

AFLÆSER FORTIDENS KLIMAFORANDRINGER SOM MUSIK

Istiders kommen og gåen skyldes kosmiske fænomener, der medfører, at Jorden gradvist ændrer afstand til Solen over tusindvis af år. I sedimenterne sætter de medfølgende klimaforandringer aftryk, der kan aflæses som rytmer i musik, siger palæoklimatologen Nicolas Thibault.

TEKST: ANNE RINGGAARD · LAYOUT: LYKKE SANDAL

I boreprøver fra dybhavet har palæoklimatolog Nicolas Thibault fundet op til 500 millioner år gamle aftryk efter kosmiske cyklusser, der styrer de naturlige udsving i Jordens

klima, såsom istiders begyndelse og afslutning.

”Cyklusserne er meget tydeligt udtrykt. Det er smukt. Jeg forventede ikke, at de ville være så velbevarede i så gamle sedimenter,” fortæller Nicolas Thibault, der er professor i geologi på Københavns Universitets Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning.

Aftrykkene efter klimaforandringer i dybhavets sedimenter skyldes, at Jordens bane rundt om Solen ændrer sig gradvist i cyklusser på tusindvis af år.

Det medfører, at mængden af varme fra Solen varierer, så temperaturen på Jorden gradvist stiger og falder, uanset om der er drivhusgasser, vulkaner eller tektonisk aktivitet.

Temperaturændringerne påvirker sammensætningen af mineraler og materialer i sedimenternes lag.

Nogle palæoklimatologer beskriver de cykliske udsving og de aftryk, de sætter, som et klassisk orkestres symfoni, hvor hver tone og takt bestemmes af kosmiske rytmer.

”At forske i orbitale cyklusser er som at aflæse musik. Vi inddeler klimaets musik i frekvenser,” forklarer Nicolas Thibault, mens han banker en kuglepen rytmisk ned i sit skrivebord.

78 MIO. ÅR GAMLE AFTRYK

Nicolas Thibault bruger de aftryk, cyklusserne sætter, til at datere sedimenters lag og kortlægge fortidens klimaforandringer. Han har blandt andet været med til at rekonstruere klimaet og årstidernes skiften på vores breddegrader, da dinosaurerne levede for 78 millioner år siden. Rekonstruktionen viste, at den gennemsnitlige overfladetemperatur i havet omkring den sydsvenske ø Ivö dengang var 27°C om sommeren og 12-15°C om vinteren.

Professor Nicolas Thibault ved mikroskopet på sit kontor på Københavns Universitet. Nicolas Thibault er geolog med speciale i orbitale klimæændringer og kalkholdige fossiler.



Foto: Carsten E. Thuesen



SEDIMENTKERNE fra Karlslunde på Sjælland. Nicolas Thibault har dateret kernen til perioden Maastrichtien, som var den sidste del af Kridttiden for omkring 72,1 til 66 millioner år siden.

Sedimentkernens lag farves i forskellige mørke og lyse nuancer afhængig af materialerne. Farvenuancerne afspejler klimaforandringer og er således proxyer for fortidsklimaet. Læs, hvad proxyer er, på side 4.

I dag er den gennemsnitlige temperatur i havet i det samme område 3°C om vinteren og 17°C om sommeren.

Palæoklimaets temperaturer og de orbitale cyklusser aflæser Nicolas Thibault i de lag af sedimenter, der gennem millioner af år er blevet aflejret under havet.

PROFESSORENS FREMGANGSMÅDE

”I første omgang er det nyttigt simpelthen at kigge på farverne i boreprøverne,” forklarer Nicolas Thibault.

DYBHAVET er en betegnelse for områder i havene, hvor havdybden er over 1.000 meter.

Borekerner fra dybhavet er særligt gode til at datere klimaforandringer. Det skyldes, at sedimenterne så dybt nede har været stort set uforstyrrede i millioner af år.

”Tættere på kysterne er der et meget mere dynamisk miljø, så sedimenterne bliver udsat for forstyrrelser over tid. I dybhavet er der langt større chancer for at få sammenhængende optegnelser med færre huller,” siger Nicolas Thibault.

Sedimenter fra havbunden består af materialer i forskellige farver, for eksempel kalk, sand, ler og jern.

- Kalk er hvidt
- Sandkorn er gule, pink eller gennemsigtige.
- Ler er brunt eller sort
- Jern er rødt

Sammensætningen af materialerne og dermed farven på sedimentet afhænger af klimaet.

I fugtige perioder, hvor det regner og blæser meget, bliver ler, jern og sand skyllet ud i havet fra kontinenter og fjorde. I de perioder farves sedimentet derfor i grålige eller brunlige nuancer.

I koldere og tørrere perioder er sedimentet hvidere, fordi det indeholder en højere koncentration af kalk. Kalken stammer fra skaller, der falder af forskellige arter af havdyr og plankton. I perioder, hvor det ikke regner ret meget, daler skallerne uforstyrret ned og lægger sig i lag på havbunden uden at blive blandet med farverige mineraler og sandkorn.

MAGNETISME SLADRER OM KLIMAET

Farverne i sedimentet er ikke den eneste proxy – det vil sige indikator – for fortidens klima, som Nicolas Thibault kigger efter. Han måler også sedimentets grad af magnetisk modtagelighed.

Magnetisk modtagelighed beskriver, hvor let et materiale kan blive magnetiseret, når det udsættes for et magnetfelt. Magnetiske mineraler som hæmatit og magnetit bliver dannet på landjorden af magma, som er smeltet klippemateriale dannet i Jordens indre.

”Hvis der er meget magnetisk modtagelighed i sediment fra havbunden, ved vi, at det formentlig er aflejret i en fugtig periode med meget erosion. For jo mere forvitring der er på land, desto flere magnetiske mineraler bliver skyllet ud i havet. Det er en god, hurtig og billig palæoklimatisk proxy, som jeg bruger meget i min forskning,” siger Nicolas Thibault.

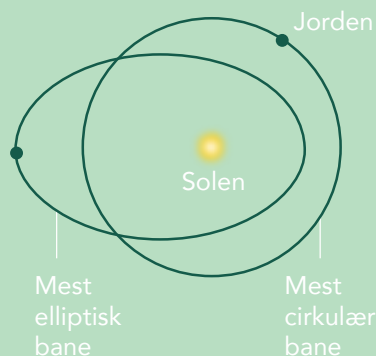
ORBITALE CYKLUSSE I SEDIMENT

Graden af magnetisk modtagelighed og sedimentets farvesammensætning afspejler således klimaforandringer,

DE TRE MILANKOVIĆ-CYKLER:

CYKLUS 1

EXCENTRICITET



1. Excentricitet: Jordens bane om Solen er ikke en perfekt cirkel. Det er en ellipse, som ændrer form fra at være næsten cirkelformet til at blive mere og mere elliptisk over en periode på cirka 100.000 år. Jo mere elliptisk banen er, desto større er forskellen på, hvor meget lys og varme Jorden får i løbet af et år – dvs., at der er størst kontrast mellem årstiderne, når banen er mest elliptisk.

som blandt andet skyldes, at Jorden langsomt over 100.000 år ændrer bane om Solen fra at kredse i en let aflang cirkel – en ellipse – til at bevæge sig i en mere cirkulær rute og tilbage igen.

Planetens hældning og rotation om sig selv ændrer sig samtidig i cyklusser over tusindvis af år.

De tre forhold – Jordens bane, hældning og rotation – er afgørende for, hvor meget energi Jorden får fra solen.

De orbitale cyklusser bestemmer derfor grundlæggende temperaturerne på Jorden og kontrasterne mellem årstiderne. Og disse forhold er afgørende for, hvor fugtigt klimaet er.

Cyklusserne kaldes også Milanković-cykler efter den serbiske ingeniør og matematiker Milutin Milanković, som oprindeligt beskrev dem i starten af 1900-tallet. Milanković-cyklerne er årsag til, at Jorden igen og igen skal igennem millioner af år lange istider, der med jævne mellemrum bliver afløst af varmere mellemistider, som den vi nu befinder os i.

AFTRYK KAN BRUGES TIL AT DATERE SEDIMENTER

Når Nicolas Thibault finder aftryk efter de tre Milanković-cykler i sedimentets sammensætning, kan han datere lagene i en boreprøve.

”Vi kender længden på cyklusserne, så vi kan bruge de aftryk, de har sat i sedimenterne, til at tælle tiden,” forklarer han og uddyber:

”Vi ved, at der er cyklusser på omkring 20.000, 40.000, 100.000 og 405.000 år. Så vi kan datere sedimentet meget præcist og placere klimaforandringer tidsmæssigt. Så bliver det interessant, for så kan vi underinddele sedimentkerner i små bidder af tid og få et billede af, hvor hurtigt klimaet har forandret sig i fortiden.”

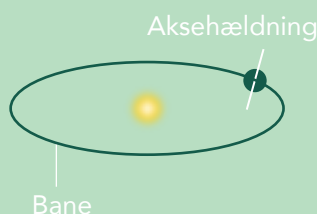
Når Nicolas Thibault har fundet Milanković-cyklerne i en boreprøve, kan han afkode, om der er tegn på

2. Aksens hældning (inklination):

Mens Jorden følger banen, drejer den rundt om sig selv. Rotationsaksen hælder. Hældningen varierer mellem cirka 22,1 og 24,5 grader over en periode på omkring 41.000 år. Når hældningen er mindst, er der mindst kontrast mellem årstiderne.

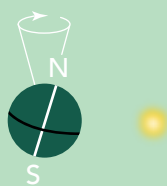
CYKLUS 2

INKLINATION



CYKLUS 3

PRÆCESSION



Aksens orientering

3. Præcession: Jorden roterer samtidig rundt om sig selv som en snurretop, der tilter i slowmotion. Akseretningen ændres langsomt over en periode på cirka 26.000 år. Det påvirker tidspunktet for, hvornår forskellige årstider indtræffer.

“At forske i orbitale cyklusser er som at aflæse musik. Vi inddeler klimaets musik i frekvenser.”

NICOLAS THIBAULT

PROFESSOR, KU

klimaforandringer, som skyldes andre forhold end Jordens afstand til solen.

Hvis sedimentet for eksempel pludselig er brunt og meget magnetisk modtageligt i en periode, hvor klimaet på grund af de orbitale cyklusser burde være koldt, kan det være et tegn på, at andre faktorer – for eksempel vulkanudbrud eller tektoniske bevægelser – har ført til temperaturstigninger.

KLIMAET ÆNDRES I REKORDFART

Ingen af de fortidige klimaændringer, Nicolas Thibault og hans fagfæller

har sporet, er sket så hurtigt som den nuværende globale opvarmning.

”Vi har tidligere haft perioder med voldsomme opvarmninger, for eksempel i det palæocene-eocæne termale maksimum, hvor temperaturen steg med 5 til 8°C på mindre end 10.000 år,” siger Nicolas Thibault.

Det palæocene-eocæne termale maksimum (PETM) er en periode for omkring 56 millioner år siden, hvor temperaturen på Jorden steg dramatisk. Det skyldtes formentlig vulkanisme, der

OPVARMNING FOR 56 MIO. ÅR SIDEN

Da temperaturen på Jorden steg voldsomt for 56 millioner år siden i det palæocene-eocæne termale maksimum (PETM), skyldtes opvarmningen i første omgang sandsynligvis vulkaner, som frigav store mængder CO₂ og metan til Jordens atmosfære.

Det højere niveau af drivhusgasser kan have ført til yderligere opvarmning på grund af:

Nedbrydning af metanhydrater: Store mængder metan fanget under havet i iskrystaller (metanhydrater), kan være blevet frigivet, da havvandet blev varmere. Det kan have medført et højere niveau af metan i atmosfæren og dermed øget global opvarmning.

Biologisk nedbrydning: Opvarmningen kan have medført, at organisk materiale i jord og sedimenter er blevet nedbrudt. Når organisk materiale nedbrydes, bliver der frigivet CO₂ og metan til atmosfæren.

førte til en massiv udledning af drivhusgasser, især CO₂.

Perioden er blevet studeret grundigt, blandt andet af Nicolas Thibault, fordi den måske kan gøre os klogere på konsekvenserne af nutidens klimaforandringer.

I løbet af PETM skyldtes den høje udledning af CO₂ naturlige processer, og opvarmningen skete meget langsommere, end den gør i dag.

I det seneste århundrede er den globale gennemsnitstemperatur steget med cirka 1°C. Det forventes, at den kan stige med yderligere 2-4°C indenfor det næste århundrede, hvis drivhusgasudledningerne fortsætter uformindsket.

Det betyder, at temperaturen vil stige 5-8°C på få hundrede år – under PETM tog det flere tusinde år. •

NICOLAS THIBAULT

studerer også skaller fra to typer **mikrofossiler**, der igennem millioner af år er blevet bevaret i sediment:

- 1) **Kokkolitter**, som er kalkskaller udskilt fra plankton.
- 2) **Skaller** fra foraminiferer, som er encellede organismer, der lever i havet.

Skallerne indeholder varierende koncentrationer af forskellige isotoper bl.a. iltisotoperne ¹⁶O og ¹⁸O.

Forholdet mellem isotoperne afspejler havets temperaturer, da skallerne blev dannet. Læs om isotopanalyser på side 11.

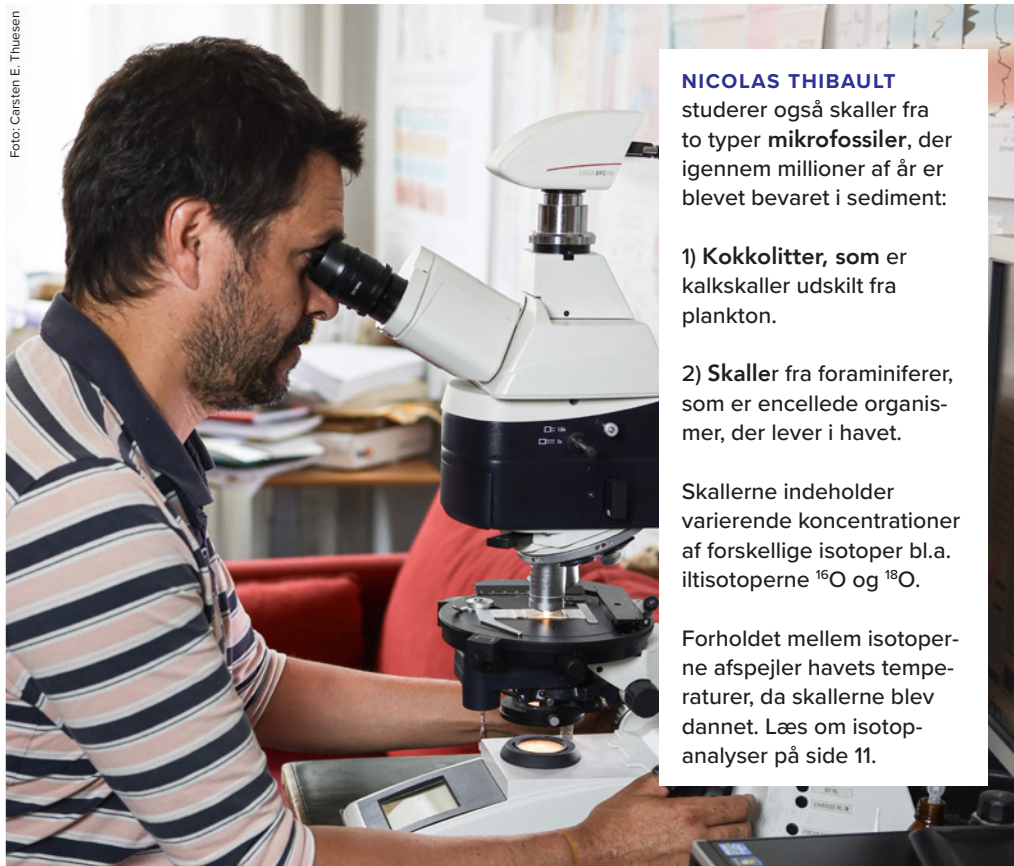


Foto: Carsten E. Thuesen