

Le Eta-Aquaridi nel 2004-2008

IARA, SdR RadioAstronomia UAI, Astronomia Valli del Noce, Società Italiana di Fisica, IMO

Abstract

The Eta Aquarids meteor stream has a medium activity and its origin is cometary. The stream occurs in the first days of May and the maximum of activity occurs in the day 5 for visual and 7 for radar observations. The Eta Aquarids were studied from 2004 to 2008 using radio observations. The radio data were obtained using the meteor scatter techniques. The activity of the stream has been analyzed using the method SVB. This method allows to separate from the observed data the sporadic activity and the observability function of the forward-scatter apparatus and from these to obtain the true activity of the stream. The data were taken from the Radio Meteor Observation Bulletins. The purpose of this analysis is the definition of the main characteristics of the stream. The solar longitude of the maximum of the activity is $\lambda_0 = 45.8^\circ \pm 0.2^\circ$.

...la loro rarità ne oscura la comprensione, ed è per questo che le meteore non si conoscono nella misura in cui sono noti il sorgere delle stelle e le eclissi [...] e varie altre cose.

*Plinio il Vecchio (23 - 79 d.C.)
Naturalis Historia, Libro II, 97*

Introduzione

La possibilità dell'esistenza di uno sciame attivo alla fine di aprile e all'inizio di maggio venne suggerita nel 1863 da Newton, il quale esaminò le date di alcuni sciame e propose una serie di periodi in cui concentrare l'attenzione degli osservatori. Uno di questi periodi era il 28-30 aprile, e includeva gli sciame osservati nel 401, 839, 927, 934 e 1009 [1].

Le Eta-Aquaridi furono scoperte ufficialmente nel 1870 dal tenente-colonnello Tupman. Il 30 aprile di tale anno, 15 meteore indicarono un radiante posto alle coordinate $AR=325^\circ$ e $DEC=-3^\circ$ mentre 13 meteore osservate il successivo 2-3 maggio diedero come risultato $AR=325^\circ$ e $DEC=-2^\circ$. Denning, esaminando i documenti dell'Associazione Meteorica Italiana, identificò 45 meteore registrate dal 29 aprile al 5 maggio 1870, con un radiante medio pari a $AR=335^\circ$ e $DEC=-9^\circ$ [2]. La prima conferma dello sciame si ebbe il 29 aprile 1871, quando Tupman registrò 8 meteore provenienti da $AR=329^\circ$ e $DEC=-2^\circ$.

Le osservazioni delle Eta-Aquaridi sono state piuttosto rare, ma, durante il 1876, una scoperta di Herschel aumentò l'interesse nei confronti di tale sciame. Herschel condusse una ricerca per trovare quale cometa

era la più adatta a produrre sciame meteorici e scoprì che la cometa Halley era la cometa più vicina alla Terra il 4 maggio ed era associata ad un radiante meteorico posto a $AR=337^\circ$ e $DEC=0^\circ$. Herschel notò immediatamente che i radianti osservati da Tupman nel 1870 e nel 1871 erano molto vicini a quello da lui associato alla Halley [3].

Le Eta-Aquaridi furono scarsamente monitorate a causa della mancanza di osservatori in posizione favorevole. Tuttavia, Corder rilevò un'attività mattutina il 4 maggio 1878 e attraverso 3 meteore identificò il radiante a $AR=334^\circ$ e $DEC=-1^\circ$ [4]. Nello stesso anno, Herschel, riesaminando tutti i dati, notò che il radiante dello sciame sembrava muoversi giornalmente verso est [5]. Denning riuscì ad osservare questo sciame dal 30 aprile al 6 maggio 1886. Da queste osservazioni, si ottenne che il radiante aveva un'estensione angolare da 5 a 7 gradi. Fortunatamente, grazie all'opera di alcuni osservatori di meteore nell'emisfero sud nel corso degli anni '20 la conoscenza dei principali sciame australi aumentò considerevolmente.

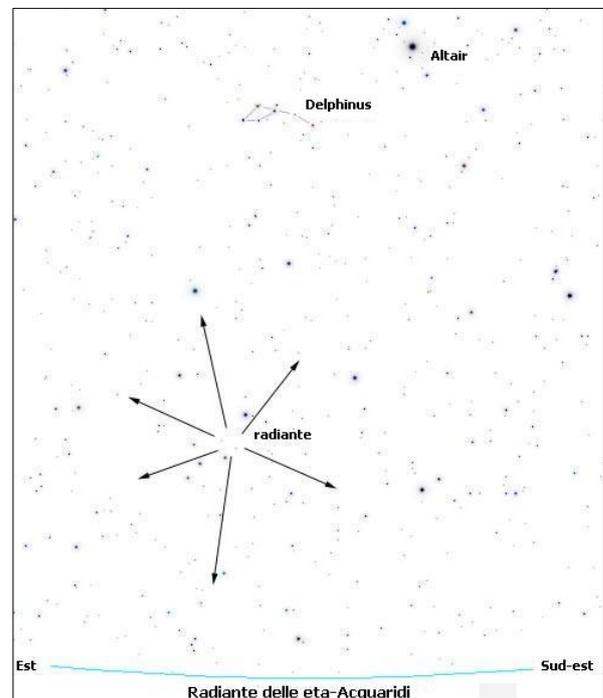


Figura 1. L'immagine mostra la posizione del radiante dello sciame meteorico delle Eta-Aquaridi

Uno dei più prolifici osservatori fu McIntosh il quale pubblicò uno dei più significativi studi sulle Eta-Aquaridi nel 1929. McIntosh affermò che le osservazioni di quell'anno da lui effettuate mostravano

un'attività dal 22 aprile al 13 maggio, attività da lui presentata come un esempio dell'azione dispersiva dei pianeti durante la vita della cometa progenitrice [6]. Il radiante di tale sciame fu determinato dallo studioso il 3 maggio 1929 a $AR=334.0^\circ$ e $DEC=-1.5^\circ$, mentre il 12 maggio la sua posizione era a $AR=342.7^\circ$ e $DEC=+2.5^\circ$. Egli dimostrò che il massimo si verificava nei primi giorni di maggio, sebbene non fosse riuscito ad identificare la data con precisione. Il diametro del radiante aveva una estensione angolare di 5 gradi, e i calcoli dell'orbita dello sciame eseguiti da McIntosh mostrarono un'eccellente corrispondenza con l'orbita della cometa Halley.

Nel 1935, McIntosh pubblicò le sue ricerche sul moto del radiante delle Eta-Aquaridi. Utilizzando sia le proprie osservazioni sia quelle compiute da Geddes dal 1928 al 1933, McIntosh determinò che il moto diurno del radiante era pari a $+0.96^\circ$ in AR e $+0.37^\circ$ in DEC [7].

Nel 1947, le Eta-Aquaridi furono osservate con tecniche radar [8]. Ulteriori dati furono raccolti dal radar di Jodrell Bank alla fine degli anni '40 fino a tutti gli anni '50. Il radar dello Springhill Meteor Observatory in Canada e, più tardi, quello dell'Ondrejov Observatory in Cecoslovacchia, accumularono la più grande quantità di dati mai registrata fino ad allora su tale sciame.

Il radar a Springhill osservò le Eta-Aquaridi dal 1958 al 1967. Il tasso orario al massimo era tipicamente tra 350 e 500. Un'analisi di questi dati, come di quelli visuali raccolti dal 1911 al 1971, furono pubblicati nel 1973 da Hajduk. Egli notò che c'era una variabilità irregolare nel rate di meteore ad ogni ritorno dello sciame, attribuita alle variazioni della densità dello sciame lungo l'orbita [9].

Attraverso il profilo medio di attività nel periodo 1958 - 1967, fu riscontrata la presenza di due massimi radar: il 4 maggio e il 7 maggio [9].

Questo andamento risultò ancora più interessante quando fu comparato con i massimi e i minimi della curva di attività delle Orionidi. Lo studio di Hajduk sulle Orionidi portò a concludere che l'attività inusuale era dovuta al fatto che la Terra incontra filamenti all'interno dello sciame. La stessa spiegazione fu data per giustificare la presenza occasionale nelle Eta-Aquaridi o di un massimo secondario o di uno spostamento del massimo principale.

Gli studi di Hajduk non rilevarono solo dettagli interessanti su questo sciame, ma anche sulle Orionidi da tempo conosciute come lo sciame fratello delle Eta-Aquaridi. Infatti, esiste una marcata somiglianza tra le caratteristiche fisiche delle meteore e i livelli di attività di entrambi gli sciami. Hajduk notò che le Eta-Aquaridi si manifestavano quando la Terra si trovava a 0.065 UA dall'orbita della cometa Halley, mentre le Orionidi a 0.15 UA. In accordo coi dati di Springhill, Hajduk evidenziò una minore variazione dell'attività annuale delle Eta-Aquaridi rispetto a quella delle Orionidi [9].

L'evoluzione delle Eta-Aquaridi fu discussa nel 1983 da McIntosh e Hajduk, i quali pubblicarono un modello dettagliato degli sciami meteorici prodotti dalla cometa Halley. Utilizzando uno studio del 1981 di Yeomans e

Kiang (studiosi che esaminarono l'orbita della cometa Halley dal 1404 a.C [10]), McIntosh e Hajduk ipotizzarono che le perturbazioni avevano confinato lo sciame in gusci sferici corrispondenti ad antiche orbite della Halley [11]. Tali fasce sono responsabili della variazione annuale dell'attività sia delle Eta-Aquaridi che delle Orionidi.

Le condizioni osservative, diverse per i due emisferi, possono aver modificato la stima dello ZHR, infatti il tasso orario medio tende ad essere di circa 20 nell'emisfero boreale e 50 in quello australe, in accordo con le osservazioni condotte negli Stati Uniti, Inghilterra, Giappone, Australia e Nuova Zelanda [12]. Durante l'apparizione della cometa Halley nel 1985-1986, molti osservatori in tutto il mondo furono allertati al fine di registrare un possibile aumento di attività delle Eta-Aquaridi (e delle Orionidi). Resoconti provenienti da gruppi in Australia, Nuova Zelanda, Bolivia, Nord America e Giappone indicarono però che non era stato osservato alcun outburst in tali sciami.

La cometa progenitrice

Due sciami meteorici, le Eta-Aquaridi all'inizio di maggio e le Orionidi alla fine di ottobre, sono associati con la cometa 1P/Halley. Quest'ultima è senza dubbio la più conosciuta e studiata tra tutte le comete. Nel 1705 Edmund Halley, utilizzando le nuove leggi di Newton, predisse che la cometa osservata nel 1531, nel 1607 e nel 1682 sarebbe ritornata nel 1758. In effetti la cometa ritornò come previsto dallo studioso e quindi, in onore dello stesso, ne ricevette il nome.

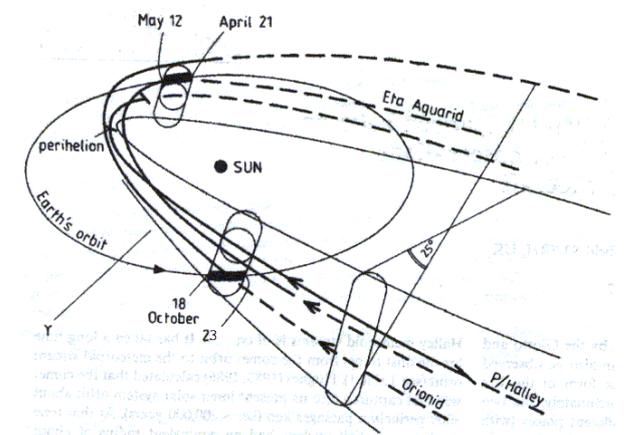


Figura 2 - Geometria dell'intersezione della cometa 1P/Halley e dell'orbita della Terra. Ne risultano due sciami, le Eta-Aquaridi in maggio e le Orionidi in ottobre. L'orbita della cometa si modifica lentamente nel tempo e ciò sviluppa un tubo di polveri che contengono sia la cometa che gli sciami meteorici.

L'orbita della Halley, tuttavia, non corrisponde precisamente con i parametri degli sciami meteorici. L'orbita della cometa interseca il piano dell'eclittica nel nodo ascendente posto a 1.8 UA all'esterno dell'orbita terrestre, e in quello discendente posto a 0.85 UA all'interno dell'orbita della Terra. Dato che l'orbita della cometa è inclinata leggermente rispetto al piano dell'eclittica, circa $i = 162^\circ$, la Terra raggiunge la distanza minima da tale orbita in ottobre (0.154 UA) e

in maggio (0.065 UA). Questa circostanza si verifica vicino alla longitudine solare in cui si ha il massimo di attività degli sciame.

Il periodo medio dell'orbita della Halley è di circa 76 anni, ma non si possono prevedere le date del suo ritorno aggiungendo semplicemente multipli di 76 all'anno del suo ultimo passaggio al perielio. L'attrazione gravitazionale dei pianeti maggiori e la pressione di radiazione solare, infatti, alterano il periodo orbitale da una rivoluzione all'altra. Tra il 239 a.C. e il 1986 d.C. il periodo orbitale è variato da 76,0 anni, nel 1986, a 79,3 anni, nel 451 e nel 1066.

Yeomans e Kiang hanno esteso il calcolo dell'orbita fino al 1404 a.C. [10][11]. Il nodo dell'orbita della cometa ha attraversato l'orbita della Terra tra il 530-607 d.C. nella posizione delle Eta-Aquaridi, e tra il 836-763 a.C. nella posizione delle Orionidi.

La cometa Halley è stata fotografata e studiata durante il suo ultimo passaggio anche da numerose sonde spaziali. Nel 1986, ben cinque sonde provenienti dall'URSS, dal Giappone e dalla Comunità Europea hanno incontrato la cometa di Halley; la sonda Giotto dell'ESA ha ottenuto delle fotografie ravvicinate del suo nucleo. Le immagini della Giotto Halley Multicolor Camera hanno mostrato che la forma del nucleo è approssimabile a un ellissoide triassiale di dimensioni 8.2 km x 8.5 km x 16 km, circa 5.5×10^{17} cm³ di volume e una sezione d'urto media pari a 100 km² [13][14][15]. Comparando i parametri non gravitazionali con la forza prodotta dai getti di gas, si è ottenuta una massa del nucleo attuale pari a circa 1.0×10^{17} g [15][16]. Contrariamente alle aspettative, il nucleo della Halley si è rivelato molto scuro: il suo albedo è pari soltanto a 0.03, e ciò lo rende più nero del carbone e quindi uno degli oggetti più scuri del Sistema Solare. La densità del nucleo è molto bassa: circa 0.1 g/cm³ e ciò indica che probabilmente esso è poroso, forse a causa della grande quantità di polvere rimasta dopo che i ghiacci sono sublimati. Hughes ha concluso che la cometa Halley è giunta a circa metà della sua esistenza da quando è diventata una cometa a breve periodo [17].

È stato inoltre calcolato il decadimento del nucleo della cometa Halley in seguito al rilascio di gas e polveri ad ogni passaggio nei pressi del perielio [11][18]. Queste stesse polveri sono ciò che ha formato i due sciame meteorici attribuiti alla cometa.

È stato precedentemente accennato che i parametri orbitali dello sciame delle Eta-Aquaridi differiscono da quello della cometa progenitrice. Tuttavia, essendo tale sciame scarsamente osservato non vi è una determinazione univoca e precisa dell'orbita, basti pensare che numerosi autori [18][19][20] hanno utilizzato come parametri orbitali quelli dedotti da Cook [21], basati su una sola meteora [22]. Nella Tabella 8.4 sono riportati i parametri orbitali dello sciame delle Eta-Aquaridi ricavati da tecniche fotografiche, dalla media dei risultati ottenuti da svariati osservatori [23][24][25][26][27][28] e da tecniche radar [29][30], oltre ai parametri orbitali della cometa Halley.

Tabella 1 - Confronto tra l'orbita dello sciame delle Eta-Aquaridi ricavata con tecniche fotografiche e radar e l'orbita della cometa Halley.

ω = argomento del perielio (angolo in orbita tra il nodo ascendente e il perielio)

Ω = longitudine del nodo ascendente (angolo tra l'equinozio di primavera e il punto dell'orbita che taglia da sotto a sopra il piano dell'eclittica)

i = inclinazione (angolo tra l'eclittica e il piano dell'orbita)

q = distanza al perielio

e = eccentricità dell'orbita

a = semiasse maggiore dell'orbita

	ω (°)	Ω (°)	i (°)	q (UA)	e	a (UA)
Foto	101.5	45.8	165.5	0.612	0.983	29.779
Radar	95.9	45.5	165.7	0.585	0.882	5.005
Cometa	111.8	58.8	165.2	0.587	0.967	17.941

Procedura di analisi dei dati

I dati sono stati prelevati dall'archivio internet del Radio Meteor Observation Bulletins (RMOB). I dati raccolti dagli osservatori del RMOB utilizzano la tecnica del meteor scatter operante nella banda VHF da circa i 50 MHz ai 100 MHz.

La procedura di analisi utilizzata è il metodo proposto da Steyaert [31] e successivamente da Steyaert, Verbelen, Brower [32] che presuppone che l'attività osservata $O(t)$, dove t è il tempo, dipenda dalla somma tra l'attività sporadica $S(t)$ e il prodotto tra la funzione di osservabilità $OF(t)$ e la vera attività dello sciame $Z(t)$. In realtà anche l'attività sporadica avrebbe la sua funzione di osservabilità, ma questa è sconosciuta e la si considera implementata nel termine sopra citato.

Il valore della funzione di osservabilità dipende da molti fattori, quale la geometria del trasmettitore-ricevitore, le caratteristiche del ricevitore e dell'antenna, l'altezza del radiante e la velocità delle meteore appartenenti allo sciame e da altre ancora difficilmente quantificabili [33]. Concettualmente la funzione di osservabilità è analoga al fattore di correzione nel calcolo dello ZHR visuale.

Inoltre, i valori di S e OF sono periodici nel senso che essi assumono lo stesso valore nello stesso periodo del giorno se il periodo preso in considerazione è limitato, come nel caso in esame con una durata di 5 giorni [34] [35].

$$O(t) = S(T) + Z(t)OF(T)$$

Il valore di T si ricava dalla seguente equazione:

$$T = \frac{t - t_0}{D}$$

dove t_0 è un generico intervallo di tempo e D è la lunghezza del giorno in ore. Nel caso in esame assume il valore 24.

Si suppone che lo sciame sia descritto da una doppia asimmetrica funzione esponenziale:

$$Z(t) = e^{-\frac{(t_M-t)}{a}} \quad \text{per } t < t_M$$

$$Z(t) = e^{-\frac{(t-t_M)}{b}} \quad \text{per } t > t_M$$

dove t_M è il periodo del massimo e a e b sono parametri da calcolare. Si osservi come la funzione sia normalizzata a 1 nel momento del massimo $Z(t_M) = 1$. Questo modello continuo viene in pratica sostituito da uno discreto. Una soluzione esatta non è possibile, ma se si suppongono noti i parametri fondamentali t_M, a, b è possibile trovare una soluzione per S e per OF utilizzando il criterio dei minimi quadrati, in quanto questi risultano lineari., minimizzando la funzione:

$$J = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^{24} \sum_{k=1}^5 (O_{j+24(k-1)} - S_j - Z_{j+24(k-1)} OF_j)^2$$

Fino a questo punto si sono assunti noti i tre parametri fondamentali. Il passaggio successivo è quello di minimizzare la funzione $J(t_M, a, b)$ per ricavare il valore migliore per i parametri. Per la minimizzazione non lineare viene utilizzato il metodo Nelder-Mead [36] [37].

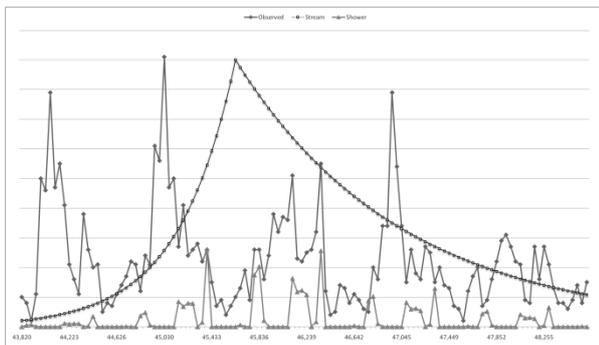


Figura 3. Valori osservati (punti scuri), attività dello sciame (punti chiari) e funzione $Z(t)$ (linea continua) per il 2004.

Risultati

In questa analisi sono stati utilizzati i dati di un unico osservatore che andavano dal 4 all'8 maggio per gli anni dal 2004 al 2008. L'osservatore è stato Enric Fraile Algeciras [38] [39] [40] [41] [42].

Tabella 2 – Parametri osservatore

Osservatore	Enric Fraile Algeciras
Luogo	Centre Meteorologic de l'Alt Camp (Tarragona) (01 15' E, 41 17' N)
Frequenza	49.7396 MHz
Località trasmettitore	CZE Praga e HNG Budapest
Antenna	Yagi a 3 elementi, azimut 200° (NE), elevazione 20°
Ricevitore	convertitore auto costruito con un guadagno di 20 dB, 1 dB di rumore e un Kenwood TS570

La scelta di tale osservatore deriva dal fatto che si è ricercato che la sua attività rispettasse alcuni parametri:

- l'attività registrata fosse stata effettuata con continuità almeno un mese prima ed uno dopo rispetto al periodo di analisi;
- l'attività registrata fosse accurata per gli anni di indagine;
- che la strumentazione non fosse stata cambiata, né i parametri di osservazione.

Per ogni anno è stato disegnato l'andamento del tasso orario HR, l'attività vera dello sciame e la funzione $Z(t)$ in funzione della longitudine solare e l'andamento della funzione di osservabilità e dell'attività sporadica in funzione delle ore giornaliere.

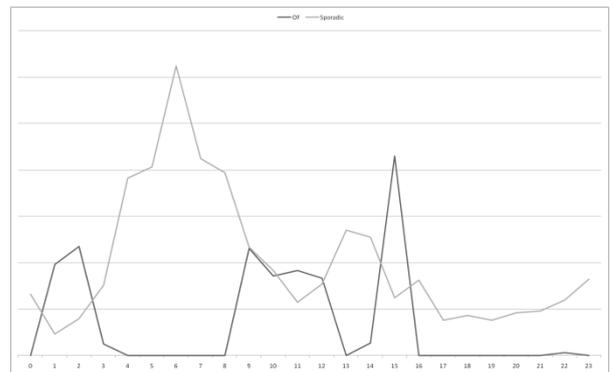


Figura 4. Attività sporadica (linea chiara) e funzione di osservabilità $OF(T)$ (linea scura) per il 2004.

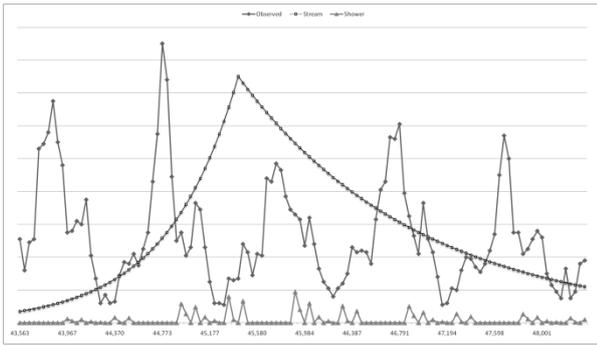


Figura 5. Valori osservati (punti scuri), attività dello sciame (punti chiari) e funzione $Z(t)$ (linea continua) per il 2005.

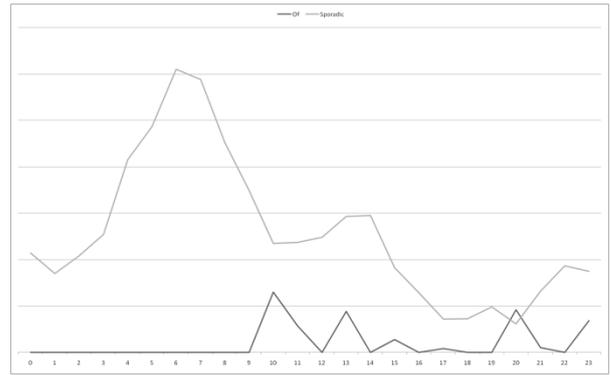


Figura 6. Attività sporadica (linea chiara) e funzione di osservabilità $OF(T)$ (linea scura) per il 2005.

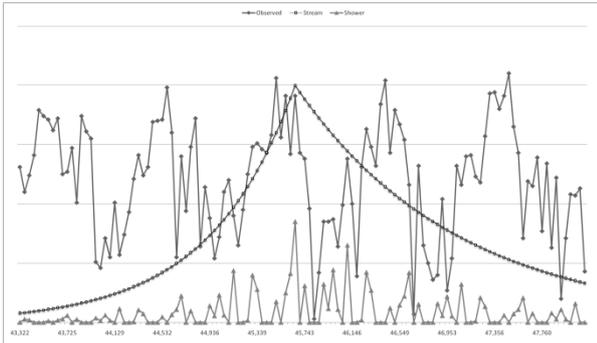


Figura 7. Valori osservati (punti scuri), attività dello sciame (punti chiari) e funzione $Z(t)$ (linea continua) per il 2006.

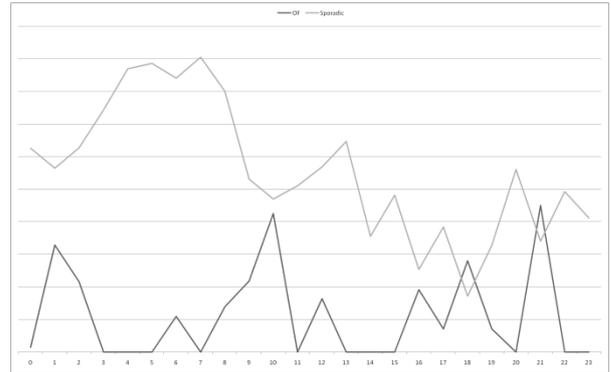


Figura 8. Attività sporadica (linea chiara) e funzione di osservabilità $OF(T)$ (linea scura) per il 2006.

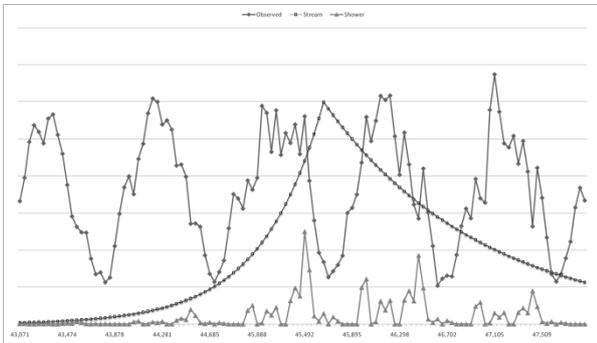


Figura 9. Valori osservati (punti scuri), attività dello sciame (punti chiari) e funzione $Z(t)$ (linea continua) per il 2007.

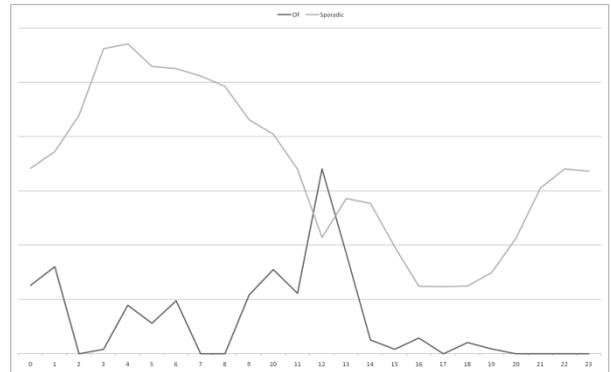


Figura 10. Attività sporadica (linea chiara) e funzione di osservabilità $OF(T)$ (linea scura) per il 2007.

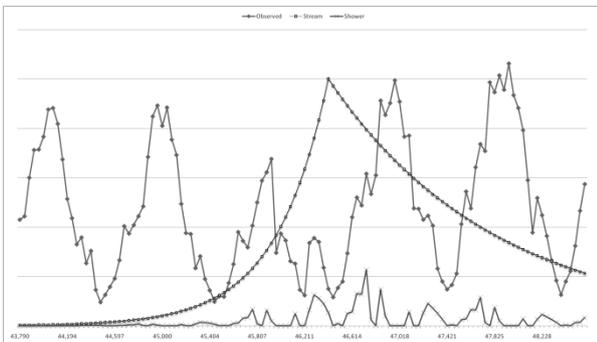


Figura 11. Valori osservati (punti scuri), attività dello sciame (punti chiari) e funzione $Z(t)$ (linea continua) per il 2008.

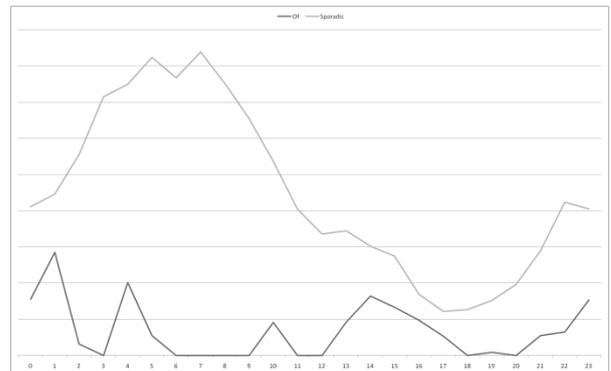


Figura 12. Attività sporadica (linea chiara) e funzione di osservabilità $OF(T)$ (linea scura) per il 2008.

Dallo studio dei grafici è stato possibile ricavare i parametri fondamentali indagati in questa ricerca.

Tabella 3. Nella tabella sono elencati i valori dei parametri analizzati in questa ricerca.

Anno	Parametri
2004	$t_M = 5/05/2004 \ 21:00 \text{ UT} \pm 6 \text{ h}$ $t_M = 45.6^\circ \pm 0.2^\circ$ $a = 12$ $b = 35$
2005	$t_M = 5/05/2005 \ 22:00 \text{ UT} \pm 6 \text{ h}$ $t_M = 45.4^\circ \pm 0.2^\circ$ $a = 15$ $b = 38$
2006	$t_M = 6/05/2006 \ 10:00 \text{ UT} \pm 6 \text{ h}$ $t_M = 45.7^\circ \pm 0.2^\circ$ $a = 18$ $b = 34$
2007	$t_M = 6/05/2007 \ 16:00 \text{ UT} \pm 6 \text{ h}$ $t_M = 45.7^\circ \pm 0.2^\circ$ $a = 13$ $b = 33$
2008	$t_M = 6/05/2005 \ 17:00 \text{ UT} \pm 6 \text{ h}$ $t_M = 46.4^\circ \pm 0.2^\circ$ $a = 11$ $b = 35$

Per quanto riguarda il calcolo degli errori, non sono stati indagati per via analitica, in quanto questo necessita di una tecnica di indagine maggiormente sofisticata come il metodo Monte Carlo e dunque i parametri ne sono sprovvisti. A questa analisi fa eccezione il valore del periodo del massimo. Per il calcolo dell'errore di tale parametro si è andato ad indagare la funzione $Z(t)$.

Dai parametri ottenuti è possibile ricavare la longitudine solare media del massimo di attività radio. Nel compiere questa analisi sono state utilizzate le funzioni media e scarto quadratico medio.

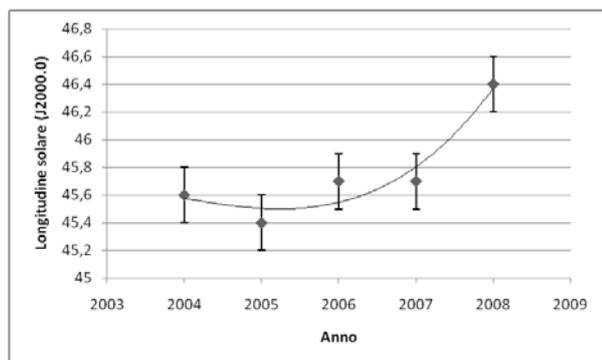


Figura 13. La posizione in longitudine solare del massimo di attività dello sciame con relativo errore per i vari anni.

Conclusioni

Dai dati ottenuti è stato possibile ottenere un valore medio di longitudine solare per il massimo di attività pari a $45.8^\circ \pm 0.2^\circ$, confrontabile con quello tabulato dall'International Meteor Organization pari a 45.5° .

Anche per quanto riguarda la posizione del massimo in funzione del tempo si evince come tale posizione sia rimasta pressoché inalterata nel corso dei primi 4 anni per poi deviare nell'ultimo. Questo fatto è imputabile ad una particolarità di tale sciame. Infatti, storicamente si è visto come tale sciame presenti due massimi di attività, il primo nel visibile localizzato il 5 maggio, mentre il secondo, radio, centrato il 7. Questo fatto non si verifica con regolarità, però sembrerebbe indicare come il metodo adottato abbia rilevato un'attività media tra i due possibili picchi. Sfortunatamente non vi sono a disposizione dati visuali soddisfacenti per avvalorare questa ipotesi con certezza. Tuttavia, da una prima analisi preliminare dell'International Meteor Organization sembra emergere come il massimo di attività per lo sciame nel 2008 nell'ambito visuale si sia verificato il 6 maggio, con un valore di longitudine solare paragonabile a quello trovato in questa analisi. Questo potrebbe sottolineare come per i primi quattro anni il massimo visuale e radio siano risultati discordanti, mentre l'ultimo fossero in perfetto accordo in termini di longitudine solare.

Interessante è osservare come l'attività sporadica risulti alquanto costante da anno in anno e questo è un indice nella stabilità di tale flusso.

La funzione di osservabilità invece è cambiata in maniera notevole da anno in anno. Questo fatto non era sicuramente preventivabile in quanto ci si aspetterebbe che rimanesse, a meno di modificazioni dell'apparato, alquanto costante. A tale discrepanza è difficile dare una spiegazione esaustiva. In fatti la funzione di osservabilità dipende da tantissimi fattori che sono difficili da stimare non avendo a disposizione lo strumento.

Il fatto di aver indagato i dati di un solo osservatore è stato alquanto utile per verificare come localmente lo sciame abbia manifestato sempre le medesime caratteristiche, mutando, come già sottolineato, solo nell'ultimo anno di indagine. Questo lo si ricava dai parametri a e b dell'andamento teorico dello sciame, che presentano valori pressoché costanti.

Infine è necessario sottolineare come il metodo SVB offra sicuramente buoni risultati. Tuttavia, in questo caso tale metodologia è migliorabile in quanto lo sciame presenta caratteristiche atipiche che possono essere evidenziate unicamente modificando la funzione che descrive in maniera teorica lo sciame. Infatti tale funzione non prevede che vi sia la presenza di un doppio picco. Il modello rappresenta un primo tentativo di riduzione dei dati radio. Come suggerisce l'autore della teoria, il passo successivo è quello di implementare il metodo Monte Carlo. Con questo, è possibile derivare la funzione di osservabilità [32] che può essere confrontato con il modello teorico di Hines-Pugh per la struttura degli sciami [43].

È tuttavia necessario effettuare successive ricerche e verifiche per affermare con certezza che questo sia il

modo migliore di operare. Infatti, almeno per quanto riguarda l'andamento dell'attività sporadica vi è la possibilità di operare attraverso altre tecniche, come quella della sottrazione del background [43] [44] [45]. Questa, come anche le precedenti affermazioni, necessitano comunque di un'indagine ulteriore, protratta per più anni.

Ringraziamenti

È doveroso un ringraziamento a tutti i partecipanti alla campagna osservativa del RMOB, in particolare a Enric Fraile Algeciras, e a Christian Steyaert per le utili informazioni fornitemi sul metodo da lui proposto. Inoltre devo ringraziare David Entwistle per avermi fornito le metodologie per effettuare le prime analisi.

Bibliografia

- [1] Newton H.A.: *American Journal of Science, Series 2*, **36**, 148-149 (1863)
- [2] Denning W.F.: *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, **72**, 423-451 (1912)
- [3] Herschel A.S.: *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, **36**, 210 (1876)
- [4] Corder H.: *The Observatory*, **2**, 103 (1879)
- [5] Herschel A.S.: *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, **38**, 379 (1878)
- [6] *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, **90**, 158, November (1929)
- [7] *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, **95**, 604, May (1935)
- [8] Clegg J.A., Hughes V.A., Lovell A.C.B., *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, **107**, 369-378 (1947)
- [9] Hajduk A., *Bulletin of the Astronomical Institute of Czechoslovakia*, **24**, 9-11 (1973)
- [10] Yeomans D.K., Kiang T., *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, **197**, 633-646 (1981)
- [11] McIntosh B.A., Hajduk A., *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, **205**, 931-943 (1983)
- [12] *Meteor News*, **7**, 5, August (1971)
- [13] Keller H.U., in Rolfe E.J., Battrick B., eds, *Symposium on the Diversity and Similarity of Comets*, ESA SP-278, 447 (1987)
- [14] Keller H.U. et al., *Astronomy & Astrophysics*, **187**, 807 (1987)
- [15] Williams I.P., Hughes D.W., McBride N., Wu Z., *Monthly Notices of the Royal Astronomy Society*, **260**, 43-48 (1993)
- [16] Rickman H., Kamél L., Festou M.C., Froeschlé C, in Rolfe E.J., Battrick B., eds, *Symposium on the Diversity and Similarity of Comets*, ESA SP-278, 471 (1987)
- [17] Hughes D.W., *Monthly Notices of the Royal Astronomy Society*, **213**, 103 (1985)
- [18] Hughes D.W., *Astronomy & Astrophysics*, **187**, 879-888 (1997)
- [19] Babadjanov P.B., Obrubov Y., *Dokl. Acad Nauk Tadjik. SSR*, **22**, 235-237 (1979)
- [20] McIntosh B.A., Jones J., *Monthly Notices of the Royal Astronomy Society*, (1989)
- [21] Cook A.F., in *Evolutionary and Physical Properties of Meteoroids* (Hemenway C.L., Millman P.M. and Cook A.F., eds.), NASA SP-319, Washington (1973)
- [22] Lindbard B.A., *Uppsala University*, 551-553 (1990)
- [23] Jacchia L.G., Whipple F.L., *Smithsonian Contributions to Astrophysics*, **4**, 97-129 (1961)
- [24] Hawkins G.S., Southworth R.B., *Smithsonian Contribution to Astrophysics*, **4**, 85-95 (1961)
- [25] McCrosky R.E., Posen A., *Smithsonian Contribution to Astrophysics*, **4**, 15-84 (1961)
- [26] Cook A.F., Lindblad B.A., Marsden B.G., McCrosky R.E., Posen A., *Smithsonian Contribution to Astrophysics*, **15**, 1-5 (1973)
- [27] Ochiai T., *The Friend of Stars*, **30**, 59-62 (1984)
- [28] Koseki M., *WGN: the Journal of the IMO*, **16**, 94-96 (1988)
- [29] Kronk G.W., *Meteor Showers a descriptive catalogue*, Enslow Publishers, Inc., Hillside (1988)
- [30] Sekanina Z., *Icarus*, **13**, 475-493 (1970)
- [31] Steyaert, C., *Proceedings of the International Meteor Conference, Oostmalle, Belgium 15-18 September, 2005*, 25-33 (2006)
- [32] Steyaert C., Brower J., Verbelen F., *WGN, the Journal of the IMO*, **34:3**, 87-93 (2006)
- [33] Steyaert C., *WGN, the Journal of the IMO*, **15**, 90-93 (1989)
- [34] Denning W.F., *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, **84**, 46 (1923)
- [35] Sandri M., *Analisi di sciami meteorici di origine cometaria attraverso tecniche radar e visuali*, Università degli Studi di Padova (2003)
- [36] Vetterling W., Teukolsky S., Press W., Flannery B. *Numerical Recipes in C: The Art of Scientific Computing*, Cambridge University Press (1992)
- [37] Sandri M., *Astronomia UAI*, **5**, 12-15 (settembre-ottobre 2008)
- [38] Steyaert C., *Radio Meteor Observation Bulletin*, **130** (2004)
- [39] Steyaert C., *Radio Meteor Observation Bulletin*, **142** (2005)
- [40] Steyaert C., *Radio Meteor Observation Bulletin*, **154** (2006)
- [41] Steyaert C., *Radio Meteor Observation Bulletin*, **166** (2007)
- [42] Steyaert C., *Radio Meteor Observation Bulletin*, **178** (2008)
- [43] Hines C.O., Pugh R.E., *Canadian Journal Physics*, **34**, 495-544 (1956)
- [44] Sandri M., *Astronomia UAI*, **6**, 21-27 (novembre-dicembre 2006)
- [45] Lindblad B.A., Porubcan V., *Bulletin of the Astronomical Institute of Czechoslovakia*, **42**, 354-359 (1991)
- [46] Sandri M., *Astronomia UAI*, **6**, 26-29 (luglio-agosto 2007)