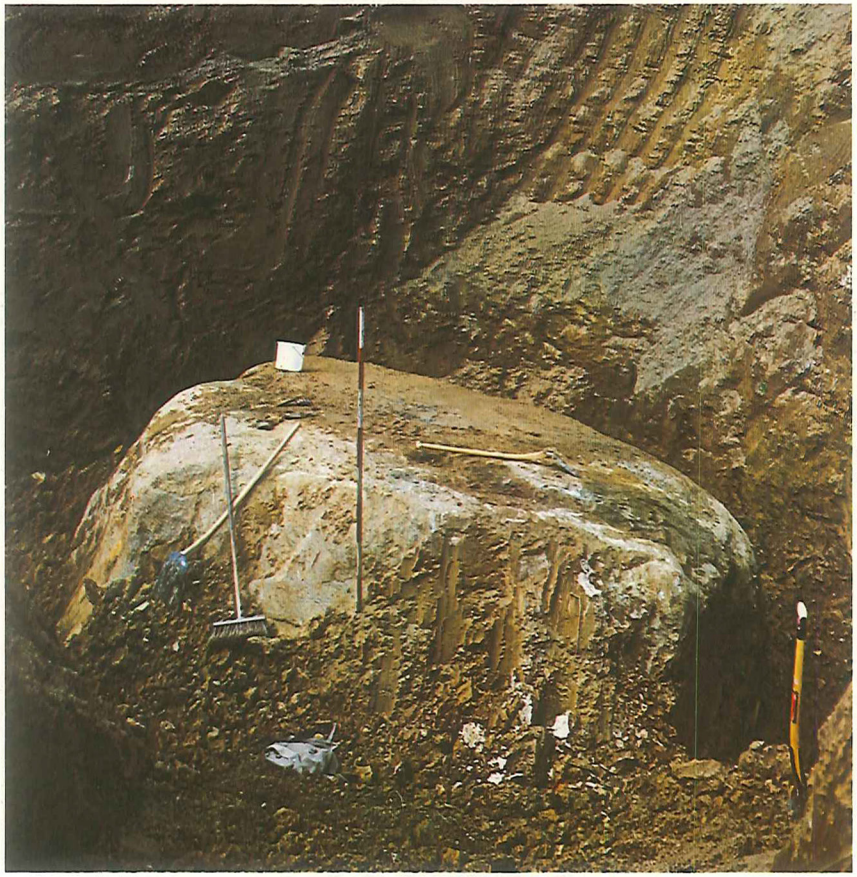
VARV

NR. 4 BLADET MED DE ÆLDSTE NYHEDER 1972



NY STOR STEN I KØBENHAVNS VEST-EGN

Under udgravning i begyndelsen af juli måned i år ved Galgebakken nær Herstedvester Radiostation stødte man i en dybde af knap 3 meter på en meget stor sten: omkring 25 m^3 svarende til cirka 70 tons og største omkreds cirka 15 meter. Stenen er en rødgrå, ret grovkornet granit, gennemsat af en bred, finkornet, sort gang.

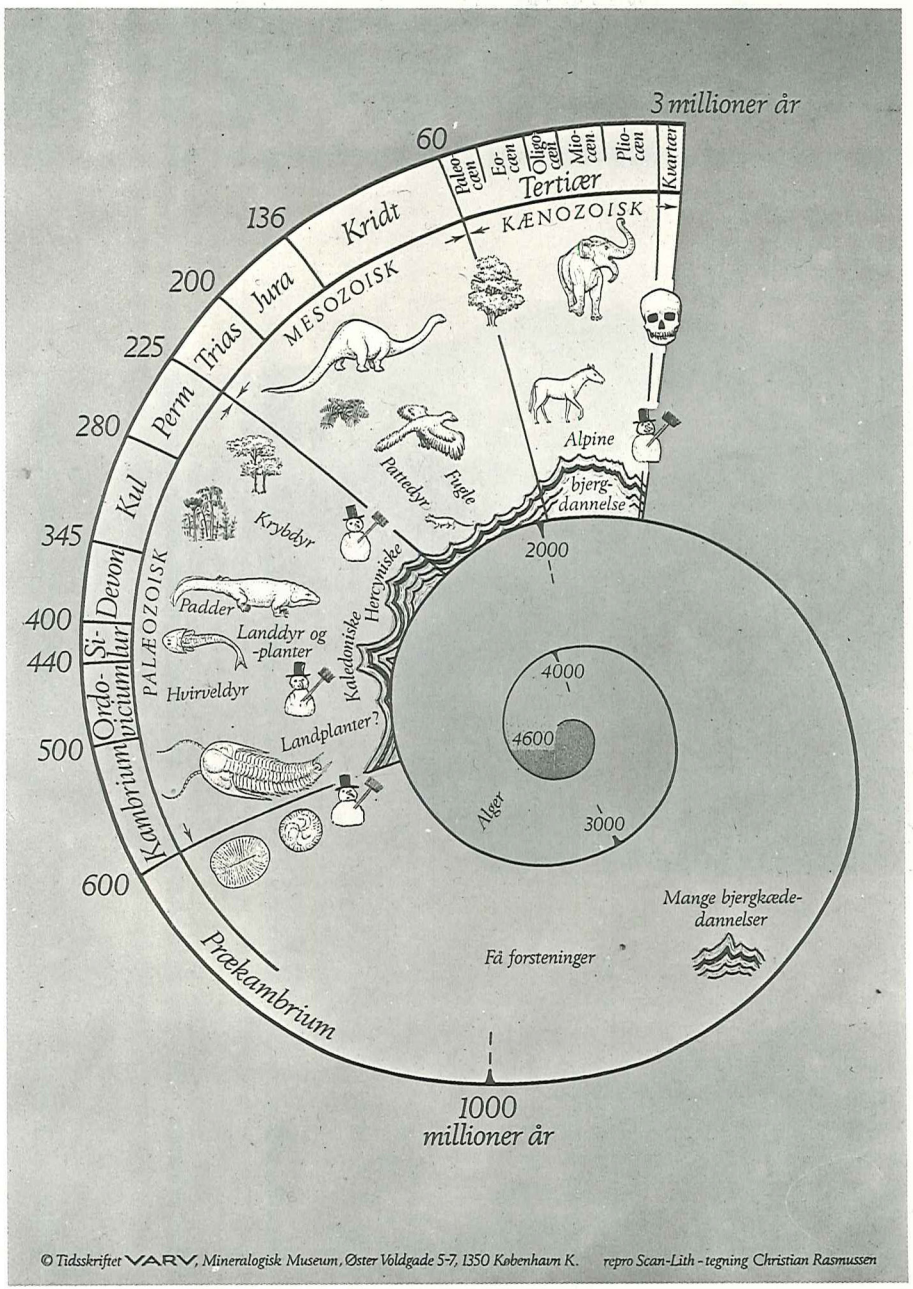
Entreprenører, bygherrer, kommunen og geologer søgte at finde mulighed for at bevare stenen hel og tilgængelig. Den endelige løsning, bliver, at stenen løftes op til overfladen og slæbes til opstilling i et grønt område indenfor den fremtidige bebyggelse nær Herstedvestervej.

Herstedvester-stenen er en værdig lillebror til den i 1967 udgravede Visingesten - Sjællands største - der er opstillet i Vestskoven nær Jyllingevej.

FAIR-PRINT AS
4000 ROSKILDE



SANDSTEN ER IKKE BARE SANDSTEN. VI KAN SE PÅ MINERALSAMMENSÆTNINGEN - DEN KAN AF OG TIL FORTÆLLE OS, HVORFRA MATERIALET I SANDSTENEN STAMMER, OG DET KAN DERNÆST GIVE ET BEGREB OM DET FORTIDIGE DANNELSESMILJØ. OGSÅ STRUKTURER I AFLEJRINGERNE KAN VÆRE AFSLØRENDE, OG DET RUDEFORMEDE NET PÅ LAGFLADEN I ET STYKKE NEXØ SANDSTEN (HEROVER) VIDNER OM AFLEJRING I ET SØMILJØ MED PERIODISK UDTØRRING LEDSAGET AF DANNELSE AF UDTØRRINGSSPRÆKKER. DE ER SÅ SENERE FYLDT UD AF OVERLEJRENDE MATERIALE. EN ARTIKEL FORTÆLLER MERE OM NEXØ SANDSTENEN OG BORNHOLM FOR MERE END 600 MILLIONER ÅR SIDEN - DESUDEN ER DER ARTIKLER OM KRYSTALLISATION AF LAVABJERGARTER, JORDENS INDRE VARME OG REKONSTRUKTION AF DET JYSKE HAVMILJØ I DEN ÆLDRE DEL AF TERTIÆRTIDEN.



FORENING AF AMATØRSAMLERE

En kreds af steninteresserede har dannet "Foreningen af Stenvenner", der ifølge sine vedtægter vil "fremme kendskabet til og interessen for sten, mineraler og fossiler". Man vil søge blandt foreningens medlemmer at have repræsentanter for alle former for "sten"-interesse, hvadenten det drejer sig om stenslibning, samling af mineraler, samling af fossiler eller interesse for ekskursioner. Gensidig hjælp til bestemmelse af mineraler og fossiler samt bytning mellem samlere vil blive væsentlige aktiviteter i den ny forening.

Der er dannet en bestyrelse, hvis formand er Kitty Jørgensen, Furesøvej 16, 3520 Farum. Kasserer er Erik Saxtorph, Solnavej 27, 2860 Søborg. Begge giver gerne yderligere oplysninger om foreningen og dens program for efterårsmånederne.

Varv byder den ny forening velkommen og har allerede aftalt at arrangere en omvisning på Mineralogisk Museum for dens medlemmer i begyndelsen af december.

PRIVATE SAMLERE UDSTILLER

I foråret meddelte Mineralogisk Museum ved opslag og en lille meddelelse i dagspressen, at man gerne ville give plads for udstillinger fra private samlere. En af de første henvendelser herom kom fra Erik Saxtorph, der i cirka 10 år - for at bruge hans eget udtryk - har "hjemsøgt" museet med spørgsmål og ønsker om fossil- og mineralbestemmelser, og som har en betydelig all round samling med særlig henblik på malme og malmforbindelser.

Resultatet blev en udstilling, der varede cirka 1 måned i marts/april 1972, og som bestod af godt 50 mineralstykker fremlagt i tre montrer. Udstillingen var tilrettelagt og opsat af ham selv støttet af museets personale.

Der var et meget betydeligt antal besøgende, der med interesse så på udstillingen, og flere har også skrevet til Erik Saxtorph om den.

Museet har fået en del henvendelser om at arrangere lignende udstillinger, og der overvejes i øjeblikket tilbud om udstilling dels af mineraler fra Iveland dels af fluorescerende mineraler.

VARV

Postadresse: Tidsskriftet VARV, Mineralogisk Museum, Østervoldgade 5-7, 1350 København K. (Tlf. Mi 5001).
Redaktion: Valdemar Poulsen (ansvarshavende), Mona Hansen, Søren Floris, Erling Bondesen.

VARV udkommer fire gange om året. Prisen er 15.00 kr i abonnement. Abonnement tegnes ved indsendelse af beløbet til VARV, postgiro 68880. (Moms inkluderet).
Alle henvendelser vedrørende adresseforandring, fejl ved bladets levering, og lignende bedes rettet til postvæsenet.

Eftertryk af tekst og billeder er kun tilladt med kildeangivelse.

Finn Surlyk

JAGTEN PÅ GAS OG OLIE

Siden Varvs forrige årsoversigt (Varv 1971,4) er der sket meget indenfor dansk område. Den første danske olieproduktion startedes 4. juli 1972. Oliefeltet, der ligger 200 km vest for Esbjerg kaldtes Dan-feltet efter den første danske sagnkonge. Feltets geologiske navn er M strukturen (se figuren i Varv 1971,4).

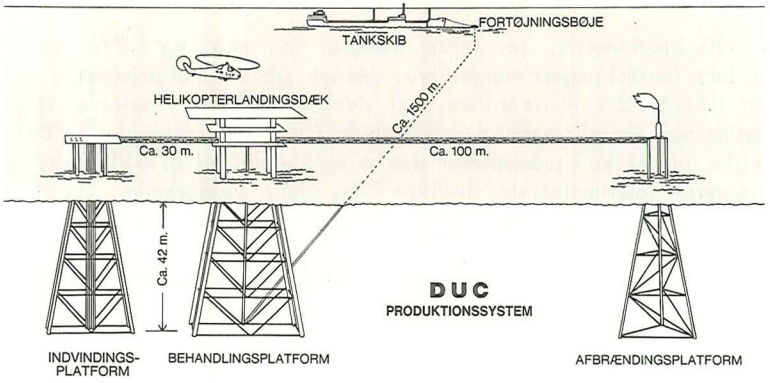
Omkostningerne har været kollosalt store. Dansk Undergrunds Consortium (D.U.C.) har investeret næsten 10 års arbejde og 500 millioner kroner for at nå så langt.

Olien hentes op fra kalkstenslag 2000 m under havbunden og pumpes over i et tankskib, der sejler den til rafinaderier i Danmark. De olieførende lag er fra den yngste del af Kridttiden, det vil sige af samme alder som skrivekridtet i den nederste del af Stevns Klint (cirka 70 mill. år) Produktionssystemet består af 3 platforme, indvindingsplatform, behandlingsplatform og afbrændingsplatform samt en fortøjningsbøje. Fra indvindingsplatformen udgår 5 produktionsboringer. Boringen "Dansk Nordsø M-1" går lodret ned mens de 4 nye boringer udgår fra samme punkt som M-1 men afbøjes ud i de olieførende lag. Inden produktionen startede for alvor måtte man igennem en serie forsøg med forskellige produktionshastigheder. For endvidere at undersøge trykfordelingen i reservoiret har produktionen fra nogle af de fem boringer i kortere perioder været standset. Gennemsnitsproduktionen i den første produktionsperiode var cirka 1000 tons om dagen.

Den 30. juli 1972 satte tankskibet "Marie Mærsk" kursen mod Gulf raffinaderiet i Stigsnæs med 23.000 tons olie i tankene og den 1. august ankom den første danske olielast til Danmark.

Foreløbig forventer D.U.C. at producere 500.000 tons olie om året fra Dan-feltet, men afhængig af erfaringerne fra den indledende olieproduktion, der nu er igangsat, kan det blive aktuelt både at udvide olieproduktionen og at begynde gasproduktion.

På Mineralogisk Museum i København er der for tiden en lille udstilling, der viser prøver af den oliemættede kalksten og råolie samt kort og diagrammer over den olieproducerende geologiske struktur.

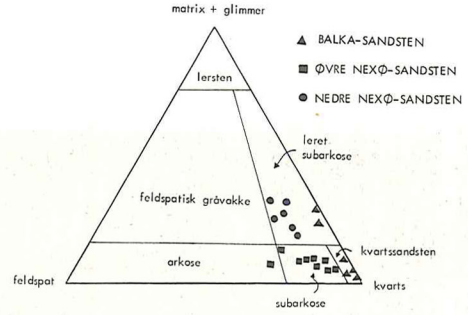


KAMBRIUM'S MORGENRØDE

af Jens Bruun Petersen

Når man besøger Bornholm og beskæftiger sig med øens geologiske forhold, træffer man før eller senere Nexø- og Balka-sandsten. Disse navne dækker over mange forskellige variationer af sandsten i en 160 meter tyk aflejringsserie, så at sige mellem grundfjeldet - de bornholmske graniter - og de egentlige forsteningsførende aflejringer fra palæozoikum.

I det følgende skal der berettes om en undersøgelse af Nexø- og Balka-sandsten. Undersøgelsen omfatter prøver fra hele Bornholm. I alle prøverne forekommer tre grupper af mineraler: 1) kvarts, som er helt dominerende, 2) feldspater samt 3) vekslende mængder af glimmermineraler, der for det meste findes som en finkornet masse (matrix) mellem kvarts- og feldspatkornene. I prøverne findes desuden underordnede mængder af mineralerne hæmatit (røde jernilter) og glauconit - et grønt mineral, der kun kan dannes i havet under bestemte forhold, og hvis tilstedeværelse derfor angiver, at sandstenen er havaflejret.



Figur 1. Nexø- og Balka-sandstenenes sammensætning.

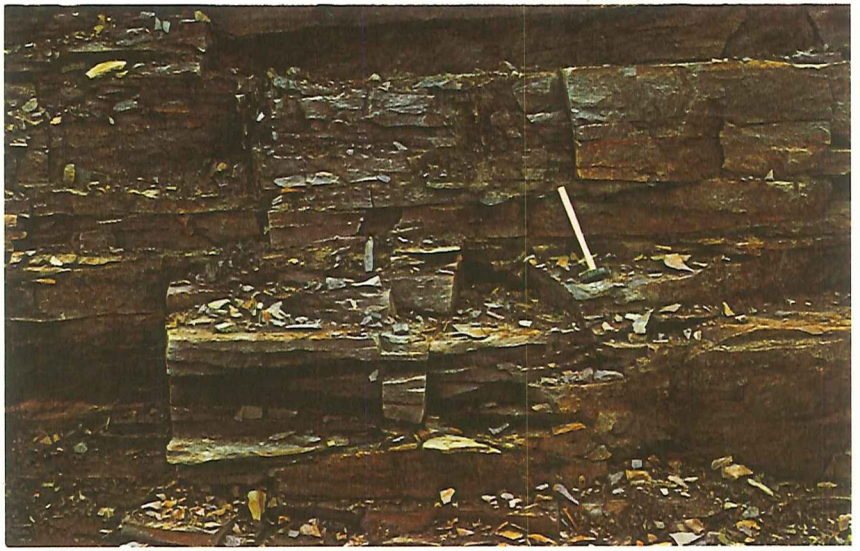
Resultaterne af undersøgelserne er vist i et trekantdiagram figur 1. Hver spids i trekanten repræsenterer 100 % af et mineral, og den overfor liggende side 0 %. Sammensætningen af en bjergart bestående af tre hovedmineraler kan således angives ved 1 punkt. Prøverne fordeler sig i diagrammet i tre grupper, og det viser sig, at de tre grupper forekommer i naturen i en rækkefølge svarende til denne opdeling:

3) Balka-sandsten
2) Øvre Nexø-sandsten
1) Nedre Nexø-sandsten

I det følgende skal de enkelte afdelingers bjergarter omtales. Lokalitetsnumrene henviser til VARV's ekskursionsfører nr. 1: "Geologi på Bornholm".



Figur 2. Forvitrede grundfjeldsbjergarter ved Onsbæk. Den lyse stribe er en pegmatitgang.



Figur 3. Rødbrune nedre Nexø-sandsten. Bodilsker.

FORTIDSVÆSNER - I LOMMEFORMAT

Michael H. Day: "Det forhistoriske menneske". Oversat og bearbejdet af Johannes Harbo.

Barry Cox: "Fortidsdyr". Oversat af Knud Søgaard.

Begge fra serien: Fakta i Farver. Lademann. Pris for hver: kr. 12.75

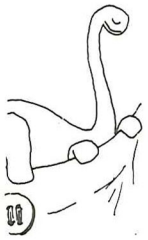
Hvirveldyrstammens udvikling gennem 400 millioner år, kulminerende med vore egne forfædre, er emne for flere populærvidenskabelige bøger, som i de senere år er kommet på det danske marked. Det er spændende stof, som ser ud til at have bæreevne, da endnu to bøger - de ovennævnte - nylig er udkommet, endda i prislag, der er tilgængeligt for enhver. Hvordan emnet realiseres, godt eller dårligt, afhænger af forfatter, oversætter og bearbejder, og i denne henseende må "Det forhistoriske menneske" og "Fortidsdyr" placeres næsten i hver ende af bonitetsskalaen.

Den førstnævnte bog fortæller om mennesket og dets udviklingshistorie i en godt disponeret, veloplagt og klar tekst, der præsenterer de nyeste landvindinger indenfor forskningsområdet. Den er absolut anbefalelsesværdig og gør sin danske bearbejder megen ære. Desværre fik Johannes Harbo aldrig glæden ved at se sit arbejde færdigt i bogform, men hans opgave lykkedes. Bogen blev bedre end dens engelske originaludgave!

Anderledes forholder det sig med bogen "Fortidsdyr", som tydeligt afslører faren ved en oversætter, der ikke har personligt indsigt i emnet. At Knud Søgaard heller ikke er suveræn i engelsk-dansk sprogvalør gør sagen en tak mere trist. Bogens disposition af emnet er god, men den engelske originaltekst er mangelfuld eller forældet på flere punkter, især hvor det gælder de lavere hvirveldyr.

Illustrationerne, ja, farver mangler der ikke, og i "Fortidsdyr" er heller ikke fantasi nogen mangelvare. Mange sjove rekonstruktioner af forlængst uddøde dyr myldrer hen over siderne. Enkelte figurer er dog helt fejlagtige som for eksempel den firbenede fisk (Ichthyostega). I "Det forhistoriske menneske" præsenterer den overvejende del af billederne os for det nøgterne fossilmateriale, hvilket føles uhyre velgørende.

Svend Erik Bendix-Almgreen



VARV ?

Lamineringen i visse nutidige diatomésedimenter består som i moléret af skiftende mørke og lyse, cirka 1 mm tykke lag, og kan vises at være årstidsbetinget, således at et mørkt og et lyst lag tilsammen udgør et årslag, også kaldet et varv. I et vinterregnsklima som ved Californiens kyst består de lyse lag næsten udelukkende af diatoméskaller, mens de mørke indeholder mere ler og er vinterlag.

Måske består moléret væsentligst af 1-2 mm tykke varv, hvilket i forbindelse med de præcise "dato-mærker", askelagene, åbner interessante muligheder for beregning af absolutte sedimentationshastigheder i forskellige aflejringer (diatomit, "plastisk ler").

Som det ses på foto side 48 afbrydes tydeligt laminerede partier af afsnit med mere ensartet sediment. Sådanne afsnit kan være få millimeter til flere decimeter tykke. De repræsenterer tidsrum, hvor bundvandets iltindhold måske har været lidt højere, så at en smule liv har kunnet trives på bunden og forstyrre lamineringen. Netop i sådanne lag i brydningsafsnittet findes ret ofte snegle og slangestjerner samt enkelte muslinger. Gravegange (krebsdyr?) er knyttet til lignende lag. Tilsvarende forhold kendes fra nogle få hundrede meter dybe, iltfattige californiske kystbassiners bund, hvorfra man har mange 2 m lange borekerner, der hver repræsenterer de sidste cirka 2000 års diatomeaflejring.

Det skal pointeres, at hvis 1-2 mm moler i gennemsnit er et års aflejring, så blev hele moléret aflejret på højst 60.000 år med meget høj sedimentationshastighed svarende til visse nutidige diatoméaflejringers. Det stemmer meget dårligt overens med de cirka 3 millioner år angivet af magnetfeltvendinger. Begge hypoteser kan altså ikke være rigtige.

FILOSOFI

Det er et vigtigt karakteristikum ved den såkaldte "naturvidenskabelige metode", at der udfra modeller (hypoteser) gøres forudsigelser, som søges af- eller bekræftet. Forøvrigt kan en hypotese aldrig fuldstændigt bekræftes ("bevises"), men i værste fald endeligt afkræftes.

Den model, der her er givet af miljøet i det tidligt Eocæne hav over Danmark og omegn er ret detaljeret og næppe korrekt på alle punkter, men dele af modellen kan heldigvis afprøves, for der er jo gjort nogle forudsigelser:

1) Moléområdet er den sydligste og østligste udløber af et større langstrakt område med lignende sedimenter. Det vil kunne af- eller bekræftes ved fremtidige boringer i den nordlige Nordsø. Hvis det ikke viser sig at være tilfældet, må den specielle sedimentation forklares på anden måde, for eksempel ved at helt lokale forhold på havbunden som opstigende salthorste har forårsaget særlige strøm- og bundforhold i et ganske lille område, dette forekommer dog mindre rimeligt.

2) De alternerende lyse og mørke smålag er varv. Det kan måske bekræftes med stor sandsynlighed ved en nøje sedimentologisk analyse (forsøges for øjeblikket), eller ved en fremtidig, endnu ukendt metode til absolut aldersbestemmelse.

Niels Bonde

NEDRE NEXØ-SANDSTEN

På et underlag af stærkt forvitret grundfjeld (figur 2) hviler rødbrune sandsten med et stort indhold af finkornet grundmasse (figur 3). Farven er ofte afbleget til lyserød eller eventuelt grå. Der findes mange tynde finkornede eller lerede mellemlag, de mest finkornede er mørkt rødbrune, mens de grovere ofte er lyst grågrønne. Den røde farve skyldes et indhold af hæmatit, der dels findes på kvartskornenes overflader, dels i mellemmassen.

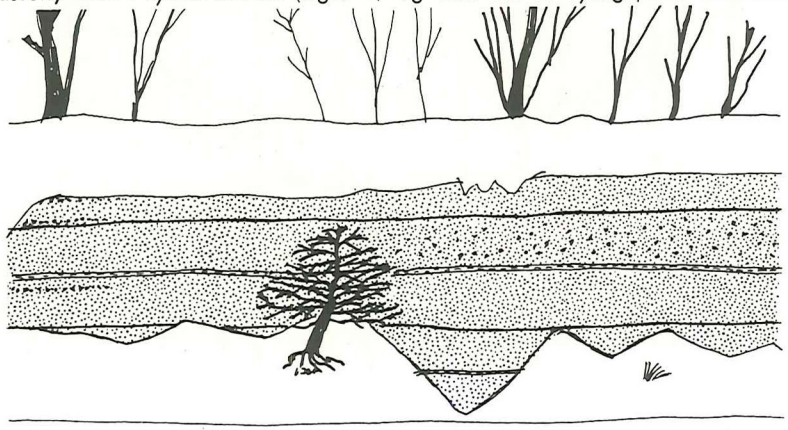
Om disse bjergarter har betegnelsen arkose - det vil sige feldspatholdig sandsten - ofte været anvendt. Feldspatindholdet i en egentlig arkose skal helst være over 25 %, men her er det kun 10-20 %.

Senere processer har medført en delvis opløsning og fjernelse af hæmatiten. Først forsvandt den fra matrix, der blev hvid, men ikke fra kornene. Resultatet blev de lyserøde sandsten, der forekommer sammen med de rødbrune. Hvor processen er gået videre, forsvandt hæmatiten også fra kornoverfladerne, og sandstenen blev da lysegrå. Samtidig hermed ses også en tydelig nedbrydning af feldspaterne. Afblegningen er antagelig en følge af de samme forvitringsprocesser, der andre steder på Bornholm førte til kaolinisering af graniter, sådan som kaolinforekomsten ved Rønne er vidne om.

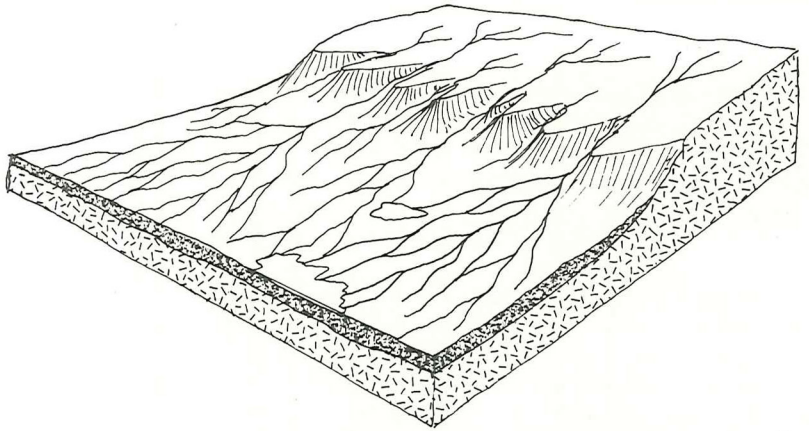
De "rødforvitrede" graniter er tilgængelige ved Onsbæk nær Robbedale (lok. 18) og ved Øleå (lok. 19). De rødbrune og lyserøde sandsten ses i Gadeby (lok. 20), i Bodilsker (lok. 20a) og i det nye Frederiks Stenbrud (lok. 20b). De grå sandsten findes i området øst for Åkirkeby. De er vanskeligt tilgængelige, da de ikke brydes, men af og til dukker de op i forbindelse med vejarbejde, kloakering og lignende.

ØVRE NEXØ-SANDSTEN

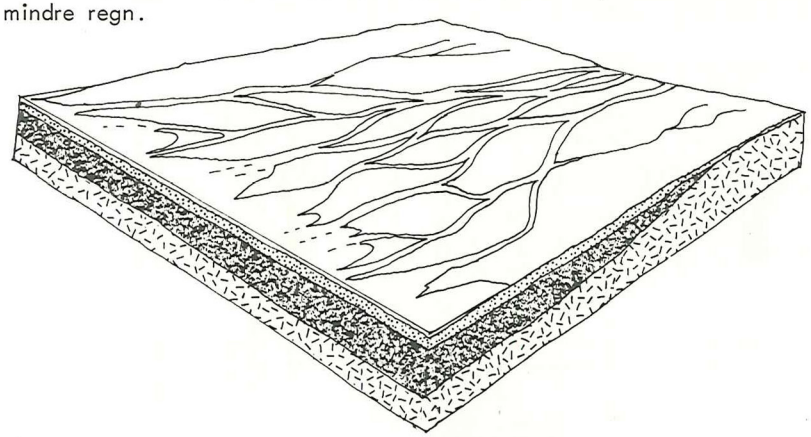
Denne del udgøres af grå, sorte, lyserøde eller rød/hvidstribede sandsten, ofte i tykke bænke (figur 4) og med ret få lysegrønne finkornede



Figur 4. Øvre Nexø-sandsten i tykke bænke med få mellemlag. Stenbrud ved "Godthåb" øst for Åkirkeby.



Nedre Nexø-sandsten aflejres. I Skåne findes ingen tilsvarende aflejringer, og de cirka 70 m Nedre Nexø-sandsten må være aflejret i et sænkningsområde eller bassin i kanten af det skandinaviske grundfjeldsskjold. Overalt i området er klimaet så varmt, at kemisk forvitring ("rødforvitring") finder sted. Periodiske kraftige regnskyl transporterer forvitringsprodukter ned i bassinet, hvor de aflejres i store aflejringskegler af stærkt grenede flodsystemer (figur 8). Det groveste materiale aflejres der, hvor floderne strømmer ud på plateauet. Sand og slam transporteres længere. Det mest finkornede aflejres i små lavvandede søer. - Der hersker ikke egentlige ørkenforhold, for vindaflejrede sedimenter og evaporiter (saltsøbjergarter) kendes ikke fra Nexø-sandstenen. Plantevækst kendes med sikkerhed først fra Silur, og landskabet må have været en art "urørken" med mere eller mindre regn.



Øvre Nexø-sandsten aflejres. En klimaændring giver større nedbørsmængder, og store dele af forvitringsdækket på grundfjeldet fjernes. Tynde subarkoser optræder nu i Skåne, og på Bornholm afsættes cirka 30 m grove, godt sorterede subarkoser. Havets nærhed viser sig ved lejlighedsvise indslag af glauconit i de ganske fossilløse deltasedimenter.

Den sparsomme ilt bruges ved langsom forrådnelse, og bunden bliver til et endnu mere livsfjendsk, mørkt, stinkende slam, hvor kun bakterier som svovlbakterier, der ikke behøver ilt, kan leve. Bundvandet er næsten stillestående og en smule surt, så små kalkskaller (for eksempel foraminiferer) opløses. Men ikke langt under sedimentoverfladen findes et kemisk miljø, hvori kim til kalkudfældning i konkretioner kan dannes i forbindelse med forsæbningsprocesser i det henfaldende organiske materiale kort tid efter indlejringen.

Vi kan forestille os moléområdet som den sydligste udløber af et sådant "upwelling"-område, som må have strakt sig længere mod nordvest. Kisel i den vulkanske aske kan have haft betydning for diatomé-vækst.

Moléret er netop rigt på organismer, der lever i og af plankton, og fattigt på bundformer og har derfor mængder af velbevarede fossiler og fint bevarede laminerede lag. Det lyse molér har også oprindeligt været mørkt slam, med den farve er det nemlig bevaret i de uforvitrede partier, som findes i den nedre del af moleret i "kernen" af visse molergrave, for eksempel i Klovbakken, Mors og "Holmen"s grav, Fur. Farven er også nogenlunde bevaret i det indre af cementstenene, dog lysnet noget af kalken i grundmassen.

Kun ganske svage strømninger ved bunden er antydet af nogle fiskeresters spredning, og enkelte askelag er måske "gledet" på bunden som små mudderstrømme.

Sedimentet synes afsat under bølgeslagszonen, der når til cirka 50 m dybde. Visse fisk indicerer en vanddybde på nogle få hundrede meter, og at området ikke var helt kystnært. Ideen med upwelling og iltfattigt bundvand kræver nok, at der mindst var et par hundrede meter vand, og zonerne med upwelling når 100 km ud fra kysterne idag, de rige planktonbælter meget længere. Moléområdet er nok det danske bassins dybeste del.

Ret stor afstand til kysten antydes måske også af det finkornede ler fra land. Et meget nedbørsfattigt klima er idag ofte karakteristisk for vestkyster med upwelling (U.S.A.-Mexico, Peru-Chile, Sydvest- og Nordvest-afrika og Nordvest-australien), da det er de samme atmosfæriske forhold (vinde mod ækvator), der er skyld i såvel regnfattigt klima som upwelling. Selv hvis Norge og Sverige har været høje landområder, kan vanderosionen på land have været ret ringe, så at størstedelen af "den Eocæne Nordsø" intet groft materiale fik tilført.

Afslutningen på molérsedimentationen (på Knuden, Fur) ved skiftet til rødt "plastisk ler" (Røsnæs Ler) - det vil sige fedt ler som i størstedelen af havet sydfor - kan måske skyldes total omlægning af strømforholdene på grund af åbning af "Den engelske Kanal" i løbet af Nedre Eocæn. Der har næppe skullet meget til for at få upwelling-zonen til at forsvinde fra sit sydligste område.

PALÆOGEOGRAFI

Over Danmark og Nordtyskland strakte sig, mens moléret aflejredes, et hav med forbindelse mod nordvest til den dengang endnu smalle Nordatlant. Vestbredden af denne "Nordsø" lå nær Storbritaniens østkyst, og der var lukket mod sydvest ved Den engelske Kanal. Sydkysten i Nederlandene og Nordtyskland er ret godt kendt (løb lidt nord for en linie Osnabrück - Hannover - Berlin). Havet har østpå strakt sig noget ind i Nordvestpolen, og der er fundet molér-diatoméer i sedimenter - der måske er indlejret i moræne - på Skånes østkyst, så også det sydligste Sverige har nok været havdækket. På Røsnæs er der måske indicier for, at kysten under aflejring af lagene lige over askelag +102 har ligget i nærheden. En havforbindelse østpå helt til Rusland kan næppe helt udelukkes.

Havområdets udbredelse mod nordøst og nord bliver gætteværk, da Eocæne aflejringer her blev fjernet af istidens gletschere, men kysten har vel løbet diagonalt over Kattegat og lidt syd for Norge, der sandsynligvis var land. Den formodede vulkanrest i Skagerrak kan markere land eller en ø nær kysten. (Se kortet side 121).

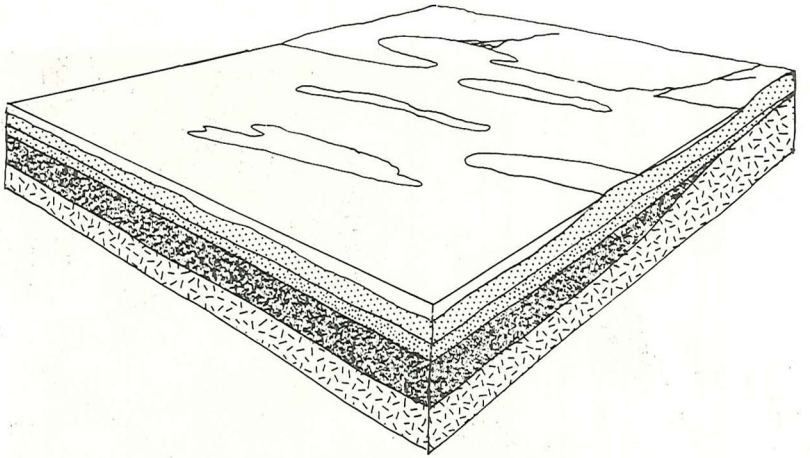
PALÆOKLIMA OG -OCEANOGRAFI

Ingen af molérets fossiler siger noget helt sikkert om klimaet, men taget i sammenhæng antyder dog de fleste fisk, havskildpadder, en fugl, insekter og måske planter et klima noget varmere end i Danmark idag - nærmest subtropisk - hvilket stemmer overens med vidnesbyrd fra samme tid i Sydengland og Nordtyskland. I Eocæntiden lå ækvator 15 - 20° nordligere end nu i forhold til Europa og med den tids bredere klimabælter kan moléområdet eventuelt have ligget i en slags passatbælte (nordøstpassat).

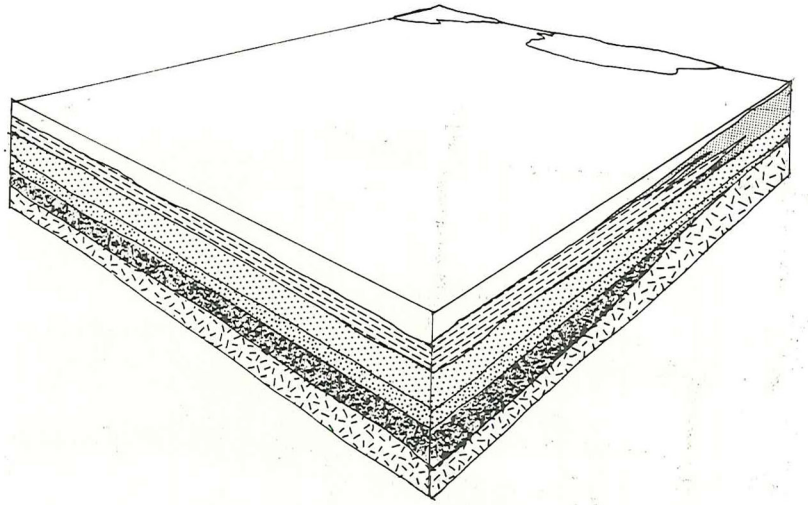
Hvis nordlige vinde dominerede - hvilket askens spredning kunne tyde på, - drev vinden langs Norges vestkyst en overfladestrøm sydpå. Denne blev af afbøjningen ved Jordens rotation (Coriolis kraft) tvunget mod højre, det vil sige vestpå bort fra kysten, og "vandunderskuddet" i overfladen blev da udlignet af langsomt opstigende vand (såkaldt "upwelling") i de øverste cirka 200 m af havet.

Det er kun i sådanne områder med opstigende næringsrigt vand (nitrat- og fosfatrigt), at der i dag findes en extremt rig planktonproduktion, især domineret af diatoméer og andre éncellede planter, som kun lever i de øvre vandlag, hvor der er lys nok til fotosyntese.

Det rige liv nær overfladen forbruger megen ilt, således at der under sådanne områder ofte er meget iltfattige vandmasser og derfor intet eller meget lidt liv. Hvor det iltfattige vand når bunden, får det aflejrede sediment - for eksempel mængder af skaller af døde diatoméer - lov til at ligge i ro uden at blive rodet op af bunddyr. Derved kan ofte bibeholdes en fin oprindelig lagdeling i sedimentet, hvor også større organiske rester kan ligge i fred.



Balka-sandsten aflejres. Det Nedre-Kambriske hav trænger nu ind over området og når op i Skåne. Grundfjeldsområdet er næsten helt udjævnet, og kystliniens beliggenhed er vanskelig at fastsætte. Meget store områder dækkes af et lavvandet hav. Balka-sandstenens mægtighed er cirka 60 m.

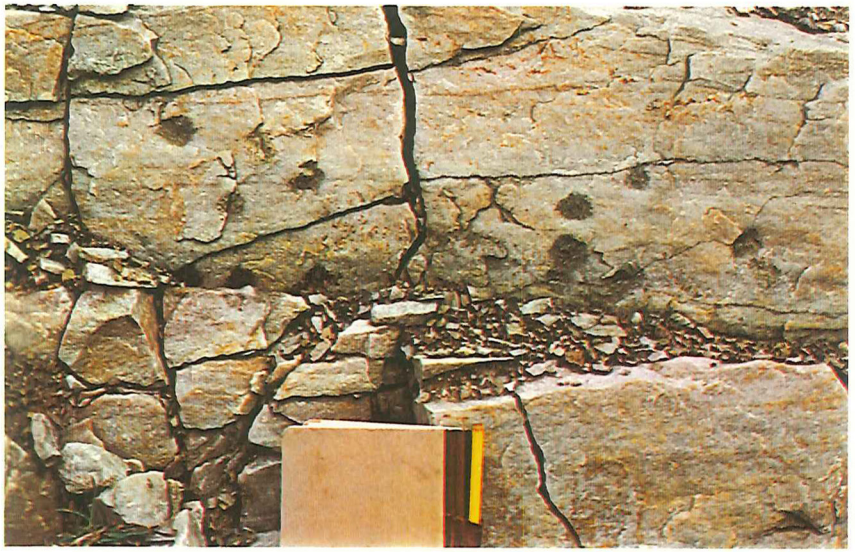


"De grønne skifre" aflejres. Havet er nu dybere, forholdene ved bunden er mere iltfattige, og rester af de dyr, der lever i havet, bevares på bunden som fossiler i fosforitknolde. Der aflejres cirka 100 m.

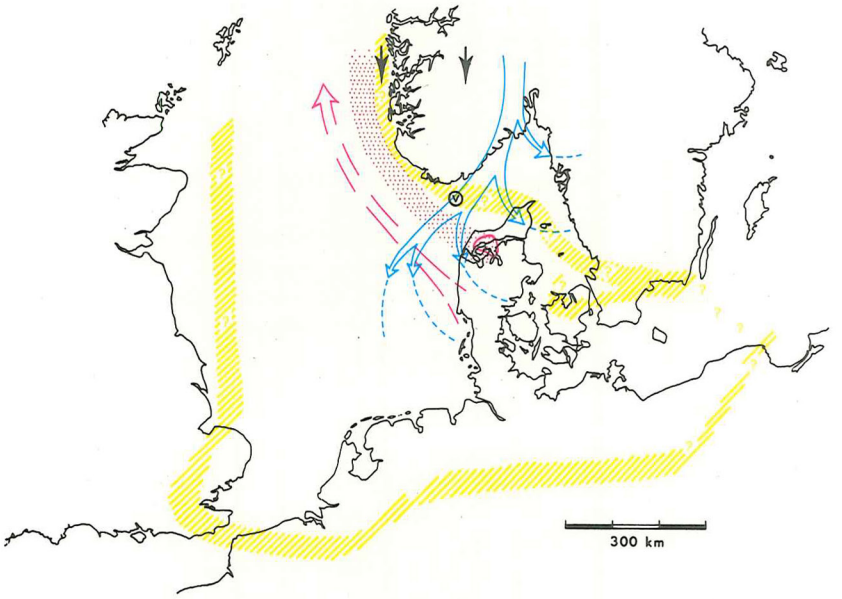
Nedre Kambrium afsluttes med havets tilbagetrækning. Mens dette sker, aflejres fosforitiske sandsten både i Skåne og på Bornholm, hvor der igen findes et udstrakt, lavvandet hav. Til sidst bliver området land i et kortere tidsrum, inden næste havstigning.



Figur 5. Stribet subarkose. Øvre Nexø-sandsten, mellem Balka og Langeskanse.

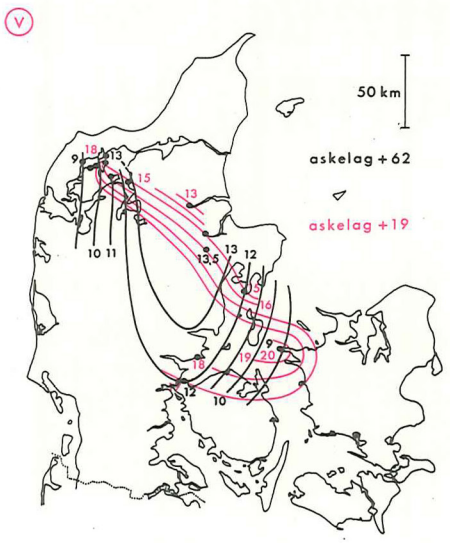


Figur 6. Hvid kvartssandsten med "gasbobler". Balka-sandsten, Strøby.



"Nordsøen" i tidligste Eocæntid. Gult: Kysternes omtrentlige forløb. Det kendte moler-område er omkranset med rødt, (v) er den formodede vulkan. Sorte pile angiver retning for de dominerende vinde, der drev en overfladisk, kølig strøm (blå) sydpå langs kysten. Herved dannedes en zone (røde prikker) med upwelling af næringsrigt vand og et bredere bælte med rig planktonproduktion. Den modgående understrøm (rød) bragte vand ud af bassinet, dybere end denne fandtes ret stillestående, iltfattigt vand, og diatomeer og andet aflejredes på den rolige bund.

Fossiler i cementsten (c) og moler (m): "halv" søstjerne (m), rør af havbørsteorm ? (m), cikadevinge med farvebånd (c), boresnegl (c), stor tæge (c), blad af landplante (m), cikadevinge (c).



To askelag med typisk udbredelse, som angiver udbrudsområde mod henholdsvis nordøst og nordvest i Skagerrak. (v) = vulkan ? Sorte pletter er lokaliteter med dele af askeserien. Linierne går gennem målte eller skønnede punkter med samme askelagstykkelse målt i cm. (Fra S.A.Andersen 1937).





Figur 7. Sort kvartssandsten. I gruberne på lagfladen har der siddet omlejrede små flager af lerskifer. Balka-sandsten, Pedersker.



Figur 8. Schuchert-elven, Jamesonland, Østgrønland. Elvens vand, tungt læsset med sediment, forgrener sig ganske som i aflejringskeglen på side 106.

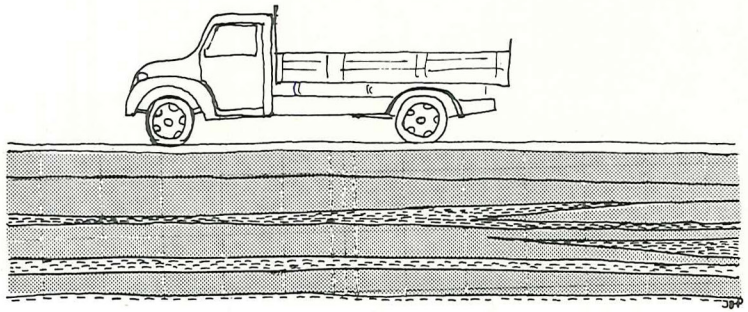
mellemlag. Kornstørrelsesfordelingen i sandstenene viser, at de er godt sorterede. De er undertiden grovkornede og næsten grusagtigt konglomeratiske. Der er kun lidt mellemmasse, og sandskornene er sammenkittet af kvarts. Sandstenene minder ofte om Balka-sandstenene, men et lille indhold af feldspater berettiger til betegnelsen "subarkose" (se figur 1). På grænsen mellem den nedre og den øvre Nexø-sandsten findes en tynd konglomerathorisont (kan ses på stranden ud for Langeskanse mellem Nexø og Balka), og tynde konglomerater findes også i andre niveauer.

De øvre Nexø-sandsten er især tilgængelige i området omkring Nexø og øst for Åkirkeby. For eksempel findes den grå udgave i et lille stenbrud nord for gården "Godthåb", 2 km sydøst for Åkirkeby. Den stribede udgave (figur 5) findes i området mellem Langeskanse og Balka, hvor den veksler med lyserøde og grå sandsten. I det gamle Frederiks Stenbrud findes ligeledes en lyserød udgave. Midt i en bænk nedenfor Stenbrudsgården optræder en glauconitholdig kvartssandsten.

De stribede subarkoser kaldtes tidligere "ginghamsten" efter indisk bomuldsstof af lignende udseende. Stribningen skyldes hæmatit, der er udfældet efter aflejringen af sandet.

BALKA-SANDSTEN

Den yngste af grupperne omfatter hvide, grå eller sorte kvartssandsten (figur 6 og 7) der indeholder næsten ingen mellemmasse og kun yderst få feldspater. Grænsen til øvre Nexø-sandsten markeres af en glauconitførende horisont (ses ved Balka, lok. 21b). De sorte kvartssandstens farve skyldes antagelig et indhold af organisk materiale. Mellem sandstensbænkene findes af og til op til 50 cm tykke grå, grågrønne eller sorte lerskifre (figur 9). De er som regel mere finkornede og bedre sorterede end mellemlagene i Nexø-sandstenene.



Figur 9. Balka-sandsten, her med mange lag af lerskifre. Udgravning mellem Nexø og Langedeby.

Et usædvanligt miljø – MOLÉRET bliver til

af Niels Bonde

"FAKTA"

En del kendsgerninger om moléret blev givet i Varv 1972,2 - de kan opsummeres som følger:

1) Moléret er en fint lamineret (finlagdelt) aflejring bestående i det væsentligste af skaller af kiselalger (diatoméer) og lidt ler, ofte afsat som skiftende lyse og mørke millimetertynde lag.

2) Kalk findes kun afsat i få niveauer som konkretioner eller sammenhængende lag ("cementsten").

3) De groveste komponenter udgøres af molérets aske, figur side 48 der som fine sandskorn er vindtransporteret fra nord - se kortet med typisk aftagen mod syd af tykkelsen af to askelag, samt den mulige vulkanrest i Skagerrak.

4) I askeserien er tre adskilte partier "magnetiseret omvendt" i forhold til nutidens magnetfelt (Varv 1968 side 76 og 1969 side 82). Det kan angive en aflejringstid for moléret på minimalt 3 millioner år, da sedimentationen ikke synes at være afbrudt i løbet af aflejringstiden.

5) Syd og sydøst for molérområdet findes askeserien indlejret i næsten diatoméfrit, fedt ler, som er det dominerende sediment i størstedelen af aflejringsbassinet gennem nedre del af Eocæn.

6) Bassinets syd- og sydvestrand kendes ret sikkert, og molérområdet ligger omtrent midt i bassinets nordlige sænkningsområde, "det danske bassin". Varv 1965 side 15.

7) Moléret er aflejret for cirka 50 millioner år siden - det vil sige i Tertiær, i den allertidligste Eocæntid - måske allerede begyndende i seneste Paleocæntid.

8) Mandt molérets havorganismer dominerer former, der er pelagiske (fra de frie vandmasser) og ofte planktoniske og oceaniske (diatoméer, vingesnegle og de fleste fisk, iøvrigt findes en del "nedfald" - insekter, ? fugle).

9) Bundlevende former (muslinger, snegle, børsteorme (-rør), krebsdyr (-gravegange), sø- og slangestjerner) er sjældnere og mest begrænset til tynde afsnit af moléret, hvor lagdelingen ikke er så tydelig.

10) Fossilerne er ofte meget velbevarede (figurer Varv 1972: forsiden af nr. 1, side 4, 5, 45, 48, 49 og 120).

sig, at de intrusive bjergarter må være afkølet betydeligt langsommere end de eruptive, og eksperimentelle undersøgelser viser, at det netop er afkølingstiden der er afgørende for en bjergarts krystalstørrelse.

På figur 3 ses et diagram, der angiver sammenhængen mellem en smeltemasses temperatur og dens krystallisationsforhold. Magmaer består af mange forskellige grundstoffer, og deres krystallisationsforhold er derfor ret komplicerede. Vi vil derfor se på en simpelt sammensat smeltes krystallisationsforhold. Når en smelte eller et magma krystalliserer foregår der to processer. Der dannes først meget små krystalkerner, og dernæst vokser disse kerner. Hastigheden hvorved der dannes krystalkerner afhænger af temperaturen. Meget nær størkningspunktet (eller smeltepunktet) dannes der næsten ingen kerner - et lille stykke under størkningspunktet stiger den hastighed hvormed der dannes kerner, og hastigheden er størst noget under størkningspunktet.

Hastigheden hvormed krystallerne vokser er derimod størst nær størkningspunktet. Kurven h_v viser variationen i voksehastigheden. En smeltes eller et magmas krystalstørrelse er simpelt hen bestemt af sammenspillet mellem afkølingshastigheden og variationen i h_n og h_v med temperaturen. Hvis smelten afkøles langsomt vil dens temperatur forblive nær størkningspunktet i lang tid. Dermed bliver det krystallisationsforholdene nær størkningspunktet, der bliver afgørende. Nær størkningspunktet er h_v stor medens h_n er meget lille, det vil sige, at der vil dannes få krystaller med en forholdsvis stor størrelse. Derved opstår en grovkornet bjergart som for eksempel granit eller gabbro (T_l). Afkøles magmaet lidt hurtigere vil den hastighed hvormed der dannes krystaller være noget større. Derved dannes der forholdsvis mange men ikke ret store krystaller (T_i). Foregår afkølingen endnu hurtigere vil der dannes mange små krystaller (T_h). Afkølingen kan foregå så hurtigt, at der slet ikke dannes krystaller, og i stedet fremkommer da en glasbjergart, for eksempel obsidian (T_g). De tidligere omtalte porfyriske bjergarter består af store krystaller, der er omgivet af en finkornet grundmasse. Disse bjergarter indeholder altså to typer krystaller. På grundlag af ovenstående kan vi nu sige, at de store krystaller må være dannet ved langsom afkøling, medens de små krystaller er dannet ved en hurtig afkøling. De store krystaller må således være dannet medens magmaet endnu var inde i Jorden, medens de små krystaller er dannet efter at magmaet strømmede ud på Jordens overflade, hvor afkølingen foregår hurtigt.

Sven Møller

Overalt findes spor efter organismer. Ved Balka krybespor i den glauconitførende kvartssandsten, ved Pedersker (lok. 21) krybespor i sorte kvartssandsten. I Strøby (lok. 21a) findes i hvid kvartssandsten dels "kegleformede dannelser", der viser sig at være "ormerør" med tragtformede mundinger, der er flyttet opad i takt med pålejringen, dels findes "gasbobler" (figur 6). "Gasboblerne" er kugleformede områder, diameter 1-2 cm, hvor sandstenen mangler kvartscement. Dannelsesmåden kendes ikke med sikkerhed. Ved Snogebæk (lok 21c) ses flere bænke med "ormerør" af forskellige typer (Varv 1969 nr. 3).

Undergrænsen for Nedre Kambrium sættes som regel ved den glauconitrige horisont, der indleder Balka-sandstenen. Imidlertid findes der også i den øvre Nexø-sandsten glauconit, og den øvre Nexø-sandsten minder ofte om Balka-sandstenen. Undergrænsen for Nedre Kambrium er således ret "flydende".

Sikre aflejringer fra Nedre Kambrium er de "grønne skifre", hvor der er fundet rigtige forsteninger (Varv 1969, 3). De grønne skifre er grå og grågrønne grovskifre og finsandsten, undertiden med glauconit eller fosforit (fosfat med calciumkarbonat), og er afsat i et ikke særlig dybt hav. I Skåne findes fra samme periode sandsten med kalk, fosforit og glauconit.

De grønne skifre er tilgængelige på lok. 22, Broens Odde, på lok. 23-24 ved Læså samt syd for lok. 21c, Snogebæk havn.

Nedre Kambrium afsluttes både i Skåne og på Bornholm med Rispebjerg-sandsten, der er en fosforitholdig kvartssandsten (kan ses på lok. 25 ved Læså). Den er aflejret på lavt vand i et hav, der kort efter trak sig tilbage for et stykke tid. Først senere - i Mellem Kambrium - kom havet tilbage og aflejrede helt andre bjergarter.

På grundlag af oplysninger om de ovennævnte bjergarters sammensætning, strukturer, transportretninger med mere blev blokdiagrammerne på side 102-103 tegnet. På dem kan man få et indtryk af aflejringsmiljøerne i de forskellige tidsafsnit. Forholdene forrest i hvert diagram repræsenterer Bornholm, forholdene bagest Skåne. Lagmægtigheder og afstande er meget fortegnede.

Perioden umiddelbart inden Nedre Kambrium kaldes ofte "Eokambrium", der betyder "Kambriums morgenrøde". Om man vil regne Nexø-sandstenen til Eokambrium eller Nedre Kambrium, bliver en smagssag. Der findes gode argumenter for begge opfattelser.

Jørgen Bruun Petersen

Jordens indre varme

af P.V. Sharma

Den varme vi mærker ved Jordens overflade kommer hovedsagelig fra Solen. Imidlertid bliver solvarmen for det meste kastet tilbage i rummet, og kun en meget lille brøkdel er i stand til at trænge mere end en snes meter ned. Således er dens indflydelse på Jordens indre minimal i i sammenligning med den varme, der kommer inde fra Jorden.

Hovedvarmekilden i Jorden antages i øjeblikket at være de radioaktive nedbrydningsprocesser, men andre kilder som for eksempel den oprindelige temperatur og varmen opsamlet ved materialesammenpresning kan have været betydningsfuld tidligt i Jordens historie.

Varme omdannes gradvis og undertiden dramatisk på vejen fra Jordens indre ud til overfladen. De mest slående eksempler er vulkaner og varme kilder. Under undvigelsen fra Jordens indre påvirker den termiske energi, direkte eller indirekte, processer knyttet til vulkanisme, foldninger og forskydninger samt omkrystallisation af jordskorpens bjergarter.

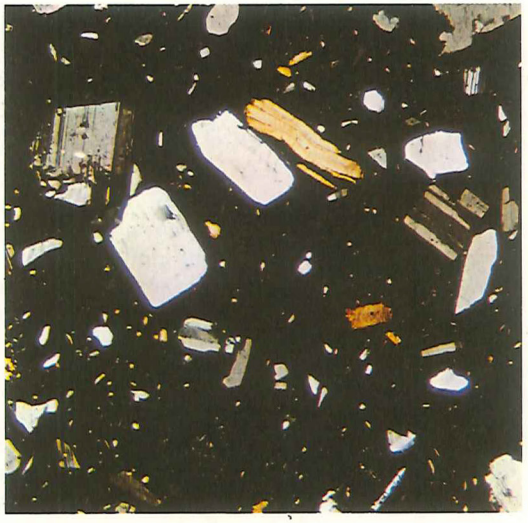
Studiet af Jordens varmeregnskab er en af geofysikens mest filosofisk prægede grene. Ikke desto mindre er emnet vigtigt, fordi studierne kan skaffe interessante oplysninger om Jordens oprindelse og udvikling.

Lad os begynde med at undersøge hvor varmt Jordens indre er!

MÅLING AF JORDENS TEMPERATUR

Den simpleste metode til at studere Jordens temperatur er at bore et hul og bruge et følsomt termometer. Det er ikke altid nødvendigt at bore bare med det formål. Allerede eksisterende minegange, tunneler og oliekilder kan udmærket benyttes. Sådanne målinger viser, at Jordens temperatur på et hvilkensomhelst sted tiltager med dybden, idet den gennemsnitlige temperaturstigning, som kaldes den geotermiske gradient, er omkring 3° Celcius per 100 m dybde i ikke-vulkanske områder.

Et borehul er højst nogle få kilometer dybt. Hvordan kan vi beregne Jordens temperatur ud over den begrænsede dybde? Temperaturen i jordskorpen kan belyses af varmeafgivelsen fra jordoverfladen. Hvis vi antager, at den termiske gradient (3° Celcius per 100 m) er konstant lige til bunden af skorpen i godt 33 km dybde, vil temperaturen der være omkring 1000° C. Imidlertid må den termiske gradient i en hvilkensomhelst given dybde i jordskorpen være mindre end overflademålet, idet forskellen skyldes den radioaktive varme, der frembringes oven over den dybde. Under hensyntagen hertil er temperaturen ved bunden af kontinentskorpen anslået til 600 - 800° C. I oceanerne må temperaturen ved bunden af skorpen være omkring 150 - 200° C - da jordskorpen her kun er omkring 5 km tyk.



Figur 3a. Rhyolit fra Spanien. Den mørke baggrund er glas, de grå stribede krystaller er plagioklas - den brune biotit.



Figur 3b. Granit fra Østfold, Norge. Graniten indeholder store korn af kvarts (nederst til venstre), plagioklas (øverst til venstre), samt mikroklin (nederst til højre) og muskovit (grålig) og biotit (brunlig) mellem kvarts og mikroklin.



Figur 2a. Basalt fra Hawaii. De lysegrå, listeformede korn er plagioklas, de farvede små korn er pyroxen. Bemærk at plagioklaskornene både forekommer som små "lister" og store korn.

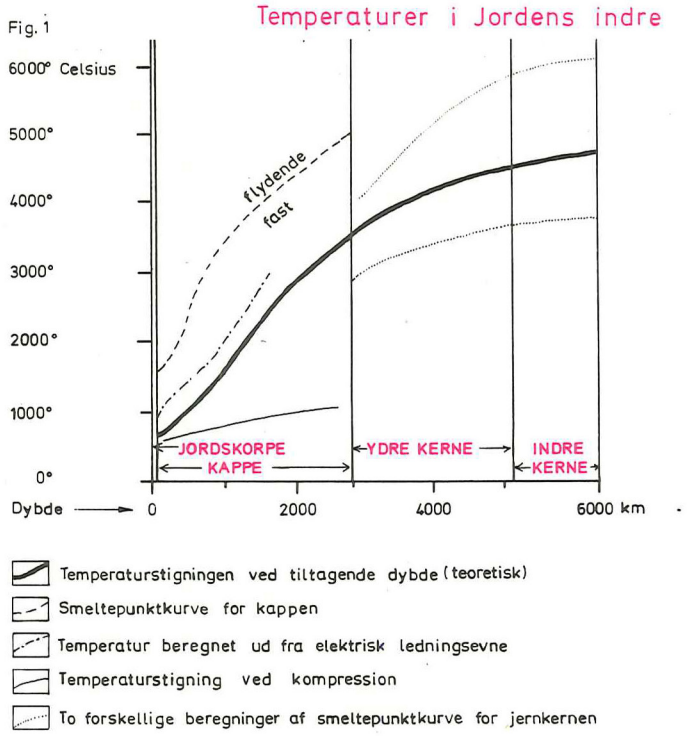


Figur 2b. Gabbro fra Østgrønland. De lysegrå korn er plagioklas, de farvede korn er overvejende pyroxen.

TEMPERATUREN I KAPPEN OG KERNEN

Hvad nu med temperaturen under jordskorpen - det vil sige i kappen og kernen? Her må vi tage tilflugt til indirekte metoder. Slutninger om temperaturforholdene på større dybder er baseret på målte hastigheder af jordskælvsbølger og variationer i elektrisk ledningsevne, men her opereres med flere postulerede fysiske egenskaber ved høje temperaturer og tryk hos kappematerialet, som tænkes at svare til en sort vulkansk bjergart, som kaldes peridotit. Alligevel kan disse faktorer angive de øvre og nedre grænser for temperaturberegningerne.

Fig. 1



Jordskælvsdata antyder, at kappen overvejende er krystalliseret og dermed fast, samt at den ydre jernkerne er flydende. Temperaturen i kappen er derfor under kappens smeltepunktskurve. Med hensyn til den ydre kerne vil beregninger for jerns smeltepunkt ved det store tryk, der er i kernen, give en minimumstemperatur. På samme måde vil jerns smeltepunkt give maksimumstemperatur for den faste indre kerne.

Beregninger af Jordens temperatur opnået ved forskellige metoder vises i figur 1. Til trods for de usikkerhedsmomenter der er i de forskel-

lige beregninger kan dybde/temperaturkurven give et generelt billede af temperaturfordelingen i Jorden.

MÅLINGER AF JORDENS VARMETAB

Efter at have studeret Jordens indre temperatur går vi nu over til at inspicere dens varmebudget. Den varmemængde der strømmer fra Jordens indre ud til overfladen og forsvinder ud i rummet er et direkte varmetab, og det er med andre ord udgiften på Jordens varmebudget.

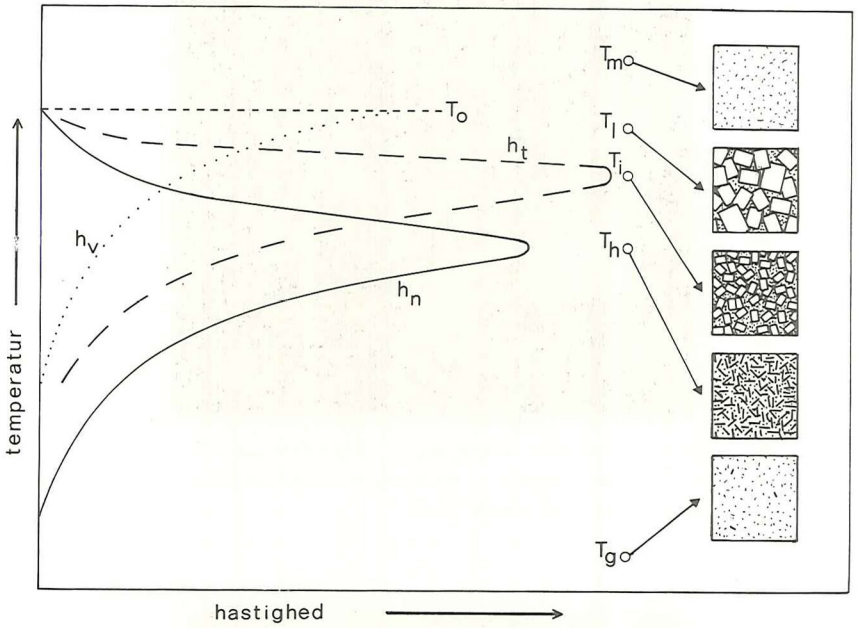
En bestemmelse af varmetabet kræver to separate målinger: temperaturgradienten (r) og varmeledningsevnen (K) i de bjergarter, hvori temperaturerne måles. Varmetabet over en enhed af overfladeareal beregnes så ved formlen $Q = K \times r$.

På landjorden startede målingerne af varmeafgivelsen i 1930erne, og indtil for nylig er nogle få hundrede målinger publiceret. Skønt målinger på oceanbunden først startede i 1952 med Bullard's og andres pionerarbejde, er der nu et større antal data fra oceanbunden end fra landjorden. Det skyldes den kendsgerning, at målinger på oceanbunden er langt simplere end på landjorden.

En generel sammenhæng mellem varmetab og bjergarter samt geologiske strukturer fremgår klart af tabel 1. Inden for både kontinenter og oceaner kan områder med større varmeafgivelse afgrænses. På kontinenterne har de Prækambriske skjolde et ringe varmetab. Områder med ung vulkanisme eller som i nyere geologisk tid har deltaget i bjergkædefoldninger viser en større varmeafgivelse - jo yngre begivenhederne er, jo større er varmetabet. I havene er oceanryggene områder med høj, men varierende varmeafgivelse. Den egentlige havbund karakteriseres af et moderat og ensartet varmetab, og dybgravene afgiver ikke meget varme.

TABEL 1. JORDENS VARMEAFGIVELSE I CALORIER : 1000^2 PER CM^2 / SEKUND

KONTINENTER	
Prækambriske skjoldområder	0.92
Post-Prækambriske ufoldede områder	1.54
Post-Prækambriske bjergkæder	1.48
Vulkanske områder i Tertiær- og Kvartærtid	2.16
Gennemsnit for alle kontinentområder	1.43
OCEANER	
Bassiner	1.28
Oceanrygge	1.82
Dybgrave	0.99
Øvrige oceanområder (shelf etc.)	1.71
Gennemsnit for hele oceanbunden	1.60
Gennemsnit for hele Jorden	1.58



Figur 1.

Krystallisationsforholdene for en smelte. Temperaturen er stigende op ad den lodrette linie, den hastighed hvormed krystallerne dannes og vokser øges mod højre i diagrammet. T_o angiver smeltens størkningspunkt (smeltepunkt), h_v er hastigheden hvormed krystallerne vokser, h_n den hastighed hvormed de enkelte krystaller dannes. H_t angiver den totale krystallisationshastighed, hvilket vil sige den samlede hastighed, hvormed krystaller dannes og vokser. Skit

Skitserne til højre angiver smeltens udseende efter de forskellige krystallisationsforløb: T_m: smelten før krystallisationen, T_l: langsom krystallisation, T_i: moderat krystallisation, T_h: hurtig krystallisation, T_g: meget hurtig krystallisation.

ET MAGMA STØRKNER

af Sven Maaløe

Magmaer er flydende smeltemasser, der dannes inde i Jorden. Deres flydende tilstand skyldes de høje temperaturer mellem 1000° og 1300° C. Hvordan magmaerne dannes ved vi ikke helt, men vi har dog nogle rimelige teorier, som tidligere omtalt i Varv nr. 3 1969. Vi kender de flydende magmaer fra vulkanudbrud, hvor den varme magma efter at have været transporteret op inde fra Jordens kappe, vælder ud fra kraterrøret og størkner. Den størknede magma kaldes lava, en bjergart mange sikkert har set enten ved Ætna, på Gran Canaria eller på Færøerne. Mange af de danske ledeblokke i kvartærtidens moræneaflejringer er også magmatiske bjergarter, dette gælder rhombeporfyrerne, østersøkvartsporfyrerne, kinnekullediabasen og larvikiterne. Sammenligner vi disse bjergarter ses umiddelbart, at de afviger fra hinanden ved deres krystalstørrelse. Rhombeporfyren har store krystaller i en finkornet grundmasse, medens larvikiten udelukkende består af store krystaller. Lad os prøve at se på, hvad der bestemmer en magmabjergarts krystalstørrelse, det kunne måske vise lidt om hvordan bjergarterne kunne være dannet.

Sammenligner man de kemiske analyser af de forskellige magmabjergarter, viser det sig, at der ikke er nogen sammenhæng mellem magmaernes kemiske sammensætning og deres krystal-størrelse. Tværtimod viser det sig, at bjergarter med en og samme sammensætning kan have en vidt forskellig krystalstørrelse, ligesom et hvilket som helst mineral kan danne store krystaller.

På figur 1a og 1b samt 2a og 2b ses mikroskopbilleder af fire forskellige magmabjergarter, der viser dette forhold. Basalt og gabbro har omtrent den samme sammensætning, og rhyolit og granit har ligeledes omtrent samme sammensætning, men bjergarterne har alligevel en vidt forskellig krystalstørrelse.

Forskellen i krystalstørrelsen afhænger af hvorvidt magmaer er størknet som lavaer på Jordens overflade eller er krystalliseret på større dybde i Jorden. Bjergarter, der dannes på de to forskellige måder, kaldes henholdsvis eruptive (eller dagbjergarter) og intrusive (eller dybbjergarter) bjergarter. De eruptive bjergarter har generelt en mindre krystalstørrelse end de intrusive. Undersøger man bjergarternes afkølingsforhold viser det

HVAD FORTÆLLER MÅLINGERNE OM JORDENS VARMEBUDGET?

Det vigtigste og mest uventede resultat af målingerne (tabel 1) er, at det gennemsnitlige varmetab er næsten ens for kontinenter og oceaner. Det blev en stor gåde for geofysikerne.

Før målingerne blev foretaget mente man, at oceanerne med deres tynde skorpe (cirka 5 km) bestående af den vulkanske bjergart basalt med en lav koncentration af radioaktive stoffer måtte have en meget lavere varmeafgivelse end den tykke (30-35 km) granitiske kontinentskorpe med et betydeligt indhold af radioaktive stoffer (se tabel 2). Når kontinenternes og oceanernes varmetab nu viser sig at have samme størrelsesorden, må det afspejle en grundlæggende forskel mellem kappen under kontinenter og oceaner.

TABEL 2. GENNEMSNITSKONCENTRATIONER AF NOGLE RADIOAKTIVE STOFFER

	Bjergart	Vægtenheder per million enheder		
		Uran	Thorium	Kalium
JORDSKORPEN	Granit	5	20	37000
	Basalt	0.8	2.7	6000
ØVRE KAPPE ?	Eklogit	0.052	0.22	500
	Peridotit	0.006	0.02	10
STENMETEORITER	(Kondriter)	0.013	0.04	850

De mest nærliggende slutninger er, at oceankappen har højere temperatur og højere koncentration af radioaktive stoffer end kontinentkappen. En forklaring fremsat af Macdonald foreslår, at bogstaveligt talt alle de radioaktive stoffer i kontinentskorpen er steget op fra kappen sammen med granitiserende stoffer, der dannede kontinenterne, mens de radioaktive stoffer stadig er jævnt fordelt gennem den oceaniske øvre kappe ned til måske 500 km dybde. Hvis denne antagelse er rigtig, indebærer det, at kontinenter og oceaner er permanente, og at den øvre del af kappen undergik en kemisk opdeling tidligt i Jordens historie. Dette er imidlertid særdeles vanskeligt at bringe i overensstemmelse med den voksende bevismængde for kontinentdrift og oceanbundsspredning og vækst bort fra de oceaniske midtrygge (se Varv 1972, 3). Af denne grund er det påkrævet at søge efter en alternativ forklaring.

Den alternative forklaring på ocean-kontinent varmetabproblemet, først fremsat af Bullard, er baseret på transport af varme i den øvre kappe ved konvektion, det vil sige den samme mekanik, som fører vandet rundt i et centralvarmeanlæg. Hypotesen går ud fra, at det meste af varmetabet i oceanerne formidles gennem den øvre kappe til jordskorpen ved konvektion. I den øvre kappe under kontinenterne antages konvektion at mangle eller kun at kunne overføre en langt mindre varmemængde til kontinentskorpen.

Model af konvektion i kappen

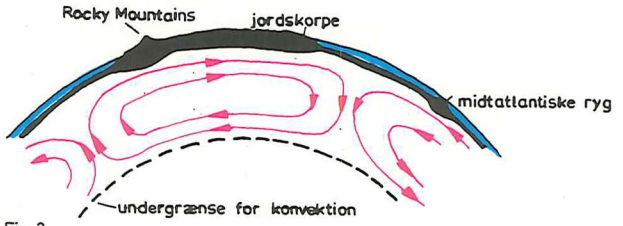


Fig. 2

Det generelle billede er, at konvektionsstrømme stiger op nær ved oceanryggene og afgiver varme på vej videre mod kontinenterne (se figur 2). Den nøjagtige mekanisme i forbindelse med varmeoptagelsen er stadig genstand for megen spekulation. Imidlertid passer konvektionsteorien meget bedre ind i de moderne ideer om kontinentdrift og oceanbundsspredning. Selve ideen om varmestrømning ved konvektion i den øvre kappe har sat skub i studiet af oceanbunden. Med nogle begrænsninger synes ideen også at være forenelig med den nye opfattelse af pladetektonik (se Varv 1972, 3).

BLIVER JORDEN VARMERE ELLER KOLDERE ?

Før opdagelsen af fænomenet radioaktivitet troede man, at Jordens varmeafgivelse var resultatet af afkølingen af et oprindeligt varmt legeme. Fordi Jorden er varmere i sit indre end på overfladen havde man en vag forestilling om, at hele Jorden var varmere ved skabelsen og efterhånden er blevet afkølet. Hvis denne hypotese skulle akcepteres, ville Jorden på grund af efterfølgende radioaktiv opvarmning være smeltet igen i stedet for at afkøles!

Det moderne synspunkt er, at Jorden dannedes som et oprindelig koldt legeme ved tiltrækning og samling af kolde partikler, og at den oprindelige Jords masse var af en lignende sammensætning som visse meteoriter. Jordmaterialet og meteoritmaterialet er helt ensartet i sammensætningen af grundstoffer. Den kemiske sammensætning af Jordens bjergarter kan være ændret i forhold til det oprindelige partikelmateriale ved forskellige kemiske forandringer, men den isotopiske sammensætning af grundstofferne må være forblevet forholdsvis uændret.

Hvis vi nu med rimelighed antager, at Jorden blev dannet gennem en samling meteoritmateriale ved lav temperatur for cirka 4500 millioner år siden, burde vi være i stand til at beregne klodens senere termiske historie. Denne er faktisk udarbejdet på matematisk grundlag under den forudsætning, at de radioaktive stoffer oprindelig var jævnt fordelt gennem hele jordkloden. Den temperaturfordeling, man således kom til (figur 3), er i rimelig overensstemmelse med beregningerne for de nuværende temperaturforhold i Jordens indre, og som tidligere er vist i figur 1.

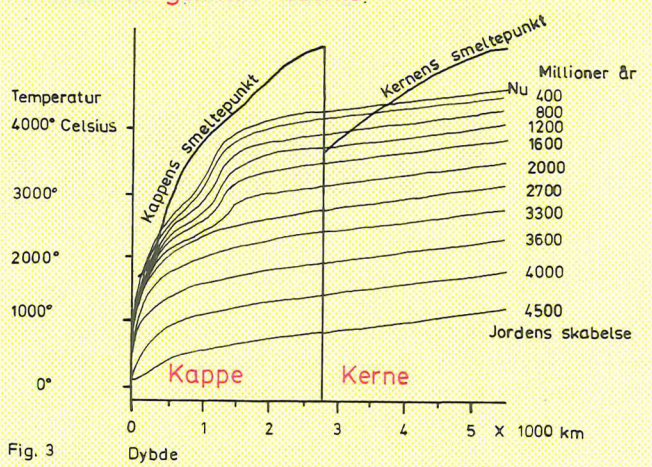


Fig. 3

En anden interessant iagttagelse i denne forbindelse er, at det totale årlige varmetab målt ved Jordens overflade (2.4×10^{20} cal.) stort set modsvarer den årlige radioaktive varmeudvikling, som ville blive udviklet af en meteorit på størrelse med Jorden og med en jævn fordeling af de radioaktive stoffer.

Hvad betyder det ? Hvis hypotesen om en "meteoritisk" Jord er korrekt, taber Jorden lige så megen varme som den udvikler. Derfor er der ikke nogen varme til stede til opvarmning af Jorden. Med andre ord kan vi idag sige, at Jorden hverken bliver varmere eller koldere. Det er det noget uventede svar på det spørgsmål vi stillede tidligere. Den oprindelig kolde Jord er gradvis blevet opvarmet, men på nuværende tidspunkt synes den at have nået en tilstand af varmemæssig ligevægt.

Da forrådet af radioaktive stoffer daler med tiden, vil Jorden utvivlsomt til syvende og sidst begynde at blive koldere.

