Den omtalte proces har ført til al-dannelse mange steder i vort land i postglacialtiden, men Give-boringen viser, at tilsvarende forhold har hersket her i en mellemistid. Al-laget og det deroverliggende tynde hvide sandlag er i boringen nemlig fundet 6 meter nede i jorden under uforvitret moræneler fra sidste istid.

På fotoet ses foruden prøver af al-laget en vindsleben sten, som er fundet i det hvide blegesand over al-prøven. Stenen kan tænkes at være blevet udsat for sandslibning i en tid med mange sandstorme, som samtidig har fjernet morlaget og den øvre del af blegesandet.

Fair-Print AS, Roskilde

VARV

NR. 1 BLADET MED DE ÆLDSTE NYHEDER 1977

FIXERBILLEDE: HVOR ER METEORITEN? STENMETEORITER LIGNER I MANGE HENSEENDER GANSKE ALMINDELIGE STEN OG BLIVER DERFOR LET OVERSET I NATUREN. FOR NYLIG BLEV ELLA ISLAND METEORITEN FUNDET PÅ ELLA Ø I ØSTGRØNLAND - IØVRIGT ET STED SOM TEMMELIG OFTE HAR VÆRET BESØGT AF GEOLOGER I MERE END 50 ÅR. EN ARTIKEL FORTÆLLER OM DEN NYE DANSKE METEORIT, OG DESUDEN ER DER BLANDT ANDET LÆSESTOF OM ISMASSERNES FREMRYKNING OG TILBAGESMELTNING I KVARTÆRTIDEN, FORUDSIGELSE AF JORDSKÆLV, OG OM DE FORSTENEDE PLANTERS VIDNESBYRD OM KLIMAET I DANMARK I TERTIÆRTIDEN. (FORRESTEN KAN MAN SE TRE FRAGMENTER AF METEORITEN - ET STYKKE TIL VENSTRE FOR HAMMERSKAFTET OG TO STYKKER TIL HØJRE FOR HAMMERHOVEDET). 15. febr. 1977.

Alvorligt hjertesuk!

Vi er hvert år belastet af uspecificerede abonnementsindbetalinger fra mange kommuner - og ved ikke, HVEM der skal have bladet tilsendt.
Vi henstiller til alle skoler, biblioteker og andre institutioner, som får betalt abonnementet gennem den lokale kommune om snarest at henvende sig til VARV for at få sikret fortsat levering af bladet.

Mindre alvorligt hjertesuk

Peter og hans medarbejdere kan lide at lave VARV. Vi farer rundt for at rykke geologer for artikler om emner, der kunne interessere VARV's læsere - det sker da også af og til, at forfattere helt af sig selv møder op med stof til bladet. Men - lejlighedsvis synes vi, at vi mangler en nærmere kontakt med læserne, og vi kunne ønske os, at så mange læsere som muligt ville sende os et postkort med et par linier om emner, der ønskes behandlet. Skulle der vise sig en større interesse for bestemte emner, vil vi straks tage tråden op.

med venlig hilsen

Peter

Vi kan gøre opmærksom på, at læsere, der interesserer sig for præparation, for 10 kr. kan erhverve sig "Avanceret kemisk præparationsmetodik egnet for palæontologiske og kulturhistoriske objekter" (59 sider, 6 plancher) ved henvendelse til Bente Soltau Bang, Geologisk Museum.

VARV

Postadresse: Tidsskriftet VARV, Geologisk Museum, Øster Voldgade 5-7, 1350 København K. tlf. 01 - 135001.
Redaktion: Valdemar Poulsen (ansvarshavende), Mona Hansen, Erling Bondesen, Finn Surlyk.

VARV udkommer fire gange om året. Prisen er 30,00 kr i abonnement. Abonnement tegnes ved indsendelse af beløbet til VARV, postgiro 9 06 88 80.

VARV's plakater (10 kr), postkort i farver (8 for 7 kr), ekskursionsførere (Stevns-Fakse-Møn 20 kr, Røsnæs 20 kr) og samlekasetter (til 6 årgange 10 kr) fås ved at indsende beløbet på postgiro 9068880.

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

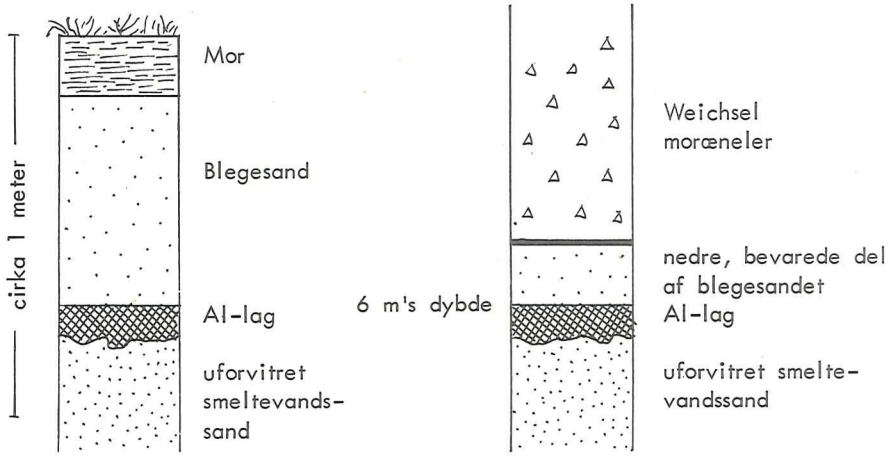
© 1977 VARV. Eftertryk af tekst og billeder kun efter tilladelse.

En underjordisk jordbund ved Give

af John Frederiksen.

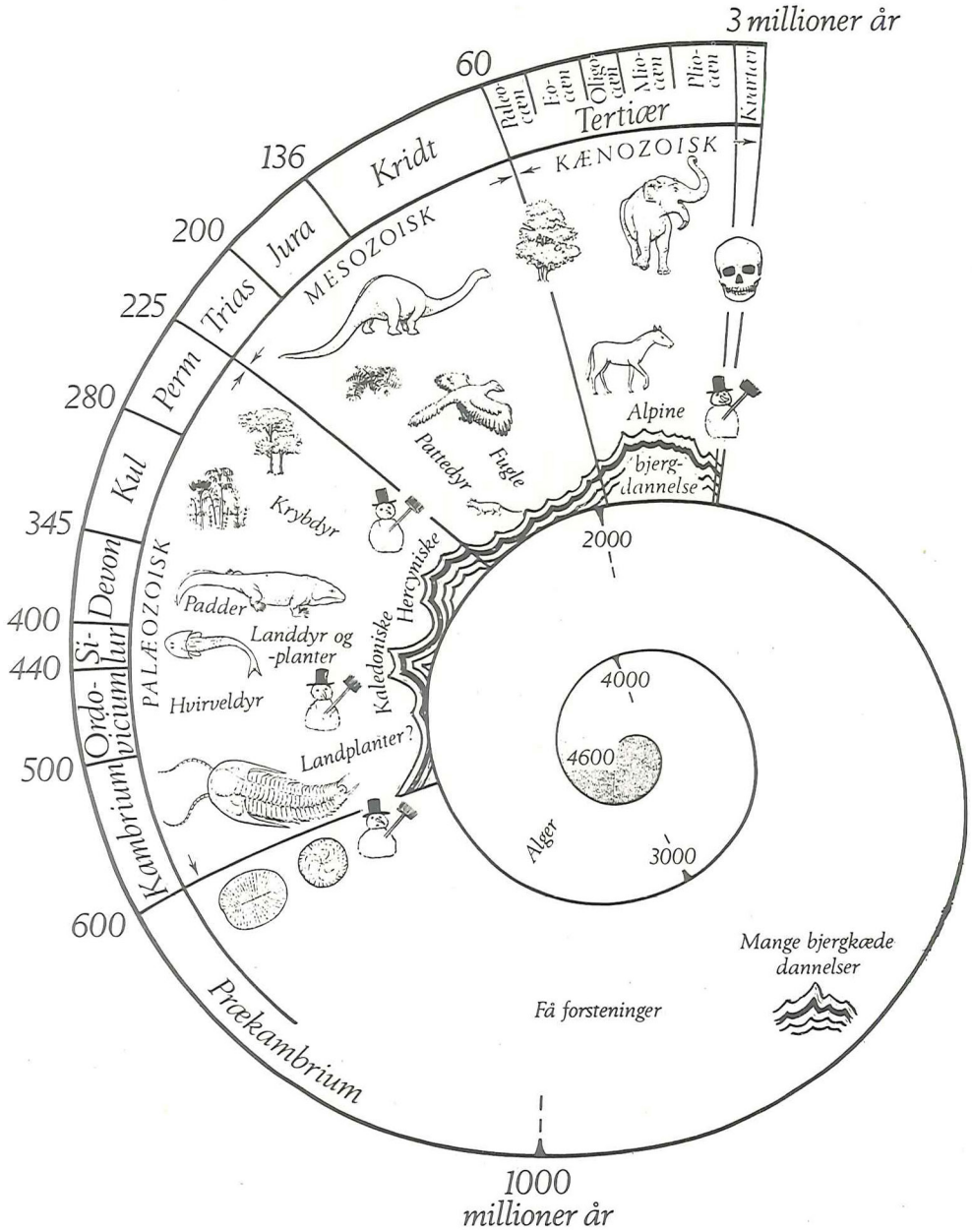
Et interessant fund af et al-lag fra en mellemistid er gjort i en geoteknisk boring udført af DSB for en kommende overføring for Søndre Ringvej ved Give i Midtjylland. Lokaliteten ligger tæt øst for "Hovedopholdslinien" i Midtjylland. Isdækket har kun været tyndt her i sidste istid, og gletschernes gravende virksomhed har været minimal. Kun derfor er al-laget blevet bevaret.

Al dannes under vore klimaforhold på sandrige jorder. Nedsivende regnvand er på grund af et vist indhold af kuldioxid aggressivt overfor den gennemstrømmede jordart, og et eventuelt kalkindhold bliver gradvis opløst og borttransporteret fra jordarten. Når et plantedække har etableret sig på stedet vil der ved planteresternes nedbrydning blive tilført humussyrer til regnvandet, og det nedsivende vand optræder nu som en ret stærk syre. Jern- og manganforbindelser opløses og føres bort fra det gennemvaskede jordlag, som derved bliver blygråt til farveløst, hvorfor det kaldes blegesand. De opløste metaller udfældes lidt dybere nede i jorden, og et hårdt, sammenkittet, mørktfarvet lag, det såkaldte al-lag dannes.



Typisk podsol-profil

Lagene i Give-boringen



ISEN KOM ISEN GIK

af Steen Sjørring

Gennem de seneste år er der foretaget nogle nye undersøgelser af danske istidsaflejringer for at få en oversigt over, hvordan udbredelsen af de forskellige isstrømme har været, og i hvilken rækkefølge isstrømmene har fulgt efter hinanden.

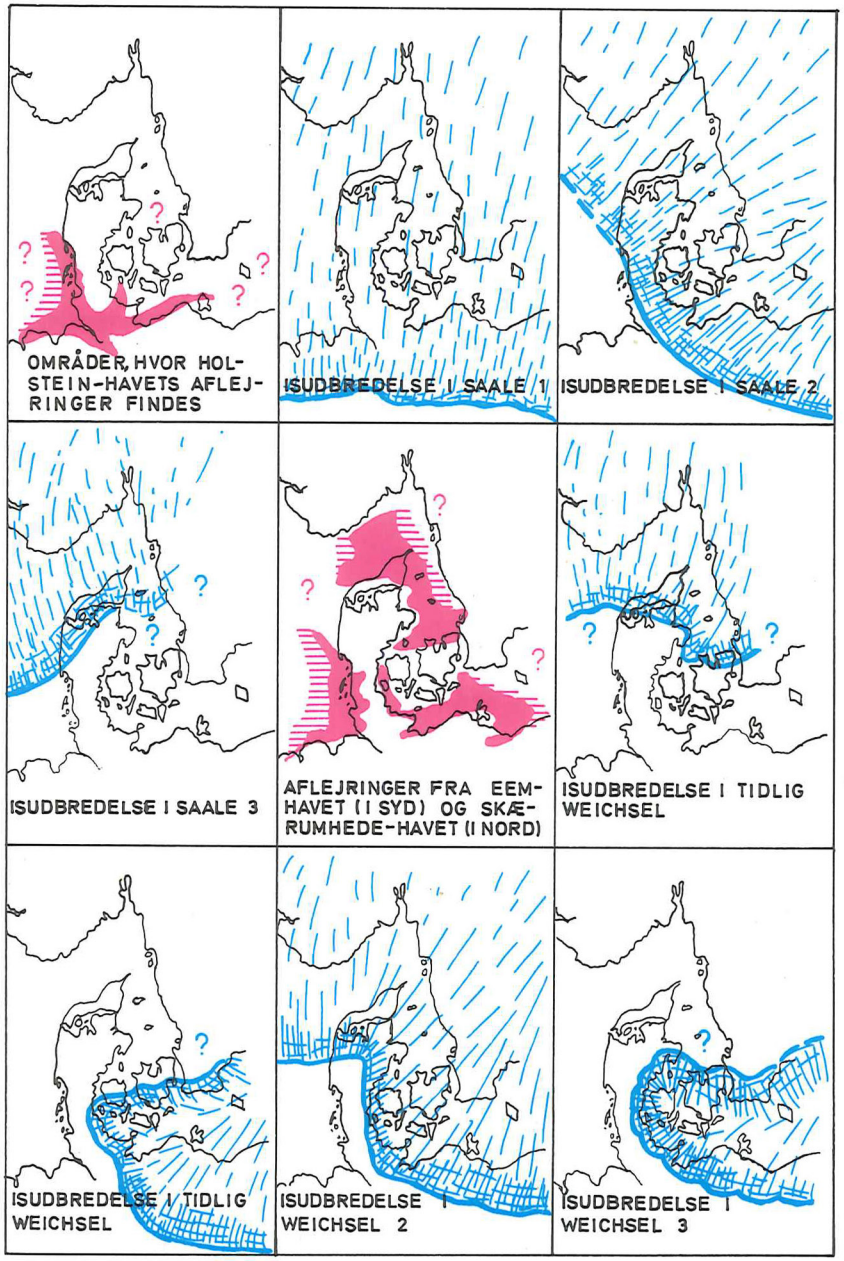
I forhold til den ældre kortlægning er det nye billede mere kompliceret, hvilket blandt andet skyldes, at nutidens gravemetoder giver et betydligt dybere snit ned i jordlagene, end man tidligere har kendt.

Omkring århundredeskiftet regnede man med, at der kun havde været 2 - 3 forskellige isstrømme hen over Danmark. Det var derfor ret enkelt mente man - ud fra lagfølgen - at bestemme hvilke aflejringer, der hørte til den første, og hvilke, der hørte til den sidste isstrøm. Men samtidig med, at de kunstigt gravede profiler er blevet større og dybere, er der dukket flere lagenheder op og det er blevet tilsvarende meget sværere, at adskille de enkelte enheder fra hinanden og få dem henført til bestemte isstrømme.

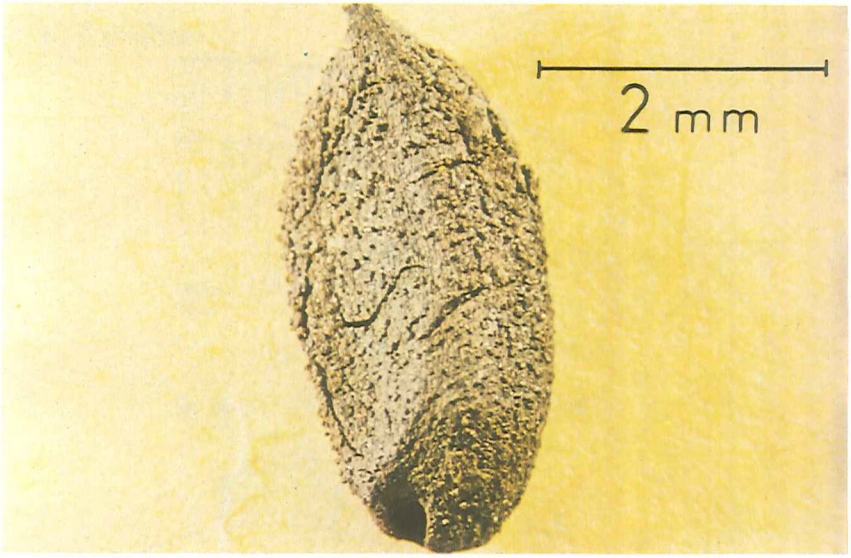
Ved hjælp af aldersbestemmelse af visse horisonter i den Kvartære lagfølge er det blevet klart, at der inden for hver enkelt "istid" har været flere isstrømme, der fra forskellig retning og til forskellig tid har passeret hen over hele Danmark, eller hen over dele deraf. Desværre kender vi i dag ingen steder i Danmark, hvor alle de forskellige aflejringer er bevaret og ligger uforstyrret over hinanden, og derfor er det vanskeligt at bestemme det korrekte antal isoverskridelser. Men det må formodes, at der for hele Kvartærtiden er tale om mindst 8 - 10 forskellige isstrømme, se figur 1.

Under arbejdet med at opstille en ny og mere detaljeret rækkefølge for nedisningerne er det vigtigt, at få de enkelte lagenheder henført til de respektive "istider" (Menap, Elster, Saale og Weichsel). Det er fortrinsvis sket ved at undersøge, hvorledes de ligger i forhold til de aflejringer, der er afsat i de varmere mellemistider (interglacialtider) og som indeholder rester af dyr eller planter, der har levet under klimaforhold, der har været mindst lige så gunstige som i dag.

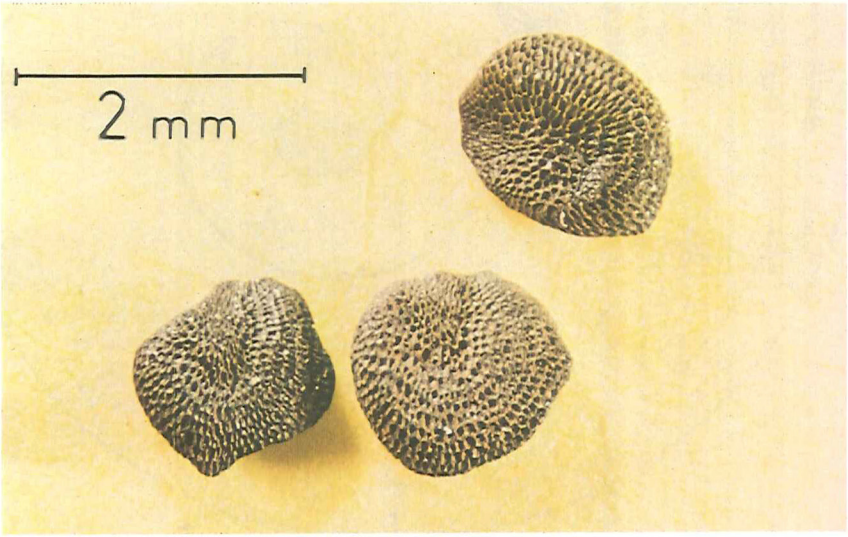
Kendskabet til, hvordan planter og dyr er afhængige af klimaet, har man opnået ved at undersøge nulevende plante- og dyresamfunds sammensætning inden for Jordens forskellige klimazoner - fra ækvator til polen - og man har også undersøgt variationen fra de varme dale til de koldere bjerge, for eksempel i Alperne.



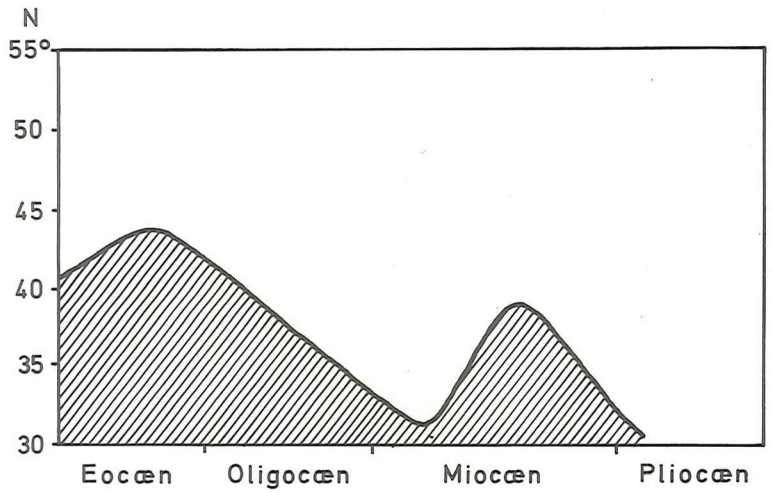
Figur 1. Forskellige isstrømmes omtrentlige udbredelse i de sidste to "istider", samt kort over kendte havudbredelser i de to sidste mellemistider.



Figur 9. Frø af Liriodendron (tulipantræ) fra den fossile Fasterholt flora. Slægten er henregnet til det arktotertiære element i den miocæne flora.



Figur 10. Frø af Eurya (the-familien) fra den fossile Fasterholt flora er et eksempel på et palæotropisk element i den miocæne flora.

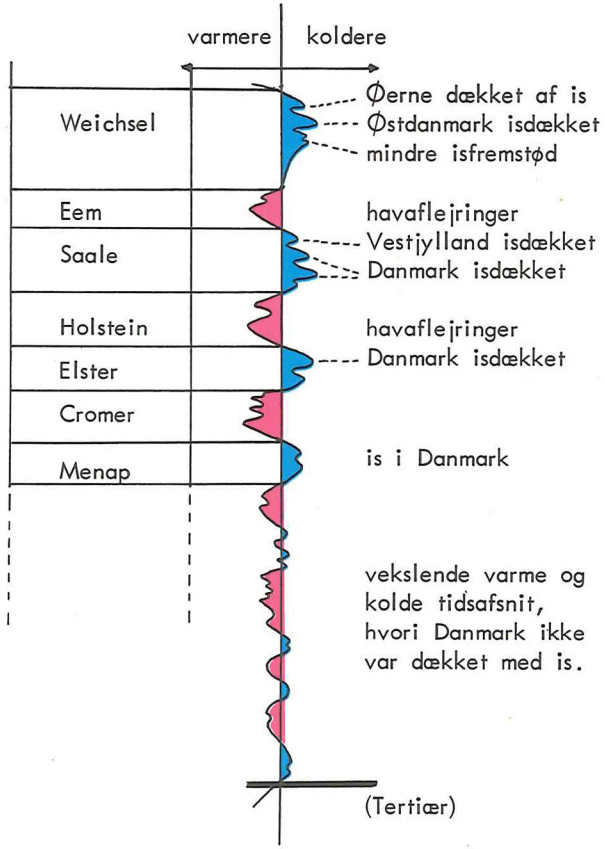


Figur 8. Det skraverede område viser forskydninger i vegetation domineret af det palæotropiske element i Japan gennem Tertiær-tiden (efter Tanai 1972).

rummet fra Eocæn til Pliocæn. De to kurver i figur 7 og 8 er fremstillet på forskellig måde, men de viser i princippet det samme - nemlig at de højeste temperaturer i Tertiær-tiden fandtes i Eocæn, og at der i Oligocæn-tiden skete et kraftigt temperaturfald. Dette er i overensstemmelse med det billede af klimaudviklingen i Tertiæret, som man er nået frem til ved bladrandsanalyser i Nordamerika (figur 2).

Ved klimaundersøgelser af fossile Tertiære floraer kan man normalt ikke anvende alle de omtalte metoder. Består den fossile flora udelukkende af frugter og frø, er de geografiske analyser normalt de vigtigste, men de kan eventuelt suppleres med undersøgelser af de fossile planters vækstform. Består den fossile flora derimod af blade, kan man foruden bladrandsundersøgelsen også anvende flere geografiske analyser, mens undersøgelser af vækstform ikke kan bruges på bladfloraer.

Fasterholt floraen fra den Miocæne brunkulsserie i Vestjylland er et eksempel på en fossil flora, der er blevet brugt som klimaindikator. Fasterholt floraen består af frugter og frø, og undersøgelser af vækstform sammenholdt med forskellige geografiske analyser viste, at floraen har vokset under varmt tempererede til subtropiske forhold. Planteresterne viser altså, at der for godt 15 millioner år siden har været betydeligt varmere her i Danmark end der er i dag.



Figur 2. Stærkt forsimplet kurve over klimasvingningerne i Kvartærtiden. Kurven er ikke målestok-tro.

Ved derpå at sammenligne de rester, man finder i de Kvartære aflejringer, med de samfund man kender fra de enkelte klimatiske regioner i dag, får man et indblik i, hvordan forholdene har været tidligere. Har man hele prøveserier til rådighed, kan man endog bestemme udviklingens forløb med koldere eller mere tørre indslag, og derved har det vist sig, at de enkelte interglacialtider har hvert sit karakteristiske udviklingsforløb.

Hvad man ikke får oplysning om er, hvor længe den enkelte interglacialtid har varet, og for tiden diskuteres for eksempel, om den sidste interglacialtid (Eem-interglacial) har været af 11.000 års længde eller om den varede 30.000 år. Disse problemer vil dog nok blive løst inden længe ved hjælp af en af de mange nye metoder til absolut aldersbestemmelse.

Når de enkelte interglacialtiders karakter er bestemt, kan man begynde og se på, hvordan istidsaflejringerne (mest moræneler og smeltevandssand) er aflejret i forhold til de interglaciale lag. Nu er det ikke ret mange steder, man finder interglaciale aflejringer i Danmark, men er man på blot én af disse lokaliteter så heldig at få en karakteristisk istidsaflejring henført til den rigtige istid, vil man også kunne genkende denne istids aflejringer på steder, hvor interglaciale aflejringer mangler.

Når det er lykkedes at finde en karakteristisk istidsaflejring og at få den dateret i forhold til en interglacialaflejring, kan man benytte istidsaflejringen til at datere andre istidsaflejringer med andre steder. Ved herefter at stykke de mange observationer sammen, kan man få et nogenlunde billede af, hvorledes udviklingen har været gennem Kvartærtiden - figur 2.

En række forhold er af største betydning for tolkningen af udviklingsforløbet. For det første betyder tilstedeværelsen af moræneler, at området har været overskredet af is. Men man må ikke slutte den modsatte vej og sige, at når der ikke findes moræneler, har området ikke været overskredet af is, for en isstrøm kan sagtens passere et område uden at aflejre moræneler, og aflejret moræneler kan senere eroderes bort, figur 4.

Såfremt man finder større arealer dækket med smeltevandsaflejringer, kan man regne med, at området ikke var dækket af is, da smeltevandsaflejringerne blev afsat. Manglen på smeltevandsaflejringer behøver derimod ikke at betyde, at området var isdækket i det tidsrum, hvor smeltevandsaflejringerne blev afsat andre steder i omegnen. Fraværet af smeltevandsaflejringer kan skyldes, at de senere er blevet eroderet bort.

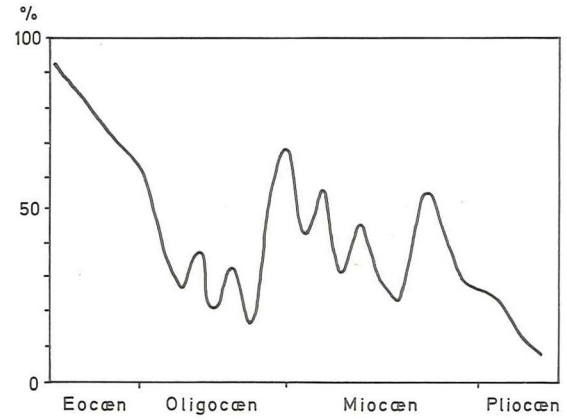
Ofte findes særlige strukturer, der viser, at et område har været isfrit og udsat for stærk kulde. Disse strukturer, for eksempel iskilestrukturer (figur 5) og grydestrukturer (figur 6) dannes kun under en fri overflade, så når de findes fossilt betyder det, at der i det tidsrum lagfølgen dækker har været en fri overflade, selv om der ikke er bevaret andre tegn herpå.

Undersøgelser af strømstrukturer i smeltevandsaflejringer har vist, at smeltevandet ofte har løbet stort set i samme retning som bevægelsen af den isstrøm, hvorfra smeltevandet er kommet. Det har endvidere vist sig, at der har løbet smeltevand bort fra isen, både under dens fremrykning, stilstand, og dens afsmeltning.

Hvis alle aflejringer afsat i forbindelse med en isstrøms passage over et område er blevet bevaret, skulle vi vente at finde: nederst smeltevandssand afsat foran den fremrykkende is, derover moræneler aflejret af isen, og herover igen smeltevandssand fra isens bortsmeltning. Yderligere skulle vi forvente, at bevægelsesretningerne i alle 3 enkeltlag stort set er de samme.

En anden mulighed for at undersøge det Tertiære klima ved hjælp af planterester er plantegeografiske analyser. Her sammenligner man igen de fossile planter med tilsvarende nulevende planter, og ud fra disses geografiske og klimatiske udbredelse slutter man sig til det klima, hvorunder de fossile planter har vokset. De geografiske analyser kan udføres på vidt forskellige måder, idet man kan inddrage mange forskellige beregninger.

I en meget anvendt geografisk analyse for Tertiære floraer opdeler man de fossile planter i to elementer: et palæotropisk og et arktotertiært element. Det palæotropiske element omfatter de fossile arter, som kan sammenlignes med planter, som i dag lever i den gamle verdens troper. Det arktotertiære element omfatter de fossile arter, som kan sammenlignes med planter, som i dag hovedsageligt findes i Nordamerika, i Østasien uden for troperne og i Europa. Ud fra forholdet imellem de to elementer i en fossil Tertiær flora kan man få et skøn over klimaet, idet et stort indhold af det palæotropiske element peger mod subtropisk/tropisk klima, mens et stort indhold af det arktotertiære element peger mod tempereret klima.

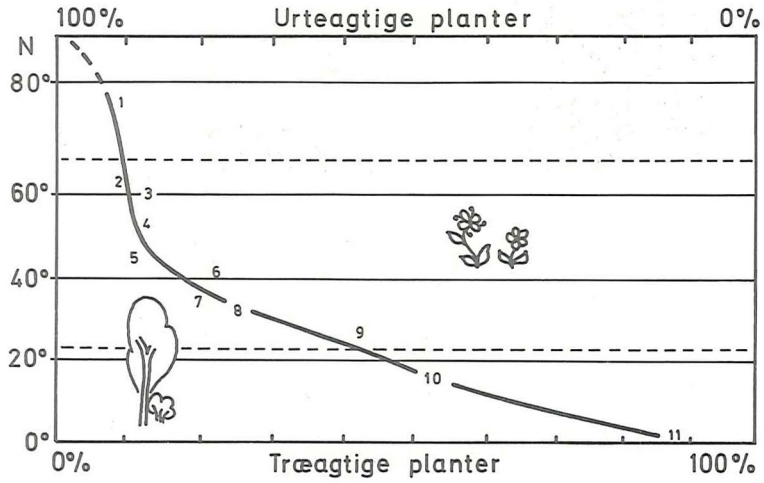


Figur 7. Kurven viser andelen af det palæotropiske element i europæiske fossile floraer fra Tertiær-tiden (efter Mai 1965).

Forholdet mellem det palæotropiske og det arktotertiære element har været anvendt for yngre Tertiære floraer i Europa, hvor man har benyttet de påviste svingninger af de to elementer inden for kortere tidsintervaller som hjælpemiddel til dateringer. I større målestok har metoden givet resultater, der viser de relative klimaændringer gennem Tertiæret. I figur 7 ses således andelen af det palæotropiske element i vegetationen i Mellem- og Vesteuropa fra Eocæn til Pliocæn. I figur 8 er vist forskydninger af vegetation domineret af det palæotropiske element i Japan i tids-

Det er ikke kun de nulevende planters bladform, som kan sættes i relation til klimaet. Undersøgelser af nutidige vegetationer har vist, at der er en markant forskel i forholdet mellem træagtige og urteagtige tokimbladede planter i de forskellige klimaområder. I de tropiske egne er andelen af træagtige tokimbladede arter størst og udgør i Amazon-området 88 % af alle tokimbladede arter, og andelen falder med faldende temperatur og er i det nordøstlige USA på 23 % (figur 6).

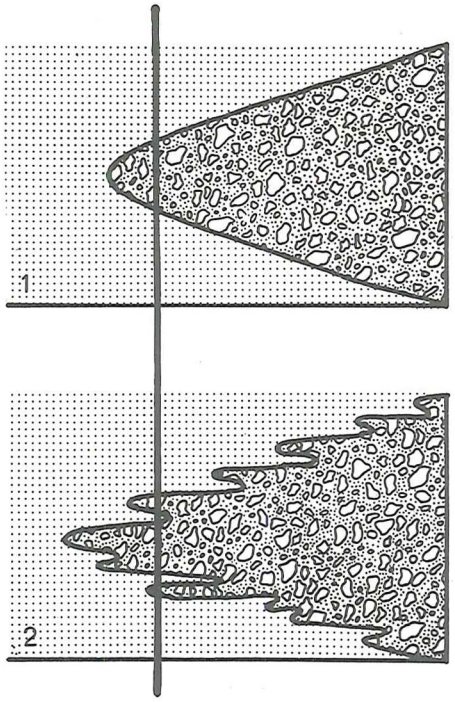
Dette forhold har man også anvendt til at skønne de klimatiske betingelser for nogle fossile floraer. Man slægtsbestemmer de fossile planterester og ud fra ligheden med nulevende planter skønner man om de fossile planter har været træer eller urter, og beregner derefter hvor mange procent de træagtige og de urteagtige planter udgør af floraen.



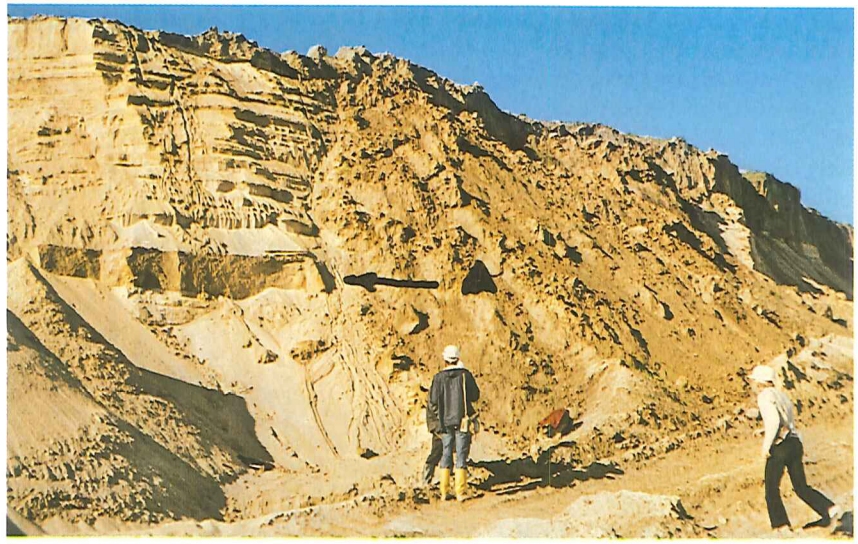
Figur 6. Fordelingen af træagtige tokimbladede planter i forskellige vegetationer på den nordlige halvkugle. 1: Ellesmere Land, 2: Færøerne, 3: Norge, 4: Tyskland, 5: Frankrig, 6: østlige centrale Nordamerika, 7: NØ USA, 8: SØ USA, 9: Florida, 10: Vestindien, 11: Brasilien.

Metoden er især anvendelig for fossile floraer, som består af frugter og frø, men den kan ikke anvendes for fossile blad-floraer, hvor de urteagtige planter meget sjældent er repræsenteret. Det skyldes især, at antallet af blade er meget mindre hos urter end hos træagtige planter, og at blade fra de træagtige planter har større mulighed for at nå aflejringsbassinet, da de er placeret højere oppe. Endvidere mangler de fleste urter et veludviklet afkastningslag, hvilket betyder, at bladene ofte visner på planten.

En sådan lagfølge, der ses i figur 3.1, bestående af smeltevandssand, moræneler og smeltevandssand (alle med overensstemmende bevægelsesretning) kaldes for en "kineto-stratigrafisk enhed" (bevægelses-stratigrafisk enhed) og tolkes som afsat af én isstrøm. Som tidligere nævnt kan dele af lagfølgen mangle, men det er også observeret, at lagfølgen eller dele deraf kan været repeteret. Dette sidste kan skyldes overskydninger eller, at isen ikke har bevæget sig jævnt, men er smeltet lidt tilbage og atter trængt frem, både under en generel fremrykning og under en generel afsmeltning. Sådanne repetitioner regnes også med til én og samme isstrøms-enhed - figur 3.2.



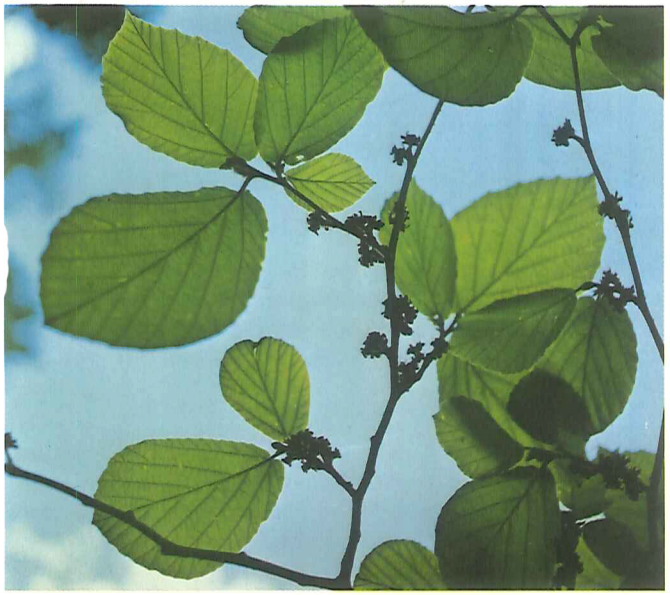
Figur 3. Øverst: Principskitse visende lagfølgen smeltevandssand, moræneler og smeltevandssand (en "kineto-stratigrafisk enhed") fra ét isfremstød.
Nederst: Samme situation som ovenfor, men her er tillige vist hvorledes forholdene kan være, hvis isfremrykning og isafsmeltning sker i etaper. Ved en boring (den lodrette streg) vil man træffe det samme moræneler fra det samme isfremstød 3 gange. Derfor er boreresultater vanskelige at anvende direkte til glacialstratigrafi.



Figur 4. Moræneler (ved pilen) under- og overlejret af smeltevandssand.

Figur 5. Fossil iskilestruktur (til venstre for dolken). Pilene angiver jordoverfladens niveau, da iskilestrukturen blev dannet.

Figur 4. Blad med helrandet kant og lille drypspids.

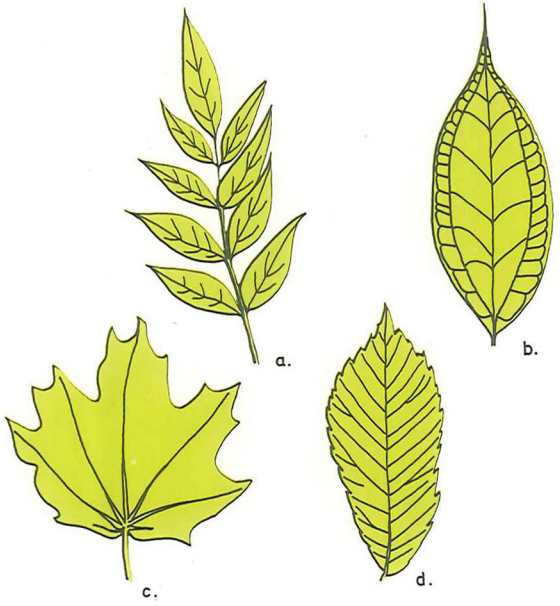


Figur 5. Blad med savtakket (ikke-helrandet) kant.

de undersøgte floraer. Det ses, at de største værdier findes i Eocæn, og at der i Mellem Oligocæn skete et markant fald i indholdet af arter med helrandede blade. Kurverne er af amerikanske palæobotanikere blevet tolket således, at temperaturen faldt jævnt gennem Palæocæn, derefter skete der en klimaforbedring fra varmt tempereret til subtropisk klima i løbet af Eocæn-etagen og Nedre Oligocæn. I Mellem Oligocæn skete der et drastisk klimafald fra subtropisk til koldt tempereret klima, derefter var der mindre klimasvingninger gennem Miocæn.

Hos nulevende planter er det ikke alene bladrandens udformning, der er afhængig af klimaet. I tropiske regnskovsområder er der en høj andel af arter, som har blade med drypspids, mens andelen er lav i tempererede egne. Da man ikke har lavet særligt grundige undersøgelser af forekomsten af drypspids i forhold til temperaturen, kan man ikke benytte denne karakter alene, men den anvendes ofte som et supplement til bladrandsanalysen.

Bladets nervation og organisation i relation til omgivelserne er ligeledes ikke særlig godt undersøgt, men generelt kan det dog siges, at sammensatte blade og fjernervede blade er mere almindelige i tropiske egne, mens håndnervede blade er hyppigere i tempererede egne. Figur 3-5 viser forskellige bladtyper fra tropiske og tempererede egne.



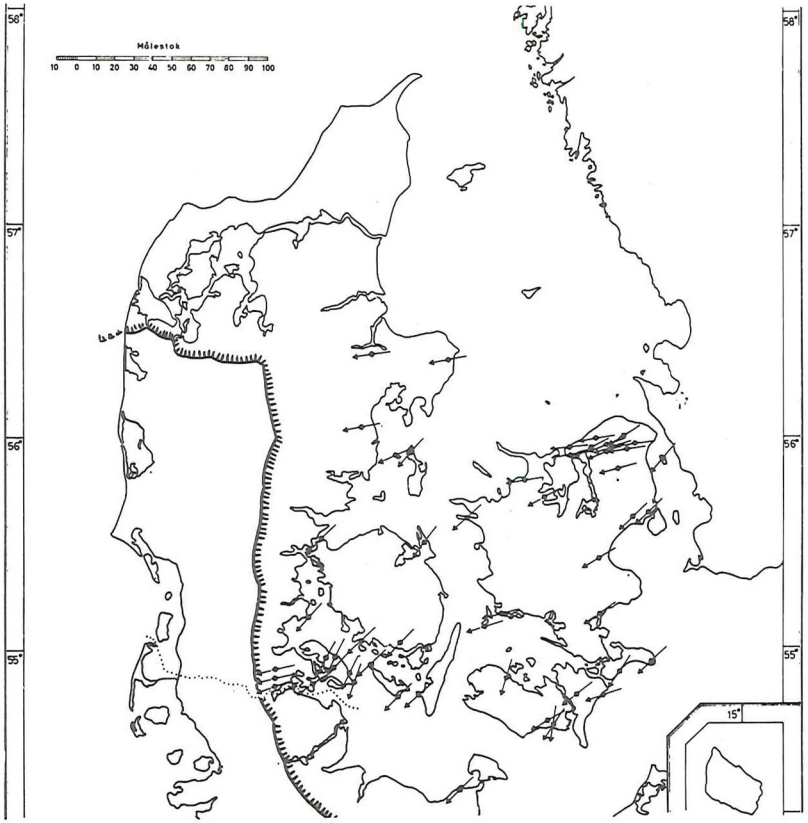
Figur 3. a og b viser typiske bladformer fra tropiske og subtropiske vegetationer. c og d fra tempererede vegetationer.

Figur 6. Frostdannede grydestrukturer.

Dette arbejdsprincip, hvor enkelte lagenheder knyttes sammen til større enheder forudsætter, at de forskellige isstrømme, der har overskredet et område, har indbyrdes forskellig retning når de følger umiddelbart over hinanden. Er dette ikke tilfældet, må man søge andre metoder til at afsløre, hvilke lagenheder der hører sammen.

Et vigtigt middel til at bestemme isbevægelsesretninger med er de forstyrrelser, som isen frembringer i forbindelse med sin passage af området. Der vil meget ofte være folder og overskydninger i lagfølgen, og det er vor antagelse, at retningen af den deformerende kraft er identisk med isens bevægelsesretning i deformations-øjeblikket.

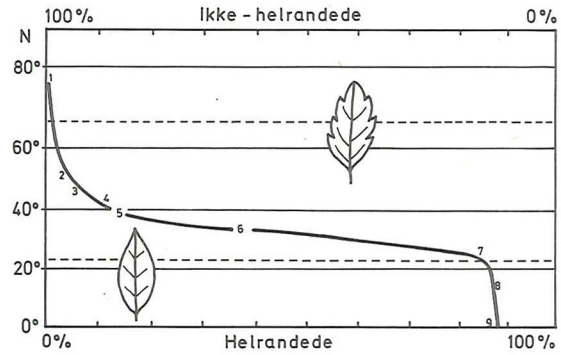
Da det også er meget vigtigt at fastslå, om det er én og samme isstrøm, der frembringer deformationer med samme bevægelsesretning på forskellige lokaliteter, må man undersøge, om det er én og samme morænelersenhed, der er knyttet til deformationerne. Det kan ofte afgøres ved at undersøge morænelerets indhold af sten, mineraler og især indhold af små kalkskaller af encellede dyr, foraminiferer, der har levet i bestemte havområder i bestemte interglacialtider.



Figur 7. Isens formodede udbredelse under Weichsel-hovedfremstødet. Pilene angiver de bevægelsesretninger, som man har kunnet bestemme på lokaliteter, hvor der er rimelig sikkerhed for, at bevægelsesretningerne virkelig svarer til det angivne fremstød.

Foraminifererne har levet i meget stor mængde i havene i interglacialtiderne, så har en isstrøm passeret et af de tidligere havområder, og har den medtaget lidt af disse aflejringer i sin moræne, er det ret let at spore (bare i 100 - 200 g moræneler) hvorfra isbevægelsen har været, og man ved selvsagt også samtidigt, at morænen er yngre end den pågældende interglaciale havaflejring. Ud over feltobservationer og andre simple undersøgelsesmetoder har bestemmelsen af foraminiferindholdet især været medvirkende til, at det er lykkedes at opstille en ny og mere sandsynlig udviklingshistorie for den sidste istid, Weichsel-istiden, se figur 7 og 8.

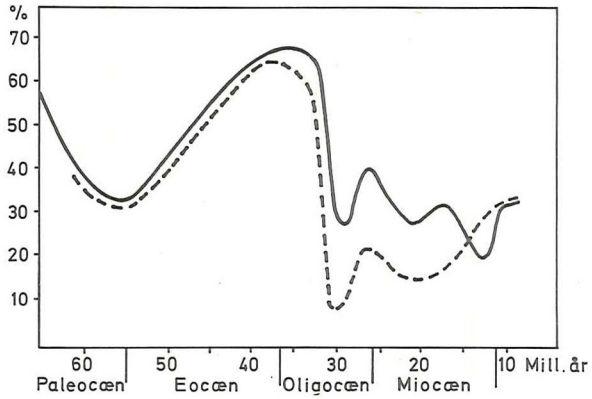
Når de geologiske forhold er klarlagt på én lokalitet, må man undersøge, om den løsning man er nået frem til også passer på nabolokaliteterne, og derefter inden for en større region. Først ad den vej får man



Figur 1. Figuren viser fordelingen af nutidige tokimbladede arter med helrandede blade fra forskellige egne på den nordlige halvkugle. 1: Ellesmere Land, 2: Tyskland, 3: England, 4: Frankrig, 5: Spanien, 6: USA, 7: Florida, 8: Vestindien, 9: Brasilien.

Ved en palæoklimatisk analyse af en fossil bladflora skal man således undersøge, hvor mange arter floraen indeholder, og hvor mange af disse arter, der har helrandede blade, for at få et skøn over de klimaforhold, hvorunder den fossile flora har vokset.

De to kurver der er gengivet i figur 2 er tegnet på basis af bladrandsundersøgelser af en lang række Tertiære floraer i det nordvestlige USA og Alaska. Kurverne viser andelen af arter med helrandede blade i



Figur 2. Kurverne viser procenten af tokimbladede arter med helrandede blade i en række fossile floraer fra det nordvestlige USA (fuldt optrukken linie) og Alaska (stiplet linie) gennem Tertiær-tiden (efter Wolfe og Hopkins 1967).

PLANTER OG KLIMA I TERTIÆRTIDEN

af Else Marie Friis.

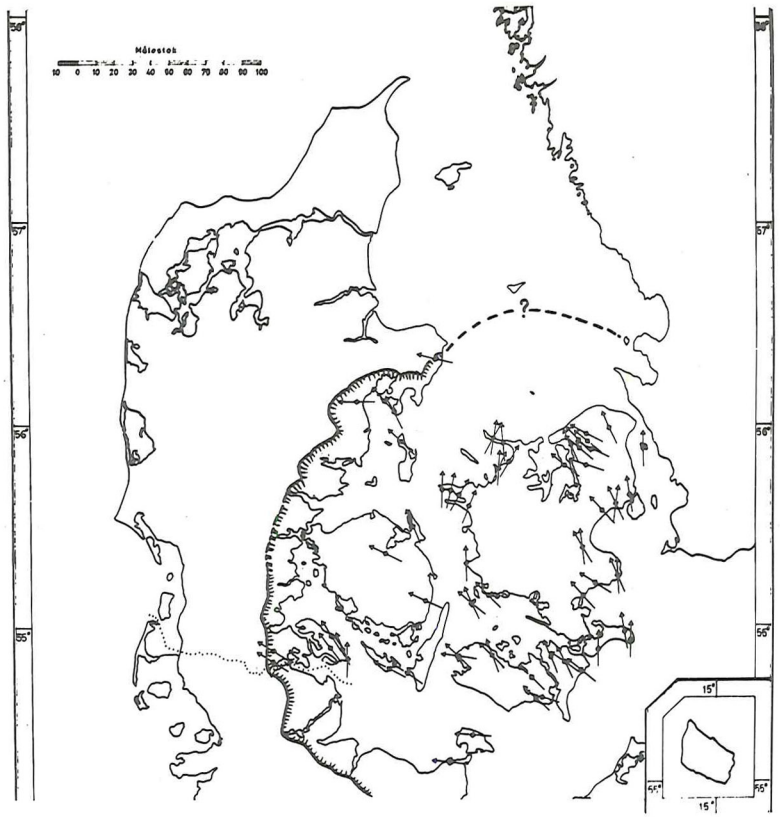
Fossile planter findes i mange aflejringer fra forskellige tidsafsnit. Det har længe været kendt, at plantefossiler kan anvendes som klimaindikatorer. De klimatiske tolkninger er hovedsageligt baseret på det princip, at nutiden er nøglen til fortiden. Det antages, at planternes krav til omgivelserne ikke er ændret væsentligt gennem tiden, og at morfologiske og anatomiske karakterer, som i nutiden er knyttet til bestemte miljøer, også i fortiden var knyttet til lignende miljøer.

De metoder, man bruger til at bestemme klimaet i Tertiær-tiden, er hovedsagelig baseret på undersøgelser af planterester af dækfrøede planter. Det kan enten være rent morfologiske og anatomiske undersøgelser af for eksempel blade eller ved, eller det kan være undersøgelser af floraelementernes systematiske stilling.

Fossile floraer, som består af bladrester, giver som regel en meget god indikation af det klima, hvorunder floraen har vokset. Det skyldes, at der i nutidige vegetationer er en klar sammenhæng mellem bladets udformning og klimaet.

Analyser af bladrandens udformning hos nulevende tokimbladede træer har vist, at arter med helrandede blade dominerer i tropiske og subtropiske områder, mens arter med ikke-helrandede blade dominerer i de køligere områder. I Amazon-området udgør træer med helrandede blade 90 % af de tokimbladede trærarter, mens de kun udgør 10 % i det nordlige Nordamerika. I figur 1 ses den procentmæssige fordeling af arter med ikke-helrandede blade for en række floraer fra Amazon-området til Ellesmere Land. Bladrandens udformning er også afhængig af nedbørsmængden, således at der er en højere procentdel af arter med helrandede blade i tørre områder. Da de tørkeprægede planter ofte har tyk dækkende kutikula samt nedsænkede og beskyttede spalteåbninger, kan man som regel nemt afgøre, om en høj procentdel af helrandede blade skyldes tørke eller varmt, fugtigt klima.

Ved undersøgelsen af bladranden er det antallet af arter og ikke antal eksemplarer, der tæller. Det betyder, at man ved undersøgelser af en fossil bladflora stort set kan se bort fra problemer som sortering under aflejringen og de økologiske forhold ved aflejringsbassinet.



Figur 8. Isens udbredelse under det sidste Weichsel-fremstød. Også her angiver pilene bevægelsesretninger knyttet til én og samme "kineto-stratigrafiske enhed".

et overblik over, hvor komplicerede forholdene er. Det er således utilstedeligt at løse et komplekst problem ved hjælp af den simpleste løsning på en enkelt lokalitet, og derefter generalisere herfra, uden samtidig at sikre sig, om den simple løsning også passer på forholdene i nabo-området.

Men der er lang vej endnu, før de istidsgeologiske forhold er opklaret tilfredsstillende. Klassiske undersøgelsesmetoder, hvor især de morfologiske forhold blev lagt til grund for tolkningen af de glaciale forhold i den sidste nedisning, har i visse tilfælde vist sig at være fejlagtige, idet ældre glaciale aflejringer mange steder stikker op gennem det ung-glaciale landskab, og derved forstyrrer det morfologiske billede i meget høj grad. Tager man ikke hensyn hertil, risikerer man at nå frem til mange fejltolkninger af hændelsesforløbet.

ELLA ISLAND vor nye meteorit

af Johan D.Friderichsen & Poul Graff-Petersen

Da der i dag kun kendes cirka .1700 navngivne og undersøgte meteoriter over hele Jorden, bliver enhver ny modtaget med stor interesse. Det skyldes selvfølgelig, at hver eneste meteorit er en unik genstand, der bringer sine bestemte oplysninger om vort solsystem. Selv med de hundreder af kg sten, der er bragt tilbage fra Månen, udgør meteoriterne endnu i lang tid det væsentligste materiale, hvorpå forståelsen af solsystemets oprindelse og udvikling skal baseres.

Når en meteorits og Jordens baner krydser hinanden, og de to kommer til krydsningspunktet på samme tid, vil meteoriten blive indfanget af Jordens tyngdefelt og ramme atmosfæren med en hastighed på mellem 10 og 30 km i sekundet. I atmosfæren sker der en voldsom opbremsning, og gnidningsvarmen får meteoritens overflade til at smelte indtil hastigheden er væsentlig nedsat. De fleste meteoriter rammer derefter Jordens overflade med normal faldhastighed og uden at være særlig varme.

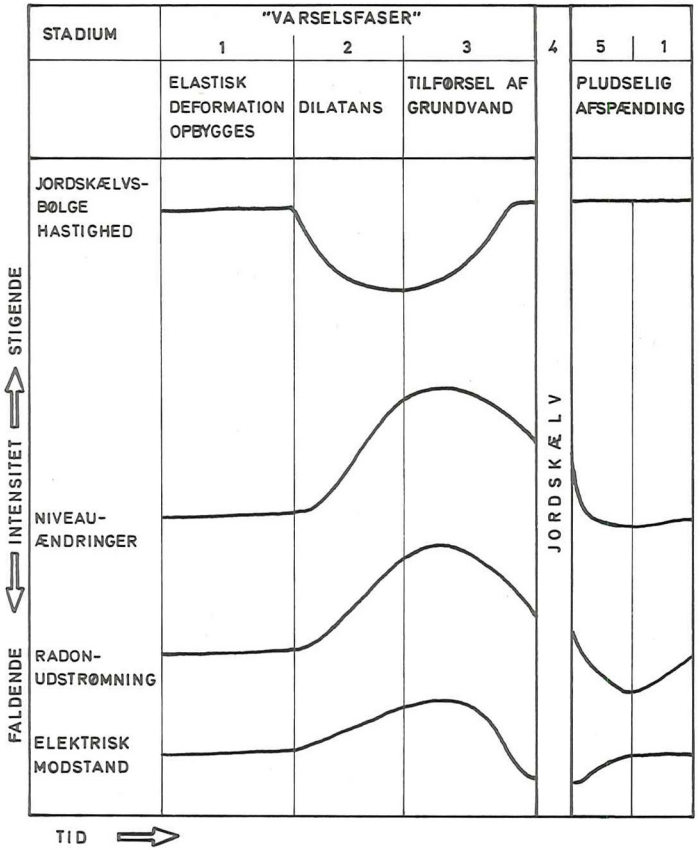
Dette forløb er ikke nogen hyppig foreteelse, der til i dag blot har givet de cirka 1700 meteoriter, hvoraf færre end 700 er set falde, mens resten er fundet uden at faldet er observeret (det kan være sket for år, decennier eller sekler siden). Men der er faldet mange flere, og med mellemrum findes der endnu en af dem, som det fornylig er sket på Grønland.

I sommeren 1971 deltog en amerikansk geolog i en engelsk ekspedition til det centrale Østgrønland. Under et ophold på Ella Ø i Kong Oscars Fjord så han en 10-15 cm stor sten med en millimeter-tynd, mørkebrun skorpe på et lysegråt indre, der var prikket med rustrøde pletter. Da den lå på en overflade af mørk kalksten, var det åbenbart at den var fremmed på stedet, og den lignede heller ikke områdets øvrige bjergarter. Som enhver god geolog da gør, slog han et stykke af, som han tog med tilbage til sit universitet. Det skal ikke bebrejdes ham, at han ude i felten ikke umiddelbart erkendte, at der var tale om en stenmeteorit. Mens jernmeteoriter næsten øjeblikkelig opfattes som det de er, er det oftest meget vanskeligere med stenmeteoriter, som jo bare ligner sten - næsten.

En empirisk formel udarbejdet af forskere ved California Institute of Technology giver relationen mellem jordskælvets intensitet (styrke) udtrykt i den 10-delte Richter skala's enheder og varigheden af de forvarslende fænomener. Således forvarsles et jordskælv med styrken 5 4 måneder i forvejen, gennem hvilken periode det kommende jordskælvsområde opviser unormale fysiske egenskaber af ovenomtalte slags. Et kraftigere jordskælv med for eksempel styrke 7 har en forvarslingsperiode på cirka 14 år. Selv om formlen ikke er helt eksakt, specielt ikke når det gælder de større styrker, taler den dog for, at der til de store jordskælv (mere end styrke 7 på skalaen) hører varslingsperioder af størrelsesordenen 10 år.

En nærmest sensationel mulighed for at kontrollere eller i det mindste modificere jordskælv har vist sig som følge af en rent tilfældig opdagelse. 1966 sprøjtede man under højt tryk miljøfarligt spildevand ned i dybe brønde i nærheden af Denver i Colorado, et foretagende som viste sig at fremkalde mindre jordskælv. Efter at man ophørte med denne virksomhed aftog antallet af jordskælv markant. Siden har eksperimenter vist, at injektion af vædske i en aktiv brudzone mindsker gnidningsmodstanden ved at reducere den effektive spænding vinkelret på forkastningsplanet. Virkningen er altså den, at vædskeinjektionen svækker forkastningszonen, mens den styrkes ved at vædsken pumpes op igen. Hvis således en forkastningszone befinder sig i en gradvist opbygget spændingstilstand, det vil sige danner et jordskælvscentrum, kan et jordskælv udløses, hvis zonen tilføres vædske. Det vil således i fremtiden være muligt at modificere jordskælv inden for begrænsede områder ved en gradvis udløsning af de opbyggede spændingstilstande i jordskorpen gennem en række ganske små jordskælv - i stedet for at vente på den store katastrofe.

Jordskælv. Træsnit fra "Kosmographie" af S.Münster, 1550.



kerne som i de tidligere massive bjergarter. Det tredie stadium indebærer, at småsprækkerne fyldes med grundvand, hvorved jordskælvsbølgerne genvinder deres normale hastighed, samtidig med at sammenhængskraften i bjergarterne mindskes, så den pludselig brister - og det store jordskælv er et faktum.

Dilatansteorien synes således at forklare alle de specielle fænomener, som går forud for et større jordskælv. Når mængder af småsprækker åbnes i undergrunden stiger den elektriske ledningsmodstand, fordi luften i sprækkerne er en dårlig elektrisk leder. Sprækkerne øger også grundvandets kontaktflade til undergrundens bjergarter, og grundvandet kommer herigennem i kontakt med mere radioaktivt bjergartsmateriale, hvorved en forøget mængde af den radioaktive gas radon kan opløses i vandet. Endelig bevirker jordskorpens rumfangsudvidelse gennem småsprækkerne, at jordskorpen lokalt vil hæve sig som varsling om visse større jordskælv.

Figur 1. Nærbillede af den mørkebrune smelteskorpe på Ella Island chondriten. Hvor skorpen er fjernet, ses meteoritens grå indre med de rustbrune pletter. (Målestokken er inddelt i millimetre).

To af hans universitetskolleger så hurtigt, at det hjembragte fragment var et stykke af en stenmeteorit. De gennemførte en meget grundig kemisk og mineralogisk undersøgelse af den, og resultaterne offentliggjorde de i en lille afhandling i foråret 1975.

Heldigvis blev Geologisk Museum gjort opmærksom på afhandlingen endnu inden den var nået til Europa, for derved blev der tid til at planlægge en eftersøgning på Ella Ø i den følgende sommer. Dels skulle det efterladte fragment findes, dels skulle det konstateres, om der var flere meteoriter i samme fald. I omkring halvdelen af alle observerede fald har det vist sig, at der var faldet mere end én meteorit. Det var derfor naturligt at der blev gjort en indsats.

Geologer fra Grønlands Geologiske Undersøgelse skulle få dage senere rejse til deres normale opgaver i Østgrønland, men beredvilligt lovede de i deres stramme program at indlægge en eftersøgning på Ella Ø. Det omtrentlige fundsted var kendt fra afhandlingen, og udseendet af lignende stenmeteoriter blev gennemgået i museets meteoritsamling, hvori eventuelle fund på Ella Ø selvfølgelig skulle indgå.

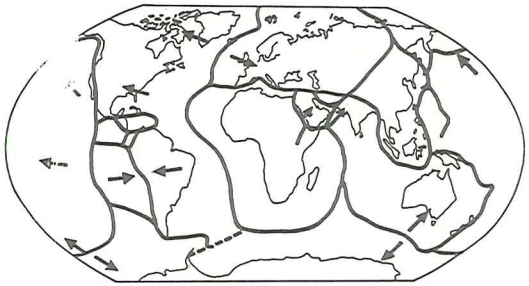
Håbet om at det skulle lykkes var stort, men forventningen var lille. Næsten hver sommer i mange år har Ella Ø været besøgt af geologer, der ofte har passeret fundstedet, og iøvrigt er øens overflade dækket af grus, sten og blokke, men heldigvis med et sparsomt plantedække. Der kunne altså ikke være mange meteoriter, for så ville de være fundet forlængst, og hvordan kunne man finde nogle få - hvis de var der - mellem millioner af andre sten ? Det ville blive en nål-i-en-høstak-sag.

Under en 2 timers mellemlanding med helikopter på Ella Ø blev den første eftersøgning sat i gang. Tre personer gik med 10 meters mellemrum ud mod fundstedet over en grusbestrøet overflade. Imod al sandsynlighed var resultatet positivt - og efter kun få minutters gang - 3 lidt større og mange små stenmeteorit-fragmenter lå nær hinanden på grusoverfladen, delvis dækket af puder af rypelyng. Da de lige ved 800 g stenmeteorit på dette sted var samlet op, blev eftersøgningen fortsat i resten af de 2 timer, men uden yderligere resultat.

Nogle uger senere passerede man igen Ella Ø, denne gang i gummibåd, og 2 mand gik i land for at fortsætte eftersøgningen i et par dage. Igen oplevede man at gøre et fund få minutter efter, at "jagten var gået ind", og dette blev det mest omfattende på ialt 2,7 kg hvoraf det største fragment vejede 1,7 kg. Et øjeblik senere gjorde man det tredie fund, også bestående af mange fragmenter, på ialt 1 kg.

Dermed var 4,5 kg fundet, etiketteret og indpakket, men samtidig var det "alle gode gange tre". Den fortsatte og meget omhyggelige eftersøgning over halvøen, hvor fundene var gjort, gav ikke yderligere resultat. Og det er næppe troligt, at der er flere nåle i høstakken. Men det må samtidig erkendes, at det i 1971 efterladte fragment ikke længere befandt sig, hvor det var lagt. En beskrivelse af stedet var fremskaffet og telegraferet til grønlandsgeologerne inden deres andet besøg på Ella Ø. Er det muligt, at en "turist" har opsamlet en usædvanlig sten, der nu blot står på en eller anden souvenirhylde ?

Fragmentet, der var blevet undersøgt i Amerika, er også blevet sendt til Geologisk Museums meteoritsamling, som dermed har registreret ialt 5.752 gram af meteoriten, der faldt på Ella Ø. Fra museet vil en del af materialet blive fordelt til udenlandske laboratorier og museer, hvor meteoriter undersøges eller opbevares. Dels er det vigtigt, at alle meteoriter analyseres så grundigt og mangesidigt som muligt, dels er det meget vigtigt, at materiale opbevares til nye undersøgelsesmetoder kommer frem



Jordskorpens opdeling i plader efter de seismisk aktive zoner. Pladerne bevæger sig som enheder relativt i forhold til hinanden i pilenes retninger.

verdenskort indfører de jordskælvscentre, som er registreret på de seismologiske stationer, der findes spredt ud over jorden, får man et billede af pladernes omrids og deres fordeling på jordoverfladen.

At forudsige jordskælv var selv frem til slutningen af 1960'erne, meget svært, men på dette tidspunkt overraskede to russiske forskere den videnskabelige verden med deres resultater. De kunne nemlig vise, at de jordskælvsbølger, som normalt og med ringe intensitet sætter jordskorpen i svingninger indenfor de seismisk urolige zoner, viser unormalt store hastighedsændringer før et større jordskælv. De havde også opdaget, at den elektriske ledningsmodstand i den øvre jordskorpe i nærheden af jordskælvscentret tydeligt forandredes før et jordskælv nærmede sig, samt at indholdet af den radioaktive ædelgas radon øgedes i grundvandet.

Flere hundrede år gamle iagttagelser af niveauforandringer i søer, floder og også havoverfladen i områder, hvor der er sket større jordskælv, er gjort af kinesere og japanere. I dag stiller man disse fænomener i relation til store rumfangsændringer i den ydre jordskorpe indenfor de områder, hvor rystelsen vil komme.

Skønt man allerede kan benytte de ovenfor anførte fænomener til jordskælvsprognoser for hvert eventuelt jordskælvsområde, er det dog i høj grad ønskeligt, at have en teori, som forklarer de gjorte observationer. 1972 fremlagde den amerikanske geofysiker A.M.Nur sin "dilatans-diffusionsteori", som forudsætter et første stadium, under hvilket en elastisk deformation opbygges i jordskorpen. I næste stadium åbnes talløse meget små sprækker i den deformerede del af jordskorpen, hvis rumfang derved øges. Dette stadium indleder de forvarslende fænomener, idet dannelsen af sprækkerne forandrer den deformerede jordskorpes fysiske egenskaber, blandt andet medfører det en forøget sammenhængskraft, hvilket sinker udløsningen af det store jordskælv. Samtidig viser smårystelsernes bølger en hastighedsformindskelse, idet de ikke kan forplantes lige så hurtigt gennem spræk-

JORDSKÆLV 1989 ?

af Bengt Loberg

Af avisernes biografannoncer fremgår det med al ønskelig tydelighed, at nutidens filmsproducenter i et usædvanligt omfang udnytter menneskets lyst til rædselsskildringer. En af forudsætningerne for iscenesættelsen af sådanne beretninger er, at tilskueren hele tiden føler trygheden ved nårsomhelst at kunne vende tilbage til hverdagslivets relative ro og stabilitet. Når man som i filmen Jordskælvet udnytter katastrofen for at "kilde" vor sensationslyst går dette sikkert ind hos mange af os skandinaver, der betragter fædrelandet som et stabilt underlag for vor eksistens.

Dette er strengt geofysisk set alligevel ikke rigtigt, da selv den skandinaviske halvø berøres af jordskælv, hvilket dog, med få undtagelser, ikke registreres af dets indbyggere. Men vi ved fra massemedierne, at andre dele af vor Jord er stærkt ramt af store menneskelige og materielle tab som følge af jordskælv. Man regner således med, at i historisk tid er sammenlagt 74 millioner mennesker omkommet som følge af jordskælv og de efterfølgende brande. Mest ødelæggende synes at have været den jordskælvskatastrofe, som ramte den kinesiske provins Shensi i 1556, da 830 tusinde mennesker omkom. Der er således ingen tvivl om, at næst efter krig med sult og epidemiske sygdomme, udgør jordskælv den største trussel mod menneskeheden.

De områder som er mest udsatte for jordskælv finder vi ved Stillehavets kyster, i Middelhavsområdet, Lilleasiens bjergkæder med deres fortsættelse i blandt andet Himalaya, Malacca halvøen og det ostindiske arkipelag. Alle disse områder er fra et geologisk synspunkt unge dele af jordskorpen, hvor mægtige omskabende kræfter er igang.

I løbet af de sidste 10 år er den pladetektoniske teori udviklet, hvorved man får en elegant forklaring på kontinentforskydning, bjergkædedannelse og vulkanisme, men som også synes at have givet løsningen på problemet om jordskælvenes årsag. Meget kortfattet indebærer teorien, at Jordens ydre skal er opdelt i et dusin plader med en tykkelse på omkring 100 km. Disse, som flyder på et delvist opsmeltet lag af den ydre del af Jordens kappe, sættes i bevægelse af endnu ikke velkendte kræfter. Hvor pladerne mødes kan gnidningen for en tid fastlåse dem, hvorved en spændingstilstand opbygges indenfor pladernes randområder. Til slut bliver dog spændingen så stor, at brud opstår, og pladerne bevæger sig på ny i forhold til hinanden. Det er den pludselige udløsning af den gradvist opbyggede spændingstilstand, som fremkalder jordskælvet. Hvis man på et

og nye teorier skal efterprøves. Da hver meteorit som sagt er et unikum, er det - uanset hvor lille risikoen end er - for risikabelt at opbevare den et enkelt sted. Derfor foregår der til stadighed en udveksling af meteoritstykker mellem verdens anerkendte meteoritsamlinger.

Meteoriten på Ella Ø lå fordelt på fire steder med forholdsvis kort afstand imellem. Hvert sted var den opdelt i et meget stort antal fragmenter af stærkt varierende størrelse. Ingen af stederne var der tegn på nedslag, og opdelingen var derfor ikke sket ved knusning. Når samtlige fragmenter betragtes under et, viser det sig imidlertid, at der ikke kan være tale om et meteoritfald bestående af fire individer, men at alle må høre til samme individ. Det antages derfor, at der er faldet en enkelt meteorit med vægt under 10 kg, og at den landede på sne, hvor den gik i fire stykker, som trillede lidt fra hinanden. At stenmeteoriter kan gå i stykker når de lander på en relativ blød overflade skyldes, at de oftest får et antal revner ved den store chokpåvirkning, når de rammer Jordens atmosfære med den store hastighed. Hvornår meteoriten faldt, vides ikke, men den har næppe ligget der mere end nogle få årtier. I den tid har den været påvirket af stærk frostsprængning, som har løsgjort de mange små og store fragmenter, der blev fundet på hvert sted.

Meteoriten fra Ella Ø har efter international sædvane fået navn efter findestedet, og da det blev publiceret på engelsk hedder den i al fremtid Ella Island. Den er en stenmeteorit, der består af en bjergart med en mineralogisk sammensætning og en struktur, som ikke kendes fra Jordens bjergarter.

Den specielle struktur er et indhold af mere eller mindre kugleformede korn (chondrer) fra under 1 til op mod 10 mm i diameter, der tilsammen udgør omkring en tiendedel af meteoritens volumen. De er lysegrå til mørkegrå og består overvejende af grøn olivin, mindre hyppigt af mørk pyroxen. Chondrers oprindelse er desværre endnu ikke klarlagt, selv om der kendes mere end 1000 velundersøgte chondriter (stenmeteoriter med chondre-struktur) fordelt på 8 grupper med ialt 21 typer. Der synes dog almindelig enighed om, at deres oprindelse går tilbage til et tidligt stadium i udviklingen af vort solsystem og dermed af det eller de himmellegemer, chondriterne stammer fra. Noget peger i retning af, at de som strukturer opstod ved sammenstød og sammenhobning af det faste stof - fra støvpartikler til klumper på nogle meters diameter - i den ækvatoriale støvsky rundt om vor ursol. Siden da er der foregået kemiske processer og mineralogiske omkrystalliseringer både i chondrerne og i materialet derimellem, men den karakteristiske struktur blev stort set bevaret.

Ella Island's mineralogiske sammensætning udgøres af godt 85 % silikatmineraler, knapt 10 % metal (nikkel-jern) og cirka 5 % sulfidmineral (ferrosulfid = troilit). Af silikatmineralerne er to trediedele olivin og en fjerdedel "hypersthen", mens resten udgøres af en anden pyroxen og af

Figur 2 og 3. To billeder af det første fund i sommeren 1975. I dryaspuden ligger to af de tre større meteorit-fragmenter fra dette sted.

plagioklas. (I meteoritforskningen følger hypersthen en anden kemisk inddeling end den, der anvendes for hypersthen i jordiske bjergarter).

På baggrund af den kemiske og mineralogiske sammensætning skal Ella Island klassificeres som en Olivin-hypersthen chondrit af typen L 6, hvor L angiver lavt jernindhold og 6 angiver stærk metamorfose af silikatmineralerne. Derved er den placeret i samme gruppe og med samme type som meteoriten Mern, der faldt i Sydsjælland i 1878. Desværre ved vi ikke, om de også har tilhørt samme sønderbrudte himmellegeme, hvorfra de efter millioner af års bevægelse rundt i vort solsystem er faldet inden for dansk rigsområde med omkring trekvart århundredes mellemrum.

Figur 4. Nærbillede af en snitflade gennem Ella Island chondriten vinkelret på overfladen. Den mørkebrune smelteskorpe er cirka 1 mm tyk. Spredt i den finkornede, grå grundmasse ses dels de skinnende metalkorn omgivet af en rustfarvning, dels de mørkegrå og lysegrå runde chondrer af nogle få millimetres størrelse. (Målestokken er inddelt i millimetre).