



Beta Lyrae Türü Örten Çift Yıldız V356 Vela'nın Fotometrik Analizi

Gökçe Zeynep Özalp¹, Burcu Özkardeş^{2,3*}

¹Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Anabilim Dalı, Çanakkale, Türkiye.

²Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Bölümü, Çanakkale, Türkiye.

³Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Astrofizik Araştırma Merkezi ve Ulupınar Gözlemevi, Çanakkale, Türkiye.

Özet: Bu çalışmada, Güney Yarımküre'den gözlenebilen ve literatürde β Lyrae türü (EB) olarak sınıflandırılmış V356 Vel örten çift yıldızının fotometrik gözlemlerinin analizi sunulmaktadır. Sistemin, ASAS (All Sky Automated Survey) ve HIPPARCOS veri tabanlarından alınan ışık eğrileri, Wilson – Devinney (W-D) yöntemiyle modellenmiş; örten çiftin fiziksel ve geometrik parametreleri belirlenmiştir. Ayrıca, bileşen yıldızların, tahmini mutlak parametreleri hesaplanarak, $\log M - \log R$ diyagramındaki konumları tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: çift yıldızlar, örten çift, β Lyrae türü, V356 Vel

Abstract: In this study, the analysis of the photometric observations of the eclipsing binary V356 Vel classified as β Lyr type (EB) in the literature, which can be observed from the Southern Hemisphere, is presented. The light curves obtained from the ASAS (All Sky Automated Survey) and HIPPARCOS databases were modeled by the Wilson – Devinney (W-D) method. The physical and geometrical parameters of the system were determined. In addition, the positions of the component stars in the $\log M - \log R$ diagram are discussed by calculating the estimated absolute parameters.

Key Words: binary stars, eclipsing binary, β Lyrae type, V356 Vel

1. V356 Vel'e İlişkin Önceki Çalışmalar

V356 Vel (HIP 52816 = HD 93668) örten çift yıldızının parlaklığındaki değişim, Hipparcos (ESA 1997) uydusu tarafından keşfedilmiş ve 1.76791 gün dönemli EB (Beta (β) Lyrae) türü sistem olarak sınıflandırılmıştır. Kazarovets ve ark. (1999), Hipparcos tarafından keşfedilen 5665 değişen yıldız için 74. isim listesini, V356 Vel'i de dahil ederek vermişlerdir. Gontcharov (2012), Gontcharov'ın (2008) verdiği 37845 şüpheli OB yıldız örneğini kullanarak herbir sistem için kızılilaşmadan arındırılmış ($B-V$)₀ ve uzaklık değerlerini hesaplamış; V356 Vel için bu değerleri sırasıyla, -0.07 ve 136 pc olarak vermiştir. Literatürde, V356 Vel örten çift sistemine ilişkin fotometrik ve/veya tayfsal analiz çalışması yer almamaktadır. Sisteme ait sadece iki minimum ışık zamanı elde edilmiştir (Oglaza & Zakrzewski 2004). Kimi kataloglarda, sistemin bazı fiziksel parametreleri bulunmaktadır (Hauck & Mermilliod 1998; Malkov ve ark. 2006; Paunzen 2015).

2. Gözlemsel Veri

Örten çift yıldız V356 Vel'in gözlemsel verileri, Hipparcos ve ASAS (All Sky Automated Survey) kataloglarından alınmıştır. ASAS, uzun süreli bir gözlem projesi olup temel amacı, gökyüzünün büyük bir alanını, otomatik enstrümanlar aracılığıyla (ikisi Kuzey Yarımküre'de, diğer ikisi Güney Yarımküre'de bulunmak üzere) tarayıp değişen yıldızları saptamak ve sonrasında, katalog haline getirmektir. ASAS projesi kapsamında, gökyüzünün yaklaşık dörtte üçlük alanı gözlenmiş ve 50000'den fazla değişen yıldız keşfedilmiştir. ASAS'a ilişkin detaylı bilgi (fotometrik aletler, veri elde etme, indirgeme vb.) Pojmanski'nin (1998, 2000) çalışmalarında yer almaktadır.

İncelenen örten çift yıldız V356 Vel, farklı türden (ayrık, yarı-ayrık ve değen) 10000'den fazla örten değişen yıldız içeren ASAS – 3 Değişen Yıldız Kataloğunda (Paczynski ve ark. 2006), 104755 – 5214.8 numaralı kod ile yer almaktadır. Sistemin SIMBAD veritabanına göre bazı fotometrik özellikleri, Çizelge 1.'de verilmektedir.

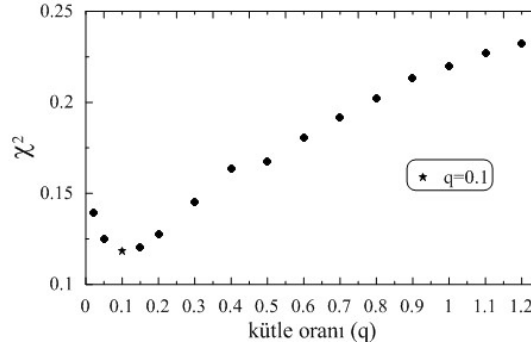
Çizelge 1: V356 Vel'in SIMBAD veritabanından alınan bazı fotometrik özellikleri

GSC No	α_{2000}	δ_{2000}	V	J	H	K	Tayf Türü
08210-02870	'10 ^h 47 ^m 55 ^s	-52°14'45"	6.74	6.65	6.68	6.67	A0

*Sorumlu Yazar E-Posta: burcu@comu.edu.tr

3. Analiz: Yöntem ve Modelleme

V356 Vel'in fiziksel ve geometrik parametrelerini elde etmek için sistemin Hipparcos ve ASAS *V* bandı ışık eğrileri, Wilson – Deviney (W-D) yöntemi (Wilson & Deviney 1973, vers. 1996) kullanılarak analiz edilmiştir. Sistemin tayfsal çalışması olmaması nedeniyle, kütle oranı (q) parametresinin başlangıç değerini bulmak amacıyla 0.02 – 1.2 değer aralığında q -taraması yapılmıştır. Tarama işlemine, ilk olarak, Mod 2 (ayrık model) ile başlanmıştır; fakat, birkaç iterasyon sonrası uyum, ikinci bileşenin Roche şişimini doldurmuş olarak kabul eden Mod 5'te gerçekleşmiştir. Sistemin Mod 5'e göre yapılan kütle oranı taraması, en küçük χ^2 değerini $q=0.1$ değerinde vermiştir (bkz. Şekil 1).



Şekil 1: V356 Vel'in kütle oranı (q) – χ^2 değişimi.

Yöntemde, uygun teorik modellere göre belirlenen değerlerde sabit tutulan parametreler şu şekildedir: Birinci bileşenin sıcaklığı T_1 , Drilling & Landolt'un (2000) oluşturduğu MK tayf sınıflaması kalibrasyonu kullanılarak Hipparcos kataloğunda verilen A0 tayf türü için 9790 K olarak belirlenmiştir. Kareköklü kenar kararım yasası kabul edilmiş ve kenar kararım sabitleri, Claret & Bloemen (2011) ve Claret ve ark.'nın (2013) verdiği çizelgelerden alınmıştır. Bileşenlerin bolometrik çekim kararım üsleri, radyatif zarf ($T > 7200$ K) için von Zeipel'in (1924) çalışmasına göre 1.0 olarak, konvektif zarf ($T < 7200$ K) için Lucy'nin (1967) çalışmasına göre 0.32 olarak alınmıştır. Bileşenlerin bolometrik yansımaları ise, Rucinski'nin (1969) çalışmasına göre, radyatif ve konvektif atmosferler için sırasıyla, 1.0 ve 0.5 değerinde sabit alınmıştır. Bileşen yıldızların eşdöndüğü ve sistemin yörüngesinin çembersel olduğu kabul edilmiştir.

Analiz süresince serbest alınan parametreler ise, evre kayması (ϕ), yörünge eğimi (i), ikinci bileşenin etkin yüzey sıcaklığı (T_2), kütle oranı (q), birinci bileşenin yüzey potansiyeli (Ω_1) ve birinci bileşenin kesirsel ışıması (L_1/L_{toplam})'dır. Çözüm sonuçları, Çizelge 2.'de verilmektedir. Şekil 2.'de, gözlenen ve hesaplanan ışık eğrileri arasındaki karşılaştırma (üst panelde) ve sistemin Roche geometrisi (alt panelde) (Binary Maker program, vers. 3.0, Bradstreet & Steelman 2002) gösterilmektedir.

Çizelge 2: V356 Vel örten çift yıldızının ışık eğrilerinin analiz sonuçları

Parametre	Değer
ϕ	0.0020 ± 0.0005
$i(^{\circ})$	68.36 ± 0.29
T_1 (K)	9790
T_2 (K)	6593 ± 54
Ω_1	3.30 ± 0.03
Ω_2	2.01
q (M_1/M_2)	0.12 ± 0.01
L_1/L_{toplam} – Hipparcos	0.87 ± 0.01

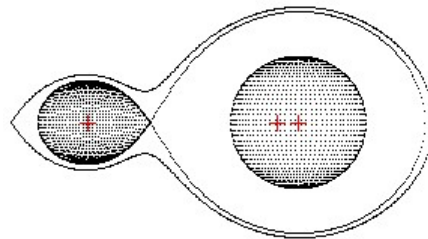
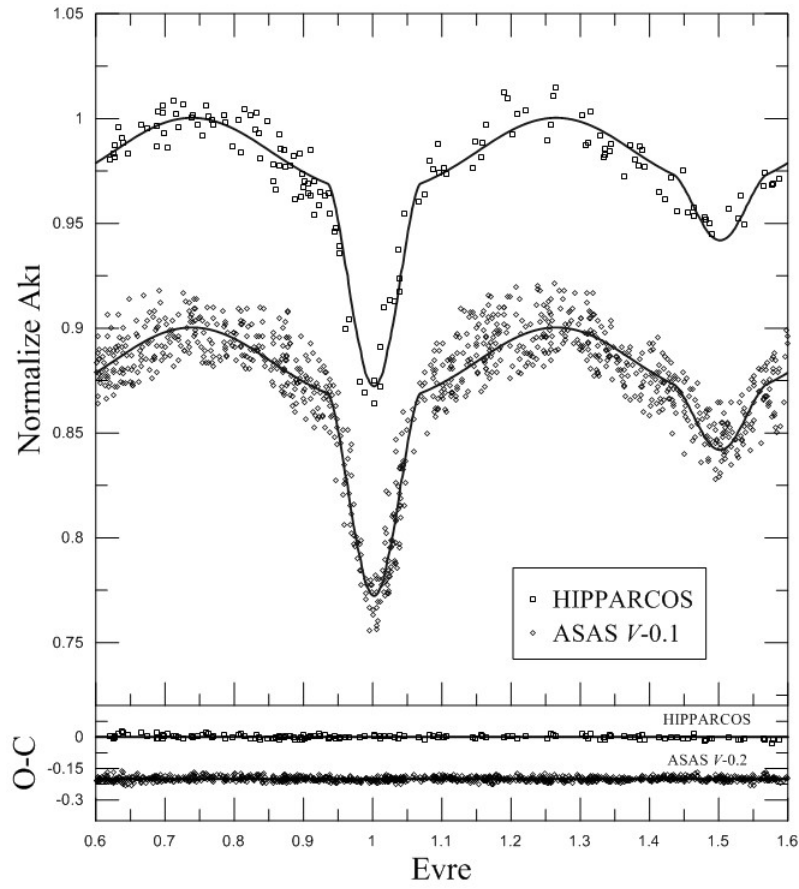
$$L_1/L_{\text{topl}} - \text{ASAS } V \quad 0.87 \pm 0.01$$

$$r_1 \text{ (ortalama)} \quad 0.32 \pm 0.01$$

$$r_2 \text{ (ortalama)} \quad 0.23 \pm 0.01$$

$$\Sigma W(O-C)^2 - \text{Hipparcos} \quad 0.006$$

$$\Sigma W(O-C)^2 - \text{ASAS } V \quad 0.115$$



Şekil 2: V356 Vel örten çift yıldızının Hipparcos ve ASAS *V* ışık eğrileri ile bu eğrilere uydurulan en iyi kuramsal fitler ve fitten kalan artıklar (O-C) (üst panel); sistemin Roche geometrisi (alt panel).

4. Sonuçlar

-Bu çalışmada, Güney Yarımküre gökyüzünden gözlenebilen β Lyrae türü örten çift yıldız V356 Vel'in literatür ışık eğrilerinin (Hipparcos ve ASAS V) analizi ilk kez yapılmış olup elde edilen ilk fotometrik sonuçlar şu şekildedir:

- Fotometrik çözüm, V356 Vel'i, ikinci bileşeni Roche şişimini doldurmuş, birinci bileşeni ise % 61 oranında doldurmuş, yarı-ayrık bir sistem olarak tanımlamaktadır.

- Literatürde, sisteme ait tayfsal gözlemlerin bulunmaması nedeniyle, birinci ve ikinci bileşenin mutlak parametreleri, fotometrik çözüm sonuçları kullanılarak hesaplanmıştır. Bunun için, birinci bileşenin kütlesi M_1 , anakol yıldızı kabul edilerek, A0 tayf türü için Drilling & Landolt (2000) çalışmasından $2.9 M_{\odot}$ olarak belirlenmiştir. İkinci bileşenin kütlesi, fotometrik kütle oranı kullanılarak hesaplanırken yörünge yarı-büyük eksen uzunluğu a , Kepler'in üçüncü yasasından hesaplanmıştır. M_1 için % 10 oranında bir hata varsayımı yapılmış ve diğer parametrelerin hata değerleri, buna göre belirlenmiştir. Sonuçlar, hata değerleriyle birlikte, Çizelge 3.'te verilmektedir.

Çizelge 3: V356 Vel'in tahmini mutlak parametreleri

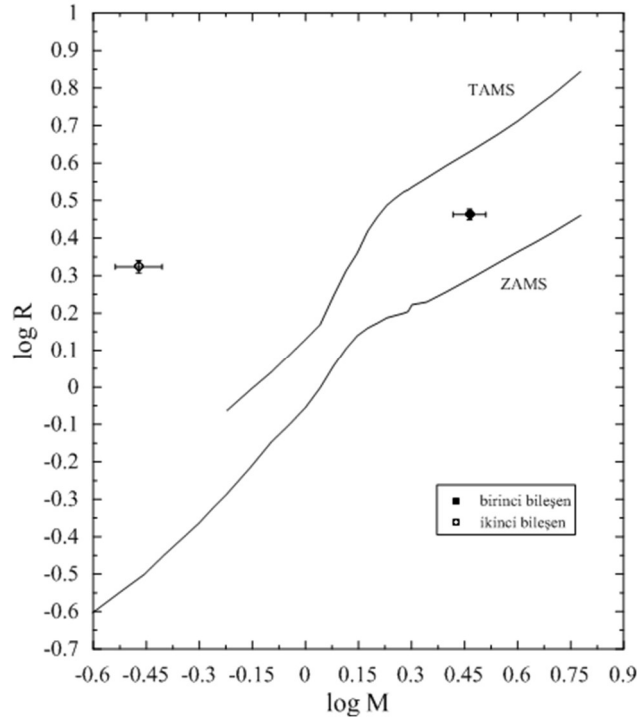
Parametre	Birinci Bileşen	İkinci Bileşen
$a (R_{\odot})$	9.10± 0.05	
$M (M_{\odot})$	2.90 ± 0.29	0.34± 0.05
$R (R_{\odot})$	2.90± 0.04	2.11± 0.03
$T (K)$	9790± 300	6593± 330
$\log g (cgs)$	3.98 ± 0.06	3.32± 0.05
$M_{bol} (mag.)$	0.15± 0.16	2.56± 0.23
$M_V (mag.)$	0.35± 0.16	2.25± 0.23
$L (L_{\odot})$	69.73±10.32	7.56± 1.61
$BC (mag.)$	-0.2	-0.01
$V^* (mag.)$	6.74± 0.01	
$d (pc)$	188± 14	

*: Simbad veri tabanından alınmıştır.

V356 Vel'in mutlak parametrelerinin hesaplanmasında, güneş değerleri, Pecaut & Mamajek (2013) çalışmasından $T_{etkin}=5771.8\pm 0.7 K$, $M_{bol}=4.7554\pm 0.0004 mag$ ve $g=27423.2\pm 7.9 cm/s^2$ olarak alınmıştır. Sistemin bileşenlerinin bolometrik düzeltmeleri (BC) ise, Budding & Demircan (2007) çalışmasından belirlenmiştir. Sistem için renk artığı, $E(B-V)$, Eker ve ark.'nın (2009) verdiği yöntem kullanılarak, 0.057 olarak hesaplanmış ve buradan, yıldızlararası soğurma, A_V , 0.177 olarak belirlenmiştir. Yıldızlararası soğurmanın dikkate alındığı uzaklık modülü, bu çalışmada elde edilen çözüm sonuçlarına göre sistemin uzaklığını, 188±14 pc olarak vermektedir. van Leeuwen (2007) çalışmasında verilen Hipparcos paralaksı kullanılırsa çift yıldızın uzaklığı 190±16 pc olarak bulunmaktadır. Farklı yöntemlerle belirlenen bu iki uzaklık değeri kıyaslanırsa, hata sınırları içinde, birbirleriyle uyumlu oldukları görülmektedir.

- Hesaplanan tahmini mutlak parametrelere göre, $\log M - \log R$ diyagramındaki sistemin bileşenlerinin konumları, Şekil 3.'te verilmektedir. Diyagramda, ZAMS (Zero Age Main Sequence) Sıfır Yaş Anakolu ve TAMS (Terminal Age Main Sequence) Terminal Yaş Anakolu, Girardi ve ark.'nın (2000) düşük kütleli yıldız modelleri için verdiği değerlere göre çizilmiştir. Kimyasal bolluk oranı için güneş modeli ($Z=0.019$) seçilmiştir. Kütle - yarıçap diyagramında, birinci bileşen anakol bandı içinde yer alırken ikinci bileşenin TAMS sınırını geçerek evrimleşmiş olduğu görülmektedir.

β Lyrae türü örten çift V356 Vel'in bileşen yıldızlarının daha duyarlı mutlak parametrelerini belirlemek ve sistemin evrim durumunu incelemek için yüksek çözünürlüklü tayfsal gözlemlerle birlikte çok - renk fotometrik gözlemlerine ihtiyaç vardır.



Şekil 3: V356 Vel örten çift yıldızının bileşenlerinin kütle – yarıçap diyagramındaki konumları.

Teşekkür

Bu çalışma Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimince Desteklenmiştir. Proje Numarası: FYL-1195. Bu çalışmada, “SIMBAD (at CDS, Strasbourg, France)” ve “NASA Astrophysics Data System Abstract Service” veri tabanları kullanılmıştır.

5. Kaynaklar

- Bradstreet, D. H., & Steelman, D. P. 2002, AAS, 201, 1224
Claret, A., & Bloemen, S. 2011, A&A, 529, 75
Claret, A., Hauschildt, P. H., & Witte, S. 2013, A&A, 552, 16
Drilling, J. S., & Landolt, A. U. 2000, In: Artur, N. C. (Ed.), Allens Astrophysical Quantities, 4th ed. (New York: AIP Press/Springer) ISBN 0 – 387 – 98746 – 0
Eker, Z., Bilir, S., Yaz, E., Demircan, O., & Helvacı, M. 2009, AN, 330, 68
ESA The Hipparcos & Tycho Catalogues 1997, SP – 1220
Gontcharov, G.A. 2008, Astron. Lett., 34, 7
Gontcharov, G.A. 2012, Astron. Lett., 38, 694
Hauck, B., & Mermilliod, M. 1998, A&AS, 129, 431
Kazarovets, E. V., Samus, N. N., Durlevich, O. V., ve ark. 1999, A&A, 412, 465
Lucy, L. B. 1967, ZA, 65, 89
Malkov, O. Yu., Oblak, E., Snegireva, E. A., & Torra, J. 2006, A&A, 446, 785
Ogloza, W., & Zakrzewski, B. 2004, IBVS 5507
Paczynski, B., Szczygiel, D. M., Pilecki, B., & Pojmanski, G. 2006, MNRAS, 368, 1344
Paunzen, E. 2015, A&A, 580:23, 1
Pecaut, M. J., & Mamajek, E. E. 2013, ApJS, 208, 9
Pojmanski, G. 1998, AcA, 48, 35
Pojmanski, G. 2000, AcA, 50, 177
Rucinski, S. M. 1969, AcA, 19, 245
van Leeuwen, F. 2007, A&A, 474, 653
Wilson, R. E., & Devinney, E. J. 1973, ApJ, 182, 539