



ANALISI DELL'ALTEZZA DELLE PROTUBERANZE SOLARI NEL PERIODO 2010-2011 (CICLO XXIV)

di Fabio A. Mariuzza

Per questo studio ho utilizzato le mie fotografie della cromosfera dal 2010 al 2011 utilizzando la seguente strumentazione:

	Telescopio Rifrattore PST Coronado diametro 40mm e lunghezza focale 400mm (f/10) Lunghezza d'onda di funzionamento 656,3 nm (H-alfa) Larghezza di Banda Nominale di Funzionamento <1,0Å
	CCD Magzero Mz-5c con filtro IRCut Sensore: Micron MT9M001 monocromatico Risoluzione 1280x1024; dimensioni pixel: 5,2 x 5,2 micron
	Barlow 3x Triplica la lunghezza focale del telescopio portandola a 1200mm (f/30)

In questo lavoro abbiamo catalogato le protuberanze più importanti fotografate ogni giorno. Non abbiamo invece misurato le piccole protuberanze che possono confondersi con le spicole solari. Le nostre misurazioni sono state effettuate da un'altezza minima di 15.000 km per evitare che l'errore commesso nella misurazione abbia un impatto molto grande.

Per effettuare le misurazioni abbiamo proceduto nella seguente maniera:

1 - Misurazione della posizione della protuberanze nella fotografia

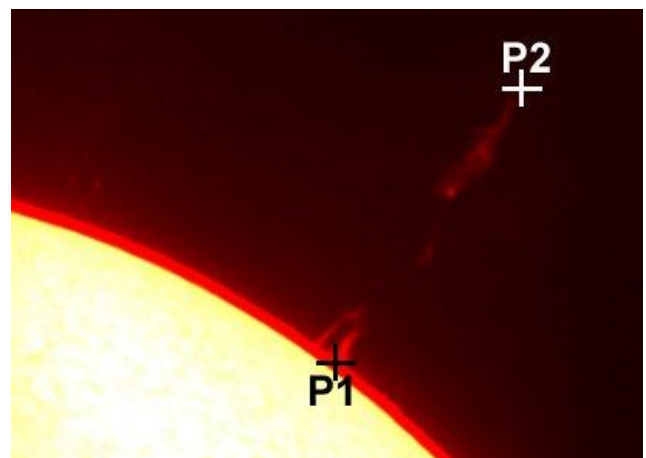
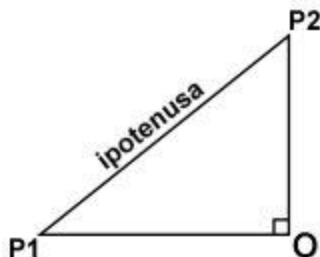
Per eseguire le misurazioni delle altezze prendiamo la posizione dei pixel alla base della protuberanza e alla massima altezza (P1 e P2).

Nell'esempio $P1 = (209, 228)$ e $P2 = (329, 51)$.

Il punto (0,0) corrisponde al vertice superiore sinistro.

Il primo valore di ogni punto corrisponde all'asse X e il secondo all'asse Y della foto rispetto al vertice superiore sinistro.

Adesso dobbiamo conoscere i lati del triangolo equilatero che viene creato dai punti P1 e P2, in modo da poter determinare in seguito col Teorema di Pitagora l'ipotenusa che sarà l'altezza della protuberanza (in pixel).



2 - Determinazione dell'altezza della protuberanza in pixel

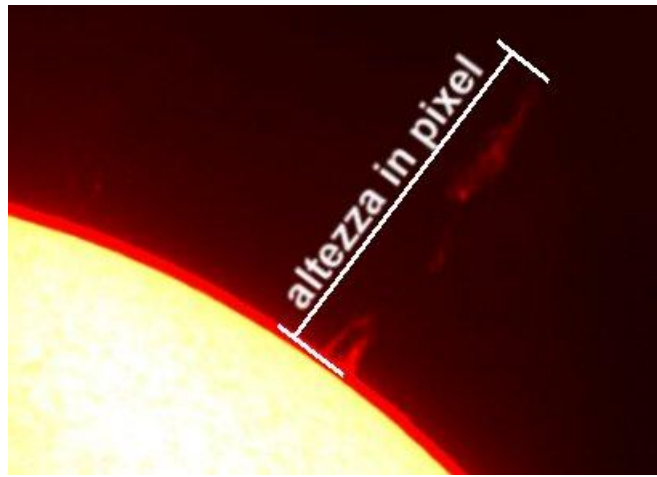
Determinati i punti P1 e P2, adesso calcoliamo i lati del triangolo equilatero come segue:
 - Base del triangolo (L1) = 329 - 209 = 129 pixel
 - Altezza del triangolo (L2) = 228 - 51 = 177 pixel
 Adesso conosciamo i lati OP1 e OP2, che sono i lati del triangolo equilatero; ci resta solamente da determinare l'ipotenusa, oppure P1P2 che sarà la altezza della protuberanze in pixel. Per questo utilizziamo il teorema di Pitagora:

$$(\text{ipotenusa})^2 = (L1)^2 + (L2)^2$$

e quindi

$$\text{Altezza protuberanza} = \sqrt{L1^2 + L2^2}$$

nel nostro esempio: l'altezza della protuberanze risulta essere di 219 pixel.



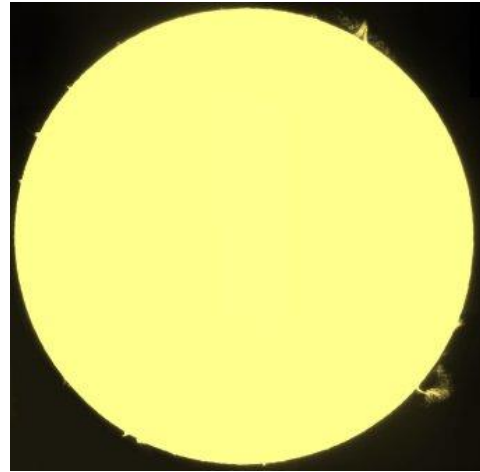
3 - Determinazione dei km per ogni pixel

Ad ogni pixel corrisponde un certo numero di km. La Terra però si allontana e si avvicina al Sole nel corso dell'anno, per cui dobbiamo prima determinare quanti secondi d'arco copre un pixel nella nostra fotografia. Per fare questo dobbiamo determinare la vera distanza focale della nostra attrezzatura, che non corrisponde a 3x400 mm = 1200 mm, ma a 1454 mm. Questo valore lo abbiamo determinato costruendo un mosaico del Sole come si vede nella fotografia (del 04/06/2011). Quel giorno abbiamo fotografato tutto il Sole e, dopo averne realizzato il mosaico, abbiamo determinato quale fosse stato il suo diametro in pixel, conoscendo il suo diametro in km (1.392.000 km). In tale giornata abbiamo così determinato a quanti km corrispondesse un pixel. Adesso dobbiamo conoscere l'angolo, in secondi d'arco, corrispondente a un pixel nella nostra fotografia. Per fare questo sappiamo che il 4 aprile 2011 il Sole aveva un diametro di 1893" d'arco. Abbiamo così determinato che un pixel corrisponde a:

$$1\text{px} = 0,7375" \text{ d'arco}$$

Per calcolare la lunghezza focale abbiamo utilizzato la formula:

$$\text{Distanza focale} = 206,265 \cdot \text{dimensione sensore} / " \text{ d'arco per pixel} = 206,265 \cdot 5,2 / 0,7375 = 1454 \text{ mm}$$



4 - Determinazione dell'altezza della protuberanza in km

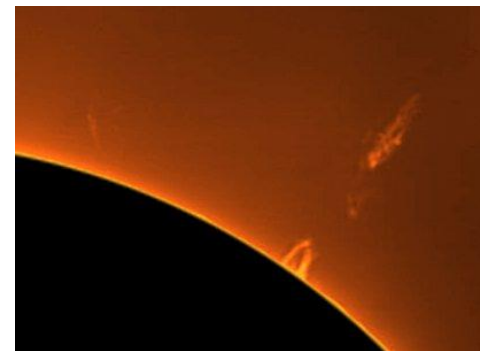
Adesso, per determinare l'altezza della protuberanza, è molto semplice: bisogna vedere quale sia il diametro del Sole utilizzando l'effemeride che potete trovare [qui](#), in modo da ottenere il diametro in secondi d'arco che la nostra stella aveva in quel momento. Conoscendo (dal punto 2) l'altezza della protuberanza in pixel e conoscendo quanti secondi d'arco copre un pixel nella foto, possiamo attraverso il diametro solare (in secondi d'arco) determinare molto semplicemente l'altezza della protuberanza. Nell'esempio precedente, dove si vede la protuberanza del 13/06/2010, il Sole aveva un diametro di 1890" quindi:

$$1 \text{ pixel} = 0,7375" \text{ d'arco} \Rightarrow 1890" = 2562,7 \text{ pixel} = 1.392.000 \text{ km (diametro del Sole)}$$

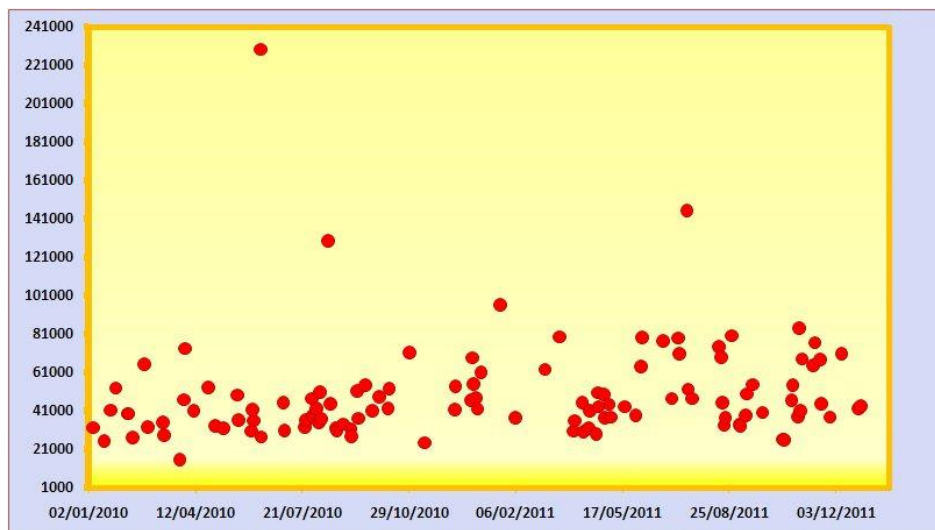
$$\Rightarrow 1 \text{ px} = 543 \text{ km}$$

$$\text{Altezza della protuberanza in pixel} = 219\text{px} \Rightarrow 219\text{px} \times 543 \text{ km/px} = 118.917 \text{ km}$$

In questo modo abbiamo calcolato ogni protuberanza attraverso un foglio excel, in modo da effettuare il calcolo automatico dell'altezza di ogni protuberanza.



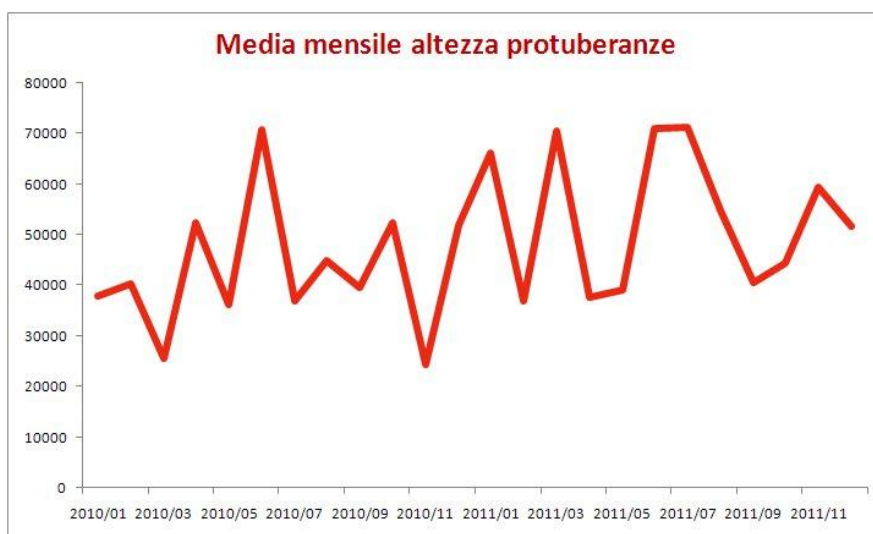
Ecco il primo grafico che mostra le medie giornaliera per le altezze delle protuberanze dal 01/01/2010 al 31/12/2011 (2 anni di analisi).



	2010	2011	Media
Giorni fotografati	58	58	58
Numero di protuberanze misurate	155	169	162
Altezza minima (km)	14.478	12.230	13.354
Altezza massima (km)	229.533	161.103	195.318
Altezza media (km)	42.173	49.206	45.689
Moda (km)	33.000	35.000	34.000
Mediana (km)	35.000	43.000	39.000

Dalla tabella precedente si conclude che l'altezza media delle protuberanze nel 2011 è superiore di quasi 7.000 km a quelle del 2010. Come si può vedere, la protuberanza più piccola è stata misurata nel 2011 e quella più grande nel 2010, il che va in contraddizione con l'altezza media. Questo però dimostra un 2011 più stabile del 2010, il quale ha prodotto in media protuberanze più alte che nel 2010.

Bisogna anche considerare che non sono riuscito ad osservare tutti i giorni dell'anno, ma solamente 58 giorni su 365, il 16% del totale, comunque una buona percentuale. oscurato sino a poco meno del 75% della sua superficie.



Ecco un altro grafico che mostra l'andamento dell'altezza delle protuberanze nella media mensile, nel quale si può vedere come il grafico ha una tendenza in salita.

Bisogna ricordare che una protuberanza vista dalla Terra non mostra sempre l'altezza corretta, dato che la si vede in prospettiva sulla sfera solare. Una protuberanza può anche essere molto alta, ma con una prospettiva "appiattiva" pare essere più bassa del solito. Però se si studia questa altezza come dato statistico, si può ricavarne un valore medio valido.

CONCLUSIONE:

L'altezza media delle protuberanze cresce in funzione dell'attività solare, con un valore per il 2010-2011 corrispondente a circa 45.000 km, circa tre volte e mezza il diametro terrestre.

La tendenza in salita ha un valore di R^2 (Coefficiente di determinazione) pari a 0,122. R^2 varia tra 0 e 1: quando è 0 il modello utilizzato non spiega per nulla i dati; quando è 1 il modello spiega perfettamente i dati. Nel nostro caso un valore molto basso (0,122) dimostra che i dati non sono abbastanza per confermare la nostra tendenza, quindi bisogna attendere ancora qualche anno per confermare o rifiutare questa tendenza.

[Guarda qui le foto del 2010](#) e [qui le foto del 2011](#)