

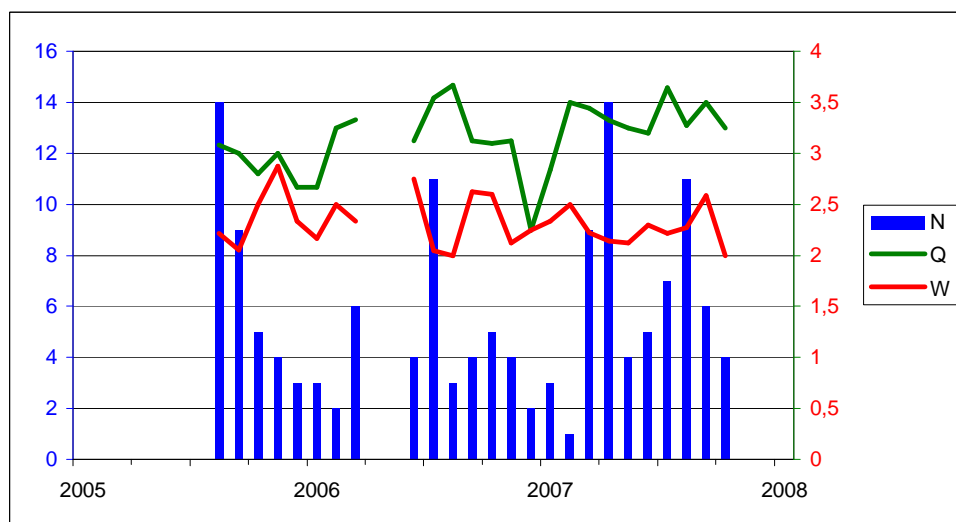
## 2 jaar protuberansenwaarnemingen met een PST

Jan Janssens – 8 november 2007

### Inleiding

Sinds juni 2005 neem ik de zon waar in H-alfa met een PST (33x), volgens de methodiek van de Werkgroep Zon<sup>1</sup>. Hierbij wordt per hemisfeer het protuberansengetal  $R_p$  en het aantal haarden  $H$  (protuberansengroepen) bepaald. Vanaf augustus werden er systematisch tekeningen gemaakt en werden ook de posities van de protuberansen bepaald. Uit de tekeningen kunnen allerhande eigenschappen van de protuberansen worden afgeleid, zoals bijvoorbeeld de hoogte. De posities van de protuberansen worden bepaald door tijdsmeting<sup>2</sup>. Hierdoor kan elke hemisfeer ook opgedeeld worden in een hoofdzone (van  $0^\circ$  tot  $50^\circ$  breedte) en een polaire zone (van  $50^\circ$  tot  $90^\circ$  breedte).

De hier gepresenteerde resultaten hebben enkel betrekking op protuberansen, en behelzen de periode augustus 2005-oktober 2007 tijdens dewelke er 143 waarnemingen werden gedaan (Figuur 1). Er waren geen waarnemingen in april-mei 2006, wegens herstellingen aan de PST. Bij het afgladden van de resultaten werd hiermee rekening gehouden. De seeing vertoont een seizoensvariatie rond  $Q=3$ , de achtergrondhelderheid (Wedel) is vrij stabiel rond  $W=2,3$ .



Figuur 1. Evolutie van het maandelijks aantal waarnemingen  $N$ , de seeing  $Q$  en de doorzichtigheid  $W$ .

### Vergelijking met BAA

Net zoals de Belgische Werkgroep Zon (BSO) publiceert ook de Britse Werkgroep Zon (BAA) haar resultaten maandelijks in een Nieuwsbrief<sup>3</sup>. Hierin is telkens een volledige sectie gewijd aan H-alfa waarnemingen, waarbij tevens de MDPF (Mean Daily Prominence Frequency) wordt gemeld. De definitie van “MDPF” (BAA) is dezelfde als deze voor “H” (BSO), maar al na enkele maanden bleek dat de BSO-cijfers een stuk hoger lagen dan deze van de BAA. In een studie<sup>4</sup> eind vorig jaar bleken de voornaamste redenen hiervoor dat de BSO losse (“detached”) protuberansen meetelde, en dat –naar analogie met de Duitse werkgroep Sonne- een protuberans reeds geteld werd als diens hoogte 1% van de zonneradius

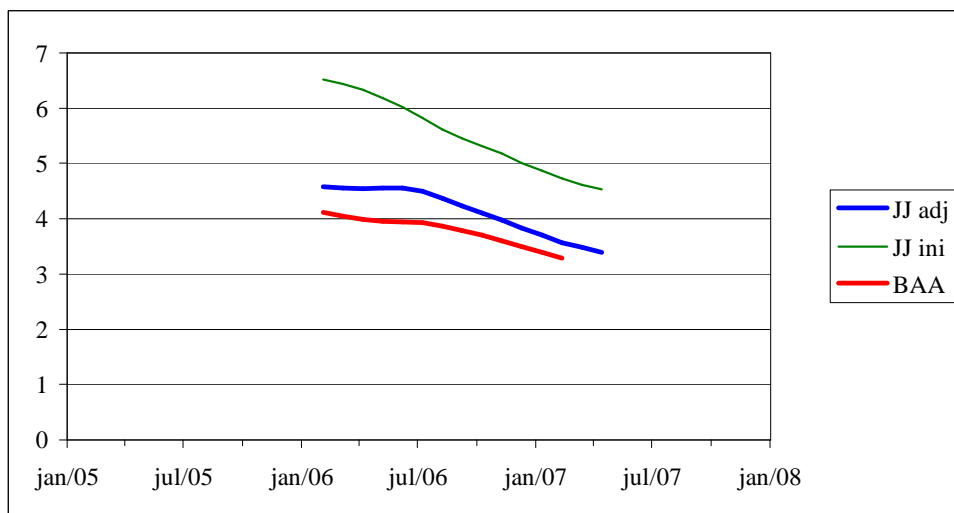
<sup>1</sup> <http://users.telenet.be/j.janssens/Halpha/Halfa.html>

<sup>2</sup> <http://users.telenet.be/j.janssens/Halpha/Halfa.html#Kruisdraad>

<sup>3</sup> <http://britastro.org/solar/> (BAA), <http://www.bso.vvs.be/> (BSO)

<sup>4</sup> <http://users.telenet.be/j.janssens/Halpha/Halfa.html#BAA>

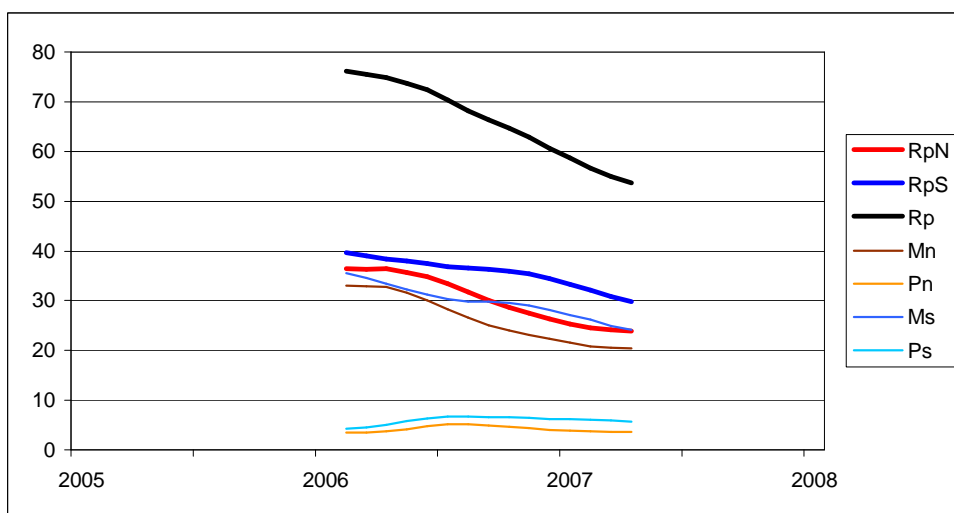
bedroeg. BAA telt ook geen actieve protuberansen, maar deze waren over de beschouwde periode van geen invloed. Als al mijn oorspronkelijke resultaten hiervoor “aangepast” worden (JJ adj), komen de nieuwe waarden veel dichterbij die van de BAA te liggen (Figuur 2). Het kleine –weliswaar systematische- verschil is vermoedelijk een gevolg van lichtzwakke protuberansen die niet door BAA-leden werden gezien. Een neteliger probleem vormen de grote maand-tot-maand variaties. Tussen JJ adj en BAA is de correlatie  $r^2$  voor de afgegladde waarden uitstekend (0,98), maar voor de niet-afgegladde waarden bedraagt ze slechts 0,42. Mogelijk speelt mijn laag en grillig aantal waarnemingsdagen per maand hier een rol.



Figuur 2. Het afgegladde aantal protuberansen ( $H$ ) – JJ ini zijn mijn oorspronkelijke resultaten, JJ adj zijn mijn aangepaste resultaten, en BAA zijn de waarden van de Britse werkgroep zon.

### Evolutie van het protuberansengetal

Het protuberansengetal  $R_p$  kan opgesplitst worden per zonnehemisfeer, en deze gebieden kunnen dan op hun beurt worden verdeeld in een hoofdzone (gebied tot  $50^\circ$  breedte) en een polaire zone (gebied buiten de hoofdzone). De evolutie van al deze parameters wordt weergegeven in Figuur 3.



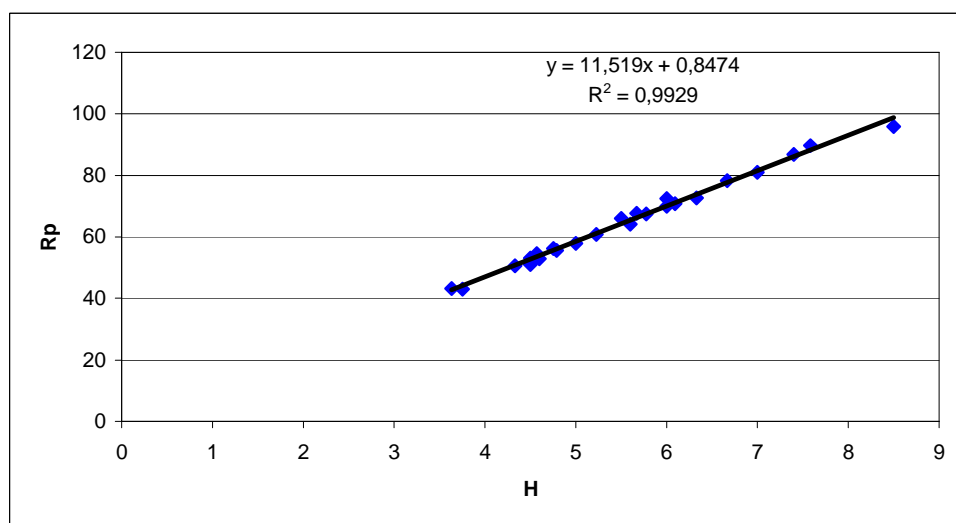
Figuur 3. Evolutie van het protuberansengetal

Dat de protuberansenactiviteit op het zuidelijke halfrond hoger is dan deze op het noordelijke, en dit zowel in de hoofdzone als in de polaire zone, valt onmiddellijk op. De algemene daling

doet zich vooral in de hoofdzones voor, in tegenstelling tot de polaire zones, waar het protuberansengetal vrij stabiel is. In de noordelijke hoofdzone lijkt er een (tijdelijk?) einde te zijn gekomen aan deze daling. Aangezien zowel visueel (zonnevlekken) als in H-alfa de noordelijke hemisfeer ongeveer een jaar voorop lijkt te lopen, is het interessant vooral de evolutie op deze hemisfeer te volgen. Volgens Roth et al.<sup>5</sup> verschijnen polaire protuberansen ongeveer 2 jaar voor het vlekkenminimum, en bereikt het aantal protuberansen uit de hoofdzone een minimum ongeveer 1 jaar voor het vlekkenminimum. Een vlekkenminimum voor 2008 behoort dus zeker tot de mogelijkheden, maar 2009 is op dit moment ook nog niet uit te sluiten.

### **Protuberansenhaarden en protuberansengetal**

Tijdens de laatste werkgroepvergadering (oktober 2007) werd opgemerkt dat er een grote correlatie bestond tussen het aantal haarden H en het protuberansengetal Rp. Analyse van mijn eigen waarnemingen bevestigt deze relatie (Figuur 4). De correlatie  $r^2$  van 0,99 duidt er op dat één van de 2 parameters overbodig is. Het is trouwens opvallend dat het protuberansengetal Rp enkel gebruikt wordt door het Duitse “Sonne”. Ter herinnering: Rp werd door Sonne ingevoerd als een minder arbeidsintensief alternatief voor de “Prominence Profile Area”<sup>6</sup>, waarmee de professionele astronoom de chromosferische activiteit bepaalt. Het lijkt mij in ieder geval een goed idee om Rp te blijven bepalen over een volledige zonnecyclus. Als de correlatie tussen H en Rp even goed blijft en/of geen systematische verandering vertoont, kan alsnog besloten worden om Rp te laten vallen.



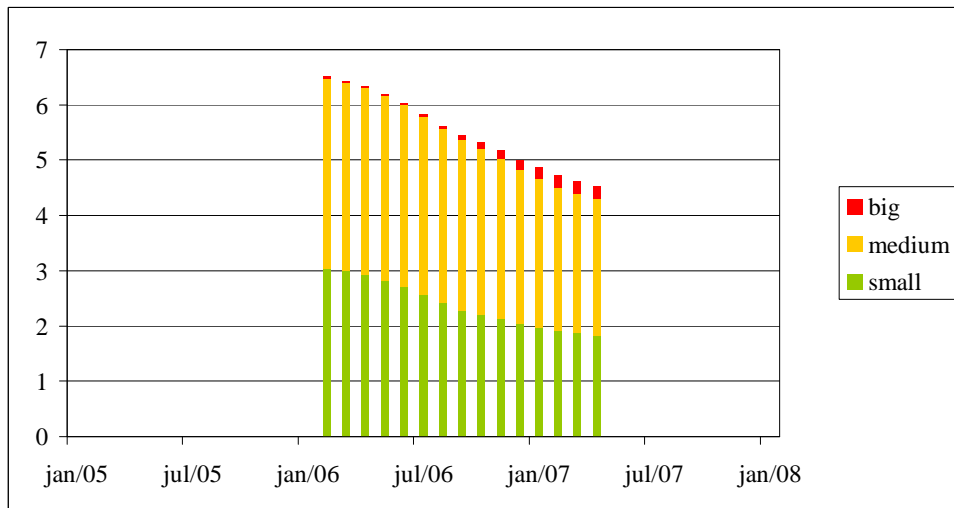
Figuur 4. Er bestaat een bijna perfecte correlatie tussen het maandelijks aantal protuberansen H en het protuberansengetal Rp.

### **Grootte van de protuberansenhaarden**

Uit de tekeningen kan de grootte van de protuberansen worden bepaald op basis van de hoogte boven de zonnerrand. In deze analyse werd een haard als klein beschouwd indien zijn hoogte kleiner dan 5% van de zonnestraal was, groot indien zijn hoogte meer dan 15% van de zonnestraal bedroeg, en medium voor alle daartussen liggende waarden<sup>6</sup>. Losse protuberansen werden eveneens in de resultaten opgenomen.

<sup>5</sup> G.D. Roth, *Compendium of Practical Astronomy*, Vol. 2, pp. 39, Springer-Verlag, 1994

<sup>6</sup> <http://users.telenet.be/j.janssens/Halpha/Halfa.html#Grootte>



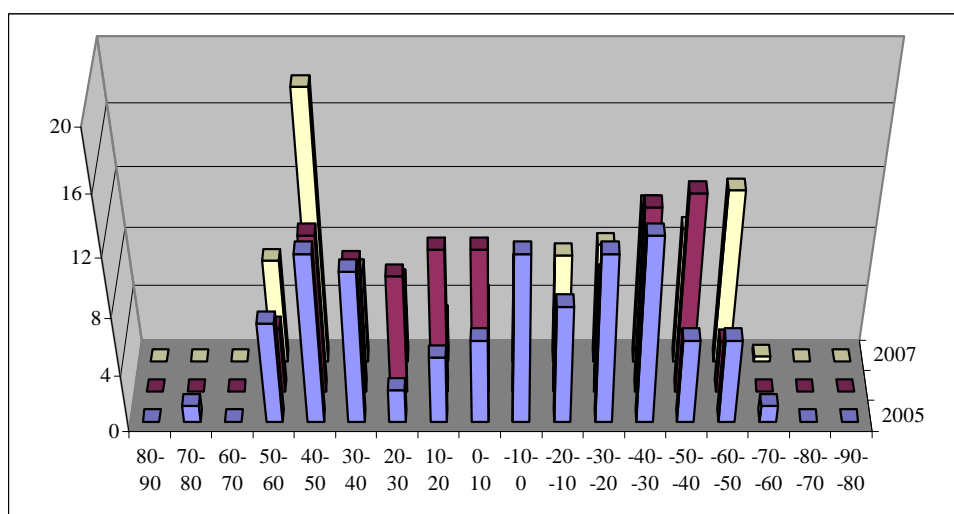
Figuur 5. Evolutie van het aantal kleine, middelmatige en grote protuberansen

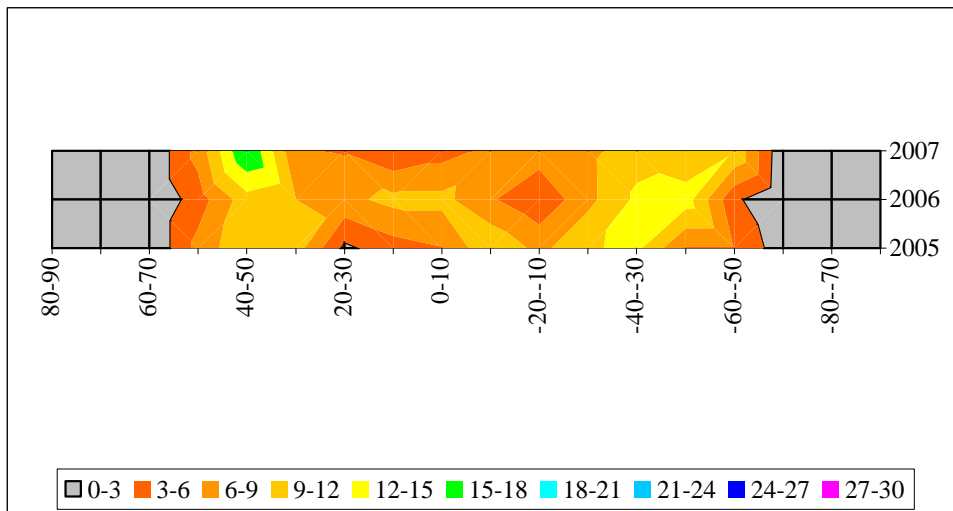
Uit figuur 5 blijkt dat zowel de kleine als middelmatige protuberansen in anderhalf jaar tijd met ongeveer 30% zijn afgenomen. De toename van het aantal grote protuberansen is niet echt: het is te wijten aan de ene waarneming in februari 2007 waar er toevallig ook een grote protuberans was. Hierdoor is het maandelijkse gemiddelde aan grote protuberansen onnatuurlijk hoog voor die maand.

### Breedteverdeling van de protuberansenhaarden

Door middel van tijdsmeting werd de breedte van de waargenomen protuberansen bepaald. Hierbij werd steeds rekening gehouden met het meest polaire punt van de protuberansengroep. Het jaarlijks aantal kan dan in breedtebanden van  $10^\circ$  worden ondergebracht, en vervolgens procentueel worden weergegeven. Dat laatste is nodig wegens het ongelijk aantal waarnemingsdagen en –maanden over de beschouwde jaren.

Hoewel er nog steeds behoorlijk wat protuberansen in de hoofdzone verschijnen (ondanks de lage zonneactiviteit), is een geleidelijke verschuiving naar hogere breedten merkbaar. Voor het zuidelijke halfrond lijkt deze beweging wat sneller te verlopen dan voor het noordelijke halfrond, en zijn er –procentueel- al aardig wat protuberansen in de polaire zone ( $-50^\circ$ – $-60^\circ$ ).



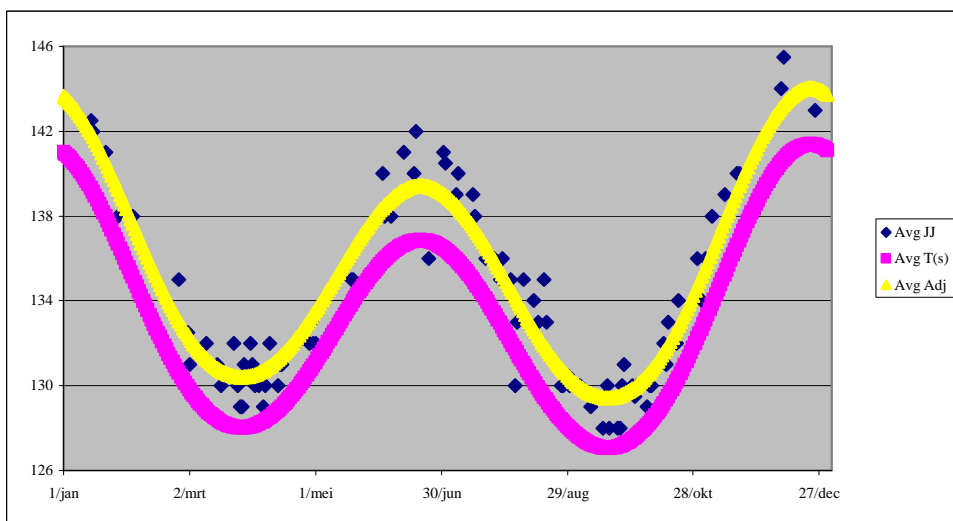


Figuur 6a en 6b. Evolutie van het jaarlijks procentueel aantal protuberansen volgens de breedtegraad. De figuur bovenaan geeft deze weer in een balkdiagram, de figuur onderaan toont een oppervlaktediagram. Een geleidelijke verschuiving naar en verhoogde intensiteit op hogere breedtes is merkbaar.

### De dikte van de chromosfeer

Voor de bepaling van de breedtelegging van de protuberansen is de tijd nodig die de zon nodig heeft om volledig over zijn diameter heen te trekken. Deze varieert doorheen het jaar, en is afhankelijk van de afstand aarde-zon en de declinatie van de zon. Deze tijden zijn te vinden op mijn website<sup>7</sup>.

Wanneer voor mijn waarnemingen de waargenomen tijden worden uitgezet in 1 jaar, dan blijkt deze jaarlijkse variatie eveneens te bestaan. Er is echter een duidelijk verschil: de bekomen waarden zijn ongeveer 2,5 seconden groter dan de berekende (Figuur 7). Aangezien deze berekende waarden eigenlijk voor de fotosfeer zijn (straal van de zon = 696.000 km), zou hieruit kunnen besloten worden dat de dikte van de chromosfeer 13.000 km bedraagt. Er zijn echter invloeden in de waarnemingen die toch tot enige voorzichtigheid nopen.



Figuur 7. Evolutie van de doorlooptijd van de zon in H-alfa en vergelijking met de berekende waarden voor de fotosfeer. De best passende kromme ligt ongeveer 2,5 seconden hoger, wat overeen zou komen met een dikte van de chromosfeer van 13.000 km.

<sup>7</sup> <http://users.telenet.be/j.janssens/Observeren.html#Solcoörd>

Eén van de mogelijke invloeden is ongetwijfeld dat de doorlooptijden van de zon slechts tot op de seconde nauwkeurig worden bepaald met een niet-digitale horloge. Dat is voldoende om de breedte van protuberansen af te leiden, maar draagt ongetwijfeld bij tot systematische fouten indien men de dikte van de chromosfeer wil bepalen. Een andere invloed is er ook van het feit dat de zon, bij tijdsmeting, eigenlijk perfect parallel moet lopen met de kruisdraad, en een geringe afwijking snel grote verschillen in de doorlooptijd tot gevolg heeft. Om de afwijking van 2,5 seconden te verklaren, zou de kruisdraad  $11^\circ$  haaks moeten staan op de bewegingsrichting van de zon. Een dergelijk grote afwijking zou echter zijn invloed moeten hebben op de posities van de protuberansen. Afgaande op positievergelijkingen met Rik Blondeel<sup>8</sup> en Solar Monitor<sup>9</sup>, is dit zeker niet het geval: de afwijking bedraagt hooguit 2 graden.

De dikte van de chromosfeer is ongeveer 2.000 km. Deze waarde is echter een astrofysische grootte die niets anders dan de hoogte weergeeft waarop de temperatuur in de zonnatmosfeer plots toeneemt<sup>10</sup>. Visueel wordt de chromosfeer bepaald door de spikulen die een gemiddelde hoogte tot 9.000 km kunnen halen<sup>11</sup>. Aangezien de PST een resolutie haalt van slechts 4 boogseconden, hoeft het geen verwondering dat de chromosfeer er door deze telescoop een stuk dikker uitziet. Met een nauwkeuriger tijdsmeting ligt een betere bepaling van de dikte van de chromosfeer dan ook zeker in het bereik.

### **Conclusies**

Hoewel er nog maar twee jaar aan H-alfa waarnemingen beschikbaar zijn, kunnen er reeds interessante resultaten uit afgeleid worden. De evoluties van de diverse parameters worden ongetwijfeld duidelijker naarmate de zonnecyclus verder vordert.

---

<sup>8</sup> <http://www.bso.vvs.be/blondeel.php>

<sup>9</sup> <http://www.solarmonitor.org/index.php>

<sup>10</sup> K.J.H. Phillips, *Guide to the Sun*, pp. 109, Cambridge University Press, 1992

<sup>11</sup> K.J.H. Phillips, *Guide to the Sun*, pp. 107, Cambridge University Press, 1992