

CORONA

Medlemsblad for Trondheim Astronomiske Forening
og Autronica Astronomiske Forening

Nr. 2 Juni 2000 2. årgang

Fokus på Sola

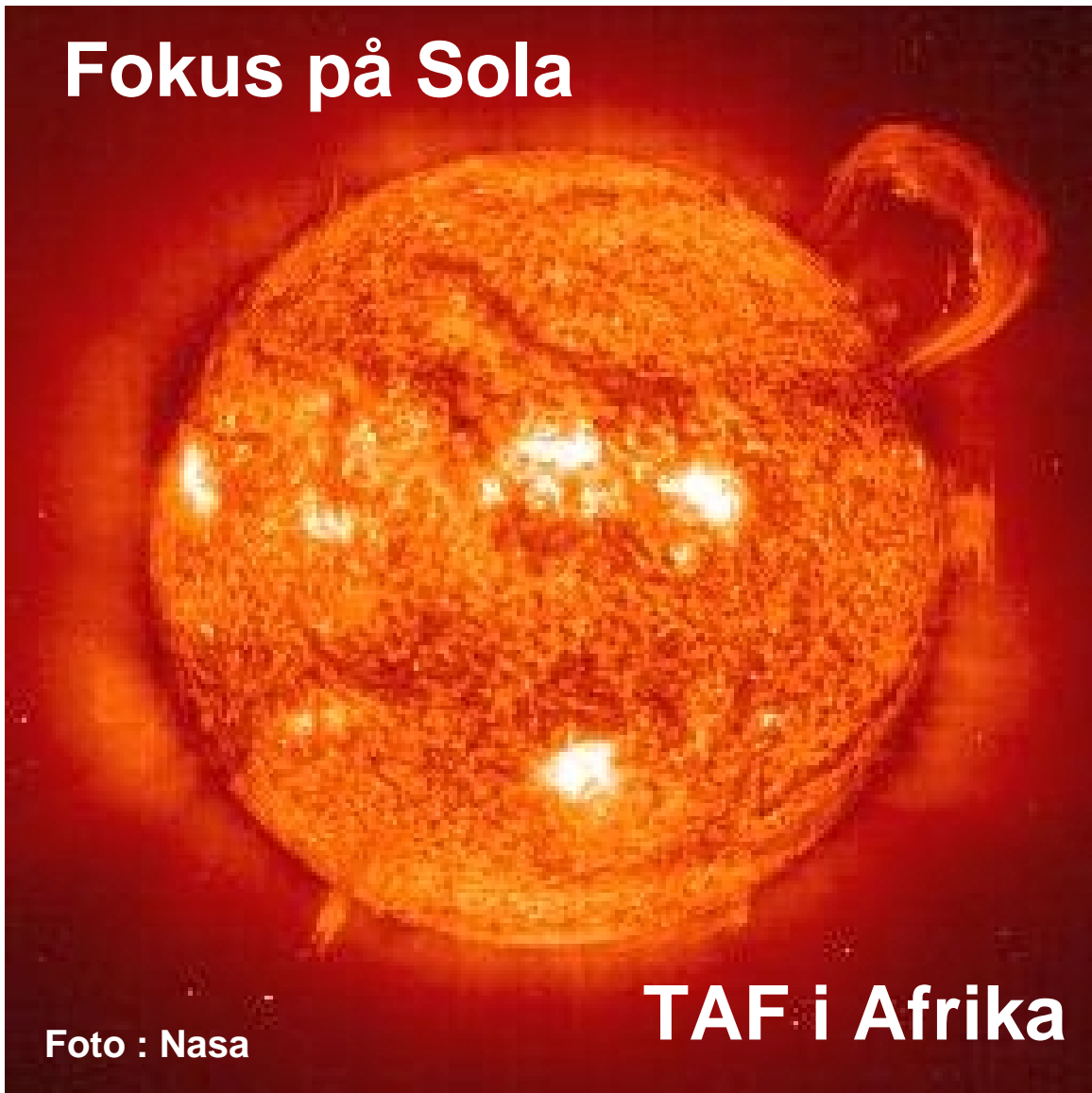


Foto : Nasa

TAF i Afrika

Solflekkmaksimum er her

Redaktørens ord

Sommeren, det er vel det de kaller det - selv om det er aldri så kaldt og regntungt, er her med sine lyse netter. Det innbyr ikke akkurat til praktisk astronomi bortsett fra sola da. Om den finner det for godt å titte frem...

Tema-nummer om Sola

Sola er forresten svært spennende nå som solflekksyklusen er nær sitt maksimum. Derfor er dette nummeret av *Corona* nærmest for et tema-nummer om sola å regne med til sammen 19 sider fordelt på en grundig artikkel om selve sola og en detaljert artikkel om hvordan man med enkle midler kan gjøre vitenskapelig nyttige observasjoner av sola. Sammen med artikkelen om metoder for å observere sola i forrige *Corona*, skulle medlemmene nå være godt rustet til å ta en nærmere kikk på vår svært spennende sol.

Fast stoff viker plass

Solas dominerende plass denne gang har gått ut over enkelte faste innslag som Medlemsgalleriet og

Styret informerer

I skrivende stund ser det ut til at observatoriebygningen skal komme på plass i løpet av sommeren. Styret håper at observatoriet vil inspirere mange til bli aktive observatører.

Ledelsen i Norsk Astronomisk Selskap har forespurt TAF om vi er interessert i å arrangere et landsdekkende møte om variable stjerner. Dette har vi svart betinget ja til. Dette vil trolig skje våren 2001 dersom vi enige med NAS om et opplegg vi mener er fornuftig. Vi er foreløpig ikke kjent med hvor omfattende arrangementet blir. Vi ønsker et samarbeid med AAF om dette arrangementet.

Høstsesongen starter med medlemsmøte i overgangen august/september.

Nye medlemmer

Trondheim Astronomiske Forening har fått 2 nye medlemmer siden 18. april. Styret ønsker velkommen til:
Arne Bjerger og Karsten Arne Kvalsund.

Vi har foreløpig ikke strøket noen medlemmer pga. manglende betaling av medlemsavgiften. Det er ikke mange det er snakk om. Vi er pr. 28. juni 88 medlemmer.

Birger Andresen,
leder i Trondheim Astronomiske Forening



Annebeth Jacobsson

Dyddykket. Men disse kommer vi tilbake til senere.

Flere artikkelforfattere

Redaktøren gleder seg over bedre tilgang på stoff til *Corona*. Det ligger faktisk flere artikler ferdige til bruk i senere nummer. Men vi ønsker fremdeles flere artikkelforfattere. Det skaper et større mangfold som jeg tror alle har glede av.

Så er det bare å vente på at høstmørket skal komme. Fortsatt god sommer.

Thomas Jacobsson



Trondheim Astronomiske Forening

REDAKSJONEN

Redaktør:

Thomas Jacobsson
Nedre Flatåsvei 290
7099 Flatåsen

Tlf priv: 72 58 62 23

Mobil: 936 51 787

E-post: thomas.j@online.no

Layout (og TAFs adresse) :

Birger Andresen
Alfred Trønsdals veg 15
7033 Trondheim

Tlf: 73 93 22 69

E-post:

birger.andresen@fesil.no

Medarbeidere dette nr.:

Terje Bjerkgård
Eric Jensen
Kjell Inge Malde
Eivind Wahl

INTERNETT

Både TAF og AAF har egne hjemmesider på internett.

TAF:

<http://www.nvg.org/org/taf/>

AAF:

<http://www.nvg.ntnu.no/org/galaksen/>

BIDRAG:

Disketter sendes til Birger Andresen, e-post sendes direkte til redaktøren (med kopi til Birger) og bilder sendes redaktøren.

Corona

Nr. 2 Juni 2000

Innhold

Artikler

Side 4:

Under African Skies : Observasjon av stjernehimmelen fra Etiopia

Reiser kan åpne for observasjon av spennende objekter man ikke ser ellers.

Av Terje Bjerkgård

Side 6:

Observasjon med liten kikkert fra Stavanger natt til 30. april

Eric Jensen har flyttet til Stavanger, men er flink til å holde kontakten med sine venner i TAF. Og det er utrolig hva man ser også med en liten kikkert.

Av Eric Jensen

Side 10:

Vår livgivende sol

Grundig beskrivelse av mange utrolige fenomener på den fantastiske sola. Er det rart vi undres over solsystemets midtpunkt og energikilde ?

Av Birger Andresen

Side 21:

Vitenskapelig nyttige solobservasjoner

Med litt trening kan du gjøre verdifulle observasjoner av sola med små kikkerter. Her får du vite i detalj hvordan. Og det er svært spennende.

Av Birger Andresen

Faste sider

Side 2:

Redaktørens ord

Styret informerer

Nye medlemmer

Side 7:

Nyheter

Fremdeles rennende vann på Mars ?

Av Terje Bjerkgård

NASA visste at Mars Polar Lander var dødsdømt

Av Eivind Wahl

Uranus' "tapte" måner gjenoppgaget

Av Birger Andresen

Side 29:

Stjernehimmelen i juni - august

Av Terje Bjerkgård

Forsidebildet :

Sola fotografert i H α - lys Med SOHO observatoriet til NASA. De lyse områdene er enorme eksplosjoner som kalles flare. I tillegg ses protuberanser som er enorme gassmasser som holdes svevende i solas atmosfære av sterke magnetfelter. Mer om dette og andre fenomener på sola inne i bladet.

UNDER AFRICAN SKIES:

Observasjon av stjernehimmelen fra Etiopia

Av Terje Bjerkgård

En prismekikkert kan gjøre susen på tur til sydlige breddegrader. På tross av disig himmel ble en rekke av sydhimmels godbiter et flott skue fra Etiopia i en 7x50 prismekikkert. Og mange av de fineste objektene er faktisk på sydhimmelen.

I forbindelse med jobben tilbrakte jeg fem uker i "bushen" i det vestligste Etiopia (10 grader nordlig bredde) fra slutten av februar i år. Jeg anskaffet meg derfor en ny 7x50 prismekikkert (Minolta) og tok med meg stjernekart som dekket den sørlige stjernehimmelen. Jeg var også nedover for tre år siden, men da hadde jeg ikke med meg noen ting, noe jeg selvfølgelig angret på. Det jeg spesielt husker fra den gang er den bekmørke klare himmelen og det at kometen Hale-Bopp kunne sees lavt i vest rett etter solnedgang ved halv-sju tida. Dette var i mai 1997 og på den tiden var kometen ikke lenger synlig fra Norge. Mine etiopiske kolleger var også levende opptatt av stjernehimmelen og jeg brukte mye tid på å peke ut forskjellige stjernebilder, slik som Løven, Skorpionen, Sydkorset og de sterkeste stjernene slik som Regulus, Spica, Antares og alfa Centauri. Vi hadde også lange diskusjoner om astronomi generelt. Morsomt!

Jeg ble imidlertid skuffet over stjernehimmelen denne gang! Himmelen var nok mørk og skyer var det sjelden, men det var tildels veldig disig. Dette skyldtes at det var varmt, temperaturen på dagtid var 40 plussgrader og selv ved midnatt var det som oftest over 30 grader. Typisk grensemagnitude var 5 til 5.5 i senit og atskillig lavere ned mot horisonten. Likevel, det er jo fint å kunne sitte ute i bare shorts om natten og alltid kunne stole på at det vil være klarvær!

Jeg kom ned til Etiopia når månen var i ne og kunne derfor observere uten å bli plaget av sjenerende månelys de første tre ukene. Når sola gikk ned i sju-tida, dukket snart de tre planetene Mars, Jupiter og Saturn opp på vesthimmelen. De dannet en loddrett linje ned mot horisonten. I senit stod Orion, mens himmelens sterkeste stjerner Sirius og Canopus var meget iøynefallende på sørhimmelen. Lavt i nord, det vil si 10 grader over horisonten stod Polarstjernen som en påminnelse på hvor jeg var på kloden.

Uheldigvis var ikke våre to nabogalakser, også kalt satellittgalakser, den Lille og Store Magellanske Sky, synlige på denne tida av året. De er bundet til vår galakse på grunn av tyngdekraften og ligger henholdsvis 205 000 og 170 000 lysår fra oss. Dette er bare en tiendedel av avstanden til Andromedagalaksen. Den samlede lysstyrken til de to Skyene er henholdsvis 2.3 og 0.4 mag., så de er godt synlige uten kikkert også. Jeg så dem fra New Zealand for to år siden, men hadde ikke kikkert da. Det var likevel mye annet fint å rette prismekikkerten mot. Åpne stjernehop, de sterkeste kulehopene og enkelte gasstaker er særlig fine objekter for en prismekikkert og jeg konsentrerte meg derfor om disse.

Jeg startet med å se på objektene rundt Orion, siden disse stod høyt på sørhimmelen på kvelden. Ori-ontåken stod i senit og var et flott syn i prismekikkerten! Jeg kunne greit se de største filamentene. Den åpne stjernehop M41 like sør for Sirius var også kjempesfin med mange klare stjerner. Både Sirius og M41 var for øvrig akkurat synlig i samme synsfelt i kikkerten. Stjernebildet Puppis (Akterstavnen) ligger i Melkeveien sør for Sirius og inneholder særlig mange åpne stjernehop. M46 inneholder over 200 stjerner med en samlet (integrert) lysstyrke på ca. 6.mag. Den så ut som en tett sky med svake stjerner i prismekikkerten, flott! M47 var en annen flott stjernehop. Den er synlig uten kikkert, men har færre stjerner enn M46. Andre hoper som jeg synes var fine var M93, NGC2477, begge i Puppis og NGC2506 i stjernebildet Monoceros (Enhjørningen).

Ved 11-tiden om kvelden dukket Sydkorset (Crux) og de sterke stjernene alfa og beta Centauri opp over horisonten. Ca. 12 grader nord for disse stjernene kunne jeg tydelig se en tåkete stjerne av 4. magnitud – omega Centauri, himmelens største kulehop! I prismekikkerten så den ut omtrent som

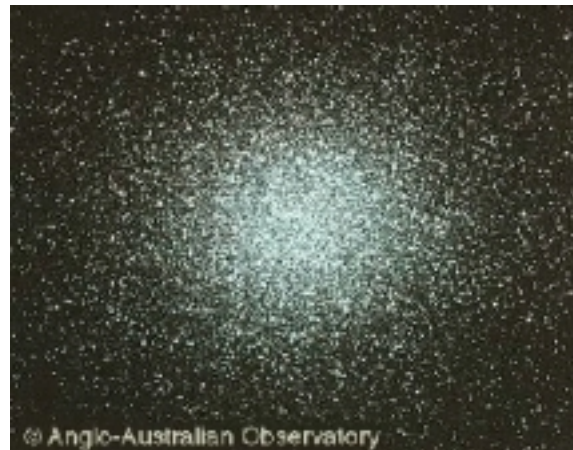
M13 i Hercules gjør i en 4-tommer. Det sier litt om størrelsen. Like øst for beta Crucis ligger den berømte åpne stjernehopen kappa Crucis (NGC 4755), også kjent som smykketasken ("the Jewel Box"). I prismekikkerten var de 5-6 sterkeste stjernene blå med en rød i midten. Joda, navnet smykketasken bærer denne hopen med rette! En annen flott hop var NGC 3766, også i Centaurus.

For å observere de stjernerike områdene i Sagittarius (Skytten) og Scorpius (Skorpionen), stod jeg opp ved halv-fem tiden. Det første en legger merke til er to lysende skyer på himmelen i Sagittarius. Dette representerer de stjernerikeste områdene på himmelen og viser at vi ser inn mot vår galakses sentrum. Veldig fint å se på disse i en prismekikkert! Den ene kan også Messier ha trodd var en tåke, nemlig M24. Ellers er dette et område med særlig mange kulehoper, så jeg kikket på en god del av dem. Alle disse ser ut som runde tåkeflekker i prismekikkerten. M4 er etter min mening den fineste, særlig siden den ligger rett ved Antares. Den virker også mindre konsentrert enn de andre hopene i Sagittarius og Ophiuchus (Slangebæreren).

I Scorpius ligger to av himmelens flotteste åpne stjernehoper, nemlig M6 og M7. Særlig sistnevnte var et fantastisk syn, med svært mange sterke stjerner. I følge "The Messier Album" av Mallas & Kreimer skal denne hopen ha mer enn 80 stjerner sterkere enn 10. magnitudo! Den integrerte lysstyrken er hele 3.2 mag. M6 er mer kompakt, men er også flott. Mallas & Kreimer oppgir over 80 stjerner sterkere enn 11. magnitudo! Denne hopen må være suveren i et teleskop med et stort synsfelt. Ellers er jo dette området av himmelen kjent for flere gasståker, nemlig M8 – Lagunetåken, M17 – Omegatåken og M20 – Trifidåken, alle i Sagittarius. Både M8 og M20 var lett synlige i primsekikkerten som større tåkeflekker, mens jeg ikke kunne se M17. Det samme gjaldt M16 i Serpens som ligger like ved M17. Her skyldtes nok det at M16 også er en stjernehop, slik at det var vanskelig å skille de svake stjernene fra noe som kunne være tåke.



Den åpne stjernehopen M6 i Skorpionen, et vakkert objekt i prismekikkert eller et lite teleskop.



Omega Centauri – himmelens største og vakreste kulehop. Denne er flott selv i prismekikkert!

Etter to uker dukket månen opp i vest, først som en liten båt, og gjorde observasjonene etterhvert vanskelige. Neste gang jeg drar nedover skal jeg ha med meg kraftigere kikkert. Det skal også være på en annen tid av året, slik at jeg får med meg de to Magellanske Skyene. Det er også en fordel at det ikke er så varmt, slik at det er mindre disig. De beste periodene er like etter regntiden det vil si i oktober og november, eller i det regntiden setter inn i slutten av mai.

Jeg anbefaler alle å ta med en kikkert og stjernekart neste gang de er på sydlige breddegrader. De fineste delene av stjernehimlen og de mest spektakulære objektene er faktisk på sørhimmelen!

Observasjon med liten kikkert fra Stavanger natt til 30. april

Av Eric Jensen

En rekke galakser kan ses med moderat store kikkerter selv ved relativt dårlige forhold. Denne rapporten er et eksempel på det. Galaksene som ble sett i stjernebildet Jomfruen ligger ca. 60 millioner lysår unna. Så det skal altså ikke mye til for å se 60 millioner år tilbake i tiden.

Forholdene var slett ikke de beste med grensemagnitude på 4-4,5, men jeg fikk allikevel sett mye med en Meade 90mm f/11 refraktor. Det var i hvert fall en ny opplevelse med Deep-Sky observasjon i kortbukser og t-skjorte, ved en temperatur på 17 grader!

Først M53; Kulehop i Coma Berenices (Berenices hår) som er beskrevet i Corona nr. 1/2000. Hopen lot seg ikke løse opp i enkeltstjerner, men var tydelig å se.

Så M64; "Black-eye"-galaksen i samme stjernebilde. Jeg så ikke det blå øyet (støvsky) som har gitt den sitt navn, men jeg var likevel glad over å se den, da det var første gang for meg. Denne galaksen ligger ca. 12 millioner lysår unna.

Deretter begynte den virkelige jakten: M58, 59 og 60 i galaksehovedstaden Virgo (Jomfruen) var synlige som diffuse lysklumper. Senere også den aktive elliptiske galaksen M87, "Kongen" av dette området. Jeg kom muligens også over M90, den lå i alle fall i nærheten på kartet. Alle disse galaksene er ca. 60 millioner lysår unna.

De siste galaksene for natten var det kjente paret M81/82 i Store Bjørn (Ursa Major). De var veldig tydelige. M81 var stor og lys, M82 var tydelig lang og tynn, men jeg så ikke noen tydelige støvområder. Undertegnede tror det vil endre seg med den nye 10-tommeren som er på vei! Disse to galaksene er også flotte i 7x50 prismekikkert dersom himmelbakgrunnen er mørk. De ligger ca. 11 millioner lysår fra jorda.



M81 i Store Bjørn. Bildet er lastet ned fra The Messier Gallery på internett : <http://messier45.com/cgi/messier.cgi>

Til slutt vår venn Herkuleshopen M13 (selvfølgelig måtte jeg se på denne). Jeg kunne se en viss oppløsning ved 70 og 125x forstørrelse, da jeg brukte sidesyn.

Det var en bra kveld når man tar i betraktning den begrensede størrelsen på teleskopet og de halvgode forholdene.

NYHETER

Fremdeles rennende vann på Mars ?

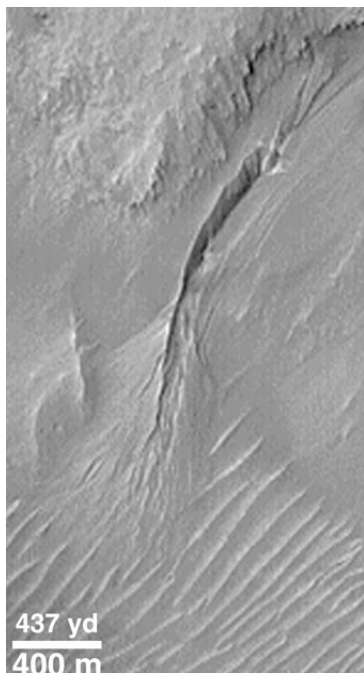
Kilde: NASA Science News, 22. juni 2000 (http://spacescience.com/headlines/y2000/ast22jun_2.htm?list)

Den 22. juni offentliggjorde NASA det som kan vise seg å bli et gjennombrudd når det gjelder utforskingen av Mars. Det er nye bilder fra romsonden Mars Global Surveyor som nå er offentligjort. Disse bildene viser trekk som kan tyde på at vann nylig har vært rennende på eller like under Marsoverflaten.

Forskerne som studerer bildene mener de kan se kløfter dannet av strømmende vann og også avsetninger av materialet som ble fraktet av vannet. De mener at dette må ha skjedd nylig og at det også kan skje i dag. Vannet kan være grunnvann som kommer fram fra en porøs vannførende bergart, en såkalt akvifer. Dette kan for eksempel være et tidligere avsatt sediment eller en sprekkesone i lavabergartene. Slike trekk er tidligere ikke sett på Marsoverflaten.

Det er nå 28 år siden romsonden Mariner 9 fant bevis på at vann en gang må ha strømmet fritt på overflaten. Dette var trekk som forgreinede elvesystemer, kanaler og daler gravet ut av vann, akkurat som vi kan se det på vår planet. Siden den gang har det vært diskutert hvordan det meste av vannet kunne ha forsvunnet fra planeten (det som ikke er bundet i polkalottene). Svaret kan altså være at ikke alt vannet er forsvunnet, det kan nemlig være i undergrunnen. Dersom det viser seg at det faktisk fremdeles er rennende vann tilstede på overflaten vil det ha stor betydning for spørsmålet om liv på Mars, ikke bare om det har eksistert i fortiden, men også om det fremdeles finnes liv.

Kløftene som altså kan være gravd ut av vann, er observert på brattkanter, vanligvis kraterkanter eller dalsider. Det er typisk en dyp kløft med et sammenrast område i øvre del og med avsetning av det transporterte materialet i en vifte i den nedre del. Disse avsetningene dekker over andre landformer som også må være relativt unge som bildet viser.



Dette bildet ble tatt i september 1999 og viser en dyp kløft på den sydlige halvkule på Mars (Nirgal Vallis – 29° S 39° V). Øverst på bildet er et sammenrast område som leder inn i kløften som strekker seg nedover mot venstre. De nærmest parallelle rillene nederst på bildet er sanddyner som er dannet av vind. I enden av kløften kan en tydelig se en vifte av materiale som dekker over sanddynene. Vifta ble dannet av materiale transportert av vann nedover i kløften. Dette materialet må derfor være yngre enn sanddynene. Det er ikke noen meteorkratere å se på området med sanddyner, noe som tyder på at de er svært unge. Sanddyner dannes forøvrig også i dag på Mars.

Fordi atmosfæretrykket på Marsoverflaten er bare en hundredel av det som er på Jorda ved havoverflaten vil flytende vann umiddelbart begynne å koke når det kommer ut på overflaten. Forskerne mener at en slik koking vil være voldsom og nærmest eksplosiv. Så, hvordan kan da slike kløfter like-

vel dannes ? Jo, for at vann skal fordampe må det tas energi fra et sted, og dette vil være ved å kjøle ned grunnen rundt vannet som koker. Dette vil føre til at vannet nede i grunnen fryser og danner en propp som hindrer mer vann å strømme ut. Trykket vil bygge seg opp og til slutt vil isproppen ikke kunne holde igjen. Da vil vannet komme ut med stor kraft og lage en flodbølge. Flere slike episoder vil da føre til at en dyp kløft dannes.

Slike kløfter er ganske sjeldne, bare noen få hundre lokaliteter på mange titusener som er observert med kameraet ombord i sonden. De fleste er observert på den sørlige halvkule, noen få på den nordlige. Det merkelige er at nesten alle observert mellom 30 og 70 graders bredde og på skråninger hvor det nesten ikke kommer sollys. Dette er altså på nesten de kaldeste delene av planeten.

Vannet antas å komme fra mellom 100 og 400 meters dyp under overflaten og være begrenset til bestemte områder av planeten. Hver vannutstrømning må ha hatt en vannmengde på kanskje 2500 m³ (tilsvarer en måneds vannforbruk for 100 husholdninger!). Hva som egentlig fører til at vannet strømmer ut er foreløpig et mysterium, men ifølge forskerne er det ikke et resultat av vulkansk varme (planeten later til å være inaktiv vulkansk sett).

NASA vil i 2001 sende opp en ny sonde med et høy-oppløselig infrarødt kamera for å lete etter mineraler som forbindes med vann. I mellomtiden vil Mars Global Surveyor lete etter ytterligere tegn på rennende vann på Mars.

Terje Bjerkgård

NASA visste at Mars Polar Lander var dødsdømt

Kilde: James Oberg, UPI, 21.3.2000

UPI har fått vite at Mars Polar Landers (MPL) forsvinning ikke var noen stor overraskelse for romfartsadministrasjonen. Allerede før MPL kom fram til Mars, hadde en granskningskommisjon identifisert en kritisk designfeil med bremsemotorene, men holdt denne informasjonen hemmelig.

MPL forsvant da den var i ferd med å lande nær Mars' sydpol 3. desember 1999. De to små mikroproben som ble utløst separat ga heller aldri lyd fra seg igjen.

Dette var det andre, dyre tilbakeslaget for amerikansk, interplanetarisk utforskning på mindre enn tre måneder. Den 23. september forsvant ledsagerproben da den ble sendt for dypt ned i Mars' atmosfære. På grunn av disse feilene satte NASA sammen flere ekspertpaneler som skulle etterforske uhellene og anbefale forbedringer i NASAs prosedyrer.

En kilde nærtstående ekspertpanelet som etterforsket det andre uhellet fortalte UPI at dets konklusjoner var ødeleggende for NASAs rykte. I motsetning til første uhell, der feil i ledelsen forhindret oppdagelsen av andre menneskelige feil, ble det i det siste uhellet konstatert ledelsesmessige feilvurderinger. Kilden sier at han er sikker på at MPL eksploderte.

I hemmelige samtaler med UPI ble det påstått at MPLs bremsemotorer hadde feilet i akseptansetester under konstruksjonen av MPL. I stedet for å begynne en dyr og tidkrevende ombygging, hadde en mellomleder simpelthen forandret testforholdene slik at motorene bestod testen. Dette ble gjort uten noen form for godkjenning oppover i systemet.

MPL var utstyrt med en samling rakettmotorer som bruker hydrazin som drivstoff. Ved å føre drivstoffet gjennom et metallgitter bryter det sammen med en voldsom kraft, og dette reaksjonstrykket brukes av motorene. Disse metallgitterne kalles 'katalysator-senger' (cat beds) og brukes til å starte den eksplosive kjemiske reaksjonen i hydrazinet.

Tenningsprosessen med katalysatorsengene ble testet under langt høyere temperaturer enn det som ville være situasjonen etter flyturen fra jorden til Mars. Dette fordi prosessen ikke ville starte eller ble for ustabil under realistiske temperaturer!

Undersøkelleskommisjonen har etter sigende oppdaget en annen fatal designfeil som ville ha ødelagt MPL selv om bremsemotorene hadde fungert. De tre landingsbeina til MPL hadde innebygd små mikrobrytere som blir trykket inn og gir datamaskinen om bord signal om å slå av bremsemotorene når føttene treffer overflaten på planeten. Tester etter uhellet har vist at når landingsbeina foldes ut på slutten av nedstigningen, vil fjærer slå dem så hardt ut at mikrobryterne spretter inn. Da vil datamaskinen om bord tro at fartøyet er landet, og slå av bremsemotorene. Dette medfører at fartøyet faktisk styrter i bakken i fritt fall.

Tester på jorden ble foretatt før oppskytingen uten at feilen ble oppdaget. Dette skyldtes at testene ble gjort på isolerte systemer og ikke som en integrert totaltest, da dette var vanskelig å få penger og tid til!

NASA sier dagen etter i sitt tilsvarende at de holdt en pressekonferanse den 10. november 1999 der det bl.a. ble orientert i detalj om bekymringer rundt metallgitrene i bremsemotorene. Denne informasjonen ble også gjort tilgjengelig på NASAs hjemmesider og organisasjonen avviser derfor enhver påstand om hemmeligholdelse. Medlemmer av gransknings-kommisjonene avviser påstandene om fusk med akseptansetestene som det reneste oppspinn.

NASA påpeker videre at andre feilscenarier (inkludert feilen med mikrobryterne) allerede var rapportert i andre media, og at UPIs rapport derfor representerte lite nytt i så måte. Feilen med mikrobryterne blir nå undersøkt av romfartsorganisasjonen.

Eivind Wahl

Uranus' "tapte" måner gjenoppdaget

Kilde : Sky & Telescope, juli 2000

Voyager 2's møte med Uranus i 1986 førte til at to nye måner, Ophelia og Cordelia, ble oppdaget. Ophelia befinner seg rett utenfor Uranus' kraftigste ring, epsilon ringen, mens Cordelia går i bane rett innenfor den samme ringen. De er såkalte gjetermåner som på grunn av sin gravitasjonskraft stabiliserer ringen slik at den ikke løser seg opp og forsvinner. Månene er så svake (24. mag) og så nær 6. mag. Uranus at de er svært vanskelige å se fra våre trakter.

Det var nettopp månenes nærhet til ringen som var nøkkelen til å gjenoppdage dem etter 14 år. En gruppe forskere fant nemlig en del uregelmessigheter i ringen som følge av gravitasjonen fra månene. Dette gjorde de ved å nøye undersøke hvordan lysstyrken til svake stjerner varierte når ringen passerte foran dem. Stjernens lysvariasjon under en slik okkultasjon (tildekning) avslører ringens tykkelse og bredde på det stedet stjernen passerer. Ut fra dette og informasjonen man fikk fra Voyager i 1986 ble sannsynlige posisjoner for de svake månene beregnet. Deretter analyserte man nesten 40 bilder av de aktuelle områdene tatt med Romteleskopet (Hubble). Etter å ha "fjernet" epsilon ringen fra bildene med avansert elektronisk billedbehandling, fant man de to "tapte" månene som avlange streker mot himmelbakgrunnen omtrent der man forventet å finne dem. Strekene fremkom fordi månene hadde beveget seg i sine baner rundt planeten i løpet av den perioden som billedserien ble tatt.

Det er nå til sammen oppdaget 21 måner rundt Uranus. Fire av disse ble funnet i relativt stor avstand fra Uranus i 1999. Uranus leder konkurransen om flest måner foran Saturn med sine 18 måner og Jupiter med sine 16.

Birger Andresen

Vår livgivende sol

Av Birger Andresen

Sola, som inneholder mer enn 99.8% av all massen i solsystemet, er ikke interessant bare fordi den produserer den energien vi trenger for å opprettholde liv her på jorda. Det er nemlig en rekke fantastiske ting som skjuler seg bak det som ved første øyekast kan se ut som en jevnt skinnende gasskule. Mange av disse beskrives i denne artikkelen.

Hvorfor observere sola ?

Det er mange gode grunner for å lære mer om vår nærmeste stjerne, sola. Dens energiutstråling varierer både på kort og lang sikt. Disse endringene påvirker klimaet på jorda. Solflekksyklusen, som varer i ca. 11 år, synes å ha betydning for dette. I denne perioden øker antall solflekker fra nesten ingen til et høyt antall for så å avta til nesten null igjen. Solas samlede lysstyrke øker med ca. 0.1% fra solflekkminimum til maksimum. Antall solflekker ved maksimum varierer også betydelig fra gang til gang uten at vi helt skjønner hvorfor. Det var f.eks. nesten ingen solflekker i perioden 1640-1700. Denne perioden var preget av betydelig kaldere vær enn normalt, og kalles av enkelte "Den lille istid". Det var uvanlig sterke maksimum i det århundret som nettopp er over.



Derfor er det kanskje ikke bare drivhusgasser som bidrar til den globale oppvarmingen vi har hatt i det siste.

Sola sender en sterk strøm av elektrisk ladde partikler ut i verdensrommet; solvinden. Hastigheten er typisk 300-500 km/s når partiklene passerer jorda, men den kan være helt oppe i over 800 km/s i "stormbygene" ved spesielt sterk solaktivitet. Endringer i solvinden påvirker jordas magnetfelt og pumper energi inn i strålingsbeltene. I tillegg vil ultrafiolett lys og røntgenstråling fra kraftige eksplosjoner på sola varme opp jordas øvre atmosfære.

Solvinden og sterke utbrudd av røntgenstråling påvirker satellittbaner og kan skade både astronauter og måleinstrumenter ombord i satellitter. Derfor reduseres bemannede romferder betydelig nær solflekkmaksimum. Forstyrrelser i jordas magnetfelt har for øvrig gitt kraftige utladninger som har skadet elektriske instrumenter og slått ut kraftforsyning og radiokommunikasjon over store områder her på jorda. Med vår stadig økende avhengighet av satellitter til kommunikasjon, værmelding, navigasjon etc. er det viktig å kunne forutse kraftig solaktivitet slik at instrumenter og folk kan beskyttes.

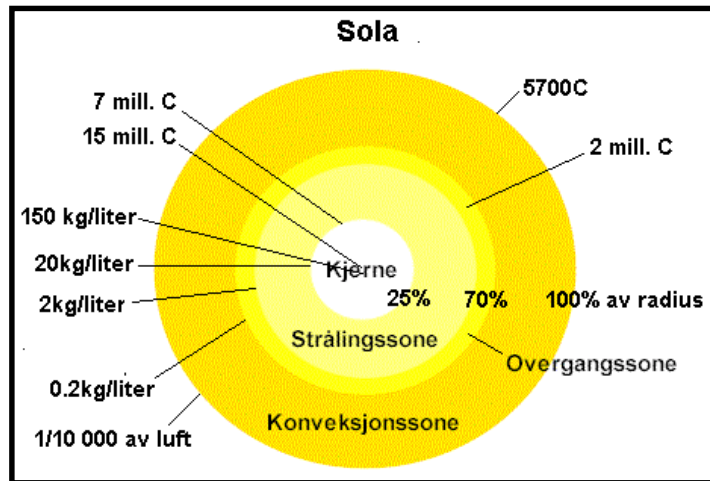
Sola er den eneste stjernen som vi kan studere på nært hold. Den er derfor nøkkelen til vår forståelse av andre stjerner. Vi kjenner solas alder, radius, masse og lysstyrke, og har tilegnet oss betydelig kunnskap om dens indre og dens atmosfære. Dette er kunnskap som er helt avgjørende for vår forståelse av andre stjerner og hvordan de utvikler seg. Men det er fremdeles en rekke ting med sola som vi ikke skjønner så mye av.

Sola produserer enorme mengder energi ved å omdanne hydrogen til helium ved kjernefusjon. Dette kan vi gjøre her på jorda også, men vi er foreløpig ikke i stand til å gjøre det på en kontrollert måte slik at vi kan bruke dette til å produsere energi til kommersielt bruk. Observasjoner av sola er derfor

helt avgjørende for vår forståelse av kjernereaksjoner og av hvordan ekstremt varm gass oppfører seg i sterke magnetfelter. Sola er derfor et verdifullt laboratorium for fysikere.

Solas oppbygging.

Sola har enorme dimensjoner. Dens diameter er 1 392 000 km. Dette tilsvarer den avstanden vi får dersom vi legger 109 jordkloder side om side. Volumet tilsvarer 1 303 600 jordkloder og massen tilsvarer 331 946 jordkloder. Solas masse utgjør over 99.8% av solsystemets totale masse. Hele 75% av denne massen er hydrogen, mens 25% er helium. Andre grunnstoffer utgjør bare 0,1% av solas vekt selv om vi ved hjelp av spektralanalyse med sikkerhet har påvist hele 63 forskjellige grunnstoffer på solas overflate og i dens atmosfære. Tettheten er i gjennomsnitt 1.409 kg/liter. Dette er bare litt mer enn vann som veier 1 kg/liter, men det er store forskjeller både i tetthet og temperatur i ulike deler av sola som vist på denne figuren.



Solas indre deles gjerne inn i fire soner. Innenfra og utover finner vi :

- Kjernen
- Strålingssonen
- Overgangssonen
- Konveksjonssonen

Vi skal nå beskrive hver av disse sonene relativt grundig.

Kjernen, solas kraftverk

Kjernen er den delen av sola hvor hydrogen omdannes til helium. Dette krever temperaturer på ca. 7 millioner grader eller mer og svært høy tetthet og trykk fordi 4 hydrogenkjerner (protoner) må kolliderer med så høy energi at de sterke frastøtende kreftene mellom de positivt ladde hydrogenkjernene overvinnes. De fire hydrogenkjernene smelter da sammen til en heliumkjerne (to protoner og to nøytroner) samtidig som diverse mindre atompartikler dannes og energi frigjøres. En av disse partikkeltyper er nøytrinoer. Et av solfysikkens virkelig store mysterier er at vi registrerer bare omlag 1/3 av det antallet nøytrinoer som i følge teorien skal dannes. Ingen av de mange forsøkene på å endre modellene for hva som skjer inne i sola har gitt en lav nok produksjon av nøytrinoer. Det er uvisst om dette betyr at vi etter hvert må revurdere helt grunnleggende prinsipper innen deler av fysikken.

Hvert sekund omdannes ca. 700 millioner tonn hydrogen til 695 millioner tonn helium og 5 millioner tonn energi i form av gammastråling (γ -stråling) som er en type lys (fotoner) av den ekstremt energirike sorten. Etter hvert som denne energien beveger seg utover mot overflaten, blir den hele tiden fanget inn (absorbert) og sendt ut på nytt (re-emittert) ved stadig lavere temperaturer. Når energien kommer helt ut til overflaten er det meste av gammastrålingen omdannet til synlig lys som er stråling med langt lavere energi enn gammastråling.

Solas energiproduksjon er så stor at vi her ute ved jorda, ca. 150 millioner km unna, mottar hele 1 368 W/m². En pappskive med sidekanter på 1 meter som holdes med den flate siden mot sola rett utenfor jordas atmosfære mottar altså nesten like mye energi fra sola som det en 1 500 W kokeplate eller pa-

nelovn avgir. Nede ved jordoverflaten er energien noe mindre, ca. $1\,000\text{ W/m}^2$, fordi jordas atmosfære plukker opp en god del av energien. Det er kanskje enda lettere å fatte solas enorme energiproduksjon når vi nevner at sola sender ut like mye energi hvert *sekund* (!) som det hele jorda mottar *totalt* i løpet av ca. 700 år !!!

Man skulle tro at sola raskt gikk tom for brennstoff (hydrogen) siden den produserer så enormt mye energi. Men det gjør den ikke. Til det er solas masse altfor stor. Man mener faktisk at sola ble dannet for ca. 4 600 millioner år siden, og at den har hydrogenreserver til å brenne omtrent like lenge til. Og selv da er bare de innerste delene av sola omdannet til helium. Mot slutten av sitt liv vil sola øke i størrelse fordi energiutstrålingen omtrent doubles. Den vil trolig kaste av seg de ytre delene på en relativt fredelig måte og ende opp som en planetarisk tåke.

I sentrum av sola er det drøyt 15 millioner grader, og tettheten er ca. 150 kg/liter stoff (150 ganger så tungt som vann). Kjernen strekker seg ca. 175 000 km utover fra sentrum av sola. Dette tilsvarer ca. 14 jord-diametre og utgjør ca. 25% av solas radius. Her er temperaturen sunket til ca. 7 millioner grader, og tettheten til ca. 20 kg/liter.

Strålingssonen

Utenfor kjernen kommer strålingssonen som strekker seg ut til ca. 70% av solradien. Temperaturen og tettheten er ca. 7 millioner grader og ca. 20 kg/liter innerst i strålingssonen. Ytterst har temperaturen og tettheten falt til ca. 2 millioner grader og 2 kg/liter.

I strålingssonen er det for kaldt til at kjernereaksjoner kan finne sted, men fremdeles så varmt at alle grunnstoffer foreligger som atomkjerner helt uten elektroner. Så lenge temperaturen er så høy at atomkjernene ikke klarer å fange inn elektroner er gassen relativt gjennomsiktig for stråling. Dette gjør at energien som produseres i kjernen i alt vesentlig transporteres ved stråling gjennom denne sonen. Det er også derfor sonen har fått navnet strålingssonen. Energitransporten skjer, som tidligere nevnt, ved at ekstremt energirikt lys beveger seg i rommet mellom partiklene fra varmere til kaldere områder. Tettheten i kjernen og i strålingssonen er imidlertid så stor at selv om lyset beveger seg med den enorme lyshastigheten (300 000 km/sek), så støter fotonene mot så mange partikler at det tar ca. 1 million år (!) fra de dannes ved kjernereaksjoner i kjernen til de når solas overflate.

Når gassen blir så "kjølig" som ca. 2 millioner grader begynner atomkjernene på fange inn elektroner. Dette gjør at gassen blir mye mindre gjennomsiktig for stråling. Resultatet er at stråling ikke klarer å transportere nok energi videre utover mot overflaten. Dette området, hvor andre transportmekanismer overtar, definerer slutten på strålingssonen og starten på overgangssonen. Men først skal vi si litt om konveksjonssonen som er helt ytterst.

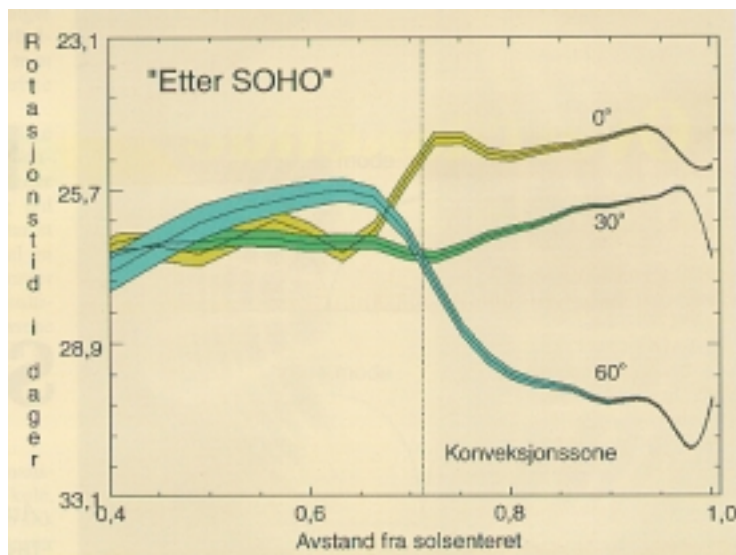
Konveksjonssonen

Denne sonen utgjør en ca. 200 000 km tykk sone helt ytterst. Sonen dekker 20-30% av solradien. Nederst i sonen er temperaturen ca. 2 millioner grader, mens den er ca. $5\,700^\circ\text{C}$ ved overflaten. Tettheten er henholdsvis 0.2 kg/liter (1/5 av vann) nederst og kun 1/10 000 av luft øverst.

I denne sonen er altså temperaturen så "lav" at atomkjernene begynner å fange inn elektroner. Nok energi kan da ikke lenger transporteres utover ved stråling. I stedet transporteres energien utover mot overflaten ved at store mengder varm gass strømmer raskt oppover mot overflaten fordi varm gass er lettere enn kald gass. Den varme gassen blir straks erstattet med kjøligere og tyngre gass som synker nedover fra de ytre delene av sola. Slik transport av varme ved fysisk forflytning av gass eller væske til områder med en annen temperatur kalles på fagspråket konvektiv varmetransport. De konvektive gasstrømmingene på sola er svært kraftige og kompliserte. På soloverflaten ser vi dem som granulasjoner og supergranulasjoner som vi snart kommer tilbake til.

Overgangssonen

Det er ingen skarp overgang mellom strålingssonen og konveksjonssonen. Derfor har man innført en overgangssone som dekker ca. 10% av solradien mellom de to. De vertikale gasstrømmingene nedover i denne sonen avtar fra de store hastighetene som er typiske for konveksjonssonen til null ved overgangen til strålingssonen, og snus til rask strømming oppover igjen. I tillegg er det kraftige endringer i også i de horisontale hastighetene. Vi kan derfor betrakte overgangssonen som den nederste delen av konveksjonssonen.



Elektrisk ladde partikler i bevegelse gir opphav til magnetfelt. I overgangssonen finnes det massevis av elektrisk ladde partikler som opplever kraftige endringer i hastigheten både vertikalt og horisontalt. Blant annet vet vi at den jevne rotasjonen på 27 døgner for alle deler av solas kjerne og i strålingssonen endres til ca. 24 døgner ved solekvator og til f.eks. ca. 30 døgner ved 60° bredde i overgangssonen som vist på figuren som er kopiert fra Norsk Astronomisk Selskaps "Astronomi" nr. 1/1999. Overgangssonen går fra ca. 0.7 til 0.8

solradier ("Avstand fra solsentret") på figuren. Bredden på kurvene viser usikkerheten i beregnet rotasjonshastighet. Denne øker innover mot sentrum av sola. Ved overflaten av sola er rotasjonen for øvrig 25,4 døgner ved ekvator, 30 døgner ved 60° og ca. 36 døgner ved polene. Hastighetsendringene i overgangssonen lager sterke magnetfelter som helt dominerer oppførselen til solas ytre deler inklusiv dens atmosfære.

Solas "overflate", fotosfæren

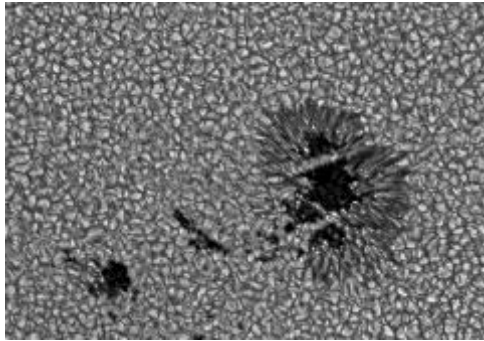
Den synlige delen av solskiven kalles fotosfæren. Vi kaller den gjerne solas overflate selv om den slett ikke er en skarpt avgrenset overflate slik vi er vant til fra jorda. I stedet ser vi et 100-500 km dypt/tykt sjikt. Dette er så tynt at det ser ut som en knivskarp grense når vi ser på kanten av sola fra jorda (husk å bruke et trygt solfilter eller projeksjonsmetoden som beskrevet i Corona nr. 1/00). Fotosfæren har en typisk temperatur på 5500-5700°C.

Vi kan se en rekke fenomener på selve soloverflaten. De mest iøynefallende fenomenene som er synlige når vi observerer med filtre som slipper igjennom vanlig hvitt lys er solflekker, fakler/flares og granulasjoner/supergranulasjoner.

Den såkalte randfordunklingen er et interessant fenomen. Dersom vi ser nøye etter, oppdager vi nemlig at randen av solskiven ser noe mørkere ut enn sentrum. Dette kommer av at vi ser rett ned på fotosfæren midt på sola, mens vi observerer gjennom et noe tykkere lag av litt kaldere gass like over fotosfæren når vi betrakter randen. Det blir på mange måter det samme som når vi ser sola gå ned i horisonten. Den ser da mye svakere ut enn når den står høyt på himmelen fordi jordas atmosfære "stjeler" mye mer av lyset når solstrålene går gjennom et tykt lag med atmosfære. På samme måte "stjeler" solatmosfæren noe lys fra randen av sola.

Solflekker

Solflekker er områder som er 1000-1500°C kjøligere enn mesteparten av soloverflaten ellers. Temperaturen i solflekkene er høy nok til at gassen lyser med et intenst, blendende lys. Grunnen til at de allikevel ser mørke ut er at resten av soloverflaten lyser omtrent dobbelt så sterkt. Det er rett og slett



en kontrasteffekt som gjør at vi oppfatter dem som mørke. Innerst i flekken finner vi umbraen som er mørkest. Utenfor denne har vi ofte en penumbra (halvskygge). Bildet viser en stor solflekk med penumbra til høyre og flere små flekker uten penumbra. Alle de små lyse cellene med mørke kanter er granulasjoner (se nedenfor).

Solflekker ble først observert i 1610 når Galileo Galilei som den første rettet et teleskop mot sola. Daglige observasjoner av solflekker startet ved observatoriet i

Zurich i 1749, mens man først 100 år senere, fra 1849, hadde fått nok observatorier som observerte sola til at man fikk kontinuerlige observasjoner.

Solflekker er områder hvor svært sterke magnetsløyfer bryter gjennom soloverflaten. Synlige flekker overlever gjerne fra noen timer (små flekker) til dager og uker. En sjelden gang kan en stor flekk overleve noen måneder. Solflekker kan opptre alene, men vi finner dem ofte i grupper. En typisk gruppe består av to hovedflekker og omtrent 10 flekker totalt. Den ledende flekken (den av de to hovedflekken som ligger i solas rotasjonsretning) finner vi gjerne litt nærmere solekvator enn den etterfølgende hovedflekken.

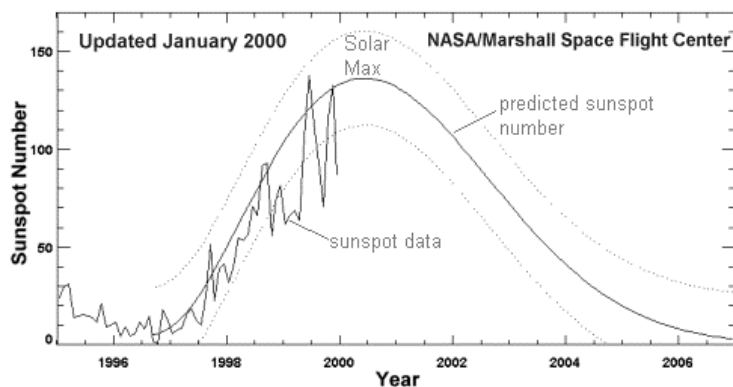
De to hovedflekken i en gruppe har motsatt polaritet; den ene er magnetisk sørpol og den andre er magnetisk nordpol. På den motsatte siden av solas ekvator er magnetfeltene snudd om slik at dersom de ledende flekkene på den sørlige halvkulen er magnetiske nordpoler, så er de ledende flekkene på den nordlige halvkulen magnetiske sørpoler. Polariteten snus når en ny solfleksyklus (se nedenfor) starter slik at ledende flekker på den nordlige halvkulen blir magnetiske nordpoler i neste syklus dersom de var magnetiske sørpoler i inneværende syklus.

Solflekkene bevegelse fra dag til dag avslører at solas rotasjon ikke er lik ved ulike bredder. Vi finner at rotasjonshastigheten er :

- ca. 25 døgn ved solas ekvator.
- ca. 33 døgn ved 70° nord eller sør.
- ca. 36 døgn ved polene.

Inne i kjernen og i strålingssonen er rotasjonen ca. 27 døgn for alle breddegrader fordi tettheten er så stor her at kjernen roterer som et stivt legeme. Det skjer store endringer i denne rotasjonen spesielt i overgangssonen hvor mye av solas magnetfelt dannes som vist på figuren under "Overgangssonen".

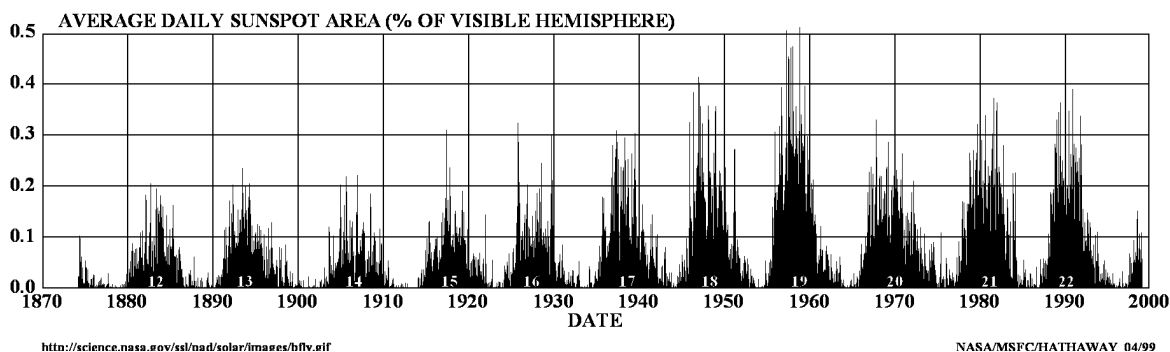
Solflekkaktiviteten er et mål på antall solflekker som hele tiden finnes på sola. Høyt tall betyr mange solflekker. Man bruker ulike metoder for å beregne dette tallet. En enkel metode ble beskrevet i Corona nr. 1/00. En mer avansert metode er beskrevet i en egen artikkel et annet sted i dette nummeret. Det er gjerne gjennomsnittsverdier for hele måneder som brukes. Antallet solflekker kan nemlig variere sterkt fra et område på sola til et annet. Gjennomsnittet for hele måneder gir derfor et godt bilde av aktiviteten fordi sola på denne tiden har gjort omtrent en full rotasjon. Vi har derfor sett alle deler av sola en gang. Husk også på at jorda beveger seg rundt sola. Denne bevegelsen er i samme retning som sola roterer. I løpet av 30 dager flytter jorda seg ca. 15°. Derfor må sola rotere ca. 375°, og ikke 360°, før vi ser samme del av sola igjen her fra jorda. Dette betyr at vi må legge ca. to døgn til de tallene som vi har oppgitt for solrotasjonen ovenfor for å få effektiv rotasjonstid sett fra jorda.



Antall solflekker varierer sterkt over en syklus på ca. 11 år. En solflekksyklus starter ved minimum hvor det er nesten ingen flekker slik som det er vist for 1996/1997 på denne figuren. Så dannes det noen få små flekker ca. 35° nord og syd for ekvator. Antall flekker øker deretter raskt i antall samtidig som de i gjennomsnitt blir større og dannes stadig nærmere solas ekvator. Sonen med flekker blir også bredere. Ved

maksimum dekker solflekkenes inntil 2-3 prosent av soloverflaten. Etter maksimum fortsetter flekkene å dannes stadig nærmere ekvator samtidig som aktiviteten gradvis dør ut. Kurven merket "predicted sunspot number" viser det antallet solflekker som er beregnet som det mest sannsynlige. De glatte kurvene på hver side av denne indikerer usikkerheten i beregningen. Kurven merket "sunspot data" viser det antallet solflekker som faktisk er blitt observert i fra 1995 til januar 2000. Figuren er hentet fra NASA's internett sider på http://science.nasa.gov/headlines/y2000/ast22mar_1m.htm

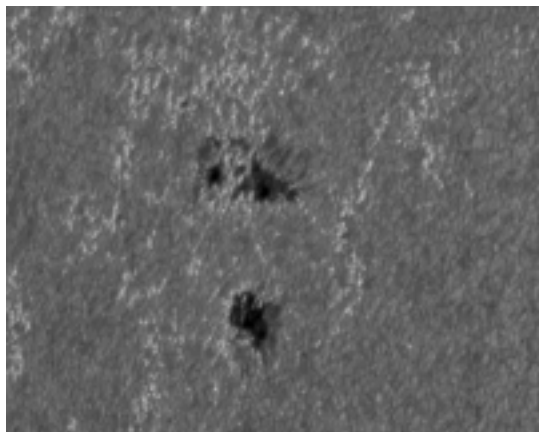
Vi ser av figuren ovenfor at antall solflekker kan variere raskt. I tillegg varierer antallet en god del fra en syklus til en annen. Dette ser vi f.eks. fra figuren nedenfor som viser antall prosent av den synlige soloverflaten som har vært dekket av solflekker i de siste 175 årene. Høye, vertikale streker er ensbetydende med stor solflekaktivitet.



Legg merke til at det har vært spesielt sterke maksimum de siste 50-75 årene. Enkelte har ut fra historiske data foreslått at antall solflekker ved maksimum varierer syklisk med en periode på ca. 200 år.

Fakler

Fakler er områder på sola som lyser vesentlig sterkere enn resten av overflaten. De er lettest å se nær randen av sola fordi solskiven ellers er litt mørkere her pga. randfordunklingen (se ovenfor). Vi ser dem som tynne, uregelmessige "streker" mot de mørke omgivelsene som vist på dette bildet. Faklene dannes gjerne i områder hvor svært sterke magnetfelter konsentreres i svært små områder. Derfor finner vi dem gjerne i og nær grupper av solflekker, og da ofte på grensene mellom store solflekker som står nær hverandre hvor magnetfeltene blir spesielt sterke. Faklene lever fra minutter til timer, og er derfor i stadig utvikling.

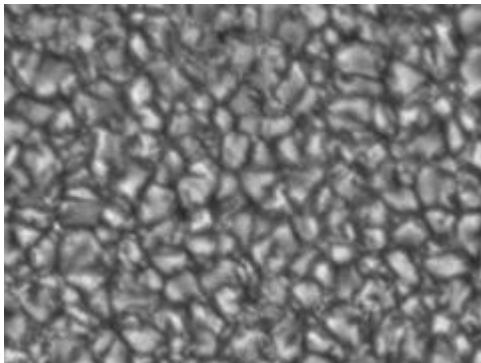


Faklene er lettest synlige i H_{α} -lys som sendes ut av hydrogen i den røde delen av solas spektrum. Man bruker dyre filtre som slipper igjennom lite annet enn det røde H_{α} -lyset for å se fakler og andre fenomener hvor H_{α} -stråling dominerer. Vi kan allikevel se en del fakler også i hvitt lys.

Lysøkningen fra faklene overskrider lystapet fra solflekkeene slik at soloverflaten totalt øker sin lysstyrke med ca. 0.1% ved maksimum sammenlignet med minimum i solflekkesyklusen.

Granulasjoner

Granulasjoner er cellelignende mønstre som vi kan se på hele soloverflaten. Sentrum i hver celle er lysere enn randen fordi varm gass strømmer opp i midten av cellene. Denne gassen brer seg så horisontalt utover med hastigheter opptil 7 km/s. Gassen avkjøles slik at den lyser svakere når den suges ned i sola igjen langs randen av granulasjonene. Typisk utstrekning er 1000 km.



Individuelle granulasjoner kan vare inntil 20 minutter. De er i stadig endring. Gass-strømningen lager soniske drønn som får soloverflaten til å svinge i ulike bølgemønstre. Det er disse bølgemønstrene som avslører temperaturen i de forskjellige lagene av solas indre fordi lyden forplanter seg raskere i varm gass enn i kald. Dette er omtrent som at vi ved seismiske målinger her på jorda kan avsløre hvordan jordskorpa er på et gitt sted fordi lyd forplanter seg med ulik hastighet i forskjellige bergarter.

Supergranulasjoner

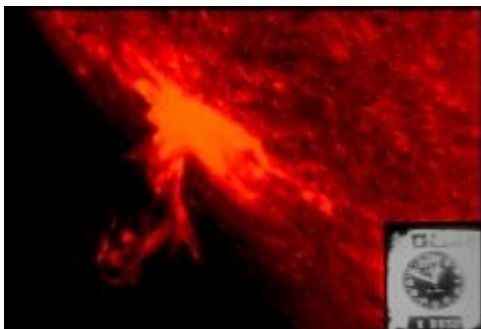
Dette er store områder (25-35 000 km, altså 2-3 jorddiametre), som opptrer på samme fundamentale måte som de mindre granulasjonene, men på mye større skala. Dybden er ca. 1000 km, hvilket er mye mindre enn de 6-8000 km som mange regnemodeller gir. Gasshastigheten, som er overlagret hastighetene i de mange mindre granulasjonene inne i supergranulasjonen, er typisk $\frac{1}{2}$ km/sek.

Søyler av nedstrømmende gass rekker helt ned til bunnen av konveksjonssonen (200 000 km under overflaten), og kanskje enda dypere. Mange forskere mener disse søylene produserer de sterke magnetiske løkkene som stiger til overflaten og som lager solflekker og annen solaktivitet.

Supergranulasjoner omgis av sterke magnetfelter langs randen hvor solgassen trekkes ned mot solas indre. Vi kan se randen av supergranulasjoner som uregelmessige lyse streker i det vi kaller det kromosfæriske nettverket når vi observerer sola i H_{α} -lys (se beskrivelse av kromosfæren senere).

Flare

Flare er enorme eksplosjoner på solas overflate. I løpet av få sekunder varmer de opp gassen til flere millioner grader og kan frigjøre energi tilsvarende en milliard megatonn TNT! Flere milliarder tonn masse kan da kastes ut i solsystemet.



Flare opptrer nær solflekker, og gjerne mellom store flekker med motsatt polaritet. Vi kjenner i grove trekk hva som skjer i et slikt utbrudd; nemlig at magnetfeltene i overgangssonen mellom solflekkeene tvinner seg inn i hverandre og nærmest vrenses. Dette fører til enorme elektriske og magnetiske kortslutninger som produserer ufattelige energimengder. Men detaljene er dårlig forstått, og spesielt hva som setter hele prosessen i gang. Vi er derfor ikke i stand til å forutsi når og hvor slike enorme eksplosjoner skjer.

På grunn av den enorme temperaturen gir flare en sterk økning i høyenergistråling som f.eks. γ - og røntgenstråling. I tillegg kastes store mengder partikler som protoner og elektroner ut i solsystemet med svært høy energi. Kraftige flare kan være farlige for astronauter.

Bildet på forrige side er hentet fra NASA's internettsider og er tatt 10. oktober 1971. En film på http://science.msfc.nasa.gov/ssl/pad/solar/images/limb_flare.mpg (4.2MB) viser hvordan masse ble kastet ut fra denne flaren i løpet av noen minutter. Flare er lettest synlig i H_{α} -lys.

Solas atmosfære

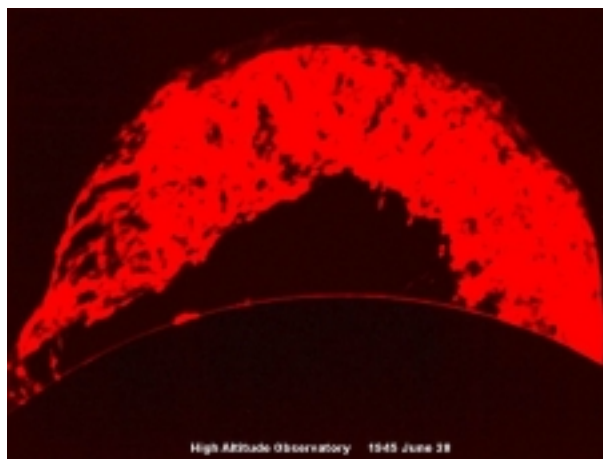
Innenfra og utover består solas atmosfære av :

- Kromosfæren
- Overgangssonen
- Koronaen
- Solvinden
- Heliosfæren

Kromosfæren

Kromosfæren (fargesfæren) er et relativt tynt og uregelmessig lag rett over fotosfæren. Temperaturen øker her til ca. 20 000°C. Ved denne temperaturen dominerer rødt lys fra hydrogen (H_{α} -stråling).

Kromosfæren er synlig ved totale solformørkelser. Da ser man en uregelmessig lyserød glans fra såkalte protuberanser helt inntil solskiven. Disse er der hele tiden i større eller mindre grad, men de overstråles fullstendig av lyset fra solskiva. Derfor kan vi kun se dem ved totale solformørkelser eller dersom vi bruker spesielle filtre som kun slipper igjennom det rødlige lyset fra H_{α} -stråling.

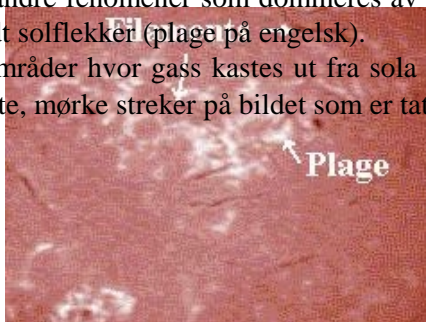
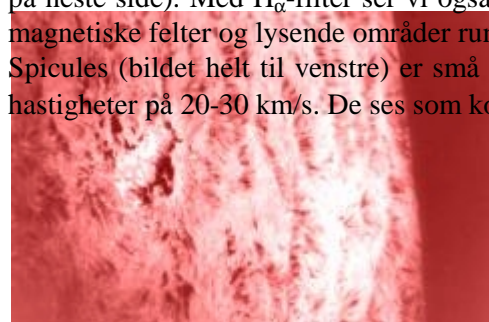


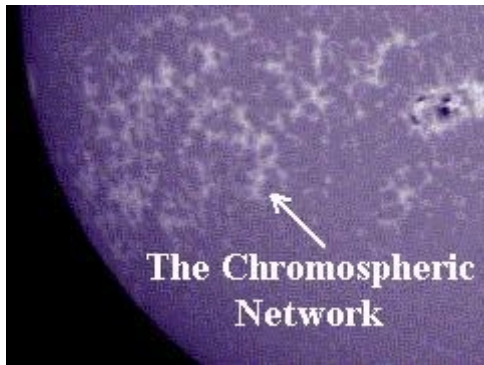
Protuberansene er gassmasser som bæres oppe i solatmosfæren av løkkeformede magnetfelder. Rolige protuberanser er typisk 8 000 km brede, 50 000 km høye og 200 000 km lange. De kan holde seg stort sett uforandret på stor skala i uker og måneder, mens finstrukturen stadig endrer seg med kraftige strømminger. Protuberansen kan så plutselig gå inn i en aktiv fase, hvor den i løpet av timer suges ned til soloverflaten eller massen kastes ut fra overflaten med så stor hastighet at gassen unnslipper solas enorme gravitasjonsfelt (unnslippingshastigheten er 617,5 km/s). Ofte dannes det da en tilsvarende protuberans på omtrent samme sted noen dager senere. Når vi

ser på dette bildet fra High Altitude Observatory, skal vi huske at solas diameter er 109 ganger så stor som jordas diameter. Solskiven er her tildekket slik at kun den tynne kromosfæren er synlig sammen med en enorm protuberans.

Med H_{α} -filtre ser vi ikke bare de enorme buene av svevende gass langs randen av sola. Vi ser dem også som mørke områder mot den lysere soloverflaten (fotosfæren). De kalles da filamenter (se bildet på neste side). Med H_{α} -filter ser vi også andre fenomener som domineres av H_{α} -stråling; nettverk av magnetiske felter og lysende områder rundt solflekker (plage på engelsk).

Spicules (bildet helt til venstre) er små områder hvor gass kastes ut fra sola og opp i koronaen med hastigheter på 20-30 km/s. De ses som korte, mørke streker på bildet som er tatt i H_{α} -lys.





Det kromosfæriske nettverket viser omrisset av supergranulasjonene (se foran). Både disse og de lysende områdene rundt solflekkene er områder med svært sterke magnetfelter. Disse tre siste bildene er hentet fra internett på <http://science.msfc.nasa.gov/ssl/pad/solar/feature2.htm>

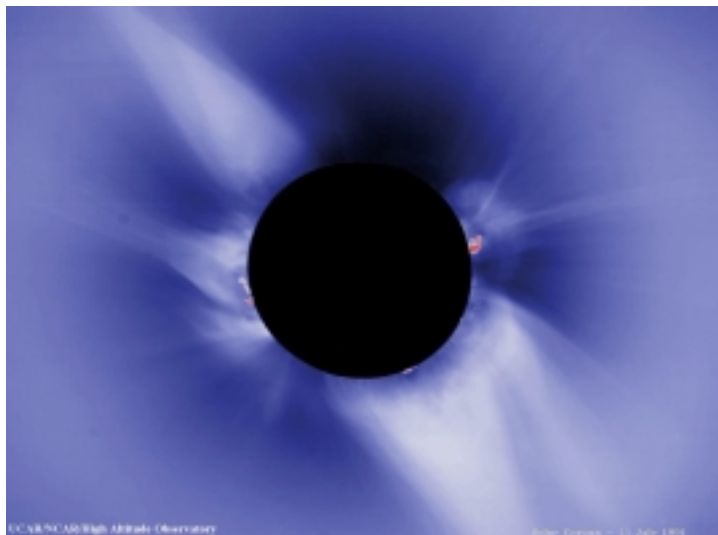
Overgangssonen

Dette er en svært uregelmessig sone mellom kromosfæren og den berømte koronaen. Her øker temperaturen fra 20 000°C i kromosfæren til godt over 1 million grader i koronaen. Temperaturen er så høy at hydrogenatomet "mister" sitt elektron, og derfor ikke kan observeres i emisjonsspekteret. I stedet dominerer lys fra karbon, oksygen og silisium som alle har "mistet" 3 elektroner.

Koronaen

Koronaen er solas ytre atmosfære som er så dominerende og vakker med sin sølvhvite glans under totale solformørkelser. Korona betyr krone.

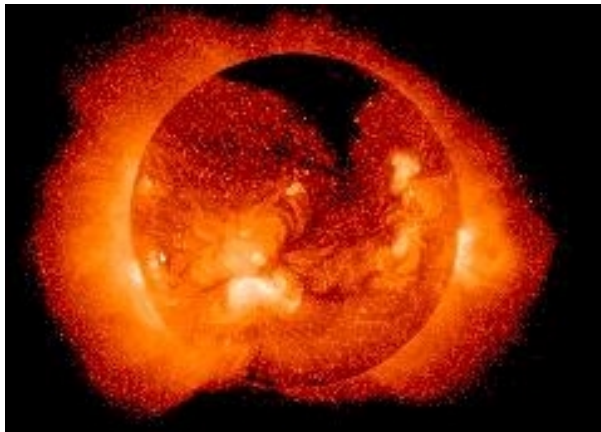
Koronaens form avhenger sterkt av solaktiviteten. Derfor endrer den seg sterkt med solflekksyklusen. Ved maksimum er den nesten rund, mens den danner lange stråler utover fra ekvator som vist på dette bildet ved minimum.



Inntil 1941 trodde man at koronaen inneholdt et grunnstoff man ikke hadde oppdaget tidligere. Årsaken var at man observerte spektrallinjer man ikke fant andre steder. Grunnstoffet fikk navnet koronium. Men så oppdaget man at linjene kunne forklares dersom koronaen hadde en temperatur på godt over 1 million grader. Strålingen skyldes kalsium og enda tyngre grunnstoffer som ved denne enorme temperaturen har "mistet" nesten alle sine elektroner. Lettere grunnstoffer helt fra hydrogen og opp til karbon, nitrogen og oksygen har "mistet" alle sine elektroner ved denne temperaturen, og kan følgelig ikke ses i spekteret fra koronaen.

Hvordan kan så en gass mellom solas overflate på 5 700°C og det iskalde dype verdensrommet oppnå slike ekstremt høye temperaturer? Dette er fremdeles et av solfysikkens store mysterier. Det er foreslått flere teorier uten at man vet sikkert ennå. En teori er at de kraftige bevegelsene i konveksjonslaget ytterst på sola lager energirike bølger som brer seg opp i koronaen og avgir sin energi der i form av varme omtrent på samme måte som når havbølger bryter mot stranda. Andre tror det skyldes store mengder flares (se foran) på soloverflata som er så små at de ikke er mulig å observere med de instrumentene vi har. Det er en viss mulighet for at disse til sammen kaster nok gass med høy nok temperatur opp i koronaen. Strålingen fra fotosfæren kan imidlertid ikke bidra i betydelig grad fordi koronagassen er så tynn at nesten all strålingen går uhindret igjennom gassen. At koronagassen er tynn

skjønner vi når den på tross av sin høye temperatur kun har en lysstyrke som tilsvarer halvparten av fullmånen. Koronagassen er nærmest for vakuum (tomt rom) å regne.



På grunn av den enorme temperaturen sendes mesteparten av strålingen fra koronaen ut som ultrafiolett lys og røntgenstråling. Slik stråling kan kun observeres fra satellitter fordi jordatmosfæren heldigvis stenger ute denne strålingen som er så farlig for oss mennesker. Observasjoner i røntgen-området viser enorm koronahull, spesielt over polene, fra store solflekker og fra områder med stor solaktivitet. Slike koronahull er områder hvor solas magnetiske feltlinjer ikke vender tilbake til sola i lukkede buer, men i stedet fortsetter utover i verdensrommet. Fra slike områder sendes store

mengder ladde partikler (ioner) ut i solsystemet med voldsom fart langs magnetlinjene. Koronaen tømmes for gass i disse områdene. Koronagassen holdes imidlertid på plass nær sola i områder hvor magnetfeltet returnerer til sola. Bildet, som er lastet ned fra NASA's internettsider, viser sola fotografert med et røntgenkamera. De lyseste områdene er flare, mens vi finner et stort koronahull som et sort område øverst på bildet. Røntgenstrålingen fra koronaen er lett synlig.

Solvinden

Solvinden er de elektrisk ladde partiklene som sendes ut fra koronaen og vekk fra sola. Den består av 95% protoner (hydrogenkjerner) og elektroner, ca. 5% heliumkjerner og spor av andre grunnstoffer. Drivkraften er det enorme trykket som settes opp i koronagassen pga. dens høye temperatur. Trykket i en gass øker nemlig med temperaturen. Solvinden har når den kommer til jorda en typisk hastighet på 300-500 km/sekund. I "stormbygene" fra koronahull finner man hastigheter på over 800 km/s !

Solvinden er alltid rettet vekk fra sola, men siden partiklene er ladde, så tvinges de til å følge de magnetiske feltlinjene. Disse roterer med samme hastighet som sola (25-33 døgn på en omdreining). Derfor akselereres partiklene i solvinden kraftig på sin ferd. Energien for å gjøre dette tas fra solas magnetfelt, hvilket gjør at solrotasjonen bremses sakte, sakte opp.

Samtidig som partikler blåses ut fra koronaen, må ny masse etterfylles fra solas overflate. Dette skjer ved ulike mekanismer. De mest dramatiske er enorme eksplosjoner som slynger store mengder masse ut fra sola der det er spesielt sterke magnetfelter. Massetapet er stort nok til at hele koronaen "byttes ut" i løpet av ca. et døgn.

Ute ved jordbanen passerer normalt flere hundre millioner protoner gjennom en flate på 1 cm² (en firkant med sider på 1 cm) hvert sekund. Partikkeltettheten hundre-dobles og hastigheten dobles i "stormbygene". Denne partikkeltettheten kan virke svært høy, men det er den slett ikke siden 22,4 liter luft ved 0°C inneholder ca. 6×10^{23} (=600 000 000 000 000 000 000) molekyler. Dette betyr at hele jorda (uten atmosfære) til sammen faktisk ikke treffes av flere protoner (hydrogenkjerner) hvert sekund enn det antall molekyler som finnes i luften i et lite rom på ca. 3x3x3 meter når solvinden har normal styrke. Og den totale massen av disse protonene, altså de som treffer jorda i løpet av 1 sekund, er ikke mer enn ca. 1 kg. Så noen hundre millioner protoner pr. 1 cm² er slett ikke mye!

Heliosfæren.

Heliosfæren er det "lille" området i verdensrommet hvor solvinden og solas magnetfelt dominerer bevegelsen til små partikler som elektrisk nøytrale eller ladde atomer og små molekyler. Den strekker

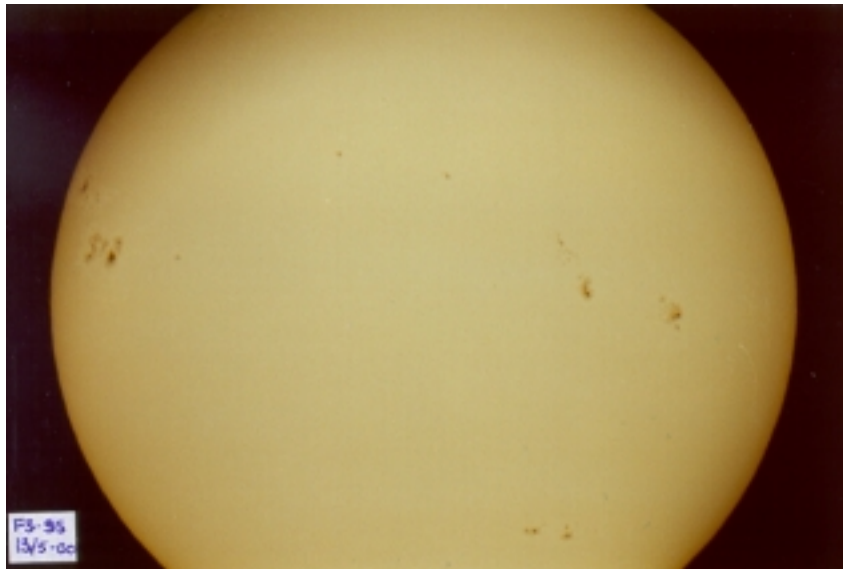
seg langt utenfor Plutos bane. Utenfor heliosfæren er bevegelsen til de samme partikkelene bestemt av den generelle strømmingen av partikler i rommet mellom stjernene; den interstellare vinden.

Vi kan forsøke å forstå dette ved å tenke oss den interstellare vinden i nærheten av sola som en lett bris over en stor slette. Videre kan vi tenke oss at vi midt ute på sletta holder en hårføner som blåser en kraftig luftstrøm f.eks. litt på skrå mot brisen. Denne kraftige luftstrømmen skal representere solvinden, mens sola i dette tankeeksperimentet altså er hårføneren. Når hårføneren (sola) er luftas bevegelse fullstendig dominert av føneren. Flytter vi oss derimot langt nok vekk, så har brisen (den interstellare vinden) fått fullstendig overtaket. Der kan vi ikke engang merke at hårføneren (sola) finnes dersom vi bare ser på bevegelsen av atomene. I dette tankeeksperimentet tilsvare heliosfæren det området hvor du kan merke forstyrrelser i brisen fra hårføneren (sola). Heliosfæren er altså det området hvor sola merkbart påvirker bevegelsen av atomer og molekyler gjennom den massen sola sender ut i universet med solvinden og gjennom sitt enorme magnetfelt.

Og da er vi kommet til veis ende i denne artikkelen om sola.....

Kilder

Mesteparten av bildene og kildematerialet i denne artikkelen er hentet fra NASA's internettsider på <http://science.msfc.nasa.gov/ssl/pad/solar/> En annen viktig kilde er <http://www.spaceweather.com/> som anbefales for de som vil lese det siste om solaktiviteten eller lære mer om solflekksyklusen.



Sola fotografert av Birger Andresen 13. mai 2000 i såkalt primærfokus med Celestron 11 (280mm speil og 2800 mm brennvidde (f/10)). Fotografiet er tatt med Kodak Gold 200 ASA film. Eksponeringstiden var 1/30 sekund. Koden F3-35 betyr at dette er bilde nr. 35 på film nr. 3 (et arkiv med de viktigste opplysningene om hvert bilde er viktig for oss hobbyastronomer).

Vitenskapelig nyttige solobservasjoner

Av Birger Andresen

I Corona nr. 1/2000 beskrev jeg hvordan solflekker kan observeres med enkle midler for moro skyld. Denne gangen skal jeg gå et skritt videre å beskrive hva som skal til for å gjøre observasjoner av høy kvalitet. Sola observeres vi fremdeles med de samme metodene som vi husker fra Corona nr. 1/2000; projeksjonsmetoden eller observasjon gjennom teleskop med trygt solfilter. Forskjellen består i at vi nå ikke bare skal kikke på sola eller bare telle totalt antall flekker og antall solflekkgrupper, men også karakterisere hver av disse ut fra det såkalte CV system etter Malde. Dette systemet er ikke mer komplisert enn at alle kan lære det seg relativt raskt. Det vil imidlertid ta litt tid å gjøre observasjonen før man har fått litt erfaring, spesielt dersom det er høy solflekkaktivitet. Det kreves at du har en kikkert. Det kan, i gitte tilfeller, være en fordel om du har stiftet bekjentskap med solobservasjoner fra tidligere. En 50-60mm refraktor bør være et minimum, selv om man ser godt solflekker med en mindre prismekikkert. En 3-4½ tommers (80-110mm) kikkert er godt egnet. En forstørrelse på 70-150x burde være tilstrekkelig for et godt overblikk på solskiven.

Denne artikkelen er for en stor del basert på Kjell Inge Malde's CV-Helios Network's nettsider som du finner på <http://www.cv-helios.net/>

Innledning

Jeg håper denne artikkelen vil inspirere leseren til å starte systematiske observasjoner av sola. Det er min overbevisning at praktisk observasjonsarbeid bidrar sterkt til å videreutvikle interessen for astronomi. Og sola er et meget godt alternativ for oss her i Trondheim som plages både med en god del dårlig vær og lyse sommernetter. Sola er da perfekt fordi den ikke krever like gode forhold som andre objekter. Den krever heller ikke svært avansert og dyrt utstyr, og temperaturen er gjerne vesentlig mer behagelig enn når du observerer f.eks. galakser midt på svarte natta om vinteren. Dessuten er sola et svært spennende objekt i stadig endring. Du ser store forandringer fra dag til dag. Og etter hvert som du lærer mer om hva som foregår der oppe, så blir det skikkelig moro å følge utviklingen.

Det er mange grunner til å observere sola. Noen av disse er beskrevet i en annen artikkel i denne utgaven av Corona. I samme artikkel er også mange av fenomenene på sola beskrevet grundig. For observasjonsmetoder og mer informasjon om solflekkssyklusen henvises det til artikkelen på side 26-29 i Corona nr. 1/2000. Her er det forresten en feil i eksempelet på utregning av det såkalte Relativnummeret. Den korrekte tolkningen av 'f' og 'g' i formelen for Relativnummer er forklart nedenfor.

De som lar seg inspirere til å bli ivrige solobservatører oppfordres på det sterkeste til å melde seg inn i det internasjonale CV-Helios Network som ledes av Kjell Inge Malde i Stavanger. Norge er sterkt underrepresentert med aktive solobservatører. Innmelding gjøres aller helst via internett på <http://www.cv-helios.net/cvjoin.html> eller pr. brev til Kjell Inge Malde, Sildekroken 23B, 4085 Hundvåg.

Solflekker og solaktivitet

Solflekker er områder på solas overflate med temperatur på ca. 4000-4500°C. Dette er 1000-1500°C kjøligere enn mesteparten av solskiva som vi ellers ser. Egentlig lyser også solflekkene meget intenst, men temperaturforskjellen gjør at disse områdene ser mørke ut i forhold til omgivelsene som lyser enda sterkere pga. sin enda høyere temperatur.

Solflekker varierer sterkt både i størrelse og utforming. Vi finner dem som alt fra små flekker som så vidt er synlige i store teleskoper til store flekker som er synlige uten kikkert. Noen flekker er enslige, mens andre danner kompliserte grupper sammen med mange andre flekker. Noen er synlige bare noen

timer, mens andre overlever i flere måneder. Solflekkene er i stadig utvikling, men ikke på en slik måte at vi legger merke til endringer i løpet av noen minutters observasjon.

Solflekkene dannes i områder hvor svært sterke magnetfelter bryter gjennom soloverflaten. Det er gjerne voldsom aktivitet i og rundt disse områdene. Derfor betyr et stort antall sterke solflekker og grupper av solflekker høy aktivitet på sola. Vi kan altså danne oss et bilde av hvordan solas aktivitet varierer over tid ved å observere solflekkene.

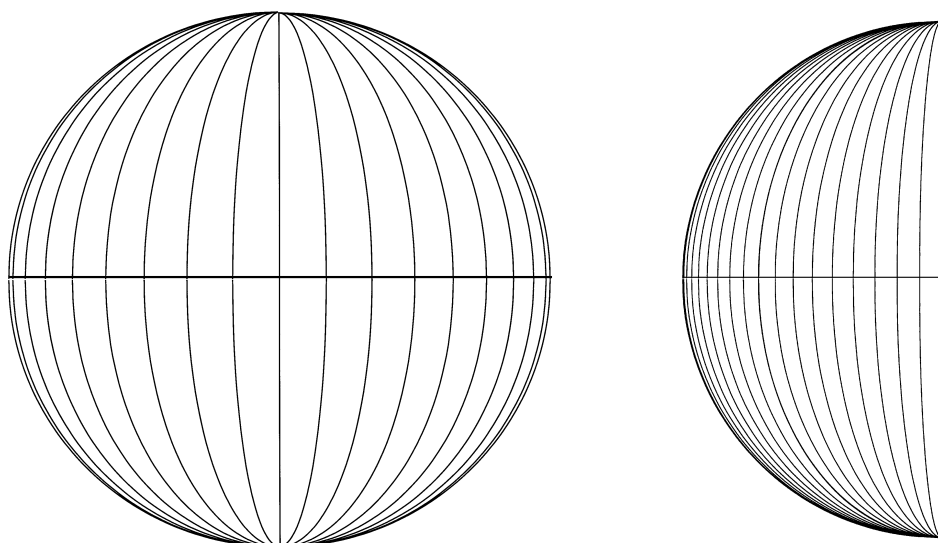
Det mest iøynefallende er at antall solflekker, og altså solaktiviteten, varierer kraftig over en ca. 11 års periode. Ved minimum ser vi nesten ingen solflekker, mens antallet vanligvis er svært stort ved maksimum. Vi er akkurat nå nær maksimum i denne solflekksyklusen. Derfor er det spesielt interessant å følge sola akkurat nå. Og når høstmørket faller på kan vi også forvente oss mye nordlys siden dette skapes når partikler som kastes ut i solsystemet fra aktive områder på sola treffer de øvre delene av vår atmosfære to til tre døgn etter et utbrudd på sola.

Se side 26-29 i Corona nr. 1/2000 og side 10-20 i denne utgaven av Corona for flere detaljer rundt solflekksyklusen og om sola generelt, og om hvorfor vi bør observere sola.

Terminologi

En del nyttige definisjoner og begreper forklares nedenfor.

1 Heliografisk grad (Helios = Sol)	En heliografisk grad er et område med diameter tilsvarende 1 grad (1°) på solas overflate. Dette tilsvarer $1/360$ av avstanden rundt solas ekvator. En heliografisk grad ser størst ut midt på solskiva der vi ser rett ned på soloverflaten. Den ser gradvis mindre ut etter hvert som vi nærmer oss randen av solskiva hvor vi ser overflaten stadig mer på skrå som vist på figur 1.
Solekvator	Solekvator er det planet gjennom solas sentrum som er vinkelrett på solas rotasjonsakse. Vi har tilsvarende definisjon av f.eks. jordas ekvator.
Polaritet	Solflekker er områder hvor svært sterke magnetfelter bryter gjennom soloverflaten. Polariteten til en solflekk bestemmes av om den er en magnetisk nord- eller sydpol. I en solflekkgruppe har vi gjerne to hovedflekker med ulik polaritet. Hovedflekkene finner vi normalt i hver sin ende av gruppen.
Unipolar gruppe	En unipolar gruppe er en enslig solflekk <u>eller</u> en enkelt kompakt gruppe av solflekker hvor største avstand mellom to flekker i gruppen <u>ikke</u> overskrider 3 heliografiske grader. Denne avstanden skal måles fra ytterkanten av penumbraen til den største flekken til sentrum av den fjerneste flekken i gruppen. Sterke nye flekker som åpenbart er yngre enn h-type flekker i nærheten (se "Klassifisering av hovedflekken i gruppen") er vanligvis medlemmer av nye bipolare grupper, og skal regnes som egne grupper.
Bipolar gruppe	En bipolar gruppe er to solflekker eller en ansamling av mange solflekker som strekker seg omtrent øst-vest (parallelt med solas ekvator) og som har en utstrekning på minst 3 heliografiske grader langs denne hovedaksen. En h-type hovedflekk (se "Klassifisering av hovedflekken i gruppen") kan ha diameter større enn 3 heliografiske grader. En bipolar gruppe med en h-type flekk må derfor dekke et område på minst 5 heliografiske grader.
Umbra/Penumbra	Solflekker, spesielt de store, har ofte en mørk kjerne som helt eller delvis er omgitt av en lysere halvskygge. Den mørke kjernen kaller vi umbra, mens den lysere delen kalles penumbra. Kontrasten mellom de to områdene er vanligvis så stor at det er lett å se forskjell på umbraen og penumbraen.
Hovedflekk	Hovedflekken er den største flekken i gruppen. Ofte finner vi en nesten like stor flekk i den andre enden av avlange grupper.
Ledende flekk / avsluttende flekk	Den ledende flekken er den største flekken i en gruppe i den enden av gruppen som ligger i solas rotasjonsretning (foran i rotasjonen). Tilsvarende kaller vi den største flekken i den enden av gruppen som ligger motsatt av solas rotasjonsretning for den avsluttende flekken. Vi finner gjerne den ledende flekken litt nærmere solas ekvator enn den avsluttende flekken.



Figur 1 : Meridianer (lengdegrader) med avstand 10 heliografiske grader (til venstre) og 5 heliografiske grader (til høyre). En flekk som i virkeligheten er rund, vil se mer og mer avlang ut etter hvert som den nærmer seg randen av solskiva.

Relativnummer systemet og dets viktigste svakheter

Det svært enkle relativnummer systemet har tradisjonelt blitt mye brukt for å omregne visuelle observasjoner av solflekker til en verdi som skal fortelle hvor stor solflekkaktiviteten er. Det består i å telle antall solflekker som er synlige (f) samt antall solflekkgrupper disse danner (g). NB : Enslige flekker teller også som en gruppe (det var dette som var feil i artikkelen i Corona nr. 1/2000). Solflekkaktiviteten beregnes så ut fra formelen for relativnummer :

$$R = k * (10 * g + f)$$

hvor k er en konstant som bestemmes ut fra teleskopet som brukes og observatørens ”ferdigheter”. Et kraftig teleskop gir en stor verdi for k i forhold til et lite teleskop fordi svakere flekker er synlige med store teleskop. Verdien av k avhenger også av den enkelte observatøren siden en skarpsynt og erfaren observatør ser flere solflekker enn en svaksynt og uerfaren observatør. Derfor må verdien av k beregnes ved å sammenligne samtidige observasjoner fra mange observatører. Slike kalibreringer må foretas for hvert instrument som en observatør bruker og ofte nok til at endringer i observatørens evne til å se svake solflekker oppdages.

Eksempel :

Dersom en person ser totalt 46 solflekker fordelt på 9 grupper hvorav 3 er enslige flekker og de 6 andre består av flere flekker (g = 9 og f = 46) med et teleskop som erfaringsmessig gir k = 1.05 for denne personen, så blir $R = 1.05 * (9 * 10 + 46) = 1.05 * (90 + 46) = 1.05 * 136 = 143$.

Merk at i Corona nr. 1/2000 trodde jeg ’g’ ville være 6 og ikke 9 i dette tilfellet, men en enslig flekk skal altså også telles som en gruppe.

Den store fordel med denne metoden er at den er enkel og rask siden man bare teller antall flekker og grupper før man setter inn i formelen.

De store svakhetene med relativnummer systemet er at alle flekker og grupper teller likt. Det tas altså ikke hensyn til flekkenes størrelse eller gruppens kompleksitet. De minste flekkene som er synlige i moderate teleskoper, også kalt porer, dekker gjerne et område på ca. 30 milliondeler av den synlige solskiva. Med relativnummer systemet teller disse små flekkene like mye som store, komplekse flek-

ker som kan være minst ti ganger så store. Dette blir galt fordi solaktiviteten vanligvis er mye større i og nær store flekker enn små. Og det er jo nettopp solaktiviteten vi egentlig ønsker å beregne. Det samme problemet gjelder også for store og komplekse kontra små og enkle grupper av solflekker siden relativnummer systemet baserer seg på at alle aktive områder bidrar med verdien ti pluss antall flekker gruppen inneholder uansett om gruppens geometri er enkel eller komplisert.

Resultatet blir at relativnummersystemet kan gi høy solaktivitet når det i virkeligheten er lav aktivitet og motsatt. Erfaring viser at systemet er spesielt dårlig nær solflekkminimum og maksimum. Ved minimum har vi nemlig overveiende små, svake flekker og grupper. Systemet gir da for høy aktivitet. Ved maksimum har vi overveiende store, sterke flekker og grupper som systematisk undervurderes med relativnummer systemet.

Malde's CV system

Svakhetene ved relativnummer systemet gjorde at Kjell Inge Malde i Solgruppen til Norsk Astronomisk Selskap utviklet et annet system som tar hensyn til flekkene og gruppenes størrelse og kompleksitet. Malde's system ble utviklet fra 1978 til 1981, og er blitt populært verden over. Det kalles CV systemet, eller "CV after Malde", hvor CV står for Classification Values (Klassifiseringsverdier). I dette systemet er det hvordan en enslig solflekk eller de største flekkene i en solflekkgruppe ser ut, hvor stor utstrekning solflekkgruppen har totalt og hvordan flekkene i gruppen er plassert i forhold til hverandre som er nøkkelen. Hver enslig flekk eller gruppe tilordnes et tall som er stort for grupper og flekker som har sterk overlevelseskraft og kraftig aktivitet og lite for "svake" grupper/flekker som gjerne er relativt inaktive og som ofte dør raskt ut. Dette gjenspeiler solaktiviteten i det aktuelle området på en god måte.

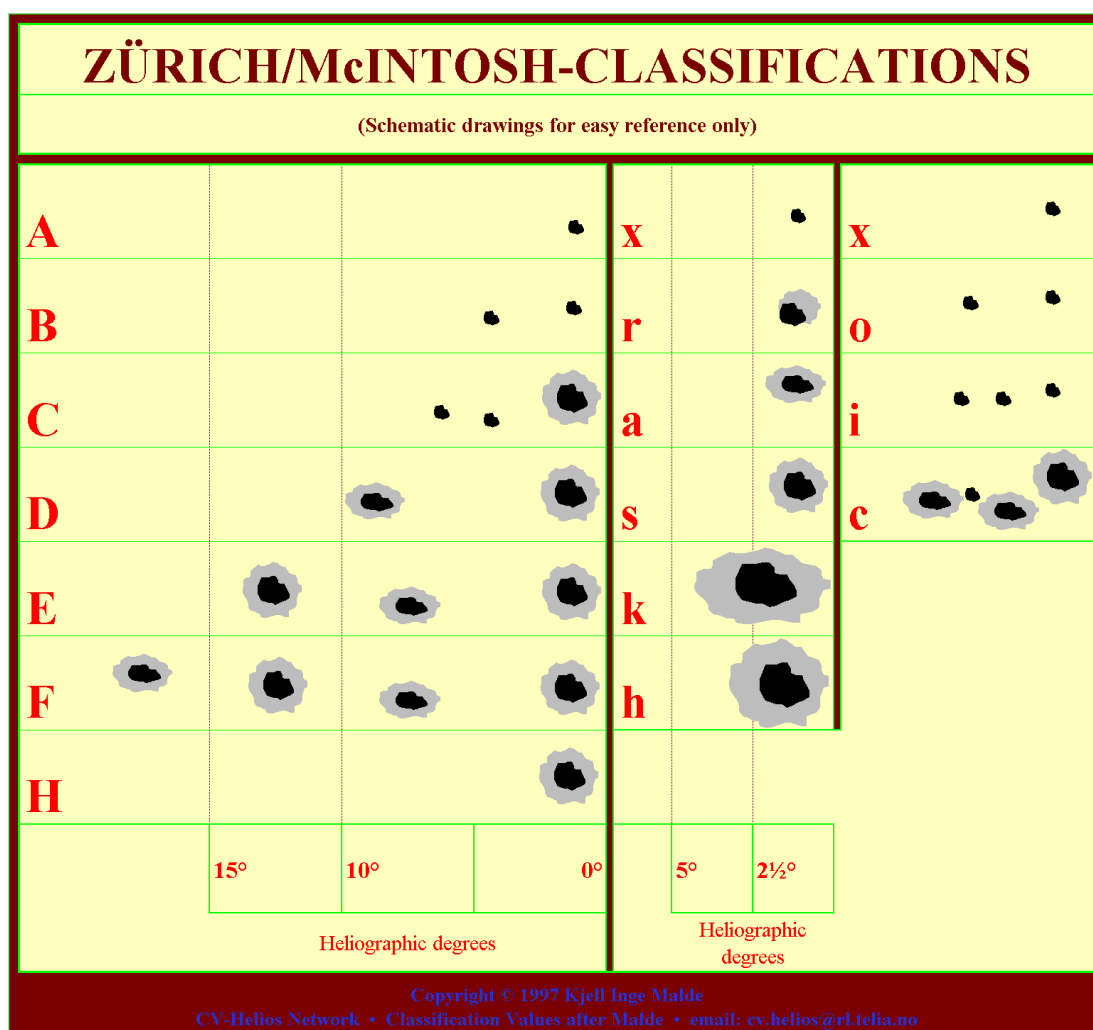
Malde's system bygger et 3-bokstavs-system utviklet av Patrick S. McIntosh, NOAA, USA (1973), som er en modifisering av det 150 år gamle Zürich klassifiseringssystemet utviklet av Wolf. Wolf's system klassifiserte solflekkgruppene med 7 enkle bokstavkoder A, B, C, D, E, F og H ut fra hvor stort område de dekker totalt, hvor mange flekker i gruppen som har penumbra og hvor disse penumbraflekkene er plassert i gruppen. Detaljer følger på de neste sidene. Tidligere (Waldmeier) hadde man også to klasser til; G og J. Disse ble etter hvert inkludert i klassene D, E, F og H.

McIntosh innførte sine to tilleggskoder for å beskrive solflekkgruppene med hensyn på magnetisk styrke og polaritet samt fordeling og kompleksitet av solflekkene innad i gruppen. Dette ble gjort ved å innføre en ekstra bokstavkode x, r, a, s, k og h som beskriver den største flekken i gruppen samt enda en bokstavkode x, o, i og c som beskriver hvor kompakt/tett gruppen er. Dette førte til at hver solflekkgruppe tilordnes tre bokstavkoder i stedet for den ene som det rene Zürich systemet bruker. Koden fra det opprinnelige Zürich systemet skrives først. Deretter kommer koden for den største flekken i gruppen, og til slutt koden for gruppens kompakthet. En enslig flekk med penumbra vil f.eks. få koden Hsx dersom flekken inklusiv penumbraen har en utstrekning som er mindre enn $2\frac{1}{2}$ heliografisk grad og penumbraen er symmetrisk.

I teorien kan vi få $7*6*4 = 168$ kombinasjoner av de tre bokstavkodene, men i praksis er bare 60 av disse er fysisk mulige. Detaljene for klassifiseringen følger på de neste sidene hvor man også finner en figur laget av Kjell Inge Malde som viser typiske eksempler for hver enkelt av bokstavkodene som brukes til å klassifisere solflekker og solflekkgrupper i Zürich-McIntosh systemet.

Malde's hensikt med CV har i hovedsak vært å systematisk undersøke overlevelseskraften og aktivitetsnivået til de ulike Zürich-McIntosh gruppene slik at de ulike gruppene bidrar på en mest mulig korrekt måte til det totale solaktivitetstallet som regnes ut på bakgrunn av observasjonene. Malde har altså på bakgrunn av store datamengder fra både egne og andres observasjoner over mange år rangert de 60 Zürich-McIntosh gruppen fra 1 til 60 med hensyn til deres bidrag til solaktiviteten. Dette undersøkelserarbeidet pågikk i nær 3 år, fra 1978 til 1981. Den totale solaktiviteten regnes ut som summen av bidragene fra hver Zürich-McIntosh gruppe. Den Hsx flekken som vi nettopp beskrev, vil f.eks. bidra med verdien 10.

Døgnverdier for solaktiviteten beregnes, mens gjennomsnittet for hver kalendermåned er det mest interessante tallet fordi dette både jevner ut kortvarige forskjeller fra dag til dag og inneholder informasjon fra nesten akkurat en hel rotasjon av sola. Det kan også være interessant å følge forskjeller i aktiviteten mellom den sørlige og nordlige halvkulen på sola.



Figur 2 : Klassifisering av solflekker og solflekkgrupper etter Zürich-McIntosh systemet (etter Kjell Inge Malde på http://www.cv-helios.net/zmci_cls.html).

Hovedklassifisering etter gruppens utstrekning

Hovedklassifiseringen gjenspeiler gruppens totale utstrekning i henhold til Zürich systemet. Den utgjør første bokstavkode i Zürich-McIntosh systemet, og angis ofte med stor bokstav. Kodene er (husk at også en enslig flekk betraktes formelt som en gruppe og at begreper som polaritet, unipolar, bipolar, umbra, penumbra og heliografisk grad er forklart i avsnittet "Terminologi" foran) :

- A** En unipolar gruppe uten penumbra.
- B** En bipolar gruppe uten penumbra. Det er ingen begrensninger for hvor stor gruppen kan være, men den må altså dekke minst 3 heliografiske grader jfr. definisjonen i "Terminologi" foran.
- C** En bipolar gruppe med penumbra for en eller flere flekker med en polaritet, men ikke for noen flekker med den andre polariteten. Normalt har flekkene i den ene enden av en avlang gruppe en polaritet, mens flekkene i den andre enden har motsatt polaritet. Derfor bruker vi koden C når en eller flere flekker i den ene enden av en avlang gruppe har penumbra, mens flekkene i den andre enden av gruppen ikke har det. Klasse C grupper går over til å bli kompakte (se "Klassifisering

etter fordeling av flekkene innad i gruppen" nedenfor) klasse D grupper dersom flekker med penumbra dekker mer enn 5 heliografiske grader. Det er ellers ingen øvre grense for hvor lang en klasse C gruppe kan være.

- D** En bipolar gruppe med penumbra for flekker av begge polariteter. I praksis sier vi, jfr kommentaren under klasse C grupper, at gruppen har penumbra for begge polariteter dersom det finnes flekker med penumbra i begge endene av en avlang gruppe. En klasse D gruppe skal ikke overskride 10 heliografiske grader i noen retning (se klasse E og F grupper).
- E** En bipolar gruppe med penumbra for flekker av begge polariteter, og med total utstrekning mellom 10 og 15 heliografiske grader. Dette er altså bare en større versjon av klasse D grupper.
- F** En bipolar gruppe med penumbra for flekker av begge polariteter, og med total utstrekning på minst 15 heliografiske grader. Dette er altså bare en større versjon av klasse E grupper.
- H** En unipolar gruppe med penumbra. Tilhørende flekker er mindre enn 3 heliografiske grader fra penumbraen til hovedflekken (regnet fra ytterkanten av penumbraen til sentrum av naboflekken). Hovedflekken er nesten alltid den ledende flekken fra en tidligere bipolar gruppe som nå er på retur. Klasse H grupper blir til kompakte klasse D grupper dersom penumbraen overskrider 5 heliografiske grader i en eller annen retning.

Typiske eksempler er vist på figur 2 på side 25.

Klassifisering av hovedflekken i gruppen

Denne klassifiseringen utgjør andre (midterste) bokstavkode i Zürich-McIntosh systemet, og angis ofte med liten bokstav. Det er hovedflekkenes størrelse og form som skal karakteriseres. Kodene er :

- x** Enslig flekk uten penumbra. Bredden av halvskyggen (det eventuelle grå området rundt den mørke umbraen) fra umbraen og ut til ytterkant av halvskyggen må overskride 3 buesekunder for å kunne kalles penumbra. Tre buesekunder (3") tilsvarer ca. 1/600 av soldiameteren, og altså ca. 0.3 heliografiske grader. Den teoretiske grensen for oppløsning med 3.75cm, 7.5cm, 11.25cm og 20cm teleskoper er henholdsvis 3.04, 1.52, 1.01 og 0.57 buesekunder. Praktisk oppløsningsevne er noe dårligere (større antall buesekunder).
- r** Hovedflekkenes penumbra er rudimentær (ikke komplett / ufullstendig / uregelmessig). Normalt er rudimentær penumbra ufullstendig, har uregelmessig omriss med områder smalere enn 3 buesekunder og er lysere enn vanlig penumbra. Den har vanligvis en kornaktig fin struktur. Rudimentær penumbra er overgangssonen mellom fotosfærisk granulasjon og filamentær (trådformet) penumbra. Rudimentær penumbra er kun mulig å fastslå med direkte observasjon gjennom kikkert med solfilter eller ved fotografering. Det er umulig å observere den med projeksjonsmetoden. Ofte er dette gamle/rester av flekker.
- s** Hovedflekken er tett, symmetrisk og ligger midt inne i en symmetrisk, nesten sirkulær penumbra med filamentær (trådformet) finstruktur. Flekkens maksimale utstrekning (penumbraen medregnet) er mindre enn 2½ heliografiske grader. Solflekker med symmetrisk penumbra forandrer seg svært langsomt.
- a** Hovedflekken er asymmetrisk (ikke-symmetrisk), og dens penumbra er komplisert med filamentær (trådformet) finstruktur. Flekkens maksimale utstrekning (penumbraen medregnet) langs en meridian (lengdegrad, dvs. nord-sør retning på sola) er mindre enn 2½ heliografisk grad. Omrisset av asymmetrisk penumbra er uregelmessig (ikke sirkulær) med to eller flere umbra områder inne i penumbraen (disse er ikke nødvendigvis fysisk adskilt, men kan overlape hverandre delvis). Slike asymmetriske (a-type) solflekker forandrer seg fra en dag til den neste.
- h** Hovedflekken er en stor symmetrisk flekk med diameter større enn 2½ heliografisk grad. En h-type flekk er helt lik en s-type flekk bortsett fra at den altså er større.
- k** Hovedflekken er en stor asymmetrisk flekk tilsvarende en a-type flekk, men har større utstrekning enn 2½ heliografisk grad i øst-vest retningen på sola. Når utstrekningen (penumbraen medregnet) i øst-vest retning overskrider 5 heliografiske grader, så er det nesten sikkert at begge magnetiske polariteter eksisterer innen penumbraen. Da blir klassifikasjonen Dkc, Ekc eller Fkc avhengig av gruppens totale utstrekning.

Typiske eksempler er vist på figur 2 på side 25. Figur 3 på side 28 viser en del a- og s-type flekker.

Klassifisering etter fordeling av flekkene innad i gruppen

Denne klassifiseringen utgjør tredje (siste) bokstavkode i Zürich-McIntosh systemet, og angis ofte med liten bokstav. Det er fordelingen av flekkene innad i gruppen som skal karakteriseres. Kodene er :

- x** En enslig flekk. En unipolar gruppe er alltid av type x.
- o** Åpen (open = åpen) fordeling av flekkene. Området mellom den ledende og den avsluttende delen av gruppen (i tilnærmet øst-vest retningen på sola) er fri for flekker slik at gruppen synes å være tydelig delt i to områder med motsatt magnetisk polaritet. En åpen fordeling innebærer en relativt myk overgang (liten gradient) i magnetfeltet i det området hvor magnetfeltet skifter polaritet.
- i** En halvåpen (intermediate = intermediær) fordeling av flekkene. Noen flekker ligger også i området mellom den ledende og den avsluttende delen av gruppen (i tilnærmet øst-vest retningen på sola). Ingen av disse flekkene mellom ledende og avsluttende del av gruppen har penumbra.
- c** Kompakt/tett (compact = kompakt/tett) fordeling av flekkene. Området mellom den ledende og den avsluttende delen av gruppen (i tilnærmet øst-vest retningen på sola) har mange sterke flekker, hvorav minst en har penumbra. I ekstreme tilfeller er hele den kompakte gruppen innhyllt i en sammenhengende (kontinuerlig) penumbra. En kompakt gruppe innebærer en relativt skarp overgang (stor gradient) i magnetfeltet i det området hvor magnetfeltet skifter polaritet.

Typiske eksempler er vist på figur 2 på side 25.

Aktivitetstall for de ulike Zürich-McIntosh gruppene

Det finnes 60 aktuelle klassifiseringer av solflekker/solflekkgrupper. Males klassifiseringsverdier (CV-verdier) for hver av disse er satt opp i de to tabellene som følger. Den første er ordnet alfabetisk, mens den andre er ordnet etter stigende klassifiseringsverdi. Høy klassifiseringsverdi betyr en flekk/gruppe som sannsynligvis har sterk solaktivitet og sterk overlevelseskraft.

Tabell 1 : Klassifiseringsverdier (CV-verdier) for Zürich-McIntosh grupper sortert alfabetisk.

Axx = 1	Cki = 39	Dai = 22	Dko = 43	Eai = 23	Eko = 44	Fai = 24	Fko = 45	Hhx = 40
Bxi = 3	Cko = 38	Dao = 19	Dri = 16	Eao = 20	Eri = 17	Fao = 21	Fri = 18	Hkx = 37
Bxo = 2	Cri = 6	Dhc = 58	Dro = 13	Ehc = 59	Ero = 14	Fhc = 60	Fro = 15	Hrx = 4
Cai = 9	Cro = 5	Dhi = 52	Dsc = 34	Ehi = 53	Esc = 35	Fhi = 54	Fsc = 36	Hsx = 10
Cao = 8	Csi = 12	Dho = 49	Dsi = 28	Eho = 50	Esi = 29	Fho = 51	Fsi = 30	
Chi = 42	Cso = 11	Dkc = 55	Dso = 25	Ekc = 56	Eso = 26	Fkc = 57	Fso = 27	
Cho = 41	Dac = 31	Dki = 46	Eac = 32	Eki = 47	Fac = 33	Fki = 48	Hax = 7	

Tabell 2 : Klassifiseringsverdier (CV-verdier) for Zürich-McIntosh grupper sortert etter verdi.

Axx = 1	Cao = 8	Fro = 15	Dai = 22	Esi = 29	Fsc = 36	Dko = 43	Eho = 50	Fkc = 57
Bxo = 2	Cai = 9	Dri = 16	Eai = 23	Fsi = 30	Hkx = 37	Eko = 44	Fho = 51	Dhc = 58
Bxi = 3	Hsx = 10	Eri = 17	Fai = 24	Dac = 31	Cko = 38	Fko = 45	Dhi = 52	Ehc = 59
Hrx = 4	Cso = 11	Fri = 18	Dso = 25	Eac = 32	Cki = 39	Dki = 46	Ehi = 53	Fhc = 60
Cro = 5	Csi = 12	Dao = 19	Eso = 26	Fac = 33	Hhx = 40	Eki = 47	Fhi = 54	
Cri = 6	Dro = 13	Eao = 20	Fso = 27	Dsc = 34	Cho = 41	Fki = 48	Dkc = 55	
Hax = 7	Ero = 14	Fao = 21	Dsi = 28	Esc = 35	Chi = 42	Dho = 49	Ekc = 56	

Beregning av total solaktivitet

Summen av CV-verdiene for hver enkelt gruppe (inkludert enslige flekker) brukes som tall for solaktiviteten på det aktuelle tidspunktet. Det regnes også ut en k-faktor slik som for relativnummer systemet. Denne faktoren regnes ut som gjennomsnittlig CV for alle observatørene i CV-Helios Network dividert på ditt eget gjennomsnitt for samme periode. Dersom ditt gjennomsnitt f.eks. er 178 når gjennomsnittet for alle observatørene er 181, så blir din k-faktor lik $178/181 = 0,983$. Et stort CV-tall betyr

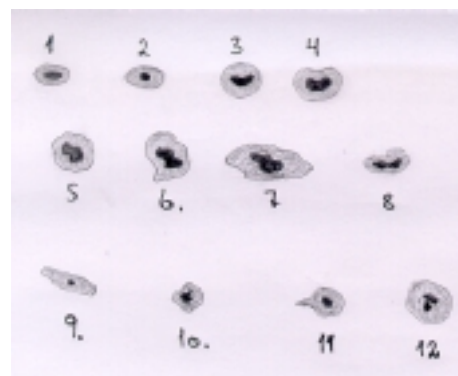
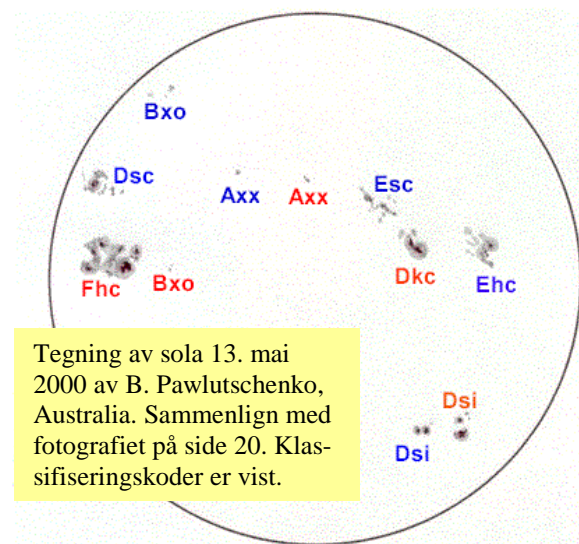
høy solaktivitet. Verdier både for den sørlige og nordlige halvkulen, og totalt for hele den synlige solskiven, er interessante. Pr. i dag beregnes imidlertid ikke separate verdier for nord og sør fordi svært få observatører i CV-Helios Network etter hvert sendte separate nord- og sør verdier. Månedsverdier regnes ut som gjennomsnittet for alle dagene i måneden.

Eksempel :

Anta at vi har funnet 2 stk Axx grupper (enslige flekker uten penumbra), 1 stk Hsx gruppe (enslig flekk med symmetrisk penumbra under 2½ heliografisk grad) og 1 stk Ekc gruppe (gruppe med utstrekning på mellom 15 og 20 heliografiske grader med penumbra både i ledende og avsluttende ende av gruppen, og med mange sterke flekker, hvorav minst en med penumbra, mellom den ledende og avsluttende enden av gruppen. Hovedflekken har asymmetrisk umbra og penumbra med total utstrekning på mer enn 2 1/2 heliografiske grader).

Dette gir $CV = 2 * Axx + Hsx + Ekc = 2 * 1 + 10 + 56 = 68$.

Legg merke til at en Axx flekk bidrar med $CV = 1$ og en Hsx flekk med $CV = 10$. I relativnummer systemet bidrar Axx flekken med $R = 10 * 1 + 1 = 11$ ($'g' = 1$ og $'f' = 1$), og det samme gjør Hsx flekken. Det er altså fundamentale forskjeller i de to systemenes vurdering av visse typer flekker/grupper.



Figur 3 : Ovenfor : Nr. 1, 2, 4, 7, 8, og 9 er asymmetriske (a-type) flekker. Nr. 6 er på grensen mellom symmetrisk (s-type) og a-type, mens de andre er s-type flekker. Til venstre : Eksempler på klassifisering av grupper.

Avsluttende bemerkninger

En av de største utfordringene er å lære seg hvor stor en heliografisk grad er slik at man vurderer gruppens totale utstrekning og hovedflekkenes størrelse korrekt, og om halvskyggen er stor nok til å klassifiseres som penumbra. En annen utfordring er å vurdere om to nærliggende grupper/flekker faktisk tilhører en eller to grupper. Forskjellen mellom symmetriske og asymmetriske flekker kan også være litt vanskelig å vurdere.

På Malde's CV-Helios Nettverk internettssider (<http://www.cv-helios.net/>) finner du utfyllende informasjon om Malde's system og rapportskjemaer for solobservasjoner med dette. Der finner du også innmeldingsskjema til CV-Helios nettverk som nevnt i "Innledning" helt fremst).

CV-Helios nettverk hadde pr. juni i år 73 medlemmer, hvorav 44 rapporterte i fjor. Medlemmene kommer fra til sammen 17 land og utførte 6107 observasjoner i 1999. Dette er en klar forbedring fra året før. To TAF medlemmer er med i nettverket; Thomas Jacobsson og jeg.

Bli solobservatør du også da vel....

Da gjenstår det bare å ønske lykke til med observasjonen, og å takke Kjell Inge Malde på det varmeste for mange verdifulle kommentarer til denne artikkelen.

Stjernehimmelen i juni-august

Av Terje Bjerkgård

Stjernehimmelen nå om sommeren er svært lys, og særlig her så langt nord. Det er derfor begrenset hva en kan observere nå om sommeren. Det er bare de sterkeste stjernene som er synlig midt på natten, og i sør troner det såkalte **Sommertriangleret** som utgjøres av stjernene Vega i Lyra (Lyren), Deneb i Cygnus (Svanen) og Altair i Aquila (Ørnen). Det er alt for lyst til å observere tåker, galakser og stjernehoper. Imidlertid er dobbeltstjerner noe man kan forsøke seg på fra sensommeren av. **Solaktiviteten** er nok likevel det mest spennende. Maksimum ventes i juli. De som er nord for 67°N kan forsøke seg på en **delvis solformørkelse** som er på sitt beste ca. kl. 03:30 den 31. juli. Sør for dette har ikke sola stått opp før det hele er over. Tromsø f.eks.: Start: 02:52, maks.: 03:32 (45,3%), slutt: 04:13.

For de som drar til sørligere breddegrader, er et annet spennende objekt **kometen C/1999 S4 Linear** som kan nå 4. magnitudo i begynnelsen av juli. Trolig er 6. magnitudo mer realistisk. Den beveger seg oppover på himmelen fra Triangulum og inn i Perseus og Andromeda i løpet av juni, mens den blir stadig mer lyssterk. Med sola stående i Taurus og etterhvert Gemini og like under horisonten er den nærmest umulig å se her fra Trondheim. De som drar til Sør-Norge kan jo forsøke.

Planetene står svært ugunstig til hele sommeren, like ved Sola. Det går an å forsøke å se etter dem på høylys dag med en prismekikkert eller et lite teleskop. Pass da bare på at ikke sola kan komme inn i synsfeltet! For å finne dem kan f.eks. Skymap Pro (demoversjonen er god nok) brukes for å finne avstanden fra sola og et kompass for å sikte inn vinkelen.

Det er en interessant meteorsverm i slutten av juni, nemlig **Bootidene** som har maksimum 27. juni. Denne hadde en uventet høy timerate i 1998 med over 50 stjerneskudd i timen. Disse er også usedvanlig langsomme meteoror med hastigheter under 20 km/s. Utstrålingspunktet (radianten) ligger like over draget i Karlsvogna. Men igjen må man langt sørover for å få mørk nok himmel.

Når vi kommer inn i august begynner himmelen endelig å bli mørkere. Da kan vi se fram til meteorsvermen **Perseidene**. Den begynner allerede 17. juli og varer helt fram til 24. august, med maksimum 12-13. august. Den er kjennetegnet ved mange lyssterke meteoror, ofte med røykspor. Typiske rater er rundt 100 meteoror i timen ved maksimum, men vi kan neppe håpe på å se mer enn kanskje ¼ av dette med de lyse augustnettene her i Trøndelag. I år kan det bli enda dårligere siden vi dessverre har nesten fullmåne rundt maksimum, men noe vil vi nok likevel kunne se. Fullmånen står for øvrig alltid lavt om høsten slik at den sjenerer mindre enn den ellers ville gjort. Radianten ligger like over Perseus i retning Cassiopeia. Dette er ca. 60 grader over horisonten mot øst/sør-øst ved midnatt. Ratene er normalt under 25 stjerneskudd i timen ved perfekte forhold utenfor tidsrommet 10-15. august. Det beste du kan gjøre er å se mot det mørkeste området på himmelen i perioden 23:30 til 01:30 siden sola er på sitt laveste rett i nord kl. 00:23 den 13. august. Dette blir gjerne mot sør og høyt opp på himmelen.

Dobbeltstjerner

Dobbeltstjerner er stjerner som står svært nær hverandre på himmelen. Visuelt sett må 4. mag. stjerner være nærmere hverandre enn 20" (buesekunder), 6. mag. stjerner nærmere enn 10", 9. mag. stjerner nærmere enn 5" og 11. mag. stjerner nærmere enn 3" for å kunne kalles dobbeltstjerner. De kan være optisk nær uten å ha noe med hverandre å gjøre, men de mest interessante er de som kretser rundt et felles tyngdepunkt, altså er fysiske dobbeltstjerner. Hvor tette dobbeltstjerner en kan se avhenger vesentlig av kikkertens objektivdiameter. Følgende formel brukes :

Oppløselig dobbeltstjerneavstand i buesekunder = 11.7 buesekunder/objektivdiameter i cm.

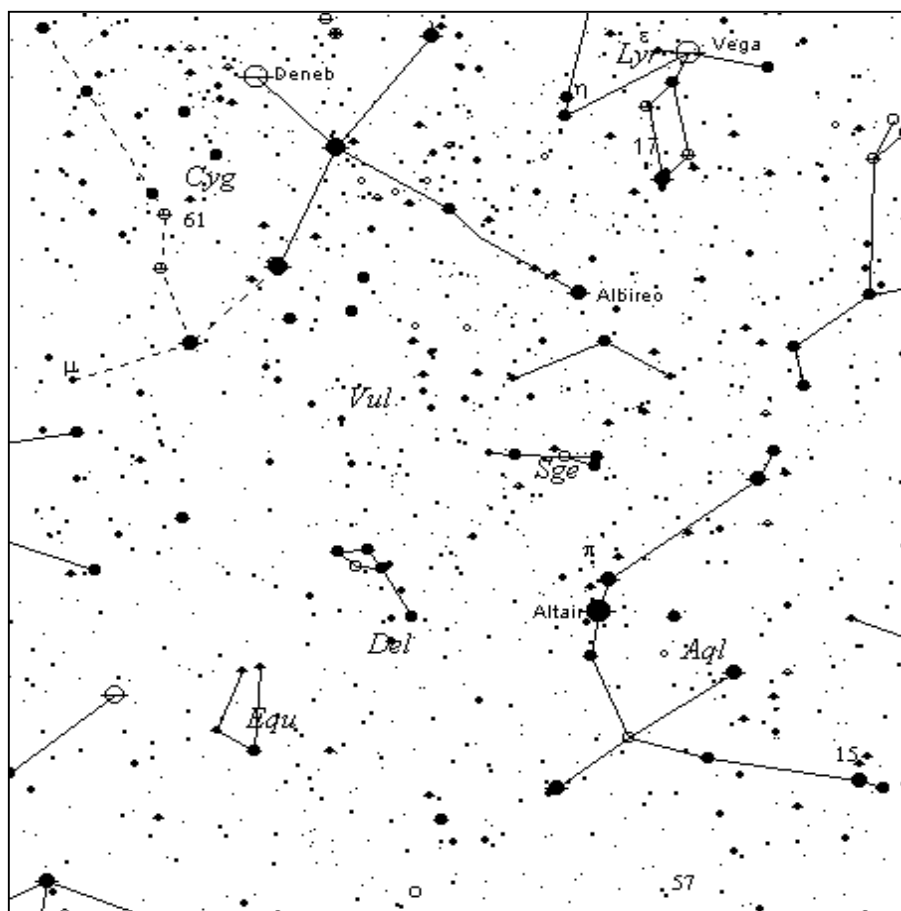
En grad = 60 bueminutter = 60*60 buesekunder = 3600 buesekunder. Avstanden fra horisonten til senit (rett opp) er 90 grader.

Det vil si at en 100 mm kikkert skal kunne oppløse dobbeltstjernepar så tette som 1.2". Dette forutsetter at stjernene har samme lysstyrke og at lufta er helt klar. Dobbeltstjerner er således veldig godt egnet til å teste et teleskops optiske kvalitet.

Tabell 1 : Noen fine dobbeltstjerner i Sommertriangleret (se også kart). Posisjonene er oppgitt i 2000 koordinater.

Stjerne	Posisjon (Ra/dec.)	Lysstyrker - farger	Separasjon/kikkert
15 Aql	19t 05m/-4° 02′	7.2/5.2 – rød/rød	38" – prismekikkert
57 Aql	19t 55m/-8° 13′	5.8/6.5 – blå/blå	36" – prismekikkert
π Aql	19t 49m/+11° 49′	6.2/6.8 – hvit/blåhv	1.5" – 5-tommer
β Cyg (Albireo)	19t 31m/+27° 58′	3.2/5.4 – rød/blå	35" – prismekikkert (10 x forst.)
61 Cyg	21t 07m/+38° 45′	5.5/6.4 – rød/rød	27" – kraftig prismekikkert
μ Cyg	21t 44m/+28° 44′	6.1/4.7 – hvit/hvit	1.8" – 5-tommer
ϵ Lyr	18t 44m/+39° 37′	4.7/4.5 – blåhv/blåhv	209" – synstest (uten kikkert)
ϵ_1 Lyr	18t 44m/+39° 37′	6.0/5.1 – blåhv/blåhv	2.8" – 3-tommer
ϵ_2 Lyr	18t 44m/+39° 37′	5.1/5.4 – blåhv/blåhv	2.3" – 3-tommer
η Lyr	19t 14m/+39° 08′	4.5/8.7 – blå/blå	28" – 4-tommer
17 Lyr	19t 07m/+32° 30′	5.0/9.4 – blåhv	3.7" – 6-tommer

Særlig er **Albireo** fin med en blå og en tydelig rød stjerne. Kvadrupelstjernen **ϵ Lyrae** er jo også kjempeflott! **61 Cygni** er i tillegg til å være en fin dobbeltstjerne, også den 4. nærmeste stjernen, bare 11.1 lysår unna. Det var også den første stjernen man klarte å finne avstanden til, allerede i 1838.



Figur 1 : Sommertriangleret er et velkjent "stjernebilde" på sommerhimmelen. Kartet viser også dobbeltstjernene i tabellen over.