

MÅNENS GEOLOGI

af Tommy Jørgart

1969 var året, hvor mennesker for første gang satte foden på Månen og foretog den første geologiske udforskning på stedet. Det geologiske studium af Månen startede imidlertid adskillige år forinden og foregik ved hjælp af kikkert. Det er faktisk muligt at opnå en ganske detaljeret indsigt i Månens geologiske historie med en kikkert.

Detaljerne er vi ligeglade med her. Et Månekort barberet for alt overflødigt gods er vist i figur 1. Man kan ganske vist ikke finde vej på Månen efter dette kort, men det er heller ikke meningen. Her ser vi nogle af månekronologiens nøgleobservationer udpenslet. Læseren kan selv vurdere efter kortet, om de forskellige formationer er stillet i den rigtige rækkefølge. Det eneste man behøver at gøre er at bruge princippet om, at en aflejrning, der ligger ovenpå en anden aflejrning er yngre end denne. Teksten til figur 1 giver en oversigt over, hvorledes de forskellige geologiske perioder er defineret.

Vi ved fra forrige nummer af Varv, at aflejringer på Månen er noget ganske andet end aflejringer på Jorden. På Jorden spiller vand, vind og is yderst fremtrædende roller for erosion og aflejring. På Månen udgøres hovedparten af alle aflejringer af det materiale, der smides omkring, når meteorsten slår ned i måneoverfladen. Da hver nedslagsbegivenhed efterlader et krater med en bunke oppresset og udkastet materiale omkring, er disse aflejringer lette at kortlægge med kikkert, i hvert fald indtil de bliver ødelagt af nye meteornedslag. Meteorstenene er faldet så tæt, at hele måneoverfladen idag består af et metertykt lag af bjergarter, der er blevet smadret og sammenkittet gentagne gange under bombardementet.

På grund af meteorstenenes meget store hastigheder er der imidlertid ikke bare tale om en ødelæggelse i almindelig forstand, som for eksempel den, der kan udføres med en hammer. Ødelæggelsen er langt, langt mere intens. Selv mineralernes atomer, som normalt er anbragt i regelmæssige gitter rystes bort fra deres pladser. Under mikroskopet observerer man, at mineralerne har fået nye optiske egenskaber. Selve omdannelsen eller ødelæggelsen kaldes chokmetamorfose. Alle Apollo-projektets månelandinger har hjembragt prøver af dette karakteristiske, chokmetamorfoserede månemateriale.

Heldigvis er ikke alle prøver fra Månen præget af meteornedslag. Indimellem det ødelagte materiale fandt de to første Apollo-ekspeditioner friske krystallinske bjergarter, som var slået løs fra måne"havene", men ellers ubeskadigede. Det viste sig at være basaltisk lava, som i nogle retninger ligner basaltisk lava her fra Jorden, men i andre retninger

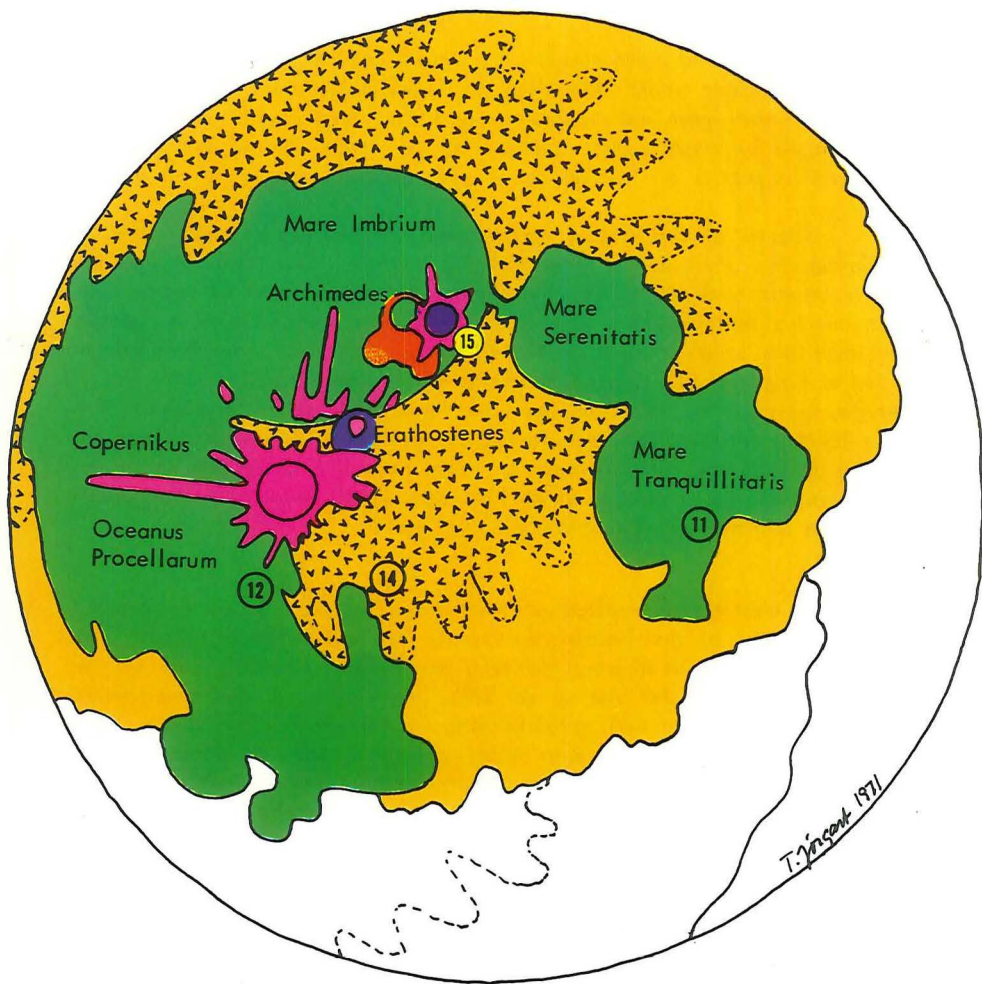
var vidt forskellig fra den. Apollo 11 basalten viste sig at være cirka 3,6 milliarder år gammel, medens Apollo 12 basaltens alder var omkring 3,25 milliarder år. Det må derfor slutes, at lavastrømme flere gange i Månens historie har oversvømmet dele af måneoverfladen.

Apollo 14 og 15 besøgte nogle områder i højlandet, der havde undgået disse oversvømmelser. Fra Apollo 14 landingen foreligger der nogle resultater. Ekspeditionen gik til Fra Mauro formationen, som de fleste regner med er dannet ved det meteornedslag, der førte til dannelsen af Imbrium-krateret, Månens største. Her må der lige gøres opmærksom på en mulig misforståelse. Når der tales om Imbrium-krateret tænkes der ikke på månehavet Mare Imbrium. Basalten i dette månehav er tydeligvis noget yngre end selve krateret, idet Archimedes og andre druknede kratere må være dannet senere end kraterbunden, men før lavaen skyllede ind i krateret for sidste gang, se figur 1.

Figur 1. Skematisk geologisk kort over Månens forside. Kortets funktion er uden dikkedarere at vise, på hvilket grundlag Månens kronologi er opstillet. For at fremme dette formål er en lang række større og mindre strukturer på Månen udeladt eller overforenklet, således flere måne"have" og næsten alle kratere.

De vigtigste kendetegn for de geologiske perioder er sammenfattet skematisk (de yngste først):

Copernikanske periode	Unge skarpe kratere, hvoraf de større "udsender" lyse radierende stråler.
Erathosteneanske periode	"Modne" kratere mærket af forvitring og uden stråler.
Procellarianske periode	Måne"have". Virker mørke set fra Jorden. Består af basaltisk lava. Alder 3,25 - 3,6 milliarder år.
Archimedianske periode	"Drukne" kratere.
Imbriske episode	Månehøjland udkastet ved det meteornedslag, der dannede det imbriske krater. Nærmest ved krateret udkastedes et vildt bakket landskab, der cirka 1000 km fra krateret afløses af et mere jævnt terræn. Alder 3,9 milliarder år.
Humorianske episode	Aflejringer fra meteornedslaget, der dannede det humoriske krater. Alderen for denne og ældre episoder er ukendt.



Copernikanske periode



Archimedianske periode



Eratostheneanske periode



Imbriske episode



Procellarianske periode



Humorianske episode
og ældre aflejringer

⑬ Apollo-landinger

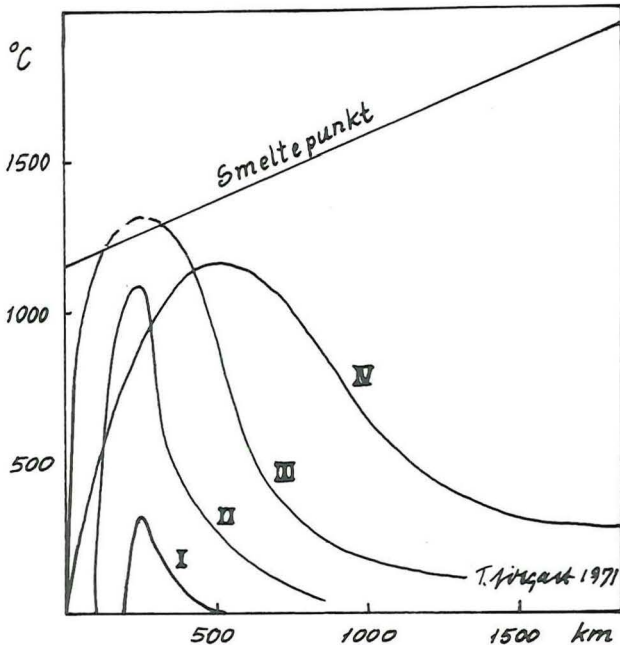
Karakteren af bjergarterne i Fra Mauro området gør det sandsynligt, at de er udkastet under dannelsen af Imbrium-krateret. De er ødelagte (chokerede) som andre meteornedslagsbjergarter, men dertil viser mange af dem tegn på ny krystalvækst. Dette tyder på varme forhold som dem, der må have hersket i en tyk bunke af udslyngede bjergarter fra et meteor-krater.

Alderen af Fra Mauro formationen har vist sig at være cirka 3,9 milliarder år. Hvis denne alder virkelig angiver tidspunktet for Imbrium-meteorstenens fald på Månen, har videnskaben fået noget at tænke over. Hvis Imbrium-meteorstenen, som foreslået i sidste nummer af Varv, markerer sidste fase i opbygningen af Månen ud fra planetoider, der kredsedde om et fælles tyngdepunkt, ligger tidspunktet herfor overraskende sent. Det vil betyde, at spor efter begivenheder, der fandt sted under solsystemets dannelse for 4,6 milliarder år siden formentlig er totalt udslettede af begivenheder i de følgende 700 millioner år. Den lave aldersbestemmelse for Imbrium-episoden gør derved et af de håb, man havde næret ved påbegyndelsen af de bemandede månelandinger, til skamme.

Det mest ejendommelige ved Månens geologiske historie er formentlig udviklingen af den basaltiske lava for 3-4 milliarder år siden. Disse bjergarter er nemlig de eneste, som ikke umiddelbart lader sig forklare ved meteornedslag. Ganske vist er der folk, der mener, at den energiudløsning, der finder sted ved meteornedslag (se forrige nummer af Varv) kan føre til opvarmning i en sådan grad, at større dele af måneoverfladen smelter. Som tidligere påpeget er de store meteornedslag imidlertid ældre end lavaen og lavaens sammensætning er anderledes end resten af Månen og ikke bare en smeltet udgave af denne. Lavaen må derfor være kommet fra Månens indre ligesom lava på Jorden kommer fra dybet.

Varmen til opsmeltningen af Månens indre kan til syvende og sidst godt stamme fra meteorstens-nedslag. Hvis Månen er dannet ved indstyrtning af kredsende planetoider, må en vis varme have udviklet sig herved. En model, der viser månevarens udvikling efterhånden som opbygningen af Månen skrider frem, er vist i figur 2. Modellen fører til smeltning på dybt niveau efter en passende tid. Det smeltede materiale vil være lettere end resten og stiger mod overfladen, hvor det løber ud som lavastrømme, der helt eller delvis fylder forhåndenværende fordybninger.

Modellen forklarer let, hvorfor lavaen ikke har samme sammensætning som resten af Månen. Man behøver bare at tænke på et stykke flæsk på panden. Her er der som bekendt også forskel på det smeltede fedt og det friske stykke flæsk. Om modellen virkelig er holdbar i længden kan kun yderligere beregninger og undersøgelser vise. Vi må blandt andet kende lidt mere til alderen af de andre månehaver, og vi må vide, hvorfor månehaver er sjældne på Månens bagside.



Figur 2. Udviklingen af Månens indre varme. Den fremadskridende udvikling markeres af I, II, III, IV. Ved III udvikles månebasalt. IV er situationen i dag.

I artiklen om Månen er der angivet nogle aldre. Da det er over seks år siden Varv sidst bragte en artikel om radiometrisk aldersbestemmelse (Varv 1965,1) genopfriskes metoden kort.

I princippet foretages aldersbestemmelsen ligesom tidsbestemmelse med et timeglas. I et timeglas måles tiden som bekendt ved at sammenligne den mængde af sandet, som er løbet ned i underdelen af glasset, med den del som endnu er tilbage foroven. I naturen undergår de radioaktive grundstoffer en nedbrydning til andre grundstoffer og kan derfor sammenlignes med timeglassets to halvdele. Et eksempel er Uran 235 (235 er atom-massen - også Uran med atom-massen 238 eksisterer i naturen). I løbet af 1 million år omdannes 1 promille af Uran 235 til Bly 207. Når man ved det, er det i princippet ligetil at måle mængden af Uran 235 og datter-isotopen Bly 207, og ved hjælp af forholdet imellem dem nøjagtigt beregne alderen af materialet.

Andre eksempler på "radioaktive ure" er Kalium 40/Argon 40, Rubidium 87/Strontium 87 og Kulstof 14/Kvælstof 14. Den sidste metode er omtalt i dette nummer af Varv. Da de radioaktive grundstoffer næsten altid er til stede i nogen mængde kan næsten ethvert materiale i naturen aldersbestemmes.

T. Jørgart