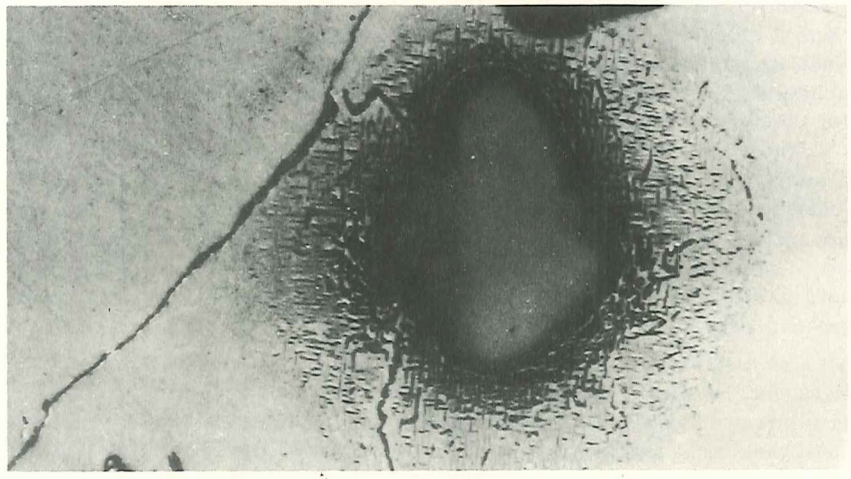


Figur 2. Formodet meteorit-fragment bestående af kromit omsluttet af lysegrå jernmalm (magnetit). 1 µm = 1/1000 mm.

Et andet problem med Isua kromiterne er deres kemiske sammensætning. De indeholder knap 2 % zink. Meteoritiske kromiter med så højt indhold af zink findes, men er temmelig sjældne. En forklaring på Isua kromiternes specielle sammensætning kan naturligvis være, at de meteoriter, der faldt på jorden for 3.800 millioner år siden havde en noget anden sammensætning, end dem der falder idag.

Til støtte for teorien om at Isua kromitkornene er af meteoritisk oprindelse er opdagelsen af lignende kromitkorn på bunden af Stillehavet. Disse kromitkorn kan med sikkerhed siges at stamme fra meteoriter.

For at få be- eller afkræftet Isua kromitternes kosmiske oprindelse, er der startet et større geokemisk undersøgelsesprogram. De elementer, der specielt er i søgelyset, er platin og iridium, der forekommer hyppigere i meteoritter end i jordiske bjergarter. Det er de samme grundstoffer, der er fundet i unormalt store koncentrationer i det 65 millioner år gamle fiskeler (se side 121).
Hvorvidt Isua kromiterne virkelig stammer fra meteoriter, der faldt på jorden for 3.8 milliarder år siden, kan næppe nogensinde bevises. Resultaterne af de geokemiske undersøgelser vil kunne sandsynliggøre teorien, men det bedste bevis ville unægtelig være, hvis man en dag i Isua områdets bjergarter fandt intakte rester af en meteorit.

VARV

NR. 4 BLADET MED DE ÆLDSTE NYHEDER 1981



HVORDAN KAN KENYA EXPORTERE GRANATER ? DET BRINGER DETTE NUMMER FORKLARINGEN PÅ - SAMMEN MED SPÆNDENDE BERETNINGER OM JAGTEN PÅ METEORITER, FATTIGMANDS RUMFORSKNING. FRA NORDSVERIGE, DANMARK OG VESTGRØNLAND FØRES LÆSEREN ENDVIDERE TIL NORDNORGE PÅ OLIEJAGT.

ISSN 0105 - 6301

1981-11-25

DET ER SNART JUL

VARV har en ide til en god og billig **julegave**. Har du tænkt på, at din niece, fætter eller svigermor måske bliver lykkelig for at få et årsabonnement for 1982 i julegave ? Indbetal blot 45 kroner til VARVs danske girokonto 9 06 88 80 og husk at skrive gavemodtagerens navn og fulde postadresse på giroblanketten.

Som vindere af VARVs **sommerkonkurrence** har Peter udtrukket

1. Leif Andersson, Videvägen 63, S-27 500 SJÖBO
2. C. Justesen, Rugmarken 119, DK-9690 FJERRITSLEV
3. P. Harzmann, Vibevej 10, DK-6440 AUGUSTENBORG

som vil få en *Agnostus* tilsendt. Tak for alle svarene.

I 1982 vil VARV ikke blot være tidsskriftet med de ældste nyheder. Det vil også være tidsskriftet med næsten uændret abonnementspris, 45 danske kr. for 1982. Redaktionen og Peter vover dette i håb om, at vi må få mange nye abonnenter i 1982. Tal med dine venner om det.

Opkrævningen for 1982 vil blive udsendt særskilt til vore trofaste abonnenter. Nye abonnenter kan blot sende et kort med deres navn og postadresse til VARV, Øster Voldgade 10, DK-1350 København K, så følger opkrævningen og VARV.

VARV

Adresse: Tidsskriftet VARV, Geologisk Centralinstitut, Øster Voldgade 10, DK-1350 København K. Tlf. 01-11 22 32
Kontor: Anita Thøfner (mandage, tirsdage og torsdage kl. 13-16)

Redaktion: Valdemar Poulsen (ansvarshavende), Erling Bondesen, Asger Berthelsen, Erik Stenestad, Steen Sjørring og Sven Laufeld

Renskrift: Gitte Sjørring

Repro: Scan-Lith ApS, København og C.A. Backhausen A/S, København

Tryk: Fair-Print A/S, Roskilde

VARV udkommer 4 gange om året. Prisen er 42 kr. i abonnement. Abonnement tegnes ved indsendelse af beløbet til VARV, postgiro 9 06 88 80

Adresseændringer eller fejl ved bladets levering bedes meldt til postvæsenet.

© 1981 VARV. Eftertryk af tekst og billeder kun efter tilladelse.

De blev aflejrede på bunden af et hav for 3.8 milliarder år siden. Fra undersøgelser på Månen ved vi, at Månen i perioden 3.9 til for 3.8 milliarder år siden, blev ramt af et meget stort antal meteoriter. Vort solsystem befandt sig dengang i et område i rummet med en meget højere meteorittæthed end nu. Ud fra størrelsesforholdene mellem Månen og Jorden ved vi, at når Månen blev ramt af et stort antal meteoritter for 3.8 milliarder år siden, må Jordens overflade på samme tid have været udsat for et meget intensivt bombardement af meteoritter. Chancen for at finde meteoritrester i Isua bjergarterne synes derfor væsentlig større end i yngre bjergarter.

Et problem på Isua er til gengæld, at bjergarterne siden deres dannelse er blevet foldede og omdannede (metamorfoserede) ved temperaturer over 500° C. Under denne metamorfose er de fleste af de oprindelige mineraler rekrystalliserede eller omdannede til andre mineraler. Den samme proces vil naturligvis også have påvirket rester af meteoriter, hvorfor de kan være svære eller umulige at genkende idag.

Alt i alt synes chancen for at finde meteoriter i Isua bjergarterne derfor temmelig små. Der skulle da også en god portion held til, før de blev fundet. Ved en rutine undersøgelse af jernmalmsprøver, opdagedes enkelte prøver, der indeholdt ganske små partikler af mineralet kromit (fig. 2). Disse kromitkorn kunne ikke være udfældede kemisk sammen med den omgivende jernmalm. Da kromit ydermere er et meget tungt mineral, er en oprindelse som almindelig sediment partikel næppe sandsynlig. Tilbage bliver så muligheden: at de er faldet ned fra himlen.

Nu er der imidlertid to måder, hvorpå mineraler kan falde ned fra himmelen. De kan dels komme som vulkanske askepartikler fra en eksplosiv vulkan, og dels være meteoriter af kosmisk oprindelse. En undersøgelse af kromiternes kemiske sammensætning viser, at de næppe kan stamme fra jordiske vulkaner. Det er derfor mest sandsynligt, at de må være rester af meteoriter, der faldt på jorden for 3.800 millioner år siden.

Men selv om dette synes at være den mest logiske forklaring, er der dog stadig uafklarede spørgsmål. Mineralet kromit findes i meteoriter, men det udgør højst 1 %. Resten er hovedsagelig enten metallisk jern eller komplekse silikater, alt efter hvilken type meteoritter det drejer sig om. Det kan derfor umiddelbart undre en, hvorfor man kun finder kromit, og ikke andre spor efter de øvrige dele af meteoriten. Forklaringen herpå må på den ene side være, at kromit er et meget modstandsdygtigt mineral. Det kan overleve næsten ubegrænset på havbunden, og er også meget stabilt under metamorfe processer. De øvrige bestanddele af meteoriterne er på den anden side meget lidt modstandsdygtige. Det metalliske jern vil hurtigt blive omdannet på havbunden, mens silikat--bestanddelene først omdannes under metamorfosen. Det er derfor forståeligt, at kromit er det eneste mineral fra meteoriterne, der kan genfindes i Isua bjergarterne idag.



Figur 1. Isua jernmalm. Mørke jernrige lag veksler med lyse kvartsrige lag. Stykket er ca. 20 cm i tværsnit.

menter (havaflejringer). Blandt sedimenterne er de kemisk udfældede jernmalme de vigtigste. De består af en rytmisk aflejring af jern- og kvartsrige lag (fig. 1).

Jernmalmenes båndingviser entydigt at aflejringsmiljøet har været meget roligt, dvs antagelig temmeligt langt fra den daværende kystlinie. Den eneste form for uro i vandet har været sporadiske slamstrømme, der lokalt har forstyrret den fine båndings. Som resultat af det meget rolige aflejringsmiljø forekommer der ikke tungere småpartikler og sten, grus og sand sammen med de lettere lerpartikler, som ved det rindende vands afstrømning fra fastlandet ellers ofte bliver ført ud og aflejret i havet. Her bliver det tungeste materiale aflejret nær kysten, mens det lette ler-fraktion bliver aflejret på dybere vand.

I Isua jernmalmene forekommer stedvis tynde horisonter af oprindelige lerbjergarter, men ellers er jernmalmene helt fri for grovere partikler fra land. Det vil sige, at vi her har ideelle betingelser, for at lede efter meteoritisk materiale. Hvis man finder mineralpartikler med en sammensætning, der viser, at de ikke kan være kemisk udfældede, kan man ud fra det aflejringerne iøvrigt fortæller slutte, at de "unormale" partikler må være faldet ned fra himlen.

Det at genfinde spor af meteoriter skulle rent umiddelbart synes at være sværere end at finde en nål i en høstak, al den stund meteornedslag jo ikke er en videre hyppig foreteelse. Her har vi imidlertid en stor fordel i Isua bjergarterne.

Hvor er de danske meteoriter ?



spørger Poul Graff-Petersen

Dem vi kender er selvfølgelig hvor de skal være, på Geologisk Museum. Det er stenmeteoriterne Mern (ca. 4 kg) og Aarhus (720 g) der faldt i 1878 og 1951, samt jernmeteoriten Jerslev (ca. 40 kg) der blev fundet i 1977. De indgår i museets samling af henved 400 meteoriter fra alle dele af verden.

Men hvor er alle de andre danske meteoriter ? Ude i den danske natur, spredt over vort 43.000 km store landområde, ligger der adskillige hundrede meteoriter og venter på at blive fundet. Så mange er der faldet over Danmark siden indlandsisen smeltede bort, og i istidsaflejringerne må der ligge yderligere meteoriter, som isen bragte med sig. Mange af stenmeteoriterne er nok desværre forvitrede til ukendelighed, men jernmeteoriterne skal kunne kendes. Uforvitrede stenmeteoriter har et gråt til gråsort indre ofte med spredte rustpletter, er dækket af sort til sortbrun smelteskorpe blot omkring en halv millimeter tyk, og de har vægt som almindelige sten. Jernmeteoriter derimod er meget tunge, tiltrækker en magnet, og overfladen er rusten. En del af jernmeteoriterne er dog nok blevet "genbrugt" til vore forfædres jernredskaber. Hvad gjorde man ellers med en god jernklump - der var jo ikke engang et museum at aflevere den til.

Selv om mulighederne for at gøre et fund må siges at være begrænsede, er der alligevel grund til fortsat at lede. Og nye meteorit-fald håber vi også stadig på.

Klokken 5.55 den 19. november 1980 observerede mange morgenduelige mennesker over det meste af landet en kraftig ildkugle - en bolide - passere hen over den sorte himmel, indtil den pludselig sprængtes og slukkedes. Boliden lyste så kraftigt, at også folk med ryggen mod den måtte vende sig om og nåede at se himmelfænomenet, der varede under et halvt minut.

Få timer senere fik Geologisk Museum den første orientering, og nu gjaldt det om at få fastlagt bolidens bane. Opfordringer i de fleste dagblade og radioavisen resulterede i løbet af få dage i over 100 telefonsamtaler og henved 50 breve, med iagttagelser fra Vendsyssel i nord til Holsten i syd og fra Vestjylland til Østsjælland.

Meteoriter ja?/nej?



1

2



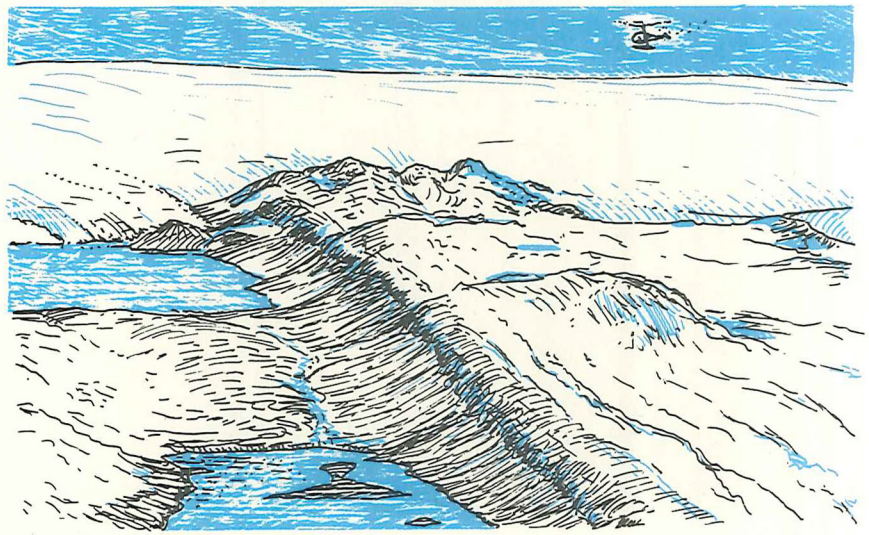
3



4

Fotos: Ole Bang Berthelsen

Det allerældste fald ?

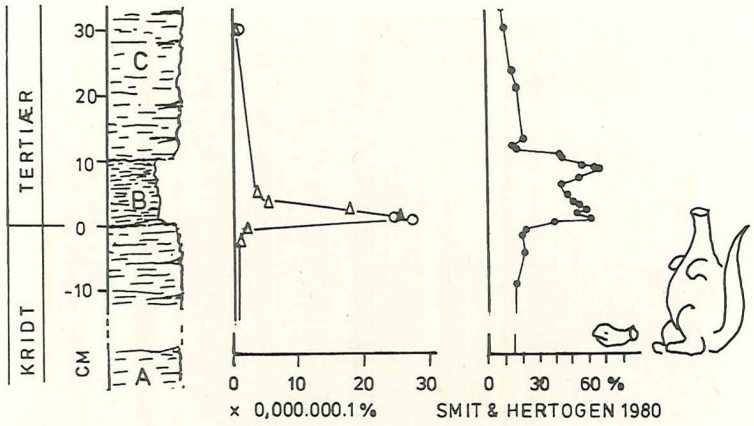


af Peter Appel

Meteoriter har gennem tiderne facineret folk, specielt når de trækker deres lysende spor hen over nattehimlen. Et stort flertal af de meteoriter, der bliver indfangede af jordens tyngdefelt, brænder op i vor atmosfære. Det er kun de større meteoriter, der har en chance for at overleve turen gennem atmosfæren og lande på jordens overflade. Af det lille antal, der lander på jordens overflade, er det kun en brøkdel, der bliver fundet. Størstedelen falder i havet, mens de der lander på landjorden hurtigt bliver omdannede af vind og vejr, så de overfladisk set ligner sten af jordisk oprindelse. De fleste af de meteoritter, der bliver fundet i dag, bliver fundet fordi man direkte har set dem falde.

Meteoritnedslag er ikke noget, der kun forekommer i dag. Tilbage gennem historisk tid har vi beretninger om meteoriter. Når vi går endnu længere tilbage i Jordens historie, bliver det naturligvis sværere direkte at finde meteoriter, eller spor efter dem. Da man alligevel måske kan spore meteoritnedslag tilbage til for 65 millioner år siden (se andetsteds i dette VARV nummer), er interessen for at finde spor af meteoriter i endnu ældre afsnit i Jordens historie blevet skærpet. I denne artikel tages skridtet fuldt ud, og vi springer helt tilbage til de ældste bjergarter, der kendes på jorden, for at se om der er mulighed for også her at finde spor af meteoriter.

De ældste bjergarter på Jorden findes i Isua området ca. 150 km nordøst for Nuuk (Godthåb) i Vestgrønland. De er 3.8 milliarder år gamle. Bjergarterne omfatter dels vulkanske lavaer og tuffer (hærdnet vulkansk aske), og dels sedi-



Figur 4. Forholdene omkring kridt-tertiærgrænsen i et profil i Baskerland, N Spanien. Til venstre i lagsøjlen går grænsen ved O, og der er målt op og ned fra den (i cm). I midten viser trekanter iridium, cirklerne osmium værdierne. Til højre angiver kurven mængden af den syre-uopløselige rest.

ge, der forsvandt, mens nye grupper klarede sig. Dette er heller ikke i overensstemmelse med, hvad man vil forvente i en katastrofesituation.

Endelig hersker der nogen tvivl om samtidigheden af ændringer i havets dyreverden og de store krybdyrs uddøen på landjorden. Man har forsøgt sig med palæomagnetiske metoder, men resultater herfra er endnu ikke entydige.

Selvom det ser ud til at kunne påvises, at skiftet i dyreverdenen ikke er så brat som katastrofe-tilhængere regner med, kan man dog alligevel ikke bortforklare det unormalt høje indhold af iridium, osmium og andre sjældne grundstoffer, der findes i kridt-tertiærgrænselag på mange lokaliteter.

Der udføres for tiden analyser af fiskeler og ler fra kridt-tertiærgrænselag fra andre profiler for at undersøge, om andre forhold kan have betinget den ekstraordinære koncentration af sjældne grundstoffer. Og lag af anden alder undersøges også for iridiumberigelse. Vi må afvente resultater af disse analyser, før asteroid-hypotesen kan godtages eller forkastes.

Alle hidtil fremsatte hypoteser til forklaring af de fysiske og biologiske ændringer omkring kridt-tertiærgrænsen halter på den ene eller anden måde. Både de katastrofeprægede og de "gradvise". Ved et internationalt møde, holdt i København for et par år siden, var konklusionen da også, at mange undersøgelser stadig skal gennemføres, før det sidste ord er sagt i denne sag. - Mange er nu i gang, og VARV vil følge emnet op, når nye resultater foreligger.



1. Ja, MERN (brudstykke), der viser den for alle stenmeteoriter karakteristiske 1 millimeter tynde, mørke, glasagtige smelteskorpe. Stenmeteoriternes indre kan være fra lysegrå til næsten sort.

2. Ja, CANYON DIABLO. En jernmeteorit er 3 gange så tung som en almindelig sten. Den tiltrækker en magnet, og den rustne overflade har næsten altid "tommelfinger-indtryk".

3. Nej, en konkretion af svovlkis, der er næsten dobbelt så tung som en almindelig sten. Dens overflade kan være rusten, og den har metallisk udseende på friske flader. Da den ikke tiltrækker en magnet, kan den ikke forveksles med en jernmeteorit.

4. Nej, en ultrabasit. De forskellige mørke, basiske bjergarter føles kompakte og lidt tunge, men de har små eller store blanke spalteflader på mineralerne, og mangler den tynde smelteskorpe.

5. Nej, industrislagger, der viser smeltestrukturer, men som oftest har blærer, og som mangler den tynde skorpe.

6. Nej, en konkretion af lerjernsten (slam sammenkittet af jernspat). Jernspattens forvitring danner rust i skorpen, der er flere millimeter tyk og ikke glasagtig.

Blandt de mange henvendelser fra offentligheden til Geologisk Museum drejer nu henved hundrede hvert år sig om formodede meteoriter, og museet ser hellere hundrede for meget, end den rigtige for lidt - tak !

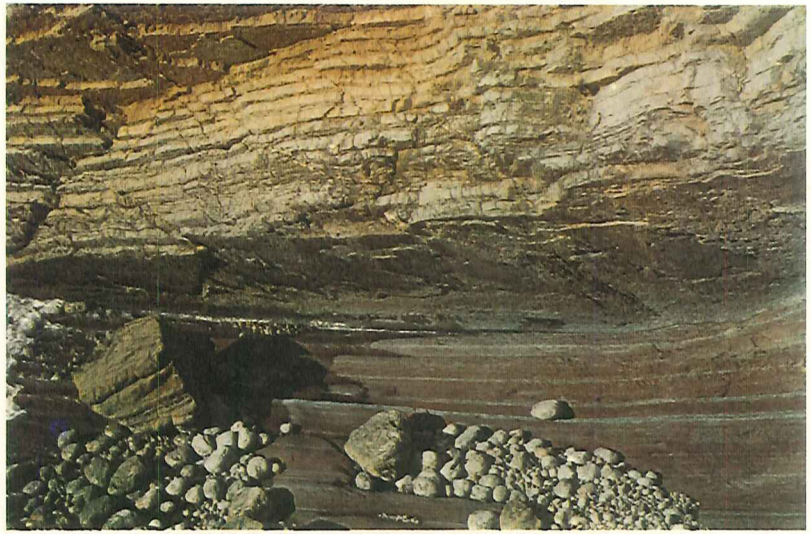
Tilsammen gav iagttagelserne dette billede. På den sorte, skyfrie efterårshimmel opstod pludselig en stor, stærktlysende gul "kugle", der hastigt bevægede sig hen over himlen mens den blev større og stærkere lysende. Kuglen trak en lang ildhale efter sig, og langs kuglens bane var der efterladt en hvidlig "røgstribe". Pludselig sprængtes kuglen og en række gnister slyngedes ud og slukkedes under farveskift fra lys gul til dyb rød. Efter dette kortvarige men imponerende syn, blev røgstriben stående på himlen nogle få minutter mens den langsomt fik en mere og mere slyngende form, inden den helt forsvandt.

Forklaringen ? Jo - et meteor var trængt ind i atmosfæren med hastighed langt over 50.000 km/time. I omkring 100 km højde bliver luftmodstanden i den tynde atmosfære så stor, at friktionsvarmen smelter meteorets overflade med temperaturer på flere tusinde grader. Det smeltede materiale blæses bagud som en ildhale, hvor det afkøles, størkner og bliver til støvpartikler. Meteoroverfladens meget høje temperatur ioniserer den omgivende luft, der derved udsender lys, og den lysende luftstribe opfattes som røg. Striben bøjes og bugtes af luftbevægelserne i den øvre del af atmosfæren. Nede i den tætte atmosfære bliver luftmodstanden så stor, at meteoret slås i stykker, sprænges, og brudstykkerne slynges ud med hastigheder der stadig får overfladerne til at gløde. Hurtigt bremses de, så overfladerne ikke længere lyser, og de fortsætter i et sort fald, der ikke kan følges med øjnene.

Beskrivelserne af den lysende banes slutpunkt tydede på, at brudstykker kan have overlevet sprængningen. Derfor blev baneretningen og beliggenheden af slutpunktet fastlagt ved at besøge 9 udvalgte observatører nord, syd, øst og vest for det formodede område, og kompasretning og vinkel til slutpunktet og banens forløb blev indpejlet i forhold til bygninger, træer, skovbryn, flagstænger, og andre lokale kendemærker.

Meteoret var kommet ret stejlt ind i atmosfæren, baneretningen havde været fra næsten syd (170°) mod næsten nord (350°), og slutpunktet havde ligget ca. 6 km nord for Ikast i en højde af ca. 30 km. Altså måtte brudstykkerne have fortsat videre i en vifte i nordlig retning og være faldet - hvor ? Nye opfordringer i dagblade og lokalaviser resulterede i henved 50 sten, hvoraf mange havde ligget på usædvanlige steder - men ingen meteorit. Spændende var en 4 cm stor mørkegrå linseformet sten, der var gået i 3 stykker ved nedslaget på en flisebelagt terrasse, inden for det mulige område. Da den nåede frem med posten viste det sig at være en ordovicisk graptolitskifer med en nydelig 2 mm stor brachiopod *(Paterula portlocki)*. Hvem kan mon have kastet den ?

Da vinteren var forbi, foretog museet en eftersøgning i området. Marker med endnu lav vintersæd, sportspladser, og andre overskuelige arealer blev gennemgået. Og med stor imødekommenhed og hjælp fra Flyvestation Karup, der lå i indflyvningsretningen, kunne der også foretages en eftersøgning på stationens store beton- og asfaltdækkede områder. Mange rygbøjninger over de tilsammen 700.000 m^2 var resultatløse.



Figur 3. Kridt-Tertiærgrænsen i et profil med slamstrømme af kalk ved Zumaya, nær San Sebastian, Baskerland, N Spanien. Selve grænsen går ved et af de mørke lag i billedets nedre del.

planteplankton, der ikke kan forklares ved hjælp af en pludselig katastrofe.

Næsten ingen lagserier indeholdende kridt-tertiærgrænsen er helt komplette. Der mangler som regel aflejringer, der repræsenterer flere millioner år, og i sådanne lagserier vil ændringen i faunaen forekomme langt mere brat ud end i mere fuldstændige lagserier. Katastrofe-tilhængere har delvist ladet sig vildlede af disse mangelfulde lagserier. Nye undersøgelser i Danmark har således vist, at såvel lagserien fra yngste kridt som fra ældste tertiær er langt mere komplet i Thy end ved Stevns Klint, hvorfra mange af iagttagelserne om det bratte faunaskift stammer. Ud fra skøn baseret på fossilindholdet regner man i dag med, at der i Stevns Klint ved kridt-tertiærgrænsen mangler sedimenter fra et tidsrum omkring 1 million år.

Yderligere har det vist sig, at mange af de former, som man først troede dukkede op i tertiær, nu har vist sig at være til stede allerede i øverste kridt. Det gælder mange muslingeslægter, som tidligere kun er fundet i tertiæret, fordi deres skal af aragonit normalt ikke kan bevares i skrivekridt. Men nu er de alligevel fundet som aftryk i det hærdnede yngste kridt på Stevns Klint.

Det er også påfaldende, at grupper, der forsvandt fuldstændigt ved kridt-tertiærgrænsen, f.eks. de tidligere omtalte ammoniter, allerede havde været i hurtig aftagen over en periode af 30 millioner år, så det kun var den allersidste "lille rest" der forsvandt brat. Det var generelt de grupper, der havde eksisteret læn-



Figur 2. Grænsen mellem kridt og tertiær i Stevns Klint. Den markeres af det mørke fiskelers undergrænse til venstre i billedet.

giske ændringer ved kridt-tertiærgrænsen. Støvpartikler fra sammenstødet skulle være slynget op i stratosfæren og spredt over hele Jorden, så sollyset ikke kunne nå Jordens overflade i mange år. Derved forhindredes fotosyntese, planter døde, fødekæder blev ødelagt og resultatet blev så den store uddøen.

Alvarez senior og junior underbygger hypotesen om asteroidfaldet med beregninger over sandsynligheden for en sådan begivenhed - og når frem til, at en asteroide over 10 km i diameter vil ramme Jorden hver 100 millioner år. De drager sammenligninger med de vulkanske støvmængder, som blev spredt ved Krakataus udbrud i 1883 - og ganger passende op. Størrelsen af asteroiden har de skønnet ud fra iridiumberigelsen samt iridiumindholdet i visse typer af stenmeteoriter.

Hypotesen har vundet uforbeholden tilslutning hos mange. Andre har på grundlag af detaljerede analyseresultater af forholdet mellem en lang række grundstoffer i leret ved grænsen modificeret Alvarez' hypotese, men på den ene eller anden måde godtaget, at der var tale om en begivenhed, der skyldtes en begivenhed i rummet, varierende fra hypoteser om kæmpekomet-nedslag til støvfald fra en interstellar sky.

Mange palæontologer har dog svært ved at acceptere disse katastrofehypoteser. Der er flere forhold i forbindelse med ændringerne i dyreverdenen og havenes

Iøvrigt medførte den store avisomtale henvendelser fra mange personer rundt om i landet om formodede meteorit-fund. Heller ikke her var der fangst. Hyppigst var svovlkiskonkretioner, basiske bjergarter og lerjernstenskonkretioner, men der var meget andet. Små stykker af opblæret, blank, sortbrun industrislagge var fundet flere usædvanlige steder, f.eks. på græsplæner, og det kan næppe være andet end skader og andre fugle, der har fløjet rundt med de lette og pænt skinnende "sten". Tungere og lidt større sten kan være båret rundt af hunde, der pludselig taber interessen for geologi og lægger dem fra sig på for os usædvanlige steder.

En enkelt henvendelse fra Midtjylland resulterede i en særlig indsats. En stille eftermiddag tidligt i november havde en jæger stået på en sti ved et areal med rækker af små, plantede graner. Pludselig hørte han oppe i luften en svingende hvislende lyd, der fik ham til at se op. En lille, mørk genstand faldt hastigt og slog ned med et hørligt bump ude i granplantningen. Der var ingen direkte forklaring, ingen mennesker der kan have kastet sten, ingen passerende fly der kunne have tabt noget, inden aktiviteter inden for kilometers afstand, intet.

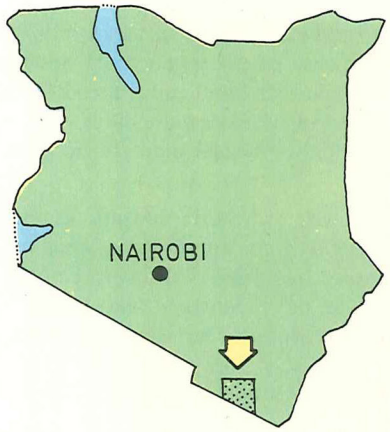
Tilskyndet af meteorit-omtalerne spurgte jægeren museet om også hans oplevelse kunne sættes i forbindelse med et meteorit-fald. Det var der ikke noget i vejen for, da de få beskrivelser af enkeltstens-fald rundt om i verden helt svarer hertil. Sluthastigheden for en lille meteorit er under 100 m/sekund.

Ved museets første besøg på stedet kom der 15 cm sne, så der kunne ikke ledes. Men ved forårsbesøget blev et stort areal gennemkravlet og alle sten vendt i hånden, med desværre uden resultat i den stenrige, grusede sandjord.

Det er klart, at jernmeteoriter kan påvises med en metaldetektor. Men på medbragte meteoriter til Flyvestation Karup havde det vist sig, at en minesøger også kan påvise langt de fleste stenmeteoriter på grund af et lille indhold af jernnikkel-korn. Og da der falder mere end 10 gange så mange stenmeteoriter som jernmeteoriter, var det måske et forsøg værd. Atter stor imødekommenhed og hjælp, da 3 specialister fra flyvestationen mødte op og med minesøger gennemgik et endnu større område i granplantningen. Morgenens optimisme var borte, da dagen var gået. Faldet har ikke fundet sin forklaring. Men vi havde da oplevet, at doleritter, amfibolitter, enkelte gnejser og en rhombeporfyr havde givet udslag, selv fra et par spadestiks dybde.

Hvorfor gør man sig anstrengelser for at finde meteoritter, og skamløst udnytter venlige menneskers hjælp hertil ? På grund af meteoriternes store videnskabelige værdi. Hver ny meteorit bringer sit budskab om vort solsystems materialer, og bidrager derfor til løsningen af spørgsmålet om dets dannelse og udvikling. Meteoriterne er "fattigmands rumforskningsmateriale", når bare de findes.

Kenyas grønne guld



Figur 1. Området med grøn grossular i Kenya.

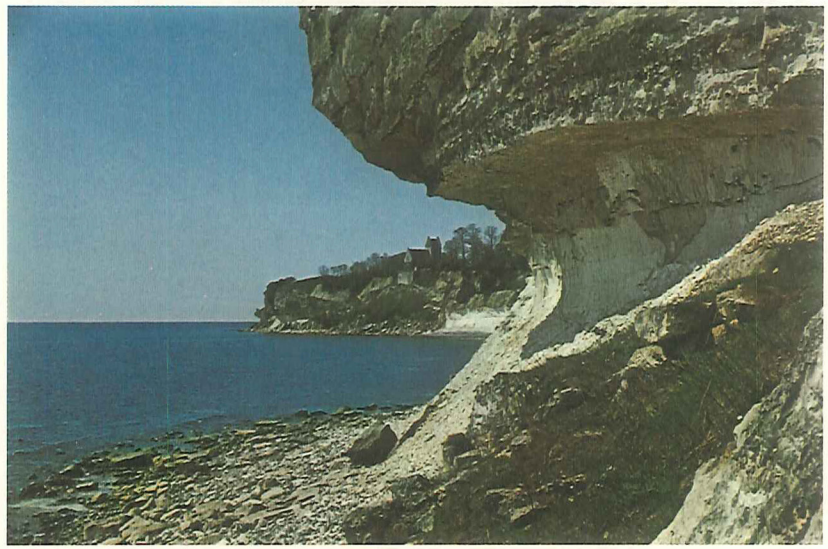
af Sten-Anders Smeds

Lidt øst for nationalparken Tsavo West i det sydøstlige Kenya opdagedes for omkring 10 år siden en granatvarietet, tsavorit, af smykkestenskvalitet. Granaten er en grossular, dvs en calcium-aluminium-granat, og dens grønne farve skyldes formodentlig et ret højt indhold af grundstoffet vanadium.

Undergrunden i fundområdet består af prækambriske højmetamorfe bjergarter, som har deltaget i Mosambique bjergkædefoldningen på overgangen mellem Prækambrisk og Kambrisk tid. Bjergarterne består overvejende af grafit-sillimanit-muskovit-førende gnejser og skifre med op til over 10 m brede indslag af granitiske bjergarter, kvarts-feldspat-gnejser, marmor og undertiden biotit-granat-kyanit gnejser og amfibolit.

Den grønne grossular-granat forekommer i forbindelse med omdannede oprindelig kalkholdige lag i grafitførende bjergarter. I de granatholdige strøg ses ofte meterlange linser, som sikkert er rester af tektonisk udtværede, omdannede ? organisk dannede kalkkonkretioner. Granaterne kan blive op til 5 cm store, men findes oftest som runde klumper, grønne "kartofler", af varierende størrelse. De største granat-kartofler, der er fundet, er knytnævestore.

Kenya har ikke været nediset som Skandinavien, og undergrundens bjergarter er derfor forvitret på stedet, og forvitringslaget giver direkte oplysning om det underliggende fjeld. Granat-jagten udøves derfor ved hjælp af direkte eftersøgningsmetoder. Forvitringsjorden, opragende småklipper og til og med termitturne undersøges omhyggeligt, og der ledes efter små granatstumper, "chips", og de kalk-silikat-mineraler, som optræder sammen med granaterne, epidot, klorit, zoisit, tremolit og diopsid. Ofte sigtes og vaskes jordprøverne. Vand er imidlertid en mangelvare i den meget tørre egn, og det gør det vanskeligt at anvende vaskemetoden i større stil.



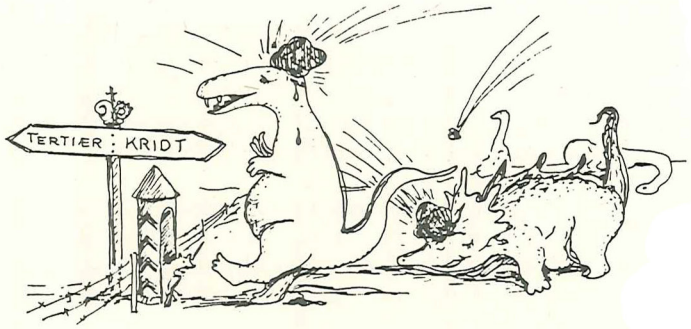
Figur 1. Stevns Klint ved Højerup kirke.

For nogle år siden blev det således fremført at eksplosionen af en supernova stjerne i nærheden af vort solsystem kunne være årsagen til disse begivenheder. Hypotesen vandt en del omtale, men den kunne hverken bekræftes eller helt afkræftes af astronomer. Atomfysikeren og nobelpristageren L.W. Alvarez fik derfor den tanke, at hypotesen kunne efterprøves ved undersøgelser over isotopforholdene i visse grundstoffer i kridt-tertiær grænselagene. Forskerne undersøgte derfor ler frå grænselagene i et profil i Norditalien (ved Gubbio) og siden også fiskeleret i Stevns Klint. De fandt begge steder, at grundstoffet iridium havde et forhold mellem isotoperne Ir^{191} og Ir^{193}, der svarede til det, der var kendt fra vort solsystem, og de kunne derved udelukke supernova-hypotesen.

Men til deres store overraskelse opdagede de samtidigt en voldsom iridiumberigelse i grænselagene sammenlignet med dette grundstofs yderst sparsomme optræden i "normale" jordiske aflejringer. De fandt berigelser på indtil 160 gange mere end over og under grænsen.

Det gav Alvarez og andre mere blod på tanden. I dag er et stort antal grænseprofiler undersøgt, og alle steder har man fundet denne iridiumberigelse. På dette grundlag fremsatte Alvarez sammen med sin søn den nu velkendte hypotese om at berigelsen skyldtes nedslag af en anden slags himmellegeme, en stor asteroide - 10 km i diameter - og at asteroiden skulle have forårsaget de biolo-

Det store bang!



Presse og radio har jævnligt det sidste par år givet meddelelser om, at en kæmpekatastrofe for 65 millioner år siden ramte Jorden.

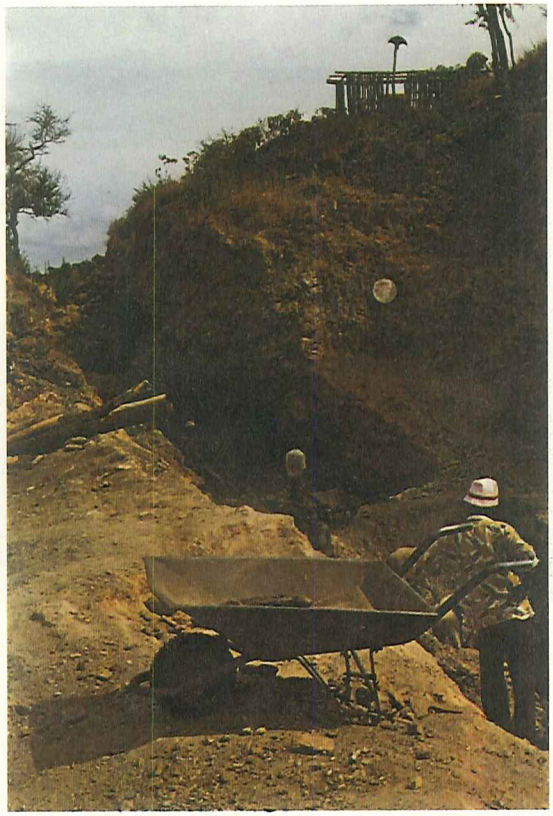
"STUMPER AF KOMET LAGDE JORDEN ØDE - Kæmpeøglerne og mange andre fortidsdyr gik formentlig til grunde, da Jorden for ca. 65 millioner år siden blev ramt af en komet, der var op til 10 millioner gange tungere end den, der i 1908 ødelagde 100 kvadratkilometer skov ved Tunguska floden i Sibirien" kunne man læse - eller "Asteroide kan ramme Jorden og udløse krig, hvorfor USAs rumfartsadministrations rådgivende komitte, NASA, opfordrer USAs regering til fra rummet at holde kontrol med asteroiderne og meteoriterne og om nødvendigt opsende rumfartøjer med brintbomber om bord for at ødelægge dem inden de rammer Jorden - så det ikke går menneskeracen som det gik kæmpeøglerne, da Jorden for ca. 65 millioner år blev ramt af en asteroide !"

Baggrunden for disse drastiske meddelelser er utroligt nok at finde i Danmarks undergrund, i grænselagene mellem kridt og tertiær i Stevns Klint (fig. 1), hvor de ældste tertiærlag - fra danientiden - i form af det mørke fiskeler overlejrer skrivekridtet ved klintens fod, fig. 2.

Som nævnt i pressemeddelelserne forsvandt mangfoldigheden af store øgler fra landjorden henimod slutningen af kridttiden for 65 millioner år siden. Men også havenes dyreliv blev ramt. Ammoniter og belemniter, der havde været de dominerende blæksprutter i kridthavet, forsvandt således helt ved kridttidens slutning, og inden for mange andre grupper uddøde mange slægter og arter, og helt nye former udvikledes i tertiær, især blandt havets planktoniske organismer.

Det har længe været en gåde, hvorfor der skete så store ændringer i dyreverdenen både i havene og på land på kridt-tertiær grænsen, og utallige hypoteser er fremført gennem tiderne.

Nu kan det være svært at bedømme, men mange forskere har de senere år opfattet den store uddøen som næsten samtidig, og derfor fremsat forskellige katastrofehypoteser.



Figur 2. Gitshure Mine. Foto S. Aaro.

Under granat-jagten gælder det om at finde de uforvitrede moderbjergarter, men desværre forvitrer disse meget let, så man må ty til at grave huller og grøfter. Det kræver store arbejdsstyrker, men der er arbejdskraft nok i Kenya. I dag produceres grønne grossular-granater i omkring 20 miner, og der brydes i alt for ca. 1 million kroner "råsten" om året.

Forfatteren havde i februar 1981 under en studierejse i Kenya lejlighed til at besøge en af gruberne, Gitshure Mine. Gruben ligger ved Mgama Hills og den er typisk for området. De eftertragtede granater forekommer sammen med kvarts mellem forvitrede pegmatit-linser. Det var en oplevelse at se, hvor enkelt brydningen foregik. På bjergskråningen var nogle "gruber" sat ned, ca. 10 m lange



Figur 3. Anslået dagsproduktion i Gitshure minen.

og 2 m dybe. Brydningen følger laghældningen, som er omkring 40 . I det grubehul, hvor der arbejdedes, var man kommet 5-6 m ned. Det granatholdige lag var her så lovende, at fortsat brydning med afstivning ved hjælp af tykke tilhuggede træstammer forberedtes. Det løse, dybt forvitrede fjeld raser ellers let sammen.

En snes arbejdere var i gang i gruben. Den mest erfarne hamrede med en trykluftdrevet mejsel materialet løs, og en kæde af arbejdere skovlede det op til grubens kant. Her undersøgtes hver skovlfuld nøje, og det blev læsset på trillebøre og kørt til "vaskeriet", en renset olietønde, til videre sortering. Alt det fundne granat-materiale blev af en kurer bragt til Nairobi, hvor en indgående granskning og bedømmelse af farve, renhed, gennemskinnelighed og opsprækningsgrad foretages. Hvad her ikke findes værdigt til slibning, sælges til mineralsamlere.

Granater fra den største granatgrube, Lualenyi, som ligger nogle kilometer syd for Gitshure, blev i 1975 undersøgt af Gubelin og Weibel. De kemiske analyser viste et vanadium-indhold på 3.3 % $V_2 O_3$. Andre grundstoffer, som kunne tænkes at bidrage til den grønne farve, f.eks. jern, mangan, krom og titan, forekom kun i små mængder. Farven skyldes derfor sikkert vanadium - ligesom i de grønne turmaliner fra Tanzania. Vanadium-indholdet kommer sandsynligvis fra de oprindelige sedimenters indhold af organiske bestanddele. Det blev

Den gennemborede lagserie kan følges seismisk inden for Haltenbanken-området. Den ligger dybest i sydvest og vest. Så forudsætningerne for dannelsen af oliefelter ud for Midt-Norge ser ud til at være opfyldte. Der findes samme moderbjergarter som i Nordsøen og de kan være tilstrækkelig modne til at have afgivet olie eller gas. Udsat for forhøjet tryk og temperatur, kan kulførende lag også afgive gas, og det har sikkert været tilfældet vest og sydvest for det første borehul i Haltenbanken-området. Her findes endvidere gode reservoir- og tagbjergarter og mulighed for at gode fælder forekommer.

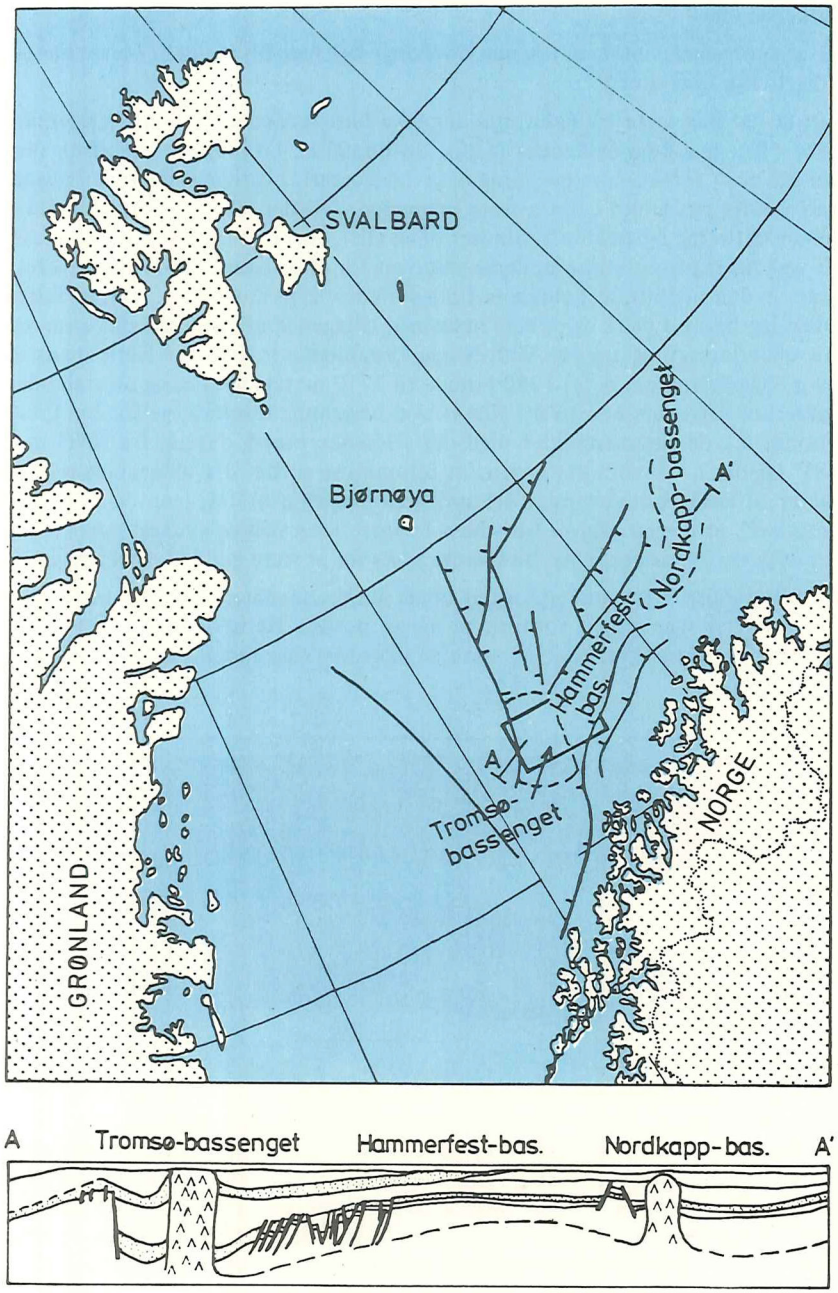
Olieefterforskningen ud for Nord-Norge indledtes sidste år, hvor to huller boredes, et i østkanten af Tromsø-bassinet og et ved Troms-Finnmark forkastningen. Her er de ældste kendte bjergarter karbonater fra Kultiden. På flere seismiske profiler igennem Hammerfest-bassinet optræder dispirstrukturer, som man anser at være dannet af salt fra øvre Perm.

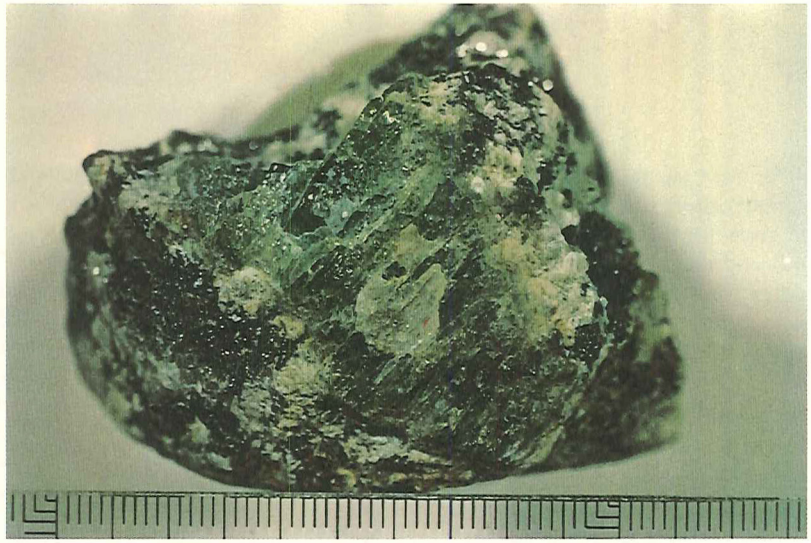
Ved boring er mørke bituminøse skifre også påtruffet, og de er i Tromsø-bassinet tilstrækkelig modne til at kunne have afgivet både olie og gas. Men de sandsten, som skal fungere som reservoirbjergarter, viser meget varierende kvaliteter. De har været meget porøse, men senere kemisk udfældning har ændret dette i negativ retning.

I forbindelse med åbningen af Nordatlanten, blev Troms-området gennemsat af mange forkastninger, og dette kan have ført til at allerede dannede olie og gasforekomster nu er lækket ud. Man fandt da også kun spor efter olie i boringen i Tromsø-bassinet. Så alt i alt, er chancerne i nord ikke så umiddelbart lovende som ud for Midt-Norge.

«««

Figur 5. Forenklet geologisk kort over sokkelområdet ud for Troms og Finnmark.





Figur 4. Grøn grossular med grafit. Findested ukendt.

frigjort da kulstoffet samledes i den grafit, som dannedes ved den metamorfe omkrystallisation, og det kom til at indgå i de samtidigt dannede granater.

Den grønne grossulars farve varierer. De bedste eksemplarer er smaragd- til mørkegrønne. Tsavorit-granaten har alle de egenskaber, som kræves af en smykkesten: skønhed, sjældenhed og holdbarhed. De bedste stens farve tåler sammenligning med de fineste smaragders. Granaten er desuden noget sejere, dvs mindre sprøde, og det er en fordel, ved at den anvendes ved smykkefremstilling. Som alle granater har den en høj lysbrydning - og en smuk glans efter slibning.

Tsavorit-granaten er ydermere ret fri for skæmmende indeslutninger. Den har fået sit "navn" efter et lokalt stednavn fra fundområdet. Som alle andre lokale "mineralnavne" er det egentlig overflødigt, men når det hænger ved, skyldes det sikkert, at det klinger mere eksotisk end "vanadium-holdig grossular".

Tsavorit-granaten er blevet hædret med den største portoværdi i Kenyas store frimærkeserie med mineralmotiver - se forsiden.

Jernmeteoriterne ved Muonionalusta

af Franz-Erik Wickman

Holder man sig på jorden, så er jernmeteoriter mere almindelige at finde end stenmeteoriter. Det skyldes, at jernmeteoriterne er meget mere modstandsdygtige over for forvitring end stenmeteoriterne. I de gamle kulturlande findes imidlertid ingen jernmeteoriter, fordi man der har anvendt alt det jern, som er dukket frem af jorden under landbrugsarbejde og lignende. Allerede de gode gamle ægyptere kendte til den slags jern længe før jernalderen, og idag smykkes forsiden på tidsskriftet Meteoritics af hieroglyfen for jern (fig. 1). I disse ældste tider var jern kostbarere end guld og sølv, og det fundne meteoritjern blev anvendt til kult-genstande, hvoraf flere er fundet ved udgravninger.



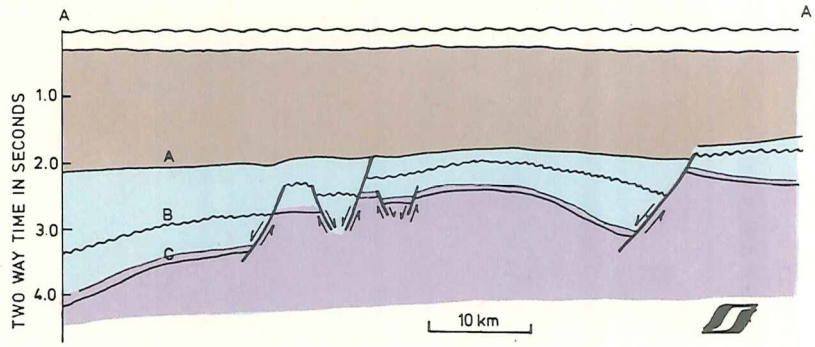
Figur 1. Forsiden til det amerikanske tidsskrift Meteoritics.

Er der så olie ?

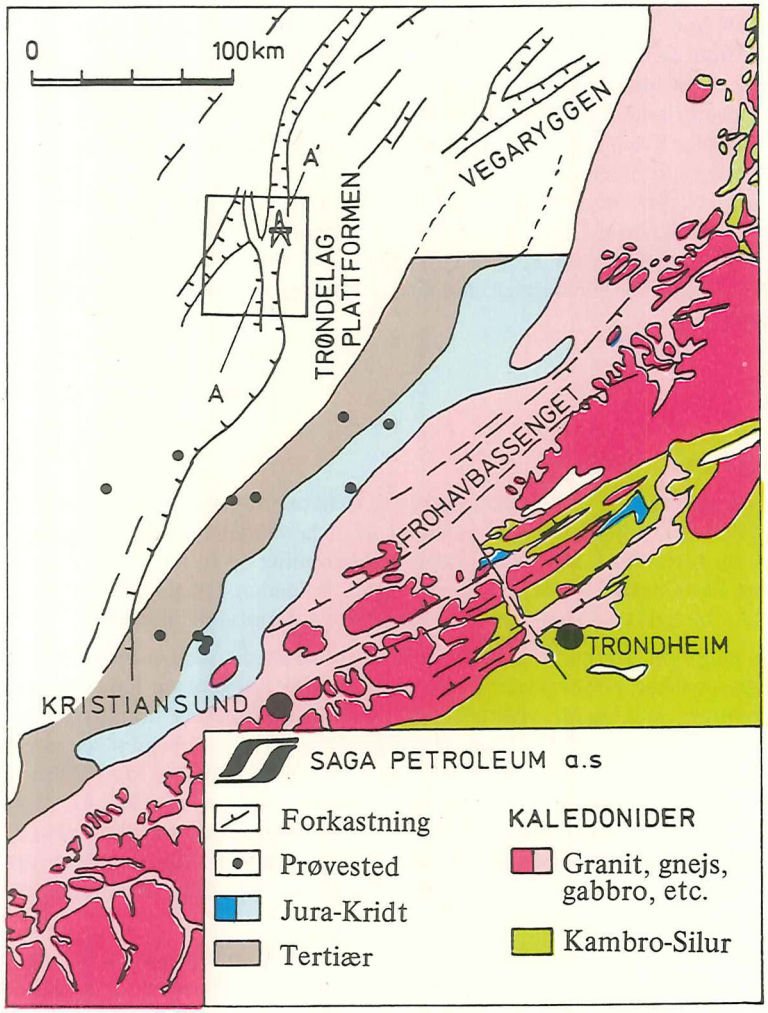
Så er spørgsmålet blot, om denne udvikling har ført til, at der er blevet dannet udnyttelige oliefelter ?

For at det kan være tilfældet, må der ikke blot forekomme en moderbjergart, hvor olien har kunnet dannes (f.eks. de jurassiske bituminøse lerskifre), men der må også forekomme en porøs reservoirbjergart, hvorhen olien (eller gassen) kan vandre og samles i tilpas store mængder, hvis der findes et tag af ovenliggende tætte lag og fælder forhindrer olien eller gassen at undvige ud til siderne. Vi ved fra marinseismiske undersøgelser ud for Midt-Norge, at der ovenpå resterne af den nedbrudte fjeldkæde findes sandsten og mørke bituminøse skifre. Disse lag ligger dybere og dybere nede med tiltagende afstand fra land. Den første olieeftersøgning ud for Midt-Norge begyndte nordvest for Haltenbanken, hvor Saga Petroleum A/S i 1980 borede til 3712 meters dybde, og hvor to yderligere hul forventes boret i år. Når vi skal bedømme resultaterne fra den første boring, må de sammenholdes med det seismiske profil, der går fra NNØ mod SSV (figur). I borehullet er truffet bituminøse skifre, der aldersmæssigt helt svarer til moderbjergarterne i det sydligere Stadtfjordfeltet, men de er ikke så "modne", at de har afgivet olie. Men længere mod vest og sydvest, hvor de ligger dybere (og varmere) kan de sikkert anses for at være gode moderbjergarter.

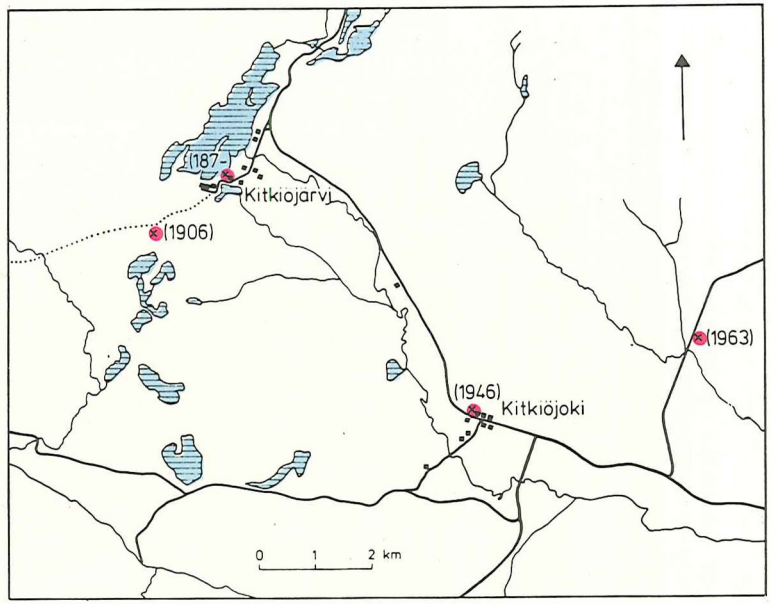
De bituminøse skifre underlejres af nogle hundrede meter sandsten med ypperlige reservoir-egenskaber, fordi de er meget porøse. Herunder er truffet en tyk kulførende formation, som vil være af interesse som moderbjergart, hvor den ligger dybere.



Figur 4. Seismisk profil tværs over det midtnorske sokkelområde (ved Haltenbanken). Skalaen til venstre viser den tid (i sekunder) det varer for en lydbølge at nå ned til en grænse (reflektor) og tilbage til overfladen igen. Selv om profilet ikke viser eksakte dybdetal, giver det alligevel et godt indtryk af strukturernes relative placering. A = toppen af Kridt, som overlejres af Tertiær og Kvartær. B = en markant erosionsdiskordans i Øvre Jura. C = reflektor tæt ved toppen af Trias. Pilene viser de relative bevægelser langs forkastningerne.



Figur 3. Forenklet geologisk kort over land- og kontinentalsokkelområdet ved Trondheim. Kaledoniderne er navnet på den bjergkæde, der blev dannet på overgangen mellem Silur og Devon. I bjergkæden findes der omdannede aflejringer fra Kambro-Silur. Desuden optræder der granit, gnejs og dybbjergarten gabbro. "Tænderne" på forkastningslinierne viser den nedforkastede side. Linien A - A angiver placeringen af profilet i figur 4.



Figur 2. Kort over findestedet (187-) = 1870erne.

Fra den sydligste del af Sverige kender man ikke til fund af jernmeteoriter. Men man har i 1932 ved Ottsjön, ikke så langt fra Föllinge i Jämtland, fundet en nikkelholdig jernmeteorit under pløjning. Den er iøvrigt beskrevet af den danske jernmeteorit-ekspert Vagn Buchwald. Dette fund er sammen med de i denne artikel nævnte, de eneste man har gjort i Sverige.

Vi begiver os nu til det nordligste Sverige, nord for Polarcirklen og helt tæt på grænsen mellem Sverige og Finland. De jernmeteoriter, som er fundne der, går under navnet Muonionalusta, selv om findestedet ligger omkring 20 km sydsydvest for kirken i Muonionalusta (nu kaldes stedet Muodoslompolo). Meteoriter opkaldes nemlig efter nærmeste kendte sted (tidligere ofte en postekspedition). Historien om Muonionalusta-meteoriterne er et drama i adskillige akter, og endnu kender ingen slutningen.

Det begyndte officielt i 1906, da Viktor og Amalia Mattila var ude og vogtede kvæg i skoven i nærheden af byen Kitkiöjärvi (fig. 2). Victor, som var 10 år gammel, morede sig med at sparke til småsten. En af dem var uventet tung, og da den så anderledes ud end de øvrige, tog de den med hjem. Der syntes de fleste, at det bare var noget ligegyldigt ragelse og intet at beskæftige sig med, men alligevel blev "stenen" sendt til den legendariske Hjalmar Lundbohm i Kiruna. Han så, at det var en meteorit, købte den og skænkede den til Uppsala Universitet. Den vejede 7.5 kg.

Så gik der 40 år uden at noget skete. Men i 1946 skulle man grave grund ud til en vagtstue i Kitiöjoki helt nær hovedvejen. Viktor Niemälä arbejdede her og på en dybde af 140 cm fandt han en brunsort sten, som var så tung, at det var vanskeligt for ham at kaste den op på kanten af udgravningen. Han troede, at det var en malmblok og sendte den til Stockholm til nærmere undersøgelse. Det viste sig da, at det var en jernmeteorit præcis magen til den i Kitkiöjärvi. Den vejede 15 kg.

Næste akt begynder med, at jeg finder det mærkeligt, at man har fundet to ens jernmeteoriter i et næsten ubebygget område. Det må betyde, at der findes flere. I 1956 tog jeg derfor op til området og udspurgte alle, og mærkeligt nok levede begge "børnene" Mattila endnu.

Jeg havde naturligvis undersøgt luftfotos over området nøje for at se om der fandtes nogen strukturer, som kunne tolkes som meteoritkratre. Mit eneste problem var, at hele området så ud til at være fuldt af sådanne. Det var dog i virkeligheden ikke tilfældet, men var et resultat af indlandsisens afsmeltning. Jeg medbragte også en minestryger, men forventede dog ikke at finde noget i skoven. Intet kunne være mere fejlagtigt. I virkeligheden fik jeg utallige bid:





kapsler fra øl- og sodavandsflasker, sardindåser og patronhylstre. Mængden af de førstnævnte skyldes, at den svenske hær på den svenske side af grænsen "fulgte" tyskernes tilbagetog mod nord gennem det nordlige Finland i 1944. Men ingen meteoriter. Derimod fortalte man mig, at en mand, Karl Kuoppa, i 1906 havde berettet, at han havde pløjet en lignende sten frem i Kitkiojärvi i 1870erne. Den var imidlertid kastet bort. Hermed var 3 fund bevist.

Næste akt indledtes med, at jeg i 1956 ambitiøst forfattede en pjece som blev duplikeret og sendt ud til alle husstande i et stort område omkring Kitkiöjärvi og Kitkiöjoki - og også til skolerne. Den fortalte om meteoriterne og mulighederne for nye fund. Ingenting skete før 1963, da Carl Henriksson arbejdede med færdiggørelsen af en skovvej til tømmertransport. Hans opgave var at rydde store sten bort fra vejoverfladen foran vejmaskinen. Pludselig mærkede han, at en sten var usædvanlig tung og så den havde en usædvanlig brun farve. Takket være pjecen forstod han omgående, at han havde fundet en meteorit og han kontaktede Riksmuseet. Desværre er det nøjagtige sted, hvorfra meteoriten kom, ikke kendt, grusvejen var allerede tromlet, da jeg senere besøgte stedet. Vægten var 6.25 kg.

Den norske kontinentalsokkel, som strækker sig ud til havdybder på 500 m, omfatter syd for Stadt 140.000 km^2 , udfor Midt-Norge 120.000 og udfor Nord-Norge 680.000 km^2 . I alt et areal tre gange så stort som det norske landområde. Kontinentalsoklen, der nu dækkes af dele af Nordatlanten og Barentshavet, er oprindelig udviklet mellem to stabile områder, Skandinavien og Grønland-Canada. Efter dannelsen af den kaledoniske foldekæde eller Skandinaviske fjeldkæde i Ordovicium-Silur (500-400 M.å.) og efter fjeldkædens nedbrydning dannedes i Trias, Jura og Kridt (200-70 M.å.) forkastningsbassinger, der opfyldtes af overvejende marine sedimenter. Nordatlanten som sådan, blev først dannet, da Grønland under kraftig vulkanisme for ca. 55 M.å. siden begyndte at drive mod vest, og havbunden dannet i den første rift voksede i bredde og nedsænkedes.

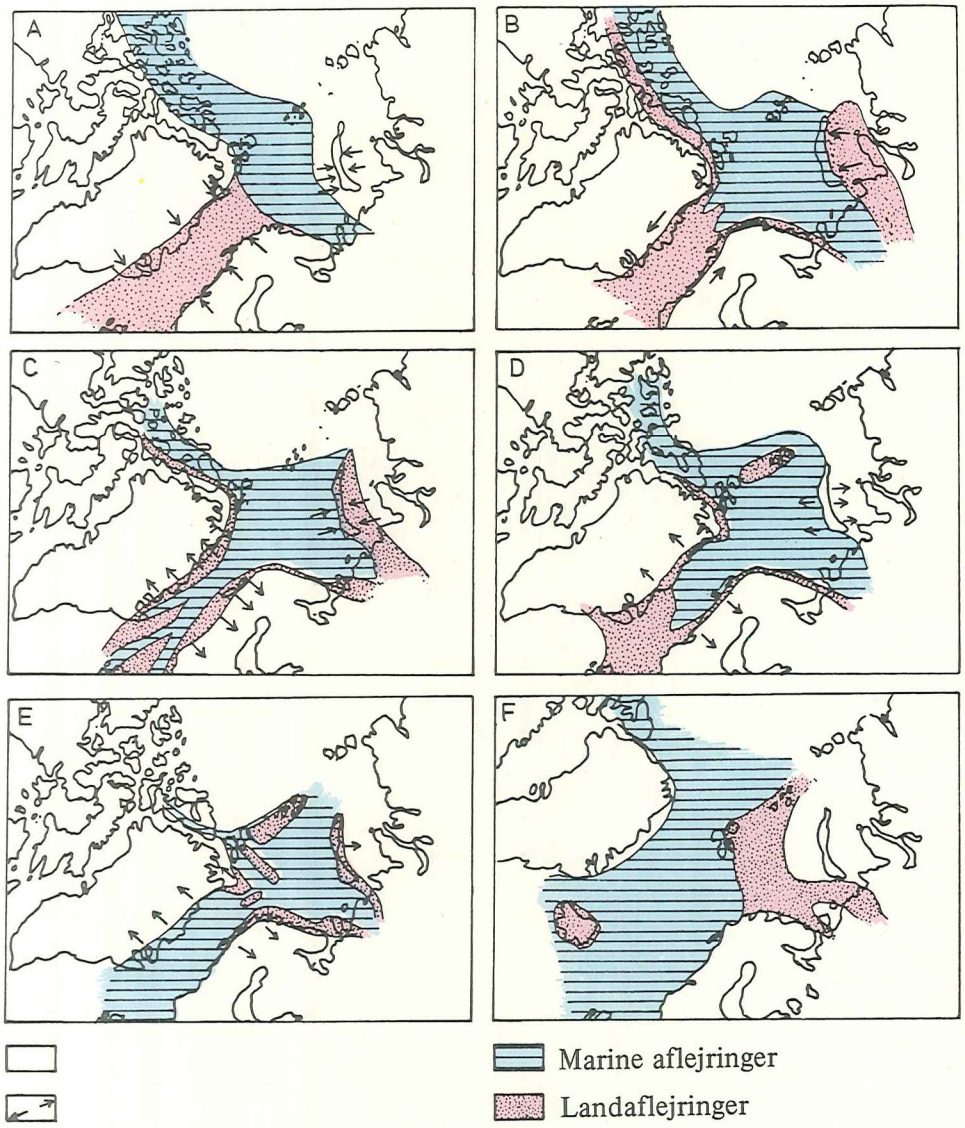
Udviklingen efter Perm

Mens de sidste rester af den Skandinaviske fjeldkæde blev nedbrudt, dækkedes i Permtiden (ca. 250 M.å.) store områder af et lavvandet hav, eller indhav, hvor varmt og tørt klima medførte kraftig inddampning og udfældning af stensalt, gips og karbonater. Dette hav bredte sig efterhånden syd på ud over Nordsø-området og helt til Polen - før det tørlagdes ved Permtidens slutning.

I Trias perioden, for ca. 220 M.å. siden, skete drastiske ændringer som følge af kraftige jordskorpebevægelser. Store områder, der tidligere var hav, hævedes og kontinentale sedimenter afsattes. Marin sedimentation tog dog gradvist over igen mod slutningen af perioden. Havstigningen fortsatte i begyndelsen af Jura perioden (200 M.å. siden), samtidig med at flodsedimenter og store delta-aflejringer afsattes. En fortsat generel havstigning medførte, at udstrakte lersedimenter rige på organisk materiale aflejredes - helt fra den sydlige Nordsø og til Barentshavet. Hvor det begravedes dybt og varmt nok omdannedes det organiske materiale i lerskifren lidt efter lidt til olie eller gas. Disse bituminøse skifre overlejres mange steder af sandstenslag.

For 140 M.å. siden, i Kridttiden, indtraf en verdensomfattende og kraftig stigning i havniveauet. Store områder, som tidligere havde været tørt land, blev overskyllet. Barentshavet indtager dog en særstilling. Mens der i Kridttidens hav i Nordsø-området tidligt afsattes udstrakte kalkstensaflejringer, og senere skrivekridt, dominerer sandsten og ler fra øvre Kridt i Barentshavet, og her forekom endvidere landhævning og erosion af tidligere afsatte sedimenter.

De store pladebevægelser, der satte ind tidligt i Tertiær, og som førte til Nordatlantens åbning, havde drastiske konsekvenser for aflejringsmiljøerne. Nogle havbundsområder, hævedes, andre sænkedes, og langs kysten, bl.a. udfor Midt-Norge, udbyggedes store deltaer.



Figur 2. Fordelingen mellem land og hav omkring Nordatlanten i Devon (A), på overgangen mellem Karbon og Perm (B), i begyndelsen af Øvre Perm (C), i Trias (D), på overgangen mellem Jura og Kridt (E) samt i Tertiær (F).

Nu følger et mellemspil af en helt anden slags. Når meteoriter befinder sig i rummet udsættes de hele tiden for kosmisk stråling. Partiklerne i denne kan spalte atomkernerne i meteoriten i mindre stykker og derved dannes nye atomkerner, en del stabile og en del radioaktive. Når meteoriten er faldet ned på Jorden beskyttes den meget effektivt mod den kosmiske stråling af Jordens atmosfære. Man har i denne sammenhæng udnyttet dette forhold på to måder. For det første har man kunnet skønne sig til størrelsen af den oprindelige meteorit. Den kosmiske stråling absorberes i meteoritens ydre del. Jernmeteoriter som vejer få kilogram indeholder derfor meget helium i forhold til dem, som vejer adskillige ton. Heliummængden i Muonionalusta er bestemt, og den er meget lille, hvilket viser, at der ude i rummet må have været tale om en meget stor meteorit, som senere deltes i småstykker.

Den anden interessante oplysning man kan få, er en meteorits jordiske alder, det vil sige hvor lang tid siden det var at den faldt ned. Alderbestemmelsen gøres ved hjælp af de radioaktive isotoper beryllium-10 og klor-36. Når en meteorit svæver omkring i rummet holdes dannelse og nedbrydning af et radioaktivt atom i ligevægt. Når meteoriten er faldet ned sker bare nedbrydning. Tyskeren Wänke og hans medarbejdere bestemte ligevægtsforholdet på "friske" nedfald og kunne derefter beregne alderen. For Muonionalusta-meteoriterne kom de frem til en alder af mere end 800.000 år. Dette er sensationelt, for det betyder, at Muonionalusta-meteoriterne må have været med til adskillige nedisninger.



Figur 3. Muonionalusta III (Naturhistorisk Rigsmuseums samling, Stockholm). Foto: Uno Samuelson.

Ja, da der er tale om en mindstealder, kan de være faldet, før nedisningerne startede for 1-2 millioner år siden. Det betyder, at meteoriterne blev transporteret af isen til deres senere findested, og at de er faldet ned et andet sted. Ved hver nedisning bevægede de sig et stykke, men man ved ikke, hvor langt eller i hvilken retning. Selve findestedet ligger i det område hvor den såkaldte isdeler befandt sig. Isdeleren hos en landis svarer til vandskel for vandløb. Små ændringer i isdelerens beliggenhed kan derfor medføre stik modsatte bevægelsesretninger. På den anden side er bevægelserne nær isdeleren almindeligvis små.

Ja, her står vi nu. Vi kan konstatere, at selv om fire meteoriter er fundet i området Kitiöjärvi-Kitkiöjoki, så er dette ikke noget bevis for at de oprindelig "landede" her. De blev snarere fundet fordi dette område er beboet. Rimeligvis betyder det forhold, at man i k k e har fundet nogle jernmeteoriter på den finske side eller nord eller syd for dette område, at det har en udstrakt facon. Men negative beviser er altid farlige.

Vi ved også, at der var tale om en stor meteorit, som kan være blevet delt op i flere mindre på i hvert fald tre måder.

Den første kan vi kalde "Meteor-Crater"-modellen efter Arizona-krateret. Så vil et meteoritkrater være dannet ved nedslaget og sprængstykker af jern ligge strøet omkring krateret, som burde være mellem 250 m og 1 km i diameter. Senere skulle isen så sprede jernstykkerne. Om krateret derved er blevet opfyldt eller endnu er tilbage som en sø, en mose eller lavning er umuligt at sige.

Den anden mulighed er "Henbury"-modellen, opkaldt efter en lokalitet i det centrale Australien. Efter denne model er en byge af jernmeteoriter faldet ned og har frembragt et antal småkratere, hvoraf det største har en diameter på omkring 100 m. Fortsættelsen bliver som i førnævnte tilfælde, men chancen for at hullet bevares er her mindre.

Den tredie mulighed er "Gibson"-modellen. Denne model er opkaldt efter et meteoritfald i Namibia, hvor store meteoriter ligger strøet ud over et stort område. De store meteoriter på Grønland (Cape York) er af samme nedslagstype. I dette tilfælde findes der ingen huller at lede efter.

Som sagt, nu er scenen klar til endnu en akt i dramaet om Muonionalusta-meteoriterne, men når og hvor den kommer til at udspilles ved vi ikke. Heller ikke hvem, der kommer til at spille med. Hvem ved, måske bliver det en læser af denne artikel, som bliver hovedpersonen.

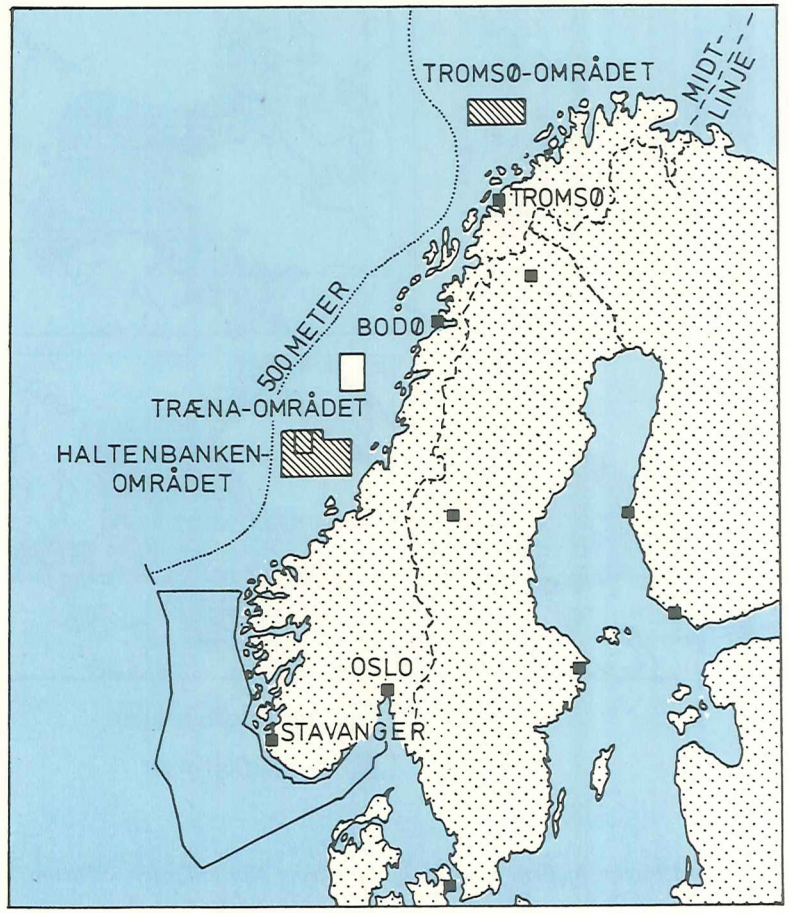


Nordnorsk olie ?



af Nils B. Hollander

Vi ved i dag, at der findes olie på den norske kontinentalsokkel syd for 62°N (syd for Stadt). Men hvad med nordfor ?



Figur 1. Kontinentalsoklen uden for Norge.