

27854

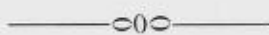
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE NR. 191

# ÅRBOK

1954

UTGITT VED  
**SVEN FØYN**

Direktor



**OSLO 1955**

I KOMMISJON HOS H. ASCHEHOUG & CO.



## Innhold.

|   | Side |
|---|------|
| Gunnar Henningsmoen: Om navn på stratigrafiske enheter. Med 1 tekstfigur.<br><i>Summary: On Names of Stratigraphic Units</i> .....  | 5    |
| Henrich Neumann: Kobberforekomstene på Straumsheia. Med 5 tekstfigurer.<br><i>Summary: The Copper Deposits in Straumsheia</i> .....   | 18   |
| Brynjulf Dietrichson: Spessartite and Pseudotachylite Intruded on the Thrusting-Zone of the Upper Jotun Eruptive Nappe near Nautgardstind, East-Jotunheimen. With 19 text-figures. <i>Sammendrag: Spessartitt og pseudotachylit fra Jotunheimens skyvesoner</i> ..... | 30   |
| Trygve Strand: Sydøstligste Helgelands geologi. Med 2 tekstfigurer. <i>Summary: Geology of the south-eastern-most part of Helgeland</i> .....   | 56   |
| Henning Sørensen: A Petrographical and Structural Study of the Rocks around the Peridotite at Engenbræ, Holandsfjord, Northern Norway. With 13 text-figures. <i>Sammendrag: Bergartene omkring peridotiten ved Engenbræen, Holandsfjord</i> .....                     | 71   |
| F. M. Vokes: Observations at Raipas Mine, Alta, Finnmark. With 5 text-figures. <i>Sammendrag: Iakttagelser ved Raipas gruve i Alta</i> .....  | 103  |
| Norges geologiske undersøkelse. Årsberetning for 1954. Ved direktør Sven Føyn   | 115  |
| Fortegnelse over Norges geologiske undersøkelses publikasjoner og kart ....   | 137  |

# Om navn på stratigrafiske enheter.

Av

GUNNAR HENNINGSMOEN

Med 1 tekstfigur.

Summary: *On names of stratigraphic units.*

The writer follows HEDBERG (1954) in stressing that one should distinguish between three categories of stratigraphic classification; litho-, bio-, and chrono-stratigraphic classification. Norwegian names are suggested for the terms accepted by HEDBERG. The writer comments on established names for Norwegian stratigraphic units and recommends that names of litho- and chrono-stratigraphic units in the future be based on geographic names, without, however, rejecting all established names not of this type, as e.g. *Ceratopyge* limestone, which is defined as a limestone formation with certain characteristics, and which contains *Ceratopyge* at the type locality. The symbols in use for the Cambro-Silurian sequence in the Oslo Region are suggested to be restricted to chrono-stratigraphic units.

## Innledning.

Det er blitt understreket av Hedberg (1954) at man må skille mellom tre forskjellige sett av stratigrafiske klassifikasjoner, nemlig litho-stratigrafisk klassifikasjon med enheter karakterisert av bergarten, bio-stratigrafisk klassifikasjon med enheter karakterisert av fossilinnholdet, og tids-stratigrafisk (krono-stratigrafisk) klassifikasjon med enheter begrenset av en undre og øvre tidsgrense og uavhengige av bergarts- og fossilinnholdet. Man skiller altså mellom bergarts-lag, fossil-lag og tids-lag.

Hedbergs utredning er ment som et forslag til en internasjonal kommisjon for stratigrafisk nomenklatur, men bygger på vanlig praksis blant moderne engelsk-talende stratigrafer. Den generelle delen i det følgende er stort sett basert på Hedbergs forslag. I

terminologien kan de engelske (til dels internasjonale) benevnelser ofte oversettes med de tilsvarende norske. Hvor dette ikke er hensiktsmessig, har jeg anført den engelske benevnelse i klammer.

Jeg er meget takknemlig for at professor, dr. Leif Størmer og statsgeolog, dr. Trygve Strand har lest igjennom manuskriptet og foreslått visse forandringer, som jeg har benyttet meg av.

### **Litho-stratigrafisk klassifikasjon.**

Dette er en inndeling av stratigrafiske enheter karakterisert av bergarten. De minste enhetene kalles gjerne bare for *lag* (eng.: layers, beds), en betegnelse som (liksom lagrekke og lagpakke) imidlertid ikke bør knyttes til en bestemt enhet eller klassifikasjon. Ifølge Hedberg (1954, s. 213) er en *formasjon* den fundamentale litho-stratigrafiske enheten. Som definert av Ashley o. a. (1939), skal en formasjon omfatte enten lag av én dominerende bergartstype eller facies, eller lag av to eller flere lithologiske typer eller facies i gjentatte vekslinger (som alternerende lag av skifer og kalkstein). I noen tilfeller kan en formasjon også omfatte en lagrekke av ekstremt forskjelligartede lag. Det skal ikke finnes brudd av betydning i en formasjon. Flere formasjoner kan samles i en *avdeling* (eller *gruppe*) (eng.: group), og en formasjon kan deles inn i *subformasjoner* (eng.: members).

Navn på formasjoner og andre litho-stratigrafiske enheter bør som regel avledes av geografiske navn.

Som eksempler på norske litho-stratigrafiske enheter kan nevnes Mellsenn-avdelingen, Pentamerus-avdelingen, formasjonene Trysil-sandstein, Moelvspargmitt, Birikonglomerat, Ogygiocaris-skifer, Mjøskalk, Hovin-sandstein og Orthocer-kalk. Den siste omfatter tre subformasjoner; Megalaspis-kalk, Asaphus-skifer og Endoceras-kalk.

Benevnelsen «formasjon» er i Norge ofte blitt brukt på større enheter som i andre land ville blitt regnet som avdelinger. Vi bør for eksempel si Sparagmitt-avdelingen, ikke Sparagmitt-formasjonen. Telemarks-formasjonen og Kongsberg—Bamble-formasjonen burde regnes hverken som formasjon eller avdeling. Her ville det være bedre å si Telemarks-komplekset eller Kongsberg—Bamble-komplekset. «Formasjon» er tidligere i Norge også ofte blitt brukt i betydningen «system» (som «Devonformasjonen»), i overensstemmelse med eldre tysk språkbruk. Benevnelsen «system» ble imidlertid anbefalt av den internasjonale geologkongress allerede i 1901, og er

vanlig brukt i andre land. Et system er en krono-stratigrafisk enhet (se nedenfor).

Det er i alminnelighet de litho-stratigrafiske enheter som kart-legges. Det er også disse enhetene som er av størst betydning for den økonomiske geologi.

### **Bio-stratigrafisk klassifikasjon.**

Denne omfatter stratigrafiske enheter karakterisert av fossil-innholdet. Hovedenheten er i følge Hedberg (1954, s. 218) en *faunison* eller *florison* (ofte bare kalt *sone*), som er blitt definert som et eller flere lag karakterisert av sin fossile fauna eller flora, hvorav ett fossil er valgt til ledefossil (eng.: index fossil). Ledefossilet behøver ikke forekomme utelukkende i denne sonen, og heller ikke i hele sonen. Lag som inneholder en fossil fauna eller flora som stort sett svarer til den på type-lokaliteten for en bestemt sone, kan godt regnes til denne sonen selv om ledefossilet mangler. Faunisonen (florisonen) kan deles inn i *subfaunisoner* (*subflorisoner*), og disse igjen i *sonuler*.

En *biosone* er en helt annen type bio-stratigrafisk enhet. Den omfatter lagrekken mellom den absolutt underste og øverste grense for en fossil-slekt eller fossil-art (cf. Moore, 1948, s. 312). Den maksimale vertikal-utbredelsen av fossilet og dermed dets biosone fins bare sjelden i et gitt område. En *del-sone* (eng.: *teil-zone*) er derimot definert som alle lag som inneholder et bestemt fossil i et gitt område (cf. Moore, 1948, s. 313), uten å ta hensyn til om fossilet forekommer i eldre eller yngre lag i andre områder.

En *epibol* kalles en enhet som er karakterisert ved stor hyppighet av et bestemt fossil (cf. Hedberg, 1954, s. 218).

Faunisoner og florisoner (og deres underavdelinger) får navn etter ledefossilet, som f. eks. «sonen med *Didymograptus bifidus*». Tilsvarende får biosoner, del-soner og epiboler navn etter arten de er grunnet på.

Man kan tale om graptolitt-soner, trilobitt-soner o.s.v. etter som hvilken gruppe det navngivende fossil hører til. En lagrekke som inneholder f. eks. både graptolitter og trilobitter, kan deles inn i både graptolitt-soner og trilobitt-soner. Disse sonene vil som regel ikke svare til hverandre. Det ser for eksempel ut til at trilobitt-sonen med *Ogygiocaris dilatata* svarer omtrent til tre graptolitt-soner.

Fossiler benyttes i stor utstrekning ved korreleringer. I virke-

ligheten åntar man da at dets del-sone i et område svarer til dets del-sone i et annet område. Dette behøver ikke være tilfellet; det er for eksempel ikke sikkert at arten (slekten) kom samtidig til begge områder. Viser en art en intraspesifikk utvikling i begge områder, og utviklingen er den samme begge steder, kan man foreta meget nøyaktige korrelasjoner (cf. Kaufmann, 1935, s. 27).

### **Tids-stratigrafisk (krono-stratigrafisk) klassifikasjon.**

Liksom de foregående enheter er de tids-stratigrafiske enheter materielle enheter med mektighet og utstrekning som kan måles i meter, men i motsetning til de foregående er deres undre og øvre grense teoretisk uavhengige av fysiske egenskaper. Grensene er tids-flater, og de største enhetene er de som representerer det lengste tidsrommet, ikke nødvendigvis den største mektighet i meter (cf. Hedberg, 1954, s. 219). Hedberg definerer tids-stratigrafiske enheter som materielle enheter som omfatter alle lag dannet i et geologisk tids-intervall begrenset av begynnelsen og slutten av en bestemt lagrekke som regnes som typen for enheten. Denne lagrekken er enten en litho-stratigrafisk eller bio-stratigrafisk enhet.

Den største tids-stratigrafiske enheten er et *system* (f. eks. det kambriske system). Systemene deles vanlig inn i 2—6 *serier*, som igjen deles inn i hva som på norsk kan kalles *stadier* (eng.: stages), som kan bestå av flere *nivåer* (eller *substadier*) (eng.: *sub-stages*). En *etasje* er en enhet av omtrent samme størrelsesorden som en serie (se s. 14).

Navnene på systemene og seriene er blitt dannet på forskjellige måter. Navnene på de mindre enhetene er i andre land oftest avledet av stedsnavn, som f. eks. Kimmeridge-stadiet.

Systemene kambrium til kvartær brukes i hele verden, bortsett fra at karbon-systemet er erstattet med to systemer i Nord-Amerika, det mississippiske og pennsylvanske system. Det er blitt foreslått at disse skal regnes som *subsystem* av karbon-systemet. For prekambrium er det ennå ikke lyktes å etablere verdensomfattende systemer. Systemene er ofte delt inn i en undre og øvre, eller i en undre, midtre og øvre del. Disse delene, som man kunne kalle *del-systemer* (eksempel: under-kambrium), blir også brukt over hele verden. Seriene derimot er som regel mere lokale, og dette gjelder i enda høyere grad for stadier og nivåer.

Som eksempler på norske serier kan nevnes Chasmops-serien i Oslofeltet og Horg-serien i Trondheimsfeltet. Eksempler på etasjer, stadier og nivåer er nevnt nedenfor (s. 15).

Den geologiske *tidsenhet* som svarer til et system er en periode, f. eks. ble det kambriske system avsatt i den kambriske periode. Til en serie svarer tidsenheten en epoke, og til stadier og nivåer svarer en alder (eng.: age).

### **Sammenblanding av de forskjellige stratigrafiske klassifikasjoner.**

De tre slags stratigrafiske klassifikasjoner er tidligere ofte blitt blandet sammen. I mange tilfeller er tids-stratigrafiske og litho-stratigrafiske enheter blitt knyttet sammen. Man har da ikke tatt hensyn til at de litho-stratigrafiske enhetene er tredimensjonale legemer som kan ligge mer eller mindre på skrå i forhold til tidsflatene (se fig. 1). Et basalkonglomerat f. eks. kan danne en sammenhengende, likeartet litho-stratigrafisk enhet, men være avsatt til forskjellige tider på forskjellige steder. Formasjoner har ofte fått navn av typen «Under-ordovicisk skifer» og «Mellom-ordovicisk kalkstein». Selv om grensen mellom skifer og kalkstein faller sammen med grensen mellom under- og mellom-ordovicium på typelokaliteten, kan det godt hende at grensen ligger lenger nede på en annen lokalitet, slik at kalksteins-formasjonen som ble kalt «Mellom-ordovicisk kalkstein» her også strekker seg ned i under-ordovicium. Navnet «Mellom-ordovicisk kalkstein» blir da helt misvisende. Hedberg (1954, s. 228) nevner et tilfelle hvor en kalksteins-formasjon ble kalt Campanian limestone, men etter som oppfatningen om dens alder forandret seg, ble navnet først forandret til Turonian limestone og siden til Lower Senonian limestone. Dette er en annen uheldig konsekvens av å knytte tids-stratigrafiske navn til litho-stratigrafiske enheter. Navn på formasjoner (og andre litho-stratigrafiske enheter) bør derfor helst avledes av stedsnavn. Som et norsk eksempel kan nevnes den såkalte Downtonske sandstein, som heller burde kalles Ringerike-sandstein, da det er mulig at dens nederste lag hører til øverste ludlow.

Bio-stratigrafiske enheter er ofte blitt anvendt som tids-stratigrafiske enheter, men f. eks. en fossil-sone kan ikke være en underavdeling av en serie eller et stadie (Hedberg, 1954, s. 229). Biosonen (eventuelt del-sonen) med *Didymograptus bifidus* er lagrekken som inneholder *Didymograptus bifidus*, men ikke samtidige lag som

ikke inneholder dette fossilet. Tilsvarende gjelder for faunisoner og florisoner. Selv om en bestemt faunisoner kan være karakteristisk for en geologisk alder i et bestemt profil, betyr ikke dette at den samme faunisonen ikke kan være karakteristisk for en annen alder andre steder (Hedberg, 1954, s. 230.) For eksempel har Crouch (1952) vist at tre faunisoner som karakteriserer henholdsvis undre, midtre og øvre pliocen i Los Angeles-bassenget fins alle i recente sedimenter utenfor Syd-California, om enn i områder med forskjellig temperatur. Også faunisonene og florisonene er tredimensjonale legemer som kan ligge på skrå i forhold til tidsflatene (se fig. 1).

### Typen av navn på norske stratigrafiske enheter.

Navnene på norske formasjoner og andre litho-stratigrafiske enheter er nokså uensartede. Noen er blitt avledet av geografiske navn, som Moelvspargmitt og Mjøsalk. Andre har fått navn etter bergarten. Dette gjelder særlig prekambriske og andre fossil-løse lag, som Kvartssandsteinen. Downtonsk sandstein er et eksempel på en tredje type av navn. Mange fossil-førende formasjoner har fått

Fig. 1. Hypotetisk geologisk profil som viser overlapping av litho-, bio- og tids-stratigrafiske enheter. Litho-stratigrafiske enheter (formasjoner) er angitt ved bergarts-tegn og begrenset av optrukne linjer. Bio-stratigrafiske enheter (faunisoner) er angitt ved ledefossilene (S, A, B, o.s.v.) og er begrenset av prikkete linjer hvor grensene ikke faller sammen med formasjonsgrenser. De tids-stratigrafiske enhetene (stadiene 1—6) er grunnet på formasjoner og faunisoner på typelokaliteten.

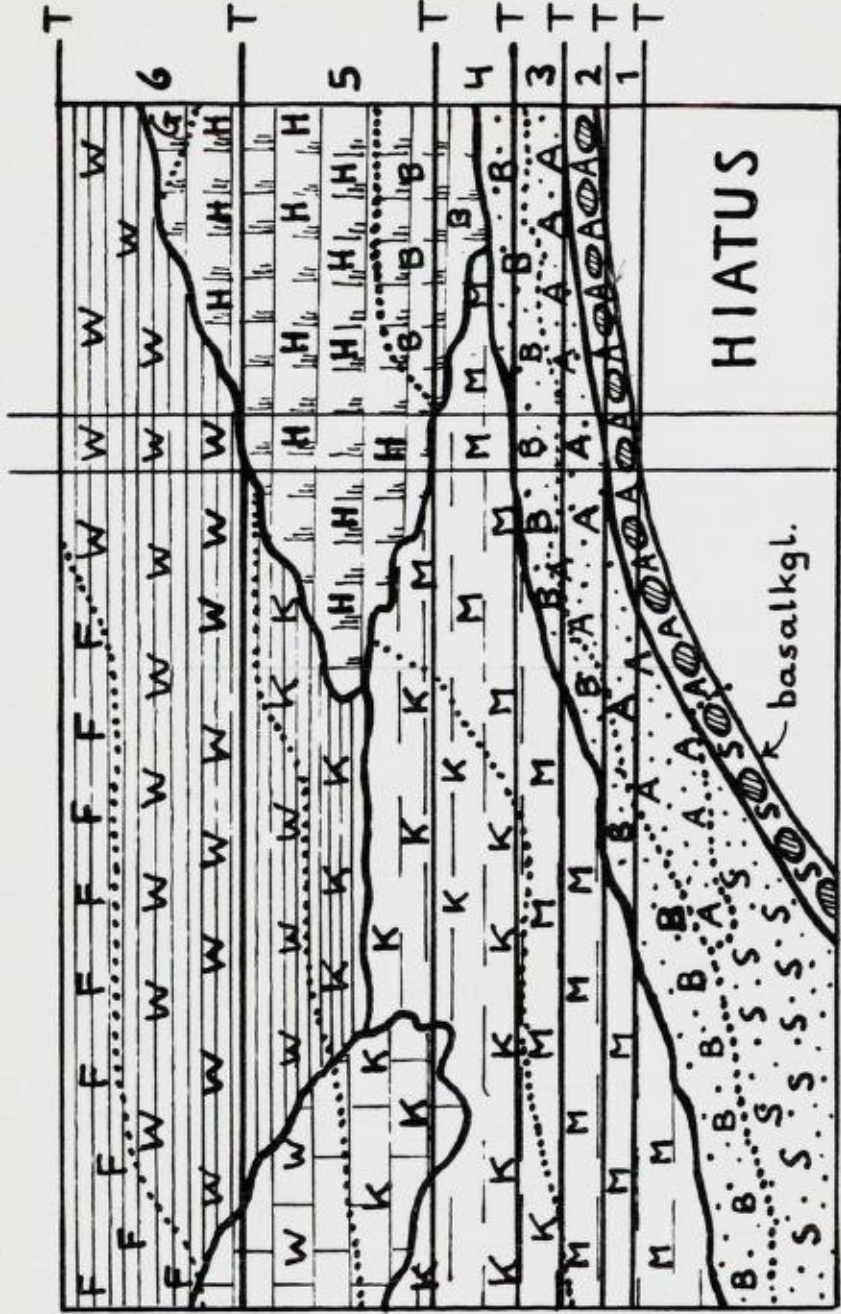
For enkelhets skyld er diagrammet tegnet slik at tids-linjene (T) blir rette, horisontale linjer. Da det ikke blir avsatt like store mektigheter av de forskjellige sedimenter i samme tidsrom, ville tids-linjene bli uregelmessige linjer, hvis mektighetene ble avsatt proporsjonalt.

*Hypothetic geologic diagram showing the overlapping of litho-, bio-, and chrono-stratigraphic units. Litho-stratigraphic units (formations) are shown by rock symbols, and are bounded by a continuous line. Bio-stratigraphic units (faunisoner) are indicated by their index fossils (S, A, B, etc.). Boundaries between faunisoner are shown by dotted lines where they do not coincide with boundaries between formations. The chrono-stratigraphic units (stages 1—6) are based on formations and faunisoner in the type locality.*

*For the sake of simplicity, the diagram is drawn so that the time-lines (T) appear as straight horizontal lines. Since the different sediments are not deposited equally fast during the same span of time, the time-lines would appear as irregular lines if the true proportions between the thicknesses of the beds had been shown.*



TYPE-  
LOKALITET



navn etter karakteristiske fossiler, som f. eks. Dictyonema-skifer, Orthocer-kalk, Undre Chasmops-kalk og Robergia-lagene. Strengt tatt burde man ikke si at f. eks. Ceratopyge-kalken fins på en lokalitet hvor kalken ikke inneholder *Ceratopyge*. Det hender jo også at en litho-stratigrafisk enhet ble avsatt senere eller tidligere på et annet sted enn på type-lokaliteten, og da kanskje ikke kan inneholde fossilet som er karakteristisk for laget på type-lokaliteten. For eksempel inneholder de underste lagene av Ampyx-kalk ved Langesund ikke *Ampyx*, men *Ogygiocaris*. Det hadde vært bedre om alle formasjoner og andre litho-stratigrafiske enheter hadde fått navn avledet av stedsnavn. Navn av typen Ceratopyge-kalk er imidlertid så godt innarbeidet i Norge at det ville være uhensiktsmessig og antagelig nytteløst å forsøke å forandre dem nå. Man kan da definere f. eks. Ceratopyge-kalken som en formasjon med de og de lithologiske egenskaper, og som på type-lokaliteten inneholder *Ceratopyge*.

Som en spesiell type stratigrafiske navn kan regnes etasjene 1—10 (med underavdelinger) i Oslofeltet. Det er nødvendig å omtale disse litt nærmere, bl. a. for å finne ut om de er litho-, bio- eller tids-stratigrafiske enheter.

### Etasje-inndelingen av Oslofeltets kambro-silur.

Den kambro-siluriske lagrekke (inklusive downtown) i Oslofeltet ble delt inn i etasjer av Kjerulf (1855, 1857). Denne etasjeinndelingen er senere blitt modifisert og videre utbygget av Brøgger (1878, 1882, 1887), Kiær (1897, 1908), Vogt (1923), Strand (1929), Monsen (1937) og Størmer (1940, 1953), slik at vi nå har 10 etasjer, hvorav de fleste er delt opp i en rekke underavdelinger. Etasjene fikk fortløpende nummere fra 1 til 10, og underavdelingene fikk symboler av typene 2d og 3a $\beta$ . Underavdelingen 4a $\alpha$  er blitt delt inn i 4a $\alpha_1$ —4a $\alpha_4$ .

Underavdelingene ble dels også kalt etasjer (f. eks. etage 1c, Brøgger, 1878), dels nivåer (f. eks. Niveau 2b eller Niveau 3a $\alpha$ , Brøgger, 1882), dels hovedavdelinger og avdelinger (f. eks. Hovedavdelingen 4a, avdeling 4a $\alpha$ , Brøgger, 1887), dels soner (f. eks. Zone 7a eller Zone 7b $\beta$ , Kiær, 1908). Det er etter hvert blitt alminneligst å kalle disse underavdelingene for soner og subsoner.

Noen av disse «sonene» er rene litho-stratigrafiske enheter, som

8d, sonen med Malmø-kalk. Mange er av typen «9f, sonen med *Favosites*-kalk». Selv om navnet på et fossil inngår i navnet på laget, er disse også litho-stratigrafiske enheter. Noen av sonene er rene bio-stratigrafiske enheter, som 7cβ, sonen med *Monograptus discus*, som lithologisk er lik den under- og overliggende sone. Symbolene er altså dels knyttet til litho-stratigrafiske, dels til bio-stratigrafiske enheter. I blant er samme symbol gitt til lag med forskjellig lithologi og forskjellige ledefossiler, men av antatt samme alder, og altså brukt som tids-stratigrafisk enhet. Som eksempel kan nevnes 9a (Kiær, 1908), som i noen områder av Oslofeltet svarer til «sonen med finknollet *Rhynchonella nucula*-kalk», i andre områder til «sonen med *Atrypina angelini*», som består av knollete kalklag og grågrønn mergelskifer.

Skal symbolene fortsatt ha noen praktisk betydning, må de knyttes til bare ett sett stratigrafiske enheter. Spørsmålet er da: til hvilket sett? Man kunne f. eks. knytte dem til de litho-stratigrafiske enheter. Da ville f. eks. 4aα<sub>3-4</sub> være et synonym for formasjonen Ogygiocaris-skifer (s. l.) og 4aβ for formasjonen Ampyx-kalk. Det ser ut som om lag samtidige med den øvrige delen av Ogygiocaris-skiferen i Oslo-området er utviklet som en knollekalk i Langesundsområdet, av samme type som den overliggende Ampyx-kalk, og altså må få betegnelsen 4aβ. Dette er i og for seg gjennomførlig, men om lag av samme alder var utviklet som en sandstein i et tredje område, kunne hverken 4aα<sub>3-4</sub> eller 4aβ brukes for dem der. Tilsvarende kan man da heller ikke bruke samme betegnelse, 4bδ, på de tre formasjonene Øvre Chasmops-kalk, Mjøskalk og Encrinit-kalk, som er lithologisk forskjellige, eller betegnelsen 3c både på Orthocer-kalk og Otta serpentinkonglomerat. Resultatet av å bruke symbolene på litho-stratigrafiske enheter ville bli at mange formasjoner ville være uten symbol, eller man måtte lage en mengde nye symboler.

Men kanskje man i stedet kunne knytte symbolene til bio-stratigrafiske enheter? Hvis f. eks. 3bγ var et symbol for subfaunisonen med *Phyllograptus densus*, kunne symbolet ikke brukes for samtidige lag på et annet sted, hvor faunaen var en annen. I tilfellet 9a som ble nevnt ovenfor, måtte symbolet 9a knyttes enten til faunisonen med *Rhynchonella nucula* eller til faunisonen med *Atrypina angelini*, og den andre sonen være uten symbol eller få et nytt. Resultatet ville også her bli at man hadde en mengde enheter (soner og subsoner)

uten symbol, eller fikk et komplisert system med mange nye symboler.

Den tredje mulighet er at man knytter symbolene til tids-stratigrafiske enheter, altså til enheter som er uavhengige både av lithologien og fossilinnholdet. Man vil da ikke behøve å lage nye symboler, unntagen i de få tilfeller hvor det viser seg å ha vært større brudd i lagrekken på type-lokaliteten, og man finner lag som representerer dette tidsrommet i andre områder. Som et eksempel kan nevnes symbolet  $4b\delta_2$ , som er blitt gitt til visse lag på Ringerike som i tid svarer til et brudd mellom  $4b\delta$  og  $4c\alpha$ , hvis type-område er Oslo. Symbolene vil være av praktisk betydning hvis man bruker dem som navn på litho-stratigrafiske enheter; vi har før ingen navn på enheter mindre enn serier i Oslofeltet. Jeg vil foreslå at symboler som  $3b\gamma$  og  $4a\beta$  brukes som navn på nivåer (substadier). Nivået  $4a\beta$  er altså en lagrekke som er avsatt i samme tidsrom som en bestemt lagrekke (*Ampyx*-kalken) i type-området (Oslo). I type-området er lagrekken som nivået er grunnet på, samtidig en litho-stratigrafisk eller bio-stratigrafisk enhet; f. eks. er  $4a\beta$  altså grunnet på en litho-stratigrafisk enhet, og  $3b\gamma$  på en bio-stratigrafisk enhet, subfaunisonen med *Phyllograptus densus*. Det har derfor ikke spilt noen større rolle i praksis at man har anvendt symbolene på alle tre slags stratigrafiske enheter i type-områdene. Jo lenger bort fra type-området man kommer, jo større er sjansene for at den øvre og undre grense for en litho- eller bio-stratigrafisk enhet ikke er synkrone med grensene for enheten i type-området, og altså ikke lenger faller sammen med grensene for den tids-stratigrafiske enheten (se fig. 1).

Det blir etter dette naturlig også å oppfatte etasjene 1—10 som tids-stratigrafiske enheter. Mange av disse er ikke lenger praktiske størrelser å arbeide med. For eksempel faller grensen mellom kambrium og ordovicium inne i etasje 2, og etasje 4 er en temmelig stor enhet som omfatter hele mellom-ordovicium og den største delen av over-ordovicium. Antagelig vil serie-systemet mer eller mindre komme til å fortrenge etasje-systemet. Symbolene kan også anvendes for seriene, f. eks.  $2e$ — $3a$  for *Ceratopyge*-serien. Enheter av størrelsesorden mellom etasje (eller serie) og nivå blir å oppfatte som stadier, f. eks. stadiet  $3c$  som er en underavdeling av etasje 3 (eller *Asaphus*-serien  $3b$ — $3c$ ), og som omfatter de tre nivåene  $3c\alpha$ ,  $3c\beta$  og  $3c\gamma$ .

Som foreslått her, vil alle symbolene stå for tids-stratigrafiske enheter. De er grunnet på en litho- eller bio-stratigrafisk enhet, og for disse må det derfor velges en type-lokalitet i alle de tilfeller dette ikke er gjort. Det viser seg også at når man skiller den bio-stratigrafiske og litho-stratigrafiske inndeling av Oslofeltets kambro-silur-lagrekke fra hverandre, vil det i mange områder på den ene siden være mange huller i den bio-stratigrafiske inndelingen, og på den andre siden mangle navn på en del formasjoner. Nye navn må derfor med tiden opprettes, men det ville falle utenfor rammen av dette arbeidet å foreslå dem her.

| SYSTEM   | DEL-SYSTEM   | SERIE                            | ETASJE | STADIE      | NIVÅ          |
|--|--|----------------------------------|--------|-------------|---------------|
| O<br>R<br>D<br>O<br>V<br>I<br>C<br>I<br>U<br>M | U<br>N<br>D<br>E<br>R<br>·<br>O<br>R<br>D<br>O<br>V<br>I<br>C<br>I<br>U<br>M | Asaphus-<br>serien<br>(3b—3c)    | 3      | 3c          | 3c $\gamma$   |
|  |  |                                  |        |             | 3c $\beta$    |
|  |  |                                  |        |             | 3c $\alpha$   |
|  |  |                                  |        | 3b          | 3b $\epsilon$ |
|  |  |                                  |        |             | 3b $\delta$   |
|  |  |                                  |        |             | 3b $\gamma$   |
|  |  | Ceratomyge-<br>serien<br>(2e—3a) | 3a     | 3b $\beta$  |               |
|  |  |                                  |        | 3b $\alpha$ |               |
|  |  |                                  |        | 3a $\gamma$ |               |
|  |  |                                  | 2      | 2e          | 3a $\beta$    |
|  |  |                                  |        |             | 3a $\alpha$   |
|  |  |                                  |        |             | 2e $\delta$   |
| 2e $\gamma$                                    |  |                                  |        |             |               |
| KAMBRIUM                                       | OVER-<br>KAMBRIUM  | Olenid-serien<br>(2a—2d)         | 2      | 2d          | 2e $\beta$    |
|  |  |                                  |        |             | 2e $\alpha$   |
|  |  |                                  |        |             | 2d $\epsilon$ |

Eksempel på den foreslåtte tids-stratigrafiske inndeling av Oslofeltets kambro-silur-lagrekke.

### Opprettelse av stratigrafiske enheter.

Hvis man foreslår et navn for en stratigrafisk enhet, bør det gjøres klart om det er en litho-, bio- eller tids-stratigrafisk enhet. Navn på litho- og tids-stratigrafiske enheter bør avledes av stedsnavn. Bio-stratigrafiske enheter får navn etter et fossil.

Foruten den vanlige beskrivelsen av den nye enheten, bør man også angi type-lokalitet, helst i et bestemt profil.

### Oversikt over stratigrafiske enheter.

De største enhetene står øverst i hver rekke. Side-tallet henviser til siden hvor enheten er definert eller nærmere omtalt.

#### *Litho-stratigrafiske enheter:*

Avdeling (gruppe) (s. 6)

Formasjon (s. 6)

Subformasjon (s. 6)

«Lag» (s. 6)

#### *Bio-stratigrafiske enheter:*

|                                    |                 |               |
|------------------------------------|-----------------|---------------|
| Faunisone (florisone) (s. 7)       | Biosone (s. 7)  | Epibol (s. 7) |
| Subfaunisone (subflorisone) (s. 7) | Del-sone (s. 7) |               |
| Sonul (s. 7)                       |                 |               |

#### *Tids-stratigrafiske enheter:*

System (s. 8)

Del-system (s. 8), Subsystem (s. 8)

Serie (s. 8), Etasje (s. 14)

Stadie (s. 8)

Nivå (substadie) (s. 8)

### Litteraturhenvisninger.

- Ashley, G. H., o. a., 1939: Classification and Nomenclature of Rock-units. — Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., 23, nr. 7, pp. 1068—1088.
- Brøgger, W. C., 1878: Om paradoxidesskifrene ved Krekling. — Nyt Mag. for Naturvid., 24., nr. 1, pp. 18—88, pl. I—VI. Christiania.
- 1882: Die Silurischen Etagen 2 und 3 im Kristianiagebiet und auf Eker. — Universitätsprogramm für 2. Sem. 1882, pp. I—VIII, 1—376, pl. I—XII. Kristiania.
- 1887: Geologisk kart over øerne ved Kristiania. — Nyt Mag. for Naturvid., 31, nr. 2. Kristiania.
- Crouch, R. W., 1952: Significance of Temperature on Foraminifera from Deep Basins off Southern California Coast. — Bull. Amer. Assoc. Petr. Geol., 36, nr. 5, pp. 807—843.
- Hedberg, H. D., 1954: Procedure and terminology in stratigraphic classification. — Congr. géol. internat. Compt. rend. 19. session., fasc. XIII; sect. XIII, 1. del, pp. 205—233. Alger.

- Kaufmann, R.*, 1935: Exact-statistische Biostratigraphie der Olenus-Arten von Südöland. — Geol. Fören. Förhandl., 57, hefte 1, pp. 1—28. Stockholm.
- Kiær, J.*, 1897: Faunistische Uebersicht der Etage 5 des norwegischen Silursystems. — Vidensk.selsk. Skr. I. Mathem.-naturv. Klasse. 1897, nr. 3, pp. 1—76. Kristiania.
- 1908: Das Obersilur im Kristianiagebiete. Eine stratigraphisch-faunistische Untersuchung. — Vidensk.-selsk. Skr. I. Mathem.-Naturv. Klasse. 1906, B. II, pp. 1—596, pl. I—XXIV. Christiania.
- Kjerulf, Th.*, 1855: Das Christiania-Silurbecken chemisch-geognostisch untersucht. — Universitätsprogramm für das erste Halbjahr 1855, pp. 1—68. Christiania.
- 1857: Ueber die Geologie des südlichen Norwegens. — Nyt Mag. for Naturvid., 9, pp. 1—141, pl. I—V. Christiania.
- Monsen, A.*, 1937: Die Graptolithenfauna im unteren Didymograptusschiefer (Phyllograptusschiefer) Norwegens. — Norsk geol. tidsskr., 16, pp. 57—266, pl. 1—20. Oslo.
- Moore, R. C.*, 1948: Stratigraphical paleontology. — Bull. Geol. Soc. America, 57, pp. 301—326. New York.
- Strand, T.*, 1929: The Cambrian beds of the Mjøsen district in Norway. — Norsk geol. tidsskr., 10, h. 3—4, pp. 307—365, pl. I—II. Oslo.
- Størmer, L.*, 1940: Dictyonema shales outside the Oslo Region. — Norsk geol. tidsskr., 20, pp. 161—169, 1 pl. Oslo.
- 1953: The Middle Ordovician of the Oslo Region, Norway. 1. Introduction to stratigraphy. — Norsk geol. tidsskr. 31, pp. 37—141, pl. 1—6. Oslo.
- Vogt, Th.*, 1923: Forholdet mellem sparagmitsystemet og det marine underkambrium ved Mjøsen. — Norsk geol. tidsskr., 7, pp. 281—385, pl. I—VIII. Kristiania.

## Kobberforekomstene på Straumsheia.

AV

HENRICH NEUMANN

Med 5 tekstfigurer.

### Historikk.

Presten Rejerus Gjellebøl til Valle prestegjeld skriver i 1780 i sin «Beskrivelse over Sætersdalen» at en kjøpmann fra Kristiansand ved navn Peder Linde 100 år tidligere, altså omkring 1680, hadde funnet «nogle Bjerge 2 Mile fra en Gaard ved Navn Strømme i Hyllestad Sogn paa de store Heder eller Udmarker som syntes at indeholde meget rige Sølvterser». Peder Linde bygget to store stemmer i et vann for å lede vannet derfra til gården Strømme hvor han anla smelteovn, bygget flere hus og «opgrov en stor Hoben Malm». Det berettes videre at arbeidet ble nedlagt «av Frygt for at omtalte Sølvbjerg vilde tage sin Gang under den omtalte Sø som er 1 Miil lang». Vannet som Peder Linde demmet opp er Mjåvatn i hvis østende der den dag i dag er dam, slik at vannet får utløp vestover ned til gårdene Straume istedenfor å ha sitt naturlige utløp østover ut i Straumsfjorden. I Mjåvatns umiddelbare nærhet er der imidlertid ikke nå kjent noen forekomst som kan mistenkes for å forsvinne under vannets nivå. Selv om man ikke kan se helt bort fra muligheten av at en forekomst som ble drevet for nær 300 år siden, siden kan være fullstendig overgrodd og glemt — er det vel mer sannsynlig at Gjellebøl har vært feil underrettet, og at Peder Lindes drift foregikk på den forekomst som nå er kjent som Gamle gruve og som ligger umiddelbart vest for nordenden av Stavsvatn. Det fremgår ganske klart av Gjellebøls beretning at han ikke selv har vært på stedet men bygger sine angivelser på muntlige beretninger. Den grunn som Gjellebøl oppgir til nedleggelsen 100 år etter at



driften er stoppet tør vel også være noe sagnbetonet. Hvis det er Gamle gruve det dreier seg om foregikk driften ca. 30 m over Stavsvatns nivå, og der var ingen grunn til å nedlegge driften av engstelse for at forekomsten i sin tid skulle forsvinne under vannet. Det tør vel heller være sannsynlig at rikertsen, som Peder Linde drev på, tok slutt og at der derfor ikke var noen annen mulighet enn å nedlegge. En slik antagelse kan passe bra med at oberstløytnant C. von Koss, som også drev Åmdals kobberverk, omkring 1750 lot stedet undersøke av en stiger fra Kongsberg men fant at forekomsten ikke var drivverdig og opptok ingen prøvedrift.

Fra den gamle drift lå der endel rik kobbererts på stedet, og i 1823 bygget Ole Sangesand en smelteovn like ved gruen og formsmeltet en del av denne erts. Han utvant derved «et par kløver kobber».

Umiddelbart etterpå, i 1825, besøker professor Esmark Straumsheia og anvisningen blir mutet av ham. Det har ikke vært mulig å bringe på det rene hva han må ha foretatt av prøvedrift eller produksjon.

Ved Scheerers besøk i 1844 var konsul Reinhardt i Kristiansand eier av forekomsten. Gruvedrift foregikk da i Amalie gruve og Gamle gruve.

I 1845 var det dannet et nytt selskap «Setesdalens kobberverk» som i juli samme år fikk utmål på følgende gruver og skjerp i Straumsheia: Kong Oscars gruve, Amalie gruve, Gamle gruve, Kvævind gruve, Brattebrok skjerp. Verket bygget en smeltehytte på Åraksbø i Bygland, som ligger 22 km langs vintervei fra gruvene. Verket ble senere nedlagt etter 1850. Det berettes at man har hatt vanskeligheter med å smelte malmen.

Senere har Straumsheias gruver i mange år vært holdt under frist av Evje nikkelverk som foretok undersøkelsesarbeider i 1910. Det ble da foretatt ganske vidstrakt røskning og avgrøftning samt gruvemessige undersøkelsesarbeider i Gamle gruve og Amalie gruve. Resultatet var negativt.

### Områdets geologi.

På Tellef Dahll og Theodor Kjerulfs kart over Kristiansands stift, utarbeidet i tiden 1858—1865, er der avsatt et suprakrustalfelt omkring den nordlige delen av Straumsfjorden og Mjåvatn. Feltet går igjen på senere oversiktskarter, men er ikke kommet med

på Hortedahl og Dons's kart av 1953. Tellef Dahlls observasjoner er imidlertid helt korrekte. Som vist på kartskissen fig. 2 består berggrunnen av kvartsitter og amfibolitter som stryker tilnærmet nord-syd og har et østlig fall. Bergartene er annenordens foldet, dette kan sees tydelig på flere steder, særlig pent i den steile skråning mot Straumfjorden like øst for det sted som er avsatt som Sollid på det gamle amtskartet. Området er gjennomført av forkastninger som stryker mellom øst og øst-nordøst. Disse preger landskapet ganske sterkt. På kartskissen fig. 2 har jeg avsatt to av dem. Det er ikke tvil om at en nøyaktig detaljkartlegning ville vise et meget større antall. Tellef Dahll har tegnet nordgrensen for sitt suprakrustalfelt ved Straumsfjorden. Jeg har imidlertid kunnet følge bergartene mange kilometer lenger mot nord, nemlig til Tømmervikvann, og med kikkert kan man se at bergartene fortsetter videre langt nordover. Strøkretningen peker så noenlunde mot kvartsitten ved Eidsborg, hvis sydlige begrensnig ikke er kjent, se fig. 1. Det er vel rimelig å anta at suprakrustalene kan følges kontinuerlig fra Eidsborg til Straumsheia og at Straumsheiafeltet således representerer den sydligste utløper av Telemarkformasjonen. Hvor langt sydover fra Straumsfjorden feltet fortsetter har jeg ikke hatt anledning til å undersøke.

Både kvartsittene og amfibolittene er gjennomvevet av ganger, eller større og mindre uregelmessige klumper, av granitiske bergarter, i stor utstrekning pegmatitter men oftest for finkornige til å fortjene en slik betegnelse. Dette er det ikke tatt hensyn til ved tegningen av kartskissen, og den er derfor i noen grad misvisende. Enkelte steder hvor det er avsatt kvartsitt er bergarten i den grad gjennomvevet av granitt at det i virkeligheten er meget mer granitt og pegmatitt på stedet enn det er kvartsitt. Man kan flere steder se at de granittiske bergartene, hva enten de nå opptrer i ganger eller klumper, gjennomskjærer suprakrustalene og at de derfor er yngre. De kan være av magmatisk eller metasomatisk opprinnelse. Hvis de er magmatiske skulle man vente at det enkelte kvartsittbånd vil svulme desto mer opp i bredden jo sterkere det er gjennomvevet med granitt. Hvis de er metasomatiske skulle man vente at kvartsittbåndets bredde i kartbildet er helt uavhengig av gjennomvevningsgraden. En detaljert undersøkelse av disse forhold ville være av vesentlig interesse og skulle være lett gjennomførbar når man nå i nærmeste fremtid får gode topografiske kart over området.

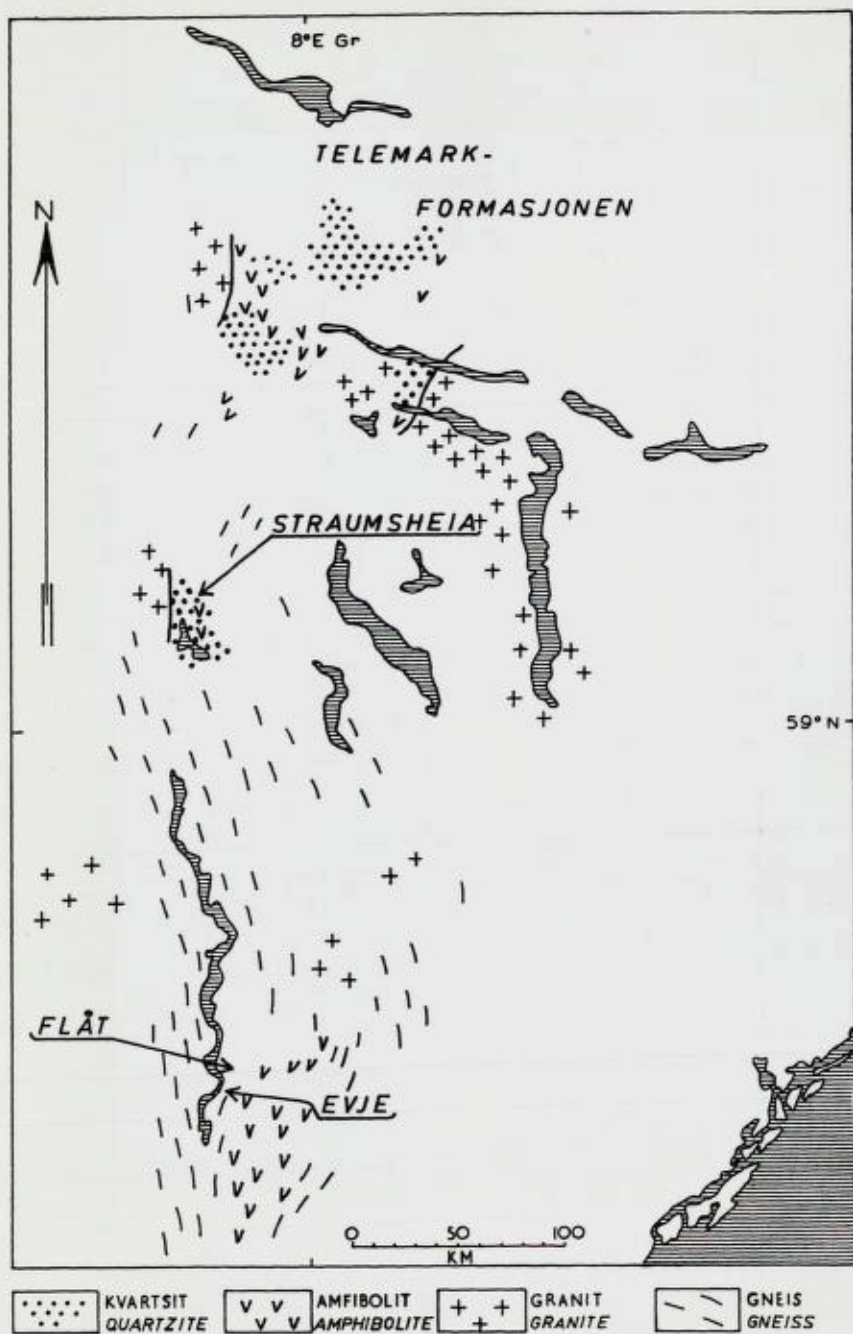


Fig. 1. Geologisk kart over Straumsheias omgivelser.  
Geological map of the surroundings of Straumsheia.

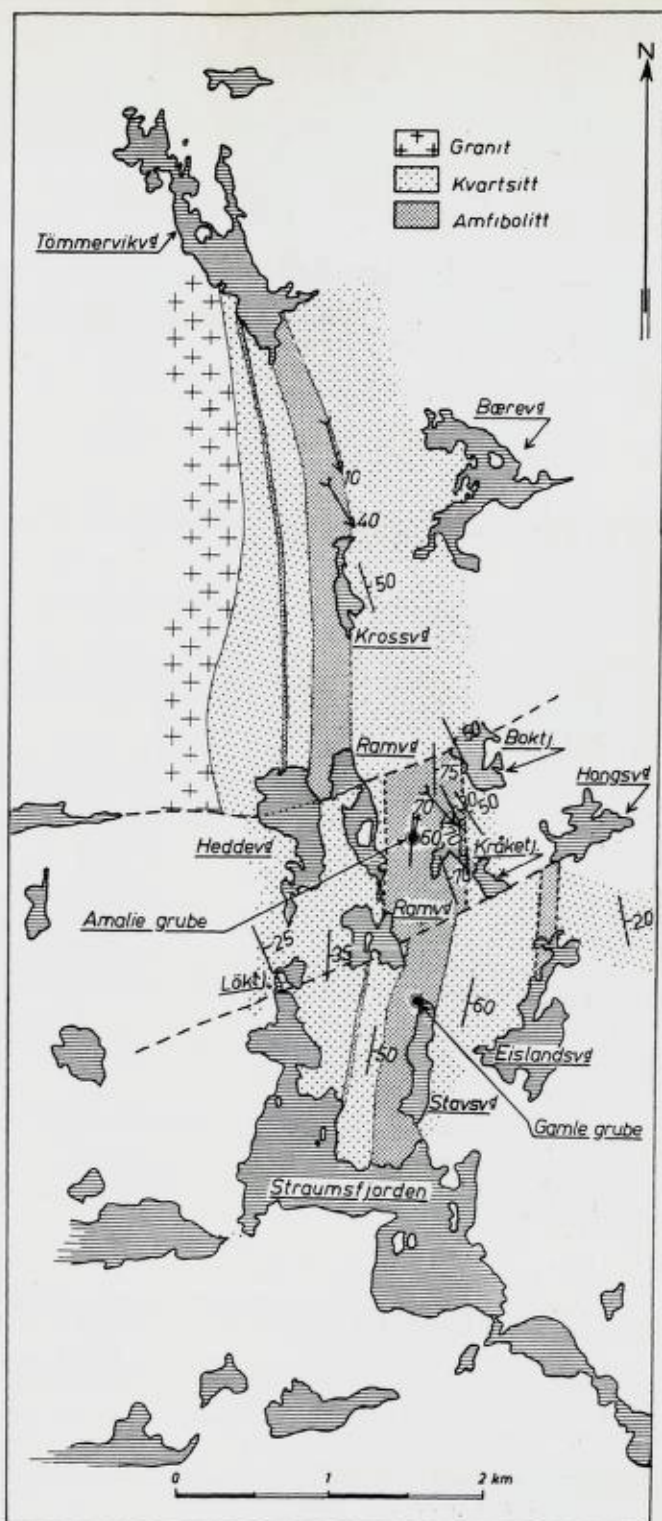


Fig. 2. Geologisk kart over Straumsheia, tegnet på grunnlag av flyfotografier.  
Geological map of Straumsheia.

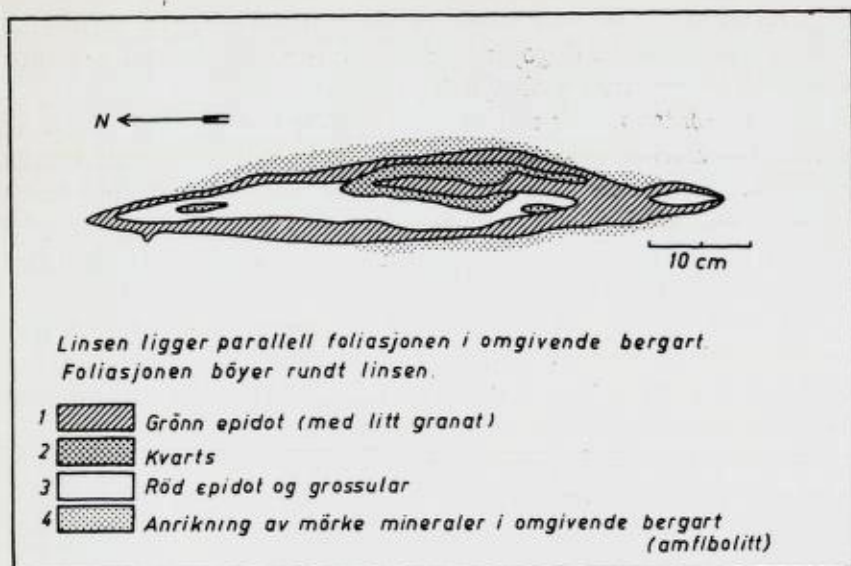


Fig. 3. Linse i amfibolitt. Gamle gruve.

*Lens in amphibolite. 1. Green epidote (with some garnet). 2. Quartz. 3. Red epidote and grossularite. 4. Concentration of dark minerals in surrounding amphibolite.*

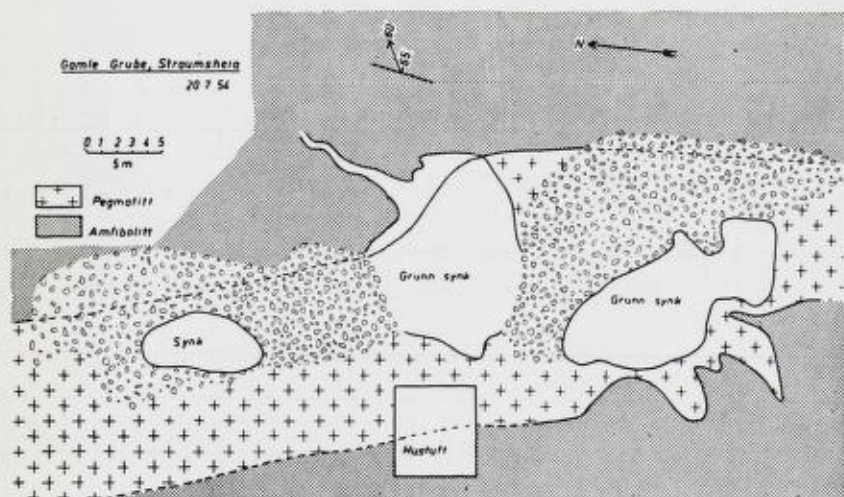


Fig. 4. Kartskisse av Gamle gruve.

*Sketch map of Gamle grube («Old Mine»).*

Kvartsittene er noe urene og deres tydelige parallellstruktur kommer av orienterte flogopitter samt noe jernerts, visstnok hematitt. Dessuten inneholder de ubetydelig feltspat.

Amfibolittene viser rett ofte en nydelig lineasjon på grunn av parallellorientering av hornblendenaalene. Lokalt, som ved Amalie gruve, kan bergarten bestå vesentlig av epidot og biotit uten hornblende. Dessuten inneholder den forholdsvis små mengder plagioklas av sammensetning  $Ab_{73} An_{27}$  og ubetydelige mengder kalifeltspat og kvarts.

I amfibolittene sees flere steder, i nærheten av pegmatittene, små linser av nydannede mineraler. En slik linse i amfibolitten ved Gamle gruve er det vist en skisse av i fig. 3. Den har en ytre sone av grønn epidot, deretter en sone av kvarts, og en kjerne av rød epidot og grossular. Det er en tydelig anrikning av mørke mineraler i bergarten omkring linsen.

### Forekomstene.

En svak impregnasjon med kobberglans forekommer flere steder i de granitiske bergarter og gir seg lett tilkjenne ved de grønne forvitningsfarger. Småskjerp finnes flere steder i feltet, men arbeide av noen betydning har vesentlig pågått på to steder, nemlig ved Gamle gruve og ved Amalie gruve.

#### *Gamle gruve.*

Brytningen har foregått i et grunt dagbrudd med ubetydelige avsynkningsarbeider på et par steder. I fig. 4 er det gitt en skisse av forekomsten. Pegmatitten, som det har vært drevet på, har meget uregelmessig begrensnings mot den omgivende amfibolit. Det er imidlertid ingen tvil om at pegmatitten gjennomskjærer amfibolitten og bare rent unntagelsesvis er grensen parallell med foliasjonen i amfibolitten.

I fast fjell er det ikke nå mulig å finne malm, og man må se seg godt om for å finne et og annet lite korn av kobberglans i pegmatit. Også på berghallene er malmstykker nærmest å betegne som en sjeldenhet. Å dømme etter eldre beretninger har malmen vært noe nær ren kobberglans funnet langs en eller flere horisontale slepper i pegmatitten. Mektigheten av disse horisontale malm-«legemer» har neppe noe steds overskredet 10 cm. I 1844 tok Th.

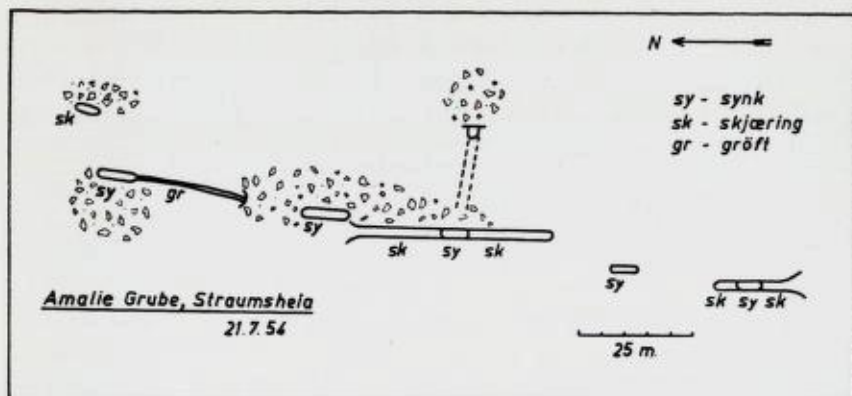


Fig. 5. Kartskisse av Amalie gruve.  
Sketch map of Amalie mine.

Scheerer gjennomsnittsprøver av to ved Gamle gruve liggende malmhauger og fant i den ene 66,39 % kobber og i den annen 37,97 % kobber. (Den teoretiske sammensetning av ren kobberglans er 79,8 % Cu 20,2 % S). Kobberglansen fra Straumsheia er sølvholdig. Ifølge Helland skal professor Esmark ha funnet i ren kobberglans 22 lodd sølv i centneret, dvs. 0,69 % Ag i kobberglans hvilket er et ganske oppsiktsvekkende høyt sølvinnhold for dette mineral. Ifølge samme kilde ble der også konstatert gull i det av kobberglansen utvunne sølv.

#### *Amalie gruve.*

Amalie gruve ligger oppe på toppen av en liten nord-syd strykende omfibilittås. De kobberførende pegmatittganger har vært fulgt med grøfter og skjæringer over en lengde av ca. 200 meter, se fig. 5. Gangene har delvis vært avbygget ved drift i skjæringer, delvis ved synker av ganske anseelig dybde. Det er dessuten fra øst til midt i gruvefeltet anlagt en stoll som fortsetter i en slesesynek opp til en skjæring. De gamle skjæringer og grøfter er nå rent tilgrodd, og det er vanskelig å studere de geologiske forhold i detalj. Det synes imidlertid som det er 3 til 5 parallelle pegmatittganger som ligger stjert om stjert. I skjæringen øverst i slesesyneken har den kobberførende pegmatittgang en maksimal bredde av 40 cm. Den stryker 10° øst for nord og faller 60° mot øst. Fallet blir slakere nedover

i slepesynken. Pegmatittgangen er parallelstruert med lange flate slirer av rik kobberglans impregnasjon.

Th. Scheerer undersøkte den gjennomsnittlige kobbergehalt i malm fra 4 forskjellige arbeidsplasser i Amalie gruve med følgende resultat:

|        |         |        |
|--------|---------|--------|
| Nr. 1. | 8,89 %  | kobber |
| » 2.   | 16,83 % | »      |
| » 3.   | 24,43 % | »      |
| » 4.   | 17,76 % | »      |

En gjennomsnittsprøve av avkastet fra håndskedingen viste en kobbergehalt på 6,5 % Cu.

Pegmatitten består hovedsakelig av feltspat med noe kvarts og høyst ubetydelig muskovit samt sparsomt granat. En del malmstykker fører også flusspat. Kobberet forekommer som kobberglans med noe broget kobber. Scheerer omtaler også som stor sjeldenhet velkrystallisert apatit av grønnlig til gråhvit farge. På et eneste sted på berghallen finnes i forholdsvis store mengder noen ganske karakteristiske stykker med mye grønn epidot, kvarts og karbonater og rett rikelig med flusspat, og med en noe sparsom kobberglansføring. Disse stykkene skriver seg antagelig fra en liten hydrotermal gang eller en hydrotermallinse uten særlig utbredelse.

### Driften.

Det har vært ugjørlig å skaffe seg en fullstendig oversikt over gruvenes produksjon. Scheerer nevner at inntil november 1844 er der utvunnet 169 tonn malm fra Straumsheias gruver med et kobberinnhold på vel 30 tonn Cu. I disse tall er formentlig ikke resultatene fra tidligere perioders drift tatt med. Det lar seg ikke gjøre å skaffe rede i hva som er utvunnet av malm og kobber etter 1844, men nedleggelsen av verket ikke så svært lenge etter tyder ikke på storartede resultater. Det synes rimelig å anta at den samlede produksjon fra Straumheias gruver neppe overstiger 100 tonn Cu, og ikke under noen omstendighet noen få hundre tonn Cu.

Forekomstenes historie synes å vise at gruvene alltid har vært i en ubehagelig nærhet av drivverdighetsgrensen. Dette gjaldt i eldre tider da kobber i stor utstrekning ble utvunnet av meget rike småforekomster. Med den senere rivende utvikling av anrikningsteknikken er smågruver med rikmalm blitt ulønnsomme og det har funnet sted en total omlegning av kobberdriften til forekomster med



store mengder av relativt fattigere malm. Under de nåværende forhold er der ingen mulighet for lønnsom drift av Straumsheias gruver, selv om der skulle bli gjort nyfunn av malm av tilsvarende kvalitet til den som er drevet ut.

### Mineralene.

Gangene består overveiende av plagioklas som i Gamle gruve har sammensetningen  $Ab_{90}An_{10}$  og i Amalie gruve  $Ab_{80}An_{20}$ , kalifeltspat finnes i meget sparsomme mengder. Det nest alminneligste mineral er kvarts, glimmer er av underordnet betydning. Glimmermineraler er biotit i Amalie gruve, mens den av Scheerer omtalte «grønne glimmer» er karakteristisk for Gamle gruve. Den «grønne glimmer» viser seg ved nærmere undersøkelse å være en muskovit som er nesten i sin helhet omvandlet til klorit som er optisk negativ med lav dobbeltbrytning og  $n \sim 1,600$ . Kloriten er etter Winchell's nomenklatur en delessit.

Granat og magnetit er alminnelige accessoriske mineraler på begge forekomster. Granaten er etter utseendet å dømme en vanlig manganrik pegmatitgranat. Grønlig til gråhvit apatit i vakre krystaller fra Amalie gruve omtales av Scheerer som en stor sjeldenhet. Den gule beryl i Gamle gruve må være alminneligere enn Scheerer gir uttrykk for da jeg fant flere vakre krystaller på opptil 5 cm lengde under mitt opphold på Straumsheia i 1954. I et enkelt stykke på berghallen i Gamle gruve ble det funnet et sterkt gult mineral med diamantglans i sprekker i plagioklas ca. 1 mm vide og 1 cm lange. Et røntgenpulverdiagram viser at mineralet er brookit. Brookit er ikke tidligere funnet i Norge.

Kobbermineralene er kobberglans og broget kobber av hvilke det første opptrer i uten sammenligning størst mengde. Av sekundære kobbermineraler er det funnet malakit og chrysocoll.

Ved kvalitativ kjemisk analyse påviste Scheerer i 1844 uran og niob i et sort mineral fra Gamle gruve, og diagnostiserte mineralet forsøksvis som uranniobit. En røntgenundersøkelse (røntgenpulverdiagram) av det sorte, radioaktive mineral i Scheerers originalstykker som finnes på Geologisk Museum, viser at mineralet er uraninit. Det må derfor enten ha vært et niobholdig pegmatitmineral tilstede sammen med uraniniten i det av Scheerer benyttede (og oppbrukte) analysemateriale, eller det må være begått en analytisk feil. Da det ikke har vært mulig å påvise noe niobmineral hverken i Scheerers ori-

ginale stykker eller i annet materiale fra Straumsheia er det vel sannsynlig at den sistnevnte forklaring er den riktige på tross av Scheerers anerkjent eminente dyktighet som analytiker. Uraninitten opptrer meget sparsomt, Gamle gruves berghaller, synker, skjæringer og blotninger ble gått omhyggelig over med en Geigerteller velvilligst utlånt av Norges Geologiske Undersøkelse, og radioaktiviteten funnet å være lavere enn for den gjennomsnittlige syd-norske pegmatitgang. I Amalie gruve kunne det overhodet ikke påvises noen radioaktivitet høyere enn i de omgivende bergarter. Av sekundære uranmineraller er det funnet kasolit og et uidentifisert gulgrønt mineral i Gamle gruve. Kasoliten er identifisert ved sitt røntgendiagram som er identisk med diagrammet av kasolit fra typelokaliteten. Det uidentifiserte mineral er for finkornet til detaljert optisk undersøkelse, men alle indekser ligger over 1,644 og under 1,670. Den gir samme røntgendiagram som «uranotilen» fra Palermo Mine, New Hampshire. Ingen av disse mineraler er tidligere påvist i Norge, men vil antagelig vise seg å forekomme også andre steder når våre uranokkere og gummiter blir nærmere undersøkt.

#### **Tillegg: Cyprin.**

Th. Kjerulf skriver i 1879 i Udsigt over det sydlige Norges geologi, s. 249 under Strømsheien gruber: «Herfra kjendes cyprin, flusspat, uranniobit». Scheerer nevner ikke cyprinen i sin avhandling av 1844, og mineralet er ikke nevnt i Tellef Dahlls dagbok fra hans besøk ved gruvene i 1863. I Geologisk Museum finnes at ganske stort materiale av cyprin fra Straumsheia. Cyprinen (enakset negativ,  $\omega = 1.700 \pm 0.002$ ) forekommer sammen med rikelig fiolett flusspat, og stykkene viser tydelig foliasjon. På etikettene er det ikke angitt noen nøyaktigere lokalitet enn «Strømsheien» (som er et område på mange titusen mål), og det er ingen opplysninger om hvem som har samlet materialet eller når det ble samlet. På grunnlag av ovenstående er det rimelig å anta at cyprinen ble funnet i tiden mellom Dahlls befarung i 1863 og Kjerulfs utgivelse av «Udsigten» i 1879. Min reise til Straumsheia sommeren 1954 var først og fremst foranlediget av et ønske om nærmere å studere cyprinens forekomstmåte, det ble imidlertid ikke funnet spor av cyprin hverken på Amalie gruves eller Gamle gruves berghaller. Det eneste holdepunkt man har for at cyprinen skulle være funnet i en av Straumheias gruver er Kjerulfs ovenfor siterte bemerkning i «Udsigten», stykkene

på Geologisk Museum er tildels begrodd med forlengst inntørket og bortsmuldrende mose og er åpenbart tatt fra en blotning i dagen og ikke fra en grubesynk eller stoll. Det synes nærliggende å anta at cyprinen er genetisk beslektet med de nydannede minerallinser som er beskrevet på s. 24 og tegnet i fig. 3 og med de epidot-fluspat stykker som finnes på Amalie gruves bergshall som nevnt på s. 26. Hvadenten cyprinen er funnet langt fra gruvene eller i en av disses umiddelbare nærhet tilhører den i et hvert fall ikke den pegmatitiske mineralparagenese som har gitt grunnlag for kobberdriften på Straumsheia.

### Summary:

#### *The copper deposits in Straumsheia.*

The deposits have been known for more than 250 years, and have been worked off and on during that period of time with no great success. The total production has probably not been more than one hundred tons of copper. As shown in figs. 1 and 2 they are situated in an area consisting of supracrustal rocks which are probably an extension of the Telemark formation found to the north. The supracrustal rocks, quartzites and amphibolites, contain very numerous irregular lumps and dykes of granite and pegmatite.

Pegmatites have been mined for copper in Amalie gruve and Gamle gruve. The following minerals have been found: Plagioclase ( $An_{10}-An_{20}$ ), quartz, (potash feldspar), biotite (Amalie), delessite (Gamle gruve), garnet, magnetite, apatite (Amalie), yellow beryl (Gamle gruve), brookite (Gamle gruve), epidote (Amalie), fluorite (Amalie), chalcocite, bornite, malachite, chrysocolla, uraninite (Gamle gruve), kasolite (Gamle gruve), uranotil (Gamle gruve).

The origin of the cyprin (green vesuvianite) from Straumsheia is uncertain, it does not belong to the paragenesis of the cupriferous pegmatites.

Brookite and kasolite are new species for Norway.

### Litteratur.

- Dahll, Tellef. Dagbog 1863. NGU's arkiv.  
Gjellebøl, Rejerus. Beskrivelse over Sætersdalen. 1780.  
Helland, Amund. Norges Land og Folk. IX Nedenes Amt. Kristiania 1904.  
Kjerulf, Theodor. Udsigt over det sydlige Norges Geologi. Christiania 1879.  
Scheerer, C. J. A. Theodor. Resultater af en mineralogisk Reise i Tellemarken 1844. Nyt Magazin for Naturvidenskaberne, IV, p. 405, 1845.

# Spessartite and Pseudotachylyte intruded on the Thrusting-zone of the upper Jotun Eruptive Nappe near Nautgardstind, East-Jotunheimen.

BY

BRYNJULF DIETRICHSON

With 19 text-figures.

As a supplement to my paper treating pseudotachylytes on the thrusting zones SE of Jotunheimen (1953) I now give some preliminary results from investigation of samples collected in the summer 1954 near the summit of Nautgardstind (2257 m alt.).

The well known forms of this most important mountain in East-Jotunheimen, NW-part of quadrangle E30Ø, Sjødalen\* appears on fig. 1, as they are recognizable in most of the highland to the S and SE.

From the locality where the samples were collected and phot. fig. 2 was taken, namely 100 m lower and some hundred metres NNE of the summit, the configuration is more rugged. This is due to the great cirque extending to the north, with almost vertical walls 300 m high in the south, the east and the west, forming a cul-de-sac  $1 \times 1\frac{1}{2}$  kms. This is «Store Nautgarden», which means «the big enclosure for cattle». The summit is regarded as a former nunatak (Werenskiöld 1945, p. 26) see fig. 3. The massive rock is broken into blocks, but these were not carried away by the glacier, as on the somewhat lower summits (below 2000 m alt.) in Jotunheimen.

The sample No. 92 shown in fig. 4 is however taken in situ rock from the narrow edge of the precipice (fig. 2), and so are the

\* A synopsis of the results from the northern halves of this and the neighbouring quadrangle F30V, Vinstra, bearing on fundamental mountain problems is planned to come in Norsk Geol. Tidsskr. Bd. 35, 1955.



Fig. 1. *Nautgardstind*, (2257 m) view towards the NW from Besstrand-Rundhø (1391) 9 kms distant. The river Russa occupies the valley; Store Hindnubben (2167 m) lies to the right. Authors photo.

*Nautgardstind sett mot nord-vest fra Besstrand— Rundhø i avstand 9 km.*



Fig. 2. *Nautgardstind*, view towards the SSW from the edge of the precipice 100 ms lower and about 250 ms from the summit. Layered mangerite (Hypersthene-monzonite) of Upper Jotun eruptive nappe — falling westward. Authors photo.

*Toppen av Nautgardstind sett mot syd-sydvest fra kanten av Store Nautgarden ca. 100 m lavere i ca. 250 m avstand.*





Fig. 3. View towards the N from the edge of the precipice 250 ms NNE from the summit of Nautgardstind. Authors photo.  
 Utsikt nordover fra kanten av Store Nautgarden, ca. 100 m lavere enn toppen av Nautgardstind.

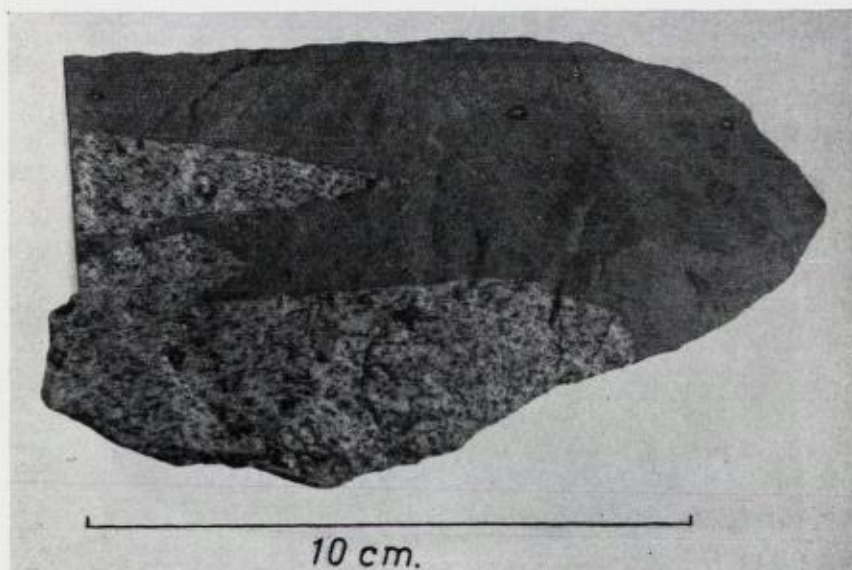


Fig. 4. Sample No. 92. From edge of precipice (2160 m), 100 ms lower and 250 ms NNE of the summit of Nautgardstind. Light wall rock mangerite (hypersthene-monzonite) mainrock of Nautgardstind. Dense, grey forkshaped dyke of pyroxene lamprophyre (*spessartite*). Thinsection No. 92 — photomicrograph fig. 11 was cut to the left. Sjøwall photo.

Prøve nr. 92 fra kanten av Store Nautgarden 100 m lavere enn toppen av Nautgardstind. Lys hovedbergart gjennomset av tett, grå — upresset spessartit.

The composition is thus monzonitic and very near the «Mangerit, Übergangstypus zum Jotun-Norit, westlich des Bitihorns, Jotunheimen» Analysis I on request of V. M. Goldschmidt (1916, p. 40).

Our rock may likewise be termed mangerite, although the microperthite is less dominant, and is nearer the Jotun norite than Goldschmidt's mangerite.

How near our rock on the other side is related to the hypersthenesyenites of the Bergen-Jotun-kindred, appears from the two further analyses given below on p. 36. The mangerite may thus be regarded as belonging to an *intermediate gravimetrically differentiated layer in the magma-basin*, between the Jotun norite and the hypersthenesyenite. The analyses are carried out on samples collected in the Jotunheimen on a NE—SW line about 60 kms. apart. The reciprocal relationship between these two indicates as does the relationship between the analyses of No. 91 and of Goldschmidt's mangerite from West-Jotunheimen (op. cit.) — in a NNE—SSW line 30 kms apart — a wide extension of the primary layers and of the basin. As is well known the charnockitic (anorthositic) rocks characteristically form very large bodies (J. S. Shand, 1949, p. 279).

How far the layers in the summit of Nautgardstind, visible on fig. 2, falling from the E to the W, may safely be interpreted as the result of primary gravimetric differentiation, will require a series of samples for analyses — a useful task for climbers. The presumed layers seems roughly parallel to the westwards slope of the mountain (fig. 1). The semistiff nappe has during the thrusting towards SE developed concordance with the general configuration of the basement. As mentioned later (p. 29) this formed NW—SE running ridges and valleys.

The composition of this rock sample No. 127, analysis on p. 36 is thus as for a *hypersthenesyenite*, extraordinary rich in apatite and ore minerals. Megascopically and in thin-section the sample No. 127 shows however a picture quite different from the abyssic rock namely a dense, irongrey, tough rock with 3—4 mm black veinlets. Relics of flesh-coloured alkali feldspar and traces of pyrite are visible with the lens.

Photomicrographs of the thin-section ( $\times 160$ , in plane polarized light and with crossed nicols respectively) are the figs. 7 and 8.



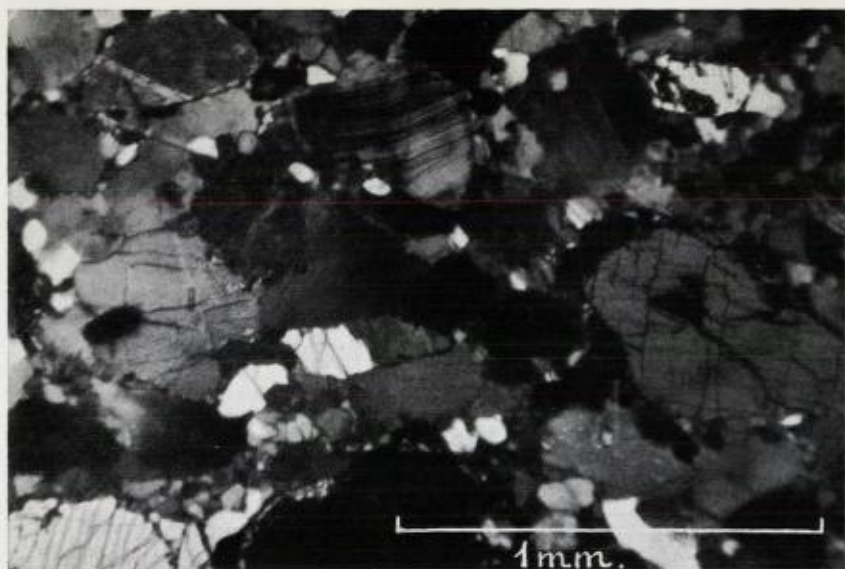


Fig. 5. Photomicrograph of sample No. 91 (2160) mainrock of Nautgardstind (Mangerite)  $\times 48$ , crossed nicols. Proclastic bent plagioclase ( $An_{30}$ ) Perthite, rhombic and monoclinic pyroxene. Authors photo.

*Mikrofoto av hovedbergarten i Nautgardstind (prøve nr. 91). Protoklastisk struktur i plagioklas,  $An_{30}$  ( $\times 48 + n$ ).*

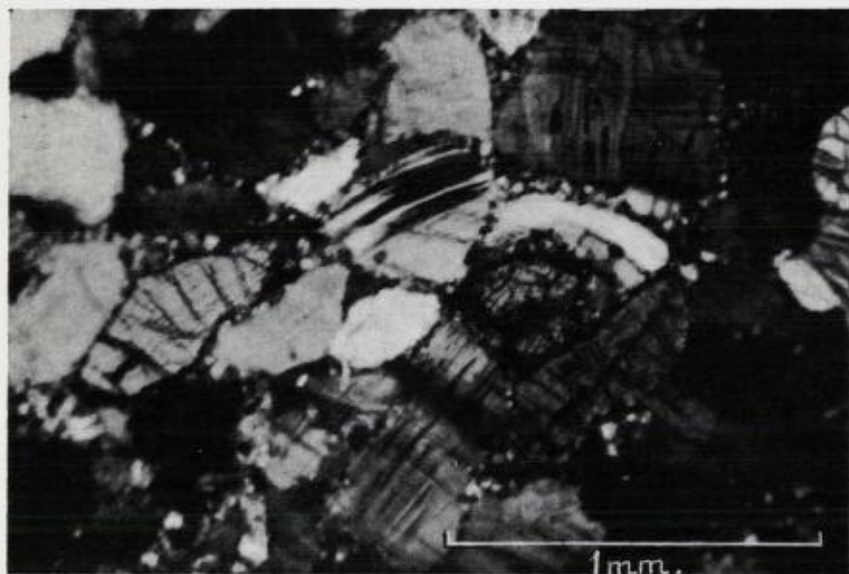


Fig. 6. Photomicrograph of sample No. 114 (1500 m) Jotun norite Slope from Hindnubbene 6 kms NE of Nautgardstind. Xenolith in lamprophyre,  $\times 48$ , crossed nicols. Abundant bent plagioclase ( $An_{34}$ ) Antiperthite, rhombic and monoclinic pyroxene. The locality is shown in fig. 13. Authors photo.

*Mikrofoto av nr. 114 av xenolit i lamprofyr, hellingen av Hindnubbene 6 km NE for Nautgardstind — Jotun-norit med  $An_{34}$  i protoklastisk bøyde plagioklorkorn ( $\times 48 + n$ ).*

*Analysis of No. 127 E30Ø—1953, Mylonite, Valdresfly-veien (highway), Brurskardlia near Gjendesheim, Jotunheimen 19/8 1953 1040 m alt., 5 kms SE of Nautgardstind by Brynjolf Bruun, N.G.U. chem. lab. No. 214, Dec. 1953.*

*Sp.gr. 2,76 and H<sub>2</sub>O-determination by R. Larsen.*

|                                |        | <i>C. I. P. W. norm:</i>                                     |     |     |             |      |     |            |            |            |
|--------------------------------|--------|--|-----|-----|-------------|------|-----|------------|------------|------------|
| SiO <sub>2</sub>               | 58,43  | Ap.  | Il. | Mt. | Or.         | Ab.  | An. | Hy.        | C.         | Q          |
| TiO <sub>2</sub>               | 1,00   |  |     |     |             |      |     |            |            |            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 17,17  |  |     |     |             |      |     |            |            |            |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 5,22   | 1,1  | 1,6 | 5,4 | 32,0        | 42,0 | 9,0 | 4,0        | 0,5        | 4,4        |
| FeO                            | 3,59   | <u>8,1</u>   |     |     | <u>83,0</u> |      |     | <u>4,0</u> | <u>0,5</u> | <u>4,4</u> |
| MnO                            | 0,08   |  |     |     |             |      |     | <u>4,0</u> | <u>0,5</u> | <u>4,4</u> |
| MgO                            | 1,29   |  |     |     |             |      |     |            |            |            |
| CaO                            | 2,52   | 36% Or   |     |     |             |      |     |            |            |            |
| Na <sub>2</sub> O              | 4,66   | 64 % plag. Or <sub>5</sub> Ab <sub>78</sub> An <sub>17</sub> |     |     |             |      |     |            |            |            |
| K <sub>2</sub> O               | 5,39   |  |     |     |             |      |     |            |            |            |
| H <sub>2</sub> O               | — 0,07 |  |     |     |             |      |     |            |            |            |
| H <sub>2</sub> O               | + 0,33 | En   |     |     |             |      |     |            |            |            |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,55   | Fs = 9   |     |     |             |      |     |            |            |            |
| <hr/>                          |        |  |     |     |             |      |     |            |            |            |
|                                | 100,30 |  |     |     |             |      |     |            |            |            |

*Analysis of sample of hypersthene-syenite, collected by Th. Kjerulf on Suletind (1781 m alt.) Filefjell, quadrangle D31Ø — West-Jotunheimen, 60 kms from No. 127, carried out by O. Røer on the request of V. M. Goldschmidt (1916, p. 43).*

*Sp.gr. 2,703, determined by Endre Berner.*

|                                |             | <i>C. I. P. W. norm:</i>                                       |     |     |             |      |     |            |     |            |            |
|--------------------------------|-------------|--|-----|-----|-------------|------|-----|------------|-----|------------|------------|
| SiO <sub>2</sub>               | 61,93       | Ap.  | Il. | Mt. | Or.         | Ab.  | An. | Di         |     | Hy.        | Q          |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,78        |  |     |     |             |      |     | Wo.        | Hy. | Hy.        | Q          |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 17,41       |  |     |     |             |      |     |            |     |            |            |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 1,16        |  |     |     |             |      |     |            |     |            |            |
| FeO                            | 3,74        | 0,8  | 1,2 | 1,2 | 36,0        | 45,5 | 6,4 | 0,8        | 0,8 | 5,2        | 2,1        |
| MnO                            | 0,18        | <u>3,2</u>   |     |     | <u>87,9</u> |      |     | <u>1,6</u> |     | <u>5,2</u> | <u>2,1</u> |
| MgO                            | 0,73        |  |     |     |             |      |     | <u>6,8</u> |     |            |            |
| CaO                            | 2,14        |  |     |     |             |      |     |            |     |            |            |
| BaO                            | 0,21        | 37½ % Or   |     |     |             |      |     |            |     |            |            |
| Na <sub>2</sub> O              | 5,07        | 62½ % plag: Or <sub>5</sub> Ab <sub>83</sub> An <sub>12</sub>  |     |     |             |      |     |            |     |            |            |
| K <sub>2</sub> O               | 6,16        |  |     |     |             |      |     |            |     |            |            |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,32        |  |     |     |             |      |     |            |     |            |            |
| CO <sub>2</sub>                | 0,08        |  |     |     |             |      |     |            |     |            |            |
| H <sub>2</sub> O               | — 105° 0,08 | Considering that BaO goes into Or, one should probably quote:  |     |     |             |      |     |            |     |            |            |
| H <sub>2</sub> O               | + 105° 0,37 | 62 % plag: Or <sub>5</sub> Ab <sub>84</sub> An <sub>11</sub> . |     |     |             |      |     |            |     |            |            |
| S                              | 0,02        | En   |     |     |             |      |     |            |     |            |            |
| <hr/>                          |             | Fs = ½   |     |     |             |      |     |            |     |            |            |
|                                | 100,38      |  |     |     |             |      |     |            |     |            |            |

They show the black veinlet with much hornblende (plagioclase—hornblende lamprophyre—spessartite?) and the adjacent dense, but somewhat coarser mylonitic wallrock with abundant microlites and some feldspar-relics with many perthite-drops evidently of much higher refraction. They probably consist of more An-rich plagioclase, similar to those in No. 91 — fig. 5, and in No. 93 and No. 92 (figs. 9—10—11) but appearing more abundant in No. 127. The development of the rocks represented by the samples No. 91—92—93 on one side and the sample No. 127 on the other seems, as will be demonstrated below, due to closely related processes during the tectonization. —

The second analysis on p. 36 is quoted from V. M. Goldschmidt (1916, p. 43) whose description of the rock I am not able to improve upon. On p. 44 l.c. Goldschmidt has the following mineral calculation for the rock, in fairly good accordance with the C. I. P. W. norm, though I have reckoned BaO in  $An_{6,4}$ . In reality the Celsian goes into Or:

| Apat. | Ilm. | Magn. | Ort.  | Alb.  | An.  | Cels. | Diops.  | Hyp. | Qtz. | Pyr. | Calc. |
|-------|------|-------|-------|-------|------|-------|---------|------|------|------|-------|
| 0,78  | 1,48 | 1,68  | 36,49 | 43,09 | 6,03 | 0,58  | 1,5—2,0 | 5,5  | 2,38 | 0,04 | 0,19  |
| 3,94  |      |       | 86,19 |       |      |       | 7,34    |      |      |      |       |

The 3 analyses hitherto quoted seemingly represent layers of slightly increasing acidity, supposing that no considerable quantities of alkalies have migrated from the mylonitized layer represented by sample No. 127. In the vicinity of the locality (S. Brurskardknapp, see Dietrichson 1950, p. 115), where the alkalirich layers during the thrusting came in contact with phyllites or other  $H_2O$  rich schists, (The flysch of the Valdresparagmite) the production of «ichor» on the thrusting zones is manifested in some «pegmatite»-dykes and veins.

The layers represented by sample No. 127 and the sample of hypersthene-syenite from Suletind, evidently belong primarily to higher layers in the upper Jotun eruptive nappe than our layer in Nautgardstind (No. 91), and they were thrust forward in the SE direction. The present distance between the «frontier» of the layers of Nautgardstind (No. 91) and the frontier of the layers represented by No. 127 in 1040 m alt. (Gjendesheim) is 5 kms. Similarly of the hypersthene-syenite in Suletind (1781 m alt.) may be estimated to about the same distance.

The advancement of the nappes is naturally much dependent on the configuration of the basement and its mechanical and chemical character. The mineral composition changes with P, T variations, but very important for the metamorphism on the thrust-zones is the extent to which the primarily «dry» charnockitic (V. M. Goldschmidt 1922, p. 9) Jotun eruptive nappes were exposed to H<sub>2</sub>O — influence (cfr. I. Th. Rosenqvist 1952, p. 91). This was obviously abundant where the thrust-plane developed on a sedimentary, schistose basement, and great masses of anorthosite-norite were transformed into «saussurite-gabbros». The newly formed OH-bearing minerals controlled the further the movement serving as lubrication medium.

The *upper* Jotun eruptive nappe in the foreland met with a rugged relief of NW-SE running ridges, remnants of the lower, anorthositic layers of the *lower* Jotun eruptive nappe. Between the ridges the advancing upper nappe contacted sedimentary layers, *first* of the flysch (the Valdresparagmite) deposited during the very long period of erosion (cfr. T. Strand 1941, p. 274, and 1951, p. 27) following and contemporaneous with the overfolding from NE towards SW (Dietrichson 1950, p. 140, map fig. 1), and 1953, p. 66). The regional, general character of these movements (lateral compression) was quite recently pointed out by Th. Vogt (1954, A, B, C). *Secondly*, farther towards SE in the foreland the upper Jotun eruptive nappe also contacted parts of the Cambro-Ordovician sedimentary basement. A host of varied metamorphic, tectonized rocks were produced on the outer parts of the thrust-zones. Through the ages geologists have tried to force these rocks to tell: «Ihre lange Geschichte von besseren Tagen». (Friedrich Becke). The key to the inner part of our mountainchain and the problem seems however to be represented by the rock described in the following section.

*The grey, dense dykerock of Nautgardstind.*

The intrusion of this rock seems evidently to be due to the same movements as is the mylonitization of No. 127 near Gjendesheim, with its black veinlets, apparently similar to No. 93, cfr. the photomicrographs figs. 7 & 8.

First shall be considered the analysis of No. 93 (p. 40):

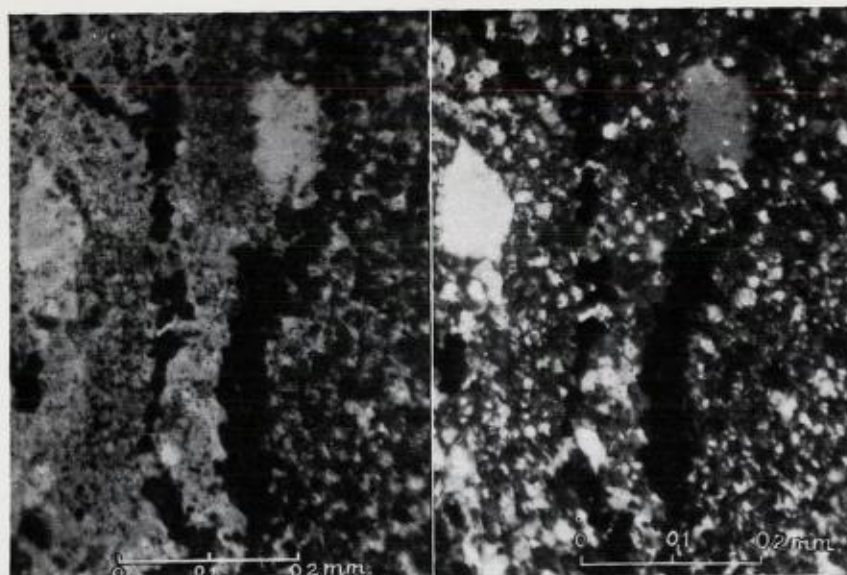


Fig. 7. Photomicrograph of sample No. 127 (1040 m). Hypersthene-syenite-mylonite, Valdresfly highway near Gjendesheim.  $\times 160$ , planepolarized light. Wallrock with feldspar relics to the left. Notice perthite drops, An-rich with high refraction. Black: magnetite. To the right hornblende-rich black veinlet (spessartite?). Authors photo.

*Mikrofoto av prøve nr. 127. Hypersthen-syenit-mylonit (til venstre) med sort, tett åre av hornblenderik bergart, som antas å ha samme opprinnelse som spessartiten i Nautsgardstind. Bemerk pertit-dråper i mylonitten ( $\times 160 \neq$  lys).*

Fig. 8. Photomicrograph, same as fig. 7.  $\times 160$ , but crossed nicols.

Authors photo.

*Mikrofoto — samme som fig. 7 + n. Opak. magnetitrånd langs grensen.*

Trøger (1935) quotes for No. 318 (p. 140). Spessartite as the theoretical example of hornblende-plagioclase-lamprophyre:

|  |                    |                       |
|--|--------------------|-----------------------|
| ca. 45 plagioclase An <sub>25-45</sub> | Our rock has norm: | 52,2 An <sub>41</sub> |
| » 40 hornblende . . . . .              | —»—                | 37,6 Hy + Di          |
| ± diopside                             |                    |                       |
| » 10 orthoclase . . . . .              | —»—                | 4,5 Or                |
| ± quartz . . . . .                     | —»—                | 1,2 Q                 |
| » 5 ore, apatite . . . . .             | —»—                | 4,5Ap + $\Pi$ + Mt.   |

*Analysis of No. 93, dyke-rock Nautgardstind 13/8, 1954*  
 by Miss Erna Christensen, N. G. U. chem. lab. No. 338, Des. 1954.  
*Sp.gr. 2,97 and H<sub>2</sub>O-determination by R. Larssen:*

|                                |        | <i>C. I. P. W. norm:</i>                                       |     |     |      |      |      |      |     |      |     |
|--------------------------------|--------|--|-----|-----|------|------|------|------|-----|------|-----|
| SiO <sub>2</sub>               | 53,66  |  |     |     |      |      |      |      |     |      |     |
| TiO <sub>2</sub>               | 1,29   |  |     |     |      |      |      |      |     |      |     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 14,38  | Di   |     |     |      |      |      |      |     |      |     |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 2,30   | Ap.  | Il. | Mt. | Or.  | Ab.  | An.  | Wo.  | Hy. | Hy.  | Q.  |
| FeO                            | 7,49   | 0,3  | 1,8 | 2,4 | 4,5  | 30,5 | 21,7 | 6,8  | 6,8 | 24,0 | 1,2 |
| MnO                            | 0,13   |  |     |     |      |      |      |      |     |      |     |
| MgO                            | 8,08   | 4,5  |     |     | 56,7 |      |      | 13,6 |     | 24,0 |     |
| CaO                            | 7,94   |  |     |     |      |      |      |      |     |      |     |
| Na <sub>2</sub> O              | 3,40   |  |     |     |      |      |      |      |     |      |     |
| K <sub>2</sub> O               | 0,81   |  |     |     |      |      |      |      |     |      |     |
| H <sub>2</sub> O               | — 0,15 | 1,5 % Or   |     |     |      |      |      |      |     |      |     |
| H <sub>2</sub> O               | + 0,28 | 98,5 % plag: Or <sub>5</sub> Ab <sub>56</sub> An <sub>39</sub> |     |     |      |      |      |      |     |      |     |
| CO <sub>2</sub>                | n.d.   |  |     |     |      |      |      |      |     |      |     |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,26   | En   |     |     |      |      |      |      |     |      |     |
|                                |        | Fs = 2,7   |     |     |      |      |      |      |     |      |     |
|                                | 100,17 |  |     |     |      |      |      |      |     |      |     |

Our rock may thus be termed pyroxene-plagioclase-lamprophyre in accordance with the augite-plag.-lamprophyre mentioned by Trøger as *Spessartite*.\*)

Presenting the photomicrographs fig. 9 and fig. 10 of sample No. 93 (× 160 respectively plane polarized light and crossed nicols) it should be pointed out: That the small pyroxenes (0,02—0,05 mm) are mainly rhombic. Scattered grains (0,1—0,2 mm) uppermost in the figs. consist of altered hypersthene rimmed with some biotite, are obviously relics. The interstices are filled mainly with clear, unaltered plagioclase, a few albite *and* pericline (?) twinned grains (fig. 10) are also visible. Spherical nuclei 0,01—0,005 mm are visible in the plagioclase-grains. The light ones are supposed to consist of considerably more An-rich plagioclase than the enclosing grains. They have much higher refraction than the latter. The — in the photomicrograph — black nuclei display the typical interference colours of the diopsidic pyroxenes in the Bergen—Jotun-rocks.— Micropertthites of two types are well known as a typical feature of the andesinebearing Bergen—Jotun-rocks (Goldschmidt 1916, Taf. III, fig. 5 & 6 p. 48, see also p. 36) also antiperthites. The «drop-

\*) The analysis of No. 93 is further almost identical with the spessartite-analysis of R. A. Daly (1933 p. 28).

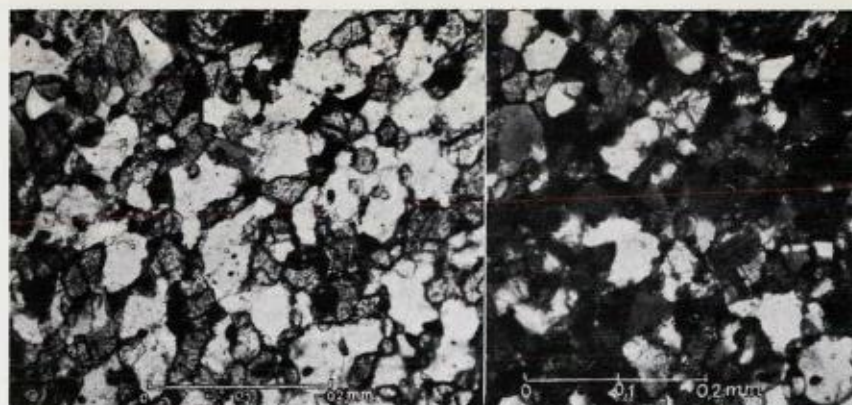


Fig. 9. Photomicrograph of sample No. 93, Spessartite, 20 cm dyke in mangerite (No. 91) Nautgardstind.  $\times 160$ , Planepolarized light.

Altered hypersthene, 0,2 mm, uppermost. Pyroxenegrains 0,02—0,05 mm hypersthene dominant. Plagioclase, (An<sub>30</sub>) and some orthoclase filling the interstices. Droplets of more limerich plagioclase and of diopsidic pyroxene 0,01—0,005 mm embedded in the plagioclase. Ore grains 0,01 mm evenly distributed. Authors photo.

*Mikrofoto av prøve nr. 93 — 20 cm bred spessartit-gang i Nautgardstinds hovedbergart. Større korn (0,2 mm) av omvandlet hypersthen øverst.*

*Friske, mindre korn av rombisk og (oven) monoklin pyroxen. Grunn-*

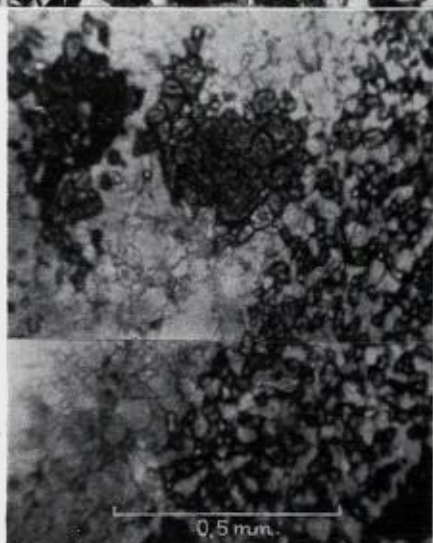
*masse: plagioklas An<sub>30</sub> med dråper av sterkere lysbrytende, antagelig mer kalkrik plagioklas, samt også dråper av diopsidisk podyxen (+ 160 — lys).*

Fig. 10 Same as fig. 9,  $\times 160$  but crossed nicols. Attention is drawn to the albite- and pericline (?) twinned plagioclasegrain to the right and somewhat lower than centre of photomicrograph. It may be identified on fig. 9, embedding droplets of more limerich plagioclase as well as of diopsidic pyroxene. Authors photo.

*Samme som fig. 9 men + n. Bemerk det tvillingstripete plagioklaskorn, med albitlameller og antagelig periklinlameller. Kornet kan identifiseres på fig. 9, med dråper av mer kalkrik plagioklas og diopsidisk pyroxen.*

Fig. 11. Photomicrograph of sample No. 92,  $\times 80$ , Planopolarized light. To the right spessartite with droplets of limerich plagioclase embedded in the feldspar-interstices. To the left borderzone with the mangerite, with two larger hypersthene-grains and feldspars mainly squeezed from the spessartite with some droplets (one between the larger hypersthene) of lime-rich plagioclase. Authors photo.

*Mikrofoto av prøve No. 92 som er vist i fig. 4. Spessartite til høyre, grensesonen mot hovedbergarten til venstre. — Den består tilsynelatende av utpresset plagioklas tilsvarende fyllmassen i spessartiten ( $\times 80 \neq$  lys).*



perthites», (Taf. III, fig. 5) may now be interpreted as due to exsolution (Bowen and Tuttle, 1950 p. 582) of high- and lowtemperature-plagioclases below about 700°C, decreasing displayed when  $An > An_{40}$ . In our spessartite the drops occur on a small but visible scale. Ore grains, size about 0,01 mm, are evenly distributed in the rock.

In fig. 11 is presented a photomicrograph of sample No. 92 (shown in fig. 4, where the slide is cut to the left) exhibiting the border between the mangerite and the spessartite. ( $\times 80$ , plane-polarized light). The grain-size of the feldspar in the «mangerite» (0,1—0,2 mm) is considerable smaller than in sample No. 91 (fig. 5). Anorthite-rich drops (0,01—0,02 mm) are visible in the «mangerite» and in the spessartite. The hypersthene grains in this *border zone* have, however, the common grain-size of the mangerite proper (fig. 5) 0,2—0,5 mm and they are here not so altered as in the spessartite proper (fig. 9 & 10), possibly indicating that the home of the bigger hypersthene grains is the mangerite or related lower layers of Jotunorite. Thus the light rock to the left in fig. 11 consists mainly of feldspar material squeezed out identical with the feldspar filling the interstices in the spessartite (to the right in fig. 11). This rock displays the same appearance and grain-size with the small, rounded (corroded) pyroxene grains (0,02—0,05 mm) as in the figs. 9 & 10.

The common definition for lamprophyres is as follows (Rosenbusch, 1907, p. 653):

«Ich adoptiere die Gumbel'sche Bezeichnung Lamprophyr für eine vorwiegend dem gefalteten Gebirge angehörigen Ganggesteinsformation die bei wechselnder, teils den verschiedenen Syenit — teils den Diorit-, Essexit- und Theralit-typen entsprechender, teils hiervon abweichender mineralogischer Zusammensetzung durch makroskopisch feinkörnige dichte, oder porphyrische Struktur, durch im frischen Zustande graue bis schwarze Farbe und grosse Neigung zur Verwitterung unter reichlicher Entwicklung von Karbonaten charakterisiert ist.»

CO<sub>2</sub> is not named by Tröger in his example on Spessartite-composition quoted above, but in one of the 3 analyses in the tables of Washington (1917, p. 1048) is quoted 0,84 % CO<sub>2</sub> (from A. N. Winchell, Min. Res. Oregon p. 141, 1914). N. L. Bowen 1928, p. 258) gives the general characters of «Lamprophyres and related Rocks» and mentions (l.c.) the conclusion of Niggli and Beger



(1923) «that these rocks are to be accounted for by the local accumulation of early crystals, which have then remelted or redissolved and given a liquid of lamprophyric composition».

And now we are approaching the aim of this preliminary paper: *to point out the close relation between the somewhat «ill-defined group of lamprophyres»* (Bowen l.c. p. 258) *and the likewise hitherto illdefined group of mylonites including the pseudotachylytes* (that is the Cryptomylonites and the Hyalomylonites in the term of Scott and Drever (1953)) *and further to emphasize these two rock-groups' importance*, the first as the base, which during the advancement of the nappe gradually assimilated, than fretted and embedded substances from the adjacent complexes. The resulting mylonites served as a lubrication medium for the semistiff, eruptive nappe (here the upper, layered Jotun nappe). Not forgetting the gradual development one could possibly distinguish between:

1. The upwards transportation of the nappe lubricated by the relatively pure, hot, lamprophyric melt.

2. The forwards slipping on a gently dipping basement lubricated by mylonites of varied composition.

3. The foreland advancement where the movements were facilitated by saussuritization mainly due to the excess of  $H_2O$  furnished from the sedimentary basement in a way already outlined above (p. 29).

A characteristic feature of the lamprophyres seems to be their capacity of incorporating different material from the wallrocks they penetrated. The  $CO_2$  named as characteristic in the definition of Rosenbusch and stated to occur in the spessartite from the Coast Range (Oregon) both quoted above, may probably originate from sedimentary layers. The hypersthene relic grains in our spessartite and the source of the recrystallized smaller pyroxene grains in it are probably from the Jotun norite and mangerite layers penetrated. The origin of the «glorified form of pseudotachylyte» the enstatite-granophyre of the Vredefort Region (Hall and Molengraaff 1925, p. 112), or — as this much discussed rock is termed by Willemse (1938, p. 117) — *the basic granophyre*, according to the latter is explained by «an original alkali lamprophyric magma which has assimilated mainly quartzite and granite» (from old sedimentary layers and old Vredefort granite forming the circular boss, heaved 14,000 metres upwards through the sedimentary covering. (Hall

and Molengraaff 1925, p. 153)). I return to the basic granophyre below, more explicit quoting Willemse's conclusions.

Another region most interesting for correlation with the Jotunheimen is *The Outer Hebrides* (Jehu and Craig 1923—25—26). Similar rocks — also lamprophyres (1923, p. 636) intersect the extensive mylonite zones.

The spessartite dykes of Nautgardstind (No. 92—93) obviously represent apophysis only *from much greater masses of the same rock which now occur about 6 km NE of Nautgardstind*. The direction of the south Norwegian Caledonian mountain range — the front of movement from the NW — is about SW—NE.

The locality at 1500 m alt. investigated by the writer in 1954 is on the slope at the foot of Hindnubbene a range of summits continuing from Nautgardstind towards the NE. They are distinguished over the vaste levelled area of Hindflyen. This is about 3 kms. broad gently rising from 1440 to 1700 m alt. from NE towards SW (fig. 12). It is covered with talus and outwashed moraines, fig. 12 in the foreground showing a 40—50 m deep valley cut by a river through the front of the moraine running SW—NE. This high level, like several other «flyer» (norw.) in the Jotunheim Region, is supposed to be due to erosion along the thrusting plane, where fine-grained, broken mylonites and related rocks are exposed.

The locality was previously mentioned when comparing photomicrograph fig. 6 of sample No. 114 with fig. 5, which exhibits the main rock of Nautgardstind. Fig. 13 shows the small outcrop (at 1500 m alt.) surrounded by talus. Sample No. 114 was taken from the light rock to the right of the outcrop, which has vertical border against the dark, dense, cracked rock, representing the main rock along the slope and in the 1616 m summit. No. 114 is a *Jotun norite* with  $An_{34}$  (opt.determ.) in the plagioclase, closely related to the mainrock No. 91 of Nautgardstind, termed *mangerite* by the writer, who wishes to keep the classical investigations of V. M Goldschmidt of the Bergen—Jotun-rocks fresh in mind. No. 114 represents probably a big *xenolith*, taken by the lamprophyre, the dense dark rock to the left in fig. 13, for not far from the big xenolith was taken sample No. 116 from a smaller, light xenolith enclosed into the lamprophyre and intersected by a 2 cm. dyke of the latter. Fig. 14 is a photomicrograph ( $\times 80$ , planepolarized light) showing the light rock, proving to be a mangerite, to the left.



Fig. 12. View towards the N to Hindnubbene (Stornubben, 2167 m to the left, 1616 m summit to the right) Highlevel Hindflyen 1440—1700 m alt., cut by river Stor-Hinde in the foreground. Authors photo.

*Utsikt nordover mot Hindrubbene — fra kanten av Hindflyen i ca 1450 m o h. — Morenemassene gjennomskåret av Stor-Hinde.*



Fig. 13. Outcrop of lamprophyre (spessartite) with xenolith of Jotun-norite (right) — shown in ph.micr. fig. 6 — and smaller xenolith of typical Jotun-perthite-bearing mangerite by hammer to the left. The mangerite is shown in ph.micr. fig. 14.

*Blotning av lamprofyr med xenolit av Jotunnorit (fig. 6) til høyre og av mangerit (fig. 14) ved hammeren — til venstre. Hellingen av Hindnubbene i 1500 m o h med talus og morenemasser.*

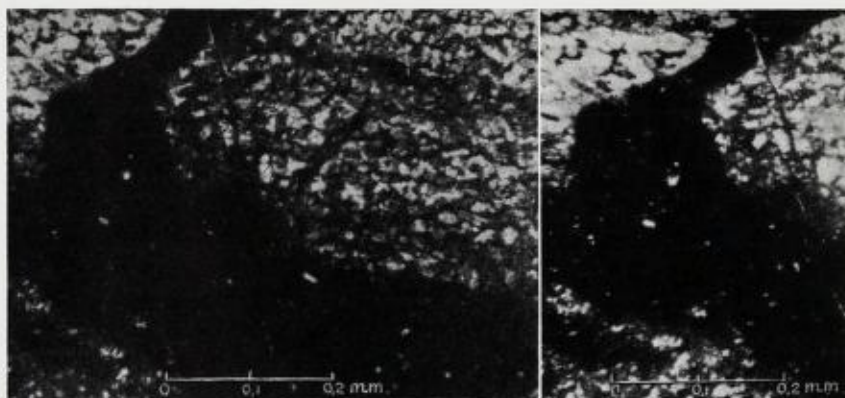


Fig. 15. Photomicrograph of sample No. 115. Planepolarized light  $\times 160$ . Locality shown in fig. 13. Pseudo-tachylyte-veinlets in lamprophyre (spes-sartite).

Authors photo.

*Mikrofoto av prøve nr. 115. Pseudo-tachylytårer i lamprofyr fra lokalitet vist i fig. 13. ( $\times 160 \pm$  lys.)*

Fig. 16. Photomicrograph of sample No. 115. Same as fig. 15 but crossed nicols.

Authors photo.

*Samme som fig 15 men + n.*



Fig. 14. Photomicrograph sample No. 116.  $\times 80$ . Planepolarized light. Mangerite xenolith (left) in lamprophyre (right). Locality shown in fig. 13. — 1500 m alt. at the foot of Hindnubbene. Authors photo.

*Mikrofoto av prøve nr. 116. Mangerit xenolit i lamprofyr fra blotningen i hel-lingen av Hindrubbene vist i fig 13. Lamprofyr til høyre i foto ( $\times 80 \pm$  lys).*

Here the typical micro-perthites of the lath-type (see Goldschmidt 1916 Taf. III fig. 6, p. 48) the «Jotun-perthites» are beautifully developed. C. F. Kolderup (1903) who first described the mangerite (after Manger near Bergen), emphasized this microperthite as criterion for the rock. According to verbal communication with P. Michot, who has recently studied the anorthositic region of Egersund (Norway, Publications 1939 and later) this perthite-type is supposed to be restricted to the katazone. Similar microperthites

were stated by the author in 1949 to occur near the summit of Ruven (1400 m alt.) a mountain about 80 km. NE of Egersund in the great pre Cambrian basement of south-western Norway. How far the origin of this characteristic mineral is due to exsolution analogous to the formation of the «drop-perthites» but restricted to deeper levels is a question of considerable interest. This type of micropertthites is common in the quartzites and other clastic rocks of early Cambrian age in the uncovered sedimentary basement to the SE of Jotunheimen. When more completely investigated, it may be used for identifying the primary eruptive layers as well as relative age of the sedimentary layers — and vice versa. (Dietrichson 1950 pp. 89—91, and photomicrographs from several new localities to be published in the near future).

To the right in fig. 14 the dense lamprophyre (grain-size about 0,01 mm) is shown.

Characteristic for the presumed primary lamprophyric, basic granophyre in the Vredefort region are the highly fretted xenoliths of quartzite and granite derived from the wallrocks. (Hall and Molengraaff 1925, p. 59). As I am going to point out in detail in the paper announced above, colossal-breccias are common along the thrust-zone of the upper Jotun-eruptive nappe. The finegrained mylonites represent the other extreme of the brecciation developed during the progress of the thrusting. While the solid fractions were partly remelted and incorporated in the lamprophyric base, the whole stressed mass served as a lubrication medium for the slowly cooling, advancing nappes.

It is suggested that we, in the deeply eroded region of the Norwegian Caledonides, have the chance of demonstrating this process, one of supreme importance for mountain-movements in general. —

Then turning to *the pseudotachylytes* I present the photomicrographs fig. 15 and fig. 16 ( $\times 160$  respectively planepolarized light and crossed nicols) of sample No. 115: Lamprophyre as in fig. 14 from the same locality, is intruded by black, anastomosing veinlets of pseudotachylyte, commonly 0,5—1 mm thick. Similar veinlets are visible in most of the samples of fine-grained rocks, stated under my somewhat exciting ascent up the SW slope of Hindnubb (1616 m alt.), which is shown in fig. 12 and fig. 17. The latter was taken from the locality fig. 13. As may be made out of fig. 17, the talus at the foot of the peak consists of small material,

as is the loose material on the slope: It is small and sharp-edged, almost like glass, slipping on the rock, lubricated by melting-water from small glacier remnants above. It may be mentioned, that due to the retreat of the glaciers in Jotunheimen, this rock is probably uncovered for the first time for man — and for the geologist.

For a more minute investigation of the Hindnubb 1616 m — especially the xenoliths and their border zone and also leucocratic dykes appearing in the lamprophyre — it will be necessary to camp at the foot of the peaks, though a certain risk of wandering oxen in the Veo valley.

The pseudotachylyte exposed in the basic lamprophyre is opaque, the light inclusions excepted. (fig. 15 & 16). The pseudotachylytes on the thrusting zones SE of Jotunheimen commonly display grey and brown colours and are semitransparent in plane-polarized light. I therefore have added two photomicrographs of a thin section prepared for C. Bugge from sample collected by him and kept by N.G.U. That is the thin section He XII No. 5 named «Grønsten, 1581 m høyden N f. Sandåni, Hemsedal» (West-Jotunheimen) described by C. Bugge (1939, p. 46) with the radial microlite aggregates (figs. 18 & 19). The almost identical appearance of a photomicrograph of pseudotachylyte from The Outer Hebrides (Jehu and Craig, Vol. 53, Pl. III, fig. 6; and further of S. J. Shands' pseudotachylyte Type 3, 1916, p. 206, Pl. XIX, fig. 4) is here pointed out. The white veinlet, transparent in plane-polarized light (fig. 18) — black — isotropic under crossed nicols (fig. 19) intersecting the microlite-aggregates, seems to have escaped Bugge's attention, as well as the colourless, glassy rims, bordering inclusions in his thin sections from Hemsedal. Similar glassy rims are demonstrated by Scott and Drever (1953 Pl. V, fig. 2) and by Doris L. Reynolds (1954, p. 596 and Pl. 2 A, p. 597, see later). One can thus hardly deny the original glassy character of the microlites — and of the veinlet in figs. 18 & 19.

I have before (1953, pp. 60—68) pointed out the Hemsedal region as an extensive area, where tectonically remelted rocks are developed on a great scale. We now must add the Nautgardstind region, and likewise an intermediate area belonging to the thrust zone of the upper Jotun eruptive nappe. It is like Nautgardstind situated in quadrangle E30Ø (Sjodalen) to the N of the great Vinster-vann (lake), where K. O. Bjørlykke (1905, p. 478) reported brecciated



Fig. 17. View of 1616 m.-Hindnubb towards the NE from the locality shown in fig. 13. (1.500 m. alt.) Authors photo.

*Utsikt mot NØ mot 1616 m-Hindnubb — lengst mot nordost av disse, Veodalen i bakgrunnen til høyre. Fra lokalitet i 1500 m o h., vist i fig. 13.*

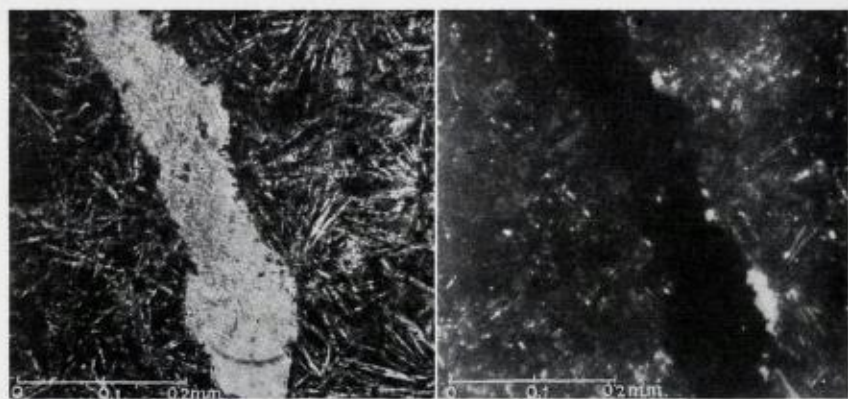


Fig. 18. Photomicrograph. Planepolarized light  $\times 160$ . Sample collected C. Bugge (1939 p. 46). «Greenstone 1581 m. summit N. of Sandåni, Hemsedal,» West Jotunhemen. Aggregate of radiating laths of plagioclase, intersected by transparent pseudotachylyte-veinlet. Authors photo.

*Microfoto av C. Bugges tynnslip 1581 m topp N for Sandåni, Hemsedal (1939). Pseudotachylit-åre av gjennomsiktig glass i radialstilte plagioklas mikrolitter ( $\times 160$ ,  $\pm$  lys).*

Fig. 19. Same as fig. 18, but crossed nicols. Authors photo.

*Samme som fig. 18, men + n. Viser pseudotachylit-årenes isotrope karakter.*

and mylonitic rocks in Malmkollen and in Kvernho (1682 m alt.). From the latter locality he collected samples in 1898, and much later V. M. Goldschmidt noticed «glassy diabase» in a thin section (Dietrichson 1953, p. 59).

It may thus be emphasized, that the pseudotachylytes and related mylonites and probably lamprophyres are abundantly displayed in the Jotunheim region. Though running a certain risk as a heretic, I support Erich Kaiser (1927) in considering these rocks as most important for our magmatic as well as for our tectonic conceptions (quoted Dietrichson 1953, p. 64).

In a recent publication Doris L. Reynolds (1954) has attempted a new explanation of the origin of pseudotachylytes and related rocks in the Vredefort region. These rocks occasioned Kaisers expression mentioned above. R. A. Daly (1953, p. 249) wrote of «the rise of the almost incredible, magma-invaded Vredefortdome».

In a most exhausting and penetrating petrographical treatment of the much discussed basic granophyre in the Vredefort region, Willemse (1938, p. 117) among his conclusions states:

«The basic granophyre cannot be regarded as a normal differentiation product of the magma with which it may possibly be connected. An explanation is outlined by which this rocktype is referred to an original alkali-lamprophyre magma which has assimilated mainly quartzite and granite. The special conditions favouring the formation of this abnormal and yet comparatively homogenous rock are fully in accordance with the complicated tectonic history of the region.

Its close relation to the pseudotachylytes is also taken into consideration».

As to the pseudotachylytes of the Vredefort region Willemse also concludes:

«The result of röntgen-ray analyses of the pseudotachylytes do not bear out the supposition that the rock has originated through fusion.»

And further:

«It is suggested that the pseudotachylyte did not arise through solidification from a melt, but where coarsely crystallised through recrystallisation in the solid state. Otherwise in the ultramicroscopic varieties it may only represent very finely pulverised rock material».



This interpretation of «the most puzzling of rocks» (A. Holmes, 1916, p. 221) seems to have been adopted by petrologists in Tertiary and in older mountain ranges as well. When judging from the röntgen-ray analyses, one must have in mind that the presence of inclusions of all dimensions in a submicroscopic base is a well known, invariable feature of the pseudotachylytes.

Scott and Drever (1953) and the writer (1953) have now contemporaneously and independently described similar rocks formed by fusion on thrusts in the Himalayas and in the Jotunheimen respectively, and offered explanations partly along the same lines i.e. as to glass originated from biotite.

As mentioned above, Doris L. Reynolds (1954, p. 596) advocates that «the partial fusion of the bytownite may be taken as a minimum temperature of about 1355°C,» which is about the same the writer found probable for the solidus temperature of a similar plagioclase found in a remelted anorthosite-norite on the thrusting zones SE of Jotunheimen, namely 1330°C. (Dietrichson 1953, p. 57).

The aim of Doris L. Reynolds' paper (1954) is however to launch a brand new explanation bearing on the problem of intrusive granites, and here the basic granophyre of the Vredefort region is used as one of the most convincing pieces of evidence.

Gaseous outbreaks are supposed to «fluidizate» the fine-grained material (like the ignimbrites in the Valley of Ten Thousand Smokes) which were then blasted into cracks and fractures there forming for example the basic granophyre dykes («a width of 30 m not being rare», Hall and Molengraaff 1925, p. 56) and the related pseudotachylyte veins (down to microscopical veinlets).

As no rise in temperature due to reaction of the gasses as in volcanic outbreaks or reactions as by pneumatolytic deposits seems expected, they obviously must have originated from exceedingly hot and extended reservoirs. The theory as a whole may be taken as a remarkable example of modern, transformistic science and is hardly consistent with the features of the mylonites and related rocks on the thrust-planes of, for example the Jotunheimen, as I hope appears from the evidence in this paper.

Oslo, January 1955.

### Sammendrag:

*Spesartit og pseudotachylit fra øvre Jotuneruptivdekkets bevegelses-  
sone i Øst-Jotunheimen.*

Under den programmessige kartlegning for N.G.U. sommeren 1954 på NW-delen av gradteig E30Ø Sjødalen, samlet jeg prøver på Nautgardstind og Hindnubbene. En upresset gang (fig. 4) var så interessant at jeg fikk utført komplett analyse av denne (nr. 93) og hovedbergarten i Nautgardstind (nr. 91). Videre publiseres analyse av mylonit fra ny fjellskjæring på Valdresflyveien (nr. 127 fra 1953) som har hypersthen-syenitsammensetning. Den sammenholdes med Goldschmidts (1916) analyse av tilsvarende bergart fra Sule-tind, likesom hele fremstillingen bygger på Goldschmidts grunnleggende undersøkelser særlig av de av Bergen-Jotunstammens bergarter som er representert i dette område, og som vi nå henfører til det øvre Jotuneruptiv-dekke. Ytterligere belyser vel 6 feltfotos og 12 mikrofotos forholdene bedre enn beskrivelser i denne preliminare meddelelse. Gangene i Nautgardstind antas å være perifere apofyser fra større masser som nå er representert i hellingen av Hindnubbene mot Hindflyen og i 1616 m Hindnubben lengst i NE, nærmest Veodalen. Her trenges mer detaljerte undersøkelser. At forf. kom over så representative lokaliteter skyldes sammentreffende heldige omstendigheter: snedekning og uvær er det alminnelige i denne høyden, talus og morenemasser dekker også det faste fjell vidt og bredt. De mest motstandsdyktige bergartene står i toppene og i de få blotningene.

Den tette gangbergart er lamprofyr, nærmere betegnet *spesartit*. Den tilhører Bergen-Jotunstammen. At den er intrudert som smeltemasse under det øvre Jotuneruptivdekkets bevegelse er tydelig, likeså at denne smeltemasse har assimilert dettes dypbergarter og fører større og mindre bruddstykker og xenolitter av disse. Om den i sin helhet representerer deler av dette, oppsmeltet under bevegelsen, eller om den vesentligste del er primære smeltemasser tilført fra magmabassenget kan det ikke tas standpunkt til, men at disse har vært «overopphetet» (ca. 1500°C?) er sannsynlig, samtidig som hele eruptivdekket har holdt en temperatur på kanskje ca. 600°C som sank langsomt sammenlignet med lamprofyrmassenes temperatur. Gjennomvevningen med pseudotachylitganger og årer kan som jeg

tidligere har fremholdt forklares ved et temmelig sterkt opphetet miljø. Det fremholdes at lamprofyrmassene har virket som smøremiddel under eruptivdekkets oppskyvning, at de dannet basis for mylonitmasser som hadde den samme funksjon under dettes glidning nedover et underlag med liten gradient, men at mylonitmassene snart og etterhvert forandret sammensetning utover i forlandet, avhengig av P—T forholdene og foreliggende substans i bevegelsesplanet. H<sub>2</sub>O tilførslen spiller en dominerende rolle.

Lagdelingen i det øvre Jotuneruptivdekke indikeres temmelig tydelig ved de fremlagte analyser og tynnslip, fra hypersthen-syenit øverst gjennom den monzonitiske mangerit i Nautgardstind og den typiske mangerit og Jotun-norit representert i xenolitter i lamprofyrr, samt direkte ved lagningen i Nautgardstinds nordvegg, hvor der ville være ønskelig å få tatt en prøveserie. Fallet av lagningen i Nautgardstind forklares ved at dekket har beveget seg i halvstiv tilstand på et underlag med NW—SE løpende rygger og mellomliggende daler, det nevnes kort at dette relieff skyldes overfoldningen fra NE mot SW, som tidligere fremholdt av forf., samt at dette viktige forhold for forståelsen av vår fjellkjedes tektonik nå fremholdes av Th. Vogt som et regionalt, generelt trekk i den kaledonske fjellkjede fra Norge til de Britiske Øer.

Tynnslipene viser den protoklasiske struktur av dekket ved bøyde plagioklaskrystaller, tilsynelatende mer utbredt i de mer basiske, lavere lag enn i de høyereliggende. Videre viser de begynnende dråpeperthit-dannelser, som antas å skyldes avblanding under avkjølingen av plagioklasenes høy- og lavtemperaturmodifikasjoner. Ved detaljert bearbeidelse kan der ventes nytt lys over temperaturforholdene ved spessartittens intrusjon. Spindelpertittene — de vanlige «Jotunpertitter» berøres også, med antydning om at de skyldes analoge prosesser under høyere trykk — deres betydning som «anorganisk ledefossil» i klastiske bergarter nevnes.

Korreleringen mellom Vredefortfeltets basiske granofyr og spessartittene, begge ledsaget av pseudotachylit dokumenteres. Det påvises at vi i pseudotachylittene ifl. nyere undersøkelser her og fra andre fjellkjeder har med virkelig glassdannelse og nykrystallisering fra oppsmeltede masser å gjøre. Der tas avstand fra Doris L. Reynolds «fluidiserings»-teori på grunnlag av de fremlagte data i Nautgardstind-området.

### Acknowledgement.

The provisional character of many of the results in this paper and my preceding paper in N.G.U.'s yearbook, treating the Pseudotachylyte SE of the Jotunheimen, is not only due to a wish to rush into print.

Rather is it in harmony with the unsettled nature of our times when the author's prospects for further work in the central parts of our mountain-chain are in jeopardy.

For the past three years I should like to thank S. Føyn, Director of the Norwegian Geological Survey for fair treatment.

I am also much obliged to Dr. T. Strand, also of the Norwegian Geological Survey, for almost daily collaboration during the preparation of collections from our area of common interest in the Caledonides of Northern Gudbrandsdalen. If his friendly advice has been considered unduly conservative in the author's mind, it has only served as a stimulant to further effort.

P. Padget M. Sc. corrected the English of the manuscript in the same careful way as in the Summary of my preceding paper (N.G.U. No. 184, 1953). During the work he also pointed out certain sections requiring a more explicit treatment. The author wishes to express his sincere thanks for his helpfulness.

### References.

- Abbreviations:* N.G.U.: Norges geologiske undersøkelses skrifter.  
N.G.T.: Norsk Geologisk Tidsskrift.
- Bjørlykke, K. O.:* Det centrale Norges fjeldbygning. N.G.U. No. 39. 1905.
- Bowen, N. L.:* The Evolution of the Igneous Rocks, Princeton 1928.
- and *Tuttle, O. F.* (se Tuttle): High-Temperature Albite and Contiguous Feldspars. 1950.
- Bugge, C.:* Hemsedal og Gol, N.G.U. No. 153. 1939.
- Daly, R. A.:* Igneous Rocks and the Depths of the Earth. 1933.
- Dietrichson, B.:* Det kaledonske Knuteområde i Gudbrandsdalen. N.G.T. Bd. 8, p. 65—143. 1950.
- *Pseudotachylit* fra de kaledonske skyvesoner i Jotunheimens forgårder, Gudbrandsdalen, og deres dannelsesbetingelser. N.G.U. No. 184, p. 23—70. 1953.
- Goldschmidt, V. M.:* Geologisch-Petrographische Studien im Hochgebirge des südlichen Norwegens. IV. Übersicht der *Eruptiv gesteine im Kaledonischen*

- Gebirge* zwischen Stavanger und Trondheim. Vid.sk.selsk. skr. I. Mat. Naturv. Kl. No. 2. 1916.
- *Stammestypen der Eruptivgesteine*, Vi.sk.selsk. skr. I. Mat. Naturv. Kl. No. 10. 1922.
- Hall, A. L. & Molengraaff, G. A.*: The Vredefort Mountain Land in the southern Transvaal and the northern Orange Freestate. Verh. d. Koninkl. Akademie von Wetenschappen te Amsterdam 24 Bd. n. 3. 1925.
- Holmes, A.*: Discussion to prof. S. J. Shand: On the Pseudotachylyte of Parijs. Q. Journ. Vol. IXXII, p. 220. 1916.
- Jehu, T. J. and Craig, R. M.*: Geology of the outer Hebrides. Pt. I—II—III. Trans. Roy. Soc. Edinburg. Pt. I—II. Vol. 53. 1925 Pt. III. Vol. 54. 1926.
- Kolderup, C. F.*: Bergens Museums årbok No. 12. 1903.
- Michot, P.*: La série rubonnée norito-granitique du massif anorthositique d'Egersund (Norvège). Soc. Géol. de Belgique. Procés-verbaux des Söances. T. XLII. Juin-Juillet, 1939, and later papers of this series).
- Reynolds, Doris L.*: Fluidization as a geological process, and its bearing on the problem of intrusive granites. Am. Journ. Sc. Vol. 252, Pp. 57—76, Oct. 1954.
- Rosenbusch, H.*: *Mikroskopische Physiographi* II—1. 1917.
- Rosenqvist, I. Th.*: The metamorphic Facies and the Feldspar Minerals. Univ. i Bergen, Årbok, Naturv. rekke No. 4. 1952.
- Scott, J. S. and Drever, H. J.*: Frictional Fusion Along a Himalayan Thrust. Proc. Roy. Soc. Edinburgh. Sect. B. — Vol. LXV. — Part II (No. 10). 1953.
- Shand, S. J.*: The Pseudotachylyte of Parijs. Q. Journ. Vol. IXXII. 1916.
- *Eruptive Rocks*. 1949.
- Strand, T.*: Oversikt over fjellbygningen i Nordre Gudbrandsdalen. Paper read Norw. geol. Soc. 10/10—1940. N.G.T. Bd. 20, pp. 271—274. 1941.
- The Sel and Vågå Map Areas, N.G.U. No. 178. 1951. (Geology and Petrology of a Part of the Caledonides of central southern Norway.)
- Trøger, W. E.*: *Spezielle Petrographie der Eruptivgesteine*. 1935.
- Tuttle, O. F., and Bowen, N. L.*: High-Temperature Albite and Contiguous Feldspars. Papers from the Geophysical Lab. Carnegie Inst. of Washington No. 1133. 1950.
- Vogt, Th.*: A Lateral Crustal Movement in the Caledonids of Norway. Det Kongelige Norske Videnskabers Selskab (Trondheim) Forh. Bd. 26 for 1953. No. 23. 1954 A.
- The lateral compression in Norway and the Great Glen Fault in Scotland I. Kgl. N. Vid. Selsk. Forh. Bd. 27 for 1954 No. 9. 1954 B.
- Kgl. N. Vid. Selsk. Forh. Bd. 27 for 1954 No. 10. 1954 C.
- Werenskiold, W.*: Heidal og Sjødalen. «Stangfiskeren». 1945.
- Willemse, J.*: On the Old Granite of the Vredefort Region and some of its Associated Rocks. Trans. of Geol. Surv. South Africa, Vol. XL p. 43—119. 1938.

## Sydøstligste Helgelands geologi.

AV

TRYGVE STRAND

Med 2 tekstfigurer.

INGU's Årbok 1952 har forfatteren skrevet om resultatene av to somrers kartleggingsarbeide i den sydøstligste del av Helgeland. Dette arbeide har vært fortsatt somrene 1953 og 1954, som kartleggingsassistenter deltok i 1953 realstudentene Jens Hysingjord og Håkon Lien og Edwin Risser, B. Sc., i 1954 realstudentene Inge Bryhni og Håkon Lien. Det er disse fire somrer kartlagt ferdig et område som i syd er begrenset av nordgrensen for rektangel Namsvatn, noe syd for  $65^{\circ} 10' N$ , (kartlagt av Steinar Foslie), i vest av utgåendet av det store overskyvningsplan som danner grensen til de høymetamorfe bergarter i vest, og i nord av parallellen  $65^{\circ} 40'$ , (nordgrensen for gradteigene Hattfjelldal og Skarmodalen) og i øst av riksgrensen. Det er dessuten gjort rekognoseringer i strøkene nordfor til omkring  $65^{\circ} 45' N$ . Dessuten er blitt benyttet bergmester K. L. Bøckmans materiale av dagbøker, kart og innsamlete stuffer fra hans reiser for NGU i grensestrøkene i det sydligste Helgeland somrene 1946—50. Selv om ikke hele materialet ennå er blitt gjennomarbeidet, er det mulig å gi en oversikt over de geologiske forhold i området, som fremstillet på kartet fig. 1.

I den tidligere meddelelse (Strand 1953) ble det gitt en oversikt over den del av områdets fjellgrunn som kan kalles Hattfjelldal-dekket. Det ble også beskrevet en rekke bergartstyper fra andre avdelinger, og det skal i det følgende ofte henvises til denne meddelelse.

Områdets berggrunn kan deles i fire vel skilte avdelinger:

1. Store Børgefjells bunnmassiv.

2. Over Børgefjell-massivet med tektonisk grense følger dels en kvartsitt, dels fyllitt, som er de undre deler av en stratigrafisk-tektonisk enhet nærmest over massivet, som sannsynligvis er et flyttet dekke. Over den undre kvartsitt eller kvartsskifer (helleskifer) og derover liggende serie av fyllitter og grønnskifrer følger høyere oppe en avdeling av kalkglimmerskifrer og øverst tykk-skifrige, oftest grønnfargete kalkglimmerskifrer, som skal kalles Liming-serien.
3. Over denne avdeling, etter all sannsynlighet skilt ved et skyveplan, følger en serie som har Hattfjelldal-kalken som sitt karakteristiske hovedledd og som skal kalles Hattfjelldal-dekket.
4. Tektonisk øverst i området ligger det store vestlige overskyvningsskifflak og høymetamorfe bergarter, dette skal ikke omtales videre her.

#### *Børgefjell-massivet.*

Børgefjell-massivet (I på fig. 1) består av granittiske gneiser og av glimmerskifrer med kvartsittlag. Gneisene er av varierende typer, fra tynnskifrige finkornete til meget massive grovkornete bergarter. De mest massive bergarter har tettliggende, centimeter- opp til tommestore linseformete mikrokliner. Glimmerskifrene er mer grovkrystalline enn skifrene i de overliggende avdelinger. Det er ingen skarpe grenser mellom gneisene og de omvandlede sedimenter, som overgangstyper finnes porfyroblastskifrer. I noen profiler med gode blotningsforhold kan man gå fra sedimentære skifrer til granittiske gneiser uten å finne noen skarp grense, men tvert imot en jevn overgang mellom de to slags bergarter. Det er således grunn til å anse Børgefjell-gneisen eller -granitten som et granittiseringsprodukt.

Bergartene i området nord for Ranseren (omkr. 12.5, 37)<sup>1</sup> er etter sitt feltgeologiske utseende glimmerførende kvartsitter og kvartsskifrer og mer underordnet glimmerskifrer. De har, som det kan sees i høgde 1084 (12.5, 34), skarp grense til underliggende granittisk gneis, og av den grunn kunne det være nærliggende å regne dem som hørende sammen med bergartene over Børgefjell-massivet. Men den mikroskopiske undersøkelse viser at de er glimmergneiser eller porfyroblastskifrer av lignende typer som andre steder er forbundet ved overganger med Børgefjell-massivets granittiske

<sup>1</sup>) Tallene gir lokalitetenes beliggenhet i minutter, bredde + 65° N, lengde + 3° øst for Oslo.

gneiser. De er rike på albitt og epidot, enkelte inneholder også mikroklin. Inne blant dem finnes partier av granittisk gneis, som er skarpt avgrenset og som kan være tektonisk innpressete kiler. I sammenheng med ovennevnte glimmergneiser står tynnlagete flintaktige muskovittførende kvartsitter i den norske del av Rainesfjell med Rainesklumpen (13, 35).

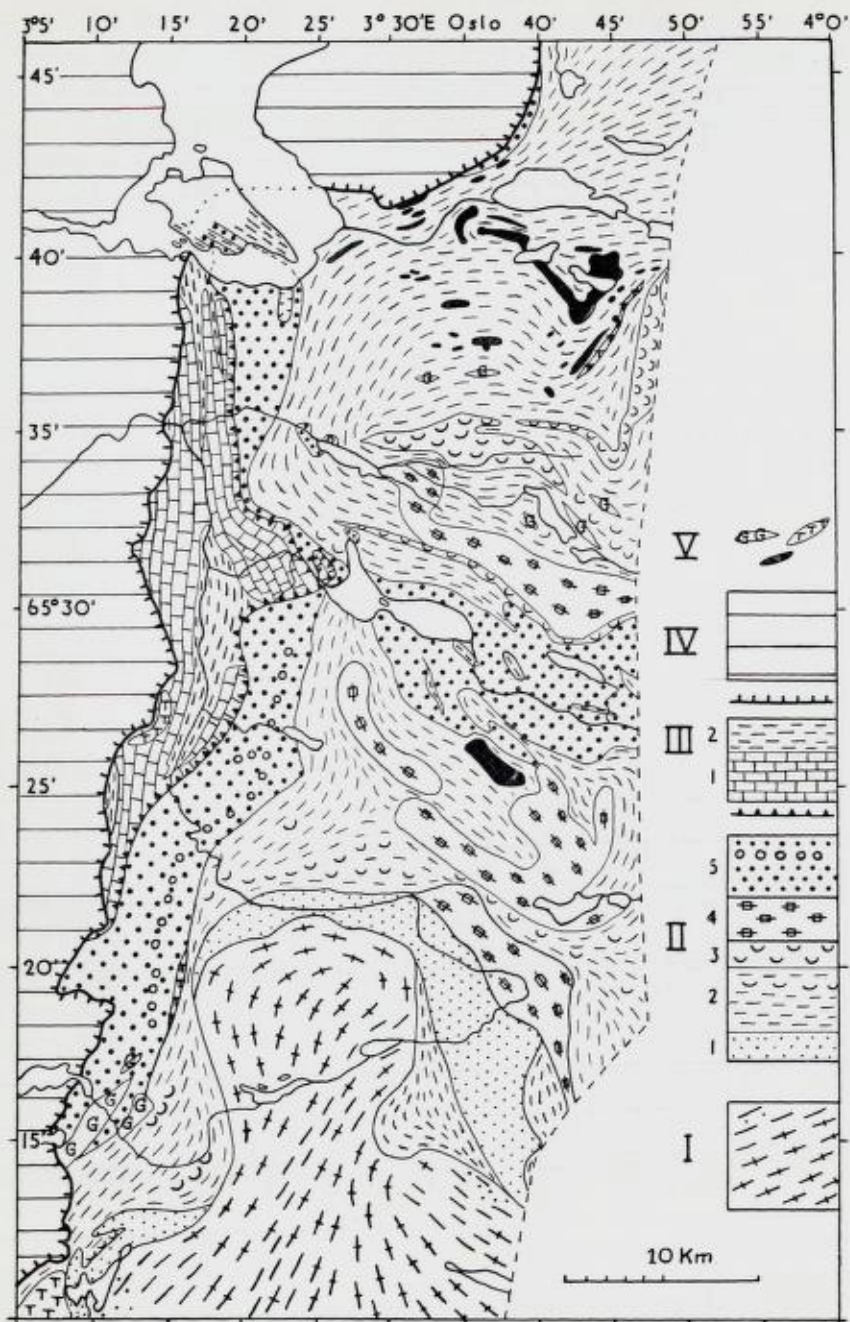
Gabbroide og ultrabasiske bergarter, saussurittgabbroer og amfibolitter og serpentinitter, finnes som intrusjoner i Børgefjellmassivets bergarter, både i skifrene og gneisene.

Gunnar Kautsky (1948), som har gjort undersøkelser i den svenske del av Børgefjellmassivet, sier at granittbergarten i massivet er av Revsundtype og at den overleires normalt av sedimenter

Fig. 1. Geologisk oversiktskart over den sydøstligste del av Helgeland.

- I. Børgefjell-massivet, glimmerskifer og porfyroblastskifer med kvartsittlag og granittisk gneis.
- II. Fyllitt — grønnskifer-serien og sammenhørende serier.
  1. Kvartsitt og kvartsskifer (helleskifer).
  - 2.—3. Fyllitt med grønnskiferlag, grønnskifer.
  4. Kalkglimmerskifer.
  5. Liming-seriens grønne kalkglimmerskiferer med konglomerat.  
Skyveplan (?)
- III. Hattfjelldal-dekket.
  1. Hattfjelldal-kalk.
  2. Fyllitt og kalkglimmerskifer.  
Skyveplan.
- IV. Høymetamorfe glimmerskiferer og granittiske bergarter.
- V. Intrusive bergarter, G gabbroide, T trondhemittiske, svart ultrabasiske.  
*Geologic map of the south-eastern-most part of Helgeland.*
  - I. *The Børgefjell Massif, micaschists and porphyroblast schists with quartzites and granitic gneisses.*
  - II. *The phyllite — greenschist series and connected divisions.*
    1. *Quartzite and quartzschist.*
    - 2.—3. *Phyllite and greenschist.*
    4. *Calcareous micaschist.*
    5. *Green calcareous micaschist with conglomerate, the Liming Division.*  
Thrust-plane (?)
  - III. *The Hattfjelldal Nappe.*
    1. *Hattfjelldal Limestone.*
    2. *Phyllite and calcareous micaschist.*  
Thrust-plane.
  - IV. *Highly metamorphic micaschists and granitic rocks.*
  - V. *Intrusive rocks, G of gabbroid, T of trondhemitic and black of ultrabasic composition.*





av Hyolithussone-type. Etter dette må Børgefjell-massivet være pre-kambrisk. På norsk side er det intet som taler mot dette, de felt-spatiseringssoner som omgir de granittiske bergarter i massivet går ikke inn i de utvilsomt kaledoniske bergarter over massivet.

*Fyllitt — grønnskifer-serien og sammenhørende serier.*

Som omtalt i den tidligere meddelelse (s. 130) finnes det over store deler av området en kvartsitt eller kvartsskifer (helleskifer) nærmest over Børgefjell-massivet. Til den tidligere beskrivelse kan føyes at bergarten er mikroklinførende og minner meget om de mer tynnbenkete former av den metamorfe lyse sparagmitt i Sør-Norge. Kvartsitten ligger ikke overalt nærmest over Børgefjell-massivet, men er i noen områder skilt fra dette ved ganske store mektigheter av fyllitt, for en stor del svarte kullstoffrike fyllitter, det finnes også fyllitt innklemt mellom benker av kvartsitten.

Den mest utbredte bergart i det som kan kalles fyllitt — grønnstein-serien er en grå fyllitt, som over hele området inneholder lag av mørk kullstoffholdig fyllitt, i alminnelighet i tynne soner forbundet ved overganger med den grå fyllitt. Undersøkelser av prøver av den svarte fyllitt fra forskjellige deler av området ved Geiger-Müller-teller har vist at de ikke inneholder radioaktive grunnstoffer i vesentlig større mengde enn gjennomsnittlig for bergarter. De skiller seg i dette fra de kambriske alunskifrer.

I den nordlige delen av området, i strøket nedre Elgsvatn—Gardsmarkelven og nordenfor, er de grå og mørke fyllitter ikke enerådende, men veksler med kvartsskifrer og til dels med kalkglimmerskifrer, som ligner meget på bergartene i den overliggende kalkglimmerskiferavdeling. Muligens dreier det seg om innfoldete partier av disse. Som et eksempel på vekslende bergarter i avdelingen kan nevnes at det ved veien ved vestenden av vestre Krutvatn finnes svart kullstoffrik fyllitt, grønnlig skifer og lys kvartsskifer i vekslende lag.

Grønnskifrene i den sydligste og sydvestligste del av området er beskrevet i den tidligere meddelelse (s. 130—131). Noen steder kan det sees at de ligger i den øvre del av avdelingen like under grensen til de overliggende kalkglimmerskifrer. Grønnskifrene er tydelig knyttet til grafittskifrene, de to slags bergarter finnes nesten bestandig i nærheten av hverandre.

Det er to sammenhengende mektige drag av grønnskifer, et

sydlig over toppen av Storfjell og Arefjell (29, 43) og et nordlig omkring Gardsmarkelven (omkr. 35, 35). Bergartene i disse er tydelig båndete og lagete grønnskiferer. Noen av dem har mineral-sammensetning som en gabbroid bergart i foreliggende facies (albitt, epidot, hornblende, kloritt), i mange eller de fleste er det lite eller intet av hornblende, men derimot rikelig av kloritt og epidot. Noen lag er biotittholdige, slike biotittholdige grønnskiferer kan ved over-ganger være forbundet med vanlige sedimenter. Magnetitt og til dels svovelkis kan finnes ganske rikelig i noen av grønnskifrene.

Ved den østlige del av Gardsmarkelven (omkr. 35, 45) og herfra nordover langs riksgrensen stryker et drag av en finkornet lys grønnlig bergart med hullet forvitningsflate. Den ble i marken tatt for å være en kalkfyllitt, men mikroskopisk undersøkelse viser at den er en grønnskifer med typisk gabbroid sammensetning, bortsett fra at den er rik på kalkspat. Både hornblenden og kloritten i den har meget lys farge, dette tyder på at bergarten er magnesiumrik.

Også utenom de ovennevnte store drag finnes grønnskifrene som tynne og spredte innleiringer i fyllittene over omtrent hele området, ofte i spredte blotninger i sterkt dekkete områder. Bare i strøket nord for Krutvatn mangler grønnsteinsinnleiringene i fyllittene.

Områdets grønnskiferer må tydeligvis være blitt dannet av basaltisk (eller eventuelt andesittisk) finkornet vulkansk materiale, som dels kan være avleiret direkte som askelag, dels kan det ha vært blitt utsatt for transport og forvitring og blitt blandet med vanlig sedimentmateriale. Det er neppe mulig å betrakte noen av disse tynnskifrige, inkompetente bergarter som omvandlede lavaer, slike bergarter skulle ventes å være ganske annerledes tykkbenkete og massive.

Fyllitt — grønnstein-serien er intrusjonsnivået for områdets serpentinomvandlede ultrabasitter. Det kan fastslås at grønnskifrene hører med til den serie som intruderes av serpentinittene, ved at de noen steder er påvist å ligge like i nærheten av og til dels tydelig under serpentinittene. Serpentinittene er ikke blitt funnet i noen av de overliggende serier, når det ses bort fra et tilfelle i den nordlige del av området hvor det tydeligvis har foregått sammenskyvning av forskjellige stratigrafiske ledd ved skjelltektonikk.

Fyllitt — grønnskifer-serien er også intrudert av gabbroide og trondhemittiske bergarter. De trondhemittiske bergarter er sjeldne,

de gabbroide finnes det forholdsvis rikelig av i den nordlige delen av området. De gabbroide og trondhjemsittiske bergarter er sterkt tektonisert og forskifret, gabbroene for en stor del til grønne fin-kornete skifrer.

På kartet pl. 2 i sitt arbeide av 1941 har Du Rietz avsatt en kvartsitt med overliggende kalk som stryker vestover mot riksgrensen i Gernsåve (omkr.  $65^{\circ} 26' N$ ) på sydsiden av Väfsenelven (på norsk side Skarmodelselven). Etter Du Rietz er disse lag Vojtja-kvartsitten og Slättdals-kalken, kalksonen som ved Kullings fossilfunn i Björkvatnet— Virisen-området er vist å tilsvare etasje 5b i Oslo-feltet. Kalken og kvartsitten er funnet i strøkførtsettelsen på norsk side, hvor den ligger mellom fyllitt — grønnskifer-serien og Liming-serien. En lignende følge av kvartsitt og kalk finnes også noe lengere nord på sydvestsiden av Skarmodalen (omkr. 27, 36). Lagene har liten mektighet (noe omkring 10 m) og synes for det meste å kile ut vestover mot norsk område. Om vi ikke hadde sammenhengen med de svenske kartlagte områder, ville det være liten grunn til å skille ut denne avdelingen på norsk side.

Over fyllitt — grønnstein-serien ligger over store deler av området en serie av kalkglimmerskifrer. Bergartene i kalkglimmerskifer-serien er mer grovkornete og tykkskifrige og mer tektonisk kompetente enn de underliggende fyllitter. De ligner i dette meget på bergartene i Liming-serien, men skiller seg ved å være lysere av farge og ved å ha en normal sedimentsammensetning med rikelig av glimmer, uten det innhold av epidot og rikelig kloritt, som er karakteristisk for Liming-seriens bergarter. Turmalin i forholdsvis stor mengde synes å være en karakteristisk aksessorisk bestanddel for kalkglimmerskiferne og er funnet i alle undersøkte slip av disse.

En karakteristisk og meget utbredt bergartstype i kalkglimmerskifer-serien er lyse muskovittrike skifrer med store glinsende muskovittskjell. Ikke alle bergartene i denne avdelingen er kalkholdige, det finnes også kalkfri bergarter, som ellers er av samme type.

I den forrige meddelelse (s. 129—130) ble det gitt en kort omtale av den lagavdeling i Grong-feltet som av Foslie ble betegnet som en flysch-formasjon, og det ble (s. 132—134) gitt en kort beskrivelse av de tilsvarende lag nordfor i vårt område. Denne avdeling kan følges med samme petrografiske karakter fra Limingen i syd til Røsvatn i nord, en strekning på omkring 90 km. Som navn på denne stratigrafiske enhet foreslåes Liming-serien etter de gode

blotninger av serien på nordsiden av Limingen i Foslies kartleggingsområde. Hovedbergarten i Liming-serien er kalkrik og tykkskifrig og kan bli så kvartsrik at den går over til kalksandstein. Fargen er grønn eller ofte lys med grønne bånd og striper.. Som nevnt ovenfor skiller de fleste av Liming-seriens bergarter seg fra vanlige sedimenter ved å inneholde meget albitt, epidot og kloritt, men til gjengjeld lite glimmer, særlig lite muskovitt.

Konglomeratlagene i Liming-serien var etter de første sommers arbeide kjent så langt nord som i Sommerfjell ovenfor Mikkelfjord (28, 22), siste sommer ble det funnet konglomerat også lengere nord ved nedre Elgsvatn (35, 27). Bollematerialet er påfallende ensartet fra Limingen til den nordligste kjente forekomst, det er lyse albittførende ofte kalkholdige kvartsitter og leuko-trondhjemitiske bergarter med albitt og lite eller intet av epidot og mørke mineraler. Ved Elgsvatn fantes en bolle av vakker albitt-granofyr. Det finnes også dolomittboller.

En særskilt facies av Liming-serien finnes i østlige strøk, ved den østlige del av Unkervatn og langs Skarmodalen og i den smale stripe av seriens bergarter nord for Krutvatn. Bergartene består her av en veksel av cm- til dm-tykke lyse og mørkt grønne lag. De lyse lag inneholder kvarts, albitt, epidot og muskovitt, de mørke kvarts, albitt, epidot og klorit, kalkspat finnes i begge. (Fig. 2.)

De lyse kvarts- og muskovittrike skifrer i Liming-serien er enerådende over ganske store områder i Amirfjell på nordsiden av Skarmodalen, de henger tydelig sammen med den båndete del av serien. Blant de lyse lag finnes det noen steder hvite, sterkt rustende kvartsitter. De grønne lag kan inneholde hornblende og nærme seg til gabbroid sammensetning.

Liming-serien ble av Foslie med rette betegnet som en flyschaktig avleiring dannet under orogene forhold. Dens materiale må dels være kommet fra lyse bergarter som finnes i bollene, dels fra gabbroide bergarter. Det er påfallende at det ikke er funnet gabbroide boller i konglomeratene til tross for at det finnes ganske rikelig av basisk materiale i grunnmassen. Forklaringen på dette kan være at det gabbroide materiale er kommet fra «ferskt» og lite konsolidert vulkansk materiale og at det har vært basaltisk vulkanisme under seriens avleiringstid. Denne forklaring bestyrkes ved at det finnes vulkanske bergarter i den øvre del av Liming-serien i strøket nord for Namsvatnet.

*Hattfjelldal-dekket.*

Om den stratigrafisk-tekttoniske enhet i området som kan kalles Hattfjelldals-dekket er det lite å føye til beskrivelsen i den tidligere meddelelse (s. 134—139).

Som der omtalt (s. 134) er det indikasjoner for at de dolomittiske karbonatbergarter i Hattfjelldal-kalken er dannet ved dolomittisering av opprinnelige kalksteiner.<sup>1</sup> For å belyse dette forhold er det blitt utført tre karbonatanalyser ved NGU's kjemiske laboratorium, analytiker Erna Christensen

| Uopløst i             | 1.          | 2.          | 3.          |
|-----------------------|-------------|-------------|-------------|
| 5 % HCl..             | 25.29 %     | 0.70 %      | 4.38 %      |
| CaO .....             | 40,90 » 729 | 46,60 » 831 | 42,97 » 766 |
| MgO .....             | 0.13 » 3    | 7.83 » 194  | 8,88 » 220  |
| CO <sub>2</sub> ..... | 32.36 » 731 | 43.76 » 994 | 42.55 » 967 |
| Atomprop.             |             |             |             |
| Mg : (Ca+Mg)          |             |             |             |
| i karbonat ..         | 0.004       | 0.19        | 0.22        |

Analyse 1 er av mørk uren kalkstein med skiferstriper ved gjestgiveriet, Hattfjelldal, 2. og 3. er finkornete dolomittiske karbonatbergarter ved brua over Susna ved Ivarrud, 2. lys grå og 3. hvit av farge. Disse to typer finnes som diffust avgrensede partier i samme lag og må ansees for å representere to stadier i dolomittiseringen. Det større innhold av uopløst i analyse 3 behøver ikke å skyldes noen sekundær omvandling, for det kan ikke garanteres at de to prøvene er tatt fra nøyaktig samme horisont.

Mer underordnet finnes rene dolomitter blant karbonatbergartene, disse er vakre hvite kornete marmor, mer grovkornet enn de dolomittiske kalksteiner. Fra en forekomst av dolomittmarmor ved Grublandshaugen ved Ivarrud er det blitt gjort forsøk med brytning.

På sydvestsiden av Storholmen i Røsvatn (40, 17) finnes Liming-serien grensende til underliggende fyllitt, over Liming-serien følger en grå meget kalkrik fyllittaktig skifer med enkelte tynne kalklag. Denne serien er gjentatt to ganger i profilet. I dette profil

<sup>1</sup> J. H. L. Vogt (1897, s. 15, fotnote) anså det for sannsynlig at dolomittbergartene i Susendalen var dannet ved dolomittisering.

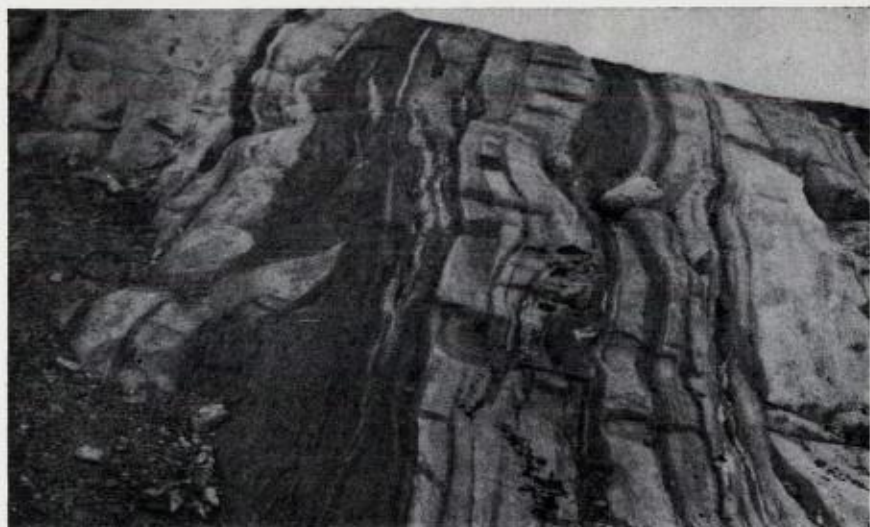


Fig. 2. Veksel av lyse og mørkt grønne lag, karakteristisk for Liming-serien i den østlige del av kartområdet. Syd for høgd 951 nord for den vestlige del av vestre Krutvatn (42.5, 38).

*Alternating light layers of quartz — albite — muscovite rock and green layers rich in epidote and chlorite, the facies characteristic of the Liming Division in the eastern part of the map area. Locality: 61°42'.5 N, 3°38' E.*

mangler Hattfjelldal-kalken, som står med stor mektighet på sydsiden av Røsvatn. Sannsynligvis hører den grå kalkholdige skifer til Hattfjelldal-dekket. Den samme grå kalkholdige skifer finnes over Liming-serien like under skyveplanet til den overliggende høymetamorfe glimmerskifer i strøket nord for vestre Krutvatn, (den er for smal til å komme med på kartet fig. 1). Ellers mangler Hattfjelldal-dekket i den del av de nordlige strøk som er blitt undersøkt av oss. Det er mulig at det kommer igjen lengere nord, i strøket nord for Favnvatnet, hvor det etter G. Holmsen (1913, s. 13) og etter Bøckmans undersøkelser finnes ganske mektige kalkdrag.

#### *Intrusivbergarter.*

Intrusivbergartene i fyllitt-grønnskifer-serien i den nordlige del av området er omtalt foran, mens intrusivbergarter i den sydøstre del av området er omtalt i den tidligere meddelelse s. 137—138.

*Oversikt.*

Som nevnt i den tidligere meddelelse s. 138 er bergartene øst for utgåendet av det store overskyvningsplan på et lavt metamorfose-trinn, karakterisert ved at plagioklas i sammensetning nær albitt (An 0—5) opptrer sammen med epidotmineraler. Det er ganske alminnelig at muskovitt, biotitt og kloritt opptrer sammen, i enkelte bergarter finnes granat. Det er grunn til å oppfatte disse tilsynelatende uregelmessigheter i opptreden av femiske mineraler som en følge av vekslende Fe:Mg-forhold i bergartene. På denne måten kan det forklares at det forekommer enkelte benker av granatførende bergart inneleiret blant store mektigheter av granatfri fyllitter.

Vi har i området foldning etter to hovedretninger, en omkring nord—syd og en annen omkring øst—vest. Stort sett er den nord—sydlige foldningsretning fremherskende i vest og den øst—vestlige retning i øst i grensestrøkene. De grove hovedtrekk i foldnings-tektonikken fremgår av kartet fig. 1.

I den østlige del av området, i det vi kan kalle fyllitt — grønskifer-dekket, har vi ut fra iakttagelsene under arbeidet kunnet oppstille den lagfølge som er nevnt foran, under forutsetning av at det ikke finnes gjennomgående skyveplan innenfor avdelingen eller in-versjoner av regional utstrekning. I den sydøstlige del av området, omkring Harvassdalen (omkring 20, 40) har vi kalkglimmerskiferer av samme petrografiske karakter og sannsynligvis av samme stratigrafiske stilling både over og under fyllitt — grønskifer-avdelingen. Her må det regnes med en duplikasjon av lagene, enten ved overfoldning eller ved skyvning.

Av forholdene på norsk side fremgår det at det må være en erosjonsdiskordans mellom kalkglimmerskifer-avdelingen og Liming-serien. Liming-serien ligger i store deler av området direkte over fyllitt — grønskifer-seriens bergarter, på den annen side må Liming-serien være den yngste eller i hvert fall den tektonisk øverste avdeling i området, fordi den finnes nærmest under Hattfjelldal-kalken. Ganske merkelige er forholdene i Storfjell og Arefjell (omkring 29, 43), hvor grønskifer og svarte fyllitter stikker opp i et antiklinorium, overleiret av Liming-serien på sydsiden og av kalkglimmerskifer-serien på nordsiden.

Å komme videre i forståelsen av de stratigrafiske forhold er mulig ved hjelp av resultatene av arbeider som er gjort i tilstøtende



strøk på svensk side. Her har vi etter A. Högbom (1925) og T. Du Rietz (1941) de samme hovedledd i stratigrafien som på norsk side med en undre fyllitt-avdeling med grafittfyllitter og en øvre avdeling med kalkfyllitter. Mellom de to avdelinger ligger Vojtja-kvartsitten og den overliggende Slättdals-kalk. Kalkfyllitten eller kalkglimmerskiferen må således være silurisk, forutsatt normal overleiring.

Serpentinittene som er intrudert i fyllitt — grønnskifer-serien sier også noe om denne series stratigrafiske stilling. I Björkvatnet—Virisen-området (Kulling 1933) har serpentinitene vært i erosjonsposisjon og er blitt dekket av sitt eget forvitningsgrus (serpentin-konglomerat) før de overliggende lag av Mesket- og Gillik-seriene ble avleiret. Disse seriene er sikkert ordoviciske, da de overleires av Vojtja-kvartitten og Slättdals-kalken (5b). Følgelig må fyllitt — grønnskifer-seriens avleiringstid rykkes langt bakover i ordovicium, og vi får et holdepunkt for å parallellisere den med Støren-gruppen (Bymark-gruppen) i Trondheimsfeltet. Dette viser også at Mesket-serien på svensk side med sin basaltiske og keratofyriske vulkanisme må være yngre enn grønnskiferne i fyllitt — grønnstein-serien. Disse har som foran nevnt ingen likhet med de massive utvilsomme metabasalter og agglomerater som Beskow (1929) har beskrevet fra Södra Storfjället og Kulling (1933) fra Björkvatnet—Virisen-området. Beskow har på sitt kart over Södra Storfjället avsatt store områder med bergarter som betegnes som basiske effusiver og tuffoider i klorittskifer-facies og som han regner som lavmetamorfe bergarter av Mesket-serien. Men det kan ikke være tvil om at disse er de samme som de tynnskifrige grønnskifrer på norsk side, og det er således ikke først og fremst metamorfosegraden som skiller dem fra de massive Mesket-bergarter.

Etter disse resultater får vi på norsk side, og også i tilstøtende svenske strøk en stor hiatus mellom fyllitt — grønnstein-serien og Vojtja-kvartsitten og Slättdals-kalken og overliggende kalkglimmerskifer. Som foran omtalt er Vojtja-kvartsitten og den overliggende kalk meget svakt utviklet eller mangler på norsk side.

Det som måtte finnes av Liming-serien på svensk side er ikke blitt skilt ut fra kalkglimmerskiferne på Högboms og Du Rietz's karter. Du Rietz (1941, s. 59) har beskrevet en albitt- og muskovittførende kvartsitt på sydsiden av Väfsendalen (Skarmodalen) på svensk side nær riksgrensen under navn av Viris-kvartsitt eller Gemsåive-kvartsitt. Denne henger antagelig sammen med de lyse

kvartsrike skifrer i Liming-serien på norsk side. På den annen side, har disse bergarter etter Du Rietz sammenheng med Viris-kvartsitten i Viris-serien i Kullings Björkvatnet—Virisen-område. Hvis dette blir bekreftet, kan vi regne med at Liming-serien svarer til Viris-serien, den øverste siluriske horisont på svensk side, og er forbundet med denne ved faciesoverganger.

Arbeidet i disse strøk ble opprinnelig satt i gang i forbindelse med undersøkelsen av sink—blyforekomstene ved Mikkeljord (se Færden 1953), men har siden fortsatt som alminnelig geologisk kartlegging. Selvsagt har vi hele tiden vært på utkikk etter malmblokker og malmanvisninger, men med ytterst magert resultat. Vi kjenner noen få funn av mest små kisblokker fra strøket omkring den øvre del av Susendalen. Noe som kan kalles kisanvisninger er knapt nok blitt funnet. Det sier også ganske meget at det ikke finnes et eneste kiskjerp i området, når en vet at skjerpefeberen til sine tider har vært den rene farsott der. (Vi ser da bort fra forekomster av kobberglans i serpentinit.)

Det ser ut som om grønnskifrer av den type vi har i området ikke inneholder kisforekomster. I Grong-feltet finnes kisforekomstene i grønnsteiner av tykkbenket massiv type og som opptre i stor mektighet. I området nord for Namsvatnet er det grønnskifrer av samme type som i vårt område, i disse er det ikke funnet en eneste kisforekomst.

### Summary:

#### *Geology of the south-eastern-most part of Helgeland.*

Helgeland is the southern part of northern Norway. The present paper is a preliminary report presenting the results of mapping work during the summers 1951—54 by the writer and his assistants. A report based upon the work in 1951—52 has been published earlier (Strand 1953).

The rocks in the area can be divided into four main units (see the map Fig. 1).

I. The basal massif of Store Børgfjell is built of granitic gneisses, schists and, subordinately, of quartzites. Zones of feldspatiferous porphyroblast schists form a transition between the sedimentary schists and the granitic gneisses and indicate a granitization origin of the latter. On Swedish territory, according to G. Kautsky, the rocks of the Børgfjell massif are normally overlain by

Cambrian sediments of foreland type. This indicates a Pre-Cambrian age of the massif. On Norwegian side no rocks of a corresponding autochthonous or parautochthonous sedimentary cover have been recognized.

II. The sediments next above the massif have tectonic boundaries and form a tectonic unit composed of four stratigraphic divisions. These are in ascending order:

1. Micaceous and microcline-bearing quartzites and quartzschists (Fig. 3 in Strand 1953).

2.—3. A division of phyllites and greenschists. The grey phyllites with black carbonaceous bands also contain intercalations of quartzschists. The greenschists are fine-grained incompetent rocks, partly of a gabbroid composition, partly of a composition indicating weathering of the gabbroid material and admixture of sedimentary material (lack of amphibole, occurrence of biotite). It seems impossible to interpret any of these fissile and schistose rocks as meta-basalts or meta-andesites. In the division of phyllites and greenschists there are numerous intrusions of meta-ultrabasites (serpentinites), these are not found in the younger divisions.

A quartzite with an overlying limestone occurs in the area about  $65^{\circ} 26' N$ ,  $3^{\circ} 45' E$ . These are the Upper Ordovician Vojtja Quartzite and Slättdal Limestone, recognized as leading horizons on the Swedish side of the boundary but feebly developed on the Norwegian side and thus not marked on the map. Fig. 1.

4. A division of calcareous micaschists, relatively tough and competent rocks.

5. The Liming Division (name here proposed) likewise consisting of calcareous micaschists. The rocks of this division are distinguished from the underlying calcareous micaschists by green colours and ample contents of albite, epidote and chlorite, indicating an admixture of basic (gabbroid) material. Intercalated conglomerates contain boulders of light quartzite, leuko-trondhjemite and dolomite (Figs 4 and 5 in Strand 1953, Fig. 2 in this paper). The Liming Division is a deposit of flysch type formed under orogenic conditions.

The rocks of this division, and likewise those of division III, show a low grade metamorphism. They generally contain albitic plagioclase together with epidote minerals.

In adjoining Swedish regions the same sequence of phyllites and graphite phyllites — Vojtja Quartzite and Slättdal Limestone —

calcareous micaschists have been described by A. Högbom (1924) and T. Du Rietz (1941).

Serpentinities of the same group as those which intrude the phyllite — greenstone division in the present area are shown to have been eroded and to have been covered by their own debris (serpentine conglomerates) in the Björkvattnet—Virisen area in Sweden (Kulling 1933). Above the serpentine conglomerate follow the Ordovician Mesket Series (with volcanic rocks) and the Gillik Series and further the Upper Ordovician Vojtja Quartzite and the fossiliferous Slättdal Limestone. From this it can be concluded that the phyllite — greenstone division intruded by the serpentinites must belong to a low Ordovician (or older) horizon. A correlation of the phyllite — greenstone division with the Støren Group in the Trondheim Region is thus strongly indicated. There is thus a hiatus comprising the greater parts of the Ordovician between this division and the overlying Silurian calcareous micaschists.

III. The Liming Division is overlain, most probably with a tectonic boundary, by a limestone, the Hattfjelldal Limestone, and associated micaschists. This is regarded as a separate tectonic unit, the Hattfjelldal Nappe. See Figs 6 and 7 in Strand 1953.

IV. The uppermost tectonic division in the area is a complex of highly metamorphosed rocks lying above a sharply marked thrust-plane. The rocks of this division are not described in the paper.

V. Apart from the serpentinites there are intrusive rocks of a gabbroid and trondhjemitic composition.

### Litteratur.

- Beskow, G. 1929. Södra Storfjället im südlichen Lappland. SGU ser. C No. 350.  
Du Rietz, T. 1941. Nyare undersökningar inom Remdalens malmtrakt och dess omgivningar. SGU ser. C No. 439.  
Færden, J. 1953. Sink—blyforekomstene ved Mikkelfjord. NGU Nr. 184: 145—153.  
Holmsen, G. 1913. Oversigt over Hatfjelldalens geologi. NGU Nr. 61 (Årbok 1912, D).  
Högbom, A. 1925. De geologiska förhållandena inom Stekenjokk—Remdalens malmtrakt. SGU ser. C No. 329.  
Kautsky, G. 1948. (Diskusjonsinnlegg). GFF 70: 501.  
Kulling, O. 1933. Bergbyggnaden inom Björkvattnet—Virisen-området. GFF 55: 167—422.  
Strand, T. 1953. Geologiske undersøkelser i den sydøstligste del av Helgeland. NGU Nr. 184: 124—141.  
Vogt, J. H. L. 1897. Norsk marmor. NGU Nr. 22.

# A Petrographical and Structural Study of the Rocks Around the Peridotite at Engenbræ, Holandsfjord, Northern Norway.

BY

HENNING SØRENSEN

With 13 text-figures.

*Abstract.* This study is a continuation of the work carried out by S. Skjeseth and the writer in 1952 (see 5). The present paper only deals with an extremely well-exposed surface 1 km square in front of the retreating Engenbræ glacier.

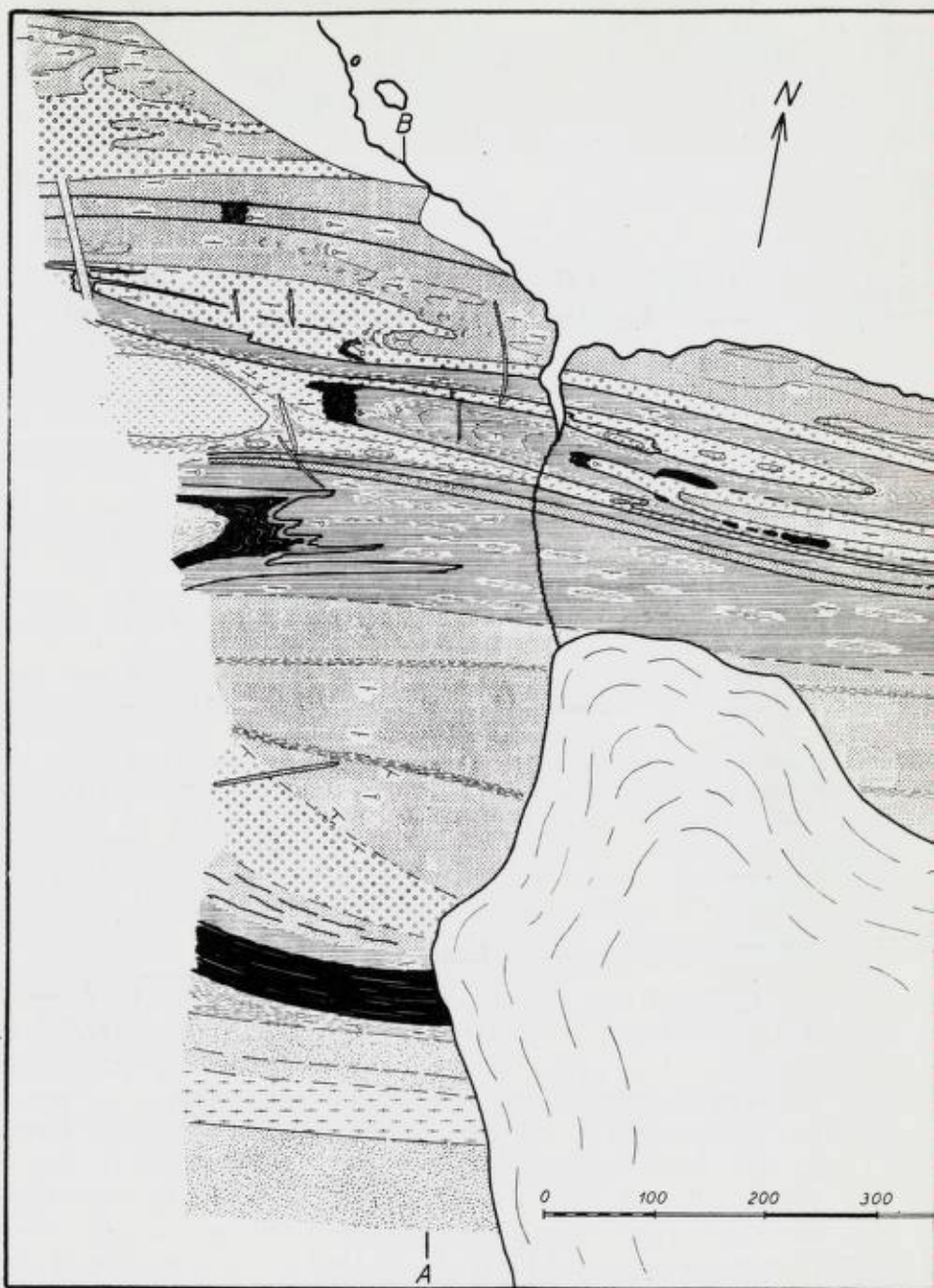
This surface is built up of a series of para-sediments metamorphosed under amphibolite facies conditions. The main components are: amphibolites (often with diopside and garnet), sillimanite-mica schists, lime-silicate gneisses, skarn, and crystalline limestone. The folding is intense with narrow and deep folds.


A mass of peridotite is situated in a banded series lying between an upper series of mica schists (granite) and a lower series of calcareous rocks. It is shown that the peridotite was emplaced at an early stage of the folding in a zone of strong deformation and that this mass has much disturbed the surroundings during subsequent phases of folding because of its greater rigidity.

## Introduction.

In 1952 I took part in the detailed examination of the graphite at Renndalsviken, Holandsfjord in Northern Norway which was carried out by the Norwegian Geological Survey. As one of the results of this work a short description of the geology of the region was published by S. Skjeseth and the writer (5). In 1952 I had, through the kindness of Mr. S. Føyn, Director of the Geological Survey of Norway (NGU), the opportunity of studying the remarkably well-exposed outcrop in front of the retreating Engenbræ glacier, but having no topographical maps I could not at that time complete the examination.


After the return from Northern Norway it was possible to make a preliminary map based on air photographs and in the summer of



 Mica Schist

 Granitic Gneiss

 Peridotite Zone

 Banded Series


 Garnet Gneiss

 Amphibolite

 Peridotite

 Pegmatite

 Lime-Silicate Series

 Lower Amphibolite

 Crystalline Limestone

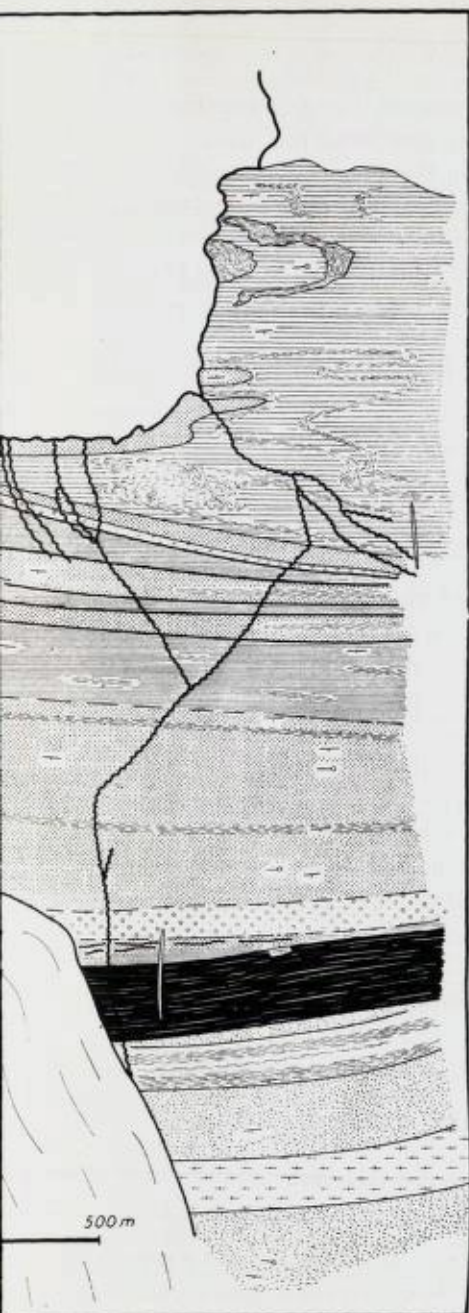


Fig. 1. Map of the Engenbræ Area based on air photographs.

*Geologisk kort over området tegnet på grundlag af luftfotografier.*

— River

∕ ∕ Strike and Dip  
(Vertical, Steep, Flat)

∩ ∩ Axes of Folding  
(Steep and Flat)

Marble

1954 I went to Engenbræ again supported by a grant from the University of Copenhagen in order to complete the work.

I wish to express my gratitude to Director Føyn and to state geologist S. Skjeseth for much kind help, to my friends at Holandsfjord, especially the Dahl family at Fondal and Mr. O. Solhaug at Renndalsviken for hospitality and invaluable support, and to the University of Copenhagen for the grant which enabled me to go to Northern Norway in 1954.

Thanks are also due to Mr. Knut Dahl for valuable help in the field and for the photo fig. 2, to Miss Ragna Hansen for drawing the map and to Mr. P. Padget, M.Sc. for kindly correcting the English of the manuscript.

### **General Geology.**

The geology of the region has already been described by S. Skjeseth and the writer (5). The present study only deals with the limited area in front of the Engenbræ glacier. The location of this area may be seen on the maps in (5, fig. 2) and in (4).

In order to place the Engenbræ area in the geological structure of the region reference will be made to the sections in Fondal (the valley immediately to the west of Engenbræ (cf. 5, page 156). In the south in Fondal is a fairly complex anticline the Fondal anticline, which to the north is followed by a synclinorium in the granite mountains Kløfttind and Middagstind. Then follows a zone of complex deep folding in Stortind and Rødtind with the graphite anticlinorium most northerly.

At Engenbræ the eastern continuation of the Fondal anticline occurs to the south; then towards the north the granite syncline, and furthest north the eastern continuation of the amphibolite and peridotite zone from Stortind and Rødtind.

### **The Surface in Front of the Glacier.**

A few years ago the glacier almost reached the fiord (cf. plate VII, in (4)) but during the last decades it has retreated very rapidly so that a small lake and a surface about 1 square km are now exposed in front of the glacier (fig. 2). Thus seen from a glaciological point of view there is in front of the glacier first the rock surface on which the glacier rests, then the depression with the lake excavated by the





Fig. 2. The surface in front of Engenbræ seen from the mountains to the east. Note that the layers run across the surface from side to side on the left while there are closures to the right. Top right, closure of the marble and just above it the peridotite. One of the synclines of the peridotite zone is seen centre right, just left of the outflow of the river. (Knut Dahl phot.)

*Den iseroderede flade foran Engenbræ set fra fjeldene øst for. I venstre side af billedet løber lagene tværs over fladen fra side til side, i højre side ses lukninger af folderne. Øverst tilhøjre lukning i marmor og oven for den igen peridotiten. Den nordligste af synklinalerne i peridotitzonen ses til højre i billedet, til venstre for gletscherelvens udløb. (Knut Dahl phot.)*

ice, and in front of this again the moraines often built up of huge boulders.

The surface offers excellent opportunities for the study of the rocks and of the structures since it is not yet covered by vegetation. Apart from the numerous glacial striations the only traces left by the glacier are a few boulders and pebbles. In places, especially near the lake, crevasses and hollows may be covered by sand.

The surface in front of the glacier is built up of a rock complex comprising amphibolites, lime-silicate gneisses, mica-schists, crystalline limestones, skarn, peridotite, and several types of strongly deformed rocks. The folding is very intense.

The central part of the surface is the eastern continuation of the amphibolite-peridotite zone from Stortind and Rødtind and this zone also has amphibolite and peridotite here, although a garnet-biotite gneiss is the most prominent rock. A fairly large mass of peridotite is found in the most western part of the area under consideration and this is undoubtedly the continuation of the peridotite from Rødtind. Towards the east several smaller ultrabasic masses are found in two narrow synclines occupied by the above-mentioned garnet-biotite gneiss. These two synclines converge at the large peridotite and the anticline thereby formed is dominated by two closures with concentrations of marble, the layers of marble surrounding the peridotite zone being especially thick towards the hinges of the folds (fig. 3). Locally there is a change in direction of plunge of the fold axes in this zone so that the anticline may be changed to a syncline with steep axes of folding.

The area north of the peridotite zone is, towards the west, made up of lime-silicate gneisses with intercalated beds of sillimanite gneiss, crystalline limestone, and strongly deformed rocks. The eastern part of this area has folded bands of amphibolite in a matrix of deformed lime-silicate gneiss.

South of the peridotite zone there is to the west a syncline with limestone; towards the east occurs a banded series of lime-silicate gneisses, more or less granitized, with layers of mica-schists and amphibolites.

South of this follows another lime-silicate series and then a thick layer of limestone which is separated from the granitic gneiss of the granite synclinorium by an amphibolite-banded series.

### **Stratigraphy and Petrography.**

In the previous paper (5, page 163) the following stratigraphical succession from the Fondal anticline was described from bottom upwards: micaschists, lime-silicate gneiss with amphibolite, banded series of lime-silicate gneiss with thin layers of sillimanite gneiss, then limestone, lime-silicate gneiss with bands of amphibolite, mica schist with bands of amphibolite, mica schist, graphite schist, quartzite and mica schists. The upper part of the series was granitized.

A corresponding series is found at Engenbræ, although a part of the sequence is lacking there. We have from bottom upwards:

lower amphibolite series,  
lime-silicate series,  
garnet gneiss,  
lower crystalline limestone,  
banded series,  
upper crystalline limestone,  
amphibolite-banded series (peridotite),  
granitic gneiss and mica schists.

In the following pages the rocks will be described in this order.

#### *Lower Amphibolite Series.*

This series is best studied in the north-eastern part of the area. The main rock is a garnet-biotite rock rich in quartz veins. It has layers of calcareous origin such as crystalline limestone, lime-silicate gneiss, and also more quartzitic beds and spotted layers with sillimanite. In this garnet gneiss strongly folded bands of a diopside-bearing garnet amphibolite occur. The amphibolite has thin folded layers of limestone and of diopside skarn. The latter are often broken (with cross joints) where folded (fig. 4). Small thin layers of «outrolled» garnet may be present.

The style of folding of the amphibolite closely resembles that of the enclosing lime-silicate gneiss, leaving little doubt as to the origin of the amphibolite. There is a gradual transition from the amphibolite to the garnet gneiss. The latter is identical with the garnet gneiss which encloses the amphibolite in the core of the Fondal anticline.

The garnet gneiss (no. 49c) consists of a brown biotite in parallel flakes, quartz, plagioclase (28 % anorthite) and ore. Garnet is present in scattered grains. In some horizons the gneiss resembles closely the lime-silicate rocks which will be described in detail from higher levels of the series.

The matrix of the amphibolite (no. 49b) consists of parallel, somewhat corroded prismae of a dark green hornblende; in addition quartz, a zonal plagioclase (about 35 % anorthite), and calcite occur. Accessories are ore, sphene, and apatite. Biotite may be present. Garnet is found in scattered grains and so is diopside in some parts of the rock. Diopside may, as mentioned above, also occur in true layers.

As an example of the skarn varieties of the amphibolite sample

no. 49a may be mentioned. It is a rock with large green prismae of hornblende with inclusions of sphene and intergrown by scapolite and brownish-red biotite. The hornblende may be bleached against the scapolite. Diopside occurs in large, somewhat uralitized grains. In some parts of the rock calcite and biotite are present in a considerable amount. The hornblende is glomeroblastic.

### *The Lime-Silicate Series.*

Above the amphibolite follows a layer of lime-silicate gneiss with a bed of limestone, then a sillimanite-bearing mica-gneiss, then a banded complex with thin layers of garnet amphibolite, sillimanite gneiss, limestone and a white muscovite quartzite, and then the predominant rock of this horizon, namely, a layer of lime-silicate gneiss. Because of the pinch and swell structure of this series the thickness of the individual beds varies from place to place; some layers may in places be totally lacking. It has therefore not been possible to establish the stratigraphical sequence with certainty and there will be made no attempt here to subdivide the upper layer of the lime-silicate gneiss by means of the intercalated beds of other rocks.

The main rocks of this series will be described below:

*Lime-silicate gneiss.* This is a light-gray, medium-grained rock which has thin, dark layers rich in biotite, thin layers of pure calcite, and thin layers of pure quartz. There are very often rusty-coloured layers of two types. The one is a sillimanite-bearing mica schists, the other is a graphite- and ore-bearing quartzite.

The structure of this rock is very similar to that of the less metamorphosed marly rocks of the Trondheim area further south which I saw when visiting Professor H. Ramberg at Åsenfiord in 1954. At Åsenfiord these rocks are deformed by «slip folding», that is by lamellar gliding so that the thin sandy- and limy layers are folded. A strong secondary schistosity is developed along the slip planes. At Engenbræ the deformation has progressed a stage further (the metamorphism is correspondingly more pronounced) and the secondary schistosity has been folded (fig. 5).

The following minerals are almost always present in these rocks: diopside, hornblende, biotite, sphene, quartz, plagioclase, microcline and calcite. Some of the rocks may have large porphyroblasts of

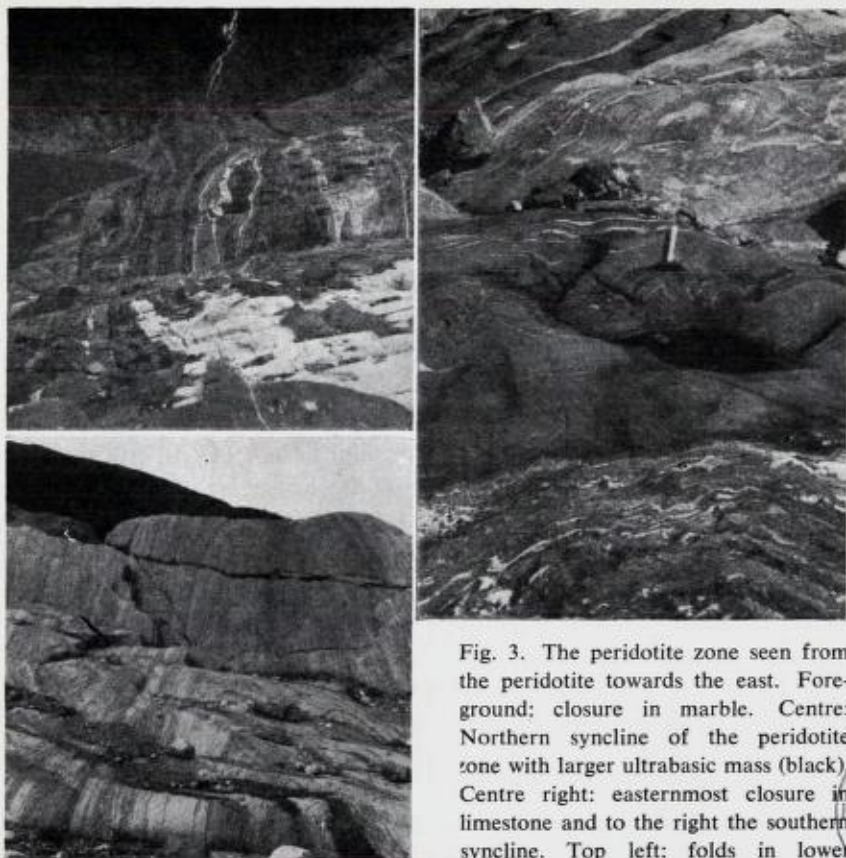


Fig. 3. The peridotite zone seen from the peridotite towards the east. Fore-ground: closure in marble. Centre: Northern syncline of the peridotite zone with larger ultrabasic mass (black). Centre right: easternmost closure in limestone and to the right the southern syncline. Top left: folds in lower amphibolite.

*Peridotitzonen set fra peridotiten mod øst. I forgrunden lukning i marmor, i midten fra venstre til højre: nordlige peridotitsynklinal med sort ultrabasiske masse, i midten lukning i kalksten og til højre sydlige synklinal. Øverst til venstre folder i nedre amfibolit serie.*

Fig. 4. Lower amphibolite in the north-eastern part of the area. Amphibolite in garnet gneiss. At the hammer: folded and broken layer of diopside.

*Nedre amfibolit fra den nordøstlige del af området indesluttet i granatgnejs. Ved hammeren ses et foldet og sønderbrudt diopsid lag.*

Fig. 5. Anticline in lime-silicate gneiss. The northwestern part of the area.

*Antiklinal i kalksilikatgnejs i den nordvestlige del af området.*

garnet and irregular grains of scapolite. Epidote minerals are very rare. Accessories are: apatite, graphite, zircon and ore.

The diopside is often found in fairly large grains which may be very fresh, but it is generally present in smaller corroded and uralitized grains intergrown by plagioclase and biotite. It may be glomeroblastic.

Hornblende is often associated with diopside as an alteration product of the latter, but it may be present in independent grains as well. It is normally of a faint green colour in thin section, but may occasionally be of a dark green colour as in the amphibolites.

Biotite (brown) is present in most rocks, but may be confined to the dark layers. In accordance with the terminology of V. M. Goldschmidt (1, page 8) these rocks should properly be termed lime-mica schists. The biotite has pleochroic haloes around small inclusions of zircon and it may be intergrown with secondary chlorite.

The biotite is present in small parallel flakes, often bent, and the schistosity thereby produced often cuts the linear arrangement of the diopside, indicating two periods of deformation. The biotite is most probably associated with the secondary cleavages mentioned above.

Sphene is invariably present, locally in a considerable amount in fairly large, irregular grains, but most often in small corroded grains. It may be twinned.

Quartz is the most prominent silic mineral and it may form layers of large irregular grains with wavy extinction. It is also a component of the groundmass of the rocks and represents most probably their original  $\text{SiO}_2$ .

Conformable replacement quartz veins are common in some horizons. The veins are associated with the secondary schistosity and may have parallel stripes of biotite. They may be folded where present in the closures of the folds.

Plagioclase may occur in large grains. The composition has (by means of the universal stage) been found to vary from rock to rock. An anorthite content of 30 to 40 % seems to be normal (as in no. 1—18/7), but values as high as 65—70 % have also been found (e.g. in no. 1—21/7). Twinning according to the pericline-, albite-, and complex albite-ala laws has been noted. The twinning may be irregular with lamellae wedging out. Inverse zonal structure has been seen.

Microcline is present in most rocks.

Calcite is present, in part in coarse-grained layers, in part in small interstitial grains between the silicate minerals.

Garnet is found in many rocks, most often as diablatic grains in aureoles of quartz and plagioclase and surrounded by the biotite.

Scapolite is present in some rocks and seems always to be of a replacing nature growing at the expense of the other Ca-minerals.

Tourmaline may occasionally be present.

The lime-silicate rocks are often granitized in the southern part of the area with the formation of a bluish-grey gneiss with quartz, plagioclase and biotite as the main components.

*Mica-schist.* The spotted mica schists are identical with the ones mentioned in (5). They are rusty coloured rocks occurring in thin layers and they have most often a well developed schistosity because of the parallel arrangement of the flakes of biotite. There are no traces of the zig-zag folding described in (5). This rock type is of the same appearance in all members of the stratigraphical sequence mentioned on page 77 and the following description is therefore valid for mica schists of all horizons.

The rocks are medium-grained with more coarse-grained layers (often rich in quartz).

The components are: quartz, plagioclase, (microcline), biotite, (muscovite), sillimanite and perhaps cordierite. Garnet and kyanite may be present. The accessories are: graphite, apatite, ore, tourmaline and zircon.

The great amount of quartz indicate that the original rocks were rich in sandy material. The quartz has undulatory extinction.

The plagioclase has alternating broad and narrow twin lamellae (the pericline and albite laws have been observed) and the anorthite content is about 30 %.

The potassium feldspar is only found in insignificant amounts when present.

The biotite is brown and forms thin layers made up of small irregular flakes (often bent). It may have inclusions of zircon and is more or less altered into chlorite with a simultaneous separation of tiny black needles.

Muscovite is found partly as independent flakes, which may be remnants of former layers of muscovite, partly as transformation products of sillimanite.

Sillimanite is most often found in aggregates of small thin fibres, more rarely in independent small grains. It is separated from the surroundings by muscovite (cf. 5, page 163). In some rocks large

irregular grains of kyanite are present, in others it occurs as inclusions in muscovite.

Garnet in diablastic grains may be an important constituent of these rocks, but is most prominent in the rocks poor in sillimanite.

Cordierite has not been identified with certainty.

The examined specimens are: no. 2—21/7 from the lime-silicate series and nos. 4—15/7a and 8—14/7a from the banded series.

Where granitized the mica schists are very rich in biotite and occasionally also in garnet; sillimanite and muscovite have disappeared.

*Ore-graphite-quartzite.* These rocks also occur in thin rusty-coloured layers and consist of quartz, a little plagioclase, biotite, muscovite, chlorite, graphite, ore and apatite. The rocks are fairly dense. (no. 3—20/7).

*Limestone.* Specimen no. 1—21/7 was taken in the middle of the anticline in the lime-silicate series in the north-western part of the area in the north limb of the limestone anticline indicated on the map. North of the limestone there is a transition zone to the lime-silicate gneiss. The border rock is white and quartzitic and will be described below. Locally there is a development of diopside skarn in the border.

The limestone (no. 1—21/7) is fine-grained and banded. It has patches of lime-silicate minerals, namely quartz, plagioclase, diopside, biotite, microcline, sphene, apatite and ore. It is rich in mica in some layers.

The white border rock is fine-grained with quartz and a colourless mica as the most important constituents, microcline, plagioclase and ore are found in minor amounts. Towards the lime-silicate rock there is a coarsening of grain size and biotite appears. This rock forms the western continuation of the anticline and is prominent in its closure. It also plays an important rôle in the central part of the narrow anticline east of the peridotite.

The southern limb of the limestone is rich in silicate minerals. It is somewhat deformed by flow (5, plate III, fig. 4).

No. 5—19/7 is another limestone from this series and was collected in the south-eastern part of the area. It is an example of a limestone with zones of crushed calcite. The twin lamellae of the larger grains of calcite are bent. Larger rounded grains of



plagioclase and quartz occur in the calcitic matrix. Accessories are graphite, sphene, biotite, ore and apatite.

*Strongly deformed zones.* In the north western part of the area there are some zones consisting of a great number of strongly deformed rocks. Their exact stratigraphical position has not yet been established, but they most probably belong to the lime-silicate series and may correspond to the limestone series mentioned above. The rock components are: quartzite, banded limestone with folded and broken (boudined) layers of silicate minerals, thin bands of amphibolite which may be rich in garnet in their central parts, rusty zones (quartzitic as well as mica schists), and less well defined rock types. The origin of these zones is still problematic. Some parts of them might be interpreted as highly deformed conglomerates, but the writer is more inclined to regard them as being formed from limestones subjected to strong dynamic metamorphism. This view is supported by the behaviour of the limestones of these zones which clearly show a tendency to wedging out by flow leaving contorted bands of silicate minerals behind. A comparison of (5), plate III, fig. 4. and fig. 6 of the present paper may illustrate this similarity in deformation.

These zones contain skarn rocks as for instance no. 1—22/7 which is a diopsidic mass made up of large grains of diopside penetrated by hornblende, biotite, plagioclase and quartz. They are uralitized along the margins and may be crowded with fibrous alteration products, probably a colourless amphibole.

The plagioclase has irregular extinction and irregular twinning (the complex albite-ala law has been observed). The anorthite content is about 70 %.

The groundmass consists of a seriticized plagioclase, biotite, amphibole, calcite, scapolite and quartz. Here as in so many other rocks of the area the schistosity produced by the parallel arrangement of the flakes of mica cuts the linear arrangement of the diopside.

#### *The Garnet Gneiss.*

This is a sort of a mixture between lime-silicate gneisses and mica schists and it follows above the lime-silicate series. That is to say it is not present everywhere where one should expect to find it when regarding its place in the stratigraphy. The reason is that the rock shows a pronounced tendency to mechanical thinning and

disappearance as it may be seen when following it along the strike direction across the area in question and it has not been found in the northern limb of the southern anticline.

Under the microscope the rock is seen to consist of quartz, plagioclase, biotite, amphibole, diopside (in part in large grains), garnet in rolled diablastic grains (with inclusions of quartz and surrounded by biotite), calcite, apatite, rutile, tourmaline, and ore. Some rocks like no. 2—20/7 have highly altered remnants of an unidentified mineral. In 6—15/7 the anorthite content of the plagioclase was determined to be 40 %. Muscovite is occasionally present.

#### *Lower Limestone Horizon.*

The layer of limestone overlying the garnet gneiss resembles the latter in its mechanical thickening and disappearance along the strike, which is seen especially well in the central part of the anticline east of the peridotite. There is there an alternation of disappearance and swelling and in places all carbonate material may have gone leaving white lumps of skarn behind.

The limestone (no. 1—25/7) is banded with alternating beds of calcite and white silicate minerals. These bands are broken and folded in a very intricate way (fig. 7) and it is the latter which mark the former site of the limestone where all the calcite has flowed away.

The calcite may occur in almost polygonal grains without translation lamellae, but lamellation also occurs.

The silicates are: diopside, amphibole, mica (all colourless), quartz, and plagioclase. The silicate bands are fine-grained showing traces of cataclasis.

The skarn (no. 53) consists of a colourless diopside, of small colourless fibres of amphibole, and a small amount of plagioclase, calcite and apatite.

#### *The Banded Series.*

The series overlying the limestone described above consists of lime-silicate gneisses (often highly deformed so that they appear as garnet gneiss), spotted mica-schists (fig. 9) and amphibolite in bands with or without garnet (the amphibolite bands appear to be most numerous in the upper part of the series), rusty zones, and skarn adjacent to the limestones at the base and at the top of the series.

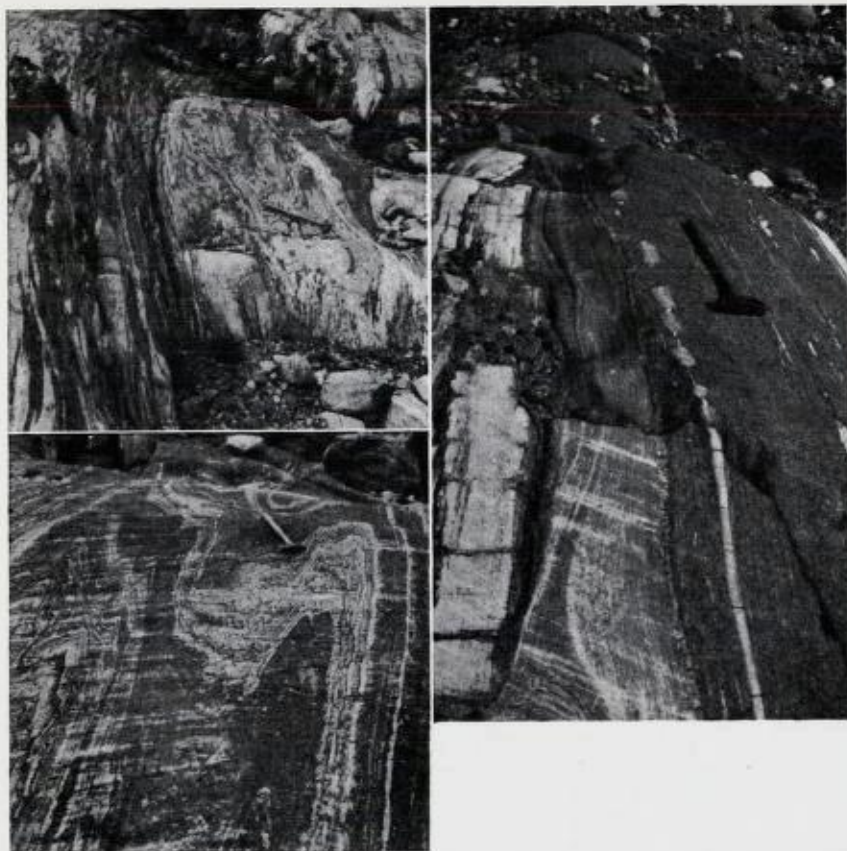


Fig. 6. Strongly deformed zone in lime-silicate gneiss close to the anticline of fig. 5.  
*Stærkt deformeret zone i kalksilikatgnejs nær antiklinalen i fig. 5.*

Fig. 7. Lower Limestone with layers of silicates. North of the peridotite.  
*Nedre kalksten med foldede silikatlag. Vestlige del af området nord for peridotiten.*

Fig. 8. To the left: lower limestone. Centre broken and boudined light-coloured layer in gneiss.

*Til venstre: Nedre kalksten, i midten brækket og boudineret lyst lag i gnejs.*

*The mica schists* resemble the rocks described above (examples are nos. 8—14/7a and 4—15/7c and the *lime-silicate rocks* are also identical with the ones described from the lower series. They ought in some cases to be termed lime-mica schists because of their great content of mica. They may then lack diopside (as no. 8—14/7b does)

and consist of large grains of garnet in a groundmass of quartz, plagioclase, amphibole, biotite, chlorite, apatite, ore and tourmaline. Some of the bands of lime-mica schist have as in no. 4—15/7a thin layers of calcite. This rock consists of quartz, plagioclase, microcline, diopside, sphene, apatite, biotite, scapolite, and ore. The calcitic layers have quartz, plagioclase, phlogopite, chlorite, sphene, apatite and in the borders diopside (uralitized), scapolite, sphene, and ore.

A third type of lime-silicate rock has compounds from the lime-silicates as well as from the mica schists and consists of quartz, plagioclase (35—40 % anorthite), biotite, diablastic garnet, diopside, a faintly coloured amphibole, muscovite, apatite, tourmaline, rutile, ore, chlorite, carbonate, and zircon. Here again the linear arrangement of the diopside is cut by the schistosity of the rock (no. 4—22/7).

A more intermediate type of rock is a garnet gneiss (no. 4—15/7) with large grains of garnet in a groundmass of quartz, plagioclase, biotite, muscovite, chlorite, and apatite. The garnets have many inclusions of quartz, ore, mica, and chlorite and they are enclosed by aureoles of quartz and plagioclase. The inclusions may be arranged in stripes as if the garnet is a replacing mineral, but there is also evidence that the garnet has been exposed to deformation since large grains have been «outrolled» during the formation of layers of garnet.

The bands of *amphibolite* are often rich in garnet and they may have conformable veins of quartz. The normal amphibolite (e.g. no. 9—14/7a) has the following components: quartz, plagioclase and a strongly green hornblende which is being replaced by biotite and chlorite; accessories are apatite and ore. The garnet porphyroblasts have caused a disturbance of the linear arrangement of the prismatic grains of hornblende. Associated with this rock a more banded amphibolite (no. 9—14/7b) occurs. It has layers rich in diopside and scapolite. This rock contains in addition to the minerals named above a good deal of sphene, biotite and calcite.

#### *The Upper Horizon of Limestone.*

This horizon is developed in two widely different ways in the various parts of the area. It forms a thick layer in the southern part of the area and in the limestone synclinorium south of the peridotite, while it forms a well-banded series in the zone around the peridotite.

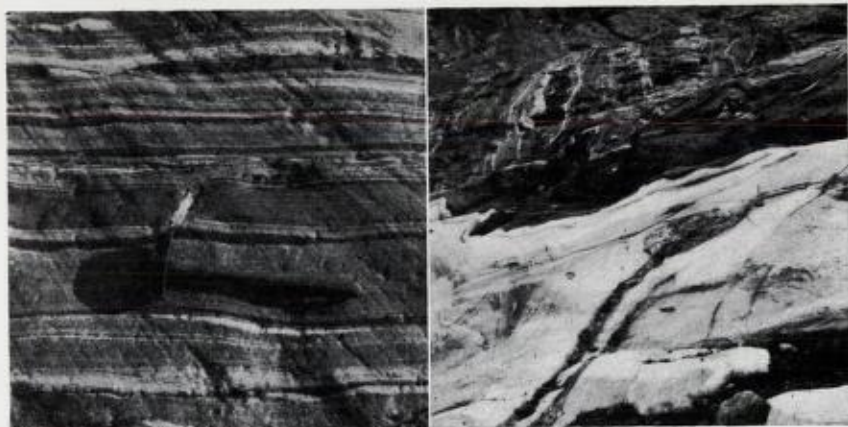


Fig. 9. Banded series south of the peridotite. The hammer rests on a layer with sillimanite spots.

*Båndet serie syd for peridotiten. Hammeren ligger på et lag med spætter af sillimanit.*

Fig. 10. Closure of marble east of the peridotite. The black rock in contact with the marble is skarn. As to the background compare fig. 3.

*Lukning af marmor øst for peridotit. Den mørke bjergart ovenfor marmoret er skarn (sml. fig. 3).*

The southern layer (no. 5—23/7) is very heterogenous and has thin bands of amphibolite, patches of lime-silicate rocks rich in plagioclase, quartz, diopside etc. and it may locally be altered to a considerable extent into lime-silicate rocks. Veins of quartz with large grains of diopside, hornblende, sphene, calcite and pyrrhotite are very common. So are calcitic veins in cross joints.

The thin bands of amphibolite consist of a green hornblende (with cores of diopside), plagioclase (30—60 % anorthite, inverse zonal structure), quartz, calcite, sphene, rutile, and ore. Bordering on the limestone there is a concentration of scapolite, plagioclase, and diopside. The scapolite replaces the hornblende and the plagioclase has a well-developed inverse zoning adjacent to the scapolite with 32 % anorthite in the core and 60 % towards the scapolite.

A fine-grained, white rock may occasionally be found in the border of the limestone. It is made up of: quartz, plagioclase, microcline, small flakes of biotite (and of muscovite), and very few grains of garnet and apatite.

The limestone in the synclinorium south of the peridotite is of the same appearance as no. 5—23/7 except for the fact that the flow within the layer is very pronounced (cf. 5, plate 3, fig. 3).

The stratigraphical equivalent of this limestone in the peridotite zone is a layered and banded series made up of marble, diopside, amphibolite, limestone and more gneissic rocks.

The marble (no. 2—14/7a) is pure white with thin layers of phlogopite. Under the microscope it is seen that the calcite has bent translation lamellae. There are scattered grains of amphibole, plagioclase, quartz, scapolite, sphene, and ore. The layers of mica are made up of small flakes of phlogopite. The marble has fine-grained, cataclastic zones.

In the border between the marble and the silicate rocks there are on both sides large grains of diopside. No. 2—14/7b has plagioclase (70—80 % An) and diopside with inclusions of calcite and scapolite in the border. In addition smaller and larger grains of sphene, often twinned, are present. Outside the border follows a silicate rock of diopside, scapolite, plagioclase (60 % anorthite), sphene, amphibole and with the scapolite replacing the plagioclase. Outside this rock follows a fine-grained amphibolite with a green hornblende and with subordinate amounts of plagioclase.

No. 5—18/7 was collected in the border between the marble and the garnet gneiss of the peridotite zone in the closure immediately to the east of the peridotite (fig. 10). Close to the marble the gneiss consists of a strongly green hornblende, plagioclase and quartz. About one centimetre from the border there is a zone rich in sphene and ore. Then follows diopside, with inclusions of the remaining minerals and apparently growing at the expense of the hornblende. The diopside is uralitized by a colourless amphibole. Outside the diopside large grains of plagioclase (with inclusions of diopside and sphene) are present. This zone may border on the marble but is also seen to be separated from the latter by a zone of small grains of diopside.

*The skarn.* The bands of diopside skarn are generally broken during the formation of boudinage structures (cf. 5, plate 3, fig. 5 which gives a good impression of the banded limestone-skarn zone). The small masses of diopside are often embedded in a matrix of calcite, in more rare cases of biotite.

The skarn is as for instance no. 7—14/7 composed of diopside,

epidote (often in big grains), amphibole, sphene, plagioclase and ore. The diopside is present in larger grains with irregular, often glomeroblastic extinction and occasionally with zoning. Calcite is never missing in these rocks.

The outer zones of the diopsidic masses vary from place to place. They may have a layer rich in diopside and scapolite in contact with the intercalated layers of limestone (the limestone is fairly pure but with scattered grains of diopside, quartz etc). In other cases their marginal parts are transformed into a mass of biotite. Finally it should be mentioned that they may have dark amphibolitic margins consisting of hornblende, biotite and plagioclase.

The thin layers of limestone may have fine-grained bands of amphibolite (i.e. no. 12—14/7) with green hornblende, plagioclase (30 % anorthite), quartz, calcite, sphene, apatite and ore. The borders with the limestone may be sharp, but with calcite penetrating the outer parts of the amphibolite. The calcite of the limestone is turbid, but it is quite clear close to the silicate rocks. The hornblende of the border may be filled with secondary minerals and it is often bleached. In this limestone diopside is lacking while amphibole is more prominent. Normally the limestone of this banded zone (i.e. the limestone layers of the silicate rocks, not the marble) have fairly large grains of diopside (with uralite). A colourless amphibole is common and is in part formed at the expense of the diopside. The remaining minerals of these limestones are: quartz, plagioclase, phlogopitic mica (often in layers of small flakes), sphene, apatite and ore.

*The amphibolite* is clearly of calcareous origin and may in some layers be true skarn rocks. Thus no. 11—14/7d is rich in diopside which occurs as corroded remnants in the hornblende (faintly green). The strongly banded rock has furthermore quartz, calcite (in part in pure calcite layers), sphene and ore. The more common amphibolite of this zone has a good deal of uralitized diopside, often as green layers. The groundmass is made up of a faintly green amphibole, and of plagioclase, calcite, scapolite and sphene.

No. 10—14/7 is also banded and is composed of green hornblende, biotite, diopside, plagioclase, sphene, apatite and ore. It has layers rich in calcite and with large grains of diopside. When garnetiferous the amphibolites may resemble the rocks described by Hernes (2) from the Molde peninsula.

*The gneissic layers* are most often fine-grained with the components: quartz, microcline, and in subordinate amounts plagioclase, chlorite, muscovite and biotite.

*Upper Amphibolitic Series (Peridotite).*

Above the marble-limestone series in the southern part of the area follows a series rich in bands of amphibolite; in the central part of the area the peridotite zone.

The banded zone is made up of thin bands and layers of amphibolite (in part with garnet), lime-silicate gneisses, mica schists (some of them with sillimanite, limestone, and light-coloured quartzitic layers. Skarn also occurs.

The rocks of this series resemble the rocks already described so closely that no further description will be given here. Instead the rock of the peridotite zone will be described.

*The peridotite zone.* By this term is meant the rock suite occupying the two narrow synclines of the central part of the area which join one another at the great peridotitic mass. (fig. 12).

The main rock of this zone is a garnetiferous biotite gneiss which will be further described below. This gneiss has inclusions of ultrabasic affinity, not only the big mass, but also a lot of smaller masses, mainly bronzitites and hornblendites. These masses may be rotated. Layers and bands of amphibolite (most often rich in garnet) are common. They are often broken so that beautiful boudinage structures are formed (fig. 11) and they are found in all stages of digestion, the end product being the garnet gneiss with corroded grains of hornblende and with the garnet porphyroblasts of the amphibolite crushed and rolled out to form monomineralic layers of garnet up to 3 centimetres thick.

In some parts of this zone the garnet gneiss is clearly derived from lime-silicate gneisses. Remnants of the latter with masses of diopside are found in the gneiss. Finally it should be mentioned that spots of sillimanite may be present locally.

Thus the garnet gneiss of the peridotite zone contains remnants of the various components of the amphibolite-banded series to which it corresponds stratigraphically. It may be regarded as a tectonized equivalent of this banded series.

Some examples of the rocks of this zone will be given below. No. 7—22/7 is rich in small crystals of garnet with well-





Fig. 11. Boudins of amphibolite in the garnet gneiss of the peridotite zone.  
*Amfibolitboudins i granatgnejs i peridotitzone.*

Fig. 12. The west wall of the canyon of the glacier river. To the right: northern syncline of peridotite zone bordered by marble on both sides. To the left: central part of peridotite zone with folds in skarn, limestone and amphibolite.

*Vestvæg af canyon med bræelven. Til højre ses den nordlige synklinial i peridotitzonen, på begge sider begrænset af marmor. Til venstre den centrale del af peridotitzonen med folder i lag af skarn, kalksten og amfibolit.*

developed crystallographic outlines. They are almost free from inclusions, but show signs of cataclastic deformation. A faintly green hornblende is present in very corroded grains intergrown by plagioclase (40—48 % anorthite) and quartz so that the hornblende may be divided into several small grains of common optical orientation. Apatite and rutile are accessories. The green hornblende is often intergrown with a colourless amphibole and with chlorite.

The many corroded grains of hornblende in the rock mentioned above indicate that the rock has formerly been more amphibolitic. In no. 6—14/7 this is seen even better, since it has preserved amphibolitic bands giving a banded appearance to the rock. The groundmass consists of quartz and plagioclase (about 80 % anorthite). Corroded grains of a green hornblende are arranged in layers. The hornblende may have colourless spots. Garnet is present in minor amounts and the accessories are sphene, ore and zircon. Chlorite is a secondary mineral. Some parts of the rock are rich in biotite.

In nos. 4—14/7b and 5—14/7 there are amphibolitic bands in a mylonitic garnet gneiss. The components of the amphibolite

are: green hornblende, plagioclase, diablastic garnet, biotite and ore. The very fine-grained gneiss which bears pronounced traces of cataclasis consists of quartz, plagioclase, biotite, scattered small remnants of hornblende and of numerous small grains of garnet which undoubtedly are formed by crushing of the porphyroblasts of the amphibolite.

While the small grains of garnet are scattered all over the rock in no. 5—14/7, they are arranged in layers about two centimetres thick in no. 14—6/7. The layers of garnet are made up of numerous tiny garnets. Parallel prismatic grains of a green hornblende are found in the layers of garnet and also in thicker independent amphibolitic layers. The amphibolite may have fairly large grains of garnet. Plagioclase and quartz are present in all layers and so are the minor components apatite, sphene and ore.

No. 4—14/7c is a garnet gneiss of an unmistakable lime-silicate appearance. It is made up of plagioclase (about 80 % anorthite), diopside (uralitized), apatite and sphene. There are a few large grains of garnet with inclusions of hornblende, plagioclase, calcite, epidote, and chlorite.

The peridotite is enclosed by a garnet gneiss very rich in layers of amphibolite. No. 4—20/7 may serve as an example. It has large well-crystallized garnets which may be rich in inclusions. The garnets are of a rolled appearance and may be crushed and rolled out in stripes. The groundmass consists of large prismae of a green hornblende, plagioclase (30—40 % anorthite), quartz, biotite in a few flakes, large grains of apatite, rutile, ore and chlorite. The plagioclase has irregular twinning and a pronounced zoning.

#### *The Peridotite.*

The central part of the body of peridotite is rich in olivine (2V is about (+) 90°) which is found in irregular, somewhat elongated grains. It is fairly fresh, but may be serpentinized, especially close to zones of dislocation. Chromite and magnetite are present in small grains. Bronzite is not abundant in the central part of the peridotite, but it increases in amount towards the borders of the mass. In the outer part it occurs in prismatic grains several centimetres long and often arranged in rosettes (no. 20—23/7).

As secondary minerals are found in addition to the serpentine

mentioned above: hornblende, talc, carbonates (dolomite has been identified) and a colourless chlorite.

The bronzite of the marginal parts is subject to replacement by a faintly green, actinolitic amphibole («smaragdite»), by talc and by carbonate. A phlogopitic mica may be present (no. 10—25/7).

The bronzitic rock may have concentrations of chromite. The adjacent rock may then have green spinel. (no. 15—15/7).

The outermost part of the ultrabasic body is green or black, hornblenditic. It is made up of prismatic grains of a faintly green amphibole («smaragdite») often parallel arranged. There may be corroded remnants of bronzite. Some parts of these rocks are very fine-grained. There may be layers or patches of biotite and small concentrations of ore. Towards the interior of the peridotite the green amphibole is present in larger prismatic grains and it is eventually succeeded by the prismae of bronzite (5—20/7). This transition from bronzite to hornblendite is gradual; no. 17—14/7 shows an intermediate stage with corroded grains of bronzite in a matrix of amphibole. The bronzites may be divided into several small grains with a common optical orientation.

The fractures in the peridotite have veins of bronzite, «smaragdite», talc and carbonates.

There are many amphibolitic inclusions in the peridotite. They have the same orientation and are of the same appearance as the garnet amphibolite outside the peridotite. They consist of green hornblende, garnet, sphene, a small amount of plagioclase (which in no. 12—15/7a was found to have inverse zonal structure with about 40 % anorthite in the core and about 70 % along the margins. In addition quartz, apatite, zircon and ore may be present. Diopside may occur as porphyroblasts poikilitically enclosing all the minerals of the rocks. The amount of diopside increases towards the margins of the inclusions and so do the contents of clinozoisite and calcite. In some cases the margins of the inclusions are transformed to green rocks (with red spots) of an eclogitic appearance. They have the components diopside, clinozoisite, garnet, calcite and one or more of the following minerals: plagioclase, quartz, hornblende, sphene, apatite and ore. The garnet is only feebly diablatic.

In some of the inclusions the amphibolite is replaced by calcite and ilmenite along the borders and along fractures.

The peridotite is rich in bronzite and «smaragdite» where

bordering on the inclusions. It here has green spots and «veins» and patches of carbonates. Under the microscope the bronzite is seen to be replaced by the amphibole and by carbonate, talc, chlorite and mica. The prismae of bronzite are often broken. Apatite, chromite, a green spinel, magnetite and pyrrhotite may be found. (nos. 14—15/7, 18—14/7 and 13—15/7).

The small ultrabasic masses enclosed in the garnet gneiss of the two narrow synclines of the peridotite zone vary in appearance from bronzitite to hornblendite. No. 1—2/9, one of the larger masses, is a bronzitite with bronzite, a green amphibole (colourless under the microscope), anthophyllite, talc and a Cr-spinel. The smaller masses may as no. 16—14/7 have corroded remnants of bronzite in a matrix of amphibole and carbonate, or they may be hornblendites consisting of a green amphibole (colourless in thin section) and anthophyllite. Some of these rocks may have a good deal of carbonate and biotite.

#### *The Granitic Gneiss and The Mica Schists.*

These rocks are only to be seen in the southern part of the area in question and since they are identical with the rocks described in the previous paper (5), they will only be mentioned briefly here.

The gneiss bears close to the underlying banded series traces of limestone- or lime-silicate structures so that it may be regarded as a granitized equivalent of these rocks. Normally, however, it is a veined gneiss rich in biotite and occasionally with garnet. This is the type of gneiss formed through granitization of the mica schist. Only the central part of the granite syncline is occupied by a more massive granite.

The mica-schist is coarse-grained with large flakes of biotite and muscovite; close to the granite small grains of garnet are found. It is rich in quartz veins. There are a few layers of quartzite, the most conspicuous one being in the veined gneiss formed at the expense of the mica schist.

#### *Pegmatites.*

There are many pegmatites, most often associated with cross joints or diagonal joints. Some of them have an irregular course and may show beautiful replacement structures (5, plate III, fig. 6). Their thickness vary from a few centimetres to five metres, a thickness

attained in a large pegmatite in the extreme north-western part of the area.

The pegmatites are made up of quartz, feldspar and mica. Tourmaline is very common. In one case sillimanite has been found in a pegmatite.

Not all of the pegmatites are indicated on the map.

At this place it should be mentioned that quartz veins are very common in this area. They occur in three ways: as pinch and swell veins in the mica schist, as diopside- and calcite-bearing veins in the limestone and as conformable (often folded) replacement veins with calcite and biotite in the lime-silicate gneisses.

### *Metamorphic Facies.*

The parageneses listed above indicate that the metamorphism took place at amphibolite facies conditions. Thus epidote is only found in skarn and in inclusions of amphibolite in the peridotite. The amphibolites and the lime-silicate gneisses with anorthite contents of 30—40 % anorthite in the plagioclase have no epidote.

The sillimanite of the mica schist is always in one way or another associated with muscovite and is found in rocks poor in potassium feldspar.

The regressive metamorphism is slight; the plagioclase may occasionally be turbid and the biotite may be somewhat chloritized.

### **Tectonics.**

In spite of the extremely beautiful exposures it is no easy task to unravel the structure of this area. Thus the «levelling» action of the glacier has literally resulted in a «removal of the axes of folding», and it is very difficult to obtain safe measurements of the fold axes, since observations are limited to only two dimensions in most parts of the area.

In the extreme south there are at the first glance no traces of folding. The layers run parallel from one side of the planed off surface in front of the glacier to the other, and one and the same layer may be followed straight upwards in the mountains on the sides of the plane for 1000 metres or more. The dip is almost everywhere steeply southwards. The strike is nearly constant.

In the central and northern parts of the area there are several closures of the folds so that the structure may be more easily



determined in these places. Unfortunately it is only possible in a few cases to follow one and the same layer with certainty from the central zone north and southwards since most of the closures are situated outside the exposure. Another reason for this is the pinch and swell structure of many of the layers so that they may be lacking in some parts of the folds while being very thick elsewhere in the area.

Only by combining all the available data has it been possible to figure out how the sediments were deformed.

The folding is isoclinal with narrow and deep folds. The fact that some layers may be followed from the glacier right up to the top of the mountain Helgelandsbukken (1454 m) immediately to the east of the area in question shows that some of the folds have a vertical extension of about 1500 metres. The folds are slightly overturned with the axial plane dipping steeply to the south.

The section fig. 13 is a tentative representation of the structure of the area. Because of the difficulties in obtaining satisfactory measurements of the fold axes and because of the frequent change of plunge of the axes in some parts of the region, it has not been possible to construct an exact profile. A series of sections would be necessary in order to give a thorough explanation of the structure and even then there would be uncertain points. It has been considered to be most safe to construct a profile based on the «regional axis of folding» which has a slight westerly plunge (as to the variation of plunge of the axes see below when the peridotite is discussed). The correlations are indicated by dotted and stippled lines above and beneath the section. The vertical height of these connections is uncertain.

The section shows from the south to the north: Granite synclinatorium with mica-schists (the reappearance of granite north of the thick granite in the south eastern part of the area indicates that there is a downfolding at this place). North of the granite follows the south limb of a fairly broad anticlinorium. The rocks have a gentle to steep southwesterly dip and the borders between the various rocks are folded in a drag-fold fashion. The series in the anticlinorium is from south to north (from the top downwards): upper amphibolite-banded series, thick layer of limestone, thin layer of banded series, lime-silicate with layers of limestone (corresponding to the lower layer of limestone), garnet gneiss, lime-silicate gneiss (with almost horizontal layers of limestone and with beds of spotted mica schist),

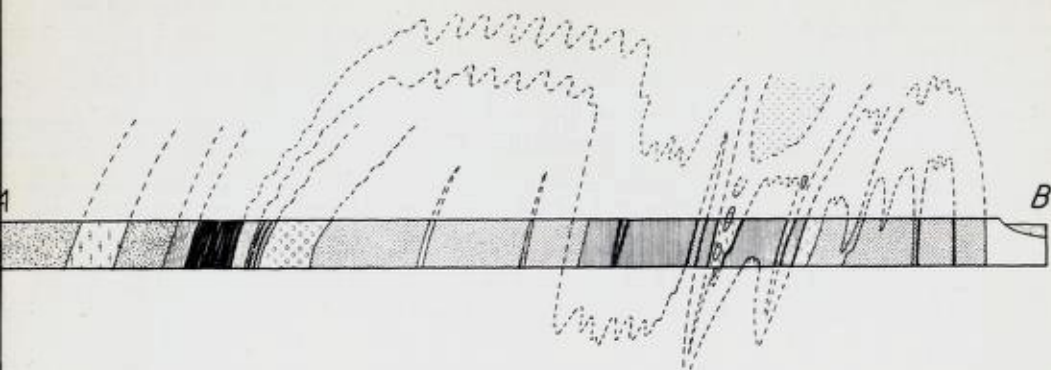


Fig. 13. Cross section of the western part of the area. (Cf. the map, fig. 1, and the text page 96.)

*Tværsnit af den vestlige del af området (sml. kortet fig. 1 og teksten på side 96).*

amphibolite, granitized lime-silicate gneisses and in the north limb of the anticline: amphibolite, lime-silicate gneiss and then the banded series. The lower layer of limestone and the garnet gneiss are lacking in this place (cf. page 83).

The following syncline is dominated towards the west by the upper limestone, towards the east by the banded series.

North of this synclinorium and after a narrow anticline follows the peridotite zone with its two synclines of garnet gneiss etc. and the interjacent zone made up of the banded series and dominated by two closures in marble and limestone.

North of the compressed folds of the peridotite zone follows a somewhat broader anticline (with narrow minor folds), then a syncline occupied by the garnet gneiss and furthest north the strongly folded zones in lime-silicate gneiss.

There are still problems to be solved as to the structure of the region. The main uncertainties are:

- 1) the missing layer of the garnet gneiss and limestone in the north limb of the southern anticlinorium. Now these two rocks show in other places a pronounced tendency to mechanical swelling and disappearance as especially well seen in the zone east of the peridotite (cf. the map, fig. 1). It seems as if these rocks preferably occur in the closures of the folds, the rocks may have been very plastic at some stages of the folding. This behaviour is not strange for limestone and marls. It is therefore believed that these rocks have flowed away from the steep north limb of this anticline;

2) the two layers of amphibolite in the southern anticlinorium. It has not been proved that these layers correspond to the lower amphibolite series which is exposed best in the north eastern part of the area and in the eastern ends of two narrow anticlines in the peridotite zone;

3) the structure in the shore just north of the glacier between the rivers. There is at this place a closed structure which could not be explained satisfactorily because of the difficulties in observing the fold axes. The structure might be explained by flat-lying axes towards the east and steeper ones towards the west (with westerly plunge).

4) the strongly deformed zones in the north western part of the area. As mentioned on page 83 these rocks might be formed where a layer of impure limestone has been subjected to intense deformation. The stratigraphical position of these rocks is uncertain since it cannot be decided whether the garnet gneiss ought to occur most northerly or not.

The behavior of the fold axes is as mentioned above most disturbing. When considering the area as a whole one may state that the «regional» axis of folding is directed east-west and with a slight, westerly plunge for the most part. Deviations from this general rule are found only locally and most often in the peridotite zone and in its eastern continuation at Rødtind and Stortind. It seems therefore to be admissible to conclude that the change in plunge of the axes is caused by the great rigid masses of peridotite (and amphibolite) in connection with the plastic behaviour of many of the rocks. It is therefore not surprising that most deviations are found in the limestones (and especially in their closures).

The above-mentioned is one indication of the possibility that the peridotite is older than the deformation responsible for the folding and metamorphism of the rocks. The study of the peridotite zone lends further support to this view.

Thus the many small metamorphosed ultrabasic bodies in the tectonized garnet gneiss of the peridotite zone indicate that a break down of the large mass of peridotite has taken place. Furthermore, the broken and partly digested remnants of garnet amphibolite, lime-silicate gneiss, skarn etc and the mylonitic appearance of the enclosing garnet gneiss with its layers of the crushed remains of garnet porphyroblasts clearly show that the movement around and along the peridotite was extreme. The upper amphibolite-banded series,



to which the peridotite stratigraphically belongs, is transformed to this «mylonitic» zone close to the peridotite.

Further evidence is obtained from the upper layer of limestone which in the southern part has bands, layers and patches of amphibolite, skarn and lime-silicate rocks, but which around the peridotite appears as a banded series in which the components of the limestone are separated into bands according to their different physical properties, so that a series of marble, skarn, amphibolite, etc. is formed.

Thus all evidence favours the view that the peridotite was formed in an early stage of the folding.

The peridotite at Engenbræ is the eastern continuation of the peridotite zone from Rødtind and the two narrow synclines with fragments of ultrabasic rocks are the bottom of this zone. It is not surprising that this elongated rigid mass has caused serious disturbance in its surroundings in the subsequent phases of deformation and that simultaneously with the latter it has been broken down into several smaller masses.

The picture of the structure of the area arrived at above shows that the peridotite is situated in a series which is normally built up of bands of amphibolite, lime-silicate gneisses, mica-schist etc. The same banded series is found in the Fondal anticline where it borders on the granite of the Kløfttind-Middagstind synclinorium. It forms the bottom of the latter in the floor of the Fondal valley and appears again in the north limb of the synclinorium in the north side of Kløfttind and south of Rødtind. According to this interpretation it is this layer which forms the compressed anticline in Stortind. Here all traces of lime-silicates are lacking. This zone has been followed to the west to the north slope of Trolltind (cf. 5, fig. 2).

This amphibolite-banded zone is situated between a lower series rich in lime-silicate material and limestone and an upper series of mica schists. In many places the mica schist has been entirely granitized, so that the granite borders on the zone in question. In the previous paper (5) the granite was interpreted as the remnants of a former gneissic thrust sheet which during the folding had been folded with the sediments and in favourable places had grown at the expense of the latter. If this interpretation be correct then the amphibolite-banded zone is situated not far below the thrust plane.

Ultrabasic rocks have only been observed in a few places in this

zone, namely in the Engenbræ-Rødtind zone and in small masses associated with the amphibolite north of Trolltind.

Thus the ultrabasic rocks of this region are associated with a banded series which stratigraphically lies between two series of rocks of very different mechanical properties, viz. mica schists and calcareous rocks. They may even have a certain connection with a zone of thrusting. This means that the peridotites are found in a zone which may have been the site of strong movement, either in the form of movement between layers of different competencies or in form of thrusting. The last-mentioned possibility in a way includes the first-named since the thrusting of the gneiss sheet over the mica schist may have resulted in an associated movement of the mica schist over the calcareous series.

We have thus in this area as in so many other mountain chains peridotites associated with zones of strong deformation (shear- or thrust zones) and formed in early stages of the folding. In the subsequent phases the original large masses were broken down to smaller ones and the parageneses of the rocks were transformed in conformity with the degree of metamorphism. At the same time the zones containing the ultrabasics may be folded so that the rigid masses occupy key positions in the structure while the enclosing rocks are folded in a more normal way and often have flowed away from the peridotites.

In the present area it is still possible to distinguish the primary nature of the sedimentary rocks, but all traces of thrusting have been obliterated. If the «mise en place» of the peridotite in one way or another is connected with the thrusting processes the zones rich in peridotite may be used in the attempt to explain the structural evolution of the region. This statement can, however, not be substantiated until all the peridotites of the region in question have been studied and their relationship to the structure established (cf. H. H. Hess, 3). When this has been done the peridotites may be useful tools in the study of the tectonic evolution of regions with stronger metamorphism as for instance many Pre-cambrian areas, where the peridotites are found in gneisses and amphibolites of uncertain origin.

In the previous paper (5) an attempt was made to discuss the structural evolution of the region under consideration and there is not much to add here.

The first phases of folding were characterized by thrusting of the sheets of granite and by the primary folding of the sediments (zig-zag folding of the schists, slip folding of the marly and calcareous rocks). The *mise en place* of the peridotite belongs to this phase.

There was later a second phase of folding which brought the sediments and sheets of granite to deeper levels of the crust resulting in an intensive metamorphism at amphibolite facies conditions. The traces of thrusting were obliterated by granitization and all discordances disappeared since the less competent rocks arranged themselves conformably with the competent layers. The zones of peridotite were folded.

With decreasing tectonic activity and with decreasing metamorphism the pegmatites were formed, but as shown in (5), plate III, fig. 5 movement continued after the emplacement of the pegmatites.

In the latest stages of deformation crushing took place in limited zones, at Engenbræ especially in zones parallel to the strike of the layers and often along thin beds of mica schist.

The fractures and joints opened up during the last phases were in many cases filled by quartz and calcite.

#### *Postscript.*

In the present paper the structure of the Engenbræ area and the most important types of rock have been treated. There is, however, still much more work to be done on the rocks of this area. Especially does the metamorphism of the lime-silicate gneisses deserve a more detailed study, since the degree of metamorphism of the area is such that the original nature of the gneisses can be determined with a high degree of certainty and since, on the other hand, the metamorphism is so advanced that there are many similarities to the highly metamorphosed rocks of many Pre-cambrian areas. In this way the writer has found the clues to many problems in the Pre-cambrian of West Greenland at Holandsfjord.

It is my hope to be able to continue the work on this interesting region.

#### **Sammendrag.**

*Bjergarterne omkring peridotiten ved Engenbræen, Holandsfjord.*

Det foreliggende arbejde er en videreførelse af de undersøgelser, som i 1952 blev udført ved Holandsfjord i Nord-Norge af

S. Skjeseth og forfatteren. Allerede i 1952 kunne jeg gennem venlig imødekommenhed fra Direktør S. Føyn arbejde på den udmærkede blotning, der ligger foran Engenbræen. I 1954 fortsatte jeg dette arbejde med økonomisk støtte fra Københavns Universitet.

Jeg er Direktør S. Føyn og Statsgeolog S. Skjeseth megen tak skyldig for den støtte N.G.U. har vist mit arbejde og ønsker også at udtale en varm tak til mine venner ved Holandsfjord for udvist gæstfrihed og hjælp.

Det undersøgte område opbygges af en stærkt foldet serie af glimmerskifer, amfiboliter (ofte med diopsid og granat), kalk-silikat gnejsjer og kalksten for at nævne de vigtigste bjergarter. Metamorfosegraden svarer til amfibolit facies. Folderne er snævre og dybe.

En stor peridotitlinse, der er en fortsættelse af peridotiten fra Rødtind, ligger i områdets vestlige del. Den er indesluttet i en båndet serie, der stratigrafisk ligger mellem en øvre glimmerskiferserie (+ granit) og en nedre kalkholdig serie.

Den bandede serie, der er rig på amfibolitbånd, er omkring peridotiten udvalset til en granatgnejs, der må opfattes som en «tektonit».

Det påvises, at peridotiten er «kommet på plads» i en tidlig fase af foldningen, og at den hører hjemme i en zone karakteriseret af kraftig bevægelse.

I de senere faser af foldningen er peridotitmassen blevet boudineret og den har på grund af sin stivhed været årsag til kraftig «mekanisk differentiation» i de indesluttende bjergarter.

Til slut gøres der rede for peridotitstrøgenes mulige betydning for studiet af den strukturelle udvikling i foldekæderne.

#### List of References.

1. *Goldschmidt, V. M.* Die Kalksilikatgneise und Kalksilikat-Glimmerschiefer des Trondhjem-Gebiets. Videnskapselskapets Skrifter I Mat-Naturv. Klasse No. 10, pp. 1—37, Oslo, 1915.
2. *Hernes, Ivar.* Eclogite-Amphibolite on the Molde Peninsula, Southern Norway. Norsk Geol. Tidsskrift, Bd. 33, pp. 163—84, 1954.
3. *Hess, H. H.* Major structural features of the Western North Pacific. Bull. Geol. Soc. Am. Vol. 59, pp. 417—46, 1948.
4. *Holmsen, G.* Rana. N.G.U. no. 136, 1932.
5. *Skjeseth, S. and H. Sørensen.* An example of granitization in the Central Zone of the Caledonides of Northern Norway. N.G.U. no. 184, pp. 154—83, 1953.
6. *Sørensen, H.* A preliminary note on some peridotites from Northern Norway. (To be published in Norsk Geologisk Tidsskrift).

## Observations at Raipas Mine, Alta, Finnmark.

BY

F. M. VOKES

With 5 text-figures.

### *Situation* (see fig. 1).

The disused copper mine of Raipas lies in Alta kommune, Finnmark, about 5 kilometres southeast of Bossekop. Access to the mine is afforded by 14 kilometres of motor road from Bossekop, plus an additional 2 kilometres of mine road which are at present not fit for motor traffic.

The adit entrance to the mine lies at an elevation of about 260 metres o.s.l., near the top of the steep eastern slopes of the irregular ridge known as Lille Raipas.

### *History.*

Raipas mine was worked by the English company of Alten Copper Works Ltd. during a 30 year period in the 19th century. During this time some 12 500 tons of ore were mined, containing an average of 6.3 % Cu. From specimens in the Geologisk Museum, Oslo, the ore minerals were bornite and chalcopyrite.

Exploration work, including some diamond drilling, was undertaken during the period 1900—06.

The investigation which formed the basis of this account was undertaken in April 1954. Due to inaccessibility it was not possible to visit all the old workings. However, sufficient work could be done to allow the main geological features to be deduced and certain general conclusions drawn up.

### *General Geology.*

The mine is situated near the eastern border of the «window» of the Raipas formation which is exposed beneath the flat-lying

Caledonide Schists in the area surrounding Alta. According to Holtedahl (1, page 135) this formation appears in a series of tectonic windows in west Finnmark. It is a supracrustal formation consisting in part of sediments and in part of eruptive rocks. The Raipas deposit occurred in the Lower Raipas Series, a greenstone, slate and dolomite division. The rocks of the formation are strongly folded. They have marked dips, sometimes vertical, and a somewhat variable strike, which in the Kåfjord—Bossekop area is almost N—S. Holtedahl (op. cit. p. 136) figures a map showing the distribution of the rocks within the Alta window and the location of the mine.

*Raipas Mine — Stratigraphy and lithology.*

The rocks exposed in the mine workings may be tabulated as follows:

- |                                   |                              |
|-----------------------------------|------------------------------|
| 5. Mudstone                       | unknown thickness            |
| 4. Upper dolomite                 | min. 25 metres               |
| 3. Mudstone                       | 10—14 metres                 |
| 2. Lower Dolomite                 | ca. 20 metres                |
| 1. Striped argillaceous dolomite. | unknown, min. ca. 60 metres. |

Only the three central units are concerned in the ore zones.

*The Striped argillaceous dolomite* is only seen along the so-called «Deep Adit» and for a short distance along the 10 fm level. About 10—20 metres before reaching the first stope on this level it has graded into the lower dolomite. Lithologically it consists of bands of extremely fine-grained pale pink or white dolomite 1 to 5 cm. thick, separated by much thinner irregular layers of argillaceous material. The striped appearance of the whole rock is very striking. Its disappearance up the succession appears to be a normal sedimentary change whereby the argillaceous layers become less and less abundant until the rock is pure crystalline dolomite.

*The Lower dolomite* is a fairly homogeneous rock of fine to medium crystallinity ranging in colour from deep pink to pale orange. The bedding where observable is fairly massive, the individual units being from 0.5—1 meter thick. This dolomite, even in the ends and on the walls of the old stopes, appears very solid and fresh, and was apparently unaffected by the orebearing solutions away from the actual ore-bodies. A noticeable feature, especially on the 20

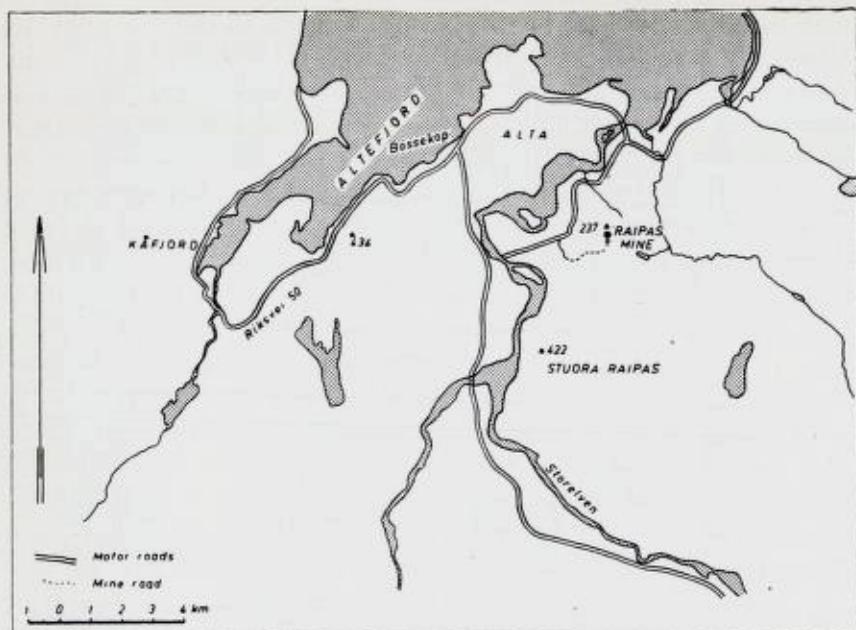


Fig. 1. Map showing location of Raipas Mine.  
Kart som viser beliggenheten av Raipas gruve.

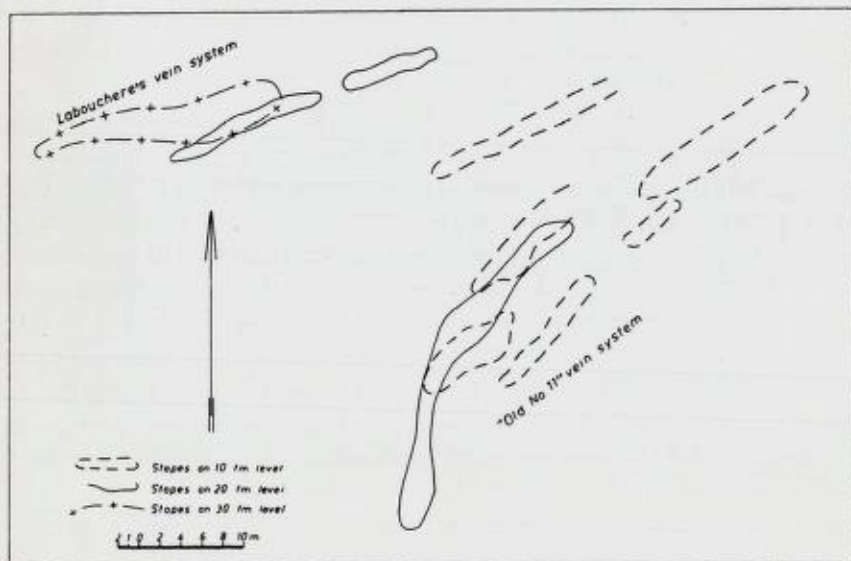


Fig. 2. Vein systems in the lower dolomite, as shown by old stopes.  
Kart over strossene (i forskjellige nivåer) i den undre dolomitt, som viser forløpet av gangene der.

and 30 fm levels is the large amount of quartz in the rock, characteristically as clean, straight-walled veins 1—5 cm. wide, possibly occupying joints. The vein quartz is so widespread that it is reasonable to class it as a regional feature, and not as one solely accompanying the mineralisation.

*The Mudstone division* forms a consistent band of rock having, in general, normal sedimentary contacts with the upper and lower dolomite divisions. Lithologically it is very fine-grained, dark grey, non-schistose, apparently derived from a fine, black mud, breaking with a characteristic subconchoidal fracture.

Within the division there occur two or three bands of more dolomitic appearance, concordant with each other and with the sedimentary contacts of the mudstone. These are apparently sedimentary bands and are composite in detail, having a central «rib» of white dolomite, sometimes with fine red banding. On both the hanging- and footwalls of this rib are bands of a reddish type of the mudstone. This latter is probably a transitional type of sedimentation since it was noticed at the bedded contacts between the mudstone and the enclosing dolomites. The junction between the mudstone and the lower dolomite as seen on the 10 fm and 30 fm levels is a normal sedimentary one. The change-over takes place through a transition zone 1—2 metres thick consisting of a very fine reddish mudstone very like that seen on the borders of the dolomitic bands within the body of the mudstone.

The upper junction of the mudstone is also non-tectonic and quite sharp, with no transitional facies.

*The Upper dolomite* unit is much more varied in lithology than the lower one, though it is not possible to give a complete account of the variations. The unit has been very much affected tectonically and by the ore forming solutions and, especially on the upper levels, it was difficult to detect any bedding. The dolomite types are mainly white or yellow in colour. Near the old stopes the rocks are considerably veined by irregular quartz stringers, and often softened and stained along planes of fracture, or marked joints. The upper dolomite as a whole appears more affected by solutions, more shattered and less competent than the lower one. It seems as if the whole rock has been crushed, and partly decomposed due to a spreading out of solutions whereas in the lower dolomite these have been concentrated along definite clear-cut zones.



*Structures — Country rock.*

The strike of the country rocks is roughly N 20° W (360° circle) over the area covered by the mine workings and the dip varies between 40° and 85° to the west. This variation in dip is probably due to large-scale folding, though limited exposure makes it difficult to deduce the exact form of the folds. Close, intricate folding occurs in the striped argillaceous dolomite along the Deep Adit but dies out before the lower dolomite is reached. The close-banding of dolomitic and argillaceous units in the rock seems to have rendered it incompetent, allowing deformation by folding to take place.

In the more competent, solid lower dolomite deformation has taken place by faulting and brecciation, producing structures favourable to the presence of ore.

It may be mentioned here that there appears to be a marked difference in the way the two dolomite units have responded to the deforming forces. The lower unit has responded much more 'cleanly' and thus contains more definite vein-structures than the upper one. The two vein systems investigated in the lower dolomite, marked as «Old No. 11» and «Labouchères» respectively on the old mine plans are definite tabular bodies which in thickness and areal extent far surpass anything observed in the upper dolomite. The so-called «Heavy-spar lode» may belong to the upper unit but this was inaccessible at the time of investigation.

The ore bodies in the upper dolomite appear to have been irregular in the extreme.

*Vein structures. (I) Lower dolomite.*

There are two main vein systems in the lower dolomite with a much less important vein between them (see fig. 2). They possess certain features in common which may be conveniently mentioned first.

Both seem to consist of zones of breccia or crush of varying widths. In these zones occurred the bodies of worked ore which are now represented by the empty stopes. Within each zone remain pillars and other remnants of the original crush zone which did not contain sufficient values to be worked. It is only by these somewhat scarce remnants that the natures of the vein systems can now be determined.

The breccias consist of an unsorted mass of fragments of all sizes occurring in roughly tabular vein-like forms varying between one and three or four metres in width. The constituents in most of the exposures visited are predominantly pieces of crushed mudstone, even where the walls on either side are of solid dolomite. Other constituents are minor in amount and comprise quartz, dolomite and a conspicuous red calcite. Cementing material is sometimes an iron carbonate, but more often it is lacking and the breccia is cemented by the products of its own attrition. The breccias are in many places intersected by irregular, rusty shear planes representing late movements along the veins.

Loose blocks of ore occurring sparsely in the old stopes, and specimens in the Geologisk Museum, Oslo, indicate that in the worked parts of the veins the copper sulphides occurred as cementing material in the breccia, and that a greater proportion of the fragments consisted of dolomite.

The actual mechanics of the faulting which presumably produced the breccias is not clear. Although the zones strike at high angles ( $60^{\circ}$ — $90^{\circ}$ ) to the bedding of the country rocks, mapping did not reveal any displacement of the sedimentary contacts along the vein zones. Also the presence of a breccia of mudstone fragments within vein walls of solid dolomite finds no easy explanation.

Within the vein systems the ore-shoots, as represented by the worked stopes, show well-defined plunges. Figures 3 and 4 are longitudinal sections showing the ore-shoots in each of the two main veins in the lower dolomite. These figures also show the traces of the base of the mudstone, and it can be seen that the upper boundary of the ore-shoots coincides with this fairly well. The workable bodies were to a large extent confined to the dolomite and died out rapidly as the vein systems entered the mudstone. In some instances the old stopes terminate abruptly at the footwall of the mudstone, e.g. the stopes belonging to the «Old No. 11» system on the 10 fm level.

«*Labouchères Lode*». This vein which is the most northerly one on the property and which lies approximately 30 metres north of Monk's shaft, has a strike of  $N 40^{\circ} E$ . The workings on it are mainly confined between the 20 and 30 fm levels. Below the 30 fm level the ore shoot has been followed for a vertical distance of ca. 15 metres, at which distance it apparently bottomed.

The old stopes vary in width between one and four metres, the

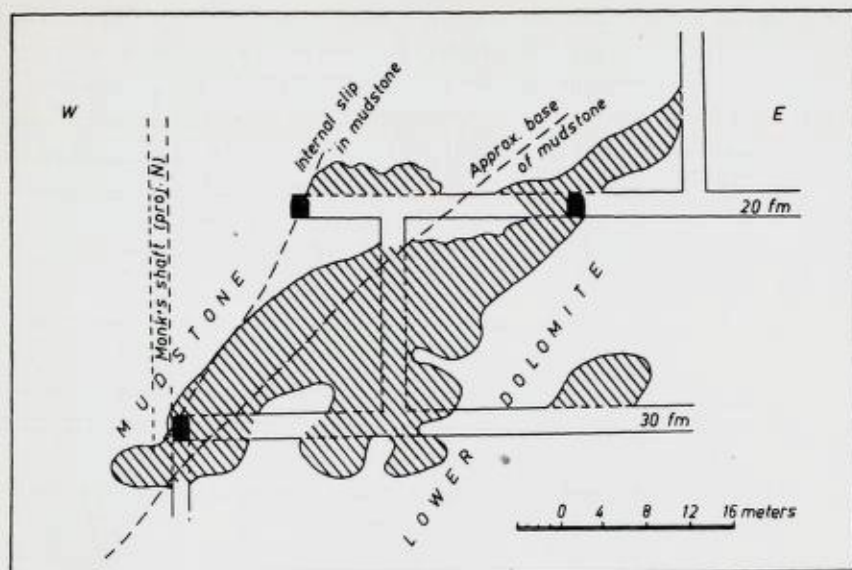


Fig. 3. Ore-shoot pattern on «Labouchères Lode» in the lower dolomite.  
 Lengdesnitt gjennom malmkroppen i «Labouchères gang» i den undre dolomitt.

greatest widths occurring in a vertical part between the 20 and 30 fm levels. Above the 20 fm level the somewhat narrower (1—2 m) stope has a dip of  $65^\circ$  to the north. As the stopes widen out beneath the 20 fm level they become practically vertical until the level below. Beneath here, there is a small, narrow stope in which the dip has flattened to  $35^\circ$ . In the very bottom the dip steepens again to  $55^\circ$ . It cannot be deduced what has caused the marked changes of dip beneath the 30 fm level, but whatever it was it has resulted in a pinching out of the oreshoot and Labouchères lode can be considered to have bottomed within 20 metres below the 30 fm level.

«Old No. 11 Lode». The longitudinal section of this vein system (Fig. 4) shows that it is confined entirely to the lower dolomite, the footwall of the mudstone forming a clear upper boundary to the ore-shoots. Several parallel and separate ore-bodies have been worked in the lode, varying in width from 4 metres to ca. 1 metre. On the 20 fm level there are stopes along both sides of the level drive and, in the east, along the drive itself. A stoped area north of the drive can be little studied due to its being almost full of ice, but it appears to have been up to 3 metres wide, and

rises above the level, underneath the footwall of the mudstone. The stopes to the south of, and over the drive are rather irregular, and it appears they represent bodies of ore within the breccia zone which here must have been 5 to 6 metres wide. It is probable, especially in the most easterly of the stopes, that working was not confined to the breccia alone, but that a certain amount of the dolomite walls has been taken out too. This might indicate that there was a certain amount of impregnation ore in the walls. However, the present walls of the stopes are completely free from sulphides.

The stopes on this system fall almost vertically to the 20 fm level, where they are combined into one continuous working about 35 metres long and 2 to 3 metres wide. The strike of this working changes rather markedly from N 45° E in the eastern part to nearly N 15° E in the westerly part.

The cross-cut east from Monk's shaft to this working reveals anomalies in the geological structure, particularly in the relation of the mudstone to the dolomite. The upper boundary of the mudstone and the dolomitic bands within it dip to the west, consistent with the general dip of the rocks in the mine. However, about 2 metres from the stope there occurs a sharp faulted junction, between mudstone and overlying pink dolomite, dipping 27° to the east.

It is considered that this flat-dipping fault has been responsible for the abrupt termination of the «Old No. 11» structure below the 20 fm level and has been responsible for the non-appearance of the normal sedimentary footwall of the mudstone. The displacement indicated is a down-throw of the footwall, i.e. it has been a reverse fault. This leads to the interesting possibility that there is a faulted continuation of Old No. 11 vein below the 20 fm level. If so, this continuation would lie somewhat to the east of the exploratory drives and cross-cuts of the 30 fm level.

The workings on the «Old No. 11 Lode» above the 10 fm level were inaccessible at the time of the investigation, and no firsthand knowledge of them could be obtained. From the old mine sections and plans it appears that this lode has been ore-bearing right from the surface, through a vertical distance of some 50 metres. The true width of the ore-shoot on it was about 25 metres and it plunged at about 50°. A rough estimate of the tonnage of this vein, the largest ore-producer on the property, gives about 7000 tons, a little over half the total tonnage from the mine.

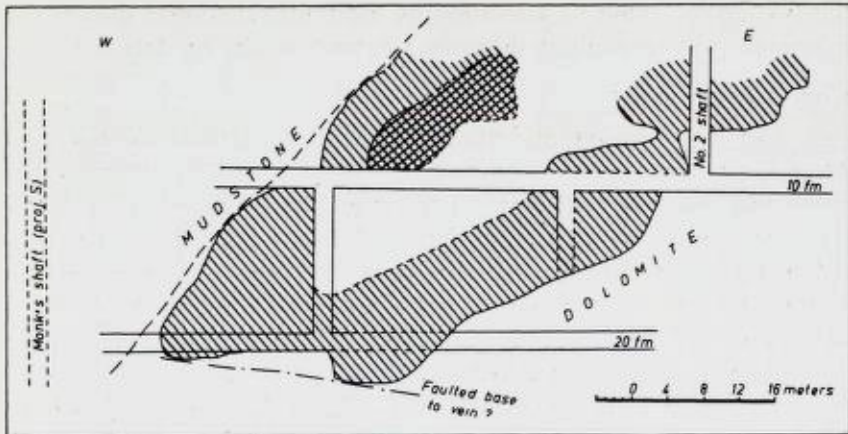


Fig. 4. Ore-shoot pattern on «Old No. 11 Lode» in the lower dolomite.  
 Lengdesnitt gjennom malmkroppen i «Old No. 11 gang» i den undre dolomitt.

(II) Upper Dolomite. (Fig. 5).

The orebodies worked in the dolomite lying above the mudstone, in so far as they could be investigated, appear in marked contrast to those in the underlying dolomite. They exhibit no regular system, and do not appear to form continuations of the veins in the lower dolomite. It is evident that the ore occurred as irregular, roughly equidimensional blocks or masses scattered at random in the country rock. These masses varied in maximum horizontal dimensions between 10 metres and 2 to 3 metres. The workings on them are in the shape of irregular 'rooms' up to 10—12 metres high. One such room having roughly equal horizontal dimensions of about 5 metres extends between the 10 and 20 fm levels in the section to the north of Monk's shaft. Mapping indicates that these irregular bodies were interconnected by fractures or perhaps major joints along which the ore-forming solutions circulated. These openings are now represented by decomposed, rusty, often malachite-stained breaks and these formed guides for the mine workers in discovering the ore-bodies. No system can be deduced in these fractures, they seem to be the result of a through-going failure of the dolomite. This difference in response to tectonics between the two dolomites is one of the most striking features of the geology of Raipas and must be due to an initial difference, either chemical or structural, between

the two layers. Due to alteration of the upper dolomite during the mineralization this initial difference cannot easily be detected.

### *Conclusions.*

The investigation and study of the Raipas mine do not give great hopes that further ore bodies can be found by development from the present workings. The vein structures have evidently bottomed at or about the 30 fm level and evidence from winzes below this level must be considered to indicate no continuation in depth. An interesting possibility is a faulted continuation of one of the veins, but the target appears too small to warrant the expense of drilling or development to test this.

The value of the investigation has been that an idea has been obtained of the structural controls of ore in the mine which can be used as guides in a wider survey of the potentialities of the Raipas formation as a whole, particularly the sedimentary portions of the formation. The following facts emerge as regards the control of the ore bodies in Raipas mine:

a) dolomite layers are hosts to the ore which dies out rapidly in adjoining mudstone bands.

b) the dolomite layers vary in their favourability.

c) the most promising targets are tabular bodies occupying breccia zones almost at right angles to the strike of the enclosing sediments and plunging at the angle of dip of the sediments.

d) widths of ore shoots may not be more than 20—25 metres and, e.g., borehole spacing should take account of this.

e) thicknesses of ore-bodies vary between 1 and 5 metres.

f) the ore-bodies appear to bottom structurally and not by any change of mineralization.

### *Literature.*

- 1) Holtedahl, O. 1953: Norges Geologi. Norges Geologiske Undersøkelse Nr. 164.

### **Sammendrag:**

#### *Iakttagelser ved Raipas gruve i Alta.*

Raipas gruve i Alta kommune er en gammel gruve som tilhørte det engelske gruveselskapet Alten Copper-works Ltd. i det 19de århundre. Den produserte 12 500 tonn koppermalm à 6,3 % Cu i en 30 års periode, men har ikke blitt drevet siden.

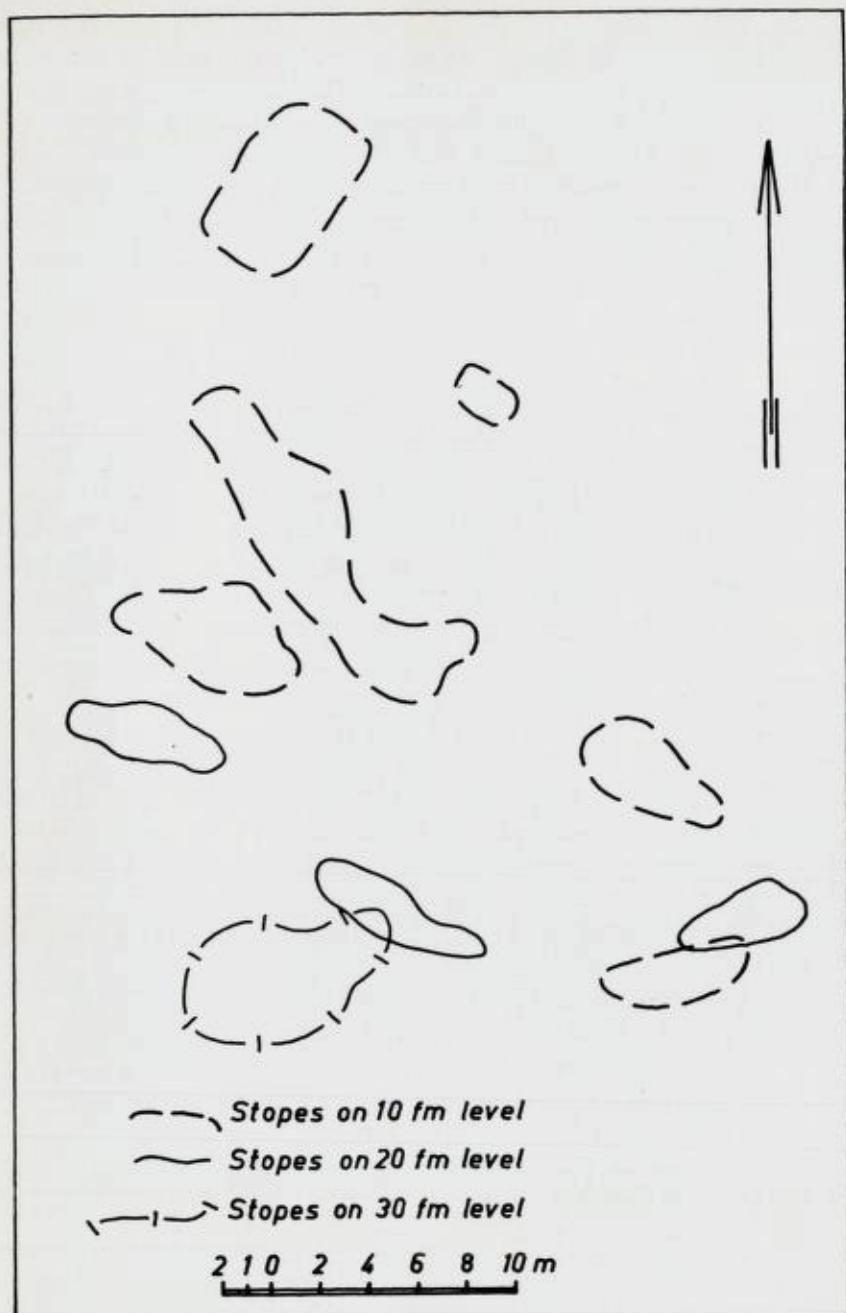


Fig. 5. Irregular ore bodies in the upper dolomite as shown by old stopes.  
Kart over strossene (i forskjellige nivåer) i den øvre dolomitt, som viser de uregelmessige malmkroppene der.

Forekomsten forekommer i undre del av Raipasformasjonen som i området omkring bunnen av Altefjorden danner et tektonisk vindu under de flattliggende kaledonske skifre. Formasjonen består av grønnstein, skifer og dolomitt som er tydelig foldet, og står på skrå, til dels loddrett, med noe vekslende strøk.

Inne i selve graven består bergartene av to dolomittlag, ca. 20—25 meter tykke, med et leirsteinlag innimellom, 10—14 meter tykt. Strøket er ca. N 20° V med et fall mellom 40° og 85° vestover.

Malmsonene står i forbindelse med de to dolomittlag, men har vært tydeligere, mere gjennomgående og viktigere i den nedre dolomitten. Her har det vært to hovedsoner som bestod av tavleformete, nesten loddrette breksjesoner med tykkelser mellom en og fem meter. Retningen av dem var nesten rettvinklet på strøket av bergarten. Det finnes ingen malmrester i graven, men prøver fra den tidlige driften viser at ertsmineralene, kopperkis og broget kopper forekom innimellom de breksjerte stykker av dolomitt. Malmkroppene i den nedre dolomitten er blitt skarpt begrenset av leirsteinen. Malmkroppene i den øvre dolomitten var forholdsvis små, og ganske uregelmessige.

#### *Konklusjoner.*

Raipas-undersøkelsen gir ikke håp om at mere malm kan finnes fra den gamle graven. Den viser at malmkroppene har blitt drevet helt ut og at hovedgangstrukturene ikke fortsetter under de nåværende strossene. Undersøkelsen har gitt en del kjennskap til malmkroppenes form og mektighet, og kan kanskje brukes i et fremtidig program for Raipasformasjonen som en helhet.

a) dolomittlag er mest lovende for malmdannelsen og gangene fortsetter ikke i leirsteinlag.

b) alle dolomittlag er ikke like lovende.

c) de mest lovende «targets» er tavleformete kropper som ligger i breksjesoner som skjærer de steiltstående sedimentlag i en nesten rett vinkel. «Ore shoots» stuper ned med en «plunge» som svarer til bergartenes fall.

d) bredden av malmkroppene er sannsynligvis ikke mer enn 25 meter — dette må det tas hensyn til i et eventuelt borprogram.

e) tykkelsen av malmkroppene varierer mellom 1 og 5 meter.

f) grunnen til forsvinningen av malmkroppene er strukturell. Det vises ingen forandring i malmmineraler i dybden.



NORGES GEOLOGISKE  
UNDERSØKELSE

ÅRSBERETNING FOR 1954

VED  
SVEN FØYN  
DIREKTØR

## Innhold.

|   | Side |
|---|------|
| Styre .....   | 117  |
| Personale .....   | 117  |
| Regnskap og budsjett .....  | 120  |
| Geologisk kartlegging .....   | 121  |
| Undersøkelser av malmer og andre nyttbare mineraler, bergarter<br>og løse avleiringer ..... | 123  |
| Anleggsgeologi .....  | 129  |
| Skredundersøkelser .....  | 129  |
| Hydrogeologi .....  | 129  |
| Lokaler .....   | 130  |
| Bibliotek .....   | 131  |
| Bergarkiv .....   | 131  |
| Laboratorier .....  | 131  |
| Publikasjoner .....   | 132  |
| Undervisning. Utstillinger .....  | 134  |
| Internasjonale geologmøter. Studiereiser i utlandet .....                                   | 134  |

## Årsberetning for 1954.

### Styre.

Styret for Norges geologiske undersøkelse har i året 1954 hatt følgende sammensetning:

Direktør C. W. Eger, formann,  
stortingsmann Nils Jacobsen, varaformann,  
professor Tom. F. W. Barth,  
professor Thorolf Vogt,  
direktør Sven Føyn,

med

professor A. J. Hofseth, 1. varamann,  
konservator J. A. Dons, 2. varamann.

Styret har hatt 2 møter i året 1954.

Styret har behandlet de saker som i henhold til instruksens § 3 skal behandles av styret: Årsrapport, budsjettforslag, tilsettinger m. v.

Da planene om felles bygg for NGU og Universitetets tre geologiske institutter ikke lot seg realisere, har styret gitt direktøren fullmakt til å søke satt i verk hensiktsmessige tiltak for å skaffe NGU en foreløpig utvidelse av lokaler innenfor rammen av en overførbar bevilgning til dette formål.

### Personale.

#### *Tilsettinger:*

Vitenskapelig assistent ved Universitetets mineralogiske institutt cand. real. Thor Siggerud, fil. mag. Eero Pehkonen og magister Martinus Gerrit Oosterom ble pr. 1. juli 1954 ansatt midlertidig som geologer.

Timelønt teknisk assistent ved NGU, kjemitekniker Rolf Han-

sen ble pr. 1. juli 1954 ansatt midlertidig som teknisk assistent. Han sluttet 1. oktober 1954.

Laborant ved Statens veglaboratorium, John Willy Wilhelmsen, ble pr. 23. juli 1954 ansatt som teknisk assistent I.

*Opprykk:*

De to tegnerstillingene ved NGU, som var plasert i lønnsklasse 3 i statens lønnsregulativ, ble pr. 1. juli 1954 plasert i lønnsklasse 6 og 4 som henholdsvis tegner I og tegner II.

*Tjenestefrihet:*

Statsgeolog Olaf Anton Broch har hele året hatt tjenestefrihet uten lønn mens han er midlertidig professor ved Universitetet i Panjab, Pakistan.

Statsgeolog Johannes Færden ble innvilget tjenestefrihet uten lønn i 1 år fra 1. april 1954 for å utføre oppdrag for A/S Norsk bergverk og Fosdalens Bergverks Aktieselskap.

Ved utgangen av året 1954 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. Tj.fri.

Strand, Trygve, dr. philos., a. 15. januar 1936.

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

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

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

*Statsgeologer II:*

Færden, Johannes, cand. real., a. 1. januar 1950. Tj.fri.

Selmer-Olsen, Rolf, cand. real., a. 1. mai 1951.

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

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

Midlertidige geologer:

Holmsen, Gunnar, dr. philos.  
Dietrichson, Brynjulf, bergingeniør.  
Padget, Peter, M.Sc.  
Vokes, Frank M., M.Sc.  
Siggerud, Thor, cand. real.  
Pehkonen, Eero, fil.mag.  
Oosterom, Martinus G., magister.

Vitenskapelig assistent:

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

Laboratorieingeniør:

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

Kontorsjef:

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

Tekniske assistenter:

Kongsgård, Reidar, a. 1. juli 1952.  
Christensen, Erna, kjemitekniker, a. 16. august 1952.  
Wilhelmsen, John Willy, a. 23. juli 1954.

Preparanter:

Jacobsen, Knut, a. 1. januar 1943.  
Bruun, Knut, midl.

Laborant:

Larssen, Rolf, a. 1. oktober 1952.

Tegnere:

Engelsrud, Dagny, a. 15. oktober 1925.  
Hofseth, Unn, a. 1. juli 1940.

Kontorfullmektig:

Møller, Laura, a. 15. oktober 1940.

Kontorassistenter:

Øverland, Signe, a. 1. januar 1953.

Andersen, Unni, a. 10. august 1953.

Bud:

Bakke, Hanna, midl.

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

NGU har ennvidere i deltidstilling eller timelønt: 1 vaktmester, 2 rengjøringskvinner, 3 kontorassistenter.

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:  | 1953/54         | 1954/55         |
| 1. Salg av bøker . . . . . kr.  | 1 651,62        | kr. 1 000,00    |
| 2. Inntekter av oppdrag . . . . . »   | 5 042,45        | » 10 000,00     |
|   | <hr/>           | <hr/>           |
|   | kr. 6 694,07    | kr. 11 000,00   |
| <br>Statsbudsjettets kap. 2920.   |                 |                 |
| Inntekter:  |                 |                 |
| Salg av brukt bil . . . . . kr.   | 1 700,00        |                 |
| <br>Statsbudsjettets kap. 531.  |                 |                 |
| Utgifter:   |                 |                 |
| 1. Lønninger . . . . . kr.  | 283 882,15      | kr. 297 900,00  |
| 2. Kontorutgifter . . . . . »   | 67 586,07       | » 65 000,00     |
| 3. Markarbeid . . . . . »   | 77 046,74       | » 80 000,00     |
| 4. Trykning av kart og publikasjoner . . . . . »                                  | 23 430,64       | » 50 000,00     |
| 5. Ymse (ordinære anskaffelser driftsutgifter ved laboratoriet m. m.) . . . . . » | 52 306,08       | » 40 000,00     |
| 6. Anskaffelser (ekstraordinært) . . . . . »                                      | 20 108,47       | » 0,00          |
|   | <hr/>           | <hr/>           |
|   | kr. 524 360,15  | kr. 532 900,00  |

|   | <i>Regnskap</i><br>1953/54 | <i>Budsjett</i><br>1954/55 |
|---|----------------------------|----------------------------|
| Statsbudsjettets kap. 535 og 1198.  |                            |                            |
| Utgifter:   |                            |                            |
| Malmundersøkelser m. v. i forbindelse med utbyggingsprogrammet for Nord-Norge, uranprospektering, samt utvidelse av lokaler . . . . . | kr. 252 537,27             | kr. 300 000,00             |
| Overført til 1954/55 . . . . .  | » 260 488,77               | » 260 488,77               |
|   | kr. 513 026,04             | kr. 560 488,77             |

Det overførte beløp under kap. 1198 inkluderer kr. 150 000,00 til utvidelse av lokaler. Dette arbeid er etter samråd med Industri-departementet ikke satt i gang idet en avventet avgjørelse i spørsmålet om nye lokaler for NGU i forbindelse med bygning for Universitetets geologiske institutter på Blindern. Resten av beløpet, kr. 110 488,77, er bevilget vesentlig til diamantboringer i Birtavarre som måtte utsettes til sommeren 1954, samt fortsatte undersøkelser i Seiland—Stjernøy-området.

Utenom NGU's statsbevilgning til trykning er det i regnskapsåret 1953/54 gått med *kr. 78 478,35*. Dette beløp var restutgiftene til fullførelse av NGU nr. 164, Olaf Holtedah: Norges geologi, og er dekket av Norges almenvitenskapelige forskningsråd.

### **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 1954 har NGU gjort geologisk kartlegging innen følgende rektangel- og gradteigkart:

*Haugesund og Vikedal* (Rogaland og Hordaland) ved cand. real. Ruth Clementine Sørbye.

*Hamar og Gjøvik* (Hedmark og Oppland). Statsgeolog Steinar Skjeseth har fortsatt den geologiske kartleggingen vesentlig innenfor kartbladet Gjøvik. Statsgeolog Rolf Selmer-Olsen, assistert av vitenskapelig assistent Kari Egede Larssen, teknisk assistent John Wilhelmsen, cand. mag. Harald Skålvold og stud. real. Thor Sverdrup, har påbegynt kvartærgeologisk detaljkartlegging innen kartbladet Hamar. Det har i forbindelse med denne kartlegging vært foretatt 250 pH-målinger i feltet, en rekke boringer i myr og andre materialer og en del høydemålinger med tachymeter. De kvartærgeologiske undersøkelsene skjer i kontakt med Institutt for jordbunnsforskning ved Norges landbrukshøyskole og med Geografisk institutt ved Universitetet i Oslo.

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

*Oppdal* (Sør-Trøndelag) ved statsgeolog Per Holmsen.

*Hattfjelldal og Skarmodal* (Nordland) under ledelse av statsgeolog dr. Trygve Strand. Som assistenter deltok cand. mag. Håkon Lien og stud. real. Inge Bryhni. Rekognoserende undersøkelser ble også gjort i områdene lenger nord (kartbladene *Røsvand* og *Kruttfjeld*).

*Tromsø* (Troms) ved konservator Kåre Landmark. Orienterende undersøkelser er dessuten utført innenfor de tilgrensende kartblad.

Bearbeidelsen av statsgeolog Steinar Foslies etterlatte materiale fra *Grong-feltet* er fortsatt ved statsgeologene dr. Trygve Strand og dr. Chr. Oftedahl. Supplerende undersøkelser i marken er gjort av dr. Oftedahl innen for kartbladene *Trones*, *Tunnsjø* og *Sanddøla*. NGU står i dette arbeid i nær faglig kontakt med Sveriges geologiska undersökning, som har drevet inngående undersøkelser på svensk side av riksgrensen øst for *Grong-feltet*.



\* En ansamling av kisblokker på norsk side av riksgrensen, i sin tid funnet av statsgeolog Foslie, har fått ny betydning idet SGU's undersøkelser tyder på at den neppe kan stamme fra noen svensk forekomst. Det er videre sannsynlig at blokkene ikke stammer fra Joma-forekomsten. Disse indisier på en ny norsk kisforekomst må anses for å være så lovende at saken bør følges videre opp.

*Arbeidet med kvartærgeologisk kartverk i målestokk 1 : 250 000* har fortsatt innen landgeneralkartene *Østerdalen* og *Ljørdalens* område under ledelse av pensj. statsgeolog dr. Gunnar Holmsen, assistert av lektorene Andreas Samuelsen og Morten Sivertsen. Trykningen av landgeneralkart *Oppland* med beskrivelse er fullført, landgeneralkart *Hallingdal* er trykt og beskrivelsen er under arbeid, manuskriptet til landgeneralkart *Røros* er innlevert til trykning.

#### *Undersøkelse av spesielle formasjoner.*

Vitenskapelig assistent Kari Egede Larssen har, foruten på kartbladet Hamars område, foretatt myrboringer med innsamling av materiale for pollenanalytiske dateringer på Kvamsøy (Sunnmøre), Gaupevikmyra (Setskog) og i Vestfold. Arbeidet på Kvamsøy og i Vestfold har vært gjort i samarbeid med Universitetet i Bergen og delvis med bidrag fra Norges almenvitenskapelige forskningsråd.

Cand. real. Harald Carstens har utført geologisk kartlegging av Kristiansundøyene, Averøy og Frei og av den nordvestlige del av Moldehalvøya. Arbeidet har vært utført i samarbeid med amanuensis Ivar Hernes ved Geologisk institutt, Universitetet i Bergen.

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

Også i 1954 har en betydelig del av NGU's arbeider foregått i Nord-Norge. Som i de nærmest foregående år har gjennomføring av det store program for undersøkelser blit mulig ved at NGU's stab har vært supplert midlertidig med andre geologer.

#### *Seiland-Stjernøy-Øksfjord. (Nefelinsyenitt m. m.)*

Den geologiske kartlegging av denne engenartede bergartsprovins ble fortsatt med systematisk undersøkelse av Stjernøy. Ar-

beidet ble utført av magister M. G. Oosterom og cand. mag. Jens Hysingjord. Feltarbeidet på Stjernøy kan i alt vesentlig anses for gjennomført, men det gjenstår noen supplerende og justerende undersøkelser.

Spesiell vekt ble lagt på undersøkelse av de opptredende nefelnsyenitter (jfr. årsberetning for 1952 og 1953). Således ble en forekomst ved Lillevik på sørsiden av øya nærmere undersøkt og prøvetatt. Materialet er under laboratoriemessig mineralogisk og kjemisk undersøkelse, og prøver er sendt til Oppredningslaboratoriet ved NTH for undersøkelse der. Utbredelsen av de apatittførende kalksteinsbergarter (søvitter) var også gjenstand for nærmere studium. Hva angår de ofte omtalte magnetitt-ilmenittmalmer på Stjernøy, så kan det nå betraktes som fastslått at de ikke er drivverdige.

#### *Birtavarre. (Kopperkisførende magnetkis.)*

Undersøkelsene er fortsatt under ledelse av statsgeolog dr. Tore Gjelsvik, med bergingeniør og geolog Frank M. Vokes og teknisk assistent Reidar Kongsgård som medarbeidere. Elektriske målinger er blitt utført under ledelse av geofysiker Per Singsås ved Geofysisk Malmleting. Teknisk leder av diamantboringene var borformann Johannes Bratlie ved Geofysisk Malmleting.

Undersøkelsene denne sommer har i det vesentlige vært konsentrert om de fire gruvefeltene Moskogaissa og Monte Carlo som ligger henholdsvis sør for og i sørskråningen av Kåfjorddalen, og Skaide og Sabetjok-Birtavarre høyfjell som ligger nord for og i nordskråningen av dalen.

Diamantboringene på den store elektriske anomali ved Moskogaissa antyder at den østlige del av anomalien i det vesentlige er forårsaket av smale plater av magnetkis med forholdsvis lite kopperkis. Boringen vestover på anomalien, inn under skrenten av Lille Moskogaissa, antyder at malmsonen der er gjennomsnittlig tykkere og fører mer kopper, men mektigheten er svært uregelmessig, fra noen centimeter til 2—3 meter. Den overførte bevilgning har ikke tillatt nok boringer til å gi fyldestgjørende opplysninger om variasjonene i malmens mektighet, og en har ikke hatt anledning til å undersøke fortsettelsen videre vestover under Lille Moskogaissa med diamantboringer. Borhull ansatt fra toppen eller baksiden av dette fjellet, hvilket blir nødvendig hvis man skal undersøke den lange vestlige

fortsettelsen av anomalien, vil bli meget dype, kanskje opp til 300 meter. I betraktning av de forholdsvis høye omkostninger man må regne med for å forfølge malmen vestover under Lille Moskogaissa, og de relativt lite oppmuntrende resultater av årets diamantboringer øst for skrenten av dette berget, bør videre undersøkelser her utsettes inntil Birtavarre-området øvrige muligheter er undersøkt nærmere.

De geofysiske målingene har vært utført i Skaide-feltet og Sabetjok-Birtavarre høyfjell-feltet. Målingene i Skaide-feltet har ikke vist anomalier av noen betydning. Derimot er det i Sabetjok-Birtavarre høyfjell-feltet påvist en ledende sone som er ca. 1,5 km lang og 300—400 meter bred og som forbinder Sabetjok-gruvens malm med Birtavarre høyfjell-skjerpet, slik man etter de geologiske undersøkelser hadde grunn til å regne med. Dette område fortjener å bli undersøkt nærmere ved diamantboringer.

Skjerpet Monte Carlo som ligger i Ankerlia ca. 400 m over den gamle smelteverkstomten, er blitt underkastet en nærmere geologisk undersøkelse. Der står en malmtipe av en noe annen karakter enn de vanlige, det er mer en impregnasjonsmalm, av forholdsvis betydelig mektighet. Da den ikke kunne håndskeides til smeltemalm, hadde den ikke så stor interesse under gruvedriften i begynnelsen av århundret, men dagens tekniske hjelpemidler til oppredning har fjernet denne innvending. Forekomsten bør gjøres til gjenstand for nærmere undersøkelse.

Materialet av borkjerner, andre bergartsprøver og observasjoner for øvrig er under bearbeidelse. En avhandling av geolog Peter Padget om de stratigrafiske og strukturelle forhold i Birtavarre-området vil bli trykt i NGU's serie som nr. 192.

### *Finnmarksvidda.*

Som et ledd i en omfattende malmundersøkelse av Finnmarksvidda påbegynte NGU sommeren 1954 systematisk geologisk kartlegging av den vestlige del av vidda, som i geologisk henseende kan kalles «det vestlige suprakrustalområde». Området svarer i det vesentlige til gradteigskartene Masi, Nabar, Lappoluobdal, Kautokeino og Agjet og har kommunikasjonsmessig veien Alta—Kautokeino som akse.

I løpet av sommeren ble kartleggingen av henimot halvparten

av det «vestlige suprakrustalområde» gjennomført. De geologiske undersøkelsene har vært utført av geologene Peter Padget og Eero Pehkonen og statsgeologene Tore Gjelsvik, Per Holmsen og Chr. Oftedahl, samt av en vitenskapelig feltassistent. Kjemiske analyser har vært gjort av laboratorieingeniør Brynjolf Bruun med en kjemitekniker og en preparant som assistenter ved det anskaffede mobile feltlaboratorium.

Berggrunnen på Finnmarksvidda er i større grad enn i mange andre områder av landet dekket av løsmateriale, og man har tidligere antatt at dette ville skape betydelige vanskeligheter for berggrunnskartleggingen. Den systematiske undersøkelse siste sommer viste imidlertid at berggrunnen i det undersøkte område var blottet langt mer enn man har regnet med. Dertil gir studiet av løse blokker supplerende opplysninger av betydning for berggrunnsundersøkelsene. Det ser ut til at det skal være mulig å lage berggrunnskart av ganske høy kvalitet over det område hvor undersøkelsene pågår.

Av stor betydning har det vært at geologene har kunnet støtte seg til et feltlaboratorium som har kunnet gi foreløbige analyser til rettledning for de geologiske arbeider.

Det innsamlede materiale av observasjoner og prøver er under analyse og bearbeidelse. Arbeidet i marken forutsettes å skulle fortsette i 1955.

Ved gjennomføringen av undersøkelsene i grensestrøkene står NGU i nær faglig kontakt med den geologiske forskningsanstalten i Finland og Sveriges geologiske undersökning.

#### *Uranundersøkelser.*

I de første år etter avslutningen av den annen verdenskrig ble det gjort en del uranprospektering i Oslo-feltet ved samarbeid mellom Norges geologiske undersøkelse og Forsvarets forskningsinstitut. Senere er det av Institutt for atomenergi foretatt uranundersøkelser av en pegmatittforekomst ved Evje, og NGU har gjennomført en undersøkelse og beregning av uraninnholdet i Renndalsvik grafittglimmer-forekomst. Utover dette er kjennskapet til uranets opp-treden i norske bergarter svært lite. Direktør Randers ved Institutt for atomenergi har fremholdt like overfor NGU at det er nødvendig å bringe på det rene hvor vidt og i hvilken grad man kan bygge planene for fremtidig atomkraftproduksjon på innenlandsk råstoff,

eller om man allerede fra starten av må regne med å basere atomkraftproduksjonen på innført råstoff. NGU fremsatte så i fjor like overfor Industridepartementet forslag om igangsettelse av en omfattende uranprospektering med det formål etter hånden å bringe på det rene hva man har av innenlandsk råstoff for en eventuell fremtidig atomkraftproduksjon. Arbeidet ble forutsatt å skulle foregå i form av et samarbeid mellom NGU og IFA, således at NGU utfører feltarbeidet og IFA utfører uranalyser. Industridepartementet erklærte seg enig i at man skulle ta til med en slik undersøkelse og ga uttrykk for at arbeidet ville bli av langsiktig art.

Stort sett kan det sies at arbeidet vil måtte falle i to faser:

1. Orienterende undersøkelser over større områder og — innenfor disse områder — en nærmere innsirkling og detaljkartlegging av felter hvor bergartene viser forholdsvis høy urangehalt.
2. Undersøkelser av bestemte forekomster hvor første fase har gitt så vidt lovende resultater at det anses forsvarlig å gå til systematisk prøvetaking og rekognoserende diamantboringer, kjemiske analyser i stor stil samt oppredningsforsøk.

En eventuell tredje fase i undersøkelsene, nemlig spesialundersøkelse med direkte tanke på drift av spesielle forekomster, anser en for å ligge utenfor rammen av det program for prospektering som her er blitt lagt opp.

Stortinget bevilget kr. 100 000,00 til uranundersøkelser i inneværende termin, og arbeidet ble påbegynt pr. 1. juli i år. En geolog i midlertidig stilling er ansatt for uranundersøkelsene, og det er innkjøpt en stor Geiger-Müller-teller montert i en Land-Rover-bil. Geiger-Müller-telleren registrerer radioaktiviteten mens bilen er i fart, og tegner automatisk en kurve på et grafisk papir med angivelse av radioaktivitetens intensitet. Strålingen stammer fra det aller øverste skikt av bergoverflaten, og det kreves solid kjennskap til bergartene for å kunne tolke den registrerte kurve. Arbeidet sommeren 1954 har i alt vesentlig vært viet Oslo-feltets alunskiferområder, idet man her på forhånd hadde visse holdepunkter, blant annet noen boringer og analyser fra årene nærmest etter krigens avslutning. Feltarbeidet i dette område har vært ledet av statsgeolog Steinar Skjeseth, med geolog Thor Siggerud som medarbeider. Konservator Gunnar Henningsmoen (Geologisk museum) har deltatt i arbeidet i enkelte områder. Den kambriske lagserien ble krysset med den kjørbare apparatur nesten overalt hvor den er tilgjengelig i Oslo-

feltet. En har den største urankonsentrasjon i overkambrium, nærmere bestemt de såkalte Eurycare- og Peltura-sonene. Dette ble bekreftet ved detaljundersøkelser med håndapparat. Utbredelsen og mektigheten av disse sonene ble studert, og prøvetaking ble utført. Målingene (stratigrafiske og radioaktive) og det innsamlede materiale er under bearbeidelse.

Første fase av feltundersøkelsene etter uran i alunskifrene i Oslo-feltet kan nå anses for gjennomført. Innen visse deler av Oslo-feltet er mengdene av uran meget betydelige, men gehaltene er for lave til at det foreløpig er lønnsomt å utvinne uran av skifrene.

I løpet av høsten har geolog Siggerud gått i gang med utviklingen av det radiologiske laboratorium og dets arbeidsmetoder. NGU har i dette arbeid fått assistanse ved elektronverkstedet på Institutt for atomenergi. Arbeidet har vært hemmet av lang leveringstid både av deler og instrumenter fra utlandet.

Feltarbeidet sommeren 1955 forutsettes også å foregå innenfor det som er kalt første fase i undersøkelsene, altså fortsatt rekognoserende målinger og nærmere innsirkling og detaljkartlegging av spesielle felter. De rekognoserende målinger er planlagt å skulle foregå dels i det sydnorske grunnfjells-område, dels i Trondheims-feltets sedimentære bergarter. Mer detaljert radiometriske undersøkelser forutsettes gjort vesentlig i gruveområder og andre forekomster av hydrothermal opprinnelse. Videre skal i vintermånedene Geologisk museums samlinger av bergarter fra hele landet etter hånden bli gjennomgått så langt tiden rekker. Det vil bli organisert et arkiv hvor alt man vet om radioaktive mineralers opptreden i Norge skal forsøkes samlet.

#### *Blyglans i kvartsitt.*

Den blyglansførende horisonten i Mjøsdistriktet er undersøkt nærmere og fulgt øst- og nordøstover i Østerdalen og Engerdalen av statsgeologene S. Skjeseth og P. Holmsen. Sonen har en stor regional utbredelse, men mektigheten, der hvor den kan bringes på det rene, er beskjedne. De videre geologiske undersøkelser av den blyglansførende sonen vil bli fortsatt sommeren 1955 i det østlige område (Engerdal—Femund). Forholdene synes der å ligge vel tilrette for blokkleting og muligens geokjemisk prospektering.

### *Diverse malm- og mineralforekomster.*

På anmodning fra Alta herred gjennom Bergmesteren i Finnmark foretok NGU ved bergingeniør og geolog Frank M. Vokes en undersøkelse av Raipas gruve. Undersøkelsen ga som resultat at forekomsten var uttømt ved den drift som foregikk i forrige århundre. En artikkel om undersøkelsen, utarbeidet av Vokes, vil bli publisert i NGU's årbok 1954.

På anmodning til NGU fra Jennestad grafittverk A/S har bergingeniør Vokes foretatt en undersøkelse av grunnstollen som er under arbeid ved Jennestad grafittverk.

NGU's geologer har under sine reiser leilighetsvis foretatt befaringer av forskjellige slags forekomster etter anmodning fra offentlige organer og private. NGU har dessuten i årets løp besvart en rekke forespørsler og avgitt uttalelser om prøver av malm og andre bergarter og løse avleiringer som er blitt innsendt eller innlevert til NGU.

Direktør Sven Føyn foretok i august 1954 oversiktsreise i Troms og Finnmark, og besøkte da spesielt Birtavarre, Stjernøy og området Alta—Kautokeino.

### **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. Befaringene er utført av statsgeologene Per Holmsen, Chr. Oftedahl og Rolf Selmer-Olsen.

### **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 blir oversendt til Geoteknisk institutt.

### **Hydrogeologi.**

Henvendelser til NGU om geologisk assistanse ved anlegg for vannforsyning øker sterkt. I løpet av 1954 har statsgeologene Per

Holmsen og Steinar Skjeseth besøkt over 300 steder i anledning vannforsyning. Det overveiende antall befaringer gjelder boring etter vann i fjell. Befaringene omfatter såvel enkelt- som fellesanlegg, og de fleste steder ligger i Hedmark og Oppland fylker.

Landbruksdepartementets kontor for stønad til vannverk sender opplysninger til NGU om de borebrønnenlegg som staten får søknad om stønad til.

Henvendelser om assistanse ved vannforsyningsspørsmål kommer dels fra private, dels fra boringsfirmaer, og dels fra offentlige organer, blant annet Forsvaret. Alle opplysninger som fremkommer blir samlet og registrert i NGU's vannboringsarkiv, som etter hånden er blitt tilstrekkelig fyldig til at geologene i stor utstrekning kan trekke generelle slutninger om grunnvannets oppreden i bergartene.

Ansvarshavende for vannboringsarkivet er statsgeolog Per Holmsen.

### 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 (Grotten) 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 m<sup>2</sup> netto. Lokalene er lite hensiktsmessige. Fra 1. september 1952 har NGU enn videre fått leie laboratorieplass og 4 provisoriske kontorrom i Universitetets geologiske museum, Tøyen (ca. 200 m<sup>2</sup>). Til magasinering av bergartsprøver har NGU et kjellerrom i Sommerrogt. 15 og et loftsrom i Trondheimsveien 132. 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 har i det forløpne år hatt en tilvekst av ca. 1780 bøker og tidsskrifter.

Som bibliotekar har fungert statsgeolog Arth. O. Poulsen.

### **Bergarkiv.**

Utvexling av rapporter med bergmestrene ble fortsatt i 1954, og Bergarkivets relativt store tilvekst i året som gikk skyldes i stor grad rapporter som bergmester K. L. Bøckman overlot det. Bergarkivets samlede tilvekst utgjorde 316 rapporter, hvorav 229 behandler malmforekomster, mens resten (87) behandler industrielle mineraler og bergarter.

Rapportsamlingen består i dag av 2455 rapporter, hvorav 2105 behandler våre malmforekomster og gruver. Resten — 350 nummer — behandler mineralforekomster. Den vesentlige del av arkivets kartmateriale er blitt registrert — 1171 kart som gjelder 293 gruver og forekomster. Samlingen av tracinger utgjør ca. 850 på 300 nummer, dertil kommer de siste års tilvekst som det ikke har vært anledning til å registrere på grunn av for lite arbeidshjelp.

Med de topografiske kart i målestokk 1 : 100 000 som grunnlag utarbeides det et nytt kartarkiv hvis formål er å gi en så vidt mulig komplett kartmessig oversikt over landets nyttige malmer og mineraler. Arbeidet med inntegning av gruver og malmforekomster er i det forløpne år på det nærmeste fullført på de ca. 300 rektangel- og gradteigskart som hittil foreligger. Arbeidet med industrielle mineraler og bergarter blir påbegynt over nyttår.

Ansvarshavende for Bergarkivet er statsgeolog Arth. O. Poulsen.

### **Laboratorier.**

NGU's kjemiske laboratorium har lokaler i Geologisk museum. I løpet av året er det på laboratoriet utført 35 fullstendige silikatanalyser og 120 andre analyser og oppdrag. Arbeidet med komplettering av utstyr har fortsatt. Foruten diverse utstyr til selve de kjemiske analysearbeider er det anskaffet en Fagergren flotasjonsmaskin og en Denver flotasjonscelle for mineralseparasjon.

En Austin varevogn er anskaffet og innredet til mobilt laboratorium. Atskillig arbeid er lagt i utprøving av forskjellige metoder



og apparater til feltbruk. I august og september ble det i forbindelse med de geologiske undersøkelser utført ca. 300 geokjemiske feltanalyser av jord-, bergarts- og vannprøver i Finnmark og Troms.

Spektralanalysene er blitt utført ved Sentralinstitutt for industriell forskning.

Leder av det kjemiske laboratorium er laboratorieingeniør Brynjolf Bruun.

*Jordartslaboratoriet* (Josefinesgt. 34) er i det forløpne år blitt videre utbygget med diverse generelt laboratorieutstyr, og den differensialtermiske apparatur er bygget helautomatisk.

I det forløpne år har det vært foretatt ca. 100 differensialtermiske analyser på fraksjonert eventuelt nedmalt materiale og ca. 250 mekaniske analyser. Arbeidet har for det vesentligste vært utført til støtte for kartleggingsarbeidet, men også til støtte for rapporter av enhver art og for oversiktsarbeid over norske leirers og forvittringsmaterialers mineralsammensetning. Dertil er utført en del brenningsforsøk på feltspat og en del orienterende volumenometerforsøk over systemet leire-vann-salt, samt noen orienterende forsøk med transporten i elektrisk felt av mineralkorn fra leirer.

Leder av Jordartslaboratoriet er statsgeolog Rolf Selmer-Olsen.

### Publikasjoner.

I NGU's serie er i 1954 utkommet:

- Nr. 185 Trygve Strand. *Aurdal*. Beskrivelse til det geologiske gradteigskart. (S.) Med kart. 71 s.
- Nr. 186. Rolf Selmer-Olsen. *Om norske jordarters variasjon i korngradering og plastisitet*. (S.) 141 s.
- Nr. 187. Gunnar Holmsen. *Oppland*. Beskrivelse til kvartærgeologisk landgeneralkart. (S.) Med kart. 63 s.
- Nr. 188. *Årbok 1953*. (Innhold: Christoffer Oftedahl: *Dekketektonikken i den nordlige del av det østlandske sparagmittområde*. (S.) Christoffer Oftedahl: *Noen isavsmeltningensfenomener 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*. For-

tegnelse over Norges geologiske undersøkelses publikasjoner og kart. 98 s.

- Nr. 189. Carl Bugge. *Den kaledonske fjellkjede i Norge*. (S.) 79 s. ((S.) etter titelen betyr Summary in English.)

Under trykning i A. W. Brøggers boktrykkeri er:

- Nr. 147. Kisdistriktet Varaldsøy-Ølve og bergverksdriftens historie. Av Steinar Foslie. Med Tillegg og English Summary av Brynjulf Dietrichson.

Følgende geologiske manuskriptkart er levert til litografering og trykning i Norges geografiske oppmåling:

Rektangelbladene Namsvatnet, Trones, Tunnsjø, Sanddøla, Nordli, Jævsjø, Bjørkvassklumpen. Av Steinar Foslie.  
Det kvartærgeologiske landgeneralkart Røros. Av Gunnar Holmsen.

Kartene skal etter programmet trykkes i løpet av 3-års perioden 1955—1957.

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

Rektangelbladene Stor-Elvdal og Ytre Rendal. Av Per Holmsen og Chr. Oftedahl.

Kartene vil foreligge trykt våren 1956.

I andre tidsskrifter er det i 1954 trykt 7 avhandlinger eller artikler av medlemmer av NGU's stab:

1. Per Holmsen: Om morenekonglomeratet i sparagmittformasjonen i det sydlige Norge. *Geol. Fören. Stockh. Förh.* 76, h. 1. 1954, s. 105—121.
2. Kari Egede Larssen: Pollenanalytiske undersøkelser i Trøndelag. *Det Kgl. N. Vid. Selsk. forh.*, 26. 1953 nr. 22, Trondheim, s. 94—101.
3. Chr. Oftedahl: Studies on the Igneous Rock Complex of the Oslo Region. XIII. The Cauldrons. *Skr. utg. av Det Norske Vidensk. Akad.*, Oslo 1953. 108 s.

4. Chr. Oftedahl: Skyvedekkenene i det sydnorske sparagmitt-område. Geol. Fören. Stockh. Förh., 76, h. 1. 1954, s. 156—161.
5. Peter Padget: Notes on some late-Paleozoic Corals from Spitsbergen. Norsk Polarinstitut. Skrifter nr. 100. 1954. 10 s.
6. Arth. O. Poulsen: Gruber og malmforekomster i Nord-Norge. I publikasjonen «Økt innstats» nr. 3—4. Oslo 1954, s. 27—33.
7. Steinar Skjeseth: Forholdet mellom Oslofeltets Kambrosilur og Sparagmittformasjonen. (Kvartssandsteinsdekket og Sparagmittdekket.) Geol. Fören. Stockh. Förh., 76, h. 1. 1954, s. 145—153.

### **Undervisning. Utstillinger.**

Statsgeolog Rolf Selmer-Olsen har holdt 10 forelesninger ved Universitetets geografiske institutt om jordartsundersøkelser.

Statsgeolog Steinar Skjeseth har utarbeidet «Vann i fjell» teksthefte til «billedstripe» i samarbeid med Landbruksdepartementets film- og billedkontor.

Statsgeolog Steinar Skjeseth har, sammen med preparant A. Granli, Geologisk Museum, samlet og utarbeidet en geologisk samling til Hedmarksmuseet, Domkirkeodden, Hamar. Samlingen er montert som et permanent, lokalt geologisk museum for Hedmark. Samlingene omfatter en innføring i geologi med eksempler fra Hedmark og Hedmarks geologiske historie. «Museet» ble åpnet 3. juni 1954.

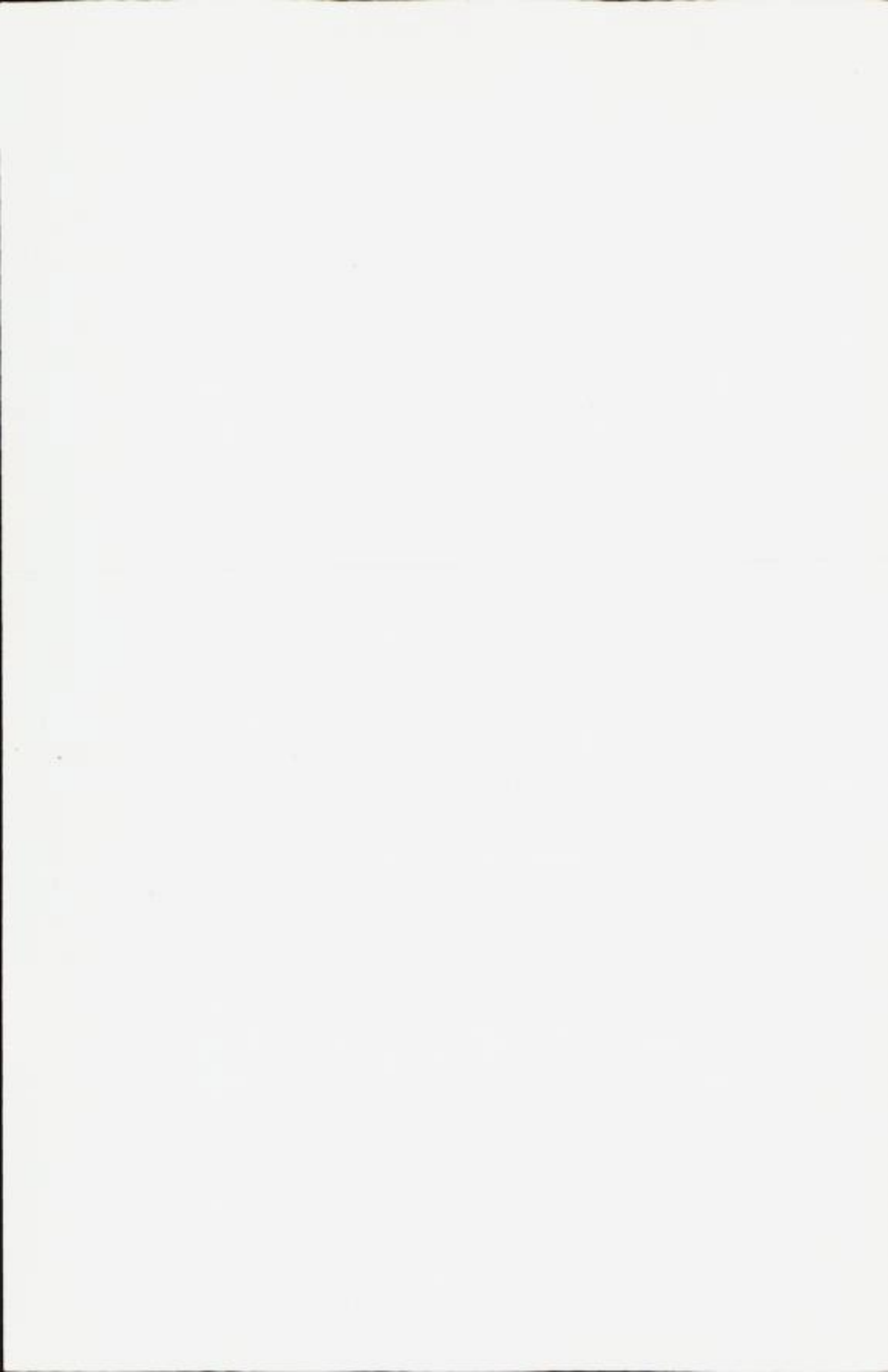
I forbindelse med Kongsvingerjubileets utstilling (25. juni—11. juli) deltok NGU med en stand i skogbruksavdelingen. Vår stand viste noen av NGU's arbeidsoppgaver, bl. a. kartlegging av fjell og løse jordlag, vannboring, malmundersøkelser. Den omfattet videre en innføring i geologi, delvis med lokalt materiale som eksempler. Utstillingen ble utarbeidet av statsgeolog Steinar Skjeseth og montert med assistanse av tegner Unn Hofseth.

### **Internasjonale geolog-møter. Studiereiser i utlandet.**

Direktør Sven Føyn, statsgeologene dr. Trygve Strand og dr. Chr. Oftedahl, og bergingeniør Brynjulf Dietrichson deltok i det nordiske geologiske vintermøte i Göteborg 6.—10. januar 1954. De tre førstnevnte deltok som representanter for NGU.

Direktør Sven Føyn og statsgeolog Steinar Skjeseth deltok i møtet 1. april i Geologiska Föreningen i Stockholm, hvor sjefsgeolog Erland Grip redegjorde for resultater av Bolidens undersøkelser av blyglansforekomsten i kvartsitt i Laisvall.

Direktør Sven Føyn og statsgeolog dr. Tore Gjelsvik deltok som representanter for NGU i det VI Nordiske geologmøte i Helsingfors 27. mai—7. juni 1954. Av NGU's stab deltok også bergingeniør Brynjulf Dietrichson, geologene Peter Padget og Frank M. Vokes og vitenskapelig assistent Kari Egede Larssen i møtet og tilhørende ekskursionsjoner.



FORTEGNELSE OVER  
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSES  
PUBLIKASJONER OG KART

LIST OF PUBLICATIONS  
AND MAPS ISSUED BY  
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE

*Papers in Norwegian marked with an (S.) after the title have summaries in English.  
Papers marked with (Z.) (Zusammenfassung) or (R.) (Résumé)  
have summaries in German or French, respectively.*





## Norges geologiske undersøkelse

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

1. Aarvog for 1891 (Indhold: *K. O. Bjørlykke*: Graptolittførende 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. Houglund*: Bergarts-gange 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*: Svenningsdals 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. Corneliusen*. 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 representerede 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. Riiber*. Norges granitindustri. (S.) 1893. Kr. 1,00.
13. *K. O. Bjørlykke*. Gausdal. Fjeldbygningen inden rektangelkartet Gausdals omraade. (S.) 1893. Kr. 1,00.
14. Aarvog 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 jernmalmsfelt 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 jernmalmsforekomst. (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 literatur 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 Stjørdalen, 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 sølvvertsange. (Z.) 1900. Kr. 2,50.
  30. *Ths. Münster*. Kartbladet Lillehammer. Tekst (Z.) 1900. Kr. 1,00.
  31. *W. C. Brøgger*. Om de sen-glaciale og post-glaciale 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. Istdisgruset 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 høide 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. Hansen*: Litt om Mjøsjøkelen. (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 tilsvær 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 Følgefondens 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*: Følgefonnshalvøens geologi. (S.) *C. Bugge*: Bergverksdriften i Norge 1901—1905. *H. Reusch*: Skredet i

- Loen 15de januar 1905. (S.) *C. Bugge*: Bemerkninger 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 Jostedalbræen 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. 3,50.
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 Mo prestegjæld i Nordlands amt. (Z.) *Rolf Marstrander*: Svartisen, dens geologi. (S.)) 1911. Kr. 3,50.
60. *W. Werenskiold*. Søndre Fron. Fjeldbygningen inden rektangelkartet Søndre Frons omraade. (S.) Med kart. 1911. Kr. 3,50.
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 moræne-masser 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.
63. *Olaf Holtedahl*. Kalkstensforekomster i Kristianiafeltet. (S.) 1912. Kr. 2,50.

64. *Hans Reusch*. Tekst til geologisk oversiktskart over Søndhordland og Ryfylke. (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. Schiøtz*: Om isskillet i trakten omkring Fæmund. (S.) *H. Reusch*: Fra Trysil. (S.) *S. Foslie*: Ramsøy titanmalmsfelt 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 Smø lens geologi. (S.) *O. Holtedahl*: Fossiler fra Smø len. (S.)) 1914. Kr. 3,00.
70. Fem avhandlinger, skrevet i anledning Norges Jubileumsutstilling 1914. (Indhold: *H. Reusch*: Norges Geologiske Undersøkelse. (S.) *W. Werenskiold*: Tekst til geologiske 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-Fæmundsstrøket. (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 sjø malm 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. 6,00.
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—Junker dalen. (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. Holmsen*: 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*. Dunderlands dalen. Fjeldbygningen inden gradavdelingskartet Dunderlandsdalens omraade. (S.) Med kart. 1919. Kr. 3,50.
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 norifelt. Differentiation ved »squeezing«. (S.) *J. Rekstad*: Et fund av skjelfførende leir i Lørenskog. (S.) *R. Falck-Muus*: Brynestensindustrien 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. 3,50.
89. *Olaf Holtedahl*. Engerdalen. Fjeldbygningen inden rektangelkartet Engerdalens omraade. (S.) Med kart. 1921. Kr. 3,50.
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 skjælføremster 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. 3,50.
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 oksydens fysikalske kemi. Oversikt over nyere præcisionsundersøkelser. (S.) Statens råstofkomite. 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 Metalsmeltning. 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 kemiske sammensætning av Spitsbergen-Bjørnøykul. (S.) S. R. K. Publ. nr. 12. 1923. Kr. 1,00.
113. *Andreas Rødland*. 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 bearbeidet av *J. Bull*. (S.) S. R. K. Publ. nr. 17. 1923. Kr. 1,00.
118. *J. Bull*. Prøver med en herdeovn for kulstoffstaa. (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*. Sulitelmafeltets 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. 6,00.
125. *J. Rekstad*. Træna. Beskrivelse til det geologiske generalkart. (S.) Med kart. 1925. Kr. 6,00.

126. *Steinar Foslie*. Syd-Norges gruber og malmbeforekomster. Med kart i planformat. 1925. Kr. 5,00.
127. *Steinar Foslie*. Norges svovelkisforekomster. 1926. Kr. 3,00.
- 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. 6,00.
135. *Gunnar Holmsen*. Grunnvandet i vore leravsetninger. (S.) 1930. Kr. 3,00.
136. *Gunnar Holmsen*. Rana. Beskrivelse til det geologiske generalkart. (S.) Med kart. 1932. Kr. 6,00.
137. *Steinar Foslie* og *Mimi Johnson Høst*. Platina i sulfidisk nikkelmalm. (Z.) 1932. Kr. 2,50.
138. *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. 6,00.
144. *Gunnar Holmsen*. Nordre Femund. Beskrivelse til det geologiske rektangelkart. (S.) Med kart. 1935. Kr. 4,00.
145. *Volmer Marlow*. Foldal. Beskrivelse til det geologiske rektangelkart. (S.) Med kart. 1935. Kr. 4,00.
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. 4,00.
149. *Steinar Foslie*. Tysfjords geologi. Beskrivelse til det geologiske gradteigskart Tysfjord. (S.) Med kart. 1941. Kr. 12,00.
150. *Steinar Foslie*. Hellembotn og Linnajavre. Geologisk beskrivelse til kartbladene. (S.) Med kart. 1942. Kr. 6,00.
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. 4,00.
153. *Carl Bugge*. Hemsedal og Gol. Beskrivelse til de geologiske gradteigskarter E. 32 V. og E. 32 Ø. (S.) Med kart. 1939. Kr. 6,00.
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 Oftedal*. 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. Kr. 70,00.
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*. Leirfall 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 jernmangalmalmer. 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. 5,00.
176. *Gunnar Holmsen*. Oslo. Beskrivelse til kvartærgeologisk landgeneralkart. (S.) Med kart. 1951. Kr. 6,00.
177. *Chr. Oftedahl* og *G. Holmsen*. Øvre Rendal. Beskrivelse til det geologiske rektangelkart. (S.) Med kart. 1952. Kr. 5,00.
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. 5,00.
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. Rosenqvist*: 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. Werenskiöld*: Isrand-dannelser ved Atnesjø. (S.) Direktør *Sven Føyn*: Norges geologiske undersøkelse. Årsberetning 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.) *Brynjulf Dietrichson*: Pseudotachylit fra de kaledonske skyvesoner i Jotunheimens forgårder, Gudbrandsdalen, og deres dannelsesbetingelser. (S.) *Tore Gjelsvik*: Det nordvestlige 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 Mikkelfjord, 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. (Under trykning.)
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 Sjørensen*: 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.

### 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.

Oversikt over fargetrykte geologiske kart utgitt av  
Norges geologiske undersøkelse.

|                                   | Kartets<br>tryknings-<br>år | Forfatter                        | NGU's<br>publ. nr | Pris for :         |                     |
|-----------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|-------------------|--------------------|---------------------|
|                                   |                             |                                  |                   | Kart m.<br>beskr.  | Kart uten<br>beskr. |
| <b>Rektangel og gradteigskart</b> |                             |                                  |                   |                    |                     |
| Målestokk 100 000                 |                             |                                  |                   |                    |                     |
| Aurdal .....                      | 1954                        | Trygve Strand                    | 185               | Kr. 6.—            | Kr. 2.90            |
| Aursunden .....                   | 1936                        | Rolf Falck-Muus                  |                   |                    | »                   |
| Dunderlandsdalen .....            | 1915                        | John Oxaal                       | 86                | » 3.50             | »                   |
| Eidsberg .....                    | 1919                        | J. Rekstad                       | 88                | » 3.50             | »                   |
| Eiker .....                       | 1935                        | Arne Bugge                       | 143               | » 6.— <sup>1</sup> | »                   |
| Engerdalen .....                  | 1921                        | O. Holtedahl                     | 89                | » 3.50             | »                   |
| Flesberg .....                    | 1935                        | Arne Bugge                       | 143               | » 6.— <sup>1</sup> | »                   |
| Foldal .....                      | 1936                        | Wolmer Marlow                    | 145               | » 4.—              | »                   |
| Gol .....                         | 1939                        | Carl Bugge                       | 153               | » 6.— <sup>2</sup> | »                   |
| Gran .....                        | 1923                        | O. Holtedahl og<br>J. Schetelig  | 97                | » 3.50             | »                   |
| Hellemobotn .....                 | 1936                        | Steinar Foslie                   | 150               | » 6.— <sup>3</sup> | »                   |
| Hemsedal .....                    | 1939                        | Carl Bugge                       | 153               | » 6.— <sup>2</sup> | »                   |
| Hønefoss .....                    | 1917                        | W. C. Brøgger og<br>J. Schetelig |                   |                    | »                   |
| Kongsberg .....                   | 1927                        | W. C. Brøgger og<br>J. Schetelig |                   |                    | »                   |
| Linnajavre .....                  | 1936                        | Steinar Foslie                   | 150               | » 6.— <sup>3</sup> | »                   |
| Moss .....                        | 1926                        | W. C. Brøgger og<br>J. Schetelig |                   |                    | »                   |
| Narvik .....                      | 1950                        | Th. Vogt                         |                   |                    | »                   |
| N. Etnedal .....                  | 1939                        | Trygve Strand                    | 152               | » 4.—              | »                   |
| N. Femund .....                   | 1936                        | G. Holmsen                       | 144               | » 4.—              | »                   |
| Rennebu .....                     | 1910                        | Carl Bugge                       | 56                | » 3.50             | »                   |
| Slidre .....                      | 1950                        | Trygve Strand                    | 180               | » 5.—              | »                   |
| S. Femund .....                   | 1937                        | G. Holmsen                       | 148               | » 4.—              | »                   |
| S. Fron .....                     | 1911                        | W. Werenskiold                   | 60                | » 3.50             | »                   |
| Tynset .....                      | 1950                        | Per og Gunnar<br>Holmsen         | 175               | » 5.—              | »                   |
| Tysfjord .....                    | 1931                        | Steinar Foslie                   | 149               | » 12.—             | »                   |
| Tønsberg m. Larvik .....          | 1926                        | W. C. Brøgger og<br>J. Schetelig |                   |                    | »                   |
| Voss .....                        | 1905                        | H. Reusch                        | 40                |                    | »                   |
| Øvre Rendal .....                 | 1959                        | Chr. Oftedahl og<br>G. Holmsen   | 177               |                    | »                   |

<sup>1</sup> Med publikasjonen følger kartene Eiker og Flesberg.

<sup>2</sup> Med publikasjonen følger kartene Gol og Hemsedal.

<sup>3</sup> Med publikasjonen følger kartene Hellemobotn og Linnajavre.

**Oversikt over fargetrykte geologiske kart utgitt av  
Norges geologiske undersøkelse.**

|  | Kartets<br>tryknings-<br>år | Forfatter                         | NGU's<br>publ. nr. | Pris for ;        |                     |
|--|-----------------------------|-----------------------------------|--------------------|-------------------|---------------------|
|  |                             |                                   |                    | Kart n.<br>beskr. | Kart uten<br>beskr. |
| <b>Landgeneralkart</b>                         |                             |                                   |                    |                   |                     |
| Målestokk 1 : 250 000                          |                             |                                   |                    |                   |                     |
| Hattfjellidal .....                            | 1925                        | J. Rekstad                        | 124                | Kr. 6.—           | Kr. 4.65            |
| Rana .....                                     | 1932                        | G. Holmsen                        | 136                | » 6.—             | »                   |
| Salta .....                                    | 1930                        | J. Rekstad                        | 134                | » 6.—             | »                   |
| Træna .....                                    | 1925                        | J. Rekstad                        | 125                | » 6.—             | »                   |
| Vega .....                                     | 1917                        | J. Rekstad                        | 80                 | » 6.—             | »                   |
| <b>Oversiktskart over<br/>Kristianiafeltet</b> |                             |                                   |                    |                   |                     |
| Målestokk 1 : 250 000                          |                             |                                   |                    |                   |                     |
|  | 1923                        | W. C. Brøgger og<br>J. Schetelig  |                    | "                 | Kr. 4.65            |
| <b>Kvartærgeologiske<br/>landgeneralkart</b>   |                             |                                   |                    |                   |                     |
| Målestokk 1 : 250 000                          |                             |                                   |                    |                   |                     |
| Hallingdal .....                               | 1954                        | G. Holmsen                        |                    |                   | »                   |
| Oppland .....                                  | 1954                        | G. Holmsen                        | 187                | » 8.—             | »                   |
| Oslo .....                                     | 1949                        | G. Holmsen                        | 176                | » 6.—             | »                   |
| <b>Oversiktskart</b>                           |                             |                                   |                    |                   |                     |
| Målestokk 1 : 1 000 000                        |                             |                                   |                    |                   |                     |
| Berggrunnskart over Norge                      | 1953                        | O. Holtedahl og<br>J. A. Dons     | 164                | » 70.—            | » 25.—              |
| Glacialgeologisk kart<br>over Norge .....      | 1953                        | O. Holtedahl og<br>B. G. Andersen | 164                | »                 | » 10.—              |

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

**Følgende fargetrykte geologiske kart er utsolgt:**

|                      | Trykningsår | Forfatter  |
|----------------------|-------------|--|
| <b>Rektangelkart</b> |             |  |
| 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                           |
| <b>Oversiktskart</b> |             |  |
| 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.