

# Il progetto RAMBO: analisi delle Eta-Aquaridi nel 2013

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. Their parent body is the comet Halley. The stream occurs in the first days of May and the maximum of activity occurs in the days from 5 to 7 April. The Eta Aquarids were studied in 2013 using radio observation. The radio data were obtained using the meteor scatter techniques. The data were taken from the R.A.M.B.O. project. The purpose of this analysis is the definition of main characteristics of the stream. The solar longitude of the maximum of the activity is  $\lambda_0 = 45.61^\circ \pm 0.02^\circ$ .*

---

## Introduzione

L'Associazione Astrofili Bolognesi ha realizzato un radar meteorico denominato R.A.M.B.O., acronimo di RAdar Meteore BOlogna [1]. Tale strumento, dopo la fase di test, ha iniziato ad operare continuamente da maggio 2013. Il fine del progetto è quello di rilevare in maniera autonoma le meteore e successivamente di valutarne le caratteristiche.

Il metodo usuale per rivelare tracce meteoriche è il cosiddetto "forward scatter" (diffusione in avanti), esso consiste nell'usare un segnale del trasmettitore la cui frequenza e distanza siano selezionate in modo che il trasmettitore illumini l'orizzonte sopra il ricevitore, ma al ricevitore non arrivi nessun segnale (o comunque di entità irrilevante) tramite riflessione ionosferica, percorso di terra o per via diretta. In pratica se la geometria del sistema è ideale, una parte del segnale subirà uno scattering in avanti verso il ricevitore, solo quando una traccia meteorica (o un oggetto qualsiasi) comparirà nella zona di cielo illuminata dal trasmettitore, ecco che allora nel ricevitore si udirà il segnale del trasmettitore, in questo modo le meteore possono essere contate [2].

La stazione trasmittente è il radar Graves (Grand Réseau Adapté à la Veille Spatiale) nei pressi di Dijon [3]. Questo radar, attivo dal 2003, viene gestito dall'aeronautica militare francese per mappare e catalogare gli oggetti che orbitano nello spazio intorno al nostro pianeta. Graves è stato progettato per rilevare oggetti di dimensioni superiori ai dieci centimetri ed ad oggi ha mappato più di 12000 fra satelliti e detriti spaziali che orbitano attorno al nostro pianeta. Il radar trasmette sulla frequenza di 143.050 Mhz con una potenza dell'ordine di centinaia di kW. La potenza esatta

non è conosciuta in quanto è coperta da segreto militare. Graves trasmette un segnale continuo utilizzando quattro antenne direttive che puntano il segnale verso lo spazio.

Il sistema ricevente è composto da un'antenna Yagi direttiva a 10 elementi puntata in azimut nella direzione del trasmettitore ed in declinazione a circa 25 gradi, in corrispondenza del punto previsto di riflessione con gli strati alti dell'atmosfera.

Il segnale audio prodotto dall'apparato ricevente viene analizzato in frequenza e digitalizzato tramite un apposito microprocessore. Ogni eco meteorico viene catalogata in un file di testo nel quale vengono registrati i seguenti parametri:

- numero progressivo evento
- numero evento nell'ora
- data e orario (UT)
- lunghezza eco (millisecondi)
- parametro proporzionale alla frequenza

Lo scopo del seguente lavoro è quello di analizzare i dati acquisiti da tale sistema al fine di testarne le potenzialità. Per fare ciò si è deciso di analizzare in particolare uno sciame meteorico, quello delle Eta-Aquaridi.

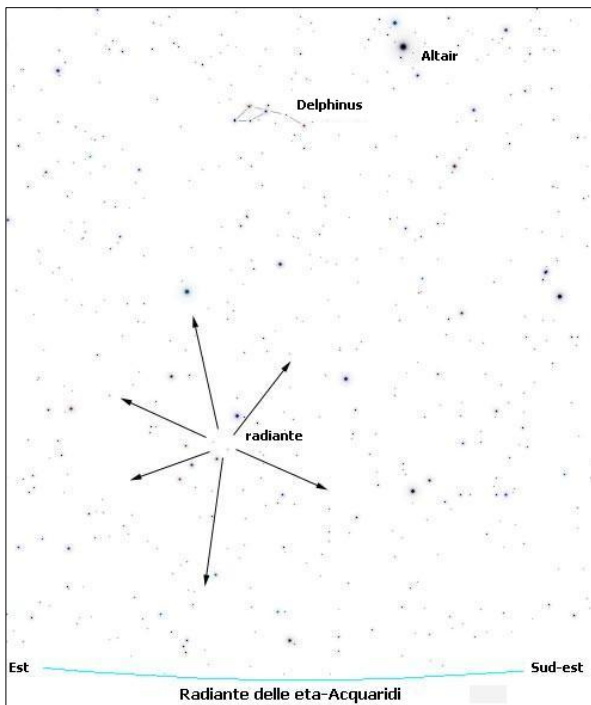
## Le Eta-Aquaridi

La possibilità dell'esistenza di uno sciame attivo alla fine di aprile e all'inizio di maggio venne suggerita nel 1863 da Newton [4].

Le Eta-Aquaridi furono scoperte ufficialmente nel 1870 dal tenente-colonnello Tupman. 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  $DEC=-9^\circ$  [5]. La prima conferma dello sciame si ebbe il 29 aprile 1871 da parte di Tupman.

Nel 1876 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 radiantti osservati da Tupman nel 1870 e nel 1871 erano molto vicini a quello da lui associato alla Halley [6].

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  $DEC=-1^\circ$  [7]. Nello stesso anno, Herschel, riesaminando tutti i dati, notò che il radiante dello sciame sembrava muoversi giornalmente verso est [8].



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

Denning riuscì ad osservare questo sciame nel 1886. Da queste osservazioni, si ottenne che il radiante aveva un'estensione angolare da 5 a 7 gradi.

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 [9].

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 [10].

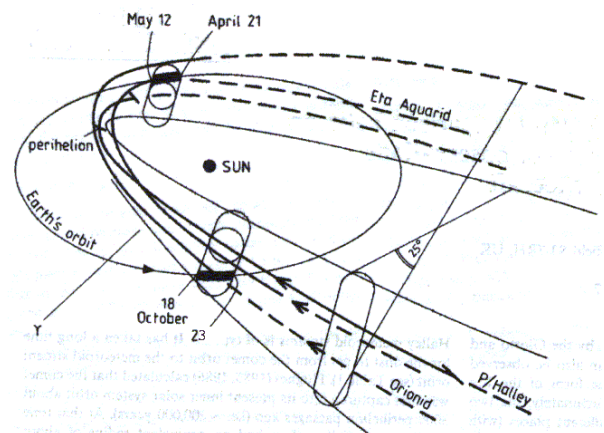
Dal 1947, le Eta-Aquaridi furono osservate con tecniche radar [11]. Il tasso orario al massimo era tipicamente tra 350 e 500. Un'analisi di questi dati, come di quelli visuali raccolti dal 1911 al 1971, furono pubblicati nel 1973 da Hajduk. Attraverso il profilo medio di attività nel periodo 1958 - 1967, fu riscontrata la presenza di due massimi radar: il 4 maggio e il 7 maggio [12].

Lo studio di Hajduk portò a concludere che l'attività inusuale era dovuta al fatto che la Terra incontrava 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 [12].

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. [13]), McIntosh e Hajduk ipotizzarono che le perturbazioni avevano confinato lo sciame in gusci sferici corrispondenti ad antiche orbite della Halley [14]. Tali fasce sono responsabili della variazione annuale dell'attività sia delle Eta-Aquaridi che delle Orionidi.



**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.**

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 [15].

### Procedura di analisi dei dati radio

La procedura di analisi dei dati non è standardizzata. Per tale motivo si è cercato di uniformare tale metodo con quelli usualmente adottati in altri ambiti.

Innanzitutto è stato selezionato un periodo di attività dello sciame, in particolare sono stati considerati i giorni dall'1 al 20 maggio 2013. La prima operazione effettuata è stata quella di ottenere il tasso orario HR (hourly rate) andando a sommare tutti gli eventi registrati per ogni ora.

Successivamente è stato selezionato il periodo incentrato sul massimo teorico dello sciame (4-9 maggio).

I dati così ottenuti tuttavia non possono ancora essere manipolati in quanto è necessario effettuare ancora due fondamentali operazioni al fine di eliminare gli errori di contaminazione: la sottrazione dell'attività meteorica sporadica (background sporadico) e l'eliminazione dei dati in cui il radiante si trova sotto l'orizzonte [16].

Uno sciame meteorico è caratterizzato dal fatto che le meteore ad esso associate sembrano provenire da una medesima zona del cielo detta radiante. Tuttavia è presente un'attività di fondo caratterizzata da meteore sporadiche, le quali non presentano un radiante ben

definito. Per eliminare la contaminazione di questi ultimi oggetti, in fase di analisi è opportuno sottrarre il contributo del fondo dall'attività dello sciame esaminato. La sottrazione del background è complicata ulteriormente dal fatto che l'attività sporadica non è costante nel tempo, in quanto presenta variazioni sia a breve periodo (variazioni diurna) sia a lungo periodo (variazioni stagionali). Per minimizzare gli errori causati dalla presenza del fondo sporadico si è andati a mediare i flussi sporadici in alcuni giorni in cui non vi era l'attività dello sciame (17-19 maggio), con l'accorgimento tuttavia di non selezionare giorni troppo lontani dal periodo di attività dello sciame considerato. Questa scelta è stata fatta per minimizzare eventuali fluttuazioni stagionali del background sporadico. Inoltre, il fondo è stato campionato ad intervalli orari e sottratto nelle ore in cui veniva investigato lo sciame per ridurre al minimo gli effetti dovuti alla variazione diurna [16].

L'attività meteorica di uno sciame può essere rilevata unicamente se il suo radiante si trova sopra l'orizzonte dell'osservatore. Per tale ragione è stato indispensabile valutare quando il radiante dello sciame meteorico delle Eta-Aquaridi fosse visibile [16]. Questa procedura sembrerebbe andare a discapito di una completa analisi dell'attività dello sciame in tutte le sue fasi giornaliere in quanto lo sciame potrebbe esibire peculiarità quando il suo radiante non è osservabile. Tuttavia è un'operazione indispensabile per osservare le caratteristiche dello sciame osservate dallo strumento. Come funzione di osservabilità del radiante  $O(t)$  è stata utilizzata la seguente formula:

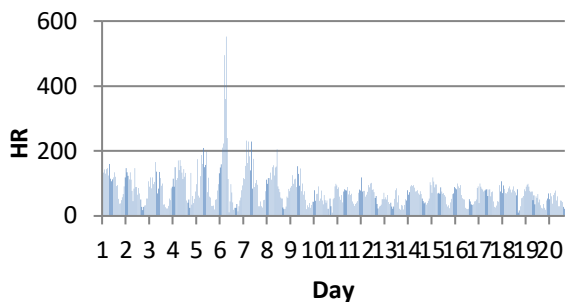
$$O(t) = \frac{1}{\sin(2h_r)}$$

dove  $h_r$  rappresenta l'altezza del radiante.

Dal profilo così ottenuto è stato ricavato il parametro ricercato in questa analisi: la longitudine del massimo con relativo errore.

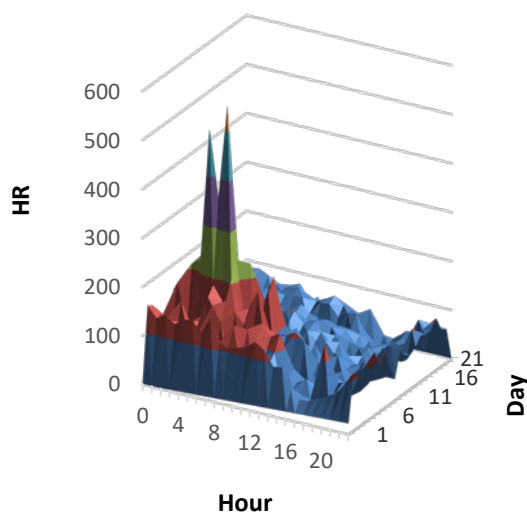
## Risultati

Utilizzando i dati a disposizione, questi inizialmente sono stati graficati utilizzando diverse tecniche. La prima di queste è una tecnica bidimensionale che illustra il tasso orario in funzione dei giorni.

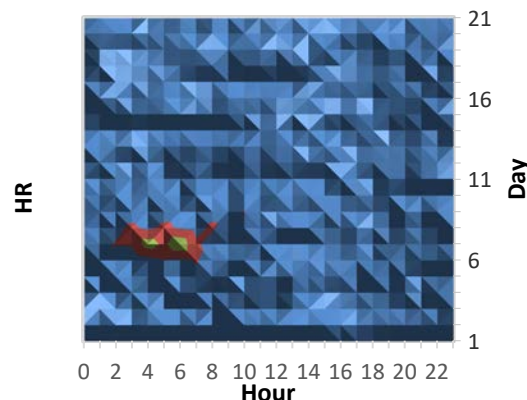


**Figura 3.** Il grafico mostra il tasso orario in funzione dei giorni di indagine

La seconda è tridimensionale, che meglio illustra l'attività dello sciame non solo in funzione del giorno ma anche dell'ora.

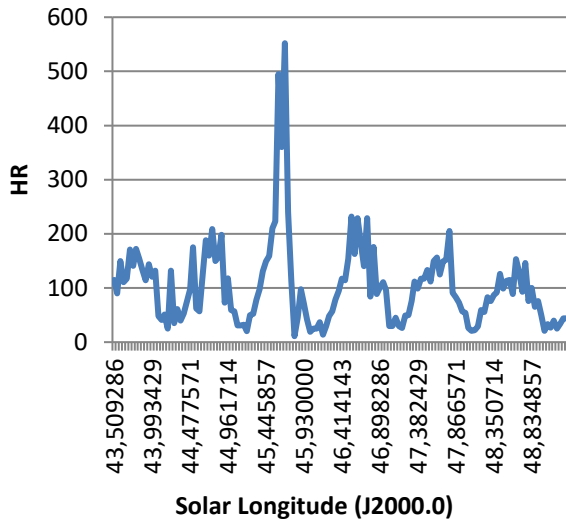


**Figura 4.** Il grafico mostra l'attività dello sciame nel periodo selezionato. Sull'asse delle ordinate vi è l'ora, su quello delle ordinate il giorno e la quota rappresenta il tasso orario



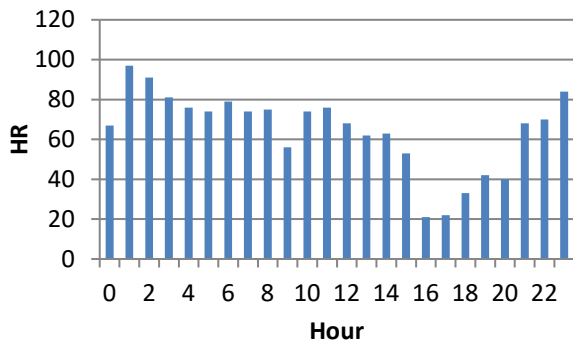
**Figura 5.** Il grafico mostra l'attività dello sciame nel periodo selezionato. Sull'asse delle ordinate vi è l'ora, su quello delle ordinate il giorno e la quota, identificata dalla variazione di colore, rappresenta il tasso orario

Successivamente è stato ottenuto il profilo di attività dello sciame durante il periodo del massimo di attività.

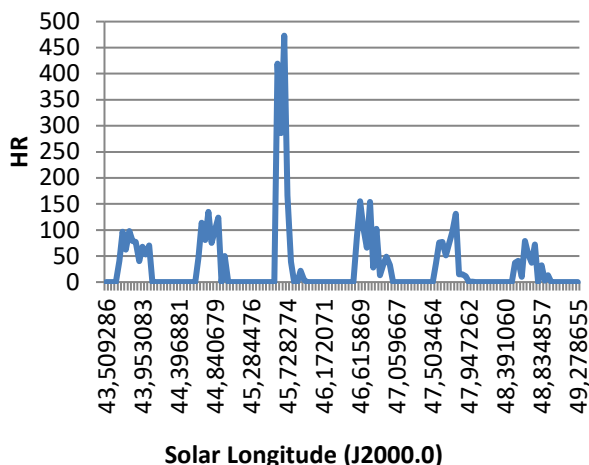


**Figura 6.** Il grafico mostra il tasso orario in funzione della longitudine solare durante il periodo di massimo

Infine sono state applicate le due correzioni precedentemente illustrate, la prima è la sottrazione del background sporadico.

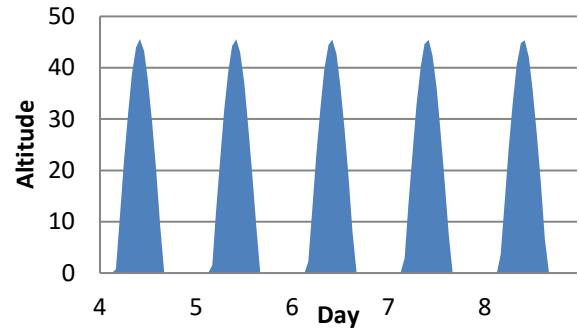


**Figura 7.** Il grafico mostra l'andamento previsto per l'attività sporadica in funzione delle ore

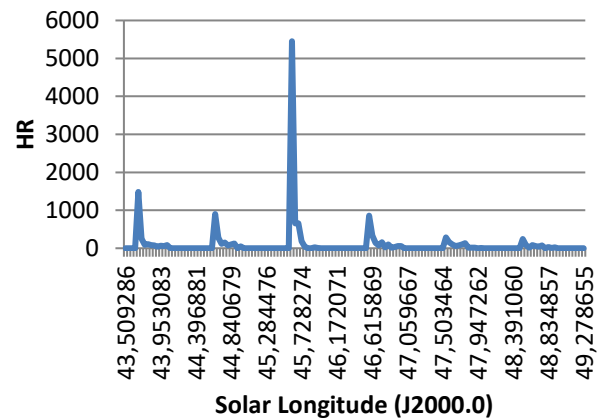


**Figura 8.** Il grafico mostra il tasso orario in funzione della longitudine solare durante il periodo di massimo corretto per sottrazione del background sporadico

La seconda correzione applicata è quella per l'altezza del radiante.



**Figura 9.** Il grafico mostra l'andamento previsto per l'altezza del radiante in funzione dei giorni di indagine



**Figura 10.** Il grafico mostra il tasso orario in funzione della longitudine solare durante il periodo di massimo corretto per sottrazione del background sporadico e altezza del radiante

Si è ottenuto il profilo dell'attività "vera" dello sciame. Non sono state eseguite normalizzazioni sul profilo di attività né sono state fatte valutazioni sul tasso orario.

### Conclusioni

Dai dati ottenuti è stato possibile ottenere un valore medio di longitudine solare per il massimo di attività pari a  $45.61^\circ \pm 0.02^\circ$  che corrisponde al giorno 6 maggio 2013 alle ore 4. Tale valore è confrontabile con quello tabulato dall'International Meteor Organization pari a  $45.5^\circ$ . Il risultato è altresì confrontabile con un altro ottenuto da una precedente ricerca e valutato pari a  $45.8^\circ \pm 0.2^\circ$  [17].

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 2013 nell'ambito visuale si sia verificato il 6 e il 7 maggio, con un valore di longitudine solare paragonabile a quello trovato in questa analisi [18].

I dati sono stati altresì confrontati con quelli ottenuti attraverso tecniche video. Nonostante l'analisi non sia completa, ma vi siano unicamente dei valori preliminari, questi sono confrontabili con quelli ottenuti [19].

Il sistema R.A.M.B.O. ha evidenziato ottime potenzialità nell'analisi degli sciami meteorici. Sicuramente l'analisi degli sciami deve essere perfezionata. Infatti in questo lavoro non si è minimamente considerato il tasso orario.

Inoltre il sistema misurando la durata dell'eco permette di fare ricerche più accurate andando a studiare l'andamento delle meteore iperdense e ipodense, nonché l'indice di massa dello sciame per studiarne in maniera più accurata la struttura.

## **Bibliografia**

- [1] <http://www.associazioneastrofilibolognesi.it>
- [2] Sandri M., *Astronomia UAI*, **6**, 21-27 (novembre-dicembre 2006)
- [3] <http://www.itr-datanet.com/~pe1itr/graves/>
- [4] Newton H.A.: *American Journal of Science, Series 2*, **36**, 148-149 (1863)
- [5] Denning W.F.: *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, **72**, 423-451 (1912)
- [6] Herschel A.S.: *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, **36**, 210 (1876)
- [7] Corder H.: *The Observatory*, **2**, 103 (1879)
- [8] Herschel A.S.: *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, **38**, 379 (1878)
- [9] *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, **90**, 158, November (1929)
- [10] *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, **95**, 604, May (1935)
- [11] Clegg J.A., Hughes V.A., Lovell A.C.B., *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, **107**, 369-378 (1947)
- [12] Hajduk A., *Bulletin of the Astronomical Institute of Czechoslovakia*, **24**, 9-11 (1973)
- [13] Yeomans D.K., Kiang T., *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, **197**, 633-646 (1981)
- [14] McIntosh B.A., Hajduk A., *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, **205**, 931-943 (1983)
- [15] *Meteor News*, **7**, 5, August (1971)
- [16] Sandri M., *Astronomia UAI*, **6**, 26-29 (luglio-agosto 2007)
- [17] Sandri M., *Astronomia UAI*, **3**, 27-33 (maggio-giugno 2010)
- [18] <http://www.imo.net>
- [19] Molau S., Kac J., Berko E., Crivello S., Stomeo E., Igaz A., Barentsen G., Goncalves R., *WGN*, **41:4**, 133-136 (agosto 2013)