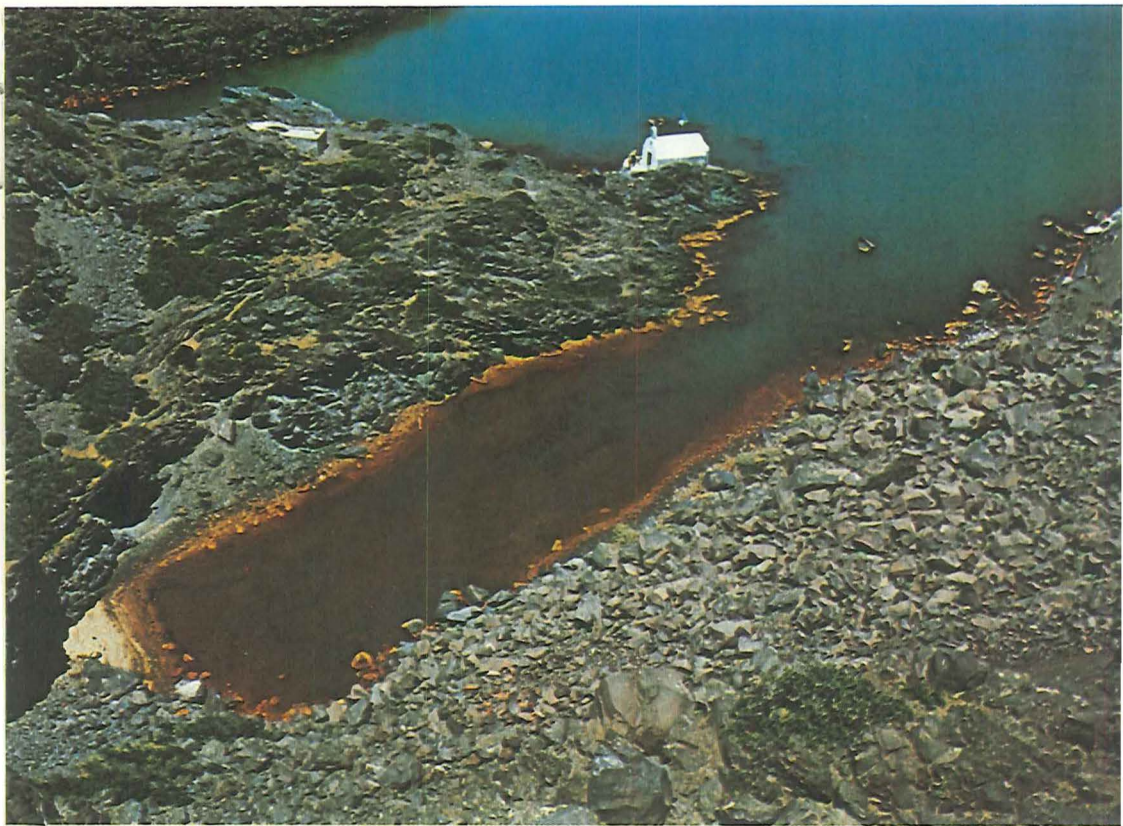


VARV

NR. 3 BLADET MED DE ÆLDSTE NYHEDER 1980



DENNE GANG BRINGER VARV EN BLANDET ANRETNING, SOM SPÆNDER VIDT. ØKONOMISK VIGTIGE JERNMALME ER AFLEJRET I HAVET, OG FORHOLDENE VED KYKLADERNE I ÆGÆERHAVET I DAG KAN VISE, HVORDAN DET ER GÅET FOR SIG. VARV TAGER HUL PÅ EN RÆKKE BERØMTE LOKALITETER MED EN OMTALE AF RANCHO LA BREA I CALIFORNIEN – EN GULDGRUBE AF KVARTÆRTIDS PAT-TEDYR. UNDER ISTIDEN BLEV DER PUFFET TIL MANGE AFLEJRINGER, DER NU FREMSTÅR SOM KOMPLEKST OPBYGGEDE BAKKER, SOM DE HER OMTALTE HATFORMEDE BAKKER. VI SER PÅ LEDDYR-ENES UDVIKLING - EN GÅDEFULD HISTORIE, OG HVAD ER "TID" ?

FOLKEUNIVERSITETET I KØBENHAVN

Nye orienteringskurser og grundkurser i geologi starter i efteråret 1980 på Geologisk Centralinstitut. Videregående kurser i pladetektonik, geologi og arkæologi samt palæontologisk konservering og præparation tilbydes tidligere deltagere i grundkursus. Kursusprogram og tilmeldning ved henvendelse til Folkeuniversitetets kontor, Købmagergade 52, 1150 København K, tlf.)1 14 48 27 (åbent kl. 9-16, lørdag lukket).

Ole Graversen

POPULÆRE GEOLOGISKE AKTIVITETER

De populære geologiske aktiviteter fortsætter i efteråret 1980 for alle interesserede med ekskursioner, laboratoriebesøg m.m. Et detaljeret program kan fås på Geologisk Museum fra 15. august. Programmet omfatter følgende lørdage:

6. september: Strandstens-ekskursion (Nordsjælland). **20. september:** Ekskursion til Fakse Kalkbrud med indsamling af forsteneringer. **4. oktober:** Bestemmelse af forsteneringer fra Fakse Kalkbrud. Egne fund kan medbringes. **18. oktober:** Menneskets udvikling - omvisning i Geologisk Museums nyåbnede udstilling. **1. november:** Præparation og afstøbning af forsteneringer. **15. november:** Gennemgang af spektral-laboratoriets arbejdsmetoder og muligheder. **29. november:** Verdens ældste sten - et stykke Grønlands grundfjeld. **13. december:** Slibning og polering af sten.

Mødetid og -sted for de to ekskursioner i september kan først oplyses ved tilmeldningen. De øvrige aktiviteter tager deres begyndelse kl. 13.15 ved indgangen til Geologisk Museum, Øster Voldgade 7. Af pladshensyn er deltagerantallet begrænset. Tilmeldning kan finde sted tidligst 2 uger før mødedagen på tlf. 01.13 50 01.

Niels Hald

Harry Micheelsen

VARV

Adresse: Tidsskriftet VARV, Geologisk Centralinstitut, Øster Voldgade 10, 1350 København K. Telefon: 01-11 22 32.

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

VARV udkommer fire gange om året. Prisen er 38 kr. i abonnement. Abonnement tegnes ved indsendelse af beløbet til VARV, postgiro 9 06 88 80.

Alle Henvendelser vedrørende adresseforandring og fejl ved bladets levering bedes rettet til postvæsenet.

© 1980 VARV. Eftertryk af tekst og billeder kun efter tilladelse.

LIDT OM TID

af Valdemar Poulsen

”Det tog lang tid” er en udtalelse, der kan betyde mange ting. Det kan være 5 minutters forsinkelse for hende, som kommer for sent til et stævnemøde, eller det kan være 200 millioner år for en geolog.

Men selv geologer kan have svært ved at overskue de enorme tidsspand, der er et særkende for den geologiske videnskab. Indtil for godt 100 år siden var Jordens absolutte alder meget undervurderet - allerede i 1654 kunne den irske ærkebiskop Ussher på grundlag af studier af de hellige skrifter bekendtgøre, at Jorden blev skabt i år 4004 f.Kr. på den 26. oktober kl. 9 om morgenen! De følgende 200 år blev alderen intenst diskuteret blandt de lærde, og det blev efterhånden mere og mere klart, at aflejringsforløbet, der har ført til den totale geologiske lagsøjle, måtte kræve mere tid. Det synspunkt fandt også støtte i Charles Darwin's tanker om dyrs og planters udvikling gennem tiden.

I 1907 fandt man det længe savnede ”ur” i form af nedbrydningstider for det radioaktive uran, og Boltwood's første dateringer på mineraler gav aldre op til 2200 millioner år - mere end 10 gange geologernes vildeste gæt!

Selv om Jorden i 1800-tallet ad spekulativ vej blev gjort stedse ældre, var der stadig et uafklaret problem: Hvordan forløb de geologiske processer? kunne der være en jævn og uendelig langsom udvikling, eller havde historien karakter af pludselige katastrofer, adskilt af lange rolige pauser?

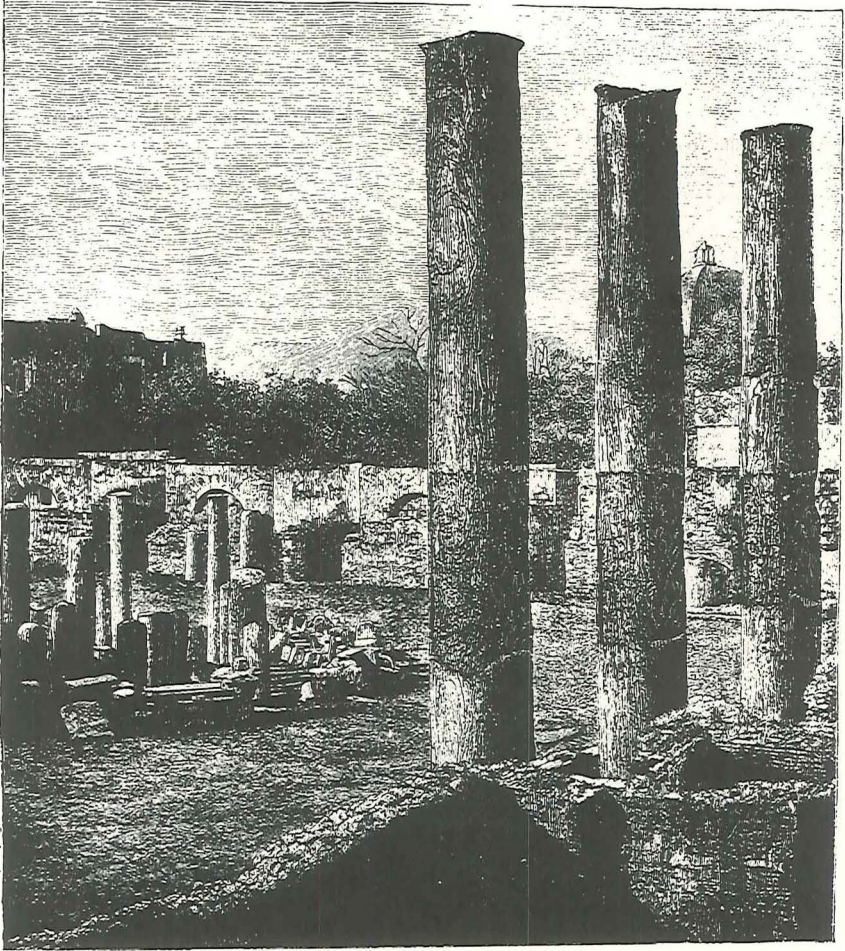
I lang tid var katastrofe-teorien naturligt nok enerådende, for pludselige katastrofer i form af vulkanudbrud og jordskælv var velkendt. Ved at gå lidt tilbage i tiden i samarbejde med arkæologer blev det også muligt at dokumentere for-tidige katastrofer.

Et tankevækkende eksempel er ruinen af Serapis-templet i Pozzuoli nær Napoli i Italien. Det mest bemærkelsesværdige er de tre tilbagestående søjler. Op til 3.5 m fra foden er søjlerne pænt glatte, og derefter følger en godt 3 m bred zone, der er angrebet og gennemboret af en art boremusling, der kun kan leve i salt havvand! Se figur 1.

Det første kendskab til templet stammer fra år 105 f.Kr., og endnu i år 205 e. Kr. var bygningen uskadt. Da bunden af templet ligger under det nuværende havniveau, har det været fremført, at bygningen ikke var et tempel - men en fiskedam, hvor saltvand blev pumpet ind til den højde, som overgrænsen for muslingeboringerne angiver.

Den rigtige forklaring, som støttes af historiske vidnesbyrd, er dog, at området jævnt har sænket sig godt 7 m frem til omkring år 1500. Søjlerne var da blevet delvis havdækkede og kunne angribes af boremuslinger. Når den nederste del af

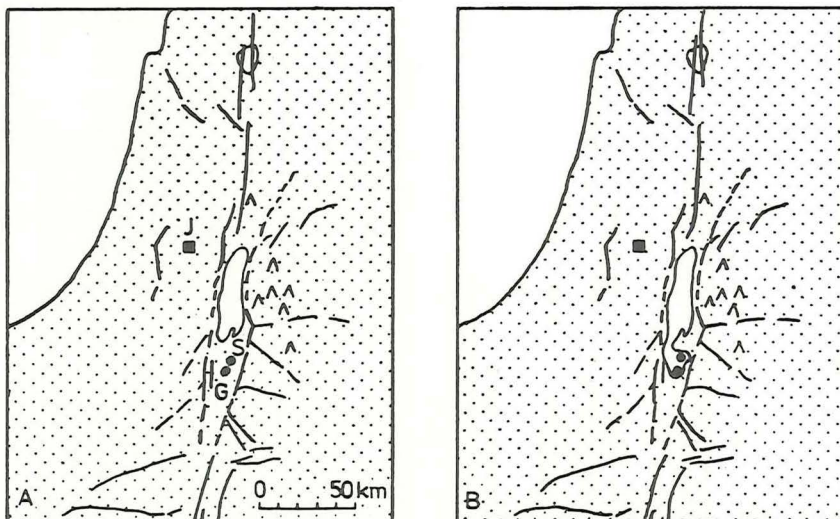
søjlerne ikke blev angrebet, skyldes det, at de et stykke op var beskyttet af sammenstyrtet materiale fra ruinen. Denne forklaring indebærer en rolig udvikling gennem mere end 1000 år, men set ud fra en geologisk målestok er det alligevel et temmelig hurtigt forløb. Under alle omstændigheder blev afslutningen brat, idet en pludselig hævnning skete i 1538 i tilknytning til dannelsen af vulkanen Monte Nuovo. Hævningen ramte kun kystområdet ved Pozzuoli, mens det nærliggende Napoli var helt uberørt. I de tilfælde hvor der kan indsamles



Figur 1. Serapis-templet i Pozzuoli nær Napoli. Den midterste del af søjlerne er angrebet af marine boremuslinger ! Efter Nathorst.

tilstrækkelig geologisk information, synes de fleste "katastrofer" at have været meget lokalt afgrænsede - ikke desto mindre kan nogle katastrofer afspejle virkelig stor geologi af noget nær globalt omfang.

I det Gamle Testaments beretning om Sodoma og Gomorra beskrives en katastrofe, der kan dokumenteres ud fra et kendskab til områdets geologi. De to ilde berygtede byer menes at have ligget under den nuværende sydende af Det Døde Hav - se figur 2.

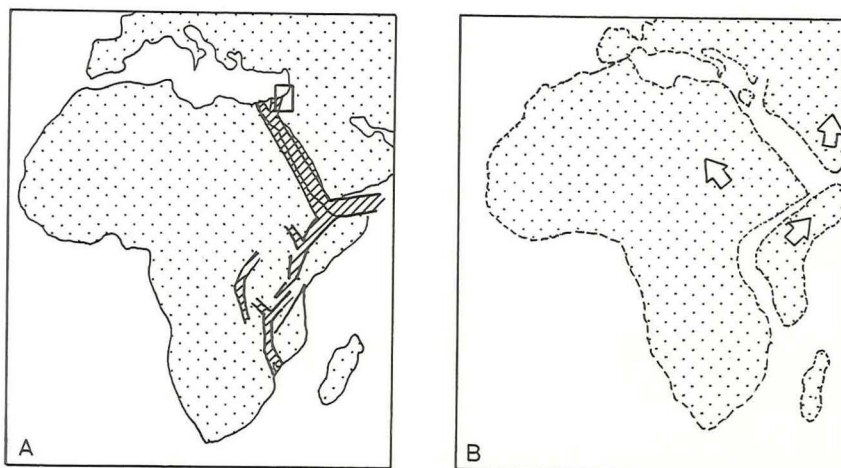


Figur 2. Fortid og nutid i Jordandalen. A: ca. 2000 år f.Kr. B: Nutid. Byerne Sodoma og Gomorra blev antagelig oversvømmet af Dødehavet i forbindelse med forkastning og kipning mod syd af Jordandal-blokken mellem forkastningerne. S = Sodoma. G = Gomorra. J = Jerusalem. Streger viser forkastninger og vinkler angiver vulkaner.

"Herren lod regne over Sodoma og over Gomorra Svovl og Ild, fra Herren af Himmelen. Og han omstyrtede disse Stæder og den ganske Egn og alle Indbyggerne i Stæderne og Jordens Grøde" (1. Mose bog, kap. 19).

Hvad kan der siges rent geologisk om en sådan katastrofe for godt 4000 år siden ?

Jordandalen er et langt retlinet indsynkningsområde omgivet af plateauer. Dalen er begrænset af forkastninger, der fortsætter i et storstilet mere end 6000 km langt system gennem det Røde Hav, gennem Ethiopien, og stadig i fortsættelse heraf ligger de østafrikanske søer i indsynkningszonen, der løber ud ved Zambesiflodens munding. Se figur 3.



Figur 3. Det østafrikanske Rift-system (skraveret i figur A) - stedet for en igangværende opsplnitning af kontinentet. Det indrammede område er vist i figur 2. B: Om 50 millioner år ?

Til indsynkningen er knyttet jordskælv, vulkaner og varme kilder. Den lange zone markerer intet mindre end den begyndende opsplnitning af området i to blokke, der efter yderligere kontinentdrift kan blive adskilt af et bredt ocean ! Alle Jordens kontinenter er i bevægelse, mens de mellemliggende oceaner samtidig enten vokser eller formindskes .

I Jordandalen viser gamle lavaer, de nære vulkaner, varme kilder, jordskælv og de rette dalvægge, at store forkastninger når dybt ned i Jorden - og hele historien i 1. Mose bog står klart frem: Bevægelser langs forkastningerne må have frembragt alvorlige rystelser, og Jordandal-blokken mellem forkastningerne må brat være kippet lidt mod syd, sådan at Det Døde Hav skyllede ind over de to stæder i dalens sydlige del (figur 2).

Under vandet i sydenden af Dødehavet kan endnu ses en druknet skov. Dybden er her kun 20 m mod flere hundrede meter for resten af Dødehavet. Forkastningsaktiviteten må ligeledes have åbnet sprækker ned til varme svovlkilder, og vulkanske dampe har indhyllet området.

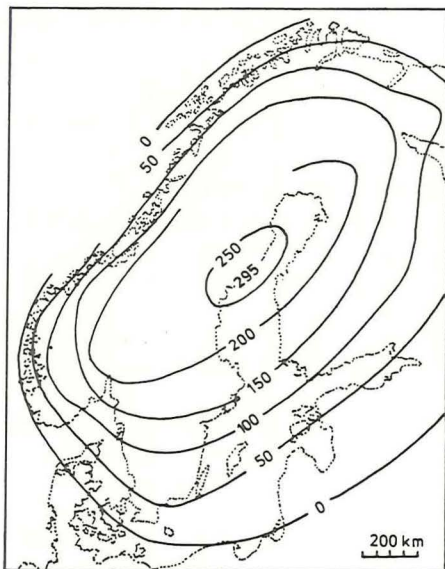
Gennem de sidste 100 år er katastrofe-teorien for den geologiske udviklingshistorie dog gået helt i glemsel, og i stedet har vi nået den erkendelse, at de fleste fænomener - inklusive de højeste bjergkæder - er resultatet af en uhyre langsom, men stadig påvirkning, som ved den sammenlagte effekt gennem årmillionerne giver indtryk af meget mere voldsomme begivenheder.

Endnu for godt 200 millioner år siden hang Europa/Nordvestafrika og Nordamerika sammen som en stor plade, som da begyndte at revne i den sydlige del, med samtidig oceandannelse i revnen.

Idag har Atlanten en bredde på 5000 km eller mere - et stort tal, men det svarer til, at afstanden kun er øget med 1-3 cm om året !

Et andet, mere nærliggende eksempel på geologiske processers "langsommelighed" er landhævningen i Skandinavien efter bortsmeltningen af Kvartærtidens mægtige ismasser. Ved en afgørende klimaforbedring smeltede isen tilbage, og områder, der havde været trykket ned af ismasserne, begyndte trægt at hæve sig op.

Indledningsvis skyllede havet ind - for dels lå landet lavt, og dels skete en temmelig hurtig havstigning ved tilførsel af smeltevand fra de svindende ismasser. Selve kystzonen markeredes af strandvolde, eventuelt med et indhold af marine muslingeskaller. Ser vi i dag rundt i Skandinavien, ligger den højeste marine strandzone i næsten 300 m højde i Ångermanland i Sverige og falder derfra til alle sider. Hævnings størrelse når den er afsluttet svarer til den tidligere største nedtrykning af jordskorpen under ismasserne, hvor isen var tykkest. Landhævningen er iøvrigt så træg, at den slet ikke er ophørt, men foregår endnu idag ! I bunden af den Botniska Bugt ses en årlig hævnning af størrelsesorden 1 cm om året. Figur 4.

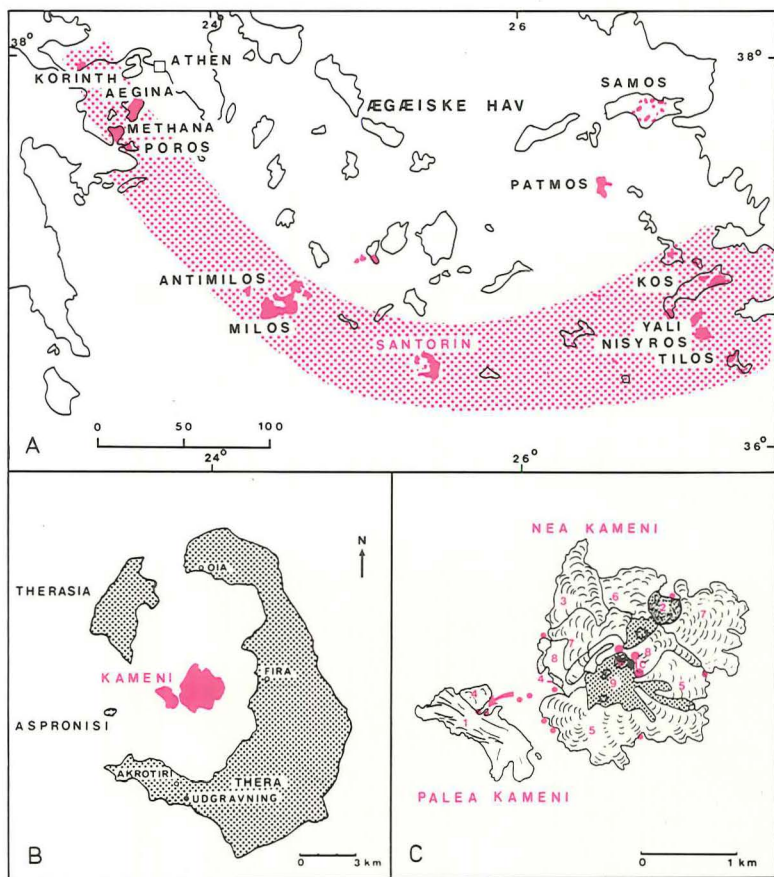


Figur 4. Landhævningen i Skandinavien efter den sidste istid. Kurverne viser i meter de nutidige niveauer for de gamle kystzoner. Den største hævnning 295 m - i Ångermanland må nogenlunde svare til den største istykkelse centralt i det nedisede område. Modificeret efter Granlund.

Eksemplerne kan vise, at Jordens liv har været præget af perioder med hurtig "vækst" vekslende med stilstandsperioder. Derfor er det vanskeligt - eller umuligt - at spå om et områdes stabilitet, når det drejer sig om "længere tid".

Jern fra Havet

af Rud Friberg og Walter L. Friedrich



Figur 1. A: Beliggenheden af Santorin og Kyklade øbuen. Yngre vulkanområder er gengivet i rødt. B: Santorin vulkankomplekset med ringøerne Thera, Therasia og Aspronisi, som er næsten fuldstændig dækkede af pimpstenslag fra det sen-minoiske udbrud omkring 1500 f. Kr. De nyere Kameni øer (røde) ligger midt i kalderaen. C: Detailkort over Kameni øerne. Tallene angiver den tidsmæssige rækkefølge af de enkelte lavastrømme, der hidrører fra hver sit udbrud. De større røde cirkler viser, hvor der nu finder gasudstrømning sted (fumaroler). De mindre røde cirkler betegner områder med underøisk jernudfældning. Pilen peger ind i jernbugten.

En række af verdens jernforekomster udgøres af sedimentære malme, der optræder sammen med vulkanske aflejringer.

Et af de få steder i verden, hvor man uden større apparatur kan studere en i-gangværende malmdannelse på havbunden, er ved Santorin vulkanen i Ægæerhavet. Her er der mulighed for at få indblik i nogle af de fossile jernmalmedannelsesmekanismer.

Santorin er beliggende i Kyklade øbuen ca. 120 km nord for Kreta (fig. 1 A). Øbuen er dannet over en zone i lithosfæren, hvor dele af den afrikanske plade bøjes ned under den europæisk-asiatiske plade.

Santorin er for tiden den eneste aktive vulkan i Kykladerne, men den er i øjeblikket i en hvilefase. Vulkanens oprindelse kan spores til begyndelsen af Pleistocæn. Den er især blevet kendt på grund af et katastrofalt udbrud o. 1500 f. Kr., hvor et blomstrende sen-minoisk samfund gik til grunde under et op til 60 m tykt lag af pimpstensaflerjinger. Minoernes beboelser repræsenterer et af de tidlige kulturelle højdepunkter i Middelhavet og er for tiden under udgravning. De fantastiske arkæologiske fund, som hidtil er gjort, tyder på et bronzealder-sidestykke til Pompei, der i øvrigt selv gik til grunde under et Vesuvudbrud godt 1400 år senere, nemlig i år 79 e. Kr.



Figur 2. Opstigende gasbobler fra bunden af jernbugten på Palea Kameni.

Det såkaldte minoiske udbrud medførte, at hele den centrale del af den oprindeligt cirkulære vulkanø styrtede sammen og sank ned i det delvist tømte magmakammer (kalderadannelse). På Santorin er havet trængt ind i kalderaen, hvis areal er 85 km². Tilbage blev kun en krans af mindre øer Thera, Therasia og Aspronisi. I de sidste 2000 år har gentagne mindre udbrud midt i kalderaen ført til dannelsen af to øer, Palea Kameni og Nea Kameni (fig. 1 B og C).

De første skriftlige beretninger om vulkansk aktivitet i den centrale del af kalderaen har man fra årene efter 197 f. Kr., hvor øen Palea Kameni opstod. Det hidtil seneste udbrud fandt sted på Nea Kameni i 1950. I dag er udstømning af varm gas (kuldioxid, svovldioxid, vanddamp m.m.) fra fumaroler og submarine hydrotermale kilder på øerne og i havet omkring dem det eneste tegn på fortsat vulkansk aktivitet (fig. 1 C). Trods vulkanens nuværende fredelige fremtræden kan det ikke udelukkes, at den når som helst kan gå over i en fase med fornyet aktivitet.

Fra kalderaranden, der hæver sig ca. 200 m over havet, har man en pragtfuld udsigt over hele vulkanstrukturen med Nea Kamenis skjoldformede kontur i midten (figur 3). Vet et besøg på Nea Kameni når man efter en klatretur op over de yngste lavastømmes brogede brokker og slagger frem til fumarolerne ved det yngste krater. De varme gasser, som her strømmer ud, består blandt andet af svovldioxid, der har en stærkt stikkende lugt. Fumarolefelterne er gulfarvede af svovlkrystaller.



Figur 3. Kalderaen set fra luften. I forgrunden Nea Kameni og den mindre Palea Kameni. I baggrunden den sydvestligste del af Thera.

Gasudstrømning finder ikke blot sted her, men også på havbunden umiddelbart omkring Kameni øerne (fig. 1 C). Havbunden er rustfarvet, og vandet er mærkbart varmere, og på vindstille dage kan man iagttage rækker af opstigende bobler. Ved nordsiden af Palea Kameni ligger en bugt, hvor disse forhold er særlig iøjnefaldende (fig. 1 C og forsiden). Havbunden i bugten er dækket af et ca. 60 cm tykt mudderlag, som er rustfarvet i den øvre del. Overalt ses bobler stige op gennem det mere end 30° varme vand i denne "jernbugt" (fig. 2). Stedet besøges jævnligt af turister, der ynder at sætte sig i det lune jernholdige slam. Men stedet er iøvrigt også velbesøgt af geologer, der er her for at studere maldannende processer i et marint miljø. Nyere undersøgelser viser, at de opstigende varme og aggressive gasarter udluder især jern fra sidebjergarterne og bringer det op til havbunden, hvor det reagerer med havvandets ilt og bundfældes som amorft jern (III) hydroxid. Ved særlig kuldioxid-rige udstrømninger, som i jernbugten, dannes tillige væsentlige mængder jernkarbonat (siderit). Jernudfældningen sker i samspil med jernbakterier af arten *Gallionella ferruginea*. Indtil fornylig kendtes jernudfældning fremkaldt af *Gallionella ferruginea* kun fra ferskvand, men nye analyser og eksperimenter i jernbugten påviser, at *Gallionella* også forekommer der.

Den omtalte jernbakterie har de bedste livsbetingelser ved ret lave iltkoncentrationer, en moderat surhedsgrad og relativt store koncentrationer af bikarbonat. Muddret i jernbugten er en lille smule surere. Mens de øvre lag er ret neutrale er der reducerende forhold i de dybere dele. Graver man ca. 20 cm ned, ser man, at muddret skifter farve fra rødbrunt til grønlig sort. Farveskiftet hænger sammen med, at det amorfe jern (III) hydroxid er reduceret og krystalliseret, så jernet nu optræder i mineralerne goethit, jern (II)-karbonat (siderit) og pyrit (svovlkis). Pyritten danner mikroskopiske hindbærlignende aggregater, såkaldt framboidal pyrit. En nøjere undersøgelse viser, at muddret desuden indeholder kiselalger, diatomeer, svampespikler samt omlejret vulkansk materiale (pimpsten, aske, vulkansk glas, andesitfragmenter m.m.). På grundlag af prøver fra havbunden forskellige steder er det vist, at jernsedimentation finder sted i hele kalderaen og ikke kun på de ovennævnte steder, men derimod aflejres der ikke jern uden for kalderaen. De jernholdige lag er enkelte steder op til 3 m tykke, og beregninger viser, at der i de sidste 550 år er aflejret ialt 300.000 t jern og 19.000 t mangan. Visse steder er desuden afsat bly, zink og fosfor. Vanadium, krom, nikkel, cobolt og kobber optræder som sporelementer i ekstremt lave koncentrationer. Tilsvarende forhold kendes fra de gamle malmforekomster, der formodes at være dannet under lignende omstændigheder.

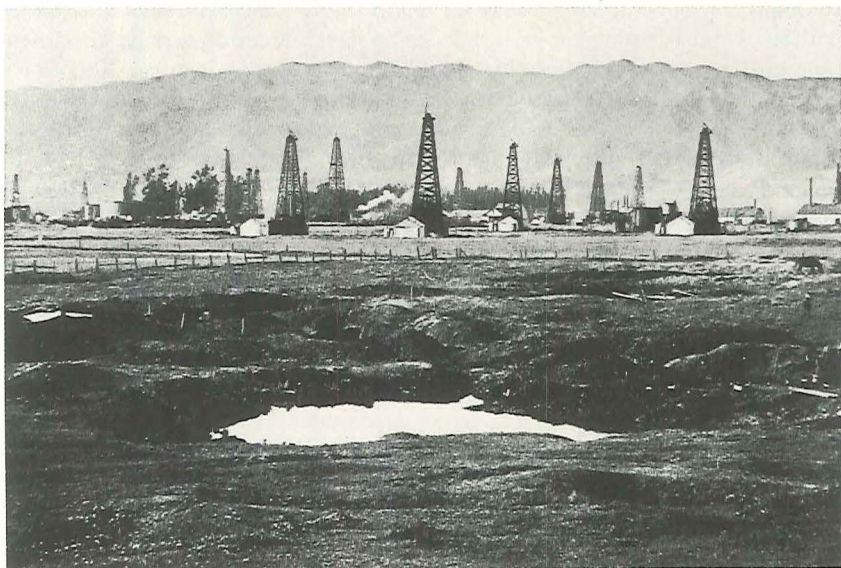
Jernsedimentationen i kalderaen er nøglen til forståelsen af en række fossile malmforekomster. Omvendt kan disse benyttes til vurdering af jernslammets fremtidsmuligheder. Hvis sedimentationen fortsætter i et længere tidsrum, og hvis erosion ikke finder sted, vil resultatet blive en båndet jernaflejring, der efter lettere omdannelse gennem tiden bliver til brydeværdig malm.

den sorte død

af Valdemar Poulsen

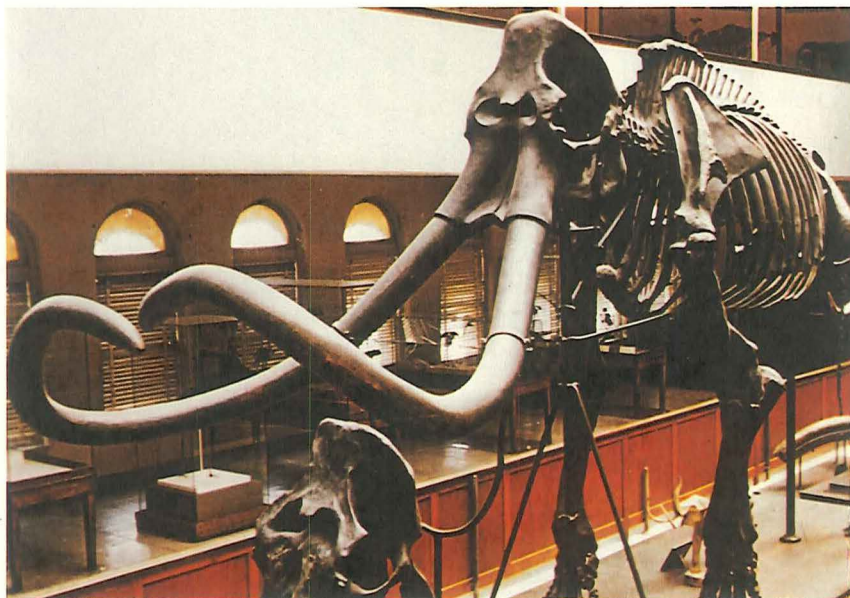
Den geologiske lagsøjle er som en hullet og laset bog, hvor mange sider mangler eller er ulæselige. Men, tilfældigt spredt gennem tiderne, optræder lokaliteter, der har været rene "guldgruber" med information til geologer. I de fleste tilfælde har det dog vist sig, at der herskede så specielle forhold på stedet, at oplysningerne ikke er almentgyldige. VARV vil fra tid til anden fortælle om bérømte lokaliteter, og her lægges ud med Rancho la Brea i Californien, hvor rester af pattedyr og fugle, samt insekter og planter fra Kvartærtiden er indsamlet i millionvis !

Op til år 1900 var fundområdet, som nu ligger i den vestlige del af Los Angeles, et landbrugsdistrikt. Men i 1901 fandt man olie, og inden for få måneder skød boretårne op overalt ved Rancho la Brea. Figur 1.



Figur 1. Rancho la Brea ved Los Angeles i Californien 1914. Bag boretårnene ses Santa Monica Mountains. I forgrunden udgravninger efter fossiler ("pit 4"). Nu er området opslugt af byen. Efter Stock.

Kvartærtidsfaunaen ved Rancho la Brea omfatter bl.a. bjørne, ulve ("skrækulven") ræve, stinkdyr, grævlinge, "løver", pumaer, "sabelkatte", kæmpedoven-
dyr, heste, tapirer, kameler, bisoner, antiloper og to forskellige elefantarter !
Fugle er normalt ikke almindelige som fossiler, men her er fundet mere end 100
forskellige ! Blandt fuglene dominerer ørne, falke og gribbe over kalkuner,
vagtler, ugler, ravn, storke, gæs og ænder.



Figur 2. Elefanten Mammuthus imperator. Los Angeles County Museum.

Alt knoglematerialet er bevaret i asfalt, der er ansvarlig for den fremragende be-
varingstilstand. Bortset fra deres lidt mørkere farve kan knoglerne næppe skel-
nes fra helt nutidigt materiale. Figur 3.

I den yngre del af Tertiærtiden var området dækket af et lavvandet hav, og her
aflejredes ler, sand og grus. Men ved overgangen til Kvartærtiden greb jordskorpe-
peuro ind i begivenhederne. Dels blev området hævet, og dels blev aflejringerne
forstyrret af foldninger og blev forskudt langs forkastninger. Samtidig blev om-
rådet til et flodslettelandskab præget af hyppigt vekslende lag af ler, sand og
grus. Figur 4.

Det meget omfattende knoglemateriale indsamlet siden 1905 giver et godt ind-
blik i istidens pattedyr og fuglefauna. Klimaet var da nogenlunde som i nutiden,
blot en smule fugtigere, idet man skal bemærke, at isranden lå langt borte mod
nord. Figur 5.



Figur 3. Delvis udgravede knogler fra asfalten ved Rancho la Brea. Til venstre elefantkranium (Mastodon). I midten hofte fra kæmpedovendyr, og herover et ulvekranium. Til højre små, blandede knogler af fugle og små pattedyr. Efter Stock.

Hvor kom asfalten fra ?

På større dybde findes en olieforekomst, og olie og gas har haft let ved at vandre opetter i forkastningsrevner og gennem de mere porøse aflejringer. Når den

gasholdige olie nåede op til jordoverfladen, undveg gasserne sammen med oliens andre mere flygtige bestanddele. Tilbage blev en trægflydende asfalt, der til sidst hærtnede. I de godt 50 m tykke Kvartærtidslag findes flere niveauer med forekomster af hærtnede asfaltlag, som oprindelig må have ligget i jordoverfladen. En rimelig forklaring er, at olie ikke til stadighed er sivet op til overfladen, men at det er sket i perioder, hvor jordskorpeuro har kunnet sætte gang i processen.



Figur 4. Skematisk snit gennem jordlagene ved Rancho la Brea. I de foldede og forkastede sand- og gruslag fra Tertiærtid (T) er mere porøse lag mættet med olie. I Kvartærlagene (K) på godt 50 m er de tidligere oliepøle ved afgasning og tab af mere flygtige kulbrinter blevet til hård asfalt. Flydende asfalt ses som pøle og søer i den nuværende landoverflade. Modificeret efter Arnold.

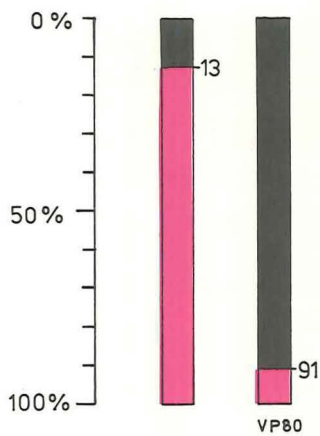
I nutiden kommer olien og gassen op gennem små sprækker og ”skorstene” og danner små pøle omkring udstømningsstedet.



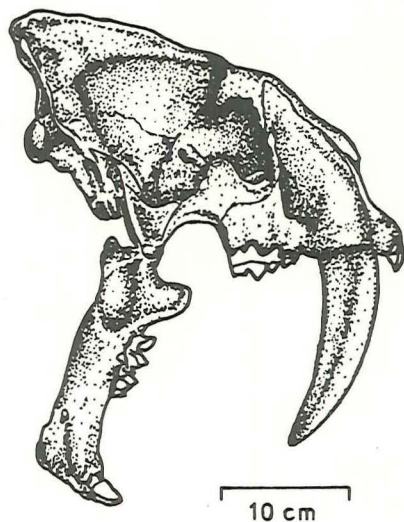
Figur 5. Store dele af Nordamerika var isfrie i Kvartærtiden, og Rancho la Brea området lå langt syd for isranden.

Den skæve fauna

I et nutidigt åbent sletteland er der i pattedyrfaunaerne en karakteristisk balance mellem antallet af rovdyr og byttedyr, idet rovdyrene ernæringsmæssigt er meget dyre i drift. Derfor vil en sådan fauna i balance altid vise et stort antal planteædere, som kun kan opretholde en langt mindre bestand af rovdyr. Men ved Rancho la Brea er forholdet helt afvigende. Figur 6.



Figur 6. Forholdet mellem rovdyr (sort) og planteædere (rødt) i amerikanske pattedyrfaunaer fra Kvartærtiden. Søjlen til venstre er et gennemsnit af to faunaer fra Oregon og Texas. Søjlen til højre er Rancho la Brea faunaen. Den venstre søjle svarer nogenlunde til fordelingen i en normal nutidsfauna. Data fra Shotwell.



Figur 7. Sabelkatten *Smilodon californicus*. Rancho la Brea.



Figur 8. Rekonstruktion af en "fanget" Mammuthus emperator. Hancock Park, Los Angeles. H. J. Hansen foto.

Netop det abnorme antal rovdyr ved Rancho la Brea afslører den grusomme historie. Den opvældende olie blev ved undvigen af de flygtige kulbrinter til asfalt, der samledes i pøle og søer - til tider kan asfalten tilmed have haft et forræderisk vanddække. Dyrene er kommet til for at drikke og er blevet fanget i den klæbrige asfalt. De panikslagne dyrs skrig har lokket mange rovdyr og gribbe til, men i stedet for at få et let bytte blev de selv hængende, og alle blev lige i den pinefulde død.

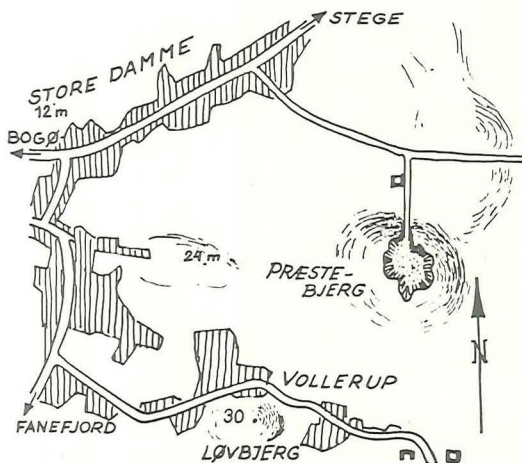
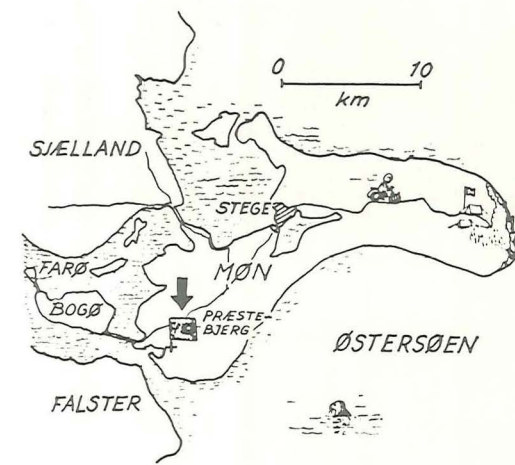
Alle knoglefundene her er spredte enkeltknogler, og i aktive faser med olie- og gasudstrømning kan bevægelser i asfalten have splittet de tidligere sammenhængende skeletdele ad. I passive faser er asfalten endelig hårdnet. Visse mindre sammenhobninger af slidte og dårligt bevarede knogler må være materiale transporteret og aflejret af floderne for endelig at blive opslugt ved næste olieforekomst. At knoglerne virkelig kan have ligget frit fremme på overfladen bevises meget smukt af flere ledsagende insektfund. I en brækket kondorvingeknogle er fundet larvepupper fra spyfluer ! Desuden er inden i kranier og andre hulheder i en del tilfælde fundet ådselbiller.

Det er klart, at en enestående lokalitet som Rancho la Brea må fange opmærksomheden, og kommer man til Los Angeles, kunne det være en god ide at besøge Hancock Park, hvor der er oprettet et museum, foruden at flere asfaltudgravninger ("pits") er bevaret.

Rancho la Brea's berømmelse skyldes udelukkende den fantastiske fauna, for asfaltforekomster kendes også fra andre egne af Jorden. Ved udgravningen af Ur i Kaldæa fandt man, at asfalt har været brugt som bindemiddel mellem mursten - og asfalt blev muligvis allerede brugt ved opførelsen af Babelstårnet. Asfalt blev af Oldtidens kulturer især brugt til at tætnes skibe, og det samme gjaldt de spanske erobrere i 1600-tallet, idet de opdagede asfaltforekomster på Cuba, Trinidad og i Peru.

En Hatformet Bakke

af Asger Berthelsen



Figur 1. Lokalisering af Præstebjerg.

Den oprindelig 47 m høje bakke, Præstebjerg, hæver sig endnu over det bølgende og frugtbare landskab på det vestlige Møn. Og når solen står lavt, ligner bakken en stor rund hattepuld med en lang skygge bredt ud over markerne. Præstebjerg er da netop også et eksempel på den bakketype, som geologerne kalder en *hatformet bakke*.

I løbet af de seneste år har en kraftig grusgravning i midlertid taget en god bid af hattepulden, det meste af bakkens østflanke og selve toppen er bortgravet.

Nogen vil utvivlsomt kalde dette for misrøgt af landskabet.

Intet er dog så galt, at det ikke er godt for noget!

Siden 1975 er grusgraven i Præstebjerg, hver gang den blev udvidet, blevet undersøgt og opmålt, og Præstebjerg er nu den bedst "obducerede" blandt de hatformede bakker, der ellers især kendes fra Langeland, Nordvest- og Sydsjælland.

Den specielle hatformede bakketype knytter sig til det såkaldte unnglaciale landskab fra sidste istid i Østdanmark. Bakketypen er ikke alene karakteriseret ved dens form og størrelse, men også ved at være opbygget af stejltstillede

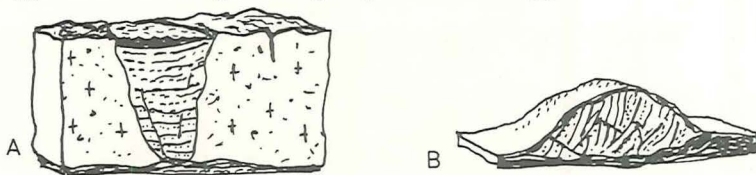
og stærkt forstyrrede sand- og gruslag med betydelige mægtigheder (50-150 m tykke). De fleste hatformede bakker er endvidere dækket af moræneler. Hvorvidt en opragende, rund bakke er en ægte hatformet bakke eller ej, kan derfor kun afgøres, hvis der ved sand- eller grusgravning er bidt et forsvarligt hul i "hattepulden". Den smukt runde, 30 m høje bakke, Løvbjerg, lidt sydøst for Præstebjerg ligner således en hatformet bakke. Men da den er helt intakt, vides det ikke, om den virkelig er det.

I slutningen af forrige århundrede, da den geologiske kortlægning af de danske istidslandskaber indledtes, blev der gravet sand og grus i mange af de hatformede bakker. Men da det foregik med håndkraft og skovl, og der mest gravedes til lokalt brug, blev der sjældent blotlagt større profiler i bakkerne. Der findes dog værdifulde registreringer af oplysninger fra de mange mindre grave.

Da grusgravningen senere blev mekaniseret, blev de store og dyre gravemaskiner mest anvendt til udvinding af de udstrakte grusforekomster, som vi kender fra hedesletterne og kendte fra de danske åse (hvoraf de fleste nu er næsten helt bortgravede). Derimod har der i nyere tid kun været ganske få aktive grusgrave i de hatformede bakker.

Det skjulte og dulgte har altid tiltrukket sig menneskets opmærksomhed, og det mystiske og uforklarlige har altid fængslet og udfordret forskerne. I løbet af de sidste 80 år har mange istidsgeologer da også søgt at samle den handske op, som naturen i tilsyneladende kådhed og overmod kastede, da den strøede hatformede bakker ud i det unglaciale landskab.

Blandt de mange tolkninger, som findes i faglitteraturen, samler de fleste sig om at forklare, hvorfor bakkernes sand- og gruslag er blevet rejst på højkant - eller tilmed undertiden væltet over ende. Omkring århundredskiftet antog forskerne, at sand- og gruslagene først var afsat i brede og dybe spalter i isen - og senere var væltet omkuld, da isen smeltede. Hvorfor de væltede lag dækkes af en moræne, gav denne tolkning ikke nogen speciel forklaring på.



Figur 2. En foreslået dannelsesmåde for hatformede bakker.

Senere blev det foreslået, at sandet og gruset blev aflejret i lokale issøer, som lå på grænsen mellem den levende is og en foranliggende dødisbræmme. Bevægelserne i den tilgrænsende levende is skulle da have fremkaldt lagforstyrrelser i issøaflejringerne - uden at disse blev overskredet af isen. Moræneleret, som dækker de forstyrrede lag, blev tolket som flydemoræne, der var skredet ud under afsmeltningen af den omgivende is.

Andre forskere har fremført, at aflejringen af sandet og gruset ikke skete i sprækker eller issøer i isen, men foregik i havet - eller på land tæt foran en levende isrand. Ved isens fremrykning var lagene så blevet presset op og dækket af en bundmoræne. Det er også blevet hævdet, at visse hatformede bakker ikke blot blev overskredet en gang af isen, men overlevede to isstrømmes passage hen over sig (se VARVs ekskursionsfører nr. 3, 1975). Isoverskridelser fra forskellige retninger kan tænkes at have bidraget til bakkernes afrunding.

Den her skitserede udvikling inden for "hatte-forskningen" viser tydeligt, at jo mere "dybtgående" undersøgelser har været, des mere udviklede er de fremsatte tolkninger blevet. Resultaterne fra Præstebjerg passer godt ind som det sidste skud på dette idemæssige udviklingstræ. For de viser, at den første hatpuld i Præstebjerg ikke blev udsløttet, selv om den efter sin dannelse blev udsat for ialt fire isoverskridelser. Præstebjerg er således et godt eksempel på, at vi i det ung-glaciale landskab kan træffe ældre isstrømmes formelementer side om side med former skabt af det sidste isfremstød.

Når Præstebjerg hedder Præstebjerg skyldes det dog ikke, at bakken har oplevet og overlevet fire begravelser, men at den ligger nær ved den gamle præstegård



Figur 3. Den hatformede bakke Præstebjerg på Møn.

i landsbyen Vollerup, hvor præsten til Fanefjord kirke tidligere residerede. I Boths historisk-topografiske beskrivelse fra 1871 kan læses følgende: ”Nord for Vollerup ligger en Bakke, kaldet Præstebjerget, fra hvis Top, der ligger 160 Fod over Havet, haves en ypperlig udsigt, og ved hvis Fod udspringer en Kilde, der berømmes for sit herlige Vand, der er koldt om Sommeren og kuldslået om Vinteren”.



Figur 4. Grusgraven i Præstebjerg. Nederst ses de lodret stillede lag, der overskæres af et lag moræneler. Herover ses næsten uforstyrret yngre smeltevandsgrus, og øverst en dækkende moræneler, der er aflejret under et isfremstød, som ikke har frembragt egentlige forstyrrelser i lagene.

I følge overleveringen var denne kilde, Blåkilde (Blodkilde), en helligkilde, hvis vand havde en undergørende virkning mod sygdom og sot. Og især ved Sankt Hans har der i fordums dage sikkert rørt sig et broget folkeliv ved Præstebjerg.

Under sidste krigs besættelse indrettede tyskerne en antiluftskyttsstilling i den mindre grusgrav, der engang fandtes nord for toppen i Præstebjerg. Fundamentet til kanonstillingen har kunnet ses indtil for nylig, hvor det blev offer for grusgravningen.

Der knytter sig i øvrigt et indslag af romantik til grusgraven i Præstebjerg. Tidligere gik skellet mellem to gårde tværs over bakken, og det var først, da sønnen fra den sydlige gård fandt sammen med og giftede sig med datteren fra den nordlige gård, at det for alvor blev muligt at starte grusgravningen. Og denne

gravning har bragt en meget ældre historie for dagen. Det vides ikke nøjagtigt, hvornår den udspandt sig. Men man gætter nok ikke helt galt ved at sige, at det skete i tidsrummet mellem 25.000 og 14.000 år før vor tid.

Danmark lå da hen som et arktisk øde, og udgående fra det store Skandinaviske Isskjold bredte isstrømme sig flere gange ud over Danmark. Hver enkelt isstrøm nåede at smelte næsten helt bort, inden den næste isstrøm med en ny bevægelsesretning trængte frem. Derfor finder vi i lagserien fra sidste istid en veksel mellem isafsatte moræneaflejringer og smeltevandsaflejringer afsat foran isranden (under åben himmel).

Lagserien er dog ikke lige fuldstændig på alle lokaliteter. Det kan bl.a. skyldes, at nye fremstød ofte eroderede og fjernede nogle af de lag, som ældre fremstød havde afsat. Både selve isens slid og smeltevandets gnaven bidrog til at skabe de "huller" (lakuner) vi finder i lagserierne på visse lokaliteter. Erosionen kunne undertiden helt fjerne den forudgående isstrøms identitetskort: bundmorænen. Men hvis det forudgående isfremstød have fremkaldt dybtgående forstyrrelser eller deformationer i de lag, isen var rykket frem over, kan isfremstødet alligevel spores. Lagforstyrrelserne viser i sig selv, at isen må have været der, og de forstyrrede lags orientering fortæller, hvilken retning isen kom fra.

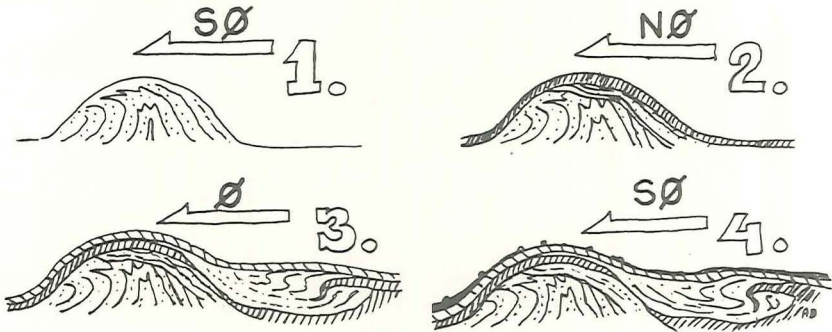
Obduktionen af Præstebjerg har vist, at lagserien er ret sammensat. Den omfatter tre grus- og sand enheder og tre forskellige moræner. Den ældste lagenhed udgøres af et stærkt forstyrret grus- og sandlag. Disse er oppresset og foldet af et isfremstød fra en sydøstlig retning. Da folderne i toppen af denne ældste enhed er stærkt udtrukne i nordvestlig retning, må isfremstødet have passeret hen over den bakke (det l. Præstebjerg), der skubbedes sammen ved fremrykningen. Vi finder imidlertid ingen bundmoræne bevaret fra denne første overskridende is. Der er altså også i Præstebjerg et "hul" i lagserien - imellem de ældste stærkt forstyrrede lag og de yngre mindre forstyrrede grus- og sandlag, som flere steder overlejrer dem diskordant. Smeltevandet, der afsatte de diskordante sand- og gruslag, må derfor have gnavet sig igennem og have fjernet moræneaflejringerne fra den første overskridende is. At smeltevandet virkelig eroderede fremgår af, at der nederst i lagene over diskordansen findes dm- til m-store "rullesten" og klodser af det underliggende stærkt forstyrrede grus- og sandlag. Dannelsen af et sådant glacialt bundkonglomerat forudsætter, at de ældre grus- og sandlag var stive og bundfrosne, da smeltevandet eroderede i dem. Ellers ville de løsgjorte sand- og grusklumper ikke have overlevet transporten og indlejringen, men været gået i "opløsning" i det fossende smeltevand.

Aflejringen af det glaciæle bundkonglomerat og de mindre forstyrrede grus- og sandlag var det første varsel om en ny isstrøms fremrykning. Denne gang kom isstrømmen fra en nordøstlig retning. Da isstrømmen rykkede hen over Præstebjerg afsatte den en bundmoræne, der nogle steder hviler på de mindre forstyrrede smeltevandlag og andre steder på de stærkt forstyrrede grus- og sandlag

i den ældste bakkekerne. Men uanset, at denne isoverskridelse betød at der lokalt blev høvlet lidt af det 1. Præstebjerg, resulterede isoverskridelsen dog i, at bakkens hattepuldform blev fremhævet. Nordøst-isens bundmoræne aftegner særdeles smukt det 2. Præstebjergs hattepuldform.

Hvor længe nordøst-isen dækkede det 2. Præstebjerg, ved vi ikke med sikkerhed, men vi ved, at isranden på et tidspunkt "rykkede tilbage", så det 2. Præstebjerg så dagens lys som en typisk hatformet bakke - nu allerede isoverskredet to gange.

Efter at isranden havde trukket sig tilbage, strømmede koldt smeltevand igen omkring Præstebjerg og i en lavning øst for bakken afsattes ret tykke grus- og sandlag ovenpå nordøst-isens bundmoræne. Hvor det 2. Præstebjerg stak mest frem mod øst, eroderede smeltevandet særligt kraftigt og fjernede morænen, før de yngre grus- og sandlag aflejredes.

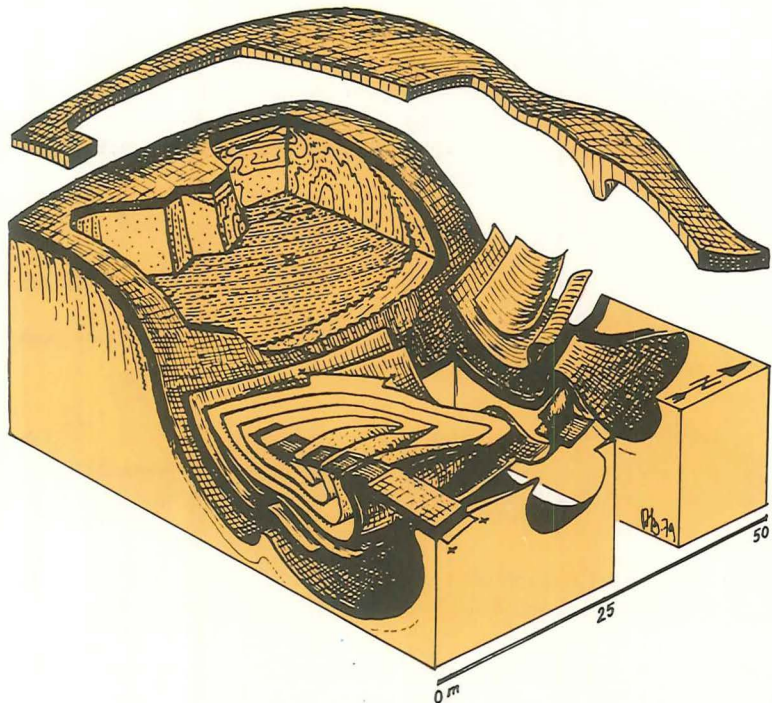


Figur 5. Fire trin i Præstebjergs udviklingshistorie. Pilene angiver hvorfra de forskellige isfremstød kom. Skrånkravering er signatur for morænelag.

Isen havde imidlertid ikke endnu hilst på Præstebjerg sidste gang. Et nyt fremstød, denne gang fra en mere østlig retning, satte ind. Da isen nærmede sig, blev en stor (over 50 m lang) flage bestående af unge sand- og gruslag og lidt af moræneunderlaget skudt frem mod bakkens østflanke. Herved blev lagserien repeteret, så lag af samme alder kom til at ligge oven på hinanden. Under isens fortsatte fremrykning blev de repeterede lag (og også selve overskydningsplanet) foldet som følge af slæb fremefter langs isens bund. Samtidig aflejredes en ny bundmoræne hen over bakken, så det 3. Præstebjerg dannedes. På blokdiagrammet er denne moræne vist løftet op i luften, for at strukturerne i bakkens underliggende dele bedre kan ses.

Det 3. Præstebjerg havde næsten samme form og størrelse som det nuværende 4. Præstebjerg, som grusgraven skærer sig ind i. Den fjerde og sidste isoverskridelse (fra en sydøstlig retning) medførte ikke synderlig erosion, og det efterlod sig kun et tyndt morænedække (ikke vist i blokdiagrammet).

Obduktionen udført i forbindelse med de sidste 5 års intense grusgravning i Præstebjerg har vist, at der er en slående overensstemmelse mellem formen af den første kernebakke (det 1. Præstebjerg) og det 4. Præstebjergs facon. Forklaringen på at den første hatformede bakke i Præstebjerg kunne overleve, blive yderligere udbygget og fremhævet af de senere isoverskridelser, må være den, at bakken, hver gang isen nærmede sig fra et nyt hold, var bundfrossen - og fast nok til at modstå isens slid og tryk.



Figur 6. Blokdiagram der viser den strukturelle opbygning af Præstebjerg. Sammenlign med figur 5.

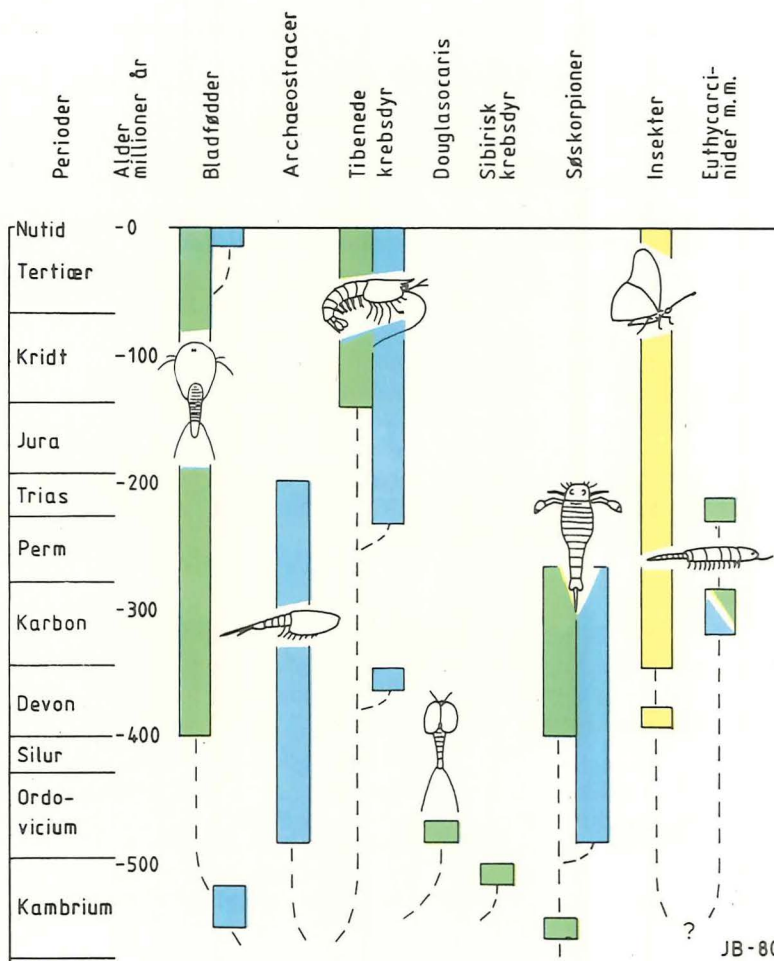
Har man en vinterdag med stiv kuling prøvet at stå på toppen af Præstebjerget, hvor den stærke blæst går gennem ens marv og ben, er det heller ikke svært at forestille sig, at de højeste partier i landskabet under istiden kunne bundfryses til mindst samme dybder som det omgivende landskab.

Men i dag må vi erkende, at den ellers så sejlivede bakkes dage snart er talte. Skulle grusgravningen blive standset, før bakken er helt fjernet, så vil næste istids gletschere givetvis hurtigt udslette de få tiloversblevne rester.

Hvem gider også gå med en hat med et stort hul i ?

Leddyrenes manglende led

af Jan Bergström



Figur 1. Den kendte geologiske udbredelse af nogle udvalgte ledddygrupper. Blå farve viser forekomst i havet, grøn farve forekomst i ferskvand og gul farve liv på land. En leveys i ferskvand eller på land, hvor mulighederne for fossilbevarelse er temmelig ringe, kan let give store huller i den tidsmæssige udbredelse.

Når man studerer livets udvikling ved hjælp af fossiler, ser man ofte, at en dyre- eller plantegruppe ganske pludselig dukker op, uden at man har noget spor af dens oprindelige udspring. Det forekommer specielt mærkeligt, når det drejer sig om dyregrupper med hårde skeletdele, som efter alt at dømme turde være modstandsdygtige nok til at kunne bevares fossilt.

Leddyrene er en gruppe med mange former, som er velegnede til fossilisering. Det skyldes deres hudpanser, det ydre skelet, som består af hærdnede æggehvitedoffer som vigtigste bestanddel - i mange tilfælde kompletteret med kalk eller fosfat. En anden vigtig bestanddel er kitin, men da kitin er et vandopløseligt kulhydrat har det ingen indflydelse på bevaringsmulighederne.

Efter fossilfundene at dømme optræder de vingede insekter først i Nedre Karbon (figur 1), mens et vingeløst insekt, springhalen *Rhyniella* (figur 4 øverst) er kendt fra Devon. Tusindbenlignende leddyr, som insekterne langt ude kan være i slægt med, er kendt allerede fra Silur. Ser man bort fra de havlevende Silure søskorpioner (fra Gotland) kendes de ældste ægte spindlere fra Devon. Krebsdyr kendes derimod allerede fra Nedre Kambrium, mens ægte storkrebs (eumalacostracer) først optræder i Devon og tibenede krebsdyr i Trias (figur 1). I dette tilfælde har man ofte forestillet sig, at storkrebsene stammer fra de ældre, såkaldte, archaeostracer, som er kendt fra Ordovicium til Trias. Ved nærmere eftertanke er det imidlertid umuligt, da storkrebsene har grenede bagkropslemmer og bagest en veludviklet svømmevifte, mens de modsvarende lemmer var stærkt forenklede eller helt forsvundne hos typiske archaeostracer. De nulevende storkrebs er altså mere primitive i lemmebygningen end deres postulerede forfædre, og det kan jo ikke passe.

Store spring ?

Ikke desto mindre må der være en forklaring på den pludselige optræden af en fuldt færdigudviklet gruppe. Enten er der sket store spring i udviklingen, eller også, og mere sandsynligt, findes der lange perioder, hvor udviklingskæden ikke er bevaret for efterverdenen.

En fornyet undersøgelse af krebsdyret *Palaeopalaemon* fra Nedre Devon har vist, at det er et aldeles typisk tibenet krebsdyr, på trods af at det er mere end 100 millioner år ældre end det næstældste tibenede krebsdyr fra Trias (figur 1). Derimod er det klarlagt, at visse leddyrgupper har udviklet sig gennem lange tidsperioder uden at efterlade sig spor i form af fossiler, og til trods for, at deres hudpanser meget let kunne have været bevaret under "normale" omstændigheder.

I aflejringerne fra Rhynie i Skotland, hvor man har fundet det ældste vingeløse insekt *Rhyniella*, er også bevaret edderkopper og bladfoden *Lepidocaris*, som bare var få millimeter lang. Sedimentet blev afsat i ferskvand, og *Lepidocaris* var altså en ferskvandsform.

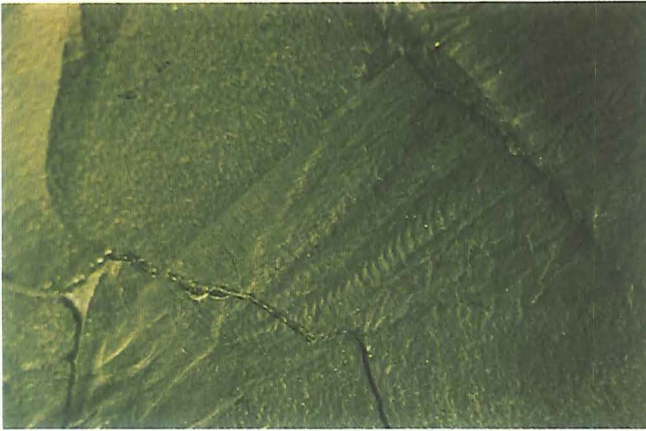
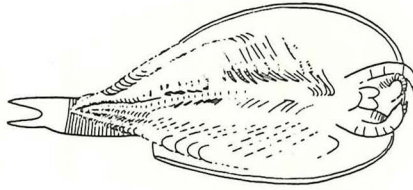
I Nedre Ordovicium lå staten Tennessee i USA langt fra havet, men i et lille

område har man aflejringer med lag af vulkansk aske og tørkesprækker, som antyder tilstedeværelsen af en lille sø, som muligvis tørrede ind nu og da. Fossilfundene er få, men enestående: Her levede bl.a. et lille krebsdyr, *Douglasocaris* (figur 1), og forekomsten af algevegetation antydes af kulholdige træde. Vi har dermed et sjældent indblik i et ordovicisk ferskvandsmiljø. Det er blevet foreslået at den primitive søskorpion *Kodymirus* kommer fra et lignende ferskvandsmiljø allerede i Mellem- og Øvre Kambrium. På en lagoverflade fra Øvre Kambrium vrirler en mængde krebsdyr, som synes at have samlet sig på det dybeste sted i ferskvandspytten inden den uundgåelige indtørring. Se også figur 2.

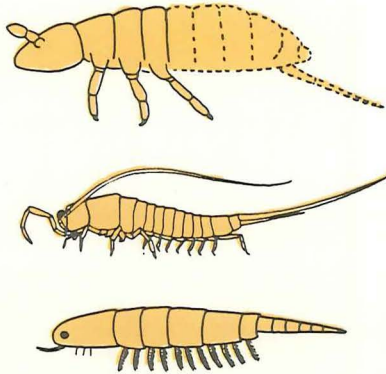


Figur 2. Ubeskrevet krebsdyr fra Øvre Kambriske lag i Sibirien. Det drejer sig formentlig om dyr fra en indtørret sø eller dam.

Eksemplerne kan muligvis være en nøgle til gådens løsning. Måske foregik allerede i Kambrium en udvikling i ferskvandsmiljøer som på grund af dårlige bevaringsmuligheder bare ikke er kendt. Ferskvandsaflejringer ældre end Devon er temmelig sjældne. Dyr som *Lepidocaris* og *Douglasocaris* viser i hvert fald, at ferskvandsmiljøerne er gamle. I Burgess-skiferen fra Mellem Kambrium i Vestcanada findes flere store marine former af bladfødter (figur 3), men derefter forsvinder de og dukker først op igen i Devon og da som ferskvandsformer



Figur 3. Den marine bladfod Branchiocaris fra den Mellem Kambriske Burgess-skifer (Canada): øverst en skitse, og i midten et parti af bagkroppen. Nederst ses en nulevende bladfod, Lepidocaris, fanget i en københavnsk dam.



Figur 4. Øverst: Rekonstruktion af den vingeløse springhale (insekt) *Rhyniella* fra Devon i Skotland. I midten: det nulevende vingeløse insekt *Machilis* med benrudimenter på bagkroppen. Nederst: Rekonstruktion af den vandlevende euthycarcinid *Kottixerxes* fra Karbon. Euthycarciniderne og insekterne kan tænkes at have fælles vandlevende forfædre. Se også figur 1.

(*Lepidocaris*). En mere enkel og troværdig forklaring end en udvikling i ferskvand gennem Ordovicium og Silur findes næppe.

Med hensyn til insekterne har man ikke kunnet påvise nogen vandlevende gruppe som muligt ophav. Dog er der næppe tvivl om, at de oprindelig må nedstamme fra vandlevende leddyr. Spørgsmålet er da, hvordan forfædrene har set ud. Fra Karbon kendes de besynderlige euthycarcinider (figur 4 nederst). Ugrenede, simple lemmer viser at disse dyr ikke var krebsdyr, og de viser ingen lighed med spindlere, søskorpioner eller almindelige tusindben. Affladede eller behårede benled hjalp dem under svømningen i deres sømiljøer. Det er muligt, at de nedstammer fra samme gruppe som insekterne. De adskiller sig naturligvis fra typiske insekter blandt andet ved at have en veludviklet bagkrop med ben og ved at mangle vinger, men det er vel netop, hvad man vil forvente af vandlevende slægtninge til insekterne. Rudimentære ben på bagkroppen findes dog tilmed hos en del nulevende, vingeløse insekter (figur 4 midt).

Rhyniella (figur 4 øverst) fra Devon var et landdyr af nutidigt udseende og allerede fjernt fra ethvert tænkbart fælles ophav til de insektlignende leddyr. Udviklingen kan delvis være foregået i ferskvand, men det forklarer jo ikke den avancerede tilpasning til livet på land.

Det er muligt, at visse leddyr faktisk er gået på land længe før Devon. Tidlige springhaler og andre landleddyr kan have levet i strandzonen og ernæret sig på opskyllede alger, længe før der fandtes en egentlig landvegetation. En lignende levestil ses hos en del krebsdyr på vore nutidige strande, og her findes også den lille violette *Lipura*, som netop er en springhale.

ISTID

af Valdemar Poulsen

Morænen, som er den egentlige istidsaflejring, er en meget karakteristisk aflejringstype. Det mest iøjnefaldende kendetegn - se figur 3 - er den rodede sammenblanding af alle mulige kornstørrelser fra det fineste ler til store sten eller kæmpeblokke på mange tons. I vandaflejrte lag vil man næsten altid finde en pæn sortering, hvor partiklerne i de enkelte lag har nogenlunde samme størrelse - afspejlende vandets øjeblikkelige transportevne. Isen i en gletscher kan betragtes som en meget sejtflydende væske, der kan holde selv de store sten "svævende", og ved isens bortsmeltning opstår da den kaotiske moræneaflejring. I den geologiske lagsøjle forekommer moræner til forskellig tid, og i den nu hærtnede tilstand kaldes de ældre moræner for tilliter. Særlig opmærksomhed har været rettet mod tilliterne fra Karbon og Perm. Den tyske astronom og klimatolog Alfred Wegener fandt, at de nogenlunde samtidige nedisningsspor på sydkontinenterne måtte angive en usandsynlig klimasituation i Karbon og Perm. Det ville svare til en nedisning af næsten hele den sydlige halvkugle (figur 1 A), mens der samtidig på den nordlige halvkugle fandtes tropiske skove, ørkenagtige områder, eller havområder med stærk fordampning førende til saltudfældelse.



Figur 1. 2 modeller for nedisningen i Karbon og Perm. A: Med kontinenterne i deres nuværende position. B: Med samlede kontinenter (Pangæa). Se iøvrigt teksten.

Dette argument blev en hovedhjørneste i Wegener's teori om kontinentdrift publiceret i 1915. Hvis man i stedet forestillede sig, at alle kontinenter hang sammen i et superkontinent (Pangæa) endnu i Perm for 225 millioner år siden (figur 1 B), ville det nedisede område blive på størrelse med de isdækkede områder på den nordlige halvkugle i Kvartærtiden, og dertil kommer, at den tilhørende ækvator måtte gå gennem de bæltter, hvor der er vidnesbyrd om et varmt klima. De manglende nedisningsspor ved den modsatte pol forklares samtidig tilfredsstillende - nordpolen lå dengang i det nordlige Stillehav. Siden Perm er kontinenterne da drevet til deres nuværende position.

Modstandere af teorien om kontinentdrift har enten anfægtet samtidigheden af tilliterne på sydkontinenterne, idet man da ikke behøvede forudsætte nedisning af hele området på en gang - eller kritikerne har benægtet, at tilliterne virkelig

var hærdnede moræner. Det må indrømmes, at visse flodaflejringer kan vise strukturer, som er moræneagtige, men det skal også siges, at tillitterne på den sydlige halvkugle i en del tilfælde er knyttet til skurestriber, som helt entydigt må være frembragt af isen.

Nu er der fra så mange forskellige sider kommet vidnesbyrd til støtte for kontinentdrift, at driften må accepteres som et faktum, og derved bliver mange iagttagelser gennem den geologiske lagsøjle sat på plads. Karbone og Permiske nedisninger i områder, hvor der idag kan være et tropisk klima, repræsenterer kontraster, som må have en forklaring. Tidligere har man tænkt sig større klimaændringer, således at Jorden i perioder kunne have haft et udbredt tørt og varmt klima osv. Det har dog været vanskeligt at påpege årsager til de større klimaændringer. Men har de hvileløse kontinenter til stadighed været i bevægelse, må de have passeret gennem forskellige klimabælter, hvorved lagsøjlen i et enkelt område kan vise drastiske klimaomskiftelser gennem tiderne. Det er meget tænkeligt, at den fortidige relative klimafordeling har svaret ganske til nutidens med et tropisk bælte omgivet af subtropiske, tempererede og arktiske zoner, men man kan endnu ikke sikkert udtale sig om bredden af de enkelte klimabælter.



- | | |
|--|--|
|  PRÆKAMBRIMUM |  DEVON |
|  ORDOVICIUM |  KARBON OG PERM |

Figur 2. Nogle forekomster af tillitter (hærdnede moræner). Bemærk, at Prækambriske tillitter bl.a. forekommer i Norge, Sverige og Grønland. De Prækambriske tillitter, der er spredt over hele Jorden, stammer ikke fra samme nedisning - det kan være vanskeligt at jævnføre forekomsterne på grund af upræcise aldersbestemmelser.

I figur 2 ses, at Sahara's ørken i Ordovicium for godt 450 millioner siden var nediset. Forbløffende nok er sporene efter den Ordoviciske nedisning i Sahara først fundet for 25 år siden - selv om det skurestribeprægede område har en udstrækning på henved 2 millioner km² ! Arealet er dog delvis dækket af flyvesand.

Prækambriske tillitter findes fordelt over hele Jorden, men de repræsenterer flere istider, og den aldersmæssige relation mellem mange af forekomsterne er usikker på grund af manglende præcision i aldersbestemmelserne. Tillitterne rundt om Nordatlanten i Norge, Sverige, Skotland og Grønland hører til den yngste Prækambriske nedisning - Varanger glaciationen. Nogle steder som i Nordskandinavien er tillitterne afsat af en indlandsis (skuretribet underlag), mens materialet andre steder må være tabt fra dravis.



Figur 3. Den kaotiske sammenblanding af ler, sand, grus og sten er typisk for den egentlige istidsaflejring - morænen. Umiddelbart kunne billedet synes at være taget mange steder i Skandinaviens Kvartærforekomster, men det er en hærdnet moræne, en såkaldt tillit, fra Adelaide området i Australien. Tilliten er fra yngre Prækambrium og er mere end 700 millioner år gammel.

OBS! Den 1. november er det 100-års dagen for Alfred Wegeners fødsel. Han fødtes i 1880 og omkom i 1930 under en ekspedition på Grønlands indlandsis.