



**ISTITUTO DI ISTRUZIONE SUPERIORE
“VALCERESIO” – BISUSCHIO
OSSERVATORIO SOLARE**

Rapporto sull'attività di osservazione dell'anno solare 2015

1) Osservazioni in luce bianca (continuo)

Dal 1 Gennaio al 31 Dicembre dell'anno 2015 sono state eseguite 310 osservazioni della fotosfera, un numero che si pone al terzo posto nella classifica degli anni più ricchi di osservazioni, dopo il 2011 (311) e 2012 (315). La media totale di osservazioni dal 2009 al 2015 si colloca a 295 osservazioni per anno, valore di tutto rispetto anche se rapportato a quelli dei maggiori Osservatori Solari mondiali. Sono stati osservati e classificati (secondo il metodo di Zurigo) 312 gruppi (contro i 454 del 2014) e conteggiate complessivamente 10880 macchie (15767 nel 2014). Il numero di gruppi osservati quest'anno è stato decisamente inferiore a quello dello scorso anno e di quello ancora precedente, così come il numero di macchie. Questo dimostra come l'attività solare nel 2015 sia stata decisamente meno intensa rispetto agli anni precedenti, confermando che il Sole si sta ormai avviando verso il minimo di attività del ciclo in corso, previsto per il 2019, anche se non si possono escludere delle temporanee riprese di attività da qui ad allora. Il mese con il minor numero di osservazioni nel 2015 è stato Febbraio (17) e quello con il maggior numero Luglio (31). Da notare come nel mese di Novembre, solitamente avaro di giorni favorevoli, sia stato quest'anno il secondo per numero di osservazioni, con 30 giorni su 30. Unitamente alle pochissime giornate di condizioni meteo sfavorevoli del mese di Dicembre e con un trend positivo iniziato a Maggio ciò ha contribuito al numero totale di osservazioni, contrariamente agli ultimi due anni trascorsi, quando le condizioni meteo lo hanno seriamente limitato. Gennaio ha visto il maggior numero di macchie conteggiate (1278) e Febbraio quello minimo (485). Ma Febbraio è stato anche il mese con il minor numero di osservazioni.

Per ogni giorno di osservazione è stato prodotto un disegno della fotosfera, eseguito dal Direttore dell'Osservatorio.

Tutti i disegni relativi alle osservazioni ufficiali sono stati organizzati in due archivi, uno cartaceo e l'altro in formato elettronico; ulteriori disegni prodotti dagli Studenti appartenenti ai gruppi di osservazione costituiti nell'ambito del Progetto Astro.Net sono anch'essi conservati sia in forma cartacea che elettronica in archivi personali per ogni gruppo.

Complessivamente sono stati pubblicati sul sito dell'Istituto un numero di disegni che eccede quello dei giorni di osservazione, in quanto in alcune date sono stati pubblicati disegni realizzati da più Studenti o da Studenti più il Direttore dell'Osservatorio. Si ribadisce comunque che, per il 2015 sono considerate ufficiali le osservazioni effettuate dal Direttore dell'Osservatorio, oltre a quelle della Studentessa Deborah Maragno, ufficialmente accreditata presso il SIDC/SILSO, che però non ha avuto occasione di compiere osservazioni.

In appendice sono riportati tutti i numeri di Wolf emisferici non ridotti calcolati nel 2015 nel nostro Osservatorio, i report mensili di osservazione dell'osservatore ufficiale, i Sunspot Bulletin mensili del SIDC/SILSO e gli ISSN (International SunSpots Numbers) ufficiali normalizzati per i primi tre trimestri del 2015, gli unici finora pubblicati dal SIDC/SILSO.

Nel seguito sono invece riportati i risultati delle osservazioni. Il numero di Wolf medio non ridotto per quest'anno confrontato con quello dello scorso anno, 81 contro 106.55, conferma la minore attività fotosferica rispetto al 2014.

Tabella 1.

Numeri di Wolf medi mensili calcolati in Istituto e rapportati agli International Sunspots Numbers (provvisori per il secondo semestre) elaborati dal SIDC/SILSO di Bruxelles. Nella prima colonna sono indicati i mesi dell'anno, nella seconda i numeri dell'Istituto (Risis), nella terza quelli del SIDC/SILSO (Rsidc), nell'ultima i rapporti (Rs/Ri) tra gli Rsidc e gli Risis. Completano la tabella i valori medi ed il coefficiente di riduzione Kc.

Mese	Risis	Rsidc	Rs/Ri
Gennaio	120.33	67	0.5568
Febbraio	73.24	44.8	0.6117
Marzo	64.18	38.4	0.5983
Aprile	93.2	54.4	0.5837
Maggio	98.76	58.8	0.5954
Giugno	85.72	58.3	0.7968
Luglio	81.45	66.4	0.8152
Agosto	71	64.6	0.9099
Settembre	80.42	78.1	0.9712
Ottobre	69.62	61.7	0.8862
Novembre	72.73	63.2	0.8690
Dicembre	63.11	57.7	0.9143
Media	81.14	Kc	0.880

A proposito del coefficiente Kc si rende necessaria una precisazione molto importante: a partire dal mese di Giugno del 2015 il SILSO ha deciso, prendendo tutti un po' di sorpresa, di modificare le procedure per il calcolo dei numeri di Wolf ridotti, ribattezzati Sn o Sunspot numbers. La novità principale è stata quella di modificare sia l'osservatore di riferimento (da Wolf a Wolfer) che la pilot station. Quest'ultima è sempre la Specola Solare Ticinese di Locarno Monti, ma i dati di Locarno utilizzati per il calcolo degli Sn sono ora quelli ottenuti con il metodo non pesato (si veda a questo proposito il successivo punto 5). Inoltre sempre il SILSO ha ricalcolato tutti i Kc mensili del 2014 e i relativi valori di dispersione. Pertanto il Kc medio annuo del nostro Osservatorio per il 2014 è cambiato da 0.61 a 0.875. Per il 2015 è stato quindi logico calcolare un valore di Kc provvisorio (in attesa di quello ufficiale fornito dal SIDC/SILSO) partendo dal mese di Giugno, per questo evidenziato in rosso nella tabella soprastante. Per il 2015 il Kc medio è risultato praticamente identico a quello dell'anno precedente (0.880 contro 0.875 ufficiale SILSO). Sempre da Giugno si è provveduto anche al calcolo del Kc provvisorio relativo al conteggio non pesato, che è risultato pari a 1.0, valore più che logico e attendibile in quanto, avendo negli anni scorsi il nostro Osservatorio avuto valori di Kc identici a quelli della Specola Solare Ticinese, ora che la stessa è diventata pilot station con i dati non pesati, ha per definizione il coefficiente di riduzione pari a 1.0. Ciò conferma la bontà e l'attendibilità delle nostre Osservazioni. Anche i nuovi valori di dispersione relativi al 2014 sono molto bassi, mentre per il metodo non pesato il SIDC/SILSO non ha ancora comunicato i Kc, in quanto da troppo poco tempo (Ottobre 2014) è iniziato per noi questo tipo di conteggio.

Gli stessi dati della tabella sono riportati in seguito in forma grafica, per i due semestri dell'anno 2015:

Grafico 1.

Andamento dei Numeri di Wolf medi mensili calcolati in Istituto (linea fucsia) confrontati con i valori degli International Sunspots Numbers elaborati dal SIDC/SILSO (linea blu) per il primo semestre del 2015:

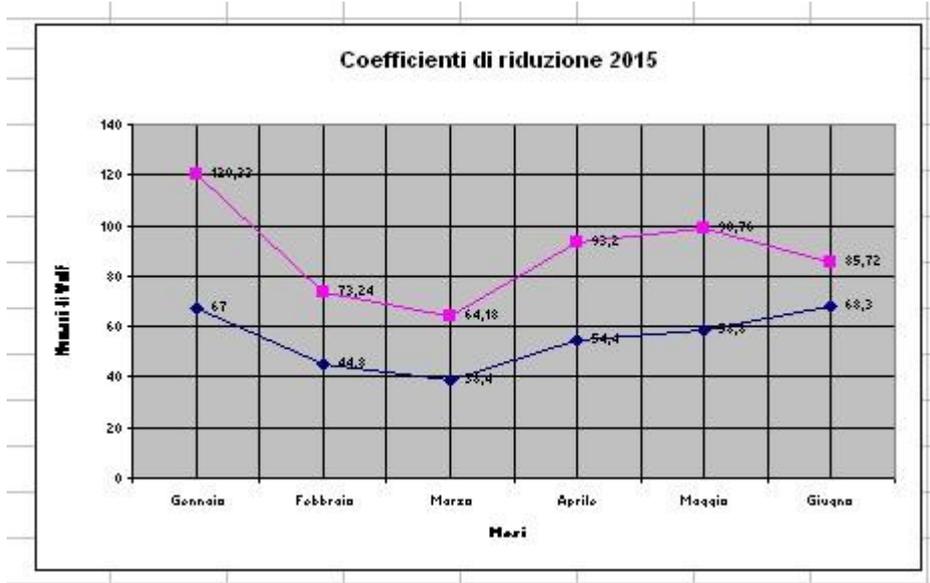
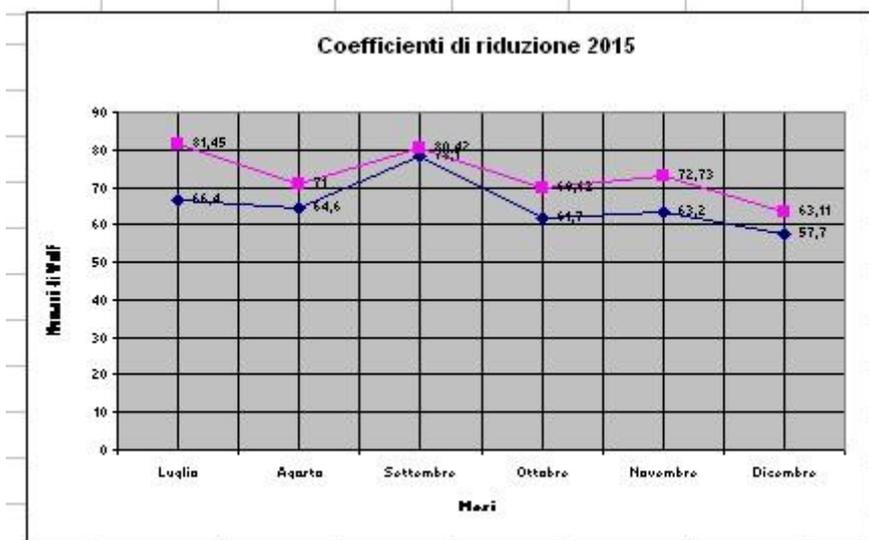


Grafico 2.

Andamento dei Numeri di Wolf medi mensili calcolati in Istituto (linea fucsia) confrontati con i valori degli International Sunspots Numbers elaborati dal SIDC/SILSO (linea blu) per il secondo semestre del 2015. Notare l'aumento a partire da Giugno per i motivi spiegati in precedenza nel testo:



2) Monitoraggio delle Regioni Attive

Durante il 2015, per tutti i giorni dell'anno, sono state seguite le Regioni Attive comparse sul Sole (BMR, Bipolar Magnetic Regions), attraverso i dati forniti dal NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), i bollettini giornalieri emessi dallo stesso NOAA e le immagini (in varie frequenze dell'UV) inviate dalla sonda SDO. Sono state conteggiate complessivamente 219 BMR (contro le 318 del 2014, a ulteriore riprova della diminuita attività) le quali, quando non presentano più gruppi di macchie loro associati, vengono classificate come H-Alpha Plages, ossia Regioni prive di macchie osservabili principalmente nella riga $H\alpha$ dell'Idrogeno.

3) Conteggio di eventi energetici

Il flusso dei Raggi X nelle bande tra 0.5\AA e 4\AA e tra 1\AA e 8\AA è stato costantemente monitorato grazie ai dati inviati in tempo reale dal satellite GOES, in due finestre temporali, una relativa agli ultimi tre giorni in ordine di tempo (aggiornata automaticamente ogni 5 minuti), l'altra relativa alle ultime 6 ore, aggiornata ogni minuto. L'analisi di questi dati permette di verificare la presenza di eventuali Flare nelle varie classi energetiche in cui sono comunemente suddivisi.

4) Space Weather

In Osservatorio viene prodotto giornalmente (esclusi i giorni festivi) un bollettino consuntivo e previsionale dell'attività di Space Weather (effetti dell'interazione tra la Terra ed il Sole considerati come un unico sistema) elaborando dati satellitari provenienti da diverse stazioni al suolo e spaziali. Il vantaggio di questo lavoro è quello di avere un prodotto riassuntivo, ma esaustivo, dello Space Weather, però in lingua italiana. Tutti i dati presentati sono infatti reperibili anche altrove in rete, ma sparsi su diversi siti e tutti in lingua inglese. Il bollettino viene pubblicato sul sito dell'Istituto nella sezione dell'Osservatorio Solare, dove sono presenti anche alcuni documenti per facilitarne la lettura e la comprensione. I dati necessari sono ricavati da numerosi bollettini previsionali e consuntivi emessi dal SWPC (Space Weather Prediction Center) del NOAA e sottoscritti dall'Istituto, nonché dal continuo controllo giornaliero degli indici di attività geomagnetica, della velocità, densità e pressione del vento solare, del controllo della componente Bz dell' Interplanetary Magnetic Field (IMF), il tutto svolto attraverso la rete Internet. Durante il 2015, non sono stati rilevati eventi energetici di rilievo più marcato rispetto a quelli del 2014. Infatti la tempesta geomagnetica più intensa registrata nel 2015 è stata una G3, quindi di intensità media e poche sono state le Tempeste di Radiazione prodotte dai flussi di protoni emessi in seguito ad un flare di potenza medio-alta. La scala NOAA delle tempeste geomagnetiche va da G1 (dette minor storm) a G5 (dette extreme storm). Il descrittore delle tempeste G3 è strong. Dal mese di Dicembre del 2014 è disponibile un software online, detto STAFF, elaborato e distribuito gratuitamente dall'Università del Belgio, con il quale è possibile monitorare lo Space Weather in tempo reale ed ottenere dati utilissimi per stendere un rapporto previsionale autonomo, che non si basi quindi solo su dati elaborati da altri. Questo permette al servizio di Space Weather offerto dal nostro Osservatorio di compiere un notevole salto di qualità, in quanto al suo interno è possibile elaborare direttamente molti dei parametri che concorrono alla previsione dello Space Weather.

5) Collaborazione con il SIDC/SILSO

Dal 15 Settembre 2010 il nostro Osservatorio è stato inserito tra le stazioni operanti e collaboranti con il Solar Influences Data Analysis Center (SIDC) di Bruxelles, cui fanno capo meno di un centinaio di Osservatori sparsi in tutto il mondo. Da Settembre 2013 il SIDC ha istituito un centro di calcolo ed elaborazione dati dedicato alle macchie solari in particolare e all'attività solare in genere, chiamato SILSO (Sunspot Index and Long-term Solar Observations). Ecco perché in precedenza e nel seguito è stato fatto riferimento al centro con sede presso l'Osservatorio Reale del

Belgio a Bruxelles come SIDC/SILSO. Il SIDC/SILSO elabora i dati ricevuti per calcolare e pubblicare gli ISSN (International Sunspots Numbers), ossia i Numeri di Wolf ufficiali giornalieri, ora ribattezzati Sn, o Sunspot numbers, come detto in precedenza, raggruppati in bollettini trimestrali. E' noto infatti che l'Astronomo svizzero Rudolph Wolf propose, nel 1859, un metodo di calcolo di un indice dell'attività fotosferica, detto Numero di Wolf relativo, che si ottiene dalla semplice formula:

$$Rw = Kc(10g+f)$$

dove g è il numero dei gruppi osservati, f il totale delle macchie conteggiate e Kc è un fattore di correzione dipendente da diversi parametri, tra i quali la qualità dell'osservazione e le caratteristiche dello strumento impiegato. Il numero è detto relativo proprio perché, se non è noto un valore di Kc che lo possa correlare con tutti gli altri, esso dipende unicamente dal conteggio effettuato da un determinato osservatore nelle sue condizioni di osservazione. Wolf, che conteggiava ogni macchia una sola volta e non teneva conto delle macchie molto piccole, la cui visibilità dipende molto dalle condizioni di seeing, non aveva un fattore di riduzione o, se si preferisce, per lui Kc era pari all'unità. Il sistema di conteggio fu poi modificato dai suoi successori (Wolfer, Brunner, Waldmeier, tutti del Politecnico di Zurigo), introducendo nel conteggio anche le macchie più piccole e attribuendo un "peso maggiore" (cioè $f > 1$ per una singola macchia) per le macchie con penombra, in funzione delle loro dimensioni e della struttura dell'ombra. In questo modo Sn assume ovviamente valori più elevati, tanto che da Wolfer e successori il valore di Kc fu posto pari a 0.6 per garantire una continuità oggettiva con le osservazioni dello stesso Wolf. Ed è in sintesi questo che oggi fa il SIDC/SILSO, rapportando tra loro tutti i numeri di Wolf relativi (detti anche grezzi o non ridotti) e soprattutto rapportandoli alle condizioni di osservazione di Wolf. Questo viene fatto attribuendo ad ogni Osservatorio (attenzione, ad ogni Osservatorio e non ad ogni osservatore che possa operare al suo interno) un valore di Kc calcolato allo scopo: non importa se questo valore è maggiore o minore dell'unità (normalmente oscilla tra 0.4 e 1.3) per un dato Osservatorio, ma che rimanga costante nel tempo il più possibile. Un Kc costante è indice di attendibilità per le osservazioni ricevute dal SIDC/SILSO per un certo Osservatorio. La Specola Solare Ticinese di Locarno Monti, nostro partner ufficiale (unitamente all'IRSOL di Locarno) nell'attività di osservazione della fotosfera, da oltre 50 anni possiede un fattore di riduzione (così è chiamato di solito Kc) pari mediamente a 0.61, quindi identico a quello utilizzato da Wolfer e successori. Per questo motivo la Specola di Locarno è la "Pilot Station" per il SIDC/SILSO, ossia i valori delle loro osservazioni fungono da riferimento per tutti gli altri: se in una certa giornata di osservazione il numero di Wolf relativo di un Osservatorio si discosta di $\pm 15\%$ rispetto a quello di Locarno, per quella giornata il valore inviato non verrà inserito nel conteggio per l'elaborazione dei numeri di Wolf internazionali, quelli che, in altre parole, tenendo conto delle correzioni introdotte con i tutti i Kc dei vari Osservatori, assumono il ruolo di Numeri di Wolf assoluti, detti anche ISSN, come detto sopra. Il nostro Osservatorio ha mosso i suoi primi passi assistito dalla Specola Solare Ticinese, con la quale dopo otto anni di attività ha ormai instaurato un forte legame di collaborazione in molti campi, dall'attività osservativa fino alla didattica ed alla divulgazione scientifica (Studenti del nostro Istituto hanno effettuato Stages e diverse visite a Locarno; il Direttore dell'Osservatorio collabora con la rivista di divulgazione astronomica "Meridiana", edita dalla SAT, Società Astronomica Ticinese, è socio dell'ASST, Associazione Specola Solare Ticinese e membro del Comitato Direttivo della stessa). Pertanto dal mese di Marzo 2010 il nostro Osservatorio ha adottato come metodo di conteggio dei numeri Rw lo stesso proposto dai successori di Wolf e utilizzato ovviamente anche a Locarno. Questo da una parte ci permette di avere un fattore di riduzione molto vicino (di fatto identico) a quello di Locarno e valori degli Rw giornalieri che difficilmente si discostano del $\pm 15\%$ da quelli della Specola, dall'altra ha portato ad una sensibile diminuzione del Kc rispetto al 2009 (quando da noi non veniva usato). Però, come illustrato in precedenza il fattore di riduzione degli anni successivi si è mantenuto costante e pari a 0.61 (nel 2009 valeva 0.7). Per

quanto detto al punto **1** dal Giugno 2015 le cose sono però cambiate, con il passaggio della pilot station sempre a Locarno, ma con i dati non pesati (si veda il punto **5**). Per quanto riguarda l'invio dei dati al SIDC/SILSO, per ogni giornata di osservazione vengono indicati il totale dei gruppi e delle macchie osservati, gli stessi distribuiti nei due emisferi del Sole, e quelli che si trovano entro un raggio del disco solare pari ad un quarto del raggio effettivo del Sole (questi ultimi perché potrebbero essere in posizione geoeffettiva, cioè eventuali eventi energetici loro associati in cromosfera o in corona potrebbero dar luogo a fenomeni geomagnetici). Le osservazioni sono compiute in proiezione diretta con un oculare da 40 mm. (offertoci a titolo di prestito indeterminato dalla Specola) su un catadiottrico Maksutov-Cassegrain da 150/1800 in modo da ottenere un disco proiettato di 25 cm. di diametro, che sono le dimensioni standard dei principali Osservatori solari europei (Catania, ROB, Locarno, Kanzelhohe) collaboranti con il SIDC/SILSO. La convenzione con il SIDC/SILSO prevede l'invio di almeno 10 osservazioni al mese per tutti i mesi dell'anno (120 osservazioni), entro le ore 12:00 TU per ogni giorno di osservazione. Finora il nostro Osservatorio ha ampiamente rispettato queste condizioni e certamente lo farà anche in futuro. Questo risultato è stato ottenuto effettuando osservazioni in tutti i giorni (domeniche e festività comprese) in cui il Sole è stato visibile: un notevole impegno, ma anche la condizione indispensabile per il mantenimento di un Kc costante. In conclusione di questo punto, va fatto notare che il SIDC/SILSO ha voluto che gli fossero inviati anche tutti i nostri dati osservativi precedenti al 15 Settembre 2010, cioè per l'intero anno 2009 e dal 1 Gennaio al 14 Settembre 2010. E' stata forse questa buona quantità di dati inviati a consentirci di essere inseriti da subito tra le stazioni del network cooperanti per il calcolo degli ISSN, senza essere tenuti sotto osservazione per un periodo preliminare (della durata di una anno circa).

A partire dal mese di Ottobre del 2014 il nostro Osservatorio dispone di un secondo account presso il SIDC/SILSO, utilizzato per l'invio dei numeri di Wolf ottenuti con un metodo di conteggio, detto non pesato, diverso da quello descritto in precedenza ed utilizzato anche alla Specola Solare Ticinese di Locarno. In una serie di Workshops, tenutisi tra il 2012 e il 2014 e dedicati proprio al conteggio delle macchie solari, sia con il numero di Wolf che con altri indici, è emersa l'esigenza, da parte della comunità dei fisici solari, di procedere ad un riesame delle osservazioni compiute nel passato con tutti i diversi metodi di calcolo, per cercare di stabilire quale sia il più attendibile per descrivere l'andamento dei cicli solari, passati e futuri. Poiché l'Osservatorio di Bisuschio è l'unico, insieme a Locarno, tra quelli del network ad utilizzare il metodo pesato, ci è stato chiesto di procedere ad un conteggio anche non pesato (cosa che viene fatta anche a Locarno), in modo che il SIDC/SILSO possa disporre di un secondo set di dati, oltre a quello fornito da Locarno, per poter, nel corso del tempo, procedere ad un confronto tra i due metodi nell'ottica di quanto descritto sopra. Quindi Locarno e Bisuschio sono gli unici due Osservatori a possedere due account presso il network di Bruxelles. Questo pone senza dubbio il nostro Osservatorio in una posizione significativa nell'ottica di collaborazione ad una ricerca scientifica di alto livello, alla quale partecipano i centri di osservazione e di studio della fisica solare più importanti del mondo. Nel precedente punto **1** è stato illustrato il primo risultato di questa ricerca, cioè la modifica delle procedure di calcolo per i numeri Sn. Ad ogni modo l'Osservatorio di Bisuschio, così come la Specola, continua con il doppio conteggio, pesato e non pesato ed invia entrambi i set di dati a Bruxelles in ogni giorno di osservazione.

6) Osservazione Ha

Parallelamente all'attività fin qui descritta, è continuata anche per il 2015 l'osservazione delle protuberanze solari in cromosfera nella frequenza di 6563Å della riga α della serie di Balmer dell'Idrogeno. Purtroppo la mancanza di tempo ed alcuni problemi organizzativi non hanno permesso di condurre questa attività in modo regolare e sistematico come le altre. Sono stati infatti realizzati pochi disegni in tutto l'anno, tutti compiuti dai gruppi di osservazione delle classi quarte e

quinte del Liceo Scientifico inseriti nel Progetto Astro.Net. Attualmente l'attività di osservazione in H α è affidata esclusivamente (nel senso che il Direttore dell'Osservatorio, di norma, non compie osservazioni in H α ma queste sono state delegate interamente agli Studenti) ancora alle quarte e quinte del Liceo Scientifico, ma il tempo limitato messo a disposizione di questi gruppi per le osservazioni (al massimo quattro al mese se le condizioni meteo sono favorevoli) non permetterà certo di produrre un numero significativo di disegni, che comunque sono considerati osservazioni ufficiali per l'Osservatorio. Per tale motivo in questo rapporto non vengono presentati, come del resto in quelli del 2011, del 2012, del 2013 e del 2014 i risultati delle osservazioni in luce monocromatica, diversamente da quelli relativi al 2009 e al 2010, quando l'osservazione in H α era praticamente sistematica, mentre il Sole stava attraversando il suo lunghissimo periodo di minimo prolungato a cavallo dei cicli 23 e 24, quindi si aveva il tempo di procedere ad entrambe le osservazioni, in luce bianca e in monocromatico. La successiva risalita verso il massimo ha posto poi inevitabilmente problemi di tempo, in quanto era quasi impossibile, per un solo osservatore, procedere ad entrambe le osservazioni. Ecco il motivo per cui da un certo punto l'osservazione in H α è stata delegata ai soli Studenti dei gruppi di osservazione. Tutte le osservazioni sono state compiute con un PST Coronado da 40/400 utilizzando oculari da 10 mm. per la ricognizione del bordo disco e da 6 mm. per l'osservazione dei dettagli fini. I due oculari forniscono ingrandimenti rispettivamente di 40X e 67X. Per ogni osservazione è stato realizzato un disegno con i nuclei e gli elementi delle protuberanze osservate (classificate con gli opportuni metodi) ed il calcolo di un indice di attività, detto Numero di Pettis (o Prominence Number Rp), equivalente del Numero di Wolf per le macchie solari, ottenuto con una formula di calcolo molto simile, anche se coinvolgente parametri diversi.

6) Misura della costante solare al suolo

A partire da Settembre 2015 è iniziato, nelle giornate favorevoli, un monitoraggio sinottico della costante solare, misurata al suolo con un apposito strumento rilevatore. Lo scopo è quello di determinarne il valore medio annuale (circa 640 W/m²) e le sue variazioni durante un ciclo di attività. Ovviamente queste misure dovranno essere protratte per molto tempo, ed i primi risultati significativi si avranno nei prossimi due - tre anni.

Bisuschio, 15 Gennaio 2016

Il Direttore dell'Osservatorio (Mario Gatti)