

# HAS-föreläsning 5 oktober -21

Solen och vad den ställer till med  
Kortfattad sammanfattning till bilderna  
Bilderna från NASA och ESA (European Southern Observatory)

Arne Sikö

## 1. Tidningsnotis 2003

### 2. Solen i sin helhet

Innerst kärnan där solens energi bildas genom att väte omvandlas till helium (fusion). Temperatur 15 miljoner grader. Den avgivna energin motsvarar massan 4 miljoner ton per sekund. Så mycket massa förlorar solen och har gjort det i 4,6 miljarder år. Men det är ändå bara 0,3 promille av massan, som är  $2 \cdot 10^{30}$  kilo. Vid fusionen bildas mycket energirik gammastrålning som ger sig av utåt och ständigt puffar till atomerna. Det hettar upp gasen (plasmata) och då förlorar strålningen energi och blir till röntgenstrålning längre ut. Ännu längre ut mot ytan ser vi det gulfärgade området, där strålningen blivit till UV (ultraviolet) och temperaturen gått ned till 100 000 grader. Utanför ligger *fotosfären*, solens gula yta, den som vi ser och där temperaturen är 5600 grader. I den konvektiva zonen (se bilden), sker värmetransporten utåt genom konvektion, d.v.s. gasen rör sig ut och in. *Det är en oordnad, kaotisk rörelse rörelse som i hög grad bidrar till rymdvädret och störningarna på jorden.*

### 3. Solens magnetfält i stort

Detta p.g.a. solens magnetfält. Det är starkare än jordens, men framför allt har solen en diameter som är 100 gånger jordens vilket betyder mycket mer magnetisk energi. I stora drag liknar det jordens och bildas på liknande sätt, d.v.s. av elektriska strömmar och turbulenta massflöden inuti. Men den saken är oerhört komplicerad och mycket återstår att veta.

Till en bit utanför Pluto (i det s.k. Kuiperbältet) dominerar det över det allmänna magnetfältet som finns i hela Vintergatan; det är *heliosfären* med sin gräns i heliopausen. Den rätt konstanta heliosfären är inget problem för, utan snarare bidrar den, tillsammans med jordens eget magnetfält, till att skydda oss från farlig, kosmisk strålning från rymden.

### 4. Solens magnetfält på nära håll

Nära solen blir det annorlunda. Solen är ett plasma, d.v.s. många av atomernas elektroner är fria så att det kan leda elektrisk ström. Och eftersom magnetfält påverkas av ström visar det sig att det vill följa med i solens turbulenta flöde av materia, t.ex. ut och in i det konvektiva området under fotosfären. Dessutom roterar solen betydligt snabbare vid sin ekvator än mot polerna (ett varv på 25 respektive 28 dygn). Allt det här gör att magnetfältet överallt kan töjas ut och så att säga gå sönder. Då bildas nya magnetfält som bilen visar och eftersom mycket av rörelserna är kaotiska – särskilt i det konvektiva området – blir magnetfältet där-efter. Mitt i finns en stark koncentration av magnetfält i ett ljusare, d.v.s. hetare område.

### 6. Solfläckar

På platser där mer koncentrerade magnetfält går in i eller ut genom solytan hindrar fältet den heta plasman nedanför att komma ut och hettar upp fotosfären till sina 5600 grader. Där går temperaturen ned till 4500 grader, rätt hett det också, men det gör ändå att området ser betydligt mörkare ut än omgivningen och vi ser en *solfläck*. De kan komma i grupper och en fläck kan bli så stor som jorden.

## 6. Solfläckscykeln

Jordens magnetfält ändrar ju sakta sin riktning, något som navigatörer får ta hänsyn till. Det varierar också i styrka, men mycket långsamt. Under årmiljonerna har det ökat, minskat och ändrat riktning och alltså tidvis varit noll. (Detta är vetenskapen om paleometismen.) Men det sker oregelbundet och kan inte förutsägas.

I den mycket mer turbulenta solen med sitt norma energiflöde går det snabbare och trots allt med rätt tydlig regelbundenhet; vi har en *solfläckscykel* på cirka 11 år. Bilden visar de två senaste perioderna med solfläcksmaxima kring 2001 och 2014, period här alltså cirka 13 år. För närvarande har vi haft ett minimum med inga fläckar eller sporadiskt bara en och annan, men när detta skrivs ser vi en tydlig tendens till ökning.

Solfläckar kunde vi se från 1611, då Galilei gjorde det första teleskopet. Från mitten av 1700-talet studerade man dem regelbundet, men också innan dess fanns så många rapporter att man kunde sluta sig till att det inte alls fanns några solfläckar under åren 1645-1715. Tiden sammanfaller med den s.k. *lilla istiden*, då det var 1,5 grader kallare än normalt i Europa, med missväxt och svält som följd. Nu vet vi också att utstrålningen från solen ökar med medelantalet solfläckar och alltså är störst vid maximum. Skillnaden är inte stor, men vår jord är känslig också för små variationer. Det långa solfläcksminimet kallas också Maunderminimet efter den som först studerade saken närmare.

## 7. Protuberans

Bilden visar en protuberans, plasma som kastas ut i ett hett område på ytan. Det har hettats upp av ett starkt magnetfält, vars bana plasmat följer hela vägen runt.

## 8. En flare

(Inget svenskt namn finns.) Vid ännu starkare magnetfält händer det att plasmat från solen inte går tillbaka utan fortsätter ut i solsystemet. Det består mest av protoner, heliumkärnor – enligt deras förekomst i solen som helhet – och fria elektroner. Den höga temperaturen gör att elektronerna inte stannar hos sina atomkärnor, utan ständigt slås ut i de häftiga kollisionerna. Om detta når jorden påverkar det rymdvädret och kan ställa till med problem som vi ska se.

## 9. Koronamassutkastning

Ännu värre kan det bli efter en koronamassutkastning. (Engelska coronal mass ejection, CME.) Bilden visar en sådan, tagen från en satellit genom att själva solen, som lyser mycket starkare än koronan, täckts över.

Man hade tänkt sig att temperaturen skulle minska utåt och alltså vara låg ute i koronan, men på 1950-talet fick man till rätt stor förvåning se att koronan avger röntgenstrålning. Det betyder att temperaturen där ute måste vara någon miljon grader. Energin till det kommer också från magnetfältet, men hur det går till vet man inte säkert.

Vid särskilt extrema förhållanden kan det bildas ”hål” i koronan (som ändå är mycket tunn och nästan som de lägsta tryck vi kan åstadkomma här). Där strömmar plasma ut, miljontals ton, och ger sig iväg i ett par tusen kilometer per sekund. På ett dygn kan det nå jorden.

## 10. En solstorm

Bilden är tagen från satelliten SOHO, Solar Orbiting Heliospheric Observatory, och visar plasmabrott i UV över hela solen.

SOHO har för resten inte bara gett massor av data om solen. Med amatörers hjälp har bilderna också visat ett stort antal kometer, tills 2008 ca 1500.

## 11. En geomagnetisk storm

Solvinden från en koronamassutkastning trycker på jordens magnetfält som det pressar samman. Och här kommer en viktig elektromagnetisk lag in: När ett magnetfält rör sig där det finns elektriska ledningar skapar den – ”inducerar” på elektriska – spänningar i ledningarna. Så fungerar t.ex. en elektrisk generator där en spole med tråd roterar inuti en magnet. Det spelar ingen roll om det är magneten med sitt fält som rör sig eller spolen, bara de rör sig i förhållande till varandra. Så när jordens magnetfält rör sig på grund av solvinden bildas spänningar i alla ledningar här. Ja, egentligen också i t.ex. rep, men sådana kan ju inte leda ström. I elledningar, däremot, kan strömmarna bli stora och värre blir det desto längre de är.

Den elektriska telegrafan med sina långa ledningar kom igång på 1840-talet (med Samuel Morse med sitt alfabet som pionjär). Det gick snabbt och snart var hela USA och Europa var för sig sammanlänkade med vidsträckta telegrafnät.

Men 1859 inträffade något som ingen väntat sig: Plötsligt, överallt, brann telegrafledningar sönder och likaså telegrafapparater. Det var första gången vi fick se vad en koronamassutkastning kan åstadkomma. (Det brukar kallas Carrington-händelsen.)

Flera har inträffat sedan dess, förutom den som ställde till det i Malmö också den i Québec i Kanada 1989 då hundratusentals abonnenter blev strömlösa i flera timmar innan man fick ordning på elnätet. Långt ner i Texas fick man samtidigt se norrsken.

## 12. Vad som kan hända

Vatten skyddar inte; också undervattenskablar kan skadas.

Solvinden kan också ge mer direkta skador, t.ex. genom att de energirika partiklarna slår ut minnesceller i datorer som kan göra dem obrukbara. Händer det i en satellit är den förlorad, vilket också inträffat.

## 13. Hur vi varnas för solstormar

Texten från MSB. Också till brevdivebranschen kommer varningar, fast inte via MSB.

### Å andra sidan: kanske inget liv här utan koronamassutkastningar?

Det finns klara bevis för liv här för 3,9 miljarder år sedan, men då i början lyste solen bara tre fjärdedelar så starkt som nu så att jorden egentligen skulle ha varit istäckt. Men från unga, solliknande stjärnor vet vi att de är mycket aktiva, med tätare och starkare flares och koronamassutkastningar.

Jordens atmosfär då var kväve och koldioxid. Lösningen antas sedan kort tid vara att solstormarnas partiklar splittrade kvävemolekylerna till atomer och dessutom frisatte syret från koldioxiden. Kväveatomer förenades med syreatomer till kväveoxid, NO, som är en växthusgas, 300 gånger verksammare än koldioxid. Så bara 1% kväveoxid i atmosfären skulle räcka till för att det skulle bildas hav och möjlighet för liv att utvecklas.

Det kan också hända att den rätt stora energi som antas behövas för att livets byggstenar, RNA och DNA, skulle kunna bildas också kom från den tidens solstormar.