



FIGUR 1. Kort over hovedelementerne i Grønlands geologi med placering af navne nævnt i teksten.

Isfri landområder

- Tertiær, basalter
- Devon-Tertiær, sedimenter
- Kambrium-Silur, sedimenter
- Proterozoiske sedimenter og vulkanitter
- Nordgrønlands foldebælte (Palæozoisk)
- Kaledonisk foldebælte (Palæozoisk)
- Grundfjeld 1600-2500 mio. år
- Grundfjeld 2500-3900 mio. år
- Udifferentieret

Havdækkede områder

- Tertiær, basalter
- Sedimentbassiner (> 3 km tykke)
- Kontinental jordskorpe
- Oceanisk jordskorpe
- Kontinent-Ocean grænse

GO01_02_037_LML.eps

Grønlands geologi som kilde til inspiration og ny forståelse af det geologiske verdensbillede

AF LOTTE MELCHIOR LARSEN OG HENNING SØRENSEN

Indledning

Grønlands rige, varierede og uberørte natur har i mere end 200 år tiltrukket og udfordret et bredt spektrum af forskere og ikke mindst geologer. For geologer er Grønland noget ganske særligt. Der er højt til himlen og langt til horisonten, og i klart vejr kan man se bjerge, der ligger så langt væk som 150 km. Fjeldsider rejser sig i op til 3 km's højde i dramatiske stejlvægge, og i store områder er fjeldgrunden ikke, som i de fleste andre lande, dækket af sediment og vegetation, men træder frit frem og indbyder til undersøgelse. Grønland er opbygget af bjergarter fra alle Jordens tidsperioder - fra det ældste Prækambrium (ca. 3800 mio. år) til nutiden (se figur 1).

Man lever og oplever på en helt ny måde, når man får rejst teltet midt i det fjeldområde, som skal undersøges, og uforstyrret kan gå i gang med arbejdet. Uforstyrret - altså bortset fra myggene, i nogle egne af Grønland isbjørne og i alle egne pludselige fønstørme, som blæser teltet langt væk. Det er også en fysisk præstation at være geolog i Grønland.

Resultaterne af 200 års geologiske ekspeditioner i Grønland har sat sig dybe spor i både dansk og international geologi; de har haft stor indflydelse på geologers tænke-måde og i flere tilfælde på opfattelsen af hele Jordens udvikling. Det vil vi illustrere med nogle eksempler, der spænder over næsten fire milliarder år af Jordens historie, men som også viser, hvordan betingelserne for geologiske ekspeditioner i Grønland har ændret sig i de 200 år fra lange, strabadserende enkeltmandsprojekter til store, veludrustede ekspeditioner.

Mineralogisk udforskning på Napoleonskrigenes tid

Når Grønland lige fra Christian IV's tid interesserede de danske konger, var det især som mulig leverandør af værdifulde råstoffer. Råstofferne var i første række tran (datidens olie), skind og 'elfenben', men også nyttige mineraler. Det var dog først i 1806, den Kongelige Grønlandske og Færøske Handel sendte en er-

faren mineralog til Grønland for systematisk at registrere og indsamle mineraler. Dermed har den danske geologiske indsats i Grønland lige netop rundet de 200 år.

Denne mineralog var Karl Ludwig Giesecke (1761-1833), der var kommet til København fra Tyskland i 1805. Han havde en broget karriere bag sig som skuespiller og teaterdigter i Wien; han påstod at være den egentlige forfatter til librettoen til Mozarts opera *Tryllefløjten*, skønt denne sædvanligvis tillægges E. Schikaneder. I hvert fald fremgår det af plakaten for førsteopførelsen af *Tryllefløjten* den 30. september 1791 i Wien, at rollen som anden slave blev udført af Giesecke. Han havde i nogle år rejst rundt i Europa og besøgt de mest kendte mineraloger, således at han i København præsenterede sig som mineralog og mineralhandler og »Preussisk Bergraad« (Johnstrup 1878; Steenstrup 1910). Han har tydeligvis haft gode overtalelsesevner; desuden var han frimurer, hvilket bragte ham i kontakt med indflydelsesrige personer. Han blev sendt på indsamlingsrejse til Grønland i 1806, planlagt til at vare 2½ år, men pga. Napoleonskrigene kom han til at opholde sig hele 7½ år i Grønland. Forholdene var vanskelige, men Giesecke var vedholdende, og det indsamlede materiale blev meget omfattende. Han rejste rundt både med Handelens skibe og med lokale grønlandere i umiaq ('konebåd'), og om vinteren med slæde. Han førte omhyggeligt dagbog, hvoraf det fremgår, at han var en yderst talentfuld og alsidig naturhistoriker og en skarp observatør. Han deltog aktivt og engageret i livet de steder, hvor han opholdt sig i længere tid, fx i fiskeri og fangst, inklusive hvalfangst i Godhavn. Dagbogen er skrevet i et levende og medrivende sprog, med faktuelle passager, der beskriver geologi og mineraler, afvekslende med beretninger om livet, turene, vejret, fangsten, maden og genvordighederne, sommetider i et ganske lyrisk sprog - man mærker teaterforfatteren i pennen. Dagbogen er trykt i to udgaver, ved Johnstrup (1878) i ud-drag, og ved Steenstrup (1910) *in extenso* (Giesecke 1910), begge med udførlige forord. En fornøjelse at

læse for grønlandsfarere den dag i dag. Begge nærværende forfattere genkender efter beskrivelserne flere steder i Ilímaussaḡ og på Disko, hvor de selv har været.

I 1807 sendte Giesecke de første to års indsamlinger hjem. Men skibet blev, sammen med fire andre, opbragt af englænderne og ført til Leith (Edinburgh). Dette fik Giesecke meddelelse om den 15. maj 1808 i Godhavn via en engelsk (!) hvalfangerkaptajn, der var fuld af medfølelse: »... wir Nachricht von dem Verluste fünf dänischer Handelsschiffe erhielten, welches mich doppelt schmerzte, da ich mit denselben meiner diese zwei Jahre über mit vieler Mühe gemachten Sammlungen verlustig wurde. Die englische Kapitäne ... äusserten alle ihr Missvergnügungen über das Betragen ihrer Regierung und waren willig, uns mit Erfrischungen zu unterstützen. Die ganze Bucht lag voll englischer Schiffe.« Derefter ikke mere jammer – Giesecke brugte de følgende år til at retablere den tabte samling bedst muligt.

I 1813 vendte han tilbage til Europa. Han gik i land i Leith for at opspore, hvad der var blevet af den samling, englænderne havde opbragt. Det viste sig, at skønt der var blevet handlet ilde med den, var størstedelen blevet reddet. Den var tidligere blevet sat til auktion, og indholdet af kasser og tønder var blevet væltet ud på gulvet i et pakhús, hvor det lå i en stor, rodet, snavset og frastødende bunke – tørret mos (indpakningsmaterialet) skjulte herlighederne. En skotsk mineralog, Thomas Allan, fandt et stykke af det dengang meget kostbare mineral kryolit og købte derefter hele bunken for 40 £, hvilket var en brøkdel af dens egentlige værdi. Giesecke blev i Edinburgh i 1813 og ordnede sin samling dér; han gjorde sig så godt bemærket, at han i 1814 blev udnævnt til professor i mineralogi og kemi ved universitetet i Dublin, hvor han var meget afholdt og virkede til sin død i 1833.

Giesecke var i København i 1814 og 1817-1818 og ordnede de store samlinger, der var blevet sendt der til. Han blev Ridder af Dannebrog den 28. juni 1814, medlem af Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab den 12. december 1817 og Kommandør af Dannebrog den 27. februar 1818 (Johnstrup 1878).

Samlingerne i København var meget omfangsrige, og Giesecke kunne sende fine samlinger videre til Det Kejserslige Naturaliekabinet i Wien og til universitetet i Göttingen. For den danske del opgiver Johnstrup (1878, s. XII) – foruden samlingerne til Den Grønlandske Handelscommission – et antal af 1635 numre fordelt på det Kongelige Naturaliemuseum, Grev Moltkes Universitetet tilhørende Mineralogiske Mu-



FIGUR 2a. En af K. L. Gieseckes prøver i Geologisk Museums samling. Stykket er kun 5 cm i tværmål; etiketterne er fotograferet ned i forhold til stykket. Etiketterne er ikke skrevet med Gieseckes egen hånd, men den hvide er utvivlsomt skrevet af efter hans notater. Dens tekst lyder: »Stänglicher Amethyst, glassweiss und milchweiss, in Milchquarz übergehend. Nierenweise in Basalt. Kooangoak. Giesecke U:M:I. 212«. På den grå etiket står: »No 223. Stænglet kvarts i overgang til Melkekvarst. Nyre i Basalt. Kunguak, Ritenbenks Distrikt. Giesecke V No 212.« Lokaliteten er Kuugannguaḡ (moderne retskrivning) på Diskos nordkyst. Foto: P. Warna-Moors.

seum og prins Christians (senere Christian VIII's) Mineralkabinet. Disse samlinger er siden samlet i det nuværende Geologisk Museum under Statens Naturvidenskabelige Museum i København. Figur 2a viser en af Gieseckes prøver fra Disko i Geologisk Museums samling. Han fandt som den første en række allerede kendte mineraler i Grønland, fx grafit, blyglans og flusspat, men også en række ukendte mineraler, der siden er blevet beskrevet og navngivet, heriblandt eudialyt (figur 2b), arfvedsonit, gieseckit og sodalit.

Giesecke blev udsendt for at finde udnyttelige mineralforekomster, hvilket han ikke gjorde i første omgang. Men i dag er eudialyt faktisk tæt på at blive udnyttet, se senere. Hans samling har udgjort et solidt fundament for dansk mineralogisk forskning, efterhånden suppleret op med nye indsamlinger, især efter 1850. Den har samtidig været en væsentlig komponent i udvekslingen af materiale og resultater mellem europæiske mineraloger. Indtil 2006 var 77 mineraler fundet for første gang i Grønland (Secher mfl. 2006).

Giesecke er stadig aktuel. En af hans prøver fra



FIGUR 2b. Krystaller af mineralet eudialyt. Giesecke fandt dette da ukendte mineral i Ilímaussaḡ-intrusionen. Mineralet står nu formentlig foran økonomisk udnyttelse, fordi det har højt indhold af grundstofferne zirkonium og sjældne jordarter. Krystallerne her er dog ikke samlet af Giesecke. Foto: O. B. Berthelsen.

Disko (Giesecke 217 no 235, nu GGU 176772) indgår i en moderne undersøgelse af bjergarterne på Disko. Tabellerne med de temperaturmålinger, som han omhyggeligt foretog tre gange om dagen, er bevaret og bruges i klimaforskningen i Grønland, fx i Humlum (1999).

Grønlands indlandsis og 'Rullestensformationen' i Danmark

Geologi er en forholdsvis 'ung' videnskab. Rammerne for jordklodens og livets udviklingshistorie er først blevet etableret i løbet af de sidste 250 år. Det var i begyndelsen en besværlig proces, fordi naturhistorikerne var bundet til de bibelske fortællinger som udgangspunkt og til beregninger af Jordens alder som den, Biskop James Ussher foretog i 1654, og som satte skabelsen til 4004 f.K. Fra slutningen af 1700-tallet indså forskerne efterhånden, at de forstenede dyr, man fandt i forskellige aflejringer, ikke alle var kommet i syndfloden, hvilket var den gængse forklaring, skønt danskeren Niels Stensen (Steno, 1638-1686) allerede i 1666 havde påvist, at det ikke kunne være tilfældet. Fossilerne afspejlede en langsom tidsmæssig udvikling, og endelig i 1840'erne blev perioderne Palæozoikum, Mesozoikum og Kænozoikum defineret. Ældre bjergarter uden forsteninger tilhørte Urtiden. Det var meget, der skulle nås på 6000 år, og man fik en stærk fornemmelse af, at der var tale om meget længere tidsperioder, men der kunne ikke sættes tal

på. George Cuviers, Charles Lyells og Charles Darwins arbejder var en del af dette store etableringsarbejde.

Selv om danske geologiske forskere i 1800-tallet havde gode kontakter til forskere i det øvrige Europa og holdt sig velunderrettet om teoriernes udvikling, var originale danske bidrag ikke fremtrædende. Størsteparten af Danmark var dækket af det, man dengang kaldte »Rullestensformationen«, en rodet og uordentlig sammenæltet masse af ler, sand og sten af alle størrelser og arter, mange af dem gnejser og granitter, der kun findes faststående langt borte i vores nabolande (og på Bornholm). Den var et stort mysterium for de geologer - eller geognoster, som man dengang kaldte sig - der undersøgte den. Den almindelige mening var, at den var dannet under syndfloden eller en anden naturkatastrofe. I midten af 1800-tallet bredte den opfattelse sig, at rullestensformationen kunne være aflejret af gletschere eller dravis. Disse tanker havde deres udspring i Schweiz, hvor den påfaldende lighed mellem alpegletschernes aflejringer og rullestensformationerne længere nordpå var blevet bemærket. Men springet fra et par lokale alpegletschere til en monstrøs gletscher, der skulle have dækket hele Skandinavien, var meget stort. Den danske geologiprofessor J. G. Forchhammer (1794-1865), som i mange detaljerede arbejder havde beskrevet rullestensformationen, afviste glacialteorien og spekulationerne om tidligere istider totalt. Diskussionen bølgede frem og tilbage i 1840'erne, og flere danske naturforskere, der havde været i Island, fx Japetus Steenstrup (1813-1897), gik ind for glacialteorien. Men Forchhammers indflydelse var stor, så teorien blev forvist fra 'bjerget', så længe han levede. H. C. Andersen dannede sin egen teori, da han i eventyret »Gudfaders Billedbog« (1868) lod København opstå ved, at hele isflåder med rullesten strandede på sandbanker ved Sjællands østkyst.

Det blev Hinrich Rinks (1819-1893) arbejde i Grønland, der bevirkede glacialteoriens endelige gennembrud i Danmark. I årene 1848-1851 beskrev og opmålte Rink Indlandsisen og dens randzone med gletschere og deres aflejringer i et stort område i Vestgrønland. Hans kort (figur 3; Rink 1852) viste klart, at en skandinavisk indlandsis på størrelse med den grønlandske var en aldeles realistisk forklaring på rullestensformationen. Men først efter Forchhammers død i 1865 erklærede hans efterfølger i professoratet, J. F. Johnstrup (1818-1894), sig åbenlyst som tilhænger af glacialteorien (refereret efter Garboe 1961, s. 312). Også i udlandet vakte Rinks arbejde opsigt takket være en engelsk



FIGUR 4. Fjeldpartiet Kringlerne i Ilímaussaq-intrusionen. Bjergarterne består af nefelinsyenit, og den udtalte lagdeling er dannet ved sorteringsprocesser under krystallisationen af den flydende smelte i intrusionen. I baggrunden ses den op til 1200 m høje takkede fjeldkæde Redekammen, der består af gnejs, som er varmepåvirket af Ilímaussaq-intrusionen. Foto H. Pauly.

artikel (Rink 1853) og førte til, at den berømte britiske geolog Charles Lyell foreslog nedisning som forklaring på rullestensdannelserne i Skotland og Nordengland (Lyell 1863). Siden slutningen af 1800-tallet har ethvert barn i Danmark lært som en selvfølge, at landet har været nediset, men erkendelsen heraf var en brydsom proces, hvori det grønlandske eksempel havde afgørende betydning.

Lagdelte intrusioner i Grønland

En 'intrusion' er, som navnet angiver, noget, der trænger sig ind. Geologisk set drejer det sig om stensmelte (magma), der fra dybet trænger ind i højereliggende kolde bjergarter, hvor det samler sig i et magmakammer og efterhånden størkner. Størkningen finder sted over et langt temperaturinterval, typisk fra 1200°C til 900°C, hvorigennem højtemperatur-mineraler efterhånden afløses af lavtemperatur-mineraler, og alle de grundstoffer, der ikke optages i mineralerne, bliver

koncentreret i restsmelten. I nogle intrusioner bevirker de fysisk-kemiske betingelser, at mineralerne afsættes i rytmisk gentagne lag både ved toppen og bunden af intrusionen. Grønland har to verdensberømte lagdelte intrusioner: Ilímaussaq-intrusionen ved Narsaq i Sydgrønland og Skaergaard-intrusionen i Østgrønland.

Ilímaussaq-intrusionen er det bjergartskompleks, der har leveret den største del af de nye og sjældne mineraler i Grønland. Den blev først besøgt af K. L. Giesecke i 1806 og 1809. Steenstrup & Kornerup (1881) viste, at mineralerne findes i en intrusion af helt usædvanlig og ekstrem sammensætning. Intrusionen blev kortlagt i 1900 og 1908 af N. V. Ussing (1864-1911). Hans monografi med beskrivelse og tolkning af bjergarterne og de processer, der virkede under størkningen, er et enestående pionérværk (Ussing 1912), der i alt væsentligt stadig står i dag.

Ilímaussaq-intrusionens geologi med den smukke lagdeling (figur 4) og mineralforekomsterne er blevet

undersøgt af mange danske og udenlandske forskere og mineselskaber. Fra 1964 arbejdede en stor forskningsgruppe fra Københavns Universitet under ledelse af en af forfatterne (Henning Sørensen) på intrusionen. Der er udkommet mere end 700 publikationer om Ilímaussaq, og for nylig er resultaterne af 200 års udforskning blevet sammenfattet af Sørensen (2006). For kvindelige studerende havde universitetsgruppen den fordel, at den tog kvinder med på feltarbejde, mens Grønlands Geologiske Undersøgelse (GGU) i en periode omkring 1960-1975 havde den opfattelse, at feltarbejde i Grønland var alt for farligt for kvinder (vistnok mest for dyden og de gode sæders skyld). At flere af disse kvinder (inklusive en anden af forfatterne) så senere efter veloverstået feltarbejde og kandidateksamen faktisk blev ansat på GGU, er en anden sag!

De mange sjældne grundstoffer kan gøre Ilímaussaq til et fremtidigt centralt element i Grønlands økonomi. Et rødt mineral, som Giesecke havde fundet i Ilímaussaq-intrusionen, viste sig at være et helt nyt mineral, som fik navnet eudialyt (figur 2b). Det har et stort indhold af metallet zirkonium, er let opløseligt i syre (deraf navnet fra græsk εὐ let, og διαλυτός opløst) og findes i enorme mængder. Forsøg på at udvinde mineralets zirkonium blev gjort allerede i slutningen af 1800-tallet og også senere i 1900-tallet, men alle blev skrinlagt pga. markedsforholdene. Nu er prisen blevet så høj, at et mineselskab planlægger at bryde eudialytten.

Østgrønland er vanskeligere tilgængeligt end Vestgrønland, og den anden berømte lagdelte intrusion i Grønland, Skaergaard-intrusionen i Østgrønland, blev først fundet i 1930 af den engelske geolog L. R. Wager under den britiske arktiske ekspedition til Kangerlussuaq-distriktet. Denne ekspedition overvintrede og arbejdede under ekstreme forhold; deltagerne brugte bl.a. hundeslæde og ski til at besøge steder, der selv i dag er meget vanskeligt tilgængelige. Efter en utrolig indsats udkom allerede i 1939 en stor monografi med beskrivelser og tolkning af lagdelingen og af intrusionens gradvise krystallisation (Wager & Deer 1939). Denne bog blev verdensberømt som klassikeren over alle om lagdelte intrusioner.

Skaergaard-intrusionen har en anderledes og mere begrænset og 'normal' (basaltisk) sammensætning end Ilímaussaq-intrusionen, men den smukke rytmiske lagdeling er ikke mindre vanskelig at tolke. Intrusionen har så sent som i 1987 vist sig at indeholde en mineralisering med guld og andre ædelmetaller, der sidder godt skjult som bittesmå indeslutninger i andre mineraler. Skaergaard har været besøgt af talrige for-

skere og forskergrupper fra hele verden, og litteraturen om den er enorm. Jo mere man ved om de lagdelte bjergarter, jo mere kompliceret synes deres dannelse at have været. De sidst udkomne bidrag i 2009 består af diskussioner med skarpe udvekslinger og høj bølgegang mellem to forskergrupper, der slet ikke kan blive enige. Danske forskere har taget og tager stadig aktivt del i undersøgelser af Skaergaard-intrusionen, begunstiget af de gode samlinger i København, herunder borekerner, samt et vidtstrakt internationalt netværk opbygget gennem mange år - som altså langt fra altid er enige indbyrdes.

Grønlands Geologiske Undersøgelse

Kommissionen for Videnskabelige Undersøgelser i Grønland sendte fra 1878 mange ekspeditioner til Grønland og begyndte udgivelsen af serien *Meddelelser om Grønland*. Lige efter 2. Verdenskrigs afslutning oprettedes et »Udvalg for Grønlands Geologiske Undersøgelse«, og en egentlig organisation begyndte at tage form. De deltagende geologer kom fra Mineralogisk Museum, Danmarks Geologiske Undersøgelse (DGU) og Polyteknisk Lærestanstalt. Første feltsommer var 1946, og arbejdsområderne var Syd-, Vest- og Østgrønland.

I løbet af det følgende halve århundrede blev der udført et stort rekognoscerings-, kortlægnings- og forskningsarbejde over hele Grønland. I begyndelsen var der kun få fastansatte personer, men Grønlands fantastiske blotninger var stærkt tillokkende for udenlandske forskere. GGU valgte derfor en elastisk arbejdsform: Somrenes feltarbejde udførtes med deltagelse af mange geologer fra danske og udenlandske universiteter, der medbragte ekspertise - og egen løn ikke at forglemme. Man arbejdede i tomandshold, hvor en ældre geolog oplærte en yngre assistent, ofte en geologistuderende (figur 5). Om vinteren skrumpede GGU ind til den faste stab i København, der blev mere talrig, efter at GGU fik selvstændig organisation i 1956. Om vinteren bearbejdede alle, også geologerne på universiteterne, sommerens materiale, og GGU fik del i æren for alle de publicerede resultater og et stort internationalt netværk. Med et moderne udtryk en win-win situation. Denne arbejdsform stod sin prøve gennem tiden, og den fungerer i princippet stadig, selv om GGU efter 1995 er sammenlagt med DGU til GEUS (De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland). Talrige danske og en del udenlandske geologistuderende og unge geologer har været gennem denne form for mesterlære, og

FIGUR 5. GGU-feltlejr for to hold på sydkysten af Nuussuaq-halvøen, med udsigt til Diskos nordkyst, 1987. Foto: L. M.



mange er blevet hængende ved forskningen i Grønland livet igennem.

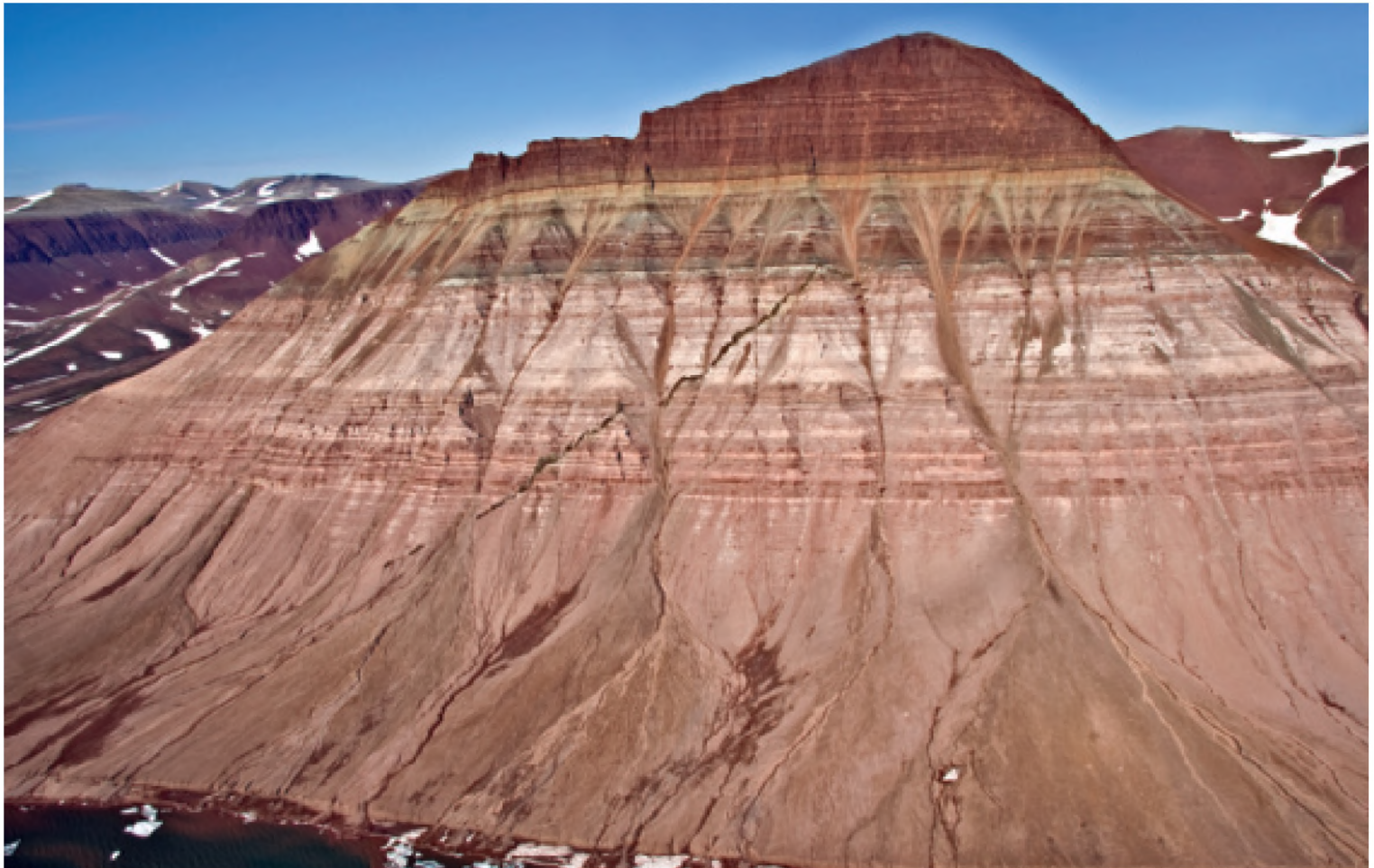
Østgrønlands sedimentbassiner

Østgrønland var i begyndelsen af 1900-tallet mål for en række udforsknings ekspeditioner fra flere lande (Danmark, Norge, England, Frankrig, Tyskland og Sverige), hvilket stadig afspejler sig i royale stednavne som Kejser Franz Josef Fjord og Kong Oscar Fjord. I 1920'erne og 1930'erne organiserede man fra Danmark en række store geologiske ekspeditioner under ledelse af geologen Lauge Koch (1892-1964). I 1920'erne opstod et anspændt forhold mellem Danmark og Norge, der begge havde fangst- og ekspeditionsaktiviteter i området. Da Norge i 1931 ved kongelig resolution annekterede strækningen mellem $71^{\circ}30' N$ og $75^{\circ}40' N$, indstævnedes Danmark Norge for den Internationale Domstol i Haag. Danmark vandt sagen og fik i 1933 tilkendt overhøjheden over hele Grønland. Lauge Kochs ekspeditioner havde stor betydning for udfaldet i denne strid, og han blev en kendt og fejret person i Danmark.

Under hans ekspeditioner blev store dele af Østgrønland kortlagt i oversigt, bl.a. ved hjælp af moderne metoder som fotografering fra flyvemaskine, hvorved store landområder hurtigt kunne overskues. Men i 1935 udbrød en bitter strid mellem Koch på den ene side og en gruppe på 11 danske geologer på den

anden. Koch anlagde injuriersag mod 'de 11', og sagen gik helt til Højesteret, hvor dommen faldt i 1938 og gik 'de 11' imod, uden dog at være særlig klar. Sagen fik enorm opmærksomhed i pressen, hvad der især er påfaldende i betragtning af, at striden i vidt omfang var faglig. Der er for nylig udkommet en bog, som detaljeret gennemgår den spegede sag (Ries 2003). Da Grønlandsarbejdet blev genoptaget efter 2. Verdenskrig, fortsatte Kochs ekspeditioner til Østgrønland 1947-1958, men stort set uden dansk deltagelse. Resultaterne herfra blev samlet i et fremragende geologisk kort over store dele af Østgrønland (Koch & Haller 1971).

Nye undersøgelser i Østgrønland begyndte i 1967, organiseret af GGU og med deltagelse af geologer fra Københavns Universitet og universiteter i udlandet. Østgrønland rummer den vestlige del af den store kaledoniske bjergkæde, hvis østlige del findes i Norge og Skotland. Denne bjergkæde blev dannet ved kollision mellem de amerikanske og europæiske kontinenter i Silur-tiden for 430-410 mio. år siden. Derefter blev området udsat for erosion og gennemsat af dybe sprækker (forkastninger), der opdelte det i en serie langstrakte blokke. De fleste blokke sank ned, så der dannedes nogle store bassiner, hvori erosionens løsmasser aflejredes. Disse mægtige sedimentbassiner strækker sig over mere end 600 km langs Østgrønlands kyst mellem $70^{\circ}N$ og $76^{\circ}N$. Heri aflejredes gennem de efterfølgende jordperioder kilometertykke lag



FIGUR 6. Brogede sandstenslag fra Trias-tiden (251–200 mio år), Carlsberg Fjord, Østgrønland. Fjeldet er 540 m højt. Foto: A. K. Pedersen.

af sandsten, lersten og kalksten. Disse lag fremstår i dag som enestående velblottede lagserier (figur 6) i de op til 2 km høje fjelde, hvor også bassinets struktur med roterede forkastningsblokke kan studeres nøje.

Bassinerne i Østgrønland strækker sig ud på den havdækkede kontinentsokkel, og en sydlig gren fortsætter på den anden side af Atlanterhavet i Viking Graven og Centralgraven i Nordsøen. I 1970'erne blev det klart for de geologer, som arbejdede i Østgrønland, at der her fandtes fremragende mulige analogier til de olieførende bassiner i Nordsøen. Finn Surlyk (1978) var den første, der påpegede dette. Man havde hidtil tolket Nordsøens olieletter i en lidt anden model, men den østgrønlandske model virkede fremragende og førte til flere nye opdagelser i Nordsøen. Siden har bassinerne i Østgrønland været genstand for talrige geologiske studier, og der er ekspeditioner der til næsten hver sommer med deltagere fra mange forskellige geologiske institutioner. Der er fundet spor af olie i Jameson Land Bassinet, men ikke i et omfang, så det kan udnyttes. Nu håber man på de havdækkede områder.

Berømte fossiler: To 'missing links' Ichthyostega, den firbenede fisk

Efter dannelsen af den kaledoniske bjergkæde aflejredes sedimenter fra Devon-tiden (410-360 mio. år) i de østgrønlandske bassiner. De devone sedimenter omfatter sandsten og siltsten aflejret i søer og sumpe på store flodsletter. I disse lag opdagede man under Lauge Kochs ekspeditioner en rig fauna af tidlige fisk og hajer. Det vakte sensation, da man i 1929-1931 fandt de såkaldte firbenede fisk (Säve-Söderbergh 1932). Skeletdelene var meget velbevarede, og der var ingen tvivl om, at dyrene repræsenterede en overgangsform mellem fisk og padder: De havde gæller og fiskehale og fire ben, og de har været i stand til at opholde sig i kortere tid ude af vandet, når de kravlede rundt i deres sumpe. Fundet af dette 'missing link' har været afgørende for forståelsen af dyrelivets udvikling fra fisk til landlevende dyr. Forekomsten er stadig enestående, idet der kun er fundet ganske få lignende dyr andre steder på Jorden.

Tidlige fossile bløddyr: Sirius Passet-faunaen

Ved begyndelsen af jordperioden Kambrium indtraf den 'kambriske eksplosion'. Hermed menes den pludselige opståen af organismer med kalkholdige skaller for omkring 540 mio. år siden. Da det altovervejende er kalkskallerne, der bevares som fossiler, markerer dette også overgangen fra lagserier med ingen eller meget sjældne fossiler (Prækambrium) til lagserier med hyppige fossiler. De tidlige kalkskallede faunaer var meget diverse; foruden stamformer til alle de moderne rækker (phyla) i dyreriget fandtes adskillige rækker, der senere uddøde. De kalkskallede organismer opstod dog ikke ud af ingenting: Både før og efter den kambriske eksplosion fandtes dyr uden skaller eller med hornskaller; disse er blot meget sjældent bevaret som fossiler. Der findes enkelte undtagelser, hvor man har fundet svage aftryk af sådanne dyr i sorte skifre rige på organisk materiale. En berømt fundlokalitet er Burgess-skiferen fra British Columbia. En anden findes i Nordgrønland.

Under GGU's feltarbejde i Nordgrønland i 1980'erne kortlagde man bl.a. lag fra tidlig Kambrium. Lagserien omfatter sorte skifre, og palæontologen John Peel håbede på at finde fossile bløddyr. I 1984 kortlagde to strukturgeologer, Tony Higgins og Jack Soper, i det nordvestlige Peary Land en tidlig-kambrisk skiferhorisont, som ikke var nøjagtigt dateret pga. mangel på fossiler. I Sirius Passet (figur 1) fandt de et par udkredne blokke med fragmenter af en trilobit og en svamp. De tog blokkene med hjem til John Peel, der erklærede, at trilobitten ikke kunne bruges til at datere lagene, da hovedskjoldet manglede. Det var skuffende, så næste sommer besøgte Tony Higgins igen lokaliteten og samlede ca. 15 kg blokke med trilobitter inklusive hoveder - nu måtte alderen da kunne bestemmes. Da prøverne kom til København og blev pakket ud, blev de overdraget til John Peel. Efter nogle få timer kom han farende i en tilstand af stor opihidselse, ikke over trilobitterne (de viste sig senere at være en ny art, navngivet *Buenellus higginsii*), men fordi skiferstykkerne indeholdt talrige aftryk af fossile bløddyr! Aftrykkene var blot så svage, at 'almindelige' geologer ikke bemærkede dem. Peel kontaktede en specialist, Simon Conway Morris i Cambridge, der havde arbejdet med tilsvarende fossiler fra Burgess-skiferen. Et medlem af Sirius Passet-faunaen kom på forsiden af *Nature* (Conway Morris mfl. 1987), og højere kan man ikke komme i denne verden (figur 7).

Sirius Passet-faunaen har vist sig at være ca. 518 mio. år gammel, 10 mio. år ældre end Burgess-skifer-

faunaen. Begge faunaer viser en utrolig rigdom af meget forskellige arter, hvoraf nogle er meget fremmedartede og tilhører hidtil ukendte, nu uddøde phyla. De giver et sjældent indblik i evolutionens rykvis udvikling med episoder af masseopståen, der modsvarer episoder med masseuddøen. Dermed får man redskaber i hænde, der kan øge forståelsen af evolutionens mekanismer. Og derfor har der mange gange siden 1985, senest i 2009, været danske og udenlandske geologer i Sirius Passet for at indsamle og studere flere fossiler fra denne enestående fauna. Der ses frem til nyopdagelser med stor spænding!

Jordens ældste bjergarter findes i Vestgrønland

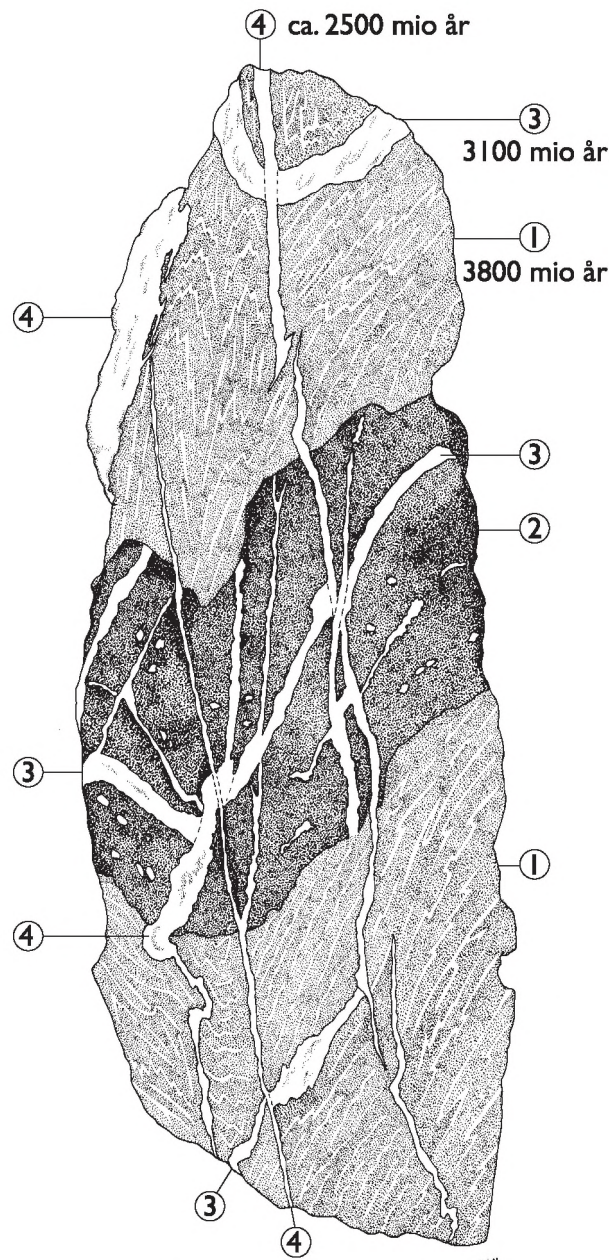
En dag i 1969 var der foredrag i frokoststuen under taget på Mineralogisk Museum i København. Deltagerne var geologer og studerende fra GGU, Museet og Geologisk Institut, der dengang alle havde til huse i museumsbygningen på Østervold. Foredragsholderen



FIGUR 7. Forsiden af tidsskriftet *Nature* fra 28. juni 1990, reproduceret med tilladelse fra Macmillan Publishers Ltd. Billedet forestiller et medlem af Sirius Passet-faunaen af slægten *Halkieria*, som er en primitiv stamform til bløddyrene (snegle og muslinger). Dyret er 6 cm langt. Det samme individ er også motivet på et grønlandsk 1-krones frimærke fra 2008.

var en ung newzealandsk geolog, Vic McGregor, der i flere somre havde arbejdet for GGU i Godthåbsfjordens gnejser. Vic fortalte, illustreret med mange billeder, om alle de tidsmæssigt adskilte perioder, han kunne opstille i et område på ca. 18 km × 24 km i den ydre Godthåbsfjord. Gnejser blev skåret af yngre basaltgange, der blev dækket af lavaer; det hele blev foldet sammen og dernæst skåret af yngre intrusioner i flere omgange, efterfulgt af endnu en foldning og flere intrusioner – i alt ti adskilte begivenheder (figur 8). Det ene billede af almindeligt udseende grå gnejser og foldede basaltgange afløste det andet, og de lignede alle sammen hinanden. Vics konklusion var, at de allerældste gnejser måtte være meget gamle, måske ældre end alt andet, man kendte. Tilhørerne rystede skeptisk på hovederne, for det hele så jo bare ens ud. Vic insisterede: »Jamen, jeg kan SE det!« Tilhørerne gik skeptiske bort. Dengang var der ikke mulighed for at foretage radiometriske aldersbestemmelser i Danmark, men den nyligt ansatte britiske geolog Kent Brooks formidlede kontakt til universitetet i Oxford, der havde et velfungerende dateringsinstrument (massespektrometer). Vics prøver blev sendt til Oxford. Historien fortæller, at prøverne blev kørt gennem massespektrometret, og geologerne stirrede vantro på resultaterne. Så skilte de maskinen helt ad, rensede alle delene, samlede dem igen og kørte alle prøverne en gang til. Samme resultat. Så turde de godt tro det. Vic havde ret: De ældste gnejser var overordentlig gamle, op til 3900 mio. år. Dette var ca. 400 mio. år mere end de hidtil kendte aldre.

Resultaterne blev publiceret (Black mfl. 1971) og vakte øjeblikkelig international opstandelse. Ikke alene skubbete de klodens ældste bevarede bjergarter 400 mio. år tilbage i tid; de skubbete dannelsen af helt 'almindelige' grå gnejser, dvs. jordskorpe, som den kendes i dag, hele 700 mio. år tilbage i tid. Klodens allerældste historie måtte nytænkes, inklusive muligheden for meget tidligt liv. Lige siden er forskere strømmet til Godthåbsfjord stort set hver sommer, især efter at der blev fundet bjergarter med tilsvarende høj alder, men omfattende meget mindre deformerede bjergarter, inklusive sediment, ved Isua i det indre Godthåbsfjord. Litteraturen om området er enorm, og mange bidrag er danske. Artikler med påstande om spor af tidligt liv har floreret, men ikke alle har været lige overbevisende. En kritisk gennemgang af disse artikler i *Nature* (van Zullen mfl. 2002) lod kun en enkelt artikel slippe gennem nåleøjet, skrevet af den dansk/grønlandske geolog Minik Rosling. Rosling (1999) fandt spor af liv i form af kulstof med stærkt



FIGUR 8. Gnejsblok fra Godthåbsfjord med fire bjergarter, hvis skærende relationer afspejler fire begivenheder i det ældste Prækambrium, spændende over et tidsrum på 1300 mio år. 1: Grå, sliret gnejs (Amítsoq gnejs), alder 3800 mio år. 2: Sort amfibolit (Ameralik-gang, ikke dateret), der skærer den grå gnejs, og som selv er deformert. 3: Hvid gnejs (Núk gnejs), som skærer både grå gnejs og amfibolit, alder 3100 mio år. 4: Hvide grovkornede årer, som skærer alle de tre tidligere bjergarter, alder ca. 2500 mio år. Tilsammen udgør de fire bjergarter i blokken det ældste fundament i det grønlandske kontinent. Den 1 meter høje blok indgår i Geologisk Museums Grønlandsudstilling. Tegning: N. M. Wittendorf.

forøget indhold af den lette kulstofisotop ^{12}C – der er forårsaget af fotosyntese – i bjergarter, som er over 3700 mio. år gamle. Det er til dato aldersrekorden for spor af liv.

Et canadisk gnejskompleks har i 1990'erne givet ældre over 4000 mio. år, men Isua-området er stadig det område, der giver det tidligste detaljerede indblik i processer, som foregik ved den daværende jordoverflade.

Dansk geologisk forskning har lige siden 1971 haft en stærk komponent af forskning i Jordens ældste bjergarter. Mange institutioner har deltaget, og man arbejder i et stort internationalt netværk. Mange studerende har fået deres uddannelse i Godthåbsfjordens bjergarter.

Grønlandske meteoritter

Der kendes to grønlandske meteoritforekomster, som begge er fund, dvs. at selve faldet ikke er observeret: Cape York og Ella Island. Meteoritter opkaldes sædvanligvis efter fundstedet, og da begge fund først blev navngivet af amerikanere, er det de angliciserede navne, der er indgået i litteraturen.

Cape York: En sværm af jernmeteoritter

Jern fra Kap York-området i Nordvestgrønland har været kendt, siden engelske orlogsmænd under deres søgen efter Nordvestpassagen i 1818 som de første europæere kom i kontakt med Thuleeskimoerne og opdagede, at de brugte knive med æg af jernflager indfældet i benskafter. Eskimoerne forklarede, at jernet

stammede fra »the Iron Mountain«, som englænderne dog ikke afså tid til at besøge. Det var først 76 år senere, at Robert Peary (1856-1920) under sine rejser i Thuledistriktet fik forevist tre store blokke af meteoritjern, som han i 1895 og 1897 fik bjerget og ført til New York, hvor de i dag er udstillet på American Museum of Natural History. En af disse blokke vejer 31 tons og er verdens næststørste jernmeteorit. I 1913 fik Knud Rasmussen forevist endnu en meteoritblok, som ved hans indsats blev sikret for Danmark i skarp konkurrence med en amerikansk ekspedition i samme område. Denne meteorit, som blev døbt Savik (grønlandsk for *jern* eller *kniv*), kom til Danmark i 1925. Den blev udgangspunktet for den første videnskabelige undersøgelse af Cape York-meteoritterne (Bøggild 1927).

I 1960 analyserede metallurgen og meteoriteksperthen V. F. Buchwald samtlige kendte grønlandske jernmeteoritter og konkluderede, at de måtte tilhøre en og samme kæmpe-meteoritbygge, hvis faldområde strakte sig 125 km fra NV til SØ. Han afsøgte derfor i 1961 og 1963 systematisk de isfrie områder inden for den sandsynlige spredningsellipse. Det gav resultat: I 1963 fandt han den 20 tons tunge meteorit Agpalilik. Den store blok var næsten begravet mellem moræneblokke og var aldrig blevet set før. Den blev i løbet af 1964 og 1965 løftet over på en specialbygget jernslæde med donkrafte og derefter transporteret ned til kysten på et skinnelegeme af tømmerstokke (figur 9). Først i

FIGUR 9. Den 20 tons tunge meteorit Agpalilik under slædetransport fra fundstedet ned ad det snedækkede fjeld til kysten, august 1965. Den blev trukket ved hjælp af håndbetjente wirestrammere, sikret med en ekstra wire bagud. Foto: V. F. Buchwald.



1967 lykkedes det at få den ombord på et skib. Hele den dramatiske historie om fundet og bjergningen er levende beskrevet i Buchwald (1992). Agpalilik ankom under stort presseopbud til København i september 1967 og blev opstillet i gården ved Geologisk Museum, hvor den stadig kan ses siddende på sin jernslæde. Med en nyudviklet metode til koldskæring med trådsav blev et endestykke på 5 tons savet af, og dette er senere blevet delt i talrige stykker til brug for udstilling og forskning. En 5 cm tyk plade med et areal på 1,4 m² kan ses i Geologisk Museums udstilling; den er poleret på begge sider og tillige ætset på den ene side. Det er verdens største polerede enkeltkrystal og verdens mest ekstraordinære fuld-figurspejl, som den besøgende kan spejle sig i.

Der kendes nu i alt 58 tons materiale fra Cape York, hvilket gør fundet til den største kendte meteoritbyge. Undersøgelser har vist, at den tilhører den almindeligste type af jernmeteoritter (type IIIAB), hvilket faktisk gør den ekstra værdifuld, fordi de konklusioner, der drages på basis af Cape York, også vil gælde for mange andre jernmeteoritter. Stykker af Agpalilik er fordelt til forskningsinstitutioner over hele verden, hvor den er højt værdsat som velkarakteriseret materiale, der stadig kan hentes nye oplysninger fra, bl.a. med nye metoder. Geologisk Museum har en af de fineste meteoritsamlinger i Europa, og der er opbygget en stærk dansk forskningsgruppe omkring denne samling.

Det nyeste fund fra Cape York-bygen er »den sovende hund«, Tunorput, der blev fundet i 1984. Den blev delt i to dele, som befinder sig i henholdsvis Qaanaq og Grønlands Nationalmuseum og Arkiv i Nuuk.

Grønlændernes anvendelse af meteoritjernet er enestående. Som et jægerfolk var de vant til at bearbejde ben, tak og flint, og det ser ud til, at de ret tidligt begyndte at indsamle de nøddestore sprængstykker fra meteorfaldet. Dem udhamrede de til passende flager, som efter slibning blev indsat i skafter af ben eller tak. Som ambolte brugte de meteoritterne Woman og Savik, der lå bekvemt på deres slæderute, og som hammersten brugte de kilotunge basaltrullesten, der medbragtes langvejsfra (Buchwald 2005). På Savik, der nu står i Geologisk Museums gård, kan man endnu se sporene efter de mange hammerslag.

Ella Island: En stenmeteorit fundet i flere omgange

Den anden grønlandske meteorit, Ella Island, er en stenmeteorit. Ella Ø i den centrale fjordzone i Nord-

østgrønland er et geologisk set 'klassisk' område, hvor mange ekspeditioner har arbejdet, også omkring fundstedet. Men stenmeteoritter er ikke lette at skelne fra almindelige sten; den amerikanske geolog, der samlede den op i 1971, undrede sig tilstrækkeligt til at tage et fragment med hjem, men han indså ikke, hvad det var. Det gjorde til gengæld et par af hans kolleger, da han kom hjem, og stykket blev beskrevet som Ella Island. I 1975 skulle GGU forbi Ella Ø, og ekspeditionen blev bedt om at lede efter mere meteoritmateriale. På geologernes forespørgsel om, hvordan en stenmeteorit ser ud, fik de svaret: »Som en klump rugbrød med skorpe«. Bevæbnet med denne besked og efter et besøg i Geologisk Museums meteoritsamling opsøgte tre geologer det udpegede område på Ella Ø, som er en grusbestrøet flade. Heldet var med dem (de sagde, at dén med rugbrødet også hjalp!), og de opdagede i alt tre grupper af mange nærliggende fragmenter, men det fragment, der var efterladt ved det oprindelige fundsted, blev ikke fundet. Inklusive det først fundne fragment blev det til i alt 5,75 kg (Friderichsen & Graff-Petersen 1977). Meteoritten er formodentlig landet blødt på en sneflade, hvor den stiltfærdigt er gået i fire stykker. Den har kun ligget på Ella Ø i højst 20 år at dømmes efter den unge lavbevoksning på overfladerne (Hansen & Graff-Petersen 1986). Ella Island er en type-L6-chondrit, som er ret almindelig. Den er i lighed med Agpalilik blevet fordelt på en række laboratorier verden over.

Den nordatlantiske vulkanprovins: et drama fra den tidlige Tertiærtid

Allerede med Gieseckes undersøgelser i 1806-1813 blev det klart, at vidtstrakte områder med lavastrømme, der ligner hinanden, ikke alene findes i Skotland, Irland, Færøerne og Island, men også i Øst- og Vestgrønland. Ideen om, at disse lavaområder udgør en samlet »Thulean volcanic province«, blev formuleret af den britiske geolog Arthur Holmes (Holmes 1918). Først langt senere fik man med pladetektonikkens fremkomst en overordnet ramme for forståelsen af denne store vulkanske provins.

Vulkanismen skal ses i forbindelse med kontinentopbruddet og dannelsen af det nordlige Atlanterhav i den tidlige Tertiærtid. Før opbruddet lå kontinenterne samlet, med Færøerne lige ud for det centrale Østgrønland. Vulkanismen begyndte for omkring 62 mio. år siden; smelterne trængte op gennem dybe sprækker og flød ud over de områder, der senere blev til kontinenternes rande. For 55 mio. år siden begynd-



FIGUR 10. Hanklit på Mors, bestående af lyst molér med sorte lag af vulkansk aske. Lagserien er deformeret af pres fra istidens gletschere, men lagene er nummereret og kan genkendes på 'stregkoden'. Asken stammer fra store vulkanudbrud 1000 km borte i den sprækkezone, der adskilte Grønland og Europa i Tertiærtiden; langs den dannedes Atlanterhavet. Foto: A. K. Pedersen.

te de to kontinentdele at glide fra hinanden, mens Atlanterhavet langsomt opstod imellem dem. I denne opbrudsperiode dannedes enorme mængder af smelte, og vulkanismen var af en voldsomhed, der slet ikke kendes i dag. Efter opbruddet dannedes stadig store mængder smelte, men lavaerne flød nu ud over havbunden og indgik i opbygningen af den nye jordskorpe under Atlanterhavet. Mellem Østgrønland og Færøerne var smelteproduktionen så stor, at landet ikke sank i havet, men forblev land – denne del udgøres i dag af Island, hvor processen stadig foregår, dog i afdæmpet form. De islandske lavaer er således meget yngre (0-15 mio. år) end lavaerne på de gamle kontinentrande.

Den her skitserede historie er resultatet af mange års international forskningsindsats i Nordatlanten og de omliggende lande, både til lands og til havs. I årene 1994-2002 gjorde grundforskningscentret Dansk Lithosfærecentre en meget stor indsats med undersøgelser af den sværttilgængelige lavaserie på Blossville Kyst i Østgrønland. Man fandt, at den op til 8 km tykke lavaserie kunne inddeles i forskellige formatio-

ner, som kunne korreleres over meget store områder mellem 67°N og 70°N. Desuden konstaterede man med forbløffelse, at korrelationen kunne udstrækkes til Færøerne på den anden side af Atlanterhavet, i dag mere end 1000 km borte. Her er de samme lavaformationer til stede, måske endda med enkelte identiske lavastrømme (Larsen mfl. 1999).

De vulkanske askelag i moleret i Nordjylland (figur 10) er en del af den samme historie. Askelagene er inddelt i to serier, nummereret med henholdsvis negative og positive numre fra et fælles nulpunkt (Bøggild 1918). Deres kildeområder har været omstridt, da man ikke mente, at så store mængder aske, der er udbredt over hele Danmark og Nordtyskland, kunne transporteres helt fra Atlanterhavet til Europa. Ikke desto mindre er det for nylig påvist, at det kunne de altså, for askelag nr -17 findes også indlejret i den øvre del af lavaerne i Østgrønland, og udbrudsstedet må være Gardiner vulkanen i Østgrønland (Heister mfl. 2001). Den 'positive' askeserie dannedes, da de centrale smelteproducerende områder i riften mellem Grønland og Europa sank under havoverfladen (Larsen mfl. 2003).

Undersøgelserne i Nordatlanten fortsætter stadig i de havdækkede områder, hvor lavaerne findes i forbindelse med sedimentbassiner, hvori der er dannet olie. De har derfor ikke bare teoretisk, men også betydelig praktisk interesse. Man kan desuden sige, at hvis noget fysisk forbinder de adskilte dele af det danske rige, er det lavaerne og askelagene i Grønland, Færøerne og Danmark!

Afslutning

Grønland har i kraft af sin storslåede natur og umådeligt rige og varierede geologi virket som udfordring og inspiration for adskillige generationer af geologer af mange nationaliteter, inklusive grønlandsk. Der er gjort store opdagelser i Grønland, som har haft betydning for den overordnede forståelse af jordklodens udvikling og livets plads på kloden. Ud over den store horisont har dette også givet dansk geologi et uundværligt internationalt forskningsnetværk. Det seneste eksempel er den moderne is- og klimaforskning i internationalt regi, hvor den grønlandske komponent er betydelig.

Tak

Vi skylder alle de personer tak, som har diskuteret emnerne og udformningen af denne artikel med os, først og fremmest Vagn Buchwald, Niels Henriksen, Tony Higgins, Jon Ineson, Asger Ken Pedersen, Gunver Krarup Pedersen og Karen Margrethe Pedersen. Publikation sker med tilladelse fra De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS).

Litteratur

- Black mfl. 1971: L.P. Black, N.H. Gale, S. Moorbath, R.J. Pankhurst & V.R. McGregor: »Isotopic dating of very early Precambrian amphibolite facies gneisses from the Godthaab district, West Greenland«, i: *Earth and Planetary Science Letters* 12, s. 245-259.
- Buchwald 1992: V.F. Buchwald: *Meteoritter. Nøglen til Jordens fortid*. København: Gyldendal.
- Buchwald 2005: V.F. Buchwald: *Iron and steel in ancient times. Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskabs Historisk-Filosofiske skrifter* 29.
- Bøggild 1918: O. B. Bøggild: *Den vulkanske Aske i Moleret samt en Oversigt over Danmarks ældre Tertiærbjergarter. Danmarks Geologiske Undersøgelse*, II Række, no. 33.
- Bøggild 1927: O. B. Bøggild: »The meteoritic iron from Savik near Cape York, North Greenland«, i: *Meddelelser om Grønland* 74, s. 9-30.

- Conway Morris mfl. 1987: S. Conway Morris, J. S. Peel, A. K. Higgins, J. S. Soper & N. C. Davis: »A Burgess shale-like fauna from the Lower Cambrian of North Greenland«, i: *Nature* 326, s. 181-183.
- Friderichsen & Graff-Petersen 1977: J. D. Friderichsen & P. Graff-Petersen: »Ella Island vor nye meteorit«, i: *Varv* 1977, 1, s. 12-17.
- Garboe 1961: A. Garboe: *Geologiens historie i Danmark*. Bind 2. København: C. A. Reitzel.
- Giesecke 1910: K. L. Giesecke: »Mineralogisches Reisejournal über Grönland«, i: *Meddelelser om Grønland* 35, s. 1-478.
- Hansen & Graff-Petersen 1986: E. S. Hansen & P. Graff-Petersen: »Lichens Growing on the Ella Island Meteorite, Central East Greenland«, i: *The Lichenologist* 18, s. 71-78.
- Heister mfl. 2001: L. E. Heister, P. A. O'Day, C. K. Brooks, P. Neuhoff & D. K. Bird: »Pyroclastic deposits within the East Greenland Tertiary flood basalts«, i: *Journal of the Geological Society, London* 158, s. 269-284.
- Holmes 1918: A. Holmes: »The basaltic rocks of the Arctic region«, i: *Mineralogical Magazine* 18, s. 180-223.
- Humlum 1999: O. Humlum: »Late-Holocene climate in central West Greenland: meteorological data and rock-glacier isotope evidence«, i: *The Holocene* 9, s. 581-594.
- Johnstrup 1878: F. Johnstrup: *Gieseckes Mineralogiske Rejse i Grønland*. Indledning, s. I-XXVII. København: Bianco Lunos Bogtrykkeri.
- Koch & Haller 1971: L. Koch & J. Haller: »Geological Map of East Greenland 72°-76° N lat. (1: 250,000)«, i: *Meddelelser om Grønland* 183, s. 1-26 + 12 map sheets.
- Larsen mfl. 1999: L. M. Larsen, R. Waagstein, A. K. Pedersen & M. S. Storey: »Trans-Atlantic correlation of the Paleogene volcanic successions in the Faeroe Islands and East Greenland«, i: *Journal of the Geological Society, London* 157, s. 1081-1095.
- Larsen mfl. 2003: L. M. Larsen, J. G. Fitton & A. K. Pedersen: »Palaeogene volcanic ash layers in the Danish Basin: compositions and source areas in the North Atlantic Igneous Province«, i: *Lithos* 71, s. 47-80.
- Lyell 1863: C. Lyell: *Geological evidences of the antiquity of man, with remarks on the theory of the origin of species by variation*. London: Murray.
- Ries 2003: C. J. Ries: *Retten, magten og æren. Lauge Koch sagen – en strid om Grønlands geologiske udforskning*. København: Lindhardt og Ringhof.
- Rink 1852: H. Rink: *Om den geographiske Beskaffenhed af de danske Handelsdistrikter i Nordgrønland tilligemed en Udsigt over Nordgrønlands Geognosi. Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskabs Skrifter*, 5te række, vol 3.
- Rink 1853: H. Rink: »On the large continental Ice of Greenland, and the Origin of Icebergs in the Arctic Seas«, i: *Journal of the Royal Geographical Society of London* 23, s. 145-154.
- Rosing 1999: M. T. Rosing: »¹³C-depleted carbon micro-particles in >3700-Ma sea-floor sedimentary rocks from West Greenland«, i: *Science* 283, s. 674-676.

- Secher mfl. 2006: K. Secher, O. V. Petersen & O. Johnsen: *En verden af mineraler i Grønland*. København: Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse.
- Steenstrup 1910: K. J. V. Steenstrup: »Einleitung und biographische Mitteilungen«, i: *Meddelelser om Grønland* 35, s. I-XXXVII.
- Steenstrup & Kornerup 1881: K. J. V. Steenstrup & A. Kornerup: »Beretning om Expeditionen til Julianehaabs Distrikt i 1876«, i: *Meddelelser om Grønland* 2, s. 1-26, med to farvetavler.
- Surlyk 1978: F. Surlyk: »Submarine fan sedimentation along fault scarps on tilted fault blocks (Jurassic-Cretaceous boundary, East Greenland)«, i: *Bulletin Grønlands Geologiske Undersøgelse* 128.
- Säve-Söderbergh 1932: G. Säve-Söderbergh: *Preliminary note on Devonian Stegocephalians from East Greenland*. *Meddelelser om Grønland* 94, 7.
- Sørensen 2006: H. Sørensen: *The Ilímaussaq alkaline complex, South Greenland – an overview of 200 years of research and an outlook*. *Meddelelser om Grønland, Geoscience* 45.
- Ussing 1912: N. V. Ussing: *Geology of the country around Julianehaab, Greenland*. *Meddelelser om Grønland* 38.
- van Zullen mfl. 2002: M. A. van Zullen, A. Lepland & G. Arrhenius: »Reassessing the evidence for the earliest traces of life«, i: *Nature* 418, s. 627-630.
- Wager & Deer 1939: L. R. Wager & W. A. Deer: *Geological investigations in East Greenland. Part III. The petrology of the Skaergaard intrusion, Kangerdlugssuaq, East Greenland*. *Meddelelser om Grønland* 105, 4.