

Studio dell'attività delle Liridi nel 2007 attraverso il metodo SVB

IARA, GRRAT, SdR RadioAstronomia UAI, Società Italiana di Fisica, IMO

Abstract

The Lyrids meteor stream has a medium activity and its origin is cometary. The stream occurs in the last days of April and the maximum of activity occurs in the days 22-23 April. The Lyrids were studied in 2007 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 $\lambda_0 = 32.4^\circ \pm 0.2^\circ$.

Nel nostro paese i lauri sono tutti avvizziti e le meteore spaventano le stelle del firmamento [...] Questi sono segni che precorrono le morte o la caduta dei re.

Shakespeare, Riccardo II, 2, 4

Introduzione

Lo studio dell'attività meteorica attraverso la tecnica forward-scatter non viene investigata attraverso una metodologia universalmente accettata e applicata. Molto spesso i vari ricercatori utilizzano metodi diversi. La stessa cosa non avviene invece per lo studio del medesimo fenomeno in campo ottico, dove invece la metodologia è universalmente riconosciuta e applicata.

In questo lavoro verrà proposto un nuovo metodo di indagine proposto nella sua prima forma da Christian Steyaert nel 2005 all'International Meteor Conference svoltasi ad Oostmalle in Belgio [1]. Tale metodo verrà applicato allo studio dello sciame cometario delle Liridi per l'attività verificatasi nel 2007.

Lo scopo del presente lavoro è quello di migliorare la conoscenza delle caratteristiche dello sciame meteorico delle Liridi. Attraverso dati radio verranno ricreati i profili di attività dello sciame dai quali verranno ricavate le principali caratteristiche dello sciame prima fra tutte la longitudine solare del massimo.

Le Liridi

Lo sciame meteorico delle Liridi fa parte di quegli sciame in cui l'attività meteorica è molto bassa per molti anni, ma presenta qualche volta una intensa attività. Negli anni cosiddetti normali il massimo di attività si registra nel periodo dal 21 al 23 aprile con un tasso orario zenitale medio da 10 a 15 [2]. L'attività dello sciame copre un intervallo che va da circa il 14 al 26 aprile [3].

La posizione recente del radiante delle Liridi è pari a 272° in ascensione retta e 34° in declinazione [4].

La cometa progenitrice delle Liridi fu identificata nel 1867 e si tratta della cometa C/Thatcher 1861 G1 [5][6]. I parametri orbitali hanno subito delle modificazioni nell'arco degli anni [7][8][9] fino a giungere agli attuali parametri [10][11]. Osservazioni astrometriche di questa cometa esistono solo dal 1861 e implicano un periodo per la cometa pari a 415 anni. L'orbita ottenuta per la C/Thatcher 1861 G1 è molto simile a quella media ottenuta per le Liridi [4].

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.

Il metodo proposto da Steyaert [1] e successivamente da Steyaert, Verbelen, Brower [12] 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 [13]. 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 [2] [14].

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

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:

$$O_{j+24(k-1)} = S_j + Z_{j+24(k-1)}OF_j$$

dove l'indice j rappresenta le ore e k i giorni: $j = 1, \dots, 24$ e $k = 1, \dots, 5$.

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:

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

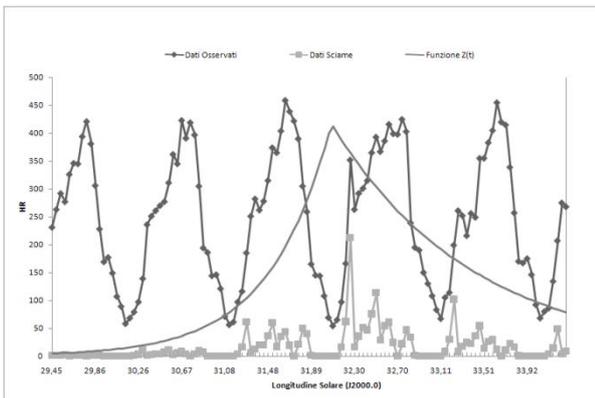


Figura 1. Valori osservati (punti scuri), attività dello sciame (punti chiari) e funzione $Z(t)$ (linea continua) per i dati di Algeciras.

Attraverso la regressione lineare si ottengono le seguenti soluzioni (per comodità si assume $m = j + 24(k - 1)$):

$$OF_j = \frac{5 \sum_m O_m Z_m - \sum_m O_m \sum_m Z_m}{5 \sum_m Z_m^2 - (\sum_m Z_m)^2}$$

$$S_j = \frac{\sum_m O_m - OF_j \sum_m Z_m}{5}$$

È importante sottolineare che la funzione di osservabilità può assumere valori sia positivi che negativi. In quest'ultimo caso essa non ha alcun significato fisico e dunque è da ritenersi pari a zero.

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 [15].

Risultati

In questa analisi sono stati utilizzati i dati di cinque osservatori tra tutti quelli che hanno pubblicato i propri dati nel RMOB [16]: Enric Fraile Algeciras (Spain), David Entwistle (England), Jean-Louis Rault (France), Dave Swan (England) e Felix Verbelen (Belgium).

Il periodo osservativo va dal 20 al 24 aprile 2007. Per ogni osservatore 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.

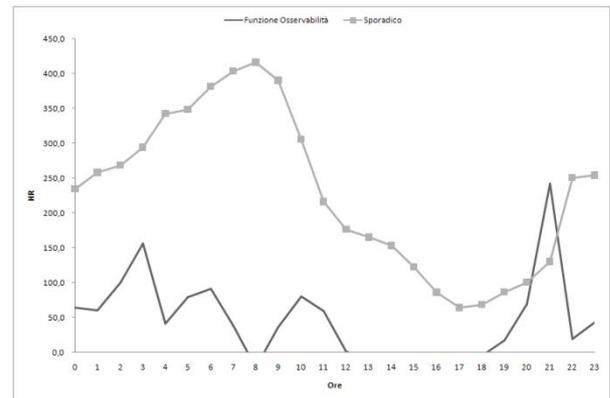


Figura 2. Attività sporadica (punti chiari) e funzione di osservabilità $OF(T)$ (linea continua) per i dati di Algeciras.

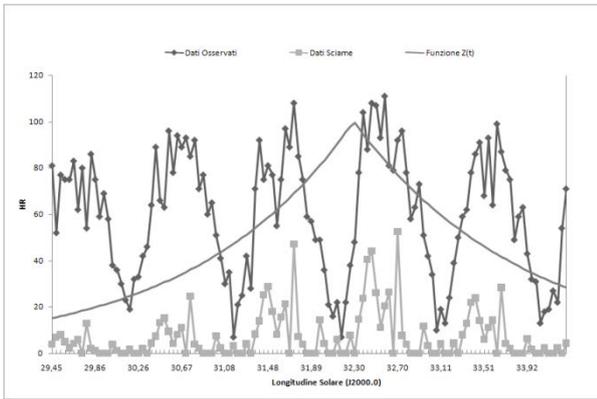


Figura 3. Valori osservati (punti scuri), attività dello sciame (punti chiari) e funzione $Z(t)$ (linea continua) per i dati di Entwistle.

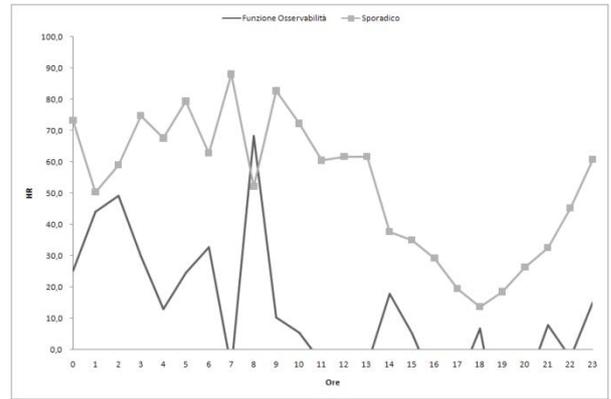


Figura 4. Attività sporadica (punti chiari) e funzione di osservabilità $OF(T)$ (linea continua) per i dati di Entwistle.

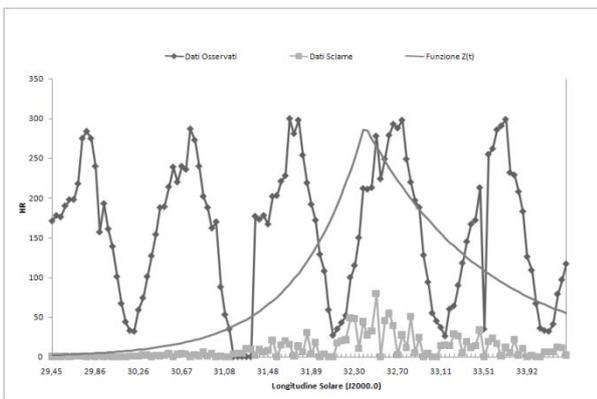


Figura 5. Valori osservati (punti scuri), attività dello sciame (punti chiari) e funzione $Z(t)$ (linea continua) per i dati di Rault.

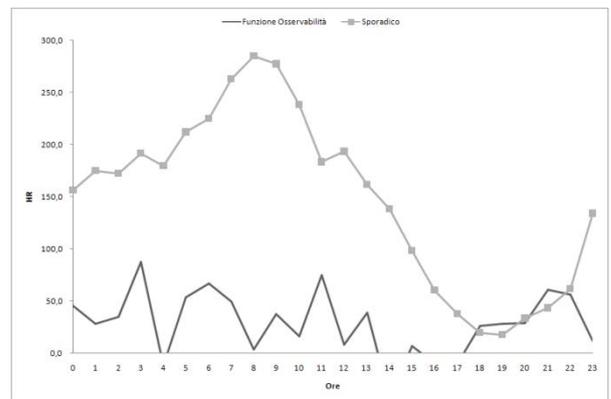


Figura 6. Attività sporadica (punti chiari) e funzione di osservabilità $OF(T)$ (linea continua) per i dati di Rault.

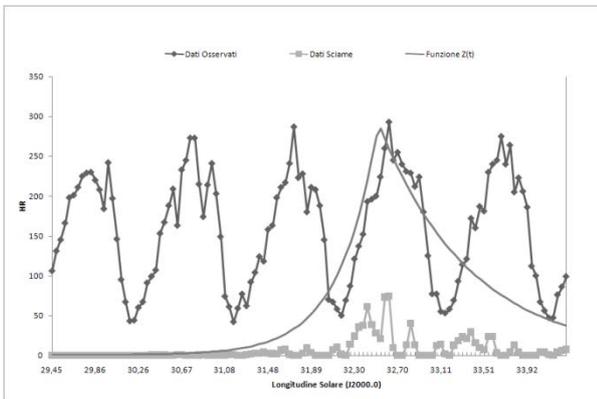


Figura 7. Valori osservati (punti scuri), attività dello sciame (punti chiari) e funzione $Z(t)$ (linea continua) per i dati di Swan.

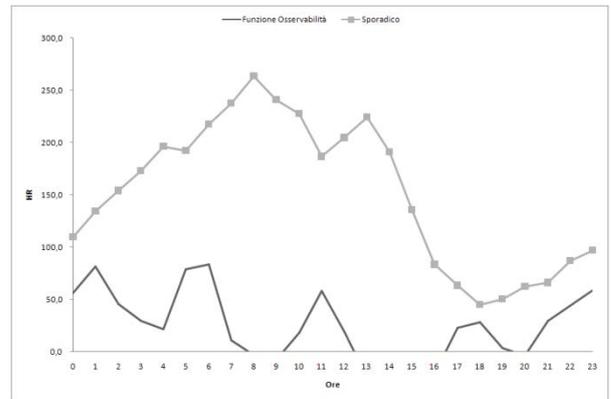


Figura 8. Attività sporadica (punti chiari) e funzione di osservabilità $OF(T)$ (linea continua) per i dati di Swan.

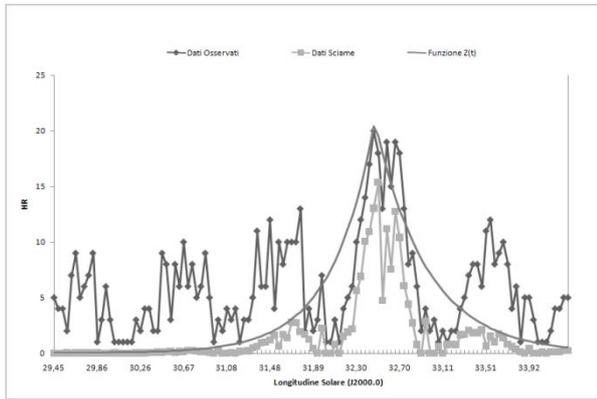


Figura 9. Valori osservati (punti scuri), attività dello sciame (punti chiari) e funzione $Z(t)$ (linea continua) per i dati di Verbelen.

Il fatto che il tasso orario sia così diverso da osservatore a osservatore deriva dal fatto che ognuno di essi usa una strumentazione diversa e presenta un hot spot differente. Questo significa, per quanto riguarda il primo punto, che le masse investigate sono molto diverse. Valori bassi presuppongono che si stiano osservando le meteore di massa maggiore, mentre, al contrario, valori alti indicano l'osservazione di meteore di massa inferiore. Il secondo punto, invece, sottolinea come la struttura di uno sciame meteorico sia alquanto complessa e non necessariamente omogenea. Questo fattore, tuttavia, risulta molto più difficile da quantificare rispetto al primo.

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

Tabella 1. Nella tabella sono elencati i valori dei parametri analizzati in questa ricerca.

Osservatore Parametri

Algeciras $t_M = 22/04/2007$ 17:06 UT \pm 6 h
 $t_M = 32.1^\circ \pm 0.2^\circ$
 $a = 14$
 $b = 33$

Entwistle $t_M = 22/04/2007$ 21:45 UT \pm 16 h
 $t_M = 32.3^\circ \pm 0.7^\circ$
 $a = 37$
 $b = 39$

Rault $t_M = 23/04/2007$ 00:22 UT \pm 6 h
 $t_M = 32.4^\circ \pm 0.2^\circ$
 $a = 15$
 $b = 28$

Swan $t_M = 23/04/2007$ 03:33 UT \pm 4 h
 $t_M = 32.5^\circ \pm 0.2^\circ$
 $a = 9$
 $b = 21$

Verbelen $t_M = 23/04/2007$ 02:09 UT \pm 5 h
 $t_M = 32.5^\circ \pm 0.2^\circ$
 $a = 10$
 $b = 12$

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

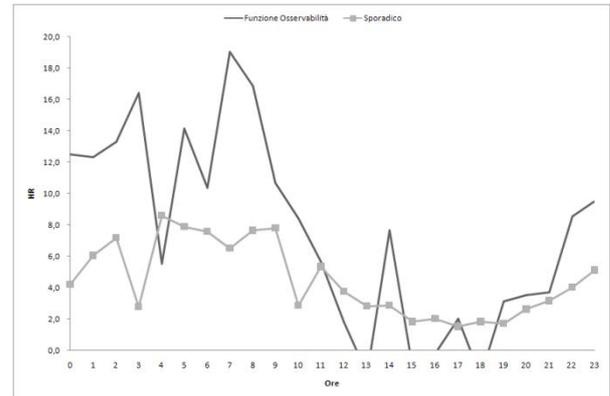


Figura 10. Attività sporadica (punti chiari) e funzione di osservabilità $OF(T)$ (linea continua) per i dati di Verbelen.

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.

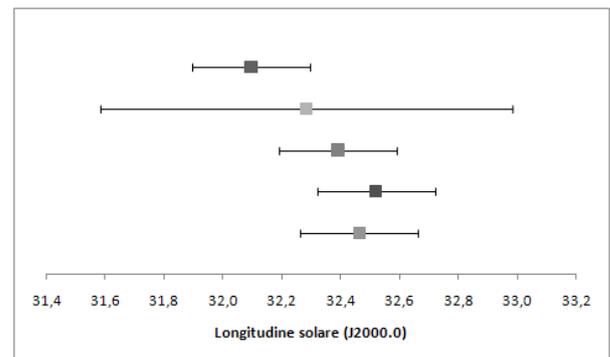


Figura 11. La posizione in longitudine solare del massimo di attività dello sciame con relativo errore per i vari osservatori.

Dai dati ottenuti è stato possibile ottenere un valore medio di longitudine solare per il massimo di attività pari a $32.4^\circ \pm 0.2^\circ$.

Conclusioni

Per quanto riguarda il massimo di attività, il valore ottenuto è confrontabile con quelli ottenuti con altre ricerche compiute nel campo visuale. La prima posizione il massimo ad una longitudine solare pari a $32.31^\circ \pm 0.05^\circ$ [17] mentre la seconda lo pone a $32.3^\circ \pm 0.2^\circ$ [18].

Anche per quanto riguarda la posizione del massimo in funzione del tempo si evince come tale posizione sia rimasta pressoché inalterata nel corso degli ultimi anni [2] [19], presentando un valore medio, in questo periodo di tempo, $32.2^\circ \pm 0.2^\circ$.

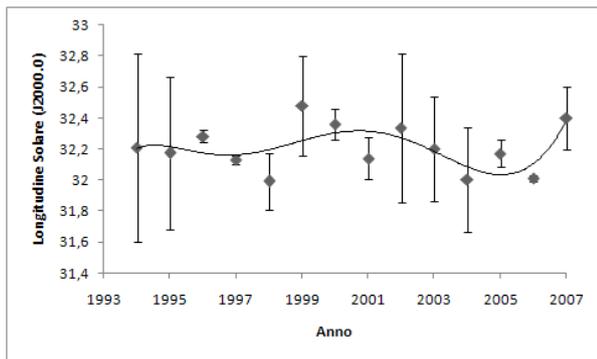


Figura 12. Andamento della longitudine solare del massimo di attività in funzione del tempo secondo dati radio. La linea indica la tendenza della posizione dei massimi.

Dai grafici si evidenzia come per tutti gli osservatori l'attività sporadica è molto simile. Questo non era certamente preventivabile all'inizio dell'indagine, ma sta a indicare come l'attività di fondo sia alquanto costante anche a diverse latitudini.

Nulla invece si può affermare sulle funzioni di osservabilità. Queste sono tipiche di ogni apparato utilizzato e dunque non è possibile formulare altre considerazioni.

Sicuramente il metodo SVB presenta dei risultati soddisfacenti per quanto riguarda la ricerca del periodo di massima attività. Sicuramente il metodo di ricerca dei minimi deve essere migliorato per ricavare i valori dei parametri con maggiore accuratezza e con la relativa indeterminazione.

Il modello rappresenta un primo tentativo di riduzione dei dati radio. Come suggerisce lo stesso autore della ricerca, il passo successivo è quello di implementare il metodo Monte Carlo. Con questo, è possibile derivare la funzione di osservabilità [12] che può essere confrontato con il modello teorico di Hines-Pugh per la struttura degli sciami [20].

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 [2] [4] [19].

Ringraziamenti

È doveroso un ringraziamento a Christian Steyaert per le utili informazioni fornitemi sul metodo da lui proposto. Inoltre devo ringraziare David Entwistle per avermi fornito il datasheet su cui effettuare le mie prime analisi. Infine tutti i partecipanti alla campagna osservativa del RMOB e dell'IMO.

Bibliografia

- [1] Steyaert, C., *Proceedings of the International Meteor Conference, Oostmalle, Belgium 15-18 September, 2005*, 25-33 (2006)
- [2] Sandri M., *Astronomia UAI*, **6**, 21-27 (novembre-dicembre 2006)
- [3] Denning W.F., *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, **84**, 46 (1923)
- [4] Lindblad B.A., Porubcan V., *Bulletin of the Astronomical Institute of Czechoslovakia*, **42**, 354-359 (1991)
- [5] Weiss E., *Astronomische Nachrichten*, **68**, 382 (1867)
- [6] Galle J.G., *Astronomische Nachrichten*, **69**, 33 (1867)
- [7] Auwers A., *Astronomische Nachrichten*, **55**, 206 (1861)
- [8] Pape C.F., *Astronomische Nachrichten*, **55**, 206 (1861)
- [9] Oppolzer T., *Astronomische Nachrichten*, **56**, 369 (1862)
- [10] Marsden B.G., *Catalog of Cometary Orbits*, Enslow Publisher, New Jersey, 1983
- [11] Oppolzer T., *Astronomische Nachrichten*, **62**, 177 (1864)
- [12] Steyaert C., Brower J., Verbelen F., *WGN, the Journal of the IMO*, **34:3**, 87-93 (2006)
- [13] Steyaert C., *WGN, the Journal of the IMO*, **15**, 90-93 (1989)
- [14] Sandri M., *Analisi di sciami meteorici di origine cometaria attraverso tecniche radar e visuali*, Università degli Studi di Padova (2003)
- [15] Vetterling W., Teukolsky S., Press W., Flannery B. *Numerical Recipes in C: The Art of Scientific Computing*, Cambridge University Press (1992)
- [16] Steyaert C., *Radio Meteor Observation Bulletin*, **165** (2007)
- [17] Rendtel J., Rainer A., *WGN, the Journal of the IMO*, **35:4**, 74-78 (2007)
- [18] Miskotte K., *WGN, the Journal of the IMO*, **35:4**, 79-81 (2007)
- [19] Sandri M., *Astronomia UAI*, **6**, 26-29 (luglio-agosto 2007)
- [20] Hines C.O., Pugh R.E., *Canadian Journal Physics*, **34**, 495-544 (1956)