

**T.C.**  
**ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**A VE W TÜRÜ DEĞEN ÇİFT YILDIZLARDA YÖRÜNGE DÖNEM  
DEĞİŞİMLERİNİN İNCELENMESİ**

**Muhammed Faruk YILDIRIM**

**Fizik Anabilim Dalı**

**Tezin Sunulduğu Tarih: 29/01/2014**

**Tez Danışmanı:**

**Doç. Dr. Faruk SOYDUGAN**

**ÇANAKKALE**

## YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

**MUHAMMED FARUK YILDIRIM** tarafından **DOÇ. DR. FARUK SOYDUGAN** yönetiminde hazırlanan “**A VE W TÜRÜ DEĞEN ÇİFT YILDIZLARDA YÖRÜNGE DÖNEM DEĞİŞİMLERİNİN İNCELENMESİ**” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Faruk SOYDUGAN

Danışman

Prof. Dr. Caner ÇİCEK

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Erdal EKİCİ

Jüri Üyesi

Sıra No :

Tez Savunma Tarihi: 29/01/2014

## İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI

**Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.**

Muhammed Faruk YILDIRIM

## TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleŐtirilmesinde, çalıŐmam boyunca benden bir an olsun yardımlarını esirgemeyen saygı değer danışman hocam Doç. Dr. Faruk SOYDUGAN ve hayatımın her evresinde bana destek olan değerli aileme sonsuz teŐekkürlerimi sunarım.

Muhammed Faruk YILDIRIM

## SİMGELER VE KISALTMALAR

$a_{sini}$	Üçüncü Cismin Çift Sisteme Olan İzdüşüm Uzaklığı
$c$	Işık Hızı
$v$	Gerçek Ayırıklık
$w$	Enberi Noktasının Boylamı
$e$	Yörünge Basıklığı
$i$	Yörünge Düzlemi ile Gökyüzü Düzlemi Arasındaki Aç
$a$	Çiftin Yörüngesinin Yarı-Büyük Eksen Uzunluğu
$\Delta L$	Aktarılan Enerji
$c_p$	Sabit Basıncıdaki Özısıyı
$\dot{M}$	Kütle Akısını
$r$	Kesirsel Yarıçap
$R$	Gerçek Yarıçap
$M_{1,2}$	Bileşenlerin Kütleleri
$L_{1,2}$	Lagrange Noktaları
$f$	Değme Parametresi
$\Delta t$	Zaman Gecikmesi
$\Delta T$	Sıcaklık Farkı
$\Omega_{iç}$	İç Kritik Roche Eş-Potansiyeli
$\Omega_{dış}$	Dış Kritik Roche Eş-Potansiyeli
$q$	Kütle Oranı
$s$	Saniye
$\rho$	Açısal Ayırıklık
ZAMS	Sıfır Yaş Kolu
LITE	Işık-Zaman Etkisi (Light Time Effect)
GSCV	General Catalogue of Variable Stars
HR	Hertzsprung-Russell Diyagramı
TRO	Thermal Relaxation Oscillation
CCD	Charge Coupled Device

## ÖZET

### A VE W TÜRÜ DEĞEN ÇİFT YILDIZLARDA YÖRÜNGE DÖNEM DEĞİŞİMLERİNİN İNCELENMESİ

Muhammed Faruk YILDIRIM

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Fizik Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Faruk SOYDUGAN

29/01/2014, 71

Bu çalışmada, seçilen 14 A ve W-türü degen çift sistemin, gözlenen ve yayınlanan tüm minimum zamanları kullanılarak, yörünge dönem değişimleri araştırılmıştır. Yapılan gözlemlerden 18 adet minimum zamanı elde edilmiştir. A-türü sistemler olan DK Cyg, CV Cyg, XZ Leo, RZ Tau, V343 Ori, CN And ve EQ Tau'nun parabolik dönem değişimleri gösterdiği belirlenmiştir. Bu tür parabolik değişimler bileşenler arasındaki olası kütle aktarımı ile açıklanabilir. Bunlara ek olarak CN And ve EQ Tau, soğuk bileşenlerin yüzeylerinde gerçekleşen manyetik aktivite ile açıklanan çevrimsel değişimler sergilemektedirler. Bu çalışmada, 7 W-türü degen çiftin sistemin de (BV Dra, EM Lac, BW Dra, FZ Ori, TY Boo, VW Boo and RZ Com) dönem değişimleri analiz edilerek tümünün parabolik (dördü artan ve diğerleri azalan yönde) ve dönemli değişimleri birlikte gösterdiği belirlenmiştir. Parabolik değişimler bileşenler arasındaki kütle aktarımı ile açıklanırken, çevrimsel değişimleri açıklamak için ise konvektif katmanlı bileşen yıldızlarındaki manyetik çevrimleri kullanan Applegate modeli tercih edildi. Bulunan sonuçlar literatürdekilerle karşılaştırıldı ve tartışıldı. A ve W-türü degen çift sistemlerin dönem analizlerine göre, çoğunun parabolik değişimler gösterdiği ve özellikle çoğu W-türü sistemin ise ayrıca çevrimsel değişimler sergilediği görülmektedir. Sonuç olarak, özellikle çoğu soğuk degen çift yıldızın yörünge dönemlerindeki çevrimsel değişimleri açıklamak için, çift sistemler etrafındaki görülemeyen bileşenler yerine, manyetik çevrimler daha olası mekanizma olarak ortaya konabilir.

**Anahtar sözcükler:** Yıldızlar, Çift yıldızlar, Dönem değişimi, Yıldızlar: DK Cyg, CV Cyg, XZ Leo, V343 Ori, RZ Tau, CN And, EQ Tau, BV Dra, EM Lac, BW Dra, FZ Ori, TY Boo, VW Boo, RZ Com

## ABSTRACT

### INVESTIGATION OF ORBITAL PERIOD CHANGES OF A AND W TYPE CONTACT BINARIES STARS

Muhammed Faruk YILDIRIM

Çanakkale Onsekiz Mart University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Master of Science Thesis in Physics

Advisor: Assoc. Dr. Faruk SOYDUGAN

29/01/2014, 71

In this study, orbital period variations of selected 14 A and W-type contact binaries are investigated based on all published minima times and also observed ones. The O-C method was preferred to analysis the orbital period changes. We obtained 18 minima times for the target stars from the observations. A-type binaries DK Cyg, CV Cyg, XZ Leo, RZ Tau, V343 Ori, CN And and EQ Tau indicate secular period changes. The sources of the parabolic changes can be mass transfer between the components. In addition to secular changes, CN And and EQ Tau shows also cyclic variations, which can be explained by magnetic activity on the surfaces of the cool components. We have also analysed O-C data of 7 W-type contact binaries (BV Dra, EM Lac, BW Dra, FZ Ori, TY Boo, VW Boo ve RZ Com) and found that all of them show parabolic (four of them upward and the others downward) and periodic variations. While the parabolic variations were interpreted by mass transfer, Applegate model based on the magnetic cycles of the component with convective layers was preferred to explain the periodic changes. The results were compared with the literature and discussed. According the analysis of the orbital period changes of A and W-type contact binaries, most of them indicate secular changes and especially the most of W-type ones show also cyclic variations. Finally, it can be said that the magnetic cycles can be more plausible mechanism to explain cyclic changes in the orbital period changes of cool contact binaries rather than possible unseen components around the eclipsing pairs.

**Keywords:** Stars, Eclipsing binar stars, Orbital period changes, Stars: DK Cyg, CV Cyg, XZ Leo, V343 Ori, RZ Tau, CN And, EQ Tau, BV Dra, EM Lac, BW Dra, FZ Ori, TY Boo, VW Boo, RZ Com

<b>İÇERİK</b>	<b>Sayfa</b>
YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAVI SONUÇ FORMU .....	ii
İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI.....	iii
TEŞEKKÜR .....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	v
ÖZET .....	vi
ABSTRACT .....	vii
<b>BÖLÜM 1 – GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Işık Eğrisinin Biçimine Göre Örten Çift Yıldızlar.....</b>	<b>2</b>
<b>1.2. Örten Çiftlerde Roche Sınıflaması.....</b>	<b>3</b>
<b>BÖLÜM 2 – ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....</b>	<b>8</b>
<b>2.1. W UMa Türü Değen Sistemlerin Genel Özellikleri.....</b>	<b>8</b>
<b>2.2. A ve W Türü Değen Sistemler.....</b>	<b>11</b>
<b>2.3. Değen Çift Sistemlerde Dönem Değişimleri.....</b>	<b>14</b>
<b>BÖLÜM 3- MATERYAL VE YÖNTEM.....</b>	<b>17</b>
<b>3. 1. Veri Bilgisi.....</b>	<b>17</b>
<b>3.2. Dönem Değişimlerini Açıklamak İçin Kullanılan Bazı Mekanizmalar</b>	<b>19</b>
<b>3.2.1. Kütle aktarımı ve kütle kaybı.....</b>	<b>20</b>
<b>3.2.2. Üçüncü cisim nedeniyle ışık-zaman etkisi.....</b>	<b>22</b>
<b>3.2.3. Applegate modeli.....</b>	<b>23</b>
<b>BÖLÜM 4 – ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....</b>	<b>25</b>
<b>4.1 Seçilen A-türü Değen Çift Sistemlerin Dönem Analizleri.....</b>	<b>26</b>
<b>4.1.1 DK Cyg .....</b>	<b>26</b>
<b>4.1.2 CV Cyg.....</b>	<b>27</b>
<b>4.1.3 XZ Leo.....</b>	<b>28</b>
<b>4.1.4 V343 Ori.....</b>	<b>29</b>
<b>4.1.5 RZ Tau.....</b>	<b>30</b>
<b>4.1.6 CN And.....</b>	<b>32</b>
<b>4.1.7 EQ Tau.....</b>	<b>34</b>



<b>4.2 Seçilen W-türü Değen Çift Sistemlerin Dönem Analizleri.....</b>	<b>36</b>
<b>4.2.1 BV Dra.....</b>	<b>36</b>
<b>4.2.2 EM Lac.....</b>	<b>39</b>
<b>4.2.3 BW Dra.....</b>	<b>40</b>
<b>4.2.4 FZ Ori.....</b>	<b>42</b>
<b>4.2.5 TY Boo.....</b>	<b>43</b>
<b>4.2.6 VW Boo.....</b>	<b>46</b>
<b>4.2.7 RZ Com.....</b>	<b>47</b>
<b>BÖLÜM 5 – SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>50</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>56</b>
<b>Çizelgeler.....</b>	<b>I</b>
<b>Şekiller.....</b>	<b>II</b>
<b>Özgeçmiş.....</b>	<b>IV</b>

**BÖLÜM 1****GİRİŞ**

Değişen yıldızlar, parlaklığında zamanla değişim gösteren yıldızlar olarak tanımlanır. Yıldızların tüm hayatı dikkate alındığında tümünün değişen yıldız olduğu söylenebilir. Ancak bu kadar uzun zaman ölçeklerinde, yıldızların gösterdikleri parlaklık değişimlerinin belirlenmesi olası değildir. Buna göre, değişen yıldız tanımı, parlaklıklarında ölçülebilir zaman ve genlikte değişim gösteren yıldızlar olarak kullanılır. Bu tür yıldızların çalışılması, onların bazı temel parametrelerinin belirlenmesinin yanında evrende gerçekleşen çok farklı fiziksel süreçlere (manyetik etkinlik, parlama ve patlamalar, yıldızların oluşum ve ölüm süreçleri, enerji ve kütle alışverişleri/etkileşimleri vb.) ilişkin önemli kanıtlar sunmaktadır. Değişen yıldızlar, farklı kriterlere göre sınıflandırılmaktadırlar. Bunlardan en sık kullanılanı, GCVS (General Catalogue of Variable Stars) veri tabanında verilendir (Samus ve ark., 2012). Bu çalışmada yaklaşık 50.000 değişen yıldız yer almakta ve bunlar; örten çift yıldızlar, patlama gösterenler, zonklayanlar, dönen değişenler, kataklismik değişenler, X-ışın değişenleri, diğer değişen türler şeklinde sınıflandırılmıştır.

Özellikle son yıllarda gökadamız Samanyolu içindeki yıldızlara ilişkin istatistik temelli çalışmalar, yıldızların yarısından fazlasının çift ya da çoklu sistem üyesi olduklarını göstermektedir. Değişen yıldızların bir sınıfı olan çift yıldızların, sayıca çokluğunun yanında, yıldızların temel parametrelerine ulaşmada önemli kaynaklar olması da onların çok çalışılmasında etkin faktörlerdendir. Çift yıldızların, belirlenme yöntemlerine dayalı en temel sınıflamasında, görsel, astrometrik, tayfsal ve örten çift yıldızlar yer almaktadır. Bu çalışmada konu olan örten çift sistemler, gösterdikleri tutulma kaynaklı ışık değişimleri ile keşfedilirler. Bileşenlerin birbirine olan uzaklıkları, boyutları ve yörünge düzleminin gökyüzü düzlemi ile yaptığı açı, tutulma olasılığını belirler. Özellikle örten çift yıldızlar, çift çizgili tayfsal çift yıldız (SB2) sınıfına da giriyorsa, ışık ve dikine hız eğrilerinin analizleri ile bileşenlerin ve sistemin önemli sayıda temel parametresi elde edilebilir. Yıldızların kütle ve yarıçaplarının en duyarlı belirlenebildiği kaynaklar SB2 türü örten çift yıldız bileşenleridir. Son yıllarda geliştirilen yüksek çözümü gücündeki tayçekerler ve yüksek kuantum etkinliğine sahip CCD kameralar kullanılarak alınan duyarlı veriler, gelişmiş yazılımlarla analiz edildiğinde bu tür sistemlerin bileşenlerinin kütle ve yarıçapları, %1-3 kadar, hassas duyarlılıkla belirlenebilmektedir. Bu yüksek duyarlılık, yıldız iç yapı ve evrim modellerinin geliştirilmesine de yol açmaktadır. Kütle ve yarıçap kadar hassas olmasa da, bu tür çift sistemlerin çalışılması, onların fotometrik uzaklıklarını

ve bileşenlerinin sıcaklık, ısıtma ve yüzey çekim ivmelerinin hesaplanmasına da olanak sağlar.

Son yıllarda yapılan yüksek duyarlıklı gözlem ve analizler sonucunda, SB2 türü örten çift sistemlerin sayısı, tüm türler için 500'ü aşmıştır. Ancak hala bazı türlerde duyarlı mutlak parametresi olan sistemlerin sayısı azdır. Bunun yanında, artan duyarlıklı gözlemler, bazı sistemlerin daha iyi çalışılmasını gerektirmektedir. Çözülmemiş çok sayıda fiziksel problemler ve kısa dönemli değişimlerin nedenleri üzerine çalışmalar yapılması için de örten çift sistemlerin gözlemlerinin yapılmasının önemi büyüktür. Özellikle ötegezegen keşiflerinin artması ve bu nesnelere geçiş ışık eğrilerinin ve dikine hız eğrilerinin analizlerinin de çift yıldız çalışmaları ile temelde hemen hemen aynı olması, çift yıldız çalışmalarının astrofiziğin bu şekilde merak uyandıran popüler bilimsel çalışmalarına da verdiği katkıyı göstermektedir.

### **1.1 Işık Eğrisinin Biçimine Göre Örten Çift Yıldızlar**

Gözlemler sonucunda örten çift yıldızlar, ışık eğrilerinin biçimlerine göre, Algol (EA),  $\beta$  Lyrae (EB) ve W UMa (EW) olmak üzere üç ayrı grupta sınıflandırılırlar. Bu sınıflama şekilsel olsa da, sistemlerin ve bileşenlerin özelliklerine ilişkin bazı bilgiler taşır.

Algol türü sistemlerin ışık eğrilerinde minimumlar dışında kalan evreler düzgün (veya çok az değişen) ve birinci minimum ile ikinci minimum arasındaki parlaklık farkı büyük olan çift yıldız sistemleridir. Bu sınıflamada yer alan sistemler, her iki bileşeni de evrimleşmemiş yıldızlardan veya en az bir bileşeni evrimleşmiş (anakoldan ayrılmak üzere veya ayrılmış) sistemlerden oluşabilir. Bileşenleri birbirinden oldukça uzak, küresel yapıları bozulmamış ve evrimleşmemiş Algol türü sistemlerin ışık eğrilerinin tutulmalar dışı tamamen düz, tutulmalar oldukça keskin ve genellikle tutulmaların derinlikleri birbirine yakındır. Genç Algoller diyebileceğimiz bu grupta bileşen sıcaklıkları birbirine yakındır. Bu tür sistemlerin ışık değişimlerine örnek Şekil 1.2'de verilmektedir. Burada, CW Cep ayrık çift sisteminin, Clausen (1991) tarafından analiz edilen V-ışık eğrisi sonucu bulunan parametreler yardımıyla kuramsal ışık eğrisi oluşturulmuştur. Şekilden de görüleceği üzere, tutulmalar dışı çok büyük değişimler göstermeyen ve tutulmaları keskin bir ışık eğrisine sahip Algol türü bir sisteme ait ışık değişimleridir. Ancak, en az bir bileşeni evrimleşmiş ve dolayısıyla küresellikten ayrılmış yıldız içeren sistemler de Algol olarak sınıflandırılırlar. Onların ışık eğrilerinin tutulmalar dışı az da olsa değişim gösterir. İkinci tutulmalar oldukça sığdır. Bileşenlerin sıcaklıkları birbirinden çok farklıdır. Bu sistemler daha yaşlı olup Roche sınıflamasında farklı bir türe karşılık gelir ki bunlara "klasik Algol türü çift sistemler" adı verilir.

$\beta$  Lyrae türü yıldız sistemlerin ışık eğrilerinde, minimumlar dışında kalan evrelerde de ışık değişimi görülür. Bunun nedeni ise bileşen yıldızların biçimlerinin bozulmalarıdır. Bileşen yıldızların küresel yapıdan ayrılmalarının nedeni, yakınlık etkileri nedeniyle bileşenlerin birbirlerine uyguladıkları çekimsel kuvvetler ve bileşen yıldızların kendi eksenleri etrafında dönmeleridir. Bu iki etki birlikte yıldızların üç eksenli elipsoid yapısında görünmelerine neden olur. Minimum derinliklerindeki farklılık bileşen yıldızların sıcaklıklarının birbirinden farklı olduğunun göstergesidir. Şekil 1.3’de  $\beta$  Lyrae türü çift sistem olan TT Aur’un Bell (1987), tarafından verilen fotometrik parametreler yardımıyla oluşturulan kuramsal B-ışık eğrisi verilmiştir. Işık eğrisinde tutulmalar dışındaki ışık değişimleri oldukça belirgindir.

W UMa türü yıldız sistemlerin ışık eğrilerinde, minimum derinlikleri birbirine eşit ya da çok yakındır. Bu da bileşen sıcaklıklarının birbirine yakın olduklarını gösterir. Bu tür sistemler, değen çiftler olarak da bilinir ve bileşenler birbirine çok yakındır. Bunun sonucunda, W UMa türü çift yıldızlar birbirine uyguladıkları ileri düzeyde çekimsel tedirginlik kuvvetleriyle, küresellikten oldukça uzaktırlar. Bu tür bileşenlerin her yörünge evresinde farklı boyut gösterdiklerinden dolayı saldıkları ışık miktarı da aynı olmaz. Yörünge her evresinde ışık değişimi görülür. W UMa türü çift sistem olan FN Cam’ın Pribulla (2002) tarafından verilen parametreler yardımıyla oluşturulmuş kuramsal V-ışık eğrisi Şekil 1.4’te verilmektedir. Şekil 1.2, 1.3 ve 1.4’te verilen kuramsal ışık eğrilerinin tümü, Binary Maker yazılımı (Bradstreet 1990), kullanılarak çizdirilmiştir.

### **1.2 Örtün Çiftlerde Roche Sınıflaması**

Gözlemsel sınıflamada kullanılan üç tür (Algol,  $\beta$  Lyrae ve W UMa), sistemlerin ve bileşenlerinin özellikleri ve daha önemlisi evrim durumları hakkında bilgi vermektense uzaktır. Çift yıldız sistemlerinin yapı ve özelliklerinin daha iyi anlaşılması için, bileşen yıldızların küresellikten ayrılmaları ile yörünge hareketlerinin birlikte ele alınmasının önemi büyüktür.

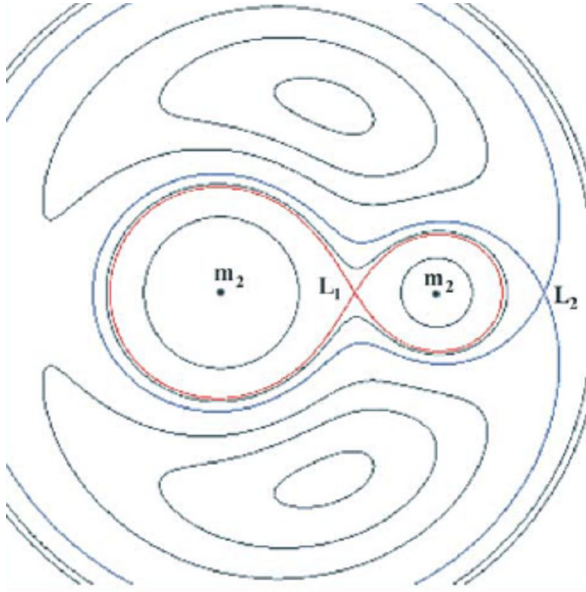
Fransız matematikçi E. Roche tarafından 19. yüzyılda ortaya atılan ve “sınırlı üç cisim problemi” olarak çözülen problem, Roche modeli olarak adlandırılır ve çift yıldızların Roche sınıflamasının da temelini oluşturmuştur. Bu modelde, nokta kaynak olarak kabul edilen iki kütle, ortak kütle merkezi etrafında dairesel yörüngede dolanırlar. Bu arada, üçüncü bir kütle, diğer iki kütle çekimsel alanında hareket eder. Problem, eş-potansiyelli yüzeylerin belirlenmesine dayanır. Bu yüzeyler sabit olup dönme ve çekimsel enerjinin toplamı ile verilir. Sözü edilen yüzeylere “Roche yüzeyleri” adı verilir. Çift yıldızlar için iç Roche yüzeyleri, evrimleri sırasında boyutlarını genişletebilecekleri

sınırlardır. İç ve dış Roche yüzeylerinin kesim noktaları Lagrange noktaları olarak adlandırılır ( $L_1$  ve  $L_2$ ). Şekil 1.1’de  $q=0.3$  olan bir çift sisteme ilişkin eş-potansiyel yüzeyler ile birlikte  $L_1$  ve  $L_2$  noktaları gösterilmektedir (Skelton, 2009). Bu noktalarda, etkin potansiyel gradyenti sıfır olur ve kuvvetler birbirini dengeler. Roche lobunu doldurarak maddesi iç Lagrange noktası olan  $L_1$ ’e ulaşan bileşen yıldız, diğer bileşene bu noktadan kütle aktarmaya başlar. Dış Lagrange noktası  $L_2$  ise, kuvvetlerin dengelenmesi nedeniyle maddenin uzaya kaçabileceği bölge olarak ortaya çıkar.

Çift yıldız evriminde, önemli tanımlardan biri de, Roche lobe hacmidir. Bunu hesaplamak için kullanılan ve “etkin yarıçap ( $r_L$ )” olarak isimlendirilen terim Eggleton (1983), tarafından aşağıda verilen eşitlik ile hesaplanır:

$$r_L = \frac{0.49 q^{2/3}}{0.69 q^{2/3} + \ln(1 + q^{1/3})} \quad (1.1)$$

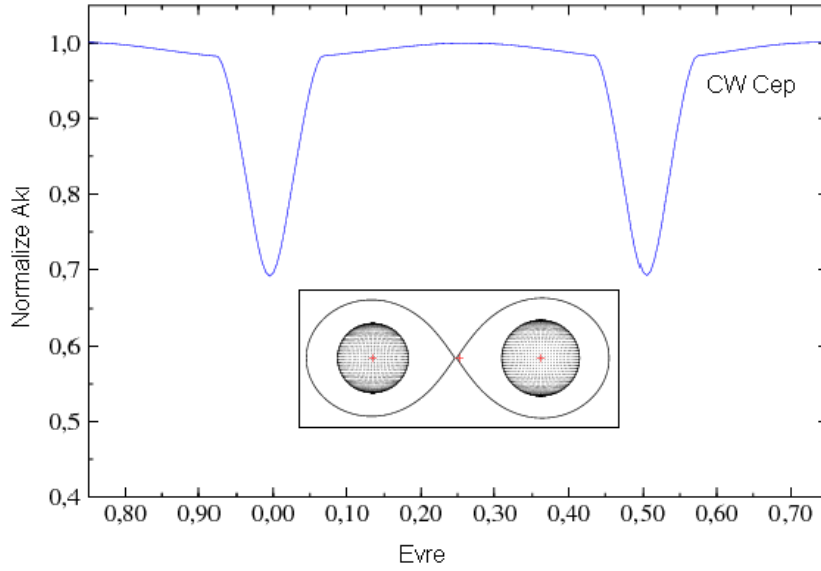
Burada  $q$  sistemin kütle oranı olup  $M_2/M_1$  ile hesaplanır. Roche lobunu tam olarak doldurmuş bir yıldızın gerçek yarıçapı ise  $R_L=r_L.a$  ile hesaplanır. Burada  $a$ , bileşen yıldızlar arasındaki uzaklığı verir.



Şekil 1.1 Kütle oranı  $q=0.3$  olan bir çift yıldız sisteminin yörünge düzleminde eş potansiyel yüzeylerini gösterimi (Skelton, 2009).

Kütle oranı kullanılarak oluşturulan Roche geometrisinde, bileşen yıldızların hacimlerinin iç Roche yüzeylerindeki pozisyonlarına göre, çift yıldızlar için Roche sınıflaması yapılmıştır. Buna göre, her iki bileşeni de iç Roche yüzeylerinin içinde kalan

dizgelere “*ayrık çift yıldızlar*”, bileşenlerden biri iç Roche hacmini doldurmuş ise “*yarı-ayrık çift sistemler*” ve her iki bileşen de iç Roche loblarını doldurmuş ise “*değen çift yıldızlar*” adı verilir. Şekil 1.2’de ayrık çift sistem olan CW Cep’in ışık eğrisi ve Roche geometrisi verilmiştir. Şekilden görüleceği üzere, bileşen yıldızlar iç Roche yüzeylerinin ne kadar içinde yer alırsa veya doldurma oranları ne kadar küçükse, o kadar küresel yapıdadırlar ve buna bağlı olarak ışık eğrilerinin maksimumları çok fazla değişim göstermemektedir. TT Aur, yarı-ayrık bir sistemdir ve ikinci bileşen Roche lobunu doldurmuştur (Bell 1987). Şekil 1.3’de verilen Roche geometrisinden, birinci bileşenin de Roche lobunun önemli bölümünü doldurduğu ve küresellikten uzaklaştığı görülmektedir. Sistemin ışık eğrisi de buna bağlı olarak tutulma dışında da değişimler göstermektedir. Şekil 1.4’de ise değen sistemlere örnek olarak FN Cam’ın Roche geometrisi verilmektedir.

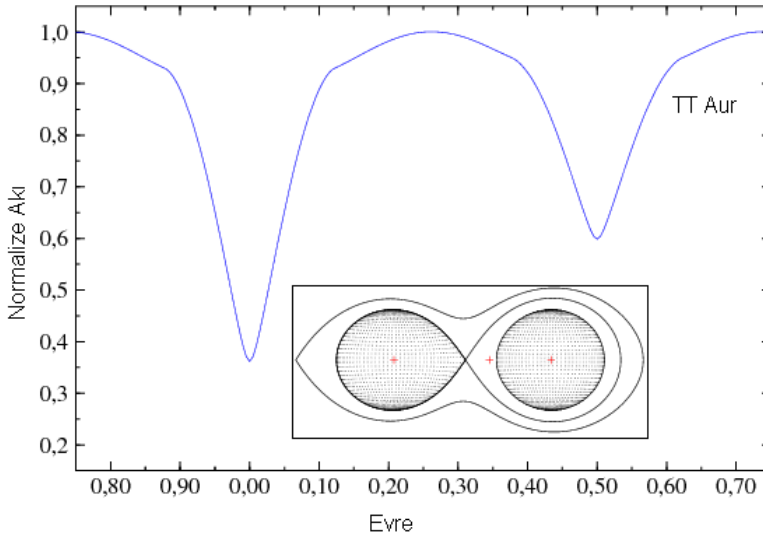


Şekil 1.2 Ayrık örten çift sistem CW Cep’in v ışık eğrisi ve 0.75 yörünge evresindeki Roche geometrisinin görünümü.

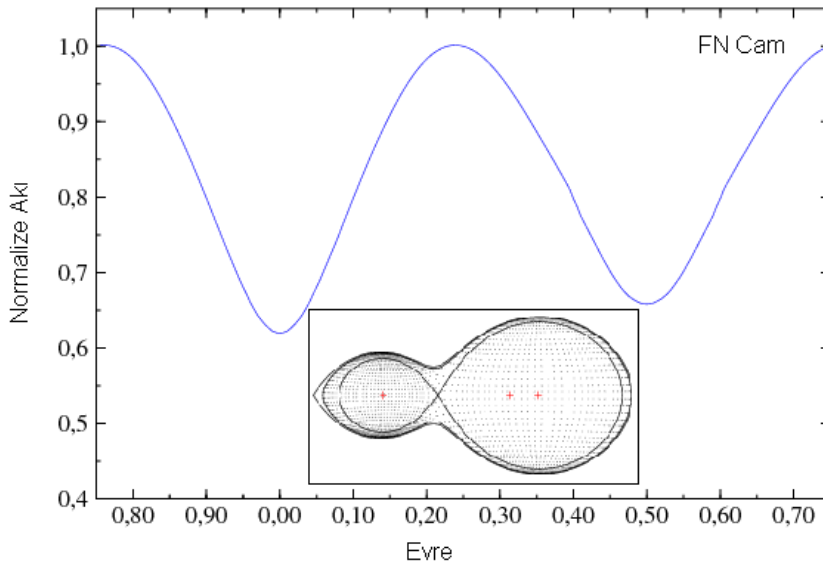
Son yıllarda artan duyarlı gözlemler ile çok sayıda örten çift gözlenmiş ve bu sınıflamalara giren çok sayıda örnek bulunmuştur. Gözlenen sistemlerin artması sınıflamada, başka ara sınıfların da verilmesini beraberinde getirmiştir. Örneğin, değen sistemlerde değme oranı gittikçe büyümekte ve taşma gerçekleşmektedir. Bu durumda, bu dizgelere değen yerine “*aşırı-değen (overcontact) çift sistemler*” adı verilir. Roche yüzeylerden taşma miktarını vermek için kullanılan taşma oranı ( $f$ ) parametresi de aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$f = \frac{\Omega_{i\check{c}} - \Omega}{\Omega_{i\check{c}} - \Omega_{du}} \quad (1.2)$$

Burada,  $\Omega_{i\check{c}}$  ve  $\Omega_{du}$  sırasıyla, iç ve dış kritik Roche eş-potansiyel değerleridir. Aşırı değen sistemlerde  $f$ 'in değeri 0-1 arasında yer alır. Bunun yanında, “değmeye yakın sistemler” olarak yeni bir sınıf daha kullanılmaktadır. Bu tür dizgelerde, her iki bileşen de, iç Roche yüzeylerinin yaklaşık %90'ından fazlasını doldurmuştur. Bunlar, ayırık, yarı-ayırık ve hatta geometrik değen dizgeler olarak farklı Roche geometrileri sergilerler.



Şekil 1.3 Yarı-ayırık örten çift sistem TT Aur'un B ışık eğrisi ve 0.75 yörünge evresindeki Roche geometrisinin görünümü.



Şekil 1.4 Aşırı-değen çift sistem FN Cam'ın V ışık eğrisi ve 0.75 yörünge evresindeki Roche geometrisinin görünümü.

Bu tez çalışmasında seçilen A ve W türü değen çift yıldızların yörünge dönem değişimleri analiz edilerek çıkarılacak sonuçlar farklı iki alt tür için tartışılacaktır. Literatürde çalışılmış W UMa türü bazı sistemler ile de karşılaştırma yapılarak, dönem değişimlerinin biçim ve büyüklükleri ile sistemlerin özellikleri arasındaki ilişkiler değerlendirilecektir.



## BÖLÜM 2

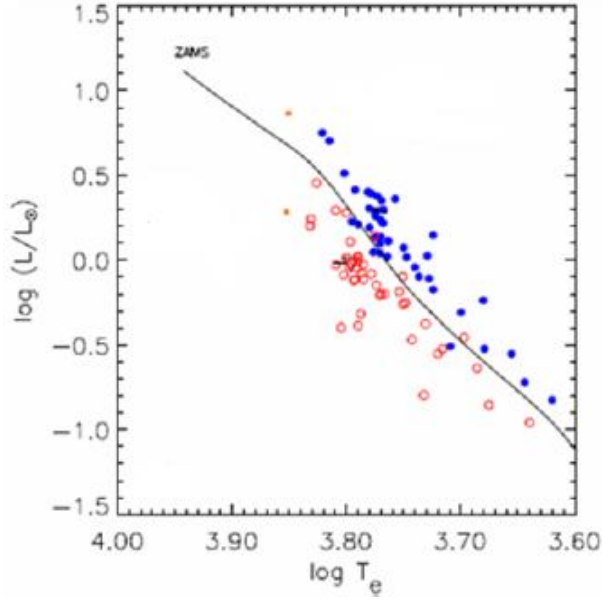
### ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

#### 2.1 W UMa Türü Değen Sistemlerin Genel Özellikleri

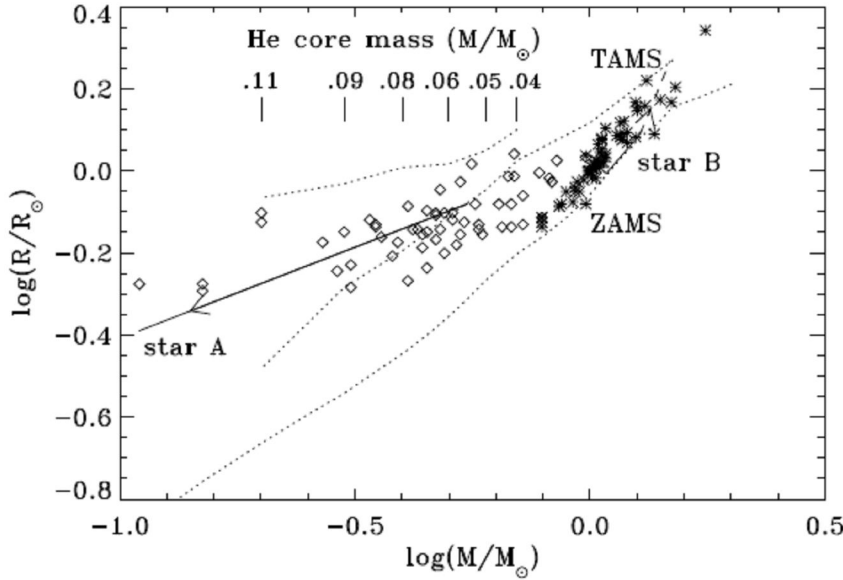
W UMa türü sistemler “değen çiftler” olarak da adlandırılır. Bu sistemler, Roche modelinin değen ve aşırı değen çift yıldızlar alt sınıfına girmektedir. Bu modelde, her iki yıldız da Roche lobunu doldurmuş hatta aşırı-değen veya taşan W UMa larda bileşenler ortak bir zarf ile sarılmışlardır. Bu tür sistemlerin bileşenlerinin Hertzsprung-Russell (HR) diyagramındaki konumları Şekil 2.1’te gösterilmektedir. Büyük kütleli bileşen genellikle sıfır yaş anakolu (ZAMS) yakınında yer alır. Küçük kütleli olan ise, kütesine göre oldukça büyük yarıçaplı olarak karşımıza çıkar (Stepien, 2006). Şekil 2.2, bazı W UMa ların bileşenleri için kütle-yarıçap diyagramını göstermektedir (Stepien, 2006). Bu şekilden de ikinci bileşenlerin kütesine göre büyük boyutlara sahip olduğu açıktır. W UMa ların bileşenlerinin tayf türleri A-K aralığında ortaya çıkar. Sıcak ve büyük kütleli O ve B tayf türünden bileşenlere sahip değen çift sistemler de vardır fakat bunlar hem sarılı oldukları zarfın radyatif olması hem de oluşum süreçlerinin farklı olması nedeniyle W UMa türü sistemlerden ayrı değerlendirilirler.

W UMa türü sistemler, kısa yörünge dönemlerine sahiptir. Yörünge dönemleri 0,2 gün ile 1 gün aralığında değişse de önemli bir bölümü 0,5 günden daha küçük dönemli olarak karşımıza çıkar (Mochnecki, 1985). Kısa dönemli oldukları için gözlemleri en çok yapılan çift yıldız türleridirler. Yapılan gözlemler sonucunda en kısa dönemli W UMa türü çift yıldız GSC 1387-0475 olduğu belirlenmiş ve yörünge dönemi  $P_{yörünge}=0,218$  gün olarak hesaplanmıştır (Yang ve ark., 2010). W UMa türü sistemlerin tayflarında genişlemiş ve genellikle birbirini örtmüş çizgiler görülür. Bazı sistemler de, özellikle moröte bölgede, salma çizgileri gösterir ki bu onların kromosferik aktif olduklarının göstergesidir.

Kütle oranları,  $q=M_2/M_1$ , genellikle 0,2 ile 0,5 değerleri arasında değişir. Bilinen en küçük kütle oranlı W UMa türü çift yıldızlardan biri V857 Her olup  $q=0,065$ ’ dir (Qian ve ark., 2006). Bu tür sistemler için hesaplanan kütle oranları daima 1 den farklıdır. Bu durumda anakol yıldızları için ortaya konan kütle-ışınım gücü bağıntısı dikkate alındığında, bileşenlerin yüzey sıcaklıkları farklı olmalıdır.



Şekil 2.1 W UMa türü sistemlerin bileşenlerinin HR diyagramında gösterimi (Kahraman ve ark., 2013).

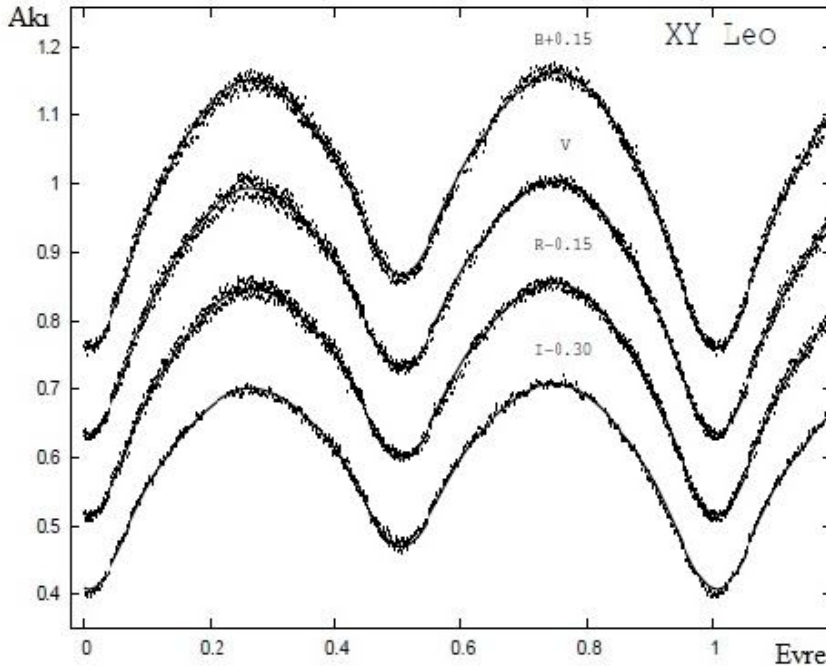


Şekil 2.2 Bazı W UMa ların büyük (yıldız) ve küçük (karo) kütleli bileşenlerinin log M-log R diyagramında dağılımları (Stepien, 2006).

W UMa türü yıldız sistemlerinin ışık eğrilerinde minimum derinlikleri birbirine eşit ya da çok yakın olup bu durum bileşenlerin sıcaklıklarının birbirine oldukça yakın olduklarını gösterir. Bileşenler arası sıcaklık farkı birkaç yüz kelvin değerini genellikle aşmaz. W UMa ların bileşenlerinin birbirine değmesi ve yörünge dönemlerinin oldukça küçük olması, bileşenlerin birbirlerine uyguladıkları ileri düzeyde karşılıklı çekim kuvvetleriyle, küresellikten sapmalarına yol açar. Küresellikten sapmış tek bir yıldızın gözlemi yapılırsa, her an gözlemcinin bakış doğrultusuna farklı yüzey alanı

göstereceğinden zamanla parlaklık değişimleri saptanır. Küresellikten sapmış iki yıldızın birbirleri etrafında dolanımı ve kendi eksenleri etrafında dönmelerine ek olarak örtme ve örtülme göstermeleri sonucu, W UMa türü yıldız sistemlerinde minimumlar dışındaki ışık değişimi de düzgün yapıda olmaz. Örnek olarak W UMa türü sistem olan XY Leo'nun BVRI ışık eğrileri Şekil 2.3'te gösterilmiştir (Zola ve ark., 2010).

W UMa türü sistemlerin yörüngeleri çember olup dönme-dolanma kilitlenmesi sergilerler. Hızlı dönme daha şiddetli manyetik alan üretilmesi anlamına gelirken bunun dış konvektif zarf ve diferansiyel dönme ile birlikte değerlendirilmesi ise daha etkin bir manyetik aktivite gösterebileceklerini ortaya koyar. Bunun göstergelerinden birinin de O'Connell etkisi olduğu düşünülmektedir. Bu etki kendini 0,25 ve 0,75 evrelerde yani maksimum evrelerde parlaklık farkı olarak gösterir (Milone, 1986). Maksimum seviyeler arasındaki bu farkın temel nedeninin yıldız yüzeyinde bulunabilecek lekeler (sıcak veya soğuk) olduğu düşünülmektedir. Bu durumda madde ve/veya enerji akışları nedeniyle karşılıklı veya sadece bir bileşen yüzeyinde oluşan soğuk/sıcak bölgeler ile açıklanmaktadır. Ancak, bu parlaklık farklarına karşın, X-ışın, görsel, moröte ve radyo bölgede yapılan gözlemlerden aşırı değen çift yıldızların, tek ve hızlı dönen soğuk yıldızlara göre daha düşük düzeyde manyetik etkinlik gösterdikleri belirlenmiştir. Bunun nedeni olarak da, bileşenleri saran ortak konvektif zarfın dinamo sürecini bastırabileceği açıklaması yapılmaktadır (Rucinski ve Seequist, 1988).



Şekil 2.3 W UMa türü sistemin BVRI filtrelerindeki ışık eğrisi (Zola ve ark., 2010).

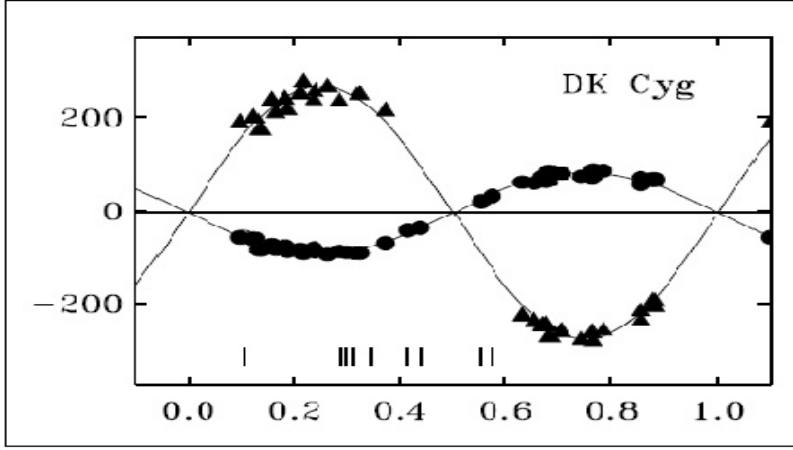
Tüm W UMa türü sistemlerin benzer gözlemsel ve fiziksel özelliklere sahip oldukları görülmektedir. Bu durumda, ilk düşünülen bunların tümünün aynı evrim özelliklerine ve oluşum senaryosuna sahip olmalarıdır (Gazeas ve Stepień 2008). Bilir ve ark. (2005) tarafından yapılan kinematik çalışmasında, bu tür sistemlerin yaşlarının ortalama değeri yaklaşık 4.5 Milyar yıl olarak belirlendi. Bu sonuç yakın zamanda, farklı bir yöntem kullanılarak, Yıldız (2013) tarafından da hemen hemen doğrulandı. Bu değerler, açısal momentum kaybını kullanan kuramsal modellerle de uyumludur. Bu modeller, birkaç gün yörünge dönemine sahip ayırık çift yıldızların, manyetik yıldız rüzgarları ve dönme-dolanma kilitlenmesinin sonucu olarak kaybedilen açısal momentumla değen çiftlere doğru evrimleştiğini ortaya koyar (bakınız Vilhu 1981, 1982, Rahunen 1981, 1982, 1983, Stepień 1995, 2006). Ancak tüm değen sistemlerin bu şekilde oluşup oluşmadığı tartışmalıdır. Buna rağmen, F-G-K bileşenli değen çiftlerde ayırık dizgelerden değen çiftlere doğru evrimleşmenin olduğu düşüncesi hakimdir. Değme anına kadar olan evrimin büyük ölçüde anlaşıldığı düşünülse de, özellikle, değme anından sonrası oldukça karmaşıktır çünkü bileşenler arası açısal momentum değişimleri, enerji ve kütle aktarımları başlar ve bu bileşenlerin evrimini oldukça değiştirir. TRO (thermal relaxation oscillation) modeli ilk Lucy (1976), Flannery (1976) ve Webbink (1977) tarafından tanımlanmış ve daha sonra çok sayıda yazar tarafından geliştirilmiştir. Buna göre, çift sistemdeki iki bileşen ısısal dengeden ayrılmıştır ve iç Roche lobu etrafında boyutlarını sürekli olarak arttırıp azaltır. Küçük kütleli bileşen, büyük kütleli bileşenden gelen konvektif enerji aktarımı nedeniyle, kütesine göre büyük yarıçaplıdır. Çift sistem, ömrünün bir kısmını değen olarak sürdürürken geri kalan kısmında yarı-ayırık durumdadır. Soğuk değen çiftler için, TRO modeline alternatif bir model ise Stepień (2004, 2006) tarafından geliştirilmiştir. Bu çalışmalarda, klasik Algollere benzer olarak, büyük kütleli bileşenden kütle aktarımı ile sistemin kütle oranının düşmeye başladığı kabul edilir. Değme durumu, açısal momentum kaybı ile, ani şekilde ortaya çıkar. Bileşenler ısısal dengededir ve küçük kütleli bileşenin kütesine göre büyük yarıçaplı olması klasik evrim ile açıklanmaktadır. Büyük kütleli bileşenden akan enerji, küçük kütleli bileşenin ekvator bölgesine sarılır.

## **2.2 A ve W Türü Değen Sistemler**

Binnendijk (1970), W UMa türü yıldız sistemlerini, ışık eğrisi ile birlikte dikine hız eğrisi gözlemlerinin analizleri sonucunda, A ve W türü olmak üzere iki alt sınıfa ayırmıştır. Bu ayırım, ışık eğrisindeki birinci (derin) minimum kullanılarak yapılır: “Birinci minimum” ışık eğrisinde parlaklığın en fazla azaldığı evre olarak tanımlanır. Bu sırada, düşük ışınım

gücüne sahip daha soğuk bileşen, yüksek ışıyım gücüne sahip olan daha sıcak olanı örter. Yıldızların ışıyım gücünü iki temel fiziksel parametre, yarıçap (R) ve sıcaklık (T) belirler. Bu iki temel fiziksel parametrenin birbiri ile dengede olması, yıldızların ışıyım gücünün aynı olduğu anlamına gelir. Buna göre A türü değen sistemlerde, büyük yarıçaplı bileşen daha sıcak ve büyük kütleli iken W türlerinde ise küçük yarıçaplı bileşen daha sıcaktır. Bu ayırımın özellikle dikine hız eğrileri de elde edilebilen W UMA türü sistemlerde yapılması daha kolaydır. Son on beş yıl içerisinde özellikle, S. Rucinski'nin önderlik ettiği çalışma grubu, Kanada'da yer alan David Dunlop Gözlemevi'nde çok sayıda değen çift sistemin tayf verileri elde edilerek dikine hızlarını ölçmüş ve yörünge parametrelerini belirlemiştir. Toplamda 162 yıldızın tayfları alınmış ve bunlardan 145 tanesinin çift çizgili tayfsal çift (SB2) olduğu belirlenmiştir. Gözlenen 145 SB2 yıldızının da 121 tanesi değen çift sistemdir (Rucinski 2010). Böylece son yıllarda yapılan bu yoğun tayfsal çalışmalar, değen çiftlerin de A ve W türlerinin daha açık şekilde ayrılmasını sağlamıştır.

A-türü sistemlerde birinci minimum (derin olan) küçük yarıçaplı ve küçük kütleli ve aynı zamanda daha soğuk olan yıldızın, büyük kütleli ve büyük yarıçaplı ve aynı zamanda daha sıcak olan yıldızı örtmesi sonucu ortaya çıkar (Binnendijk, 1970). Bu tür sistemlerin yörünge dönemi genellikle büyük değişimler göstermez ve kararlı ışık eğrilerine sahiptir (Robertson ve Eggleton, 1977). A türü değen dizgelerin daha ileri evrim aşamasında, bileşenlerin toplam kütlelerinin daha büyük olduğu ve daha kalın ortak zarfa sahip oldukları öngörülmektedir (Wilson, 1978). Ayrıca, bu sistemlerde değme oranı ( $f$ ) daha büyüktür. Şekil 2.4'te A türü değen çift sistem olan DK Cyg'nin bileşenlerinin dikine hız eğrileri görülmektedir. İçi dolu daireler birinci bileşenin (baş yıldızın), üçgenler ise ikinci bileşenin (yoldaş yıldızın) dikine hız değişimini göstermektedir. Birinci bileşenin (büyük kütleli bileşen) dikine hız değerleri takip edildiğinde, hemen birinci minimum çıkışından itibaren, ilgili yıldızın bize yaklaştığı görülmektedir. Genliğinin küçük olması bu bileşenin daha büyük kütleli bileşen olduğunu göstermektedir.

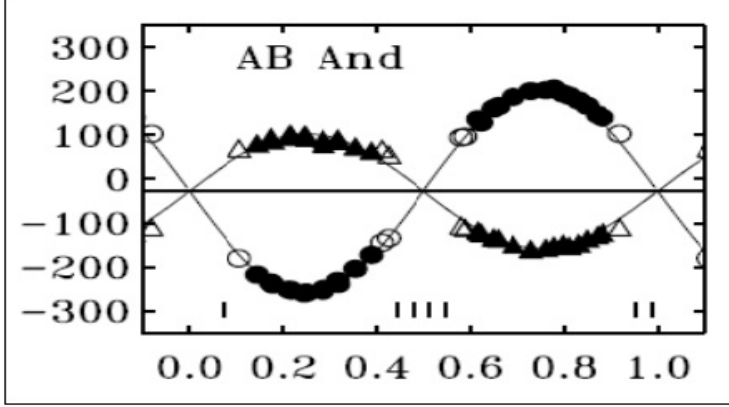


Şekil 2.4 A türü sistem DK Cyg'nin dikine hız eğrisi (Rucinski ve Lu, 1999).

Değen çiftlerin A türlerinde bileşenler daha erken tayf türünden (A-F) olup yörünge dönemleri genellikle 0.5 gün civarındadır. Bu dizgelerin kütle oranlarının çok büyük bölümü 0.5'ten küçük değerdedir. Bileşenlerin toplam kütleleri W türlerine göre daha büyük olup evrim safhası olarak da ileridedirler.

W-türü sistemlerde birinci minimum (derin olan) daha büyük yarıçaplı ve daha büyük kütleli aynı zamanda daha soğuk olan yıldızın, küçük yarıçaplı ve küçük kütleli ve aynı zamanda daha sıcak olan yıldızı örtmesi sonucunda ortaya çıkar (Binnendijk, 1970). W türü değen çift yıldızlarda, yörünge dönemleri genellikle değişim gösterir ve kararsız ışık eğrisine sahiptir (Robertson ve Eggleton, 1977). Bu tür değen sistemlerde, birinci bileşen ile ikinci bileşen farklı sıcaklıklara sahip olup aralarındaki sıcaklık farkı A-türlerine göre daha büyüktür (Rucinski, 1974). Bu türden yıldızlarda değme oranı daha küçüktür. Bileşenler daha geri tayf türünden (F-K) ve dolayısıyla daha soğuk olup sistemin toplam kütlesi de daha küçüktür. Kütle oranları daha geniş aralıkta yer alır ve 0.9 değerlerine yaklaşan kütle oranına sahip sistemler görülür. Ortak zarf konvektif olup daha incedir. W-türü değen sistemlerin bileşenlerinin evrimlerinde A türü kadar ileri olmadıkları öne sürülmektedir (Duerbeck, 1984).

Şekil 2.5'te W-türü W Uma yıldızı olan AB And'ın bileşenlerinin dikine hız eğrileri görülmektedir. Büyük kütleli bileşen birinci minimum çıkışından itibaren bizden uzaklaşmaktadır.



Şekil 2.5 W türü değen sistem AB And’ın bileşenlerinin dikine hız eğrileri. Üçgenler baş bileşeni daireler ise yoldaş bileşeni göstermektedir (Pych ve ark., 2004).

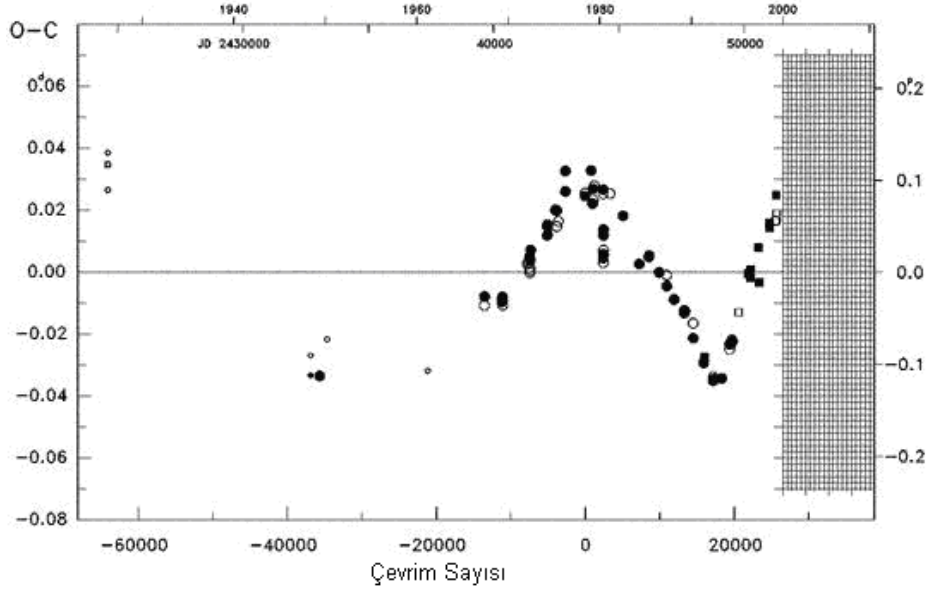
### 2.3 Değen Çift Sistemlerde Dönem Değişimleri

W UMa türü sistemlerde bileşen yıldızlar değme durumunda olduklarından, etkileşen sistemler olarak da adlandırılırlar. Değme durumunda bulunan çift yıldız sistemlerinde yıldızlar arasında kütle alışverişi veya bir yıldızdan uzaya kütle kaybı gerçekleşmesi mümkündür. Bu tür dizgelerin kütle ve/veya enerji alışverişlerinin yanında özellikle W türlerinin konvektif dış zarflı yıldızlar olması ve dönme-dolanma kilitlemesi nedeniyle hızlı dönme göstermeleri, onları güçlü birer manyetik etkinlik gösteren çift yıldız adayı durumuna getirir. Bu durumda, gösterecekleri olası manyetik çevrimler aynı zamanda yörünge dönemi değişimi olarak karşımıza çıkabilir. Bunlara ek olarak bazı sistemlerin barındırdıkları üçüncü cisimler de dönem de çevrimsel değişimlerin kaynağı olacaktır. Değen sistemlerin temel özellikleri incelendiğinde, yörünge dönemlerini değiştirecek çok fazla sayıda mekanizma içerdikleri görülmektedir.

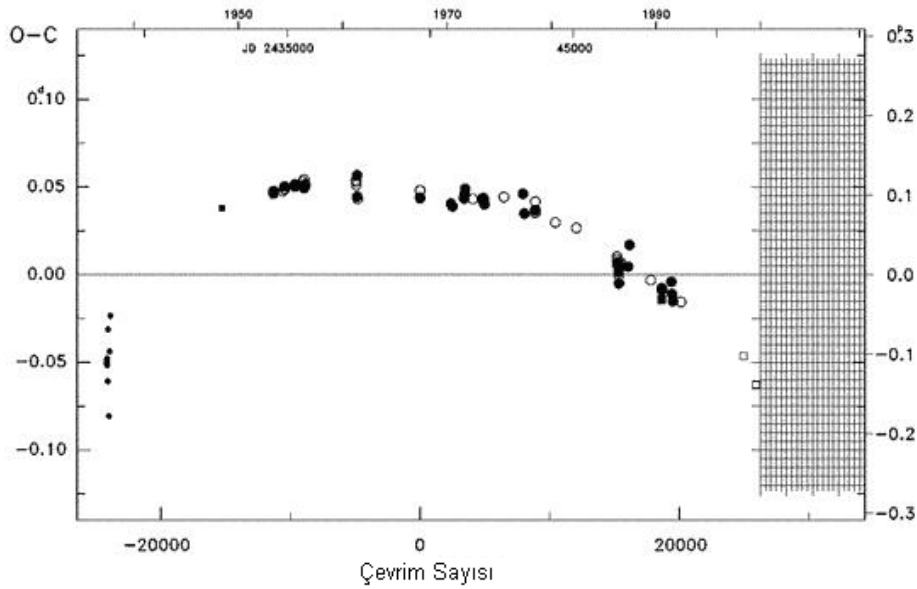
Literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde, çok sayıda, özellikle soğuk değen çift sistemin dönem değişimleri gösterdiği belirlenmiştir (örneğin Kreiner ve ark., 2001, Qian 2003). Bir sonraki bölümde anlatılacağı üzere, dönem değişimi analizlerinde kullanılan en etkin yol olan “O-C analiz yöntemi”, W UMa türü çift sistemlerin için de dönem değişimleri araştırmalarında sıklıkla kullanılmaktadır. Bu çerçeveden, ilgili dizgelerin O-C verilerinin dağılımına bakıldığında, çevrimsel, parabolik ve ayrıca bunların kombinasyonlarını içeren karmaşık değişimlerle karşılaşmaktadır. Şekil 2.6’da değen çift sistem TZ Boo’nun O-C değişimi yer almakta olup değişimin türünün dönemli/çevrimsel olduğu açıktır. Şekil 2.7’de ise yine soğuk değen çift sistem olan V502 Oph’un parabolik değişim sergileyen O-C diyagramı verilmiştir.

Değen çiftlerde dönem değişimlerini çalışmak için kullanılan gözlemsel veri, genellikle birkaç on yılı kapsar. Bu durumda, yakalanabilecek dönem değişimleri için eşik

değer  $\dot{P} \approx 10^{-7}$  civarındadır. Qian (2002), tarafından yapılan çalışmalarda, bazı degen çiftlerin bu düzeyde dönem değişimleri gösterdikleri belirlenmiş olup açıklaması genellikle bileşenler arası kütle aktarımı ile yapılmıştır. Kütle aktarımı bu sistemler için ayrıca TRO modeli kapsamında da önerilmiştir (Lucy, 1976; Flannery, 1976). Farklı dönem değişimi çalışmaları da bu yönde incelendiğinde, eğer degen sistemlerin önemli bir bölümü TRO evresinde ise, dönem değişim oranları  $10^{-7}$ - $10^{-8}$  aralığında olması beklenir (Stepien, 2006).



Şekil 2.6 Değen çift sistem TZ Boo'nun O-C değişimi (Kreiner ve ark., 2010).



Şekil 2.7 Değen çift sistem V502 Oph'nun O-C değişimi (Kreiner ve ark., 2010).



Dönem değişimlerinde ortaya çıkan dalgalanmalar, bileşenler arası madde ve enerji değişiminden kaynaklanabilir. Aktarılan kütle ile enerji arasında basit bir ilişki verilmektedir (Stepien 2006):

$$\Delta L = c_p \dot{M} \Delta T \quad (2.1)$$

Burada,  $\Delta L$  aktarılan enerjiyi,  $c_p$  sabit basınçtaki özısıyı,  $\dot{M}$  kütle akısını ve  $\Delta T$  ise sıcak bileşenden soğuk bileşene akan madde ile geride kalan madde arasındaki sıcaklık farkıdır. Korunumlu aktarım kabulünde,  $c_p$  değeri için  $2 \times 10^8$  erg/g.K değeri kullanılmaktadır (Baker ve Temesvary, 1966).  $\Delta T$  için ise  $10^3$  K değeri alınır. W UMa lar için gözlenen dönem değişimleri kullanılarak hesaplanan kütle aktarım oranları  $10^{-8}$   $M_{\odot}/\text{yıl}$  mertebesinde dir. Bu değer beklenen kütle akısı değerinin sadece binde veya onbinde biri kadardır. Bu durumda, bu tür değişimlerin kaynağı olarak manyetik etkinlik önerilmektedir. Yıldız yüzeyinde yer alan soğuk leke alanlarının önemli biçimde değişim göstermesi, ilgili yıldızın dış konvektif zarfının ısıl yapısını da değiştirir. Bu durum da, ısıl zaman ölçeğinde yıldızın yarıçapında değişimler olarak sonuçlanır ve devamında kütle akısını da düzenler.

Son yıllarda, A ve W türü sistemlerin dönem değişimleri üzerine S. Qian ve grubunun önemli çalışmaları vardır: 30 W-türü sistemin dönem değişimleri üzerine yaptığı çalışmada, dönem değişimlerinin TRO modeli ile birlikte açıl momentum kaybı nedeniyle ortaya çıktığını rapor etmiştir (Qian, 2001a). Yine 27 sıcak ve büyük kütleli bileşenlere sahip (çoğunluğu A-türü) de ğen çiftlerin dönem değişimlerini araştırdığı çalışmada ise, en küçük kütle oranına (0.072) sahip AW UMa dışında, hiçbirinin dönem azalması göstermediğini belirlemiştir. Bu da bu tür sistemlerde açıl momentumun dikkate alınmayacak kadar küçük olduğunu gösterir. Dönemlerdeki artmanın ise, küçük kütleli bileşenden büyük kütleli olana doğru gerçekleşen kütle aktarımı yoluyla olduğunu önermiştir (Qian, 2001b).

### **BÖLÜM 3**

#### **MATERYAL VE YÖNTEM**

Seçilmiş bazı A ve W türü değen çift sistemlerin dönem değişimlerini konu alan bu çalışmada öncelikle çalışılacak aday sistemler belirlendi. Bunun için Kreiner ve ark. (2010), tarafından yayınlanan ve 3000’den fazla çift sistemin *O-C* diyagramının yer aldığı “*O-C Atlası*” ana kaynak olarak kullanıldı. Bu çalışmadan, yörünge dönem değişimleri gösterdiği öngörülen veya bilinen toplam 14 adet değen çift sistem, dönem değişimlerini incelemek üzere seçildi.

#### **3.1 Veri Bilgisi**

Yörünge dönem değişimlerinin analizinde *O-C* yöntemi kullanıldı. Bu yöntemde en temel veri veya materyal çift sistemlerin gözlenen minimum zamanlarıdır. Bu amaçla, seçilen değen çift sistemlerin minimum zamanları literatürden toplandı ve buna ek olarak gözlem şartları el verdiği sürece bazıları için ise yeni minimum zamanları gözlemlendi. İlgili sistemlerin 2001 yılına kadar yayınlanan tüm minimum zamanları *O-C* atlasının veri tabanından alındı. Yeni gözlemler ise Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Astrofizik Araştırma Merkezi ve Ulupınar Gözlem evinde bulunan T30 ve T40 teleskoplarla ve bunlara bağlı olan Apogee Alta U47 CCD detektörler (APU47) kullanılarak yapıldı. Gözlemlerin indirgemeleri ve fotometrik ölçümleri, Maxim DL5 ve Muniwin (<http://c-munipack.sourceforge.net/>) programları kullanılarak yapıldı. Minimum zamanlarının okumaları ise Kwee van Woerden yöntemi (Kwee ve van Woerden, 1956) ile yapılmıştır. Gözlenen minimum zamanlarını listesi, hataları, kullanılan teleskop, CCD kamera ve filtreler ile birlikte Çizelge 3.1’de listelenmiştir. Çalışma sırasında 13 değen çift sisteme ilişkin toplam 18 minimum zamanı elde edilmiştir. Okunan minimum zamanlarının hatalarının 9-35 s aralığında olduğu görülmektedir.

Dönem analizi yapılacak sistemlerin verilerine ilişkin istatistik bilgiler ise Çizelge 3.2’de yer almaktadır. Burada, görsel (v), foto-görsel (p), fotoğrafik (pg), fotoelektrik (pe) ve CCD verilerinin sayıları ayrı ayrı gösterilmiş ayrıca birinci (Min I) ve ikinci minimum (Min II) tutulma zamanları verilmiştir. Özellikle çok daha duyarlı olan pe ve CCD verilerindeki artış, daha önce çalışılmış sistemlerin de tekrar ele alınmasının gerekli olduğunu ortaya koymaktadır.

Çizelge 3.1 Seçilen değen çift sistemlerin bazılarını elde edilen minimum zamanları

Sistem	Gözlenen Minimum(HJD)	Hatası	Filtre	Teleskop	CCD Kamera
DK Cyg	2456155,3904	0,0001	R,I	T30	APU47
	2456468,4047	0,0002	V,R	T40	
CV Cyg	2456160,4203	0,0003	V,R	T40	APU47
	2456517,4005	0,0004	B,V,R	T40	
XZ Leo	2456401,3524	0,0001	V,R	T40	APU47
V343 Ori	2456356,2965	0,0002	V,R	T40	APU47
RZ Tau	2456667,3619	0,0002	B,V,R	T40	APU47
	2456468,5473	0,0001	V,R	T30	
CN And	2456528,4799	0,0003	B,V,R	T30	APU47
	2456555,3202	0,0003	V,R,I	T30	
EQ Tau	2456638,3068	0,0002	B,V,R	T40	APU47
BV Dra	2456447,3220	0,0001	B,V,R	T40	APU47
BW Dra	2456528,3707	0,0002	B,V,R	T40	APU47
	2456549,2605	0,0004	B,V,R	T30	
FZ Ori	2456307,3965	0,0002	V,R	T40	APU47
TY Boo	2456433,3102	0,0001	V,R	T30	APU47
VW Boo	2456401,5375	0,0003	V,R	T30	APU47
RZ Com	2456413,3339	0,0002	V,R	T40	APU47

Örten çift yıldızların yörünge dönem değişimlerini analiz etmek için genellikle iki yol tercih edilir. Bunlardan biri doğrudan belirli zaman aralıklarında dönemin kendisinin zamanla değişimini dikkate alır ve onu modellemeye çalışır. Diğer model ise, uzun yıllar boyunca toplanan minimum zamanları kullanılarak oluşturulan *O-C* (gözlenen minimum zamanından hesaplanan minimum zamanı çıkarılarak bulunur) verilerinin zamanla veya çevrim sayısı ile değişimi incelenir. Sözü edilen son model “*O-C yöntemi*” olarak da adlandırılmakta olup son yıllarda en çok tercih edilen yol olmuştur. Yöntemin uygulanması oldukça basit olup uzun yıllar içinde birikmiş veri üzerinden toplam etkiyi göstermesi nedeniyle oldukça etkindir. Oluşturulan *O-C* diyagramındaki doğrusal olanlar dışındaki tüm salınımlar dönemin değiştii gösterir. *O-C* verisinin sıfır civarında dağılması dönemin değişmediğinin göstergesi iken doğrusal değişimler ise başlangıç dönemi ve/veya minimum zamanındaki hataları işaret eder (Budding ve Demircan, 2007).

Aşağıdaki bölümde, özellikle bu çalışmada kullanılacak, yörünge döneminin değişimine neden olan mekanizmalara değinilecek ve bunlar kullanılarak dönem değişimlerinin nasıl modelleneceği açıklanacaktır.

Çizelge 3.2 Seçilen değen çift sistemlerin verilerine ilişkin istatistik bilgiler

Sistem	V	P	Pg	Pe	Ccd	MinI	MinII	Toplam
DK Cyg	43	-	6	36	58	89	54	143
CV Cyg	13	5	44	17	28	44	63	107
XZ Leo	62	19	5	38	66	126	64	190
V343 Ori	45	21	-	5	26	59	38	97
RZ Tau	119	-	12	22	75	169	59	228
CN And	19	33	-	74	40	110	56	166
EQ Tau	135	18	26	26	120	176	149	325
BV Dra	13	-	-	71	30	56	58	114
EM Lac	-	9	1	23	53	46	40	86
BW Dra	-	-	-	75	30	63	42	105
FZ Ori	36	-	18	3	84	83	58	141
TY Boo	156	-	19	32	166	243	230	373
VW Boo	63	6	2	11	72	87	67	154
RZ Com	209	-	5	28	91	200	133	333

### 3.2 Dönem Değişimlerini Açıklamak İçin Kullanılan Bazı Mekanizmalar

Yörünge dönem değişimlerinin kaynaklarına bakıldığında, ölçülebilirliği ve kanıtlanabilirliği bakımından öne çıkanlar; kütle aktarımı ve kaybı, üçüncü cisim etkisi, manyetik etkinlik, eksen dönmesi sayılabilir. Bunlardan üçüncü cisim etkisi ve eksen dönmesi, çift sistemin yörünge döneminin gerçekte değişimine neden olmaz. Ortaya çıkan etki, görünürdeki değişim olarak söylenebilir. Geri kalan diğer etkiler ise, sistemin döneminin ve dolayısıyla yörüngesinin değişmesine neden olur. Bu farklı mekanizmalar, *O-C* diyagramlarında farklı değişimlerin ortaya çıkmasına neden olurlar. Dönemli veya sinüs benzeri değişimler, üçüncü bir cismin neden olduğu ışık-zaman etkisi (LITE) veya yörünge ekseninin dönmesi ile açıklanır. LITE'nin yansıması birinci ve ikinci minimumların *O-C* değerlerinin eş-fazlı sinüsoidal değişimi şeklinde olurken, eksen dönmesinde bu iki tür minimum zamanlarının değişimleri zıt fazlı olur. Bunun yanında, eksen dönmesi ölçülebilir değerde olan çift sistemlerin ışık eğrilerinde ikinci minimum yeri, birinci minimuma göre kaymalar gösterir. Bu çalışmada yer alan değen çiftlerde olduğu gibi, çember yörüngeye sahip sistemlerde ise, eksen dönmesinden söz edilmez. *O-C* diyagramında çevrimsel değişimlerin kaynağı, sistemde var olan soğuk ve manyetik etkinlik gösteren bileşenlerin manyetik çevrimleri de olabilir (bakınız Applegate, 1992). Bu çalışmada seçilen değen çiftlerin bazıları geri tür bileşenler içerdiğinden, dönem değişimlerini açıklamak için olası manyetik etkinlikler de dikkate alınacaktır. Eğer çift

sistemlerde, bileşenlerden biri Roche lobunu doldurmuş ise, diğer bileşene doğru kütle aktarımı beklenir. Değen çift sistemlerde, her iki bileşen de Roche lobunu doldurmuş olup bileşenler arası kütle ve enerji aktarımı yaptıkları öngörülmektedir. Ayrıca, özellikle geri tür bileşenli sistemlerde, sistemden kaybolan açısal momentum da dönem değişimine neden olabilir.

### 3.2.1 Kütle aktarımı ve kütle kaybı

Değen çift yıldızların Roche geometrisinde, farklı taşma oranlarında sistemlerle karşılaşırız. Ancak her iki bileşenin de Roche lobunu doldurduğu neredeyse kesindir. Bu nedenle, sistemde kütle ve enerji aktarımı beklenen bir fiziksel süreçtir. Buna ek olarak, soğuk bileşenlerin neden olduğu, manyetik rüzgarlarla kütle kaybının da (aslında daha büyük miktarda açısal momentum kaybı) görülmesi olasıdır.

Bir çift yıldız sisteminde, bileşenlerin birbirine kütle aktarımı veya uzaya kütle kaybı durumunda açısal momentumun korunabilmesi için yörünge döneminde ve dolayısıyla yörüngede değişimler olacaktır. Kütle ve açısal aktarımı iç Lagrange noktası olan  $L_1$ 'den gerçekleşirken (Roche lob taşması), kütle ve açısal momentum kayıpları ise yıldız rüzgarları ile  $L_2$  noktasından olur. Çift yıldız sisteminde büyük kütleli bileşen daha hızlı evrimleşir ve bu nedenle ilk olarak bu bileşen Roche lobunu doldurur. Bu bileşenden büyük hızlarla başlayan kütle oranı sistemin ve kütle alan bileşenin evrimini hızla değiştirir ve bir süre sonra, başlangıça büyük kütleli olan bileşen artık sistemin küçük kütleli bileşeni durumuna gelir. Bu durumda, sistemin özellikle yörünge dönemi değişimine bakıldığında şu şekilde bir değişimler karşılaşılır: Büyük kütleli bileşenden, küçük kütleli bileşene doğru kütle aktarımı olursa; sistem toplam açısal momentumunu koruyabilmesi için yörünge dönemi kısalır. Eğer bunu tersi olarak, küçük kütleli bileşenden, büyük kütleli bileşene doğru kütle aktarımı olursa; sistemin yörünge dönemi artar. (Huang, 1956).

Kütle aktarımı ve/veya kayıplarında  $O-C$  değişimleri parabolik olarak karşımıza çıkar. Bu durumda,  $O-C$  verisi modellenirken aşağıdaki denklem kullanılır:

$$\text{Min } I = T_0 + E.P + Q.E^2 \quad (3.1)$$

Burada,  $T_0$  ve  $P$  başlangıç minimum zamanı ve yörünge dönemini,  $E$  çevrim sayısını ve  $Q$  ise parabolik terimin katsayısını gösterir. Dönem artması durumunda  $Q$  pozitif, azalması durumunda ise negatif elde edilir. Yazılan denklemin türevi yardımıyla ise:

$$\frac{\Delta P}{P} = \frac{2Q}{P} \quad (3.2)$$

bağıntısı elde edilir ki bu da birim zamanda dönemde meydana gelecek değişim miktarını hesaplamada kullanılır. Şimdi, hesaplanan dönem değişim miktarının kütle aktarımı ve/veya kaybıyla olan ilişkisine bakalım:

Korunumlu kütle aktarımı söz konusu iken, üçüncü Kepler yasası kullanılarak, dönem değişimi ( $\Delta P$ ) ile aktarılan kütle miktarı ( $\dot{m}_1$ ) arasında aşağıda gibi bir bağıntı elde edilebilir (Rovithis, 2006):

$$\frac{\Delta P}{P} = \frac{3 \dot{m}_1 (m_1 - m_2)}{m_1 m_2} = 3 \frac{1 - q^2}{q M} \dot{m}_1 \quad (3.3)$$

Burada,  $m_1$  ve  $m_2$  bileşenlerin kütleleri,  $M$  sistemin toplam kütlesi ve  $q$  ( $=m_2/m_1$ ) bileşenlerin kütle oranlarını gösterir. Burada, korunumlu kütle aktarımı kabulü olduğundan bir yıldızdan aktarılan kütlenin tamamı diğeri tarafından alınmış olur ve sistemin toplam kütlesi sabit kalır. Denklemin sağ tarafında yer alan  $(m_1 - m_2)$  terimi pozitif veya negatif olabilir ki bu da hangi bileşenin kütle aktardığına bağlı olarak, yörünge döneminin azalacağını veya artacağını göstergesidir. Bazı araştırmacılara göre, değen çiftlerin bileşenleri ısısal dengede değildirler ve karşılıklı madde alışverişi yapabilirler. Eğer sistemde, toplam kütle ve açısal momentum korunuyorsa, sistem değme durumu etrafında salınır bileşen boyutları değişir ve bu durum TRO modeli ile açıklanır (Lucy, 1976; Flannery, 1976, Robertson ve Eggleton, 1977). Bazı araştırmacılar ise, açısal momentum kaybının değen çiftlerin evriminde önemli rol oynadığını ortaya koymuştur (örneğin; Vilhu, 1982; van't Veer ve Maceroni, 1989). Rahunen (1981) ise, açısal momentum kaybını kritik değere ulaşması halinde, W UMa türü sistemin değme konumunda kalacağını ve TRO modelinde önerildiği gibi bileşenlerin değmeden ayrılmayacağını belirtmiştir.

Yıldız rüzgârı ile kütle kaybı için de (küresel simetrik ve bileşen ile etkileşmediği durum için), yine üçüncü Kepler yasasının türevi alınarak aşağıdaki bağıntı elde edilir (Rovithis, 2006):

$$\frac{\Delta P}{P} = \frac{-2 \dot{m}_1}{M} \quad (3.4)$$

Burada yine *O-C* analizinden elde edilen dönem değişim miktarı ( $\Delta P$ ) kullanılarak sistemden kaybolan kütle miktarı tahmin edilebilir. Tout ve Hall (1991)'in çalışmasında da, kütle aktarımı ve kaybı birlikte ele alınarak modellendi. Erdem ve ark. (2005), çalışmasında da, geri tür bileşenli çiftlerde kütle kaybı ve aktarımı birlikte ele alınarak

dönem değişimi ile olan ilişkisi verildi. Ancak bu çalışmada yer alan bazı kabüller (örneğin, Alfven yarıçapı, jirasyon sabiti gibi), dönem değişimlerinin bu denklemlerle modellenmesinin önünde yer alan güçlükler olarak göze çarpmaktadır.

### 3.2.2 Üçüncü cisim nedeniyle ışık-zaman etkisi

Eğer çift yıldız sistemlerinde fiziksel bağlı üçüncü bir bileşen bulunuyorsa, bu durumda çift sistemin tutulma zamanları kullanılarak oluşturulan *O-C* diyagramında dönemli değişimler görülebilir. Işık-zaman etkisi olarak da adlandırılan bu süreç, çiftin üçlü sistemin ortak kütle merkezi etrafında yörünge hareketi yapmasından kaynaklanır. *O-C* diyagramında görülen sinüslü değişimin genliği ve dönemi, öngörülen üçüncü cismin kütlesi ve çift sisteme olan uzaklığı ile ilişkilidir. Çok sayıda araştırmacı, çift yıldızlar etrafında üçüncü bileşenler olabileceğini bu yöntemi kullanarak öngörmüştür (örneğin; Mayer, 1990; Pribulla ve ark., 2005; Soydugan, 2008). Demircan (2000)'in çalışmasında ise, 60 kadar çift sistemin LITE kanıtları gösterdiği belirtilmiştir.

*O-C* diyagramlarında görülen periyodik değişimleri LITE ile modellemek için en temel analitik ifade ilk kez Irwin (1959) tarafından verilmiştir:

$$\Delta t = \frac{a_{12} \sin i'}{c} \left\{ \frac{1 - e'^2}{1 + e' \cos v'} \sin(v' + w') + e' \cos w' \right\} \quad (3.5)$$

Denklemden verilen  $\Delta t$  değeri, olası üçüncü cisimden kaynaklanan zaman gecikmesidir. Diğer terimler ise şu şekilde tanımlanır:  $a_{12} \sin i'$  çift sistemin üçlü sistemin ortak kütle merkezi etrafında çizdiği yörünge yarı-büyük eksen uzunluğunu izdişümü,  $i'$  aynı yörünge eğikliği,  $e'$  basıklığı,  $v'$  yörünge gerçek anomalisi değeri ve  $w'$  ise yörüngede enberinin boylam açısını verir. Bu durumda, ışık elemanları aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$\text{Min } I = T_0 + E x P + \Delta t \quad (3.6)$$

Burada  $T_0$  ve  $P$  çiftin başlangıç minimum zamanı ve yörünge dönemi olup  $E$  yine çevrim sayısını gösterir. Olası üçüncü cismin kütle fonksiyonu ise:

$$f(m_3) = \frac{(a_{12} \sin i')^3}{P_{12}^2} = \frac{(m_3 \sin i')^3}{(m_1 + m_2 + m_3)^2} \quad (3.7)$$

ile hesaplanabilir. Burada,  $m_1$  ve  $m_2$  çift sistemde birinci ve ikinci bileşenin kütleleri  $m_3$  ise olası üçüncü cismin kütlesidir. Kütle fonksiyonu hesaplandıktan sonra  $i'$  yörünge eğim

açısına bağlı olarak üçüncü cismin kütlesi, yörüngesinin büyüklüğü ( $a_3$ ), çift sistemden olan açısız ayrıklığı ( $\rho$ ) ve hatta anakol yıldızı varsayımı ile bolometrik parlaklığı ( $M_{bol-3}$ ) da tahmin edilebilir.

Üçüncü bileşenin kütlesini ve yörüngesine ilişkin bazı parametreleri elde etmek için Denklem 3.6,  $O-C$  verisine regresyon analizi ile uygulanır. Böylece, üçüncü cisme ilişkin parametreler hataları ile birlikte elde edilir. Eğer  $O-C$  verisi aynı zamanda parabolik değişim de gösteriyorsa, Denklem 3.6'ya ek olarak  $Q.E^2$  terimi gelir ve analiz sonucunda aynı zamanda yörünge döneminin uzun zaman ölçeğinde gösterdiği azalma veya artma miktarı da belirlenmiş olur.

### 3.2.3 Applegate modeli

Çift yıldızlarda, bileşenlerden en az biri F5 ten daha geri tayf türünde olduğunda karşılaşılan dönem değişimlerinin önemli bölümünde çevrimsel değişimler görülmeye başlar. Bu durumda, konvektif zarflı bileşen sahip sistemlerde manyetik çevrim kaynaklı dönem değişimleri de dikkate alınmalıdır. Bu çalışmada seçilen sistemlerin bir bölümü soğuk bileşenlerden oluştuğundan, bu bileşenlerin olası manyetik etkinliklerinden kaynaklanan dönem değişimleri de ele alınacaktır.

Gözlemsel veriden gelen ve  $O-C$  diyagramında çevrimsel değişimler olarak karşımıza çıkan izlere ek olarak, Applegate (1992) bu tür değişimleri açıklamak üzere, soğuk bileşenin manyetik çevrimini kullandığı bir model önerdi. Bu modelde, aktif bileşenin açısal momentum dağılımındaki değişimler, manyetik çevrim sırasında ilgili yıldızın boyutunda değişimlere neden olur. Eğer çift dönme-dolanma kilitlenmesine ulaşırsa, bu boyut değişimi doğrudan yörünge dönemi değişimini de beraberinde getirir. Applegate modeline göre, bu tür dönem değişimlerinin büyüklük yaklaşık olarak  $\Delta P / P \approx 10^{-5}$  seviyesinde olup buna  $\Delta L / L \approx 0.1$  düzeyinde ısıtma değişimi ve  $\Delta \Omega / \Omega \approx 0.01$  düzeyinde de diferansiyel dönme değişimi eşlik eder. Aynı zamanda, yörünge dönem değişimini, aynı önemliliği göstermek üzere, ışık ve renk değişimleri de destekler.

Manyetik çevrim kaynaklı  $O-C$  değişimlerinin bu modelde beklenen değişim karakteri çevrimseldir ve aşağıdaki eşitlik yardımıyla temsil edilir:

$$\text{Min } I = T_0 + E \times P + A_{\text{mod}} \sin \left[ \frac{2\pi}{P_{\text{mod}}} (E - T_s) \right] \quad (3.8)$$

Burada,  $T_0$ ,  $E$  ve  $P$  ışık elemanlarını temsil etmede kullanılan parametreler olup Denklem 3.6'da da yer alan aynı terimlerdir.  $A_{\text{mod}}$ ,  $P_{\text{mod}}$  ve  $T_s$  ise sırasıyla sinüslü değişimin



genliğini, dönemini ve minimum momentini temsil ederler. Bu denklem *O-C* verisine regresyon yöntemi ile uygulanarak öncelikle sinüs değişiminin parametreleri hataları ile elde edilir. Daha sonra bu parametreler kullanılarak Applegate (1992), modelinde tanımlanan parametreler hesaplanır. Bunlar;  $\Delta P / P$ ,  $\Delta J$ ,  $I_s$ ,  $\Delta \Omega / \Omega$ ,  $\Delta E$ ,  $\Delta L_{rms}$  ve  $B$  olup sırasıyla, gözlenen dönem değişiminin büyüklüğünü, aktarılan açısal momentum miktarını, kabuğun eylemsizlik momentini, diferansiyel dönmenin değişim miktarını, açısal momentum aktarımı için gerekli olan enerjiyi, ısıtma değişim miktarını ve aktif bileşenin yüzey-altı manyetik alan büyüklüğünü gösterirler ki tümünün hesaplanması için gerekli bağıntılar Applegate (1992), tarafından verilmiş ve örnek olarak bazı sistemlere (SV Cam, SS Cam, RS CVn gibi) uygulanmıştır.

## BÖLÜM 4

## ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Bu çalışma için, değen çift sistemler arasından, Kreiner ve ark. (2001), çalışması kullanılarak, dönem değişimleri gösteren 14 adet sistem analiz edilip değişim nedenleri yorumlanmak üzere seçildi. Ayrıca, hem A hem de W türü sistemler tercih edildi ki böylece A ve W türleri arasında, dönem değişimlerinin biçim ve büyüklükleri açısından da karşılaştırma yapılması amaçlandı. Seçilen değen dizgelerin, tayf türü, yörünge dönemi (P), parlaklıkları (V), türleri (A/W), bileşenlerin kütle ( $M_{1,2}$ ), yarıçap ( $R_{1,2}$ ) ve ışıtmaları ( $L_{1,2}$ ), yörünge büyüklükleri (a) ve sistemlerin uzaklıkları (d) ile bu parametrelerin alındıkları kaynaklar Çizelge 4.1’de listelenmiştir.

Çizelge 4.1 Seçilen değen çiftler için literatürden toplanan temel parametreler

Sistem	Tayf Türü	P (gün)	V (kadir)	Tür	$M_1$ $M_2$ ( $M_{\odot}$ )	$R_1$ $R_2$ ( $R_{\odot}$ )	$L_1$ $L_2$ ( $L_{\odot}$ )	a ( $R_{\odot}$ )	d (pc)	Ref.
DK Cyg	A7V+A8,5	0,47069055	10 <sup>m</sup> ,37	A	1,74 0,53	1,79 0,99	7,31 0,96	3,34	167,5	1,2,3
CV Cyg	F8III+F9	0,9834308	10 <sup>m</sup> ,70	A	1,27 1,15	1,95 1,80	20,4 11,5	5,58	229,1	1,2,4
XZ Leo	A6+A8	0,4877355	10 <sup>m</sup> ,29	A	1,84 0,63	1,75 1,10	7,19 2,66	3,30	479	1,2,5
V343 Ori	F1+F1	0,80913083	10 <sup>m</sup> ,70	A	1,60 0,63	2,53 1,52	15,0 5,90	5,15	363,1	1,2,6
RZ Tau	A7V+A7V	0,415673305	10 <sup>m</sup> ,80	A	1,70 0,64	1,56 1,04	6,19 2,60	3,07	220	1,2,7
CN And	F8+G4IV	0,46279428	9 <sup>m</sup> ,70	A	1,42 0,56	1,48 0,94	3,53 0,99	3,05	210	1,2,8
EQ Tau	G2+F8,5	0,341347947	11 <sup>m</sup> ,18	A	1,32 0,59	1,16 0,82	1,35 0,64	2,55	144,9	1,2,9
BV Dra	F9V+F8V	0,350066568	8 <sup>m</sup> ,04	W	1,12 0,89	1,06 0,95	1,39 1,21	2,64	70,52	1,2,10,11,12
EM Lac	F6+F5.5	0,389134055	12 <sup>m</sup> ,5	W	1,45 0,63	1,30 0,78	1,67 0,63	2,85	194,1	1,2
BW Dra	G3V+G0V	0,292166962	8 <sup>m</sup> ,74	W	0,92 0,36	0,98 0,55	1,40 1,20	2,00	75,52	1,2,12
FZ Ori	G0+F7	0,39998443	10 <sup>m</sup> ,80	W	1,45 0,72	1,30 0,83	1,33 0,64	2,96	251,2	1,2
TY Boo	G3+F8	0,31714910	11 <sup>m</sup> ,39	W	1,14 0,53	1,05 0,75	0,89 0,58	2,32	171,8	1,2,13
VW Boo	G5+F7	0,34232143	10 <sup>m</sup> ,55	W	1,08 0,46	1,10 0,75	0,80 0,49	2,51	268,1	1,2,14
RZ Com	G2V+G0	0,338506332	10 <sup>m</sup> ,42	W	1,25 0,60	1,12 0,70	0,90 0,38	2,50	220,3	1,2

Referanslar: 1: Svechnikon (1990); 2: Kreiner ve ark. (2001); 3: Baran ve ark. (2004); 4: Hegedüs T. (1991); 5: Lee W.J. (2006); 6: Yang Y.G. (2009); 7: Yang Y. ve Liu Q. (2003); 8: Çicek C. ve ark. (2005); 9: Yang Y. ve Liu Q. (2002); 10: Maceroni C. (1982); 11: Batten A.H. (1985); 12: Zhou H.N. ve Leung K.C. (1988); 13: Li L. ve ark. (2004); 14: Liu L. ve ark. (2011).

Temel parametreleri Çizelge 4.1’de verilen 14 adet A ve W türü değen çift sistemlerin, dönem değişimleri, O-C yöntemi kullanılarak analiz edildi. Analizler sırasında, Zasche ve ark. (2009), tarafından verilen uygulama yazılımı kullanıldı. Analizler sırasında,

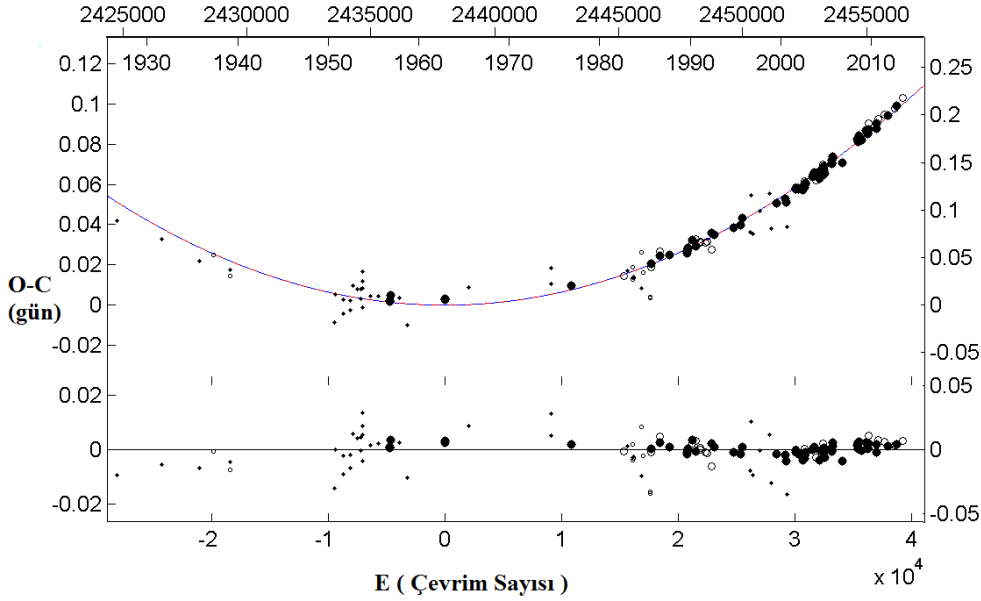
kullanılan verilerin ağırlıkları, hataları da dikkate alınarak,  $v=1$ ,  $p=2$ ,  $pg=5$ ,  $pe$  ve  $CCD=10$  olarak seçildi. Tezin amacına uygun olarak, çalışılacak sistemler A ve W türü olarak iki bölüm halinde, ilgili sistemlerin bazı temel çalışmaları da verilerek, incelendi.

#### **4.1 Seçilen A-türü Değen Çift sistemlerin Dönem Analizleri**

##### **4.1.1 DK Cyg**

DK Cyg (HIP 106574,  $V=10^m,38$ ), Guthnick & Prager (1927), tarafından değişen yıldız olarak keşfedilmiş ve W UMa türü bir çift yıldız olarak sınıflanmıştır. Son detaylı fotometrik çalışması Baran ve ark. (2004), tarafından yapılmış ve sistemin BVR ışık eğrileri çözülerek bileşenlerin mutlak parametreleri belirlenmiştir. İlk tayfsal çalışma ise Rucinski ve Lu (1999), tarafından yapılmış ve dikine hız verileri çözülerek sistemin yörüngesi belirlenmiştir. Ayrıca bu çalışmada, sistemin kütle oranı 0,325 bulunmuş ve DK Cyg A türü W UMa olarak sınıflandırılmıştır. Sistemin yörünge dönem değişimi, Wolf ve ark. (2000), tarafından çalışılmış ve dönemin artış gösterdiğini belirlemiştir. Bu alanda son çalışma ise, Borkovits ve ark. (2005), tarafından yapılmış ve dönemdeki artışın  $1,93 \times 10^{-7}$  yıl<sup>-1</sup> oranında olduğu hesaplanmıştır.

Bu çalışmada, DK Cyg değen çift sisteminin, literatürden toplanan minimum zamanlarına ek olarak, iki minimum zamanı da bu çalışmada elde edilmiş ve dönem analizi toplam 143 minimum zaman verisi kullanılarak yapılmıştır. Sistemin *O-C* verisi incelendiğinde artan parabolik değişim gösterdiği açıktır. Bu nedenle, *O-C* verisine (3.1) eşitliği uygulanarak, ışık elemanları ve parabol terimi (*Q*), hataları ile birlikte belirlendi ve Çizelge 4.2’de listelendi. Sistemin *O-C* diyagramı ile verinin temsil edildiği kuramsal eğri ile ondan olan farklar Şekil 4.1’de gösterildi. Buna göre, yaklaşık 80 yıllık zaman aralığında, A türü değen çift sistem olan DK Cyg’nin yörünge döneminin sürekli bir artış gösterdiği açıktır. Parabol terimi kullanılarak, sistemin artış oranı  $dP/dt = 0,85$  s/yüzyıl olarak hesaplanmıştır. Kütle artışının nedeni olarak, küçük kütleli bileşenden büyük kütleli olana kütle aktaarımı öngörülebilir. Korunumlu kütle aktarımı varsayımıyla, verilen (3.3) eşitliği ve Çizelge 4.1’de verilen sistem parametreleri kullanılarak, kütle aktarım oranı  $5,38 \times 10^{-8} M_{\odot}/yıl$  olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.1 DK Cyg örten çift sistemin elde edilen O-C verisi ve onu temsil etmede kullanılan kuramsal eğri ile ondan olan farklar. Simgelerin büyüklükleri kullanılan ağırlıklar ile orantılıdır.

Çizelge 4.2 Seçilen A-türü sistemlerin dönem analizinden elde edilen parametreler ve hataları

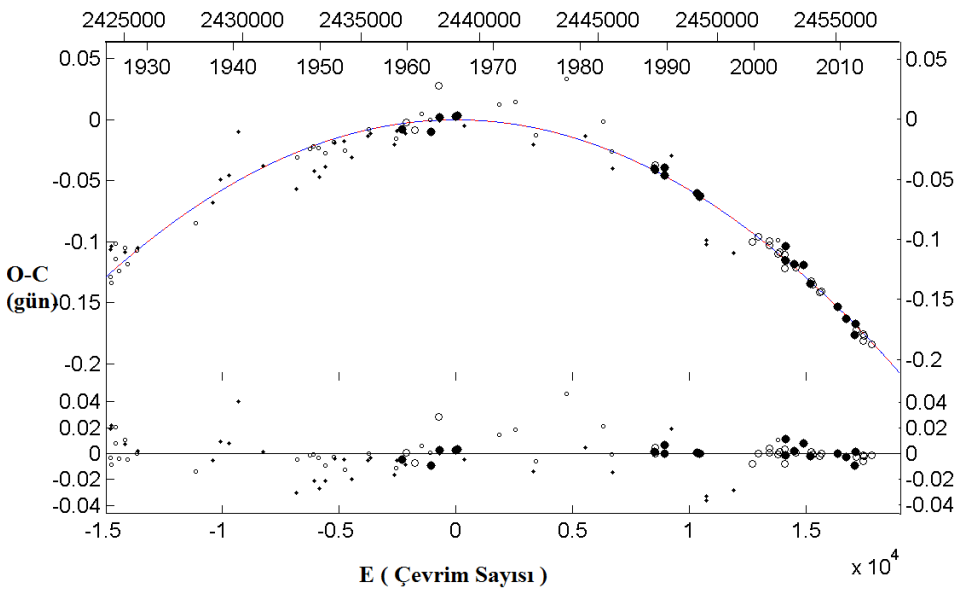
Sistem	DK Cyg	CV Cyg	XZ Leo	V343 Ori	RZ Tau
$T_0(\text{HJD}+2400000)$	37999,5811(4)	38994,4375(2)	45025,3637(3)	33599,3787(2)	52620,1117(5)
$P_{\text{orb}}$ (gün)	0,4706905(1)	0,9834243(2)	0,4877355(1)	0,8091220(3)	0,4156775(2)
$Q$ (gün)	$6,44(2) \times 10^{-11}$	$-5,74(2) \times 10^{-10}$	$6,25(1) \times 10^{-11}$	$4,7(1) \times 10^{-10}$	$5,53(2) \times 10^{-11}$
$dP/dt$ (s/yüzyıl)	0,86	-3,69	0,80	3,69	0,84
$dM/dt$ ( $M_{\odot}$ /yıl)	$5,38 \times 10^{-8}$	$1,76 \times 10^{-6}$	$6,12 \times 10^{-8}$	$9,3 \times 10^{-8}$	$8,01 \times 10^{-8}$

#### 4.1.2 CV Cyg

CV Cyg, ilk olarak Cepheid türü zonklayan yıldız (Beyer, 1934; Robinson, 1934) olarak sınıflansa da, Starikova & Sycheva (1948), tarafından W UMa türü bir çift sistem olarak belirlenmiş ve dönemi öncekinin iki katı olarak bulunmuştur. Sisteme ilişkin birkaç fotoelektrik çalışma yapılmış olup son çalışma Vinko ve ark. (1996), tarafından yayınlanmış ve ışık eğrileri (Vitesnik & Perek, 1966), çözülerek sistemin evrim durumu tartışılmıştır. Bu çalışmada, CV Cyg evrimleşmiş bir W UMa yıldızı olarak öngörülmüştür. Çift sistemin yörünge döneminin azaldığına ilişkin birkaç çalışma yapılmıştır. Hegedüs (1991), dönemdeki azalma oranını  $1,175 \times 10^{-9}$  gün/çevrim olarak hesaplamıştır. Demircan

ve ark. (1995), ise dönemdeki azalmayı  $dP/dt = 4,44 \times 10^{-7}$  gün/yıl olarak bulmuşlardır.

Bu çalışmada CV Cyg sisteminin *O-C* analizi, bu çalışmada elde edilen iki minimum zamanı ile birlikte toplam 107 minimum zamanı kullanılarak yapılmıştır. Şekil 4.2’den de görüleceği üzere, azalan parabolik değişim ve ölçükler, sistemin önemli büyüklükte dönem azalması gösterdiğinin kanıtıdır. CV Cyg’nin yaklaşık 85 yıllık zaman aralığına yayılmış verisi, eşitlik (3.1) kullanılarak analiz edildiğinde yörünge dönemindeki azalma oranı  $dP/dt = -3,6$  s/yüzyıl olarak hesaplanmıştır. Dönem analizi sonucu elde edilen parametreler ve hataları Çizelge 4.2’de verilirken *O-C* diyagramı elde edilen kuramsal temsil ve farklar ile birlikte Şekil 4.2’de gösterilmiştir.



Şekil 4.2 CV Cyg'nin *O-C* diyagramı. Açıklamalar Şekil 4.1 ile aynıdır.

A türü degen çift sistem olan CV Cyg'nin dönem azalması, büyük kütleli bileşenden küçük kütleli bileşene kütle aktarımı ile gerçekleşebilir. Benzer şekilde, verilen (3.3) eşitliği ve Çizelge 4.1’de verilen parametreler kullanılarak, sistemin toplam kütlelerinin değişmediği varsayımında, kütle aktarım oranı  $1,76 \times 10^{-6} M_{\odot}/yıl$  olarak belirlenmiştir. Bu değer oldukça büyüktür ve eğer bu oranda bir aktarım varsa, özellikle tayfsal verilerde etkisini göstermelidir.

#### 4.1.3 XZ Leo

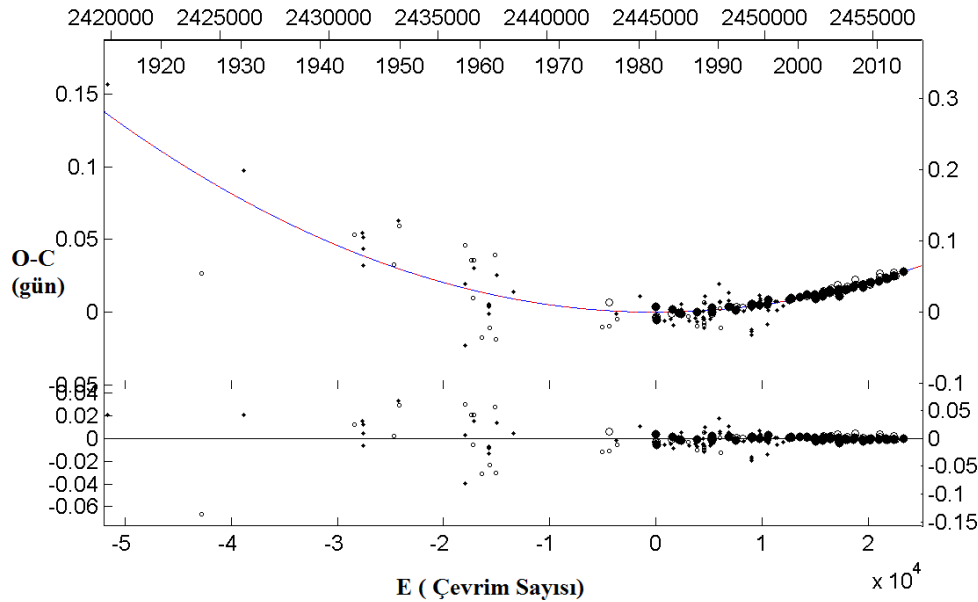
XZ Leo (=HIP 49204, BD+17 2165,  $V=10^m.37$ ), değişen bir yıldız olarak Hoffmeister (1934), tarafından keşfedildi. Prichodko (1947), ışık elementlerini hesapladı ve sistemin türünü W UMa olarak belirledi. Bileşenlerin fiziksel parametreleri Niarchos ve ark. (1994), tarafından yayımlandı. Sistemin bileşenlerinin dikine hızları Rucinski & Lu

## BÖLÜM 4 – ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Muhammed Faruk YILDIRIM

(1999) tarafından verildi. Aynı çalışmada, XZ Leo'nun tayf türü A8/F0V olarak önerildi ve A-türü W UMa örten çifti olarak sınıflandırıldı. Detaylı ışık eğrisi analizi Gazeas ve ark. (2005) ve Lee ve ark. (2006), tarafından yapıldı. Bu iki çalışmada bileşenlerin mutlak parametreleri belirlendi. Yörünge dönem değişimi en son Lee ve ark. (2006) tarafından yapıldı ve sistemin yörünge döneminin artış oranı  $8,20 \times 10^{-8}$  gün/yıl olarak belirlendi.

XZ Leo'nun bu çalışma için literatürden toplanan ve bu çalışmada gözlenen minimum zamanı ile birlikte 190 adet verisi ile *O-C* diyagramı oluşturuldu (Şekil 4.3). Şekilden de görüleceği üzere değişimin karakteri paraboloid. Özellikle 1980 li yıllara kadar veri sayısı oldukça ve saçılmalı olmasına rağmen son 30 yıl için pe ve CCD verilerinin artması değişimi belirgin kılmıştır. Artan parabolik değişimin anlamı yörünge döneminin uzun zaman ölçeğinde artış göstermesidir. Bu değişim yine eşitlik (3.1) kullanılarak modellenmiş ve bulunan parametreler hataları ile birlikte Çizelge 4.2'de listelenmiş olup dönem artış oranı 0.8 s/yüzyıl olarak bulunmuştur. Şekil 4.3'te *O-C* verisi ile birlikte kuramsal eğri ve ondan olan farklar da gösterilmektedir. A-türü sistem olan XZ Leo'nun yörünge dönemindeki artışın nedeni olarak küçük kütleli bileşenden büyük kütleli bileşene gerçekleşen kütle aktarımı önerilebilir. Bu kapsamda kütle aktarım oranı da diğer sistemlere benzer yolla hesaplanarak  $6,1 \times 10^{-8} M_{\odot}/\text{yıl}$  olarak belirlendi.



Şekil 4.3 XZ Leo örten çift sistemin O-C eğrisi. Açıklamalar Şekil 4.1 ile aynıdır.

### 4.1.4 V343 Ori

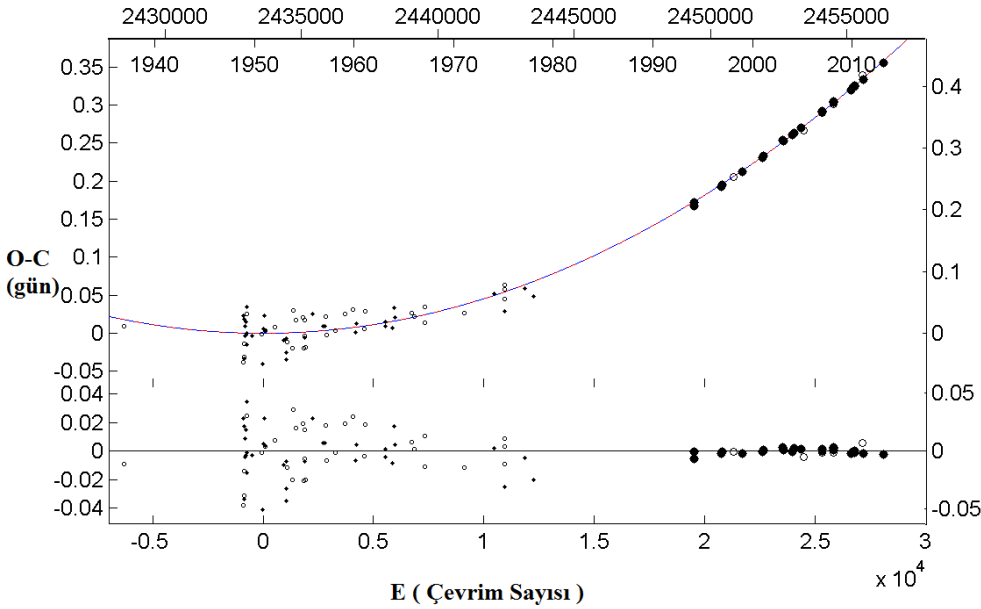
V343 Ori (=AN 286.1934, GSC 0725-1137), W UMa türü örten bir çift sistem olarak Hoffmesiter (1934), tarafından keşfedildi. Kholopov ve ark. (1987), tayf türünü F1 olarak önerdiler ve parlaklığının da 10<sup>m</sup>,5 ile 11<sup>m</sup> arasında değiştiğini belirttiler. Szafraniec

## BÖLÜM 4 – ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Muhammed Faruk YILDIRIM

(1974), sistemin 1948 ile 1960 yılları arasındaki gözlemlerinden yörünge dönemini 0,809123 olarak belirledi. Son olarak, Kreiner ve ark. (2001), yörünge dönemini 0,80913083 olarak güncelledi. Sistemin ışık eğrisi ilk kez Yang (2009), tarafında yayınlandı ve yapılan analizler sonucunda sistemin A-türü bir W UMa olduğunu belirledi. Aynı çalışmada kütle oranını  $q=0,253$  ve aşırı değme derecesini  $f=86,9$  olarak hesaplandı. Sistemin yörünge dönem analizi son olarak Yang (2009), tarafından yapıldı ve yörünge döneminin artış oranını  $4,3 \times 10^{-7}$  olarak belirlendi.

V343 Ori sisteminin de minimum zamanları kullanılarak oluşturulan *O-C* diyagramında döneminin artan biçimde değiştiği açıktır. Toplam 97 minimum zamanı kullanılarak yapılan dönem analizi yaklaşık 60 yıllık zaman aralığını kapsamına rağmen, son 20 yıldaki pe ve CCD verisi ile değişim kendini açıkça göstermiştir. Önceki sistemlere benzer olarak yapılan *O-C* analizi sonucunda, değişimin parametreleri ve hataları hesaplanarak Çizelge 4.2’de listelenmiştir. *O-C* verisinin dağılımı ve kuramsal eğriler ve ondan olan farklar Şekil 4.4’de gösterilmektedir. Aynı yöntemler uygulanarak dönem artış oranı 3,69 s/yüzyıl olarak hesaplanmış olup bu sistemin de dönem artış hızı oldukça yüksektir. Korunumlu kütle aktarımı varsayımıyla, küçük kütleli bileşenden büyük kütleli bileşene kütle aktarım oranı da  $9,3 \times 10^{-8} M_{\odot}/\text{yıl}$  olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.4 V343 Ori örten çift sistemin *O-C* eğrisi. Açıklamalar Şekil 4.1 ile aynıdır.

### 4.1.5 RZ Tau

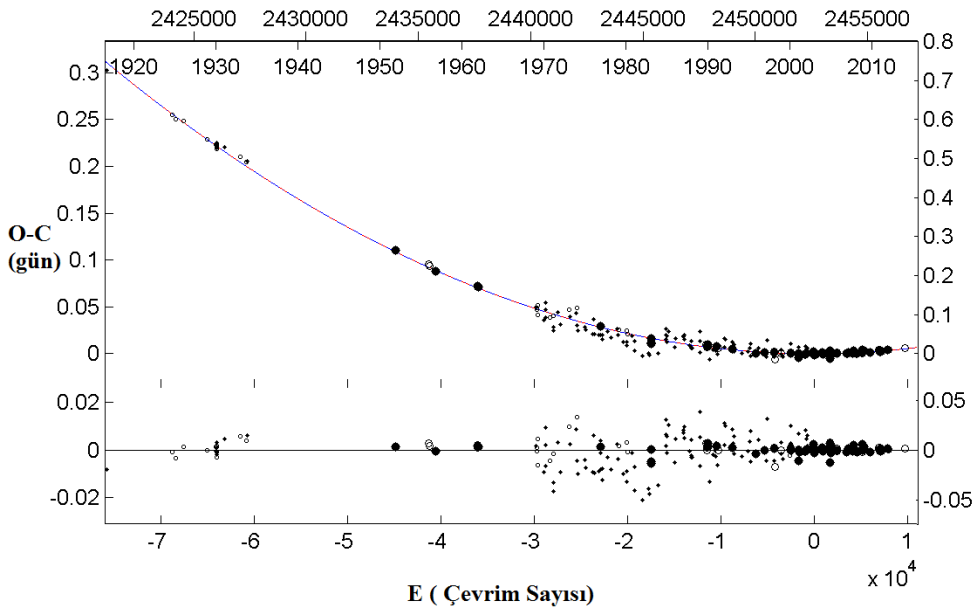
RZ Tau (HD285892=BD+18°659=HV2923=71.1907), kısa dönemli ( $P=0,4156755$  gün) aşırı değen A-türü bir W UMa sistemidir. Çift sistem, Hoffmeister (1919), tarafından değişen yıldız olarak keşfedildi. Oosterhoff (1930), tarafından W UMa türü çift sınıfı

## BÖLÜM 4 – ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Muhammed Faruk YILDIRIM

olarak sınıflandırıldı. İlk fotoelektrik gözlemleri Huruhata & Kitamura (1953), tarafından yayınlandı ve sistemin periyodu 0,41567109 gün olarak belirlendi. Sistemin dikine hız çalışması Struve ve ark. (1950), tarafından yapıldı ve sistemin tayf türü F0 olarak belirlenip kütle oranı  $q=0,54$  olarak hesaplandı. RZ Tau'nun fotometrik çözümleri Binnendijk (1963), Mochnacki & Doughty (1972), Mauder (1972), Wilson & Devinney (1973), Niarchos (1978), Jabbar & Kopal (1983), Morris & Naftilan (1997), ve Djurasevic ve ark. (1999), tarafından yapıldı. Yang & Liu (2003), tarafından sistemin B ve V filtrelerinde ışık eğrisi çözülerek sistemin temel fiziksel parametreleri belirlendi. RZ Tau'nun yörünge dönem analizi, Yang & Liu (2003), tarafından yapıldı ve dönemin sürekli artışı ve artış oranının ise  $9,67 \times 10^{-8}$  gün/yıl olduğu belirlendi.

RZ Tau'nun Kreiner ve ark. (2001), tarafından verilen *O-C* diyagramında döneminin artış gösterdiği belirgindir. Bu çalışmada, sistem yaklaşık son 10 yıldır çalışılmadığından dönem değişim parametrelerinin yenilenmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla, elde edilen bir minimum zaman ile birlikte literatürden sisteme ilişkin 228 adet minimum zamanı toplanmıştır. Sistemin *O-C* diyagramı artan parabolik değişimler gösterdiğinden (3.1) eşitliği kullanılarak ışık elemanları güncellenmiş ve ayrıca parabol terimi ( $Q$ ) hatası ile birlikte hesaplanmıştır (bakınız Çizelge 4.2). *O-C* verileri ile kuramsal temsilin uyumu Şekil 4.5'te görülebilir. Diğer sistemlere benzer olarak dönem artış oranı ve korunumlu aktarım olmak kabulü ile küçük kütleli bileşenden büyük kütleli olana kütle aktarım oranı, sırasıyla  $dP/dt = 0,84$  s/yüzyıl ve  $8,01 \times 10^{-6}$   $M_{\odot}$ /yıl olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.5 RZ Tau örten çift sistemin *O-C* eğrisi. Açıklamalar Şekil 4.1 ile aynıdır.



**4.1.6 CN And**

CN And (=BD+39 0059, GSC 02787-01815, PPM 42831),  $\beta$  Lyr örten çift olarak Hoffmeister (1949), tarafından keşfedildi. Tsevevich (1956), Algol türü örten bir çift olduğunu önererek yörünge dönemini 2,2599 gün olarak belirledi. Daha sonra 1960 yılında Löchel tarafından W UMa türü ışık eğrisine sahip olduğu ve yörünge döneminin ise 0,462798 gün olduğu belirtilmiştir. Sistemin dikine hız ölçümü ve yörünge parametreleri Rucinski ve ark. (2001) tarafından yayınlandı ve sistemin A-türü W UMa olduğu önerildi. Çiçek ve ark. (2005) tarafından sistemin ışık eğrisi çözüldü ve sistemin yörünge dönem analizi yapıldı. Aynı çalışmada, sistemin yörünge döneminin sürekli azaldığı ortaya konularak bu azalma miktarı -1,98 s/yüzyıl olarak belirlenmiştir.

Bu çalışmada dönem analizi yapılması için seçilen A-türü degen sistem CN And'ın üç minimum zamanı yeni gözlemlerden elde edilmiş ve literatürden toplananlarla analize 166 minimum zamanı dahil edilmiştir. Sistemin oluşturulan *O-C* diyagramında ilk olarak parabolik değişim göze çarpmaktadır ki literatürde dönem değişim türünün parabolik olduğu belirtilmiştir (bakınız Şekil 4.6). Bu nedenle, sistemin *O-C* verilerine önce (3.1) eşitliği uygulanmıştır. Elde edilen kuramsal eğriden gözlemsel verinin farkları alındığında ortaya çevrimsel değişim çıkmıştır. Bu nedenle, sistemin *O-C* değişiminin hem parabolik hem de çevrimsel olduğu dikkate alınmalıdır. İlk kez bu çalışmada ortaya konulan çevrimsel dönem değişiminin kaynağı, sistemde olası üçüncü bir cisim veya aktif bileşen(ler) varsa bunların yüzey manyetik etkinliği olabilir. İlk olarak üçüncü cisim olasılığı dikkate alınarak *O-C* değişimi parabolik ve LITE terimleri kullanılarak (3.1 ve 3.6 eşitlikleri birleştirilerek) modellendi ve belirlenen parametreler hataları ile birlikte Çizelge 4.3'te listelendi. Bu çizelgede, olası üçüncü cismin bazı yörünge parametreleri ile minimum kütle değeri de (yaklaşık 0,1  $M_{\odot}$ ) verildi. Dönemdeki azalma oranı ile bu azalmayı açıklamak için kullanılan kütle aktarım (büyük kütleli bileşenden küçük kütleli olana doğru) oranı, aynı yöntem ve eşitlikler kullanılarak,  $dP/dt = -1,25$  s/yüzyıl ve  $8,45 \times 10^{-8} M_{\odot}/yıl$  olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.1'den görüleceği üzere CN And'ın tayf türü F8+G4IV olup her iki bileşende soğuk ve konvektif zarfa sahiptir. Aktif yıldız olması muhtemel olan bileşenlerin gösterecekleri manyetik çevrim de çevrimsel dönem değişimi oluşturabilir. Bu nedenle, parabolik terim ile birlikte çevrimsel değişimler Applegate (1992), modeli ile de açıklanmak için *O-C* verisine (3.8) eşitliği uygulandı ve bulunan parametreler yardımıyla Applegate parametreleri bulundu ve Çizelge 4.4'te listelendi. Model parametreleri incelendiğinde, Applegate (1992), tarafından öngörülen parametre aralıklarına yakın değerler olduğu görülmektedir. Bu durumda, manyetik çevrime ilişkin kanıtların

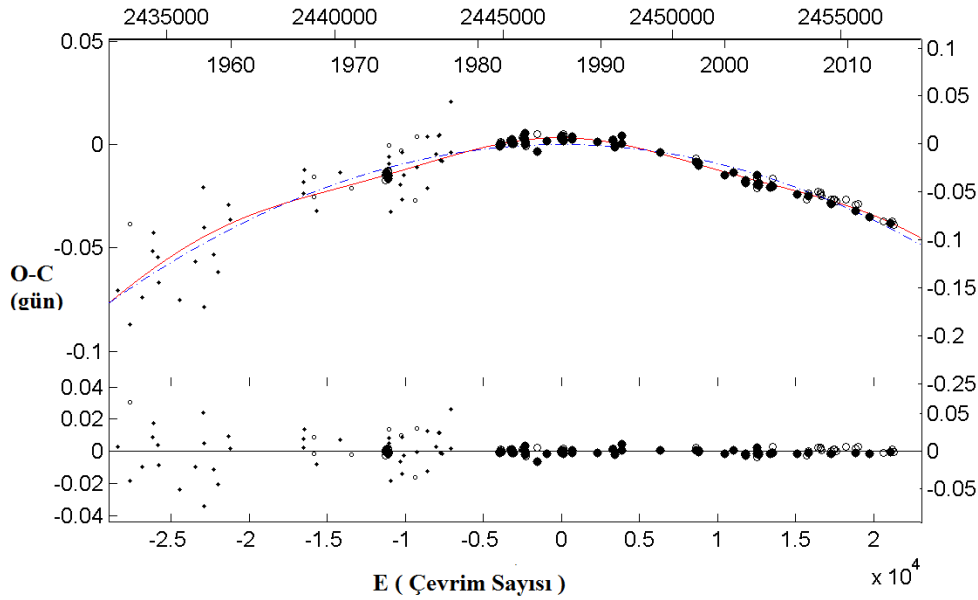
## BÖLÜM 4 – ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Muhammed Faruk YILDIRIM

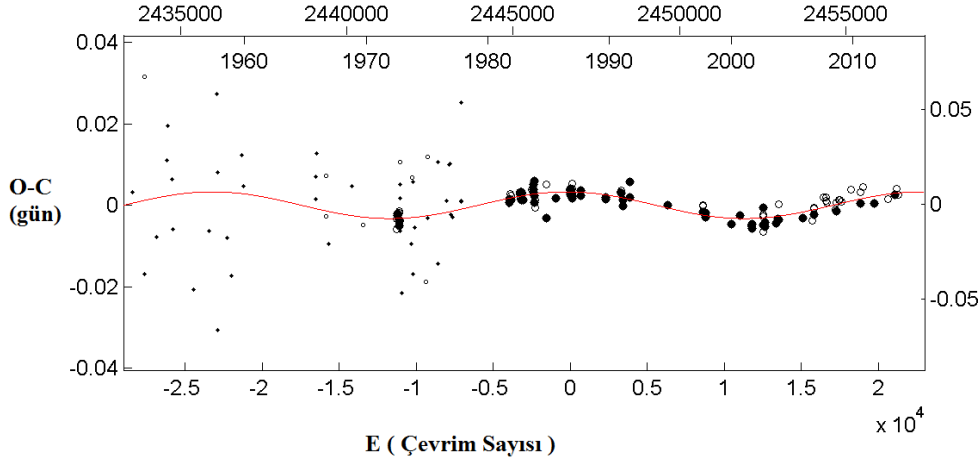
araştırılması daha olasıdır çünkü önerilen üçüncü cisim kütlesi oldukça küçük olup eğer varsa belirlenmesi oldukça güç olacaktır.

Çizelge 4.3 A-türü degen çift sistemler CN And ve EQ Tau'nun dönem analizinden elde edilen parametreleri ve hataları

Sistem	CN And	EQ Tau
$T_0$ (HJD+2400000)	46711,5300(2)	40203,4370(2)
$P_{orb}$ (gün)	0,4627925(4)	0,3413483(1)
Q (gün)	$-9,14(3) \times 10^{-11}$	$-1,72(2) \times 10^{-11}$
$dP/dt$ (s/yüzyıl)	-1,25	-0,32
$dM/dt$ ( $M_{\odot}$ /yıl)	$8,45 \times 10^{-8}$	$3,12 \times 10^{-8}$
$a_{12} \sin i$ (AB)	0,57(9)	2,35(22)
$e$	0,0	0,0
$w$ (deg)	90	90
$T'$ (HJD+2400000)	54579(658)	53317(790)
$P_{12}$ (yıl)	29,2(3.9)	49,8(4.3)
$f(m_3)$ ( $M_{\odot}$ )	0,00021(5)	0,00692(3)
$m_3$ ( $M_{\odot}$ ) i=90 için	0,10	0,33



Şekil 4.6 CN And degen çiftinin O-C verisinin dağılımı ve onun kuramsal eğrilerle temsili. Kesikli çizgi parabolik, sürekli olan ise parabolik ve LITE terimleri birlikte kullanılarak hesaplanmış kuramsal eğrilerdir. Alt panelde sürekli kuramsal eğriden olan farklar yer almaktadır.



Şekil 4.7 CN And’ın O-C verisinin çevrimsel değişimi ve onun LITE kullanılarak hesaplanmış kuramsal eğri (sürekli çizgi) ile temsili.

Çizelge 4.4 Çevrimsel dönem değişimi gösteren degen çiftlerin Applegate modeline ilişkin bazı parametreleri

Sistem	$\Delta J$ (erg s <sup>-1</sup> )	$\Delta\Omega/\Omega$	$\Delta E$ (erg)	$I_s$ (g cm <sup>2</sup> )	$\Delta L_{rms}$ (L <sub>⊙</sub> )	<b>B</b> (kG)
CN And	1,6x10 <sup>47</sup>	0,0007	1,9x10 <sup>40</sup>	1,4x10 <sup>54</sup>	0,016	5,5
EQ Tau	4,4x10 <sup>47</sup>	0,0024	2,3x10 <sup>41</sup>	8,6x10 <sup>53</sup>	0,130	10,7
BV Dra	2,1x10 <sup>47</sup>	0,0014	6,0x10 <sup>40</sup>	7,2x10 <sup>53</sup>	0,058	10,9
EM Lac	3,5x10 <sup>47</sup>	0,0017	1,1x10 <sup>41</sup>	1,1x10 <sup>54</sup>	0,093	9,5
BW Dra	2,4x10 <sup>47</sup>	0,0016	9,4x10 <sup>40</sup>	6,0x10 <sup>53</sup>	0,067	11,4
FZ Ori	1,1x10 <sup>48</sup>	0,0057	1,2x10 <sup>42</sup>	1,1x10 <sup>54</sup>	0,810	15,8
TY Boo	3,9x10 <sup>47</sup>	0,0024	2,2x10 <sup>41</sup>	7,1x10 <sup>53</sup>	0,094	10,2
VW Boo	2,2x10 <sup>47</sup>	0,0013	6,1x10 <sup>40</sup>	7,3x10 <sup>53</sup>	0,044	9,1
RZ Com	2,0x10 <sup>47</sup>	0,0012	5,1x10 <sup>40</sup>	8,0x10 <sup>53</sup>	0,031	7,8

#### 4.1.7 EQ Tau

EQ Tau (=GSC 01260-00909=TYC 1260-909-1), 1954 yılında Tsevevich tarafından keşfedildiğinden beri birçok kişi tarafından fotometrik gözlemleri gerçekleştirildi (Benbow & Mutel (1995); Buckner, Nellermeoe & Mutel (1998); Yang & Liu (2002); Pribulla & Vanko (2002); Vanko ve ark. (2004); Zola ve ark. (2005); Alton (2006) ve Hrivnak ve ark. (2006)). Tayfsal gözlemi ve analizi Rucinski ve ark. (2001), tarafından yayınlandı ve sistemin tayfsal kütle oranı  $q=0,442$  olarak elde edildi. Yang & Liu (2002), ikinci bileşende 23 yıllık bir periyod ile manyetik aktiflik olabileceği önerdi. Qian & Ma (2001), tarafından yapılan çalışmada yörünge döneminin azaldığını belirtilmiştir. Fakat Alton (2006), sistemin yörünge döneminin 1996’dan bu yana arttığını rapor etmiştir.

## BÖLÜM 4 – ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

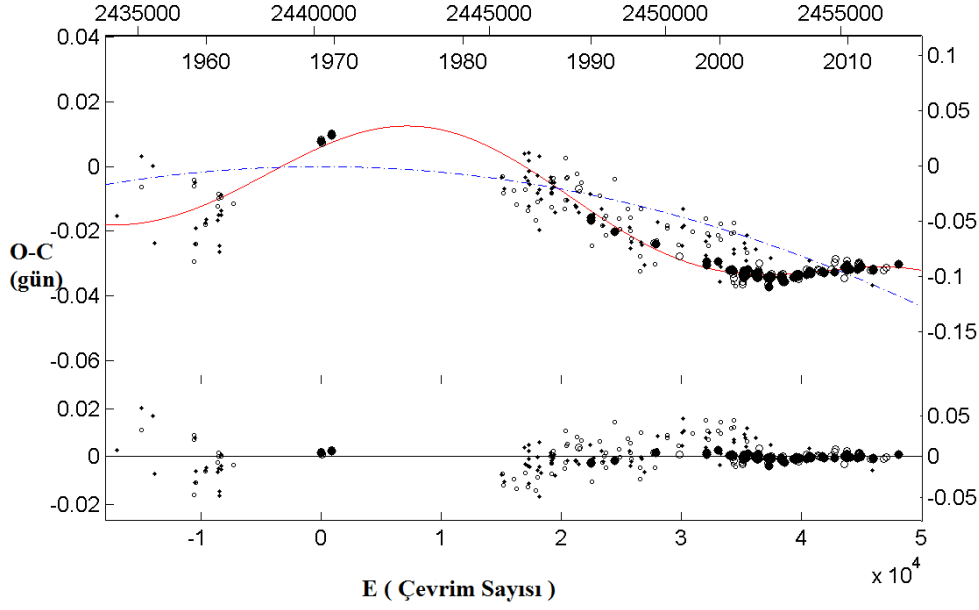
Muhammed Faruk YILDIRIM

Vanko ve ark. (2004), tarafından elde edilen ışık eğrisi hariç, bütün ışık eğrilerinde tipik O’Connell etkisi görülmektedir. Yuan & Qian (2007), tarafından yapılan çalışmada sistemin dönem değişimi ve ışık eğrisi analizi yapıldı ve bu çalışma sonucunda sistemin çevrimsel değişimin dönemi 48,5 yıl ve genliği ise 0,0129 gün olarak belirlendi.

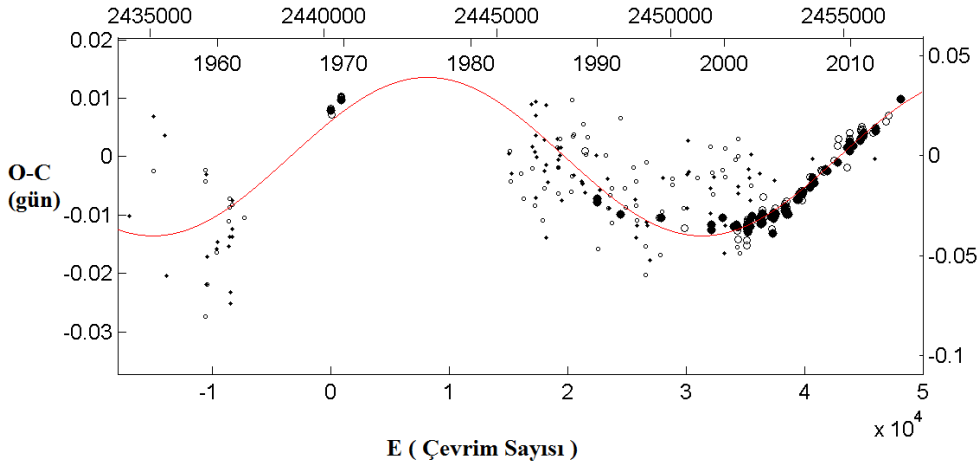
EQ Tau sistemi özellikle son yıllarda CCD kameralar kullanılarak sıklıkla gözlenen değen sistemlerdendir. Bu nedenle özellikle artan duyarlı minimum zamanı sayısı (120 CCD, 26 pe verisi) ile dönem analizinin yenilenmesi ve daha hassas değişim parametreleri belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu nedenle, bu çalışmadaki gözlemlerinden elde edilen bir minimum zaman ile literatürden toplanan minimum zamanlarının sayısı 325’e ulaşmıştır. Sisteme ilişkin önceki çalışmalar ve *O-C* dağılımı dikkate alındığında, minimum zamanlarında parabolik ve çevrimsel değişimleri temsil etmek için Bölüm 3’te verilen uygun eşitlikler uygulanmıştır.

Öncelikle, çevrimsel değişimin sistemde olası bir üçüncü cisimden kaynaklandığı öngörülerek, *O-C* verisine parabolik terim ile birlikte LITE ifadesi uygulanmış ve bulunan parametreler ile hataları Çizelge 4.3’te listelenmiştir. EQ Tau’nun *O-C* diyagramı ile elde edilen kuramsal eğrinin uyumu Şekil 4.8’de gösterilmektedir. Şekil 4.9 ise sadece çevrimsel değişimi ve ona uygulanan kuramsal temsili gösterir. Parabolik terim kullanılarak sistemin dönemindeki azalma miktarı  $dP/dt = -0,32$  s/yüzyıl olarak hesaplanmıştır. Çift sistemin üçlü sistemin kütle merkezi etrafındaki yörüngesinin dönemi yaklaşık 50 yıl belirlenirken, olası üçüncü bileşenin minimum kütlesi de  $0,3 M_{\odot}$  olarak belirlenmiştir. Eğer olası üçüncü bileşen bir anakol yıldızı ise bir M cücesi olması gerekir.

EQ Tau’nun tayf türü Çizelge 4.1’de verildiği gibi G2+F8.5 olup her iki bileşeni de aktivite gösterebilir. Bu nedenle, CN And sisteminde olduğu gibi, çevrimsel değişimler, Applegate modelini uygulamak üzere, sinüslü fonksiyon ile temsil edildi. Sinüslü değişimin parametreleri ve bileşen parametreleri kullanılarak Çizelge 4.4’de verilen Applegate model parametreleri hesaplandı ve parametrelerin modelin öngördüğü ile uyumlu oldukları görüldü.



Şekil 4.8 EQ Tau değen çift sistemin *O-C* eğrisi. Açıklamalar Şekil 4.6'daki gibidir.



Şekil 4.9 EQ Tau'nun çevrimsel *O-C* değişimi ve kuramsal temsili.

## 4.2 Seçilen W-türü Değen Çift sistemlerin Dönem Analizleri

### 4.2.1 BV Dra

BV Dra (=HD 135421, HIP 74370,  $V=8^m,04$ ), örten çift olarak Batten & Hardie (1965), tarafından keşfedildi. Binnendijk (1970), tarafından W UMA türü örten çift sistemin W türü alt sınıfı olarak keşfedildi. Sistemin tayf türü Batten ve ark. (1989), tarafından F9V+F8V olarak belirlendi. BV Dra'nın fotometrik çalışması birçok yazar tarafından yapıldı (örneğin Kaluzny & Rucinski, 1986; Hamdy ve ark., 1985). Bileşenlerin dikine hız eğrileri Batten & Lu (1985), tarafından yayınlandı. BV Dra'nın yörünge döneminin değiştiği, Kreiner ve ark. (2001), tarafından yayınlanan *O-C* atlasında açıkça görülmektedir. Sistem üzerine son yapılan yörünge dönem değişimi çalışması Yang ve ark.

## BÖLÜM 4 – ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

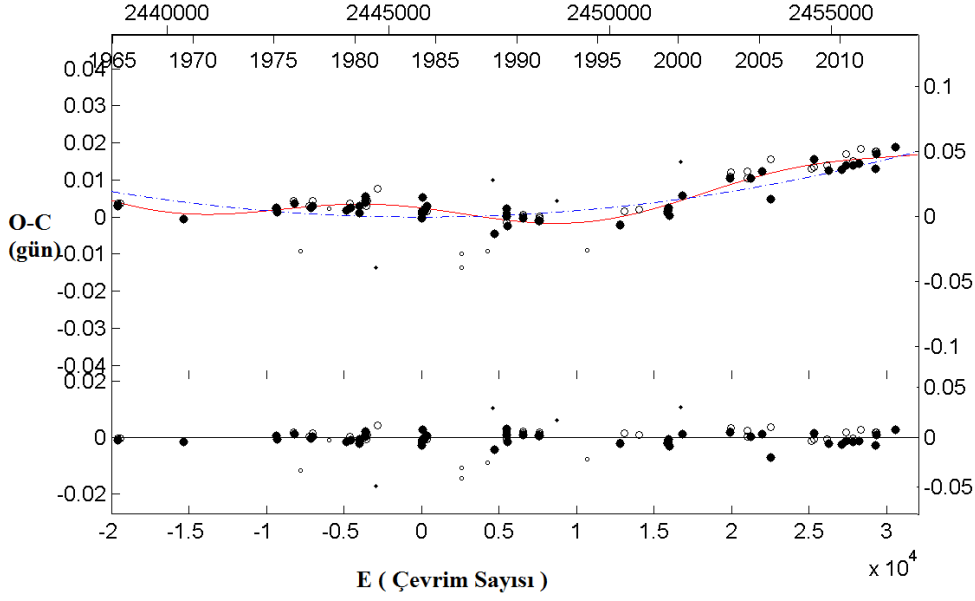
Muhammed Faruk YILDIRIM

(2009) tarafından rapor edildi ve sistemin yörünge döneminin  $2,8 \times 10^{-8}$  gün/yıl oranında artığı ortaya konuldu.

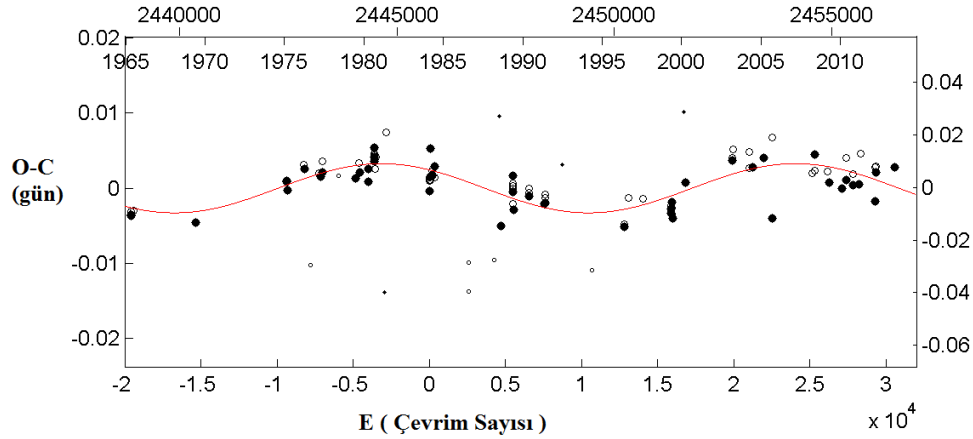
BV Dra'nın bu çalışmada gerçekleştirilen gözlemlerinden elde edilen bir minimum zamanı ile literatürden toplanan zamanlar birleştirilerek *O-C* analizi gerçekleştirildi. Yaklaşık 50 yıla yayılan verilerinin dağılımından ve önceki çalışmalardan değişimin parabolik ve çevrimsel değişimlerin toplamı şeklinde olduğu açıktır. Buna göre, ilk olarak periyodik değişimler, olası görünmeyen bir bileşen yıldızdan kaynaklanabilir varsayımı ile parabolik ve LITE terimleri *O-C* verisine, benzer yıldızlarda olduğu gibi uygulandı ve parabolik terim ile üçüncü cisim ve yörüngesine ilişkin parametreler bulundu (Çizelge 4.5). Parabolik terim sistemin yörünge döneminin  $dP/dt = 0,29$  s/yüzyıl oranında arttığını göstermektedir. Bu artış, korunumlu kütle aktarımı kabulü altında, küçük kütleli bileşenden büyük kütleli bileşene doğru gerçekleşen kütle aktarımı ile olabilir. Dönem değişim oranından bu aktarım miktarı  $dM/dt = 2,35 \times 10^{-8} M_{\odot}/yıl$  olarak hesaplanmıştır. Çevrimsel değişimine neden olan üçüncü cismin kütlesinin minimum değeri ise yaklaşık  $0,09 M_{\odot}$  değerindedir ki bu yıldız olma sınırına oldukça yakındır. Çift sistemin üçlü sistemin ortak kütle merkezi etrafındaki dolanma dönemi ise, yaklaşık 26 yıl olarak hesaplanmıştır. Sistemin *O-C* diyagramı ile onun temsilinde kullanılan parabol ve LITE parametreleri ile hesaplanan kuramsal eğri Şekil 4.10 gösterilmiştir. Yalnızca periyodik değişimlerin gözlem verisi ile uyumu ise Şekil 4.11'de görülebilir.

Çizelge 4.5 Seçilen W-türü degen çift sistemlerin dönem analizi sonucunda belirlenen parametreleri

Sistem	BV Dra	EM Lac	BW Dra	FZ Ori
$T_0$ (HJD+2400000)	45739,1133(2)	38259,5465(22)	42572,5475(4)	44024,4456(2)
$P_{orb}$ (gün)	0,3500667(1)	0,3891335(2)	0,2921678(1)	0,3999843(1)
$Q$ (gün)	$1,62(2) \times 10^{-11}$	$3,61(2) \times 10^{-11}$	$-6,51(2) \times 10^{-11}$	$3,62(3) \times 10^{-11}$
$dP/dt$ (s/yüzyıl)	0,29	0,59	-1,4	0,57
$dM/dt$ ( $M_{\odot}/yıl$ )	$2,35 \times 10^{-8}$	$6,5 \times 10^{-8}$	$-1,05 \times 10^{-7}$	$6,01 \times 10^{-7}$
$a_{12} \sin i$ (AB)	0,56(7)	1,05(25)	2,29(13)	3,45(12)
$e$	0,0	0,0	0,0	0,0
$\omega$ (deg)	90	90	90	90
$T'$ (HJD+2400000)	42938(580)	23169(540)	45640(283)	54424(462)
$P_{12}$ (yıl)	26,06(2.44)	30,8(1.2)	35,16(1.19)	35,65 (1.59)
$f(m_3)$ ( $M_{\odot}$ )	0,00027(6)	0,00122(8)	0,0097(3)	0,0322(4)
$m_3$ ( $M_{\odot}$ ) ( $i=90$ için)	0,087	0,18	0,28	0,63



Şekil 4.10 BV Dra Örtün değeri çift sisteminin *O-C* eğrisi. Açıklamalar Şekil 4.6'daki gibidir.



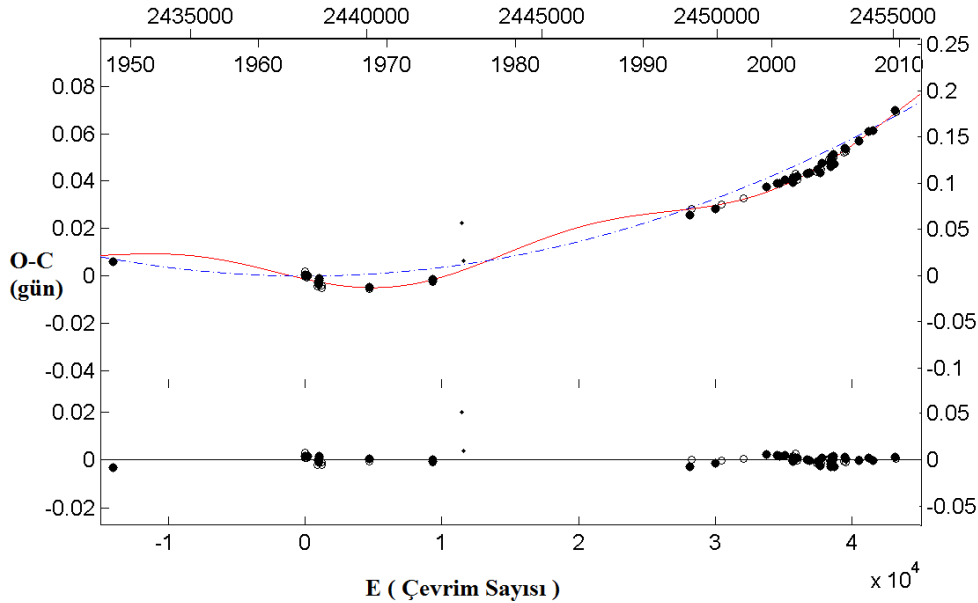
Şekil 4.11 BV Dra'nın çevrimsel *O-C* değişimi ve kuramsal temsili.

BV Dra'nın tayf türü F9V+F8V olarak verildiğinden bileşenlerin olası manyetik etkinliğinin de yörünge dönemini değiştirebileceği düşünülerek, sistemin *O-C* verisine parabolik ve sinüslü denklem birlikte uygulandı. Elde edilen sonuçlardan, Applegate model parametreleri hesaplanarak Çizelge 4.4'te listelendi. Büyük kütleli bileşenin aktiviteyi gösterme olasılığı fazla olduğundan parametreler bu bileşen için hesaplandı. Bu tür bir çevrimsel dönem değişimi üretebilmesi için ilgili bileşenin yüzey altı manyetik alan değeri yaklaşık 10 kG mertebesinde olmalıdır.

## 4.2.2 EM Lac

EM Lac değişen yıldız olarak Kurockin (1945), tarafından keşfedilmiştir. Broglia & Conconi (1974)'nin elde ettikleri BV ışık eğrileri, Maceroni ve ark. (1983), tarafından çözülmüş ve bileşenlerin fiziksel ve geometrik parametreleri belirlenmiştir. EM Lac'ın yayınlanmış tayfsal çalışması bulunmamaktadır. Kreiner ve ark. (2001), tarafından yayınlanan “*O-C Atlası*” çalışmasında, EM Lac'ın yörünge döneminin değiştiği açıktır. Qian (2003), tarafından yapılan dönem analizi çalışmasında ise, yörünge döneminde artış belirlenmiştir. W-türü W UMa olan sistemin dönemdeki artış miktarı ise  $dP/dt = 9,09 \times 10^{-8}$  gün/yıl olarak bulunmuştur.

Bu çalışmada, literatürden toplanan 86 minimum zamanı ile, EM Lac örten çift sisteminin yörünge dönem analizi ilk kez ayrıntılı olarak yapılmıştır. Şekil 4.12'de verilen *O-C* diyagramındaki değişimin parabolik ve üstüne binmiş çevrimsel yapının birleşimi şeklinde olduğu açıktır. BV Dra sistemine benzer olarak öncelikle üçüncü cisim varsayımıyla, minimum zamanlarına parabol+LITE terimleri birlikte uygulanarak,  $Q$  terimi ve LITE parametreleri belirlenerek Çizelge 4.5'te listelenmiştir.  $Q$  terimi kullanılarak sistemin döneminin 0,59 s/yüzyıl oranında arttığı ve buna neden olabilecek kütle aktarım (küçük kütleli bileşenden büyük kütleli olana doğru) oranının da  $6,5 \times 10^{-8} M_{\odot}/yıl$  olabileceği öngörüldü. Sistemde görülemeyen olası üçüncü cismin minimum kütlesi 0,18  $M_{\odot}$  olarak hesaplandı. Sistemin *O-C* diyagramı ile onu temsil etmede kullanılan kuramsal eğriler Şekil 4.12'de gösterilmiş olup periyodik değişim ayrıca Şekil 4.13'de verilmiştir.



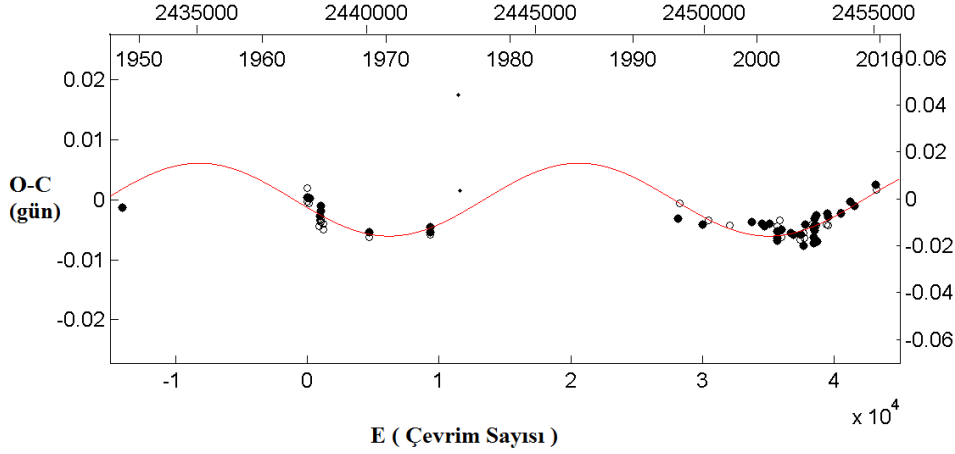
Şekil 4.12 EM Lac degen çift sisteminin *O-C* eğrisi. Açıklamalar Şekil 4.6'daki gibidir.



## BÖLÜM 4 – ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Muhammed Faruk YILDIRIM

EM Lac'ın bileşenleri Çizelge 4.1'de verildiği gibi F5'den daha geri tayf türündendir ve bu nedenle çevrimsel değişimin büyük kütleli bileşenin olası manyetik etkinliğinden kaynaklanabileceği düşünüldü. Bu durumda, belirlenen sinüslü değişimin parametreleri ile Applegate model parametreleri hesaplandı (Çizelge 4.4). Buna göre, ilgili bileşenin bu tür bir çevrimsel yörünge dönem değişimi üretebilmesi için diferansiyel dönme değişimini 0,0017 oranından olması gerekir ki bu modelin öngördüğü değerler yöresindedir.



Şekil 4.13 EM Lac'ın çevrimsel O-C değişimi ve kuramsal temsili.

### 4.2.3 BW Dra

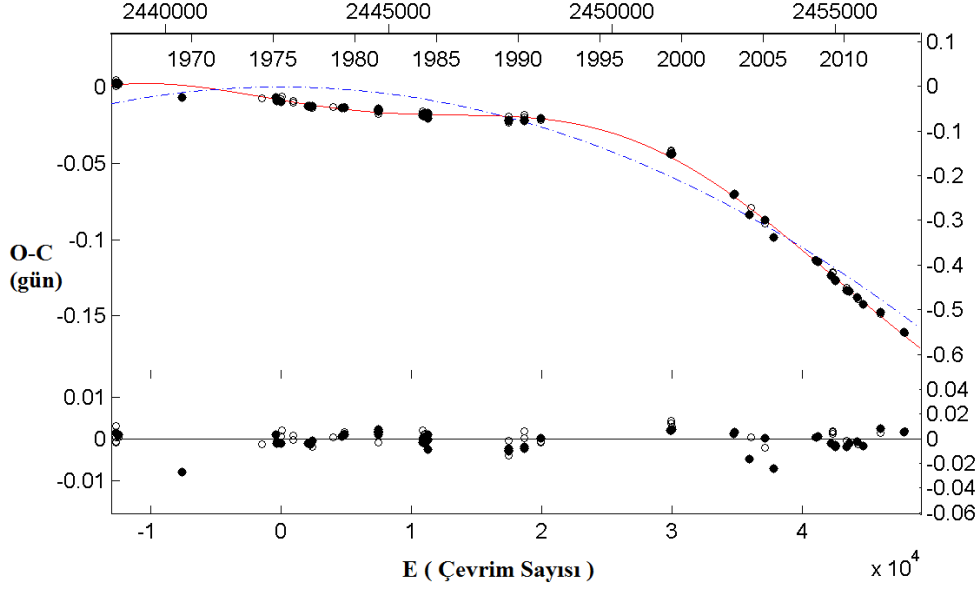
BW Dra (HIP 74368= GSC 04180-01943= PPM 19334= SAO 16635), Batten ve Hardie (1965), tarafından görsel bir çiftin üyesi (ADS 9537B) olarak keşfedildi. BW Dra, W- türü W UMa sistemidir. Sistemin fotometrik gözlemleri ve ışık eğrisi pek çok kişi tarafında yapıldı (Wood (1970), Yamasaki (1979), Geyer ve ark. (1982), Rucinski ve Kaluzny (1981, 1982), Kaluzny ve Rucinski (1986) ve Maceroni ve ark. (1983)). Son olarak Batten & Lu (1986), tayfsal gözlemlerini yayınladı. Zhou ve Leung (1988), tarafından sistemin U, B, V filtrelerinde ışık eğrisi çözülerek sistemin mutlak parametreleri hesaplandı ve kütle oranı  $q=0,392$  olarak belirlendi. Hardie & Hall (1990), tarafından sistemin yörünge dönem değişimi incelendi ve çevrimsel değişimin dönemi yaklaşık 8 yıl olarak belirlendi.

Bu çalışma sonucunda, gözlenen ve literatürden toplananla birlikte, 50 yıla yakın zamana yayılmış toplam 105 minimum zamanı kullanılarak sistemin yörünge dönem analizi ilk kez ayrıntılı olarak yapıldı. BW Dra'nın ilk kez parabolik ve uzun dönemli periyodik O-C değişimi gösterdiği belirlendi. Öncelikle, LITE ve parabol terimi kullanılarak dönem analizi yapıldı ve belirlenen parametreler Çizelge 4.5 listelenirken,

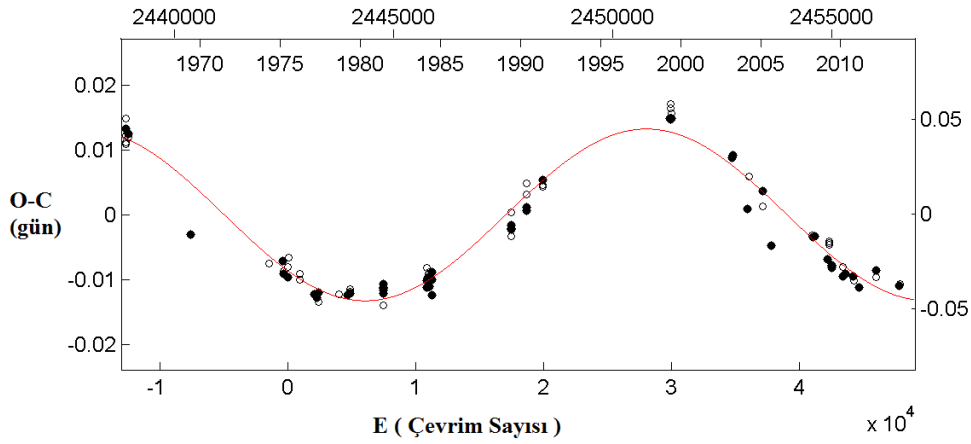
## BÖLÜM 4 – ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Muhammed Faruk YILDIRIM

*O-C* verisinin kuramsal eğrilerle uyumu ise Şekil 4.14 ve 4.15'te gösterildi. Dönemdeki azalma oranı,  $-1,4$  s/yüzyıl olarak belirlendi. Çift sistemin üçlü sistemin ortak kütle merkezi etrafındaki dolanma dönemi yaklaşık 35 yıl belirlenirken olası görünmeyen bileşenin kütlesi de  $0,28 M_{\odot}$  olarak hesaplandı.



Şekil 4.14 BW Dra değen çift sisteminin *O-C* eğrisi. Açıklamalar Şekil 4.6'daki gibidir.



Şekil 4.15 BW Dra'nın çevrimsel *O-C* değişimi ve kuramsal temsili.

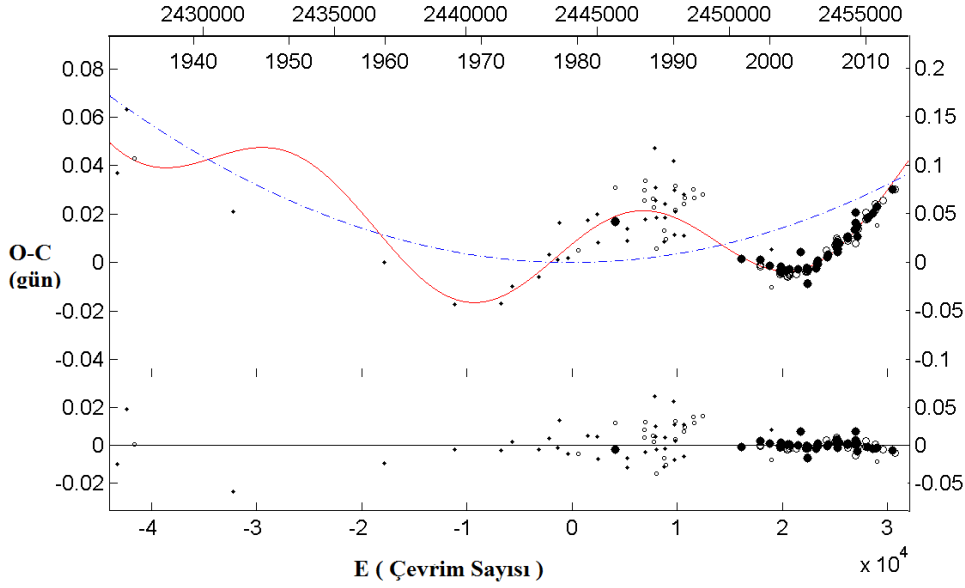
BW Dra'nın ger iki bileşeni de G tayf türünden olup büyük kütleli bileşenin olası manyetik çevriminden kaynaklanabilecek çevrimsel dönem değişimini de dikkate alınarak Applegate model parametreleri hesaplandı ve Çizelge 4.4'de listelendi.

**4.2.4 FZ Ori**

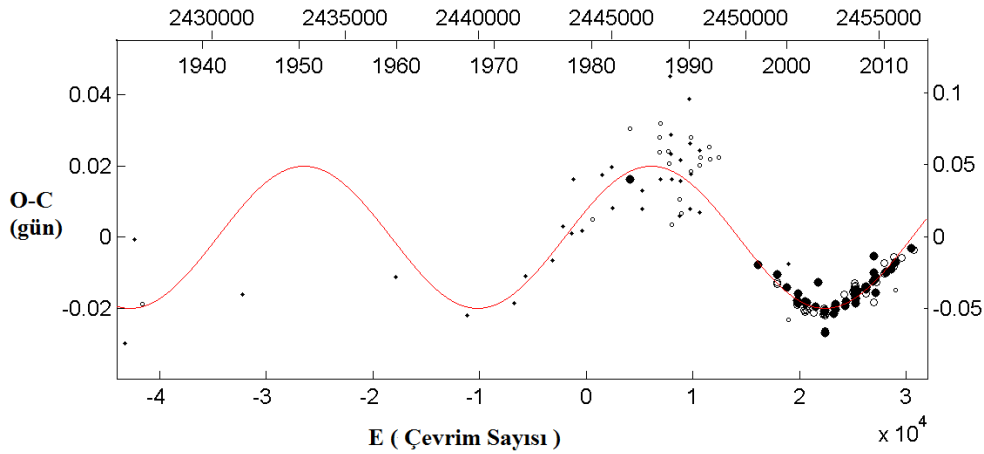
FZ Ori (=HD 288166, GSC 119 01014), değişen yıldız olarak Hoffmeister (1934), tarafından keşfedildi. Sistem, 1953 yılında Kippenhahn tarafından  $\beta$  Lyr türü olarak sınıflandırıldı ve periyodu 1,597 gün olarak tahmin edildi. Figer (1983) ve Le Brogne ve ark. (1984) tarafından W UMa türü bir sistem olduğu önerildi ve sistemin periyodu 0.3999860 olarak tahmin edildi. FZ Ori, bir W-türü W UMa sistemidir. Kholopov ve ark. (1999) tarafından sistemin tayf türü G0 olarak tahmin edildi. Rukmini ve ark. (2001) ve Byboth ve ark. (2004) tarafından sistemin ışık eğrileri analiz edildi. Zasche ve ark. (2009) tarafından yapılan çalışmada sürekli dönem artışı ve buna ek olarak çevrimsel bir değişim (dönemi yaklaşık 50 yıl) olduğu önerilmiştir. Aynı zamanda bu çalışmada bileşenler arası kütle aktarım oranını  $5,1 \times 10^{-7} M_{\odot}/\text{yıl}$  olarak belirlemişlerdir.

Bu tez çalışmasında FZ Ori değen çift sisteminin *O-C* çalışması ayrıntılı olarak yapılmış olup eklenen yeni minimum zamanı literatürdekilerle birleştirilerek yörünge dönem analizi güncellenmiştir. Önceki çalışmalardan görüleceği üzere, dönem değişim karakteri artan parabolik değişim üzerinde yer alan çevrimsel veya dönemli değişimden oluşur. Önceki bölümlerde verilen yıldızlarda uygulanan yöntem, FZ Ori'ye de uygulanarak, öncelikle *O-C* verisi paralol ve LITE terimleri ile temsil edilerek bulunan parametreler Çizelge 4.5'de listelendi. *O-C* verisi ile kuramsal eğrilerin uyumları Şekil 4.16 ve 4.17'de gösterildi. Analiz sonucunda yörünge döneminin artış miktarı  $dP/dt = 0,57$  s/yüzyıl olarak hesaplandı. Bunu ortaya çıkarabilecek kütle aktarımı da  $6,0 \times 10^{-7} M_{\odot}/\text{yıl}$  oranında olmalıdır. Çevrimsel değişimin kaynağı olası üçüncü yıldızın minimum kütlesi ise  $0,63 M_{\odot}$  olarak belirlendi.

Çevrimsel dönem değişiminin kaynağı sistemin soğuk olası aktif bileşenlerinden olabilir. Bu varsayımla, çevrimsel değişimi temsil etmede kullandığımız sinüslü terimin parametreleri kullanılarak Applegate model parametreleri belirlendi (Çizelge 4.4). Model parametreleri diğer tüm sistemlerden daha büyük olarak bulunmuş olup eğer varsa bu sistemde manyetik çevrimin izlerine uygun gözlemlerde rastlanmalıdır.



Şekil 4.16 FZ Ori değen çift sisteminin  $O-C$  eğrisi. Açıklamalar Şekil 4.6'daki gibidir.



Şekil 4.17 FZ Ori'ninçevrimsel  $O-C$  değişimi ve kuramsal temsili.

#### 4.2.5 TY Boo

TY Boo (=AN 25.1926;  $V=10^m.81-11^m.57$ ), değişen yıldız olarak Guthnick & Prager (1926) tarafından keşfedildi ve keşfedildikten hemen sonra W UMa türü örten çift olarak sınıflanıp, sistemin periyodu 0,31730 gün olarak tahmin edildi. Kreiner ve ark. (2001) tarafından sistemin tayf türü G3 olarak belirlendi. Milone ve ark. (1991) tarafından sistemin dikine hızı ve ışık eğrisi analizi yapılarak sistemin fiziksel parametreleri belirlendi ve aynı çalışmada sistemin W türü bir W UMa olduğu rapor edildi. Sistemin dönem analizi pek çok kişi tarafından yapıldı. Li ve ark. (2005) tarafından yapılan çalışmada sistemin ışık eğrisi ve dönem analizi detaylı bir şekilde incelendi. Aynı çalışmada sistemin dönemindeki artış miktarının  $dP/dt=6,28 \times 10^{-8}$ gün/yıl oranında olduğu belirlenmiştir. Yang ve ark. (2007) tarafından gerçekleştirilen yörünge dönem analizinde sistemin döneminin azaldığı

## BÖLÜM 4 – ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Muhammed Faruk YILDIRIM

ortaya konularak bu azalma miktarının ise  $dP/dt = -2,29 \times 10^{-8}$  gün/yıl olduğu belirlenmiştir. Dönem değişimi ile ilgili son çalışma ise Christopoulou ve ark. (2012) tarafından yapılmış olup dönemin azaldığı ve ayrıca yaklaşık 59 yıl dönemli bir çevrimsel değişimin olduğu belirlenmiştir.

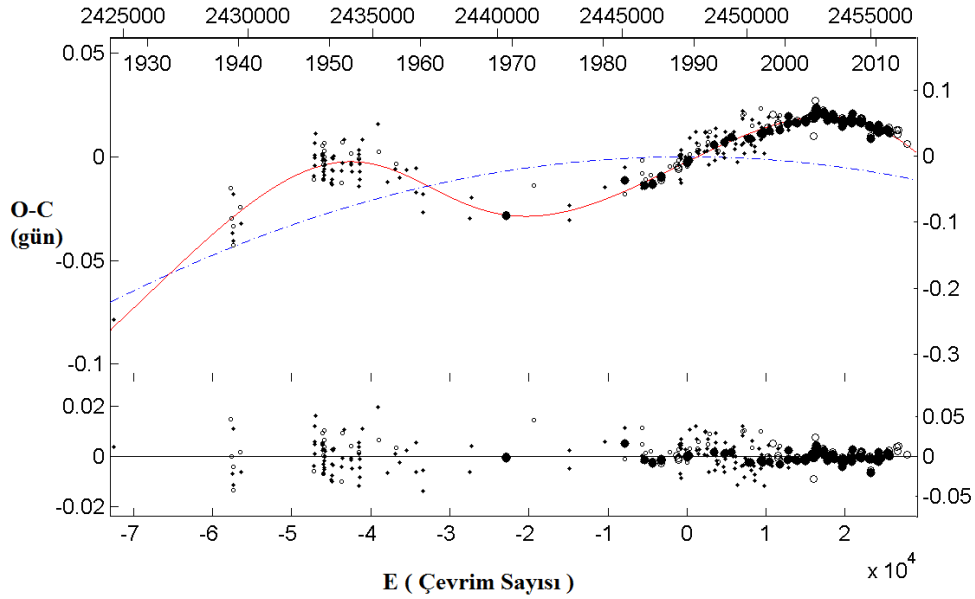
TY Boo'nun özellikle yayınlanan son iki çalışmasında dönem değişimi ile ilgili farklı sonuçların ortaya çıkması ve duyarlı verilerin de son yıllarda sayısının oldukça artması, bu sistemin seçilmesinde rol oynamıştır. Bu çalışmada gerçekleşen gözlemlerden iki minimum zamanı belirlenmiş olup böylece toplam 373 minimum zamanı ile dönem analizi gerçekleştirilmiştir. *O-C* diyagramından da görüleceği üzere değişim azalan parabol üzerinde çevrimsel biçimdedir. Bu kapsamda, öncelikle 3. Bölümde verilen denklemler yardımıyla, parabolik terim ile LITE olarak tanımlanan ışık-zaman terimi birlikte kullanılarak *O-C* verileri temsil edilmiştir. Sonuçta bulunan parametreler hataları ile birlikte Çizelge 4.6'da verilmektedir. Gözlemsel veri ile kuramsal eğrilerin uyumu ise Şekil 4.18 ve 4.19'da görülebilir. Parabolik terim kullanılarak sistemin döneminin  $dP/dt = -0,26$  s/yüzyıl oranında azaldığı belirlenmiştir. Bu azalmanın, büyük kütleli bileşenden küçük kütleli bileşene kütle aktarımı ile olabileceği varsayımıyla kütle aktarım oranı da  $3,11 \times 10^{-8} M_{\odot}/yıl$  olarak hesaplanmıştır. Dönemli değişimlerin kaynağı olabilecek olası üçüncü cismin minimum kütlesi ise  $0,47 M_{\odot}$  olarak belirlenmiştir. Ancak bugüne kadar yapılan ışık eğrisi çözümlerinde üçüncü bir ışık katkısına rastlanmamıştır. Bu nedenle çevrimsel değişimlerin, sistemin tayf türünün G3+F8 olduğu da düşünülerek, büyük ısıtma katkısı veren bileşenin yüzey manyetik etkinliğinden kaynaklanabileceği varsayımıyla, bu değişimleri açıklamak için Applegate modeli kullanıldı. Bu şekilde belirlenen sinüslü değişimlerin parametrelerinden Applegate model parametreleri hesaplanarak Çizelge 4.4'te listelendi. Bulunan parametrelerin Applegate (1992)'nin öngördüğü aralıklarda kaldığı görüldü.

## BÖLÜM 4 – ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

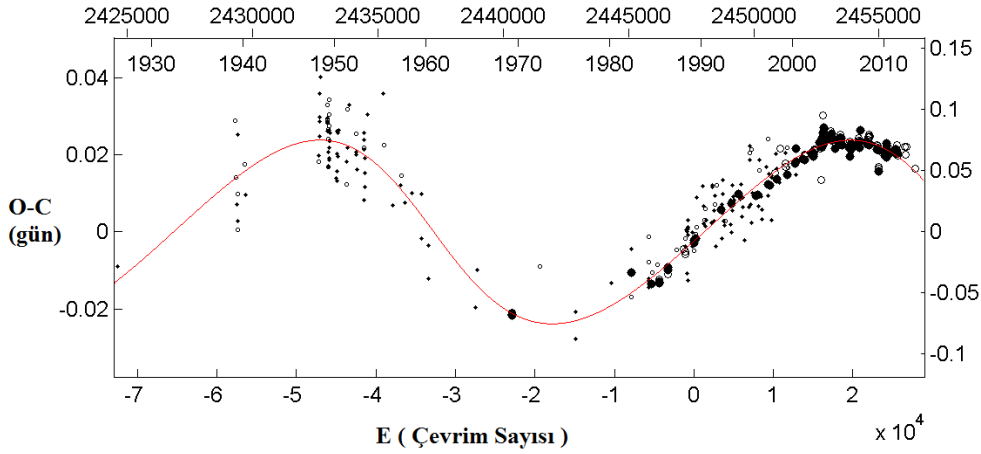
Muhammed Faruk YILDIRIM

Çizelge 4.6 TY Boo, VW Boo ve RZ Com'un dönem analizi sonucunda belirlenen parametreleri

Sistem	TY Boo	VW Boo	RZ Com
$T_0$ (HJD+2400000)	47612,6053(1)	48720,4747(2)	34837,4221(5)
$P_{orb}$ (gün)	0,3171487(1)	0,3423180(1)	0,33850633(1)
$Q$ (gün)	$-1,32(3) \times 10^{-11}$	$-6,89(3) \times 10^{-11}$	$1,74(1) \times 10^{-11}$
$dP/dt$ (s/yüzyıl)	-0,26	-1,27	0,34
$dM/dt$ ( $M_{\odot}$ /yıl)	$3,11 \times 10^{-8}$	$1,16 \times 10^{-7}$	$4,41 \times 10^{-8}$
$a_{12} \sin I$ (AB)	4,22(15)	1,03(12)	1,13(14)
$e$	0,19(3)	0,26(2)	0,0
$\omega$ (deg)	171(5)	88,05(1)	90
$T'$ (HJD+2400000)	47691(898)	38406(325)	47700 (666)
$P_{12}$ (yıl)	57,97(2,07)	25,92(1,06)	41,3(1,53)
$f(m_3)$ ( $M_{\odot}$ )	0,0223(3)	0,0016(2)	0,00084(9)
$m_3$ ( $M_{\odot}$ ) ( $i=90$ için)	0,47	0,18	0,15



Şekil 4.18 TY Boo değen çift sisteminin O-C eğrisi. Açıklamalar Şekil 4.6'daki gibidir.



Şekil 4.19 TY Boo'nun çevrimsel *O-C* değişimi ve kuramsal temsili.

#### 4.2.6 VW Boo

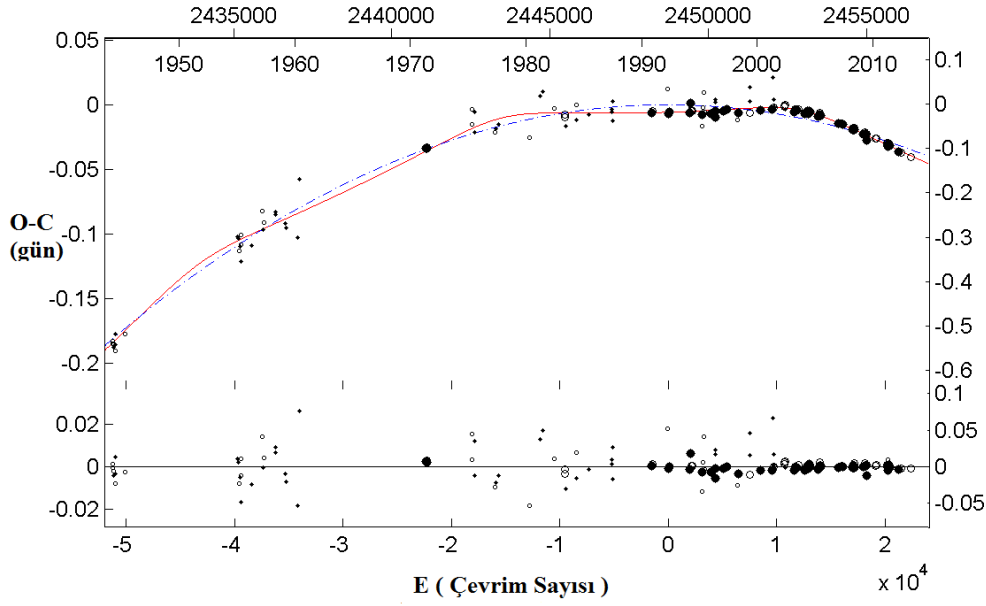
VW Boo (=HIP 69826, GSC 908-1170, TYC 908-1170-1) 1935 yılında Hoffmeister tarafından örten çift olarak keşfedildi. Binnendijk (1973) tarafından ilk fotoelektrik ışık eğrisi analizi yapıldı ve sistemin ışık eğrisi  $\beta$  Lyr ışık eğrisine benzemesine rağmen kısa dönemli değen çift olarak onaylandı. Dikine hızı 1990 yılında Rainger ve ark. daha sonrada 2009 yılında ise Pribulla ve ark. tarafından elde edildi. Sistemin yörünge dönem değişimi Qian & Zhu (2002) tarafından yapıldı ve sistemin dönemindeki azalma oranı  $dP/dt = -1,56 \times 10^{-7}$  gün/yıl olarak belirlendi. Son detaylı ışık eğrisi analizi ve yörünge dönem analizi Liu ve ark. (2011) tarafından yapılmış olup, sistemin yörünge dönem değişiminin azaldığı onaylanarak ayrıca manyetik çevrim kaynaklı bir çevrimsel değişim rapor edildi. Aynı çalışmada ışık eğrisi çözülerek sistemin W-türü W UMa olduğu önerilerek ve değme derecesi  $f = 10,8\% (\pm 0,5\%)$  olarak belirlendi. Yine bu çalışmada, ışık eğrilerindeki asimetri büyük kütleli bileşen üzerinde olabilecek soğuk manyetik lekeler kullanılarak modellendi.

W-türü değen sistem VW Boo'nun da bu çalışmada elde edilen bir minimum zamanı literatürdeki veriler ile birleştirilerek yaklaşık 70 yıla yayılmış minimum zamanları yardımıyla dönem analizi güncellendi. Önceki çalışmalarda görüleceği üzere, dönemdeki parabolik ve çevrimsel değişimler açıktır. Buna göre, *O-C* verisine uygulanan parabolik ve LITE denklemlerinden ilgili parametreler hesaplandı ve Çizelge 4.6'da listelendi. *O-C* verisinin elde edilen kuramsal eğrilerle birlikte gösterimi Şekil 4.20 ve 4.21'dedir. Parabolik terim kullanılarak dönemdeki azalma miktarı  $-1,27$  s/yüzyıl olup oldukça büyük bir değerdir. Olası üçüncü cisim ise,  $0,18 M_{\odot}$  değerinde bir minimum kütleyle sahiptir. Ancak sistemin son ışık eğrisi analizinde herhangi bir üçüncü ışık katkısının belirlenememesinin yanında, güçlü asimetri manyetik soğuk lekelerle modellenmesi,

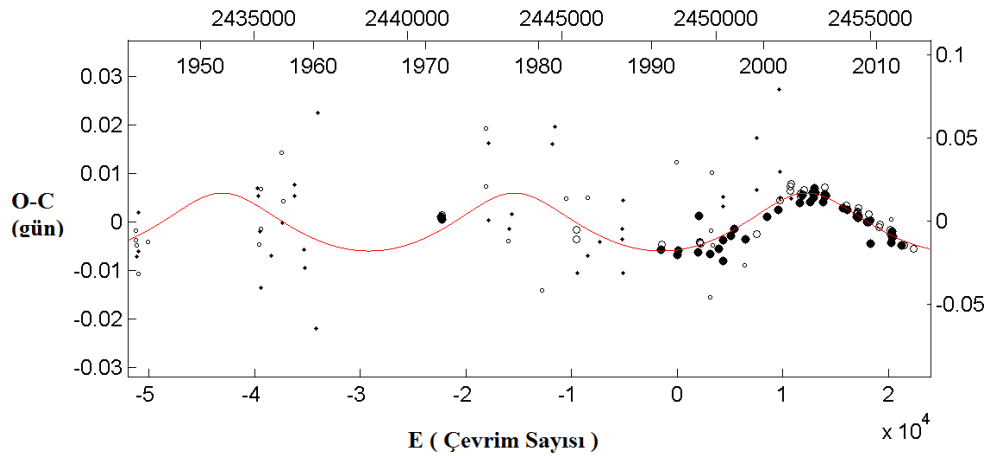
## BÖLÜM 4 – ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Muhammed Faruk YILDIRIM

yaklaşık 26 yıl döneme sahip çevrimsel değişimin kaynağının manyetik çevrim olabileceği savını güçlendirmektedir. Bu nedenle, değişimi açıklamak için, sinüs fonksiyonu kullanılarak modellenen çevrimsel değişim parametreleri yardımıyla Applegate modeli uygulanarak ilgili parametreler belirlendi (Çizelge 4.4). Bulunan sonuçlar, çevrimsel değişimlerin manyetik etkinlikle açıklanmasının daha olası olduğunu açıkça göstermektedir.



Şekil 4.20 VW Boo değen çift sisteminin *O-C* eğrisi. Açıklamalar Şekil 4.6'daki gibidir.



Şekil 4.21 VW Boo'nun çevrimsel *O-C* değişimi ve kuramsal temsili.

### 4.2.7 RZ Com

RZ Com (=HIP 61414, BD+24 2475,  $V=10^m.57$ ), W UMa türü örten çift sistem olarak Binnendijk (1970) tarafından keşfedildi ve bu tür yıldızların W alt sınıfı olarak rapor edildi. Sistemin tayf türü F7+G0 olarak Wood & Austin (1980) tarafından tahmin

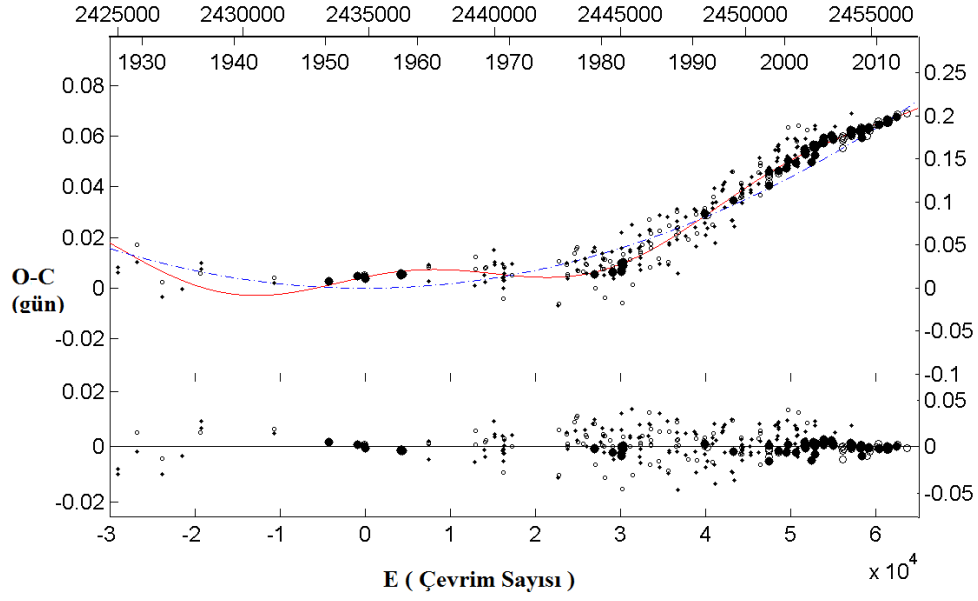


edilmiştir. Bileşenlerin dikine hız ölçümü Mclean & Hilditch (1983) tarafından yayınlandı. RZ Com'un fotoelektrik çalışması birçok yazar tarafından gerçekleştirildi (örneğin Aslan & Herczeg, 1984; Rovithis ve Rovithis-Livaniou, 1984). Sistemin Kreiner ve ark. (2001) tarafından verilen *O-C* diyagramında döneminin değiştiği açıktır. Yörünge dönem değişimi ile ilgili son çalışma He ve Qian (2008) tarafından yapılarak sistemin döneminde artışın yanında çevrimsel bir değişim olduğu belirtildi.

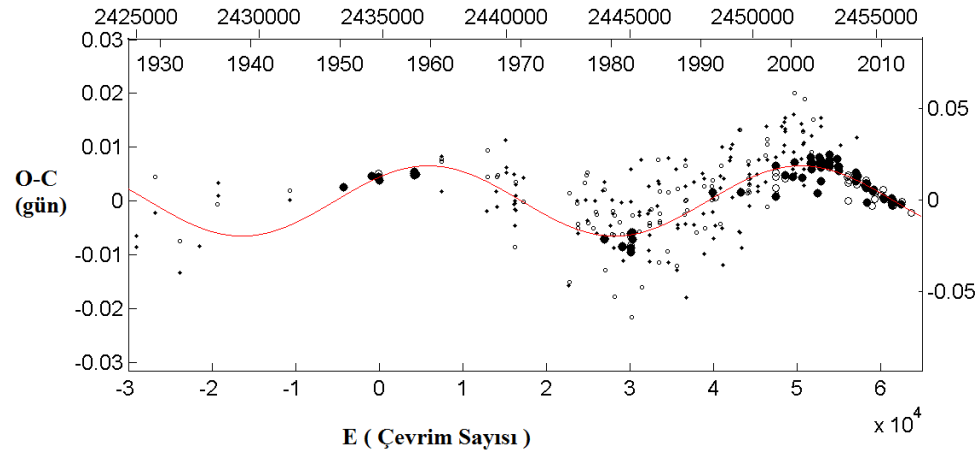
RZ Com'un özellikle son yıllarda artan duyarlı minimum zamanı verisine bu çalışmada da bir adet gözlenerek katkıda bulunulmuş ve daha fazla sayıda duyarlı veri ile dönem analizi çalışması toplam 333 minimum zamanı kullanılarak yenilenmiştir. Son dönem analizi çalışmalarında olduğu gibi dönemde artma ve çevrimsel değişim birlikte görülmektedir. Diğer sistemlere benzer olarak (örneğin VW Boo, TY Boo gibi), öncelikle parabol+LITE terimleri birlikte uygulanarak analiz yapılmış ve sonuçlar Çizelge 4.6'da listelenmiştir. Tüm minimum zamanları ile sistemin güncel *O-C* diyagramı hesaplanan kuramsal eğrilerle birlikte Şekil 4.22'de, sadece dönemli değişim ise Şekil 4.23'de gösterilmiştir. Parabolik değişimin sonucu olarak sistemin 80 yıllık dönem içinde yapılan değerlendirmede, dönemin 0,34 s/yüzyıl oranında arttığı belirlenmiştir. Çevrimsel değişimi açıklamak için kullanılan ışık-zaman etkisi için dönem yaklaşık 41 yıl olarak belirlenirken olası görülemeyen bileşen kütlesi ise 0,15  $M_{\odot}$  olarak tahmin edilmiştir. Bileşenin toplam kütlesi (1,85  $M_{\odot}$ ) yanında oldukça küçük bir kütleyle sahip olan olası üçüncü cismin belirlenmesi neredeyse imkansızdır. Ayrıca, ışık eğrisi analizlerinde (bakınız He ve Qian 2008) üçüncü bir ışık katkısı da belirlenememiştir. Bu durumda, geri tür bileşenlere sahip sistemde (G2V+G0), dönem değişiminin kaynağı olarak bileşen(ler)in manyetik etkinlikleri dikkate alınmalıdır. Bu nedenle, çevrimsel değişimlere Applegate modeli de uygulanmış ve belirlenen model parametreleri Çizelge 4.4'de listelenmiştir.

## BÖLÜM 4 – ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Muhammed Faruk YILDIRIM



Şekil 4.22 RZ Com değen çift sisteminin *O-C* eğrisi. Açıklamalar Şekil 4.6'daki gibidir.



Şekil 4.23 RZ Com'un çevrimsel *O-C* değişimi ve kuramsal temsili.

## **BÖLÜM 5 SONUÇ VE ÖNERİLER**

Değen çift yıldızlar, yıldız evriminde farklı fiziksel süreçlerin etkilerini görmek ve temel parametrelerle onların değişimlerine bağlı olarak evrim farklılıklarını analiz etmek için oldukça önemli kaynaklardır. Bileşen yıldızların çekimsel tedirginlikler başta olmak üzere yakınlık etkilerinden ne derece etkilenip kendi yaşam durumlarını ve dolayısıyla sistemin evrimini nasıl etkiledikleri sorusunun cevabı bu tür sistemlerin araştırmalarından geçer. Özellikle son 15 yıldır Rucinski ve grubunun başta Kanada’da yer alan David Dunlop Gözlemevi’nde sürdürdükleri yoğun ve etkin tayfsal gözlemlerle bu tür kritik soruların cevaplarını bulmada yol alınmış ve esas olarak yüzden fazla değen çift sistemin de dikine hız eğrileri ve yörünge parametreleri elde edilmiştir. Bu da çok sayıda değen yıldızın mutlak parametrelerinin duyarlı hesaplanmasını sağlamıştır. Çift yıldız evriminde önemli çalışma alanlarından biri de yörünge dönemi ve açısal momentum değişimlerinin incelenmesidir. Bu konu, özellikle değen çiftlerde, oluşum ve evrim kuramlarının testinde önemli veri sağlayan bir alandır. Ayrıca, değen çiftlerin dönem değişimleri analiz edilerek, çoklu sistemler, manyetik etkinlik, kütle ve açısal momentum kayıp ve aktarımı gibi önemli fiziksel süreçler hakkında kanıtlar bulunabilmektedir.

Son yıllarda ve özellikle son on yıldır CCD kameralarla artan duyarlı gözlemler sayesinde çift sistemlerin tutulma zamanları da oldukça duyarlı elde edilebilmiştir. Elde edilen hassas gözlem verilerinden hesaplanan minimum zamanlarındaki hatalar, birkaç saniye ile birkaç on saniye değerlerine kadar inmiştir. Bu nedenle bu çalışmada, daha duyarlı verilerle önemli sayıda A ve W-türü değen çift sistemin dönem analizleri güncellenmiş ve daha duyarlı parametreler elde edilmiştir. Farklı iki alt tür olan A ve W alt-sınıfının her ikisinden de yedi örnek ve toplamda 14 değen sistem seçilerek dönem analizleri “*O-C*” yöntemi ile yapılmıştır. Dönem analizleri için öncelikle, sistemler için 2001 yılına kadar elde edilmiş tüm minimum zamanları Kreiner ve ark. (2001), tarafından yayınlanan veritabanından alınmıştır. Ayrıca, bu çalışma kapsamında, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Gözlemevi’nde bulunan teleskoplarla yapılan gözlemlerde, aday kaynaklar için, toplam 18 adet minimum zamanı elde edilmiş ve böylece dönem analizi çalışmalarına yeni veriler de eklenmiştir. Literatürden toplanan ve gözlemlerden elde edilen tüm minimum zamanları birleştirilerek aday sistemlerin *O-C* verileri hesaplanmış ve *O-C* diyagramları oluşturularak dönem değişim türlerine karar verilmiştir.

Seçilen yedi A-tür değen sistemler DK Cyg, CV Cyg, XZ Leo, RZ Tau, V343 Ori, CN And ve EQ Tau’dur. Dönem analizleri sonucunda, A-türü bu sistemlerden DK Cyg,

XZ Leo, V343 Ori ve RZ Tau'nun dönemi artarken, CV Cyg, CN And ve EQ Tau'nun döneminin azaldığı belirlenmiş olup bulunan değişim oranlarının genellikle literatürde bulunanlarla uyum içinde olduğu görülmüştür. Özellikle CV Cyg'deki azalma ve V343 Ori için artma oranı yaklaşık  $\pm 3,7$  s/yüzyıl olup oldukça yüksek değerlerdir. Dönem artışı gösteren sistemlerde, değişimin nedeni olarak, korunumlu kütle aktarımı varsayımı altında, küçük kütleli bileşenden büyük kütleli olana doğru kütle aktarımı önerilmiştir. Kütle aktarım oranı ortalama olarak bu dizgelerde  $7 \times 10^{-8}$   $M_{\odot}$ /yıl oranında bulunmuştur. Dönem azalması gösteren A-türü sistemler CV Cyg, CN And ve EQ Tau için ise, bu azalmalar, büyük kütleli bileşenden küçük kütleli bileşene doğru olan korunumlu kütle aktarımı ile açıklanmıştır. Burada ilginç olarak, CV Cyg için kütle aktarım oranı  $1,8 \times 10^{-6}$   $M_{\odot}$ /yıl mertebesinde olup değen çiftlerde bugüne kadar yapılan çalışmalara göre oldukça büyüktür ve hızlı kütle aktarımı gösteren W Ser türü çift sistemlerde rastlanan değerlere yakındır. Bu nedenle, eğer bu oranda bir kütle aktarımı varsa, tayfa bazı özel çizgilerde ek salma ve soğurma yapıları gözlenmelidir. Sistemin tayf türü F8III+F9 olup evrimleşmiş bileşene sahiptir ve bu hızlı kütle aktarımı destekler niteliktedir.

A-türü sistemlerden CN And'ın bugüne kadar yayınlanan dönem değişimi çalışmalarında sadece azalan parabolik değişimler yer almasına karşın, bu çalışmada, dönemin buna ek olarak çevrimsel değişimler gösterdiği ilk kez bulunmuştur. Çevrimsel değişimin dönemi yaklaşık 29 yıl ve genliği de 0,01 gün mertebesinde dir. Sistemin ışık eğrisi ve tayfsal çalışmalarında herhangi bir üçüncü ışık katkısına rastlanmamasına karşın, ışık eğrilerinde asimetrliler belirlenmiş ve bunlar soğuk bileşenler üzerinde manyetik soğuk lekeler kullanılarak açıklanmıştır. Bu durum, çevrimsel dönem değişimlerin soğuk bileşenin manyetik çevrimi ile açıklanmasının daha olası olduğunu ortaya koymaktadır. CN And'ın bu çalışmada hesaplanan Applegate model parametreleri de bu sonucu desteklemektedir. A-türü sistemler içinde parabolik değişimin yanında çevrimsel değişim gösteren diğer sistem ise EQ Tau'dur. Bu sistem için yapılan iki çalışma manyetik etkinlik için güçlü kanıtlar sunmaktadır. Li ve ark. (2009), çalışmasında ROSAT uydusunun sağladığı X-ışın verileri incelenmiş ve sistemin X-ışın saldığı belirlenmiştir ki bu kromosferik aktivite için güçlü bir kanıttır. Ayrıca, Hrivnak ve ark. (2006) ise, sistemin ışık eğrilerinde asimetrliler belirlemiştir ki bunlar manyetik etkin bölgelerin neden olduğu değişimler olabilir. Zola ve ark. (2005), yaptığı çalışmada, ışık eğrisindeki asimetrlileri büyük kütleli bileşen üzerinde var olabilecek soğuk manyetik lekeler yardımıyla modellemiştir. Bu durumda, EQ Tau'nun yaklaşık 50 yıl dönemli çevrimli dönem değişiminin kaynağı büyük olasılıkla G2 tayf türündeki bileşenin manyetik çevrimidir.

Bu çalışmada yer alan ve literatürde dönem analizleri yayınlanan bazı A-türü degen çiftlerin bazı temel parametleri ile dönem analizine ilişkin bazı sonuçlar Çizelge 5.1'de listelenmiştir. 20 sistemin dönem değişim biçimlerine bakıldığında, tümünde uzun dönemli artma ve azalma eğilimi görülmektedir. Azalma gösterenlerin sayısı sadece dört olup (CV Cyg, CN And, EQ Tau ve AW UMa) bunlardan AW UMa dışındakilerden tümü konvektif dış zarfı olan sistemlerdir. Bu dört sistemden yine üçü aynı zamanda çevrimsel değişim göstermekte olup (CN And, EQ Tau ve AW UMa), özellikle CN And ve EQ Tau, yukarıda da tartışıldığı üzere, manyetik çevrimi destekleyen kanıtlar sunmaktadır. Bu durumda, A-türü sistemler, W olanlara göre daha ön tayf türünden olup dönem değişimleri genellikle artış yönünde ortaya çıkmaktadır. F0'dan daha erken tayf türünden bileşenlere sahip olanların tümünde dönem artmaktadır. Bu artış oranı ise  $10^{-7}$ - $10^{-8}$  gün/yıl aralığından gerçekleşmektedir. Bu dizgelerden özellikle soğuk bileşeni olanlarda manyetik çevrim nedeniyle, çevrimsel dönem değişimi olanlarla da karşılaşılmaktadır ki bunları doğrulayan (leke etkileri, X-ışın salmaları vb.) çalışmalar da yayınlanmaktadır.

Çizelge 5.1 A-türü bazı degen sistemlerin bazı temel parametreleri ve dönem değişim özellikleri

Sistem	Tayf Türü	Dönem (P)	M1 ( $M_{\odot}$ )	M2 ( $M_{\odot}$ )	dP/dt (gün/yıl)	dM/dt ( $M_{\odot}$ /yıl)	M3 ( $M_{\odot}$ ) i=90	Ref.
S Ant	A9V+F0	0,6483	1,94	0,76	$+8,28 \times 10^{-8}$	$+5,32 \times 10^{-8}$	-	1
ε CrA	-	0,5914	1,76	0,20	$+4,67 \times 10^{-7}$	$+5,92 \times 10^{-8}$	-	1
EF Dra	F8V+F9	0,4240	1,82	0,29	$+5,72 \times 10^{-7}$	$+1,55 \times 10^{-7}$	-	2,3
UZ Leo	A7+A8	0,6180	1,69	0,51	$+3,84 \times 10^{-7}$	$+1,51 \times 10^{-7}$	-	4,5
TY Men	A4V+A7	0,4617	1,86	0,40	$+7,23 \times 10^{-7}$	$+2,66 \times 10^{-7}$	-	1
V566 Oph	F2V+F2	0,4096	1,41	0,34	$+2,69 \times 10^{-7}$	$+9,38 \times 10^{-8}$	0,079	1
TY Pup	A9+F0	0,8192	2,22	0,72	$+1,66 \times 10^{-7}$	$+7,2 \times 10^{-7}$	-	1
AG Vir	A7+F2	0,6427	1,61	0,51	$+4,04 \times 10^{-8}$	$+1,56 \times 10^{-8}$	0,129	6
DK Cyg	A7V+A8,5	0,4707	1,74	0,53	$+9,99 \times 10^{-8}$	$+5,38 \times 10^{-8}$	-	7,8,9
CV Cyg	F8III+F9	0,9834	1,27	1,15	$-4,27 \times 10^{-7}$	$-1,76 \times 10^{-6}$	-	7,8,9
XZ Leo	A6+A8	0,4877	1,84	0,63	$+9,36 \times 10^{-8}$	$+6,12 \times 10^{-8}$	-	7,8,9
V343 Ori	F1+F1	0,8091	1,60	0,63	$+4,24 \times 10^{-7}$	$+9,3 \times 10^{-8}$	-	7,8,9,10
RZ Tau	A7V+A7V	0,4157	1,70	0,64	$+8,39 \times 10^{-8}$	$+8,01 \times 10^{-8}$	-	7,8,9,11
CN And	F8+G4IV	0,4628	1,42	0,56	$-1,44 \times 10^{-7}$	$-8,45 \times 10^{-8}$	0,096	7,8,9,12
EQ Tau	G2+F8,5	0,3413	1,32	0,59	$-3,67 \times 10^{-8}$	$-3,12 \times 10^{-8}$	0,33	7,8,9,13
SS Com	F5	0,4128	1,51	0,43	$+6,59 \times 10^{-7}$	$+3,20 \times 10^{-7}$	-	14
V401 Cyg	F0	0,5827	1,45	0,29	$+1,50 \times 10^{-7}$	$+5,90 \times 10^{-8}$	0,64	15
V728 Her	F3	0,4713	1,65	0,77	$+3,78 \times 10^{-7}$	$+3,00 \times 10^{-7}$	-	16
UV Lyn	F8	0,4150	1,34	0,55	$+1,57 \times 10^{-7}$	$+1,16 \times 10^{-7}$	-	17
AW UMa	F0-F2	0,4387	1,52	0,66	$-1,85 \times 10^{-7}$	$-1,63 \times 10^{-7}$	0,85	18

Referanslar: 1: Maceroni & van't Veer (1996); 2: Lu & Rucinski (1999); 3: Plewa ve ark. (1991); 4: Rucinski & Lu (1999); 5: Vinko ve ark. (1996); 6: Bell ve ark. (1990); 7: Svechnikon (1990); 8 Kreiner ve ark. (2001); 9: Bu Çalışma (2014); 10: Yang Y.G. (2009); 11: Yang Y. ve Liu Q. (2003); 12: Çiçek C. ve ark. (2005); 13: Yang Y. ve Liu Q. (2002); 14: Qian S. B. ve Zhu L. Y. (2005); 15: Zhu L. Y. ve ark. (2013); 16: Qian (2001); 17: Zhang ve ark. (1995); 18: Pribulla ve ark. (1999).

W-türü sistemlerden de yedi aday sistem seçilerek (BV Dra, EM Lac, BW Dra, FZ Ori, TY Boo, VW Boo ve RZ Com) bu çalışma kapsamında incelenmiştir. Çalışılan sistemlerden tümü seküler değişimler göstermekte olup bunlardan dördü artış yönünde üçü ise azalma yönünde dönem değişimi sergilemektedirler. *O-C* diyagramlarında yukarı yönde parabolik değişim gösterenlerin (BV Dra, EM Lac, FZ Ori, RZ Com) dönem artış oranları 0,3-0,6 s/yüzyıl arasındadır. Dönem azalması gösteren BW Dra, TY Boo ve VW Boo için ise 0,3-1,4 s/yüzyıl değerleri arasında azalma görülür. Dönemlerinde artma veya azalma gösteren bu sistemlerin değişimlerinin kaynakları olarak bileşenler arası kütle aktarımı önerilmiş olup aktarım oranları da, korunumlu kütle aktarımı varsayımında,  $10^{-7}$ - $10^{-8}$   $M_{\odot}$ /yıl yöresinde hesaplanmıştır.

İncelenen tüm W-türü sistemlerinin bileşenleri F5'ten daha geri tayf türündendir. Bu durumda, manyetik çevrim ve/veya soğuk yıldız rüzgarları ile açıl momentum kayıpları, dönem değişimi açıklamalarında, dikkate alınmalıdır. Bunu doğrulayacak şekilde, yedi sistemin de çevrimsel dönem değişimleri gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca, çoğunluğunda, çevrimsel değişimlerin genliklerinin oldukça küçük olduğu görülmüştür. Yapılan analizlerde öncelikle LITE etkisi dikkate alınmış ve FZ Ori ve TY Boo dışında hesaplanan üçüncü cisim kütleleri 0,3  $M_{\odot}$  değerinden daha küçük bulunmuştur. Bu durumda, bu tür olası üçüncü cisimlerin, belirlenmesi hem ışık ölçüm hem de tayfsal yöntemlerle oldukça zordur. Çalışılan sistemlerin literatürdeki yayınları incelendiğinde hiçbirine ilişkin üçüncü bir yıldız kanıtına yer verilmemiştir. Işık eğrisi analizlerinde üçüncü bir ışık katkısı bulunamamıştır. Bu durumda, ilgili yedi sistemin tümü için büyük kütleli bileşenlerin aktivite sergiledikleri varsayımıyla, dönem değişimlerini açıklamak üzere Applegate (1992) modeli kullanılmıştır. Bu durumda, ilgili bileşenlerin yüzey altı manyetik alanlarının yaklaşık 10 kG olması durumunda, bu tür manyetik aktivite kaynaklı çevrimsel değişimleri sergileyebilecekleri görülmektedir. Olası manyetik çevrimler ise 26-56 yıl aralığında yer almaktadır. EM Lac sistemi için ilk kez bu çalışmada çevrimsel değişim belirlenmiş ve bunun için büyük kütleli soğuk bileşende olası yaklaşık 31 yıllık bir çevrime sahip manyetik etkinlik önerilmiştir. Bunun yanında, BW Dra için Hardie & Hall (1990) tarafından önerilen 8 yıllık çevrimsel değişimin geçerli görülmediği bunun aksine yaklaşık 35 yıllık (1.5 çevrim veri doğrulamaktadır) bir dönemli değişim açıkça ortaya ilk kez konmuştur. Diğer sistemler için de literatürle genellikle uyumlu sonuçlar bulunsa da duyarlı verilerin artması nedeniyle, dönem değişim parametreleri daha duyarlı belirlenmiştir.

Literatürde yayınlanmış çalışmaları olan ve bu çalışmada yer alan W-türü sistemlerin (24 dizge) bazı temel özellikleri ise dönem değişim özellikleri Çizelge 5.2'de

verilmektedir. Bu sistemlerin, U Peg (F3+A9.5) dışında, tümünün bileşenleri F5'den daha geri tayf türündendir ve 14 sistemde çevrimsel değişimler belirlenmiştir. Bu değişimler genellikle düşük genlikte olup dönem değişimleri olası manyetik çevrimle açıklanmıştır. Bazı çalışmalarda üçüncü cisimler önerilse de (Çizelge 5.2) olası üçüncü cisimler için kanıtlara rastlanmamıştır. Liao ve Qian (2010), çalışmasında da görüleceği üzere, geri tür bileşenlere sahip değen çiftlerin önemli bölümü çevrimsel değişimler göstermektedir ki bu da çalışmamızın özellikle W-türü sistemler için bulunan sonuçlarını destekler niteliktedir.

Çizelge 5.2 W-türü bazı değen sistemlerin bazı temel parametreleri ve dönem değişim özellikleri

Sistem	Tayf Türü	Dönem (P)	M1 (M <sub>⊙</sub> )	M2 (M <sub>⊙</sub> )	dP/dt (gün/yıl)	dM/dt (M <sub>⊙</sub> /yıl)	M3 (M <sub>⊙</sub> ) i=90	Ref.
AD Cnc	K0+K0	0,2829	0,93	0,58	+4,49x10 <sup>-7</sup>	+8,15x10 <sup>-7</sup>	0,41	1
TX Cnc	F8V+F6,5	0,3829	1,37	0,82	+5,61x10 <sup>-8</sup>	+9,97x10 <sup>-8</sup>	-	2
LS Del	F9+F8	0,3630	1,06	0,47	+2,25x10 <sup>-7</sup>	+1,57x10 <sup>-7</sup>	-	2
BB Peg	F8+F6,5	0,3615	1,16	0,47	+4,75x10 <sup>-8</sup>	+3,46x10 <sup>-8</sup>	-	2
AA UMa	G0V+G0V	0,4681	1,26	0,69	+9,05x10 <sup>-8</sup>	+9,47x10 <sup>-8</sup>	-	2
BH Cas	K4V	0,4059	1,03	0,48	+1,17x10 <sup>-6</sup>	+8,64x10 <sup>-7</sup>	-	2
BV Dra	F9V+F8V	0,3500	1,12	0,89	+3,38x10 <sup>-8</sup>	+2,35x10 <sup>-8</sup>	0,087	3,4,5
EM Lac	F6+F5,5	0,3891	1,45	0,63	+6,83x10 <sup>-8</sup>	+6,50x10 <sup>-8</sup>	0,18	3,4,5
BW Dra	G3V+G0V	0,2921	0,92	0,36	-1,62x10 <sup>-7</sup>	-1,05x10 <sup>-7</sup>	0,28	3,4,5
FZ Ori	G0+F7	0,3999	1,45	0,72	+6,57x10 <sup>-8</sup>	+6,01x10 <sup>-7</sup>	0,63	3,4,5
TY Boo	G3+F8	0,3114	1,14	0,53	-2,99x10 <sup>-8</sup>	-3,11x10 <sup>-8</sup>	0,47	3,4,5
VW Boo	G5+F7	0,3423	1,08	0,46	-1,47x10 <sup>-7</sup>	-1,16x10 <sup>-7</sup>	0,18	3,4,5
RZ Com	G2V+G0	0,3385	1,25	0,60	+3,88x10 <sup>-8</sup>	+4,41x10 <sup>-8</sup>	0,15	3,4,5
YY Eri	G5+G0	0,3216	1,10	0,62	2,24x10 <sup>-8</sup>	+3,29x10 <sup>-8</sup>	0,13	6
AH Vir	K0V+K0V	0,4081	0,90	0,36	2.17x10 <sup>-7</sup>	+1,06x10 <sup>-7</sup>	-	7
DF Hya	G0+F9	0,3315	1,15	0,53	1,66x10 <sup>-7</sup>	+1.64x10 <sup>-7</sup>	0,84	3,9,10
V781 Tau	G0+F9.5	0,3453	1,19	0,48	-5,84x10 <sup>-7</sup>	-4,27x10 <sup>-7</sup>	-	3,11
V502 Oph	G2V+F9.5	0,4535	1,75	0,80	-1,68x10 <sup>-7</sup>	-4,28x10 <sup>-8</sup>	0,12	3,12
BX Peg	G4-5+F9	0,2804	0,91	0,56	-9,73x10 <sup>-8</sup>	-1,68x10 <sup>-7</sup>	0,22	3,13
VW Cep	K0V+G5	0,2787	0,92	0,37	-7.62x10 <sup>-7</sup>	-1,38x10 <sup>-7</sup>	0,49	3,14,15
RW Com	G8+G7	0,2373	0,91	0,31	-0,43x10 <sup>-7</sup>	-0,29x10 <sup>-7</sup>	0,18	3,16
U Peg	F3+A9.5	0,3754	1,14	0,38	-1.29x10 <sup>-7</sup>	-3,90x10 <sup>-6</sup>	0,16	3,15,17
EZ Hya	F9+F8	0,4502	1,72	0,60	-6.82x10 <sup>-7</sup>	-4,65x10 <sup>-7</sup>	-	3,18
TZ Boo	K0+G7	0,2974	0,90	0,36	-1.18x10 <sup>-7</sup>	-7,93x10 <sup>-8</sup>	-	3,19

Referanslar: 1: Qian S. B. ve ark (2007); 2: Qian S. (2001) 3: Metcalfe & Travis (1999); 3: Svechnikon (1990); 4: Kreiner ve ark. (2001); 5: Bu Çalışmada (2014); (16) Qian (2001); 6: Kim ve ark. (1997); 7: Hobart, Pena ve de La Cniz (1999); 9: Zhang ve ark. (1989); 10: Zasche P.ve ark. (2008); 11: Kallrath J ve ark. (2006); 12: Liu Q. Y. ve Yang Y. L. (2006); 13: Lee J. W. ve ark (2009); 14: Kasza's ve ark. (1998); 15: Pribulla T. ve ark. (2000); 16: Yang y. ve Liu Q. (2002); 17: Zhai, Leung ve Zhang (1984); 18: Lipari ve Sistero (1989); 19: Qian & Liu (2000).

Sonuç olarak bu çalışmada, yedisi A yedisi de W türü ondört değen çift sistemin dönem analizleri yapılmış ve literatüre hem veri hem de sonuçlar açısından önemli katkılar yapılmıştır. Bundan sonraki çalışmalarda, özellikle çevrimsel değişim yakalanamayan, dış katmanları konvektif bileşenlere sahip değen çiftlerin minimum zamanları daha sık ve duyarlı gözlenmeli ve çevrimsel değişim olasılıkları araştırılmalıdır. Ayrıca, çevrimsel değişim gösteren sistemlerin özellikle manyetik çevrimlerine kanıtlar verecek gözlemler

yapılmalıdır. Bu gözlemler, moröte ve X-ışın bölgelerinde kromosferik akvite göstergeleri üzerine olabilir. Büyük genlikli ve çevrimselden çok dönemli dönem değişimi gösterenler için de ayrıca olası üçüncü cisimlerin araştırılması için, astrometrik gözlemler, tayf gözlemleri yapılmalıdır. Önerilen mekanizmalardan olan kütle ve açısal momentum aktarım ve kanıtları ile ilgili de özel tayf çizgilerinde ek salma ve soğurma yapıları araştırılabilir. Bunun yanında, degen çiftlerin toplu olarak (ayrıca A ve W türleri ayrı olarak), kinematik ve dinamik çalışmaları, onların yörünge ve açısal momentum evrimleri üzerine önemli kanıtlar verecek ve ayrıca yörünge dönem analizi sonuçlarının test edilmesine olanak sağlayacaktır.



## KAYNAKLAR

- Alton K. B., 2006. A Backyard CCD Photometric Study of the Neglected W UMa Binary EQ Tauri. *Open European Journal on Variable Stars*, 39: 1-9.
- Applegate J. H., 1992. A Mechanism for Orbital Period Modulation in Close Binaries. *The Astrophysical Journal*, 385: 621-629.
- Aslan Z. ve Herczeg T. J., 1984. On the Periods of RZ Comae and V1073 Cygni. *Information Bulletin on Variable Stars*, 2478: 1-4.
- Baker N. ve Temesvary S., 1966. *Tables of Convective Stellar envelopes* (2nd edition). Goddard Institute for Space Studies, New York.
- Baran A., Zola S., Rucinski S.M., Kreiner J. M., Siwak M. ve Drozd M., 2004. Physical Parameters of Components in Close Binary Systems: II. *Acta Astronomica*, 54: 195-206.
- Batten A. H. ve Fletcher J. M., 1990. Some Preliminary Statistical Results from the Eighth Catalogue of the Orbital Elements of Spectroscopic Binary Systems. *Astronomical Society of India*, 18: 285-294.
- Batten A. H. ve Hardie R. H., 1965. ADS 9537 - A Pair of Eclipsing Binaries. *Astronomical Journal*, 70: 666-667.
- Batten A. H. ve Lu W., 1986. The Spectroscopic Orbits of BV and BW Draconis. *Astronomical Society of the Pacific*, 98: 92-98.
- Batten A. H., Lu W. ve Scarfe C. D., 1985. Radial-Velocity Observations of Two Visual Binaries. *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada*, 79: 167-174.
- Batten A.H. ve Wenxian Lu., 1986. The Spectroscopic Orbits of BV and BW Draconis. Publication of *the Astronomical Society of The Pacific*, 98: 92-98.
- Batten, A. H. ve Hardie, R. H., 1965. ADS 9537 - A Pair of Eclipsing Binaries. *Astronomical Journal*, 70: 666-667.
- Batten A. H., Fletcher, J.M. ve MacCarthy, D. G., 1989. Catalogue of the Orbital Elements of Spectroscopic Binary Systems. *Dom. Astrophys. Obs. Victoria*, 17: 1-309.

- Bell S. A., Adamson A. J. ve Hilditch R. W., 1987. Simultaneous Differential Photometry with the ST Andrews Twin Photometric Telescope. II - The Eclipsing Binaries SX Aurigae and TT Aurigae. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 224: 649-673.
- Benbow W. R. ve Mutel R. L., 1995. Eclipse Observations of EQ Tau. *Information Bulletin on Variable Stars*, 4187: 1-3.
- Beyer M., 1928. Beobachtungen und Neue Elemente Von CV Cygni. *Astronomische Nachrichten*, 233: 335-340.
- Beyer M., 1934. Beobachtungen Von Kurzperiodischen Veraderlichen. *Astronomische Nachrichten*, 252: 85-107.
- Bilir S., Karataş Y., Demircan O. ve Eker Z., 2005. Kinematics of W UMa Type Binaries and Evidence of the Two Types of Formation. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 357(2): 497-517.
- Binnendijk L., 1963. The Light Variation and Orbital Elements of RZ Tauri. *Astronomical Journal*, 68: 22-29.
- Binnendijk L., 1970. The Orbital Elements of W Ursae Majoris Systems. *Vistas in Astronomy*, 12: 217-256.
- Binnendijk L., 1973. The Light Variation and Orbital Elements of VW Bootis. *Astronomical Journal*, 78: 103-106.
- Borkovits T., Elkhateeb M. M., Csizmadia Sz., Nuspl J., Biro I. B., Hegedüs T. ve Csorvasi R., 2005. Indirect Evidence for Short Period Magnetic Cycles in W UMa Stars. Period Analysis of Five Overcontact Systems. *Astronomy and Astrophysics*, 441: 1087-1097.
- Bradstreet D.H., 1990. Binary Maker: A Code for Creating Three-Dimensional Models of Close Binaries. *Bulletin of the American Astronomical Society*, 22: 129-132.
- Brogia P. ve Conconi P., 1973. Light Curves and Elements of EM Lacertae. *Memorie della Società Astronomia Italiana*, 44: 407-416.
- Buckner M., Nellerhoe B. ve Mutel R., 1998. Eclipse Timing Observations of Three Close

- Binaries. *Information Bulletin on Variable Stars*, 4559: 1-4.
- Budding E. ve Demircan O., 2007. *Introduction to Astronomical Photometry* (2nd ed.). Cambridge University Press, Cambridge. 434-448.
- Byboth K. N., Markworth N. L. ve Bruton W. B., 2004. Photometric Analyses of the Contact Binaries FZ Orionis and AH Tauri. *Information Bulletin on Variable Stars*, 5554: 1-5.
- Çicek C., Erdem A. ve Soyduğan F., 2005. A Near-Contact Binary: CN Andromedae. *Astronomische Nachrichten*, 326: 127-133.
- Clausen J. V. ve Gimenez A., 1991. Absolute Dimensions of Eclipsing Binaries. XVIII – The Cepheus OB 3 Member CW Cephei. *Astronomy and Astrophysics*, 241: 98-106.
- Cristopoulou P. E., Papageorgiou A., Vasileiadis T. ve Tsantilas S., 2012. A Holistic View of the W UMa Type TY Boo. *The Astronomical Journal*, 144: 1-12.
- Demircan O., 2000. Period Changes as a Tool to Study Unseen Components Around Eclipsing Binaries. *NATO Science Series C, Mathematical and Physical Sciences*, 544: 615-629.
- Demircan O., Mueyesseroğlu Z., Selam S. O., Derman E. ve Akalın A., 1995. The Light and Period Variation of CV Cygni. *Astronomy and Astrophysics*, 297: 364- 368.
- Djurasevic G., Zakirov M. ve Erkapic S., 1999. A Photometric Study of the W UMa-Type System RZ Tauri. *Astronomy and Astrophysics*, 343: 894-898.
- Duerbeck H. W., 1984. W UMa Systems the Outside Story. *Mitteilungen der Astronomischen Gesellschaft*, 62: 87-100.
- Eggleton P. P., 1983. Approximations to the Radii of Roche Lobes. *Astrophysical Journal*, 268: 368-369.
- Erdem A., Budding E., Demircan O., Değirmenci L. Ö., Gülmen Ö. ve Sezer C., 2005. The Close Binary System EG Cephei. *Astronomische Nachrichten*, 326: 332-337.
- Figer A., 1983. 44 Times of Minimum and First Ephemeris for the EW Star FZ Orionis. *GEOS Circular on Eclipsing Binaries*, 8: 1-6.

- Flannery B. P., 1976. A Cyclic Thermal Instability in Contact Binary Stars. *The Astrophysical Journal*, 205: 217-225.
- Gazeas K. D., Baran A., Niarchos P., Zola S., Kreiner J. M., Ogloza W., Rucinski S. M., Zakrzewski B., Siwak M., Pigulski A. ve Drozd M., 2005. Physical Parameters of Components in Close Binary Systems: IV. *Acta Astronomica*, 55: 123-140.
- Gazeas K. ve Stepein K., 2008. Angular Momentum and Mass Evolution of Contact Binaries. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 390: 1577-1586.
- Geyer E. H., Hoffmann M. ve Karimie M. T., 1982. The Visual Double W UMa Binary BV and BW Draconis. *Astronomy and Astrophysics Supplement Series*, 48: 85-91.
- Guthnick P. ve Prager R., 1926. Benennung Von Neu Entdeckten Veranderlichen Sternen. *Astronomische Nachrichten*, 227: 161-174.
- Guthnick P. ve Prager R., 1926. Drei Neue Bedeckungsveranderliche. *Astronomische Nachrichten*, 228: 99-102.
- Guthnick P. ve Prager R., 1926. Neuer Veranderlicher 27. 1926 Bootis. *Astronomische Nachrichten*, 228: 149-150.
- Guthnick P. ve Prager R., 1927. Benennung Von Veranderlichen Sternen. *Astronomische Nachrichten*, 231: 161-172.
- Hamdy M., Awadalla N. S. ve Morcos A. B., 1985. Light Curve of BV Dra. *Information Bulletin on Variable Stars*, 2682: 1-2.
- Hardie R. H. ve Hall D. S., 1990. 1965 Light Curves of BV DRA and BW DRA. *Journal of Astrophysics and Astronomy*, 11: 265-270.
- Hegedüs T., 1991. The Period Variations and New Ephemeris of CV CYG. *Astronomical Institutes of Czechoslovakia, Bulletin*, 42: 109-115.
- Hill S. J. ve Schilt J., 1952. Photographic Magnitudes of 55700 Stars in the Zones 10 Deg to 20 Deg and 30 Deg to 50 Deg. *Contributions from the Rutherford Observatory of Columbia University New York*, 32: 1-233.
- Hoffmeister C., 1919. Mitteilungen Über 74 Als Veranderlich Angemeldete Sterne. *Astronomische Nachrichten*, 208: 239-246.

- Hoffmeister C., 1934. 132 Neu Veraderliche. *Astronomische Nachrichten*, 253: 195-204.
- Hoffmeister C., 1934. 134 Neu Veraderliche. *Astronomische Nachrichten*, 251: 19- 28.
- Hoffmeister C., 1935. 162 Neue Veraderliche. *Astronomische Nachrichten*, 255: 401-412.
- Hoffmeister C., 1949. Die RW Aurigae-Sterne Und Ihre Nebenformen. *Astronomische Nachrichten*, 278: 24-40.
- Hrivnak B. J., Lu W., Eaton J. ve Kenning D., 2006. Light-Curve Study and Physical Properties of the Contact Binary EQ Tauri. *The Astronomical Journal*, 132: 960-966.
- Huang S.S. ve Struve O., 1956. The Radii and Masses of Eclipsing Binary Stars. *Astronomical Journal*, 61: 300-309.
- Huang S.S., 1956. A Dynamical Problem in Binary Systems and Its Bearing on Stellar Evolution. *Astronomical Journal*, 61: 49-61.
- Huruhata M. ve Kitamura M., 1953. A Photoelectric Study of RZ Tauri. *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 5: 102-106.
- Irwin J. B., 1959. Standard Light-Time Curves. *Astronomical Journal*, 64: 149-155.
- Jabbar S. R. ve Kopal Z., 1983. The Geometrical Elements of 10 Totally-Eclipsing Systems of the Type of W Ursae Maioris. *Astrophysics and Space Science*, 92: 99-104.
- Kahraman F., Soydugan F., Şenyüz T., Aliçavuş F. ve Soydugan E., 2013. Absolute Parameters and Photometric Properties of V1073 Cyg and V357 Peg. *Balkan Physics Letters*, 21:251-256.
- Kallrath J., Milone E. F., Breinhorst R. A., Wilson R. E., Schnell A. ve Purgathofer A., 2006. V781 Tauri: a W Ursae Majoris Binary with Decreasing Period. *Astronomy and Astrophysics*, 452: 959-967.
- Kaluzny J. ve Rucinski S. M., 1986. The Combined Photometric and Spectroscopic Solutions for Contact Binaries BV DRA and BW DRA. *Astronomical Journal*, 92: 666-672.
- Karimie, M. T., 1985. Synthetic Light Curve Solutions for the W UMa-System BV

- Draconis. *Astrophysics and Space Science*, 115: 251-255.
- Kholopov P. N. ve ark., 1999. *Combined General Catalogue of Variable Stars*. Nauka Publishing House, Moscow.
- Kholopov P. N., Samus N. N., Kazarovets E. V. Ve Kireeva N. N., 1987. The 68th Name-List of Variable Stars. *Information Bulletin on Variable Stars*, 3058: 1-29.
- Kippenhahn R., 1953. Mitteilungen Uber 18 Verdachtige und Veranderliche Sterne. *Astronomische Nachrichten*, 281: 153-156.
- Kopal Z., 1959. Close Binary Systems. Cbs. Book. Wiley. *The International Astrophysics Series*. New York.
- Kreiner J. M., Kim Chun-Hwey. Nha, II-Seong, 2001, Cracow, Poland.
- Kwee K. K. ve van Worden H., 1956. A Method for Computing Accurately the Epoch of Minimum of an Eclipsing Variable. *Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands*, 12: 327-330.
- Le Brogne J. F., Figer A. ve Dumont M., 1984. Period and Light-Curve of the Close Eclipsing Binary FZ Orionis. *Information Bulletin on Variable Stars*, 2566: 1-2.
- Lee J. W., Lee C. U., Kim C. H. ve Kang Y. W., 2006. A Photometric Study of the Contact Binary XZ Leonis. *Journal of the Korean Astronomical Society*, 39: 41-56.
- Li H. L., Yang Y. G., Su W., Wang J. ve Wei J. Y., 2009. The ROSAT Bright Source 1RXS J201607.0 + 251645: An Active Algol-Type Binary. *Research in Astronomy and Astrophysics*, 9: 1035-1048.
- Li L., Han Z. ve Zhang F., 2005. Light-Curve and Period Changes in the W UMa-Type System TY Bootis. *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 57: 187-192.
- Li L., Zhang F., Han Z. ve Jiang D., 2007. Formation and Evolution of W UMa Contact Binaries. *Astrophysical Journal*, 622(1): 596-601.
- Liao W. P. ve Qian S. B., 2010. The Most Plausible Explanation of the Cyclic Period Changes in Close Binaries: The Case of the RS CVn-Type Binary WW Dra. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 405: 1930-1939.

- Liu L., Qian S. B., Zhu L. Y., He J. J. ve Li L.J., 2011. Period Changes and Four-Color Light Curves of Active Contact Binary VW Bootis. *The Astronomical Journal*, 141: 147-161.
- Liu Q. Y. ve Yang Y. L., 2006. On the Period Variation of the WUMa-Type Contact Binary V502 Ophiuchi. *Astronomi and Astrophysics*, 6: 331-337.
- Löchel K. 1960. *Mitteilungen Über Veranderliche*. *Sterne*, 457-458
- Lu W. ve Rucinski S. M., 1999. Radial Velocity Studies of Close Binary Stars. I., The *Astronomical Journal*, 118 (1): 515-526.
- Lucy L. B., 1976. W Ursae Majoris Systems with Marginal Contact. *Astrophysical Journal*, 205: 208-216.
- Lucy, L.B. 1968. The Structure of Contact Binaries. *Astrophysical Journal*, 151: 1123-1135.
- Maceroni C. ve van't Veer F., 1996. The Properties of W Ursae Majoris Contact Binaries: New Results and Old Problems, *Astron and Astrophys*, 311: 523-531.
- Maceroni C., Milano L. ve Russo G., 1983. Determination of Parameters of W UMa Systems. IV - BV Dra, BW Dra, EM Lac, SW Lac. *Astronomy and Astrophysics Supplement Series*, 51: 435-442.
- Maceroni, C., Milano, L. ve Russo, G., 1985. General Properties of W Ursae Majoris Systems. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 217: 843-866.
- Mauder H., 1972. Investigations on the Structure of W UMa Stars. *Astronomy and Astrophysics*, 17: 1-16.
- Mayer P., 1990. Eclipsing Binaries with Light-Time Effect. *Astronomical Institutes of Czechoslovakia*, 41: 231-236.
- McLean B. J. ve Hilditch R. W., 1983. Radial Velocities for Contact Binaries. II - TZ Boo, XY Boo, TX Cnc, RZ Com, CC COM and Y Sex. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 203: 1-8.
- McLean B.J., 1981. Radial Velocities for Contact Binary Systems. I - W Ursae Majoris and AW Ursae Majoris. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 195: 931-938.

- Milone E. F., 1986. The O'Connell Effect Systems CX Canis Majoris, TU Crucis, AQ Monocerotis, and DQ Velorum. *Astrophysical Journal Supplement Series*, 61: 455-464.
- Milone E. F., Groisman G., Fry, D. J. I. ve Bradstreet D. H., 1991. Analysis and Solution of the Light and Radial Velocity Curves of the Contact Binary TY Bootis. *Astrophysical Journal*, 370: 677-692.
- Mochnecki S. W. ve Doughty N. A., 1972. A Model for the Totally Eclipsing W Ursae Majoris System AW UMa. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 156: 51-56.
- Mochnecki S. W. ve Doughty N. A., 1972. Models for Five W Ursae Majoris Systems. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 156: 243-252.
- Mochnecki S. W., 1985. Observational Evidence for the Evolution of Contact Binary Stars. *NATO ASI Series*, 150: 51-82.
- Mochnecki S.W., 1985. Spectrophotometry of Contact Binary Stars: Comparison with the Praesepe Main Sequence. *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada*, 79: 242-248.
- Morris S. L. Ve Naftilan S. A., 1997. RZ Tauri: New Light Curves and Analysis. *Astronomical Journal*, 114: 2145-2149.
- Mullan D. J., 1975. On the Possibility of Magnetic Starspots on the Primary Components of W Ursae Majoris Type Binaries. *Astrophysical Journal*, 198: 563-573.
- Niarchos P. G., 1978. Fourier Analysis of The Light Curves of W UMa-Type Stars. *Astrophysics and Space Science*, 58: 301-333.
- Niarchos P. G., Hoffmann M. ve Duerbeck H. W., 1994. The Hot Contact Binary XZ Leonis. *Astronomy and Astrophysics*, 292: 494-500.
- Oosterhoff P. T., 1930. Photographic Observations and Period of RZ Tauri. *Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands*, 5: 195-200.
- Plewa T., Haber G., Włodarczyk K. J. ve Krzesinski J., 1991. EF DRA (1E1806.1 + 69.44) - A Totally Eclipsing W UMa-Type System, *Acta Astronomica*, 41(4): 291-295.



- Pribulla T. ve ark., 2009. Radial Velocity Studies of Close Binary Stars XIV. *The Astronomical Journal*, 137: 3646-3654.
- Pribulla T. ve Vanko M., 2002. Photoelectric Photometry of Eclipsing Contact Binaries: U Peg, YY CrB, OU Ser and EQ Tau. *Contributions of the Astronomical Observatory Skalnaté Pleso*, 32: 79-98.
- Pribulla T., Chochol D., Tremko J. ve Kreiner J. M., 2005. The Light-Time Effect in Short-Period Eclipsing Binaries. *Astronomical Society of the Pacific*, 335: 103-113.
- Pribulla T., Chochol D., Tremko J., Parimucha S., Vanko M. ve Kreiner J. M., 2000. Period Study of the Contact System VW Cep. *Contributions of the Astronomical Observatory Skalnaté Pleso*, 30: 117-139.
- Pribulla T., Chochol D., Vanko M. ve Parimucha S., 2002. The First Ground-Based Photometry of Contact Binaries FN Cam and EX Leo. *Information Bulletin on Variable Stars*, 5258: 1-4.
- Pribulla T., Kreiner J. M. ve Tremko J., 2003. Catalogue of the Field Contact Binary Stars. *Contributions of the Astronomical Observatory Skalnaté Pleso*, 33(1): 38-70.
- Pych W. ve ark., 2004. Radial Velocity Studies of Close Binary Stars IX. *The Astronomical Journal*, 127: 1712-1719.
- Qian S. B. ve He J. J., 2005. An Orbital Period Study of the W UMa-Type Binary RZ Comae Berenicens. *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 57: 977-982.
- Qian S. B. ve Zhu L. Y., 2002. VW Bootis: The Shortest Period Close Binary System at the Beginning of the Overcontact Phase. *The Astrophysical Journal*, 568: 1004-1007.
- Qian S. B. ve Zhu L. Y., 2006. BO Canum Venaticorum and SS Comae Berenices: A Photometric Study of AW UMa-Type Binaries. *The Astronomical Journal*, 131: 1032-1043.
- Qian S. B., Yuan J. Z., Soonthornthum B., Zhu L. Y., He J. J. ve Yang Y. G., 2007. AD Cancri: A Shallow Contact Solar-Type Eclipsing Binary and Evidence for a Dwarf Third Component and a 16 Year Magnetic Cycle. *The Astrophysical Journal*, 671: 811-820.

- Qian S. ve Liu Q., 2000. Orbital Period Studies of the Two Contact Binaries TZ Bootis and Y Sextantis. *Astronomy and Astrophysics*, 355: 171-175.
- Qian S. ve Ma Y., 2001. Period Studies of Some Neglected Close Binaries: EP Andromedae, V724 Aquilae, SS Comae, AM Eridani, FZ Orionis, BY Pegasi, EQ Tauri, and NO Vulpeculae. *The Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 113: 754-763.
- Qian S., 2001a. Orbital Period Changes of Contact Binary System: Direct Evidence for Thermal Relaxation Oscillation Theory. *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, 328: 914-924.
- Qian S., 2001b. A Possible Relation Between The Period Change and The Mass Ratio for W-Type Contact Binaries. *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, 328: 635-644.
- Qian S., 2002. Short-Period Near-Contact Binary Systems at The Beginning of The Overcontact Phase. *Monthly Notice of the Royal Astronomical Society*, 336: 1247-1255.
- Qian S., 2003. Are Overcontact Binaries Undergoing Thermal Relaxation Oscillation With Variable Angular Momentum Loss. *Monthly Notice of the Royal Astronomical Society*, 342: 1260-1270.
- Qian S., Yang Y., Zhu L., He J. ve Yuan J., 2006. Photometric Studies of Twelve Deep, Low-mass Ratio Overcontact Binary Systems. *Astrophysics and Space Science*, 304: 25-28.
- Rahunen T., 1981. Evolution of W UMa Systems and Angular Momentum Loss. *Astronomy and Astrophysics*, 102: 81-90.
- Rahunen T., 1982. On the Stability and Evolution of Contact Binaries I. *Astronomy and Astrophysics*, 109: 66-76.
- Rahunen T., 1983. On the Stability and Evolution of Contact Binaries II. *Astronomy and Astrophysics*, 117: 235-247.
- Rainger P. P., Bell S. A. ve Hilditch R. W., 1990. The Binary System Vw-Bootis. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 246: 47-53.
- Robertson J. A. ve Eggleton P. P., 1977. The Evolution of W Ursae Majoris Systems.

- Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 179: 359-375.
- Rovithis P. ve Rovithis L. E., 1984. Photoelectric Observations and Minima Times for RZ Comae Berenices. *Astronomy and Astrophysics Supplement Series*, 58: 679-684.
- Rucinski S. M. ve Kaluzny J., 1981. A Survey of W Ursae Type Systems in the Four-Colour UVBY Photometry. *Acta Astronomica*, 31: 409-426.
- Rucinski S. M. ve Kaluzny J., 1982. BV DRA and BW DRA Two Contact Systems in One Visual Binary. *Astrophysics and Space Science*, 88: 433-452.
- Rucinski S. M. ve Kaluzny J., 1986. The Combined Photometric and Spectroscopic Solutions for Contact Binaries BV DRA and BW DRA. *Astronomical Journal*, 92: 666-672.
- Rucinski S. M. Ve Lu W., 1999. Radial Velocity Studies of Close Binary Stars. II. *The Astronomical Journal*, 118: 2451-2459.
- Rucinski S. M. ve Seaquist E. R., 1988. VLA Observations of the Contact Binary VW CEP. *Astronomical Journal*, 95: 1837-1840.
- Rucinski S. M. ve Wenxian L., 1999. Radial Velocity Studies of Close Binaries Stars II. *The Astronomical Journal*, 118: 2451-2459.
- Rucinski S. M., 1974. Binaries. II. A- and W-type Systems. The W UMa-Type Systems as Contact. *Acta Astronomica*, 24: 119-151.
- Rucinski S. M., 1974. Luminosities of the W UMa - Type Systems. *Memorie della Società Astronomia Italiana*, 45: 799-804.
- Rucinski S. M., 2002. The 7.5 Magnitude Limit Sample of Bright Short-Period Binary Stars. I. How Many Contact Binaries Are There?. *The Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 114: 1124-1142.
- Rucinski S. M., 2010. The DDO Close Binary Spectroscopic Program. *Astronomical Society of the Pacific*, 435: 195-205.
- Rucinski S. M., Lu W. ve Mochnacki S. W., 2000. Radial Velocity Studies of Close Binary Stars. III. *The Astronomical Journal*, 120: 1133-1139.

- Rucinski S. M., Lu W., Mochnacki S. W., Ogłóza W. ve Stachowski G., 2001. Radial Velocity Studies of Close Binary Stars. V. *The Astronomical Journal*, 122: 1974-1980.
- Rucinski S. ve Lu W., 1999. DDO Radial Velocity Program: Short-Period Binaries. *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada*, 93 (4): 186-189.
- Rucinski S., 2010. Contact Binaries: The Current State. *International Conference on Binaries*, 1314: 29-36.
- Rucinski S.M. ve Lu W., 1999. Radial Velocity Studies of Close Binary Stars. II. *The Astronomical Journal*, 118: 2451-2459.
- Rucinski S.M., 1973. The W UMa-Type Systems as Contact Binaries. I. Two Methods of Geometrical Elements Determination. Degree of Contact. *Acta Astronomica*, 23: 79-120.
- Rucinski S.M., 1974. Binaries II. A- and W-Type Systems. The W UMa-Type Systems as Contact. *Acta Astronomica*, 24: 119-151.
- Rucinski S.M., 1974. Binaries. II. A- and W-Type Systems. The W UMa-Type Systems as Contact. *Acta Astronomica*, 24: 119-151.
- Rukmini J., Vivekananda R. P. ve Ausekar B. D., 2001. Photometric Study of the Short Period W UMa System - FZ Orionis. *Bulletin of the Astronomical Society of India*, 29: 323-327.
- Samus N. N. ve Antipin S., 2012. Recent Space Missions and Ground-Base Surveys and Their Implication for Variable-Star Studies. *Fifty years of Cosmic Era: Real and Virtual Studies of the Sky*, 39-47.
- Shapley H., 1948. The Relative Frequency of Low Luminosity Eclipsing Binaries. *Harvard Observatory Monographs*, 7: 249-256.
- Sheng-Bang Q. ve Jia-Jia H., 2005. An Orbital Period Study of the WUMa-Type Binary RZ Comae Berenicis. *Astron. Soc. Japan*, 57: 977-982.
- Skelton P. L. "Modelling of Eclipsing Binaries", Master Thesis, University of South Africa, 2009.

- Soydugan F., 2008. Possible Third Body Effects in the Period Changes of Four Algol Binaries: RY Aqr, SZ Her, RV Lyr and V913 Oph. *Astronomische Nachrichten*, 329: 587-595.
- Stepien K. ve Gazeas K., 2008. Evolutionary Scenario for W UMa-Type Stars. *The Art of Modeling Stars in the 21st Century, Proceedings of the International Astronomical Union*, 252: 427-428.
- Stepien K., 1995. Loss of Angular Momentum of Cool Close Binaries and Formation of Contact Systems. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 274: 1019-1028.
- Stepien K., 2004. *Evolutionary Status of W Ursae Majoris-Type Stars*. A.K. Dupree and A.O. Benz, San Francisco. 967 p.
- Stepien K., 2006. Evolutionary Status of Late-Type Contact Binaries. *Acta Astronomica*, 56: 199-218.
- Stepien K., 2006. The Low-Mass Limit for Total Mass of W UMa-Type Binaries. *Acta Astronomica*, 56: 347-364.
- Struve O. ve Horak H. G., 1950. Spectrographic Observations of W Ursae Majoris. *Astrophysical Journal*, 112: 178-183.
- Struve, O. ve Gratton, L., 1948. Spectrographic Observations of the Eclipsing Binaries RZ Comae, V 502 Ophiuchi, RV Corvi, and BF Virginis. *Astrophysical Journal*, 108: 497-503.
- Tout C. A., ve Hall D. S., 1991. Wind Driven Mass Transfer in Interacting Binary Systems. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 253: 9-18.
- Tsevevich V. P., 1953. *Issledovanie Effekta Blazhko*. Izd. Moskovskogo Universiteta Moskva. 62-249.
- Tsevevich V. P., 1957. *The Stars with Double Envelopes*. George H. Herbig. International Astronomical Union. Cambridge University. 116-119.
- Van't V.F. ve Maceroni C., 1989. The Angular Momentum Loss for Late-Type Stars. *Astronomy and Astrophysics*, 220: 128-134.

- Vanko M., Parimucha S., Pribulla T. ve Chochol D., 2004. New Parameters of the Contact Binary Systems YY CRB and EQ Tau. *Baltic Astronomy*, 13: 151-155.
- Vetesnik M. ve Perek L., 1966. Photoelectric Photometry of CV Cygni. *Bulletin of the Astronomical Institute of Czechoslovakia*, 17: 278-286.
- Vilhu O. ve Rahunen T., 1981. *Contact Binary Evolution and Angular Momentum Loss*. D. Sugimoto, D. Lamb, and D. Schramm. Dordrecht: D. Reidel Publishing Co, Kyoto. 181 p.
- Vilhu O., 1981. Problems of Low-Mass Binary Evolution. *Astrophysics and Space Science*, 78: 401-418.
- Vilhu O., 1982. Detached to Contact Scenario for The Origin of W UMa Stars. *Astronomy and Astrophysics*, 109: 17-22.
- Vinko J., Hegedus T. ve Hendry P. D., 1996. UZ Leo and CV Cyg: Two Evolved Contact Binaries. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 280(2): 489-497.
- Webbink R. F., 1977. The Evolution of Low-Mass Close Binary Systems V - Transport Processes in the Envelopes of Contact Components. *Astrophysical Journal*, 215: 851-863.
- Webbink R. F., 2003. Contact Binaries. *3D Stellar Evolution, ASP Conference Proceedings*, 293: 76-87.
- Wilson R. E. ve Devinney E. J., 1973. Fundamental Data for Contact Binaries: RZ Comae Berenices, RZ Tauri, and AW Ursae Majoris. *Astrophysical Journal*, 182: 539-547.
- Wilson R. E., 1978. On The A-Type W Ursae Majoris Systems. *Astrophysical Journal*, 224: 885-891.
- Wolf M., Molik P., Hornoch K. ve Sarounova L., 2000. Period Changes in W UMa-Type Eclipsing Binaries: DK Cygni, V401 Cygni, AD Phoenicis and Y Sextantis. *Astronomy and Astrophysics Supplement*, 147: 243-249.
- Wood D. B., 1970. The Double Eclipsing System ADS 9537. *Bulletin of the American Astronomical Society*, 2: 357-357.
- Wood F. B. ve Austin R. R. D., 1980. Two Eclipses of AI-Velorum. *Monthly Notices of the*

- Royal Astronomical Society*, 193: 867-873.
- Yamasaki A., 1979. W UMa-Type Stars BV Draconis and BW Draconis. *Astrophysics and Space Science*, 60: 173-182.
- Yang Y. G., 2009. BVR Observations and Period Variation of the Neglected Contact Binary V343 Orionis. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 121: 699-701.
- Yang Y. G., Dai J. M., Yin X. G. ve Xiang F. Y., 2007. Orbital Period Changes for the Weak-Contact Binary TY Bootis. *The Astronomical Journal*, 134: 179-184.
- Yang Y. G., Wei J. Y. ve Li H. L., 2010. The Absolute Properties and Evolutionary State for the Shortest Period Field Contact Binary GSC 1387-0475. *New Astronomy*, 15: 155-158.
- Yang Y. ve Liu Q., 2002. A Photometric Study of the Contact Binary EQ Tauri. *The Astronomical Journal*, 124: 3358-3363.
- Yang Y. ve Liu Q., 2003. An Unstable W Ursae Majoris Binary with A Magnetically Active Component. *The Astronomical Journal*, 126: 1960-1966.
- Yang Y.G., Lü G.L., Yin X.G., Zhu C.H. ve Kankajima K., 2009. Orbital Period Changes and Their Evolutionary Status for Weak-Contact Binaries. II. CC Comae Berenices and BV Draconis. *The American Astronomical Society*, 137: 236-245.
- Yıldız M., 2013. Origin of W UMa-Type Contact Binaries - Age and Orbital Evolution. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 437: 185-194.
- Yuan J. ve Qian S., 2007. A Mechanism for Orbital Period Modulation and Irregular Orbital Period Variations in Close Binaries. *The Astrophysical Journal*, 669: 93-95.
- Zasche P., Liakos A., Niarchos P., Wolf M., Manimanis V. ve Gazeas K., 2009. Period Changes in Six Contact Binaries: WZ and, V803 Aql, DF Hya, PY Lyr, FZ Ori, and AH Tau. *New Astronomy*, 14: 121-128.
- Zhai D., Zhang R. ve Leung K. C., 1984. A New Photoelectric Investigation of the W UMa System U Pegasi. *Astronomy and Astrophysics Supplement Series*, 57: 487-494.
- Zhou H. N. ve Leung K. C., 1988. The Photometric Solution of W UMa-Type Star BW

Draconis. *Astrophysics and Space Science*, 148: 289-295.

Zola S., Gazeas K., Kreiner J. M., Ogloza W., Siwak M., Koziel W. D. ve Winiarski M., 2010. Physical Parameters of Components in Close Binary Systems – VII. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 408: 464-474.

Zola S., Kreiner J. M., Zakrzewski B., Kjurkchieva D. P., Marchev D. P., Baran A., Rucinski S. M., Ogloza W., Siwak M., Koziel D., Drozd M. ve Pokrzywka B., 2005. Physical Parameters of Components in Close Binary Systems. V. *Acta Astronomica*, 55: 389-405.



## ÇİZELGELER

## SayfaNo

Çizelge 3.1 Seçilen değen çift sistemlerin bazılarının elde edilen minimum zamanları.....	18
Çizelge 3.2 Seçilen değen çift sistemlerin verilerine ilişkin istatistik bilgiler.....	19
Çizelge 4.1 Seçilen değen çiftler için literatürden toplanan temel parametreler...	25
Çizelge 4.2 Seçilen A-türü sistemlerin dönem analizinden elde edilen parametreler ve hataları.....	27
Çizelge 4.3 A-türü değen çift sistemler CN And ve EQ Tau'nun dönem analizinden elde edilen parametreleri ve hataları.....	33
Çizelge 4.4 Çevrimsel dönem değişimi gösteren değen çiftlerin Applegate modeline ilişkin bazı parametreler.....	34
Çizelge 4.5 Seçilen W-türü değen çift sistemlerin dönem analizi sonucunda belirlenen parametreleri.....	37
Çizelge 4.6 TY Boo, VW Boo ve RZ Com'un dönem analizi sonucunda belirlenen parametreleri.....	45
Çizelge 5.1 A-türü bazı değen sistemlerin bazı temel parametreleri ve dönem değişim özellikleri.....	52
Çizelge 5.2 W-türü bazı değen sistemlerin bazı temel parametreleri ve dönem değişim özellikleri.....	54

Şekil 1.1 Kütle oranı $q=0.3$ olan bir çift yıldız sisteminin yörünge düzleminde eş potansiyel yüzeylerini gösterimi (Skelton, 2009).....	4
Şekil 1.2 Ayrık örten çift sistem CW Cep'in v ışık eğrisi ve 0.75 yörünge evresindeki Roche geometrisinin görünümü.....	5
Şekil 1.3 Yarı-ayrık örten çift sistem TT Aur'un B ışık eğrisi ve 0.75 yörünge evresindeki Roche geometrisinin görünümü.....	6
Şekil 1.4 Aşırı-değen çift sistem FN Cam'ın V ışık eğrisi ve 0.75 yörünge evresindeki Roche geometrisinin görünümü. ....	7
Şekil 2.1 W UMa türü sistemlerin bileşenlerinin HR diyagramında gösterimi (Kahraman ve ark., 2013). ....	9
Şekil 2.2 Bazı W UMa ların büyük (yıldız) ve küçük (karo) kütleli bileşenlerinin log M-log R diyagramında dağılımları (Stepien, 2006).....	9
Şekil 2.3 W UMa türü sistemin BVRI filtrelerindeki ışık eğrisi (Zola ve ark., 2010).....	10
Şekil 2.4 A türü sistemler için dikine hıza örnek olarak DK Cyg (Rucinski ve Lu, 1999).....	13
Şekil 2.5 W türü değen sistem AB And'ın bileşenlerinin dikine hız eğrileri. Üçgenler baş bileşeni daireler ise yoldaş bileşeni göstermektedir (Pych ve ark., 2004).....	14
Şekil 2.6 Değen çift sistem TZ Boo'nun O-C değişimi (Kreiner ve ark., 2010)...	15
Şekil 2.7 Değen çift sistem V502 Oph'nun O-C değişimi (Kreiner ve ark., 2010).....	16
Şekil 4.1 DK Cyg örten çift sistemin elde edilen O-C verisi ile onu temsil etmede kullanılan kuramsal eğri ile ondan olan farklar. Simgelerin büyüklükleri kullanılan ağırlıklar ile orantılıdır.....	27
Şekil 4.2 CV Cyg'nin O-C diyagramı.....	28
Şekil 4.3 XZ Leo örten çift sistemin O-Ceğrisi.....	29
Şekil 4.4 V343 Ori örten çift sistemin O-C eğrisi. ....	30

Şekil 4.5 RZ Tau örten çift sistemin <i>O-C</i> eğrisi.....	31
Şekil 4.6 CN And değen çiftinin <i>O-C</i> verisinin dağılımı ve onun kuramsal eğrilerle temsili. Kesikli çizgi parabolik, sürekli olan ise parabolik ve LITE terimleri birlikte kullanılarak hesaplanmış kuramsal eğrilerdir. Alt panelde sürekli kuramsal eğriden olan farklar yer almaktadır.....	33
Şekil 4.7 CN And'ın <i>O-C</i> verisinin çevrimsel değişimi ve onun LITE kullanılarak hesaplanmış kuramsal eğri (sürekli çizgi) ile temsili.....	34
Şekil 4.8 EQ Tau değen çift sistemin <i>O-C</i> eğrisi.....	36
Şekil 4.9 EQ Tau'nun çevrimsel <i>O-C</i> değişimi ve kuramsal temsili.....	36
Şekil 4.10 BV Dra Örten değen çift sisteminin <i>O-C</i> eğrisi.....	38
Şekil 4.11 BV Dra'nın çevrimsel <i>O-C</i> değişimi ve kuramsal temsili.....	38
Şekil 4.12 EM Lac değen çift sisteminin <i>O-C</i> eğrisi. ....	39
Şekil 4.13 EM Lac'ın çevrimsel <i>O-C</i> değişimi ve kuramsal temsili.....	40
Şekil 4.14 BW Dra değen çift sisteminin <i>O-C</i> eğrisi.....	41
Şekil 4.15 BW Dra'nın çevrimsel <i>O-C</i> değişimi ve kuramsal temsili.....	41
Şekil 4.16 FZ Ori değen çift sisteminin <i>O-C</i> eğrisi.....	43
Şekil 4.17 FZ Ori'nin çevrimsel <i>O-C</i> değişimi ve kuramsal temsili.....	43
Şekil 4.18 TY Boo değen çift sisteminin <i>O-C</i> eğrisi.....	45
Şekil 4.19 TY Boo'nun çevrimsel <i>O-C</i> değişimi ve kuramsal temsili.....	46
Şekil 4.20 VW Boo değen çift sisteminin <i>O-C</i> eğrisi.....	47
Şekil 4.21 VW Boo'nun çevrimsel <i>O-C</i> değişimi ve kuramsal temsili.....	47
Şekil 4.22 RZ Com değen çift sisteminin <i>O-C</i> eğrisi.....	49
Şekil 4.23 RZ Com'nun çevrimsel <i>O-C</i> değişimi ve kuramsal temsili.....	49

## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Muhammed Faruk YILDIRIM

Doğum Yeri : AĞRI

Doğum Tarihi : 02.05.1982

### EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi : Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen ve Edebiyat  
Fakültesi Fizik Bölümü, -2010

### BİLİMSEL FAALİYETLERİ

#### 1) Bildiriler -Uluslararası -Ulusal

a) Turkish Physical Society 29th International Physics Congress, 5-8  
September 2012, Bodrum Municipality NuroI Culture Center Bodrum –  
TURKEY

b) Turkish Physical Society 30th International Physics Congress, 2-5  
September 2013, İstanbul University Science Faculty İstanbul – TURKEY

#### 2) Katıldığı Projeler

Çift Yıldızlarda Açısai Momentum ve Yörünge Evrimi.111T224 Nolu  
Tübitak Araştırma Projesi, 15.06.2013 - 15.02.2014

### İLETİŞİM

Adres :İsmet Paşa Mah. Asaf Paşa Cad. No:44 Daire 6 Merkez/ÇANAKKALE

Telefon :+90 539 721 14 33

E-posta Adresi : mf.yildirim@hotmail.com