



# Bergvesenet

Postboks 3021, 7002 Trondheim

## Rapportarkivet

|                                                                                                                              |                         |                              |                                   |                     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------|-----------------------------------|---------------------|
| Bergvesenet rapport nr<br><b>BV 1751</b>                                                                                     | Intern Journal nr       | Internt arkiv nr             | Rapport lokalisering<br>Trondheim | Gradering           |
| Kommer fra ..arkiv                                                                                                           | Ekstern rapport nr      | Oversendt fra                | Fortrolig pga                     | Fortrolig fra dato: |
| Tittel<br>En malmgeologisk undersøkelse av de ertsmineraliserte soner i Skorovas Grubers konsesjonsområde<br>Eksamensarbeide |                         |                              |                                   |                     |
| Forfatter<br>Pettersen, Øystein                                                                                              |                         | Dato<br>1964                 | Bedrift<br>NTH                    |                     |
| Kommune<br>Namsskogan                                                                                                        | Fylke<br>Nord-Trøndelag | Bergdistrikt<br>Trondheimske | 1: 50 000 kartblad                | 1: 250 000 kartblad |
| Fagområde<br>Geologi                                                                                                         | Dokument type           |                              | Forekomster<br>Skorovas           |                     |
| Råstofftype<br>Malm/metall                                                                                                   | Emneord                 |                              |                                   |                     |
| Sammendrag                                                                                                                   |                         |                              |                                   |                     |

DET  
STORE  
EKSAMENSARBEIDE

"En malmgeologisk undersøkelse av de ertsmine-  
realiserte soner i Skorovass Grubers konsesjons-  
område".

Norges tekniske høgskole 1963 - 1964.

Gystein Pettersen

II c.

## Innholdfortegnelse.

|                                               | side. |
|-----------------------------------------------|-------|
| Oppgavetekst                                  | 0     |
| Forord                                        | 1     |
| I. Innledning                                 | 2     |
| II. Litt regionalgeologi                      | 4     |
| III. Geologien i Skorovassområdet             | 7     |
| Grønnsteinområdene                            | 7     |
| Indre grønnsteinsone                          | 8     |
| Ytre grønnsteinsone                           | 13    |
| Bergartene i grønnsteinområdene               | 14    |
| Grønnstein                                    | 14    |
| Keratofyr                                     | 18    |
| Kalkgrønnskiifer                              | 21    |
| Kvarttsitt, blåkvarts, jaspis                 | 21    |
| Ertsminalisasjon                              | 21    |
| Konglomeratene i sørøst                       | 22    |
| Trondhemittsonen                              | 22    |
| Skorovassklumpens finkornige gabbro           | 26    |
| Søndre Grønndalsfjells gabbromassiv           | 30    |
| Basisk gang sør for Nesåa                     | 31    |
| IV. Undersøkelser av anomaliområder og skjerp | 32    |
| 1. Geofysiske målinger                        | 32    |
| 2. Undersøkelsesområder                       | 33    |
| 3. Undersøkelsene                             | 34    |
| E I. Smaltjern                                | 35    |
| E II. Ottatjern                               | 37    |
| E III. Skorovassklumpen                       | 37    |
| E IV. Storbekken                              | 38    |
| E V. Skorovassforekomsten                     | 39    |
| E Vb. Finnkjerringhullet                      | 43    |
| E Vc. Gruvevatnet NØ                          | 46    |
| E Vd. Gruvevatnet S                           | 51    |
| E VI. Olatjern                                | 54    |
| E VIb. Langtjern                              | 54    |
| E VII. Tverrelva                              | 55    |
| E VIII. Blåhammertjern - Havdalsvann NV       | 55    |
| E IX. Havdalshammeren                         | 57    |

|                                                       | side |
|-------------------------------------------------------|------|
| E X. Cevoker                                          | 57   |
| E XI. Tredjevatnet                                    | 57   |
| E XIIb. Finnkrudåma kislelt                           | 57   |
| E XII. Nesåa                                          | 60   |
| E XIII. Nesåpiggen                                    | 60   |
| E XIV. Søndre Grønndalsfjell                          | 60   |
| E XV. Store Skorovatn                                 | 61   |
| M I. Søndre Grønndalsfjell                            | 61   |
| M II. Storberget                                      | 61   |
| M III. Nesåa                                          | 63   |
| M IV. Nesåpiggen                                      | 63   |
| M V. Cevoker — Svartberget                            | 63   |
| M VI. Langtjern — Sætertjern                          | 64   |
| M VII. Sæterklumpen                                   | 64   |
| 4. Analyser                                           | 65   |
| 5. Undersøkelse av en magnetkis ved røtgendiffraksjon | 69   |
| V. Vurdering av forholdet "vasskis"—"gangkis i feltet | 71   |
| Vasskis                                               | 72   |
| Gangkis                                               | 76   |
| Form, tektonikk, evt. strukturell kontroll            | 76   |
| Bergartmiljø (evt. "moder" — bergarter)               | 79   |
| Sidebergarter                                         | 80   |
| Gangmineraler                                         | 81   |
| Malmineralenes opptreden og struktur                  | 82   |
| Sporelementer                                         | 84   |
| Diverse                                               | 84   |
| Konklusjon                                            | 86   |
| VI. Videre undersøkelser                              | 87   |
| Litteraturliste                                       | 89   |
| Bilagliste                                            | 92   |

TRONDHEIM 15. juni 1963.

Det store eksamensarbeid for Øystein Pettersen.

En malmgeologisk undersøkelse av de ertsmineraliserte soner i Skorovas Grubers konsesjonsområde.

*Jens A.W. Bugge* —  
Jens A.W. Bugge

Retningslinjer:

De geofysiske anomalier som er funnet ved flymålinger eller bakkemålinger skal undersøkes.

De mineraliserte soner skal kartlegges, og det skal gies en geologisk og petrografisk beskrivelse av dem.

Aeromagnetiske anomalidrag skal undersøkes ved supplerende magnetometermålinger på bakken.

Vurder forholdet "vasskis"- "gangkis" i feltet.

Forord.

De feltmessige undersøkelserne i tilknytning til oppgaven ble utført over fire opphold i Skorovatn i tidsrommene 8.7 - 6.8, 17.8 - 24.8, 8.9 - 27.9 og 2.11 - 9.11. 1963.

Bearbeidningen av materialet er utført i tidsrommene 28.9 - 1.11, 10.11 - 8.12. 1963 og 9.1 - 4.3. 1964.

Alt kartmateriale, rapporter etc. er velvilligst stilt til rådighet av A/S Skorovass Gruber.

Planslip og tynnslip er laget av preparantene A. Iversen og Bj. Frøseth.

Kjemiske analyser er utført av førsteamanuensis R. Stokland og laborant A.K. Sele.

Analyser på optisk spektrograf er utført ved N.G.U., Kjemisk avdeling.

Røntgenspektrografiske analyser er utført med assistanse av R. Stokland.

Tegnearbeid, kopiering av bilder etc. er utført med assistanse av Rakel Nordset Pettersen som også har maskinskrevet oppgaven.

Professorene J.A.W. Bugge og Chr. Oftedahl, førstepreparant Anker Iversen og vitenskapelige assistenter G. Juve og V. Wiik har bidratt med verdifulle råd og kommentarer.

T A K K

## Kap. I.

### Innledning.

Skorovas Grubers konsesjonsområde ligger innenfor et kvadrat på 15 x 15 km. rundt Skorovatn, Namsskogan kommune i Nord - Trøndelag. I den videre framstillingen blir konsesjonsområdet omtalt som Skorovassområdet.

Avdsde statsgeolog S.Foslie har utført den geologiske omvisningskartleggingen i området, gjengitt på geologisk kartblad Trones i målestokk 1 : 100 000. Han har dessuten undersøkt de fleste skjerp i området foruten selve Skorovassforekomsten.

Området rundt Skorovassforekomsten (ca. 5 x 6 km.) er kartlagt i målestokk 1 : 10 000 av A. Grønhaug (Bil. 1).

Desverre foreligger det ikke beskrivelser til kartmaterialet utover enkelte arbeider av Foslie [10 - 13], Chr. Oftedahl [21,22] og T.Gjelsvik [15,16] som berører deler av området. Forøvrig er beskrivelsen til Troneskartet under arbeid (Chr. Oftedahl), mens T.Gjelsvik har undersøkt fordelingen av kobber og sink i Skorovassforekomsten, og holder på med en undersøkelse av malmens sidebergarter.

Geofysiske bakkemålinger er utført i gruveområdet både før og etter krigen (ABEM) og etter (GM). Enkelte mindre skjerp og kisser er også målt.

Sommeren 1962 ble området flymålt (ABEM) med utstyr for såvel elektromagnetiske som magnetiske observasjoner. De viktigste elektromagnetiske anomaliområdene som flyanomalikartet viser, ble bakkemålt med E.M.G. sommeren 1963.

Undersøkelsene i samband med det foreliggende arbeid ble utført på grunnlag av de geofysiske målingene, og er delvis blitt konsentrert om anomaliområdene. Ettersom det ikke foreligger noen beskrivelse til det geologiske kartblad Trones, har en imidlertid funnet det hensiktsmessig å ta med enkelte trekk fra den generelle geologi basert på undersøkelsene av anomaliområder og skjerp samt spredte observasjoner i områder utenfor disse.

I omtale av diverse vatn og tjern har en delvis nyttet andre betegnelser ennede som er oppført på kart og i eldre litteratur. Navnbruken er i samsvar med den Skorovass Jeger- og Fiskeforening forsøker å innføre i Skorovassområdet. De viktigste forandringsene

er ført opp nedenfor:

|                         |   |              |
|-------------------------|---|--------------|
| Vestre øverste Nesåvatn | = | Gruvevatnet  |
| Østre øverste Nesåvatn  | = | Østrevatnet  |
| Øvre Nesåvatn           | = | Tredjevatnet |
| Midtre Nesåvatn         | = | Midtivatnet  |

Andre "nye" navn som er brukt på kartene (Bil.1) eller i oppgaven: E 4: Smaltjern, E 6: Nedre Jantjern, Øverste Jantjern, Mistakstjern, F 5: Gruvetjernet, Blindtarmen, F 6: Stamnestjern, G 5: Sæt<sup>r</sup>tjern.

I oppgaven er det for litteraturhenvisninger brukt {11}, (11), [11], karthenvisninger (kbbl.Trones), (F 5) etc. samt (Bil.1) for henvisninger til bilag.

### III. LITT REGIONALGEOLOGI.

Grong-Liene - området hører geologisk til den kaledonske fjellkjede og er Trondheimfeltets fortsettelse nordøst for Grongkulminasjonen { 27 }. Sørvest for denne går Snåsasynklinalen og Trondheimfeltsynklinalen "opp i lufta". Nordøst for Grongkulminasjonen med dens prekambriske og kambro-siluriske bergarter { 21 } er strategien ikke klarlagt.

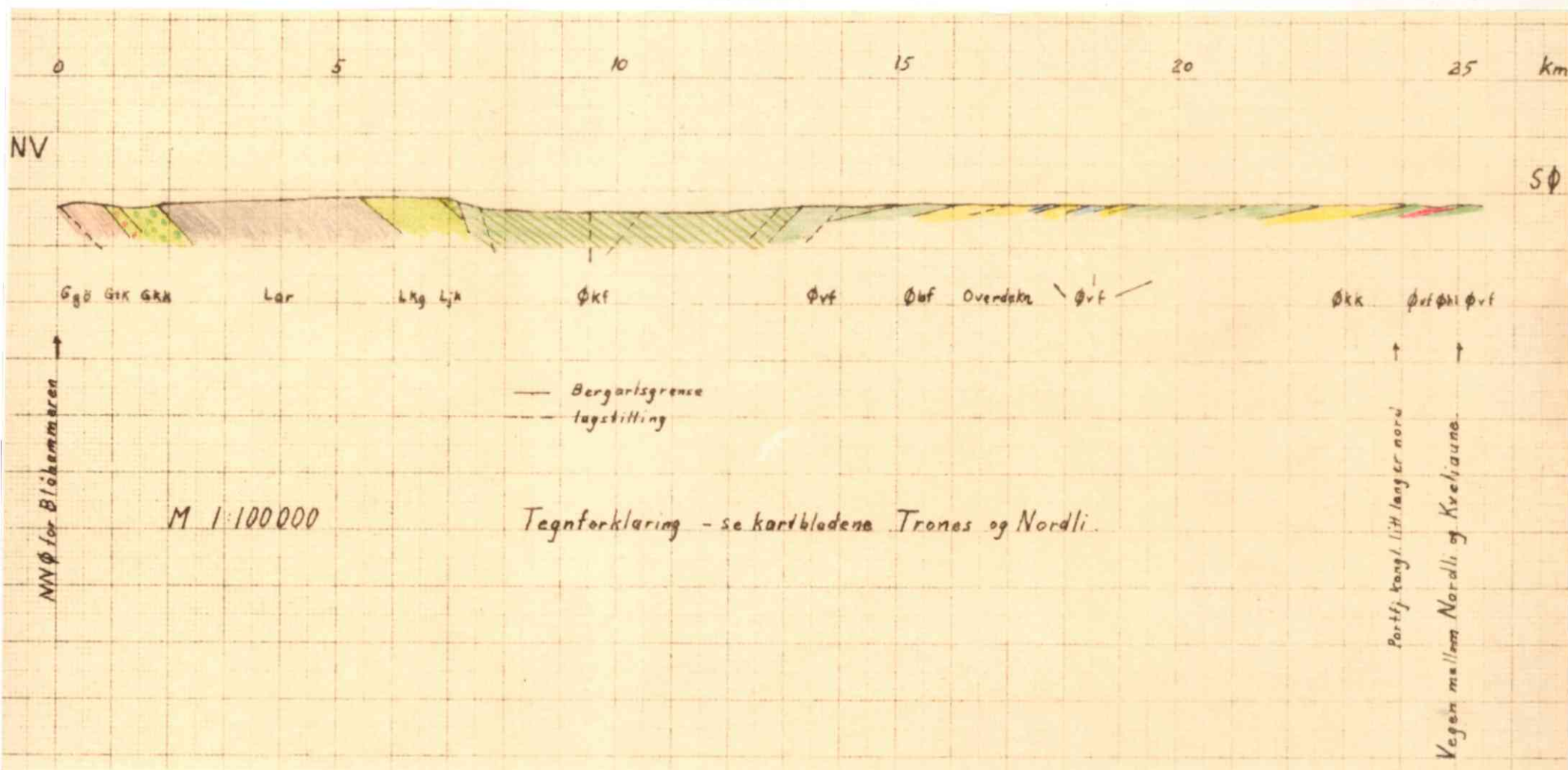
På de geologiske kartbladene Sanddøla, Nordli, Trones, Tunnsjø, Namsvatn med en del av Frøyningsfjell, Hattfjelldal (alle kartlagt av S.Foslie) ser en umiddelbart et bergartskompleks som i grove trekk løper i sørvest-nordøstlig retning. Sterkt iøynefallende i det nevnte kompleks er sonen med grønnsteiner og sure og basiske eruptiver som strekker seg ca. 2 mil bred nordøstover fra Grong, omfatter midtre og vestlige deler av Tunnsjøområdet, og kiler først ut ved Karivatnet nord for Namsen (midt på kartblad Hattfjelldal).

Sonen er blitt betraktet som et skyvedekke { 14 } og Oftedahl { 21 } har gitt det navnet Gjersvikdekket, bestemt det til å være et deldekke av Sevedekket, og dessuten antydnet at dyperuptivområdet i sørvest muligens må skilles ut fra det øvrige Gjersvikdekket. Ettersom beskrivelsen til Troneskartet er under arbeid, og det er muligheter for at en noe annen oppfatning av områdets tektonikk vil bli gjort gjeldene (se nedenfor), vil sonen i det følgende bli omtalt som grønnsteininformasjonen.

I nordvest faller grønnsteininformasjonen steilt innunder en serie høgmetamorfe bergarter { 21 }. Grensen er av Strand { 23 } påvist å representere et skyveplan. Dette er tydelig i Hattfjelldal og innen kartbladet Namsen med en del av Frøyningsfjell. På kartblad Trones har en foreløpig ikke kunnet påvise skyveplanets fortsettelse. Det er mulig overskyvningen ebber ut mot sør slik at de høgmetamorfe bergartene i alle fall delvis kan sies å representere grønnsteininformasjonens strategiske underlag. Grunn til å legge merke til er det at bergartene nærmest grønnsteininformasjonen er kartlagt som kalkmarmor, hornblendeskifer, glimmergneis o.l., og en skal ikke se bort fra at de ligger under grønnsteininformasjonen som Rørosgruppen under Størenggruppen i det nordvestlige Trondheimfelt. Tilsvarende vil granittene og gneisgranittene helt i nordvest på kartblad Trones kunne være "Rørosgruppens" prekambriske underlag.

I øst grenser grønnsteininformasjonen til Limingavdelingens sedimentbergarter. Grensen har ganske varierende karakter. Ved Limingen strand øst for Gjersvik er det et tydelig tektonisk brudd mellom de steile lag-

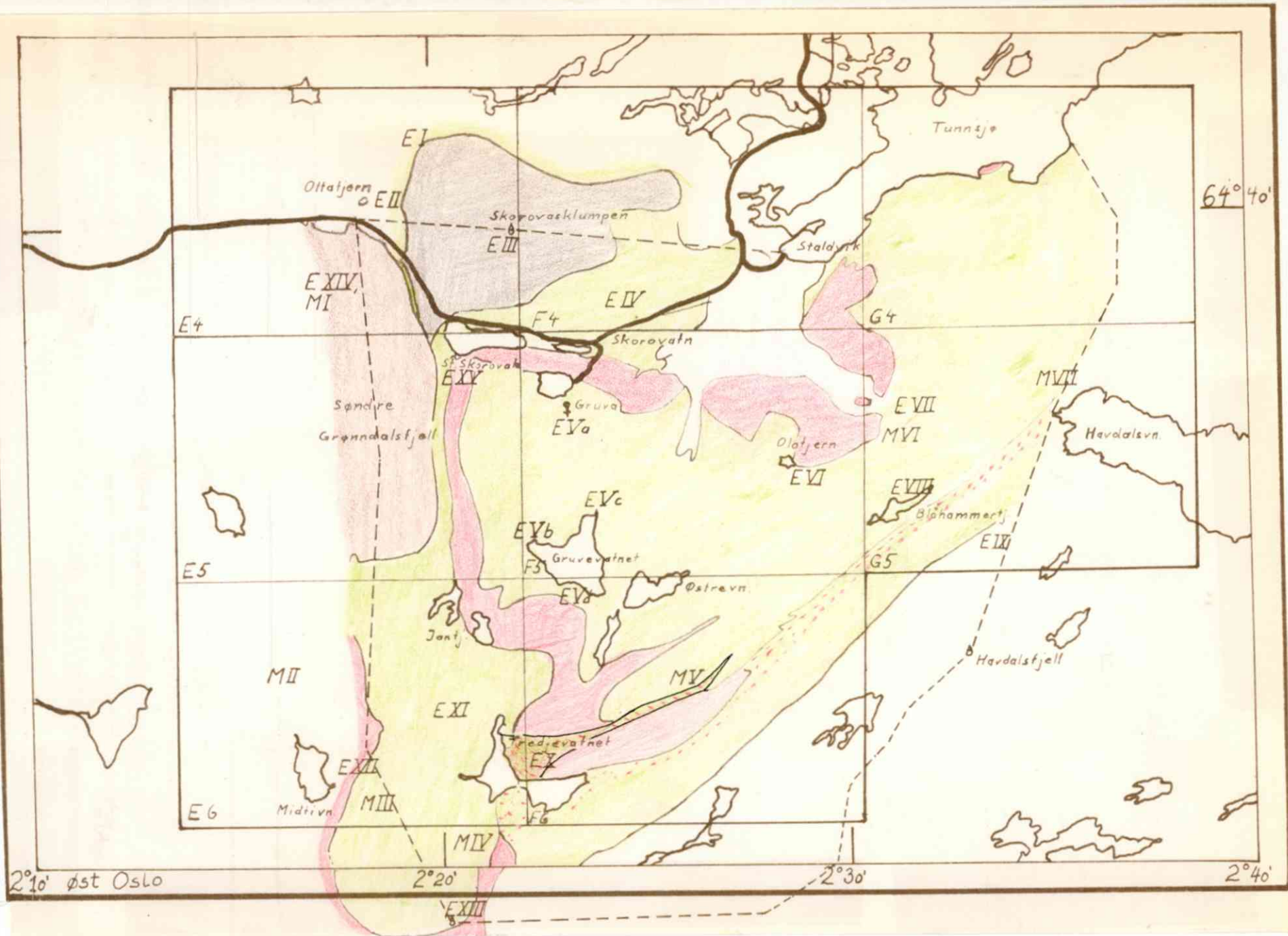
ene av grønnstein og kalkfyllitt. I ryggen mellom Limingen og Tunnsjø har grønnsteinen med sin tilhørende granitt blitt skjøvet ut over de østlige sedimentbergartene, og det samme er tilfelle i Nesåpiggenområdet. Videre mot sørvest er det utviklet et meget markert skyveplan. I området mellom Tunnsjøen og Nesåpiggen faller imidlertid grønnsteininformasjonen inn under sedimentbergartene. Dette området er lite forstyrret av eruptiv er, og synes derfor egnet til en studie av lagrekkefølgen mot sørøst. Profilet nedenfor er tegnet på grunnlag av bergartsgrenser og strøk/fall-observasjoner på kartbladene Trones og Nordli, og viser at Limingavdelingen ligger konformt over konglomeratene som avslutter grønnsteininformasjonen.



Mellom Limingavdelingen og de "østlige suprakrustalbergarter" synes det å være en diskontinuitet i lagstillingen, likeledes innen suprakrustalavdelingen. Profilet som helhet antyder et synklinalområde med grønnsteininformasjonen som den underste nordvestlige del. Fører en sammenlikningen med Trondheimfeltets nordvestre del videre, skulle Liming-

gruppen tilsvare Hovingrubbens lavere deler.

Helt i øst merker en seg et lag med kisførende hornblendeskifer i strategisk posisjon like under Portfjellkonglomeratet. Konglomeratet har tidligere vært oppfattet som et kvartsittkonglomerat tilsvarende Lyngesteinkonglomeratet mellom Hovin- og Hovgrubbene i det nordvestlige Trondheimsfelt. I følge Oftedahl (upublisert) må denne oppfatningen antagelig revideres; vi nøyer oss med å nevne problemet og avslutter den regionalgeologiske oversikten der.



## Kapitel III.

### GEOLOGIEN I SKOROVASSOMRÅDET.

Bortsett fra områdene i sørøst der Liming-avdelingens bergarter kommer inn, ligger hele Skorovassområdet innenfor grønnsteininformasjonen. Etter det geologiske kart Trones finner en følgende bergartgrupper eller -soner (bil. 1, se kartskissen).

Grønnsteinområdene.

Konglomeratene i sørøst.

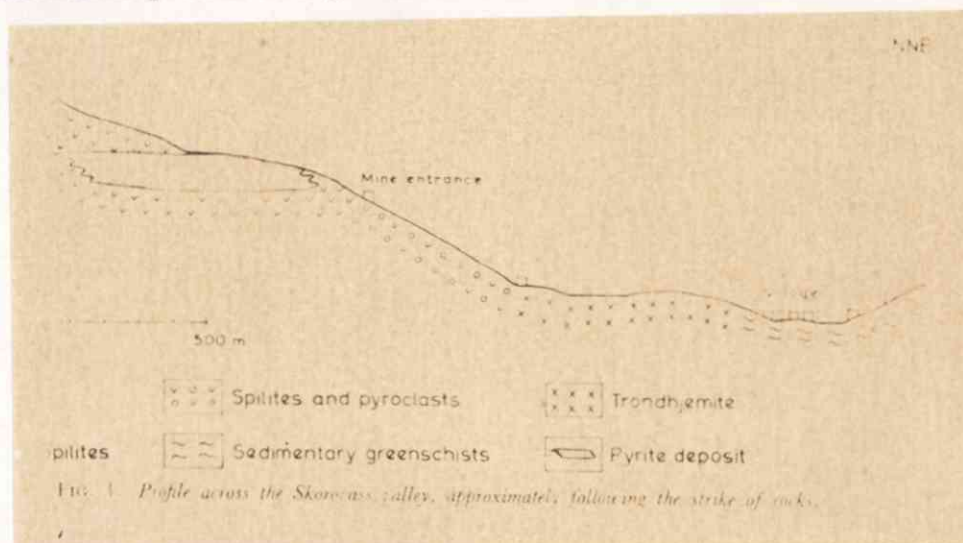
Trondhemittsonen Staldvik - Tredjevatnet - Gjetingfjellene.

Skorovasklumpens finkornige gabbro.

Søndre Grønndalsfjells gabbromassiv.

#### Grønnsteinområdene.

I sitt foredrag om Skorovassforekomsten på 21. I.G.C. 1960 gir T.Gjelsvik nedenstående profil fra gruveområdet:



Han skiller således mellom grønnskifertypene nord og sør for Trondhemittsonen, og jeg finner det gunstig for den videre framstilling å skille mellom indre og ytre grønnsteinsone, der

Indre grønnsteinsone omfatter bergartene mellom Trondhemittsonen og konglomeratene i sørøst, og

Ytre grønnsteinsone omfatter grønnsteinene nord og vest for Trondhemittsonen.

Det er sannsynlig at de to sonene er knyttet sammen i Staldvikområdet, overdekningen gjør det umulig å påvise det på kartblad Trones, men inndelingen er av praktisk art.

Indre grunnsteinsone:

S.Foslie { } 12 oppfatter bergarten rundt Skorovassforekomsten - den massive grunnstein - som spilittiske lavabenker, eventuelt med en del mellomliggende tuffmateriale.

Chr.Oftedahl { } 22 undersøker det samme profil som vist på figuren foran fra heisbanens begynnelse. Han finner nederst benker av grunnstein eller grønnskifer overleiret av et ca. 3 m tykt lag av agglomerat, dernest en serie lavastrømmer med mellomliggende lyse lag av sur aske, dels agglomeratisk, opp til begynnelsen av rustskifersonen nedenfor forekomstens utgående.

T.Gjelsvik { } 1 5 deler inn profilet som vist med vekslende lag spilittisk grønnskifer og pyroklastisk materiale langs heisbanen. Den øvre delen (med forekomsten) består av tykke grunnsteinbenker atskilt av noen få keratofyrlag med liten utstrekning.

De øvrige deler av indre grunnsteinområde er ikke beskrevet bortsett fra enkelte kommentarer av Foslie angående bergartene ved forskjellige skjerp.

I rapport til A/S Skorovas Gruber januar 1940 sier han følgende: "Som tidligere redegjort for er det forskifrete grunnstener og rustne kvarts-sericitførende skifre som karakteriserer det utgående og omgivelsene av Skorovas malmstokk. Disse overleires av massive grunnstener, som ensartet inntar hele fjellryggen over til Nesåvann. Først nede ved dette vann finder vi atter forskifrete, flattliggende grunnstener, som stikker opp i to felter, nemlig ved vannets NV og NØ hjørne. De er ikke så markert skifrige som ved Skorovas, og kvarts-sericitskifrene mangler <sup>el</sup> helt,..... De forskifrete horisonter stikker overalt flatt innunder den massive grunnsten, inntar noenlunde samme nivå som ved Skorovas og kunde derfor tenkes å underleire hele fjellryggen i et dyp av inntil 100, max. 150 m."

Dessuten sier Foslie { } 10 at "grunnsteinen er enerådende i vest og nord inntil Tunnsjøen, dog med innleiring av enkelte soner av lys, finkornig kvartsporfyr med innsprengninger av feltspat. Hvorvidt disse er lavabenker eller lagerganger er ikke helt på det rene ennå, det første er visstnok det sannsynligste".

Av A.Grønhaugs geologiske kart i målestokk 1:10000 får en et noe fyldigere inntrykk av geologien i indre grunnsteinsone.

De tidligere beskrevne vekslende lag av lavabenker og pyroklastisk materiale langs heisbanen er ikke skilt ut. Derimot en sone (eller bruddstykker av en sone) ovenfor heisbanen kartlagt som felsitt. Sonen løper mot Trondhjemittbeltet både i øst og vest. Felsittsoner av mindre utstrek-

ning forekommer hist og her i den massive grønnstein, dessuten en smal benk som løper vestover fra sørvestenden av Gruvevatnet inn mot Trondhjemittsonen ved Mistakstjern.

To grønnskiferbenker er skilt ut fra den massive grønnstein. De løper nær parallelt sørover mot nordøstenden av Gruvevatnet, og dreier vestover nord for vatnet.

Noen lag eller benker er kartlagt som kalkgrønnskifer, liksom de sedimentære grønnskiferne nord for Trondhjemittsonen i Gjelsviks profil (ytre grønnsteinområde).

Endelig er det skilt ut en del "lyse ganger" som opptrer dels sammen med, dels uavhengig av kalkgrønnskiferne; samt enkelte små jaspissoner.

På k.bl. Trones er det tegnet inn en sprekkesone fra Staldvik til Langtjern. Det fotogeologiske kart (bil. 6, 7) viser at denne sonen, som fortsetter sørover mot Østrevatnet, skiller mellom et østre bergartområde der strøkretningen går tydelig fram av flyfotoene, og et vestre med svært kompliserte strukturer.

Området øst for sprekkesonen består av vekslende lag kvartskeratofyr og grønnstein med kvartskeratofyr som den dominerende bergart.

Lagene ligger stort sett konformt og stryker øst til nord-nordøst. Lagmektigheten varierer fra 5 cm til mer enn 100 m. Også innen det enkelte lag kan mektigheten variere sterkt langs såvel strøk - som fallretningen, men sammenhengende kvartskeratofyr er fulgt i to km's lengde til overdekning. I detalj kan skifriheten i grønnsteinene vise svak diskordans med grensen til et keratofyrlag (keratofyrene er vanligvis massive). Kvartsganger av opptil en halv meters mektighet opptrer hyppig i keratofyrlagene på tvers av strøkretningen.

Grønhaugs kart og egne observasjoner viser at de samme bergartsonene fortsetter vest for sprekkesonen, der de "lyse ganger" er kvartskeratofyr.

Selve sprekkesonens karakter kan ikke entydig klarlegges på grunnlag av det foreliggende material et, men den ser ut til å representere en forkastning som ved Langtjern har forårsaket et sprang i Trondhjemittgrensen på flere hundre meter, men som ebber ut mot sør og allerede noen hundre meter sør-sørøst for Langtjern forstyrrer lagene i mindre grad.

En undersøkelse av keratofyrsonen som danner en antiform sør for Gruvetjernet viser at den ikke er et sammenhengende lag, men består av bruddstykker eller store klomper. Bildet gir et inntrykk av forholdet - keratofyrene er lys, grønnsteinen mørk.



En gjennomsettende lys gang er observert, og sees på bildet nedenfor (Y-4170, X 69490).



Bergarten i gangen er feltbestemt til kvartskeratófyr, men da det seinere har vist seg at feltbestemmelsene ofte har vært misvisende, kan riktigheten ikke garanteres.

Undersøkelser har vist at også den bergart som er kartlagt som felsitt, er kvartskeratófyr (S68 a-c). Av kartet framgår det at felsittsonen (keratófyrsonen) som løper vestover fra Reservedammen, viser svært varierende mektighet og ikke kan følges sammenhengende. Gjelsvik og Grønnhaug har fortalt at de har undersøkt området meget grundig for å finne fortsettelsen av de lag som tydelig ligger i forskjellig høyde i terrenget, eller tektoniske trekk som kan forklare sonens karakter, men uten annet resultat enn det som framgår av kartet. Flyfotoene viser heller ingen forklarende detaljer, og selv har jeg ikke undersøkt sonen.

Vest for rustskiferen "bølger" sonen svakt, men ligger tilsynelatende konform grønnsteinlagene. Også her er det brudd i sonen, men den kommer igjen før den kuttes av Trondhjemittbeltet.

----- § -----

Følgende betraktninger utledes av det foregående:

I området sør og sørøst for Langtjern synes det nærliggende å anta at kalkgrønnskiifer- og kvartskeratofyrsonene representerer strategrafiske lag. Vest for sprekkesonen forstyrres bildet av foldestrukturer, og antiformer observeres på kartet sør for Gruvetjernet og nord for Blindtarmen med akser som faller i retning sør-sørvest. Antiformen vestre flanker forsvinner inn under overdekning i nord. Selv om keratofyrsonene her ikke lenger kan følges som lag, men som klumper og "bruddstykker", må en kunne gi tektoniske forstyrrelser skylden for det og fremdeles oppfatte sonene som strategrafiske lag. Den manglende konformitet mellom de forskjellige lag som strøk- og fallobservasjonene synes å vise, antas å skyldes den meget undulerende lagstilling (skifrichet) som en har i hele grønnsteinområdet. Strøket kan variere sterkt over en kort strekning, dessuten er skifricheten ofte vanskelig observerbar. Det bør tilføyes at sekundær foliasjon (falsk skifrichet) ikke er observert i området. 16

Også keratofyrsonen som løper vestover fra Reservedammen oppfattes som et strategrafisk lag. Det er vanskelig å forklare den usammenhengende karakter, da området her synes tektonisk roligere enn lenger mot sørøst. Et moment som er verd å ta med, er at keratofyrene i sonen fører mer glimmermateriale enn keratofyrene i Langtjernområdet, og er ofte vanskelig å <sup>ki</sup>sikkle fra lys grønnstein i felten. Tilsynelatende forekommer det en del overgangsmateriale. En kan forsåvidt også tenke seg keratofyr "bruddstykkene" som separate, omtrent samtidig dannede lavastrømmer.

Både keratofyr laget ved Reservedammen og laget nord for Blindtarmen forsvinner inn under overdekning (og antagelig Trondhjemitt), så en må nøye seg med å anta som en arbeidshypotese at den strategrafiske beliggenhet er omtrent den samme.

Med keratofyrsonen som underlag følger så den massive grønnstein i tykke benker. Hele Gruvefjellområdet er bygd opp av denne bergarten, bortsett fra enkelte mindre innslag av keratofyr og endog gabbro (i følge kartet). Ved nordenden av Gruvevatnet er vi (som Foslie påpekte) muligens på nær samme nivå som ved Skorovassforekomstens utgående, og vi finner keratofyr også her (Finnkjærringhullet). Mot sør går en oppover i lagrekken til Trondhjemittsonen, og en merker seg keratofyrsonen sørvest for Gruvevatnet,

og den kistførende kvartssonen (kartlagt som rustskifer) som løper ganske parallelt trondhemittbeltet.

Mot grensen til trondhemittene viser grønnsteinene svært varierende strukturer. Sør for Gruvevatnet ligger trondhemittbeltet tilsynelatende konkordant over grønnsteinene. I vest stryker grønnsteinlagene med keratofyr- og kvartsinnleiringer rett inn mot beltet, og trondhemitten synes skarpt gjennomskjærende nordover til gabbroen og forsåvidt langs denne, selv om Grønhaug her synes å mene at grensen er tektonisk betinget. Nord for gabbroen og østover forbi Dausjøen til overdekningen i øst faller grønnsteinene bratt innunder trondhemitten, og grensen synes tektonisk betinget. Dette forholdet vedvarer til overdekningen ved Staldvikelva, hvor grønnsteinene dog faller mer flatt inn mot grensen.

I Langtjernområdet er forholdene annerledes. En må et stykke sør for vatnet for å kunne observere noen skifrihet, og her finner en at lagene stryker N40 - 50<sup>g</sup>Ø, altså i retning trondhemitten nord for Olatjern. Fallet er 40 - 50<sup>g</sup> mot sørøst.

Øst, sørøst og nordøst for Olatjern synes grønnstein/keratofyrlagene helt å tilpasse seg grensen og ligger over trondhemitten. Lenger sør stryker lagene som tidligere nevnt øst - nordøst, og det ser ut som om dette representerer den opprinnelige lagstilling som ble forstyrret ved eruptivenes framtrengen.

Linærstrukturen er vanskelig å se i grønnsteinene, men de som er observert, synes å gruppere seg i to hovedretninger: sør - sørvest - nord - nordøst og øst - vest. De siste er vanlige nær trondhemittgrensen i nord, mens de første er vanligst i gruveområdet og i trondhemitten i vest. Denne endring av linjestructurene er tidligere observert i profilet langs heisbanen hvor den synes å være nokså kontinuerlig ( 1 6 ). Det er nærliggende å anta at øst - veststrukturene er framkommet under tektoniseringen som presset grønnsteinene ned under trondhemitten i nord, mens nord - sør strukturene kan skyldes de samme bevegelser som har gitt skyveplanstrukturene mot gabbromassivet i vest.

#### Ytre grønnsteinsone

er ikke beskrevet utover betegnelsen "sedimentær grønnskifer" for bergarten nord for trondhemittbeltet ved Lille Skorovatn (profil s. 7 ). Grønhaug har kartlagt den som kalkgrønnskifer. Bergarten mellom trondhemittbeltet og gabbromassivet i vest er kartlagt som grønnstein, men også her er det skilt ut en kalkgrønnskifer. Grønnsteinene ligger hele vegen over trondhemittene, men de sedimentære skiferne i nord har et mye flatere fall enn observasjonene i trondhemittbeltet viser. Grønhaug har likevel bare oppfattet grensen i vest som tektonisk betinget; og han har dessuten kartlagt en skyvegrense innen grønnsteinene i dette området. På k.bl. Trones lar Foslie grønnsteinene falle inn under gabbromassivet vestenfor, noe som Grønhaugs kart bare delvis bekrefter, men området er svært komplisert og problemene på ingen måte løst. Det fotogeologiske kartet bekrefter bare at bildet er komplisert.

I nord faller de sedimentære grønnskiferne inn under "Skorovassklumpens finkornige gabbro", og det samme er tilfellet i Ottatjern - Smaltjernområdet i nordvest. Der ligger forøvrig grønnsteinene over trondhemitten vestenfor. Grensen grønnstein - finkornig gabbro er undersøkt i Smaltjernområdet og i et profil langs vegen vest for Store Skorovatn, og synes å være trukket ved overgangen skifrige - ikke skifrige bergarter. Grensen er samtidig et skille mellom de finkornige amfibolittisk utseende grønnsteinene og den massive, ofte saussurittisk utseende gabbroide bergarten som dog veksler med finkornet amfibolbergart (mer om dette senere).

En gjennomskjærende pegmatittgang er observert nord for Ottatjern (50m. nord for S188, k.bl. E4).

Ytre grønnsteinområde er ellers bare undersøkt ved Finnkrudåna der bergartene ligger ganske flatt med foldestrukturer med akse N 40 Ø og svakt fall mot nord.

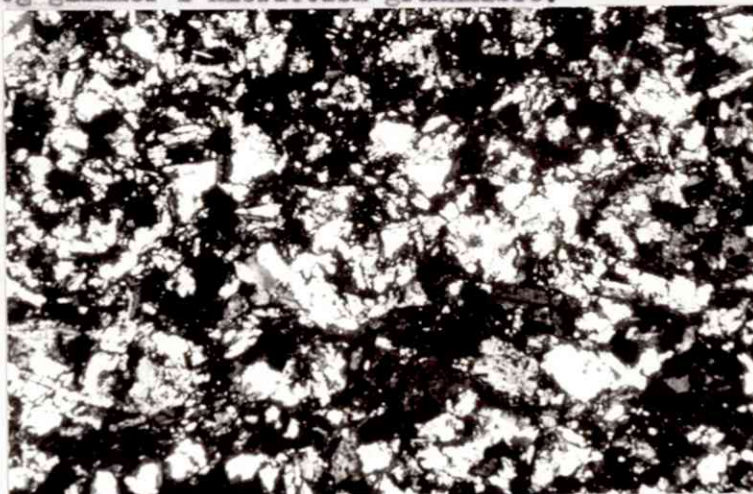
Sør for Nesåa (B5) skjærer en 15 m. mektig basisk gang gjennom grønnsteinlagene (S146).

Bergartene i grønnsteinområdene:

Grønnstein.

Den massive grønnstein rundt Skorovassforekomsten er svært finkornet og består av velbevarte ofittisk orienterte albittporfyrer og -lister i klorittisk grunnmasse. Kvarts, epidot, titanitt og kalkspat er aksessorier, aktfolitt opptrer av og til. Blærerom med kvarts, kalkspat og epidot opptrer hyppig ( 12 ).

Tilsvarende grønnsteiner finner en over det meste av indre grønnsteinområde. Mengdeforholdet mellom mineralene kan variere, og primærstrukturene kan være mer eller mindre utvasket. S48 (sør for Langtjern) viser rester av albittporfyrer og -lister med poikilittiske inneslutninger av klinozoisitt og glimmer i klorittisk grunnmasse.



30 x  
x nicols

S8 (nord for Blåhammertjern) har blærerom med kvarts, kalkspat og epidot i grunnmasse av kloritt, <sup>albitt</sup>epidot og kvarts.



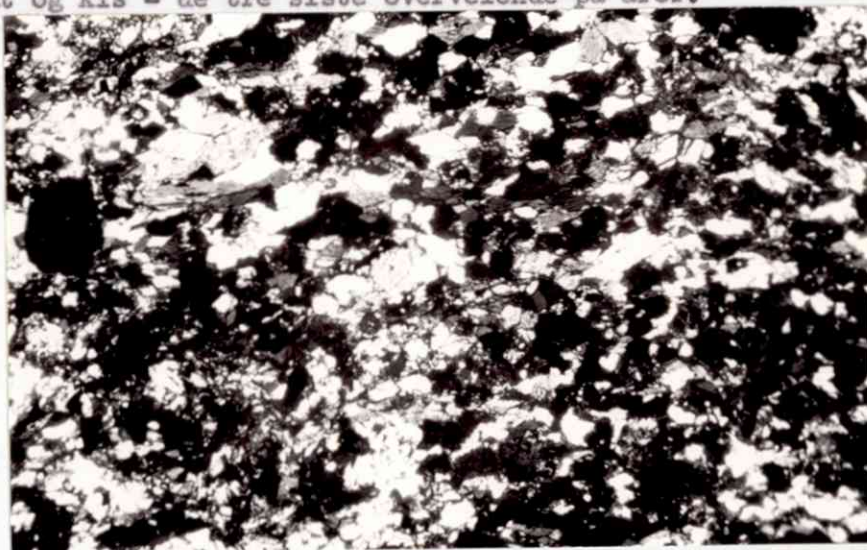
30 x  
x nicols

Den skifrige grønnsteinen ved Skorovassforekomsten er rikere på kloritt, men fører ellers de samme mineralene som den massive grønnstein. Ved nordøstenden av Gruvevatnet finner en enkelte anrikninger av epidot og titanitt i kvarts- og glimmerrikt miljø (S95, 96), likeledes øst for

Mistakstjern (S115). En noe annen grønnsteinmodifikasjon har vi langs trondhjemittgrensen ved Tverrelva. Der opptrer en massiv, finkornet bergart med 60 - 70% aktinolittisk hornblende og resten hovedsaklig klinozoisitt - helt omvandlet plagioklas. Muskovitt opptrer aksessorisk. Amfibolinnholdet kan skyldes forskjellig kjemisk sammensetning, da bergarten ikke er observert langs trondhjemittgrensen lenger sør, hvor hverken grønnsteiner eller keratofyrer synes annerledes enn de samme bergartene lenger fra trondhjemittene (NB. Mikroskopiundersøkelser av grensebergartene (S20-21) er ikke foretatt). Eventuelt kan en bestemme en noe høgre facies, epidot-amfibolitt facies, for denne bergarten, mens vi for området ellers befinner oss i grønnskiherfacies.

I det ytre området er de sedimentære grønnskiherne nord for trondhjemittbeltet allerede nevnt. Profilet langs vegen ved Store Skorovatn viser glimmerskiher (S181), grønnskifere (S180 - 179), amfibolrike grønnsteiner (S177, 176a-b, 174) med innslag av kvartsittisk og epidotrikt materiale. S175 viser den saussurittisk utseende gabbrobergart som her opptrer uten markert grense mot den amfibolrike grønnstein (S 174).

I Ottatjern - Smaltjernområdet er typebergarten en mørk, finkornet grønnstein med svak parallellorientering av hovedmineralet - en Fe - rik hornblende. Andesin opptrer som rester i en snusket klinozoisittmasse. Kvartsinnholdet varierer. Aksessorier er titanitt, muskovitt, kloritt, kalkspat og kis - de tre siste overveiende på årer.



S183

30x

Øst for Smaltjern nær grensen mot "finkornig gabbro" er funnet liknende hornblendeborgart med "mandler" fylt med plagioklas (ytterst), kloritt, muskovitt og klinozoisitt. Bergarten forøvrig består av hornblende, basisk andesin eller labradoritt (med albitt-tvillinger og relativt uomvanlet), og titanitt.



S205

30x

Denne bergarten må plasseres i amfibolittfacies ettersom plagioklasen ikke er omvandlet til epidot - ~~k~~zoisitt, mens grønnsteinene ligger vest tilhører epidot - amfibolittfacies. Interessant er det at den "finkornige gabbro" like øst for Smaltjern er blitt fullstendig saussurittisert, - plagioklasrester er ikke å se (s. 27).

I Finnkrudåma - området er det en lys grågrønn massiv grønnstein bestående av aktinolittisk hornblende - svært "oppspist" av kloritt, epidot og plagioklas - epidot og kloritt med kvarts, plagioklas og titanitt som aksessorier.

Andre steder i dette området er det observert mer "normal" grønnstein med kisinpregnasjon (S147, 148), samt en lys tett og hard bergart som bare kan kalles grønnstein med god samvittighet fordi den ikke er undersøkt nærmere (S144, 145).

Hva faciesangivelsene angår så er de bare tatt med for å markere den forskjell som bergartene viser i stoff og under mikroskop. Ettersom en ofte finner at bergartene varierer sterkt i mineralsammensetning og struktur over få meters avstand, og likevektsbetingelser med hensyn på kjemi og temperatur/trykk - forhold således ikke synes å ha vært til stede, kan en tvile på anvendbarheten av faciesbetraktninger for dette bergartkomplekset.

Tabell I viser kjemiske analyser av noen bergarter fra Skorovassmalmens nærmeste omgivelser (13 og 22).

TABELL I:

|                                   | 1      | 1b    | 2      | 3     | 4      | 5     |           | 1      | 1b     |
|-----------------------------------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|-----------|--------|--------|
| Oksyd.                            | %      | %     | %      | %     | %      | %     | Mineral.  | %      | %      |
| SiO <sub>2</sub>                  | 50.88  | 49.98 | 58.78  | 62.02 | 70.37  | 71.01 | Albitt    | 51.0   | 45.0   |
| TiO <sub>2</sub>                  | 1.18   | 1.32  | 0.84   | -     | 0.31   | -     | Kloritt   | 24.1   | 35.9   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>    | 14.40  | 15.99 | 15.62  | -     | 14.54  | -     | Kvarts    | 9.0    | 9.9    |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>    | 0.52   | 1.10  | 0.27   | -     | 0.90   | -     | Kalkspat  | 7.6    | 6.25   |
| FeS <sub>2</sub>                  | 4.56   | 0.51  | -      | -     | 0.73   | -     | Svovelkis | 4.56   | 0.50   |
| FeO                               | 5.92   | 8.52  | 8.37   | -     | 3.08   | -     | Epidot    | 0.4    | -      |
| MnO                               | 0.11   | 0.21  | 0.20   | -     | 1.26   | -     | Apatitt   | 0.45   | 0.35   |
| MgO                               | 3.87   | 7.03  | 7.40   | -     | 0.59   | -     | Titanitt  | 2.9    | 2.10   |
| CaO                               | 5.93   | 2.27  | 0.26   | -     | 7.20   | -     |           |        |        |
| Na <sub>2</sub> O                 | 5.63   | 5.30  | 3.57   | 0.44  | 0.05   | 6.34  |           |        |        |
| K <sub>2</sub> O                  | 0.08   | spor  | 0.04   | 1.58  | 0.13   | 0.39  |           |        |        |
| CO <sub>2</sub>                   | 3.33   | 2.84  | 0.09   | -     | 0.09   | -     |           |        |        |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>     | 1.19   | 0.14  | 0.13   | -     | 0.78   | -     |           |        |        |
| N <sub>2</sub> O <sup>+110°</sup> | 3.18   | 4.63  | 4.53   |       | 0.08   | -     |           |        |        |
| H <sub>2</sub> O <sup>+110°</sup> | 0.04   | 0.05  | 0.04   |       | 0.02   | -     |           |        |        |
| Sum                               | 100.82 | 99.89 | 100.14 |       | 100.13 |       |           | 100.01 | 100.00 |

1. Ginnstein. Borhull 7, Høy 36m Anal.M.Klüver 12/9 - 1936
- 2b. Klorittskifer, - - 0, - 106m - - " - - " - - "
2. Kloritt, kvarts-albittskifer, - 27, - 48m Anal.M.Klüver 12/9 - 1939
3. Klorittskifer m/muskov.(rustskif) 7, - 10m - - " - - " - - " - -
4. Kvartskeratofyr, - - 12, - 33m Anal.M.Klüver 12/9 - 1936
5. Agglomeratisk tuff. Ved heisbanen ca. 545m o.h. Anal.L.Boldesjø og  
B.Brun, 11/11 - 1957

# Keratofoyer.

Keratofoyerne ved Skovvassforekomsten fører albitt, noen endog oligoklas, som velutviklede porfyrer, mens kloritt opptrer i grunnmassen ved siden av kvarts og albitt ( 12 ).

Agglomeratbenken ved heisbanen ( s. 8 ) har keratofyrrasammensetning ( Tabell I ). Liknende agglomerat er funnet i keratofyrrsonen sør for Reservedammen ( S68b ). Det består av langstrakte keratofyrboller i keratofyrrgrunnmasse.

Tuffstrukturer er ikke funnet hverken i prøver fra Skovvassområdet eller Langtjernområdet. De siste viser velbevarte primærstrukturer og synes lite tektonisert, bortsett fra enkelte kvartsporfyrer som ved siden av den vanlige undulierende utsløking, har undulierende, parallelle

felter.

"Mandler" er observert i enkelte keratofyrer i grunnområdet ( 15 ), men ikke i noen av de prøver jeg har undersøkt.

I Langtjernområdet er keratofyrene tilsynelatende mindre

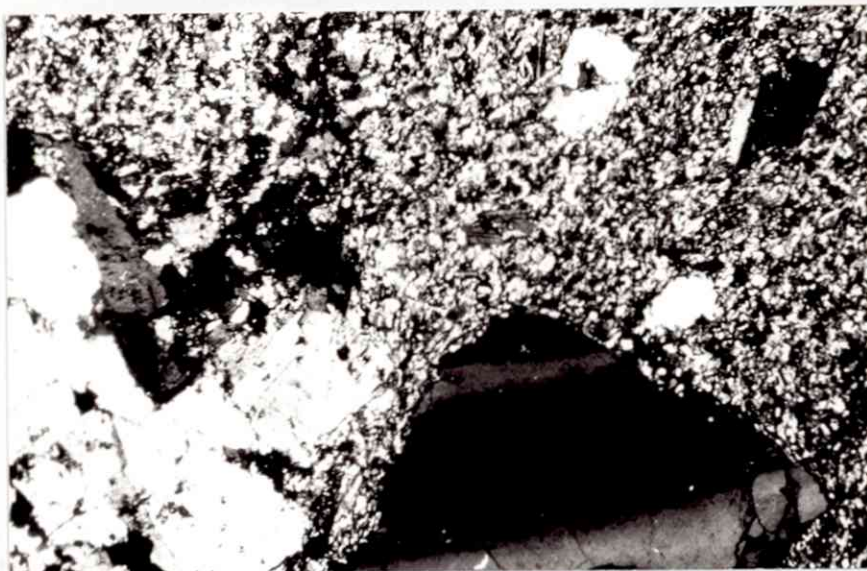
omvandlet enn i grunnområdet, fører mindre glimmermateriale, og dessuten kvartsporfyrer ved siden av plagioklasromboedere og -lister. I felten

viser de en forbausende variasjon med utseende fra "grovkornige porfyrer" over lysgrå tette til gulkvite feltspatbergarter. Som regel

er de svakt kislmpregnet og framtret ofte i terrenget som rustne, opp-

flisete benker.

Bildet og bergartsbeskrivelsen viser en vanlig kvartskeratofyr fra området



30x

S27. Sør for Olatjern.

A. Handstykke: Grønn kvartskeratofyr med store porfyrer av kvarts og

feltspat.

**B. Slip:**

1. **Textur:** Finkornet grunnmasse med anhedrale lyse mineraler, de fargede mineraler synes svakt parallellorientert. Noen av porfyrene viser fine romboedere.

2. **Mineralselskap:**

Kvarts, plagioklas, kloritt, epidot, erts.

3. **Hovedmineraler:**

a) **Kvarts:** Utgjør ca. halvparten av porfyrene og ca. 1/3 av grunnmassen. 1 - akset positiv,  $n > n_{cb}$ . Enkelte porfyrer viser kraftig undulerende utsløkning.

b) **Plagioklas:**

To modifikasjoner i porfyrene. Den ene er optisk negativ,  $n > n_{cb}$ , maks. utsløkning 18,5. Gir  $An_{37}$  - Andesin. Den andre viser  $n > n_{cb}$ , optisk tegn er vanskelig å bestemme, men er enten positiv med 2V 80 - 90° eller den svinger rundt 90° fra positiv til negativ. Utslokning 8,5,  $An_{15}$  - Oligoklas. Albitt i grunnmassen - utgjør ca. 2/3 av den. Poikilittiske inneslutninger av epidot (svak saussurittisering) i porfyrene. Albitt- og bavenotvillinger i andesinen, mens temmelig utydelige albitt-tvillinger i oligoklasen.

4. **Aksessorier:**

Kloritt m. rett utsløkning og brune interferensfagget, epidot, magnetitt.

Oligoklasen viser noe unormale optiske trekk, men det er ikke undersøkt om det kan skyldes en høgetemperaturmodifikasjon.

I Finnkrudåmaområdet opptrer kvartskeratofyr som er forskjellig fra de øvrige både av utseende og struktur. Stripete kvartsporfyrer og saussurittisert plagioklas ligger i vekslende felter av parallellorientert glimmermateriale og kvarts - feltspat - kloritt grunnmasse.

Keratofyrene og grønnsteinene opptrer svært analogt. De kan ha samme mektigheter og samme utstrekning. Na/atrium/kali - forholdet er omtrent det samme eller litt høyere for keratofyrene. Grønnsteinene er noe mer omvandlet enn keratofyrene, men begge synes primære.

To hovedoppfatninger gjøres gjeldende for kvartskeratofyrenes opprinnelse. Den ene går ut på at alle keratofyrer er kalk - alkalirhyolitters metamorfe ekvivalenter.

En tenker seg det ekstremt høge natron/kali - forholdet som er karakteristisk for keratofyrene (Tabell I) oppstått ved havvannets natron-metasomantose av fine askepartikler, eller ved regionalmetamorfose-reaksjon mellom det vannrike askesediment og pørevannets natrium [ 20 ].

Den andre oppfatningen går ut på at keratofyrene er størknet lava (liquid magma), og at Na/K - forholdet er oppstått ved havvannets innvirkning eller metamorfose. Enkelte hevder også at Na/K - forholdet var tilstede primært i magmaet [ 9 ].

Hovedproblemene en må løse i forbindelse med keratofyrenes genesis, er ved siden av Na/K - forholdet keratofyrlagenes store utstrekning, og den tilsynelatende velbevarte primærstruktur. Sure lavaer har høy viskositet og kan vanskelig tenkes å flyte utover områder av samme dimensjoner som basiske lavamasser. Donelly [ 9 ] forklarer utstrekningen med at et vannholdig magma (med vannet tatt opp enten fra sjøen eller fra assimilerter sedimenter) p.g.a. stort havdyp har kunnet beholde tilstrekkelig vanndamp (og dermed lav nok viskositet) til å kunne flyte lett. Dette havdyp må på sin side sammenholdes med dannelsesbetingelsene for sedimentære "jernsulfid- og jernoksydforekomster i grønnstein/keratofyrområder.

Porfyrene i keratofyrene forklares etter lavateorien som fenokrystaller på samme måte som for grønnsteinene. Ettersom det vanskelig kan tenkes at porfyrene har fulgt med askeregnet over store strekninger, må en etter rhyolitt-tuffteorien forklare dem som f.eks. metamorft rhyolittisk glass.

På bakgrunn av inntrykkene fra feltet og mikroskopiarbeidene (altså på et temmelig subjektivt og uvitenskapelig grunnlag) er jeg tilbøyelig til å anse lavateorien for den mest sannsynlige. Den kan også forklare de høgetemperaturmodifikasjoner av plagioklasen har funnet i keratofyrer andre steder bl.a. i Skottland [ 9 ]. Derimot er det vanskelig å tenke seg at sjøvannet har kunnet "vaske" en lava så fullstendig ren (eller nær ren) for kali, og Na/K - forholdet synes enten å måtte ha vært primært i magmaet, eller teorien svekkes betraktelig.

### Kalkgrønnskifer.

Bergarten er ikke undersøkt mikroskopisk, men den er klorittrik, skifrig med karbonatrike partier.

### Kvartsitt, blåkvarts, jaspis.

I den kisleførende kvartssonen sør for Gruvevatnet er kvartsbergarten svært finkornet. Den kan bestå av kvarts alene, eller ha kloritt, epidot, glimmer, kalkspat i små porsjoner. Magnetittinnholdet kan gå opp i 20 - 30 prosent, og en merker seg at der magnetitt er anriket, er det lite eller ingegn kis. Øst for Mistakstjern ligger den magnetittholdige kvartsen under kissonen. Bergartens farge kan variere fra gråkvit til blå eller rød, og det er tydeligvis en blåkvarts - jaspissone vi har her. Radiolarstrukturer eller andre primærtrekk er ikke funnet. Jaspis og epidot dammen er funnet i grønnsteinen like over kissonen. C.W.Carstens oppfatter blåkvarts og jaspis som biokjemiske sedimenter. [ 2 ]

I området ved Nesåklumpen følger jaspis både kalkgrønnskiferne og keratofyrlagene.

Under kissonen sør for Langtjern finner en en gaa, tett, kvartsittlignende bergart som fører kvarts, plagioklas, kalkspat og kloritt som hovedmineraler og epidot, muskovitt og kis som aksessorier.

### Ertsmineralisasjon.

Magnetittførende kvartsitter forekommer i små lokale partier (S82, sør for Gruvetjernet, Finnkrudåna, Sæterklumpen, Smaltjern). Ofte er de vanskelig å skille fra grønnsteinene og fører samme mineraler som disse, men mer kvarts og altså magnetitt (evt. limonitt, el. hematitt). Mindre kisforekomster forekommer i begge grønnsteinområdene sammen med blåkvarts kvartsitt, jaspis og bituminøst materiale, foruten som impregnasjon i grønnstein og kvartskeratofyr.

Skorovassforekomsten - en kobber og sinkførende svovelkisligger i den massive grønnsteinavdelingen i Skorovassområdet.

### Konglomeratene i sørøst.

"Grønnsteins- og trondhjemittkonglomeratet vest for Havdalsvann ligger normalt over grønnsteinene og fører jaspis fra denne" [ 10 ].

### Trondhjemitsonen.

Bortsett fra et overdekket område øst for Skorovatn samt i konglomeratområdet ved Tredjevatnet kan sonen følges uavbrutt fra Staldvik til Gjøtingfjellene. På k.bl. Trones består den av "trondhjemit", "granitt m. rester av gabbro", "forkvartset gabbro" og "sterkt oppknuust granitt".

Oftedahl [ 22 ]: "Vest for gruvefeltet sker det gradvis med granittårer i grønnsteinen inntil vi får en granittsone med klumper og rester av grønnstein og gabbro. Denne granittsone dreier omkring forekomsten, og i vegskjæringene mellom Samvirkelaget og gruvekontoret sees forskjellige stadier av granittens assimilasjon av grønnstein og gabbro.

Gjelsvik [ 15 ]: "Deep-seated igneous rocks, gabbroic as well as granitic (trondhjemitic), have intruded the schists in the Skorovass area. Thus a gabbro forms the large hill top north of the village (Skorovasklumpen), and a band of trondhjemite separates the sedimentary greenstone in the lower part of the valley from the lava flows and the pyroclasts just below the mine site. A green, hybrid rock, rich in quartz, has been formed in the contact zone".

Grønhaug har skilt ut et gabbroområde i vest fra den øvrige trondhjemitsonen.

Observasjoner i trondhjemitbeltet sør for Gruvevatnet viser at vi her har en kompleksblanding av gabbro, grønnstein, keratofyr, kvartsitt og forkvartset materiale i den "hybride" sone kartlagt av Foslie som forkvartset gabbro.

En prøve av gabbroid bergart (S131b) bærer preg av sterk omvandling. Som hovedmineraler opptrer epidot - klinkzoisitt med små rester av plagioklas, og et svært komplekst og omvandlet amfibolaggregat. Det siste består hovedsaklig av en lys grønn, pleokroittisk aktinolitisk hornblende ( $Z\wedge c$  maks. 15%) men enkelte partier viser gråblå interferensfarger og  $2V \sim 90^\circ$ . Mineraler er sterkt "oppspist" av kloritt og kalkspat, og det er sannsynlig at de avvikende optiske data i visse

områder skyldes en begynnende kårittisering. Nydannet aktinolittisk hornblende opptrer i fibrige, stråleformede aggregater. Titanitt og magnetitt er aksessorier.

En annen prøve (S132) som i håndstykke virker grovkornet og gabbroid (grønnfarget), består av kvarts og andesin ( $An_{31}$ ) i myrmekittisk sammenvoksing, samt 10 - 15 % kloritt - muskovittaggregat og litt kalsis. Plagioklasen er litt sericittisert, og en ser noen få lister med albitt-tvillinger. Bergarten kunne tenkes å være omvandlet kvartskeratofyr.

Den merkelige form som trondhjemitbeltet har i Skorovatn - Gruvevatnområdet sammen med sonens petrografiske karakter og grenseforholdene til grønnsteinområdene (s. 13), peker henimot følgende dannelses- måte: trondhjemiten har trengt fram som en vannrik smelte etter bestemte tektonisk svake soner omtrent der den befinner seg i dag i en periode med sterke bevegelser i jordskorpa. De lokale tektoniske betingete strukturer mot grønnsteinene samt granittens oppknuste karakter sett for Tredjevatnet, skyldes de nevnte tektoniske påkjenningene. Hvorvidt strukturene på grensen mot gabbromassivet i vest også er oppstått i den samme periode er vanskelig å si, men trondhjemit - grønnstein - konglomeratet i sør fører visstnok ikke boller av gabbro, og denne kan derfor være kommet på plass seinere enn trondhjemiten. Da kan også de tektoniske grensestrukturene mellom grønnstein og trondhjemit være yngre enn trondhjemiten selv og skyldes gabbromassivets framtrenges alene.

Den "hybride" sone langs trondhjemiten kan være framkommet ved at sure løsninger fra smelten delvis har assimilert, delvis isolert som rester de opprinnelige bergartene (grønnstein, keratofyr, kvartsitt). Gabbrorestene og gabbroen i vestbeltet er imidlertid vanskelig å forklare. Minst tre alternativer kan tenkes: 1. Gabbromaterialet var på plass før trondhjemiten trengte opp.

2. Gabbroen representerer første ledd i en differensiert størkning av smelten, og er seinere assimilert/isolert av den sure restløsningen.

3. Gabbromaterialet er ufordøyde bruddstykker brukket opp og revet med fra dypereliggende lag under trondhjemitens framtrengen, mens den hybride karakter skyldes assimilasjon av grønnstein og skifer.

Ad.1: det synes urimelig at det på forhånd har vært mye gabbromateriale der trondhjemiten trengte opp (unntagen evt. som trondhjemitens opppressete forløper - alt. 2), da gabbroinnslag bare forekommer hist og her i Gruvefjellområdet (Grønhaug).

Ad.2: assimilasjon av gabbro i restsmelten forutsetter høyst unormale

temperaturforhold i denne.

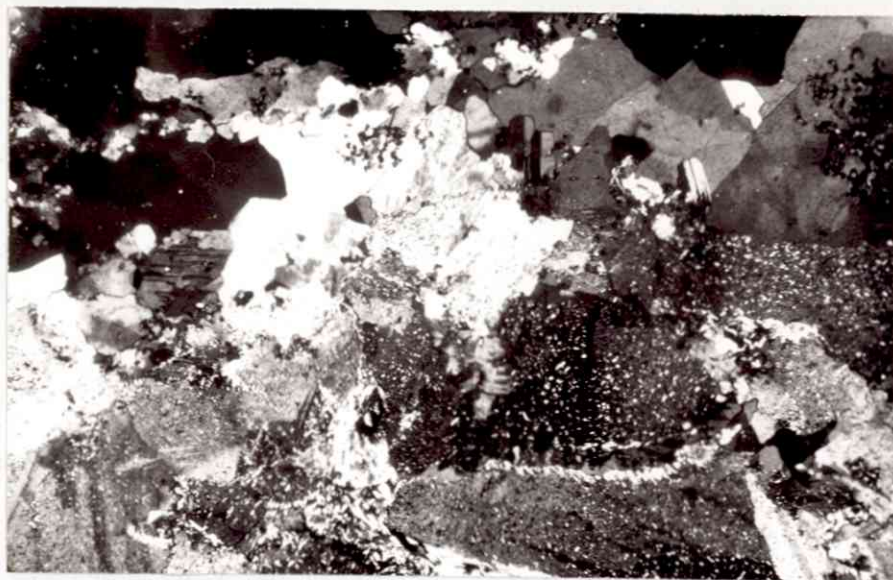
Selve trondhemitt "kjernen" har jeg ikke undersøkt i dette området, bare konstatert den grovkornete, knudrete karakter som trondhemitt har både ved Jantjernene, øst for Skorovatn, og i Langtjern - Olatjernområdet. Fra sistnevnte sted er undersøkt en prøve fra det sentrale trondhemittparti, en fra sørgransen mot grønnstein/keratofyr, og et par prøver fra sprekkesonen nord for Langtjern. Den første (S5) viser den nevnte grovkornete struktur, an- til subhedrale korn, og mineralsammensetningen er kvarts (40 - 50<sup>o</sup>/o), albitt (An<sub>3</sub>, 40 - 50<sup>o</sup>/o), mikroklin (5<sup>o</sup>/o), kloritt og muskovitt. Feltspatene er litt sericittisert. Enkelte mindre partier med rekrystallisert granular kvarts forekommer. - Prøven fra grenseområdet (S19) viser fin til middels kornet grunnmasse bestående av kvarts (mest) og andesin.



30x

Større plagioklasrester viser også negativt optisk tegn. Mye rekrystallisert granular kvarts. Bergartens struktur kunne tenkes framkommet ved tektonisering og delvis rekrystallisjon av såvel granittisk bergart som keratofyr.

Av prøvene fra sprekkesonen er den ene (S38) fra vestsida (trondhemittsida) av skaret nord for Langtjern, mens den andre (S39) er tatt midt i skaret. Den første fører kvarts (30 - 40<sup>o</sup>/o), noe sericittisert albitt (50 - 60<sup>o</sup>/o), nydannet euhedral oligoklas, mikroklin, kloritt, muskovitt, epidot, kalkspat og magnetitt.



S38

30x

Den andre er tydelig stresspåkjent, fører kvarts som hovedmineral, kalkspat og kloritt samt litt epidot - klinezoisitt, og er tydeligvis tilført materiale fra sprekkesonen.

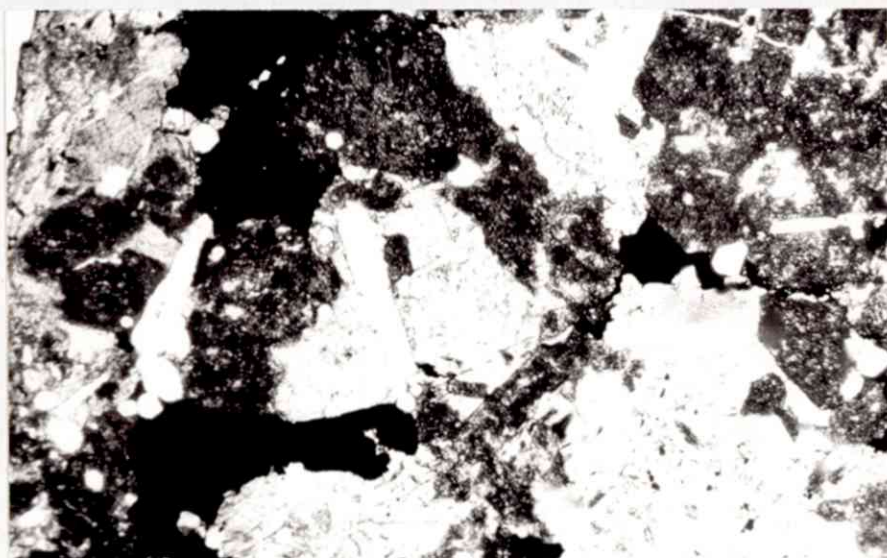
Prøvene S5 og S38 viser god overensstemmelse og er også i felten antatt å være typebergart for "trondhemitt". Det viser seg altså at det slett ikke er noen trondhemitt som i følge differensiasjonsdiagrammet for biotitt diorittserien skulle ha oligoklas - kvarts - biotitt-sammensetning, men er granitt.

S38 fører noen få euhedrale oligoklaskrystaller. I følge differensiasjonsdiagrammet for det normale gabbromagma får vi ved granitten den krystallisert oligoklas først, deretter alkalifeltspat som så sammen kan danne albitt. Her er det tydelig at oligoklas er dannet sist, muligens på bekostning av albitt og mikroklin under metamorfose.

Bergarten fra grensesonen (S19) viser som nevnt en struktur som kunne forklares på minst to forskjellige måter, men mineralsammensetningen - spesielt at plagioklasen er en andesin - trekker sterkt i retning av en noe omvandlet kvartskeratofyr.

Med ovenstående spredte trekk fra trondhemitt(granitt)sonen som bakgrunn, kan en utlede lite eller ingenting om granittens opprinnelse. Derimot synes resultatene å vise at en ved et skikkelig systematisk profil fra grønnstein/keratofyrlagene inn til granittens midtparti kan komme løsningen atskillig nærmere. Et slikt profil vil en mest hensiktsmessig kunne ta der grensen stryker nord-øst for Olatjern.

Troldhjemittsonen vest for Midtivatnet er bare undersøkt i forbindelse med magnetiske anomalier (M II) i østskråningen av Storberget. Det viser seg at berggrunnen her fører parallelle nord-sørgående soner med svak ertsmineralisering. Bergarten som har et gabbroid, middelskornet utseende, fører aktinolittisk hornblende (som delvis er omvandlet til kloritt, plagioklas og biotitt), albitt ( $A_{n8}$ ) epidot - klinozoisitt, apatitt, kvarts, kloritt, biotitt, titanitt og altså erts. Denne består hovedsaklig av titanmagnetitt<sup>o</sup> og ilmenitt (s. 62).



Den opprinnelige plagioklas er tydeligvis ved saussurittiseringen omvandlet til albitt og epidot - klinozoisitt, og en bemerker at det er den første prøven av saussurittiserte basiske bergarter fra Skorovassområdet hvor en kan bestemme albitt.

På k.bl. Trones er skilt ut et område med "finkornig gabbro" nord for Midtivatnet, men om det er en tilsvarende gabbrotype, er ikke undersøkt.

#### Skorovassklumpens finkornige gabbro.

Foslie har kartlagt bergarten som "finkornig gabbro, ofte foldet og sli-  
ret". En merker seg at Lillefjellklumpens nikkelmagnetkisforekomst ligger i samme bergartkompleks.

Under feltarbeidet ble bergarten undersøkt i de tidligere nevnte områder ved Smaltjern og Store Skorovatn. Typebergarten fra Smaltjern området (på gabbrosiden) er en middelskornet nassiv bergart med saussurittisk utseende. Hovedmineralene er en svak grønnfarget og pleokroitisk ofittisk orientert aktinolittisk hornblende ( $> 70\%$ ), og epidot-

klinozoisitt (20 - 25 %) med svært lite plagioklasrester. Aksessorisk opptrer kloritt, muskovitt og titanitt.



30x

Prøven fra vegskjæringen vest for Store Skorovatn er mer finkornet, men viser samme farge og utseende som bargarten ovenfor. Mineralene er aktinolittisk hornblende (60 - 65%), epidot - klinozoisitt (20 - 25%), andesin (10 - 15%), muskovitt, kloritt (omvandlet amfibol) titanitt og erts.

Sammen med typebergartene opptrer mer finkornete, mørke utgaver uten de kvite flekkene som gir det saussurittiske utseende (S210, 211, 213)

Det kan ikke garanteres at bergartene som er beskrevet er representative for den finkornige gabbro. En rekognosering på Skorovassklumpen ga inntrykk av det - kanskje var det riktignok enkelte innslag av mer grovkornete varianter - men prøver ble ikke tatt med. Forsvrig er som tidligere beskrevet den finkornige gabbro avgrenset fra de hornblendeførende grønnsteinene i Smaltjernområdet ved grensen ikke skifrige/skifrige bergarter.

Tydningen av den finkornige gabbroens karakter og opprinnelse er av vesentlig geologisk og malmgeologisk betydning. En sammenlikning med grønnsteinene i Smaltjernområdet er tatt med nedenfor. Den omtrentlige kornstørrelsen og mineralsammensetningen er bestemt under mikroskop. I Tabellen er også tatt med en grovkornet kvabtsrik variant fra grensen grønnstein/gabbro (S196), og den hornblendeførende grønnstein nær granittgrensen i Tverrelvaområdet (S2).

|                         | Finkornig gabbro         |        |                                  | Grønnstein |                           | Kv.dioritt                     | Gr.stein |
|-------------------------|--------------------------|--------|----------------------------------|------------|---------------------------|--------------------------------|----------|
| Prøvenr.                | 175                      | 214    | 183                              | 187        | 205                       | 196                            | 2        |
| Kvarts                  | —                        | —      | 5-10 <sup>0</sup> / <sub>o</sub> | —          | —                         | 25 <sup>0</sup> / <sub>o</sub> | —        |
| Plagioklas              | 10-15(A <sub>n33</sub> ) | aks    | 5-10(A <sub>n33</sub> )          | 30-40      | 35-45(A <sub>n56?</sub> ) | 30(A <sub>n36?</sub> )         | 5        |
| Akt.hornbl.             | 55-65                    | 60-70  | —                                | 30-35      |                           | 10                             | 65-70    |
| Alm.hornbl.             | —                        | —      | 50-60                            |            | 45-55                     |                                |          |
| Ep.-kl.zois.            | 15-20                    | 25-35  | 20-30                            | 15-20      | aks                       | 10                             | 20-25    |
| Kloritt                 | aks                      | aks    | aks                              | 10         | aks                       | 15                             | —        |
| Muskovitt               | 5                        | aks    | aks                              | —          | aks                       | 5                              | aks      |
| Kalkspat                | —                        | —      | aks                              | aks        | —                         | —                              | —        |
| Titanitt                | aks                      | aks    | aks                              | aks        | 5                         | aks                            | aks      |
| Pyritt                  | —                        | —      | aks                              | —          | —                         | —                              | —        |
| Magnetitt               | aks                      | aks    | aks                              | —          | aks                       | —                              | aks      |
| Sum                     | 90-110                   | 90-110 | 85-115                           | 90-110     | 90-110                    | 100                            | 95-105   |
| Maks.korn-<br>st. i mm. | 1,5                      | 4      | 0,6                              | 0,5        | 0,6                       | 8                              | 0,5      |

Som en ser er det skilt mellom aktinolittisk hornblende og alminnelig hornblende. Forskjellen er noe diffus, da  $Z \wedge c$  i alle prøver ligger omkring  $20^\circ$ . Imidlertid skiller hornblendene i prøvene 183 og 205 seg klart ut med mørk grønnblå farge og sterk pleokroisme, mens hornblendene ellers er svakt grønne. og svakt pleokroittiske.

Ettersom epidot-klinozoisitt alltid opptrer svært snusket, er det umulig å bestemme mineralet entydig. I den kvartsrike prøven (S196) opptrer imidlertid større epidot-krystaller. Det kan nevnes at Harald Carstens har opplyst at han bare har funnet <sup>klinozoisitt</sup> epidot i grønnsteinen fra Trondheimsfeltet, aldri zoisitt.

Mengdeforholdet plagioklas/epidot er vanskelig å bestemme da epidoten er dannet på bekostning av plagioklas og grunser plagioklasen sterkt.

Kornstørrelsen er for de finkornige prøvene bestemt etter hornblendelistenes lengde da plagioklaskornene er vanskelig å skille ut p.g.a. saussurittiseringen. I de svrige prøvene (175, 196, 214) er de lyse krystallene (omvandlet plagioklas) målt i prøven direkte.

Som det framgår av diagrammet er det kornstørrelsen mer enn mineralsammensetningen som skiller grønnstein og finkornig gabbro. En skal imidlertid merke seg at finkornig hornblendebærgart opptrer sammen med gabbro, slik det er grønnsteinenes skifrihet som først og fremst skiller de to bergartskompleksene.

Noe om den finkornige gabbroens genesis kan en ikke si på grunnlag av denne grovundersøkelsen, men en kan antyde at en systematisk undersøkelse vil kunne føre til en helt annen og mer detaljert bergartsinndeling for området. F.eks. vil typebergarten på grønnsteinsida mer presist kunne kalles amfibolitt og de forskjellige klorittrike og kvartsrike partier skilles ut fra denne. På gabbrosida har en tilsvarende finkornet amfibolitt sammen med den saussurittisk utseende gabbro, mens det også er funnet kvartsdiorittisk innslag (S196).

Søndre Grønndalsfjells gabbromassiv.

Hovedbergarten er i følge kartblad Trones "grov gabbro, foldet og sliret". Dessuten er det skilt ut en del større og mindre partier "troctolitt" og "overgang troctolitt - pyroksen gabbro". De synes å ligge i en sone omkring 941 - høyden og nord - nordøstover mot Grønndalen. I terrenget er troctolitten lett kjennelig på den mørkebrune forvitringsoverflaten. Bergarten er også observert utenfor de kartlagte partiene (S173b), men observasjonspunktene er dårlig lokalisert. Ganger på 1 - 2 m.' mektighet med en helt kvit trøndhemittvariant løper gjennom troctolitten i retning ca. nord - sør (S173c).

Skifrihet er observert ett sted nord for (nedenfor) tau-banen: N 190<sup>g</sup>Ø, fall 40 - 70<sup>g</sup> mot øst. Muligens er det sammenheng mellom denne og troctolittpartienes "strøk".

Normalgabbroen består hovedsakelig av labradoritt og aktinolittisk hornblende med epidot og magnetitt som aksessorier (S169).

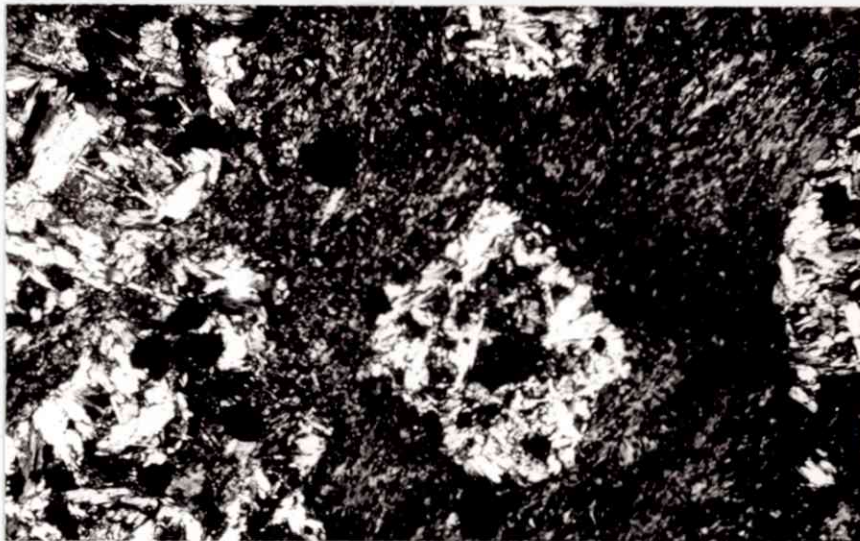
Troctolitten fører sub - anhedrale fenokrystaller av labradoritt og olivin i pyroksen. Magnetitt opptrer på sprekker, særlig i olivin, og i olivinkrystallenes randsoner. Andre aksessorier er spinell og biotitt og kloritt.



Pyroksen<sup>en</sup> er vanskelig bestembar, men med negativt optisk tegn, brunlig egenfarge og pleokroisme,  $2 \wedge c = 15 - 20^\circ$  er det i hvertfall en monoklin <sup>titan(?)</sup> pyroksen. Olivinkrystallene har korona mot pyroksen bestående av fargeløst mineral med olivinens relieff, 1.ordens grå interferensfarger, negativt optisk tegn, rett utsløking, polysyntetiske tvillinger - muligens en fargeløs hypersten-modifikasjon (rombisk).

+ + + + 0 + + + +

Sør for Nesåa (E 6) er det observert en gjennomskjærende basisk gang i grønnstein med karakteristisk brun forvitringsoverflate. Bergarten (S146, Bil. 18) er en omvandlet olivingabbro eller gabbro i det den fører relikte porfyrer med tremolitt - aktinolitt og epidot i antigorittgrunnmasse. 5 - 10% magnetitt gjør bergarten magnetisk.



30x

## Kapitel IV.

### UNDERSØKELSER AV ANOMALIOMRÅDER OG SKJERP.

#### 1. Geofysiske målinger.

( Bil. 8 - 12 [ 30, 31 ] ).

Utgangspunktet for undersøkelsene var resultatene av flymålingene sommeren 1962. Kartgrunnlaget for målingene for Skorovass' vedkommende var N.G.O.'s rektangelkart Trones M 1:100 000 forstørret til 1:20 000. Profilavstanden 250 m, profilretningen ca. N 140<sup>g</sup>.

#### De elektromagnetiske målingene

ble utført etter ABEM's patenterte Rotary Field - metode. med to fly. Sender - mottakeravstand 250 m. Mottakerflyet fulgte bakken i en middelhøgde av 100 m, og med 20 m. vertikal avstand til mottakeren ble den effektive målehøgden 80 m. Under disse forholdene regnes RF - systemets dybdevirkning å være ca. 100 m under marken for brattstående ledere og omtrent det dobbelte for mer eller mindre horisontale ledere.

Ved

#### de magnetiske målingene

ble anvendt et Fluxgate - element montert på et gyroskop i første flyet. Den registrerende kurven angir vertikalfeltet med den modifikasjon at intensitetsvariasjoner med svake grader automatisk filtreres bort. Derved registreres f.eks. ikke variasjoner som er forårsaket av regionale grader.

De viktigste elektromagnetiske indikasjonene ble bakkemålt med EMG sommeren -63 like før mitt feltarbeid tok til. Instrumentets dybdevirkning angis til maks. 40 - 50 m.

Foruten materialet fra flymålingene og de etterfølgende EMG - målinger forelå det resultater fra bakkemålinger i gruveområdet, fjellpartiet over til Gruvevatnet og områdene sør og nord for Gruvevatnet (G.M. -59 og tidligere). Målingene ble utført som elektriske konduktivmålinger.

Selv utførte jeg rekognoserende bakkemålinger (vertikalmålinger)

med et G.M. - 59 A - magnetometer (uten stativ) på grunnlag av de magnetiske indikasjonene fra tolkningskartet. Måleresultatene sammen med de feltgeologiske obdervasjonene ga ikke grunnlag for videre målearbeider på det tidspunkt.

Profilene fra bakkemålingene med EMG og magnetometer er lagt inn på 1:10 000 - kartene. Resultatene framgår av [ 31 ] og (Bil. 8 - 12). Resultatene fra de elektriske konduktivmålingene er lagt inn på 1:10 000 - kartene.

## 2. Undersøkellesområder.

Tolkningskartet fra flymålingene viser følgende områder med indikasjoner (oversiktskartet):

|                    |       |                                   |            |
|--------------------|-------|-----------------------------------|------------|
| Elektromagnetiske: | EI    | : Smaltjern                       | E 4.       |
|                    | EII   | : Ottatjern                       | E 4.       |
|                    | EIII  | : Skorovassklumpen                | E 4 - F 4. |
|                    | EIV   | : Storbekken                      | F 4.       |
|                    | EV    | : Skorovassforekomsten            | F 5.       |
|                    | EVd   | : Gruvevatnet S                   | F 6.       |
|                    | EVI   | : Olatjern                        | F 5.       |
|                    | EVII  | : Tverrelva                       | G 5.       |
|                    | EVIII | : Blåhammertjern                  | G 5.       |
|                    | EIX   | : Havdalshammeren                 | G 5.       |
|                    | EX    | : Cevoker (ikke tolkb. anomalier) | F 6.       |
|                    | EXI   | : Tredjevatnet                    | E 6.       |
|                    | EXII  | : Nesåa                           | E 6.       |
|                    | EXIII | : Nesåpiggen                      | E 7.       |
|                    | EXIV  | : Søndre Grønndalsfjell           | E 4.       |
|                    | EXV   | : Store Skorovatn                 | E 5.       |

|             |                              | kartblad   |
|-------------|------------------------------|------------|
| Magnetiske: | MI : Søndre Grønndalsfjell   | E 4 - E 5. |
|             | MII : Storberget             | E 6.       |
|             | MIII : Nesåa                 | E 6.       |
|             | MIV : Nesåpiggen             | "E 7".     |
|             | MV : Cevoker - Svartberget   | F 6.       |
|             | MVI : Langtjern - Sætertjern | F 5 - G 5. |
|             | MVII : Sæterklumpen          | G 5.       |

Dertil kommer skjerpene ved Gruvevatnets NØ- og NV - sider som er bakkemålt tidligere og noen andre kjente eller funne skjerp:

|          |                              |               |
|----------|------------------------------|---------------|
| EVb :    | Finnkjærringhullet           | F 5.          |
| EVc :    | Gruvevatnet NØ               | F 5.          |
| EVib :   | Sør for Langtjern            | F 5.          |
| EVIIIa : | Blåhammertjern - Havdalsvann | NV G 4 - G 5. |
| EXIb :   | Finnkrudåma                  | E 6.          |

### 3. Undersøkelserne.

De undersøkte områdene er i det følgende behandlet hver for seg i nummerrekkefølgen. Stedsangivelse er angitt med kartets nummer samt skjerpets eller indikasjonens koordinater på vedkommende kartblad der stedsnavn er relativt ukjent eller mangler. For hvert område er omtalt resultatene fra de geofysiske målingene, feltgeologiske observasjoner, mikroskopi- og røntgenspektrografarbeider som foreligger.

### EI Smaltjern.

(K.bl. E 4: Y -8070, X 75180 (EMG - indikasjon),  
[30 a - b, 31 a og d]).(Bil. 11, k.bl.Trones).

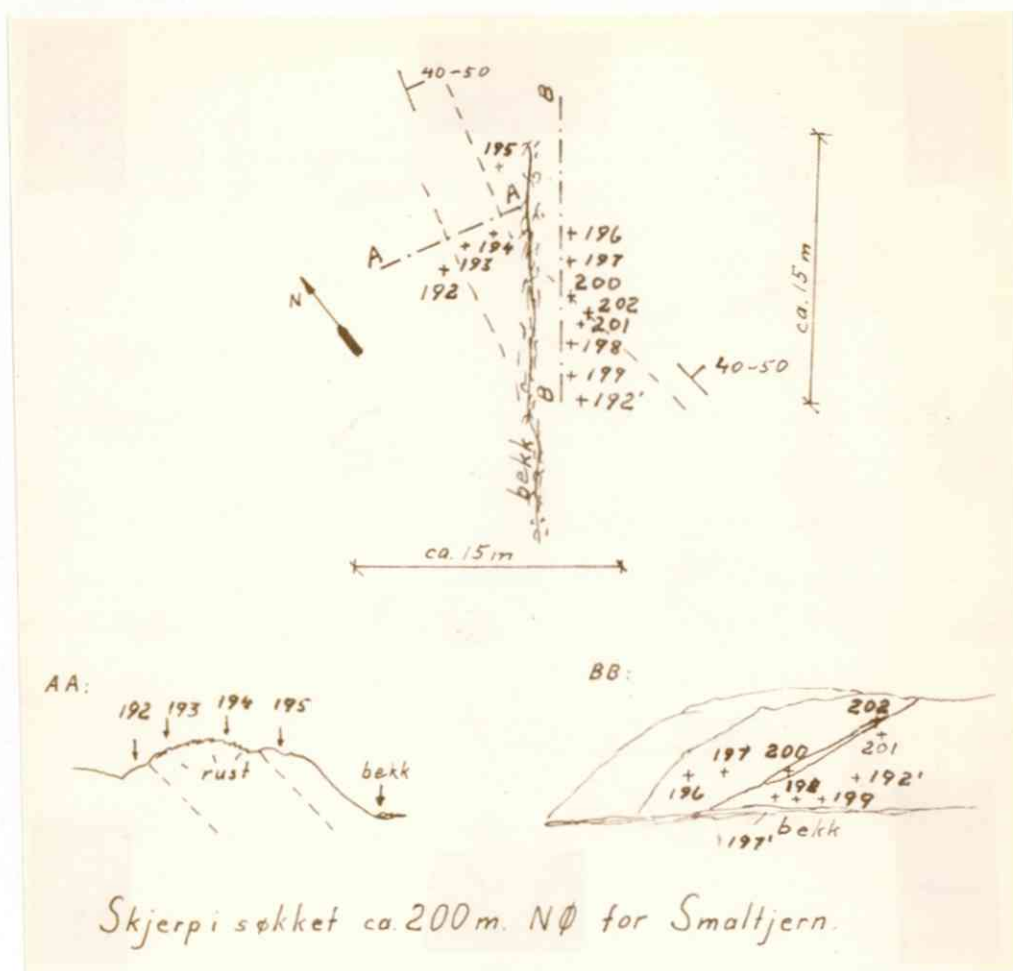
Flymålingene ga indikasjoner på tre profiler hvorav en tydelig. EMG - målingene viser mindre anomali 200 - 250 m. sørøst i profil med utgangspunkt 0/0 420 m sørvest for Smaltjern. Isoanomalikartet indikerer mindre leder(e) med orientering N 50<sup>g</sup> Ø. Profilene viser et svært komplisert bilde og sier lite om eventuelle leder(e)s form, størrelse etc.

Smaltjern (navngitt av EMG - målerne) markerer vannskillet i et søkk som skjærer over fra Ottatjern til Mellomvatnet. I brattskrenten mot sørøst og likeledes i området vest for søkket viser feltobservasjonene at bergartenes strøk dreier rundt trondhemitten i vest med 30<sup>g</sup> - 60<sup>g</sup> fall mot øst, sørøst eller sør. Bergartene er svakt skifrige vest for skaret, i skaret og et stykke opp i brattskrenten. På k.bl. Trones synes grensen mellom "finkornig gabbro" og "grønnstein" å falle sammen med grensen ikke skifrige/skifrige bergarter.

En rekognosering langs og omkring 0/0 - profilet førte ikke til funn av skjerp, rustsone eller annet som kunne markere et kislegemes utgående. Ca. 200 m. sørøst for søkket ubetydelig kisimpregnering, men liknende opptrer hyppig i området.

I skråningen nordøst for Smaltjern er det skjerpene en rekke steder. Undersøkte det øverste skjerpene. Strøk/fall - observasjonene viste forskjell i lagstillingen (skifriheten) sørøst og nordvest for søkket (Skissen nedenfor). Det kan skyldes mindre forskyvninger langs en sprekkesone (skaret). Observasjonene generelt kan oppfattes dit hen at skjerpene og det eventuelle kislegemet som har forårsaket indikasjonene ligger omtrent på samme nivå i lagrekken. Den "tydelige indikasjonen" fra flymålingene er plottet vest for skaret på tolkningskartet, men ikke gjenfunnet ved EMG - målingene. Om en eventuell kisse skulle krysse skaret, er det i hvert fall ikke observert noen slik i skarets brattsider.

Skissen og bergartbeskrivelsene gir et inntrykk av variasjonen i bergarten rundt skjerpene:



Prøvene 192, 197, 197', 192' og 199 er mørke, finkornige, skifrige, kvartsførende hornblendebergarter (grønnstein). S195, 200 og 201 fører kloritt som hovedmineral ved siden av hornblende. S193 er massiv kis (Bil. 19), 194 kvarts-magnetitt-hornblendebergart, 196 grovkornet kvartsdiorittisk bergart uten markert grense mot sidebergarten (Bil. 18), 198 breksje med amfibolittbiter i kvarts-epidot rik grunnmasse, 202 er kvarts. Kisimpregnasjon særlig i prøvene 199 - 202. Prøvene er grovbestemt med binokular og delvis væsker med kjent sp.v. der det ikke foreligger slipbeskrivelse.

P.g.a. forvitring (rust etc.) var det vanskelig å få noe inntrykk av kisenessopptreden nordvest for skaret. Den var ca. 2 m. mektig, med svært tektonisert. I sørøstveggen (skissen) fikk en følgende inntrykk: I en sleppesone var "klemt ut" en grønn, sliret kisimpregnert bergart (S200) sammen med kvarts (S202). Sulfidene "satt" i bergarten(e) omkring sleppen, mens spesielt kvartsen hadde "jernhatt". Sleppesonen (og den grønne bergart) var maks. 1/2 m.

mektig, men smalnet fort av og forsvant, og med den rustsonen og sulfidmineraliseringen.

Kisprøven, S193, er en tett, massiv svovelkis med magnetitt, magnetkis og spor av sinkblende; limonitt er dannet på sprekk. Ikke parallellstruktur, ikke krystallutvikling.

Røntgenspektrografanalysen viser ca. 0.03% Cu, < 0.01% Zn, < 0.01% Pb, < 0.01% As, 0.021% Ni, < 0.003% Co. Nikkelinnholdet er det høyeste som er funnet i kiser fra Skorovassområdet.

Magnetittholdig bergart og kisimpregnasjon er foruten i dette skjerpet funnet i et skar vest for Smaltjern (S190).

G.M. - målinger viste at det var aldeles lokalt.

### EII. Ottatjern.

(K.bl. E 4: ca. Y -8500, X 74300 (fly - indikasjon),

[30 a - b, 31 a - b]).

Flymålingene ga indikasjoner på to profiler samt en indikasjon nærmere Ottatjern. EMG - målingene ga ingen anomalier. Flyindikasjonen nærmest Ottatjern kan skyldes verkets avfalls-plass (jernskrap o.l.) like sør for tjernet.

Hele området er overdekket og undersøkelserne kunne konstatere det og intet mer.

### EIII. Skorovasklumpen.

(K.bl. E 4, F 4: ca. Y -6540, X 73650 (fly - indikasjon),

[30 a - b, 31 a og e]).

Flymålingene ga indikasjoner på to profiler, men EMG - målingene kunne ikke påvise anomaliområder.

Intet å finne ved befaring. Bergarten vekslet fra fin- til grovkornet gabbroid bergart.

EIV. Storbekken.

(K.bl. F 4: ca. Y -4700, X 72900 (fly - indikasjon),  
[ 30 a - b, 31 a og g]).

Flymålingene ga indikasjon på to profiler. Bakkemålingene dekket den ene indikasjonen uten å kunne påvise noen anomali. Tidligere konduktivmålinger har fulgt mineralisert sone fra Skorevatn til Staldvik. Denne passerer like sør for indikasjonspunktene, og målingene har nære på dekket disse. Muligens er det samme mineralisasjon en har registrert.

S220 viser bergarten i området - massiv amfibolbergart med svak kisimpregnasjon.

### E V. Skorovassforekomsten.

Forekomsten er ikke undersøkt i dette arbeidet, men i forbindelse med diskusjonen angående tektonikk og strategifi i "indre grønnsteinområde", er det på sin plass å ta med noen betraktninger basert på Grønhaugs kart, T.Gjelsviks Skorovassavhandling, S.Foslies Skorovassrapporter, profiler av forekomsten og borhullprofiler, borhullprofiler fra Gruvefjellet og resultatene fra de elektriske målingene.

Forekomsten er undersøkt med elektriske målinger både før krigen (ABEM) og etter (G.M.). Ved sistnevnte ble det benyttet kabelutlegg med elektroder i sørvestenden av Store Skorovatn og sørøstenden av Gruvevatnet. Dessuten for å undersøke en eventuell forbindelse mellom Skorovassforekomsten og et kjent skjerp ved nordvestenden av Gruvevatnet, Finnkjærringhullet, ble det foretatt målinger med elektrodene i gruva og Finnkjærringhullet henholdsvis. I rapporten heter det at "ved disse målingene ble der observert indikasjoner som viser at der må antas å foreligge en relativt god forbindelse mellom jordingspunktet i gruben og jordingspunktet i skjerp, men målingene gir ikke klart svar på det stilte spørsmål". Og videre: "Som det vil framgå av kartsnittene (lagt inn på k.bl.F 5) er der ved målingene påvist en i store trekk plateformet leder som trolig er sammenhengende over en lengde av 2100 - 2300 m. Den nordre ende ligger ved 100 N, 50 Ø, ca. 150 m. sydvest for hovedstollens munning, søndre ende ligger ved 2000 - 2200 S, 200 V i området ved Finnkjærringhullet skjerp, nord for Nesåvatn. Lederens bredde synes å variere fra ca. 100 til ca. 300 m. Målingene viser at en plateformet leder gjennomgående har svakt fall mot øst, og nærmest horisontal akse nord-syd".

Flymålingene ga indikasjoner på to eller tre profiler, men ingen "tydelige". En merker seg at indikasjonspunktene på tolkningskartet "bommer" forekomsten ganske kraftig, og dette forteller muligens hvorfor de forskjellige anomaliområder fra flymålingene var så vanskelig å gjenfinne med E.M.G.

Tverrprofiler av forekomsten viser at den består av to hovedlinser eller linsesystemer fra ca. lengdeprofil 40 Ø til 20 Ø (200 m.) og 20 Ø til 5 V (profil 34 Ø - V). Den vestlige linsen fører hovedtyngden av malmen og kan følges til ca. profil 83 Ø - V

[15 s.61, pr. 2 N - S], mens den østlige f.eks. i profil 57 Ø - V bare registreres som mineraliseringer av mindre mektighet. En merker seg at hovedlinsen er lengst utholdende i øvre partier, ca. 700 m.o.h.

For å undersøke om mineraliseringen fortsetter mot Gruvevatnet som de elektriske målingene antyder, er det boret åtte hull på Gruvefjellet (b.h. 92 - 99) fra profil 90 Ø - V til 160 Ø - V. Svak mineralisering er funnet mellom 580 m.o.h. til 620 m.o.h. Til sammenlikning ligger hovedlinsens hengbegrensning i profilene 34, 48, 57, 68, 77 - alle Ø - V -, ca. 670, 700, 700, 700 og 710 m.o.h. respektivt. Ut fra observasjonene på Gruvefjellet (Grønhaugs kart) og strukturkartet (Bil. 6) er det ingen grunn til å anta at nivåforskjellen skyldes forkastninger e.l., men at den funne mineraliseringen i nivå tilsvarende smålinsene i ligger av hovedlingen.

Forekomsten ved Finnkjerringhullet ligger ca. 720 - 730 m.o.h. Forsåvidt kunne det tenkes at denne i nivå tilsvarende de øvre deler av hovedmalmen, men på strukturkartet (og i terrenget) ser en her en langtgående forkastning - eller sprekkesone som løper langs vestsida av Gruvevatnet, danner vatnets NV - tarm og stryker nord-østover. På vestsida av skaret går terrenget bratt opp til et nivå ca. 50 m. høyere enn ved Finnkjerringhullet, mens nivåforskjellen er ber ut mot nord. Det er nærliggende å tenke seg at området øst for skaret er sunket ned i forhold til det vestenforliggende, men andre indikisier enn høgdeforskjellen har en ikke. Imidlertid er det flere observasjoner som tyder på en forkastning. De elektriske anomalierne viser brå stopp mot skaret, uryddig opptreden i dette, og er svakere der terrenget stiger (forsåvidt naturlig nok også uten forkastning, men mineraliseringen i dagen stopper ved skaret). Grønhaug har kartlagt en felsittbenk som fra sørøst stopper omtrent i skaret. En tredje indikasjon som krever en del fantasi utgjør de to grønn-skiferbenkene som er skilt ut nord for Gruvevatnet. Den ene løper i skaret og nordover fra dette, den andre lenger øst med svært samsvarende opptreden. Rent hypotetisk vil de kunne utgjøre deler av samme lag, men da må området øst for skaret være skjævet opp, i hvert fall i grønnskiferbenkenes sørlige deler. Av de få strøk og fallobservasjoner på kartet ser det ut som om den østre sonen ligger under den vestre i nord og over i sør, men med den undulerende lagstilling en finner overalt i området kan sonene også representere samme lag uten forkastning. Desverre kom en ikke fram til de nevnte betraktningene

under feltarbeidet og fikk ikke sammenliknet teori og terreng, men forholdet er utvilsomt verd en undersøkelse. En eventuell forkastning vil i tilfelle kunne antas å ha forårsaket en verikal forskyvning på 0 - 50 m. Ved Finnkjerringhullet og ved skjerpet nordøst for Gruvevatnet er det observert en rekke parallelle steiltstående sprekker som stryker N 120 - 125<sup>°</sup> og N 80 - 110<sup>°</sup> henholdsvis. En tektonisk sammenheng mellom sprekkene og en eventuell forkastning er mulig, men ikke undersøkt.

Hovedmalmens akseretning stryker ca. N 5<sup>°</sup>. Bergartenes strøkretning slik den framtrer på kartet synes gjennomgående å være noe mer nordøstlig, spesielt i nord, men i samsvar med tidligere betraktninger (og i overensstemmelse med Gjelsvik [ 15 ]), antas akseretningen å falle sammen med strøkretningen. Strøkretningene er framkommet ved en svak folding av lagene etter nord-sørgående akser, og en minner om oppfatningen av keratofyrsonen under forekomstens utgående som et ledelag. Hovedlinsen skulle således ligge i østflanken av en svak antiklinal fold. Her minner en også om foldestrukturene i Nesåpigg - Langtjern - området samt lineærstrukturene. Prof.dr. Thorolf Vogt anfører f.eks. etter et besøk ved Skorovass gruver i september 1955 at gjennomsnittet for en del målinger av finstrukturer i bergartene rundt forekomstens utgående var ca. S 13<sup>°</sup>, feilgrense  $\pm 5^{\circ}$ .

I følge borkhullprofilene XIII - XX, logget av Foslie, og noen av hans profiler, og Gjelsvik [ 15 ] finner en få og lite utholdende keratofyrslag rundt malmen (en ser da bort fra de omstridte kvarts - sericittskiferne). Selv har jeg logget borkhull 98 på Gruvefjellet og fant ikke noe keratofyr, men derimot en hel del "lys, hard grønnstein", "hard, lys, antagelig kvartsrik bergart" o.s.v. Slik har jeg feltbestemt mange av de bergartprøvene jeg under mikroskop kan fastslå er keratofyr, og jeg anser det ikke for umulig at borkjernene holder mer keratofyr enn antatt. I alle tilfelle kan en si at keratofyrene utholdende eller ikke, lava eller tuff, er de eneste bergartene nær forekomsten ved siden av agglomeratbenken ved heisbanen som med sikkerhet kan sies å representere stratigrafiske lag. Borkjernene bør derfor undersøkes nøye med hensyn på keratofyr - mikroskopisk når det er til stede.

For den seinere vurdering av forholdet "vasskis - gangkis" i feltet tas med litt om Skorovassforekomstens mineralføring og bergartsmiljø. Kisen opptrer som massiv kis og som impregnasjon. Kobber- og sinkinnholdet varierer sterkt, dog etter et visst system [ 15 ]. Bånding - både som lag med vekslende kornstørrelse og lag med forskjellige sulfider - opptrer hyppig. Selv om hovedmalmen grovt sett består av konforme linser, ser en f.eks. i profil 57 Ø - V at oppbygningen er meget komplisert og mektigheten stor i forhold til bredden. Bruddstykker eller innleiringer av bergart i kis er observert mange steder, f.eks. i forekomstens utgående i Gammelgruva. Likeledes mindre diskor<sup>ans</sup> mellom sidebergartenes skifrighet og grensen mot kis.

Malmens sidebergarter er foruten den over- og underliggende massive grønnstein (Førlie: spilitisk lava, feltspaten i velbevart primærstruktur (ofitisk)), grønnstein med dårligere bevart primærstruktur, albitt-klobittskifer og kvarts-kloritt-sericittskifer. Den siste opptrer ikke utenfor malmsonen [ 15 ], forøvrig undersøker Tore Gjelsvik i et pågående arbeide malmens sidebergarter og deres utbredelse.

EVb. Finnkjærringhullet. (F 5, Bil. 2,3).

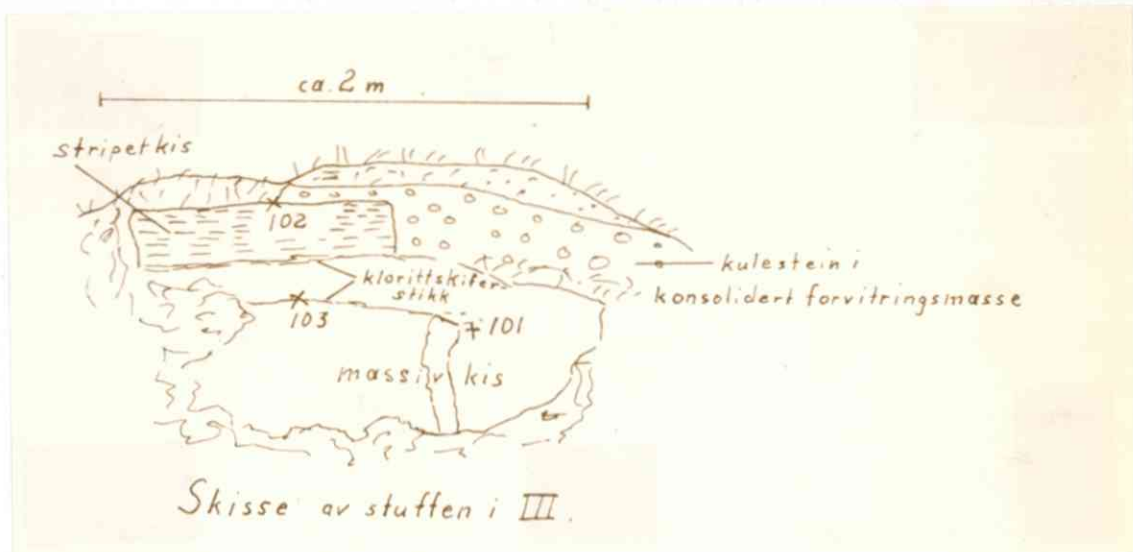
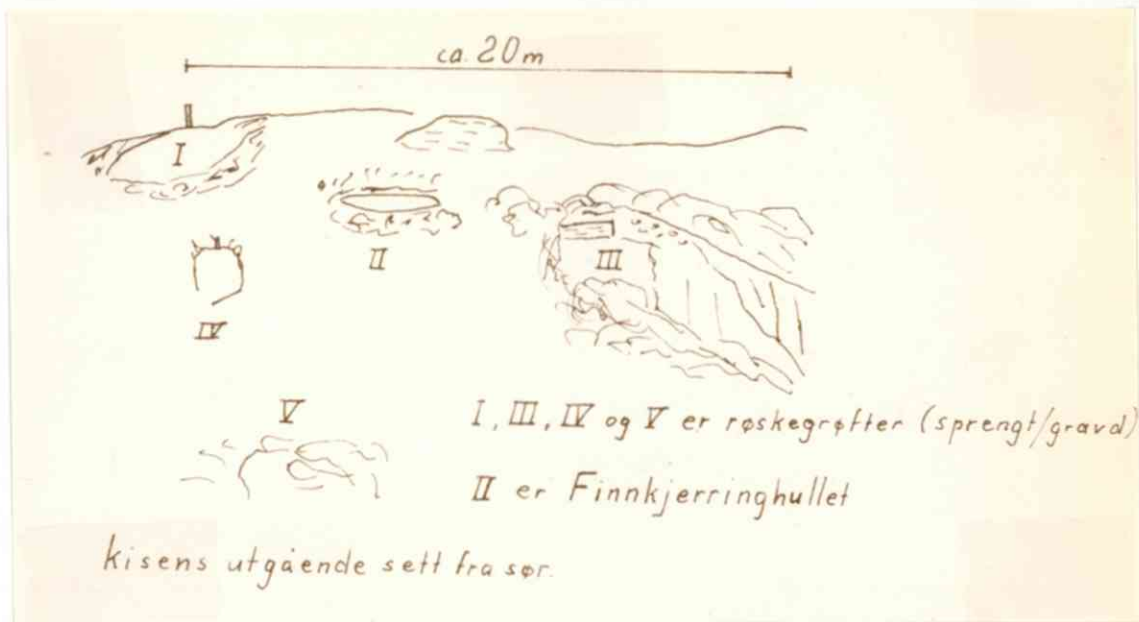
Ikke registrert ved flymålingene. Målt med konduktive målinger i 1959. Resultatene er tegnet inn på k.bl. F 5 og kartskissen (Bil. 3). I målerapporten heter det: "Sonen (malmsonen Skorovassmalmen - Finnkjærringhullet) fortsetter minst 800 m. sør for Finnkjærringhullet, men indikasjonene er meget svake, og en kan gå ut fra at sonen ikke fører malm av betydning." Skjerpet er undersøkt av Foslie som på grunnlag av fire borhull anslo malmmengden til maks. 15 - 20 000 tonn kis.

Kartskissen med geologisk profil viser at bergartene ligger ganske flatt, og det er svært vanskelig å få undersøkt malmens heng- og liggbergarter. Fra Foslies kart over Nesådalen er tatt med borhull, borprofiler og grensen massiv grønnstein/skifrige bergarter.

Bergarten i dagen er vesentlig kvartskeratofyr, hard og gjennomvevd av kvartsårer. Borprofilenes "skiffer med kvartsrender" (Bil.13 ) k a n være kvartskeratofyr, ettersom kvartsårer erfaringsmessig opptrer hyppigere i denne bergarten enn i grønnstein - grønnskiffer. Ved S106 er det en stripe skifrig grønnstein med svak kisimpregnasjon, men det var ikke mulig å konstatere hvorvidt bergarten tilsvarer malmens hengbergart.

Rustsonen fortsetter sørover til vannkanten og skyldes kisimpregnert grønnskifer og litt massiv kis. Desverre er denne delen ikke prøvetatt, og en sammenlikning av malmineralinnhold og spor-elementer i "hovedmalm" og "rustsone" må utgå.

Skissene på neste side viser malmen slik den er gjort tilgjengelig ved røsking.



I grøft I er det kisimpregnert grønnskifer under 1/2 m. massiv kis. Kvartskeratofyr ( $\text{SiO}_2$ , Bil. 18) ligger i samme nivå som kisen med vanskelig grense mot denne.

I II står kisen 1 m. mektig og 3 m. bred karakteristisk

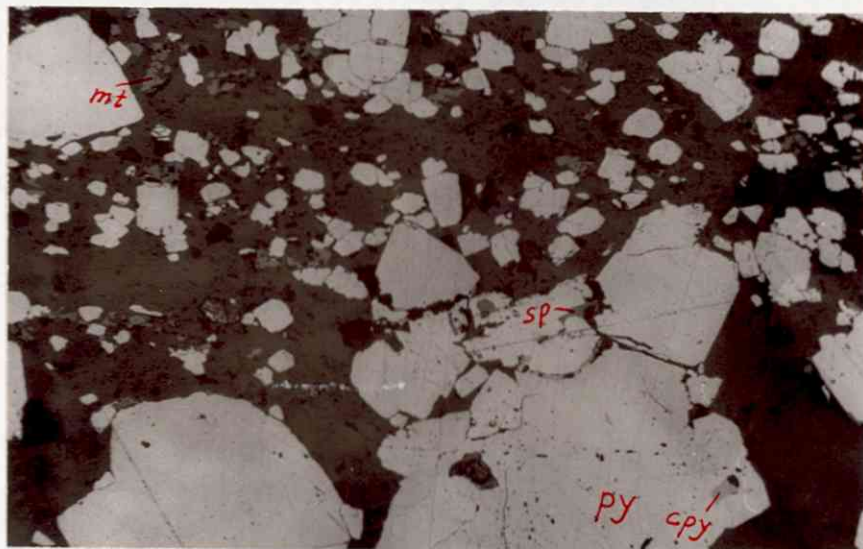
blank og løs som den utlutete kisen i utgående av Skorovass' malmstokk.

I III er et tynt klorittskiferlag i hengen, dernest stripet kis, og så massiv kis til bunnen av grøfta bortsett fra et par klorittskierstikk.

Prøver fra røskegrøftene er satt opp nedenfor.

|                     | Fra II                                                                |                 |                       | Fra III          |                  |                                  |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------------|------------------|------------------|----------------------------------|
|                     | S98                                                                   | S99             | S100                  | S101             | S102             | S103                             |
| Hånd-<br>stykke     | mas.kis<br>"utlutet"                                                  | "sulfat" i heng | strip.kis<br>mot heng | mas.kis<br>grov. | mas.k.<br>m.heng | kis med klor-<br>itt-skifer stik |
|                     | grov impr.                                                            |                 | tyd.bånd-             |                  |                  | klorittskifer.                   |
|                     | med bergart                                                           | -               | ing m. fi             | som              | -                | biter i grov                     |
|                     | rundt alle                                                            |                 | nere og               | S100             |                  | impregnasjon.                    |
| Struk-<br>tur og    | kiskorn.                                                              |                 | grov. kis             |                  |                  |                                  |
| minera-<br>ler i    | An- til                                                               |                 | krystal.              |                  |                  |                                  |
| slip.               | subhedral<br>pyritt m.<br>"dråper"<br>av hobb-<br>erkis og<br>sinkbl. | -               | Som                   | Som              | -                | Som                              |
|                     | Anhedral                                                              |                 | S98                   | S98              |                  | S98                              |
|                     | magnetitt<br>og rutil?<br>i bergart                                   |                 |                       |                  |                  |                                  |
| Maks.               | 1,5mm.                                                                |                 |                       |                  |                  |                                  |
| kornst.             | men også                                                              |                 |                       |                  |                  |                                  |
| se.                 | svært                                                                 | -               | 1mm                   | 1mm              | -                | 1mm.                             |
|                     | finkorn.<br>partier.                                                  |                 |                       |                  |                  |                                  |
| Gangmin-<br>eraler. | kvarts.<br>muskovit                                                   | -               | -                     | -                | -                | -                                |

S101 fører i følge r.s.- analysen 0.12<sup>0</sup>/o Cu, 1 - 2<sup>0</sup>/o Zn, <0.01 Pb, <0.02 As, <0.003 Ni, 0.02 Co, 0.0015 Se (kj.analysen).



75 x

Bildet viser karakteren av grov impregnasjon, kobberkis (2) og sinkblende (3) i pyritt (1), anhydral magnetitt og rutil i bergart. Rutilen er bestemt ved dens tydelige anisotropieffekt i langstrakte korn (11 c - aksen), men indrerefleks er ikke observert. Tydelig båndet struktur.

EVc. Gruvevatnet NØ. (F 5, Bil. 2, 4).

Kjent kissoner som flymålingene ikke har registrert. Målt av G.M. med elektrisk konduktivmålinger 1959, og følgende saks fra kommentarene i rapporten: "De påviste soner som strekker seg inn under Nesåvatn i området 700 - 400 m. øst for Finnkjerringhullet ga til dels sterke indikasjoner. Målingene tyder på at det her opptrer flere linjal- eller linseformete ledere. Deres akse har retning nord - syd og svakt fall mot syd. Henimot søndre bredd av Nesåvatn synes sonene åhile ut, men da dypet er noe stort, kan ikke dette sies med sikkerhet. Muligens fortsetter de inn under den kjente sone syd for vatnet. Bredden av linjalene er ikke fastlagt ved målingene, men synes ikke være stor".

Området er av Foslie skilt ut fra den massive grønnstein som flattliggende, skifrige bergarter. Grønhaug har skilt ut en grønnskifersoner over kissonen, samt påvist en felsittbenk som løper under kissonen der den slutter mot sør og fortsetter et stykke vestover ganske parallelt grønnskiferen. Kissonen løper således "ut i lufta"

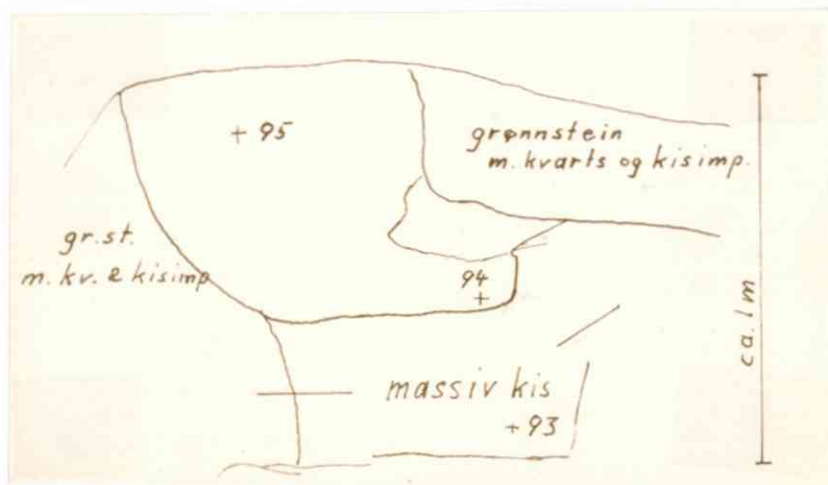
mot sør. På kartskissen er rustsonen skilt ut og de stiplede linjer markører hvordan de (ofte svakt) skifrige bergartene løper. De geofysiske målingene (i-59 og -38) viser fortsettelse av kissonen mot sør, og strøk og fall observasjonene viser at grønnskiferne faller mot sør ved vatnet og sannsynliggjør en slik fortsettelse.

Det geologiske profilet (Bil. 4) viser følgende bergarter på tvers av strøket:

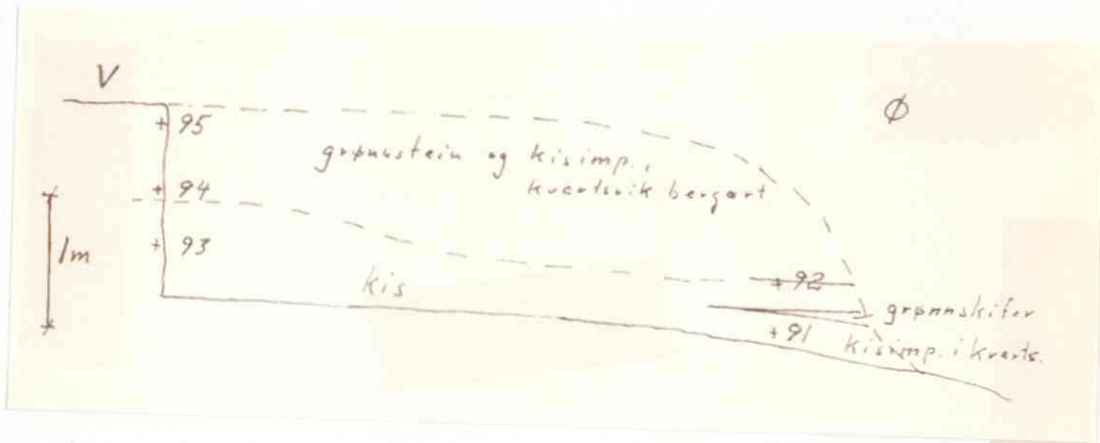
- |     |                                                    |              |
|-----|----------------------------------------------------|--------------|
| S88 | Grønnskifer                                        |              |
| S89 | Kvartsrik grønnstein.                              |              |
| S90 | Kisimpregnert grønnskifer                          | (Bil. 18)    |
| S91 | Kisimpregnert kvartsrik bergart.                   | (Bil. 19)    |
| S92 | Massiv kis mot klorittskifer i heng.               | (Bil. 18,19) |
| S93 | Massiv kis.                                        | (Bil. 19)    |
| S94 | Grønnskifer m. svak impregn. og litt kisimpregn.   |              |
| S95 | Grønnskifer pepret. m. kvartskuler og litt kisimp. | (Bil. 18)    |
| S96 | Grønnskifer m. epidot og kvarts.                   | (Bil. 18)    |
| S97 | Kobberrik kisprøve fra utsprengt materiale).       | (Bil. 19)    |

Det er således ikke keratofyr i umiddelbar tilknytning til malmen.

Skissen nedenfor er av stoffen i røskegrøfta og viser kisens usystematiske begrensning i heng.



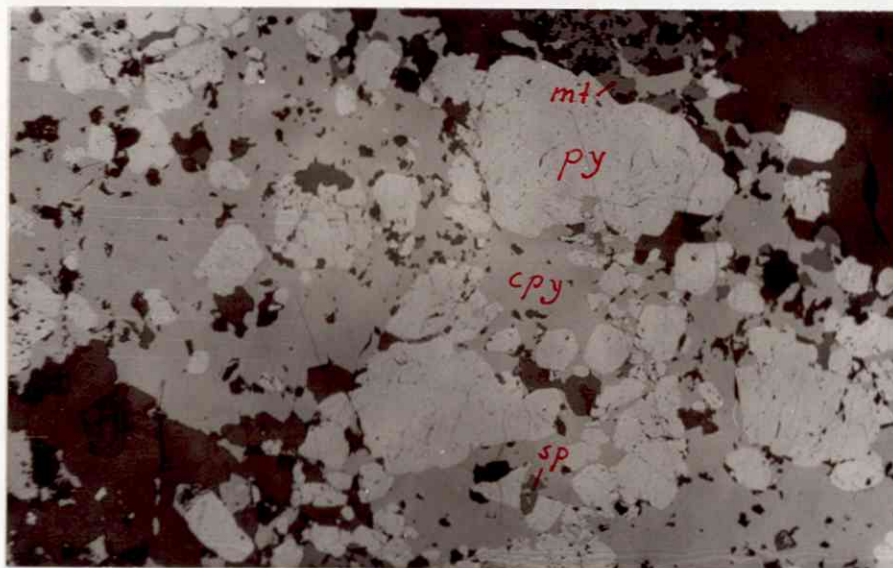
Et liknende profil langs grøfta viser også et komplisert forhold mellom kås og hengbergart dessuten at enkelte partier (lag) er anriket på kobber.



Forskjellige kis- og kisimpregnerte prøver er sammenliknet nedenfor.

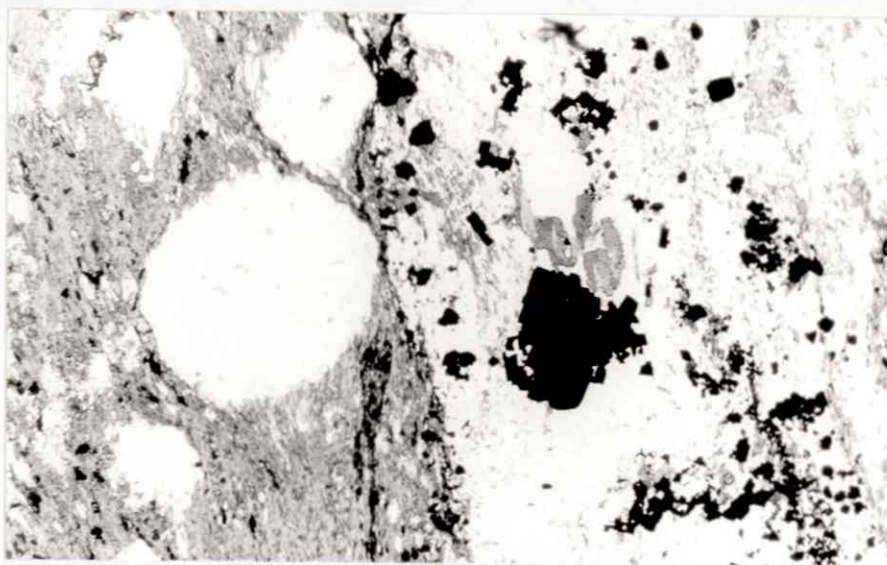
|                          | S91                                                                                                                                                                                   | S92                                                                                                                                      | S93                                                                          | S95                                                           | S97                                                                                                             |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Håndstykke               | Impregnert<br>i kvartsbergart                                                                                                                                                         | Svakt båndet<br>kis.                                                                                                                     | Grov massiv<br>kis                                                           | Svak impregnert<br>i grønnstein.                              | Massiv kis.                                                                                                     |
|                          | Grov impreg-<br>nasjon.                                                                                                                                                               | Dels massiv,<br>kis, dels impreg.                                                                                                        | Grov impreg-<br>nasjon.                                                      | Svak impreg.<br>—                                             | Massiv kis.                                                                                                     |
|                          | An- til eu-<br>hedral pyritt<br>m.kobberkis og<br>sinkbl.,, Også<br>egne kobberkis-<br>korn opp til<br>0.3mm store m.<br>små pyritt-<br>"dråper".Sink-<br>blende følger<br>kobberkis. | Pyritt, kobber-<br>kis, sinkblende,<br>Kobberkis i og<br>rundt pyritt og<br>som egne kryst-<br>aller.Anhedral<br>magnetitt i<br>bergart. | Som S92,<br>men spor av<br>magnetkis<br>observert,og<br>ikke magne-<br>titt. | Sub- til eu-<br>hedral pyritt<br>i kvartsårer.<br>(tynnslip). | An- til subhedral<br>pyritt i kobber-<br>kis - sinkblende-<br>grunnmasse.<br>Anhedral magne-<br>titt i bergart. |
| Maks.korn-<br>størrelse. | 1mm.                                                                                                                                                                                  | 1mm.                                                                                                                                     | 1mm.                                                                         | 0.5mm.                                                        | 1.5mm., men oftest<br>mindre korn.                                                                              |
| Gangmin.                 |                                                                                                                                                                                       | kvarts, kloritt                                                                                                                          |                                                                              |                                                               |                                                                                                                 |
| Cu                       |                                                                                                                                                                                       | 3.57                                                                                                                                     | 0.3                                                                          | 0.07                                                          | 8 - 10                                                                                                          |
| Zn                       |                                                                                                                                                                                       | 0.04                                                                                                                                     | 0.01                                                                         | —                                                             | 0.5 - 1                                                                                                         |
| Pb                       |                                                                                                                                                                                       | 0.01                                                                                                                                     | <0.01                                                                        | <0.01                                                         | <0.01                                                                                                           |
| As                       |                                                                                                                                                                                       | 0.023                                                                                                                                    | 0.02                                                                         | —                                                             | 0.03                                                                                                            |
| Ni                       |                                                                                                                                                                                       | <0.003                                                                                                                                   | <0.003                                                                       | —                                                             | 0.014                                                                                                           |
| Co                       |                                                                                                                                                                                       | 0.043                                                                                                                                    | <0.003                                                                       | —                                                             | 0.1                                                                                                             |
| Se                       |                                                                                                                                                                                       | 0.010                                                                                                                                    | —                                                                            | —                                                             | —                                                                                                               |

Karakteristisk er den store variasjonen i malmineralføringen og at kisen er massiv bare der hvor det er mye kobberkis.



S97  
75 x

Hengbergarten S95 viser en svært original amygdaloidstruktur med helt runde kvartskuler i parallellorientert kloritt - glimmer grunnmasse.



Parallelt lys  
30 x

Kulenes form synes å tyde på at de er dannet eller har fått sitt utseende etter at den tektoniske påkjenningen som har forskifret bergarten, var utløst. Kis i kvartsårer representerer et enda seinere stadium. Uten å kunne stole helt på r.s. - analysen, p.g.a. mye bergart synes det som om kiskrystallene er kobberkisførende. Gulfargen (i prøve) antyder det samme.

Rustsonen er desverre ikke prøvetatt nord og sør for de to røskegrøftene (Bil. 4). I nord er (ved vannledningen) observert svak kisføring sammen med stripet magnetittbergart (sedimentært

utseende). Siste blotningen mot sør viser kobberfattig finkornet kis.

EVd. Gruvevatnet S. (F 6, [30a,b])

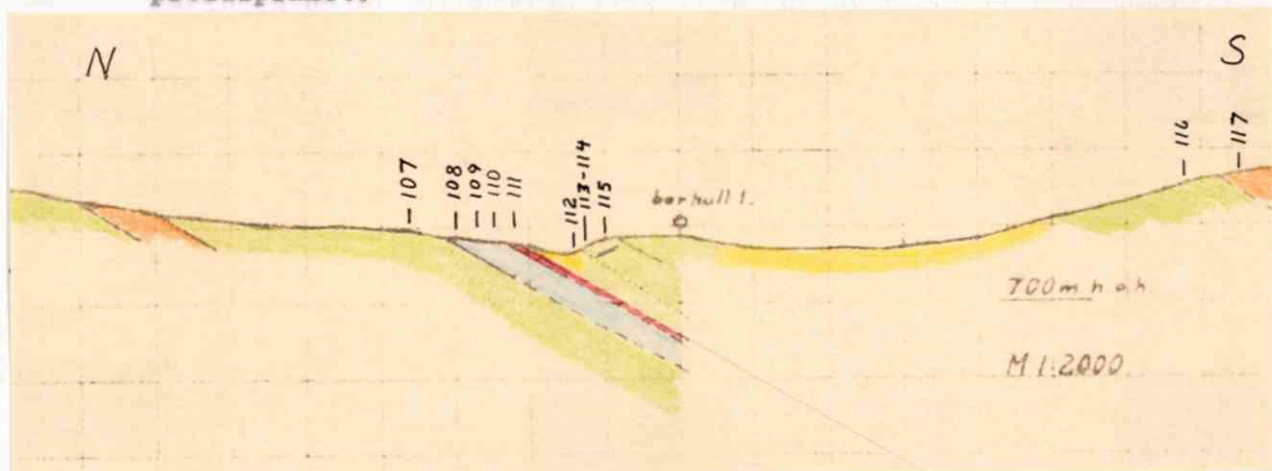
Flymålingene ga indikasjon på et profil sør for vatnet. Det er tidligere påvist en kisse som bortsett fra enkelte brudd strekker seg fra vest for Mistakstjern, passerer sør for Gruvevatnet, dreier sørover langs Nesåflya for igjen å svinge nord-nordøstover ved flyas sørende. Sonen er målt fra vest for Mistakstjern og langs Gruvevatnet (G.M.59), og fire borhull er satt på for å undersøke sonen vest for Gruvevatnet (Bil. 13). S.Fossies kartskisse (Bil. 2) og profilene nedenfor viser at kisen er knyttet til et kvartslag i grønnsteinen som synes å følge helt parallelt trondhemittgrensen bortsett fra vest for Mistakstjern hvor det brytes av trondhemitten i 100<sup>g</sup> vinkel. Sør for Gruvevatnet parallellforskyves laget noe, og skyvingen faller sammen med en knekk i trondhemitt - grønnsteingrensen. Sannsynlig går det her en forkastning i retning nord - sør ( i bekkeleiet ).

Rapporten fra de elektriske konduktivmålingene viser:  
"På den kjente sone syd for Nesåvatnet ble der observert til dels meget sterke indikasjoner. Sonens strøkretning er øst-vest og fall mot syd. Målingene tyder på at her opptrer ledende soner i flere nivåer nær hverandre. Sonene fortsetter ut av målefeltet både mot syd og mot vest".

En vil merke seg at mens rust- og anomalisonene fra Finnkjerringhullet og NØ-enden av Gruvevatnet (F 5, Bil. 2) stryker nord-sør, løper kissonen sør for vatnet som nevnt øst-vest. Lagstillingen rundt vatnet synes ikke å kunne gi noen forklaring på forholdet, og mens målingene indikerer smale nord-sørgående ledere, er det tydelig at kisen sør for vatnet har stor flateutbredelse. Av kotene i Gruvevatnet (Bil.2) og det fotogeologiske kartet kan en heller ikke slutte at kissonene er skilt ved forkastninger. Sammen med erfaringene angående kisenes karakter og geologiske miljø må en anta at det er helt forskjellige mineraliseringer nord og sør for Gruvevatnet.

Sonen er undersøkt i tre profiler henholdsvis øst for Mistakstjern, sør for Gruvevatnet og vest for Nesåflya. Det første

er gjengitt nedenfor, og vi ser at et av borhullene faller i profilplanet.



Borloggen gjengis etter Foslie (1925):

Nesådalen, Borhull I:

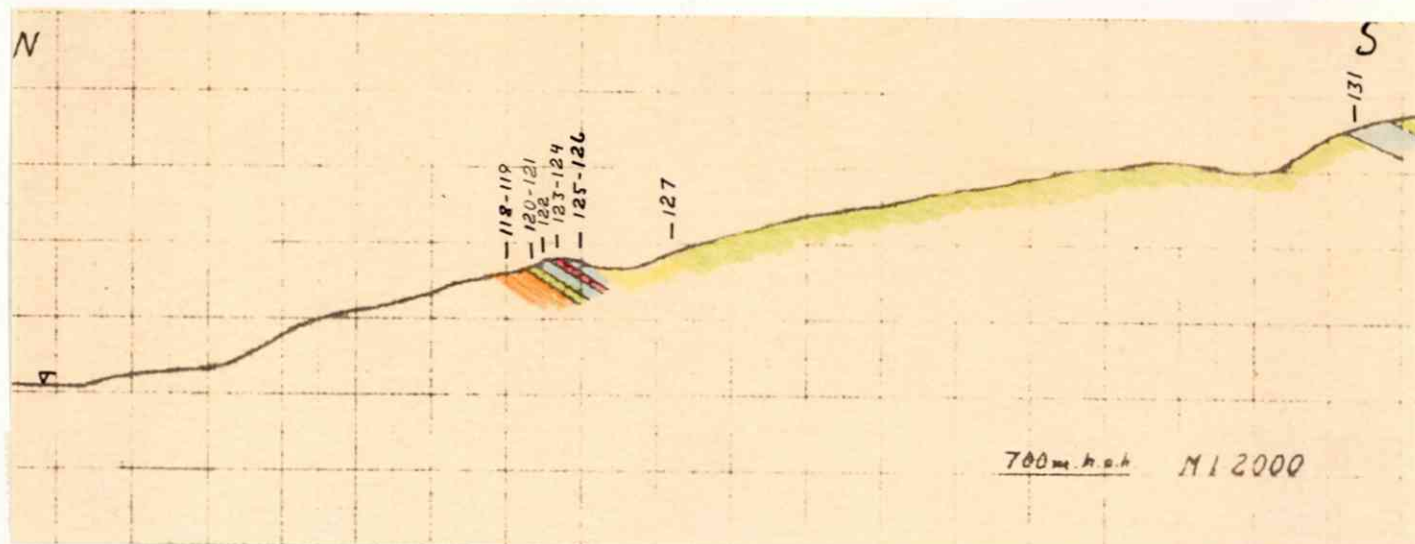
|       |             |                                    |
|-------|-------------|------------------------------------|
| 0     | - 22.87 m.  | Tennelig ensartet grønnsten.       |
| 22.87 | - 23.50 m.  | Litt grov kisimpregnering.         |
| 23.50 | - 26.50 m.  | Grønnsten.                         |
| 26.50 | - 27.50 m.  | Tennelig ren kis.                  |
| 27.50 | - 34.00 m.  | Den typiske sprukne kvarts.        |
| 34.00 | - 34.50 m.  | Kloritskifer.                      |
| 34.50 | - 36.00 m.  | Kvarts.                            |
| 36.00 | - ca. 44 m. | Klorittisk grønnsten, meget ujevn. |
| 44.00 | - 48 (bunn) | Opprinnelig grønnsten.             |

Det geologiske profil viser:

|      |                                               |           |
|------|-----------------------------------------------|-----------|
| S107 | Massiv, mørk grønnstein.                      |           |
| S108 | Kvarts med magnetitt.                         |           |
| S109 | Kvarts med magnetitt.                         | (Bil. 18) |
| S110 | Kvarts med kisimpregnasjon.                   | (Bil. 18) |
| S111 | Massiv kis.                                   | (Bil. 19) |
| S112 | Massiv, lys grønnstein.                       |           |
| S113 | Grov kisimpregnasjon i klorittrik grønnstein. |           |
| S114 | Svakt skifrig grønnstein.                     |           |
| S115 | Jaspis og kvarts - epidot i grønnstein.       | (Bil. 18) |
| S116 | Grønn kvartskeratofyr og grønnstein.          |           |
| S117 | Kvartskeratofyr.                              |           |

Som det vil framgå er det bra overensstemmelse mellom borprofilet og det geologiske profilet.

Profilet sør for Gruvevatnet viser en liknende utvikling.



Det bør taes med at detaljstratigrafien er atskillig mer komplisert enn profilene gir uttrykk for. Kislegemet er sterkt tektonisert, og grønnstein, keratofyr, kvartsitt veksler uten skikkelig laggrenser. Kislagets mektighet ligger mellom 0.5 og 1m.

I profilet vest for Nesåflya ble det observert småfolder med akse N 70 Ø og fall 60 - 70° mot sørvest. En fant her jaspis i den ellers blågrå kvartsen, og kisen opptrådte som impregnasjon og "klyser".



75 x

Kisprøve fra Mistakstjern, S111, fører pyritt, magnetkis, litt kobberkis og sinkblende. En ser på bildet hvordan sub-til anhedrale pyrittkorn er "omringet" av magnetkis og bergart. Magnetkis opptrer også inne i pyrittkrystallene. Kornstørrelsen < 0.3 mm. Kjemisk analyse viser 0.03 Cu, 0.01 Zn, 0.02 Pb, 0.046 As, < 0.001 Se, og r.s.-analysen 0.006 Ni og 0.01 Co. *analyse nøyaktighet?*

Av de to kisprøver sør for Gruvevatnet tatt 30 mm. fra

hverandre, er den ene, S123, en temmelig ren magnetkis. Litt sinkblende og kobberkis forekommer, og sprekker med limonitt og pyritt. Pyritt opptre delvis med sfærolittstruktur som forteller at den er dannet fra kolloidale løsninger på sprekke. Den andre prøven, S124, har også magnetkis som hovedmineral, men fører mer pyritt. Anhedralstruktur. Gangmineraler er kvarts og litt muskovitt som viser parallell til subparallell orientering. Kjemisk og optisk analyse av S123 viser 0.05 Cu, 0.04 Zn, < 0.01 Pb, 0.019 As, 0.013 Ni, < 0.003 Co.

S141 fra sørenden av Nesåflya fører pyritt som hovedmineral, litt magnetkis, kobberkis og magnetitt. Kornstørrelse < 0.05 mm. R.S.-analysen viser 0.02 Cu, 0.01 Zn, < 0.02 Pb, 0.04 As, 0.006 Ni, 0.04 Co.

Karakteristisk for sonen Mistakstjern - Nesåflya er altså variasjonen i pyritt/magnetkisforholdet fra nesten ren magnetkis til nesten ren pyritt, også over små avstander innen en enkelte blotning. Kisen er massiv, men gangmineralene kan vise parallellorientering. Kis opptre også som impregnasjon. Kornstørrelse < 0.5mm. der pyritt opptre med krystallutvikling. Malmmineral- og sporelementinnholdet varierer noe: 0.02 - 0.05 Cu,  $\leq$  0.04 Zn,  $\leq$  0.02 Pb, 0.019 - 0.046 As, 0.006 - 0.016 Ni,  $\leq$  0.04 Co.

EVI. Olatjern (F 5: Y -520, X 68850 (tydelig flyindikasjon)  
[30 a,b, 31a,f])

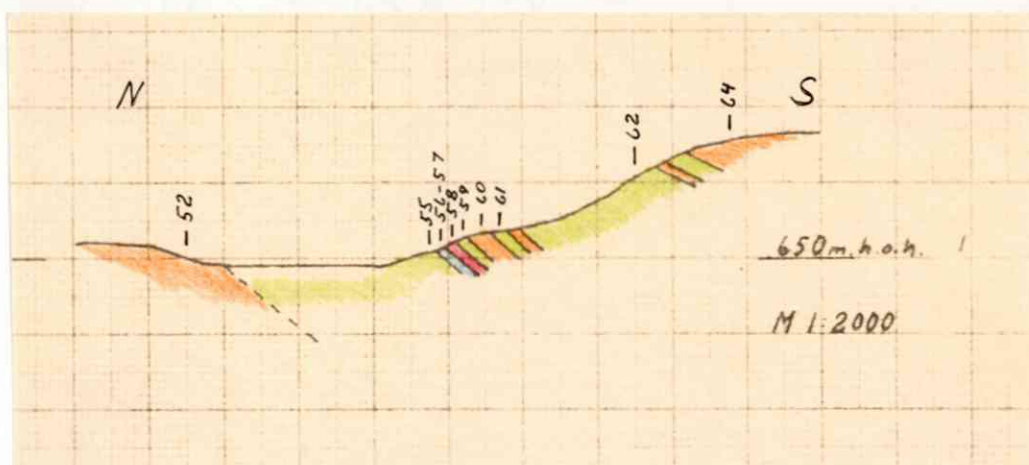
Flymålingene ga indikasjon på to profiler hvorav en tydelig. Ingen tilsvarende registrering ved EMG - målingene, men disse ble muligens lagt for langt mot vest.

Rustbrune, forvitrede keratofyrbenker har stor utbredelse i området. Rusten skyldes svak kisimpregnering. Massiv kis er ikke funnet. Lenger vest i området er det en kjent kissone.

EVIb. Langtjern (Y -2470, X 68450, [31a,c], Bil. 12).

Den ble ikke registrert ved flymålingene, mens EMG - målingene indikerer en mindre leder med fall mot sør.

Dis kan påvises ca. 100 m. i øst-vest retning, maks. mektighet er ca. 2 m.



Profilen viser at kissonen ligger mellom vekslende lag av kvartskaratofyr og grønnstein bortsett fra liggbergarten som er en jaspisførende kvartsittisk bergart. (Bil. 18).

Kisen, (S58, Bil. 19), er en massiv pyritt, sub- til euhedral kornform, kornstørrelse normalt  $< 0.05$  mm., men enkelte "slengere" opp i 0.2 mm. Litt magnetkis og sinkblende.

Kjemisk og optisk analyse ga som resultat 0.04 Cu, 0.01 Zn, 0.01 Pb, 0.12 As, 0.006 Ni,  $< 0.003$  Co. En merker seg arsenangehalten som ligger en god del over prøvene fra de andre skjerpene.

EVII. Tverrelva (G 5: Y 1000, x 70300, [30a,b]).

Flyindikasjon på ett profil. Ikke bakkemålt. Rekognosering førte ikke til funn av rustsone e.l. På tolkningskartet er indikasjonen i trondhemitt.

EVIII. Blåhammertjern - Haydalsvann NV. (G 5, G 4, K.bl.Trones).

En rekke mindre skjerp og rustsoner er avmerket på k.bl. Trones og beskrevet av Oftedahl [ 22 ]. Ingen av skjerpene ble registrert ved flymålingene. Mineralisering opptrer overalt som impregnasjon i grønnskifer eller kvarts, av og til som massiv kis, og av og til sammen med magnetitt.

Undersøkte ett av skjerpene (G 4: Y 4120, X 72500)  
Massiv kis og impregnasjon i kvartsbenk i grønnstein.

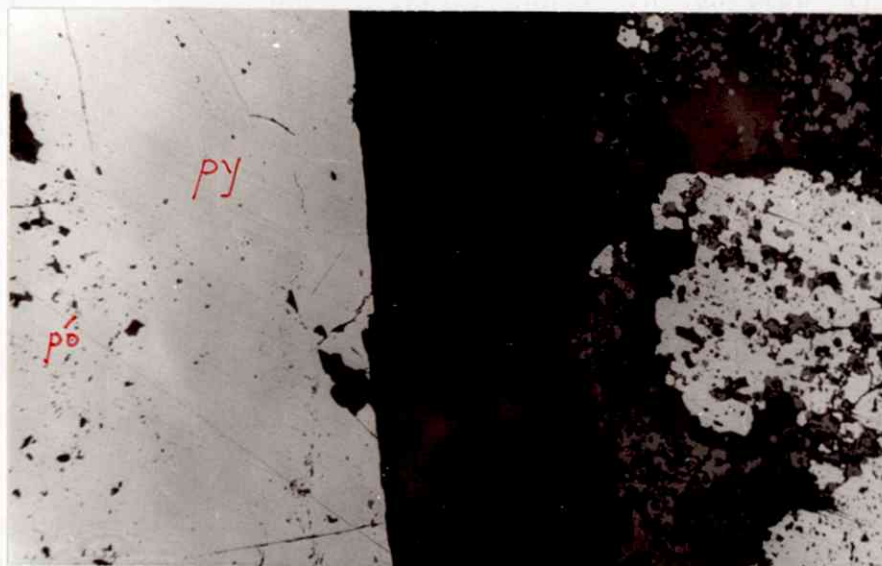


75 x

Den massive kis (S17, Bil. 19) består av et "ukrystallinsk" aggregat av pyritt og bergart med enkelte blankkisårer der bergart omleirer anhedrale pyrittkorn. En del magnetitt forekommer og spor av sinkblende. R.s. -analysen viser 0.02 Cu, < 0.01 Zn, < 0.02 Pb, 0.08 As, 0.005 Ni, < 0.003 Co.

I samme skjerpet forekommer også mer grovkornet, massiv kis.

Nord for Blåhammertjern er funnet et lite skjerp (G 5: Y 1120, X 69040). Magnetitt og grovkornet pyritt opptrer sammen med kvarts og er blottet over et areal på  $5 \times 3$  m. Strøk N  $50^{\circ}$  Ø, fall ca.  $60^{\circ}$  mot sørst. Liggbergarten er massiv grønnstein med "mandler" og litt klorittskifer (s. 14), hengbergarten massiv grønnstein.



75 x

De grove kiskrystallene (bildet forrige side) er godt utviklete, noe oppsprukne terninger med opptil 8 mm. sidekant (S12, Bil. 19). Grunnmassen består av "ukrystallinsk magnetitt og bergart. Magnetitt opptrer også inne i kiskornene. Litt kobberkis er observert. R.s.- analysen viser 0.05 Cu, 0.01 Zn, < 0.02 Pb, < 0.02 As, 0.01 Ni, < 0.003 Co.

EIX. Havhalshammeren. (G 5).

Flyindikasjoner på profilene 274 og 277. Ikke undersøkt.

EX. Cevoker. (F 6. [30a,b]).

Elektromagnetiske forstyrrelser, "ikke tolkbare", på tre profiler ved flymålingene. Rekognosering i området uten funn av noe som kunne ha forårsaket "anomaliene".

EXI. Tredjevatnet. (E 6. [30a,b]).

Elektromagnetiske forstyrrelser, ikke tolkbare, på et profil vest for nordenden av vatnet ved flymålingene. Flere rustsoner er kjent i området (K.bl. Trones [ 22 ]).

EXIb. Finnkrudåma kislelt. (E 6).

Ikke registrert ved flymålingene. Bakkemålt 1938 av ABEM, resultatet inntegnet på kartskissen. Videre er inntegnet observasjoner og prøvesteder. Bare i den vestlige delen av det geologiske profilet kan en måle strøk og fall, forøvrig er bergartene massive.

De elektriske målingene viser tre omtrent parallelle ledende strenger, og markerte rustsoner faller sammen med disse. Det kan nevnes at en ifølge Fowle fikk atskillig sterkere anomalier her enn ved skjerpene rundt Gruvevatnet, men anomaliene ebber ut før de når brattskrenten i nordøst. G.M. - målinger ga anomalier bare over den vestre rustsonen - maks. utslag 6500  $\gamma$ .

Det geologiske profil viser følgende bergarttyper:

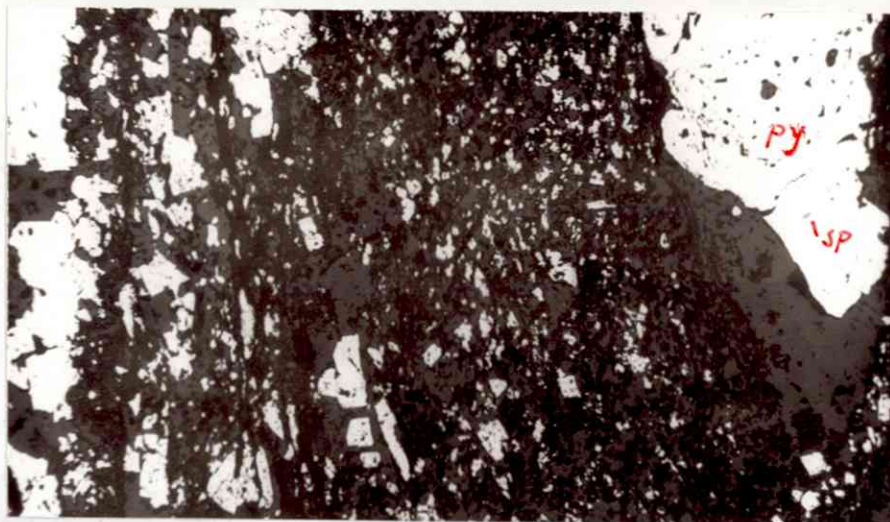
- |      |                                                       |           |
|------|-------------------------------------------------------|-----------|
| S149 | Jernkvartsitt.                                        | (Bil. 18) |
| S250 | Kisimpregnasjon i magnetittførende bergart og kvarts. |           |
| S151 | Massiv kis og magnetittførende bergart.               |           |
| S152 | Massiv kis.                                           |           |

- S153 Magnetittførende bergart.  
S154 Massiv grønnstein.  
S155 Kvartskeratofyr (Bil. 18)  
S156 Hornblenderik massiv grønnstein. (Bil. 18)  
S157 Kalkgrønnskifer  
S158 Massiv kis og kullholdig materiale. (Bil. 19)  
S159 Massiv grønnstein.  
S160 Massiv kis.  
S161 Kvartskeratofyr.

Bare den midtre sonen fører kis av noen mektighet. Strøk og fall er vanskelig å observere, men småfolder med flattliggende akse N 40 Ø sees. Fattig kis blandet med mørkt kullholdig materiale er blottet i en horisontal bredde av 4 - 5 m. (ibekk), derav ca. 2 m. massiv kis.

Med bergartenes flate fall og småfoldet struktur kunne en være tilbøyelig til å anse de tre sonene for å representere ett og samme kislage. Prøver fra sonene er sammenliknet på neste side:

|                        | Vestre sone.                         | Midtre sone.                                                                                               |                                                                                                                  | Østre sone.                                       |
|------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
|                        | S152                                 | S158(Bil.19)                                                                                               | S158(Bil.19)                                                                                                     | S160                                              |
| Struktur               | Massiv kis.                          | Ukrystallinsk<br>aggregat av kis<br>og bergart, men<br>enkelte årer med<br>subhedrale korn<br>1 mm. store. | Ukrystallinsk<br>parallellorientert<br>grunnmasse og soner<br>med sub- til enhed-<br>rale pyritt-<br>krystaller. | Massiv kis og<br>impregnert,<br>foldet og sliret. |
| Cu                     | 0.01                                 | <0.01                                                                                                      |                                                                                                                  | 0.005                                             |
| Zn                     | <0.01                                | <0.01                                                                                                      |                                                                                                                  | <0.01                                             |
| Pb                     | 0.04                                 | 0.04                                                                                                       |                                                                                                                  | <0.02                                             |
| % As                   | 0.023                                | 0.052                                                                                                      |                                                                                                                  | <0.02                                             |
| Se                     | <0.001                               | <0.001                                                                                                     |                                                                                                                  | —                                                 |
| Ni                     | 0.013                                | <0.003                                                                                                     |                                                                                                                  | 0.017                                             |
| Co                     | <0.003                               | <0.003                                                                                                     |                                                                                                                  | <0.003                                            |
| Opptreer<br>sammen med | Magnetitt,<br>kullholdig matr.       | Kullholdig matr.                                                                                           |                                                                                                                  | —                                                 |
| Hengbergart            | kvarts-kloritt-<br>magnetitt bergart | Kalkgrønnskiifer                                                                                           |                                                                                                                  | grønnstein                                        |
| Liggbergart            | Keratofyr.                           | Kalkgrønnskifer                                                                                            |                                                                                                                  | grønnstein.                                       |



S158b

75 x.

Bortsett fra de magnetittholdige omgivelsene i vest- muligens også strukturene, men det er ikke tilstrekkelig undersøkt - og nikkelgehaltene, er det god overensstemmelse mellom S152 og S158. Spesielt merker en seg relativt høge blygehalter. S160 fører mer kobber og mindre arsen. De oppførte data gir imidlertid ikke tilstrekkelige informasjon om de tre sonene til å kunne påvise at de representerer ett eller flere stratigrafiske lag. I brattskrenten i nordøst er det observert kisstriper som helt sikkert representerer et høyere nivå.

EXII. Nesåa. (E 6: Y-3500, X 62900, [22]).

Ikke registrert ved flymålingene. Kisimpregnasjon i grønnstein (S147) over større område, men "jernhatt" ikke utviklet.

S148 er fra et liknende men mindre skjerp nord for Nesåa. Lokale rustflekker og kiskonsentrasjoner finnes hist og her i hele området sør og nord for Nesåa.

Elektromagnetiske forstyrrelser på flyprofil 317 er ikke undersøkt.

EXIII. Nesåpiggen, (E 7: [30 d-e]).

Elektromagnetiske forstyrrelser på flyprofilen 319. Ikke undersøkt.

EXIV. Søndre Grønndalsfjell. (E 4, Y-9800, X 72800, [30a,b])

Flymålingene ga tydelige indikasjoner som imidlertid må antas å skyldes taubanen. Rekognosering i området kunne ikke påvise noen annen årsak.

EXV. Store Skorovatn. (E 4: Y -7800, X 71600, [30a,b]).

Som EXIV.

M I. Søndre Grønndalsfjell. (E 5, [30a,c]).

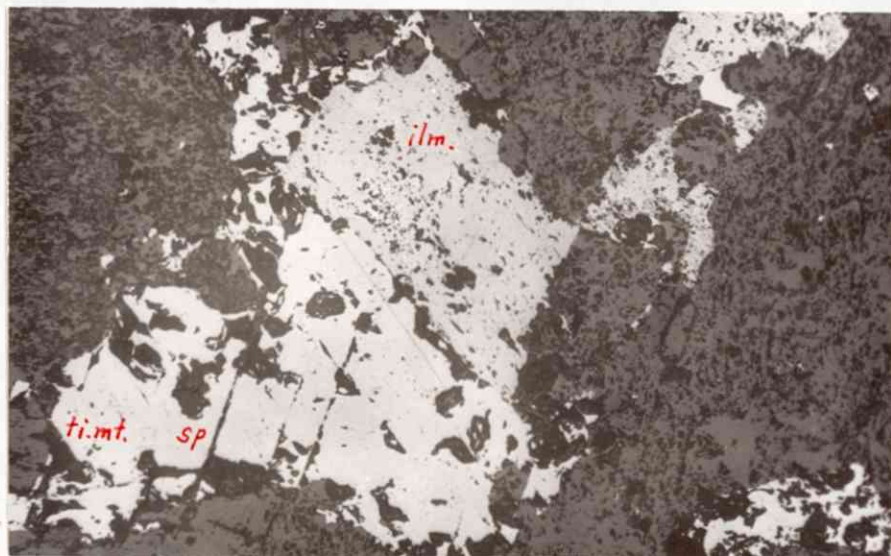
Flyanomalikart viser indikasjoner på flere profiler, de største særst for EXIV d.v.s. like ved og sør for taubanen. Tre rekognoserende magnetometerprofiler ga ingen nevneverdige anomalier (Bil. 8). En registrerte at jo mørkere den gabbroide bergarten var, jo større  $\chi$  - verdier. Ingen av profilene gikk over områder med troctolitt (k.bl.Trones). Denne bergarten er svakt magnetisk og holder ca. 5 % magnetitt. Den er funnet også utenfor de områder som er skilt ut som troctolitt på kartet, og antas å ha forårsaket anomaliene som ble registrert ved flymålingene. Bergarten er vist s. 30 (S173b) og består hovedsaklig av olivin, rombisk pyroksen og plagioklas. Ertsen opptrer på sprekker i olivin, på grensen olivin-pyroksen, og finfordelt i pyroksen. Hovedsaklig magnetitt, litt pyritt. Anhedrale korn (Bil. 19).

M II. Storberget. (E 6, Bil. 8, [30a,c]).

Flyanomalikartet viser sterk anomali i Storbergets vest-skråning med  $\chi'$  - verdi = 5.8 (om anomalien forårsakes av en kompakt jernmalm med tilsynelatende susceptibilitet = 0.5 (omtrentlig middelvei for mellomsvenske jernmalmer), skulle malmbredden gå opp i 10 - 12 m. [30]).

Rekognoserende bakkemålinger fra Finnkrudåna til Storbergets topp og profil med måleavstand 25 m. over anomaliområdet (Bil. 8), viser parallelle magnetiske soner over en strekning på ca. 700 m. Maks. 6500  $\chi$ , min. -7500  $\chi$ . Parallelle "benker" eller knauser stryker i retning nord-sør, men anomaliene falt ikke sammen med disse.

Den ertsførende bergart (S167) er beskrevet s. 26 og er en apatittførende gabbro. Ertsen er vist nedenfor med bilde og slipbeskrivelse.



75 x

#### Mineraler:

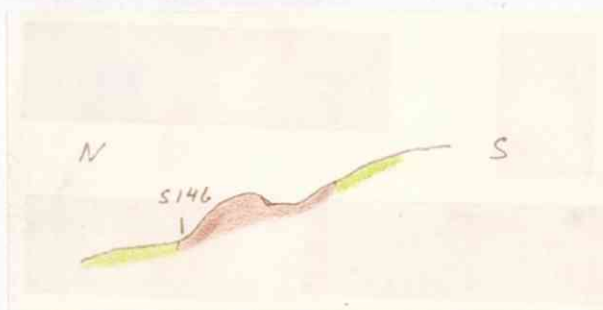
1. Titanomagnetitt: Gråkvitt, isotropt, rent mineral med avblandet ilmenitt (etter kuben) og muligens spinell (etter oktaedret). Dessuten tynne slirer av lyst, anisotropt mineral (pseudomorf magnetitt: martitt (?)).
2. Ilmenitt: Lys gulbrunt, anisotropt  $H < H_1$ , forekommer i to generasjoner d.v.s. en ser lameller av samme mineral i ilmenitt grunnmasse. Inneholder små "dråper" av jernglans, mørkt mineral (4) og pyritt.
3. Jernglans: Lysere enn 2,  $H > H_2$ , svakt anisotropt.
4. "Mørkt mineral": Mørkt, anisotropt mineral,  $H \approx H_2$ . Kunne tenkes å være hogbomitt, men mangler dennes tvillinger, krystallform og brune I.R.
5. Pyritt: Som små korn i 2., dessuten enkelte korn i bergarten.

Bakkemålingene er for ufullstendige til å si noe om erts-mineraliseringens utbredelse og opptreden. Selv om anomalien fra flyvmålingene er løst opp i flere mindre anomalier, kan en ikke helt se bort fra at ertskonsentrasjonen kan øke mot dypet, og at det en har registrert er perifer impregnasjon. Dette må imidlertid bare opp-

fattes som den ikke indikerte, fantasifulle mulighet som likevel kunne gi grunnlag for en noe grundigere undersøkelse. Det er f.eks. ikke undersøkt om de parallelle magnetiske sonene skyldes vekslings mellom granitt og gabbro eller varierende mineralisering i gabbro.

M III. Nesåa. (E 6: Y-9100 X 62700)

Flymålingene ga mindre anomalier på flere profiler sær for Nesåa. Bakkemåling ga anomali over 15 - 20 m. bred øst-vest-skjerende gabbrogang i grønnstein



Bergarten S146, er beskrevet s. 31, og er en omvandlet gabbro eller olivingabbro. Impregnasjoner av magnetitt, pyritt og magnetit. R.s.- analysen ga utslag på nikkel(?) og krom.

M IV. Nesåpiggen. (E 7, [30a,c]).

Flyprofilene 321 - 323. Ikke undersøkt.

M V. <sup>v</sup>Cevoker - Svartberget. (F 6, [30a,c]).

Flyindikasjoner på profilene 286 - 288. Bakkemålingene ga lokal anomali (maks. 6500 <sub>γ</sub>) sær for Gruvetjernet (Bil. 9).

Svakt magnetisk "grønnstein", S83, antas å ha forårsaket anomalien.

M VI. Langtjern - Sætertjern, (F 5, G 5, Bil. 10 [30ac]).

Flymålingene ga anomalier på en rekke profiler fra sør for Langtjern til Tverrelva. - maks.  $b \times ' = 3.3$ . Rekognoserende bakkemålinger løste opp fly-anomaliene i mange mindre anomalier, og feltundersøkelsene viste at magnetittførende grønnstein i veksel-lagring med kvartskeratofyr har forårsaket utslagene. Flyanomaliene forsterret p.g.a. de negative verdiene innenfor trondhemittsonen. Bakkemålingene viser at en ville ha kunnet tegne inn trondhemitt-grensen på grunnlag av nøyaktige målinger, og også de rekognoserende målingene har gitt brukbart samsvar med den feltbestemte trondhemitt-grensen.

S7 viser magnetisk grønnstein. R.s.- analyse ga utslag på titan.

M VII. Sæterklumpen. (G 5, [30a,c]).

Flymålingene ga anomali på to profiler vest for Havdalsvann. Kjent magnetittsone på Sæterklumpen antas å ha forårsaket anomaliene. S16 (Bil. 19) viser finfordelt magnetitt i kvarts-kloritt-grunnmasse. R.s.- analyse ga intet nevneverdig. (lititan)

#### 4. Analyser.

Som ledd i en sammenliknende undersøkelse av de forskjellige kisser og skjerp, er det kjørt en del prøver på røntgenspektrograf og latt foreta noen kjemiske analyser og analyser på optisk spektrograf. Til undersøkelsen ble nyttet tilfeldige prøver fra de forskjellige forekomstene, og det en først og fremst var ute etter var om en kunne finne noen lateral tendens i elementenes opptreden.

Røntgenspektrografens arbeidsgrunnlag bygger på elementenes fluorescensreaksjon når de treffes av røntgenstråler, og spektrografen kan under bestemte forutsetninger benyttes til kvalitativ, halvkvantitativ eller kvantitativ analyse. I overensstemmelse med formålet for undersøkelsene skulle en bestemme de malmmineraler og enkelte sporelementer som inngikk i prøvestykkene og deres omtrentlige mengdeforhold, altså en halvkvantitativ bestemmelse. Forutsetningen for et brukbart resultat er da at prøvenes gehalter varierer innenfor en rimelig ramme, at deres matriks er noenlunde den samme, og at kjørebetingelsene er de samme. Alle prøvene bortsett fra tre, beste av massiv kis og var knust ned til -200 mesh.

Hvor rene de massive prøvene var, får en et inntrykk av fra analysene på optisk spektrograf som også er analysert på jern. Der viser S58 (svovelkis) 38.06<sup>o</sup>/o Fe, S92 (svovelkis og 3.57<sup>o</sup>/o Cu) 37.19<sup>o</sup>/o Fe, S123 (magnetkis og svovelkis) 54.49<sup>o</sup>/o Fe og S158 (svovelkis) 30.73<sup>o</sup>/o Fe. S158 er den prøve som viser minst omvandlet vasskisstruktur og tilsvarende mye bergartinnslag - ca. 34<sup>o</sup>/o bergart. Noe liknende regnes for S17, mens de øvrige antas å ha 0 - 20<sup>o</sup>/o bergart. Hvilken virkning dette har for påliteligheten av intensitetsmålingene kjennes ikke fullt ut, men nøyaktigheten er uten tvil tilstrekkelig for dette arbeidet.

Prøvene ble kjørt i luft ut fra det resonnement at innenfor vinkelområdet vi opererte i ( $2\theta = 27 - 50^\circ$ ) er bølgelengdene tilstrekkelig små til ikke å bli forstyrrert av luft. Ødegård [ 26 ] har kjørt en prøve i vakum og i luft, og får for linjene  $W\text{E}\beta$ ,  $ZnK\alpha$ ,  $WLa$ ,  $CuK\beta$  kvotienter for utslag i luft/utslag i vakum på henholdsvis 1.18, 1.27, 1.25, 1.19. Det viser at strålene blir noe forskjellig absorbert i luft, men forskjellen er uten betydning for den nøyaktighetsgrad som her var nødvendig. Av diagrammet (Bil. 15)

ser en også at utslagene for de forskjellige elementene ikke samsvarer med intensiteten for de forskjellige spekterlinjene som blir brukt. Således er det tydelig at følsomheten (fluorescensreaksjonen) er sterkere for sink enn for kobber, og intensitet/konsentrasjon-kurven mye steilere. Intensiteten - utslaget - er avlest i mm. og ikke i antall tellinger pr. tidsenhet, da kjørebetingelsene var de samme for alle prøvene.

De kjemiske analyseresultatenes nøyaktighet varierer for de forskjellige elementene. Der en konsentrasjon er angitt med to sifre, er det første sikkert. Er bare ett siffer oppgitt, er det altså forbundet med en usikkerhet på opptil flere hundre prosent. Noe liknende antas for analysene utført på optisk spektrograf.

På diagrammet for intensitet/konsentrasjon - forholdet (Bil. 15) er avsatt resultatene for prøver som er kjørt på røntgenspektrograf og analysert kjemisk eller optisk. Den store usikkerheten som er forbundet med analyseresultater, prøvenes homogenitetsforhold, prøvenes lave antall etc. gjør at kurvene på ingen måte må betraktes som nøyaktige kalibreringskurver. De er dessuten trukket opp etter skjønn, mens en riktig kurve skal trekkes slik at  $\Sigma v^2$  ( $v$  = avstanden mellom punkt og kurve) blir minst mulig. Likevel synes diagrammet såpass stor overensstemmelse mellom spektrografens utslag og optisk eller kjemisk analyse for de forskjellige elementene, at de andre prøvestykkenes omtrentlige konsentrasjoner er funnet ved en skjønnsmessig avlesning på kalibreringskurvene. Grunnlaget for en "skjønnsmessig avlesning" finner en ved å studere utslagene for samtlige prøver for hvert element. For bly ser en f.eks. at utslag på opp til ca. 5 mm. (det vanskelig avlesbare området) tilsier en kons. på  $< 0.02^0/0$ , og større kons. gir markert større utslag. Arsen er ubetinget lettest å analysere kjemisk, og kalibreringskurven tilsvarende god. Imidlertid faller  $AsK\beta$  sammen med en svak wolframlinje, og dennes utslag varierer sterkt med bergartinnslaget i prøven. Ved å sammenlikne med fellesutslaget for  $AsK\alpha$  -  $PbL\alpha$  kan en langt på veg avgjøre om det er nevneverdig arsen i prøven, da  $AsK\alpha$  gir relativt stort utslag og langt større enn  $PbL\alpha$ . Vi ser for prøvene 17b, 95 og 147 at  $AsK\alpha$  - utslaget er mye lavere enn en kunne vente av  $AsK\beta$  - utslaget, og nettopp disse tre prøvene består av bergart med kisimpregnasjon.

For kobber ligger tre eller fire prøver på en linje, mens den femte faller litt utenfor. Prøver med konsentrasjoner  $> 0.14^0/o$  er plottet inn i redusert målestokk, og ~~sa~~ svarer ikke helt med de øvrige, men variasjonsområdet blir da også mye større.

For sink er resultatene svært springende. En svak wolframlinje influerer noe på ZnK $\alpha$ .

For nikkel og kobolt er gehaltene små og utslagene små i forhold til bakgrunnen. Et par prøver skiller seg likevel ut.

Selenlinjen SeK $\alpha$  faller sammen med en wolframlinje, mens SeK $\beta$  har for lav intensitet til å kunne tydes.

### Resultater.

Kobber- og sinkinnholdet skiller prøvene i to hovedtyper. 92, 93 og 95 (fra NØ - enden av Gruvevatnet) har svært varierende kobberinnhold fra  $0.3 - 5 \cdot 10^0/o$ . Svakt kisimpregnert hengbergart viser ca.  $0.07^0/o$  Cu, men er usammenliknbar.

S101 fra Finnkjerringhullet fører ca.  $0.12^0/o$  Cu og  $1-2^0/o$  Zn. Øvrige prøver holder  $\leq 0.05^0/o$  Cu og  $\leq 0.04^0/o$  Zn, og skiller seg klart fra kobber - sinkgruppen ovenfor.

Blykonsentrasjonen viser at kobber - sinkgruppen ligger ubetydelig lavere enn de fleste andre. S152 (spesielt) og S158 - begge fra Finnkrudåma - ligger markert høyere ( $0.08$  resp.  $0.04^0/o$  Pb).

Arsen. De fleste prøvene viser  $\leq 0.05^0/o$  As, men S58 (sør for Langtjern) og S17 (NV for Havdalsvann) ligger markert høyere med  $0.12$  resp.  $0.08^0/o$ .

### Nikkel.

Svak tendens i retning av lavere konsentrasjoner i kobber - sinkgruppen, men den kobberrike S97 danner unntak.

Kobolt. Tendens til høyere konsentrasjoner i kobberrike prøver.

Co/Ni. Eksemplert kobberrike: S92  $> 14$ , S97  $\sim 7$ , S93  $?$ , S101  $> 7$ , Undal - Gudird  $\sim 5$ , Undal - rågods  $\sim 9$ .

For de øvrige varierer forholdet fra 1.6 til  $1/7$  med ett unntak (S141) oppe i 7. Resultatene antyder at Co/Ni - forholdet ligger en del høyere for kobber - sinkgruppen.

Selen. De kjemiske analysene ga  $0.010^0/o$  Se i S92,  $0.0015^0/o$

i S101, mens  $< 0.001\%$  og betydelig mindre enn i S101 for S58, 111, 123, 152 og 158. Undal - Gudird og Undal - rågods fører  $0.002\%$  og  $0.001\%$  henholdsvis. Altså tydelig mer selen i kobber - sinkgruppen.

##### 5. Undersøkelse av en magnetkis ved røntgendiffraksjon.

Som det vil framgå av diagrammene neste side har diverse forskere på basis av labratorieforsøk med syntetiske magnetkiser funnet fram til visse relasjoner mellom magnetkisers Fe - innhold, nettplanavstand for (102) og dannelsesstemperatur. For de teoretiske betraktninger og praktiske forsøk som ligger til grunn henvises til R.G.Arnold: Equilibrium relations between pyrrhotite and pyrite. Economic Geology, Vol. 57, nr. 1, 1962, samt litteraturhenvisninger i tilknytning til samme arbeid.

Arnold anfører som forutsetninger for bruk av likevektDiagrammet  $\text{FeS} - \text{FeS}_2$  til bestemmelse av dannelsesstemperatur for naturlige pyritt - magnetkisforbindelser at det har vært likevekt til stede, at den tilsvarende magnetkis ikke har undergått betydelig forandring under senere geologiske leivenheter, og at ikke sporelementer i magnetkisen (solid solution) influerer på likevektsforholdene i særlig grad. Som grensebetingelser ved bestemmelsen av likevektskurven har han dessuten valgt temperaturene  $743^\circ\text{C}$  og  $325^\circ\text{C}$ . Over  $743^\circ\text{C}$  kan ikke pyritt eksistere i likevekt med gass, under  $325^\circ\text{C}$  kommer monolin og heksagonal "superlattice" magnetkis inn i bildet.

Magnetkisen som ble undersøkt var fra øst for Mistakstjern (S111) og viste under mikroskop en finfordelt blanding av pyritt og magnetkis. Det framgår av filmkopien at den utseparerte prøven ikke har vært fri for pyritt, samt at prøven med fordel kunne vært bedre knust.

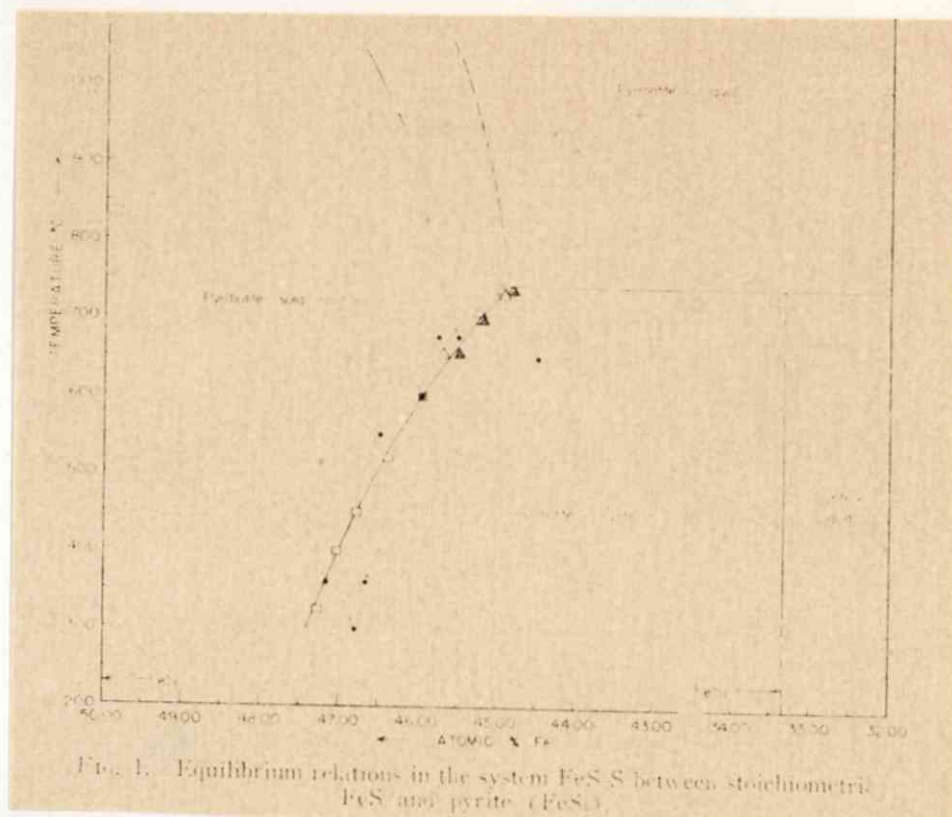


FIG. 1. Equilibrium relations in the system FeS-FeS between stoichiometric FeS and pyrite (FeS<sub>2</sub>).

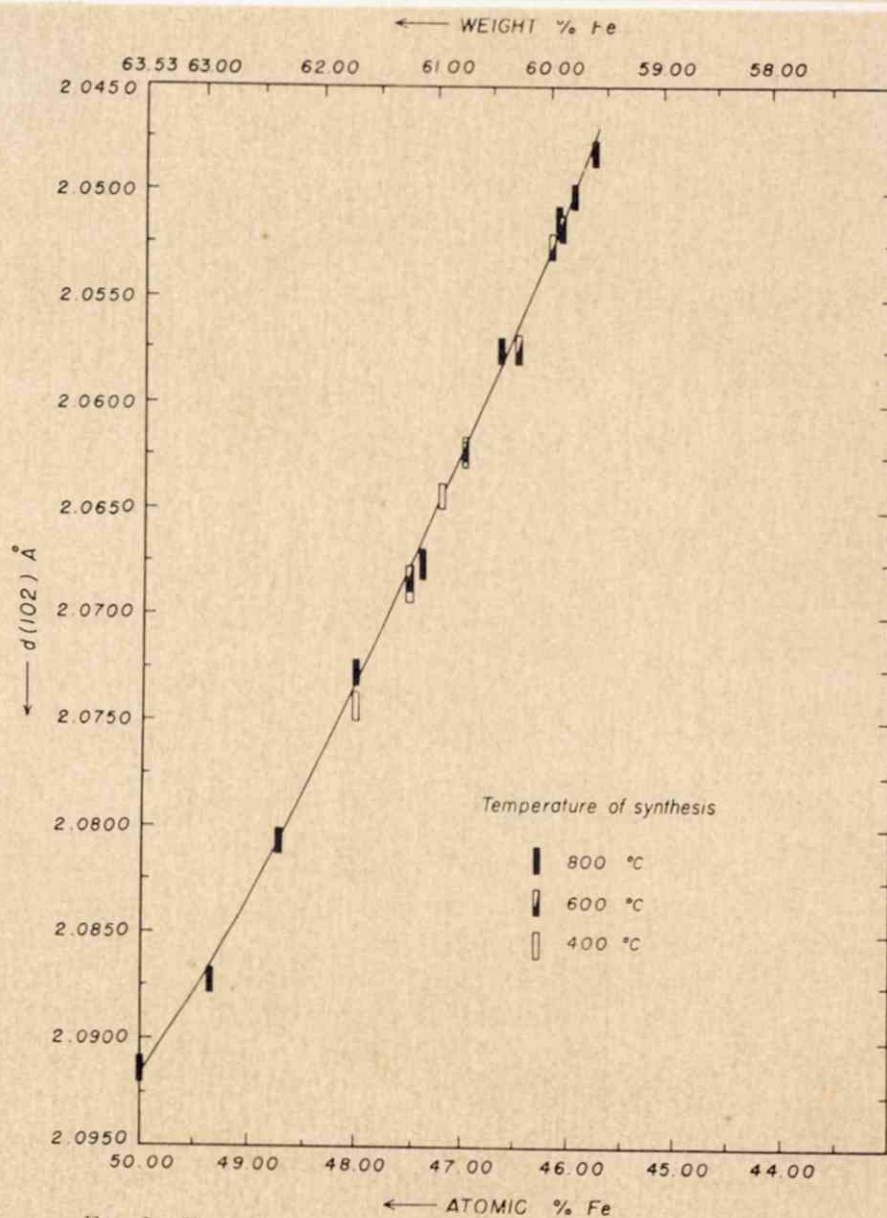


FIG. 2. X-ray determinative curve showing  $d(102)$  as a function of pyrrhotite composition.



Til opptakene - utført med instituttets røntgenapparat Philips nr. 11704/23 - ble nyttet Cu - røsr, Mn - filter og Blue Brand - film. Eksponeringstid ca. 13 timer med 21 mA og 35 kV. Med Kameradiameter 114.6 mm. (eventuell korreksjon p.g.a. avstand  $\neq$  180 mm. mellom hullsentrene i filmen ble funnet unødvendig) avleses  $4\theta$  direkte i grader, og den funne verdi var  $4\theta = 89.42^\circ$ . Ved direkte bruk av Philips tabeller gir det nettplanavstand  $d_{(102)} = 2.030$ . Av figur 2. går det fram at denne verdien er uforenlig med Arnolds resultater. Ettersom mulig unøyaktighet under forsøket neppe kan forklare den funne verdi, må en anta at en eller flere av betingelsene for bruk av diagrammene ikke har vært til stede.

Formålet med undersøkelsen var å lære metode og teori å kjenne, og noen slutninger angående magnetkis og dannelsesstemperatur kan på ingen måte trekkes av dette ene forsøket.

## Kapitel VI.

### Vurdering av forholdet "vasskis" - "gangkis" i feltet.

Betegnelsene "vasskis" og "gangkis" har i norsk geologisk og gruveteknisk terminologi vært brukt med dels varierende betydning. Til karakteristik av to typer kiskforekomster med henholdsvis liten og stor økonomisk betydning har det ikke ligget noen genetisk klassifisering i de to begrepene. Imidlertid har C.W. Carstens i sine arbeider satt likhetstegn mellom vasskis og biokjemisk sedimentære kiser (Leksdalstypus), og mellom gangkis og metasomatisk hydrotermale kiskforekomster. Den pågående diskusjon om kismalmenes genesis fører med seg at vi i hvert fall bør unnlate å forbinde begrepet gangkis med en bestemt genesis. At vasskisene er av sedimentær opprinnelse er det ingen uenighet om, men i hvilken grad vulkanske produkter eller bakterier har dominert dannelsesprosessen, er ikke kjent.

Det er etterhvert blitt samlet en del data til å karakterisere og skille de to kistypene vasskis og gangkis. Nedenfor er satt opp enkelte av dem - kornstørrelse, malmineral - og spor - elementinnhold - etter C.W. Carstens [57 s.120 og 36]. Hans betegnelser "Leksdalstypus" og "Løkken-Grongtypus" regnes i overensstemmelse med det som er anført foran formelt som ikkegenetiske betegnelser på e n gruppe vasskiser og e n gruppe gangkiser.

|                   |                | °/o        |       |      |       |    |      |
|-------------------|----------------|------------|-------|------|-------|----|------|
|                   | Kornst.        | Cu         | Zn    | Pb   | As    | Ni | Co   |
| Leksdalstypus     | gj.sn. 5 $\mu$ | spor       | 0.25  | 0    | >0.05 | -  | lite |
| Løkken-Grongtypus | 0.05-0.2mm.    | >0.1       | >0.25 | lite | <0.05 | -  | 0.05 |
|                   | g/t            |            | °/o   |      |       |    |      |
|                   | Se             | Ag         | Ti    | C    |       |    |      |
| Leksdalstypus     | 0              | svært lite | lite  | >0.2 |       |    |      |
| Løkken-Grongtypus | >10            | >10        | 0     | 0    |       |    |      |

Co/Ni = 10 - 30/1 for Løkken-Grongtypus.

Ødegård [26] gir et tilsvarende tall for vasskis og gangkis fra Løkken.

|         | °/o  |      |       |       |             | g/t   |       |    |         | °/o |
|---------|------|------|-------|-------|-------------|-------|-------|----|---------|-----|
|         | Cu   | Zn   | Pb    | As    | Ni          | Co    | Se    | Ag | Ti      | C   |
| Vasskis | <0.1 | ≤0.1 | <0.05 | >0.05 | 0.01-0.03   | <0.01 | 0     | ~7 | 0.1-0.3 | Noe |
| Gangkis | >0.1 | >0.1 | ~0.05 | ~0.05 | 0.001-0.005 | ~0.07 | 50-18 |    | <0.01   | 0   |

Ødegård deler inn vasskisene i Løkkenområdet i "lav- eller umetamorfe" og "metamorfe", og anfører kornstørrelse 0.002 - 0.008 mm. og 0.01 - 0.05 mm. henholdsvis.

Vasskis av Leksdalstypus opptrer i alminnelighet i sterk veksellagring med svartfjell-lag, grafittskifer, jaspis - blåkvartslag og grønnsteinkifer [ 7 ]. Ødegård anfører vasskissens store utstrekning i såvel strøk- som fallretningen, mens gangkisene har mye større mektighet i forhold til bredden, men stor lengdeutstrekning.

Skorovassområdets kisforekomster fordeles i overensstemmelse med det foregående umiddelbart i gangkis og vasskis, men med noe andre karakteristika, spesielt for vasskissenes vedkommende.

Vasskisene skiller seg umiddelbart fra vasskiser av Leksdalstypus ved at veksellagring med andre bergarter ikke forekommer, eller kislagen opptrer med flere meters bergartmektighet mellom hvert lag. Finnkrudåna kan være et unntak, da den midtre sonen fører kullholdig materiale sammen med kis. Forøvrig er tilknytningen til blåkvarts - jaspislag, svartfjell og grønnskifer den samme. Plateformet opptreden er konstatert sør for Gruvevatnet.

Det er likevel ikke alltid at vasskissenes feltopptreden umiddelbart gir inntrykk av en sedimentær opprinnelse. Fra Smaltjern er nevnt tidligere hvordan sulfidimpregnasjonen "satt" i bergartene rundt en "utklemt" grønnskifer / kvartsåre. I skaret nord for Østrevatnet (S68) er sulfidmineraliseringen hovedsaklig knyttet til en nær kulerund kvartsknute og ebber brått ut til begge sider langs

strøket (nord-sør). I samme nivå 15 m. unna opptrer imidlertid sedimentær magnetitt med kisstriper. Observasjonene fra stedet er mangelfulle i det en snøbre oversomret i skaret på den tid befaringen fant sted. Iakttagelsene ovenfor kunne få en til å tro at vasskisene ikke alltid er forbundet med en relativt enkel sedimentær opprinnelse, på den annen side om de er det, er det utrolig hvor-  
Ran den opprinnelige struktur kan forsvinne under tektonisering og metamorfose.

Kornstørrelsen gir et markert skille fra Leksdalstypus, men her er det stor variasjon mellom de forskjellige soner og skjerp. Mineralføringen varierer også, og det framgår av sammenstillingen nedenfor at hver kisse eller forekomst har sin spesielle utvikling. Her må innskytes at de analyserte prøvene var tilfeldige sådanne, og representerer ikke gjennomsnittet for de enkelte forekomstene.

| Kissone el. skjerp                   | Smaltjern              | Mistakstjern-Nesåflva  |                             |                        |                        | Laggtj.                | Blå.h.tj.              | Havd.vn.NV.                          |       | Finnkrudåma    |                |              |       |
|--------------------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------------------|-------|----------------|----------------|--------------|-------|
| Prøvenr.                             | 193                    | 111                    | 123                         | 124                    | 141                    | 12                     | 58                     | 17                                   | 1717b | vest.<br>152   | midt.<br>158   | østre<br>160 |       |
| Maks.kornst.i mm.                    | ik.kryst.<br>utvikling | 0.3                    | ik.kryst. 0.05<br>utv. utv. |                        | 0.05                   | 0.05                   | 8                      | ik.kr.grov-<br>utv. ere<br>enn<br>17 |       | —              | ik.kr.<br>utv. | —            |       |
| — " — i rekryst.<br>årer el.partier. |                        |                        |                             |                        |                        | 0.2                    |                        |                                      |       |                | 0.4            |              |       |
| Observerts malm-<br>mineraler.       | <u>py</u><br><u>po</u> | <u>py</u><br><u>po</u> | <u>py</u><br><u>po</u>      | <u>py</u><br><u>po</u> | <u>py</u><br><u>po</u> | <u>py</u><br><u>po</u> | <u>py</u><br><u>po</u> | —                                    | —     |                | <u>py</u>      |              |       |
| — mye( 10 <sup>0</sup> /o)           |                        | cpy                    | cpy                         | cpy                    | cpy                    | —                      | cpy                    | —                                    | —     |                |                |              |       |
| — litt                               | sp                     | sp                     | sp                          | sp                     |                        | sp                     |                        | sp                                   | —     |                |                |              |       |
| Ikke strek under:<br>spor.           | <u>mt</u>              |                        |                             |                        | <u>mt</u>              |                        | <u>mt</u>              | <u>mt</u>                            | —     |                |                |              |       |
| Cu                                   | 0.03                   | 0.03                   | 0.03                        | 0.05                   | 0.02                   | 0.04                   | 0.05                   | 0.02                                 | —     | 0.01           | <0.01          | 0.05         |       |
| Zn                                   | <0.01                  | 0.01                   | 0.04                        | —                      | 0.01                   | 0.01                   | 0.01                   | <0.01                                | —     | <0.01          | <0.01          | <0.01        |       |
| Pb                                   | <0.01                  | 0.02                   | <0.01                       | —                      | <0.02                  | 0.01                   | <0.02                  | <0.02                                | —     | 0.08           | 0.04           | <0.02        |       |
| As                                   | <0.02                  | 0.046                  | 0.019                       | —                      | 0.04                   | 0.12                   | <0.02                  | 0.08                                 | —     | 0.023          | 0.052          | <0.02        |       |
| Co                                   | <0.003                 | 0.01                   | <0.003                      | —                      | 0.04                   | <0.003                 | <0.003                 | <0.003                               | —     | <0.003         | <0.003         | <0.003       |       |
| Ni                                   | — betyr                | 0.021                  | 0.006                       | 0.013                  | —                      | 0.006                  | 0.006                  | 0.01                                 | 0.005 | —              | 0.013          | <0.003       | 0.017 |
| Se                                   | ik.undersøkt           | —                      | <0.001                      | <0.001                 | —                      | <0.001                 | —                      | —                                    | —     | —              | <0.001         | —            |       |
| C                                    | —                      | —                      | —                           | —                      | —                      | —                      | —                      | —                                    | —     | mer enn ellers |                | —            |       |

Skulle en forsøke en differensiering på grunnlag av tabellen, måtte det være etter kornstørrelsen. Da representerer Smaltjern, Havdalsvann NV og Finnkrudåma en lavmetamorf type med karakteristisk "ukrystallinsk" struktur bortsett fra enkelte tynne blankkisårer eller lag med krystaller opp til 0.4 mm. store.

For Mistakstjern - Nesåflya og Langtjern ligger kornstørrelsen i området 0.05 - 0.3 mm., mens Blåhammertjern representerer en type med ekstrem krystallvekst.

Etter mineralføringen kan en først og fremst skille ut Mistakstjern - Nesåflya p.g.a. magnetkismengden og enkelte steder mye kobolt. Smaltjern har høy Ni-gehalt, Langtjern mye arsen, Blåhammertjern svært mye magnetitt, mens midtre og vestre sone av Finnkrudåma fører lite kobber og mye bly og kullstoff.

For vasskisene som helhet får en konsentrasjonsområdene  $\leq 0.05$  Cu,  $\leq 0.04$  Zn,  $\leq 0.08$  Pb,  $\leq 0.12$  As,  $\leq 0.04$  Co (vanlig  $< 0.003$ ),  $\leq 0.021$  Ni,  $< 0.001$  Se. Som en ser er det bra overensstemmelse med det som foran er anført for Leksdalstypus, mens kornstørrelsen i visse områder er mye større.

Når det gjelder de store magnetkiskonsentrasjonene i sonen Mistakstjern - Nesåflya, så er det minst tre mulige forklaringer:

1. Ettersom magnetkis bare forekommer som spor i "primær"-vasskisens, kunne en tenke seg at en slik pyrittisk vasskis ved metamorfose delvis omvandles til magnetkis (og svovelgass) samtidig med at pyritten omkrystalliseres.

2. Ettersom magnetkis omleirer pyrittkorn sammen med bergart, kunne den primære vasskis ha bestått av både magnetkis og pyritt. P.g.a. pyrittens sterke krystallisationskraft vil det under metamorfosen utvikles en struktur som nevnt.

3. Magnetkis kan ha vært primær vasskisens hovedbestanddel og er delvis omdannet til pyritt under metamorfosen. 7

Forsvrig er spørsmålet om magnetkis kan være et primært mineral på ingen måte løst. At det kan dannes på bekostning av pyritt, kjenner en f.eks. fra yngre diabaskontakter på Løkken.

Forsvrig viser prøver fra andre skjerp spor av magnetkis (og kobberkis og sinkblende) i pyrittkrystaller, og det er nærliggende å tenke på avblanding eller ombytting av disse mineralene under omkrystalliseringen. "Primær"-vasskisene (f.eks. S193, S17) viser de samme spormineralene og sannsynliggjør det siste alternativet.

### Gangkis.

Skorovassforekomsten er en gangkis av Løkken-Grongtypus. Forekomstene ved NV- og NØ - enden av Gruvevatnet plasseres i samme gruppe p.g.a. kobber- og sinkinnholdet, sporelementene og kornstørrelsen. Den siste ligger i området 0.1 - 1 mm., altså noe høyere enn angitt for Løkken-Grongtypus.

Før vi går videre skal vi kort nevne de hypoteser som er lansert for gangkisers dannelse: Den magmatiske, den hydrotermal-metasomatiske, den tektonisk-metasomatiske (source-bed) og den exhalativ-sedimentære hypotese. Bare de tre siste har i vesentlig grad vært med i diskusjonen i seinere år, og for Skorovassforekomsten spesielt den andre og den siste. For en kort framstilling av hvordan en har tenkt seg denne forekomsten dannet, henvises til Foslie [12] og Oftedahl [22 s.66-67], forøvrig forutsettes teoriene kjent.

De forhold ved forekomsten som en teori må kunne forklare, er følgende: Dens form, tektoniske trekk, strukturelle forhold til bergartkomplekset forøvrig, tilknytningen til bergartmiljøet, sidebergartenes karakter, gangmineralene, malmineralenes opptreden og struktur og sporelementene. I det følgende er forskjellige karakteristika sammenholdt med hypotesene for dannelsen.

### Form, tektonikk, eventuell strukturell kontroll.

Hovedmalmens mektighet og kontaktforhold til sidebergartene synes å tyde på at forekomsten har en temmelig primær beliggenhet og struktur, og at den sikkert ikke er dannet ved tektonisering, mobilisering og segresjon-diffusjonprosesser av og i et ordinært vasskislag. Bl.a. har Oftedahl framhevet dette. En sammenlikning med vasskissonen sør for Gruvevatnet bekrefter det inntrykket. Ved sørenden av Nesåflya har denne undergått en antiklinal folding av en merkert ~~lagen~~ størrelsesorden enn det den svakt undulerende lagdelingen rundt Skorovassforekomsten tyder på for dette området, uten at det synes å foreligge noen fortykning av kissonen. Om en så ville spørre om ikke hovedmalmens kompliserte struktur f.eks. i profil 57 S - V og spesielt den underliggende keratofyrsonens bruddvise opptreden kunne tyde på en ~~isoklinal~~ folding, så må en svare at strøk-fallobservasjonene taler mot det, og tankens usannsynlighet tilsier at den ikke kan tillegges noen betydning om ikke spesielle nyoppdagelser kommer til.

Hovedmalmens akseretning er tidligere antatt å være parallell bergartenes strøk og en foldningsstruktur med nær nord-sørgående akser (s. 41), til tross for at strøkobservasjonene dreier noe mer østlig. Denne slutningen kan være feilaktig i det malmaksen kan danne spiss vinkel med foldningsakser og strøkretnings. Det første alternativet vil favorisere den hydrotermale hypotese, det andre en exhalitiv-sedimentære. Systematiske observasjoner av bergartenes strøkretnings i dagen og i partier av gruva som kan tenkes upåvirket av eventuelle lokale tektoniske forstyrrelser mot kisleget, bør kunne klargjøre forholdene.

Gangkismineraliseringen fortsetter på en eller annen måte til Finnkjerringhullet og Gruvevatnet NØ. Dessuten indikerer de elektriske målingene at mineraliseringen fortsetter som smale linjaler 7 - 800 m. videre mot sør (fortrinnsvis under Gruvevatnet). Desverre er kis(rust)sonene som nevnt tidligere ikke prøvetatt nord og sør for hovedskjerpene. En fullstendig karakteristikk av gangkisens opptreden i sonene har derved måttet utgå. I felten virker de nevnte sonene svært vasskisaktige utenfor hovedskjerpene og likheten med et par små forekomster på nordøstbredden av Gruvevatnet var slående. En prøve herfra (S87) fører i følge r.s.-analysen  $< 0.01 \text{ Cu}$ ,  $< 0.01 \text{ Zn}$ ,  $< 0.02 \text{ Pb}$ ,  $0.04 \text{ As}$ ,  $0.003 \text{ Ni}$ ,  $< 0.003 \text{ Co}$ , men kan ha vært utsatt for utluting. Dersom sonene ved videre undersøkelser skulle vise gangkissammensetning eller snø av det, peker ikke det noe særlig mer i retning av den ene eller annen hypotese, bortsett fra at det må ha vært lang tilførselsveg for så beskjedne mengder av malm-løsning det her kan dreie seg om. Imidlertid tror jeg sonene ved videre undersøkelse vil vise seg å ha vasskissammensetning i fortsettelsen mot sør. Feltobservasjonene tyder på det, dessuten magnetittinnholdet i gangkisen (behandles seinere) og det nevnte funn (s. 50) av sedimentær magnetitt der rustsonen ved Gruvevatnet NØ krysser vannledningen. Om forutsetningen holder, vil det bety følgende for dette dannelsesoppfatningene: Forholdet forklares direkte ut fra den exhalitiv-sedimentære hypotese [22, pkt. 4 og 5] s. 67]. Ut fra den hydrotermale hypotese må en konstatere at malm-løsningene i hvert fall i perifere deler av hovedforekomsten har fulgt vasskishorisonter.

Oppfattet som vasskissoner får en imidlertid en ny vanskelighet med sonenes linjalartete opptreden i forhold til den plateformete

vasskissonen sør for Gruvevatnet. Det kan innvendes at de elektriske målingene ikke utelukker at "linjalene" også kan ha utbredelse i bredden, og i røskegrøftene ved Gruvevatnet NØ tar f.eks. kisen ikke slutt mot vest. Lagstillingen tyder imidlertid på at en ville ha kunnet følge kissonen langs grønnskiferlaget om den hadde hatt en slik utbredelse. Spørsmålet regnes helt uløst. For å løse det må en enten utvide de nevnte røskegrøftene mot vest, sette et borhull et stykke vest for disse, eller en kunne i heldigste fall følge kissonen langs grønnskiferlaget med EMG.

Fra Lille Skorovatn til Staldvik er det målt en svakt mineralisert sone, tydelig bestående av parallelle tynne horisonter eller linjaler. Sonen er ikke undersøkt i dette arbeidet, bortsett fra rekognoseringene i forbindelse med E IV. Storbekken. For den exhalativ-sedimentære hypotesen har denne sonen betydelig interesse, i det en i følge Oftedahl pkt. 4 og 5 s.67 [22] også kunne tenke seg en forbindelse mellom Skorovassforekomsten og denne, forøvrig også med Hausvik- og Holmofeltene lenger mot nordøst. Indikasjonene fra flymålingene bør undersøkes på nytt, i det en eventuell malkonsentrasjon i sonen ved dens mineralføring kunne være av stor verdi for vurderingen. Likeledes bør det tas en del prøver fra Hausvik og Holmo til bestemmelse av malmmineraler og sporelementer (f.eks. på røntgen-<sup>spektrograf</sup> ved Geologisk Institutt, NTH). Oftedahl har med en analyse fra Hausvik [22 s.61] og ingen fra Holmo, dessuten skriver han at Foslie har funnet ca. 1 0/o Cu i prøve fra Hausvik [22 s.39].

Et annet sted hvor vi kan ha mineralisering langs en langstrakt sone, er fra Smaltjern og nordøstover til Småvandene og Voldtjern (K.bl. Trones).

Endelig husker vi sonen Blåhammertjern-Havdalsvann NV.

Gjør vi et sidesprang til Løkken, stryker der Løkkenforekomsten og vasskisdragene nær øst-vest og parallelt Størengruppens strek og Surnadalsynklinalens akse.

I Skorovassområdet stryker vasskisdragene i grønnsteininformasjonens hovedretning nordøst til øst-nordøst, Skorovassforekomsten og dens formodete vasskis-"hale" nord-sør. At tektoniske bevegelser kan ha vært årsak til dette avviket, kan verken bekreftes eller benektes, men skyvebevegelser synes å ha funnet sted i vest, og den underlige formen på trondhjemitbeltet kunne forklares ved et slikt alternativ.

For den hydrotermal-metasomatiske hypotesens vedkommende gir en eventuell parallellitet mellom malmakse og foldningsakser bare en del av forklaringen på malmlegemets plassering. For å få gunstige trykk og romforhold som kunne begunstige en løsningsframtrengen, ville en tenke seg at den helst ville søke fram mellom lag med f.eks. forskjellige kompetanseforhold f.eks. grønnstein/klorittskifer, kalkgrønnskifer, kvartskeratofyr, vasskis e.l. Her vil det kunne være oppstått lavtrykksområder og tomrom under foldning. Skorovassforekomsten ligger i massiv grønnstein, men malmens sidebergarter har annen karakter. Om denne er av metasomatisk art alene, ville grønnsteinene selv være lite gunstige for løsninger å trenge inn i, med mindre en særlig porøs lava- eller tuffhorisont var til stede. Kombinasjonen vasskisløsninger nevnt for nordenden av Gruevatnet er meget naturlig etter ovenstående betraktninger.

I gruva er det observert et nær horisontalt skyve- eller forkastningsplan [15]. Like over rustsonen ved vannledningen, Gruevatnet NØ, er observert en liknende "sheet". Denne synes lokal og uten sammenheng med kissonen.

Det siste forholdet som skal nevnes og som kan innebære en strukturell kontroll, er den store mektigheten grønnsteinavdelingen har nettopp i forekomstens omgivelser. Forholdet ~~å~~ imidlertid med nedenfor.

### Bergartmiljø.

Herunder tenkes spesielt på forholdet til eventuelle eruptiver eller erupsjonsmateriale som kan være malmens "moderbergart" eller ha nær genetisk tilknytning til denne, mens malmens sidebergarter behandles nedenfor.

Gabbro og trondhemitt har vært tiltenkt nær genetisk tilknytning til kiskeforekomstene i den kaledonske fjellkjeden, j.f.r. Carstens Rørostypus og Rødhammertypus. I Skorovassområdet opptrer begge bergartstypene, men i noen avstand fra Skorovassforekomsten. En hydrotermal maldannelse må tilknyttes erupsjonene av trondhemitt eller gabbro (eller erupsjonen - j.f.r. Goldschmidts opdalitt-trondhemittstamme), men forsåvidt ikke nødvendigvis trondhemitt/gabbropartiene i forekomstens nærhet. Dette samsvarer med f.eks. Magnussons betraktninger over forholdet løsninger - modereruptiver i forbindelse med dannelsen av sulfidmalmer av Falutypen [18 s.186].

Den mektige grønnsteinavdelingen i Skorovassforekomsten er nevnt ovenfor. Tilsvarende mektig~~het~~ grønnsteinavdeling(er) finner en i Jomaforekomstens omgivelser (Jomasynklinalen). Begge steder kan foldnings-tektonikk ha forårsaket mektighetene, men spesielt i Skorovassomgivelsene virker det urimelig, selv om det er i tråd med den alternative forklaringen foran av avviket mellom Skorovassforekomstens akse og grønnsteininformasjonens hovedretning. Om den ekstreme grønnsteinmektigheten er primær, forklarer den hydrotermale hypotesen dårlig forekomstens beliggenhet. Løsninger fra et eruptiv ville neppe ta vegen til de største grønnsteinmektighetene der også trykkforhåldene kan ha vært mindre gunstige. Den exhalativ-sedimentære hypotese vil kunne forklare kombinasjonen malm-mektig grønnstein med at et erupsjonsenter har ligget omtrent der grønnsteinmektigheten er størst.

#### Sidebergarter.

Tidligere er nevnt at bergartlag forskjellig fra grønnsteinene burde ha vært til stede for at løsninger skulle ha gunstige horisonter. Å trenge fram etter. Foslie angir de forskifrete albittklorittskiferne, som en slik gunstig horisont, muligens også kvarts-kloritt-sericittskifer, men han regner disse først og fremst som en metasomatisk bergart med stor mektighet rundt malmen, men ikke utholdende utenfor denne. Gjelsvik støtter denne oppfatningen. Oftedahl har oppfattet kvarts-kloritt-sericittskiferne som sure tuffer [22 s.24].

Av undersøkelsene er det gått tydelig fram at i hvert fall ikke vasskisene har noen dominerende tilknytning til kvartskeratofyr. Bortsett fra Finnkrudåna hvor det antagelig er mye av den (heng- og liggbergartenes karakter kan bare klargjøres ved røsking), ligger vasskisene alltid i kontakt med kvartsittisk materiale og/eller grønnsteingrønnnskifer, mens kvartskeratofyr lag ligger i vekselagring med grønnstein over og under kissonene.

Gangkisen ved Gravevatnet NØ ligger heller ikke i kontakt med keratofyr, men en keratofyrbenk med en meters mektighet ligger noen meter under kisen. En merker seg at kisens liggbergarter er kisimpregnert klorittskifer, (nederst) og kisimpregnert kvarts-kloritt-sericittskifer (nærmest kisen). Forsvrig er bergartene svært rike på kvarts og delvis epidot.

Ved Finnkjerringhullet ligger kvartskeratofyr dels over, dels på samme nivå som kisen.

Under hvilke forhold en kvartskeratofyr ville kunne omvandles til en kvarts-kloritt-sericittskifer, er vanskelig for meg å bedømme. Den eneste bergartprøve jeg har undersøkt og med noen sikkerhet kunnet anslå til å være en omvandlet kvartskeratofyr, er prøven fra grænse-sonen granitt-grønnstein i Olatjernområdet (s. 23 ). Om omvandlingen skulle foregå uten utveksling av kjemiske stoffer (metasomatose), måttenen tenke seg spesielle temperatur - trykkforhold oppnådd f.eks. under eventuelle tektoniske påkjenninger og gnissninger mellom kis og sideberg. Imidlertid viser analyser av forekomstens sidebergarter (s. 17 ) et langt lavere Na/K - forhold enn i grønnstein og keratofyr forøvrig, dessuten vekslende Si - gehalt i ikke - keratofyrbergartene. Den analyserte rustskiferen viser ca. 62 %  $\text{SiO}_2$ , mens analyser av bergarter i hovedmalmens nivå, men i et svakt mineralisert område av denne, viser 36 - 45 %  $\text{SiO}_2$  [16].

En kan således konstatere at kjemisk utveksling har funnet sted. Denne kan enten være en utveksling mellom bergartene lokalt under de tektoniske påkjenninger nevnt ovenfor, eller en kontaktmetasomatose slik Foëlie oppfattet den. Denne kontaktmetasomatosen tilsvarende temmelig nøyaktig de metasomatiske omvandlinger i Mellom - Sveriges leptittformasjoner som går under navnet magnesiometasomatose. Denne innebærer at feltspatførende silikatbergarter f.eks. leptitt og helleflint blir overført til kvartsitt og glimmerskifer, framfor alt oppbygd av kvarts eller av kvarts og glimmer. Omvandlingen innebærer først og fremst en nedbrytning av feltspaten og utdriving av alkali og kalk [18 s.186].

#### Gangmineraler.

I gangkisskjerpene ved Gruvevatnet er bergartmineralene kvarts, kloritt, muskovitt og spor av epidot. Vasskisen sør for vatnet fører kvarts og muskovitt. For Skorovassforekomsten nevner Foslie kvarts, kloritt, en del karbonater, talk og sericitt. En merker seg at sammensetningen synes analog med kvarts-kloritt-sericittskiferens sammensetning. Denne er dessuten omtrent alltid kisimpregnert.

### Malmmineralenes opptreden og struktur.

Tidligere er beskrevet hvordan kobber- og sinkkonsentrasjonen varierer innen de to skjerpene ved Gruvevatnet, dessuten karakteren av grov impregnasjon bortsett fra i de mest kobberrike partiene. I hovedforekomsten er det overveiende massiv kis med mye eller lite kobber og sink, men grov impregnasjon forekommer også f.eks. i de nordligste deler av forekomsten. Ved boringene på Gruvefjellet har en omtrent utelukkende truffet på impregnasjon.

"Ukrystallinsk" magnetitt og litt rutil opptrer sammen med gangmineralene i begge skjerpene, og konsentrasjonene er betydelige f.eks. i forhold til i sonen sør for Gruvevatnet. Fra hovedforekomsten sier Gjelsvik: "Occasionally magnetite is found, especially in small, isolated bands in the periphery of the zone. It is interstitial, in some places even replacing pyrite". I denne forbindelse tas med noen linjer fra Magnussons Malmgeologi: "I flera av de mellomsvenska sulfidmalmerna av Falutyp ingår magnetit som en betydelsefull beståndsdel. Den har då alltid visat seg ha kristalliserat tidigare än sulfiderna. Frågan er, i vilken utsträckning materialet til magnetittbildningen härrör ur äldre järnmalmer eller blivit helt nytillfört i samband med sulfidbildningen. Klara bevis för den ena eller den andra åsikten äro i de flesta fall svåra eller omöjliga att förebringa. Att äldre järnmalmer blivit "dränkta" i magnesiometasomatosen synes dock vara klart. I vilken utsträckning, det är det frågan gäller. Den tanken har även framkastats, att svavelkisen i viss utsträckning uppkommit ur äldre magnetit. Att en sådan omvandling i någon mån är att räkna med torde vara sannolikt. Den kan dock icke förklara det stora svavelkiskoncentrationerna".

Det er magnetittens idiomorfe opptreden i f.eks. pyrittgrunmasse som regnes som bevis på krystallisasjonsrekkefølgen. Denne er også bekreftet av sikre hydrotermaldannelser (eks.årer) og laboratorieforsøk. I vårt tilfelle synes det klart at det forelå en sedimentær magnetittførende bergart før en eventuell tilførsel av sulfidløsning eller en rekrystallisering av sulfidmineraler fant sted. At det er funnet sedimentær magnetitt i rustsonens fortsettelse mot nord ved Gruvevatnet NØ, støtter opp om dette synet. En interessant detalj bør nevnes: I forekomsten ved Blåhammertjern hvor vi har ekstrem

stor krystallutvikling, ligger pyrittkrystallene i grunnmasse av anhedral magnetitt og bergart (S. 55). Av andre forekomster hvor vi har sub- til euhedrale pyrittkorn, fører Langtjern og Mistakstjern- Nesåflya lite magnetitt, og altså Finnkjærringhullet og Gruvevatnet NØ en god del. En kan ikke av dette uten videre trekke den konklusjon at pyrittkrystallenes vekst er influert av magnetittinnholdet, men bergarten, men sammenholdt med sitatet foran, blir forholdet meget interessant. I prøven fra Blåhammertjern er det ingen økt konsentrasjon av magnetitt rundt kiskrystallene, og en kunne fristes til å tro at pyrittkrystallene er dannet på bekostning av magnetitt. En systematisk prøvetaking og statistisk bearbeiding måtte til ved en eventuell undersøkelse av forholdet.

Når det gjelder mineralsammensetningen forøvrig, så forekommer liksom i vasskisene kobbarkis og sinkblende (og spor av magnetkis) som "dråper" i pyrittkrystaller, men også i større mengder rundt og ved siden av disse. Den valige oppfatningen av mineralparagenesen er at pyritt er dannet først, dernest kobberkis og sinkblende. Sammen med pyrittens sterke krystallisasjonskraft har det forårsaket god krystallutvikling av pyritten. Av fig. 4, s. 57 i Gjelsviks Skorovassforedrag framgår det tydelig at sinkblende har "spist opp" og erstattet pyritt og således vært i løsning (uavhengig av pyritten har vært det eller ikke). Stanton har hevdet at liknende trekk kan oppstå ved segregasjonene. l. [23]. "Dråpene" i pyrittkrystallene kan for såvidt også være dannet ved at sinkblende har "spist opp" pyritt, men det synes rimeligere at de er metamorfe avblandingsfenomener eller at pyritten under sin krystallisasjon (fra løsning eller sulfidslam) har omsluttet og "stengt inne" de andre sulfidene. Særlig når en husker at liknende "dråper" opptrer i vasskisene, virker de to siste alternativene rimelige.

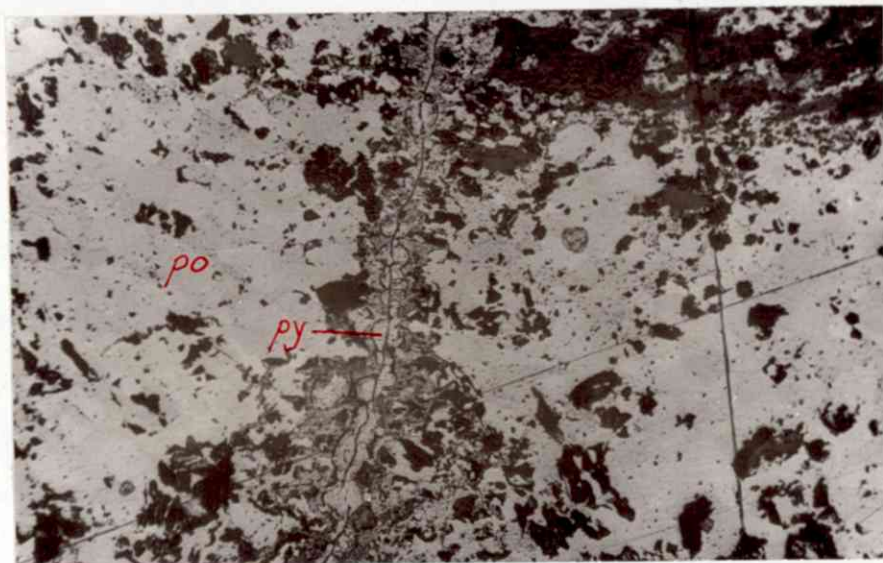
Om en så til slutt skal komme inn på spørsmålet om sulfidmineralene er yngre enn bergartene de ligger i og tilført som løsninger, så kan det ikke besvares på grunnlag av mineralenes opptreden alene, men må vurderes i sammenheng med andre kriterier av genetisk art. Sikkert er det at sulfidmineraler har vært i løsning og vandret f.eks. sammen med kvarts (s. 50 ).

### Sporelementer.

Av sporelementer er det markert mer selen og kobolt i gangkisene enn i vasskisene, særlig i de kobberrike variantene. De to mineralene inngår idiomorft i pyritt som erstatning for henholdsvis svovel og jern [ 7 ]. Ettersom de (i hvert fall selen) opptrer avhengig av kobberkonsentrasjonen, kan de bare brukes til å skille vasskis og gangkis, og ikke i noen genetisk vurdering.

### Diverse.

Det er nevnt s. 54 at det i prøve 123 fra vasskissonen sør for Gruvevatnet er funnet runde pyrittkuler i grunnmasse av magnetkis. Kulene kan i enkelte partier synes å ha en helt tilfeldig plassering, mens andre partier viser en struktur som nedenfor, og forklarer tydelig at kulene er sprekkedannelser.



75 x.

Ødegård beskriver fra Løkken kuler med gangkissammensetning "som ligger på rekke og rad inne i en vasskis" [26 s.38]. Det synes rimelig at kulene er dannet som ovenfor, men altså i dette tilfellet av gangkissoppløsning, og at sprekkene er helt utvasket.

Pyritt med anisotropieffekt forekommer i alle planslip. Effekten er tydeligst ved forstørrelser opp til 8 x 16, men merkbar også ved 8 x 40, i motsetning til f.eks. kobberkis som ved den siste forstørrelsen synes nær isotropt. Fenomenet er beskrevet fra mange kisforekomster, men forklaringen er ikke funnet. Det kan nevnes at et isotropt mineral kan bli anisotropt ved at andre elementer regelmessig substituerer "normale" elementer i det isotrope mineralets gitter.

### Konklusjon.

Vurderingen foran viser forhåpentlig en bestemt ting: at jo større erfaringsmaterialet er, jo mindre sikker blir en i konklusjonen. Dette vil vedvare til et bestemt punkt der samtlige bruddstykker kan plasseres i puslespillet. Overført på Skorovassforekomsten vil det si at det er ikke tilstrekkelig å undersøke selve forekomsten med de nærmeste omgivelsene makroskopisk og mikroskopisk. Malmdannelsen er knyttet til selve bergartformasjons dannelsen i regional/målestokk og kan best forklares sammen med denne. At det på en eller annen måte er genetisk tilknytning mellom gangkiser, "kobberførende kisforekomster av Leksdalstypus" (som Oftedahl har påpekt opptrer i Grongfeltet) og vasskiser, kan anses for sikkert. Hva tilknytningen består i er mer usikkert i dag enn noen gang, men i overensstemmelse med det som er sagt ovenfor, er en mye nærmere løsningen enn tidligere. Foreløbig må en regne de forskjellige teoriene for like riktige, like gule og like nyttige for den framtidige løsningen av problemene, i det de alle kan antas å inneholde verdifulle og riktige elementer.

## Kap. VI.

### Videre undersøkelser.

For direkte malmprospekteringsøyemed er det ikke mye å foreslå av arbeider utenfor hovedforekomsten. Om selskapet kommer til å disponere E.M.G.- utstyr som ikke er "øremerket" for bruk andre steder, kunne en foreslå nye målinger særst for Olatjern. Selv om en etter bergartmiljøet antagelig bare kan vente å finne vasskis i området, om en i det hele tatt finner noe.

For Gruefjellområdet kan en i beste fall vente å finne nær kontinuerlig impregnasjon eller mindre gangkismektigheter til Gruevatnet. Selv om en aldri skal si aldri kan en vanskelig tenke seg dyptliggende eller andre linser som en ikke har registrert ved målingene, truffet ved boringene eller har mulighet til å finne ved systematisk malmleiting innenfor en rimelig økonomisk ramme. En tenker ikke her på Diamantboringer som naturlig støtter og kombineres med gruvedriften.

De magnetiske anomaliområdene er delvis dårlig undersøkt (bl.a. Grønndalsfjellområdet), men bare Storberget - anomaliene fordrer en nærmere undersøkelse, ikke minst i geologisk henseende. Noen flere magnetometerprofiler og litt geologisk kartering vil muligens kunne forklare titanomagnetitt - ilmenittimpregnasjonens sonevise opptreden (en er klar over at feltet i sin helhet ligger utenfor konsesjonsområdet).

For den malmgeologiske vurderingen forøvrig (indirekte malmprospektering) er det i forrige avsnitt foreslått en del enkle undersøkelser. Kort repetert gjelder det strøk - fallobservasjoner i gruva, EMG - målinger langs grønskiferlaget ved Gruevatnet NØ (tette profiler) og ved E IV. Storbekken, prøvetaking av rustsonene sør og nord for gangkisskjerpene ved Gruevatnet, eventuelle skjerp i sonen Skorovatn - Staldvik, Hausvik og Holmofeltet, eventuelt en systematisk prøvetaking med hensyn på primær magnetitt i gruva og andre steder.

Til sjuende og sist tror jeg likevel en ikke kommer forbi en klarlegging av de tektoniske strukturene i vest når en skal forklare Skorovassforekomstens beliggenhet.

Litteraturliste m.m.

1. Barth, T.F.W. Theoretical Petrology.
2. Carstens, C.W. Der unterordovicische Vulkanhorizont in dem Trondhjemgebiet. N.G.T. bd. 7, 1923.
3. Carstens, C.W. Zur Genesis der Kisevorkommen des Trondhjemgebiets. D.K.N.V.S.S., 1935.
4. Carstens, C.W. Zur Frage der Metamorphose der Schwefelkieserze. D.K.N.V.S.F. bd. 14, s.9-12, 1941.
5. Carstens, C.W. Zur Geochemie einiger norwegischen Kisevorkommen. D.K.N.V.S.F. bd. 14, s.36-39, 1941.
6. Carstens, C.W. "Über Kupferhaltige Kisevorkommendes LeHsdalstypus. D.K.N.V.S.F. bd. 15, s.161-164, 1942.
7. Carstens, C.W. Om geokjemiske underskelser av malmer. N.G.T. Vol.21, s. 213-221, 1941.
8. Carstens, C.W. "Über sedimentäre Schwefelkisevorkommen. D.K.N.V.S.F. bd. 14, s.120-123, 1941.
9. Donnelly, Th.W. Genesis of Albite in early Orogenic Volcanic Rocks. American Journal of Science, Vol. 261, nr. 10, 1963.
10. Foslie, S. Grongdistriktet. N.G.U. Nr.122, s.59-70, 1924.
11. Foslie, S. Norges Svovelkiseforekomster. N.G.U. Nr. 127, 1926.
12. Foslie, S. Skovvass kisel i Grong. N.G.T. Vol.19, 1939.
13. Foslie, S. Rapporter til A/S Skovvass Gruber. 1935-40.
14. Foslie, S. og Strand, T. Namsvatnet med en del av Frøyningsfjell. N.G.U. Nr. 196, 1956.
15. Gjelsvik, T. The Skovvass Pyrite Deposit, Grong Area, Norway. International Geological Congress, 1960, Part XVI, s. 54 - 66.
16. Gjelsvik, T. Rapporter til A/S Skovvass Gruber. 1960-62.
17. Grønhaug, Arne. Dagbok for feltarbeid ved Skovvass Gruber, 1960.
18. Magnussen, N.H. Malmgeologi.

19. Oftedahl, Chr. A Theory of Exhalative - Sedimentary Ores. Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar. bd. 80, H 1, 1958.
20. Oftedahl, Chr. Om vulkanittene i den kaledonske fjellkjede i Norge. N.G.T. bd. 39, h 2-3, 1959, s. 263 - 265 og s. 267 - 268.
21. Oftedahl, Chr. Om Grongkulminasjonens og Grongfeltets skyvedekker. N.G.U. Nr.195, s.57 - 64.
22. Oftedahl, Chr. Oversikt over Grongfeltets skjerp og malmforekomster. N.G.U. Nr. 202, 1958.
23. Stanton, E.R. General Features of the Conformable "Pyritic" Orebodies. The Canadian Min. et. Met.Bull. Febr., 1960.
24. Strand, T. Geologiske undersøkelser i den sydøstligste del av Helgeland. N.G.U. Nr.184, s.124-141.
25. Vokes, F.M. Geological Studies on the Caledonian Pyritic Zinc - Lead Orebody at Bleikvassli, Nordland, Norway. N.G.U. Nr.222, 1963.
26. Ødegård, M. Det store eksamensarbeide. N.T.H. 1959.
27. Høltedahl, O. Geology of Norway, NGU nr. 208, 1960.
30. ABEM - rapport til Skrovas Gruber, Jan. -63 (Forhåndskopi):  
Utlått etc.  
a. Bilag 2A.  
b. Bilag 2B.  
c. Bilag 2C.  
d. Bilag 3A.  
e. Bilag 3B.  
f. Bilag 3C.
31. ABEM - rapport til Skrovas Gruber, Nov. -63:  
Utlått etc.  
a. Del I, Bilag 2.  
b. Del II, Bilag 13 og 14, Ottatjern I og II.  
c. Del II, Bilag 15, Langtjern.  
d. Del II, Bilag 16, Samltjern.  
e. Del II, Bilag 17 og 18, Skrovassklumpen I og II.

31. ABEM - rapport til Skorovas Gruber, Nov. -63. (fort.)

f. Del II, Bilag 19 og 20, Olatjern I og II.

g. Del II, Bilag 21, Storbekken.

Bilagliste.

Bil.

1. Kartbladene E 4 - 7, F 4 - 6, G 4 - 5 med A.Grønhaugs kart, egne observasjoner, bergartprøver, EMG - og GM - profiler, resultater fra elektriske konduktivmålinger samt navn på vatn og skjerp.
2. S. Følles kart over Nesådalen.
3. Finnkjerringhullet,..... kartskisse.
4. NØ - enden av Gruvevatnet, kartskisse.
5. Finnkrudåna, ..... kartskisse.
6. Fotogeologisk kart, M 1 : 10 000.
7. Fotogeologisk kart, M 1 : 25 000.
8. Magnetometerprofiler, Storberget, Søndre Grønndalsfjell, Nesåa.
9. Magnetometerprofiler, Gruvetjernet.
10. Magnetometerprofiler, Olatjern - Tverrelva.
11. EMG - profiler, Smaltjern.
12. EMG - profiler, Langtjern.
13. Åtte borprofiler, Nesådalen.
14. Røntgenspektrograf: tabell for intensitet og konsentrasjon.
15. Røntgenspektrograf: diagram for intensitet og konsentrasjon.
16. Analyseresultater fra Kjemisk Laboratorium.
17. Analyseresultater på optisk spektrograf.
18. Slipbeskrivelser - tynnslip.
19. Slipbeskrivelser - planslip.
20. Bergartprøver - beskrivelser.
21. Målekurver fra røntgenspektrograf.

