

# STUDIO DELLA NOVA DELPHINI 2013 (PNV J20233073+2046041)

D. TREZZI e M. MOSCONI

(davide@astrotrezzi.it)

24/08/2013

La Nova Delphini 2013 è stata scoperta il 14 Agosto 2013 dall'astrofilo giapponese Koichi Itagaki ed è tutt'ora visibile con binocoli e piccoli telescopi nella costellazione del Delfino. Il massimo di luminosità della nova, pari a magnitudine +4.3, è stato raggiunto il 16 Agosto 2013. In questo articolo riportiamo le immagini della Nova Delphini 2013 riprese da Briosco il giorno 17 Agosto 2013, nonché la misura dello spettro elettromagnetico della stessa effettuata il giorno seguente mediante un reticolo di diffrazione tipo StarAnalyser 100 (100 linee/mm). Questa misura ci ha permesso di classificare Nova Delphini 2013 come una nova di tipo Fe II e di valutare, tramite l'allargamento Doppler delle linee di emissione HI presenti, la velocità di espansione della nebulosa associata pari a  $\bar{v} = 1621 \pm 73 \text{ km/s}$ .

## INTRODUZIONE

Le novae classiche hanno origine in sistemi stellari doppi stretti di cui una delle due componenti è una nana bianca ovvero una stella molto vecchia che ha raggiunto le sue ultime fasi evolutive. Questa non è in grado di produrre energia per mezzo di fusione nucleare ed è quindi destinata a raffreddarsi. Se però si trova all'interno del lobo di Roche della stella compagna, allora la nana bianca può strapparle del materiale, costituito principalmente da Idrogeno ed Elio, che andrà ad accumularsi sulla sua superficie con conseguente formazione di un disco di accrescimento. Questo avviene normalmente quando la stella compagna si trova ad attraversare una fase di gigante rossa.

Con il passare del tempo la materia che va ad accumularsi sulla superficie esterna della nana bianca aumenta la sua temperatura sino a valori tali da innescare la fusione termonucleare dell'Idrogeno tramite ciclo CNO. Sarà proprio questa reazione a produrre un enorme rilascio istantaneo di energia sotto forma di radiazione gamma in grado di spazzare letteralmente via gran parte del materiale accumulato sulla superficie della nana bianca a velocità dell'ordine di qualche migliaio di chilometri al secondo. Il rilascio di energia si traduce in un aumento, fino ad un milione di volte, della luminosità della nana bianca. Questo è quello che prende il nome di *outburst* e in alcuni casi può essere osservato persino ad occhio nudo (da cui il termine nova, dal latino "nuova" riferito alla stella apparsa apparentemente dal nulla).

Il materiale espulso durante l'*outburst* cessa rapidamente di fondere andando via via raffreddandosi a seguito dell'espansione e dando luogo alla formazione di una *nebulosa associata* di piccole dimensioni. La parte di materiale rimasto invece nei pressi della superficie della nana bianca procede attraverso processi di fusione termonucleare alla produzione di un intenso flusso di radiazione UV che, una volta raggiunta la nebulosa associata, darà luogo ad emissione. Dopo l'*outburst* la nova è destinata a diminuire la sua luminosità tornando dopo alcuni giorni al valore originale.

Lo spettro elettromagnetico di una nova è quindi costituito da un continuo a cui è sovrapposto lo spettro di emissione della nebulosa associata composta prevalentemente da Idrogeno.

Oltre all'idrogeno sono presenti altre linee di emissione. Si è dimostrato sperimentalmente che, dal punto di vista spettroscopico, è possibile classificare le novae in due categorie:

- *Novae di tipo Fe II*: sono circa il 60% delle novae e presentano, oltre alle linee dell'Idrogeno, intense linee di emissione del Ferro ionizzato Fe II. Le linee di emissione sono strette e quindi mostrano una bassa velocità di espansione della nebulosa associata (meno di 2500 km/s). Le linee di emissione presentano inoltre una distribuzione di tipo P-Cygni.

- *Novae di tipo He/N*: sono circa il 40% delle novae e presentano, oltre alle linee dell'Idrogeno, intense linee di emissione dell'Elio He I (5876Å), He II (4686 Å) e dell'Azoto N II (5001 Å, 5679 Å) e/o N III (4640 Å).

#### LA NOVA DELPHINI 2013 (PNV J20233073+2046041)

Nel momento in cui questo articolo è stato scritto la Nova Delphini 2013 sta diminuendo la sua luminosità dopo il picco di luminosità (mag. +4.3) raggiunto il 16 Agosto 2013. Al momento non si conosce quale fosse la magnitudine originale della nana bianca che ha dato origine alla nova ma si pensa debba essere stata intorno alla mag. +20. Il sistema binario si trova nella costellazione del Delfino (A.R. 20h 23m 30.7s, Dec. +20° 46' 03") nei pressi della nebulosa planetaria NGC 6905 detta blue flash nebula.

Un'immagine della Nova Delphini 2013 e di NGC 6905 è stata ripresa da Briosco (MB) il giorno 17 Agosto 2013 utilizzando un telescopio Newton da 150 mm di diametro f/5 e CCD ATIK 383L+ monocromatica (vedi Figura 1) dotata di filtri LRGB da 2 pollici Astronomik.



**Figura 1:** la Nova Delphini 2013 in alto a destra con la nebulosa planetaria NGC 6905

La magnitudine della nova per quel giorno è stimata intorno a mag. +5.0. Ad oggi non conosciamo con esattezza la distanza della Nova Delphini anche se, stando alle prime stime del VLA e CARMA (ATel#5298, 17 Agosto 2013), dovrebbe trovarsi oltre i 2 kpc ovvero 6523 A.L. dal Sole.

Le misure spettroscopiche effettuate all'Osservatorio Ondrejov (ATel#5282) attribuirebbero alla Nova Delphini 2013 una classificazione CO ovvero sistema binario costituito da una nana bianca non massiva.

#### MISURE SPETTROSCOPICHE DELLA NOVA DELPHINI 2013 (PNV J20233073+2046041)

Al fine di determinare la classificazione spettrale della Nova Delphini 2013 abbiamo acquisito in data 18 Agosto 2013 lo spettro elettromagnetico della nova utilizzando un reticolo di diffrazione StarAnalyser 100

(100 linee/mm) applicato ad una CCD ATIK 314L+ monocromatica e telescopio riflettore Newton del diametro di 150 mm f/5.

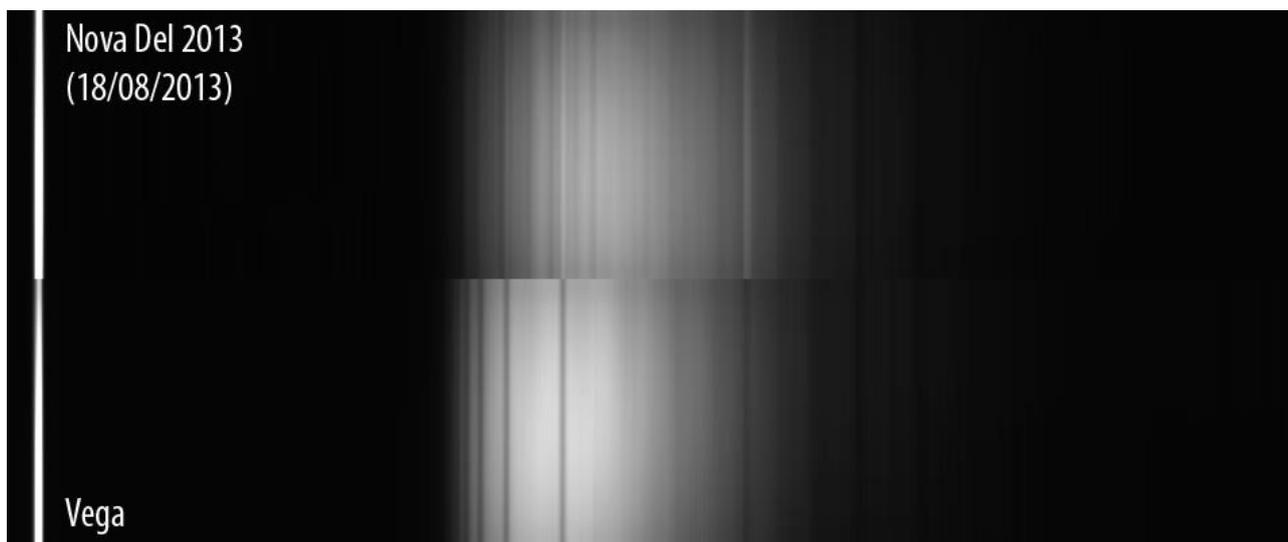
Si è proceduto pertanto alla calibrazione del reticolo di diffrazione utilizzando come stella di riferimento Vega. Lo spettro di assorbimento di Vega (Figura 2) è frutto della somma di 25 immagini da 0.01 secondi bin 1x1. La curva di calibrazione è stata ottenuta con il programma Visual Spec utilizzando le linee di Balmer dalla H $\alpha$  alla H $\epsilon$  oltre alla linea tellurica O2 (7605 Å):

$$\lambda[\text{Å}] = 12.482 \cdot \text{pixel} - 300.97$$

Si è quindi acquisito, con la stessa strumentazione, lo spettro della Nova Delphini 2013 (Figura 2). Lo spettro è stato ottenuto come somma di 50 immagini da 2 secondi bin 1x1. Si è in seguito calibrato lo spettro utilizzando sempre il software Visual Spec e come unica linea di calibrazione la tellurica O2 (7605 Å). Questo perché, a seguito di un bug del programma, non è stato possibile imporre la curva di calibrazione ottenuta in precedenza con la stella Vega al nuovo spettro. La nuova di calibrazione risultata pertanto essere:

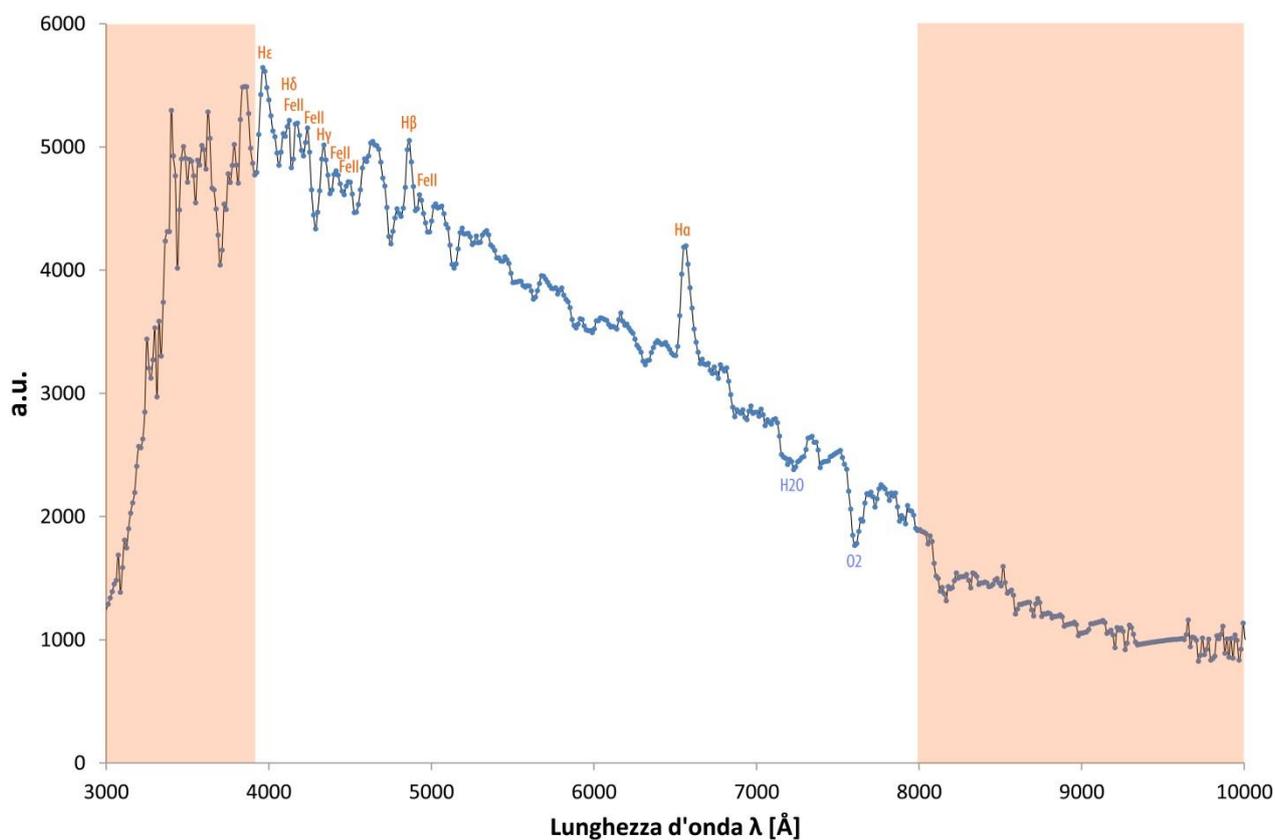
$$\lambda[\text{Å}] = 12.525 \cdot \text{pixel} - 304.15$$

come si può osservare le due calibrazioni forniscono risultati simili con un fattore di scala pari a 12.525 Å/*pixel*. Useremo pertanto il valore di 12.525 Å come stima dell'errore sulla misura della lunghezza d'onda  $\lambda$  degli spettri.



**Figura 2:** confronto tra gli spettri della stella Vega e della Nova Delphini 2013. Gli spettri sono stati ottenuti utilizzando i programmi IRIS e Photoshop CS3.

Abbiamo successivamente ottenuto la curva di risposta del sensore CCD utilizzando il software Visual Spec applicato allo spettro della stella Vega e confrontandolo con la libreria standard del programma (stella tipo AOV). Lo spettro calibrato della Nova Delphini 2013 è stato pertanto corretto per la risposta del sensore CCD ottenendo la curva di Figura 3. Quest'ultima mostra chiaramente la presenza di un continuo sovrastato da un certo numero di picchi di emissione nonché linee di assorbimento. In Figura 3 sono mostrate anche le linee di emissione ed assorbimento identificate i cui valori numerici saranno riportati in seguito.



**Figura 3:** Spettro elettromagnetico della Nova Delphini 2013. Sono visibili le principali linee di emissione della serie di Balmer dell'Idrogeno e del Fe II. Inoltre sono riportate anche la linee tellurica O2 (7605 Å) e la banda tellurica H2O(7186 Å). Le regioni dello spettro colorate in rosa non sono ritenute attendibili dall'autore dato che la CCD non è particolarmente sensibile in quelle regioni spettrali e pertanto il rapporto segnale/rumore è molto basso.

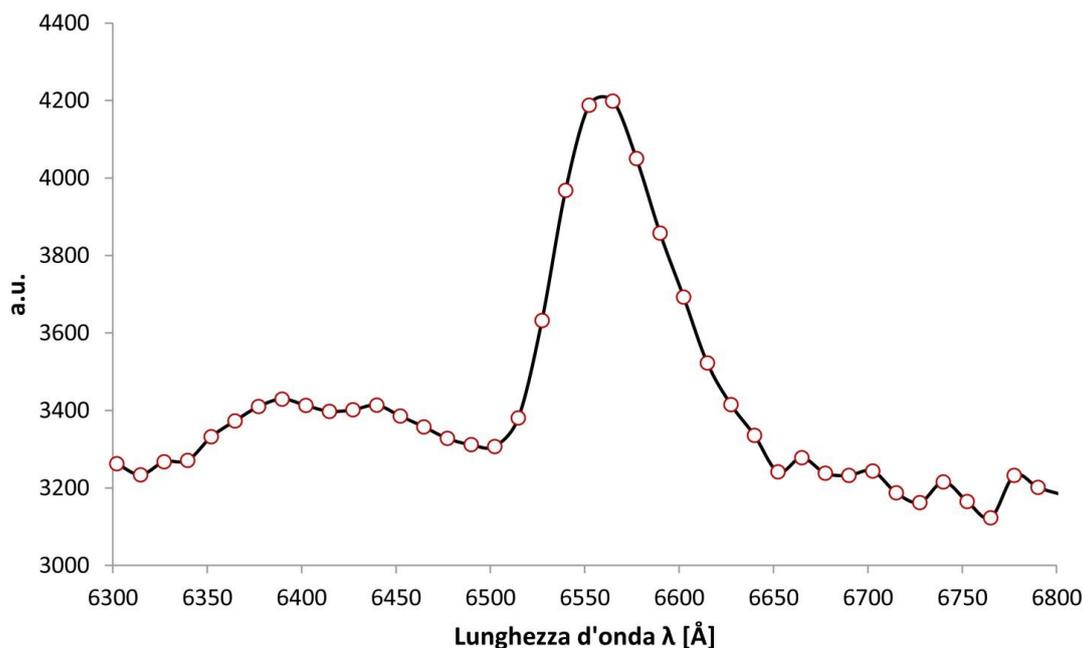
Si è proceduto quindi all'identificazione delle linee spettrali. Sono ben visibili la linea tellurica dell'Ossigeno O2 (7605 Å) e la banda tellurica dell'Acqua H2O(7186 Å). Al continuo sono sovrapposti un certo numero di picchi di emissione. Tra questi abbiamo identificato chiaramente quelli dovuti all'Idrogeno (Serie di Balmer) H $\epsilon$ . A questi vi è da aggiungere il picco del Fe II a 4491 Å (37) la cui presenza è chiara nello spettro e non ha possibili candidati alternativi. Dato che questa transizione è possibile solo in novae di tipo Fe II allora ci basterebbe questa linea per classificare dal punto di vista spettrale la Nova Delphini 2013. Quindi, nell'ipotesi che la Nova Delphini 2013 sia di tipo Fe II, abbiamo identificato anche le linee Fe II 4179 Å (28), 4233 Å (27), 4417 Å (27) e 4924 Å (42). Gran parte di questi picchi sono stati confermati da misure spettroscopiche, soprattutto quello del Fe II 4491 Å (37) riportato in ATel#5291. Nella parte centrale dello spettro è presente una struttura complessa in cui non è stato osservato nessun picco distinto di emissione e pertanto non è stata presa in considerazione. Unica struttura interessante è quella centrata in 4656 Å che sembra essere la sovrapposizione di più picchi di emissione vicini tra loro. Se assumiamo che la Nova Delphini 2013 sia di tipo Fe II questa struttura potrebbe essere dovuta alla presenza dei picchi Fe II 4584 Å (38), Fe II 4629 Å (37) e Al II 4663 Å (2). Malgrado i multipletti del Fe II 37 e 38 siano stati osservati da alcuni osservatori astronomici, al momento non siamo in grado di confermarne l'effettiva osservazione. In tabella 1 riportiamo i valori misurati e teorici delle linee osservate.

NOME DELLA LINEA	VALORE MISURATO [Å]	VALORE TEORICO [Å]
H $\epsilon$	3971.1 Å	3969.1 Å
H $\delta$	4111.85 Å	4100.7 Å
Fell	4172.70 Å	4179 Å
Fell	4238.63 Å	4233 Å
H $\gamma$	4336.51 Å	4339.4 Å
Fell	4411.66 Å	4417 Å
Fell	4495.18 Å	4491 Å
H $\beta$	4866.12 Å	4860 Å
Fell	4934.54 Å	4924 Å
H $\alpha$	6566.19 Å	6561.1 Å
<b>O2 Tellurico</b>	<b>7607.47 Å</b>	<b>7605 Å</b>

**Tabella 1:** Lunghezza d'onda delle varie linee di emissione osservate nello spettro della Nova Delphini 2013 (l'errore associato a ciascuna misura è pari a 12.525 Å). In rosso la linea tellurica O2 (7605 Å) utilizzata per la calibrazione dello spettro.

Abbiamo infine cercato di stimare la velocità di espansione della nebulosa associata alla nova misurando l'allargamento Doppler associato alle linee di emissione della serie di Balmer (ad esempio, in Figura 4, la linea H $\alpha$  dell'Idrogeno). Per fare questo abbiamo eseguito un fit gaussiano delle linee con Visual Spec.

Si può facilmente osservare una distribuzione asimmetrica dei picchi che presentano una coda ad alti valori di lunghezza d'onda (redshift) forse dovuto alla presenza di una struttura di tipo P-Cygni. Questa asimmetria spiegherebbe l'offset di tutte le linee di Balmer, tranne l'H $\gamma$ , che presentano un valore di picco spostato verso il rosso (vedi Tabella 1).



**Figura 4:** Picco di emissione H $\alpha$  della Nova Delphini 2013. E visibile l'asimmetria del picco che presenta una coda verso il rosso.

I valori ottenuti dal fit gaussiano sono riportati in Tabella 2. Il valore medio della distribuzione delle velocità ottenuto a partire dall'allargamento Doppler delle righe di emissione Balmer è  $\bar{v} = 1423 \pm 448 \text{ km/s}$ . Tutti i valori di velocità stimati sono compresi entro una deviazione standard dal valore  $\bar{v}$  tranne quello relativo alla linea H $\delta$  che dista  $1.8\sigma$ . Di tutte le righe misurate, comprese quelle del Fe II, la linea H $\delta$  è quella che presenta la discrepanza maggiore dal valore teorico pari a  $0.9\sigma$ . La forma del picco, visibile in Figura 3, non è inoltre ben definita. Queste osservazioni spingono a considerare la linea H $\delta$  come in realtà una struttura più complessa di picchi non risolti o molto più probabilmente perturbata dalla presenza di un campo non piano. Ricordiamo infatti che tutti gli spettri fin qui analizzati non sono stati calibrati con bias, dark e flat field frame. Escludendo la linea H $\delta$  dall'analisi della velocità di espansione della nube otteniamo un valore medio pari a  $\bar{v} = 1621 \pm 73 \text{ km/s}$ . Questo valore è compatibile con quello  $\cong 2000 \text{ km/s}$  ottenuto all'Osservatorio Ondrejov (23 Agosto 2013, ATel#5312), con il valore  $1160 \pm 183 \text{ km/s}$  del Crimean Astrophysical Observatory (escludendo la linea H $\epsilon$ , 16 Agosto 2013, ATel#5291) e con il valore  $\cong 2000 \text{ km/s}$  dell'Osservatorio Liverpool (14 Agosto 2013, ATel#5279).

LINEA	VALORE DI PICCO [Å]	LARGHEZZA DISTRIBUZIONE [Å]	VELOCITA' [km/s]	Crimean Astr. Obs. [km/s]
H $\epsilon$	3963.23 Å	21.99 Å	1664.37	/
H $\delta$	4120.22 Å	8.64 Å	629.35	960 (52%)
H $\gamma$	4337.16 Å	24.08 Å	1665.41	1120 (33%)
H $\beta$	4861.46 Å	24.51 Å	1512.68	1200 (21%)
H $\alpha$	6562.60 Å	35.92 Å	1642.03	1400 (15%)

**Tabella 2:** Risultato del fit gaussiano applicato alle linee di emissione di Balmer della Nova Delphini 2013.

Nell'ultima colonna sono riportati i valori di velocità ottenuti al Crimean Astrophysical Observatory e la percentuale con cui i nostri dati si discostano da questi (16 Agosto 2013, ATel#5291). Si può osservare come la linea H $\delta$  sia in parziale disaccordo ( $1.8\sigma$ ) con i valori di velocità ottenuti da noi per le altre linee di emissione. Sempre questa linea mostra il maggior disaccordo (52%) con i dati del Crimean Astrophysical Observatory. Negli altri casi la discrepanza si mantiene sempre inferiore al 34%.

## CONCLUSIONI

In questo articolo abbiamo cercato di riportare tutte le informazioni oggi disponibili sulla Nova Delphini 2013 nonché le immagini e misure spettroscopiche effettuate da Briosco nei giorni 17 e 18 Agosto 2013. Queste ultime ci hanno permesso di classificare la Nova Delphini 2013 come nova di tipo Fe II.

Sempre da misure spettroscopiche siamo poi riusciti ad ottenere la velocità di espansione della nebulosa associata alla nova pari a  $\bar{v} = 1621 \pm 73 \text{ km/s}$ . Purtroppo la risoluzione ottenuta dai nostri spettri non ci ha permesso di osservare la forma tipo P-Cygni degli spettri di emissione.

Un confronto con le stelle di campo presenti in Figura 1 permetterebbe una stima della magnitudine della nova. Lo stesso potrebbe essere fatto nei giorni a venire al fine di valutarne la caduta di luminosità.