

27859

7.00
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE NR. 200

ÅRBOK

1956

UTGITT VED
SVEN FØYN

Direktor

— 00 —

NBR-DEPOTBIBLIOTEKET
POSTBOKS 278 - 8601 MO

OSLO 1957

I KOMMISSJON HOS H. ASCHEHOUG & CO.



Innhold

	Side
Tony Van Autenboer and Finn J. Skjerlie: Brannerite, a new mineral in Norway. <i>Sammendrag</i> : Brannerite, et nytt mineral i Norge.	5
Brynjulf Dietrichson: Valdressparagmitten og det såkalte gabbrokonglomerat i Sjudalen. Med 2 plansjer og 10 tekstfigurer. <i>Abstract (in English)</i>	8
Rolf W. Feyling-Hanssen, Per Chr. Sæbø and John W. Wilhelmsen: A clay sample from Tangen brickwork. With 3 textfigures. <i>Sammendrag</i> : En leir-prøve fra Tangen teglverk	42
Per Holmsen: De eokambriske lag under hyolithussonen mellom Čarajavrre og Časkias, Vestfinnmark. Med 2 tekstfigurer. <i>Summary</i> : The Eocambrian beds below the Hyolithus-zone between Čarajavrre and Časkias, Western Finnmark	47
Christoffer Oftedal: Jomaforekomstens blokkvifter. Med 2 tekstfigurer. <i>Summary</i> : The glacial transport of ore boulders from the Joma occurrence	51
Steinar Skjeseth: Kvaliteten av grunnvann. Meddelelse fra Vannboringsarkivet nr. 5. Med 7 tekstfigurer. <i>Summary</i> : Quality of ground water	55
Steinar Skjeseth og F. M. Vokes: Blyglansforekomst på Krækkjaheia, Hardangervidda. Med 2 tekstfigurer. <i>Summary</i> : A lead deposit near Krækkjaheia, Hardangervidda	68
F. M. Vokes: Some copper sulphide parageneses from the Raipas formation of Northern Norway. With 3 plates and 8 textfigures. <i>Sammendrag</i> : Noen koppermineralparageneser fra Raipasformasjonen i Nord-Norge	74
F. M. Vokes: On the presence of minerals of the linnaeite series in some copper ores from the Raipas formation of Northern Norway. With 1 plate. <i>Sammendrag</i> : Om tilstedeværelsen av linnaeite-mineraler i noen koppermalmer fra Nord-Norge	112
Norges geologiske undersøkelse. Årsberetning for 1956. Ved direktør Sven Føyen 121	
Fortegnelse over Norges geologiske undersøkelses publikasjoner og kart	143

Brannerite, a new mineral in Norway

BY

TONY VAN AUTENBOER AND FINN J. SKJERLIE

During a radiometric survey of the Modum area, together with state geologist Thor Siggerud, various types of radioactive mineral occurrence have been found. One proved to contain brannerite, which is the first discovery of the mineral in Norway.

This mineral occurs adjacent to the main road 300 m W of Haugfoss bridge (near Åmot in the Modum district of Norway). It occurs in more or less open fissures (dip 45° W) with a maximum width of half a centimeter, in a pressed greenschist of the Bamble formation. To the W this greenschist grades into an even more crushed rock-type showing a breccia structure. Some pegmatites can be observed not far from this place, and a genetic relation seems probable. The main rock contains the following minerals: Albite in very irregular grains with strongly undulating extinction; bluish-green actinolite, often altered to penninite, which shows abnormal bluish interference-colours; orthorhombic zoisite in rounded grains. As accessories occur ilmenite partly altered to leucoxene, rutile and quartz.

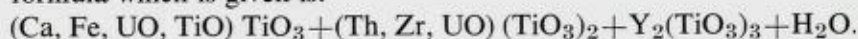
The mineral separation was carried out as follows:

The rock was crushed and sieved. Treatment with tetrabromethane took away the lighter components, while magnetic separation removed the rutile and ilmenite, leaving the brannerite in the 0.6A and 0.7A fraction (Tilt 10° Lift 15° Frantz Isodynamic Separator). Finally some grains were picked out under the microscope. Radio-

metric checking of each fraction accompanied the operations, and autoradiographs were taken both of the thin section and the last fraction of the separation. An X-Ray determination (Debye — Scherrer diagram) was kindly performed by Knut Bryn (Mineralogical and Geological Museum of the University, Oslo.) We are also grateful to J. Haaland of the Institute for Atomic Energy at Kjeller for a spectrographic analysis of the mineral.

Description of the mineral.

A first description was published by Hess and Wells in the Journal of the Franklin institute of February 1920. Chemically it is considered as a hydrated metatitanate of various bases, and the formula which is given is:



Syst. Monoclinic. $G = 4.5$ to 5.43 . $n_{Li} = 2.26$ $n_{Na} = 2.30$.

The mineral was first considered as rare, but seems to have become more common. In the Blind-river area it occurs in a conglomerate, similar to the Witwatersrand-conglomerate, and has a supposedly hydrothermal origin. In Kelly Gulch it is found in a gold placer coming from nearby pegmatites.

The mineral found at Haugfoss is blackish-brown with H 4 to 5; it presents a prismatic tendency and is strongly radioactive. The maximum grain size was about 3 mm. It is soluble both in HCl and HNO₃.

In thin section it is brown with a yellowish tinge. It contains inclusions of plagioclases (often saussuritized) and dark minerals. Straight fissures cut the mineral in all directions. It is isotropic.

The X-Ray determination showed that the mineral was highly metamict, and the sample was heated (1000°C) to restore the crystal lattice. The diagram obtained proved to be identical with one obtained from a Brannerite sample from Bou Azer (Morocco).

The spectrographical analysis showed the presence of abundant U, Th, and Ti with smaller quantities of Y, Ca and Fe. No Zr was present, but Th seemed to be more abundant than usual. These results agree with the formula given by Hess and Wells. No other rare earths were observed.

It is the writers' opinion that the mineral is of hydrothermal-metasomatic origin, and must be considered as belonging to a mesothermal deposit.

Sammendrag.

Brannerit, et nytt mineral i Norge.

Ved uranundersøkelser på Modum, ble mineralet brannerit påvist for første gang i Norge. Det forekommer ved hovedveien 300 m vest for Haugfoss bru. Mineralet opptrer på mer eller mindre åpne sprekker i en presset grønskifer tilhørende Bamble-formasjonen. Sprekkene kan ha en maksimal vidde på 0,5 cm.

Mineralet ved Haugfoss er brunsort med H 4 til 5. Det er løselig i HCl og HNO₃. Mikroskopisk er det brunt med et gult skjær, isotropt og fører inneslutninger av plagioklas og mørke mineraler. En røntgenbestemmelse viste at mineralet er identisk med brannerit. Ved en spektrografisk analyse ble påvist elementene U, Th og Ti samt mindre mengder Y, Ca og Fe. Th synes å opptre i noe større gehalt enn vanlig.

Forfatterne antar at mineralet er dannet hydrothermal-metasomatisk.

Valdresparagmitten og det såkalte gabbrokonglomerat i Sjødalen

AV

BRYNJULF DIETRICHSON

Med 2 plansjer og 10 tekstfigurer.

Abstract.

The author sticks to his opposition against Trygve Strand's interpretation (NGU årbok 1955, pp. 43-56) of the metamorphic greenstone with Trondhjemitic veins in Sjødalen as «gabbro-conglomerate» of the Valdres Sparagmite sequence.

He agrees with professor Strand in emphasizing the importance of the Valdres Sparagmite as a most valuable guideformation in the Caledonides. However, it seems that important facts in V. M. Goldschmidt's (1916 A) masterly description of this Caledonian flysch-formation have been disregarded in interpretations of the tectonical chronology of the Caledonides, though the formation occurring between the two Jotun Eruptive Nappes probably provides the most convenient key for solving this fundamental problem. In this respect the author may refer to a recently published extensive description of the Caledonides in Southern Swedish Lapland by O. Kulling (1956) who postulates an Eo-Cambrian age for the Valdres Sparagmite (l.c.p. 286) and declares (p. 296) «the argumentation for Ordovician nappe formations is not valid».

Intending definitely to reject this postulate, and at the same time to give the background and justify his opposition against Strand's «gabbro-conglomerate» of Sjødalen, the author has first summarized some of Goldschmidt's observations and his own investigations in the NE-part of the Valdres Sparagmite area, where the gabbrodetritus-

arkoses with adjoining conglomerates occur, and verified the exposé by analyses and photos from several years' work in the district. From the larger SW-parts of the Valdres Sparagmite-area Trygve Strand's detailed mapping forms the foundation, while farther to the W and to the NW of the Jotunheim-syncline vast areas and outcrops of the interesting formation remain inadequately investigated.

In «Acknowledgement» to his last paper in NGU series (1955, p. 54) the author expressed his gratitude to Dr. Trygve Strand for his stimulating opposition, and still he appreciates Strands maintenance of valuable traditions in the culture debates of our country.

I.

Den viktigste erkjennelse til oppklaring av Jotunheimens tektonik og dermed til løsning av det norske «Høyfjellsproblem» ble formulert av Trygve Strand (1938, p. 68) i Summary til kartbladsbeskrivelsen for «Nordre Etnedal» således:

«Subsequent to the deposition of the Cambro-Ordovician sediments the first set of igneous massifs were thrust forward. Then followed erosion, especially of the igneous rocks, the present massif of Røssjøkollene is probably only a remnant of a much more extended nappe. Later the Valdres Sparagmite was deposited and was finally overridden by the great Jotunheim igneous massif» — — —

Forholdet kan ikke sees å være presisert like tydelig i den norske tekst, men det fremgår til evidens av kartlegningen, og er senere verifisert av Strand selv og av forfatteren på de omgivende kartblad. Strand (1951, p. 27, p. 34) har senere fremhevet den dype erosionsdiskordans under Valdressparagmitten. Denne fremgår tydelig av de relativt tynne erosionsrester som i disse strøk er levnet av det kanskje flere km mektige undre Jotunruptivdekke. Et annet forhold, som får stor interesse, etter at 2 Jotunruptivdekker er utskilt i tid og rom ved Valdressparagmitten, er det som Goldschmidt (1916 A. p. 24) fremhever fra gabbrokonglomeratets typeområde, Dokkfjellstrøket (på Synnfjellbladet, nær dets vestgrense mot N. Etnedal), nemlig: «I den sydøstlige del av området viser gabbrokonglomeratet ingensomhelst metamorfose, som er yngre end sedimentationen. Der har fundet sted diagenetiske omsætninger. Langs sprækker er der avsat kalkholdige zeoliter, epidot, kvarts og kalkspat, men nogen virkelig metamorfose kan ikke påvises. Konglomeratet under sydranden

av gabbromassene i Fukhammer—Rødsjøkampen-feltet viser derimot etter Münster en tildels tydelig presning.»

Under sin omtale av Valdressparagmittene nevner ikke Strand (1938, p. 40—49) dette forhold, og det er heller ikke bemerket av Holtedahl (1953, p. 302—308), som ellers utførlig omtaler dette «sedimentkompleks av stor interesse», men anfører (p. 305) «I strøket ved Dokkvann langt i sydøst opptrer (presset) gabbrokonglomerat — — —.» Det var jo nettopp p. gr. av gabbrokonglomeratets upressede og umetamorfe karakter, Goldschmidt (l. c. p. 17 ff.) kunne trekke sikre slutninger om moderbergartenes metamorfose før innleiringen i konglomeratet, og det er på hans mesterlige petrografiske beskrivelse vi kan bygge videre, når større klarhet nå er vunnet om tektonikken. For øvrig kunne jeg allerede i min avhandling (1950, p. 122), hvor tverrfoldning NE—SW var hovedemne, skrive: «En unngår forestillingen om skyveplan i selve dagoverflaten, der dekkmasser under bevegelse skulle ha vært utsatt for erosjon langs sin front, og så ha overkjørt sin egen detritus, en forestilling som Goldschmidt (1916 A., p. 50) selv betegner som dristig og stridende med aktualistisk oppfatning». Denne forestilling går imidlertid igjen i litteraturen, også hos Holtedahl (l. c. 1953 p. 307). Strand (1938, p. 48) omtaler i særskilt avsnitt «at det på enkelte steder ligger sedimenter som er rike på forvitningsmateriale fra gabbrobergarter like *under* de fremskjøvnede gabbroer» (Røssjøkollene). Samtidig med at Ths. Münsters (utrykte) dagboksopptegetninger verifiseres, fremgår at forekomstene av gabbrodetritus under gabbroplaten er få og små og neppe tillater vidtgående slutninger. Når vi nå kjenner 2 Jotun-eruptivdekker, kan det meget vel tenkes at det øvre eruptivdekket i fronten har skjøvet gabbroflak av det undre dekket et kortere stykke henover egen detritus, avsatt i løpet av den langvarige erosionsperiode. Bevegelsen behøver ikke å ha foregått langs den daværende dagoverflate. I hvor stor grad slike «forskyvninger» av store flak under den siste orogenese preger detaljbildet, fremgår av K. O. Bjørlykkes (1905) konkluderende oppfatning av tektonikken i det sentrale Norge.

Lignende forhold med Valdressparagmit i tektonisk posisjon både over og under den sedimentgivende pakke er kjent såvel fra Espedalen som fra Grønsenknipa i Vestre Slidre (Goldschmidt 1916 A p. 35 ff.). Den «korketrekker-formige» lagstilling finner nå sin forklaring ved tverrfoldning forårsaket ved kompresjon NE—SW. Som

vi har hatt 2 fremrykkinger fra NW av Jotuneruptivdekker, har vi hatt 2 kompresjonsperioder NE—SW, som i denne retning synes å ha utløst seg med vekslende styrke av karakter «plis de couverture», under senere faser av eruptivdekkenes fremglidning, da disse og deres basaltiske substrat nådde større stivhet enn nær rotsonen. Såvel eruptivdekkenes bevegelse som tverrkompresjon synes betinget av dypfoldning (plis du fond) med akse NE—SW i substratet.

Th. Vogt (1954) har påvist den *siste* (ardenniske) kompresjon NE—SW i de norske Kaledonider. Tverrfoldning som må antas å skyldes en tilsvarende kompresjon er nylig utmerket beskrevet fra det sentrale høyland i Skottland (King & Rast, 1956). En generell sammenheng mellom hovedfoldning og tverrfoldning i fjellkjeder (også prekambriske) på grunnlag av dette syn på den tektoniske stil i de skotske Kaledonider ble hevdet under diskusjonen i Geological Association etter B. C. Kings foredrag.

Uppresst Valdressparagmitkonglomerat korrelerbart med Goldschmidts i Dokkvannstrøket ble funnet av C. Bugge og av forf. (1945, p. 36) på Feforkampen. Disse sørøstlige strøk av Valdressparagmitområdet ble således ikke «overkjørt» av det øvre Jotuneruptivdekke, og dettes fremglidning mot SE har vært kortere enn for det undre. Videre må 2nen tverrkompresjon ha vært svak i disse strøk etter at disse konglomerater ble avsatt. 2nen tverrkompresjon var overordentlig intens ved Bygdin, da Valdressparagmittens kvartskonglomerat (jfr. Strand 1945) ble «uttrukket som gjennom en dyse» (Goldschmidts treffende muntlige karakterstikk). Den ekstreme deformasjon kan tilskrives samtidig overkjøring av det øvre Jotuneruptivdekke fra NW og kompresjon NE—SW, uten direkte funksjonell avhengighet mellom stress-kreftenes retning og størrelse.

Den 1ste tverrkompresjon følgende det undre Jotuneruptivdekkes (takoniske) fremglidning, må derimot ha vært intens også i de østlige strøk, og har struktur-preget berggrunnen fra Ottadalen til Espedalen og meget mer. Goldschmidt (1916 A, p. 23) konstaterte at de granitoide rullesteiner i typeområdet gabbrokonglomerat røpet at moderbergarten hadde være utvalset «under sterk kataklase, altså i jordskorpens øverste nivå» — før innleiringen i konglomeratet. At det undre Jotuneruptivdekkes bergarter før denne kataklase hadde gjennomgått en dynamometamorfose under høy temperatur langs bevegelsesplanet under fremglidning fra NW, har jeg til hensikt å godtgjøre ved annetsteds å dokumentere «pansrede relikter» (bl. a.

oxyhornblende) fra denne metamorfose, regionalt utbredt i Espedalen og i Goldschmidts typeområde.

De pansrede relikter opptrer i de normalgabbroide masser langs det undre Jotunruptivdekkets bevegelsesplan. Det er disse masser som har avgitt detritus og gabbroide rullesteiner til Valdressparagmittens gabbrokonglomerat, men rullesteinene sees bare i det upresete konglomerat, ellers går de i ett med grunnmassens gabbrodetritus. På grunn av den intime tektoniske forbindelse med Bergen—Jotunstammens bergarter, regnet Goldschmidt (1916 B., p. 26) disse masser til stammen, skjønt han var fullstendig klar over at de manglet dennes karaktertrekk, som nå kan føres tilbake til lagmessig gravitativ differenziasjon på stort dyp i prekambrisk tid og orogen kaledonsk bevegelse før fullstendig størkning. De normalgabbroide masser oppfattes som «sole injections» (R. A. Daly 1933, p. 104) langs eruptivdekkets underside, og har spilt en betydningsfull rolle som smøremiddel under fremglidning. Som diabasganger og grønnsteiner har de trengt opp på sprekker, og delvis innesluttet i seg meget store «eksotiske blokker» ned til xenolitter av dekkets bergarter. Således har jeg i tynslip fra «gabbromasivet Røssjøkollene—Fukhamrene» (Strand 1938 p. 38 ff.) velvillig utlånt av Strand, konstatert norit identisk med Espedalsnorit. Strands beskrivelse av dette massiv viser hvor varierende bergartstyper der opptrer, og danner et eksempel på de storstilte forhold langs det undre Jotunruptivdekkets bevegelses-soner. Dette er lettere å forstå, når man som forf. har sett tilsvarende bevegelses-soner for det øvre Jotunruptivdekket, hvor bergartene stort sett er mindre omvandlet, og som ved sine noe mindre dimensjoner er mer oversiktlige i felt. Det er nettopp en slik bevegelses-soner for det øvre Jotunruptivdekket vi har å gjøre med i Sjødalen, hvor det såkalte gabbrokonglomerat opptrer.*

II.

For orientering i området aktuelt for dette innlegg har jeg tegnet kartet fig. 1. Det dekker det samme som Tore Gjelsviks (1946, fig.

* I under trykningen innkommet okt.nr. av Bull. Geol. Soc. Am., Vol. 67, 1956, p. 1310 refererer W. H. Bucher («Role of Gravity in Orogenesis») beskrivelser av «Chaotic Structures» fra Virgin Spring, Calif. som sidestillet med de likeledes tertiære dekkebevegelser med veldige eksotiske (tibetanske) blokker i nåv. Pakistans grensefjell (A. Heim & A. Gansser: «Central Himalaya» 1939, p. 182 ff.) synes å gi nøkkel til oppklaring av slike bevegelses-soner.

1, p. 3) «Tektonisk oversiktskart over midtre Gudbrandsdalen og fjellstrøkene vestenfor og sønnenfor», hvor bredde og lengde er feilaktig påført; men mitt kart har ellers tilsvarende utstyr for å lette sammenligningen. Gjelsvik oppgir at hans kart er tegnet etter kart til referat av Strands (1941) foredrag om hovedtrekkene av fjellbygningen i Nordre Gudbrandsdalen. Strand utvidet her sin i avsnitt I siterte erkjennelse om 2 Jotuneruptivdekker derhen at det underste skulle ha båret fram «på ryggen» en mektig autokton kambro-(eokambro-)silurisk lagpakke av fasiesutvikling tilsvarende Trondheimsfeltet. Det undre eruptivdekke her beskrev Gjelsvik (1946) som «Anorthosittkomplekset i Heidal» (H på kartet). Det benevntes senere av Strand (1951) Rudihø krystalline kompleks, som da kalte sedimentlagpakken Heidalserien, samtidig som han mente å kunne godtgjøre at spredte konglomerater var basale i Heidalserien på det krystalline kompleks. Dette «bindende bevis» for at en del av det undre Jotuneruptivdekke hadde vært denudert i eokambrisk tid, og således måtte være prekambrisk, manglet i 1941 (l. c. p. 273). Det savnedes likeledes av Gjelsvik (1946, p. 52) som skriver: «den mulighet at lagrekken (= Heidalserien) ligger alloktont over anorthosittkomplekset kan foreløpig ikke settes ut av betraktning.» Holte-dahl (1953 ,p. 308) synes ikke å godta de senere fremfunne konglomeratlokaliteter som tilstrekkelig grunnlag for så vidtgående slutninger som nevnt. For egen regning vil jeg påpeke, at det er lite rimelig at en sådan sedimentserie skulle være delvis bevart under Valdresparagmittens dype diskordans. Etter Gjelsvik (1946, p. 4) skulle Heidalserien ha en mektighet på opptil 2500 m. Betegnelsen «Undre Jotundekke», nylig brukt av Holmsen & Oftedahl (1956, p. 115), om små rester av krystalline dekker med sediment, hvis overleiring er av ubestemt art og tid, burde således neppe innarbeides. For å fastslå hvilket av Jotun-*eruptiv*-dekkene som foreligger, bør bestemmelse basert på petrografisk korrelering verifiseres stratigrafisk. I de tektoniserte strøk hvor fossilfunn mangler må det da bli ved *entydige* konglomerater eller arkoser.

Ved det såkalte gabbrokonglomerat i Sjudalen vil Strand (1956, se fig. 2, p. 51) bevise at Rudihø-massivet tilhører det «undre Jotundekke». Rindhovda og Ørnberget i hans stereogram regnes som sammenhengende med Rudihø, med «Gabbrogranulitt» (a) som eruptivdekket, og «Albitt-epidot-gneis» (b) som Heidalserien, og menes å danne det autoktone underlag og moderstein for «gabbrokonglome-

ratets» grønne grunnmasse. Lokalitet for modersteinen til de trondhjemitiske «rullesteiner» i det monomikte «konglomerat» oppgis ikke, og dette selv finnes ikke på underlaget.

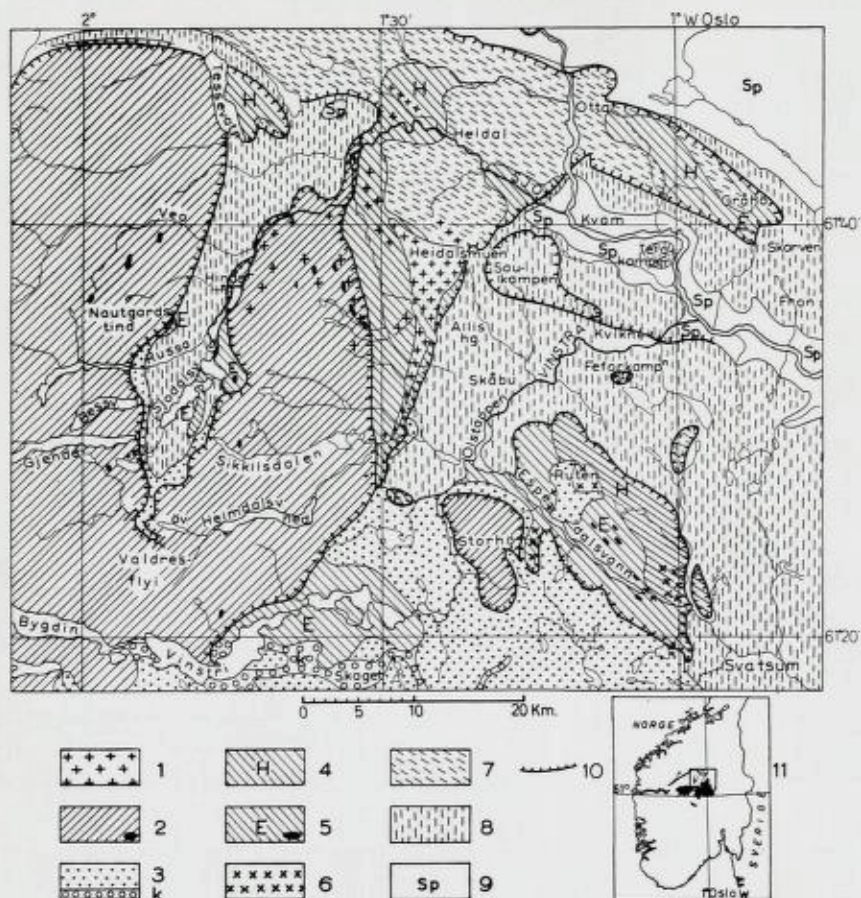
III.

En vesentlig del av kartet fig. 1 utgjøres av gradteigene Vinstra og Sjødalen ($61^{\circ}20'$ — $61^{\circ}40'$ n. br., 1° — 2° W Oslo) kartlagt av meg. Ved sammenligning med Gjelsviks kart (fig. 1, 1946), sees tydelig forskjell, spesielt m. h. t. Valdressparagmittens opptreden på mine kartblad. Således fins den ikke i Murudalen, langs N—S-grensen mellom disse kartblad. Dette var for øvrig kjent etter K. O. Bjørlykke, W. Werenskiold og mine oversiktsreiser før 1950, og er senere

Fig. 1. Geologisk oversiktskart over midtre Gudbrandsdalen og fjellstrøkene vestenfor og sønnenfor. Gradteigene mellom $61^{\circ}20'$ og $61^{\circ}40'$ N. br., 1° og 2° W Oslo etter kartlegging av forfatteren.

Geological survey map over middle Gudbrandsdalen and the Highlands to the West and South. The quadrangles between $61^{\circ}20'$ and $61^{\circ}40'$ N.lat., 1° and 2° long W Oslo, mapped by the author.

1. Trondhjemit-lagerganger og injeksjoner i Heidal-Murudalen.
Sills and other injections of Trondhjemite in the Heidal — Murudalen area.
2. Øvre Jotuneruptivdekke:
Syenit, monzonit, mangerit, jotun-norit, peridotit (markert med sort), grønnstein og utpresset gabbroid «sole injections» på bevegelsesplanet.
Upper Jotun Eruptive Nappe:
Syenite, monzonite, mangerite, Jotun-norite, periodite (shown in black), greenstone and squeezed-out gabbroid sole injections along the zone of movement.
3. Valdressparagmit (kvartskonglomerat i SW merket k).
Valdres Sparagmite (quartz-conglomerate in the SW shown by k).
4. Undre Jotuneruptivdekke:
Mangerit, anortositgabbro i Heidal. Mangeritisk gneis i Kvam og i Espedalens «gneiskompleks».
Lower Jotun Eruptive Nappe:
Mangerite, anorthosite-gabbro in Heidal. Mangerite gneiss in Kvam and in the Espedalen gneiss complex.
5. Labradorfels-norit, i Espedalen ultrabasit med sulfider (markert med sort). Labradorfels-norit i Kvam (Sulseter), Vinstri, Sjødalen (div. mindre lokaliteter). Labradorite-fels og norite, in Espedalen ultrabasite with sulphides (shown in black). Labradorite-fels and norite in Kvam (Sulseter), Vinstri and Sjødalen (various minor localities).
6. Grønnstein og saussuritgabbro — «sole injections» på bevegelsesplanet.
Greenstone and saussurite-gabbro comprising sole injections along the zone of movement.



7. Eoakambrisk-silurisk Heidalserie over Jotuneruptivdekkene.
Eocambro-Silurian Heidal's Series above the Jotun Eruptive Nappes.
8. Kambro-ordovisiske para-autoktone basis-sedimenter.
Cambro-Ordovician para-autocthonous basal sediments.
9. Eoakambrisk sparagmit, overfoldet fra NE.
Eocambrian sparagmite, overfolded from the NE.
10. Utgående av bevegelisesplanene for undre og øvre Jotuneruptivdekke.
Outcrop of the thrust-planes of the Lower and the Upper Jotun Eruptive Nappes.
11. Nøkkelkart, hvor Valdres-sparagmitten er avmerket med sort (også utenfor kartrammen).
Key-map, with the Valdres sparagmite shown in black (also shows its extension outside the map-area).

verifisert ved detalj-kartlegging. Heller ikke står det Valdressparagmit ved Ridderspranget, Sjoa, slik det angis på Strands kart (1951 — 61°40' br., 1°39' W Oslo). Det øvre Jotuneruptivdekke hviler altså i disse strøk direkte på basissedimentene eller på det som antas å være forgneisede rester av det undre Jotuneruptivdekke, men det sistnevntes identitet er ikke sikker før ved Nedre Sjødalsvann ca. 12 km SSW for Ridderspranget. Det består der av labradorfels med overleiring av utvilsom Valdressparagmit-arkose, av samme lysgrønne, lagede type som utbredt i hovedmassene vestover. Den er her noe ujevnt presset, så forsøk på hellebryting ble ikke vellykket. I tynnslip sees arkosestrukturen godt bevart med ca. 0.5 mm skarpkantede mikrokliner, mindre korn av jotunpertit og sur albit, atskillig klastisk titanit delvis med små ilmenitkjerner, enkelte ortiter og videre en god del kalkspat, som antas å være kort transport detritus fra basissedimentenes kalkholdige kvartsit, nå anstående i nærheten ved Nedre Sjødalsvann. Kalkspat er ellers ikke vanlig i Valdressparagmit, men finnes også i grunnmassen til Feforkampens konglomerat, og har der samme avdeling som moderstein. Kalkspaten er vel delvis omkrySTALLISERT. Sitrongul epidot i den kvartsførende grunnmasse er også klastisk, mens muskovit er nydannet. Ennå bedre bevart er Valdressparagmitarkosen 8 km lenger SSW i Sikkilsdalsgapet ved Øvre Sjødalsvann. Pl. I fig. 1 viser et tynnslip herfra med 0,5 opptil 1 mm mikrokliner og noe mindre kantet korn av jotunpertit som sees på fotografiet. 0,1 mm korn av feltspat og kvarts er bedre rundet, grunnmassens korn 0,01—0,02 mm består av kvarts, feltspat, meget sericit og litt epidot, som også finnes i store klastiske korn. — Måling med integrasjonsbord viste:

Grunnmasse	57 %
Oppknuste kvartsstener	14,2 %
Kalifeltspat	7,6 %
Plagioklas	17,0 %
Epidot — store korn	4,2 %
	<hr/>
	100,0 %

Lignende sammensetning og godt bevart usortert kornstruktur gjennomslip av kvartsgang viser tynnslip fra Mola elv i 1090 m o. h. (— lokaliteten omtalt av Goldschmidt 1916 A, p. 15) vel 3 km SW for Sikkilsdalsgapet. Herfra vises stuff fotografi fig. 2 pl. I, som i høy grad minner om Kåre Landmarks (1948, pp. 27, 29) fotografier av

Valdressparagmitten nord for Sognefjell ca. 50 km i WNW. Den har således en temmelig ensartet karakter over meget store områder. —

Ved Russvassosen på Sjodalsantiklinalens vestside har den samme karakter om enn noe mer presset. Herfra har jeg fulgt den over fjellvidden 5 km nordøstover til foten av Russli—Rundhø i 1450 m o. h. Her hviler arkosene på labradorfels. De er ganske tynne, har tydelig klastisk strømningsstruktur og kiler ut. De sees *ikke* de 20 km videre NNE-over til Tesses sørende, slik som avsatt på berggrunnskartet over Norge (Holtedahl og Dons, 1953). Der er Valdresparagmitten en gjenganger fra Norgeskartet av 1914, hvor Rekstads (1904) «gneis-kvartsit-avdeling» avsattes *interpolert* på denne strekning til sammenheng med Bøverdalen's lagpakke av lignende karakter: Rekstad (1904) har *ikke* tegnet den sammenhengende på sitt kart. Den samme sekkebetegnelse for det heterogene bergartskompleks *med og uten* Valdresparagmit brukte Rekstad (1905) på kart over indre Sogn. Skjønt Rekstad (1904 pp. 6—12) var motstander av «overskyvningshypotesen» har han dermed kartlagt det øvre Jotneruptivdekkets bevegelsessone. Langs østgrensen av hans kart fra 1904 inntar hans avdeling et stort areal, og verifiseres ved mitt kart fig. 1, hvor den klare Valdresparagmit er utskilt. Strand (1956, fig. 2) viser i sitt stereogram det meste av «Valdresparagmit» på Vågåbladet langs Sjoa ved Brurusti like nord for grensen mot Sjodalsbladet. Det er de små rester av den store utbredelse Valdresparagmitten ble gitt på Strands og Gjelsviks (1946) kart, og som Strand muntlig innrømmet var «konstruert». Langt mer skuffende konglomerathabitus har dannelsene ved Veoliseter og Hindseter ca. 10 km vestenfor på Sjodalsbladets side av kartgrensen.

Jeg (1950, p. 119) omtalte dem som konglomerat, men opplyste samtidig at «såvel grunnmasse som rullesteiner (er) så metamorfe at de ikke med sikkerhet kan identifiseres». Dette forbehold antok jeg som grunn til at Strand (1951, p. 24) under omtale av gabbrokonglomeratet oppgir at «the nearest known occurrence — — is at the river Hinøgla» (61°30' n. br., 1°27' W Oslo) på Vinstrabladet, i Veslehovda, over 20 km SE for Hindseter—Veoli-forekomstene i Vågå, som da ikke nevnes. De synes senere å ha fått økt aktualitet i samme grad som postulerte Valdresparagmitforekomster nordøstover svant inn.

Sammen med Strand besøkte jeg de omdiskuterte lokaliteter såvel ved Brurusti som ved Hindseter—Veoli i august 1954, og ble

da klar over at vi på den sistnevnte lokalitet har en kolossalbreksje av det øvre Jotunruptivdekkets bergarter, som er representert med forholdsvis korte avstander. Samtidig fikk jeg komplettert materialet, og den av Strand fremprovoserte nærmere undersøkelse bekrefter definitivt min tolkning av 1955 av samtlige lokaliteter som pseudo-konglomerat-dannelser langs det øvre Jotunruptivdekkets bevegelses-sonen. Jeg ble til slutt klar over at vi har hatt i egentlig forstand synorogene injeksjoner, nemlig av det øvre Jotunruptivdekkets gabbroide «sole injections» i bevegelses-sonens bunnlag under bevegelse fra NW, og trondhjemitiske injeksjoner fra NE, presset fram av kompresjonen fra denne kant.

Før jeg dokumenterer materialet fra pseudo-konglomerat-forekomstene, skal jeg imidlertid legge frem materialet fra den ovenfor nevnte (Strand 1951, p. 24) forekomst av Valdressparagmittens gabbrokonglomerat ved Hinøgla, og vise hvordan den danner et mellomledd mellom Sjødals-arkosene og de typiske gabbrodetritus-forekomster i Espedalen og ved Dokkvann derivert av det *undre* Jotunruptivdekkets gabbroide «sole injections».

Pl. II fig. 1 er fotografi av en prøve av konglomeratet i Veslehovda ved Hinøgla, samlet av professor Werenskiold og forf. i 1942. Allerede Goldschmidt (1916 A, p. 26) uttalte at etter K. O. Bjørlykkes (1905, p. 435) beskrivelse og etter Werenskiolds materiale, viste konglomeratet ikke sterk mekanisk påvirkning og omkrystallisasjon. Her kunne utskilles rullesteiner av gabbro i den likeledes grønne, tette matrix, foruten de lyse rullesteiner som sees på bildet. Jeg har mikroskopert noen av dem, og de viser relikte, men tydelige jotunpertiter, av samme karakter som påvist av meg (1953, fig. 4, p. 35) i Goldschmidts Dokkvanskonglomerater, og i egne (l. c. fig. 2 & 3) prøver fra Espedalen. De skriver seg altså fra mangeritiske, granitoide jotunruptiver, sterkt presset og metamorfe *før* innleiringen i konglomeratet.

Når Strand (1938, p. 39) mener å kunne fastslå at modersteinen for de granitoide rullesteiner i gabbrokonglomeratene er granitt av samme utvikling som i den lille forekomst ved N. Etnedalsbladets østgrense ($61^{\circ}10'$, $1^{\circ}0'$ n. br.) som han viser tynnslipfoto fra (l. c. Pl. II, fig. 3) så må dette modifieres. De lyse rullestener, som det overveiende av det leukokrate materiale i de svære masser av detritus i Valdressparagmittens hovedbekken, må være derivert av det *undre* Jotunruptivdekkets primært øverstliggende mangeritiske, syenitiske

til granitiske deler, kanskje også fra granitoide bergarter dannet i migmatiseringssonen, hvor de primære granitoide lagpakker slo igjen som suprakrustalene, basissedimentene, som ble overkjørt av det hele dekke videre sørøstover. Den storstilte omplasing, oppbrekking i store flak, under vekslende metamorfose, pressing og kataklase, begynner nå studiet av bevegelsessonene å avsløre.* Av C. Bugges (1938, p. 67) og Strands (1938, p. 43, 1951 B, p. 27) beskrivelser fra Valdressparagmittens hovedbekken, fremgår at de karakteristiske finspindlete jotunpertitter er alminnelig utbredt, selv om de ikke dominerer tynnslipbildene som i det øvre Jotunruptivdekkets mangeritiske masser, hvor de primære trekk er bedre bevart.

For Veslehovda-konglomeratets grønne grunnmasse og tilsluttede mektige gabbroidetritus-arkoser er tynnslip representativt. Tynnslip-prøven ble tatt ut av en yngre geolog i NGU, blant 30 kg sendt fra Vinstra Kraftanlegg, tverrslag Rauskaret ca. 2 km sør for Veslehovda. Brukbarheten som prosentstein ville bringes på det rene. Karakteristisk nok for bergarten ble den bestemt som «ordinær grønnstein», før jeg fikk overlatt materialet. I tynnslipet dominerer ca. 0,5 mm velrundet korn av metamorf mangeritisk jotunbergart. Små lyse korn er kvarts og feltspat som også finnes i større korn. Klastisk er dessuten grønn hornblende, og ikke få korn av brun hornblende med grønn randzone, videre titaniter, enkelte med små ilmenitkjerner, samt epidot. Det meste av epidoten er finmalt og finnes i grunnmassen, men det eneste sikkert nydannede mineral i denne er klorit. Tynnslipet gjennomsettes av kvartsåre med litt kalkspat.

Som i de ovenfor beskrevne tynnslip fra Sjødalen (nesten 20 km nordenfor) er således den klastiske struktur praktisk talt intakt, og metamorfosegraden lav, mens de relikte jotunpertitter og de brune hornblender (som antas omdannet av hypersthen i det andre Jotunruptivdekkets bevegelsessone) vitner om høytemperatur-dynamometamorfose av modersteinen.

Som det fremgår av den ovenfor nevnte bestemmelse av bergarten, har arkosene her en mørkere grønn og mer ensartet farge enn i prøvene fra Sjødalen og i hovedfeltet vestenfor, men den klastiske struktur er bedre bevart enn i Espedalsfeltet ca. 20 km i SE, hvor en prøve som jeg (1945, p. 35, fig. 12) viste danner en unntagelse. Kåre Landmark (1948, p. 26) angir at metamorfosegraden for Val-

* Jfr. fotnote s. 12.

dressparagmitten nord for Sognefjell ca. 90 km NW for Espedalen overalt er lav.

Det er således berettiget å slutte, at den pressning og svake metamorfose som Valdresparagmitten har gjennomgått skyldes «overkjøringen» av det øvre Jotuneruptivdekke og tverrfoldning under overkjøringens senere fase med ujevn utvikling NE-SW. Noen ensartet metamorfosegrad som kunne tilskrives regional nedsenkning kan ikke påvises.

Når Oskar Kulling (1956, p. 286) postulerer eokambrisk alder for Valdresparagmitten, må det bero på manglende kjennskap til formasjonens hovedtrekk, som allerede publisertes av Goldschmidt (1916 A) med den totalt upressete og umetamorf tilstand av gabbro-konglomeratet i det sørøstligste typeområde som vesentlige. Jeg har derfor funnet det nødvendig å verifisere disse hovedtrekk ved senere detaljundersøkelser fra større områder, som ble foreslått av Goldschmidt (l. c. p. 16).

For å demonstrere den kjemiske overensstemmelse mellom kort transportert gabbrodetritus og «ordinær grønnstein» har jeg fått utført analyser av tynnslipp prøven fra Rauskaret, Hinøgglelia, beskrevet ovenfor, og tett grønnstein fra Espedalen 10 km sønnafor.

Vekt %		CIPW norm:										
		Ap			Or			Di		Hy		Q
		Il	Mt	Ab	An	Wo	Hy	Hy	Q			
SiO ₂	52,55											
TiO ₂	1,35											
Al ₂ O ₃	14,60	0,5	2,0	4,1	6,0	21,5	27,7	2,8	2,8			
Fe ₂ O ₃	3,72	6,6			55,2			5,6		23,8	8,6	
FeO	7,28				Or ₁₁ Ab ₃₉ An ₅₀							
MnO	0,05				En = 2,2							
MgO	6,31				Fs							
CaO	6,97				Σ sal = 64,8							
Na ₂ O	2,33				Σ fem = 36							
K ₂ O	1,09											
H ₂ O +	0,05	<i>Tabell I.</i> Analyse av prøve nr. 167 — tatt ut blant 30 kg — april 1956 av Valdresparagmit-gabbrodetritusarkose, Rauskaret, Hinøgglelia, Skåbu, utført av Erna Christensen, NGU kjem. lab. nr. 880 okt. 1956. Sp.v. 3,00 og H ₂ O best. ved Rolf Larssen.										
H ₂ O +	3,41											
P ₂ O ₅	0,21											
	99,92											

I avsnitt I. s. 12 har jeg omtalt de normalgabbroide masser som er moderstein for Valdresparagmittens gabbrodetritus i Dokkfjell—Espedalsstrøket, og har nevnt tilhørende diabas og grønnsteiner som

har trengt fram fra det undre Jotunruptivdekkes bevegelsesflater. Ved beskrivelsen av grønnstein-underlaget til Espedalens labradorfels-noritdekke, nevnte jeg (1945, p. 18) tufflignende grønnstein fra Vænhøfeltet sør for Espedalsvannets nordende. Senere har jeg i dette felt — ca. 10 km SE for Rauskaret, pr. nr. 167 — slått prøver av tett, presset grønnstein med såvidt godt bevart struktur at den måtte antas å være en hurtig størknet eruptiv. I tynnslip sees således en hel del 0,1—0,2 mm korn av gulbrun hornblende i en fibrig, tett grunnmasse med antagelig overveiende zoisit og epidot og med en mengde små jernertskorn, samt noe større svovelkis, delvis i forbindelse med sekundær kvarts-kalkspat-åre. Analyse av denne bergart er gitt i tabell II.

Vekt %	CIPW norm:											
SiO ₂	53,04											
TiO ₂	1,32											
Al ₂ O ₃	15,84											
Fe ₂ O ₃	2,94	Pyr	Ap	Il	Mt	Or	Ab	An	Di		Q	
FeO	7,20	1,5	0,5	2,0	3,1	5,0	26,0	29,0	Wo	Hy	Hy	Q
MnO	0,17	7,1			60			7,6		17,2	8,1	
MgO	5,00	Or ₈ Ab ₄₃ An ₄₉										
CaO	7,84	En = 2,2 Σ sal = 68,1										
Na ₂ O	2,79	Fs = 2,2 Σ fem = 31,9										
K ₂ O	0,84											
H ₂ O ÷	0,18											
H ₂ O +	2,27											
CO ₂	0,06											
P ₂ O ₅	0,25											
S	0,47											
	100,21	Tabell II. Analyse, prøve nr. 38, 15/7—1952, forskifret grønnstein, sti 925 m. o. h. mellom Gråsgardli og Vænlisetser, Espedalen.										
÷O ₈	0,18	Utført av Erna Christensen, NGU kjem. lab. nr. 586 des. 1955.										
	100,03	Sp.v. 3,00 og H ₂ O best. ved Rolf Larssen.										

Til sammenligning oppføres beregnet C. I. P. W. norm av «All basalt» etter R. A. Daly 1933 — nr. 58, p. 17 (198 analyser).

						Di			
Ap	Il	Mt	Or	Ab	An	Wo	Hy	Hy	Ol
0,8	2,0	5,7	9,0	29,5	24,5	7,4	7,4	10,3	3,4
8,5			63,0			14,8			
						Or ₁₄ Ab ₄₇ An ₃₉			
En = 2,9						Σ sal = 63,0			
Fs = 2,9						Σ fem = 37,0			



Fig. 2. Bergflate ved Nedre Tråsåfoss, ca. 600 m o. h. Sjoa. Komposit-bergart av grønnstein og trondhjemitinjeksjoner, begge synorogene, termo-dynamo-metamorfe langs det øvre Jotuneruptivdekkets bevegelses-soner.

Rock surface at lower Tråsåfoss, about 600 ms. above sea level, Sjoa. Composite rock consisting of greenstone and trondhjemitic injections, both synorogenic, thermodynamically metamorphosed along the zone of thrusting of the upper Jotun Eruptive Nappe.

Som det sees avviker vår grønnstein og grønnstein-arkosen fra gjennomsnittsbasalten ved normativt uttalt anorthosit-feltspat med An_{50} mot basaltens An_{39} , under grensen An_{40} , som i sin tid ble foreslått av J. H. L. Vogt som minimum for anorthosit-gruppen. Her ved indikeres tilslutning til Bergen—Jotunstammen. Videre avviker kvartsinnholdet på over 8 %, som tilskrives kvartsårer, observert i tynnslipene og som er generelle i bevegelsessonene, mest uttalt i basisfyllittene.

IV.

Trondhjemitbergarten i pseudo-konglomeratet.

Fig. 2 viser en bergflate ved Nedre Tråsåfoss i Sjoa hvorfra Strand (1956, p. 49) har analyse, tab. 2, av den grønne grunnmasse, og 1 km N for og nedenfor svingen ved Nybrua som betegner lokaliteten for hans analyse, tab. 1 (l. c. p. 48) av tilsvarende bergart samt

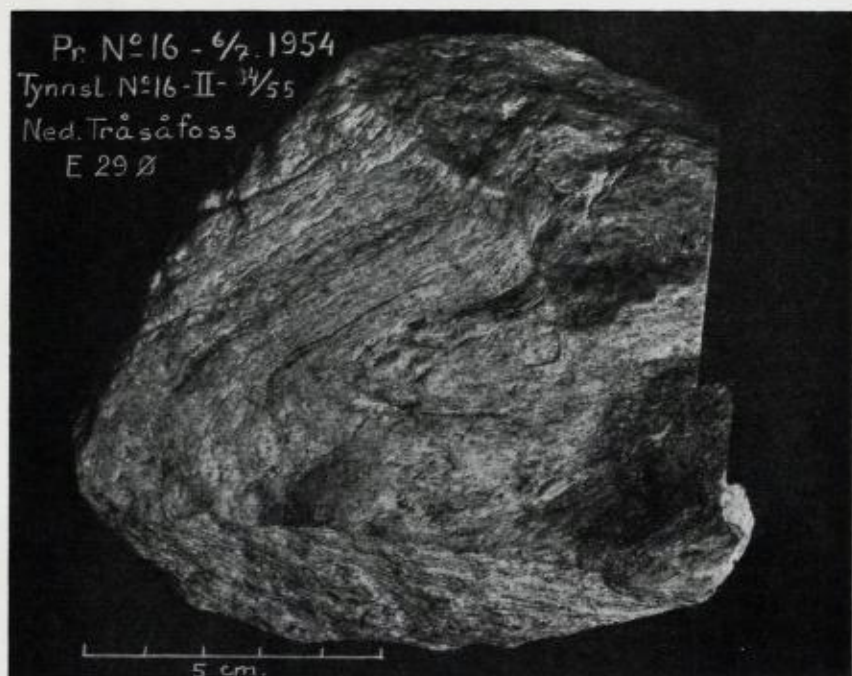


Fig. 3. Stuff-foto, trondhjemitporfyr, Nedre Tråsåfoss, Sjøa. Foldet eldre forskifningsstruktur.

Specimen from a dyke of trondhjemite from the locality shown in Fig. 2. Shows plastic folding of the schistosity which took place during the thrusting. Photo B. Mauritz.

for hans fotografi (l. c. p. 45) av en løs blokk «gabbrokonglomerat». Såvel Strands fotografi som mitt fig. 2 minner meget om den foldede åregneis Goldschmidt (1921, Taf. V, fig. 2) viser fra Mosterø i Stavangerfeltets injeksjonsmetamorfe område. Injeksjonene er også der som kjent trondhjemitiske, og om grunnmassen — amfibolitisk skifer — sier Goldschmidt (l. c. p. 89) «Es ist mir noch zweifelhaft, ob es sich hierbei um metamorphe Mergelsteine oder um ältere verschieferte Eruptivgesteine handelt.» (Se også «Bemerkungen» l. c. p. 141). I min (1955, p. 223) replikk til Strand uttalte jeg om grunnmassen ved Tråsåfoss, at den er en «grønn, sedimentær sandsteinskifer», en karakteristikk som kunne stemme med Strands (l. c. p. 47) feltbeskrivelse av bergarten, men jeg er ved senere bearbeidelse av materialet kommet fram til dens eruptive genesis.

Fig. 3 viser en prøve av trondhjemit slått ved hammeren som sees på fig. 2. Den viser foldet eldre forskifningsstruktur. Tynnslip viser 0,4 mm rundete, porfyriske feltspatinnspregninger med tilløp til «sjakkbrett-struktur», gjennomtrengt av kvartsårer og grumset av sericit. I porfyrit-grunnmassen sees oppknuste (0,05 mm) kvartsrender og orienterte sericitskjell, aksessorisk biotit, klorit, epidot samt flikete ertskorn 0,1—0,2 mm. Av prøven vist på fig. 3 fikk jeg utført analyse (tabell III).

Vekt %		CIPW norm:									
SiO ₂	74,33	Ap	Il	Mt	Or	Ab	An	Enst.	Q	C	hem
TiO ₂	0,40	0,3	0,6	1,5	5,0	44,0	11,0	1,8	35	0,5	0,4
Al ₂ O ₃	13,27										
Fe ₂ O ₃	2,03	2,4			60 ⁰ / ₀ Or ₈ Ab ₇₄ An ₁₈						
FeO	0,96										
MnO	sp.	Σ sal = 95,4									
MgO	0,63	Σ fem = 4,6									
CaO	2,36										
Na ₂ O	4,83										
K ₂ O	0,84										
H ₂ O ⁺	ikke påv.										
H ₂ O ⁺	0,42										
CO ₂	ikke påv.										
P ₂ O ₅	0,15										
	100,22										

Tabell III. Analyse av prøve nr. 16, 6/7—1954, Nedre Tråsåfoss, Sjøa Trondhjemit-gangbergart, utført av Erna Christensen, NGU kjem. lab.nr. 569 des. 1655. Sp.v. 2,71 og H₂ best. ved Rolf Larssen.

Det er altså en kvartsrik trondhjemitbergart, hvis sammensetning kommer temmelig nær kvartskeratofyr (Daly 1933, nr. 12, p. 10).

Til sammenligning har jeg undersøkt en prøve av upresset trondhjemit som setter igjennom det øvre Jotunruptivdekke i Langvasshø 1450 m o. h., ca. 6 km SW (på Sjødalsbladet) for Nedre Tråsåfoss. Langvasshøens feltsammenheng og petrografiske identitet med det store eruptivdekke som videre sørvest overleirer Valdresparagmittene er utvilsom. I toppene står intakte Jotunruptiver. Det er hevet over tvil at trondhjemitintrusivene som jeg (1950, p. 99—101) har beskrevet fra Heidalsmuen er samtidige med gangene i Langvasshø i 4 km avstand; der finnes også trondhjemitblotninger midtveis, f. eks. i Rova (tilløp til Murua). Det er meg derfor ufattelig at Strand (1956, p. 49), som i 1954 besøkte Heidalsmuen sammen med meg, kan påstå at «*bollenes* trondhjemitmateriale er kommet fra samme generasjon som finnes blottet ved Heidalsmuen». Hvis

det er «boller» i Valdresparagmit, måtte de tilhøre en tidlig-kaledonsk trondhjemitgenerasjon som er ukjent i Nordre Gudbrandsdalen; men hvis Strand istedenfor «boller» setter «intrusjoner», er jeg fullstendig enig.

Tynnslip av Langvasshø-trondhjemitten viser overveiende 0,5 mm, noe rundete, men ellers intakte plagioklaser med albitlameller, An_{20} , dessuten grovere tvillingdannelser og 1 mm korn med den typiske sonarstruktur (Goldschmidt 1916 B p. 78 ff.) som jeg tidligere (1950 p. 100—101) har vist mikrobilder av for dette felt. Mellommassen («mørtelmassen») med 0,05—0,1 mm korn fører meget kvarts, litt muskovit og klorit, men ubetydelig mørke mineraler.

Vekt %		CIPW norm:							
		Ap	Il	Mt	Or	Ab	An	Q	C
SiO ₂	70,00	0	0	0,6	9,0	55	15,5	19,5	0,3
TiO ₂	0,04				79,5				
Al ₂ O ₃	17,95				Or _{11,5} Ab ₆₉ An _{19,5}				
Fe ₂ O ₃	0,67				Σ sal = 99,3				
FeO	0,26				Σ fem = 0,6				
MnO	ikke påv.								
MgO	spor								
CaO	3,26								
Na ₂ O	6,22								
K ₂ O	1,54								
H ₂ O ÷	0,03								
H ₂ O +	0,02								
P ₂ O ₅	ikke påv.								
	99,99								

Tabell IV. Analyse av prøve nr. 78 2/8—1953 Langvasshø, 1450 m o. h. Murudalen, E30Ø. Trondhjemitgang. Utført av Erna Christensen, NGU kjem. lab. nr. 613, mars 1956. — Sp.v. 2,68 og H₂O best. ved Rolf Larssen.

Analysen viser stor overensstemmelse med trondhjemitanalyse fra Kvikne i Østerdalen publisert av Goldschmidt (1916 B p. 81), en nesten like frisk og like ekstremt salisk type. For vårt område vist på kartet fig. 1 kjentes trondhjemittene fra K. O. Bjørlykkes og W. Werenskiolds undersøkelser, så Goldschmidt skrev (1916 B p. 98 ff): «Eine ganze Reihe trondhjemitische Intrusivmassen begleitet den Südostrand der Bergen—Jotun-Gesteine von Hedalen, längs der Bewegungsfläche welche die Eruptiv-platte (øvre Jotuneruptivdekke!) nach unten begrenzt» — — —

For vårt område gjelder det samme som for sørøstgrensen av trondhjemitmasset (Kjerulfs «Dovregranitt») ved Dombås. Herfra skriver Goldschmidt (l.c. p. 89) at gangforekomstene kan telles ikke i hundrer, men i tusener. —

Goldschmidt (1921, p. 122 ff.) nevner ikke Heidalsfeltet blant



injeksjonsmetamorfe områder i Norge som kan parallelliseres med Stavangerfeltet. Etter mine senere undersøkelser omkring Heidalsmuen ved Vinstrabladets NE-hjørne, er jeg ikke i tvil om at et sådant foreligger, men det meste faller innenfor kartbladene Sel og Vågå, som bearbeides av Strand.

Jeg skal derfor bare nevne at en mengde mektige lagerganger av porfyritiske trondhjemitter har sitt utgående i den nordøstre dal-side på Heidalskogen — med strøk i dalretningen NW—SE og fall mot NE. De synes å følge lagflatene i de på forhånd forgneisede jotunbergarter fra dalbunnen ca. 500 m o. h. til «granulitgabbroen» i Rudihø (1160 m o. h.) som ligger som et tak over et bergartskompleks hvor trondhjemitgangene utgjør en vesentlig del fra 600 til 1000 m o. h.

Fra en lokalitet med grov ur av trondhjemit 735 m o. h. i lia under Rudihø, er prøve for tynnslip (foto fig. 4) av bergarten som også her et utpreget porfyrisk med opptil 1 mm lange feltspatinnspredninger i finkornig grunnmasse, som her fører spredte små granater (ant. spessartin) samt idiomorf klinozositt med ortitkjerner. De porfyritiske trondhjemitter forvitrer lett og synes å være medvirkende til god skogbunn for Heidalskogen.

Videre sørvestover Sjudalen sees trondhjemitganger, årer og injeksjoner i alle blotninger. I Rindhovda like ved Randsverk vist på Strands (1956, p. 51) stereogram opptrer ca. ½ m mektige, forskifrede, kvartsrike ganger med steilt østlig fall. I tynnslip viste de seg å være trondhjemitporfyritter med mikroklin og sjakkbrettalbit. Samhørigheten med trondhjemitten for Nedre Tråsåfoss ca. 4 km vestenfor er umiskjennelig. — Megaskopisk kan de lett forveksles med kvartsit. Det er formodentlig disse Werenskiold mener når han i dagbok for NGU 15/7—1941 skriver: «Kvartsitten rekker opp til ca. 1110 m, her er det mylonit, derover gabbroskifer, temmelig finkornet, oppknust i underkant, gikk over toppen (1155 m). I vestkant av Rindhovda er der besynderlig nok *inneslutninger av jotun-gabbro i den finkornete gabbro i berget*».

Store prøver av denne *eruptivbreksje* ble tatt med til NGU av Tore Gjelsvik som fulgte Werenskiold på denne turen, og skaffet meg analysemateriale av den «finkornete gabbro i berget», som såvidt jeg kunne se under en snarvisitt 1956 er *hovedbergarten* i Rindhovda. Det forekommer meg å være misvisende å betegne den som «gabbrogranulit» som Strand (l. c. p. 56). Analysen følger i neste avsnitt.

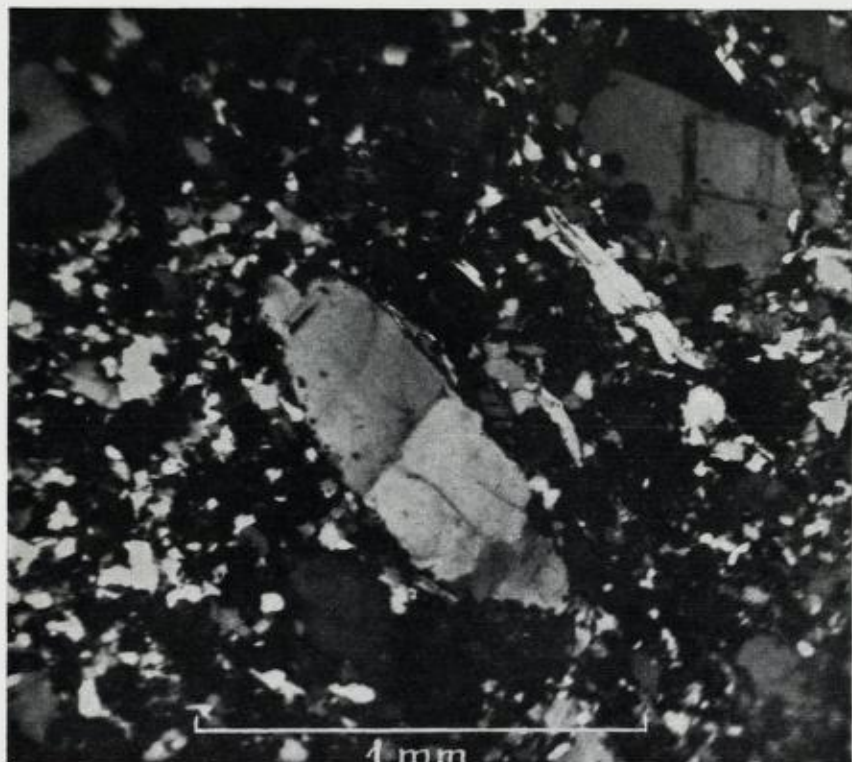


Fig. 4. Trondhjemitporfyrit Heidalskogen, 735 m o. h., under Rudihø. Prøve nr. 8
— IV — 8/7—1956.

*Trondhjemite-porphry, Heidalskogen, 735 m a.s.l., below Rudihø. Specimen No. 8
— IV — 8/7—1956.*

Før vi forlater den alminnelige beskrivelse av trondhjemitgangene i Sjødalen, skal omtales fig. 5 og 6, tynnslip-fotos fra NW-siden av Sikkilsdalshø, fordi de viser at trondhjemit har fulgt det øvre Jotuneruptivdekkets bevegelsesplan over 20 km SSW for Rindhovda, og dessuten viser at overkjøringen av dekket fra NW fortsatte etter at noen trondhjemitganger var størknet.

Fig 5 viser mylonitrundede porfyroklaster av sonarbygd trondhjemit-oligoklas foruten andre porfyroklaster av samme bergart i en «flinty crush rock» grunnmasse. Bergarten er av samme karakter som den jeg (1945, fig. 4 p. 19) viste tynnslipfoto av fra Espedalen,

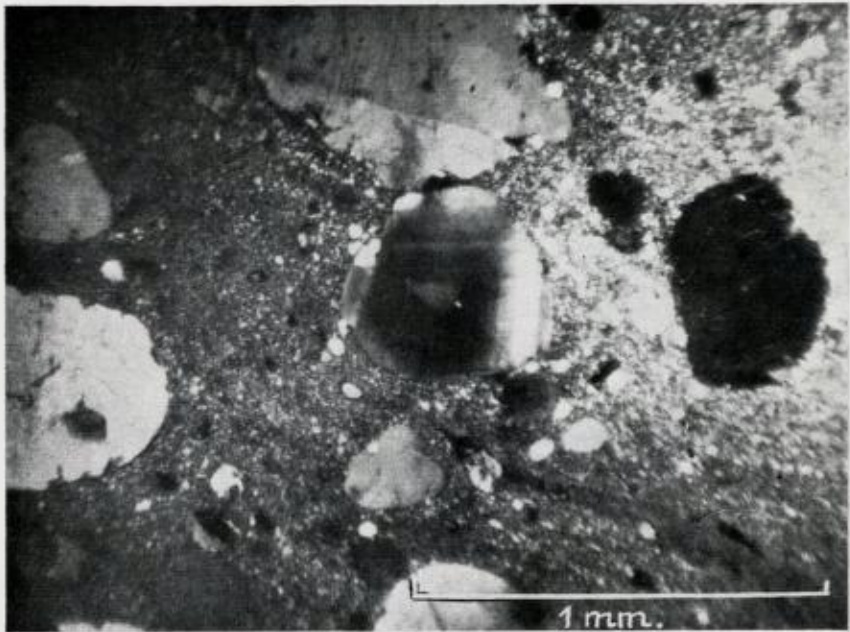


Fig. 5. Mylonit-rundete trondhjemitfragmenter i «flinty-crush-rock» NW-siden av Sikkilsdalshø, Storkvelvbekken, 1265 m o. h. Prøve W. Werenskiold, 1944.

Tectonically-rounded trondhjemite fragments in flinty-crush-rock, from the NW side of Sikkilsdalshø, 1265 m. a.s.l. Specimen, W. Werenskiold, 1944.

med velrundede, men umetamorfte porfyroklaster av karakteristiske Jotunbergart-mineraler i en tett, «tørrmalt» — «flinty crush rock», uten glassdannelse, dvs. uten pseudotachylit.

Fra NW-siden av Sikkilsdalshø (Storkvelvbekken 1265 m o. h.), hvor prøvene ble samlet av Werenskiold i 1944 vises fig. 6 fra samme tynnslip som fig. 5 med et ca. 1 mm velrundet korn av *antipertit*, karakteristisk for det overkjørende øvre Jotunruptivdekke på Sjødalens østside, iallfall i 20 km lengde.

Som velkjent opptrer mylonitrundede bergartfragmenter av større dimensjoner alminnelig på bevegelsessoner, f. eks. kvartslinser, og i vårt tilfelle enkelte rundede stykker av trondhjemit. Det avslippte finere materiale i «flinty crush rock» danner ofte mylonitskifre, pseudo-sedimenter bestående av varierende detritus.

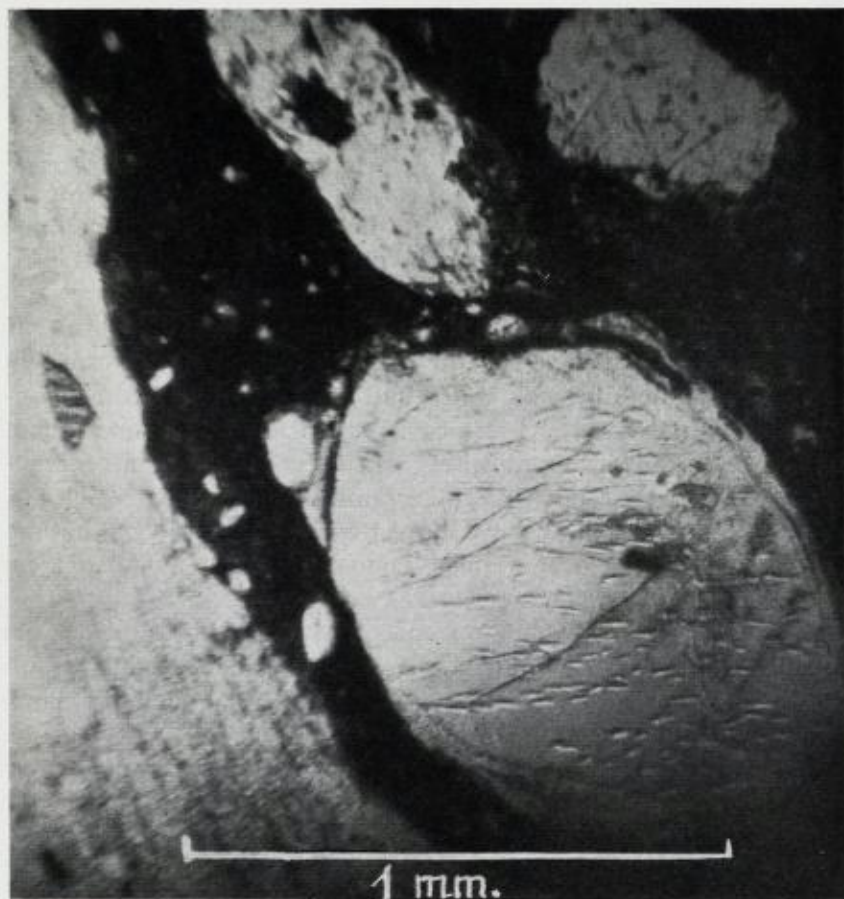


Fig. 6. Mylonit-rundet antipertit fra øvre Jotunruptivdekke. NW-siden av Sikkilsdalshø. Storkvelvbekken 1265 m o. h. Prøve W. Werenskiold, 1944.

Tectonically-rounded antiperthites from the upper Jotun Eruptive Nappe. NW-side of Sikkilsdalshø (Storkvelvbekken, 1265 m. a.s.l.) Specimen W. Werenskiold, 1944.

V.

Den grønne grunnmasse i pseudokonglomeratet.

Strand (1956) har fått utført to bergartsanalyser av den grønne grunnmasse som han kaller «gabbrodetritus-sediment» og publiserer dem med mineralberegninger henholdsvis i Tab. 1 (p. 48) fra Nybrua, Sjoa og Tab. 2 (p. 49) fra Nedre Tråsåfoss. (Den siste kan

ansees som grunnmassen for trondhjemit-gangen analyse Tab. III.) Strands Mol. norm er imidlertid ikke helt korrekt, idet han for beregning av apatit på grunnlag av atomprosent P bekreftet å ha brukt faktor 2,67 istedenfor 1,67 (jfr. f. eks. Barth: Theoretical Petrology, 1952, p. 79).

For Tab. 1 har denne feil ikke så store konsekvenser. Strand (l. c. p. 47) medgir jo for denne at «dens kjemiske sammensetning er så nær gabbroid at den selvsagt ikke gir noe argument for at bergarten er sedimentær.»

For Tab. 2 med $P = 0,4$ betyr feilen et for stort forbruk av $Ca = 0,4$ til $Ap.$, derved blir $An = 24,0$ i Strands Mol. norm mot korrekt 26,5; mens Strands C (Corund = Al_2O_3) blir 2,5 mot korrekt 1,4, og svekker ytterligere beviskraften for den grønne grunnmasses sedimentære opprinnelse. Saken er imidlertid at Strands (l. c. p. 47) påstand «Den kjemiske sammensetning med rikelig Ca, Mg og Fe sammen med et tydelig Al-overskudd (1,4 C — normativt!) stemmer ikke overens med sammensetningen av noen kjent eruptivbergart» *heller ikke er korrekt.*

Strand kan åpenbart ikke kjenne J. H. L. Vogts* arbeider om spinell- og korund-førende titano-magnetit-noriter fra Lofoten, Rødsand (1—2 % C. i malmen) og på Søndmør, tilhørende bergarts-komplekser nær beslektet med Jotuneruptivdekkene.

I hvilken grad vi har å gjøre med korrelerbare eruptivdekkekomponenter i Sjudalen, skal jeg vise ved hjelp av det foreliggende analysemateriale.

Da det også er noen andre, mindre unøyaktigheter i Strands normberegning, oppføres resultatet av min omregning på s. 31.

Går man ut fra at kvartsinnholdet her, som i analysene Tab. I og Tab II er sekundært tilført (her sannsynligvis i forbindelse med trondhjemit-injeksjonene, se herom Goldschmidt 1921, p. 118), subtraherer Q og omregner på 100, fåes som oppført s. 31 ($\div Q$).

De således resulterende CIPW normer for den grønne grunnmasse i Strands (l. c. p. 51) «gabbrokonglomerat» (3, stiplet i hans stereogram) skal så sammenlignes med hans «gabbro-granulit» (2 a, sort i stereogrammet), på grunnlag av foran (s. 26) nevnte prøver av eruptivbreksje i Rindhovda, samlet av W. Werenskiöld og T. Gjelsvik i 1941. Det er bare de lyse bruddstykker — xenolitter — som

* Se Beyschlag — Krusch — Vogt: Erzlagerstätten I, p. 270—279, hvor henvisninger til orig.litt.

CIPW norm av Strands analyser:

Tab. 1 (1956 p.48)	Ap	Il	Mt	Or	Ab	An	Di		Hy	Q	$\frac{En}{Fs} = 3,26$ $\Sigma \text{ sal } 66,8$ $\Sigma \text{ fem } 33,2$
	0,5	2,2	4,5	3,0	28,5	28,4	Wo	Hy			
	7,2			59,9			6,0		20,0	6,9	
				Or ₅ Ab _{47,5} An _{47,5}							
Tab. 2 (1956 p.49)	Ap	Il	Mt	Or	Ab	An	C		Hy	Q	$\frac{En}{Fs} = 12,0$ $\Sigma \text{ sal } 73,5$ $\Sigma \text{ fem } 26,6$
	1,1	3,2	9,3	5,0	30,5	26,5					
	13,6			62,0			1,4		13,0	10,1	
				Or ₈ Ab ₄₉ An ₄₃							

CIPW norm av Strands analyser ÷ Q.

Strands (Tab. 1)	Ap	Il	Mt	Or	Ab	An	Di		Hy	$\frac{En}{Es} = 3,26$ $\Sigma \text{ sal } = 64,3$ $\Sigma \text{ fem} = 35,7$	
	0,5	2,4	4,8	3,2	30,5	30,5	Wo	Hy			3,2
	7,7			64,3			6,4		21,6		
	Ap _{6,5} Il ₃₁ Mt _{62,5}			Or ₅ Ab _{47,5} An _{47,5}							
Strands (Tab. 2)	Ap	Il	Mt	Or	Ab	An	C		Hy	$\frac{En}{Fs} = 12$ $\Sigma \text{ sal } = 70,5$ $\Sigma \text{ fem} = 29,5$	
	1,2	3,6	10,3	5,6	33,9	29,4					
	15,1			68,9			1,6		14,4		
	Ap ₈ Il ₂₃ Mt ₆₇			Or ₈ Ab ₄₉ An ₄₃							

kan betegnes som «gabbro-granulit»-jotungabbro, som Werenskiöld skriver i sin dagbok. Tynnslip av denne viser rester av cm-store plagioklaser, mens det meste av de femiske mineraler er omdannet til granatrender i den sterkt pressede bergart.

Den finkornige hovedbergart i toppen av Rindhovda er derimot temmelig upresset, med 0,1 mm plagioklas bestemt til An₄₀₋₄₅; frisk, men noe oppknust jernholdig rombisk samt monoklin pyroxen av samme kornstørrelse, videre rikelig med ertskorn ca. 0,5 mm; men uten granat. Plagioklaskornene er ikke oppknust, men delvis noe protoklastisk deformert, og synes således for det meste krystallisert in situ. Fig. 7 viser mikrofotografi av denne bergart, som også ble undersøkt ved kjemisk analyse (tabell V).

Vekt %	CIPW norm:										
SiO ₂	50,53							Diopsid			
TiO ₂	1,38	Ap	Il	Mt	Or	Ab	An	Wo	Hy	Hy	Ol
Al ₂ O ₃	15,77	0,5	2,0	3,1	7,5	27,5	26,3	5,8	5,8		
Fe ₂ O ₃	3,04	5,6			61,3			11,6		18	3,6
FeO	8,40										
MnO	0,21	Ap ₉ Il ₃₆ Mt ₅₅			Or ₁₂ Ab ₄₅ An ₄₃						
MgO	6,67				En			Σ sal = 61,3			
CaO	8,48				Fs = 1,98			Σ fem = 38,9			
Na ₂ O	3,00										
K ₂ O	1,19										
H ₂ O +	0,13	Tabell .V Analyseprøve slått av W. Werenskiold og T. Gjelsvik									
H ₂ O +	0,95	15/7—1941 Rindhovdas vestkant ca. 1150 m o. h. (ved Randsverk,									
P ₂ O ₅	0,21	Sjodalen). Tynnslip No. 162-III-E30Ø-1954 B. Dietrichson.) Fin-									
	99,96	kornig norit. Utført av Erna Christensen, NGU kjem. lab. nr. 615									
		1955. — Sp.v. 3,00 og H ₂ O best. ved Rolf Larssen.									

Genetisk nær beslektet med den finkornige Rindhovda-norit er den gabbroide gangbergart fra det øvre Jotuneruptivdekke i Nautgardstind (25 km W for Rindhovda), som jeg (1955, p. 40) beskrev som spessartite. Den antas å ha fått sin lamprofykarakter ved å assimilere xenolitter fra dekket som den har gjennomtrengt, og det kommer til uttrykk i CIPW-normen for spessartite. Nautgardstind:

Ap	Il	Mt	Or	Ab	An	Wo	Hy	Hy	Q
0,3	1,8	2,4	4,5	30,5	21,7	6,8	6,8		
4,5			56,7			13,6		24,0	1,2
Ap ₇ Il ₄₀ Mt ₅₃			Or ₈ Ab _{53,5} An _{38,5}						
			En			Σ sal = 57,9			
			Fs = 2,7			Σ fem = 42,1			

Til ytterligere sammenligning for gruppen Ap + Il + Mt anføres fra analysene:

Valdressparagmit-gabbrodetrus (Tab. I) 6,6 % Ap₇ Il₃₀ Mt₆₃.

Grønnstein undre Jotuneruptivdekke (Tab. II) 7,10 % Pyr₂₁ Ap₇ Il₂₈ Mt₄₃.

«All basalt» (Daly) (s. 20) 8,5 % Ap_{9,5} Il_{23,5} Mt₆₇.

Det høye prosent-innhold av gruppen Ap + Il + Mt i Strands grønnsteinsanalyser, særlig i hans tab. 2 med 15,1 % er påfallende. Den passer imidlertid inn i J. H. L. Vogts (1914 p. 274) differensialsjonsdiagram for titano-magnetit-norit fra Lofoten, hvor der dessuten i malm med ca. 70 % Mt kan være over 10 % spinell (pleonast).

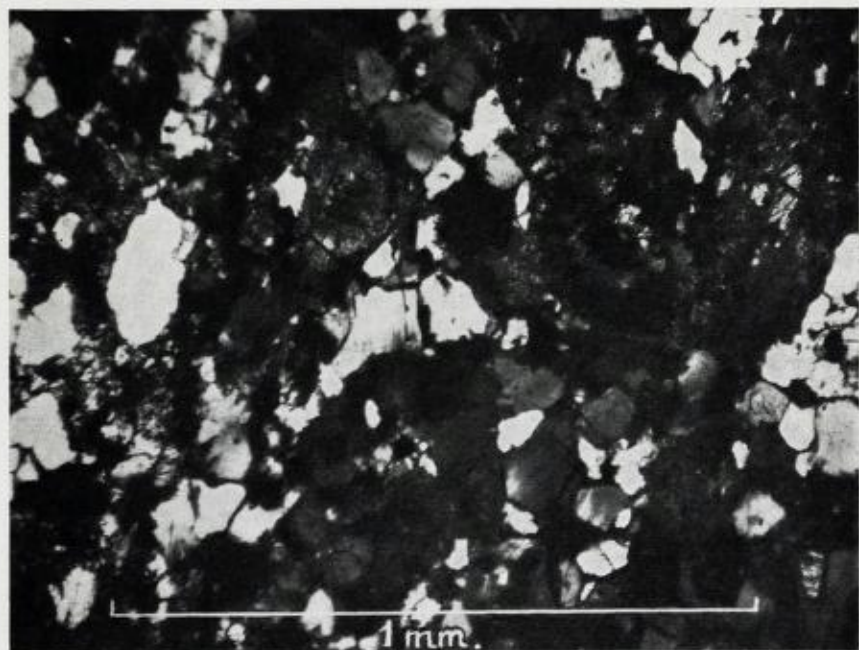


Fig. 7. Finkornig norit. Hovedbergart i Rindhovda 1150 m o. h., utligger av øvre Jotuneruptivdekke. Grunnmasse i eruptiv-breksje, prøve slått av W. Werenskiold og T. Gjelsvik, 1941. Slip No. 162-II-E30 aust.

Fine-grained norite. Main rock-type on Rindhovda, 1150 m. a.s.l., an outlier of the Upper Jotun Eruptive Nappe. Comprises the groundmass in an eruptive breccia. Specimen collected by W. Werenskiold and T. Gjelsvik, 1941. Section No. 162-II-E30 East.

Malmen benevnes Titanomagnetit-spinellit og er i Norge også kjent fra en rekke forekomster på Møre, som nå må regnes til Kaledonidene. Malmen fra Rødsandgruven fører ifl. Vogt (l. c. p. 275) 1 à 2 % korund.

Det normative C.-innhold på 1,6 i Strands analyse nr. 2 er heller ikke fremmed for mineralselskapet i Jotuneruptivdekkene. Spinell (pleonast) er således alminnelig i øvre Jotuneruptivdekkens ultrabasitter. I Murudalen, få km fra lokaliteten for Strands analyse Tab. 2, danner «peridotitkuppene» et ca. 6 km langt drag, i bunnlagene av det øvre Jotuneruptivdekke. — Pleonast opptrer her sammen med kromitførende magnetit.

Det kan i denne forbindelse nevnes at det normative innhold

på 1,5 % pyrit i Espedalsgrønnsteinen (Tab. II) sammenholdt med Espedalens nikkelmagnetkisforekomster antyder et uttalt større sulfidinnhold i det undre Jotuneruptivdekkes basiske bergarter, enn hva der hittil er påvist for det øvre eruptivdekkes tilsvarende pakker.

Til Strands (l. c. p. 50) tabell 3 over anslått mineralsammensetning av forskjellige typer av «gabbrokonglomeratets» grunnmasse, vil jeg fremheve den rikelige forekomst av friske, flikete, relativt store ertskorn (0,5 mm) i en rekke tynnslip. Ellers er kornstørrelsen hos de nydannede mineraler som Strand nevner omkring 0,1 mm, og *der finnes ikke i noen tynnslip antydning til klastiske strukturer*. Hvis slike noensinne har vært til stede, må de være totalt utslettet ved etterfølgende metamorfose, i sterk kontrast med Valdressparagmit-arkosene ved nedre Sjødalsvann, ca. 15 km SSW for Brurusti, samt videre sørvestover, Pl. I fig. 1 og 2. En lokalisert metamorfose av denne art kan her naturlig tilskrives trondhjemitinjeksjonene og stresset langs det øvre Jotuneruptivdekkes bevegelses-sone.

Den foreløpige konklusjon av den petrografiske undersøkelse blir således at den grønne, metamorfe grunnmasse i det såkalte gabbrokonglomerat ved Nedre Tråsåfoss og Brurusti ved Sjøa, er en metamorf norit tilhørende det øvre Jotuneruptivdekkes bunnlag = «sole injections»,* under fremglidning fra NW. Avvikelsen fra normalgabbroid sammensetning som Strand finner lokalt forklares ved at en slik lagergang, som tjener som smøremiddel for dekket, flere steder kan bli forurenset fra sidesteinen, på lignende måte som forskjellige lamprofyrsammensetninger er kommet i stand. I vårt tilfelle har vi dessuten trondhjemit-injeksjonene å ta i betraktning, i hvert fall for kvartsinnholdets vedkommende. Trondhjemitplagioklasens injeksjon er lettere å konstatere i tilgrensende glimmerskifer og på forhånd forgneisede surere eruptivbergarter enn i gabbroide masser. Oskar Kulling (1956, p. 211) påpeker den demmende virkning ultrabasiske og til dels også basiske bergarter har på mobilisert salisk materiale.

Kullings iakttagelser fra «Rödingsfjällskollan» er i det hele av stor interesse ved studium av injeksjonsmetamorfofen i Heidal—Sjødalen-området; herunder diskusjonen om pseudokonglomerater med trondhjemitiske «rullesteiner». Således viser Kulling (l. c. p. 219) fotografier av «migmatiserad berggrunn» og «Zonvis trondhjemitisering» som i høy grad ligner min fig. 2 s. 22 fra Ned. Tråsåfoss og

* Her sannsynligvis å oppfatte som «outsqueezed» i bunnlaget.

Strands fig. 1 (1956, p. 45) av «gabbrokonglomerat». Det kan ha alminnelig interesse å konstatere at Kulling betegner betydelige områder (ca. 200 km²) av de høymetamorfe Vesterbottenfjell med Rödingsfjäll som migmatisert glimmerskifer, til dels migmatisert amfibolit; mens områder av samme størrelsesorden i Ranadistriktene på norsk side av riksgrensen betegnes som «gneisbergarter av injeksjonsgneiskarakter» på Norgeskartet av 1953. Her foreligger i bokstavelig forstand et stort felt for samarbeid over landegrensene.

For å ta definitivt standpunkt til «gabbrokonglomeratet i Sjødalen» må virkningen av det tektoniske stress under størkningen også beskrives, og det fremgår tydeligst i:

VII.

Pseudokonglomeratene ved Hindseter—Veoli.

Mens forekomstene ved Nedre Tråsåfoss og Brurusti ligger ca. 600 m o. h., ligger Hindseter—Veoli «konglomeratene» 10—12 km lenger SW, ca. 1000 m o. h. på ESE fløyen av Sjødalsantiklinalen. Denne består av basissedimenter med sandig fyllit på toppen; de faller 10—15° mot øst, under Sjøa og Refjellene østenfor, for først å dukke opp igjen 20 km i SE.

Hindseterkampen med ca. 2 km rygg NS består av til dels overordentlig grov tektonisk breksje av det øvre Jotunruptivdekkets norit inklusive fragmenter av dets ultrabasitter. Den er gjennomført av og hviler på et mylonitisert grunnsteinsunderlag; og det hele kompleks har en press-skiffrighet som faller steilt vestlig, altså nesten vinkelrett med basis-sedimentenes skiffrighet. — I Hindseterkampen har vi tydelig for oss bevegelses-sonen til det øvre Jotunruptivdekke, hvor de undre deler er slept over basis-sedimentene som her faller relativt bratt mot øst, og hvor dekkets «sole injection» virket som smøring og lettet glidningen.*

Mitt fotografi (1950, p. 119) av lys «rullestein» er fra Hindseterkampen, og fig. 8 viser et mylonitrundet ultrabasitfragment derfra. Ultrabasit finnes også i meget større blokker — «kupper» —

Smlg. s. 12 siterte nye avhandling av W. H. Bucher (l. c. p. 1311) som skriver: «Forced travel of hot fluids along the contact zone might account for the lubrication».

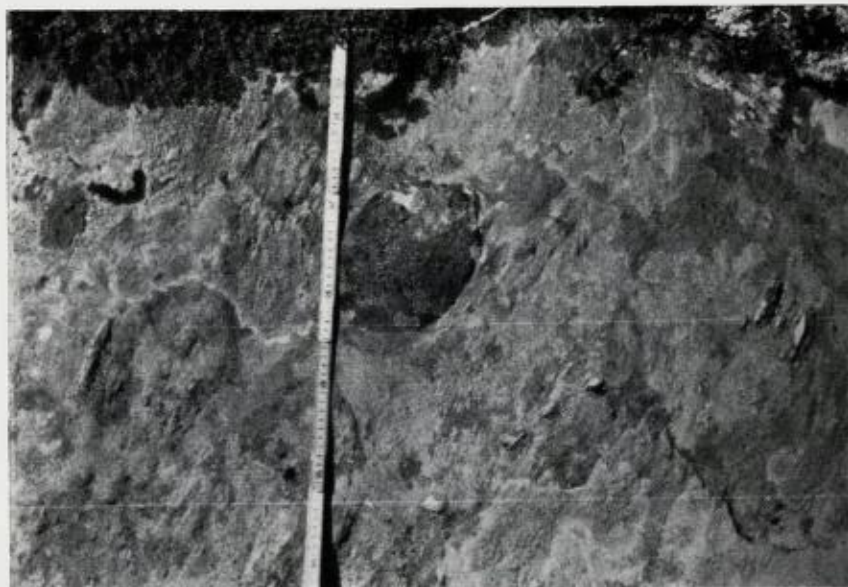


Fig. 8. Mylonitrundet fragment av ultrabasit, Hindseterkampen, 1050 m o. h., Sjødalen.

Tectonically-rounded fragment of ultrabasite, Hindseterkampen, 1050 ms. a.s.l., Sjødalen.

i Hindseterkampen. Strand (1956, p. 46) omtaler også «en liten mørk bolle eller inneslutning» fra Hindseterkampen. Større peridotitkupper finnes også nær brua over Stuttgangsfossen, i Sjøa, like i nærheten. Her er den tektoniske breksje gjennomvevet av trondhjemitganger.

Ved den nye bilveibru over Veo er der gode, friske snitt i den diabaslignende grønnstein som setter gjennom tektonisk kolossalbreksje, hvor der også er bruddstykker av trondhjemitpegmatit med cm-store brune (spessartin) granater.

1 km N for Veobrua i frisk veiskjæring sees mylonit og ptygmatiske foldet gneis av det øvre Jotunruptivdekkets surere bergarter, med bl. a. radioaktiv ortit; gjennomvevet av synorogene injeksjoner såvel av grønnstein som av trondhjemitkarakter (fig. 9).

Vi kommer til slutt til lokaliteten ved Veoliseter, hvor som allerede nevnt (III, s. 18) en lignende kolossalbreksje av det øvre Jotunruptivdekkets bergarter opptrer, på underlag av metamorf grønnstein med trondhjemitintrusjoner. Enkelte fragmenter av trondhjemit er



Fig. 9. Forgneiset parti av øvre Jotunruptivdekkets bevegelses-sone med surere bergartsfragmenter, mylonitisert og ptygmatisk foldet under synorogene injeksjoner såvel av grønnstein- som av trondhjemit-karakter. Bemerk mylonitrundete fragmenter over hammeren. Skjæring bilveien gjennom Sjødalen, 1 km N for Veobrua.

Part of the gneissose thrust-zone of the Upper Jotun Eruptive Nappe. Fragments of acid rock-types have been mylonitised and ptygmatically folded during synorogenic injections of both greenstone and trondhjemite character. Notice tectonically rounded fragments above the hammer. Road cutting along highway in Sjødalen, 1 km. N of Veo bridge.

mylonit-rundet; herav pseudokonglomeratkarakteren. — Jeg presenterer på Pl. II fig. 2, foto av en blokk som er stilt opp ved Geologisk Museum, Oslo. En annen større prøve som jeg også samlet i 1945, viser skarpkantede lyse fragmenter, og har ubetinget karakter av eruptivbreksje.

Tynnslip av denne prøves (nr. 110—1945) grunnmasse viser mineralsammensetning identisk med grunnmassen i prøven fra Nybrua (Strand Tab. 1); men er mer grovkrystallinsk.

Således er der opptil 1 mm korn av aktinolitisk *hornblende*, flere med kjerner av reliktpyroxen, videre skittenbrun *biotit*, *zoisit*, *epidot*; over 1 mm store korn av fylte feltspater som rimeligvis er trondhjemitporfyroblaster og forekommer sammen med undulerende kvarts av samme opprinnelse. Mellomrommene er gjennomvevet med

trondhjemitmateriale. Man kunne her tale om «komposit-bergart» eller åre-injeksjonsgneis (Goldschmidt 1921, p. 90). For øvrig var Goldschmidt (l. c. p. 54) fullt oppmerksom på basiske bergarters forhold overfor mobilisert salisk materiale som Kulling (1956) fremhever på flere steder i Vesterbotten. Goldschmidt skriver nemlig: «Metasomatische Prozesse dürften sich in Amphiboliten vorwiegend durch Biotitbildung äussern, dagegen dürfte eine Zunahme des Feldspatgehalts in solchen Gesteine wohl wesentlich durch rein mechanische Injektion «fertigen» Feldspats in Form von Schmelzflüssen oder Lösungen bedingt sein — — —» og tilføyer i fotnote sammesteds at F. Becke hadde samme erfaring fra Alpene.

De lyse bruddstykker i samme prøve nr. 110 består overveiende av kvarts og plagioklas-korn med flytende begrensning, noe feltspat med antydning til sonarstruktur, videre opptil 1½ mm «fylte» feltspat-fennokrystaller med bl. a. små nykrystalliserte oligoklas-tvillinger og sjakkbrettalbit-lignende struktur.

Endelig viser jeg fra samme lokalitet ved Veoliseter, fig. 10, fotografi av en ca. 1m³ stor, stedlig løsblokk, hvor *trondhjemitsubstansen opptrer som grunnmasse, og grønnsteinsfragmenter som xenolitter i denne.*

Prøve av denne med tynnslip (No. 107 — I — 1954 20/8) viser at de mørke bruddstykker for det meste består av den blågrønne, aktinolitiske hornblende, vanlig i «konglomeratenes» grønnstein. Xenolittene har ofte en kjerne av fliket ertskorn på ca. 1 mm, og i flere sees nydannete, idiomorfe granater ca. 0,05 mm, dessuten aksessorisk, kraftig brun biotit med pleokroisme til fargeløs. — Enkelte rundete apatitkorn «flyter» også som xenolitter i trondhjemit-grunnmassen. Trondhjemitfeltspaten er fylt med nåler av epidot, zoisit og muskovit; der kan skjernes relikte fennokrystaller på 1 mm med tett albitstripping som indikerer oligoklas-sammensetning ved nesten rett utslukning. Bergarten gir inntrykk av å være presset i halvsmeltet tilstand og senere oppknust.

Prøve No. 108 — I — 1954 20/8 er en tilsynelatende «rullestein» 7 × 4 cm som ble slått av en annen stor løsblokk nær nr. 107, under Strands nærvær. Tynnslip viser en metamorf trondhjemitporfyrer med opptil 1½ mm fennokrystaller og kvarts av lignende dimensjoner, i «mørtelmasse» med intakte oligoklaskorn 0,2 mm.

Strand (1956, p. 46) gjør oppmerksom på det såkalte gabbro-konglomerats monomikte karakter; men forsøker sammesteds å an-

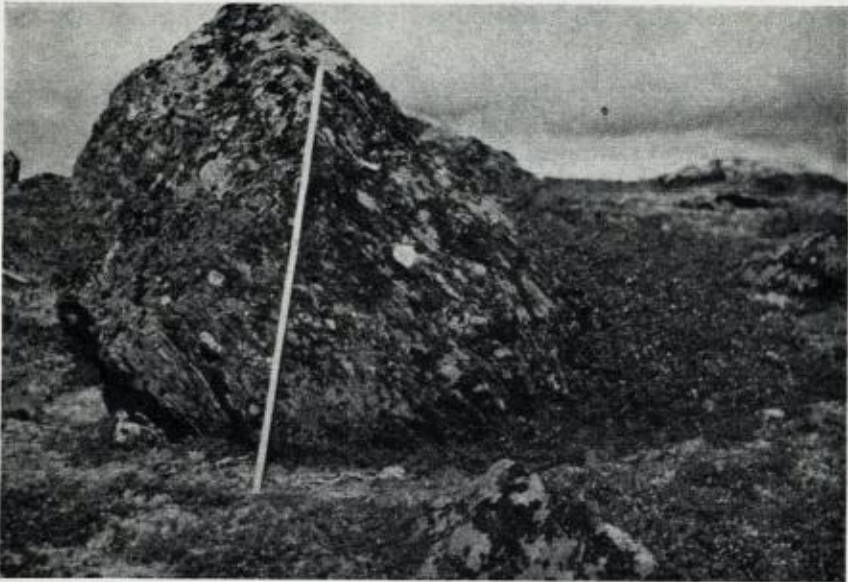


Fig. 10. Stedlig løsblokk, Veoliseter, består av trondhjemit-grunnmasse med fragmenter — xenolitter — av den samme grønnstein, som vanlig danner grunnmasse for trondhjemit-intrusjonene i pseudokonglomeratet. Håndstykke av blokken med tynnslip: Nr. 107-I-E 30 Ø — 20/8—1954.

Local erratic near Veoliseter, consisting of a groundmass of trondhjemite with fragments (xenoliths) of the same greenstone which normally forms the groundmass of the trondhjemite intrusions in the pseudo-conglomerate. Hand-specimen of the erratic with section: No. 107-I-E 30 Ø — 20/8—1954.

tyde tilstedeværelsen av «kvartsitboller» på en lokalitet han besøkte i 1940; men hvor vi i 1954 bare kunne finne vanlige kvartslinser. Strand uttaler ønske om å få denne lokalitet revidert av «uvillige menn».

Jeg kan i denne forbindelse gjøre oppmerksom på at jeg i 1945 fikk sendt den store prøve Pl. II fig. 2 fra Veoliseter til Geologisk Museum, Oslo, nettopp for eventuelt å få foretatt en lignende revisjon, da jeg fant konglomeratkarakteren noe tvilsom. En sådan revisjon vil være betydelig lettere å realisere enn befaring i Sjødalen. Samtidig kunne de like ovenfor nevnte prøver nr. 107 og nr. 108 samt nr. 110—1945 stilles til disposisjon.

Min konklusjon blir således at vi såvel ved Nedre Tråsåfoss—Brurusti på Vågåbladet, som ved Hindseter—Veoliseter på Sjødalsbladet har pseudo-konglomerat-dannelser ved i egentligste forstand

synorogene, kryssende intrusjoner langs det øvre Jotuneruptivdekkes bevegelses-sone.

Den grønne gabbroide bergart tilhører dekkets «sole injection» under bevegelse fra NW, og trondhjemit-porfyrerene er injisert fra NE, under den samtidige kompresjon NE—SW.

Strand skriver (1956, p. 50) «at man kunne være fristet til å regne som et av naturens luner» «at det ikke finnes boller av gabbroide bergarter i et konglomerat hvor grunnmassen er så rik på gabbroid materiale som i dette tilfelle» (i Sjødalen).

Naturen har ved dannelse av pseudokonglomeratet vist seg særdeles «lunefull». Som regel kom trondhjemintrusjonene etter at grunnsteinen var mer eller mindre konsolidert («fersk» som Strand uttrykker det i 1955 B, p. 63), og det hele ble presset i halvstiv tilstand under injeksjonsmetamorfose. — I noen tilfeller ble størknet trondhjemit-porfyrer mylonitrundet under overkjøringen etter modell fig. 5, i motsetning til den mindre kompetente, biotitførende melanokrate grunnmasse, som under tektoniseringen utviklet en skifrig struktur. Unntagelsesvis rev trondhjemintrusjonene opp grunnsteinmassen som beskrevet for blokken fig. 10, og den leukokrate bergart ble grunnmasse.

Som sitert under diskusjonen (NGT 1955, p. 222) holdt Goldschmidt det for praktisk talt umulig å atskille *presset*, kort transportert gabbro-detritus i Valdresparagmittens arkoser uten konglomerat fra den likeledes pressede og på forhånd sterkt metamorfe grunnstein som er modersteinen. — Allerede K. O. Bjørlykke (1894, p. 74, fotnote) uttalte i avhandling fra de områder det her gjelder:

«Sikkert turde det være, at det vanskeligste arbeide i det centrale Norge vil blive at udskille de forskjellige gabbrovariteters skifrige grænsefaciesdannelser fra de sedimentære lagrekker.»

Når der således skulle krysses klinger på et felt i det sørlige Norges høyfjell, må man si at foranledningen (og lokaliteten Brurusti, Jo Gjendes vinterheim i lavere strøk) er kresent valgt.

Litteratur.

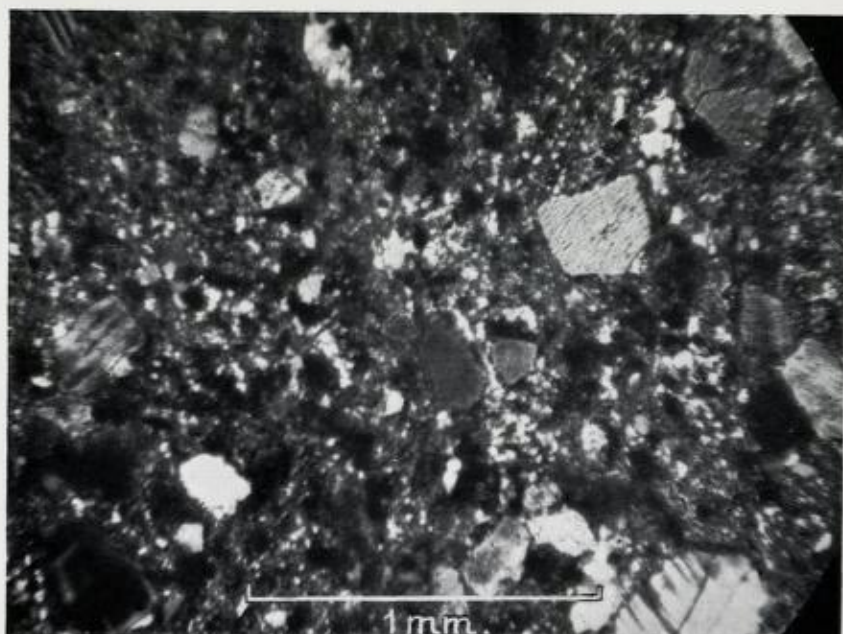
NGU = Norges geologiske undersøkelses skr.

NGT = Norsk geol. tidsskrift.

Bjørlykke, K. O.: Høifjeldskvartsens nordøstligste udbredelse. NGU nr. 14 — 1894

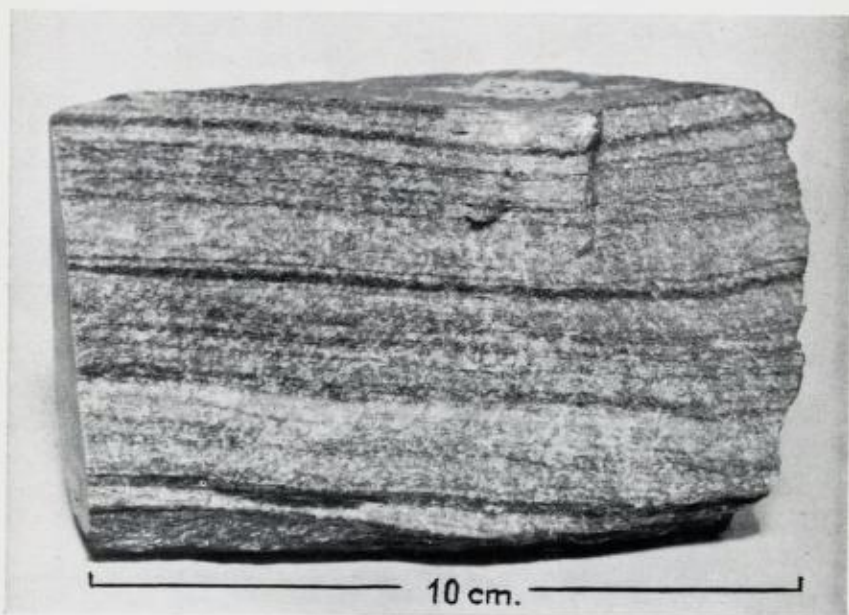
— Det centrale Norges fjeldbygning NGU nr. 39 — 1905.

Bugge, C.: Hemsedal og Gol NGU nr. 153 — 1939.

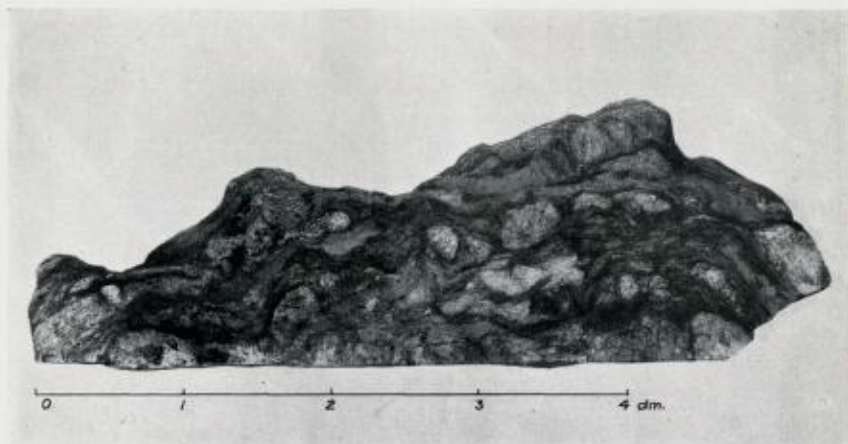


Pl. I fig 1. Valdres-sparagmit, Sikkilsdalsgapet ved Øvre Sjødalsvann. Pr. nr. 120-II-E30Ø — 17/8—1953. Upresset arkose med bl. a. mikrolin og jotunperthit.

Valdres Sparagmite, Sikkilsdalsgapet near upper Sjødalsvann. Specimen No. 120-II-17/8—1953. Unpressed arkose with, int. al., microcline and Jotun perthite.

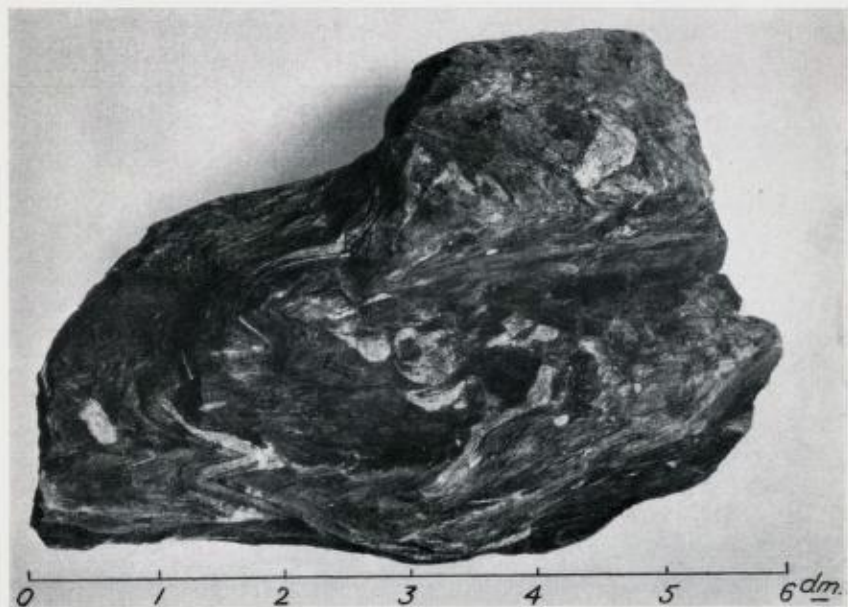


Pl. I fig. 2. Valdres-sparagmit, Mola elv, 1090 m o. h. nær Gjendesheim.
Valdres Sparagmite, Mola river, 1090 metres above sea level, near Gjendesheim.



Pl. II fig. 1. Valdres-sparagmittens gabbrokonglomerat. Veslehovda 856 m o. h., ved Hinøgla i Skåbu. Lyse rullesteiner hovedsakelig metamorfe mangeritiske jotun-eruptiver. Grønn grunnmasse gabbrodetritusarkose. Prøve samlet av W. Werenskiold og forf. 1942. Fot. B. Mauritz.

The gabbro conglomerate of the Valdres Sparagmite, Veslehovda 856 ms. above sea level, near Hinøgla, Skåbu. Light-coloured rounded fragments mainly of metamorphosed mangeritic Jotun eruptive. The dark matrix is arkose formed of gabbrodetritus. Specimen collected by W. Werenskiold and the author 1942. Photo B. Mauritz.



Pl. II fig. 2. Pseudokonglomerat, Veoliseter, Sjødalen. Lyse fragmenter og årer av trondhjemitgangbergart. Grønn grunnmasse av metamorf norit fra øvre Jotuneruptivdekkets bunnlag — «sole injection». Prøven finnes ved Geologisk Museum, Oslo.

Fot. B. Mauritz.

Pseudoconglomerate, Veoliseter, Sjødalen. Light-coloured patches and veins of trondhjemite dyke-rock. Dark groundmass of metamorphosed norite belonging to the upper Jotun Eruptive Nappe's basal layer, («sole injection»). Specimen collected by author, 1945, now in the collections of the Geologisk Museum, Oslo. Photograph B. Mauritz.

- Daly, R. A.*: Igneous Rocks and the Depths of the Earth. McGraw-Hill. 1933.
- Dietrichson, B.*: Geol. unders. i Espedalen, NGU nr. 163, 1945.
- Det kaledonske knuteområde i Gudbrandsdalen. NGT. Bd. 28, 1950.
 - Pseudotachylit fra de kaledonske skyvesoner i Jotunheimens forgårder, Gudbrandsdalen, og deres dannelsesbetingelser. NGU nr. 184, p. 23—70, 1953.
 - Spessartite and Pseudotachylite intruded on the Thrustingzone of the upper Jotun Eruptive Nappe near Nautgardstind, East-Jotunheimen, NGU nr. 191, p. 30—55, 1955.
 - Foredrag «Jotunheimportalen», Kap. I—II, NGF Landsmøte 1955, NGT Bd. 35, p. 222, 1955.
- Gjelsvik, Tore*: Anorthositkomplekset, i Heidal NGT. Bd. 26, p. 1—58, 1947.
- Goldschmidt, V. M.*: Konglomeratene inden Høifjeldskvartsen, NGU nr. 77, 1916 A.
- Geol. petr. studien im Hochgeb. des Südl. Norwegens:
IV. Übersicht Eruptivgesteine zwischen Stavanger und Trondhjem. Vid.sk.-selsk.skr. I Mat.naturv. Kl. 1916, No. 2, 1916 B.
 - V. Die Injektionsmetamorphose im Stavanger-Gebiete. Id. I Mat. naturv. Kl. 1920, No. 10, 1921.
- Holtedahl, Olaf*: Norges Geologi, NGU nr. 164, 1953.
- King, B. C. og Rast, N.*: Tectonic styles in the Dalradians and Moines of parts of the Central Highlands of Scotland. Proc. Geol. Ass. Vol. 66 p: 243—269. 1956.
- Kulling, Oskar*: 2. Den kaledoniska fjällkedjans Berggrund inom Västerbottens Län, p. 100—296 i beskr. til Västerbottenkartet. (M. 1 : 400 000). 2 SGU Nr. 37, Ser. Ca. 1955, p. 100—296.
- Landmark, Kåre*: Geol. unders. Luster — Bøverdalen. Univ. i Bergen. Årbok 1948. Naturv. rekke nr. 1, 1949.
- Rekstad, J.*: Fra det nordøstlige av Jotunfjellene. NGU nr. 37. Årbok 1904.
- Fra indre Sogn, NGU No. 43 årbok 1905.
- Strand, Trygve*: Nordre Etnedal. NGU nr. 152, 1938.
- Oversikt over fjellbygningen i Nordre Gudbrandsdalen. Foredr. NGF 1940, NGT. Bd. 20 p. 271—274 1941.
 - Structural Petrology of the Bygdin Conglomerate NGT. Bd. 24, p. 14—31, 1945.
 - The Sel and Vågå Map Areas, NGU nr. 178, 1951 A.
 - Slidre, NGU nr. 180, 1951 B.
 - Diskussionsinnlegg, NGT, Bd. 35 p. 222, 1955.
 - Gabbrokonglomeratet i Sjodalen. NGU Årb. 1955, p. 43—56, 1956.
- Thorolf Vogt*: 1) A lateral crustal Movement in the Caledonides of Norway, Kgl. norske Vid.sk.selsk. Forh. Trondheim. Bd. 26 nr. 23 (1953), 1954.
- 2) The lateral compression in Norway and the Great Glen Fault in Scotland, I—II id. Bd. 27 nr. 9, 1954, 1954.
- Beyschlag-Krusch-Vogt, J. H. L.*: Erzlagerstätten I, 1914.
(Fotografier ved forfatteren, hvor intet annet er anført.)

A clay sample from Tangen brickwork

BY

ROLF W. FEYLING-HANSEN,
PER CHR. SÆBØ AND JOHN W. WILHELMSSEN

With 3 text-figures.

A clay sample with a beautiful specimen of a *Ophiura*, probably *O. alba* Forbes, was sent in to Norges geologiske undersøkelse (Geological survey of Norway) by H. A. Sand, Fredrikstad. It had been collected by E. Kvernstrøm in the clay pit of Tangen brickwork near Fredrikstad on the east side of the entrance to the Oslofjord, Norway. The deposit is situated 200 m east of the eastern border of the river Glomma. The surface of the deposit lies approximately 20 m above sea level, and the sample was taken 8 m below the surface.

The grain size distribution of this clay sample was analysed by John W. Wilhelmsen of Norges geologiske undersøkelse, and the cumulative curve, given in figure 1, indicates a normal- to well-sorted sediment, $So = \log \frac{Q_{75}}{Q_{25}} = 0.80$. It is extraordinary fine-grained, its median particle size being 0.001 mm and 68 per cent by weight consisting of particles less than 0.002 mm. Plotted in the Md-So diagram (Selmer-Olsen, 1954) it falls within the area of fine-grained marine sediments but close to the transition between this area and that of lacustrine clays.

In order to find out the mineral composition of our clay sample, a part of it was submitted to X-ray analysis at the Roentgen laboratory of the Mineralogisk-Geologisk museum, University of Oslo.

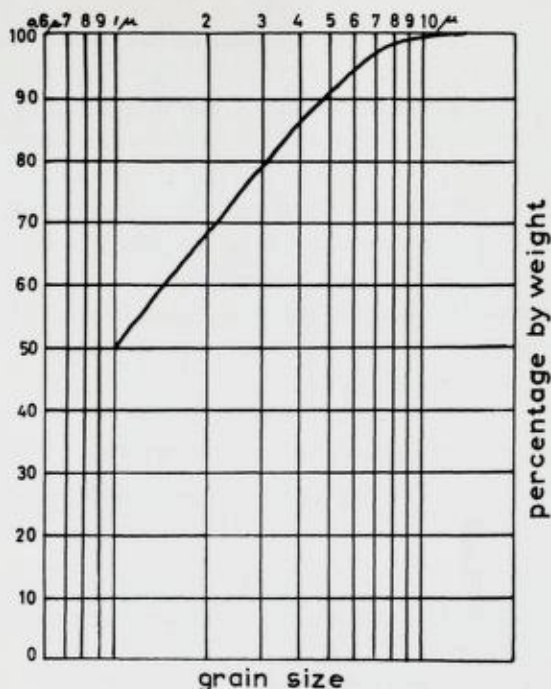


Fig. 1. Grain size distribution; Q_{25} estimated.

Kornfordelingskurve.

This investigation was carried out by Per Chr. Sæbø who used a powder camera with 9 cm radius and Fe-radiation. Two films, No. 6931 from the total substance and No. 7277 from the particle fraction less than 0.002 mm, were exposed during 20 hours. They showed no principle differences. No. 6931 is reproduced in figure 2 together with the X-ray powder patterns of ordinary muscovite and of ordinary chlorite. The chief mineral of our sample is an ordinary muscovite. Quartz is present in small amounts and, furthermore, there is a distinct reflection at 7.05 Å whereas no reflection can be traced at approx 14.00 Å (see Brindley 1951). This would indicate the presence of some mineral of the kaoline group. As, however, kaoline is very rare in Norwegian clay deposits, the above-mentioned reflection would more probably indicate the presence of a mineral of the chlorites rich in iron, because chlorites rich in iron will give no, or only very faint, reflection of (001) at 14.00 Å when present in moderate quantities. No other mineral was identified in the X-ray patterns. There exists, however, the possibility that the relatively large amount of unaltered muscovite obliterates a possible

occurrence of hydrous mica (illite) in the patterns. Biotite may also be present.

The results of the X-ray investigation have been confirmed by a differential thermal analysis carried out at Norges geologiske undersøkelse by John W. Wilhelmsen; the diagram is given in figure 3. The DTA demonstrates the presence of chlorite, but neither kaoline nor hydrous mica could be found. Small amounts of quartz, sulfides and carbonates are present, and the diagram also shows the characteristic exothermic reaction of the Cambro-Silurian shales of the Oslo region with a maximum at approximately 500°C due to their content of organic carbon.

According to these investigations our clay sample from Tangen at Fredrikstad is, semi-quantitatively, made up of:

- 40—50 per cent unaltered muscovite
- 10—20 » » chlorite rich in iron
- 5—10 » » quartz

and, additionally, sulfides, carbonates and some organic material.

A high content of muscovite is furthermore supported by extraordinary high value of the ratio Potassium/Sodium of our clay, $K/Na = 5.50/1.42$ (Analyst Brynjolf Bruun of Norges geologiske undersøkelse).

One of the factors constituting the conditions under which this clay has been preserved, is revealed by examination of the included microfossils. This was carried out by Rolf W. Feyling-Hanssen of Norges geologiske undersøkelse, and showed a poor fauna of fossil Foraminifera and some Ostracoda. The species *Streblus beccarii* Linné dominates the population accounting for 65 per cent of the foraminiferal fauna. Together with the other species present this places our clay into a late part of the Post Glacial period, probably at the transition between zone F and G of Feyling-Hanssen's stratigraphical division (Feyling-Hanssen, 1957). Our clay sample thus belongs to a young sediment, and there has been little time for mineral changes in it.

As previously mentioned our clay sample was taken 8 m below the surface of the deposit. It has thus escaped alteration processes within the so-called drying crust and has also been protected against weathering phenomena caused by seasonal fluctuations in temperature

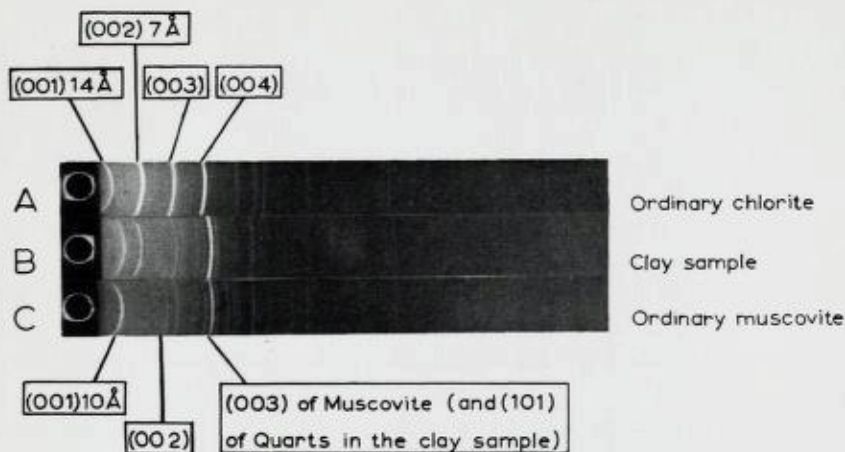


Fig. 2. A: Ordinary chlorite with normal content of Iron (from Støa, Norway. Coll. T. W. F. Barth). Note the intensity of the basal reflections (001) at approx. 14Å and (002) at approx. 7Å. B: The clay from Tangen. Only (002) of the chlorite can be seen, (001) and (003) are not recorded. C: Unaltered muscovite from Big Ridge Mica Mine, North Carolina. The extraordinary strong (003) line in the clay pattern (B) is caused by coincidence with the (101) reflection of quartz.

Photo: B. Mauritz.

Røntgendiagrammer: A, vanlig kloritt; B, leirprøven fra Tangen; C, vanlig muskovitt.

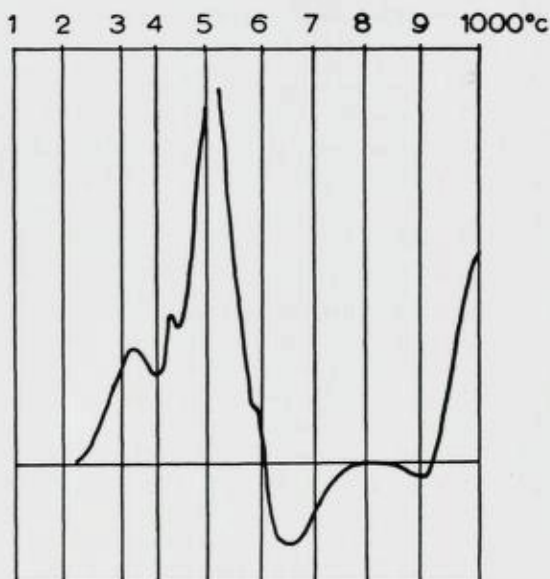


Fig. 3. Differential thermal analysis. The exothermic reaction between 320 and 520°C indicates the presence of organic carbon.

Differensialtermisk analyse.

(see Moum og Rosenqvist, 1955). Furthermore the extraordinarily low permeability of these fine-grained clay has certainly to a great extent prevented hydrous solutions from penetrating into it and reacting with it.

The fauna of fossil Foraminifera indicates that our clay was deposited in shallow water of rather low salinity, probably brachyhaline water. This is in good accordance with its position in the Md-So diagram being close to the area of lacustrine deposits. In order to explain the sedimentation of such a fine-grained clay in shallow water, we suppose that some kind of quiet, lagoonal condition existed during the deposition. The microscopic examination also revealed the presence of plant remains, these too contributing to the amount of organic carbon in our clay.

Sammendrag.

En leirprøve fra Tangen teglverk.

En leirprøve fra Tangen teglverk nær Fredrikstad, samlet av E. Kvernstrøm og innsendt til Norges geologiske undersøkelse av H. A. Sand, ble underkastet røntgenundersøkelse (Per Chr. Sæbø), kornstørrelsesfordeling og differensialtermisk analyse (John W. Wilhelmsen) samt mikropaleontologisk analyse (Rolf W. Feyling-Hanssen). Den viste seg å være en meget finkornig gruntvannsleire, 68 % av materialet hadde partikkelstørrelser mindre enn 0.002 mm. 40—50 % av mineralinnholdet besto av uomvandlet glimmer (muskovitt), dessuten fantes 10—20 % jernrik kloritt og 5—10 % kvarts, små mengder sulfider, karbonater og organisk kullstoff var også til stede. Leirprøven viste et vakkert avtrykk av en slangestjerne, *Ophiura*.

References:

- Brindley, G. W. 1951. X-ray identification and crystal structures of clay minerals, p. 187, London 1951.
- Feyling-Hanssen, R. W. 1956. Micropaleontology applied to soil mechanics in Norway. Norges Geologiske Undersøkelse No. 197, 1957, Oslo; also Norges Geotekniske Institutt Publ. No. 20.
- Moum, J. og Rosenqvist, I. Th. 1955. Kjemisk bergartsforvitring. Norsk Geologisk Tidsskrift No. 34 1955, Bergen; also Norges Geotekniske Institutt Publ. No. 8.
- Selmer-Olsen, R. 1954. Om norske jordarters variasjon i korngradering og plastisitet. Norges Geologiske Undersøkelse No. 186, 1954, Oslo.

De eokambriske lag under hyolithussonen mellem Čarajavrre og Časkias, Vestfinnmark.

AV

PER HOLMSEN

Med 2 tekstfigurer.

I en tidligere artikkel har forfatteren (Per Holmsen, 1956, side 65—72) omtalt hvordan Varanger-istidens tillitt underleirer hyolithussonens basallag over en strekning fra Aksojokka på Beskades til Čarajavrre. Siste sommer ble strekningen videre mot vest undersøkt, og det har vist seg at tillitten også der danner underlaget.

Basallagene er overdekket videre vestover fra fossen i Sallejokka (lokalitet nr. 7 i ovenfor nevnte artikkel), men basal-tillitten røber sin tilstedeværelse ved et stort antall moreneblokker som er ført nordover fjellpartiet Gaiddavarre ved sammenløpet av Sallejokka og flere andre vassdrag som tilsammen danner Njivlle-ædno, hovedtilløpet til Stuorajavrre. Tillitten har her en annen karakter enn lenger øst, idet den består av en sparagmittisk grunnmasse med boller vesentlig av kvarts. Bollenes størrelse er opp til 8 cm, og deres form er kantslitt eller kantrundet. Materialet er usortert, men gir inntrykk av å være vannslitt. Om mektigheten er det vanskelig å få et nøyaktig inntrykk ved blokkhyppigheten alene.

Denne tillitt står i fast fjell ved to lokaliteter i Bulljovagge, ca. 15 km sydvest for lokaliteten ved Sallejokka. Den ene lokalitet¹ er i elveleiet nedenfor sammenløpet av flere bekker som har sitt utspring omkring Bidjovagge i nordskråningen av fjellpartiet Časkias. I en foss, 1,5 meter høy, danner en rødbrun tillitt av den ovenfor

* Først iaktatt av bergingeniør Karl Ingvaldsen.

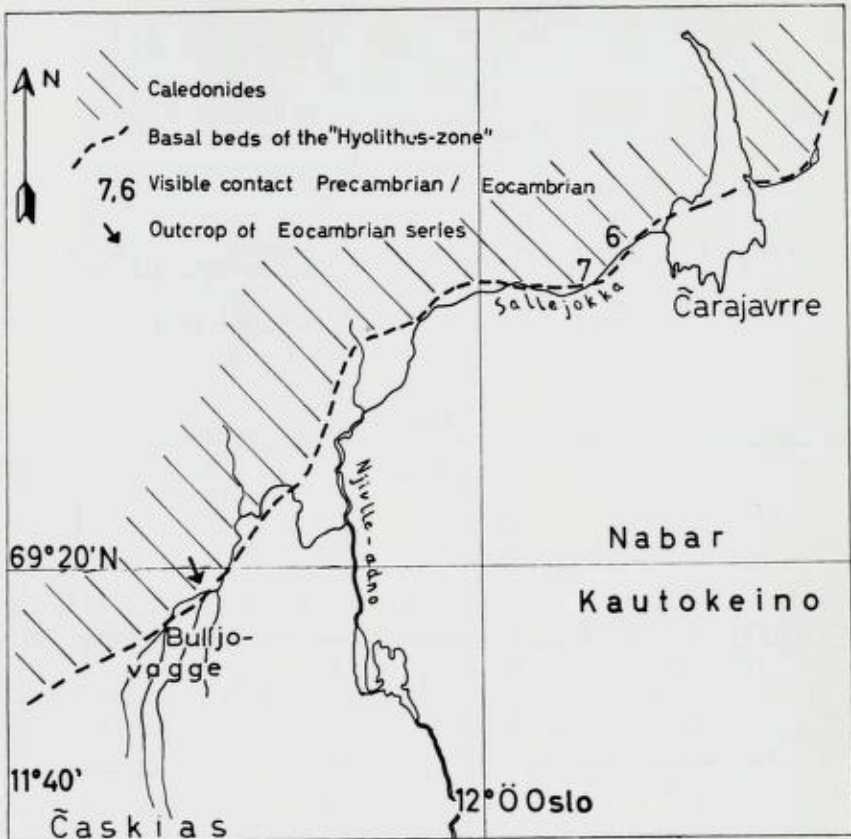


Fig. 1. Skisse over Hyolithus-sonens forløp mellem Čarajavrre og Časkias. Pilen angir tillittforekomsten i Bulljovagge.

Sketch map of the «Hyolithus-zone» between Čarajavrre and Časkias. Arrow points to tillite locality in Bulljovagge.

omtalte type et ca. 1 m tykt lag øverst, derunder er der ca. 1 m tykk grå tillitt av for øvrig samme type. Tillitten hviler konformt på et kvartsittisk sparagmittlag av synlig tykkelse omkring 0,5 m. Denne hviler igjen konformt på lag av grovklastisk grå sparagmitt med røde feldspatkorn. Synlig tykkelse av denne grå og røde sparagmitt er ca. 2,5 m, men kontakten er overdekket både mot ligg og heng. Det er dog neppe plass til mere enn høyst 1 m mellom sparagmitt og kvartsitten i heng. Det prekambriske underlag er overhodet ikke synlig i nærheten.

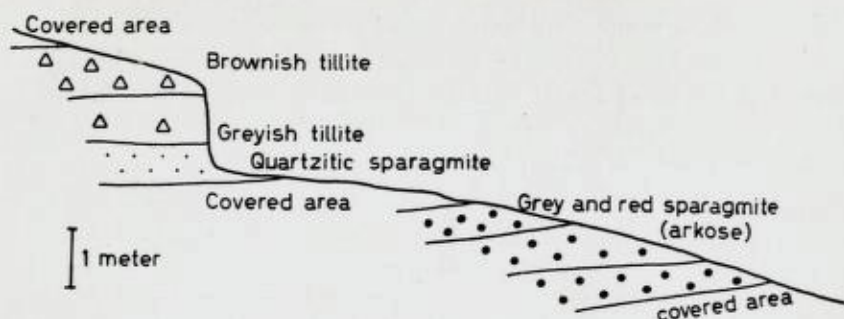


Fig. 2. Den tillittførende eokambriske serie i Bulljovagge.

The tillite-bearing Eocambrian series, Bulljovagge.

Det viktige ved dette profil fremfor de i 1956 omtalte, er at der under tillitten ligger en eokambrisk serie av sparagmitt, som i enhver henseende ligner Moelv-sparagmitten i Syd norge.

Tillitten må ha ganske stor feltutbredelse i Bulljovagge, for blokker av tillitt finnes flere steder over et større område ovenfor fossen. Der finnes også blokker av sparagmitt og kvartskonglomerat.

En isolert blotning av tillitt i fast fjell finnes innenfor målefeltet for Kautokeino Kobberfelters undersøkelser i Bidjovagge, omtrent ved punkt 2850 N, 700 Ø. Den nordlige del av målefeltet strekker seg således inn over eokambriske lag.

Summary.

The Eocambrian beds below the Hyolithus-zone between Čarajavrre and Časkias, Western Finnmark.

In a previous note the author (Per Holmsen 1956, pp. 65—72) has pointed out that the Eocambrian tillite occurs conformably below the basal beds of the «Hyolithus-zone» (lower Cambrian). During the summer 1955 the «Hyolithus-zone» was investigated westward to Sallejokka (locality 7 in the mentioned note). In the summer 1956 the work was continued further to the West, the tillite in Bulljovagge

(N. of Časkias mountain) being found to rest on older Eocambrian beds. These beds consist of arkose, the visible thickness being 2,5 meters (8 feet), the actual thickness probably more. The total thickness of the Eocambrian strata, including the tillite, is at least 5,5 meters, probably considerably more.

Litteratur.

Holmsen, Per. 1956. Hyolithus-sonens basale lag i Vest-Finnmark. Norges geologiske undersøkelse Nr. 195, s. 65—72.

Jomaforekomstens blokkvifter.

AV

CHRISTOFFER OFTEDAHL

Med 2 tekstfigurer.

I anledning av utgivelsen av Foslies geologiske kart over Grongfeltet har jeg foretatt rekognoserende feltundersøkelser, blant annet i Jomastrøket. På Foslies manuskriptkart er større kisblokker avsatt, og den største ansamling finnes nederst i Sidesvannselven, mellom Jomaforekomsten og Svenskegrensen. Blokksamlingen er også iaktatt av svenske blokkletere, da den ligger knapt 1 km fra grensen. Blokksamlingen viste seg å være så bemerkelsesverdig at NGU startet blokkleting i Jomastrøket for om mulig å bringe på det rene blokksamlingens opphav. Foruten å antyde hvor disse blokker stammer fra har to somres blokkleting gitt et meget tydelig resultat for Jomaforekomstens blokkvifter. Da disse synes å være de første nøye kartlagte blokkvifter i vårt land, skal de her kort omtales.

Jomamalmen er i det vesentlige dekket av myr og morene, og den ligger nær bunnen av en senkning i landskapet med fasong som en meget åpen skål. I nordøst ligger Orklumpen (900 m) og i sørvest Jomafjells mektige rygg.

De vanlige isskuringsrifler viser etter Foslie en hovedisbevegelse fra øst mot vest over hele Grongfeltet, og Jomaforekomsten har gitt en utmerket blokkvifte etter denne bevegelsesretning. Storisen har tydeligvis kommet nokså rett østfra, har feiet over forekomsten og derfra beveget seg vestover og svakt oppover, like nord for Jomafjells bratte nordskrent. Fig. 1 viser de funne blokker.

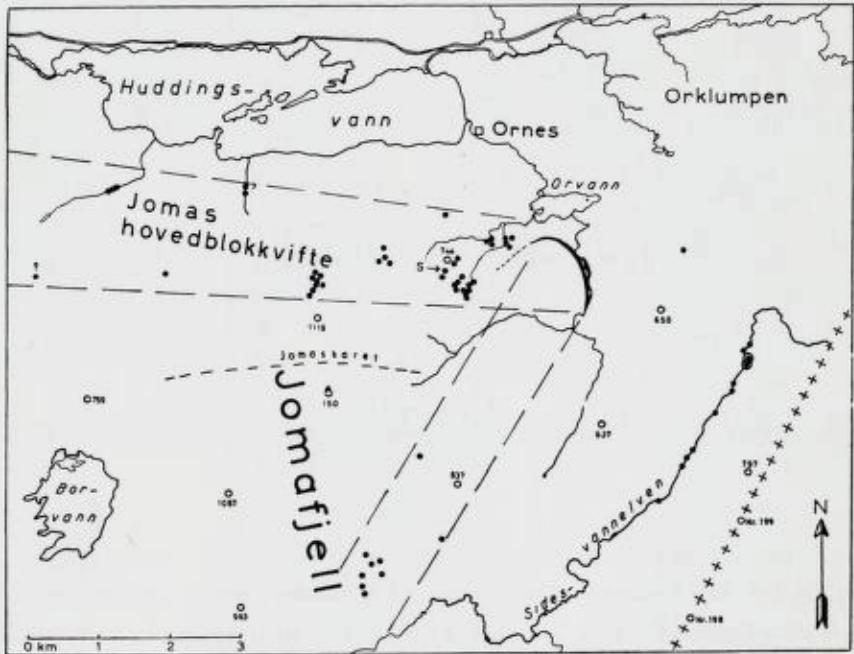


Fig. 1. Kartskisse som viser Jomaforekomstens blokkvifter. Jomamalmens utgående under løsavleiringene er avsatt med svart, og kisblokker er betegnet med store prikker.

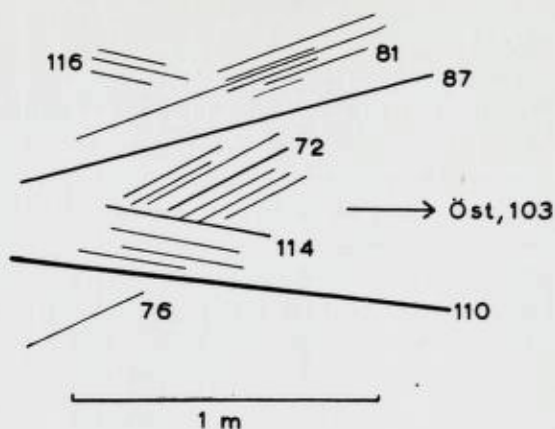
Glacial erratics of sulfide ore (filled rings) from the Joma occurrence, the outcrop of which is shown in black. Two glacial transport directions are shown.

Blokkene grupperer seg i en rekke konsentrasjoner. Dette forhold skyldes forskjellige lokale trekk ved topografien. Således vil vannsig gi myrflater som dekker eventuell blokkrik morene. Tett bjerkekratt vanskeliggjør også blokkletingen. Det er således typisk at under bjerkeskogsgrensen hvor det også er mange myrstrøk, er blokkene vesentlig funnet i bekkeleier og de små dalfører som ledsager disse. Omkring høyde 744 er terrenget mer nakent og svakt bølgende. Myrflater har dog resultert i at ikke mange blokker er funnet her. Konsentrasjonen ved nordspissen av Jomafjell er meget påtagelig. Den kan skyldes at det virkelig er lagt igjen relativt mange blokker her, idet isstrømmen er blitt sammentrengt mot nord av Jomafjells brattvegg.

Det er «blokklett» et par kilometer videre etter isbevegelsen, men få blokker er funnet. De to blokker merket med spørsmåls-

Fig. 2. Skuringsstriper på grønnskiferflate 3 km syd for Jomaforekomsten. Kompassretningene (400°) er angitt, med øst på 103° .

Glacial striae on horizontal surface of greenschist, 3 km south of the Joma occurrence. Compass directions (400°) are shown; east is 103° .



tegn i bekk til Huddingsvann er funnet av skjerpere i 1911 men ikke gjenfunnet. Den vestligste blokk også merket spørsmålsteget er funnet av Foslie i 1922.

Blokkenes størrelse er sterkt varierende. Den største blokk (merket «S» på fig. 1) har en overflate på 3×4 meter og er minst 1 meter tykk. Deretter følger en blokk på 1 m^3 og en blokk på $0,5 \text{ m}^3$. Blant viftens ca. 40 blokker er det så 10 blokker som ligger nær $0,1 \text{ m}^3$, og så avtar de jevnt slik at de minste 10 blokker har en vekt omkring 5 kg.

Foslie fant endel kisblokker på det nakne fjell like nord for Gjersvika, og i alle fall noen av disse må antas å stamme fra Joma. Isstrømmen har vel fortsatt videre noenlunde rett vestover; det er derfor ikke sannsynlig at den samling av store kisblokker som finnes i Binndalsstrøket stammer fra Joma.

Foruten de omtalte blokker viser kartet en blokkسامling langt i syd, i Jomafjells østskrent. Øverst oppe i de store morenemasser ble det funnet syv kisblokker med lengde fra 20—50 cm. Dertil ligger en 30 cm blokk ved en bekk 1 km øst for skrenten. Disse blokker antas også å stamme fra Jomaforekomsten. Grunnlaget for denne antagelse finner vi i skuringsstripene. På glatte berg i den hårde grønnskifer finnes i dette strøk foruten de vanlige skuringsstriper omkring øst—vest også skuringslinjer fra mer nordøstlige bevegelsesretninger. Fig. 2 viser en grønnskiferflate og dens mange skuringsretninger, beliggende mellom høydene 637 og 837. De store grønnskiferberg syd for Sidesvannselvens vestlige arm viser relasjonen mellom retningene meget vakkert. Her har øst—vest ret-

ningen forholdsvis svake striper, og disse er avskåret av yngre fasetter i overflaten hvor stripene er grovere og nærmer seg retning nordøst—sørvest. Det er således ikke tvil om at vi i Jomastrøket har en yngre brebevegelse nesten parallell riksgrensen, og denne kan være ansvarlig for den sydlige blokksamling.

Til slutt kan nevnes at den store blokksamling nederst i Sidesvannselven omfatter flere dusin blokker nær 1 m³ i størrelse. De må nærmest antas å være transportert et kort stykke ved den siste brebevegelse, og de synes således ikke å komme fra Joma.

Summary.

Ore boulder train of the Joma pyrite occurrence.

The Joma pyrite occurrence contains some 15 million tons ore and crops out mostly under bogs with a maximum ore zone width of 40 m. The surrounding morainic deposits have been investigated for ore boulders, in order to find the possible transport direction(s) of the Pleistocene glaciers. The observed ore boulders, plotted in Fig. 1, show a marked transport from east to west. A younger transport direction parallel to the Swedish border has produced a southern concentration of ore erratics.

Kvaliteten av grunnvann.

Meddelelse fra Vannboringsarkivet nr. 5.

AV

STEINAR SKJESETH

Med 7 tekstfigurer.

Kvaliteten av bruksvann blir viet stadig større oppmerksomhet. Ved Kgl. resl. av 28. sept. 1951 er det gitt forskrifter om drikkevannforsyningsanlegg. Disse forskrifter har hjemmel i næringsmiddel-loven av 19. mai 1933 og sunnhetsloven av 16. mai 1860. I disse forskrifter heter det bl. a.:

Drikkevann og vann som brukes ved ervervsmessig tilvirkning eller tilberedning av næringsmidler eller til rengjøring av lokaler, kar, redskap o. l. som brukes til ervervsmessig tilvirkning, tilberedning, oppbevaring, servering eller annen omsetning av næringsmidler, skal være hygienisk betryggende. Vannkilden skal være sikret så godt som mulig mot bakteriell forurensning (f. eks. fra bebyggelser, dyrket mark, kulturbeiter, utfartssteder, beferdet veg, bevertningssteder o. l.) og mot tilsig av skadelige stoffer.

Vannforsyningsanlegg til anstalt (sykehus, herberge, skole, fengsel eller liknende) eller til restaurant, kafé, hotell eller annen bedrift som ervervsmessig tilvirker eller omsetter næringsmidler, må anmeldes til og være godkjent av helse-rådet. Det samme gjelder anlegg som leverer vann til mer enn 20 husstander eller mer enn 100 mennesker.

I mange områder av landet har den kvalitetsmessige siden ved vannforsyningen vært det største problem. Overflatebrønner og vann i bekker, elver og innsjøer som tidligere ble brukt, er oftest etter hvert blitt forurenset og ubrukelig. Mange av brønnene, særlig i tettbebyggelse, er infisert med kloakk. Da dypboring etter vann ble kjent i landet, øynet mange muligheten for å få ordnet vannforsyningen på en tilfredsstillende måte. Ved dypboring kan en få det

best mulige grunnvann og boringen etter vann de siste årene har hatt stor betydning for løsning av vannforsyningsproblemene først og fremst i land-distriktene.

De fleste regner vel med at det ikke er noen fare for forurensning av vann i borebrønner, ut fra den oppfatning at det vann en får på denne måten skriver seg fra stort dyp. Mange er blitt fristet til å spare på ledninger og grøfter og har plasert borebrønnen helt inn til forbruksstedet uten å ta hensyn til eventuelle forurensningskilder.

En bør ta de samme hensyn ved valg av boreplass som ved valg av andre vannkilder, og prøve å finne fram til et sted som sikrer nok vann, godt vann og som samtidig ligger mest mulig praktisk til for videre utbygging av anlegget. Grunnvannet i norske bergarter opptrer som kjent nesten bare i sprekker. Resultatet av en boring er avhengig av det eller de sprekkesystem som blir krysset ved boringen. Før en setter i gang boring bør en prøve å danne seg en mening om hvor vannet til brønnen vil komme fra, dvs. grunnvannstrømmens bevegelsesretning. Nedslagsfeltet til brønnen må være renest mulig uten direkte tilsig fra helsefarlige forurensningskilder. Grunnvannet har relativt stor hastighet i sprekken og undergår derfor ikke tilstrekkelig selvrensing. Dette gjelder særlig for kalksteiner der grunnvannet som regel renner i åpne kanaler. En kan oftest slutte seg til hvor forurensningen skriver seg fra, slik som i det sammensatte eksempel (på fig. 1). Gården til høyre får trykkvann fra naturlig oppkomme som ligger på grense mellom grus-sand-avsetning og underliggende leire. Mange av de største oppkommene i våre dalfører har en slik beliggenhet og er av samme type. — Fjellgrunnen i området består av flatt-liggende kalksten som er delvis blottet eller dekket av tynt leirlag på gårdsplassen. Ved å grave en «synkekum» ned til fjell, oppnår de et «lettvent og effektivt» kloakkavløp; men denne løsning av kloakkproblemet er ofte uheldig.

Kloakken forsvinner ned i kanaler og sprekker i kalken. Uthus med gjødselkjeller ligger på fjell. En må i slike tilfelle regne med at mye gjødselvann renner ned i fjellet. Disse forurensningene følger grunnvannstrømmen i bergartenes fallretning mot venstre p. g. a. underliggende tette skiferformasjon.

På gården til venstre har vannforsyningen vært vanskelig å løse. I den oppsprukne kalksteinen har de ikke nådd ned til grunnvannspeilet ved vanlig brønngraving. Fjellgrunnen byr på gode muligheter for vann ved boring. Nær grense mellom kalk- og skiferfor-

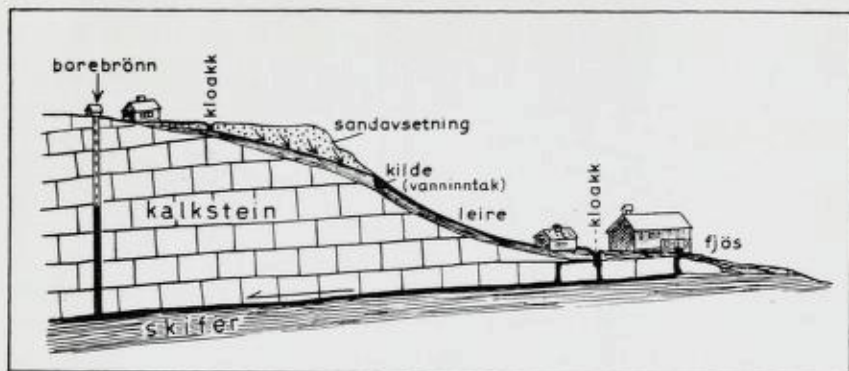


Fig. 1. Skjematisk tegning som viser hvordan kloakk kan forurense naturlig kilde og borebrønn.

Schematic diagram to show how a natural spring (kilde) and a well (borebrønn) can be contaminated by sewage (kloakk).

masjon fikk de rikelig med vann i borebrønnen. Her lar de kloakk forsvinne i synkegrøfter i sandavsetningen utenfor gården. Denne avsetningen ligger i nedslagsfeltet til kilden på gården nedenfor og etter en tid er kilden forurenset. Stort vannforbruk fra borebrønnen dirigerer forurenset vann mot stedet. I den sterkt oppsprukne bergarten varer det ikke lenge før brønnen trekker inn forurenset vann. — Ved å ta hensyn til vannkilden ved legging av kloakken kunne ofte slik forurensning vært unngått. — I dette tilfelle var det lett å slutte seg til hvor forurensningen skrev seg fra. Mange går uten videre ut fra at bare de plaserer borebrønnen ovenfor bebyggelse, er de på den sikre siden. Dette er oftest riktig, da grunnvannsbevegelsen går fra høyere til lavere nivå i terrenget. Også på steder der forurensningskilden ligger langt fra og nedenfor brønnen kan den forårsake forurensning. Forklaring på dette er gitt i neste eksempel (fig. 2). Borhullet ble her boret i dalsøkk ovenfor bebyggelse. Borhullet fikk vann fra en sprekkesone som også passerer septiktank og kloakk 50 m nedenfor. Ved analyse ble det påvist infeksjon i borebrønnen. Det ble gjort forsøk på pumpe borhullet rent. Resultatet ble at situasjonen forverret seg. Forurensningen skrev seg fra septiktanken nedenfor som var stoppet til slik at kloakken rant tilbake i grunngrøftene. Hadde de vært oppmerksom på forholdene på et tidlig tidspunkt, kunne ødeleggelsen av vannet vært unngått. Det første som skulle vært utbedret var kloakken.

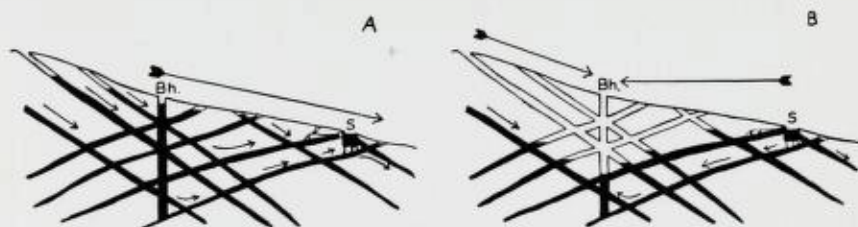


Fig. 2. Forurensning av borebrønn fra kloakk (Septiktank S) nedenfor. A. grunnvannstand og grunnvannstrømmens retning før pumping og B. etter pumping med senkning av grunnvannstand.

Contamination of a well (Bh) from a septic tank (S) at a lower level. A. Groundwater level and direction of flow before pumping and B., after pumping.

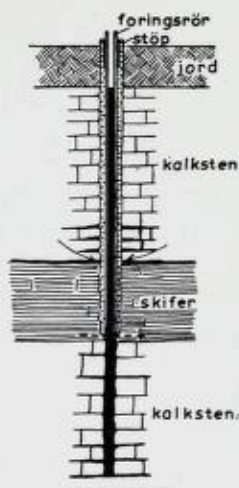
Fig. 2 viser skjematisk forholdene før og etter prøvepumping. Brønnen er relativt grunn (35 m) og gir bare ca. 300 l/time. Før prøvepumping gikk grunnvannstrømmen som angitt ved piler, forbi brønn og septiktank. Ved prøvepumpingen tømte de sprekke for vann og tok ut mer vann enn tilrenningen. Det oppsto en tilnærmet senkningstrakt rundt borebrønnen, og en fikk direkte tilsig fra kloakken nedenfor. Forandringen av grunnvannstrømmens retning er vist på skissen til høyre. I dette tilfelle kunne forurensningen svært sannsynlig vært unngått ved å bore brønnen dypere. Da kunne de ha oppnådd en større vannføring enn forbruket. Senkningen av grunnvannstanden ville blitt så liten at grunnvannstrømmens retning ikke hadde blitt forandret selv under pumping.

Det er innlysende at en ikke kan sette opp bestemte regler for avstand mellom borebrønn og mulig forurensningskilde. Det må vurderes i hvert enkelt tilfelle ut fra de rent lokale geologiske og topografiske forhold. Unntagelsesvis kan bare noen meter være tilstrekkelig; men der fjellet viser en gjennomgripende oppsprekking, kan vannet gå flere hundre meter i sprekker uten å bli rensset. Ved en boring rant boreslammet direkte over til en annen borebrønn 15 m bortenfor. I et annet tilfelle ble det konstatert direkte forbindelse mellom to borebrønner i 50 m avstand under boring.

Kan en gjøre noe for å hindre at borebrønner får tilsig av forurenset vann? Forebyggende arbeid forutsetter oftest detaljert kjennskap til borehullet. Særlig viktig er observasjoner av på hvilke dyp vanninnslagene kommer samt kjennskap til vannstand i borerhullet etter boring. Som regel kan en ut fra borerapport og geologien

Fig. 3. Utestengning av forurenset grunnvann i kalkstensformasjon over impermeabel skifer.

Sealing-off of contaminated ground-water in limestone (kalksten) above an impermeable shale (skifer).



si hvor det uønskede vannet trenger inn. Hvis en ikke på denne måte kan avgjøre det, kan en ta ut vannprøver fra isolerte partier av borehullet ved bruk av såkalt «mansjett» under prøvetagning.

Der forurensningen skriver seg fra grunne og isolerte sprekkesystem, kan en stenge ute dette vannet ved sementering og oppboring, eller mer effektivt ved nedsetting av stålrør som støpes fast. Der fjellet er sterkt oppsprukket til stort dyp, må en sørge for effektiv gjenstøping av sprekke-ene til nivå under grunnvannspeilet. Her må en også regne med grunnvannsekningen ved pumping. Der det er en veksling av vannførende og ikke vannførende lag som vist på fig. 3, kan en foreta utestengning av vann med stort hell. Mellom to kalkstensformasjoner er det en impermeabel skiferformasjon. Vannet i øvre kalkformasjon stenges ute ved å drive foringsrør ned i skiferformasjonen. På samme måte kan en stenge ute forurenset vann fra isolerte overflatesprekker og ta ut rent vann fra sprekkesystem på større dyp. — Det er ofte en fordel at fjellgrunnen ved borestedet er dekket av løsavleiringer (leire og lignende materiale), som enten vil rense overflatevannet eller hindre nedtrengning. I slike tilfeller drives foringsrør (jorddrivningsrør) ned til fjellet. En må sørge for effektiv faststøping, så overflatevannet ikke siver ned i fjellet langs foringsrøret.

Overdekning av løsavleiringer byr ellers på fordeler ved bygging av pumpehus og nedlegging av ledninger.

Kjennskapet til kvaliteten av grunnvannet fra borebrønner her i landet er dessverre mangelfullt. Ved Statens Institutt for Folkehelse er det utført en del analyser av vann fra borebrønner. Kopi av analyseattestene blir velvilligst oversendt til NGU's vannboringsarkiv. I det følgende skal jeg gi en foreløpig oversikt over noen analyse-resultater.

Fra luften opptar regnvannet bl. a. surstoff og kullsyre. Når vannet siver ned i jord og fjell forbrukes surstoffet av organiske stoffer. Ved denne prosessen avgis kullsyre til vannet. Grunnvannet vil derfor oppløse mineraler i jord og fjell, som avgir stoffer til vannet. Det er innlysende at jordsmonn og fjellgrunn som vannet passerer, er bestemmende for vannets kjemiske karakter. Grunnvannet i en borebrønn vil som regel ikke forandre karakter fra tid til annen. Tidsfaktoren spiller derimot en avgjørende rolle. Har vannet vært lenge i kontakt med fjellet, vil det som regel ha mer oppløste stoffer. Avstengte sprekker eller lommer i fjellet med liten grunnvannssirkulasjon inneholder mest oppløste stoffer. Ved pumping settes sirkulasjon igang og vannet forandrer karakter. I borebrønner med mer eller mindre direkte tilrenning av overflatevann, vil en få oppblandet grunnvann som skifter kjemisk karakter etter nedbørsforholdene.

Ved forråtning av organisk materiale på jorden og i jordsmonnet, tilføres det kvelstoff-forbindelser til grunnvannet. Tilstedeværelse av kvelstoff i større mengder kan tyde på uønsket vann i borebrønnen. Helsefarlig forurensning påvises spesielt ved bakteriologiske undersøkelser av vannet. En borebrønn bør pumpes en tid før det blir tatt ut vann til bakteriologisk analyse, da brønnen lett får tilsig fra overflaten under boringsarbeidet. Tar en prøver av vannet umiddelbart etter boring, bør en tilsette klor og pumpe en tid. Ved sprengning i borhullet under boringsarbeidet tilføres kvelstoff. Dette bør en være oppmerksom på ved prøvetagning.

En del av de vanlige grunnstoffer som blir bestemt ved vannanalyse er satt opp i diagram på fig. 4. Det er ikke foretatt spesielle geologiske undersøkelser ved de enkelte borebrønner. Diagrammet viser resultater av vann-analyser fra tre større bergartsgrupper. Den første gruppe omfatter kambro-siluriske skifre og kalkstener fra Oslo-feltet, neste gruppe er permiske dypbergarter, Larvikitt, Drammensgranitt og Nordmarkitt fra Oslofeltet, og siste gruppe er grunnfjell. Den siste er en svært heterogen gruppe med forskjellige bergarter.

Ved analysene bestemmes vannets surhetsgrad (pH.). Surt vann er aggressivt og virker tærende på galvaniserte jernrør, kopperrør m. m., og bevirker en større oppløsning av mineraler.

De stoffer som hovedsakelig tilføres vannet fra grunnen er kalsium (Ca), magnesium (Mg), mangan (Mn) og jern (Fe).

Innholdet av hovedsakelig Ca og Mg blir angitt ved hardhets-

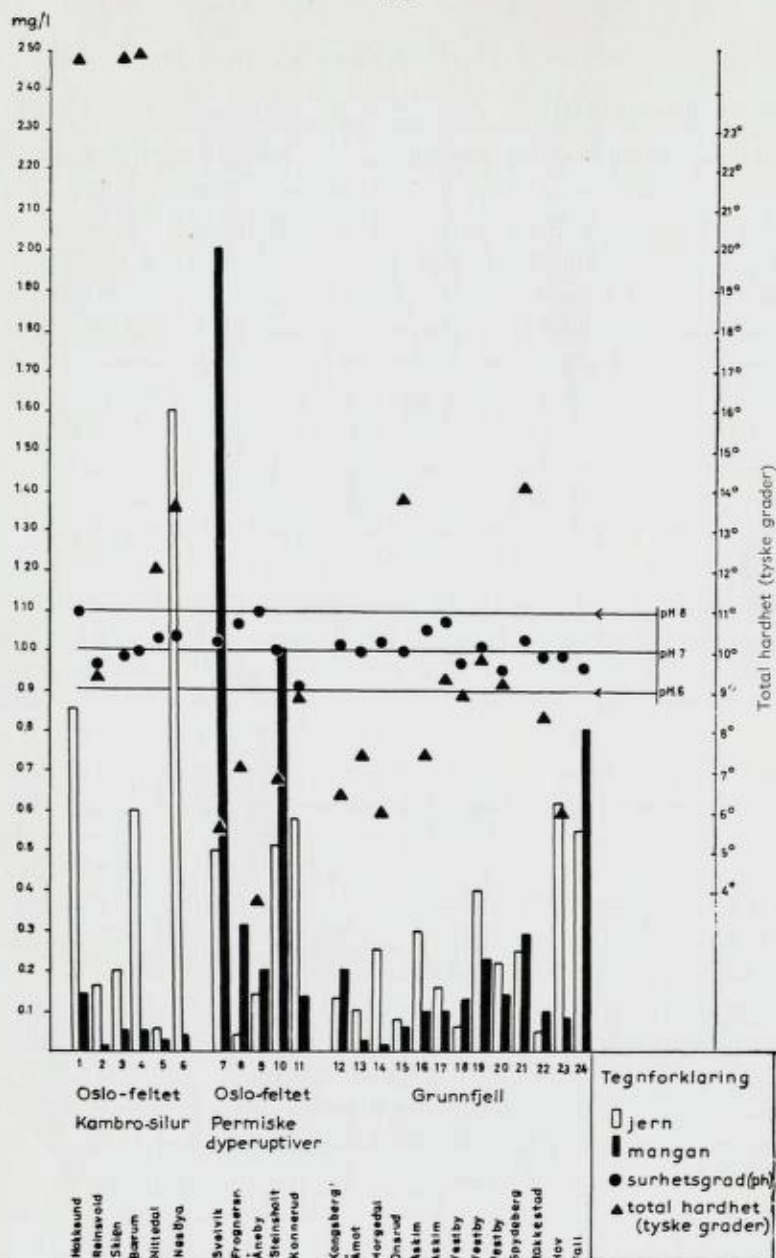


Fig. 4. Diagram som viser resultat av vannanalyse fra forskjellige bergartsformasjoner (anal. Statens Inst. for Folkehelse).

Diagram to show the results of analyses of water from various rock-formations (Analyst: Statens Inst. for Folkehelse).

graden. Hardhetsgraden (i tyske grader) beregnes etter innholdet av de nevnte grunnstoffer: $\frac{\text{Ca}^{++} \cdot 1,4 + \text{Mg}^{++} \cdot 2,3}{10} = \text{total hardhet.}$

En skiller vanlig mellom forbigående og permanent hardhet. Den forbigående hardhet skyldes bikarbonat der kalsium felles ut ved koking. Denne utfelling bevirker ofte hvitt belegg i kokekar o. l. Den permanente hardhet f. eks. gips, felles først ved tilsetning av såpe. Vann fra kambrosilur-bergarter har som en kunne vente den høyeste hardhetsgrad. Det relativt lave innhold av Ca i borebrønn nr. 2 skyldes stor vannføring (ca. 8000 l/t) og nedtrengning av overflatevann slik at grunnvannet blir oppblandet. Vannet fra de permiske eruptivene og grunnfjell har relativt liten hardhet. I den siste gruppen vil resultatene selvsagt variere. Gabbroide bergarter gir hardere vann enn de sure.

Jern- og manganinnholdet er sterkt vekslende. Vann fra kambrosilur-bergartene har stort jerninnhold. Skiferformasjonene, særlig de mørke skifre, inneholder svovelkis og magnetkis som forårsaker det høye jerninnholdet. Dyperuptivene viser tildels høyt innhold av mangan. Dette skriver seg fra mangan-mineraler avsatt i sprekesoner. Ved borebrønn nr. 7 såes denne manganmineralisering tydelig i sprekker på dagoverflaten i nedslagsfeltet. Det er ikke gjort forsøk som viser hvordan jern- og manganinnholdet eventuelt varierer med dybden av vanninnslag. I borebrønnene 7, 23 og 24 skriver jern og mangan seg hovedsakelig fra grunne sprekesystemer. Innholdet av de nevnte stoffer tiltar her tydelig etter regnvær som bevirker heving av grunnvannstanden.

Saltvann. Nær kysten og på øyer hender det at de får salt vann i borebrønner. En kan ikke gi generelle regler for hvor langt en må plasere borhull fra sjøen for å unngå innslag av saltvann. Ferskvannskilder på øyer og helt nede i strandkanten har bidradd til den alminnelige oppfatning at saltvann filtreres av f. eks. sand. Saltvann er en oppløsning som ikke lar seg filtrere på denne måten.

Mange tror at ferskvann på øyer skriver seg fra «vannårer» som kommer fra fastlandet. Dette er imidlertid ytterst sjelden tilfelle. Fjorder, sund o. l. er som regel betinget av bløte bergarter og geologiske strukturer som vil bryte en eventuell grunnvannstrøm. En skal derfor aldri regne med å kunne ta ut mer ferskvann enn det som finnes i sprekker og porer i jord eller fjell på øya. Hvis en stadig

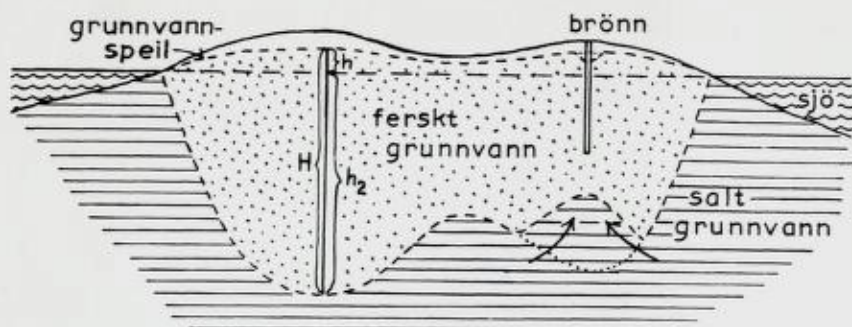


Fig. 5. Forholdet mellom ferskt og salt grunnvann i øy som består av homogent og porøst materiale (f. eks. sand). Ferskvannet flyter på saltvannet p. g. a. forskjellen i egenvekt (etter Herzberg).

Relation between fresh and salt ground-water on an island consisting of a homogeneous, porous medium, (e. g. sand). The fresh water floats on the water due to its lesser density (after Herzberg).

tar ut mer enn infiltrasjonen, tærer en på ferskvannsmagasinet på øya, og vil til slutt få salt vann.

Består øya av porøse og homogene bergarter eller jord kan en beregne forholdet mellom ferskt og salt grunnvann (fig. 5 etter Herzberg). På hele øya foregår infiltrasjon som bevirker en grunnvannsstrøm fra de sentrale partier av øya mot kysten. Øya inneholder en ferskvannslinse som flyter på saltvann (fig. 5). Ferskvannet innstiller seg i hydrostatisk likevekt med saltvannet.

Hvis en setter egenvekten av ferskvannet lik 1 og av saltvannet lik d . (1,029) får en: $H = h_1 + h_2 = d \cdot h_2$, $h_2 = \frac{h_1}{1,029 - 1} = 35 \cdot h_1$. Ferskvann-søylen under havnivået er ca. 35 ganger så høy som grunnvannshøyden over havnivået. En kan sammenligne forholdet med isfjell som flyter i saltvann. Dette betyr ikke at en kan grave eller bore brønn ned til denne dybde uten å få innslag av saltvann ved pumping. På samme måte som ovenfor kan en beregne hvor dypt en kan grave en brønn og hvor mye en kan senke grunnvannspeilet før en får saltvanninnslag (fig. 5 til høyre). Ved pumping dannes en senkningstrakt omkring brønnen. Samtidig trenger saltvann inn i en motsvarende trakt under brønnen. Høyden av denne trakten står i samme forhold til senkingen av grunnvannet som h_2 til h_1 .

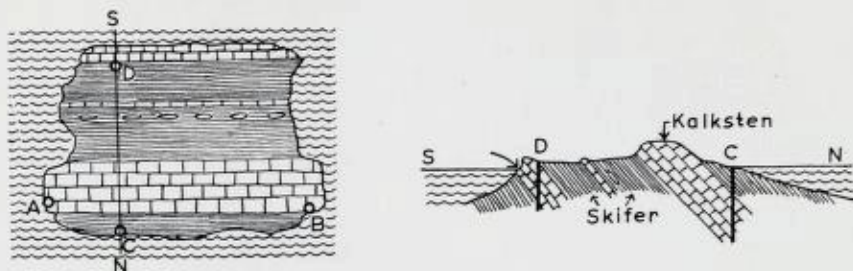


Fig. 6. Borebrønner i øy som består av kalkstenslag og impermeable skifer. P. g. a. lagstillingen (se fig. til høyre) får de ferskvann i bh. A, B og C. I bh. D får de saltvann etter en tids pumping.

Drilled wells on an island consisting of layers of limestone and impermeable shales (skifer). Due to the dip of the beds (see right hand figure) fresh water is found in wells A, B and C. In D salt water will be draw in after a short period of pumping.

Disse beregninger gjelder som sagt der grunnen er porøs og homogen og kan ikke overføres til brønner i norske bergarter. Her skifter forholdene fra boreplass til boreplass. Det som i første rekke er avgjørende er bergartene, lagstilling og sprekkesystemenes forløp, og dessuten de topografiske forhold i nedslagsfeltet som bl. a. er bestemmende for det hydrostatiske trykk i sprekken. Vi har de enkleste eksempler i kambrosilurbergartene. På øyene i indre Oslofjord er det utført flere vellykkede boringer. Mange av disse er boret helt ned i strandkanten og gir ferskt vann. Årsakene til dette går fram av fig. 6. Fjellgrunnen på øya består av tette skifere og oppsprukkede kalkstenslag. Lagstillingen er vist i profil N—S.

Bh. A, B og C er boret nær sjøen og gir ferskt vann. Infiltrasjonen er stor i kalkstensformasjonen der vannet renner ned i sprekker og kanaler. Det dannes et mer eller mindre isolert grunnvannmagasin i formasjonen med grunnvannstrøm ut mot sjøen. Nær sjøen ved A og B står ferskvannet under hydrostatisk trykk mot saltvannsfronten. Ved bh. C som er boret gjennom impermeabel skifer ned i kalkstenen fikk de artesisk vann. Her kunne de oppnådd ferskvann ved boring ute i sjøen, ved å sette foringsrør et stykke ned i skiferformasjonen. Ved bh. D er lagstillingen mindre gunstig og de fikk saltvann etter å ha pumpet en tid. Her rant saltvannet direkte ned i sprekker i kalkstenen da de tømtes for ferskvann (angitt ved pil). Disse eksempler kan overføres til andre bergartsformasjoner. Sprekkesystem parallell med sjøen og med fall mot sjøen er gunstigst.

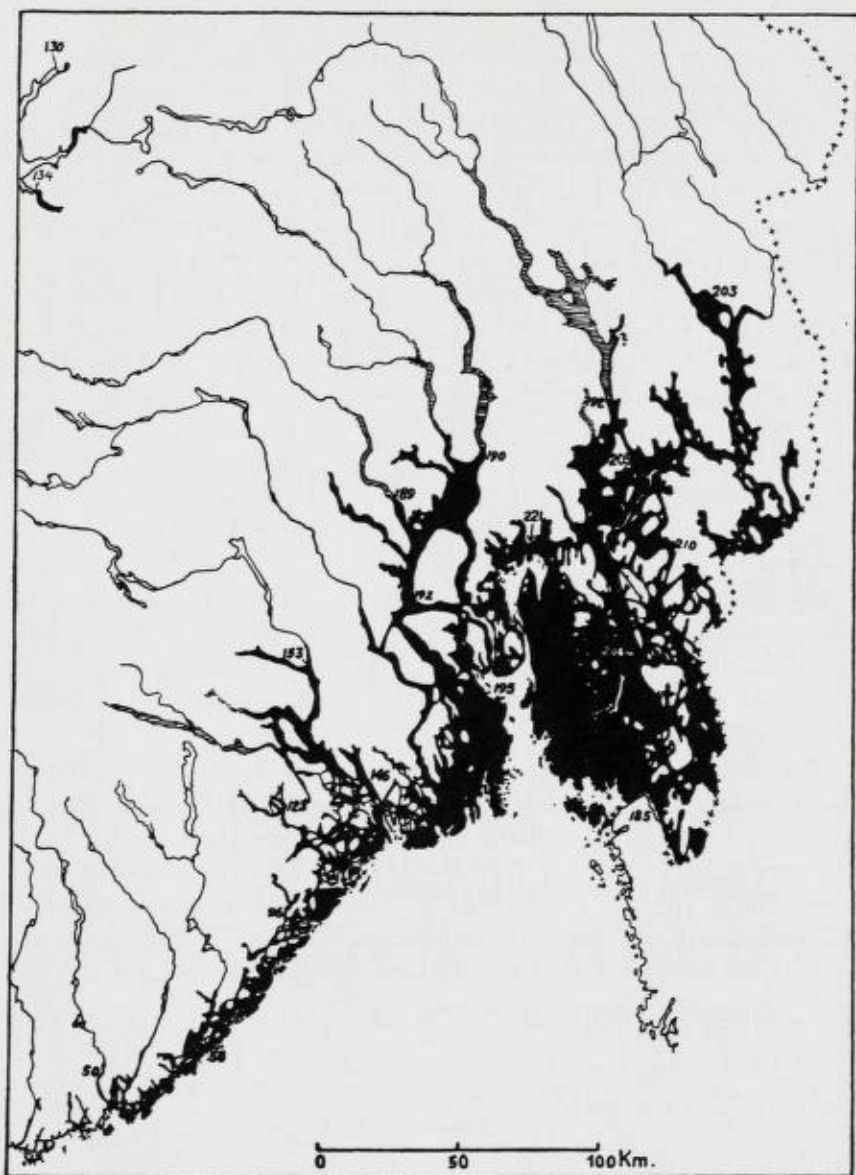


Fig. 7. Havets største utbredelse i Sørøst-Norge etter siste istid (etter Høltedahl). Innenfor dette område hender det at de får salt vann i borebrønner. Saltet skriver seg fra leire avsatt i havet eller fra avstengte sprekker i fjell.
The parts of south-east Norway covered by sea after the last Ice age. Inside this area (shown in black) salt water is at times found in drilled wells. The salt originates in marine clays or in sealed fissures in the rocks.

Fallretning fra sjøen fører ofte til direkte inntrengning av saltvann. Sjøen dekker da deler av nedslagsfeltet til brønnen.

Faren for saltvann-intrusjon er størst i granitter o. l. bergarter med benking og flattliggende sprekker som fører direkte ut i sjøen. En må også ta i betraktning tykkelsen og karakteren av eventuelle løsavleiringer som finnes mellom fjell og sjø. Impermeable leirlag eller morene kan hindre saltvannet fra å trenge inn i brønnen.

Det hender ofte at de får saltvann etter å ha brukt borebrønnen en tid. Dette betyr at de har tømt ferskvann-magasinet på øya. Etter kortere eller lengre tid med infiltrasjon vil ferskvannet fylle sprekene igjen og fortrenge saltvannet.

Etter siste istid lå landet lavere i forhold til havnivået enn i dag. Havet trengte da langt inn i landet. Den største utbredelse av havet i Sørøst-Norge i denne tid er vist på fig. 7.

Innenfor dette området hender det at de får salt grunnvann i borebrønner. Dette er tidligere beskrevet bl. a. av Rekstad (1922), G. Holmsen (1920) og P. Holmsen (1951). Saltet skriver seg fra leirene som ble avsatt i fjordene, eller fra sprekker i fjell med saltvann eller utfelt salt. Slike «saltvannsbrønner» er tidligere kjent bl. a. fra Østfold, Vestfold, Solør og Vestfossen. Vann fra borebrønn ved Hokksund inneholdt 2100 mg/l klor (Cl). En borebrønn nær den marine grense ved Skjetlein jordbruksskole, Heimdal, Sør-Trøndelag, ga salt vann. Vann fra en 70 m dyp borebrønn i granitt nær Tangen ved Mjøsa inneholdt etter boring 133 mg/l Cl. Hardheten var 18,9°. Etter 6 mndrs. forbruk var klorinnholdet sunket til 44 mg/l. Samtidig gikk hardheten ned til 9,2° (analyse Statsbanenes kjem. lab.). Grunnvannet hadde her vært avstengt i sprekker i lengre tid uten sirkulasjon. Pumpingen bevirket sirkulasjon og vannet forandret kjemisk karakter.

Summary.

Quality of ground water.

The quality of ground-water from drilled wells in Norway is little known. The ground water mainly occurs in fractures. Open fracture-systems, with rapid circulation of ground-water, may easily lead to contamination. Analyses of water from drilled wells in

rocks, are carried out at Statens Inst. for Folkehelse. The results of these analyses are given to the Geological Survey.

Results of analyses; pH, total hardness, dissolved iron (Fe) and manganese (Mn) are shown in the diagram, Fig. 4. The pH-values show little variation. Water from the Cambro-Silurian shales and limestones has the highest hardness. The high contents of iron in these rocks, especially in black shales, are due to pyrite and pyrrhotite. The manganese in some of the wells in Permian plutonic rocks comes from manganese-mineralisation in fractures. Ingress of salt water may occur in wells near the coast. The conditions vary from place to place, depending on the rock-type, dip of beds and fractures. In fig. 6 the wells A, B and C obtained fresh water close to the sea, while the well D gave salt water after a short period of pumping. Salt water also occurs occasionally in wells within an area which was covered by the sea after the Quarternary glaciation (fig. 7). Here the salt originates from marine clays and sometimes from rock-fractures with poor circulation.

Litteratur.

- Herzberg*: Die Wasserversorgung einiger Nordseebäder, Journ. Gasbeleuchtung Wasserversorgung, Jahrg. 44, Munich, 1901.
- Holmsen, G.*: Grundvandet i vore leravsætninger, N.G.U. nr. 135. Oslo 1930.
- Holmsen, P.*: Dypboring i fjell som løsning av vannspørsmålet. N.L.T.F. 1951.
- Holtedahl, O.*: Norges geologi. N.G.U. nr. 164. Oslo 1953.
- Rekstad, J.*: Grunnvatnet. N.G.U. nr. 92. Kristiania 1922..

Blyglansforekomst på Krækkjeheia, Hardangervidda

VED

STEINAR SKJESETH OG F. M. VOKES

Med 2 tekstfigurer.

Th. Kjerulf nevner (1879, p. 256) en forekomst av blyglans i kvartsganger mellom Utstevann og Halnevann på Hardangervidda. Forekomsten er senere besøkt av bergingeniører og geologer. I NGU's bergarkiv finnes flere rapporter om «Krækkjaheiens blyglansforekomst» (se litteraturliste).

Beliggenhet. Forekomsten ligger ca. 1,5 km SW—SSW for Lappstein ved riksvegen Haugastøl—Eidsfjord. Derfra går det sti forbi Langetjern—Skjerpevann hvor blyglansen opptrer i et nord—syd-gående dalsøkk mellom Krækkjeheia og Krækkjenuten (fig. 1 A og B).

Geologi. Fjellgrunnen i området består av steile gneisser som stryker N—S. En befinner seg her på det subkambriske peneplan. I høydedrag finnes erosjonsrester av pressete, kambriske skiferbergarter (fyllitter). Denne formasjon danner fjellgrunnen i Krækkjenuten og Krækkjeheia.

På flere steder er overgangslagene mellom grunnfjell og skiferformasjon blottet. Disse kambriske basaldannelser består av konglomerater av vekslende mektighet og utforming. Konglomeratet er til dels polymikt med store grunnfjellsboller. På østsiden av bekken mellom Skjerpevann og Langetjern er det en finkornet kalk-sandstensbank i bunnen av den kambriske serien. Denne basaldannelse ligner den som er beskrevet av Goldschmidt (1925) fra Ustaoset.

Fra Langetjern stryker en forkastningssone N—S. Spranghøyden

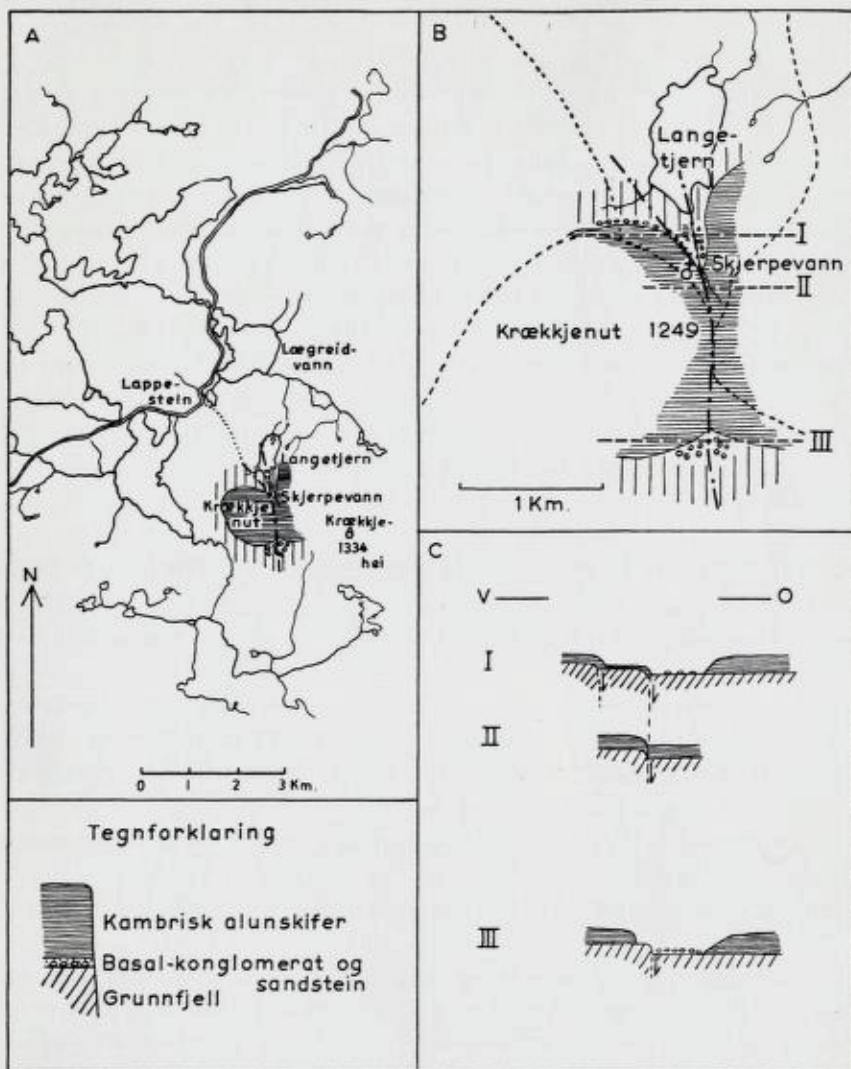


Fig. 1. A. Beliggenhet av blyglansforekomst på Krækkjeheia, Hardangervidda. B. Geologisk kart over området omkring forekomsten. C. Profiler (Ø—V), som viser stratigrafien og tektonikk.

A. Map showing situation of the Krækkjeheia lead showing, Hardangervidda. B. Geological map of the area around the deposit. C. E—W profiles to illustrate the stratigraphy and tectonics.

er liten med relativ innsynkning av østsiden. Syd for Skjerpevann (fig. 1 C, profil III) er spranghøyden ca. 5 m. Her er basalkonglomeratet blottet på begge sider av forkastningen. På østsiden sees et grovt konglomerat over en stor flate. I den smale breksjesone, som er markert ved en «brant», finnes biter av skifer. Fra Skjerpevann og nordover spalter forkastningen seg. Bekken fra Skjerpevann til Langetjern følger hovedforkastningen, mens en mindre forkastning går på vestsiden av den nevnte stien. Breksjert grunnfjell sees i stien vest for Langetjern. Like syd for Langetjern er det en stor erosjonsrest av skifer som er tydelig påvirket av forkastningen. Skiferen viser slepning etter forkastningsplanet og er parallell med dette (profil I). Ved Skjerpevann betinger forkastningen en fleksur i skiferlagene (profil II).

Mineraliseringen har funnet sted langs den nevnte forkastningsone. Her er det gravet flere grøfter loddrett på sonen. Ertsmineraler opptrer i uregelmessige kvartslinser. Kvartslinsenes beliggenhet og form tyder på at de er avsatt i fleksur-spalter i skiferen over forkastningsonen (fig. 2).

Mineralogi. Mineralogien i Krækkjeheia-forekomsten er svært enkel. Mineralene er hovedsakelig sulfider som er fordelt uregelmessig i kvartslinsene. Enkelte steder opptrer kalkspat i relativt store partier i kvartsen. De mest fremtredende av sulfidene er blyglans (PbS) og sinkblende (ZnS). Kopperkis (CuFeS_2) og svovelkis (FeS_2) finnes i underordnet mengde.

Omtrent midt på Skjerpevann er det gravet en grøft gjennom den mineraliserte sonen. Største mektighet er ca. 1 m. Kvartslinsene «in situ» har ubetydelig sulfidmineralisering. I utskutt fjell nær vannet er det blokker med blyglans og sinkblende og mindre kopperkis. Bly- og sinkmineralene opptrer i kvartsen i grovkrystallinske partier, opp til flere centimeter i tverrsnitt. Kvartsen finnes ofte som pene rhomboedriske krystaller i uregelmessige druserom. Sulfidene synes å ha utfyllt disse druserom og krystallisert mot kvartskrystallene. Det synes ellers klart at det bare har vært én mineraliseringsperiode, da oppløsninger av hovedsakelig SiO_2 og små mengder sulfider har trengt seg inn i åpninger mellom lagflatene (fleksurspalter) som forkastningen har betinget i skiferlagene.

Sinkblendens er mørk brun-svart. Den har et jerninnhold av 7,19 % som tyder på en dannelsesstemperatur av omkring 455°C (se Kullerud, 1953). En spektografisk analyse av blyglansen viste

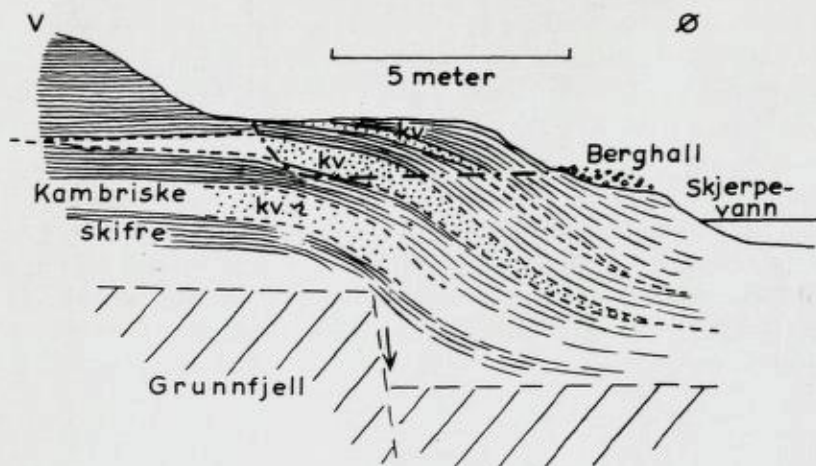


Fig. 2. Skisse over fleksuren og kvartslinsene ved hovedskjerpet, Krækkjeheia. Kv. — kvartslinser.

Sketch showing quartz-lenses (kv) lying between the bedding planes of the Cambrian shales in the flexure-zone overlying the fault in the Precambrian (grunnfjell). Main trench, Krækkjeheia.

0,018 % sølv (Ag) eller 180 g/tonn. En tidligere analyse ga 0,003 % Ag. (I. Oftedal 1940).

I en røsk syd for Skjerpevann var det nesten ikke bly-sink-mineraler. Her fantes litt kopperkis i kvarts-kalkspatlinse(n). Ellers i området var det tydelig at kvartsen inneholdt lite av ertsmineraler.

Bortsett fra små ($\frac{1}{2}$ mm) velutviklede kubiske svovelkiskrystaller, var det ikke ertsmineraler i breksjesonen i grunnfjellet.

Det er tydelig at mineraliseringen er knyttet til den nevnte forkastningen og betinget av denne. Hovedmineraliseringen av ertsmineraler finnes særlig nær skjæringen mellom forkastningene. Forekomsten har øyensynlig ingen utbredelse hverken regionalt eller mot dypet og er bare av teoretisk interesse.

Langs syd-østkanten av den kaledonske fjellkjede er det en sone med bly-sinkmineralisering. Denne sone er antagelig en fortsettelse av de kjente blyglansforekomster av såkalt «Laisvalltype» i Sverige. Ertsmineralene forekommer i eller nær det subkambriske peneplan, enten i eokambrisk sandsten, kambriske basalldannelser eller i forkastninger i grunnfjells-underlaget. Det ligger nær å anta

at forekomstene er betinget av grenseforholdene mellom de impermeable skiferformasjonene og underliggende, forholdsvis porøse lag. Blyglansen finnes som impregnasjon i sandsten, kambriske basallag og forvitret grunnfjell eller i tektoniske sprekker og spalter. Forekomster av samme type som ved Krækkjeheia er kjent bl. a. fra Slemmestad og Kirkebyfeltet i Hakadal.

Bly-sinkmineraliseringen finnes hovedsakelig nær permiske forkastningssoner. I Hunselvforkastningen ved Raufoss og Engerdalsforkastningen ved Løvbekken opptrer blyglans og sinkblende i breksjesonene. Mineraliseringen har svært sannsynlig funnet sted i permisk tid.

Summary.

A lead deposit near Krækkjeheia, Hardangervidda.

This short paper presents the main results of an investigation of a galena-sphalerite showing on the mountain plateau of Hardangervidda, 160 kms. west of Oslo. The sulphides occur as very irregular and economically insignificant coarse-grained disseminations in thin lenses of milky quartz and calcite. These lenses have been emplaced between the almost flat-lying bedding-planes of Cambrian phyllites which overlie steeply dipping Precambrian gneisses having a N—S strike (see Fig. 1).

The mineralization has been localized in the phyllites along a N—S-striking fault in the Precambrian rocks. This fault, which shows a throw of not more than 5 metres, moved in post-Caledonian times, flexing, and in parts breaking, the overlying Cambrian layers. The flexing opened up lenticular spaces between the bedding-planes, in which spaces the quartz-calcite-sulphide mineralization was deposited (see Fig. 2).

The occurrence is of scientific interest in that it is the most westerly representative yet confirmed of a belt of Pb-Zn mineralization which stretches northeastwards along the southern front of the Caledonides and eventually links up with Swedish occurrences of the so-called «Laisvall-type». In this belt the ores are located at or near the sub-Cambrian peneplain either in Eocambrian sandstones, Cambrian shales or in faults in the Precambrian basement. The age of the mineralization is considered as Permian.

Litteratur.

- Goldschmidt, V. M.* 1925. Über fossilführende untercambrische Basalablagrunen bei Ustaoset. Fennia 45, Helsingfors, nr. 1.
- Kjerulf, Th.* 1897. Udsigt over det sydlige Norges geologi. Christiania 1879.
- Kullerud, G.* 1953. The FeS-Zn system. A geological thermometer. Norsk Geol. tidsskrift, 32, 61—147.
- Oftedal, I.* 1940. Untersuchungen über die Nebenbestandteile von Erzmineralien norwegischer Zinkblendführende Vorkommen. Skr.norsk vid.-akad. Oslo, Mat.-natv.kl. Nr. 8.
- Rapporter:* Meidell 1886. Fryer, J. B., 1889. Teigen 1898. Meinich, L., 1903. Fonville, A., 1902. Størmer, L., 1956.

Some copper sulphide parageneses from the Raipas formation of Northern Norway

BY

F. M. VOKES

With 3 plates and 8 text-figures.

Contents:

	Page		Page
Abstract	74	Copper paragenesis	81
Introduction	75	The Ulveryggen deposit	81
Raipas formation — general geology	77	Grade of deposit	82
Repparfjord window — general geology	77	The ore	82
Copper sulphide deposits in the Repparfjord window	78	Mineralogy	84
Pyritic paragenesis	78	Paragenesis	95
Bratthammer mine	79	Temperatures	96
The Porsa mines	79	Chemistry	96
		Raipas mine, Alta	96
		Other deposits	104
		Summary and conclusions	105

Abstract.

The Precambrian Raipas formation of Northern Norway contains copper deposits showing two distinct parageneses. The first is a type common in the Scandinavian Precambrian and Caledonian ores, i. e. chalcopyrite-pyrite-pyrrhotite (the «pyritic paragenesis»). The other is much less common and consists of the association bornite-chalcopyrite-neodigenite-(chalcocite). This is termed the «copper paragenesis».

The mineralogies of deposits showing both these paragenetical types from Raipas areas in Vest-Finnmark are described, with the greatest emphasis on two deposits showing the «copper paragenesis». Especial attention is given to the question of the origin of the Cu_2S mineral. It is concluded that this is mainly neodigenite and most probably of hypogene origin, an important point when

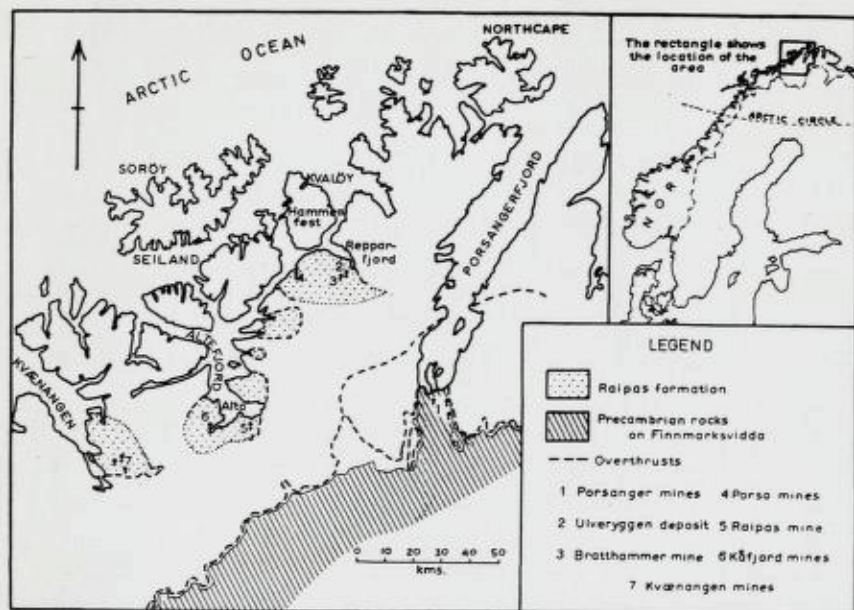


Fig. 1. Map showing the outcrops of the Raipas formation in Finnmark and the locations of the mines mentioned in the text. Geology after Holtedahl and Dons, 1953.

Kart som viser kjente områder med Raipas-formasjon i Finnmark og beliggenheten av gruvene som nevnes i teksten. Geologien er tatt fra Holtedahls og Dons kart, 1953.

considering the continuation of the ores in depth. The relations between the two parageneses are briefly discussed, and different origins are suggested. The occurrence of a cobalt sulphide in the ore at Raipas mine, Alta, indicates that the ores of the copper paragenesis belong to the world-wide group of Cu-Co-U ores and it is suggested that the possible occurrence of the third metal should not be overlooked.

Introduction.

Some time ago the writer's attention was attracted by reports in the archives of the Geological Survey of Norway concerning a deposit of copper sulphide minerals which appeared to be unique for the country, and perhaps for Scandinavia as a whole. On the other hand it seemed to have great mineralogical, lithological and stratigraphical affinities with some of the economically important

ores of the Northern Rhodesian «Copperbelt», of which the writer had had recent first-hand experience.

The deposit in question was that at Ulveryggen, west of Repparfjord, in the northernmost county of Finnmark (latitude $70^{\circ}26'N$, longitude $24^{\circ}18'E$, see map, Fig. 1). The mineral association bornite, neodigenite, chalcopyrite, covellite occurs as a weak to moderate impregnation in feldspathic sandstones and quartzites of the Precambrian Raipas formation.

In March—April 1954, the writer examined the disused copper mine of Raipas, just south of Alta, also in Finnmark. Here the paragenesis is the same as at Ulveryggen, though the deposit consists of breccia-veins in dolomite.

The paragenesis exhibited by these two deposits is shared by a number of others (see below, p. 104) and is quite distinct from the usual pyrite-pyrrhotite-chalcopyrite paragenesis which is normal for the economically important Caledonian ores, and for numerous others of apparently Precambrian age.

The writer proposes to refer to the Ulveryggen—Raipas paragenesis as «the copper paragenesis», and to the other one as the «pyritic paragenesis».

In the present paper only those deposits occurring within Raipas formation rocks will be treated in any detail since it seems that the close juxtaposition there of deposits showing both the copper and pyritic parageneses gives the best chance of deducing the relationships between them.

It is not suggested these relationships can be solved in such a preliminary treatment of the problem as the present one, but it is hoped that it may suggest further work which can be taken up at a future date. The study of the copper paragenesis in some detail is in itself a new contribution to the knowledge of Norwegian ore deposits.

The writer has not visited the Ulveryggen locality. Mineralogical examination of specimens collected by colleagues on the staff of the Geological Survey of Norway was carried out in the Survey's laboratories at the Geologisk-Mineralogisk Museum of the University of Oslo.

The writer is grateful to P. Padget, G. McCandless and P. Reitan for the collection of specimens and for the opportunity of discussing problems arising from the study. Dr. H. Neumann

kindly placed at the writer's disposal specimens of Raipas ore in the University Museum's collections. He also gave much appreciated advice and criticism during the preparation of the manuscript.

The writer is grateful to Mr. S. Føyn, Director of the Geological Survey of Norway for permission to publish the paper.

Raipas formation — general geology.

The Raipas formation is exposed in the northern counties of Troms and Finnmark as a series of tectonic windows appearing from below the overthrust metamorphic rocks of the Caledonian mountain chain. The formation consists of little metamorphosed supracrustal rocks, comprising both sediments and extrusive and intrusive igneous rocks. The most comprehensive descriptions are to be found in the writings of O. Holtedahl (1918, 1953). The map, Fig. 1, is taken from the general geological map of Norway published by Holtedahl and J. A. Dons in 1953. On this are shown several tectonic windows of Raipas formation. Mapping carried out by P. Reitan of the Geological Survey in 1956 seems to indicate that the area covered by the northernmost Raipas window is much larger than shown on the present geological map. However, since Reitan's work is in its very early stages, the present writer will treat the Raipas geology on the basis of pre-1956 knowledge.

Of greatest interest in the present connection is the northernmost of the Raipas outcrops, in the area of Finnmark lying on the mainland south of Kvaløy and west of Repparfjord (see Fig. 1). For convenience this area may be termed the Repparfjord window.

Repparfjord window — general geology.

Apart from the general information on the Raipas formation contained in the two publications of Holtedahl cited above, T. Strand (1952) has published an account of the relations between the Raipas rocks and the overthrust Caledonian schists along the eastern border of the window, south and southeast of Repparfjord.

The lower division of the Raipas sequence consists of volcanic and sedimentary greenstones and greenschists which are followed by a light sandstone and a dark, somewhat sandy, shale. The upper division consists of coarse-grained feldspathic sandstone

(sparagmite) overlain by a conglomerate with a greenish schistose matrix, both deposits of a post-orogenic molasse type. There exists an unconformity (according to P. Reitan tectonic) between these and the underlying rocks. The Raipas rocks show a low grade of metamorphism, but contain intrusions of gabbroic and ultrabasic rocks (serpentinites).

Copper sulphide deposits in the Repparfjord window.

In an unpublished account by Prof. J. H. L. Vogt (1907) there is given a classification of the copper-bearing deposits found in the Repparfjord window (see Fig. 1 for location of these). Within this comparatively small area Vogt was able to distinguish three different types of mineralization. His classification is based in the geological (morphological) appearance of the deposits, but as will be seen, it coincides with the paragenetical classification adopted in this paper.

The three types are:

a). Typical lodes. Calcite-quartz lodes carrying chalcopyrite and pyrite, as at the Bratthammer mine and the Porsa mines.

b). So-called «slate-lodes». Impregnations of sulphide minerals in zones of slate. No further information is given of this type, which is probably of subordinate importance.

c). So-called «sparagmite-ore». Impregnations in sandstone, conglomerate and sparagmite. Minerals are mainly bornite, chalcopyrite and neodigenite. This type occurs only in the deposits along Ulveryggen, west of Repparfjordbotn.

Thus Vogt's types a). and probably (?) b). show a mineralization of the pyritic type (pyrite, chalcopyrite) while the «sparagmite ore» at Ulveryggen has a copper-type mineralization.

Pyritic paragenesis.

The deposit at Bratthammer will be taken as an example of this type. It lies only about 1 kilometre SW of the Ulveryggen deposits yet shows a completely distinct morphology and mineral paragenesis. The mineralogy of specimens from the Porsa mines in the west of the Repparfjord window will also be treated.

Bratthammer mine. This disused deposit lies about 5—6 kilometres WSW from the head of Repparfjord. According to Vogt (op. cit.), the deposit is an «ore-vein» having a dip of about 30° to the SE and cutting obliquely the schistosity of the enclosing rocks which dips at about 85° to the SE. The vein has been developed along a strike length of about 50 to 60 metres to a depth (measured along the dip) of about 40 metres. It shows widths of 0.6—0.8 metre in its central part, but thins out in both directions along the strike to 10 to 20 cms.

Vogt describes the vein as being composed of calcite and quartz carrying chalcopyrite and pyrite. Ore with up to 7 % Cu had been produced by hand-sorting. In all it seemed a very limited and insignificant deposit and in Vogt's opinion did not warrant further attention from an economic point of view.

Some few specimens of the ore were collected by Padget and McCandless in 1955 and have been examined by the writer. The specimens show a massive, compact sulphide ore with very little gangue visible macroscopically. In one of them the sulphides enclose a large piece of greyish calcite, which seems to represent a breccia-fragment.

Microscopical examination under reflected light shows that the ore is very simple mineralogically, containing pyrite and chalcopyrite, with small amounts of calcite as gangue. The pyrite occurs as rounded or sub-rounded, corroded grains, between 0.5—5 mm in diameter set in an even groundmass of chalcopyrite. The carbonate occurs as irregular grains and groups of grains which could be contemporaneous with the copper mineral, or more likely, could represent partly digested fragments of early-formed mineral.

There is a clear age difference between the two sulphide minerals. The pyrite is extensively embayed by the copper sulphide along the grain boundaries. In many cases the chalcopyrite sends long, irregular veinlets into the pyrite. In extreme cases all that remains of an original pyrite grain is a group of very small, ragged fragments.

No other sulphide minerals were revealed, magnetite was observed occasionally as small, euhedral crystals (octahedra) set in the chalcopyrite and apparently unaffected by any replacement

The Porsa mines. These mines, which are now disused, are situated in the western part of the Repparfjord window (see Fig. 1).

Chalcopyrite and pyrite occur in narrow quartz-calcite veins (1—10 metres wide) in greenstone. Mining was carried out here from 1890 to 1910 and from 1929 to 1931. According to Adamson and Neumann (1951) the grade during the last working period was about 1% Cu. They put the reserves at a few thousand tons in terms of metal content.

Specimens from the dumps at Porsa were collected for the writer by P. Reitan. The following notes are the result of a macroscopic examination of the specimens.

The specimens of compact sulphides show great similarity to the Bratthammer ones, except that pyrite is less abundant. It occurs as rounded cubes up to 2 mm diameter in a fine-grained ground-mass of chalcopyrite. Calcite occurs as irregular patches in the sulphides, often with granular magnetite. The latter mineral is more conspicuous in thin bands or streaks parallel to one particular direction in the ore. In some specimens the magnetite content becomes considerable and the mineral occurs as large coarse-grained patches in the chalcopyrite.

Less rich specimens show a manded country-rock, the bands consisting of a schist rich in fibrous green hornblende, coarse-grained calcite and quartz, and medium-grained, granular magnetite. Chalcopyrite and pyrite occur as individual grains and as patches up to about 1 cm across, scattered at random throughout this rock. In the granular magnetite bands the pyrite has often crystallized as euhedral individuals, cubes or pyritohedrons, up to 3—4 mm dimensions. This would seem to indicate that the pyrite crystallized simultaneously with, or earlier than the granular magnetite. The copper mineral on the other hand occurs as very irregular patches, often infilling between the magnetite grains, showing that as in the Bratthammer specimens it is the youngest mineral in the ore.

Specimens from the Bachke mine, three kilometres north of Porsa mine, show identical features to those from this latter locality. The country-rock at both localities seems to have been a hornblende-rich schist or amphibolite which became tectonically sheeted in the ore-zones. Calcite predominantly, and calcite-quartz veins were then deposited between the sheeted zones producing the typical «ribbon-structure» seen in many of the specimens. The metallic minerals were deposited, probably after renewed fracturing, as bands of more solid ore and as metasomes in the schist and calcite bands.

The succession of crystallization seems to have been pyrite and magnetite, followed by chalcopyrite.

The above evidence establishes the presence of an epigenetic pyrite-chalcopyrite-magnetite mineralization in a dominantly carbonate gangue at three different deposits within the Repparfjord window of Raipas formation.

During the programme of geological mapping of the Precambrian rocks of Finnmarksvidda undertaken by N.G.U., several small occurrences of almost identical type were found. These are described and discussed in a publication summarizing the results of this work up to the end of the 1955 field season (Holmsen et al., 1957).

The pyritic paragenesis is therefore widespread in the Precambrian of Northern Norway. It characteristically occurs in deposits of small dimensions, related to fracture zones, especially in the greenschist and greenstone formations. The mode of occurrence is in sharp distinction from that of the copper paragenesis in the feldspathic sandstones of Ulveryggen.

Copper paragenesis.

The Ulveryggen deposit lies about 40 kms SE of Hammerfest in somewhat rough, hilly country at an altitude of 250—300 metres above sea level. The mineralization occurs in a formation of arkosic sandstone (sparagmite) towards its southern border with an underlying greenstone and green schist formation (see Strand, op. cit., p. 23). The strike of the beds is roughly SW—NE, with a steep dip to the northwest (Vogt, op. cit.).

Strand describes the beds on Ulveryggen as being massive and thick-bedded sparagmites with unrounded feldspar grains several millimetres in diameter and with occasional layers of fine conglomerate. Cross-bedding shows that the succession is normal.

Vogt, in his report, points out that although he was originally responsible for the ore being called «sparagmite-ore», arkose is not the dominant rock type in the area, and much of the ore could well be called «sandstone-ore». He puts the thickness of the formation at 250 metres, as a minimum.

Microscopic observations by the present writer of specimens of the ore showed that the country rocks consist chiefly of clastic

grains of quartz and quartzite, ranging in dimensions from about 10 mm to less than 1 mm and showing marked strain extinction. Feldspar, mostly plagioclase, is a minor constituent and in several of the specimens does not show the 25 % content necessary to class them as an arkose. They may be termed feldspathic quartzite. Sericite and some chlorite occur as thin wisps and shreds interstitial to the clastic grains. The sericite appears to be due to an authigenic crystallization from detrital clayey material; there is no evidence that it is the result of any alteration processes connected with the sulphide deposition. Often it can be seen that the sulphides have filled in between the mica flakes, showing a later age of deposition.

Grade of deposit. The mineralization along Ulveryggen can be followed along a zone over 1½ kilometres long and up to 130 metres wide. Within this zone richer parts occur, typically lens-shaped, with the long axes of the lenses parallel to the strike of the beds. Vogt gives the average copper content of the poor impregnation ore as 0.20 %, whereas in the richer lenses grades of up to 3 % Cu are met with. Intermediate values occur in the ground surrounding these richer parts.

The ore. The dominant texture of the «sparagmite ore» is one where the sulphides occur as scattered patches, «spots» or grains interstitial to the clastic grains of the country rock. The sizes of these patches vary considerably, from about 5 mm or so, down to very small fractions of a mm. In the specimens examined the average grain size of the sulphide spots seemed to lie between 0.5 mm and 0.1 mm.

Microscopic examination in both transmitted and reflected light showed that the disseminated sulphides are, in their present forms, of a later age of formation than the minerals of the enclosing sediment. They have been introduced into the interstitial spaces between the rock grains and in places ragged grain boundaries seem to show that the sulphides have replaced the silicates to some extent.

The amount of sulphides contained in these dissemination ore types is usually quite small, always under 5 % and often around 1 %, though the number of specimens examined was not sufficient to arrive at an average figure. The copper values given elsewhere also show the generally low-grade nature of the copper mineralization.

Relatively larger concentrations of sulphide minerals occur in the form of veins and veinlets cutting in all directions through the sparagmite. In the specimens examined these veins were fairly common though not abundant. Their widths were usually of the order of 0.5—1 cm. In most of them a considerable amount of specular hematite was associated with the copper sulphides. The veins represent infillings of joints or shear planes in the sparagmite; along the surfaces of some of these planes there occurred weak slickensiding, evidence of slight movements probably associated with the folding of the country-rocks. In one or two cases such movement-planes did not carry a central sulphide veinlet, but for distances up to a centimetre on either side there was a marked impregnation of sulphide patches and «spots».

Such evidence seems conclusive of an epigenetic origin for the Ulveryggen mineralization, one which was controlled to a large extent by the presence or absence of joints or other planes in the sparagmite. It shows that the sulphides were introduced later than (perhaps simultaneously with) the folding movements under which the country-rocks assumed their present steep dips. The conclusion that the copper mineralization is epigenetic at Ulveryggen is in agreement with that put forward by J. H. L. Vogt in his 1907 report. In this he strongly discounts a sedimentary origin and regards the «fine streaks of ore-minerals» which are seen intersecting each other in every direction as a criterion indicating an introduced origin. The mineralizing solution had penetrated fairly evenly in between the mineral grains in the porous sediment. Parts were found which were richer than the general body of the mineralization. These parts took the form of lenticular bodies, with their long axes parallel to the bedding planes of the enclosing rocks. When followed along strike or down dip any one particular lens would disappear but new ones would come in at slightly different levels within the general zone of mineralization.

Vogt considers that a considerable depth of mineral-bearing rock (he states «several kilometres») has been eroded away since the minerals were deposited in the sediments. The mineralization would have no relation at all to the present surface of erosion and it would be reasonable to consider that it would continue to a considerable depth under this surface.

In any future field-work on these deposits it seems that attention

should be concentrated on areas showing increased incidence of joints and planes of weakness, as these would be most likely to offer areas of richer mineralization. (However, a report written by P. Padget after a visit in 1955 includes the statement that marked fracture-zones are lacking.)

Mineralogy. The following minerals, excluding the rock-forming silicates have been identified in the Ulveryggen ore:

Bornite	Cu_5FeS_4
Chalcopyrite	CuFeS_2
Neodigenite	Cu_9S_5
Covellite	CuS
Hematite	Fe_2O_3
Magnetite	Fe_3O_4

In addition, green and blue carbonates and silicate of copper occur as secondary products. These will not be dealt with here.

The microscopic examination has given quite clear evidence as to the paragenesis of the sulphide minerals, except the relation between bornite and chalcopyrite.

Bornite is the most abundant of the sulphides seen in the Ulveryggen specimens. It occurs disseminated throughout the feldspathic sandstone as specks, spots and patches of very variable dimensions, ranging in size from 0.01 mm to about 1 or 2 mm. Since it occurs interstitially to the rock-forming silicates the shapes of the grains are very irregular. It «fills in» between the clastic grains and also has partly replaced the sericitic and chloritic cementing substance between these grains. In the latter instances its grain boundaries are irregularly embayed.

The bornite patches present an even appearance and do not show any internal texture. The mineral varies in colour according to the degree of tarnish from pale to deep pink. Under oil immersion the colour is markedly deeper. The mineral is quite isotropic.

The patches and grains of bornite are almost invariably replaced to a greater or lesser extent by neodigenite and, at times, by covellite. The degree of replacement varies considerably from specimen to specimen. On occasions patches of bornite were seen which were unaffected by the alteration. The textures produced by this replacement are described under *neodigenite* and *covellite*, below.

Bornite shows a definite tendency to occur in veinlets or oriented «streaks» cutting at random through the country rock. These are mostly quite narrow; the maximum width of the veinlets observed was about 1 cm. Often micaceous hematite occurs in these veinlets (see below).

Bornite occurs in some specimens in a lattice texture with chalcopyrite (see under the latter mineral), but otherwise little can be said of the relation between these two minerals.

Bornite would appear to be primary in the Ulveryggen ore, and one of the earliest copper sulphides to be deposited, probably penecontemporaneously with the chalcopyrite.

Chalcopyrite also appears to be a primary copper sulphide in the Ulveryggen ore, and occurs, like the bornite, in irregular patches, grains and «spots» interstitial to the rock-forming minerals. In the specimens examined no definite veinlets or «streaks» of chalcopyrite were observed; on the other hand the patches of this mineral in the quartzite tended to be of larger dimensions than those of bornite. The average size was between 2 and 4 mm. Microscopic examination showed that, unlike the bornite, the chalcopyrite was practically unaffected by replacement processes, neither did it show any association with other primary metallic minerals. The patches and grains of chalcopyrite show even, flat fields under the microscope, without any deciphérable texture.

There would thus seem to have been, in parts of the deposit at least, a surge of mineralization leading to the deposition of chalcopyrite. Bornite, by itself, was not observed in contact with the chalcopyrite, though patches of the two minerals were seen in close proximity in the same specimen.

In some specimens from the Hans mine locality the chalcopyrite grains showed invariably a thin, even rim of a dark grey mineral with dark wine-coloured internal reflections. This is most probably limonite. It forms a thin rim around nearly all the chalcopyrite grains from this particular locality and is due to a supergene replacement of the copper mineral inwards from the grain boundaries. Fig. 2 a. shows a typical rim. Under high magnification it can be seen that the rims are composite and that the replacement «front» is always convex toward the chalcopyrite. In composite grains of chalcopyrite and neodigenite the limonite rim occurs solely at the



Fig. 2. Replacement rims of secondary limonite (li) around grains of chalcopyrite (cp). Note the absence of such rims at the grain-boundaries of the neodigenite (nd). Finely stippled areas in the neodigenite are replacement remnants of bornite.

Fortrengnings-rand av sekundær limonitt (li) rundt kopperkis korn (cp). Merk at disse ikke finnes omkring neodigenitten (nd). Fin-prikkete områder i neodigenitten er fortrengnings-rester av bornitt.

borders of the chalcopyrite, never at those of the other sulphide. (Fig. 2 b.) This is to be expected since Fe is absent from the Cu_2S mineral and its weathering could not produce limonite.

Chalcopyrite also occurs extensively in characteristic intergrowths with the bornite. In this latter mineral it occurs as

minute spindle-shaped lamellae mostly no more than 0.1 mm. long. The density of the spindles varies considerably, mostly just one or two of them appear in an area of bornite; at times these are parallel to a common direction, at others they cross each other at all angles. This would indicate that they occur in particular crystal planes of the bornite. At times the density of the spindles increases markedly and they form an intersecting mesh in the bornite. An extreme example of this was observed in specimens of fairly rich ore which appeared slightly crushed. In these the chalcopyrite lamellae had increased to form about 50 % of the area of the composite grains, and they took the form of a beautiful, closely intersecting lattice texture (see Plate 1).

Such textures seem to be identical with those first investigated by Schwartz (1931) who showed them to be due to the unmixing of the two minerals from solid solutions above $475^{\circ}C$. Such textures have since been described from several ore-deposits and have been taken as indicating a high-temperature origin (around $500^{\circ}C$).

In the case of the Ulveryggen sulphides there seem to be certain difficulties in the way of accepting this «orthodox» explanation. It would seem reasonable to suppose that, if the mineralized zone had originally been invaded by sulphide-bearing solutions at or above 500°C, the rocks in this zone would have become heated up to a temperature approaching this. This condition would have been necessary for the individual droplets of sulphides to take up their positions within the quartzite, crystallize there and then unmix at a temperature around 475°C. Either that, or the small droplets must have possessed an unacceptably large degree of superheat so that they could have reached their «resting places» in the comparatively cool country-rock without having cooled themselves below, say, 500°C.

This heating-up of the ore-zone rocks *should* have produced a detectable amount of thermal metamorphism. This, however, cannot be detected. The country-rocks, both in the ore-zone and away from it, are in a very low state of metamorphism. The minerals in the matrix between the quartz and feldspar grains are predominantly sericite and a little chlorite. In one or two specimens a little dull olive-green biotite had begun to form. This association would place the rocks rather accurately on the borderline between the greenschist and epidote-amphibolite facies. (Barth, 1952, p. 337.)

The temperature to which the rocks have been subjected are thus considerably less than those necessary if the lattice textures between chalcopyrite and bornite had formed due to unmixing from solid solution.

Moreover, once having been heated up to this temperature, the ore-zone rocks would cool relatively slowly, for they represent a considerable volume. Schwartz (op. cit.) showed that when specimens showing lamellar intergrowths between bornite and chalcopyrite were cooled slowly from the unmixing temperature, the two minerals segregated into a granular intergrowth. Thus it seems that even if the two minerals had formed a lattice intergrowth at a high temperature, this would have been destroyed in the cooling-down process and the ores today would only show granular intergrowths of bornite and chalcopyrite.

The specimens of Ulveryggen ore examined in this investigation are too few to enable these incompatibilities to be resolved. However in the case of the similar ore at Raipas mine, Alta, there

is evidence strongly supporting an alternative origin for the lamellar textures between chalcopyrite and bornite. It could be that this explanation (see pp. 100—2) could also apply to the Ulveryggen ore and that a more representative suite of specimens would provide the necessary evidence.

In any case, the Raipas evidence gives a warning against placing too great a reliance on the textures of these minerals as indicating any one particular process in their formation.

The bornite-chalcopyrite intergrowth has been partly replaced by neodigenite and covellite, especially along the grain-boundaries of the sulphides and along cleavages and other cracks in them. Both minerals of the intergrowth are eventually replaced, but it can be seen that the later minerals have attacked the bornite in between the chalcopyrite lamellae first, giving a very complicated form to the «replacement front».

In the cases where the chalcopyrite lamellae occur only sparingly in the bornite it can be seen clearly that the neodigenite replacement attacks the host preferentially, often isolating individual lamellae from it, before these, too, are eventually swallowed up. However, as has been stated above, the areas of pure chalcopyrite in the ore never show replacement by the copper sulphides.

Thus we may conclude that there are two generations of chalcopyrite in the ore. The first never occurs with other minerals, but as pure, irregular grains, spots and patches in the sedimentary country rock. It may be of approximately the same age as the bornite, but since the two minerals were not seen in contact, their relative ages could not be determined. This seems to raise an interesting question to be solved by any future investigation. Are parts of the ore characterized by chalcopyrite as the primary copper mineral and other parts by bornite? That is to say, has there been a primary mineral zoning in the deposits?

The second generation of chalcopyrite would appear to occur as the lamellae in the lattice intergrowth with bornite. The relation between these two generations is not clear.

Neodigenite. There occurs in the ores, replacing bornite to varying degrees, a pale sky-blue, isotropic copper sulphide which optically and paragenetically corresponds to the so-called «isotropic blue chalcocite». The writer has followed Ramdohr (1943) and

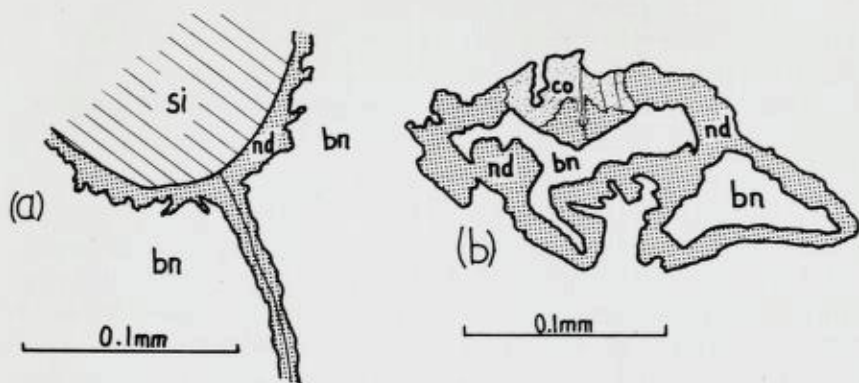


Fig. 3. a). Neodigenite (nd) replacing bornite (bn) along its grain-boundaries with a grain of gangue (si) and on either side of a micro-fracture. b). Sketch of typical rim-replacement of bornite (bn) by neodigenite (nd). Covellite (co) is in its turn replacing the neodigenite.

a). Neodigenitt (nd) som fortrenger bornitt (bn) langs korn-grensene mot et kvartskorn (si) og langs en mikrosprekk i bornitten. b). Bornitt (bn) er fortrengt langs randen av neodigenitt (nd). Covellin (co) fortrenger i sin tur neodigenitten.

Uytenbogaardt (1951) in using the name *neodigenite*. The name *digenite* was proposed by Buerger (1941), who first established the existence of the form and showed it to have the formula Cu_9S_5 .

Etching with 1 : 1 HNO_3 brings out the cleavage pattern very clearly. It shows a series of closely-spaced parallel cleavage cracks, with a subsidiary, though well-defined set at right angles. The two sets divide the mineral into square or rectangular «blocks». No instances were seen of the octahedral etch cleavage which is regarded as being characteristic of the isometric neodigenite.

However, X-ray powder patterns confirmed the identification of the mineral as the isometric form of Cu_2S .

Neodigenite occurs solely as a replacement product of bornite, it was not observed as an independant mineral in the ores. The degree of replacement varies considerably from specimen to specimen and between different bornite patches in the same specimen.

The most common texture is a «rim replacement» of the bornite grain by the neodigenite, starting from the grain boundaries of the former mineral. The «rim» may vary from a mere film surrounding the bornite to an almost complete replacement of it, leaving only very irregular remnants to show the original nature of the grain.

The replacement has proceeded very unevenly and the «fronts» normally show the most intricate and embayed forms.

No dependence on the structure of the bornite, e. g. the cleavage, could be observed, but replacement veinlets of neodigenite were often seen following fairly irregular cracks in bornite. In other cases intricate replacement patches of the blue sulphide occurred at random in the bornite grains. Examples of the textures formed by the two minerals are given in Fig. 3. Plate 2, Fig. 1, illustrates a beautiful semi-graphic texture seen occasionally, which represents an extreme stage of the replacement of the bornite.

The amount of bornite replaced by the neodigenite must be quite considerable, in many specimens probably about a third was so affected, but the average is probably less. The net effect of the alteration is an increase in the copper content of the ore, there being a loss of iron and sulphur from the bornite.

The nature of this replacement is discussed below.

The larger areas of neodigenite formed by the replacement of bornite show often a well-marked cleavage (see above). The cleavage cracks are often filled with a later mineral, in some cases a green secondary copper mineral (carbonate). The cleavage cracks are so fine that certain identification of the late mineral is difficult. The cracks have also acted as loci for the secondary replacement of the neodigenite by the covellite (see below).

An extremely important question is the origin of the neodigenite replacing the bornite. Is it supergene or hypogene? The answer to this question would have a considerable bearing on the possible economic importance of the Ulveryggen deposit. If the alteration is supergene (secondary enrichment) one would expect a falling-off of values in depth as the protore is reached. In view of the fact that the ore exposed at the surface and in the shallow workings is itself not of very high grade, any such falling-off in depth would make the deposit of doubtful economic worth.

However, it seems from a study of the relevant literature that the replacement has been of a hypogene character. It has been mentioned that neodigenite is the mineral which was termed in older publications «isometric blue chalcocite». It was thought that there were two modifications of chalcocite, one orthorhombic and one isometric. Of these, the latter was established as having a temperature of formation above 91°C. On cooling, this modification inverted

to the orthorhombic form, but it was thought that if more than 8 % of CuS were in solid solution the inversion was inhibited.

In the earlier literature dealing with the copper sulphides the isometric form of Cu_2S was considered to be diagnostic of hypogene conditions of deposition. For example, Emmons (1933), in a general discussion of copper sulphide enrichment, states that «a chalcocite that is isometric or that is a paramorph after isometric chalcocite may be taken as evidence of hypogene origin» (p. 406).

Again, Bateman and Lasky (1932) in a discussion of the copper deposits at Kennecott, Alaska — «most of the chalcocite has been found to be isotropic and therefore isometric. Consequently it is the high temperature form and is definitely of hypogene origin.»

However, the restudy of the system Cu_2S —CuS by N. W. Buerger (1941) showed a rather more complicated state of affairs. He established three compounds in the system, i. e.

Chalcocite (ideally Cu_2S)
Digenite Cu_9S_5 — here termed Neodigenite
Covellite CuS.

These compounds exhibit four phases:

High chalcocite
Low chalcocite
Digenite
Covellite.

A study of the phase diagram established by Buerger (op. cit., p. 35) shows that (neo)digenite, having the composition Cu_9S_5 , is stable at all temperatures from 20°C upwards. Above 78°C this mineral is able to take increasing amounts of either chalcocite or covellite into solid solution. A (neo)digenite with greater than 20 atomic percent CuS forming at elevated temperatures, would on cooling, unmix to give an intergrowth of neodigenite (of composition Cu_9S_5) and covellite. On the other hand, with less than 20 atomic percent CuS, there will result an intergrowth chalcocite and covellite, which was referred to in the older literature as an intergrowth of «white and blue chalcocite».

Most of the neodigenite in the Ulveryggen specimens occurs by itself — a very minor proportion only occurs intergrown with

the so-called «abnormal covellite» (see below, p. 93) in a manner suggesting contemporaneous crystallization. There is no conclusive evidence to show that either chalcocite or covellite has unmixed from the neodigenite and thus the original composition was probably not far from Cu_9S_5 . According to Buerger's diagram such material could have originated at either high or low temperatures, and it therefore cannot be used to decide supergene or hypogene origin.

Among the more recent contributions to this problem, P. Ramdohr (1943) came to the conclusion that the cubic mineral (neodigenite) in the system Cu_2S — CuS was *a priori* no geological thermometer, since its occurrence was exclusively governed by the excess or deficiency of sulphur in the ore-forming media. In a table (op. cit., p. 309) Ramdohr gives his interpretation of the various «chalcocite» minerals occurring in natural ores. «Blue isotropic chalcocite as the older mineral» is to be interpreted as neodigenite formed above 78°C . The same mineral occurring cementatively, mostly after bornite, is neodigenite formed under 78°C , i. e. secondary.

Ramdohr later (1950) discusses at length the interpretation of Buerger's results in terms of the textures exhibited by the Cu_2S — CuS minerals in nature. Here he is of the opinion that «neodigenite is *mostly* formed at higher temperatures» (p. 288).

Thus it can be seen that the question of the temperatures of formation of the Cu_2S — CuS minerals is far from being solved. The weight of *opinion* in the literature seems to be in favour of a high temperature origin for the cubic mineral, neodigenite.

Of the graphic and subgraphic replacement intergrowths between bornite and neodigenite (Pl. 2, Fig. 1), Schwartz (1932) states that the weight of evidence seems to indicate that they are commonly a result of hypogene processes, but that the texture, as such, is unreliable as a criterion. Lindgren (1930) discussed the textures under the name of «pseudo-eutectic intergrowths» and concluded they were due to hypogene replacement.

A negative piece of evidence against secondary alteration in the Ulveryggen ore is the complete absence from it of the so-called «sooty chalcocite», which is the only form which is regarded as being absolutely diagnostic of supergene origin.

More general considerations make it unlikely that supergene enrichment has affected the Ulveryggen deposit. The complete lack

of pyrite would mean that any secondary leaching processes would have been slow in the extreme. Most students of secondarily enriched copper deposits are agreed that sulphuric acid generated by the oxidation of pyrite is vitally important for the processes of secondary enrichment.

The absence of an upper, leached, low-grade zone or capping is not evidence against secondary enrichment since this could quite well have been removed by the strong erosion occurring during the Quaternary glaciation.

Covellite is a minor component of the bornite-bearing parts of the ore, but one which is unmistakable on account of its very characteristic effects under the microscope. It occurs very largely in forms indicating that it is replacing the neodigenite. More infrequently it seems to have replaced the bornite directly without an intervening neodigenite stage. It was never observed attacking chalcopyrite when this mineral occurred alone.

Optical properties indicate that there are two types of covellite present:

a) the more common type shows very strong and characteristic pleochroism, O: deep inky blue, E: bluish white, in air. Under oil immersion the pleochroism is greatly accentuated, O becomes a deep violet to purple-red, while E is somewhat darker blue. Anisotropism is marked and distinctive, from a fiery orange to dark brown.

b) the less common type shows much less distinctive pleochroism in shades of light and dark blue. Under oil immersion the only noticeable effect is a slight accentuation of the colour differences. Anisotropic effects are very much toned-down as compared with type a).

These two types are well-recognized in the literature. Uytendogaardt (1951) refers to the second type as «anomalous covellite» and regards it as the less common of the two.

Ramdohr (1950, p. 472) also describes the different optical properties of «normal» and «abnormal» covellite, his descriptions corresponding exactly with those just given. The abnormal covellite has been observed from many localities, including Rio Tinto and Chucquicamata, as well as from some of the American «porphyry copper» deposits (e. g. Morenci). In a number of cases the normal

and abnormal covellites were seen together in the same polished section, with the latter type mostly appearing as being formed the later of the two. Nearly always the abnormal covellite occurred intergrown with chalcocite in tabular forms parallel to the (001) direction.

The covellite-types from Ulveryggen show certain similarities with Ramdohr's description.

a) «Normal covellite» appears in very irregular minute patches within, or on the borders of, the areas of neodigenite. These patches have very complicated textures, being made up of feather- or flame-shaped individuals, often arranged in a sub-parallel radiating pattern.

The patches sometimes appear enclosed in a larger area of neodigenite, but mostly they are located at grain boundaries and along the well-marked cleavages of this mineral (see Plate 2, Fig. 2). From these points the covellite appears to have worked its way irregularly into the neodigenite, not following any crystallographic directions.

Examination under high magnification shows the cleavages of the neodigenite to be filled with a dull grey, non-sulphide mineral, sometimes giving coloured internal reflections. It is not clear if the covellite is genetically connected with this infilling of the cleavage cracks.

b) The «abnormal» covellite occurs as larger areas, sometimes lamellae-shaped, in the areas of neodigenite. In some cases it seems to have «flooded» irregularly into the neodigenite as though replacing it. In other cases the broadly lamella-shaped patches seem to be intergrown with the neodigenite as though the two minerals were contemporaneous. However, nothing resembling a regular lattice intergrowth was seen, and it is doubtful if the covellite could have exsolved from the neodigenite.

The covellite is in except a very few cases clearly a product of replacement of the neodigenite, but it is not clear whether this is supergene or hypogene. From the general mode of occurrence of the mineral, a supergene origin would be indicated.

Hematite. Micaceous specularite occurs extensively in the Ulveryggen deposit. Characteristically it occurs coating the joint surfaces of the rocks as an interlocking mesh of platy crystals, up to

2—3 mm in diameter. In other cases it occurs as isolated, tabular crystals or groups of crystals scattered irregularly throughout the rock.

The hematite always shows regular crystal outlines towards the copper sulphides, when these occur together. The latter appear to be «moulded» around the iron oxide and the evidence is that the latter is everywhere older than the sulphides.

In one specimen a composite oxide-sulphide vein was observed cutting through the bornite-impregnated sandstone. The vein was $\frac{1}{2}$ —1 cm wide and along one of the walls occurred a fairly continuous growth of regular platy hematite, with crystals about 1 mm in dimension. The rest of the vein was filled bornite and neodigenite, the latter strongly replacing the former. The sulphides had clearly «filled-in» against the hematite crystals and represented deposition in the vein after the formation of the hematite along one wall.

The hematite crystals, especially the larger, less regular ones showed numerous very small inclusions of a grey-brown isotropic mineral. The inclusions were mostly very irregular and ragged, often occurring in groups which suggested the remnants of an originally much larger grain. These relationships show they are replacement residuals in the hematite. The optical properties indicate that the mineral is *magnetite*.

In other specimens irregular veinlets of specularite were seen intersecting the country-rock. The mineral was present as thin micaceous lamellae intersecting in all directions. The lamellae showed a fine twinning at high angles to their longest dimensions. Magnetite was present in larger proportions in such veinlets, often in well-formed, octahedral crystals.

This oxide paragenesis must be regarded as separate from, and much earlier than, the sulphides, and most probably of a higher temperature of formation.

Paragenesis. The evidence given in the description of the different minerals shows the following facts regarding the order of succession. Firstly the sulphides are later than the oxide minerals. Secondly there is the clear replacement succession: bornite—neodigenite—covellite, where the first replacement is probably hypogene, the second more probably supergene. Thirdly there is the lattice

intergrowth in parts of the ore between bornite and chalcopyrite, showing (?) contemporaneity between these two minerals in certain cases. Fourthly no evidence has come to hand regarding the age relationship between the main parts of the chalcopyrite and the bornite.

Temperatures. The presence of the lattice intergrowth texture between chalcopyrite and bornite could be interpreted as meaning that in parts at least of the deposit the temperature of the introduced sulphides attained a minimum of 475°C, but there are objections to this interpretation, as set out on pp. 86—88. The neodigenite probably replaced part of the bornite at a temperature around 100°C.

Chemistry. The ore at Ulveryggen is chemically simple, with Cu, Fe and S as the main introduced constituents. A spectrographic investigation* of a sulphide concentrate from the ore showed the following «trace» elements:

Ag, order of sizex/100 %
Cr, —1/100 %
Mn, —1/100 %
Ni, —x/100 %
Pb, —x/100 %
V, —1/100 %
Zr, —1/100 %
Zn, (trace)(1/10 %)

These figures would seem to indicate that very little in the way of valuable by-products could be expected from a copper concentrate from the Ulveryggen ore.

The absence of Co is surprising, and disappointing, in view of the occurrence of a cobalt mineral in the mineralogically similar ore of the Raipas mine, Alta, (see below).

Raipas mine, Alta. This disused copper mine lies in rocks of the Raipas formation, but in a separate tectonic window from that containing the above-described deposits (see Map, Fig. 1). The mine produced small quantities of high-grade copper ore in the middle of the 19th Century. The present writer made an under-

* Analyst: Sentralinstitutt for industriell forskning, Oslo.

ground examination of the mine in March—April 1954, and later published a short account of the general geology and vein structures (Vokes, 1955).

The deposit consisted of breccia-veins which cut almost at right angles the N—S-striking dolomites and mudstones of the Raipas formation in this Alta window.

The rich sulphides occurred mainly cementing and partly replacing the fragments of the country-rock breccias (Plate 3, Fig.1). They comprised mainly chalcopyrite and bornite, with lesser amounts of tennantite and the cobalt-nickel sulphide, siegenite. Neodigenite, chalcocite and covellite are quantitatively minor constituents.

This is the first recorded instance of the presence of siegenite in a Norwegian ore deposit, and the properties, mode of occurrence and paragenesis of the mineral are treated in a separate publication. Tennantite is also uncommon in Norwegian ore deposits. It has previously been found in the cobalt deposits of the Modum district.

Microscopic examination of the specimens of Raipas ore revealed many features in common with those from Ulveryggen, but there also occurred new features which indicated that the two deposits have had somewhat different mineralogical histories. Particular emphasis will be laid on these new features in the following discussion.

It was possible to obtain a clear idea of the relations between the *chalcopyrite* and *bornite* in the Raipas ore; this important information was lacking from the Ulveryggen specimens. Together, the two minerals formed over 95 % of the sulphides in the ore. Their proportions varied considerably from specimen to specimen, but on the average chalcopyrite was dominant over the bornite in the ratio of about 3 : 1.

When present together, the two minerals are intimately intergrown in a very characteristic texture. In this the boundaries between the bornite and the chalcopyrite are smooth and curved, but *always* convex towards the bornite. Thus, patches of bornite within the chalcopyrite appear as cusped remnants, often very elongated in one dimension. On the other hand, the chalcopyrite always appears as rounded forms within the larger areas of bornite. Typical views of this texture are shown in Fig. 4.

At first this texture gives the impression that the bornite is the

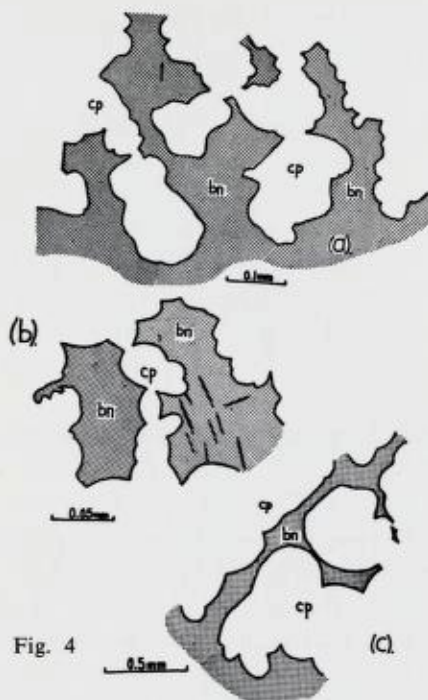


Fig. 4

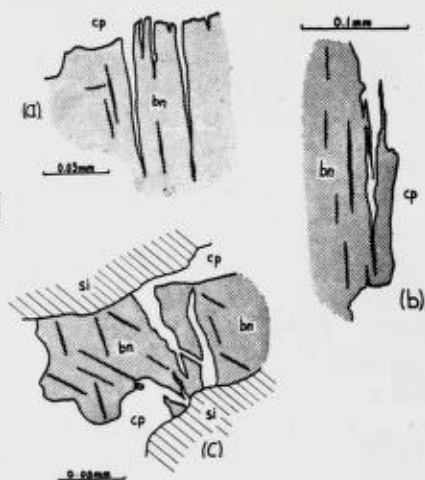


Fig. 5

Fig. 4. Sketches from polished sections of Raipas mine ore showing typical «caries-texture» between chalcopyrite (cp) and bornite (bn) which shows that the former is replacing the latter. In (b), the thick black lines are chalcopyrite lamellæ.

Skisser fra polerslip av malm fra Raipas gruve som viser typisk «caries-struktur» mellom kopperkis (cp) og bornitt (bn). Denne struktur viser at kopperkisen fortrenger bornitten. De tykke sorte linjer i (b) er lameller av kopperkis.

Fig. 5. Sketches from polished sections of Raipas mine ore showing how the main generation of chalcopyrite (cp) has penetrated earlier bornite (bn) along its cleavage directions. Within the bornite, lamellæ of «secondary» chalcopyrite (black) also lie parallel to its cleavage.

Skisser fra polerslip av Raipas malm som viser hvordan hoved-generasjonen av kopperkis (cp) trenger inn i eldre bornitt (bn) langs spalte-retningene. Lameller av «secundær» kopperkis (sort) finnes også inne i bornitten parallelt med spaltereningene.

younger mineral and has filled interstices between the chalcopyrite grains. However, certain textures to be described below indicate clearly that the chalcopyrite is definitely the younger mineral. Also one has not to search long in the literature to find that the chalcopyrite—bornite texture shown in the Raipas specimens is identical

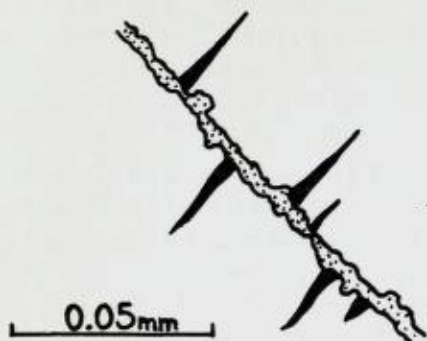


Fig. 6

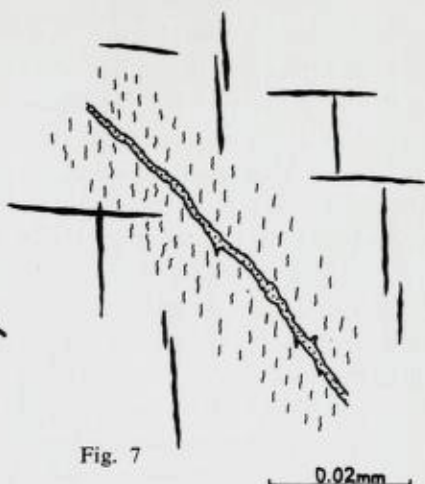


Fig. 7

Fig. 6. Lamellæ of «secondary» chalcopyrite (black) growing out from a replacement veinlet of neodigenite (stippled) along the cleavage directions of bornite (white).

Lameller av «secundær» kopperkis (sort) som vokser ut fra en fortrensnings-gang av neodigenitt (prikket) langs spalte-retninger i bornitt (hvitt).

Fig. 7. Neodigenite «worms» in bornite (white) along both sides of a neodigenite replacement veinlet (stippled). Lamellæ of «secondary» chalcopyrite shown in black.

«Ormer» av neodigenitt langs en fortrensnings-gang av samme mineral (prikket) i bornitt (hvitt). Kopperkis lameller tegnet sort.

with one that is well-recognised as a replacement texture. This has been given the name «caries texture» by Lindgren because of the strong resemblance to dental caries. The mineral exhibiting the convex forms is interpreted as replacing the other one, and the cusped forms are remnants showing an extreme stage of the replacement (e. g. Fig. 4 c).

The «caries texture» indicates that the bornite has presented a uniform resistance to replacement by the chalcopyrite; the latter has «bitten into» the bornite without paying any attention to its cleavage. However, there frequently appeared textures showing that the chalcopyrite often had followed structural directions in the bornite during its attack. These textures are illustrated in Fig. 5. This figure shows how the chalcopyrite penetrates deeply into the bornite in long «spear-like» forms. As can be seen, these spears are parallel with the chalcopyrite lamellæ which appear as a crystallo-

graphic intergrowth in the bornite (see below). The chalcopyrite has thus penetrated the bornite along its cleavage directions, which are clearly marked by the lamellar texture.

The textures described above present good evidence of an age difference between the two main copper minerals in the Raipas ore. However, one important mineralogical problem must remain unsolved and that is whether there was any systematic change in the proportions between chalcopyrite and bornite with depth.

The lamellar texture between bornite and chalcopyrite mentioned above is fairly common where the two minerals occur together. A number of specimens, however, showed bornite as the only copper-iron sulphide and in these the lattice texture was absent.

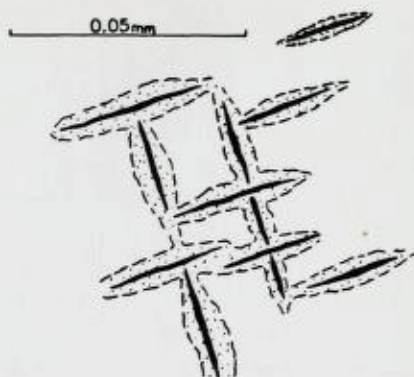
The similar textures occurring in some of the specimens from the Ulveryggen deposit have already been described above (pp. 86—87). However, in the Raipas specimens no parallel has been noted of the close lattice-texture in which bornite and chalcopyrite occur in about equal amounts (Plate 1) and which was interpreted as possibly being an exsolution texture.

The chalcopyrite lamellae in the Raipas bornite are much thinner than in the Ulveryggen examples, and show a much more uneven distribution. Although they occur in two of the crystallographic directions of the cubic mineral they very seldom intersect each other, which means that a true lattice-texture is not developed. The lamellae also show increased incidence in bornite along each wall of the numerous replacement veinlets of neodigenite which often intersect the bornite (Plate 3, Fig. 2). In several cases it could be seen that the chalcopyrite lamellae branched out from the sides of the neodigenite veinlets, as illustrated in Fig. 6. In such cases there would seem to be an undoubted genetic connection between the veinlets and the lamellae. Under high magnification it can be seen that the bornite along the walls of neodigenite veinlets is often completely «riddled» by minute hair-like «worms» of neodigenite, (Fig. 7) as though the bornite had been crushed and the neodigenite had been formed on either side of the microscopic cracks. Within these areas, too, the chalcopyrite lamellae were usually more abundant.

Also, high-power magnification showed that often the bornite on either side of the chalcopyrite lamellae was of a distinctly lighter colour than usual and that this lighter-coloured patch was bordered on the outside by a line of thin neodigenite «worms», (Fig. 8).

Fig. 8. Lamellæ of «secondary» chalcopyrite (black) in bornite (white). Each lamella is surrounded by an area of bornite of an apparently different composition (stippled) which is separated from the rest of the bornite by a line of neodigenite «worms» (short black lines).

Lameller av «secundær» kopperkis (sort) i bornitt (hvit). Disse lameller omgis av bornitt som øyensynlig har en forskjellig sammensetning fra hovedmassen. På ytter-kanten av denne bornitten finnes en rekke små «ormer» av neodigenitt (korte sorte linjer).



This evidence would suggest that the formation of the lamellæ of chalcopyrite in the bornite was in some way connected with the alteration bornite—neodigenite.

Zies, Allen and Merwin (1916) produced similar lamellæ of chalcopyrite in the crystallographic directions of pieces of bornite by immersing them in a 2½ % solution of H_2SO_4 at 200°C for periods of 2 and 8 days respectively. These authors interpret the mode of formation thus: «The acid first attacked the surface of the bornite, altering it to cupric and cuprous sulphides; ferrous sulphate and hydrogen sulphide being formed at the same time. The interior thus became protected from the direct action of the relatively strong acid and the small amount of acid which did penetrate was greatly weakened by reacting with the bornite. Under these conditions we have found that ferrous sulphate, cupric or cuprous sulphide, and hydrogen sulphide will react to form chalcopyrite. The most likely place for the chalcopyrite to develop will be of course along the lines of fracture and cleavage since they afford to the acid the readiest means of ingress.»

The above workers also found blades of chalcopyrite «seemingly following the cleavage cracks in the original bornite» after the sample had been immersed for one day in cupric sulphate at 200°C. Sulphuric acid was detected in the solutions at the end of this experiment, so the mode of formation of the chalcopyrite was probably identical with that in the first experiment, using sulphuric acid alone.

Edwards (1954) figures and describes a case where minute spindles of chalcopyrite developed in bornite as a temporary phase at the edge of a chalcocite replacement veinlet. This author considers that the chalcopyrite spindles dissolve as the replacement proceeds and that new ones are precipitated at the loci of replacement. He gives the equation for the change as



The textures observed in the Raipas ore would indicate that some, at least, of the chalcopyrite lamellae owe their formation to processes which also led to the formation of the neodigenite veinlets and «worms».

The microscopic work indicates that most of the Cu_2S -mineral at Raipas is the same as that at Ulveryggen — i. e. it is the isotropic, and therefore isometric, mineral neodigenite. In the case of the Ulveryggen deposit it was concluded that this mineral had formed under hypogene conditions, and there seems to be no reason to change that conclusion in the case of the Raipas ore.

In one specimen the Cu_2S mineral occurred in larger patches, full of bornite replacement remnants. A good deal of the mineral in these patches showed a weak but distinct anisotropism. This may be interpreted as showing that part of the originally isometric neodigenite has inverted to the lower temperature, orthorhombic chalcocite (see also p. 109).

The evidence would indicate therefore that a hypogene replacement of bornite to neodigenite had caused the formation of chalcopyrite lamellae in exactly the same manner that the action of sulphuric acid produced it in the experiment of Zies, Allen and Merwin.

This brings one to the question of the relation of the main body of chalcopyrite in the ore to that in the lamellae within the bornite. The main generation of chalcopyrite is, as shown above, replacing the bornite. It is also demonstrably older than the neodigenite. For instance, micro-veinlets of neodigenite sometimes follow the bornite-chalcopyrite contacts. Also, the cracks in the bornite, which were the loci for the neodigenite replacement veinlets, are present in the chalcopyrite too. While the latter mineral has clearly not been replaced by the neodigenite, this mineral has often been deposited in these cracks for short distances from the bornite contact.

The evidence therefore indicates that the «main» generation of chalcopyrite is older than that which forms the lamellae in the bornite. Thus the spear-like forms of chalcopyrite penetrating into the bornite, as figured in Fig. 5, must be interpreted as being independent of the chalcopyrite lamellae within the body of the bornite. The fact that they are parallel is due to their being also controlled by the cleavage directions of the bornite.

The blue copper sulphides are quantitatively minor in amount. *Neodigenite* occurs in thin replacement veinlets which traverse the bornite in all directions. The locus of replacement was in each case a micro-fracture in the host mineral. The junctions of the bornite with the country-rock fragments also usually show a thin replacement rim of neodigenite. The occurrence of *chalcocite* has already been noted above (p. 102). *Covellite* was very scarce in the specimens examined. Its brilliant anisotropic effects showed it to be present as minute specks in some of the wider neodigenite veinlets.

Tennantite is widespread in the Raipas ore in subordinate amounts. Under the microscope it is light-grey in colour and quite isometric; it was only distinguished from sphalerite by its X-ray powder diagram. The mineral occurs as rounded, anhedral grains, mainly in the chalcopyrite fields and its mode of occurrence gives little indication of its place in the paragenesis. It could either be contemporaneous with, or older than, the chalcopyrite.

A seventh mineral in the Raipas ore could not be definitely identified due to its extremely fine state of division and minute quantity. It occurs as microscopic rim and patch replacements at the grain boundaries of the tennantite and, to a lesser extent, the bornite. It is silver-white in colour, soft and as far as can be seen, isotropic. From its paragenesis and optical properties it could be galena, though none of that mineral's characteristic cleavage was seen.

In the specimens of Raipas ore examined during this investigation there appeared no evidence to show that any non-sulphide gangue-minerals have been deposited in the veins. Dolomite occurs as breccia fragments derived from the wall-rocks, and it would be difficult to distinguish fragments from patches of introduced carbonate earlier in age than the sulphides. Attention should be drawn to the occurrence of large quantities of *barite* in one of the vein structures at Raipas; the relation of this mineral to the sulphides is not known.

The *paragenesis* at Raipas would appear to be thus:

siegenite
bornite
chalcopyrite and (?) tennantite
neodigenite, chalcocite, covellite
«secondary» chalcopyrite (lamellae)
unknown sulphide — position uncertain.

None of the textures or minerals can be used to give any indications of the *temperatures* at which they were deposited.

West of Raipas mine, around Kåfjord, are situated a number of old mines. These worked vein-type deposits in greenstones of Raipas age. The ore here showed the pyritic paragenesis. The differences between Raipas mine and the Kåfjord mines are, therefore, comparable to those between the Ulveryggen deposit and, say, the Porsa mines.

Other deposits. The copper paragenesis is widespread in rocks of Precambrian age in Norway. The deposits are mostly of minor economic importance; none are being worked at the moment, very few have been exploited in the past. In the majority of cases the copper sulphides occur in quartz veins or pegmatite bodies and no parallel to the «sparagmite-ore» of Ulveryggen appears to have been found.

Porsanger, Finnmark. S. Foslie (1933) mentions the extensive low-grade copper mineralization at Porsanger (see Fig. 1), some of which must be classed in the copper paragenesis. The deposits, according to Foslie are remarkable for their great extent. Numerous deposits are scattered over an area of about 150 square kilometres, where the rocks are amphibolites with subordinate belts of quartzite and dolomite. The copper minerals, mainly bornite and chalcocite, have partly impregnated the amphibolites, partly they occur in veins and veinlets of quartz within this rock.

In the same area it appears that there also occurs extensive mineralization of the pyritic type. Pyrrhotite, pyrite and a little chalcopyrite occur as impregnations in schist over long zones following the schistosity. (See C. W. Carstens, 1931 and J. Færden, 1952).

These deposits have not been worked.

The Sjangeli copper mines would also come into this group according to Foslie's description. They are situated in the Precambrian rocks of the Rombak window, due east of Narvik, on both sides of the Norwegian—Swedish border.

The Swedish deposits in this group have been briefly described by Per Geijer (1923).

The Ofoten area. Foslie (1941) describes small bornite-chalcocite-covellite deposits occurring in the rocks of the Caledonian orogenic belt in the Ofoten area of Northern Norway. These are, apparently, the only recorded instances of the copper paragenesis in rocks later in age than Precambrian.

T. Gjelsvik (1957) has discussed a small area of bornite-chalcocite mineralization in the Precambrian rocks of western *Finnmarksvidda*, near the Finnish border. He has tentatively identified linnaeite as an accessory mineral in some of the specimens from here.

In *Southern Norway* there occurs a well-defined mineralized province in the Telemark formation (Precambrian). The copper deposits within this province are also characterized by the absence of pyrite and pyrrotite, and thus may be classed in the copper paragenesis. Most of them occur within a broad zone along the border of a massif of younger granite. They are typical quartzveins with chalcopyrite, primary bornite and some chalcocite. The main deposits are the Åmdal mine and the Hovin group. A small representative of this group, at Straumsheia 35 kms SW of Åmdal, has been described in some detail by H. Neumann (1955). Here the copper minerals occur in pegmatites and consist of chalcocite and bornite, with malachite and chrysocolla as secondary products.

Summary and conclusions.

The Raipas formation in northern Norway shows, in relation to its area of outcrop, a fairly strong metallization. Further geological work may show that the Raipas rocks can be linked with similar Precambrian rocks now being investigated further to the south, on *Finnmarksvidda*. If this proves to be the case the deposits of Ulve-ryggen, Porsa, Raipas, Kåfjord (and Kvænangen, further south-west) will be referable to a metallogenetic province comprising most of

the Precambrian areas east of about longitude 22°E. This province seems to be characterized by epigenetic sulphide ores in which the metal of economic interest is copper.

The above account has shown that the copper can occur in deposits showing two distinct mineral parageneses, often in close proximity to each other.

So far no evidence has come to hand which would indicate any age-difference between the two types of copper ores. Both must be assigned, provisionally, a Precambrian age, but there is always the possibility that they are the results of two different metallogenetic epochs in the Precambrian.

(It might be objected that these ores, of both types, could be of Caledonian age, but emplaced in Precambrian rocks. If this were so, however, we would expect to find deposits of the two types in Caledonian rocks too. Such is not the case. The Caledonian pyritic ores, though similar to those of the sulphide paragenesis, do not show the marked calcite-quartz gangues of the Precambrian pyritic ores, and their morphology is different. Only one instance of the copper paragenesis has been reported from a Caledonian area, the Tysfjord area of Nordland, as mentioned on p. 105. However, in this area there is a large formation of basal granite («bunnganit») which could be rejuvenated Precambrian, so there may not be a strictly Caledonian environment here.)

Mineralogically, an obvious difference is the presence of free iron sulphide (pyrite or pyrrhotite) in the pyritic paragenesis. The ores showing this paragenesis are almost identical mineralogically and texturally with many of the economically important ores of the Caledonian mountain chain. A close association with volcanic greenstones is also a feature common to both these types.

The copper paragenesis, on the other hand, shows marked differences from the Caledonian ores, both mineralogically and in its environment. The iron-poor and iron-free minerals bornite and neodigenite and/or chalcocite appear as primary minerals, while covellite is present, apparently as a result of supergene action.

The ores of this class show no constant association with any particular type of rock and their mode of occurrence can be as varied as breccia-fillings on the one hand and sparse disseminations on the other.

These chemical-mineralogical differences seem to indicate two

different origins for the two types of ore. It is suggested that the iron-rich ores (pyritic paragenesis) are derived from rocks of a basic character. Elsewhere the present writer (Vokes, 1957) has suggested that the origin of the Caledonian pyritic ores is to be found in processes which involved the mobilization, during orogeny, of Fe, Cu and S contained in sediments and basic volcanic rocks previously laid down or extruded in the geosyncline. It may be not unreasonable to suggest a similar origin for the Finnmark pyritic ores, during a Precambrian orogeny.

An igneous source for the copper-type ores is not easy to detect, yet they are clearly epigenetic.

In a discussion of the association of mineral deposits with various kinds of igneous rock, Buddington (1933) shows that copper deposits having the paragenesis bornite, chalcopyrite, chalcocite exhibit a marked genetic association with the rock types quartz-dolerite, dolerite-granophyre or dolerite-syenite. Buddington cites, as an example of this association, the native copper, bornite, chalcocite and subordinate barite, mineralization connected with the quartz-dolerite sills of the «Palisades disturbance» in eastern North America. From western North America, also, he gives examples of chalcopyrite, bornite, chalcocite mineralization in intrusive dolerite.

However, the Raipas paragenesis shows considerable similarity to that exhibited by the ores of the Butte district. Minerals in common are bornite, chalcocite (neodigenite), tennantite and chalcopyrite. The Butte ores are genetically related to the final stages of the Tertiary Boulder batholith (quartz-monzonite) and are believed to follow-closely the injection of quartz-porphyry dikes.

Thus this mineral association shows genetic relations to a variety of different igneous rocks. In Africa the origin of the mineralogically similar ores of the Northern Rhodesian Copperbelt is the subject of a sharp controversy. Here as in Finnmark, no suitable igneous rocks are exposed near enough to be considered as the source.

It is thus clear that the question of origin of the copper paragenesis ores is a very open one, and one which needs a very considerable amount of further investigation.

As regards the economic possibilities of the ore, no deposit showing the copper paragenesis has yet given any significant amount

of ore, yet this may be due to their not having been investigated in the light of modern mining requirements. In the past the rich, compact sulphide ores of the pyritic type of deposit were of greatest interest, since they could be easily hand-sorted to give a directly smeltable ore. Now the emphasis has changed to large-tonnage ores which can be treated by flotation to produce a copper concentrate. The Ulveryggen ore seems in the light of present knowledge one which gives promise of providing a basis for a low-cost, large-tonnage operation. The grade would be low, but if mining were on a sufficient scale it might prove an economic proposition. It certainly warrants a closer investigation directed towards such a goal.

The Porsanger deposits also indicate the possibility of finding large, low-grade copper bodies.

Of considerable economic interest is the discovery of siegenite in the Raipas ore and of linnaeite on Finnmarksvidda (Gjelsvik, op. cit.). It may be that further investigation will reveal a cobalt content in other ores showing the copper paragenesis. The situation seems to be similar to that in the Northern Rhodesia-Katanga copper region, where several of the bornite-chalcopyrite-chalcocite ore-bodies carry economic cobalt values, the cobalt mineral being linnaeite, Co_3S_4 , which is isomorphous with siegenite $(\text{Co},\text{Ni})_3\text{S}_4$.

The African copper-cobalt ores are often accompanied by a third metal of great interest at the present moment, namely uranium. So far this has not been reported from any of the mineralogically similar Norwegian ores. A brief scintillometer survey in Raipas mine failed to reveal any noteworthy radioactivity. However, the possibility of finding this third member should be kept in mind if these ores are investigated in the future.

C. F. Davidson (1954) regards the paragenesis Cu-Co-U as being of world wide extension; thus «the association of copper, cobalt, uranium is characteristic in every way of hydrothermal lode fields such as Cornwall, the Erzgebirge, or the Singhbhum district of India». Later in the same discussion Davidson draws attention to the «fundamental similarities» between the mineralization of the Copperbelt, the Witwatersrand of S. Africa, Rum Jungle in Northern Australia, and the Plateau country of western America.

In Sweden bornite-chalcocite ores are apparently not considered favourably by the mining interest. Geijer (op. cit., p. 3) states that many engineers will not look at a copper deposit if it is known to

contain bornite. He suggests that this is due to the fact that the paragenesis «hints at the possibility of secondary enrichment». Geijer is not able to make any definite conclusions as regarding the origin of the Swedish chalcocites, except in two ores. Here the presence of both octahedral and orthorhombic etch cleavage is taken to mean that the chalcocite was originally isometric (i. e. neodigenite in the terminology of this paper) but that part of it suffered conversion to orthorhombic form. These facts indicate a hypogene origin in these two cases.

The evidence presented previously in this paper indicates that the Ulveryggen neodigenite is most probably of hypogene origin, so that the above objections are invalid. However, only an investigation in depth will really prove or disprove this.

Sammendrag.

Noen kopper-mineralparageneser fra Raipasformasjonen i Nord-Norge.

Denne avhandling beskriver noen forekomster av koppersulfid-mineraler som ligger i bergarter tilhørende Raipasformasjonen i Finnmark. Mineralene forekommer i to forskjellige assosiasjoner: den ene består av kopperkis, svovelkis (magnetkis), (av forfatteren kalt «kisparagenesen» eller «pyritic paragenesis»), den annen av bornitt (broget kopper), kopperkis, neodigenitt, litt kopperglans, og covellin (av forfatteren kalt «kopperparagenesen» eller «copper paragenesis»).

Eksempler på disse to parageneser (mineralselskaper) fra Raipasområdet i Vest-Finnmark er beskrevet, særlig to forekomster som viser «kopperparagenesen», nemlig: Ulveryggen forekomst, Repparfjord og Raipas gruve, Alta. Mineralene, deres strukturer og opprinnelse er behandlet for begge forekomster.

Av særlig interesse i Ulveryggen-forekomsten er at Cu_2S -mineralet er neodigenitt (som har regulær krystallstruktur), ikke kopperglans som er rombisk). Dette tyder på at mineralet ikke skyldes sekundær anrikning. Det er derfor rimelig at kopperverdien vil holde seg i dypet.

Av interesse fra Raipas-forekomsten er tilstedeværelsen av kobolt-nikkelsulfidet: siegenitt. Tilstedeværelsen av en mulig kobolt-nikkelgehalt i disse malmer frister til en systematisk leting etter eventuelle forekomster av samme type i Raipasformasjonen.

Opprinnelsen av, og forholdet mellom, de to mineralparageneser er diskutert. Mineralparagenesene i malmer av «kopperparagenese»-type indikerer at de hører til en gruppe som er nokså velkjent over hele verden. I denne gruppe er de viktigste metaller kopper, kobolt og uran. Kopper og kobolt er funnet i de beskrevne forekomster i Finnmark. Det turde ikke være umulig at det tredje element kanskje kunne finnes ved en mer intensiv undersøkelse av Raipasområdene.

Literature.

- Adamson, O. and Neumann, H.* 1951. Preliminary review of mineral deposits in northern Norway. Unpublished report.
- Barth, Tom. F. W.* 1952. Theoretical petrology. New York, John Wiley & Sons, Inc.
- Bateman, A. M. and Lasky, Samuel G.* 1932. Covellite-chalcocite solid solution and exsolution. *Econ. Geol.*, 27, 52—86.
- Buddington, A. F.* 1933. Correlation of kinds of igneous rocks with kinds of mineralization. In *Ore Deposits of the Western States*. Lindgren Volume. New York. Amer. Inst. Min. Met. Engineers.
- Buerger, N. W.* 1941. The chalcocite problem. *Econ. Geol.*, 36, 19—44.
- Carstens, C. W.* 1931. Die Kiesvorkommen im Porsangergebiet. *Norsk Geol. Tidss.*, 12, 171—177.
- Davidson, C. F.* 1954. Contribution to a discussion on the origin of the Rhodesian copper deposits. *Trans. I. M. M.*, 63, 244—50.
- Edwards, A. B.* 1954. The textures of the ore minerals and their significance. Melbourne. The Aust. Inst. Min. Met.
- Emmons, W. H.* 1933. Recent progress in studies of supergene enrichment. In *Ore Deposits of the Western States*.
- Færden, J.* 1952. Porsangerfeltets koppermalmforekomster. *Tidss. kjemi, bergv., met.*, 12 årgang, 16—18.
- Foslie, S.* 1933. Copper deposits of Norway. In *Copper deposits of the world*. XVI Int. Geol. Congress. Washington.
- 1941. Tysfjords geologi. *Norges Geol. Undersøkelse*, 149.
- Holmsen, P., Padget, P. and Pehkonen, E.* 1957. The Precambrian geology of Vestfinnmark, Northern Norway. *Norges Geol. Undersøkelse*, 201. (In press).
- Holtedahl, O.* 1918. Bidrag til Finnmarks geologi. *Norges Geol. Undersøkelse*, 84.
- 1953. *Norges Geologi*. *Norges Geol. Undersøkelse*, 164, I.
- Geijer, P.* 1924. Some Swedish occurrences of bornite and chalcocite. *Sveriges Geol. Undersökning. Ser. C.* 321.

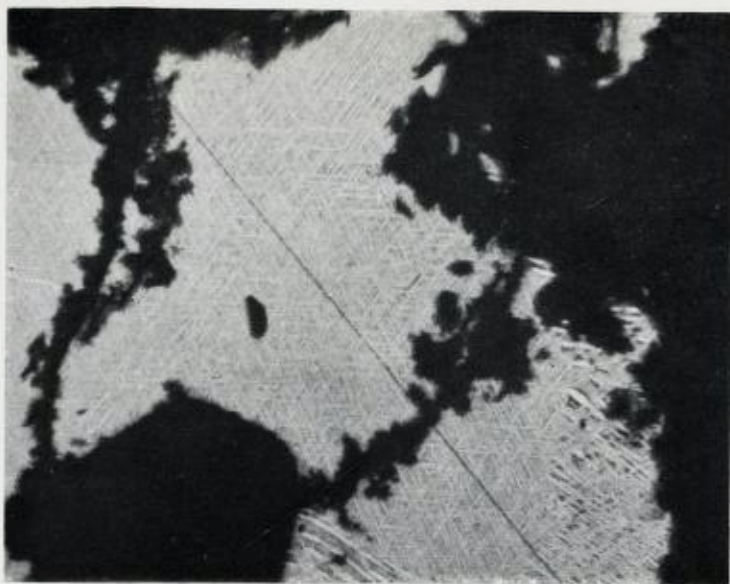


Plate 1, Fig. 1. Lattice texture between chalcopyrite lamellæ (light) and bornite ground-mass (dark) with irregular replacement veinlets of covellite (very dark grey). Gangue fragments black. Ulveryggen. Reflected light. X250.

«Gitter struktur» mellom kopperkis lameller (lys) og en grundmasse av broget kopper (mørk). Covellin opptrer som uregelmessige små fortrennings-ganger (meget mørk grå). Kvartskorn er sorte. Ulveryggen. Reflektert lys. X250.

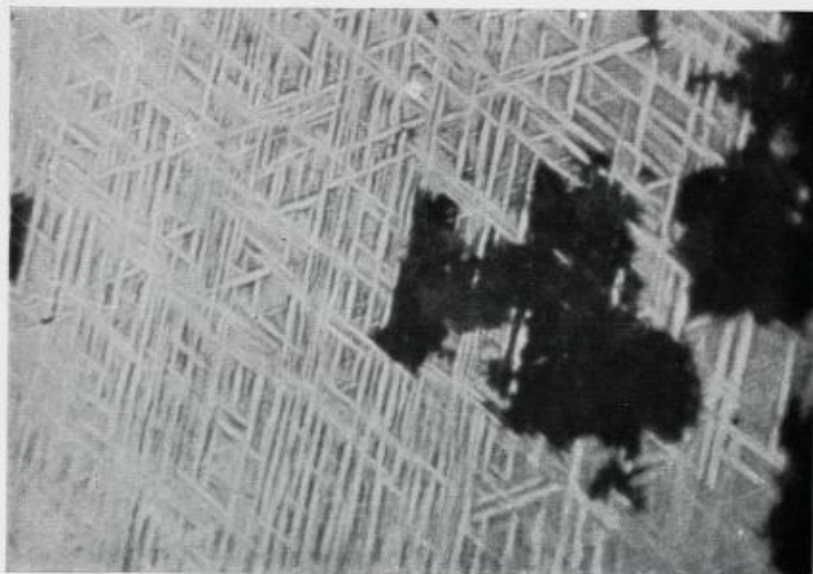


Plate 1, Fig. 2. Chalcopyrite-bornite lattice texture with irregular replacement patches of covellite (dark grey). Ulveryggen. Reflected light. X1000.

Kopperkis og broget kopper i en «gitter struktur» med uregelmessige fortrennings-legemer av covellin (mørk grå). Ulveryggen. Reflektert lys. X1000.



Plate 2, Fig. 1. Subgraphic replacement texture between bornite (light grey) and neodigenite (dark grey). The latter mineral also forms a replacement rim along the border between the bornite and the quartz fragments (black, internal reflections).
Ulveryggen. Reflected light. X280.

«Subgrafisk» fortrennings-struktur mellom broget kopper (lys grå) og neodigenitt (mørk grå). Neodigenitt fortrenner også bornitten langs grensen mot kvarts-kornene (sort, med indre reflekser). Ulveryggen. Reflektert lys. X280.

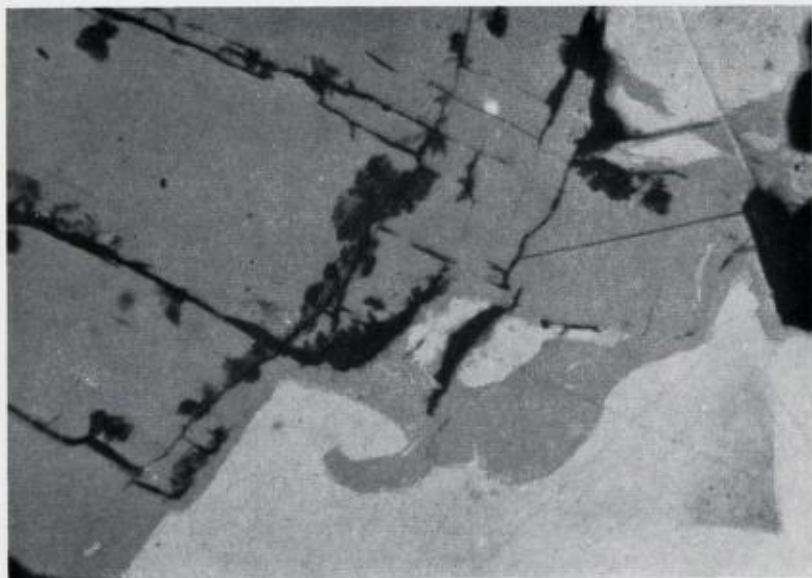


Plate 2, Fig. 2. Covellite (dark grey, mottled) replacing neodigenite (grey) along the latter's well-marked cleavages. Bornite (lighter grey) is being replaced by the neodigenite. Ulveryggen. Reflected light. X230.

Covellin (mørk) fortrenner neodigenitt (grå) etter spalte-retningene. Broget kopper (lys grå) fortrennes av neodigenitten. Ulveryggen. Reflektert lys. X230.



Plate 3, Fig. 1. Photograph of a piece of ore from Raipas mine in the mineral collections of the University of Oslo's Mineralogisk Museum. The breccia consists of pieces of dolomite and mudstone cemented by chalcopyrite and bornite. Natural size.

Foto av malm-stykke fra Raipas gruve. Brudstykker av dolomitt og leirsten er sementert av kopperkis og broget kopper. Fra Geologisk Museum, Tøyen. Naturlig størrelse.

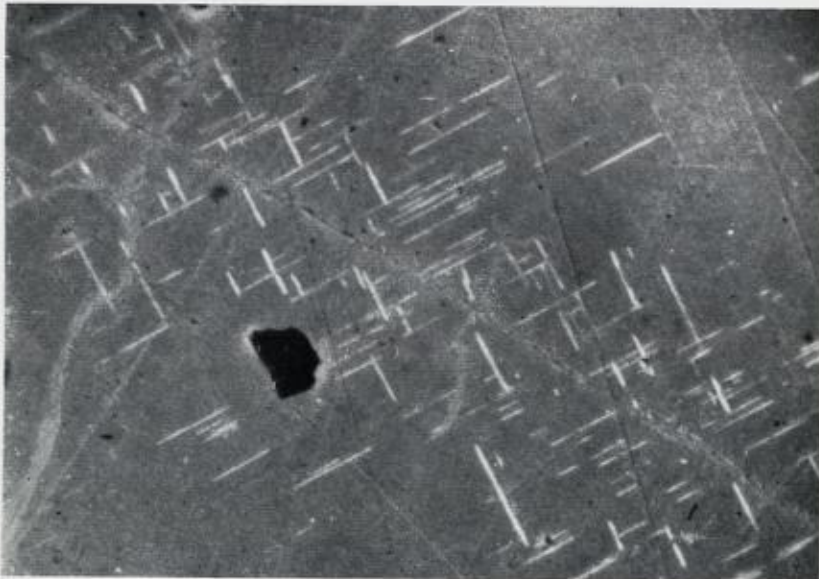
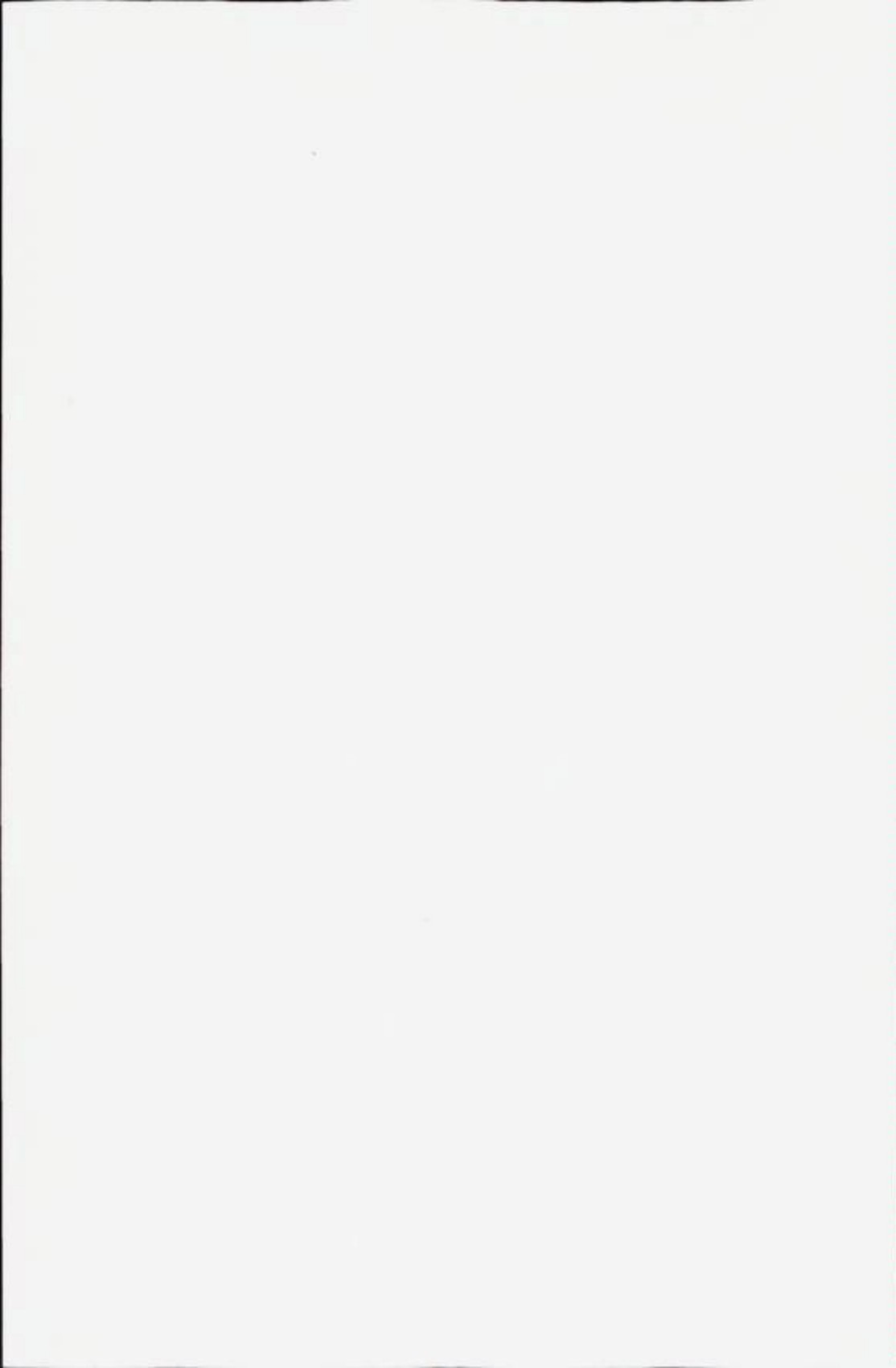


Plate 3, Fig. 2. Lamellæ of chalcopyrite (white) in bornite (dark grey) on either side of a veinlet of neodigenite (diagonal from top left to bottom right). Raipas mine. Reflected light. X200.

Kopperkis lameller (hvit) i broget kopper langs en liten gang av neodigenitt. Raipas gruve. Reflektert lys. X200.



- Gjelsvik, T.* 1957. Pre-glaciale forvittringsfenomener i kopperforekomster i den sydvestlige del av Finnmarksvidda. Geol. Fören. Stockh. Förhand., 78, 659—665.
- Lindgren, W.* 1930. Pseudo-eutectic textures. Econ. Geol. 25, 1—13.
- Neumann, H.* 1955. Kobberforekomstene på Straumsheia. Norges Geol. Undersøkelse, 191, Årbok 1954. 18—29.
- Ramdohr, P.* 1943. Die Mineralien im System $\text{Cu}_2\text{S}-\text{CuS}$. Zeitsch. prakt. Geol., 51., 1—12.
- 1950. Die Erzminerale und ihre Verwachsung. Berlin. Akad. Verlag.
- Schwartz, G. M.* 1931. Intergrowths of bornite and chalcopyrite. Econ. Geol. 26. 186—201.
- 1932. Microscopic criteria of hypogene and supergene origin of ore minerals. Econ. Geol., 27, 533—553.
- Strand, T.* 1952. Raipas og Kaledon i strøket omkring Repparfjord, Vest-Finnmark. Norges Geol. Undersøkelse 183, Årbok 1951, 22—31.
- Uytenboogardt, W.* 1951. Tables for the microscopic identification of ore minerals. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- Vogt, J. H. L.* 1907. Ripparfjords kobbermalmfelt. Unpublished report in NGU's archives.
- Vokes, F. M.* 1955. Observations at Raipas mine, Alta, Finnmark. Norges Geol. Undersøkelse 191, Årbok 1954, 103—114.
- 1957. The Copper deposits of the Birtavarre district, Troms, Northern Norway. Norges Geol. Undersøkelse, 199.
- Zies, E. G., Allen, E. T. and Merwin, H. E.* 1916. Some reactions involved in secondary copper sulphide enrichment. Econ. Geol., 11, 407—503.

**On the presence of minerals of the linnaeite series
in some copper ores
from the Raipas formation of Northern Norway**

BY

F. M. VOKES

With 1 plate.

Abstract.

Two minerals of the linnaeite series, A_3S_4 , have been identified and examined in ores from two localities in the Alta district of Finnmark.

Their compositions show them to be siegenite and carrollite, respectively. Associated minerals in each case are bornite, chalcopyrite, neodigenite, and a little covellite. Tennantite is also found in the siegenite-bearing ore.

The properties, chemical compositions and modes of occurrence of the minerals are discussed in this short note which appears to be the first published record of their occurrence in Norwegian ores.

Introduction.

During an examination of polished sections of ore from Raipas mine, Alta, the cobalt-nickel sulphide *siegenite* was identified. In some specimens the mineral was a prominent constituent. Later samples were received, from the Bergmester of the Finnmark mining district, of ore from the unworked deposit of Borrås, some few kilometres east of Raipas. One specimen from this locality proved to be very rich in *carrollite*, the Co-Cu member of the linnaeite series. Both the Raipas and the Borrås deposits lie in the tectonic window of Raipas formation surrounding the head of Altefjord. A more

general account of the copper mineralization in this formation has been given in the paper preceding this one.

There is no published record of siegenite or carrollite having been previously discovered in a Norwegian mineral deposit; they do not occur in the list of Norwegian minerals published by Oftedal (1948).

The present short paper, therefore, puts on record the minerals' occurrence at the two above-mentioned localities and describes their properties, chemical composition and paragenesis.

Optical properties.

In polished section both the minerals appear well-polished, smooth, and without any detectable internal texture. Their colour is creamy white, with a slight pinkish tinge. They exhibit no pleochroism or anisotropism.

Identification.

The above optical properties, coupled with the paragenesis, suggested strongly minerals of the linnaeite series. X-ray powder patterns taken in the X-ray laboratory of the Mineralogisk-Geologisk Museum of the University of Oslo showed that the minerals did belong to this series. Their definite identification was the result of the chemical analyses which are described below.

The unit cells of the two minerals were calculated from measurements of their powder patterns. The values for both minerals lay just over 9.4Å, but the interpolation was not reliable enough for the second decimal place to be given. However the values confirm that the two minerals belong to the linnaeite series. Palache, Berman and Frondel (1944) give the following unit cell dimensions:

Siegenite	9.41Å
Carrollite	9.458Å

Chemical composition.

A sample of the linnaeite-mineral, weighing 0.14 gm, was obtained from one of the Raipas specimens by crushing, sieving and separation in heavy liquids and on the Frantz Isodynamic separator.



The sample was analysed for Co, Ni and Fe in the laboratory of NGU (Analyst, B. Bruun). The following figures were obtained:

Co	20.6 %
Ni	31.6 %
Fe	0.8 %

This analysis compares very well with analyses of *siegenites* given by Palache, Berman and Frondel:

	(Co, Ni) ₃ S ₄ with Co : Ni, 1 : 1	Siegenite Littfeld, Germany.	Siegenite Mine la Motte, Missouri.	Siegenite Raipas mine.
Ni	28.89	31.18	31.24	31.6
Co	29.02	26.02	20.36	20.6
S	42.09	42.63	42.43	
Fe		0.62	3.22	0.8
Cu			3.16	

The mineral's chemistry plus its X-ray data seem to identify the mineral definitely as *siegenite*. The analysis figures indicate that there is probably some Cu in the mineral too, but the quantity available was not sufficient for its determination.

The linnaeite-mineral in the specimen from Borrás was much more abundant (see below), so that a more complete analysis could be made. However, the separation of the accompanying minerals proved much less easy. The specimen of powder first analysed contained several per cent of barite, which could not be separated from the carrollite, by either gravity or magnetic methods. Also there were considerable amounts of neodigenite in the analysed sample.

The analysis figures showed:

	wt %	mol.pptns.	at. %	Recalculated to 4S
Cu	47.9	0.753	41.97	3.8
Co	13.5	0.229	12.76	1.2
Ni	1.2	0.020	1.11	0.1
Fe	0.3			
S	25.4	0.792	44.15	4.0
SiO ₂	0.6			
BaSO ₄	7.8			
Insolubles	3.2			
	99.9	1.794	99.99	Analyst, B. Bruun.

These figures show a formula $(\text{Cu}_{3.8}\text{Co}_{1.2}\text{Ni}_{0.1})\text{S}_4$ or of the form A_5S_4 where A is mainly Cu and Co. Since the impurities are mainly neodigenite, Cu_2S , we may write

$$\begin{aligned} & \text{X A}_2\text{S} + \text{Y A}_3\text{S}_4 = 100 \text{ A}_5\text{S}_4 && \text{from which we may} \\ \text{obtain} & && \\ & \frac{2}{3} \text{X} + \frac{3}{7} \text{Y} = \frac{5}{9} \cdot 100 && 1) \\ & \frac{1}{3} \text{X} + \frac{4}{7} \text{Y} = \frac{4}{9} \cdot 100 && 2) \end{aligned}$$

Solving 1) and 2) simultaneously we get

$$\text{X} = 53\frac{1}{3} \%$$

$$\text{Y} = 46\frac{2}{3} \%,$$

i.e. the original material consisted of $53\frac{1}{3}$ atomic % Cu_2S and $46\frac{2}{3}$ atomic % of the linnaeite-mineral.

From this we may obtain the composition of the linnaeite mineral as:

	mol.pptns.	at. %	wt. % recalculated to 100 %
Cu	0.116	13.84	19.81
Co	0.229	27.33	36.29
Ni	0.020	2.39	3.14
S	0.473	56.44	40.75
	<hr/> 0.838	<hr/> 100.00	<hr/> 99.99

A mineral of this composition would have the formula $(\text{Co}_{1.94}\text{Cu}_{0.98}\text{Ni}_{0.16})\text{S}_4$ or $\text{A}_{3.08}\text{S}_4$, which is in keeping with the formula of the linnaeite minerals.

As a check, another much purer specimen of the mineral was later obtained and analysed for Cu, Co and Ni:

Cu	18.5 %
Co	32.3 %
Ni	3.4 %

These figures are in good agreement with those above and the identification of the linnaeite-mineral from Borras as *carrollite* seems quite definite. Below are given published analyses of carrollites for comparison.

	Co ₂ CuS ₄	Carrollite, Gladhammar, Sweden		Carrollite, Siegen	Carrollite Borras
		1.	2.	Germany.	Alta.
		Cu	20.53	20.42	13.90
Co	38.06	35.30	35.15	35.79	36.29
S	41.41	39.47	40.74	40.64	40.75
Fe		2.33	2.18	0.93	
Ni		1.76	7.01	3.56	3.14

The specimen of Borras ore which was used to obtain the carrollite sample was also analysed and showed 25.0 % Cu, 7.0 % Co and 0.7 % Ni. This gives a cobalt : nickel ratio of 10 : 1 which compares well with that in the carrollite of 11.5 : 1. This near agreement is a further indication of the correctness of the analysis given above.

The existence of carrollite as a separate mineral species has been questioned by Earl V. Shannon (1926). He put forward microscopic and chemical evidence that the originally analysed material from Carroll County, Maryland, to which the name was first applied, contained considerable admixtures of copper sulphides. Shannon reanalysed material which had been subjected to careful mineral separation, controlled by microscopic observations. The copper contents of the «carrollites» found during this re-analysis ranged between 2.40 % and 9.98 %. From this evidence Shannon concluded that the so-called «carrollites» were linnaeites in which a limited amount of Cu was substituting for Co and not a separate species within the linnaeite group.

Obviously, since the linnaeite series is quite isomorphous one can expect to find minerals of very varying compositions depending on the degree of substitution between the various metal atoms. However for the sake of classification there should be names to distinguish the main minerals characterized by a preponderance of certain metals. An analogy may be found in the feldspars where the names change at definitely fixed An-Ab ratios.

The above chemical evidence shows that the linnaeite mineral from Borras has a Co : Cu atomic ratio of nearly 2 : 1. The separation was controlled microscopically, and it is certain that the only sulphide mineral impurities in the analysed samples consisted of neodigenite (or chalcocite). The calculation on p. 115 has shown that in order to satisfy the A₃S₄ formula, the linnaeite mineral must con-

tain very nearly a whole atom of Cu. Whatever the nature of the material from Carroll County, it seems quite definite that in the Borrás deposit we have a linnaeite mineral of the formula $\text{Co}_2(\text{Cu Ni})_1\text{S}_4$. The author therefore is in agreement with Palache, Berman and Frondel in retaining carrollite as a distinct species in the linnaeite series.

Paragenesis.

The mineralogy of the Raipas ore has been dealt with in some detail in the preceding paper. From the few specimens of Borrás ore available it appears that the mineralogy is almost identical with that of Raipas.

Only the forms exhibited by the siegenite, and its relationships to the other sulphides in the ores will be dealt with here.

Siegenite was present in all the Raipas specimens examined, but in greatly varying proportions. Because of the small number of specimens examined and because their degree of representativeness was not known, no average value for the proportion of siegenite in the ore can be given. Its proportion varied from about 1 % to over 5 % in the polished sections examined.

In the specimen of Borrás ore carrollite was a major constituent, as will be seen from the figures derived from the chemical analysis above. The remarks about «unrepresentativeness of sampling» apply with even more force in this case.

In the Raipas specimens the most usual occurrence of siegenite was as small, often rounded, sometimes subhedral grains of the order of size of 0.05 to 0.1 mm scattered at random in the surrounding copper sulphides, usually either chalcopyrite or bornite. These small grains invariably showed convex boundaries to the copper sulphides and must be considered older than them. They are thought to be replacement residuals of originally larger grains.

Larger grains, up to 0.6 mm in diameter were observed in some specimens. On one beautiful example (Plate 1, Fig. 1) the linnaeite grain had been shattered, and the cracks were invaded by bornite, giving a clear and unmistakable age relationship.

In most cases the copper-sulphides appeared to have replaced the siegenite evenly, from the perimeter inwards giving smoothly embayed junctions, but in two specimens another replacement re-

lationship was seen. Here the mineral had been replaced from the core outwards, leaving in many cases just a thin rim or, rather, shell, surrounded by bornite. This mode of replacement is well recognised in the literature under the term «core replacement» and the resulting texture is known as «atoll texture, (e.g. Edwards, 1954. p. 118).

Various «pairs» of minerals have been described in the literature showing this texture, a very famous example being cobaltite replaced by native silver in an uranium deposit in the Great Bear Lake district of Canada (G. M. Furneal, 1939). In Norway, apparently similar textures between cobalt arsenides and native silver in the Kongsberg ores have been interpreted by H. Neumann (1944) as being due to rim replacement of the silver by the arsenides.

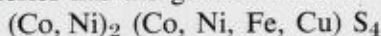
The textures shown in the Raipas specimens are very beautiful examples of «atoll texture» and are illustrated in Plate 1, Figs. 2 and 3. In Fig. 2 the complete history of the replacement can be traced, starting from the «solid» rounded grains of siegenite and ending up with the thinnest, almost hair-like remnant, the very rim of the original grain. In Fig. 3 it can be seen that the bornite which has replaced the core of the siegenite grain has, in its turn, been partly replaced by neodigenite.

This evidence clearly shows that siegenite is the oldest sulphide in the Raipas ore.

In the Borrás specimen the abundant carrollite occurred as a medium-grained allotriomorphic aggregate, and the later copper sulphides «filled-in» between the grains and in cracks in the mineral, so that here the age-relationship is the same as that for the siegenite at Raipas.

Conclusions.

The linnaeite series has the general formula



and the following members are recognised,

Linnaeite	Co_3S_4
Siegenite	$(\text{Co, Ni})_3\text{S}_4$
Carrollite	Co_2CuS_4
Violarite	Ni_2FeS_4
Polydymite	Ni_3S_4

The only one of this series previously identified as occurring in Norway is violarite. According to H. Bjørlykke (1941), there «has been found in several Norwegian nickel ores a nickel-sulphide mineral which, in appearance and mode of occurrence, corresponds exactly with violarite ($\text{NiFe})_3 \text{S}_4$. . . ».

T. Gjelsvik (1957) has very recently published the preliminary results of a study of ore types similar to those of Raipas and Borrás which he found in 1955 in the southwest part of Finnmarksvidda. He tentatively identifies one of the accessory sulphides as «linnaeite», without being able as yet to place it more accurately in the series.

The present work indicates that two more minerals of the linnaeite series may be added to violarite as occurring in Norway.

The ore-types shown by the Raipas and Borrás deposits are almost identical. Raipas is virtually exhausted and probably would not yield any further specimens of interest. Borrás, however, has hardly been worked and, apart from the present brief treatment, has not been investigated scientifically. There is good hope that this ore, and, possibly, others not yet discovered in the same area, might yield further linnaeite minerals.

From an economic point of view the presence of these minerals in deposits known already to be very rich in copper, (albeit of small dimensions) is an added incentive to prospecting in the area.

Sammendrag.

Om tilstedeværelsen av linneitt-mineraler i noen koppermalmer fra Nord-Norge.

To mineraler tilhørende linneitt-serien er blitt funnet i prøver av malmer fra Alta-området, Finnmark. Prøvene fra den gamle Raipas gruve viser *siegenitt*, $(\text{Co}, \text{Ni})_3 \text{S}_4$, og de fra Borrás forekomsten viser *carrollitt*, Co_2CuS_4 .

Så vidt det har kunnet bringes i erfaring er disse mineraler ikke tidligere funnet i norske malmer.

I denne notis beskrives mineralenes egenskaper, kjemiske sammensetninger og relasjoner til de andre sulfider i malmen. Resultatene av analysene gis på side 114 (*siegenitt*) og side 115 (*carrollitt*).

Literature.

- Bjørlykke, H.* 1941. Milleritt i norske nikkelmalmer. Kgl. norske vid.-selsk. forh., Trondheim, 13, 181.
- Edwards, A. B.* 1954. The textures of the ore-minerals and their significance. 2nd edition. Melbourne, Aust. Inst. Min. Met.
- Furneal, G. M.* 1939. A silver-pitchblende deposit at Contact Lake, in the Great Bear Lake area. Econ. Geol., 34, 739.
- Neumann, H.* 1944. Silver deposits at Kongsberg. Norges geol. undersøkelse, 162.
- Oftedal, I.* 1948. Oversikt over Norges mineraler. Norges geol. undersøkelse, 170.
- Palache, C., Berman, H and Frondel, C.* 1944. Dana's System of Mineralogy, Seventh Edition, Volume 1. New York, John Wiley and Sons, Inc.
- Shannon, Earl V.* 1926. The identity of carrollite with linnaeite. Am. Journ. Sci., B Series, 11, 489.

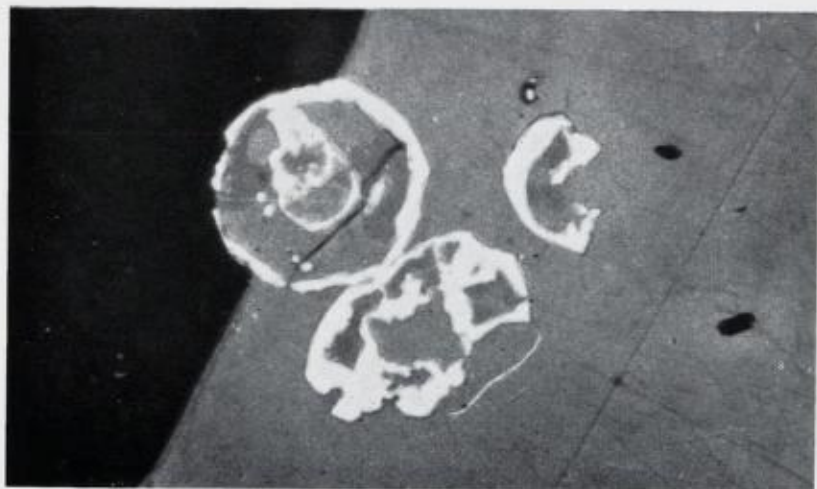
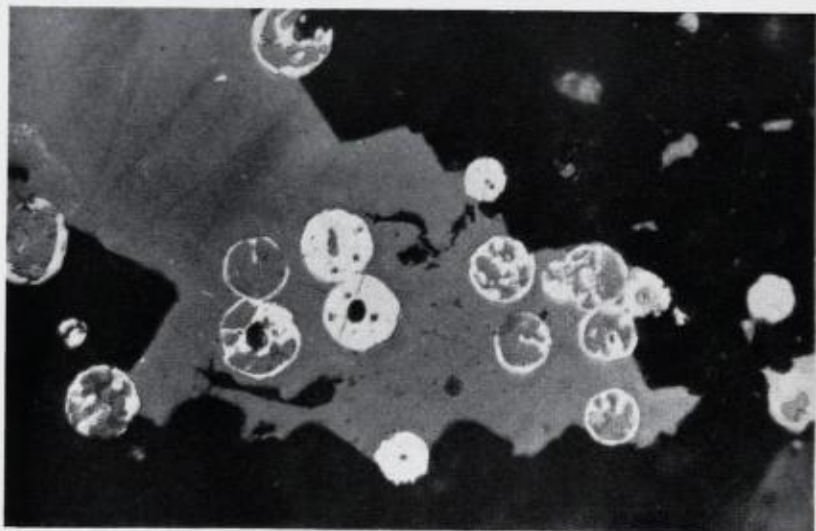
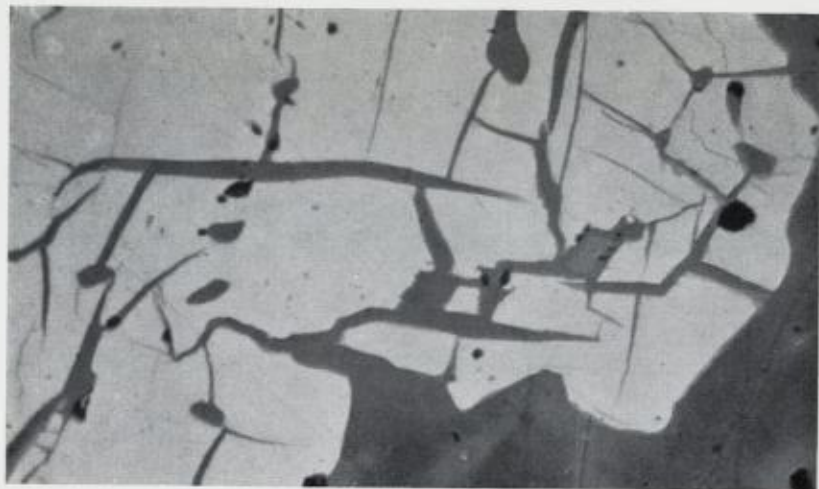


Plate 1, Fig. 1. Part of a large grain of siegenite (light) which has been partly cracked and the cracks infilled by later bornite (dark). The cracks are clearly controlled by the cubic cleavage of the siegenite. Raipas mine. Reflected light. X340.

Siegenitt (hvit) med sprekker fylt av bornitt (mørk). Oppsprekking har tydeligvis foregått langs siegenittens kubiske spalteretninger. Raipas gruve. Reflektert lys. X340.

Plate. 1. Fig. 2. Rounded grains of siegenite (white) showing «atoll texture» in bornite (grey). Sulphides are surrounded by a gangue of carbonate or barite (black, with internal reflections). Raipas mine. Reflected light. X250.

Avrundete siegenitt-korn (hvit) som viser «atoll struktur» i bornitt (grå). Sulfidene omgis av karbonater eller tungspat (sort). Raipas gruve. Reflektert lys. X250.

Plate 1. Fig. 3. Details of a siegenite «atoll» (white) in bornite (grey). Note replacement of the bornite in the core of the atoll by neodigenite (dark grey). Raipas mine. Reflected light. Oil immersion. X1000.

En «atoll» av siegenitt (hvit) i bornite (grå) som viser at bornitten har fortrent siegenitten fra kjernen utover. Senere har neodigenitt (mørk grå) fortrent en del av bornitten i kjernen av «atollen». Raipas gruve. Reflektert lys. Olje immersjon. X1000.

NORGES GEOLOGISKE
UNDERSØKELSE

ÅRSBERETNING FOR 1956

VED
SVEN FØYN
DIREKTØR

Innhold.

	Side
Styre	123
Personale	123
Regnskap og budsjett	126
Geologisk kartlegging	127
Undersøkelser av malmer og andre nyttbare mineraler, berg- arter og løse avleiringer	129
Anleggsgeologi	135
Skredundersøkelser	135
Hydrologi	135
Lokaler	136
Bibliotek	136
Bergarkiv	136
Laboratorier	137
Publikasjoner	138
Undervisning. Studiekonferanse	140
Internasjonale geologmøter. Studiereiser i utlandet	141

Årsberetning for 1956.

Styre.

Styret for Norges geologiske undersøkelse hadde ved årets begynnelse følgende sammensetning:

1. Bergingeniør Karl Ingvaldsen, formann,
2. Professor Jens A. W. Bugge, varaformann,
3. Konservator Johannes A. Dons,
4. Professor Arne Hofseth,
5. O.r.sakfører Arne Kr. Meedby.

Professor Bugge og konservator Dons ble etter søknad løst fra sine verv ved kgl. resolusjon av 14. september 1956.

Styret er også styre for Geofysisk Malmleting og Statens råstofflaboratorium.

Styret har hatt 5 møter i 1956.

Personale.

Avskjed:

Statsgeolog dr. philos. Trygve Strand sluttet 29. februar 1956.

Geologer i midlertidig stilling, dr. philos. Peter Padget og fil. mag. Eero Pehkonen sluttet 30. april 1956.

Kontorfullmektig II Laura Møller sluttet 14. august 1956.

Teknisk assistent I Erna Christensen sluttet 15. desember 1956.

Tilsetninger:

Licencié en sc. géologiques et mineralogiques Tony Van Autenboer ble pr. 9. februar 1956 ansatt i midlertidig stilling som vitenskapelig assistent I.

Cand. real. Rolf W. Føyling-Hanssen ble pr. 1. april 1956 ansatt som statsgeolog II.

Cand. real. Finn J. Skjerlie ble pr. 1. mai 1956 ansatt i midlertidig stilling som statsgeolog II.

Statsgeolog II dr. philos. Christoffer Oftedahl ble pr. 1. juli 1956 ansatt som statsgeolog I.

Midlertidig statsgeolog II cand. real. Thor Siggerud ble pr. 1. juli 1956 ansatt som statsgeolog II.

Paul Hartmann Reitan, B.A., ble pr. 1. juli 1956 ansatt i midlertidig stilling som vitenskapelig assistent II.

Fru Eva Andersen ble pr. 1. september 1956 ansatt som kontorassistent I.

Tjenestefrihet:

Statsgeolog Olaf Anton Broch hadde ved årets begynnelse tjenestefrihet uten lønn mens han var midlertidig professor ved Universitetet i Panjab, Pakistan, under United Nations Technical Assistance Program. Han tiltrådte sin stilling som statsgeolog 9. mars 1956.

Statsgeolog dr. Tore Gjelsvik har hele året hatt tjenestefrihet uten lønn mens han arbeidet ved Tyrkias geologiske undersøkelse, under United Nations Technical Assistance Program.

Ved utgangen av året 1956 hadde NGU følgende personale i hovedstilling:

Direktør:

Føyn, Sven, cand. real., a. 13. september 1951.

Statsgeologer I:

Broch, Olaf Anton, cand. real., a. 1. juli 1930.

Poulsen, Arthur O., cand. min., a. 1. juli 1937.

Holmsen, Per, cand. real., a. 1. juli 1939.

Oftedahl, Christoffer, dr. philos., a. 1. mars 1952.

Gjelsvik, Tore, dr. philos., a. 1. juli 1952.

Statsgeologer II:

Skjeseth, Steinar, cand. real., a. 1. juli 1952.

Siggerud, Thor, cand. real., a. 1. juli 1954.

Føyling-Hanssen, Rolf W., cand. real., a. 1. april 1956.

Midlertidige statsgeologer:

Holmsen, Gunnar, dr. philos.

Dietrichson, Brynjulf, bergingeniør.

Vokes, Frank M., M.Sc.

Skjerlie, Finn J., cand. real.

Vitenskapelige assistenter:

Larsen, Kari Egede, cand. real., a. 1. juli 1953.

Autenboer, Tony Van, licencié, midl.

Reitan, Paul, B.A., midl.

Laboratorieingeniør:

Bruun, Brynjolf, sivilingeniør, a. 1. januar 1951.

Kontorsjef:

Bertheau-Hansen, Chr., cand. min., a. 1. januar 1948.

Tekniske assistenter:

Wilhelmsen, John Willy, a. 23. juli 1954.

Lunestad, Sigurd, a. 4. juli 1955.

Erikson, Knut, midl.

Preparanter:

Jacobsen, Knut, a. 1. januar 1943.

Bruun, Knut, midl.

Laborant:

Larsen, Rolf, a. 1. oktober 1952.

Tegnere:

Engelsrud, Dagny, a. 15. oktober 1925.

Vikholt, Hallfrid, a. 1. mars 1955.

Kontorfullmektig:

Øverland, Signe, a. 1. januar 1953.

Kontorassistenter:

Hjerpseth, Randi, a. 1. desember 1955.

Andersen, Eva, a. 1. september 1956.

Bud og kontorassistent:

Tscherning, Ida, midl.

Den oppførte dato for ansettelsen angir det tidspunkt da funksjonæren ble knyttet til NGU i hovedstilling.

NGU har enn videre i deltidsstilling eller timelønt: 1 vaktmester, 2 rengjøringskvinner, 4 kontorassistenter, 2 vitenskapelige assistenter, 1 laboratorieassistent.

2 statsgeolog II-stillinger og 1 teknisk assistent-stilling var ved årsskiftet ikke besatt.

En del geologer ved andre institusjoner og viderekomne studenter har vært knyttet til NGU som vitenskapelige medarbeidere under sommerens markarbeid.

Regnskap og budsjett.

Statsbudsjettets kap. 2506.	<i>Regnskap</i>	<i>Budsjett</i>
Inntekter:	<i>1955/56</i>	<i>1956/57</i>
1. Salg av bøker	kr. 758,20	kr. 1 000,00
2. Inntekter av oppdrag	» 6 918,56	» 5 000,00
	<u>kr. 7 676,76</u>	<u>kr. 6 000,00</u>
Statsbudsjettets kap. 551		
Utgifter:		
1. Lønninger	kr. 312 411,84	kr. 331 200,00
2. Kontorutgifter	» 80 388,02	» 75 000,00
3. Markarbeid	» 70 205,52	» 85 000,00
4. Trykning av kart og publikasjoner	» 50 032,06	» 120 000,00
5. Anskaffelser av instrumenter, inventar	» 10 123,90	» 30 000,00
6. Driftsutgifter ved laboratoriene m. m.	» 22 194,18	» 26 200,00
7. Ymse	» 7 932,50	» 8 000,00
	<u>kr. 553 288,02</u>	<u>kr. 675 400,00</u>
Overført til 1956/57 (post 3)	» 14 794,48	» 14 794,48
	<u>kr. 568 082,50</u>	<u>kr. 690 194,48</u>
Statsbudsjettets kap. 555 og 1198.		
Utgifter:		
Malmundersøkelser m. v.	kr. 357 912,21	kr. 430 000,00
Forskuddskonto 1956/57, brukt		
1955/56	» 32 253,50	» 32 253,50
	<u>kr. 390 165,71</u>	<u>kr. 397 746,50</u>
Overført til 1956/57	» 36 087,79	» 36 087,79
	<u>kr. 426 253,50</u>	<u>kr. 433 834,29</u>

Geologisk kartlegging.

Den geologiske kartlegging ved NGU utføres dels som ledd i det systematiske arbeid med utgivelsen av geologiske kart i målestokk 1 : 100 000 eller i 1 : 250 000, dels som undersøkelser av spesielle geologiske formasjoner. Kartverket i målestokken 1 : 100 000 (rektangel- og gradteigbladene) er kombinerte berggrunns- og løsavleiringskart, mens de kart som NGU for tiden utgir i 1 : 250 000 (landgeneralkart) danner et spesielt kartverk over de løse avleiringer. Kartene utgis med beskrivelse (jfr. NGU's liste over publikasjoner og kart).

I 1956 har NGU gjort geologisk kartlegging innen følgende rektangel- og gradteigkart:

Audnedal (Vest-Agder) ved prof. dr. Tom. Barth.

D 36 Ø (Mellom Vinjesvingen og Åmot i Telemark) ved cand. real. Gerd Brevig Liestøl.

Rjukan (Telemark) ved konservator J. A. Dons.

Hamar og *Gjøvik* (Hedmark og Oppland). Det kvartærgeologiske kartleggingsarbeidet på Mjøsas østside er denne sommer fortsatt av førsteamanuensis R. Selmer-Olsen og stud. real. Ole K. Ihle. Etter den nye kartinndeling har en nå dekket ca. $\frac{2}{3}$ av arealet på de 4 gradteigskartblad, som det tidligere rektangelkartblad Hamar nå er deler av.

I tillegg til dette ble der satt i gang kartlegging på kartblad Gjøvik på Mjøsas vestsida fram til Randsfjorden. Her har assistentgeolog Kari Egede-Larsen, tekn.ass. J. Wilhelmsen, cand. mag. Harald Skålvoll og stud. real. Halldis Bollingberg arbeidet.

Der ble i alt innsamlet 180 jordprøver til nærmere undersøkelse ved laboratoriet.

Bearbeidelsen av det innsamlede materiale har i vinterhalvåret blitt utført av H. Skålvoll, O. Ihle og J. Wilhelmsen. Bearbeidelsen har skjedd i samarbeid med R. Selmer-Olsen.

Cand. mag. Audun Hjelle har fortsatt kartleggingen av grunnfjellsområdet i den sørlige del av rektangelbladet Hamar.

Tunhovd og *Dagali* (Buskerud) ved statsgeolog O. A. Broch.

Vinstra og *Sjodalen* (Oppland) ved statsgeolog Brynjulf Dietrichson.

Essandsjø (Sør- og Nord-Trøndelag) ved cand. mag. Knut Bryn.

Tromsø (Troms) ved direktør Kåre Landmark, som dermed har fullført den geologiske kartlegging av dette kartblad.

S 7 (Nær grensen mot Finland, Nordreisa i Troms.) I forbindelse med uranundersøkelsene i dette område ble berggrunnen og de løse avleiringene kartlagt. (Se Uranundersøkelser s. 131.)

Bearbeidelsen av statsgeolog Steinar Foslies etterlatte materiale fra Gong-feltet er ført videre ved statsgeologene dr. Trygve Strand og dr. Chr. Oftedahl. Supplerende observasjoner i marken er gjort av dr. Oftedahl. Under arbeidet i grensetraktene samarbeidet han med statsgeolog dr. Bror Asklund og med student Gunnar Nilsson, begge fra Sveriges Geologiska Undersökning.

Kartbladet *Namsvatnet med en del av Frøyningfjell* foreligger i prøvetrykk, og kartbeskrivelsen ved dr. Strand er trykt.

En oversikt over Grong-feltets skjerp og kisleforekomster på grunnlag av Foslies observasjoner er under utarbeidelse ved dr. Oftedahl.

Malmundersøkelser i Grongfeltet 1956, se s. 130.

Geologisk kartlegging i den vestlige del av Finnmarksvidda blir omtalt under kapitlet «Undersøkelser av malmer og andre nyttbare mineraler, bergarter og løse avleiringer» s. 130.

Arbeidet med kvartærgeologisk kartverk i målestokk 1 : 250 000 er fortsatt ved pensj. statsgeolog dr. Gunnar Holmsen. Landgeneral-kart *Røros* med beskrivelse forelå ferdig trykt i desember. Manuskript til kvartærgeologisk kart *Ljørdalen* er tegnet ferdig, og utarbeidelse av manuskriptkart *Østerdalen* er i gang.

Undersøkelse av spesielle formasjoner.

Vitenskapelig assistent Kari Egede Larssen har, foruten arbeid på rektangelbladet Gjøviks område, fortsatt bearbeidelse av pollenmateriale fra Vestfold. Dette arbeid skjer i samarbeid med Universi-

tetet i Bergen og delvis med bidrag fra Norges almenvitenskapelige forskningsråd. Hun har videre utført 5 oppdrag av pollenanalytisk art for Universitetets oldsakssamling, hvorav to medførte et par dagers befarings, henholdsvis ved Gogstad og Kaupang i Vestfold.

Cand. real. Fredrik Huseby har påbegynt en kvartærgeologisk detaljkartlegging av Trondheims omegn.

Professor dr. Trygve Strand har foretatt en rekognoserende reise i Nord-Trøndelag og Nordland for å skaffe en oversikt over tektonikken i disse strøk, ved å følge videre så vel i nord som i sørvest den skyvegrense som ved Strands og ved Foslies kartleggingsarbeider er blitt fulgt fra Røsvannet til vest for Gjersvik i Grongfeltet.

Cand. real. Knut Heier har fortsatt den geologiske undersøkelse på Langøya i Vesterålen (kartblad *Øksnes*). Arbeidets hovedformål er en petrografisk undersøkelse av de opptredende bergarter og deres innbyrdes geologiske forhold. Som oppdrag for Sortland kommunes tiltaksråd foretok han befarings av en glimmerforekomst ved Urtind (Hognfjorden, Hinnøya), en klebersteinsforekomst i Osvolldalen, og av Fiskefjorden jernmalmfelt.

Vitenskapelig assistent Paul H. Reitan har begynt en geologisk kartlegging av Raipas-formasjonens bergarter sør for Kvalsund og Repparfjorden. Hovedvekten legges i første omgang på en oppklaring av de stratigrafiske og tektoniske forhold i området. Arbeidet skal på lengre sikt danne grunnlag for et nærmere studium av den koppermineralisering som opptrer der.

Direktør Sven Føyn har fortsatt stratigrafiske og tektoniske undersøkelser sør for Laksefjorden i Finnmark (kartbladene *Laksefjordvidda* og *Lebesby*.)

Undersøkelser av malmer og andre nyttbare mineraler, bergarter og løse avleiringer.

Birtavarre.

En rapport for feltarbeidet 1952—1955 ble oversendt til Industridepartementet i januar 1956. Bearbeidelsen av det malmgeologiske materiale er fortsatt av statsgeolog Frank M. Vokes som redegjør for de vitenskapelige og praktiske resultater av undersøkelsen i en publikasjon (NGU nr. 199). Den foreligger ved årsskiftet i korrektur, og vil bli trykt i de første måneder av 1957.

Finnmarksvidda.

På grunnlag av feltobservasjonene i 1954 og 1955 har statsgeologene P. Holmsen, P. Padget og E. Pekhonen utarbeidet et oversiktskart over berggrunnen i den vestlige del av Finnmarksvidda, og en tilhørende avhandling. Kartet foreligger ved årsskiftet i korrekturavtrykk, og vil bli trykt sammen med avhandlingen i løpet av 1957.

Supplerende detaljundersøkelser ble gjort av statsgeolog Per Holmsen i Kautokeino-området, vesentlig omkring nordre del av Stuorajavrre og nordøst for Časkias-fjellkomplekset. I denne forbindelse ble en del mindre forekomster av kopperkis-mineralisering undersøkt, og på anmodning fra direktør Karl Ingvaldsen ved Kautokeino Kobberfelter utarbeidet statsgeologen et geologisk detaljkart i målestokk 1 : 1000 over den sørligste del av Bidjovagge-feltet.

En notis om de geologiske forhold ved grensen mellom grunnfjellsområdet og de yngre bergarter i nordvest (den kambriske hyolithussonen og overskjøvnne sparagmittiske bergarter) ved Per Holmsen vil bli trykt i Årbok 1956.

Grong-feltet.

I forbindelse med de generelle geologiske undersøkelser (se s. 128) har NGU fortsatt med mer spesielle malmundersøkelser i Grong-feltet under ledelse av statsgeolog dr. Chr. Oftedahl — vesentlig blokkleting og geokjemiske feltundersøkelser. Som assistent medvirket stud. real. Arne Grønhaug.

Blokkletingen ble utført med 6 mann, hvorav 2 av fjorårets blokkletere. Arbeidet foregikk hovedsakelig i to områder: vest for Joma-forekomsten, hvor Joma-forekomstens store vestlige blokkvifte ble klarlagt, og sør for det i fjor blokklette område. Her ble mulige rester av en sørvestlig blokkvifte fra Joma funnet, men ingen blokker som kunne hjelpe til å opklare Sidesvannselvas blokksamlinge. En geokjemisk undersøkelse ble gjennomført over to uker med analyse på kopper av laboratorieingeniør Brynjolf Bruun og stud. real. Viggo Wiik i NGU's laboratoriebil. Under ledelse av cand. real. Huseby ble det ved hjelp av blokkletere tatt prøver fra røsker i morenen i hele strøket omkring Sidesvannselvas blokksamling. Morenen like ved blokksamlingen er rik på kiskorn av størrelse som sand og grus, men i større avstand fra blokksamlingen var det ingen uvanlig

gehalt av kis. Summen av det utførte malmløstingsarbeid gir som sannsynligste konklusjon at Sidesvannselvas kisblokkksamling stammer fra den umiddelbare nærhet, kanskje 1—2 km i nord eller nordøst. Berggrunnen er der dekket av løsmateriale, og neste trinn i undersøkelsene bør være elektriske målinger.

Blokkletingsarbeid bør fortsette i andre deler av Grong-feltet, hvor ennå ukjente malmforekomster kan tenkes å forekomme.

Uranundersøkelser.

De to hovedfelter for NGU's uranundersøkelser sommeren 1956 var området ved koboltgruvene på Modum og området ved Njallaavčče i Nordreisa herred. Arbeidet ble ledet av statsgeolog Thor Siggerud med statsgeolog Finn Skjerlie, vitenskapelig assistent Tony Van Autenboer og teknisk assistent Knut Erikson som medarbeidere. I Modum-undersøkelsene deltok dessuten stud. real. Viggo Wiik, og i Nordreisa-undersøkelsen statsgeolog Rolf Feyling-Hanssen og teknisk assistent Sigurd Lunestad samt hjelpemannskaper.

En hjelp for undersøkelsene i Modum var det at man kunne dra nytte av den geologiske detaljkartlegging som er under utførelse av stud. mag. scient Ottar Jøssang i dette område.

Markarbeidet i Modum ble gjort vesentlig i juni måned, og i september—oktober, den siste perioden av Autenboer alene. Størstedelen av det området som har interesse ble undersøkt systematisk med topografisk kartgrunnlag 1 : 10 000. Dermed er det ikke sagt at hver kvadratmeter er undersøkt, men det er lite trolig at noe blottet malmlegeme av betydning kan være unngått oppmerksomheten. Undersøkelsen ga som resultat at radioaktivitet i berggrunnen ble konstatert på en rekke lokaliteter, men disse stedene er små og nokså spredt i området. Bare ett sted ved Haugfoss og to steder ved gruveen er der noen større felter, med størrelse i utgående på 100 m². Selv disse må imidlertid anses for å være uten økonomisk betydning. To av stedene ligger ved gruveen i hver sin ende av mellomgruvens meget store dagbrudd. Hva som her er tatt ut av uranholdig bergart kan ikke sies, det materiale som ble skeidet vekk ved den daværende drift på kobolt ligger nå underst i berghallen og er dermed ikke tilgjengelig.

I alt er uranmineraliseringen funnet i syv forskjellige parageneser eller forekomstmåter. Bearbeidelsen av det innsamlete ma-

teriale er i gang. Det er funnet et nytt mineral for Norge, branneritt, et uranholdig titanat.

Sammen med uranundersøkelsene ble det gjort undersøkelser og vurdering av mulighetene for økonomisk verdi av koboltmalmen, sett i sammenheng med uraninnholdet. Dette ble gjort i samarbeid med Statens råstofflaboratorium ved bergingeniør A. M. Heltzen. Fra NGU medvirket statsgeolog Frank M. Vokes. Resultatet av vurderingen går ut på at selv som kombinert uran- og koboltforekomster er gehaltene for små til at forekomstene har økonomisk betydning.

Undersøkelsene ved Njallaavöce i Nordreisa hadde to formål: For det ene å gjøre en detaljundersøkelse med prospekteringsboring av den uranforekomst som var funnet der i 1955, for det annet å gjøre en geologisk undersøkelse av berggrunnen og løsavleiringene omkring (innen kartbladene S7 og de nærmeste deler av det østenforliggende T7 (Kautokeino-bladet)).

Forekomsten er beliggende langs den ene dalside av en meget trang sidedal i Nordreisa-dalføret. Den nedre del av dalsiden er dekket av ur, og særlig i bunnen av dalen, langs elven er det tett bjerkekratt. Det er derfor tungt og tidskrevende å ta seg fram, blant annet også fordi dalsidene i stor utstrekning er rasfarlige. Uranforekomsten er blottet ved toppen av uren i en steiltstående albitt-karbonatholdig breksje i nordre dalside. I alt er det påvist uranholdig bergart i ca. 4 km's lengde, men ikke helt sammenhengende. Det ble boret 6 hull på i alt ca. 140 m med en liten diamantboringsmaskin (Super Pioneer). Det ble derved konstatert at mektigheten av breksjen er minst 20 m gjennomsnittlig, men på grunn av urene kjennes ikke den ene begrensning. Malmimpregnasjonen har funnet sted i en breksje, hvor uranmineralene sitter sammen med hematitt i sammenkitningsmassen mellom bruddstykkene. Breksjen er uregelmessig. Gehaltene dreier seg anslagsvis om 250 gram uran pr. tonn bergart. Uranmalmen må derfor karakteriseres som en fattig impregnasjonsmalm, men finnes i stort volum. Den er svært finkornet, og ved oppredning vil man derfor neppe komme langt ved mekaniske metoder. At i tatt i betraktning, også beliggenheten langt fra veier og andre kommunikasjonsmidler, er forekomsten under hva man kan anse for økonomisk lovende i dag.

Som topografisk grunnlag for den geologiske kartlegging i området omkring forekomsten ble benyttet et nytt kart i målestokk 1 : 50 000, konstruert men ennå ikke utgitt av Norges geografiske

oppmåling. Så vel berggrunnen som de løse avleiringer ble studert. Av kvartærgeologisk art finnes en rekke storslåtte fenomener som skriver seg fra avsmeltingen av isen ved slutten av siste istid, som strandlinjer etter isdemte sjøer og store smeltevannsoverløp. Den geologiske kartleggingen vil bli supplert sommeren 1957, hvorved kartblad S7 kan bli fullført.

Lenger øst, ved sørøstenden av Reisavann forekommer det radioaktive mineraler (med så vel uran som thorium-innhold) i en granittisk bergart. Forekomsten må regnes for å være uten økonomisk betydning.

Foruten å gjennomføre de to hovedundersøkelser har NGU's uranseksjon foretatt befaringer og mer kortvarige undersøkelser av en rekke andre forekomster, valgt vesentlig på grunnlag av innsendte prøver fra privatfolk. Det har ikke vært mulig å rekke å besøke alle de lokaliteter som burde undersøkes.

Seksjonen har utført undersøkelser i marken og i laboratoriet som oppdrag for en bedrift og en privatmann.

Blyglans i kvartsitt.

Geokjemiske undersøkelser over den blyglansførende eokambrisk-kambrisk stratigrafiske sone øst for Femunden ble fortsatt av statsgeolog Skjeseth sammen med statsgeolog Vokes, laboratorieingeniør Bruun og teknisk assistent Christensen.

I området fra Elgå mot svenskegrensen ga undersøkelsene negative resultater. Nord for Vurrusjø — ved Valsjøbekken — fantes positive anomalier ved «siltmetoden». Som nevnt i årsberetning for 1955 er terrenget her sterkt overdekket og resultatene derfor vanskelige å tolke.

I Engerdal fantes blyglansimpregnasjon i hovedbrekksjen for «Engerdals-forkastningen» like sørvest for fossen i Løvbekken. Brekksjen sees i veiskjæringen langs veien til Hovdseter. Berggrunnen er for øvrig sterkt overdekket.

Den geokjemiske metoden ble også prøvet i Vardal vest for Gjøvik, der blyglans-impregnasjon i Ringsakerkvartsitten var kjent blant annet i bekkeskjæringen mellom gårdene Ålstad og Mustad. Prøve med siltmetoden i bekk ga forholdsvis små anomalier, mens jordprøver over den blyglansførende sone ga tydelige positive anomalier selv med stor overdekning av løsmateriale.

Etter anmodning fra Hol kommune til NGU har professor Leiv Størmer og statsgeologene Skjeseth og Vokes foretatt en undersøkelse av blyglansforekomsten på Krækjaheia, Hardangervidda. Forekomsten viste seg å være meget liten. En kort geologisk beskrivelse av «Krækjaheia blyforekomst» vil bli trykt i Årbok 1956.

Diverse malm- og mineralforekomster.

Statsgeolog Poulsen deltok i august og september i en rekke befaringer på Sørlandet, planlagt av Kontoret for områdeplanlegging i Agderfylkene i den hensikt å studere mulighetene for igangsettelse av nye arbeidstiltak innen gruve- og mineralindustrien og eventuelt drøfte mulighetene for en øking av produksjonen ved igangværende bedrifter. I befaringene deltok distriktsbergmesteren R. Myhra og konsulent Strømsvåg, vedkommende fylkesmann og leilighetsvis de lokale ordførere.

Statsgeolog F. M. Vokes har undersøkt malmprøver fra Reparfjord og fra Raipas gruve i Alta. Disse består av broket kopperkopperkis-kopperglans (bornitt-chalcopyritt-neodigenitt), en malmtype som er nokså sjelden i Norge. Koboltmineralet linnaeitt er blitt funnet i Raipasprøvene. Resultatene av undersøkelsene blir trykt i to avhandlinger i Årbok 1956.

Professor dr. Trygve Strand foretok sammen med bergmesteren i Nordland K. L. Bøckmann en rekke befaringer i Indre Salten, som fant sted etter ønske og anmodning fra Tiltaksrådet for Indre Salten. En rekke kalksteinsforekomster ble undersøkt og prøvetatt til analyse. Programmet for disse befaringer var lagt opp av bergmester Bøckman, som også foretar den videre bearbeidelse av materialet.

Statsgeologene dr. Oftedahl og Siggerud har, med stud. real. Halldis Bollingberg som assistent, foretatt en undersøkelse mellom Hallevann og Langesundsfjord, vest for Larvik, for å bringe på det rene forekomsten av zirkon i bergartene der. Arbeidets konklusjon er at zirkonen opptre i syenittpegmatittganger og i de omkrystalliserte soner av larvikitt omkring gangene. Selv om håndstykker ved analyse ga over 2 % zirkonoksyd, kan man ikke vente betydelig gehalt i så store bergartsvolum at det kan tenkes at drift blir lønnsom.

NGU's geologer har som vanlig under sine reiser leilighetsvis foretatt befaringer av forskjellige slags forekomster etter anmodning fra offentlige organer og private. NGU har dessuten i årets løp be-

svart en rekke forespørsler og avgitt uttalelser om prøver av malm og andre bergarter og løse avleiringer som er blitt innsendt eller innlevert til NGU.

Anleggsgeologi.

NGU har som vanlig foretatt en rekke befaringer og avgitt uttalelser av anleggsgeologisk art, dels for Forsvaret i forbindelse med dets anleggsvirksomhet, dels for kommuner og for private. Arbeidet har vært utført av direktør Sven Føyn og statsgeologene Per Holmsen og Steinar Skjeseth.

Skred-undersøkelser.

Etter avtale mellom NGU, Norges geotekniske institutt og Landbruksdepartementet (Naturskademidlene) er den systematiske forskning vedrørende fjellskred overtatt av Norges geotekniske institutt. Skredundersøkelser foretas av NGU derfor bare i forbindelse med andre geologiske arbeider i området, mens henvendelser om skredundersøkelser for øvrig ble oversendt til Geoteknisk institutt.

Hydrogeologi.

Befaringer og råd angående planlegging av vannforsyningsanlegg har som forrige år tatt det vesentlige av statsgeolog Steinar Skjeseths tid. I løpet av året har han besøkt ca. 500 steder. Befaringer er også utført av statsgeologene Per Holmsen og O. A. Broch. Det har ikke vært mulig å etterkomme alle anmodninger om assistanse. De fleste reiser er foretatt på Øst- og Sørlandet. Trøndelag er besøkt 4 ganger. Stavanger-traktene og områdene omkring Hauge-sund er likeså besøkt 4 ganger.

Arbeidet med utnyttelse av grunnvannet i løsavleiringene er utvidet. NGU har foretatt flere prøveboringer og laboratorieundersøkelser av de vannførende lag. Dette arbeid er av avgjørende betydning ved utførelsen av rørbrønner, blant annet ved valg av filter.

NGU har samarbeidet med Landbruksdepartementet og Landbruksteknisk forening. Fra Statens institutt for folkehelse får NGU tilsendt analyseresultater av vann fra borebrønner. En undersøkelse av avhengigheten mellom grunnvannets kvalitet og bergartene er påbegynt.

Etter ønske fra statsgeolog Per Holmsen er han blitt avløst av Steinar Skjeseth som ansvarshavende for vannbøringsarkivet.

Lokaler.

NGU hadde før krigen lokaler i Kronprinsensgt. 6, 8 og 10. Etter bombingene i 1942 måtte institusjonen flytte derfra og fikk da midlertidig administrasjonskontorer i Wergelandsveien 2 (Grotaen) med en del kontor- og lagerplass i kjelleretasjen i St. Olavsgt. 35.

I 1946 flyttet NGU til Klingenberggt. 7. I 1947 måtte institusjonen igjen flytte og ble anvist lokaler i Josefinesgt. 34, hvor den nå holder til.

Josefinesgt. 34 består av en to etasjers murbygning med en sidebygning. Det samlede gulvareal er ca. 500 m² netto. Lokalene er lite hensiktsmessige. Fra 1. september 1952 har NGU leiet laboratorieplass og 4 provisoriske kontorrom i Universitetets geologiske museum, Tøyen (ca. 200 m²). Videre får NGU bruke 2 kontorrom i en av brakkene på Blindern, tilhørende Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd. Til magasinering av bergartsprøver har NGU et kjellerrom i Sommerrogt. 15, et loftsrom i Trondheimsveien 132 og kjellerrom i Oslo Katedralskole. En del av boksamlingen er magasinert i Josefinesgt. 37. Gjennom et transportbyrå har NGU leiet en del lagerplass i Kampens lagerhaller på Kampen.

Leiekontrakten for lokalene i Josefinesgt. 34 utløper 1. juli 1957, og for lokalene i Geologisk museum 1. september 1957.

Bibliotek.

Biblioteket viser en samlet tilgang på 1071 bøker og tidsskriftnummer.

Som bibliotekar har fungert statsgeolog Arth. O. Poulsen.

Bergarkiv.

Bergarkivet omfatter pr. 1/12—1956 3211 rapporter, hvorav 2782 behandler forekomster av mutbare ertser og mineraler, mens resten, 429 nummer, behandler industrielle mineraler og bergarter.

Tilveksten i det forløpne år var 436 nummer, hvorav 392 tilhører første gruppe og 44 annen gruppe. Tilveksten skyldes for en

stor del kopiering av de beskrivelser av gruver og forekomster som finnes i ingeniør J. F. Stadheims etterlatte dagbøker.

Kartsamlingen er steget med 89 nummer og utgjør f. t. 1308 nummer, og samlingen av tracinger er økt med 41 nummer til 1134 nummer.

Manuskript til kart over gruver og malmbeforekomster i Nord-Norge er innlevert til Emil Moestue A/S, og forberedelsene til trykking er i gang. Kartet over Sør-Norges malmbeforekomster (utgitt i forbindelse med NGU's ublikasjon nr. 126, Steinar Foslie: Norges gruber og malmbeforekomster I, Syd-Norge) er utsolgt, og statsgeolog Poulsen er gått i gang med utarbeidelse av manuskript til nytt, justert kart.

Arbeidet med disse malmkartene har medført at arbeidet med registreringen i Bergarkivet er blitt skutt noe i bakgrunnen. I årets løp har Bergarkivet mottatt bergingeniør Carl J. G. Steenstrups samling av bergarkivalier som gave.

Ansvarshavende for Bergarkivet er statsgeolog Arth. O. Poulsen.

Laboratorier.

NGU's kjemiske laboratorium har lokaler i Geologisk museum. I løpet av året er det utført 43 fullstendige silikatanalyser og 277 andre kjemiske analyser. Foruten analyser i forbindelse med NGU's eget arbeid er det utført oppdrag for Fosdalens Bergverk A/S, Geologisk museum, A/S Norsk Nepheline, Norsk polarinstitutt, Oslo kommune, A/S Rana Gruber og A/S Titania.

I august deltok NGU's mobile kjemiske laboratorium i geo-kjemiske feltundersøkelser i Østerdalen, Toten og på Hardangervidda og i Grong-feltet.

Spektralanalysene er blitt utført ved Sentralinstituttet for industriell forskning.

Leder av det kjemiske laboratorium er laboratorieingeniør Brynjolf Bruun.

I *Jordartslaboratoriet* (Josefinesgt. 34) er det i det forløpne år foretatt 105 differensialtermiske analyser og ca. 300 korngraderinger og andre mekaniske analyser. Arbeidet har vesentlig vært knyttet til kartbladsbearbeidelsen.

I forbindelse med vannforsyning er det utført 5 oppdrag.

En del besvarelser vedrørende innsendte prøver er gitt, og en del analyser for geologer i andre etater er utført. Laboratoriets spesialapparat har også vært nyttet av geologistuderende og av geologer i andre etater.

Ansvarshavende for Jordartslaboratoriet har i inneværende år vært teknisk assistent J. W. Wilhelmsen. To hovedfagstuderende har gjennom hele året vært knyttet til Jordartslaboratoriet som vitenskapelige assistenter i halvdags post.

Radiometrisk laboratorium. Utstyret av laboratorie- og feltinstrumenter er i det forløpne år blitt betydelig økt. Blant annet er anskaffet et JACO fluorimeter til urananalyser. Dette er foreløpig plasert i laboratoriene til Institutt for atomenergi, og benyttes her av IFA og NGU i fellesskap. Blant feltutstyr kan nevnes instrumenter til måling av radioaktiviteten i borhull inntil 100 m. Et nytt, meget følsomt scintillometer er med hell prøvet i helikopter. Det kan også brukes i fly som går lavt.

Foruten bearbeidelse av eget innsamlet materiale fra feltundersøkelsene har laboratoriet undersøkt en stor mengde innsendte prøver, og besvart en lang rekke forespørsler, både innsendte og personlige, eller pr. telefon. Mesteparten av de innsendte prøvene var fra pegmatitter. Et ledd i service utad var også utarbeidelsen av den lille boken om uran og uranleting som ble utgitt i mai.

NGU's seksjon for uranundersøkelser har hatt intimt samarbeid med Institutt for atomenergi. For Forsvarets forskningsinstitutt er det skrevet en foreløpig rapport over den naturlige bakgrunnsstråling i Norge.

Leder av det radiometriske laboratorium er statsgeolog Thor Siggerud.

Publikasjoner.

I NGU's serie er i 1956 utkommet:

- Nr. 193. Johannes A. Dons: *Kartkatalog Norges berggrunn.* (S.) 146 s.
- Nr. 194. Per Holmsen og Christoffer Oftedahl: *Ytre Rendal og Stor-Elvdal.* Beskrivelse til de geologiske rektangelkart. (S.) Med kart. 173 s.
- Nr. 185. Arbok 1955. (Innhold: Gunnar Holmsen: *De fem jordartsregioner i Norge.* (S.) Steinar Skjeseth: *Geologi og*

vannboring. *Kambro-silurbergartenes hydrogeologi i Mjøstraktene.* (Medd. fra Vannboringsarkivet nr. 3. (S.) Per Holmsen: *Oppsprekning, topografi og vannføring i massive dyppbergarter.* (Medd. fra Vannboringsarkivet nr. 4) (S.) Trygve Strand: *Gabbrokonglomeratet i Sjødalen* (S.) Christoffer Oftedahl: *Om Grong-kulminasjonen og Grongfeltets skyvedekker* (S.) Per Holmsen: *Hyolithus-sonens basale lag i Vest-Finnmark* (S.) M. G. Oosterom: *Some notes on the Lille Kufjord layered gabbro, Seiland, Finnmark, northern Norway.* (Sammendrag: Om den lagdelte gabbro-bergart i Lille Kufjord, Seiland, Vest-Finnmark.) Direktør Sven Føyn: *Norges geologiske undersøkelse. Årsberetning for 1955.* Fortegnelse over Norges geologiske undersøkelses publikasjoner og kart.) 127 s.

- Nr. 198. Gunnar Holmsen: *Røros.* Beskrivelse til kvartærgeologisk landgeneralkart. (S.) Med kart. 53 s.

Utenom serien har NGU utgitt en populærvitenskapelig orienteringsbok:

Thor Siggerud: *Uran og uranleting.* 61 s.

Under trykning hos A. W. Brøggers boktrykkeri er:

- Nr. 196. Steinar Foslie† og Trygve Strand: *Namsvatnet med en del av Frøyningfjell.* Beskrivelse til det geologiske rektangelkart.
- Nr. 197. Rolf W. Feyling-Hanssen: *Micropaleontology applied to soil mechanics in Norway.* (Sammendrag: Mikropaleontologi anvendt på geotekniske problemer i Norge.)

Under trykning hos Emil Moestue A/S er:

- Nr. 199. F. M. Vokes: *The Copper Deposits of the Birtavarre District.* (Sammendrag: Kopperforekomster i Birtavarreområdet, Troms.)

Følgende geologiske manuskriptkart er under teknisk forberedelse til trykning i Norges geografiske oppmåling:

Rektangelbladene *Namsvatnet med en del av Frøyningfjell, Trones, Tunnsjø, Sanddøla, Nordli, Jævsjø, Bjørkvassklumpen.* Av Steinar Foslie. Disse kartene skal etter programmet være trykt i løpet av 3-årsperioden 1955—57.

Innlevert til Oppmålingen til forberedelse til trykning er også Det kvartærgeologiske landgeneralkart Ljørdalen. Av Gunnar Holmsen.

Følgende geologiske manuskriptkart er under trykning hos Emil Moestue A/S:

Norges gruver og malmforekomster. II. Nord-Norge. Ved Arth. O. Poulsen.

The Precambrian Geology of Western Finnmark. Av Per Holmsen, Peter Padget og Eero Pehkonen.

Kartene vil bli trykt i løpet av 1957.

I andre tidsskrifter er det i 1956 trykt 3 avhandlinger eller artikler av NGU's stab:

1. Kari Egede Larssen: *Litt om pollenanalyse*. Medd. fra Det Norske Myrselsk., nr. 6, 1956.
2. Rolf W. Feyling-Hanssen: *Daltrinnfenomenet*. Norsk Geogr. Tidsskr., b XV, h. 5—6, 1955—56, s. 270—283.
3. Tore Gjelsvik: *Pre-glaciale forvittrings fenomener i kopperforekomster i den syd-vestlige del av Finnmarksvidda*. Geol. Føren, Stockh. Førh., b. 78, h. 4, 1956, s. 659—665.

Undervisning. Studiekonferanse.

På initiativ fra Industridepartementet ble det ved NGU holdt en studiekonferanse med landets distriktsbergmestrene i tiden 22.—25. oktober. Foruten de fire bergmestrene K. L. Bøckman, Rolf Myhra, Johan Wennberg og Gunnar Aasgaard deltok NGU's vitenskapelige personale. Hensikten med studiekonferansen var å orientere bergmestrene om NGU's oppgaver, metoder og hjelpemidler, og å utveksle erfaringer av felles interesse. Foruten demonstrasjoner ble en rekke foredrag holdt, så vel av geologene som av bergmestrene.

NGU's geologer har i løpet av året ved flere høve ledet ekskursionsjoner for forskjellige skoler og institusjoner, blant annet for Oppland Skogskole, Statens Lærerskoleklasser og Universitetet. Forelesninger om geologi, anleggsgeologi og hydrogeologi har vært holdt ved to kurser arrangert av Forsvarets bygningstekniske korps for dettes ingeniører og teknikere. Forelesning om uran og uranletning er

blitt holdt for ca. 60 journalister ved pressekurs i Oslo, og foredrag om grunnvannsforsyning har vært holdt i Gjøvik og Hamar.

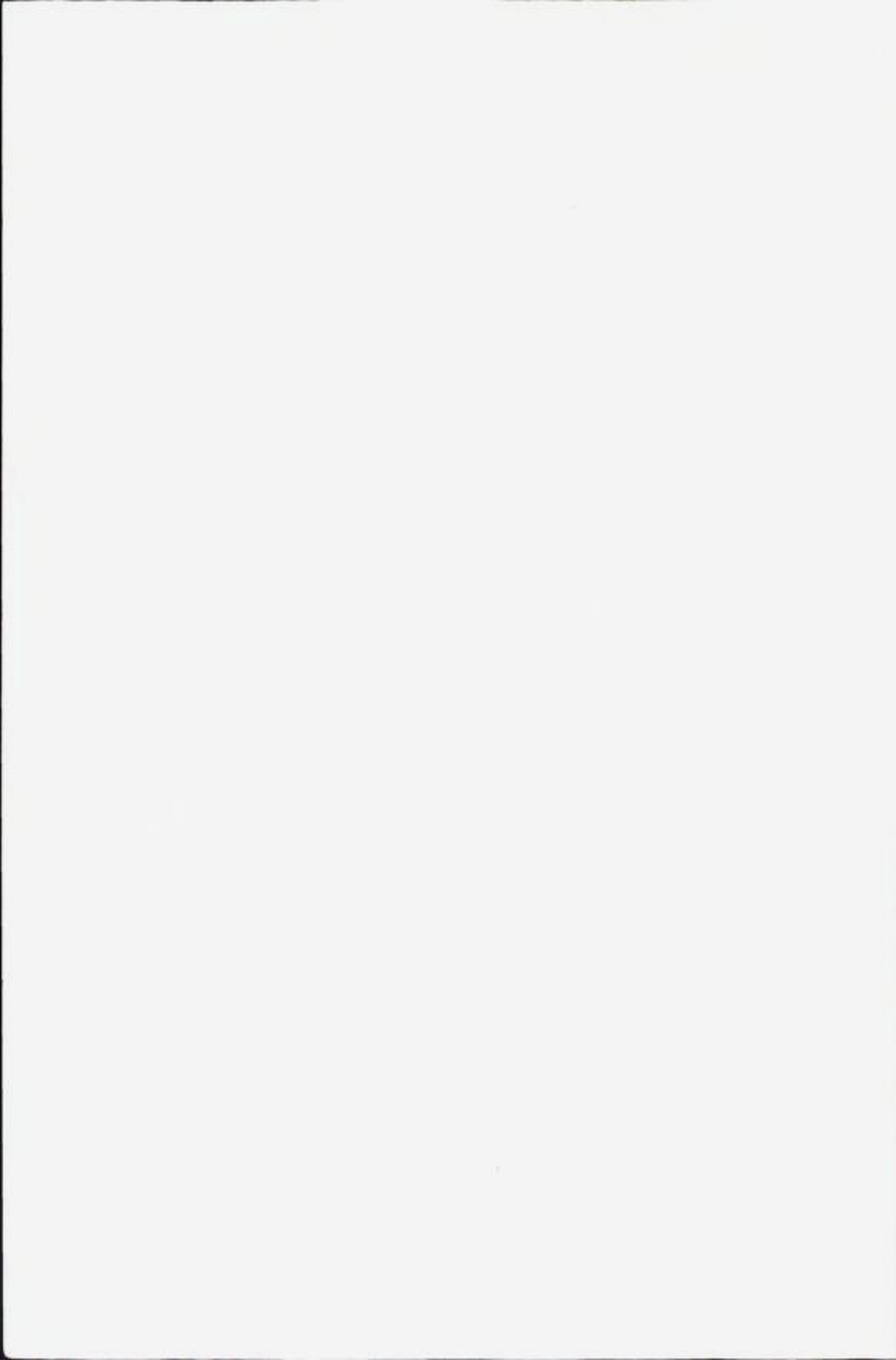
Internasjonale geolog-møter. Studiereiser i utlandet.

I det II. Nordiske Geologiske Vintermøte, som ble holdt i Oslo i dagene 5.—7. januar, deltok samtlige NGU's geologer, derav 6 med foredrag. Kort resymé av foredragene er trykt i Norsk Geologisk Tidsskrift, b. 36, s. 69—88.

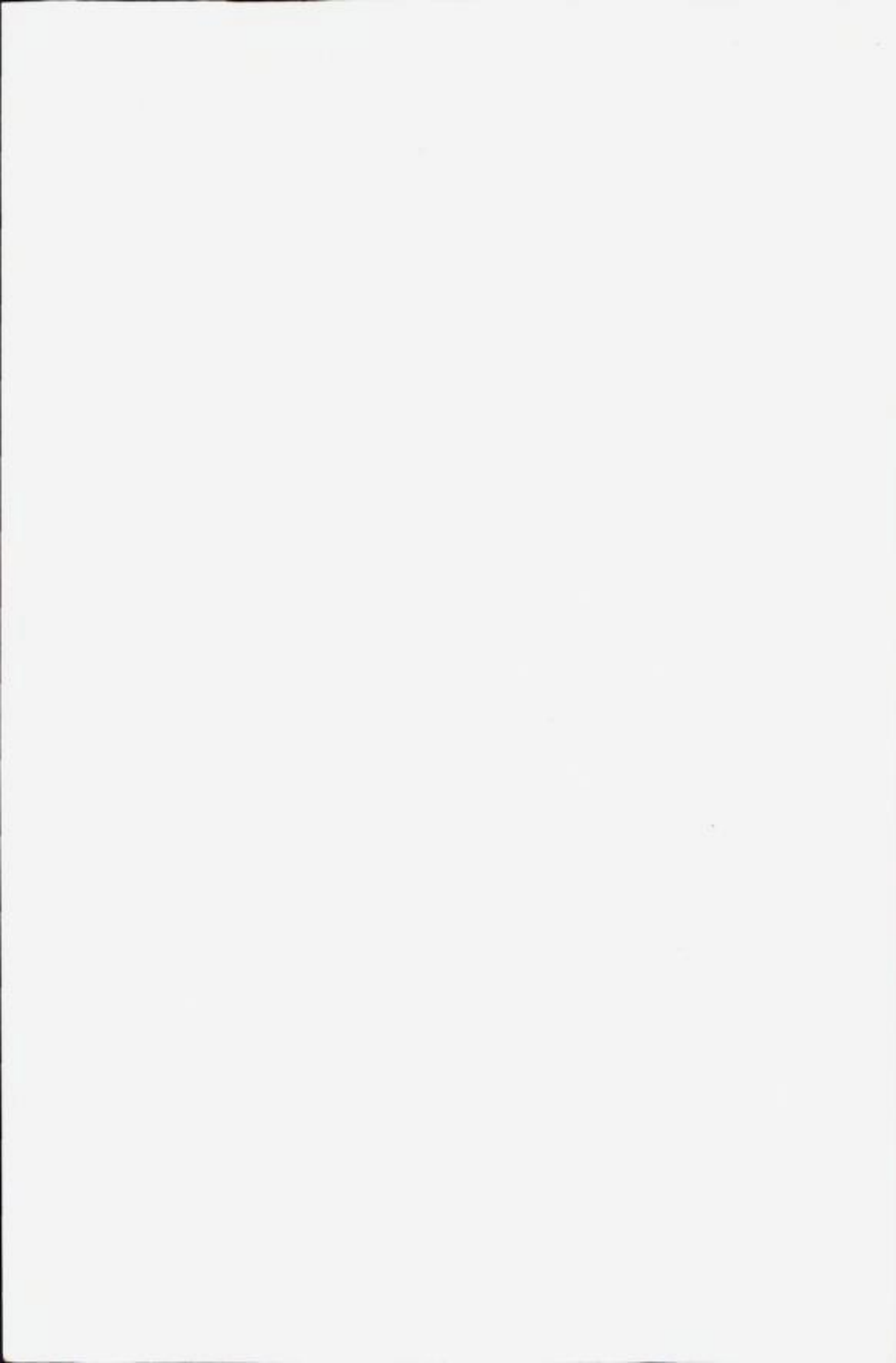
Statsgeolog Thor Siggerud oppholdt seg i tiden 17.—21. januar i England som forberedelse til anskaffelse av utstyr til NGU's radiometriske laboratorium. Han besøkte der Atomic Energy Division ved Geological Survey of Great Britain, og forsøkslaboratoriene ved ECKO-fabrikken.

Statsgeolog O. A. Broch representerte NGU ved 50-års jubileet til the Mining, Geological and Metallurgical Institute of India i januar.

Som representant for NGU deltok direktør Sven Føyn i den XX. Internasjonale Geologkongress som ble holdt i Mexico D.F. i tiden 4.—11. september. I forbindelse med kongressen deltok han i 2 ekskursjoner, nemlig en 7-dagers ekskursjon vestover langs «Mexicos vulkanske akse» til vulkanen Paricutin, og en 10-dagers ekskursjon nordover i Mexico, hvor en rekke gruver og lokaliteter av malmgeologisk eller generell geologisk interesse ble besøkt. Deretter besøkte han U.S. Geological Surveys hovedkontor og avdelinger i Washington D.C., Denver, Utah og Los Angeles, og deltok i den forbindelse i geologiske ekskursjoner.



FORTEGNELSE OVER
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSES
PUBLIKASJONER OG KART



Norges geologiske undersøkelse

har utgitt i kommisjon hos H. Aschehoug & Co. i Oslo:

1. Aarbog for 1891 (Indhold: *K. O. Bjørlykke*: Graptolitførende skifere i vestre Gausdal. *Th. Münster*: Foreløbige meddelelser om reiser i Mjøsegnene udførte for den geologiske undersøgelse sommeren 1889. *Joh. C. Andresen*: En nyfunden flek av primordial i Hennungbygden, Grans prestegjæld. *Hans Reusch*: En dag ved Åreskutan. *S. A. Hougland*: Bergartsgange ved Sand i Ryfylke. *G. E. Stangeland*: Bemærkninger om endel myrstrækninger i Bergs og Rakkestads prestegjælde i Smålenene samt om myrene paa Jæderen. *J. Johnsen*: Svenningdsdals sølvgruber. *J. P. Friis*: Feldspat, kvarts og glimmer, deres forekomst og anvendelse i industrien. *Hans Reusch*: Granitindustrien ved Idefjorden. *Hans Reusch*: Skuringsmærker og morænegrus eftervist i Finmarken fra en periode meget ældre end «istiden». (S.) Kr. 1,50.
2. *C. H. Homan*. Selbu. Fjeldbygningen inden rektangelkartet Selbus omraade. (S.) 1890. Kr. 1,00.
3. *J. H. L. Vogt*. Salten og Ranen, med særligt hensyn til de viktigste jernmalm- og svovelkis-kobberkis-forekomster samt marmorlag. (Z.) 1890. Utsolgt.
4. *Hans Reusch*, med bidrag af *Tellef Dahll* og *O. A. Corneliussen*. Det nordlige Norges geologi. (S.) 1891. Utsolgt.
5. *G. E. Stangeland*. Torvmyrer inden kartbladet Sarpsborgs omraade. (S.) Med kart. 1891. Kr. 1,00.
6. *J. H. L. Vogt*. Om dannelsen af de viktigste i Norge og Sverige repræsenterede grupper af jernmalforekomster. (Z.) Utsolgt.
7. *J. H. L. Vogt*. Nikkelforekomster og nikkelproduktion. (Z.) 1892. Utsolgt.
8. *G. E. Stangeland*. Torvmyrer inden kartbladet Nannestads omraade. (S.) Med kart. 1892. Kr. 1,50.
9. *Amund Helland*: Jordbunden i Norge. (S.) 1893. Utsolgt.
10. *Amund Helland*. Tagskifere, heller og vekstene. 1893. Kr. 3,00.
11. *W. C. Brøgger*. Lagfølgen på Hardangervidda og den såkalte «høifjeldskvarts». (Z.) 1893. Kr. 2,50.
12. *Carl C. Rüber*. Norges granitindustri. (S.) 1893. Kr. 1,00.
13. *K. O. Bjørlykke*. Gausdal. Fjeldbygningen inden rektangelkartet Gausdals omraade (S.) 1893. Kr. 1,00.
14. Aarbog for 1892 og 93. (Indhold: *H. Reusch*: Strandflaten, et nyt træk i Norges geografi. (Med kart.) *H. Reusch*: Mellem Bygdin og Bang.

- H. Reusch*: Har der existert store, isdæmmende indsjøer paa østsiden af Langfjeldene? *K. O. Bjørlykke*: Høifjeldskvartsens nordøstligste udbredelse. *J. P. Friis*: Utvinding af feldspat og glimmer i Smaalenene. *Amund Helland*: Dybderne i nogle indsjøer i Jotunfjeldene og Thelemarken. *E. Ryan*: Undersøgelse af nogle torvprøver. *Amund Helland*: Opdyrkning af lerfaldet i Værdalen.) 1894. Kr. 2,50.
15. *J. H. L. Vogt*. Dunderlandsdalens jernmalmfelt i Ranen, Nordlands amt, lidt søndenfor polarkredsen. (Z.) 1894. Kr. 2,00.
 16. *Amund Helland*. Jordbunden i Jarlsberg og Larviks amt. 1894. Kr. 3,00.
 17. *J. H. L. Vogt*. Nissedalens jernmalforekomst. (I Thelemarken.) (Z.) 1895. Kr. 1,25.
 18. *Amund Helland*. Jordbunden i Romsdals amt. I. Den almindelige del og herredene i Søndmør. 1895. Utsolgt.
 19. *Amund Helland*. Jordbunden i Romsdals amt. II. Herredene i Romsdalen og Nordmør. 1895. Utsolgt.
 20. *G. E. Stangeland*. Om torvmyrer i Norge og deres tilgodegjørelse. I. (S.) 1896. Utsolgt.
 21. Aarvog for 1894 og 95. (Indhold: *H. Reusch*. Geologisk litteratur vedkommende Norge 1890—95.) 1896. Kr. 2,00.
 22. *J. H. L. Vogt*. Norsk marmor. (Z.) 1897 Kr. 5,00.
 23. *Amund Helland*. Lofoten og Vesteraalen. 1897. Kr. 2,50.
 24. *G. E. Stangeland*. Om torvmyrer i Norge og deres tilgodegjørelse. II. (S.) 1897. Kr. 2,50.
 25. *K. O. Bjørlykke*. Geologisk kart med beskrivelse over Kristiania by. 1898. Kr. 2,50.
 26. *K. O. Bjørlykke*. Norges Geologiske Undersøgelses udstilling i Bergen. (S.) 1898. Kr. 0,50.
 27. *J. P. Friis*. Terrænundersøgelser og jordboringer i Størdalen, Værdalen og Guldalen samt i Trondhjem i 1894, 95 og 96. (S.) 1898. Kr. 1,00.
 28. Aarvog for 1896 til 99. (Indhold: *Andr. M. Hansen*: Skandinaviens stigning. (S.) *A. Helland*: Strandlinjernes fald. (S.) Med kart. *J. Rekstad*: Løse afleiringer i øvre Foldalen. (S.) *J. Rekstad*: Om periodiske forandringer hos norske bræer. (S.) *Adolf Dal*: Geologiske iagttagelser omkring Varangerfjorden. (S.) 1900. Kr. 2,00.
 29. *J. H. L. Vogt*. Søndre Helgeland. Morfologi. Kvartærgeologi. Svenningdalens sølvertsgange (Z.) 1900. Kr. 2,50.
 30. *Ths. Münster*. Kartbladet Lillehammer. Tekst (Z.) 1900. Kr. 1,00.
 31. *W. C. Brøgger*. Om de senglaciale og postglaciale nivåforandringer i Kristianiafeltet. (Molluskfaunaen.) (S.) 1900—01. Kr. 10,00.
 32. Aarvog for 1900. (Indhold: 9 avhandlinger av *H. Reusch*. Nogle optegnelser fra Værdalen. (Det store Værdalskred m. m.) Jordfaldet ved Mørset i Stjørdalen. Høifjeldet mellem Vangsmjøsen og Tisleia (Valdres). Listerlandet. Istidsgruset ved Lysefjordens munding. En forekomst af kaolin og ildfast ler ved Dydland nær Flekkefjord. Skjærgaarden ved Bergen. Oplysninger til Blakstads jordbundskart over Trondhjems omegn. Nogle bidrag til forståelsen af hvorledes Norges dale og fjelde er blevne til.) (S.) 1901. Kr. 3,00.

33. Aarvog for 1901. (Indhold: *H. Reusch*. Geologisk literatur vedkommende Norge 1896—1900.) 1902. Kr. 2,00.
34. Aarvog for 1902. (Indhold: *Johan Kiær*: Etage 5 i Asker. (S.) *Reusch, Rekstad* og *K. O. Bjørlykke*: Fra Hardangerviddene. (S.) *J. Rekstad*: Iagttagelser fra bræer i Sogn og Nordfjord. (S.) *J. Rekstad*: Geologisk kartskisse over traktene omkring Velfjorden med beskrivelse. (S.)) 1902. Kr. 2,50.
35. *O. E. Schiøtz*. Den sydøstlige del af Sparagmit-kvarts-fjeldet i Norge. (S.) Med kart. Tillegg: *W. C. Brøgger*. *Agnostus gibbus*, Linrs. var. *Schiøtzii*. 1903. Kr. 3,00.
36. Aarvog for 1903. (Indhold: *J. P. Friis*: Andøens kulfelt. (S.) *H. Reusch*: Nogle optegnelser fra Andøen. (S.) *H. Reusch*: Fra det indre af Finmarken. (S.) *H. Kaldhol*: Suldalsfjeldene. (S.) *J. Rekstad*: Fra høifjeldstrøget mellem Haukeli og Hemsedalsfjeldene. (S.) *J. Rekstad*: Skoggrænsens og sne-liniens større højde tidligere i det sydlige Norge. (S.)) 1903. Kr. 3,50.
37. Aarvog for 1904. (Indhold: *Jens Holmboe*: Om faunaen i nogle skjælbanker og lerlag ved Norges nordlige kyst. (S.) *K. O. Bjørlykke*: Om oversiluren i Brumunddalen. (S.) *Andr. M. Hanssen*: Litt om Mjøsøkelen. (S.) *J. Rekstad*: Beskrivelse til kartbladet Dønna. (S.) *Johan Kiær*: Bemærkninger om oversiluren i Brumunddalen. (S.) *J. Rekstad*: Fra det nordøstlige af Jotunfjeldene. (S.) Med kart. *H. Reusch*: Nogle notiser fra Sigdal og Eggedal. (S.) *K. O. Bjørlykke*: Et kort tilsvaret til dr. Kiærs bemærkninger om oversiluren i Brumunddalen. (S.)) 1904. Kr. 3,50.
38. *G. E. Stangeland*. Om torvmyrer i Norge og deres tilgodegjørelse. III. (S.) 1904. Kr. 2,50.
39. *K. O. Bjørlykke*. Det centrale Norges fjeldbygning. (S.) Med kart. Tillegg: *Chas. Lapworth*. Notes on the Graptolites from Bratland, Gausdal, Norway. 1905. Utsolgt.
40. *Hans Reusch*. Voss. Fjeldbygningen inden rektangelkartet Voss's omraade. (S.) 1905. Kr. 2,00.
41. *W. C. Brøgger*. Strandliniens beliggenhet under stenalderen i det sydøstlige Norge. (Z.) 1905. Kr. 4,00.
42. *A. W. Brøgger*. Øxer av Nøstvettypen. Bidrag til kundskaben om ældre norsk stenalder. (Z.) 1905. Kr. 2,00.
43. Aarvog for 1905. (Indhold: *K. O. Bjørlykke*. Om Selsmyrene og Lesjasandene. (S.) *K. O. Bjørlykke*: Om ra-ernes bygning. (S.) *J. H. L. Vogt*: Om relationen mellem størrelsen af eruptivfelterne og størrelsen af de i eller ved samme optrædende malmudsondringer. (Z.) *J. Rekstad*: Iagttagelser fra Folgefondens bræer. (Z.) *J. H. L. Vogt*: Om Andøens jurafelt, navnlig om landets langsomme nedsynken under juratiden og den senere hævning samt gravforkastning. (Z.) *C. Bugge*: Kalksten og marmor i Romsdals amt. (S.) *J. Rekstad*: Fra Indre Sogn. (S.)) 1905. Kr. 3,50.
44. Aarvog for 1906. *Hans Reusch*. Geologisk literatur vedkommende Norge 1901—1905. 1907. Kr. 2,50.
45. Aarvog for 1907. (Indhold: *J. Rekstad*: Folgefonnshalvøens geologi. (S.) *C. Bugge*: Bergverksdriften i Norge 1901—1905. *H. Reusch*: Skredet i Loen

- 15de januar 1905. (S.) *C. Bugge*: Bemærkninger om norsk stenindustri. *Olaf Holtedahl*: Alunskiferfeltet ved Øieren. (Z.) 1907. Kr. 3,00.
46. *J. H. L. Vogt*: De gamle norske jernverk. (Z.) 1908. Kr. 1,50.
47. *Hans Reusch*. Tekst til geologisk kart over fjeldstrøkene mellem Jostedal-bræen og Ringerike. (S.) Med kart. 1908. Kr. 2,50.
48. *K. O. Bjørlykke*. Jæderens geologi. (S.) 1908. Kr. 2,50.
49. Aarbog for 1908. (Indhold: *H. Reusch*: Den geologiske undersøkelses opgaver. *V. M. Goldschmidt*: Profilet Ringsaker—Brøttum ved Mjøsen. (Z.) *G. Holmsen*: Geologiske iagttagelser fra Børgefjeld. (S.) *J. Rekstad*: Geologiske iagttagelser fra Søndhordland. (S.) *H. Kaldhol*: Fjeldbygningen i den nordøstlige del av Ryfylke. (S.) *J. Rekstad*: Bidrag til kvartærtidens historie for Nordmør. (S.)) 1909. Kr. 4,50.
50. *Hans Reusch*: Norges Geologi. 1910. Utsolgt.
51. *J. H. L. Vogt*. Norges Jernmalforekomster. (Z.) 1910. Kr. 4,00.
52. *A. Grimnes*. Jæderens Jordbund. (S.) Beskrivelse til *A. Grimnes*: Kart over Jæderen 1 : 50 000. 1910. Med kart. Kr. 4,00.
53. Aarbok for 1909. (Indhold: *J. Rekstad*: Geologiske iagttagelser fra strøket mellem Sognefjord, Eksingedal og Vossestranden. (S.) *W. Werenskiold*: Om Øst-Telemarken. (S.) *V. M. Goldschmidt*: Geologiske iagttagelser fra Tonsaasen i Valdres. (S.) *J. Oxaal*: Fjeldbygningen i den sydlige del av Børgefjeld og trakterne om Namsvandene. (S.) *J. Rekstad*: Beskrivelse til det geologiske kart over Bindalen og Leka. (S.) *Th. Vogt*: Om eruptivbergartene på Langøen i Vesteraalen. (Z.)) 1910. Kr. 4,00.
54. *Andr. M. Hansen*. Fra Istiderne. Vest-Raet. 1910. Kr. 3,50.
55. *Daniel Danielsen*. Bidrag til Sørlandets kvartærgeologi. (S.) 1910. Kr. 2,00.
56. *Carl Bugge*. Rennebu. Fjeldbygningen inden rektangelkartet Rennebus omraade. (S.) Med kart. 1910. Kr. 5,00.
57. Aarbok for 1910. (Indhold: *W. Werenskiold*: Fra Numedal. (S.) *A. Hoel*: Okstinderne. (R.) *J. Rekstad*: Geologiske iagttagelser fra ytre del av Saltenfjorden. *H. Reusch*: De formodede strandlinjer i øvre Gudbrandsdalen. (S.)) 1910. Kr. 3,50.
58. *W. Werenskiold*. Fornebolandet og Snarøen i Østre Bærum. (S.) Med kart. 1911. Kr. 2,00.
59. Aarbok for 1911. (Indhold: *J. Oxaal*: Fra Indre Helgeland. (S.) *J. Rekstad*: Geologiske iagttagelser fra nordvestsiden av Hardangerfjord. (S.) *C. W. Carstens*: Geologiske iagttagelser fra Mø præstegjæld i Nordlands amt. (Z.) *Rolf Marstrand*: Svartisen, dens geologi. (S.)) 1900. Kr. 3,50.
60. *W. Werenskiold*. Søndre Fron. Fjeldbygningen inden rektangelkartet Søndre Frons omraade. (S.) Med kart. 1911. Kr. 5,00.
61. Aarbok for 1912. (Indhold: *Gunnar Holmsen*: Oversikt over Hatfjelddalens geologi. (Z.) *C. Bugge*: Lagfølgen i Trondhjemsfeltet. (S.) *J. Rekstad*: Fra øerne utenfor Saltenfjord. (S.) *J. Rekstad*: En mytilus-fauna under morænemasser i Smaalene. (S.) *J. Oxaal*: Norges eksport av sten i aarene 1870—1911 samt forsøk til en statistikk over det indenlandske forbruk av huggen sten. (S.)) 1913. Kr. 3,50.

62. *J. Rekstad*. Bidrag til Nordre Helgelands geologi. (S.) Med kart. 1912. Kr. 3,00.
63. *Olaf Holtedahl*. Kalkstensforekomster i Kristianiafeltet. (S.) 1912. Kr. 2,50.
64. *Hans Reusch*. Tekst til geologisk oversiktskart over Søndhordland og Røyfylke. (S.) Med kart. 1913. Kr. 2,50.
65. *K. O. Bjørlykke*. Norges Kvartærgeologi. (S.) 1913. Utsolgt.
66. *W. Werenskiold*. Tekst til geologisk kart over strøkene mellem Sætersdalen og Ringerike. (S.) Med kart. 1912. Kr. 2,50.
67. *J. Rekstad*. Fjeldstrøket mellem Saltdalen og Dunderlandsdalen. (S.) Med kart. 1913. Kr. 2,50.
68. Aarbok for 1913. (Indhold: *J. Oxaal*: Den hvite granit i Sogn. (S.) *O. E. Schjøtz*: Om isskillet i trakten omkring Fæmund. (S.) *H. Reusch*: Fra Trysil. (S.) *S. Foslie*: Ramsøy titanmalmfelt i Solør og dets differentiationsprocesser. (S.) 1914. Kr. 3,00.
69. Aarbok for 1914. (Indhold: *J. Rekstad*: Fjeldstrøket mellem Lyster og Bøverdalen. (S.) *J. Oxaal*: Kalkstenshuler i Ranen. (S.) *J. Rekstad*: Kalksten fra Nordland. (S.) *H. Reusch*: Nogen bidrag til Hitterens og Smøstens geologi. (S.) *O. Holtedahl*: Fossiler fra Smølen. (S.)) 1914. Kr. 3,00.
70. Fem avhandlinger, skrevne i anledning Norges Jubileumsutstilling 1914. (Indhold: *H. Reusch*: Norges Geologiske Undersøkelse. (S.) *W. Werenskiold*: Tekst til geologisk oversiktskart over det sydlige Norge. (S.) *Th. Vogt*: Geologisk beskrivelse til karter over Nordland. (S.) *J. H. L. Vogt*: Norges Bergverksdrift. (S.) *J. Oxaal*: Den norske stenindustri. (S.)) 1914. Kr. 1,00.
71. *Carl Fred. Kolderup*. Egersund. Fjeldbygningen inden rektangelkartet Egersunds omraade. (Z.) Med kart. 1914. Kr. 3,50.
72. *J. H. L. Vogt*. Gronggruberne og Nordlandsbanen. (Z.) 1915. Kr. 2,00.
73. *Gunnar Holmsen*. Brædømte sjøer i Nordre Østerdalen. (S.) Med kart. 1915. Kr. 4,00.
74. *Gunnar Holmsen*. Tekst til geologisk oversiktskart over Østerdalen-Fæmundstrøket. (S.) Med kart. 1915. Kr. 2,50.
75. Aarbok for 1915. (Indhold: *O. Holtedahl*: Iagttagelser over fjeldbygningen omkring Randsfjordens nordende. (S.) *O. Holtedahl*: Nogen foreløbige meddelelser fra en reise i Alten i Finmarken. (S.) *J. Rekstad*: Kvartær tidsregning. Terrassen ved Moen i Øvre Aardal, Sogn. (S.) *H. Reusch*: Den formodede littorinasenkning i Norge. (S.) *J. Rekstad*: Helgelands ytre kystrand. (S.) *J. H. L. Vogt*: Om manganrik sjømalm i Storsjøen, Nordre Odalen. (Z.)) 1915. Kr. 4,00.
76. *John Oxaal*. Norsk granit. (S.) 1916. Utsolgt.
77. *V. M. Goldschmidt*. Konglomeratene inden høifjeldskvartsen. (Z.) 1916. Kr. 2,00.
78. *J. Holmgren*. Naturstenens anvendelse i husbygningen i Skotland. (S.) 1916. Kr. 1,50.
79. Aarbok for 1916. (Indhold: *G. Holmsen*: Rendalens bræsjø. (S.) *G. Holmsen*: Sørfolden-Riksgrænsen. (S.) Med kart. *J. Rekstad*: Kyststrøket mellem Bodø og Folden. (S.) *H. Reusch*: Litt om Jutulhugget. (S.)) 1917. Kr. 3,50.

80. *J. Rekstad*: Vega. Beskrivelse til det geologiske generalkart. (S.) Med kart. 1917. Kr. 8,00.
81. Aarbok for 1917. (Indhold: *H. Reusch*: Nogen bemerkninger i anledning av seterne i Østerdalen. (S.) *O. Holtedahl*: Kalkstensforekomster paa Sørlandet. (S.) *G. Holmsen*: Sulitjelmattrakten. (S.) Med kart. *J. Rekstad*: Fjeldstrøket Fauske—Junkerdalen. (S.) 1917. Kr. 3,50.
82. *Carl Bugge*. Kongsbergfeltets Geologi. (S.) Med kart og plancher. 1917. Kr. 12,00.
83. Årbok for 1918 og 19. (Indhold: *G. Holmsen*: Gudbrandsdalens bræsjø. (S.) *C. W. Carstens*: Geologiske undersøkelser i Trondhjems omegn. (Z.) *H. Reusch*: Nogen kvartærgeologiske iagttagelser fra det Romsdalske. (S.) *J. Rekstad*: Geologiske iagttagelser fra strekningen Folla—Tysfjord. (S.) Med kart. *G. Homsen*: Nordfollas omgivelser. (S.)) 1919. Kr. 3,50.
84. *Olaf Holtedahl*. Bidrag til Finmarkens Geologi. (S.) 1918. Kr. 4,00.
85. *J. H. L. Vogt*. Jernmalm og Jernverk. Særlig om elektrisk jernmalmsmelting. 1918. Utsolgt.
86. *John. Oxaal*. Dunderlandsdalen. Fjeldbygningen inden gradavdelingskartet Dunderlandsdalens omraade. (S.) Med kart. 1919. Kr. 5,00.
87. Årbok for 1920 og 21. (Indhold: *O. Holtedahl*: Kalksten og dolomit i de østlandske dalfører. (S.) *Arne Bugge*: Nikkelgruber i Bamle. (S.) *S. Foslie*: Raana noritfelt. Differentiation ved «suqeezing». (S.) *J. Rekstad*: Et fund av skjelførende leir i Lørenskog. (S.) *R. Falck-Muus*: Brynstensindustrien i Telemarken. (S.) *H. Reusch*: Efterhøst. (S.) *A. L. Rosenlund*: Fæø grube.) 1922. Kr. 5,00.
88. *J. Rekstad*. Eidsberg. De geologiske forhold innen rektangelkartet Eidsbergs område. (S.) Med kart. 1921. Kr. 5,00.
89. *Olaf Holtedahl*. Engerdalen. Fjeldbygningen inden rektangelkartet Engerdalens omraade. (S.) Med kart. 1921. Kr. 5,00.
90. *Gunnar Holmsen*. Torvmyrenes lagdeling i det sydlige Norges lavland. (Z.) 1922. Kr. 6,00.
91. *J. Rekstad*. Kvartære avleiringer i Østfold. (S.) 1922. Kr. 1,00.
92. *J. Rekstad*. Grunnvatnet. 1922. Kr. 1,00.
93. *J. H. L. Vogt*. Tryktunneller og geologi. Med et avsnit: Spændinger i fjeldet ved tryktunneller, av *Fredrik Vogt*. (Z.) 1922. Kr. 2,00.
94. *Ole T. Grønlie*. Strandlinjer, moræner og skjelforekomster i den sydlige del av Troms fylke. (S.) 1922. Kr. 1,00.
95. *Arne Bugge*. Et forsøk paa inndeling av det syd-norske grundfjeld. (S.) 1922. Kr. 0,75.
96. *J. Rekstad*. Norges hevning efter istiden. (S.) Med kart. 1922. Kr. 1,25.
97. *Olaf Holtedahl* og *Jakob Schetelig*. Kartbladet Gran. (S.) Med kart 1923. Kr. 5,00.
98. Årbok for 1922. (Indhold: Direktørens årsberetning. Statsgeologenes innberetninger.) 1923. Kr. 2,00.
99. *Gunnar Holmsen*. Vore myrers plantedække og torvarter. (Z.) Med kart. 1923. Kr. 5,00.
100. *J. Rekstad*. Hans Reusch. Nekrolog og bibliografi. 1923. Kr. 1,00.

101. *Olaf Andersen*. Ildfaste oksyders fysikalske kjemi. Oversikt over nyere præcisionsundersøkelser. (S.) Statens råstoffkomite. Publ. nr. 1. 1922. Kr. 1,50.
102. *Olaf Holtedahl* og *Olaf Andersen*. Om norske dolomiter med bemerkninger om den praktiske anvendelse av dolomit. (S.) S. R. K. Publ. nr. 2. 1922. Kr. 1,00.
103. *Olaf Andersen*. En forekomst av ren kvarts i Krødsherred. (S.) S. R. K. Publ. nr. 3. 1922. Kr. 0,75.
104. *J. Bull*. Elektrisk Metalsmelting. Forsøk og undersøkelser utført ved Marinens Torpedo- og Minefabrik i samarbeide med Statens Råstoffkomite. (S.) S. R. K. Publ. nr. 4. 1922. Kr. 0,75.
105. *Thv. Lindeman*. Torv. (Z.) S. R. K. Publ. nr. 5. 1922. Kr. 0,75.
106. *Carl Bugge* og *Steinar Foslie*. Norsk arsenmalm og arsenikfremstilling. (S.) S. R. K. Publ. nr. 6. 1922. Kr. 1,00.
107. *V. M. Goldschmidt*. Om fremstilling av bariumlegeringer. (Z.) S. R. K. Publ. nr. 7. 1922. Kr. 1,00.
108. *V. M. Goldschmidt* og *E. Johnson*. Glimmermineralernes betydning som kalikilde for planterne. (Z.) S. R. K. Publ. nr. 8. 1922. Kr. 2,00.
109. *Erling Johnson*. Om tilgodegjørelse av kalifeltspatens kali-indhold. (S.) S. R. K. Publ. nr. 9. 1922. Kr. 2,00.
110. *Carl Bugge*. Statens apatitdrift i rationeringstiden. (S.) S. R. K. Publ. nr. 10. 1922. Kr. 1,00.
111. *J. Gram*. Undersøkelser over bituminøse kul fra Spitsbergen og Andøen. (Z.) S. R. K. Publ. nr. 11. 1922. Kr. 1,00.
112. *J. Gram*. Den kjemiske sammensætning av Spitsbergen-Bjørnøykul. (S.) S. R. K. Publ. nr. 12. 1923. Kr. 1,00.
113. *Andreas Røddland*. Oljefremstilling av Kings Bay-kul og kul og skifer fra Andøen. (Z.) S. R. K. Publ. nr. 13. 1924. Kr. 1,00.
114. *B. Hansteen Cranner*. Om vegetationsforsøk med glimmermineralerne biotit og sericit som kalikilde. (Z.) S. R. K. Publ. nr. 14. 1922. Kr. 1,50.
115. *J. v. Krogh*. Undersøkelser over norske lerer. I. (S.) S. R. K. Publ. nr. 15. Kr. 1,00.
116. *Brynjulf Dietrichson*. Undersøkelser over norske lerer. II. (S.) S. R. K. Publ. nr. 16. 1923. Kr. 2,00.
117. *W. Guertler*. Kort oversikt over kobberets indflydelse paa jern og staa. Forkortet og bearbejdet av *J. Bull*. (S.) S. R. K. Publ. nr. 17. 1923. Kr. 1,00.
118. *J. Bull*. Prøver med en herdeovn for kulstofstaa. (Wild. Barfields patent.) Forsøk og undersøkelser utført ved Marinens Torpedo- og Minefabrik i samarbeide med Statens Raastoffkomite. (S.) S. R. K. Publ. nr. 18. 1923. Kr. 1,00.
119. *J. v. Krogh*. Undersøkelser over norske lerer. III. (S.) S. R. K. Publ. nr. 19. 1923. Kr. 1,75.
120. *Brynjulf Dietrichson*. Undersøkelser over norske lerer. IV. (S.) S. R. K. Publ. nr. 20. 1924. Kr. 2,00.
121. *Thorolf Vogt*. Sulitjelmafeltets geologi og petrografi. (S.) Med kart. 1927. Kr. 14,00.

122. Årbok for 1923. (Indhold: Direktørens årsberetning. Statsgeologenes årsberetninger.) 1924. Kr. 2,00.
123. *Gunnar Holmsen*. Hvordan Norges jord blev til. (S.) 1924. Utsolgt.
124. *J. Rekstad*. Hatfjelldalen. Beskrivelse til det geologiske generalkart. (S.) Med kart. 1924. Kr. 8,00.
125. *J. Rekstad*. Træna. Beskrivelse til det geologiske generalkart. (S.) Med kart. 1925. Kr. 8,00.
126. *Steinar Foslie*. Syd-Norges gruber og malmbeforekomster. Med kart i planformat. 1925. Utsolgt.
127. *Steinar Foslie*. Norges svovelkisforekomster. 1926. Utsolgt.
- 128a. *Olaf Andersen*. Feltspat. I. Feltspatmineralenes egenskaper, forekomst og praktiske utnyttelse med særlig henblikk på den norske feltspatindustri. (S.) 1926. Utsolgt.
- 128b. *Olaf Andersen*. Feltspat. II. Forekomster i fylkene Buskerud og Telemark, i flere herreder i Aust-Agder og i Hidra i Vest-Agder. *Tom F. W. Barth*. Feltspat. III. Forekomster i Iveland og Vegusdal i Aust-Agder og i flere herreder i Vest-Agder. (S.) 1931. Kr. 3,00.
129. *Gunnar Aasgaard*. Gruber og skjerp i kistraget Øvre Guldal-Tydal. (S.) 1927. Kr. 4,00.
130. *Arne Bugge*. En forkastning i det syd-norske grunnfjell. (S.) 1928. Kr. 3,00.
131. *J. C. Torgersen*. Sink- og blyforekomster på Helgeland. (S.) 1928. Kr. 2,00.
132. *Gunnar Holmsen*. Lerfaldene ved Kokstad, Gretnes og Braa. (S.) 1929. Kr. 1,50.
133. Årbok for femårsperioden 1924—28. (Indhold: Direktørens beretning om virksomheten ved N. G. U. Statsgeologenes beretninger om arbeidet. *R. Falck-Muus*; Femårsberetning fra bibliotekaren. *C. Bugge*; Meddelelser om geologiske undersøkelser i Hallingdal og Valdres. *R. Falck-Muus*; Norske bergverksarkivalia III. *A. Bugge*; En oversikt over inndelingen av det syd-norske grunnfjell samt om Fahlbåndene i Kongsberg ertsdistrikt.) 1929. Kr. 3,00.
134. *J. Rekstad*. Salta. Beskrivelse til det geologiske generalkart. (S.) Med kart. 1929. Kr. 8,00.
135. *Gunnar Holmsen*. Grundvandet i vore leravsetninger. (S.) 1930. Kr. 3,00.
136. *Gunnar Holmsen*. Rana. Beskrivelse til det geologiske generalkart. (S.) Med kart. 1932. Kr. 8,00.
137. *Steinar Foslie* og *Mimi Johnson Høst*. Platina i sulfidisk nikkelmalm. (Z.) 1932. Kr. 2,50.
138. *W. C. Brøgger*. Essexitrekkenes erupsjoner, den eldste vulkanske virksomhet i Oslofeltet. (Z.) 1933. Kr. 3,00.
139. *W. C. Brøgger*. Om rombeporfyrgangene og de dem ledsagende forkastninger i Oslofeltet. (Z.) 1933. Kr. 1,50.
140. *Gunnar Holmsen*. Lerfall i årene 1930—32. (S.) 1934. Kr. 1,50.
141. *Olaf Anton Broch*. Feltspat. IV. Forekomster i Akershus og Østfold øst for Glomma. (S.) 1934. Kr. 3,00.
142. *J. C. Torgersen*. Sink- og blyforekomster i det nordlige Norge. (S.) 1935. Kr. 2,00.

143. *Arne Bugge*. Flesberg og Eiker. Beskrivelse til de geologiske gradavdelingskarter F. 35 Ø. og F. 35 V. De løse avleiringer ved *A. Samuelsen*. (S.) Med kart. 1937. Kr. 8,00.
144. *Gunnar Holmsen*. Nordre Femund. Beskrivelse til det geologiske rektangelkart. (S.) Med kart. 1935. Kr. 5,00.
145. *Wolmer Marlow*. Foldal. Beskrivelse til det geologiske rektangelkart. (S.) Med kart. 1935. Kr. 5,00.
146. *Arne Bugge*. Kongsberg—Bambleformasjonen. (S.) 1936. Kr. 3,00.
147. *Steinar Foslie*. Kisdistriktet Varaldsøy—Ølve i Hardanger. Tillegg og Summary ved *Brynjulf Dietrichson*. (S.) Med kart. 1955. Kr. 8,00.
148. *Gunnar Holmsen*. Søndre Femund. Beskrivelse til det geologiske rektangelkart. (S.) Med kart. 1937. Kr. 5,00.
149. *Steinar Foslie*. Tysfjords geologi. Beskrivelse til det geologiske gradteigskart Tysfjord. (S.) Med kart. 1941. Kr. 12,00.
150. *Steinar Foslie*. Hellemobotn og Linnajavre. Geologisk beskrivelse til kartbladene. (S.) Med kart. 1942. Kr. 8,00.
151. *Gunnar Holmsen*. Våre leravsetninger som byggegrunn. (S.) 1938. Kr. 3,00.
152. *Trygve Strand*. Nordre Etnedal. Beskrivelse til det geologiske gradteigskart. (S.) Med kart. 1938. Kr. 5,00.
153. *Carl Bugge*. Hemsedal og Gol. Beskrivelse til de geologiske gradteigskarter E. 32 V. og E. 32 Ø. (S.) Med kart. 1939. Kr. 8,00.
154. *Harald Bjørlykke*. Feltspat. V. De sjeldne mineraler på de norske granitiske pegmatittganger. (S.) 1939. Kr. 3,00.
155. *Olaf Anton Broch*, *Fridtjov Isachsen*, *Orvar Isberg*, *Trygve Strand*. Bidrag til Skudenes-sedimentenes geologi. (S.) 1940. Kr. 1,50.
156. *K. O. Bjørlykke*. Utsyn over Norges jord og jordsmonn. (S.) Med oversiktskarter av jordbunnsforholdene i Norge i to blader: Sør-Norge og Nord-Norge. Målestokk 1 : 2 000 000. 1940. Kr. 8,00.
157. *Brit Hofseth*. Geologiske undersøkelser ved Kragerø, i Holleia og Troms. (S.) Med kart. 1942. Kr. 3,00.
158. *Per Holmsen*. Geologiske og petrografiske undersøkelser i området Tynset—Femunden. (S.) 1943. Kr. 2,50.
159. *Trygve Strand*. Et gneis-amfibolitt-kompleks i grunnfjellet i Valdres. (S.) 1943. Kr. 3,00.
160. *Jens A. W. Bugge*. Geological and petrological investigations in the Kongsberg—Bamble formation. 1943. Kr. 5,00.
161. *Christoffer Oftedahl*. Om sparagmiten og dens skyvning innen kartbladet Øvre Rendal. (S.) 1943. Kr. 2,50.
162. *Henrich Neumann*. Silver deposits at Kongsberg. (The mineral assemblage of a native silver—cobalt—nickel ore type.) 1944. Kr. 4,50.
163. *Brynjulf Dietrichson*. Geologiske undersøkelser i Espedalen. Gradteig Vinstra og tilgrensende høifjell. (S.) 1945. Kr. 3,00.
164. *Olaf Høltedahl*. Norges geologi. Med 24 plansjer, derav et berggrunnskart og et glacialgeologisk kart over Norge, samt 485 tekstfigurer. Bind I—II. 1953. Utsolgt.
165. *Gunnar Horn*. Karsthuler i Nordland. (S.) 1947. Kr. 7,00.

166. *Gunnar Holmsen*. Lerfall og ras i årene 1933—1939. (S.) 1946. Kr. 3,00.
167. *Gunnar Holmsen* og *Per Holmsen*. Lerfall i årene 1940—1945. (S.) 1946. Kr. 4,00.
- 168a. *Tom F. W. Barth*. The nickeliferous Iveland—Evje amphibolite and its relation. Med kart. 1947. Kr. 5,00.
- 168b. *Harald Bjørlykke*. Flåt Nickel Mine. Med kart. 1947. Kr. 3,00.
169. *Steinar Foslie*. Melkedalen grube i Ofoten. Søndre Ofotens malmforekomster. I. (S.) Med kart. 1946. Kr. 7,00.
170. *Ivar Oftedal*. Oversikt over Norges mineraler. (S.) 1948. Kr. 3,00
171. *Jens A. W. Bugge*. Rana gruber. Geologisk beskrivelse av jernmalmfeltene i Dunderlandsdalen. (S.) Med kart. 1948. Kr. 12,00.
172. *Harald Bjørlykke*. Hosanger nikkelgruve. (S.) Med kart. 1949. Kr. 3,00.
173. *Trygve Strand*. On the Gneisses from a Part of the North-Western Gneiss Area of Southern Norway 1949. Kr. 3,00.
174. *Steinar Foslie*. Håfjellsmulden i Ofoten og dens sedimentære jernmanganmalmer. Søndre Ofotens malmforekomster II. (S.) Med kart. 1949. Kr. 8,00.
175. *Per Holmsen* og *Gunnar Holmsen*. Tynset. Beskrivelse til det geologiske rektangelkart. (S.) Med kart. 1950. Kr. 6,00.
176. *Gunnar Holmsen*. Oslo. Beskrivelse til kvartærgeologisk landgeneralkart. (S.) Med kart. 1951. Kr. 8,00.
177. *Chr. Oftedal* og *G. Holmsen*. Øvre Rendal. Beskrivelse til det geologiske rektangelkart. (S.) Med kart. 1952. Kr. 6,00.
178. *Trygve Strand*. The Sel and Vågå Map Areas. Geology and Petrology of a Part of the Caledonides of Central Southern Norway. Med kart. 1951. Kr. 6,00.
179. *Tore Gjelsvik*. Oversikt over bergartene i Sunnmøre og tilgrensende deler av Nordfjord. (S.) Med kart. 1951. Kr. 4,00.
180. *Trygve Strand*. Slidre. Beskrivelse til det geologiske gradteigskart. (S.) Med kart. 1951. Kr. 6,00.
181. *Chr. C. Gleditsch*. Oslofjordens prekambriske områder. I. Innledende oversikt Hurum. (R.) Med kart. 1952. Kr. 9,00.
182. *Chr. C. Gleditsch*. Oslofjordens prekambriske områder. II. Røyken og Håøy. (R.) Med kart. 1952. Kr. 7,00.
183. Årbok 1951. (Innhold: *Ivan Th. Rosenvqist*: Kaolin fra Hurdal. (S.) *Trygve Strand*: Biotitt-søvitt på Stjernøy, Vest-Finnmark. (S.) *Trygve Strand*: Raipas og kaledon i strøket omkring Repparfjord, Vest-Finnmark. (S.) *W. Weren-skiold*: Isrand-dannelser ved Atnesjø. (S.) Direktør *Sven Føyn*: Norges geologiske undersøkelse. Arsberetning for 1951. Fortegnelse over Norges geologiske undersøkelses publikasjoner og kart.) 1952. Kr. 4,00.
184. Årbok 1952. (Innhold: *Per Holmsen*: Meddelelser fra Vannboringsarkivet. Nr. 1. En orientering om arkivets arbeidsgrunnlag. Om samarbeide med boringsfirmaene. Den viktigste fennoskandiske faglitteratur. (S.) *Steinar Skjeseth*: Meddelelser fra Vannboringsarkivet. Nr. 2. Vannboringer utført i traktene omkring Mjøsa og Randsfjorden 1950—52. (S.) *Brunjulf Dietrichson*: Pseudotachylit fra de kaledonske skyvesoner i Jotunheimens forgårder, Gudbrandsdalen, og deres dannelsesbetingelser. (S.) *Tore Gjelsvik*: Det nord-

- vestlige gneisområde i det sydlige Norge, aldersforhold og tektonisk-stratigrafisk stilling. (S.) *Per Holmsen*: Et langt fremskjøvet «jotundekke» i Rendalen. (S.) *Trygve Strand*: The Relation between the Basal Gneiss and the Overlying Meta-Sediments in the Surnadal District. *Trygve Strand*: Geologiske undersøkelser i den sydøstligste del av Helgeland. (S.) *Gunnar Kautsky*: Et fossilfynd i Susendalen, Nordland. (Z.) *Johs. Færden*: Sink-blyforekomstene ved Mikkeljord, Hattfjelldal, Nordland. (S.) *Steinar Skjeseth* og *Henning Sørensen*: An Example of Granitization in the Central Zone of the Caledonides of Northern Norway. *Tore Gjelsvik*: Kort beretning om Norges geologiske undersøkelses ekspedisjon til Birtavarre gruvefelt i Troms 1952. *J. A. Dons*: Om elve-erosjon og en isdemt sjø i Birtavarre-området, Troms. (S.) *Tom. F. W. Barth*: The Layered Gabbro Series at Seiland, Northern Norway. Direktør *Sven Føyn*: Norges geologiske undersøkelse. Årsberetning for 1952. Fortegnelse over Norges geologiske undersøkelses publikasjoner og kart.) 1953. Kr. 10,00.
185. *Trygve Strand*. Aurdal. Beskrivelse til det geologiske gradteigkart. (S.) Med kart. 1954. Kr. 6,00.
186. *Rolf Selmer-Olsen*. Om norske jordarters variasjon i korngradering og plastisitet. (S.) 1954. Kr. 7,00.
187. *Gunnar Holmsen*. Oppland. Beskrivelse til kvartærgeologisk landgeneralkart. (S.) Med kart. 1954. Kr. 8,00.
188. Årbok 1953. (Innhold: *Christoffer Oftedahl*: Dekketektonikken i den nordlige del av det østlandske sparagmittområde. (S.) *Christoffer Oftedahl*: Noen isavsmeltningsfenomener i Østerdalen (S.) *Konrad B. Krauskopf*: Igneous and Metamorphic Rocks of the Øksfjord Area, Vest-Finnmark. *M. G. Oosterom*: En hornblenderik sone i Seiland-peridotitten. (S.) Direktør *Sven Føyn*: Norges geologiske undersøkelse. Årsberetning for 1953. Fortegnelse over Norges geologiske undersøkelses publikasjoner og kart.) 1954. Kr. 7,00.
189. *Carl Bugge*. Den kaledonske fjellkjede i Norge. (S.) 1954. Kr. 5,00.
190. *Gunnar Holmsen*. Hallingdal. Beskrivelse til kvartærgeologisk landgeneralkart. (S.) Med kart. 1955. Kr. 8,00.
191. Årbok 1954. (Innhold: *Gunnar Henningsmoen*: Om navn på stratigrafiske enheter. (S.) *Henrich Neumann*: Kopperforekomstene på Straumsheia. (S.) *Brynjulf Dietrichson*: Spessartite and Pseudotachylite Intruded on the Thrusting-Zone of the Upper Jotun Eruptive Nappe near Nautgardstind, East-Jotunheimen. *Trygve Strand*: Sydøstligste Helgelands geologi. (S.) *Henning Sørensen*: A Petrographical and Structural Study of the Rocks around the Peridotite at Engenbræ, Holandsfjord, Northern Norway. *F. M. Vokes*: Observations at Raipas Mine, Alta, Finnmark. Direktør *Sven Føyn*: Norges geologiske undersøkelse. Årsberetning for 1954. Fortegnelse over Norges geologiske undersøkelses publikasjoner og kart.) 1955. Kr. 7,00.
192. *Peter Padget*. The Geology of the Caledonides in the Birtavarre Region. 1955. Kr. 7,00.
193. *Johannes A. Dons*. Kartkatalog. Norges berggrunn. (S.) 1956. Kr. 8,00.
194. *Per Holmsen* og *Christoffer Oftedahl*. Ytre Rendal og Stor-Elvdal. Beskrivelse til de geologiske rektangelkart. (S.) Med kart. 1956. Kr. 15,00.

195. Årbok 1955. (Innhold: *Gunnar Holmsen*. De fem jordartregioner i Norge. (S.) *Steinar Skjeseth*: Geologi og vannboring. Kambro-silurbergartenes hydrogeologi i Mjøstraktene. (Medd. fra Vannboringsarkivet nr. 3.) (S.) *Per Holmsen*. Oppsprekning, topografi og vannføring i massive dypbergarter. (Medd. fra Vannboringsarkivet nr. 4.) (S.) *Trygve Strand*. Gabbrokonglomeratet i Sjødalen. (S.) *Christoffer Oftedahl*. Om Grong-kulminasjonen og Grong-feltets skyvedekker. (S.) *Per Holmsen*. Hyolithus-sonens basale lag i Vest-Finnmark. (S.) *M. G. Oosterom*. Some notes on the Lille Kufjord layered gabbro, Seiland, Finnmark, northern Norway. Direktør *Sven Føyn*. Norges geologiske undersøkelse. Årsberetning for 1955. Fortegnelse over Norges geologiske undersøkelses publikasjoner og kart.) 1956. Kr. 7,00.
196. *Steinar Foslie* † og *Trygve Strand*. Namsvatnet med en del av Frøyingsfjell. Beskrivelse til det geologiske rektangelkart. Under trykning.
197. *Rolf W. Feyling-Hanssen*. Micropaleontology applied to soil mechanics in Norway. 1957. Kr. 5,00.
198. *Gunnar Holmsen*. Røros. Beskrivelse til kvartærgeologisk landgeneralkart. (S.) Med kart. 1956. Kr. 8,00.
199. *F. M. Vokes*. The Copper Deposits of the Birtavarre District. 1957. Kr. 15,00.
200. Årbok 1956. (Innhold: *Tony Van Autenboer* and *Finn J. Skjerlie*: Brannerite, a new mineral in Norway. *Brynjulf Dietrichson*: Valdressparagmitten og det såkalte gabbrokonglomerat i Sjødalen. (S.) *Rolf W. Feyling-Hanssen*, *Per Chr. Sæbø* and *John W. Wilhelmsen*: A Clay sample from Tangen brickwork. *Per Holmsen*: De eokambriske lag under hyolithussonen mellom Čara-javvre og Časkias, Vestfinnmark. (S.) *Christoffer Oftedahl*: Jomaforekomstens blokkvifter. (S.) *Steinar Skjeseth*: Kvaliteten av grunnvann. (Medd. fra Vannboringsarkivet nr. 5.) (S.) *Steinar Skjeseth* og *F. M. Vokes*: Blyglansforekomst på Krækkjaheia, Hardangervidda. (S.) *F. M. Vokes*: Some copper sulphide parageneses from the Raipas formation of Northern Norway. *F. M. Vokes*: On the presence of minerals of the linnæite series in some copper ores from the Raipas formation of Northern Norway. Direktør *Sven Føyn*: Norges geologiske undersøkelse. Årsberetning for 1956. Fortegnelse over Norges geologiske undersøkelses publikasjoner og kart. 1957. Kr. 9,00.
201. *Per Holmsen*, *Peter Padget* og *Eero Pehkonen*: The Precambrian Geology of Vest-Finnmark, Northern Norway. Under trykning.

Småskrifter.

Av denne serie er utkommet:

- Nr. 1. *Olaf Andersen*. Norges Geologiske Undersøkelse dens oppgaver og virksomhet. 1922. Gratis.
- » 2. *Rolf Falck-Muus*. Avhandlinger og karter utgitt av NGU systematisk ordnet. 1922. Gratis.
- » 3. *Gunnar Holmsen*. Erfaringer om jordskaden ved innsjøreguleringer. 1927. Kr. 0,50.
- » 4. *Gunnar Holmsen*. Grunnvannbrønner. 1940. Kr. 0,50.
- Thor Siggerud*. Uran og uranleting. 1956. Kr. 5,00.

Oversikt over fargetrykte geologiske kart utgitt av
Norges geologiske undersøkelse.

	Kartets tryknings- år	Forfatter	NGU's publ. nr.	Pris for:	
				Kart m. beskr.	Kart uten beskr.
Rektangel og gradteigskart					
Målestokk 100 000					
Aurdal	1954	Trygve Strand	185	Kr. 6.—	Kr. 3.55
Aursunden	1936	Rolf Falck-Muus			»
Dunderlandsdalen	1915	John Oxaal	86	» 5.—	»
Eidsberg	1919	J. Rekstad	88	» 5.—	»
Eiker	1935	Arne Bugge	143	» 8.— ¹	»
Engerdalen	1921	O. Holtedahl	89	» 5.—	»
Flesberg	1935	Arne Bugge	143	» 8.— ¹	»
Foldal	1936	Wolmer Marlow	145	» 5.—	»
Gol	1939	Carl Bugge	153	» 8.— ²	»
Gran	1923	O. Holtedahl og J. Schetelig	97	» 5.—	»
Hellemobotn	1936	Steinar Foslie	150	» 8.— ³	»
Hemsedal	1939	Carl Bugge	153	» 8.— ²	»
Hønefoss	1917	W. C. Brøgger og J. Schetelig			»
Kongsberg	1927	W. C. Brøgger og J. Schetelig			»
Linnajavre	1936	Steinar Foslie	150	» 8.— ³	»
Moss	1926	W. C. Brøgger og J. Schetelig			»
Namsvatnet	1956	Steinar Foslie	196	» 8.—	»
Narvik	1950	Th. Vogt			»
Nordre Etnedal	1939	Trygve Strand	152	» 5.—	»
Nordre Femund	1936	G. Holmsen	144	» 5.—	»
Rennebu	1910	Carl Bugge	56	» 5.—	»
Slidre	1950	Trygve Strand	180	» 6.—	»
Stor-Elvdal	1956	Per Holmsen og Chr. Oftedahl	194	» 15.— ⁴	»
Søndre Femund	1937	G. Holmsen	148	» 5.—	»
Søndre Fron	1911	W. Werenskiold	60	» 5.—	»
Tynset	1950	Per og Gunnar Holmsen	175	» 6.—	»
Tysfjord	1931	Steinar Foslie	149	» 12.—	»
Tønsberg m. Larvik	1926	W. C. Brøgger og J. Schetelig			»
Voss	1905	H. Reusch	40		»
Ytre Rendal	1956	Per Holmsen og Chr. Oftedahl	194	» 15.— ⁴	»
Øvre Rendal	1950	Chr. Oftedahl og G. Holmsen	177	» 6.—	»

¹ Med publikasjonen følger kartene Eiker og Flesberg.

² Med publikasjonen følger kartene Gol og Hemsedal.

³ Med publikasjonen følger kartene Hellemobotn og Linnajavre.

⁴ Med publikasjonen følger kartene Ytre Rendal og Stor-Elvdal.

Oversikt over fargetrykte geologiske kart utgitt av Norges geologiske undersøkelse.

	Kartets tryknings- år	Forfatter	NGU's publ. nr.	Pris for:	
				Kart m. beskr.	Kart uten beskr.
Landgeneralkart					
Målestokk 1 : 250 000					
Hattfjelldal	1925	J. Rekstad	124	Kr. 8.—	Kr. 5.80
Rana	1932	G. Holmsen	136	» 8.—	
Salta	1930	J. Rekstad	134	» 8.—	
Træna	1925	J. Rekstad	125	» 8.—	»
Vega	1917	J. Rekstad	80	» 8.—	»
Oversiktskart over Kristianiafeltet					
Målestokk 1 : 250 000					
	1923	W. C. Brøgger og J. Schetelig			Kr. 5.80
Kvartærgeologiske landgeneralkart					
Målestokk 1 : 250 000					
Hallingdal	1954	G. Holmsen	190	» 8.—	»
Oppland	1954	G. Holmsen	187	» 8.—	»
Oslo	1949	G. Holmsen	176	» 8.—	»
Røros	1956	G. Holmsen	198	» 8.—	»
Oversiktskart					
Målestokk 1 : 1 000 000					
Berggrunnskart over Norge					
	1953	O. Holtedahl og J. A. Dons	164		» 25.—
Glacialgeologisk kart over Norge					
	1953	O. Holtedahl og B. G. Andersen	164		» 10.—

Publikasjonene og kartene selges gjennom bokhandlene.
Omsetningsavgiften er inkludert i de oppgitte priser.

Følgende fargetrykte geologiske kart et utsolgt:

	Trykningsår	Forfatter
Rektangelkart		
Bergen	1880	Th. Hiortdahl, Th. Kjerulf og J. Friis
Eidsvold	1889	Ths. Münster, Th. Kjerulf og P. Krohn
Fet	1917	W. C. Brøgger og J. Schetelig
Gausdal	1891	K. O. Bjørlykke
Gjøvik	1884	Th. Kjerulf, P. Krohn og O. Hagen
Hamar	1884	Th. Kjerulf, Alfred Getz, P. Krohn, J. Vogt m. fl.
Haus	1880	Th. Hiortdahl og M. Irgens
Kristiania	1917	W. C. Brøgger og J. Schetelig
Levanger	1880—81	Th. Kjerulf og M. Bugge
Lillehammer	1899	Ths. Münster
Melhus	1879	Th. Kjerulf, M. Bugge, C. Schulz og J. Vogt
Meraker	1883	Th. Kjerulf, M. Bugge, O. Hagen m. fl.
Nannestad	1885	J. H. L. Vogt og T. Ch. Thomassen
Nannestad	1919	W. C. Brøgger og J. Schetelig
Rindal	1889	M. Bugge
Sarpsborg	1879	P. Mortensen, Th. Thomassen, J. Vogt og N. Wille
Selbu	1891	M. Bugge, K. Hauan, C. Homan og H. Reusch
Skjørn	1880—81	K. Hauan, Th. Kjerulf og M. Bugge
Stavanger	1921	V. M. Goldschmidt
Stenkjær	1883	M. Bugge
Stjørdal	1880—81	Th. Kjerulf og M. Bugge
Terningen	1875—82	Hauan, Kjerulf m. fl.
Trondhjem	1879	M. Bugge
Aamot	1887	Ths. Münster og P. Krohn
Oversiktskart		
Målestokk		
1 : 1 000 000		
Nord-Norge	1924	Th. Vogt
Syd-Norge	1915	W. Werenskiold

Ved henvendelse til Norges geologiske undersøkelse er det høve til å studere arkivseksemplarer av de utsolgte kartene.