

Manuale AAVSO per l'osservazione del Sole

Versione 1.1 – Ottobre 2017



AAVSO

49 Bay State Road
Cambridge, MA 02138
phone: +1 617 354-0484
email: aavso@aavso.org

Copyright 2017 AAVSO
ISBN 978-1-939538-38-3

Indice

Capitoli:		<i>pagina</i>
1.	Introduzione e scopo	2
2.	Nota relativa alla sicurezza	3
3.	Metodi di osservazione	5
4.	Strumentazione	7
5.	Osservare e registrare le macchie solari	13
6.	Inviare le osservazioni	16
7.	Classificazione delle macchie solari	17
8.	Risorse	18
 Appendici:		
A	Il seeing	19
B	La classificazione di Zurigo	22
C	Classificazione di McIntosh	24
D	Orientamento del disco solare	25

1. Introduzione e scopo

Il Sole è la stella variabile più vicina a noi ed è estremamente interessante da osservare in quanto presenta un'ampia casistica di fenomeni facilmente accessibili al dilettante. L'attività principale della AAVSO Solar Section è il programma di monitoraggio delle macchie solari per mezzo del quale viene calcolato l'American Relative Sunspot Number (RA). Il programma iniziò nel 1944 quando in seguito alla difficoltà di ottenere dalla Svizzera i conteggi ufficiali delle macchie solari, venne fondato il Solar Committee. L'AAVSO American Relative Sunspot Program fornisce perciò un indice di attività solare indipendente per l'utilizzo da parte dei ricercatori di tutto il mondo.

Lo scopo del programma è quello di mantenere un data base di lungo termine di osservazioni visuali dell'attività maculare solare. La continuità con le osservazioni effettuate nel passato è ottenuta effettuando stime visuali del numero di macchie e gruppi di macchie attraverso filtri per l'osservazione telescopica in luce bianca.

L'intento di questa guida è quello di istruire il lettore sul metodo da seguire per effettuare osservazioni affidabili delle macchie solari su base giornaliera. L'obiettivo è duplice: da un lato è quello di incoraggiare e mantenere un gruppo di osservatori esperti che assicurino la consistenza con le osservazioni nel data base di lungo termine, dall'altro quello di incoraggiare l'osservazione del Sole in sicurezza.

Ringraziamenti

Autori principali:

Frank Dempsey

Raffaello Braga

Contributi di:

Rodney Howe, Solar Section Chair

Dr. Kristine Larsen

Dr. B. Ralph Chou (*raccomandazioni per l'osservazione sicura del Sole*)

Tom Fleming (*informazioni riportate nelle appendici*)

Traduzione dall'inglese di:

Raffaello Braga

2. Nota relativa alla sicurezza - LEGGERE CON ATTENZIONE

L'osservazione del Sole è una pratica potenzialmente pericolosa che richiede l'adesione a stretti protocolli di sicurezza. Il Sole occupa una posizione unica tra gli astri studiati dall'AAVSO a causa della sua intensa luminosità, e la raccomandazione più importante in questo caso è quella di osservare senza correre rischi. Se siete incerti a proposito delle raccomandazioni riportate nel seguito relative alla sicurezza e alla strumentazione, chiedete consiglio agli autori della presente guida prima di intraprendere qualunque osservazione del Sole con gli strumenti a vostra disposizione.

L'osservazione del Sole, anche per un brevissimo istante, attraverso un telescopio sprovvisto di adeguati filtri di sicurezza può comportare danni irreversibili agli occhi!

Il metodo più sicuro per osservare la fotosfera solare con un telescopio consiste nell'utilizzare il metodo della proiezione attraverso un rifrattore (vedi Sezione 3 di questo manuale).

Mai osservare direttamente il Sole senza la protezione di un filtro specificamente progettato allo scopo.

Il rischio derivante dall'osservare il Sole direttamente (cioè non per proiezione) attraverso un telescopio può venire ridotto a livelli accettabili utilizzando un filtro da installare di fronte all'apertura del telescopio (Sezione 3). In questo modo si impedisce alla maggior parte della radiazione visibile, UV e infrarossa di entrare nel telescopio e raggiungere l'occhio dell'osservatore. I filtri solari di questo tipo devono essere fissati all'apertura del telescopio in modo che non possano accidentalmente cadere o essere spostati dal vento durante l'osservazione.

Se pensate di osservare il Sole direttamente, il filtro va messo in modo che copra per intero l'apertura del telescopio oppure, nel caso l'obiettivo venga diaframmato, l'apertura ridotta determinata dal diaframma. Vi sono in commercio molti materiali adatti a filtrare la luce del Sole in sicurezza, come i films metallici applicati a substrati in vetro o in polimero. L'osservatore deve acquistare solamente materiali filtranti certificati specificamente per l'osservazione visuale del Sole, evitando soluzioni fai-da-te che possono risultare pericolose. Sia che venga utilizzato un filtro frontale sia che si impieghi un prisma di Herschel, l'utilizzo di questi dispositivi deve essere effettuato seguendo le istruzioni del costruttore.

I filtri scuri che si avvitano agli oculari sono pericolosi e non devono mai essere impiegati.

Osservando col metodo della proiezione, il calore del Sole concentrato nel fuoco del telescopio può rappresentare un pericolo per il telescopio stesso, in particolare per i cannocchiali cercatori e per gli oculari con lenti cementate. E' consigliabile iniziare l'osservazione col fuocheggiatore in una posizione lontana da quella che normalmente si userebbe per l'osservazione diretta e pian piano fuocheggiare l'immagine sullo schermo. E' altresì raccomandabile l'utilizzo di oculari privi di lenti cementate, come gli Huygens e i Ramsden, facili da trovare a poco prezzo nel mercato degli oculari da microscopio (da adattare al portaoculari tramite un apposito raccordo). Il barilotto di questi oculari non deve contenere parti in materiale plastico che potrebbero fondere. E' inoltre necessario coprire l'obiettivo del cannocchiale cercatore o, meglio, rimuoverlo ed eventualmente sostituirlo con un vero e proprio cercatore solare.

3. Metodi di osservazione

Esistono due metodi per l'osservazione del Sole: il metodo diretto, attraverso un filtro solare specifico per questo scopo da applicare davanti all'obiettivo del telescopio (o tra obiettivo e oculare nel caso dei prismi di Herschel), e il metodo per proiezione che consiste nel proiettare l'immagine del Sole, non filtrata, su uno schermo posto dietro l'oculare. Altri metodi, come l'osservazione in luce monocromatica con telescopi dedicati (es. H-alpha) non rientrano negli scopi di questo manuale.

Per l'osservazione diretta è necessario, come s'è detto, un filtro solare che copra l'obiettivo del telescopio, anche se diaframmato. Il filtro protegge gli occhi e il telescopio dall'intensa radiazione solare attenuandola e permettendo solo a una piccolissima frazione di essa di arrivare all'occhio. I filtri solari di nuova generazione devono essere conformi alla normativa ISO 12312-2: *Eye and face protection — Sunglasses and related eyewear — Part 2: Filters for direct observation of the sun.*

Il metodo più popolare di osservazione del Sole è quello diretto attraverso un filtro frontale: rispetto al metodo per proiezione, l'osservazione diretta permette di evitare l'ingresso della luce solare nel telescopio, di vedere dettagli più fini e di ottenere una migliore valutazione del seeing.

Ancora una volta bisogna ricordare che il filtro deve essere fissato saldamente all'apertura del telescopio in modo che non possa essere rimosso accidentalmente durante l'osservazione, e che il materiale filtrante deve essere privo di difetti (si veda la Sezione 4).



Filtro solare fissato all'apertura del telescopio.

Per quanto riguarda l'osservazione per proiezione, si può fare attraverso il telescopio privo di filtri proiettando l'immagine solare su di uno schermo in ombra, oppure attraverso il dispositivo noto commercialmente come "Sunspotter" (e altri similari). La proiezione evita i rischi connessi con l'osservazione diretta del Sole all'oculare del telescopio e permette l'osservazione diretta del disco solare a più di un osservatore contemporaneamente.



Proiezione su una piramide di Hossefield

Avvertenza: nell'osservare per proiezione occorre assicurarsi che la direzione di proiezione non punti direttamente verso i vostri occhi o quelli di qualcun altro presente (attenzione in particolare ai bambini !). Per evitare scottature non interporre le mani o altre parti del corpo tra l'oculare e lo schermo di proiezione.

Aumentando la dimensione dell'immagine proiettata aumenta la visibilità dei dettagli più minuti ma diminuiscono la luminosità e il contrasto. Un buon compromesso è generalmente costituito da un'immagine di 150 mm di diametro, per ottenere la quale lo schermo va posto a una distanza dall'oculare (in millimetri) calcolabile con la formula approssimata

$$\text{Distanza} = f (16050/F + 1)$$

se f è la lunghezza focale dell'oculare e F quella dell'obiettivo in mm (da: *Observing the Solar System: the modern astronomer's guide*, di G. North, modificata).

A causa dell'ellitticità dell'orbita terrestre il diametro apparente del Sole varia durante l'anno e la distanza calcolata con la formula qui sopra è soltanto approssimativa e occorre variarla fino ad ottenere un'immagine del diametro voluto.

4. Strumentazione

Quale telescopio ?

Probabilmente già possedete un rifrattore, un riflettore o un catadiottrico: tutti questi strumenti sono adatti all'osservazione del Sole una volta provvisti di un filtro frontale. I rifrattori sono leggermente migliori degli altri schemi ottici per l'osservazione del Sole in quanto forniscono immagini più nitide e maggiormente contrastate a causa dell'assenza di effetti diffrattivi da parte dell'ostruzione dovuta allo specchio secondario, tuttavia qualunque buon telescopio provvisto di filtro frontale è adatto per iniziare l'osservazione delle macchie solari.

Per la proiezione i rifrattori sono da preferire, sia perché dall'obiettivo all'oculare la luce non incontra altri elementi ottici sia perché è più facile adattarvi lo schermo. I riflettori newtoniani non sono consigliabili in quanto essendo generalmente più grandi dei piccoli rifrattori usati per la proiezione, concentrano più luce e più calore nel piano focale e presentano perciò una maggiore turbolenza interna e un maggior rischio di danneggiare qualche componente. Dal momento che possono essere equipaggiati con un buon filtro frontale è meglio impiegarli per l'osservazione diretta. I riflettori Cassegrain e i catadiottrici non dovrebbero essere usati in proiezione a causa del rischio che il calore concentrato dallo specchio primario molto aperto (tipicamente $f/2 - f/3$) danneggi il supporto dello specchio secondario, il paraluce e i diaframmi interni. Ancora, nell'osservazione per proiezione si devono evitare oculari con lenti cementate e oculari a crocicchio.

Quale apertura ?

Per il conteggio giornaliero delle macchie solari non c'è bisogno di un grande telescopio, un semplice rifrattore acromatico da 50 – 80 mm di diametro è già sufficiente in quanto aperture sui 100 - 120 mm o superiori saranno comunque il più delle volte limitate dal seeing diurno: Rudolf Wolf e i suoi successori a Zurigo eseguirono per molti anni i conteggi di macchie solari utilizzando proprio un cannocchiale di 80 mm, ma per chi dispone di un sito di osservazione con un seeing di un secondo d'arco o meno potrebbe valere la pena di usare anche strumenti più grandi (5 pollici o più).

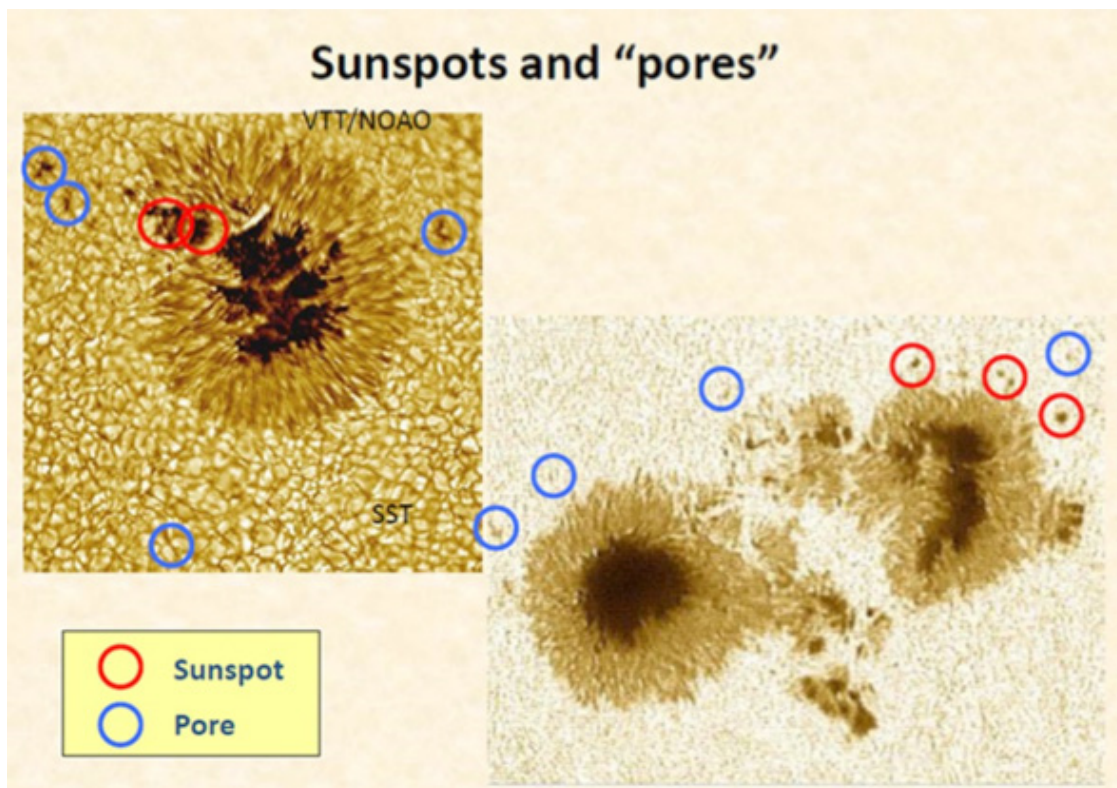
Il fatto che al di sotto di questo diametro i telescopi risultino limitati dalla diffrazione piuttosto che dal seeing non costituisce in generale un problema proprio per ciò che si è detto più sopra del seeing diurno. In ogni caso qualunque telescopio andrà bene, gli osservatori che contribuiscono abitualmente con i loro conteggi di macchie solari alla Solar Section dell'AAVSO usano aperture da 40 a 200 mm.

Acquistando un rifrattore da usare per la proiezione occorre accertarsi che non possieda parti in plastica vicino al fuoco dell'obiettivo, in particolare nel portaoculare, ciò che purtroppo si riscontra in alcuni strumentini economici venduti nei centri commerciali. Di solito i rifrattori acromatici sui 100 mm di diametro hanno ottiche decenti e senza plastica nel portaoculare e gli apocromatici sono fatti anche meglio. Osservando in proiezione, aperture superiori agli 80 – 100 mm possono presentare problemi di turbolenza interna dovuta al calore che si sviluppa nel tubo.

Quanto ingrandire ?

Nel conteggio delle macchie solari l'ingrandimento è importante, ma occorre tenere conto che le condizioni del seeing limiteranno quello massimo utilizzabile, anche se un seeing favorevole può permettere l'uso di forti ingrandimenti (forti nel senso che si dirà più oltre) allo scopo di evitare di considerare "macchie" quelli che in realtà sono solo dei pori a vita breve e che pertanto non andrebbero inclusi nel conteggio. I pori sono infatti delle piccole chiazze scure tra i granuli fotosferici, prive di penombra e rapidamente mutevoli. Possono essere considerati i precursori delle macchie solari vere e proprie ma sovente non evolvono fino a questo stadio e non sopravvivono che qualche ora. L'osservatore deve quindi imparare a riconoscerli per non confonderli con le macchie.

I pori hanno un aspetto indistinto, un contrasto basso rispetto alla fotosfera circostante e non sono scuri come le macchie; queste ultime, al contrario, hanno dei bordi definiti e netti, un contrasto elevato e un nucleo che appare decisamente nero. Per distinguere chiaramente un poro da una macchia è necessario impiegare ingrandimenti medi o alti per poter osservare in dettaglio. La figura seguente può aiutare il neofita nell'identificazione dei pori.



Differenza tra macchie e pori (per cortesia di Frédéric Clette.)

Una buona pratica consiste nell'iniziare a scandagliare il disco solare a basso (40x – 50x) e medio (60x – 70x) ingrandimento, identificando i gruppi principali di macchie e la loro struttura. Se la turbolenza atmosferica non è elevata si possono poi impiegare alti ingrandimenti (80x – 90x) per cercare i gruppi più piccoli e discriminare i pori dalle macchie.

In generale, l'ingrandimento risolvante che permette di osservare tutti i dettagli contenuti nell'immagine telescopica è pari alla metà dei millimetri di diametro dell'obiettivo, ma in pratica occorre un ingrandimento un po' superiore, almeno 1.5 volte questo valore, cioè 60x per un 80 mm, un valore abbastanza tipico per il conteggio delle macchie. Assumendo inoltre per le macchie più piccole una dimensione apparente attorno a 2 - 3 secondi d'arco, vediamo che il conteggio non è influenzato significativamente dall'apertura impiegata poichè già un rifrattore da 80 mm ha un potere risolutivo di circa 1.5 secondi, che tra l'altro è inferiore al seeing medio diurno (tipicamente attorno ai 2 secondi d'arco).

Come si calcola l'ingrandimento ?

L'ingrandimento fornito dal telescopio si calcola dividendo la lunghezza focale dell'obiettivo per quella dell'oculare:

$$\text{ingrandimento} = (\text{lunghezza focale obiettivo}) / (\text{lunghezza focale oculare})$$

Per esempio un telescopio con una lunghezza focale di 1000 mm dotato di un oculare di 20 mm di focale fornisce un ingrandimento di $1000/20 = 50$ volte.

Conoscendo invece il rapporto focale dell'obiettivo l'ingrandimento si calcola con la formula

$$\text{ingrandimento} = ((\text{apertura in mm})(\text{rapporto focale})) / (\text{lunghezza focale oculare})$$

Un cannocchiale di 80 mm di diametro e rapporto focale f/8 dotato di un oculare di 10 mm produrrà un ingrandimento di $(80)(8)/10 = 64$ volte. Sul sito web della rivista Sky&Telescope alla pagina <http://www.skyandtelescope.com/observing/skyandtelescope-coms-scope-calculator/> si trova un calcolatore online molto utile.

Quali filtri ?

I filtri solari frontali per telescopi sono costituiti da un supporto trasparente in materiale polimerico o in vetro sul quale è stato depositato un film metallico che riflettendo la maggior parte della luce solare costituisce il filtro vero e proprio. La maggior parte dei filtri commerciali sono prodotti dal brand tedesco Baader Planetarium (Astrosolar), dall'azienda americana Thousand Oaks Optical e altre ancora. In precedenza, filtri solari affidabili erano realizzati da Roger Tuthill Co. (SolarSkreen). Nell'utilizzo di questi filtri è prioritario assicurare il filtro all'apertura del telescopio in modo che copra tutto l'obiettivo e non possa accidentalmente spostarsi o cadere. Alcune utili informazioni sulla scelta dei filtri solari si possono trovare alla pagina <http://oneminuteastronomer.com/999/choose-solar-filter/>. Nel caso di un rifrattore equipaggiato con un prisma di Herschel, questo deve essere utilizzato secondo le prescrizioni del fabbricante.

Cxxgtvqpl c: mai utilizzare un filtro solare del tipo che si avvita al barilotto degli oculari, una pratica molto diffusa in passato ma pericolosa perché il calore del Sole concentrato nel fuoco del telescopio può facilmente rompere il vetro del filtro esponendo l'occhio all'intensa radiazione solare. Filtri di questo tipo devono essere senz'altro eliminati per evitare il loro uso accidentale da parte di osservatori inesperti.

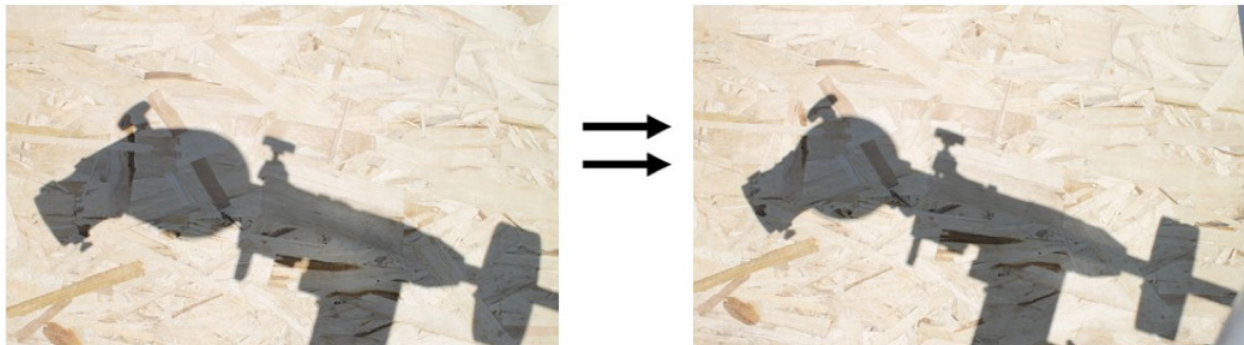
All'atto dell'installazione e della rimozione del filtro solare, il tubo telescopico deve essere puntato lontano dal Sole. Prima di installarlo, il filtro solare deve inoltre essere esaminato per verificare l'eventuale presenza di difetti nel rivestimento metallico. Allo scopo bisogna tenere il filtro davanti agli occhi e puntarlo verso il Sole: se attraverso il filtro vediamo che vi sono delle lacune nel coating che lasciano passare la luce solare, il filtro deve essere scartato. Piccolissimi difetti puntiformi possono essere anneriti con un pennarello nero indelebile senza pregiudizio per la qualità delle osservazioni e la sicurezza, difetti più grandi sono invece inaccettabili e possono comportare rischi per la vista.

Una volta installato il filtro e puntato lo strumento verso il Sole, è bene effettuare un controllo ulteriore osservando l'immagine del Sole dal portaoculare prima di inserirvi l'oculare: eventuali difetti nel filtro appariranno come macchie brillanti nell'immagine sfocata.

Avvertenza: durante le osservazioni, diretta o per proiezione, il cercatore deve essere tolto dal tubo o coperto col suo tappo.

Come si punta il Sole ?

Dirigere il telescopio verso il Sole è molto semplice: basta osservare l'ombra del tubo telescopico - precedentemente provvisto di filtro frontale di sicurezza o di prisma di Herschel se si usa il metodo diretto - sul suolo o su una parete e muoverlo mano finché l'ombra non raggiunge la dimensione minima. Se si usa il metodo della proiezione a un certo punto si vedrà l'immagine sfocata del Sole apparire sullo schermo, se invece si usa il metodo diretto basta guardare nel tubo portaoculare, senza oculare, e si vedrà il disco del Sole in qualche parte del campo, lo si porterà al centro e a quel punto si inserirà un oculare a basso ingrandimento. In alternativa a quanto sopra si può sostituire il cercatore originale con un cercatore specifico e sicuro come il Sol-Searcher di Tele Vue o un prodotto analogo.



Puntare il Sole col metodo dell'ombra

Che tipo di montatura è richiesta ?

Ogni montatura in grado di reggere stabilmente il telescopio va bene. Si possono usare montature altazimutali, treppiedi fotografici o montature equatoriali, con o senza motorizzazione per l'inseguimento siderale (autotracking), l'importante è che il supporto sia proporzionato alla lunghezza e al peso del tubo telescopico. Le montature sprovviste di autotracking richiedono di inseguire manualmente il Sole su un asse (se sono equatoriali) o due assi (altazimutali), ciò che richiede un po' di pratica soprattutto nel secondo caso. Una montatura equatoriale con autotracking rende l'osservazione e il disegno molto agevoli e più precisa l'assegnazione dei gruppi di macchie all'emisfero N o S (vedi oltre) senza dover tenere conto dell'angolo parallattico. Alcune montature computerizzate offrono la velocità di inseguimento "solare", differente da quella siderale, che però per la durata tipica di un'osservazione non è strettamente necessaria.

Il Sunspotter

Si tratta di un telescopio kepleriano “piegato” (folded) realizzato da Learning Technologies Inc. e che permette di osservare la fotosfera solare in tutta sicurezza. L’obiettivo ha un diametro di 62 mm (l’apertura utile è però di 57 mm) che attraverso un sistema di specchi proietta su uno schermo un’immagine solare di 85 mm di diametro ingrandita 56 volte. Il Sunspotter è facile da usare dopo averlo appoggiato su una superficie stabile. Una sezione triangolare contiene i componenti ottici e si può inclinare, per mezzo di una culla arcuata, per puntare il Sole in altezza dopo aver posizionato correttamente il dispositivo in azimuth.



Sunspotter telescope

(tratto da: <https://www.scientificsonline.com/product/sunspotter>)

Uno gnomone posto sulla superficie frontale permette un primo grossolano puntamento, mentre la regolazione fine si effettua facendo passare la luce solare attraverso due piccoli fori posti ai lati dell’obiettivo, in modo che proiettino due circoletti luminosi che vanno portati all’interno di due riferimenti posti ai lati del primo specchio. Per maggiori informazioni sull’uso del Sunspotter si veda lo scritto di Larsen (2003).

Il Sunspotter, come altri dispositivi analoghi, costituisce un buon ausilio per iniziare l’osservazione delle macchie solari, tuttavia un telescopio ordinario offre una maggiore flessibilità di utilizzo e la possibilità di compiere osservazioni più dettagliate.

5. Osservare e registrare le macchie solari

Scopo dell'osservazione è quello di contare il numero di gruppi di macchie e quello di singole macchie solari. Questo numero deve essere poi accompagnato dalla data, dall'ora e dalle condizioni di osservazione (seeing).

Per prima cosa occorre chiarire il significato del conteggio di macchie e gruppi, indispensabile per chi si appresta ad iniziare questa attività. Il numero di gruppi visibili sul disco solare ha un'importanza maggiore rispetto al numero di macchie, tanto che nel calcolo del numero di Wolf (W) da cui viene ricavato l'American Relative Sunspot Number, questo numero viene moltiplicato per 10.

Il numero di gruppi è strettamente correlato alla percentuale di superficie solare interessata da regioni attive. Le macchie sono invece meno importanti, e piccole macchie o pori visibili solo ad alto ingrandimento non devono nemmeno essere contate.

Il numero di Wolf per ogni osservazione giornaliera si calcola con la formula

$$W = 10g + s$$

dove “g” è il numero di gruppi e “s” quello di macchie, sia singole sia presenti all'interno di gruppi che contengono più macchie.

Prima di procedere al conteggio è bene determinare la direzione dell'equatore solare, perché questo permette di assegnare ciascun gruppo e macchia all'emisfero nord o sud. In realtà questo passaggio non è essenziale, nel senso che si può benissimo inviare all'AAVSO semplicemente il numero di Wolf senza distinguere tra gli emisferi di appartenenza; tuttavia è bene determinare comunque la direzione dell'equatore solare perché i gruppi di macchie possiedono un orientamento approssimativo E-W caratterizzato da una macchia *leader* (o precedente) e da una *follower* (o seguente) che la segue nel moto di rotazione della fotosfera da est verso ovest. È importante tenere presente questo fatto per poter riconoscere correttamente quali insiemi di macchie costituiscono effettivamente un “gruppo”, benché esistano gruppi unipolari costituiti da una sola macchia. L'appendice D fornisce ulteriori dettagli a questo proposito.

L'osservazione inizia tipicamente a basso (40x – 50x) e medio (60x – 70x) ingrandimento in modo da poter vedere l'intero disco del Sole e identificare i gruppi maggiori e la loro struttura. Se il seeing lo permette si può aumentare l'ingrandimento a 80x – 90x per identificare le macchie più piccole ed effettuare un conteggio più accurato. I lembi est e ovest del Sole, dove le macchie appaiono e tramontano rispettivamente, vanno esaminati con particolare attenzione perché essendo visibili di scorcio possono presentare macchie e gruppi che sfuggono ad un primo esame.

Occorre essere certi di avere contato tutti i gruppi e le macchie visibili, facendo diverse “passate” sul disco per approfittare dei momenti in cui l’aria è maggiormente calma. Le zone facolari sono sovente associate a macchie e vanno osservate con cura.

Talvolta può essere difficile decidere se un certo insieme di macchie costituisce uno o più gruppi o stabilire a quale gruppo appartiene una data macchia. In questo caso la strategia da adottare consiste nell’osservare quotidianamente per seguire l’evoluzione dei gruppi, oppure nell’affidarsi alle immagini prodotte dai satelliti e dagli osservatori solari professionali, facendo però attenzione a non utilizzarle per il conteggio in quanto lo scopo del programma AAVSO è quello di mantenere un data base di lungo termine dei numeri di macchie e gruppi *basato esclusivamente sulle osservazioni visuali* per garantire la consistenza con le osservazioni storiche.

Alcuni siti web che riportano immagini del Sole in tempo reale a svariate lunghezze d’onda sono, ad esempio:

<https://solarmonitor.org/>

<https://sohowww.nascom.nasa.gov/sunspots/>

<https://sdo.gsfc.nasa.gov/>

<http://solarham.net>

E’ molto importante che l’osservatore diventi familiare col moto di rotazione del Sole e di conseguenza col moto apparente delle macchie solari, le quali dopo essere tramontate al lembo ovest del Sole possono riapparire al lembo est - se la loro vita è abbastanza lunga - in circa 27 giorni terrestri. Poiché il Sole non è un corpo solido la rotazione è più veloce all’equatore (circa 24.5 giorni) e più lenta alle latitudini elevate (oltre 30 giorni nelle regioni polari). Anche se la discrepanza è significativa, si assume in generale un periodo di rotazione di 27 giorni che corrisponde ad una latitudine di 26° nord o sud, che è la latitudine attorno alla quale si concentra l’attività solare più significativa.

Osservando il Sole lungo un ciclo solare si può notare che nei primi anni del ciclo le macchie tendono ad apparire a medie latitudini per poi spostarsi verso l’equatore man mano che il ciclo procede. Questo fenomeno viene riassunto nel cosiddetto “diagramma a farfalla” (<https://solarscience.msfc.nasa.gov/SunspotCycle.shtml>).

Osservando il Sole ci si può rendere conto di come la fisica solare sia una disciplina affascinante e coinvolgente e di come il Sole presenti un’attività mutevole ed eccitante. Il sito web della NASA (si veda la sezione Risorse) è ricco di informazioni che riguardano la fisica del Sole e perciò di interesse per l’osservatore solare assiduo.

Oltre a quanto sopra, è utile familiarizzarsi con le classificazioni di Zurigo e di McIntosh dei gruppi di macchie solari (si vedano le Appendici) che sono fondamentali per riconoscere i gruppi e comprenderne l'evoluzione.

Stimare le condizioni del seeing

Il termine inglese “seeing” descrive l'agitazione delle immagini telescopiche in conseguenza della turbolenza dell'aria. Buone condizioni di seeing si traducono in immagini stabili, mentre condizioni mediocri o scadenti di seeing rendono l'immagine del Sole agitata e confusa. Ogni osservazione di macchie solari deve essere corredata di una stima del seeing il quale può essere descritto come “Excellent” (eccellente), Good (buono), Fair (discreto), Poor (scadente). E' ovvio che si dovrebbe cercare di osservare in buone condizioni di seeing perché ciò garantisce una maggiore accuratezza, tuttavia questo non è sempre possibile. I fattori che influenzano il seeing saranno esaminati più in dettaglio nell'Appendice A.

Quando osservare

Sarebbe opportuno osservare all'ora del giorno in cui, secondo la stagione, il seeing risulta essere migliore. In teoria osservare quando il Sole è alto sull'orizzonte minimizza i problemi posti dal passaggio della luce solare attraverso l'atmosfera e l'immagine risulta perciò più nitida. Tuttavia nelle ore più calde del giorno aumenta anche il rilascio di calore da parte del suolo e degli edifici e ciò può portare a un peggioramento locale del seeing. Per molti osservatori il momento ideale è al mattino poco dopo il sorgere del Sole (si veda anche l'Appendice A).

6. Inviare le osservazioni

I conteggi di macchie e gruppi vanno inseriti nel data base AAVSO attraverso il programma SunEntry. Dopo aver inserito il codice osservatore e la password (i nuovi osservatori devono prima registrarsi al sito) occorre inserire nell'apposita maschera la data, l'ora (in Tempo Universale), il codice che descrive le condizioni di seeing, il numero di gruppi e di macchie. Spostando il cursore nel campo Wolf il software calcola automaticamente il numero di Wolf senza applicare alcun aggiustamento (sarà compito dei coordinatori “pesare” opportunamente le osservazioni tramite un apposito coefficiente correttivo). A quel punto si clicca su “Add” e il conteggio apparirà in una riga della maschera inferiore. Qui si possono poi inserire – non è strettamente necessario ma rappresenta un utile complemento – il numero di macchie e gruppi suddivisi per emisfero; ciò implica la conoscenza della posizione dell'equatore solare come poi si dirà nell'Appendice D.

The screenshot shows the SunEntry software interface. At the top, the title bar reads "SunEntry - Data Entry Program for Sunspots - Version 2.0 (last update: 2 September 2016)". The menu bar includes "SunEntry", "File", "Header", "View data", and "Help".

Below the menu bar, the "Observer" is set to "DEMF" and the "Observation count" is 3. The "Date/Time (UT)" section has a year of 2017, a month of Feb, and empty fields for Day, Hour, and Minute. The "Solar Data" section has a dropdown menu, empty fields for Seeing, Groups, Spots, and Wolf, and a "Remarks" field. An "Add" button is located to the right of the "Solar Data" fields.

The "Report" section contains a table with the following data:

Day	See	UT	g	s	W	ng	sg	ns	ss	cg	cs	Obs.	Remarks
01	G	1515	2	4	24							DEMF	high thin cloud
16	G	1745	0	0	0							DEMF	
26	G	1500	1	1	11							DEMF	turbulent limb otherwise good seeing

At the bottom of the window, there are five buttons: "Upload to database", "Save to text file", "Remove selected row(s)", "Clear all", and "Quit".

Per registrarsi come osservatori solari bisogna seguire le istruzioni riportate al link <https://www.aavso.org/sun-entry>

Prima di inserire il report nel data base occorre verificare che il numero di Wolf calcolato dall'osservatore coincida con quello calcolato dal programma, ciò serve a garantire che tutti i dati immessi siano consistenti. E' bene evitare di inserire osservazioni incerte, mentre nella colonna "Remarks" si possono inserire (in inglese!) eventuali note relative alle condizioni di osservazione (es., "hazy", "hazy and turbulent", "limb turbulent" e così via).

Le osservazioni si possono inserire giornalmente, a scadenze fisse o tutte in una volta, tenendo presente che se si desidera che il conteggio venga riportato nel Solar Bulletin mensile occorre inserirlo nel data base entro il giorno 10 del mese successivo a quello cui si riferiscono le osservazioni.

7. Classificazione delle macchie solari

Per classificare i vari stadi di evoluzione delle macchie solari sono stati elaborati nel corso del tempo diversi sistemi. Il sistema di Zurigo è stato impiegato per molti anni finché lo sviluppo delle comunicazioni e dei sistemi satellitari non ha richiesto di incrementare la capacità di predire i brillamenti (flares) solari. Una revisione della classificazione di Zurigo è stata sviluppata da Patrick McIntosh sulla base delle caratteristiche della macchia principale e della distribuzione delle macchie all'interno di un gruppo, con lo scopo di migliorare la predizione dei flares. Ulteriori schemi di classificazione sono riportati nel *Solar Astronomy Handbook* di Beck et al. (vedi paragrafo Resources) e ulteriori informazioni in proposito si possono trovare alla pagina <https://www.aavso.org/sites/default/files/SemSunspotsClassV3s.pdf>.

Anche se non richiesto dal programma di osservazione dell'AAVSO, gli schemi di classificazione di Zurigo e di McIntosh possono essere utili per definire la posizione di un gruppo all'interno del suo ciclo di vita, ed entrambi sono riportati nelle appendici B e C.

L'AAVSO utilizza il sistema di Zurigo dal 1924, e per garantire la consistenza con i dati registrati nel passato si raccomanda ai nuovi osservatori di studiare e seguire il sistema di Zurigo prima di passare a familiarizzarsi con altri sistemi di classificazione. Ulteriori informazioni a questo proposito si trovano alla pagina <https://www.aavso.org/dances-wolfs-short-history-sunspot-indices> e nei riferimenti alla fine in fondo alla stessa.

8. Risorse

Articoli e libri:

Guidelines for the Observation of White Light Solar Phenomena (A Handbook of the Association of Lunar and Planetary Observers Solar Section), edited by Jenkins, J., 2010. (also available online at http://www.alpo-astronomy.org/solarblog/wp-content/uploads/wl_2010.pdf).

How to Observe the Sun Safely (2nd edition), Macdonald, L., Springer-Verlag New York, 2012, ISBN: 978-1-4614-3824-3.

Monitoring Solar Activity Trends With a Simple Sunspotter, Larsen, K., 2013 JAAVSO Vol. 41

Observer's Handbook of the RASC 2017, Royal Astronomical Society of Canada, Webcom Inc., 2016.

Observing the Solar System: the modern astronomer's guide, North, G., Cambridge University Press, 2012. ISBN: 978-0521897518.

Observing the Sun, Taylor, P., Cambridge University Press, 1991. ISBN: 978-0-52105-636-6.

Solar Astronomy Handbook, Beck, Hilbrecht, Reinsch and Volker, Willmann-Bell Inc., 1995. ISBN: 978-0-94339-647-7.

Solar Sketching: A Comprehensive Guide to Drawing the Sun, Rix, E., Hay, K., Russell, S. and Handy, R., Springer Publishing, 2015. ISBN: 978-1-49392-900-9

The Sun and How to Observe It, Jenkins, J., Springer Publishing, 2009. ISBN: 978-0-38709-497-7.

Siti web:

NASA solar science website: <https://solarscience.msfc.nasa.gov/SunspotCycle.shtml>

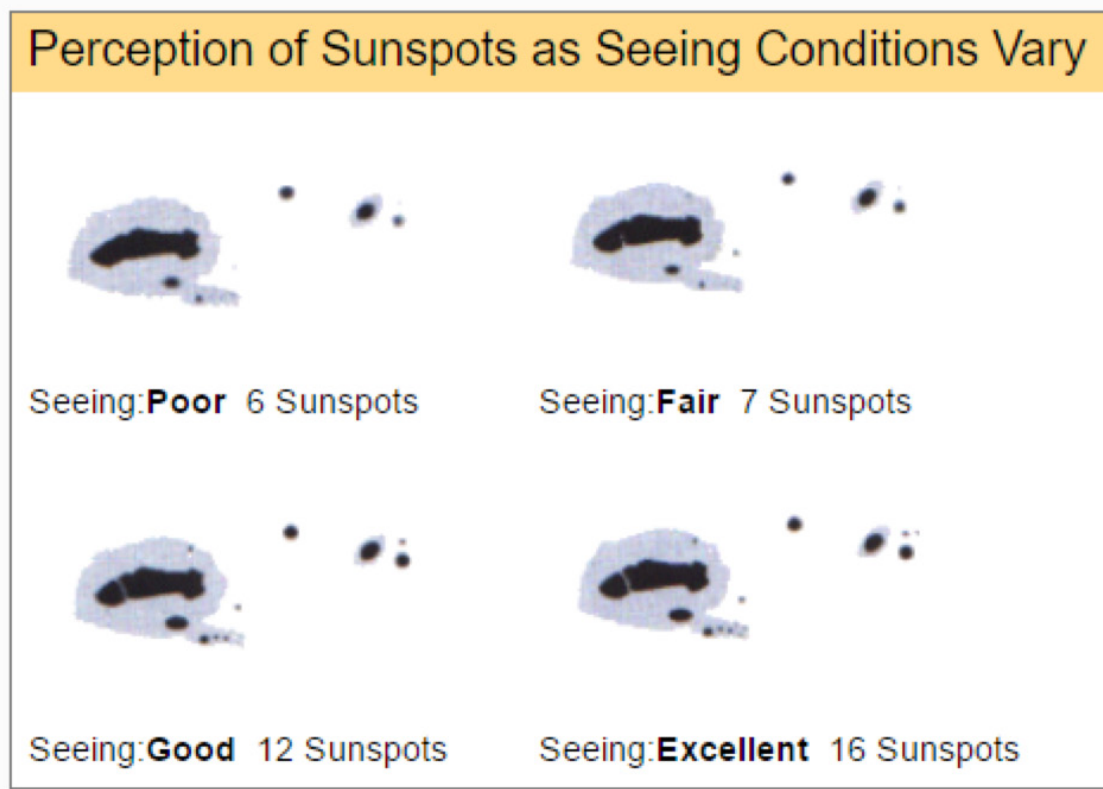
Appendice A – Il seeing

(Nota: quanto segue è tratto da <https://www.aavso.org/atmospheric-seeing-conditions-solar-observing>)

Condizioni del seeing atmosferico - Contributo di Tom Fleming (FLET)

Reports e osservazioni solari inviate all'AAVSO devono riportare la seguente scala di valutazione del seeing: Poor (scadente), Fair (discreto), Good (buono) e Excellent (eccezionale).

Le illustrazioni seguenti mostrano una stessa macchia come apparirebbe osservata sotto differenti condizioni di seeing sopra riportate. Ovviamente l'immagine statica rappresentata su carta non può dare un'idea realistica dell'agitazione atmosferica in condizioni di seeing scadente, di conseguenza le figure relative a seeing "Poor" e "Fair" seeing devono essere interpretate come l'aspetto "medio" della macchia durante molti secondi di osservazione.



L'immagine rappresentativa di seeing "Poor" mostra tre macchie entro una larga zona di penombra più altre tre macchie a destra. Si intuisce la presenza di qualche ulteriore macchia ma la turbolenza non permette di verificarlo. Non appena le condizioni migliorano a "Fair" un'altra piccola macchia diviene visibile a destra della penombra. In condizioni di seeing buono ("Good") altre macchie appaiono all'interno della penombra e la macchia principale appare divisa in due da un ponte brillante (ai fini del conteggio la macchia è comunque una sola). In condizioni eccellenti tutte le macchie si osservano con facilità.

In generale, le condizioni estreme di seeing - Poor o Excellent - sono meno frequenti di quelle intermedie, che si riscontrano per la maggior parte del tempo di osservazione. La presenza e l'intensità delle ondulazioni del bordo solare sono molto utili per valutare l'agitazione dell'aria. Condizioni di seeing eccellenti si possono riconoscere facendo un paragone costituito dalla visibilità di una moneta sul fondo di una vasca d'acqua agitata: dall'esterno si può vedere la moneta ma non si può dire ad esempio se sia testa o croce; allo stesso modo se l'aria è turbolenta si percepisce la presenza delle macchie ma non se ne distinguono i contorni. Tuttavia se si indossa una maschera da sub e si immerge la testa nella vasca, improvvisamente appariranno i dettagli sulla faccia della moneta e si potrà persino leggere la data del conio. In condizioni di seeing eccellente una macchia che in condizioni medie appare singola può ad esempio mostrare più nuclei distinti e molti altri dettagli nelle penombre appariranno evidenti.

Qualche dettaglio in più sul seeing

La turbolenza atmosferica si origina dal mescolamento di masse d'aria a differente temperatura. Le condizioni che portano ad inomogeneità di temperatura possono essere molto diverse, alcune si possono controllare mentre per altre l'osservatore non può fare nulla. Di particolare interesse sono le condizioni locali del seeing in quanto la turbolenza può originarsi direttamente all'interno del tubo telescopico, per questo motivo prima di osservare è bene dare tempo al telescopio di adattarsi alla temperatura esterna. Nel scegliere il luogo di osservazione è bene, per quanto possibile, rimanere lontani da muri e recinti in muratura in quanto ricevono ed emettono facilmente il calore del Sole all'alba o al tramonto, e per lo stesso motivo occorre anche evitare di osservare da superfici pavimentate esposte al Sole. In generale aree verdi con erba e alberi presentano condizioni di seeing locali più favorevoli, e anche altitudini superiori ai 1500 m sono caratterizzate da una turbolenza inferiore.

Il passaggio di perturbazioni atmosferiche è spesso foriero di elevata turbolenza in quanto aria calda preesistente viene rimpiazzata da aria più fredda, o viceversa. Tuttavia per un certo tempo prima e dopo il passaggio del fronte si può godere di un'aria molto stabile, anche se la finestra temporale in cui ciò si verifica è molto ristretta.

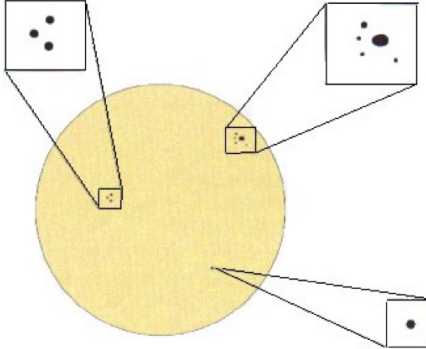
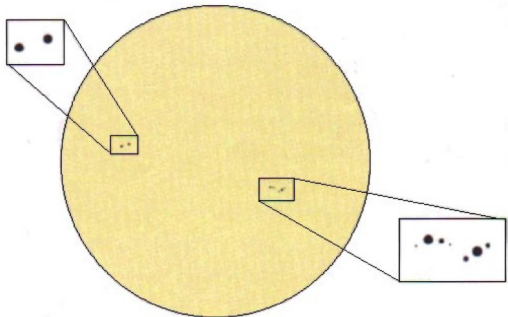
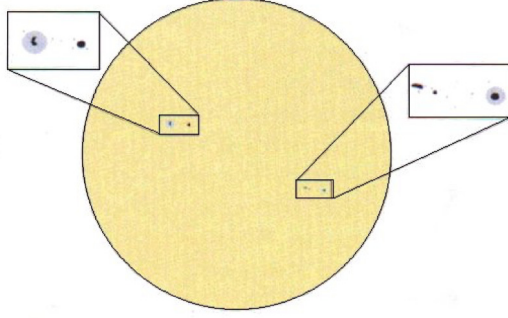
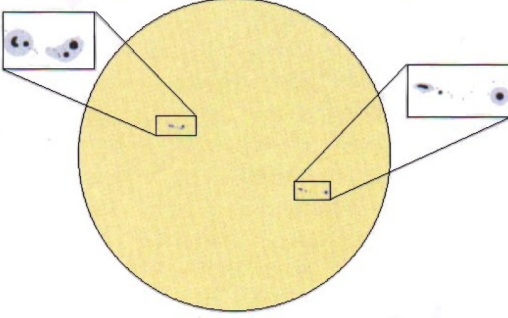
Come accennato più sopra, l'aspetto del lembo del disco solare può fornire qualche indicazione sul tipo di turbolenza con cui si ha a che fare. Larghe ondulazioni che attraversano il disco solare in una frazione di secondo possono essere provocate da condizioni locali a cui potrebbe essere possibile rimediare. Ondulazioni irregolari e casuali del lembo sono invece da attribuirsi a turbolenza ad alta quota, anche se talvolta può capitare che cessino improvvisamente non appena il Sole si leva al di sopra dello strato turbolento.

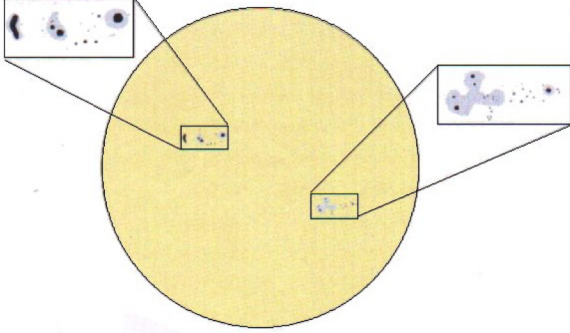
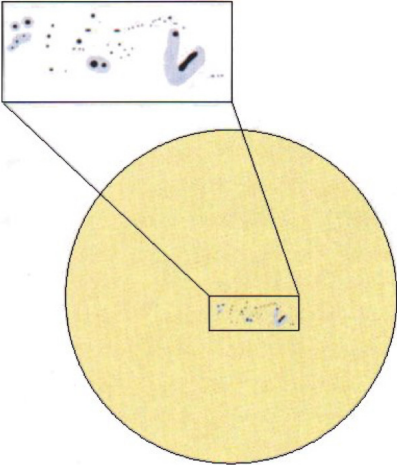
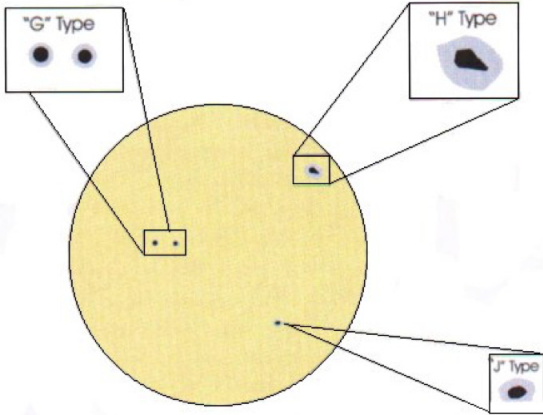
In generale il riscaldamento diurno della superficie terrestre e dello strato di aria a contatto con essa è il peggior nemico dell'osservatore solare ed anche il motivo per cui è bene evitare l'osservazione nelle ore a ridosso del mezzogiorno locale. Per lo stesso motivo in una giornata nuvolosa è bene essere pronti all'osservazione non appena le nubi si aprono in modo da beneficiare di un periodo di calma prima che il Sole scaldi il suolo e l'aria.

In diverse occasioni in questo manuale sono state riportate raccomandazioni e riferimenti sui metodi di osservazione e sulla registrazione dei dati, come ad esempio osservare il disco solare a diversi ingrandimenti. Osservatori esperti riportano frequentemente improvvisi miglioramenti del seeing in intervalli di tempo di qualche secondo e fino a qualche minuto, è quindi bene essere pazienti e attendere questi istanti al fine di poter raccogliere dati più attendibili.

Appendice B – La classificazione di Zurigo dei gruppi di macchie solari

Contributo di Tom Fleming (FLET) (lo schema seguente è tratto da <https://www.aavso.org/zurich-classification-system-sunspot-groups>)

<p>Classe A: una o più piccole macchie prive di struttura bipolare e di penombra.</p>	<p>Classe B: gruppo bipolare senza penombre attorno alle macchie</p>
 <p>The diagram shows a yellow circle representing the Sun. Three small rectangular boxes are placed on the surface, each containing a magnified view of a sunspot group. The first group (top left) consists of three small black dots. The second group (top right) consists of four small black dots. The third group (bottom right) consists of a single small black dot.</p>	 <p>The diagram shows a yellow circle representing the Sun. Three small rectangular boxes are placed on the surface, each containing a magnified view of a sunspot group. The first group (top left) consists of two small black dots. The second group (middle left) consists of two small black dots. The third group (middle right) consists of four small black dots.</p>
<p>Classe C: gruppo bipolare, almeno una macchia principale (precedente o seguente) con penombra</p>	<p>Classe D: gruppo bipolare, le macchie principali precedente e seguente possiedono una penombra, estensione inferiore a 10°</p>
 <p>The diagram shows a yellow circle representing the Sun. Two small rectangular boxes are placed on the surface, each containing a magnified view of a sunspot group. The first group (top left) shows a large sunspot with a dark umbra and a lighter penumbra, and a smaller sunspot to its right. The second group (middle right) shows a large sunspot with a dark umbra and a lighter penumbra, and a smaller sunspot to its left.</p>	 <p>The diagram shows a yellow circle representing the Sun. Two small rectangular boxes are placed on the surface, each containing a magnified view of a sunspot group. The first group (top left) shows two sunspots, each with a dark umbra and a lighter penumbra, positioned side-by-side. The second group (middle right) shows two sunspots, each with a dark umbra and a lighter penumbra, positioned side-by-side.</p>

<p>Classe E: come la classe D ma con estensione tra 10° e 15°</p>	<p>Classe F: massimo sviluppo di un gruppo, stesse caratteristiche della classe E ma con estensione superiore ai 15°</p>
	
<p>Classe G: stadio di declino dei gruppi D, E o F, ancora bipolare con penombra attorno alle macchie principali ma senza macchie intermedie; estensione $> 10^\circ$</p>	<p>Classe H: ulteriore declino dei gruppi D, E o F caratterizzato da una singola macchia con penombra, larghezza maggiore di 2.5°, eventuale presenza di piccole macchie residue nell'intorno</p>
<p>Classe J: come classe H ma con larghezza inferiore a 2.5°</p>	
	

Appendice C – Classificazione dei gruppi secondo McIntosh
 (da *The Classification of Sunspot Groups McIntosh, Solar Physics, 125,*
 251-267, 1990)

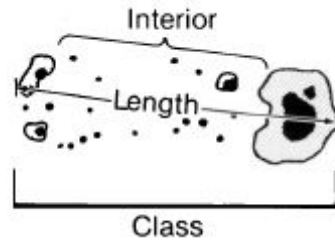
MODIFIED
ZURICH CLASS



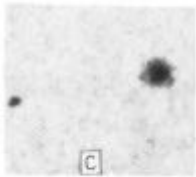
**McIntosh
Sunspot Group Classification**

[A]

PENUMBRA: LARGEST SPOT



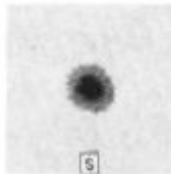
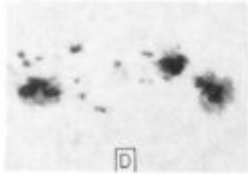
[B]



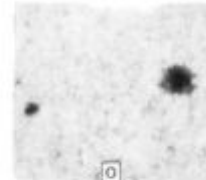
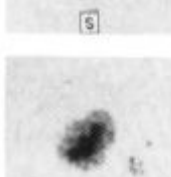
[f]

SUNSPOT DISTRIBUTION

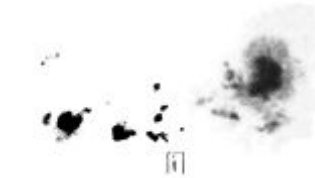
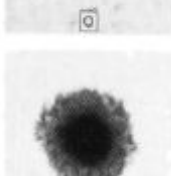
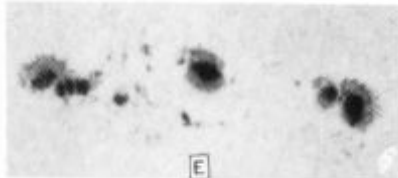
[C]



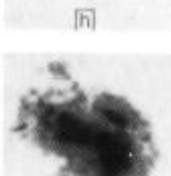
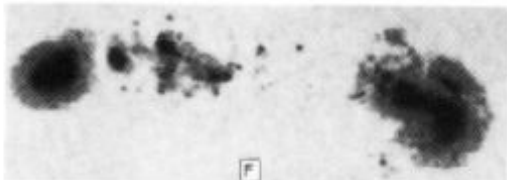
[D]



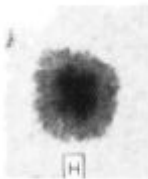
[E]



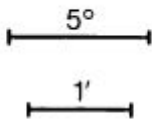
[F]



[H]



[C]



Appendice D – Orientamento del disco solare

L'orientamento dell'equatore solare si può trovare con l'uso di un software oppure graficamente usando le effemeridi fisiche del Sole ricavabili dal sito web del NASA JPL: <http://ssd.jpl.nasa.gov/horizons.cgi#top> o dagli almanacchi astronomici (ad esempio l'*Observer's Handbook of the RASC*). Dischi di Stonyhurst e di Porter oppure i diagrammi a griglia si possono ottenere dai diversi siti web come quello della BAA Solar Section (<http://www.petermeadows.com/html/location.html>). Un ottimo software per calcolare l'orientazione del Sole è *Tilting Sun* (scritto da Les Cowley e liberamente disponibile all'indirizzo <http://www.atoptics.co.uk/tiltsun.htm>) oppure Helioviewer di Peter Meadows (<http://www.petermeadows.com/html/software.html>)

Per prima cosa occorre determinare la direzione E-W celeste secondo il sistema di riferimento equatoriale. Osservando per proiezione si può usare un blank in cui al disco solare è sovrapposta una croce con centro nel centro del disco: si ruota allora il blank finché uno dei bracci della croce non sia parallelo al moto apparente del Sole nel cielo (indicato ad esempio dal moto di una macchia) l'altro braccio indicherà allora la direzione N-S celeste. Osservando col metodo diretto, la direzione E-W si può determinare usando un oculare con crocifilo (semplice, non doppio) del tipo usato per guidare durante le pose fotografiche. Le direzioni celesti E-W e N-S differiscono da quelle fisiche del Sole di un angolo detto "angolo di posizione del polo N solare", usualmente indicato con la lettera P (vedi sotto).

L'orientazione del disco solare è caratterizzata da tre valori il cui significato deve essere ben compreso da ogni osservatore solare:

Latitudine eliografica (Bo) del centro del disco: è determinata dall'inclinazione dell'equatore solare rispetto al piano dell'eclittica (7.25°). Quando Bo è positivo l'equatore solare passa a sud del centro apparente del disco e il polo nord è inclinato verso l'osservatore. A causa di questa inclinazione le macchie solari sembrano seguire traiettorie semi-ellittiche attraverso il disco solare invece che linee rette.

Longitudine eliografica del centro del disco solare (Lo): è misurata rispetto a un meridiano zero (meridiano di Carrington) ed è perciò la longitudine del meridiano centrale del Sole, utilizzata per determinare la posizione delle macchie sul disco.

Angolo di posizione (P) tra l'asse di rotazione del Sole e la direzione N-S celeste: è l'angolo tra l'asse N-S del Sole e quello della direzione N-S celeste e deriva dalla combinazione tra le inclinazioni dell'asse di rotazione terrestre e solare sul piano dell'eclittica. P è positivo quando l'asse di rotazione del Sole è inclinato verso l'est celeste, negativo quando è inclinato verso ovest.

Uno dei modi più semplici per determinare l'orientazione solare è costituita dal software *Tilting Sun*. Un esempio di calcolo è mostrato qui sotto per la data del 1 giugno 2017. Sul disco sono mostrate la posizione dell'equatore e del polo nord e la direzione apparente di moto delle macchie.

The screenshot shows the 'Tilting Sun' software interface. On the left, there are input fields for date (D: 1, M: 6, Y: 2017), time (hr: 12, min: 00, Now), latitude (45.0), and longitude (-9.1). There are also checkboxes for 'Std time minus UT' (checked), 'Altaz mount' (unchecked), 'Equat' (checked), 'Flip image horizontally' (unchecked), 'Invert' (unchecked), 'Pos Angs' (unchecked), 'EW drift' (checked), 'Rotation' (checked), and 'Grid' (checked). A large yellow 'Draw' button is present. Below the button is a 'Sun Position' table:

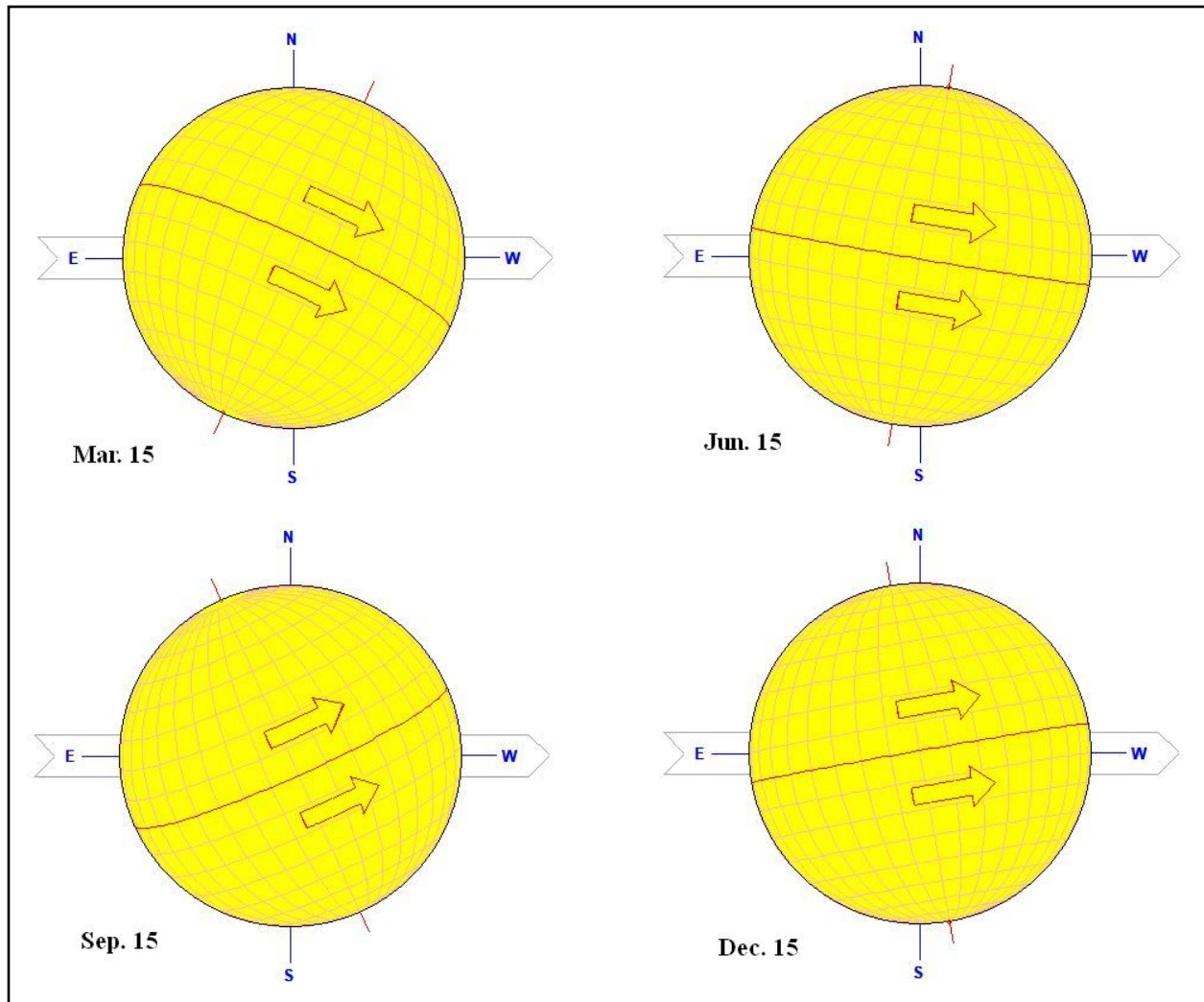
RA	4h 38m
Dec	22° 06'
Altitude	61.7°
Azimuth	137.2°

At the bottom of the interface, there is a table with three columns: Bo, P, and Lo.

Bo	P	Lo
-0.62	-15.21	286.4

Buttons for 'Graphics' and 'Help' are located at the bottom right. The version number 'Version 3.0.0' and copyright information '©Les Cowley www.atoptics.co.uk/tiltsun.htm' are at the bottom left. The central part of the interface shows a yellow solar disk with a grid, a red equator line, and blue lines for the North (N) and South (S) poles. Two orange arrows on the disk indicate the direction of sunspot drift from East (E) to West (W).

Un punto essenziale da comprendere è che l'orientazione del disco solare cambia durante l'anno mentre il Sole procede lungo l'eclittica. Nelle figure seguenti è riportato l'output del software *Tilting Sun* per ogni terzo mese dell'anno.



Differenti orientazioni del disco solare osservabili durante l'anno (cortesia di Les Cowley - www.atoptics.co.uk)

Anche se *Tilting Sun* è molto semplice da usare, l'orientazione del disco solare si può ricavare direttamente dalle effemeridi fisiche Bo, Lo e P. Per esempio alla data del 1 gennaio 2017 troviamo nel *RASC Observer's Handbook 2017*, p 184, i valori $P = 2.0$, $Lo = 123.5$ e $Bo = -3.0$.