



Norges Geologiske  
Undersøkelse

Nr. 147

KISDISTRIKTET  
VARALDSØY—ØLVE I HARDANGER  
OG BERGVERKSDRIFTENS  
HISTORIE

AV

STEINAR FOSLIE †

MED 1 GEOLOGISK KART, 4 TEKSTFIGURER OG 4 PLANSJER

TILLEGG OG SUMMARY

VED

BRYNJULF DIETRICHSON

STORTINGS-  
28. APR 1955  
BIBLIOTEKET

OSLO 1955

I KOMMISSJON HOS H. ASCHEHOUG & CO.

Den publikasjon som opprinnelig ble planlagt som NGU Nr. 147 er ikke utkommet. Nærværende etterlatte arbeid av Steinar Foslie har derfor fått dette nummer i vår serie.

*The publication originally planned as No. 147 in our series did not appear. Thus the present posthumous publication of Steinar Foslie is now designated by this number.*

Norges geologiske undersøkelse,  
Oslo februar 1955.

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE NR. 147

KISDISTRIKTET  
VARALDSØY—ØLVE I HARDANGER  
OG BERGVERKSDRIFTENS  
HISTORIE

AV

STEINAR FOSLIE †

MED 1 GEOLOGISK KART, 4 TEKSTFIGURER OG 4 PLANSJER

TILLEGG OG SUMMARY

VED

BRYNJULF DIETRICHSON



Nasjonalbiblioteket  
Depotbiblioteket

OSLO 1955

I KOMMISSJON HOS H. ASCHEHOUG & CO.

Nasjonalbiblioteket  
Depotbiblioteket

## Innhold.

	Side
Føroord .....	VII
Gravedistriktets petrografi .....	1
Fyllitter, for det meste bituminøse .....	1
Det nordvestre fyllittområde .....	1
Fyllittområdet Varaldsøy—Hatlestrand .....	5
Fyllitten ved Limbunes .....	7
Glimmerskiferen nærmest over grunnfjellet ved Ljonesåsen i Strandebarm .....	8
Sure suprakrustaler .....	8
Kvartskeratofyrer .....	10
Typiske kvartskeratofyrer inne i grønnsteinen .....	10
Kvartsfri keratofyr .....	13
Metamorfe kvartskeratofyrer i grønnsteinen .....	14
Bergarten ved Ølve gullverk .....	17
Kvartskeratofyr og porfyroid på Varaldsøy .....	18
Kvartskeratofyr og porfyroid Hatlestrand—Kvitebergsvann ..	24
Porfyrbergarten vest for grunnfjellsområdet på Ljoneshalvøya i Strandebarm .....	27
Albitkvartsitter .....	29
Grønnsteiner .....	31
Klorittskifer og serisittfyllitt i grønnsteinen .....	36
Grønnsteinskonglomerat, grønnsteinsarkose og gråvakke .....	39
Epi-gabbro .....	43
Epi-labradorporfyritt .....	48
Tremolitt-klorittskifer (paleopikritt) .....	51
«Klebersteinsbruddet» ved Gravdal .....	51
«Klebersteins-skifer» ved Kvitebergsvannet .....	53
Christiansgaves (Lilledales) kobberverks historie .....	55
Driftsperioden 1642—73 .....	57
Driftsperioden 1759—85 .....	65
Tillegg ved Brynjulf Dietrichson .....	74
Drift og undersøkelse i Varaldsøy—Ølve 1851—1920 .....	76
Undersøkelser 1942—49. Foslies kartlegging .....	81
Summary (by Brynjulf Dietrichson)	
The pyrite district Varaldsøy—Ølve in Hardanger, southern Norway ..	86

Det geologiske kart «Kisdistriktet Varaldsøy—Ølve i Hardanger» var på det nærmeste ferdig trykt da statsgeolog Steinar Foslie plutselig ble revet bort i november 1951. Kartet var utarbeidet på grunnlag av hans undersøkelser i marken i årene 1942—49. En petrografisk beskrivelse av bergartene forelå ved hans død som et delvis ferdig manuskript. Enn videre hadde han skrevet distriktets bergverkshistorie i 1600- og 1700-årene, og hadde samlet materiale til en tilsvarende historikk over drift og undersøkelser i 1800- og 1900-årene.

Noen beskrivelse til det geologiske kart forelå ikke, og heller ikke manuskript til et avsnitt om de enkelte malmforekomster og deres mineralogi som åpenbart var planlagt.

Etter Foslies død sto N.G.U. overfor valget mellom å la hans manuskript trykke i alt vesentlig slik som det forelå fra forfatterens hånd, bare supplert ved at bergverkshistorikken ble fullført og et resymé på engelsk ble utarbeidet, eller å vente med å trykke arbeidet inntil det kunne bli fullført i sin helhet. Vi fant det sistnevnte alternativ, som bl.a. forutsatte en bearbeidelse av det malmgeologiske materiale, ville kunne føre til at trykkingen måtte utsettes på ubestemt tid. Vi valgte derfor det første alternativ. Arbeidet gir således ikke det helhetsbilde av kisdistriktet som det ville gjort dersom statsgeolog Foslie hadde fått fullføre det.

I februar 1952 anmodet jeg bergingeniør Brynjulf Dietrichson om å sette manuskriptet i trykkferdig stand etter retningslinjene for det førstnevnte alternativ. Bergverkshistorikken er fort fram til å omfatte også Foslies undersøkelser i Varaldsøy og Ølve, og i den forbindelse gis det en kort oversikt over områdets stratigrafi og tektonikk, slik som disse forhold fremgår av Foslies kart. Omramningen av dette er inntegnet på geologiske nøkkelkart fig. 1, som er fort a jour i samråd med Geologisk Institutt, Universitetet i Bergen.

Norges geologiske undersøkelse, 7. januar 1953.

*Sven Føyn*

## Forord

Det undersøkte område omfatter den kisleforende grønnsteinsformasjon i Ytre Hardager. Det har malmgeologisk interesse som det første område sønnenfor Trøndelag, hvor fjellkjedens karakteristiske forekomster av kobberholdig svovelkis igjen opptrer i rikelig mengde.

Det geologiske spesialkart som ledsager avhandlingen er trykt i 1:40 000, men til feltarbeidet er for størstedelen av området anvendt glimrende luftfotografier i målestokk 1:12 500, som har tillatt et detaljert arbeid over kritiske områder.

Da Sunnhordland-distriktet i sin helhet er under geologisk kartlegging (i mindre målestokk) av professor N. H. Kolderup, har jeg begrenset mitt arbeidsfelt til det område som har størst malmgeologisk interesse.

Det vil uten videre være klart at en slik regional begrensning må gå ut over tydningen av (visse) generelle geologiske problemer, som ikke kan løses bare innenfor det opptrukne kartblads ramme. Av særlig betydning i denne forbindelse vil være studiet av grensen mellom fylitt og grønnstein mellom Omastranden og Bjørnafjord samt undersøkelsen av øygruppen Skorpo—Huglo sør for Ølve. Jeg har ikke vært noen av disse steder. Derimot har jeg gått opp et profil ved Ljoneshalvøya for å få forbindelse med det underliggende grunnfjell.

Av de tallrike gamle kisgruber i distriktet er for tiden ingen i drift. De står for det meste fulle av vann og de fleste er utilgjengelige. Når de i sin tid blir gjenopptatt, vil det derfor kreves supplerende undersøkelser. Derimot har deres innbyrdes forbindelse og deres forbindelse med fjellbygningen kunnet studeres uten vanskelighet. Morenedekket i distriktet er nemlig så ubetydelig at fjellgrunnen er glimrende blottet. Når vi unntar et område omkring Ølve kirke som er dekket av marine avleiringer, er det intet parti av nevneverdig

## VIII

størrelse innen distriktet hvor observasjonene har vært hindret av løse avleiringer.

Innen kartets område har aldri vært funnet fossiler. Dette lyktes heller ikke under nærværende kartlegging; men det ble heller ikke anvendt meget tid på å lete etter dem. Å domme etter den relativt svake metamorfose skulle jeg imidlertid ikke anse det utelukket at de kunne finnes i de vidstrakte kalkbenker.

*Steinar Foslie.*

## Gruvedistriktets petrografi.

### *Fyllitter, for det meste bituminose.*

De sedimentære fyllitter opptrer i 3 atskilte områder:

1. Distriktet nordvest for grønnsteinsformasjonen, fra Bondesund over Gravdal—Lygrespollen—Håviken—Nordøya. De ble bare undersøkt inntil en avstand av ca.  $\frac{1}{2}$  km fra grønnsteinen, men utgjør grenseområdet av en meget mektig fyllittserie.
2. Det godt oppdyrket land over søndre del av Varaldsøy og videre over Hatlestrand fram til Fugleberg.
3. Ved Limbunes på den sørlige del av kartet, hvor den bare er synlig i vañnkanten i få meters bredde.

I ingen del av det undersøkte område opptrer eruptivbergarter av noen som helst art innen fyllittområdet. Heller ikke finnes kvartslinser eller kvartsutsondringer av betydning, når vi bortser fra mikroskopiske kvartsstrenger.

Fyllittene er overalt temmelig ensartede, både av karakter og mineralsammensetning. De vesentligste variasjoner finner vi i foldingsstilen, samt i bitumeninnholdet. I sistnevnte henseende varierer de fra helt bitumenfrie (f.eks. de lyse fyllitter på Nordøya) til temmelig sterkt bituminose skifere.

Det nordvestre fyllittområde.

Mikroskopisk ble undersøkt prøver fra Dalåsen (Varaldsøy), Heia og Solheim nær Fosså i Lygrefjorden, samt Nordøya.

Felles for alle er en fingrynet grunnmasse av rikelig *kvarts* med mer eller mindre *albitt* og videre forholdsvis rikelig *muskovitt* sammen med mer eller mindre *kloritt*.

Kornstørrelsen er meget liten. I den saliske grunnmasse måltens den i Dalåsen til forholdsvis ensartet 15—20  $\mu$ , ved Solheim til 40  $\mu$ , her noe mer ujevn med enkelte kvarts- og albittkorn opp til 200  $\mu$  (0,2 mm).





5° W Oslo  
 Målestokk 5 0 5 10 15 km

Fig. 1.

Fig. 1. Nøkkelkart til kisdistriktet Varaldsøy—Ølve. (Vesentlig etter oppgaver 1953 fra Geologisk Institutt, Universitetet i Bergen.)

*Keymap of the pyrite-district Varaldsøy—Ølve (mainly based on informations from Geol. Inst. Univ. Bergen 1953).*

1. Kaledonske intrusiver.
2. Kaledonske vulkanitter, forholdsvis umetamorf på Stord, for øvrig som grønskifer.
3. Kambro-siluriske metamorfe sedimenter, overveiende glimmerskifer.
4. Overskjøvne masser ved Bergen identifisert som tilhørende Bergen—Jotunstammen.
5. Prekambriske granitter, gabbroer, gneiser. Med punktering: kaledonsk deformert og/eller migmatisert.
6. Kisgruver.

Ofte finner vi en tendens til mikrobånding i form av kvartsrikere og muskovittrikere bånd eller små variasjoner i kornstørrelsen, til dels også markert ved variasjoner i bitumeninnholdet. Da denne bånding er uavhengig av skifriheten, synes den å representere spor etter den opprinnelige lagdeling.

Nesten alltid finnes også en intens mikrofoldning. Særlig småfoldet er prøven fra Dalåsen, hvor det bare er ca. 0,3 mm mellom bølgene og hvor det er utviklet like tettliggende, parallelle avløsningsflater i akseplanet, en begynnende «falsk skifrihet» (Pl. I, fig. 1<sup>1</sup>). Særlig utviklet er denne skifrihet ikke, og fyllitten spalter ikke i plater. Av interesse er at en stor del av det lille bitumeninnhold synes å være samlet på disse flater. I mer skifrige fyllitter, som ved Solheim, er utviklingen gått videre, og der kan være utviklet en tendens til sekundær bånding i den falske skifrihets retning.

Mineralsammensetningen er følgende:

*Albitten* ble optisk bestemt i to prøver, begge i sentrale  $\epsilon$ -snitt.

Solheim	$\beta$	:	010	+15°	d.e.	An <sub>5</sub>
Dalåsen	$\beta$	:	010	+12°	=	An <sub>9</sub>

I andre prøver viser lysbrytningen en lignende sammensetning.

Skjønt tvillinglameller bare sjelden er til stede, er det lett å få et overblikk over mengdeforholdet til *kvarts* overalt hvor de to mineraler kommer i direkte kontakt eller i kontakt med kanadabalsam. Albittmengden viser seg å variere fra ganske ubetydelig til atskillig, men alltid langt mindre enn kvartsmengden. Kalifeltspat forekommer ikke. Natroninnholdet må være primært, idet albitt-pofyroblaste ikke forekommer.

*Kloritten* opptrer som regel sammen med *muskovitten* i mengder som varierer fra ganske ubetydelig (Nordoya) til atskillig, men alltid betydelig sparsommere enn muskovitten. Den er blekt grønn med ytterst lav dobbeltbrytning, fra svakt + til omtrent isotrop. I prøven fra Heia ble lysbrytningen bestemt til  $\beta = 1,603$ , svarende til rumpfitt. Kloritt og muskovitt er ofte intimt parallellsammenvokset. Dette er muligens grunnen til at muskovitten ofte viser en forbausende liten aksevinkel, mens den i andre tilfelle er normal. Begge opptrer i meget små blader.

<sup>1</sup> Til samtlige mikrofotografier på plansjene er føyet Foslies originalbeskrivelser etter løse lapper i tylnslipeskene.

*Bitumen* inngår som støv eller strenger i muskovittsonene, undertiden også som grovere fnokker mellom de saliske mineraler.

En stor del av fyllittene er ytterst kalkfattige. Hvor de er kalkførende (f.eks. Nordøya) finnes kalken utelukkende i form av *kalkspat*, uten dannelse av epidotgruppens mineraler. Dennes korn er gjennomgående noe grovere enn de andre mineralers og med utpreget frynsete grenser. Unntakelsesvis finnes kalkspaten som rene, linseformige aggregater, og vi må derfor regne med at en del av den har vært sekundært tilført eller omleiret. At dette skulle ha vært tilfellet for det hele synes imidlertid høyst tvilsomt, i betraktning av dens vanligvis jevne fordeling i bergarten.

*Turmalin* opptrer i alle fyllittpreparatene som meget små korn og staver, og synes i det hele å være en karakteristisk bestanddel av de sedimentære fyllitter. Mengden er ubetydelig, men da individenes størrelse bare er ca. 50  $\mu$  (rent unntakelsesvis opp til 150  $\mu$ ) kan det være atskillige av dem. Pleokroismen er som regel i brunlige farger, sjeldnere blåliggrønne.

Mer tilfeldig er påvist *apatitt*, *rutil* og *titanitt*. *Magnetitt*- (og i det hele tatt erts-) mengden er helt forsvinnende.

Mineralsammensetningen og det karakteristiske fravær av mineralene *biotitt*, *epidot*, *granat* og *kalifeltspat* viser, at disse fyllitter opptrer i ren *kloritt-muskovitt-facies*.

#### Fyllittområdet Varaldsøy-Hatlestrand.

De underste 50 m mektighet på Varaldsøy er bitumenfattige, derover følger utpreget bituminøse fyllitter. Førstnevnte ble undersøkt i en prøve fra Hestviknes sørligst på Varaldsøy. Både strukturelt og mineralogisk stemmer den helt overens med de glimmerrikere av fyllittene fra det nordlige felt, unntatt i en henseende. I enkelte bånd begynner det nemlig her å utvikle seg blader av rødligbrun *biotitt* i sparsom mengde. *Muskovitt* og *kloritt* er fremdeles langt overveiende, sistnevnte med svak positiv dobbeltbrytning,  $\beta = 1,610$ . Det synes ikke å være tale om diaforese. Albittkorn viser  $\beta : 010 + 14^\circ$ , d.e. An).

Noe i hengen av denne, like nord for Glevika, opptrer et smalt belte av noe avvikende fyllitt. Den er helt bitumenfri, vakkert småkruset og med en rytmisk bånding, hvor de lyse bånd er ca.  $\frac{1}{2}$  mm brede. Disse viser seg i mikroskopet å bestå av *kvarts* + *albitt*, med

albitten distinkt i overvekt, ca.  $\frac{2}{3}$ . De mørkere bånd fører overveiende *muskovitt*, meget sparsomt *kloritt* og atskillige større blader av en frisk brun *biotitt*. Her synes også albitten å være enda mer overveiende over kvartsen. *Kalkspat* er for det meste fraværende, bare i enkelte bånd finnes det spor av den. *Epidot* er ikke dannet, men det finnes forholdsvis rikelig av uhyre små korn av *titanitt*, samt atskillig *apatitt*. *Turmalin* er ikke iaktatt, mens *magnetitt* opptrer langt rikeligere enn i de vanlige fyllitter.

Bergarten må antas å være et tuffblandet sediment.

Videre ble undersøkt et par prøver fra området NØ for Tveitane (NØ for Kvitebergvann). Dette er et meget uredig område, hvor forholdsvis smale fyllittbånd er inneklemt mellom kvartskeratofyr, grønnstein og kalkleier.

Grunnmassen fører rikelig *kvarts* og ikke ubetydelig *albitt* (ca.  $An_{10}$ ). Enkelte litt grovere bånd fører omtrent bare sterkt undulerende *kvarts*, mens enkelte små linseformige partier kan ha *albitt* i overvekt. *Muskovitt* opptrer rikelig, fulgt av betydelig sparsommere blekgroønn *kloritt*. De er så intimt og svømmende sammen vokset, at man får det for omtalte fenomen: *Muskovitten* synes å ha en forbausende liten aksevinkel og *kloritten* synes undertiden å være svakt optisk negativ. I renere blader er den imidlertid som vanlig svakt optisk positiv. Virkelig *biotitt* forekommer ikke, men der finnes noen svømmende, svakt brunliggule små strenger. Det kan ikke sikkert avgjøres om dette er diaforerte rester av *biotitt* eller fargeflekker av jernoksyd fra overflaten. Derimot opptrer her sikkert *epidot* som sparsomme og meget små korn, sammen med *titanitt*, videre litt *apatitt* og ubetydelig *magnetitt*. *Turmalin* og *kalkspat* er ikke påvist.

Vest for den østligste kalksone her står en annen type. Den er lys, hård og massiv, ligner i felt noe på keratofyren, men har en ytterst fin bånding, som er kruset og foldet, men ingen skiffrighet. Mikroskopisk er den meget finkornet (30—50  $\mu$ ) med mer *kvarts* og betydelig mindre *muskovitt* enn foregående. Foruten en beskjeden mengde *kloritt* fører den noen spredte små individer av mørk brun *biotitt*. Både *kloritt* og *biotitt* kan i enkelte kvartsårer opptre som radialstrålige nyrer. *Epidot* finnes ikke. Noen små svovelkiskrystaller er sterkt oksydert.

I begge de to sistnevnte prøver synes natroninnholdet å være noe for stort for et normalt sediment, så der kan muligens være innblandet noe keratofyrtuff.

De undersøkte deler av dette fyllitt-område synes å være på grensen mellom kloritt- og biotitt-facies.

### Fyllitten ved Limbunes.

Det lille parti av fyllitten som stikker opp av sjøen her, har en svakt grønnliggrå farge og er godt planskifrig. Dette er en «falsk skifrihet», som skjærer lagningen. Denne markeres av det meget sparsomme *bitumeninnhold*, som opptrer som et støvfint pigment i enkelte lag.

I mikroskopet viser den en mosaikk av sterkt undulerende, 30—150  $\mu$  store korn, for den overveiende del *kvarts*, men ikke ubetydelig *albitt*, til dels med tvillinglameller.  $\beta : 010 = +11^\circ$ , d.e.  $An_{10}$ .

*Muskovitt* er forholdsvis rikelig, men lite parallellorientert.  $\beta Na = 1,588$ , opt.  $\div$ , aksevinkelen likesom i flere andre prøver påfallende liten, omtrent som hos *flogopitt*. *Kloritt* er meget sparsommere og meget svakt grønnlig, formodentlig som følge av den ubetydelige bladstørrelse. Den er nemlig ikke jernfattigere enn vanlig.  $\beta = 1,614$  med meget lav positiv dobbeltbrytning, nesten isotrop. Det er en *ripidolitt*. Av *kalkspat* er der atskillig i form av frynsete korn. Der sees et par uhyre små korn av *epidot*, så ubetydelig at de umulig kan ha noe med bergartens facies å gjøre, de kan være klastiske relikter. Av *turmalin* sees atskillige meget små staver med brunlig pleokroisme, *magnetitt* er praktisk talt fraværende, biotitt mangler helt. Fyllitten er i kloritt-muskovitt-facies.

Av stratigrafiske grunner var det viktig å få bekreftet, at dette er en normal fyllitt, så der ble utført en alkalianalyse.

<i>Fyllitt.</i>	Limbunes, Ulvenes pr. Ølve.	Anal.: Brynj. Bruun.
	SiO <sub>2</sub>	69,23 %
	Na <sub>2</sub> O	1,27 »
	K <sub>2</sub> O	2,44 »

Da kalifeltspat mangler blir mineralsammensetningen omtrent:

50	% kvarts
21	» muskovitt
12	» albitt, An <sub>10</sub>

Resten 16,3 » vesentlig kalkspat og kloritt.

Som det sees stemmer dette godt overens med en forholdsvis kisel-syrerik og alkalifattig sedimentær fyllitt. Kalimengden er fullt til-strekkelig for en normal muskovitt.

Glimmerskiferen nærmest over grunnfjellet ved Ljonesåsen i Strandebarm.

For sammenlignings skyld ble undersøkt en prøve av glim-merskiferen fra nordre ende av Eidesvann i Strandebarm, hvor den hviler på Ljonesåsens grunnfjellsgranitt. Selve grensen er imidlertid totalt overdekket i minimum 15 m bredde langs hele den forsenk-ning som skiferen følger.

Mineralogisk er den temmelig identisk med de ovenfor omtalte fyllitter. Den er litt *bituminos* og temmelig *kalkfri*, idet hverken kalkspat eller epidot er påvist. Der er en viss sliret veksling mellom muskovitt- og kvartsrikere bånd. I de førstnevnte av *muskovitt* helt dominerende, men der finnes også litt *kloritt* i intimt parallell-innleirete blader. I de sistnevnte opptrer det meste av kloritten som uhyre små uorienterte blader, som nærmest virker som et nett-verk mellom kvartskornene. Sammen med *kvartsen* er også atskillig *albit* ( $\gamma' = cb.$ ), om enn langt mindre enn kvarts. Kornstørrelsen er meget liten, vanlig ca. 15  $\mu$ , de største korn 60  $\mu$ . Biotitt er praktisk talt fraværende. Brun *turmalin* og *apatitt* finnes i atskillige små korn.

Dens makroskopiske utseende skiller seg derimot atskillig fra de nevnte fyllitter, idet den er karakterisert ved sin utpreget grovt *krumbladige* utvikling. Denne skyldes en praktfull grov mikrofolding, som markeres godt av de muskovittrike bånd, og som ikke har noen gjennomgående akseretning. Lagpakken virker nærmest *knadd* i sin helhet. Den er også karakterisert ved tallrike kvartsnyrer og linser.

#### *Sure suprakrustaler.*

Sure intrusiver av granittisk eller trondhemittisk karakter finnes ikke i distriktet.

Derimot opptrer betydelige mengder av finkornige, sure, lyse, ofte porfyriske bergarter. De er sammenfattet under én farge-betegnelse og fellesbenevnelsen *kvartskeratofyrer*, idet de makro-skopisk ikke kan differensieres videre og genetisk utvilsomt hører temmelig nøye sammen.

Med hensyn til den regionale utbredelse viser et blikk på kartet, at de er nøye knyttet til grunnsteinsformasjonen, og ikke i noe tilfelle opptrer inne i fyllittene. Videre er de innleiret helt parallelt med skifriheten. Skjærende sure ganger, bortsett fra rene kvartsårer, er aldri observert, hverken i grønnskifrene, i de massive grunnsteiner eller i gabbrofeltene.

Hovedmassen av dem har en ytterst påfallende utbredelse nettopp på grensen mellom grunnsteins- og fyllittformasjonen, hvor de over lange strekninger danner en egen formasjon, som er strengt horisontbestandig. Ved Hatlestrand-Varaldsøy-fyllitten i sørøst kan dette lett kontrolleres ved den kalksteinshorizont, som kontinuerlig begrenser dem på fyllittsiden. Skjønt kalken over store strekninger bare er få meter mektig kan den forfølges kontinuerlig over 16 km i strøkretningen i samme posisjon. Dette forhold sammen med den omstendighet at kalken ikke viser tegn til kontaktmetamorfose etter mineralisering, skulle være tilstrekkelig bevis for, at disse sure bergarter ikke kan være tektoniserte dyperuptiver som i Stavangerfeltet eller i Osfeltet ved Bergen, men må representere sikre vulkanitter, i likhet med N.-H. Kolderups sure porfyrer på Huglo.<sup>1</sup>

En lignende posisjon i forhold til Gråvdalsfyllitten i nordvest inntar de såkalte «albittkvartssitter», hvis karakter skal omtales senere. Også de er skilt fra fyllitten ved en smal kalkbenk som kan følges over enda større strøklengde, om enn ikke fullt så kontinuerlig.

Her opptrer den egentlige kvartskeratofyren et stykke inne i grunnsteinen, fra Terøy i sør til forbi Hatlesteinsvatn. Selv om denne derfor ikke er direkte ledsaget av noen ledehorisont er dens forløp i forhold til grunnsteinsgrensen så vidt regelmessig, at man også her med rimelighet kan gå ut fra, at den representerer vulkanitter.

Foruten i disse mer eller mindre regelmessige belter opptrer kvartskeratofyren også som større og mindre spredte forekomster inne i grunnsteinen. Det kan være smale beter av atskillig strøklengde, det kan være linser ned til noen få meters mektighet og dusin meters lengde og det kan i visse tilfeller også være ganske små kupper. I denne gruppe finner vi ofte de best bevarte porfyrstrukturer. Når det gjelder så sure bergarter som disse er denne linse- og kuppeform i og for seg ikke til hinder for at det kan være

<sup>1</sup> Niels-Henr. Kolderup: En vestnorsk kistførende kvartskeratofyr. Berg. Mus. Arb. 1929. Naturv. rekke Nr. 4.



lavabergarter. På den annen side er den vakreste porfyrstruktur, hvor innsprengningenes og grunnmassens korndiameter forholder seg som 20 : 1, ikke tilstrekkelig bevis for at det er lavaer. Det kan også dreie seg om overflatenære hypabyssiske bergarter. Jeg anser det sannsynlig at slike er tilstede, vesentlig fordi de ikke holder seg til bestemte horisonter, men opptrer temmelig spredt. Særlig forholdene i fjellet Hesten på Varaldsøy synes å tyde i denne retning. Den der avtegnete linse av kvartskeratofyr er ikke skarpt begrenset, men representerer en ansamling av en sverm av lagerganger, som mer spredt også opptrer et godt stykke inn gjennom grønnsteinen.

Ved mikroskopisk undersøkelse av ca. 40 tynnslip av disse sure bergarter viser de atskillige variasjoner, som dels skyldes den kjemiske sammensetning, dels den senere metamorfose og tektonisering.

Den overveiende del er natrondominante og mange viser i sin friskeste tilstand så vakker bevart porfyrstruktur med spor av pilotaksittisk grunnmassestruktur, at de kan betegnes som utviklet kvartskeratofyrer. Der finnes imidlertid også kalirikere ledd, unntakelsesvis kalidominante.

Da de ledsagende grønnsteiner er helt omkrystalliserte og sterkt tektoniserte, kan det ikke forbause at dette også, om enn i noe mindre grad, er tilfellet med en stor del av de sure bergarter.

De mest saliske ledd kan, hvor de er forskifret, utvikle seg til heller eller endog takskifer, og slike finnes både blant de natron- og de kalidominante ledd.

Kvartskeratofyrene har alle en grå farge (aldri rødlig), varierende fra ganske lys til temmelig mørk grå. Meget alminnelig har de i dagen en hvit forvitringssone av 5—8 mm tykkelse, ofte med hårskarp undergrense. Meget ofte er de på selve overflaten belagt med en tynn sort hinne (visstnok manganhud), som særlig får feste i små fordypninger. Dette gir undertiden overflaten et eiendommelig pépret utseende.

Nedenfor skal omtales forskjellige typer av disse bergarter.

#### Kvartskeratofyrer.

Typiske kvartskeratofyrer inne i grønnsteinen.

1. I vestgående stoll i Gravdals grube opptrer en typisk kvartskeratofyr i nær tilknytning til kisen, og tydelig gjennomsatt av kiser.

Den fører vakre porfyriske *albittinsprengninger*, (Pl. I, fig. 2) i en mengde som ble utmålt til ca. 21 vekts-%/o. De er ofte krystallbegrenset, unntakelsesvis bøyd og undertiden med tydelig rundete (resoberte) hjørner. Diameteren når opp til 1½ mm. I godt  $\alpha$ -snitt måles  $\beta : 010 = 15\frac{1}{2}^\circ$ , altså  $An_3$  eller nesten ren albitt. Bortsett fra randsonen er de tydelig grumset av sparsomme og uhyre fine skjell av serisitt.

I den finkornige grunnmasse med korndiameter 20—30  $\mu$  er *albitt* helt dominerende over kvarts, men viser bare leilighetsvis antydning til keratofyrstruktur. I grunnmassen opptrer imidlertid også uregelmessige aggregater og diffuse årer, som overveiende består av sterkt undulos *kvarts*, ledsaget av underordnet albitt. Kornstørrelsen er noe grovere, ca. 100  $\mu$ . Av mørke mineraler finnes bare *kloritt*, som opptrer forholdsvis rikelig, utmålt til 7,25 vekts-%/o. Også den viser i mikroskopet en forholdsvis uregelmessig opptreden, med tendens til å samle seg i kornaggregater og små slirer omkring albittporfyrene og i de kvartsrikere partier. Bladstørrelsen kan gå opp til 0,3 mm. Den har markert pleokroisme strågul—rent grønn, er nesten isotrop eller med ytterst svak positiv dobbeltbrytning. Lysbrytning  $\beta_{Na} = 1,623$ . Det er altså en *ripidolitt*. På lignende måte opptrer 1,3 %/o *kalkspat* som forholdsvis grove, lappete individer, samt noen få korn av *titanitt*. Aggregater med skarpkantete små terninger av *svovelkis* er åpenbart tilført senere. Helt mangler kalifeltspat, muskovitt, biotitt og epidot.

Grunnmassen synes etter dette å ha vært gjenstand for en betydelig omkrystallisasjon, mens en silifisering utenfra her ikke med sikkerhet kan påvises.

2. Det smale belte av kvartskeratofyr vest for Hola nær Fosså ved Lygrefjorden virker på overflaten finbåndet laget, med tydelige foldingsakser, ofte med 3—4 mm brede linser av kvarts, som rager opp på overflaten.

\* Mikroskopisk viser den bånd med samme vakre porfyrstruktur som foregående, og både innsprengninger og grunnmasse er av nøyaktig samme karakter som der, bortsett fra at *kloritten* opptrer betydelig sparsommere og i finere skjell, en del *muskovitt*blader kommer til, og istedenfor *svovelkis* finner vi enkelte krystaller av *magnetitt*. *Kvarts* opptrer betydelig rikligere i markerte bånd eller linser (Pl. II, fig. 1). Den er her ikke ledsaget av albitt, men av atskillig *kalkspat*, som her utelukkende finnes i kvartsbåndene. Da enkelte

kvartsbånd skjærer tvers over den svake parallelltekstur, må det her dreie seg om en begynnende silifisering.

3. De før nevnte lager ganger av kvartskeratofyr på østsiden av Hesten viser også vakker porfyrstruktur med innsprengninger både av *albitt* og av en svakt blålig, sterkt unduløs kvarts. De siste er opp til 2 mm store og rager opp som knuter på overflaten. (Pl. II, fig. 2).

Grunnmassen har forholdsvis jevn kornstørrelse 10—25  $\mu$ . Den mangler her de før omtalte kvartsrikere partier og den ledsagende kalkspat. Foruten *albitt* og *kvarts* fører den tallrike meget små skjell av *kloritt*, en vrimmel av bitte små *magnetitt* korn ned til 5  $\mu$ , samt noen spredte, større *muskovitt* blader. Kloritten er sterkt grønn, her med svak negativ dobbeltbrytning, og viser de anomale indigoblå interferensfarger, som er karakteristisk for svakt negative kloritter. Nær porfyrinnsprengningene er bladene noe grovere, og trenger tildels inn i disse. Kalifeltspat, biotitt og epidot mangler.

4. Det er bare på ett sted innen vårt område, hvor kvartskeratofyr kommer i direkte kontakt med en av gabbrokuppene, nemlig ved roten av halvøya på østsiden av Hatlesteinsvann. Det lange belte av kvartskeratofyr, som stryker forbi her, har på overflaten som regel et eiendommelig laget utseende, er noe skifrig og sterkt omvandlet. Hvor det bøyer om nordenden av gabbrokuppen er bergarten meget friskere og massivere.

Det gjensidige aldersforhold mellom keratofyr og gabbro kan ikke avgjøres med full sikkerhet, idet ingen av dem sender ganger inn i den annen. Det iakttas bare yngre årer av ren kvarts, som kan forekomme i alle bergarter. Man får det umiddelbare inntrykk at den seige gabbrobergart, som er helt massiv, her har beskyttet keratofyren mot den senere tektoniske påvirkning, og at denne representerer en eldre vulkanitt. (Pl. III, fig. 1). Bergarten er vakkert porfyrisk med ca. 1 mm store innsprengninger av kvarts, som er unduløs og avrundet ved resorpsjon, samt opp til 1½ mm store innsprengninger av en svakt serisittgrumset *albitt*. De største albitter er som regel oppdelt i et grovt aggregat av forskjellig orienterte individer, de mindre innsprengninger er enkle, tykt tavleformete og skarpt begrensede albitter.

Grunnmassen er forholdsvis homogen, med *albitt* overveiende over *kvarts*, kornstørrelse 20—50  $\mu$ , undertiden litt antydning til

keratofyrstruktur. *Kloritten* er av helt samme type som i foregående, dels som sparsomme små skjell i grunnmassen, dels som grovere strenger sammen med *muskovitt*, og der ofte i uorienterte individer. De ledsages av helt ubetydelig *epidot*, *titanitt* og *apatitt*. *Kalkspat* finnes sparsomt og uregelmessig som grovere, frynsete individer, *magnetitt* ubetydelig som uhyre små korn. Kalifeltspat og biotitt mangler.

5. I Korshavn, som er største bukt på østsiden, ytterst i Hyttevågen i Olve, opptrer en frisk kvartskeratofyr, vakkert porfyrisk med *albitt* tavler opp til  $1\frac{1}{2}$  mm lengde, og rundete, undulerende *kvarts*-innsprengninger opp til 2 mm. Grunnmassen er forholdsvis ensartet kornig eller med tendens til parallellorienterte små tavler, 20—50  $\mu$ , med *albitt* litt overveiende over *kvarts*. Fra foregående skiller den seg ved at *kloritt* (opt. meget svakt  $\div$ ) opptrer meget sparsomt. Til gjengjeld finnes temmelig rikelig av *magnetitt* som meget små, oftest runde korn på 10—40  $\mu$ . Disse opptrer bare i grunnmassen, men i sterkt vekslende mengde, idet parallelle bånd eller slirer fører svermer av meget rikelige magnetittkorn, mens de er sparsomme i de mellomliggende partier. *Epidot*, *titanitt* og *apatitt* er meget sparsomme, mens biotitt, muskovitt og kalkspat mangler helt, visstnok også kalifeltspat.

#### Kvartsfri keratofyr.

På halvøya nord for Korshavn i Olve sees i den vanlige epidotrike grønnstein soner av en lysere, båndet bergart, som viser seg å være en mellomtype mellom grønnstein og kvartskeratofyr.

Bergarten består overveiende av *albitt*, uten kvarts. Albitten danner for det meste små tavler, fra  $30 \times 150 \mu$  og oppover, subparallelt anordnet etter strøket. Den har en halvporfyrisk karakter på grunn av spredte større albitter opp til  $\frac{3}{4}$  mm, men disse har en mer eller mindre frynset begrensning, og det er ingen skarp kontrast mellom innsprengninger og grunnmasse.

En blekt blåliggrønn *kloritt*, optisk svakt  $+$ , opptrer meget sparsomt, mens *magnetitt* er forholdsvis rikelig. Den danner uregelmessige korn på i middel 50  $\mu$  foruten enkelte markerte rike strenger i strøkretningen.

Slektskapet med grønnsteinen markeres av temmelig rikelig *epidot* i grove korn, opp til  $\frac{1}{2}$  mm og med høy dobbeltbrytning.

Enda mer karakteristisk er sparsomme fine nåler av en lys *amfibol*, opp til 0,4 mm lange og 5—20  $\mu$  tykke. De har en blekt himmelblå farge i  $\gamma$ -retningen og må holde rikelig *glaukofan*-molekyl.<sup>1</sup> *Kalkspat* opptrer spredt i grove, lappede korn, *apatitt* finnes også, mens kalifeltspat og biotitt mangler helt.

Da bergartstypen bare kan identifiseres under mikroskopet er det sannsynlig at den finnes flere steder, men aldri i større mektighet.

Metamorfe kvartskeratofyrer i grønnsteinen.

Ovenfor er omtalt de viktigste eksempler på kvartskeratofyrer, hvor strukturen er så vel bevart, at det ikke kan herske tvil om bergartens opprinnelige karakter.

Hovedmassen av de sure bergarter er imidlertid såvidt sterkt tektonisert, at strukturen er mer eller mindre utvisket. De har fått en viss krystallisasjonsskifrihet, undertiden mikrofoldet, men som regel er en mer eller mindre reliktporfyrisk struktur bevart. I enkelte tilfeller ville de imidlertid neppe være erkjennbare som opprinnelige kvartskeratofyrer, hvis man ikke hadde tallrike overgangstyper.

Virkelig planskifrihet forekommer ikke i de sure bergarter, som er direkte innleiret i grønnsteinsformasjonen.

I det store felt i høgfjellet sør for Vestervik, på fastlandssiden av Øynefjord, er bergarten meget sterkt metamorf med urolig struktur.

Porfyrreliktene er overveiende *kvarts*, opp til 2 mm store. De er ikke bare sterkt undulerende, med lappede grenser, men kataklastisk oppbruddet og gjennomsatt av årer av grunnmassen, til dels endog med innvokste albitter. De porfyriske *albitter* er noe sparsommere og som regel oppløst i grovkornige aggregater, en del serisitt-grunnet. Grunnmassen er også urolig med vekslende kornstørrelse. Mellomstore korn på 0,2—0,4 mm består overveiende av kvarts samt enkelte albitter. Uregelmessige rester av en fingrynet grunnmasse, 30—40  $\mu$ , fører mer albitt.

I grunnmassen finnes forholdsvis rikelig av *muskovitt* og *kloritt*, intimt sammenvokst, men høyst uregelmessig orientert på grunn av mikrofolding og kataklaser. Kloritten er markert grønn og optisk svak negativ.

<sup>1</sup> Foruten her er glaukofanaktig amfibol bare påvist i et tynnslip av kvartskeratofyren fra Tufta sør for Kvitebergvann. Bergarten er her normal kvartsrik.

Der finnes spor av jernets, muligens også av epidot, mens kalifeltspat, biotitt og kalkspat mangler helt. Bergarten synes ialt å fore mer kvarts enn albitt.

Bergarten i toppen av Olveshovden er makroskopisk temmelig lik foregående, og mikroskopisk skiller den seg bare ved at den mangler kloritt, bortsett fra noen ubetydelige skjell, mens den fører atskillig *kalkspat* som forholdsvis grove, flikete, uregelmessig fordelte korn og nettverk, sikkerlig tilført. *Muskovitt* opptrer forholdsvis rikelig, mest samlet i strenger, som er sterkt knadd og inneslutter tallrike korn av de lyse mineraler samt spredte små korn av *epidot*.

Formodete porfyroklaster av *kvarts* og *albitt* er her mindre tydelige, og når maksimum  $\frac{1}{2}$  mm størrelse. Enkelte mosaikk-aggregater, 30—100  $\mu$ , av nesten bare albitt kan muligens ha vært opprinnelige porfyriinnsprengninger, men for det meste er kvarts overveiende over albitt. Kalifeltspat og biotitt mangler.

Det lange og forholdsvis mektige vestlige kvarts-keratofyrbelte, som strekker seg fra Terøya nordover forbi Hatlesteinsvann, er noe mer heterogent enn de øvrige.

Den sørlige del fram til Flatafjell fører forholdsvis typiske, leukokrate kvartskeratofyrer, men undertiden med enkelte ganske smale innleirete grønnsteinsbånd, likesom der i den omgivende grønnstein kan være innleiret og innfoldet smale bånd av kvartskeratofyr. Ved forvitringen faller keratofyren i et mere platig grus enn grønnsteinen.

Fra Flatafjell og nordover får bergarten i det hele en mer båndet karakter med mindre skarp kontrast mellom de surere og mer basiske ledd. Den forvitrede overflate av keratofyren har en ruglet karakter med lyse nudder og streker, overgående til en finribbet overflate med parallelle lyse strenger. På friskt brudd er disse teksturer lite fremtredende. Grensen mot omgivende grønnstein og mot bredere innleirete grønnsteinsbånd er fremdeles forholdsvis skarp. Sistnevnte er karakterisert ved den s. 35 anførte grønnsteinsanalyse. De lyse bånd er mange steder typisk kvartskeratofyr og enkelte særlig lyse bånd ligner makroskopisk kvartsitt, men viser seg under mikroskopet å være mer eller mindre forkvartset keratofyr.

Imidlertid kan ofte betydelige bredder av dette belte innta en vanskelig definerbar mellomstilling. De slutter seg nærmest til kvartskeratofyrene og er på kartet slått sammen med disse. Som

eksempel tar vi de lysere bånd av bergarten kort i *heng av Fossåskar grube*.

Den viser reliktporfyrisk struktur med opptil 1 mm store innsprengninger av *kvarts* og *albitt*, de første sterkt unduløse og oftest rundete, de siste uregelmessig begrenset og noe serisittgrumset, begge kataklastisk oppsprukket med kvartsårer. Grunnmassen, 20—50  $\mu$ , fører rikelig *kvarts* og *albitt* samt forholdsvis meget mørke mineraler, hvis vekslende mengdefordeling markerer en sliret og båndet tekstur hos bergarten. Det er *epidot* i tallrike små korn, ledsaget av grønn, nesten isotrop *kloritt* samt sparsommere *muskovitt*. Epidot og kloritt ble utmålt til henholdsvis 10 og 7 veks-% av bergarten. Videre finnes en del uregelmessig fordelt *kalkspat* og ubetydelig av *titanitt*-gryn, *magnetitt* og *svovelkis*, mens *biotitt* mangler.

En partialanalyse av bergarten viser:

Tuffittisk kvartskeratofyr. Heng av Fossåskar grube.

Anal.: Brynj. Bruun.

SiO <sub>2</sub>	69,90	Mineralsammensetning:	
Na <sub>2</sub> O	3,96	Kvarts	36,5 %
K <sub>2</sub> O	0,94	Albitt, An)	36 »
		Epidot	10 »
		Kloritt	7 »
		Kalifeltspat, anslått til	2,5 »
		Muskovitt » »	5 »
		Kalkspat » »	2 »
		Aksessorier » »	1 »
			<hr/>
			100 %

Da mengden av muskovitt og serisitt etter øyemål neppe kan overstige 5% må en del kali inngå i feltspatmolekyl. Hvis dette alt inngår i albitten, vil denne inneholde 6,5 mol.-% kalifeltspat, noe som neppe er sannsynlig. Kalkspaten og en del av kvartsen opptrer som tydelige sekundære linser og bånd. Den kjemiske sammensetning blir nærmest dacitisk, men må antas å ha undergått sekundære forandringer.

Klorittmengden er omtrent som i prøven fra Vestervik, epidotmengden er atskillig større enn i noen av de tidlige omtalte prøver.

så sammensetningen er noe mer mafisk enn i disse. Etter bergartens hele karakter er det en mulighet for at dette kan skyldes tilblending av mer eller mindre vulkanogent sedimentmateriale. I denne forbindelse kan nevnes at kort nordenfor ledsages keratofyren langs herggrensene av et flere meter mektig lag av blåkvarts og undertiden finner vi inne i den dm-tykke linser av blåkvarts. Enkelte steder kan den på overflaten lokalt minne om en konglomeratisk struktur, uten at dette har latt seg bekrefte.

#### Bergarten ved Ølve gullverk.

Denne minner atskillig om den sist omtalte type og viser samme parallelltekstur. Kort i liggen av de gamle brudd har den karakter av en sterkt omvandlet kvartskeratofyr, med reliktporfyrisk struktur. Innsprengningene er *albitt*, opp til 2 mm store, rundete eller linseformige uttrukne, tildels med bøyde tvillinglameller. De er noe grumset av serisitt og spor av epidot og mer eller mindre kataklastisk oppsprukne, ofte med innvandret kvarts.

Grunnmassen fører rikelig *kvarts* og *albitt*, førstnevnte visstnok overveiende. Den fører omtrent like rikelig *epidot* som prøven fra Fossåskar grube, men skiller seg ved langt rikligere *muskovitt*, omtrent som i prøven fra Ølveshovden. Denne er fortrinnsvis samlet i strenger og sammenvokst med sparsommere, blekt grønn *kloritt*, som optisk er tydelig positiv. *Kalkspat* finnes sparsomt i spredte flekker, biotitt og ertsminerale mangler, og kalifeltspat er ikke med sikkerhet påvist.

Bergarten i selve de gamle brudd er betydelig sterkere knadd og omvandlet. Der er ingen bevarte porfyrrelikter, men enkelte steder mosaikkartede aggregater av *albitt*, som muligens kan ha vært opprinnelige innsprengninger.

De lyse mineraler i grunnmassen viser seg her å være omtrent utelukkende *albitt* med bare ganske ubetydelig *kvarts* og ingen kalifeltspat. *Epidot* (opt.  $\div$ ) opptrer omtrent like rikelig som før, men i noe grovere korn og med et eiendommelig mørkt pigment i de sentrale deler. Også *kloritt*mengden er omtrent uforandret. *Kloritten* er meget blekt grønn,  $\beta=1,605$ , optisk markert positiv. Derimot er den intimt sammenvokste *muskovitt* her meget sparsommere. Særlig karakteristisk er en rikelig gjennomfiltrering av *kalkspat* ( $\omega=1,659$ ), som utgjør en meget vesentlig bestanddel. I mange bånd er den utviklet som parallellorienterte korte staver tvers på



strøket. Der finnes også atskillig av jernerts, ofte bladig utviklet, muligens *jernglans*. Iallfall fåes intet magnetisk uttrekk. *Apatitt* opptrer i spredte grove korn.

Det fremgår av ovenstående, at bergarten her tenderer i retning av grønnsteinen i sammensetning, men ingen primære trekk er bevart, og den har ingen skarp grense mot kvartskeratofyren i ligger.

Felles for de beskrevne sure bergarter inne i grønnsteinen er, at de mangler kalifeltspat<sup>1</sup> og biotitt. De aller fleste er ekstremt natron-dominante. Trer mer kali inn i sammensetningen opptrer denne utelukkende som muskovitt.

#### Kvartskeratofyr og porfyroid på Varaldsøy.

Tar vi for oss et profil over den sørlige del av Varaldsøy, finner vi to parallelle belter av sure suprakrustaler. Lagstillingen er isoklinal, men da hele lagrekken er bilateralt symmetrisk omkring det sentrale fyllittfelt kan vi gå ut fra at de to belter representerer samme horisont.

Til forskjell fra de tidligere behandlede kvartskeratofyrer, som alle var natrondominante, finner vi her variasjoner fra natrondominante til temmelig kalirike bergarter. Videre synes den tektoniske påvirkning gjennomgående å ha vært sterkere, så noenlunde intakt porfystruktur er sjeldnere å finne. Bergartene viser oftest en viss krystallisasjonsskifrihet og et par soner er planskifrige med helle- og takskiferkarakter.

Nedenfor gjennomgås disse typer i et profil fra Svinlandsfeltet i heng, over Varaldsøy hovedbygd til Kolbrandsnes.

I hengen<sup>2</sup> grenser kvartskeratofyren ved Svinlandsfeltet med skarp grense mot de overliggende grønnsteinsskifere. Den øvre del av keratofyren er utpreget planskifrig med hellekarakter. Når det her ikke har vært anlagt hellebrudd skyldes det åpenbart en viss strekningsstruktur, som gir spalteflatene en svakt rillet overflate. I detalj kan den også undertiden være atskillig foldet. Ved første øyekast virker bergarten temmelig kvartsittisk. Den er ofte uhyre finkornig med et svakt blålig skjær, åpenbart som følge av magnetittstøv, dels er den lyst grålig hvit med ikke fullt så fint korn. Dens

<sup>1</sup> De anslatte 2,5% kalifeltspat i prøven fra Fossåskår (n. 16) er således en unntakelse.

B.D.

<sup>2</sup> Her tales om tektonisk heng og ligg.

hengende del skjæres av diamantborhullene fra Svinlandsfeltet, og en frisk prøve for alkalibestemmelse ble uttatt fra borkjernen, 3 m under henggrensen.

Forskifret kvartskeratofyr. Borhull III, 110 m dyp. Svinland.

Anal.: M. Klüver.

SiO <sub>2</sub>	77,8	%
Na <sub>2</sub> O	6,08	»
K <sub>2</sub> O	0,21	»

Bergarten består av overveiende *albitt*, rikelig *kvarts*, samt små mengder av *kloritt*, *serisitt*, *epidot*, *titanitt* og *magnetitt*. Der er intet spor av kalifeltspat.

Mengden av de sistnevnte 5 mineraler ble bestemt ved utmåling i tynnslip og gir sammen med analysen følgende vektsprosentiske mineralsammensetning:

Kvarts	39	%
Albitt, An <sub>4</sub>	54	»
Serisitt	0,7	»
Kloritt	2,4	»
Epidot	1,0	»
Titanitt	0,6	»
Magnetitt	2,3	»
	<hr/>	
	100	%

Porfyrisk struktur er fremdeles synlig, men de mer eller mindre tavleformige albittinnsprengninger er små, maksimalt 0,2 × 0,5 mm og delvis anordnet parallellt med skifriheten. I  $\alpha$ -snitt måles  $\beta:010 = \div 16^\circ$ , altså An<sub>4</sub>, eller nesten ren albitt. Beregningen viser at albitten også må holde 1,3 mol.% Or. Der finnes også noen ganske få kvartsinnsprengninger av samme størrelsesorden, sterkt undulerende og med overganger til kvartsaggregater.

Grunnmassen av albitt og kvarts har en kornstørrelse av 20–50  $\mu$ . Serisitt og kloritt danner meget tynne skjell og epidoten for det meste tynne staver, alle anordnet parallell med skifriheten. Klorittens dobbeltbrytning er null eller meget svakt  $\div$ . Magnetitten er forholdsvis jevnt fordelt med små isomorfe korn.

Andre tynnslip fra samme sone viser i det store og hele samme billede. Serisittmengden kan båndvis øke endel, kloritten kan avta til null, i enkelte tilfeller er dannet litt grønn biotitt. Der kan finnes små mengder av kalkspat, og en del av jernerten kan opptre som tynne blader, som muligens kan være jernglans.

Mot liggen taper dens planskifrige karakter seg, men den er fremdeles hård, kvartsrik, lys og homogen. Henimot det grønnskiferbelte, som fra Varaneset strekker seg mot NØ viser den imidlertid på overflaten oppstikkende knuter av en porsellensaktig utseende feltspat, som ved lysbrytningsmåling ble bestemt til kalifeltspat. De største av disse porfyraktige innsprengninger, som oftest er enkle Karlsbadertvillinger, antar en ellipsodisk form med opp til 5 mm lengde, foran og bak med de karakteristiske kjegleformige anhopninger av en unduløs kvarts med større kornstørrelse enn grunnmassens. De fleste og største av dem viser ingen mikroklingitring, og da de har parallell utslukning på basis må det være *ortoklas*. En del korn viser en fin, nesten usynlig gitring og noen få mindre korn er normal *mikroklin*. Man får inntrykk av at mikrokлиндannelsen står i forbindelse med tektoniseringen. Alle innsprengningene er noe grumset av uhyre fine serisittskjell samt ofte noen frynsete korn av kalkspat, men har ofte en smal klar randzone. Pertittspindler forekommer ikke, men man kan finne innvokste grove tavler av albitt i kalifeltspaten og undertiden uregelmessige flekker, som tyder på en begynnende albittisering. Små spor av *myrmekitt* er også iaktatt. I enkelte tynnslip fra denne sone finner vi foruten de dominerende kalifeltspater også en del innsprengninger av albitt, men mindre og uregelmessigere.

Den mer eller mindre krystallasjonsskifrige grunnmasse med kornstørrelse 30—100  $\mu$  fører meget *kvarts*, *albitt* og *muskovitt*, mens kalifeltspat ikke med sikkerhet kan påvises. Videre er det litt *kalkspat*, *titanitt*, *apatitt* og *magnetitt*, mens *epidot*, *kloritt* og *biotitt* dels kan mangle helt, dels opptre i ubetydelig mengde. Muskovitten har en påfallende, ganske svakt grønnlig farge, endog med antydning til pleokroisme, men dobbeltbrytning og aksevinkel er normale.

I ingen av de tidligere behandlede keratofyrer forekommer innsprengninger av kalifeltspat, og vi må se på muligheten for at det kan dreie seg om porfyroblaster — en begynnende øyedannelse. Mot dette taler, at de opptre med skarp grense mot en finkornig

grunnmasse, uten antydning til inneslutninger av denne, videre distriktets kjemiske miljø og dets meget lavtempererte facies. Vi iakttar, at i den finkornige grunnmasse er eventuell opprinnelig kalifeltspat nu totalt hydrolysert under dannelse av muskovitt, mens innsprengningene bare viser en svak begynnende hydrolyse og forøvrig har bevart det meste av sin opprinnelige karakter, et for metamorfe porfyrer meget vanlig fenomen.

Videre mot liggen ned til kalksonen ved Varaldsøy hovedbygd står fremdeles de sure, porfyriske bergarter, men med båndvis betydelige variasjoner, og undertiden intenst foldet. Der er mektige benker av de finkornige, kvartsittisk utseende kvartskeratofyrer med gradvise overganger til typisk feltspatknutete bergarter av varierende kornstørrelse, men alle med en grovbenket skifrihet. Videre kan de gå over til lyse, smuldrende, muskovittrike skifere eller til mørkere, klorittførende skifere, begge med den samme knutete overflate. Sistnevnte fører åpenbart grønnskifermateriale og må inneholde atskillig kalkspat, idet de får en utpreget hullet overflate, særlig hvor de kommer i kontakt med sjøvann.

Et par tynnslip fra disse typiske «knote»-bergarter viser at innsprengningene i denne i motsetning til foregående sone praktisk talt bare er *albitt*,  $An_3$ , opp til 2 mm store, mens *kalifeltspat* dels mangler helt, dels er ubetydelig. Hvorvidt denne forskjell er et helt gjennomgående trekk for de nevnte soner kan ikke avgjøres uten tallrike tynnslip, da feltspatene ikke kan skilles makroskopisk. Albittene er svakt serisittgrumset og viser undertiden en grovt sjakkbrettaktig tvillingsammenvokst, som ikke representerer albittisert mikrolin. Opprinnelige innsprengninger av *kvarts* er nu oppløst i aggregater.

Variasjonene i bergartens tilsynelatende kornstørrelse henger sammen med antallet av innsprengninger. Hvor disse er tallrike får den på overflaten et mer granittisk preget utseende, men grunnmassen er i alle tilfelle den samme, kornstørrelse 30–80  $\mu$ .

Grunnmassen fører helt ubetydelig *kloritt* likesom i forrige sone, betydelig mindre *muskovitt*, men til gjengjeld noe mer *biotitt*, som er grønnlig-brun med tydelige pleokroittiske ringer, visstnok omkring små epidotkorn. Kloritt og biotitt er ofte parallellsammenvokst. Karakteristisk er spredte, grove korn av *apatitt*, opp til 1 mm store, oftest i kvartsslirer, samt tallrike meget små korn av epidot.

De småkornige typer av «knoteskiferen» viser på overflaten en påfallende likhet med bergarten i heng av Fossåskar grube, som er beskrevet og analysert s. 16. De viser ganske den samme ruglete og finribbete overflate, og en analog mineralsammensetning, men sistnevnte fører atskillig mer epidot og kloritt.

Krysser vi fyllittfeltet finner vi direkte i ligg av kalkbenken ved Skjelnes igjen de sure bergarter. Likesom ved Svinland er de også her i sin hengende del utviklet som helleberg eller takskifer, men nu mer planskifrig. De har derfor tidligere vært utvunnet i en rekke små brudd. Makroskopisk kan bergarten neppe skilles fra den ved Svinland, men under mikroskopet viser den seg å føre rikelig *mikroclin*. En alkalianalyse viser:

Kalileptittisk bergart. I ligg av kalkbenken SØ for Skjelnes.

Anal.: Brynj. Bruun.

SiO <sub>2</sub>	81,38 %
Na <sub>2</sub> O	0,80 »
K <sub>2</sub> O	4,66 »

Bergarten har ikke porfyrisk struktur, men kornstørrelsen er noe ujevn, 0,04—0,25 mm, granoblastisk. Strukturen tillater ikke noen sikker slutning om bergartens opprinnelige karakter.

*Kalifeltspaten* har tydelig mikroklingitring, helt uten pertitt. *Albitt* opptrer sparsomt som små jevnt fordelte korn. I snitt lodrett a-aksen måles utslukningen til  $\pm 14^\circ$ , altså An<sub>5</sub>. *Muskovitt* danner forholdsvis grove blader. *Biotitt* er ytterst ubetydelig i den analyserte prøve, men kan opptre betydelig rikligere i enkelte mørkere bånd. Kloritt mangler.

Analysen og utmåling i tynnslip gir følgende mineralsammensetning:

Kvarts	58,75 %
Kalifeltspat	24,1 »
Albitt, An <sub>5</sub>	6,7 »
Muskovitt	5,6 »
Biotitt	0,25 »
Kalkspat	3 »
Svovelkis	0,6 »
Titanitt, epidot etc.	1 »
	<hr/>
	100,0 %

Mot ligger blir den snart muskovittrikere, fremdeles forholdsvis lys og utpreget krystallisasjonsskifrig, på overflaten undertiden med tuffartet utseende. Den fører uregelmessige, reliktporfyriske innspredninger av *albitt*,  $\frac{1}{2}$  mm store, samt atskillig *kalifeltspat* i form av små korn, delvis anordnet rundt randen av albittene. Grunnmassen av kvarts og feltspater har kornstørrelse 40—150  $\mu$ . Hovedmassen av *muskovitten*, som også her har den ganske svakt grønne tone, opptrer noe båndet parallellt med skifriheten, sammen med noen spredte blader av brun *biotitt*. Små kvartsslirer fører foruten en del *kalkspat* også enkelte muskovitter, men her som tykke, tverstilte plater. *Apatitt* finnes sparsomt, *klorit* og *epidot* er praktisk talt fraværende.

Lignende typer holder seg til henimot Kolbrandsnes, hvor der i keratofyrserien er innleiret et par 2 m tykke kalkbenker på lignende måte som tilfellet var ved Svinlandsnes. I ligg av kalken følger et par smale, mørkere, epidotrike bånd. Videre ut til kysten er bergarten igjen omtrent som før, men en tanke mørkere og med synlige feltspatknuter. Albittinnspredningene ( $An_3$ ) er opp til  $1\frac{1}{2}$ —2 mm store, i det indre med rikelig av små serisittskjell og noen gryn av epidot, randsonen som regel klar. Kalifeltspat kan her ikke påvises. Fra foregående skiller bergarten seg også ved tallrike små *epidotkorn*, noen fingrynete aggregater av *titanitt* samt ved en kvartsrikere grunnmasse. Muskovitt er enda rikeligere enn før, men *biotitt* mangler. Overflaten er typisk ru.

Makroskopisk er det en påfallende likhet, både på forvitret flate og på friskt brudd, mellom bergartene fra Kolbrandsnes, Svinlandsnes og Fossåskar, til en viss grad også med de fra Vestervik og Ølveshovden, skjønt mengdeforholdet mellom mineralene, særlig de glimmeraktige, kan variere atskillig. Alle er mer og mindre tektonisert og albittinnspredningene er uregelmessig begrenset. Da albitt som bekjent kan danne porfyroblaster, selv i meget lave facies, er det ikke mulig å avgjøre med sikkerhet — isolert betraktet — om det dreier seg om porfyroblaster eller porfyroklaste, men forholdet er sikkert likt overalt. Når jeg har holdt meg til sistnevnte tyding og betrakter albittene som opprinnelige (ev. albittiserte) porfyrinnsprengninger er det derfor vesentlig på grunn av deres regionale oppreden sammen med sikre porfyrbergarten og på grunn av mange overgangstyper.

Den mikroklinrike helleskifer under Skjelneskalken forløper regelmessig fra Hestvik til Juvslund, men videre øst taper planskifriheten seg og forskjellen mellom sonene blir mindre utpreget.

I beltets fortsettelse på øya Sild finner vi mer typiske kvartskeratofyrer med tallrike innsprengninger av *albitt*, opptil 2 mm store. I den finkornige grunnmasse, som fører betydelig mer feltspat enn kvarts, finnes temmelig rikelig *kalifeltspat*, men i disse små korn kan det ikke sikkert avgjøres om det er ortoklas eller mikroklin. I noen grovere korn sees imidlertid tydelig mikroklingitring. Videre er der atskillig *muskovitt*, en del *magnetitt* (til dels som skjeletter), spor av *titanitt*, *apatitt* og *kalkspat*, men ikke kloritt, biotitt eller epidot. Albittinnsprengningene er bedre kantbegrenset enn før, men ofte sterkt kataklastisk oppsprukket med inntrengen av grunnmassen og delvis med omleiret albittsubstans, yngre enn tvillingstrippingen.

Innen begge de ovenfor beskrevne belter på Varaldsøy finnes også innleiret i keratofyren enkelte belter av grønskifre, som var for smale til å avsettes på kartet (opptil 10—15 m), og som sikkerlig er beslektet med grønsteinen.

#### Kvartskeratofyr og porfyroid Hatlestrand—Kvitebergsvann.

Fra Svinlandsnes fortsetter disse bergarter direkte over til Femsteinsvik og videre langs skrenten nordvest for Hatlestrand og Kvitebergsvann. Det samme gjør liggende kalkbenk mot grensen av fyllitten og likeså kalkbenken et stykke oppe i keratofyren, her ledsaget av et belte av bituminøs fyllitt. Kvartskeratofyren lyser ofte hvitt på lang avstand opp gjennom åsene.

Petrografisk er ikke meget å tilføye til resultatene fra Varaldsøy. Et profil NV for Hatlestrand kirke viser direkte over liggkalken den typiske planskifrige helleskifer omtrent som ved Skjelnes, også her med et gammelt hellebrudd. Denne utvikling fortsetter til henimot Kyrkhus, siden blir sonen foldet og uregelmessig.

Mikroskopisk ligner den meget den analyserte bergart fra Skjelnes, med *mikroklin* dominerende over *albitt*, men skiller seg ved å føre mer feltspat enn kvarts. Strukturbildet gir et mer klastisk inntrykk, med rundete mikroklin-strokorn på ca. 0,2 mm i en grunnmasse på ca. 50  $\mu$ .

Ovenfor øvre kalk har bergarten distinkt grovere korn med tendens til gneisaktig utseende. Den fører mer eller mindre linseformige innsprengninger av *sjakkbrettalbit* og *vanlig albitt*, opp til 1 mm store. Grunnmassen er distinkt krystallisasjonsskifrig med rikelig parallellorientert *muskovitt* og med *kvarts* overveiende over *albitt*, noe sliret, kornstørrelse 40—100  $\mu$ . Kalifeltspat mangler helt.

Øverst mot grønsteinen og særlig på fjellet Vettlebruni finner vi den mest grovkornige utvikling i distriktet. Den har en typisk ruglet overflate og virker her nesten granittisk, men det viser seg å skyldes tallrike innsprengninger av *albitt*, opp til 3 mm store og noe grumset av serisitt og klinozoisitt, altså samme type som de grove soner på Svinlandsnes.

Grunnmassen er noe grovere enn vanlig, 40—200  $\mu$ , og fører meget mer *kvarts* enn *albitt*. Kalifeltspat mangler helt også her. Bergarten viser en temmelig sterk mikrofoldning, som fremheves av den forholdsvis rikelige muskovitt og av bøyde albittlameller. For øvrig opptrer tallrike små korn av *epidot*, en del *titanitt* og *apatitt*. Kloritt er ubetydelig, biotitt mangler. I stρόkfortsettelsen mister den etterhånden sin grovkornige karakter.

Følger vi det annet belte av kvartskeratofyr med overliggende kalkbenk fra Varaldsøy (Hestvik) over til fastlandet, er forholdene mindre enstydige, idet kvartskeratofyren her er langt smalere og det første stykke nesten helt mangler. Kalkbenken, som ved Hestvik var omtrent 20 m mektig, kommer iland på Eikhølmen med under 1 m mektighet, men fremdeles i nøyaktig den samme stratigrafiske posisjon med den mektige fyllittformasjon over og grønstein under. Det er mulig at tektoniske forstyrrelser kan være ansvarlig for forholdet. Det fristende alternativ å parallellisere kalken fra Hestvik med den mektige kalk på Låmbunes er mindre sannsynlig, idet lagfølgen her er en helt annen.

Følger vi nu disse formasjoner sørover finner vi en nesten horisontal eller svakt muldeformig lagpakke med samme profil på begge sider, nemlig underst grønstein, derover kvartskeratofyr, så den smale kalkbenk og øverst fyllitten. Kvartskeratofyren er kontinuerlig med atskillig varierende mektighet, men den store bredde ved Nordaskevann skyldes i det vesentlige den horisontale bølgende lagstilling. Det samme er tilfellet med den tilsynelatende mektige kalk sør for nevnte vann. For øvrig er kalken gjennomgående 2—5 m mektig, og følges praktisk talt kontinuerlig rundt.



Kvartskeratofyrene skiller seg ikke mikroskopisk fra de som tidligere er beskrevet. I trakten nord for Netland hvor de etterhånden blir så smale, at de ikke kommer med på kartet, opptrer de også ofte som smale bånd i den underliggende grønnstein, tildels også som uregelmessig foldete, utkilede linser, men med forholdsvis skarpe grenser. Et slikt bare 3 dm bredt bånd viser under mikroskopet de samme reliktporfyriske albitter som ellers, som regel uten kalifeltspat. Imidlertid treffes et sted *over* kalken et  $\frac{1}{2}$  m mektig bånd av en hård båndet skifrig mikroklinrik kvartsporfyrr, krystallisasjonsskifrig med rikelig muskovitt og spor av biotitt, åpenbart utvalset. De opp til  $\frac{1}{2}$  mm store mikrokliner er oftest uttrukket til linser, mens et par litt større albitter har bevart sin kantete porfyrrkarakter. Kalken er ofte plastisk foldet. Den finskifrige, blågrå, urene kalk tyder på sterk utvalsning, som betinger variasjoner i mektigheten. Det er ikke sjelden i distriktet å finne smale kalklag inne i keratofyren og disse to synes i det hele å følges intimt. Nordvest for Fuglebergåsen kan således et smalt kalklag følges kontinuerlig midt inne i keratofyren over en strekning av  $1\frac{1}{2}$  km. Enkelte steder finner vi endog en kalkbenk på liggssiden av keratofyren.

I den intense folding som oftest karakteriserer de klorittiske grønnsteiner deltar også innleirete keratofyrbånd. Særlig markert iakttas dette i den loddrette fjellskrent Bjørgane.

I dette sist omtalte distrikt opptrer kvartskeratofyrene aldri som planskifrige helleskifere, men kan undertiden i forbindelse med sterk folding få et knutet, gneisaktig utseende, undertiden arkoselignende, omtrent som vanlig på Varaldsøy. Dette er således tilfellet ved landeveien mellom Ask og Teigen. De sparsomme, opp til 2 mm store feltspatporfyroklastere er her overveiende *kalifeltspat*, som iallfall flekkevis viser tydelig mikroklingitring. Den slirete grunnmasse fører rikelig *kvarts* og *kalifeltspat*, med sparsommere *albitt*. Videre fører den rikelig *muskovitt* med spor av *biotitt*, men ingen kloritt eller epidot. Spredte krystaller av *soovelkis* er vanlig.

De sure bergarter som er omtalt ovenfor er karakterisert ved en mer eller mindre tydelig kontrast mellom porfyriske eller reliktporfyriske innsprengninger og en mer eller mindre finkornet grunnmasse, og betraktes som suprakrustaler eller iallfall overflatenære bergarter. Sikre sure dypbergarter (trondhjemitter) er som nevnt ikke påvist.

Imidlertid er det et felt som er noe tvilsomt i denne henseende, nemlig det som strekker seg kort nord for Sandvik på Varaldsøy.

Den sure bergart her opptrer i nær tilknytning til et belte av labradorporfyritt, til dels uten markerte grenser. Av utseende ligner den enkelte kvartskeratofyrer, med ruglet overflate, til dels småfoldet og dessuten sterkt kataklastisk oppsprukket. Mikroskopisk mangler den imidlertid enhver porfyrstruktur, men har en forholdsvis jevnkornig kornstørrelse på 0,4—0,7 mm. *Albitt* er hovedmineral, til dels med antydning til tavleform, *kvarts* er rikelig, kalifeltspat synes å mangle. Det meste av de mafiske mineraler er anriket på stikk i bergarten. Det er en sterkt grønn *kloritt*, optisk svakt  $\rightarrow$ , ledsaget av en del *muskovitt* og noen små staver av *epidot* og *apatitt*. *Jernerts* og noen små romboedre av *kalkspat* er helt underordnet. Der påvistes et lite prisme av *turmalin*, som ellers ikke er iaktatt i kvartskeratofyrene. Sannsynligvis er bergarten hypabyssisk.

Porfyrbergarten vest for grunnfjellsområdet på Ljoneshalvøya i Strandebarm.

For sammenlignings skyld ble undersøkt porfyrbergarten vest for grunnfjellsområdet på Ljoneshalvøya i Strandebarm. Over den ca. 20 m mektige krumbladige glimmerskifer med kvartslinser (se s. 8) som hviler på grunnfjellet følger en ca. 50 m mektig lys, hård bergart, som makroskopisk viser betydelig likhet med enkelte av de kvartskeratofyrer som er beskrevet ovenfor. Den er lyst blågrå, tett, svakt planskifrig og med for øyet tydelige feltspatstrøkorn. En prøve nord for Eidesvann viser under mikroskopet spredte, opp til 2 mm store, skarpt begrensede og påfallende rundede individer av vakker klar *sjakkbrettalbitt*. Denne fører enkelte strenger og flekker av *kalifeltspat*, som undertiden viser en meget fin mikroklingitring av en langt lavere størrelsesorden enn sjakkbrettalbittens.

Grunnmassen er ikke helt homogen. Der kan utskilles en mengde litt grovere korn av størrelsesordenen 70—100  $\mu$ , alle feltspat, for det meste *mikroclin*, en del *albitt*. Der er ingen antydning til keratofyrstruktur, idet kornene er isometriske, tildels rundaktige. Først i den helt fingrynede mellommasse, kornstørrelse 10—40  $\mu$ ,

opptrer unduløs *kvarts* i større mengde sammen med endel *serisittskjell*, *epidot*, *magnetitt* og ubetydelig *kalkspat*, alle meget småkornig. *Biotitt* og *kloritt* mangler. Alt ialt er mengden av *kvarts* liten i forhold til feltspaten og *kali* synes overveiende i forhold til *natron*. Den har heller ingen utpreget skifrihet. Skjønt strukturen under mikroskopet kan ha et visst klastisk preg på grunn av de tallrike isometriske eller rundaktige korn, tyder mineralsammensetningen og de sparsomme strøkorns skarpe kontrast mot grunnmassen på at det er en porfyrisk bergart. Den ledsages her ikke av noen kalkhorisont.

N.-H. Kolderup betegner denne bergart som overskjøvet suprakrustal. Noe markert skyveplan ved dens basis kunne jeg ikke iakta ved mitt korte besøk, men den før omtalte knadde karakter av hele den underliggende glimmerskifer og enkelte innleirede strenger av denne inne i porfyren kunne muligens tydes i denne retning. Nord for Eidesvann overleires den av grønnsteiner som tildels er intens foldet i motsetning til porfyren.

Noen helt pålitelige slutninger med hensyn til dens plass i lagrekken kan vi etter dette ikke trekke. Den synes å utgjøre en fortsettelse av de lyse, hårde bergarter som strekker seg videre innover nordsiden av Hardangerfjorden, og som innbefattes i Kjerulfs gamle «høifjeldskvartsit», men som Rekstad<sup>1</sup> har påvist for en betydelig del består av porfyroide bergarter.

De kvartskeratofyrer som ovenfor er beskrevet fra Varaldsoy-Ølvedistriktet synes å danne en strøkfortsettelse av de effusive porfyrer på Huglo (N.-H. Kolderup 1929, loc. cit.) og de mikroskopiske strukturbilleder viser også store overensstemmelser, men med den vesentlige forskjell at sistnevnte i sin helhet synes å være kalidominante. Disse kan derfor ikke godt betegnes som kvartskeratofyrer, for helt bortsett fra den opprinnelige noget vage definisjon av denne betegnelse benyttes den nu utelukkende for *natronbetonte* porfyrer. Den analyse som Kolderup har latt utføre viser en så ekstremt høy kaligehalt som 9,88%  $K_2O$ . En så høy kaligehalt er imidlertid ikke det vanlige. Etter muntlig meddelelse fra C. W. Carstens foretok han senere, visstnok etter oppdrag av Norsk Hydro, en undersøkelse og tallrike analyser av Hugloporfyrene med henblikk på utnyttelse av kaliinnholdet. Etter hans analyser varierte kaligehalten fra 4,5 til maksimum 8,4%  $K_2O$ .

<sup>1</sup> J. Rekstad: Geologiske iakttagelser fra nordvestsiden av Hardangerfjord. N.G.U. nr. 59, 1911.

### Albittkvartsitter.

Disse opptrer langs nordvestgrensen av grunnsteinsformasjonen mot fyllittene, altså i en analog posisjon med kvartskeratofyrene i sør. Likesom disse ledsages de av en markert kalksteinsbank, men dessuten av rikelig detritusmateriale av grunnsteinen.

Mellom Flågedal og Øyerhamnsvann er forløpet av lagene forholdsvis regelmessig og lagstillingen fremgår direkte av kartet. Albittkvartsitten er her 30—50 m mektig. Ved den østlige del av Øyerhamnsvann inntreer sterke foldninger, ledsaget først av en økning av albittkvartsittens bredde, senere av en fullstendig utkiling av den.

Vest for Øynejord fortsetter albittkvartsitten, men her ytterst uregelmessig og stadig avbrutt som følge av en intens foldning av hele lagrekken (se senere). Den iakttas her og der fram til innerenden av Austefjord, hvor den slutter sammesteds som grunnsteinens detritusmateriale. Sistnevnte slutter her for godt, mens albittkvartsitten kommer igjen sør for Sundfjord på samme horisont som før og ledsaget av den samme kalkbank. Disse fortsetter temmelig regelmessig langs nordvestsiden av grunnsteinsformasjonen fram til Håvik og gjenfinnes smalere på Nordøya, hvor de går i havet.

Makroskopisk er det ikke stor forskjell å se mellom albittkvartsitten og de lyse kvartskeratofyrer uten markerte strøkorn. Ved min første feltbefaring ble de endog slått sammen. Først den mikroskopiske undersøkelse viste den vesentlige forskjell i kvartsinnholdet som fremgår av nedenstående delanalyse.

#### Albittkvartsitt.

Østsiden av Øyerhamnsvann, Varaldsoy.

Anal.: M. Klöver.

SiO <sub>2</sub>	89,5 %	Mineralsammensetning:	
Na <sub>2</sub> O	1,51 »	Kvarts	80,0 %
K <sub>2</sub> O	0,10 »	Albitt, An <sub>5</sub>	13,5 »
		Muskovitt	1,0 »
			<hr/>
			94,5 %

De resterende mineraler er overveiende sekundær kalkspat, videre litt jernerts, titanitt, kloritt og apatitt. Strukturen er granoblastisk med sterkt unduløs kvarts. Kornstørrelse 0,04—0,3 mm.

Prøver øst for Flågedal, nord for Svevatn og øst for Brothølen, (Ølve), viser omtrent samme billede. Overalt synes kalifeltspat å mangle mens albitt alltid er tilstede i noe varierende mengde, opp til  $\frac{1}{4}$  av kvartsmengden, og jevnt fordelt. Kalkspat er ofte fraværende. Undertiden har albittkvartsitt en ruglet overflate, som minner om de strukturer som iakttokes i enkelte soner av kvartskeratofyrserien, og som der antokes å representere tuffinnleiringer. Det bemerkes at albittkvartsittene i stor utstrekning er forholdsvis massive uten markert sekundær forskifring og derfor ikke har karakter av forkvartsede ultramylonitter.

Den ovenfor nevnte mineralsammensetning av albittkvartsittene vilde være høyst ekstraordinær for en vanlig sedimentær kvartsitt, og det ligger nær å anta et eller annet slektskap med kvartskeratofyrserien. Dette blir ytterligere bestyrket ved at vi iallfall på ett sted, nemlig ved det NO hjørne av Brothølen, finner ordinær kvartskeratofyr sammen med albittkvartsittene. Et tynnslip av den viser de vanlige svakt grumsete, ofte tykt tavleformige albittporfyrer av størrelse 0,5—2 mm, skarpt begrenset mot normal, finkornig albitt-kvarts-grunnmasse på 10—40  $\mu$ . Kalifeltspat mangler og den lave kaligehalt inngår i sin helhet i muskovitt. I bergarten opptrer enkelte smale, skarpt begrensede bånd og årer av unduløs kvarts, kornstørrelse 80—200  $\mu$ , ledsaget av litt kalkspat og noen spredte lister av albitt, som her er vannklar og homogen, hva som viser at de representerer lavtemperaturs omkrystallisert materiale.

Et profil over den steiltstående lagrekke nærmest fyllitten ved NO-hjørnet av Brothøla viser:

- 15 m kalk, temmelig uren.
- 5 » kalkførende skifer.
- 7 » tvilsomme kvartsrikere skifere, delvis ruglet overflate.
- 12 » albittkvartsitt, uten tydelig forvittringshud.
- 33 » kvartskeratofyr, delvis porfyrisk, lys ruglet overflate, tydelig forvittringshud. Enkelte soner, særlig på slutten, igjen albittkvartsittiske.

Skarp grense mot grønnsteinen.

I felt er det vesentlig forvittringshuden som skiller disse to lyse bergarter. Det er mulig at sikker kvartskeratofyr kan opptre på flere steder innen denne sone enn her anført, men det er på det rene at albittkvartsitt er hovedbergarten.

Det er vanskelig å oppgjøre seg en sikker mening om, i hvilken utstrekning denne sonen representerer forkvartsede keratofyrer, ledsagende kvartsrike tuffer eller eventuelt overganger til mer ordinære sedimenter.

I et annet område, nemlig NØ for Ulvenes på sørkysten, opptrer også albittkvartsitt, ledsaget av kalkstein. Det er en lysende hvit bergart, flattfallende, tykkbenket skifrig, enkelte steder intenst foldet. Den er synlig i 1,3 km strøklengde og iallfall i NØ kiler den forholdsvis raskt ut i grønnsteinen. Også mot SV synes den å forsvinne i sjøkanten. Mikroskopisk viser den nøyaktig samme bilde som den ovenfor beskrevne og analyserte albittkvartsitt, og den ledsages ikke av noen kvartskeratofyr. På østsiden ledsages den av fyllitt, tidligere omtalt s. 28, som imidlertid bare er blottet i få meters bredde i sjøkanten. Det kan derfor ikke med sikkerhet avgjøres om det dreier seg om hovedfyllitten, eller bare om en innleiring. I førstnevnte tilfelle representerer den antakelig samme horisont som den før beskrevne, som gikk i sjøen på Nordøya.

### *Grønnsteiner.<sup>1</sup>*

Disse bergarter opptrer i én samlet formasjon innen hele kartområdet. De er gjennomgående sterkt forskifret og i stor utstrekning overordentlig intenst foldet. De variasjoner vi iakttar blant dem skyldes dels forskjellig grad av tektonisering, dels variasjoner i den opprinnelige struktur.

En karakteristisk og forholdsvis massiv type er grønnstein med «epidotknøler», d.e. tettliggende ellipsoider eller linser, opptil over 2 dm store, som er forholdsvis lyse, massive og epidotrike i en noe mer skifrig og hullet grunnmasse. De opptrer særlig rikelig i den nordlige del av Varaldsøy, hvor de er noenlunde godt avgrenset og særskilt avmerket på kartet ved brune prikker. De finnes imidlertid også i strøkfortsettelsen av de avmerkede partier på Varaldsøy samt på fastlandet, særlig i dettes nordvestre område, men er her smalere og mindre markert avgrenset, så en utskillelse ved kartleggingen vilde kreve et uforholdsmessig arbeid. Typen er vanlig i Grong-distriktet, hvor den har atskillig utbredelse. Den har ikke noe å gjøre med de i Trøndelag vanlige putelavaer (variolitter), som ikke er påtruffet i vårt distrikt.

<sup>1</sup> Denne betegnelse anvendes her utelukkende for basiske lavaer og tuffer, metamorfosert i grønnsteinsfacies.

For øvrig varierer grønnsteinene mellom tykkbenkete, grovskifrige typer over tynnskifrige typer til klorittrike grønnskifere. Disse er ofte karakterisert ved mer eller mindre hullet forvitring som følge av utlutning av kalkspat. Videre finner vi undertiden innleiret smale lag av mer fyllittisk karakter, med lysere, glinsende lagflater og rikere på muskovitt og kvarts, men vekslende med typiske grønnskifere. De må antas å representere et sedimentært innslag likesom de mektigere belter av denne type som er beskrevet på s. 37, og likesom de temmelig hyppige lag og linser av blåkvarts, som er sikre sedimentær. Under disse omstendigheter kreves det undertiden stor påpasselighet for å fastsette den riktige grense mellom nevnte ledd av grønnsteinsformasjonen og de omgivende mektige muskovitt-kloritt-fyllitter hvor disse er frie for bitumen, som f.eks. på SO-siden av Austerfjord.

På den annen side er det som før nevnt alltid en skarp og utvilsom grense mellom grønnsteinene og de innleirete gabbroide intrusiver, skjønt de er kjemisk meget nærstående. Selv om gabbroene er litt yngre har de gjennomgått samme metamorfose og befinner seg nu i samme facies som grønnsteinene, men har bevart sin massive og kornige struktur.

Hvis grønnsteinene opprinnelig hadde bestått av massive, basaltiske lavabenker vilde det neppe foreligge tilstrekkelig grunn for en slik kontrast i metamorfe produkter. Det synes derfor mere sannsynlig at de vulkanske produkter opprinnelig har bestått av vekslende ledd av lavaer, tuffer og vulkansk aske, undertiden som nevnt ledsaget av noe sedimentært materiale. En slik serie vilde tektonisk være langt mer inkompetent og kjemisk mere reaktiv, men alle primære strukturer er nu i hovedsaken utvisket.

Studiet av ca. 30 tynnslip fra forskjellige deler av denne formasjon viser, at den normale mineralsammensetning er *albitt, epidot, kloritt*, alle rikelig, og med sparsomt eller helt uten *kvarts*. Bergarten befinner seg altså i *normal grønnsteinsfacies*.

I noen få tilfeller, som ved Kjerrevik på Varaldøy og SV for Fossåskar avtar epidotmengden for tilslutt å forsvinne helt. Da albitt fremdeles er rikelig og kvarts sparsomt representerer dette en lavere facies *kloritt-albitt-fels-facies*, som åpentbart bare har en lokal utbredelse i forbindelse med tektonisk forskifring.

På den annen side inntreer aktinolit i paragensen i atskillige tilfeller. Ofte opptrer denne bare som fine nåler i ganske underordnet mengde, men i enkelte tilfeller opptrer den rikelig. Vi er

kommet over i *aktinolitt-grønnsteins-facies*, men der er ikke mulig å avgrense bestemte områder, hvor denne er herskende.

Alminnelig grønn hornblende er ikke i noe tilfelle påvist i denne formasjon. Derimot får hornblenden ofte en blålig absorpsjonsfarge i  $\gamma$ -retningen, som viser innblanding av *glaukofanmolekyl*. I forskjellige prøver finner vi alle grader fra et såvidt synlig blålig skjær i lengderetningen av aktinolittnålene, til glaukofanlignende hornblender med ganske markert pleokroisme. Fargen har en betydelig større andel av blått enn den blåliggrønne pleokroisme hos vanlig hornblende. Denne hornblende ble nærmere optisk bestemt i en prøve fra Juvlandselvens munning, Varaldsoy, hvor den opptrer rikelig i parallellorienterte stengler med temmelig kraftig pleokroisme:

$\gamma$ blå (svakt grønnskjær)	$\beta$ gressgrønn	$\alpha$ svakt grønnliggul
	$\gamma$	1,688
	$\gamma:\alpha$	0,019
	$\gamma:010$	14°

Optisk negativ, lengderetning positiv.

Lysbrytning og utslukning er langt større enn hos normal glaukofan, og hører nærmest blant dem som betegnes «abnormale glaukofaner». Barth<sup>1</sup> omtaler en glaukofan med omtrent samme lysbrytning som denne og Angel<sup>2</sup>, som har beskrevet en lignende grønnsteinsformasjon som vår, opererer under navn av *barroisit* med hornblender som betraktes som mellomledd mellom aktinolitt og glaukofan.

Alt tyder på at aktinolitt og vår «glaukofan» er stabile i samme facies.

Til analyse ble valgt en forholdsvis lys type av grønnsteinen, innleiret som belte i kvartskeratofyren ved Flatafjells-gruben sør for Lygrefjord. Prøven ble tatt i den indre del av en 55 m lang stoll, og er derfor fullstendig frisk. I stoff er den lyst grønn, homogen og bare med svakt utviklet parallellstruktur.

Den antas å representere det relativt sureste ledd av grønnsteinslavaene, mens grønnstein fra Gravdal representerer det mest basiske ledd.

<sup>1</sup> Tom F. Barth: Structural and petrologic studies in Duchess County, N. Bull. Geol. Soc. of America, Vol. 47 p. 793 (1936)

<sup>2</sup> Franz Angel: Mineralfazien und Mineralzonen in den Ostalpen. Jahrb. der Univ. Graz, 1940, p. 256.



Bergartens hovedbestanddeler er *aktinolittisk hornblende*, *epidot*, *kloritt* og *albitt*. Den er helt omkrystallisert, uten rester av primære mineraler eller strukturer, og den er overordentlig finkornig.

Således har de isometriske epidotkorn en diameter av 0,01 mm opp til unntakelsesvis 0,08 mm. Hornblendestenglene er maksimalt 0,25 mm lange og 0,03 mm tykke, som regel langt mindre.

Den mikroskopiske undersøkelse viser:

#### Aktinolittisk hornblende.

Praktisk talt helt fargeløs.  $\gamma_{\text{Na}} = 1,653$ , opt.  $\div$ ,  $c:\gamma = 16^\circ$ . Dette viser med sikkerhet hornblendens aktinolittiske karakter, selv om den som beregningen viser, må holde noen få  $\frac{0}{100}$   $\text{Al}_2\text{O}_3$  og  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

#### Epidot.

Nesten fargeløs med svakt gullig skjær, sterk dobbeltbrytning, de større korn til dels sonarbygget. Derfor kan lysbrytningen ikke bestemmes nøyaktig, men tilnærmet er  $\beta = 1,745$ , svarende til vel 20 mol.  $\frac{0}{100}$  jernepidot.

#### Kloritt.

Fargen er lyst grønn med tydelig pleokroisme. Opt.  $+$  med ytterst svak dobbeltbrytning og anomale brunlige interferensfarger.  $\beta = 1,620$ . Det er en *ripidolitt*.

Albitt danner en grunnmasse av små korn uten tvillingstripping eller synlig spaltbarhet. Lysbrytning:  $\beta = 1,535$ , som gir sammensetningen  $\text{An}_{90}$ , altså en albitt.

Svovelkis synes å utgjøre det eneste opake mineral. Magnetitt og ilmenitt kan ikke sees, og et magnetisk uttrekk viser bare ytterst ubetydelige spor.

#### Titanitt.

Bergartens titaninnhold er nu utelukkende bundet i titanitt. Denne danner aggregater av ytterst små korn. Rutil kan ikke påvises i dem.

Kalkspat og kvarts finnes som små linser med litt grovere korn enn de andre mineraler. Karbonatet er etter lysbrytningen ren kalkspat.

*Frisk grønnstein.* Stoll i Flatafjells-gruben sør for Lygrefjord.  
sp.v. 2,940                      Anal.: M. Klöver.

		Mol. tall	Norm :		Niggli-verdier :
SiO <sub>2</sub>	49,88	831	Q 6,87	si	121,5
TiO <sub>2</sub>	1,28	16		qz	÷ 2,5
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,68	144	or 0,83		
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>1</sup>	5,37	33,5	ab 21,13	al	21
FeO <sub>2</sub> <sup>1</sup>	5,35	74,5	an 28,42	fm	45,5
MnO	0,17	2,5	Σ sal 57,25	c	27,5
MgO	6,69	166		alk	6
CaO	10,54	188,5	di 15,49		
BaO	null		hy 12,58	k	0,04
Na <sub>2</sub> O	2,49	40,3		mg	0,54
K <sub>2</sub> O	0,14	1,5	mt 7,77	c/fm	0,61(snitt IV)
CO <sub>2</sub>	0,55	12,5	ll 2,43		
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,15	1	ap 0,35		Normalgabbroid eller basaltisk
S	0,15	5	pr 0,28		
F	null		cc 1,25		
H <sub>2</sub> O +110°	2,38	132	Σ fem 40,15		<i>Virkelig mineral-</i>
H <sub>2</sub> O ÷ 110°	0,07		H <sub>2</sub> O 2,45		<i>sammensetning.</i>
	<u>99,89</u>		<u>99,85</u>		(Mode)
÷ O for S	0,07				
	<u>99,82</u>				
		Symbol: "III,(4)5,4,5.		Aktinolitt	35,0 ‰
		Auvergnose		Kloritt	10,0 ‰
				Epidot	24,8 ‰
		Normativ feltspat		Albitt, An <sub>0</sub>	21,4 ‰
V	vel 0,1 ‰	or 1,5 ab 43,5 an 55		Kvarts	3,2 ‰
Cu	0,01 ‰			Titanitt	3,2 ‰
Cr	0,0X ‰			Apatitt	0,35 ‰
Co	0,00X ‰			Kalkspat	1,25 ‰
Ni	0,00X ‰			Svovelkis	0,3 ‰
				<u>99,5 ‰</u>	

<sup>1</sup> Kontrollanalyse av jernoksydene ved Brynj. Bruun viste: Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 5,03%, FeO 5,08%. Den ble gjort på samme håndstykke, men ikke samme analysepulver.

Utmålingen av mineralene i tynnslip var lite tilfredsstillende på grunn av finkornigheten. Den ga sikre resultater bare for epidot og titanitt, mens aktinolit og kloritt er intimt sammenvokset og dessuten i stor utstrekning kamouflerer albitten, som blir sterkt undervurdert ved arealmålingen. Klorittmengden bestemmes sikrest etter bergartens vanninnhold. Vi får nedenstående beregnede sammensetning av de mørke mineraler i bra overensstemmelse med de optiske bestemmelser.

	Aktinolitisk hornblende	Kloritt	Epidot
	%	%	%
SiO <sub>2</sub>	55	27	38,7
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3	19	28,5
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4	5	10,7
FeO	8,6	20	
MnO	0,3		0,2
MgO	15	17,3	
CaO	11		20
Na <sub>2</sub> O	0,6		
K <sub>2</sub> O	0,4		
H <sub>2</sub> O	2,1	11,7	1,9
	<u>100,0</u>	<u>100,0</u>	<u>100,0</u>
mg	0,68	0,56	

Ved ovenstående mineralberegning er medgått 0,3% MgO og 0,35% CaO for meget, 0,5% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 0,35% FeO og 0,15% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> for lite i forhold til analysens gealter, og dette lar seg vanskelig tilpasse. For jernoksydenes vedkommende utlignes dette ved B. Bruns noe lavere analyseresultater.

#### *Klorittskifer og seisittfyllitt i grønnsteinen.*

Grønnsteinene varierer fra forholdsvis massive typer til utpregede grønnsteinsskifere, variasjoner som iallfall for en del kan tilskrives en forskjellig grad av tektonisering.

Videre finner vi også enkelte belter av tynnskifrige, glinsende fyllittiske skifere, først utpregede klorittskifere, videre også sterkt muskovitt(serisitt)-forende fyllitter. Denne overgang betinger en

vesentlig kjemisk variasjon, som gir seg uttrykk i en økning av muskovitten i forhold til kloritten, en økning av kvartsen i forhold til albitten, en forsvinnen av epidoten, og ofte tilkomst av litt turmalin.

Hvis også denne overgang skulle tilskrives tektoniske årsaker, ville det bl.a. forutsette en vesentlig kalitilførsel utenfra. Det er ingen grunn til å anta dette, bl.a. fordi det i distriktet ikke kan påvises noen rimelig kilde for en slik kalitilførsel. Selv om de primære strukturer nå er utvisket, er det langt mere nærliggende å anta opprinnelige tuffittiske lag, som kan være ledsaget av mer eller mindre sedimentært materiale. De skiller seg fra den for antatte fyllittformasjon også ved at de ikke er bituminøse.

Disse lag opptrer særlig på Varaldsoy, først og fremst som et vel 100 m mektig belte tvers over øya, fra Ingjeldsslottet til nord for Grånuten. Smalere innleiringer finnes såvel nord som sør for dette belte, som det fremgår av kartet.

I alle tilfeller er de nøye knyttet til grønnsteinsskiferne som innleiringer i disse, og som regel uten skarpe begrensninger. I stuff er det meget vanskelig å bedømme mengdeforholdet mellom kloritt og muskovitt og mellom albitt og kvarts. Dette kan bare gjøres ved den mikroskopiske undersøkelse, så det er ikke utelukket at smalere fyllittiske innleiringer kan finnes flere steder.

#### Klorittskifer.

Som type på denne har vi en prøve fra den utkilede ende av det bredeste belte, nær Ingjeldsslottet.

Den fører dominerende *kloritt*, kraftig grønn og nesten isotrop,  $\beta=1,630$ , *ripidolitt*, intimt sammenvokst med ganske sparsomt *muskovitt*. Lyse, ytterst finkornige mikroskopiske slirer fører overveiende albitt med en del kvarts og småskjullet kloritt. Vesentlig i de mørke slirer finnes atskillig epidot (meget stor, negativ aksevinkel) som grove korn og staver, videre temmelig rikelig magnetitt i relativt grove krystaller, samt en del fingrynet titanitt. Hornblende biotitt og turmalin mangler.

#### Serisittfyllitt.

Som type tar vi en prøve fra den annen ende av det samme belte, fra stien ovenfor Grotvik.

Her er muskovitt (noenlunde normal aksevinkel) helt dominerende, mens parallellsammenvokst kloritt som regel opptrer meget

sparsomt. Derimot finnes atskillig kloritt som grovere, kraftig grønne blader, i små utskilte kvartslinser, ofte sammen med magnetittkrystaller. Den er markert optisk +, med  $\beta = \text{ca. } 1,620$ . Biotitt finnes muligens som noen små diffuse rester. Kvarts er rikelig, albitt temmelig sparsom, små stengler av turmalin er ikke sjeldne, epidot er helt ubetydelig. Magnetitt opptrer som tallrike oktaedre, opp til 1 mm store, og danner små knuter på lagflatene. Påfallende er tallrike uhyre små korn av fargeløs, isotrop granat, kornstørrelse bare 20—50  $\mu$ , med tendens til krystallbegrensning, lysbrytning  $\gg 1,74$ . Den har ikke vært påvist i andre fyllitter her, og i denne parageneose er det sannsynlig, at den er manganrik.

En annen innleiring finner vi hvor grubeveien opp til Nygruben følger en trang dal under Sauafjell. Her står et 20—30 m bredt belte av glinsende fyllitter, innleiret i sikker grønnsteinsskifer og med gradvise overganger til denne, så man får det bestemte inntrykk at de hører nøye sammen. Ikke desto mindre viser den mest skifrige fyllitt seg å bestå av rikelig kvarts uten påviselig albitt, og videre bånd av intimt parallellsammenvokst muskovitt og kloritt, omtrent like meget av hver. Kloritten er optisk svakt + og fører tallrike mikrolittiske nåler av rutil. Enkelte av de nevnte bånd fører en del grove storkorn av epidot, mens kalkspat er jevnere fordelt som forholdsvis grove korn. Biotitt mangler.

En tilsvarende innleiring SV for Varden er helisittisk foldet fyllitt av lignende type, men kloritten opptrer sparsomt i forhold til muskovitt. Både epidot og kalkspat mangler, mens titanitt opptrer i opp til 0,3 mm store korn.

I begge de sistnevnte prøver har muskovitten (serisitten) meget små aksevinkler og nærmer seg sterkt l-aksighet.

Slike små aksevinkler hos serisitter henger som regel sammen med unormalt lavt kali-innhold og tilsvarende høyt vann-innhold. I ekstreme tilfeller får man den helt kalifrie leverrieritt, som oftest er nesten l-akset, men for øvrig ikke optisk kan skilles fra serisitt. Det er derfor mulig at den opptrer oftere i lavmetamorfe fyllitter, en man er oppmerksom på.<sup>1</sup>

Årsaken til den hyppige opptreden av små aksevinkler hos muskovitten i distriktet kunne fortjene en nærmere undersøkelse, bl.a. ved flere kalibestemmelser.

<sup>1</sup> C. S. Corbett: Leverrierite as a schist-forming mineral. An. J. Sci. 10 (1925) p. 247.

I den ovenfor omtalte fyllitt fra Limbunes, hvor aksevinkelen forøvrig ikke var fullt så liten, viste analysen et tilstrekkelig kaliuminnhold for normal muskovitt. I det hele synes de små aksevinkler å opptre der, hvor sammenvoksningen mellom muskovitt og kloritt er mest intim, og kan muligens bare skyldes overleiringen.

Beskow<sup>1</sup> har utført separate analyser av serisitt og kloritt fra lignende parageneser, om enn grovkornigere, og funnet serisittens sammensetning normal, om enn med en forskyvning så langt som mulig henimot klorittens.

#### *Grønnsteinskonglomerat, grønnsteinsarkose og gråvakke.*

Disse detritusprodukter av grønnsteinsformasjonen har bare en begrenset utbredelse, nemlig langs dennes nordre grense mot fyllittene. De strekker seg fra Øyerhamn på Varaldsøy i nordøst til bunnen av Austerfjord i sørvest. Langs alle de øvrige grenser av grønnsteinsformasjonen er ikke observert noen tegn til dem.

Den regelmessigste lagfølge finner vi på strekningen fra Øyerhamnvatn over Flågedal og frem til den store spalte ved Yttrevåg på fastlandet. Her er iallfall strøket ensartet, men fallet varierer på grunn av aksefoldinger. I de høye brattskrenter mot Øynefjorden kan iakttas, at det i det store og hele er nær loddrett.

Nær vannskillet mellom Flågedal og Øyerhamn viser et profil sør—nord:

	Mektighet ca. m
Normal grønnstein.	
Grovt grønnsteinskonglomerat, gradvis overgang til	15
Gråvakke	10
Albittkvartsitt	40
Kalkstein	15
Gråvakke	Varierende
Vanlig bituminøs fyllitt.	

Videre øst for Øyerhamnvatn, i Storhaugen med omgivelser, er lagfølgen ikke mer så regelmessig og detritusproduktene har meget større bredde, dels som følge av flatere fall, men særlig på

<sup>1</sup> Gunnar Beskow: Södra Storfället. S.G.U. nr. 350 (1927), p. 134—35.

grunn av sterk folding. I de to store ombøyninger på denne strekning synes grønnsteinen å ligge distinkt under detritusproduktene. Hele denne lagserie forsvinner under sterk folding, og hvor lagene går ut i fjorden i nord grenser derfor grønnsteinen direkte mot de bituminøse fyllitter.

Her i Storhaugen viser dessuten detritusproduktene mere gradvise overganger fra *gråvakke* over en grovkornigere, urolig bergart, som jeg har kalt *grønnsteinsarkose* og som i felt undertiden er vanskelig å skille fra vanlig grønnstein, men som i mikroskopet viser tydelig bruddstykkekarakterstruktur. I denne innfinnes så lag med småkornig konglomeratkarakter og endelig de før-omtalte grove *konglomerater*, som her opptrer sparsommere.

Følger vi den samme lagserie på fastlandet vest for Øynejfjorden er den også som det fremgår av kartbilledet høyst uregelmessig. Langs stien opp til Svevatn står en lang rygg av typisk grovt grønnsteinskonglomerat med 10—15 m mektighet. Et profil nordover viser 3 slike parallelle konglomeratrygger med innbyrdes avstand ca. 100 m. Detaljkartleggingen viser imidlertid entydig, at det er samme konglomeratlag som kommer igjen og som her danner en stor fold. Denne samme fold er sikkert også ansvarlig for den store bredde og den uregelmessige form, som albittkvartsitten østenfor har fått.

Vestover forsvinner etterhånden det grove grønnsteinskonglomerat og detritusbergartene utgjøres i hovedsaken av grønnsteinsarkoser, i enkelte soner med hasselnøttstore rundete konglomeratboller.

#### Grønnsteinskonglomeratet.

Dette opptrer oftest nærmest grønnsteinen, gjerne som oppstikkende rygger, og overalt i distriktet temmelig ensartet. Det er et vakkert konglomerat med rikelig store boller opp til 20 cm størrelse og ofte forholdsvis massivt. Hvor forskifring og folding innfinnes seg rammer den særlig grunnmassen, som vesentlig består av grønnsteinsmateriale.

Bollematerialet er påfallende ensartet og består praktisk talt bare av to bolletyper, nemlig *epidotrik grønnstein* og *fiolettaktig kvartsitt*. Førstnevnte svarer til det fasteste ledd i grønnsteinen, de såkalte epidotknøler, sistnevnte representerer et mellomstadium mellom jaspis og blåkvarts og korresponderer med jaspisen i til-

svarende konglomerater i Trøndelag, men aldri med dennes lysende røde farge. Denne kvartsitt opptrer som smale lag og linser mange steder i den tilgrensende grønnstein. De fører undertiden karakteristiske slirer av grovere jernglans, som også gjenfinnes i enkelte konglomeratboller.

Det kan ikke etter dette betviles at konglomeratet representerer detritusmateriale fra en underliggende grønnstein, og fargen skiller seg heller ikke meget fra dennes. Videre må det representere korttransportert materiale, idet bollene ikke er særlig godt rundede. Det skiller seg fra det polygene Mobergkonglomerat i Bergensfeltet først og fremst ved sin mangel på trondhjemitboller, en omstendighet som imidlertid lett forklares ved at trondhjemit helt mangler i det her omhandlede distrikt. Mer påfallende er at boller av kvartskeratofyr heller ikke med sikkerhet er påvist.

#### Grønnsteinsarkose.

Denne har gjennomgående en grønnsteinslignende farge, forholdsvis ensartet. Imidlertid finner vi undertiden innleirede og uskarpt begrensede soner med en lysere, ruglet overflate, som kan ligne det tidligere omtalte derivater av kvartskeratofyr eller albittkvartsitt.

En rekke prøver fra forskjellige deler av grønnsteinsarkosen viser i det store og hele samme mikroskopiske bilde, karakterisert ved en meget urolig struktur som viser sterkt varierende kornstørrelse. Kvartskornene er alltid sterkt undulerende, feltspaten sterkt oppsprukket og ofte kantet, så den får en viss breksjekarakter.

Albitt er overalt rikelig tilstede, både blant de små og de store korn, undertiden sjakkbrettalbit, mens kalifeltspat ikke har kunnet påvises. *Kvarts* synes å være rikeligst blant de store korn, men langt sparsommere enn feltspat. *Epidot* opptrer rikelig, en stor del som grove korn med forholdsvis sterk dobbeltbrytning, av samme type som vi kjenner den fra grønnsteinen. Det samme er tilfellet med *titanitt*. *Jernertskornene* viser en langt bedre utviklet *leukoxenwand* enn i grønnsteinen. Muskovitt mangler når vi ser bort fra de fine *serisittskjell*, som grumser feltspaten. En grønn, opt. svakt positiv *kloritt* og en grønlig-brun *biotitt* opptrer i nær tilknytning til hverandre, men i varierende innbyrdes forhold. Undertiden forsvinner kloritten helt til fordel for biotitt, som kan danne opp til 0.8 mm lange blader, men oftest er uregelmessig begrenset og uorientert.



I det hele er biotitt meget karakteristisk for disse detritusbergarter, og opptrer betydelig rikligere her enn i noen annen bergart i distriktet. Hornblende mangler.

*Grønnsteinsarkose.* Vestenden av Storhaugen, Øyerhamn.

Anal.: M. Klüver.

Beregnet mineralsammensetning:					
SiO <sub>2</sub>	62,8	0/0	Albitt, An <sub>5</sub>	42	0/0
Na <sub>2</sub> O	4,70	»	Biotitt	15	»
K <sub>2</sub> O	1,53	»	Serisitt	3	»
			Kvarts, anslått	20	0/0
Resten er epidot, titanitt og ubetydelig kloritt.					

Undertiden opptrer også mer rundede korn opp til ertestørrelse, som består dels av kvartsitt, dels av en grovkornig dypbergart av trondhjemitisk sammensetning.

Som vi har sett består også disse bergarter for en vesentlig del av detritusprodukter fra grønnsteinen, men fører også noe fremmed materiale. I motsetning til det grove konglomerat fører de nemlig som stor sjeldenhet noen nevestore boller av trondhjemit, påvist i Storhaugen og i trakten øst for Austefjord. De må være langveis transportert og i overensstemmelse hermed er disse boller vakkert rundede.

Bergarten i disse boller er massiv og grovkornig, men ofte gjennomsatt av stikk, fylt med epidot eller biotitt.

Den rikelige plagioklas viser i  $\alpha$ -snitt  $\beta:010 = +14^\circ$ , d.e. An<sup>7</sup>, altså albitt. Imidlertid er den grumset av serisitt og endel klinozoisitt, så opprinnelig har den ikke vært fullt så natronrik. Kalifeltspat kan ikke påvises, hverken i tynnslip eller i pulverpreparat, men da der opptrer endel både av sjakkbrettalbitt og av myrmekittlignende symplektittisk sammenvoksning av albitt + kvarts, er det sannsynlig at den opprinnelig har ført endel kalifeltspat. Mørke mineraler er sparsomme og består vesentlig av epidot, titanitt, biotitt og kloritt, foruten noe kalkspat.

Gråvakke.

Denne viser ofte overganger fra grønnsteinsarkosen og strukturel analogi med denne, men skiller seg ved mindre kornstørrelse

og ved tilkomsten av atskillig muskovitt, som synes å representere en andel av normalt sedimentmateriale. Spor av turmalin er også påvist.

Også den viser tilknytning til grunnsteinen som sedimentgiver, karakterisert ved rikelig opptreden av en blekt grønn kloritt (opt. +), albitt, epidot og titanitt, samt endel apatitt. Den fører aldri bitumen.

Den s. 13 nevnte gråvakke på vannskillet vest for Øyerhamnsvatn, mellom konglomeratet og albittkvartsitten, har en ruglet og småhullet forvittringsflate, som viser seg å skyldes et ujevnt fordelt kalkspatinnhold. Den fører rikelig kloritt, men ingen biotitt.

Gråvakken nord for vestenden av Øyerhamnsvatn, som overraskende nok opptrer på fyllittsiden av kalkhorisonten, er meget finkornig med glatt brudd og et nesten grunnsteinsaktig utseende. Ikke desto mindre viser struktur og mineralsammensetning en typisk gråvakke. Kornstørrelsen veksler oftest mellom 20 og 100  $\mu$ , tildels lagvis varierende. Foruten de ovenfor nevnte mineraler, bl.a. rikelig kloritt, fører den atskillig biotitt, som for en stor del opptrer som tverrstilte porfyroblaster av 0,2—0,3 mm størrelse. Ubetydelig hornblende.

*Gråvakke*. N. for vestre del av Øyerhamnsvatn. Anal.: Brynj. Bruun.

SiO <sub>2</sub>	58,09 %	Mineralsammensetning:	
Na <sub>2</sub> O	2,99 »	Albitt, An <sub>3</sub>	27 %
K <sub>2</sub> O	1,71 »	Biotitt + muskovitt	18 »
		Kvarts, anslagsvis	21 »
		Resten kloritt og epidot.	

Den skiller seg altså fra grunnsteinsarkosen ved mindre albitt, men betydelig mere kloritt og muskovitt.

#### *Epi-gabbro*.<sup>1</sup>

Til analyse ble valgt en prøve fra det største felt av gabbroide dypbergarter innen vårt område, nemlig nord for Demmevann på Varaldsoy.

Bergarten er helt massiv, forholdsvis lys, flekket. Allerede i stoff sees, at den er totalt omvandlet, først til en grønn hornblende

<sup>1</sup> Prefikset «epi» anvender jeg her for eruptivbergarter, som er helt omkrystallisert i epi-sonens facies, men med så meget av strukturen bevart at deres opprinnelige karakter kan fastsettes.

og en nesten helt avkalket plagioklas, begge med kornstørrelse et par mm.

*Grønn hornblende.* Dette er det eldste tilstedeværende femiske mineral, idet der ikke finnes rester av gjenværende pyroksen. Under mikroskopet er den blekt grønn med tydelig, men svak pleokroisme uten variasjoner i fargetonen. Den har opptrådt i store individer, som imidlertid for en stor del er omvandlet til:

*Fargeløs hornblende.* Forandringen har for det meste foregått in situ, idet de store individer fører gjenværende felter og flekker av den grønne hornblende. Disse flekker er ofte mer eller mindre diffuse, men undertiden kan den fargeløse opptre som skarpt begrensede årer, som kan krysse spaltbarheten. De har begge ensartet optisk orientering og praktisk talt samme utslukning, men forskjellen markeres foruten av fargen også av en distinkt forskjell i lysbrytning og dobbeltbrytning. Yttergrensene av de større hornblendeindivider er ofte frynset av små prismer av den fargeløse, som vokser inn gjennom omgivelsene.

Den optiske karakteristikk er:

Grønn hornblende		Fargeløs hornblende
$\gamma$ Na	1,659	1,646
$\beta$ Na		1,636
$\alpha$ Na	1,638	
$\gamma \div \alpha$	0,021	0,025
$c \div \gamma$	14°	ca. 15°
Opt.	÷	÷

Den fargeløse hornblende er en *aktinolitt*, mens den grønne må være en *uralittisk hornblende*. Den optiske forskjell mellom dem stemmer i det vesentlige med, at sistnevntes leirjordmolekyl er blitt ustabil og nu inngår i kloritt og epidot, mens det ikke behøver å være noen vesentlig forskjell i jerninnholdet.

#### *Kloritt.*

Denne opptre mest i tilknytning til hornblendens, som bånd og felter med meget små tverrstilte individer og undertiden som blader langs hornblendens spaltbarhet. Disse sees da å være yngre enn de første aktinolittiske årer.

Kloritten er fargeløs eller med en ytterst svak grønnlig tone, er optisk + og har tyælig dobbeltbrytning.

$$\begin{aligned}\beta &= a \quad 1,603 \\ \gamma \div a &= 0,008\end{aligned}$$

Det er en *prokloritt*.

#### *Albitt.*

Som følge av den meget basiske normative plagioklas er feltspaten i den grad oppfylt av korn og staver av klinozoisitt, at vertsm mineralet nesten ikke er synlig. Imidlertid finnes der også felter med sparsomt klinozoisitt og gode tvillinglameller, så feltspaten kan bestemmes.  $\beta:010 = \div 12^\circ$ ,  $\beta_{Na} = 1,535$ . Det er en albitt,  $An_6$ .

#### *Klinozoisitt og epidot.*

*Klinozoisitt* opptrer utelukkende i feltspaten og viser de vanlige blålige interferensfarger og meget lav dobbeltbrytning. Undertiden klumper de små korn seg sammen til litt større korn og de får da en randzone med litt sterkere dobbeltbrytning, hva som viser at der har funnet en jerntilførsel sted. I pulverpreparatet ble lysbrytningen bestemt til  $\beta_{Na} = 1,729$ , svarende til 7 mol.-% Fe-epidot.

En *jernrik epidot* opptrer forholdsvis sparsomt i selvstendige, litt større korn, mest i nærheten av hornblendene. Den har sterk dobbeltbrytning,  $\gamma \div a = 0,042$ , svarende til 30 mol.-% Fe-epidot. Den kan ha en ganske liten kjerne med dobbeltbrytning helt opp til 0,053.

Av den kontinuerlige mineralserie klinozoisitt-epidot er altså her opprinnelig dannet de to ytterledd (selvfølgelig ikke i likevekt) som under metamorfosens gang viser en tendens mot utjevning.

*Titanitt.* Denne danner aggregater av små korn med litt rutil i de sentrale deler.

Det magnetiske uttrekk av bergarten er ytterst ubetydelig.

*Epi-gabbro*. Nord for Demmevann, Varaldsoy. F. Dons, anal

	Mol. tall <i>Norm</i> :				<i>Niggli-verdier</i> :	
SiO <sub>2</sub>	47,02	783	or	0,56	si	99
TiO <sub>2</sub>	0,39	5	ab	14,67	qz	÷ 15
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,35	160,5	an	36,56		
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,42	15	Σ sal	51,79	al	20,5
FeO	5,03	70			fm	49
MnO	0,31	4	di	17,66	c	27
MgO	11,44	284	hy	12,18	alk	3,5
CaO	11,93	213	ol	10,50		
Na <sub>2</sub> O	1,72	28			k	0,03
K <sub>2</sub> O	0,12	1	mt	3,48	mg	0,73
CO <sub>2</sub>	null		il	0,76	c/fm	0,55 (Snitt IV)
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,05		ap	0,12		
S	0,12	4	pr	0,23	Normalgabbroid.	
H <sub>2</sub> O +	2,70	150	Σ fem	44,93		
H <sub>2</sub> O ÷	0,06		H <sub>2</sub> O	2,76		
				<u>99,66</u>		
÷ O for S	0,05					
						<u>99,61</u>

Optisk spektrogram.

		<i>Virkelig</i>
V	0,1 ‰	Symbol: III,5,4'',5. <i>mineralsammensetning.</i>
Cr	0,1 ‰	Auvergnose. (Mode)
Ni	0,01 ‰	Normativ feltspat: Grønn hornblende 16,0 ‰
Co	0,01 ‰	or <sub>1</sub> ab <sub>29,5</sub> an <sub>69,5</sub> Aktinolit 33,3 ‰
		Kloritt 8,0 ‰
		Epidot 0,8 ‰
		Klinozoisitt 25,8 ‰
		Albitt, An <sub>9</sub> 14,2 ‰
		Titanitt 0,8 ‰
		Rutil 0,07 ‰
		Apatitt 0,12 ‰
		Svovelkis 0,21 ‰
		Magnetitt 0,3 ‰
		<u>99,6 ‰</u>

Sammensetningen av de femiske mineraler blir:

<i>Hornblende, samlet.</i>	<i>Kloritt.</i>	<i>Klinozoisitt.</i>
SiO <sub>2</sub> 49,9 ‰	27,5 ‰	39,8 ‰
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 7,0 ‰	20,0 ‰	31,5 ‰
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 1,5 ‰	3,6 ‰	3,5 ‰
FeO 8,15 ‰	11,6 ‰	‰
MnO 0,4 ‰	‰	0,4 ‰
MgO 19,1 ‰	25,3 ‰	‰
CaO 11,0 ‰	‰	22,6 ‰
Na <sub>2</sub> O 0,4 ‰	‰	‰
K <sub>2</sub> O 0,25 ‰	‰	‰
H <sub>2</sub> O 2,3 ‰	12,0 ‰	2,2 ‰
100,0 ‰	100,0 ‰	100,0 ‰
mg 0,78	0,75	

Sammensetningen av hver enkelt hornblende kan bare anslåes, men det sees at aktinolitten vanskelig kan holde mindre enn 3,5‰ Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. En rimelig fordeling blir:

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Aktinolitt	52,0 ‰	3,5 ‰
som gir for Grønn hornblende	45,6 ‰	14,2 ‰

*Sør for Vålavatn* i samme gabbrofelt mangler bergarten den flekkete tekstur, er småkornigere og påfallende lys. All grønn hornblende er forsvunnet og aktinolitten opptrer tilsvarende rikeligere, for en del i filtrerte aggregater. Feltspat er overhodet ikke mer synlig i de tette aggregater av klinozoisitt. Opprinnelig har den åpenbart vært sparsom og meget basisk. En betydelig del av klinozoisitten er omkrystallisert til større individer av en jernfattig epidot.

Bergarten består nå praktisk talt bare av *aktinolitt-* og *epidot-* mineraler, samt sparsomt av en fargelos, magnesiarik *kloritt*.

*Gabbroen nord for Svevatn* (på fastlandet) har samme lyse farge, men er sterkt kataklastisk med rikelig sekundær *kalkspat*. Den fører særlig rikelig av en grov, mer eller mindre jenholdig *epidot* og meget *albitt* i et par mm store individer. Derimot opptrer hornblende forholdsvis sparsomt. Det er en *fargelos aktinolitt*, oftest i små stengler. *Kloritten* er meget svakt grønn, optisk positiv.

*Gabbroen ved Hatlesteinsvatn* er noe mørkere enn de foregående, idet både hornblende og kloritt har en kraftigere farge, mens fargeløs aktinolitisk hornblende fullstendig mangler. Plagioklasen er også her avkalket til *albitt*, som er noe klarere med større og mer spredte korn av en *jernholdig epidot*. I det hele er bergarten her noe jernrikere og ikke fullt så basisk. *Hornblenden* er gjennomgående fibrig og sender slanke stengler inn i den omgivende albitt. Pleokroismen viser i  $\gamma$ -retningen en så utpreget blålig farge, at den må holde atskillig *glaukofan*-molekyl.  $\gamma = 1,660$ ,  $c:\gamma = 17^\circ$ , opt.  $\div$ . *Kloritten* er kraftig grønn med markert positiv dobbeltbrytning. Der er atskillig *titanitt* og *apatitt*. Forholdsvis store *jernertskorn* er sterkt oppknust og viser utpreget *leukoxendannelse* både langs rand og gjennomsettende sprekker.

En liten *gabbrokuppe vest for Eikedalstjern*, SSV for foregående fører betydelig mere *albitt*,  $An_6$ , enn de foregående, bare svakt grumset. Den danner grove tavler i tilnærmet ofittisk struktur. *Hornblenden* er i sin helhet erstattet av en *kloritt* som ovenfor, samt grov *epidot*. *Jernerts* og *leukoxen* forholder seg som i forrige.

Ett trekk er karakteristisk for alle de større og mindre *gabbrofelter* i distriktet. Tross en dyptgående metamorfose med total forandring av det opprinnelige mineralselskap og praktisk talt total avkalkning av plagioklasen har de alle bevart sin massive og forholdsvis grovkornige struktur, som karakteriserer dem som *dypbergarter*. Det er derfor praktisk talt aldri noen vanskelighet ved å skille mellom de basiske *dypbergarter* og de omgivende basiske *dagbergarter* (*grønnsteiner*) og grensen mellom dem er som regel skarp, selv hvor det dreier seg om temmelig små kupper og bånd.

#### *Epi-labradorporfyr*.

Denne bergart opptrer særlig på *Varaldsøy*, som meget lange og relativt smale innleiringer direkte i *grønnsteinen*, parallellt med dennes tekstur uten påviselige *overskjæringer*.

Bergarten er lyst grønligrå med rikelig av hvite, porfyriske feltspatinnleiringer, fra et par mm til  $10 \times 5$  mm store. Disse kan variere fra nesten isometriske til sekundært noe uttrukket i lengderetningen, mens mellemmassens mineraler viser mer eller mindre parallelltekstur. *Uralittporfyrer* forekommer aldri.

Til analyse ble tatt en borkjerne fra borhull III på Svinland, Varaldsøy, i 20 m dyp og altså helt upåvirket av atmosfæreluften.

Ved makroskopisk utmåling på kjernestykkets overflate fantes innsprengningene å utgjøre ca. 34 vekt-%, mellommassen ca. 66%.

*Feltspatinsprengningene* viser seg ved mikroskopisk undersøkelse å være så oppfylt av fingrynet klinoisitt, at feltspaten mange steder overhodet ikke er synlig i parallelt lys. Under kryssete nicols skinner imidlertid tvillinglamellene tydelig i gjennom og viser, at feltspaten overalt er tilstede som store, ens utslukkende individer.

*Albitt.* Feltspatens lysbrytning ble bestemt til  $\beta=1,536$ , svarende til albitt,  $An_{10}$ .

*Klinoisitt.* De lavest lysbrytende korn viser  $\beta=1,720$  eller 3 mol.-% Fe-epidot.

Før øvrig fører innsprengningene ubetydelig av muskovittblader og kvartskorn og er undertiden gjennomsatt eller omgitt av årer med tverrstilte klorittblader og albitt.

*Mellommassen* består av fine, oftest parallellorienterte blader av kloritt og muskovitt samt nåler av aktinolit, alle oftest under 0,1 mm lange. Videre fører den rikelig av isometriske korn av klinoisitt epidot, samt sparsomme små korn av kvarts og albitt.

*Klinoisitt-epidot*-kornene har størrelse opp til 0,02 mm. De er grovere enn i de porfyriske feltspater og har iallfall delvis noe høyere lysbrytning, så de får karakteren av jernfattige epidoter.

*Kloritt.* Begge former synes å være optisk identiske, praktisk talt fargeløse,  $\beta=1,613$ , opt. +, dobbeltbrytningen svak, men tydelig, anomale brunlige interferensfarger.

*Muskovitt.* Lysbrytning  $\beta=1,585$ , opt. ÷, normal aksevinkel.

*Aktinolit.* Fargeløse stengler med lysbrytning  $\gamma=1,648$ .

*Kalkspat* opptrer som linser med meget grovere korn enn de mineraler, ofte stjertformet for enden av feltspatporfyrerne.



*Epi-labradorporfyr*. Borhull III, dyp 20,6 m, Svinland, Varaldsoy.  
F. Dons, anal.

	%	Mol. tall	Norm.		Niggli-verdier :
SiO <sub>2</sub>	44,95	749	or 5,56		si 107
TiO <sub>2</sub>	1,11	14	ab 19,39		qz ÷ 19
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	22,19	218	an 47,54		
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,11	13	Σ sal.	72,49	al 31,5
FeO	5,06	70			fm 33,5
MnO	0,23	3	hy 7,51		c 28,5
MgO	5,42	135	ol 8,67		alk 6,5
CaO	11,13	199			
Na <sub>2</sub> O	2,29	37	mt 3,02		k 0,21
K <sub>2</sub> O	0,92	10	il 2,13		mg 0,58
CO <sub>2</sub>	1,08	24,5	ap 0,24		c/fm 0,85 (Snitt V)
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,10	1	pr 0,08		
S	0,04	1	cc 2,45		Ossipitgabbroid.
H <sub>2</sub> O +	3,04	169	Σ fem.	24,10	
H <sub>2</sub> O ÷	0,04		H <sub>2</sub> O	3,08	
				<u>99,71</u>	
÷ O for S	0,02				
				<u>99,69</u>	

Optisk spektrogram. Symbol: II,5,4,4.

		Hessose.	<i>Virkelig mineralsammensetning.</i>
V	0,1		
Cr	0,1	Normativ feltspat:	(Mode.)
Cu	0,01	or <sub>7,5</sub> ab <sub>28</sub> an <sub>0,4,5</sub>	Klinozoisitt-epidot 38,1 %
Ni	0,01	Normativ	Kloritt 17,5 %
Co	0,01	plagioklas:	Aktinolitt 6,8 %
		ab <sub>30</sub> an <sub>70</sub>	Muskovitt 6,1 %
			Albitt: or <sub>6</sub> ab <sub>8,4</sub> an <sub>10</sub> 22,9 %
			Kvarts 3,0 %
			Titanitt 1,5 %
			Ilmenitt 0,95 %
			Apatitt 0,25 %
			Svovelkis 0,1 %
			Kalkspat 2,5 %
			<u>99,7 %</u>

Den sammensetning av hovedmineralene, som ovenstående beregning fører til, i overensstemmelse med de optiske bestemmelser, blir omtrent følgende:

Klinozoisitt-epidot	Kloritt	Aktinolit
SiO <sub>2</sub> 39,7 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>	28,0 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>	53,7 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 30,1 »	19,0 »	2,5 »
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 4,0 »	2,0 »	2,0 »
FeO 2,3 »	18,0 »	8,5 »
MnO 0,5 »		0,4 »
MgO 0,7 »	22,0 »	19,0 »
CaO 20,8 »		11,9 »
H <sub>2</sub> O 1,9 »	11,0	2,0 »
<u>100,0<sup>o</sup>/<sub>o</sub></u>	<u>100,0<sup>o</sup>/<sub>o</sub></u>	<u>100,0<sup>o</sup>/<sub>o</sub></u>

Som det sees må epidoten ha opptatt en mindre mengde FeO og MgO, idet det disponible H<sub>2</sub>O ikke strekker til for en økning av klorittmengden, hva heller ikke den mikroskopiske arealutmåling tyder på.

Porfyritten skiller seg kjemisk fra gabbro og grønnstein bl.a. ved ett visst innhold av K<sub>2</sub>O, som de andre praktisk talt mangler. Den er derfor den eneste av dem hvor det opptrer muskovitt, og (påfallende nok) i paragenese med aktinolit.<sup>1</sup> Bergarten tilhører Th. Vogts aktinolit-grønnsteinsfacies og den har leirjords-likevekt, idet normen hverken viser korund eller diposid.

Den store mengde klinozoisitt i feltspaten henger sammen med dennes opprinnelig meget basiske karakter. Den normative plagioklas, An<sub>70</sub>, er på grensen mellom labradoritt og bytownitt.

#### *Tremolit-klorittskifer. (Paleopikritt.)*

##### «Klebersteinsbruddet» ved Gravdal.

Bergarten er lyst grønnliggrå, silkeglinsende, skifrig, men sterkt småfoldet, til dels med utpregede foldingsakser, så den kan bryte i stenglige stykker. Den er ikke så bløt som vanlig kleberstein.

Mineralsammensetningen sees i mikroskopet å være ytterst enkel, nemlig *kloritt*, *tremolit* og ubetydelig *titanitt*, men intet spor av talk og serpentin og heller ingen ertsmineraler. I en grunnmasse

<sup>1</sup> C. W. Carstees: Petr. Stud. im Trondhjemgebiet. Kgl. Vid. sk. selsk. skr. Nr. 1. 1928, p. 79: labrador-porfyritt, Høidal—Meldalen.

av kloritt er tremolitten innleiret som en vrimmel av uhyre fine nåler, som bare unntakelsesvis når en lengde av 0,5 mm og en tykkelse av 0,05 mm. De er ikke parallelle, men viser en fjærformig anordning, symmetrisk i forhold til en mikro-shearing i bergarten, og åpenbart nykrystallisert under bevegelsen. Titanitten danner et fint støv av isometriske korn, som sjelden er større enn 0,05 mm. De opptrer oftest gruppevis, som glisne slirer eller klumper, åpenbart fremkommet under shearingen ved oppbrytning og spredning av større korn.

*Tremolitten* er i tynnslip så godt som fargeløs.  $\gamma_{\text{Na}}=1,639$ ,  $c:\gamma$  15°.

*Kloritten* er meget svakt grønn med svak pleokroisme.  $\beta_{\text{Na}}=1,605$ , opt. +, med meget svak, men tydelig dobbeltbrytning. Etter Winchells diagram (1936) er den nær grensen mellom prokloritt og rumpfitt.

Ved imotekommenhet fra cand. real. Odd Mortensen har jeg fått overlatt en analyse av bergarten fra dette brudd, utført av ingeniør F. Kvinge. Den gjengis nedenfor med mine beregninger:

<i>Analyse :</i>	<i>Mol.tall</i>	<i>Norm :</i>	<i>Niggli-verdier :</i>
SiO <sub>2</sub> 42,72%	712	ab 0,26	si 76
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 10,44 »	102	an 27,52	qz ÷ 24
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 2,42 »	015	C 0,31	
FeO 7,56 »	105	Σ sal 28,09	al 11
MgO 24,06 »	598		fm 78,5
CaO 5,56 »	099	hy 34,89	c 10,5
Na <sub>2</sub> O 0,03 »	0005	ol 26,25	alk 0
H <sub>2</sub> O +100° 7,36 »	409	mt 3,48	
H <sub>2</sub> O ÷ 100° 0,08 »		Σ fem 64,62	mg 0,82
<u>100,23%</u>		H <sub>2</sub> O 7,44	c/fm 0,13 (Snitt II)
		<u>100,15</u>	

Optisk spektrogram: Symbol IV,1,"3,1,(1)2 Hornblenditt-

Ti	1 %	Wehrlose.	peridotittisk
Cr	vel 1 »		
Mn	knapp 1 »		
V	0,1 »		
Ni	0,1 »		
Co	0,01 »		
Cu	0,01 »		

Desverre er det ikke gjort noen særskilt titanbestemmelse. Mengden av titanitt ble derfor bestemt ved utmåling av et tynnslip. Den utgjør 2,7 vekts-%, således at 1,16 %  $\text{TiO}_2$  i virkeligheten inngår i analysens leirjord, hva som også stemmer med spektrogrammet.

Krom-gehalten er bemerkelsesverdig høy, og må antas i det vesentlige å inngå i kloritten. Den kommer også til fradrag i analysens leirjord.

Den virkelige mineralsammensetning (mode) beregnes til:

<i>Kloritt</i>	52,5 vekts-%
<i>Tremolitt</i>	44,8 »
<i>Titanitt</i>	2,7 »
	<hr/>
	100,0 vekts-%

Sammensetningen av de rene mineraler blir:

	<i>Kloritt</i>	<i>Tremolitt</i>
$\text{SiO}_2$	29,8%	58,2%
$\text{Al}_2\text{O}_3(+\text{Cr}_2\text{O}_3)$	17,6 »	
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	3,6 »	1,2 »
FeO	11,6 »	3,4 »
MgO	25,3 »	23,8 »
CaO		11,2 »
$\text{H}_2\text{O} +$	12,1 »	2,2 »
	<hr/>	<hr/>
	100,0%	100,0%
mg	0,75	0,90

Dette stemmer bra med de optiske bestemmelser. Bergartens midlere mg var som vi så 0,82. I paragenesen er altså kloritten betydelig rikere på jern i forhold til magnesia enn hornblenden.

Bergarten brytes for tiden (1949) av Jacob Kjode, Bergen. Etter mikronisering anvendes den bl.a. i masse for fremstilling av grammofonplater, hva den skal egne seg utmerket til.

«Klebersteinsskifer» ved Kvitebergsvannet.

Bergarten er her mer planskifrig, men for øvrig temmelig analog med foregående.

I en prøve fra Vasstøylsbu-hidderen er hovedbestandelene fremdeles kloritt og tremolitt, og begge disse mineraler har ganske den samme optiske karakteristikk og nøyaktig samme lysbrytning som

ved Gravdal. I forbindelse med parallellorienteringen- er de imidlertid intimere sammenvokset og mindre skarpt individualisert. En del av kloritten er utkrystallisert til mikroskopiske linser med tverrstilte blader og sterkere pleokroisme. Videre mangler titanitt, men istedet opptrer endel titanomagnetitt.

Den overliggende bergart danner en steil skrent med lys forvittringshud, som sees på lang vei. Den fører foruten ovennevnte bestanddeler også rikelig albitt og en del epidot, og er derfor en vanlig grønnstein.

Det som kjemisk først og fremst faller i øynene er bergartens overordentlig lave innhold av alkalier. For å finne noe tilsvarende må man helt over til peridotittene, men disse har på den annen side et langt lavere innhold av Ti, Al og Ca.<sup>1</sup>

Kjemisk noenlunde analoge, bortsett fra et noe høyere alkalieinnhold, er Th. Vogts hornblendeperidotitt fra Honningsvåg<sup>2</sup> og Harkers Harisitt fra Skotland<sup>3</sup>, begge utpregede dypbergarter.

Feltgeologisk har vår bergart ingensomhelst likhet med de typiske kupper av olivin- og serpentinbergarter, som er så vanlige i vår fjellkjede. Den danner tvertimot kilometerlange innleiringer av få meters mektighet, parallelt innleiret direkte i grønnsteinen og begge forskifrete. Det er derfor nærliggende å anse dem for palæopikritter, så meget mer som i vårt distrikt de basiske dyp- og dagbergarter er meget lett å atskille strukturelt.

I moderne petrografi betviles, at ultrabasiske bergarter kan opptre som ordinære magmaer. Vi skal derfor undersøke, hva vi kan finne av resente og utvilsomme lavaer, som kjemisk kommer vår type nær. Det er bl.a. følgende lavaer:

- 1) Quensels pikritbasalt fra Juan Fernandez-øya utenfor Chile.<sup>4</sup>
- 2) Lacroix's feltspatpikritt fra Tahiti.)
- 3) Cross's olivinrike basalt fra Puna på Hawaii.<sup>5</sup>

Videre en rekke palæopikritter fra England og Tyskland. Foslie har ytterligere flg. litteraturhenvisninger til dette avsnitt <sup>6,7,8,9</sup>.

<sup>1</sup> Steinar Foslie: On antigorite-serpentine from Ofoten. Norsk Geol. Tidsskr. XII (1931), p. 221.

<sup>2</sup> Th. Vogt: Sulitelmafeltets geologi. N.G.U. nr. 121 (1927), p. 340.

<sup>3</sup> Harker: Mem.geol.Surv. Scotland. Explan. Sh. 60 (1908), p. 71.

<sup>4</sup> Quensel: Die Geologie der Juan Fernandezinsel. Bull.geol.Inst. Upsala XI (1912), p. 287.

<sup>5</sup> W. Cross: U.S.G.S. Prof.Pap. 88 (1915), p. 44.

Videre flg. litteraturhenvisninger etter antydninger av Foslie:

Disse kommer alle kjemisk meget nær vår analyse, inklusive det relativt høye titan- og krom-innhold, men bortsett fra alkaliene, som ikke går under en samlet mengde av 1.5%.

Er vår bergart en palæopikritt må vi derfor gå ut fra, at dens alkalier er sekundært utlutet, hva som i og for seg ikke skulle være usannsynlig i disse relativt skifrige soner. Vanskeligheten ved denne tydning er, at så vidt meget kalk er i behold, mens erfaringen viser at denne pleier å utlutes først. Videre er leirjordoverskuddet meget ubetydelig, og vil forsvinne helt når titanet fratrekkes.

### Christiansgaves (Lilledales) kobberverks historie.

Angående dette verks eldre historie foreligger følgende literatur:

1. *H. F. Blichfeld*: Plan til et participantskabs opretning udi (etc.) bergverket i Sundhordlehn. Bergen 1759.
2. — Kort efterretning om bergverket i Sundhordlehn. 109 s. København 1771.
3. — Første tillæg (til foregående) av 7/4 1772. Kbh. 1772.
4. — Indbydelse til lysthavendes underskrift om at antage parter udi bergverket i Sundhordlehn, hvilket verk herefter fører navn av Christiansgaves bergverk. Københavns vid.sk. selsk. skrifter XII, s. 201. Kbh. 1772.
5. — Beskrivelse og vurderingsforretning over Christiansgaves berg- verk. Bergen 1773.
6. — Andet tillæg (til kort efterretning etc.). Håndskrevet med 2 karter. (Brünnichs samling Riksarkivet) Dec. 1774. (Kartene gjengis her som fig. 2 og fig. 3).
7. *Johan Friederic Voss*: Forsøg til en Norsk Bergverkshistorie, s. 106—88. Efter manuskript i Kongsberg sølvverks arkiv, forfattet 1780. Trykt i Bergverksnyts forlag. Kr.a 1911.
8. *H. P. Herzberg*: Efterretninger om Qvindherreds pgd. Budstikken II, 1820.
9. *H. C. Strom*: Om Christiansgaves eller Lilledals kobberverk i Sundhordlehn. Budstikken III, s. 788—96. 1822.

<sup>6</sup> Troger, W. E.: Spezielle Petrographie der Eruptivgesteine. Nr. 401, nr. 409, nr. 410, nr. 743. Berlin 1935.

<sup>7</sup> Washington, H. S.: Chemical analyses of igneous rocks. U.S. Geol. Survey No. 99, 1917. («Gabbro-picrit» p. 711).

<sup>8</sup> Shand, S. James: «Eruptive Rocks» London 1949, P. 300 f.l.

<sup>9</sup> Marmo, Vladi: Ein vulkanischer Komplex der frü-jotrischen Zeit bei Susju in Ost-Karelien. An. Ac. Scient. Fennica nr. 19, 1949.

10. Myntmester *C. H. Langbergs*<sup>1</sup> manuskript til den norske bergverksdrifts historie. N.G.U. arkiv.
11. —. *M. T. Brünnich's* samling, vesentlig foliantene nr. 11 og 17. Riksarkivet<sup>2</sup>.

Bergverket omtales også på mange steder i annen litteratur, men er der vesentlig bare utdrag av ovennevnte originaler.

Driften av dette bergverk faller i følgende perioder:

1642—73. Lilledales verk.

1759—85. Bergverket i Sundhordlehn, siden 1772 kalt Christiansgaves verk.

Siden 1856 drift av enkelte gruber, men ikke lenger som et samlet verk.

Om første driftsperiode foreligger bare sparsomme opplysninger. Den mosaikk av spredte opplysninger jeg har kunnet finne er nedenfor sammenstilt såvidt mulig kronologisk.

Om annen driftsperiode, som sto under ledelse av bergråd H. F. Blichfeld foreligger en betydelig trykt- og håndskreven litteratur, takket være bergrådets stadige konflikter med sitt partisipantskap.

Om den senere drift foreligger de vanlige statistiske opplysninger.

I sin bok av 1771 anfører Blichfeld at her i fordums tider skal ha vært et meget stort kobberverk, muligens nedlagt på grunn av svartedauen (ca. 1350). Det skal ha hatt navnet *Smaae- og Harlin-lands* kobberverk, et navn som ennå ble benyttet i hans mutingsbrev av 1759. Som grunnlag for nevnte formodning anføres, foruten gamle sagn i distriktet også påvisningen av to smeltehytteplasser med store slagghauger ut i sjøen, nemlig i Klov og ved gården Søndfjord, på sistnevnte sted også med spor etter et hammerverk for kobberplater.<sup>3</sup> Videre fantes særlig i «Atramentsdalen» gamle berghalder «så store som ved de største gruber paa Kongsberg» på den tid.

Blichfelds antagelser om et slikt eldgammelt verk er høyst usansynlige. For det første er tegn til så gamle kobberverk helt ukjent ellers i Norge, for det annet ligger det nær å henføre de nevnte spor

<sup>1</sup> C. H. Langberg, f. 1811, cand. min. 1835, myntmester 1839, død 1888.

<sup>2</sup> Denne viktige samling til norsk bergverksdrifts historie omfatter bl. a. 130 folianter (mest håndskrevet) foruten en mengde annet materiale. Den kom hjem fra Kjøbenhavn i 1937 og oppbevares nå i Riksarkivet i Oslo.

<sup>3</sup> Om smeltehytten ved Søndfjord vites ikke når den var i drift eller hvilken malm som er smeltet. Den benyttedes iallfall ikke i 1700-årene, men muligens ved første drift for Atramadals gruber ble opptatt.

til driften i midten av 1600-årene, som faller sammen med den første opptakelse av en rekke kobberverk omkring i landet. Allerede Brünnich<sup>1</sup> tar derfor bestemt avstand fra en slik tanke. H. C. Strom (9) skriver etter sitt besøk ved gruben i 1821, «at man ved en av de eldste grubers lensning, da verket siste gang ble optaget, endnu fandt stigene i gruben temmelig ubeskadigede». Han benekter også at der finnes noensomhelst tradisjon i bygden om et gammelt verk.

#### *Driftsperioden 1642—73.*

Det er på det rene at den første grubedrift ble startet på jernmalmen i *Jernsmauet* på gården Lilledales grunn. Malmen ble skipet over Huuse (ved Hyttevågen) «til jernverkene øster på Norge». Få år etter ble gitt privilegium på et kobberverk på Lilledales grunn. De årstall som av Blichfeld (2) anføres for disse to verk er henholdsvis 1636 og 1643. Det fremgår ikke hvor han har disse tall fra, og de kan neppe være riktige. Langberg (10), som åpenbart har hatt adgang til originaldokumentene, angir i sitt manuskript tidspunktene for disse to privilegier til *21. mai 1642* for jernverket og *30. januar 1647* for kobberverket, og for disse tidspunkter kan der neppe ha vært annet enn en kortere prøvedrift.

I privilegiene til kobberverket, som er trykt i P. A. Munch: Samlinger til det Norske Folks Sprog og Historie, bd. 3, 1835, heter det (etter Langberg):

«At eftersom elskelige vor Mand og Tjener *Henrik Thott* til Bottinggaard, Embedsmand paa vort Slot Bergenhus, nogle Aar forleden har erhværet naadigst Privilegium for sig og nogle sine Medparticipanter, Borgere i vor Kjøbstad Bergen, paa et Jernværk liggende ved Lilledal udi Sundhordlehn, hvilket han beretter senere meget med Skade at have drevet, fornemmeligen fordi Erzen var kobberriig, saa Aaren nu fast mere til Kobbererz end Jern skal inclinere, og som derfor fremdeles om nogle Aars Frihed paa foreskrevne forandrede Værk underdanigst anlanger, saa have Vi av Kongelig Gunst og Naade bemeldte *Henrik Thott* og hans Consorter, saa mange som med sig indtager, naadigst undt efterskrevne Privilegier» etc.

Verket ble tilstått 4 års tiendefrihet (denne sees senere å ha vært forlenget med nye 4 år, inntil 27. september 1655). Det hadde

<sup>1</sup> M. T. Brünnich: Historiske Efterretninger om Norges Biergverker, s. 5—6, Kbh. 1819.



16 parter, og participantene var laugmand, borgermester, rådmenn og kjøpmenn i Bergen. (Oppregnes ved navn). Til kobberskriver på kobberberget i Sundhordlehn antok hr. Thott i 1646 *Peder Hansen Smidth* fra Kiel (tidligere ved Eidsvolds jernverk), som forble kobberskriver i 2 år. Han døde som rådmann i Bergen 1678.

Av ovenstående fremgår at kobberverket ble anlagt på samme gang som jerngruben og direkte i dennes fortsettelse, altså i de nåværende Dyråsen gruber. Nå er det riktignok så at jernmalmen i Jernsmauget er sterkt kisblandet, til dels vekslende med rene svovelkisbånd, og denne andel synes å øke i strøkretningen mot NØ. Kobberinnholdet her er imidlertid så lavt, at man har vanskelig for å tenke seg, at her har kunnet utvinnes brukbar kobbermalm. Muligens har der vært en sekundær anrikning nær overflaten.

Nå må vi imidlertid være oppmerksom på, at nettopp denne tid var en sterk ekspansjonsperiode for kobbersmeltingen i Norge, mens jernutvinningen allerede var gammel. Således ble Roros kobberverk igangsatt 1644 og stimulerte i høy grad interessen for kobbersmelting.

Det ligger derfor nær å tro, at det nevnte forhold ved Jernsmauget grube delvis har vært et påskudd til å få overført privilegiene fra et jernverk til et kobberverk. Allerede få år etter finner vi nemlig at det nystartede kobberverk driver sin grubedrift på andre steder, for det meste i Atramadal, som etter vegen ligger 7 km borte. Om noen kobberdrift i selve Jernsmauget hører vi intet.

Om de første år av kobberverkets drift foreligger ingen sikre opplysninger. Langberg anfører at «verket var neppe meget fordelaktig og Forlagspengene betaltes ei ordentligt, hvorfor det ofte stod i lange Mellemrum ligesom også Vanskeligheder med Kull og Sætteved forvoldte hyppige Standsninger i Driften». Forlængelsen av tiendefriheten tyder heller ikke på noe godt resultat.

Videre foreligger ingen opplysninger før i 1653, da participantene i Bergen «ber deres Regiering dem at forstendige om deres privilegerede Bergverk som ligger 6½ mil sønden for Bergen, dets nuværende Beskaffenhed med Forraad av Kull, Kulleved, Røstevæd og Sætteved m.v.»

I brev datert Lilledals verk 18 Martj 1653 svarer bergskriver *Christen Bertelsen Hauw* :

«til tjenstv. Gjensvar, at verket har ligget stille siden 8 Dage for Juell (altså 1652) og vil beroe dermed indtil Sommeren, fordi Vin-

teren har været saa ubequem at hverken Vand eller andet kunde bekommes. Saa at her nu er kun 400 Tønder Erz, 50 Læst Kull, 20 Fv. Kullved og 100 Fv. Sætteved. Kan derfor ej begynde Arbeid i Hytten førend Forraad fremkommer. Gruben er nogenledes ved Magt saavidt det sees kan, og bliver forsynet med Bergfester og Piller hvor udkræves. Verkets Mangel består derudi at her ei i rette Tide bekommes for Penge saameget Veed som behøves, formedelst Skogenes Ringhed, ustadigt Vejrligt og Vejenes Besværlighed.» (Brünnich, Fol. 11, s. 50.)

Kort etter møter vi igjen et nytt navn ved verket, *Jacob Mathias Tax*.<sup>1</sup> Med ham synes det å være kommet mer orden i sakene, iallfall stammer det første skikkelige regnskap fra ham. Fra hans tid foregikk den hovedsakelige drift i Attramentsdalen (nå Atramadal<sup>2</sup>), og da dette navn første gang nevnes av ham, er det mulig at det er han som har begynt driften her. I henhold til Blichfeld (6) tvang ubillig behandling ham meget snart til å forlate verket. Straks etter ble han ansatt som bergmester ved det nyopprettede kgl. nordenfjeldske bergamt med sete i Trøndhjem, under hvilket Lilledals verk sorterte.

«Bergverket i Sundhordlehn blev derimod ved denne mands tab overladt til forstyrrelse av selvraadige og usamdrektige Participanter, uduelige og ukyndige Betienter».

Nedenfor gjengis en del illustrerende dokumenter fra denne tid. (Etter Brünnichs samling, Fol. 11, s. 51—52.)

*Jacob Mathias Tax*: Bericht om det Lillethalske Kobberverk til Oberbeghauptmand. Trondhjem 29. Decb. 1655.

1. *Den Attermarkthalske Grube* er belagt med 1 Stiger, 6 Hauer, 5 Knegte og 1 Jung og vundet saa meget Ertz, at Hytten forrige Aar aldrig stod stille, og dog var ved Aarets Slutning (d. 7. Jyly) over 1000 Td. Ertz i Forraad. Af Mangel paa Setteved kan Gruben ikke sterkere belægges. Bondernes Uvillie er dertil Aarsag.

<sup>1</sup> I henhold til cancelliraad *Deichmann* (Kgl. Vid.sk. selsk. Skrifter XI, s. 204, Kbh. 1777) var den senere oberberghauptmand Brostrup Gjedde (sønn av den berømte admiral Ove Gjedde) i året 1653 på studiereise til bergverkene i Sachsen og bragte herfra med seg hjem der velanbefalte bergmann J. M. Tax. Denne ble åpenbart straks innsatt som schichtmester ved Lilledales verk.

<sup>2</sup> Atramentum skal bety vitriol. Navnet kjennes først etter grubedriftens begynnelse. Se *Anund Helland*: Gaardsnavnet Atramentdalen. Mål og Minne, 1918, s. 123—25. Den eldste form, som benyttes av Tax, er *Attermarksthal*.

*Lillethals Grube* som er igjen gevældiget har leveret 200 Td. Ertz uden Fyrsætning, da det liggende har Steen som læt lader sig skramme af en Karl i een Maaned 2 Lachter lang,  $\frac{3}{4}$  Lr. høy, der- efter vindes Ertzen ved Efterskydning. Men da Ertzen er ikke over  $\frac{1}{4}$  Lr. mægtig og omsider jernschafftig og Gruben er temmelig vandsyg saa burde den saa sterkt belægges at Omkostning paa Stiger og Vandets Udholdelse kunde balanceres eller den kunde indstille til man saa hvorledes Ertzen i Attermarks Grube viser sig ved Afsynkning.

2. (Her handles om vedforsyningen, som åpenbart var et større problem enn malmforsyningen. En stor del av skogene i distriktet tilhørte guvernor Axel Moth (= Mouatt?) som ikke ville la sine 2 beste skoger Tveten og Netteland angripe. Derfor får man bare ved for drift av 1 smelteovn, mens man gjerne kunne benytte 2.)

3. En Capital paa 4000 Rd. at Erlægge i 4 Terminer at enhver kunde nyde sin Løn, begierer og anvist det som er givet Bønderne i Forskud.

4. Skyldige at erlægge Tienden siden 27. Sept., som bør skee.

5. Nye Gænge at finde og belægge, har vel været søgt, men er hidtil ubetydeligt.

Videre finnes et par brever fra Oberberghauptmannen til Landsherren i Bergen og til Axel Moth angående skog og vedspørsmålet, samt et meget interessant brev fra Oberberghauptmann, datert Røraas 29. Decb. 1655:

«Svar paa Berggesellernes Supplication som den Lillethalske Grube have opfundet. Da det er beviisligt at Suppl. ere de første Findere og derpaa har anvendt Bekostning saa vil han formode at Particip. sig godvillig resolvere at contentere Suppl. med 100 Rd. og Erstatning for anvendte Omkostninger, da det er en Biliighed, og vil have dem ombedt sig dertil godvilligen at lade finde, at vidtloftigere Klager derom udi Oberbergamtet ikke skal indkomme».

Her synes det å foreligge et positivt bevis for, at det ikke fantes eldre gruber på Lilledale fra før den her omtalte periode, og en lignende slutning synes også å kunne trekkes for Atramadals område av Tax's ovenfor siterte uttalelse om avsenkningen der.

Hos Langberg finnes også en del data fra denne periode:

«I Aaret 1655 optoges en Taxt til Underretning for Participanterne og taxeredes da samtlige Beholdninger av Ertz og Materialier til 2182 Rdlr. 1 Tonde Ertz ved Hytten beregnes der for 3 ort og fra Lilledals Gruber for 1 Rdlr.»

	Forsmeltet malm.	Producert Gahrkobberpr.	Skpd. 100 Td.	Utgift Rdlr.	Utgift pr. Skpd.	Utvunnet Cu av råmalm.
	Tdr.	Skpd.			Rdlr.	
8/7 1654-7/7 55	2121	124 ½	5,85	4799	38 ½	1,83 %
28/6 1656-27/12 56	1101	74	6,7	1251	31 ½	2,15 %
1657	2979	112	3,75	6382	57	1,2 %
	6201 Tdr.	310 ½)		12432		1,6 %
	= Ca. 3100 t.	= 49 t.				
27/9 1655-1/1 56		31 Skpd.				

Av Tax's regnskap for 1655 sees at malmen levertes på akkord 4½ mk pr. tønne av guulertsen og 3 mk. pr. tønne klarerts til tilslag, og da måtte arbeiderne selv holde seg setteved, kjøpe sitt jern og selv lønne smed og knekter.

Belegget inntil utgangen av 1657 var omtrent som ovenfor nevnt, men varierte noe, undertiden ned til 3—4 mann.

Han gjengir også 3 spredte regnskaper (fra arkivet på Kongsberg), det første avgitt av Tax, de to andre efter hans avreise av hytteskriver *Ebbe Pedersen* :

Produksjonen av skeidet malm («guul ertz og klarertz» tilsammen) var i året 1654/55 3128 Tdr., altså ved årets utgang ca. 1000 Tdr. i forråd, men omtrent det samme forråd fantes fremdeles ved utgangen av 1657. Malmens gehalt ble i den tid regnet i Skpd. garkobber pr. 100 Tdr. malm. Til sammenligning kan anføres at de egentlige kobbermalmer på Røros ga ca. 20 Skpd., Lillefjell i Meraker, som var vor rikeste svovelkismalm med henimot 6% Cu, ga 15 Skpd., Løkken verks eldste drift 7—8 Skpd. og selbo verks eldste drift, som gikk med tap, ca. 4 Skpd. Det fremgår derfor tydelig at det var på kobberholdig svovelkis at Lilledales verk ble drevet, også i den eldste tid.

Verdien av 1 Skpd. garkobber på den tid kan (etter Vogt: Kobberets historie) settes til ca. 65 Rdlr. Av de ovenfor anførte produksjonsutgifter fremgår, at verket ble drevet med god gevinst til utgangen av 1656, mens det i 1657 antakelig var underskudd, idet renter av anleggskapitalen ikke var medregnet i utgiftene, neppe heller verkets ledelse.

I siste rubrikk har jeg beregnet den av malmen utvunne kobber-%, under forutsetning av at 1 Td malm veiet ca. 5000 kg. I betraktning av den ytterst ufullkomne smeltning ved dette verk har malmens kjemiske kobberinnhold vært betydelig høyere, kanskje 50% mer.

De månedlige lønninger var på denne tid: Stiger 7, Hauer 6, Knekt 4 Rdlr.

Fra årene 1658—60 foreligger ingen opplysninger, og i oberbergamtets beretning til statholderen av 23/8 1660 (Brünnich, Fol. 17, s. 153—54) nevnes verket overhodet ikke. At det har vært nedlagt er imidlertid lite sannsynlig. For hele året 1661 oppgis produksjonen (efter Kraft) til 66 Skpd. og hos Langberg heter det:

«Uregelret Betaling og de hyppige Standsninger i Driften forarsagede mange Klager fra Arbeidernes Side, saaledes skriver Stigeren paa Lilledals Grube 1661 at han aldrig har vært saaledes plaget eller fixeret paa noget Bergværk siden han blev saa stor at han kunde tjene sit Brød, og beder derfor om Ansettelse et andet sted.

Hytteskriveren Ebbe Pedersen, der før havde vært ansatt ved Røraas og der afsads formedelst Uredelighed, men her synes at have opført sig upaaklageligt, skriver samme aar at nu ere alle Beholdninger ved Wærket forbrugte endskjønt der kun smeltedes med een Ovn, naar 2 Uger smelted saa fyres i 3, hvorover Herman Garman er reent afspænstig og isinde at indstille Wærket, hvilket var stor Synd, thi det er et Wærk, som nok uden Skade kan drives naarsomhelst Participanterne ville lade deres mange Forordninger være og lade de Personer raade, som nogenledes haver lært det at fortsætte.

Senere blev denne Mand Bestyrer af Werket, der holdtes i den samme svage Drift, men hvorlænge kan jeg ei afgjøre».

I brev til oberbergmester Barth fra Ebbe Pedersen, datert Lilledals verk 20. jan. 1662 meddeler han «at Participanterne i Verket have igjen anbetroet ham Verket».

Igjen går det en årrekke uten noen opplysning, men av tollregnskapene sees (etter Kraft) at i årene 1667—72 ble over Bergen utført noen små kvanta garkobber som bare kan skrive seg fra dette verk.

I oberbergamtets beretning til statholderen, signert H. J. Schørt 27. juni 1668 heter det:

«Det Lilledalske kobberverk i Bergenhus len har lenge ligget stille uden at man har søgt efter erts, vil og neppe komme opp igjen.»

Imidlertid ble det 24. juli 1668 gitt Kgl. confirmation på de tidligere privilegier med tiendefrihet for nye 5 år, og verket må i mellomtiden ha skiftet eier, for Langberg sier:

«I sine Bemærkninger til Aftrykket af dette Wærks Privilegier formoder Justitiarius C. Berg i Anledning at en Kongelig Confirmation paa samme Privilegier, der findes i Foglmans Reskriptsamling under

24. Juli 1668 at Wærket da har tilhørt Statholder *Ulrich Fredr. Gyldenløve*, der i saa Fald maa have kjøbt samme; thi nedlagt har det i Mellemtiden neppe været, idetmindste ei aldeles.

I en Instrux for *Petter Bier* (Bayer), dateret 11. Sept. 1671 siger Oberbergamtet: Da Hs. høigrevelige Naade Hr. Over-Statholder Gyldenløve gjerne vilde vide Tilstanden ved det Lilledalske Kobberværk, saa vil Petter Bier hurtigst muligt først begive sig til Bergen og anmelde sig for Laugmanden Hr. Jens Tolder og Præsident Herman Garman, der ifølge forudgangen Skrivelse ville forsyne ham med Reisepenge til Wærket, hvor han paa det flittigste skal undersøge, hvormange Gruber, der til dato bygges eller ligge ubebyggede, hvad Beskaffenhed og Dyb de have og hvorledes de hidindtil ere drevne etc., kort sagt om Alt, saa at det synes som om Gyldenløve vilde see sig for førend han kjøber.»

Verket ble helt innstilt i 1673, formodentlig ved utløpet av siste tiendefrihet.

Etter Blichfeld (2) har Gyldenløve i 1686 utstedt et skjote, hvorved han solgte sin andel i dette verk til Kommerce-direktør *Jørgen Thormøhlen* i Bergen for 1000 Rigsdaler Species. Denne erhvervet fornyede privilegier, dateret 27. april 1689 (trykt i Bothes samlinger) med 10 års toll- og tiendefrihet. Det er ikke helt klart om han overhodet har opptatt verket, iallfall har det bare vært en kortvarig undersøkelse. I Hans Rosenkreutz's relation (Budstikken nr. 65 og 72, 1823) som er fra 1699 opregnes også «Lilledals Værk, Thormøhlen tilhørende, indstillet.»

Fra Thormøhlens tid skriver seg en meget interessant fortegnelse over verkets gruber og skjerp (Brünnich, Fol. 11, s. 49), som gjengis nedenfor:

L. Medals Hytteverk. 1. July 1687.

*Christen Nielsen Brun* (?): Optegnelse paa Gruber og Skierper hvoraf Stuffle ere sendte til Oberberghauptmanden fra det Lilledalske Cu-verk.

Af de Gange paa Øen ved Ferskvandet de gamle eller *Ottermachedals Gruber* kaldet:

1. Guld Gruben. Gangen bestaar af 2de Drummer, den beste og mægtigste er den nederste  $1\frac{1}{2}$  Alen bred, den overste 1 al. bred. Gruben under vand er 8 lagter dyb.
2. Schulter Grube, 5 lr. dyb under vand. Ertzen bedre end i den første.
3. De store og dybe Gruber omtr. 45 lr. dyb, nu fulde av vand, have været de mægtigste af Ertz. Skal have 8 Querslage.

4. Myre Gruben er nu den bredeste med Ertz, 8—9 lr. dyb, men vandsyg.
5. Gamle Ottermarksdals Grube, er vel 300 lr. lang, men smal og højest 1 fod bred.
6. 7. 8. Oberconducteurs Scherf, ved fielene: Gamble Gruber og paa den gamle Gang, er smal.  
*Af Lilledals Gruber:*
9. Den gamle. Gruben falder næsten seiger, angives 35 lr. dyb, siges at være indstillet formedelst vand.
10. Norden for gamle Grube 10 lr. er aff Herr Conducteur scherfet. Gangen er 1 al. bred, antruffet ved et gl. Schacht, 15 al. dyb.
11. Sunden for den gl. Grube, paa same Gang 10 lr.
12. Jernschafstig Smelte . . . . (?) Samlet af Hr. Skioldal.
13. Høseviggen strax ved Søen, 4 mil fra Hytten. (Formodentlig Os).
14. Lunsteen el. Kalk Berg findes strax ved Hytten.

Hvis ovenstående dybdeangivelser hadde vært riktige (grubene var jo forlengst fulle av vann) og vi sammenholder dem med den forholdsvis moderate drift som vi har omtalt ovenfor, kan vi forstå Blichfelds antagelse om en enda eldre grubedrift. Senere resultater har imidlertid vist at dybdeoppgavene har vært overdrevne, iallfall for de dypestes vedkommende, hva som jo ofte blir tilfellet ved nedlagte gruber.

Sammenholder vi listen med Blichfelds karter fig. 2 og 3) over gruber og berghalder, som var gamle da han begynte, får vi et godt overblikk over tilstanden ved avslutningen av 1600-årenes drift. Overført til nåtidens navnebetegnelser<sup>21)</sup> hadde følgende gruber vært under belegg:

*Ved Lilledale:* Jernsmauget—Dyråsen med mellomliggende skjerp.

*Ved Atramadäl:* Hildrehuset. Guldgruben—Stolpegruben og et skjerp ved stranden i nordøst, samt skjerp 3 nær Atramadäl gård. Dalemyr grube (den dypeste) og flere mindre gruber etter strøket mot Smidjehidleren.

Foruten ovennevnte avtegner Blichfeld gruben på Femsteinvik som gammel på hans tid, men den finnes ikke noe steds omtalt.

<sup>21)</sup> Se kartskisse, fig. 4, s. 66. (Gjengis etter Foslie, N.G.U. nr. 127, p. 37.)

*Driftsperioden 1759—85.*

Bergråd *Henrich Frantzen Blichfeld*, senere også assessor ved bergamtet nordenfjelds, hadde i 17 år vært ansatt ved bergverkskontoret i rentekammeret i Kjøbenhavn og samlet der mange gamle opplysninger.

I 1755 fikk han tilbud fra konferensråd Heltzen om stilling som bergskriver ved Aardals verk, som da ble gjenopptatt. På oppturen foretok han først en befaringsreise av Lilledals verks gamle gruber, som hadde vakt hans interesse. Da Aardals verk et par år etter igjen ble nedlagt vendte han tilbake til Lilledal. Han sier (6):

«Alle de gamle Gruber sto fulde av Vand. Tvende større Gruber i Lilledales Udmark var foruden med Vand næsten helt opfyldt med Jord og Steen. I de tvende største Gruber i Atramentdal vilde Lufttræk mangle.»

At tomme de gamle Gruber ansaa han derfor alt for bekostelig. Begyndte derfor Opmaaling og undersøgelse i Distriktet for at begynde paa nye Steder og eventuelt lense de gamle Gruber nedenfra.»

Disse undersøkelser, som åpenbart også har omfattet skjerpingsarbeider, foregikk etter hans eget oppgivende i årene 1757—59. Den 6. mars 1759 erholdt han mutingsbrev og 31. Dec. 1759 utga han i trykken en plan<sup>1</sup> til at innby liebhavere til et opprettende participantskap med en forlagskapital på 40000 Rdlr. I henhold til J. F. Voss (7) fikk han som medparticipanter bl.a. geheimeråd van Cicignon, etatsråd de Fine, justitsråd Schultz, konsul Vallase, borgermester Forman og noen kjøpmenn i Bergen.

Myntmester Langberg (10), som åpenbart er skeptisk m.h.t. Blichfelds pålitelighet, skriver senere:

«Efter Blichfeld, der ei er stort at stole paa, skulde dette Værks Ertzer bestaaet mest af Kobberkies og guul Kobberglands, paa nogle steder gediegen Kobber, sort Kobberglands, samt graae og rødagtig Blænde. Beskrivelsen er vel som Navnene, kan jeg tænke! Vi ville heller følge H. C. Strøm.»

Det gikk en årrekke før verket kom i produktiv drift, idet tiden gikk med store og kostbare anlegg og forberedelser. Blichfeld selv hadde en årlig lønn av 600 Rdlr. Som følge av disse forhold inn-

<sup>1</sup> Blichfelds kart over «Christiansgaves Bergverks Egn» forfattet efter «søngferlig Øyesyn», 1759, gjengis her som fig. 2.



trådte allerede på et tidlig tidspunkt uoverensstemmelser mellom Blichfeld og participantskapet. I juli 1761 ble en fra Grimmeliens verk «forskreven Person» tatt til rådgiver, til B.'s store forargelse, og til participantskapets aller første forsamling 12. august 1861 ble B. formeent adgang, til tross for at han var medparticipant. Av de i Attramentsdalen påbegynte undersøkelsesarbeider ble han tvunget til å innstille feltene nr. 2, 3, 5 og 6 (fig. 2) og istedet anlegge en ny grube på Storedales grunn, nr. 7. (fig. 2).

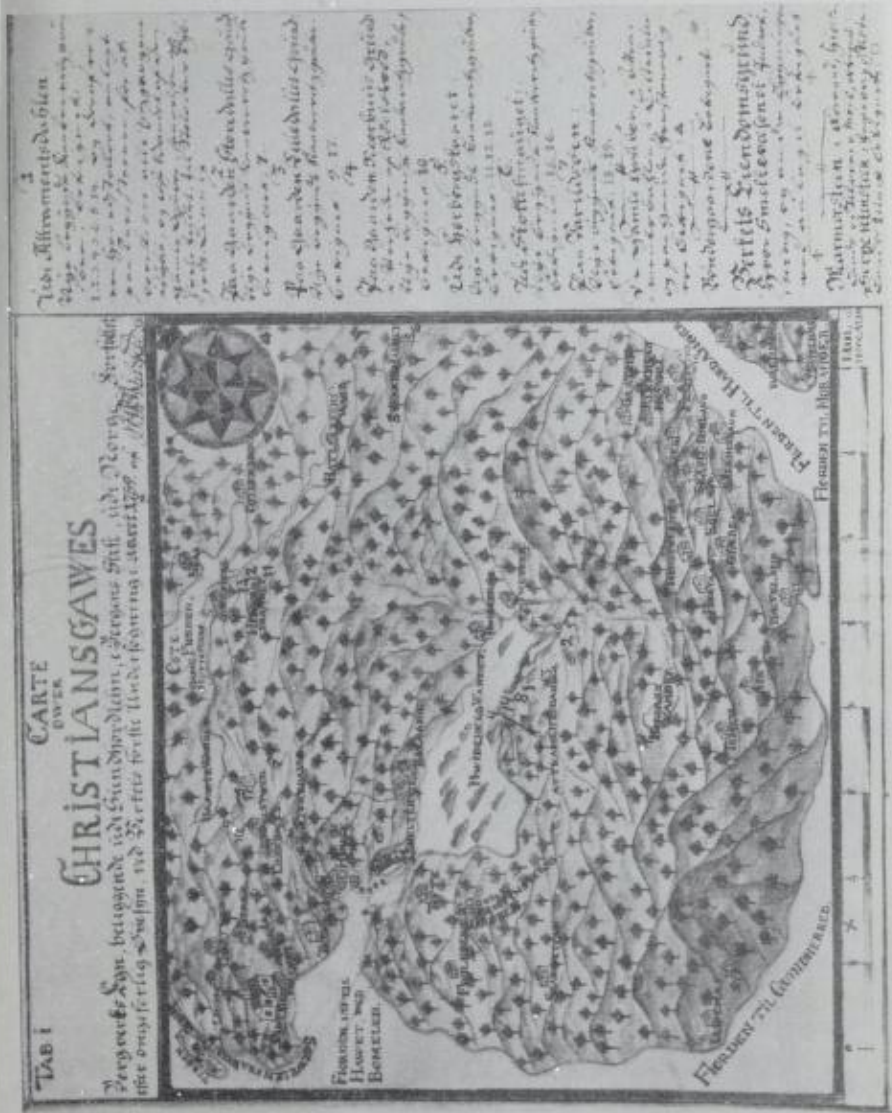
Blichfeld foranstaltet derfor en offentlig befarung ved berg-hauptmann Scholler og 2 assessores. Disse erklærte hans anlegg for bergmessig og upåklagelig, og på deres foranledning ble grube nr. 7, som hadde fått navn av Gottes Hülfe in der Noth, og nu var 30 alen dyp, igjen innstilt.

I 1765 sto endelig smelteovnen ferdig, bygget på samme tomt som ovnen fra forrige driftsperiode, det nåværende «Slagget» på gården Huses grunn. Den 19. dec. 1765 ble ovnen første gang prøvet og i jan./feb.r 1766 foretokes prøvesmeltning av ialt 50 Td. av verkets forskjellige malmtyper. Herav utbragtes 1660 Pd. garkobber, eller når hensyn tas til et par mindre uheld, ca. 6 Skpd. Dette svarer til et midlere utbringende av 3,5% Cu, derav for god malm fra grube nr. 1 4,8% og for «ringeste Kies» fra nr. 4 1,4%. Hertil kommer naturligvis visse tillegg for malmens virkelige gehalt. Hele smeltningen er inngående beskrevet av Blichfeld (2).

Smeltningen fortsatte, men participantene har åpenbart ikke vært fornøyd, og bl.a. på grunn av den betydelige gjeld som verket hadde pådradd seg besluttet de i møte 9. august 1766 å innstille grubedriften, men oppsmelte den forhåndenværende malmbeholdning.

På dette svarte Blichfeld med tilbud om å overta hele verket for egen regning, og søkte samtidig Kongen om støtte for å make dette. Det ble avslått i skrivelse fra Rentekammeret av 4. oktober 1766. I nytt møte av participantene 2. april 1667 gjentokes beslutningen om å innstille verket, i det alt arbeid og lønnsutbetaling skulle slutte ved april månedens utgang.

Dette skjedde tross for at Blichfeld meddelte, at der var 2711 Td. brukelig Ertz i behold og at han medbragte ca. 30 Skpd. ferdig garkobber som ble solgt for ca. 80 Rdlr. pr. Skpd. til avbetaling på gjelden.



«De ulyksalige Bergfolk ved Verket geraadede i den aller-  
yderste Nød og Elendighed, som vedvarede til ud i Juli Maaned».

Det endte med at verket etter 2 ganger å ha vært oppropt til  
auksjon, ble overtatt av noen av de gamle participanter for påny å  
settes i drift, etter at nye innskudd var betalt.

Driften ble opptatt fra august 1767, men på grunn av penge-  
mangel o.a. «forble den udi stor forvirrelse», til tross for gode an-  
brudd og en «anseelig Kaaber-Gehalt ved Smeltningen i Forhold  
til det Arbeide, som har vært mulige at forrette».

På foranledning av Blichfeld foretok bergjunker v. Linstow  
(tidligere bestyrer av Aardals verk) 30./7.—8./8. 1769 en grundig  
befaring av alle verkets anlegg. Han uttaler seg meget optimistisk  
og gir en inngående beskrivelse av grubene (se senere). Blichfelds  
kart over «Attramentsdahlens Revier» efter riktig Opmaaling er fra  
1768 og gjengis her som fig. 3.

Ved utgangen av dette år oppgir Blichfeld verkets samlede  
produksjon av garkobber til: 1766—1768 107 Skpd.

1769	115	»
	222	Skpd.

Der ble påbegynt «indretning til et Kaaber Pladhammer-Verk  
og et Fitril (vitriol) Kaagerie m.m.» «Tvende gode og redelige  
Betientere (nemlig Hytteskriver Kræft og Grubeskriver Qvaleim)  
blev underviiste og oplærte» av Blichfeld.

Nå inntraff det 12. juli 1769 at en del av participantene nektet  
å betale de nødvendige nye innskudd for avbetaling på gjelden.  
Dette kan man godt forstå, for i første periode av driften var betalt  
15 innskudd på tilsammen 36 250 Rdlr. og siden august 1767  
13 750 Rdlr., tilsammen 50 000 Rdlr. I denne pinlige situasjon ut-  
ber direksjonen seg et forslag av Blichfeld og hans svar illustrerer  
hans fantastiske optimisme.

Han foreslår dannet et nytt participantskap, hvor de gamle får  
parter for sine tidligere innskudd og dessuten skal nye partici-  
panter få tegne seg for 150 000 Rdlr., som anbringes i Rentekam-  
meret, hvor der gis 4% rente, altså årlig 6000 Rdlr. Disse foreslås  
anvendt som tilskudd til driften. Verdien av den samlede produk-  
sjon hittil var som vi har sett ca. 17 000 Rdlr.

I mellomtiden skulle en del av de gamle participanter gi for-  
skudd for opprettholdelse av driften. Imidlertid trakk forhandling-

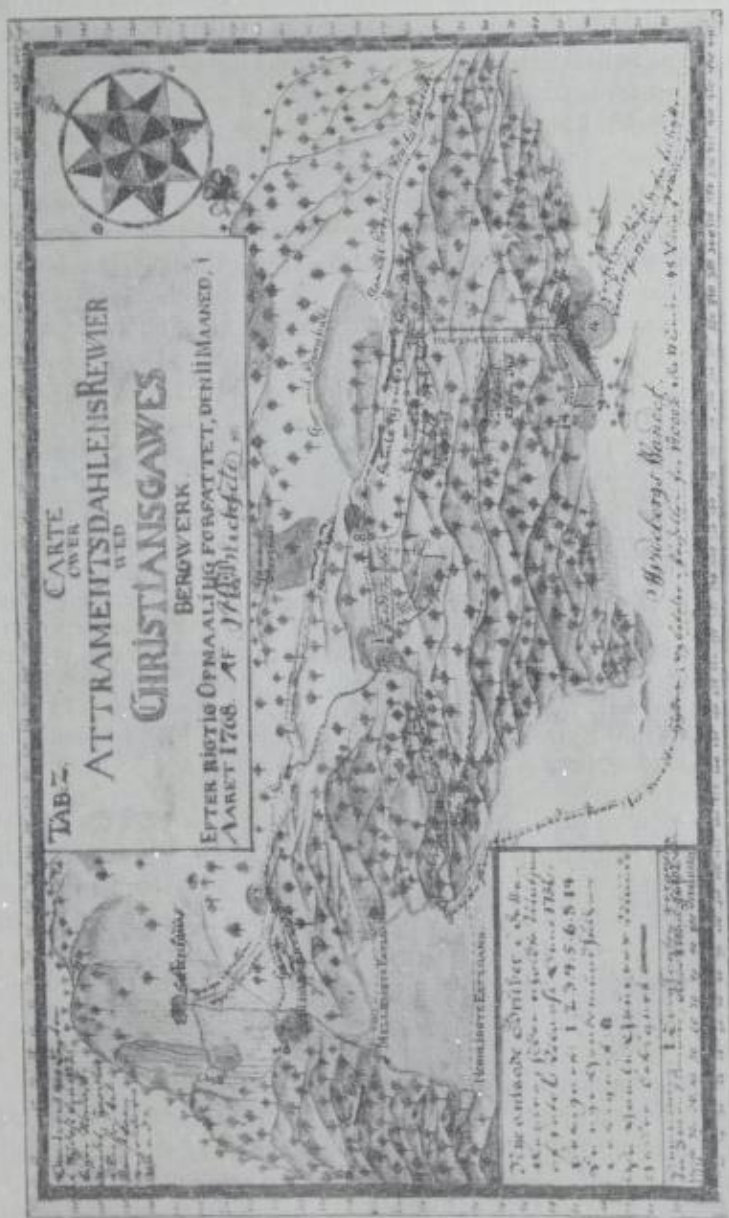


Fig. 3. Blichfeldts kart over Attramendalsens gruvområde år 1768. (M. Brännichs samlinger, nå i Riksarkivet).

ene om alt dette ut, og det endelige forslag har dato 11. juni 1770. Driften var meget svak, men da Blichfeld i juli 1771 kom hjem fra Kjøbenhavn søkte han straks å sette grubedriften i ordentlig gang igjen med:

I hovedstollorten	2 mann
I grube nr. 14	10—12 »
I Stokkesmauget (Gravdal)	14—16 »

Smeltingen gjenopptokes og gikk fra juli til oktober 1771.

For å oppmuntre dannelsen av det nye selskap foretok v. Linstoww 11.—14. oktober 1771 en fornyet befaring av de steder ved verket som var bearbeidet siden forrige befaring 1769. Resultatet inneholdes i Blichfelds «1ste Tillæg» av 4. april 1772. Ved befaringen var verkets samlede arbeiderantall noen og førti mann.

Da B. i begynnelsen av 1772 reiste til Kjøbenhavn igjen

«søkte han at anordne arbeid med 30 mand i grubedriften, men mangel paa penger og materialier gjorde dette umuligt. Participanterne gjorde 16. mai 1772 vedtægt med befaling at indstille driften i Stokkesmauget, i grube nr. 1 og i stollorten nr. 4 og tillod bare at 4 minerere arbeidet i grube nr. 14, hvor ertzen var mægtigst. I hele aaret 1772 udgjorde samlet udgift til minerere i alle verkets gruber én aarsløn for 7 bergsprængere, og derved er udvundet 124 Tdr. god ertz. I de 4 første maaneder av 1773 arbeidet ialt 152 skift til udgift 30 Rdlr. og vundet 11 Tdr. god ertz. Vanlig maanedlig arbeidstid og løn var 20 skift og 4 Rdlr. Saa blev al drift indstillet.»

Offentlig tegningsinnbydelse ble utstedt 7./4. 1772 for 20 000 parter a 10 Rdlr., tegningsfrist 11./12.—72, og minimumskapital 6375 parter. 13. august 1772 ble gitt Kgl. approbasjon på det nye participantskap, med toll- og tiendefrihet i 10 år. Blichfeld fikk den oppmuntring at «baade Hans Majestæt og de høykongelige herskaber tegnet tilsammen 600 parter.» og som takk for dette bestemte han at verket fra nevnte dato skulle hete *Christiansgaves bergverk*, og de enkelte gruber og stoller fikk en vrimmel av nye navn, vesentlig fra den kongelige familie og hoffet.

På grunn av senere oppkommet tvil om det gamle verks verdi og den oppførte gjeld gikk imidlertid tegningen i stå og flere falt bort.

Den 25. aug. 1773 fikk Blichfeld tillatelse til å reise til Bergen for å forhandle med de gamle participanter. Den 1. nov. samme år

ga disse skriftlig samtykke til å innkalle alle fordringshavere og til å holde offentlig vurderingsforretning over verkets eiendeler og deres verdi. Denne ble holdt 2.—11. des. 1773 og medlemmene var berg-junker H. Ch. v. Linstow og birkedommer Andr. Lamberg.

Resultatet er trykt i en egen publikasjon (5) og gir ikke bare en beskrivelse av de enkelte grubers tilstand, men en så detaljert inventarfortegnelse, at den gir et ganske interessant tidsbilde. Beholdningene av utbrutt smelteverdig erts beregnes til 1032 Tdr., foruten en stor del ringe erts og kis, som legges tilside for eventuell senere fremstilling av svovel, vitriol og rødfarge. Kis med under 2% Cu ansees ikke smelteverdig.

Pr. 11. dec. 1773 viser det samlede regnskap for siste driftsperiode:

Samlete utgifter ved verket	84 000 Rdlr.
Utvunnet garkobber 326 Skpd.	24 000 »
Anvendt innskudd og kreditt (driftsunderskudd)	60 000 »
Renter av kapital som siden 1759 er anvendt	20 000 »
Kapitalunderskudd	80 000 Rdrl.
Herav har inndriften av hovedstollorten kostet 2 000 Rdlr.	

Under de pågående forhandlinger mellom det gamle og nye participantskap ble etter et forslag av Blichfeld av 30. mai 1774 drevet en begrenset undersøkelsesdrift i månedene juni/juli 1774. Verket hadde da ligget helt stille i vel 1 år.

Endelig ble det sluttet en avtale av 7. okt. 1774 som følger:

1. Det nye participantskap overtar verket gjeldfritt for 35 000 Rdlr. å betale innen 11. juni 1775.
2. I tiden fra 1. okt. 1774 og 6 måneder fremover skal det gamle participantskap drive grubedrift for minst 100 Rdlr. pr. mnd.
3. Bergraad Blichfeld forestår drift og overdragelse.

«den har været en handling blot aleene til at forøde og fortære i største uorden en god ertzbeholdning.»

Den 29. okt. 1774 fremla Blichfeld en plan for disse 6 måneders oppfaringsdrift, hvorefter det skulle drives feltorter etter malmen i grubene nr. 17 (Lilledale), nr. 15 og 16 (Gravdal) og i Atramadal nr. 3 (anbefalt av berghauptmann Schøller), nr. 6 (anbefalt av berghauptmann Hagerup) samt fortsettelse av hovedstollorten (tverslag) nr. 4.

Om smelte- og hytteverkets drift de siste 3 år sier Blichfeld at «den har været en handling blot aleene til at forode og fortære i største uorden en god ertzbeholdning».

I påskriv av 15./4. 1775 meddeles at det er antatt og subskribert tilsammen bare 4000 parter, men til tross herfor anføres det nye participantskap til virkelighet».

Hermed slutter Blichfelds forfatterskap og om den resterende del av driftsperioden vet vi meget lite. I justisråd Kølles opptegnelser om kobberverkene utbringende inntil 1779 (Brünnich, Fol. 11, s. 134) finner vi oppgaver over garkobberproduksjonen her til og med 1778 (i 1775 synes overhodet ikke å ha vært smeltet). Langberg (10) meddeler, at ifølge noen forefundne gruberelationer ble i året 1781 utbragt 20—30 Tdr. malm månedlig fra Atramadal. Driften etter reorganiseringen har hele tiden åpenbart vært svak og ble endelig nedlagt i første halvdel av 80-årene, antakelig ved Blichfelds død 1785.

Nedenfor gis den årlige produksjon av garkobber i denne driftsperiode, vesentlig etter Brünnich, Fol. 5, s. 94—95 og Fol. 11, s. 134.

	Skpd.	Lpd.	Skpd.
1766 (prøvesmelting)	5		4
1766 (ordinær drift) ca.	49		
1767	29	15	
1768	23	10	
1769	115		222
<hr/>			
1770	11	4	
1771	31	5	
1772	29	17	
1773	32	5	104
<hr/>			
1774	8	17	
1776	24	11	
1777	15	19	
1778	42	3	92

418 Skpd. = ca. 67 tonn

til en verdi av ca. 31 000 Rdlr. Hva som har vært produsert i de siste driftsår vites ikke, men meget har det sikkert ikke vært.

Det er påfallende at den årlige kobberproduksjon, tross større arbeidsstokk, gjennomgående har vært mindre enn i 1600-årene.

Ved bedømmelsen av disse bedrovelige resultater må vi ikke glemme, at det i hovedsaken dreier seg om kobberholdig svovellcis, som er bearbeidet utelukkende på kobber. Det er heller ikke usannsynlig at der har vært en sekundær kobberanrikning fra overflaten, idet det flere steder i de gamle dokumenter bemerkes, at kobberkisdrummene kiler ut mot dypet til fordel for «jernshaftig kiis».

H. P. Herzberg sier i «Efterretninger om Quinherreds Pgd.» (8):

«Verkets arbeidere var noget sammenskrab fra Roros og flere verker, noget man der gjerne vilde være av med, som drikfældige og uduelige. Interessentene bleve bedragne for deres penge.»

Den kjente bergmester H. C. Strom foretok i 1821 en befaring (9) av verket med henblikk på muligheten for gjenopptakelse. Han sier:

«Optagelsen 1759 skeede paa en meget uhensigtsmaessig Maade og med en alt for hoi Forestilling om Malmens Riighed og Mængde. Der blev opført unødvendig store Bygninger paa flere Steder, og de bekostelige Anlæg hvormed Driften igjen begyndtes fordrede større Indskud end den lille Produktion kunde erstatte. Indskuddene ere saaledes rimeligvis uordentlig betalte, hvoraf flere Ufuldkommenheder ved Driften ere opstaaede, og deriblandt en uordentlig Forsorgning for Arbeiderne, som stundom maatte forlade arbeidet af aldeles Mangel paa samme. Da man ved de fleste ældre Værker finder Spoer af en skjodesløs Smeltning, saa undrer man ei over ogsaa her kun at see faae Stykker reen Slag fra den første Drift. Men ogsaa den sidste Smeltning har været ufuldkommere end jeg nogensteds har seet. Ved Undersøgelsen var hr. Moss, den sidste Bestyrelse af Grubedriften og een af de faae endnu levende fra den Tid Værket var i Drift, desværre ikke tilstede. Efter hans Udsagn ved et flvgtigt Møde paa Tilbagereisen skulde Malmen i Gruberne ved Værkets Indstilling været ligesaa god og mægtig, som da det blev optaget.»

Om selve grubenes tilstand tør Strom ikke uttale seg, da alle var fulle av vann, og han satt inne med få opplysninger, men han fremhever verkets ualmannelige gunstige beliggenhet og mener, at iallfall de betydelige kismasser på haldene med fordel måtte kunne utnyttes til fremstilling av svovel og vitriol, muligens ville det også lønne seg å sette opp en smelteovn for omsmelting av de gamle slagghauger med de betydelige mengder av sporsten og sortkobber som der gjenligger.



## Tillegg

ved

*Brynjulf Dietrichson.*

Da jeg i februar 1952 ble overdratt å assistere med å få denne avhandling trykningsferdig, forelå *spesialkartet* i målestokk 1:40 000 allerede ferdig trykt. Foslies foranstående *innledning* er trykt etter håndskrevet manuskript, som nærmest må betegnes som en kladd, mens avsnittet «*Gruvedistriktets petrografi*» forelå ferdig maskinskrevet for trykning. Her er bare foretatt en mindre omordning av noen avsnitt og deres betegnelse, for å være konform med det allerede trykte kart.

*Christiansgaves (Lilledales) kobberverks historie* er likeledes trykt uforandret etter Foslies manuskript. Det forelå videre blant hans innsamlede materiale avskrifter av bergmestrenes befaringsprotokoller 1851—1912. Sammen med bergmesterberetningene i den offisielle statistikk, har disse gitt materiale til beskrivelsen av *drift og undersøkelser 1851—1920 for Varaldsoy—Ølve*.

Som det sees har Foslie selv i sin innledning reonsert på å stille kisdistriktets geologi inn i en større regional sammenheng, (Nokkelkartet, fig. 1, er utført for å gi en viss orientering) og har, bortsett fra petrografiske beskrivelser fra Ljoneshalvøya i Strandebarm, ikke beveget seg utenfor spesialkartets ramme. Fra eldre rapporter i hans innsamlede materiale, samt fra hans avhandling (1926<sup>1</sup>) hvor kisdistriktet er ganske utførlig behandlet, og endelig fra hans preliminærrapporter av 1942 og 1944, som har kunnet verifiseres ved oppgaver i det petrografiske avsnitt, har jeg sammenstillet en del data til komplettering av fremstillingen av kisdistriktets forhold. Disse data er dels tatt med i avsnittet om driftsperioden 1851—1920, dels i et eget avsnitt «*Undersøkelser 1942—49*» der

<sup>1</sup> Steinar Foslie: «Norges Svovellkisforekomster.» N.G.U. nr. 127 (1926) p. 36—43.

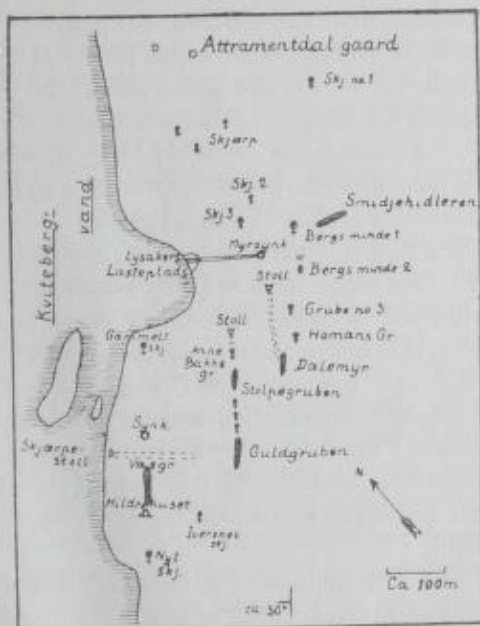


Fig. 4. Foslies kartskisse over Attramentdalens gruver. (N. G. U. Nr. 127, 1926.)

enkelte henvisninger til nyere litteratur er tatt med. I «Summary» er disse data brukt som innledning til «Petrology of the rocks», som på grunn av Foslies fyldige og omhyggelige undersøkelser måtte refereres utførlig.

De to eldre driftsperioder som Foslie har beskrevet ovenfor fra Christiansgaves (Lilledales) kobberverks historie, angår utelukkende Ølvehalvøya. Da ingen av disse navn finnes på kartet, bemerkes at «Lilledale» identifiseres med Dale nord for Ølvesviki, mens «Christiansgave» siden 1772 ble brukt som felles betegnelse for samtlige anlegg. På Foslies kartskisse (l.c. p. 37 gjengitt her som fig. 4) er «Christiansgave» brukt som betegnelse for grubedistriktet øst for Kvitebergsvannet.

I siste halvdel av 1800-tallet kommer også Varaldsøy med i bildet.

Noen sammenhengende driftsperiode 1851—1920 har det ikke vært, større produksjonsdrift var det bare ved Valaheien grube 1867—88, nemlig ca. 8 000 t eksportkis (a 40—41% S og 0,4% Cu) gjennomsnittlig pr. år i ca. 20 år. Til orientering om kisdistriktets nokså beskjedne økonomiske betydning hittil, kan føyes at den årlige

produksjon av garkobber ifl. de oppgaver Foslie har fremlagt for de to eldre driftsperioder, neppe gikk over 15 t for den første (ca. 30 år) og ca. 5 t for den annen (ca. 25 år), og gjennomsnittsproduksjonen var sannsynligvis ennu lavere.

Av kartet fremgår at skjerping og forsøksdrift har vært i gang en mengde steder. På Olvehalvøya er således navngitt 10 svovelkiskobberkis-gruber, 2 jernmalmgruber og «Olve gullverk», og på Varaldsøy et lignende antall. Det «betydelige felt av impregnasjonsmalmer» Foslie omtaler (1926, p. 37) ved Roaldstvedt og Lilledale, altså ved de gamle verkstomter, har ved utbredte rustsoner tidlig tiltrukket seg oppmerksomheten og vakt de gamle bergmenns forhåpninger (omtales også i bergmesterberetninger, senest i 1907). Lignende impregnasjonssoner er avmerket på kartet på Varaldsøy, men har hittil ikke vært bergmessig undersøkt. Forutsetningen for behandling av betydelige mengder fattig malm med moderne metoder er tilgang på tilstrekkelig kraft, og det har distriktet manglet hittil.

Foslies oppfatning av distriktets malmreserver i 1926 (l.c.), som ikke synes svekket etter de senere års arbeide i feltet, kan resymeres:

1. Olveområdet innebærer ikke ubetydelige fremtidsmuligheter (p. 38) og
2. De to største Varaldsøy-gruber har:

Påvist malm	148 000 t
Sannsynlig malm	412 000 »
Mulig malm	Betydelig

#### *Drift og undersøkelser i Varaldsøy og Olve 1851—1920.*

I 1851 beretter bergmester Sinding om muting og befaring av Christiansgaves verks gamle gruber, men først i 1857 nevnes at bergensfirmaet Brandt Co. har satt igang lensning og drift (med opptil 40 mann) ved «Guldgruben og Dronning Margrethes grube» og dermed sammenhengende «Vass-grube», altså i Atramadal-feltet Ø for Kvitebergsvann (kartskisse Foslie 1926 p. 37). Han synes først å ha funnet utsiktene i det vestlige felt ved Dale lite tillokkende, men i 1857 nevnes Dalegruben (Løkkegruben) og feltet der av interesse «for fremtidig industri i egnen».

Det var jo i disse år den norske kiseksport begynte, idet svovelgrubene på Sicilien ikke kunne dekke den stigende etter-

spørsel i England, og svovelprisen steg. Nevnte bergensfirma drev også en kobbergrube ved gården Fosanger, antagelig identisk med kartets Sunfjordskar gr. Kobbermalmen sendtes til Hamburg, hvor bergenskjøpmennene hadde sine gamle forbindelser, men utbyttet ble lite tilfredsstillende trass i billig frakt.

I 1861 påpeker bergmesteren likheten med Kongens gruve (Roros) «i skifere med bølgeformig forekomst», men nevner at mektigheten ved Vassgruben sjelden går opp i 6—8 tommer. Samme år nevnes at Lysaker kjemiske Fabrik drev en kisanvisning (Sindings Minde) nær denne, med mektighet opptil  $\frac{1}{2}$  lakter (1 m) og særdeles lite kobberkis.

Mens bergenserne snart synes å ha oppgitt grubedriften i Ølve, har Lysaker kjemiske Fabrik med noen avbrytelser holdt i gang mindre drifter først i det vestlige (Dyråsen gr) og fra 1869 i det østlige (Dalemyr gr., Bergs Minde m.fl.) felt, men noe vesentlig bidrag til fabrikkens råvaretilførsel for svovelsyrefabrikasjonen har de hittil ikke gitt. Som karakteristikk siteres fra bergmesterberetning 1908: «Bergs Minde, den grube der nu i mange år har vært drevet er nu ca. 200 m dyb efter faldet.» Årsproduksjonen var gjennomsnittlig 1200 t ved årlig neddrift 24 m etter fallet. Ferdig vare holdt 42% S og 1% Cu.

I 1863 og 64 nevnes arbeide ved Gravdal gr. igangsatt av en bergenskjøpmann. Det ser ut til at det er den samme, som har fort «engelske kissepekulanter» til Varaldsøy, idet han i 1865 bortforpaktet Haukanes-anvisningen (Varaldsøys Ø-spiss) til ùisse, som satte forsøksdrift i gang. Der nevnes 4 smalere ganger, hvorav to på 18—24 tommers mektighet. For engelsk kapital ble samme år drevet «etter våre forhold storartet» undersøkelsesdrift på gården Sandviken (Varaldsøys NV-side), men bergmesteren skriver at «man må være i besiddelse af et stort Håb og en dyb Pung for at kunde begynde og fortsætte sådant Anlæg.»

Den skeptiske tone ble imidlertid forandret allerede i 1866, da — likeledes et engelsk interessentskap som drev forsøksarbeide på «Øyerhavn anvisninger» (Storhidler gr.) — fant *Valaheien* svovelkisforekomst, som fantes «fullstendig egnet til Undersøgelse». Samtidig nevnes Hisdalens anvisninger i strøkretningen mot SV, som da ikke bearbeidet (i følge Fostie sannsynligvis identisk med den senere *Nygruve*). På kartet er avmerket impregnasjonssone i 1,5 km lengde, mens foran nevnte Sandviken skjærp tilhører en parallel

impregnasjonssone litt lenger SØ. (Foslie nevner i 1944 herfra en 600 m lang, sterk rustsone, Sandvikshorja, som ikke er bergmessig undersøkt.)

I årene 1865—68 var det drift ved *Jernsmaugjet jernmalmsgruve*, den eldste gruve i distriktet. Den tette magnetitt, hadde i dagen en mektighet på opptil 4—5 favner og inneholdt svovelkisganger. Da malmen her kan sidestilles med «svartfjell» (stilpnomelan) i Stordofeltet, Løkkenfeltet og andre malmdistrikter i Trøndelag, tas med noen oppgaver fra bergmesterberetningene om denne og de andre jernmalmsforekomster i Ølve-Varaldsøy-distriktet. Fra Jernsmaugjet ble de første år eksportert flere skipslaster til England, men mektigheten avtok under dagen og angis i 1866 til 2,5 m «og haver omtrent 50% malm». Eksportmalmen angis å holde 50—55% Fe og 0.5% S. En analyse — åpenbart av et utplukket, svovelkisfritt stykke — av professor P. Waage, dat. 4/12 1866 viser:

FeO	27,81 %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	61,79 % d.v.s. 89,6% magnetitt med 64,88% Fe
SiO <sub>2</sub>	8,57 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,37 %
CaO	0,06 %
MgO	0,37 %
FeS <sub>2</sub>	0,07 % (0,04% S)

100,04% «Den modtagne Prove indeholder ikke Fosfor»

Etter analysen er det vesentlige av bergart-tilblandingen kvarts. En ufullstendig analyse fra 1895 viser 60,74% Fe, 1,05% S, sp. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Dyråsen svovelkisgruve som angis å ligge ca. 500 m NØ for jerngruven — altså i storkretningen — karakteriseres i beskrivelsene som «en smal, sterkt magnetittførende svovelkisforekomst omtrent fri for kobber». Begge gruver ble innstillet i 1869. I 1873 meldes Jernsmaugjet jerngruver solgt til et tysk selskap, men der berettes ikke om drift. Først i 1897 opplyses om lensning og drift med belegg 30 mann, men så foreligger intet for i befaringsprotokoll fra 1911, hvor det meddeles at såvel jerngruven Jernsmaugjet som Dyråsen kisgruve («som i lange tider har vært holdt i hevd av Lysaker kemiske Fabrik») er gått i det fri og mutet av stavangerfolk, som fikk et engelsk firma til å sette forsøksdrift igang. Belegget var ca. 55 mann. Der ble strosset ca. 11 500 m<sup>3</sup>, og herav vunnet 2000 t

eksportmalm samt 2000 t vaskemalm. Eksportmalmen oppgis å holde ca. 55% Fe, 2% S, 17% SiO<sub>2</sub> og sp. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Vaskemalmen oppgis å holde ca. 40% Fe, 5—6% S, 25% SiO<sub>2</sub> og resten bergart.

Oppfart malm i graven anslåes til ca. 12 000 t. Ved befaring 31./12. 1912 overlevertes karter over graven og dagen (7 blader) til bergmesteren, konsesjonsandragender for drift av graven og anlegg av taubane tilbakekaltes, og man holdt på å bortføre inventaret.

Siden nevnes ikke Jernsmaugjet jerngruver i bergmesterberetningene, men som det sees på kartet er i nærheten av Gravdal avmerket *Rauneli* jernmalmsforekomster, som må være identiske med de felter som meldes befart av bergmesteren i 1904. Der angis at «ertsen er jernglans, jernglimmer og rødjernsten og formodentlig også magnetjern». Der nevnes 3 parallelle leier med strøk Ø—V og steilt fall, hvor jernglansen tildels kan være ganske ren, tildels bergblandet. For det mellomste oppgis feltutstrekningen til ca. 1 km og mektigheten ca. 14 m, mens det nordlige og sydlige har den halve feltutstrekning. Der konkluderes med at forekomstene sikkert fortjener en nøyere undersøkelse, idet da bare en ubetydelighet var foretatt.

En analyse av Schmelck (mrk. J.nr. 6/18.1904) viser:

Fe	52,00 %
SiO <sub>2</sub>	20,55 »
TiO <sub>2</sub>	0,05 »
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,32 »
S	ikke påviselig

(Bergmesterens formodning om delvis magnetitt-innhold bekreftes ved en prøve tatt av Foslie 25./7. 1944, merket «Bra jernmalm, midtre lag, Raunelifeltet, N for Svevatn, Gravdal.» Foslie karakteriserer imidlertid (1944) disse forekomster som jernglans i blåkvartsleier innenfor grunnsteinsformasjonen, og mener at drift f.t. bare kan tenkes for spesialformål, f.eks. ferrosilisiumproduksjon. Noen undersøkelser for dette bruk ble også utført av en større produsent, bl.a. av blåkvarts fra Båtviki ved Øyerhamn på Varaldsøy, og meddelte (1950) at den holdt 86,5% SiO<sub>2</sub> og 11% FeO.)

For svovelkis-kobberkisforekomstene i perioden 1851—1920 skal her kompletteres litt fra bergmesterberetningene, utover det Foslie har tatt med i sin avhandling av 1926. Her finnes profiler, malmberegning og analyser for hovedgruvene.

I beretningene for årene 1869—74 omtales Valaheien som en lovende og «temmelig storartet bedrift». Årsproduksjonen var opp til 16 000 t. Bergmesteren var vel fornøyd såvel med malmtilgangene som den teknisk forsvarlige drift, men fra sistnevnte år begynner klager over dårlige kispriser på grunn av konkurranse med spansk kis. I 1885 skrives at «Udsigtene for Driften er uagtet Gruben holder sig smuk, dog tvivlsomme på grund af de nedgaaende Priser.» Strossedriften oppgis dette år til 2281 m<sup>3</sup>, produksjonen 6000 t, arbeidsbelegg 71 mann — det alminnelige i disse år. I 1887 omtales Valaheien for siste gang for århundreskiftet. Mekaniske hjelpemidler er tatt i bruk for ty- og vannfordring. Noe vaskeri har det aldri vært, så impregnasjonssoner, som omtales flere steder, ble satt igjen. Bergmesteren fant intet å utsette på gruvens sikkerhet, men den «befryktes snart indstillet formedelst de for tiden rådende yderst lave kispriser.»

En bemerkning i 1901 om Valaheien gr. gjelder tvilsomme eiendomsforhold. Først i 1909 omtales Valaheien, Nygruben og tilgrensende skjerp i feltet mere detaljert i bergmesterberetningene, idet der da ble satt igang forsøksdrift av den nye eier, daværende direktør ved Kongsberg Solvverk, Chr. A. Münster. Senere inngikk Varaldsøygruvene (samt Mælen gr. i Jondal, Hardanger) i Norske Svovelkisgruver A/S, Bergen. Det ble imidlertid ikke satt igang regulær drift, Verdenskrig I skapte hindringer av forskjellig art. I krigsårene ble tatt ut ca. 6000 t svovelkis, vesentlig fra lettest tilgjengelige anbrudd i Nygruben og Storhidler gr. (dessuten 2900 t fra Mælen) da faring og fordring i Valaheigruben var provisorisk: «Siden 1911 er ikke drevet under grubens gamle bunn 90 m under dagen.»

På grunnlag av de da opptatte nye karter og tilveiebragte materiale har Foslie bygget sin beskrivelse og beregning av 1926, slik han gjør oppmerksom på i forordet dengang. Fra Nygruben levertes 31 t kobbermalm a 3<sup>o</sup>/<sub>o</sub> Cu. Denne forekomst viste seg noe mer Cu-holdig (og Zn-holdig) med 0,7<sup>o</sup>/<sub>o</sub> Cu i eksportkisen, mot Valaheiens 0,3<sup>o</sup>/<sub>o</sub> Cu. Som kuriosum kan nevnes fra bergmester-rapport 1871, at der ved forkastningen (7 m spranghøyde) ved Valahei «i det forhåndenværende friksjonsmateriale av og til finnes gedigent kobber av en notts størrelse». Videre — (etter beretning 1910) — at magnetitt er lite fremtredende sammenlignet med forekomstene vest på Ølve-halvøya, og er ved Valahei å finne «helst øst i gruben.»

I O. Høltedahls «Norges Geologi» (N.G.U. nr. 164, 1953) finnes fra p. 315 en generell fremstilling av geologien i ytre Hardanger, der også malmbeforekomstene beskrives. Etter H. Reusch gjengis der (fig. 137, p. 322) en instruktiv skjematisk tegning av Valaheien gruves midtre kislinjal, hvorav dragningen i felt fremgår.<sup>1</sup> Linjalens lengdeakse har et fall på 41 grader. Det vesentligste oppfaringsarbeide 1909—17 bestod i en 85 m dyp skråsøkt i denne akseretning. Foruten å gi direkte grunnlag for malmberegningen, framgår sammenhengen mellom kisforekomstenes morfologi og distriktets tektonik tydeligere etter dette oppfaringsarbeide, og forholdene ved den midtre kislinjal kan oppfattes som typisk for det sterkeste kisdrag på Varaldsøy. Genetisk må dette regnes til «gangkistypen», mens de magnetittførende svovelkisforekomster i den vestlige del av Olvefeltet som er omtalt ovenfor, synes å ha nær tilslutning til «vass-kisene».

Ved de noe mere kobberholdige småforekomster har det vært litt virksomhet under høykonjunkturer for kobber. For *Gravdal* foreligger en detaljert rapport av Foslie fra 1916. Malmbarealet angis her til 80 m<sup>2</sup> og eksportkisens gehalt til vel 40% S og 1,2% Cu. Under verdenskrig I ble her tatt ut vel 1500 t. Forekomstene på Varaldsøys østside, Haukanes og *Kvitsand* leverte ca. 200 t noe rikere kobbermalm i krigsårene. Ved *Dalemyr* gr. i Christiansgavefeltet ble i 1917—18 produsert ca. 800 t svovelkis, og skeidet ut noen tonn kobbermalm og sinkmalm.

Siden navnet «Olve gullverk» figurerer på kartet, opplyses at dette refererer seg til noen forsøk i årene 1885—87 (samtidig med gulldriften på Bømmeløya). Synlig gull ble funnet ved Slagget i Olve i kvarts-jernerts-soner i kloritskifer, som igjen er innleiret i det som dengang omtaltes som «omgivende skifere». På Foslies kart ligger Slagget innenfor «det vestlige kvartskeratofyrbelte» og bergarten ved Olve gullverk er omtalt (p. 17). Det ble oppgitt at 200 t klorittskifer ble behandlet med et utbytte 3 g gull pr. ton.

<sup>1</sup> Smålg.: Th. Vogt: «Flowage structure and ore deposits of the Caledonides of Norway» (Rep. XIII Geol. Congr. London 1948).

Ved behandling av dette praktisk viktige forhold, tar forf. sitt utgangspunkt i Reusch's undersøkelser i vårt distrikt.



*Undersøkelser 1942—49. Foslies kartlegging.*

I bergmesterberetningene 1921—41 nevnes intet fra gruve-distriktet, bortsett fra at der i 1922 omtales at Gravdal «kobbergrube» er overtatt av et norsk selskap. Norske Svovelkisgruber A/S gikk i likvidasjon, og dets gruber og rettigheter overdratt til andre. De tilhørte i 1951 A/S Vignæs Kobberverk, Avaldsnes, men Varaldsøygrubene er nå (1954) overtatt av Stordoens Kisgruver.

Som grunnlag for det meste av det geologiske kart, forelå i 1942 gradteig B 34 øst *Strandebarm*, bare den sydlige snipp av Ølvehalvøya kommer inn på B 35 øst *Skånevik*. Foslie hadde dessuten 31 flyfotografier av Varaldsøys kyst i M 1:12 500 opptatt for tyske malmundersøkelser til disposisjon for detaljkartlegging. De på kartet inntegnede «geofysiske målefelter» ved Gravdal og Svinland gr. på Varaldsøy skyldes også tyskerne, og diverse kartmateriale fra disse forekomster ble i 1945 overtatt av Direktoratet for fiendtlig eiendom. Målingene var elektriske kryssramme-observasjoner, og på grunnlag av tildels sterke indikasjoner ble der diamantboret såvel ved Gravdal som ved Svinland. Begge steder ble bare konstatert smale kisimpregnasjoner. I bergmesterberetning for 1942 rapporteres en produksjon på 780 t stykkis fra Gravdal. For denne forekomst forelå detaljerte karter og profiler etter tyskerne, og der pågår etter hva der meddeles (1952) drift av lignende art og dimensjoner som under Verdenskrig I. (1954 meldes om 3 m gang og eksportkis 39% S, 1,5% Cu).

Fra Ølve til Stordoens kislekt, som også opptrer i grunnsteinformasjonen er avstanden mot SV i den kaledonske strøkretning ca. 40 km (se nøkkelkartet fig. 1). For den alminnelige geologiske sammenheng er tidligere henvist til Holtedahls oversikt (Sunnhordland og Ytre Hardanger p. 315 ff. i Norges Geologi). For Stordofeltet henvises til et i 1948 utkommet arbeide av Asbj. J. Skordal<sup>1</sup>, hvorav en rekke fellestrekk med det her behandlede kisdistrikt vil fremgå. Den der anførte litteraturliste er anvendelig for begge kisdistrikter.

Som Foslie nevner allerede i 1926 (l.c. p. 38) danner lagserien på Varaldsøy en stor synklinal. Det samme fremgår av det geologiske karts strøk- og falltegn. Der sees også at synklinalens akse-

<sup>1</sup> Asbjørn J. Skordal: Vulkanitter og sedimenter på den sørostre del av Stord. (Med undersøkelser av svovelkisen og tilstøtende bergarter i Litlebø gruver.) Universitetet i Bergen, Årbok 1948. Naturv. rekke nr. 2.

retning som på Varaldsøy er NØ—SV, bøyer noe mere mot SSV på Olvehalvøya.

På synklinalens NV-side og også så langt mot SØ som kisdraget Valahei-Nygruven på Varaldsøy, er fallet mere og mindre steilt mot SØ, men langs SØ-siden er det gjennomgående flatt mot NV. Den skarpe og dype nedfolding har særlig langs NV-grensen ført med seg sterke lokalfoldninger av bergartsseriene. Som ledehorisonter for utredning av disse tjener *kalksteinsdraget* i den metamorfe kambro-siluriske sedimentserie, videre *grønnsteinskonglomerat* med tilhørende arkose, samt kvartskonglomerat og kvartsitt øverst i denne.

For den *sydlige* delen av Varaldsøy, hvor Foslie konstaterte en tynnere kalkhorisont langs *fyllitt*-områdets NV-grense, foruten den tidligere kjente 15—20 m mektige kalkhorisont langs SØ-grensen, fant han at disse løp sammen ved Djupevik i SØ under sterk lokalfoldning.

Kalkhorisontene, og (overliggende) kvartskeratofyrbelter viser isoklinalt fall mot NV, og Foslie fortolker på grunnlag herav det sydlige fyllittområdes tektonik som en sadel invertert mot SØ. I dennes kjerneområde opptrer *kvartsitt* ved Bygdavåg som underliggende fyllitten. Kalksteinshorisonten skulle da stratigrafisk komme over fyllitten. (I kartets farveskala har Foslie plassert kalkstein underst.)

Fortsettelsen av fyllittfeltet i strøkretningen mot SV på Olvehalvøya viser at fyllitten også her er omgitt av kalksteinsdraget på alle kanter. Tektonikken kompliseres ytterligere her, nord for Hatlestranda, ved bøyning av sadelens hovedakse, samt ved ytterligere overveltning mot SØ, så den isoklinale lagstilling blir horisontalt bølgende. Foslie nevner at det vilde være interessant å se hvilken betydning denne tektonik har ved de tallrike gamle gruver ved Kvitebergsvann (Atramadal) i SV.

Tektonisk og stratigrafisk arter forholdene seg noe annerledes på *Varaldsøys N-side*. Der opptrer sterke foldninger, østligst mot Oyarhamn med ombøyning av strøkretningen. Grensen mellom grønnsteinsfeltet og den svakt bituminøse fyllitt går rettlinjert videre SV-over fra Oyarhamnsvatn med foldningsakser i den samme retning, så fallretningen veksler sterkt. Fyllitten viser en uttalt falsk skifrighet, som langs N-kysten faller mot S. Den virkelige skifrighet som sees på tverrbrudd, står nesten vertikalt, sterkt foldet.

Mens vi langs SO-grensen av synklinalen har mektige benker av kvartskeratofyr over kalksteinshorizonten, har vi langs NV-grensen albittkvartsitt. Direkte på grønnsteinskontakten opptrer videre et opptil 10 m mektig konglomerat, som ikke er påvist ved SO-grensen. Rullesteinene (opptil 20 cm størrelse) er for det meste epidotrik, hard grønnstein, samt røde og blå kvartsboller (jaspis og blåkvarts) undertiden jernglansførende — tilsvarende bergarter opptrer ofte i grønnsteinsformasjonen. Sammen med konglomeratet opptrer metamorfe bergarter, som oppfattes som mindre grovkornige detritusmasser av grønnsteinsmateriale (*grønnsteinsarkose* og *gråvakke*).

Fallet angis (1944) i alminnelighet å være sydlig, så disse bergarter tilsynelatende underleirer grønnsteinsformasjonen. Foslie uttaler at dette neppe er tenkelig, men at disse sedimentære detritusmasser tvertom må antas å avslutte grønnsteinens erupsjonsepoke, i analogi med det kjente jaspiskonglomerat i Trøndelag — uten dog å ta noe standpunkt til samtidighet med dette. Analogier med andre karakteristiske suprakrustaler i den tronderske Bymark(Støren)-gruppe (som kjent henfører C. W. Carstens denne til undre ordovisium) er også slående, bl.a. innbyr den førstnevnte likhet mellom de svovelkisførende og jernmalnførende lag til sammenlignende studier mellom vårt kisdistrikt og Trøndelag. For sikker tidskorrelasjon av de diskordanser som konglomeratene representerer mangler ennå tilstrekkelige data.

Som det fremgår av kartet kan lagene langs NV-grensen av grønnsteinsformasjonen følges uten vanskelighet fra Varaldsøy tversover Øynesfjord over på fastlandet. Vi finner igjen kalkstein, albittkvartsitt — i store uregelmessig foldede partier, videre grønnsteinskonglomerat og dessuten et lite felt med massiv gabbro N for Svevatn ved Gravdal. Detaljkartlegning av konglomeratet viser en stor og vakker S-foldning med isoklinalt fall mot S, karakteriserende tektonikken her ved NV-grensen.

Foslie fremhever (1942) at lokale foldninger også opptrer innenfor grønnsteins-synklinalen, og i tilslutning til ovenstående karakteristikk av de tektoniske forhold ved NV-grensen (1944), påpeker han at slike storfoldninger også finnes innenfor grønnsteinsområdet, men der er mindre iøynefallende enn hvor ledehorisonter opptrer. «En tør si at i sin alminnelighet kan malmføremstenedes uregelmessigheter (f.eks. ved Gravdal i V) heller forklares ved slike

foldninger enn ved forkastninger, som selv ved de største *brudd-spalter* bare har få meters spranghøyde.»

De blå stiplede linjer på kartet betegner disse tallrike «unge spalter». Som det sees er deres retning stort sett tvers på foldningsaksene og hovedstrøkretningen. Erosionen langs disse omtrent rett-vinklede retninger er bestemmende for distriktets topografi. Foslie anfører at Varaldsoys V og Ø-kyst er helt eller delvis betinget av spaltene, mens N- og S-kysten følger strøket. De to største spalter som går tversover Varaldsoy forkaster Valahei og Nygruvens kistokker, men i begge tilfeller er spranghøyden liten, således 7 m ved Valahei.

N.-H. Kolderup har hevdet<sup>1</sup> at et omtrent N—S-gående sprekkesystem (d.v.s. praktisk talt parallelt med de «unge spalter») er av kaledonsk opprinnelse og har stor betydning for Sunnhordlands topografi., og at bl.a. Øynefjord mellom Varaldsoy og Ølvehalvøya kan henføres til denne gamle generasjon av spalter.

Som det sees av kartet ligger de to — etter hva vi hittil vet — største kisforekomster i distriktet, Valahei og Nygruven, umiddelbart N for hvert sitt epi-gabbro-massiv i grønnsteinssynklinalens sentrale del. Disse gabbroåser på Varaldsoy er 4—500 m høye, men på Ølvehalvøya, hvor der bare er noen få, mindre gabbrokupper, går terrenghøyden bare noe over 300 m.o.h.

Høyeste punkt på Varaldsoy er Grånuten (575 m o.h.), som er bygget opp av en kvartsitt-serie med et opptil 20 m mektig *kvartskonglomerat*, som overleirer grønnsteinsserien og således er feltets yngste sedimentære dannelse. Disse lag danner en vakker mulde med temmelig steile fall mot midten såvel fra N som fra S.

En noe forenklet oversikt over de opptredende bergarter og forekomster, kan til slutt resymeres i følgende oppstilling, hvor romertallene angir den orden de er behandlet på i den petrografiske beskrivelse, overensstemmende med *antatt* aldersfølge. Bergartene *uten* romertall har ikke fått særskilt omtale i Foslies petrografiske beskrivelse. De av disse som har egen fargebetegnelse på kartet er den *eldste* kvartsitt (Bygdavåg), den *yngste* gruppe: *kvartskonglomerat* og *kvartsitt*, Grånuten, og dessuten *kalkstein*. Da betegnelsen for kalkstein på kartet er anbragt under «Fyllitt, det meste bituminøs», gjøres oppmerksom på at kalksteinshorisonen etter utredningen av

<sup>1</sup> N.-H. Kolderup: Vestnorske fjorders avhengighet av kaledonsk tektonikk. N.G.T. Bd. 12 (1931) p. 452.

tektonikken, sikkert må ansees som yngre enn fyllitten. Tremolitt-kloritt-skifer (Palæopikritt) — VIII — har ingen fargebetegnelse på kartet. Den er her anbragt under de infrakrustale bergarter. Endelig må fremheves at Foslie selv ikke har gitt noen konkluderende oppstilling over bergartenes aldersfølge, bortsett fra hva der antydes ved ordningen av fargebetegnelsene på kartet.

V	Kvartskonglomerat og kvartsitt, (Grånuten) Grønnsteinskonglomerat, arkose og gråvakke	Epigenetiske, synorogene svovelløsføremåter
III	Grønnsteinsformasjonen (III og IV) Grønnstein, mere og mindre skifrig, med:	
IV	Klorittskifer og serisittfyllitt, videre	<i>Infrakrustale bergarter:</i>
	jernglansførende kvartsitter, stilpnomelan(?)	VI Epigabbro
	og svovelløsførende jernmalm.	VII Epi-labradorporfyrtritt
II B.	Albitt-kvartsitt (vesentlig langs NV-grensen av grønnsteinsområdet)	VIII Palæopikritt
II A	Kvartskeratofyr (leilighetsvis også klastisk materiale) også som ganger innleiret i grønnsteinen Kalkstein	
I	Fyllitt, for det meste bituminøs Kvartsitt, (Bygdavåg)	

## Summary

by

Brynjulf Dietrichson.

*The pyrite district Varaldsoy—Olve in Hardanger, southern Norway.*

When Steinar Foslie suddenly passed away in November 1951, he had finished the *geological map* here presented: «Kisdistriktet (The pyrite-district) Varaldsoy—Olve i Hardanger», based on field-work during 1942—49. Furthermore his M.S. contained a thorough *petrological description of the rocks* (p. 1 f.) and the *history of the copper-mining* in the Olve-district «Christiansgaves (Lilledale) kobberverk» from the two periods 1642—73 and 1759—85, holding a lot of items based on the study of records (p. 55 f.).

These M.S. are printed unaltered, introduced by the author's own preface. The paper as a whole must be looked on as a basic

draft only: An obviously planned section treating the oredeposits and their mineralogy has not been worked out, yet the facts presented may throw light upon general problems connected with the pyrite-deposits of Norway.

For the years 1851—1912 Foslie had obtained official transcriptions; the period of pyrite-mining on Varaldsøy 1867—88 was of most practical value for the district. In an earlier paper Foslie<sup>1</sup> (1926) has rendered in some detail an account of the geology and resources at the time. Based on these materials and the official mining reports the author of the summary has put together a report for the years 1851—1920 (p. 74) and further a report of the surveying work in the district during the years 1942—49 (p. 81). Of greatest interest is the record of the general results obtained by Foslie in the last mentioned years, a record based on his preliminary reports of 1942 and 1944, verified by the geological map and his petrographical description.

Almost the whole area of the geological map (scale 1:40 000) is a part of the quadrangle B 34 East, *Strandebarm*, Outer Hardanger. In the field also aerophotos (scale 1:12 500) were used. As mentioned in Foslie's preface, a general geological mapping of the Sunnhordland district by professor N.-H. Kolderup, Bergen, is going on. The investigations therefore were limited to the map-area. It is referred to the geological keymap fig. 1 (scale about 1:600 000).

As to the connection with general ore-genetic and tectonical problems, the author of the summary would mention that the distance from Olve to Stord pyrite mines is 40 km SW — along the Caledonian strike-direction. A. J. Skordal<sup>2</sup> has 1948 given descriptions and references from Stord, these being of interest for both pyrite-districts.

As appears from the map the predominant rock in the pyrite-district is *greenstone*, more or less schistose. The term «greenstone» is here used for basic lavas and tuffs only, while the designation «the greenstone formation» is used by Foslie in the same sense as for the widely extended pyrite-bearing group in the Trondheim-district, (The Bymark group of C. W. Carstens referred to Lower Ordovician-Skiddavian) from which many analogies may also be

<sup>1</sup> Steinar Foslie: «Norges Svovelfisforekomster» N.G.U. nr. 127, 1926, p.p. 36—43. In English nearly the same content is found as a part (by Foslie) of the monograph on the Pyrite Resources of the World, Madrid 1926.

<sup>2</sup> l. c. p. 82.

drawn as to the sedimentary rocks included. Foslie pointed out the analogies between the greenstone-formations, but regarded evidently the respective dating as an open question.

The greenstone-formation is strongly tectonized and folded during the Caledonian orogenetic periods, conformable with the bordering Cambro-silurian series, and forms in our district a syncline, with steep dips towards SE along the NW-border — against *phyllite* — rather flat dips towards SE along the SW-border, where a belt of *quartz-keratophyre* and a narrow *limestone-horizon* appear continuous between the greenstone and the phyllite. The formation may easily be followed from Varaldsøy across Oynefjord to the main-land, the Ølve Peninsula, where the syncline-axis curves somewhat towards SSV.

The phyllite-area in the SE-part of Varaldsøy forms an anticline, with isoclinal dips of from 15 to about 30 degrees towards NW. This was confirmed by aid of the above-mentioned limestone-horizon and the quartz-keratophyrbelt, which also appear along the SE side of the phyllite area. Foslie has also found that on the East coast, limestone layers are continuous at Djupviki, and thus belong to the same horizon. At Bygdavåg on the opposite side, *quartzite* appears in the core of the anticline.

Similar tectonics are found in the strike direction further SW on the Ølve Peninsula, where the anticline is tilted still more towards SE, so that an almost horizontally, undulating position of the isoclinal layers has resulted.

Isoclinal foldings — with steep dips towards SE are found along the NW-border of the greenstone syncline. South of Gravdal (on the mainland by Oynefjord) distinctly S-formed foldings are developed in conglomerate beds. Apparently the conglomerate is overlaid by greenstone, but this position is obviously of tectonical and not of stratigraphical origin. The *greenstone-conglomerates* with connected *arkoses* and *greywacke* represent undoubtedly detrital products from the greenstone formation. Besides greenstone boulders (size up to 20 cm) rich in epidote, blue and red (hematite-bearing) quartzitic boulders appear, and are regarded as derived from layers in this formation. The greenstone conglomerates with connected beds may according to Foslie probably be correlated with the wellknown «jaspis conglomerate» in the Trondheim Region,

the deposition of which succeeds the period of volcanic activity. A petrographical comparison with the Moberg Conglomerate at Os in the Bergendistrict<sup>1)</sup> — about 20 km W of our district — is also touched on by Foslie. The general stratigraphical relations are, however, as already mentioned, not discussed.

According to Foslie the irregularities often met with in the ore deposits of the district may be due to the folding tectonics rather than to faults along the many «young fissures» mapped (blue strike- and dotted lines). The vertical displacement along the two major fissures intersecting Varaldsøy and the orebodies of Valahei and Nygruven does not exceed 7 m.

As appears from the map the fissures are about perpendicular to the folding axes and to the strike-direction NE—SW. The erosion along the two rectangular directions dominates the topography of our district.

Another marked feature of the topography of our district are the somewhat higher altitudes of Varaldsøy than on the Olve Peninsula. To a certain degree this may be due to occurrences of rocks not yet mentioned in the summary: The *epi-gabbro*, which has its two largest outcrops some hundred meters from the orebodies of Valahei and Nygruven respectively, and the *quartz conglomerate* and *quartzite* at Grånuten (575 m above sea-level) where a small syncline of this, the youngest layer in our district remains. Both these rocks are hard and enduring against erosion. The *epi-gabbro* and also the *epi-labrador-porphyrite* are described in the petrological section.

As to the value of the ore-deposits hitherto worked, some facts from the historical description have been extracted: About 10 copper-pyrite-mines are marked on the map on the Olve Peninsula, and 9 on Varaldsøy. The copper-production during the first period (1642—73) seems not to have exceeded 15 tons a year, and in the second period (1759—73) not the half of this quantity. From *Jernsmaugel iron-mine* (fine-grained magnetite-ore with pyrite) some 1000 tons were exported during the years 1865—68 and 1911. About 12 000 tons of actual ore are reported left in 1911. The transition in the strike-direction to the non-cupreous pyrite deposit at Dyråsen is

<sup>1)</sup> Kolderup, C. F. and N.-H.: Geology of the Bergen Arc System. Bergens Museum nr. 20, 1940.



of genetical interest, as analogies to stilpno-melanite in the pyrite district of Stord, and also to several occurrences in the Trondheim Region may be drawn.

The Valahei mine on Varaldsøy, prospected by a British company and worked by them during the years 1867—88, yielded 162 000 tons pyrite ore, containing 40—41% S and 0,4% Cu. In 1926 Foslie (l.c. p. 87) confirmed — based on a survey by Norwegian companies during the years 1909—17, in *Valahei and Nygruven* :

Actual ore 148 000 tons  
Probable ore 412 000 »  
Possible ore important

All the other deposits of the district must to-day, as in 1926, be characterized as small, and partly workable only during a favorable state of the market.

Quite extensive zones of impregnation-ores, marked on the map and reported by Foslie, occur in the Ølve-area and on Varaldsøy as well, and may be of importance for judgment of the future possibilities of the district.

In order to avoid misapprehensions a simplified list of the rocks (and deposits) occurring in our district is given as an introduction to the summary of the petrological description. The *lower quartzite* (Bygdavåg), the *limestone* — which according to the synopsis above must be younger than the phyllite — and the upper *quartz conglomerate and quartzite* have had no petrographical treatment by Foslie. The Roman numerals annexed to other rocks indicate the order of treatment, coinciding with the supposed stratigraphical order. It must, however, be pointed out, that no other arrangement of the rocks than that given in the geological map is due to Foslie.

Quartz-conglomerate and quartzite (*Grånuten*)

- V Greenstone conglomerate, arkoses and greywacke. Epigenetic, synorogen pyrite-deposits
- The Greenstone formation (III and IV)
- III Greenstone, more or less schistose, with:

- |      |  |  |
|------|--|--|
| IV   | Chlorite-schists and sericite phyllite, further:<br>hematite-bearing quartzites, stilpnomelane (?)<br>and pyrite-bearing iron-deposits | Infracrustal rocks:<br>VI Epi-gabbro<br>VII Epi-labradorporphyrite |
| II B | Albite quartzite (chiefly along the NW-border of<br>the greenstone-area)   | VIII Paleopicroite   |
| II A | Quartz keratophyre, (some places with clastic<br>material) — also as sills interbedded in greenstone,<br>Limestone                     |  |
| I    | Phyllite, mostly bituminous<br>Quartzite (Bygdavåg)  |  |

### Petrology of the rocks. (I—VIII)

#### 1. Phyllite, mostly bituminous.

The Cambro-Silurian phyllites from 3 separate areas in the map are described (1—3). The mica-schists resting on the pre-Cambrian in Strandebarm, 15 km NE of Varaldsøy, is for comparison also treated in this section (4). The phyllites (1—3) are characterized as uniform all over the map-area, with variations mainly in style of folding and content of bitumina. No eruptive rocks were found, and quartz secretions only occur as microscopic strings in these phyllites.

#### 1. The north-western, great phyllite-area.

(Investigated up to 500 m from the greenstone-border).

All thin-sections show a fine-grained mass (15—20 to 40 $\mu$ ) of quartz, lesser albite (An 5<sub>5-9</sub>, with Na-content of primary origin) muscovite (with small angle of the optic axes) and chlorite (determinable as rumpfite). Most of the phyllites in this area are extremely poor in lime. Only calcite — non-epidote minerals — occur, when lime is present as in the non-bituminous phyllites of Nordøya. As thus no epidote and further no biotite, garnets and potashfelspars occur in these phyllites, a clean Chlorite-muscovite-facies is confirmed.

Microbanding, with 0,3 m/m distance between the folds, marked by bituminous strings, is commonly developed in the phyllites (fig. 1, Pl. I: photomicrograph, as following photomicrographs, with Foslies original description). Traces of the primary and

development of the secondary schistosity are discussed in this connection.

Tourmaline is found in all thin sections in numerous, but very small grains (50  $\mu$ ), and seem to be characteristic.

## 2. The phyllite-area Varaldsøy-Hatlestrand.

The tectonical lowest situated 50 m of the phyllite layers at the southern end of Varaldsøy are poor in bitumina. The only remarkable feature of difference from the more mica-bearing phyllites in the area (1) described, is that biotite is sparsely developed in a few layers. North of Glevika, in the (tectonical) hanging wall of the 50 m layers first mentioned, a narrow belt of somewhat differing phyllite is reported as a sediment mixed with tuff-material, a conclusion based on microscopical investigations. Two samples from localities at Tveitane, NE of Kvitebergsvatn, were investigated. The narrow phyllite bands are here tectonically squeezed between quartz-keratophyre, greenstone and limestone layers. Somewhat high Na-content in the samples, indicates that material of quartz-keratophyre tuffs is mixed with the phyllites.

The mineral-facies of the area (2) is considered to be of a character between chlorite- and biotite-facies.

## 3. The Phyllite by Limbunes.

This minute occurrence on the SE-coast of the Olve Peninsula was investigated for stratigraphical reasons. Based on an alkali analysis a normal phyllitic mineral-composition was computed (p.8). The muscovite is optical neg., with small optic angle, the albite is determined as An<sub>10</sub>. The balance consist mainly of chlorite (ripidolite) and calcite, accessory tourmaline.

The phyllite is of muscovite-chlorite-facies.

## 4. The Micaschist at Ljones, Strandebarm

resting on the pre-Cambrian granite, is as to mineralogical composition almost identical with the phyllites described, somewhat bituminous and very poor in lime, grainsize 15 up to 60  $\mu$ .

Megascopically, however, the appearance is different, with coarsely curved foliation and numerous quartzlumps and lenses. The kneaded character of the whole pack resting on the pre-Cambrian is pointed out, and may be due to thrusting (cf. description of the porphyry at Ljones, p. 99).

## II. Acid supracrustales.

In this section are treated the light-grey, often porphyric rocks of volcanic origin under the common term *quartz-keratophyres* divided into 3 groupes (A, B, C) and further a rock of similar exterior (and minor distribution in our district) the *albite-quartzite*, listed among the metamorphic sediments in the map.

### A. The Quartz-keratophyres.

It appears readily from the map, that the distribution of this rock is limited to the greenstone formation, further that a group of the broad bands with striking regularity accompanies the limestone horizon at the phyllite boundary, for distances up to 16 km. Traces of contact-metamorphic activity in the limestone, and intersecting of the schistosity are nowhere observed, and prove the volcanic origin. Another group of broad, long bands occurs in the greenstone and is termed «Metamorphic quartz-keratophyres in greenstone» (B).

While the broad bands are thus regarded as belonging to covering volcanic beds (presumably mainly pyroclastic?), some of the smaller occurrences of quartz-keratophyre interbedded in greenstone, may be interpreted as hypabyssic sills, and thus somewhat younger. Neither this conclusion, nor a predominant pyroclastic origin of the broad bands is directly formulated by Foslie, but may be suggested by the description. In the smaller occurrences the porphyric structures are often better preserved than in the broad bands. They are described as a «Typical quartz-keratophyres».

The microscopical investigation of about 40 thin sections displays variations, partly due to the chemical composition, partly to tectonic and metamorphic processes. The albite predominates in most of the samples, but also potash-bearing quartz-keratophyres are represented in our district. Potash-dominated types are scarce, a marked difference as to composition being noticeable from the neighbouring porphyre-area on the island Huglo in SW.<sup>1</sup>

The degree of re-crystallisation is in the acid rocks somewhat lower than in the accompanying greenstones. Schistose salic links

<sup>1</sup> N.-H. Kolderup: «En vestnorsk kistførende kvartskeratofyr.» Bergens Museums Årbok 1929, Naturv. rekke nr. 4.

are locally developed as flagstone, and have been quarried in some places marked on the map. — A white weathering-zone, often with black (Manganiferous?) points, frequently covers the surface.

a. Typical quartz-keratophyres interbedded in greenstone.

Rocks from 5 localities, all with the porphyric structure well developed, are described. Another common feature is the absence of biotite, epidote, and potashfelspar, the latter noticeable as faint traces in a few cases.

1. *Gravdal mine.*

From underground drift was taken a sample of quartz-keratophyre intersected by pyrite veins. Albite-phenocrysts compose 21% (weight). In the fine-grained (20–30  $\mu$ ) matrix, albite predominates over quartz. The only dark mineral is chlorite (ripidolite) 7.25%. Further occur calcite, 1.3%. Aggregates of pyrite-hexaeders are obviously a secondary addition. The matrix seems thus re-crystallized, but not silicified. On the microphote (fig. 2, Pl. I) the quartz-phenocrysts are distinct.

2. *Hola, near Fosså by Lygrespollen.*

A narrow belt of keratophyre has folded parallel texture, partly intersected by secondary quartz (commencing silicification). Phenocrysts, matrix and structure as in Gravdal (sample 1). In the microphote (fig. 1, Pl. II) albite is distinct, but quartz is more abundant, chlorite more scarce, accompanied by muscovite. Accessory magnetite is found instead of the pyrite.

3. *Hesten, NW-part of Varaldsoy.*

The quartz-keratophyre from sills E of the mountain Hesten has also handsome porphyric structure with phenocrysts of albite, and bluish, undulating quartz, the latter in up to 2 m/m grains, causing a knotty surface. The matrix bears, besides albite and quartz, numerous small chlorite-flakes and a multitude of minute magnetite grains (5  $\mu$ ). Microphoto fig. 2, Pl. II.

#### 4. *East of Hatlesteinsvatn*

on the Ølve Peninsula, a part of the long quartz-keratophyre-belt is in contact with epi-gabbro of supposed, but not definitely proved, later origin, as no intersecting veins were observed. The structure of the quartz-keratophyre seems preserved by the protecting effect of the gabbro-masses. Phenocrysts of resorbed, undulating quartz (1 m/m) and of albite (1½ m/m) slightly turbid due to sericitic inclusions were observed in a homogeneous matrix of the same minerals (albite predominating-grainsize 20–30  $\mu$ ). The chlorite is of exactly the same type as in (3), of strong green colour, slightly opt. neg. Microphoto fig. 1, Pl. III.

#### 5. *Korshavn, an inlet east of Hyttevågen, Ølve.*

Here occurs fresh quartz-keratophyre with beautiful porphyric structure. Phenocrysts of platy albite (1½ m/m) and rounded, undulating quartz (2 m/m) are visible in a homogeneous matrix (20–50  $\mu$ ). Microphoto fig. 2, Pl. III. Parallel-orientation of platy grains was observed, and band of abundant, minute (10–40  $\mu$ ) rounded grains of magnetite. — Chlorite, epidote, sphene and calcite, probably also potashfelspar, are absent.

#### *Keratophyre without quartz.*

North of the Korshavn inlet, interbedded in the common, epidote-rich greenstone a light, banded rock proved to represent a transitional type between greenstone and quartz-keratophyre, with semi-porphyritic structure, predominantly albite, no quartz and abundant epidote. Characteristic are a few, fine needles of a light-coloured, glaucophane-bearing amphibole.

This type of rock has only been confirmed microscopically, and may probably be of some distribution.

#### b. *Metamorphic quartz-keratophyres in the greenstone.*

The bulk of the acid rocks described under the term quartz-keratophyre is characterized, differently from the types described in sect. A, by relict-porphyritic structures only. In some cases the determination is supported by transitional types. The indistinct structures and the development of a certain crystalline schistosity

are interpreted as due to stronger tectonization. Real plane schistosity does not occur in the acid rocks, when directly interbedded in the greenstone formation.

Rocks from two groups of localities on the NW-part of the Olve Peninsula are described. A common feature as to the composition is extremely dominating sodium, and absence of biotite and potash-felspar. (The analysed rock from Flatafjell, with 2.5% estimated potashfelspar, represents thus an exception).

1. *The mountainous area SW of Vestervik by Øynefjord, and Olveshovda.*

The rock is strongly metamorphic with a confused structure. Relictic phenocrysts of undulating, cataclastic quartz (2 m/m) predominate, partly with ingrown albites. The albite-phenocrysts are as a rule dissolved into sericitic-turbid aggregates. In the matrix of varying grain-size rather abundant muscovite and chlorite have been observed, while potashfelspar, biotite and calcite are absent.

At the summit of *Olveshovda* (opposite side of the peninsula, 17 km SW of Vestervik) the rock is rather similar megascopically and microscopically, only chlorite is absent. Supposed phenocrysts of quartz and albite ( $\frac{1}{2}$  m/m) are less distinct.

2. *The western quartz-keratophyre-belt Terøya-Hallesteinsvatn.*

This belt, about 10 km long and 2—3 km broad, is somewhat more heterogeneous than the other belts, with interbedding of narrow greenstone-bands into the quartz-keratophyre, and similar interbedding of the acid rock in the greenstone — increasing from S towards N. From Flatafjell and farther to N the contrast between the acid and basic rock is often less sharp. The weathered surface of the keratophyre is, however, characteristic; as to the greenstone at Flatafjell mine the analysis p. 35 is referred to.

Transitional types of considerable distribution were mapped as quartz-keratophyre; as an illustration the rock from a lighter band in the hanging wall of *Fossåskar mine* is described, termed as *tuffitic quartz-keratophyre*. The mode, computed from a partial analysis, is found on p. 16. The quartz-phenocrysts are relictic, the albite is determined to  $An_5$ , further is the estimated content of 2.5% potash-felspar remarkable. The chemical composition is dacitic, the parallel-textured character of the rock indicating pyroclastic material, added to by sedimentation.

*The rock at «Olve gullverk» («Olve Gold-mines»).*

is a similar transitional type, with parallel texture, tectonized and metamorphic, as appears from the microscopical investigation in a high an varying degree. One of the samples was taken from a locality where some hundred tons «Chlorite-slate» were quarried and treated in a stamping-mill (in 1886) yielding 3 g gold pr. ton.

C. Quartz-keratophyre and pophyroid on Varaldsøy and at Hatlestrand-Kvitebergsvatn.

1. *Varaldsøy.*

The two parallel belts of acid rocks in the southern part of Varaldsøy have isoclinal dips, and are assumed to represent the same horizon, bilaterally symmetrical to the central phyllite-area of the anticline.

In contrast to the quartz-keratophyres described above, here also rather potassium-bearing types occur; furthermore, the tectonization apparently has been stronger, as a certain crystalline schistosity is common, in some zones a flagstone- and slaty character has been developed.

A section from the *Svinland-area* with samples partly obtained by diamond-drilling, may be regarded as representative. The tectonical and stratigraphical hanging part of the fine-grained, quartzitic looking rock is plane-schistose, and has a sharp boundary to the superposing greenschists. The mode of a partially analysed drilling-core from 110 m depth is found on p. 19, photomicrograph XCI nr. 7. Porphyric structure is visible. A few grains of quartz and platy grains of albite ( $An_4$ ) hold up to 0.2—0.4 m/m, the matrix 20—50  $\mu$ . Sericite occur in very thin flakes, and epidote in thin sticks, parallel the schistosity. Magnetite in small, isomorphic grains is constant distributed.

Other slides from this zone 3 m below the boundary show a similar picture; tectonical lower zones have no distinct plane-schistosity.

Near the interbedded greenschist-belt at *Varanasset*, SW of Svinland, a knotty surface of the acid rock has been caused by phenocryst-like grains (5 m/m), which have proved to consist of orthoclase, some grains altered, probably during tectonization, to



microcline. A porphyroblastic origin of the felspar-knots often met with in the area (albite-knots also occur) is discussed and found less probable.

Fine-grained types of the schistose, knotty rocks, show on the surface a remarkable similarity to the analysed rock from Fossåskar (p. 16), termed as tuffitic quartz-keratophyre, the latter, however, bearing more epidote and chlorite.

In the parallel southern belt plane-schistose acid rock was formerly quarried in zones directly superposed (tectonically but not stratigraphically) by limestone at *Skjelnes*. In the old quarries marked on the map bottombeds of the keratophyre-cover are thus represented in inverted position.

Though megascopically identical with the Svinland-rock, microscopical investigation and a partial-analysis of a sample from these beds proved a *potash-leptitic rock* of mode as given on p. 22. The potashfelspar is characterized as abundant microcline. The structure is granoblastic (grainsize 0.04—0.25 m/m) not porphyric.

Beds in tectonical lower (stratigraphical higher) position bear more muscovite, are still light-coloured and markedly schistose, sometimes with a tufflike surface. Relictic albite-phenocrysts ( $\frac{1}{2}$  m/m) surrounded by small grains of potashfelspar are noted.

Similar types are reported towards Kolbrandsnes, where a couple of limestone layers (2 m thick) are interbedded in the belts. The striking megascopical similarity between the rocks from Kolbrandsnes, Svinlandsnes and Fossåskar, to a certain degree also to the metamorphic rocks of Vestervik and Ølveshovda, is emphasized. The coarser albite-grains in these rocks are regarded as relictic porphyroclasts, an interpretation supported by numerous transitions to keratophyres, with distinct porphyric structures.

While the microcline-rich flagstone-zone of the quarries at Skjelnes is developed 4 km towards W, the plane-schistosity decreases towards E from this localities, and in the continuation of the belt on the island of Sild, more typical quartz-keratophyres occur.

## 2. *Hatlestrand-Kvitebergsvatn.*

The continuation of the upper quartz-keratophyre and porphyroid-belt from Svinland to the mainland is readily traceable both in map and country. Besides the limestone-horizon at the

boundary to the phyllite, and interbedded limestone-layer, also found at Svinland, continues, accompanied by bituminous phyllite.

The flagstone at the quarry NW of Hatlestrand church has the same stratigraphical position as at Skjelnes, and the petrographical character of the zone resting on the limestone at the boundary to the phyllite is also similar for a couple of km towards NE. The zones overlying the interbedded limestone are different, being coarser, gneissic, and bearing among others minerals grains of chessboard-albite, and no potashfelspar. The most coarse-grained development of the acid rocks in the whole district was observed in the upper of these zones at the greenstoneborder on the mountain Vetlebruni; the uneven, weathered surface of the rock is caused by numerous grains (3 m/m) of albite.

Though the stratigraphical position is exactly the same, the continuation of the southern belt from Hestnes on Varaldsøy to the mainland is not so evident as in the northern belt. The quartz-keratophyre and overlying limestone-horizon have both shrunk to narrow bands, the former partly disappearing at Netlandsvägen. These conditions may be due to tectonical disturbances. Farther SW the inversion of the layers to a horizontally undulating position is obvious, as greenstone is found undermost and phyllite on the top in the syncline-shaped area at Fuglebergåsen. From the escarpment of Bjørgane, SE of the hill, marked illustrations to the intensively folding-activity, common in the area, is reported. The limestone and the quartz-keratophyre are obviously rolled out, but the microscopical character of the latter is the same as described above. Plane-schistosity does not occur in the area.

*Non-porphyrific acid rock at Sandvik, Varaldsøy,*

is closely connected with epi-labrador-porphyrific, partly without sharp boundaries. In the even-grained (0.4—0.7 m/m size) rock albite predominates and quartz is abundant. A probably hypabyssic connection to Trondhjemite — nowhere recorded as plutonic rock in our district — is suggested.

*The porphyric rock on the Ljones Peninsula, Strandebarm,*

(North-east of the map-area) — is megascopically very similar to the quartz-keratophyres described, and was investigated for comparison. The porphyric structure is megascopically visible, scattered,

2 m/m grains contrasting a fine-grained, somewhat heterogeneous matrix. Microscopically, rounded grains consisting of chessboard-albite have been observed. In the matrix potashfelspar seems predominating over albite and quartz. (Microphoto XCIX nr. 29).

Finally some petrological remarks are made as to the probable continuation of our quartz-keratophyres towards SW in the porphyre-area at Huglo, described by N.-H. Kolderup (1929 l. c.<sup>1</sup>). According to more recent investigations, the average content of potassium in the Huglo-porphyrines is considerably lower than indicated by the single analysis quoted in 1929.

### *II B. Albite-quartzites.*

These rocks occur in layers often 30—50 m thick along the North-western border of the greenstone formation, that is in an analogous position to the quartz-keratophyre in SE: accompanied by a marked limestone-layer and besides by abundant sediments, derived from the greenstone formation.

Megascopically they are very like the quartz-keratophyres without distinct phenocrysts. Partial analysis and microscopical investigation of samples, taken as representative, showed 80% quartz. (Mode p. 29). The structure is granoblastic, grainsize 0.4—0.3 m/m. The quartz is strongly undulating.

The composition is characterized as exceptional, compared with sedimentary quartzites, and the rock must be closely related to the quartz-keratophyres. A zone, mapped as albite-quartzite (at Brothølen, Olve) is adjoined by ordinary quartz-keratophyre. Foslie discusses, whether some parts of the zone may represent silicified keratophyre, quartz-rich tuffs or transitions to ordinary sediments, which constitute the bulk of the zone.

On the south-coast — at Limbunes-Ulvenes — albite-quartzite accompanied by limestone (but not by keratophyre) has been mapped. The microscopical picture of the rock is exactly the same as that of the analysed sample.

### *III. Greenstones.*

These rocks are predominating and consistent in the mapped area. Type-variations may be due to different original structures

<sup>1</sup> N.-H. Kolderup: «En vestnorsk kistforende kvartskeratofyr.» Bergens Museums Årbok 1929, Naturv. rekke nr. 4.

or to the degree of tectonization. Most types are extremely schistose and intensively folded.

Where comparatively well delimited a massive type with epidote-lenses (8—8" size) is shown on the map. The type is common in the Grong-district, and is not related to pillow-lava-structures (variolites), which are not recorded in our district.

As for the rest, the greenstones vary from coarse-schistose through thin-schistose to chlorite-rich greenschists, the surface being often full of holes indicating disintegration of calcite.

Narrow phyllitic layers sometimes alternate with the typical greenschists, and are regarded as sediments, as the layers and lenses of blue-quartzites frequently met with, and as the broader belts of tuff-mixed «Chlorite schist and sericite phyllite» marked on the map and separately described (IV). The phyllitic parts of the greenstone formation may easily be confused with non-bituminous layers of the phyllite-areas.

Furthermore the greenstones were originally composed of alternating beds of lavas, tuffs, and ashes. This composition of the series has led to a low tectonical competence, and thus the rocks are mostly highly schistose and preserve no traces of original structures, in contrast to the somewhat younger infra-crustal epigabbros. Both rocks are in *Common greenschist-facies*.

The more common mineral-composition of the greenstones is characterized by abundant *albite*, *chlorite* and *epidote*, sparsely or no quartz.

Lower facies, with no epidote, have been found in a few cases only, while the higher *actinolite-greenstone-facies* is more frequent. Ordinary green hornblende is not recorded, bluish colours proving glaucophane to be mixed in the actinolites, a composition obviously stable in the facies.

Attention is called to the complete analysis with computed mode and composition of the minerals pp. 35—36. The sample is supposed to represent the most acid type of the greenstone-lavas.

#### *IV. Chlorite-schist and sericite-phyllite in the greenstone.*

The close connection to the greenstone is characterized above. A connection with the phyllites is also suggested, firstly by sodium-rich keratophyre-tuff material found as a constituent of older phyllite layers at Hatlestrand (p. 92) secondly by long layers of

limestone, with accompanying bituminous phyllite, interbedded in quartz-keratophyre (p. 99). This relation may thus induce an interpretation of conditions and progress of volcanic activity.

The layers in question are distinguished on the map, mainly on Varaldsøy, where a belt, over 100 m thick, occurs.

*Chlorite-schist* from the NW-end of this belt is described as typical, with dominating chlorite (ripidolite), occasional muscovite, and microscopical schlieren bearing albite and some quartz or (in dark ones) epidote and magnetite.

*Sericite-phyllite* from the SE-end of the same belt is likewise taken as typical. Muscovite is here thoroughly predominant, quartz is abundant, coarser grains of chlorite is fairly common. Numerous magnetite-octaedrons (1 m/m) and minute garnets (20—50  $\mu$ ) have been observed, tourmaline is not scarce.

The chlorite-schists are interpreted as of tuffitic origin, while the sericite-phyllites represent alternating normal sediments.

Gradual transitions between interbedded sericite-phyllite and greenstone are further recorded from other belts on Varaldsøy.

#### V. Greenstone-conglomerate, Greenstone-arkoses, and Greywacke.

The distribution of these detrital products is limited to the northern boundary of the greenstone formation.

A regular sequence in an almost vertical position with straight-lined strike occurs in the northern part of Varaldsøy. In a section running from S to N are represented:

Normal greenstone	
Coarse greenstone-conglomerate	
(with gradual transition to:)	ca. 15 m
Greywacke	» 10 »
Albite-quartzite	» 40 »
Limestone	» 15 »
Greywacke	various
Common bituminous phyllite	

The appearance of greywacke between phyllite and limestone is by Foslie characterized as «surprising». The apparent overlying position of the greenstone, displayed in this section is in every case of tectonical origin.

### *The Greenstone-conglomerate*

is uniformly developed, with abundant boulders, up to 20 cm size, is uniformly developed, with abundant boulders, up to 20 cm size, practically only *greenstone*, rich in epidote and with violetish *quartzite* present, that is to say the most resistant rocks of the greenstone formation. The boulders are not very well rounded, not having travelled far from the stratigraphically underlying greenstone. Boulders of Trondhjemite have not been found in the conglomerate itself, but a few well-rounded (far-travelling) boulders of this rock have been found in the arkoses. It is remarkable that no quartz-keratophyre boulders were found.

While the conglomerate layers are straight-lined for more than 3 km on Varaldsoy, their continuation towards East and towards West — on the mainland — are intensively folded. Farther towards W a gradual transition into fine-grained detrital masses occurs.

### *The Greenstone-arkoses.*

The greenstone-coloured rock is comparatively uniformly developed in the different areas, sometimes with interbedded albite-quartzites.

Based on partial analysis of a sample from Øyarhamn, Varaldsoy the mode has been computed (p. 43). According to microscopical investigations of samples also from other localities the minerals are characterized as follows:

Albite ( $An_8$ ) in different sized grains, sometimes chessboard-albite, biotite is a very characteristic constituent, quartz occurs predominantly in coarser grains, epidote is abundant.

Some far-travelling material has been found, including the Trondhjemite-boulders mentioned.

### *The Greywacke.*

Transitions from the arkoses are frequent, comparisons displaying similar structures but smaller grains and a higher content of muscovite, representing normal sedimentary material.

The stratificated, fine-grained greywacke, occurring between limestone and phyllite in the section mentioned p. 102, has mode computed p. 43 from partial analysis.

Photomicrograph XCVIII nr. 17 is of greywacke from Øyarhamn.

#### VI. *Epi-gabbro*<sup>1</sup>.

The rock is massive, comparatively light-coloured and spotted. As indicated by the term introduced and also touched on above, structural, not chemical and metamorphical differences have caused the sharp borders between the supposed somewhat younger intrusions and surrounding extrusions (greenstones).

A sample taken north of Demmevatn, from the largest epi-gabbro-area on Varaldsoy has been completely analysed, the mode and composition of the femic minerals computed (p. 47).

Characteristics of some minerals, taken from the description as follows: *Green hornblende* has grainsize about 2 m/m, and is the oldest femic mineral, as no pyroxen is left. The uralitic hornblende is to a great extent altered in situ to colourless *Actinolite*. *Chlorite* occurs as almost colourless pro-chlorite, also connected to hornblende. The *albite*, (An), has grainsize about 2 m/m, is most turbid of clino-zoisite. The Clino-zoisite contains 7 mol. % Fe-epidote.

Extremely light-coloured samples from the same area show further alternation, and consist virtually only of actinolite- and epidote-minerals.

*The gabbro north of Svevatn* (on the mainland) is also light-coloured, and bears abundant secondary calcite and much albite, coarsegrained epidote-minerals and sparsely actinolite.

#### *The gabbro by Hatlesteinsvatn*

is darker, due to higher iron-content colouring the chlorite and glaucophan-bearing amphibole, actinolite is lacking.

A small gabbro-boss 2 km SSW of the locality mentioned, bears more albite (An<sub>5</sub>), Chlorite and epidote here entirely substitute the hornblende.

Different degrees of a very thorough metamorphosis are thus represented, but the massive structure is everywhere preserved.

#### VII. *Epi-labradorite-porphyrite*.

This rock occurs mainly on Varaldsoy in the form of very long and narrow bands interbedded in the greenstone parallel the texture, being without intersections.

<sup>1</sup> The prefix «epi» is here used by Foslie for igneous rocks, totally re-crystallized in the facies of the epizone, but with determinable original structure preserved.

The complete analysed drilling-core from Svinland (p. 50) may be regarded as representative. The light grey-green matrix is parallel-textured and forms 66% of the rock; white phenocrysts of albite ( $Or_5Ab_{84}An_{10}$ ) size up to  $10 \times 5$  m/m form 34%, are isometric or partly secondary elongated, and prove to be filled up with microscopical grains of clino-zoisite.

The porphyrite differs from the gabbro and the greenstone in having a certain content of potassium, represented in the constitution of the albite, and in the muscovite, a mineral not found in the former rocks. The high content of clino-zoisite is due to the originally extremely basic character of the porphyrite.

### VIII. Tremolite-chlorite-schist. (*Palae-picrite*).

#### *The old «soapstone»quarry south of Gravdal.*

The light greenish-grey rock has a silky lustre, is schistose and small-folded and breaks into styloid-formed pieces, not so soft as soapstone. About 4 000 tons were quarried, milled, micronized and used as filler (gramophone-records) during World-war II. Based on an analysis, and microscopical investigations (p. 52) the simple mode has been computed: 52.5% chlorite, faint green, supposed chrome-bearing, 44.3% tremolite, as swarms of extremely fine needles, feather-formed re-crystallized, and 2.7% sphene in isometric grains, up to 0.05 m/m size.

#### *«Soapstone-schists» at Kvitebergvatn.*

This rock, in other respects analogous to the Gravdal-rock is more plane-schistose, the two main minerals chlorite and tremolite having identical optical characteristics in samples from the two localities. Photomicrograph fig. 2, Pl. IV.

The «soapstone-schists» may form km-long bands interbedded in the greenstone. The field-appearance is thus entirely different from the olivine- and serpentinite-bosses, so common in the Norwegian Caledonides.

Compared with the peridotites our rocks have a higher content of Ti, Al and Ca. Most peridotites are — as our rocks — extremely low in alkalis. Attention is, however, called to descriptions of pronounced plutonic peridotitic rocks containing some alkalis.



A comparison with recent picrite-basalts described in literature likewise referred to (p. 54) displays a close chemical similarity to our rock, except for the total content of alkalis, which in the recent rocks never goes below 1.5%. The absence of alkalis in our palæo-picrite may be due to secondary leaching, an interpretation, however, weakened by the fact that 5.56% CaO remains in our rock.

PLANSJER

## Pl. I.

Fig. 1.  $\times 22 \pm$  lys. B. Dietrichson fot. Foslies tynnslipeske XCVIII nr. 14, merket: *Fyllitt, Ø.skråning, Dalåsen, Øyerhamn 12./7. 44*, med fig. beskrivelse:

Overordentlig fin mikrofolding med ca. 0,3 mm avstand mellom foldene. Vanlig kornstørrelse 15—20  $\mu$ . Vakker falsk skifrihet parallell foldningsplanene, markert i mikroskopet, lite markert i stoff. På disse parallelle plan synes det meste av skiferens moderate bitumeninnhold å være samlet.

Femiske mineraler overveiende. Sericitt og sparsommere en lyst grønnlig kloritt. Litt større individ. Små kvartslinser. Atskillige uhyre små korn av rutil, mulig også titanitt. Grunnmassen rikelig kvarts; atskillig mindre albitt ( $An_6$ ). Noen små kalkspatkorn i grunnmassen.

*Phyllite, E-slope, Dalåsen, Øyerhamn. (Summary p. 80).*

Fig. 2.  $\times 22 + n$ . B. Dietrichson fot. Foslies tynnslipeske XCIX nr. 8, merket: *Kvartskeratofyr, Gravdal gruve — i dagen. 23./7. 47*, bilagt med fig. beskrivelse:

Porfyriske innsprengninger av undulos *kvarts*, opp til 2 mm, ingen feltspatporfyr. Grunnmassen sliret. En hel del er ytterst finkornig, 5—10  $\mu$ , og disse fører rikelig feltspat, en del er grovere, 50—100  $\mu$ , og disse er helt overveiende *kvarts*. En del av dem har karakter av  $\pm$  årer og kan ledsages av litt *kalkspat*. Der finnes også noen større korn, 0,2 mm, av feltspat, og disse er *albitt*. Den er visstnok også overveiende i de finkornigste slirer, men det kan ikke sikkert avgjøres om *kalifeltspat* finnes. Atskillig av *kloritt*, nesten fargeløs, opt. + med fhv. sterk dobbeltbrytning. Den ledsages av en del *serisitt*. Ingen biotitt eller epidot. Litt fingrynet *titanitt*. Atskillig små krystaller av *svovelkis*.

*Quartz-keratofyre, Gravdal mine. (Summary p. 83).*



Fig. 1.

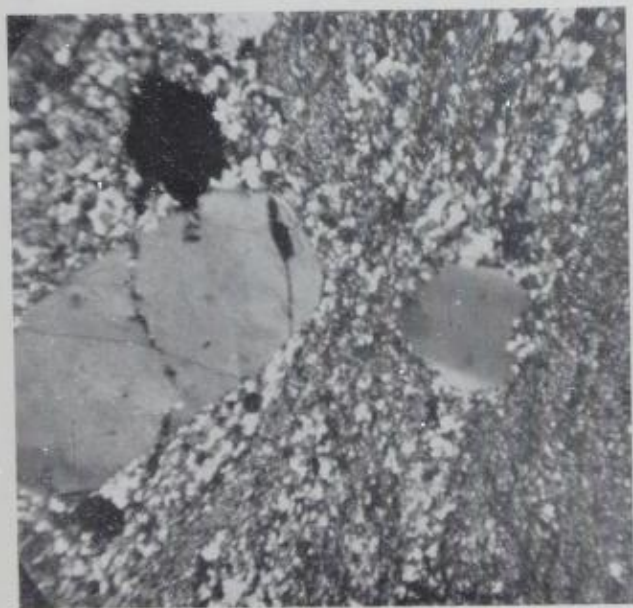


Fig. 2.

## Pl. II.

Fig. 1.  $\times 22$ , + n. B. Dietrichson fot. Foslie: tynnslipeske XCIX nr. 15, merket: *Kvartskeratofyr*, N for Høla, Fosså 10./7. 47, bilagt med følgende beskrivelse:

Meget frisk. Meget finkornig grunnmasse 10—50  $\mu$  av overveiende albitt, atskillig kvarts. Kvartskornene de største. Neppe noe kalifeltspat. I denne vakre albitt-innsprengninger, opptil 1½ mm skarpt begrenset. Ingen kvarts-innsprengninger. — Flere parallelle, forholdsvis skarpt begrensede bånd, grovere 50—200  $\mu$ , omtrent bare kvarts, ledsaget av atskillig kalkspat og enkelte små muskovittblader. Virker som en forkvartsning. Meget sparsomt av bittesmå kloritt-blader, sterk grønn, opt. +. Ingen biotitt eller epidot, ubetydelig titanitt, noen få små krystaller av magnetitt. 3—4 mm brede linser som raker opp på overflaten er kvarts.

*Quartz-keratophyre, N of Høla, Fosså. (Summary p. 83).*

Fig. 2.  $\times 22$ , + n. B. Dietrichson fot. Foslies tynnslipeske XCVIII nr. 9, merket: *Kvartskeratofyr*, Ø. del av Hesten, Varaldsøy 13./7. 44, bilagt med følgende beskrivelse:

Vakre porfyrrinnsprengninger, ½—2 mm både av kvarts og albitt, forholdsvis skarpt begrenset mot en jevnkornig grunnmasse. Begge kan undertiden være rundete, albitten kan også være listeformet. Grunnmassen 10—25  $\mu$  er kvarts og albitt, neppe noe kalifeltspat. Oppfylt av uhyre små skjell av kloritt, sterkt grønn, opt. + indigoblå anom. interf. farge. For enden av porfyrene noe grovere. Vesentlig her er også noen spredte blader og strenger av muskovitt, meget sparsomt og ujevnt. Ingen biotitt, epidot, kalkspat. I grunnmassen tallrike, uhyre små korn av magnetitt. Porfyrene rager opp som korn på overflaten.

*Quartz-keratophyre, E-part of Hesten, Varaldsøy. (Summary p. 83).*

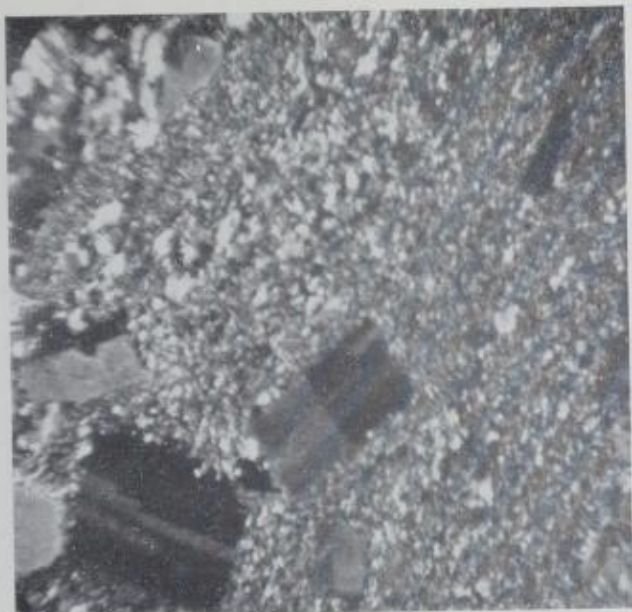


Fig. 1.



Fig. 2.

### Pl. III.

Fig. 1.  $\times 22$ , +n. B. Dietrichson fot. Foslies tynnslipeske XCIX nr. 11, merket: *Kvartskeratofyr*, Halvøy Ø.siden av Hatlesteinvatn 14./7. 47, bilagt med følgende beskrivelse:

Store tildels rundete undulerende *porfyrkvartser* og store mer kryst, begrensede *porfyralbitter*, men også da undertiden distinkt tendens til rounding. Sparsomt utsondring av serisittblader.

I grunnmassen sees undertiden tydelig keratofyrisk struktur, et par steder også granofyrstruktur, men som regel den vanlige småkornige utvikling, 20—50  $\mu$ , distinkt mer feltspat enn kvarts. De store feltspater utelukkende albitt, det samme synes være tilfellet i grunnmassen, idet kalifeltspat ikke med sikkerhet er påvist. Porfyrene opptil 1 mm.

*Kalkspat* sparsomt, og ujevnt fordelt. *Kloritt* og *muskovitt* begge sparsomt, undertiden tverstilt, ofte sammenvokset. Kloritten er sterkt grønn, ytterst svakt opt.  $\div$  med utpreget indigoblå anomale interf. farger. Helt ubetydelig *epidot* et par steder sammen med kloritten, ubetydelig *titanitt* og *apatitt*, ingen *biotitt*. Meget sparsomme, uhyre små korn av *Tagnetitt*.

*Quartz-keratofyre, Pennsula E. of Hatlesteins-lake. (Summary p. 84).*

Fig. 2.  $\times 22$  +n. B. Dietrichson fot. Foslies tynnslipeske XCII nr. 30, merket: *Kvartskeratofyr*, Korshavn, Ølve 29./7. 45, bilagt med flg. beskrivelse:

Vakker porfyrisk, størrelsesorden 1 mm. *Albittene* skarpt begrenset, undertiden tavler opptil 1½ mm, *kvartsene* rundete, unntagelsesvis opptil 2 mm, undulerende.

Grunnmassen forholdsvis ensartet kornig eller tendens til parallelle orienterte tavler, 20—50  $\mu$ , jevn blanding av *kvarts* og *albitt*, albitten noe overveiende. Ikke sett kalifeltspat. *Magnetitt* atskillig, som uhyre små, 10—40  $\mu$  runde korn, sliret båndvis anordnet, bare i grunnmassen. *Epidot* i ytterst sparsomme korn, noen lokale skjell av grønn *kloritt*, opt. svakt  $\div$ . Helt mangler *biotitt*, *muskovitt* og *kalkspat*. (Selv de porfyriske albitter er som regel ikke grumset.) Ingen kvartsårer.

*Quartz-keratofyre, Korshavn, Ølve. (Summary p. 84).*



Fig. 1.



Fig. 2.



#### Pl. IV.

Fig. 1.  $\times 22 + n$ . B. Dietrichson fot. (sort stripe er sprekke i preparatet). Foslies tynnslipeske XCVIII nr. 27, merket: *Kvartskeratofyr* med feltspatknuter, Kolbrandsnes, Varaldsoy 21./6. 49, med følgende beskrivelse:

Ligner foregående (nemlig kvartskeratofyr, nr. 26, XCVIII, Kunes pr. Ferjevåg 21./6. 49 som i sin tur angis å ligne kvartskeratofyr S.del av (øya) Sild, nr. 2, XCVIII 5./7. 44) kanskje enda mer *muskovitt*, ingen biotitt, noen høyst ubetydelige skjell av *kloritt*. *Kalkspat* omtrent som i forrige, ofte sammen med kvartslinsene. *Apatitt* atskillige korn. Bergarten skiller seg fra foregående ved tallrike små *epidot*-korn, fortrinnsvis sammen med muskovitten. En del aggregater av finkornig *titanitt*.

*Albitt* «porfyroblastene» noe større, opptil  $1\frac{1}{2}$  a 2 mm og vesentlig i enkelte bånd. De indre deler av dem er tett oppfylt av små skjell av muskovitt og en del små gryn av epidot. Som regel en randzone av klar albitt. Utmerket  $\alpha$ -snitt utslukning  $\div 13$ ,  $\sigma$ :  $An_2$ . Kalifeltspat kan ikke påvises. Grunnmassen rikelig *kvarts* og en del *albitt*.

*Quartz-keratophyre with feldspar-knots, Kolbrandsnes, Varaldsoy.*

Fig. 2.  $\times 7\frac{1}{2} + n$ , Johs. Færden fot. Foslies tynnslipeske XCH nr. 10, merket *Tremolittskifer* fra Kjodes «talkbrudd» Gravdal 26./7. 44, med beskrivelse:

Omtrent monomineralsk skifer av fargeløs hornblende (*tremolitt*?)? vel 1.630.

*Tremolite-schist (Paleo-picrite) «Soapstones-quarry S of Gravdal (Summary p. 105).*

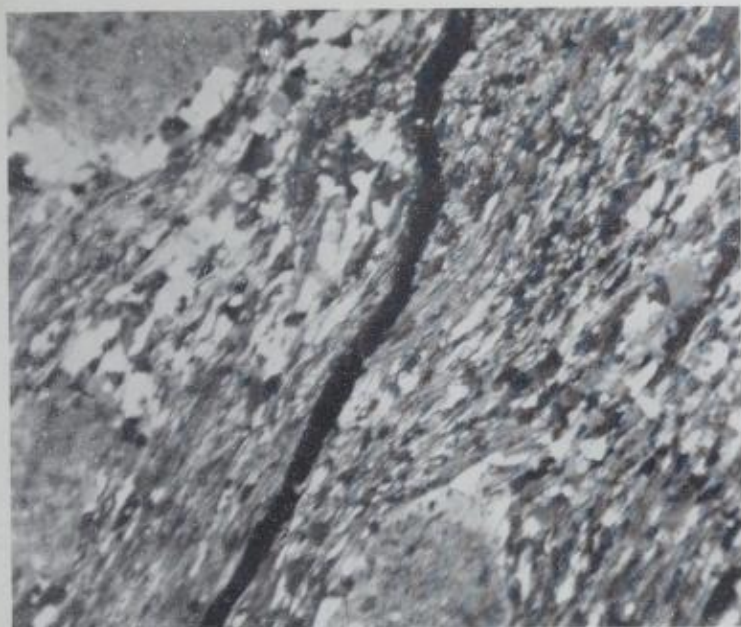


Fig. 1.



Fig. 2.



Reproduksjonstegning: S.K. Andersen

