

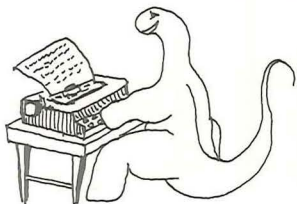
# VARV

NR. 2 BLADET MED DE ÆLDSTE NYHEDER 1979



KORALREV FINDES MERE END 400 MILLIONER ÅR TILBAGE I TIDEN, OG HAR SOM ET HELT SPECIELT MILJØ STOR TILTRÆKNING PÅ GEOLOGER. HEROVER SES ET UDSNIT AF ET NUTIDSRREV FRA RØDEHAVET. DE LEVENDE KORALKOLONIER ØVERST ER VOKSET OP FRA DE AFDØDE NEDRE DELE AF REVET (FISKEN ER GODT 1 METER LANG). OGSÅ CHARLES DARWIN HAVDE ØJE FOR KORALREVENES MYSTERIER, OG I DETTE NUMMER SER VI LIDT PÅ DARWIN'S INDSATS SOM GEOLOG. DESUDEN SER VARV PÅ VINDENS FLYGTIGE SPOR, DEN JYSKE UNDERGRUNDS VARMTVANDSRESERVOIRER BEDØMMES, OG ALMINDELIG JORDBUND LÆGGES UNDER MIKROSKOPET. ENDELIG JAGTER VI SØLV I GAMLE MINER I MAROKKO, OG FORTÆLLER OM OPTAKTEN TIL DET NYE EGNSGEOLOGISKE MUSEUM PÅ GRAM SLOT.

## NYE TIDER – NYE TYPER!



Peter håber at læserne kan lide den nye typografi i VARV. Det er et skridt på vejen til et nyt VARV-initiativ - nemlig udgivelse af et svensk VARV fra 1980. Vore trofaste svenske læsere vil senere blive informeret om, hvorledes de kan skifte til abonnement på det svenske VARV.

Initiativet har kun kunnet realiseres takket være en stor økonomisk hjælp fra det Danske og Svenske Publiceringsnævn. Støtten har blandt andet været indkøb af en avanceret skriftmaskine, som skal lette skrivearbejdet, og vi har ikke kunnet nære os for allerede nu at tage den nye maskine i brug.

### HELDIGE VINDERE!

Kodeordene fra 'Kryds-og-Tværsen' i nummer 1 var: Sphaerophthalmus, Tyrannosaurus, Allerød og Peridotit. Følgende 10 vindere af et gratis abonnement for 1980 blev udtrukket:

V.Bering Løthvej 29, Saltum.  
N.C. Danhøj, Madekildeengen 13, Bjerringbro  
Ida Jacobsen, Lyngbygårdsvej 7B<sup>2</sup>, Lyngby  
E. Langemark, Toftekærvej 72, Gentofte  
Edel Madsen, Hudevad Byevej 7, Årslev  
Peter Madsen, Viborgvej 112, Århus V  
S. Mortensen, Klostervej 80, Ry  
Jørgen Schmidt, Vesterbakke 10, Broager  
Kai Willadsen, Sct. Jørgensgade 16, Slagelse  
I Wohlert, Pilevangen 30, Brøndby Strand

OBS! Af tekniske årsager vil vinderne automatisk få tilsendt girokort for 1980, og vinderne skal bare undlade at betale - Peter har registreret vinderne i kartoteket.

## VARV

Postadresse: Tidsskriftet VARV, Geologisk Museum, Øster Voldgade 5-7,  
1350 København K. Telefon: 01-13 50 01.

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

VARV udkommer fire gange om året. Prisen er 38,00 kr i abonnement. Abonnement tegnes ved indsendelse af beløbet til VARV, postgiro 9 06 88 80.

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

© 1979 VARV. Eftertryk af tekst og billeder kun efter tilladelse.



# Jord under mikroskop

af Elise Bastrup

For at undersøge jordbundens udviklingshistorie og dens egenskaber som grundlag for plantevækst, må der normalt foretages analyser af prøver fra de forskellige lag, der udgør et jordbundsprofil. Til fysiske og kemiske analyser af jord anvendes sønderbrudte prøver, hvor bestanddelenes naturlige indbyrdes relationer er ødelagte. Derved bliver resultaterne en slags gennemsnitsværdier, som ikke tager hensyn til de enkelte bestanddeles oprindelige placering i jorden.

I mange tilfælde kan et kendskab til de interne strukturforhold imidlertid være afgørende for forståelsen af jordbundsudviklingen. Det gælder for processer som opløsning og udfældning af kalk, transport af lerpartikler, humus, jern og andet, foruden biologiske omsætningsprocesser. En mulighed for at betragte den indre struktur i jordbunden fås ved fremstilling af tyndslib af uforstyrrede jordprøver efter imprægnering. Ved mikroskopering af slibene kan der findes synlige beviser for nogle af de processer, som har fundet sted i jorden.

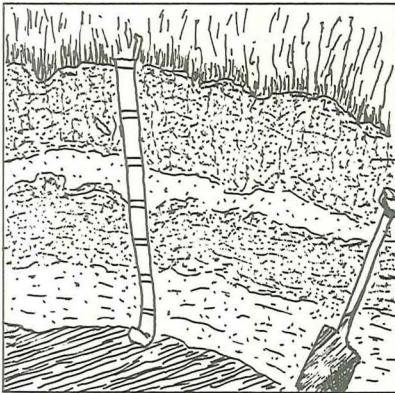
## GENERELT OM JORDBUNDSDANNELSE

Jordbundsudviklingen afhænger af adskillige faktorer, hvoraf de vigtigste er klimaet, udgangsmaterialet, vegetationen og tiden. Derfor er en fastlæggelse af den geografiske fordeling af jordbundstyper i Danmark ret kompliceret. Som eksempel på klimaets indflydelse kan nævnes, at nedbørens ujævne fordeling over landet, med et maximum i Sydvestjylland og et minimum i Storebæltsregionen, på Samsø og Helgenæs, bevirker en større udvaskning af jordbunden i Jylland. Vegetationstypen har først og fremmest indflydelse på jordbunden gennem tilførslen af mere eller mindre sure affaldsprodukter fra blade, stængler og rødder. For eksempel frembringer lyngplanter meget sure nedbrydningsprodukter. Betydningen af udgangsmaterialet under danske forhold skyldes fortrinsvis jordens indhold af nærings-ioner og dens evne til at tilbageholde gennemsivende regnvand. Begge forhold er stærkt afhængige af lerindholdet, fordi lerpartiklerne er i stand til at binde både ioner og vand til sig. Det vil sige, at en leret jord oftest er næringsrig og kan under tørke forsyne planter med vand i længere tid end en sandet jord. Med tiden sker der dog også en udvaskning af ionerne, og i lerjorden en transport af lerpartiklerne. Her kommer vi ind på den sidste af de nævnte faktorer - tiden. Det har vist sig, at dannelsen af en brunjord med lerudfældningshorisont varer omkring 10.000 år, mens en podsoljord kan dannes på få hundrede år. Det sidste kan ses i klitter af historisk alder, hvor man kan finde op til 3 podsoljorde ovenpå hinanden. En ny podsol er dannet, når sandflugt har aflejret materiale ovenpå den eksisterende jordbund.

En sådan opdeling i faktorer med indflydelse på jordbundsdannelsen er selvfølgelig kunstig. Ofte er det umuligt at skelne de enkelte faktorer betydning fra hinanden, og faktorerne påvirker også hinanden. For eksempel afhænger vegetationen tit af udgangsmaterialets beskaffenhed og klimaets variation gennem tiden.



Figur 1. Brunjord med lerudfældningshorisont fra Hestehaven. Afstanden mellem de hvide tværstreger på målebåndet er 20 cm. Materialet upåvirket af jordbundsdannelsen, C-horisonten, ligger dybere end 160 cm og ses ikke på billedet. Materiale fra C-horisonten indeholder cirka 20%  $\text{CaCO}_3$ .



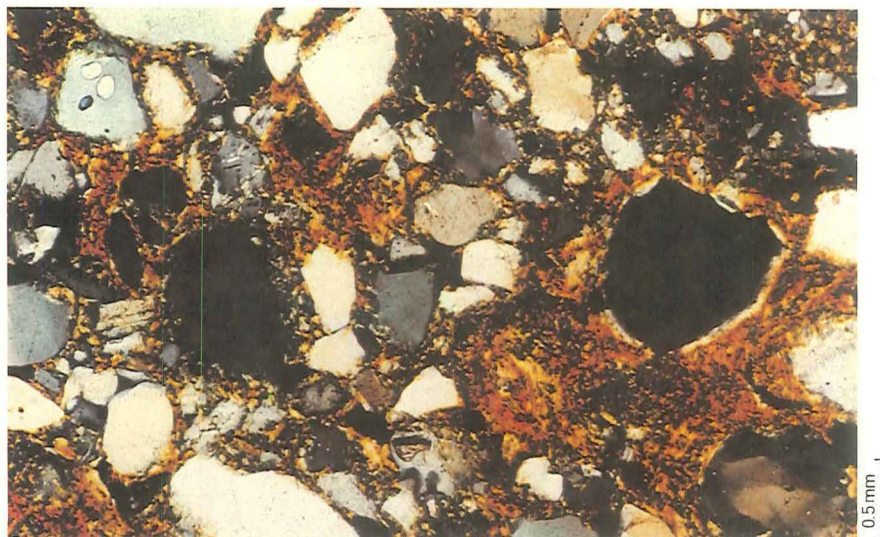
A1 horisont med stort humusindhold, muldlag, cirka 10% ler

A2 udvasket horisont med 6% ler

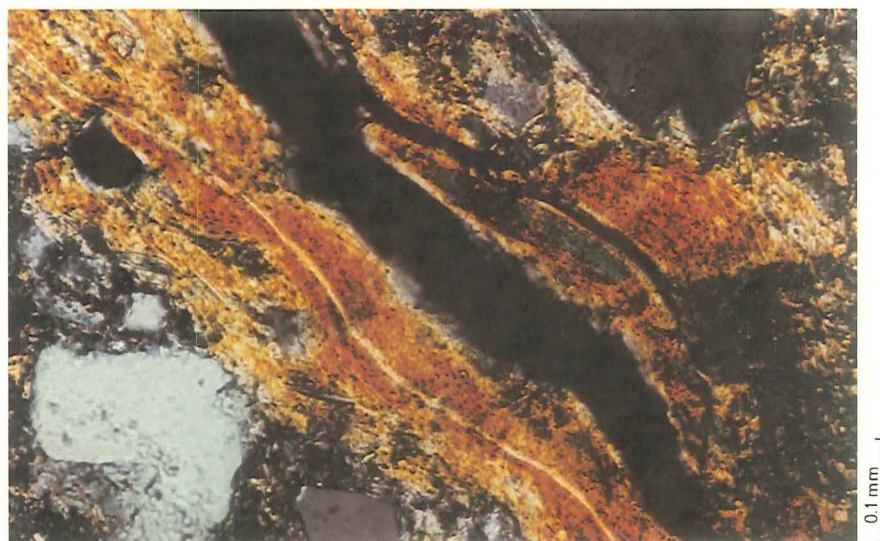
B2t lerudfældningshorisont med veludviklet mangelkantet struktur, 20-25% ler

B3t lidt lysere horisont med svagere struktur.





Figur 2. B2t-horisonten. Polariseret lys. Kvartskornenes frave varierer fra hvid over grå til sort. Porerne er her sorte. Det gullige materiale er ler. Den store pore til højre i billedet er helt omgivet af lerudfældninger.



Figur 3. B2t-horisonten. Polariseret lys. Diagonalt løber en kanal (sort) omgivet af gulligt lagdelt ler.

## UDVALGTE JORDBUNDSTYPER

I det følgende præsenteres to af de almindeligste danske jordbundstyper, nemlig en brunjord med lerudfældningshorisont (figur 1) og en podsoljord (figur 4). Den første type findes udbredt på moræner i Østdanmark, det vil sige på leret, ofte kalkholdigt materiale. Podsoljorden er derimod typisk for den fattige hedejord (både hedeslette og sandet bakkeø) i Vestjylland og på sandede jorde, for eksempel klitter, andre steder i landet.

Den her omtalte brunjord findes i bøgeskoven Hestehaven ved Rønde, 30 km nordøst for Århus, og podsolprofilet findes i en grusgrav ved Engesvang, 13 km vest for Silkeborg.

Først lidt om den teoretiske baggrund for dannelsen af de to jordbundstyper.

### HVORLEDES DANNES BRUNJORD MED LERUDFÆLDNING

De processer, som fører til dannelsen af brunjord med lerudfældningshorisont, er mulddannelse, opløsning af kalk i de øverste 1-2 meter og transport af lerpartikler fra den øverste del af jorden til en udfældningshorisont nede i 50-150 cm dybde.

Mekanismerne bag mobilisering, transport og aflejring af lerpartikler kendes ikke fuldstændigt, men følgende teorier er almindeligt accepterede. Mobilisering kan ske, når leret i en horisont bliver fattig på især  $\text{Ca}^{++}$ - og  $\text{Mg}^{++}$ -ioner, men ved højere surhedsgrader også  $\text{Al}^{+++}$  og  $\text{Fe}^{++}$ . Transporten foregår ved mekanisk opslemning af partiklerne i det gennemsvivende vand. Aflejringen giver derimod anledning til større uoverensstemmelse mellem de to dominerende teorier.

Teori 1 anlægger synspunktet, at aflejringen sker ved 'fnugdannelse' (flokkulering) i det øjeblik lerpartiklerne når en horisont med højere indhold af de ovennævnte ioner, som er 'fnugdannende'. Teori 2 hævder, at nedsivningen standses ved, at vandet suges ind i tørre partier i jordbunden, og at lerpartiklerne derved 'filtreres' fra som lerhinder på overfladen af jordklumperne. Tilhængerne af teori 2 er nok efterhånden i overtal, hvilket blandt andet skyldes, at lerhinderne ofte træffes temmelig langt nede i kalkholdige horisonter, hvor der jo er masser af 'fnugdannende' ioner.

### HVORLEDES DANNES PODSOLJORD

Podsolen karakteriseres af et morlag (surt, ufuldstændigt dannet organisk materiale) og en iøjnefaldende horisontopdeling, hvor sorte organiske forbindelser og rødbrune jernforbindelser danner hver sin horisont under en næsten hvid horisont (figur 4). Det skal dog bemærkes, at langt fra alle podsoltyper er så stærkt opdelte, men at vi i Danmark træffer nogle af de smukkeste udviklede podsoler i Europa.

Zoneringen opstår ved, at umættede organiske forbindelser fra morlaget, opløst i det nedsivende vand, danner komplekse forbindelser med jern- og aluminium-ioner i den underliggende jord. Med regnvandet flyttes forbindelserne nedad i jorden, og udfældning finder sted, når alle ledige pladser på de organiske forbindelser er besat med metalioner. Senere nedbrydes forbindelserne af mikroorganismer, så jern- og aluminium-ioner igen frigives.



## LERHINDER I BRUNJORDEN

Den vigtigste proces i brunjorden er lertransporten, som illustreres ved de følgende to billeder af tyndslib. Aflejring af lerpartikler på jordklumper i B-horisonterne ses ofte med det blotte øje som en glinsende belægning. I tyndslibene er det muligt at afsløre, at selv en ringe transport har fundet sted og placering, tykkelse og bestanddele af lerhinderne kan studeres nærmere. Figur 2 viser et udsnit fra B2t-horisonten med mange lerhinder og lerudfyldte porer. Leret ligger som lamelagtige, lysende gule, langstrakte udfyldninger mellem kornene. Det skyldes, at de små pladeformede lermineraller ligger parallelt og derfor bryder lyset, som om de var et enkelt mineralkorn.

Figur 3 viser en kraftig forstørrelse af en lerhinde med særlig tydelig lamelopbygning.

## JERNBÅNDET I PODSOLJORDEN

En af de vigtigste horisonter i dette profil er det tynde jernbånd omtrent midt i profilet. Både i naturen og i tyndslibene ses adskillige rødder over det stærkt cementerede jernbånd, nærmest som en 'matte'. Det tyder på, at i hvert fald en del af B2h-horisonten dannes efter jernbåndets opståen. Cementeringen bremser nemlig røddernes nedtrængen, hvorfor de på stedet nedbrydes til humusforbindelser af mikroorganismer. B2h-horisonten er således ikke udelukkende dannet af udfældede organiske forbindelser fra overfladelagene, som man tidligere har ment.

## LERHINDER OGSÅ I PODSOLEN

I den nederste del af profilet afslører tyndslibene lerhinder både i B3ir- og C-horisonten. Her kan mikromorfologien altså påvise en lertransport, som er usynlig med det blotte øje og som heller ikke konstateres ved analyser af partikelstørrelsesfordelingen.

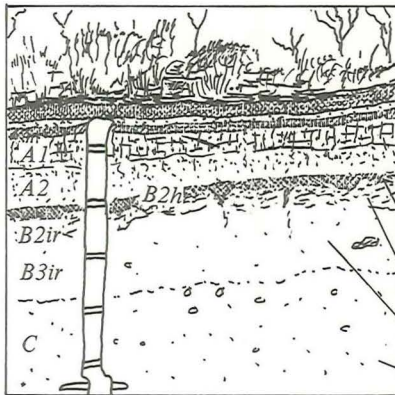
## KONKLUSION

Ved undersøgelse af tyndslib fra jordprøver under mikroskop, er det muligt at opdage en række skjulte træk ved jordbunden, foruden at tyndslibene kan tjene som dokumentation for visse processer, for eksempel lertransport.

Endelig er mikromorfologien et udmærket pædagogisk hjælpemiddel, idet visuelle oplevelser ofte forstås og huskes bedre end en teoretisk gennemgang.

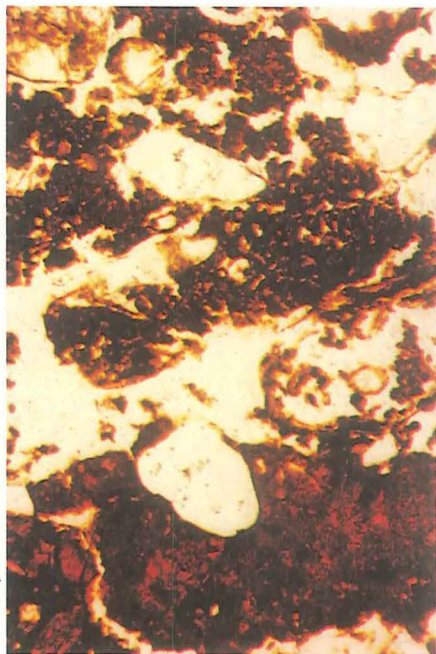


Figur 4. Podsolprofil fra Engesvang.



- lyngtørv
- flyvesandslag
- tidligere overflade
- horisont med stort organisk indhold, som er ufuldstændigt omdannet
- kraftigt udvasket horisont, hvor rene kvartskorn giver den lyse farve
- horisont med udfældning af organisk stof
- tyndt jernbånd
- jernudfældningshorisont
- horisont stadig præget af jernforbindelser
- upåvirket jord





*Figur 5. Overgangen mellem B2h og jernbåndet. Forneden i billedet ses det rødlige jernbånd, som udfylder omtrent alle porer med jernforbindelser. Ovenfor findes det mere granulære og brunlige organiske stof (B2h) og en del smårødder, som tilsyneladende ikke kan trænge gennem jernbåndet.*

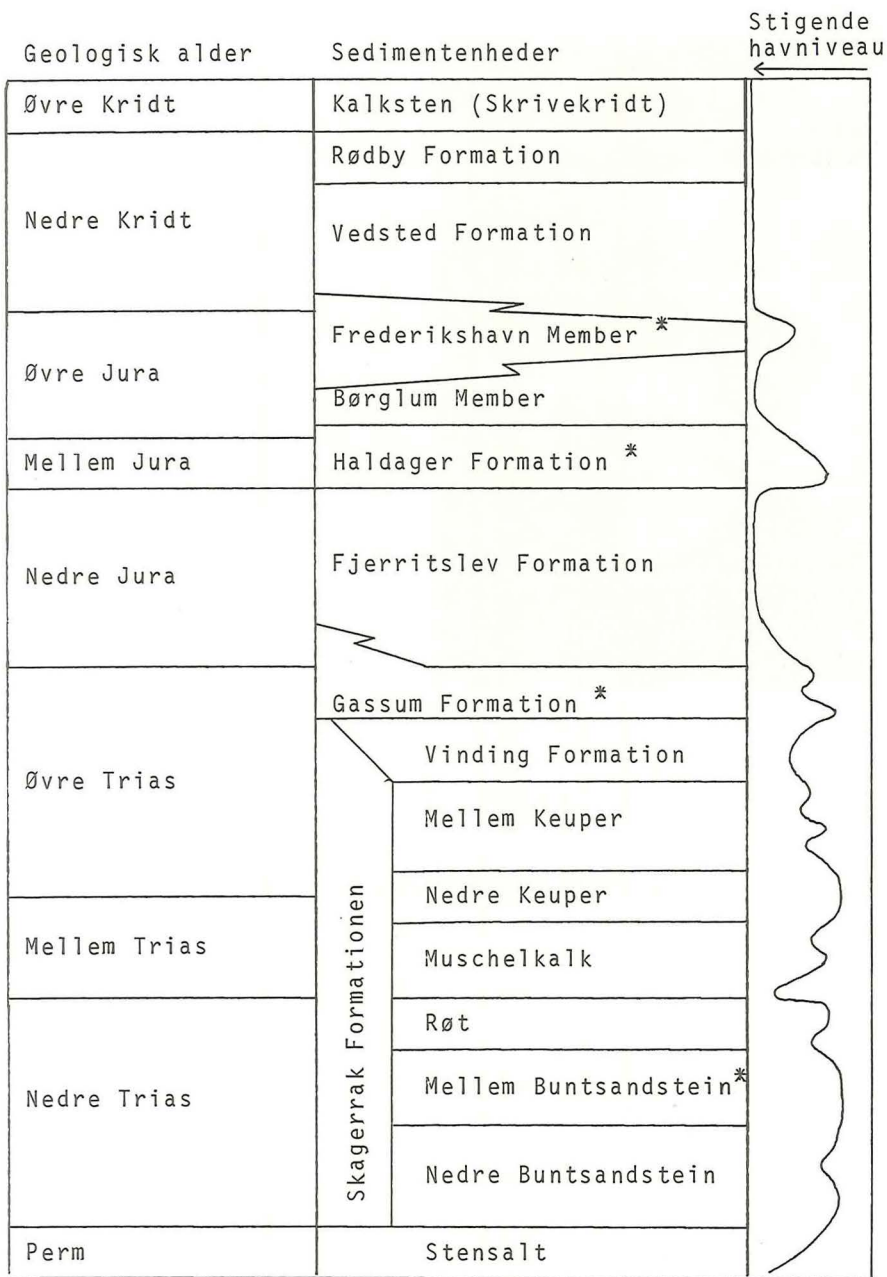
# Den varme undergrund

## GEOTERMISKE RESERVOIR-FORMATIONER I DANMARK

af Olaf Michelsen og Finn Bertelsen

I artiklen 'Geotermisk energi i Danmark' (Varv nr. 4, 1978) blev det kort nævnt, at det generelt er lagene under Skrivekridtet, især Trias-Jura lagserien, der har interesse i forbindelse med geotermisk efterforskningsarbejde. I denne opfølgende artikel er det derfor hensigten at beskrive den geologiske udvikling i Danmark gennem Trias, Jura og Nedre Kridt perioderne for dermed rumligt og dannelsesmæssigt at placere de lag eller lagserier, der i de kommende år kan komme til at spille en hovedrolle som reservoirer for geotermisk vand.

Da det oftest drejer sig om velafgrænsede lag vil de blive beskrevet som formationer, der er sedimentlegemer af en vis ensartet karakter og afsat under ensartede forhold. Dette betyder, at de ikke behøver at have samme alder i forskellige dele af området. Derfor er der i skemaet, figur 1, vist forholdet mellem formationer og den geologiske alder.



\* mulige reservoirformationer

Figur 1.



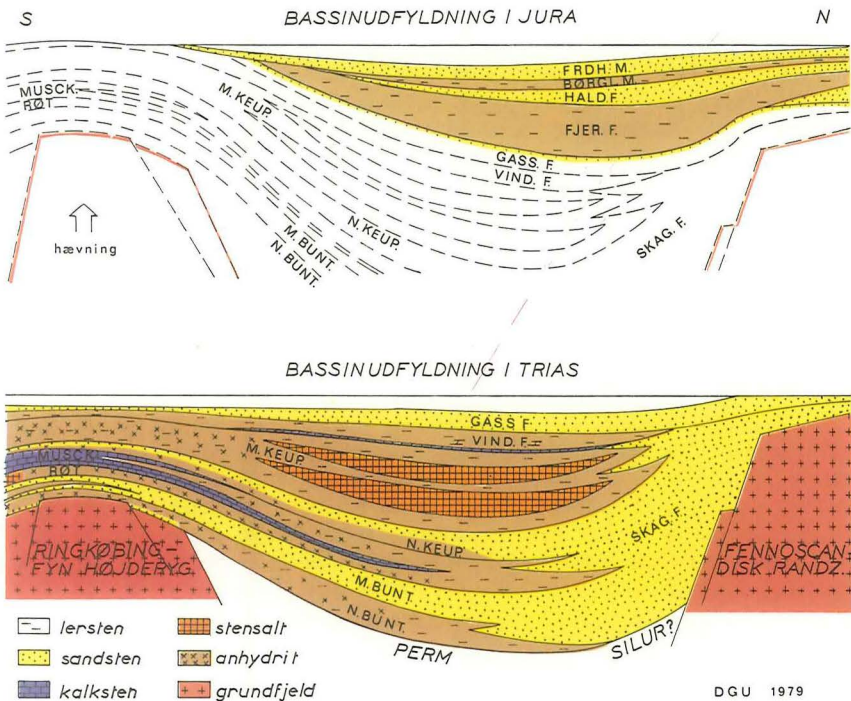
Det danske område kan generelt set betragtes som en del af det større nord-vesteuropæiske sedimentationsbassin, hvor lagene hviler på hinanden i den tidsmæssigt rigtige rækkefølge og dermed dækker hinanden. Langs bassinets kanter, for eksempel i Skåne, på Bornholm og specielt i England, kan man se disse lag blottede i jordoverfladen. De ældste lag findes længst væk fra bassinets centrum og de yngste tættest herpå. Inden for det danske område, bortset fra Bornholm, findes der ikke ældre lag end Øvre Kridt i jordoverfladen. Det er derfor på grundlag af data fra dybe borer og geofysiske undersøgelser, udført i forbindelse med olie- og gasefterforskning, at nærværende beskrivelse er baseret.

## BASSINUDVIKLING

Gennem perioderne Perm, Trias og Jura var det danske område opdelt i to aflejningsbassiner. Det danske Delbassin og, mod syd, den nordlige del af Det nordtyske Bassin (se Varv nr. 4, 1978, side 106 og figur 1). Sedimenttykkelser fra de pågældende perioder på 5-6000 m viser en ganske betydelig indsynkning af bassinerne. Den øst-vestgående tærskel mellem bassinerne, kaldet Ringkøbing-Fyn Højderyggen, har en kerne af højtliggende grundfjeld, der flere steder er adskilt af nord-sydlig gravsænkninger (det vil sige nedforkastede partier af grundfjeldet).

Under den ældste del af Trias perioden er det sandsynligt, at dele af Ringkøbing-Fyn Højderygens grundfjeldskerne har ligget blottet som 'øer' mellem de to indlandsbassiner, der indbyrdes var forbundet via de nord-sydlig gravsænkninger. I denne periode har der hersket tørre og varme, ørkenagtige tilstande med sporadisk nedbør, sådan som Trias lagserien fra store dele af det nordvestlige Europa bærer vidnesbyrd om. De rødlige og brunlige, lerede og sandede sedimenter kaldes Nedre og Mellem Buntsandstein og kendes blandt andet fra øen Helgoland i Nordsøen (se beskrivelsen i Varv nr. 4, 1970). Som det ses af figur 2 i denne artikel findes de største tykkelser centralt i Det danske Delbassin. Lagene fortsætter ubrudt, men udtynnende, henover Ringkøbing-Fyn Højderyggen.

Det udpræget tørre og varme klima fortsætter i den mellemste del af Trias perioden, men medens den ældste del er en regressiv periode er den mellemste del en transgressiv periode, det vil sige, havet skyller (fra syd) ind over området. Højderyggen synker og hele området indgår hermed i et sammenhængende aflejningsbassin - en tilstand der varer ved til slutningen af Nedre Jura. Bassinet indgår i det nordvesteuropæiske sedimentationsområde, der forbindes med det sydlige Trias-ocean (Tethys), - se figur 3. Røt og Muschelkalk aflejringerne, som ses på figur 2, afspejler i deres opbygning en udvikling fra brakvandsmiljø over marint og sluttende med brakvandsmiljø. Der aflejres lersten, mergelsten og kalksten. Forekomsten af stensalt (syd for Ringkøbing-Fyn Højderyggen) og anhydrit enkelte steder i lagserien skyldes indampning i det tørre og varme klima. Længst mod nord, i Det danske Delbassin, fortsætter aflejring af kontinentale lerede sandsten op gennem det mellemste Trias og ind i det øverste Trias. Disse ligner lagene der er omtalt for det nederste Trias, men er defineret som en særlig enhed, Skagerrak Formation.

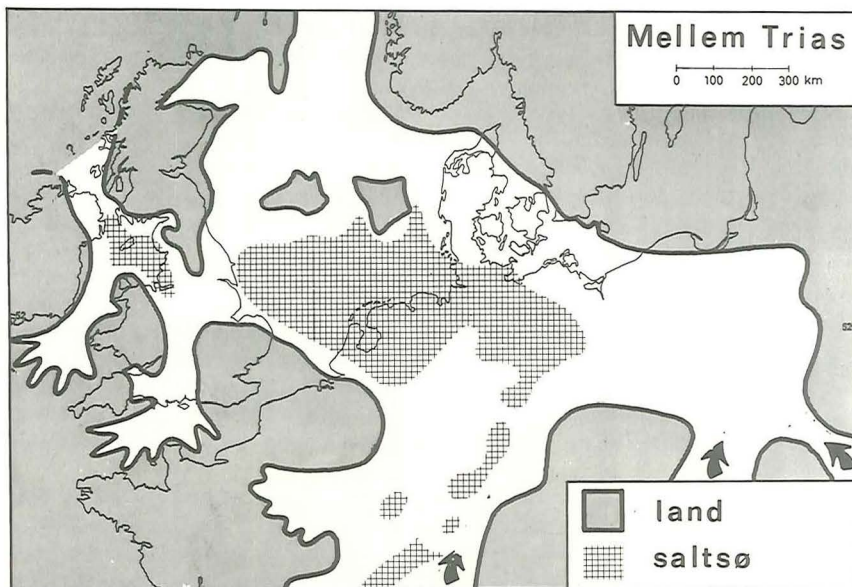


Figur 2 er et nord-syd snit gennem Jylland fra Skagerrak til Ringkøbing-Fyn Højderyggen. For at gøre forholdet mellem tykkelse og udbredelse af lagene tydeligt er snittets længde forkortet cirka 50 gange i forhold til dets højde. Dertil kommer, at Det danske Delbassin er tegnet betydeligt smallere end det er i forhold til bredden af højderyggen. Det fremgår af snittene, der viser bassinudfyldningen i Trias til Jura perioderne, at området med den tykkeste pålejring af sedimenter flyttes mod nord ved overgangen fra Trias til Jura, ligesom udfligningen af højdeforskellene, der finder sted i Nedre Kridt, påbegyndes i Frederikshavn Member.

Nedre og Mellem Keuper formationerne er aflejret i den sidste del af den tørre og varme periode, og består af rødlig og brunlige lersten og sandsten, ofte indeholdende inddampnet havsalt og anhydrit. Lagenes opbygning viser, at havet trak sig tilbage og at kontinentale forhold vekslede med periodiske brakvandsoverskylninger. På figur 2 ses, at der i Det danske Delbassin findes to stensaltserier, som viser at fordampningen i to perioder har oversteget vandtilførslen til bassinet.

Mod slutningen af denne periode begyndte dannelsen af de mange saltstrukturer (saltpuder og -diapirer), der kendes fra de to bassiner. På grund af det øgede tryk fra Trias sedimenterne, der var afsat over Perm periodens stensaltaflejringer, overgik





Figur 3. Det nordvesteuropæiske sedimentationsbassin i mellemste Trias-tid. De sorte pile viser de stræder havet benyttede ved sin indtrængen fra det sydligt beliggende Tethys hav.

saltet i en plastisk tilstand og pressede de overliggende lag op eller pressesedes op gennem disse. Denne proces har fortsat siden Mellem Keuper Formationens aflejring og foregår stadig. Den lokale variation i tykkelse og udbredelse af de enkelte Trias og Jura lag, der derved er opstået, er ikke indtegnet på profiler eller kort i denne artikel.

Det varme klima fortsætter i øverste Trias, men ligesom i Jura og Nedre Kridt perioderne bliver klimaet fugtigt og regnfuldt, hvilket fører til aflejring af overvejende grålige sedimente, dannelse af kulførende lag og så videre.

Den øverste del af Trias perioden er en vekslende transgressiv og regressiv periode, der markerer indledningen til Jura perioden, hvor egentlige havaflejringer dominerer. Vinding Formationens ler- og kalkaflejringer er afsat i brakvand med ringe vanddybde, medens Gassum Formationens kulførende sandsten er afsat i deltaer og floder. Enkelte gange har stigning i havspejlet bevirket at deltafladen druknede og sedimentation af sandsten blev afbrudt.

Jura transgressionerne betød en egentlig ændring af aflejningsmiljøet. I den ældste del fortsatte ganske vist dannelsen af Gassum sandsten i tidevandsprægede delta- og marskmiljøer, men havet steg langsomt og nåede i den yngste del af Nedre

Jura frem til Den fennoscandiske Randzone. Efterhånden som havniveauet steg, dækkedes de ældre aflejringer af den nedre jurassiske Fjerritslev Formation, der består af lersten aflejret i havet uden for kystzonen.

På overgangen Nedre-Mellem Jura hævedes store dele af det danske område og en erosion i de allerede aflejrede Nedre Jura og Trias sedimenter fandt sted over og omkring Ringkøbing-Fyn Højderyggen (se figur 5). Bevæger man sig fra midten af Det danske Delbassin mod syd spores erosion af ældre og ældre dele af Fjerritslev Formationen. Fortsætter man hen over Højderyggen mangler Fjerritslev Formationen helt, og man kommer til ældre og ældre Trias lag.

Den mellem jurassiske periode indledes med en tilbagetrækning af havet under hvilken der aflejredes kulførende, deltaiske sedimenter, som er kaldt Haldager Formationen. I den øverste del af denne formation spores en begyndende øvre jurassisk transgression, idet havsedimenter fra en lavtvandszone, svarende til tidevandszonen, udgør den største del af sedimenterne. I begyndelsen af Øvre Jura nåede transgressionen sit maximum og lersten, kaldet Børglum Member, aflejredes i Det danske Delbassin. De er ligesom Fjerritslev Formationen afsat i havet på dybere vand uden for brændingszonen.

Med udgangen af Nedre Jura ophører den åbne forbindelse til det sydlige ocean, der fandtes gennem Trias og Nedre Jura perioderne. En ny forbindelse mod nord via Nordsøen etableres i Øvre Jura. Den sættes i forbindelse med den mellem jurassiske tektoniske aktivitet blandt andet i Nordsøen og den påbegyndte åbning af Nordatlanten. Forbindelse mellem syd og nord etableredes via de centrale nord-syd gænde gravsænkninger i Nordsøen.

På overgangen Jura-Kridt sker der atter en hævnig af området og mængden af groft materiale, der føres ud i bassinet, stiger. Dette materiale opbygger den sandede serie kaldet Frederikshavn Member. Den er overvejende afsat i havet, men på lavt vand. Mod nord og øst er den meget tyk og repræsenterer et stort tidsinterval, medens den mod vest (det vil sige i en retning vinkelret på snittet i figur 2) tynder ud og sedimenterne bliver mærkbart mere finkornede. Frederikshavn Member afspejler således en generel sænkning af havniveauet, men ikke en absolut tilbagetrækning af havet, som det var tilfældet under aflejring af Gassum og Haldager Formationerne.

I løbet af Nedre Kridt sker der atter en indsynkning af Det danske Delbassin, og marine lersten, kaldet Vedsted Formationen, afsættes. Mod slutningen af Nedre Kridt dækkes hele landet af havet, først med aflejring af Vedsted Formationens øvre del, og derefter med Rødby Formationens mergelsten. Hermed er indledt en ny hovedfase, idet Ringkøbing-Fyn Højderyggen atter dækkes af havet. Klimaet bliver atter tørt (tropisk) og havet tilføres derfor kun ringe mængder ler og sand. I stedet bundfældes slamkalk bestående af skeletdele fra planktoniske mikroorganismer, - Øvre Kridts hvide kalksten.

## MULIGE RESERVOIRFORMATIONER

*Figur 4, side 48 øverst.*

Buntsandstein serien består af rødlige og brunlige sandsten og lersten, der som

nævnt er afsat under kontinentale forhold. Kortet figur 4 og snittet figur 2 viser, at der nord for Ringkøbing-Fyn Højderyggen findes meget tykke lag. Det ses ligeledes, at lagene er overvejende lerede mod syd og sandede mod nord. Sandfordelingen viser, at materialet er ensidigt transporteret fra nord og nordøst ud i bassinerne. De tykkeste og mest grovkornede reservoirbjergarter findes derfor antageligt i et bælte langs den nordlige og østlige rand af Det danske Delbassin. Den arkoselignende bjergart længst mod nordøst, Skagerrak Formationen, er imidlertid med hensyn til andre reservoirkarakterer, såsom porøsitet og permeabilitet, måske af ringere kvalitet end de neden for nævnte formationer. Denne forringelse kan blandt andet hidrøre fra et forholdsvist stort indhold af fint fordelt ler dannet ved forvitring af feldspatkorn, samt fra mineralimprægnationer af sandsten dannet i det tørre, varme klima ved lejlighedsvis vandtilførsel (dolomitisering, forkisling).

*Figur 5, side 48 nederst.*

Gassum Formationen består overvejende af fint til mellemkornet, velsorteret kvartssandsten, der veksler med mørkere grå lersten og siltsten. Figur 5 viser, at formationen tynder ud og bliver mere finkornet og leret mod syd. Også her må man regne med en ensidig transport til bassinet fra nordøst, hvorfor den groveste sandsten er at finde langs bassinets nordøstrand, men den ringere dybde til formationen i denne zone bevirker en lavere temperatur. Formationen vurderes som helhed til at have gode reservoirkarakterer, specielt i de centrale dele af Det danske Delbassin, hvor velsorteret sandsten aflejret i deltaets front er påvist.

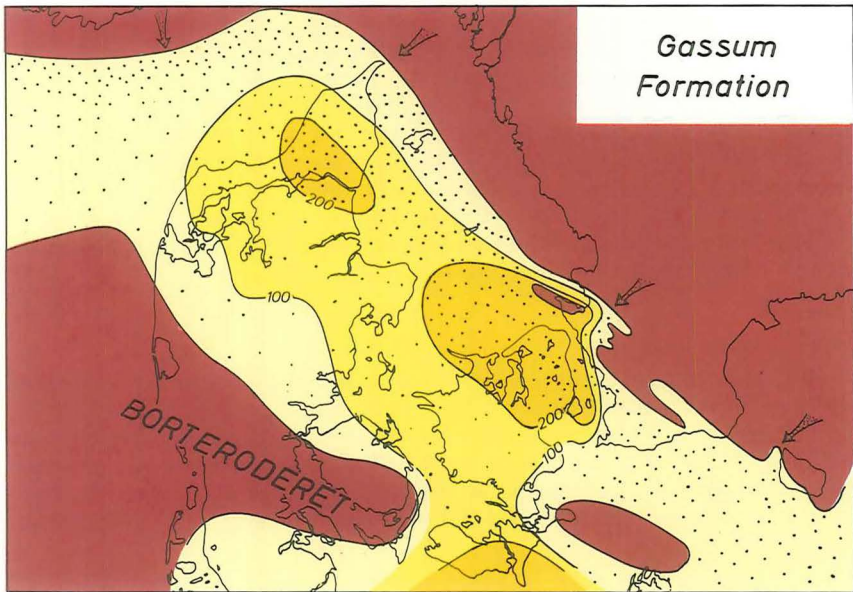
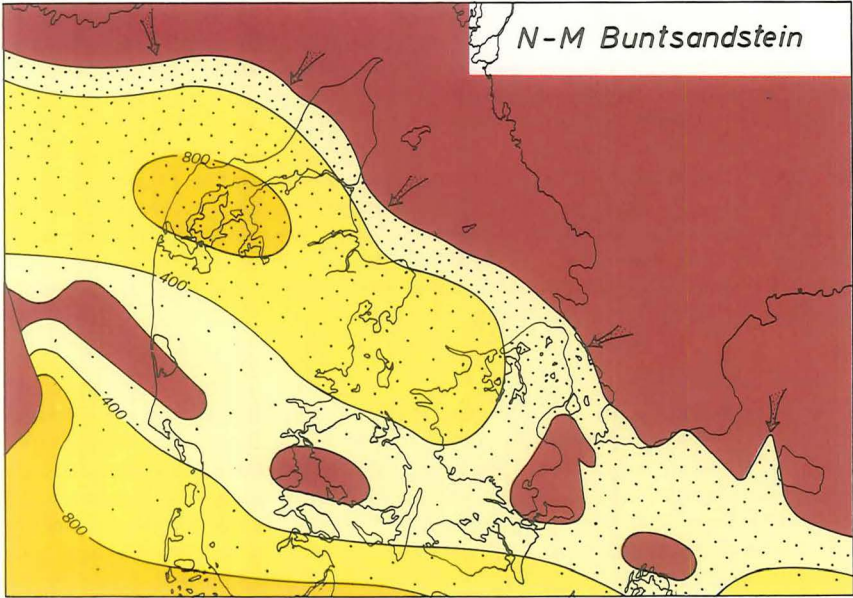
*Figur 6, side 49 øverst.*

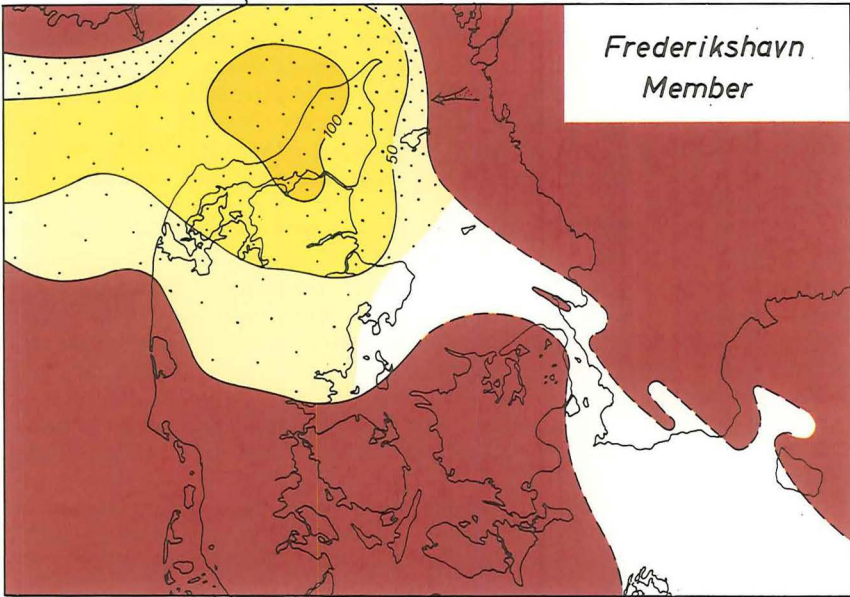
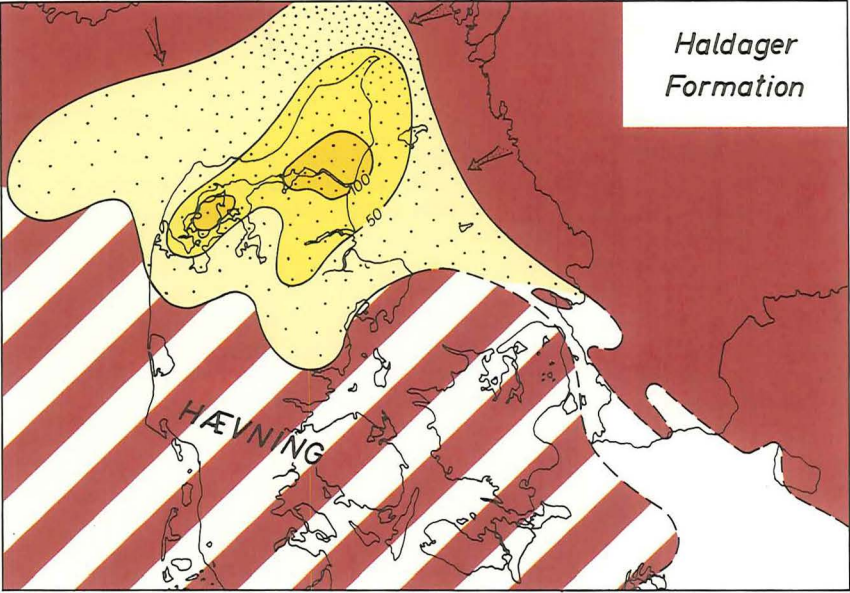
Haldager Formationen består ligesom Gassum Formationen af fint til mellemkornede kvartssandsten mellemleret af enkelte tynde lerlag, og er lige som denne dannet i deltaer og flodløb. Sandstenen er uden væsentlige mængder af fint fordelt ler, og materialet er transporteret ud i bassinet fra nordøst. Den øverste del af formationen består af vekslende tynde lag af lersten, siltsten og sandsten, der anses for aflejret på en tidevandsflade. Den større tykkelse mod nordøst bevirker, at formationerne i geotermisk henseende har størst kapacitet langs bassinets nordøstrand, men den mindre dybde til formationen betyder her en lavere temperatur. Generelt set er temperaturen i Haldager Formationen mindre end i Gassum Formationen.

*Figur 7, side 49 nederst.*

Frederikshavn Member er opbygget af siltsten og finkornet sandsten, der veksler med siltholdig lersten, som er aflejret i et kystnært, lavvandet marint miljø. Materialet er tilført bassinet fra øst med en tydelig udtynding af lagserien og tiltagen af lerindholdet mod vest til følge. Lagserien må anses for kun at have moderat gode reservoir egenskaber, fordi den er opbygget af forholdsvist finkornet materiale og blandingsbjergarter, samt fordi den ikke ligger særlig dybt og derfor ikke har ret høje temperaturer.





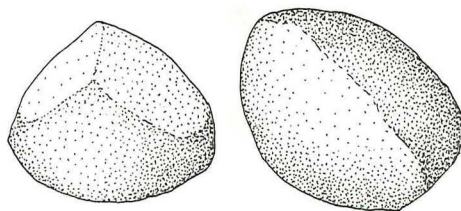


# VIST BLÆSER DET

af Valdemar Poulsen

Når det stormer, kan vi få støv i øjnene som et eksempel på vindens geologiske virksomhed - idet vinden kan rive partikler løs fra underlaget og føre dem med sig. Med aftagende vindstyrke aflejres materialet igen, og alle danskere kender aflejringer af flyvesand, blandt andet i klitter langs kysterne.

Det er nærliggende at spørge, om man ikke i fortidens aflejringer kan finde vidnesbyrd om vindes aktivitet? Herhjemme kan vindens aktivitet dokumenteres i Kvartærtidens aflejringer. Fra overgangen mellem Tertiær- og Kvartærtid har jordoverfladen på grund af temperaturforholdene ikke været bundet af en vegetation, så en udbredt sandfygning kunne finde sted. Flere steder i Jylland (Grejsdalen, flere brunkulsgreve) findes vindsløbne sten ved denne overgang, se figur 1.



Figur 1.

Det løse sand er føjet langs jordoverfladen og har slebet facetter på stenene. Når vinderosionen havde hullet tilstrækkeligt ud under en sten, kunne den kippe rundt og en ny facet blive skabt. Resultatet er en karakteristisk stenform med to eller flere flader stødende sammen langs skarpe kanter ('hønsbryst'). Det samme skete senere under den sidste nedisning, hvor Vestjylland var isfrit. Her findes de facetslebne sten især i det højtliggende morænelandskab - bakkeøerne - fra den forudgående nedisning.

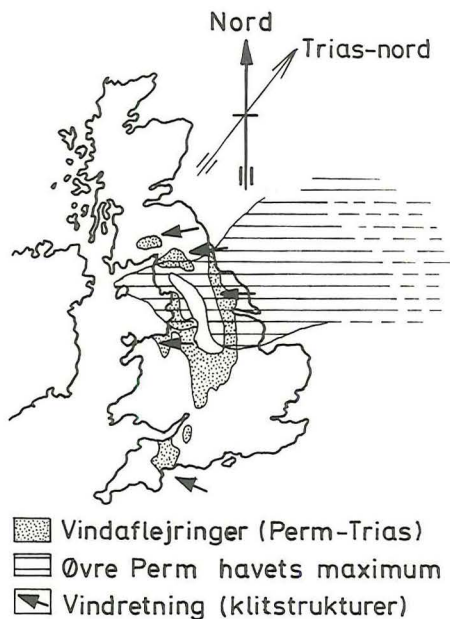
I nogle lande optræder vindaflejringer i store lagtykkelser stedvis i den geologiske lagsøjle - det gælder for eksempel England på overgangen mellem Perm- og Triastid. At det virkelig er vindaflejringer ses af karakteristiske klitstrukturer foruden af de spredte forekomster af vindfacetterede sten. Forholdene må have tilladt en storstilet sandflugt - men planternes fravær, som er forudsætningen, skyldes denne gang ikke et arktisk klima - tværtimod udgjorde store dele af de Britiske Øer et varmt og tørt ørkenområde.

Det mest bemærkelsesværdige ved de engelske vindaflejringer er imidlertid, at klitstrukturerne klart viser, at den overvejende del af lagserien er aflejret af vindkommende fra *øst!* - se figur 2.

Man må umiddelbart tro, at østlige vinde var fremherskende på overgangen Perm-Trias, mens denne del af Europa i nutiden er helt domineret af vestenvind.

For at forstå baggrunden bliver det nødvendigt at springe frem til nutiden og se på den globale fordeling af vindsystemerne.





Figur 2.

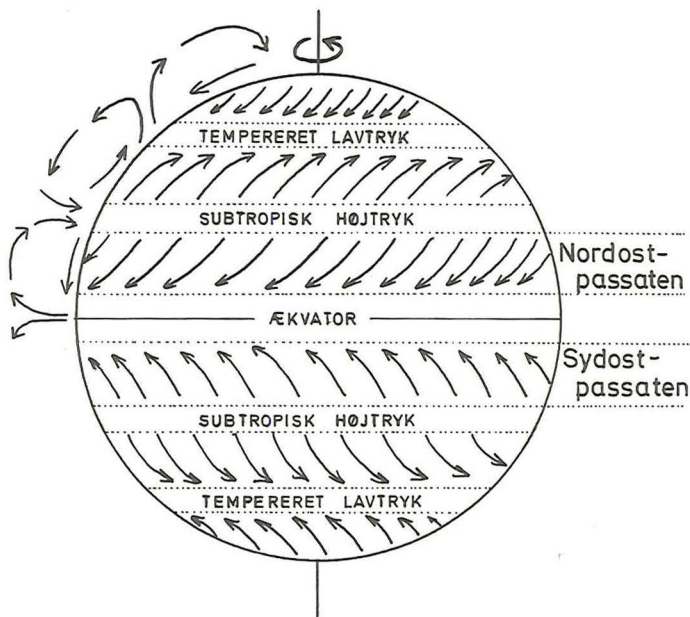
Klimaet bestemmes tildels af temperaturen i form af den solindstråling Jorden modtager - mest på ækvatoriale bredder. Atmosfæren udvider sig ved opvarmningen, og vinde vil i højere niveauer strømme bort mod polerne, mens der langs jordoverfladen strømmer 'kold' luft tilbage mod ækvator, se figur 3.

Men luften bevæger sig ikke i rene nord-syd retninger. På grund af jordrotationen sker der en afbøjning af vindene mod højre på den nordlige halvkugle, og mod venstre på den sydlige halvkugle. Ganske det samme gælder de oceaniske vandmasser, idet vindene skaber havstrømme, som ligeledes afbøjes af jordrotationen. Afbøjningen af vinde og havstrømme indvirker på atmosfærens fugtighedsforhold og dermed igen på nedbøren.

Som et nettoresultat opstår der en zonerung i klimabælter nogenlunde parallelt med breddegraderne.

Lige omkring ækvator findes den tropiske lavtrykszone med stor nedbør i kalmebæltet på selve ækvator. De omgivende passatbælter er præget af de afbøjede vinde, som strømmer mod det tropiske lavtryksområde - ivoigt er passatbælterne mestendels karakteriseret af et tørt klima. Uden for passatbælterne igen findes de subtropiske højtryksområder med stærkt varierende vindretninger, idet områderne er opdelt i isolerede højtryksceller med mellemliggende lavtryksområder. På højere breddegrader ses den tempererede zone domineret af vestenvind, og her skaber sammenstødet med de polare vinde fra nordøst de klimaforhold, vi kender alt for vel.

Når man ønsker at vurdere de fortidige klimavidnesbyrd, må det nutidige atmosfæriske strømningsmønster indgå i vurderingen, for der er ingen grund til at tro, at forholdene har været meget anderledes i fortiden - dog synes de varme bælter til



Figur 3. Meget skematisk fremstilling af strømningsforholdene i atmosfæren. Vindenes afbøjning mod højre på den nordlige halvkugle og mod venstre på den sydlige halvkugle skyldes jordrotationen.

tider at have en større bredde end idag. Den skitserede vekslen mellem højtryks- og lavtryksområder har dog sikkert været den samme.

Prøver man nu at overføre det nutidige mønster på det omtalte eksempel fra overgangen Perm-Trias i England, ja så passer vindretningen slet ikke med de nuværende forhold. På den anden side ved vi også, at kontinenterne i fortiden har ligget andre steder og gennem tiden er drevet til den nuværende position.

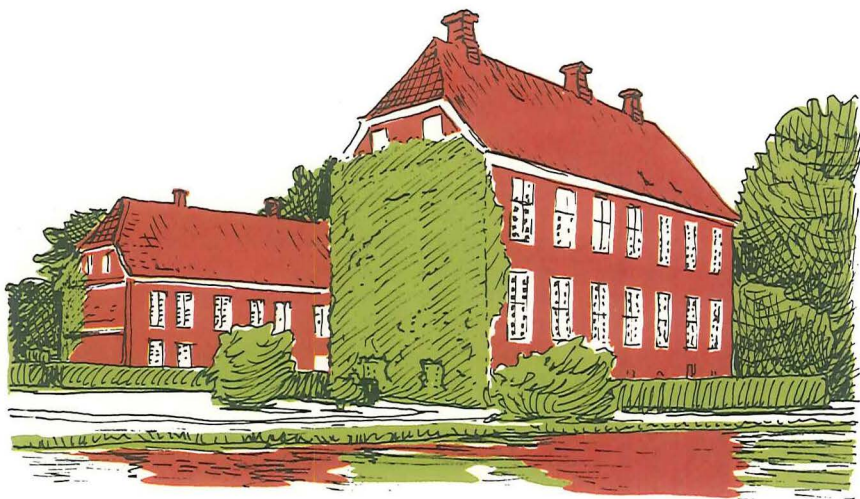
Forskellige vidnesbyrd antyder, at England og det øvrige Nordeuropa på det pågældende tidspunkt befandt sig inden for det nordlige passatbælte - men da figur 2 viser rent østlige vinde, må England efter Trias foruden at være drevet mod nord ind i vestenvindbæltet også have roteret  $36^{\circ}$  med uret, og derfor ' aflæser' vi idag de Permiske og Triassiske nordøstenvinde som rene østenvinde! Prøv at se vindretningen i figur 2 i forhold til nordpilen for Trias.

Klimaet i passatbælterne er som nævnt overvejende tørt, og netop ved overgangen Perm-Trias vidner de tykke lag af blandt andet stensalt i Nordsøområdet, Nordtyskland og Danmark om et tørt klima, hvor fordampningen var så stor, at saltene kunne udfældes af det mættede havvand.

# GRAM SLOT

af Flemming Roth

NYT EGNSGEOLOGISK MUSEUM



§ 1, stk. 2: *'Museet har til formål at indsamle og bevare genstande og oplysninger med tilknytning til nuværende og tidligere tiders naturforhold i Sønderjylland samt om tidligere tiders kultur og livsvilkår....'*

Så kedeligt kan det siges, at Danmark har fået et nyt naturhistorisk museum - og for første gang et egnsmuseum, hvor geologi har en fremtrædende plads. Men historien bag museets oprettelse og museets arbejdsområde er langt fra kedelig.

Man kan vel sige, at det hele begyndte i midten af 1800-tallet, dengang lægen i Gram by, Martin Reimers, gjorde geologerne opmærksomme på, at den mørke, fin-kornede leraflejring i Gram-området, indeholdt meget fine og yderst velbevarede fossiler. Især dominerede snegle- og muslingeskaller af mange forskellige arter, hvori blandt en trekantet musling, der senere blev beskrevet under navnet *Astarte reimersi* efter Dr. Reimers. Siden da har det mørke ler (Gram leret som det nu benævnes) været anvendt i teglindustrien, og under gravningen af leret er nye fossiler til stadighed dukket op. Fossilerne omfatter mange forskellige dyregrupper: mikroskopiske skaller af encellede planter (dinoflagellater) og foraminiferer, makroskopiske kolonier af mosdyr (bryozoa), mange arter af snegle og muslinger, stykker og aftryk af søpindsvin, krabber indesluttet i ovale konkretionsboller af kalk, dele af benfisk, skildpadder, hajer og sæler samt flere repræsentanter for hvalerne.

Geologisk set er Gram leret velundersøgt. Det aflejredes på bunden af et hav, som i Øvre Miocæntid for 5-6 millioner år siden dækkede det vestlige Jylland, fra Viborg i nord til grænsen i syd, aflejringen strækker sig videre ned i Tyskland. Man finder Gram leret umiddelbart under overfladejorden, og hvor det er blottet, har



leret siden Martin Reimers dage tiltrukket geologisk interesserede i stort tal og fra mange lande.

Gram lerets fossiler har også betaget den lokale befolkning i Sønderjylland, og det er vel den væsentligste årsag til, at Midtsønderjyllands Museum i dag er en realitet, sikret lokalemæssigt ved leje af Gram Slots vestfløj og i den daglige virksomhed gennem ansættelse af en faglig leder.

Inden formålsparagraffen for museet blev nedskrevet, var der udført et slidssomt, ofte træls, arbejde af lokale borgere, der forstod betydningen af at bevare de glimt af fortidens dyreverden, man så i Gram teglværksgrav og andre steder i det Øvre Miocæne ler. Pionererne indkaldte til møde en dag i foråret 1972. Formålet var at samle en skare af interesserede omkring en museumsforening for Gram-egnen. En museumsbygning havde man selvsagt ikke i tankerne endnu, men det skulle vise sig, at inden mødet var omme, var en bygning stillet til rådighed for den nystiftede forening. Tilbuddet kom fra Greve Jens Brockenhuus-Schack, og det indebar, at museumsforeningen kunne leje vestfløjen af Gram Slot, foreløbig i 99 år. Tilbuddet var fristende, og huslejen på en krone om året! skulle det nok lykkes at betale. Men den over 200 år gamle bygning trængte naturligt nok til en gennemgribende istandsættelse, inden den kunne anvendes som museum. Det lykkedes imidlertid museumsforeningen at skaffe det fornødne beløb, så restaureringen i løbet af kort tid kunne påbegyndes. Private pengebidrag og frivillig arbejdskraft var hovedingredienserne, og den 29 maj 1976 åbnedes museet officielt med udstillinger i den gennemrestaurerede kælder- og stueetage.

Siden er det gået stærkt, ikke mindst på grund af den store velvilje museet har nydt fra Sønderjyllands amtsråd og midtlandskommunerne Gram, Nr. Rangstrup og Rødding, der januar 1979 overtog de økonomiske forpligtigelser for museet.

I skrivende stund er restaureringen af museets 1. og 2. sal vidt fremskredet, men tidligst i 1980 vil udstillingerne i disse rum være færdigudformede - til sommer må publikum derfor nøjes med at bese udstillingerne i museets kælder- og stueetage.

Museets formålsparagraf er nu skrevet. Midtsønderjyllands Museum skal først og fremmest oplyse om de mange facetter i Sønderjyllands geologiske, palæontologiske og biologiske historie. Fremtidens mål for museet må være, at give gæsterne, heriblandt uddannelsessøgende, en bred indsigt i undergrundens udvikling, at anskueliggøre, hvorledes de Sønderjyske landskaber udformedes under istiderne, og sætte alle disse aspekter i forhold til de biologiske organismers (herunder menneskets) tilpasning til og brug af landskaberne. Menneskets kår kan belyses gennem udstillinger af redskaber fra både oldtiden og historisk tid.

Året igennem vil museet ydermere være præget af skiftende kunstudstillinger, af foredrag, møder samt koncerter, der vil blive afholdt i vestfløjens meget smukke festsal.

Museerne i Sønderjyllands amt udfylder på en måde hver deres niche i oplysnings tjeneste. På Haderslev Museum er det vigtigste fagområde således forhistorisk arkæologi. I Museet på Sønderborg Slot vises Sønderjyllands politiske og kulturelle udvikling, på Tønder Museum kunstindustri, og for Aabenraa Museums vedkommende, søfart og købstadkultur.

Med indlemmelsen af Midtsønderjyllands Museum i amtets museumsfamilie er endnu en niche besat - den naturhistoriske.

# Sølv i Marokko

af Karsten Secher

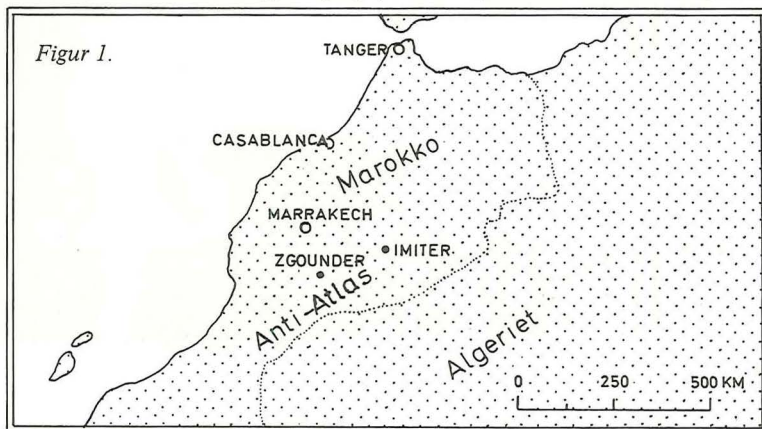
Sølv har tidligt påkaldt sig menneskets opmærksomhed og har været kendt før historisk tid. Sølvets velkendte egenskaber blev udnyttet ved forarbejdning af smykker, kunsthåndværk og betalingsmidler. For eksempel kendes sølvmonter fra omkring 500 f.Kr.

I den arabiske verden har sølv tidligt været kendt til ovennævnte anvendelser, og arabiske købmænd har forsynet Europa med sølv fra før Kristi' fødsel. Idag fremkommer hovedparten af sølvet som biprodukt fra især blymalme, hvor sølv ofte findes som urenheder i mineralet blyglans. Egentlige sølvminerale som sølvglans og gedigent sølv spiller en mindre rolle i den nutidige produktion.

Med det primitive kendskab man tidligere havde til sølvminerale og udvindingsprocesser må det antages, at mineralforekomster, hvor sølvet var let at udvinde påkaldte sig særlig interesse. Gedigent sølv har været foretrukket, idet en simpel smeltning var tilstrækkelig for at udvinde metallet af malmen. En af de kendteste forekomster af gedigent sølv, Kongsberg sølvmine i Syd Norge, hvor der blev udvundet sølv fra 1623 til 1955, er tidligere omtalt i Varv (nr. 2, 1972).

I Marokko (figur 1) har man længe været opmærksom på rester af gamle sølvminer og brydningssteder, som med sikkerhed kan dateres tilbage til 1100-tallet, hvor fyrsteslægten Almohaderne styrede landet. Fælles for disse primitive miner er, at gedigent sølv ser ud til at have været det udnyttede mineral. I 1946 blev marrokanse geologer for alvor opmærksomme på de mange gamle sølvminer i Anti-Atlasbjergene, idet oplysningerne figurerede på ældre topografiske kort. Indtil 1960'erne var undersøgelser lagt i hænderne på skiftevis private og offentlige mineselskaber. Resultaterne af undersøgelserne var lidet opmuntrende. I 1969 startedes dog et nyt prospekteringsprojekt under ledelse af FN's udviklingsafdeling (UNDP). Formålet med dette projekt var foruden sølveftersøgning også prospektering efter andre økonomisk vigtige råstoffer som wolfram, molybdæn, kobolt og nikkel. Projektet er nu næsten afsluttet fra FN's side, og videreføres af Marokko's statslige mine- og prospekteringskontor.

For sølvprospekteringen gik man indledningsvis igang med en nøje kortlægning af de historiske oplysninger om placeringen af de gamle miner. Disse bestod oftest af små grøfter eller udhuggede gange, indtil idag efterladt som huler og lavninger





*Figur 2.*



*Figur 3.*





*Figur 4.*



*Figur 5.*

med større eller mindre stenaffaldsbunker, såkaldte halder, i nærheden (figur 2). Det viste sig hurtigt, at mange af disse vidnesbyrd om tidligere minedrift var lokaliserede til bestemte geologiske strøg. Ved at undersøge lignende geologiske dannelser i strukturenes fortsættelse, blev sølvprospekteringsområdet i Anti-Atlas-bjergene efterhånden udvidet til en størrelse på cirka 300 x 50 km i et øst-vest-gående strøg. Man har særlig koncentreret sig om to lokaliteter inden for projektområdet, henholdsvis Imiter og Zgounder, hvor hyppigheden af gamle brydningssteder var stor. Centimeter store flager af gedigent sølv kan stadig findes i halderne (figur 3). De to lokaliteter, som har en indbyrdes afstand på cirka 200 km, blev under UNDP's arbejde udsat for et detaljeret geologisk studium, hvis resultater endnu engang muligvis kan medføre en sølvproduktion fra området.

Efter således at have indkredset de mest lovende steder, gik man igang med at analysere prøver fra halderne, repræsenterende et bredt udvalg af gamle brydningssteder på de to lokaliteter. Disse analyser viste meget positive sølvværdier, og sammen med resultaterne af geokemisk prospektering kunne de bedste sølvmineraliserede områder udpeges. Utilstrækkelige geologiske oplysninger kombineret med det stærkt kuperede og utilgængelige terræn i Anti-Atlas (figur 4), nødvendiggjorde sideløbende hermed, at der blev udført en nøjere struktur-geologisk analyse. Det viste sig snart, at sølvmineraliseringerne befandt sig i sandsten og sure lavaer af øvre Prækambrisk alder. De enkelte malmkroppe havde form som parallelle langstrakte leger, altid styret af et system af forkastninger og brecciezoner, og ofte med største mineralkoncentration i skæringen mellem disse strukturer. Denne viden blev senere suppleret med oplysninger fra boringer og prøvebrydning i mindre målestok (figur 5).

Fra begge områder endte man således med en malm, hvis gennemsnitslødighed var på 700 gram sølv pr. ton malm, og helt op til 5000 gram/ton på de bedste steder. Herudover fandtes små indhold af zink, bly, kobber, nikkel, kobolt, antimon og guld. Til sammenligning kan det nævnes, at gennemsnitssølvmalme andre steder skal have et sølvindhold på ikke mindre end cirka 400 gram/ton, hvis sølvet alene skal have mulighed for at gøre en mine rentabel.

Mineralansamlingen i Imiter og Zgounder er omfattende og kan opdeles i tre grupper, tilsyneladende afsat i forskellige zoner. Den første gruppe er domineret af jernsulfider, den anden gruppe af kobbersulfider og i den tredje dominerer gedigent sølv og sølvsulfider. De geologiske og mineralogiske forhold på de to adskilte lokaliteter er således næsten identiske. Store granitmassiver i området regnes for at være årsagen til mineraliseringerne. Det faktum, at der er så store ligheder mellem de to mineraliseringer, sammenholdt med visheden om, at det samme geologiske miljø kan følges i hele projektområdet, har skærpet opmærksomheden for yderligere fund af sølvminerale.

Da Almohaderne og måske deres forgængere i 1100-tallet begyndte at interessere sig for råstofudvinding fra Anti-Atlas, har de uden tvivl koncentreret sig om det gedigne sølv, især hvor det fandtes i den største lødighed. Overfladeforvitringen i disse egne er intens, og dette medfører et højere sølvindhold, som man har formået at udnytte, omend med et meget ringe udbytte. Nutidens udnyttelsesgrad er mange fold større og fortidens affald ligger således nu i næsten brydeværdig lødighed, som et fingerpeg til 1900-tallets geologer i den første prospekteringsfase efter brugbare metaller.





# Darwin som geolog



Figur 1. Darwin i 1840, 31 år gammel.

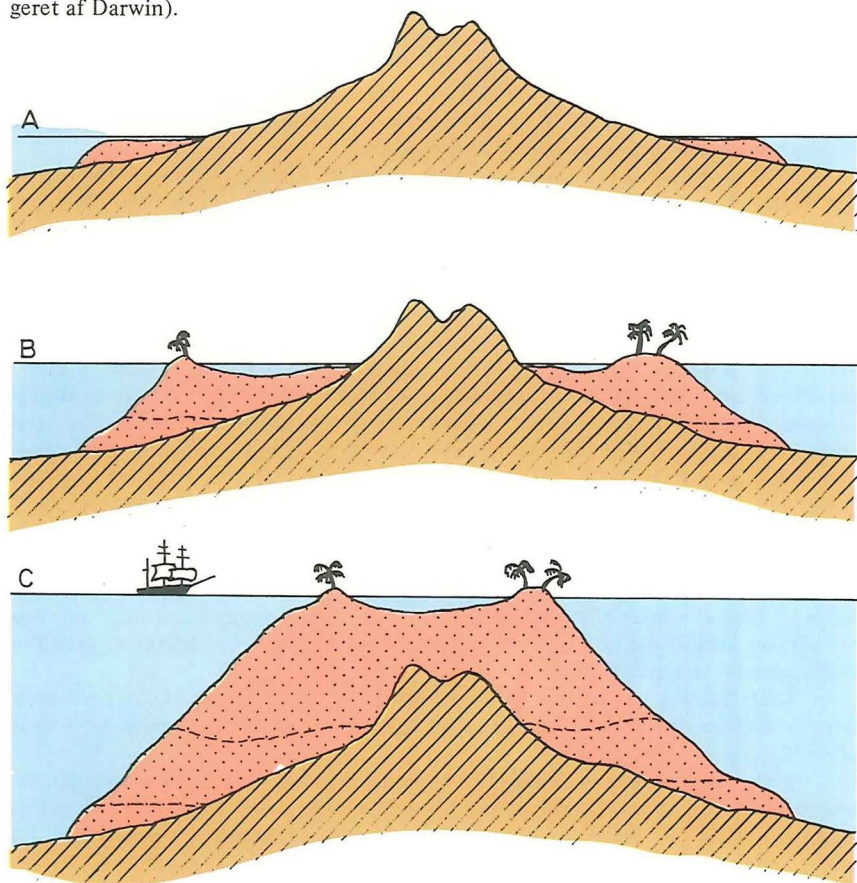
af Ulla Asgaard  
Netop nu, hvor TV har taget os med på en rekonstruktion af Darwins 5 årige jordomsejling med 'Beagle', kunne det være rimeligt at se på Darwins indsats i geologien.

Under sit kortvarige medicinske studium i Edingburgh havde Darwin fulgt nogle geologiforelæsninger ved professor Jameson. Han skrev om dem, at han fandt dem 'utroligt kedsommelige ..... den eneste virkning, de havde på mig, var en beslutning aldrig så længe jeg levede at læse en bog om geologi eller på nogen måde studere den videnskab'. Heldigvis skulle det ikke gå sådan. Darwin blev i Cambridge af professor Henslow introduceret til Lyell's monumentale arbejde 'Principles of Geology', hvis bind 2, der blandt andet omhandlede koralrev, nåede ham ombord på 'Beagle'.

Når man beskæftiger sig med Darwins forfatterskab, er det naturligvis 'On the origin of species' (Om arternes oprindelse), der står i centrum. Diverse populære bøger om naturvidenskabernes historie tenderer mod at give det indtryk, at det tog 23 års koncentreret arbejde fra den 27 årige Darwin den 29. oktober 1836 satte foden på land i England efter næsten 5 år på 'Beagle' til den første udgave af 'On the origin of species' udkom den 24. november 1859 - Darwins publikationer og breve fortæller imidlertid en anden historie.

I 1839 udkom 'Journal and remarks' (i bind 3 af beskrivelsen af 'Adventure's og 'Beagle's rejser 1826-1836). Denne rejsebeskrivelse blev en bestseller, der blev genoptrykt igen og igen med titlen 'Journal of the voyage of the Beagle'.

1838-1843 udkom 'The zoology of the voyage of H.M.S. Beagle' (3 bind redigeret af Darwin).



Figur 2. Darwins tanker om udviklingen af atoller. A) Ø med frynserev. B) Ø under indsynkning med barriererev. C) Den 'druknede' ø er blevet til en atoll.

1842: 'The structure and distribution of coral reefs'

1844: 'Geological observations on the volcanic islands, visited during the voyage of the Beagle'.

1846: 'Geological observations on South America'

1851-1854 udkom en firebinds monografi over nulevende og fossile rankefødder - en slags krebsdyr, hvortil blandt andet rurerne hører. Det er stadig den 'bibel' man vender sig til, hvis man arbejder med rankefødder.

De forskellige digre værker kom alle ud, mens Darwin kæmpede med det materiale og den enorme litteratur, der dannede basis for 'Om arternes oprindelse'.

Men lad os her se lidt på de 3 geologiske hovedværker fra 1842, 1844 og 1846.

Lyell fremsatte i 1832 den teori, at alle koralatoller var resultatet af 'drukne-  
de' vulkaner, hvor koralvæksten havde holdt trit med indsynkningen af vulkanen, og at atollen således afspejlede kraterets form. Darwin var ikke helt tilfreds med denne teori og efter egne iagttagelser på 'Beagle' og meget grundige studier af alle revbeskrivelser kom han frem med en ny - efter først at have diskuteret korallers vækst og nedbrydning og koralrevs geografiske udbredelse.

Hvorfor er der ingen rev langs Sydamerikas og Afrikas vestkyster? Hvorfor er der ingen rev ved de tropiske Atlanterhavsøer og ved Galapagosøerne? Har det noget at gøre med de kolde havstrømme? Hvorfor ligger mange af atollerne på række? Hvorfor er der meget sjældent vulkaner i forbindelse med atollerne, medens der er masser af vulkanøer med frynse- og barriererev?

Figur 2 viser Darwin's teori for dannelsen af atoller ud fra øer med frynserev, hvor koralvæksten holdt trit med øens indsynkning. Han postulerede, at hvor der var lange rækker af atoller, kunne de være opstået ved indsynkning af store landmasser, hvis barriererev ville blive forvandlet til en atollrække. Måske var hele kontinenter som Australien sunket i dybet i Stillehavet! Han konstaterede også druknede atoller, hvor koralvæksten ikke havde været i stand til at holde trit med indsynkningen. Andre steder som i det Caraibiske Hav og i det indonesisk-phillipinske område fandt han eksempler på landhævning med Tertiærtids-rev, der nu befandt sig højt oppe på tørt land. I det ostindiske område fandt han et kompliceret samspil af indsynkningsområder med atoller og hævningsområder med vulkanøbuer udfor kontinenterne. Han giver også en levende beskrivelse af, hvilke bjergarter man ville møde og deres grad af omdannelse, hvis man bevægede sig ned gennem det indre af en atoll. Denne beskrivelse er i vort århundrede blevet bekræftet ved kilometerdybe borer gennem stillehavsatoller.

Efter Darwin påviste amerikaneren Dana, at foruden indsynkningen af atollerne havde der også fundet en stigning af havniveauet sted i forbindelse med isens afsmeltning i Kvartærtiden.

I dag ved vi mere om vulkanøer og atoller, takket være utallige oceanbundsundersøgelser og deres vidnesbyrd om kontinentforskydning og oceanbundsvækst. Vi kan forklare de vulkanske øbuers opståen i forbindelse med pladers gliden ind under andre plader (se Varv 1972 nr. 3) og disse øbuer er netop områder under opbygning og viser hævnning, som Darwin konstaterede det på revdannelserne. Atollrækkerne opstår i forbindelse med såkaldte 'varmecentrer' (hotspots) i Jordens kappe, som pladerne glider over. Når en oceanbundsplade glider hen over et sådant var-



mecentrum i større dybde, sker der en opbulning af bunden og en opsmeltning med opbygning af en vulkankegle, der til sidst kan nå op over havoverfladen. Efterhånden som pladen fortsætter sin bevægelse opstår nye vulkaner på en linie, mens de gamle bliver inaktive og gradvis 'drukner'. Pladens bevægelse over varmecentret kan ses i form af et spor af druknede vulkaner af ældre og ældre dato - det bedst undersøgte eksempel er Hawaii og denne øgruppes spor i form af den undersøiske Emperor-kraterrække (figur 3). Men også atollgrupper nordøst for Australien som Cook-Tubuai øerne og Tuamotu øerne ender mod sydøst i vulkanøer af nyere dato, mens der mod nordvest findes druknede atoller.

I forbindelse med afhandlingen om vulkanøer i 1844 kom Darwin igen ind på beliggenheden af de vulkanske øbuer i forhold til kontinenterne - at de tilsyneladende hævdede sig, medens atollrækkerne repræsenterede sænkingsområder: men denne afhandling er tillige fuld af nye observationer på lavaer, deres mineralogiske sammensætning og størkningsforløb.

Medens koralrevafhandlingen blev modtaget med begejstring af de fleste geologer - den blev ikke mindst hævet til skyerne af Lyell, hvis teori den kritiserede, så mødte vulkanø-afhandlingen nogen kritik, og afhandlingen om Sydamerikas geologi blev for det meste helt overset. Denne sidste geologiske afhandling er, indrømmet, svær at læse, fordi så mange forskellige observationer er pakket sammen på de 240 sider. Som eksempel på de emner, der diskuteres, kan nævnes:

Andesbjergenes opfoldning var af Tertiær alder, alderen baserede Darwin på fossilindholdet, og han postulerede, at granitlegernerne i bjergkæden var af samme alder som foldningen og ikke fra Jordens urtid. Som årsag til bjergkædefoldninger og de store landhævninger i Sydamerika angav han lange perioder med jordskælv - baseret på egne erfaringer under et kraftigt jordskælv, han selv oplevede i Andesbjergene. Ved denne lejlighed blev byen Concepcion jævnet med jorden, store landområder blev hævet flere meter, og en stor havbølge (tsunami) væltede ind over kystområdet.

Der er mange observationer på aflejringerne fra pampas'en i den sydøstlige del af Sydamerika, hvor Darwin studerede skeletter af uddøde kæmpedovendyr, kæmpebæltedyr og store kamel- og tapirlignende former (de såkaldte megatherier). De uddøde kæmpepattedyrs knogler blev fundet sammen med skaller af østers og andre marine muslinger. Da størstedelen af muslingerne fra Pampas-aflejringerne også fandtes nulevende i de sydamerikanske farvande, sluttede Darwin, at megatherierne uddøde i Kvartærtiden - og ikke som hidtil troet i Tertiærtiden.

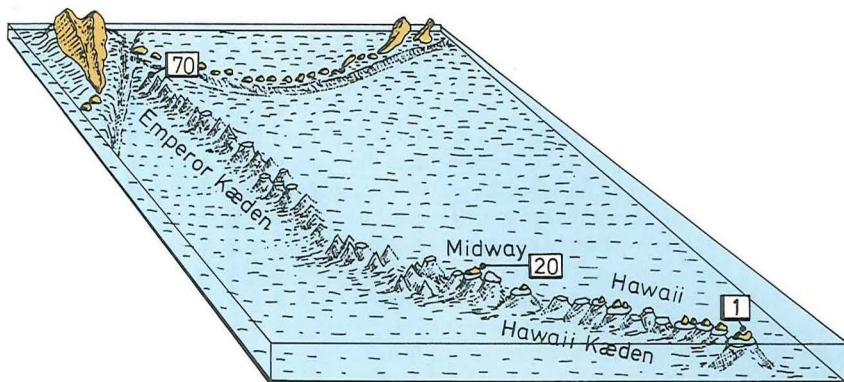
Den Tertiære muslingefauna fra Sydamerika støttede ikke datidens opfattelse, at klimaet i Tertiærtiden var meget varmere end i dag, og Darwin anså den nordeuropæiske flora og fauna fra ældre Tertiærtid for at udtrykke et lokalt klima, der ikke umiddelbart kunne overføres til af gælde globalt.

Darwin beskrev også tykke forekomster af stensalt, gips og anhydrit og postulerede, at de oprindelig måtte være af marin herkomst. Alle andre havde hidtil anset dem for at være dannet i store saltøer på land.

Endelig påviste Darwin, at orienteringen af mineraler (foliation) og kløvningsretningen i omdannede bjergarter som glimmerskifre og gnejser er resultatet af de tryk og temperaturforhold, som bjergarterne har været udsat for under for eksempel bjergkædefoldning, og at strukturerne således ikke var en rest af den oprindelige sedimentære lagdeling.

Når man idag læser Darwins værker, bliver man forbløffet over det moderne sprog, de er skrevet i, og den utrolig klare fremstilling og argumentation. Havde han ikke publiceret 'Om arternes oprindelse' var han gået over i historien som en af de store geologer.

Til dem, som ønsker at vide mere om den unge Darwin, hans tanker og iagttagelser, kan man anbefale at læse Alan Moorehead 1969: 'Darwin and the Beagle'. Forlaget Hamish Hamilton, London. Bogen er på 280 sider og rigt illustreret blandt andet med tegninger og akvareller af kaptajn Fitz Roy og kunstneren Augustus Earle.



Figur 3. Hawaii øgruppen, Midway øen og den druknede Emperor kraterrække, tallene i ramme angiver alderen på de forskellige dele af denne vulkankæde, som er opstået ved en oceanbundplades gliden over en varmeplet i kappen.

