Osservatorio Astronomico della Regione Autonoma Valle d'Aosta Planetario di Lignan

Observatoire Astronomique de la Région Autonome Vallée d'Aoste Planétarium de Lignan

Ricerca di Large Super-Fast Rotators tra i NEAs

Relatore: Prof. Bertaina Mario

Tutor aziendale: Dott. Carbognani Albino (OAVdA)

Candidato: Monte Silvia

L'Osservatorio

OAVdA, Lignan, Saint Barthélemy

Ottobre-Dicembre 2014

La struttura e la cupola del telescopio principale

Il sito www.oavda.it

- Cosa sono i Near Earth Asteroids?
- Large Super-Fast Rotators
- Gli oggetti osservati
- Strumentazione
- Analisi dati e risultati
- Conclusioni
- Pubblicazioni

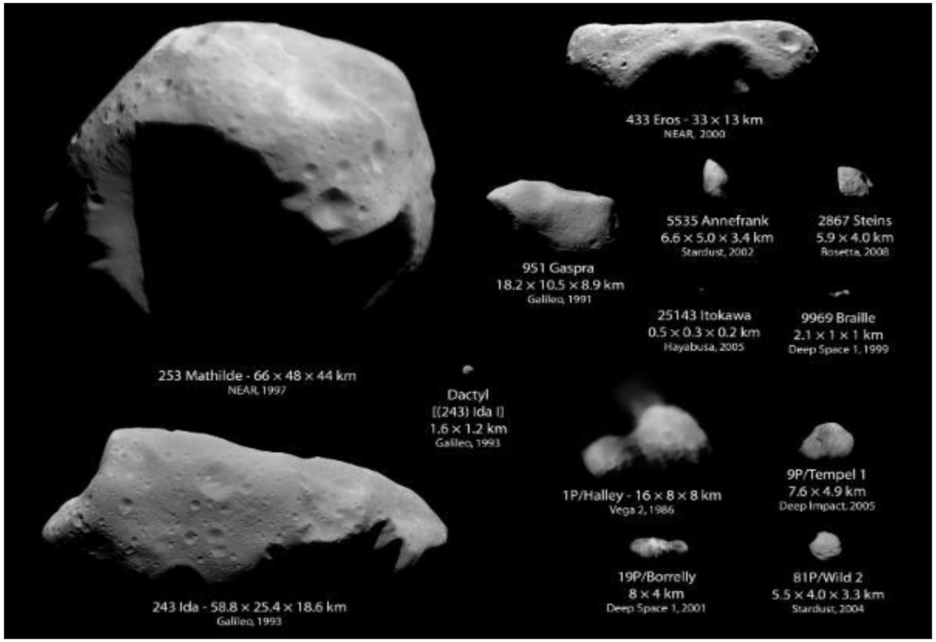
Near Earth Asteroids

Asteroide: dimensioni 10^2-10^5 m, residuo della formazione planetaria (~ 4 miliardi di anni fa)

Main Belt Asteroids: tra le orbite di Marte e Giove (a= 2.1-3.3 UA*)

NEA: sono asteroidi che possono arrivare a 0.3 UA dall'orbita terrestre

Aten-Apollo-Amor: a ≤ 2.1 UA (incontri ravvicinati con i pianeti terrestri, PHA)



Classificazione tassonomica

- **C**: somiglianza con le condriti carbonacee
- **S**: composizione rocciosa
- **V**: composizione basaltica (Vesta)
- **M**: composizione metallica

* 1 UA ~ 150 milioni di km (distanza media Terra-Sole)

I LSFR e la teoria dei binari

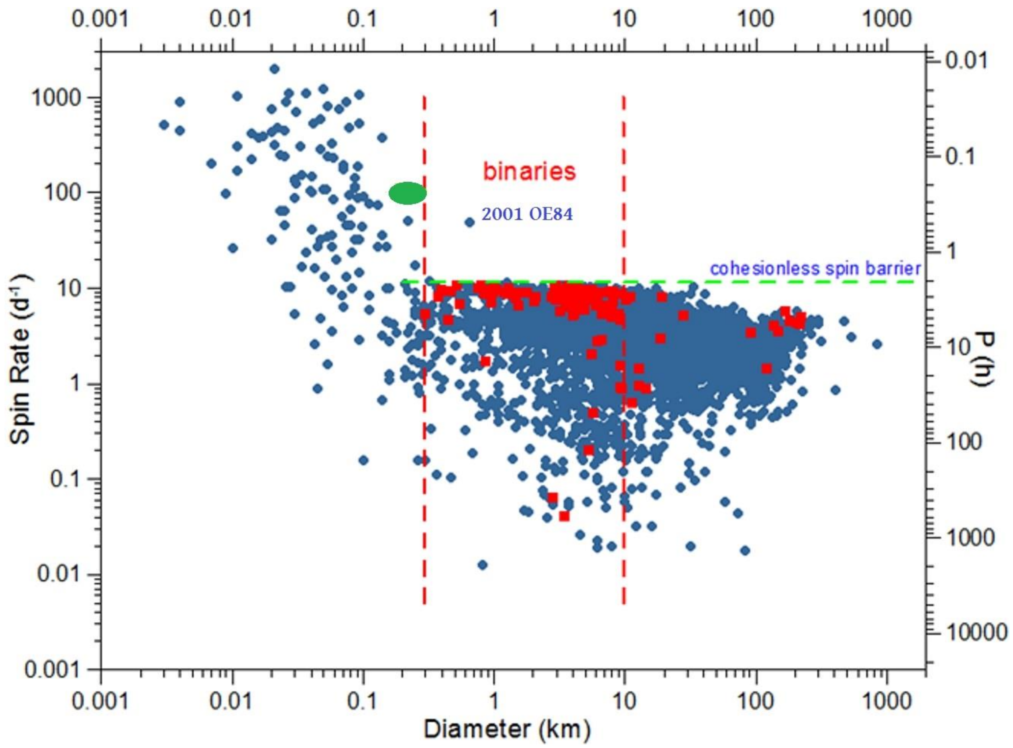
1996, Harris, **cohesionless spin-barrier**

- d > 150 m : struttura rubble-pile (blocchi tenuti insieme dalla forza gravitazionale mutua)

  P < 2.2 h si ha rottura dell'asteroide e creazione di un sistema binario.

- d < 150 m : schegge monolitiche (forze di coesione interne)

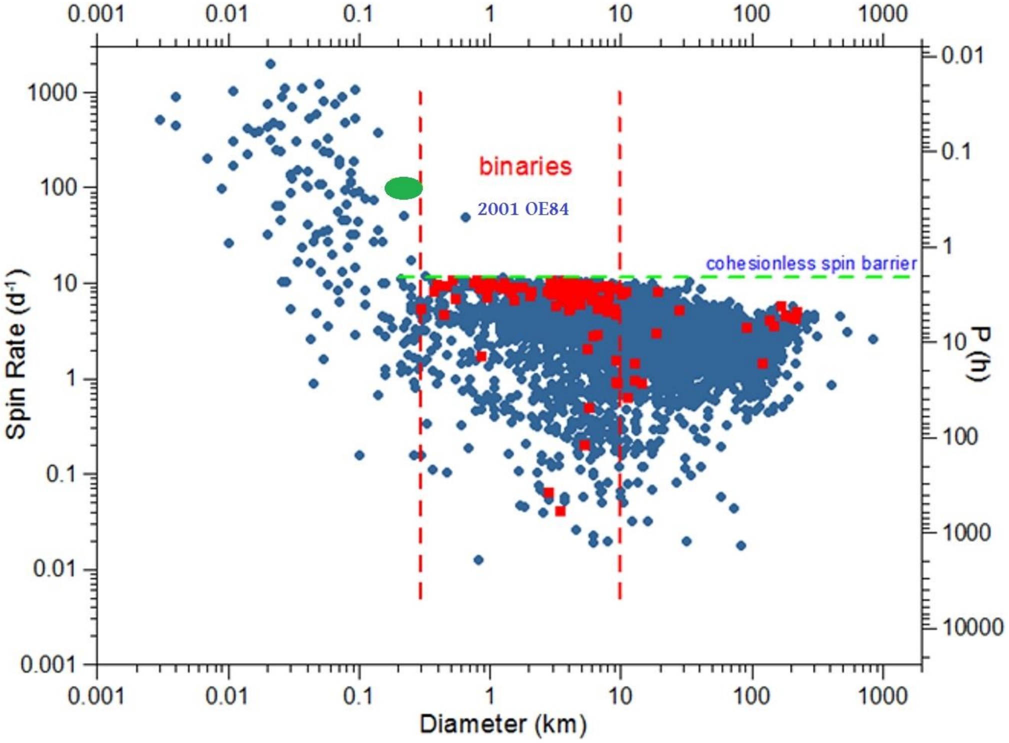
2007, Holsapple, **Super Fast Rotators** (e.g. 2001 OE84 con P = 0.486 h, 2005 UW163 con P = 1.290 h)



I LSFR e la teoria dei binari

2014, Sanchez e Sheeres, dipendenza del tasso di spin dalle dimensioni dell'asteroide:

$$\omega^2 \leq \omega_a^2 + \frac{\sigma\gamma}{a^2\rho}$$



ω = 2π/P : tasso di spin

ω_a : valore della spin barrier

$\sigma\gamma$: forza di coesione per area superficiale

a : semiasse maggiore

ρ : densità media

Si osservano asteroidi per determinarne il periodo di rotazione e verificare eventuali violazioni del valore di spin-barrier.

Gli oggetti osservati

Ricerca di candidati LSFR usando la fotometria differenziale dei NEA.

<u>Caratteristiche</u>:

- fly-by con la Terra
- magnitudine apparente ≤ +17
- velocità ≤ 10 arcsec/min
- altezza sopra l'orizzonte ≥ 20°

(www.minorplanetcenter.net)

La durata delle osservazioni è diversa a seconda della velocità dell'asteroide e della sua magnitudine.

Gli oggetti osservati

<u>Target</u>:

1355 Magoeba (MBA)

1998 SS49

4401 Aditi

2014 VQ

2004 JN13

1998 WQ5

2001 EA16

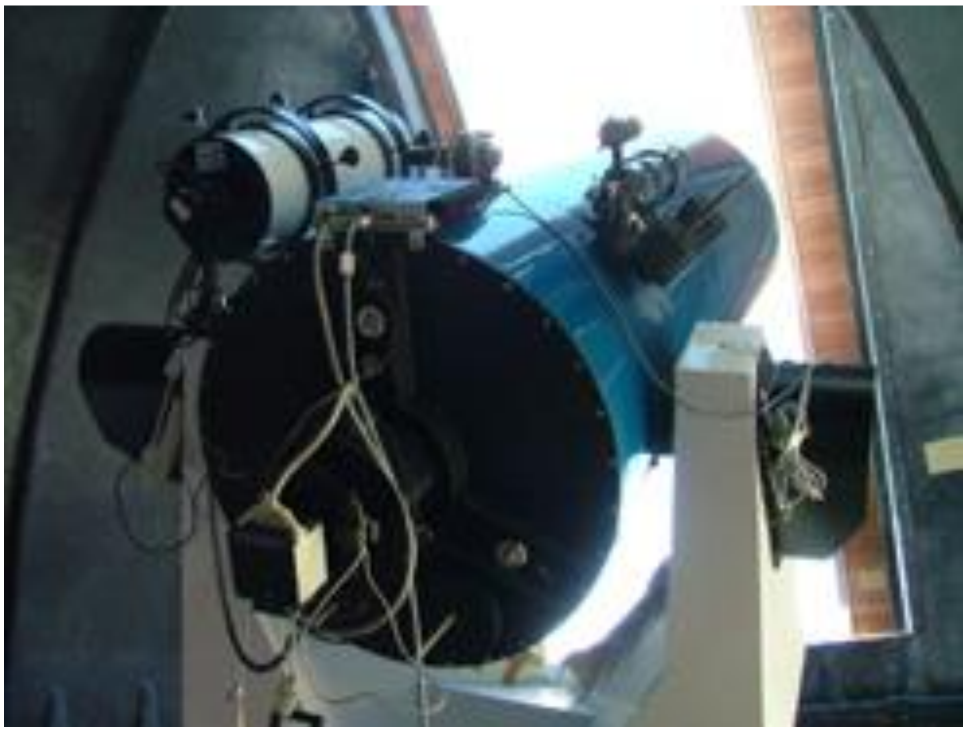
2001 QU159

2004 BL86

Dopo il periodo della tesi il lavoro dei ricercatori dell'OAVdA è continuato con l'osservazione di altri target:

1999 CU3 2000 BJ19 1996 FR3 2014 YM9 2012 LC1 2006 TN

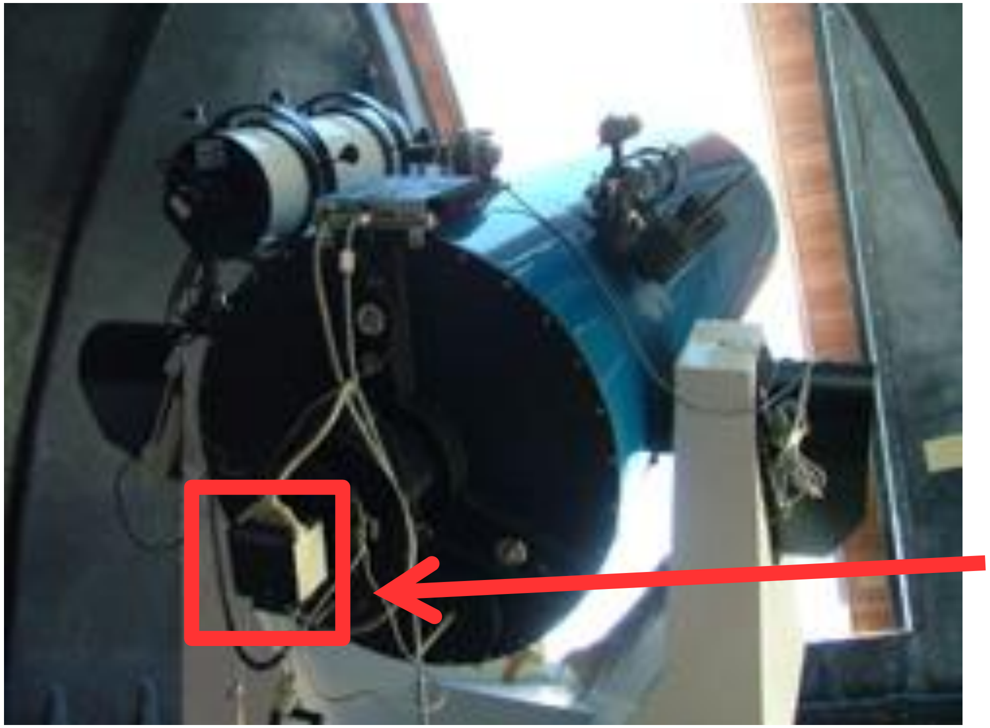
Strumentazione



OAVdA:

- telescopio riflettore Ritchey-Chrétien 0.81 m, f/7.9
- controllo elettronico del telescopio e della cupola
- FoV 13.1x13.1 arcmin
- camera FLI 1001E CCD (1024x1024 pixels) , plate scale 1.54 arcsec per pixel (binning 2x2)

Strumentazione



OAVdA:

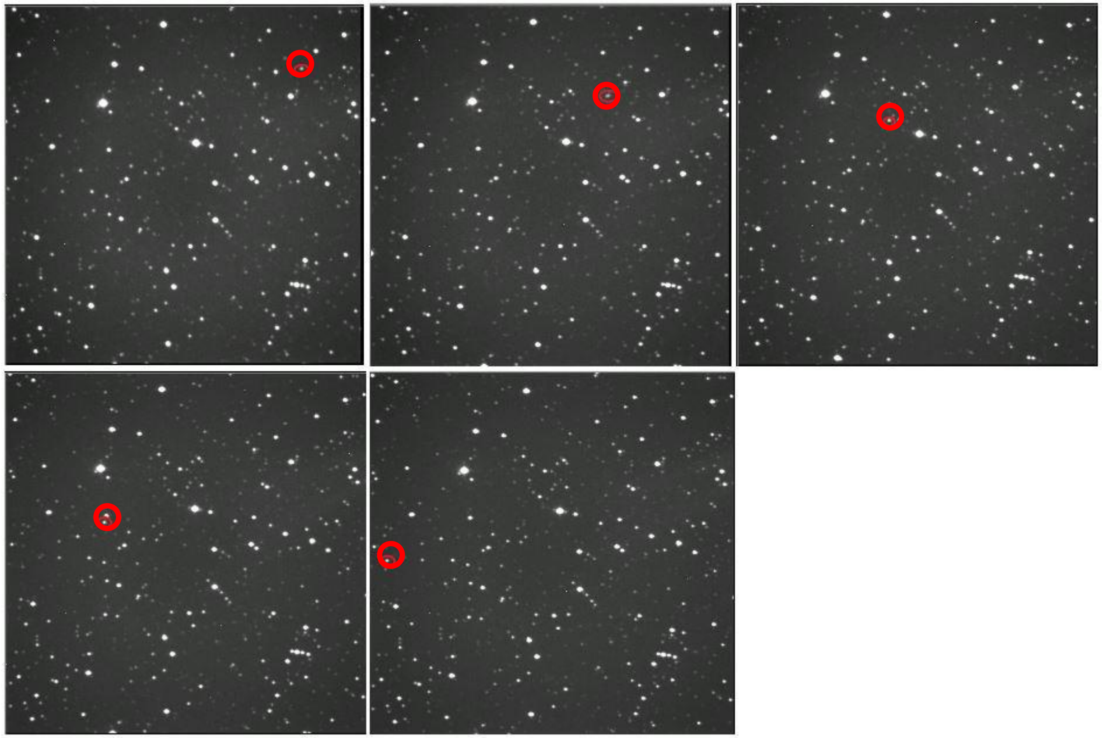
- telescopio riflettore Ritchey-Chrétien 0.81 m, f/7.9
- controllo elettronico del telescopio e della cupola
- FoV 13.1x13.1 arcmin
- camera FLI 1001E CCD (1024x1024 pixels) , plate scale 1.54 arcsec per pixel (binning 2x2)

Osservazioni e analisi: il caso di 1998 SS49

Presa dati

Foto consecutive con apposito tempo di esposizione per un determinato numero di ore e giorni, in modo da determinare il periodo di rotazione

Filtro C



Δt = 2 h 55 min

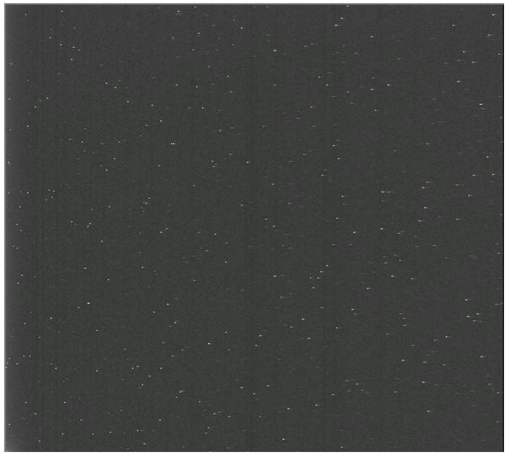
Apollo-PHA

- 731 immagini
- 13.5 ore di osservazione (26 Ottobre 2014 – 19 Novembre 2014)
- Fly-by: 18 Novembre 2014

Osservazioni e analisi: il caso di 1998 SS49

Calibrazione

Per ricondursi al caso di CCD ideale prima di procedere con l'analisi dati: master dark e master flat

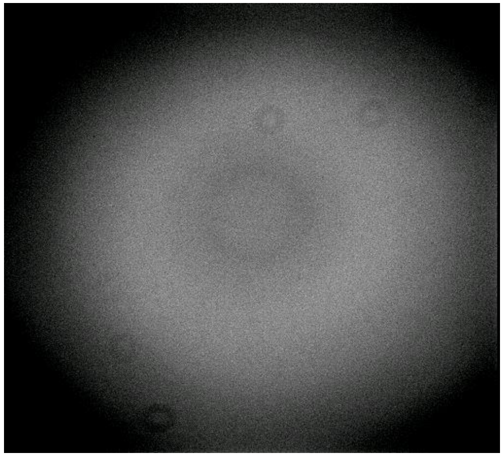


Master dark: no rumore termico ed elettronico

stessa T (-30° C) e tempo di posa (60 s) dell'immagine ripresa (otturatore chiuso)

Master flat: immagine uniformemente illuminata

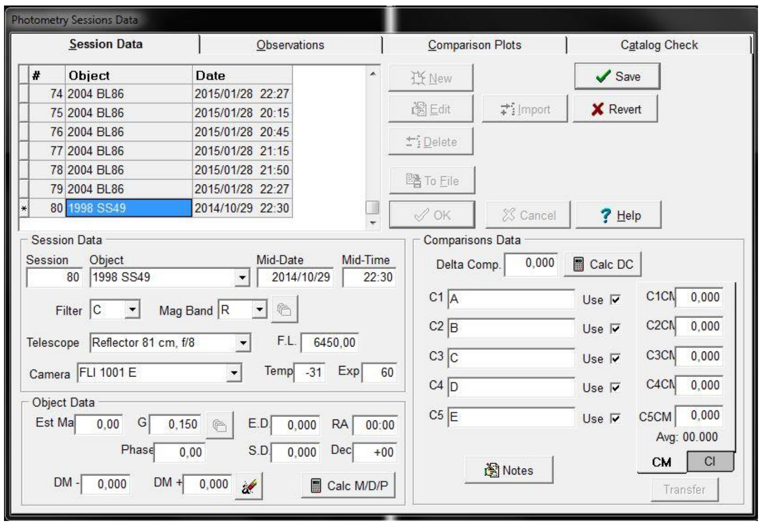
- sensibilità pixel
- grani di polvere
- vignettatura



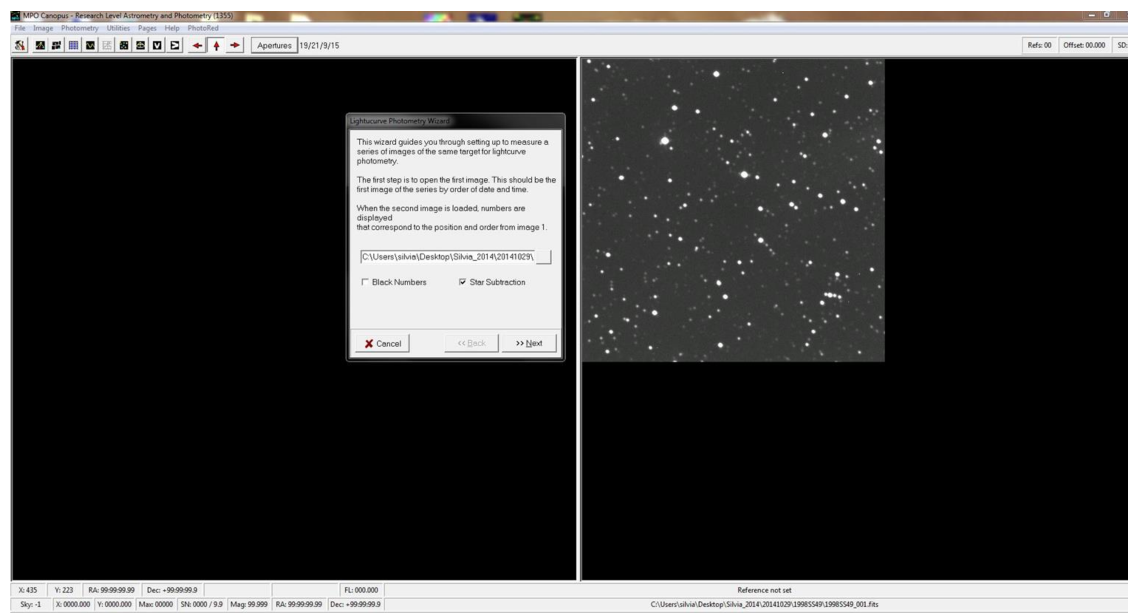
Osservazioni e analisi: il caso di 1998 SS49

Analisi della curva di luce:

Uso del software MPO Canopus v. 10.4.7.6

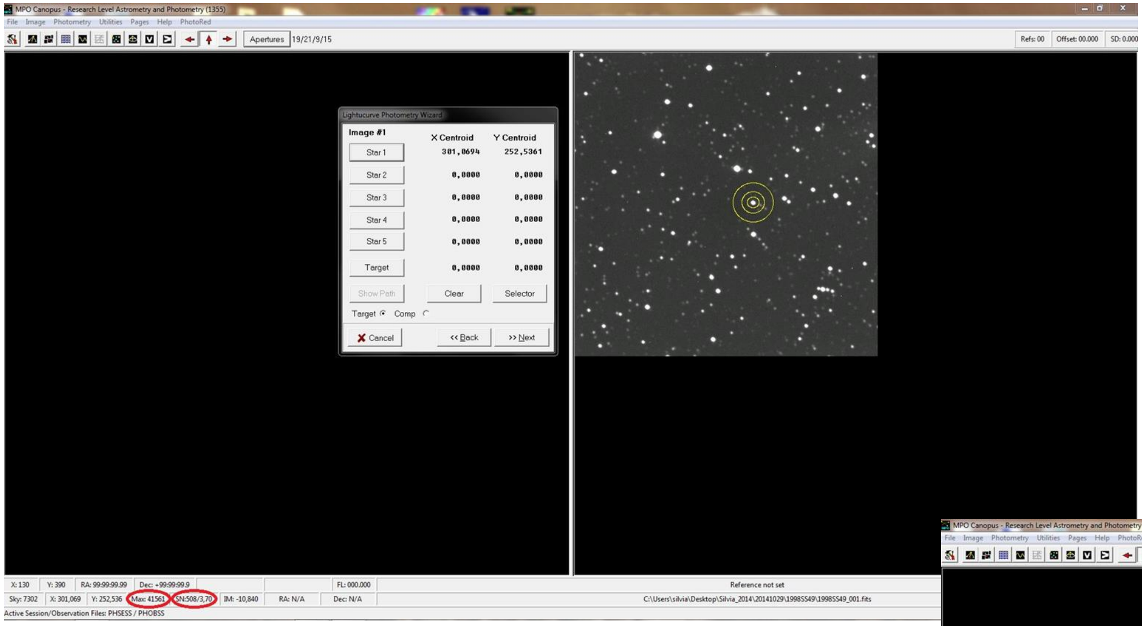


Creazione sessione osservativa

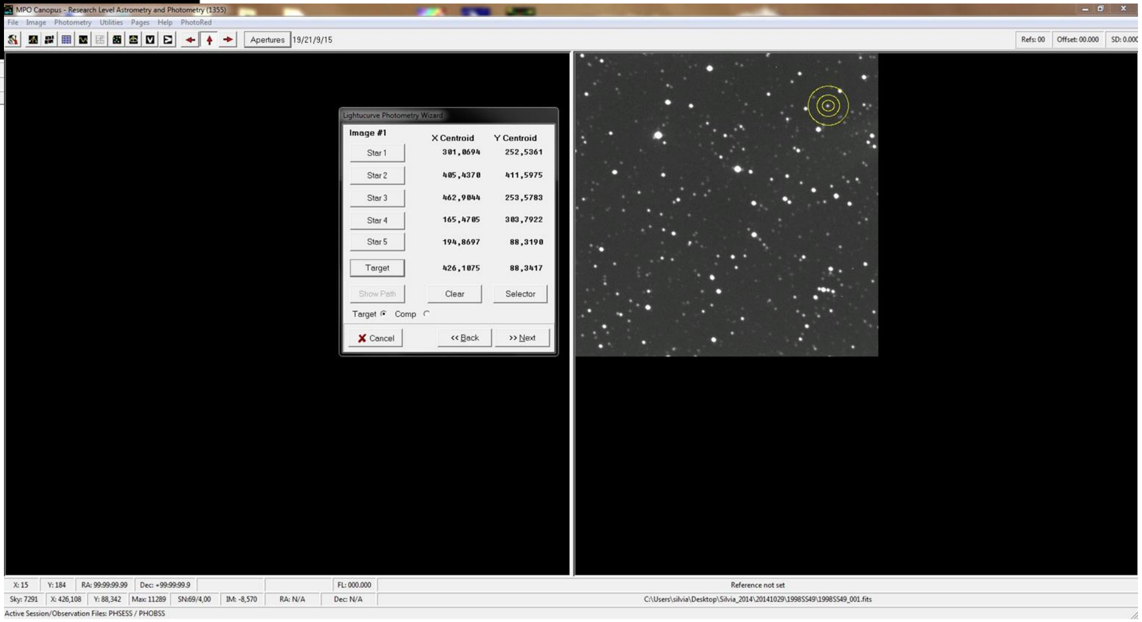


Caricamento prima immagine

Osservazioni e analisi: il caso di 1998 SS49

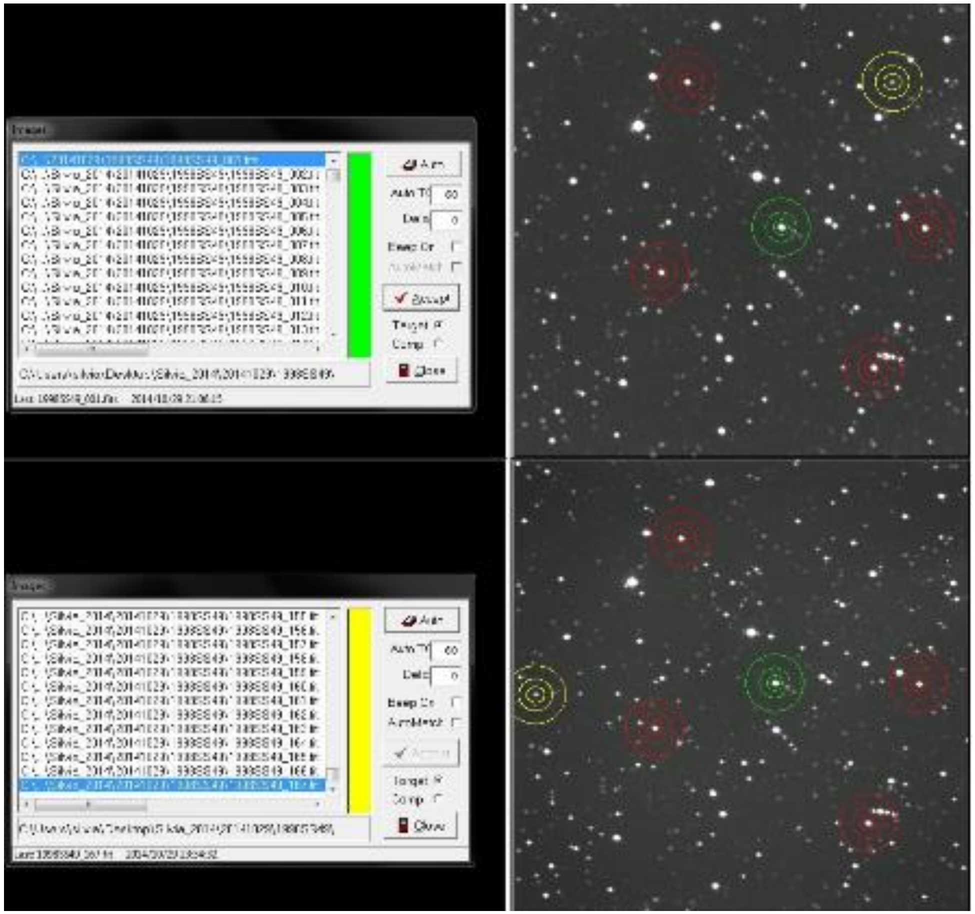


Identificazione stelle di confronto

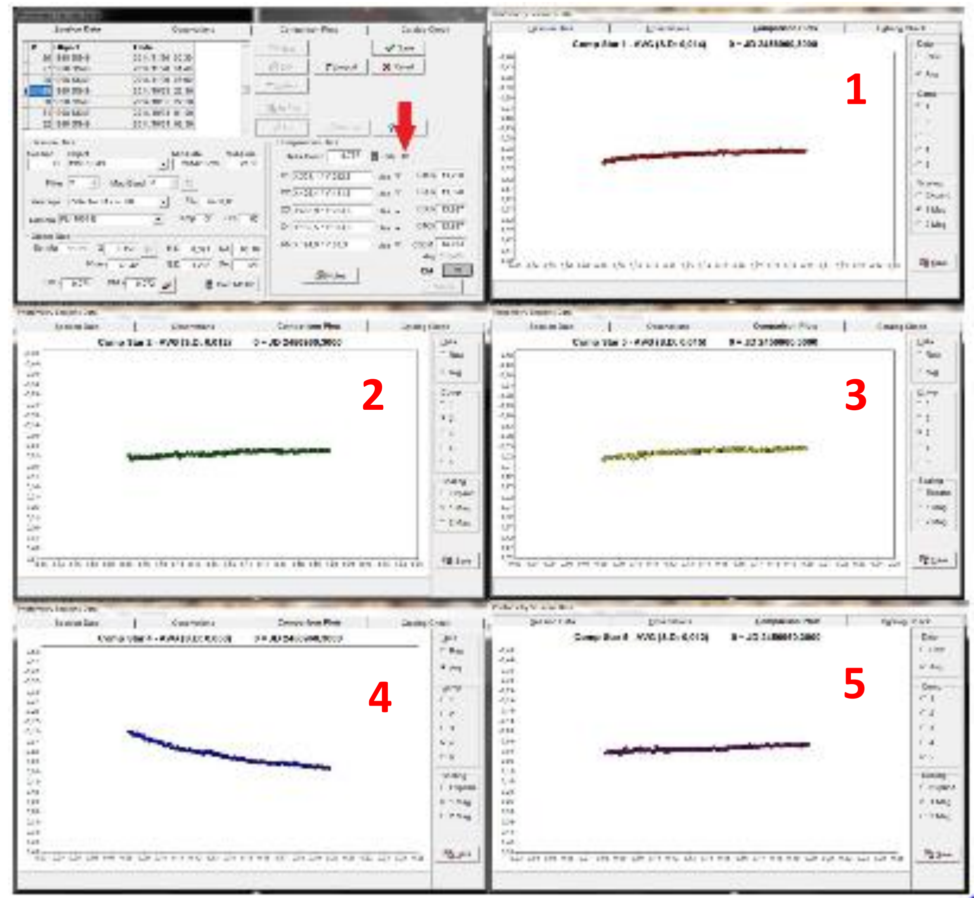


Identificazione target

Osservazioni e analisi: il caso di 1998 SS49

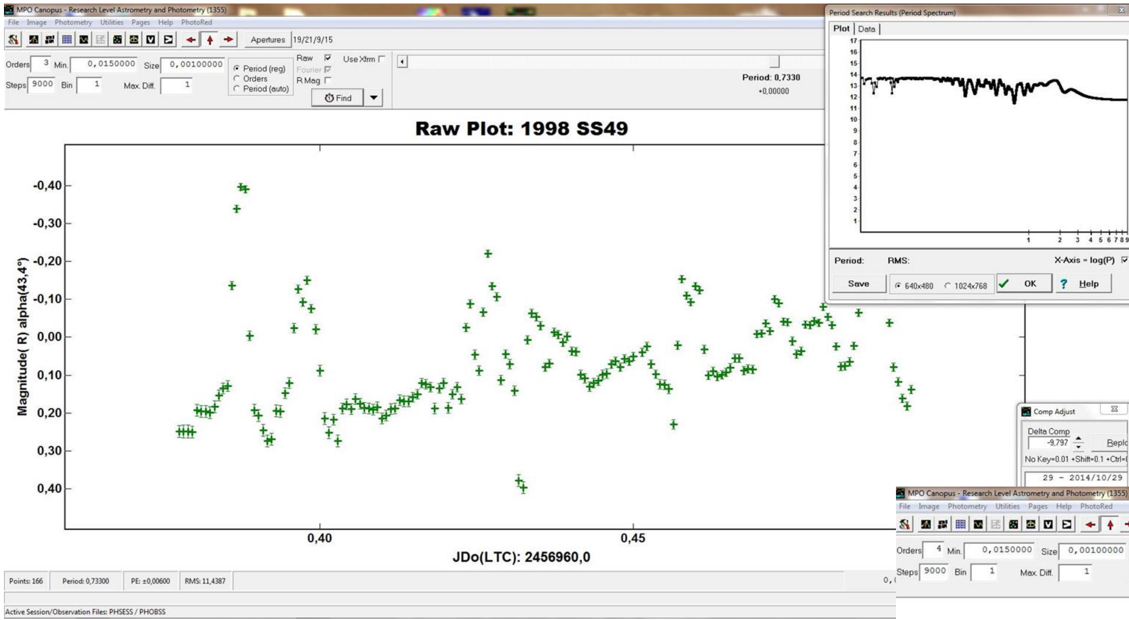


Fotometria differenziale



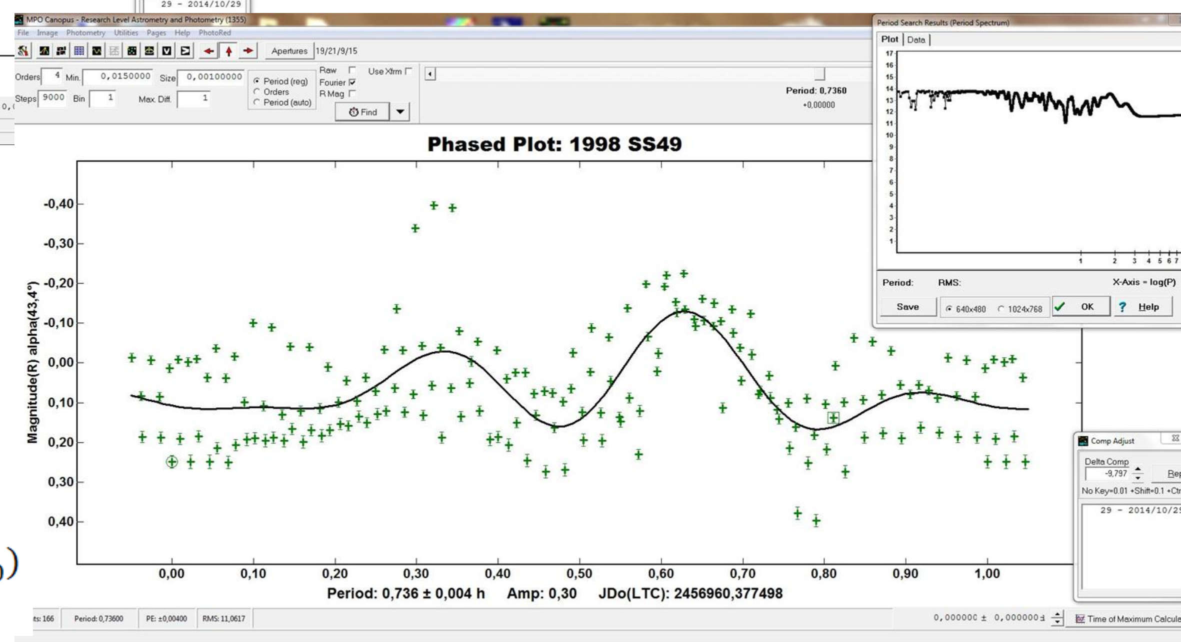
Regolarità delle stelle di confronto

Osservazioni e analisi: il caso di 1998 SS49

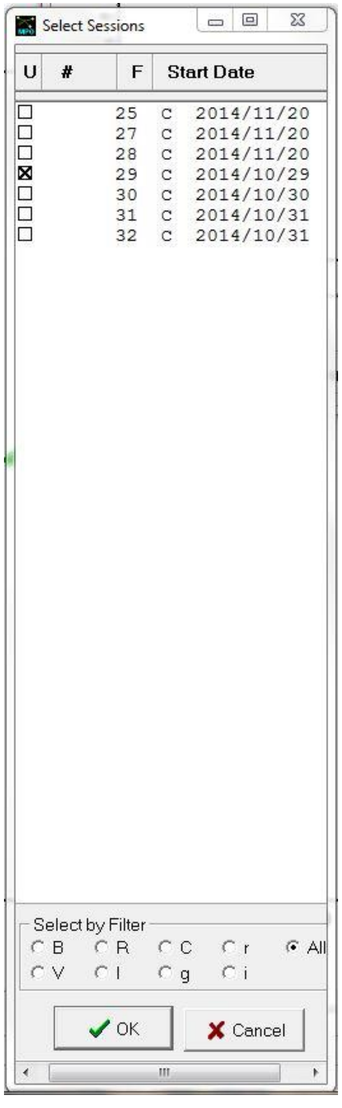


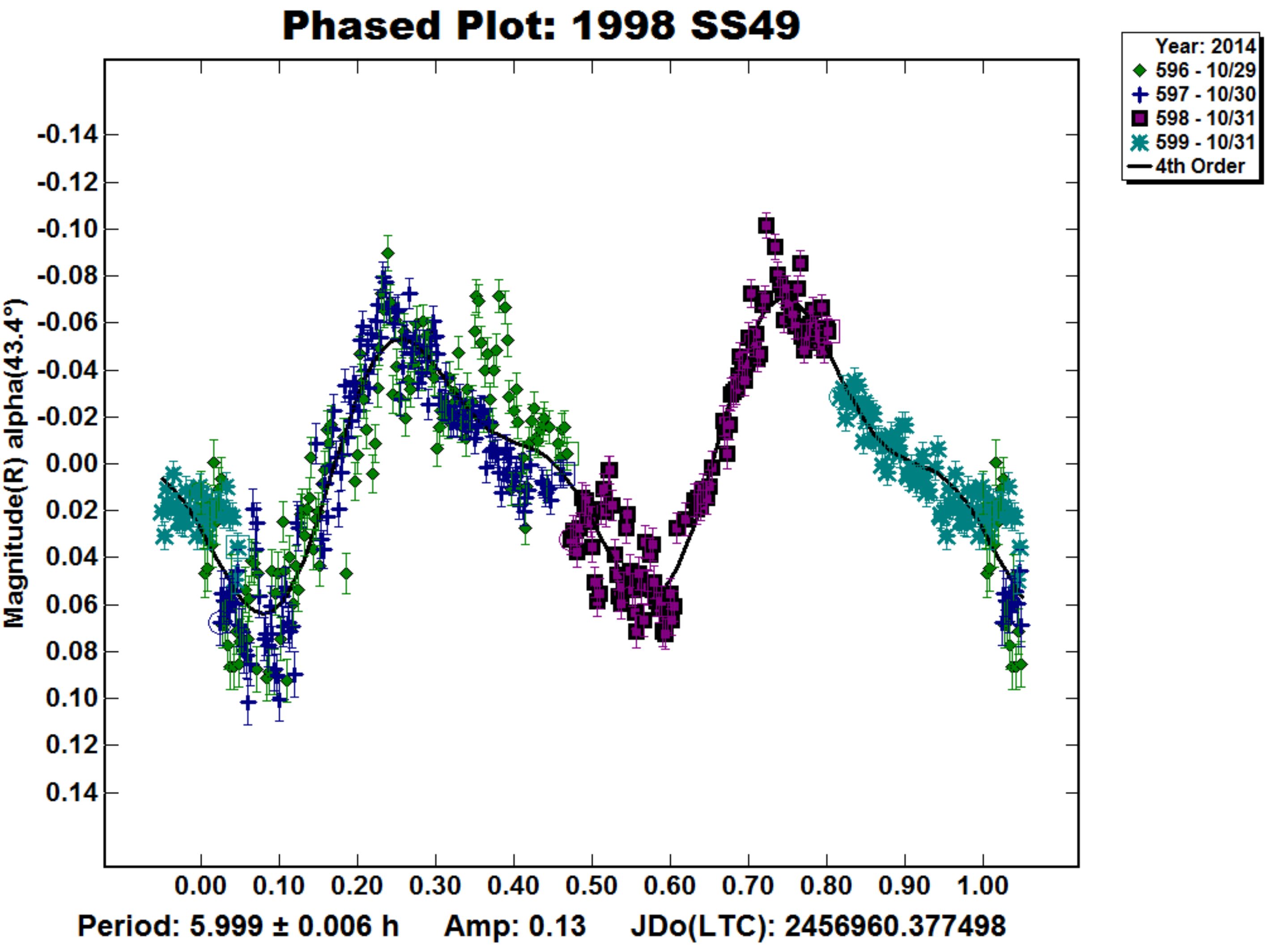
Spettro Raw

Spettro di Fourier



$$H(\alpha,t) = \bar{H}(\alpha) + \sum_{l=1}^{m} A_l \sin\frac{2\pi L}{P}(t-t_0) + B_l cos\frac{2\pi L}{P}(t-t_0)$$





4 sessioni (6.5 ore di osservazioni) usate per la curva di luce
Il periodo di rotazione è quasi un sottomultiplo esatto del periodo di rotazione della Terra

H=15.7   D=2-3 km

1998 WQ5

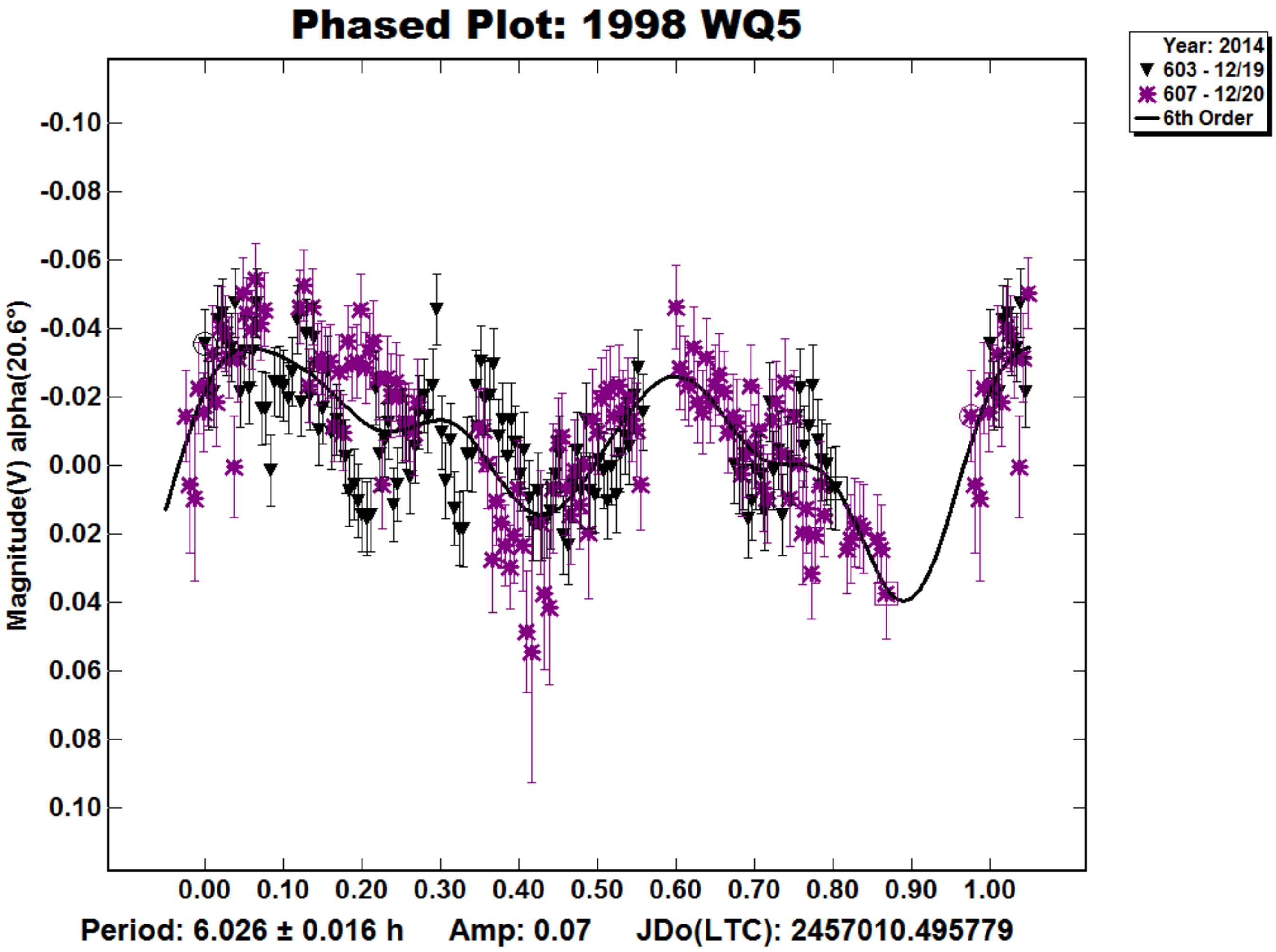
Amor

- 317 immagini
- 11 ore di osservazione (18-19 Dicembre 2014)
- Fly-by: 25 Gennaio 2014

H=15.3
D=3-5 km

Oey, 2006 :
T=3.0089±0.0001 h
ampiezza 0.35 mag

Periodo difficile da determinare per SNR≈100



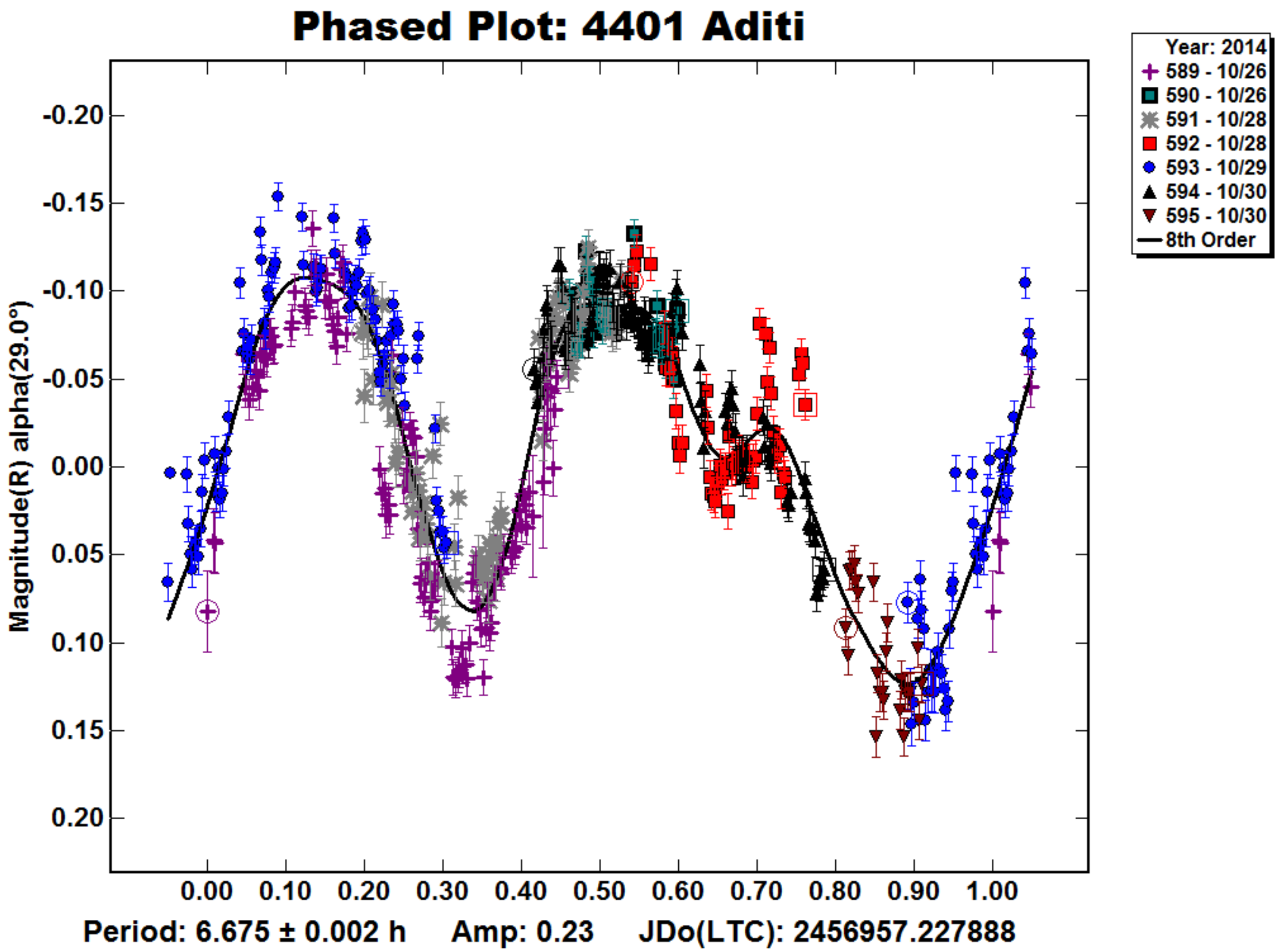
4401 Aditi

NEA-Amor

- 823 immagini
- 14.5 ore di osservazione (26-28-29-30 Ottobre 2014)
- Fly-by: 06 Novembre 2014

H=15.9

D=1.2-3.7 km

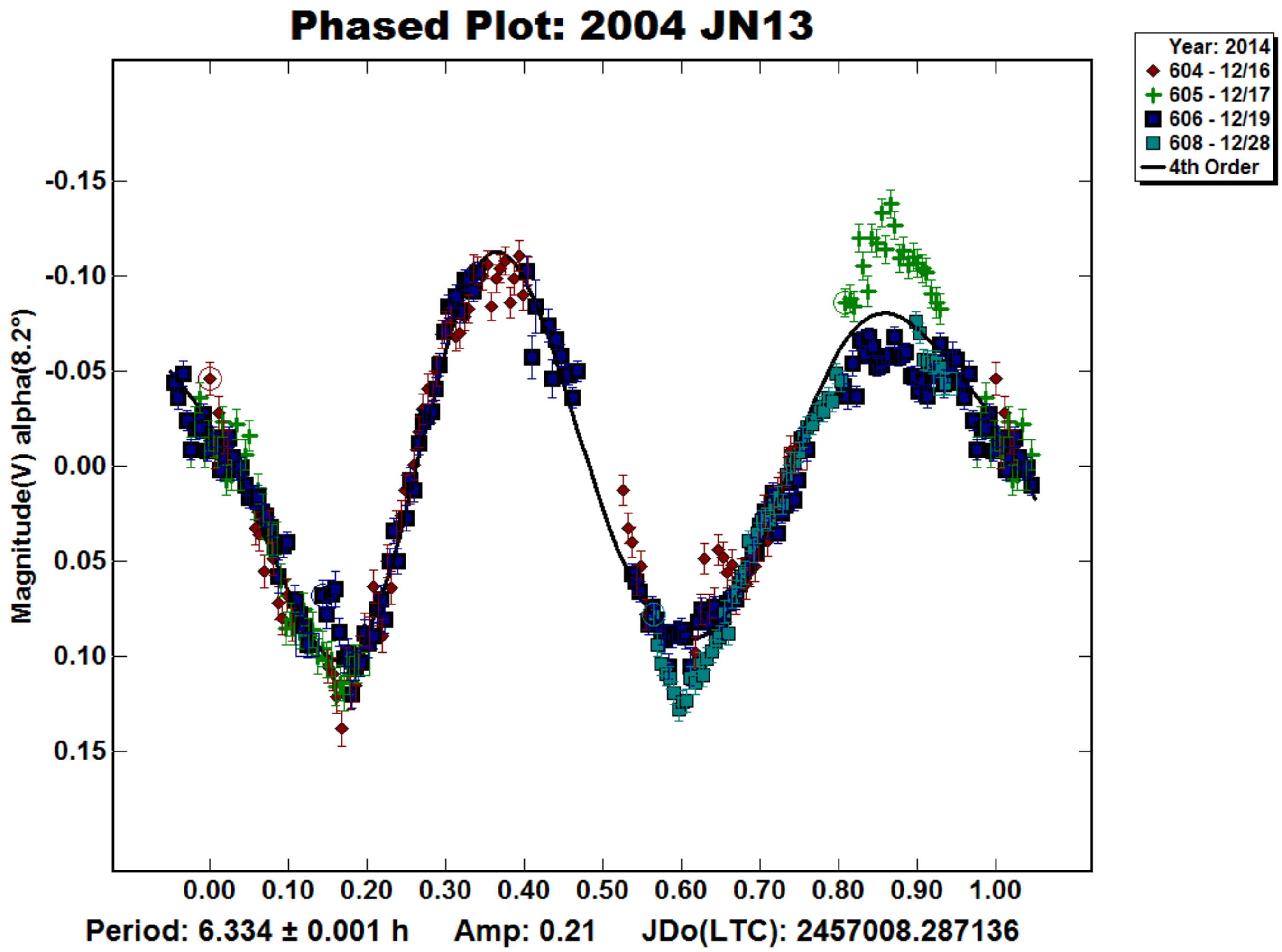


2004 JN13

Apollo

- 887 immagini
- 17 ore di osservazione (16-19-28 Dicembre 2014)
- Fly-by: 18 Novembre 2014

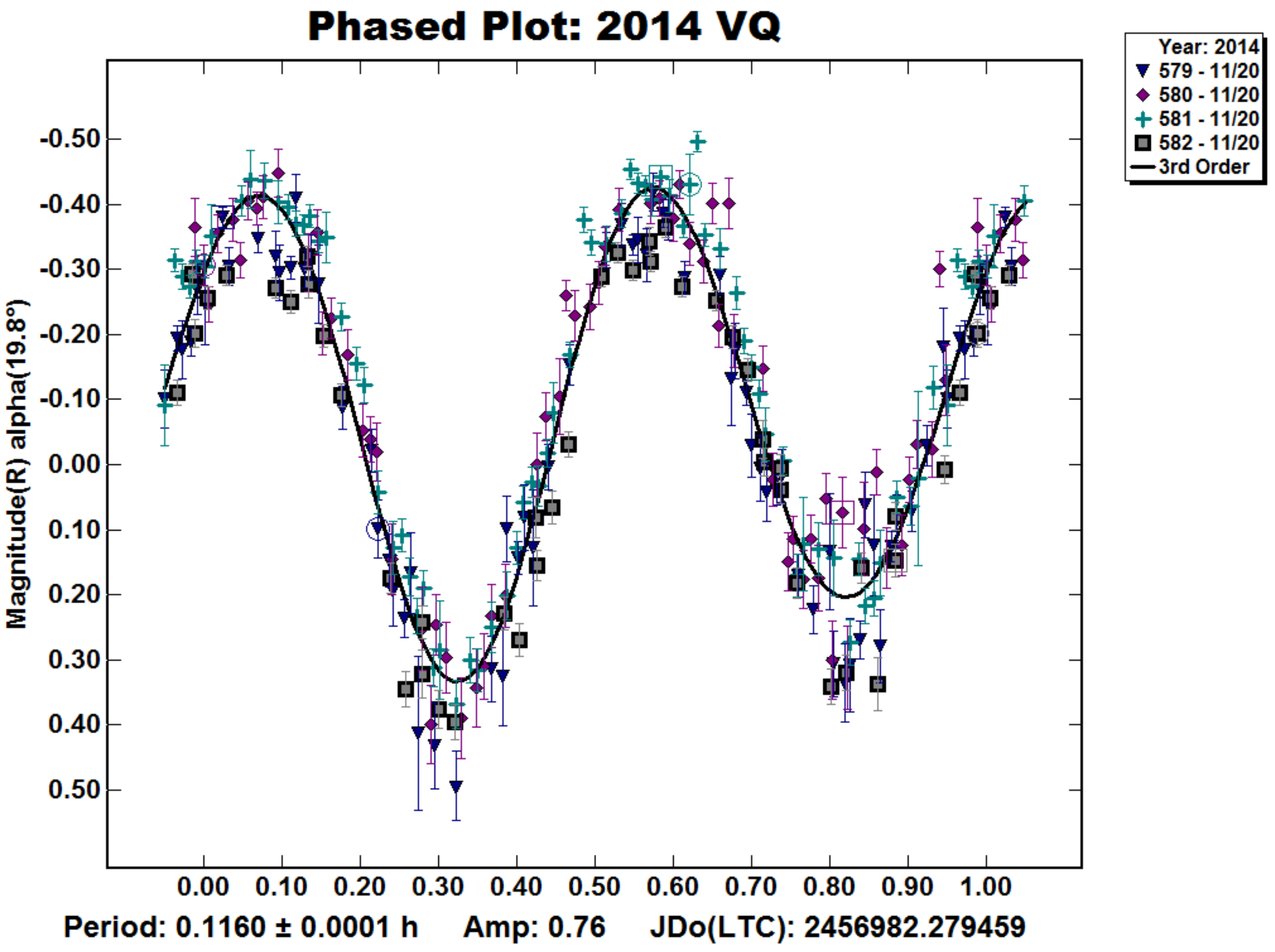
D = 2.7 ± 0.6 km



2014 VQ

NEA-Amor

- 325 immagini
- 5.5 ore di osservazione (20 Novembre 2014)
- Fly-by: 13 Novembre 2014



2014 VQ

Collaborazione con Pravec P. et coll. (Ondrejov Observatory)

P = 0.116032 ± 0.000001 hours

Misura indici V-R. (La Silla, Chile)

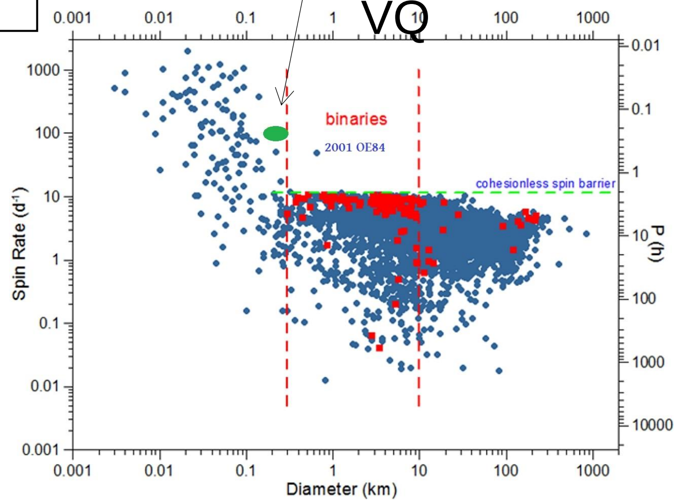
Color index (V-R) = 0.483 ± 0.01 mag

tipo	G	H_V (mag)	p_V	D (km)
S	0.24 ± 0.11	20.23 ± 0.20	0.20 ± 0.05	0.267 ± 0.043
V	0.43 ± 0.08	20.52 ± 0.11	0.40 ± 0.05	0.165 ± 0.027

La misura dell'indice B-V non è stata effettuata

E' un possibile candidato a LSFR!

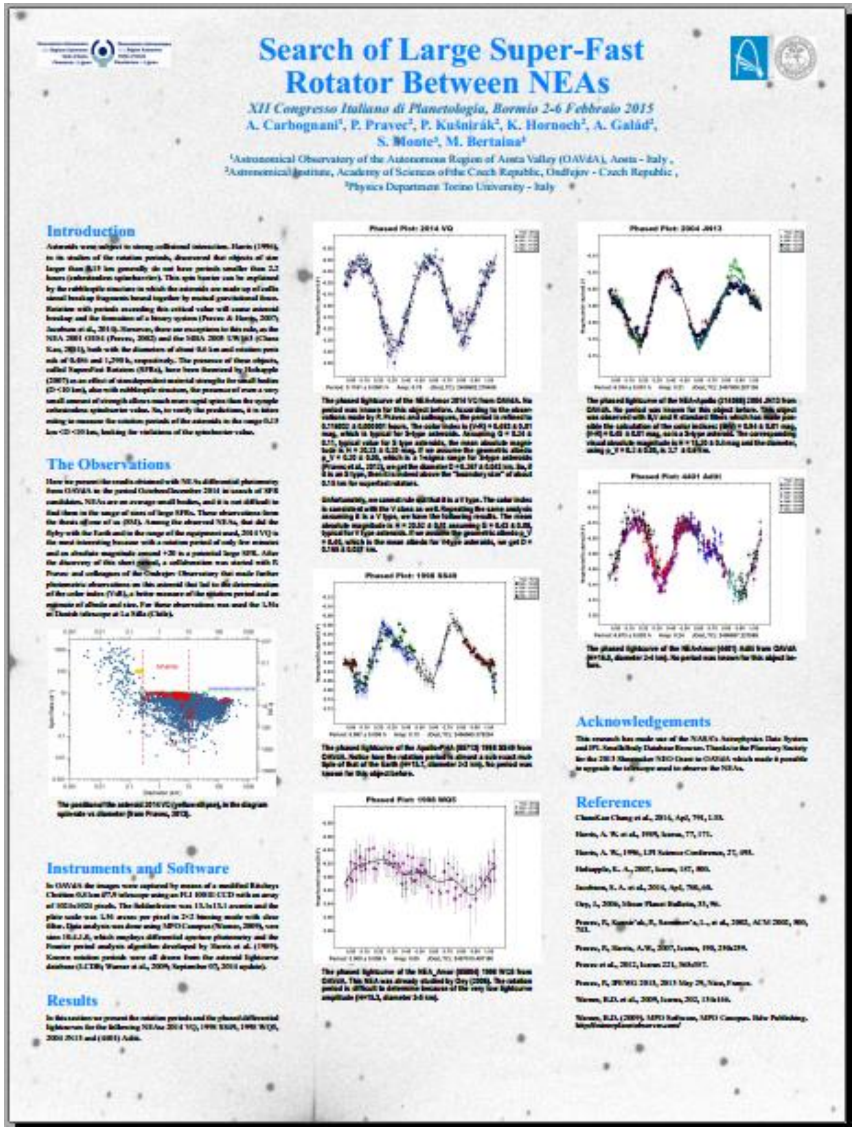
2014 VQ



Conclusioni

Asteroide	Notti di osservazione	Periodo (h)	A (mag)	H_V (mag)	D (km)
2014 VQ	1	0.116032 ± 0.000001	0.75	20.23 ± 0.20	0.267 ± 0.043
				20.52 ± 0.11	0.165 ± 0.027
1998 SS49	4	5.999 ± 0.008	0.13	-	-
1998 WQ5	2	6.026 ± 0.016	0.07	-	-
2004 JN13	3	6.334 ± 0.001	0.21	15.20 ±0.4	2.7 ± 0.6
4401 Aditi	4	6.675 ± 0.002	0.23	-	-

XII Congresso Italiano di Planetologia, Bormio (02-06 febbraio 2015)



Proceedings di Bormio (memorie SAIt)

Mem. S.A.It. Vol. 75, 282

Memorie della

Search of Large Super-Fast Rotator Between NEAs

A. Carbognani[1], P. Pravec[2], P. Kušnirák[2], K. Hornoch[2], A. Galád[2], S. Monte[3], and M. Bertaina[3]

[1] Astronomical Observatory of the Autonomous Region of the Aosta Valley (OAVdA), Lignan 39, 11020 Nus, Aosta, Italy
[2] Astronomical Institute, Academy of Sciences of the Czech Republic, Ondřejov - Czech Republic
[3] Physics Department Torino University - Italy e-mail: albino.carbognani@gmail.com

Abstract. Asteroids of size larger than 0.15 km generally do not have periods smaller than 2.2 hours, a limit known as cohesionless spin-barrier. This barrier can be explained by the rubble-pile structure in which the asteroids are made up of collisional breakup fragments bound together by mutual gravitational force. The exceptions to this rule, called Large Super-Fast Rotators (LSFRs), are very few as 2001 OE84 and 2005 UW163. Preliminary results of some NEAs (Near Earth Asteroids) photometric observations, are presented. We report, in addition to the determination of new rotation periods for these elusive asteroids, the discovery of a new candidate LSFR, the Amor 2014 VQ.

Key words. Minor planets, near Earth asteroids, rotation periods.

1. Introduction

Asteroids were subject to strong collisional interaction. Harris (1996), in its studies of the rotation periods, discovered that objects of size larger than 0.15 km generally do not have periods smaller than 2.2 hours (cohesionless spin-barrier). This spin barrier can be explained by the rubble-pile structure in which the asteroids are made up of collisional breakup fragments bound together by mutual gravitational force (Figure ??).
Rotation with periods exceeding this critical value will cause asteroid breakup and the formation of a binary system (?), (?). However, there are exceptions to this rule, as the NEA 2001 OE84 (?) and the MBA 2005 UW163 (?), both with diameters of about 0.6 km and rotation periods of 0.486 and 1,290 h, respectively. The presence of these objects, called Large Super-Fast Rotators (LSFRs), have been theorized by ? and others as an effect of size-dependent material strength: for small bodies ($D < 10$ km), also with rubble-pile structure, the presence of even a very small amount of strength allows much more rapid spins than the simple cohesionless spin-barrier value. Therefore, to verify the predictions, it is interesting to measure the rotation periods of asteroids in the range $0.15\ \text{km} < D < 10$ km, looking for spin-barrier value violations.
Here we present the first results obtained with NEAs differential photometry from the Astronomical Observatory of the Aosta Valley

Articolo per “Planetary Space Science” (risultati completi)

A New Candidate Large Super-Fast Rotator, the Near Earth Object 2014 VQ

A. Carbognani[a], P. Pravec[b], P. Kušnirák[b], K. Hornoch[b], A. Galád[b], S. Monte[a,c], M. Bertaina[c]

[a]*Astronomical Observatory of the Autonomous Region of the Aosta Valley (OAVdA), Lignan 39, 11020 Nus, Aosta, Italy*
[b]*Astronomical Institute, Academy of Sciences of the Czech Republic, Ondřejov - Czech Republic*
[c]*Physics Department Torino University - Italy*

Abstract

Asteroids of size larger than 0.15 km generally do not have periods smaller than 2.2 hours, a limit known as cohesionless spin-barrier. This barrier can be explained by the cohesionless rubble-pile structure model. According to this model, the asteroids are made up of collisional breakup fragments bound together only by mutual gravitational force. The exceptions to this rule, called Large Super-Fast Rotators (LSFRs), are very few: 2001 OE84, (335433) 2005 UW163 and 2011 XA3 are the best known examples. Results of photometric observations of some NEAs (Near Earth Asteroids), made during the period October 2014 - May 2015 are presented. We report, in addition to the determination of new rotation periods for these elusive asteroids, the discovery of a new candidate LSFR, the Amor 2014 VQ spinning with a period of 0.116032 ± 0.000001 hours, a lightcurve amplitude of 0.75 mag and a diameter of 0.165 ± 0.027 km (if V-type) or 0.267 ± 0.043 km (if S-type).

Keywords: Minor planets, near Earth asteroids, rotation periods.

1. Introduction

Asteroids were subject to strong collisional interaction and the population that we see today is the result of billions of years of evolution. Harris

Email address: albino.carbognani@gmail.com (A. Carbognani)

Preprint submitted to Planetary and Space Science *June 19, 2015*

Bibliografia

Carbognani A., “A possible YORP effect on C and S Main Belt Asteroids”
Carbognani A., “Lightcurves and periods of eighteen NEAs and MBAs”
Cellino A., “Fisica degli asteroidi” (dispense)
Chang C. et al., “A new Large Super-Fast Rotator: (335433) 2005 UW163”
Farinella P., Paolicchi P., Zappalà V., “Analysis of the Spin Rate Distribution of Asteroids”
Harris A.W. et al., “Photoelectric observations of Asteroids 3, 24, 60, 261 and 863”
Holsapple K.A., “Spin limits of Solar System bodies: from the small fast-rotators to 2003 EL61”
Howell S.B., “Handbook of CCD Astronomy” (2nd edition)
Karttunen H., Kröger P., Oja H., Poutanen M., Donner K.J., “Fundamental Astronomy” (5th edition)
Pilcher F., Jardine D.C., “Additional Lightcurves of 165 Loreley”
Polishook D., Brosch N., “Photometry and Spin Rate distribution of Small-Sized Main Belt Asteroids”
Pravec P., “Asteroid rotations, binaries and pairs by time-resolved photometry”
Pravec P. et al., “Large Coherent Asteroid 2001 OE84”
Pravec P., Scheirich P., “Near-Earth and small main-belt binary asteroids, their population and properties”
Ryan W.H., Ryan E.V., “Rotation Rates of Recently Discovered Small Near-Earth Asteroids”
Romanishin W., “An introduction to Astronomical Photometry using CCDs”
Southworth R.B., Hawkins G.S., “Statistcs of Meteor Streams”
Urakawa S. et al., “Fast Rotation of a Sub-km-sized Near-Earth Object 2011 XA3”
Whiteley R.J. et al., “Monolithic Fast-Rotating Asteroids”

Ringraziamenti

Vorrei ringraziare il mio relatore, Prof. Bertaina, e l'Osservatorio Astronomico della Valle d'Aosta per avermi dato la possibilità di intraprendere questo stage.

Un ringraziamento particolare va al Dott. Albino Carbognani che mi ha seguito in questo percorso e mi ha dato la possibilità di partecipare al congresso di Planetologia di Bormio che è stata per me un'esperienza di grande valore.

Ringrazio tutti per la cordiale attenzione!