

# T122'LİK TELESKOPLA GÖZLENEN DELTA SCUTİ BİLEŞENLİ BİR ÇİFT SİSTEM: V469 CYG

Filiz KAHRAMAN<sup>1,2</sup>, Esin SOYDUGAN<sup>1,2</sup> ve Çağlar PÜSKÜLLÜ<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Terzioğlu Kampüsü Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü

<sup>2</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Gözlemevi

*flizkahraman01@gmail.com, esoydugan@comu.edu.tr, cpuskullu@comu.edu.tr*

**Özet:** Bu çalışmada, Delta Scuti bileşenli Algol türü bir çift sistem V469 Cyg'nin literatürdeki ilk ışık ölçüm çalışması yer almaktadır. Wilson-Devinney programıyla, sistem ve bileşen parametreleri belirlenmiş ve kuramsal eğriler hesaplanmıştır. Kuramsal eğrilerden her bir gözlem noktasının farkı alınarak, zonklayan bileşenin zonklama doğası belirlenmiştir. Sıcak bileşenin iki modda zonklama gösterdiği ve zonklama döneminin 0.03 gün ve toplam zonklama genliğinin  $0^m.02$  olduğu, zonklayan bileşenin frekans analizi sonucunda bulunmuştur. V469 Cyg için elde edilen zonklama döneminin, yörünge dönemi ile zonklama dönemi arasındaki korelasyonla uyumlu olduğu belirlenmiştir. İkinci bileşenin manyetik etkinliğinden kaynaklanan açısız momentum kaybı ile; V469 Cyg'nin O-C değişiminde bir dönem azalması görülmüştür.

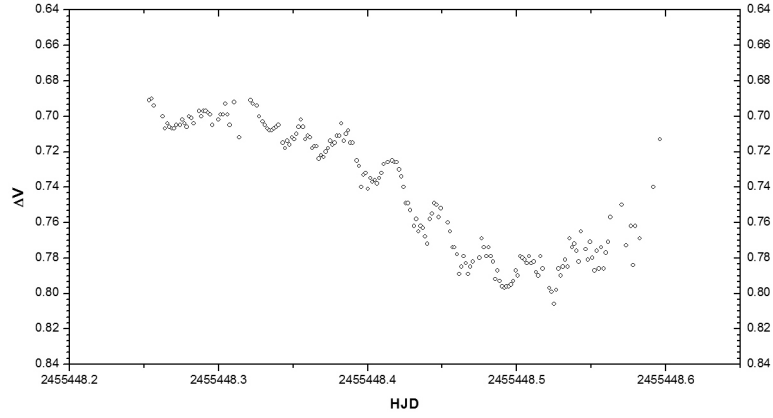
## 1. Giriş

İlerleyen teknoloji ile birlikte gökyüzü kapılarını daha da aralanmış ve uydularla birlikte gökyüzünü, evreni tanıma imkânımız daha da artmıştır. Zonklayan yıldızların sayısı da bu ilerleme esnasında, daha iyi teleskopların elde edilmesi ile birlikte daha da artmakta ve yıldız içyapısı, uzaklıklarının bulunması, diferansiyel dönmenin tayini gibi bilgilerin öğrenilmesinde yardımcı olmaktadır. Zonklayan yıldızların bir üyesi olan Delta Scuti yıldızları bugün en çok çalışılan yıldız gruplarından biridir. Dönemleri 20 dakika ile 8 saat arasında değişen ve A2 ile F2 tayf türleri arasında olan ve kararsızlık kuşağının anakola yakın kısmında yer alan sistemlerdir. Son on yıl içerisinde bir çift sistemin üyesi olan Delta Scuti türü zonklamalar gösteren yıldızlarla ilgili yapılan çalışmalarda artış gözlenmiştir. Bu tür sistemlerde yapılan çalışmalar her iki bileşenin temel parametreleri ve özellikleri belirlenmesi adına önem taşımaktadır. Çifte ilişkin parametrelere ilave olarak, zonklayan birleşenin zonklama parametreleri de duyarlı olarak belirlenebilir. Bu çalışmada da Örtün çift yıldız V469 Cyg'nin fotometrik modellemesi ve zonklayan sıcak bileşenin zonklama doğasını ortaya koymak üzere frekans analizi sunulmuştur.

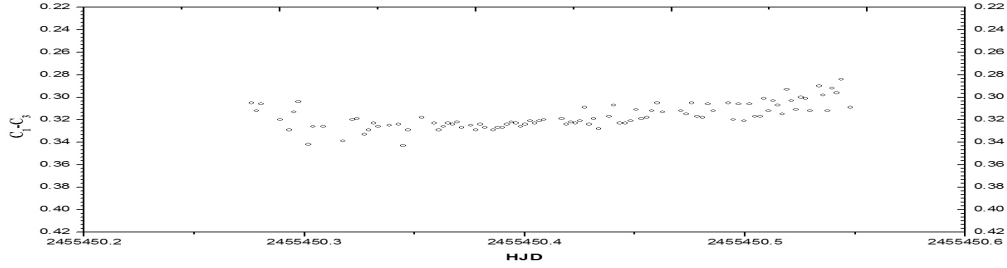
V469 Cyg ( $B=12^m.8$ ) sistemi ilk olarak Wachmann (1940) tarafından keşfedilmiş Algol türü bir değişendir. Sistemin baş bileşenin Delta Scuti türü zonklamalar gösterdiği ise, ilk olarak Caton (2004) tarafından duyurulmuştur. Sistemin tayf türü de B8+F0 olarak Budding ve ark., (2004) tarafından verilmiştir.

## 2. Gözlemler

V469 Cyg sisteminin Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Gözlemevi'nde 2010 gözlem sezonu boyunca T122 cm çaplı teleskopla 12 gecelik gözlemi yapıldı. Bu gözlemlerden yaklaşık olarak 60 saatlik veri elde edildi. Baş bileşenin zonklama kaynaklı parlaklık değişimleri, Şekil 1'de görülmektedir. Gözlemlerin B ve V filtrelerindeki duyarlılıkları  $0^m.004$  'dir. Gözlemler sırasında ise GSC 2679-704 ( $V = 11^m.6$ ) ve GSC 2679-340 ( $V = 11^m.36$ ) sistemleri mukayese ve denet yıldızları olarak kullanıldı ve herhangi bir ışık değişimi göstermedikleri belirlendi (Bkz. Şekil 2)



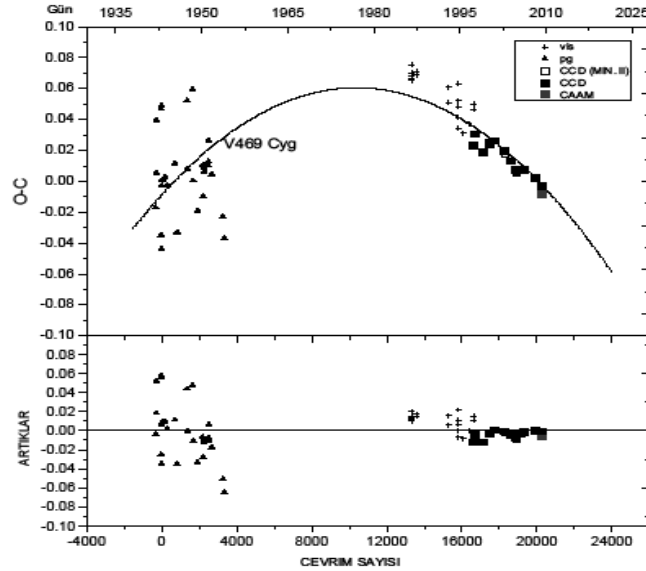
Şekil-1. V469 Cyg sisteminin yan minimum evresinde gösterdiği zonklamadan kaynaklı ışık değişimi.



Şekil-2. Mukayese ve denet yıldızları parlaklık farkı.

### 3. Yörünge Dönem Analizi

O-C analizinde, literatürden toplanan 65 minimum zamanıyla, bu çalışmada elde edilen 3 minimum zamanı birleştirilerek, 19 görsel (v), 30 fotografik (pg), 19 CCD, olmak üzere toplam 68 minimum zamanı kullanılmıştır. O-C analiziyle minimum zamanlarına yapılan fit ve artıklar Şekil 3'te verilmektedir. O-C analizi sonucu elde edilen en iyi uyuşumu veren parametreler ve bu parametreler ışığında bulunan diğer parametreler Çizelge 1'de verilmektedir.



Şekil-3. V469 Cyg'in minimum zamanlarına yapılan parabol fiti ve parabolde farklar.

Çizelge-1. V469 Cyg sisteminin dönem analizi sonucunda elde edilen parametreler.

	Değer
T <sub>0</sub> (HJD)	2428814.3873 ± 0.0047
P (gün)	1.312523 ± 0.000002
Q (gün)	-6.4x10 <sup>-10</sup> ± 0.08x10 <sup>-9</sup>
dP/dT (s/yıl)	-0.031 ± 0.004
dM/dt (M <sub>☉</sub> /yıl)	-6 x10 <sup>-9</sup>

O-C değişimlerinin aşağı parabolik karakterde olması yörünge döneminin azaldığını göstermektedir. Klasik Algollerde yoldaş bileşen Roche lobunu doldurduğu için, bu bileşenden baş bileşene kütle transferinin gerçekleşmesi beklenmektedir. Ayrıca, yoldaş bileşen, genellikle geri tayf türündendir bu nedenle manyetik etkinlik gösterebilir, dolayısıyla, yoldaş bileşen, manyetik aktiviteden kaynaklanan yıldız rüzgârlarıyla açıl momentum ve kütle kaybına yol açabilmektedir. Bileşenler arası kütle transferini ve yoldaş bileşenden olası kütle kaybını, yörünge dönemi değişimine birleştiren denklem (1) (Erdem ve ark. 2005) tarafından verilmiştir. Bu denkleme göre sağdaki ilk terim, kütle kaybını temsil etmektedir ve her zaman için negatif olup sistemin yörünge döneminin azaldığını göstermektedir. Denklemdeki ikinci terimi ise bileşenler arası kütle transferini belirtmektedir. Bu terim, klasik Algoller için her zaman pozitif olur (yörünge döneminin arttığını gösterir). Bu transferin 10<sup>-8</sup> M<sub>☉</sub>/yıl olduğu varsayılır ve sistemin yörüngesinin azaldığı düşünülürse ve ışık eğrisi analizinden elde edilen sonuçlar doğrultusunda hesaplanan temel parametrelerin yardımıyla V469 Cyg için yörünge dönemi azalmasına yol açan sistemden olası kütle kaybı oranı yaklaşık 6 x 10<sup>-9</sup> M<sub>☉</sub> /yıl olarak hesaplanmıştır.

Dönem değişim oranı  $\frac{dP}{dt} \approx -3.1 \text{ s/yüzyil}$  'dır. Bu azalmanın nedenlerinin içerisinde sistemden olası açıl momentum kaybı da olabilir.

$$\frac{\Delta P}{P} = 3k^2 \left(\frac{r_A}{a}\right)^2 \frac{(m_1 + m_2)}{m_1 m_2} \delta m + 3 \frac{(m_2 - m_1)}{m_1 m_2} \Delta m \quad (1)$$

Bu denklemde,  $m_1$  ve  $m_2$ , baş ve yoldaş bileşenlerin kütle değerleri,  $\Delta m$  aktarılan kütle miktarı,  $k$  kütle kaybeden bileşenin jirasyon sabiti,  $\delta m$  sistemden kütle kaybı miktarı,  $r_A$  Alfvén yarıçapı ve  $a$  bileşenler arası uzaklığı belirtmektedir.

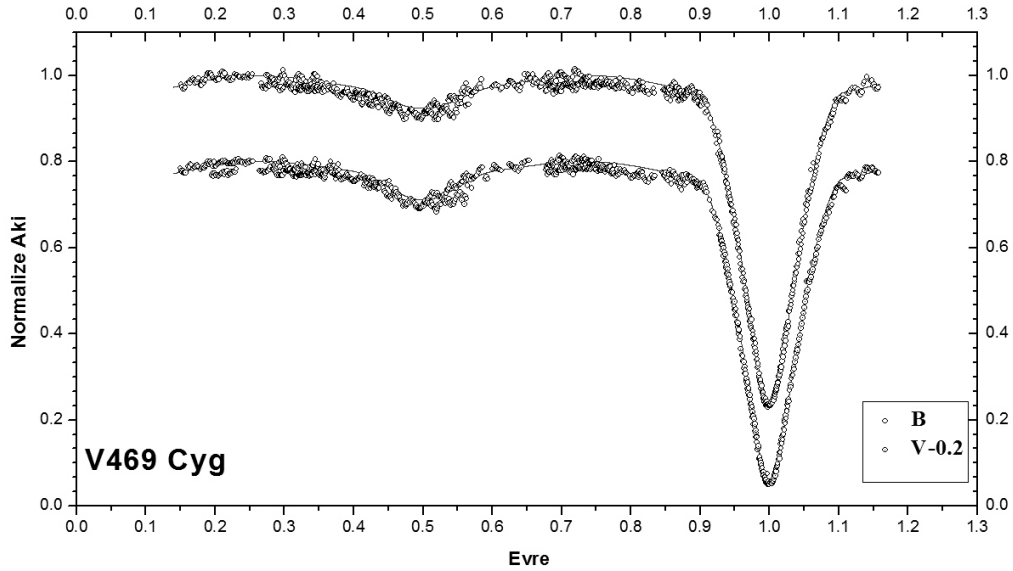
#### 4. Işık Eğrisi Modellenmesi

V469 Cyg sisteminin ışık eğrisi modellenmesinde Wilson-Devinney programının (Wilson ve Devinney, 1971) 2003 sürümü kullanıldı. Literatürde sistemin yarı ayırık ve tayf türünün de B8+F0 olabileceği söylenmiştir (Budding ve ark., 2004). Sistemin sıcak bileşeninin Delta Scuti türü zonklamalar yaptığı göz önüne alındığında, tayf türü aralığının A0 ile F2 arasında olması beklendiğinden, sistemin bu tayf türü aralığına karşılık gelen her sıcaklık değeri için hem ayırık hem yarı ayırık çözümü yapılmıştır. Sistemin ayırık olabileceği varsayımı altında yapılan çözüm denemelerinde, soğuk bileşenin potansiyel değerlerine göre Roche lobunu doldurduğu sonucuna varıldı. Bu nedenle çözümler yarı-ayırık varsayımı altında yapıldı. Sistemin yarı-ayırık varsayımı altındaki çözümlerinde baş bileşeninin sıcaklığı (Cox, 2000), bolometrik albedolar sıcak bileşen için 1.0, soğuk bileşen için 0.5 (Rucinski, 1969), kenar kararım katsayıları radyatif atmosferli bileşen için 1.0 (von Zeipel, 1924), konvektif atmosferli bileşen içinde 0.32 (Lucy, 1967) sabit alındı. Ayrıca, sistemin dairesel bir yörüngeye sahip olduğu ve eş dönme gösterdiği varsayıp sırasıyla

$e=0$  ve  $F_1=F_2=1$  alındı. Baş bileşenin sıcaklığını belirleyebilmek için; A0 ile F2 tayf türü aralığında sıcaklık taraması yapıldı. En iyi çözüm A9 tayf türüne karşılık gelen sıcaklık değeri için belirlendi. Sıcaklık taramasıyla, baş bileşenin sıcaklığına karar verildikten sonra, çözümler B ve V filtrelerinde eş zamanlı olarak yeniden yapıldı. Bulunan sonuçlar Çizelge 2’de listelendi. Kuramsal eğrilerle gözlem noktalarının uyumu Şekil 4’te verilmektedir.

Çizelge-2. V469 Cyg sisteminin ışık eğrisi analizi sonucunda bulunan parametreleri.

Parametre	B&V
$i$ ( $^{\circ}$ )	$88.304 \pm 0.152$
$T_1$ (K)	7476 *
$T_2$ (K)	$4082 \pm 13$
$\Omega_1$	$3.4224 \pm 0.004$
$\Omega_2$	$2.5023 \pm 0.001$
$\Phi$	$0.0001 \pm 0.0005$
$q$	$0.316 \pm 0.01$
$l_3$	0
$e$	0
$g_1$	1.0
$g_2$	0.32
$L_1/(L_1+L_2)$	0.977 (B), 0.962 (V)
$L_2/(L_1+L_2)$	0.023 (B), 0.038 (V)
$r_1$ (ort)	$0.327 \pm 0.001$
$r_2$ (ort)	$0.283 \pm 0.001$



Şekil-4. V469 Cyg’nin ışık eğrisi analizi sonucunda elde edilen kuramsal eğri ile gözlem noktalarının uyumu.

Baş bileşenin A9 tayf türünden bir anakol yıldızı olduğu varsayılarak, bu tayf türüne karşılık gelen kütle değeri (Cox 2000)’den alındı. Sistemin literatürde tayfsal çalışması olmadığından, ışık eğrisi çözümü sonucunda bulunan parametre değerleri kullanılarak sistemin mutlak parametreleri yaklaşık olarak belirlendi (bkz. Çizelge 3)

Çizelge-3. V469 Cyg sisteminin hesaplanan salt parametreleri.

Parametre	Değer
$T_1$ (K)	$7476 \pm 300$
$T_2$ (K)	$4082 \pm 313$
$M_1$ ( $M_{\odot}$ )	$1.68 \pm 0.10$
$M_2$ ( $M_{\odot}$ )	$0.53 \pm 0.05$
$R_1$ ( $R_{\odot}$ )	$2.15 \pm 0.07$
$R_2$ ( $R_{\odot}$ )	$1.86 \pm 0.07$
$L_1$ ( $L_{\odot}$ )	$12.9 \pm 2.9$
$L_2$ ( $L_{\odot}$ )	$0.85 \pm 0.33$
$a$ ( $R_{\odot}$ )	$6.56 \pm 0.15$
$\log g_1$	4
$\log g_2$	3.6

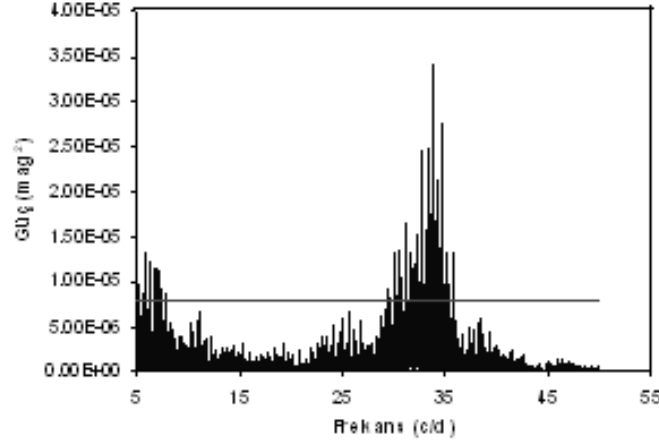
### 5. Frekans Analizi

V469 Peg sisteminin sıcak bileşene ait zonklamadan kaynaklanan ışık değişimi sistemin ışık eğrisinin maksimumlarında ve yan minimumunda görülmektedir. Sistemin ışık eğrisi çözümü sonucu elde edilen teorik eğri ile gözlemsel eğri arasındaki farklar alınarak çiftten kaynaklanan yakınlık etkilerinden (yansıma, basıklık) ışık eğrisi arındırıldı. Geriye kalan sıcak bileşenin zonklamasından kaynaklanan ışık değişimine PERIOD04 programı (Lenz ve Breger, 2005) uygulandı. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4’te listelendi. Bulunan sonuçlara göre çizilen güç tayfı da Şekil 6’da verilmektedir. Frekans analizi sonucunda hem B hem de V filtrelerinde  $f_1=33.7$  c/d ve  $f_2=31.6$  c/d’lik frekans değerleri elde edildi. Çizelge 4’ten de görüldüğü gibi V filtresinde elde edilen ikinci frekans değerinin S/N değeri 4’ten küçük olduğu için; daha fazla gözlem verisine gereksinim olduğu sonucuna varıldı.

Breger (1993)’ün ortaya koyduğu  $S/N \geq 4$  kriterine göre, V filtresinde elde edilen ikinci frekans değerinin duyarlık sınırının altında kaldığı hesaplandı. Bu frekanslara karşılık toplam zonklama genliği B ve V filtrelerinde sırasıyla, yaklaşık  $0^m.02$  ve  $0^m.016$ ’dir.

Çizelge-4. V469 Cyg’nin baş bileşenin zonklama parametreleri.

Filtre	Frekans (c/d)	Genlik (mag)	S/N
B	$33.727 \pm 0.0006$	$0.0061 \pm 0.0005$	6.87
	$31.576 \pm 0.0009$	$0.0037 \pm 0.0005$	4.21
V	$33.725 \pm 0.0041$	$0.0056 \pm 0.0006$	6.38
	$31.568 \pm 0.1224$	$0.0027 \pm 0.0007$	3.31



Şekil-6. V469 Cyg sisteminin B filtresindeki güç tayfı ve duyarlılık sınırı (sürekli çizgi)

## 6. Tartışma ve Sonuç

Sistemle ilgili literatürde yapılan ilk ayrıntılı fotometrik çalışmadır. Sistemin ışık eğrisi modellemesiyle bileşenlerin geometrik ve fiziksel parametreleri hesaplandı. Çözüm sonucunda baş bileşenin tayf türünün A9V olduğuna karar verildi. Kütle oranı yaklaşık 0.32 olarak belirlendi. Baş bileşenin B filtresinde toplam ışınımaya katkısı yaklaşık 0.98 iken, ikinci bileşenin katkısı 0.02'dir. Sistemde olası bir üçüncü cisim katkısı çözüm sonucunda bulunamamıştır. Sistemin bileşenlerinin yaklaşık salt parametre değerleri de yaklaşık altında belirlenmiştir.

Sıcak bileşene ait frekans analizi sonucunda, baş bileşenin iki zonklama frekansıyla, Delta Scuti türü değişim yaptığı belirlendi. İlk frekans değeri 43 dakika ikinci frekans değeri de 46 dakika'ya karşılık gelmektedir. Toplam zonklama genliği B ve V filtrelerinde sırası ile yaklaşık olarak  $0^m.02$  ve  $0^m.0176$ 'dir. Frekans analizi sonucunda elde edilen baskın frekans değerine karşılık gelen zonklama dönem, Soydugan ve ark. (2006) tarafından elde edilen yörünge dönemi ile zonklama dönemi arasındaki korelasyon uyum içerisindedir. Yapılan ilk dönem analizi ile dönemdeki azalma miktarı,  $\approx -3.1 \times 10^{-2}$  s/yüzyıl ve sistemden kütle kaybı miktarı da  $6 \times 10^{-9} M_{\odot}$  /yıl olarak hesaplandı.

## 7. Kaynaklar

- Breger, M., Stich, J., Garrido, R., et al., 1993. A&A 271, 482.  
Budding, E., Erdem, A., Çiçek, C., Bulut, I., Soydugan, F., Soydugan, E., Bakiş, V., Demircan, O., 2004, A&A, 417, 263.  
Caton, D. B., 2004, IBVS, 5531, 1.  
Erdem, A., Budding, E., Demircan, O., Lütfi Değirmenci, Ö., Gülmen, Ö., Sezer, C. 2005, AN, 326, 332.  
Cox, A.N., 2000. Allen's Astrophysical Quantities, 4th ed.  
Lenz, P., Breger, M., 2005, CoAst, 146, 53.  
Lucy, L.B., 1967. ZA 65, 89.  
O-C Gateway, <http://var.astro.cz/ocgate/>  
Rucinski, S.M., 1969. AcA 19, 245.  
Soydugan, E., Soydugan, F., Demircan, O., İbanoğlu, C., 2006. MNRAS 370, 2013.  
von Zeipel, H., 1924. MNRAS 84, 665.  
Wachmann, A.A., 1940, Beobachtungs z.d. Astron Nach, 22, no.2, p.10  
Wilson, R.E., Devinney, R.J., 1971. ApJ 166, 605.