

**D.G.U.** står for Danmarks Geologiske Undersøgelse - statens officielle organ når det drejer sig om geologiske spørgsmål. D.G.U. har mange og stadig om sig gribende opgaver og VARV har allerede bragt nyt om nogle f.eks. Storebæltsundersøgelserne (1964 - 3), Brun-kullene (1964 - 4) og i dette nummer er problemet om vandforsyningen behandlet (side 4). D.G.U.'s hovedopgave er at udarbejde geologiske kort over landet - et slidsomt og lang-sommeligt arbejde, der stadig tilføres nye perspektiver og nyt materiale gennem borer og udgravninger. Kortbladene udgives i målestokken 1:100000 (som generalstabskortene) og led-sages af en kortbladsbeskrivelse d.v.s. en bog, der giver en beskrivelse af og en forklaring til de geologiske forhold inden for kortbladets område. Ikke mindst findes her en gengivelse af de mange detaljer, der ikke har kunnet rummes i kortets målestok, samt detailkort, pro-filer, borer og angivelse af de forsteninger, der er fundet.

I denne sommer rykker mange geologer i felten for at fortsætte kortlægningsarbejdet. Sydsjælland, der omfatter kortbladene Vordingborg og Sakskøbing skal færdiggøres, og Korsør og Sorøbladene er under revision inden udgivelsen. Tyngdepunktet for kortlægningen er henlagt til Jylland, hvor man især sætter ind omkring de ekspanderende byer - navnlig Ran-ders og Ålborg. Endvidere arbejdes der på kortbladene Løgstør, Thisted og Daugbjerg, og i Sønderjylland foretages den sidste revision på kortbladene Rødding og Tinglev.

Det geologiske kort over Færøerne er i trykken, men der skal samles yderligere ma-teriale til kortbladsbeskrivelsen.

D.G.U.'s borearkiv, der registrerer alle borer, der udføres her i landet - for hvilke der iverigt er indberetningspligt til D.G.U. - arbejder naturligvis i nær tilknytning til kortlægningen og udfører også undersøgelser med henblik på vandforsyningen. Som omtalt i artiklen side 4 er Lolland, Falster og Vendsyssel særlig i søgelyset også denne sommer, og desuden er Himmerland - af hensyn til Ålborgs vandforsyning - og Hanstholm - hvor en ny by er under planlægning og udvikling - genstand for særlige undersøgelser.

I de næste 10 år forestår et større undersøgelsesarbejde i en lang række lande, net-op med vandproblemerne. Det er UNESCO, der er det samlende organ i denne Internatio-nale undersøgelse, hvor man i udvalgte områder vil foretage meget detaljerede undersøgel-ser over samspillet mellem nedbør, fordamning, afstrømning af grundvand. Her spiller D.G.U. for Danmarks vedkommende en central rolle og 1965 bliver det store planlægnings-år med udvælgelse af egnede områder. VARV håber at kunne holde læserne orienteret om udviklingen i dette gigantprojekt.

D.G.U.'s "præ-kvartærsektion" - den der beskæftiger sig med vores undergrund - arbejder stadig med forbedring af vore undergrundskort og er især i ilden hver gang et bor når igennem istidslagene. I år har det særligt drejet sig om det forberedende geologiske ar-bejde for en kommende Øresundsbro. Til sommer vil borerne snurre i sydlinjen, idet den nord-lige linieføring allerede sidste sommer blev undersøgt. Her ventes med spænding på nye op-lysninger om de særlige geologiske forhold mellem Skåne og Sjælland.

Råstofafdelingen indenfor D.G.U. vil til sommer særlig befatte sig med Bornholms un-dergrund - især aflejringerne yngre end grundfjeldet og sideløbende hermed er der omfatten-de undersøgelser landet over af grus og stenforekomster.

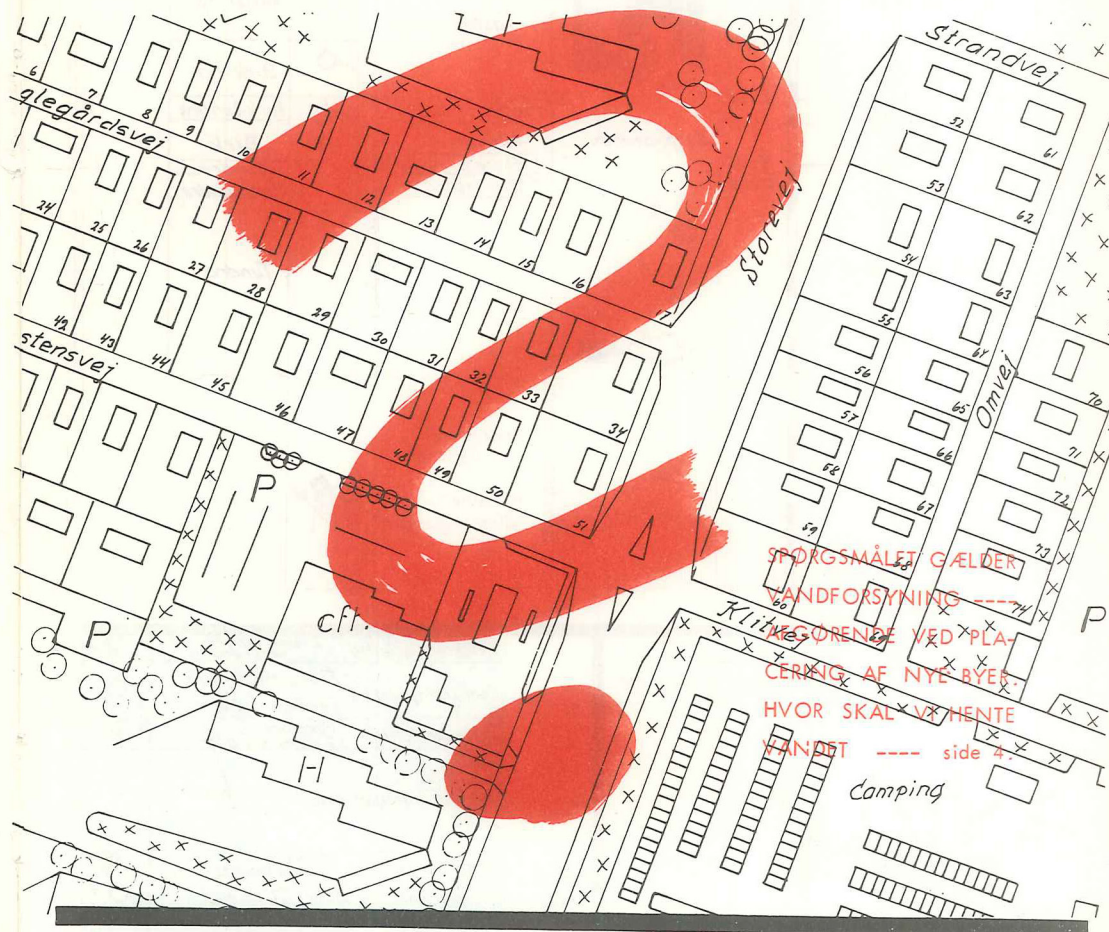
D.G.U.'s afdeling for geokemi vil studere grundvandets kemiske forhold - hvordan og hvor foregår opløsninger og afsætninger i grundvandszonen.

Den palæobotaniske afdeling, der beskæftiger sig med klimaets og vegetationens geo-logiske historie, kaster sig denne sommer over Læsø. Denne ø, der ligger i den del af lan-det der siden istiden har undergået sænkning og hævnning, er et nøgleområde for studiet af niveauforandringerne. Desuden er der undersøgelser i gang andre steder i landet.

Denne oversigt omfattende D.G.U.'s aktivitet er ikke den eneste geologiske virk-somhed i den kommende sommer. Grønlands Geologiske Undersøgelse (G.G.U. se 1964 -3) drager i juni nordover med en stor styrke og Geologisk Institut ved Københavns Universitet arbejder i Sydgrønland. Sammen med andre ekspeditioner vil ca. 50 geologer i den tilstø-dende sommer være i aktivitet på Grønland. Desuden vil de geologiske institutter ved Kø-benhavns og Århus Universiteter være i felten med flere medarbejdere herhjemme såvel som i udlandet, men herom en anden gang.

# VARV

NR. 2. BLADET MED DE ÆLDSTE NYHEDER 1965



KONTINENTERNE  
PÅ VANDRING ----- side 11.

Fur's Fine Forsteninger  
Fortjener Forårsbesøg ----- side 21.

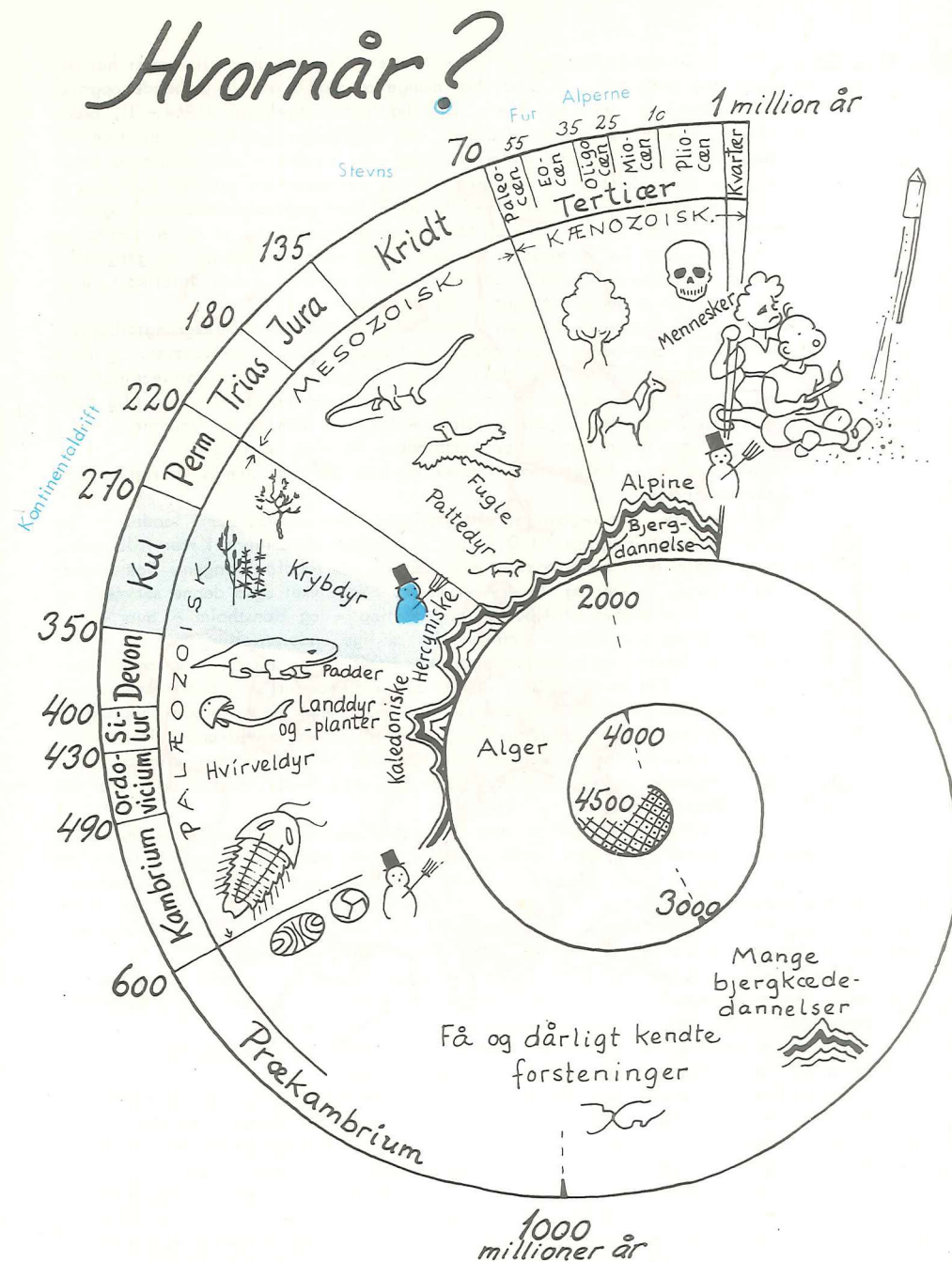
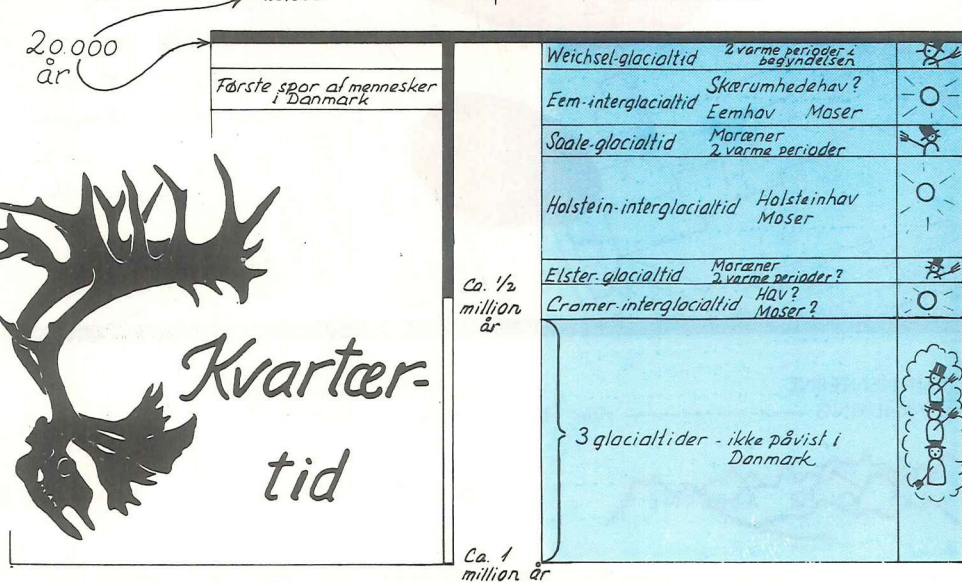
TVÆRS OVER ALPERNE

Kirke og Klint ----- side 23.

---- side 16.

KULTIDEN VAR OGSÅ EN ISTID ---- side 30.





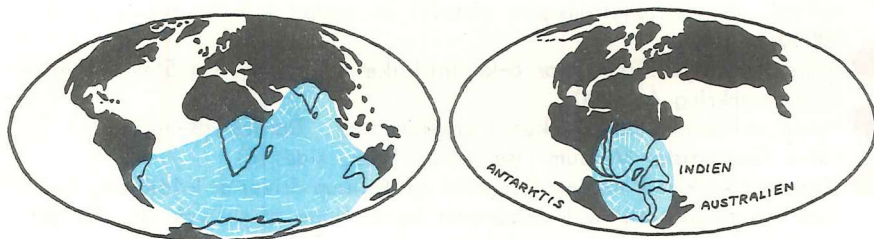


# TIDERNE SKIFTER



**Kul.** Perioden har naturligvis navn efter de store kulforekomster. Høj grundvandsstand og fugtigt varmt klima har fremmet forsumpningen. Af de store mængder aflejret plantemateriale opstod kullene. Padderne trivedes, og mod slutningen af Kul fremkom de første krybdyr, der næppe kan skelnes fra padderne.

Havaflejringer spiller også en stor rolle - især i geosynklinerne. Den hercyniske foldning (navn efter Harzen) indtræder på overgangen Kul-Perm. Foldningen rammer blandt andet et øst-vest bælte gennem Mellem-europa.



På den sydlige halvkugle findes i Sydamerika, Afrika, Forindien og Australien tegn på en Kul-Perm nedisning. Med den nuværende fordeling af kontinenterne svarer det til en nedisning af omtrent én halvkugle, (tegning), mens den anden halvkugle har et fugtig-varmt klima, som det fremgår af hovedkulbæltet USA-Europa-Kina. Denne tilstand er ikke sandsynlig, og den berømte tyske geolog og geograf Alfred Wegener så heri et bevis for, at kontinenterne må have ligget sammen på denne tid (tegning). Med kontinenterne samlet ("Gondwanaland") bliver det nedisede sydpolsområde på størrelse med den kvartære nedisning, ækvator falder sammen med hovedkulbæltet, og de manglende nedisningsspor på den nordlige halvkugle forklares let, da nordpolen falder i det nordlige Stillehav! Disse forhold blev grundlaget for Wegener's teori om kontinentaldriften (se side 11).

Kultidsaflejringer er ikke påvist i Danmark, men findes muligvis i den dybere undergrund. Nogle mener, at det fugtig-varme klima i Kul er ansvarlig for dannelsen af den bornholmske kaolin ved kemisk nedbrydning især af mineralet feldspat.

VP

## "nye tider"

Med det nuværende kendskab til de europæiske kvartærtids-lag er det blevet muligt at ændre inddelingsgrundlaget. De gamle betegnelser for istiderne - Günz, Mindel, Riss, Würm - var baseret på lag i Alperne. I ikke-nedisede lavlandsområder kan påvises tilsvarende kuldeperioder - afspejlet i planteverdenen, som er ret velkendt gennem undersøgelser af pollen (figuren). Desuden er aflejringerne mere fuldstændige i de ikke-nedisede lavlandsområder, og den nye inddeling, som VARV bruger i skemaet side 2, tager hensyn hertil.

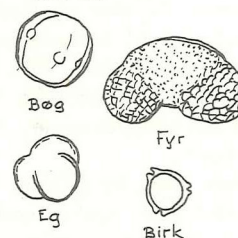
Kvartærtiden's begyndelse sættes ved de første tegn på udbredt afkøling. En glacialtid ("istid") er en langvarig kuldeperiode, og en interglacialtid er en tilsvarende varm periode ("mellmistid"). Hver interglacialtid har erfaringsmæssigt et særpræg med hensyn til ændringer i planteverdens sammensætning.

I glacialtiderne kunne optræde ganske kortvarige tidsrum med klimaforbedring, som viser sig ved, at skov en kort stund kunne trives. Sådanne korte varmeperioder har man kaldt interstadialer.

Svend Th. Andersen fra Danmarks Geologiske Undersøgelse har vist, at den nye (hollandske) inddeling udmærket kan anvendes for danske kvartærtids-lag.

Liste over de 6 glacialtider, som er påvist i Nordeuropa:

Pollen (støvkorn)  
fra moser  
0.01 mm



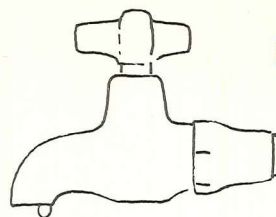
|                 |                                                  |
|-----------------|--------------------------------------------------|
|                 | Postglacialtid                                   |
| Weichsel (Würm) | glacialtid                                       |
|                 | Eem interglacialtid - FØRSTE MÆNNESKER I DANMARK |
| Saale (Riss)    | glacialtid                                       |
|                 | Holstein interglacialtid                         |
| Elster (Mindel) | glacialtid                                       |
|                 | Cromer interglacialtid                           |
| Menapier (Günz) | glacialtid                                       |
|                 | Waal interglacialtid                             |
| Eburoner        | glacialtid                                       |
|                 | Tegelen interglacialtid                          |
| Prætegelen      | glacialtid                                       |

Kun de 3 yngste af glacialtiderne er påvist i Danmark, se skemaet på side 2.

VARV håber i en senere artikel at kunne berette mere om de undersøgelser, der begrundet de NYE TIDER.

VP





# Geologi, Grundvand

## - og Vandforsyning

I dagspressen kan man med korte mellemrum læse alarmerende artikler om vandforsyningsproblemer. Overskrifterne beretter om den stadig synkende grundvandstand, om "tørlagte" vandværker, om resultatløse efterforskninger efter grundvandsforekomster o.s.v., o.s.v.. Teknikerne udspørger næsten dagligt om mulighederne for afsaltnings af havvand og om chancerne for at få ferskvand fra Sverige. Hvad ligger der bag alt dette skrivi? Er det hysteri eller er der virkelig fare for vandmangel i Danmark?

Denne lille artikel skal forsøge at give en nøgtern vurdering af vandforsyningsforholdene her i landet. Af hensyn til den trætte læser, som ikke orker at komme igennem artiklen, skal der allerede på dette sted bringes et foreløbigt og forhåbentlig nogenlunde beroligende svar på de ovenfor stillede spørgsmål. Svaret bliver: Vi har ikke vandmangel i Danmark, og der er ikke grund til at tro, at vi inden for en overskuelig fremtid kommer til at mangle vand.

Dermed være ikke sagt, at vi ikke har vandforsyningsproblemer, men inden vi beskæftiger os lidt mere med dem, er der grund til at understrege, at vandforsyningen her i landet næsten udelukkende er baseret på grundvand. Først i de seneste år er man i Københavns-området og enkelte andre steder begyndt at udnytte overfladevand til drikke- og husholdningsbrug. På dette punkt indtager Danmark noget af en særstilling, - i næsten alle andre lande er det fortrinsvis rensat overfladevand fra søer og floder, som vandværkerne sender ud til forbrugerne. Grundvand til husholdnings- og drikkebrug er så afgjort at foretrække frem for overfladevand. Det har en behagelig temperatur og smag, det er som regel rent - altså ikke forurenet - og det er i almindelighed let at behandle på vandværkerne, hvis det indeholder uønskede stoffer, f.eks. jern og mangan.

Grundvandet stammer fra nedbøren. Man regner med, at mellem 1/5 og 1/6 af den regn og sne, som falder på den danske jord, synker ned igennem jordlagene til grundvandszonen, d.v.s. den zone, hvor alle porer er vandfyldte; resten af nedbøren fordamper eller strømmer bort gennem vandløbene.

I grundvandszonen kan vandet bevæge sig forholdsvis hurtigt i grovkornede, porøse jordlag (f.eks. sand- og gruslag) eller i revne- og spaltefyldte bjergarter (f.eks. kridt- og kalklag), sådanne lag kaldes vandførende i modsætning til de finkornede lag (f.eks. lerlag), hvor vandets bevæ-



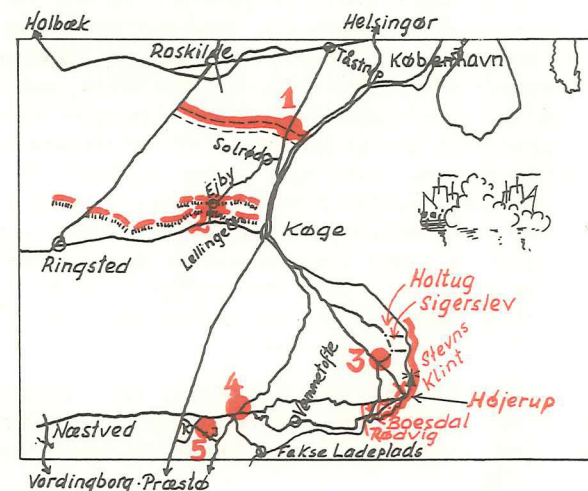
## TUREN GÅR TIL Stevns halvøen,

hvor et af de klassiske steder for danske geologi-interesserede findes - Stevns klint ved Højerups kirkeruin. Se artiklen i dette hefte.

Foruden ved Højerup kan Stevns klint med fordel besøges ved Holteg (kalkbrudet), ved kridtbrudet øst for Sigerslev, ved Boesdal kalkværk og ved Rødvig. Vil man blot nyde udsigten, kan det også ske, hvis man kører ud til fyret, som står hvor klinten når højest over Østersøen, 41 m.

Kortet viser endnu nogle geologiske stop på turen:

1. Ved Korporalskroen krydser landevejen en tunneldal, udgravet af smeltevand fra sydøst under indlandsisen for ca. 20000 år siden.
2. Køge Ås. 30 km lang bakkerekke, består af grus og sand afsat af smeltevand, der østfra strømede afsted i en tunnel i indlandsisen for ca. 20000 år siden.
3. Store Heddinge kirke, stor 8-kantet kirke af kalksten fra Stevns klint. Bygget omkring år 1200.
4. Fakse kalkbrud (adgang kun i arbejdstiden). Danientids-kalk. Fakse Geologiske Museum (se Varv, 1965, side 16).
5. Kongsted kalkværk mellem Kongsted og Jyderup driver et kridtbrud, hvor man kan se en gletschertransporteret kæmpeflage af skrivekridt. En del af kridtet er ældre end skrivekridtet i Stevns klint og Møns klint. Tilsvarende gammelt kridt er i Danmark kun tilgængeligt i en anden gletschertransporteret flage i Hvide klint's vestende (Sydmøn).





1167 - Absalon bygger en flådebase på en ø ved landsbyen Havn. Til borgens ringmur bruges kalkblokke fra Stevns Klint. De kan endnu ses, i ruinanlægget under Christiansborg i København. Omtrent samtidig blev klintens navn første gang nedskrevet (af Saxo og på latin): Stethiumense Promontorium. Spor af senere tiders kalk-saverier ses mange steder langs med klinten.



Bryozokalken og moræneleret skilles af et tidsrum på ikke mindre end godt 70 millioner år. Kun ad omveje kan man ane, hvad der skete ved Højerup i al den tid. Danientidshavet trak sig tilbage for dog at komme igen en tid. Men ved overgangen til den følgende tertiærtid var området kortvarigt tørlagt. Da havet kom igen i begyndelsen af tertiærtiden var det med en havbund, der var dækket af mørkt mergelslam. Skiftet i aflejringstype danien/tertiær tyder på ganske alvorlige ændringer i niveauforhold og klima i vor del af verden ved overgangen mellem de to tidsrum. Frem igennem tertiærtid var der stadig uro i jordskorpen - Østdanmark og efterhånden også Vestdanmark tørlagdes. Stevns klint området foldedes blidt og hævedes som en pukkel. I kvartærtiden har havet frembragt en kystklint i puklen - det kan udmærket tænkes, at strejfende neanderthalmenesker i sidste mellemistid har set en hvid klint omtrent hvor nutidens Stevns klint står.

S.F.

## VARV

Postadresse: Tidsskriftet VARV, Mineralogisk Museum, Østervoldgade 5-7 København K. (Tlf. \*Mi 5001).

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

VARV udkommer fire gange om året. Prisen er 8 kr i abonnement. Abonnement tegnes ved indsendelse af beløbet til VARV, postgiro 68880. Alle henvendelser vedrørende adresseforandring, fejl ved bladets levering o. lign. bedes rettet til postvæsenet.

Eftertryk af tekst og billeder er kun tilladt med kildeangivelse.

gelse er så langsom, at lagene i praksis virker vandstandsende. Skal de vandførende lag kunne udnyttes, må de være så porøse eller sprækkefyldte, at man ved at føre brønde eller borerer ned i disse lag kan pumpe vandet op og ud til forbrugerne.

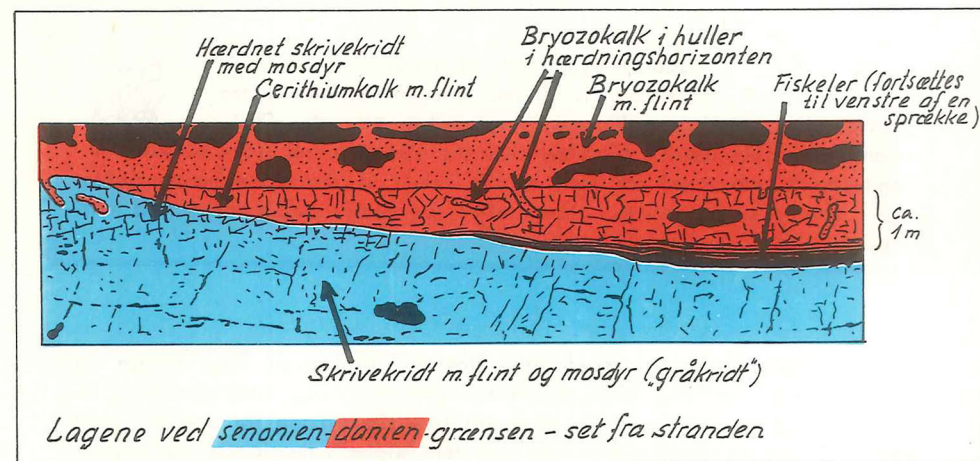
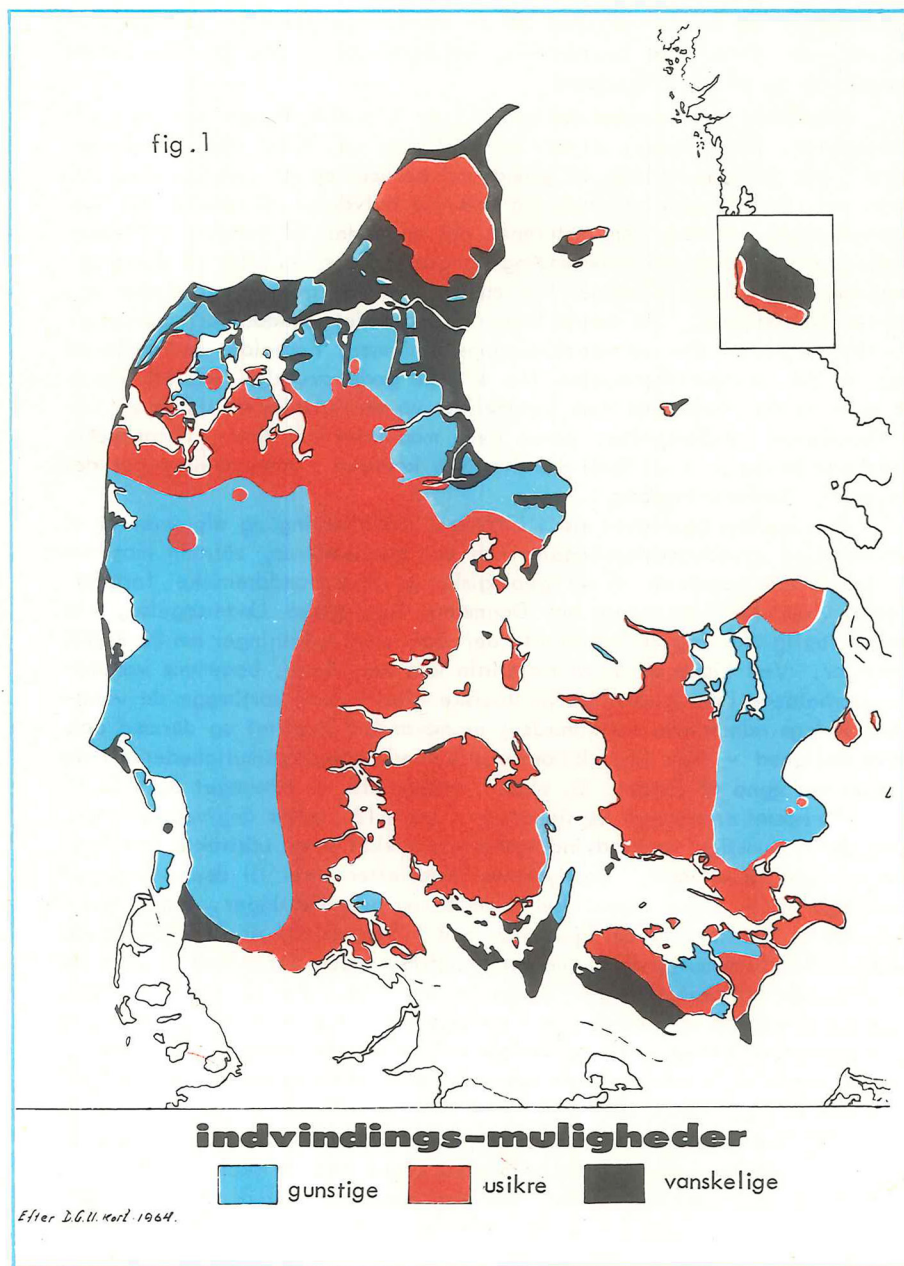
Som foran nævnt synker mellem 1/5 og 1/6 af nedbøren ned i grundvandszonen, det betyder, at der årligt dannes ca. 4700 mill. m<sup>3</sup> grundvand. Det samlede forbrug af grundvand kommer op på mellem 6 og 700 mill. m<sup>3</sup>, heraf bruger befolkningen omkring halvdelen til drikke- og husholdningsbrug, medens den resterende del anvendes til vanding af besætninger, i industrien, til markvanding og gartneribrug - eller til dambrug. Sagt med andre ord, vi bruger kun ca. 1/7 af den grundvandsbeholdning, som er til rådighed. På denne baggrund lyder det umiddelbart mærkeligt og pessimistisk at tale om vandforsyningsproblemer. Forholdet er imidlertid det, at indvindingsmulighederne ikke er lige gode overalt i landet, i visse egne er det forbundet med betydelige vanskeligheder at skabe en tilfredsstillende vandforsyning, enten fordi man ikke kan finde tilstrækkelig vandførende lag - eller fordi grundvandets kemiske sammensætning gør det uegnet til husholdningsbrug.

Her kommer geologien ind i billedet. Lokalisering og afgrænsning af anvendelige grundvandsforekomster kan kun gennemføres, såfremt man har et indgående kendskab til de geologiske og grundvandskemiske forhold. Denne viden kan man hente hos Danmarks Geologiske Undersøgelse, som har en særlig afdeling, borearkivet, der råder over oplysninger om 80-90000 borerer. Ved hjælp af dette materiale kan man bl.a. bedømme vandføringsforholdene i de forskellige geologiske aflejringer, kortlægge de vandførende lags udbredelse samt vurdere grundvandets kvalitet og dermed dets anvendelighed - kort sagt, karakterisere vandindvindingsmulighederne i de forskellige egne af landet. En sådan karakteristik er foretaget på fig. 1.

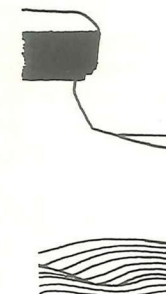
På kortet er anvendt tre signaturer. De blå felter angiver områder, hvor der er gunstige vandindvindingsforhold takket være udstrakte forekomster af fersk grundvand. Vestjyllands hedesletter hører til denne kategori som følge af den store udbredelse af sand- og grusaflejringer. I den nordlige del af Himmerland og Djursland samt i Østsjælland er der tilsvarende gode indvindingsmuligheder, her er vandforsyningen fortrinsvis baseret på vandførende horisonter i kalk- og kridtaflejringer. For Østsjællands vedkommende må man imidlertid tage i betragtning, at den overvejende del af grundvandsforekomsterne er beslaglagt af hovedstadsområdets vandværker, kun på Stevns og i området vest herfor er der vandreserver til rådighed til vandindvinding i større stil.

De rød-farvede felter viser områder, hvor indvindingsforholdene er temmelig komplicerede, således at man må regne med at skulle igennem et omfattende undersøgelsesprogram, før man opnår en tilfredsstillende vandforsyning. For hovedparten af de rødfarvede områders vedkommende skyldes usikkerheden, at vandforsyningen udelukkende må baseres på vandføren-



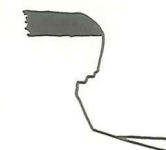


Nu var mosdyrenes store tid kommet. De voksede som få cm høje "mosdækker" på havbunden. Fordi de trivedes bedst i bestemte strøg, kom deres døde skeletter med kalkslam imellem også til at ligge i disse strøg og kom i tidens løb til at danne vældige banker. Disse banker var ikke symmetriske, men havde tendens til at vokse sidelæns hen over de sydlige nabobanker. Tykke grå flintlag fremhæver bankernes form og ses i store smukke buer hen langs klintens øvre del ved Højerup.



Efter forsteningernes art at dømme har havet været varmt tempereret, og havdybden kan næppe have oversteget halvdandet hundrede meter i denne del af danientids-havet (der her i Nordeuropa forøvrigt havde en langt mindre udstrækning end det foregående skrivekridthav).

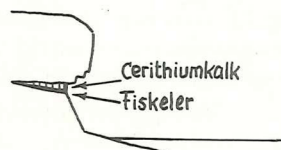
Det er netop den hårde mosdyrkalk (bryozokalk, limsten), som under det tekniske navn kridtsten er blevet udhugget og udsavet for at blive brugt ved kirkebyggeri o.s.v. Den er i Stevns Klint kun bevaret med indtil en halv snes meters tykkelse. Den har været tykkere, men istidens gletschere fra Østersøen fjernede det øverste, før de aflejrede deres morener hen over Stevns halvøen.





Skrivekridtet under Danmark er indtil ca. 600 m tykt. Skrivekridthavet var næppe mere end 200 m dybt. Når der alligevel blev dannet bundlag med indtil 600 meters tykkelse, må bunden have sænket sig imens. Men forholdene ved Højerup viser, hvordan bunden tilsidst hævedes. Det yngste skrivekridt er her  $2\frac{1}{2}$  meter tykt, lysegråt og forholdsvis hårdt samt fuldt af forsteninger - især mosdyrskeletter. Dette "gråkridt" har flintknoldelag i buer, der viser, at mosdyrene voksede i banker på havbunden. Tilsidst var bunden hævet så meget til vejrs, at bølgerne fik tag i mosdyrbankernes toppe. Stumper og slam fra dem endte nede i lavningerne mellem bankeme, hvor der samtidig foregik en delvis opfyldning med gråt ler.

Også det grå ler (der har fået navnet fiskeleret) tyder på uro i jordskorpen. Det har et mineralindhold, der tyder på, at der indgår forvitret aske fra vulkanudbrud (i Sydnorge eller Skåne?). Det er tæt sammenpresset og højest ca. 20 cm tykt og ses som afbrudte buer (nemlig bunden af de gamle bankelavninger) hen langs klinten. Forøvrigt regner man netop fiskeleret for det ældste danske lag fra kridttidsafsnittet danientid.



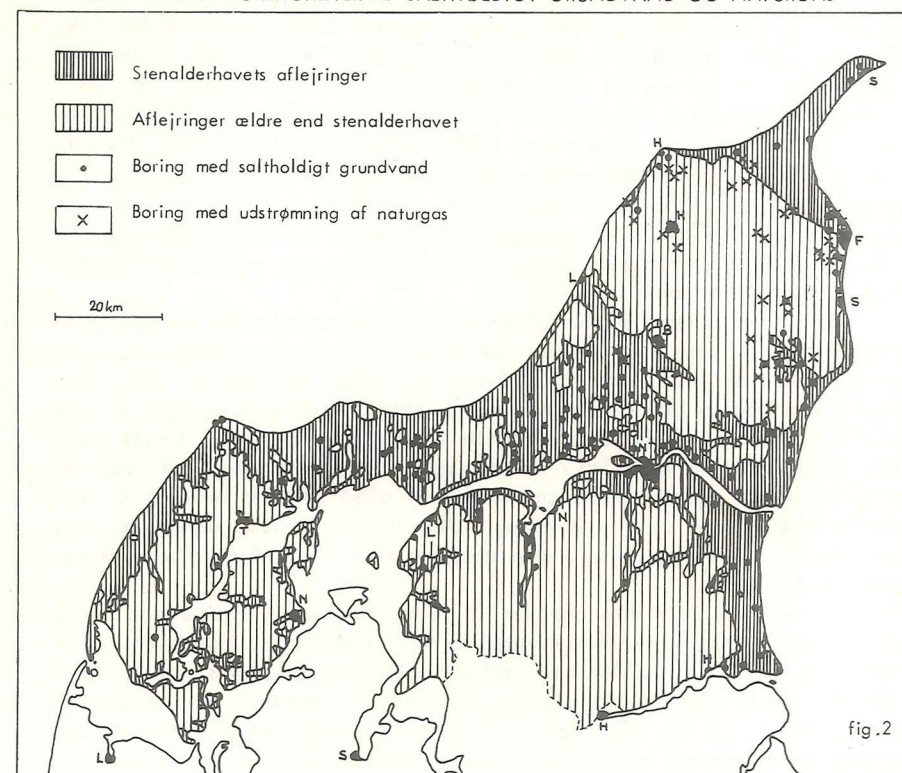
Lerafsætningen var kortvarig og afløstes af ren kalkafsætning i det stadig meget lavvandede hav. Kalken (cerithiumkalken, der har flintknoldelag ligesom skrivekridtet) lagde sig hen over både fiskeler og de mishandlede toppe af de gamle mosdyrbanke.

Men også denne aflejringsperiode endte med en forskrækkelse. Den urolige jordskorpe hævedes med det resultat, at det øverste cerithiumkalk og endnu en del af de gamle mosdyrbanke blev offer for bølgerne. Aflejringer gik helt i stå, og havbunden hærtnede på det lave vand til en ca. 1 m tyk sprød og gullig kalkhorisont. I den hårde kalk findes mange aftryk af sneglehus og andre aragonit-skaller.

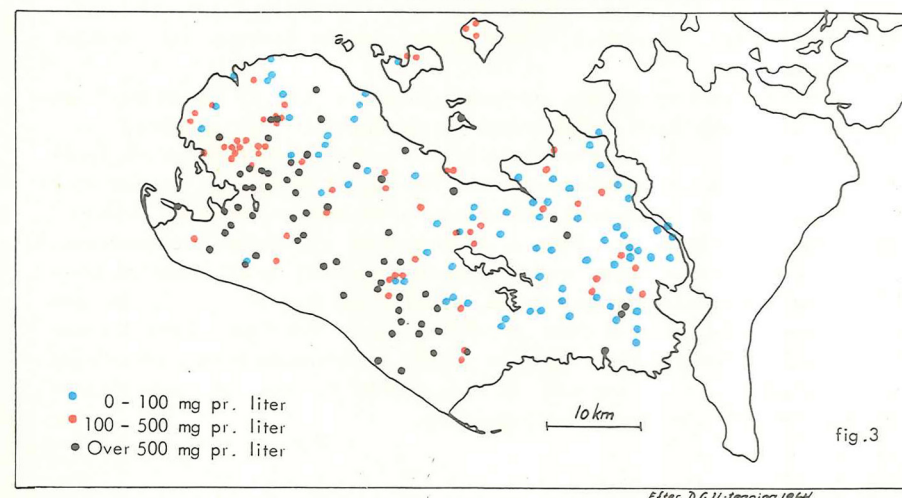
Hærtningshorisonten omfatter både cerithiumkalkens rester (fra danien-tiden) og mosdyrbanke fra skrivekridt-tiden - selvfølgelig med hver sit sæt af forsteninger. Endnu et tredje sæt forsteninger træffer man på, nemlig småskaller og mosdyrskeletter, der dryssede ned i huller i hærtningshorisonten (hullerne stammer fra gravende krebs og rådne svampe).

Dette tredje sæt er det yngste af de tre og er fra tiden, da havbunden på stedet igen begyndte at sænke sig.

# STENALDERHAVETS UDBREDELSE SAMT KENDTE FOREKOMSTER AF SALTHOLDIGT GRUNDVAND OG NATURGAS



## GRUNDVANDETS KLORID-INDHOLD PÅ LOLLAND





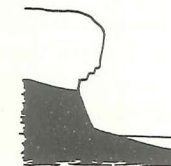
de sand- og gruslag i istidsaflejringerne, idet de underliggende dybgrundslag enten ikke indeholder vandførende horisonter eller fører saltholdigt grundvand. De senere års dybdeboringer efter olie har afsløret, at der i Danmarks dybgrund findes udstrakte saltforekomster, som er skyld i, at man her i landet ikke kan forvente at træffe fersk grundvand dybere end ca. 200 m. Bortset fra hedesletterne er istidsaflejringerne sand- og gruslag kendetegnet ved at veksle stærkt i udstrækning, tykkelse og sammensætning inden for korte afstande. Denne uregelmæssige fordeling af jordlagene er en følge af indlandsisens bevægelser, hvorved sandlagene oprindelige lagdeling og udbredelse blev ændret.

Som et eksempel på forskellen på indvindingsforholdene i de usikre og gunstige områder kan nævnes, at Århus vandforsyning årligt oppumper ca. 12 mill. m<sup>3</sup> grundvand fra 54 borer i sand- og gruslag. Disse indvindingsboringer er blevet etableret på grundlag af erfaringer, som er indhøstet gennem et årelangt og omfattende undersøgelsesprogram. Denne samme vandmængde indvindes fra 7 kridtboringer, som er anbragt ved foden af Ræbild bakker, og som uden oppumpning - altså ved frit overløb - sender vandmængderne ud i tre dambrug. Disse borer blev udført uden nogen form for forundersøgelser, man anbragte dem simpelthen, hvor det var mest formålstjenligt.

Tilbage til de usikre områder. I Sydøst-Danmark (Sydsjælland, Møn og Lolland-Falster) er vandforsyningen fortrinsvis baseret på vandførende horisonter i kridt- og kalklagene, indvindingen vanskeliggøres imidlertid af udbredte forekomster af saltholdigt grundvand. Undertiden er saltindholdet så højt (over 500 mg kloridjon pr. liter), at vandet smager salt; selvom vandet har et lavere kloridindhold, kan man imidlertid ikke umiddelbart anse det for anvendeligt, da kloridindholdet kan stige ved langvarig pumpning og ved øget forbrug. Man må i almindelighed være på vagt, når der er tale om kloridindhold, der er større end normalt forekommende i grundvand (30-50 mg pr. liter), og når det drejer sig om borer, der ligger nær kysten eller i et område, hvor vandet i andre borer har forhøjet saltindhold.

Områder med vanskelige indvindingsforhold er vist på kortet med sort farve. For Nordjyllands vedkommende er det specielt i de områder, som i stenaldertiden lå under havets overflade, at der er særlige indvindingsproblemer. Stenalderhavets aflejringer adskiller sig fra de øvrige lag ved fortrinsvis at bestå af finsandede, lerholdige eller lerede jordarter, hvilket i høj grad vanskeliggør en effektiv udnyttelse af grundvandsforekomsterne. Hertil kommer, at der netop i disse områder er risiko for at støde på saltholdigt og/eller gasholdigt grundvand, således som vist på fig. 2, der angiver kendte forekomster af disse grundvandstyper. Yderligere komplicerede bliver indvindingsforholdene ved, at vandet fra stenaldershavets aflejringer ofte indeholder så store mængder af humusstoffer og jern, at vandværkerne må udstyres med særlige behandlingsanlæg.

Det nederste og ældste i klinten er det bløde skrivekridt. Ved Højerup når det ca. 10 m op over Østersøen, men andre steder langs den 12 km lange klint når det langt højere op, og nogle steder ligger det skjult under havniveau. Det har virkelig vist sig, at kridtets overside er bulet med 3 store opadgående buler synlige i klinten - et resultat af jordskorpefoldning, en svag genpart af den samtidige foldning af Alperne i tertiærtid.



Skrivekridtet er mere eller mindre så hvidt som kridt og er en meget ensformig bjergart (op mod 99% af den er calciumkarbonat). Lagdeling ser man ikke meget til, kun takket være lagene af sorte flinteknolde får man et indtryk af den.

Flint træffes både som knolde og spaltefyldninger (og som egentlige lag i kalken over skrivekridtet). Hvad flint er vides knap. Snarest er den kalcedonhærdnet genudskilt opal fra kiselsvampeskeletter (især genudskilt under samtidig gradvis opløsning af kridt/kalk).

Ved Højerup og andre steder langs klinten finder man i kridt og kalk også svovlkis-klumper. Det tunge mineral svovlkis er gyldengrønt, men klumperne er som oftest forvitrede og rødbrune (af rust). Svovlkis-klumperne består af jern og svovl, som grundvandet har koncentreret fra rådende havdyr og -planter. (Se Varv, 1964, nr 1 s.13-14).

Skrivekridtet har som sagt engang været havbunds-slam. Det var i kridttids-afsnittet senonientid, og det pågældende hav lå fra Atlanten til ind i Sovjetunionen og nåede fra Sydsandinavien til de Mellemtyske bjerge. Kalk-slammet blev udskilt direkte fra havvandet som resultat af havorganismernes stofskifte. Det kom til at indeslutte en mængde store og små skaller af døde havdyr. De blev til forstener. Kridt og forstener fortæller tilsammen om havet, der næppe har været særlig dybt (sandsynligvis højst et par hundrede meter). Vandet har haft en ret høj temperatur - nogle iltisotopundersøgelser (se Varv 1965, side 25) af forstener viser temperaturen 16° C. De omgivende lande må man tænke sig lave og tørre (lejlighedsvis med sandstorme).

Ligesom andre meget gamle kalkrige bjergarter mangler skrivekridtet alle dyreskaller af den forholdsvis letopløselige kalktype aragonit - det gælder navnlig sneglehuse. I visse zoner nåede skrivekridtet dog i tide at hærdne så meget, at man i det mindste kan finde aftrykkene efter de opløste skaller. I det sædvanlige bløde skrivekridt er der af forstener bare mulighed for at finde dyreskaller af den anden kalktype, kalkspat (f. eks. søpindsvin, kammuslinger, vættelys og mange andre).



En stor parkeringsplads ligger mellem et restaureret stevnsbo-hus (beg. 1800 tallet), en mindelund, den gamle og den nye kirke - og Stevns museet, ikke at forglemme. Fra pladsen er der kun godt 100 m frem til kanten af STEVNS KLINT.

Der står man og konstaterer for det første, at der er langt ned, små 30 m, og for det andet, at man kan komme videre ad en magelig trappe, og uden for tøjbrudstid kan man gå på stranden uden særlig bekymring for klinteskred !

Forsåvidt er det tankevækkende, at der er langt ned. Alt det hvide i klinten er forstenet havbunds-slam, og det er store bevægelser i jordskorpen, der har bragt kalk og kridt op til langt over Østersøens vande.

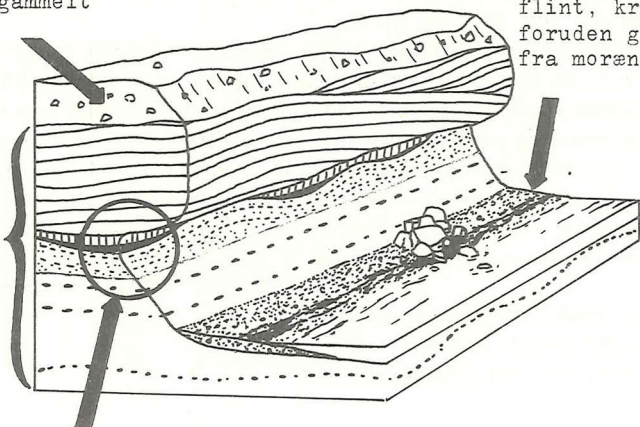
Netop ved Højerup er der god mulighed for at komme til at se nærmere på de gamle havbunde (70-75 millioner år gamle, fra slutningen af kridttiden). Man går blot et par hundrede meter til højre (sydpå) langs stranden og finder der alle de forskellige typer af havbunde tilgængelige på eet sted.

I det følgende skal stumper af deres spændende historie fortælles.

Moræner (gletscheraflejring)  
fra slutningen af istiden -  
15-20.000 år gammelt

Strandstenene er  
flint, kridt og kalk  
foruden granit o.a.  
fra moræneret

Kridttids-lag  
70-75 millio-  
ner år gamle



Lagene fra overgangen mellem den ældre senonien-tid og den yngre danien-tid fylder ikke meget - men detailundersøgt beretter de

om store ting, bevægelser i jordskorpen og vulkanudbrud

De samme lag ses bedre på figuren på side 27

De øvrige "sorte" områder på kortet (fig. 1) har vandindvindingsproblemer, enten fordi grundvandet ofte er saltholdigt (Jyllands vestkyst) - eller fordi jordlagene ikke indeholder vandførende horisonter af betydning (Bomholms granit-områder). På Sydhavsøerne og Sydlolland er man så uheldigt stillet, at de vandførende lag forekommer som små isolerede vandvandpartier, som i reglen indeholder saltholdigt grundvand.

Hvordan klarer man nu vandforsyningen i de vanskelige indvindingsområder? Ja - hidtil har det gået så nogenlunde, den lokale befolkning har efterhånden vænnet sig til problemerne - også til det salte kaffevand. (Et sted nord for Limfjorden sorterer man sine venner i een, to og tre koppers venner, idet antallet af kopper kaffe, som indtages under et besøg, afhænger af saltindholdet i kaffevandet). En fordel har det jo også været, at de vanskelige områder hører til de tyndt befolkede. Sådan har det været hidtil, men sådan bliver det ikke ved med at gå. En ny forbrugerkreds er på vej. Egnsplanelæggerne forventer, at antallet af sommerhuse om 40-50 år vil være steget fra de nuværende ca. 80.000 til omkring 1 million. De kommende sommerhusbyer vil naturligvis fortrinsvis blive placeret i kystegnene eller på de mindre øer, d.v.s. i de områder, hvor vi har de vanskelige indvindingsforhold; således vil ikke mindst Nordjyllands kyster og badestrande virke dragende på sommerfolket. For ikke at tale om Sydlolland, hvor man har planer om at opføre mellem 3 og 4000 sommerhuse langs sydkysten. Som tidligere nævnt er grundvandet på Sydlolland som regel saltholdigt, hvilket også fremgår af fig. 3, der viser grundvandets varierende kloridindhold. Alene denne sørgelige kendsgerning er tilstrækkelig til at karakterisere kystområdet som ikke umiddelbart egnet. Det ligger helt klart at vandforsyningen til kystens sommerhusbyer må baseres på vandværker, som ligger uden for det vanskelige område. Det er ligeledes indlysende, at skal man igang med en projektering af denne størrelsesorden, bør den ikke alene komme sommerhusbeboerne, men også helårsbefolkningen til gode - og helst i en sådan form, at der skabes muligheder for tilflytning af industrivirksomheder, herunder også vandforbrugende industrier. Et vandforsyningsprojekt, som skal opfylde de nævnte krav, kan kun bringes til udførelse, såfremt man forbereder sagen gennem en grundig planlægning, og såfremt de implicerede parter er indstillet på et snævert samarbejde. Heldigvis har myndighederne i Maribo amt stillet sig i spidsen i denne sag - normalt overlader man vandforsyningsproblemerne i sommerhusområderne til det private initiativ, og så kan det meget ofte knibe både med planlægningen og samarbejdet. Naturligvis kan man undvære begge dele, men det resulterer ofte i de mærkværdigste løsninger. Således findes der i en kommune i Nordjylland to vandværker, som forsyner hver sin ende af byen. Da indvindingsforholdene er vanskelige i kommunen, har man måttet rykke de to vandværker 4 km uden for byen, hvor de ligger i en indbyrdes afstand af 200 m. Fra vandværkerne føres nu vandet gennem to hovedledninger - som er lagt langs samme landevej, men dog i hver sin landevejsgrøft - ind til de tør-



stende forbrugere. Et andet eksempel: Der findes i vort veludviklede samfund kommuner med 13 private vandværker, fordi de lokale myndigheder ikke finder, at vandforsyning er et kommunalt anliggende.

Meget ofte kommer man ud for, at planlæggere og bygherrer undlader at tage hensyn til vandforsyningen; først når byggeriet er afsluttet, begynder man at lede efter vand, og så kan man hyppigt komme ud for ubehagelige overraskelser.

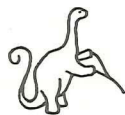
Det skulle gerne af de ovenfor anførte betragtninger fremgå, at man i de vanskelige indvindingsområder ofte har betydelige vandforsyningsproblemer, og at specielt de kommende sommerhusbyer vil skabe nye vanskeligheder. I områderne med usikre indvindingsforhold vil det voksende vandforbrug til husholdning og industri utvivlsomt gøre det nødvendigt at planlægge på længere sigt end hidtil og eventuelt etablere samarbejde med omliggende kommuner med henblik på en rationel udnyttelse af grundvandsforekomsterne. På øerne vil overfladevand vel nok i stigende grad indgå i vandforsyningen – for hovedstadsområdet er der endvidere grundvandsreserver til rådighed på Stevns og i egnen vest herfor.

Afsluttende kunne der være grund til at berøre de andre muligheder for vandforsyning, der har været nævnt i dagspressen: afsaltning af havvand og vandleverancer fra Sverige.

Omdannelsen af havvand til drikkevand er et problem, som der arbejdes med over hele jordkloden, men det er stadigvæk et problem. Det er en kompliceret og kostbar proces, som kræver store energimængder, det er bl.a. derfor, man i de senere år i stigende grad har interesseret sig for anvendelsen af atomanlæg til afsaltning. Denne udvikling vil utvivlsomt medføre, at afsaltningsanlæg først og fremmest vil få betydning i de tætbefolkede udviklingslande, hvor atomværker vil kunne bruges både som kraftværker og til udvinding af ferskvand.

Med hensyn til vandleverancer fra de svenske søer til Københavnsområdet må man erkende, at det er en mere realistisk mulighed end den ovenfor nævnte. Men – forudsætningen herfor må være, at man fra svensk side ønsker at påtage sig en sådan leverance, og det er vel kun tilfældet, såfremt vandforsyningsproblemer i Sydsverige gør det nødvendigt at få etableret en ledning fra søerne ned til Skåne.

*Ole Andersen*



## kirke og klint



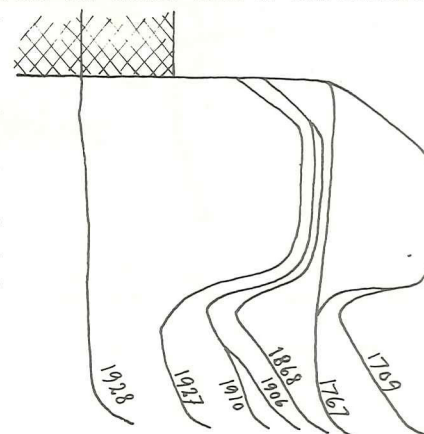
NÆR MIDTEN AF 1200 TALLET besluttede en nu ukendt bygherre at opføre en kirke på Stevns halvøen, i HØJERUP nær Østersøen. På de tider kaldtes stedet forøvrigt Høghethorp. Sagnet har ladet bygherren være en skipper i havsnød, som med sprøjtet i øjnene svor, at han ville bygge et gudshus, om han slap levende hjem.

OMKRING 1275 kunne kirken indvies. Ligesom andre af halvøens kirker var den bygget af lysegrå kalk hugget ud af Stevns klint.

Gennem århundreder blandedes larmen fra Østersøen med klokkeklang, katolske messer og protestantisk salmesang. Men lyden fra havet kom nærmere, Østersøen gnavede på Sjælland. Kystklinten blev forskudt mere og mere mod vest, og tidligt i vort århundrede var kirken truet af klinteskred. Den lukkedes i perioder og blev helt opgivet, da en ny kirke var færdig i 1913.

DEN 16. MARTS 1928 styrtede kirkens korbygning ned på stranden. Ruinen blev siden sikret ved pansring af klinten.

NU I 1965 er ruinen et mål i sig selv for de titusinder af turister, der sommeren igennem tager ud til Højerup for at se havet og den hvide klint.





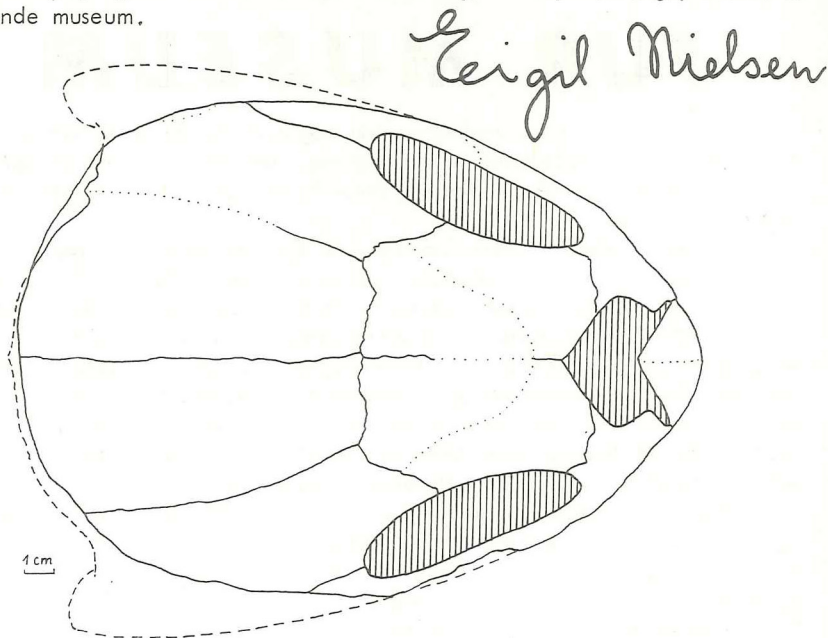
Når samlingerne er så omfangsrige, er det først og fremmest M.Breiner Jensens fortjeneste. Nogle fund har han fået overrakt som gaver til museet, men langt den overvejende del har han selv indsamlet, og materialet viser hans store kendskab til moleret og hans evne til at se, hvilke steder det lønner sig at samle.

Det er næppe for meget sagt, at Fur Museums samlinger af molersforsteninger overgår samlingerne i Mineralogisk Museum. Man kunne nævne både planteforsteningerne og forsteningerne af snegle og muslinger - men specielt må her fremhæves insektsamlingen, fiskesamlingen og samlingen af skildpaddeforsteninger.

Fra den enestående fine skildpaddesamling må nævnes det næsten fuldstændige kranium og væsentlige dele af kropskelettet af en mere end halvanden meter lang havskildpadde (*Eosphargis breineri*) - beslægtet med nutidens sjældne læderskildpadde.

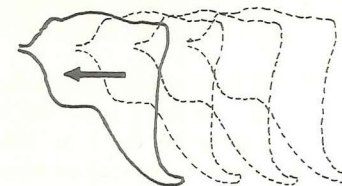
Den oprindelige museumsbygning er senere blevet betydelig udvidet, ligesom museumsinventaret - montrer, skuffedarier o.s.v. - er blevet bedre. Man har nu på Fur et museum, der vil imponere alle, der er interesseret i geologi eller palæontologi.

Til slut, ikke at forglemme, der arbejdes med materialet i Fur Museum. Palæozoologer og palæobotanikere låner materiale, de gerne vil se nærmere på, og de er altid velkomne til at gøre det, kort sagt, det er et levende museum.



Den store havskildpadde's hovedskal set ovenfra

## SEJLENDE



## KONTINENTER !

Som omtalt side 30 blev den tyske geograf og geolog Alfred Wegener på grundlag af Kul-Permtidens klimafordeling overbevist om, at kontinenterne tidligere har ligget sammen som én landmasse. Han samlede alle tænkelige støttende vidnesbyrd fra geologien, klimatologien, geofysikken og fordelingen af den fortidige plante- og dyreverden. Wegener mente at kunne påvise en begyndende adskillelse af kontinenterne i Perm, dannelsen af den sydlige Atlant i Trias-Kridt, den nordlige Atlant i Tertiær. Da kontinenterne nu ligger spredt, må der findes kræfter, som har kunnet flytte dem.

I begyndelsen af århundredet var man ved tyngdeundersøgelser kommet frem til, at jordskorpen bestod af to dele: Øverst en skorpe af granit, nederst en basaltisk skorpe, der iøvrigt udgjorde den egentlige oceanbund. På grund af de stigende tryk og temperaturer inde i jordskorpen blev den basaltiske skorpe anset for at være ret plastisk, og Wegener forestillede sig, at de granitiske kontinenter ligefrem kunne "sejle" i den basaltiske del af skorpen. De øvrige egenskaber i den nedre skorpe var som hos den vulkanske bjergart basalt.

De bevægende kræfter blev kaldt "Polflugt" og "Vestdrift". "Polflugten" stod i forbindelse med centrifugalkraften ved jordens rotation. Teoretiske betragtninger viser, at der vil være en kraft rettet mod ækvator. Løb processen til ende, ville al landmasse på jorden samles i et bælte langs ækvator, mens de to polområder ville blive til store oceaner.

"Vestdriften" skyldtes tidevandskræfter, idet tiltrækningen fra solen og månen bevirkede en opbremsning, som stærkest påvirkede de højtliggende områder (kontinenterne) og i mindre grad de lavtliggende områder (oceanbunden). Med den gældende rotationsretning ville effekten fremtræde som en vestrettet drift af kontinenterne.

Så store kræfter måtte også kunne sætte sig andre spor, og for eksempel bjergkædefoldninger blev sat i forbindelse hermed. Lagene blev ganske enkelt krøllet op foran de drivende kontinenter! Den cordilleriske bjergkæde ned gennem det vestlige Nordamerika og Sydamerika måtte således skyldes "Vestdriften" - den alpine øst-vestgående foldekæde var krøllet op ved "Polflugten". Ø-guirlanderne langs den asiatiske stillehavs-kyst var at betragte som "slæb" - afrevet og efterladt ved "Vestdriften".



Blandt de biologiske vidnesbyrd blev lagt særlig vægt på udbredelsen af planter og landdyr, som ikke kan migrere over havet. Grundsynspunktet var, at så længe der i to landområder er fuld overensstemmelse i den biologiske verden, hænger de sammen. Ved separation vil udviklingen følge forskellige veje i de to områder. Ved nærmere analyser kunne Wegener angive adskillelsestidspunkterne. Tager man til eksempel den australske dyreverden, rummer denne tre ulige gamle elementer. Det ældste faunaelement indeholder varmeelskende dyreformer bl.a. krybdyr og viser god overensstemmelse med faunaen i Forindien og på Ceylon. Det mellemste element mangler krybdyr, men indeholder padder og pungdyr. Dette element viser tydelig forbindelse med Sydamerika. Som det yngste element har man Sundaø-faunaen. Afstanden mellem Australien og Mellemargentina er nu lige så stor som afstanden mellem Nordpolen og Kapstaden i Sydafrika! Faunaoverensstemmelsen Australien-Sydamerika forklares imidlertid let ved en sammenskydning af kontinenterne.

Indtil Juratiden hang Australien sammen med Indien og Ceylon, og den ældste fauna viser derfor stor lighed disse steder. Fra lidt op i Jura var Australien blevet separeret fra Indien, men hang endnu sammen med Sydamerika over Antarktis. Denne forbindelse varede ved til ind i Tertiærtid, og overensstemmelsen med hensyn til pungdyrene forklares derfor let. Fra ældre Tertiær omtrent helt op til nutiden lå Australien under driften helt isoleret, og først i nyeste tid er Australien kommet så nær på Sundaøerne, at der igen har kunnet foregå en udveksling af dyreformer!

Da Wegener publicerede sin teori, virkede den som en bombe i den naturvidenskabelige verden. Det fortjenstfulde var forsøget på at inddrage resultater fra de forskellige videnskaber. Mange vaneforestillinger blev til sidesat, og en voldsom diskussion blev resultatet. Denne diskussion har nu været i godt 50 år.

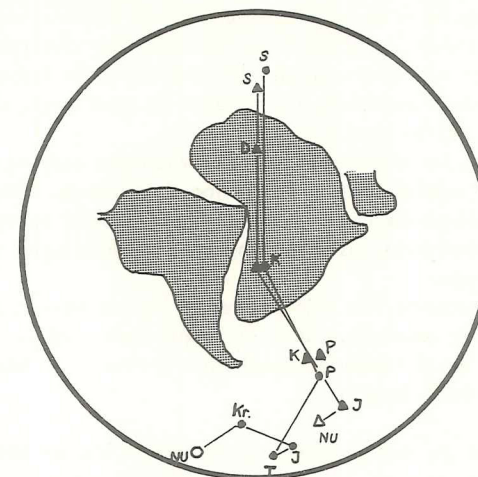
De forskellige vidnesbyrd blev endevendt, og der blev efterhånden overvejende modstand mod teorien. Biologiske "modbeviser" blev fremsat, men disse kan aldrig tjene som modbevis - i det højeste kan anvises alternative forklaringer på dyrs og planters spredning.

Det helt afgørende modargument kom fra geofysikerne, som kunne vise, at Wegener's "Polflugt" og "Vestdrift" som kræfter betragtet var adskillige millioner gange for små til at røkke kontinenterne så meget som en millimeter! Basaltkorpen var ikke nær så plastisk som antaget af Wegener.

Imidlertid har det ikke været muligt på overbevisende måde at forklare Kul-Permtidens klimafordeling ud fra kontinenternes nuværende position, og et lille fåtal af tilhængere mente, at vidnesbyrdene talte for en oprindelig sammenhængende kontinentmasse - så måtte det blive geofysikernes sag at finde de nødvendige kræfter til at forklare kontinentdriften.

Nu er kræfterne fundet!

Kræfterne må søges i konvektionsstrømninger i jordens kappe - laget mellem skorpen og den flydende kerne. Konvektionsstrømninger opstår i



7. "Polvandrings"-ruter ved sammenskydning af kontinenterne. Kun Afrika og Sydamerika er indtegnet. (efter Nature)

## FUR MUSEUM

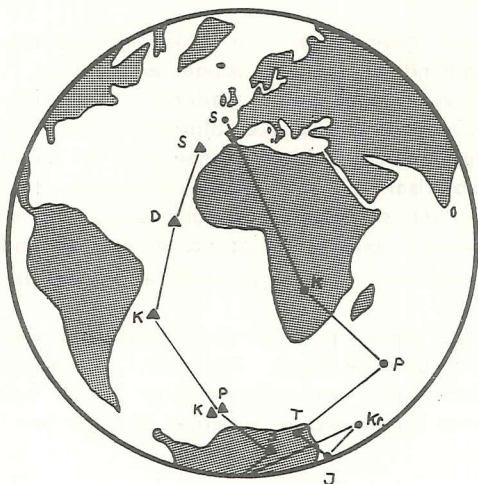
I begyndelsen af halvtredserne tog nogle af beboerne på limfjordsøen Fur initiativet til opførelsen af en bygning, der skulle rumme et egnsmuseum. Dette museum blev placeret i Nederby på Fur og åbnedes for offentligheden i 1953.

Museets leder - møbelfabrikant M. Breiner Jensen - søgte i 1954 kontakt med Mineralogisk Museum i København for at få ordnet Fur museets geologiske samlinger. Disse viste sig så fortræffelige og i så hurtig vækst, at der i 1961 blev indgået en overenskomst mellem de to museer. Overenskomsten går bl.a. ud på, at Mineralogisk Museum vil støtte Fur Museum med præparationsarbejder og bestemmelse af den geologiske samling samt at denne (hvis Fur museet ophører som selvstændig og selvejende institution) skal overgå til Mineralogisk Museum, indtil et nyt museum oprettes på en efter Mineralogisk Museums opfattelse betryggende måde.

Som egnsmuseum indeholder Fur Museum foruden geologiske samlinger også arkæologiske, etnografiske og historiske samlinger. Men de geologiske samlinger udgør en væsentlig del af museet, og de vil sikkert i høj grad have interesse for Varv's læsere.

Det drejer sig først og fremmest om forsteninger og bjergarter fra Limfjordens og specielt Furs "moldersområde" (med 50 millioner år gamle havaflejringer af mikroskopiske kiselalger og vulkansk aske).





6. "Polvandnings"-ruter for Sydamerika (▲) og Afrika (●).  
 S = Silur, D = Devon, K = Kul, P = Perm, T = Trias,  
 J = Jura, Kr. = Kridt (efter Nature)

De to ruter eller kurver ser identiske ud for tidsrummet Silur-Perm, og det må betyde, at i dette tidsrum har Sydamerika og Afrika foretaget de samme bevægelser - eller med andre ord har ligget sammen. Prøver man at skyde Sydamerika og Afrika sammen, sådan, at "polvandnings"-ruterne i så høj grad som muligt falder sammen, får man et billede som fig. 7. Afrika og Sydamerika ligger da i samme position som angivet af Wegener for tidsafsnittet Kul-Perm.

I fig. 7 ses også, at "polvandnings"-kurverne adskilles efter Permtid, hvilket vil sige, at mod slutningen af Perm eller i begyndelsen af Triastid begyndte Sydamerika og Afrika at drive fra hinanden, og den sydlige Atlant opstod. Den endelige adskillelse af de to kontinenter fandt sted i Kridttiden.

"Polvandnings"-data fra de øvrige kontinenter på den sydlige og nordlige halvkugle kan på lignende måde analyseres, hvorved en god overensstemmelse med Wegener's resultater kommer frem.

De nye anskuelser i tilknytning til Wegener's teori er endnu så nye, at kritiske røster endnu ikke er hørt. De kommende år vil sikkert bringe mere nyt frem.

*JP*

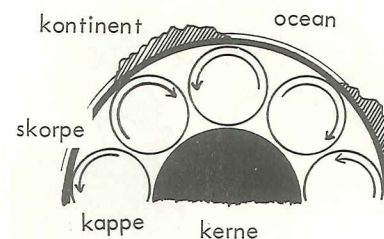
vædske og luftarter som følge af temperaturforskelle. Varme masser er lette - kolde masser tunge. Ved en uligevægtstilstand med varme lette masser underst vil en konvektionsstrømning begynde at bringe de lette masser tilvejs og de tunge masser ned. Det er for eksempel grundlaget for vandets cirkulation i et centralvarmeanlæg.

Jordens kappe består af fast stof i form af bjergarter, og der kan ikke være tale om konvektionsstrømninger i vanlig forstand. Den flydende kerne opvarmer de nedre dele af kappen, og oppe under skorpen har kappe-materialet en meget lavere temperatur. Der er således en uligevægt, som kan betinge en strømning - men hvordan? Man må forestille sig kappen opdelt i konvektionsceller, der roterer som valserne i en vridemaskine!

Størrelsen og antallet af konvektionsceller kommer til at afhænge af afstanden mellem skorpe og kerne, og denne afstand har ændret sig med tiden. Jordens kerne vokser antagelig ved at optage jern fra kontakten til kappen!

Store bjergkædefoldninger synes at ske hver 200 millioner år. Kan foldningerne sættes i forbindelse med konvektionscellernes rotation, må det betyde, at et kredsløb tager denne tid.

Det er da tænkeligt, at kontinentaldrift indtræder, hver gang antallet af konvektionsceller ændres i overensstemmelse med den voksende jordkerne. Så flyttes kontinenterne og anbringes over de steder, hvor konvektions-"strømmene" mødes for at gå i dybet - se fig. 1.



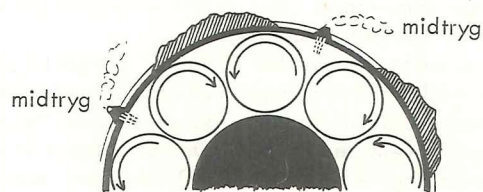
1. Forholdet mellem kontinenter og konvektionsceller.

Fungerer den omtalte mekanik er det helt klart, at kontinenternes drift bliver helt uafhængig af egenskaberne ved jordens skorpebestanddele. Kontinenterne må viljeløst følge med i takt med bevægelserne i de dybere niveauer.

Noget ganske andet indtræffer, hvor konvektions-"strømmene" mødes for at stige op og spredes til siderne. På disse steder vil kontinenterne fjerne sig til begge sider, og på grund af de store trækspændinger i oceanbunden opstår lange brudzoner langs grænsen mellem de pågældende konvek-

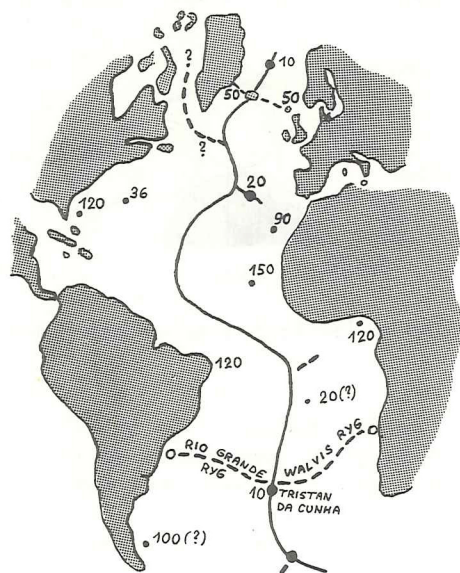


tionsceller. Brudzonerne kan åbne vej for, at vulkanske udbrudsprodukter trænger op og lejrer sig på havbunden - se fig. 2.



2. Brudzoner og spredning af oceanbunden.

En sådan "spredningszone" udgøres idag af Atlanterhavet. Ned gennem den sydlige og nordlige Atlant strækker sig den undersøiske midtatlant-ryg, hvortil er knyttet langsgående markante brudzoner og endnu levende vulkanisme. Man har foretaget absolutte aldersbestemmelser af vulkanerne på begge sider af Atlanten og har derved fået interessante oplysninger frem. I fig. 3 ses Atlanten med omgivende kontinenter, midtryk og tværrygge, tallene angiver vulkanerne og deres alder i millioner af år.

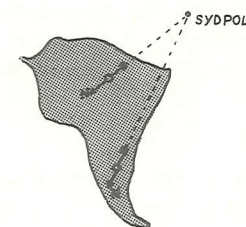


3. De atlantiske vulkaners alder (efter Nature).

Fordelingen af disse bælter med forskellig magnetstyrke kan kun forklares ud fra oceanbundsdrift, og de danner en parallel til den symmetriske aldersfordeling af vulkanerne omtalt tidligere. Den nuværende midtryk har naturligvis den nuværende magnetiske polarisering. Ved den vandrette konvektions-"strømning" spredes midtryk-zonen mod øst og vest, men beholder den magnetiske polarisering. Nyt vulkansk materiale kommer op til at udfylde hullet. Sker der samtidig en ompolarisering, kommer der et centralt bælte med én styrke - omgivet af to bælter med en anden styrke.

De magnetiske forhold støtter på smukkeste måde teorien om konvektionsbevægelserne.

Et andet meget vigtigt punkt er den almindelige palæomagnetiske retning uden hensyn til polariseringen. Kan man i tilstrækkelig mange tilfælde måle magnetretningen i passende bjergarter fra de forskellige perioder, er der en mulighed for at angive polernes beliggenhed til forskellig tid. Se fig. 5.



5. Position af sydpol i Devontiden, beregnet ud fra Devon-bjergarter i Sydamerika.

Det har vist sig, at der i fortiden er sket betydelige "polvandring" - forskydninger i positionen af polerne til forskellig tid. I virkeligheden er der snarere tale om, at jordens skorpe samlet har bevæget sig udenom kappen, og at polernes beliggenhed sammen med jordens rotationsakse ligger konstant fast.

Dette fører til den vigtige slutning, at så længe to landområder har samme indbyrdes placering, vil deres "polvandring"-rute være ens. Bevæger de to landområder sig i forhold til hinanden, vil vandringsruten for polerne være afvigende.

Beregner man for eksempel "polvandring"-ruten for Afrika og Sydamerika, får man et billede som fig. 6.



geografiske poler. I øjeblikket er der en lille afvigelse mellem polernes beliggenhed, men dette er næppe nogen normal tilstand. Man kan ikke vente helt ideelle strømningsforhold i kernen, og derfor vil det magnetiske felt ikke altid være helt symmetrisk. Normalt vil de magnetiske og geografiske poler være sammenfaldende.

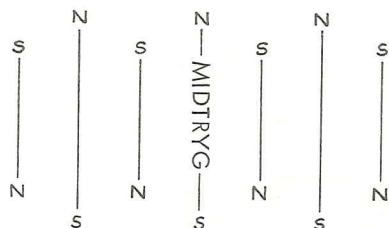
Det har længe været kendt, at der eksisterer palæomagnetisme - det vil sige, at bjergarter blev magnetiseret ved deres dannelse, således at de magnetiske forhold "frøs fast". Måler man på sådanne bjergarter idag, får man et afvigelsesbillede, som er resultatet af dels det nuværende magnetiske felt og dels den gamle magnetisme.

For at bjergarter kan magnetiseres må kræves, at de indeholder jern eller nikkel. Jern findes i mange vulkanske bjergarter og i en del sedimenter - for eksempel er der ofte udskilt jern i sandsten.

På basis af et stort antal målinger er det efterhånden blevet klart, at det magnetiske felt fra tid til anden har været polariseret omvendt! Med andre ord bytter magnetisk syd og nord plads. Den fysiske baggrund herfor er endnu ikke helt kendt - men det er tænkeligt, at ompolarisering er en følge af ændringer i strømningsforholdene på grænsen mellem jordens kappe og kerne.

I forbindelse med den stigende interesse for den midtatlantiske undersøiske ryg som et nøgleområde til forståelse og forklaring af konvektionsmekanikken har der også her været foretaget magnetiske målinger. Vi ved allerede, at der her strømmer vulkansk materiale op - der er da mulighed for magnetisering af bjergarterne. Det har nu vist sig, at forskellige bælter med magnetiske afvigelser fordeler sig symmetrisk udenom ryggen, og dette kan være resultatet af ompolariseringer kombineret med drift af oceanbunden.

Lige over den midtatlantiske ryg er magnetkraften stor. Lidt fra - på begge sider - er styrken mindre. Længere udenfor igen ses atter stor styrke. Bælterne med stor magnetstyrke består af bjergarter, hvis magnetisering er i overensstemmelse med den nuværende polarisering. Bælter med svag styrke må være polariseret omvendt og kommer derved til at svække eller modarbejde styrken fra den nuværende polarisering. Se fig. 4.



4. Magnetstyrker ved den midtatlantiske ryg.

Det slående er, at vulkanerne aldersmæssigt er symmetriske omkring midtryggen - således at de ældste vulkaner ligger længst borte fra ryggen. Disse vulkaner på hver side af Atlanten må være en gammel del af den midtatlantiske ryg, som har bevæget sig til begge sider med den vandrette del af konvektions-"strømmene". Det vil atter sige, at kontinenterne på begge sider oprindeligt har ligget sammen.

Tværryggen i Sydatlanten - Rio Grande ryggen og Walvis ryggen - kan siges at forbinde Afrika og Sydamerika. Her er et eksempel på et stærkt argument i Wegenermodstandernes favør. Når en ryg forbinder de to kontinenter, kan de ikke have ligget sammen. Med de nye forestillinger betyder dette ikke nogen hindring - men angiver endda de punkter, som har ligget opad hinanden!

Ser man på den midtatlantiske ryg idag, er der aktiv vulkanisme ved Island og ved Tristan da Cunha. Alle de udslukte vulkaner i Atlanten har på et eller andet tidspunkt udgjort en del af midtryggen. Her har de opgående konvektions-"strømme" bevirket udbruddene. De vandrette "strømme" har fjernet sig til begge sider, og noget af det vulkanske materiale er gået til den ene side - andet er gået til den anden side. Derved må de ældste vulkaner være at finde nærmest Sydamerika og Afrika - længst borte fra midtryggen.

Rio Grande ryggen og Walvis ryggen består ligeledes af vulkansk materiale. Man må forestille sig, at et lille område af midtryggen har været konstant vulkansk produktiv. Vulkansk materiale dynges op på havbunden - glider til hver side, men hullet bliver straks fyldt ud af nyt materiale. Således bliver der lagt et bælte ud mellem de punkter, som oprindeligt lå sammen.

Hvordan nu med vulkanernes alder? De ældste i den sydlige Atlant synes at være omkring 120 millioner år. For disse mange år siden lå vulkanerne sammen på midtryggen - lige da Sydatlanten opstod! Det bliver da i Kridttiden - ganske som påstået af Wegener på andet grundlag!

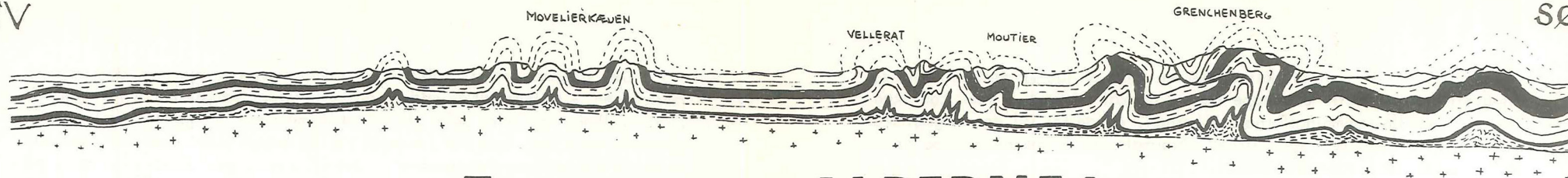
I den nordlige Atlant er vulkanismen i Østgrønland og på Færøerne godt 50 millioner år gammel. Man kunne tænke sig denne del af Nordatlanten opstået på dette tidspunkt - det bliver tidlig Tertiærtid (Eocæn). Atter her er der overensstemmelse med Wegener.

Foruden ad rent geologisk vej synes Wegener's anskuelser også at få støtte fra geofysiske undersøgelser - og især magnetiske målinger er vigtige i denne forbindelse.

Jordens magnetfelt er knyttet til jordrotationen, og jorden kan betragtes som en kæmpe-dynamo. Kernen består af en flydende jern/nikkelmasse, der antagelig roterer en smule hurtigere end kappen udenom. Derved opstår elektrisk energi, som delvis omsættes til magnetisk energi, og denne giver sig til kende som jordens magnetiske felt. Det vigtige er, at på denne baggrund må den magnetiske retning altid falde sammen med rotationsaksen - eller med andre ord må de magnetiske poler ligge ved de

fortsættes side 18





## Tværs over ALPERNE !

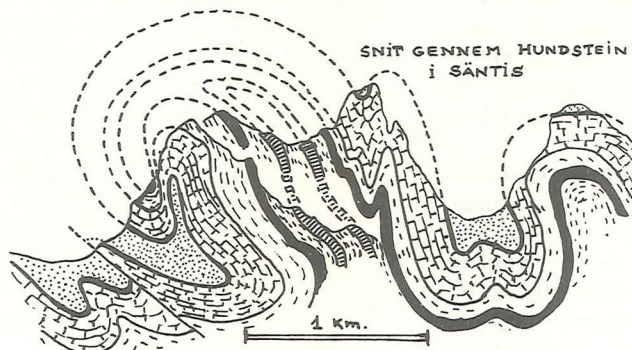
Det er en stor oplevelse at krydse Alperne - hvad enten det er med bil, tog eller måske med fly, hvor en godtvejrsmåske kan være et vidunderligt syn. Den største oplevelse får man dog utvivlsomt til fods. I bjergene kommer man som ingen andre steder den geologiske fortid på nært hold. Fjeldene ligefrem ånder ælde. For Alpernes vedkommende er dette nu ikke så galt, idet denne bjergkæde geologisk set er temmelig ung - for største partens vedkommende dannet i tertiærtiden ud fra tykke lag afsat i en række store aflejrings-trug i løbet af trias-jura-kridt.

Kommende fra nord møder man bjergkædezonen i en række forholdsvis lave rygge - Jurabjergene - i det vestlige Schweiz og det østlige Frankrig. Snittet øverst på denne side er skåret ned i disse bjerge. Jurabjergene er et ca. 1500 m tykt tæppe af jura-kridttidssedimenter, der er skubbet op i folder som en genstridig løber på et glat gulv. Som "det glatte gulv" har grundfjeld i dybet virket, mens smørremidlet var et gipslag fra trias-perioden. Jurabjergenes foldning fristes man til at sætte i forbindelse med de langt alvorligere begivenheder i de egentlige Alper sydligere. "Skubbet" herfra kom så sent som i pliocæntid, lige før de første gletschere i istiden begyndte at brede sig.

Syd for Jurabjergene kommer man ud på et lavt slette- og bakkeland, som i virkeligheden repræsenterer et tørlagt bassin, der efterhånden som Alpernes bjergkæde i tertiærtiden hævede sig, blev fyldt med sand, grus og sten fra bjergelvenes rivende strømme. Allerede under hævnningen var nedbrydningen i gang og nedbrydningsprodukterne samledes for en stor del i det omtalte bassin.

Nu nærmer vi os de egentlige Alper, der brat hæver sig op fra slettelandet. Fjeldmassiverne gemmer imponerende folder, som schweiziske geologer gennem mange års arbejde har formået at knytte sammen til en helhed repræsenteret ved snittet nederst på siden. Tyk-

ke kalklag og skiferlag er her foldet i "liggende" folder næsten på samme måde, som når et gultæppe lægges dobbelt. Ombøjningerne peger mod nord mens de frie ender peger mod syd op i luften og langt mod syd finder man de samme lags fortsættelse som lodrette lag. Mange sådanne liggende folder findes over hinanden og under deres bevægelse mod nord er de foldet yderligere i en indviklet indre struktur, som folderne i Hundstein i Sântis-massivet er et godt eksempel på.



Passerer man gennem Rhonedalen vil man på sydsiden have store massiver af grundfjeld - gnejs og granit - der er skudt højt op fra dybet som store kileformede blokke. Sådanne massiver er Aar-massivet, St. Gotthard, og længere mod sydvest Mont Blanc massivet og Belledonne massivet. Syd og sydøst for denne kæde af grundfjeldsblokke kommer man til nye tæppefolder af sedimenter og nu også vulkanske bjergarter. Folderne er større end de nordligere og indeholder inderst i kernen krystallinske bjergarter, der sandsynligvis oprindelig har været grundfjeld. Kæmpefolderne har en meget kompleks indre struktur og mange gange er bjergarterne så stærkt varme- og trykpåvirkede, som følge af bevægelserne, at de er omkrystalliserede og nye mineraler er dannede.

Ved utrætteligt "detektivarbejde" er det lykkedes at vise, at disse bjergarter, der ganske minder om grundfjeldets, i virkeligheden er unge sedimenter og vulkanske dannelser af samme alder som de øvrige Alpe-sedimenter.

Nu begynder nedstigningen mod syd gennem dale med stejltstillede lag - tæppefoldernes "rødder" - og snart ligger Poslettens flade udbredt som en parallel til sletten syd for Jurabjergene - og med en lignende geologisk baggrund.

