

İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi
Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü



Boğaziçi Üniversitesi Kandilli
Rasathanesi ve Deprem
Araştırma Enstitüsü



X. ULUSAL ASTRONOMİ KONGRESİ

2-6 Eylül 1996

İSTANBUL
1996

KLASİK NOVA FH SER VE QU VUL'UN SPEKTROSKOPİK VE GÖRÜNTÜ CCD GÖZLEMLERİ

Hasan H. Esenoğlu¹, Antonio Bianchini², Massimo Della Valle^{2,3,4}, M. Türker Özkan

¹ İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, İstanbul

² Dipartimento di Astronomia, Università di Padova, Italy

³ European Southern Observatory, Garching, Germany

⁴ Space Telescope Science Institute, 3700 San Martin Drive, Baltimore, MD 21218, US

Özet: Bu çalışmada, orta hızlı nova FH Ser ile hızlı nova QU Vul'un spektroskopik ve görüntü CCD gözlemlerinin sonuçları verilmektedir. FH Ser ve QU Vul'un dar band H α görüntüleri 1994'deki nova zarflarının çapını sırasıyla 1".97 ve 0".81 olarak göstermiştir. FH Ser'in geniş dispersiyonlu spektrumu genişleme hızını 425 ± 25 km s⁻¹, genişleme oranını 0.04 "/yıl, uzaklığını 2.2 kpc ve maksimumdaki mutlak parlaklığını -9^m.4 olarak verir. Aynı şekilde QU Vul'un düşük dispersiyonlu spektrumunu kullanarak, tanısı yapılan hidrojen çizgilerinin genişleme hızını 1050 ± 180 km s⁻¹, genişleme oranını 0.41 "/yıl, uzaklığını 5.2 kpc ve maksimumdaki mutlak parlaklığını -9^m.8 olarak bulduk.

Anahtar kelimeler: çizgi: tanı - yıldızlar: uzaklıklar - ilgili yıldızlar: FH Ser ve QU Vul-novalar: kataklizmik değişenler.

SPECTROSCOPIC AND IMAGE - CCD OBSERVATIONS OF CLASSICAL NOVA FH SER AND QU VUL

Abstract: We present the results of spectroscopic and image observations for the moderately fast nova FH Ser and the fast nova QU Vul. Narrow - band H α images of FH Ser and QU Vul show that the diameter of the nova shells in 1994 was 1.97 and 0.81 arcsec, respectively. A high dispersion spectrum of FH Ser gives an expansion velocity of 425 ± 25 km s⁻¹, an expansion rate of 0.04 arcsec/year, a distance of 2.2 kpc, and an absolute magnitude at maximum of -9.4. At the same way, by using the hydrogen emission lines of a low dispersion spectrum of QU Vul are identified, giving an expansion velocity of 1050 ± 180 km s⁻¹, an expansion rate of 0.41 arcsec/year, a distance of 5.2 kpc, and an absolute magnitude at maximum of -9.8.

Key words: line: identification - stars: distances - stars: individual: FH Ser and QU Vul-novae: cataclysmic variables.

1. GİRİŞ

FH Ser'in patlamadan (maksimum ışık) hemen sonraki iniş hızı $t_3 = 62$ gün (Duerbeck, 1987) değeri ile orta hızlı novadır. QU Vul'un ise $t_3 = 34.8$ gün (Rosino ve ark., 1992; Andrea ve ark., 1994) ortalama değeri ile hızlı nova olarak sınıflandırılır. Burada t_3 , patlamadan sonraki parlaklığın 3^m azalması için geçen süredir. Maksimum ışıktaki ışıma gücü-iniş oranı ilişkisi klasik

novalar için öteden beri bilinir (Schmidt, 1957; McLaughlin, 1960). "Ekstra galaktik uzaklık belirteci" olarak kullanabilmek için, bu bağıntının galaktik novalar için kalibrasyonunu yapmak gerekir. Galaktik novalar için en güvenilir uzaklık, zarflarının açısal genişlemelerinden belirlenir. Öte yandan, zarfların çizgisel genişleme hızının hesaplanabilmesi, novaların patladıktan sonraki geç iniş evrelerinde mümkündür. Geç iniş evresi, patlamadan sonra 10 yılı aşan bir zamana kadar uzayabilir ve zarf emisyonu hâlâ baskın durumda ise genişleme hızı emisyon çizgilerinin genişliklerinden bulunur. Bu amaçla, çalışmamızda CCD ile spektroskopik ve görüntü gözlemlerini yaptığımız galaktik nova FH Ser ve QU Vul için genişleme paralakslarını ve uzaklık tahminlerimizi vermekteyiz.

2. MATERİYAL VE METOD

2.1 H α GÖRÜNTÜLERİ

QU Vul'un 8 Temmuz 1994'de UT 02 ile 11 Temmuz 1994'de UT 00'da ve FH Ser'in 10 Temmuz 1994'de UT 23'de Ekar Gözlemevi'ndeki (İtalya) 1.82-m N. Kopernik Teleskobu ile nova zarflarının görüntülerini aldık. f/9 Cassegrain odakta, pixel ölçeği 0.3375 "/pixel olan bir Tektronix TK512M CCD kullandık. Her iki nova için verdiğimiz poz süreleri 6610 filtresi (band genişliği 50 Å) için 600 s ve H α filtresi (band genişliği 45 Å) için 2400 ve 2819 s'dir. Alınan görüntüler bias ve düz alan dataları için düzeltilmemiştir. IRAF'tan alınmış görüntü dataları Şekil 1a ve b'de gösterilmiştir. Şekil 1'de H α ile alınanlar üstte ve H α dışındaki bir filtre ile alınanlar da altta yer almaktadır.

H α nebulasına ilişkin boyutun belirlenmesinde, alandaki bir çok yıldız için yarı yükseklikteki tam genişliğin (FWHM) ölçüldüğü otomatik bir prosedürü kullandık. Bu işlem için IRAF paket programı kullanılmıştır. Çalıştırılan program çerçevesinde her bir yıldız görüntüsünün merkezi işaretlenir, sonra görüntülerin boyutları işaretlenen noktadan itibaren ölçülerek şiddet ve yarıçap grafiği çizdirilir. Elde edilen profil bir gauss eğrisi ile fit edilir. Belirli bir başlangıç parlaklığından az olmak üzere H α görüntüsündeki yarı genişlikler için ortalama seeing değerlerini bulduk. Her iki novanın da seeing değerleri büyük, yıldızların ise sistematik olarak küçük çıkmaktadır. Gözlemi yapılan FH Ser ve QU Vul'un seeing ve nebula çap değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Novalar ile birlikte, aynı CCD resminde gözlenen yıldızların sayısı da parantez içinde belirtilmiştir.

Tablo 1. FH Ser ve QU Vul'un hesaplanan seeing değerleri ve zarf çapları.

Nova	Seeing (")				Nebular Çap (")	
	H α		H α -dışı		Nova	
	Nova D ₀	Civar Yıldızlar ^a	Nova D ₀	Civar Yıldızlar ^a	H α	H α -dışı
FH Ser	3	2.26 (7)	3.31	3.28 (7)	1.97	0.44
QU Vul	2.57	2.44 (10)	3.25	3.05 (10)	0.82	1.12
	2.39	2.24 (10)	-	-	0.81	-

^a Nova civarındaki yıldızların sayısı parantez içinde verilmiştir.

2.2 SPEKTRUMLAR

FH Ser'in yüksek dispersiyonlu bir spektrumu 16 Ekim 1994'de UT 20'de Ege Gözlemevi'ndeki 1.82-m teleskopa takılı Boller ve Chivens (B&C) Spektrografi ile alınmıştır. Yarık genişliği 200 μm , 1200 çizgi/mm şebeke ile 6250-6850 Å aralığında ve bir Thomson TH7882 Thick UV-Coated CCD kullanılmıştır. Dispersiyon 1 Å/pixel, poz süresi 300 saniyedir. QU Vul'un düşük dispersiyonlu bir spektrumu 14 Temmuz 1994'de UT 02'de Ege Spektrografi ile alınmıştır. Yarık (slit) genişliği 250 μm , 150 çizgi/mm şebeke ile 3400-7500 Å aralığında ve aynı CCD ile alınmıştır. Dispersiyon 12 Å/pixel, poz süresi 1200 saniyedir. Tayfların indirgemeleri MIDAS paket programıyla yapılmıştır. Şekil 2a ve b'de iki nova spektrumu verilmiştir. Tanısı yapılan bazı önemli çizgiler de belirtilmiştir. Şekil 2a'daki FH Ser'in yüksek dispersiyonlu spektrumunda, H α emisyon çizgisi ayrıntılı olarak görülebilmektedir. Hidrojen kaynaklı nova zarfının dönmesinden dolayı çizgi iki bileşene ayrılmıştır.

3. BULGULAR

FH Ser ve QU Vul'un H α görüntü gözlemlerinden ve tayflarından bulduğumuz genişleme hızı, zarf yarıçapı ve genişleme oranı değerleri Tablo 2'de; uzaklık ve maksimumdaki mutlak parlaklık parametrelerine ait bulgular da Tablo 3'de literatürdekiler ile birlikte verilmiştir.

Tablo 2. FH Ser ve QU Vul'un genişleme paralaksı verileri.

Nova	V_{exp} (km s^{-1})	Kaynak	Zarf Yarıçapı ^a (")	Kaynak	Geniş. Oranı ("/yıl)	Kaynak
FH Ser	425 $\pm$ 25	Esenoğlu 1996	0.985 (1994.6)	Esenoğlu 1996	0.040	Esenoğlu 1996
	560	Duerbeck 1992	1.85 (1984.6)	Duerbeck 1992	0.128	Duerbeck 1992
	700	Hjellming ve ark. 1979	2.0 (1981.5)	Lang 1992	0.136	Duerbeck 1992
	1100	Sequist 1989	2.65 (1989.7)	Duerbeck 1992	0.175	Lang 1992
QU Vul	1000	Taylor ve ark. 1987	0.41 (1994.5)	Esenoğlu 1996	0.043	Esenoğlu 1996
	1050 $\pm$ 180	Bu çalışma				
	1375	Rosino ve ark. 1992				

^a Zarf yarıçapının ait olduğu yıl parantez içinde belirtilmiştir.

Tablo 3. FH Ser ve QU Vul'un uzaklık ve maksimumdaki mutlak parlaklıkları.

Nova ^a	Uzaklık ^b d (pc)	Kaynak	Mutlak Par. ^b $M_V(\text{max})$ (m)	Kaynak
FH Ser (1970.1)	645	Cohen&Rosenthal 1983	-7.2	Duerbeck 1992
	676	Lang 1992	-7.55	Lang 1992
	850 $\pm$ 50	Duerbeck 1992	-9.4	Esenoğlu 1996
	2230	Esenoğlu 1996		
QU Vul (1984.97)	5250	Bu çalışma	-9.8	Bu çalışma

^a Novanın patlama yılı parantez içinde belirtilmiştir.

^b Literatürden sadece nebula genişleme paralaksı yöntemiyle bulunmuş değerler alınmıştır.

Tablo 2 ve 3'den görülebileceği gibi, QU Vul'un nebular genişleme paralaksı değerleri, ilk defa bu çalışma ile verilmektedir. Bu nova üzerinde, benzer ikinci bir çalışma olmadığından karşılaştırma yapılamamıştır. QU Vul'un $0''.41$ lik yarıçapı ile zarfının olduğu ortaya çıkmıştır. Öte yandan, FH Ser'in zarf yarıçapı literatürden bulunanlardan çok küçük çıkmıştır. Bu durum, genişleme oranından net olarak görülmektedir. Gerçekte, FH Ser'in zarf yarıçapı $0''.985$ yerine, yıllık genişleme oranına göre, ~ 4 çarpanı ile $\sim 3''.8$ olmalıdır. Zarf boyutunun küçük çıkmasında seeing değerinin olumsuz etkisi olmuştur. Tablo 2'de her iki nova için verilen genişleme hızlarının (V_{exp}) literatürdekiler ile uyum içerisinde olduğu görülüyor. Maksimumdaki mutlak parlaklıkların hesabında FH Ser ve QU Vul'un patlamadaki görünen parlaklık ve yıldızlararası absorpsiyon değeri olarak sırasıyla $m_v(max)=4^m.45$ ve $5^m.48$ ile $A_v=2^m.11$ ve $1^m.73$ ortalama değerleri kullanılmıştır (Esenoğlu 1996).

4. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Novaların uzaklıklarının bulunmasında a) Nebular genişleme paralaksı, b) $M_v - t_3$ ilişkisi, c) Diferansiyel galaktik rotasyon, d) Yıldızlararası çizgi şiddetleri, e) Yıldızlararası kızarma gibi çok sayıda farklı metotlar kullanılır. Bu metotlar içinde nebular genişleme paralaksı tamamen gözlem sonuçlarına dayandığından, bir novanın uzaklığının bulunmasında en güvenilir metod olarak kabul edilir (Cohen, 1985). Bu yüzden, novaların mutlak parlaklıklarının doğru olarak belirlenmesi için nebular genişleme paralaksı yöntemi kullanılmalıdır. Galaksimizde bu gün için bilinen 216 novadan ancak 24 tanesinin maksimumdaki mutlak parlaklıkları bu yöntemle bulunmuştur (Esenoğlu, 1996). Bu 24 nova içerisinden FH Ser ve QU Vul'un spektroskopik ve görüntü gözlemlerinden ortaya çıkan sonuçları şöyle sıralayabiliriz.

1) FH Ser'in zarf yarıçapına ait gözlem sonucu literatürdekilerden küçük çıkmıştır. Muhtemelen, verilen poz süresi içinde seeing değerinin büyük oranda değişmesi buna neden olmuştur. Eğer FH Ser için bulduğumuz $0''.985$ 'lik zarf yarıçapı yerine, yıllık genişleme oranının verdiği $\sim 3''.8$ değeri kullanılırsa, uzaklık 1030 pc ve maksimumdaki mutlak parlaklık $-7^m.7$ olur. Bu son değerler literatürdekilerle iyi uyumaktadır. Ayrıca, $t_3 = 62^d$ değerine sahip bir orta hızlı nova için yeni sınıflamaya (Esenoğlu, 1996) göre, FH Ser, patlama sırasında Eddington limiti (-6^m ile $-7^m.1$ arası) civarında ışımda bulunduğundan bir Eddington novadır. Dolayısıyla, patlamadaki bolometrik mutlak parlaklığı $-7^m.1$ veya daha küçük bir değerde olması beklenir.

2) FH Ser'in mutlak parlaklığı aynı metotla literatürde bilinmesine karşın, QU Vul'un ölçüm sonuçları ilk defa bu çalışma ile verilmiştir. Yarıçapa ilişkin ölçüm sonucu küçük de olsa, QU Vul'un zarfının olduğu ortaya konmuştur. QU Vul'un $t_3 = 34^d.8$ değerine göre hızlı nova olmasından dolayı patlama esnasında Eddington limitini aşan bir değerde bulunur. Bu yüzden, yeni nova sınıflamasına göre de QU Vul bir süper Eddington novadır ve $-7^m.1$ 'den daha büyük bir mutlak parlaklığı olmalıdır. Taylor ve ark. (1987), QU Vul'un patlamasından sonraki yaklaşık 7 ay ile 1.5 yıl içerisinde radyo bölgesinde gözlemler yapmışlardır. Radyo bölgesinde ışınım yapan QU Vul'un bu spektrel bölgedeki açılal genişleme oranına göre uzaklığı 3.6 kpc olarak bulunmuştur. Bu, bizim optik bölgeden bulduğumuz 5.2 kpc değerinden küçüktür. Eğer 3.6 kpc uzaklığının doğru olduğu kabul edilirse, bizim bulduğumuz $0''.41$ lik zarf yarıçapı yerine $0''.72$ ve $-9^m.8$ 'lik mutlak parlaklık yerine de $-9^m.0$ olmaktadır. Buna göre, bulduğumuz zarf yarıçapı literatürdekine göre küçük çıkmıştır; mutlak parlaklıklar arasında ise uyum olduğu görülmektedir.

3) Her iki novaya ait spektrumlarından, zarflarından kaynaklanan emisyon çizgileri kullanılarak genişleme hızları (V_{exp}) hesaplanmıştır. Bu iki novanın spektroskopik ölçüm sonuçları literatürde verilen değerlerle hemen hemen aynıdır.

HHE, burs imkanı sağlayan İtalya Dışişleri Bakanlığına ve 1 yıl süresince konuk emekli için de Padova Üniversitesi Astronomi Bölümü ile Asiago ve Ekar Gözlemevlerine teşekkür eder. Bu bildirinin hazırlanması sırasındaki bilgisayar gereksinimi İ.Ü. Gözlemevi Araştırma ve Uygulama Merkezi'nce karşılanmıştır. Bu çalışma, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde 23.Kasım.1991'de başlayan ve tamamlanarak 19.Ağustos.1992 tarihinde Enstitü 'ye teslim edilmiş olan "Novaların Tayfsal ve Fotometrik Analizi: Yeni Bir Sınıflama Metodu" başlıklı doktora tezinin bir bölümüdür. Ayrıca, bu bildiri, İstanbul Üniversitesi Fonu'na desteklenmiş olan T-142/241095 nolu proje çerçevesinde gerçekleştirilmiştir.

KAYNAKLAR

- Andreä, J. Drechsel, H. Starrfield, S. **Astron. Astrophysics** **291**, 869-889, 1994.
Cohen, J.G., Rosenthal, A.J. **Ap J.** **268**, 689-697, 1983.
Cohen, J.G. **Ap J.** **292**, 90-103, 1985.
Duerbeck, H.W. **Space Sci. Reviews**, Vol.45, Nos.1-2, 1987.
Duerbeck, H.W. **Acta Astronomica** **42**, 85-92, 1992.
Esenoğlu, H.H. Doktora Tezi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 1996.
Hjellming, R.M., Wade, C.M., Vandenberg, N.R., Newell, R.T. **Astron. J.** **84**, No 10, 1619-1631, 1979.
Lang, K.R. Astrophysical Data: Planets and Stars. Spring-Verlag New York, Inc., 1992.
McLaughlin, D.B. In Stars and Stellar Systems. Vol. 6, ed. J.L. Greenstein, Chicago: University Of Chicago Press, 1960.
Rosino, L., Iijima, T., Benetti, S., Ambrosio, V.D., Di Paolantonio, A., Kolotilov, E.A. **Astron. Astrophysics** **257**, 603-614, 1992.
Schmidt, T. **Zs. Ap.** **41**, 182, 1957.
Seaquist, E.R. Classical Novae, eds. M.F. Bode and A. Evans, 143-162, ISBN 0 471 92058 5, John Wiley&Sons, 1989.
Taylor, A.R., Seaquist, E.R., Hollis, J.M., Pottasch, S.R. **Astron. Astrophysics**, **183**, 38-48, 1987.