

RX CASSİOPEIA VE SX CASSİOPEIA ÖRTEN ÇİFT YILDIZLARINDA KÜTLE AKTARIMI VE KÜTLE KAYBI ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA

Oğuz ÖZTÜRK¹, Ahmet ERDEM² ve Caner ÇİÇEK³

¹ Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, 17020 Terzioğlu Kampüsü,
Çanakkale

eposta: oguzozturk@comu.edu.tr

² Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, 17020 Terzioğlu Kampüsü,
Çanakkale

eposta: aerdem@comu.edu.tr

³ Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, 17020 Terzioğlu Kampüsü,
Çanakkale

eposta: ccicek@comu.edu.tr

Özet: Yayınlanmış olan tüm minimum zamanlar kullanılarak RX Cas ve SX Cas örten çift yıldızlarının dönem analizi yapılmıştır. O-C diyagramlarının ikinci dereceden bir polinom üzerine binmiş bir yapı ile temsil edilebileceği görülmüştür. Bu değişimler, bileşenler arası kütle aktarımı ve sistemden kütle kaybı mekanizmalarıyla açıklanmıştır. Dönem analizi sonucunda, RX Cas sisteminde bileşenler arası kütle aktarımının, SX Cas sisteminde ise sistemden kütle kaybının baskın mekanizmalar olduğu görülmüştür.

Tout ve Hall (1991)'un çalışması klasik Algol türü sistemlere uygulanarak, dönemdeki değişimin döneme oranı, sistemden kütle kaybı ve kütle aktarımı terimlerinin toplamı olarak elde edilmiştir. Bu bağıntı yardımı ile RX Cas sisteminde bileşenler arası kütle aktarım hızı ve SX Cas sisteminde ise sistemden kütle kaybı hızı bulunmuştur.

1. Giriş

RX Cas ve SX Cas örten çift yıldızları W Serpentis grubuna giren örten çift yıldızlardır. W Serpentis grubu üyelerinde görülen en önemli özellik yüksek hızda, sistemden kütle kaybı ve kütle aktarımı mekanizmalarının varlığıdır. Bu grup üyelerinde görülen güçlü ultraviyole ışınımı, grup üyelerinin diğer önemli bir özelliğidir.

Tablo-1 RX Cas ve SX Cas sistemlerinin fiziksel parametreleri

Parametre	RX Cas	Referans	SX Cas	Referans
i (derece)	88.0	[20]	88.8	[16]
Tayf Türü	A5III+G3III	[20]	B7+K3III	[16]
Bileşenler arası uzaklık (R_0)	45.47	[6]	86	[18]
$M_1(M_\odot)$	5.9	[19]	5.1 ± 0.4	[3]
$M_2(M_\odot)$	3.7	[19]	1.5 ± 0.4	[3]
$R_1(R_\odot)$	2.5	[5]	3.0 ± 0.4	[3]
$R_2(R_\odot)$	23.5 ± 1.2	[5]	23.5 ± 1.3	[5]

1.1 RX Cas Örten Çift Yıldız Sistemi

RX Cas (GSC 04313-00258, $V \sim 9.00$) dizgesinin ışık eğrisi kendisini çevirimden çevirime tekrarlamamaktadır (Struve, 1944), düzenli ve $P = 517.6$ gün kadar uzun dönemli bir değişim görülmektedir (Gaposchkin, 1944). Kalv (1979), ışık eğrisinde görülen bu uzun dönemli değişimin dönemini $P = 516$ gün olarak belirlemiştir. Işık eğrisindeki iki maksimum aynı derinlikte değildir, aralarında $\Delta m = 0.2$ kadar bir fark vardır (Strupat, 1987). Sistemin ilk sayısal modelini öneren kişi Martynov (1950,

1981) dur. RX Cas dizgesi soğuk bir (G3-7) dev ve yoğun bir kabuk ile çevrelenmiş sıcak bir bileşenden oluşmaktadır (Taranove, 1997). Kalv (1979) ve Kriz ve ark. (1980), sistemin döneminin arttığını ve $dP/P = 10^{-7} \text{ yıl}^{-1}$ olduğunu söylemişlerdir. Aynı zamanda, sistemde çok güçlü bir kütle aktarımının var olduğunu ve bu aktarımın soğuk bileşenden sıcak bileşene doğru olduğunu belirtmişlerdir. Pustylnik ve ark. (2007) sistemin yörünge dönemini $P = 32.32739$ gün olarak elde edilmiştir. Bu değer, Kreiner ve ark. (2001) belirlemiş olduğu yörünge döneminden ($P = 32.3228$ gün) biraz daha büyüktür ve dolayısı ile dönemde bir artış söz konusudur. Pustylnik ve ark. (2007), $dP/P = 10^{-7} \text{ yıl}^{-1}$ değeri ve RX Cas dizgesinde korunumlu kütle aktarımı kabulü altında, daha ağır birinci bileşen kendi Roche lobunu doldurduğunda, birinci bileşenden ikinci bileşene aktarılan kütle miktarı hızını $10^{-6} M_{\odot}/\text{yıl}$ olarak belirlemişlerdir. Dönem değişimine sebep olarak, sistemden kütle kaybı ve sistemdeki kütle aktarımı mekanizmaları önerilebilir. RX Cas sisteminin fiziksel parametreleri ve alındıkları kaynaklar Tablo 1 de verilmiştir.

1.2 SX Cas Örtün Çift Yıldız Sistemi

Struve (1944), SX Cas (GSC 03656-01637, V~8.96) sisteminin tayfsal incelemesini yapmış ve sistemin A6III tayf türünde birinci bileşene ve daha büyük ve daha az kütleli G6III tayf türünde ikinci bir bileşene sahip olduğunu söylemiştir. Struve bu çalışmasında, A tayf türünün birinci bileşeni saran kabuktan ileri geldiğini belirtmiştir. Gözlemler, soğuk bileşenden sıcak bileşene bir gaz akışı ile ve sıcak bileşenin etrafında biriken bir disk ile açıklanmıştır. Koch (1972) UBV verilerini Russell-Merrill yöntemi ile analiz ederek sistemin ilk kabul gören fotometri elemanlarını belirlemiştir. Tüm ışık eğrileri, ikinci minimumun birinci minimumdan daha geniş olduğunu göstermektedir. Günther (1959) bu durumu, birinci bileşenin etrafındaki diskteki elektron saçılması ile açıklamıştır. Andersen (1973), sistemin tayfsal incelemesini yaparak, $M_1=5M_{\odot}$, $M_2=2M_{\odot}$, $R_1=8R_{\odot}$ ve $R_2=21R_{\odot}$ değerlerini elde etmiştir. Andersen (1973), birinci bileşenin çok ağır olduğunu, A-tayf türüne sahip bir kabuk ile örtüldüğünü ve ikinci bileşenin ise kendi Roche lobunu büyük oranda doldurmadığını belirtmiştir. van Houten (1981), birinci bileşenin geç B tayf türünde bir yıldız olması gerektiğini söylemiştir. Palvec ve ark. (1982) ise $T_e=13000\text{K}$ sıcaklıklı bir B7 tayf türüne sahip birinci bileşene sahip olduğunu, K3III tayf türünde ikinci bir bileşene sahip olduğunu, birinci bileşeni örtün geç A tayf türü ve $T_e=8500\text{K}$ sıcaklıklı bir kabuğun olduğunu ve uzak UV bölgede salma çizgilerinin görüldüğünü söylemiştir. Sıcak bileşenin etrafında görülen disk, sistemin ışık eğrisini etkilemektedir (Pavlovski ve Kriz, 1985). Andersen ve ark. (1988), sistemin ikinci bileşeni için elde edilen dikine hız eğrileri ile sistemin temel geometrik konfigürasyonunun ve sistemin gözlenen özelliklerini, yarı-ayrık model ile açıklamışlardır. Birinci bileşen, geometrik ve optik olarak belirgin olan A tayf türünde bir disk ile çevrelenmiştir ve bu disk, K3III tayf türüne alt dev olan ikinci bileşenden aktarılan kütle ile beslenmektedir (Andersen ve ark., 1988). Piirola ve ark. (2006), sistemde serbest elektronların saçılması ile meydana gelen lineer polarizasyonu incelemiş ve sistemdeki yıldız çevresindeki zarfların dağılımı ve yoğunluğu hakkında bilgi vermişlerdir. SX Cas sisteminin dönem analizi ile ilgili çalışma E. F. Guinan ve S. Tomczyk tarafından 1979 yılında yapılmıştır. Bu çalışmada sistemin döneminin azaldığı ve $dP/P = -7.6 \cdot 10^{-8} \text{ yıl}^{-1}$ olduğu sonucuna varılmıştır. SX Cas sisteminin fiziksel parametreleri ve alındıkları kaynaklar Tablo 1 de verilmiştir.

2. Dönem Analizi

2.1 Materyal ve Yöntem

RX Cas sisteminin 2006 yılından sonra yayınlanan minimum zamanı yoktur. Bu çalışmada, RX Cas sistemi için, 1903-2012 yılları arasında yayınlanan MinI zamanları toplanarak dönem analizi yapılmıştır. Işık elemanı olarak, Pustynlik ve ark. (2007) vermiş olduğu ışık elemanı kullanılmıştır.

$$HJD_{\text{MinI}} = 2443464.844 + 32.^s32739 \times E \quad (1)$$

SX Cas sisteminin 1999 yılından sonra yayınlanan minimum zamanı yoktur. Sistemin, 1906-2012 yılları arasında yayınlanan MinI zamanları toplanarak dönem analizi yapılmıştır. Işık elemanı olarak Andersen ve ark. (1988) belirlemiş olduğu aşağıdaki ışık elemanı kullanılmıştır.

$$HJD_{\text{MinI}} = 2446358.921 + 36.^s5610 \times E \quad (2)$$

RX Cas ve SX Cas sistemlerinin dönem analizleri, Zasche, P. et al. (2009) nin Matlab programında yazdığı program ile yapılmış, elde edilen diyagramlar Şekil-1 ve Şekil-2 de, sonuç parametreleri ise Tablo 2 de verilmiştir.

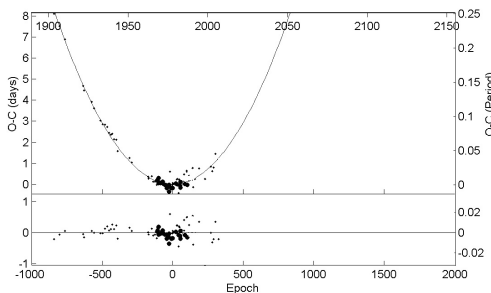
Algol türü sistemlerde; $M = M_1 + M_2 \leq 0$, $M_1 \geq 0$ ve $M_2 \leq 0$ dir. Tout ve Hall (1991) çalışması Algol'lere uygulanarak, dönemdeki değişimin döneme oranı, sistemden kütle kaybı ve birinci bileşenin kazandığı kütle miktarı olarak aşağıdaki gibi elde edilmiştir.

$$\frac{\dot{P}}{P} = M \left\{ \frac{2M}{M_1 M_2} \left(\frac{R_A}{d} \right)^2 - \frac{2}{M} \right\} + \frac{3M_1}{M_1 M_2} (M_1 - M_2) \quad (3)$$

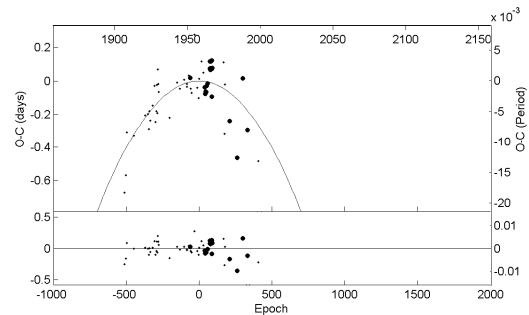
Bu denklemde M_1 ve M_2 sırasıyla birinci ve ikinci bileşenin kütlelerini, M sistemin toplam kütlelerini, d bileşenler arasındaki uzaklığı, M sistemden kaybedilen kütle miktarını, M_1 birinci bileşenin kazandığı kütle miktarını, M_2 ikinci bileşenden birinci bileşene aktarılan kütle miktarını göstermektedir. R_A Alfén yarıçapı olarak bilinir ve sistemden kaybedilen kütle oluşturduğu kabuğun yarıçapıdır. Bu çalışmada $R_A = 10R_2$ olarak alınmıştır.

2.2 RX Cas ve SX Cas

RX Cas ve SX cas sistemlerinin dönem analizleri sonucu elde edilen O-C diyagramları Şekil-1 ve Şekil-2 de gösterilmiştir. Dönem analizi için programa girilen giriş parametreleri ve elde edilen sonuçlarda Tablo 2 de gösterilmiştir.



Şekil-1 RX Cas sisteminin O-C diyagramı ve artıklar. (Küçük noktalar görsel, büyük noktalar CCD gözlem verileridir.)



Şekil-2 SX Cas sisteminin O-C diyagramı ve artıklar. (Küçük noktalar görsel, büyük noktalar CCD gözlem verileridir.)

Tablo-2 RX Cas ve SX Cas sistemleri için programa girilen giriş parametrelerinin ve elde edilen çıkış parametrelerinin değerleri.

Parametre	RX Cas		SX Cas	
	Giriş	Çıkış	Giriş	Çıkış
T_0 (HJD)	2443464.844	2443465.04(13)	2446358.921	2436193.82(2)
P (gün)	32.32739	32.3305(5)	36.5610	36.5665(1)
Q (gün)	$1000 \cdot 10^{-8}$	$1173(44) \cdot 10^{-8}$	$-200 \cdot 10^{-8}$	$-160(27) \cdot 10^{-8}$

3. Sonuç ve Tartışma

RX Cas sistemi için yapılan dönem analizi sonucunda, Kalv (1979) ve Kriz ve ark.(1980)'nın belirttiği gibi, sistemin yörünge döneminin sürekli olarak arttığı görülmüş ve bu artış hızı yaklaşık 22.9 s/yıl olarak belirlenmiştir. Dolayısıyla, yörünge dönemindeki artış çok büyüktür. Kuadratik terim $Q=1173(44) \cdot 10^{-8}$ gün olarak elde edilmiştir. Bu değer, yörünge dönemindeki değişimin yörünge dönemine oranını $\dot{P}/P \cong 8.2 \cdot 10^{-6} \text{ yıl}^{-1}$ olarak vermektedir. Korunumsuz kütle aktarımı durumunda, ikinci bileşen kendi Roche lobunu doldurduğunda, sistemden kaybedilen kütle miktarı hızının $\dot{M} = -10^{-10} M_{\odot}/\text{yıl}$ olduğunu kabul ederek, ikinci bileşenden birinci bileşene aktarılan kütle miktarı hızı $\dot{M}_2 = -2.7 \cdot 10^{-5} M_{\odot}/\text{yıl}$ olarak elde edilmiştir.

SX Cas sisteminin dönem analizi sonucunda, E.F. Guinan ve S. Tomczyk (1979) tarafından belirtildiği gibi, sistemin yörünge döneminin azaldığı sonucuna varılmıştır ve bu azalma hızı yaklaşık -2.8 s/yıl olarak belirlenmiştir. Kuadratik terim $-160(27) \cdot 10^{-8}$ gün olarak elde edilmiştir. Bu değer, yörünge dönemindeki değişimin yörünge dönemine oranını $\dot{P}/P \cong -8.75 \cdot 10^{-7} \text{ yıl}^{-1}$ olarak vermektedir. Bu sistemde, yörünge dönemi azaldığından dolayı, kütle kaybı baskın bir mekanizmadır. İkinci bileşenden birinci bileşene aktarılan kütle miktarı $\dot{M}_2 = -10^{-8} M_{\odot}/\text{yıl}$ olarak kabul edildiğinde, sistemden kaybedilen kütle miktarı hızı $\dot{M} = -1.38 \cdot 10^{-7} M_{\odot}/\text{yıl}$ olarak bulunmuştur.

4. Kaynaklar

- [1] Andersen, J.: 1973, Publ. Astron. Soc. Pacific 85, 191
- [2] Andersen, J.: 1973, in IAU Symp. No.51, ed.A.H. Batten, Reidel, Dordrecht, p. 203
- [3] Andersen, J. et al., 1988, A&A, 207, 37A-
- [4] Andersen, J., et al., 1988, A&A, 207, 37-
- [5] Andersen, J. et al: 1989, Astron. Astrophys. 215 272
- [6] Brancewicz, H.K., Dworak, T. Z.: 1980, Acta Astronomica, Vol. 30 , No.4
- [7] Gaposchkin, S.: 1944, Astrophys. J., 100, 230
- [8] Guinan, E. F., Tomczyk, S. 1979, IBVS, No: 1623
- [9] Günther, O.: 1959, Astron. Nachr. 285, 97
- [10] Kalv, P.: 1979, Tartu Astron. Obs. Teated No. 58,3
- [11] Kreiner, J. et al: 2001, An Atlas of O-C diagrams of Eclipsing Binary Systems, Wydawnictwo Naukowe Akademii Pedagogicznej, p.450
- [12] Kriz et al.: 1980, Bull. Astron. Inst. Czechost. 31, 284
- [13] Koch, R.H.: 1972, Astron. J. 77, 500
- [14] Martynov, D.Ya.: 1950, Bull. Astron., Obs. Engelhardt 27 3.
- [15] Martynov, D.Ya.: 1981, Zvezdy i Zvezdnyye Sistemy p. 9.
- [16] Palvec, M. J., Weiland, J. L., Koch, R. M.: 1982, Astrophys. J. 256, 206
- [17] Pavlovski, K., & Kriz, S. 1985, Bull. Astron. Inst. Czechosl., 36, 153-
- [18] Piirola et al., 2006, A&A 454, 277-286
- [19] Pustyl'nik, I. et al: 2007, Astronomical and Astrophysical Transactions, Vol.26, Nos.1-3
- [20] Strupat, W.: 1987, Astron. Astrophys. 185, 150
- [21] Struve, O.: 1944, Astrophys. J. 99,89
- [22] Struve, O.: 1944, Astrophys. J. 99, 295
- [23] Taranova, O. G., Shenavrin, V. I., 1997, Astronomy Letters, Vol. 23, No.6, pp. 698-703
- [24] Todorova, P.N et al.: 1989, IAU Inform. Bull. Var. Stars, 3367, 1-4
- [25] Tout, C. A. et al.: 1991, MNRAS, 253,9
- [26] van Houten, C. J.: 1981, Astron. Astrophys, 97, 46
- [27] Zasche, P. et al.: 2009, New Astronomy 14,121