



Bergvesenet

Postboks 3021, N-7441 Trondheim

Rapportarkivet

Bergvesenet rapport nr	Intern Journal nr	Internt arkiv nr	Rapport lokalisering	Gradering
6895				
Kommer fra ..arkiv	Ekstern rapport nr	Oversendt fra	Fortrolig pga	Fortrolig fra dato:
Grong Gruber AS	NAVF D48-22-12	Grong Gruber a.s.		

Tittel

Grønnsteinsgeokjemi og sulfidgenese i den kaledonske fjellkjede

Forfatter

Grenne, Tor

Dato År

16.01 1976

Bedrift (Oppdragsgiver og/eller oppdragstaker)

IGCP, Delprosjekt

Kommune Fylke Bergdistrikt 1: 50 000 kartblad 1: 250 000 kartblad

Fagområde

Dokument type

Forekomster (forekomst, gruvefelt, undersøkelsesfelt)

Råstoffgruppe

Malm/metall

Råstofftype

Cu, Zn, Pb

Sammendrag, innholdsfortegnelse eller innholdsbeskrivelse

Teoretisk gjennomgang av metodene for å korrelere grønnsteinsgeokjemi med sulfidforekomster.

Feltarbeider utført i Trondheimsfeltet og Grongfeltet

En rekke prøver er analysert. Med enda flere prøver regnet en med at det vil være mulig å trekke paralleller mellom avsetningsmiljøet til flere store sulfidforekomster.

Tor Grenne

Foreløpig rapport

IGCP, delprosjekt

"GRØNNSTEINSGEOKJEMI OG SULFIDGENESE

I DEN KALEDONSKE FJELLKJEDE"

(NAVF prosjekt nr. D48-22-12)

16. januar 1976

IGCP, delprosjekt "GRØNNSTEINGEOKJEMI OG SULFIDGENESE I DEN KALEDONISKE FJELLKJEDE" (NAVF-prosjekt nr. D48-22-12).

INNLEDNING

Fra 1. juli 1975 har undertegnede arbeidet ved NGU som vit. ass. i forskningsprosjektet "Grønnsteinsgeokjemi og sulfidgenese i den kaledonske fjellkjede", som er et delprosjekt i International Geological Correlation Programme (IGCP)/Correlation of Caledonian Stratabound Sulfides (CCSS). Daglig leder er statsgeolog Arne Bjørlykke, mens direktør Peter Padget er ansvarlig for prosjektet i professor Frank Vokes' fravær. Samtidig er det et nært samarbeid med statsgeolog David Roberts ved NGU i grønnsteinsdelen av prosjektet.

Formålet med arbeidet er i første rekke å prøve å finne geokjemiske korrelasjoner mellom grønnsteinstyper og bestemte sulfidmineraliseringer. Dette vil på lengre sikt kunne ha stor betydning ved prospektering etter slike malmer, samtidig som geokjemien vil kunne fortelle mye om den geologiske utvikling og om stratigrafien i visse områder. Delvis vil dette bli en oppfølging og utvidelse av Gale og Roberts' studier av grønnsteiner samt mitt eget arbeide med metavulkanitter i Sulitjelma. (Gale og Roberts 1972, 1974; Gale 1974, 1975; Gale og Pearce 1975; Grenne 1975). I tillegg til de grønnsteinsprøvene som er samlet og analysert i forbindelse med disse undersøkelsene og som blir behandlet videre av undertegnede, ble det i feltsesongen 1975 samlet ca. 160 prøver av metavulkanitter. 18 av disse er ferdig analysert ved NGU, mens de øvrige er under analysering.

Grønnsteinsprøvetaking og analysering.

Alle prøver blir samlet og analysert ved en standardprosedyre: Det er lagt vekt på å ta friske, uforvitrede prøver, helst av sikre lavabergarter som kjennes ved f.eks. pitestrukturer og blærerom. Ettersom det er magmaets primære kjemi som er av størst interesse forsøker en å unngå synlige omvandlinger som epidotiserte "pillow rims", sprekkefyllinger, mineralutsvettinger osv. Hvis mulig er det samlet flere mindre prøvestykker innenfor et område på ca. 10 m² i det som antas å være én lavaenhet, tilsammen mellom 1 og 3 kg prøvemateriale. Dette for å redusere betydningen av sekundære kjemiske variasjoner som følge av eventuell mobilisering av visse elementer ved metamorfosen, noe som kunne tenkes å gi utslag om man analyserte bare ett lite prøvestykke.

Analyseringen av de relativt store prøveserier som nødvendigvis trengs må selvsagt bli et kompromiss mellom krav til analysenøyaktighet og krav til analysekapasitet og -kostnader. Det er valgt å benytte optisk spektrograf (kvantometer) på hovedelementene SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ (totaljern), TiO₂, MgO, CaO, og MnO, mens alkaliene K₂O og Na₂O kjøres på flammefotometer. P₂O₅ analyseres også etter oppslutning; spektrofotometrisk. Som en løpende kontroll på hovedelementanalysene går hver tiende prøve også til full våt-kjemisk analyse. Sporelementene Zr, Y, Sr, Rb, Zn, Cu, Ni, Cr, og Ba analyseres for alle prøver ved røntgenfluorescens. All prøvepreparering og ovenfornevnte analysering foretas ved NGU.

Korrelasjon grønnsteinsgeokjemi/sulfidforekomster - noen metoder.

I prinsippet er det i hovedsak to forskjellige måter å korrelere grønnsteinsgeokjemi med sulfidforekomster:

1. En direkte korrelasjon - forsøk på å finne direkte sammenheng mellom metavulkanittenes kjemi og sulfidenes kjemi og opptreden, f.eks. et anomalt innhold av Cu, Zn, Pb i grønnsteiner knyttet til sulfidmalmer. Slike korrelasjoner er ikke funnet i de undersøkte bergarter, men er heller ikke undersøkt detaljert. I betraktning av den sedimentær-exhalative teori for malm-dannelse som er gjort gjeldende for de fleste av de vulkanitt-tilknyttede sulfidmalmer i Norge må det antas at slike sammenhenger er lite sannsynlige. Det er sterkt omdiskutert om de verdifulle elementene

Cu, Zn osv. i det helt tatt behovet å stamme fra et magma.

2. En indirekte korrelasjon. I motsetning til ovenfor er utgangspunktet at det primære geologiske/vulkanske miljøet har størst betydning for malmdannelsen. Problemet ut fra et prospekteringsynspunkt blir dermed ved hjelp av geokjemi å lokalisere grønnsteinsformasjoner som har vært dannet under forhold som en kan anta har begünstiget sulfidavsetninger.

Denne undersøkelsen vil derfor dreie seg om å finne de forskjellige geokjemiske forhold som karakteriserer de metavulkanske omgivelser til endel kjente sulfidforekomster, for dermed å kunne skille mellom økonomisk interressante og uinteressante grønnsteiner i den norske kaledonske fjellkjede. Inn i dette arbeidet går selvsagt også studier av grønnsteinsformasjoner som ikke inneholder kjente økonomiske sulfid-mineraliseringer.

For å identifisere grønnsteinenes opprinnelige miljø brukes bl.a. Pearce og Cann (1973) diskriminantdiagram; trekant- og todimensjonale diagram basert på de såkalte stabile elementer Ti, Zr, Y, Sr, Nb og Cr. Diskriminantene er empiriske og oppstilt på grunnlag av en mengde analyser av unge vulkanitter fra kjente vulkanske miljø, og skiller i hovedsak mellom spredningsaksebasalter (ocean floor basalts), øybuebasalter (low potassium tholeiites of island arcs), kalkalkaline basalter og såkalte within-plate basalts (ocean island, hot-spot basalts). Dette er en metode som er mye benyttet av Gale og Roberts.

En annen fremgangsmåte beskrevet av Pearce m.fl. (in pr.) er å benytte et større spekter av sporelementer, hvorav også endel sjeldne jordarter (REE) som regnes for å være meget stabile ved en svak metamorfose som ved grønnskiferfacies. På grunnlag av forannevnte diskriminantdiagram, som krever et større antall analyser, blir valgt ut én eller få prøver som er middels differensiert for videre analysering, enten ved massespektrometri eller nøytronaktivering.

Miyashiro (1974) benytter hovedelementene TiO_2 , SiO_2 , FeO (totaljern) og MgO i forskjellige variasjonsdiagram med FeO/MgO-forholdet som abscisse for å karakterisere forskjellige vulkanske miljø.

En metode som vil bli forsøkt, i første omgang ved geokjemiske sammenligninger mellom forskjellige grønnsteinsformasjoner er å betrakte en større del eller alle elementer sammen ved f.eks. korrelasjonsanalyse og regresjonsanalyse med EDB der en arbeider i flere dimensjoner, istedenfor som ved de ovenfornevnte metoder som er begrenset til to dimensjoner da analysene skal representeres på et papir.

Geokjemi på vulkanogene sedimenter.

En videreutvikling av de ovenfornevnte metoder for grønnsteiner ville være å kunne gjøre tilsvarende studier av "vulkanitt-påvirkede" sedimenter. Flere større sulfidforekomster beliggende i sedimenter kunne nemlig antas å ha en genetisk forbindelse med fjern vulkanisme, og det er klart at en kjemisk identifikasjon av disse sedimentene ville ha stor interesse. Imidlertid, når en tar i betrakning de mange ukjente parametre en må arbeide med i geokjemi på såvidt gamle metamorfe bergarter, parametre som selvsagt blir betydelig flere ved finkornige sedimenter enn ved massive lavabergarter, synes det naturlig å la dette arbeidsfeltet vente inntil problemene med korrelasjon av massive grønnsteiner er løst. Grønnsteins-konglomerater er allikevel et sediment som kanskje kan studeres geokjemisk med de samme metoder som for massive grønnsteiner, da under forutsetning av at bare bollemateriale prøvetas. Forsøk med dette vil trolig bli gjort i feltsesongen 1976.

Sulfidkjemi.

Dersom det viser seg at sulfidavsetninger er klart knyttet til bestemte vulkanske miljø, vil det være interessant å forsøke å finne korrelasjoner mellom sulfidkjemien av de evt. forskjellige grønnsteinstyper malmene opptrer i. For dette arbeidet blir det forsøkt samlet friske, representative prøver av eventuelle mineraliseringer samtidig med prøvetakingen av grønnsteinene. Disse analyseres på atomabsorpsjon ved NGU en rekke elementer, bl.a. Cu, Zn, Pb, Co, Cd, Ag, Mo, Mn.

FELTARBEID.

De områdene som er valgt ut for dette prosjektet er i første rekke Trondheimsfeltet og Grong-feltet, dels på grunn av at disse er av de største grønnsteinsprovinser med en mengde forskningsmessig interessante sulfidmineraliseringer, men også fordi disse feltene etterhvert begynner å bli bra kartlagt. Løkkenfeltet peker seg spesielt ut i så henseende, og det er et spørsmål om ikke en større del av arbeidet bør legges på deler av Trondheimsfeltet som kanskje tross alt er det best kjente strukturelt og stratigrafisk. Områder som det østlige Trondheimsfelt, Sulitjelma og Leka er imidlertid også aktuelle.

Feltarbeidet begynte i juni 1975 med en fire dagers ekskursjon sammen med David Roberts og George Gale i området Grong-Sanddøladal-Harran og Snåsa, som en innføring i Grongfeltets geologi.

Videre en ukes ekskursjon i Trondheimsfeltet med omvisning i gruvene Løkken (sink med noe kobber, beliggende i glimmerskifer/gråvakke), Killingsdal (sink-kobber i Hørsjø metavulkanitter) og Løkken (kobber-sink, beliggende i Løkken (Støren) grønnstein). Det ble samtidig samlet 18 prøver av grønnstein fra Hørsjøformasjonen. Disse er ferdig analysert på hoved- og sporelementer. Hørsjøforekomsten, som er samme type som Løkken og ligger 2 km øst for denne (muligens på samme stratigrafiske nivå) ble også besøkt samtidig med endel av grønnsteinsgeologien på grunnlag av E. Horikoshis kart over feltet.

I juli og august foregikk det meste av arbeidet i Grongfeltet. Skorovassgruve (kobber-sink, beliggende i grønnstein), og området omkring ble besøkt. Videre ble det foretatt en befaring og prøvetaking av endel av Grongfeltets metavulkanske bergarter og skjerp i tilknytning til disse. Disse er (numrene refererer til NGU nr. 202: "Oversikt over Grongfeltets skjerp og malmforekomster):

Skjerp SV for Havdalsvannet	(69)
Visletten skjerp, Tromsfjell	(45)
Halvveisbergets skjerp	(38)
Selbekk skjerpene	(38)
Kirmaskjerpene	(38)
Hausvikskjerpene	(47)
Storpluten skjerp, Mariafjell	(33)
Skjerp SØ for toppen på Mariafjell	(28)
Holmoskjerpene	(40)
Borvass-skjerpene	(10)
Skjerp ved Grøndalsdammen	(54)

Hovedsaklig er disse skjerpene vasskismineraliseringer uten økonomisk interesse. De opptrer stedvis direkte i massive grønnsteiner, ofte også i båndete tuffliknende metavulkanitter. Ofte danner vasskisen tynnere lag sammen med magnetitt og/eller den såkalte svartfels, en stilpnomelan/magnetitt/grafittholdig bergart. Disse mineraliseringene antas å være kjemiske sedimenter. Gjersvikmalmen og dens sidebergarter er også undersøkt og prøvetatt mere detaljert.

Tilsammen er det fra Grongfeltet samlet ca. 170 prøver, hvorav 57 prøver av malm og vasskis, 4 av den såkalte "svartfels" som ofte opptrer i forbindelse med vasskisene, 43 av kvartskeratofyr og beslektede bergarter i tilknytning til sulfidmineraliseringer, 71 prøver av grønnstein/grønnskifer, hovedsaklig fra heng og ligg av mineraliseringene. 31 av malmprøvene er fra Gjersvikforekomsten, likeledes 33 av kvartskeratofyr- og 26 av grønnsteinsprøvene. Foreløpig er 25 av grønnsteinsprøvene og 3 kvartskeratofyrprøver valgt ut og er til analysering. 13 av disse grønnsteinene er fra to mindre grønnsteininformasjoner i Limingen-serien.

Forst i august var det en ukes ekskursjon arrangert av IGCP-CCSS til sulfidmineraliseringer i Sverige og Norge: Sulfidmineraliseringer i Arefjellområdet vest for Hattfjelldal, samt områdets generelle geologi. Omvisning i Stekenjokk gruve (kobber-sink i båndete keratofyrer/grønnskifer og svartskifer). Rørosfeltets geologi i området Hummel-fjell - Vangrøftdalen og i Nordgruvefeltet, Kongens og Mugg gruver (beliggende i metagråvakker/glimmerskifer).

Ekskursjonen ble avsluttet med besøk ved Killingdal gruves malm-utgående, hvor en kunne se både båndete (tuffer) og massive grønnsteiner, muligens med putestrukturer. Fra sistnevnte ble tatt 2 prøver som er under analysering.

I september/oktober ble arbeidet lagt til Trondheimsfeltet. I samråd med statsgeolog David Roberts ble det gjort en systematisk prøvetaking av Forbordsfjell grønnstein og Jonsvatn grønnstein. Prøvene er forsøkt tatt langs profiler tvers gjennom de vulkanske lagpakken, ialt er det samlet og levert til analyse 46 prøver fra Forbordsfjell og foreløpig 35 fra Jonsvatn grønnstein. Videre er det nå på samme vis tatt 33 grønnsteinsprøver, 2 gabbro og 1 kvartskeratofyrprøve fra Støren grønnstein i Vassfjellområdet, syd for Trondheim.

Til dags dato er bare de 18 prøvene fra Hersjøformasjonen ved Røros ferdig analysert. Ved en enkel vurdering i Pearce og Cann's diskriminant-diagram tyder alt på at en i denne formasjonen finner både øybuetholitter og "ocean floor basalts". Dette kan synes som en tvetydighet, men kan forklares ved at en i øybuedannelsens tidligste stadium kan vente å få nettopp slike geokjemiske variasjoner (Miyashiro 1974). Ifølge Miyashiro kan en i dette stadium også vente basalter med FeO/MgO-forhold på over 2.0, noe som er meget sjeldent i ocean floor basalter. Det faktum at hele 7 av de 18 prøvene har et så høyt FeO/MgO-forhold, skulle altså også peke mot samme foreløpige slutning: At Hersjøformasjonens metavulkanitter representerer et meget tidlig stadium i en øybyedannelse.

Grønnsteinsprøvene fra Støren grønnstein i Vassfjellet er samlet i forbindelse med to ikke helt ubetydelige sulfidmineraliseringer, Skjøla og Flå gruve. Det er tatt prøver både stratigrafisk over og under malmen. Stratigrafisk like over disse malmene ble det funnet en meget spesiell grønnsteinsvariant, der stilpnomelan helt eller delvis erstatter den normale kloritt. Dette forhold antas å være kjemisk betinget og beror på et uvanlig høyt jern/magnesium-forhold, noe som også er bekreftet av noen få ferdige hovedanalyser. Bergartene er meget massive, og dette sammen med mikroskopistudier tyder på at de har vært lava. Samme type grønnstein er kjent fra Gjersvik, hvor den opptrer strukturelt under, men stratigrafisk over malmen, og fra Skorovass hvor dens posisjon er noe usikker, samtidig som den nå også ble observert stratigrafisk like over Høydalsmalmen ved Løkken.

Stilpnomelangrønnstein er ikke sett under disse malmene. Det må her bemerkes at Høydals- og Løkken-malmen er antatt å ligge på stratigrafisk samme nivå, på grensen mellom to forskjellige grønnsteinsformasjoner (ut fra rene feltvidenser)(Grammeltvedt, pers.medd.). Den eldste av disse formasjonene er etter bl.a. studier av Gale og Pearce (1975) antatt å være av ocean floor opprinnelse, men det høye jern/magnesium-forhold i de stilpnomelanholdige grønnsteinene nederst i den yngre formasjon kan være et indisium på at en her har med en begynnende øybuedannelse å gjøre. Ved en oppfølging av dette, etter at flere analyser er tilgjengelige, kan det således vise seg å være mulig å trekke paralleller mellom avsetningsmiljøet til flere store sulfidforekomster i Trondheims- og Grongfeltet. En foreløpig slutning, omenn på noe tynt grunnlag, er altså at den tidligste øybueutvikling i den kaledonske fjellkjede har gitt et gunstig miljø for dannelse av sulfidmineraliseringer.

I tilfellet med Forbordsfjell grønnstein har denne tidligere vært antatt å tilhøre Størenggruppen. Roberts (NGT, in press) har imidlertid påvist at den tilhører en yngre vulkansk episode av Undre Hovin alder. Grønnsteinsgeokjemien vil kanskje kunne bekrefte en antakelse om at Forbordsfjell og Jonsvatn grønnstein er dannet i tilnærmet samme vulkanske episode, selv om det tilsynelatende ikke finnes noen sammenheng mellom dem. En undersøkelse av disse grønnsteinene er interessant også fordi de begge tilsynelatende er fri for mineraliseringer av betydning, det eneste som er kjent er to vasskismineraliseringer i Forbordsfjell (Bulandet og Almli skjerp) og en finbåndet sedimentær magnetitt-"malm" i Jonsvatn grønnstein. Denne siste ble funnet i elveleiet i Nidelva og er omkring en halv meter mektig.

Trondheim, 16. januar 1976


Arne Bjørlykke
statsgeolog


Tor Grenne
vit. ass.

Referanser:

- Gale, G. H., Roberts, D. 1972: Palaeogeographical implications of greenstone petrochemistry in the southern Norwegian Caledonides. *Nature Phys. Sci.* 238, 60-61.
- Gale, G. H., Roberts, D. 1974: Trace element geochemistry of Norwegian lower Palaeozoic basic volcanics and its tectonic implications. *Earth. Planet. Sci. Lett.* 22, 380-390.
- Gale, G. H., Pearce, J. A. 1975: Geochemical patterns in Norwegian greenstones. *Earth. Planet. Sci. Lett.* (2) In press.
- Gale, G. H. 1974: Geokjemiske undersøkelser av kaledonske vulkanitter og intrusiver. NGU rapport nr. 1228.
- Gale, G. H. 1975: Ocean floor type basalte from the Grimeli formation, Stavenes group, Sunnfjord. NGU 319, 47-58.
- Grenne, T. 1975: En petrologisk-mineralogisk undersøkelse av Sulitjelmafeltets sulfidførnede metavulkanske serier. Hovedoppgave, Geol. inst. NTH. Upubl.
- Miyashiro, A. 1974: Volcanic rock series in island arcs and active continental margins. *Am. Jour. Sci.* 274, 321-355.
- Roberts, D. 1975: The Stokkvola conglomerate - a revised stratigraphical position. NGT, 55. nr. 4.