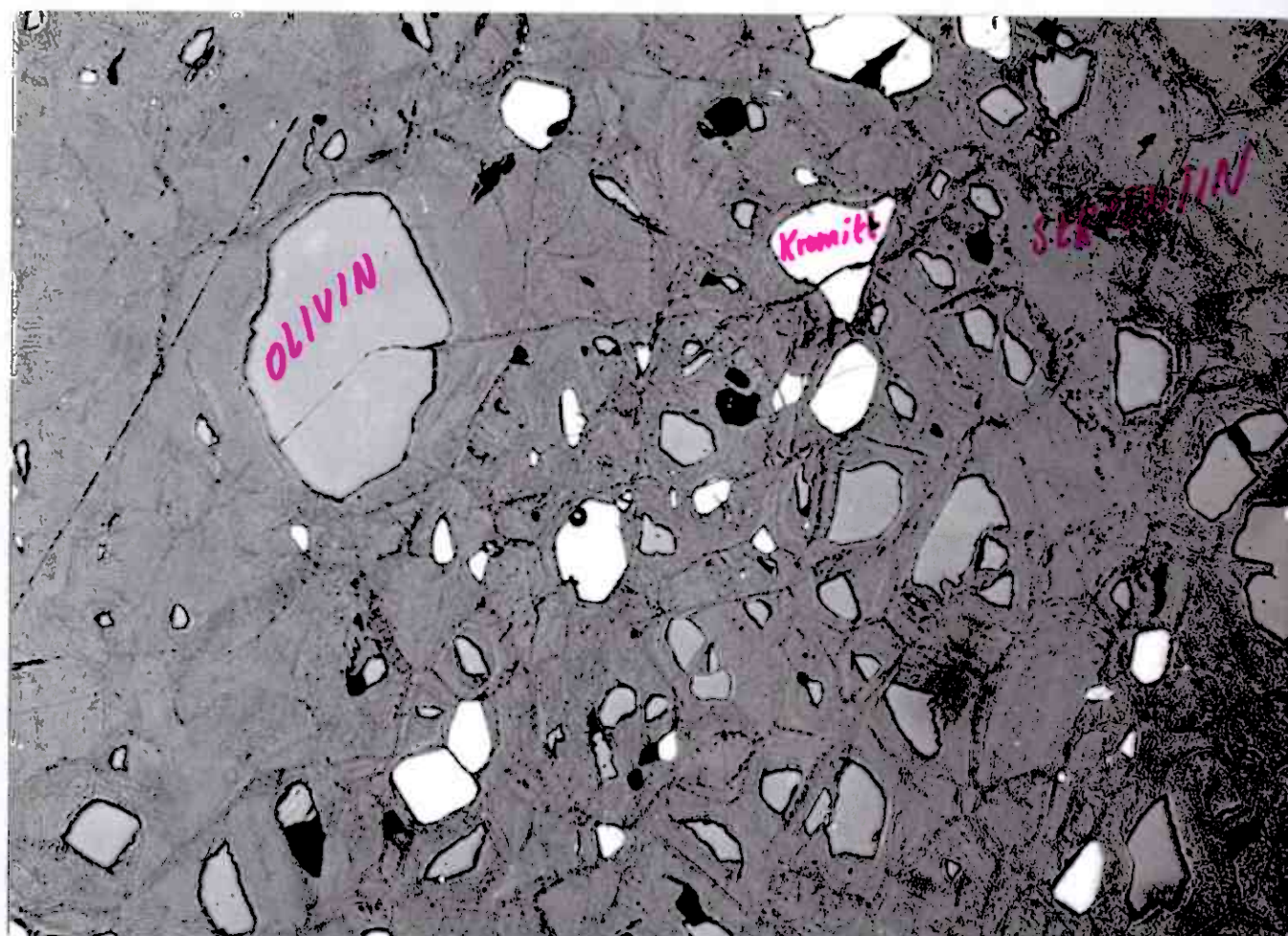
Kromitt (tynnslip, // lys) fra Nordvernes.Nl.

Kommentar:

Forholdsvis representativt eksempel på kromitt i svakt kromitt-disseminert peridotitt bergart.

Bemerk at kromittkornet ikke er oppsprukket, samt har forholdsvis skarpe kanter (ikke avrundede kanter slik som i noen andre eksempler).

F16. 54.



0.1 mm

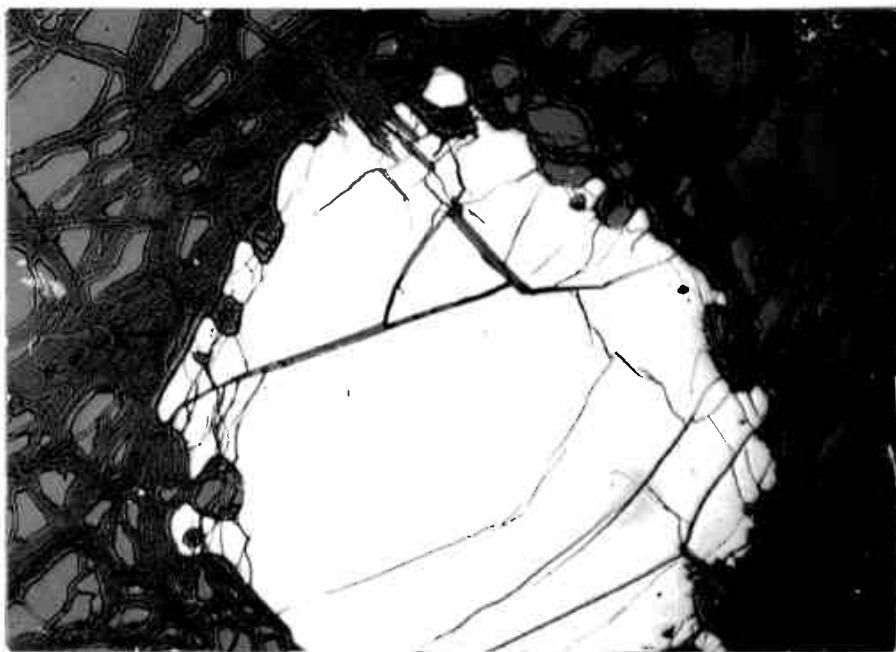
Kromitt fra Nordvernes (N1).

Kommentar:

Disseminert kromitt med utpreget variable kornstørrelser, noe oppsprukket og med kraftig avrundede kanter.

Bergarten er en kraftig serpentinisert olivinbergart (relikt olivin godt synlig på bildet).

F16. 55.



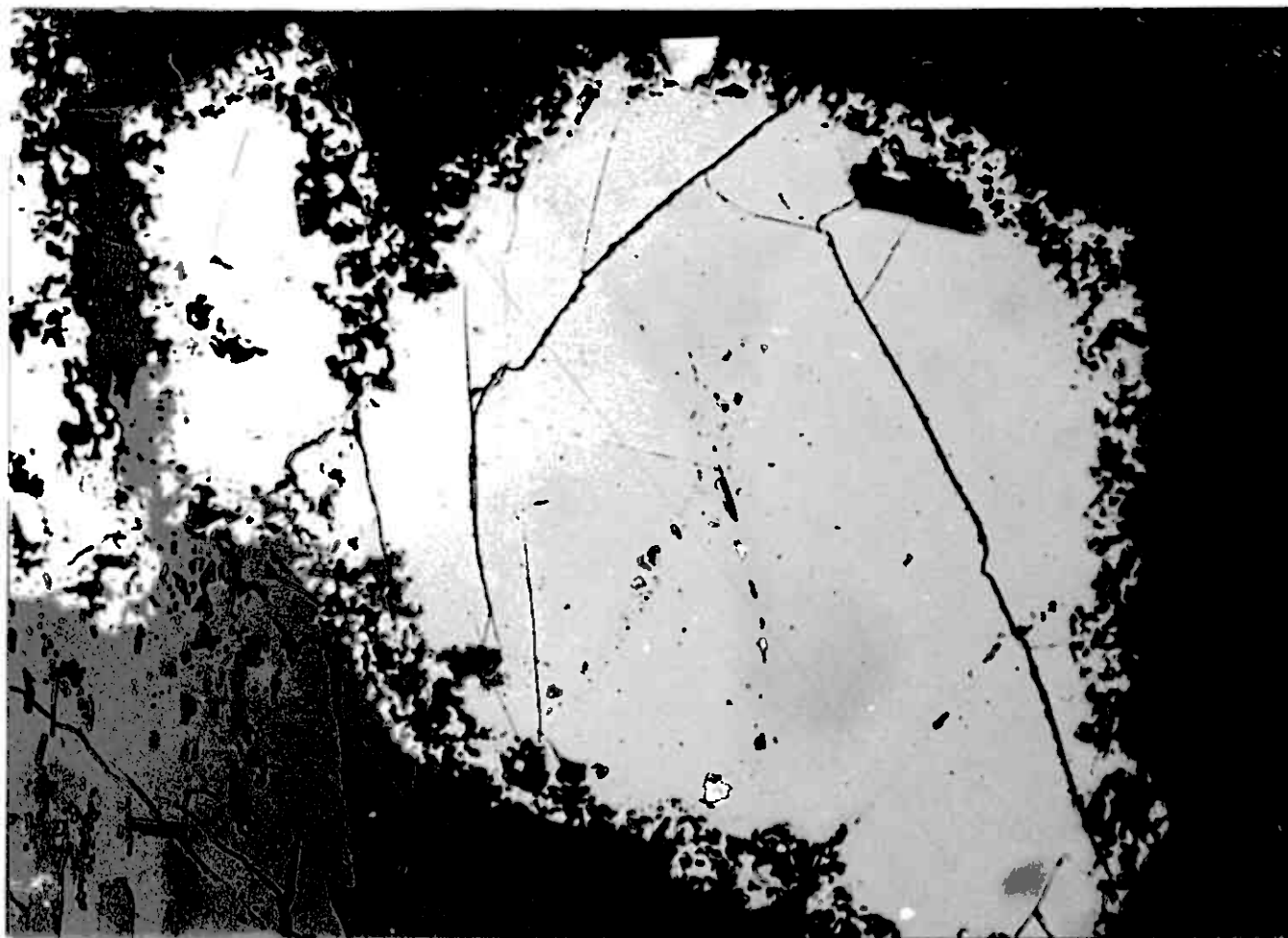
Kromitt fra Nordvernes (N1).

Kommentar:

Kromittkorn i sterkt omvandlede peridotittbergarter har gjerne utpreget avrundede kanter slik som på bildet over, men ikke alltid (!).

Årsaksforholdene er ikke klarlagt, men det kan unektelig virke som om sekundære omvandlinger har vært på kromittrenden i tilfellet over (og i endel andre tilfeller, men som sagt ikke alltid). Variasjoner i magmatiske forhold kan i denne sammenheng være en mulighet, ved at allerede krystallisert kromitt er blitt noe oppspist i kantene.

Kromitt kornet på bildet er utpreget oppsprukket. Slik oppsprekking antas forårsaket av tektoniske bevegelser. Bergartsmassen, og er vanlig. Oppknusing av kromitt med dannelse av adskilte fragmenter er ikke observert, med sikkerhet.



0.1 mm

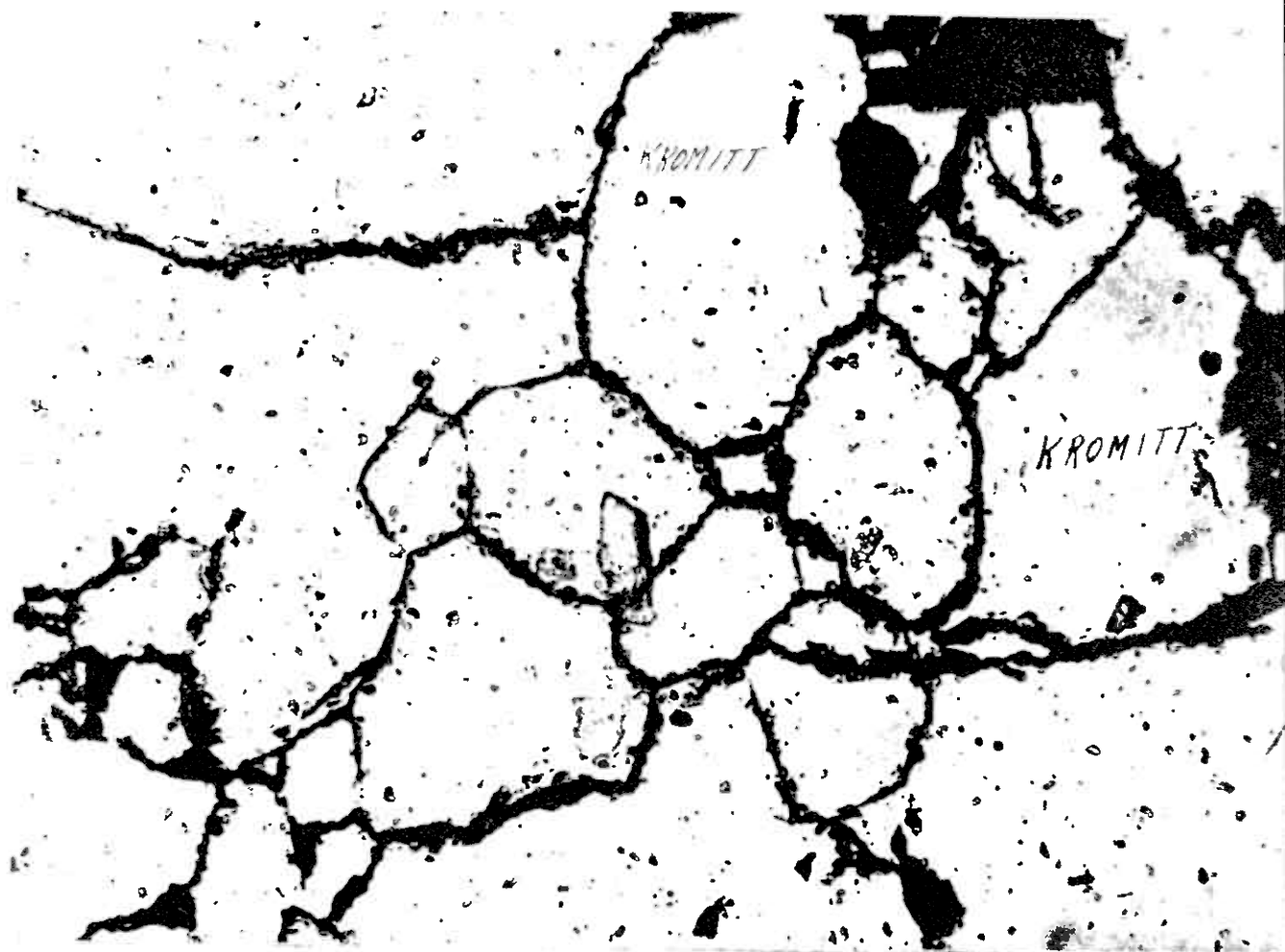
Kromitt fra Jektvik (J3).

Kommentar:

Kromittkorn er ofte utpreget myrmekittisk mot kantene, men vanligvis vesentlig mindre utpreget enn i tilfellet ovenfor (disseminert kromitt, ca. 15 vol. % totalt).

Forøvrig er kromitten ovenfor noe oppsprukket.

FIG. 57

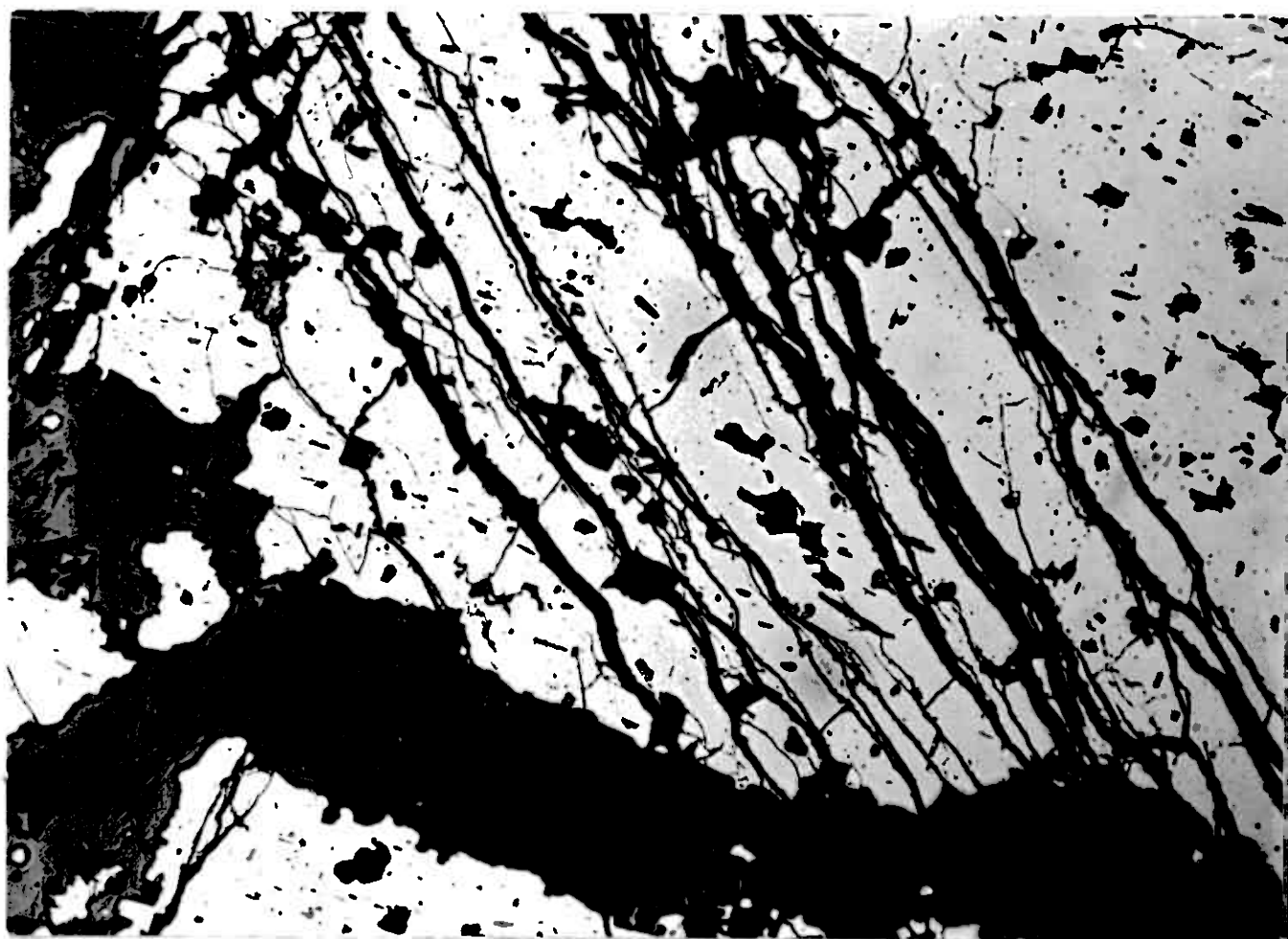


Kromitt fra Melfjordbotn (M6).

Kommentar:

Massivmalmslirer kan ha meget markant kornstruktur, slik som dette tilfellet. Bergartsinnholdet på bildet over er meget lavt, og er ikke representativt for for det polerslip fotografiet er tatt fra (gjennomsnittlig bergartsinnhold er 10-15%, og forøvrig blandt det laveste som er observert).

F16.58



0.1 mm

Kromitt fra Nordvernes (N1).

Kommentar:

Utpreget kraftig oppsprekking av kromitt (i massiv-
malm) i en retning.
Sprekkene er fylt med serpentin.

F16.59



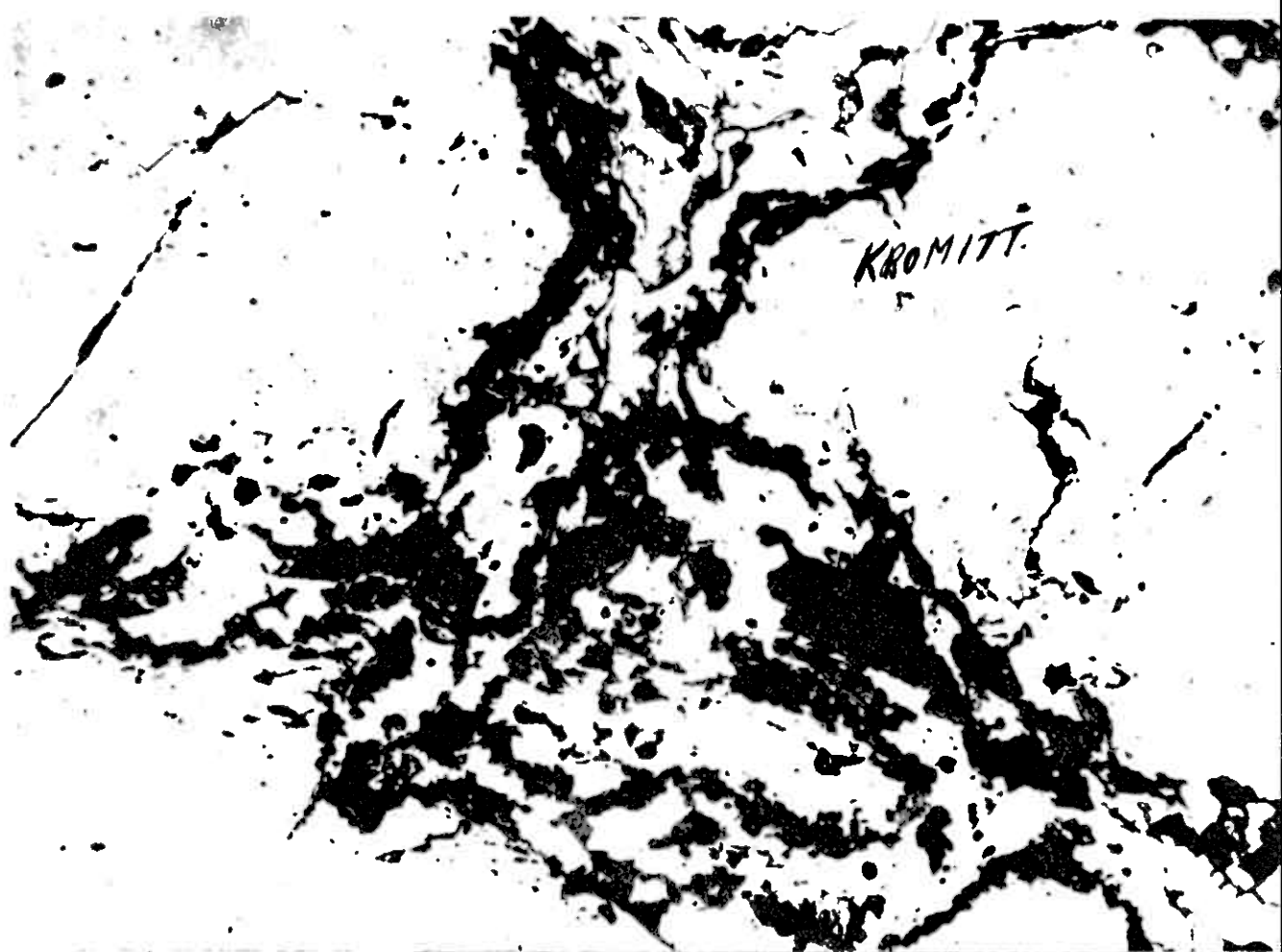
Kromitt fra Kalvholmen.

Kommentar:

Fotografiet er fra kromitt i massivmalm. Man aner en kornstruktur med en utpreget randzone av bergart. Myrmekittiske partier innimellom.

Bildet er en god illustrasjon på det faktum at kromittinnholdet i massive malmer sjelden er over ca. 80vol%.

F16.60



Kromitt fra Kalvholmen.

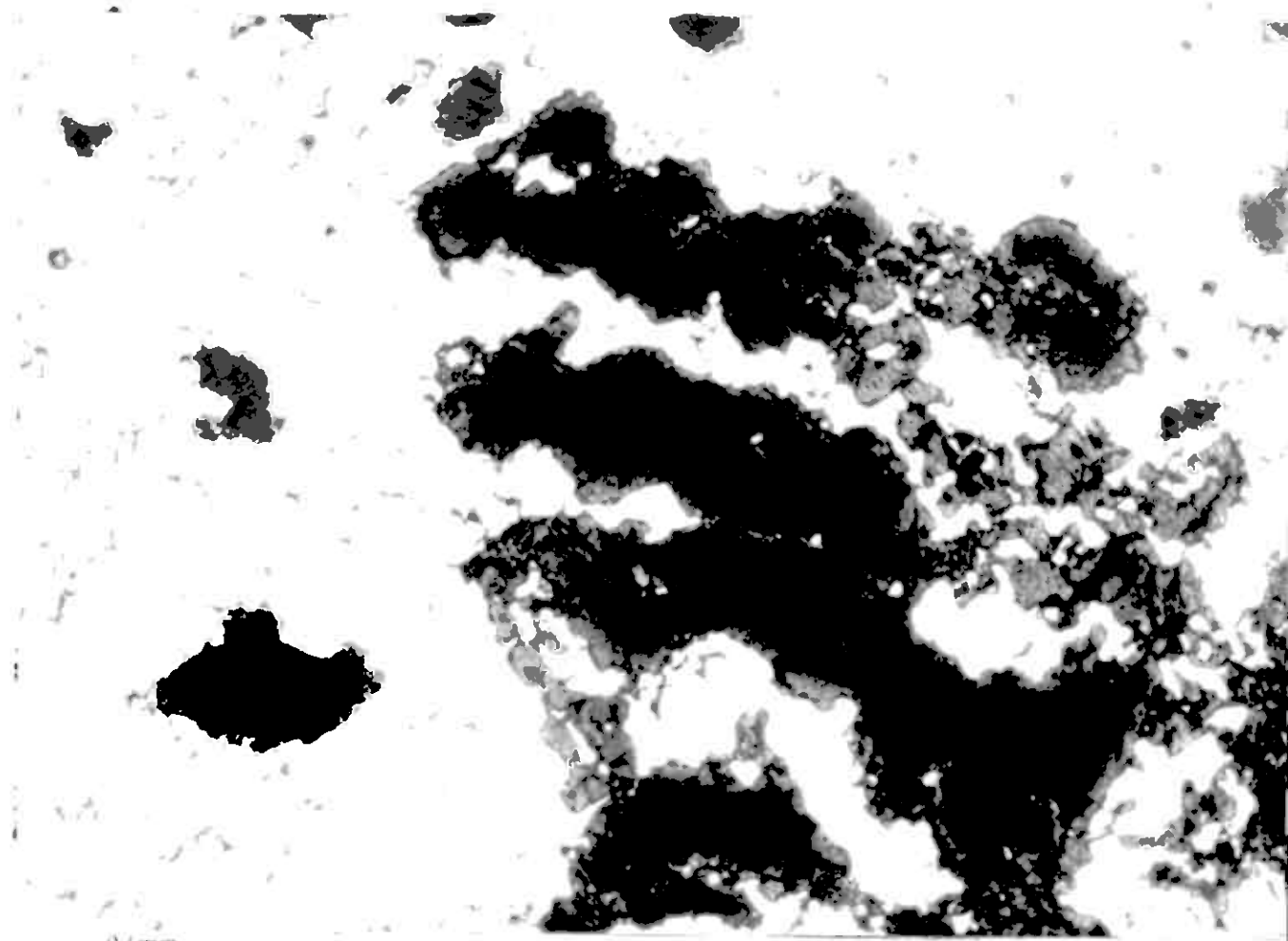
Kommentar:

Bildet er fra en massivmalm slire med usedvanlig lavt bergartsinnhold.

Eventuell stykkmal fra Lurøy-Røddøy peridotitter vil få et bergartsinnhold på over 20 vol.% i gjennomsnitt.

En eventuell oppredningsprosess med utseperering av kromitt i forholdsvis rene konsentrater (ca. 5 vol.% bergart) vurderes å måtte bli lite effektiv når det gjelder kromittutnuttelse.

F16. 61



Kromitt fra Æsjeholmen III (tynnslip, // lys).

Kommentar:

Kromitt blir i dette tilfellet (eneste observerte tilfelle) gjennomskinnelig og utpreget grønnlig (går over til Spinell), i mindre korn og ut mot kantene. Den omliggende peridotitt bergart er forholdsvis frisk olivin.

Denne gradvise variasjon i kromittsammensetning kan være primær.

Forøvrig er spinell (mere eller mindre myrmekittisk) også observert i andre peridotitter, gjerne med svake variasjoner i gjennomskinnelighet, men aldri med opake partier slik som i dette tilfellet.



0.1 mm

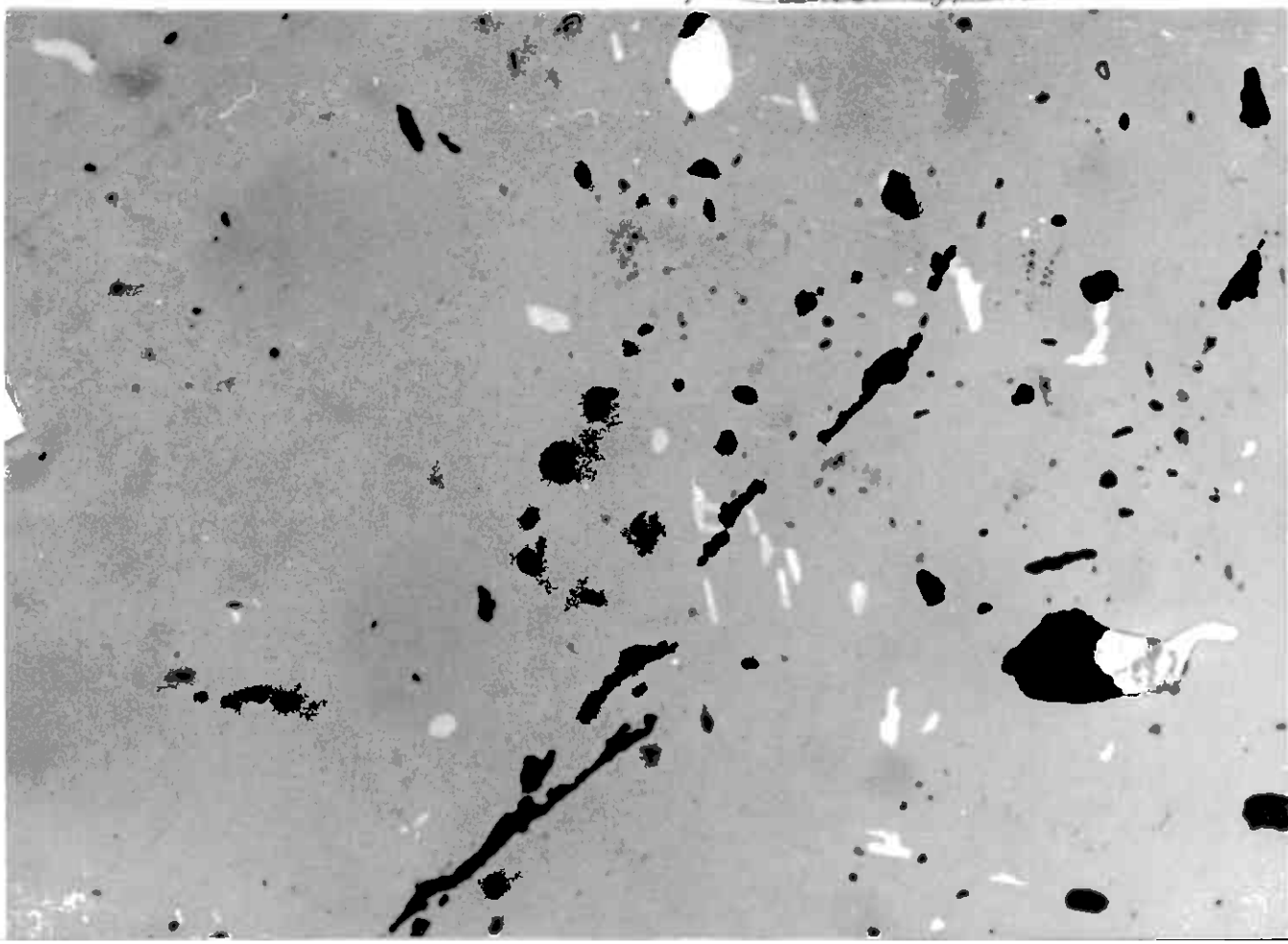
fra Melldjordsbreen, M 9

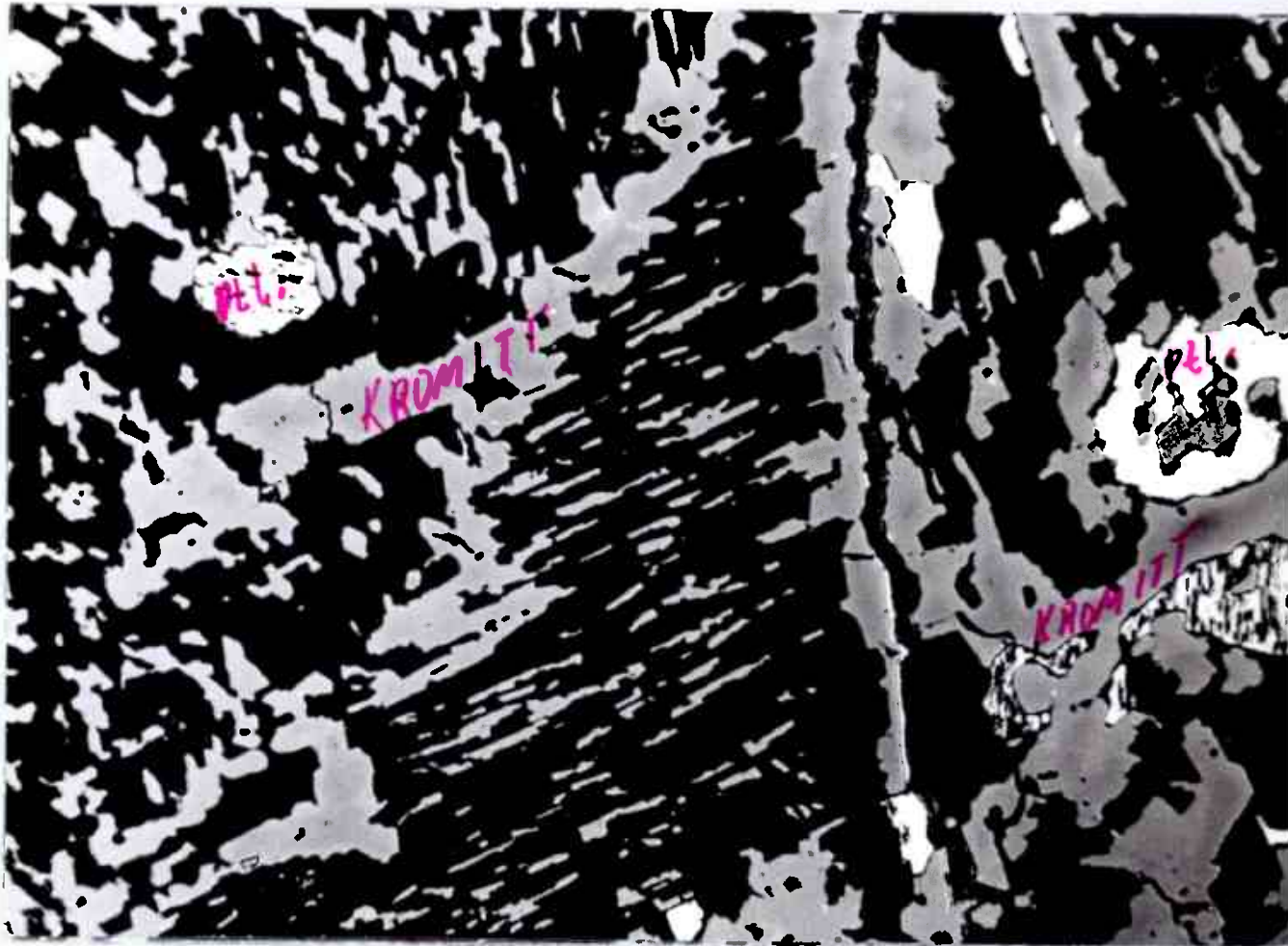
Flb 62

Imenitt forekommer i kromitt (sjelden) som dråpeformede inneslutninger tildels med lamellepreg eller som skarpe lameller. Bildene ~~men~~for representerer 2 tilfeller hvor nicols er delvis krysset.

0.1 mm

fra Hestmannen, H. 7





0.1 mm

Kromitt (R=14) fra Æsjeholmen III.

- Meget utpreget myrmekittisk kromitt. Usedvanlig høyt innhold av magnetkis(po). En bergartsanalyse gir 0.45% Ni som syldes noe pentlanditt (selvstandige korn) sammen med magnetkisen. Forøvrig inneholder denne malmen ilmenitt (lameller i kromitt!), samt noe bravoitt og kopperkis (meget lite).
- Denne utpregede myrmekittstruktur er typisk for kromitt bare fra Æsjeholmene I, II og III, i form av cm til dm-tykke slirer uten kornstruktur! 2 typer av kromittslirer forekommer, hvorav den ene type (bildet over) er utpreget sulfidholdig og forøvrig opptrer som meget spredte 1-5cm tykke og 2-5m lange slirer, og den andre type ikke er utpreget sulfidholdig og opptrer i forholdsvis større mengder (omtrentlige gjennomsnittsgehalter kan ikke gies grunnet mangelfulle feltobservasjoner). Dessuten forekommer kornet kromitt (ikke-myrmekittisk) i små mengder.
- Sulfidinnholdet varierer meget sterkt i peridotitt-bergartene, maksimalt er observert ca.5% (hovedsakelig magnetkis).
- Se omtale av disse peridotitter på side 42.

F16.63



2 faser krom-spinell (Nordvernes, N1).

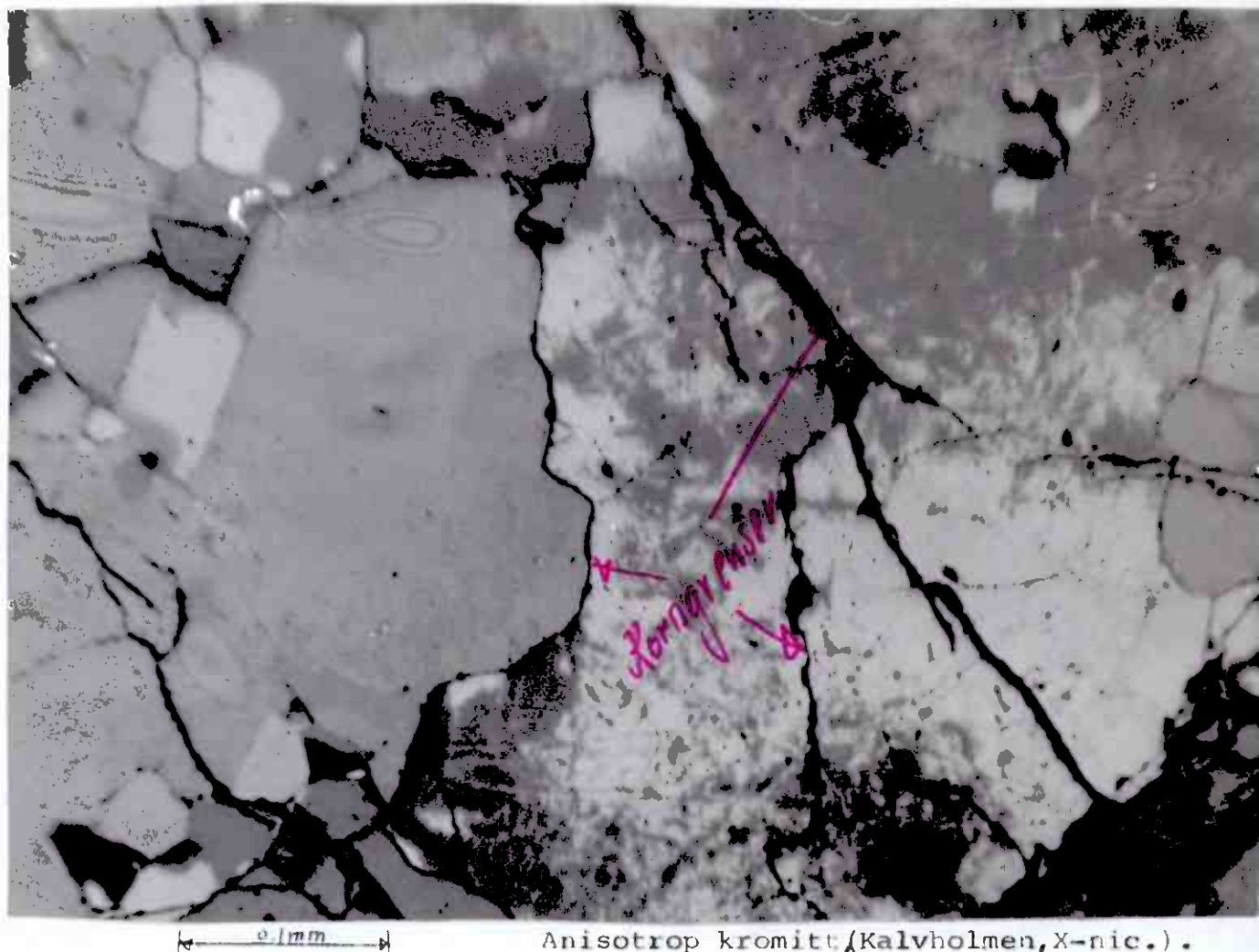
Ved microprobe er den mørke ^{lyse} fase funnet å ^{lyse} være utpreget Fe-rik, og den lyse fase utpreget Mg og Al-rik.

Cr-innholdet varierer meget lite, med en tendens til høyere Cr-innhold i den mørke fase, men variasjonen følger ikke korngrensene slik som for Fe, Al og Mg. Den lyse og den mørke fase antas å være henholdsvis hercynitt- og spinellrik og magnetittrik.

I samme slip (fra disseminert kromittbalm) forekommer homogene korn (magnetisk) av den mørkeste av kromspinellfasene.

Se side — for nærmere omtale.

De diffuse mørke flekkene i bildet skyldes støv i fotoutstyret.



Anisotrop kromitt (Kalvholmen, X-nic.).

Kommentar:

Kromitt er ofte svakt anisotrop!

I 2 polerslip (fra Nordvernes N1 og Rauholmen 1), er anisotropieffekten distinkt samtidig som et forunderlig anisotropi "mønster" er framtrædende, slik som på bildet over. Polerslip betraktning i // -lys viser ingen inhomogeniteter som er sammenfallende med anisotropieffekten (ved X-nic.).

Korngrænser framtrer tydelig på bildet over.

Anisotropien viser en tendens til å følge de enkelte "korn", men ikke nødvendigvis.

Røntgendiffraksjon sier magnetitt.

Reflektiviteten er 17.0%.

Misroprobe undersøkelser over pertier hvor anisotropieffekten forekommer viser ingen variasjoner i elementinnhold for elementene Cr, Fe, Mg, Al, V, Ti, Ni, Zn, Mn.

Donath (1930, side 38) beskriver anisotrop kromitt fra Hestmannøy (Ramberget). ZnO innholdet oppgives å være 2.62 og 2.21% i 2 analyser, som er vesentlig høyere enn i noen analyser i denne undersøkelse (side 75). Donath mener på grunnlag av røntgenundersøkelser at anomalieffekt i Hestmannøy kromitt skyldes optiske anomalieffekter som kan tilbakeføres den isomorfe sammensetning med høyt Zn-innhold.

Imidlertid er svakt anisotrop kromitt i denne undersøkelse funnet å ikke være utpreget Zn-holdig.

FIG. 65

Kapitel 10.

Genese.

Feltobservasjoner, slipstudier og analysedata utgjør tilsammen et rikholdig materiale som kan gi grunnlag for tildels ganske vidløftige spekulasjoner om kromitt og peridotitter i Lurøy-Røddøy området.

Litteraturstudier er av uvurderlig betydning, og gjør det mulig å se Lurøy-Røddøy kromittene/peridotittene i en større sammenheng.

PERIDOTITT GENESE.

Peridotitter er pr. definisjon ikke-feltspatholdige eruptivbergarter hovedsakelig bestående av olivin (Hyndman, 1972^{5.37}). Overganger til pyroksenitt kan forekomme (clinopyroksenbergart er observert ved Esjeholmene, s. 42), og til gabbro (ikke observert).

Peridotitter forekommer i flere eruptiv assosiasjoner, hvorav de mest vanlige er:

1. Peridotitter i foldede geosynklinale sedimentbergarter.
2. Peridotitter i nedre deler av lagdelte gabbroer.

Lurøy-Røddøy peridotittenes eruptive natur er udiskutabel, og fordi de ligger i geosynklinale klastiske sedimentbergarter (nå gneis) må de oppfattes å tilhøre gruppe 1 ovenfor (Alpine peridotitter).

Alpine peridotitters dannelsesforløp er komplekse. Vidt forskjellige dannelseshypoteser er framlagt i årenes løp (se Hyndman, 1972, s. 111).

Det største problemet har vært å kunne forklare hvorfor alpine peridotitter bare forholdsvis sjelden har kontaktmetamorfosert sideberget. Eksperimentelle forsøk viser at peridotittmagma ikke under noen tenkelige omstendigheter vil kunne krystallisere under ca. 1200°C (Hyndman, 1972; Kushiro, 1968).

Det er nå internasjonalt akseptert at alpine peridotitter dannes fra et ultramafisk magma et annet sted enn den nåværende plassering, og at den endelige plassering har skjedd tektonisk (se senere).

Dannelsesforholdene i forbindelse med ^{den} tektonisk plassering av alpine peridotitter er lite kjent.

For Lurøy-Rødøy området vedkommende kan de klastiske sedimentbergarter kunne oppfattes å ha vært svakt plastiske (se nedenfor) og derved lettere ha muliggjort innskyvning av ~~fast~~ peridotittlegemer som i forhold til sedimentene var forholdsvis faste.

En tenkelig årsak til denne "plastisitet" er poretrykket i sedimentene, som muligens kan ha vært i samme størrelsesorden som det totale trykket, og således ha muliggjort peridotitt-inntrengning langs spesielt gunstige horisonter, med utpregede peridotittkonsentrasjoner, gjerne med peridotitter på rekke og rad, som resultat.

Dette er selvsagt meget spekulativt, men en viss riktighet kan på grunnlag av ~~litteratur studier fra utenlandske forhold~~ ansees som sannsynlig (se referanser på side 69).

Følgende feltobservasjoner indikerer tektonisk innskyvning av allerede størknede og "avkjølte" peridotittlegemer i Lurøy-Rødøy området, i plastiske sedimentbergarter (nå gneiser):

1. Gneisene er mot peridotittgrensene generelt meget utpreget foliert, forskifret tildels også med plastiske flytefolder, slepefolder (se fig. side).
2. Gneisene er aldri i peridotittkontakt-sonen observert å være oppbrukket eller brekksjert, I alle observerte tilfeller har gneisene føyd seg "plastisk" rundt peridotittene som følge har oppfattet å ha vært stive legemer sammensmeltet med sedimentene (se pl. 4 nedenfor om unntak er)

3. Gneisene er ikke kontaktmetamorfoserte (ett unntak, Æsjeholmen III, s. 42).
4. Tildels utpreget lineasjon i peridotitter parallell~~l~~ peridotitt/gneis grensen og tett opptil denne grense er observert i noen tilfelle (se s. 58). Lineasjonen er ved ~~en~~ parallell-orientering av enstatittkrystaller.

Flytestrukturer i peridotittene opptrer i forskjellige retninger uten noen observert sammenheng med gneiskontakten. Flytestrukturer antas å være dannet før den endelige plassering av peridotittene, under eller før innskyvningen i sedimentene.

I noen tilfeller er flytestrukturer med sikkerhet observert å være dannet etter serpentiniseringen av peridotittbergart (se s. 54). Dette indikerer at serpentiniseringsprosessen er en forholdsvis tidlig begivenhet i peridotittenes dannelseshistorie, muligens umiddelbart etter dannelsen fra peridotittmagma, ^{og for ombygging, nåværende posisjon} mens peridotittmassen enda er noe plastisk.

En annen mulighet kan være at ~~selve-ser~~ inntrengning av H_2O holdige fluide faser i forbindelse med serpentiniseringsprosessen gjør peridotittmassen plastisk under de forholdsvis høge trykk og temperaturer som må antas å eksistere, og dermed muliggjør plastiske flytefolder/ flytestrukturer ved tektonisk påvirkning (^{under} ved inntrengning i sedimentene ?) (~~egen antakelse~~).

Enhver dannelseshypotese for alpine peridotitter må ifølge Hyndman (1972, s. 112) ta i betraktning følgende forhold:

- mest vanlig i eogeosynklinale omgivelser (eller dybuer).
- ofte assosiert med spilitter og cherts.
- ofte assosiert med gabbroer eller basalter (eller spilitter), som skarpe lag, dikes eller bare som inneslutninger.
- lokaliseres ofte langs store regionale foldningssoner.
- består mineralogisk primært hovedsakelig av olivin med eller uten pyroksen. Vanligvis ingen plagioklas.

- foleasjon og l neasjon kan være godt utviklet.
- sterk deformasjon er typisk, men forekommer ikke nødvendigvis.
- vanligvis ingen eller bare meget svak kontaktmetamorfose av sideberget. Sterkt kontaktmetamorfosert sideberg kan forekomme, men bare meget sjelden.
- serpentinisering meget variabel, mellom 0 og 100%, langs peridotitters yttergrenser, eller i de sentrale partier, eller begge deler.

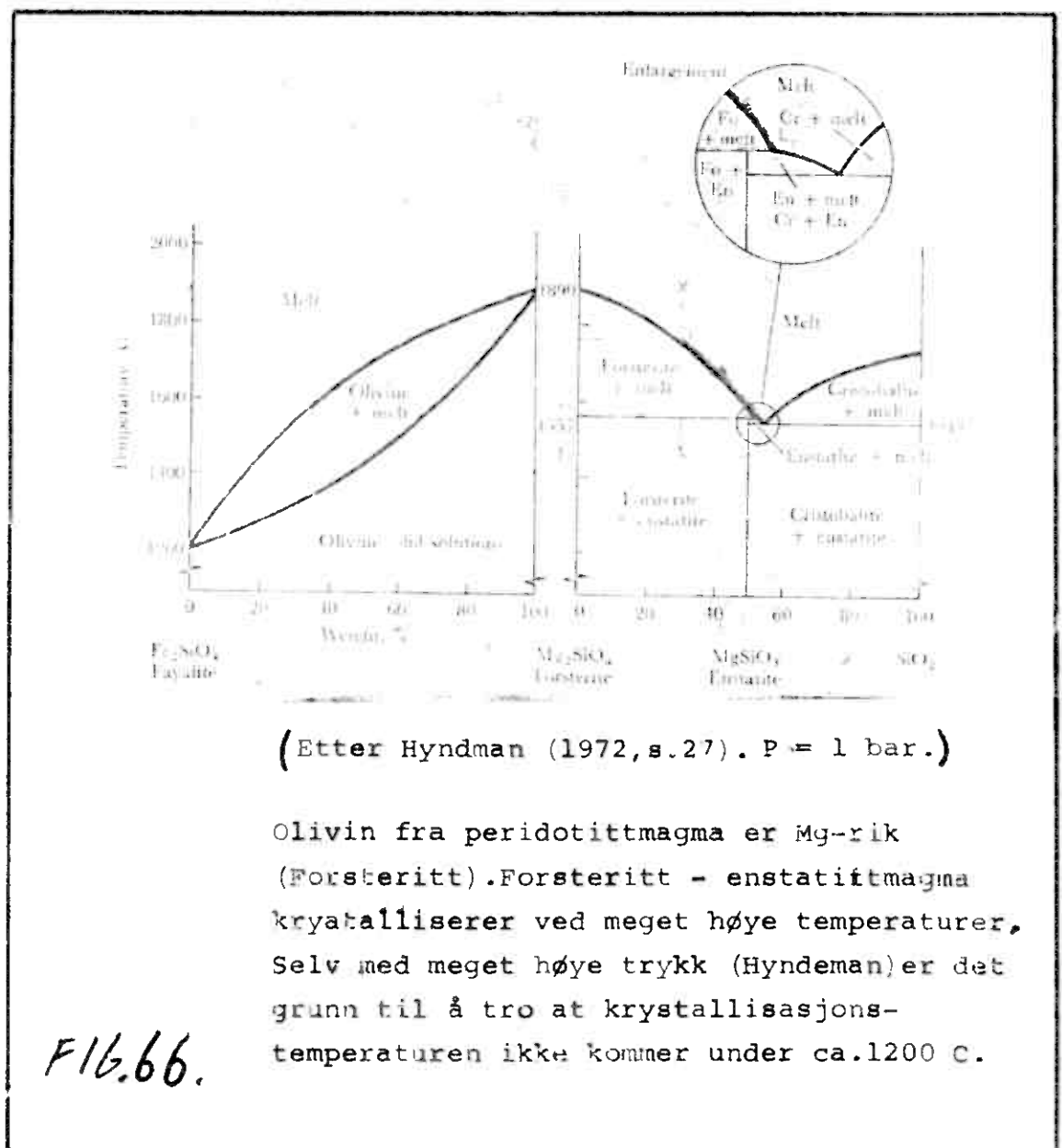


Plate tektonikk og kontinentaldrift er nøkkelbegreper i forbindelse med de senere års økede peridotittforståelse.

Følgende omstendigheter er i denne sammenheng av overordentlig stor betydning:

1. Alpine peridotitter opptrer langs kantene av tidligere tiders kontinentale plater, uten at høytemperatur ~~aureoler~~-kontakt-metamorfose kan observeres (Everett, Jackson og Thayer, 1972).
2. Omvandlede ultramafiske bergarter av forskjellige typer, harzburgitter (olivin + enstatitt), dunitter, og lherzolitter (olivin+enstatitt+diopsid +/- plagioklas), er observert i en rekke tilfeller ved boringer i riftsoner (Engel og Fisher, 1969 og 1975; Aumento og Loubat, 1971; og andre). Disse bergarter er vanligvis kraftig serpentiniserte.
3. Flere forfattere (Engel og Fisher, 1969 og 1975; Miyashiro, Shido og Ewing, 1970; Miyashiro, 1975) postulerer en nær sammenheng mellom riftsoners peridotitter og peridotitter i ophiolitter.

Ophiolitt er pr. definisjon (Penrose Field Conference, 1972) en ordnet følge av ultramafiske og mafiske bergarter i karakteristiske pelagiske og sedimentære omgivelser, og som nå står opp som et lineært belte og indikerer at en oceanisk plate er konsumert innunder en kontinental plate.

4. Plastisk deformasjon (flytestrukturer) er observert i harzburgitt-dunitt underveis bort fra en riftsone som en del av en oceanisk plate (Thayer, 1969).

En alment akseptert antakelse (Engel og Fisher, 1975) er at delvis smeltet Lherzolittisk mantelmateriale stiger oppover i riftsoner mens det produseres en flytende fase (basalt) og en residual fase (harzburgitt).

Basalter strømmar ut i riftsoner mens peridotittene innkapsles i oceaniske plater,

Oceaniske plater kolliderer med kontinentale plater i obduksjons- eller subduksjonssoner (se fig. 67),

og peridotitter plasseres tektonisk i suprakrustalbergarter (sterk forenkling). *Se Lappin (1974) (neste side)* om et relevant eksempel som illustrerer prinsippet for dannelsesforløp også for Lurøy-Rødøy peridotitter.

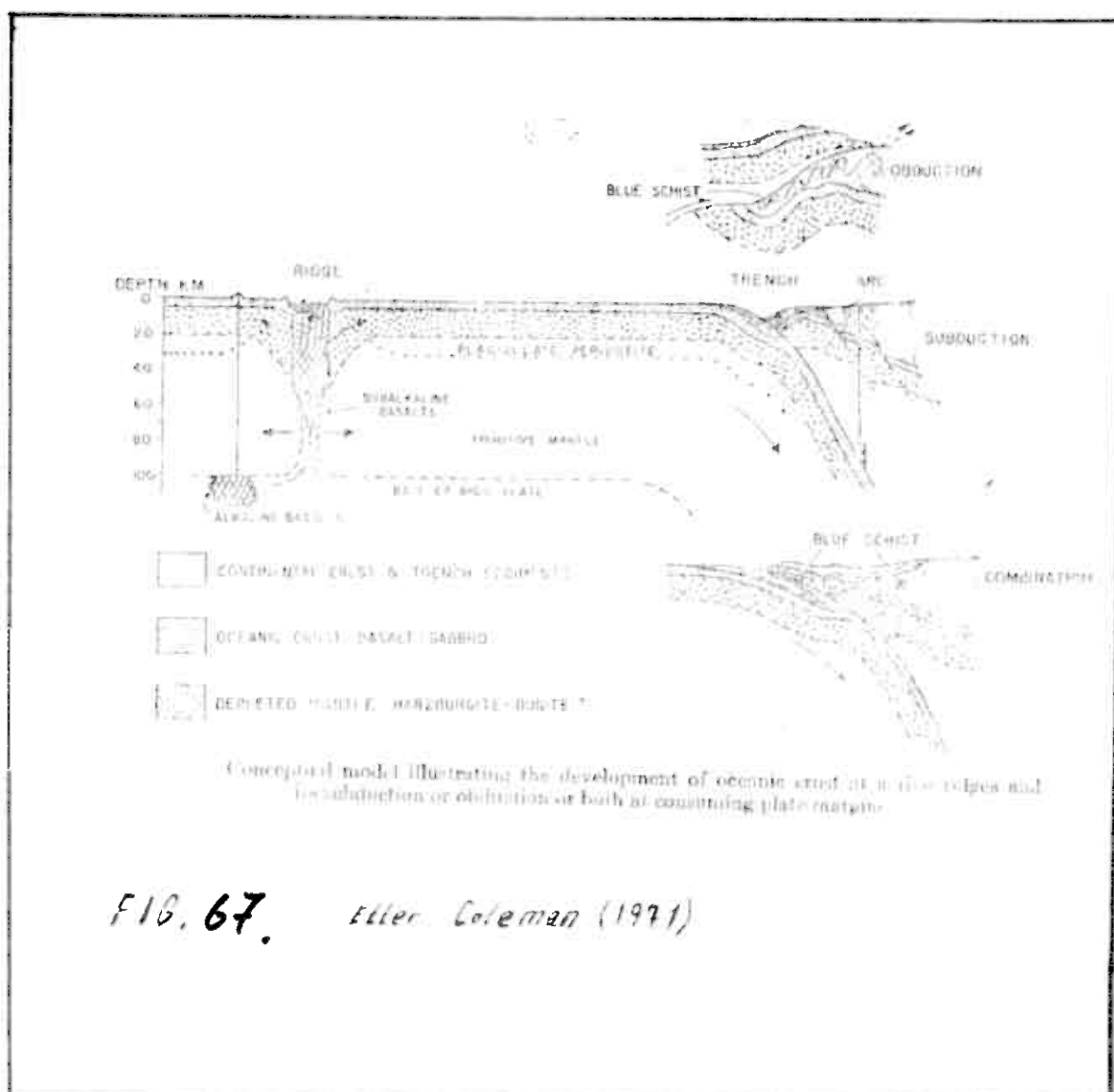


FIG. 67. after Coleman (1971)

KROMITT GENESE.

Cumulus prosesser, gravitativ anrikning ved tidlig krystallisasjon i mafisk/ultramafisk magma anses å være godt forståtte prosesser. Ifølge Jackson (1971) finnes meget gode overensstemmelser ^{millom} og eksperimentelle og teoretisk beregnede data.

Lurøy-Rødøy kromittkonsentrasjoner kan oppfattes å representere gravitativt anrikede cumulus strukturer som nå er mere eller mindre ødelagt av tektoniske bevegelser i massen etter anrikningsprosessen (evt. også under anrikningen).

Dette indikeres ved ved lag og bånd i tykkelser fra få mm til flere dm, linser, stokker, etc., av utpreget kornig kromitt, og med soner og partier med svak lagdeling i disseminert kromitt (ikke fullført gravitativ anrikning).

Se forøvrig ^{også} kapittel 9 om kromittens opptreden (529).

Foldninger og kromittanrikningene er aldri observert å gjenspeiles i peridotittbergart, og kan derfor oppfattes å ha skjedd før eller under størkningen av det resterende peridotittmagma.

Massiv kromitt slik den vanligvis opptrer, som knuter, linser, årer, etc., kan oppfattes å representere tidligere stratiforme eller forholdsvis stratiforme strukturer.

Likeledes kan den nåværende kromittopptreden, som indikert ovenfor, postuleres å være tektonisk kontrollert, og følgelig med de opprinnelige stratiforme strukturer mere eller mindre uteløst utslettet.

Kromittkrystaller har alltid avrundede omriss, gjerne med skarpe kanter i mindre skala og utvekster i mindre skala langs randen, ofte myrmekittisk (se under kapittel 9 for nærmere beskrivelse). Dette kan oppfattes å indikere en dannelse i magma uten eller i bare liten grad i kontakt med andre mineraler.

Videre vil magmaets innhold av elementene Cr , Fe^{3+} og Al uttynnes etter hvert som kromitt krystalliserer (se senere) slik at nydannelse av kromitt stadig blir vanskeligere.

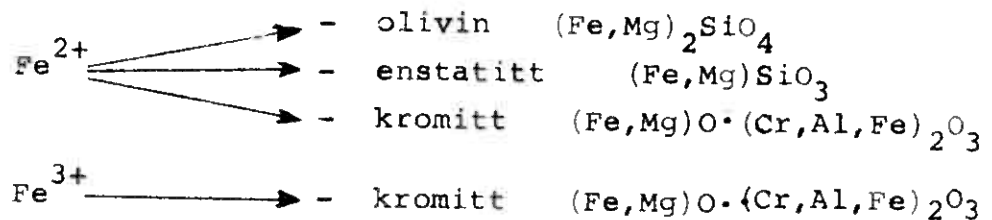
Dette kan oppfattes å forårsake at inneslutninger av olivinmaterie i større grad forekommer langs/nær randen av kromittkorn enn i de sentrale deler.

Disse utsagn underbygger en tidlig-krystallisasjon ^{dannelses-}hypotese.

Følgende primære faktorer antas å være av avgjørende betydning for kromittens sammensetning:

1. Magmaets red./oks. - forhold og derigjennom variasjonen i $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ - forholdet i magmaet.
2. Magmaets konsentrasjoner av de elementer som inngår i kromitt.

1. $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ forholdet i et magma er en funksjon av magmaets oksydasjonstillstand. Meget svake variasjoner i oksydasjonstillstanden medfører mindre variasjoner i $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$. Ifølge Thayer ⁽¹⁹⁴⁶⁾ innfluere slike variasjoner meget kraftig på kromittsammensetninger fordi omtrent all Fe^{3+} i peridotittmagmaer inngår i spinellmineraler. Dette illustreres ved figuren nedenfor.



Fe^{2+} inngår i silikatene olivin og enstatitt såvel som i kromitt, Fe^{3+} bare i kromitt. Når så over 99% av et gjennomsnittlig peridotittmagma (Gjelder for Lurøy-Røddøy peridotitter, såvel som peridotitter generelt, iflg. Hatch, Wells & Wells, 1972), kan det forventes at $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ variasjoner i peridotittmagmaer på den tid kromitt krystalliserer vil få meget forsterket virkning på $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ forholdet i kromitt.

Dette er viktig, og vil kunne forklare de tildels meget markante variasjoner i Fe^{3+} innhold i kromitt fra Lurøy-Røddøy området.

Ifølge Thayer (1946) har kromitt fra de fleste kromittforekomster i verden lavt Fe^{3+} innhold, og må derfor være dannet under svakt reduserende forhold.

På denne bakgrunn kan Lurøy-Røddøy kromitter oppfattes å være dannet under forhold hvor magmaets oksydasjonstillstand varierer i området svakt reduserende/svakt oksyderende eller i området svakt reduserende/enda svakere reduserende.

2. Det er rimelig å anta at innholdet av de forskjellige elementer som inngår i kromitt har nær sammenheng med magmaets innhold av de samme elementer.

Ifølge Thayer (1946) vil dannelsen av kromitt i likevekt med et olivinførende magma, kontrolleres av den totale konsentrasjon av Cr og Al i magmaet (Al i stort overskudd til Ca og Na fordi det ellers vil dannes plagioklas). Se fig. 68, ^{side 157} neste side.

SiO₂ innholdet i et peridotittmagma har ingen innvirkning på kromittsammensetningen fordi ~~kromi~~ SiO₂ ikke inngår i kromitt, men i silikatene olivin og enstatitt.

Økt SiO₂ innhold innebærer økt enstatittdannelse (SiO₂+olivin gir olivin+enstatitt).

Som omtalt på forrige side er det grunn til å tro at variasjoner i kromittsammensetning primært skyldes små variasjoner i magmaets red./oks. forhold.

Sannsynligheten for slike variasjoner postuleres å øke med avstanden innen samme peridotittmagma.

Således vil kromitt som krystalliserer i forskjellige nivåer lettere kunne vise forskjell i sammensetning enn kromitt som krystalliserer i samme nivå.

Ved cumulus prosesser får kromitt med forskjellig sammensetning^{er} nærliggende plasseringer, i samme massivmalmslire, i samme peridotitt eller i nærliggende peridotitter.

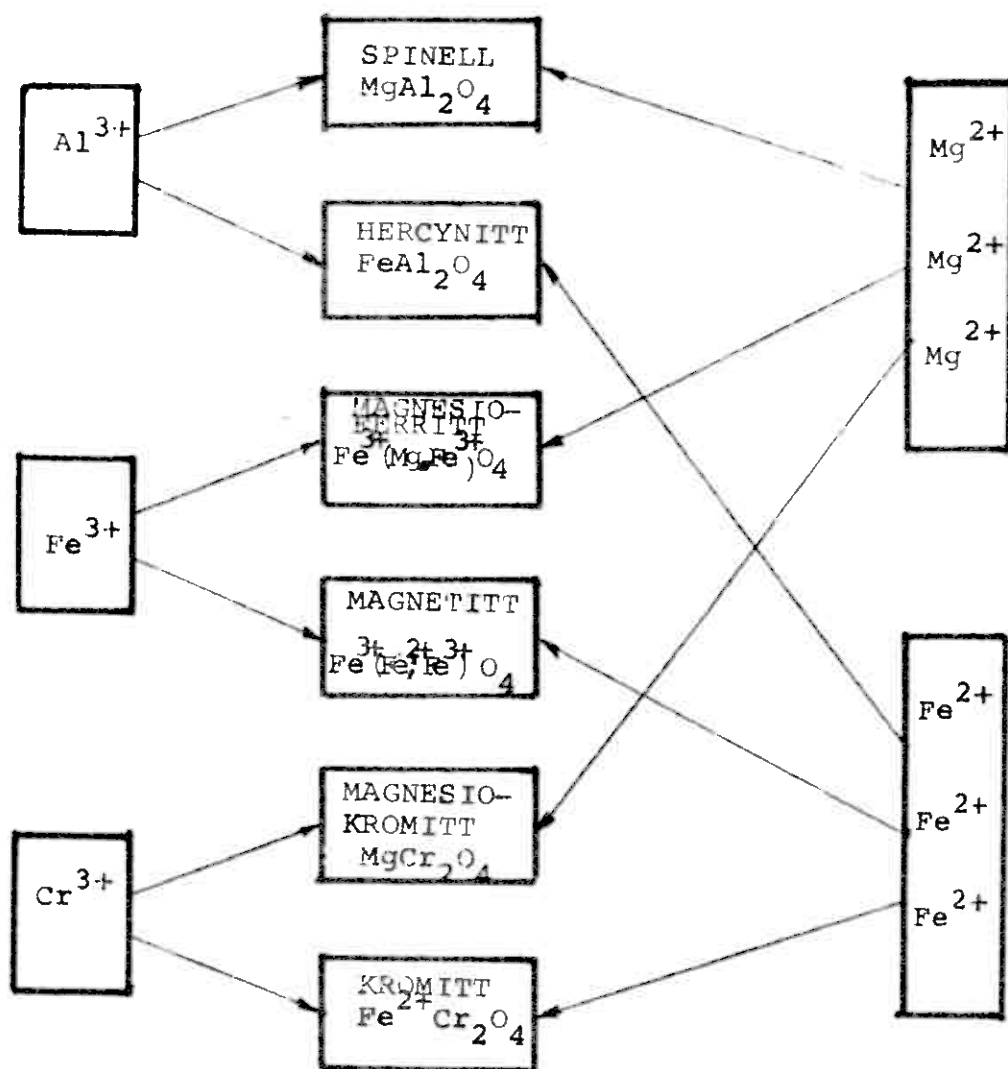
Soneringer er ikke observert, hverken optisk som variasjoner i refleksivitet eller med microprobe som variasjoner i elementinnhold. Av dette kan man slutte at kromitt ikke viser noen tendens til å krystallisere med foretrukket sammensetning, fordi da ville det antakelig etter hvert blitt en forskyvning i de relative mengdeforhold mellom elementene Cr, Al og Fe³⁺ i magmaet, med sonering av kromitt som resultat.

Imidlertid er soneringer observert andre steder i verden.

Muir og Naldrett (1973, Hope, B.C., Canada) har observert optisk homogent utseende kromittkorn med svak sonering fra kjernen mot randen. Kjernen er utpreget Cr og Al-rik, og Ti, Ni og Fe³⁺-fattig. Videre kan de gjennomsnittlige

elementinnholder variere både mellom korn innen samme prøve og mellom prøver, med særlig stor variasjon i Fe/Cr- forholdet. Microprobeundersøkelser på 8 korn i 4 prøver fra Lurøy-Røddøy området viser imidlertid ingen slik variasjon (side 92). Undersøkelser for å påvise elementinnhold variasjoner mellom korn i samme prøver, som ved reflektivitetsmålinger (s. 102) er funnet å ha forskjellig reflektivitet, er ikke utført for L.R.-kromitter. Slike undersøkelser bør utføres, og anbefale

I forbindelse med omvandlinger an peridotittbergarter er det forskjellige steder i verden påvist en omvandlingsrandsoner i kromitt (Ulmer, 1974; Thayer, 1956). Slikt er ikke observert for Lurøy-Røddøy kromitter (36-polersli hverken optisk (36 polerslip) eller med microprobe (4 polerslip med forskjellig omvandlingsgrad).



Me^{3+} -kationer foreligger i begrenset tilgang og bestemmer den totale mengde av spinellgruppens mineraler som dannes.

Me^{2+} -kationer foreligger i ubegrenset tilgang.

Variasjoner i magmaets red./oks.-forhold får meget forsterket virkning i kromitters $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ -forhold. Høyt Fe^{3+} -innhold i kromitt medfører korresponderende lavere Cr og Al-innhold. Og fordi de totale Cr og Al mengder i magmaet kan forutsettes å være forholdsvis konstante sammenliknet med Fe^{3+} for L.R.-peridotittenes vedkommende, vil øket Fe^{3+} mengde i magmaet medføre at totalt sett mere kromitt (krom-spineller) dannes.

FIG. 68

Bare i ett tilfelle er det observert 2 KROM-SPINELLFASER (av totalt 36 polerslip med kromitt). Prøven er fra den detaljundersøkte peridotitt ved Nordvernes (N1), og viser en 'myrmekittisk' ^{avblandning} sammensetning mellom 2 med forskjellig reflektivitet skarpt avgrensede faser (se side 144). Microprobeundersøkelse gir følgende opplysninger (se forøvrig om microprobeundersøkelser, side 92):

- Fe markant anrikning i fasen med høyest reflektivitet
- Cr ingen utpreget variasjon. Meget svak anrikning enkelte steder i fasen med høyest reflektivitet, men følger ikke fasegrensene (!).
- Mg markant anrikning i fasen med lavest reflektivitet
- Al en viss anrikning i fasen med lavest reflektivitet

Mere detaljerte undersøkelser er ikke foretatt.

Prøven er imidlertid svakt magnetisk, slik at fasen med høyest reflektivitet antas å være magnetitttholdig (Fe rikest). Se side 102 om systematiske reflektivitetmålinger av kromitt.

Muir og Naldrett (1973) ^{beskriver} en liknende 2-fase krom-spinell (Hope, B.C., Canada), hvor de 2 faser er henholdsvis magnetittrike og hercynittrike.

Videre omtaler Ramdohr (1969) noen tilfeller av ublandbarhet mellom magnetitt og hercynitt.

Microprobeundersøkelsen ovenfor er for ufullstendig til å si noe bestemt om fasenes mineralogiske sammensetning, men henholdsvis magnetittrik (FeFe_2O_4) og Al-spinellrik ($(\text{Mg}, \text{Fe})\text{Al}_2\text{O}_4$) er sannsynlig.

Generelt består Lurøy-Rødøy kromittene av homogene korn som ikke har gjennomgått avblanding.

Det ene tilfellet med 2 krom-spinell faser er et unntak.

Årsakene til at 2 faser forekommer såpass sjelden må betraktes som ukjente. 2-fase kromitten kan skyldes avblanding fra opprinnelig homogen kromitt, eller fullstendig ikke-blandbarhet helt fra krystallisasjonstidspunktet.

Eksperimentalarbeider kombinert med

observasjoner av naturlig forekommende spinellgruppe-mineraler har vist at utstrakt solid solution forekommer over ca. 900°C. Ved lavere temperaturer er blandbarhetene funnet å være forholdsvis begrensede.

Fig. 69 viser binære sammenhenger innen spinellsystemet (etter Muir og Naldrett, 1973).

Spinellsystemets komplekse natur er iøynefallende.

Således er det noe overraskende at Lurøy-Rødøy kromittenes meget store variasjon i sammensetning (side →) ikke resulterer i ikke-blandbare faser i flere enn ett av 36 observerte tilfeller (fra hvilke 10 analyser foreligger, totalt 22 analyser).

På denne bakfunn må de innsamlede kromitter fra Lurøy-Rødøy område betraktes å representere et usedvanlig verdifullt prøvemateriale, og vil ved nærmere studier kunne gi opplysninger av stor interesse og betydning for den totale forståelse for spinellgruppens mineraler.

Compatibility of Binary Joints in System $MgO-FeO-Cr_2O_3-Al_2O_3-Fe_2O_3$	
Binary Joint	
$Fe_2O_3-FeAl_2O_4$	complete miscibility above ~850°C, limited below ~850°C.
$MgAl_2O_4-MgCr_2O_4$	complete miscibility between 510°-1500°C, phase relations unknown at lower temperatures.
$MgFe_2O_4-Fe_2O_3$	complete miscibility at 1400°C, phase relations unknown at lower temperatures.
$FeCr_2O_4-MgCr_2O_4$	complete miscibility at 1100°C, phase relations unknown at lower temperatures.
$FeAl_2O_4-MgAl_2O_4$	complete miscibility at 1100°C, phase relations unknown at lower temperatures.
$FeAl_2O_4-MgAl_2O_4$	complete at all temperatures?
$FeAl_2O_4-FeCr_2O_4$	complete at all temperatures?
$Fe_2O_3-FeCr_2O_4$	complete miscibility at > 900°C (at > 400°C), limited between 500-900°C.
$FeCr_2O_4-FeAl_2O_4$	complete miscibility at > 900°C, limited between 500-900°C.

1. Turnock & Eugster (1962). — 2. Warshaw & Keith (1974). — 3. Muan & Osborn (1975). — 4. Ulinic (1964). — 5. Deer, Howie & Zussman (1962). — 6. Muan & Somya (1960). — 7. Cremer (1969). References 1 to 5 inclusive are as reported in Irwin (1965).

ILMENITT er observert i kromitt og antas dannet ved avblanding. Ved høye temperaturer er krystallstrukturen i en tilstand av stor relativ uorden, og fremmede ioner som Ti vil lettere kunne aksepteres. Synker temperaturen blir krystallstrukturen mere ordnet og Ti kastes ut og danner egen ilmenittfase (se Goldschmith's regler, Battey 1972, s.21).

I denne undersøkelsen er observert 2 typer av ilmenittutfelling i kromitt (i forskjellige prøver):

1. skarpe ilmenittlameller langs krystallplan i kromitt.
2. avrundede ilmenittkorn, gjerne noe langstrakte.

For di de 2 opptredener er så markant forskjellige (se side 142) er det grunn til å anta ganske forskjellige dannelsesforhold (P/T). Nærmere undersøkelser i denne forbindelse er ikke utført.

BERGARTSMINERALER.

Häbzburgitt (olivin+enstatitt) utgjør den primære peridotittbergart på hvilke diverse omvandlingsmineraler er dannet under påvirkning av fluide faser inneholdende bestanddeler som H_2O , CO_2 og SiO_2 . Se kapittel om mineralparageneser for nærmere omtale.

Kapitel 11.

Annen utnyttelse av peridotitter.

Foruten kromitt er peridotittmineralene olivin, magnesitt og talk i prinsippet økonomisk interkessante.

Hovedspørsmåleter i denne sammenheng hvorvidt et eller flere av disse mineraler forekommer i tilstrekkelige mengder og er av såpass god kvalitet at økonomisk utnyttelse ikke uten videre kan utelukkes.

Fordi denne undersøkelse er målrettet med henblikk på kromitt, er andre mineraler viet liten oppmerksomhet i økonomisk forstand.

Imidlertid utgjør feltobservasjoner og innsamlede stuffer et forholdsvis stort materiale, som når kombinert med slipstudier og generelle opplysninger om kvalitetskriterier for økonomisk utnyttelse av de respektive mineraler, kan gi grunnlag for endel avrundede betraktninger.

Benyttede opplysninger om bruksområder og kvalitetskrav er ifølge Bergstøl (1975).

OLIVIN.

Olivin nyttes hovedsakelig som olivinsand i metallurgiske støpeformer og som ildfast sten. Den i denne sammenheng viktigste egenskap ved olivin er det høge smeltepunktet som for den magnesiumrike olivin (forsteritt) er ca. 1800°C.

De viktigste krav som stilles til olivinsten er høyt Mg-innhold (over 48 % MgO) og lavt vanninnhold (under 0.7 % H₂O).

Forurensing med vannholdige omvandlingsmineraler og enstatitt og magnesitt må være liten i olivinkonsentrater. Særlig er enstatitt et stort problem fordi intens sammenveking med olivin gjør friknusing vanskelig.

LURØY-RØDØY området.

Olivin er alltid observert mere eller mindre omvandlet. Generellt er et fint årenett av serpentin ødeleggende, og utgjør sammen med andre omvandlingsmineraler skjelden under 10 vol.% av bergarten.

Enstatittinnholdet varierer fra peridotitt til peridotitt såvel som innen peridotitter, og forekommer sjelden under 5 vol.% i gjennomsnitt over såpass store arealer som 50x50m. Som et eksempel er det ikke observert overflatearealer i størrelsesorden 50x50m med under ca. 5 vol.% enstatitt i gjennomsnitt, og som samtidig har lavere innhold av vannholdige omvandlingsmineraler og/eller magnesitt enn ca. 10 vol.% (meget omtrentlig).

KONKLUSJON: Økonomisk utnyttelse av olivin er utelukket.

TALK.

Talk regnes å være et økonomisk viktig mineral. Handelsproduktet talk er ikke ren talk, men kan inneholde varierende mengder av mineralene tremolitt, anthofyllitt, serpentin, magnesitt og litt kvarts.

Krav: - stor hvithet, jevn og fin kornform, jevn kjemisk sammensetning, bladform, lite kvarts.
- jernholdige mineraler må kunne fjernes.

Flotasjon er en mulig anrikningsprosess for talk.

LURØY-RØDØY området.

I motsetning til for olivin, hvor konklusjonen er entydig negativ, kan det på grunnlag av det eksisterende materialet ikke sies noe bestemt når det gjelder talk. Ytterligere undersøkelser anbefales utført med henblikk på talk.

Sårlig peridotittene i Melfjordbotn er talkrike (og magnesittrike) men her er til gjengjeld transportproblemene meget store og utelukker alene muligheten for drift (se feltbeskr.).

MAGNESITT.

Magnesitt brukes til ildfast sten som dødbrennt magnesitt ($Mg + \frac{1}{2}CO_2$), som både er lite reaktivt og tåler meget høye temperaturer. Magnesitt produseres stort sett fra replacementforekomster i dolomitter, men det burde ikke være noe prinsippielt hinder i veien for at ikke også magnesitt fra omvandlede ultrabasiske bergarter kan brukes.

LURØY-RØDØY området.

De undersøkte peridotitter er forholdsvis magnesitt rike, i området 15-20 vol.% i flere tilfeller (forsiktig antakelse). I tynnslip er det observert såpass høge magnesittinnhold som 60 vol.%, med gjennomsnittsverdier på ca. 20 vol.%, noe som ikke er representativt for for tilsvarende gjennomsnittsverdier i peridotitter fordi prøvetaking ikke er utført med henblikk på magnesitt.

Magnesitt situasjonen for de undersøkte peridotitter er interressent og anbefales nærmere undersøkt.

Som sammenliknet har Sagvanditter i Troms (peridotitter) et gjennomsnittli magnesittinnhold på ca. 15 vol.% (Ohnmacht, 1974).

SLUTTBETRAKTNINGER OM OLIVIN, MAGNESITT OG TALK.

Magnesitt og talk er de eneste mineraler Lurøy-Rødøy peridotitter som på grunnlag av dette arbeidet kan sies å være økonomisk interressente. Ytterligere undersøkelser i denne forbindelse anbefales, spesielt med henblikk på å vurdere mulighetene for samtidig utnyttelse an magnesitt og talk. Peridotittene ved Melfjordbotn kan umiddelbart utelukkes på grunn av den håpløse beliggenheten inne på fjellet.

PENTLANDITT kan være av økonomisk interesse for for Æsjeholmenes vedkommende (og bare der). Se side 42 og side 43 for nærmere omtale.

Konklusjon - økonomisk utnyttelse.

1. KROMITT

Kvalitetskriterier for de forskjellige kromittavvendelsesmuligheter utelukker alene muligheten for økonomisk utnyttelse av kromittmalmer i peridotitter i Lurøy-Rødøy området (se kap. 7, side 105).

Videre er mineraliseringenes størrelser og gealter av meget liten størrelsesorden, og ville selv om kromitten hadde vært av meget gunstig sammensetning, avgjort ha vært utillstrekkelig for økonomisk utnyttelse (kap. 4, side 29).

Forøvrig er den meget store variasjon i kromittsammensetning meget uheldig fra et økonomisk synspunkt fordi det ikke vil la seg gjøre å produsere konsentrater av jevn kvalitet (se kap. 7).

Således er kromitt i Lurøy-Rødøy peridotitter absolutt økonomisk uinteressant.

2. ANDRE MINERALER

A. Magnesitt og Talk.

Magnesitt og talk forekommer i såpass store mengder i Lurøy-Rødøy peridotitter (gealter kan ikke oppgis med tilstrekkelig grad av sikkerhet) at nærmere undersøkelser bør utføres. Se kapittel 11.

B. Sulfider. Pentlanditt.

Sulfidinnholdet er lavt (aksessorisk) i samtlige undersøkte peridotitter med ett unntak:

Æsjeholmene. En bergartsprøve (kromittmalm) viser 0.45% Ni (Æsjeholmen III) som skyldes pentlanditt. Omkringliggende peridotittbergarter er utpreget sulfidholdige (ingen analyser). Se side 42.

Dette er avgjort interessant og nærmere undersøkelser bør utføres. En kraftig flymagnetometrisk anomali over området gjør Æsjeholmene spesielt attraktive (se side 48).

Forslag til videre undersøkelser.

1. Undersøkelser av direkte økonomisk interesse.

- a. Æsjeholmene I, II og III er er usedvanlig sulfidrike og ellers helt spesielle sammenliknet med andre Lurøy-Røddøy peridotitter. Se kap. 4 (side 42), kap. 5 (side 68) og kap. 12. Nærmere undersøkelser anbefales (bl.a. gravimetri) og I.P.
- b. Magnesitt og talk situasjonen for Lurøy-Røddøy peridotitter bør undersøkes nærmere. Se kap. 11 og 12.

2. Undersøkelser uten direkte økonomisk interesse.

a. Kromitt.

Kromittprøvenes (side 74) kraftige variasjoner i sammensetninger kan på grunnlag av inngående litteraturstudier sies å være ganske enestående, likeledes at det bare i ett av 36 observerte tilfeller er utskilt 2 krom-spinellfaser (se side 44). Nærmere undersøkelser av disse forhold anbefales utført.

Dessuten ville det være overordentlig interkessent å sammenlikne Lurøy-Røddøy kromitter med kromitt i andre norske peridotitter. Ingen slike undersøkelser er utført.

b. Peridotitter.

Mineralogisk/petrografiske forhold er meget komplekse og bare delvis avklaret i denne undersøkelse.

Det vil videre kunne være mulig ved å kombinere mineralogiske studier med i litteraturen foreliggende opplysninger vedrørende fasesystemet $MgO-SiO_2-H_2O-CO_2$ (Johannes, 1969) å rekonstruere peridotittenes dannelsesforløp (Eksempel: Lappin, 1974; Ohnaka et al., 1974).

Vider vil selvsagt en større undersøkelse av norske peridotitter ha meget for seg med henblikk på en totalforståelse for norske peridotitter såvel som den generelle dannelsesoppfattning for dette lands bergarter.

Kapitel 14.

Sammendrag.

Dette arbeid dreier seg i første rekke om undersøkelser med henblikk på å bli i stand til å kunne vurdere mulighetene for økonomisk utnyttelse av kromittmineraliseringer i peridotitter i kommunene Lurøy og Rødøy i Nordland.

Peridotittene i det undersøkte området er harzburgitter (olivin+enstatitt bergarter) unntatt i et tilfelle hvor også lherzolitt (ol.+enst.+clinopyroksen) og clinopyroksenitt(diopsid) forekommer (Æsjeholmene).

Peridotittbergartene er vanligvis forholdsvis kraftig omvandlet, med serpentin, magnesitt og talk som de hyppigste omvandlingsmineraller.

Kromittprøver fra området viser tildels meget kraftige variasjoner i kjemisk sammensetning, både mellom peridotitter og innen peridotitter, uten at dette kan settes i sammenheng med peridotittbergartenes omvandlingsgrad og mineralparageneser.

Variasjonen i kromittsammensetning vurderes å være primært magmatisk, og direkte forårsaket av variasjoner i peridotitt-magmaets red./oks.-forhold.

Kromitt er anriket ved cumulusprosesser.

De opprinnelige cumulus strukturer er helt eller delvis ødelagt av bevegelser i peridotittmassen enda mens denne var forholdsvis plastisk, og før plasseringen i de nåværende omgivelser som ^{forholdsvis} avkjølte og forholdsvis faste masser legemer.

Peridotittenes mineralparageneser viser en kompleksitet som kan oppfattes å gjenspeile en kompleks dannelseshistorie fra riftsone til senkaledonske begivenheter.

Kapitel 15.Muting.

Ifølge oppgavens tekst skal den detaljundersøkte kromittforekomst mates på vegne av Industridepartementet, Kromitt har imidlertid vist seg å ikke være økonomisk interessant, slik at søknad om muting på kromitt ikke lages (ville i alle tilfelle bare vært på papiret) på kromitt.

Av mutbare mineraler har pentlanditt vist seg å være økonomisk interessant for Æsjeholmen III, både fordi 0.45% Ni er påvist i en bergartsprøve (kromittmalm) samt at endel innsamlede stuffer er markant sulfidrike (gehalter ukjente), og fordi flymagnetometriske målinger viser en markant anomali over området. En-mutin

En muting på pentlanditt, kromitt og magnetitt for Æsjeholmene I, II og III (peridotitter) vil være et godt utgangspunkt med henblikk på videre undersøkelser i området.

Mutingsskjema kan imidlertid ikke utfylles fullstendig, særlig på grunn av manglende opplysninger om grunneierforhold. Se neste side, "Søknad om muting", som ^{er} en ren "papiersøknad".

eiendommen som ligger helt eller delvis innenfor midling-området (konsekvens til bruk av areal)

Eiendommens navn	Gnr.	Bnr.	Matrnr.	Kommune	Eier	Adresse

Andre opplysninger

Sted Trondheim dato 8.2 1976

for Industridepartementet

Are Korneliussen

Are Korneliussen
Søkerens underskrift

Plass for notater for bergmesteren

Litteraturreferanser

- Aalstad og Åm, 1972. Magnetometri, NGU, Trondheim.
- Aumento, F. & Loubat, H., 1971. Mid-Atlantic ridge. Sertinised ultramafic intrusions. Canadian Journ. Earth. Sci., v. 8, 631-62.
- Bathey, M.H., 1972. Mineralogy for students. Oliver and Boyd, Edinburgh.
- Barth, T.F.W., 1926. Sagvandite, a magnesite bearing igneous rock. Norsk Geol. Tidsskr. 9, 271-303.
- Beeson, M.H. & Jackson, E.D., 1969. Chemical composition of altered chrimites from the Stillwater complex, Montana. Am. min. 54, 1084-1100.
- Bergstøl, S., 1975. Kompendium om mineralske råstoffer. Geol. inst.-NTH, Trondheim.
- Brueckner, H.K., 1969. Timing of ultramafic intrusions of the core zone of the Caledonides of southern Norway. Am. jour. Sci. 267, 1195-1212.
- Brothers, R.N. & Rodgers, K.A., 1969. Petrofabric studies of ultramafic nodules from Auckland, New Zealand. Journ. geol., s. 452.
- Carstens, C.W., 1918. Norske peridotitter. Norsk Geol. Tidsskr., 5. s. 1-41
- Carswell, D.A., 1968. Picritic magma-Residual dunite relationships in garnet peridotite at Kalskaret near Taffjord, South Norway. Contr. Mineral. Petrol. 19, 97-124.
- Carswell, D.A., Comparative equilibration temperatures and pressures of garnet lherzolites in Norwegian gneisses and in kimberlite. Lithos, 7, 1974, 113-21.
- Coleman, R.G., 1971. Plate tectonic emplacement of upper mantle peridotites along continental edges. J. Geophys. Res. 76, 1212-22.
- Charles, F.P. & MacDiarmid, R.A., 1970. Ore deposits. Chromium deposits, side 234.
- Chidester, A.H. & Cady, W.M., 1972. Origin and emplacement of ultramafic rocks. Nature, Phys. Sci. 240, 27-31.
- Den Tex, E., 1972. Structural approaches to the peridotite problem. J. Earth. Sci. 8, 241-247.
- Engel, C.G. & Fisher, R.L., 1969. Lherzolite, anorthosite, gabbro, and basalt dredged from the Mid-Indian ocean ridge. Science 166, 1136-41.

- Engzelius, G.J., 1940. Det store eksamensarbeid, NTH, Trondheim.
- Engel, C.G. & Fisher, R.L., 1975. Granitic to ultramafic rock complexes of the Indian Ocean ridge system, Western Indian Ocean. *Geol.Soc.Am.Bull.* 86, 1553-78.
- Hyndman, D.W., 1972. Petrology of igneous and metamorphic rocks. McGraw-Hill, Inc.
- Irvin, T.N., 1967. Chromian spinell as a petrogenetic indicator. Pt. 2. Petrological applications. *Can.Journ.Earth Sci.* 4, 71-100.
- Jackson, E.D. & Thayer, T.P., 1972. Some criteria for distinguishing between stratiform, concentric and alpine type peridotite-gabbro complexes. 24th Int.Geol.Cong.Montreal, 2, 289-302.
- Johannes, W., 1969. An experimental investigation of the system $MgO-SiO_2-H_2O-CO_2$. *Am.Journ.Sci.* 267, s.1083.
- Kendel, F., 1972. CO_2 -Metasomatose in Peridotiten des Aaheimer Gebietes, (W-Norwegen). *Forschrift Mineralogie* 48, Beiheft 1, 13-14.
- Kushiro, Syono, Y & Akimoto, S., 1968. Melting of a peridotite nodule at high pressures and high water pressures. *Journ.Geoph.Research* 73, 6023-9.
- Kravchenko, G.G., 1972. Tectonic condition for the formation of cromite deposits in geosynclinal zones. Abstract. 24th Int. Congr., Montreal, 4, 233.
- Lappin, M.A., 1967. Structural and petrofabric studies of the dunites of Almklovdaalen, Nordfjord, Norway. *Min.Mag.* 39, 313-20.
- Lappin, M.A., 1974. Eclogites from the Sunndal-Grubse Ultramafic Mass, Almklovdaalen, Norway and the T-P History of the Almklovdaalen Masses. *Journ.Petr.*, 567-601.
- Mihalik, P. & Saager, R., 1968. Chromite grains showing altered borders from the Basal Reef, Witwatersrand System. *Am.Min.* 53, 543-50.
- Mercy, E.L.P. & O'Hara, M.J., 1965. Chemistry of some garnet-bearing rocks from south Norwegian peridotites. *Norsk.Geol.Tidskr.* 45, 323-32.

- Mysen, B.O. & Heier, K.S., 1972. Petrogeneses of eclogites in high grade metamorphic gneisses exemplified by the Hareidlandet eclogite, western Norway. *Contr. Min. Petr.* 36, 73-94.
- Mortensen, M., 1973. Talk-serpentinforekomster i Sparbu, Nord-Trøndelag. NGU-290.
- Miyashiro, A., 1975. Classification, characteristics, and origin of ophiolites. *Journ. Geol.* 83, 249-81.
- Miyashiro, A. & Shido, F. & Ewing, M., 1970. Crystallisation and differentiation in abyssal tholeiites and gabbros from mid-oceanic ridges. *Earth. Planetary. Sci. Letters*, v. 7, p. 361-65.
- Pidgeon, R.T. & Råheim, A., 1972. Geochronological investigation of the gneisses and minor intrusive rocks from Kristiansund, west Norway. *Norsk Geol. Tidskr.*, 52, 241-56.
- Schreier, W., Ohnmacht, W. & Mannchen, J., 1972. Carbonate-orthopyroxenites (sagvandites) from Troms, northern Norway. *Lithos* 5, 345-64.
- Stevens, R.E., 1944. Composition of some chromites of the western hemisphere. *Am. Min.* 29, 1-34.
- Thayer, T.P., 1969. Gravity differentiation and replacement of podiform chromite deposits, in Wilson, H.D.B., ed, *Symposium of magmatic ore deposits. Econ. Geol.*, 132-46.
- Thayer, T.P., 1946. Preliminary chemical correlation of chromite with the containing rocks. *Ec. Geol.* 41, 202-217.
- Ulmer, G.C., 1974. Alteration of chromite during serpentinitisation in the Pennsylvania-Maryland district. *Am. Min.* 59, 1236-41.
- Vokes, F.M., 1974. Notat om "Forekomstens grade". *Geol. inst.-NTH, Trondheim*.

Se Tillegg til litteraturreferanser, neste side.

Tillegg til Litteraturreferanser.

- Donath, M., 1930. Geologisch-mineralogisch Studien
an Serbischen Chromitlagerstätten. Freiberg i Sa.
- Hatch, F.H., Wells, A.K. og Wells, M.K., 1972. Petrology of
the igneous rocks. Thomas Murby & Co, London W.C.1.
- Holmsen, G., 1932. RANA. Beskrivels til det geologiske
generalkart. NGU.
- Industrial Minerals. August 1975.
- Jackson, E.D., 1975. The origin of ultramafic rocks by
cumulus processes. Fortschr. Miner., 48, s. 128-74.
- Muir, J.E. & Naldrett, A.J., 1973. A natural occurrence of two-
phase chromium-bearing spinells.
Canadian Mineralogist, vol. 11, p. 5, s. 930-949.
- Ohnmacht, W., 1974. Petrogeneses of carbonate orthopyroxenites
(Sagvandites) and related rocks from Troms, Northern
Norway. Journ. Petrol. 15, s. 303-23.
- Randor, P., 1969. The ore minerals and their intergrowths.
Pergamon Press, London.
- Rekstad, J., 1925. RANA. Beskrivelse til det geologiske
generalkart. NGU.
- Stumpfel, E.F., 1974. The geneses of platinum deposits:
Further thoughts. Minerals. Sci. Eng., vol. 6, 3, s. 120-41.
- Thayer, T.P., 1956. Mineralogy and geology of chromium, in Udy,
M.J., Chromium, vol. 1, Chemistry of chromium and
its compounds : Am. CChem. Soc. Mon. 132, s. 14-52.
- Åm, K. og Vokes, F.M., 1972. Prospektering. Geol. inst. - NTH,
Trondheim.

BILAG

INNHold

- I. Reflektivitetssmålinger
av kromitt. 7 sider.
- II. Magnetometerprofiler,
Nordvernes. 13 sider.

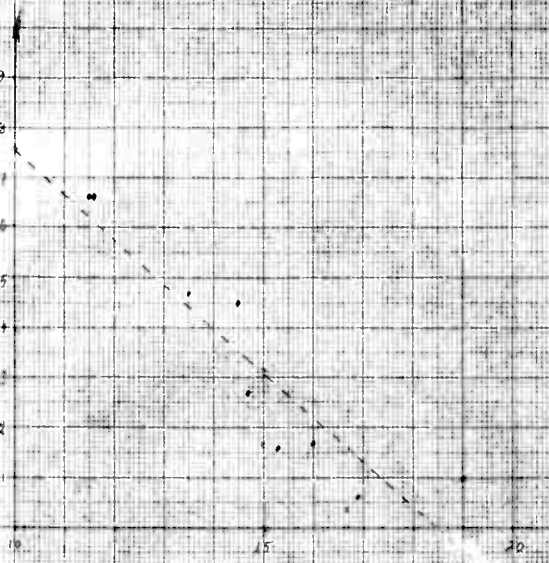
MAINB AU REFLEKTIVITÄT

Plomer pr. einheitscelle

Polmerlo	$\frac{100 \cdot R(\%) }{2 \cdot d(\text{mm})}$	G	A1	F ₂ ¹	F ₂ ²	g ₁
5320	14.7	11.4	2.7	1.9	3.9	4.1
5319	12.5	9.6	4.7	1.7	4.7	3.3
5318	11.5	9.8	6.6	11.5	3.3	4.2
5317	14.0	11.1	1.0	14.9	6.5	1.5
5321	15.3	8.7	1.6	5.8	4.5	3.2
5316	16.9	5.0	0.6	10.4	3.9	4.1
5207	15.5					
5203	14.5	9.7	4.5	1.8	5.0	3.0
5204	14.9					
5205 b.	14.0					
5205	16.9					
5202	14.8					
5201	14.0					
5193	11.6	8.8	6.6	0.6	3.8	4.2
5200	15.1	10.7	1.7	3.6	4.7	3.3
5213	16.5					
5212	17.0					
5215	18.6					
5209	12.6					
5208	14.0					
5217	12.7					
5211	15.4					
5275	14.3					
5271	11.1					
5278	14.0					
5272	14.6					
5273	14.0					

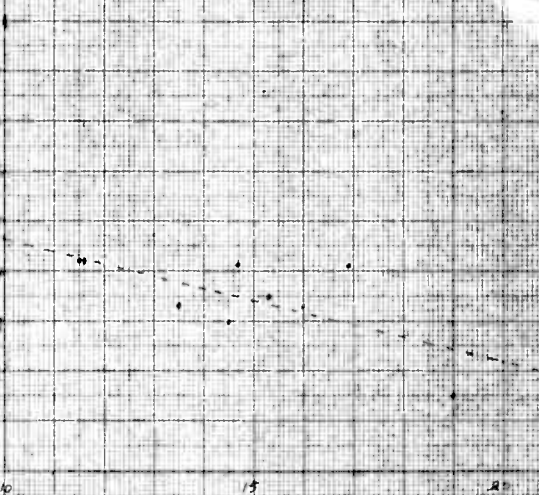
BILAG I

St. Andrew's for 1944-1945



Representative
sample

St. Andrew's for 1944-1945

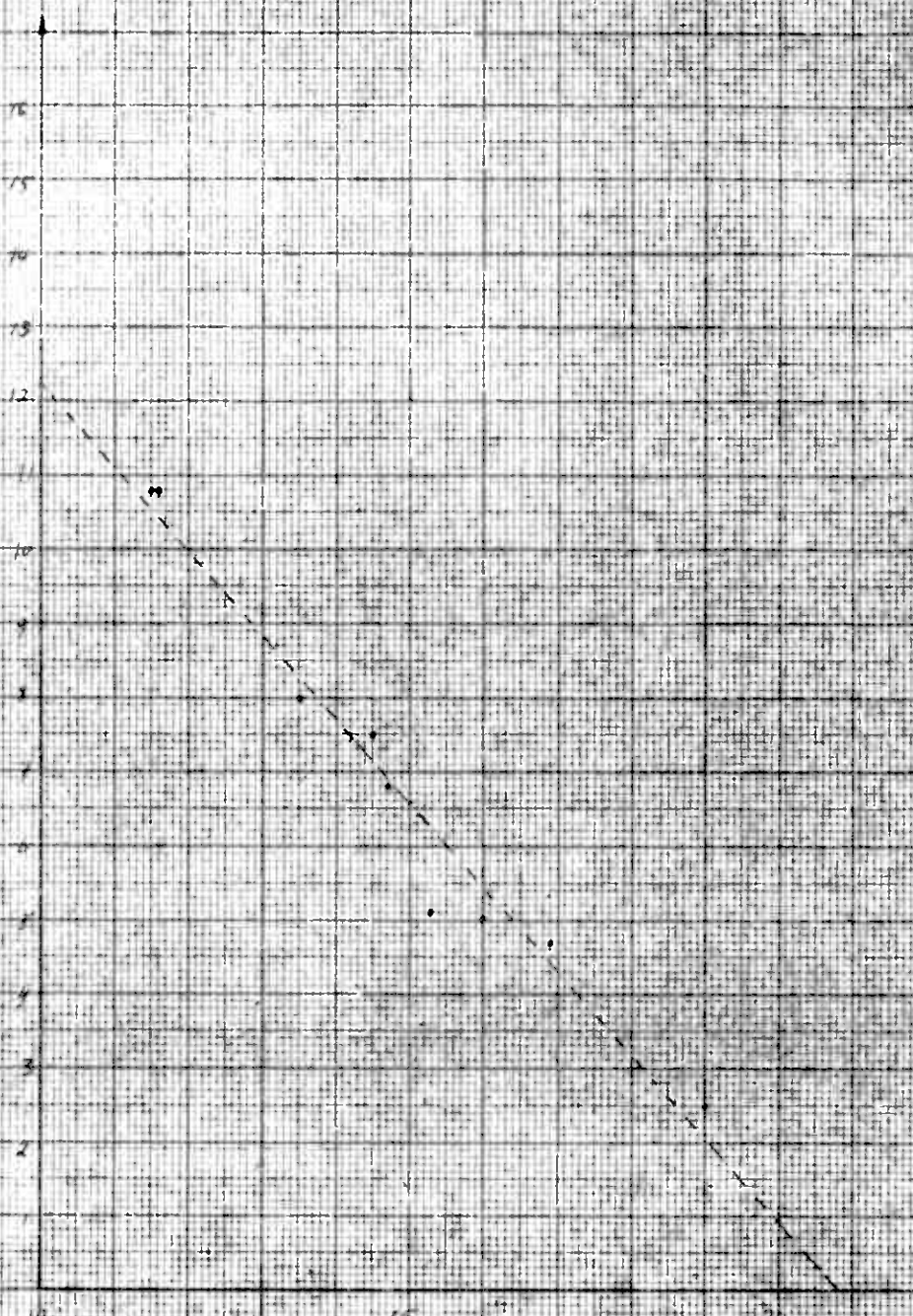


Representative
sample

~~76.~~

BILAG I

(1972 + 1971) Grundsatz für die Arbeit

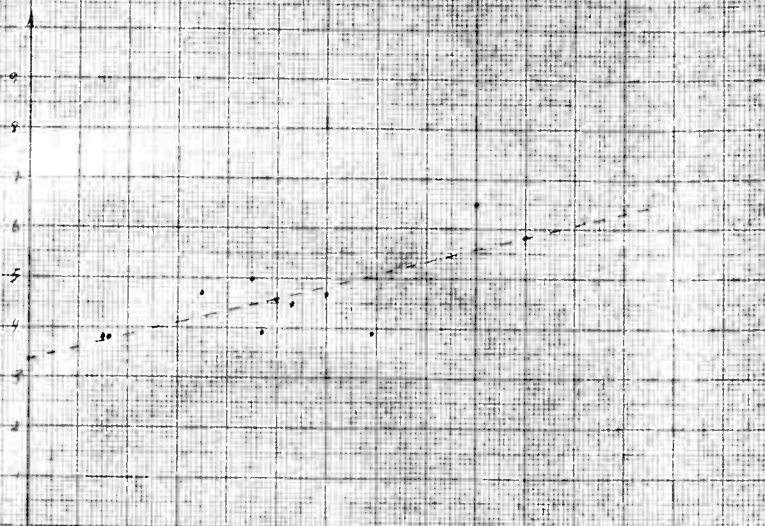


Kollisionsfall
 2. April 1971

~~EX 6.~~

BILAG I

1000 calories per mole of H₂



1000 calories per mole of H₂

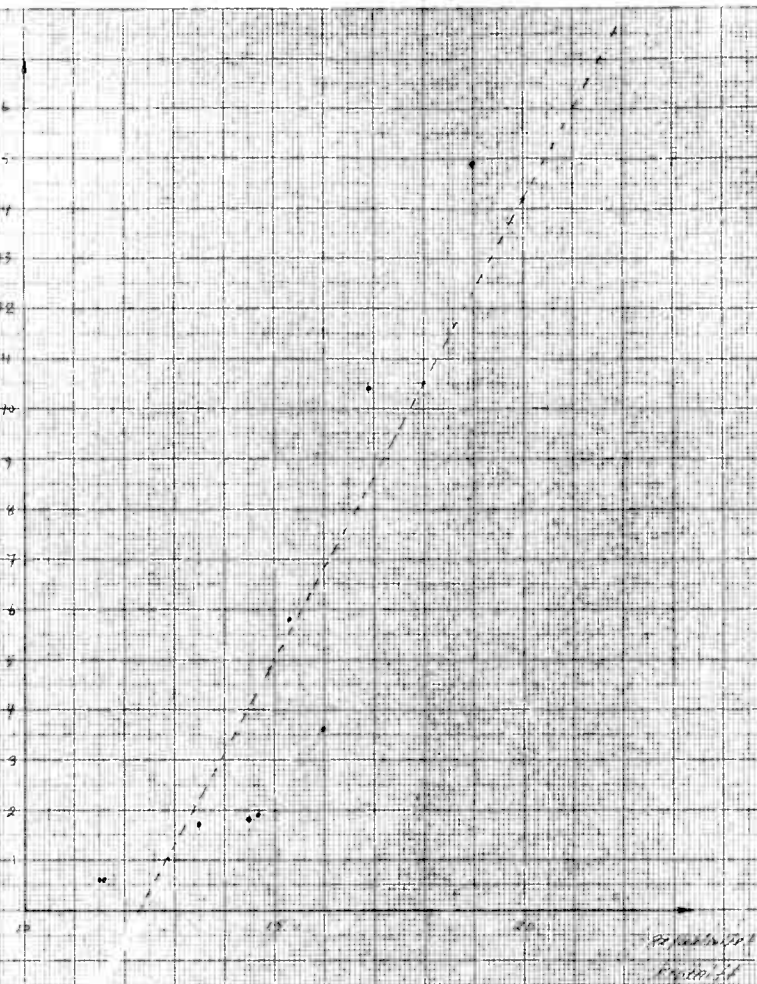


F16.

BILAB I

1000° K

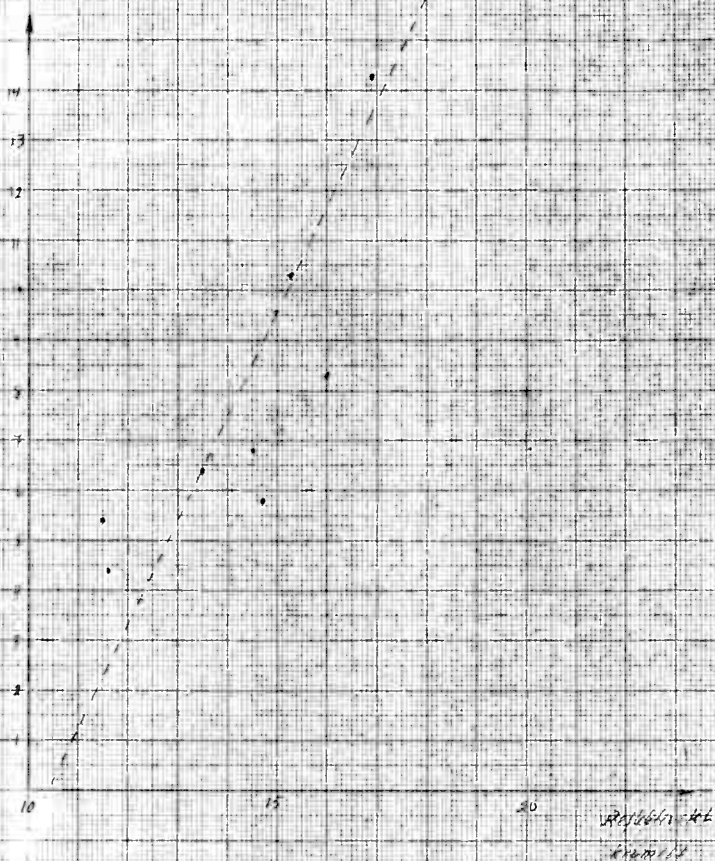
30 biland per sub. 0.01



~~F15~~

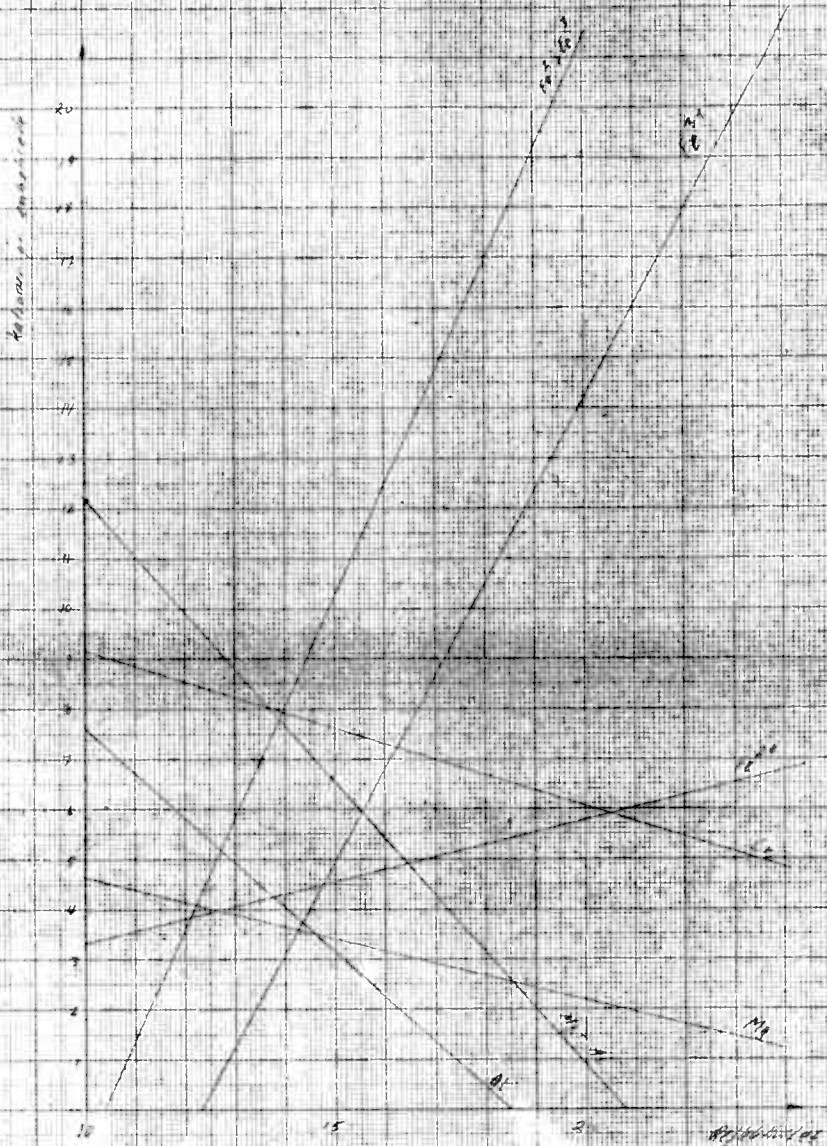
BILA6 I

(92.25 - 91.00) belianat, pt. 20000000



~~HE~~

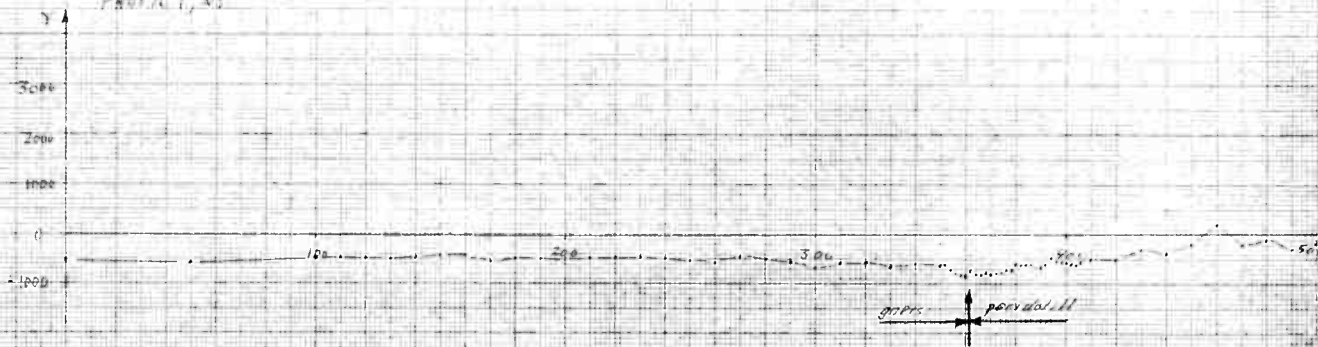
BILAG I



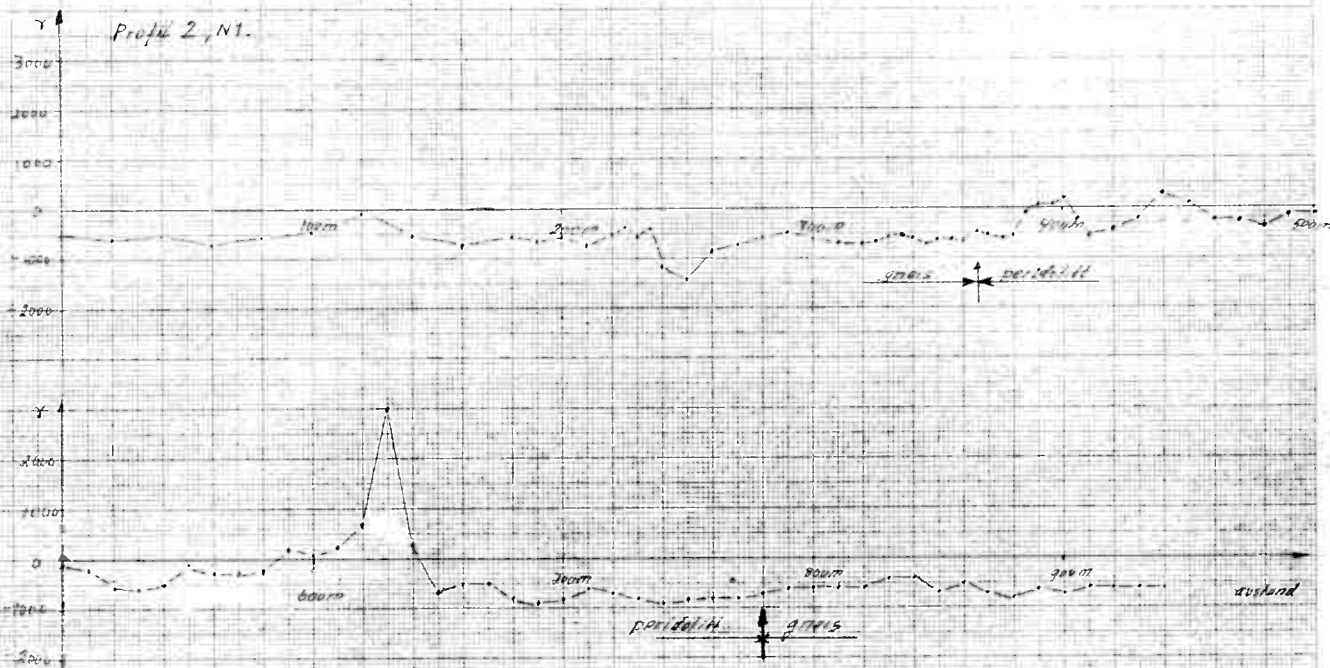
Summarizing the general tendency
medium thermal conduct as reflected
(approx.)

BILAB I

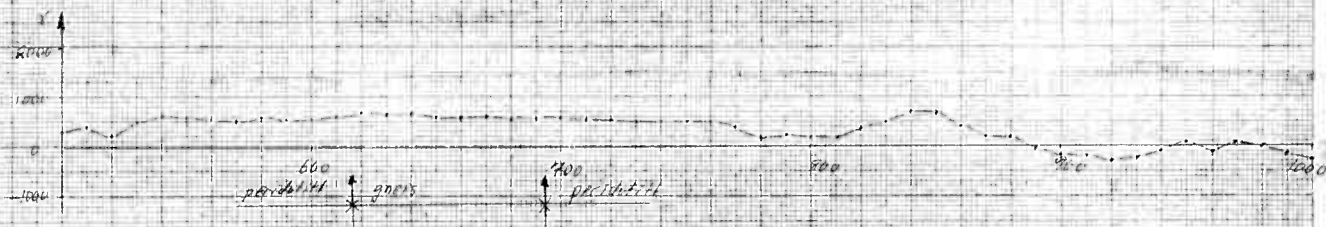
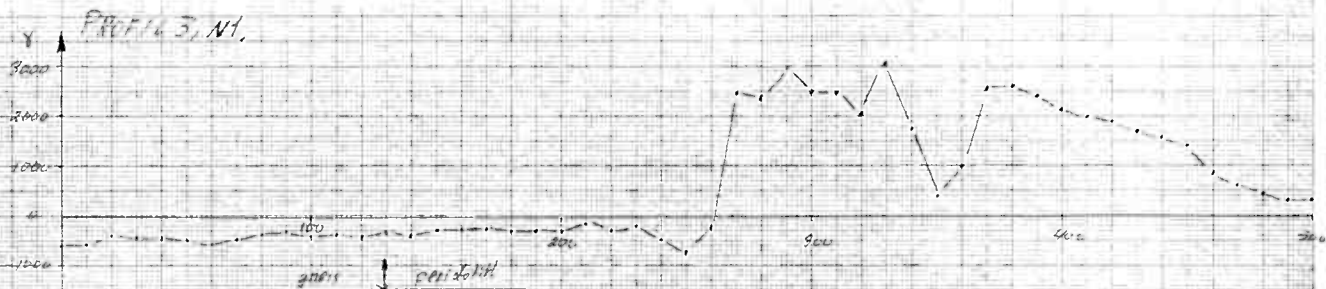
PROFIL I, M



BILAG II



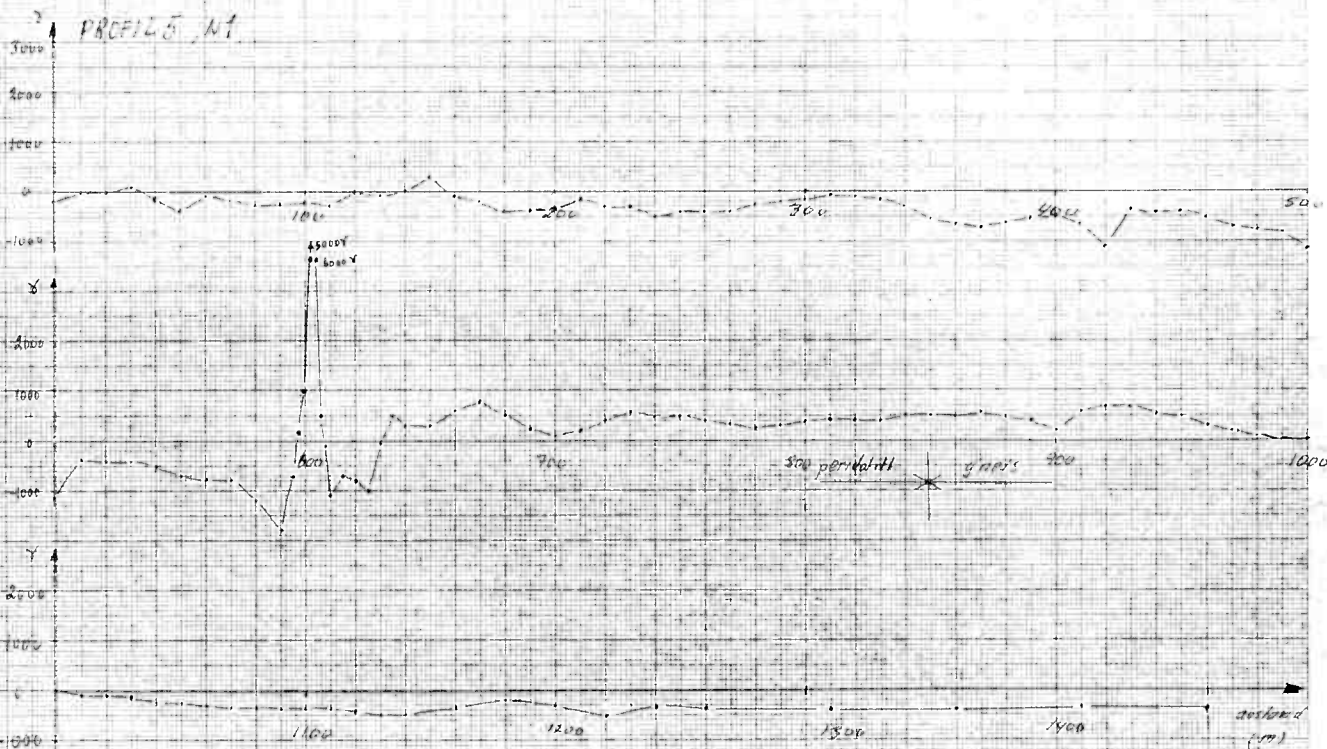
BILAG II



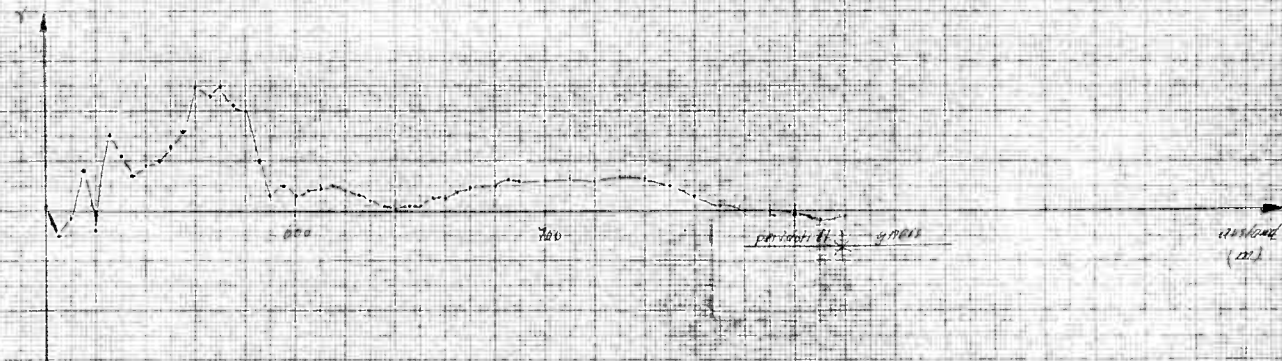
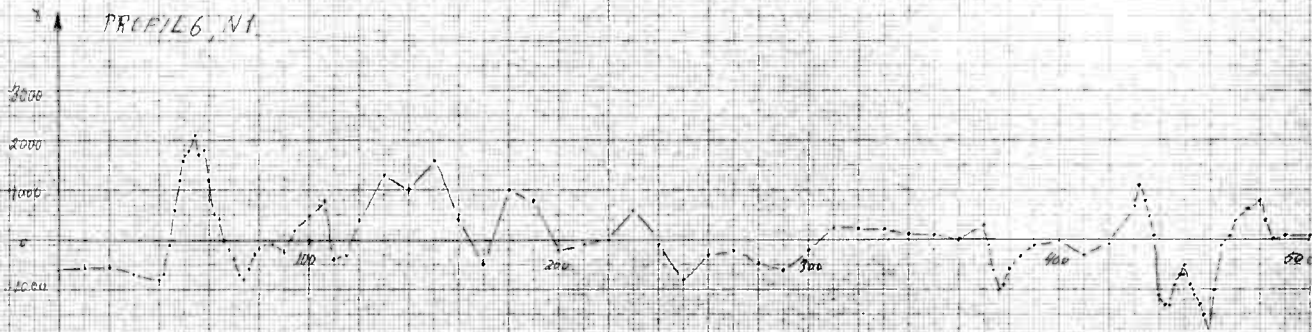
BILAG II



BILAG II



BILAG II

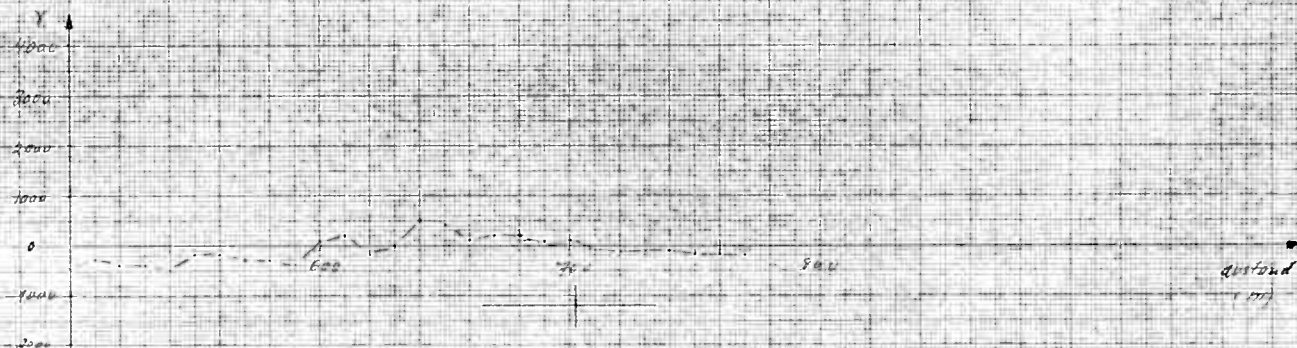
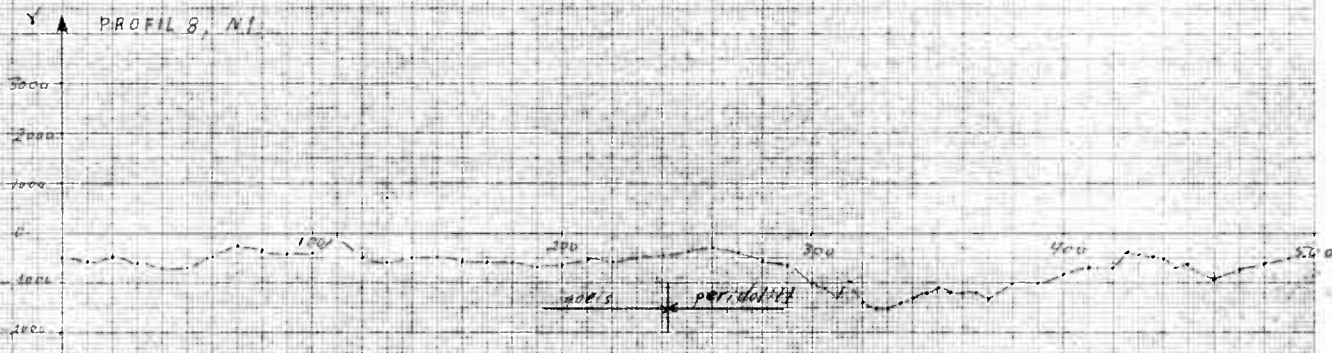


BILAG II

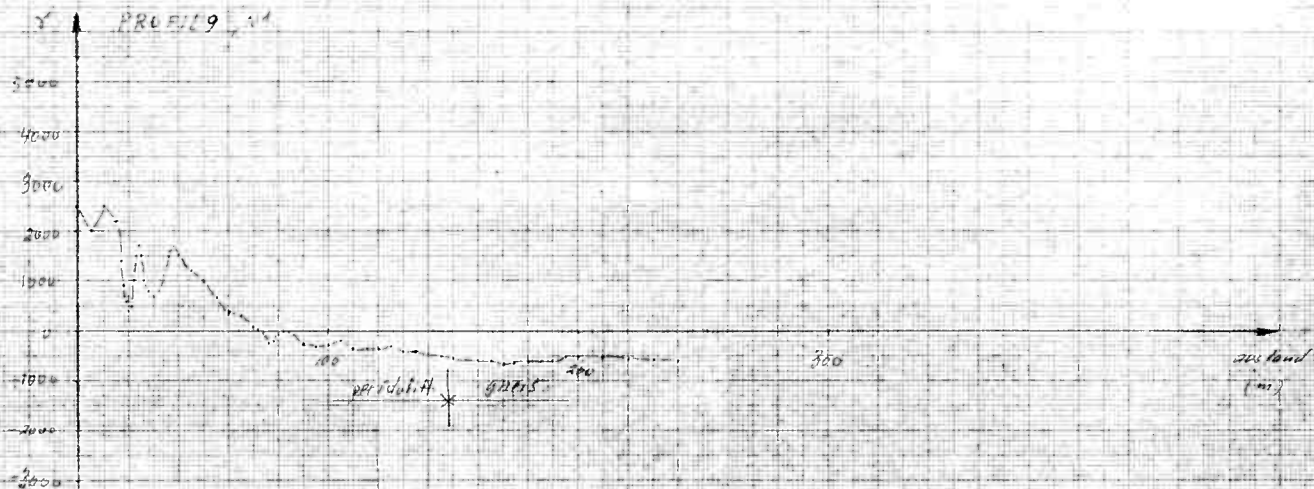
PROFIL 7. N1.



BILAG II

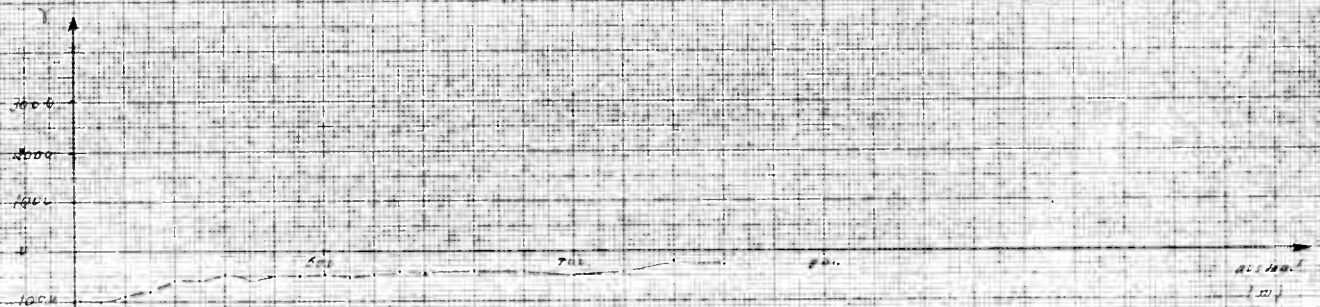


BILAG II

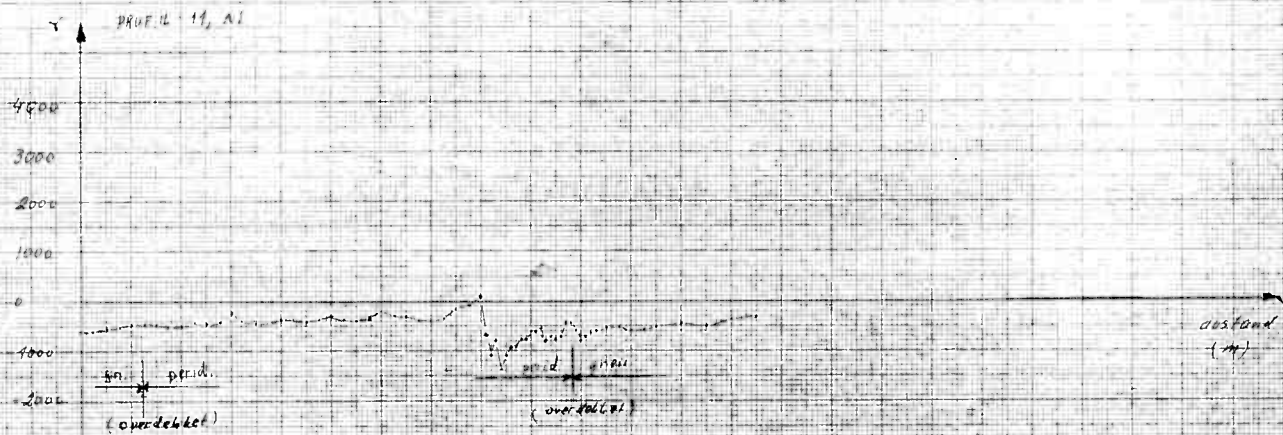


BILAG II

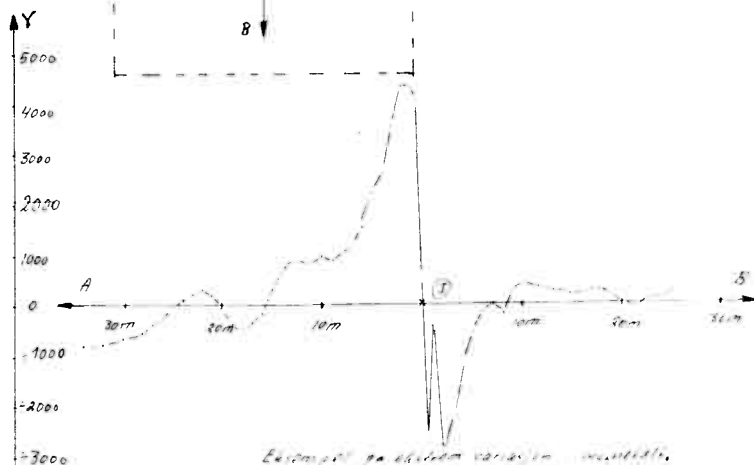
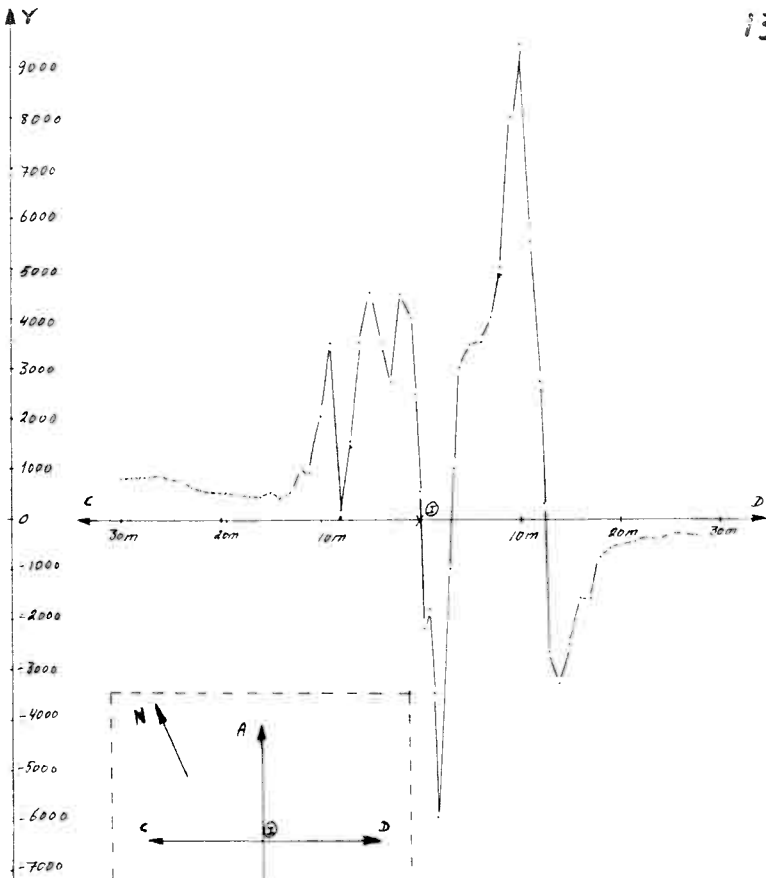
PROFIL 10, N1



BILAG II



BIL A6 II



FTG.

BILAG II

Exempel på ett vanligt värde i en mätning.
 Antas i tydligt skiljande mätningarna
 massiva till 200 som skulle upp, om möjligt
 (50 mV for Lok. 1)