

Skandinaviens grundfjeld

Et forsøg på en oversigt

af

HENNING SØRENSEN

Abstract

A brief review of the Precambrian geology of Fennoscandia is given based on the geological summaries presented as a result of the International Geological Congress in Norden 1960.

I 1941 refererede VICTOR MADSEN i dette tidsskrift en afhandling af HELGE G. BACKLUND om Skandinaviens geologiske opbygning. På grundlag af geologiske vurderinger og radioaktive aldersbestemmelser var BACKLUND nået frem til følgende inddeling:

I. **Marealbider** (1520–1580 millioner år gamle) ved vestkysten af Hvidehavet. Disse bjergarter blev også betegnet Bjelomorider.

II. **Norvegosamider** på Kolahalvøen, i finsk Lapland og Sydvaranger i Norge, sandsynligvis 1200–1300 millioner år (m. år) gamle.

III. **Svekofennider** (1012–1060 m. år) i Sydfinland og Svealand, samt små områder længere mod nord. Hertil hører måske Blekinges gnejser og Bornholm.

IV. **Gothokarelider** i russisk Karelen, størstedelen af Finland, V- og N-Sverige, samt Sydnorge. Alderen sandsynligvis 825–865 m. år.

Disse fire grupper skulle svare til hver sin orogenese. Yngre endnu er de algonkiske bjergarter (ca. 650 m. år), som omfatter subjotnium, jotnium og eokambrium. Disse lag er ufoldede. De yngste orogene led i Skandinavien er de kaledonisk foldede bjergarter i Fjeldkæden.

Siden BACKLUND udarbejdede denne inddeling, er kendskabet til Skandinaviens geologiske opbygning øget i meget betydelig grad, de gamle metoder til radioaktiv datering af mineraler er forbedret, og nye og sikre metoder er fundet. Et temmelig stort antal aldersbestemmelser er nu udført på Skandinaviens grundfjeld, en væsentlig del af disse på Laboratoriet for Prækambrisk geologi i Leningrad. Den mest benyttede metode er kalium/argon-metoden, for hvilken de radioaktive konstanter nu er så velbestemte og analysemetoderne så nøjagtige, at meget fine aldersbestemmelser kan foretages. Metoden giver bedst resultater på kaliglimmere, som, forudsat at mineralet ikke har været udsat for omdannelsesprocesser,

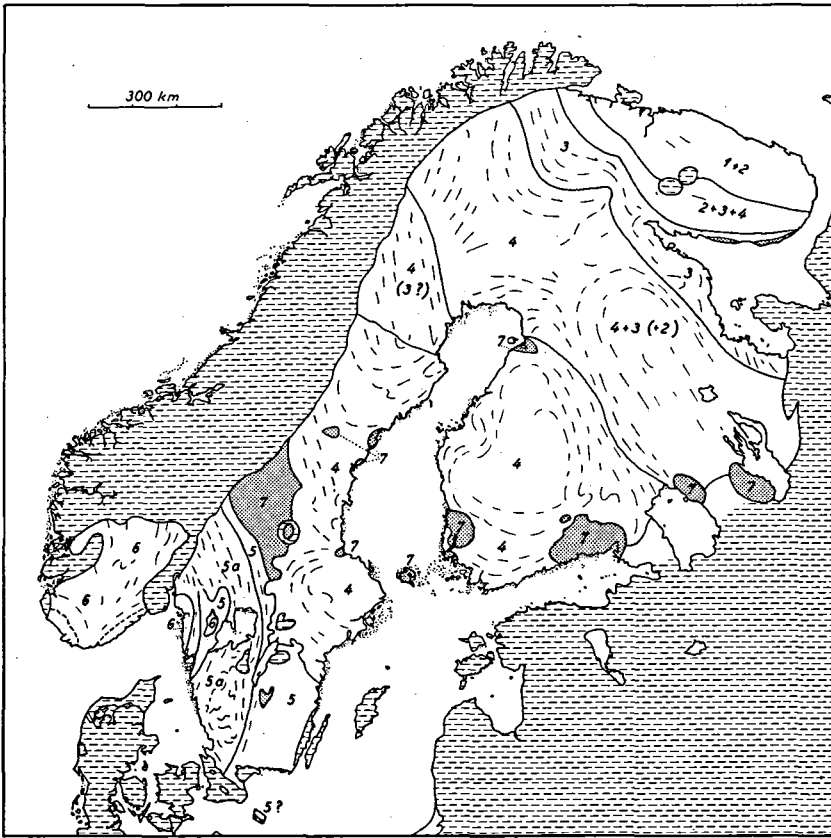


Fig. 1. Fennoskandias tektoniske inddeling på grundlag af de i litteraturlisten nævnte afhandlinger.

1. Katakæisk, 2. Saamisk, 3. Belomoridisk, 4. Svekofennisk-Karelisk, 5. Gothisk, 5a. Prægothisk, 6. Dalslandisk og Sydnorge, og 7. Jotnisk og subjotnisk (sandsten, porfyrer, rapakivi, m. m.). Visingsöformationen og eokambriske dannelser er ikke angivet. Vandret skravering: Post-prækambriske bjergarter.

er i stand til at tilbageholde den ved den radioaktive nedbrydning af ^{40}K udviklede luftart ^{40}A . Derimod siver en del argon væk fra kalifeldspat, hvorfor feldspatminerale giver mere usikre aldersbestemmelser. Andre benyttede metoder er de mere klassiske uran-thorium/blymetoder, dog i den forbedrede udgave med bestemmelse af uranets og blyets isotopsammensætning, samt rubidium/strontium bestemmelser på kalifeldspat og kaliglimmere og rhenium/osmium på molybdænglans.

Der er endnu mange usikre punkter i tolkningen af Skandinavien grundfjelds opbygning, men alligevel er der en vis mening i netop nu at forsøge at give geologiinteresserede i Danmark en oversigt over grundfjeldsgeologiens nuværende situation, idet der i de nordiske lande netop er gjort

status i anledning af den internationale geologkongres, som blev afholdt i Norden i sommeren 1960. I forbindelse med kongressen blev der udarbejdet en række udmærkede oversigter over Nordens grundfjeld, nemlig HOLTEDAL (1960), MAGNUSSON (1960), MAGNUSSON med flere (1960), SIMONEN (1960), POLKANOV og GERLING (1960), samt en række fortrinlige guidebøger til de mange ekskursioner rundt i Norden. Oversigter over aldersbestemmelser findes i de nævnte afhandlinger, samt hos PARWEL og WICKMAN (1954), GERLING og POLKANOV (1958), KOUVO (1958) og NEUMANN (1960).

Det følgende vil i det væsentlige blive et sammenarbejdet referat af de nævnte afhandlinger, og der vil kun i enkelte tilfælde blive henvist til de originalarbejder, som disse er baseret på. Kommentarer vil blive indskrænket til de mest problematiske punkter, men en indgående diskussion med fremførelse af alle fremsatte synspunkter vil ikke være mulig inden for denne artikels rammer.

Ved grundfjeld forstås de bjergarter, der er blevet til i prækambrisk tid, dvs. bjergarter der er ældre end ca. 600 m. år. Man inddelte tidligere disse bjergarter i nogle få større underafdelinger, som kunne sammenfattes i to: de ældste arkæiske og de yngre proterozoiske (algonkiske) bjergarter, hvoraf de sidste som regel var mindst omdannede. De senere års undersøgelser har vist, at denne inddeling var baseret på metamorfosegrad snarere end på alder, og den kan derfor ikke tillægges større betydning.

Da de prækambriske bjergarter ikke er forsteningsførende vil den lithostratigrafiske klassifikation blive benyttet, dvs. de større stratigrafiske enheder betegnes grupper og disse inddeles i formationer og led (cf. TROELSEN og SORGENFREI, 1956). Flere grupper kan sammenfattes i provinser, som eventuelt hver svarer til en orogenese (QUENNELL og HALDEMANN, 1960).

Skandinaviens grundfjeld er den nordvestlige del af det fennosarmatiske skjold, som omfatter Syd- og Nordnorge, Sverige, Finland, russisk Karelen, Kola, samt undergrunden i det egentlige Rusland, i Polen og i Nord- og Mellemeuropa ned til Alperne. Grundfjeldet er blottet i Fennoskandia (dvs. Norden, Kola og russisk Karelen), i de yngre bjergkæder i Mellemeuropa (f. eks. Vogeser, Schwarzwald, Bøhmen og Alperne), samt i Ukraine.

Fennoskandias grundfjeld inddeles kronologisk i: 1. Katarkæiske dannelser, 2. Saamiske dannelser, 3. Belomoridiske dannelser, 4. Svekofenniske og Kareliske dannelser, 5. Gothiske dannelser (herunder behandles de aldersmæssigt usikkert placerede Prægothider), 6. Dalslandiske dannelser og sydnorske grundfjeld og 7. ufoldede prækambriske dannelser.

1. **Katarkæiske dannelser** findes som indeslutninger i yngre bjergarter i den nordlige del af Kolahalvøen. Man skelner mellem en ældre gruppe stærkt omdannede bjergarter (3440–3480 m. år) og en yngre på

2830–3060 m. år. Disse bjergarter indesluttet i og skæres af yngre graniter (1840–3250 m. år), dvs. graniter tilhørende adskillige af de nedennævnte tidsgrupper.

2. Saamiske dannelser inddeles i ældre saamiske (2530–2870 m. år) og yngre saamiske (2150–2370 m. år). De førstnævnte skæres af graniter, der er 2500–2870 m. år gamle, de sidste af graniter på 2100–2490 m. år, alkaline bjergarter (2330 m. år) og pegmatiter med sjældne mineraler (2100–2300 m. år). Bjergarter af disse ældre findes i det nordlige Kola, samt indesluttet i yngre bjergarter i det sydlige Kola, russisk Karelen og i Østfinland.

De saamiske bjergarter strækker sig iøvrigt ind over det russiske skjold og omfatter f. ex. gnejser og jernmalm ved Kursk, som kan følges lange strækninger under yngre dæklag ved hjælp af magnetiske målinger. Bjergarter af disse ældre kendes også fra Ukraine.

3. Belomoridiske dannelser (1950–2100 m. år) findes i et bælte på begge sider af Hvidehavet og når mod vest frem til de kaledonisk foldede bjergarter i Nordnorge. De findes altså vest og syd for de ældre dannelser og har indeslutninger af disse. Belomoriderne danner underlag for de yngre karelske sedimenter i det sydlige Kola, i Nordfinland, Finnmark, i russisk Karelen og i Østfinland. I de nordlige områder indgår Laplands granulitformation med højmetamorfe bjergarter i Belomoriderne. De skærende graniter har ældre på 1950–2100 m. år.

Af belomoridisk alder er ifølge POLKANOV og GERLING (1960) skifre fra Skelleftefeltet i Nordsverige (se mere nedenfor).

4. Svekofenniske og karelske dannelser omfatter bjergarter, som blev foldet og metamorfoseret for ca. 1800 m. år siden. Tidligere mente man, at de svekofenniske bjergarter var ældre end de karelske, hvilket dels skyldes, at de er kraftigere metamorfoserede end sidstnævnte, dels at de karelske bjergarter tidligere blev anset for at være yngre end de graniter, som skærer Svekofenniderne. Senere undersøgelser har imidlertid vist, at både Svekofennider og Karelider skæres af graniter, der er 1800 m. år gamle. Dette kan forklares ved at antage, som ESKOLA har gjort det, at de ældre svekofenniske bjergarter er blevet regenereret under den yngre karelske foldning, idet det tilstedeværende argon blev uddrevet. Den K/A-alder man bestemmer, er da alderen på den yngre foldning, idet den argon, der nu findes i glimmeren, er opmagasineret siden omdannelsen fandt sted. Hertil hævder SIMONEN og andre, at aldersbestemmelser på underlaget af de karelske bjergarter i Østfinland stadig giver de gamle ældre, selv om disse bjergarter har været aktiveret under den karelske foldning. De fleste mener vel derfor nu, at svekofenniske og karelske bjergarter er foldet og metamorfoseret på nogenlunde samme tid.

De svekofenniske bjergarter findes i Sydfinland, samt i Svealand og Norrland i Sverige; og det har ikke været muligt at påvise rester af deres underlag.

De sydfinske svekofenniske bjergarter blev tidligere inddelt i ældre, stærkt metamorfoserede svioniske, og i yngre, svagere metamorfoserede botniske bjergarter. SIMONEN har nu vist, at de hører til samme orogenese. De danner bueformede strøg, som overvejende stryger øst-vest, men mod øst bliver strøget gradvis nord-sydligt, og Svekofenniderne løber da parallelt med Karelidene i Østfinland, uden at det har været muligt at påvise en diskontinuitet imellem dem.

Svekofenniderne opbygges af foldede og metamorfoserede suprakrustale bjergarter¹⁾, der ved Tammerfors, hvor de er mindst omdannede, består af en bjergartsserie på over 8000 m omfattende en nedre gruppe med gråvacke og leptit, en mellemste gruppe af basiske vulkaniter og en øvre gruppe af lersedimenter. Dette er som påvist af SIMONEN en udpræget eugeosynklinal bjergartsassociation. Kvartsit og kalk er sjældne, men de store marmorforekomster ved Pargas og Lohja hører dog hertil. Metamorfosegraden varierer fra grønskifer- til granulitfacies, og bjergarterne er stedvis stærkt granitiserede, idet der findes synkinematiske Na-rige, senkinematiske K-rige, samt postorogene graniter (altså granitserier ifølge WAHL og READ). Til de sidste hører ved Helsingfors Obbnäs og Bodom graniterne med aldre på 1620 m. år, samt de nedennævnte rapakivgraniter.

I Sverige er de svekofenniske, eller som de dér kaldes svioniske bjergarter bedst udviklet i Svealand og Norrland. I Svealand findes nederst leptitbjergarter med kalklag og ret store jernforekomster, øverst gråvackesedimenter. (Ved leptit forstås i dette område finkornede kvarts-feldspatrige bjergarter, som kan vises at være svagt metamorfoserede sure vulkanske bjergarter; de ovennævnte sydfinske leptiter er i hvert fald til dels omdannede kvarts-feldspat-sedimenter). I Norrland dominerer gråvackesedimenter.

Sedimenterne er foldet under granitisering (urgraniterne), og i forbindelse hermed er dannet sulfidmalme, f. ex. i Falun. Metamorfosegraden er varierende, visse steder, som f. ex. i Grythyttetfeltet, er suprakrustalbbergarterne så uomdannede, at man kan studere primære sedimentogene og vulkanske strukturer.

Efter denne foldning fulgte i Centralsverige en periode med intrusion af basiske dykes og så en ny foldning ledsaget af migmatit- og granitdannelse (f. ex. Stockholmsgranit). Migmatitdannelsen resulterede i fremkomsten af den store zinkforekomst ved Åmmeberg lige nord for Vättern, idet man antager, at de oprindelige sedimenter og vulkaniter har haft et vist ringe indhold af zink og bly, som er uddrevet under migmatitiseringen og er opfanget i kalksten foran migmatitfronten.

Længere mod nord findes i Skelleftefeltet en serie svagt omdannede suprakrustalbbergarter, som af KAUTSKY er inddelt i en nedre gruppe af gråvacke, skifer og vulkaniter (Maurlidengruppen), der blev foldet samtidig med dannelsen af Jørngraniten. Efter en erosionsperiode aflejredes den øvre sedimentserie (Elvaberggruppen), som består af konglomerater

¹⁾ Ved suprakrustale bjergarter forstås bjergarter afsat på jordoverfladen, dvs. sedimenter og vulkanske dagbjergarter.

med blokke af Jörngranit, etc. (bl. a. Vargforskonglomeratet), samt gråvacke og skifer. Under en ny foldning dannedes migmatiter og den såkaldte Revsundsgranit og i forbindelse hermed et stort antal sulfidmalmsforekomster, f. ex. Boliden. Malmene tænkes også her uddrevet af de migmatitiserede sedimente og vulkanite, og malmen opfanges i »malmfælder«, dvs. strukturer dannet under foldningen, f. ex. mellem vulkanite og sedimente, som har forskellig foldestil.

Den berømte Varuträskpegmatit anses for at være dannet sammen med Revsundsgraniten. Skellefteskifrene (sandsynligvis Maurlidenskifre) har som nævnt ovenfor givet aldre på ca. 2100 m. år, Varuträskpegmatiten aldre på hhv. 1700 og 2060 m. år og Revsundsgraniten på 1800 m. år.

De nord for Skelleftefeltet liggende Arvidsjaurporfyrer anses for at være af samme alder som Maurlidengruppen, idet de er fundet som rullesten i Elvaberggruppens konglomerater. De skæres af Arvidsjaurgranit. Af samme alder er muligvis også porfyrerne og jernmalmen i Kirunaområdet.

I den sydlige del af Norrbotten overlejres de foldede porfyrer, etc. af Pitekonglomeratet, som er ældre end Revsundsgraniterne. Man ser heraf, at der er mindst to foldningsperioder i det kompleks, der af svenske geologer betegnes Svioniderne. Mod syd er foldningerne adskilt af periode med dykeintrusion, i nord af periode med forvitring og sedimentdannelse.

Karelske bjergarter findes i Øst- og Nordfinland, Karelen, Kola, Nordsverige og Nordnorge, men bjergarter af denne alder kendes også fra Ukraine, bl. a. hører jernmalmen ved Krivoi Rog hertil.

I Østfinland og russisk Karelen er de karelske bjergarter aflejet på et underlag af ældre gnejsbjergarter, som er aktiveret under foldningen af Kareliden under dannelse af granit- og gnejsdomer (de såkaldte mantledomes). De karelske bjergarter består nederst af arkose, kvartsit, phyllit og dolomit (Jatulikum), øverst af phyllit og glimmerskifer (Kalevium), som i hvert fald lokalt er adskilt fra Jatulikum af diskordans. Bjergarterne intruderes af uralitdiabas. De er foldet og skæres af graniter, f. ex. Marianvaaragraniten ved Outokumpu. Metamorfosegraden er lav mod øst og stiger mod vest, hvor der er gradvis overgang til de svekofenniske migmatiter. De højmetamorme karelske bjergarter er af SEDERHOLM betegnet Ladogiske.

Sedimentassociationen i Kareliden er af miogeosynklinal type. WEGMANN (1928) opfattede de jatulske kvartsiter som epikontinentale dannelser mellem et østligt kontinent og en vestlig geosynklinal, hvori de ladogiske bjergarter er geosynklinalsedimenterne. De kaleviske bjergarter skulle da svare til foldningens flyschsedimenter. Foldningen er alpinotyp med overskydningstektonik og ophioliter langs overskydningsplanerne (ophioliter er basiske bjergarter intruderet under foldning).

De sovjetrussiske geologer inddeler de karelske sedimente i to grupper eftersom de skæres eller ikke-skæres af granit.

I Nordfinland er successionen ved Kemi ifølge HÄRME: Kvartsit, grønsten, skifer, dolomit og øverst lerskifer. Bjergarterne er foldet under dannelse af Haparandagranit, og der er også senkinematiske mikroklingraniter.

I Norrbotten i Sverige findes karelske bjergarter i en 100 km bred zone parallelt med grænsen til Finland. Zonen har vinduer, hvori de ældre svioniske bjergarter kan ses. De karelske bjergarter overlejrer de svioniske med diskordans og har i bundkonglomeraterne blokke af de ældre lag, f. ex. af Kirunamalmen. Den nederste del af serien omfatter kvartsit, phyllit, konglomerater, kalk, dolomit og basiske vulkaniter. Disse bjergarter, der betegnes de lapponiske, er foldet under dannelse af ovennævnte Haparandagranit. Efter erosionsperiode aflejredes en øvre sedimentserie, Bålingeformationen, som består af konglomerater, sandsten, phyllit og en stor mængde andesitisk lava. Under ny foldning dannedes migmatitgranit (Linagranit) og syenit-graniter (Sorsele- og Edeforsgranit). Graniter af disse typer skærer også de ældre svioniske bjergarter og findes helt ned i Skelleftefeltet. De har aldre på ca. 1800 m. år.

I norsk Finnmarken findes karelske bjergarter i et vestligt og et østligt område, adskilt af et intermontant strøg af ældre bjergarter af belomoridisk alder, hvori den ovennævnte granulitformation indgår. Alle disse tre komplekser fortsætter ind i Nordfinland. Både i vest og øst hviler de karelske sedimenter på ældre gnejser og graniter, som under den senere foldning danner domer i sedimenterne. I modsætning hertil er det centrale belomoridiske kompleks skudt ind over de karelske sedimenter under foldningen.

Det vestlige område omfatter i Finnmarken længst mod vest en nedre gruppe (nedre Raipas) med grønsten, grønskifer og karbonatbjergarter og en øvre gruppe (øvre Raipas) med sandsten, skifre og dolomit. De to grupper er i det mindste lokalt adskilt af diskordans. Metamorfosegraden er lav, maksimalt findes epidot-amfibolitfacies. I centrale Finnmarken findes lidt andre bjergartstyper, nemlig en nedre gruppe (Časkias) med konglomerat, kvartsit, skifre, karbonatbjergarter og vulkaniter og en øvre gruppe (Čaravarre) med lerbjergarter, sandsten og kvartsit. Metamorfosegraden er også lav her, men den stiger mod ydre dele af området. Kvartsit overlejret af amfibolit øst for det centrale belomoridiske gnejsområde er muligvis en højmetamorf udgave af disse bjergarter.

Øst for det centrale område af ældre gnejsbjergarter findes aflejret på gnejsen en suprakrustalserie med konglomerat, kvartsit, glimmerskifer, Sydvaranger-jernmalm og andesit (Bjørnevann formationen). Disse lag er foldede og skæres af granit og pegmatit. På den eroderede overflade af disse bjergarter blev dernæst dannet konglomerat, glimmerskifer, karbonatbjergarter og grønsten, der har størst udbredelse på østsiden af Pasvikelven i Petsamo (Petchenga) området, og som derfor betegnes Petsamontunturitformationen. Heri findes den bekendte Petsamonnikkelmagnetkis i tilknytning til basiske og ultrabasiske bjergarter. Disse bjergarter er foldet i forbindelse med overskydninger af de ældre bjergarter, og grønstenen omdannes i strøgetningen til amfibolit, der fortsætter ind i Finland.

Det ses af det ovenstående, at der er to karelske foldezoner adskilt af intermontant område med ældre bjergarter, samt at der er påvist to foldningsfaser i disse foldestrøg.

Det ses desuden, at der mellem svenske og finske geologer er nogen

uenighed om aldersforholdet mellem Svekofennider (Svionider) og Karelider. Svenskerne betragter Svioniderne som lidt ældre end Kareliderne, idet bjergarter, der antages at være af svionisk alder, overlejres diskordant af karelske bjergarter. Men alle skærende graniter er af samme alder, hvilket som nævnt er årsagen til, at de finske geologer betragter de to bjergartskomplekser som stort set lige gamle. Disse modstridende synspunkter kan forliges, hvis man antager, at Maurlidengruppen, Arfvidsjaurporfyreerne, Kirunaporfyreerne, Jörngraniten og Arfvidsjaurgraniten er ældre end de mod nord og syd liggende bjergarter. Elvaberggruppens bjergarter og de lapponiske bjergarter er da sedimenter af karelsk alder pålejret det gamle underlag. Denne antagelse er i overensstemmelse med aldrene på ca. 2100 m. år bestemt på skifre fra Skellefte og lepidolit fra Varuträskpegmatiten, samt det lange tidsinterval, der synes at skille Maurlidengruppen fra Elvaberggruppen. Kan dette synspunkt ikke godtages, må man nødvendigvis regne med adskillige deformationsperioder i den svekofenniske-karelske foldning, perioder der er skilt af store tidsintervaller.

Det kan i denne forbindelse være af interesse at påpege, at de svekofenniske-svioniske bjergarter er af udpræget eugeosynklinal type, mens de karelske sedimenter snarere er af miogeosynklinal eller af epikontinental type. Man har kunnet påvise de sidstnævntes underlag, men har ikke fundet sikre rester af underlaget til de førstnævnte. Ses dette i lys af den moderne øbue teori om bjergkædernes opståen svarer de svekofenniske bjergarter til en ydre, eugeosynklinal øbue, mens de karelske bjergarter hører hjemme i en nærmere det oprindelige kontinent liggende miogeosynklinal eller er aflejret på kontinentranden. Disse to buesystemer burde så ifølge teorien være adskilt af en vulkansk øbue med granitbatholither og vulkanske bjergarter, altså forhold der kan sammenlignes med bjergkæderne langs vestkysten af U.S.A., dvs. en ydre eugeosynklinal zone (Kystbjergene), en central vulkansk zone (Sierra Nevada) og en indre miogeosynklinal zone (Rocky Mountains). Det vil dog sandsynligvis blive vanskeligt at påvise resterne af en tidligere vulkansk bue i det skandinaviske grundfjeld, idet man jo kun kan vente at finde et meget dybt snit af denne, hvor bjergarterne er kraftigt metamorfoserede. Yderligere må man gå ud fra, at der er store chancer for at de fleste primære strukturer er forsvundet, hvis bjergarterne, hvad der er grund til at tro, er foldet i flere omgange.

Efter afslutningen af den svekofennisk-karelske foldning dannedes postorogene graniter, f.ex. Obbnäs og Bodom i Sydfinland (1620 m. år) og de finske rapakivigraniter (1640 m. år). Af denne alder er også alkaline bjergarter i Kola (Gremyakha Vyrmes) og i Karelen (Eletozoro), der giver aldre på 1680–1810 m. år, samt alkaline bjergarter i Ukraine (Priasov eller Mariupol) på 1550–1750 m. år. Et massiv af rapakivi i Ukraine (Korosten) har alder på 1700 m. år. Da der også findes bjergarter foldet i karelsk tid i Ukraine, viser dette område altså betydelig lighed med udviklingen i Fennoskandia.

I det østlige centrale Sverige findes en række forekomster, hvori rapakiviagtige bjergarter indgår (Rödö, Gävle, Nordingrå og Ragunda). Da de

optræder som postorogene dannelser i svioniske bjergarter, kan de muligvis i alder korreleres med de finske rapakivgraniter, men er da væsentlig ældre end de vulkanske bjergarter i Dalarna, som de sædvanligvis sammenlignes med.

Efter intrusionen af de postorogene graniter (som i enkelte områder er ledsaget af vulkanske bjergarter) aflejredes røde sandsten af molassetype. Disse er bevaret på sydkysten af Kola, ved Onega, Pori, Muhos, og muligvis er sandsten ved Gävle, Nordingrå og på øer i Mälaren af samme alder. Disse sandsten hører til de såkaldte jotniske dannelser (se mere nedenfor). De er i de fleste områder ledsaget af diabasintrusioner.

5. De gothiske dannelser i det sydøstlige Sverige er yngre end Svioniderne, da de har indeslutninger af disse og ifølge aldersbestemmelserne er 1420–1660 m. år gamle. De dominerende bjergarter er Smålandsgraniterne, der danner granitserier, og som har indeslutninger af ældre suprakrustalbjergerter, nemlig sedimentter (især sandsten) ved Västervik og Vetlanda og talrige øst-vest-strygende områder af vulkaniter: Smålandsporfyrerne. Smålandsgraniterne kan følges mod nord til Dalarna.

I Sydøstsvrige findes på vestsiden af Väneren i en synklinall (Gillbergaskålen) bjergarter, der også anses for at være af gothisk alder. Det drejer sig om Åmålformationen, der består af vulkaniter, kvartsit, m.m., og som er aflejet på en forvitret overflade af de nedennævnte prægothiske bjergarter. Åmålformationen skæres af graniter, f. ex. Åmål- og Kroppefjellgraniterne. Aldersbestemmelser på disse bjergarter viser ældre på 1000–1100 m. år (se nedenfor).

Vest for Gillbergaskålen findes et strøg af bjergarter, der er betegnet Stora Le-Marstrandformationen, og som består af lyse, årede gnejser, der hovedsagelig synes at være metamorfoserede gråvacker, lerbjergarter og sandsten. Disse bjergarter anses for at være af tidlig gothisk alder.

De såkaldte kystgnejser i Blekinge, der har rester af suprakrustalbjergerter (især glimmerskifre og porfyrer), giver ældre på 1460–1560 m. år og må således også opfattes som gothiske dannelser. De er foldet i to faser eller perioder, der hver er ledsaget af sin granitserie (R. NORIN, 1959). Til den sidste serie hører den postorogene Karlshamngranit, som er 1420 m. år gammel.

Bornholms grundfjeld hører sandsynligvis til de gothiske dannelser.

Sydøstsvriges gothiske bjergarter adskilles fra de mod vest liggende såkaldte prægothiske dannelser af en op til 20 km. bred forskifningszone, der strækker sig fra Vättern til Skåne, og som muligvis når ned til Romeleåsen. Gnejsbjergarterne i denne zone er stærkt forskifrede med mylonit-zoner og epidotsprækker. I zonen findes en del hyperitforekomster (bl. a. Smålands Taberg med titanjernmalm). Hyperiter danner linseformede legemer, som inderst består af gabbro eller diabas (dolerit), yderst er disse bjergarter i de fleste tilfælde omdannet til amfibolit. I zonen findes også Vaggerydsyeniten, som er 1270 m. år gammel.

Forskifningszonen fortsætter mod nord gennem Värmland og gennem

det sydøstnorske grundfjeld frem til området ved Mjøsa, hvor grundfjeldet dækkes af yngre bjergarter.

Forskriftingszonens bjergarter giver aldre på 1240–1380 m. år. De suprakrustale bjergarter i Grythytte- og Saxåfelterne, der af geologiske grunde anses for at være svioniske, giver samme aldre. Er dette rigtigt, må den stratigrafiske inddeling af Sveriges grundfjeld ændres, men man antager, at de for lave aldre er fremkommet ved, at bjergarterne har været udsat for omdannelser, dengang forskiftingszonen blev anlagt.

5a. **De prægothiske dannelser** er som nævnt ovenfor adskilt fra Sydøstsveriges gothiske graniter af en forskiftingszone, hvilket vanskeliggør bestemmelsen af aldersforholdet mellem disse bjergarter. Dog synes den gothiske granit ved Töreboða at trænge ind i de vestlige gnejser, hvorfor disse er betegnet prægothiske. Denne opfattelse bestyrkes af, at Åmålformationen, der som nævnt også regnes som en gothisk dannelse, er afsat på en forvitret overflade af prægothiske bjergarter.

Prægothiderne opbygges af gnejser (bl. a. de såkaldte jerngnejser), der har ganske få indeslutninger af suprakrustale bjergarter. Mellem Varberg og Halmstad indgår hypersthenholdige bjergarter i gnejsen, bl. a. Varbergcharnockiten. Disse rester af granulitfaciesbjergarter er efter min opfattelse ældre end de omgivende gnejser, og de er under omdannelse til disses amfibolitfacies-mineralselskaber. I samme zone findes iøvrigt en stor mængde forekomster af granatamfibolit, hvilket kan forklare, at granatamfibolit er en så udbredt bloktype i det østlige Danmark.

I gnejsen findes linser af hyperit, der kan være foldede. Dette tyder på, at gnejsen er blevet foldet under mindst to foldningsfaser eller -perioder, idet hyperit er intruderet mellem de to foldninger.

Aldersforholdet mellem Prægothider og Svionider er ukendt, og de førstnævntes absolutte aldre er ikke publiceret.

I Dalarna i Sverige og i Trysil i Norge overlejreres de gothiske graniter af Dalaporfyrer, som skæres af graniter (Garberg-, Rätan- og Järngranit). Disse kan opfattes som den gothiske foldnings postorogene graniter. Efter dannelsen af graniterne fulgte en erosionsperiode, og på den peneplaniserede overflade aflejredes Dalasandstenen, der er af molasse-type. Alderen på sandstenen er kaldt jotnisk. Af samme alder er sandsynligvis Almesåkraformationen sydøst for Vättern. Både den og Dalasandstenen er ledsaget af diabasintrusioner (f. ex. Åsbydiabas) og i tilknytning til Almesåkraformationen findes Påskalavikporfyrer.

Jeg har ikke kendskab til aldersbestemmelser på disse unge graniter og vulkaniter, men de må være væsentlig yngre end de tidligere nævnte jotniske dannelser fra Finland. POLKANOV og GERLING opgiver en aldersbestemmelse på 1000 m. år for Almesåkra. Alderen af de tidligere nævnte østsvenske forekomster af rapakivi og sandsten er som nævnt problematisk, men disse bjergarter regnes ofte for at være dannet på samme tid som forekomsterne i Dalarna (cf. side 358).

6. På nederoderede gothiske bjergarter i Dalsland aflejredes **Dalformationen**, der består af arkose og konglomerat nederst og iøvrigt af sandsten, skifer, kalk og vulkaniter. Lagene er foldede og noget metamorfoserede, og under foldningen er dannet overskydninger af ældre bjergarter. Skifrene skæres af pegmatit og granit af samme alder som Bohusgraniten, der er aldersbestemt til 900 m. år. I forbindelse med foldningen og dannelsen af Bohusgraniten er der sket store forstyrrelser af de omgivende gothiske og prægothiske bjergarter, og de giver aldre på 920–1130 m. år.

Bjergarterne i det **sydnorske grundfjeld** giver aldre, der falder i samme tidsinterval. Man inddeler dette grundfjeld i en række områder:

a. **Sydøstnorge** med Akershus og Østfold, hvor bjergarterne er af samme type som i tilstødende dele af Sverige. Gnejserne og pegmatitterne giver aldre på 900–1100 m. år, og Østfoldgraniten (= Bohusgranits nordlige del) er 800 m. år gammel. Gnejserne i den nordøstlige del af området har en del hyperitforekomster (fortsættelse af hyperitstrøg i Värmland).

b. **Kongsberg-Bamble-området**, der består af gnejs og granit med partier af suprakrustalbjergarter og jernmalm. Metamorfosegraden er høj og når granulitfacies omkring Arendal. Hyperit er dannet som diabas-intrusioner i et interval mellem to foldninger og er omdannet til linser under sidste foldning. Granitisering er udbredt, og der er også postorogene graniter, f. ex. Grimstad (1030 m. år) og Herefoss (860–930 m. år). Gnejsbjergarterne giver aldre på 900–1050 m. år.

c. **Telemark-Rogaland-området**, som omfatter størstedelen af Syd-norge. Bjergarterne her er adskilt fra Kongsberg-Bamble-områdets bjergarter af forkastninger. I selve Telemarken findes stærkt foldede suprakrustalbjergarter, som har en samlet mægtighed på mere end 4000 m. De består af sure og basiske vulkaniter, kvartsit, skifer og kalk, og der er to diskordanser i serien, hvilket viser at udviklingen har været afbrudt af jordskorpebevægelser. I et sandstenslag i den øvre del af serien er fundet forsteningslignende strukturer, som af DONS (1959) er beskrevet under navnet: *Telemarkites enigmaticus*. De foldede bjergarter skæres af granit. De foldede lag grænser mod syd til de regionale gnejser og graniter, men forholdet til disse er endnu ufuldstændig kendt. Der er fundet diffuse, såvel som skarpe grænser. Gnejserne har aldre på 860–990 m. år, og Telemarkgraniten er 800–860 m. år gammel.

I det sydlige gnejsområde findes det ca. 1000 km² store anorthositområde ved Egersund, hvori der er store ilmenitforekomster. Gnejsen omkring anorthositen viser en alder på 760 m. år. Anorthositkomplekset og dets omgivende gnejser, som til dels har granulitfaciespræg, er ifølge Michor foldet i flere perioder med komplicerede tektoniske forhold. Der er for eksempel påvist overskydningstektonik.

Sydnorge er berømt for et stort antal pegmatitforekomster med mange sjældne mineraler. Alderbestemmelser på disse giver i Iveland: 880–920 m. år, Rømteland: 920 m. år og Auselmyra: 1090 m. år. Men aldre helt ned til 500 m. år er fundet.

WEGMANN har påvist to foldningsperioder og flere senere perioder med mylonitdannelse i grundfjeldet sydvest for Oslo. Under anden foldning blev Telemarkens suprakrustalbjergerarter metamorfoseret i et højt niveau i bjergkæden, mens Kongsberg-Bamble bjergarterne metamorfoseredes i et dybere niveau.

Ifølge aldersbestemmelserne blev Dalformationen foldet under den yngre foldning af Sydnorges grundfjeld. De postorogene graniter svarende til denne foldning (Bohus-Østfold, Herefoss, Lindesnes og Telemark) er 800–900 m. år gamle. Andre postorogene graniter som Grimstad- og Arendalgraniterne er ca. 1030 m. år gamle.

Om den ældre foldning i Sydnorge skal korreleres med dannelsen af den store forskiftingszone, med Gothider, Prægothider eller Svionider er endnu uopklaret. De højeste aldre bestemt på granit og gnejs i Sydnorge er ca. 1100 m. år, dvs. samme alder som er bestemt på de gothiske og prægothiske bjergarter i området omkring den foldede Dalformation. MAGNUSSON forklarer de lave aldre ved at antage, at det ældre grundfjeld har været udsat for gennemgribende omdannelser under foldningen af Dalformationen. Men erfaringerne fra russisk Karelen og Østfinland viser, at et ældre gnejsunderlag godt kan aktiveres under en senere foldning uden at give synderlig lavere aldre. Spørgsmålet er derfor, om foldningen af Åmålformationen kan korreleres med den ældre foldning i Sydnorge. De prægotiske og gothiske bjergarter i det sydlige Sverige må da være dannet væsentlig tidligere, eventuelt under samme orogenese.

7. Af prækambriske ufoldede sedimenter er allerede behandlet de jøtniske sandsten i Sverige og Finland, der som nævnt muligvis er af forskellig alder.

Unge ufoldede sedimenter findes desuden på Visingsö i Vättern og på denne søs kyster. Det drejer sig om den ca. 1000 m. mægtige Visingsö-formation, der består af sandsten, lerskifre, m.m. Da sedimenterne er umetamorfoserede må aldre på 1000 m. år bestemt på glimmer vise, at sedimenterne (og muligvis sedimenterne i den nærliggende Almesåkra-formation) er dannet ved nedbrydning af bjergarter, som blev til under foldningen af Dalformationen.

Visingsöformationen er ikke angivet på kortet, fig. 2. Det samme gælder Skandinavien yngste prækambriske bjergarter, de eokambriske sedimenter, som findes i den kaledonske fjeldkædes østlige randzone, hvor de indgår i overskydningszonen.

De eokambriske bjergarter, der overlejres af kambriske bjergarter, er bedst udviklet nord for Oslo, hvor den såkaldte Sparagmitformation er ca. 1500 m mægtig (sparagmit er en sandsten med ca. 30 % feldspat). I Tanafjordområdet i det aller nordligste Norge har de tilsvarende sedimenter en mægtighed på ca. 5000 m. Både mod nord og syd indgår tillit (dvs. hærdnet moræne) i sedimenterne, og da man mange andre steder på jorden har fundet hærdnede moræner fra tiden lige før Kambriums begyndelse, ved man, at der på det tidspunkt må have været en regulær istid. De nærmeste forekomster er Fiskerhalvøen, Kildin, Svalbard og Østgrønland.

I slutningen af Prækambrium og i begyndelsen af Kambrium dannedes en række forekomster af alkaline bjergarter. To af disse er aldersbestemt til ca. 560 m. år, nemlig Fen (Søve) i Syd Norge og Alnö ved Sundsvall. Om Särna i Dalarna ved man, at den er yngre end den jotniske sandsten. De to sidste forekomster Norra Kärr (øst for Vättern) og Almunge (øst for Uppsala) skærer henholdsvis gothiske og svioniske bjergarter, men de absolutte aldre er ikke bestemt.

Til slut kan nævnes, at gnejsbjergarter af prækambrisk alder indgår i den kaledonske fjeldkæde, som blev foldet for 400–450 m. år siden. Disse gnejser er som regel gennemgribende omdannet under foldningen, og de giver ofte aldre højere end 500–600 m. år, dvs. at aldersbestemmelserne i hvert fald viser, at de er prækambriske.

Det kan også være af en vis interesse at nævne, at Oslofeltets intrusive bjergarter er 216–355 m. år gamle, og at Kolahalvøens store forekomster af alkaline bjergarter, Khibina og Lovozero, er omtrent samtidige hermed, nemlig 300 m. år gamle.

LITTERATURLISTE

- DONS, J. A., 1959: Fossils (?) of Precambrian age from Haugli in Telemark, S. Norway. Norsk Geol. Tidsskr. 39.
- GERLING, E. K. and A. A. POLKANOV, 1958: The absolute age determination of the Precambrian of the Baltic Shield. Geochemistry, no. 8, 1958.
- HOLTEDAHL, O. (redaktør) og tyve medarbejdere, 1960: Geology of Norway, Norges Geologiske Undersøkelse nr. 208.
- KOUVO, O., 1958: Radioactive ages of some Finnish Pre-Cambrian minerals. Bull. Comm. Géol. Finlande, no. 182.
- MADSEN, V., 1941: Backlund gør rede for den moderne aktualistiske opfattelse af Fennoskandias Grundfjæld. Medd. Dansk Geol. Foren. b. 10.
- MAGNUSSON, N. H., 1960: The stratigraphy of the Pre-Cambrian of Sweden outside the Caledonian Mountains. Report of the 21st Session Norden. Int. Geol. Congress, part IX.
- MAGNUSSON, N. H., P. THORSLUND, F. BROTZEN, B. ASKLUND og O. KULLING, 1960: Description to accompany the map of the Pre-Quaternary rocks of Sweden. Sveriges geol. Undersökning, ser. Ba. no. 16.
- NEUMANN, H., 1960: Apparent ages of Norwegian minerals and rocks. Norsk Geol. Tidsskr. 40.
- NORIN, R., 1959: Några genetiska relationer inom Södra Sveriges urberg. Geol. Fören. Förh. Stockholm. Bd. 81.
- PARWEL, A. og F. E. WICKMAN, 1954: Några preliminära resultat av åldersbestemningar på svenska pegmatiter. Geol. Fören. Förh. Stockholm. Bd. 76.
- POLKANOV, A. A. og E. K. GERLING, 1960: The Pre-Cambrian geochronology of the Baltic Shield. Report of the 21st Session Norden. Int. Geol. Congress, part IX.
- QUENNELL, A. M. og E. G. HALDEMANN, 1960: On the subdivision of the Pre-cambrian. Report of the 21st Session Norden. Int. Geol. Congress, part IX.
- SIMONEN, A., 1960: Pre-Cambrian stratigraphy of Finland. Report of the 21st Session Norden. Int. Geol. Congress, part IX.
- TROEISEN, J. C. and TH. SORGENFREL, 1956: Principerne for stratigrafisk inddeling og nomenklatur. Medd. Dansk Geol. Forening, b. 13.
- samt GUIDE-Bøger til ekskursioner i Finland, Norge og Sverige. Int. Geol. Congress, 21st Session Norden 1960.

Færdig fra trykkeriet den 30. januar 1961.