

Livets grønlandske barndom

Af Minik Rosing *bestyrer for Geologisk Museum*

Det første menneske, som krydsede Nares Strait og trådte i land i Grønland, er sikkert passeret under fuldmånens lys en stjerneklar vinternat. Han har kunnet kikke op på måne og stjernehvælv og undre sig over hvorfra det dog alt sammen er kommet. Hvordan blev Jorden og havet til? Hvornår blev det befolket af mennesker og dyr? Alle civilisationer er bygget på et fundament af forestillinger om Jordens og livets oprindelse. Hvordan og hvornår livet fremkom på Jorden er derfor det første spørgsmål religionerne søger at besvare, og det er et af videnskabens ældste og mest sejlevede spørgsmål.

Det skulle vise sig, at det Grønland det første Saqqaqmenneske indtog rummede svar på en del af hans spørgsmål. Det er et land som rummer bjergarter dannet så langt tilbage i tiden, at den måne som belyste hans vej, endnu var under konstruktion. Bjergarter som kan give os glimt af de begivenheder, der førte til landenes og havenes dannelse, og som kan forklare hvorfor Jorden er livets eneste oase i vort solsystem.

Jordens opbygning

Jordskorpen under oceanerne er geologisk set ganske ung. Her findes bjergarter med aldre der strækker sig fra nutiden og 200 millioner år tilbage. Oceanbunden som hovedsagelig består af den mørke tunge bjergart basalt, dannes og nedbrydes hele tiden ved lithosfærepladernes bevægelser på Jorden. Når den tunge oceanbund synker tilbage i Jorden og destrueres dannes små mængder af granit som er let og flyder ovenpå. Jordens kontinenter er opbygget gennem de sidste 4 milliarder år, ved at granit gradvis et blevet ophobet i Jordens skorpe. De ældste bjergarter på Jorden skal derfor findes i kontinenterne. Under de pladetektoniske bevægelser har kontinenter gennem alle 4 milliarder år drevet rundt på Jordens overflade, og er fra tid til anden kollideret med hinanden under foldning af bjergkæder. Herved er bjergarterne i bjergkædernes øvre dele blevet deformerede og omdannet ved metamorfose, mens de nedre dele er smeltede under dannelse af nye granitter. Bjergene nedslides af vind og

vejt, og gamle bjergarter omdannes til nye sedimenter. Der er således kun ganske få og små fragmenter tilbage af bjergarter fra Jordens tidligste historie.

Godthåbsfjorden og Isua

Det største sammenhængende fragment af meget tidlig skorpe findes i området omkring Godthåbsfjord i Vestgrønland. Her opdagede geologerne Vic McGregor fra New Zealand og Stephen Moorbath fra Oxford i begyndelsen af 1970-erne at områdets gnejser er mere end 3600 millioner år gamle. Omtrent samtidig opdagede Kryolit Selskabet Øresund at der ved Isua helt oppe ved grænsen til Indlandsisen er en forekomst af jernmalm, af en type man finder i Jordens ældste områder. Denne type jernmalm er dannet ved at jernforbindelser er udfældet fra havet engang i tidernes morgen. I 1973 blev jernmalmen dateret til mere end 3700 millioner år. Det var en gevaldig overraskelse at finde vandaflejringer fra så tidligt et stadium i Jordens historie. Man havde indtil da troet at Jorden var uden vand dengang, og at havene var opstået gradvist og langt senere i Jordens historie. Isua havde slået sit navn fast som en kilde til viden om Jordens tidligste miljø.

Jernmalmen i Isua forekommer sammen med en række andre bjergarter som oprindeligt er aflejret på Jordens overflade. Herved adskiller bjergartskomplekset ved Isua sig fra de gamle gnejser i Godthåbsfjorden. Medens gnejserne er dannet ved storkning af granitsmelte dybt nede i Jorden, består Isua af bjergarter dannet ved processer på Jordoverfladen. Nogle er dannet ved

undersøiske vulkanudbrud, og andre er aflejret som sedimenter på havbunden. Alle bjergarterne i Isua har været udsat for opvarmning, høje tryk og gennemstrømning af kemiske opløsninger i forbindelse med bjergkædeprocesser adskillige gange i løbet af deres lange tilværelse. Langt størstedelen af Isua's bjergarter er så stærkt omdannede at deres oprindelige dannelsesmåde ikke længere kan erkendes. Der findes dog enkelte områder som er så velbevarede at man ved at studere bjergarternes kemiske sammensætning og struktur kan få et indblik i det miljø de oprindeligt blev dannet i. Ingen af Isuas bjergarter er upåvirkede af senere processer, og ingen af bjergarterne kan give pålidelige oplysninger om datidens miljø, uden komplicerede tolkninger som bygger på en forståelse af alle de processer som har påvirket dem siden de oprindeligt blev aflejret.

Udforskningen af Isua har været intens gennem mere end 25 år fordi Isua rummer vore eneste kilder til at belyse de tidligste stadier i Jordens og livets udvikling. To forskellige strategier har været anvendt. Den ene var baseret på en forestilling om at bjergarterne i Isua stort set var uforandrede siden deres aflejring. Man skulle derfor ved hjælp af avancerede kemiske og isotopkemiske målinger kunne beskrive deres oprindelige sammensætning, som man så igen kunne bygge sine tolkninger af datidens miljøer på.

Ved Geologisk Museum har vi gennem adskillige år taget vores udgangspunkt i at alle Isuas bjergarter har været udsat for en eller anden grad af omdan-



Landskabet ved Isua.

nelse. Vores første mål har derfor været at beskrive og forstå omdannelsesprocesserne. Denne forståelse skulle så med lidt held give os mulighed for allerede i felten at udpege de mindst omdannede partier. I det videre studium af de mindst omdannede bjergarter kunne en viden om omdannelsesprocesserne gøre det muligt at filtrere deres effekt fra og derved isolere de informationer som virkelig belyser det miljø bjergarterne oprindeligt blev aflejret i. Det har været en langsommelig proces.

Igennem midten af 1990-erne blev det klart at en lille blotning på nogle få kvadratmeter skilte sig ud, dels ved at bjergarterne er relativt uforstyrrede af senere processer, og dels ved at de er af en type som kunne give værdifuld vi-

den. Det særlige ved bjergarterne i blotningen er at de er dannet ved den stadige og ganske langsomme aflejring af fint ler på oceanbunden. Det tager mellem 100.000 og 1 million år at danne bare 1 meter af sådanne aflejringer. Selv om vi kun har nogle få meter aflejring bevaret til i dag, giver de os altså vidnesbyrd om tilstandene i Jordens oceaner gennem et meget langt tidsrum. Oceanernes sedimenter repræsenterer et omhyggeligt blandet gennemsnit af materialerne på Jordens overflade og oceanerne er det største og vigtigste miljø for livet på Jorden. Ved at studere disse bjergarter kan vi altså få et indblik i normalt tilstanden på Jorden gennem en lang periode af Jordens tidligste historie. Det mest påfaldende vi kan se er at der er



Velbevarede sedimenter aflejret på oceanbunden for mere end 3700 mio. år siden. De mørke skiferlag er aflejret som fint ler gennem årtusinder, medens de lyse lag er afsat af pludselige mudderstrømme.

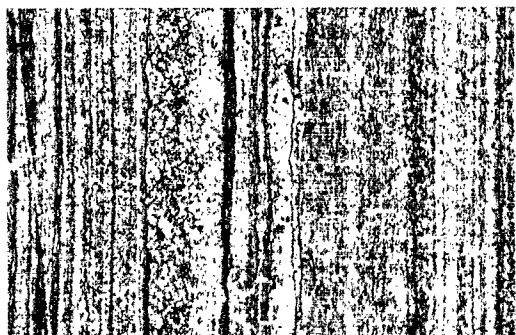
meget lidt variation i sedimenternes sammensætning gennem blotningen. Det er samme type sort skifer, kun afbrudt af tynde lag af vulkansk aske og tykke grå lag dannet ved at mudderstrømme med mellemrum er hvirvlet ned af undersøiske skrænter og har lagt sig til rette på havbunden. Det viser os at der var lange perioder med et stabilt miljø på Jorden. Mikroskopiske undersøgelser af skiferen har vist at den sorte farve skyldes myriader af små sorte korn – hver omkring 0,005 mm i tværsnit. En analyse af kornene har vist at de består af mineralet grafit, som igen består af rent kulstof. Disse korn er ganske ensartede både i form og størrelse, og i den andel de udgør af skiferen. De

sorte korn findes overalt i skiferen, men er helt fraværende fra de millimeter-tynde askelag. Det viser at de sorte korn blev aflejret samtidig med leret på oceanbunden, og at de ikke kan være afsat i lagene ved en eller anden senere proces. Hvis det havde været tilfældet ville vi også finde dem i askelagene. Vi ved altså at bittesmå korn af kulstof blev aflejret på oceanbunden gennem millioner af år for omkring 3800 millioner år siden.

Jordens kulstof

Kulstof på Jorden findes almindeligvis bundet til ilt, enten som kuldioxid i atmosfæren, kulsyre i vandet, eller bundet i kalksten. Kulstof kan adskilles fra ilt

ved forskellige kemiske processer, men den mest effektive og udbredte proces til adskillelse af ilt fra kulstof er fotosyntese – levende organismers produktion af organisk stof fra kuldioxid, vand og sollys. Man kan imidlertid ikke være sikker på at frit kulstof skyldes levende organismers aktivitet, fordi kemiske processer i Jorden som sagt også kan adskille kulstof og ilt. For at sondre mellem kulstof som er frigjort ved fotosyntese fra kulstof frigjort ved uorganiske kemiske processer må man se på kulstoffets isotoper. Kulstof består næsten udelukkende af isotoperne kulstof-12 og kulstof-13. Der dannes konstant en lille smule kulstof-14 i atmosfæren, men da det er radioaktivt henfalder det hurtigt, således at kulstof-14 ikke findes i materiale som er mere end 70.000 år gammelt. Af en eller anden grund skelner levende organismer som udfører fotosyntese mellem kulstof-12 og kulstof-13. Fotosyntese fungerer lang mere effektivt med kulstof-12. Det betyder at kulstoffet i levende organismer hovedsageligt er kulstof-12, og at kulstof der stammer fra levende organismer har et



Den velbevarede lagdeling i den mørke skifer set i mikroskop. Billedet viser et udsnit på ca. 2 cm.



0,005 mm store partikler af grafit i skifer. Grafitpartiklerne stammer fra organisk materiale, som sank til bunds i oceanet for 3700 mio. år siden.

karakteristisk underskud i kulstof-13 i forhold til »normalt« kulstof i Jorden.

Grafitkornene i den sorte skifer fra Isua har netop det typiske underskud i kulstof-13. Kulstoffet har en isotopsammensætning magen til den man finder i moderne oceanbundssedimenter, hvor kulstoffet stammer fra alger som har levet i havet. Vi kan derfor med sikkerhed sige at kulstoffet i skiferen stammer fra levende organismer. Det var altså liv på Jorden for mere end 3700 millioner år siden. Vi kan gå ud fra at kulstoffet stammer fra plankton som levede i de øverste meter af havet, og efter deres død sank til bunds og blev en del af havbundens sediment.

Jordens miljø

Fra studierne af Isua ved vi nu at der var vand på Jordens overflade for ca. 3800 millioner år siden, og at livet florerede i havet. Nogle forskere har foreslået at livet ikke kunne begynde sin udvikling på Jorden før for 3700 millioner år siden. Den teori byggede de på studier af Månen. Månens overflade er oversået

med kraterer dannet ved store meteornedslag. Man har dateret kraterne og fundet ud af at Månen var udsat for et massivt bombardement frem til for 3700 millioner år siden. Dette bombardement ville have påvirket Jorden mindst lige så kraftigt som Månen, og kunne have steriliseret Jordens overflade. Vi ved imidlertid nu fra Isua at der var liv allerede for ca. 3800 millioner år siden. Vi kan også se at der må have været nogle meget avancerede livsformer som har været i stand til at kolonisere oceanerne og leve som plankton med sollyset som energikilde.

Det er ganske overraskende at det tidlige liv overhovedet havde et ocean at kolonisere. Her vil nogen måske nok synes at forskerne undrer sig mere end strengt nødvendigt. Det er imidlertid bemærkelsesværdigt at vandet på Jorden ikke var bundet i en gigantisk iskappe. Jorden kunne nemlig have været totalt dybfrossen da bjergarterne i Isua blev aflejret. Det skyldes at solen dengang stadig var i sin optændingsfase, og derfor gav væsentligt mindre varme fra sig end i dag. Det eneste der kunne redde jorden fra dybfryseren var en meget effektiv drivhusatmosfære som kunne holde på den sparsomme solvarme. Man mener derfor at Jordens atmosfære havde et højt indhold af kuldioxid, der som bekendt er en effektiv drivhusgas. Denne drivhusatmosfære har altså holdt oceanerne flydende i Jordens tidligste historie. Mars og Venus, Jordens søsterplaneter har tilsyneladende haft en til-

svarende tidlig udvikling med vand på overfladen og kuldioxidrige drivhusatmosfærer. I takt med at solen kom op på fuld styrke har disse drivhuse imidlertid været for effektive. Alt vand er fordampet fra overfladen og undsluppet til rummet medens planeterne er tørret ind. Jorden har undsluppet denne triste skæbne, og ligger nu som livets eneste vandrige oase i vort solsystem. Der må have været en eller anden form for termostat som har reguleret atmosfærens sammensætning i takt med at solindstrålingen er øget, og derved holdt Jordens overfladetemperatur inden for den snævre margen hvor vand er flydende. Havbundssedimenterne fra Isua repræsenterer denne termostat. Ophobningen af kulstof på oceanbunden har trukket kulstof ud af atmosfæren, og dermed mindsket kuldioxidindholdet og drivhuseffekten. Det har været afgørende nødvendigt for stabiliseringen af Jordens klima, at denne termostat var fuldt installeret meget tidligt i Jordens historie, inden solen kom op på fuldt blus. Det er derfor også vigtigt at vi har påvist at livet havde taget kontrol over Jordens klima allerede for ca. 3800 millioner år siden, til forskel for de 3500 millioner år livet tidligere havde på sin fødselsattest. Selv om det umiddelbart lyder som uden betydning om tallet er 3500 millioner eller 3800 millioner år – begge komplet ubegribelige størrelser – falder disse to aldre på hver sin side af et væsentligt skel i solsystemets udvikling for ca. 3700 millioner år siden.