

NYT OM METEORITER



Civilingeniør V.F.Buchwald fandt i 1963 verdens femtestørste meteorit på Grønland og arbejdede siden på at få den ført til Danmark. Da den i 1967 efter store vanskeligheder var ført til København, var han imidlertid rejst på studie- og undervisningsophold i Amerika. Først efter hans hjemkomst i 1970 tog undersøgelsen af den store meteorit fart. I den følgende artikel beretter V.F.Buchwald først og fremmest om denne undersøgelse.

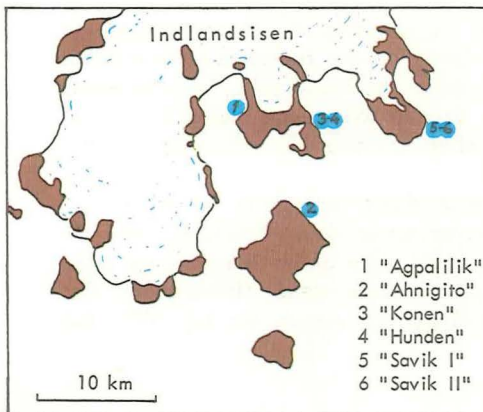
Der findes et stort antal forskellige slags meteoriter, og ingen af dem ligner vore jordiske bjergarter. For overskuelighedens skyld opdeler man gerne meteoriterne i sten-, sten/jern- og jernmeteoriter, men der er glidende overgange. Mange stenmeteoriter indeholder 10 - 20 % frit jern, fordelt som salt og peber i stenen, og mange jernmeteoriter indeholder typiske silikatmineraller som for eksempel olivin, pyroxen og feldspat.

Den mest spændende stenmeteorittype er den kulholdige chondrit, som kan indeholde 1 - 4 vægtprocent kulstof. Allerede Berzelius påviste tilstedeværelsen af organiske stoffer, men først efter anden verdenskrig har man med sikkerhed kunnet vise, at kulstoffet foreligger enten amorft eller

bundet i organiske forbindelser som paraffiner, aminosyrer og tjæreagtige stoffer. Det vakte betydelig opsigt, at meteoriten Murchison, som faldt i SØ Australien 28 september 1969, fandtes at indeholde i det mindste 16 forskellige aminosyrer. Blandt disse er fem såkaldte essentielle aminosyrer, der her på Jorden indgår som byggesten i levende cellers proteiner. Videre forskning må afgøre om meteoritens organiske stoffer er dannet under medvirkning af levende organismer, eller, hvad der er mest sandsynligt, er dannet på ren uorganisk vis - det vides, at brint, ammoniak, kuldioxid, vanddamp og svovlbrinte ved indbyrdes reaktion under påvirkning af elektriske udladninger kan producere formaldehyd, acetaldehyd, acetone, propionsyre, urinstof med mere. I 1955 påviste S.L. Miller, at også et betydeligt antal aminosyrer kan dannes på denne måde, og hans resultater er blevet bekræftet af mange andre forskere. Det er derfor en mulighed, at meteoritens organiske forbindelser er blevet dannet af simple uorganiske forbindelser og radikaler meget langt tilbage i tiden, under medvirkning af elektriske udladninger og ultraviolet stråling. Dannelsen fandt måske allerede sted i den urgas, hvoraf planeterne antagelig senere fremgik.

En ting er sikker: Da de organiske forbindelser har overlevet, kan stenmeteoriten aldrig have været særlig varm. Den har næppe nogensinde været over 400°C , ellers ville forbindelserne være destilleret af eller forkullet. En undersøgelse af sådanne stens tekstur bekræfter, at de ikke kan have været særlig varme, endsiige smeltede. De er løst sintrede og sammenkittede af tjæreagtige forbindelser.

Helt anderledes forholder det sig med jernmeteoriterne, hvoraf Cape York er en typisk repræsentant. De er massive, uden porer og helt uden organiske forbindelser. De er magnetiske og har massefylde på $7.5 - 8\text{ g/cm}^3$. De indeholder ofte kulstof, men da i mindre mængder ($0.02 - 0.2\%$) og i reglen som del af mineralet cohenit, der først blev beskrevet fra meteoriter. Det er sammensat Fe_3C og er siden identificeret som en almindelig bestanddel af stål og støbejern, hvor det under navnet cementit er kendt for at gøre jernene hårde og slidsterke.



Cape York
Meteoriterne

Cape York, som er et prominent fjeld 50 km vest for findestedet for meteoriterne, bruges som samlenavn for hele faldet. Efterhånden som de enkelte blokke er blevet fundet, har de fået individuelle navne, men de adskiller sig ikke fysisk og kemisk.

Siden Cape York meteoriten Agpalilik i 1967 takket været godt sømandsskab fra kaptajn J.E.Leo og hans medhjælperes side kom til København, har det været et stort ønske at få denne meget store meteorit skåret itu for nærmere at undersøge den. Det var ganske klart, at der skulle foretages kemiske, fysiske og metallografiske undersøgelser, hvad der vel i og for sig havde kunnet gennemføres på nogle få kilogram savet af et fremspringende hjørne. Men der var også en stor nysgerrighed efter at se hvordan en så stor, massiv jernklump så ud indeni. Var den een stor krystal eller sammensat af mange små krystaller, der lå tilfældigt orienteret? Mon den udviste støbestruktur med dendritter og sejring? Mon den indeholdt fremmede mineraler som silikater og sulfider? Mon den var fuld af revner? Der var jo fundet andre store meteoriter i nærheden, som oprindeligt hang sammen med Agpalilik, men var sprængt fra i atmosfæren. Mon der var tegn på opvarmning fra passagen gennem atmosfæren? Hvor dybt mon korrosionen gik? Udvendig fra så meteoriten jo voldsomt rusten ud. Hvordan varierede struktur og sammensætning ind gennem massen.

Selv om der findes adskillige andre store meteoriter, hvoraf fire er større, se skemaet, så er ingen af dem nogensinde skåret itu. Efterhånden som problemerne i forbindelse med skæringen analyseredes, blev det også klart, hvorfor en sådan skæring aldrig før var forsøgt. Den metalforarbejdende industri har simpelthen ikke behov for at kunne skære så store massive emner og råder ikke over apparatur egnet hertil. Hvis man absolut skal skære metertykke dødhoveder af, sker det enten ved ilt-acetylen skærebrenning eller i forbindelse med smedning, hvor tampen skæres af ved hjælp af en mejsel monteret på en enorm smedepresse. I begge tilfælde opvarmes jernet, og det ville ikke kunne tolereres for meteoritens vedkommende. For så ville meteoritens struktur og øvrige egenskaber ændres radikalt.

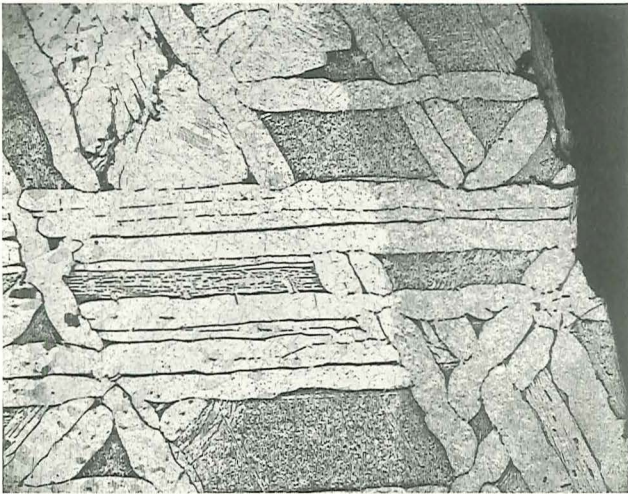
Efter langvarig søgning kom jeg i forbindelse med stenhuggermester Batzlaff i Gråsten, som foreslog at udføre skæringen på en trådsav af den type, der benyttes til deling af facadesten og gravsten. Han demonstrerede, at han var i stand til at oversave en lille jernmeteorit, som udlåntes af Mineralogisk Museum. Han skønnede på grundlag af prøveskæringen, at en oversavning ville vare cirka 100 timer, og det besluttedes derefter at gøre forsøget. I oktober flyttede en gruppe af Sjællandske Trænregiment, som var vant til at flytte kampvogne, den 20 tons tunge meteorit fra København til Gråsten, og i løbet af oktober og november gennemførtes savningen.

Denne helt utraditionelle metode at skære jern på er fra et konserveringsteknisk synspunkt ideel, for den opvarmer ikke materialet, den efterlader en helt plan flade, og der tabes ikke andet jern end de cirka 5 mm, som tråden fylder. Imidlertid er processen meget tidsrøvende. Det viste sig, at hvert af de to parallelle snit gennem meteoriten tog 200 timer

under et forbrug på 2400 m tråd. Til sammenligning kan anføres, at et lignende snit på cirka 1.5 m² gennem en granitblok varer 6 timer og forbruger 100 m tråd. Tråden er en snoet, patenteret ståltråd, 3.7 mm tyk, som med cirka 10 m/sek. trækkes forbi meteoriten. Det er ikke tråden selv, der skærer, men derimod de karborundumkorn, som til stadighed tilføres i en vandig opslemning. Karborundum-kornene kiler sig kortvarigt fast mellem tråd og jern og sliber derved en vej gennem jernet.

Ved savningen opdelttes den store blok i en 15 tons ende, en 550 kg skive og en række uregelmæssige stumper af 500 - 1000 kg vægt. 550 kg skiven måler 180 gange 130 cm og er 5 cm tyk. Den er sandsynligvis den største skive, der nogensinde er skåret ud af et massivt stykke jern. Den vil blive poleret og ætset og efter endt undersøgelse opstillet på Mineralogisk Museum i København.

Skønt undersøgelsen af det udskårne materiale kun lige er påbegyndt, har der allerede vist sig spændende ting. For det første kan det siges med sikkerhed, at meteoriten i sin tidlige historie har været over 1200° C i en meget lang periode. Derved er den homogeniseret til een kæmpemæssig austenitkrystal på flere meter i diameter. (Austenit kender vi også fra jern og stål, men krystallerne er her normalt kun 1 mm i diameter). For det andet har meteoriten brugt tusinder af år til at køle af til "stuetemperatur". Herved er der ved cirka 600° C dannet en grov Widmanstättenstruktur, se figuren. Sådanne grove strukturer er almindelige i jernmeteoriter, men de kan ikke efterlaves i laboratoriet, fordi de kræver så umådelig lang tid.



Poleret og ætset snit vinkelret på overfladen af en jernmeteorit med Widmanstätten-struktur. De lyse lameller består af jern med 7% nikkel, mens de mørkere mellemrum har mere nikkel, normalt mellem 10 og 40%. - Yderst til højre er strukturen grå. Denne 2 mm brede zone blev opvarmet til over 750° C, da meteoriten passerede atmosfæren.



Oversigt over Agpalilik under savningen i Gråsten. Endestykket på $4\frac{1}{2}$ tons er skåret af og fjernet, og den 5 cm tykke plade er netop friskåret og forskudt lidt, så at man tydeligt ser snittets placering.



Nærbillede af savningen. Den endeløse, snoede tråd trækkes af forskellige drivhjul, hvoraf eet ses til højre. Den 5 cm tykke plade er næsten frisavet.



Da pladen var savet ud blev den målt op og kalkeret af. Der blev også taget kalk af de øvrige snitflader med henblik på at bestemme mængden og formen af de store troilitinklusioner (se også side 27).




Pladen blev derefter maskinpoleret. Stenhuggermester A. Batzlaff ses til højre.

For det tredje viste det sig, at meteoriten kun havde en millimertyk forvitringsskorpe og ellers bestod af sundt, tæt jern lige til kernen. Ingen revner eller porøsiteter observeredes. Dette tyder på, at metallet dannedes på stor dybde med måske en kilometer andre "bjergarter" ovenpå.

For det fjerde kan der mange steder langs meteoritens nuværende overflade konstateres rester af smelter og af kortvarigt opvarmede metal-faser, se figuren. Fra studiet af andre meteoriter vides det, at sådanne varmepåvirkede stoffer skyldes passagen gennem atmosfæren. Da passagen varer mindre end et minut, er varmeindtrængningen ubetydelig. Under 1 cm dybde er der ingen tegn på genopvarmning. Når disse påvirkede lag endnu forefindes på Agpalilik, kan vi slutte, at den ikke har mistet mere end nogle få mm ved jordisk korrosion. Derved kan vi indirekte slutte noget om, hvor længe den har ligget på Jorden.

Imidlertid kan det kun blive meget omtrentligt, da vi ikke kender korrosionshastigheden for jern i Nordgrønland. Den må være lav, da årsmiddeltemperaturen er under 0° C, og da nedbøren er ringe. Måske Agpalilik er faldet for 1000 - 2000 år siden? Kommende undersøgelser vil blandt andet sætte ind på dette punkt.

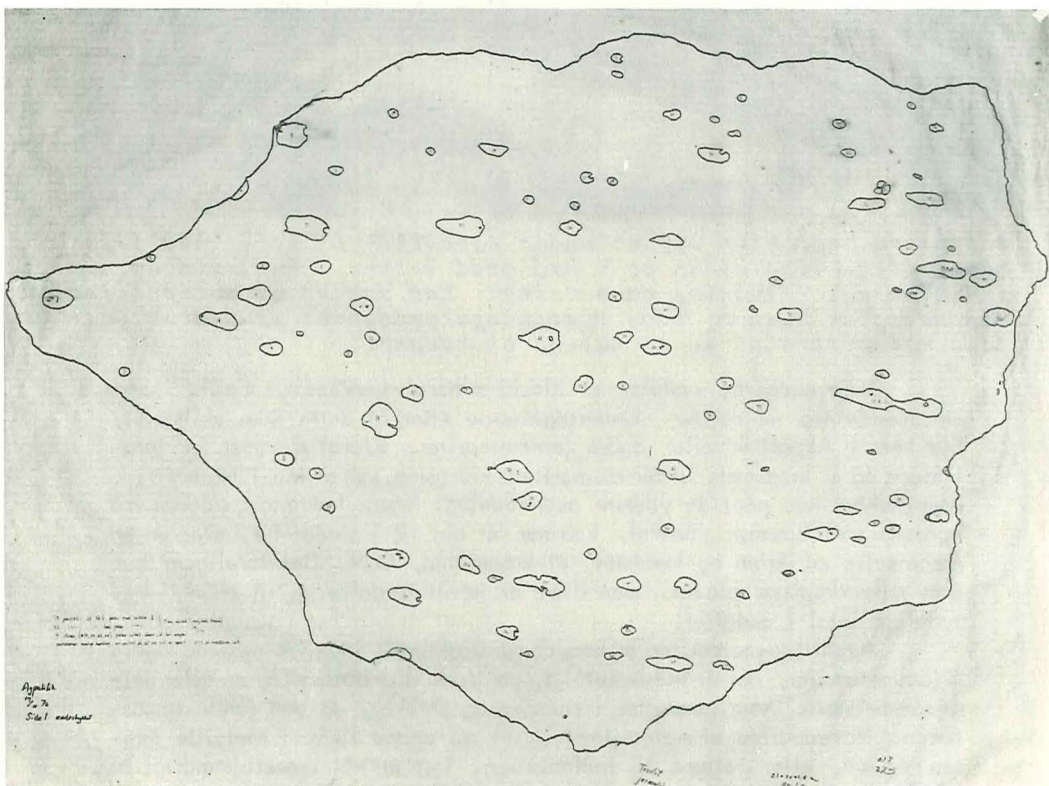
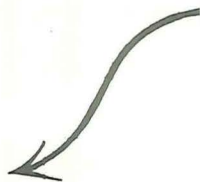
Måske det mest overraskende ved snittene er den store mængde troilit. Troilit er et jernsulfid, FeS , som er beslægtet med svovlkis, men ukendt fra jordiske bjergarter. Troilit er vidt udbredt i alle slags meteoriter, men ikke før set i så stor mængde. Cirka 7 volumenprocent er troilit, hvilket svarer til cirka 2 % S i meteoriten. Troilit blander sig ikke med jern og nikkel, og det udskilles derfor i veldefinerede klumper. De største er $18 \times 5 \times 4$ cm og af violinkasseform. Andre er pølse- eller ægformede. Ejendommeligt nok er de alle ensrettede, som det ses på figuren 

Nu ved vi, at størkningen af smeltet metal sker på den måde, at det faste metal vokser ud fra kølefladen i parallelle fingre med enkelte forgreninger (dendritter). Vi ved også, at tilstedeværende uopløselige stoffer koncentrerer i restsmelten og størkner sidst. De vil derfor foreligge som uregelmæssige pølser imellem de først størknede metaldendritter. Den blanding af jern og parallelle troilitpølser, som ses på Agpaliliks store snitflader, kan netop tænkes at være fremkommet ved meget langsom størkning (måned?) af en smelte, hvis hovedkomponenter var jern, nikkel og svovl. Hvis dette bekræftes af fortsatte undersøgelser, står vi for første gang med et uomstødeligt bevis for, at denne jernmeteorit - og dermed næsten alle andre jernmeteoriter - engang har været smeltet. Tidligere teorier har været ganske uklare på dette punkt.

Mens der således findes meget sulfid i Agpalilik, er det endnu ikke lykkedes at finde noget silikat, cohenit eller grafit. Disse mineraler er knyttet til en særlig gruppe jernmeteoriter, hvoraf Canyon Diablo er den fornemste repræsentant.

DE TI STØRSTE METEORITER ER ALLE AF JERNTYPEN:

Navn	Findested	Vægt	% Ni
Hoba	Sydvest Afrika	50 t ?	16
Ahnighto	Grønland	31 t	8
Armanty	Kina	30 t ?	9 ?
Bacubirito	Mexico	22 t ?	10
Agpalilik	Grønland	20.1 t	8
Mbosi	Tanzania	16 t ?	9
Chupaderos I	Mexico	14.1 t	10
Willamette	U.S.A.	14 t	8
Campo del Cielo	Argentina	12 t ?	7
Morito	Mexico	10.1 t	8



CAPE YORKS sammensætning:

Hovedkomponenter: 89,4% Fe, 7,85% Ni, 0,50% Co, 0,15% P, 2,0% S.

Sporstoffer i ppm: 200 C, 15 N, 50 Cr, 160 Cu, 19 Ga, 36 Ge, 5 Ir

Massefylde: $7,8 \text{ g/cm}^3$.

Hårdhed: 200 - 250 Vickers (= Brinell)



Den slæde, som blev bygget under Agpalilik i 1965, har fulgt meteoriten lige siden og i høj grad lettet håndteringen ved indskibning, flytning og savning. Her ses en situation fra Mineralogisk Museum, hvor Bjergningskompagniet er ved at indlade meteoriten på en af hærens blokvogne.

I lærebøgerne omtales et klorid-mineral lawrencit, FeCl_2 , som stammende fra meteoriter. Undersøgelserne viser, at dette ikke eksisterer, hverken i Agpalilik eller andre jernmeteoriter. Klorret stammer fra jordbunden og er langsomt, under meteoritens korrosion, sivet ind i meteoriten. Men det har kun nået de yderste overfladelag. Mens lawrencit således må opgives som kosmisk mineral, kommer et nyt til i stedet for. Det er en forbindelse af krom og kvælstof, et kromnitrid, CrN . Det foreligger kun som mikroskopiske plader, men disse er jævnt fordelte og til stede i betydeligt antal i metallet.

Agpalilik-meteoriten er kemisk og strukturelt identisk med de andre 5 jernmeteoriter, der er indsamlet i Cape York distriktet. De er alle dele af samme masse, som sprængtes i stumper og stykker, da den ramte atmosfæren. Hovedparten af meteoritmaterialet må endnu ligge i Melville Bugten og på, eller rettere i, indlandsisen. Det er vel teoretisk muligt at lokalisere mere materiale, men det vil stille enorme økonomiske krav, at

finde og bjerge det, og det er næppe nødvendigt at bjerge mere. Takket være en helhjertet støtte fra Carlsbergfondet, Grønlands Tekniske Organisation og Mineralogisk Museum er det nu lykkedes at bjerge og neddele et af de største enkeltstykker. Undersøgelserne vil vare flere år, og byttematerialet vil bidrage til at udbygge Københavns Universitets i forvejen fornemme meteoritsamling.

Litteratur:

O.B.Bøggild: Meddelelser om Grønland 1927 (74) 11-30

V.F.Buchwald: Naturhistorisk Tidende 1963, side 3-7

Naturens Verden 1964, februar.

V.F.Buchwald & Sole Munck: Catalogue of Meteorites.

Analecta Geologica 1965.

S.Floris: Varv 1967, nr 4.

V.F. Buchwald



VARV

Postadresse: Tidsskriftet VARV, Mineralogisk Museum, Østervoldsgade 5-7, 1350 København K. (Tlf. Mi 5001).

Redaktion: Valdemar Poulsen (ansvarshavende), Mona Hansen, Søren Floris, Erling Bondesen.

VARV udkommer fire gange om året. Prisen er 15.00 kr i abonnement. Abonnement tegnes ved indsendelse af beiøbet til VARV, postgiro 68880. (Moms inkluderet).

Alle henvendelser vedrørende adresseforandring, fejl ved bladets levering, og lignende bedes rettet til postvæsenet.

Eftertryk af tekst og billeder er kun tilladt med kildeangivelse.