

T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



ASAS KATALOĞUNDAKİ İKİZ ÇİFT YILDIZLARIN FOTOMETRİK VE  
İSTATİSTİK İNCELENMESİ

Oğuzhan SARI

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
UZAY BİLİMLERİ VE TEKNOLOJİLERİ ANABİLİM DALI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ

NİSAN 2018

ANTALYA

**T.C.**  
**AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**ASAS KATALOĞUNDAKİ İKİZ ÇİFT YILDIZLARIN FOTOMETRİK VE  
İSTATİSTİK İNCELENMESİ**

**Oğuzhan SARI**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**UZAY BİLİMLERİ VE TEKNOLOJİLERİ ANABİLİM DALI**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**NİSAN 2018**

**ANTALYA**

**T.C.**  
**AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ASAS KATALOĞUNDAKİ İKİZ ÇİFT YILDIZLARIN FOTOMETRİK VE  
İSTATİSTİK İNCELENMESİ**

**Oğuzhan SARI**

**UZAY BİLİMLERİ VE TEKNOLOJİLERİ ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Bu tez TÜBİTAK tarafından 115F029 nolu proje ile desteklenmiştir.**

**NİSAN 2018**  
**ANTALYA**

**T.C.**  
**AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ASAS KATALOĞUNDAKİ İKİZ ÇİFT YILDIZLARIN FOTOMETRİK VE  
İSTATİSTİK İNCELENMESİ**

**Oğuzhan SARI**

**UZAY BİLİMLERİ VE TEKNOLOJİLER ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

Bu tez 17/04/2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Volkan BAKIŞ (Danışman)

Prof.Dr. Zeki EKER

Prof.Dr. Türker ÖZKAN

## ÖZET

### ASAS KATALOĞUNDAKİ İKİZ ÇİFT YILDIZLARIN FOTOMETRİK VE İSTATİSTİK İNCELENMESİ

Oğuzhan Sarı

Yüksek Lisans Tezi, Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Volkan Bakış

Nisan 2018, 41 sayfa

İkiz çift yıldızların tayfsal dağılımı üzerine yapılmış mevcut araştırmalarda, ikiz sistemler tayfsal yörünge parametrelerinden bulunan kütle oranları dikkate alınarak belirlenmiştir. Bu tezde ASAS kataloğunda ışık eğrileri mevcut olan örten çift yıldızlar arasından ikiz olma ihtimali olan adaylar fotometrik yöntemler kullanılarak belirlenmiştir. Bir çift yıldızın, ikiz çift yıldız olarak kabul edilebilmesi için bileşenlerinin kütle oranlarının bire yakın ( $q \geq 0.95$ ) olması gerekmektedir. Literatürde bu şarta uyan ve ikiz çift yıldız oldukları tespit edilen 36 adet çift yıldız bulunmaktadır. Tayfsal olarak gözlenen sistemlerde birçok seçim etkisi olduğundan, seçim etkileri arındırılmış bir veri seti üzerinden ikiz çift yıldız istatistiğine ihtiyaç vardır. Bu tez ile bilinen ikiz çift yıldızların sayısı artırılmış ve tayf türlerine göre dağılımları belirlenmiştir. Bunu yapmak için ASAS kataloğundaki tüm örten çiftler (11062 adet) arasından Algol türü olanlar ayıklanmış, bunlardan baş ve yan minimum derinlikleri birbirine yakın olanlar (470 adet) belirlenmiştir. 470 ikiz adayının ülkemizden gözlenebilenleri (240) ayıklanmış ve ayıklananların ışık eğrisi analizi yapılmıştır. Işık eğrisi analizi sonucunda sıcaklık ve yarıçap oranları 0.95-1.05 aralığında olan 54 adet sistem ikiz olarak kabul edilip kızıllaşmadan arındırılmış gerçek renklerini belirlemek için TUG T100 teleskobu ile çok renk fotometrik gözlemleri yapılmıştır. 54 ikiz çift yıldız arasından gözlemleri bu tez süresince tamamlanan 20 ikiz çift yıldızın renk-renk diyagramı kullanılarak tayf türleri belirlenmiştir. Tayf türlerinin dağılımı incelenmiş ve her hangi bir tayf türünde yoğunlaşma tespit edilmemiştir. Veri setimizde hiçbir O-türü ve M-türü sistemin olmaması dikkat çekicidir. Gözlemi yapılmış ancak indirgeme ve analiz süreci tamamlanamayan diğer 35 ikiz çift sistemin tayf türlerinin de istatistiksel olarak incelemeye dâhil edilmesi daha güvenilir bir sonuç için gereklidir.

**ANAHTAR KELİMELEER:** İkiz çift yıldız, Örten çift yıldız, Fotometrik analiz, Renk-Renk diyagramı.

**JÜRİ:** Prof. Dr. Volkan BAKIŞ  
Prof.Dr. Zeki EKER  
Prof.Dr. Türker ÖZKAN

## ABSTRACT

### PHOTOMETRICAL AND STATISTICAL INVESTIGATION OF TWIN BINARY STARS IN THE ASAS CATALOG

Oğuzhan SARI

MSc Thesis in SPACE SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Supervisor: Prof. Dr. Volkan BAKIŞ

April 2018, 41 pages

In existing studies on the spectral type distribution of twin binary stars, twin systems have been identified, taking into account the mass ratios found in the spectral orbit parameters of the binary stars studied. In this thesis, twin stars with light curves in ASAS were identified and photometric methods were used to identify twins. In order for a binary star to be regarded as a twin binary, the mass ratios of their components should be close to one ( $q \geq 0.95$ ). There are 36 binary stars in the literature that are found to be twin binary stars. Since these systems have many selection effects, twin binary stars are needed on a data set free of selection effects. With this thesis study, the number of known twin stars has been increased and their distributions according to their spectral types have been determined. To do this, Algol types were extracted from all binaries (11062) in the ASAS catalog, and the primary and secondary minimum depths (470) were determined. Among these 470 twin candidates, those that can be observed in our country (240) are extracted and their light curves were analyzed. As a result of the light curve analysis, 54 systems with temperature and radius ratios between 0.95 and 1.05 were considered as twin and multi-color photometric observations were made with the TUG T100 telescope to determine the true colors without interstellar reddening. Spectral types were determined using color-color diagram of 20 twin stars whose observations among 54 twin stars were completed during this thesis. The distribution of spectral types was examined and no condensation was detected in any spectral type. It is noteworthy that there is no O-type and M-type system in our data set. However, it is necessary to include the spectral types of the other 35 twin pairs, which have been observed but the reduction and analysis process could not be completed, for a more reliable statistical conclusion.

**KEYWORDS:** Twin binary star, Eclipsing binary star, Fotometric analysis, Color-Color diagram.

**COMMITTEE:** Prof. Dr. Volkan BAKIŞ  
Prof. Dr. Zeki EKER  
Prof. Dr. Türker ÖZKAN

## ÖNSÖZ

Bu tez araştırması boyunca bana her türlü desteği sağlayan, bilgisi ve tecrübesi ile bana yol gösteren, anlayışı ile motivasyonumu daima yüksek tutan değerli danışman hocam Prof. Dr. Volkan BAKIŞ'a, proje gözlemlerimi yapabilmem adına şahsıma olanak sağlayan TUG ekibine, yüksek lisans öğrenimim ve tez araştırması boyunca desteğini sürekli hissettiğim, doktora öğrencisi, TUG T100 teleskobu gözlem sorumlusu, sevgili arkadaşım Orhan ERECE'ye, tüm hayatım boyunca olduğu gibi tez araştırması süresince de hayatı benim için kolaylaştıran, desteği ile bana güç veren, emeklerini asla ödeyemeyeceğim sevgili ailem ve bu süreçte varlığı ile en büyük motivasyon kaynağım olan, sevgili eşim Betül Kübra SARI'ya teşekkür ederim.



## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
AKADEMİK BEYAN.....	v
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Çift Yıldızların Sınıflandırılması.....	2
1.1.1. Görünüşe göre sınıflandırma.....	2
1.1.1.1 Optik çift yıldızlar.....	2
1.1.1.2 Astrometrik çift yıldızlar.....	2
1.1.1.3 Görsel çift yıldızlar.....	2
1.1.1.4 Tayfsal çift yıldızlar.....	3
1.1.1.5 Örtünme çift yıldızlar.....	3
1.1.2. Roche Modeline göre sınıflandırma.....	3
1.1.2.1. Değeri çift yıldızlar.....	4
1.1.2.2. Yarı ayık çift yıldızlar.....	4
1.1.2.3. Ayık çift yıldızlar.....	4
1.1.3. Fotometrik sınıflandırma.....	5
1.1.3.1. Algol türü çift yıldızlar.....	5
1.1.3.2. Beta Lyrae türü çift yıldızlar.....	6
1.1.3.3. W Uma türü çift yıldızlar.....	7
1.2. İkiz Çift Yıldızlar.....	7
2. KAYNAK TARAMASI.....	10
3. MATERYAL VE METOT.....	13
3.1. İkiz Çift Yıldız Adaylarının Seçimi.....	13
3.2. Gözlemler.....	25
3.3. Renk-Renk Diyagramı.....	28
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	32
5. SONUÇLAR.....	37
6. KAYNAKLAR.....	38
7. EKLER.....	40
ÖZGEÇMİŞ.....	



## AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisan Tezi olarak sunduğum “Asas Kataloğundaki İkiz Çift Yıldızların Fotometrik Ve İstatistik İncelenmesi” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

17/04/2018

Oğuzhan SARI



## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

a	: Yarı büyük eksen uzunluğu
T	: Sıcaklık
r	: Yarıçap
q	: Kütle oranı
L	: Işıma gücü
P	: Period
T <sub>0</sub>	: Tutulma zamanı
M	: Kütle
AB	: Astronomik birim
k	: Atmosferik sönmleme katsayısı
X	: Hava kütlesi
C	: Gecelik sabit
$\alpha$	: Yarı büyük eksen uzunlukları oranı
$\gamma$	: Koç noktası (ilkbahar noktası)
v	: Gerçel ayıklık
$\omega$	: Enberi noktasının argümanı
$\Omega$	: Çıkış düğümünün boylamı
a <i>sin i</i>	: Yarı-büyük eksen uzunluğunun yörünge eğiminin sinüs çarpanı
K <sub>1,2</sub>	: Bileşenlerin yörünge yarı hız genlikleri
V $\gamma$	: Kütle merkezinin dikine hızı

### Kısaltmalar

SB9	: 9th Catalogue of Spectroscopic Binary OrbitsSB8
ASAS	: All Sky Automated Survey
EA	: Algol türü örten çift yıldız
EW	: W UMa türü örten çift yıldız
EB	: Beta-Lyrea türü örten çift yıldız
DEC	: Dik açıklık
RA	: Sağ açıklık
JD	: Julyen tarihi
ASAS ID	: ASAS kataloğundan alınan yıldızları katalog kimliği
ESD	: Yarı ayırık çift yıldız
ED	: Ayırık çift yıldız
EC	: Değen çift yıldız

## ŞEKİLLER DİZİNİ

<b>Şekil 1.1.</b> İki nokta kütle için hesaplanmış Roche eşpotansiyelleri ve Lagrange Noktaları (Sawada, K., Matsuda, T. and Hachisu, I. 1986. ).....	4
<b>Şekil 1.2.</b> Ayırık çift sistem DN Cas'ın çok bant ışık eğrisi (Bakış ve ark., 2016). .....	6
<b>Şekil 1.3.</b> Beta Lyrae türü çift sistem V716 Cen'in ışık eğrisi (Bakış ve ark., 2008).....	6
<b>Şekil 1.4.</b> W Uma türü çift sistem CN Hyi'nin ışık eğrisi (Özkardeş ve ark., 2009) .....	7
<b>Şekil 1.5.</b> 178 tayfsal çiftin kütle oranı ( $0.6 < q < 1.2$ ) dağılımı (Lucy ve Rocco 1979).....	8
<b>Şekil 1.6.</b> Çift yıldızların tayf türlerinin kütle oranına göre dağılımları (Simon ve Obbie, 2009).....	9
<b>Şekil 2.1.</b> ASAS kataloğunun ekvatoryal koordinatlardaki gözlem sayısı dağılımı.....	12
<b>Şekil 3.1.</b> ASAS 024645+0107.9 çift yıldızının ASAS kataloğundaki ışık eğrisi.....	14
<b>Şekil 3.2.</b> Ülkemizden gözlenebilen ASAS kataloğundan belirlenen 240 yıldızın parlaklık dağılımı. ....	15
<b>Şekil 3.3.</b> ASAS 024645+0107.9 çift yıldızının ışık eğrisi ( $T_1/T_2 = 1.00$ ; $r_1/r_2 = 1.00$ ) ...	15
<b>Şekil 3.4.</b> 4, 5, 6, 7, 8 ve 12 numaralı ikiz çift yıldızların ışık eğrileri .....	16
<b>Şekil 3.5.</b> 14, 16, 19, 20, 25, 28 numaralı ikiz çift yıldızların ışık eğrileri. ....	17
<b>Şekil 3.6.</b> 29, 30, 31, 35, 36, 41 numaralı ikiz çift yıldızların ışık eğrileri .....	18
<b>Şekil 3.7.</b> 55, 56, 74, 79, 82, 87 numaralı ikiz çift yıldızların ışık eğrileri.....	19
<b>Şekil 3.8.</b> 88, 95, 100, 102, 104, 105 numaralı ikiz çift yıldızların ışık eğrileri .....	20
<b>Şekil 3.9.</b> 111, 113, 123, 129, 131, 137 numaralı ikiz çift yıldızların ışık eğrileri .....	21
<b>Şekil 3.10.</b> 138, 147, 148, 149, 150, 152 numaralı ikiz çift yıldızların ışık eğrileri .....	22
<b>Şekil 3.11.</b> 155, 174, 178, 181, 194, 208 numaralı ikiz çift yıldızların ışık eğrileri .....	23
<b>Şekil 3.12.</b> 210, 212, 216, 222, 226, 236 numaralı ikiz çift yıldızların ışık eğrileri .....	24
<b>Şekil 3.13.</b> TUG T100 teleskobu standart katsayıları grafikleri. ....	28
<b>Şekil 3.14.</b> İkiz çift yıldızların Renk-Renk Diyagramındaki konumları.....	29
<b>Şekil 4.1.</b> İkiz oldukları tespit edilen çift yıldızların tayf türlerine göre dağılımı. ....	36

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<b>Çizelge 2.1.</b> ASAS (All Sky Automated Survey) projesinin yürütüldü gözlemleri ve envanterleri ( <a href="http://www.astrouw.edu.pl/asas/?page=status">http://www.astrouw.edu.pl/asas/?page=status</a> Anonim 1).....	11
<b>Çizelge 3.1.</b> Tübitak Ulusal Gözlemevi T100 teleskobunda yapılan gözlemlerin verimlilik istatistiği .....	26
<b>Çizelge 3.2.</b> TUG T100 teleskobu ile yapılan gözlemlerden elde edilen atmosferik sönmüleme katsayılarının ortalama değerleri ve hata payları.....	27
<b>Çizelge 3.3.</b> TUG T100 teleskobu ile yapılan gözlemlerden elde edilen standart katsayılar ve hata payları .....	27
<b>Çizelge 3.4.</b> İkiz çift yıldızların koordinat ve gözlem zamanlarına ilişkin bilgiler.. .....	30
<b>Çizelge 4.1</b> 54 İkiz Çift Yıldızın sıcaklık oranı( $T_1/T_2$ ), yarıçap oranı( $r_1/r_2$ ), ışım gücü oranı( $L_1/L_2$ ) ve kütle oranı( $q$ ) parametreleri .....	32
<b>Çizelge 4.2.</b> İkiz çift yıldızların standar renkleri (sütun 4-5), gerçek renkleri (sütun 6-7) ve tayf türleri. ....	34
<b>Çizelge 4.3.</b> Tayf türleri belirlenmiş olan iki çift yıldızların renk artıkları. ....	35

## 1. GİRİŞ

Tycho Brahe'nin gözlem verilerini kullanan Johannes Kepler, Brahe'nin aksine Güneş merkezli evren modelini benimsiyordu. Kepler 17. yüzyılda gezegenlerin yörüngelerindeki hareketlerini tanımlayan Kepler Yasalarını ortaya attı;

1) Her gezegen odak noktalarından birinde Güneş'inin bulunduğu eliptik bir yörüngede dolanır.

2) Gezegenler yörüngelerinde hareket ederken eşit zaman aralıklarında eşit açısal alanlar tararlar.

3) Gezegenin yörünge periyodunun karesi, elips yörüngesinin yarı büyük eksen uzunluğunun küpüne eşittir

Çift yıldızlar da kütle çekimsel kuvvetler ile ortak kütle merkezi etrafında, Kepler yasalarına göre yörünge hareketi yapan ve iki yıldızdan oluşan sistemlerdir.

Astrofizikte tek yıldızlara nispeten çift yıldızlar daha çok bilgi vermeleri sebebiyle büyük önem taşırlar. Örneğin, bir çift yıldız sisteminde bileşenlerin birbirlerine uyguladıkları kütle çekim kuvveti, bileşenlerin yörüngesinin eğimine bağlı olarak kütlelerinin belirlenmesine olanak verir. Bu tayfsal yörünge parametrelerinin belirlenmesi ile mümkündür. Tayfsal yörünge elemanları;

- P: Yoldaşın baş bileşen etrafında bir tam dolanım yapması için geçen süre  
 T<sub>0</sub>: Enberi noktasından geçiş zamanı  
 e: Yörünge basıklığı  
 ω: Enberi noktasının argümanı  
 asini: Yarı-büyük eksen uzunluğunun yörünge eğiminin sinüs çarpanı  
 K<sub>1,2</sub>: Bileşenlerin yörünge hız genlikleri  
 V<sub>γ</sub>: Sistemin kütle merkezinin dikine hızı

Bu elemanları bulabilmek için çift sistemin bileşenlerinin tayf çizgilerinin Doppler kaymasından elde edilen dikine hız eğrisine dikine hız fonksiyonunun fit edilmesi gereklidir.

$$V_{RV} = V_{\gamma} + K_{1,2} [\epsilon \cos(w) + \cos(v+w)] \quad 1.1$$

Denklem 1.1'deki v gerçek ayıklık olup içerisinde enberiden geçiş zamanı ve yörünge dönemini bulundurmaktadır.

K<sub>1,2</sub>, e ve P değerleri biliniyorsa Denklem 1.2 kullanılarak a<sub>1,2</sub>sin i Güneş yarıçapı cinsinden aşağıdaki gibi belirlenebilir;

$$a_{1,2} \sin i = (1.9758 \times 10^{-2}) (1 - e^2)^{1/2} K_{1,2} P \quad 1.2$$

Ayrıca bileşenlerin yörünge eğimine göre Güneş kütlesi cinsinden kütleleri de Denklem 1.3 ile belirlenebilir;

$$M_{1,2}\sin^3 i = (1.0361 \times 10^{-7})(1 - e^2)^{3/2} (K_1 + K_2)^2 K_{2,1} P \quad 1.3$$

Eğer bir çift sistem gözlemcinin bakış doğrultusunda periyodik olarak örtme-örtülme gösteriyorsa, ışık eğrisinin analizi bize sıcaklık oranı, görelî yarıçaplar (yarıçapın yörünge yarı-büyük eksene oranı) ve yörünge eğiminin belirlenmesini sağlar. Böylece tayfsal yörünge ile ışık eğrisi analizi sonucunda bir çift sistemi oluşturan yıldızların fiziksel parametrelerine (kütle, yarıçap) ulaşmak mümkün olabilmektedir. Yıldız evriminin anlaşılabilmesi açısından “kütle” temel parametredir. Kütlelerin bilinmesi ile yıldız evrimine ilişkin yorum yapılabilir. İlerleyen bölümlerde çift yıldızların türleri anlatılmıştır.

## 1.1 Çift Yıldızların Sınıflandırılması

Çift yıldızlar gözlemsel, Roche modeline göre ve fotometrik olmak üzere 3 ana başlıkta sınıflandırılabilir.

### 1.1.1 Görünüşe göre sınıflandırma

Gözlemsel olarak çift olduğu belirlenen sistemler de 5 ayrı kategoride incelenirler.

#### 1.1.1.1 Optik çift yıldızlar

Birbirlerine kütle çekim kuvveti ile bağlı olmayan fakat konumları itibari ile gökyüzünde çift yıldız gibi görünen yıldızlardır. Gökyüzündeki öz hareketlerinin birbirinden farklı olmasından ve belirlenebiliyorsa her bir bileşenin uzaklıklarından fiziksel bağlı bir çift yıldız sistemi olmadıkları anlaşılabilir.

#### 1.1.1.2 Astrometrik çift yıldızlar

Gözlemler ile bileşenlerden yalnızca birinin görülebildiği, diğer bileşenin ise ancak görülen bileşenin konumunun zamana bağlı değişimi sayesinde varlığının anlaşılabilirdiği sistemlerdir. Kuzey yarımkürede gökyüzünün en parlak yıldızı olan Sirius astrometrik çift sistemlerin en iyi bilinenlerindedir.

#### 1.1.1.3 Görsel çift yıldızlar

Odak uzaklığı yeterince büyük olan teleskoplar ile veya özel gözlem tekniği (spekle interferometresi vb.) ile gözlemlendiğinde iki bileşenin de görülebildiği iki yıldızdan oluşan sistemlerdir. Daha parlak olan bileşene “baş yıldız” diğerine ise “yoldaş yıldız” adı verilir. Yoldaş yıldızın baş yıldızına göre konum değişimi ölçülerek görünen yörüngesi tayin edilir. Sistemin uzaklığı biliniyorsa görünen yörünge çözümünden yarı büyük eksen ( $a$ ) ve yörünge dönemi ( $P$ ) hesaplanabilir.

#### 1.1.1.4 Tayfsal çift yıldızlar

Tayfsal çift yıldız sistemlerinde bileşenler teleskop ile dahi ayrı ayrı görülemeyecek kadar yakındırlar. Birbirlerine yakın olmaları aralarındaki kütle çekim kuvvetinin büyük olmasını dolayısıyla da yörünge hızlarının büyük olmasına sebep olur. Çift oldukları ancak tayftaki soğurma salma çizgilerinin Doppler kayması incelenerek anlaşılabilir.

#### 1.1.1.5 Örten çift yıldızlar

Yörünge eğimlerinin büyük olması sebebiyle bileşen yıldızlar gözlemcinin bakış doğrultusunda örtme örtülme gösterirler. Bu tür sistemlere “örten çift yıldızlar” adı verilir. Periyodik olarak ışık miktarındaki azalmalar ışık eğrisinin minimumu olarak adlandırılır. Derin olan minimuma baş diğerine ise yan minimum adı verilir. Minimumların başlangıç ve bitiş yerleri görelî yarıçaplar hakkında bilgi verirken, minimum derinlikleri bileşenlerin sıcaklıkları oranı hakkında bilgi verirler. Işık eğrisinin çözümü ile bulunan yörünge eğimi, tayfsal yörünge analizinden bulunamayan kütle ve yörünge büyüklüğünün belirlenmesini sağlar. Yıldız astrofizikinde bugün bildiklerimizin büyük çoğunluğunu ayrı tayfsal örten çift yıldızlara borçluyuz. Bu tezde örten çift yıldızların bize sunduğu bu avantajlar kullanılmıştır.

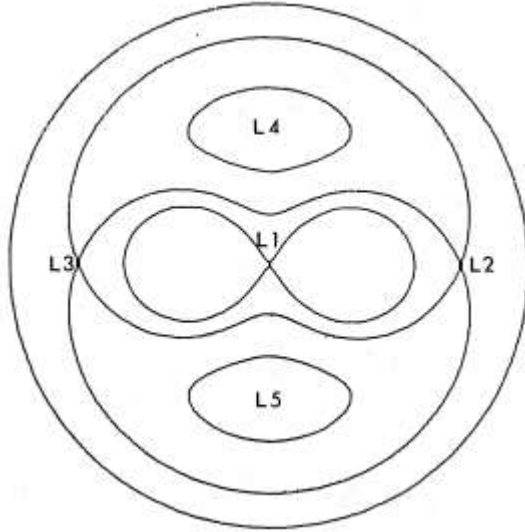
#### 1.1.2 Roche modeline göre sınıflandırma

Bu model adını, 19. yüzyılda üç cisim problemini araştıran Fransız matematikçi Edouard Roche'tan almıştır. Küresellikten sapmış birbirlerine fiziksel olarak temas eden değişen çiftler ve çeşitli tedirginlik etkilerini veren modele Roche Modeli denir. Roche Modeli kütle merkezinin etrafında dairesel yörüngelerde dolanan ikili sistemin toplam çekimsel potansiyelini ifade eder. Bir yıldızın yüzeyi bir eşpotansiyel yüzeydir ve bu yüzeylerin tanımı, bir çift sistemdeki yüzeylerin belirlenmesine olanak sağlar.

Ayrı sistemlerdeki bileşenler küresel yapıdadırlar. Bileşenler birbirlerine yaklaştığında birbirlerine bakan yüzeyleri küresellikten ayrılır (bkz. Şekil 1.1). Yıldız evriminden dolayı bileşenlerin birbirlerine bakan yüzeyleri birbirlerine yaklaşmaya devam ederken özel bir noktada (birinci Lagrange noktası,  $L_1$ ) bileşen daha fazla genişleyemez. Birinci Lagrange noktası çekim ivmesinin sıfır olduğu noktadır ve yıldız evrimi gereği şişmeye deva ederken bu noktadan kütle küçük olan bileşene kütle aktarır. Kütle alan bileşen de bir süre sonra birinci kritik Roche yüzeyini doldurarak kütle aktaran bileşen ile degen bir sistem oluşturur. Kütle aktarımı birinci Lagrange noktasından gerçekleşir (Bakış, 2003). Çift yıldız evrimini anlamamız açısından son derece önemli olan bu modeli çift yıldızlara uyarlayan ilk kişi Çekya'lı astronom ve astrofizikçi Zdenek Kopal'dir. Kopal, 1969-1970 arasında yayınladığı bir dizi makale ile çift yıldızların eş potansiyelli yüzeyler ile modellenebileceğini göstermiştir. Özellikle Dynamic of Eclipsing Binary Stars adlı kitapta (Kopal, 1978), eş potansiyel yüzeylerin çift yıldızların analizinde kullanılabilecek formüller ayrıntılı bir şekilde verilmektedir.

### 1.1.2.1 Değen çift yıldızlar (Contact binaries)

Her iki bileşenin de evrimi gereği yarıçapını arttırarak  $L_1$  noktasından geçen birinci kritik Roche yüzeyini doldurduğu sistemlerdir (Bkz. Şekil 1.1). Bu durum sonucunda bileşenler arası kütle aktarımı gerçekleşir. Kütle aktarımı Roche lobunu dolduran bileşenden diğer bileşene doğru gerçekleşir.



Şekil 1.1 İki nokta kütle için hesaplanmış Roche eşpotansiyelleri ve Lagrange noktaları (Sawada, K., Matsuda, T. and Hachisu, I. 1986. )

### 1.1.2.2 Yarı ayırık çift yıldızlar (Semi-detached binaries)

Bileşenlerden birinin Roche Lobunu doldurduğu diğerinin ise doldurmadığı sistemlerdir. Roche lobunu doldurmuş olan bileşen  $L_1$  noktasından diğerine madde aktarır. Yıldız evrimi gereği büyük kütleli bileşen küçük kütleli bileşenden daha önce Roche lobunu doldurur. Ancak Algol paradoksu olarak bilinen, bugün klasik Algollerde gördüğümüz küçük kütleli bileşenden büyük kütleli bileşene kütle aktarımı yıldız evrimine ters gibi görünse de aslında çift yıldız evrimini çok iyi anlatır. Çünkü çift yıldız evriminde büyük kütleli bileşen Roche yüzeyini doldurup küçük kütleli bileşene kütle aktardıkça kütlesi azalır ve bir süre sonra diğer bileşenden daha küçük kütleli bir bileşen halini alır. Aktarılan kütle, diğer bileşenin etrafında sarmal bir disk oluşturabilir, doğrudan üzerine düşebilir veya sistemden kaçabilir.

### 1.1.2.3 Ayırık çift yıldızlar (Detached Binaries)

Bileşenlerin ikisi de Roche Loblarını doldurmamıştır. Bileşenler arasında madde aktarımı yoktur, fakat birbirlerine olan uzaklıklarına göre yüzey şekillerinde küresellikten ayrılmalar görülebilir.



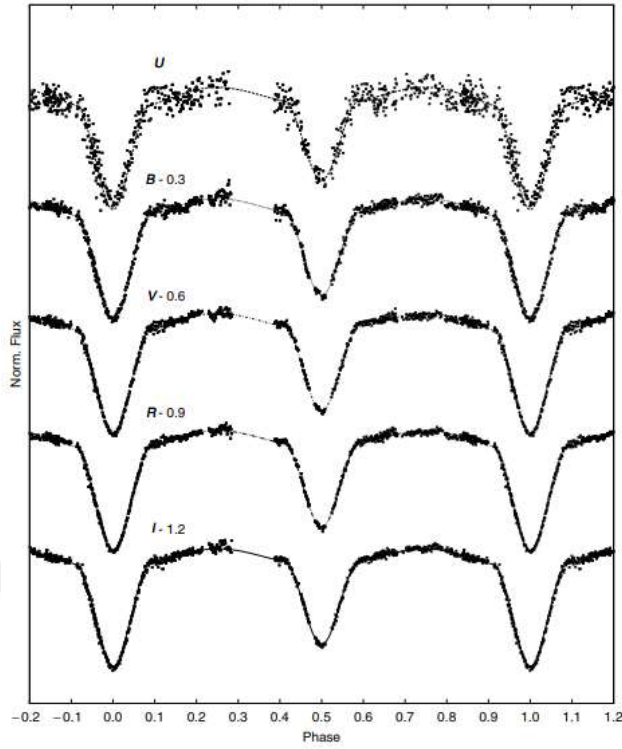
### 1.1.3 Fotometrik sınıflandırma

Fotometri, bir gök cisminden gelen ışığın foto katlandırıcı tüp veya CCD kamera gibi cihazlar ile kaydedilerek incelenmesi yöntemidir. Gözlemcinin yapmak istediği analize göre gözlem esnasında çeşitli filtreler kullanılabilir. Bu yöntem ile elde edilen örten çift yıldız ışık eğrileri Algol türü,  $\beta$  Lyrae türü ve W UMa türü olarak üç türe ayrılır.

#### 1.1.3.1. Algol türü çift yıldızlar

Işık eğrilerinde maksimumları düz veya düze yakın görünür. Bunun sebebi bileşenlerinin küresellikten çok ayrılmamasındandır. Bunun yanı sıra ayırık olup birbirine çok yakın olan sistemlerde ışık eğrisinin maksimumunda yakınlık etkileri görülür. Yakınlık etkileri kısmen gözlenebilir. Bileşenler çoğunlukla ayırık çift yıldızlardır. Sistemi oluşturan bileşenlerden birinin diğerinden daha küçük olduğunu varsayalım. Bakış doğrultumuzda büyük yıldızın küçük yıldızın önüne geçip tamamen örttüğü duruma örtülme adı verilir. Bu durumda küçük yıldızın ışığı tamamen engellenmiş olur. Bu evrede ışık eğrisinde küçük bileşenin parlaklığına göre bir azalma gözlenir. Küçük bileşenin, büyük bileşenin önüne geçtiği durumda ise ışık eğrisindeki azalma miktarı büyük yıldızın örtülen alanı ile doğru orantılıdır. Örtme esnasında küçük yıldız, büyük yıldızın merkezine geldiği sırada ışık eğrisindeki minimumun derinliği maksimuma ulaşır. Minimum tam tutulma neticesinde oluşmuşsa örtme yapan yıldızın diskinin tamamı örtülen yıldızın diskinin önüne geçerse tutulum ortasına kadar ışık azalması devam eder. Bunun sebebi örtülen yıldızın merkezindeki ışık yoğunluğunun kenarlarına oranla çok daha fazla oluşudur. Bu durumda minimum çukurunun tabanı tam tutulmada bile düz gitmez.

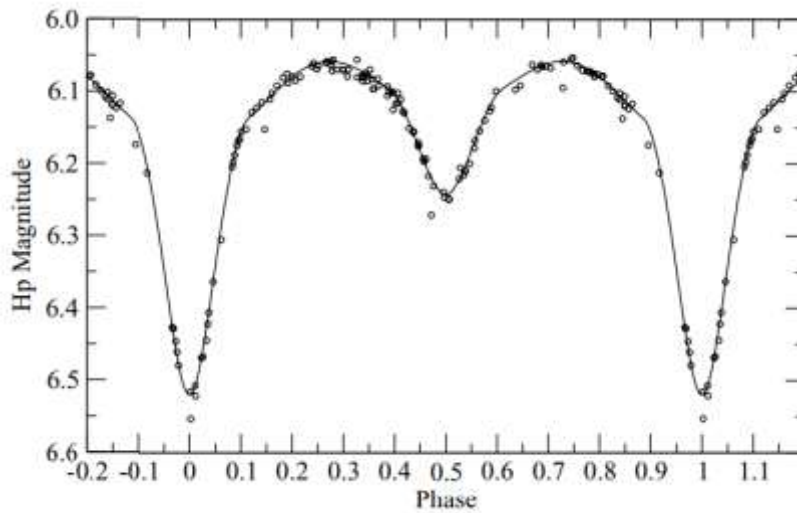
Sistemi oluşturan bileşenlerin yarıçaplarının ve sıcaklıklarının eşit olduğunu varsayarsak, ışık eğrisindeki iki minimumun da derinliklerinin aynı olmasını bekleriz. Bunun sebebi iki yıldızın da toplam ışığa katkılarının eşit olmasıdır. Bu yüzden ikiz çift yıldızların ışık eğrilerindeki minimum derinliklerinin eşit ya da birbirlerine çok yakın olmasını bekleriz. Algol türü bir çift yıldız olan DN Cas'ın ışık eğrisi Şekil 1.2'de gösterilmiştir.



Şekil 1.2 Ayrık çift sistem DN Cas'ın çok bant ışık eğrisi (Bakış vd. 2016).

### 1.1.3.2 $\beta$ Lyrae türü çift yıldızlar

Bileşenlerin birbirlerine yakın olması bunun sonucu olarak da birbirlerine uyguladıkları çekim kuvveti sebebi ile bileşenlerden en az biri küresel simetri özelliğini kaybetmiştir (Bkz. Şekil 1.3). Işık eğrilerinde sürekli bir değişim gözlenir. Minimum derinlikleri arasındaki farkın belirgin olması, ışınım güçleri arasında önemli bir fark olduğunu göstermektedir. Bu da bileşenlerin yarıçap ve sıcaklıklarının farklı olduğuna işaret eder.



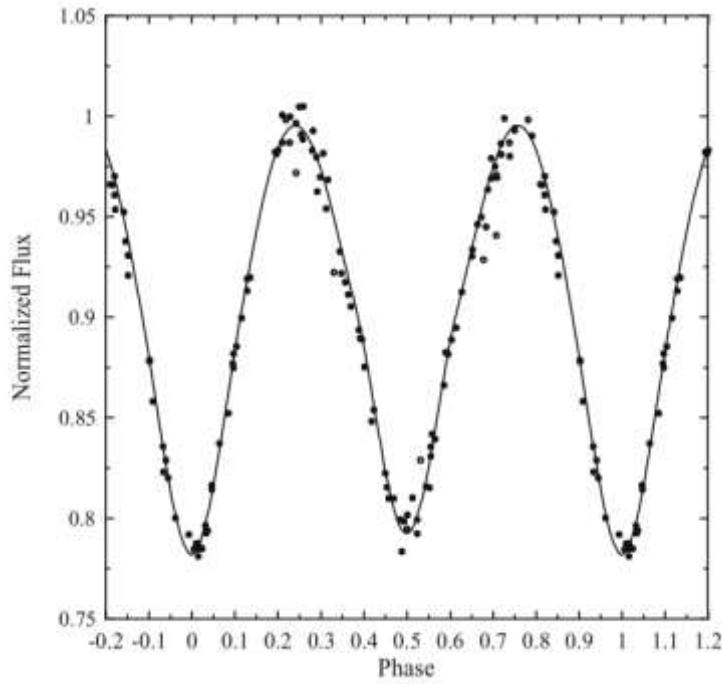
Şekil 1.3  $\beta$  Lyrae türü çift sistem V716 Cen'in ışık eğrisi (Bakış vd.2008).

### 1.1.3.3 W Uma türü çift yıldızlar

W UMa türü sistemlerde bileşenlerin yakınlık etkisi Beta Lyre türü sistemlere göre daha fazladır. Bunun bir sonucu olarak bileşenlerin her ikisi de küresel simetri özelliğini kaybetmiş ve elipsoidal bir şekle bürünmüşlerdir. Işık eğrilerindeki maksimumlarının sürekli bir değişim göstermesi ve eğimli olması da bu sebeptendir. (Bkz. Şekil 1.4) W Uma türü çift yıldızlar istatistik açıdan geri tayf türü sistemlerdir. V831 Cen gibi ön tayf türünden sistemler de vardır. (Bakış vd. 2008). Ancak bu sistemler ön tayf türünden ve oluşumları sırasında birbirine çok yakın olan sistemlerdir. Bunun dışında çift yıldız evrimi süresince açısal momentum kaybı neticesinde birbirine yaklaşır W UMa türü olan sistem daha çoktur. Bu sebeple W UMa türü sistemler geri tayf türünden ve yaşça daha büyük sistemlerdir.

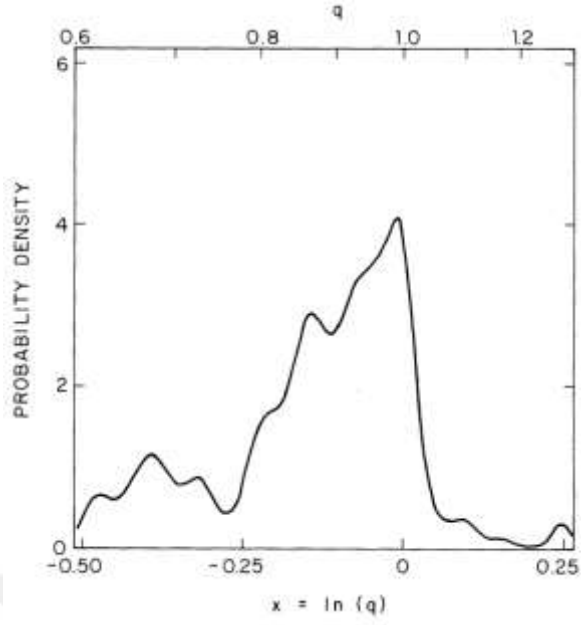
### 1.2 İkiz Çift Yıldızlar

Çift çizgili tayfsal çift yıldızlar arasında kütle oranı büyük ( $q \geq 0.95$ ) sistemlerin oranının, genel kütle oranı dağılımı ( $0 < q \leq 1$ ) içinde dikkate değer derecede yüksek olmasına ilk defa Lucy ve Ricco (1979) tarafından dikkat çekilmiştir. Kütle oranları birbirine yakın,  $0.95 \leq q \leq 1$ , ayrık tayfsal çift yıldızlar için ikiz (twin) ismini ilk kullanan da Tokovinin (2000) olmuştur. Lucy ve Ricco (1979)'ya göre dağılımda  $q \cong 0.97$ 'de görülen tepe ne evrim ne de gözlemsel seçim etkileri ile açıklanamaz (Şekil 1.5). Doğrudan ikiz çift yıldız yani benzer kütleli iki yıldız üretmeye yatkın özel bir mekanizma olmalıdır. "Fission" ve "Fragmentation" mekanizmalarını karşılaştıran Lucy ve Rocco (1979)'ya göre kesin olmamakla birlikte halka parçalanması (ring-fragmentation) mekanizması, ikiz yıldızları üreten en muhtemel mekanizmadır. Halka parçalanması yıldızlar oluşurken etrafındaki diskin parçalanması olarak adlandırılmıştır.

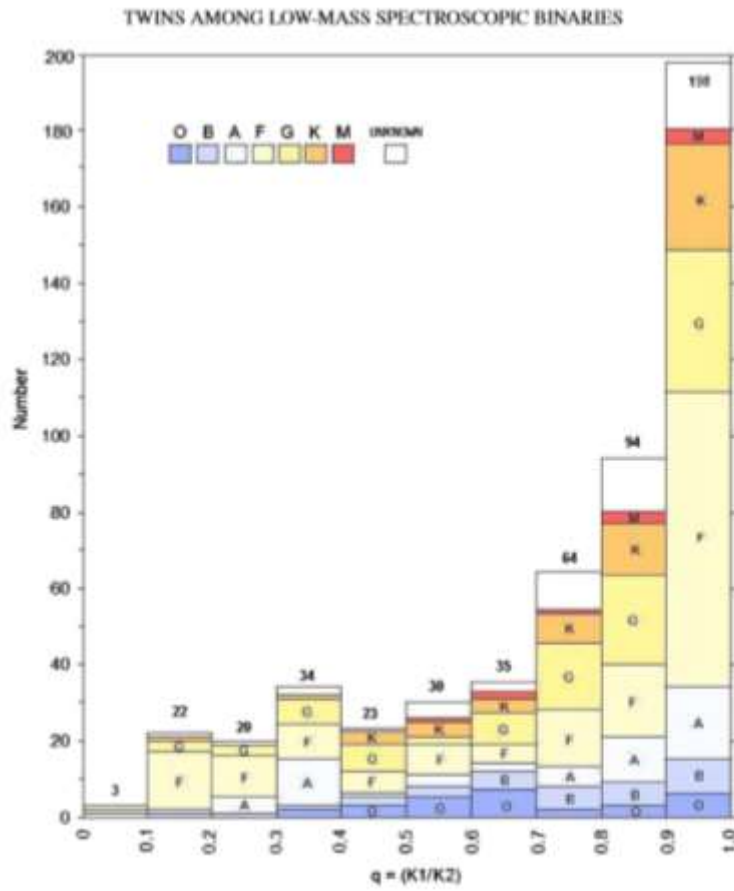


**Şekil 1.4** W UMa türü çift sistem CN Hyi'nin ışık eğrisi (Özkardeş ve ark., 2009).

Simon ve Obbie (2009) tayfsal çift yıldızlar kataloğundaki (SB9, Pourbaix vd. 2004) çift yıldızların kütle oranlarını incelediği makalesinde çift yıldızlar arasında ikiz olanların oranının %3 olduğunu ve ikiz çift yıldızların ağırlıklı olarak F, G ve K tayf türünde kümelendiğini gördüler (Şekil 1.6). Bu sonuç, yıldız oluşumunda düşük kütleli ikizlerin daha farklı bir mekanizma ile oluştuğuna işaret eder. Bu nedenle, erken tayf türündeki keşfedilmiş ikiz çift yıldızlarının sayısının artması, ikili oluşum mekanizmalarını anlamak için istatistiksel olarak önemlidir (Bakış vd. 2013). Bu tezin ana motivasyonu da bilinen ikiz çift yıldızların sayısını (36 adet) arttırarak ikiz çift yıldız oluşum mekanizmasının daha iyi anlaşılmasını sağlamak ve literatürde iddia edildiği gibi ikiz çift yıldızların tayf türlerinin gerçekten de F-G-K türlerinde yoğunlaştığını denetlemektir.



Şekil 1.5 178 tayfsal çiftin kütle oranı ( $0.6 < q < 1.2$ ) dağılımı (Lucy ve Rocco 1979).



Şekil 1.6 Çift yıldızların tayf türlerinin kütle oranına göre dağılımları (Simon ve Obbie, 2009).

## 2. KAYNAK TARAMASI

Literatürde çift yıldızların ikiz olma durumlarının incelenmesi üzerine yapılmış mevcut araştırmalar çift yıldızların büyük çoğunlukla dikine hız eğrisi çözümlerinden elde edilen tayfsal yörünge parametreleri kullanılarak yapılmıştır (örn. Lucy ve Ricco, 1979; Tokovinin, 2000; Simon ve Obbie, 2009). Bunlar arasında sayıları 30'u geçmeyen yıldızın dikine hızlarına ek olarak ışık eğrisinin de incelendiği makaleler de vardır (örn. Pinsonneault & Stanek, 2006). Dikine hız elde etmek her zaman ışık eğrisi elde etmekten daha zor olduğundan bu makalelerdeki sonuçlar örnek sayısının azlığından ikiz çift yıldızların dağılımı konusunda bir yorum yapmak için yetersiz kalmıştır (Lucy, 2006).

Tokovinin (2000)'e göre ikiz çift yıldızların oluşum senaryosu yakın çift yıldız oluşumuyla, özellikle yakın çift yıldız oluşumunun son evrelerinde çevresel maddenin merkezdeki yakın çift üstüne yığılması ile ilgilidir. Bate, Bonnell ve Bromm (2002)'un yaptığı hidrodinamik yıldız oluşum hesaplarına göre, aralarındaki uzaklık 10 AB'ye kadar olan yakın çift yıldızların oluşumunda etkili mekanizma, başlangıçta daha ayırık ama kararsız yörüngelerin küçülmesidir. Merkezdeki çift yıldız yörüngesindeki küçülmenin sebebi, çift yıldızın üstüne gaz ve toz yığılması ve/veya çiftin, çifti çevreleyen madde ile olan etkileşimidir. Bu etkileşim ve çift yıldızın üstüne düşen gaz ve madde kütle oranını artırma eğiliminde yani  $q=1$  olan ikiz oluşumunu destekler niteliktedir (Bate, Bonnell ve Bromm, 2002).

Yörünge döneminden bağımsız olarak, ikiz çift yıldız yörüngelerinin basıklığı diğer çift yıldızlarınkine oranla belirgin bir şekilde daha küçüktür. Bu da ikiz yıldızların oluşum mekanizmalarının diğerlerinden farklı olduğuna işaret etmektedir (Halbwachs vd 2003).

Lucy ve Ricco (1979)'nun kütle oranı dağılımında, ikiz çiftleri tanımlayan  $q \cong 0.97$ 'de (Şekil 1.5) görülen dar ve sivri tepe, önce Tokovinin (2000) tarafından  $q > 0.95$  ve daha sonra Halbwachs vd. (2003)'tarafından  $q > 0.8$  olarak değiştirilmiştir. Bunun üzerine, Lucy (2006), söz konusu tepe için deconvolution işleminin yapay sonucudur şeklinde yorumlayan Hogeveen (1992a)'in eleştirilerini de dikkate alıp, yüksek duyarlılığa sahip veri setindeki tepenin belirgin ve dikkate değer olduğuna işaret etti ve iddialara kaynak olan Hogeveen (1992b)'in  $q$  dağılım fonksiyonun yanlışlığını eleştirmiştir.

İkiz tanımını  $q > 0.95$  olarak kabul eden Pinsonneault and Stanek (2006), Küçük Macellan Bulutunda gözlenmiş 21 ayırık örten çift yıldızdan oluşan veri seti içinde %50 oranda benzer kütleli ( $q > 0.87$ ) ayırık örten çift yıldız olduğunu ve yakın çift yıldızlar içinde doğal bir populasyon oluşturan ikiz çift yıldızların çift sıkışık (yoğun) sistemlerin NS-NS, NS-BH, BH-BH oluşumlarını anlamak için de ayrı bir önem arz ettiğini beyan etmiştir.

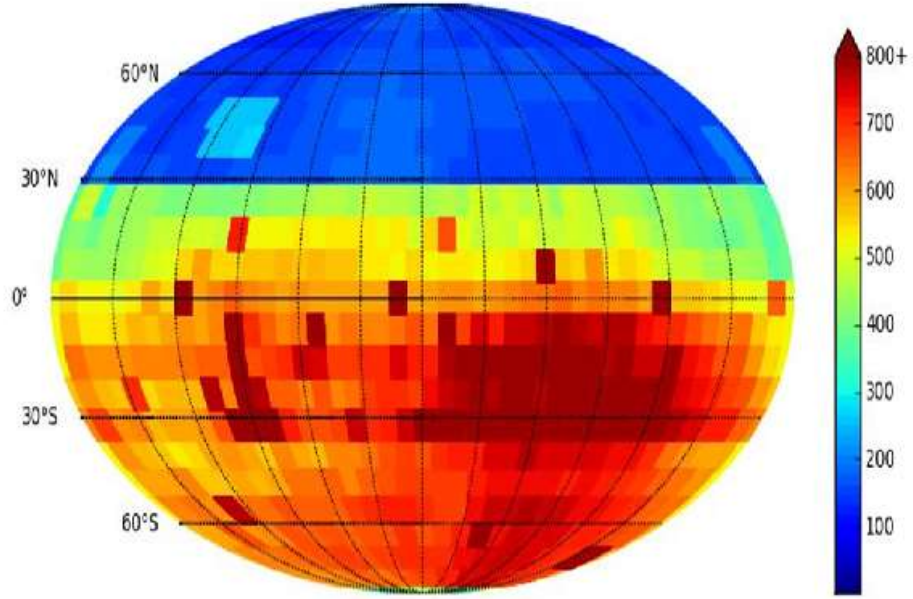
Literatürdeki tüm bu araştırmalar ikiz çift yıldızların hakkındaki tayfsal bilgi üzerine kurulmuştur. Tayfsal verilerde ise bazı seçim etkilerinin varlığından söz edebiliriz. Örneğin geri tayf türündeki yıldızlarda daha çok tayf çizgisi daha duyarlı kütle oranı belirlenmesini sağlar. Bu da ön ve geri tayf türlerindeki yıldızlarda kütle oranının belirlenmesinde bir seçim etkisi oluşturur. En önemlisi çift çizgili tayfsal

yıldızlarda ışık eğrisi incelenmeden bileşenlerin Roche yüzeylerini doldurup doldurmadıkları anlaşılabilir. Roche yüzeyini dolduran bileşene sahip sistemlerde kütle transferi olacağından belirlenen kütle oranı sistemin oluşum anındaki kütle oranından farklı olacaktır. Bu da tayfsal yöntemlerle kütle oranı belirlenen sistemlerde sistematik bir hataya sebep olacaktır. Bu sebeple bu tezde tayfsal kütle oranından ziyade çift sistemin kütle oranını anakoldaki ayırık sistemlerin ışık eğrisi analizi sonucu ile elde edilen kütle oranlarının bire yakın olanlarını belirlemek suretiyle ikiz çift yıldızların belirlenmesi ve tayf türlerinin araştırılması yoluna gidilmiştir. Bu yöntem literatürde daha önce uygulanmadığı için özgündür.

1997 yılında ilk prototip enstrümanlar ile gözleme başlayan ASAS projesinin nihai amacı her türden fotometrik değişimin tespit edilmesi ve incelenmesidir. ASAS, gözlemlerini bir tanesi Şili’de bulunan Las Campanas Gözlemevi, diğeri ise Hawaii’de bulunan Haleakala Gözlemevinde olmak üzere, I ve V filtrelerinde, geniş alan cihazları ile donatılmış iki gözlem istasyonunda yapmaktadır. Çizelge 2.1’de ASAS projesinde kullanılan teleskoplara ilişkin bilgiler verilmektedir. Bu çizelgeden de anlaşılacağı üzere ASAS farklı dönemler arasında farklı cihazlar ile gözlemlere devam etmiş ve etmektedir.

**Çizelge 2.1** ASAS (All Sky Automated Survey) projesinin yürütüldü gözlemleri ve envanterleri.

	ASAS-1 1997-?	ASAS-2 1998-2000	ASAS-3 2000-2009	ASAS-3N 2006-	ASAS-4 2010-
Lokasyon	Chile, LCO		Chile, LCO	Hawaii, Maui	Chile, LCO
Enlem	29.01°S		29.01°S	20.707083°N	29.01°S
Boylam	70.70139°W		70.70139°W	156.25747°W	70.70139°W
Yükseklik	2215 m		2215 m	3056 m	2215 m
Filtreler		I	V, I	V, I	V, I
Mercekler			200/2.8	200/2.0	200/2.0
FoV			8.5° x 8.5°	8.5° x 8.5°	10.9°x10.9°
CCD			2048 x 2048	2048 x 2048	4096 x 4096
Poz süresi			180s	180s	180s
V band görüntü			> 334,000	> 38,641	> 102,000
I band görüntü		>4000	> 282,000	> 29,263	



**Şekil 2.1** ASAS kataloğunun ekvatoriyel koordinatlardaki gözlem sayısı dağılımı.

( <http://www.astrouw.edu.pl/asas/data/poster.pdf> )



### 3. MATERYAL VE METOT

#### 3.1 İkiz Çift Yıldız Adaylarının Seçimi

Yıldızların tüm yüzeyinden birim zamanda tüm doğrultularda çıkan enerjiye ışınım gücü ( $L$ ) adı verilir. Işınım gücü bir yıldızın yüzey alanı ve etkin sıcaklığı ile doğru orantılıdır (Denklem 3.1). Bu denklemden anlaşılacağı üzere bir çift yıldız sisteminin bileşenlerinin yarıçapları oranı ve sıcaklıkları oranı bileşenlerin ışınım güçleri oranını belirler.

$$L = 4\pi R^2 \sigma T^4 \quad (3.1)$$

Anakol yıldızlarının ışınım güçleri ile kütleleri arasında da bir ilişki vardır (Demircan ve Kahraman 1991, Eker vd. 2015). Bir çok yazar anakol yıldızlarının ışınım güçlerinin kütlelerinin  $\alpha=3.5$  ( $L \approx M^\alpha$ ) katı ile orantılı olduğunu söylese de (Demircan 1991), Eker vd. (2015) ışıltma ile kütle arasındaki ilişkinin kütle göre  $2.5 < \alpha < 5$  aralığında değişen oranlarda olduğunu söylemektedir. Buradan yola çıkarak bileşenlerin, yarıçap ve sıcaklık oranlarını tespit ettiğimizde ışınım gücü oranlarına ulaşırız. Bu oran da bize bileşenlerin kütle oranını verir (bkz Denklem 3.2-3.4).

Bileşenlerin ışınım güçleri oranı,

$$\frac{L_1}{L_2} = \left(\frac{R_1}{R_2}\right)^2 \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^4 \quad (3.2)$$

Işınım gücü kütle bağıntısı,

$$L \approx M^{3.5} \quad (3.3)$$

Bileşenlerin ışınım gücü oranlarının kütle oranı ile ilişkisi,

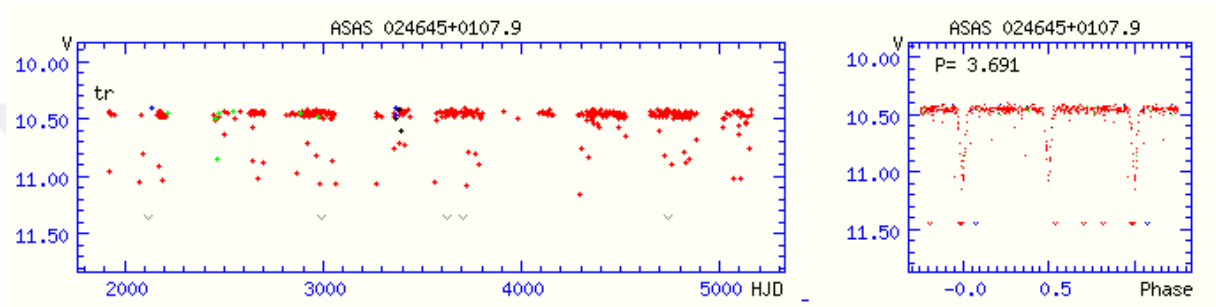
$$\frac{L_2}{L_1} = \left(\frac{M_2}{M_1}\right)^{3.5} = q^{3.5} \quad (3.4)$$

Bu tezde incelenen sistemler için kütle bilinmediğinden genel kabul gören  $\alpha=3.5$  alınmıştır. Ancak bu farklılık ışınım güçleri oranının 1'e yakın olan çift yıldızlarda kütle oranının da 1'e yakın olacağı gerçeğini değiştirmez. Örneğin  $L_2/L_1=0.99$  ışıltma oranı için  $\alpha=3.5$  alındığında (Denklem 3.4) kütle oranı 0.997,  $\alpha=2.5$  alındığında ise  $q=0.996$ ,  $\alpha=5.0$  alındığında ise 0.98 çıkmaktadır. Görüldüğü gibi değişim üçüncü basamakta en fazla 2 birim (binde iki) değişmektedir.

Kütle oranını ışıltma oranından tahmin edebiliyorsak, evrimleşmemiş, anakol yıldızlarının oluşturduğu çift sistemlerin ışık eğrisi analizi ile bulunan sıcaklık ve yarıçap oranları kullanılarak bir sistemin ikiz çift yıldız olup olmaması hakkında bilgi sahibi olabiliriz.

Bu amaçla ASAS kataloğunda bulunan yaklaşık 11060 adet ayırık, yarı ayırık ve ayırık olmayan örtün çift yıldızın katalogdaki ışık eğrileri incelenmiş, ışık eğrisi maksimumu düz ya da düze yakın olmayan ve minimum derinlikleri gözle görülür derecede farklı olan çift yıldızlar ilk aşamada elenmiştir. Bu inceleme ASAS veri

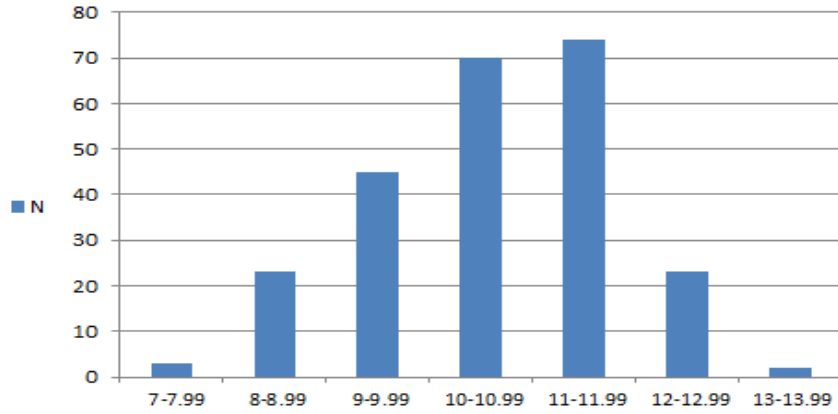
tabanındaki değişen yıldızlar katalogunda her bir yıldızın ait ışık eğrisi incelenerek yapılmıştır (bkz. ASAS 024645+0107.9 yıldızı için Şekil 3.1). Bu elemanın sebebi evrimleşmemiş, Roche yüzeyini doldurmamış, bileşenlere sahip örten çift sistemlerin belirlenmesidir. Bileşenlerin Roche loblarını doldurmuş olması durumunda kütle transferi söz konusu olacağından oluşum esnasındaki kütle oranı da madde aktarımı süresince değişecektir. Katalogdaki sınıflandırmada hata yapılmış olma ihtimaline karşın, katalogta verilen sınıflandırma (EA, EB, ESD vb.) dikkate alınmayıp tüm örten sistemlerin ışık eğrilerine tek tek bakılmıştır. Işık eğrileri üzerinden yapılan eleme sonucunda ikiz çift yıldız aday sayısı 11060'tan 470'e indirgenmiştir. Ayrık sistemlerde derinliği aynı iki minimumun var olması, aynı yarıçap ve sıcaklığa dolayısı ile özdeş bileşenlere işaret eder. Bu tür sistemlerdeki bileşenlerin aynı kütleli yıldızlardan oluşması beklenir.



**Şekil 3.1** ASAS 024645+0107.9 çift yıldızının ASAS katalogundaki ışık eğrisi

Daha sonra bu 470 çift yıldızın gözlem noktaları (Julyen tarihi cinsinde gözlem zamanı ve V parlaklıkları) ASAS katalogundan alınmıştır. 470 adaydan 240 tanesi ülkemizden gözlenebilir koordinatlarda olduğundan tez süresi boyunca bu 240 yıldızın ikiz olma durumları incelenmiştir. ASAS veri tabanı belli bir parlaklık aralığındaki tüm yıldızları gözlediğinden kuzey veya güney yarım küredeki yıldız seçimi istatistik incelemede bir sorun teşkil etmeyecektir. İnceleme programına alınan 240 aday yıldızın parlaklık dağılımına (Şekil 3.2) bakıldığında ülkemizdeki gözlem imkanları ile de gözlenebilecekleri anlaşılmıştır. İncelenen çift yıldızların gözlemlerinin yapıldığı TUG bünyesindeki T100 teleskobu buna örnek verilebilir. T100 teleskobu 21 kadir ve daha parlak olan yıldızların gözlemine olanak sağlayacak optik ve elektronik donanıma sahiptir.

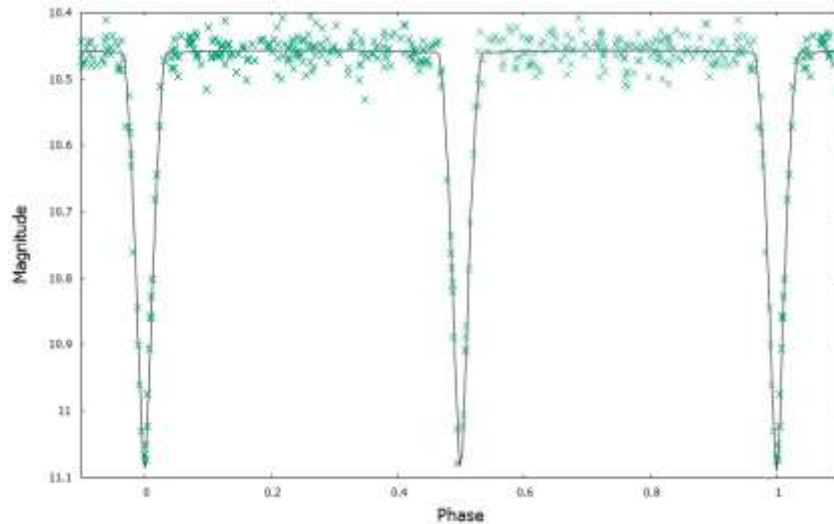
İkiz çift yıldız adayı olarak seçilen ve ülkemizden gözlemlenebilen 240 çift yıldızın JD (Julyen tarihi) ve V bandındaki parlaklık verileri ASAS katalogundan alınmış ve Wilson-Devinney ışık eğrisi analiz programını kullanan Phoebe (Prsa and Zwitter 2005) arayüzünde teorik ışık eğrileri üretilmiştir. Bu yöntem ile ikiz çift yıldız adaylarının görelî yarıçap, sıcaklık ve ısıtma oranları gibi parametrelerin yanı sıra dönem, tutulum zamanı, yörünge basırlığı ve yörünge eğimi gibi parametreler de elde edilmiştir. Bu işlem sırasında yıldızların bazılarının ASAS katalogunda verilen yörünge dönemi (P) ve tutulum zamanı ( $T_0$ ) verilerinin hatalı olduğu anlaşılmıştır. Phoebe programında teorik ışık eğrileri çizdirilirken bu hatalar düzeltilmiştir.



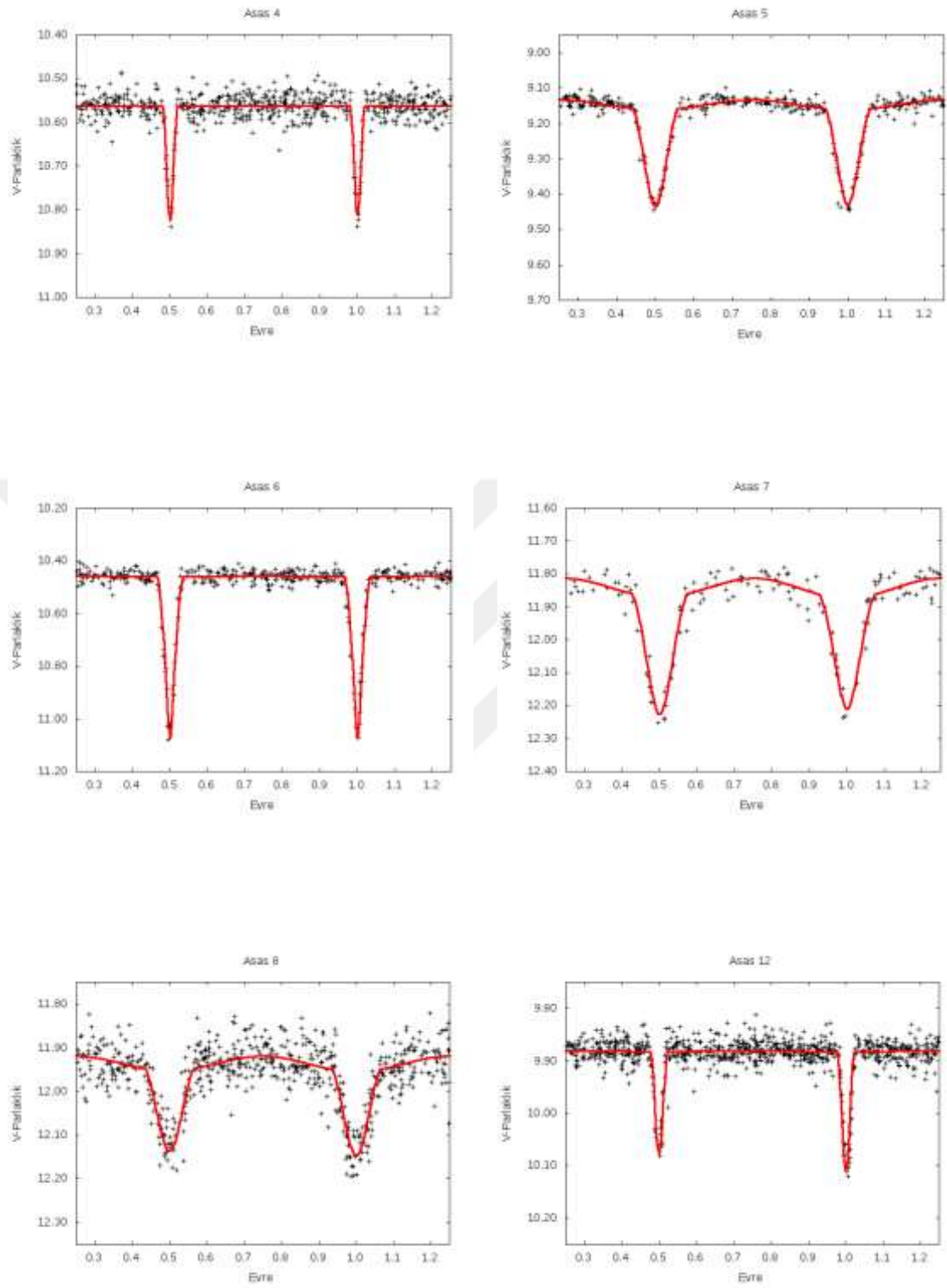
**Şekil 3.2** Ülkemizde gözlenebilen ASAS kataloğundan belirlenen 240 yıldızın parlaklık dağılımı.

Şekil 3.3'te ASAS 024645+0107.9 sisteminin ışık eğrisi ve ona en iyi uyan teorik model gösterilmektedir. Bunun gibi 240 aday yıldızdan diğerlerinin ışık eğrisi çözümleri incelendiğinde sıcaklık ve görel yarıçap oranı 0.95-1.05 aralığında olan 54 ikiz çift sistem belirlenmiştir. Belirlenen bu 54 sistemin ışık eğrileri ve en uygun teorik fitler Şekil 3.4-3.12'de gösterilmiştir. Ayrıca çözüm parametreleri Çizelge 4.1'de verilmiştir. Adayların isimlendirilmesinin daha kolay olması için ASAS katalog ID'si yerine 1 ile 240 arasında yıldızların sağ açıklıklarına göre sıralama yapılmıştır. Buna göre örneğin ASAS 024645+0107.9 yıldızının bu tezdeki numarası 6 olarak belirlenmiştir (bkz. Çizelge 4.3).

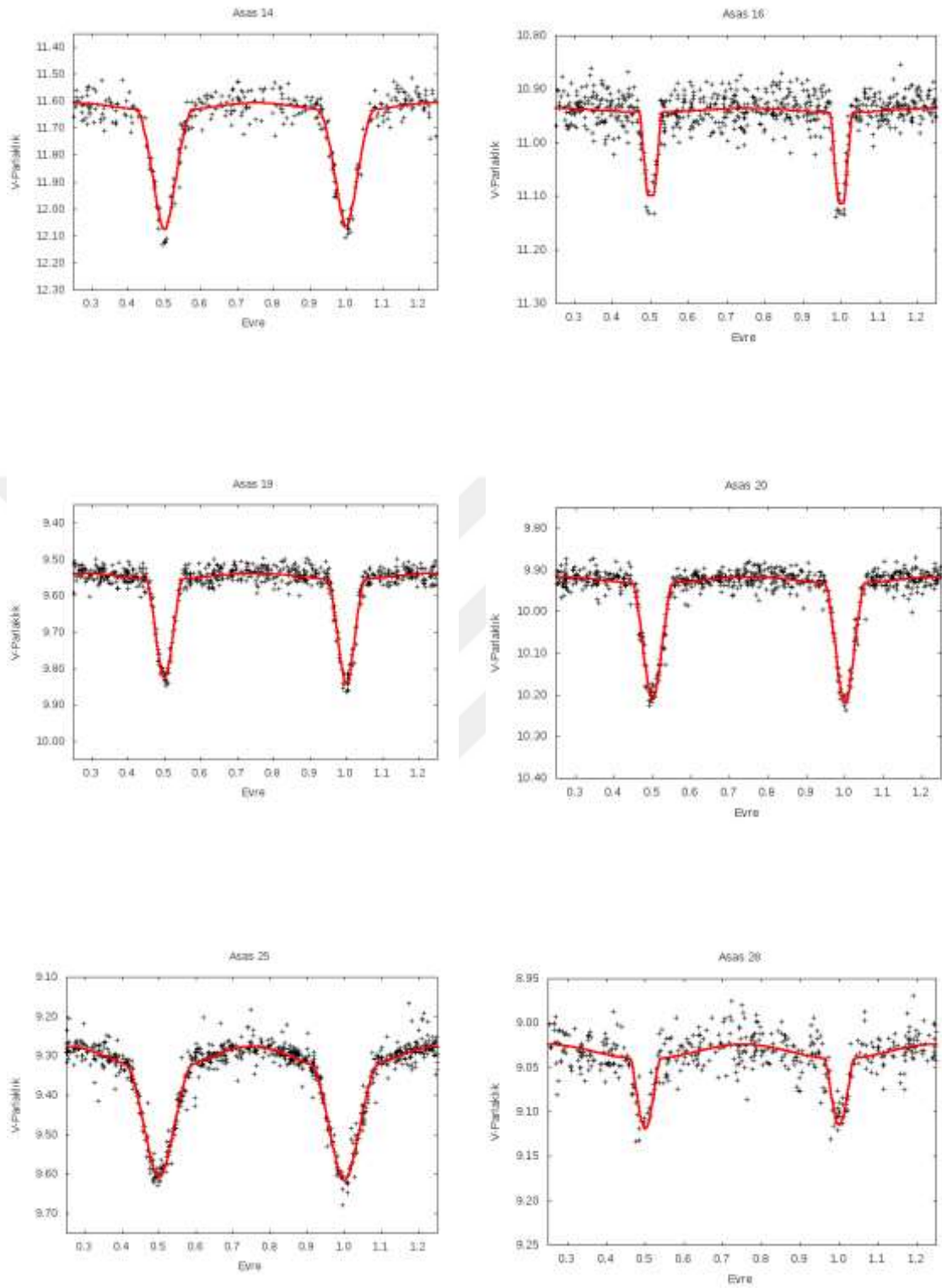
Bileşenlerin yarıçaplarının ve sıcaklıklarının oranlarının 1'e yakın olması 3.2-3.4 denklemlerine göre kütle oranlarının da 1'e yakın olduğunu söyler. Lucy ve Ricco (1979) ikiz yıldızlar için bileşenlerin kütleleri oranını  $q \cong 0.97$  olarak tanımlamıştır. Daha sonra bu oran Tokovinin (2000) tarafından  $q > 0.95$  olarak güncellenmiştir. Bu tezde belirlediğimiz 54 adayın kütle oranları Çizelge 4.1'de verilmiştir. Bu oranlara bakıldığında kütle oranı aralığının 0.98-1.02 aralığında değiştiği görülmektedir.



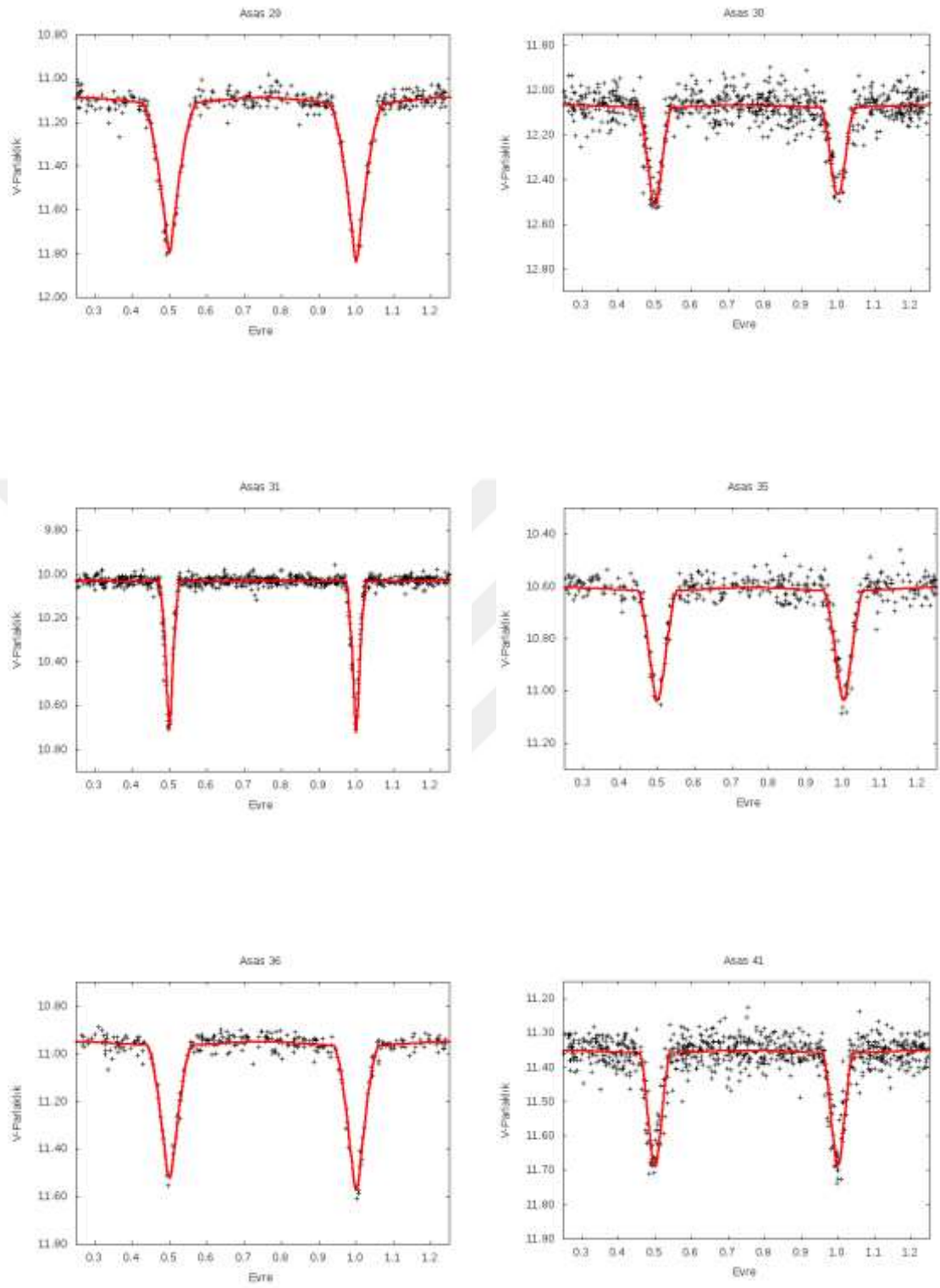
**Şekil 3.3** ASAS 024645+0107.9 çift yıldızının ışık eğrisi ( $T_1/T_2= 1.00$ ;  $r_1/r_2= 1.00$ )



Şekil 3.4 4, 5, 6, 7, 8 ve 12 numaralı ikiz çift yıldızların ışık eğrileri

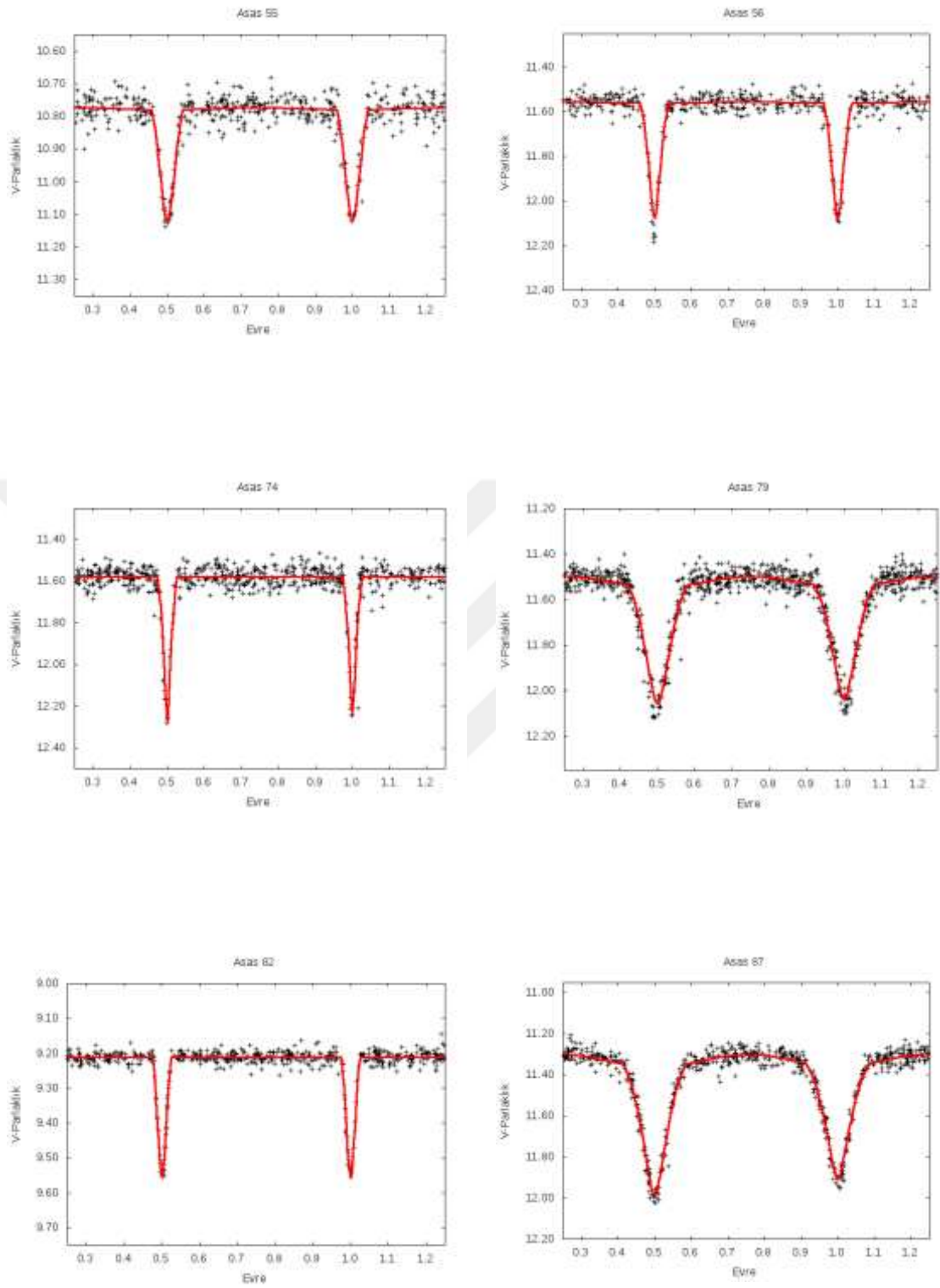


**Şekil 3.5** 14,16,19,20, 25 ve 28 numaralı ikiz çift yıldızların ışık eğrileri

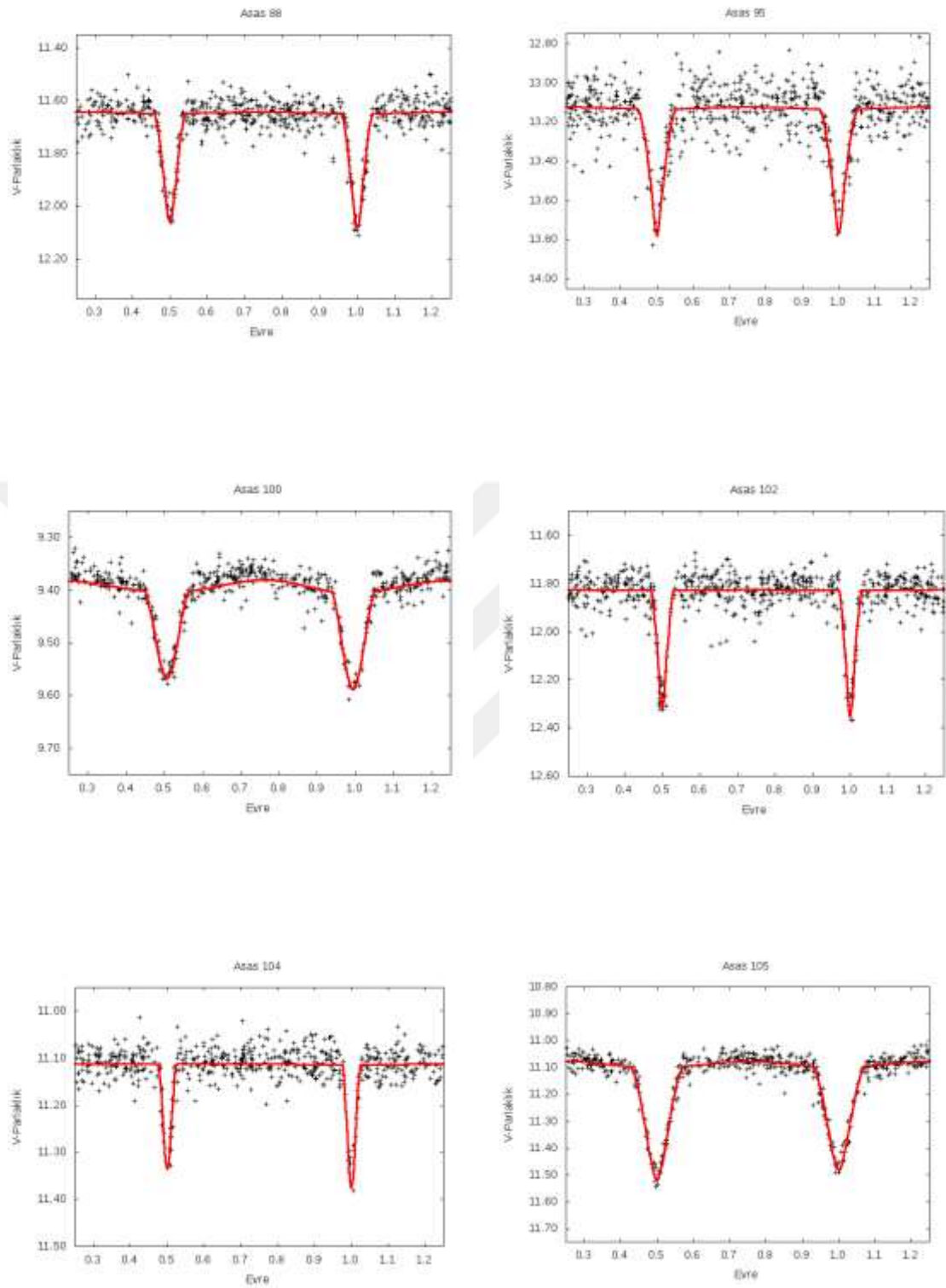


Şekil 3.6 29, 30, 31, 35, 36 ve 41 numaralı ikiz çift yıldızların ışık eğrileri



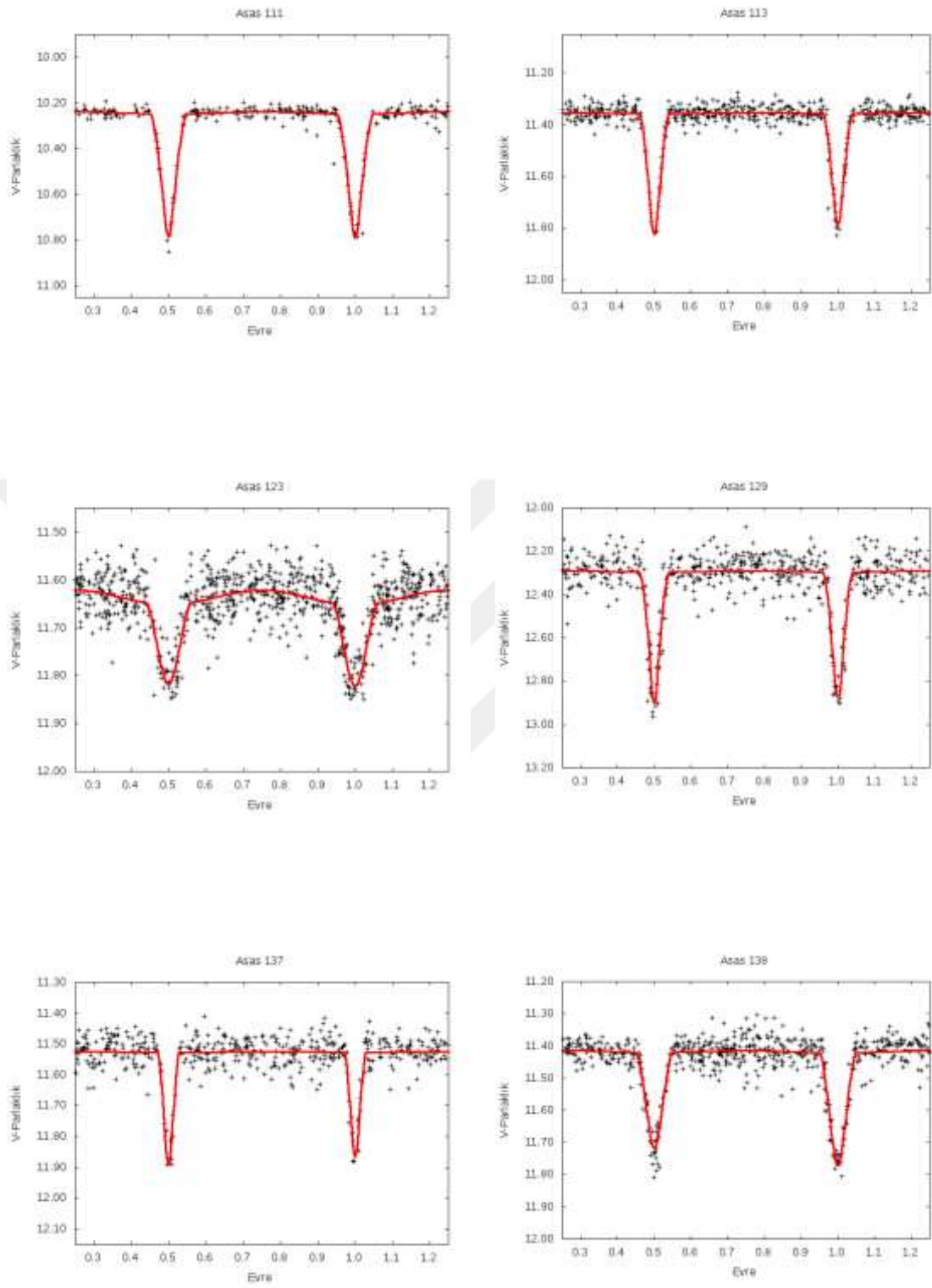


Şekil 3.7 55, 56, 74, 79, 82 ve 87 numaralı ikiz çift yıldızların ışık eğrileri

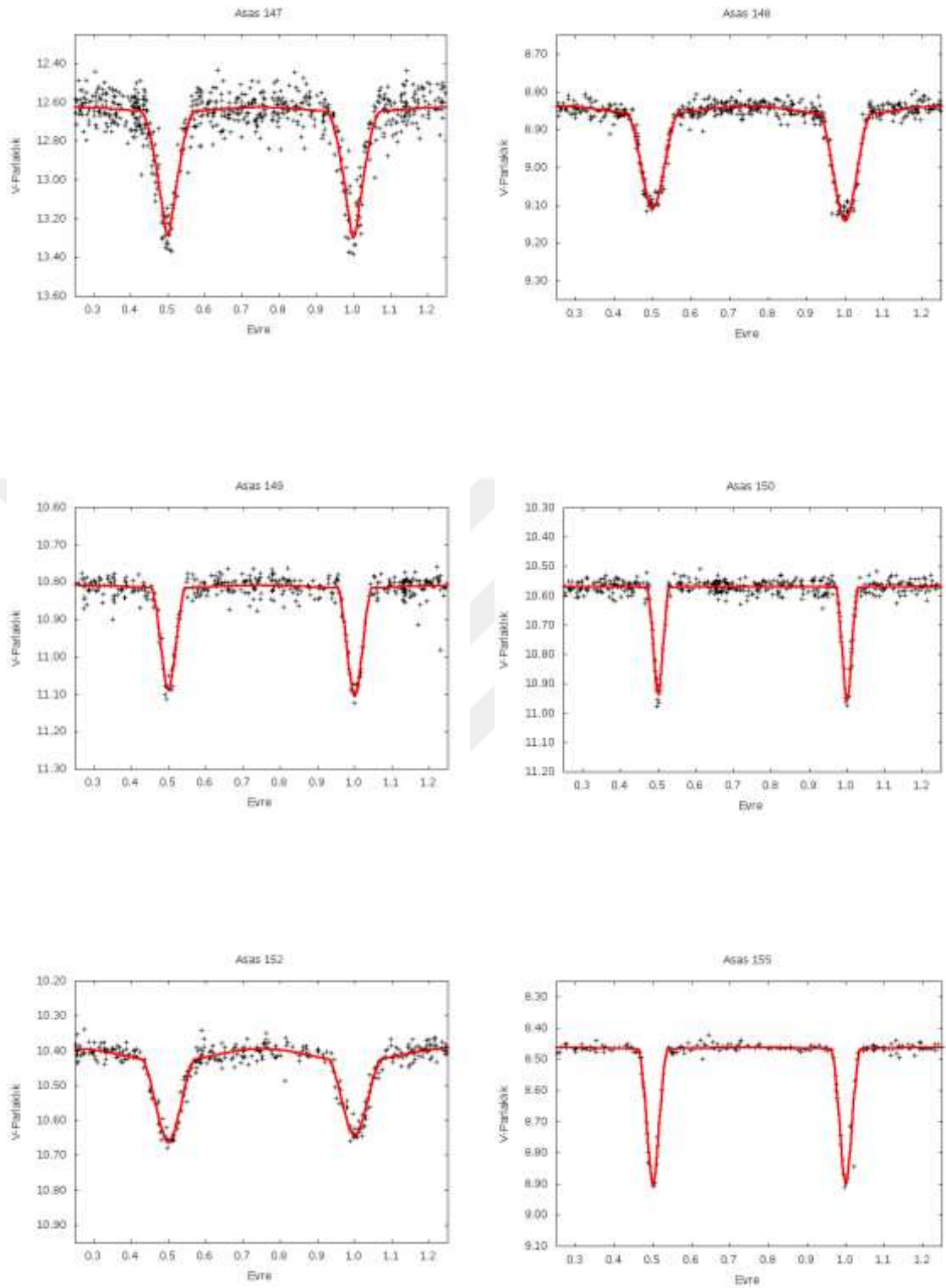


**Şekil 3.8** 88, 95 100, 102, 104 ve 105 numaralı ikiz çift yıldızların ışık eğrileri

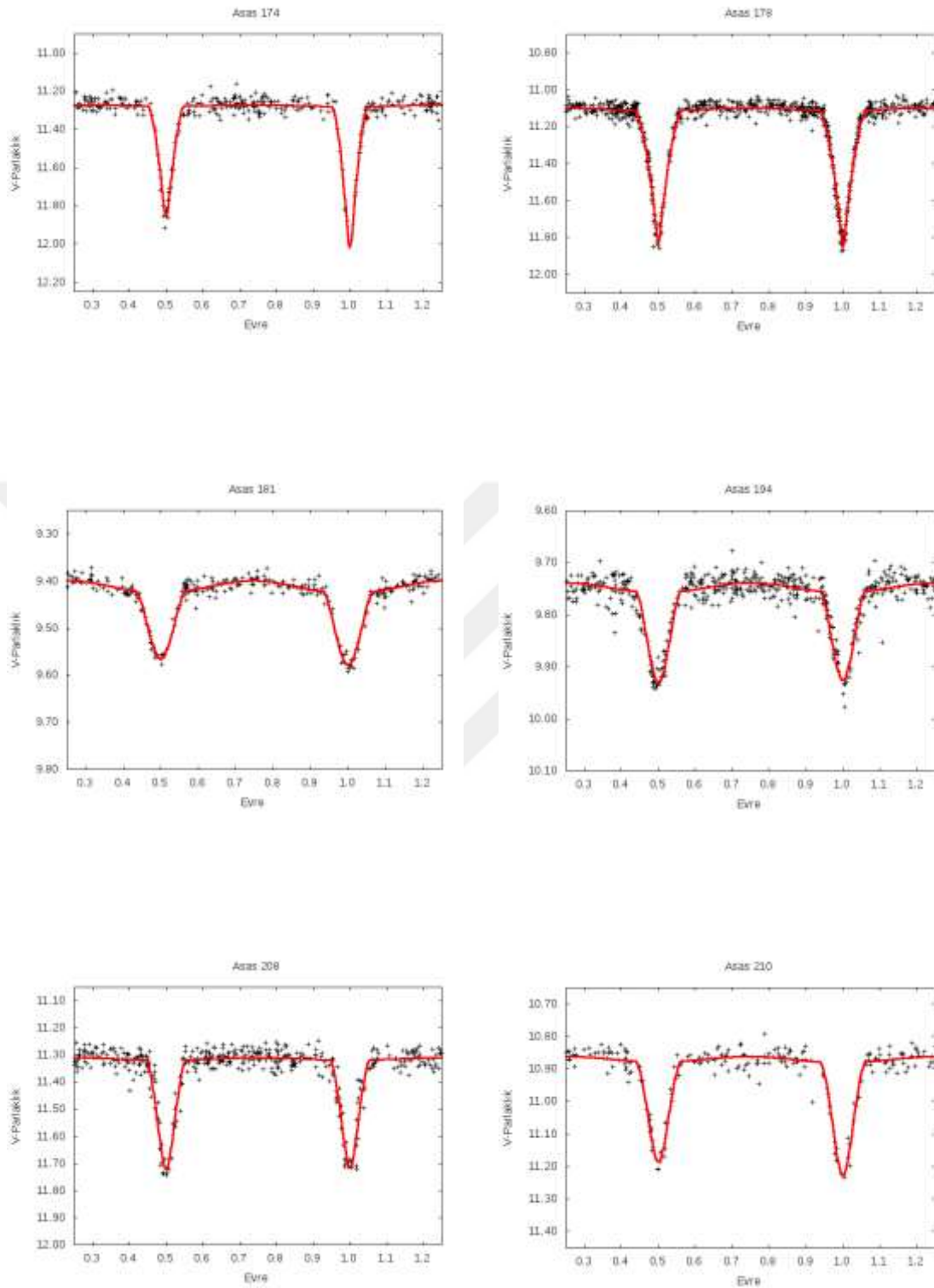




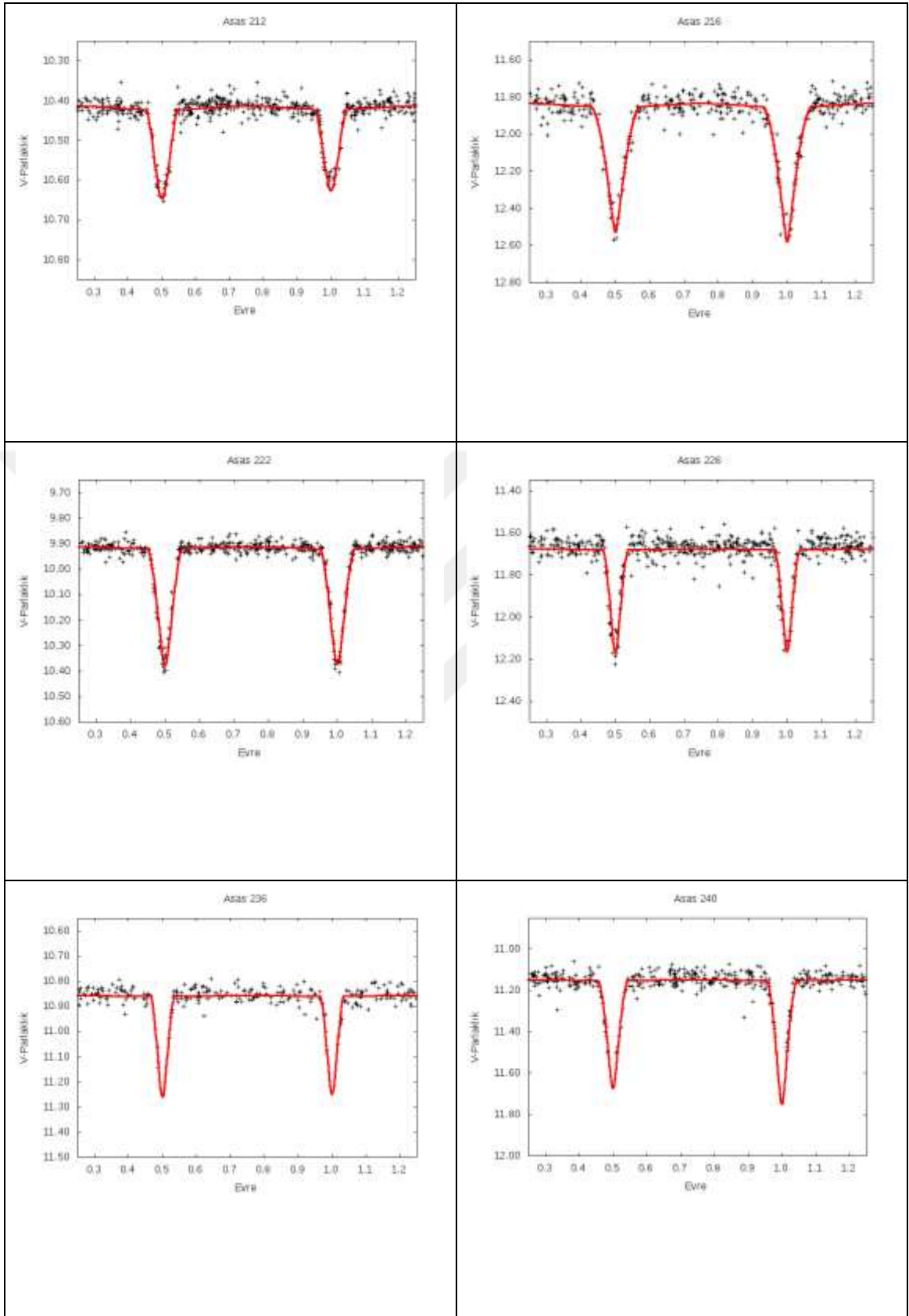
**Şekil 3.9** 111, 113, 123, 129, 137 ve 138 numaralı ikiz çift yıldızların ışık eğrileri



**Şekil 3.10** 147, 148, 149, 150, 152 ve 155 numaralı ikiz çift yıldızların ışık eğrileri



Şekil 3.11 174, 178, 181, 194, 208 ve 210 numaralı ikiz çift yıldızların ışık eğrileri



Şekil 3.12 212, 216, 222, 226, 236 ve 240 numaralı ikiz çift yıldızların ışık eğrileri

### 3.2 Gözlemler

Bu tez süresince yürütülen fotometrik gözlemler TÜBİTAK Ulusal Gözlemevinde yapıldı. 2014 yılında gözlemlerin yapılabilmesi için Tübitak Ulusal Gözlemevi'ndeki T100 teleskobu için gözlem projesi başvurusu yapıldı. TUG, "692" proje kodu ile 2014-2017 yılları arasında projemiz için toplam 63 gözlem gecesi tahsis etti. Gözlem gecelerinin gözlem yapılabilme verimliliği ~%29 ile sınırlı kaldı (bkz. Çizelge 3.1). Verimsiz geçen gecelerin önemli bir kısmı olumsuz hava koşullarından kaynaklıydı. Gözlem dönemi boyunca ilk olarak belirlediğimiz 240 aday yıldızın 86 tanesinin çok renk (Johnson-UBVRI) bantlarında fotometrik gözlemi yapılmıştır. Gözlemler her gece aynı yıldızdan her bantta en az 5 adet görüntü alınarak yapılmıştır. Gözlemler boyunca standart yıldızlar da birlikte gözlenmiş ve aday yıldızların standart renkleri belirlenmiştir.

Gözlemsel verinin indirgenmesi Muniwin (David Motl, 2010) adlı program kullanılarak yapılmıştır. Bu program IRAF (Image Reduction and Analysis Facility)'da bulunan DAOPHOT algoritmasını kullanmaktadır. Bu algoritma açıklık fotometrisi kullanmaktadır. Açıklık fotometrisinde yıldızların parlaklıkları çapları önceden belirlenen iç içe daireler içindeki ADU (Analog to Digital Unit) değerleri kullanılarak yapılmaktadır. Üç tane daireden en içteki yıldız akısını, en dıştaki ile ortadaki daire arasında kalan alan gökyüzü akısını belirlemede kullanılır. Gözlenen yıldızların elde edilen aletsel parlaklıklarını atmosfer dışına taşıyabilmek için sönümlenme katsayısı ve hava kütesinin bilinmesi gerekmektedir. Sönümlenme katsayısı filtreye bağlı olup, değişmediği bilinen bir yıldızın parlaklığının hava kütesine göre gece boyunca değişiminin eğiminden belirlenir. Gözlemlerde önceden belirlenen mukayese yıldızının parlaklığının hava kütesine göre eğiminden bulduğumuz örnek bir geceye ait sönümlenme katsayısı hataları ile birlikte Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Aletsel parlaklık, filtreye göre sönümlenme katsayısı ve hava kütesi kullanılarak atmosfer dışı parlaklıklar elde edilmiştir (bkz. Denklem 3.5). Bu parlaklıklar da Denklem 3.6'da verilen standart sisteme dönüşüm formülleri kullanılarak standart sisteme dönüştürülmüştür.

$$u_0 = u - k_u \cdot X \quad (3.5)$$

$$b_0 = b - k_b \cdot X$$

$$v_0 = v - k_v \cdot X$$

$$r_0 = r - k_r \cdot X$$

$$i_0 = i - k_i \cdot X$$

**Çizelge 3.1** Tübitak Ulusal Gözlemevi T100 teleskobunda yapılan gözlemlerin verimlilik istatistiği

Dönem	Gözlem gecesi sayısı		Gözlenen aday sayısı
	Verimsiz gece	Verimli gece	
2014-C	13	5	27
2015-B	14	6	33
2015-C	16	4	18
2016-C	3	2	8
Toplam	46	17	86

Denklem 3.5’de “0” alt indisli parlaklıklar atmosfer dışı Johnson UBVRI parlaklıklardır.  $k_\lambda$  sönmüleme katsayısı,  $X$  ise hava kütesidir.

$$v_0 - V = \varepsilon(B - V) + C_v \quad (3.6)$$

$$b_0 - v_0 = \mu(B - V) + C_{bv}$$

$$u_0 - b_0 = \phi(U - B) + C_{ub}$$

$$v_0 - r_0 = \lambda(V - R) + C_{vr}$$

$$v_0 - i_0 = \beta(V - I) + C_{vi}$$

Burada “0” alt indisli renkler aletsel renkler, diğer renkler ise Johnson UBVRI sistemindeki standart renklerdir.  $\varepsilon$ ,  $\mu$ ,  $\phi$ ,  $\lambda$  ve  $\beta$  standart katsayılarıdır.  $C$  katsayısı ise o geceye ait sıfır nokta sabitidir ve gecelik değişir. Sıfır nokta sabitlerinin her gece için

hesaplanması gerekmektedir ve bu tezin gözlemleri boyunca da her gece hesaplanmıştır. TUG T100 için bu tez kapsamında yapılan gözlemler ile belirlenen standart dönüşüm katsayıları ve sönümlenme sabitleri Çizelge 3.3’de verilmiştir. Bu katsayılar belirlenirken oluşturulan grafikler de Şekil 3.14’de verilmiştir.

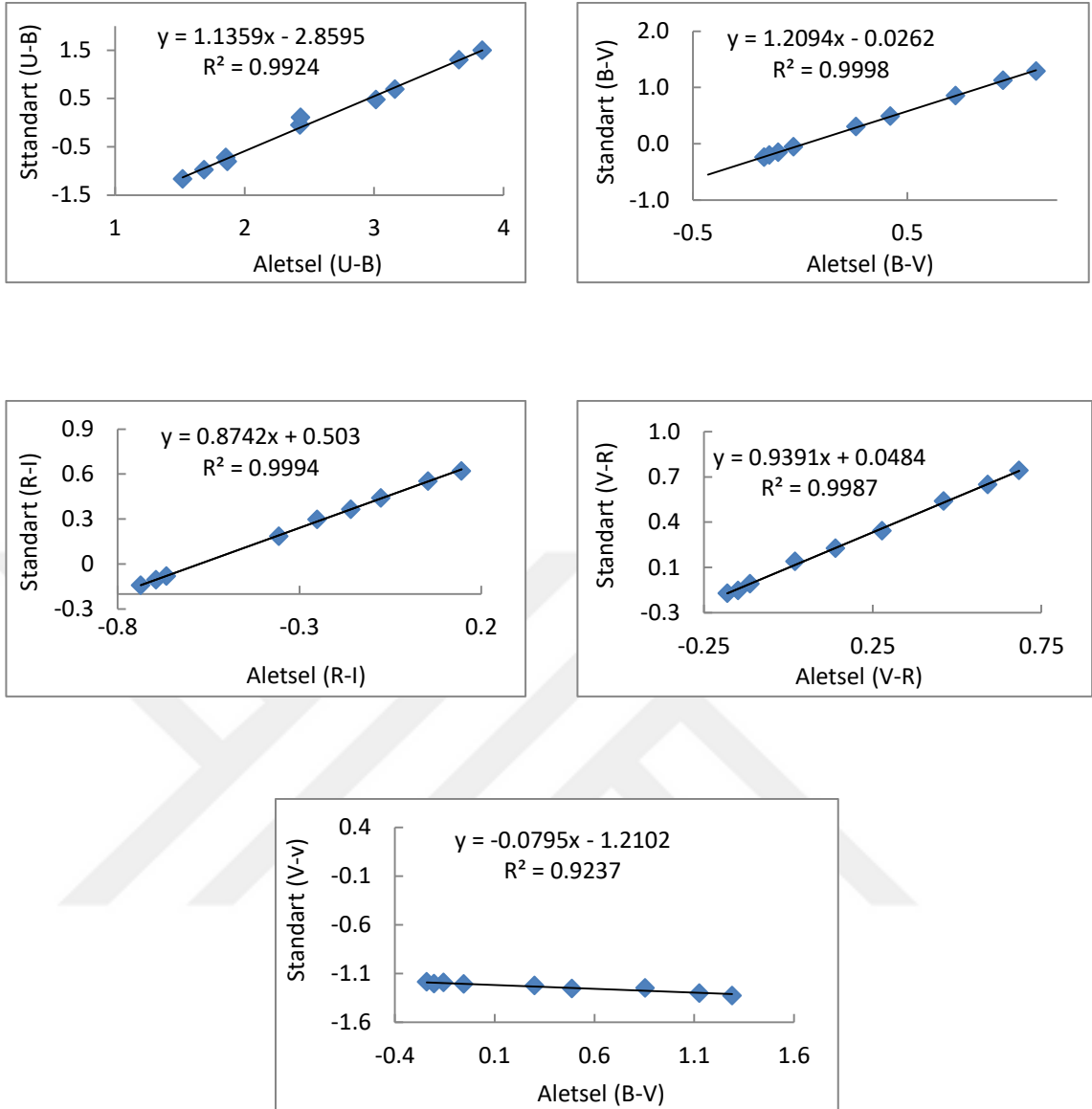
Standart katsayılar belirlendikten sonra gözlenen ikiz adaylarının renkleri de 3.6 denklemi kullanılarak standarda dönüştürülmüştür ve Çizelge 4.2’de verilmiştir.

**Çizelge 3.2** TUG T100 teleskobu ile yapılan gözlemlerden elde edilen atmosferik sönümlenme katsayıları ortalama değerleri ve hata payları.

	$k_U$	$k_B$	$k_V$	$k_R$	$k_I$
	0.443	0.292	0.292	0.130	0.108
<i>Hata payı</i>	$\pm 0.032$	$\pm 0.020$	$\pm 0.036$	$\pm 0.017$	$\pm 0.035$

**Çizelge 3.3** TUG T100 teleskobu ile yapılan gözlemlerden elde edilen standart katsayılar ve hata payları

	$\phi$	$\mu$	$\lambda$	$\beta$	$\varepsilon$
	1.1359	1.2094	0.9391	0.8742	-0.0795
<i>Hata payı</i>	$\pm 0.154$	$\pm 0.015$	$\pm 0.169$	$\pm 0.083$	$\pm 0.040$



Şekil 3.13 TUG T100 teleskobu standart katsayıları grafikleri

### 3.3 Renk-Renk Diyagramı

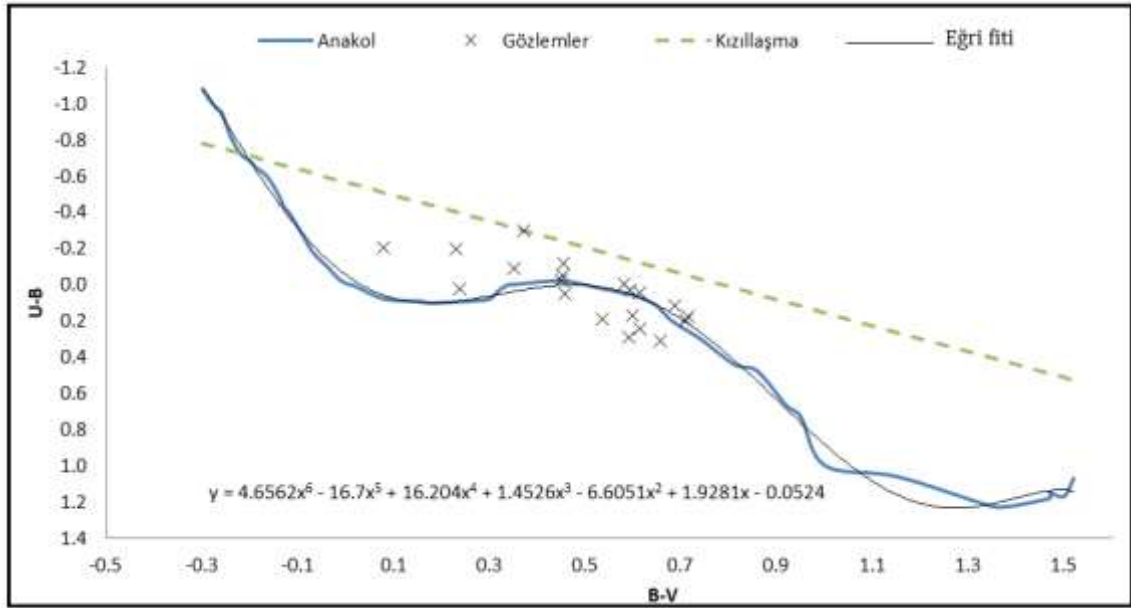
İkiz çift yıldızların Çizelge 4.2’de verilen standart renkleri renk-renk diyagramına yerleştirilmiştir. Yıldızlararası sönmükleştirme farklı dalgalı boyları için farklı miktarlarda olduğundan yıldızların farklı renk indisleri farklı miktarlarda değişir. E(U-B), (U-B) rengindeki renk artışı, E(B-V), (B-V) rengindeki renk artışı olmak üzere, renk-renk diyagramında yıldızlar  $R=0.72$  (Denklem 3.7) eğimi doğrultusunda kızılılaşır. Bu değer galaksimiz için alınan ortalama değerdir (Golay, 1974). O halde bu doğrultu boyunca yıldızdan geçen ve eğimi 0.72 olan doğru renk-renk diyagramını en az bir



noktada kesmesi beklenir. Eğer iki noktada kesiyor ise farklı yöntemler ile (örn. tayfsal gözlem) tayf türünün belirlenmesi gerekir.

$$R = E(U - B)/E(B - V) = 0.72 \quad (3.7)$$

Bu tez kapsamında gözlemleri tamamlanmış 20 ikiz çift yıldızın fotometrileri yapıldıktan sonra (U-B), (B-V), (V-R) ve (R-I) renk indisleri hesaplanmıştır. Renk-Renk diyagramında (Şekil 3.15) yıldızların (U-B)'ye karşılık gelen (B-V) renkleri yıldızlararası kızıllaşma doğrusu boyunca kaydırılarak anakol renk-renk eğrisini kestiği noktalar bulunmuştur. Bunun için anakol renk-renk eğrisine 6'ncı dereceden fonksiyon (Denklem 3.8) fit edilerek bu eğrinin fonksiyon ile gösterilmesi sağlanmıştır. Daha sonra bu fonksiyon ile yıldızdan geçen ve eğimi 0.72 olan doğrunun kesim noktası matematiksel yolla belirlenmiş ve yıldızların gerçek (U-B) ve (B-V) renkleri elde edilmiştir. Elde edilen gerçek renkler Fitzgerald (1970) makalesinde verilen (bkz. Ek-1) renk-tayf türü ilişkisi kullanılarak yıldızların tayf türleri belirlenmiştir (bkz. Çizelge 4.2).



**Şekil 3.14** İkiz çift yıldızların Renk-Renk diyagramındaki B-V değerlerine karşılık gelen U-B değerleri

Renk-Renk diyagramında anakol eğrisine fit edilen eğrinin fonksiyonu;

$$y = 4.6562x^6 - 16.7x^5 + 16.204x^4 + 1.4526x^3 - 6.6051x^2 + 1.9281x - 0.0524 \quad (3.8)$$

y: (U-B)

x: (B-V)

Çizelge 3.4 İkiz çift yıldızların koordinat ve gözlem zamanlarına ilişkin bilgiler.

<i>Sıra No</i>	<i>RA</i>	<i>DEC</i>	<i>ASAS ID</i>	<i>T<sub>0</sub> (JD -2400000)</i>	<i>P (gün)</i>
1	02:30:38.9	-12:53:53.9	023039-1253.9	51884.917281	5.757590
2	02:44:57.9	-17:46:48.0	024458-1746.8	51869.222313	2.232229
3	02:46:44.0	01:07:54.0	024644+0107.9	51919.602344	3.690981
4	03:17:00.9	14:31:54.0	031701+1431.9	52621.656975	0.900465
5	03:37:15.9	-19:38:24.0	033716-1938.4	51869.121254	0.785217
6	04:27:24.0	-27:56:12.0	042724-2756.2	51882.669187	8.946495
7	05:05:05.9	25:36:11.9	050506+2536.2	52622.673226	3.517295
8	05:26:11.0	-30:08:59.9	052611-3009.0	51869.943922	3.356135
9	05:45:24.9	-27:37:05.9	054525-2737.1	51874.640861	4.422780
10	05:49:36.9	-21:14:23.9	054937-2114.4	51871.221365	2.016318
11	06:09:26.9	-15:01:41.9	060927-1501.7	51869.042762	0.877085
12	06:22:18.9	-01:46:59.9	062219-0147.0	51870.041121	1.852465
13	06:23:35.0	+12 04 48	062335+1204.8	52384.665291	1.342967
14	06:24:50.0	-27:40:54.0	062450-2740.9	51871.362056	2.910776
15	06:25:55.9	-12:54:29.9	062556-1254.5	51875.923576	5.059500
16	06:36:07.9	07:51:42.0	063608+0751.7	52385.262494	1.777617
17	06:36:33.9	07:34:36.0	063634+0734.6	52384.633011	2.085478
18	06:40:45.0	-28:15:11.9	064045-2815.2	51868.819484	3.273640
19	06:56:53.9	04:13:54.0	065654+0413.9	52386.257319	1.643158
20	0.28979167	-07:27:18	065718-0727.3	51869.134700	3.591957
21	07:25:33.9	-26:57:47.9	072534-2657.8	51874.341661	5.417421
22	07:35:29.0	-28:48:17.9	073529-2848.3	51870.624246	2.307598
23	07:43:05.0	00:42:24.0	074305+0042.4	51881.169323	8.315119
24	07:49:19.9	-15:05:35.9	074920-1505.6	51869.026320	1.603913
25	07:49:35.0	-26:45:54.0	074935-2645.9	51872.32542	2.4763565
26	08:00:19.0	-17:51:12	080019-1751.2	51870.656741	1.804897
27	08:09:44.0	-20:09:00	080944-2009.0	51873.063265	3.131150
28	08:18:35.0	-08:12:06	081835-0812.1	51872.039891	10.029750
29	08:20:11.0	-29:01:30	082011-2901.5	51880.438435	6.817870
30	08:23:57.0	-30:57:11.9	082357-3057.2	51869.829757	1.113294
31	08:44:16.0	+25:04:29.9	084416+2504.5	52625.432670	2.380700
32	08:45:23.0	-30:22:47.9	084523-3022.8	51869.039063	2.731738
33	09:52:36.0	-27:32:17.9	095236-2732.3	51870.927102	1.212339
34	10:55:15.0	+17:04:36.0	105516+1704.6	52626.941711	2.687460
35	13:28:13.0	+04:22:00	132813+0422.0	52106.616010	6.313125
36	12:43:51	-30:13:48.0	124352-3013.8	51875.016649	2.781115
37	15:48:23	-20:52:36.0	154823-2052.6	51921.261205	1.736691
38	16:01:52	-28:22:24	160152-2822.4	51920.870357	2.186907
39	16:08:51	-23:51:00	160851-2351.0	51930.855223	4.660084

Çizelge 3.4 devamı

<i>Sıra No</i>	<i>RA</i>	<i>DEC</i>	<i>ASAS ID</i>	<i>T0</i>	<i>P</i>
40	16:14:09	-30:38:18	161409-3038.3	51922.207328	3.904780
41	16:20:45	-03:19:54.0	162046-0319.9	51935.978050	0.929028
42	17:01:58	+23:48:24	170158+2348.4	52709.162890	4.769880
43	17:57:07	+19:21:29.9	175708+1921.5	52707.114539	1.954435
44	18:05:00	-17:20:35.9	180501-1720.6	51949.286954	1.910838
45	18:10:24	+00:47:42	181025+0047.7	51967.048940	3.188650
46	18:31:28	-19:18:47.9	183129-1918.8	51962.703225	2.455000
47	19:03:47	-03:40:05.9	190347-0340.1	51967.869922	1.817571
48	19:07:59	+20:18:24	190759+2018.4	52714.321483	2.114327
49	19:16:26	-21:16:12	191626-2116.2	51972.160170	4.902030
50	19:39:38	+09:34:12.0	193939+0934.2	52383.203014	0.962989
51	19:56:12	+16:30:54.0	195613+1630.9	52725.478274	3.444585
52	20:32:51	-18:41:36	203251-1841.6	51985.157715	3.737670
53	21:38:13	+03:27:42.0	213814+0327.7	51874.538130	2.598180
54	23:46:41	-24:55:30.0	234641-2455.5	51871.006144	2.131760

#### 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu tezde ASAS kataloğundan seçilen 11062 çift yıldız arasından ikiz çift yıldız adayı olarak belirlenen 470 çift yıldızdan kuzey yarım kürede gözlemlenebilen 240 çift yıldızın pheobe programı kullanılarak görelî yarıçap, sıcaklık, ışınım gücü ve kütle oranları hesaplanmıştır. Bu çift yıldızlar arasından 54 tanesinin ikiz çift yıldız olduğu tespit edilmiştir ve bileşenlerinin; sıcaklık oranları( $T_1/T_2$ ), yarıçap oranları ( $r_1/r_2$ ), ışınım gücü oranları( $L_1/L_2$ ) ve kütle oranları( $q$ ) Çizelge 4.1’de verilmiştir.

**Çizelge 4.1** 54 İkiz Çift Yıldızın sıcaklık oranı( $T_1/T_2$ ), yarıçap oranı( $r_1/r_2$ ), ışınım gücü oranı( $L_1/L_2$ ) ve kütle oranı( $q$ ) parametreleri

<i>No</i>	$T_1/T_2$	$r_1/r_2$	$L_1/L_2$	$q$
1	1.017	0.990	1.045	1.013
2	1.003	1.003	1.048	1.014
3	0.999	0.999	0.993	0.998
4	1.009	0.957	0.998	0.999
5	0.985	1.001	0.980	0.994
6	0.976	1.022	0.965	0.990
7	1.008	0.970	0.993	0.998
8	0.993	0.999	0.986	0.996
9	0.989	0.993	0.959	0.988
10	0.997	0.998	0.991	0.998
11	0.994	0.986	0.991	0.997
12	1.005	0.995	1.036	1.010
13	0.985	1.004	0.999	1.000
14	1.015	1.003	1.043	1.012
15	0.998	0.983	0.959	0.988
16	1.000	0.993	1.005	1.001
17	0.983	1.029	1.010	1.003
18	1.001	1.012	1.038	1.011
19	1.000	0.963	0.977	0.993
20	0.996	1.016	1.034	1.010
21	1.011	1.018	1.034	1.009
22	1.008	0.976	1.002	1.000
23	0.997	0.993	0.997	0.999
24	1.030	0.967	1.049	1.014
25	0.987	0.972	0.985	0.996
26	1.004	0.980	1.027	1.008
27	0.996	0.984	0.996	0.999
28	0.982	1.032	1.045	1.013
29	0.954	1.052	0.960	0.989
30	1.022	0.993	1.039	1.011
31	0.999	0.971	1.016	1.004
32	1.017	0.962	0.994	0.998

Çizelge 4.1 devamı

<i>No</i>	$T_1/T_2$	$r_1/r_2$	$L_1/L_2$	$q$
33	0.992	0.964	0.965	0.990
34	1.004	0.996	0.995	0.999
35	1.012	0.954	0.994	0.998
36	0.966	1.044	0.989	0.997
37	0.996	0.984	1.010	1.003
38	0.970	1.020	0.963	0.989
39	0.980	1.014	0.979	0.994
40	0.988	1.038	0.977	0.993
41	1.020	0.982	1.044	1.012
42	1.001	0.980	0.987	0.996
43	0.960	1.034	0.954	0.987
44	0.993	1.005	0.994	0.998
45	0.978	1.031	1.008	1.002
46	1.002	1.007	1.017	1.005
47	1.005	0.979	1.000	1.000
48	0.973	1.017	0.967	0.990
49	1.023	0.953	1.012	1.003
50	0.987	0.975	0.987	0.996
51	1.000	1.008	1.045	1.013
52	1.001	0.953	1.046	1.013
53	1.008	1.006	1.052	1.015
54	0.971	1.011	1.011	1.003

Işık eğrisi analizi sonucunda bulunan 54 ikiz çift yıldızın bu tez kapsamında fotometrik gözlemi yapılmış, standart sisteme dönüşüm sonucunda sistemlerin renkleri, renk-renk diyagramında yıldızlararası sönükleştirme boyunca kaydırılarak bu sistemlerin kızılılaşmadan arındırılmış gerçek renkleri elde edilmiştir (Çizelge 4.2). Renk-renk diyagramında yıldızlar arası sönükleştirme boyunca yapılan kaydırma bazı sistemler için renk-renk diyagramını iki yerden kesmiştir. Bu sistemlerin tayfları olmadan gerçek renkleri hakkında bilgi edinmek zordur. Ancak en olası rengin yıldızın renk-renk diyagramını ilk kestiği yer düşünülmüştür. Bununla birlikte ikinci kestiği yerdeki renkler de Çizelge 4.2’de verilmiştir. Yıldızlararası kızılılaşmadan arındırılmış renklerin hangi tayf türlerine karşılık geldiğini Fitzgerald (1970) makalesi kullanılarak incelenmiştir. Bu makale referans alınarak elde edilen tayf türleri de Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2 İkiz çift yıldızların standart renkleri(sütun 4-5), gerçek renkleri (sütun 6-7) ve tayf türleri

Sıra No	ASAS No	ASAS ID	U-B	B-V	U-B	B-V	Tayf Türü (1)	U-B	B-V	Tayf Türü (2)
1	4	023039-1253.9	0.000	0.583	-0.530	-0.164	B5-6			
2	5	024458-1746.8	0.051	0.459	0.015	0.408	F8			
3	6	024644+0107.9	-0.119	0.456	-0.560	-0.160	B5	0.040	0.583	F8-G0
4	7	031701+1431.9	0.179	0.717	0.146	0.672	G3			
5	20	054937-2114.4	-0.047	0.453	0.022	0.549	F8	-0.470	-0.148	B6-7
6	30	062450-2740.9	-0.025	0.451	-0.004	0.491	F8			
7	31	062556-1254.5	-0.205	0.081	-0.330	-0.109	B9.5			
8	56	065718-0727.3	-0.087	0.353	-0.440	-0.138	B7	0.030	0.478	F8
9	79	073529-2848.3	-0.195	0.233	-0.462	-0.140	B6-7			
10	152	162046-0319.9	0.033	0.596	0.033	0.596	G0	-0.156	-0.510	B5-6
11	155	170158+2348.4	0.024	0.240	0.065	0.298	A9			
12	174	175708+1921.5	0.293	0.594	0.071	0.287	A9-F0			
13	178	180501-1720.6	0.198	0.711	0.189	0.699	G5			
14	194	183129-1918.8	-0.297	0.373	-0.710	-0.208	B9.5			
15	208	190347-0340.1	0.308	0.658	0.060	0.311	A9-F0			
16	210	190759+2018.4	0.120	0.689	0.046	0.586	G0			
17	212	191626-2116.2	0.190	0.536	0.046	0.337	F0			
18	216	193939+0934.2	0.043	0.615	0.074	0.615	G0-G2			
19	236	213814+0327.7	0.171	0.600	0.021	0.392	F0-F8			
20	240	234641-2455.5	0.243	0.617	0.044	0.340	F0			

**Çizelge 4.3.** Tayf türleri belirlenmiş olan iki çift yıldızların renk artıkları

<i>Sıra No</i>	<i>ASAS No</i>	<i>ASAS ID</i>	<i>E(U-B)</i>	<i>E(B-U)</i>
1	4	023039-1253.9	0.530	0.747
2	5	024458-1746.8	0.036	0.051
3	6	024644+0107.9	0.441	0.616
4	7	031701+1431.9	0.033	0.045
5	20	054937-2114.4	-0.069	-0.096
6	30	062450-2740.9	-0.021	-0.040
7	31	062556-1254.5	0.125	0.190
8	56	065718-0727.3	0.353	0.491
9	79	073529-2848.3	0.267	0.373
10	152	162046-0319.9	0.000	0.000
11	155	170158+2348.4	-0.041	-0.058
12	174	175708+1921.5	0.222	0.307
13	178	180501-1720.6	0.009	0.012
14	194	183129-1918.8	0.413	0.581
15	208	190347-0340.1	0.248	0.347
16	210	190759+2018.4	0.074	0.103
17	212	191626-2116.2	0.144	0.199
18	216	193939+0934.2	-0.031	0.000
19	236	213814+0327.7	0.150	0.208
20	240	234641-2455.5	0.199	0.277

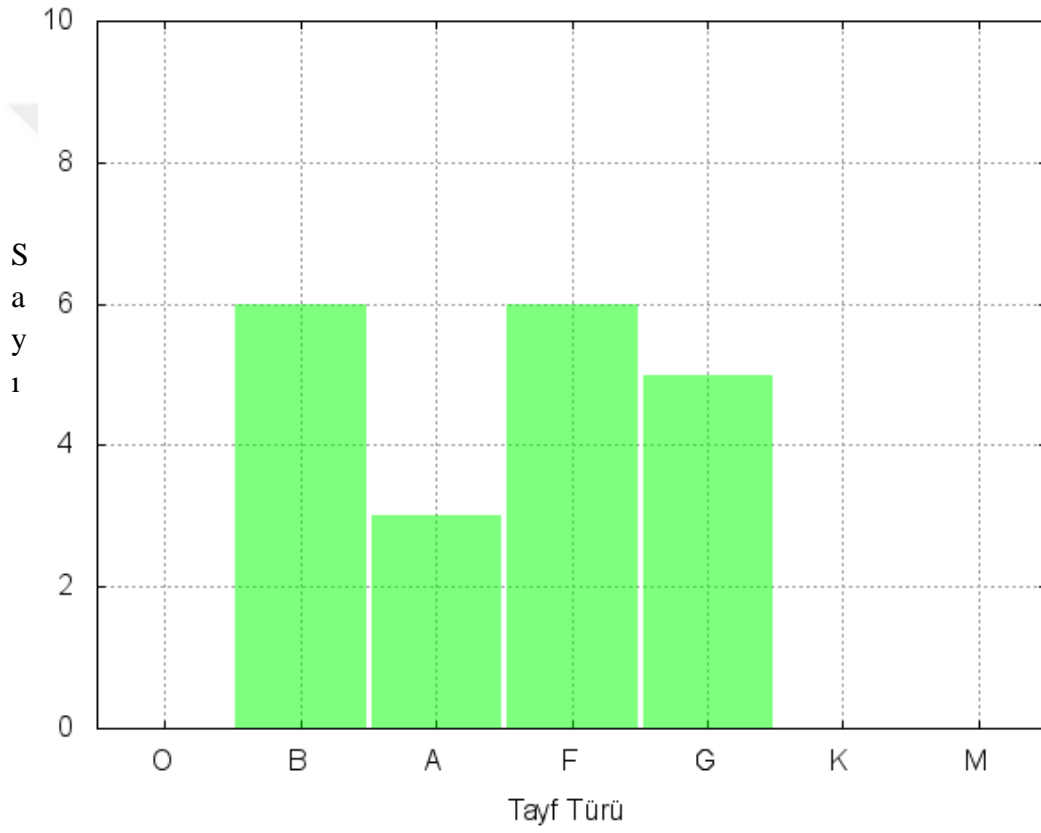
Çizelge 4.2’de verilen ikiz çift yıldızların, tayfsal dağılımı Şekil 4.1’de verilmiştir. Şekil 4.1’den de görüleceği üzere bu tezde incelenen ikiz çift yıldızlar tayfsal olarak belirli bir tayf türünde yoğunlaşmamışlardır. Oysa sadece tayfsal yörünge parametreleri ile belirlenen ikiz çift sistemlerde (Simon ve Obbie, 2009) kütle oranı 0.9-1.0 aralığında olan 198 sistemin tayfsal dağılımlarının F-G-K tayf türlerinde yoğunlaştığı bulunmuştu (bkz. Şekil 1.6).

Bu tezde her ne kadar Simon ve Obbie (2009)’nin makalesindeki kadar örnek veri olmasa da elde edilen sonuçlar literatürde tayfsal olarak incelenen ikiz çift sistemlere göre seçim etkilerinden daha az etkilenmektedir.

Çünkü ASAS teleskopları yaklaşık 20 yıldır tüm gökyüzündeki yıldızları herhangi bir ayırım yapmadan gözlemektedir. ASAS teleskoplarının parlaklık sınırı 14 kadirdir. Bu bir seçim etkisi olabilir. Bunun sebebi geç tayf türündeki sistemlerin bünyesel parlaklıkları daha küçük olacağından aynı parlaklıktaki erken ve geç tayf türündeki yıldızların sayısının aynı olması beklenemez. Ancak erken tayf türünden yıldızların sayısının geç tayf türündeki yıldız sayısından az olduğunu düşünürsek bu iki etki birbirini sıfırlamasa da seçim etkisini azaltır. Bu tezde ikiz olduğu belirlenen sistemlerin yörünge dönemi aralığı 0.8-10 gündür. ASAS tarama kataloğunun çalışma aralığının çok daha uzun bir zaman dilimini kapsadığından çift yıldız döneminin bir

seçim etkisi oluşturduğu düşünülmemektedir. Bu sebeple tezde kullanılan veri setindeki seçim etkisi minimum düzeydedir.

Her ne kadar bu çalışmada ikiz çift yıldızların tayf türleri arasında eşit olarak dağıldığı görülse de daha fazla yıldız adayı ile daha duyarlı bir istatistik sonuç elde edilebilir. Ayrıca tayf türlerinin belirlenmesindeki hatalar ve renk-renk diyagramının iki farklı noktada kesilmesinden kaynaklanan farklı tayf türü ihtimali Çizelge 4.2’de de görünen 4 yıldız için tayf türlerini değiştirebilir. Bu tür sistemler için tayfsal gözleme ihtiyaç vardır.



**Şekil 4.1** İkiz oldukları tespit edilen çift yıldızların tayf türlerine göre dağılımı.



## 5. SONUÇLAR

ASAS kataloğunda alınan 11062 örten çift yıldızın katalogda bulunan ışık eğrileri incelenerek ülkemizden gözlenebilecek 240 ikiz çift yıldız adayı belirlenmiştir. Aday çift yıldızların ışık eğrisi çözümlerinden sıcaklık oranı ( $T_1/T_2$ ), görelî yarıçap oranları ( $r_1/r_2$ ), ışıının gücü oranları ( $L_1/L_2$ ) ve kütle oranları ( $q$ ) belirlendi. Işık eğrisi analizleri sonucunda 54 ikiz çift yıldız tespit edilmiştir. Bu yıldızlardan çok renk fotometrik gözlemleri tamamlanmış olan 20 ikiz çift yıldızın kızılilaşmadan arındırılmış renkleri hesaplanarak tayf türleri belirlenmiştir.

Bu tezde bilinen ikiz çift yıldızların sayısı arttırıldığı gibi literatürde iddia edilen F-G-K tayf türlerindeki yoğunlaşma fotometrik yöntemler kullanılarak incelenmiştir. Bu amaçla seçim etkilerinden minimum etkilenen tüm gökyüzünü fotometrik tarayan bir veri setine ihtiyaç duyulmuştur. Amacımıza uygun en ideal veri seti ASAS (All Sky Automated Survey) seçilmiştir. Bu katalogda çift yıldız sistemleri ışık eğrisi türlerine (EA, EW, EB vs.) göre kategorize edilmişlerdir. Tezde ancak evrimleşmemiş çift sistemlerin incelenmesi ile gerçek ikizlere ulaşılabileceği düşünülmüştür. Çünkü çift yıldızlar evrimleştikçe Roche loblarını doldurarak 1'den farklı olan kütle oranlarını eşitleyebilirler ve bu tür sistemler ikiz gibi görünebilirler. Anakol içerisindeki evrim de önemlidir. Sıcaklığı ve yarıçapı farklı olan sistemler anakol evrimleri neticesinde sıcaklık ve yarıçaplarını değiştireceklerinden ısıtma oranlarını ve bunun neticesinde kütle oranlarını 1 gibi gösterebilirler. Bu sebeple öncelikle ASAS kataloğundaki örten çift sistemler arasından sadece EA türü olanlar belirlendi. Bu sistemler ışık eğrisi analizi sonucunda bileşenlerin sıcaklık ve yarıçap oranları 0.95-1.05 aralığında olanlar seçildi ve buradan belirlenen ısıtma oranları kullanılarak kütle oranı tahmini yapıldı. Kütle oranı  $q=1$ 'e yakın olan sistemler ikiz çift yıldız adayı olarak belirlendi ve gözlem programımıza dâhil edildiler. Bu sistemlerin bir kısmının TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi T100 teleskobu kullanarak çok renk fotometrik gözlemleri yapılmıştır. Bu gözlemler neticesinde ikiz olarak belirlenen çift yıldızların gerçek renkleri bulunmuş ve bu renklerden sistemlerin tayf türleri belirlenmiştir.

Tayf türleri belirlenen sistemlerin dağılımı (Şekil 4.1) ikiz çift sistemlerin tayfsal dağılımlarının literatürde iddia edildiği gibi belli bir tayf türünde yoğunlaşmadığı ve B-A-F-G tayf türlerinde eşit dağıldığı görülmüştür. O, K ve M tayf türlerinde hiç ikiz sisteme rastlanmamış olması ilginçtir. O-tayf türündeki sistemler evrimlerini çabuk tamamladıkları için sayılarının az olması beklenebilir. Ancak K ve M tayf türlerinde ikiz çift sisteme rastlanmaması veri setimizdeki yıldız sayısının az olması ile ilgili olabilir.

## 6. KAYNAKLAR

- Anonim 1: ASAS (All Sky Automated Survey) observatories and equipments.  
<http://www.astrouw.edu.pl/asas/?page=status> [Son erişim tarihi 15.04.2018]
- Bakış, V. 2003. Örtlen çift yıldızlarda üçüncü cisim sorunu ve dinamiği. Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onseki Mart Üniversitesi, Çanakkale, 109 s.
- Bakış, V., Bakış, H. and Eker, Z. 2013. GSC 4019 3345: An A-Type Twin Binary. *Publications of the Astronomical Society of Australia (PASA)*, Vol. 30, e026, 11 pages.
- Bakış, H., Bakış, V., Demircan, O. and Eker, Z. The early-type semidetached binary system V716 Centaurus. 2008. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 385(1): 381-390.
- Bakis, V., Bakis, H., Bilir, S. and Eker, Z. 2016. Study of Eclipsing Binary and Multiple Systems in OB Associations IV: Cas OB6 Member DN Cas. *Publications of the Astronomical Society of Australia (PASA)*, Vol. 33, e046, 9 pages.
- Bate, M. R., Bonnel, I. A. and Bromm, V. 2002. The formation of close binary system by dynamical interactions and orbit decay. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 336: 705-713.
- Demircan, O. and Kahraman, G. 1991. Stellar mass-luminosity and mass-radius relations. *Astrophysics and Space Science*, 2: 313-322
- Eker, Z., Soydugan, F., Soydugan, E., Bilir, S., Gökçe, E. Y., Steer, I., Tüysüz, M., Şenyüz, T. and Demircan, O. 2015. Main-sequence effective temperatures from a revised mass–luminosity relation based on accurate properties. *The Astronomical Journal*, 16: 149-131
- Fitzgerald, M. P. 1970. Intrinsic colours of stars and two-colour Reddening Lines. *Astronomy and Astrophysics*, 4: 234-243.
- Halbwachs, J. L., Mayor, M., Udry, S. and Arenou, F. 2003. Multiplicity among solar-type stars. III. Statistical properties of the F7–K binaries with periods up to 10 years. *Astronomy and Astrophysics*, 397: 159–175.
- Hogeveen, S. J. 1992a. Determination of the mass-ratio distribution. I - Single-lined spectroscopic binary stars. *The Astronomical Journal*, 193(1): 143-157.
- Hogeveen, S. J. 1992b. Determination of the mass-ratio distribution. II - Double-lined spectroscopic binary stars. *The Astronomical Journal*, 195(2): 359-372.
- Kopal, Z. 1969. The roche coordinates and their use in hydrodynamics or celestial mechanics. *Astrophysics and Space Science*, 3: 360-384.

- Kopal, Z. 1970. The roche coordinates in three dimensions and their application to problems of double-star astronomy. *Astrophysics and Space Science* 2: 149-171
- Kopal, Z. 1978. Dynamics of Close Binary Systems. Springer Science & Business Media, 513 p.
- Golay, M. 1974. Introduction to Astronomical Photometry. D. Reidel Publishing Compony, 365p.
- Lucy, L. B. 2006. Spectroscopic binaries with components of similar mass. *Astronomy and Astrophysics*, 457: 629–635.
- Lucy, L. B. and Ricco, E. 1979. The significance of binaries with nearly identical components. *The Astronomical Journal*, 3: 84.
- Motl, D. 2010. Muniwin online website. <http://c-munipack.sourceforge.net/> [Son erişim tarihi 15.04.2018].
- Özkardeş, B., Erdem, A. and Bakış, V. 2009. A W UMa type system from Southern Hemisphere: CN Hydri. *New Astronomy*, 14(5): 461-466
- Pinsonneault, M. H. and Stanek, K. Z. 2006. Binaries like to be twins: implications for doubly degenerate binaries, the type Ia supernova rate, and other interacting binaries. *The Astrophysical Journal*, 639: L67–L70.
- Pojmanski, G. 1997. The All Sky Automated Survey. *Acta Astronomica*, 47: 467-481.
- Pourbaix, D., Tokovinin, A. A., Batten, A. H., Fekel, F. C., Hartkopf, W. I., Levato, H., Morrell, N. I., Torres, G. and Udry, S. 2004. SB9: The ninth catalogue of spectroscopic binary orbits. *Astronomy and Astrophysics*, 424: 727–732.
- Prsa, A. and Zwitter, T. 2005. A computational guide to physics of eclipsing binaries. I. demonstrations and perspectives. *The Astrophysical Journal*, 628: 426–438.
- Sawada, K., Matsuda, T. and Hachisu, I. 1986. Spiralshocks on a Roche lobe overflow in a semidetached binary system. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 219: 75-8
- Simon, M. and Obbie, R. C. 2009. Twins among the low-mass spectroscopic binaries. *The Astronomical Journal*, 137: 3442–3448.
- Stassun, K. G., Mathieu, R. D., Cargile, P. A., Aarnio, A. N., Stempels, E., and Geller, A. 2011. Surprising dissimilarities in a newly formed pair of ‘identical twin’ stars. *Nature*, 453: 1079–1082.
- Tokovinin, A. A. 2000. On the origin of binaries with twin components. *Astronomy and Astrophysics*, 360: 997–1002.

**EK-1 Renk-Tayf türü ilişkisi (Fitzgerald 1970)**

<b>Sp. Type</b>	<b>U-B</b>	<b>(B-V)</b>	<b>(V-R)<sub>c</sub></b>	<b>(V-I)<sub>c</sub></b>
B0.0	-1.08	-0.30	-0.19	-0.31
B0.5	-1.00	-0.28	-0.18	-0.31
B1.0	-0.95	-0.26	-0.16	-0.30
B1.5	-0.88	-0.25	-0.15	-0.29
B2.0	-0.81	-0.24	-0.14	-0.29
B2.5	-0.72	-0.22	-0.13	-0.28
B3.0	-0.68	-0.20	-0.12	-0.27
B3.5	-0.65	-0.19	-0.12	-0.26
B4.0	-0.63	-0.18	-0.11	-0.25
B4.5	-0.61	-0.17	-0.11	-0.24
B5.0	-0.58	-0.16	-0.10	-0.24
B6.0	-0.49	-0.14	-0.10	-0.21
B7.0	-0.43	-0.13	-0.09	-0.19
B7.5	-0.40	-0.12	-0.09	-0.17
B8.0	-0.36	-0.11	-0.08	-0.16
B8.5	-0.27	-0.09	-0.08	-0.13
B9.0	-0.18	-0.07	-0.07	-0.10
B9.5	-0.10	-0.04	-0.05	-0.08
A0.0	-0.02	-0.01	-0.04	-0.04
A1.0	0.01	0.02	-0.02	-0.02
A2.0	0.05	0.05	-0.01	0.00
A3.0	0.08	0.08	0.01	0.02
A4.0	0.09	0.12	0.02	0.05
A5.0	0.09	0.15	0.04	0.09
A6.0	0.10	0.17	0.05	0.12
A7.0	0.10	0.20	0.06	0.15
A8.0	0.09	0.27	0.09	0.20
A9.0	0.08	0.30	0.10	0.24
F0.0	0.03	0.32	0.12	0.28
F1.0	0.00	0.34	0.14	0.31
F2.0	0.00	0.35	0.15	0.35
F5.0	-0.02	0.45	0.21	0.44
F8.0	0.02	0.53	0.24	0.50
G0.0	0.06	0.60	0.27	0.54
G2.0	0.09	0.63	0.30	0.58

## EK-1 Devamı

Sp. Type	U-B	(B-V)	(V-R) <sub>c</sub>	(V-I) <sub>c</sub>
G3.0	0.12	0.65	0.30	0.59
G5.0	0.20	0.68	0.31	0.61
G8.0	0.30	0.74	0.35	0.66
K0.0	0.44	0.81	0.42	0.75
K1.0	0.48	0.86	0.46	0.82
K2.0	0.67	0.92	0.50	0.89
K3.0	0.73	0.95	0.55	0.97
K4.0	1.00	1.00	0.60	1.04
K5.0	1.06	1.15	0.68	1.20
K7.0	1.21	1.33	0.62	1.45
M0.0	1.23	1.37	0.70	1.67
M1.0	1.18	1.47	0.76	1.84
M2.0	1.15	1.47	0.83	2.06
M3.0	1.17	1.50	0.89	2.24
M4.0	1.07	1.52	0.94	2.43

## ÖZGEÇMİŞ

**OĞUZHAN SARI**  
**oguzhansari89@gmail.com**



### ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans 2013-2018	Akdeniz Üniversitesi Fen Fakültesi, Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Bölümü, Antalya
Lisans 2007-2011	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Fakültesi, Fizik Bölümü, Antalya