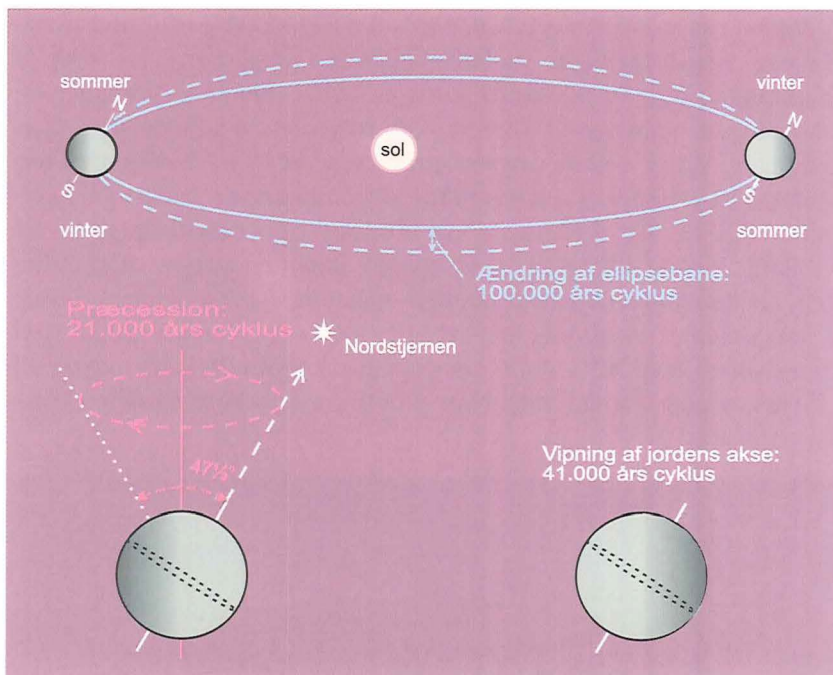


RYTMISKE AFLEJRINGER

Hans Jørgen Hansen



Figur 1. Jordens bevægelser i verdensrummet; se nedenstående tekst.

Variationer i mængden af energi (i form af lys), der ankommer til jordoverfladen som følge af ændringer i Jordens bane om solen, blev beskrevet af Milankovitch i fyrerne.

Ændringerne i Jordens bane er sammensat af tre grundkomponenter (figur 1).

1) Ca. hvert 100.000 år udøver de øvrige planeter et særligt træk i Jordan, som får den til at beskrive et mere elliptisk omløb om solen end normalt. I en ellipse er der to brændpunkter; i jordbanens ellipse vil det ene brændpunkt være tomt, mens solen befinder sig i det an-

det. Det betyder for den nordlige halvkugle (idet solen befinder sig i det af ellipsens brændpunkter, som er nærmest Jorden i vores sommerhalvår), at i ellipse-situationen vil sommeren være kortere end normalt, men til gengæld vil der være større indstråling på grund af Jordens større nærhed til solen. Klimatisk betyder det, at vi får kortere, men varmere somre og længere, men koldere vintre.

2) Jorden drejer om sin egen akse, der for øjeblikket peger mod Nordstjernen. Aksen foretager imidlertid også en cirkelbevægelse - som en snurretop - i forhold til verdensrummet. Om 2.000 år er Nordstjernen ikke længere Nordstjerne. Den nye 'Nordstjerne' vil befinde sig i stjernebilledet Vega! Denne snurretops-bevægelse, som Jorden udfører, kaldes præcessionen. En hel rundtur af 'snurretoppen' tager i gennemsnit 21.000 år. Det maksimale vinkeludslag i præcessionen er ca. $47\frac{1}{2}$ grad. Jordens klimatiske ækvator (og ikke den geografiske) er bestemt af den korteste afstand mellem solen og Jorden. Konsekvensen af præcessionen er således, at Jorden bevæger sig i forhold til sit eget klimasystem med $47\frac{1}{2}$ grad. Da 1 grad på jordoverfladen svarer til 111 km, vipper Jorden altså over 5.000 km i forhold til den klimatiske ækvator!



Figur 2. Rytmiske landaflejringer med kullag fra Palaeocæn-tiden. Russel Basin, østlige Montana, USA.

3) Selv om Jorden præcesserer, kan man godt opfatte den, som om den havde en fast akse, der står stille. Den hypotetiske akse viser en vipning på $3 \frac{1}{2}$ grad med en tidsfase på ca. 41.000 år. Denne vipning svarer til en bevægelse på knap 400 km i forhold til den klimatiske ækvator. Den klimatiske effekt af vipningen viser sig klarest omkring Jordens pol-områder, hvor nord- og sydpol er i modfase; altså vil mere varme på den nordlige del modsvares af større kulde på den sydlige. Ved lavere breddegrader ses 41.000 års bevægelsen kun svagt.

Alle sedimenter udviser en eller anden form for rytmik. Det gælder endog for så ensartet en bjergart som skrivekridt (se forside; bemærk bænknings af kridtet markeret ved tynde lerhorisonter). Går man til landaflejringer, viser de ligeledes en form for rytmik (figur 2). For at studere disse rytmiske mønstre har man over en årrække gennemført opmålinger af tykkelsen af lagene og underkastet måleserieerne forskellige matematiske og statistiske behandlinger. Herved har man, i mange tilfælde, kunnet sandsynliggøre, at der er tale om formodede Milankovitch rytmer.



Figur 3. Havaflejringer fra Yngre Kridt i Negev, Israel. Bemærk den gradvise overgang mellem lerrige og lerrfattige bånd.

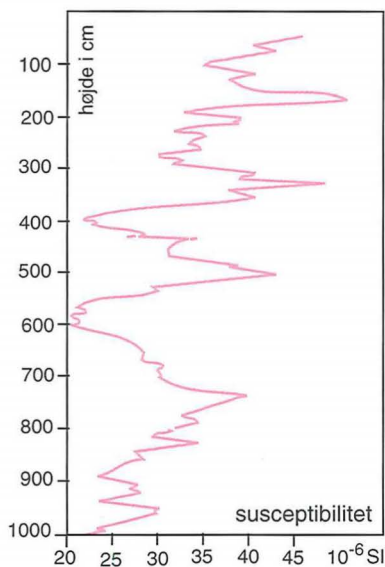
Det har imidlertid ikke haft mange anvendelser, idet det alene har kunnet bruges til at anslå sedimentationshastighed. Der er ligeledes et rent praktisk problem ved selve opmålingen, idet det er vanskeligt at stedfæste selve grænsen mellem f. eks. et mørkt og et lyst lag (figur 3). Når man kommer tæt nok på, bliver mange farveovergange glidende. Det svarer til at skulle trække en grænse mellem en stor og en lille hund! Altså har der manglet en objektiv registrering af rytmikken.

En sådan metode er nu udviklet og har demonstreret, at den kan bruges til korrelation med en tidsmæssig nøjagtighed, vi hidtil næppe har turdet drømme om.

Metoden går i al sin enkelhed ud på at indsamle tætte serier af 20-30 gram sedimentprøver og måle deres magnetiske susceptibilitet (evne til at blive magnetiseret).

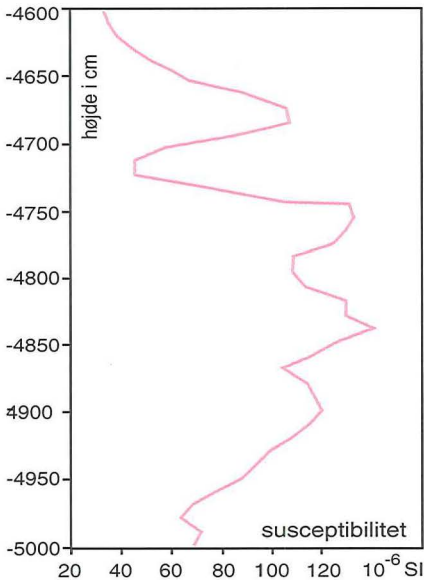
Når disse værdier afsættes i forhold til deres højde i lagene, fremkommer der et mønster (figur 4).

Figur 4. Detalje af det magnetiske susceptibilitets-mønster fra North Horn Formationen, Utah, USA.



I stedet for at udføre statistiske hundekunster på et sådant kurveforløb har vi benyttet en nok så direkte metode til at undersøge, hvad de fundne pulser repræsenterer. Grænsen mellem Kridt og Tertiær tiderne befinder sig 2/3 'oppe' i et magnetisk modsat/omvendt ('reverst') interval i Jordens historie. Det reverse interval har en varighed på 865.000 år. Dette betyder, at den reverse del, under Kridt-Tertiær grænsen, er på ca. 570.000 år. Dette tidsinterval med tilhørende magnetiske susceptibilitets-værdier er vist i figur 5. Man behøver hverken være Albert Einstein eller Georg Gearløs for at konstatere, at kurve-

billedet består af kraftigere og svagere pulser. Man kan endvidere konstatere, at der er 5 intervaller adskilt af større pulser, samt at de større pulser er opdelt i mindre pulser. Vi har en situation, hvor vi direkte kan observere 100.000 års og 21.000 års pulserne - eller med andre ord den elliptiske situation interfererende med præcessionen.

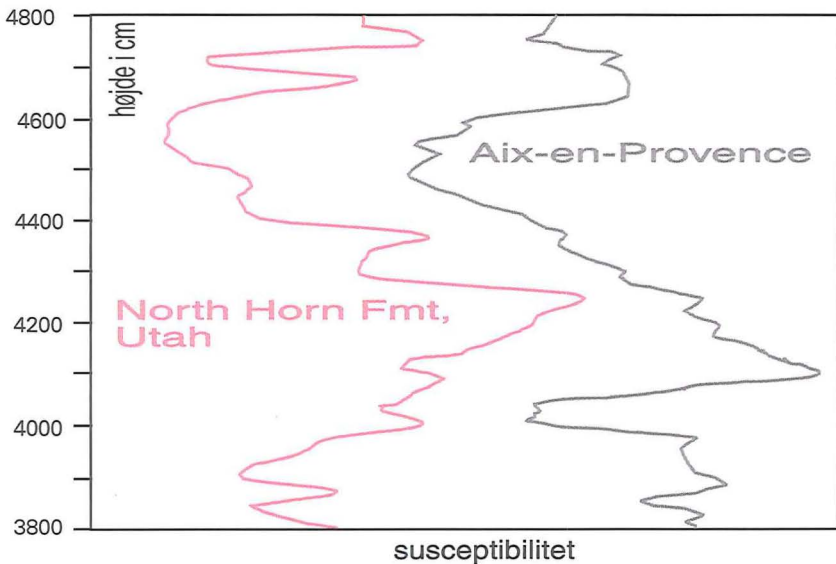


Figur 5. Magnetisk susceptibilitetsmønster fra marine Kridt-aflejringer fra Nasilow, Polen. Det viste interval er den reverse del af det yngste Kridt.

Den vel nok største overraskelse var fundet af identiske mønstre i tilsvarende intervaller i landaflejringer. Aldersbestemmelse af ældre landaflejringer har været et af de helt store problemer indenfor geologien i mange år. Det har vist sig, at korrelationerne kan foretages med stor sikkerhed over meget store afstande. Således er vi i dag i stand til at korrelere fra Utah til Sydchina via Canada, Frankrig, Polen, Tunesien, Israel og Indien med en afstikker til tropisk Brasilien.

Ved at sammenholde karakteristiske pulser og interferenser kan vi trække tidslinier mellem præcessions-pulser og derved konstatere, at den halve afstand mellem to pulser (der jo må være vores højeste nøjagtighed) er på 10.000 år. Og dette for mere end 65 millioner år siden! (figur 6).

Det næste problem er da: Hvad repræsenterer svingningerne i susceptibiliteten? I nogle tilfælde svarer de til variationen i f. eks. jernindholdet. I andre tilfælde til en fortynding af et lerholdigt sediment med kalk eller af et lerholdigt sediment med kvartssand. Der kan ikke siges noget entydigt om det. Imidlertid må de karakteristiske mønstre, som optræder både på land og i havaflejringer, have en fælles grundliggende årsag, der må være klimabetinget. Det bedste gæt er, at de skyldes variationer i nedbøren, der primært påvirker landjorden og sekundært, via transport gennem vandløb, påvirker sedimentationen i havet.



Figur 6. Karakteristisk interferens-figur omkring 400.000 år før Kridt-Tertiær grænsen i dinosaur-førende aflejringer fra henholdsvis North Horn Formationen, Utah, USA og Aix-en-Provence, Sydfrankrig.

Magnetisk susceptibilitet er et udtryk for materialers (bjergarters) evne til at blive magnetiseret af et ydre magnetfelt. En lav susceptibilitet betyder at bjergarten vanskeligt lader sig magnetisere, og omvendt betyder en høj susceptibilitet, at bjergarten nemt lader sig magnetisere