

Klimatförändringar förr

– från växthus till istid på 100 000 år

Hur det blir med framtidens klimat är en stor fråga. Växthuseffekt eller istid? Under jordens långa historia har det funnits flera varma perioder av växthusklimat med extrem värme, men även perioder av ishusklimat med kyla och istider.

Foto: Martin Almquist/Johnér

Under de senaste 65 miljoner åren av jordens historia, den geologiska eran kallas Kenozoikum, formades dagens värld. Eran inleds med det stora meteoritnedslag som orsakade att de flesta dinosaurier dog ut. Det gav de då relativt små däggdjuren möjlighet att inta dinosauriernas platser. Fåglar, blommande växter och insekter fortsatte att utvecklas. Och kontinenterna drev sakta mot sina nuvarande platser.

Fossilerna berättar mycket

Geologer använder fossil från bergarter och sediment för att pussla ihop jordens historia. Fynd av djurskelett och avtryck av helt okända växter visar att jorden måste ha sett helt annorlunda ut under sin långa historia. Genom att använda evolutionens principer och jämföra lager från olika områden med varandra kan fossilerna hjälpa oss att få en bättre förståelse för vår jord och dess historia. Många gamla arbetssätt används än idag, men nya metoder ger mer, och ny, information.

Klimatförändring av rang

Med hjälp av kalkskalerna från foraminiferer har några forskare sammanställt en så kallad syreisotopskurva för hela Kenozoikum. En sådan avslöjar mycket om temperaturen som rått. Kurvan visar bland annat att det var några extremt varma perioder för drygt 50 miljoner år sedan. Då växte palmer i Alaska, krokodiler fanns norr om polcirkeln och nordpolen var en trevlig insjö med behaglig badtemperatur. Därefter blev det långsamt svalare.

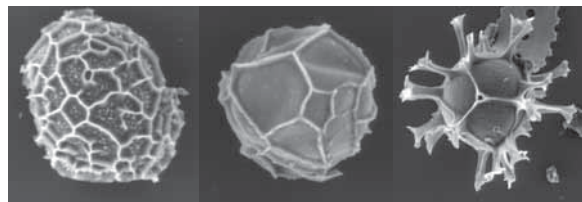
Men för ungefär 34 miljoner år sedan hände något. Temperaturen på jorden sjönk med sex grader under mycket kort tid. Denna stora förändring har observerats på olika platser över hela jorden och används för att definiera gränsen mellan två geologiska epoker, Eo-

cen och Oligocen. Klimatet övergick från växthusvärme till ishuskyla, och klimatsystemet som råder än idag tog sin form. Havsströmmarna började likna dagens och de båda polerna fick ett bestående istäcke.

Vad hade hänt?

Vad var det som hade orsakat denna klimatförändring? Syreisotopkurvan kunde inte ge svaret. Dels är den inte tillräckligt detaljerad. Men vårt största problemet var att den består av en kombination av temperatur- och isvolymförändringar. Det gick inte att veta vilken av dessa som förändrats och hur mycket.

Vi beslutade oss för att detaljstudera sediment avsatt under tiden för klimatskiftet. Genom att titta efter en sorts havslevande plankton, dinoflagellater, där många arter reagerar på förändring i vattnets temperatur, kan man komma runt problemet med hur mycket is som fanns. Det bästa stället för att studera detta tidsintervall är Massignanosektionen i Apenninerna. Den är en nyckelsektion och fungerar som internationell referens för just denna tidsperiod. Dit åkte vi och tog en borrkärna som noga jämfördes med nyckelsektionen.



Några av de vackra skalerna efter fossila dinoflagellater som användes för att avslöja ytvattnets temperatur under 1 miljon år. Olika arter lever i olika temperatur. Många av dem kan kapsla in sig i ett mycket hårt skal när förhållandena är ogynnsamma. De flesta återuppstår när omständigheterna är de rätta, men deras tomma skal faller till botten och begravs. De kan bevaras i sedimenten i många miljoner år.

NYCKELSEKTIONER OCH GYLLENE SPIKAR

Geologer delar in jordens historia i olika tidsintervall; eoner, eror, perioder och epoker. Skillnader i lagerföljder i berg och andra avlagringar utgör den viktigaste grunden för denna indelning.

En internationell kommitté fastställer särskilda nyckelsektioner för alla geologiska tidsavsnitt. På så vis kan lagerföljder från olika platser alltid jämföras med en internationellt accepterad referens, en Global Boundary Stratotype Section and Point, GSSP.

Viktiga krav för en nyckelsektion är att:

- sedimentationen varit kontinuerlig så inga luckor i lagerföljden finns
 - den innehåller rikligt med välbevarat fossil
 - lagerföljden är opåverkad av jordbävningar och andra rörelser i jordskorpan
 - den är lättillgänglig, välmarkerad och välstuderad
- Den undre gränsen för en nyckelsektion markeras med en Gyllene Spik.

Massignanosektionen i Italien är GSSP för gränsen mellan Eocen och Oligocen. I Sverige finns det två Gyllene Spikar, i Hunneberg i Västergötland och i Fågelsångsdalen utanför Lund. Båda representerar epoker under Ordovicium för knappt 500 miljoner år sedan.

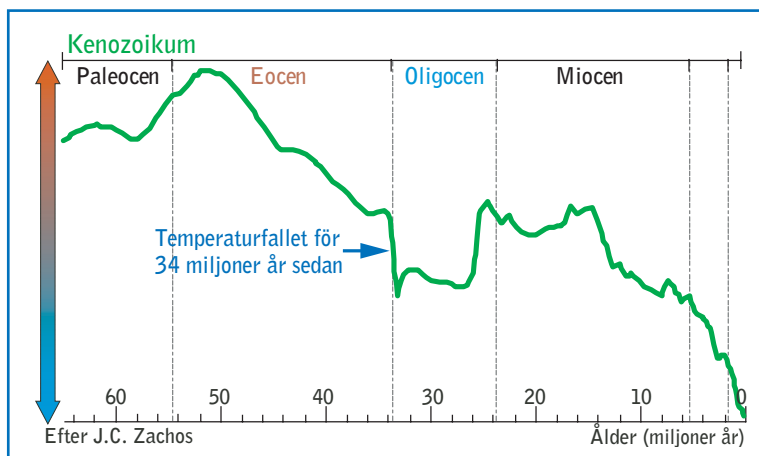
Jordens vingliga bana runt solen

Skalen efter dinoflagellaterna delades in i tre grupper beroende på vilken temperatur de levte i; varmt, tempererat eller kallt. Så småningom kunde vi rekonstruera en detaljerad kurva över ytvattnets temperatur under en miljon år runt det intressanta klimatskiftet.

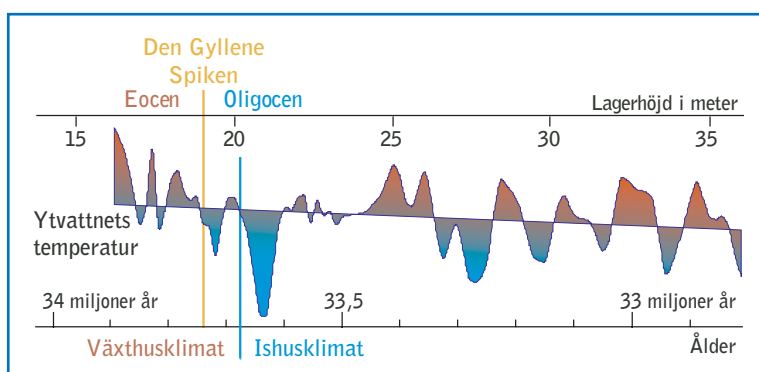
Kurvan visar två tydliga köldperioder. Den första världsomfattande köldpulsen, som också syns på syreisotopkurvan, pågick i omkring 20 000 år. Den andra, något lindrigare köldperioden började omkring 400 000 år senare. Det spännande var att vi tydligt kunde visa att vår temperaturkurva överensstämde utomordentligt väl med de så kallade Milankovitch-cyklerna.

Den serbiske forskaren Milutin Milankovitch utvecklade denna betydelsefulla teori i början av 1900-talet. Han var övertygad om att istiderna orsakats av de variationer i solinstrålning som beror på planeten jordens vingliga bana runt solen. Han visade att jordens bana påverkas av tre cykler med olika längd och lyckades också räkna ut hur solinstälningen förändrats under de senaste två miljoner åren. Övertygande bevis för att han haft rätt fanns dock inte förrän på 1990-talet.

Först 2004 räknade matematiker ut Milankovitch-cyklernas värde för hela Kenozoikum. Tack vare det kunde vår forskning bekräfta idén att solinstrålningens variationer utlöste den snabba temperaturredgången även så långt tillbaka i tiden som 34 miljoner år. Vi kunde också datera temperaturkurvan med stor noggrannhet. Klimatskiftet skedde för 33 miljoner 780 tusen år sedan.



Syreisotopkurvan som visar hur temperaturen har förändrats under hela eran Kenozoikum. Temperaturfallet för 34 miljoner år sedan ville vi studera närmare.



Kurvan visar temperaturen i ytvattnet baserat på dinoflagellaternas förekomst. Den stora temperaturförändringen, som visar övergången från växthus- till ishusklimat, visade sig inträffa först 100 000 år efter den redan fastslagna gränsen för skiftet mellan epokerna Eocen och Oligocen.

En spik huggen i sten

Eftersom vår studie utförts på en vedertagen nyckelsektion kunde vi också jämföra tiden för klimatskiftet med nivån för den Gyllene Spiken, den fastslagna gränsen för skiftet mellan epokerna Eocen och Oligocen.

Klimatskiftet visade sig enligt vår studie inträffa först 100 000 år senare. Den nivå där spiken sitter indikerar bara en liten försmak av vad som komma skulle. Höjden valdes år 1993 efter sista förekomsten av en tropisk foraminifer, som senare visat sig vara mycket temperaturkänslig.

Man skulle alltså kunna säga att den Gyllene Spiken sitter fel... Om man skulle bestämma gränsen mellan Eocen och Oligocen idag, hade man säkerligen satt den två meter högre upp. Men den Gyllene Spiken sitter, både bildligt och bokstavligt talat, huggen i sten.

TEXT Caroline van Mourik, Institutionen för geologi och geokemi, Stockholms universitet

TELEFON 08-674 75 95

E-POST caroline.vanmourik@geo.su.se

LÄS MER The Greenhouse - Icehouse Transition - a dinoflagellate perspective (www.havet.nu/index.asp?d=186&id=2940)