Toni Scarmato Ass. Astr. di San Costantino di Briatico UAI - Sezione Comete Giannantonio Milani UAI - Sezione Comete

La curva di luce della COMETA 153P/ IKEYA-ZHANG

Introduzione

La cometa denominata inizialmente C/2002 C1 è stata scoperta visualmente da Kaoru Ikeya (con un riflettore da 25 cm a 39X) e Daqing Zhang (con un riflettore da 20 cm a 28X) il giorno 1 febbraio 2002 [1]. Il nuovo oggetto si è rivelato interessante sotto molti aspetti. Il più rilevante riguarda il fatto che i suoi parametri orbitali sono apparsi subito simili a quelli di almeno due comete storiche: la C/1532 R1 e la C/1661 C1. Non appena i dati astrometrici disponibili sono stati sufficienti, B. G. Marsden ha potuto calcolare in modo accurato i parametri orbitali, deducendo che molto probabilmente la nuova cometa era la stessa osservata da Hevelius nel 1661, quindi la C/1661 C1 [2], come periodica denominata 153P.

Il ritorno di una cometa periodica così luminosa è un evento raro e molto interessante sia dal lato spettacolare che scientifico.

Nel presente lavoro viene esaminato il comportamento fotometrico mediante l'analisi della curva di luce sia visuale che CCD, effettuando anche un confronto con i dati storici disponibili.

Le osservazioni storiche

Le osservazioni del 1661, e in particolare quelle effettuate dallo stesso Hevelius e descritte nella sua opera "Cometographia" [3], riportano che la cometa è stata scoperta la mattina del 3 febbraio, quando ha mostrato una coda visibile a occhio nudo per un'estensione di 6 gradi di lunghezza, ed è stata seguita nella sua apparizione fino al 28 marzo. In questo intervallo di tempo Hevelius ha effettuato diverse osservazioni sia a occhio nudo che mediante i suoi telescopi. Le annotazioni e le osservazioni non sono sempre facilmente interpretabili, non tanto per l'uso della lingua latina, utilizzata in forma abbastanza semplice, ma per l'approccio usato all'epoca e l'organizzazione del testo, molto diversi da quelli odierni. Come vedremo, l'analisi effettuata da alcuni autori sulle osservazioni di Hevelius sono caratterizzate da alcune discrepanze che suggeriscono altre possibili interpretazioni.

La luminosità non rappresentava per l'epoca un dato di fondamentale importanza e l'attenzione era rivolta maggiormente verso altri aspetti (posizione, forma e orientamento della coda, colore...); fortunatamente in alcune date vengono riportati confronti con alcune stelle. Il primo dato è del 6 febbraio, quando la luminosità viene stimata di poco inferiore a quella di una stella della costellazione dell'Aquila, indicata come: "stella in humero Aquilae" (spalla dell'Aquila).

Alcuni autori hanno identificato questa stella con Altair (alfa Aquilae), ma questo comporta una luminosità eccessivamente alta rispetto alle valutazioni fatte in date

seguenti e all'evoluzione morfologica stessa mostrata dalla cometa.

Osservando il disegno della costellazione, come alternativa risulta possibile l'identificazione con Gamma Aquilae (Tarazed), riportata di magnitudine 2.67 sul catalogo Hipparcos [4]. Infatti nel disegno della costellazione effettuato da Hevelius, Altair risulta in posizione centrale, verso il collo dell'aquila, e anche beta Aquilae appare più spostata verso l'attacco dell'ala, mentre Gamma Aquilae sembra meglio corrispondere alla "spalla dell'Aquila" (figura1).



Figura 1. Disegno della costellazione dell'Aquila tratto dalla "Cometographia" con il tragitto della cometa del 1661

Quale poteva essere dunque la luminosità della cometa ipotizzando che la nostra identificazione sia corretta? A causa della diversa elevazione sull'orizzonte di stella e cometa è necessario tenere conto dell'effetto dell'estinzione atmosferica che ha certamente affievolito la luminosità della cometa rispetto alla stella, ma non conoscendo l'ora esatta dell'osservazione e le condizioni del cielo è impossibile un calcolo rigoroso. Sulla base delle tabelle pubblicate da Green [5], e calcolando le altezze per diversi istanti compresi tra il crepuscolo astronomico e quello civile, indicativamente troviamo un'estinzione differenziale tra 0.5 e 1 magnitudini. Considerando il sito di pianura e possibili foschie all'orizzonte la magnitudine stimata effettiva potrebbe essere quindi intorno a 3.

Purtroppo Gamma Aquilae è una stella sospetta variabile e attualmente più luminosa di Beta Aquilae. È vero che anticamente l'assegnazione delle lettere greche alle stelle delle costellazioni non rispettava sempre l'ordine di luminosità. ma esiste il sospetto che la magnitudine di Gamma Aquilae all'epoca di Hevelius potesse essere differente da oggi. Rimangono quindi ancora delle incertezze al riguardo. Fortunatamente osservazioni effettuate nei giorni seguenti da Hevelius e dal suo collaboratore aiutano a formare un quadro della situazione meno incerto.

Altre stime, citate nella Cometographia sono infatti state effettuate nei giorni 8 e 9 febbraio; infine abbiamo ricavato una magnitudine indicativa (molto approssimata), pari a 6, per il 28 marzo, data dell'ultima osservazione, dove Hevelius riporta che la cometa è di difficile osservazione a occhio nudo. A questo proposito, considerata l'assenza di inquinamento luminoso dell'epoca, e l'acutissima vista di Hevelius, sulla quale riferiscono alcuni autori [6], riteniamo abbastanza ragionevole una simile assunzione.

Da un confronto con i dati attuali appare quindi che le osservazioni storiche siano mediamente compatibili con quelle relative all'apparizione del 2002 relative allo stesso periodo immediatamente seguente al perielio (magnitudine media stimata 3.8).

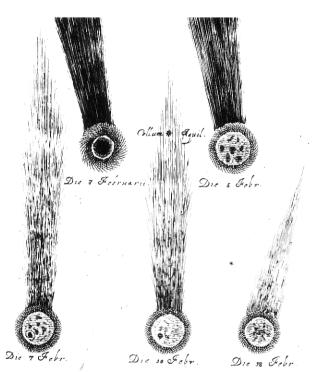


Figura 2. Disegni di Hevelius pubblicati nella "Cometographia" che riassumono l'aspetto della cometa 1661.

Hevelius, osservatore assai scrupoloso e incredibilmente accurato, riporta inoltre la presenza di un nucleo distinto, delle dimensioni di Giove (41 secondi d'arco di diametro in quei giorni), e che il 5 febbraio appariva suddiviso in più frammenti (figura 2). A questo proposito va notato che difficilmente quanto osservato può essere interpretato come una frammentazione del nucleo, mancando nei giorni seguenti l'evoluzione caratteristica di questo tipo di fenomeno. Più verosimilmente è da ricondurre a un'intensa attività del nucleo con formazione forse di getti e aloni asimmetrici (fatto evidente anche nell'apparizione del 2002) e, non escluso, anche a un piccolo *outburst*. In questo caso l'impressione di una frammentazione del nucleo potrebbe corrispondere all'espansione della condensazione osservata il giorno 3 e alla formazione di strutture complesse nella chioma.

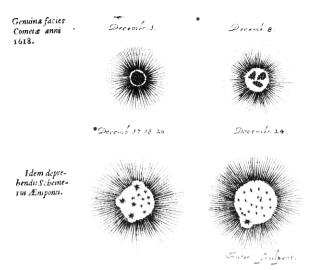


Figura 3. Disegno di Hevelius relativo alla cometa del 1664 dove riporta una apparente frammentazione

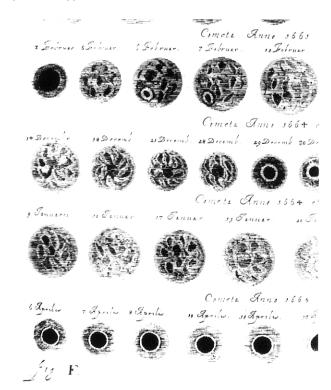


Figura 3 bis. Particolare della figura F della Cometographia dove viene raffigurato l'aspetto della cometa del 1661 (in alto) e della cometa del 1664-65. Anche per questa la chioma in molte occasioni sembra apparentemente frammentata.

Nasce quindi il sospetto che si tratti più di uno stile pittorico, legato forse anche alla difficoltà della riproduzione tipografica, più che di una fedele rappresentazione dell'aspetto.

È anche da considerare che il concetto di "nucleo" all'epoca era molto differente da quello attuale, come pure il modo di rappresentare l'aspetto degli oggetti. In particolare, in epoca recente, la rappresentazione di chiome costellate nella parte interna da "frammenti" è stata da taluni interpretata alla lettera, cioè come una effettiva frammentazione del nucleo. Ma osservando i disegni riprodotti nella *Cometographia* possiamo notare come questo tipo di raffigurazione sia comune a molte altre comete osservate da Hevelius (figura 3 – 3 bis). D'altra parte, a chi ha pratica nell'osservazione visuale di comete, questi aspetti sembrano legati più a uno stile pittorico e alle limitazioni imposte dalla riproduzione tipografica dell'epoca, piuttosto che a una rigorosa rappresentazione della realtà.

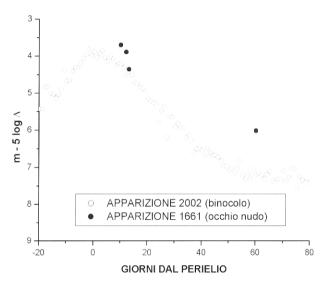


Figura 4. Confronto tra la curva di luce del 2002 intorno al perielio e le osservazioni storiche riportate da Hevelius. La magnitudine eliocentrica è riportata in funzione del tempo riferito all'istante del passaggio al perielio. Le stime storiche, effettuate appaiono in ottimo accordo con quelle moderne. La leggera discordanza è spiegabile con le differenza sistematica normalmente presente tra osservazione ad occhio nudo e binoculare.

Tra il 6 e. il 10 febbraio il nucleo è apparso più piccolo e, fatto curioso, eccentrico rispetto alla chioma. Inoltre, il 13 e 14 Hevelius traccia dei disegni con raffigurazioni di macchie che sembrano vagamente seguire una struttura a raggiera, forse dei getti. Certamente, al di là dell'indiscutibile abilità dell'osservatore (ed Hevelius appare davvero eccezionale sotto questo aspetto) la qualità e le dimensioni degli strumenti dell'epoca costituivano un'evidente forte limitazione nell'osservazione di dettagli nelle chiome cometarie.

Va inoltre considerato il fatto che Hevelius, nella sua opera dedicata alle comete, tratta sorprendentemente anche di macchie solari, studiate in gran dettaglio, nel tentativo di verificare se tra i due fenomeni (comete e macchie solari, accomunati entrambi da un carattere improvviso e transitorio), vi fosse qualche grado di parentela. Di fatto non si può fare a meno di notare come l'evoluzione delle chiome cometarie disegnate da Hevelius rassomigli per molti aspetti a quella delle macchie solari. Forse, dove non arrivavano gli strumenti, egli tentava di integrare con un po' di fantasia e in base alle sue teorie.

Infine il 28 marzo la cometa è apparsa completamente diffusa e priva di dettagli.

Una verifica indipendente sull'apparizione del 1661, anche se molto approssimativa, può essere effettuata in base alla lunghezza stimata della coda. Sussiste infatti una relazione abbastanza definita tra lunghezza della coda e magnitudine eliocentrica osservata, ricavata da Kammerer analizzando un campione di un migliaio di comete [7] [8]. È quindi possibile dalla lunghezza osservata risalire, sia pure indicativamente, alla magnitudine totale della chioma. Dai dati sulla lunghezza della coda riportati da Hevelius il giorno della scoperta si ricava una probabile magnitudine totale eliocentrica intorno a 5, una luminosità nettamente inferiore a quanto osservato. Tenendo conto però di una probabile sottovalutazione della lunghezza, dovuta all'assorbimento atmosferico per la scarsa elevazione sull'orizzonte e a condizioni di cielo forse non ottimali (è molto probabile infatti che parte delle osservazioni siano state effettuate durante il crepuscolo) il dato potrebbe risultare alla fine compatibile con quanto rilevato nell'apparizione del 2002, quando dopo il perielio la lunghezza della coda è stata stimata al massimo intorno ai 10 gradi. Una discordanza di 4 gradi potrebbe facilmente rientrare nelle incertezze dovute alle diverse condizioni del cielo. Con un oggetto così basso sull'orizzonte basta infatti un velo di foschia o il chiarore del crepuscolo per compromettere la visibilità della coda.

Per quanto concerne il confronto con le osservazioni storiche effettuato finora possiamo quindi concludere che l'apparizione del 1611 è risultata sostanzialmente simile a quella del 2002 (figura 4). Le differenze sistematiche tra osservazioni a occhio nudo (storiche) e binoculari (moderne) e gli errori di stima propri di questa tecnica, oltre alle differenze di metodo tra Hevelius e gli osservatori contemporanei, possono ampiamente giustificare le apparenti discrepanze.

La cometa ha anche mostrato una certa variabilità di aspetto nella chioma (ben rilevata da Hevelius anche se difficile da interpretare), caratteristica che si è ben manifestata anche nell'ultima apparizione, come testimoniano soprattutto le elaborazioni ricavate dalle moderne immagini CCD, ma riscontrata anche dagli osservatori visuali.

L'apparizione del 2002

La posizione favorevole dalla cometa nel cielo ha consentito di seguire con assiduità l'apparizione del 2002, più favorevole rispetto a quella storica in quanto è stato possibile osservare la Ikeya-Zhang sia prima che durante il passaggio al perielio.

In questa fase molti osservatori hanno stimato una magnitudine massima a occhio nudo pari a 2.8, mentre con il binocolo non è stata superata la magnitudine 3. Queste differenze rientrano ampiamente negli errori sistematici strumentali, e anzi le differenze tra occhio nudo e binocolo sembrano minori rispetto ad altri casi, forse grazie alle dimensioni apparenti non eccessive della cometa.

La qualità delle osservazioni visuali dipende, com'è noto, da molti fattori (qualità del cielo, tipo di strumento, esperienza osservativa, sensibilità individuale dell'occhio, metodo utilizzato, ecc...) ma in ogni caso i dati ottenuti sono apparsi ben omogenei, come appare dalla figura 5, che riporta tutte le singole stime raccolte effettuate mediante binocoli, oltre ai dati CCD. La dispersione media, inferiore a una magnitudine, è da ritenere un ottimo risultato, anche considerando che in diversi periodi la cometa non era molto alta sull'orizzonte e che in alcune fasi il chiarore lunare ha interferito pesantemente con le osservazioni.

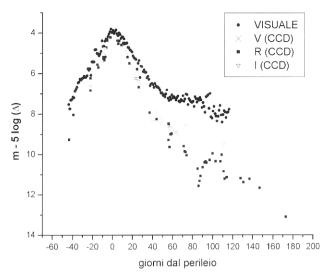


Figura 5. Curva di luce generale relativa all'apparizione del 2002 (vedi testo)

Considerando che per un osservatore esperto un errore di un paio di decimi di magnitudine rappresenta probabilmente il massimo della precisione ottenibile, possiamo ritenere sufficientemente accurate le stime raccolte.

Tabella 1. Osservatori che hanno contribuito alla ricerca

Osservatore	Numero di Osservazioni Visuali	Numero di Osservazioni CCD		
A. Giambersio (Potenza)	8	0		
T. Scarmato (Calabria)	64	0		
D. Tirelli (Sossano)	18	22		
S. Baroni (Milano)	12	0		
G. Milani (Padova)	3	1		
G. Sostero (Remanzacco)	2	18		
R. Ligustri (Talmassons)	0	24		
G. Arcuri (Palermo)	5	0		
M. Martellini (Pedona di Camaiore)	6	0		
S. Checcucci (Foligno)	19	0		
R. Haver (Frasso Sabino)	6	0		
G. Vanin (Seren del Grappa)	9	0		
L. Donato (Remanzacco)	0	3		
V. Savani (Talmassons))	0	18		
M. Giuntoli (Italia)	6	0		
E. Stomeo (Scorzè)	2	0		
F. Zucconi (Lodi)	2	0		
Denno (Talmassons)	0	7		
L. Guatto (Talmassons)	0	1		
M.V. Zanotta (Milano,)	5	0		
P. Beltrame (Talmassons)	0	4		
L. Focardi (Firenze)	0	14		
F. Zattera (Molo)	0	3		
F. Scara (Talmassons)	0	1		
M. Zorzenon (Talmassons)	0	3		

In seguito viene esaminata la curva di luce della cometa C/2002 C1 (Ikeya-Zhang) ricavata sia dalle osservazioni riportate nella pagine di International Comet Quarterly, a cura di Daniel Green, che degli osservatori visuali che aderiscono al programma del GOC - Gruppo Osservatori Comete - sigla che identifica da qualche anno il gruppo di osservatori attivi della Sezione Comete dell'Unione Astrofili Italiani.

Gli osservatori sono indicati in tabella 1.

Analisi della curva di luce

Riguardo alle osservazioni visuali ne sono state utilizzate in totale ben 800 provenienti da tutto il mondo nel periodo che va dal 2 febbraio al 12 luglio 2002. L'arco di tempo considerato è stato completamente coperto e la curva di luce risulta molto ben definita.

È stato così possibile effettuare una prima interpolazione preliminare, in modo molto semplice, prendendo in esame due punti, opportunamente separati, che rappresentassero l'andamento della curva. Dalla pendenza sono stati ricavati i classici parametri fotometrici n e M_o che indicano rispettivamente la pendenza media della curva e la luminosità "assoluta" della cometa a 1 UA dal Sole. I risultati evidenziano come i due tratti della curva pre e post-perielica rispecchiano un comportamento sensibilmente diverso. Le equazioni che rappresentano l'andamento medio sono infatti:

$$m_1 = 7 + 10.8 \log (r) + 5 \log (D)$$
 (prima del perielio e fino a 15 giorni dopo)

$$m_1 = 6 + 7.0 \log (r) + 5 \log (D)$$

(a partire da 15 giorni dopo il perielio)

In realtà, se facciamo un confronto con le curve teoriche, ricavate con i parametri descritti sopra, noteremo come ci sia una certa discrepanza con l'andamento fotometrico reale della cometa e come di fatto sia impossibile rappresentare in modo rigoroso la curva con parametri costanti. L'approssimazione permette comunque di quantificare la variazione media osservata.

L'andamento calcolato con i primi parametri sembra essere in accordo con le osservazioni fino a circa 15 giorni dopo la data del passaggio al perielio, in seguito è la seconda serie di parametri ad accordarsi bene con le osservazioni. Il fatto di incontrare una differenza prima e dopo del perielio non è un evento raro e spesso il ramo post-perielico della curva di luce mostra una pendenza minore. Questo viene spesso correlato al fatto che, durante e dopo il passaggio vicino al Sole, la componente dovuta alle polveri di piccole dimensioni, che sono meglio osservabili nella regione visibile dello spettro, è più appariscente, e inoltre potrebbe entrare in gioco il riscaldamento del nucleo, che in base alla sua conformazione e composizione raggiunge il picco di attività con un certo ritardo rispetto al massimo irraggiamento. E comunque impossibile da questi dati ricavare informazioni certe relative alla produzione di polveri nel corsi dell'apparizione.

Nel nostro caso comunque il massimo della curva di luce è caduto sostanzialmente in fase con il passaggio al perielio,

con un ritardo di soli 1.45 giorni, e una magnitudine eliocentrica pari a 3.8 (relativa alle stime binoculari).

Le osservazioni fotometriche CCD e il confronto con la curva di luce visuale.

La cometa Ikeya-Zhang è stata osservata assiduamente anche mediante CCD, ottenendo, oltre a immagini particolarmente spettacolari, anche determinazioni della magnitudine della chioma. Le misure, secondo gli standard adottati dalla Sezione Comete, sono state effettuate mediante fotometria di apertura con finestre di misura standard corrispondenti a 100 000 km sulla chioma.[9] Sono state ottenute magnitudini nelle bande V (Johnson), R e I (Cousins). Parte delle osservazioni sono state effettuate senza filtri, ma in base alla risposta del sensore sono state approssimate alle bande V o R, ottenendo in generale un ottimo accordo con i dati filtrati, compatibile con gli errori di misura. Pur senza ricorrere a calibrazioni rigorose, una simile approssimazione è risultata sufficiente per lo studio della curva di luce.

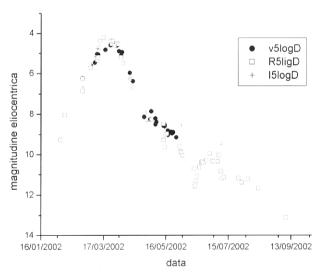


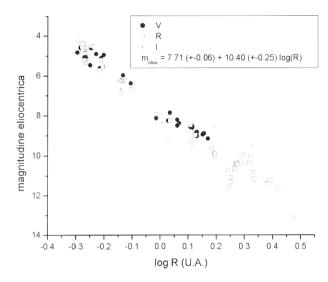
Figura 6. Curva di luce relativa alle sole misure CCD riferite a una finestra di misura di 100 000 km di diametro sulla chioma.

Mediamente l'andamento delle curve CCD corrisponde per tutte le osservazioni, pur essendo evidenti alcune piccole differenze, soprattutto per la banda I nella fase post-perielica. Le osservazioni nelle bande V ed R invece mediamente coincidono (vedi figura 6).

In tabella 2 (a fine testo) sono riassunti i valori dei parametri fotometrici, relativi a prima e dopo il perielio, e che forniscono una panoramica generale delle differenze osservate.

È interessante in generale il confronto con la curva di luce visuale, in quanto la differenza non è costante, ma aumenta allontanandosi dal perielio. In parte questo effetto è atteso, in quanto le stime visuali considerano tutta la chioma, e la magnitudine stimata è funzione anche del diametro di chioma considerata. È comunque interessante notare che i dati CCD risentono poco o nulla di questo effetto, mostrando un andamento tutto sommato costante. A parte alcune fluttuazioni, ben visibili nelle osservazioni effettuate nella banda R, appare chiaro che mediamente l'attività

della cometa è variata in modo sostanzialmente regolare. Nella figura 7 le magnitudini CCD, corretta per la distanza geocentrica e riferite a una finestra di misura di 100 000 km sulla chioma, sono mostrate in funzione del logaritmo della distanza dal Sole (in Unità Astronomiche); il fatto che i punti risultino ben interpolati da una retta indica un comportamento fotometrico costante.



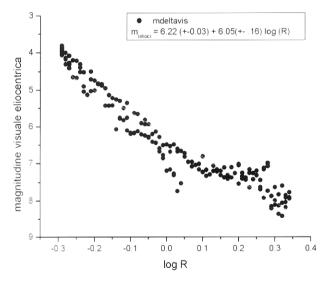


Figura 7 – 7 bis. La magnitudine CCD eliocentrica, riferita a una finestra di misura di 100 000 km sulla chioma, è posta in funzione del logaritmo della distanza dal Sole, espressa in UA. L'andamento risulta mediamente costante, in contrasto con quanto osservato visualmente (figura 7 bis). La differenza è imputabile al fatto che la magnitudine totale (visuale) risente pesantemente delle dimensioni apparenti della chioma, e quindi non riflette necessariamente variazioni di attività sulla cometa. Le osservazioni CCD effettuate con finestre di misura standard appaiono fornire sotto questo aspetto indicazioni molto più affidabili.

Il motivo della discrepanza è quindi da ricercare principalmente nelle dimensioni della chioma, che può avere influenzato le stime della magnitudine totale visuale. Tale effetto è stato da noi rilevato anche su altre comete luminose apparse recentemente.

Dopo il perielio le osservazioni visuali testimoniano infatti una apparente espansione della chioma (fino a 25' di diametro apparente) mentre il grado di condensazione è sceso fino a 0-1 nella seconda metà di luglio.

Nonostante la magnitudine totale fosse ancora abbastanza elevata proprio l'aspetto diffuso e le dimensioni relativamente elevate hanno reso sempre più difficile l'osservazione visuale.

Nel contempo, l'aumento dei valori misurati nella banda I è indice che forse qualche cambiamento è avvenuto nella cometa verso la metà di maggio, quando si trovava ormai a circa 1.2 U.A. dal Sole.

Conclusioni

La cometa C/2002 C1 (Ikeya-Zhang), già osservata da Hevelius nel 1611 e ritornata dopo circa 360 anni ha mostrato un'intensa attività, raggiungendo la magnitudine visuale 3 attorno al perielio.

Nonostante alcune apparenti discrepanze in linea di massima il suo comportamento fotometrico sembra essere in accordo con le osservazioni storiche. Si è anche visto come l'analisi dei dati storici si presti a interpretazioni diverse da quelle riportate fino ad ora e più coerenti con il comportamento tipico di una cometa, oltre che in migliore accordo con l'apparizione del 2002.

L'analisi della curva di luce corrente ha messo in evidenza delle differenze significative nella fase post-perielica, con un appiattimento della curva visuale mentre i dati CCD, riferiti ad una finestra di misura di 100 000 km sulla cometa, non mostrano sostanziali variazioni nell'attività della cometa.

L'espansione della chioma dopo il perielio, causa del cambiamento nella curva di luce visuale, e una variazione nelle misure effettuate in banda I mediante CCD sembrano suggerire che in questa fase possa essere occorso qualche cambiamento nei meccanismi che regolano l'attività della cometa.

Bibliografia

- [1] IAU Circular n. 7812
- [2] B.G. Marsden MPC 46101
- [3] Hevelius, Cometographia, Gedani (1668)
- [4] GUIDE 8.0, Project Pluto (http://projectpluto.com)
- [5] Green. D.W.E (1997), Guide to Observing Comets, ICQ special issue January (1997)
- [6] Maffei, P., La Cometa di Halley, Mondadori (1984)
- [7] Kammerer, A, International Comet Quarterly, 16, 144-148 (1994)
- [8] De Donà G., Astronomia UAI, 5/6, 11-18 (1997)
- [9] Milani, G., Astronomia UAI, 2, 46-47 (2003)

Tabella 2. Parametri fotometrici della curva di luce pre e post-perielici COMETA C/2002 C1 (Ikeya-Zhang).

Pre Perielio								
H _o	+ -	n	+ -	R_{corr}	Sd	N.oss	Metodo	
7.03	0.05	4.08	0.10	0.99	0.19	49	VISUALE	
7.56	0.21	3.66	0.86	0.98	0.11	6	V CCD	
8.45	0.19	5.20	0.33	0.99	0.08	15	R CCD	
7.03	0.05	4.08	4.08	0.99	0.19	3	I CCD	

Post Perielio									
6.53	0.04	3.55	0.08	0.99	0.14	46	VISUALE	fino a 0.1 U.A.	
6.57	0.12	1.60	0.19	0.73	0.27	63	VISUALE	dopo 0.1 U.A.	
6.11	0.03	2.50	0.06	0.97	0.32	121	VISUALE	tutte	
7.52	0.06	4.26	0.15	0.99	0.29	23	V CCD		
7.59	0.09	4.29	0.13	0.98	0.48	44	R CCD		
7.50	0.25	2.76	0.56	0.92	0.56	6	I CCD		

Comple	essivi							
6.22	0.03	2.42	0.06	0.95	0.40	161	VISUALE	
7.71	0.06	4.16	0.10	0.98	0.58	59	R CCD	