

## **Astronomi og klima del I**

### **Planetene og månen dirigerer jordas klima**

*Jan-Erik Solheim, Institutt for Teoretisk Astrofysikk, Universitetet i Oslo  
Ole Humlum, Institutt for Geofag, Universitetet i Oslo<sup>1,2</sup>*

*Det er vår plass i verdensrommet som bestemmer jordas klima. Sola med planetene er på reise gjennom en galakse, Melkeveien, og passerer gjennom galaksearmen med støvskyer og magnetfelt. Dette gir klimavariasjoner over geologiske tidskalaer. Nære og fjerne eksploderende stjerner sender skurer av kosmiske partikler (kosmisk stråling) inn mot solsystemet. Lavenergetiske kosmiske partikler blir stoppet av solas og jordas beskyttende magnetfelt, mens partikler av midlere energi kolliderer med partikler i vår atmosfære og produserer datterpartikler som igjen kan føre til økt skydannelse på jorda. Effekten merkes i løpet av få dager etter en kraftig skur med kosmiske partikler. Også variasjoner i jordas bane og jordaksens helning fører til klimavariasjoner – da med perioder fra 20 000 år og oppover. I denne artikkelen skal vi se på klimavariasjoner med periode 5-100 år som kan ha sin årsak i banebevegelser til måne og planeter. I en senere artikkel skal vi fortelle hvordan sola som en variabel stjerne påvirker jordas klima.*

Nyere forskning viser at det eksisterer en rekke periodiske eller kvasi-periodiske klimasvingninger som kan ha astronomiske årsaker. Disse kommer i tillegg til, eller forsterker naturlige svingninger i klimasystemet. Vi kan skille disse fra drivhuseffekten<sup>(3,4)</sup> som antas å være monotont økende, og derfor ikke fører til periodiske variasjoner.

Forsterkning av naturlige svingninger skjer ved et fenomen som vi kaller *synkronisering av koplede oscillatorer ved tvungne svingninger*. Kollektiv synkronisering av naturlige klimaoscillatorer fører til periodiske klimavariasjoner i fase med periodiske variasjoner som skyldes bevegelse av sol, måne og planeter. Vi skal merke oss at det er ubetydelig energi som overføres fra planetenes baner til vårt klima. Det jorda mottar er **informasjon** om hvilke svingninger (frekvenser) som passer til planetenes baner. En nær analogi er et orkester hvor alle instrumentene spiller hver sin takt. Men så svinger dirigenten sin taktstokk, og lyd fra instrumentene blir synkronisert. Musikantenes energi brukes til å produsere lyd. Dirigenten viser ved tegn hvilken takt som er ønsket. Den astronomiske påvirkning er uhyre svak, men varer over lang tid.

### **Synkronisering av koplede oscillatorer**

En av de mest berømte fysikere til alle tider er Christiaan Huygens (1629-1695). Han er også kjent som matematiker, astronom, urmaker og science fiction forfatter. Blant annet studerte han Saturns ringer, oppdaget dens måne Titan, og fant opp pendeluret som skulle få stor betydning for presis tidsmåling. I

fysikken er han berømt for antakelsen om at lys består av bølger – noe som åpnet for forståelsen av partikkel-bølge dualiteten som er fundamental i moderne fysikk. Han var den første som fant formelen for svingeperioden ( $P$ ) for en matematisk pendel:

$$P = 2\pi\sqrt{l/g}, \quad \text{formel (1)}$$

hvor  $l$  er lengden til pendelsnora og  $g$  er tyngdens akselerasjon.

Under sitt arbeide med pendelur hadde Huygens montert to pendler på samme stang. En dag han lå i sengen og kikket på sine to pendler, oppdaget han at de svingte – ikke bare med samme periode, men også at de langsomt arbeidet seg inn i samme fase – rettete sagt motfase uansett hvordan de ble startet opp. Dette beskrev han i et brev til Royal Society i London og kalte det “*odd symphathy*” eller “*odd kind of symphathy*”. Huygens trodde først det var lufttrykk, eller trykkbølger, mellom de to pendlene som førte til synkronisering, men kom senere til at det var ørsmå bevegelser i stanga som ble overført til pendlene som synkroniserte dem i motfase. Han var ikke i stand til å måle disse bevegelsene, men hans antakelse er i moderne tid bekreftet med instrumenter som kan måle små bevegelser, noe som ikke var mulig i Huygens tid. Denne synkroniseringseffekten er en egenskap vi nå tillegger *koplede oscillatorer*.

[BOX om koplede oscillatorer]

I det følgende skal vi beskrive hvordan planetene i bane rundt sola, påvirker solas bevegelse rundt det felles tyngdepunkt i solsystemet (barysenteret) og hvordan naturlige svingninger i sola og på jorda blir synkronisert av disse bevegelsene, noe som vi opplever som periodiske eller nesten-periodiske klimavariasjoner. Vi skal også vise at månens bevegelser fører til periodiske klimavariasjoner.

## Månenbanen og tidevannsbølgen

Gravitasjonspåvirkning fra sol og måne fører til døgnlige variasjoner i havenes vannstand. To tidevannsbølger vandrer rundt jorda, og gir oss tidevann<sup>(5)</sup>. Også jordskorpen og atmosfæren reager på tidevannsbølgene.

Månen beveger seg i et plan som danner en vinkel på ca 5 grader med ekliptikken. Dette fører til at månens posisjon endrer seg med  $\pm 5$  grader i forhold til ekliptikken på et omløp. Dersom fullmånen eller nymånen inntreffer når månen er på det høyeste eller laveste får vi en ekstra høy tidevannsbølge som kan bringe mer varmt vann nordover langs norskekysten. Skjæringen mellom månebanens plan og ekliptikken kaller vi knutelinjen. Denne beveger seg rundt baneplanet med en periode på  $P_M = 18,61$  år. Dette er en periode som finnes igjen i klimadata. Maksimal tidevannsbølge i nordlige farvann inntraff ved årsskiftet 2006/2007. Sommeren 2007 var det minimum is i Arktis. Neppe en tilfeldighet.

I tillegg er månebanen elliptisk, med en akse som beveger seg i baneplanet med en periode  $P_R = 8,85$  år. Vi ser at den er svært nær halve perioden til knutelinjeperioden. Middelveiden av disse to periodene blir  $P_{MR} = 9,1$  år. Vi kan

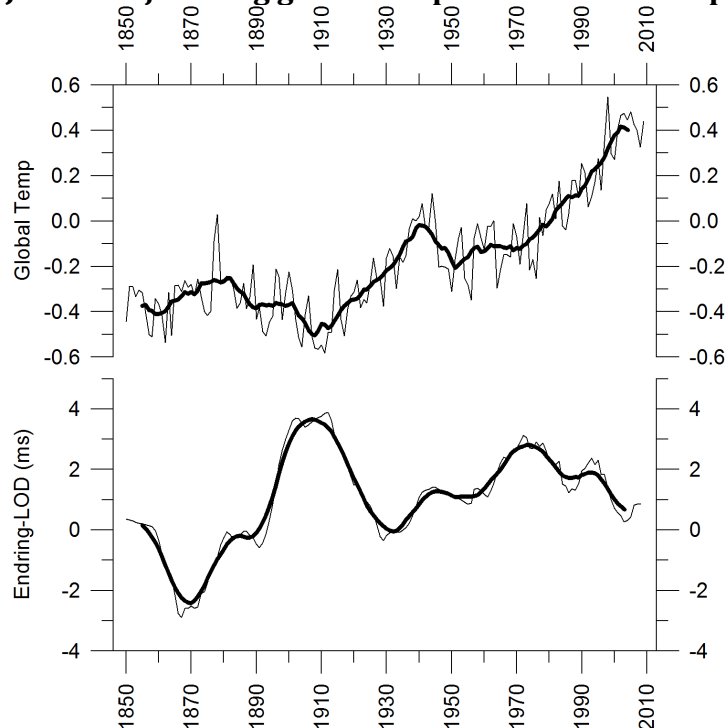
regne ut hvor ofte disse to periodene er i samme fase (resonans) ved følgende formel

$$P(\text{resonans}) = [P_1^{-1} - P_2^{-1}]^{-1}, \text{ hvor } P_1 < P_2 \quad \text{formel (2)}$$

Setter vi  $P_1 = P_R = 8,85$  år og  $P_2 = P_M/2 = 9,30$  år i formel (2) får vi  $P_{12} = 183$  år, som også viser seg å være en interessant klima-periode.

Hvordan tidevannseffektene virker på klimaet i vår del av verden er undersøkt av Harald Yndestad<sup>4</sup>. Han finner at temperaturen i Nord-Atlantisk vann som strømmer inn i Norskehavet viser perioder som er korrelert med måneperiodene på 9,3 og 18,6 år, modulert med en lengre periode på 74,4 år som er  $4 \cdot 18,6$  år som er en subharmonisk periode av  $P_M$ . Disse periodene finnes igjen i klimavariasjoner og biomasseproduksjon. Dette er et eksempel på synkronisering av oscillerende systemer hvor enkelte harmoniske perioder forsterkes ved resonans.

### Jordrotasjonen og global temperatur: 60-70 års perioder



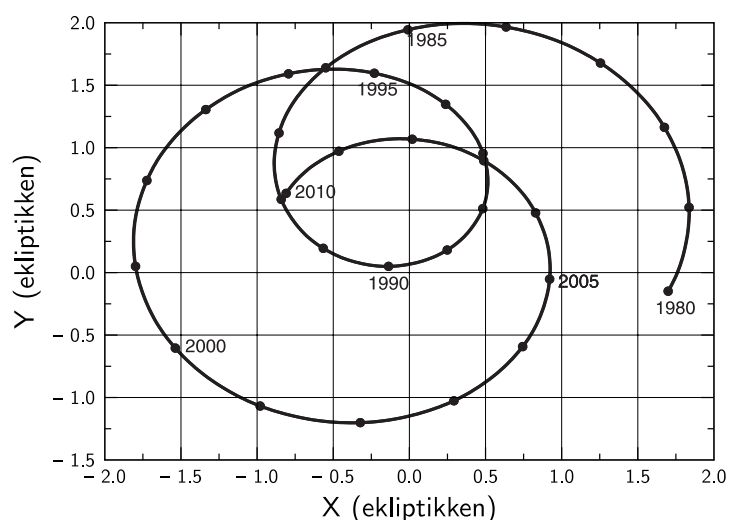
Figur 1. (Øverst) Årsverdier av global temperatur – glattet over 11 års periode (tykk strek). (Nederst): Endring i daglengden (LOD) – også glattet over en 11 års periode ([www.climate4you.com](http://www.climate4you.com)).

Jorda roterer gradvis saktere som følge av friksjon med tidevannsbølgen. Men vi ser også i figur 1 at den periodevis roterer fortere. Dvs. at daglengden minker. I figuren har vi også tegnet inn en global temperaturkurve. Sammenligner vi de to kurvene, ser vi at når daglengden er på et minimum, inntreffer et temperaturmaksimum ca. 5 år senere. Det hendte i 1875, 1935 og muligens i 2004, dvs. med en periode på 60-70 år. Årsaken til denne periodiske variasjon av jordas rotasjon antas å være en kopling mellom jordas kjerne og mantel enten

ved magnetisk, turbulent eller laminær kopling (friksjon) mellom forskjellige lag i jordas indre.

Variasjonen i jordrotasjon korrelerer både med temperaturvariasjoner og atmosfæriske trykkfordelinger over jorda, med tidsforsinkelser 5 -15 år. Når daglengden øker får vi flere blokkerings-situasjoner med vind langs lengdegradene istedenfor langs breddegradene, og det gir kalde vintre i store deler av Europa. I et arbeide fra 1975<sup>(7)</sup> gjennomgås forskjellige hypoteser for mulige årsaker til 60-års perioden. En hypotese er at et periodisk påtrykk utenfra styrer prosesser i jordas indre. Akselerasjon av jordrotasjonen omkring 1972 ble brukt til å varsle en kommende temperaturstigning fra omkring 1980. Og slik ble det. Akselerasjonen omkring 2004 varsler på samme måte som i 1935 en kaldere periode med start 5-10 år senere. Den ser vi nå begynnelsen av.

### Planetenes perioder



Figur 2. En projeksjon av solas bane relativ til solsystemets barysenter 1980-2010, projisert ned på ekliptikkplanet. Enhet for x og y-aksen er en solradius. (Scafetta 2010<sup>(8)</sup>, figur 4).

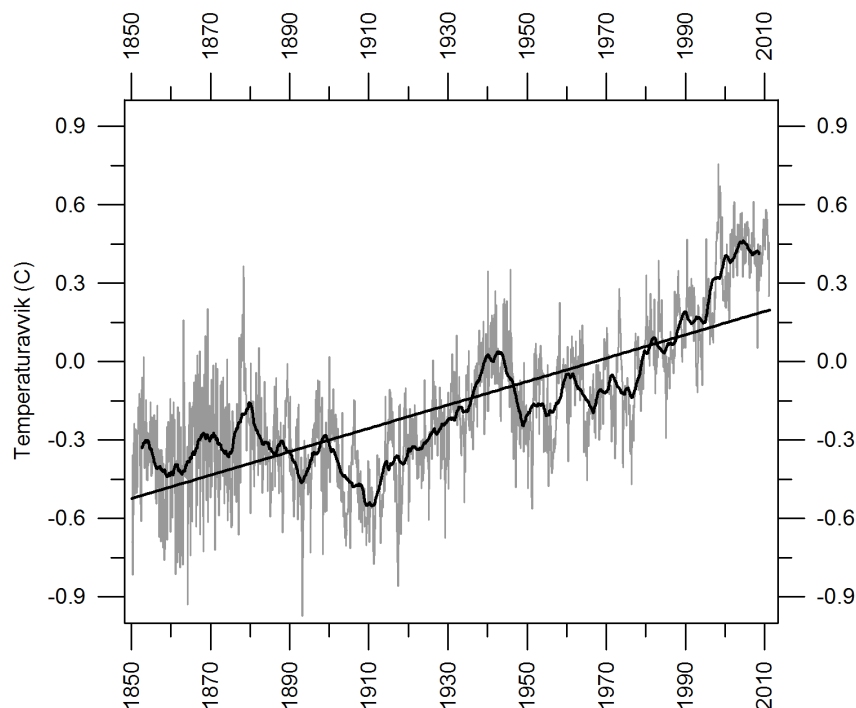
I tillegg til måneperiodene finner vi også perioder fra solsystemets planeter i temperaturdata. Den tyngste planeten er Jupiter. Den har en masse 318 jordmasser og en periode  $P_J = 11,86$  år. Neste planet er Saturn med en masse på 95 jordmasser og en periode  $P_S = 29,5$  år. Tiden mellom hver gang de to planetene står i samme retning sett fra sola, kaller vi planetenes synodiske perioder. Regner vi synodiske perioder med formel (2) for Jupiter - Saturn, får vi  $P_{JS} = 19,8$  år. Vi merker oss at  $2P_S \approx 3P_{JS} \approx 60$  år. Dette kan være styringssignalet for 60-års perioden i jordrotasjonen og i den globale temperaturen. Den neste av de store planetene er Uranus med en omløpstid på 84 år, og tilslutt Neptun med 165 år.

### Virkning av planetenes bevegelser på sola og jorda

Når vi kjenner planetenes baner, kan virkningen på sola beregnes. Den er vist i figur 2 hvor solsenterets bane er tegnet i forhold til massesenteret (tyngdepunktet) for planetsystemet, som vi kaller planetsystemets *barysenter*.

Figuren er tegnet i x-y koordinater med enhet en solradius. Vi ser at solas massesenter periodevis ligger mer enn en solradius utenfor barysenteret. Nicola Scafetta<sup>6</sup> har analysert solsenters hastighet om barysenteret (SCMSS), og jordas temperaturkurve for periodiske variasjoner. Resultatet er vist i figur 4.

### Periodiske variasjoner i jordas temperatur



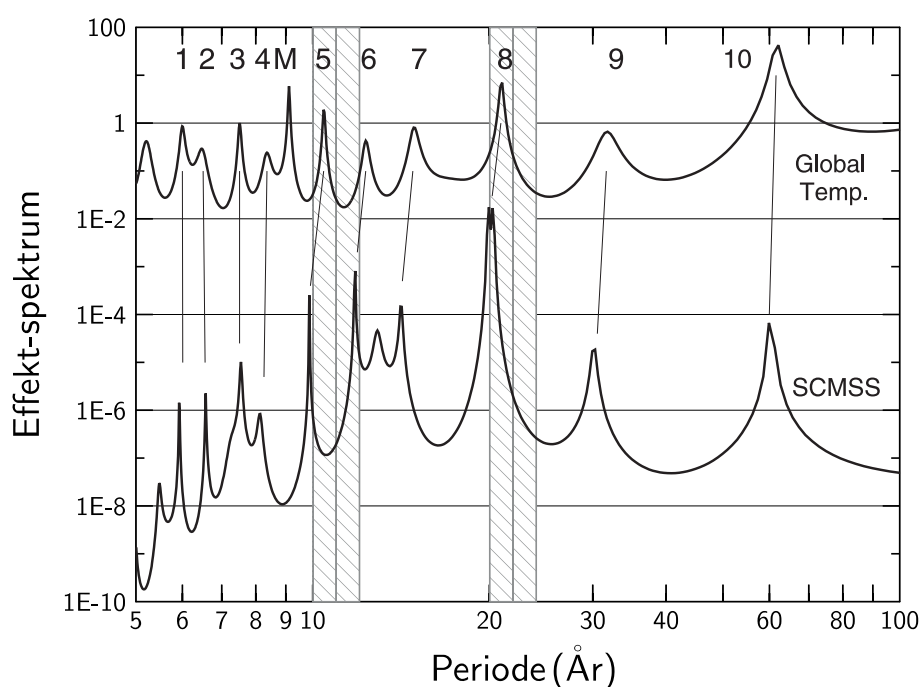
*Figur 3. Global temperaturutvikling fra januar 1850, til og med desember 2010. Svakt grått viser de månedlige verdier, mens tykk kurve er et glidende 61-måneders gjennomsnitt. Grafen viser avvik fra gjennomsnittet av den såkalte "normalperiode" 1961-1990 og antyder periodiske varmeperioder (omkring 1875, 1940, og 2005) med 60-65 års intervall. For temperaturkurven er beregnet en trend på  $+0,0045$  °C per år vist som en rett linje. Omkring denne har vi svingninger med periode 60-65 år og utslag omkring  $0,2$  °C. Data beregnet av det engelske Hadley Centre og University of East Anglia (HadCRU).*

Fra omkring 1850 ble det over hele verden målt temperaturer med termometre. Disse temperaturmålingene ble satt sammen til en såkalt global temperatur. Selv om store deler av jorda ikke er dekket, anses dette som en rimelig framstilling av det globale klimaet. Dog er det en viss tvil om korrektheten i nyere tid da flere av målestasjonene befinner seg i byer som varmes opp i forhold til omgivelsene (urbaniseringseffekt). Mange stasjoner ble nedlagt etter 1990 som følge av Sovjetunionens fall og innsparinger verden over.

I figur 3 er vist en global temperaturkurve fra det britiske *Hadley Centre for Climate Prediction and Research* and the *University of East Anglia's Climatic Research Unit (CRU)*. Vi ser at den globale temperaturen stiger jevnt gjennom hele måleperioden med en stigning på  $+0,0045$  °C per år. Dette kan skyldes en langperiodisk svingning med periode ca. 1000 år som har gitt oss 4 varmeperioder i historisk tid. Forut for den nåværende varmeperioden har vi

hatt en kald periode som har vart omkring 500 år, som vi kaller den lille istid (1350-1850). I tillegg til denne trenden ser vi en kvasi-periodisk variasjon med periode 60-65 år. Denne variasjonen fører til en temperaturkurve som ligger opptil 0,2 °C over eller under den rette linjen. De månedlige temperaturer viser store variasjoner. Det skyldes værssystemets kaotiske natur. Ser vi nøyer på denne temperaturkurven, finner vi detaljer som gjentar seg: for eksempel er stigningen 1910-1940 svært lik stigningen 1975-2005. Det er derfor nærliggende å anta at de har samme årsak.

En frekvensanalyse av jordas temperatur og solsenterets hastighet fra 1850-2009 er vist i figur 4. I begge kurver er det topper som er nummerert 1-10. Sammenfallende topper kan ha samme årsak. I tillegg finnes i den globale temperaturkurven en topp merket M. Den tilsvarer en periode på 9,1 år som svarer til månepperioden ( $P_{MR}$ ).



Figur 4. Effekt-spektrum for perioder fra 1 til 100 år for den globale temperaturkurven (øverst) og hastigheten til solsenteret i forhold til solsystemets barysenter (SCMSS) (nederst). Signifikante perioder er nummerert fra 1-10, samt M. To aktivitetsperioder for sola på 11 og 22 år er skraverte. De analyserte tidsserier er for perioden 1850-2009. (Scafetta 2010<sup>(8)</sup>, figur 6A)

De 11 periodene som er funnet i tidsseriene er vist i tabell 1. Vi ser at 10 av 11 tidsserieperioder finnes igjen i solsenterets hastighetsspektrum (SCMSS), og den 11te stemmer som nevnt med månepperioden. Periodene nr 5 og 8 er i nærheten av solas egne aktivitets-perioder på omkring 11 og 22 år. Tabellen viser at periodene i SCMSS og i jordas temperatur ligger svært nær perioder fra planeter og måne. Det er svært liten sjans for at dette kan være tilfeldig. En statistisk signifikans test ( $\chi^2$ -test) gir 96% signifikans, sammenlignet med en klimamodell (GISS modell E) som gir 16% <sup>(8)</sup>. Klimamodellen viser heller ikke 60-års perioden som er den dominerende i jordas temperaturoscillasjon (figur 3).

Tabell 1. Perioder i år: Global temperatur( $T$ ); Solsenterets hastighet (SCMSS) sammenlignet med perioder for månen, Jupiter og Saturn.

Periode nr	$P_T$ (år) Temperatur	$P_{SCMSS}$ (år) Solsenter	$P$ (år) Planeter og måne
1	6,02±0,13	5,91±0,07	Jupiter ( $P_J/2=5,93$ )
2	6,53±0,17	6,56±0,07	Jupiter, Saturn ( $P_{JS}/3=6,62$ )
3	7,48±0,16	7,52±0,08	Saturn ( $P_S/4=7,36$ )
4	8,23±0,27	8,07±0,08	
M	9,07±0,19		Månen ( $P_{MR}=9,1$ )
5	10,35±0,32	9,84±0,12	Saturn ( $P_S/3=9,81$ )
6	12,02±0,89	11,8±0,18	Jupiter ( $P_J=11,86$ )
7	14,9±0,92	14,2±0,4	Saturn ( $P_S/2=14,73$ )
-			Månen ( $P_M=18,61$ )
8	21,02±1,39	20,2±0,7	Jupiter, Saturn ( $P_{JS}=19,85$ )
9	30,14±2,5	30,5±1	Saturn ( $P_S=29,46$ )
10	62,17±4,85	59,9±2	Jupiter, Saturn( $3P_{JS} \approx 2P_S \approx 59$ )

Tallene i tabellens 3 første kolonner er hentet fra Scafetta (2010)<sup>11</sup>.

## Diskusjon

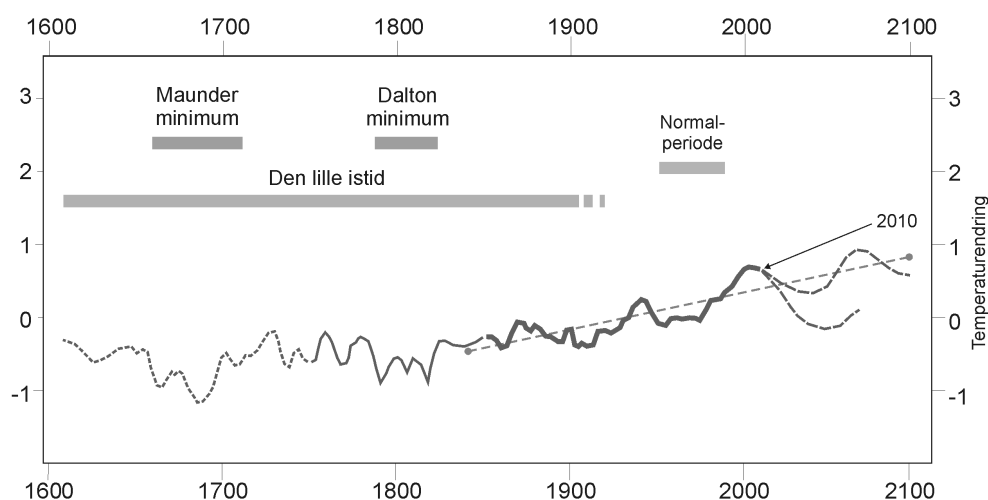
Fremstillingen ovenfor viser at den globale temperaturen varierer med samme perioder som solas hastighet varierer om planetsystemets barysenter og perioder vi finner i månebanen og planetene Jupiter og Saturn. Tilsvarende periodiske variasjoner er funnet i mange regioner på jorda.

I figur 3 ser vi at det har vært en global temperaturstigning på ca. 0,6 °C fra 1979 til 2010. Ved å bruke en linjal kan vi måle at temperaturkurven i hele intervallet 1850-2010 ligger innenfor ±0,2 °C fra den rette linja med stigning 0.0045 °C per år. Siden 1979 er nær bunnen og 2005 er nær toppen i 60-års perioden, betyr det at 0,4°C stammer fra den periodiske variasjonen. I tillegg kommer den lineære økningen som utgjør 0,15°C. Dette forklarer 0,55 av de 0,6 grader stigning som er målt. Resten kan tilskrives støy og måleusikkerhet. Dermed har vi en alternativ forklaring på temperaturstigningen 1979-2010, som også forklarer stigningen 1910-1940. Klimamodellene er tilpasset stigningen 1979-2005, men forklarer ikke stigningen 1910-1940.

60-års perioden finner vi igjen som variasjon i jordrotasjonen (døgnlengden) og i mange klimaserier på jorda. Vi har undersøkt klimadata for Norge og der finner vi også denne perioden, men i tillegg flere månepioder. Dette er ikke uventet, da mange havområder nær oss har svingeperioder som synkroniserer seg med harmoniske månefrekvenser.

Vi kan nå konstruere en enkel "klimamodell" som er gjengitt i figur 5. Den består av en rett linje med stigning på omkring 0,005 °C per år med tillegg en 60-års periodisk variasjon med amplitude 0,2 °C. Dersom stigningen fortsetter dette

hundreåret med samme stigningskoeffisient, vil vi i år 2100 ha en global temperatur omtrent som i dag. Analyse av eksisterende globale temperaturserier viser at det ikke har vært signifikant stigning i den globale temperaturen de siste 15 år, noe som taler i favør av denne enkle modellen. Dersom sola blir svakere i dette århundre kan vi vente oss en lavere temperatur. Det skal vi skrive om i del II.



*Figur 5. En enkel modell for jordas temperaturutvikling siden 1600. Den kraftige kurven viser målt temperatur siden 1850 (se figur 3), mens den svakere kurven viser estimater lengre tilbake i tid, av gradvis minskende nøyaktighet. Etter 2010 ser vi for oss to muligheter, enten at den jevne stigningen fortsetter med 60-årsperioden overlageret, eller at vi går inn i en periode med lav solaktivitet, slik at det blir kaldere. Alle temperaturer refererer til en såkalt normal temperatur, beregnet som gjennomsnitt for perioden 1961-1990. To perioder med liten solaktivitet og lav temperatur er markert, sammen med den lille istid som varte helt til begynnelsen av 1900-tallet.*

Vår enkle modell vist i figur 5 gir i løpet av få år en temperaturutvikling som er ganske forskjellig fra scenarier fra gjeldende klimamodeller. Deres prognose er temperaturstigning gjennom hele dette hundreåret med +4,0°C som mest sannsynlig temperaturøkning i år 2100, hvis vi ikke stopper utslipp<sup>(4)</sup>. Dersom koblingskoeffisientene i oscillatornettverket mellom planeter, måne, sol og klima kunne bestemmes, kan dette gi mulighet for å konstruere mer realistiske klimamodeller som også frembringer de observerte periodiske variasjoner.

*En spesiell takk til Edmund Meistas, Vilnius, for hjelp med tegninger.*

## Litteratur

1. Ole Humlum: - [www.climate4you.com](http://www.climate4you.com) gir informasjon om klimavariasjoner og klimarelaterte forhold. Oppdateres jevnlig.

2. Ole Humlum: "*Det ustyrige klima*", ISBN 978-87-92417-08-4, e-bok utgitt av Trykkefrihedsselskabets Bibliotek (på dansk), gir eksempler på hvordan klimavariasjoner har påvirket Europas historie (2009)
3. Ingolf Kanestrøm: "*Drivhuseffekten - Liten tue kan velte stort lass!*", Fra Fysikkens Verden, 65, Nr. 1, 22-25 (2003)
4. Ingolf Kanestrøm: "*Globale Klimaendringer*", Fra Fysikkens verden, 69, Nr. 2, 50-53 – om klimapanelets konklusjoner (2007)
5. Bjørn Gjevik: "*Tidevannet – Et mangfoldig og komplekst fenomen*", Fra Fysikkens Verden, 72, nr 1, 6-11 (2010)
6. Harald Yndestad: "*The influence of the lunar nodal cycle on Arctic climate*". ICES Journal of Marine Science, 63: 401-420 (2006).
7. Kurt Lambrecht og Anny Cazenave: "*Long Term Variations in the Length of Day and Climatic Change*", Geophysical Journal of Royal Astronomical Society, 46, 555-573 (1976)
8. Niclola Scafetta: "*Empirical evidence for a celestial origin of the climate oscillations and its implications*", Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, 72, 951-970 (2010). (2010c)

**Boks:**

## Kollektiv synkronisering av koplete oscillatorer

Kollektiv synkronisering er en fysisk mekanisme som kan forsterke et periodisk påtrykk, og kan forklare hvordan svake periodiske utenomjordiske krefter kan forsterkes i klimasystemet.

Vi antar at vi har et system med  $N$  oscillatorer, som i dette eksempel er naturlige svingninger i klimasystemet. Hver oscillator vil uten ytre påvirkning produsere et signal  $X_i(t) = A_i \sin[\theta_i(t)]$ , med en naturlig frekvens  $\omega_i$  og amplitude  $A_i$ . Naturlige svingninger kan vi for eksempel finne i temperatur- eller nedbørserier fra et geografisk område. Uten kopling vil hver oscillator svinge med fase  $\theta_i(t) = \omega_i t + \theta_i(0)$ .

Dersom disse  $N$  oscillatorer er koplete sammen i et nettverk med koplingskoeffisienter  $K_{ij}$  mellom oscillator  $i$  og oscillator  $j$ , og i tillegg at systemet påvirkes av et ytre periodisk påtrykk med frekvens  $\omega$  og fase  $\theta(t) = \omega t + \theta(0)$  og koplingskoeffisienter  $K_i$  kan vi beskrive systemet med et sett med koplete likninger av følgende type:

$$\frac{d\theta_i}{dt} = \omega_i + \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N K_{ij} \sin(\theta_j - \theta_i) + K_i \sin(\omega t - \theta_i), \quad (1)$$

hvor  $i = 1, 2, \dots, N$ . Systemet kan startes ved  $t = 0$  i en tilfeldig fase  $\theta_i(t = 0)$ . Hvis det ikke er en ytre påvirkning ( $K_i = 0$ ), vil alle oscillatorne i systemet gradvis synkronisere seg til en *midlere felt-frekvens* som er karakteristisk for nettverket. Hvis alle koplingskoeffisientene er like, vil den *midlere felt-frekvens* være et gjennomsnitt av alle naturlige frekvenser.

Uten noen koplinger ( $K_i = K_{ij} = 0$ ) vil systemet vil variere på denne måten:

$$X(t) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i(t) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N A_i \sin[\theta_i(t)] \quad (2)$$

Amplituden av  $X(t)$  blir relativt liten, fordi hvert signal  $X_i$  er ute av fase.

Et koplete system av oscillatorer vil svinge på følgende måte:

$$X(t) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i(t) = \frac{1}{N} \left[ \sum_{i=1}^N A_i \right] \sin(\omega t + \alpha) \quad (3)$$

hvor  $\alpha$  er en felles fase og  $\omega$  er en frekvens som har blitt *adoptert* av de  $N$  oscillatorne i systemet. Resultatet er at systemet vil svinge i fase med samme frekvens med en vesentlig forsterket amplitude.

Modellen skissert ovenfor er bi-stabil idet det er to mulige synkroniseringsfrekvenser, enten den *påtrykte* frekvens eller den *naturlige (midlere felt-)* frekvens. Hvis disse er forskjellige kan systemet plutselig hoppe fra en svingemodus til en annen avhengig av styrken på koplingskoeffisientene.

Dette er en enkel modell som forutsetter at svingningene er svake og kan adderes lineært, noe som ganske sikkert er tilfelle med påvirkning fra planetene.

## Figurer

1. Global temperatur og daglengde (tiff)
2. Solsenterets bane (tiff fra Scafetta - fornsorsket)
3. Global temperatur med månedsverdier og trend (tiff)
4. Frekvensanalyse (tiff fra Scafetta - fornsorsket)
5. Vår enkle modell (tiff)