

Från istid till framtid:

KLIMATET ÄR I STÄNDIG FÖRÄNDRING

Vi har under många tusen år haft ett relativt stabilt klimat på jorden. Men det betyder inte att medeltemperaturen har legat still, utan köldperioder har kommit och gått, och samma sak gäller varmare perioder.

Vad som är normal genomsnittstemperatur för jorden går inte att säga - det beror helt på vilken tidsperiod man väljer. Men det är helt klart att små skillnader på en grad eller så betytt mycket för mänskligheten.

Text L-G Nilsson Bild Skylight m fl

Det postglaciala optimala för omkring 7 000 år sedan var en varm period då livet för människorna uppe i Norden var förhållandevis gott. Ungefär då övergick jägarstenåldern i bondestenåldern och människor började bli mer bofasta.



Parisavtalet 2015 fastslogs en målsättning att den globala medeltemperaturen helst inte skulle öka till mer än en och en halv grad över den som rådde under förindustriell tid. Vad som menas med förindustriell tid definieras däremot inte i dokumentet. I praktiken har man valt andra halvan av 1800-talet, en tid då regelbundna meteorologiska mätningar hade kommit i gång. Men man kunde ju lika gärna valt medeltiden, som var ungefär lika varm som i dag, eller postglaciala värmeoptimet för 7 000 år sedan, då jorden var upp till två grader varmare än i dag.

Oavsett vilken tid vi väljer att jämföra med kan vi inte komma ifrån det faktum att jordens medeltemperatur nu är på väg upp, och vi vet också med stor säkerhet att det beror på att halterna av koldioxid i atmosfären har stigit kraftigt de senaste hundra åren på grund av förbränning av fossila bränslen. Den typen av klimatförändringar har vi inte haft tidigare. Framtidsscenerierna som beräknas i klimatmodellerna tyder på att denna



Under den senaste istiden var jordens medeltemperatur 5-8 grader lägre än i dag. För ungefär 16 000 år sedan började isen smälta - då kan det ha sett ut ungefär så här någonstans i vårt land där det numera finns skogar eller sädesfält.
Bild: Richard Moore

uppvärmning av jorden kommer att fortsätta om koldioxidhalterna fortsätter att öka. Men beräkningarna av det framtida klimatet har brister och är fortfarande osäkra. Genom att kartlägga det historiska klimatet och dess förändringar genom århundraden och årtusenden, kan vi lära oss att bättre förstå det nutida klimatet och dess förändringar, och därmed göra bättre förutsägelser om vart klimatet är på väg.

WEICHSEL - ISTIDEN

De senaste 2,6 miljoner åren kallas kvartär i jordens historia och den tiden har präglats av långa och kalla perioder då väldiga inlandsisar har brett ut sig över stora delar av jorden. Istiderna

har varat omkring 100 000 år. Mellan dessa istider har det varit varmare perioder, som varat i 10 000-20 000 år. Kilometertjocka istäcken är alltså det normala tillståndet i vår del av världen. Den senaste istiden, som kallas Weichsel-istiden, kulminerade för drygt 20 000 år sedan med ett fyra kilometer tjockt istäcke, som i Europa bredde ut sig ned till norra Tyskland. Jordens medeltemperatur var då mellan fem och åtta grader lägre än i dag.

För ungefär 16 000 år sedan, det vill säga 14000 f.Kr. började isen sakta att smälta. Avsmältningen ökade kraftigt i samband med en värmeperiod som brukar kallas Bølling-Allerød och som varade i 2 000 år mellan 12700 och 10700 f.Kr.



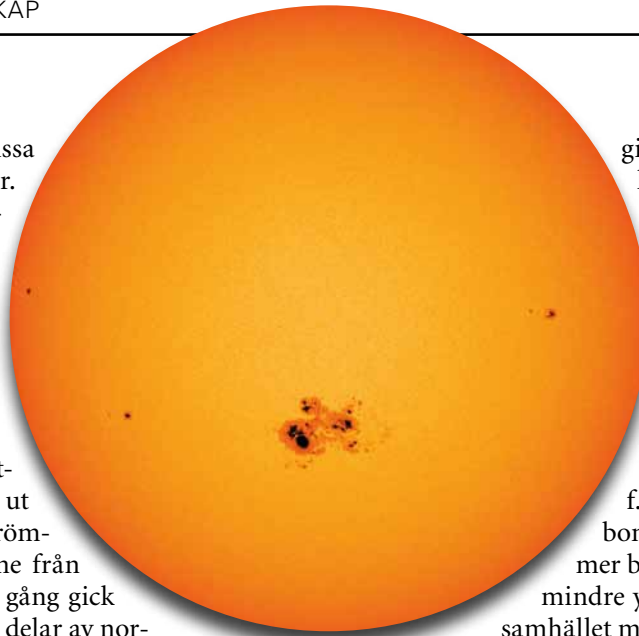


Temperaturen steg då snabbt, på vissa håll med 5-8 grader på bara 30-40 år. Redan 12000 f.Kr. var mer än hälften av isen över norra Europa bortsmlt.

Efter denna värmeperiod kom en köldperiod som kallas yngre dryas, uppkallad efter en köldtålig blomma med det latinska namnet *Dryas octopetala*. Denna köldperiod orsakades av att stora mängder sött smältvatten från uppdämda issjöar rann ut i oceanerna och rubbade de havsströmmar, som normalt omfördelar värme från tropikerna till polerna. Även denna gång gick klimatförändringen snabbt. På stora delar av norra halvklotet sjönk medeltemperaturen med 4-7 grader på mindre än 50 år. På delar av Grönland blev det mer än tio grader kallare. Skandinavien fick ett sibiriskt klimat. Yngre dryas varade i tusen år, mellan 10700 och 9700 f.Kr.

POSTGLACIALA VÄRMEOPTIMET

Därefter steg temperaturen över hela jorden och värmen kulminerade omkring 5000 f.Kr. Det blev då omkring två grader varmare än i dag. Här i Skandinavien var det jägarstenålder och det växte ädellövskog en bit upp i Norrland. Trädgränsen i fjällen låg flera hundra meter högre än i dag. Skandinavien klimat och landskap påminde om de förhållanden som i dag råder i mellersta och norra Frankrike. Glaciärerna i Alperna hade dra-



Jordens klimat styrs av solen. Mängden solstrålning till jorden avgör hur varmt det blir. Strålningen från solen varierar lite från tid till tid. När antalet solfläckar är stort blir jorden varmare, när antalet är få blir det kallare (du kan läsa mer om det i Allt om Vetenskap nummer 11-2017). Jordens bana kring solen, som växlar mellan cirkulär och elliptisk inverkar också på klimatet. Likaså jordaxelns lutning som varierar mellan 22 och 24,5 grader.

Bild: Nasa

git sig tillbaka helt. Arktis var sannolikt isfritt under många somrar.

Denna värmeperiod som kallas postglaciala värmeoptimet, berodde på att jordaxeln hade en lutning som gav varmare somrar och det återverkade också på vintrarna, som blev mildare. Jordbrukskulturen spred sig sakta från Mellanöstern till Europa och nådde södra halvan av Skandinavien kring 4000 f.Kr. Jägarstenåldern övergick då i bondestenåldern. Befolkningen blev mer bofast och fler kunde försörja sig på en mindre yta. Men kosten blev mer ensidig och samhället mer skiktat. Postglaciala värmeoptimet varade ungefär 7000-3000 f.Kr och avbröts bara av en kort köldperiod kring 6200 f.Kr.

KÖLDPERIODER OCH VÄRMEPERIODER AVLÖSER VARANDRA

Efter år 3000 f.Kr. blev jorden aldrig mer lika varm som under postglaciala värmeoptimet. Men under de 5 000 år som förflutit sedan dess har flera kortare eller längre värme- och köldperioder avlöst varandra och påverkat livsbetingelserna för växter, djur och människor. Det är inte bara temperaturen som påverkat livet, utan också torra och fuktiga klimatperioder, som delvis har varit en följd av temperaturförändringarna. Hela samhällen har påverkats kraftigt av klimatet, men sällan dukat under helt. Och det är definitivt inte

Naturens klimatarkiv

När man vill gå tillbaka i historien till tider då det inte gjordes några meteorologiska mätningar får man använda sig av så kallade proxydata (proxy betyder ungefär ombud för verkliga klimatdata). Man analyserar klimat känsliga saker i naturen och ser hur de har påverkats av till exempel temperatur och fuktighet under århundraden och årtusenden. Exempel på sådana proxydata är:

- Information från iskärnor
- Marina sediment
- Droppstenar i grottor
- Årsringar i gamla träd
- Skriftliga historiska dokument

Ur trädens årsringar kan man utläsa klimatet år för år upp till flera hundra år tillbaka i tiden. Breda ringar tyder på goda växtår, smala ringar på dåliga. I riktigt gamla träd kan det finnas årsringar mer än tusen år tillbaka i tiden. Detta forskningsområde kallas dendroklimatologi. →



↑ Droppstenar i grottor innehåller bland annat kalksten, karbonater och humusämnen som fällt ut från vatten som runnit ned från jordytan. De olika ämnena lagras på varandra som årsringar i träd. Genom att analysera droppstenarna kan forskarna härleda både temperatur och nederbörd på jorden tusentals år tillbaka i tiden - ibland ända upp till 100 000 år tillbaka. Bild: L-G Nilsson/Skylight

Vid vulkanutbrott kan enorma mängder aerosoler (sotpartiklar) förmörka himlen i flera år och hindra en del av solinstrålningen mot jorden. Då blir det kallare. År 1991, mitt i den globala uppvärmningsperioden, hade vulkanen Pinatubo på Filippinerna ett utbrott som tillfälligt sänkte jordens medeltemperatur med omkring en halv grad under de påföljande tre åren. Men uppvärmningen tog snart fart igen.

Bilden visar Mount Nyiragongo i Kongo -Kinshasa, en av världens mest aktiva vulkaner. Bild: Cai Tjeenk Willink



bara klimatet som påverkat livsbetingelserna, utan också i kanske ännu högre grad krig och sjukdomar. Ibland kan det också ha funnits samband mellan klimathistorien och dessa historiska händelser.

Den europeiska bronsåldern 1450-1250 f.Kr. var förhållandevis varm, men sedan blev det kallare i övergången till järnåldern. Tiden då romarriket blomstrade kallas romerska värmeperioden och den varade 300 f.Kr. - 300 e.Kr. När fältherren Hannibal Barkas från Kartago år 218 f.Kr. gick över Alperna med sina elefanter och sin stora här, kunde han göra det utan att hindras av en massa snö. Den marschen hade nog varit betydligt svårare under en köldperiod.

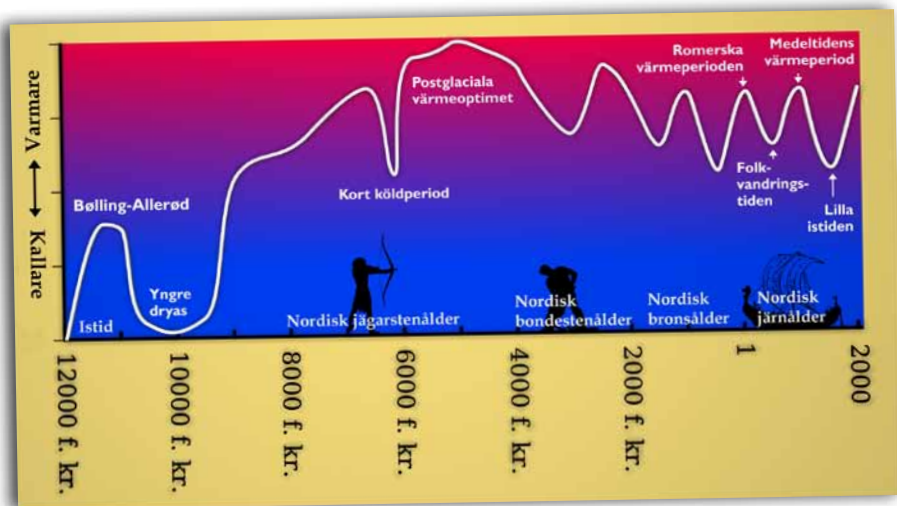
Åren 300-700 e.Kr. kallas folkvandringstiden. Det var en kall period då folkmassor förflyttade sig från bland annat Asien till Europa för att söka sig till trakter med mer fördelaktigt klimat. Riktigt kallt blev det i samband med två tätt på varandra följande stora vulkanutbrott år 536 och 540. Mängder av vulkanisk aska förmörkade då himlen under flera år och medförde en avkylning som kan ha varit så stor som 3-4 grader i medeltemperatur i delar av Europa. Växtperioden blev kortare och det blev allt vanligare med nattfrost sommardag. Det blev missväxt och svält. Befolkningen minskade och jordbrukstrakter ödelades och växte igen med skog. Det finns uppgifter som tyder på att antalet gårdar i Uppland kan ha minskat med så mycket som 75 procent under denna period.



När den senaste istiden gick mot sitt slut steg värmen och människorna kunde följa inlandsisens kant norrut. Under det postglaciala värmeoptimet, för omkring 7 000 år sedan, var det varmare än det någon gång har varit sedan dess.

FIMBULVINTERN

I den fornnordiska asatron föregås Ragnarök, jordens undergång, av Fimbulvintern, då solen slukas av odjur. I den poetiska *Eddan* som diktades i Norge och Island åren 800-1000, kan man höra följande utsaga: "En vinter som kallas Fimbulvintern kommer. Då yr snö från alla håll, då blir det mycket kallt och vassa vindar. Solen har ingen verkan. Tre vintrar kommer i följd och ingen sommar emellan." Denna Fimbulvinter ska enligt *Eddan* orsaka massdöd. Varifrån kommer idén om en sådan vinter? Ingen vet säkert, men en del moderna forskare knyter myten om Fimbulvintern till folkliga minnen från köldperioden under slutet av 530-talet. Samma föreställning om en



En förenklad och schematisk kurva över variationerna i medeltemperatur på norra halvklotet sedan den senaste istiden. Kurvan visar kvalitativa temperaturvariationer, men några exakta temperaturangivelser går inte att ge.

sådan vinter finns också i det finska nationaleposet *Kalevala*, där det berättas om kalla somrar då grödorna fryser efter att solen har rövats bort av onda makter.

DEN MEDELTIDA VÄRMEPERIODEN

Från 800-talet blev klimatet varmare och värmen varade till mitten av 1200-talet. Uppvärmningen berodde främst på hög solaktivitet och låg vulkanaktivitet, och var särskilt markant i norra Europa. Vid den här tiden försörjde sig 90 procent av Europas befolkning på jordbruk, boskapsskötsel och liknande näringar. Det tidigare primitiva jordbruket effektiviserades och kunde försörja en växande befolkning. Naturlandskap omvandlades till kulturlandskap och skogsarealerna minskade. Här i Norden var det vikingatid, som vi brukar räkna från ungefär år 700 till 1000. Vikingarna var duktiga båtbyggare och gav sig iväg på långa seglturer och koloniserade delar av brittiska öarna upp till Orkney- och Shetlandsöarna. De drog sig vidare till Färöarna och nådde Island, där många nordmän slog sig ner.

Island var på den tiden mycket grönare och frodigare än i dag och landskapet påminde lite om nordisk fjällbjörkskog. Det var goda betesmöjligheter för nötboskap och får. Och frånvaron av vargar och andra rovdjur gjorde boskapsskötseln lättare att bedriva. Under köldperioder driver en hel del packis med sydgående havsströmmar från Arktis ned till havet norr om Island. Sådan packis var mer sällsynt under värmeperioder och vid denna tid var vattentemperaturerna på en nivå som var gynnsamt för fiske kring ön. Handelsvägarna mellan Island och övriga Norden var vältrafikerade och en del vikingar seglade vidare västerut. Där upptäckte de södra Grönland, som då hade ett mildare klimat än i dag.

Enligt sägnen var det islänningen Erik Röde som startade koloniseringen av Grönland. Han

dömdes till landsförvisning från Island omkring år 980 för ett dråp han hade begått. Han seglade då västerut och slog sig ned på södra Grönland. Där fann han fjordar med grönskande ängar och goda betesmarker för nötboskap och får. Flera islänningar följde i hans spår och byggde gårdar och drev boskapsskötsel.

LILLA ISTIDEN

Efter den medeltida värmeperioden blev det kallare. En 500 år lång period av kallare väder inleddes på 1300-talet och varade i stort sett fram till 1900. Den här kalla perioden berodde troligen mest på låg solaktivitet och flera stora vulkanutbrott. Naturligtvis förekom också normala eller varmare år under denna långa köldperiod, men de kalla åren dominerade. Värst för människorna i Västeuropa var det under den stora svältkatastrofen 1315-1317. Kraftiga regn bidrog under dessa år till mycket dåliga skördar och både människor och djur dog av svält. Som tur var tog eländet slut 1380 då skördarna var osedvanligt goda.

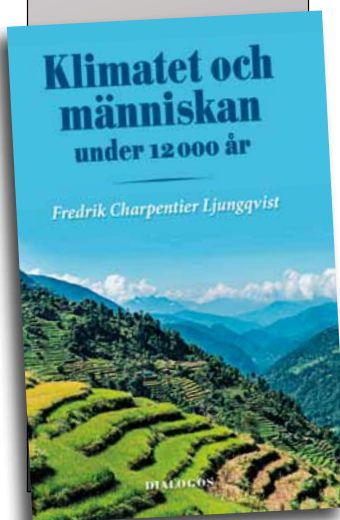
Den lilla istiden fick stora konsekvenser för befolkningarna på Island och Grönland. På Island växte glaciärerna långt ned mot dalarnas betesmarker och slätterängar. Det blev alltmer vanligt att den arktiska packisen drev ned till havet norr om Island. Det innebar att torsken drog sig långt söderut. Därmed hade både boskapsskötsel och fiske fått mycket sämre villkor. På Grönland var temperatursänkningen större än på de flesta andra håll på jorden och den nordiska befolkningen försvann helt därifrån.

Under 1400- och 1500-talet förstördes skördarna ofta av nattfrost sommartid och kraftiga hagelbyar. Våldsamma stormar gav översvämningar längs Nordsjöns kuster. Förklaringarna till detta hittade man hos själva djävulen och hans förbundna häxor. Påven Innocentius VIII utfärdade en häxbulla som fastslog att: ”genom besvärjelser, trolldom och andra avskyvärda häxkonster är häxorna orsaken till att barnen dör, djurens avkomma dör, skördarna slår fel, vinrankans druvor tynar bort och trädens frukter faller till marken.” De dominikanska inkvisitorerna Heinrich Kramer och Jacob Sprenger fick i uppdrag att spåra upp och bestraffa de skyldiga. En häxjakt satte i gång.

När lilla istiden var som kallast under åren 1570-1710, var jordens medeltemperatur 1-1,5 grader lägre än i dag. Det var under denna tid man ibland kunde ha marknader på Themsens is och kanalerna i Holland frös till is ganska regelbundet. Vår egen kung Karl X passade vintern 1658 på att överraska danskarna med ett anfall från Tyskland över de tillfrysta lilla och stora bälten. Sedan dess tillhör Skåne, Halland och Blekinge Sverige, vilket vi alltså kan tacka den lilla istiden för.

Klimatet och människan under 12 000 år

Inspiration och fakta till den här artikeln har hämtats från en nyutkommen bok av Fredrik Charpentier Ljungqvist som är fil.dr. och knuten till både Historiska institutionen och Bolincentret för klimatforskning vid Stockholms universitet. Hans forskningsområde kallas paleoklimatologi – läran om klimatet under tidigare perioder av jordens utveckling.



ÅRET UTAN SOMMAR OCH STORSVAGÅRET

Lilla istiden tog dock inte slut utan fortsatte in på 1800-talet, och i början av detta århundrade var det mycket kallt. Anledningen var låg solaktivitet och flera stora vulkanutbrott. Vulkanen Tambora i Indonesien fick ett våldsamt utbrott 1815, och det beräknas att omkring hundratusen människor fick sätta livet till. Det var ett av de kraftigaste vulkanutbrotten under de senaste 2 000 åren. Det sammanlagda stoftmolnet från Tambora och vulkanutbrotten strax innan kylde ned jorden rejält under de följande åren och 1816 blev känt som "året utan sommar" i Väst- och Centraleuropa. Med extremt stora regnmängder och upp till fyra grader lägre medeltemperatur än en normal sommar var det nog ett passande namn.

Stora delar av skördarna rutnade bort och många människor drabbades svårt ekonomiskt. Men det blev inte någon så omfattande svält som under tidigare århundradens oår, tack vare att det fanns stora lager av livsmedel och goda handelsförbindelser mellan Europas länder. Dessutom fanns det ett relativt väl fungerande fattigvårdssystem.

Ett verkligt katastrofalt missväxtår blev 1867, kallat "storsvagåret". Våren och försommaren var extremt kalla i samband med ihållande nordostliga vindar från Barents hav, där det låg mycket is. Vintern höll i sig till i maj ända nere i södra Skandinavien. I Norrland och Finland låg det 60-70 centimeter snö i början av juni. Det blev stor missväxt och 150 000 människor dog av svält och sjukdomar i Finland. Missväxt följde också under åren 1868-69, vilket ledde till en omfattande utvandring från de nordiska länderna till Nordamerika.

KLIMATFÖRBÄTTRING OCH FRUKTAN FÖR NY ISTID

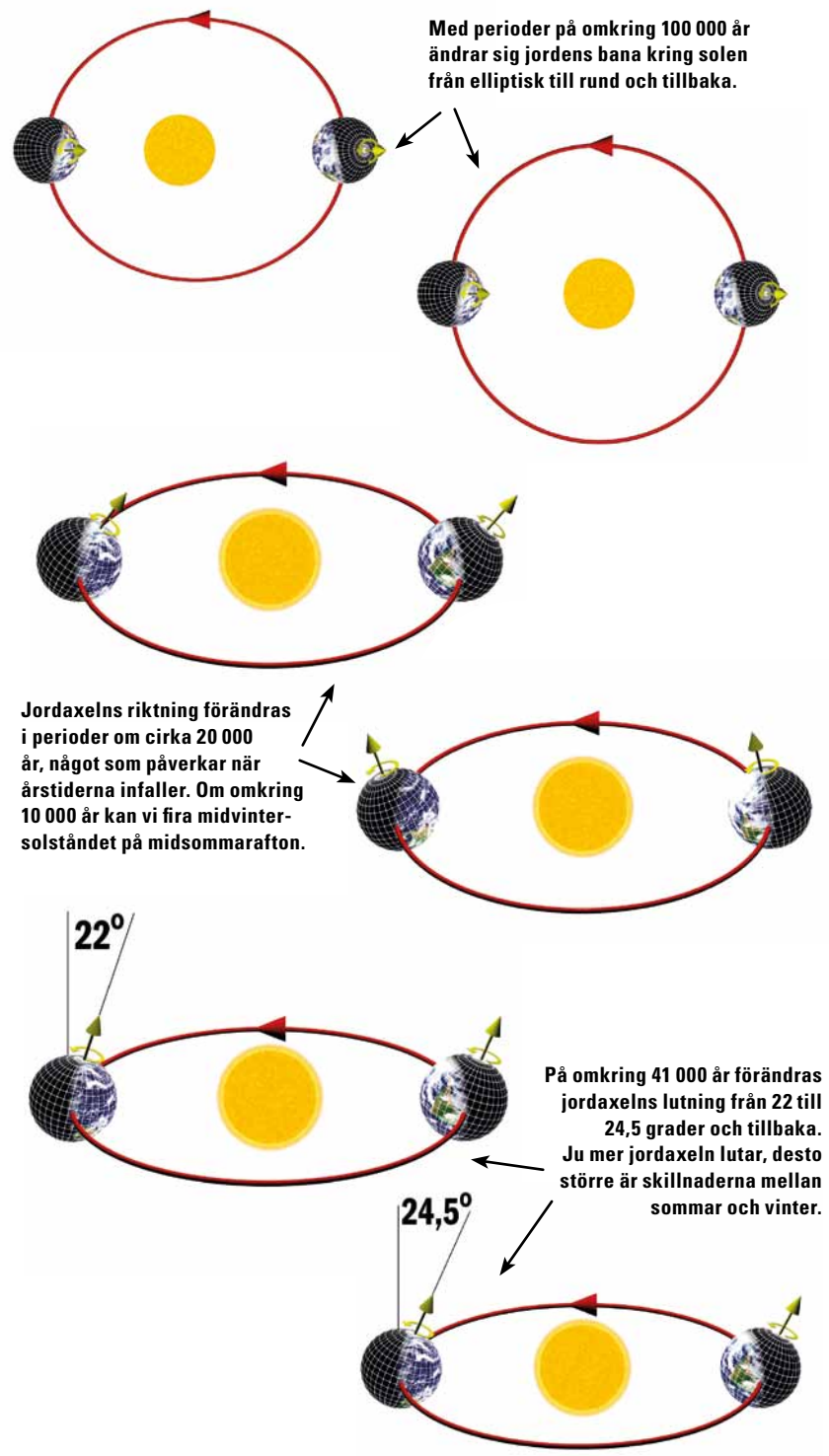
Den lilla istiden brukar räknas fram till 1900-talet. Sedan blev det varmare. Från 1920 till 1950 steg medeltemperaturen med omkring en halv grad, och det är ganska mycket på så kort tid. När denna klimatförändring började uppmärksammas betraktades uppvärmningen ofta som en klimatförbättring även bland forskare. Mellan 1950- och 1970-talet sjönk sedan medeltemperaturen med några tiondels grader, detta trots kraftigt ökade koldioxidutsläpp. Efter några riktigt kalla vintrar började då en del forskare att larma om en snart förestående istid på jorden. Det hade ju redan gått mer än tolv tusen år sedan den förra istiden tog slut, och de varma mellanistiderna brukade ju vara ungefär så länge.

När temperaturen istället började stiga under 80-talet började en del forskare slå larm om att jordens atmosfär värmdes av de ökade koldioxidhalterna från fossil förbränning. Detta samband kände man i och för sig till redan i slutet av

Milankovic-cyklerna

Det är många saker som påverkar klimatet, bland annat de så kallade Milankovic-cyklerna. De är uppkallade efter astronomen och matematikern Milutin Milankovic.

Dels ändrar jordens bana form mellan cirkulär och elliptisk form, dels pendlar riktningen på jordaxeln (precession), och dels antalet grader som den lutar. Alla dessa variationer sker med olika tidsperioder och påverkar jordens klimat på olika sätt. Den senaste istiden har till exempel haft nedslagningar på omkring 100 000 år som sammanfaller med den längsta av Milankoviccyklerna, det vill säga den som gäller jordbanans form.





**LARS-GÖRAN
NILSSON**

L-G Nilsson är meteorolog, frilansjournalist, författare och fotograf. Han driver också bildbyråen skylight.se.

1800-talet, men ingen trodde att uppvärmningen skulle gå så snabbt som under 1900-talets sista 25 år. Då steg jordens medeltemperatur med ungefär 0,5 grader. Sedan kom en paus. Fram till 2013 gick medeltemperaturen varken upp eller ner. Sedan har det blivit varmare igen och totalt har temperaturen stigit med ungefär en grad sedan förindustriell tid under andra halvan av 1800-talet. Det betyder att vi bara har en halv grad kvar till Parisavtalets målsättning.

HUR BLIR KLIMATET I FRAMTIDEN?

När forskare på 1980-talet började varna för att klimatet blev varmare på grund av våra utsläpp av växthusgaser höll långt ifrån alla med. Debatten pågick under många år, men med mer kun-

skap, fler mätvärden, snabbare datorer och bättre klimatmodeller har vi fått allt bättre vetenskap om vad som händer. Nu vet vi så gott som säkert att den nuvarande uppvärmningen beror på antropogena (mänskliga) utsläpp av växthusgaser. Men inte enbart det - solaktivitet och andra saker styr fortfarande klimatet till stor del. I framtiden kan solstrålningens styrka och stora vulkanutbrott både förstärka och försvaga följderna av växthuseffekten. Hur mycket varmare det blir, beror till stor del hur vi kan hantera energifrågan. Om förnybar energi relativt snabbt ersätter fossil energi kan vi kanske hålla temperaturkurvan nere. I annat fall kan vi vara på väg in i en period då jordens medeltemperatur överstiger alla andra värmeperioder sedan den senaste istiden. ☺

Den senaste istiden

För omkring 10 000 år sedan började Sverige bli fritt från sitt tjocka istäcke och jägarfolk började söka sig upp till våra trakter. I norra Sverige fanns inlandsis kvar till för

ungefär 6 500 år sedan, och sedan dess har vi haft ett förhållandevis stabilt klimat.

