



EGE ÜNİVERSİTESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ZONKLAMA KUŞAĞI SINIRINDA KROMOSFERİK
AKTİVİTE BELİRTEÇLERİNİN BELİRLENMESİ**

Ceren KAMİL

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Hasan Ali DAL

Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı

Sunuş Tarihi : 30/07/2018

Bornova-İZMİR

2018

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

**ZONKLAMA KUŞAĞI SINIRINDA KROMOSFERİK
AKTİVİTE BELİRTEÇLERİNİN BELİRLENMESİ**

Ceren KAMİL

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Hasan Ali DAL

Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı

Sunuş Tarihi : 30/07/2018

Bornova-İZMİR

2018

Ceren KAMİL tarafından YÜKSEK LİSANS tezi olarak sunulan **“Zonklama Kuşağı Sınırında Kromosferik Aktivite Belirteçlerinin Belirlenmesi”** başlıklı bu çalışma EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile EÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi’nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 30 / 07 / 2018 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri:

Jüri Başkanı : Prof. Dr. Serap AK
Raportör Üye : Doç. Dr. Esin SİPAHİ
Üye : Doç. Dr. Hasan Ali DAL

İmza

.....
.....
.....

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI**

EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “*Zonklama Kuşağı Sınırında Kromosferik Aktivite Belirteçlerinin Belirlenmesi*” başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

30 / 07 / 2018

Ceren KAMİL

ÖZET

ZONKLAMA KUŞAĞI SINIRINDA KROMOSFERİK AKTİVİTE BELİRTEÇLERİNİN BELİRLENMESİ

KAMİL, Ceren

Yüksek Lisans Tezi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Hasan Ali DAL

Temmuz 2018, 83 sayfa

Bu tez çalışması kapsamında, Kepler Veri Tabanı'ndan belirlenen KIC 2557430 ve KIC 8043961 sistemlerinin doğası ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Her iki sistem içinde PERIOD04 programı yardımıyla frekans analizleri yapılmıştır. Analiz sonucunda elde edilen frekanslar incelenmiş ve sistemlerde zonklama ile leke kaynaklı değişimler olduğu anlaşılmıştır. PHOEBE V.0.32 yazılımı ile literatürde, ilk kez, her iki sistem için ışık eğrisi analizleri yapılmıştır. KIC 2557430 için yapılan ışık eğrisi analizi sonucunda üçüncü cismin varlığının olduğu görülmüştür. Işık eğrisi analizlerinden elde edilen parametreler ile her iki sistemin baş ve yoldaş bileşenlerinin evrim durumu incelendiğinde, KIC 2557430'un baş bileşeninin γ Dor türü bir değişen yıldız olduğu görülmüştür. Her iki sistemin minimum zamanlarının değişimi incelenmiş ve KIC 2557430 için büyük kütleli yıldızdan küçük kütleli yıldıza bir madde aktarımı olduğu görülürken; KIC 8043961 sisteminin ise bir üçüncü cisme sahip olduğu anlaşılmıştır. Aynı zamanda KIC 2557430 sisteminin mevcut gözlem verisinden toplam 69 flare elde edilmiş ve elde edilen bu flarelerin parametreleri hesaplanıp, OPEA modeli ile modellenmiştir. Bu modelleme sonucunda flarelerin birbirinden farklı iki grup oluşturduğu anlaşılmıştır. KIC 8043961 sisteminin tayf ve frekans analizinden sistemin hem γ Dor hem de δ Scuti türü zonklama değişimi sergilediği görülmüştür.

Anahtar sözcükler: Flare, Yıldız lekesi, Zonklama, Aktivite, Melez yıldız

ABSTRACT

DETERMINATION OF CHROMOSPHERIC ACTIVITY

INDICATORS AT THE PULSATION STRIP

KAMİL, Ceren

MSc in E. U., Department of Astronomy and Space Science

Supervisor: Associate Professor Hasan Ali DAL

July 2018, 83 pages

In this thesis, it is tried to figure out the natures of KIC 2557430 and KIC 8043961, which were selected from the Kepler Database. For both systems, the pulsation frequency analyses were performed with PERIOD04 program. Examining the frequencies found from the analyses, it was found that both systems exhibit some variations caused by the pulsation and stellar spots. Light curve analysis was performed for both systems by PHOEBE V.0.32 software for the first time in the literature. In the case of KIC 2557430, it is seen that there is a third light excess as a result of light curve analysis. Considering the evolutionary status of the primary and secondary components of both systems depending on the parameters obtained from the light curves analyses, the primary component of KIC 2557430 was found to be a γ Dor type variable star. Examining the minimum time variations of both systems, it was suggested that there is a mass transfer from massive component to low mass component in the case of KIC 2557430. In the case of KIC 8043961, some signs were found for a third body. At the same time, 69 flares were obtained in total from the available data of KIC 2557430, and the parameters of these flares were calculated and modeled by the OPEA model. As a result of the model, it was found that the flares consist of two separate groups. From the spectral and frequency analyses of the KIC 8043961 system, it was determined that the system exhibits both the γ Dor and the δ Scuti type pulsations.

Keywords: Flare, Starspot, Pulsation, Activity, Hybrid Star

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmam süresince, hem maddi hem de manevi yönden çok sayıda destek gördüm. Bütün bunların en başında, bu çalışmayı öneren, beni bu çalışmanın bir parçası yapan, tüm süreç boyunca her türlü desteği sağlayan değerli hocam ve danışmanım sayın Doç. Dr. Hasan Ali DAL gelir. Baştan sona gerek paylaştığı bilgisiyle ve yardımıyla gerekse de gösterdiği sabrıyla ve TÜBİTAK bursuyla sağladığı tüm desteği için kendisine teşekkür ederim. Çalışmanın her anında yanımda olan ve her türlü desteği veren sayın Doç. Dr. Orkun ÖZDARCAN'a değerli katkıları ve yardımları için teşekkür ederim. Aynı zamanda hem lisans hem de yüksek lisans eğitimim boyunca yanımda olan ve bu çalışmada da birlikte yol aldığım sevgili arkadaşım Ezgi YOLDAŞ'a manevi desteği için teşekkür ederim. Tüm eğitimim boyunca hiçbir zaman desteğini esirgemeyen ve her zaman yanımda olan sevgili annem Sende İdil ve babam Recep KAMİL'e teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	vii
ABSTRACT	ix
TEŞEKKÜR	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xv
ÇİZELGELER DİZİNİ	xvii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xix
1 GİRİŞ	1
1.1 Manyetik Aktivite	3
1.1.1 Leke Aktivitesi.....	3
1.1.2 Flare Aktivitesi	7
1.2 Yıldızlarda Zonklama	11
1.2.1 Güneş Benzeri Zonklama	12
1.2.2 γ Dor Türü Yıldızlar	13
1.2.3 δ Scuti Türü Yıldızlar	13
1.2.4 Anakol Öncesi Yıldızlarda Zonklama	14
1.3 KIC 2557430 ve KIC 8043961 Sistemleri	15
2 VERİ ANALİZİ.....	18

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

2.1 Dönem Analizi.....	20
2.2 Fourier Dönüşümü	26
2.3 Işık Eğrisi Analizi	28
2.4 Dönem Değişimi (O-C) Analizi.....	34
2.5 Flare Parametreleri ve OPEA Modeli.....	39
3 SONUÇLAR ve TARTIŞMA	46
4 KAYNAKLAR DİZİNİ.....	57
ÖZGEÇMİŞ	68
TEZDEN ÇIKAN YAYINLAR	69
EKLER	71

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
1.1.2.1 Standart flare senaryosunun şematik çizimi	8
1.2.1.1 Güneş'teki dikine hız değişimlerinin güç tayfı.....	12
1.3.1 KIC 2557430'un tüm ışık eğrisi	16
1.3.2 KIC 8043961'in tüm ışık eğrisi	17
2.1 KIC 2557430'un Short Cadence formatındaki verisi ile elde edilen tüm ışık eğrisi	18
2.2 KIC 8043961'in Short Cadence formatındaki verisi ile elde edilen tüm ışık eğrisi	19
2.1.1 KIC 2557430'un normalize güç-tayf dağılımı	21
2.1.2 KIC 2557430'un bulunan frekansları ile elde edilen sentetik eğri ve tutulmalar dışı gözlem verisi	21
2.1.3 KIC 8043961'in Fourier genlik tayfı.....	22
2.1.4 KIC 8043961'in bulunan frekansları ile elde edilen sentetik eğri ve tutulmalar dışı gözlem verisi	23
2.1.5 KIC 8043961'in ayrılmış g-mod ve p-mod bölgeleri	24
2.1.6 KIC 8043961'de görülen frekans yarılmaları	25
2.2.1 KIC 2557430 sisteminin zonklama kaynaklı değişimleri arındırıldıktan sonra geriye kalan değişimi	27

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.3.1 KIC 2557430'un ışık eğrisi analizi yapılan verilerinden elde edilen sentetik ışık eğrisi	30
2.3.2 KIC 2557430 sisteminin bileşenlerinin HR diyagramındaki yerleri	31
2.3.3 KIC 8043961'in ortalama Short Cadence verilerinden elde edilen gözlenen ve sentetik ışık eğrileri	32
2.3.4 KIC 8043961'in baş ve yoldaş bileşenlerinin HR diyagramındaki yeri ..	34
2.4.1 KIC 2557430'un Short Cadence verisinden hesaplanan minimum zamanları	36
2.4.2 KIC 8043961'in O-C değişimleri	38
2.5.1 KIC 2557430'un Short Cadence verisinden seçilen flare örnekleri	40
2.5.2 KIC 2557430'un analizlerde belirlenen flareler üzerinden elde edilen OPEA modeli.....	44

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1.1 KIC 2557430 için elde edilen frekanslar (Ek 1).....	
2.1.2 KIC 8043961 için elde edilen frekanslar (Ek 2).....	
2.1.3 KIC 8043961 için analizlerde bulunan tripletlerin bölünme sıklıkları.....	25
2.1.4 KIC 8043961 için Long Cadence formatındaki veriler ile yapılan analizler sonucu elde edilen frekanslar (Ek 3).....	
2.3.1 KIC 2557430'un ışık eğrisi analizi ile elde edilen fiziksel parametreleri ...	29
2.3.2 KIC 8043961'in ışık eğrisi analizi ile elde edilen fiziksel parametreleri	33
2.3.3 KIC 8043961'in ışık eğrisi analizinden elde edilen fiziksel parametreleri .	33
2.4.1 KIC 2557430'un minimum zamanları.....	35
2.4.2 KIC 8043961'in Short ve Long Cadence verilerinden elde edilen minimum zamanları (Ek 4)	
2.4.3 KIC 8043961'in O-C analizinden türetilen parametreler	39
2.5.1 KIC 2557430 sistemindeki flarelerin hesaplanan parametreleri	41
2.5.2 KIC 2557430'un OPEA modelinden türetilen parametreler	44
2.5.3 KIC 2557430'un baş ve yoldaş bileşeninin sıcaklıkları ile B-V renk ölçeği değerleri.....	45
2.5.4 Tüm flareler ve ayrı ayrı gruplara ait flare frekansları	46

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
c	Işık hızı, $3 \times 10^8 \text{ cm s}^{-1}$
$M_{\odot}$	Güneş'in kütlesi, $1.99 \times 10^{33} \text{ gr}$
$R_{\odot}$	Güneş'in yarıçapı, $6.99 \times 10^{10} \text{ cm}$
$L_{\odot}$	Güneş'in toplam ışıma gücü, $3.86 \times 10^{33} \text{ erg s}^{-1}$
T_r	Flare parlama zamanı
T_d	Flare sönümlenme zamanı
T_t	Flare toplam zamanı
P	Flare eşdeğer süresi

Kisaltmalar

OPEA	One Phase Exponential Association
KIC	Kepler Input Catalog
2MASS	2 Micron All Sky Server
MAST	Mikulski Archive for Space Telescopes

1. GİRİŞ

Güneş atmosferinde ortaya çıkan aktivite yapıları, fotosfer katmanından başlayarak daha büyük yüksekliklere çıkıldıkça etkinliğini artırır. Aktivite, bir bakıma fotosfer, kromosfer ve korona katmanları boyunca devam eden sıcaklık değişiminin nedenlerinden biridir. Soğuk yıldızlarda gözlenen aktivitenin modellenmesinde, Güneş üzerinde gözlenen aktivite yapıları ve onların kökeni araştırmacılara referans olmaktadır. Güneş'in aktivite düzeyinin geri tür yıldızlarla karşılaştırıldığında oldukça düşük kaldığı görülür. Örneğin, yakın çift sistemlerde bulunan soğuk bileşenlerin, Güneş'e oranla çok daha yüksek düzeyde aktivite sergilediği gözlenmiştir. Soğuk yıldızlar için “*aktivite*” terimi, sakın Güneş'ten aktif Güneş'e ya da Güneş lekelerinin minimumdan maksimuma geçiş sürecinde yıldız yüzeyi ve atmosferinde yaşanan değişimleri ifade eder. (Schrijver ve Zwaan 2000).

Güneş'i bir yıldız olarak ele aldığımızda Güneş yüzeyinde görülen aktivite yapılarının gözlenmesi diğer soğuk yıldızlarda da benzer yapıların olup olmadığını araştırmak ve incelemek için yol göstericidir. Gerçekten de yıldızların yüzeyindeki aktivitenin çalışılmaya başlanması Güneş yüzeyi üzerindeki koyu, karanlık, fotosfere göre 1200 K-1500 K daha soğuk olan lekelerin gözlenmesinden sonra başlamıştır. Güneş ve yıldızlarda gözlenen aktivitenin bir çok belirtici vardır: karanlık lekeler, faküla gibi parlak aktif bölgeler, flare gibi anlık parlamalar, ısınmış kromosferler, yüksek ısıli koronalar ve yıldız rüzgarları. Güneş diski üzerinde gözlenen ilk leke teleskopların gökyüzüne çevrildiği 16. yy.'a yani Galileo dönemine dayanır. Yıldızlarda ise ilk leke 19. yy.'da gözlenmiştir (Kron 1952).

Geri tayf türünden yıldızlarda görülen yıldız aktivitesinin kökeni, diferansiyel dönme ve manyetik alanlar ile konveksiyonun etkileşmesine bağlıdır. Yıldızlarda konveksiyon bölgesinin dış katman olarak ortaya çıkması yaklaşık olarak F0 tayf türünden geri tayf türlerine doğru görülmeye başlar. Bu nedenle Güneş benzeri aktivite yaklaşık olarak bu tayf türünden sonra ortaya çıkar. Yıldızların dönmesi konvektif hareketler ile birleştiğinde, yıldızın iç katmanları güçlü manyetik alan oluşturan çok sayıda manyetik olay üretir. Üretilen bu manyetik olayların yansımaları, fotosfer bölgesindeki lekeler dahil olmak üzere, kromosferik plajlar, koronal luplar, moröte (UV), X-ışın ve radyo salımları ve flarelerdir (Benz 2008).

Kromosferik aktivite gösteren yıldızların sayısı oldukça fazladır. Gökadamızdaki yıldızların %65'i kırmızı cüce yıldızlardan oluşur. Bu yıldızların %75'i flare aktivitesi gösterir ve UV Ceti türü yıldızlar olarak bilinirler (Rodonò 1986). UV Ceti türü yıldızlar

genellikle anakola yeni gelen genç yıldızlardır. Literatürde UV Ceti türü yıldızlarda ilk flare AD Leo'nun 1939 yılı gözlemlerinde tespit edilmiştir (van Maanen 1940). Birçok UV Ceti türü yıldız, flare aktivitesinin yanı sıra leke aktivitesi de gösterir. UV Ceti türü yıldızlarda gözlenen BY Dra sendromu, ilk olarak, Kron (1952) tarafından bir örten çift olan YY Gem'in tutulmalar dışı parlaklık değişimiyle gösterilmiştir. İlerleyen yıllarda bu yaklaşım, BY Dra sendromu olarak adlandırılmıştır. Astronomik literatürde kaydedilen ilk Güneş flare olayı ise 1 Eylül 1859'da gerçekleşmiştir (Carrington ve Hodgson 1859).

UV Ceti yıldızlarının genellikle genç yıldızlar olmasından dolayı, yaşlı kümelerde küme üyesi olan UV Ceti yıldızlarının sayısı azdır. Bu durum Skumanich yasasının beklenen bir sonucudur (Skumanich 1972; Marcy ve Chen 1992; Pettersen 1991; Stauffer 1991).

Kütle kaybı yıldızın evrimini etkileyen parametrelerden biridir ve özellikle küçük kütleli yıldızların evrimini belirlemede büyük rol oynar. Yapılan incelemeler sonucu, Güneş'in kütle kaybının yılda yaklaşık $2 \times 10^{-14} M_{\odot}$ olduğunu göstermektedir (Gershberg 2005). UV Ceti türü genç yıldızlarda bu değer, yılda ortalama $10^{-10} M_{\odot}$ düzeyine ulaşmaktadır.

Güneş'te ortaya çıkan en yüksek enerjili flare olan “*çift kurdela*” flarelerinde ortaya çıkan enerji 10^{30} - 10^{31} erg düzeyindedir (Gershberg 2005; Benz 2008). Kromosferik aktivite gösteren G ya da K yıldızından oluşan çift sistemler olan RS CVn değişenleri de flare aktivitesi sergiler. RS CVn yıldızlarında çoğunlukla radyo ve X-ışın flareleri tespit edilse de (Pandey ve Singh 2012), beyaz ışık flare aktivitesi de gözlenmiştir (Mathioudakis ve ark. 1992). Kromosferik aktif olan RS CVn yıldızlarında ortaya çıkan beyaz ışık flarelerine bakıldığında enerji düzeyinin 10^{31} erg civarında olduğu görülür (Haisch ve ark. 1991). Yer-tabanlı optik gözlemler, yıldız flarelerinin sıklıkla M cücelerinde ortaya çıktığını ve bu yıldızların sergilediği flare aktivitesinde enerji düzeyinin, Güneş flarelerinden 10 ile 1000 kat daha yüksek olduğunu göstermektedir (Güdel ve Nazè 2009).

Güneş üzerinde gözlenen leke ve flare yapıları genellikle aynı bölgelerde ortaya çıkar. Bu durum göz önüne alındığında, yıldızlarda da böyle bir benzerlik beklenebilir. Böyle bir benzerliğin incelenmesi için hem leke aktivitesi hem de flare aktivitesi gösteren yıldızlar üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Yapılan bu çalışmalarda genellikle BY Dra, EV Lac ve YZ CMi yıldızları hedef yıldız olarak seçilmiştir. BY Dra, türünün prototipidir ve baskın leke aktivitesi sergiler. Aynı zamanda flare aktivitesi de göstermektedir. UV

Ceti türü değişen yıldızlar olan EV Lac ve YZ CMi ise baskın flare aktivitesi sergiler. Aynı zamanda bu iki yıldız leke aktivitesine de sahiptir.

1.1 Manyetik Aktivite

Manyetik aktivite, kendini fotosferde karanlık Güneş lekeleri, parlak fakülalar, kromosferde ağ yapılar ve salma plajları, koronadaki bu yapılara örnek olarak gösterir. Güneş atmosferi manyetik alanlarla çevrilidir. Güneş lekeleri, flareler gibi gözlemlenebilir olan ve yıldız ışığının değişmesine neden olan olaylar, Güneş'in manyetik olarak değişken ve aktif bir yıldız olduğunu gösterir. Güneş benzeri yıldızlarda manyetik aktivitenin kökeni olan dinamo mekanizmasının, (diferansiyel) dönme, konveksiyon ve manyetik alan arasındaki etkileşiminden kaynaklanmaktadır.

Güneş'inkine benzer manyetik aktivite, dış konveksiyon katmanlara sahip soğuk yıldızlarda da görülmektedir. Güneş'in manyetik aktivitesi, 11 yıllık Güneş leke çevrimi nedeniyle daha uzun süren değişimler gösterir. Güneş lekelerindeki çevrimsellik 19. yy. ortasında Alman amatör gökbilimci Heinrich Schwabe tarafından bulunmuştur. Benzer davranışlar, tayfsal olarak Ca II H ($\lambda 396.8$ nm) ve K ($\lambda 393.4$ nm) çizgilerinin gözlemleriyle manyetik değişimleri izleyerek veya karanlık lekeler ve parlak fakülalar ile ilişkili parlaklık değişimlerini ortaya koymak için fotometrik yolla diğer yıldızlarda da görülebilir. Bu değişimler için yapılan en kapsamlı tayfsal araştırma, Mount Wilson Gözlemevi'nde 30 yıldan uzun bir süre devam eden bir projede gerçekleştirilmiştir (Wilson 1978; Baliunas ve ark. 1995). Güneş'ten başka yıldızların manyetik aktivitelerinin incelenmesi Güneş Dinamo Modeli'nin ayrıntılı testi için bir fırsat sağlar.

1.1.1 Leke Aktivitesi

Dış konveksiyon zarflı soğuk yıldızlar, Güneş'te gözlenenlere benzer şekilde çeşitli manyetik olaylar sergiler. Yıldız lekeleri, yıldız manyetizmasının en iyi çalışılan belirteçlerinden biridir ve bu nedenle yıldızlarda çalışan dinamoyu anlamak için önemli bir araçtır. Güneş'te aktivite olaylarının çevrimselliği, Güneş atmosferinde gözlenen lekeler, plajlar ve ağlar gibi manyetik alanlarla ilgilidir. Bu alanlar, dış atmosferi daha da genişleterek yıldız yüzeyinde son derece dinamik koronal luplar olarak kendilerini gösterir. Benzer aktivite olayları dış konveksiyon bölgelerine sahip soğuk yıldızlarda gözlenmiştir.

Güneş aktivitesine benzer aktivite ilk kez kırmızı cücelerde keşfedildi. Bu kırmızı cücelerin bir kısmı son derece güçlü optik flare (UV Ceti Türü Yıldızlar) püskürmeleriyle olağanüstü yüksek aktivite gösterirler (Berdyugina 2005a).

Skumanich (1972) tarafından dönmenin yıldız aktivitesi için önemli bir rol oynadığı belirtildi. Daha hızlı dönen yıldızlarda daha yüksek manyetik aktivite düzeyi görülmüş, bunun da soğuk yıldızlarda olduğu bulunmuştur. Bu tür aktif yıldızlar yıldız dinamo kuramını test etmek ve geliştirmek için en iyi seçimdir. Bunlara örnek olarak çok genç tek yıldızlar, anakol öncesi yıldızlar (T Tauri) ve Güneş benzeri erken yaş anakol yıldızları gösterilebilir. Evrimleşen çiftlerde baş bileşen yakın yoldaşı tarafından gelgit etkisi ile hızlı dönmeye zorlanır ve bu da güçlü manyetik aktiviteye sahip olduklarını gösterir. Bu çift sistemlere BY Dra, W UMa, RS CVn ve Algol benzeri örten sistemler örnek olarak verilebilir. Dinamo kuramını incelemek, araştırmak, test etmek ve geliştirmek için farklı türden kromosferik aktif yıldızların çalışılması gerekmektedir. Yüksek dönme hızına sahip olan yıldızlar aynı zamanda yüksek manyetik aktivite düzeyine de sahiptirler. Bu yıldızlara örnek olarak kırmızı cüceler ve BY Dra, Güneş benzeri yıldızlar, T Tauri yıldızları, RS CVn yıldızları, FK Com yıldızları, W Uma yıldızları, Algoller ve dejenere yıldızlar verilebilir.

Yıldız lekeleri keşiflerinden beri, fotometrik olarak yıldız aktivitesini çalışmak en yaygın tekniktir. Yıldız lekeleri üzerinde daha sık ve ayrıntılı çalışmalar 1970 yılında başladı (Berdyugina 2005a). Tayfsal çalışmalar da modern astrofiziğin başlıca araçlarından biridir. Hemen hemen tüm cisimlerin fiziksel özellikleri, tayfsal analizlerinden elde edilmektedir. Yıldız manyetik alanlarını tespit etmenin ve incelemenin en direkt yolu polarimetrik teknikleri kullanmaktır. Optik girişimölçüm, yıldız yüzeylerinde homojen olmayan görüntüleri incelemek için güçlü bir teknik olabilir. Yıldız fotosferinin çekimsel görüntülemesi (mikromerceklemeye) potansiyel olarak astrofizik açısından yararlı bir araçtır. Örneğin, mikromerceklemeye yöntemi sıcaklık ve leke alanını çözmek için yardımcı olabilir. Ayrıca, Doppler görüntüleme tekniği için uygun olmayan adaylar vardır. Bunlar yavaş dönen yıldızlardır ve yüzeyleri üzerinde yıldız lekelerini taramak için bir fırsat sağlar.

Yıldız lekelerinden kaynaklı fotometrik değişimleri modellemek ve leke özelliklerini çıkarmak için iki yaklaşım kullanılır. İlk yaklaşım, değişimlere neden olan bir dizi küresel leke olduğu varsayılırken, deneme yanılma ile doğrudan ışık eğrisi modelleme (IEM) üzerine kuruludur. Bu teknik, birkaç günden birkaç yüz güne kadar zaman ölçeğinde leke görünümünü ve lekenin kaybolmasını tespit etmeye izin verir.

Ancak doğrudan ışık eğrisi modellemenin birkaç dezavantajı vardır. Bunlar lekelerin belli bir şekle sahip olmasının kabulü ve çok sayıda serbest parametrenin olmasıdır. İkinci yaklaşım ise varsayımlardan kaçınmak için, yıldız yüzeyinin görüntüsü içine ters çevrilmiş ışık eğrisi (TIE) gibi alternatif bir yaklaşım geliştirilmiştir. Bu inversiyon tekniği, genellikle, iki sıcaklık yaklaşımında fotometrik ışık eğrileri için uygulanır.

Işık eğrilerindeki leke şekilleri hakkında daha ayrıntılı bilgi, tutulma haritalama tekniği ile çift yıldızlar örtme ve örtülme gösterdiğinde elde edilebilir. Yıldız lekelerini tanımlama yöntemlerinden bir diğeri de Doppler görüntüleme (DG) tekniğidir. Bu tekniğin ana fikri, yıldız yüzeyini haritalandırmak için hızlı dönen yıldızların yüksek çözünürlüklü tayfsal çizgi profillerini kullanmaktır. İlk olarak Ap yıldızlarının yüzeyi üzerinde kimyasal madde özelliklerini haritalandırmak için kullanılmıştır (Berdyugina 2005a). Bir başka tanı yöntemi de Doppler ile birleştirilen Zeeman-Doppler Görüntüleme (ZDG) yöntemidir (Semel 1989). Teknik, yüksek çözünürlüklü spektropolarimetrik verilerin analizine dayanır ve dönen yıldızın tayfındaki Zeeman yarılmış yerel çizgi profillerinin farklı Doppler kaymalarından dolayı yıldız yüzeyinde manyetik alan dağılımının ayrılmasına izin verir.

En küçük kareler dekonvolüsyonu (EKKD), anakol öncesi yıldızlardan evrimleşmiş devlere kadar çeşitli soğuk yıldızlarda manyetik alanların saptanmasına izin vermiştir (Donati ve ark. 1997). Bu teknik, binlerce tayf çizgisinden eşzamanlı olarak ortalama bir profil elde etmek amacıyla kullanılmaktadır.

Moleküler çizgiler, aktif yıldızların yüzeylerinde soğuk lekelerin kanıtını sağlar. Yıldız fotosferinin etkin sıcaklığı yeterince yüksekse, moleküler çizgiler yalnızca soğuk yıldız lekelerinde oluşturulabilir. Moleküler bant modellemesi (MBM), leke doyum faktörlerini ve sıcaklıkları belirlemek için kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem, Huenemoerder ve Ramsey (1987) tarafından önerilmiş ve Neff ve ark. (1995) ve O'Neal ve ark. (1996) tarafından geliştirilmiştir. Yıldız lekelerine bağlı olarak $1.5 \mu\text{m}$ 'de kızılötesi OH çizgilerinde soğurma fazlalığı O'Neal ve Neff (1997) ve O'Neal ve ark. (2001) tarafından tespit edilmiştir. Yavaş dönen yıldızların üzerindeki lekeler fotometrik ve tayfsal moleküler çizgi teknikleriyle incelenebilir. Leke sıcaklığı ile leke alanları arasında ayırım yapmak için bu teknikler, fotometride parlaklık ve renk, tayfta ise farklı moleküler bantlar olmak üzere en az iki bağımsız ölçüm kullanır. Çizgi Derinliği Oranı (ÇDO) tekniği sıcaklık değişimlerini 10 K'den daha az olmayan eşsiz bir doğruluk ile çözme fırsatı sunar (Gray 1996).

Son zamanlarda geliştirilen bir tanı yöntemi de Astrosismolojidir. Güneş durumunda, Güneş salınımlarının küresel modların öz frekanslarının kayması olarak gözlemlenir (Woodard ve Noyes 1985). Güneş türü yıldızlarda frekans kaymalarının ölçümleri, yıldız leke enlemlerini incelemek için potansiyel bir araçtır.

Soğuk yıldızların yüzeylerindeki manyetik alanların doğrudan ölçülmesi çok zordur. ZDG tekniği, yüzey manyetik alanların tespiti için mükemmel bir araçtır. Yavaş dönen yıldızlar üzerinde ZDG tekniği yalnızca büyük ölçekli tek kutuplu manyetik alanlar ortaya koyabilir. Bununla birlikte, Zeeman genişlemesi, ZDG'nin aksine, yavaş dönen yıldızlar için en iyi ölçüdür.

Yıldız lekelerinin yaşam süreleri, örneğin sürekli fotometrik verilerle sağlanan uzun süreli gözlemlerden tespit edilebilir. Hall ve Henry (1994), birkaç düzine lekeyi analiz ettiler ve nispeten küçük lekelerin yaşamlarının, Güneş lekeleri ile orantılı olduklarına karar verdiler. Berdyugina ve Tuominen (1998), RS CVn'lerdeki aktif boylamların kalıcı olduğunu ancak yörünge referansı çerçevesinde sürekli olarak göç edebildiklerini ve genellikle tercih yönelimlerinin olmadığını göstermişlerdir. Aktif boylamlar birbirlerinden ortalama 180° ile ayrılır. Başka bir deyişle, aktif boylamlar, bir yıldızın yüzeyinde birbirinden 180° ile ayrılmış iki lekeli alanı tanımlar ve aktivite düzeylerinde farklılık gösterir. Baskın aktivite merkezinin bir aktif boylamdan diğerine dönemli olarak atlaması, "*flip-flop çevrimi*" olarak adlandırılır (Berdyugina ve Tuominen 1998).

Diferansiyel dönme, zaman zaman tersi geçerli olsa da genellikle ekvator bölgesinin kutuplara göre daha hızlı dönmesi anlamına gelir. Göç bölgesinde manyetik alanların oluşmasında yıldızların diferansiyel dönmesi önemli rol oynamaktadır. Yıldız leke modülasyonunun uzun süreli fotometrik gözlemi, mevsimsel dönme dönemindeki yıldız yüzeylerindeki diferansiyel dönmenin varlığını ve leke enlemlerin değişimlerini ortaya çıkarmaktadır (Hall 1991; Henry ve ark. 1995; Messina ve Guinan 2003). Leke enlemleri doğrudan Doppler görüntülerinden elde edilebilir.

Çok aktif yıldızlardaki lekeler, DG ve tutulma haritalama modelleri tarafından gösterildiği gibi (Donati ve ark. 1999; Strassmeier ve ark. 1999; Berdyugina ve ark. 1998, 1999; Rodonò ve ark. 1995), düşük ve yüksek enlemsel lekeler dahil olmak üzere geniş bir enlem aralığında dağılmış durumdadır. Aktif boylamların evre göçü hem diferansiyel dönme hem de ortalama leke enlemleri hakkındaki bilgiyi taşır. Böylece, aktif boylamların yüzey diferansiyel dönmesi ve evre göçü belirlenerek, Güneş lekeleri benzeri

çevrimlerin hareketi sırasında ortalama leke enlemleri belirlenebilir (Berdyugina 2005a, 2005b).

Ortalama alan dinamo modelleri, konveksiyon zarfının tamamında uzanan bir dinamo hareketini varsayar. Güneş'te, $\alpha\Omega$ dinamo mekanizmasına dayanan bir zarf dinamosu 11 yıllık çevrimin ana özelliklerini açıklayabiliyor gibi görünmektedir.

Diferansiyel dönme, yıldızlardaki dinamolar için önemli bir parametredir ve dönme hızı ve tayf türüne bağımlılığı üzerine yapılan teorik çalışmalar, gözlemlerin yorumlanması için önemlidir. Bu modellemelerde gözle görülür bir ilerleme, son yirmi yılda başarılmıştır (Kitchatinov ve Ruediger 1995; Rüdiger ve ark. 1998). Bulunan sonuçlar ise önemlidir. Aynı oranda dönen, tayfsal sınıfı G2 ve K5 olan iki yıldız için G2'nin diferansiyel dönmesinin K5'e kıyasla daha büyük olduğu gösterilmiştir (Kitchatinov ve Rüdiger 1999).

1.1.2 Flare Aktivitesi

Literatürde ilk flare olayı 1 Eylül 1859 yılında R.C. Carrington ve R. Hodgson'ın lekeleri incelediği sırada keşfedilmiştir. Günümüzde "flare" teriminin genel kullanımı genellikle "yeniden bağlanarak manyetik enerjinin aniden serbest bırakılması" anlamına gelmektedir.

Carrington ve Hodgson'dan birkaç yıl sonra, Güneş, kromosferden kaynaklı H α çizgisinde kapsamlı bir şekilde incelenmiştir ve flare raporları çok daha fazlalaşmıştır. Kaynak büyüklüğünün çeşitliliği, plazma bloğunun gezegenlerarası boşluğa atımları ve patlama dalgaları olarak kaydedildi (Moreton 1964). Askeri radar operasyonları sırasında, 1942'de tesadüfen tespit edilen metre dalga boylu radyo salmaları, koronadaki termal olmayan elektronların varlığını ortaya koydu. Aynı zamanda, S. E. Forbush, büyük Güneş flareleri ile ilişkili yer seviyesinde kozmik ışın artışlarını fark etmiştir (Hey 1983).

1950'lerin sonlarında, Güneş'i balonlar ve roketlerle sert X-ışınında (≥ 10 keV) izlemek mümkün hale gelmiştir. Peterson ve Winckler (1959), 1958'de bir flare sırasında ilk sert X-ışını salmasını keşfetmiştir. Sert X-ışınları, çarpışan elektronların titreşiminden kaynaklanır. 1972'de MeV enerjili protonlar tarafından uyartılmış ağır çekirdeklerin gama ışını çizgileri salması keşfedilmiştir (Chupp ve ark. 1973).

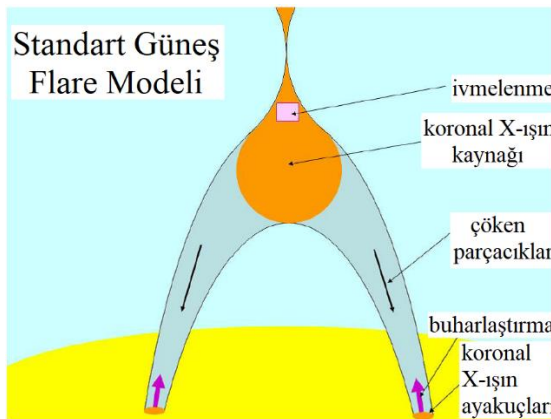
Son olarak, milimetre, EUV (uç moröte) ve yumuşak X-ışını (≤ 10 keV) salmaları, flare enerjisinin koronal lupların plazmasını 1.5 MK (Milyon Kelvin)'dan 30 MK'nın üzerindeki sıcaklıklara kadar ısıttığını göstermiştir.

Flare gözlemleri, manyetik alanların yeniden bağlanmasıyla flare enerjisinin korona içinde bırakıldığı bir senaryoda veya bir dizi süreçte ifade edilebilir. Süreç, yeniden bağlanma bölgesindeki plazmayı on milyonlarca derecelik Kelvin sıcaklıklarına kadar ısıtır ancak aynı zamanda da elektronları 20 keV'nin altına düşen ve bazen birkaç on MeV'ye kadar uzanan süper-thermal enerjilere doğru etkin bir şekilde hızlandırır. Yeniden bağlanma, büyük olasılıkla Güneş'in iç kısmında ve daha düşük Güneş atmosferinde gerçekleşir.

Flareler, Güneş'in aktif bölgelerinde, kalibrasyon alanlarında, sakin Güneş'in manyetik ağının sınırlarında ve hatta ağ yapılarında oluşabilir (Krucker ve ark. 1997; Benz ve Krucker 1998; Berghmans ve ark. 1998).

Flare enerjisi, iç kısımdan kaynaklanan ve yüzeye hızla taşınmış olan manyetik alanda bulunur. Enerji, hızlandırılmış parçacıklar ve aşırı derecede sıcak plazma biçiminde görünene kadar flare süreci pek gözlemlenememiştir.

Flare ayakuçlarının genellikle hareketli olduğu gözlenmekte ve bu da enerji salım alanının yayılımını göstermektedir (Krucker ve ark. 2003). Sert X-ışını gözlemleri, belirli bir bölgedeki flare enerjisinin çoğunun ilk patlamada salındığını göstermektedir. Sabit X-ışını ayakuçları ve yumuşak X-ışını flare lupları, standart flare senaryosunda, kromosferin buharlaşma sürecindeki enerji nakli ile tutarlıdır.



Şekil 1.1.2.1: Yüksek rakımlarda enerji salımını varsayarak standart flare senaryosunun şematik bir çizimi.

Standart modelde, enerjik elektronlar (ve muhtemelen iyonlar) koronal ivmelenme bölgesinde çöktüğünde ve Coulomb çarpışmaları yoluyla alt kısımdaki yoğun

kromosferde bulunan enerjilerini kaybedince, plazma dinamik olarak tepki verir. Aynı şey, koronadan salınan enerjik termal parçacıkların nakli sırasında ortaya çıkan ısı iletiminden de kaynaklanabilir. Kromosferdeki sıcaklık artar ve bu artan sıcaklık sonucu ortaya çıkan basınç, ortamdaki kromosferik basıncı aşar. Aşırı basınç yeteri kadar hızlı bir şekilde yükselirse, ısıtılmış plazma her iki yönde de manyetik alan boyunca genişler. Bu plazmanın korona içine genişlemesi durumu ilk olarak Doschek ve ark. (1980) ile Feldman ve ark. (1980) tarafından gösterilmiştir.

Buharlaşan sıcak plazma çoğu yumuşak X-ışını salmasının kaynağı gibi görünmektedir (Silva ve ark. 1997). Böylece, yumuşak X-ışını yayan plazma, çökmekte olan termal olmayan elektronlarda enerjinin önemli bir bölümünü biriktirir. Sonuç olarak, yumuşak X-ışını salması, entegre edilen önceki sert X-ışını akısı ile orantılıdır. Buharlaşıma, ısıtılmış plazmanın korona içine genişlemesi durumu, korona ve kromosfer arasındaki bağlantının sonucudur.

Brosius ve Phillips (2004), bir flarenin flare öncesi evresi sırasında çok daha yumuşak buharlaşma gösterdiğinin kanıtını sunmuştur. Zarro ve Lemen (1988), flare sonrası evresinde yumuşak buharlaşmanın işaretlerini bulmuşlardır ve Singh ve ark. (2005), parlak olmayan bir lup durumunda buharlaşmanın iz bıraktığını bildirerek, sıcak koronal lupun kaynağının ısı iletimi olduğunu düşündürmektedir. Bu gözlemler, kromosferin buharlaşmaya dayalı tepkisinin olay elektronlarının akı üzerinde hassas bir şekilde bağlı olduğunu teyit eder. Genel olarak, bu benzeşmelerin sonuçları, gözlenen flare salmalarıyla oldukça iyi bir uyum içindedir; bu, standart Güneş flare modelinin gözlemlerle enerji bakımından tutarlı olduğunu göstermektedir.

Standart modelin bir başka şekli ayakuçları olmaksızın flare için önerilmiştir (Veronig ve ark. 2002; Veronig ve Brown 2004). Flare lupu öyle yoğun bir şekilde bulunmuştur ki, hızlandırılmış elektronların korona çarpışmaları vardır ve enerjilerinin büyük bir bölümünü flare lupunda kaybederler. Aynı yerde daha önceki bir flare, lupun yüksek yoğunluğunu üretmiş olabilir (Strong ve ark. 1984; Bone ve ark. 2007).

Standart modelin alternatif bir yorumu, yumuşak X-ışını yayan plazmanın sadece yüksek enerjili elektronlar tarafından ısıtılmadığıdır (ör. Acton ve ark. 1992; Dennis ve Zarro 1993).

Standart flare senaryosunda, korona içinde flare enerjisinin serbest bırakıldığı ve koronada termal olmayan parçacıkların hızlandığı yerde, koronal X-ışını salması, güç yasası foton enerjisi dağılımı göstermektedir. Genellikle salmanın yakınında olduğu veya

hızlanma bölgesinde olduğu varsayılır. Sıradan korona sert X-ışını salmasını düşündürmeyen bir yoğunluğa sahiptir.

Termal lupun üst kaynakları önce kromosferik buharlaşma açısından yorumlanmıştır. Aslında, ön-flare evresindeki en belirgin özellik, termal kaynağın lup üstünde erken ortaya çıkmasıdır. Bu kaynaklardaki malzeme içeriği (salma ölçüsü), aktif bölge koronadaki normal değerini aşmaktadır. Bu nedenle, kromosferden buharlaşmış olmalıdır. Termal salma, flare sonrası evrede gözlemlenen dev kemerlerden alınan termal X-ışını salmasıyla karıştırılmamalıdır (Švestka 1984).

Flare enerjisinin çoğu, bazıları yüksek sıcaklıklara ısıtılan Güneş atmosferinde termalize edilir. Bu kısım yumuşak X-ışınlarında görülür. Daha fazla enerji serbest bırakılmadığı zaman plazma, kromosferin termal iletimi ve X-ışınları salmasıyla soğur. Yüksek sıcaklık ve düşük yoğunlukta, iletken soğuma hakimdir, aksi durumda ışıınım soğuması hakimdir (Cargill ve ark. 1995).

Flare ısınması, son zamanlarda sakin korona (Krucker ve ark. 1997) yumuşak X-ışınlarında aşırı derecede küçük flarelerin gözlemlenmesiyle ortaya çıkmıştır. Bazı büyük olayların santimetre dalgaboylu radyo salması ile ilişkili olduğu tespit edilmiştir. Benzer olaylar, yüksek sıcaklıktaki EUV çizgilerinde de gözlenmiştir (Benz ve Krucker 1998; Berghmans ve ark. 1998; Krucker ve Benz 1998).

Flarelerin büyük çoğunluğu yumuşak-sert-yumuşak bir davranış izlemektedir. (Negatif) tayfsal ölçek ile akı arasındaki bu korelasyon genellikle ivme sürecinin bir işareti olarak yorumlanır. Benzer bir ilişki, farklı boyutlara sahip flarelerin tepe değerleri için de geçerlidir; bu, küçük flarelerin ortalama olarak daha yumuşak olduğunu gösterir (Battaglia ve ark. 2005).

Radyo dalgaları yayan çeşitli flare olayları vardır. Milimetre ve alt-milimetre dalgaboylarındaki bazı termal ışıınımalar hariç, en çok flare radyo salmaları, termal olmayan elektronlardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Flareler, iki tür termal olmayan salma yayar: tutarsız ve tutarlı. Sinkrotron salması gibi tutarsız salmalarda, termal olmayan elektronlar ayrı ayrı salınırlar. Bir dalga, evre içinde salınması için elektronları düzenlerse, salma tutarlı olur. Bazı durumlarda, radyo salması iki plazma dalgasının karıştırılmasından kaynaklanır (Melrose 1980; Benz 2008). Flare enerjisi, genel olarak 10^8 ile 10^{11} cm⁻³ arasında elektron yoğunluklarında salınırsa, ilgili salma kısa metrelik dalgalar halinde ve çoğunlukla da desimetre bölgededir.

Benz ve ark. (2007), soğurmanın rol oynadığı yakın kenar dışında, C5 flare sınıfından daha büyük olan tüm flarelerde uyumlu radyo salması bulmuştur. Sivri uçlar ve titreşimler için uyumlu radyo salmalarının sert X-ışınları (veya gyrosynchrotron salması) ile korelasyonu rapor edilmiştir (Slottje 1978; Benz ve Kane 1986; Aschwanden ve ark. 1990; Kliem ve ark. 2000). Eğer bu tutarlı ışınlamalar, plazma frekansının ikinci harmoniğinde yayılırsa-olağan varsayım-kaynak bölgenin yoğunluğu 10^9 cm^{-3} ile 10^{10} cm^{-3} 'ün birkaç katı arasındadır. Bu aralık hızlanma bölgesindeki yoğunluk için olası bir göstergedir.

Hızlanma bölgesinden doğrudan salma için en iyi adaylar, elektron demeti salmasıyla (tip III radyo patlamaları) detaylı olarak ilişkilendirildiği bildirilen 300 MHz civarında dar bant sivri ufak kümelerdir.

İlk önce salınan toplam flare enerjisinin dikkate değer bir kısmı, termal olmayan elektronlarda ve iyonlarda kinetik parçacık enerjisi olarak görünür. Beyaz ışık gözlemleri, X-ışınlarında ve gama ışınlarında gözlemlenen parçacıklara ilaveten, alt enerjilerdeki (elektronlar için yaklaşık 1 keV) parçacıkların, enerjiyi üst kromosfere ve geçiş bölgesine ilettiğini ileri sürmektedir. Hızlanma süreci, flare fiziğinde büyük bir sorun oluşturur ve bu da flare muammasının temelini oluşturmaktadır.

1.2 YILDIZLARDA ZONKLAMA

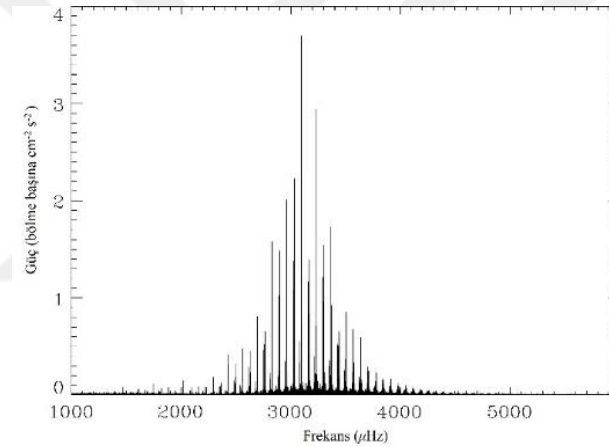
Yıldızlarda gözlenen kromosferik aktivite dışında zonklama da yıldız yapısını anlamamızda önemli bir yapısal değişim türüdür. Kararsızlık kuşağında farklı türden zonklayan yıldızlar mevcuttur. Bunlardan bazıları, Cepheid türü, γ Dor türü ve δ Scuti türü olarak sayılabilir. Tüm bu türler, Hertzsprung-Russell diyagramında kararsızlık kuşağındaki yerleri ve evrim aşaması ile birbirinden ayrılırlar. Yıldız sismolojisi olarak adlandırdığımız zonklama frekanslarının incelenmesi ile bu yıldızların fiziksel parametrelerine kolaylıkla ulaşılabilir. Bu nedenle, zonklayan yıldızlar da yıldız evrim süreçlerinin anlaşılması açısından önemli rollere sahiptir (Cunha ve ark. 2007; Aerts ve ark. 2010). Bununla birlikte, yıldızların fiziksel yapısını anlamada bazen zonklama karakteri de yetersiz kalabilir. Bu durumda, eğer zonklayan yıldız bir çiftin özellikle bir örten çift sistemin üyesi ise, elde edilen ışık eğrisinin analizi ile, yıldızın kütle (M), yarıçap (R) ve yüzey çekim ivmesi ($\log g$) gibi fiziksel parametreleri kolaylıkla bulunabilir (Wilson ve Devinney 1971; Wilson 1990). Gerek zonklama davranışının ve gerekse de ışık eğrisi analizinin birlikte değerlendirilmesi ile yıldız ve üyesi olduğu sistemin doğası daha duyarlı şekilde anlaşılabilir (Lampens 2006; Pigulski 2006). Bu

nedenle, bileşenlerinden biri zonklayan değişen olan örten çiftler astrofiziksel açıdan çok önemli rollere sahiptir. Ancak, zonklayan değişenler arasında örten çift üyesi olan yıldız sayısı bir hayli azdır (Kim ve ark. 2010).

Yıldızlardaki salınımı yani zonklamayı astrosismoloji yardımıyla inceleyip çalışabiliriz. Güneş de zonklayan bir yıldızdır ve yaklaşık 5 dakikalık bir zonklama dönemine sahiptir. HR Diyagramında zonklayan yıldızlar, anakol yıldızlarından üst dev yıldızlara kadar olan oldukça geniş bir bölgede yer alır.

1.2.1 Güneş Benzeri Zonklama

Güneş benzeri zonklamaya sahip bir yıldızın en iyi örneği şüphesiz ki Güneş'tir. Titreşim frekansı tayfı Şekil 1.2.1.1'de gösterilmiştir ve 3 ile 15 dakika arasına karşılık gelen dönemlerle 3 mHz'lik merkezli yüzlerce salınım açığa çıkarmaktadır.



Şekil 1.2.1.1: Birmingham Güneş Salınım Ağı (BiSON) teleskoplarıyla alınan 9.5 yıllık veriler için Güneş'teki çapsal hız değişimlerinin bir güç tayfı. Bu diyagramdaki eşdeğer genlik gürültü seviyesi 0.5 mms⁻¹'dir. Şekil, BiSON ekibinin izniyle gösterilmiştir.

Güneş benzeri salınımlar aslında, yaklaşık 1.6 M_☉ civarındaki kütlelerle klasik kararsızlık kuşağının soğuk kenarının yakınındaki cisimlere kadar en düşük kütleli anakol yıldızları için tahmin edilmektedir (Christensen-Dalsgaard 1982; Christensen-Dalsgaard ve Frandsen 1983; Houdek ve ark. 1999; Dziembowski ve ark. 2001).

Güneş komşuluğundaki yıldızlarda Güneş benzeri salınımların araştırılması 1980'lerin başından beri sürmektedir. Güneş'inkine benzer frekans bağımlılığı ile yıldız enerjisinin ilk belirtisi Brown ve ark. (1991) tarafından α CMi (Procyon, F5IV)'de elde edildi. Güneş benzeri salınının bireysel frekanslarının ilk tespiti 1995 yılında G5IV yıldızı η Boo (Kjeldsen ve Bedding 1995) için yüksek zaman hassasiyetli tayfsal ölçümlerden elde edilmiştir. Bu tür zonklamalar farklı iki yıldızda da bulunmuştur: Bir G2IV yıldızı olan β Hyi (Bedding ve ark. 2001) ve Güneş'in ikizi olan α Cen A (Bouchy ve Carrier 2001).

1.2.2 γ Dor Türü Yıldızlar

1995 yılında, klasik kararsızlık kuşağının kırmızı kenarının ve anakolun kesiştiği noktanın yakınında, çapsal olmayan zonklayan yıldızlardan oluşan yeni bir grup oluşturuldu. İlk olarak bir F0V yıldızı olan 9 Aur yıldızının $0^m.1$ civarında genlik ile, çok-dönemli bir değişime sahip keşfedildi. Daha sonra γ Dor (F4III), HD 96008 (F0V) ve HD 164515 (F2IVV) yıldızlarında da benzer davranışlara sahip olduğu görülmüştür (Krisciunas ve ark. 1993). Bunlar ön F tayf türüne sahip yıldızlardır. Bu tür değişkenliğe sahip yıldızlar ilk önce Cousins ve ark. (1989), Cousins (1992) ve Balona ve ark. (1996) tarafından keşfedilmiştir. Bu yıldızlara γ Dor türü yıldızlar denir.

Hipparcos uydusu ile, şu ana kadar onaylanmış olan, yaklaşık 50 üye belirlenmiştir; 100'den fazla aday gözlemsel olarak incelenmektedir (Mathias ve ark. 2004; Henry ve ark. 2005; De Cat ve ark. 2006; Cuypers ve ark. 2009 ve bunlara ait referanslar). Yıldızların, yaklaşık 0.5 ile 3 gün arasında dönemlerle çok-zamanlı davranışları vardır.

γ Dor yıldızlarının gözlemsel özellikleri Kaye ve ark. (1999) tarafından özetlenmiştir. Bu tür yıldızlar 1.5 ile 1.8 $M_{\odot}$ arasında kütlelere sahiptir. γ Dor yıldızlarının çoğunda, zonklama dönemi dönme dönemine benzer büyüklüktedir ve nispeten hızlı dönücülerdir.

1.2.3 δ Scuti Türü Yıldızlar

δ Scuti yıldızları 1.5-2.5 $M_{\odot}$ aralığında kütlelere sahip zonklayan yıldızlar olarak tanımlanmış bir popülasyon oluşturur. Klasik kararsızlık kuşağının anakolu geçtiği konumda oldukları için merkezi hidrojen veya kabuk hidrojen yakma aşamasındadırlar. Salınımlar, helyumun ikinci kısmi iyonizasyon bölgesinde aktif olan ısı mekanizması tarafından yönlendirilir.

En yüksek genlikli δ Sct yıldızları HADS (Yüksek Genlikli Delta Scuti) olarak adlandırılır. Poretti (2003), bazı HADS'nin ışık eğrilerinde çapsal olmayan modları bulmuştur. Birkaç daha düşük genlikli δ Sct yıldızında, pek çok çapsal olmayan salınım tespit edilmiştir. δ Sct yıldızlarının en güncel kataloğu Rodríguez ve ark. (2000) tarafından oluşturulmuştur. Bu sınıfa ait üyelerinin özelliklerinin kapsamlı bir analizi Rodríguez ve Breger (2001) tarafından yapılmıştır.

Pamyatnykh (1999), kararsızlık kuşaaının tarihini kapsamlı bir şekilde incelemiştir. HR Diyagramında kararsızlık kuşaaını incelemiş ve Iglesias ve Rogers (1996) ve Seaton (1996) tarafından opaklık tayininde yapılan iyileştirmelere dayalı kendi hesaplamalarını sunmuştur. Çalışmaları, klasik kararsızlık kuşaaının mavi kenarının belirlenmesini içermekte olup, bu da çoğunlukla helyum opaklığı tümseği tarafından belirlenmiştir. En sıcak δ Sct ve ZAMS modellerindeki kararsız modlar $\log L/L_{\odot} \approx 2$ 'nin yakınında bulunurken, çapsal temel moddaki kararsızlık evrimleşmiş yıldız modelleri için $L/L_{\odot} = 5$ 'e kadar çıkmaktadır. Uygulamada, δ Sct yıldızları anakolda ve TAMS yakınında bulunur ki bu yıldızlar için $L/L_{\odot} \approx 0.6$ 'dan $\log L/L_{\odot} \approx 2$ 'ye kadar değişir (Rodríguez ve Breger 2001). Isı mekanizması, en soğuk δ Sct yıldız modelleri için ise etkili değildir. Bu nedenle kırmızı kenar Pamyatnykh (1999) tarafından belirlenememiştir.

1.2.4 Anakol Öncesi Yıldızlarda Zonklama

Yeni doğan ilkel yıldızlar anakola doğru ya Herbig Ae/Be yıldızları ya da T Tauri yıldızları gibi enerjiyi konveksiyonla ileterek, klasik kararsızlık kuşaaına girerler ya da kararsızlık kuşaaından geçerler. Bu gibi anakol öncesi yıldızlar, hem fotometri hem de tayfta, birkaç dakika ile yıl arasındaki zaman ölçeklerinde değişkenlik gösterir. Bu değişkenliğin bir kısmı, aktivite ve etkileşimden kaynaklanmaktadır. Öte yandan, daha kısa dönem değişkenliğinin bir kısmı zonklamalara bağlı olabilir. Anakol öncesi yıldızların iç yapısı ve kararsızlık kuşaaındaki evrimleşmiş yıldızların iç yapısı farklı olduğundan, bunların zonklama tayfi, aynı etkin sıcaklık ve parlaklıktaki yıldızlar için iki evrim aşaması arasında ayırım yapmamızı sağlayabilir.

Marconi ve Palla (1998), doğrusal ve doğrusal olmayan hesaplamalar yoluyla 1 ilâ 4 $M_{\odot}$ aralığında kütleyle sahip ön anakol yıldızlarının zonklama özelliklerini araştırmış ve bu yıldızlar için HR diyagramında kararsızlık kuşaaını tanımlamıştır. Temel mod için 1.5 ilâ 7.5 saate kadar değişen süreler bulmuştur. δ Sct türü zonklamalar şu ana kadar yaklaşık otuz anakol yıldız için önerilmiştir. Bildirilen süreler çok belirsizdir ve teorik tahminlerle uyumlu olarak bir saatten birkaç saate kadar değişir. Bu konudaki değerlendirmeler için Catala (2003), Marconi ve Palla (2004), Zwintz ve ark. (2004) ve Ripepi ve ark. (2006) çalışmaları incelenebilir.

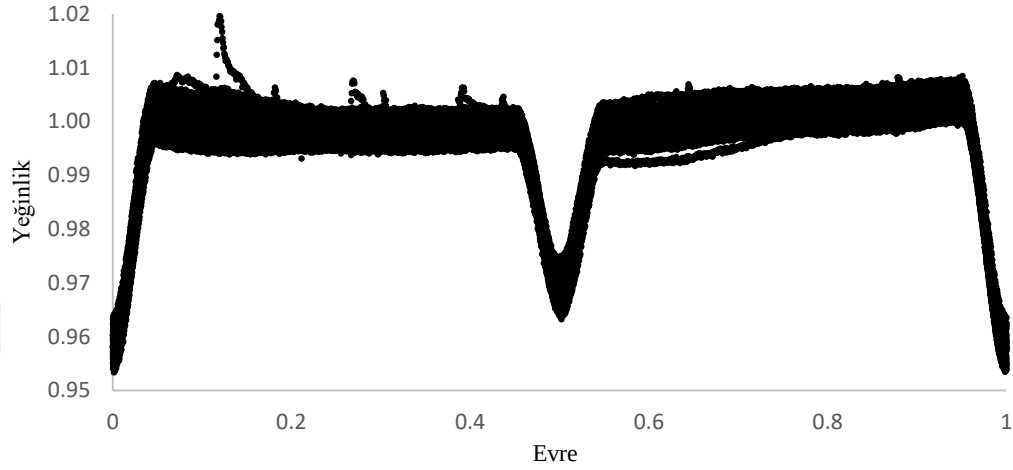
1.3 KIC 2557430 ve KIC 8043961 Sistemleri

Bu çalışmada Kepler Uydusu ile yapılan gözlemlerle belirlenmiş KIC 2557430 ve KIC 8043961 sistemleri incelenecektir. Literatürde her iki sisteme ait çok fazla çalışma olmamakla birlikte kalibrasyonlara dayanan çeşitli çalışmalar vardır.

KIC 2557430, SIMBAD Veri Tabanı'nda Algol türü örten çift ($V=11^m.63$) olarak sınıflanan bir çift sistemdir. İlk kez Egret ve ark. (1992) tarafından Tycho Input Katalog'da listelenen sisteme ilişkin literatürde detaylı hemen hemen hiçbir çalışma yoktur. 2MASS Kataloğu'nda 2MASS J19072286+3748571 olarak listelenen sistemin kırmızı parlaklıkları, $J=10^m.411$, $H=10^m.142$, $K=10^m.024$ olarak verilmiştir (Kharchenko 2001). Kepler Uydusu (Borucki ve ark. 2010; Koch ve ark. 2010; Caldwell ve ark. 2010) ile uzun süre gözlenen sistemin bileşenlerinin sıcaklığı için literatürde farklı yaklaşımlar vardır. Bileşenlerin yarıçap toplam oranlarını 0.274 ve sistemin i açısını $77^\circ.17$ olarak hesaplayan Slawson ve ark. (2011), sistemin etkin sıcaklığını 6248 K olarak bulmuştur. Kepler Uydusu ile elde edilen gözlemsel verinin ön analizini yapan Slawson ve ark. (2011), sistemin renk artığını $E(B-V)=0^m.077$ olarak elde ederken, bileşenlerin sıcaklık oranlarını ise 0.951 olarak hesaplamıştır. Literatürdeki tüm fotometrik veri üzerinde inceleme yapan Pinsonneault ve ark. (2012), KIC 2557430 için metal bolluğunu $[Fe/H]=-0.34$ olarak hesaplarken, baş bileşenin sıcaklığının 6547-6248 K arasında olduğunu ifade etmiştir. Huber ve ark. (2014) ise sistemin etkin sıcaklığını 6539-6531 K olarak bulmuştur. Araştırmacılar baş bileşenin kütle ve yarıçapını ise $M=1.117 M_\odot$ ve $R=1.524 R_\odot$ olarak hesaplamıştır. 2MASS'ten ve Kepler Uydusu ile elde edilen fotometrik veriler arasındaki kalibrasyonları kullanan Armstrong ve ark. (2014), sistemin sıcaklığını 6913 K olarak hesaplamıştır. KIC 2557430'un sergilediği değişimin incelendiği çok az çalışma vardır. Sistemin dönemi ilk kez Uytterhoeven ve ark. (2011) tarafından 1.297743 gün olarak belirlenmiştir. Araştırmacılar KIC 2557430 sisteminin değişen sınıfını örten çift ve γ Dor türü olarak ifade etmiştir. Coughlin ve ark. (2014) sistemin yörünge dönemini teyit etmiş ve 1.297747 gün olarak belirtmiştir. İlk kez flare aktivitesinden söz eden Balona (2015), sistemin dönme dönemini 2.020 gün olarak belirlemiştir. Sistemin ışık eğrisi ise Şekil 1.3.1'deki gibidir. Işık eğrisi Kepler Veri Tabanı'ndan alınan veriler ile çizdirilmiştir.

Kepler Uydusu ile yapılan gözlemlerle belirlenmiş ve incelemeye değer sistemlerden biri de KIC 8043961'dir, sistem üzerinde çok az çalışma olsa da doğası hakkında birkaç tartışma vardır. Aynı şekilde KIC 8043961 sistemi de, SIMBAD Veri Tabanı'nda Algol türü örten çift ($B=11^m.20$, $V=10^m.69$, $I=10^m.178$) olarak sınıflanan bir

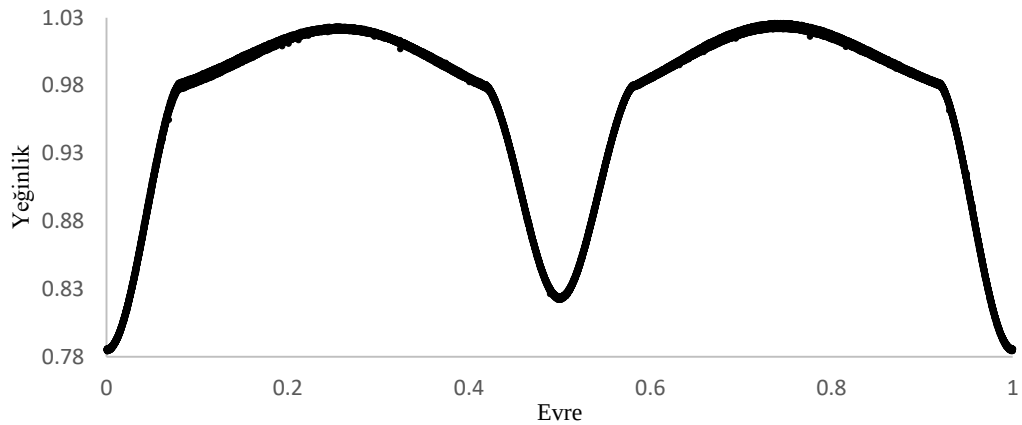
çift sistemdir. İlk kez Egret ve ark. (1992) tarafından Tycho Input Kataloğu'nda listelenen sistemin parlaklığı $V=10^m.60$ ve B-V renk ölçeği ise $0^m.52$ olarak verilmiştir. 2MASS Kataloğu'nda 2MASS J19465549+4350278 olarak listelenen sistemin kızlöte parlaklıkları, $J=9^m.801$, $H=9^m.596$ ve $K=9^m.546$ olarak verilmiştir (Cutri ve ark. 2003). Kharkenko (2001) tarafından ise sistemin JHK parlaklığı sırasıyla $9^m.801$, $9^m.596$ ve $9^m.545$ olarak verilmiştir.



Şekil 1.3.1: KIC 2557430'un Kepler Veri Tabanı'ndan alınan verilerle çizdirilen tüm ışık eğrisi.

Bileşenlerin yarıçap toplam oranlarını 0.572 ve sistemin i açısını $73^\circ.25$ olarak hesaplayan Slawson ve ark. (2011), sistemin etkin sıcaklığını 6348 K olarak bulmuştur. Kepler Veri Tabanı'ndan elde edilen gözlemsel verinin ön analizini yapan Slawson ve ark. (2011), sistemin renk artığını $E(B-V)=0^m.105$ elde ederken, bileşenlerin sıcaklık oranlarını ise 0.935 olarak hesaplamıştır. Ammons ve ark. (2006), sistemin etkin sıcaklığının 76 parsek (pc)'lik bir mesafe ile 6565 K olduğunu tahmin etmiştir. Ayrıca metal bolluğu $[Fe/H]=0.27$ ve renk artığı $E(B-V)=0^m.023$ olarak hesaplanmıştır. Pickles ve Depagne'ye (2010) göre, KIC 8043961, F6 tayf türünden bir anakol kaynağıdır. Literatürdeki tüm fotometrik veri üzerinde inceleme yapan Pinsonneault ve ark. (2012), KIC 8043961 için metal bolluğunu $[Fe/H]=-0.38$ olarak hesaplamıştır ve baş bileşenin sıcaklığının 6348-6666 K arasında olduğunu söylemiştir. Huber ve ark. (2014) ise sistemin etkin sıcaklığını 6649-6657 K olarak, yüzey çekim ivmesini $\log(g)=3.621 \text{ cms}^{-2}$ olarak ve metal bolluğunu $[Fe/H]=-0.375$ olarak bulmuştur. Araştırmacılar baş bileşenin kütle ve yarıçapını ise $M=1.532 M_\odot$ ve $R=3.177 R_\odot$ olarak hesaplamıştır. Mathur ve ark. (2017) ise sıcaklığı 6649 K, $\log(g)=3.619 \text{ cms}^{-2}$, metal bolluğunu $[Fe/H]=-0.38$ olarak yenilemiştir. Ayrıca yıldızlararası sönmükleştirme $A_v=0^m.358$ ile 589.757 pc uzaklığında $3.177 R_\odot$ gibi yıldız yarıçapı ve $1.532 M_\odot$ gibi yıldız kütlesi hesaplamışlardır. Bununla

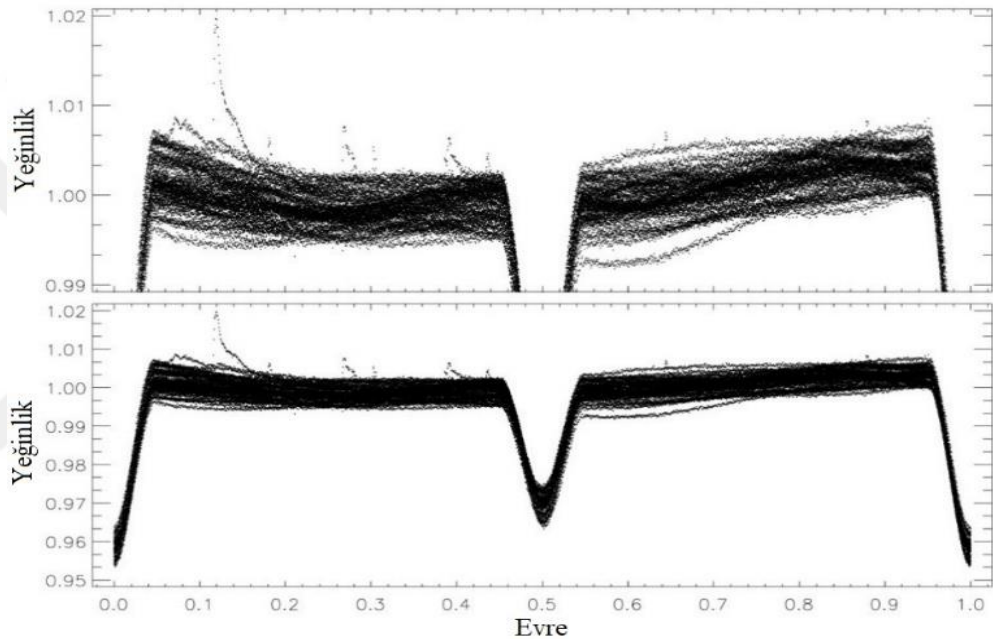
birlikte, farklı parametreler Frasca ve ark. (2016) tarafından verilmektedir. Sistemin log (g)=4.10 cms^{-2} 'lik yüzey çekim ivmesi ile F0-F2 tayf türü aralığında bir anakol kaynağı olduğunu belirtmişlerdir. Onlara göre, sistemin metal bolluğu [Fe/H] değeri -0.13 ve hızı $v_{\text{sini}}=291 \text{ kms}^{-1}$ 'dir. 2MASS'ten ve Kepler Uydusu ile elde edilen fotometrik veriler arasındaki kalibrasyonları kullanan Armstrong ve ark. (2014), sistemin sıcaklığını 6716 K olarak hesaplamıştır. Sistemin dönemine ilişkin ilk yaklaşım $P=1.559231$ gün olarak Watson ve ark. (2006, 2014) tarafından verilmiştir. Watson ve ark. (2006), sistemi 1.559231 günlük periyodu ile değişen yıldız olarak listelemiştir. Slawson ve ark. (2011) sistem için $E(B-V)$ değerini $0^m.105$ olarak vermiştir; bileşenlerin sıcaklık oranını 0.935, v_{sini} değerini ise 291 kms^{-1} olarak hesaplamıştır. Pigulski ve ark. (2009), sistemin dönemini 1.559250 olarak ifade etmiştir. Literatürde KIC 8043961 ile ilgili en önemli çalışmada Conroy ve ark. (2014) ise çift sistemin dönemini 1.559 gün olarak vermiş ve buna ek olarak üçüncü bir cismin varlığından bahsetmiştir. Bu çalışmada, 184 s'lik genlik ile tutulma sürelerinin değişimine bağlı olarak 478 günlük bir periyodla neredeyse dairesel bir yörüngede üçüncü bir cisim olduğu tahmin edilmiştir. Yakın zamanda Borkovits ve ark. (2016), KIC 8043961 için tutulma süreleri değişiminden üçüncü bir cismin çözümünü de bulmuşlardır. Tutulma zamanlarından itibaren 478.6 günlük periyotta, kütle fonksiyonunu $f(m)=0.0330 M_{\odot}$ olarak hesapladıkları bir değişim bulmuşlardır. Örtün çift için toplam kütle yaklaşık $2 M_{\odot}$ olarak alındığında, $\omega=13^{\circ}$ olan üçüncü cisim için minimum kütlesi $0.61 M_{\odot}$ olarak hesaplanmıştır. Daha önce de Rappaport ve ark. (2013) tarafından bahsedilen üçüncü cismin dönemi yaklaşık 476.7 gün olarak verilmiştir. Araştırmacılar çift sistemin kütleleri oranının 0.62 olduğunu ifade etmiştir. Uytterhoeven ve ark. (2011), KIC 8043961 sisteminin değişen sınıfını örtün çift ve δ Scuti türü olarak ifade etmiştir. Sistemin ışık eğrisi ise Şekil 1.3.2'de gösterilmektedir. Işık eğrisi Kepler Veri Tabanı'ndan alınan veriler ile çizdirilmiştir.



Şekil 1.3.2: KIC 2557430'un Kepler Veri Tabanı'ndan alınan verilerle çizdirilen tüm ışık eğrisi.

2. VERİ ANALİZİ

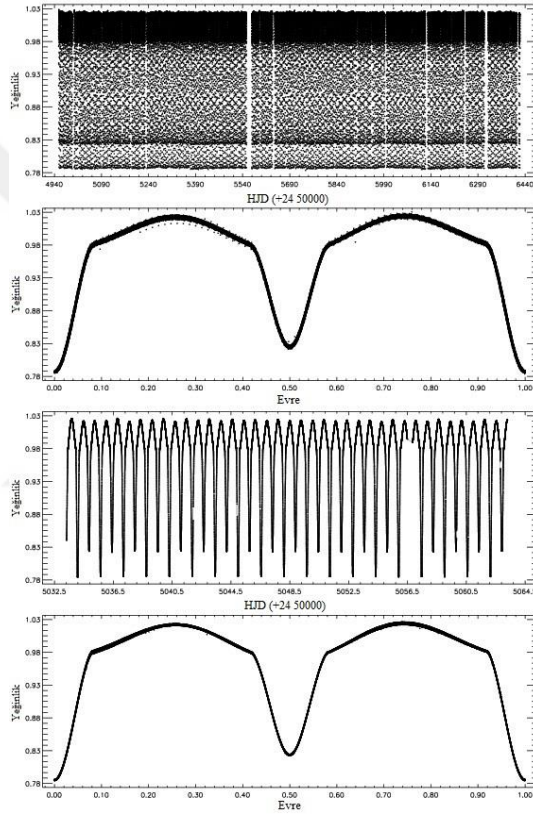
Güneş Sistemi dışı ötegezegen keşfi için fırlatılan Kepler Uydusu 150.000 den fazla kaynağın gözlemini yapmıştır (Borucki ve ark. 2010; Koch ve ark. 2010; Caldwell ve ark. 2010). Bu gözlemler bugüne kadar elde edilen en yüksek duyarlılığa sahip fotometrik gözlemlerdendir (Jenkins ve ark. 2010a, 2010b). Bu yüksek gözlem kalitesi ile ötegezegen haricinde çok sayıda yeni örten çift sistem ve yeni değişen keşfi de yapılmıştır (Slawson ve ark. 2011; Matijević ve ark. 2012). Bu değişen yıldızların arasında leke aktivitesi ve flare aktivitesi gösteren çok sayıda tek ve çift yıldız bulunmaktadır. Bu tür çift yıldızların bir kısmı da örten çifttir (Balona 2015).



Şekil 2.1: KIC 2557430'un Kepler Veri Tabanı'nda verilen short cadence formatındaki verisi ile elde edilen tüm ışık eğrisi. Üst panelde ışık değişimini net görebilmek için tüm ışık eğrisinin maksimumlarına yaklaştırılmış hali verilmiştir. Burada üç farklı değişim göze çarpmaktadır. Birincisi örtme ve örtülmeden kaynaklı minimumlar, ikincisi tutulmalar dışında kalan sinüzoidal değişim ve üçüncüsü kısa ve anlık flare olayları.

Kepler Uydusu ile keşfedilen KIC 2557430 ve KIC 8043961 sistemlerine ait gözlem verileri Kepler Veri Tabanı'ndan (Slawson ve ark. 2011; Matijević ve ark. 2012) alınmıştır. Veri Tabanı'ndan, yapılacak analizin doğasına uygun olacak şekilde Short Cadence formatındaki veri alınmıştır. KIC 2557430'un verisi incelendiğinde sistemin ilk olarak HJD 24 55002.5109509-24 55033.3041338 aralığında yaklaşık bir ay, ikinci olarak da HJD 24 55093.2155524-24 55123.5566582 aralığında yine yaklaşık bir ay olmak üzere iki dönemde gözlemlendiği görülmektedir. Analizler yapılırken ilk bir aylık gözlem

Part 1, ikinci bir aylık gözlem Part 2 olarak adlandırılmıştır. KIC 8043961'in verisi incelendiğinde ise sistemin HJD 24 55033.32473909-24 55063.30029904 aralığında yaklaşık bir ay gözlemlendiği görülmektedir. Analizlerde Long Cadence (Uzun süreli pozlama) yerine, KIC 2557430 için Short Cadence (Kısa süreli pozlama) formatında sunulan açık (public) verinin değişimlerden arındırılmış (detrended) formatı kullanılmıştır. Bir diğer sistem KIC 8043961 için ise hem Short Cadence hem de Long Cadence verileri kullanılmıştır. KIC 2557430 ve KIC 8043961 için kullanılan verilerden, Kepler Veri Tabanı'ndaki ışık eğrileri ile evrelendirilmiş ışık eğrileri sırasıyla Şekil 2.1 ve Şekil 2.2'de gösterilmektedir.



Şekil 2.2: KIC 8043961'in ışık eğrisi, Kepler Veri Tabanı'ndan alınan Short Cadence (SC) ve Long Cadence (LC) verilerle elde edilmiştir. Üst panelde, mevcut SC verilerine bağlı olarak zamanla karşılaştırılan ışık değişimi çizilmiştir. Bu panelde, SC verileri üç bölümden oluşmaktadır ve zaman boşluklarını gözlemlemek üzere üç renge boyanmıştır. Bununla birlikte, orta panelde ışık değişiminin evreye karşı grafikleri çizilirken, 0.001 aralığı ile hesaplanan ortalama verilerden elde edilen ortalama ışık eğrisi alt panelde gösterilmiştir.

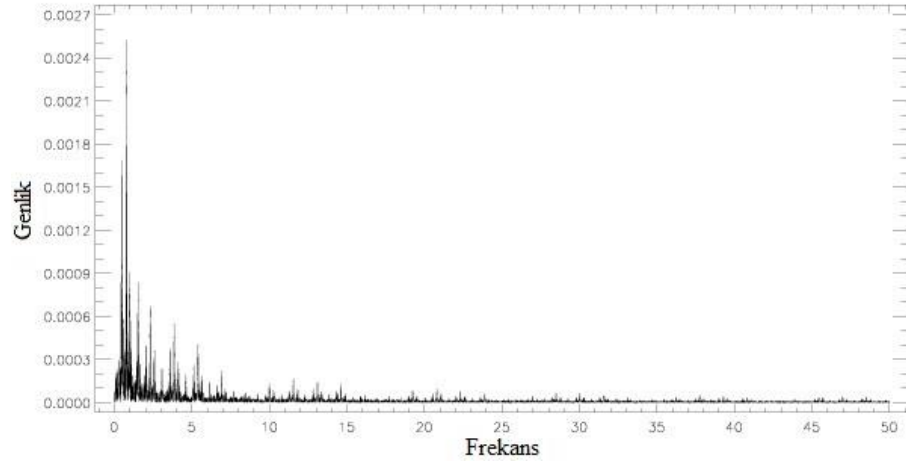
Şekil 2.1'in alt paneli tüm ışık eğrisini gösterirken, üst panel tutulmalar dışı değişimin iyi görülebilmesi için ışık eğrisinin sadece maksimum düzeylerini göstermektedir. Şekilden de görüldüğü üzere ışık eğrisinin şekli, her çevrimde değişim göstermektedir. Işık eğrisinde üç farklı değişim göze çarpmaktadır. Birincisi örtme ve örtülmelerden kaynaklanan tutulmalar, ikincisi dönme modülasyon kaynaklı sinüzoidal değişim, üçüncüsü ise bu iki değişimin dışında anlık flare parlamalarıdır. Bu veri üzerinde, ışık eğrisi analizi, flare aktivitesi, sinüzoidal değişim ve dönem değişimi (O-C) analizleri için uygun formatlarda setler oluşturulacak şekilde düzenlemeler yapılmıştır. Ayrıca literatürde, ilk kez, KIC 2557430'un ışık eğrisi analizi de bu çalışma ile yapılmıştır.

KIC 8043961 için ışık eğrisi ve O-C analizlerinde, Kepler fotometrisinin Long Cadence (29.4 dakikalık poz süresi, LC) verisi kullanılmıştır; bu veriler, Kepler örten çift katalogunda arındırılmış ve normalleştirilmiş akılar şeklinde mevcutken, yine aynı katalogda mevcut olan Short Cadence (SC) verilerinin arındırılmış ve normalleştirilmiş akılar biçimindeki hali de bu analizlerde kullanılmıştır (Slawson ve ark. 2011; Prša ve ark. 2011). Veriler, renk bilgisi eksikliği olan, ancak çok yüksek hassasiyet sağlayan 4100 Å ve 9100 Å geniş bir dalgaboyu aralığı boyunca elde edilmiştir. Veriler, önemli bir zaman aralığı olmaksızın 4 yıllık bir zaman aralığını kapsamaktadır. Bildirilen ışık kirliliği, MAST Veri Tabanı'nda %0.3'tür, pratik olarak, herhangi bir ışık kaynağının gerizeminden ışık katkısı olmadığı anlamına gelmektedir. Kepler Veri Tabanı'nda mevcut SC ve LC verilerinden elde edilen ışık değişimleri Şekil 2.2'de gösterilmektedir. Şekilde, LC verilerinde görülen ışık değişimi, üst panelde Güneş merkezli Jülyen Günü (HJD) vasıtasıyla çizilirken, alttaki iki panelde görülen ışık değişimi ise hem zaman hem de evre üzerinden çizilmiştir. Burada, Slawson ve ark. (2011) tarafından verilen Denklem (4)'te bulunan ışık öğeleri kullanılarak evre hesaplanmıştır.

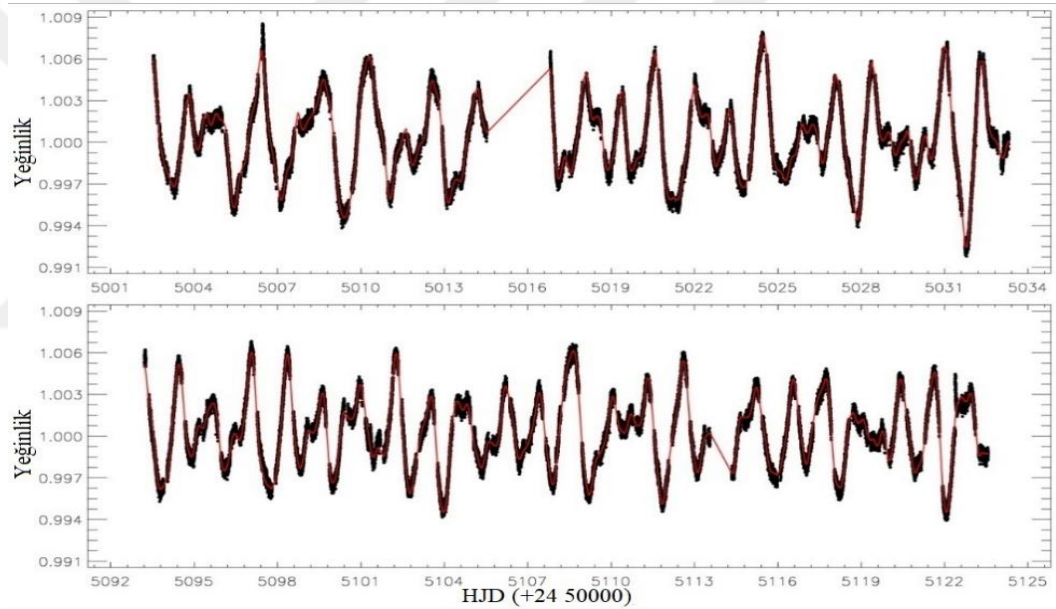
2.1 Dönem Analizi

KIC 2557430'un ve KIC 8043961'in tutulmalar dışı sinüzoidal değişimlerinin nedenin belirlenmesi ve ona yönelik analizlerin uygulanabilmesi için, her iki sistem için de dönem analizi yapılmıştır.

KIC 2557430 için ışık eğrilerinde minimumlara karşılık gelen 0.955-0.045 ve 0.455-0.545 evreleri arasındaki veri arındırılarak, tutulmalar dışı ışık eğrisi elde edilmiştir. Bu veriden elde edilen tutulmalar dışı ışık eğrisinin ard arda gelen çevrimleri incelendiğinde, ardışık her bir çevrimin bir önceki ve bir sonraki çevrime göre çok farklı olduğu görülmüştür. Sistemin sergilediği flare aktivitesi yanında yörünge döneminin 1.297747 gün olduğu düşünülürse her bir çevrimde ışık eğrisinin değişmesi, bileşenlerin kromosferik aktivite dışında gerçekten de zonklama gibi farklı bir değişim de sergilediği anlaşılmıştır. Gerçekten, literatürde de sistemin zonklama gösterdiğine dair bir yaklaşım vardır. Bu nedenlerle değişimlerin ana nedenin zonklama olmasının muhtemel olduğu kabul edilmiş ve tutulmalar dışı değişim PERIOD04 Programı (Lenz ve Breger 2005) kullanılarak Fourier tekniğine dayanan the Discrete Fourier Transform (DFT, Scargle 1982) ve istatistiksel bir yöntem olan the Phase Dispersion Minimization (PDM, Stellingwerf 1978) yöntemleri uygulanmış ve KIC 8043961 sisteminin yörünge dönemi ise 1.5592121 gün olarak hesaplanmıştır.



Şekil 2.1.1: The Discrete Fourier Transform (DFT, Scargle 1982) yöntemine dayanan analize ilişkin KIC 2557430'un normalize güç-tayf dağılımı.



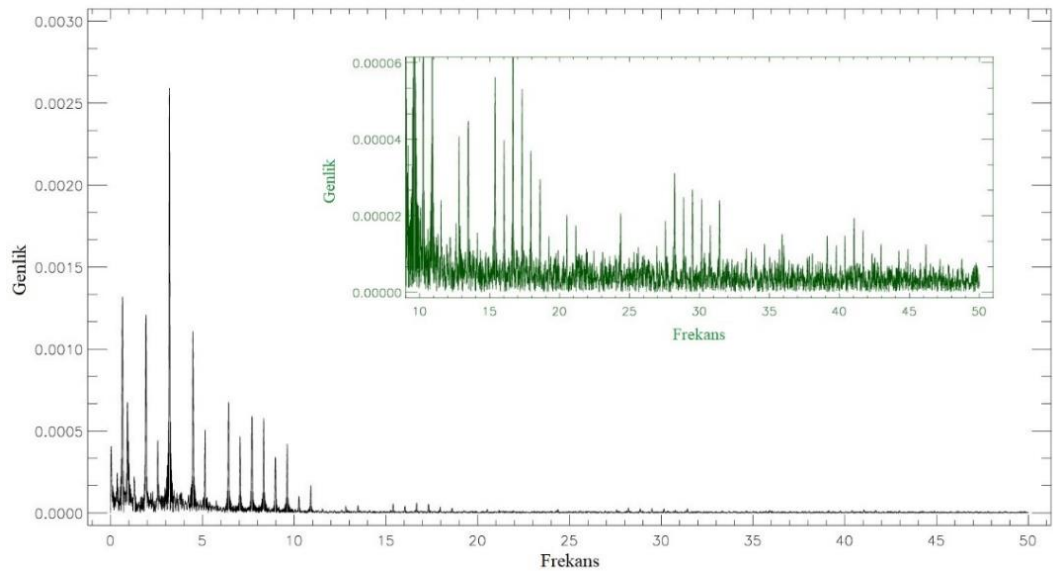
Şekil 2.1.2: KIC 2557430'un The Discrete Fourier Transform (DFT, Scargle 1982) yöntemine dayanan analizlerde elde edilen frekanslar ile elde edilen sentetik eğri ve tutulmalar dışı gözlem verisi.

PERIOD04 Programı (Lenz ve Breger 2005) ile yapılan analizler sonucunda gerek hata (σ) gerekse de gürültü düzeyi (S/N oranı) göz önüne alınarak KIC 2557430 için 50, KIC 8043961 için 98 ayrı frekans elde edilmiştir. The Discrete Fourier Transform (DFT, Scargle 1982) yöntemine dayanan analize ilişkin normalize güç-tayf dağılımı KIC 2557430 ve KIC 8043961 için, sırasıyla, Şekil 2.1.1 ve Şekil 2.1.3'te gösterilmektedir. Aynı zamanda KIC 2557430 ve KIC 8043961 için elde edilen frekanslar sırasıyla Çizelge 2.1.1 ve Çizelge 2.1.2 olarak, Ek 1 ve Ek 2'de sunulmuştur. Çizelgede birinci kolonda frekans numarası, ikinci kolonda frekans, dördüncü kolonda genlik, altıncı kolonda evre

değeri ve her birinin yanında da hata değerleri listelenmiştir. Çizelgede son kolonda ise gürültü düzeyi S/R listelenmiştir. Yapılan analizlerde, KIC 2557430 için S/R oranı 5 ve üzerindeki frekanslar, Box Size 10 değeri için yapılan analizlerde KIC 8043961 için S/R oranı 3 ve üzerindeki frekanslar gerçek kabul edilmiştir. Ek 2’de sunulan Çizelge 2.1.2’deki son kolon Box Size 10 değeri için elde edilen S/R oranlarını göstermektedir.

Şekil 2.21’in alt panelinde gösterilen Short Cadence verileri, tutulmalar dışında bazı sinüzoidal değişimlerin varlığına işaret etmektedir. Nitekim, PHOEBE V.0.32 yazılımı (Prša ve Zwitter 2005) kullanılarak tüm ışık eğrisi verilerinden türetilen sentetik verilerin çıkarılmasıyla elde edilen veriler, bir sinüzoidal formda 3σ seviyeden yüksek bir genlik ile belirgin bir değişim sergilemektedir.

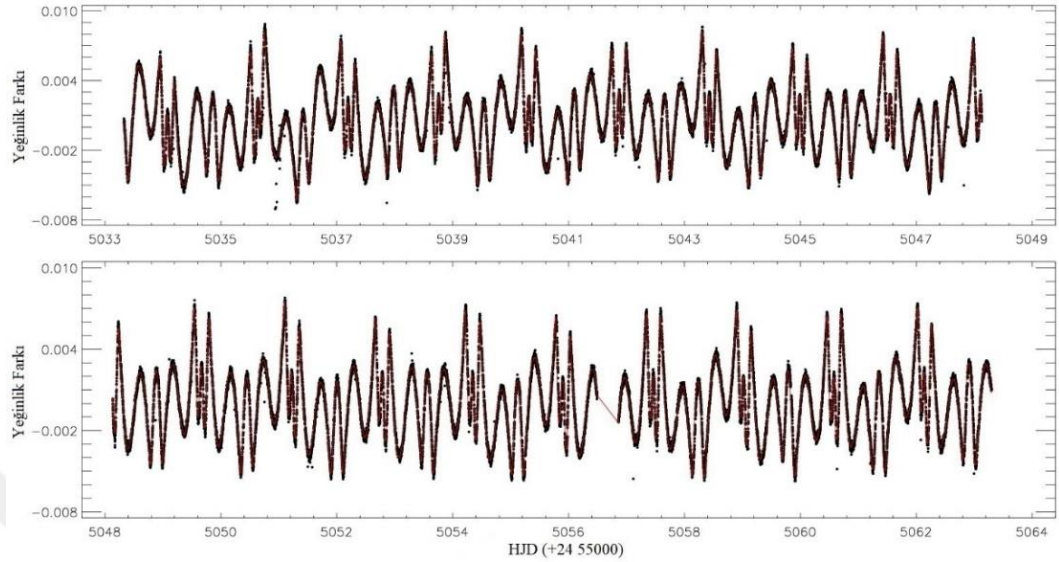
Bileşenlerin sıcaklığı göz önüne alındığında, bu sinüzoidal değişimin yıldızlardaki soğuk leke aktivitesi veya Güneş benzeri salınımlardan kaynaklanması gerektiği düşünülmektedir. Işık değişim çevriminin artık verilerindeki çevrimle incelenmesi, ışık eğrisinin şeklinin çok hızlı bir şekilde değişim sergilediğini ve bir çevrimden diğerine, bazen sadece bir çevrimde, bu değişime yıldız lekelerinin neden olamayacağını ortaya koymaktadır. Bu noktada, bu durum, bileşenlerin sıcaklıklarıyla birlikte ele alınarak, bu değişimin frekansları sanki yıldız zonklamasının etkisiymiş gibi araştırılmıştır.



Şekil 2.1.3: KIC 8043961’in Kepler verisine uygulanan the Discrete Fourier Transform (DFT, Scargle 1982) türetilen Fourier genlik tayfi. Frekans 10 d^{-1} ’den 50 d^{-1} ’e kadar olan tayf, daha net görünmesi için üst (yeşil) düzlemde tekrar oluşturulmuştur.

KIC 8043961’in baş bileşeninin HR diyagramındaki yeri göz önüne alındığında, sinüzoidal değişim, Güneş benzeri bir salınım yerine bir γ Dor ya da belki δ Scuti türü

zonklama olmalıdır. Bu değişimi bulmak için, DFT yöntemine dayanan PERIOD04 yazılımı (Lenz ve Breger 2005) kullanılarak olası zonklama frekanslarını aramak için artık veriler analiz edilmiştir.



Şekil 2.1.4: Tutulmalar dışı değişim ve DFT’den elde edilen frekanslarla türetilmiş sentetik model (Scargle 1982). KIC 8043961 için türetilen sentetik model gözlem verileri ile birlikte verilmiştir.

Analizler sonucunda KIC 2557430 için elde edilen 50 frekans tek tek incelendiğinde Ek 1’de verilen Çizelge 2.1.1’de F1 ve F4 olarak listelenen iki frekanstan F1, doğrudan sistemin yörünge dönemini verirken F4 ise bu dönemin yarısına karşılık gelmektedir. Yine aynı şekilde analiz sonucunda KIC 8043961 için elde edilen 98 frekans tek tek incelendiğinde Ek 2’de verilen Çizelge 2.1.2’de F2 ve F16 olarak listelenen iki frekanstan F2 sistemin yörünge dönemine karşılık gelirken F16 ise bu dönemin yarısıdır. Dolayısıyla her iki sistemde de bu 2 frekans haricinde geri kalan 48 ve 96 frekans baş bileşene ait zonklama frekanslarıdır. Ancak bu iki frekansın da sistemin sergilediği dönme modülasyonu benzeri başka bir değişimden kaynaklanması muhtemeldir, çünkü bu frekanslar sistemin bilinen dönemi ile ilişkilidir.

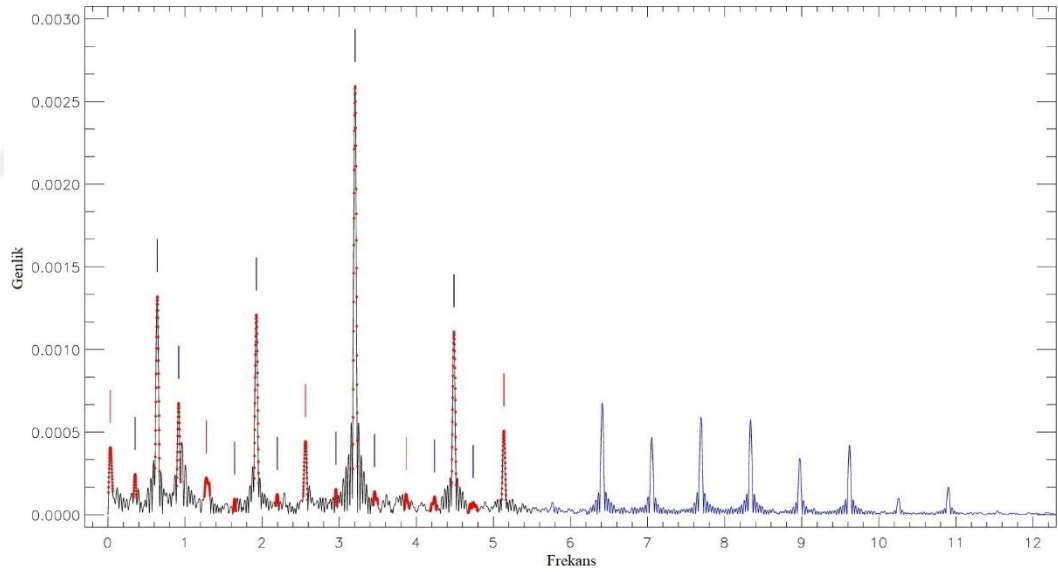
$$L(\theta) = A_0 + \sum_{i=1}^N A_i \cos(i\theta) + \sum_{i=1}^N B_i \sin(i\theta) \quad (1)$$

Burada A_0 sıfır noktası, θ evre, A_i ve B_i genlik parametreleridir.

Yukarıda Scargle (1982) ve Lenz ve Breger (2005) tarafından verilen bağıntı yardımıyla, elde edilen frekans değerleri kullanılarak tutulmalar dışı değişime ait sentetik eğri elde edilmiştir. Şekil 2.1.2’de KIC 2557430 için tutulmalar dışı değişime ait gözlem ve bu sentetik eğri gösterilmektedir. Şekilden de görüldüğü üzere, analizde elde edilen

frekanslar tutulmalar dışı gözlem verisini çok iyi temsil etmektedir. KIC 8043961 için Şekil 2.1.4'teki dolu siyah daireler gözlemlerin artıklarını temsil ederken düz kırmızı çizgiler türetilmiş sentetik modeli temsil etmektedir. Ek 2'de sunulan Çizelge 2.1.2'de listelenmiş frekans parametreleri ile türetilen sentetik modelin kalan verilere mükemmel şekilde uyduğu görülmüştür. Bu yapılan işin doğruluğunu ispatlayan en temel işarettir.

KIC 8043961'in Şekil 2.1.3'te gösterilen Fourier genlik tayfı incelendiğinde, bulunan frekansların dağılımında iki ilginç özellik farkedilmiştir. Birincisi, g-mod frekansları olan frekansların 0.00 d^{-1} ile yaklaşık 5.50 d^{-1} arasında dağılımı, p-mod frekansları olan kalan frekanslarının dağılımına göre farklı konfigürasyona sahiptir. g ve p-mod bölgeleri incelendiğinde, g-mod bölgesi yaklaşık 5.50 d^{-1} 'in altında kalırken, p-mod bölgesi ise yaklaşık 6.00 d^{-1} 'in üzerinde kalmaktadır. g-mod frekans dağılımı konfigürasyonu çok daha karmaşıktır. İkinci özellik daha önemlidir ve g-mod frekanslarının iki bölünme sergilediği görülmektedir. Olayların daha iyi görülebilmesi için Şekil 2.1.5'te 0.00 d^{-1} ve yaklaşık 12.00 d^{-1} frekans aralığı için Fourier genlik tayfı çizdirilmiştir.



Şekil 2.1.5: Ayrılmış g-mod ve p-mod bölgelerini göstermek için kalan verilerden elde edilen KIC 8043961'in Fourier genlik tayfı. Şekilde düzgün devamlılık çizgisi g-mod bölgesini temsil ederken, mavi düzgün sürekli çizgi p-mod bölgesini temsil etmektedir. Buna ek olarak, dikey siyah çizgiler g-modunda bulunan merkezi frekansları temsil eder ve dikey mavi ve kırmızı çizgiler sırasıyla birinci ve ikinci sıra için bölme frekans bileşenlerini temsil eder.

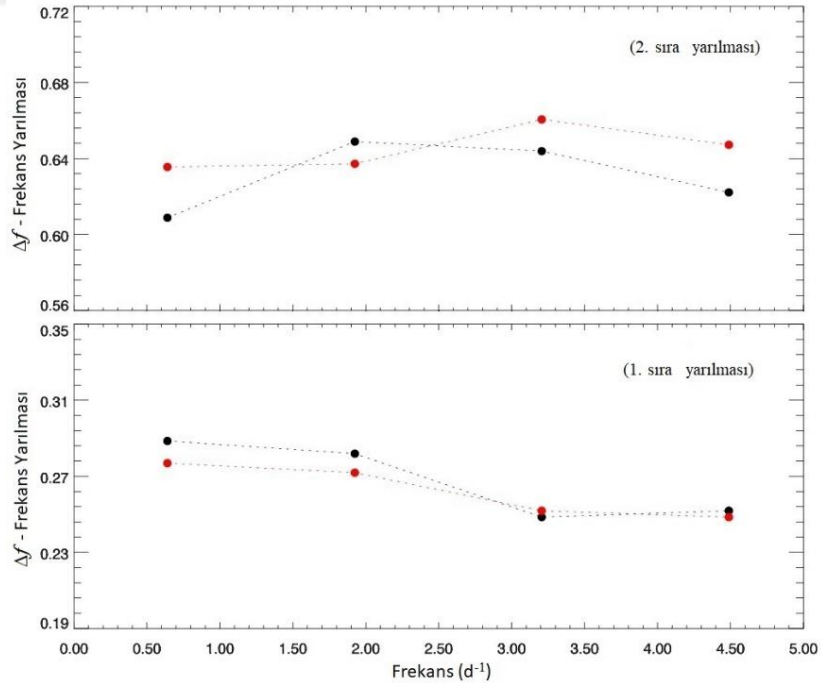
Zonklama frekanslarını ve bunların bölme yani sağ ve sol bileşenlerini belirlemek için PERIOD04 (Lenz & Breger 2005) kullanılarak, sıfırdan Nyquist frekansına (715.93 d^{-1}) kadar olan 98 en güçlü pik çıkarılmıştır. Hem 3σ seviyesine hem de tipik S/R'ye bağlı

olarak tanımlanan tüm en güçlü pikler, 0.00 d^{-1} ile yaklaşık 50.00 d^{-1} arasında bulunur. Bu işlemlerde art ardına iterasyonlarda en küçük kareler yöntemi kullanılır.

Çizelge 2.1.3: Analizlerde bulunan tripletlerin bölünme sıklıkları.

No	Frekans (f) (d^{-1})	1. sıra Δf - sol (d^{-1})	1. sıra Δf - sağ (d^{-1})	2. sıra Δf - sol (d^{-1})	2. sıra Δf - sağ (d^{-1})
F2	0.63999 $\pm$ 0.00002	0.28857 $\pm$ 0.00016	0.27690 $\pm$ 0.00002	0.60884 $\pm$ 0.00002	0.63553 $\pm$ 0.00002
F3	1.92491 $\pm$ 0.00002	0.28190 $\pm$ 0.00027	0.27189 $\pm$ 0.00050	0.64888 $\pm$ 0.00016	0.63720 $\pm$ 0.00016
F1	3.20639 $\pm$ 0.00001	0.24854 $\pm$ 0.00060	0.25188 $\pm$ 0.00131	0.64387 $\pm$ 0.00007	0.66055 $\pm$ 0.00007
F4	4.48892 $\pm$ 0.00002	0.25188 $\pm$ 0.00121	0.24854 $\pm$ 0.00084	0.62219 $\pm$ 0.00015	0.64721 $\pm$ 0.00015
Ortalama =		0.26772$\pm$0.00056	0.26230$\pm$0.00067	0.63094$\pm$0.00010	0.64512$\pm$0.00010

Analizlerde, Çizelge 2.1.3'te gösterilen, F2, F3, F1 ve F4 olmak üzere dört en güçlü pik bulunmuştur ve bunlar iki sıraya ayrılmıştır. Ayrımın sağ ve sol bileşenleri belirlenmiştir ve daha sonra Fourier genlik tayfında en güçlü pikler olarak görülen merkezi sinyale göre bölme bileşenlerinin frekans farkı (Δf) hesaplanmıştır. Merkezi sinyale ait frekanslar, sol ve sağ bileşenler Çizelge 2.1.3'te her iki sıra için listelenmiştir. Tablonun son satırında, bölme bileşenlerinin ortalama farkları (Δf) listelenmiştir. Ayrıca, bölme bileşenleri arasındaki frekans farkı (Δf), Şekil 2.1.6'daki merkezi sinyaller frekansı yoluyla da çizilmiştir. Şekilde, birinci dereceden elde edilen frekans farkları (Δf) alt panelde gösterilirken, üst paneldeki ikinci sıra için çizilmiştir.



Şekil 2.1.6: Yarıлма bileşenlerinin frekans farkı (Δf). Frekans farkları (Δf) alt paneldeki ilk sıra için, üst panelde ikinci sıra için çizilmiş halde gösterilmiştir. Şekilde siyah daireler sol bileşenlerdeki frekans farklarını, kırmızı daireler ise sağ bileşenleri temsil etmektedir.

KIC 8043961'in Long Cadence formatındaki verisi ile de dönem analizi gerçekleştirilmiştir. PERIOD04 Programı (Lenz ve Breger 2005) ile yapılan analizler sonucunda gerek hata (σ) gerekse de gürültü düzeyi (S/N oranı) göz önüne alınarak KIC 8043961 için 90 ayrı frekans elde edilmiştir. Elde edilen frekanslar ise Ek 3'teki Çizelge 2.1.4'te listelenmiştir. Çizelgede birinci kolonda frekans numarası, ikinci kolonda frekans, dördüncü kolonda genlik, altıncı kolonda evre değeri ve her birinin yanında da hata değerleri listelenmiştir. Çizelgede sekizinci kolon Box Size 5 değeri için elde edilen S/R oranları, son kolon ise Box Size 10 değeri için elde edilen S/R oranlarını göstermektedir. Hem Box Size 5 hem de 10 değeri için yapılan analizlerde KIC 8043961 için S/R oranı 3 ve üzerindeki frekanslar gerçek kabul edilmiştir.

Long Cadence formatındaki veriler kullanılarak PERIOD04 Programı ile yapılan analiz sonucunda KIC 8043961 için elde edilen 90 frekans tek tek incelendiğinde Ek 3'te sunulan Çizelge 2.1.4'te F1, F3, F12 ve F53 olarak listelenen dört frekanstan F3 sistemin yörünge dönemini verirken, F1, F12 ve F53 frekansları ise bu dönemin yarısını vermektedir. Dolayısıyla bu 4 frekans haricinde geri kalan 86 frekans baş bileşene ait zonklama frekanslarıdır. Geriye kalan bu dört frekansın da sistemin sergilediği dönme modülasyonu benzeri başka bir değişimden kaynaklanması olasıdır, çünkü bu frekanslar sistemin bilinen dönemi ile ilişkilidir.

2.2 Fourier Dönüşümü

Bir yıldızın elipsoidal bir değişken olup olmadığını test etmenin yöntemlerinden biri Fourier analizi (Morris 1985; Beech 1985)'dir. Morris (1985) ve Morris ve Naftilan (1993) tarafından, herhangi bir çapsal hız söz konusu olduğunda (çift veya tek çizgili), bileşenlerin birçok parametresinin bazı varsayımlar altında hesaplanabileceği gösterilmiştir.

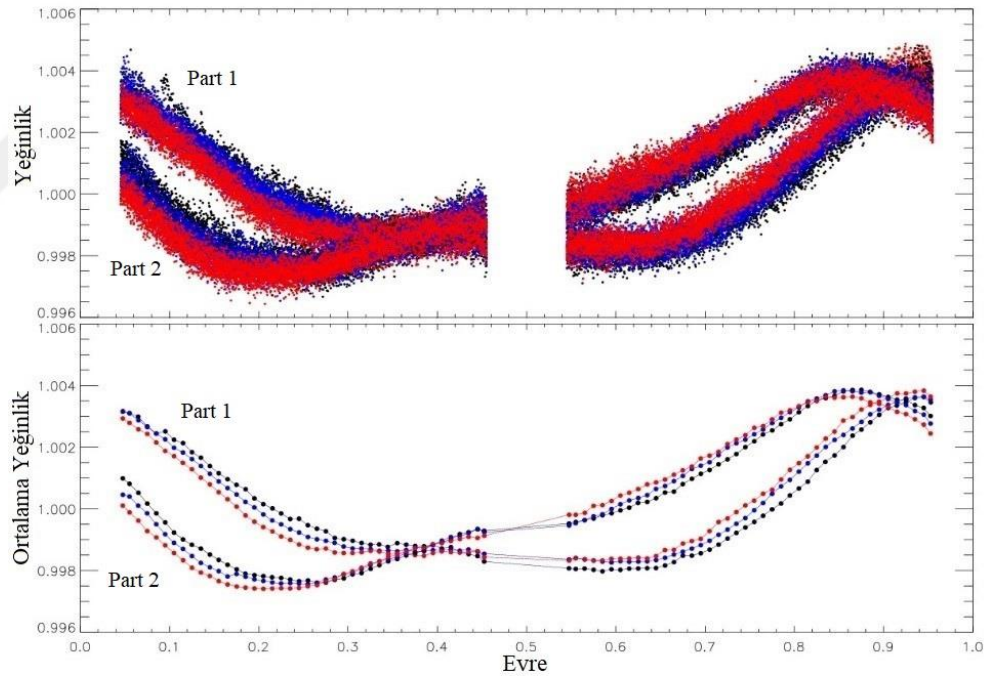
Fourier analizinin matematiksel gösterimi Denklem (2)'de gösterilmektedir.

$$L(\theta) = A_0 + \sum_{j=1}^N A_j \cos(j\theta) + \sum_{j=1}^N B_j \sin(j\theta) \quad (2)$$

Morris'e (1985) ve Hall'a (1990) göre, Fourier analizinde Cos (2 θ) katsayıları baskın katsayılardır. Cos (2 θ) katsayılarının yanı sıra ikinci baskın katsayı ise cos (θ)'dır. Hall'a (1990) göre, yıldızın yüzeyinde yalnızca tek bir lekeli alan varsa, cos (θ) teriminin baskın olması gerektiği düşünülür. Bununla birlikte, Hall'a (1990) göre, bir yıldızın yüzeyinde birbirinden 180° ile ayrılmış iki lekeli alan varsa burada cos (2 θ) terimi egemen olabilir. Fourier analizinde egemen olan cos (2 θ) teriminin gerçek sebebini

tanımlamanın bir yolu vardır. Bu da, yıldız yüzeyindeki lekeli alanların evrimi ve hareketleridir. Eğer $\cos(2\theta)$ teriminin nedeni, birbirinden 180° ile ayrılmış yıldız lekeleri ise, Fourier analizlerinin sonuçları zamanla değişecektir. Çünkü ışık eğrilerinin ana şekilleri değişecektir.

KIC 2557430 sisteminin ışık eğrisinde 0.955-0.045 ve 0.455-0.545 evre aralıklarında kalan tutulmalar arındırıldıktan sonra geriye kalan ışık eğrisi PERIOD04 Programı (Lenz ve Breger 2005) kullanılarak Fourier tekniğine dayanan the Discrete Fourier Transform (DFT, Scargle 1982) yöntemi ile analiz edilmiş ve sonuçlar istatistiksel bir yöntem olan the Phase Dispersion Minimization (PDM, Stellingwerf 1978) ile test edilmiştir. Analizlerde elde edilen ve Çizelge 2.1.1’de listelenen frekanslar dikkatle incelendiğinde iki frekansın, F1 ve F4, sistemin yörünge dönemine ait olduğu anlaşılmıştır. Geriye kalan 48 frekans kullanılarak elde edilen sentetik eğri, tutulmalar dışı değişimden çıkarıldığında geriye kalan arındırılmış ışık eğrisinde ilginç bir değişim kendini ortaya koymaktadır (Şekil 2.2.1).



Şekil 2.2.1: KIC 2557430 sisteminin tutulmalar dışı parlaklık değişiminde zonklama kaynaklı değişimler arındırıldıktan sonra geriye kalan değişim.

Bu sinüzoidal değişimlerin, Part 1 gözlemlerinden Part 2 gözlemlerine kadar şekil değiştirdiği görülmektedir. Part 1’e ve Part 2’ye ait arındırılmış ışık eğrisindeki sinüzoidal değişime bakıldığında, minimumlarının şeklinin ve konumunun değiştiği görülmektedir. Part 1’e ait arındırılmış ışık eğrisinde daha geri evrelerde daha derin olan

kabaca iki minimum varmış gibi görünmektedir. Ancak Part 2'nin arındırılmış ışık eğrisinde daha ön evrelere kaymış tek bir minimum göze çarpmaktadır. Ancak, Part 2'nin arındırılmış ışık eğrisindeki eğri oldukça asimetrik görünmektedir. Part 1 ile Part 2 verileri arasında yaklaşık iki aylık gözlem boşluğu vardır. İki aylık bu değişimde minimum 0.64 evreden 0.24 evrelere kadar kaymıştır.

Diğer yandan, hem Part 1 hem de Part 2'nin arındırılmış ışık eğrisine ait verileri kendi içinde incelendiğinde ardışık ışık eğrilerinin çok küçük kaymalar sergilediği görülmüştür. Ardışık ışık eğrileri incelenerek bir aylık olan bu grup verileri 3 alt kümeye ayrılmış ve bunlar kendi aralarında değerlendirilmiştir. Şekil 2.2.1'in üst panelinde Part 1 ve Part 2'ye ait ışık eğrileri bu nedenle üç farklı renkle noktalanmıştır. Her renk bu 10'ar günlük çevrimlere karşılık gelmektedir. Tüm gözlem verisi incelendiğinde bu kaymalar kendini net olarak ortaya koyamasa da 10'ar günlük çevrimlerin ortalamaları karşılaştırıldığında, Şekil 2.2.1'in alt panelinde görüldüğü gibi her iki grup içinde ışık eğrisinin küçük değişimler ve ışık eğrisi minimumunun ön evrelere doğru kaydığı görülmektedir. Dolayısıyla, gerek Part 1'den Part 2'ye geçişteki dikkat çekici kayma gerekse de her grup içindeki küçük kaymalar birbirini desteklemektedir. Küçük kaymaların görüldüğü bu değişimler sistematik ve yavaş bir değişim sergilemektedir.

2.3 Işık Eğrisi Analizi

Işık eğrisi analizlerinde, bileşenlere ait kesirsel yarıçaplar (r_1 , r_2), kesirsel ışıyım güçleri (L_1 , L_2), kütle oranı ($q=m_2/m_1$), çekim kararma sabitleri (g_1 , g_2), albedolar (A_1 , A_2), potansiyeller (Ω_1 , Ω_2) gibi parametreler bulunur. Bunlara ek olarak, yörünge dış merkezliği (e), varsa üçüncü cisme ait katkı (L_3), eğer bileşenlerden biri (ya da hepsi) kromosferik aktif ise leke parametreleri bulunur. Işık eğrisi analizlerinde astrofiziksel anlamı olan bir çözüm kümesi elde edilir.

Işık eğrisini etkileyen birçok parametre vardır. Bunlar, sistemin yörünge eğikliği (i), çekim kararması (g), yansıma etkisi (A), elipsoidal yapı, dışmerkezlik (e), kenar kararması (x), Güneş benzeri leke aktivitesi, eş olmayan dönme ve üçüncü cisim etkisi olarak sayılabilir.

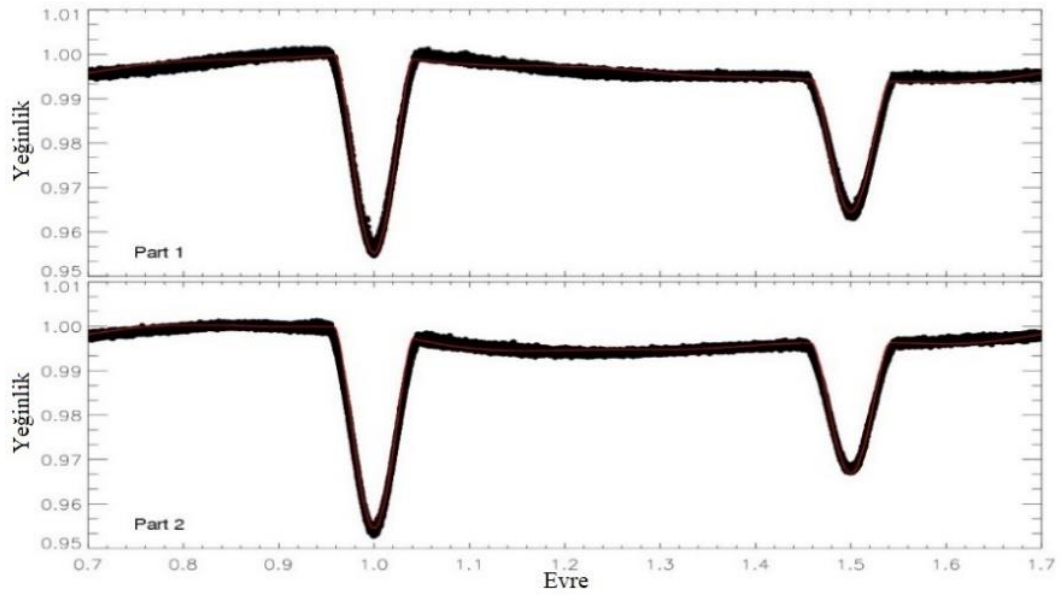
KIC 2557430, Kepler Uydusu ile 2 aylık (61.134 gün) bir süre boyunca gözlenmiştir. Işık eğrileri, çevrim çevrim incelendiğinde, yıldızın tutulmalar dışında iki farklı değişim gösterdiği görülmektedir, bunlar flare ve baskın olarak zonklama kaynaklı sinüzoidal değişimlerdir. Bu nedenle, ışık eğrisi analizinde kullanılacak veriden flare aktivitesi ve zonklama kaynaklı değişimlerin arındırılması için öncelikle tüm anlık

parlamalar ışık eğrisinden çıkarılmıştır. Daha sonraki adımda ise gerçekten zonklama kaynaklı olduğu anlaşılan 48 frekans üzerinden sentetik eğri elde edilmiş ve tüm ışık eğrisinden bu sentetik eğri çıkartılmıştır. Ancak bu arındırılmış veri ile ışık eğrisi çizildiğinde ilginç bir durum ortaya çıkmıştır. Her iki grup veri için ışık eğrileri elde edildiğinde, flare ve zonklama kökenli değişimin dışında ışık eğrisinde bir başka değişimin daha olduğu anlaşılmıştır. Şekil 2.2.1'den de görüleceği üzere her iki gruba ait ışık eğrisinde zonklama arındırıldıktan sonra da bir sinüzoidal değişimin kaldığı ve bu artık değişimin, Part 1 ve Part 2'ye ait ışık eğrilerinde farklı şekillerde ortaya çıktığı görülmektedir. Sistemin sergilediği flare aktivitesi de göz önüne alındığında bu değişimin flare aktivitesi sergileyen bileşen üzerinde ortaya çıkan soğuk lekelerden kaynaklandığı düşünülmüştür. Bu nedenle, ışık eğrisi analizi sırasında bu da göz önüne alınmıştır.

Çizelge 2.3.1: KIC 2557430'un ışık eğrisi analizi ile elde edilen fiziksel parametreleri.

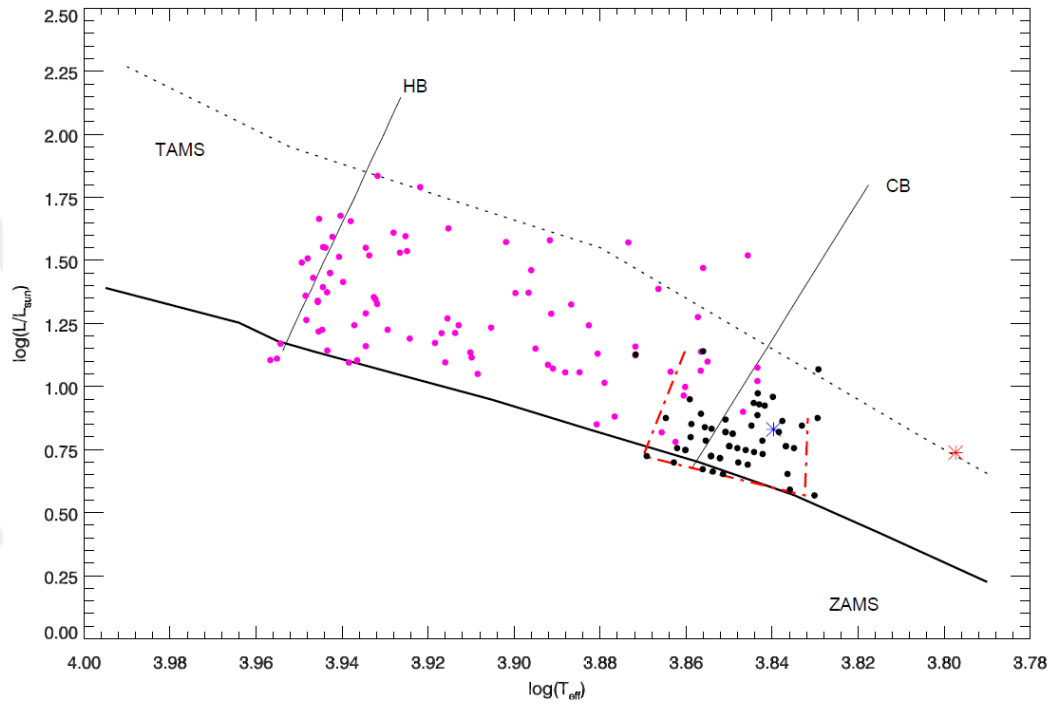
Parametre	Değer
q	0.868 ± 0.002
i ($^{\circ}$)	69.75 ± 0.01
T_1 (K)	6913 (sabit)
T_2 (K)	6271 ± 1
Ω_1	5.8362 ± 0.0010
Ω_2	5.0301 ± 0.0009
L_1/L_T	0.5576 ± 0.0011
L_3/L_T	0.0034 ± 0.0004
g_1, g_2	0.50, 0.50 (sabit)
A_1, A_2	1.0 1.0 (sabit)
$x_{1,bol}, x_{2,bol}$	0.672, 0.684 (sabit)
x_1, x_2	0.624, 0.644 (sabit)
$\langle r_1 \rangle$	0.2029 ± 0.0004
$\langle r_2 \rangle$	0.2218 ± 0.0006
Part 1 İçin Leke Parametreleri	
Co - Lat _{Spot I} (rad)	0.995 ± 0.003
Long _{Spot I} (rad)	1.292 ± 0.00
R _{Spot I} (rad)	0.314 ± 0.002
T _{f Spot I}	0.87 ± 0.01
Co - Lat _{Spot II} (rad)	0.995 ± 0.003
R _{Spot II} (rad)	0.297 ± 0.002
T _{f Spot II}	0.85 ± 0.01
Part 2 İçin Leke Parametreleri	
Long _{Spot I} (rad)	1.414 ± 0.001
R _{Spot I} (rad)	0.314 ± 0.002
T _{f Spot I}	0.86 ± 0.01
Co-Lat _{Spot II} (rad)	0.995 ± 0.003
Long _{Spot II} (rad)	5.079 ± 0.002
R _{Spot II} (rad)	0.297 ± 0.002
T _{f Spot II}	0.87 ± 0.01

Işık eğrisi analizi, PHOEBE V.0.32 yazılımı (Prša ve Zwitter 2005) ile yapılmıştır. PHOEBE V.0.32 yazılımı, Wilson-Devinney Kodu'nun 2003 versiyonunda (Wilson ve Devinney 1971; Wilson 1990) kullanılan yöntemle dayanmaktadır. Işık eğrisi analizi her üç modda da denenmiş ancak, Mod 4 (Roche-Lobu'nu dolduran baş bileşen ile yarı-ayrı sistem) ve Mod 5 (Yarı ayırık sistem, yoldaş bileşen Roche-Lobu'nu dolduruyor)'de kabul edilebilir bir çözüm elde edilememiştir. Ancak Mod 2 (ayrık sistem)'de astrofiziksel olarak kabul edilebilir uygun bir çözüm elde edilebilmiştir. KIC 2557430'un bileşenlerine ait daha önceki çalışmalara bakıldığında literatürde çok fazla çalışma olmadığı görülmüştür. Bu çalışmayla birlikte KIC 2557430 sisteminin, ilk kez, ışık eğrisi analizi yapılmıştır. Literatürde sistemin sıcaklığı için farklı yaklaşımlar mevcuttur. Literatürde verilen sıcaklıkların hangisinin gerçeğe en yakın olduğu bilinemediği için, verilen sıcaklık değerleri ışık eğrisi analizinde baş bileşenin sıcaklığı olarak alınıp çözüm aranmıştır. Ancak ilk denemeler, baş bileşenin sıcaklığının Armstrong ve ark. (2014) tarafından verilen 6913 K değerinin alınmasıyla astrofiziksel olarak kabul edilebilir bir sonuca ulaşılacağını göstermiştir. Bu nedenle çözümlerde, baş bileşenin sıcaklığı 6913 K olarak alınmış ve sabitlenmiş, yoldaş bileşenin sıcaklığı ise serbest parametre olarak bırakılmıştır. Tayf türleri göz önüne alınıp bileşenlerin albedoları A_1 ve A_2 ile çekim kararma katsayıları g_1 ve g_2 değerleri, konvektif yıldızlara uygun olacak şekilde belirlenmiştir (Lucy 1967; Ruciński 1969). Bileşenlerin kenar kararma katsayıları x_1 ve x_2 , van Hamme'den (1993) alınmıştır. Potansiyeller Ω_1 ve Ω_2 , baş bileşenin ısıtması L_1 , olası üçüncü cisim ısıtması L_3 ve sistemin i açısı serbest parametre olarak bırakılmıştır.



Şekil 2.3.1: KIC 2557430'un ışık eğrisi analizi yapılan Part 1 (HJD 24 55002.51095-24 55033.30413) ve Part 2 (HJD 24 55093.21555-24 55123.55666) verilerinden elde edilen sentetik ışık eğrisi.

Işık eğrisi analizinde, tutulmalar dışında kalan sinüzoidal değişim yoldaş bileşen üzerinde iki soğuk leke ile temsil edilmiştir. Part 1 ve Part 2'nin tutulmalar dışı değişimi farklı olduğundan, Part 2 için yapılan çözümde sadece leke parametreleri serbest bırakılmıştır. Bununla birlikte analizlerde, üçüncü cisim parametreleri serbest bırakılması ile üçüncü cisimden de toplam ısıtmaya %0.339 lük bir katkı geldiği görülmüştür. Işık eğrisi analizinde sistemin fiziksel parametrelerine ilişkin elde edilen sonuçlar Çizelge 2.3.1'de verilmiştir. Bu parametreler ile elde edilen sentetik ışık eğrisi, gözlemlerden elde edilen ortalama ışık eğrisi ile birlikte Şekil 2.3.1'de gösterilmiştir.

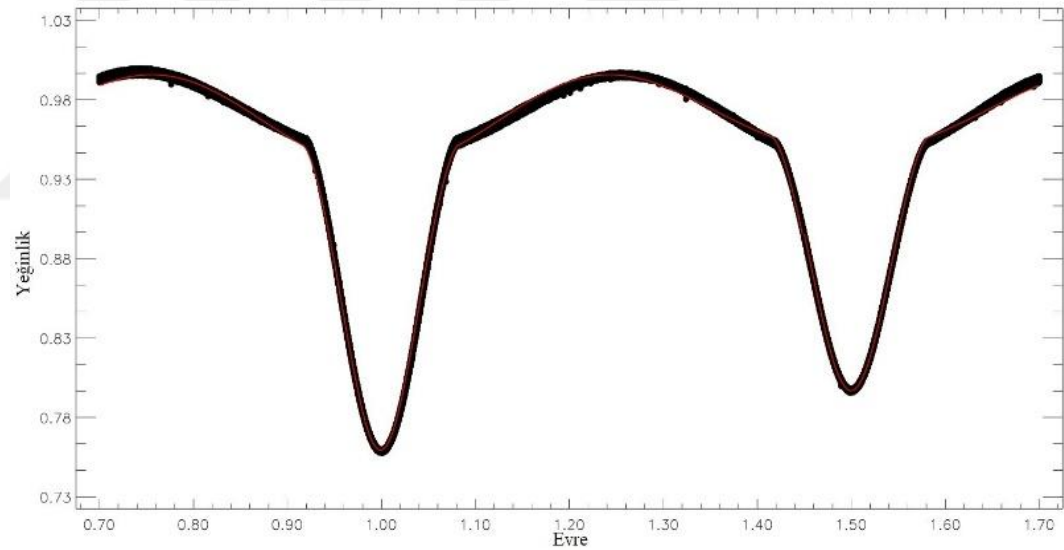


Şekil 2.3.2: KIC 2557430'un baş (mavi yıldız işareti) ve yoldaş bileşeninin (kırmızı yıldız işareti), HR diyagramında yeri. Şekilde, siyah daireler, Henry ve ark. (2005) tarafından listelenen γ Dor türü yıldızları temsil etmektedir. Sistemin baş bileşeni γ Dor türü yıldızlar arasındadır. Yoldaş bileşen ise TAMS'tadır. Noktalı kesikli çizgiler (kırmızı), γ Dor türü yıldızların bulunduğu alanın sınırlarını temsil etmektedir. Ek olarak, sıcak (HB) ve soğuk (CB) kollar arasında kalan δ Scuti yıldızları karşılaştırma amaçlı verilmiştir. Şekilde, pembe daireler, bazı yarı ve yarı-ayrık çiftleri temsil etmektedir (Soydugan ve ark. 2006). Sıfır yaş anakolu (ZAMS) ve Terminal yaş anakolu (TAMS), Girardi ve ark. (2000) tarafından, Kararsızlık Kuşağı sınırları ise Rolland ve ark. (2002) tarafından hesaplanmıştır.

Işık eğrisi analizinde baş bileşenin ısıtması $6.75791 L_{\odot}$ olarak elde edilmiştir. Bu ısıtma değeri ve baş bileşen sıcaklığı, $\log(T_{\text{eff}})$ - $\log(L/L_{\odot})$ düzleminde noktalandığında, Şekil 2.3.2'den de görüldüğü üzere baş bileşenin, Girardi ve ark. (2000) ve Rolland ve ark. (2002) alınan verilerle oluşturulan kararsızlık kuşağında γ Dor türü değişen yıldızların arasında kaldığı görülür. Daha önceki çalışmalarda da sistemin bir bileşeninin γ Dor türü değişen yıldız olabileceği söylenmekteydi. Böylece bu çalışmayla birlikte teyit

edilmiş oldu. Aynı zamanda ışık eğrisi analizi sonucunda elde edilen 6271 K sıcaklığa sahip yoldaş bileşen de evrim yolunda noktalanmış olup, kırmızı yıldız ile işaretlenmiştir. Bakıldığında yoldaş bileşenin TAMS'ta kaldığı görülmektedir.

KIC 8043961 sisteminin bileşenlerinin fiziksel koşullarını bulmak için Kamil ve ark.ları (2018) tarafından yapılan tayfsal gözlemlerden elde edilen radyal hız değişimi ile birlikte ışık eğrisini analiz etmek gerekmektedir. Bu amaçla, Wilson-Devinney Kodu'nun (Wilson ve Devinney 1971; Wilson 1990) 2003 sürümünde kullanılan PHOEBE V.0.32 yazılımı (Prša ve Zwitter 2005) kullanılarak, tüm arındırılmış veriden ışık eğrileri analiz edilmiştir. Işık eğrisi analizi her üç modda da denenmiş ancak, Mod 4 (Roche-Lobu'nu dolduran baş bileşen ile yarı-ayrı sistem) ve Mod 5 (Yarı ayırık sistem, yoldaş bileşen Roche-Lobu'nu dolduruyor)'de kabul edilebilir bir çözüm elde edilememiştir. Ancak Mod 2 (ayırık sistem)'de astrofiziksel olarak kabul edilebilir uygun bir çözüm elde edilebilmiştir.



Şekil 2.3.3: HJD 24 55739.938538'den 24 55829.125868'e kadar alınan ortalama Short Cadence verilerinden elde edilen gözlem verileri ve sentetik (kırmızı düzgün çizgi) ışık eğrisi.

Yüzey çekim ivmesi $\log(g)=3.78 \text{ cms}^{-2}$ değeri ile neredeyse evrimleşmiş bir anakol yıldızı olan baş bileşenin sıcaklığı, Kamil ve ark.ları (2018) tarafından yapılan çalışmadan elde edilen tayf analizi ile $6800 \pm 200 \text{ K}$ olarak bulunmuştur. Yoldaş bileşenin yüzey çekim ivmesi $\log(g)=4.02 \text{ cms}^{-2}$ değeri ile anakol yıldızın sıcaklığı ise $6367 \pm 200 \text{ K}$ 'dir. Bu sonuçlar dikkate alınarak, ışık eğrisi analizlerinde baş bileşen sıcaklığı 6800 K 'ye sabitlenmiş iken, yoldaş bileşenin sıcaklığı serbest parametre bırakılıp, başlangıç olarak sıcaklık değeri olarak 6367 K alınmıştır. Bu sıcaklığa karşılık gelen tayf türü göz önüne

alındığında, bileşenlerin albedosu (A_1 ve A_2) ve çekim kararırma katsayıları (g_1 ve g_2) konvektif zarflı yıldızlar için kabul edilmiştir (Lucy 1967; Rucinski 1969). Bileşenlerin doğrusal olmayan kenar kararırma katsayıları (x_1 ve x_2) van Hamme'den (1993) alınmıştır. Analizlerde, boyutsuz potansiyelleri (Ω_1 ve Ω_2), baş bileşenin kesirsel parlaklığı (L_1), sistemin eğimi (i), sistemin kütle oranı (q), yarı büyük eksen ve üçüncü ışık fazlalığı ayarlanabilir serbest parametreler olarak alınmıştır.

Işık eğrisi analizi sonucunda KIC 8043961'e ait elde edilen fiziksel parametreler Çizelge 2.3.2'de listelenmiştir.

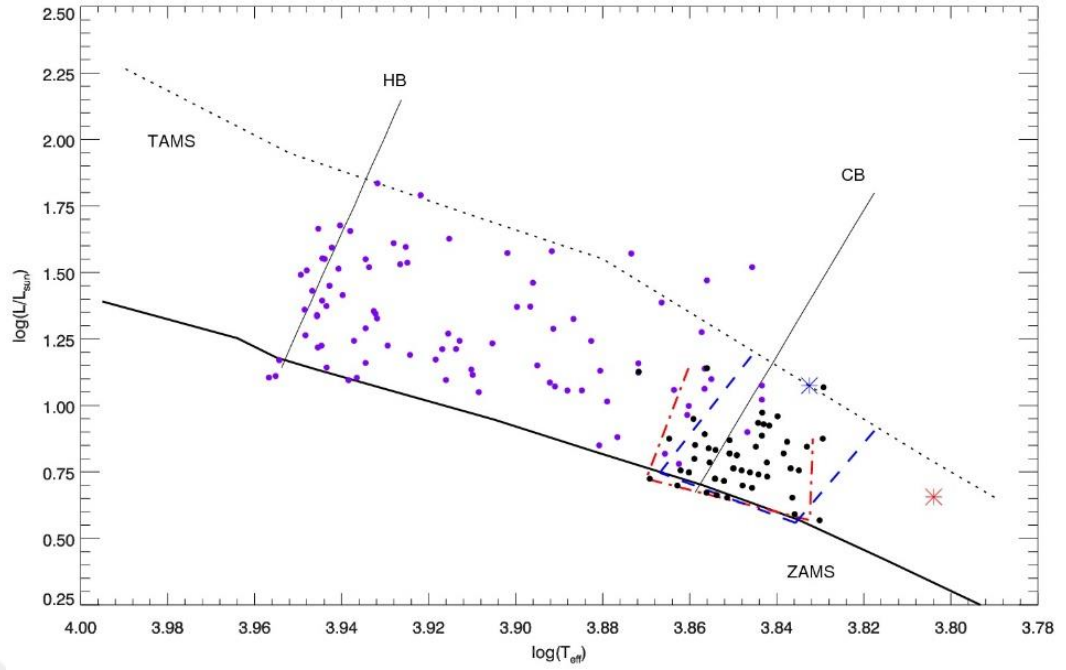
Çizelge 2.3.2: KIC 8043961'in ışık eğrisi analizi ile elde edilen fiziksel parametreleri.

Parametre	Değer
q	1.09 ± 0.07
i ($^\circ$)	77.40 ± 0.13
T_1 (K)	6800 ± 200
T_2 (K)	6367 ± 200
Ω_1	4.3146 ± 0.0047
Ω_2	6.1321 ± 0.007
L_1/L_T	0.7325 ± 0.0053
L_3/L_T	0.0197 ± 0.0065
g_1, g_2	0.32 (sabit)
A_1, A_2	0.32 (sabit)
$x_{1,bol}, x_{2,bol}$	0.136, 0.293 (sabit)
x_1, x_2	0.106, 0.482 (sabit)
$\langle r_1 \rangle$	0.3243 ± 0.0005
$\langle r_2 \rangle$	0.2123 ± 0.0012

Hem tayf hem de ışık eğrisi modellemesinden elde edilen birleştirilmiş sonuçlar, Çizelge 2.3.3'te listelenen sistemin fiziksel parametrelerini göstermektedir. Bu parametrelere göre, baş bileşen yoldaş bileşenden daha fazla evrimleşmiştir. Durumu göstermek için, bileşenler Şekil 2.3.4'teki $\log(T_{eff})$ - $\log(L/L_\odot)$ düzleminde çizdirilmiştir.

Çizelge 2.3.3: KIC 8043961'in ışık eğrisi analizinden elde edilen salt parametreler.

Parametre	Baş	Yoldaş
Kütle ($M_\odot$)	1.348 ± 0.109	1.481 ± 0.181
Ayrım ($R_\odot$)	8.001 ± 0.266	
Yarıçap ($R_\odot$)	2.517 ± 0.084	1.771 ± 0.059
$\log(L)$ ($L_\odot$)	1.074 ± 0.059	0.656 ± 0.062
$\log(g)$ (cm s^{-2})	3.766 ± 0.012	4.112 ± 0.026
M_{bol} (mag)	2.064 ± 0.148	3.110 ± 0.156
Uzaklık (pc)	$654.98 \pm 52.40 - 586.95 \pm 20.97$	



Şekil 2.3.4: KIC 8043961'in baş (mavi yıldız işareti) ve yoldaş bileşeninin (kırmızı yıldız işareti), HR diyagramında yeri. Şekilde, siyah daireler, Henry ve ark. (2005) tarafından listelenen γ Dor türü yıldızları temsil etmektedir. Sistemin baş bileşeni TAMS'ta iken, yoldaş bileşeni TAMS'a yaklaşmaktadır. Noktalı kesikli çizgiler (kırmızı), γ Dor türü yıldızların bulunduğu alanın sınırlarını temsil etmektedir. Ek olarak, sıcak (HB) ve soğuk (CB) kollar arasında kalan δ Scuti yıldızları karşılaştırma amaçlı verilmiştir. Şekilde, mor daireler, bazı yarı ve yarı-ayrık çiftleri temsil etmektedir (Soydugan ve ark. 2006). Sıfır yaş anakolu (ZAMS) ve Terminal yaş anakolu (TAMS), Girardi ve ark. (2000) tarafından, Kararsızlık Kuşağı sınırları ise Rolland ve ark. (2002) tarafından hesaplanmıştır.

2.4 Dönem Değişimi (O-C) Analizi

Çift sistemlerde dönem değişimine neden olan dört sebep vardır. Bunlar, bileşenler arası kütle aktarımı veya korunumsuz kütle kaybı, sisteme üçüncü bir cismin etkisi, manyetik aktivite ve eksen dönmesi'dir. Çift sistemlerde yalnızca kütle aktarımı, kütle kaybı ve manyetik etkinlik gerçek anlamda dönem değişimine neden olur. Bu etkiler bileşenler arası uzaklığın değişmesine ve o da toplam açısal momentumun değişmesine neden olur.

Eksen dönmesi ve üçüncü cismin varlığı ise sistemin gözlemciye göre uzaydaki konumunun ve bileşenlerin uzaklıklarının değişmesine neden olur. Bu nedenle minimumlar arası zaman farkı ve gözlenme zamanlarında değişim olmaktadır. Bu iki etki yapay bir değişimle sistemin dönemi de değişiyormuş gibi algılanmasına neden olur.

Minimum zamanları, yörünge döneminin bilinmesiyle önceden tahmin edilebilir. Bir sistemin dönem değişiminin nedenini belirlemek için yapılan çalışmalar; O gözlenen

ve C hesaplanan minimum zamanları olmak üzere, zamana göre O-C farkının değişimini yorumlamaya dayanır. Burada O-C, herhangi bir minimum veya maksimum zamanının gözlenen değeri ile sabit bir dönem kullanılarak hesaplanan kuramsal değeri arasındaki farktır.

KIC 2557430 sisteminin Kepler Veri Tabanı'nda (Slawson ve ark. 2011; Matijević ve ark. 2012) açık olarak sunulan Short Cadence verisinin arındırılmış formunda hiçbir düzeltme yapılmadan minimum zamanları okunmuştur. Minimum zamanlarının hesabında, temeli Kwee ve van Woerden (1956) yöntemine dayanan ve spline fonksiyon kullanan bir script kullanılmıştır.

Elde edilen minimum zamanları için (O-C) I sapmaları belirlenmiş, çok büyük hataya sahip bazı minimum zamanları için ışık eğrisi incelenmiş ve bu minimum zamanlarında flare aktivitesinin olduğu görülüp, bu minimum zamanları veriden çıkarılmıştır. Bu nedenle analizlere sağlıklı 89 minimum zamanı ile devam edilmiştir. Elde edilen bu sapmalara Denklem (3) ile verilen lineer düzeltme yapılmıştır:

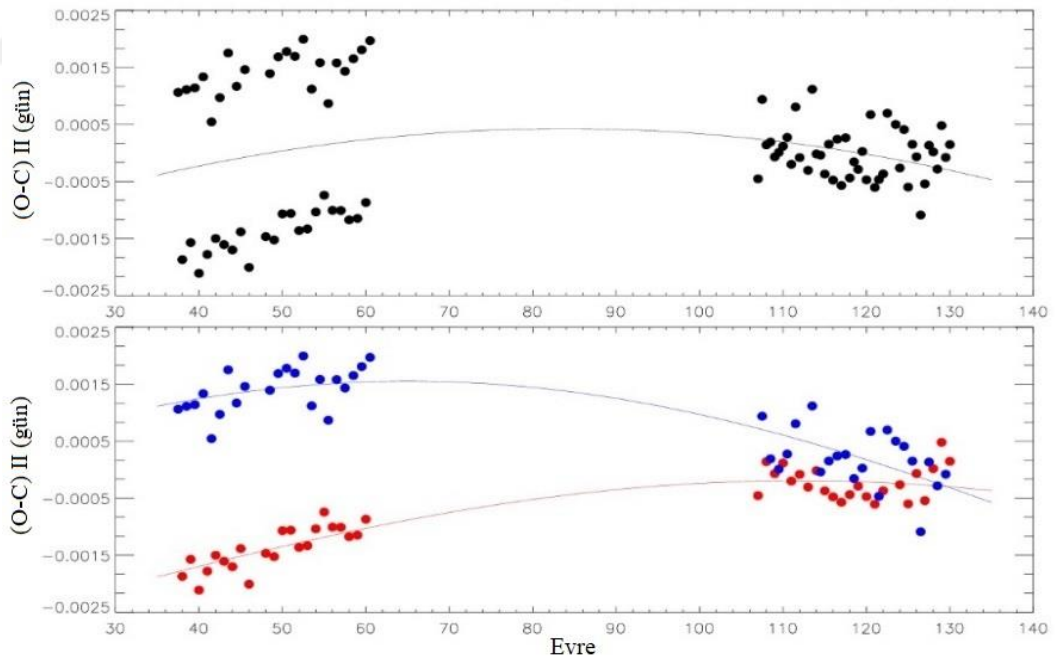
$$HJD = 24\,54954.46175(2) + 1^d.1297728(3) \times E \quad (3)$$

Yapılan lineer düzeltme sonrasında yeni $T_0 = 24\,54954.46175$ ve $P = 1^d.1297728$ değeri elde edilmiştir.

Çizelge 2.4.1: KIC 2557430'un minimum zamanları.

HJD (Gözlem) (+24 00000)	E	Tür	O-C (I) (gün)	HJD (Gözlem) (+24 00000)	E	Tür	O-C (II) (gün)
55003.12760	37.5	II	0.00106	55093.96841	107.5	II	0.00094
55003.77353	38.0	I	-0.00187	55094.61647	108.0	I	0.00014
55004.42538	38.5	II	0.00111	55095.26539	108.5	II	0.00019
55005.07156	39.0	I	-0.00157	55095.91399	109.0	I	-0.00007
55005.72313	39.5	II	0.00114	55096.56293	109.5	II	0.00001
55006.36874	40.0	I	-0.00211	55097.21191	110.0	I	0.00012
55007.02105	40.5	II	0.00133	55097.86092	110.5	II	0.00027
55007.66680	41.0	I	-0.00178	55098.50932	111.0	I	-0.00020
55008.31799	41.5	II	0.00055	55099.15918	111.5	II	0.00081
55008.96481	42.0	I	-0.00150	55099.80716	112.0	I	-0.00008
55009.61615	42.5	II	0.00097	55101.10467	113.0	I	-0.00030
55010.26243	43.0	I	-0.00161	55101.75495	113.5	II	0.00112
55010.91465	43.5	II	0.00175	55102.40268	114.0	I	-0.00002
55011.56006	44.0	I	-0.00170	55103.05152	114.5	II	-0.00004
55012.21180	44.5	II	0.00117	55103.70005	115.0	I	-0.00037
55012.85811	45.0	I	-0.00138	55104.34944	115.5	II	0.00015
55013.50982	45.5	II	0.00146	55104.99768	116.0	I	-0.00048
55014.15521	46.0	I	-0.00201	55105.64726	116.5	II	0.00024
55016.75121	48.0	I	-0.00147	55106.29531	117.0	I	-0.00057

55017.40293	48.5	II	0.00139	55106.94501	117.5	II	0.00027
55018.04888	49.0	I	-0.00152	55107.59317	118.0	I	-0.00044
55018.70095	49.5	II	0.00169	55108.24232	118.5	II	-0.00015
55019.34706	50.0	I	-0.00107	55108.89105	119.0	I	-0.00029
55019.99877	50.5	II	0.00178	55109.54023	119.5	II	0.00003
55020.64480	51.0	I	-0.00106	55110.18859	120.0	I	-0.00047
55021.29642	51.5	II	0.00170	55110.83860	120.5	II	0.00067
55021.94223	52.0	I	-0.00136	55111.48619	121.0	I	-0.00060
55022.59445	52.5	II	0.00199	55112.13519	121.5	II	-0.00047
55023.23998	53.0	I	-0.00133	55112.78415	122.0	I	-0.00037
55023.89130	53.5	II	0.00112	55113.43408	122.5	II	0.00070
55024.53801	54.0	I	-0.00104	55114.73161	123.5	II	0.00050
55025.18949	54.5	II	0.00158	55115.37971	124.0	I	-0.00026
55025.83603	55.0	I	-0.00074	55116.02925	124.5	II	0.00041
55026.48650	55.5	II	0.00087	55116.67710	125.0	I	-0.00060
55027.13349	56.0	I	-0.00101	55117.32672	125.5	II	0.00015
55027.78494	56.5	II	0.00158	55117.97536	126.0	I	-0.00007
55028.43122	57.0	I	-0.00101	55118.62320	126.5	II	-0.00109
55029.08252	57.5	II	0.00143	55119.27261	127.0	I	-0.00054
55029.72878	58.0	I	-0.00117	55119.92215	127.5	II	0.00013
55030.38047	58.5	II	0.00165	55120.57090	128.0	I	0.00002
55031.02653	59.0	I	-0.00115	55121.21947	128.5	II	-0.00028
55031.67835	59.5	II	0.00181	55121.86909	129.0	I	0.00048
55032.32454	60.0	I	-0.00087	55122.51740	129.5	II	-0.00008
55032.97624	60.5	II	0.00197	55123.16649	130.0	I	0.00015
55093.31815	107.0	I	-0.00045				



Şekil 2.4.1: KIC 2557430'un Kepler Veri Tabanı'ndan alınan Short Cadence verisinden hesaplanan minimum zamanları. Üst panelde tüm minimum zamanları için elde edilen parabolik temsil gösterilirken alt panelde baş (mavi noktalar) ve yan (kırmızı noktalar) minimum zamanları için elde edilen (O-C) II artıkları ayrı ayrı gösterilmiştir. Her iki panelde noktalar hesaplanan minimum zamanlarını gösterirken, düz çizgiler temsilleri göstermektedir.

Elde edilen minimum zamanları, (O-C) I ve lineer düzeltme sonrası elde edilen (O-C) II artıkları Çizelge 2.4.1’de listelenmiştir. Çizelgede sırasıyla minimum zamanları, çevrim sayısı, minimum türü, (O-C) I ve (O-C) II artıkları listelenmiştir. Elde edilen (O-C) II artıklarının zamana göre değişimi incelendiğinde ilginç bir değişim görülmüştür. Tüm minimum zamanları, Şekil 2.4.1’in üst panelinde görüldüğü gibi ters parabolik bir değişim sergilemektedir. Bu ters parabolik değişim, sistemde büyük kütleli yıldızdan küçük kütleli yıldıza bir madde aktarımı olduğunu göstermektedir. Ancak burada ilginç olan, baş minimum ve yan minimum için elde edilen (O-C) II artıklarının birbirinden ayrışmasıdır. Bu durum, Tran ve ark. (2013) ve Balaji ve ark. (2015) tarafından, diğer kromosferik aktif örten çift sistemler için bulunana benzeyen bir değişimdir ve Şekil 2.4.1’in alt panelinde bu ayrışma gösterilmiştir.

KIC 8043961’in yörünge dönemi değişimini incelemek için mevcut tüm veriler değerlendirilmiştir. Sistemin Kepler Veri Tabanı’nda (Slawson ve ark. 2011; Matijević ve ark. 2012) açık olarak sunulan Short Cadence ve Long Cadence verisinin arındırılmış formunda hiç bir düzeltme ve arındırma yapılmadan minimum zamanları okunmuştur. Minimum zamanlarının hesabında, temeli Kwee ve van Woerden (1956) yönteme dayanan ve spline fonksiyon kullanan bir script kullanılmıştır. Bu analiz sonucunda baş minimumdan 344 minimum zamanı ve yoldaş minimumdan en az 174 minimum zamanı olmak üzere toplam 518 minimum zamanı belirlenmiştir. Bu minimum zamanları için, beklenen minimum süreleri, Denklem (4)’te verilen başlangıç ışık ögeleri ile O-C değişimlerini hesaplamak için hesaplanmıştır:

$$HJD = 24\,54954.555903 + 1^d.5592121 \times E \quad (4)$$

Bununla birlikte, yeni $T_0=54954.555903$ ve $P=1^d.5592121$ değerleri bu şekilde elde edilmiştir.

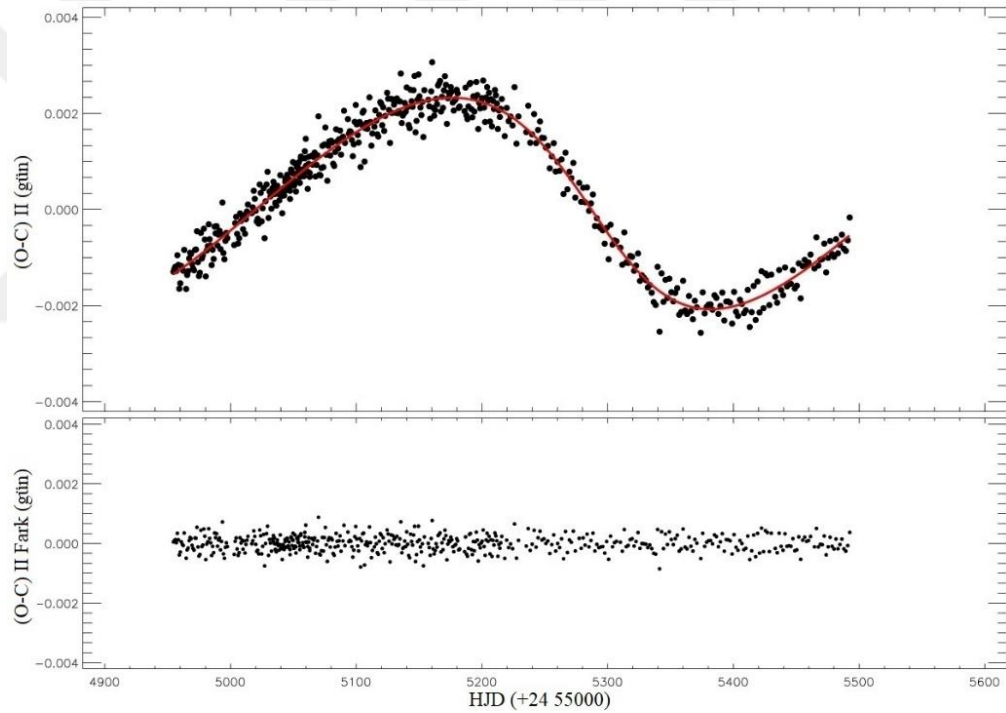
Elde edilen minimum zamanları, (O-C) I ve lineer düzeltme sonrası elde edilen (O-C) II artıkları Ek 4’te sunulan Çizelge 2.4.2’de listelenmiştir. Çizelgede sırasıyla minimum zamanları, çevrim sayısı, minimum türü, (O-C) I ve (O-C) II artıkları listelenmiştir. Elde edilen (O-C) II artıklarının zamana göre değişimi incelendiğinde sinüs benzeri bir değişim görülmüştür. Bu nedenle, öncelikle, sinüzoidal değişimi tamamen saptamak için O-C değişimine lineer bir düzeltme uygulanmıştır. Lineer düzeltmeden sonra, regresyon analizleri, (O-C) II farklarının uzun süreli bir sinüzoidal formda bir çevrimsel değişim sergilediğini göstermiştir. (O-C) II farkları, muhtemelen sistemdeki görünmeyen üçüncü cismin neden olduğu ışık-zaman etkisi nedeniyle çevrimsel değişimi göstermektedir.

Denklem (4)'te verilen ışık ögeleri başlangıç değerleri olarak alınıp, Denklem (5)'te verilen düzeltilmiş ışık ögeleri ile sinüzoidal değişim doğrusal eğilimle birlikte modellenmiştir:

$$HJD(MinI) = 2454954.55522(26) + 1^d.5592141(128) \times E + \Delta t \quad (5)$$

Burada, Δt , muhtemel görünmeyen üçüncü cisim nedeniyle ışık-zaman etkisinin bir dönemidir. Bu durumun geçerli olduğunu varsayarsak, üçüncü cismin bazı fiziksel özelliklerini bulmaya çalışabiliriz. Bu amaçla, Irwin (1959) tarafından verilen üçüncü cisim kaynaklı ışık-zaman etkisi (O-C) II artıklarına uydurulmuştur:

$$\Delta t = \frac{a_{12} \sin i'}{c} \left\{ 1 - \frac{e'^2}{1 + e' \cos v'} \sin(v' + \omega') + e' \cos \omega' \right\} \quad (6)$$



Şekil 2.4.2: KIC 8043961'in O-C değişimleri. Şekilde, lineer düzeltme sonrasında elde edilen (O-C) II değişim üst panelde, artıkları ise alt panelde gösterilmektedir.

Burada, Δt , ışık-zaman etkisinden kaynaklanan zamanın ilerlemesi/gecikmesi, c ışık hızı ve a_{12} , i' , e' ve ω' , sırasıyla, yarı büyük eksen, enberinin üçlü sistemin kütle merkezi etrafındaki gölgede bulunan çift yığın merkezinin eğimi, dış merkezliği ve boylamıdır. v' , bu yörüngedeki gölgedeki çift kütle merkezinin konumunun gerçek anomalisidir. Üçüncü cisim göz önüne alındığında, (O-C) II artıklarından elde edilen olası bir çözüm modeli, Şekil 2.4.2'nin üst panelinde düzgün bir kırmızı çizgi ile gösterilmiştir. Hem doğrusal

eğilim hem de sinüzoidal değişim için elde edilen tüm parametreler Ek 4'te sunulan Çizelge 2.4.2'de listelenmiştir.

Tüm minimum zamanlarının, Şekil 2.4.2'de de görüldüğü gibi sinüs benzeri bir değişim sergilediği görülmektedir. Bu sinüs benzeri değişim, sistemde üçüncü bir cismin varlığının olduğuna işaret eder. Şekil 2.4.2'nin üst paneline bakıldığında baş minimum ve yan minimum için elde edilen (O-C) II artıklarının birbirinden ayrılmadığı görülmektedir. Analiz sonucunda elde edilen parametreler Çizelge 2.4.3'te verilmiştir.

Çizelge 2.4.3: KIC 8043961'in O-C analizinden türetilen parametreler.

T₀	55296±6.08
P (gün)	497.23±21.23
asini (AB)	0.397±0.017
w (°)	192±4.75
e	0.277±0.033
n	0.0126±0.0005
f(m)	0.034±0.001
i (°)	77.41±0.13
M₃ (M₀)	0.778±0.002

Tahmini olarak üçüncü cismin yörüngesinin çember olduğunu varsayarak ve aşağıdaki denklemi kullanarak, üçüncü cisim için kütle fonksiyonu $f(m) = 0.034 \pm 0.001$ olarak elde edilmiştir.

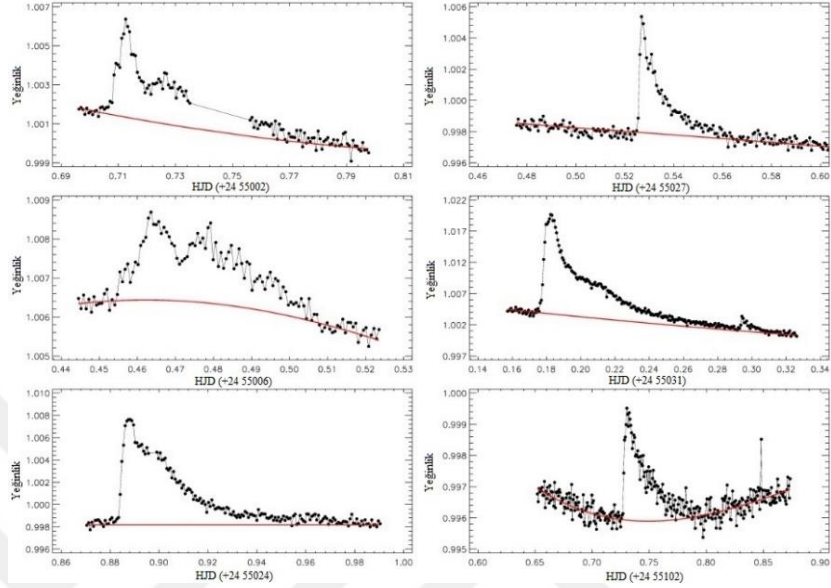
$$f(m) = \frac{4\pi^2}{GT^2} \times (a_{12} \sin i)^3 = \frac{(M_3 \sin i')^3}{(M_1 + M_2 + M_3)^2} \quad (7)$$

M₁ ve M₂ çift bileşenlerinin kütleleridir ve M₃ üçüncü cismin kütlesidir. Üçüncü bileşenin kütlesi Denklem (7)'den tahmin edilebilir. Burada, çift sistemin toplam kütlesi 2.829 M₀ olarak kabul edilirken, yörünge eğimi tutulum çifti ile aynı kabul edilmiştir. Bu olaylarda üçüncü cismin olası kütlesi 0.778±0.002 M₀ olarak hesaplanmıştır. Çizelge 2.4.3'te verilen parametreler, KIC 8043961'in üçüncü cismin, sisteminin kütle merkezi etrafında 497.23±21.23 yıllık bir yörüngeye sahip olduğunu göstermektedir.

2.5 Flare Parametreleri ve OPEA Modeli

Flare aktivitesinin doğasının anlaşılabilmesi ve sistemin flare davranışının belirlenebilmesi için, bileşenler üzerinde ortaya çıkan flare parlamalarının belirlenebilmesi için, ilk önce sistemin ışık eğrisinde flare kaynaklı değişimler dışında kalan tüm değişimlerin belirlenmesi ve modellenmesi gerekmektedir. KIC 2557430 sistemi bir örten çift olduğu için örtme ve örtülmelerden kaynaklanan tüm minimumlar,

minimum noktasının 0.045 evre öncesinden 0.045 evre sonrasına kadar veriden çıkarılmıştır. Bu iki nokta bileşenlerin dıştan teğet olduğu noktalar. Bununla birlikte, gözlem süresince veri alımı sırasında ortaya çıkan ve teknik nedenlerden kaynaklanan sapan noktalar da veriden çıkarılmıştır.



Şekil 2.5.1: Kepler Veri Tabanı'ndan alınan Short Cadence veriden elde edilmiş flare ışık eğrilerine ilişkin tüm ışık eğrisinin farklı evrelerine denk gelen ve farklı zaman dilimlerinden seçilmiş örnekler. Şekilde içi dolu siyah noktalar gözlemleri gösterirken, düz kırmızı çizgi, yıldızın sakin düzeyi olarak kabul edilen sentetik eğriyi göstermektedir.

Flare parametreleri olan flare başlangıç ve bitiş noktaları ve flare enerjisinin belirlenebilmesi için sistemin flare dışı sakin düzeyinin de belirlenmesi gerekmektedir. Ancak sistemi oluşturan bileşenlerin sergilediği zonklama ve leke aktivitesi kaynaklı dönme modülasyonu değişimi nedeniyle sistemin parlaklık düzeyinin flare parlamaları dışında da sinüzoidal değişim gösterdiği görülmüştür. Bu nedenle, flare parlamaları dışında kalan ışık eğrisi baz alınarak, dönem analizinden elde edilen 50 frekansın tamamı kullanılarak sistemin ışık değişimi Fourier dönüşümü ile modellenmiştir. Bu sentetik modeller kullanılarak her bir flare için temel düzey tanımlanmıştır. Flare ışık eğrilerine ve flare aktivitesi dışında kalan değişim baz alınarak Fourier tranformu ile elde edilen sentetik ışık eğrisine dair örnekler Şekil 2.5.1'de gösterilmiştir. Şekilde içi dolu noktalar gözlemleri gösterirken, kırmızı düz çizgi Fourier dönüşümü ile elde edilen modeli göstermektedir. Sistemin tutulmalar dışı değişimlerinin modellenmesinin ardından, flare parametreleri hesaplanmıştır.

Flarenin başlangıç ve bitiş zamanları belirlendikten sonra flare parlama (T_r) ve sönümlenme (T_d) zamanları, flare genliği, eşdeğer süresi (P) hesaplanmıştır. Oluşturulan tüm veri setlerinde ayırt edilen tüm flareler için hesaplanan bu parametreler Çizelge 2.5.1’de listelenmiştir.

Çizelge 2.5.1: KIC 2557430 sisteminin Kepler Uydusu tarafından yapılan gözlemlerinde elde edilen Short Cadence gözlem verisinin analizi ile tespit edilen her flare için hesaplanan parametreler, OPEA modellerinde görünen ayrışmaya göre ayrı ayrı listelenmiştir.

Grup 1					
Flare Zamanı	Toplam Süre (T_t)	Eşdeğer Süre (P)	Çıkış (T_r)	İniş (T_d)	Genlik
55002.712567	6002.722080	8.039659	823.896576	5178.825504	0.005027
55003.677739	1059.308064	0.673626	294.251616	765.056448	0.001400
55003.837805	882.753120	0.417511	176.545440	706.207680	0.000922
55006.463585	4649.159808	4.793132	823.903488	3825.256320	0.002251
55006.821862	3472.156800	3.288425	353.099520	3119.057280	0.003478
55011.037401	1000.444608	0.402576	294.249888	706.194721	0.000979
55014.476438	706.193856	0.372427	470.802240	235.391616	0.001146
55017.788094	294.248160	0.133522	117.695808	176.552352	0.002310
55019.178960	1471.239072	1.473707	176.560992	1294.678080	0.003395
55020.936272	706.190400	0.261260	176.542848	529.647552	0.000808
55022.009048	823.893984	0.403619	176.543712	647.350272	0.001168
55023.572234	882.731520	0.368507	353.094336	529.637184	0.000931
55023.594030	588.493728	0.230196	294.247296	294.246433	0.001103
55024.469959	588.492864	0.277295	235.399392	353.093472	0.001261
55024.474727	176.551488	0.140336	58.847904	117.703584	0.001645
55024.887489	8297.738496	20.159287	765.035712	7532.702784	0.009431
55025.677595	529.644960	0.223677	117.703584	411.941376	0.000667
55026.362807	647.348544	0.265899	176.560128	470.788416	0.000929
55027.526849	3707.500897	6.002558	117.703584	3589.797312	0.007432
55028.252247	941.583744	0.496766	647.338176	294.245568	0.001938
55029.538208	706.176576	0.297052	588.481632	117.694944	0.000833
55029.585206	765.040896	0.257707	117.703584	647.337312	0.000809
55030.074933	882.735840	0.490036	117.703584	765.032256	0.001896
55031.182439	9827.777952	37.020060	647.337312	9180.440640	0.015910
55031.294143	1765.461312	1.377747	470.795328	1294.665984	0.002374
55094.907384	764.996832	0.306107	470.773728	294.223104	0.001201
55094.922368	765.005472	0.249014	470.765952	294.239520	0.000799
55094.930541	706.152384	0.247567	411.929280	294.223104	0.000698
55095.452257	4354.627392	6.524747	470.765088	3883.862304	0.005723
55097.401539	765.004608	0.253873	470.773728	294.230880	0.001011
55099.405307	823.840416	0.332166	647.307072	176.533345	0.001022
55100.654425	1588.851936	1.146446	176.541984	1412.309952	0.002284
55101.914441	1000.380672	0.663007	470.763360	529.617312	0.001315
55102.730386	5708.068704	6.538134	411.918912	5296.149793	0.003590
55105.101255	1000.378944	0.438149	882.690048	117.688896	0.001212
55107.150650	3295.374624	3.017127	941.534496	2353.840128	0.003184
55107.706417	2059.618752	1.475751	353.074464	1706.544288	0.002258
55113.089730	411.917185	0.258550	117.688032	294.229152	0.001755
55122.376337	7120.346688	11.891936	706.154111	6414.192577	0.005768
55123.516474	411.925824	0.211945	176.540256	235.385568	0.001146
Grup 2					
Flare Zamanı	Toplam Süre (T_t)	Eşdeğer Süre (P)	Çıkış (T_r)	İniş (T_d)	Genlik
55002.927807	3236.763456	1.532509	1588.961664	1647.801792	0.001251

55003.850747	1118.163744	0.248598	411.956064	706.207680	0.000994
55004.935797	4884.566976	2.045424	1471.254624	3413.312352	0.001144
55005.242309	1588.941792	0.579122	647.340768	941.601024	0.000969
55006.693808	2177.458848	0.862105	1412.395488	765.063360	0.001034
55006.874991	1824.351552	0.939750	1471.252896	353.098656	0.001262
55007.902142	2059.742304	0.913513	411.946560	1647.795744	0.001302
55008.788298	3884.098176	1.837626	765.053855	3119.044320	0.001407
55008.830528	1059.303744	0.338779	529.651872	529.651872	0.000985
55010.425743	5826.136032	3.496779	765.043488	5061.092544	0.001656
55010.625997	3589.852608	1.548999	1824.355008	1765.497600	0.001478
55011.703549	1471.246848	0.394312	765.052128	706.194720	0.000081
55013.111450	9827.924832	7.063702	2177.448480	7650.476352	0.002805
55013.274922	2236.296384	0.771074	882.755712	1353.540672	0.001247
55020.351864	2648.227392	1.142096	529.646688	2118.580704	0.001028
55025.701434	1176.985728	0.374385	1118.137824	58.847904	0.000663
55025.987507	1883.180448	0.485702	1118.145600	765.034848	0.000866
55029.357710	1588.930560	0.482718	588.491136	1000.439424	0.001043
55033.127042	9415.815840	5.713145	2059.712064	7356.103776	0.001792
55093.599688	588.472128	0.145763	353.077056	235.395072	0.000677
55093.609905	823.850784	0.191866	58.845312	765.005472	0.000480
55096.304983	9650.789280	5.814991	1294.614144	8356.175136	0.001964
55097.761155	1765.387008	0.766162	470.773728	1294.613280	0.001038
55099.423015	588.453120	0.122277	58.844448	529.608672	0.000760
55101.335515	6590.763072	2.580089	3059.986464	3530.776608	0.001173
55105.104661	706.157568	0.147698	294.230880	411.926688	0.000608
55108.021080	1588.838112	0.722516	176.532480	1412.305632	0.001171
55118.921871	2648.052864	0.751852	1235.760192	1412.292672	0.000927
55119.738493	2353.832353	0.989688	941.531040	1412.301312	0.000948

KIC 2557430 sisteminin Kepler Veri Tabanı'nda mevcut gözlem verisinden toplam 69 flare tespit edilmiştir. Tüm flarelerin eşdeğer süreleri Gershberg (1972) tarafından tanımlanan Denklem (8) ile hesaplanmıştır.

$$P = \int \left[\frac{I_{flare} - I_0}{I_0} \right] dt \quad (8)$$

Burada P, saniye biriminde flare eşdeğer süresi, I_{flare} flare anındaki akı, I_0 ise tutulmalar dışında fourier ile hesaplanan sistemin flare dışı sakin düzey akısıdır. Dal ve Evren (2010, 2011) tarafından açıklanan nedenlerle sonraki modellerde flare enerji parametresi yerine eşdeğer süre parametresi kullanılacağı için flare enerjileri hesaplanmamıştır. Flare dışı sakin düzey ile yapılan karşılaştırma ile flare başlangıç ve bitiş zamanları ile aradaki zaman farkları belirlenmiş ve böylece de flare parlama ve sönümlenme süreleri hesaplanmıştır. Sırasıyla flare maksimum zamanları, toplam flare süresi (T_t , sn biriminde) flare eşdeğer süreleri (P, sn biriminde), flare parlama süresi (T_r , sn biriminde), flare sönümlenme süresi (T_d , sn biriminde) ve son kolonda da akı olarak flare genliği Çizelge 2.5.1'de listelenmiştir.

Hesaplanan flare parametrelerinin birbirleriyle ilişkileri incelendiğinde, flare eşdeğer süresinin flare toplam süresine göre belirli bir kural çerçevesinde değiştiği

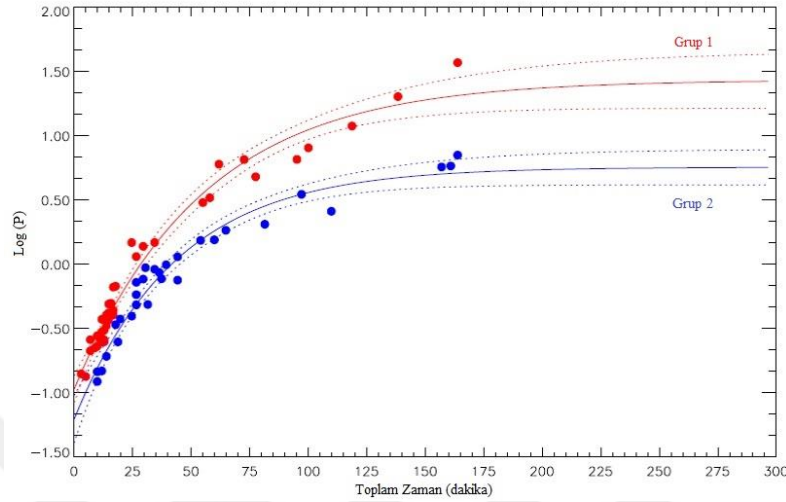
görülür. Gerçekte de Dal ve Evren (2010, 2011) tarafından yapılan çalışmalarda, SPSS V17.0 (Green ve ark. 1999) ve Grahpad Prism V5.02 (Dawson ve Trapp 2004) programları ile yapılan regrasyon hesaplamaları, flare eşdeğer sürelerinin dağılımı için en iyi fonksiyonun One Phase Exponential Association (OPEA) olduğunu göstermiştir. OPEA fonksiyonu (Motulsky 2007; Spanier ve Oldham 1987) Plateau terimine sahip olan özel bir fonksiyondur. Eşdeğer sürelerinin dağılımını tanımlayan bu fonksiyon:

$$y = y_0 + (Plateau - y_0) \times (1 - e^{-k \times x}) \quad (9)$$

şeklinde tanımlanır. Dal ve Evren (2010) tarafından yapılan tanımlarda buradaki y , logaritmik ölçekte eşdeğer süredir, x flare toplam süresi, ve y_0 ise minimum toplam flare süresi için logaritmik ölçekte flare eşdeğer süresidir. Diğer bir deyişle y_0 , herhangi bir yıldızda gözlenen bir flare için teorik minimum eşdeğer süreyi tanımlar. Dolayısıyla y_0 değeri, gözlenen hedefin parlaklığına ve gözlem yapılan optik sistemin duyarlılığına bağlıdır. Plateau değeri ise belirli bir yıldızda gözlenen bir flare için, eşdeğer sürenin üst limitini tanımlar. Bu parametre, gözlem yapılan dalgaboyu aralığında flare aktivitesi için doyma seviyesi olarak tanımlanmıştır (Dal ve Evren 2011).

KIC 2557430'daki tüm flareler için, toplam flare süresine (T_t) karşılık logaritmik ölçekte flare eşdeğer süre dağılımı elde edildiğinde ilginç bir durum fark edilmiştir. Elde edilen flareler, $T_t - \log P$ düzleminde iki farklı dağılım sergilediği, aralarında belirgin bir ayrım olduğu fark edilmiştir. Özellikle flare toplam süresi 1400 s ve üzerinde olan tüm flarelerde bu ayrım çok net bir şekilde kendini göstermektedir. Bu ayrıma rağmen, OPEA fonksiyonu ile model elde edilmeye çalışılmış ancak elde edilen modelin duyarlılığının göstergesi olan gerek korelasyon katsayısı karesi (R^2) ve gerekse de olasılık değeri olan p-value değerleri hesaplandığında elde edilen modelin, gözlemi neredeyse hiç temsil etmediği görülmüştür. Bu nedenle, toplam süresi özellikle 1400 s'den daha yüksek olan flareler baz alınarak veri iki gruba ayrılmıştır. Sonraki adımda, en küçük kareler yöntemi kullanılarak, flare toplam süresine göre flare eşdeğer süresinin dağılımı OPEA fonksiyonu ile modellenmiştir. Elde edilen model için istatistiksel olarak %95 duyarlılık sınırı da hesaplanmıştır. Elde edilen iki ayrı model baz alınarak, flare toplam süresi 1400 s'den küçük olan flarelerin hangi modele ait olduğu tek tek analize dahil edilerek analizler tekrarlanmış ve flare toplam süresi 1400 s'den küçük olan flareler bu şekilde ayrıştırılmıştır. Son adımda elde edilen her iki model, %95 duyarlılık sınırı ile birlikte Şekil 2.5.2'de gösterilmiştir. Şekilde içi dolu kırmızı noktalarla gösterilen flareler Grup 1, içi dolu mavi noktalarla gösterilen flareler Grup 2 olarak adlandırılmıştır. Her iki gruba ait OPEA modeline ait parametreler ise Table 2.5.2'de listelenmiştir. Ayrıca Grup 1 ve

Grup 2'ye ait flareler çizelgede ayrı ayrı listelenmiştir. Çizelgede listelenen The span değeri, Plateau ile y_0 değerleri arasındaki farktır. The yarı ömür değeri ise Plateau değeri olarak tanımlanan maksimum flare eşdeğer süresine ulaşılan ilk x değerinin yarısıdır. Diğer bir deyişle en yüksek flare enerjisinin görüldüğü flare toplam süresinin yarısıdır.



Şekil 2.5.2: Analizlerde belirlenen 69 flare üzerinden elde edilen OPEA modeli. Şekilde içi dolu noktalar her bir flareyi gösterirken, düz çizgi OPEA modelini göstermektedir.

Çizelge 2.5.2: En küçük kareler yöntemi ile OPEA Modelinden türetilen parametreler.

Grup 1		Grup 2	
Y_0	-0.9722 ± 0.0518	Y_0	-1.2056 ± 0.0902
Plateau	1.4336 ± 0.1104	Plateau	0.7550 ± 0.0677
K, eğrilik yarıçapı	$0.00030426 \pm 0.00003665$	K, eğrilik yarıçapı	$0.00038271 \pm 0.000043703$
Tau (K^{-1})	3286.6	Tau (K^{-1})	2613
Yarı ömür	2278.1	Yarı ömür	1811.2
Span	2.4058 ± 0.0888	Span	1.9606 ± 0.0835
%95 Duyarlılık Sınırları		%95 Duyarlılık Sınırları	
Y_0	-1.0771 to -0.8673	Y_0	-1.3910 to -1.0202
Plateau	1.2099 to 1.6573	Plateau	0.6159 to 0.8941
K, eğrilik yarıçapı	0.00022996 to 0.00037857	K, eğrilik yarıçapı	0.00029285 to 0.00047256
Tau (K^{-1})	2641.5 to 4348.5	Tau (K^{-1})	2116.1 to 3414.7
Yarı ömür	1831.0 to 3014.2	Yarı ömür	1466.8 to 2366.9
Span	2.2258 to 2.5858	Span	1.7891 to 2.1322
Fit'in İyiliği		Fit'in İyiliği	
R^2	0.9721	R^2	0.9575
p-values		p-values	
D'Agostino ve Pearson	0.002	D'Agostino ve Pearson	0.008
Shapiro-Wilk	0.004	Shapiro-Wilk	0.009
Kolmogorov-Smirnov	0.001	Kolmogorov-Smirnov	0.001

Her iki grup için flare eşdeğer sürelerinin flare toplam süresine göre dağılımlarının OPEA fonksiyonu ile elde edilen dağılım modeli dışında başka bir fonksiyon ile

modellenip modellenemeyeceği D'Agostino ve Stephens (1986) tarafından tanımlanan D'Agostino-Pearson normallik testi, Shapiro-Wilk normallik testi ve aynı zamanda Kolmogorov-Smirnov test'leri ile üç farklı yöntemle ile test edilmiş, bu testlerde p-value hesaplanmıştır. Her üç yöntemle yapılan hesaplamalarda p-value < 0.001 sonucuna ulaşılmıştır. Bu sonuç, flare eşdeğer sürelerinin flare toplam süresine göre dağılımlarının OPEA fonksiyonu dışında hiçbir fonksiyon ile tanımlanamayacağını ifade eder (Motulsky 2007; Spanier ve Oldham 1987). Dolayısıyla, her iki grup için elde edilen modellerin korelasyon katsayısı kare (R^2)'lerinden de anlaşılacağı üzere bu ayırım istatistiksel olarak gerçek bir ayırmadır ve bu iki grup flare istatistiksel olarak birlikte modellenememektedir.

Yukarıdaki çizelgede verilen Plateau değerleri arasında yaklaşık iki katlık bir fark vardır. Dal ve Evren'e (2011) göre Plateau değeri, B-V renk ölçeği ile ilişkilidir ve farklı B-V değerleri için farklı Plateau değeri beklenmektedir. Işık eğrisi analizinden elde edilen baş bileşen ve yoldaş bileşen sıcaklığına karşılık, Tokunaga'nın (2000) kalibrasyonlarıyla baş ve yoldaş bileşenin B-V renk ölçeği değerleri elde edilmiştir ve Çizelge 2.5.3'te gösterilmiştir.

Çizelge 2.5.3: Baş ve yoldaş bileşenin Sıcaklık ile B-V renk ölçeği değerleri.

T₁	6913 K
T₂	6271±1 K
(B-V)₁	0 ^m .372
(B-V)₂	0 ^m .516

KIC 2557430 sisteminin 24 55002.5109509-24 55033.3041338 ve 24 55093.2155524-55123.5566582 HJD aralığında toplam 61.134289 gün (1467.22299 saat) kesintisiz gözlenmiştir. Bu gözlemlerde 69 flare elde edilmiştir. Bu 69 flarenin 40 tanesi Grup 1'e aitken 29 tanesi Grup 2'ye aittir. Tüm gözlem verisi ve elde edilen flareler üzerinden ulaşılan gözlem süre ve flare sayıları Çizelge 2.5.4'te özetlenmiştir. Ishida ve ark. (1991) tarafından yapılan çalışmada flare aktivitesi için iki farklı flare frekansı tanımlanmıştır. Bu frekanslar Denklem (10,11) ile ifade edilir:

$$N_1 = \sum n_f / \sum T_t \quad (10)$$

$$N_2 = \sum P / \sum T_t \quad (11)$$

Burada $\sum n_f$ elde edilen toplam flare sayısı, $\sum T_t$ yıldızın toplam gözlem süresini tanımlar. $\sum P$ ise elde edilen tüm flarelerin eşdeğer süreleri toplamıdır. N_1 birim zamanda elde edilen flare sayısını verirken, N_2 birim zamanda uzaya ne kadarlık bir flare enerjisi

salınmış onu göstermektedir. Bu tanımlara göre tüm flareler ve ayrı ayrı gruplar göz önüne alınarak hesaplanan frekanslar Çizelge 2.5.4'te listelenmiştir.

Çizelge 2.5.4: Tüm flareler ve ayrı ayrı gruplara ait flare frekansları.

Parametreler	Tümü	Grup 1	Grup 2
Toplam Zaman (h, saat)	1467.22299	1467.22299	1467.22299
Flare Sayısı	69	40	29
Toplam Eşdeğer Süresi (sn)	164.42435	121.42111	43.00324
N_1 (h ⁻¹)	0.04703	0.02726	0.01977
N_2	0.00003	0.00002	0.00001

3. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

SIMBAD Veri Tabanı'nda Algol türü örten bir çift sistem olarak sınıflanan KIC 2557430'un Kepler Veri Tabanı'ndan (Slawson ve ark. 2011; Matijević ve ark. 2012) alınan Short Cadence verisinin analizi ile sistemin doğası ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Elde edilen ışık eğrileri incelendiğinde, ışık eğrisinde üç temel değişimin olduğu anlaşılmıştır. Bu değişimler, tutulmalar kaynaklı baş ve yan minimumlar, tutulmalar dışında kalan sinüzoidal değişimler ve kısa-anlık flare parlamalarıdır. Tüm bu değişimlerin nedenini ve özelliklerini belirlemek için ışık eğrisi üzerinde çeşitli analizler uygulanmıştır.

Öncelikle tutulmalar dışı ışık eğrisi incelendiğinde, ardışık çevrimlerde ışık eğrisindeki sinüzoidal değişimin şeklinin ve konumunun her çevrimde değiştiği görülmüştür. Bununla birlikte sistemin flare aktivitesi sergilediği de göz önüne alındığında bu hızlı değişimin nedeninin leke aktivitesi olması muhtemel görülmüştür. Literatürde sistemin yörünge dönemi $P=1.297747$ gün olarak verilmiştir (Coughlin ve ark. 2014). Bir başka çalışmada ise KIC 2557430'un dönme dönemi $P=2.020$ gün olarak verilmiştir. Dolayısıyla, gerek yaklaşık 1.298 gün gerekse de 2.020 gün içerisinde tutulmalar dışı ışık eğrisinin hızlıca değişmesinin nedeninin sadece leke aktivitesinden kaynaklanamayacağı anlaşılmıştır. Çünkü, bu kadar kısa zaman aralıklarında yıldız yüzeyinde leke konfigürasyonunun bu kadar radikal değişimler sergilemesi beklenmemektedir (Gershberg 2005). Uytterhoeven ve ark. (2011), sistemi bir örten çift olarak sınıflarken, bileşenlerden birinin bir γ Dor türü değişen olabileceğini vurgulamıştır. Bu nedenlerle flare aktivitesi haricinde tutulmalar dışı değişimin kaynağını ve karakterini belirlemek amacıyla bu değişimin dönem ve genlik analizi yapılmıştır. PERIOD04 ile yapılan analizler sonucunda, $S/R=5.0$ 'dan büyük, hata oranları kabul

edilebilir ölçüde olan 50 adet farklı frekans bulunmuştur. Ek 1’de verilmiş olan Çizelge 2.1.1’de listelenen bu 50 frekans tek tek incelendiğinde, F1 ve F4 ile verilen iki frekansın aslında sistemin Coughlin ve ark. (2014) tarafından verilen yörünge dönemi (F1 frekansı) ve bu dönemin yarı değeri (F4 frekansı) olduğu anlaşılmıştır. Dolayısıyla geri kalan 48 frekansın, bileşenlerden birinin zonklamasından kaynaklandığı anlaşılmıştır. Dönem analizinden bulunan bu 50 frekans ile elde edilen sentetik eğrinin, Şekil 2.1.2’ten de görüldüğü gibi tutulmalar dışı değişimi çok net bir şekilde hatasız temsil ettiği görülür.

Burada not edilmesi gereken nokta ise, F1 ve F4 frekansları her ne kadar sistemin yörünge dönemi ile ilişkili olsa da eğer sentetik eğri 48 frekans üzerinden elde edilirse, gözlemleri temsil etmekte yetersiz kaldığı anlaşılr. Bunun nedeni ise, sistemin yörünge dönemiyle aynı dönemli başka bir sinüzoidal değişimin de varlığının olmasıdır. Gerçekten de tutulmalar dışı ışık eğrisinden, 48 frekansa ait değişim arındırıldığında geriye çok belirgin ek bir sinüzoidal değişim daha kalmaktadır. Daha da ilginç olan ise, bu artık sinüzoidal değişimin, Part 1 ve Part 2’de şekil ve konum değiştirdiği görülmektedir. Sistemin yörünge dönemi ile aynı dönemli bu değişimin, flare aktivitesi de göz önüne alınarak soğuk yıldız lekeleri kaynaklı dönme modülasyonu etkisinden kaynaklandığı düşünülmüştür. Flare aktivitesi sergileyen UV Ceti türü değişen yıldızlarda da soğuk leke kaynaklı değişimlerin olduğu Kron (1952) tarafından gösterilmiş, ve BY Dra sendromu olarak adlandırılan bu konu üzerine ilerleyen yıllarda çok sayıda çalışma yapılmıştır (Bopp ve Evans 1973; Kunkel 1975; Vogt 1975). Yıldızlarda gözlenen leke aktivitesinin, Güneş yüzeyi üzerinde olduğu gibi çevrimsel hareket sergilediği ve lekelerin zamanla evrimleşirken, bir yandan da konum değiştirdiği ve bunun da ışık eğrilerinde leke minimum evrelerinde kayma şeklinde görüldüğü bulunmuştur. (Fekel ve ark. 2002; Berdyugina 2006; Oláh ve ark. 2006; Korhonen ve Elstner 2005; Korhonen ve Järvinen 2007; Gershberg 2005). Bu nedenle KIC 2557430 sisteminde flare aktivitesi haricinde tutulmalar dışında gözlenen değişimlerde, zonklamanın yanı sıra bileşenlerin birinin sergilediği kromoferik aktivitenin de katkısının olması beklenir. F1 ve F4 frekansı ile elde edilen sinüs benzeri değişim, leke aktivitesi sergileyen yıldızlarda gözlenen leke göç hareketinin etkisi ile aynı etkiye sahiptir. Sonuç olarak, sistemin flare aktivitesi sergilediği de göz önüne alındığında, arındırılmış ışık eğrisinde gözlenen bu değişimlerin nedeninin gerçekten de leke kaynaklı dönme modülasyon etkisi olduğu anlaşılr.

Literatürde çeşitli kalibrasyonlar ile bileşenlerin fiziksel yapıları hakkında yaklaşımlar yapılmış olsa da sistemin tam bir ışık eğrisi analizi yapılmamıştır. Bu nedenle bu çalışma ile birlikte literatürde, ilk kez, temeli Wilson-Devinney Kodu’nun 2003 versiyonuna (Wilson ve Devinney 1971; Wilson 1990) dayanan PHOEBE V.0.32

yazılımı ile sistemin ışık eğrisi analizi yapılmıştır. Sistem için literatürde verilen sıcaklık değerleri 5544 K (Ammons ve ark. 2006) ile 6913 K (Armstrong ve ark. 2014) arasında değişmektedir.

Literatürde verilen bu sıcaklık değerleri baz alınarak ayrı ayrı çözüm denense de astrofiziksel olarak kabul edilebilir çözüme, Armstrong ve ark. (2014) tarafından verilen 6913 K sıcaklık ile yapılan analizler sonucunda ulaşılmıştır. Bu nedenle ışık eğrisi analizinde baş bileşenin sıcaklığı 6913 K alındığında, yoldaş bileşenin sıcaklığı 6271 ± 1 K olarak bulunmuştur. Bileşenlerin kütle oranı (q) 0.868 ± 0.002 olarak elde edilirken, sistemin yörünge eğim açısı $i = 69.75 \pm 0.01$ olarak bulunmuştur. Bileşenlerin yüzey potansiyelleri (Ω_1 ve Ω_2) sırasıyla 5.8362 ± 0.0010 ve 5.0301 ± 0.0009 olarak elde edilirken, kesirsel yarıçapları $r_1 = 0.2029 \pm 0.0004$ ve $r_2 = 0.2218 \pm 0.0006$ olarak elde edilmiştir. Diğer yandan ışık eğrisi analizinde üçüncü cisim ısıtması için $0.0034 L_\odot$ değeri elde edilmiştir.

Elde edilen bu ışık eğrisi çözümünün sonuçlarına göre, baş bileşenin kararsızlık kuşağındaki yerinin belirlenmesi için, Girardi ve ark. (2000) tarafından verilen teorik anakol (ZAMS ve TAMS) değerleri ile Rolland ve ark. (2002) tarafından verilen kararsızlık kuşağı sınırlarına göre, $\log(T_{\text{eff}}) - \log(L/L_\odot)$ düzleminde Henry ve ark. (2005) tarafından listelenen γ Dor türü yıldızların ve yine Soyduğan ve ark. (2006) tarafından listelenen δ Scuti türü yıldızların dağılımı Şekil 2.3.2’de işaretlenmiştir. KIC 2557430’un baş bileşenin konumu da bu düzlemde işaretlenmiştir. Işık eğrisi analizinde elde edilen ısıtmaya göre baş bileşenin γ Dor türü yıldızların arasında bir konumda olduğu görülmektedir. Dolayısıyla, Uytterhoeven ve ark. (2011) tarafından da belirtildiği gibi, KIC 2557430 sisteminin bileşenlerinden biri, baş bileşen, γ Dor türü yıldızdır. Buna ek olarak, 6271 K sıcaklığa sahip yoldaş bileşenin ise evrim yolunda TAMS’ta kaldığı görülmektedir.

KIC 2557430’un Short Cadence verisi üzerinden hem baş minimum hem de yan minimum için minimum zamanları elde edilmiş ve bu zamanlardan (O-C) I değerleri hesaplanmıştır. (O-C) I değerlerine yapılan lineer düzeltmenin ardından, (O-C) II artıkları elde edilmiştir. Bu düzeltme sonrası (O-C) II artıklarının zamanla değişimine bakıldığında iki karakteristik davranış şekli kendini göstermektedir. İlk olarak, Şekil 2.4.1’in üst panelinde görüldüğü gibi tüm (O-C) II artıklarının parabolik bir değişim sergilediği görülmektedir. Bu durum temelde, baş bileşenden yoldaş bileşene bir kütle aktarımı olduğuna işaret etmektedir. Bununla birlikte, KIC 2557430’un sergilediği flare aktivitesi göz önüne alınırsa, bu ters parabolik değişimin nedeni çok büyük olasılıkla sistemden kütle kaybının olmasıdır. İkincisi ise baş minimum (Min I) ve yan minimum

(Min II) artıklarının zamana göre değişimleri ayrı ayrı değerlendirildiğinde, Tran ve ark. (2013) ve Balaji ve ark. (2015) tarafından da gösterildiği gibi baş ve yan minimumun artıklarının, birbirlerine göre zıt fazlı değişim sergilediği görülmektedir. Bu durum, minimum zamanlarının bileşenlerin sergilediği başka bir değişimden etkilendiğine işaret etmektedir. Işık eğrisi analizinde, sistemin parametreleri elde edilirken yoldaş bileşende leke aktivitesi olduğu görülmüştür. Bu durum, Tran ve ark. (2013) ve Balaji ve ark. (2015) tarafından ulaşılan sonuçlara göre sistemin yan ve baş minimumlarına ait (O-C) II artıklarında neden zıt fazlı hareket ettiğini açıklamaktadır.

KIC 2557430 örten çift sistemi Kepler Veri Tabanı'nda Short Cadence verisi üzerinden yapılan incelemeler sonucunda HJD 24 55002.5109509-24 55033.3041338 ve HJD 24 55093.2155524-55123.5566582 aralığında toplam 61.134289 gün (1467.22293 saat) kesintisiz gözlemlendiği belirlenmiştir. Bu veri analizinden toplam 69 flare tespit edilmiş ve bu flarelerin parametreleri hesaplanmıştır.

69 flare için hesaplanan parametrelerin birbirleri ile ilişkileri incelendiğinde flare eşdeğer süresinin flare toplam süresine göre belirli bir kural çerçevesinde değiştiği görülmektedir. Dal ve Evren (2011) tarafından OPEA fonksiyonu ile tanımlanan bu dağılım, yine araştırmacılar tarafından, belirli bir (B-V) renk ölçeğine sahip yıldız için belirli bir doyum seviyesini de göstermektedir. Dal ve Evren (2011, 2012) tarafından ulaşılan sonuçlar gerçekten de (B-V) renk ölçeği farklı yıldızlarda ortaya çıkan flareler üzerinden elde edilen OPEA modellerinin yıldızın (B-V) renk ölçeklerine göre düzenli bir değişim sergilediği görülmüştür.

Bu çalışma kapsamında Kepler Veri Tabanı'ndan alına Short Cadence verisi üzerinden elde edilen 69 flare için tek bir OPEA modeli oluşturulmak istenmiş ancak elde edilen sonucun, istatistiksel olarak kabul edilebilir olmadığı anlaşılmıştır. Gerçekten de flare toplam süresine karşılık logaritmik ölçekte flare eşdeğer süresi dağılımı incelendiğinde, flare toplam süresinin 1400s'den sonraki değerlerinde flare eşdeğer süresinin çok net görünen bir ayrışmaya uğradığı görülmüştür. Bu nedenle, flareler iki gruba ayrılmış ve her iki grup için de ayrı ayrı OPEA modelleri elde edilmiştir. Grup 1, 40 flare içerirken, Grup 2 ise 29 flare içermektedir. Elde edilen modellerin parametreleri birbiriyle karşılaştırıldığında, istatistiksel testler bu iki grubun kesinlikle ayrı gruplar olduğunu ve birlikte tek bir model altında modellenemeyeceğini göstermiştir. Gerçekten de iki grup için ayrı ayrı elde edilen OPEA modellerinin doyum seviyesini veren Plateau değerlerinin (Dal ve Evren 2011) Grup 1 için $1.4336 \pm 0.1104s$ Grup 2 için

0.7550 ± 0.0677 s olduğu görülür. Bu Plateau değerinin hataları da göz önüne alındığında gerçekten de arada yaklaşık iki katlık fark olduğu net olarak görülmektedir.

Bu durum, bugüne kadar hemen hemen hiç karşılaşılmayan bir durumdur. Çünkü, Dal ve Evren'in (2011, 2012) yaptığı çalışmalardan ulaşılan ve yukarıda özetlenen sonuçlar göz önüne alınırsa, Grup 1 ve Grup 2 olarak ayrılan flarelerin, (B-V) renk ölçeleri farklı yıldızlardan geliyor olmalıdır. Dolayısıyla KIC 2557430 örten çift sistemini oluşturan bileşenlerden iki tanesi ayrı ayrı flare aktivitesi gösteriyor olmalıdır. Ancak baş bileşenin sıcaklığı eğer 6913 K alınıp ışık eğrisi analizinde kabul edilebilir bir çözüm bulunduğu düşünülürse, yoldaş bileşenin sıcaklığı 6271 K olarak bulunmuştur. Bu durumda, Tokunaga (2000) tarafından verilen kalibrasyonlar kullanılarak baş bileşenin renk ölçeği $B-V=0^m.372$ olarak hesaplanırken, yoldaş bileşenin renk ölçeği ise $B-V=0^m.516$ olarak hesaplanmıştır. Diğer yandan, Yoldaş ve Dal (2016, 2017) tarafından FL Lyr ve KIC 9761199 için yapılan çalışmada bu iki yıldız için Plateau değeri sırasıyla 1.232 s ve 1.951 s bulunmuştur. Buna ek olarak Kunt ve Dal (2016) tarafından KIC 7885570'in ($B-V=0^m.643$) Plateau değeri 1.9815 s olarak elde edilmiştir. Bunun yanı sıra EV Lac ($B-V=1^m.554$) için 3.014 s, EQ Peg ($B-V=1^m.574$) için 2.935 s ve V1005 Ori ($B-V=1^m.307$) içinse 2.637 s'dir (Dal ve Evren 2011). Dal ve Evren (2011, 2012) tarafından elde edilen ilişkilere göre, KIC 2557430'da elde edilen Plateau değerleri, KIC 2557430'un benzerleri ile karşılaştırıldığında Grup 1'e ait flarelerin yoldaş bileşenden gelmiş olması muhtemel görünmektedir. Bu durumda Grup 2'ye ait flarelerin de baş bileşenden gelmiş olması gerekmektedir ancak baş bileşene ait (B-V) renk ölçeğine göre bu beklenmedik bir durumdur.

Dal ve Evren'e (2011, 2012) göre Grup 1 ve Grup 2'ye ait OPEA modelleri bu iki grup flarenin farklı yıldızlardan geldiğini göstermektedir. Grup 1'e ait flarelerin OPEA modelinin Plateau değerleri yoldaş bileşenin B-V renk ölçeği için beklenen bir değerde ise, Grup 2 için elde edilen Plateau değerleri de baş bileşene uygun olmalıdır. Ancak baş bileşenin renk ölçeğine göre bu olası görünmemektedir. Dolayısıyla, bu noktadaki düşüncemiz, Grup 2'yi oluşturan flarelerin, ışık eğrisinde de varlığını gösteren üçüncü cisime ait olmalıdır. Ancak bu cismin (B-V) renk ölçeği hakkında gözlemsel hiçbir bilgi bulunmamaktadır.

Diğer yandan, OPEA modeli yardımı ile KIC 2557430'un flare aktivitesinde yarı ömür parametresi Part 1 için 2278.1 s ve Part 2 için 1811.2 s bulunmuştur. Kunt ve Dal (2016), KIC 7885570 için yarı ömür parametresini 3977.2 s olarak bulmuştur. Diğer yandan, KIC 2557430 çift sisteminin yarı ömür değeri UV Ceti türü tek yıldızların

değerlerine nazaran çok yüksek olduğu görülmektedir. DO Cep ($B-V=1^m.604$) için 433.10 s, EQ Peg için 334.30 s ve V1005 Ori içinse 226.30 s şeklindedir (Dal ve Evren, 2011). Bu değerler, UV Ceti türü yıldızlarda ortaya çıkan flare parlamalarında maksimum enerjiye ulaşmak için birkaç nx5 dakikalık flare süresi yeterli olurken KIC 7885570'de bu süre en az bir saat civarındadır. FL Lyr ve KIC 9761199'da ise bu süreler sırasıyla nx39 ve nx17 dakika kadardır (Yoldaş ve Dal 2016, 2017). Halbuki KIC 2557430 sisteminde Grup 1 flareleri, yaklaşık nx38, Grup 2 flareleri içinse nx30 dakikada Plateau değerine ulaşılacağını göstermektedir. Buna göre KIC 2557430, FL Lyr benzeri bir davranış sergilemektedir.

KIC 2557430'un Grup 1 flareleri için maksimum flare parlama süresi (T_r) 941.53 s ve maksimum flare toplam süresi (T_t) ise 9827.78 s bulunurken, Grup 2 içinse $T_r=3059.99$ s ve $T_t=9827.92$ s olarak bulunmuştur. Yoldaş ve Dal (2016, 2017) tarafından yapılan çalışmada bu süreler FL Lyr için $T_r=5179$ s ve $T_t=12770.62$ s bulunmuştur. KIC 9761199 içinse $T_r=1118.1$ s ve $T_t=6767.72$ s bulunmuştur. Bununla birlikte, Kunt ve Dal (2016) tarafından KIC 7885570'de elde edilen flare parlamalarında gözlenen en uzun parlama süresi (T_r) 7768.210 s iken, maksimum toplam süre (T_t) 16890.30 s olarak tespit edilmiştir. Dal ve Evren'in (2011) çalışmasında ise UV Ceti türü tek yıldızlarda gözlenen maksimum parlama süreleri (T_r) V1005 Ori için 2062 s, CR Dra içinse 1967 s iken, benzer şekilde V1005 Ori'de gözlenen flareler içerisinde maksimum toplam süreye (T_t) sahip flare 5236 s sürerken, CD Dra'da 4955 s sürdüğü gösterilmiştir. Bu sonuçlar, KIC 2557430'da elde edilen flare zaman ölçeklerinde Grup 2 flareleri daha çok KIC 9761199'da elde edilen sonuçlara benzemektedir. Oysa, Grup 1 flareleri daha çok UV Ceti türü yıldızlarda gözlenen duruma benzemektedir.

KIC 2557430, 61.134289 gün (1467.22299 saat) gözlenmiş ve bu gözlem süresinden toplam 69 flare elde edilmiştir. Bunların 40 tanesi Grup 1 29 tanesi Grup 2 flareleridir. KIC 2557430'da Grup 1 için $N_1=0.02726$ h⁻¹, $N_2=0.00002$ ve Grup 2 için $N_1=0.01977$ h⁻¹, $N_2=0.00001$ olarak elde edilmiştir. Bununla birlikte yakın zamanda Yoldaş ve Dal (2016, 2017) tarafından FL Lyr ($B-V=0^m.74$) ve KIC 9761199 ($B-V=1^m.303$) için yapılan çalışmalarda, FL Lyr için $N_1=0.4163$ h⁻¹ ve $N_2=0.0003$ frekansları bulunurken, KIC 9761199 içinse $N_1=0.0165$ h⁻¹ ve $N_2=0.00001$ frekansları bulunmuştur. Kunt ve Dal (2016) tarafından KIC 7885570 örten çift sistemi içinse $N_1=0.00362$ h⁻¹ ve $N_2=0.00001$ frekansları elde edilmiştir. Diğer yandan Dal ve Evren (2011), UV Ceti türü anakol yıldızları olan AD Leo için $N_1=1.331$ h⁻¹, EV Lac için $N_1=1.056$ h⁻¹ değerlerine ulaşılırken, EQ Peg için $N_2=0.088$, AD Leo için $N_2=0.086$ değerlerine ulaşılmıştır. Bu

sonuçlara göre, KIC 2557430 örten çiftinde her iki grup için elde edilen frekansların, KIC 9761199'a benzer bir ölçekte olduğu görülür.

Sonuç olarak, bu çalışma kapsamında KIC 2557430 sistemi için elde edilen sonuçlar incelendiğinde, ışık eğrisi ve tutulmalar dışı değişimin analizi, KIC 2557430'un bileşenlerinden bir tanesinin, baş bileşeninin, γ Dor türü bir değişen yıldız olduğunu göstermektedir. Aynı zamanda bir bileşeninde soğuk leke aktivitesi sergilediği görülmüştür. Minimum zamanı (O-C) analizi ise baskın olarak sistemden bir kütle kaybının olduğunu göstermektedir ki sistemde flare aktivitesinde görülmektedir. Ancak flare aktivitesinin analizi ile elde edilen iki ayrı OPEA modeli, flare aktivitesinin iki ayrı yıldızdan kaynaklandığını göstermiştir. Oysa baş bileşen γ Dor türü bir değişendir. Dolayısıyla flare aktivitesi sergileyen ikinci yıldızın, ışık eğrisinde bulunan üçüncü cisim olması muhtemeldir. Ancak burada şöyle bir durum vardır: eğer ışık eğrisi analizinde ortaya çıkan üçüncü cisim flare aktivitesi gösterebilecek bir yıldız ise, bu üçüncü cismin toplam ışımaya katkısının daha büyük olması beklenirdi. Dolayısıyla Grup 2 flarelerini gösteren yıldız gerçekte ışık eğrisinde ortaya çıkan bu üçüncü cisim ise, o zaman bu cisim muhtemelen KIC 2557430 sisteminin bir üyesi değildir. Çok büyük olasılıkla, bu cisim, KIC 2557430 ile aynı bakış doğrultusunda ve daha uzak başka bir kromosferik aktif yıldızdır. Ancak, tutulmalar dışı değişim analizi ve ışık eğrisi analizinde gözlenen leke aktivitesi bu üçüncü cisimle ilişkili olamaz çünkü, leke aktivitesi KIC 2557430'un dolanma dönemi ile uyumlu bir değişim sergilemektedir.

Aynı şekilde SIMBAD Veri Tabanı'nda Algol türü örten bir çift sistem olarak sınıflanan KIC 8043961 sisteminin Kepler Veri Tabanı'ndan (Slawson ve ark. 2011; Matijević ve ark. 2012) alınan Short Cadence ve Long Cadence verisinin analizi ile doğası ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır.

Sistemin dönemine ilişkin ilk yaklaşım $P=1.559231$ gün olarak Watson ve ark. (2006, 2014) tarafından verilmiştir. Pigulski ve ark. (2009), sistemin dönemini 1.559250 gün olarak ifade etmiştir. Conroy ve ark. (2014) ise çift sistemin dönemini 1.559 gün olarak vermiş ve buna ek olarak üçüncü bir cismin varlığından bahsederek onun döneminin de 478 gün olduğunu söylemiştir. Daha önce de Rappaport ve ark. (2013) tarafından bahsedilen üçüncü cismin dönemi yaklaşık 476.7 gün olarak verilmiştir. Uytterhoeven ve ark. (2011), KIC 8043961 sisteminin değişen sınıfını örten çift ve δ Scuti türü olarak ifade etmiştir. Bu nedenlerle tutulmalar dışı değişimin kaynağını ve karakterini belirlemek amacıyla bu değişimin dönem ve genlik analizi yapılmıştır.

KIC 8043961 için hem Short Cadence hem de Long Cadence formatında sunulan açık verinin arındırılmış formatı kullanılmıştır. Bu verilerle dönem analizi, ışık eğrisi analizi, dönem değişimi (O-C) analizi yapılmıştır. KIC 8043961'in Long Cadence formatındaki verilerine bakıldığında sistemin 4 yıllık bir gözleme sahip olduğu görülmüştür. Her iki formattaki veri de yapılacak analizler için uygun şekilde düzenlenmiştir.

PERIOD04 ile yapılan analizler sonucunda, $S/R=3.0$ 'dan büyük, hata oranları kabul edilebilir ölçüde olan 98 adet farklı frekans bulunmuştur. Ek 2'de sunulan Çizelge 2.1.2'de listelenen bu 98 frekans tek tek incelendiğinde, F2 ve F16 olarak listelenen iki frekanstan F2 sistemin yörünge dönemine karşılık gelirken F16 ise bu dönemin yarısıdır. Dolayısıyla her iki sistemde de bu 2 frekans haricinde geri kalan 96 frekans baş bileşene ait zonklama frekanslarıdır. Ancak bu iki frekansın da sistemin sergilediği dönme modülasyonu benzeri başka bir değişimden kaynaklanması muhtemeldir, çünkü bu frekanslar sistemin bilinen dönemi ile ilişkilidir.

Long Cadence formatındaki veriler kullanılarak PERIOD04 Programı ile yapılan analiz sonucunda KIC 8043961 için elde edilen 90 frekans tek tek incelendiğinde Çizelge 2.1.4'te F1, F3, F12 ve F53 olarak listelenen dört frekanstan F3 sistemin yörünge dönemini verirken, F1, F12 ve F53 frekansları ise bu dönemin yarısını vermektedir. Dolayısıyla bu 4 frekans haricinde geri kalan 86 frekans baş bileşene ait zonklama frekanslarıdır. Geriye kalan bu dört frekansın da sistemin sergilediği dönme modülasyonu benzeri başka bir değişimden kaynaklanması olasıdır, çünkü bu frekanslar sistemin bilinen dönemi ile ilişkilidir.

Sistemin ışık eğrisi, türetilen radyal hız ile birlikte analiz edilmiştir. KIC 8043961 sisteminin ışık eğrisi analizi, PHOEBE V.0.32 yazılımı (Prša ve Zwitter 2005) ile yapılmıştır. PHOEBE V.0.32 yazılımı, Wilson-Devinney Kodu'nun 2003 versiyonunda (Wilson ve Devinney 1971; Wilson 1990) kullanılan yöntemeye dayanmaktadır. Işık eğrisi analizi her üç modda da denenmiş ancak, Mod 4 (Roche-Lobu'nu dolduran baş bileşen ile yarı-ayrı sistem) ve Mod 5 (Yarı ayırık sistem, yoldaş bileşen Roche-Lobu'nu dolduruyor)'de kabul edilebilir bir çözüm elde edilememiştir. Ancak Mod 2 (ayrık sistem)'de astrofiziksel olarak kabul edilebilir uygun bir çözüm elde edilebilmiştir.

Yapılan analizler sonucunda sistemin kütle oranı (q) 1.09 ± 0.07 , yörünge eğimi ise $77^\circ.40 \pm 0^\circ.13$ olarak bulunmuştur. Işık eğrisi analizinde bulunan en önemli sonuç, üçüncü cismin toplam ısıtmaya sağladığı katkının 0.0197 ± 0.0065 olduğu bulunmuştur. Bu

önemlidir, çünkü minimum sürelerinin değişim analizinde üçüncü bir cismin varlığına işaret edilmektedir.

Işık eğrisi analizinde bulunan üçüncü ışık katkısına göre, tayfta üçüncü cismin herhangi bir işareti olması beklenmemelidir. Gerçekten de, çapraz korelasyonda üçüncü cismin hiçbir çizgisi bulunamamıştır. Üçüncü ışık katkı oranının 0.0197 ± 0.0065 olduğu düşünülürse, üçüncü cisim tarafından sağlanan katkı tayfta çok az olmalıdır. Bu noktada, üçüncü cismin tahmini kütlesi belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla, minimum zamanlarının değişimi yeniden analiz edilmiştir. Literatürde Borkovits ve ark. (2016) dönme açısı $\omega=13$ derece ile kütle fonksiyonu $f(m)=0.033 M_{\odot}$ bulurken, $\omega=192$ dereceyle $f(m)=0.034 \pm 0.001 M_{\odot}$ bulunmuştur. Minimum sürelerinin değişimini analiz ederek asini değeri $85.33 \pm 3.65 R_{\odot}$ olarak bulurken, Borkovits ve ark. (2016) $82.6 \pm 2 R_{\odot}$ değerini bulmuştur. ω değerinden ayrı olarak, bu çalışmada hesaplanan tüm parametreler, Borkovits ve ark. (2016) tarafından verilenlere benzer bulunmuştur. Öte yandan, ikili bileşenlerin toplam kütlesi $\sim 2 M_{\odot}$ olarak alındığında, Borkovits ve ark. (2016), üçüncü cisim kütlesini $0.61 M_{\odot}$ olarak hesaplamıştır. Işık eğrisini radyal hız ile birlikte analiz ederek, bileşenlerin kütleleri $1.348 \pm 0.109 M_{\odot}$ ve $1.481 \pm 0.181 M_{\odot}$ olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak, çift bileşenin toplam kütlesi $2.829 M_{\odot}$ olarak hesaplanmıştır. Bu sonucu kullanarak, üçüncü cismin kütlesini, $f(m)=0.033 M_{\odot}$ kütle fonksiyonundan $0.778 \pm 0.002 M_{\odot}$ hesaplanmıştır. Sonucun, Tokunaga (2000) tarafından verilen kalibrasyon kullanılarak tayf, uyumlu olup olmadığına bakmak için, hesaplanan üçüncü cisim kütlesine karşılık gelen cismin sıcaklığı yaklaşık $4990 K$ civarında tahmin edilmiştir. Eldeki sıcaklık ve kütle değerine karşılık gelen yarıçap hesaplandığında sistemdeki üçüncü cismin bir anakol yıldızı olabileceği düşünülebilir. Buna göre TFOSC tayfalarında üçüncü cismin bir etkisi görülemez.

Bu çalışmada, literatürdeki çalışmalardan farklı olarak Şekil 2.2’de gösterilen ışık eğrilerinde tutulmalar dışında sinüsoidal bir değişime dikkat edilmiştir. Nitekim değişim, gözlemlerden sentetik ışık eğrisini çıkarılarak elde edilen artık verilerden açıkça görülmektedir. Işık eğrisi analizinden elde edilen sonuçlar kullanılarak, bileşenin fiziksel parametreleri hesaplanmıştır ve daha sonra, baş ve yoldaş bileşenler Şekil 2.3.4’teki $\log(T_{\text{eff}}) - \log(L/L_{\odot})$ düzleminde noktalanmıştır. Evrim yoluna bakıldığında baş bileşen, Henry ve ark. (2005) tarafından listelenen γ Dor türü yıldızlar ile δ Scuti türü yıldızların kesiştiği yere yani TAMS’a yakinken, yoldaş bileşen anakolun ortalarını geçmiş ve kararsızlık kuşağından çıkmış durumdadır. DFT yöntemine (Scargle 1982) dayanan PERIOD04 yazılımı (Lenz ve ark. 2005) kullanılarak, anakol içindeki baş bileşenin sinüsoidal değişimi ve konumu göz önüne alındığında olası frekanslar araştırılmıştır.

Sürecin sonucunda, toplamda, S/R değerinin her biri 3σ seviyeden yüksek 98 frekans bulunmuştur. Bu 98 frekans tarafından türetilen sentetik eğri, Şekil 2.1.4'te görülen sinüzoidal değişime mükemmel şekilde uymaktadır.

Buna ek olarak, KIC 8043961'in Long Cadence formatındaki verisi ile de dönem analizi gerçekleştirilmiştir. PERIOD04 Programı (Lenz ve Breger 2005) ile yapılan analizler sonucunda gerek hatası (σ) gerekse de gürültü düzeyi (S/N oranı) göz önüne alınarak KIC 8043961 için 90 ayrı frekans elde edilmiştir. Elde edilen frekanslar ise Ek 3'te sunulan Çizelge 2.1.4'te listelenmiştir. KIC 8043961 için S/R oranı 3 ve üzerindeki frekanslar gerçek kabul edilmiştir.

Baş bileşenin konumu göz önüne alındığında, tüm frekansların γ Dor doğasından kaynaklanmasını beklemektedir, bununla birlikte, KIC 8043961'in Fourier genlik tayfında, Şekil 2.1.3'te gösterilen farklı iki konfigürasyon tespit edilmiştir. Şekilde, 0.00 d^{-1} ve yaklaşık 5.50 d^{-1} aralığında kalan bölge, yaklaşık 6.00 d^{-1} sonrasında daha karmaşık yapılandırmaya sahiptir. Aerts ve ark.a (2010) göre, p-modları genelde dış katmanlara karşı hassastır, g-modları yıldız içlerine duyarlıdır ve Fourier genlik tayfı farklı frekans konfigürasyonlarına sahiptir. Böylece, bu farklı konfigürasyonların iki modu ayrı ayrı ortaya koyduğuna karar verilmiştir. Bu kesinlikle önemlidir, çünkü KIC 8043961 sistemi γ Dor ve δ Scuti yıldızlarının her iki özelliklerini de melez bir zonklayan olarak sergilemektedir ve bu da Şekil 2.1.5'te açıkça görülmektedir.

Ayrıca, g-mod bölgelerindeki frekansların yarılmış halde olduğu fark edilmiştir. PERIOD04 yazılımını kullanarak, bu alandaki frekanslar arasında herhangi bir ilişki olup olmadığı araştırılmıştır. F2, F3, F1 ve F4 gibi frekansların iki sıra için ayrı ayrı triplet halinde yarıldığı bulunmuştur. Kısacası, bu dört frekans için yarıma bileşenleri, birinci sıradaki sol bileşen için ortalama 0.26772 ± 0.00056 , sağ bileşen için ortalama 0.26230 ± 0.00067 elde edilmiştir. Yarıma bileşenlerinin frekans farkı (Δf), ikinci sırada, sol bileşen için ortalama 0.63094 ± 0.00010 ve sağ bileşen ortalama 0.64512 ± 0.00010 ile yarılmış gibi görünmektedir. Bu duruma göre, KIC 8043961 sistemi γ Dor yıldızı olarak iki modda zonklarken, aynı zamanda bir δ Scuti yıldızı olarakta zonklamaktadır.

Literatürde bileşenlerden birinin KIC 10080943, KIC 11145123 ve KIC 9244992 gibi γ Dor/ δ Scuti melez zonklayan olarak sınıflandırıldığı birkaç örten çift vardır (Keen ve ark. 2015; Kurtz ve ark. 2014; Saio ve ark. 2015). Bu çalışmalarda yer alan araştırmacılar, bu hedeflerin verilerinden g-mod bölgelerinde çok daha fazla yarılmış frekanslar bulmuşlardır. Bu hedeflerin dönemlerinin KIC 8043961'in döneminden kesinlikle daha

uzun olduğu unutulmamalıdır. Bununla birlikte, KIC 10080943'ün dönemi tartışmalı bir parametredir çünkü bu hedefin dönme süresi Reinhold ve ark. (2013) ve Nielsen ve ark. (2013) tarafından 0.8692 gün ile 1.0527 gün arasında verilirken, Coughlin ve ark. (2016) ve Thompson ve ark. (2015) tarafından dönemi 2.607027 gün ile 5.113496 gün arasında verilmektedir. Öte yandan, Keen ve ark. (2015) tarafından yapılan çalışmada yörünge dönemi için 7 ile 11 gün arasında bir dönem tartışılmıştır.

Bu çalışmada, Kepler Veri Tabanı'ndan alınan fotometrik verilerin bazı tayfsal gözlemlerle birlikte incelendiğinde, üçlü bir sistemdeki KIC 8043961'in melez bir zonklama bileşenine sahip bir örten ikili olduğu ortaya çıkmıştır. Her ne kadar iki sıra için bazı yarıma frekanslarıyla melez doğası gösterilmiş olsa da, yarıma işleminden tüm modları bulmak için 4 yıl boyunca SC verilerine ihtiyaç duyulmaktadır.

KIC 8043961 sisteminin Kepler Veri Tabanı'nda (Slawson ve ark. 2011; Matijević ve ark. 2012) açık olarak sunulan Short Cadence ve Long Cadence verisinin arındırılmış formunda hiç bir düzeltme ve arındırma yapılmadan minimum zamanları okunmuştur. Minimum zamanlarının hesabında, temeli Kwee ve van Woerden (1956) yönteminin dayanan ve spline fonksiyon kullanan bir script kullanılmıştır. Bu analiz sonucunda toplamda 518 minimum zamanı elde edilmiştir. Bununla birlikte, yeni $T_0=54954.555903$ ve $P=1^d.5592121$ değeri bu şekildedir. Analizler sonucunda elde edilen yeni P değeri ile, daha önceki çalışmalarda Watson ve ark. (2006, 2014) tarafından verilen sistemin dönemine ilişkin ilk yaklaşım, Pigulski ve ark.nın (2009) verdiği sistemin dönemi ve Conroy ve ark.nın (2014) söylediği çift sistemin dönemi birbirleri ile yaklaşık sonuçlardır.

Elde edilen minimum zamanları, (O-C) I ve lineer düzeltme sonrası elde edilen (O-C) II artıkları Ek 4'te sunulan Çizelge 2.4.2'de listelenmiştir. Elde edilen (O-C) II artıklarının zamana göre değişimi incelendiğinde sinüs benzeri bir değişim görülmüştür. Tüm minimum zamanlarının, Şekil 2.4.2'de de görüldüğü gibi sinüs benzeri bir değişim sergilediği görülmektedir. Bu sinüs benzeri değişim, sistemde üçüncü bir cismin varlığının olduğunu göstermektedir. O-C analizi sonucunda elde edilen parametreler Çizelge 2.4.3'te verilmiştir. Bu analizler sonucunda üçüncü cismin dönemi 497.23 ± 21.23 gün olarak elde edilmiştir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Acton, L.W. Feldman, U. Bruner, M.E. Doschek, G.A. Hirayama, T. Hudson, H.S. Lemen, J.R. Ogawara, Y. Strong, K.T. ve Tsuneta, S.** 1992, The morphology of 20×10^6 K plasma in large non-impulsive solar flares, *Publ. Astron. Soc. Japan*, 44(5):L71-L75 p.
- Aerts, C. Christensen-Dalsgaard, J. ve Kurtz, D.W.** 2010, *Asteroseismology*, Burton, W.B. ve Trimble, V. (Ed.), *Astronomy ve Astrophysics Library*, New York: Springer, 872p.
- Ammons, S.M. Robinson, S.E. Strader, J. Laughlin, G. Fischer, D. ve Wolf, A.** 2006, The N2K consortium. iv. new temperatures ve metallicities for more than 100,000 FGK dwarfs, *ApJ*, 638(2):1004-1017 pp.
- Armstrong, D.J. Gómez Maqueo Chew, Y. Faedi, F. ve Pollacco, D.** 2014, A catalogue of temperatures for Kepler eclipsing binary stars, *MNRAS*, 437(4):3473-3481 p.
- Aschwanden, M.J. Benz, A.O. ve Kane, S.R.** 1990, Correlation of solar radio pulsations with hard X-ray emission, *Astron. Astrophys.* 229(1):206-215 p.
- Balaji, B. Croll, B. Levine, A.M. ve Rappaport, S.** 2015, Tracking the stellar longitudes of starspots in short-period Kepler binaries, *MNRAS*, 448, 429-444 p.
- Baliunas, S.L. Donahue, R.A. Soon, W.H. ve 24 coauthors** 1995, Chromospheric variations in main-sequence stars. *Astrophys. J.* 438(1):269-287 p.
- Balona, L.A. Böhm, T. Foing, B.H. ve 11 coauthors** 1996, Line profile variations in γ Doradus, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 281(4):1315-1325 p.
- Balona, L.A.** 2015, Flare stars across the H-R diagram, *MNRAS*, 447(3):2714-2725 p.
- Battaglia, M. Grigis, P.C. ve Benz, A.O.** 2005, Size dependence of solar X-ray flare properties, *Astron. Astrophys.* 439(2):737-747 pp.
- Bedding, T.R. Butler, R.P. Kjeldsen, H. Baldry, I.K. O'Toole, S.J. Tinney, C.G. Marcy, G.W. Kienzie, F. ve Carrier, F.** 2001, Evidence for Solar-like oscillations in β Hydri, *Astrophysical Journal*, 549(1):L105-L108 pp.
- Beech, M.** 1985, The ellipsoidal variables, *Ap&SS* 117(1):69-81 p.
- Benz, A.O. ve Kane, S.R.** 1986, Electron acceleration in flares inferred from radio ve hard X-ray emissions, *Solar Phys.* 104 179-185 p.
- Benz, A.O. ve Krucker, S.** 1998, Heating events in the quiet solar corona, *Solar Phys.* 182(2):349-363 p.
- Benz, A.O. Brajša, R. ve Magdalenić, J.** 2007, Are there radio-quiet solar flares?, *Solar Phys.* 240(2):263-270 pp.
- Benz, A. O.** 2008, Flare observations, *Living Rev. Solar Phys.* 5(1):64 pp.
- Berdyugina, S.V. ve Tuominen, I.** 1998, Permanent active longitudes ve activity cycles on RS CVn stars, *Astron. Astrophys.* 336, L25-L28 p.

- Berdyugina, S.V. Berdyugin, A.V. Ilyin, I. ve Tuominen, I.** 1998, The active RS Canum Venaticorum binary II Pegasi. ii. surface images for 1992-1996, *Astron. Astrophys.* 340, 437-446 p.
- Berdyugina, S.V. Berdyugin, A.V. Ilyin, I. ve Tuominen, I.** 1999, The active RS Canum Venaticorum binary II Pegasi. iv. the spot activity cycle, *Astron. Astrophys.* 350, 626-634 p.
- Berdyugina, S.V.** 2005a, Starspots: A Key To The Stellar Dynamo, *Living Reviews in Solar Physics* 2(1):62 pp.
- Berdyugina, S.V.** 2005b, Stellar butterfly diagrams, *Astron. Astrophys.* (in preparation).
- Berdyugina, S.V.** 2006, Flip-flop cycles in solar ve stellar activity, *IAUJD*, 8E, 64p.
- Berghmans, D. Clette, F. ve Moses, D.** 1998, Quiet Sun EUV transient brightenings ve turbulence. A panoramic view by EIT on board SOHO, *Astron. Astrophys.* 336 1039-1055 p.
- Bone, L. Brown, J.C. Fletcher, L. Veronig, A. ve White, S.** 2007, Birth ve evolution of a dense coronal loop in a complex flare region, *Astron. Astrophys.* 466(1):339-346 pp.
- Bopp, B.W. ve Evans, D.S.** 1973, The spotted flare stars BY Dra ve CC Eri: a model for the spots ve some astrophysical implications, *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 164, 343-356 p.
- Borkovits, T. Hajdu, T. Sztakovics, J. Rappaport, S. Levine, A. Bíró, I.B. ve Klagyivik, P.** 2016, A comprehensive study of the Kepler triples via eclipse timing, *MNRAS*, 455(4):4136-4165 p.
- Borucki, W.J. Koch, D. Basri, G. ve 68 coauthors** 2010, Kepler planet-detection mission: introduction ve first results, *Sci*, 327(5968):977 pp.
- Botsula, R.A.** 1978, Instability in detached binary systems of the main sequence with solar-type components. iii. FL Lyrae, *Perem. Zvezdy* 20, 588-595 p.
- Bouchy, F. ve Carrier, F.** 2001, P-mode observations on α Cen A, *Astronomy ve Astrophysics*, 374, L5-L8 p.
- Brosius, J.W. ve Phillips, K.J.H.** 2004, Extreme-ultraviolet ve X-ray spectroscopy of a solar flare loop observed at high time resolution: a case study in chromospheric evaporation, *Astrophys. J.* 613(1):580-591 pp.
- Brown, T.M. Gilliland, R.L. Noyes, R.W. ve Ramsey, L.W.** 1991, Detection of possible p-mode oscillations on Procyon, *Astrophysical Journal*, 368, 599-609 p.
- Caldwell, D.A. Kolodziejczak, J.J. ve Van Cleve, J.E.** 2010, Instrument performance in Kepler's first mounts, *ApJL*, 713(2):L92 pp.
- Cargill, P.J. Mariska, J.T. ve Antiochos, S.K.** 1995, Cooling of solar flares plasmas. 1: theoretical considerations, *Astrophys. J.* 439(2):1034-1043 p.
- Carrington R.C. Hodgson, R.** 1859, Description of a singular appearance seen in the Sun on September 1, 1859, *MNRAS*, 20, 13-15 p.

- Catala, C.** 2003, δ Scuti Pulsations in Pre-main Sequence Stars, *Astrophysics ve Space Science* 284(1):53-60 p.
- Christensen-Dalsgaard, J.** 1982, Seismological studies of the sun ve other stars, *Advances in Space Research* 2(9):11-19 p.
- Christensen-Dalsgaard, J. ve Frandsen, S.** 1983, Stellar 5 min oscillations, *Solar Physics*, 82, 469-486 p.
- Chupp, E.L. Forrest, D.J. Higbie, P.R. Suri, A.N. Tsai, C. ve Dunphy, P.P.** 1973, Solar gamma ray lines observed during the solar activity of august 2 to august 11 1972, *Nature* 241(5388):333-335 pp.
- Conroy, K.E. Prša, A. Stassun, K.G. Orosz, J.A. Fabrycky, D.C. Welsh, W.F.** 2014, Kepler eclipsing binary stars. iv. precise eclipse times for close binaries ve identification of candidate three-body systems, *AJ* 147(2):45 14 pp.
- Coughlin, Jeffrey L. Thompson, S.E. Bryson, S.T. Burke, C.J. Caldwell, D.A. ve 7 coauthors** 2014, Contamination in the Kepler field. Identification of 685 KOIs as false positives via ephemeris matching based on Q1-Q12 data, *AJ* 147(5):12 pp.
- Coughlin, J.L. Mullally, F. ve 33 coauthors** 2016, Planetary candidates observed by Kepler. vii. the first fully uniform catalog based on the entire 48-month data set (Q1-Q17 DR24), *ApJS* 224(1):12 27 pp.
- Cousins, A.W.J. Caldwell, J.A.R. ve Menzies, J.W.** 1989, The period of gamma Doradus, *Information Bulletin on Variable Stars*, 3412 1 p.
- Cousins, A.W.J.** 1992, Gamma Doradus, *The Observatory* 112:53-56 p.
- Cunha, M.S. Aerts, C. Christensen-Dalsgaard, J. Baglin, A. ve 21 coauthors** 2007, Asteroseismology ve interferometry, *Astronomy ve Astrophysics Review* 14(3-4):217-360 pp.
- Cutri, R.M. Skrutskie, M.F. ve 23 coauthors** 2003, “2MASS all sky catalog of point sources”, *The IRSA 2MASS all sky point source catalog*. NASA/IPAC Infrared Science Archive, <http://irsa.ipac.caltech.edu/applications/Gator/> (Eriřim tarihi: Haziran 2003).
- Cuypers, J. Aerts, C. De Cat, P. De Ridder, J. ve 20 coauthors** 2009, Long-term photometric monitoring with the Mercator telescope. Frequencies ve multicolour amplitudes of γ Doradus stars, *Astronomy ve Astrophysics*, 499(3):967-982 pp.
- Dal, H.A. ve Evren, S.** 2010, A new method for classifying flares of Uv Ceti type stars: differences between slow ve fast flares, *AJ* 140(2):483-489 pp.
- Dal, H.A. ve Evren, S.** 2011, Saturation levels for white-light flares of flare stars: variation of minimum flare duration for saturation, *AJ* 141(2):33 p.
- Dal, H.A. ve Evren, S.** 2012, High-level magnetic activity on a low-mass close binary: GSC 02038-0293, *PASA* 29(2):150-160 pp.
- D’Agostino, R.B. ve Stephens, M.A.** 1986, Tests For Normal Distribution in Goodness-Of-Fit Techniques, *Statistics: Textbooks ve Monographs*, D’Agostino, R.B. ve Stephens, M.A. (Ed.), 68, 576p.

- Dawson, B. ve Trapp, R.G.** 2004, Basic ve Clinical Biostatistics, 4th Edition, McGraw-Hill, 61, 438p.
- De Cat, P. Eyer, L. Cuypers, J. Aerts, C. ve 8 coauthors** 2006, A spectroscopic study of southern (candidate) γ Doradus stars. Time series analysis, *Astronomy ve Astrophysics*, 449(1):281-292 pp.
- Dennis, B.R. ve Zarro, D.M.** 1993, The Neupert effect - what can it tell us about the impulsive ve gradual phases of solar flares?, *Solar Phys.* 146(1):177-190 p.
- Donati, J.-F. Semel, M. Carter, B.D. Rees, D.E. ve Collier Cameron, A.** 1997, Spectropolarimetric observations of active stars, *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 291, 658-682 p.
- Donati, J.-F. Collier Cameron, A. Hussain, G.A.J. ve Semel, M.** 1999, Magnetic topology ve prominence patterns on AB Doradus, *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 302(3):437-456 pp.
- Doschek, G.A. Feldman, U. Kreplin, R.W. ve Cohen, L.** 1980, High-resolution X-ray spectra of solar flares. iii - general spectral properties of X1-X5 type flares, *Astrophys. J.* 239, 725-737 p.
- Dziembowski, W.A. Gough, D.O. Houdek, G. ve Sienkiewicz, R.** 2001, Oscillations of α UMa ve other red giants, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 328(2):601-610 pp.
- Egret, D. Didelon, P. McLean, B.J. Russell, J.L. ve Turon, C.** 1992, The TYCHO input catalogue - cross-matching the guide star catalog with the HIPPARCOS INCA data base, *A&A* 258(1):217-222 p.
- Fekel, F.C. Henry, G.W. Eaton, J.A. Sperauskas, J. ve Hall, D.S.** 2002, Chromospherically active stars. xxi. the giant, single-lined binaries HD 89546 ve HD 113816, *Astrophys. J.* 124(2):1064-1076 pp.
- Feldman, U. Doschek, G.A. Kreplin, R.W. ve Mariska, J.T.** 1980, High-resolution X-ray spectra of solar flares. iv - general spectral properties of M type flares, *Astrophys. J.* 241 1175-1185 p.
- Frasca, A. Molenda-Żakowicz, J. De Cat, P. Catanzaro, G. Fu, J.N. Ren, A.B. Luo, A.L. Shi, J.R. Wu, Y. ve Zhang, H.T.** 2016, Activity indicators ve stellar parameters of the Kepler targets. An application of the ROTFIT pipeline to LAMOST-Kepler stellar spectra, *A&A*, 594, 39, 31 pp.
- Gershberg, R.E.** 1972, Some results of the cooperative photometric observations of the UV Cet-type flare stars in the years 1967-71, *Astrophys. Space Sci.* 19(1):75-92 pp.
- Gershberg, R.E.** 2005, Solar-Type Activity in Main-Sequence Stars, *Astronomy ve Astrophysics Library*, 53p. 191p. 192p. 194p. 360p.
- Girardi, L. Bressan, A. Bertelli, G. ve Chiosi, C.** 2000, Evolutionary tracks ve isochrones for low- ve intermediate-mass stars: From 0.15 to 7 M_{sun} , ve from $Z=0.0004$ to 0.03, *A&AS* 141, 371-383 p.
- Gray, D.F.** 1996, The Determination Of Temperature From Spectral Lines, In *Stellar Surface Structure*, Strassmeier, K.G. Linsky, J.L. (Eds.), October 9-13 1995, *Symposium of the International Astronomical Union* 176:227-235 pp.

- Green, S.B. Salkind, N.J. ve Akey, T.M.** 1999, Using SPSS for Windows: Analyzing ve Understanding Data, Upper Saddle River, Prentice Hall, 50, NJ, 430p.
- Güdel, M. ve Nazé, Y.** 2009, X-ray spectroscopy of stars, *A&AR* 17(3):309-408 pp.
- Haisch, B. Strong, K.T. ve Rodonò, M.** 1991, Flares on the sun ve other stars, *ARA&A* 29 275-234 p.
- Hall, D.S.** 1990, Masses ve radii for thirteen chromospherically active ellipsoidal variables, *AJ* 100:554-558 p.
- Hall, D.S.** 1991, Learning about stellar dynamos from longterm photometry of starspots, in *The Sun ve Cool Stars: Activity, Magnetism, Dynamos*, Tuominen, I. Moss, D. ve Rüdiger, G. (Eds.), Proceedings of Colloquium no. 130 of the International Astronomical Union, held in Helsinki, Finland 17-20 July 1990, *Lecture Notes in Physics*, 380, 353p.
- Hall, D.S. ve Henry, G.W.** 1994, The law of starspot lifetimes, *IAPPP Commun.* 55, 51-57 p.
- Henry, G.W. Eaton, J.A. Hamer, J. ve Hall, D.S.** 1995, Starspot evolution, differential rotation, ve magnetic cycles in the chromospherically active binaries lambda andromedae, sigma Geminorum, II Pegasi, ve V711 Tauri, *Astrophys. J. Suppl. Ser.* 97(2):513-549 p.
- Henry, G.W. Fekel, F.C. ve Henry, S.M.** 2005, Eleven new γ Doradus stars, *AJ* 129(6):2815-2830 pp.
- Hey, J.S.** 1983, The Radio Universe, *Pergamon Press*, 3rd edn. 253p.
- Houdek, G. Balmforth, N.J. Christensen-Dalsgaard, J. ve Gough, D.O.** 1999, Amplitudes of stochastically excited oscillations in main-sequence stars, *Astronomy ve Astrophysics*, 351, 582-596 p.
- Huber, D. Silva A.V. Matthews, J.M. ve 19 coauthors** 2014, VizieR Online Data Catalog: Revised stellar properties of Q1-16 Kepler targets (Huber+ 2014), *ApJS* 211 2
- Huenemoerder, D.P. ve Ramsey, L.W.** 1987, CCD echelle observations of the active RS CVn system II Pegasi, *Astrophys. J.* 319, 392-402 p.
- Iglesias, C.A. ve Rogers, F.J.** 1996, Updated opal opacities, *Astrophysical Journal*, 464, 943- 953 p.
- Irwin, J.B.** 1959, Standart light-time curves, *AJ*, 64 149 p.
- Ishida, K. Ichimura, K. Shimizu, Y. ve Mahasenaputra** 1991, Flare event statistics on UV Ceti-type stars, *Ap&SS* 182(2):227 p.
- Jenkins, J.M. Caldwell, D.A. Chandrasekaran, H. Twicken, J.D. Bryson, S.T. Quintana, E.V. Clarke, B.D. Li, J. Allen, C. Tenenbaum, P. ve 20 coauthors** 2010a, Overview of the Kepler science processing pipeline, *ApJL*, 713(2):L87-91 pp.
- Jenkins, J.M. Chandrasekaran, H. McCauliff, S.D. ve 6 coauthors** 2010b, Transiting planet search in the Kepler pipeline, *Proc. SPIE*, 7740, 77400D.

- Kamil, C. Dal, H.A. Özdarcan, O. Yoldaş, E.** 2018, Hybrid pulsating component of KIC 8043961 in a stellar triple system, *RevMex* (in press).
- Kaye, A.B. Handler, G. Krisciunas, K. Poretti, E. ve Zerbi, F.M.** 1999, Gamma Doradus stars: defining a new class of pulsating variables, *Publications of the Astronomical Society of the Pacific* 111(761):840-844 pp.
- Keen, M.A. Bedding, T.R. Murphy, S.J. Schmid, V.S. Aerts, C. Tkachenko, A. Ouazzani, R.-M. ve Kurtz, D.W.** 2015, KIC 10080943: a binary star with two γ Doradus/ δ Scuti hybrid pulsators. Analysis of the g modes, *MNRAS*, 454(2):1792-1797 p.
- Kharchenko, N.V.** 2001, All-sky compiled catalogue of 2.5 million stars, *KFNT* 17(5):409 p.
- Kim, S.L. Lee, J.W. Lee, C.U. ve Youn, J.H.** 2010, Algol-type eclipsing binaries with δ Scuti-type pulsating components: IV Cas, *PASP* 122(897):1311 pp.
- Kitchatinov, L.L. ve Ruediger, G.** 1995, Differential rotation in solar-type stars: revisiting the Taylor-number puzzle, *Astron. Astrophys.* 299, 446-452 p.
- Kitchatinov, L.L. ve Rüdiger, G.** 1999, Differential rotation models for late-type dwarfs ve giants, *Astron. Astrophys.* 344, 911-917 p.
- Kjeldsen, H. ve Bedding, T.R.** 1995, Amplitudes of stellar oscillations: the implications for asteroseismology, *Astronomy ve Astrophysics* 293, 87-106 p.
- Kliem, B. Karlický, M. ve Benz, A.O.** 2000, Solar flare radio pulsations as a signature of dynamic magnetic reconnection, *Astron. Astrophys.* 360, 715-728 p.
- Koch, D.G. Borucki, W.J. Basri, G. ve 44 coauthors** 2010, Kepler mission design, realized photometric performance, ve early science, *ApJL*, 713(2):L79-L86.
- Korhonen, H. ve Elstner, D.** 2005, Photometric observations from theoretical flip-flop models, *A&A*, 440(3):1161-1165 pp.
- Korhonen, H. ve Järvinen, S.P.** 2007, Binary Stars As Critical Tools & Tests In Contemporary Astrophysics, Hartkopf, W.I. Guinan E.F. ve Harmanec, P. (Ed.), *IAU Symp* 260, Cambridge: CUP, 453-455 pp.
- Krisciunas, K. Aspin, C. Geballe, T.R. ve 8 coauthors** 1993, The 9-AURIGAE system, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 263(3/AUG1):781-788 p.
- Kron, G.E.** 1952, A photoelectric study of the dwarf M eclipsing variable YY Geminorum, *Astrophys. J.* 115:301-319 p.
- Krucker, S. Benz, A.O. Bastian, T.S. ve Acton, L.W.** 1997, X-ray network flares of the quiet sun, *Astrophys. J.* 488(1):499-505 pp.
- Krucker, S. ve Benz, A.O.** 1998, Energy distribution of heating processes in the quiet solar corona, *Astrophys. J. Lett.* 501(2):L213-L216 pp.
- Krucker, S. Hurford, G.J. ve Lin, R.P.** 2003, Hard X-ray source motions in the 2002 july 23 gamma-ray flare, *Astrophys. J. Lett.* 595(3):L103-L106 pp.
- Kunkel, W.E.** 1975, Solar Neighborhood Flare Stars - A Review, *IAU Symp.* 67:15-46 p.

- Kunt, M. ve Dal, H.A.** 2017, Cool Spot and Flare Activities of a RS CVn Binary KIC 7885570, *Acta Astronomica*, 67, 345, 345-362p.
- Kurtz, D.W. Saio, H. Takata, M. Shibahashi, H. Murphy, S.J. ve Sekii, T.** 2014, Asteroseismic measurement of surface-to-core rotation in a main-sequence A star, KIC 11145123, *MNRAS*, 444(1):102-116 p.
- Kwee, K.K. ve van Woerden, H.** 1956, A method for computing accurately the epoch of minimum of an eclipsing variable, *BAN* 12, 327p.
- Lampens, P.** 2006, Astrophysics Of Variable Stars, Sterken, C. ve Aerts, C. (Ed.), *ASP Conf. Ser.* 349 153p.
- Lenz, P. ve Breger, M.** 2005, Period04 User Guide, *CoAst* 146, 53-136 p.
- Lucy, L.B.** 1967, Gravity-darkening for stars with convective envelopes. *Zeitschrift für Astrophysik*, 65:89-92 p.
- Marconi, M. ve Palla, F.** 1998, The instability strip for pre-main-sequence stars, *Astrophysical Journal*, 507(2):L141-L144 pp.
- Marconi, M. ve Palla, F.** 2004, Pre-Main-Sequence A-Type Star, The A-Star Puzzle, Zverko, J. Zižňovský, J. Adelman, S.J. ve Weiss, W.W. (Eds.), Cambridge University Press, *IAU Symposium* 224, Cambridge, UK, 69-79 p.
- Marcy, G.W. ve Chen, G.H.** 1992, The rotation of M dwarfs, *ApJ*, 390(2):550-559 p.
- Mathias, P. Le Contel, J.-M. Chapellier, E. ve 14 coauthors** 2004, Multi-site, multi-technique survey of γ Doradus candidates. i. spectroscopic results for 59 stars, *Astronomy ve Astrophysics*, 417 189-199 p.
- Mathioudakis, M. Doyle, J.G. Avgoloupis, V. Mavridis, L.N. ve Seiradakis, J.H.** 1992, Optical flares on the RS CVn binary II Peg, *MNRAS* 255, 48-50 p.
- Mathur, S. Huber, D. Batalha, N.M. ve 14 coauthors** 2017, Revised stellar properties of Kepler targets for the Q1-17 (DR25) transit detection run, *ApJS* 229(2):30 18 pp.
- Matijević, G. Prša, A. Orosz, J.A. Welsh, W.F. Bloemen, S. ve Barclay, T.** 2012, Kepler eclipsing binary stars. iii. classification of kepler eclipsing binary light curves with locally linear embedding, *AJ* 143(5):123, 6 pp.
- Melrose, D.B.** 1980, Plasma Astrophysics: Nonthermal Processes In Diffuse Magnetized Plasmas, *Gordon ve Breach* 2, 430p.
- Messina, S. ve Guinan, E.F.** 2003, Magnetic activity of six young solar analogues ii. surface differential rotation from long-term photometry, *Astron. Astrophys.* 409 1017-1030 p.
- Moreton, G.F.** 1964, H α shock wave ve winking filaments with the flare of 20 september 1963, *Astron. J.* 69 145p.
- Morris, S.L.** 1985, The ellipsoidal variable stars, *ApJ* 295:143-152 p.
- Morris, S.L. ve Naftilan, S.A.** 1993, The equations of ellipsoidal star variability applied to HR 8427, *ApJ*, 419, 344p.

- Motulsky, H.** 2007, GraphPad Prism 5: Statistics Guide, *GraphPad Software Inc. Press*, 94 255p.
- Neff, J.E. O'Neal, D. ve Saar, S.H.** 1995, Absolute measurements of starspot area ve temperature: II Pegasi in 1989 october, *Astrophys. J.* 452, 879-893 p.
- Nielsen, M.B. Gizon, L. Schunker, H. ve Karoff, C.** 2013, Rotation periods of 12 000 main-sequence Kepler stars: Dependence on stellar spectral type ve comparison with $v \sin i$ observations, *A&A*, 557 10, 4 pp.
- O'Neal, D. Saar, S.H. ve Neff, J.E.** 1996, Measurements of starspot area ve temperature on five active, evolved stars, *Astrophys. J.* 463, 766-775 p.
- O'Neal, D. ve Neff, J.E.** 1997, OH 1.563 μm absorption from starspots on active stars, *Astron. J.* 113 1129-1137 p.
- O'Neal, D. Neff, J.E. Saar, S.H. ve Mines, J.K.** 2001, Hydroxyl 1.563 micron absorption from starspots on active stars, *Astron. J.* 122(4):1954-1964 pp.
- Oláh, K. Korhonen, H. , Kővári, Zs. Forgács-Dajka, E. ve Strassmeier, K.G.** 2006, Study of FK Comae Berenices. vi. spot motions, phase jumps ve a flip-flop from time-series modelling, *A&A*, 452(1):303 pp.
- Pamyatnykh, A.A.** 1999, Pulsational instability domains in the upper main sequence, *Acta Astronomica*, 49:119-148 pp.
- Pandey, J.C. ve Singh, K.P.** 2012, A study of X-ray flares - ii. RS CVn-type binaries, *MNRAS*, 419(2):1219-1237 pp.
- Peterson, L.E. ve Winckler, J.R.** 1959, Gamma-ray burst from a solar flare, *J. Geophys. Res.* 64(7):697 pp.
- Pettersen, B.R.** 1991, The nearby flare stars, *Mem. Soc. Astron. Ital.* 62 2nd Quarter 217-242 p.
- Pickles, A. ve Depagne, É.** 2010, All-Sky spectrally matched UBVRI - ZY ve u' g' r' i' z' magnitudes for stars in the Tycho2 catalog, *PASP* 122(898):1437 pp.
- Pigulski, A.** 2006, Intrinsic Variability In Multiple Systems ve Clusters: An Overview, In *Astrophysics Of Variable Stars*, Sterken, C. ve Aerts, C. (Eds.), *Publications of the Astronomical Society of the Pacific Conference Series*, 349:137-152 p.
- Pigulski, A. Pojmański, G. Pilecki, B. ve Szczygiel, D.M.** 2009, The all sky automated survey. The catalog of variable stars in the Kepler field of view, *AcA*, 59(1):33-46 p.
- Pinsonneault, M.H. An, D. Molenda-Żakowicz, J. Chaplin, W.J. Metcalfe, T.S. ve Bruntt, H.** 2012, A revised effective temperature scale for the Kepler input catalog, *ApJS* 199(2):30 22 pp.
- Poretti, E.** 2003, Asteroseismology of HADS stars: V974 Oph, a radial pulsator flavoured by nonradial components, *Astronomy ve Astrophysics*, 409:1031-1035 p.
- Prša, A. ve Zwitter, T.** 2005, A computational guide to physics of eclipsing binaries. i. demonstrations ve perspectives, *ApJ*, 628(1):426-438 pp.

- Prša, A. Batalha, N. Slawson, R.W. ve 12 coauthors** 2011, Kepler eclipsing binary stars. i. catalog ve principal characterization of 1879 eclipsing binaries in the first data release, *AJ* 141(3):83 16 pp.
- Rappaport, S. Deck, K. Levine, A. Borkovits, T. Carter, J. El Mellah, I. Sanchis Ojeda, R. ve Kalomeni, B.** 2013, The anticorrelated nature of the primary ve secondary eclipse timing variations for the Kepler contact binaries, *ApJ*, 768(1):33 18 pp.
- Reinhold, T. Reiners, A. ve Basri, G.** 2013, Rotation ve differential rotation of active Kepler stars, *A&A*, 560, 4 19 pp.
- Ripepi, V. Marconi, M. Palla, F. Bernabei, S. Ruoppo, A. Cusano, F. ve Alcalá, J.M.** 2006, Recent results on pre-main sequence delta Scuti stars. *Memorie della Societa Astronomica Italiana*, 77, 317-321 p.
- Rodonò, M.** 1986, The atmospheres of M dwarfs: observations, in *NASA*, 409-453 p.
- Rodonò, M. Lanza, A.F. Catalano, S.** 1995, Starspot evolution, activity cycle and orbital period variation of the prototype active binary RS Canum Venaticorum, *Astron. Astrophys.*, 301, 75–88.
- Rodríguez, E. López-González, M.J. ve López de Coca, P.** 2000, A revised catalogue of delta Sct stars, *Astronomy ve Astrophysics Supplement Series* 144, 469-474 p.
- Rodríguez, E. ve Breger, M.** 2001, Delta Scuti ve related stars: analysis of the R00 catalogue, *Astronomy ve Astrophysics*, 366 178-196 p.
- Rolland, A. Costa, V. Rodríguez, E. Amado, P.J. Garcia-Pelayo, J.M. López de Coca, P. ve Olivares, I.** 2002, Is TU UMi a W UMa-type system, *CoAst* 142, 57-60 p.
- Ruciński, S.M.** 1969, The proximity effects in close binary systems. ii. the bolometric reflection effect for stars with deep convective envelopes, *AcA* 19 245p.
- Rüdiger, G. von Rekowski, B. Donahue, R.A. ve Baliunas, S.L.** 1998, Differential rotation ve meridional flow for fast-rotating solar-type stars, *Astrophys. J.* 494(2):691-699 pp.
- Saio, H. Kurtz, D.W. Takata, M. Shibahashi, H. Murphy, S.J. Sekii, T. ve Bedding, T.R.** 2015, Asteroseismic measurement of slow, nearly uniform surface-to-core rotation in the main-sequence F star KIC 9244992, *MNRAS*, 447(4):3264-3277 p.
- Scargle, J.D.** 1982, Studies in astronomical time series analysis. ii - Statistical aspects of spectral analysis of unevenly spaced data, *Astrophysical Journal* 263:835-853 p.
- Schrijver, C.J. ve Zwaan, C.** 2000, Solar ve Stellar Magnetic Activity, *Cambridge University Press*, New York, USA, 34, 384p.
- Seaton M.J.** 1996, Interpolations of Rosseland-mean opacities for variable X ve Z, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 279(1):95-100 pp.
- Semel, M.** 1989, Zeeman-Doppler imaging of active stars. i - basic principles, *Astron. Astrophys.* 225(2):456-466 p.

- Silva, A.V.R. Wang, H. Gary, D.E. Nitta, N. ve Zirin, H.** 1997, Imaging the chromospheric evaporation of the 1994 june 30 solar flare, *Astrophys. J.* 481(2):978 pp.
- Singh, J. Sakurai, T. Ichimoto, K. Suzuki, I. ve Hagino, M.** 2005, Spectroscopic studies of solar corona vii. formation of a coronal loop by evaporation, *Solar Phys.* 226(2):201-221 pp.
- Skumanich, A.** 1972, Time scales for Ca II emission decay, rotational braking, ve lithium depletion, *Astrophysical Journal* 171:565-567 p.
- Slawson, Robert W. Prša, A. Welsh, W.F. ve 21 coauthors** 2011 ,Kepler eclipsing binary stars. ii. 2165 eclipsing binaries in the second data release, *AJ* 142(5):160 14 pp.
- Slottje, C.** 1978, Millisecond microwave spikes in a solar flare, *Nature* 275:520-521 p.
- Soydugan, E. Soydugan, F. Demircan, O. ve Ibanoglu, C.** 2006, A catalogue of close binaries located in the δ Scuti region of the Cepheid instability strip, *MNRAS*, 370(4): 2013-2024 pp.
- Spanier, J. ve Oldham, K.B.** 1987, An Atlas Of Function, Washington, DC: *Hemisphere Publishing Corporation Press* 233, New York, 700 pp.
- Stauffer, J.R.** 1991, in Proc. NATO Advanced Research Workshop on Angular Momentum Evolution of Young Stars, Catalano, S. ve Stauffer, J.R. (Ed.), *ASICS*, 340 117p.
- Stellingwerf, R.F.** 1978, Period determination using phase dispersion minimization, *ApJ* 224:953-960 p.
- Strassmeier, K.G. Lupinek, S. Dempsey, R.C. ve Rice, J.B.** 1999, Doppler imaging of stellar surface structure. x. the FK Comae-type star HD 199178=V1794 Cygni, *Astron. Astrophys.* 347 212-224 p.
- Strong, K.T. Benz, A.O. Dennis, B.R. Poland, A.I. Leibacher, J.W. Mewe, R. Schrijver, J. Simnett, G. Smith Jr, J.B. ve Sylwester, J.** 1984, A multiwavelength study of a double impulsive flare, *Solar Phys.* 91, 325-344 p.
- Švestka, Z.** 1984, Revivals of a coronal arch, *Solar Phys.* 94:171-192 p.
- Thompson, S.E. Mullally, F. Coughlin, J. Christiansen, J.L. Henze, C.E. Haas, M.R. ve Burke, C.J.** 2015, A machine learning technique to identify transit shaped signals, *ApJ*, 812(1):46 10 pp.
- Tokunaga, A.T.** 2000, Infrared Astronomy, in *Allen's Astrophysical Quantities*, Cox, A.N. (Ed.), 4th ed. 143p.
- Tran, K. Levine, A. Rappaport, S. Borkovits, T. Csizmadia, Sz. ve Kalomeni, B.** 2013, The anticorrelated nature of the primary ve secondary eclipse timing variations for the Kepler contact binaries, *ApJ*, 774(1):81 14 pp.
- Uytterhoeven, K. Moya, A. Grigahcène, A. ve 38 coauthors** 2011, The Kepler characterization of the variability among A- ve F-type stars. i. general overview, *A&A*, 534(125):70 pp.

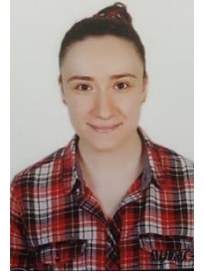
- van Hamme, W.** 1993, New limb-darkening coefficients for modeling binary star light curves, *AJ* 106(5):2096-2117 p.
- Van Maanen, A.** 1940, The photographic determination of stellar parallaxes with the 60 - ve 100-INCH reflectors. Seventeenth series. *ApJ*, 91, 503 p.
- Veronig, A. Vršnak, B. Dennis, B.R. Temmer, M. Hanslmeier, A. ve Magdalenić, J.** 2002, Investigation of the Neupert effect in solar flares. i. statistical properties ve the evaporation model, *Astron. Astrophys.* 392, 699-712 p.
- Veronig, A.M. ve Brown, J.C.** 2004, A coronal thick-target interpretation of two hard X-ray loop events, *Astrophys. J. Lett.* 603(2):L117-L120 pp.
- Vogt, S.S.** 1975, Light ve color variations of the flare star by Draconis A critique of starspot properties, *ApJ* 199, 418 p.
- Warner, P.B. Kaye, A.B. ve Guzik, J.A.** 2003, A theoretical γ Doradus instability strip, *Astrophysical Journal*, 593(2):1049-1055 pp.
- Watson, C.L. Henden, A.A. ve Price, A.** 2006, The International Variable Star Index (VSX), *SASS* 25, 47p.
- Watson, C.L. Henden, A.A. ve Price, A.** 2014, VizieR Online Data Catalog: AAVSO International Variable Star Index VSX (Watson+ 2006-2014), *VizieR On-line Data Catalog: B/vsx* 102027W.
- Wilson, R.E. ve Devinney, E.J.** 1971, Realization of Accurate close-binary light curves: application to MR Cygni, *ApJ* 166, 605 p.
- Wilson, O.C.** 1978, Chromospheric variations in main-sequence stars, *Astrophys. J.* 226:379-396p.
- Wilson, R.E.** 1990, Accuracy ve efficiency in the binary star reflection effect, *ApJ*, 356, 613 p.
- Woodard, M.F. ve Noyes, R.W.** 1985, Change of solar oscillation eigenfrequencies with the solar cycle, *Nature*, 318(6045):449-450 pp.
- Yoldaş, E. ve Dal, H.A.** 2016, Detailed chromospheric activity nature of KIC 9641031, *PASA*, 33(16):19 pp.
- Yoldaş, E. ve Dal, H.A.** 2017, The Chromospherically Active Low-Mass Close Binary KIC 9761199, *RevMex*, 53, 67pp.
- Zarro, D.M. ve Lemen, J.R.** 1988, Conduction-driven chromospheric evaporation in a solar flare, *Astrophys. J.* 329(1):456-463 p.
- Zwintz, K. Marconi, M. Kallinger, T. ve Weiss, W.W.** 2004, Pulsating Pre-Main Sequence Stars In Young Open Clusters, The A Star Puzzle, Zverko, J. Žižňovský, J. Adelman, S.J. ve Weiss, W.W. (Eds.), Cambridge University Press, *IAU Symposium* 224, Cambridge, 353-358 p.

ÖZGEÇMİŞ

Doğum Tarihi: 18.09.1991

Doğum Yeri : SAMSUN

Uyruğu : T.C.



Mezun Olduğu Okullar:

1997-2002 Samsun Atatürk İlköğretim Okulu (İlk Okul)

2002-2005 Samsun Atatürk İlköğretim Okulu (Orta Okul)

2005-2009 Samsun Cumhuriyet Anadolu Lisesi (Lise)

2010-2016 E.Ü. Fen Fak. Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü (Lisans)

BİLİMSEL MAKALELER:

1. **Kamil, C. Dal, H.A.** 2017, “*KIC 2557430: A Triple System Containing One γ Dor ve Two Flaring Compenents?*”, PASA, 34 29.
2. **Kamil, C. Dal, H.A. Özdarcan, O. Yoldaş, E.** 2018, “*Hybrid Pulsating Component of KIC 8043961 In a Stellar Triple System*”, RevMex, (In Press).

GÖREVLER:

1. **TÜBİTAK 1002 Hızlı Destek Projeleri Kapsamında 116F349 Nolu “Tayfsal Gözlemler Yardımıyla Bileşenlerinden Biri Zonklayan Biri Kromosferik Aktif Yıldız Olan Üçlü Sistemlerin Doğasının Tayini”** başlıklı projede **ARAŞTIRMACI**.

SEMİNERLER:

1. 17 Haziran 2015, “*Küçük Kütleli Gezegenlerin Özellikleri*”, E.Ü. Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, İzmir.
2. 2 Haziran 2017, “*İki Flare Bir Tane De γ Dor Yıldızından Oluşan 3'lü Sistemin Doğası: KIC 2557430*”, E.Ü. Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, İzmir.



Publications of the Astronomical Society of Australia (PASA), Vol. 34, e029, 19 pages (2017).
 © Astronomical Society of Australia 2017; published by Cambridge University Press.
 doi:10.1017/pasa.2017.22

KIC 2557430: A Triple System Containing One γ Dor and Two Flaring Components?

Ceren Kamil and Hasan Ali Dal

Department of Astronomy and Space Sciences, University of Ege, Bornova, 35100 İzmir, Turkey
 Email: ali.dal@ege.edu.tr

(RECEIVED August 16, 2016; ACCEPTED June 15, 2017)

Abstract

The results are presented for eclipsing binary KIC 2557430. The mass ratio was computed as 0.868 ± 0.002 , while the inclination (i) was found as 69.75 ± 0.01 with $T_2 = 6271 \pm 1$ K. 50 frequencies were found in the period analysis. 48 frequencies of them are caused due to the primary component, a γ Doradus star, while two of them are caused by the cool spots. 69 flares were detected in the analyses. Two OPEA models were derived for flares, which indicates that the flares were come from two different sources. The Plateau value was found to be 1.4336 ± 0.1104 s for Source 1, which is seen as possible the secondary component and 0.7550 ± 0.0677 s for Source 2, which is seen as possible third body. The half-life value was computed as 2278.1 s for Group 1 and 1811.2 s for Group 2. The flare frequency N_1 was found to be $0.02726 h^{-1}$ and N_2 was computed as 0.00002 for Group 1, while N_1 was found to be $0.01977 h^{-1}$ and N_2 was computed as 0.00001 for Group 2. In a results, KIC 2557430 is a possible triple system consisting of a γ Doradus-type star, a chromospherically active star, and also a flaring third body.

Keywords: binaries: eclipsing – methods: data analysis – methods: statistical – stars: flare – stars: oscillations (including pulsations) – techniques: photometric

1 INTRODUCTION

It is well known for about four decades that 65% of the stars in our Galaxy is consisted from red dwarfs, whose 75% called UV Ceti type stars exhibits strong flare activity (Rodonó 1986). There are lots of studies in the literature that UV Ceti type stars are very young stars and their population increases in the open cluster and especially in the associations (Mirzoyan 1990; Pigatto 1990). The population rate of the flaring red dwarfs is decreasing while the age of the cluster is increasing, as it is expected according to Skumanich's law (Skumanich 1972; Pettersen 1991; Stauffer 1991; Marcy & Chen 1992). The mass loss is one of the important parameters, which affect the stellar evolution, especially for the low-mass stars like red dwarfs. In the case of magnetic active stars, the chromospheric activity of the stars are relatively very strong due to the their high rotational speed, when the stars have just came to the Zero Age Main Sequence (ZAMS), which led the rate of the mass loss to increase. The observations indicate that the mass loss rate of the Sun is about $2 \times 10^{-14} M_{\odot} y^{-1}$ (Gershberg 2005); however, it is about several $10^{-10} M_{\odot} y^{-1}$ in the case of young UV Ceti type stars (Schrijver and Zwaan 2000; Boyarchuk 1970). This indicates that the UV Ceti type

stars lose the largest part of their angular momentum in the beginning of the main-sequence life (Marcy & Chen 1992).

However, we do not exactly know how the flare process causing mass loss with the high rate is working on a UV Ceti type star. The highest energy detected from two-ribbon flares that is the most powerful flares occurring on the sun is found to be 10^{30} – 10^{31} erg (Gershberg 2005; Benz 2008). Beside the Sun, RS VCn binaries, whose components are generally from the spectral types G or K giants, also exhibit the flare activity. Although their flare activity are generally observed in the radio or X-Ray bands (Pandey & Singh 2012), there are several white-light observations of the visible region, in which the white-light flare light curves have been obtained (Mathioudakis et al. 1992). Examining these white-light light curves, the energies emitting in the flares detected from RS CVn binaries are about 10^{31} erg (Haisch, Strong, & Rodonó 1991). Apart from RS CVn binaries, the ground-based observations demonstrated that the events are more frequently occurring on the surfaces of the dMe stars. In the case of dMe stars, the flare energy can reach a level from 10 times to 1 000 times of the level reached in the solar case (Güdel & Nazé 2009). In fact, the observations reveal that the flare energy level varies from 10^{28} to 10^{34} erg in the case of dMe stars

HYBRID PULSATING COMPONENT OF KIC 8043961 IN A STELLAR TRIPLE SYSTEM

C. KAMİL¹, H. A. DAL^{1,2}, O. ÖZDARCAN¹ and E. YOLDAŞ¹

Draft version: June 3, 2018

RESUMEN

Favor de proporcionar un resumen en español. If you are unable to translate your abstract into Spanish, the editors will do it for you.

ABSTRACT

Taking into account the results found by analyzing the photometric data together with spectroscopic observations, we present new findings about an eclipsing binary system, KIC 8043961. Modelling several spectra of target, we find the effective temperatures of the components as 6800 ± 200 K for the primary, and 6367 ± 200 K for the secondary, while the logarithm of the surface gravities are found to be 3.78 cgs^{-2} and 4.02 cgs^{-2} , in the same order. Combination of light curve and spectroscopic orbit modelling results lead to the mass ratio of 1.09 ± 0.07 with an orbital inclination of 77.40 ± 0.13 and semi-major axis of $8.001 \pm 0.266 R_{\odot}$. Masses of the primary and secondary components are calculated as $1.348 \pm 0.109 M_{\odot}$ and $1.481 \pm 0.181 M_{\odot}$, while the radii are found to be $2.517 \pm 0.084 R_{\odot}$ and $1.771 \pm 0.059 R_{\odot}$. In addition, we obtained considerable light contribution ($\sim 20\%$) of a third body. Re-analysing eclipse time variations, we computed possible mass of the third body as $0.778 \pm 0.002 M_{\odot}$. We found that the primary component exhibits γ Dor / δ Scuti hybrid pulsator component with 98 frequencies. Moreover, g-mode frequencies exhibits splitting in two orders.

Key Words: techniques: photometric — methods: data analysis — stars: binaries: eclipsing — stars: γ Dor and δ Scuti — stars: individual: KIC 8043961

1. INTRODUCTION

The astronomer desiring to understand the universe have been trying to find out a better way for demonstration of the stellar evolution in detail during last several decades. Like the Kepler Mission, the space missions have been giving an incredible perspective to them in this point, as expected. For instance, the Kepler Mission was aimed to detect exo-planets in the beginning (Borucki et al. 2010; Koch et al. 2010; Caldwell et al. 2010). For this aim, the scientists counted on its highest quality and sensitivity obtained ever in the photometry (Jenkins et al. 2010a,b). Indeed, the high quality

¹Department of Astronomy and Space Sciences, University of Ege, Bornova, 35100 İzmir, Turkey

²Corresponding Author, Email: ali.dal@ege.edu.tr

EKLER

Ek 1: KIC 2557430 İçin Dönem Analizi Sonuçları (izelge 2.1.1)

Ek 2: KIC 8043961 İçin Dönem Analizi Sonuçları (izelge 2.1.2)

Ek 3: KIC 8043961 İçin Long Cadence Formatındaki Veriler ile Elde Edilen Dönem Analizi Sonuçları (izelge 2.1.4)

Ek 4: KIC 8043961 sisteminin Kepler'in SC ve LC Verilerinden Elde Edilen Minimum Zamanları ve O-C Artıkları (izelge 2.4.2)



EK 1 (Çizelge 2.1.1)

PERIOD04 Programı (Lenz ve Breger 2005) ile yapılan analizler sonucunda gerek hata (σ) gerekse de gürültü düzeyi (S/N oranı) göz önüne alınarak KIC 2557430 için 50 ayrı frekans bulunmuştur. Çizelgede birinci kolonda frekans numarası, ikinci kolonda frekans, dördüncü kolonda genlik, altıncı kolonda evre değeri ve her birinin yanında da hata değerleri listelenmiştir. Çizelgede son kolonda ise gürültü düzeyi S/R listelenmiştir. Yapılan analizlerde, KIC 2557430 için S/R oranı 5 ve üzerindeki frekanslar gerçek olarak kabul edilmiştir.

Çizelge 2.1.1: The Discrete Fourier Transform (DFT, Scargle 1982) yöntemine dayanan PERIOD04 Programı ile yapılan analizlerde KIC 2557430 için elde edilen frekanslar.

No	Frekans (d^{-1})	Fre. Hatası	Genlik	Gen. Hatası	Evre	Evr. Hatası	S/R
F1	0.7723160979	0.0000031877	0.0026609924	0.0000018593	0.9449107704	0.0001113634	27.24290
F2	0.4975761231	0.0000059818	0.0013999114	0.0000018593	0.3327250305	0.0002089767	113.35254
F3	0.9988728524	0.0000078992	0.0010620928	0.0000018593	0.8358997565	0.0002759644	86.11411
F4	1.5424135178	0.0000090667	0.0009345166	0.0000018593	0.7420582624	0.0003167517	76.43665
F5	0.4894687433	0.0000083042	0.0010179492	0.0000018593	0.4910210062	0.0002901135	82.42263
F6	1.0276687946	0.0000154359	0.0005344823	0.0000018593	0.4455039071	0.0005392634	43.38851
F7	0.4407402764	0.0000129339	0.0006585206	0.0000018593	0.7890295023	0.0004518545	53.31641
F8	0.5311150110	0.0000136640	0.0006143544	0.0000018593	0.4296130277	0.0004773612	49.75739
F9	0.9849090641	0.0000124246	0.0006660833	0.0000018593	0.5662303913	0.0004340626	54.01709
F10	0.7916937472	0.0000305106	0.0002807339	0.0000018593	0.3519530512	0.0010659082	22.79429
F11	0.5795860109	0.0000191945	0.0004413958	0.0000018593	0.1273669374	0.0006705733	35.81990
F12	1.4694682971	0.0000293374	0.0002888168	0.0000018593	0.9618532171	0.0010249184	23.61153
F13	1.4950385433	0.0000348934	0.0002442206	0.0000018593	0.2269944994	0.0012190231	19.96318
F14	0.3215148480	0.0000390646	0.0002173496	0.0000018593	0.2211391526	0.0013647462	17.59599
F15	0.1311444430	0.0000526486	0.0001626092	0.0000018593	0.0198912644	0.0018393101	13.16109
F16	2.3173994774	0.0000282187	0.0003025840	0.0000018593	0.3473188973	0.0009858365	25.19440
F17	0.7525091100	0.0000240647	0.0003595750	0.0000018593	0.8347027269	0.0008407166	29.21993
F18	0.5636687727	0.0000245231	0.0003419938	0.0000018593	0.8499529812	0.0008567298	27.73990
F19	0.4080325495	0.0000354012	0.0002408583	0.0000018593	0.4065381323	0.0012367619	19.49850
F20	0.9552365417	0.0000288772	0.0002894413	0.0000018593	0.4893944906	0.0010088442	23.47079
F21	0.7380632474	0.0000274253	0.0003090188	0.0000018593	0.4577053105	0.0009581210	25.10511
F22	0.1938512417	0.0000421370	0.0002021753	0.0000018593	0.8036857356	0.0014720830	16.35457
F23	0.0994199015	0.0000443156	0.0001899003	0.0000018593	0.3254750599	0.0015481919	15.37623
F24	0.6335700599	0.0000519750	0.0001607942	0.0000018593	0.2142595161	0.0018157772	13.05360

F25	0.6984989836	0.0000382614	0.0002183078	0.0000018593	0.0646423964	0.0013366838	17.73914
F26	1.1021815212	0.0000623869	0.0001233246	0.0000018593	0.4001342339	0.0021795241	10.02352
F27	3.0871283460	0.0000518796	0.0001632645	0.0000018593	0.4609820387	0.0018124452	13.85685
F28	0.0558343058	0.0000563096	0.0001509230	0.0000018593	0.1467764179	0.0019672089	12.21338
F29	0.3386128997	0.0000446178	0.0001876491	0.0000018593	0.9062616530	0.0015587507	15.19642
F30	0.9114975683	0.0000571347	0.0001503758	0.0000018593	0.6784290417	0.0019960341	12.20166
F31	1.0588928956	0.0000563202	0.0001247546	0.0000018593	0.3458643842	0.0019675814	10.13334
F32	0.2550253254	0.0000832905	0.0001020882	0.0000018593	0.9943019246	0.0029098040	8.25892
F33	1.5745649357	0.0000806543	0.0001038800	0.0000018593	0.5659969012	0.0028177055	8.50920
F34	2.3129357806	0.0000579092	0.0001470766	0.0000018593	0.7712122761	0.0020230923	12.24760
F35	0.1567972123	0.0000547972	0.0001533881	0.0000018593	0.5794490966	0.0019143725	12.41019
F36	1.1830227204	0.0000777679	0.0001051544	0.0000018593	0.1673114109	0.0027168683	8.55585
F37	0.2865210885	0.0000739005	0.0001132727	0.0000018593	0.6120736605	0.0025817588	9.17030
F38	0.8370259123	0.0000923417	0.0000929679	0.0000018593	0.5498119347	0.0032260127	7.54894
F39	2.4799486485	0.0000748546	0.0001118372	0.0000018593	0.0476382855	0.0026150918	9.34807
F40	0.6580805890	0.0000726444	0.0001151555	0.0000018593	0.8300884411	0.0025378750	9.35082
F41	1.5243299827	0.0000565504	0.0001499204	0.0000018593	0.0423623742	0.0019756244	12.25617
F42	1.9833940130	0.0001028949	0.0000814848	0.0000018593	0.0209795407	0.0035946974	6.73297
F43	1.2758245817	0.0000988247	0.0000858415	0.0000018593	0.6400886887	0.0034525022	6.99744
F44	1.3812585747	0.0001033266	0.0000822766	0.0000018593	0.9889746567	0.0036097794	6.71805
F45	2.5045724493	0.0000942023	0.0000884516	0.0000018593	0.6184939074	0.0032910139	7.39540
F46	1.9331724591	0.0001132792	0.0000732111	0.0000018593	0.1625473654	0.0039574785	6.03821
F47	0.4563923889	0.0000347727	0.0002328754	0.0000018593	0.9428930442	0.0012148041	18.85420
F48	1.6197884001	0.0001136596	0.0000756666	0.0000018593	0.6772422202	0.0039707660	6.20086
F49	1.4315884040	0.0001219939	0.0000673438	0.0000018593	0.4330667564	0.0042619312	5.50389
F50	1.0651087581	0.0000768301	0.0000654989	0.0000018593	0.8525449471	0.0026841078	5.32053

Ek 2 (Çizelge 2.1.2)

PERIOD04 Programı (Lenz ve Breger 2005) ile yapılan analizler sonucunda gerek hata (σ) gerekse de gürültü düzeyi (S/N oranı) göz önüne alınarak KIC 8043961 için 98 ayrı frekans bulunmuştur. Çizelgede birinci kolonda frekans numarası, ikinci kolonda frekanslar ve hataları, üçüncü kolonda genlik ve hataları, dördüncü kolonda fourier evre değeri ve hataları listelenmiştir. Çizelgede son kolonda ise gürültü düzeyi S/R listelenmiştir. KIC 8043961 için S/R oranı 3 ve üzerindeki frekanslar gerçek kabul edilmiştir.

Çizelge 2.1.2: The Discrete Fourier Transform (DFT, Scargle 1982) yöntemine dayanan PERIOD04 Programı ile yapılan analizlerde bulunan Güneş benzeri titreşimlerin frekans listesi.

No	Frekans (d^{-1})		Genlik (Yegünlük)		Fourier Evresi		S/R
F1	3.206386	± 0.000011	0.002594	± 0.000002	0.240195	± 0.000094	22.00503
F2	0.639990	± 0.000019	0.001385	± 0.000002	0.126194	± 0.000166	267.20079
F3	1.924914	± 0.000024	0.001192	± 0.000002	0.359555	± 0.000205	230.95135
F4	4.488924	± 0.000025	0.001127	± 0.000002	0.997151	± 0.000216	217.99212
F5	6.414796	± 0.000041	0.000683	± 0.000002	0.885800	± 0.000356	130.72451
F6	0.935818	± 0.000000	3.459082	± 0.000002	0.758731	± 0.000000	368.82825
F7	7.696148	± 0.000048	0.000588	± 0.000002	0.853210	± 0.000414	113.92247
F8	8.337629	± 0.000048	0.000581	± 0.000002	0.536916	± 0.000419	116.03112
F9	5.134875	± 0.000053	0.000536	± 0.000002	0.092952	± 0.000458	103.75257
F10	7.055314	± 0.000061	0.000464	± 0.000002	0.568145	± 0.000525	89.40171
F11	0.050392	± 0.000000	0.143543	± 0.000002	0.424229	± 0.000002	70.01333
F12	2.559108	± 0.000065	0.000437	± 0.000002	0.681845	± 0.000561	86.57227
F13	9.619695	± 0.000066	0.000425	± 0.000002	0.213890	± 0.000573	89.80289
F14	8.977975	± 0.000084	0.000334	± 0.000002	0.721262	± 0.000730	68.66146
F15	0.935877	± 0.000000	3.248058	± 0.000002	0.013258	± 0.000000	50.86711
F16	1.292472	± 0.000159	0.000241	± 0.000002	0.151414	± 0.001372	46.88809
F17	0.358440	± 0.000161	0.000172	± 0.000002	0.874618	± 0.001394	33.66158
F18	1.874335	± 0.000163	0.000173	± 0.000002	0.874602	± 0.001413	33.56129
F19	10.903098	± 0.000164	0.000172	± 0.000002	0.329053	± 0.001417	38.04931
F20	0.997012	± 0.000182	0.000149	± 0.000002	0.126423	± 0.001575	29.32055
F21	3.859587	± 0.000149	0.000177	± 0.000002	0.266130	± 0.001289	34.71792
F22	1.260853	± 0.000196	0.000169	± 0.000002	0.987008	± 0.001700	32.59822
F23	0.872233	± 0.000313	0.000084	± 0.000002	0.044342	± 0.002708	16.49419
F24	0.934915	± 0.000000	0.211431	± 0.000002	0.018017	± 0.000001	41.84513
F25	0.050441	± 0.000000	0.143174	± 0.000002	0.266081	± 0.000002	38.88930
F26	10.258474	± 0.000271	0.000104	± 0.000002	0.658233	± 0.002346	22.25328
F27	0.621203	± 0.000152	0.000160	± 0.000002	0.022702	± 0.001318	30.94941
F28	5.766460	± 0.000300	0.000094	± 0.000002	0.030892	± 0.002595	18.31680
F29	0.257277	± 0.000266	0.000107	± 0.000002	0.080345	± 0.002305	20.82747
F30	0.409049	± 0.000311	0.000092	± 0.000002	0.672194	± 0.002687	17.94639
F31	2.291919	± 0.000340	0.000081	± 0.000002	0.607725	± 0.002941	16.16085
F32	0.103965	± 0.000320	0.000084	± 0.000002	0.155293	± 0.002772	16.26797
F33	1.650598	± 0.000271	0.000071	± 0.000002	0.171528	± 0.002346	13.93052
F34	3.836550	± 0.000253	0.000105	± 0.000002	0.881201	± 0.002187	20.55711
F35	1.971651	± 0.000370	0.000071	± 0.000002	0.731383	± 0.003201	13.81817
F36	16.672294	± 0.000446	0.000063	± 0.000002	0.988459	± 0.003860	17.14031
F37	15.392889	± 0.000472	0.000059	± 0.000002	0.794331	± 0.004087	15.65143
F38	0.311928	± 0.000465	0.000061	± 0.000002	0.881067	± 0.004026	11.83847
F39	2.196840	± 0.000497	0.000052	± 0.000002	0.158848	± 0.004298	10.27574
F40	0.682238	± 0.000370	0.000053	± 0.000002	0.732249	± 0.003205	10.31428
F41	1.621358	± 0.000125	0.000055	± 0.000002	0.463571	± 0.001082	10.69018
F42	0.577150	± 0.000355	0.000052	± 0.000002	0.157065	± 0.003070	10.00389
F43	0.750629	± 0.000548	0.000052	± 0.000002	0.347884	± 0.004742	10.08697

F44	17.317835	±	0.000566	0.000050	±	0.000002	0.188362	±	0.004896	13.94893
F45	1.332783	±	0.000190	0.000038	±	0.000002	0.070662	±	0.001646	7.40275
F46	3.571324	±	0.000294	0.000047	±	0.000002	0.748942	±	0.002540	9.24026
F47	13.469612	±	0.000638	0.000044	±	0.000002	0.062075	±	0.005523	11.12281
F48	1.034199	±	0.000503	0.000050	±	0.000002	0.753642	±	0.004355	9.85214
F49	1.749799	±	0.000604	0.000043	±	0.000002	0.975907	±	0.005230	8.52505
F50	1.556303	±	0.000336	0.000046	±	0.000002	0.501913	±	0.002907	8.92738
F51	2.612187	±	0.000646	0.000045	±	0.000002	0.362435	±	0.005592	8.91897
F52	2.925783	±	0.000601	0.000045	±	0.000002	0.525648	±	0.005200	8.77857
F53	12.822404	±	0.000710	0.000040	±	0.000002	0.658954	±	0.006141	9.67668
F54	0.817351	±	0.000587	0.000044	±	0.000002	0.862857	±	0.005080	8.63131
F55	0.146790	±	0.000575	0.000043	±	0.000002	0.552409	±	0.004973	8.37746
F56	3.482916	±	0.000844	0.000034	±	0.000002	0.122383	±	0.007302	6.62510
F57	1.596337	±	0.000211	0.000046	±	0.000002	0.512629	±	0.001826	8.92729
F58	2.320276	±	0.000279	0.000039	±	0.000002	0.826642	±	0.002414	7.79483
F59	16.033426	±	0.000782	0.000036	±	0.000002	0.491345	±	0.006763	9.56396
F60	18.598907	±	0.000860	0.000033	±	0.000002	0.558249	±	0.007441	9.35109
F61	3.599681	±	0.000332	0.000035	±	0.000002	0.047587	±	0.002875	6.86255
F62	1.377820	±	0.001286	0.000031	±	0.000002	0.363653	±	0.011131	6.00187
F63	1.122607	±	0.000954	0.000031	±	0.000002	0.804509	±	0.008256	6.07987
F64	28.216961	±	0.000895	0.000031	±	0.000002	0.417462	±	0.007744	10.69034
F65	17.955035	±	0.000916	0.000031	±	0.000002	0.531890	±	0.007929	8.67851
F66	29.501370	±	0.000940	0.000030	±	0.000002	0.137503	±	0.008138	10.28566
F67	3.249388	±	0.001048	0.000027	±	0.000002	0.698793	±	0.009067	5.29574
F68	1.719773	±	0.001605	0.000028	±	0.000002	0.047991	±	0.013892	5.47136
F69	11.542999	±	0.000993	0.000028	±	0.000002	0.456080	±	0.008594	6.53731
F70	0.453713	±	0.000746	0.000033	±	0.000002	0.471922	±	0.006451	6.41283
F71	2.844048	±	0.001020	0.000027	±	0.000002	0.633903	±	0.008828	5.27998
F72	1.199338	±	0.000323	0.000027	±	0.000002	0.974279	±	0.002795	5.18951
F73	3.174325	±	0.000916	0.000026	±	0.000002	0.852220	±	0.007928	5.07377
F74	2.648885	±	0.000915	0.000027	±	0.000002	0.566410	±	0.007917	5.29289
F75	2.351969	±	0.000298	0.000021	±	0.000002	0.875456	±	0.002582	4.12371
F76	0.507091	±	0.000950	0.000028	±	0.000002	0.142783	±	0.008221	5.34162
F77	0.718935	±	0.000572	0.000027	±	0.000002	0.017933	±	0.004951	5.24135
F78	4.525456	±	0.000997	0.000025	±	0.000002	0.591281	±	0.008625	4.87413
F79	1.532950	±	0.000437	0.000028	±	0.000002	0.787891	±	0.003785	5.45113
F80	28.859166	±	0.001230	0.000023	±	0.000002	0.244716	±	0.010641	7.74672
F81	24.365403	±	0.001231	0.000023	±	0.000002	0.923129	±	0.010654	7.02825
F82	4.849060	±	0.000838	0.000022	±	0.000002	0.768367	±	0.007251	4.25900
F83	30.143575	±	0.001247	0.000023	±	0.000002	0.954687	±	0.010794	7.69730
F84	2.016689	±	0.001296	0.000023	±	0.000002	0.718779	±	0.011216	4.53356
F85	31.424647	±	0.001275	0.000022	±	0.000002	0.367559	±	0.011036	7.70184
F86	20.517180	±	0.001319	0.000021	±	0.000002	0.713730	±	0.011411	6.51042
F87	4.211860	±	0.001214	0.000023	±	0.000002	0.455118	±	0.010504	4.54567
F88	1.164308	±	0.000388	0.000022	±	0.000002	0.012711	±	0.003358	4.20312
F89	2.515440	±	0.001237	0.000021	±	0.000002	0.837716	±	0.010708	4.14833
F90	3.416194	±	0.001306	0.000021	±	0.000002	0.225159	±	0.011297	4.02583
F91	3.944970	±	0.001338	0.000020	±	0.000002	0.700768	±	0.011581	4.00020
F92	4.880754	±	0.000892	0.000019	±	0.000002	0.437783	±	0.007721	3.72453
F93	40.405501	±	0.001492	0.000019	±	0.000002	0.873594	±	0.012915	6.81527
F94	5.819873	±	0.001398	0.000019	±	0.000002	0.216874	±	0.012096	3.71936
F95	30.779107	±	0.001563	0.000018	±	0.000002	0.145754	±	0.013528	6.29331
F96	2.398675	±	0.000902	0.000021	±	0.000002	0.209187	±	0.007808	4.16747
F97	2.160142	±	0.000872	0.000019	±	0.000002	0.986077	±	0.007550	3.66508
F98	4.123453	±	0.001568	0.000017	±	0.000002	0.781533	±	0.013565	3.40758

EK 3 (Çizelge 2.1.4)

KIC 8043961'in Long Cadence formatındaki verisi ile de dönem analizi gerçekleştirilmiştir. PERIOD04 Programı (Lenz ve Breger 2005) ile yapılan analizler sonucunda gerek hata (σ) gerekse de gürültü düzeyi (S/N oranı) göz önüne alınarak KIC 8043961 için 90 ayrı frekans elde edilmiştir. Elde edilen frekanslar aşağıdaki çizelgede listelenmiştir. Çizelgede birinci kolonda frekans numarası, ikinci kolonda frekans, dördüncü kolonda genlik, altıncı kolonda evre değeri ve her birinin yanında da hata değerleri listelenmiştir. Çizelgede sekizinci kolon Box Size 5 değeri için elde edilen S/R oranları, son kolon ise Box Size 10 değeri için elde edilen S/R oranlarını göstermektedir. Hem Box Size 5 hem de 10 değeri için yapılan analizlerde KIC 8043961 için S/R oranı 3 ve üzerindeki frekanslar gerçek kabul edilmiştir.

Çizelge 2.1.3: The Discrete Fourier Transform (DFT, Scargle 1982) yöntemine dayanan PERIOD04 Programı ile Long Cadence formatındaki veriler ile yapılan analiz sonucunda KIC 8043961 için elde edilen frekanslar.

No	Frekans (d^{-1})	Fre. Hatası	Genlik	Gen. Hatası	Evre	Evr. Hatası	S/R	S/R
F1	1.2827588494	0.0000015093	0.0009386590	0.0000036777	0.7393187542	0.0006406862	37.12001	44.09977
F2	3.2067451920	0.0000005548	0.0024853795	0.0000036777	0.4925127468	0.0002355063	576.45295	422.60936
F3	0.6413490518	0.0000008930	0.0015439066	0.0000036777	0.2845134869	0.0003790796	160.92132	240.88388
F4	1.9240473550	0.0000010297	0.0013390831	0.0000036777	0.0773477517	0.0004370958	160.54588	213.88806
F5	5.1308214838	0.0000011266	0.0012238770	0.0000036777	0.2202621920	0.0004782362	511.82686	328.75683
F6	3.8481374594	0.0000011751	0.0011724914	0.0000036777	0.5422906868	0.0004987954	353.36966	211.85106
F7	4.4894476461	0.0000013218	0.0010432660	0.0000036777	0.1447849398	0.0005610733	372.96197	207.15664
F8	6.4135084113	0.0000013933	0.0009896289	0.0000036777	0.7366213966	0.0005914303	508.50142	407.58194
F9	2.5654455813	0.0000014619	0.0009433171	0.0000036777	0.3033227337	0.0006205454	155.15626	154.81296
F10	0.9164280543	0.0000016220	0.0008500576	0.0000036777	0.8247605766	0.0006885132	90.04434	132.8884
F11	0.9422097130	0.0000019827	0.0006958200	0.0000036777	0.9977160865	0.0008416321	73.91442	108.80841
F12	1.2848173001	0.0000019565	0.0007047890	0.0000036777	0.4877566353	0.0008304866	77.4738	111.03929
F13	3.8501954588	0.0000019804	0.0006960323	0.0000036777	0.2839913581	0.0008406201	209.89627	125.78677
F14	2.5674997957	0.0000019870	0.0006940122	0.0000036777	0.2533443972	0.0008434282	114.55444	113.90373
F15	3.8460164452	0.0000019987	0.0006894861	0.0000036777	0.7967850975	0.0008484202	207.65703	124.5591
F16	2.5633201523	0.0000020486	0.0006730800	0.0000036777	0.7986873918	0.0008695718	110.52511	110.45737
F17	1.2806403554	0.0000021289	0.0006476631	0.0000036777	0.8854337403	0.0009036926	71.14155	102.03645
F18	7.6961947361	0.0000023840	0.0005783965	0.0000036777	0.2854618263	0.0010119659	346.7954	295.81829
F19	8.3375438488	0.0000023879	0.0005774257	0.0000036777	0.2310048243	0.0010136011	357.22863	311.62325
F20	7.0548443139	0.0000028886	0.0004774000	0.0000036777	0.4160042765	0.0012261654	266.88787	220.35556

F21	5.1287078520	0.0000028896	0.0004772090	0.0000036777	0.0646526448	0.0012265787	199.41715	127.95468
F22	5.1328905015	0.0000029118	0.0004735518	0.0000036777	0.3520357033	0.0012360181	198.1295	127.39196
F23	9.6202426752	0.0000034267	0.0004024195	0.0000036777	0.0860363080	0.0014545651	259.1633	242.76631
F24	0.9569614229	0.0000044238	0.0003118779	0.0000036777	0.3554329870	0.0018778299	33.1524	48.79028
F25	0.9936778700	0.0000050928	0.0002707094	0.0000036777	0.6117881303	0.0021617808	28.8182	42.35804
F26	0.9498633053	0.0000055192	0.0002499176	0.0000036777	0.2391390560	0.0023427706	26.56353	39.08452
F27	0.9236006556	0.0000062233	0.0002213210	0.0000036777	0.2750523928	0.0026416839	23.4588	34.60093
F28	8.9788696651	0.0000062747	0.0002197673	0.0000036777	0.4677253970	0.0026634695	140.60779	126.68152
F29	6.4114018300	0.0000071819	0.0001920284	0.0000036777	0.1898482341	0.0030485772	98.62416	79.05169
F30	6.4155857752	0.0000072766	0.0001894951	0.0000036777	0.4067983632	0.0030887851	97.39479	78.05059
F31	0.3662439063	0.0000072812	0.0001894723	0.0000036777	0.4400275392	0.0030907206	19.56232	29.48075
F32	1.8733616896	0.0000074743	0.0001845036	0.0000036777	0.4821842678	0.0031727103	21.9495	29.4464
F33	0.8870420702	0.0000074327	0.0001855560	0.0000036777	0.9784992785	0.0031550522	19.6138	28.99807
F34	0.9744887256	0.0000076533	0.0001801196	0.0000036777	0.3495628478	0.0032486786	19.16588	28.17973
F35	10.9029442470	0.0000076877	0.0001793630	0.0000036777	0.7876943481	0.0032632782	116.15142	115.61639
F36	0.0577598982	0.0000053571	0.0001388907	0.0000036777	0.1108138681	0.0022739869	14.3258	21.65917
F37	0.0029410781	0.0000098856	0.0001431704	0.0000036777	0.7214173704	0.0041962467	14.80947	22.32707
F38	0.0784183433	0.0000131758	0.0001046072	0.0000036777	0.0372319934	0.0055928600	10.73526	16.31425
F39	1.2785295341	0.0000113981	0.0001208627	0.0000036777	0.6125011832	0.0048382822	13.27116	19.04147
F40	0.0342108939	0.0000122156	0.0001101089	0.0000036777	0.1348429614	0.0051852651	11.38204	17.17
F41	0.0628110114	0.0000094942	0.0001434534	0.0000036777	0.4921086234	0.0040300952	14.77638	22.3709
F42	0.3404099391	0.0000120803	0.0001145645	0.0000036777	0.2306374101	0.0051278295	11.83565	17.82767
F43	0.0569601843	0.0000062874	0.0001276031	0.0000036777	0.4139051703	0.0026688802	13.16381	19.89882
F44	0.0372700042	0.0000119922	0.0001106575	0.0000036777	0.9955613711	0.0050904585	11.43641	17.25571
F45	0.0447620873	0.0000111761	0.0001224711	0.0000036777	0.7425155320	0.0047440439	12.6488	19.09823
F46	0.0397300120	0.0000106331	0.0001277095	0.0000036777	0.0773827254	0.0045135412	13.19488	19.91566
F47	0.0560902616	0.0000093413	0.0001260434	0.0000036777	0.9304075476	0.0039652150	13.00393	19.6553
F48	3.2046724551	0.0000137094	0.0001006941	0.0000036777	0.5634530161	0.0058193494	23.33587	17.11988
F49	2.5612130829	0.0000138429	0.0000995634	0.0000036777	0.3174266599	0.0058760169	16.31475	16.3382
F50	0.0358249353	0.0000149249	0.0000884144	0.0000036777	0.3580004874	0.0063353321	9.1379	13.7874
F51	3.2088345787	0.0000140400	0.0000981714	0.0000036777	0.9956002453	0.0059596973	22.78489	16.69482
F52	0.0600508847	0.0000153983	0.0000902173	0.0000036777	0.4049461844	0.0065362634	9.29756	14.06886
F53	1.2826932717	0.0000007783	0.0017475256	0.0000036777	0.4455047560	0.0003303627	192.02528	275.30928
F54	0.0682981474	0.0000123418	0.0001147745	0.0000036777	0.3941332527	0.0052388274	11.80969	17.90186
F55	0.0639616106	0.0000130609	0.0001035101	0.0000036777	0.3761180723	0.0055440875	10.6595	16.1424
F56	0.0055081712	0.0000145854	0.0000916355	0.0000036777	0.5960481920	0.0061911921	9.47861	14.29009
F57	0.0484635353	0.0000145287	0.0000978494	0.0000036777	0.6186286538	0.0061671490	10.10294	15.25785

F58	0.0968633412	0.0000151930	0.0000917801	0.0000036777	0.3439449055	0.0064491234	9.40129	14.31339
F59	0.0435110730	0.0000139989	0.0001031723	0.0000036777	0.4642207143	0.0059422323	10.65726	16.08876
F60	0.0519214455	0.0000114312	0.0001149455	0.0000036777	0.4649037224	0.0048523147	11.86507	17.92463
F61	3.8438922822	0.0000157575	0.0000880774	0.0000036777	0.2751014737	0.0066887412	26.51813	15.90855
F62	0.0924636801	0.0000148357	0.0000963860	0.0000036777	0.7126335884	0.0062974679	9.87714	15.03229
F63	0.1106842912	0.0000143086	0.0000955240	0.0000036777	0.5281815155	0.0060736944	9.77993	14.89778
F64	1.0076489235	0.0000156012	0.0000883249	0.0000036777	0.3464054995	0.0066223806	9.40311	13.82377
F65	0.3766343976	0.0000159667	0.0000857402	0.0000036777	0.0576254894	0.0067775621	8.84994	13.34035
F66	8.9809820077	0.0000156479	0.0000881356	0.0000036777	0.6954662268	0.0066422035	56.41165	50.81239
F67	0.0888121990	0.0000157704	0.0000902976	0.0000036777	0.9519833125	0.0066942371	9.2572	14.08251
F68	0.0251547057	0.0000125706	0.0001097508	0.0000036777	0.8223062534	0.0053359585	11.34888	17.11455
F69	0.0937366855	0.0000135568	0.0000971765	0.0000036777	0.8656038268	0.0057545732	9.95565	15.15556
F70	0.0263634111	0.0000125888	0.0001070057	0.0000036777	0.4537616437	0.0053436862	11.06474	16.68674
F71	0.1044821387	0.0000174532	0.0000786893	0.0000036777	0.6790724721	0.0074085359	8.05795	12.27021
F72	14.1096881911	0.0000160928	0.0000856257	0.0000036777	0.6083670748	0.0068310732	57.89836	57.61605
F73	8.9768090956	0.0000160376	0.0000859814	0.0000036777	0.8681164647	0.0068076488	54.98684	49.55734
F74	0.0702018952	0.0000156410	0.0000895161	0.0000036777	0.7409680799	0.0066392725	9.20035	13.96221
F75	0.0227484336	0.0000160914	0.0000846974	0.0000036777	0.7809281742	0.0068304735	8.75869	13.20803
F76	0.0311811027	0.0000148822	0.0000897546	0.0000036777	0.6956611874	0.0063172076	9.2796	13.99649
F77	3.8522773272	0.0000171379	0.0000796593	0.0000036777	0.1732873641	0.0072747136	24.0314	14.39975
F78	0.0586218333	0.0000109218	0.0000917864	0.0000036777	0.1916006194	0.0046361050	9.46588	14.31375
F79	0.0090789034	0.0000170351	0.0000786844	0.0000036777	0.5043552191	0.0072310476	8.13882	12.27072
F80	0.6683365039	0.0000175985	0.0000780024	0.0000036777	0.0077243020	0.0074702108	8.14663	12.17182
F81	4.4873585220	0.0000178525	0.0000766698	0.0000036777	0.1430301885	0.0075780102	27.38506	15.21983
F82	0.9839899135	0.0000181166	0.0000760650	0.0000036777	0.0840679995	0.0076901238	8.09244	11.90212
F83	0.1186038019	0.0000180137	0.0000766960	0.0000036777	0.5150598155	0.0076464380	7.84596	11.95947
F84	0.8682083925	0.0000017255	0.0000639123	0.0000036777	0.3566305737	0.0007324369	6.73777	9.98456
F85	0.8682083925	0.0000017105	0.0000322198	0.0000036777	0.1258166550	0.0007260682	3.39668	5.03347
F86	0.0509710720	0.0000147823	0.0000885391	0.0000036777	0.5049239763	0.0062747805	9.14096	13.80641
F87	0.0540653799	0.0000146635	0.0000831427	0.0000036777	0.4985410861	0.0062243773	8.58132	12.96505
F88	0.0904149969	0.0000169219	0.0000785788	0.0000036777	0.9224357324	0.0071829922	8.05486	12.255
F89	0.0234963380	0.0000175884	0.0000777787	0.0000036777	0.8996518028	0.0074659379	8.04327	12.12894
F90	0.0808600461	0.0000181992	0.0000757215	0.0000036777	0.7266377976	0.0077252130	7.76814	11.8092

Ek 4 (Çizelge 2.4.2)

KIC 8043961'in yörünge dönemi değişimini incelemek için mevcut tüm veriler değerlendirilmiştir. Sistemin Kepler Veri Tabanı'nda (Slawson ve ark. 2011; Matijević ve ark. 2012) açık olarak sunulan Short Cadence ve Long Cadence verisinin arındırılmış formunda hiç bir düzeltme yapılmadan minimum zamanları okunmuştur. Minimum zamanlarının hesabında, temeli Kwee ve van Woerden (1956) yöntemine dayanan ve spline fonksiyon kullanan bir script kullanılmıştır. Bu analiz sonucunda birincil minimumdan 344 minimum zamanı ve ikincil minimumdan en az 174 minimum zamanı, toplamda 518 minimum zamanı belirlenmiştir. Elde edilen minimum zamanları, (O-C) I ve lineer düzeltme sonrası elde edilen (O-C) II artıkları Çizelgede listelenmiştir. Çizelgede sırasıyla minimum zamanları, çevrim sayısı, minimum türü, (O-C) I ve (O-C) II artıkları listelenmiştir.

Çizelge 2.4.2: KIC 8043961'in Kepler SC ve LC verilerinden elde edilen minimum zamanları ve O-C artıkları.

MJD (Gözlem)	Evre	Tür	O-C (I) (gün)	O-C (II) (gün)	MJD (Gözlem)	Evre	Tür	O-C (I) (gün)	O-C (II) (gün)
54954.553923	0.0	I	-0.001298	-0.001298	55140.883447	119.5	II	0.002133	0.002133
54955.333591	0.5	II	-0.001237	-0.001237	55141.662681	120.0	I	0.001760	0.001760
54956.113243	1.0	I	-0.001192	-0.001192	55142.442220	120.5	II	0.001692	0.001692
54956.892761	1.5	II	-0.001281	-0.001281	55143.222626	121.0	I	0.002491	0.002491
54957.672697	2.0	I	-0.000952	-0.000952	55144.001995	121.5	II	0.002253	0.002253
54958.452102	2.5	II	-0.001154	-0.001154	55144.781487	122.0	I	0.002138	0.002138
54959.231212	3.0	I	-0.001651	-0.001651	55145.561439	122.5	II	0.002483	0.002483
54960.010933	3.5	II	-0.001537	-0.001537	55146.341343	123.0	I	0.002779	0.002779
54960.790901	4.0	I	-0.001176	-0.001176	55147.119776	123.5	II	0.001605	0.001605
54961.570436	4.5	II	-0.001248	-0.001248	55147.899622	124.0	I	0.001844	0.001844
54962.350017	5.0	I	-0.001274	-0.001274	55148.679671	124.5	II	0.002286	0.002286
54963.130058	5.5	II	-0.000840	-0.000840	55149.459801	125.0	I	0.002809	0.002809
54964.688457	6.5	II	-0.001656	-0.001656	55150.238954	125.5	II	0.002355	0.002355
54965.468356	7.0	I	-0.001364	-0.001364	55151.018330	126.0	I	0.002124	0.002124
54966.248042	7.5	II	-0.001285	-0.001285	55151.797777	126.5	II	0.001964	0.001964
54967.027913	8.0	I	-0.001021	-0.001021	55152.577660	127.0	I	0.002240	0.002240
54967.807640	8.5	II	-0.000901	-0.000901	55153.356536	127.5	II	0.001509	0.001509
54968.587222	9.0	I	-0.000926	-0.000926	55154.137118	128.0	I	0.002484	0.002484
54969.366622	9.5	II	-0.001133	-0.001133	55157.255347	130.0	I	0.002284	0.002284
54970.146137	10.0	I	-0.001225	-0.001225	55158.034817	130.5	II	0.002147	0.002147
54970.925704	10.5	II	-0.001265	-0.001265	55158.814169	131.0	I	0.001892	0.001892
54971.705734	11.0	I	-0.000842	-0.000842	55159.594342	131.5	II	0.002458	0.002458
54972.485351	11.5	II	-0.000832	-0.000832	55160.374556	132.0	I	0.003065	0.003065
54973.265338	12.0	I	-0.000453	-0.000453	55161.153217	132.5	II	0.002119	0.002119
54974.044302	12.5	II	-0.001096	-0.001096	55161.932657	133.0	I	0.001952	0.001952
54974.823619	13.0	I	-0.001386	-0.001386	55162.712381	133.5	II	0.002069	0.002069
54975.603295	13.5	II	-0.001317	-0.001317	55163.492222	134.0	I	0.002303	0.002303
54976.383731	14.0	I	-0.000488	-0.000488	55164.271716	134.5	II	0.002189	0.002189
54977.162805	14.5	II	-0.001021	-0.001021	55165.051714	135.0	I	0.002580	0.002580
54977.942479	15.0	I	-0.000954	-0.000954	55165.831364	135.5	II	0.002623	0.002623
54978.722640	15.5	II	-0.000400	-0.000400	55166.611023	136.0	I	0.002675	0.002675
54979.502021	16.0	I	-0.000626	-0.000626	55167.389994	136.5	II	0.002039	0.002039
54980.280861	16.5	II	-0.001393	-0.001393	55168.169908	137.0	I	0.002346	0.002346
54981.061006	17.0	I	-0.000855	-0.000855	55168.949285	137.5	II	0.002116	0.002116
54981.840705	17.5	II	-0.000764	-0.000764	55169.729256	138.0	I	0.002480	0.002480
54982.620766	18.0	I	-0.000310	-0.000310	55170.509158	138.5	II	0.002775	0.002775

54983.400063	18.5	II	-0.000620	-0.000620	55171.288585	139.0	I	0.002595	0.002595
54984.179539	19.0	I	-0.000751	-0.000751	55172.067380	139.5	II	0.001783	0.001783
54984.958738	19.5	II	-0.001159	-0.001159	55172.847518	140.0	I	0.002314	0.002314
54985.738666	20.0	I	-0.000838	-0.000838	55173.627242	140.5	II	0.002430	0.002430
54986.518080	20.5	II	-0.001031	-0.001031	55174.406813	141.0	I	0.002394	0.002394
54987.298361	21.0	I	-0.000357	-0.000357	55175.186573	141.5	II	0.002547	0.002547
54988.077828	21.5	II	-0.000497	-0.000497	55175.966087	142.0	I	0.002454	0.002454
54988.857586	22.0	I	-0.000346	-0.000346	55176.745465	142.5	II	0.002225	0.002225
54989.636791	22.5	II	-0.000748	-0.000748	55177.524905	143.0	I	0.002058	0.002058
54990.416621	23.0	I	-0.000525	-0.000525	55178.304724	143.5	II	0.002270	0.002270
54991.196312	23.5	II	-0.000442	-0.000442	55179.084359	144.0	I	0.002298	0.002298
54991.975537	24.0	I	-0.000824	-0.000824	55179.864160	144.5	II	0.002492	0.002492
54992.755445	24.5	II	-0.000523	-0.000523	55180.643692	145.0	I	0.002417	0.002417
54993.535720	25.0	I	0.000145	0.000145	55181.422996	145.5	II	0.002114	0.002114
54994.314274	25.5	II	-0.000908	-0.000908	55182.202633	146.0	I	0.002144	0.002144
54995.093751	26.0	I	-0.001038	-0.001038	55186.100572	148.5	II	0.002047	0.002047
54995.873742	26.5	II	-0.000654	-0.000654	55186.880668	149.0	I	0.002536	0.002536
54996.653517	27.0	I	-0.000486	-0.000486	55187.659696	149.5	II	0.001957	0.001957
54997.433014	27.5	II	-0.000596	-0.000596	55188.439227	150.0	I	0.001881	0.001881
55002.890119	31.0	I	-0.000741	-0.000741	55189.219098	150.5	II	0.002145	0.002145
55003.670181	31.5	II	-0.000286	-0.000286	55189.999168	151.0	I	0.002608	0.002608
55004.449920	32.0	I	-0.000154	-0.000154	55190.778802	151.5	II	0.002635	0.002635
55005.229174	32.5	II	-0.000507	-0.000507	55191.557863	152.0	I	0.002088	0.002088
55006.008580	33.0	I	-0.000708	-0.000708	55192.337300	152.5	II	0.001918	0.001918
55006.788298	33.5	II	-0.000597	-0.000597	55193.117343	153.0	I	0.002354	0.002354
55007.568422	34.0	I	-0.000080	-0.000080	55193.896635	153.5	II	0.002039	0.002039
55008.347870	34.5	II	-0.000239	-0.000239	55194.676537	154.0	I	0.002334	0.002334
55009.127589	35.0	I	-0.000128	-0.000128	55195.456464	154.5	II	0.002654	0.002654
55009.906912	35.5	II	-0.000412	-0.000412	55196.235799	155.0	I	0.002382	0.002382
55010.686810	36.0	I	-0.000121	-0.000121	55197.014698	155.5	II	0.001674	0.001674
55011.466032	36.5	II	-0.000506	-0.000506	55197.794848	156.0	I	0.002217	0.002217
55012.245943	37.0	I	-0.000202	-0.000202	55198.574344	156.5	II	0.002106	0.002106
55013.025709	37.5	II	-0.000043	-0.000043	55199.354105	157.0	I	0.002260	0.002260
55013.805462	38.0	I	0.000103	0.000103	55200.133769	157.5	II	0.002317	0.002317
55016.923711	40.0	I	-0.000076	-0.000076	55200.913743	158.0	I	0.002683	0.002683
55017.703438	40.5	II	0.000044	0.000044	55201.692790	158.5	II	0.002123	0.002123
55018.483391	41.0	I	0.000389	0.000389	55202.472094	159.0	I	0.001820	0.001820
55019.262830	41.5	II	0.000221	0.000221	55203.252210	159.5	II	0.002329	0.002329
55020.042188	42.0	I	-0.000028	-0.000028	55204.032035	160.0	I	0.002547	0.002547
55020.821573	42.5	II	-0.000250	-0.000250	55204.811362	160.5	II	0.002267	0.002267
55021.601237	43.0	I	-0.000193	-0.000193	55205.591132	161.0	I	0.002430	0.002430
55022.380741	43.5	II	-0.000296	-0.000296	55206.370139	161.5	II	0.001830	0.001830
55023.161165	44.0	I	0.000521	0.000521	55207.150212	162.0	I	0.002296	0.002296
55023.940595	44.5	II	0.000344	0.000344	55207.929252	162.5	II	0.001729	0.001729
55024.719611	45.0	I	-0.000247	-0.000247	55208.709391	163.0	I	0.002261	0.002261
55025.499491	45.5	II	0.000026	0.000026	55209.488829	163.5	II	0.002092	0.002092
55026.279513	46.0	I	0.000441	0.000441	55210.268830	164.0	I	0.002485	0.002485
55027.058082	46.5	II	-0.000597	-0.000597	55211.048330	164.5	II	0.002378	0.002378
55027.838457	47.0	I	0.000170	0.000170	55211.827765	165.0	I	0.002206	0.002206
55028.618414	47.5	II	0.000520	0.000520	55212.606841	165.5	II	0.001675	0.001675
55029.398285	48.0	I	0.000784	0.000784	55213.386834	166.0	I	0.002061	0.002061
55030.176931	48.5	II	-0.000177	-0.000177	55214.166305	166.5	II	0.001925	0.001925
55030.957089	49.0	I	0.000374	0.000374	55214.946082	167.0	I	0.002095	0.002095
55031.736594	49.5	II	0.000272	0.000272	55215.725893	167.5	II	0.002299	0.002299
55032.515946	50.0	I	0.000017	0.000017	55216.506394	168.0	I	0.001527	0.001527
55033.295978	50.5	II	0.000442	0.000442	55217.287344	170.0	I	0.002114	0.002114
55034.075520	51.0	I	0.000377	0.000377	55221.182682	171.0	I	0.001838	0.001838
55034.075718	51.0	I	0.000575	0.000575	55222.741992	172.0	I	0.001934	0.001934
55034.855069	51.5	II	0.000319	0.000319	55224.301021	173.0	I	0.001749	0.001749
55034.855258	51.5	II	0.000508	0.000508	55225.861033	174.0	I	0.002547	0.002547
55035.634487	52.0	I	0.000130	0.000130	55227.419070	175.0	I	0.001370	0.001370
55035.634499	52.0	I	0.000142	0.000142	55228.978851	176.0	I	0.001936	0.001936
55036.414043	52.5	II	0.000078	0.000078	55235.215381	180.0	I	0.001610	0.001610
55036.414303	52.5	II	0.000338	0.000338	55236.775145	181.0	I	0.002160	0.002160
55037.193967	53.0	I	0.000395	0.000395	55238.333589	182.0	I	0.001389	0.001389
55037.194066	53.0	I	0.000494	0.000494	55239.892975	183.0	I	0.001561	0.001561
55037.973501	53.5	II	0.000322	0.000322	55241.452614	184.0	I	0.001986	0.001986

55037.973525	53.5	II	0.000346	0.000346	55243.011224	185.0	I	0.001382	0.001382
55038.752975	54.0	I	0.000189	0.000189	55244.570712	186.0	I	0.001656	0.001656
55038.753137	54.0	I	0.000351	0.000351	55246.130102	187.0	I	0.001832	0.001832
55039.532777	54.5	II	0.000384	0.000384	55247.688977	188.0	I	0.001492	0.001492
55039.533105	54.5	II	0.000712	0.000712	55249.248185	189.0	I	0.001486	0.001486
55040.312288	55.0	I	0.000288	0.000288	55250.807199	190.0	I	0.001286	0.001286
55040.312326	55.0	I	0.000326	0.000326	55252.366449	191.0	I	0.001322	0.001322
55041.091528	55.5	II	-0.000079	-0.000079	55253.925197	192.0	I	0.000856	0.000856
55041.091896	55.5	II	0.000289	0.000289	55255.484660	193.0	I	0.001104	0.001104
55041.871514	56.0	I	0.000300	0.000300	55257.044150	194.0	I	0.001380	0.001380
55041.871653	56.0	I	0.000439	0.000439	55258.602774	195.0	I	0.000790	0.000790
55042.651113	56.5	II	0.000292	0.000292	55260.162189	196.0	I	0.000991	0.000991
55042.651211	56.5	II	0.000390	0.000390	55261.721216	197.0	I	0.000804	0.000804
55043.431004	57.0	I	0.000576	0.000576	55263.280670	198.0	I	0.001044	0.001044
55043.431075	57.0	I	0.000647	0.000647	55264.839162	199.0	I	0.000321	0.000321
55044.210437	57.5	II	0.000402	0.000402	55266.399236	200.0	I	0.001181	0.001181
55044.210664	57.5	II	0.000629	0.000629	55267.957689	201.0	I	0.000420	0.000420
55044.990323	58.0	I	0.000681	0.000681	55269.517269	202.0	I	0.000786	0.000786
55044.990364	58.0	I	0.000722	0.000722	55271.076350	203.0	I	0.000653	0.000653
55045.769723	58.5	II	0.000473	0.000473	55272.635880	204.0	I	0.000969	0.000969
55045.769729	58.5	II	0.000479	0.000479	55274.194372	205.0	I	0.000246	0.000246
55046.549274	59.0	I	0.000417	0.000417	55277.313108	207.0	I	0.000554	0.000554
55046.549484	59.0	I	0.000627	0.000627	55278.871928	208.0	I	0.000160	0.000160
55047.328682	59.5	II	0.000218	0.000218	55280.431434	209.0	I	0.000452	0.000452
55047.328854	59.5	II	0.000390	0.000390	55281.990346	210.0	I	0.000150	0.000150
55048.108880	60.0	I	0.000809	0.000809	55283.549869	211.0	I	0.000458	0.000458
55048.108902	60.0	I	0.000831	0.000831	55285.108596	212.0	I	-0.000029	-0.000029
55048.888234	60.5	II	0.000556	0.000556	55286.667966	213.0	I	0.000127	0.000127
55048.888453	60.5	II	0.000775	0.000775	55288.227365	214.0	I	0.000312	0.000312
55049.668031	61.0	I	0.000746	0.000746	55289.785922	215.0	I	-0.000345	-0.000345
55049.668271	61.0	I	0.000986	0.000986	55291.345298	216.0	I	-0.000183	-0.000183
55050.447393	61.5	II	0.000501	0.000501	55292.904343	217.0	I	-0.000353	-0.000353
55050.447394	61.5	II	0.000502	0.000502	55294.463522	218.0	I	-0.000388	-0.000388
55051.227088	62.0	I	0.000589	0.000589	55296.022690	219.0	I	-0.000434	-0.000434
55051.227461	62.0	I	0.000962	0.000962	55297.581626	220.0	I	-0.000712	-0.000712
55052.006480	62.5	II	0.000374	0.000374	55299.141171	221.0	I	-0.000381	-0.000381
55052.006686	62.5	II	0.000580	0.000580	55300.699729	222.0	I	-0.001037	-0.001037
55052.786590	63.0	I	0.000877	0.000877	55302.259663	223.0	I	-0.000318	-0.000318
55052.786607	63.0	I	0.000894	0.000894	55303.818464	224.0	I	-0.000731	-0.000731
55053.566007	63.5	II	0.000767	0.000767	55305.377764	225.0	I	-0.000645	-0.000645
55053.566191	63.5	II	0.000871	0.000871	55306.936963	226.0	I	-0.000660	-0.000660
55054.345695	64.0	I	0.000768	0.000768	55310.055255	228.0	I	-0.000797	-0.000797
55054.345908	64.0	I	0.000981	0.000981	55311.614115	229.0	I	-0.001151	-0.001151
55055.125086	64.5	II	0.000551	0.000551	55313.174003	230.0	I	-0.000477	-0.000477
55055.125208	64.5	II	0.000673	0.000673	55314.732592	231.0	I	-0.001102	-0.001102
55055.905195	65.0	I	0.001053	0.001053	55316.291797	232.0	I	-0.001111	-0.001111
55055.905242	65.0	I	0.001100	0.001100	55317.851156	233.0	I	-0.000966	-0.000966
55057.464103	66.0	I	0.000747	0.000747	55319.410352	234.0	I	-0.000985	-0.000985
55057.464190	66.0	I	0.000834	0.000834	55320.969274	235.0	I	-0.001277	-0.001277
55058.243654	66.5	II	0.000691	0.000691	55322.528595	236.0	I	-0.001170	-0.001170
55058.243661	66.5	II	0.000698	0.000698	55324.088063	237.0	I	-0.000916	-0.000916
55059.023634	67.0	I	0.001064	0.001064	55325.646707	238.0	I	-0.001486	-0.001486
55059.023781	67.0	I	0.001211	0.001211	55327.206038	239.0	I	-0.001369	-0.001369
55059.803079	67.5	II	0.000902	0.000902	55328.765203	240.0	I	-0.001419	-0.001419
55059.803648	67.5	II	0.001471	0.001471	55330.324365	241.0	I	-0.001471	-0.001471
55060.582701	68.0	I	0.000917	0.000917	55331.883425	242.0	I	-0.001625	-0.001625
55060.582701	68.0	I	0.000917	0.000917	55333.442690	243.0	I	-0.001574	-0.001574
55061.361820	68.5	II	0.000429	0.000429	55335.001745	244.0	I	-0.001733	-0.001733
55061.362178	68.5	II	0.000787	0.000787	55336.560765	245.0	I	-0.001927	-0.001927
55062.141948	69.0	I	0.000950	0.000950	55338.119919	246.0	I	-0.001988	-0.001988
55062.142095	69.0	I	0.001097	0.001097	55339.679927	247.0	I	-0.001194	-0.001194
55062.921285	69.5	II	0.000680	0.000680	55341.237790	248.0	I	-0.002545	-0.002545
55062.921366	69.5	II	0.000761	0.000761	55342.798220	249.0	I	-0.001329	-0.001329
55064.480938	70.5	II	0.001118	0.001118	55344.356840	250.0	I	-0.001923	-0.001923
55065.260358	71.0	I	0.000931	0.000931	55345.916513	251.0	I	-0.001464	-0.001464
55066.040125	71.5	II	0.001091	0.001091	55347.475350	252.0	I	-0.001842	-0.001842
55066.819825	72.0	I	0.001184	0.001184	55349.034966	253.0	I	-0.001440	-0.001440

55067.598934	72.5	II	0.000686	0.000686	55350.593899	254.0	I	-0.001721	-0.001721
55068.378783	73.0	I	0.000928	0.000928	55352.152920	255.0	I	-0.001914	-0.001914
55069.158591	73.5	II	0.001129	0.001129	55353.712312	256.0	I	-0.001736	-0.001736
55069.939008	74.0	I	0.001939	0.001939	55355.271624	257.0	I	-0.001638	-0.001638
55070.717398	74.5	II	0.000722	0.000722	55356.830285	258.0	I	-0.002192	-0.002192
55071.496990	75.0	I	0.000707	0.000707	55358.389554	259.0	I	-0.002137	-0.002137
55072.276754	75.5	II	0.000864	0.000864	55359.949421	260.0	I	-0.001484	-0.001484
55073.056822	76.0	I	0.001324	0.001324	55361.508017	261.0	I	-0.002102	-0.002102
55073.835986	76.5	II	0.000881	0.000881	55363.067156	262.0	I	-0.002177	-0.002177
55074.616065	77.0	I	0.001353	0.001353	55364.626746	263.0	I	-0.001801	-0.001801
55075.396025	77.5	II	0.001706	0.001706	55366.185648	264.0	I	-0.002114	-0.002114
55076.175063	78.0	I	0.001137	0.001137	55367.744690	265.0	I	-0.002286	-0.002286
55076.954130	78.5	II	0.000597	0.000597	55369.304288	266.0	I	-0.001902	-0.001902
55077.734464	79.0	I	0.001324	0.001324	55370.863367	267.0	I	-0.002037	-0.002037
55078.514166	79.5	II	0.001419	0.001419	55373.981266	269.0	I	-0.002567	-0.002567
55079.293477	80.0	I	0.001123	0.001123	55375.541322	270.0	I	-0.001725	-0.001725
55080.073391	80.5	II	0.001430	0.001430	55377.100096	271.0	I	-0.002165	-0.002165
55080.852962	81.0	I	0.001394	0.001394	55378.659445	272.0	I	-0.002030	-0.002030
55081.632127	81.5	II	0.000952	0.000952	55380.218708	273.0	I	-0.001981	-0.001981
55082.411689	82.0	I	0.000906	0.000906	55381.777927	274.0	I	-0.001976	-0.001976
55083.191587	82.5	II	0.001197	0.001197	55383.337032	275.0	I	-0.002086	-0.002086
55083.971666	83.0	I	0.001669	0.001669	55384.896545	276.0	I	-0.001787	-0.001787
55084.751021	83.5	II	0.001417	0.001417	55386.455707	277.0	I	-0.001839	-0.001839
55085.530483	84.0	I	0.001272	0.001272	55388.014584	278.0	I	-0.002176	-0.002176
55086.310281	84.5	II	0.001463	0.001463	55389.573965	279.0	I	-0.002009	-0.002009
55087.090068	85.0	I	0.001643	0.001643	55391.133459	280.0	I	-0.001729	-0.001729
55087.869174	85.5	II	0.001142	0.001142	55392.692091	281.0	I	-0.002312	-0.002312
55089.428762	86.5	II	0.001516	0.001516	55394.251700	282.0	I	-0.001917	-0.001917
55090.208908	87.0	I	0.002055	0.002055	55395.810915	283.0	I	-0.001916	-0.001916
55090.987846	87.5	II	0.001386	0.001386	55397.370104	284.0	I	-0.001941	-0.001941
55093.327164	89.0	I	0.001882	0.001882	55398.928884	285.0	I	-0.002375	-0.002375
55094.106464	89.5	II	0.001575	0.001575	55400.488758	286.0	I	-0.001715	-0.001715
55094.886126	90.0	I	0.001630	0.001630	55402.047559	287.0	I	-0.002129	-0.002129
55095.665718	90.5	II	0.001615	0.001615	55403.606685	288.0	I	-0.002217	-0.002217
55096.445155	91.0	I	0.001445	0.001445	55405.166237	289.0	I	-0.001879	-0.001879
55097.224426	91.5	II	0.001109	0.001109	55406.725363	290.0	I	-0.001967	-0.001967
55098.004280	92.0	I	0.001356	0.001356	55408.284384	291.0	I	-0.002160	-0.002160
55098.784355	92.5	II	0.001824	0.001824	55409.843661	292.0	I	-0.002097	-0.002097
55099.564313	93.0	I	0.002175	0.002175	55411.403298	293.0	I	-0.001675	-0.001675
55100.343516	93.5	II	0.001770	0.001770	55412.961741	294.0	I	-0.002446	-0.002446
55101.122903	94.0	I	0.001550	0.001550	55414.521263	295.0	I	-0.002138	-0.002138
55101.902353	94.5	II	0.001393	0.001393	55416.081024	296.0	I	-0.001591	-0.001591
55102.682388	95.0	I	0.001821	0.001821	55417.639529	297.0	I	-0.002300	-0.002300
55103.461057	95.5	II	0.000883	0.000883	55419.199543	298.0	I	-0.001500	-0.001500
55104.241548	96.0	I	0.001767	0.001767	55420.758113	299.0	I	-0.002145	-0.002145
55105.021405	96.5	II	0.002017	0.002017	55422.318185	300.0	I	-0.001287	-0.001287
55105.801049	97.0	I	0.002054	0.002054	55423.876631	301.0	I	-0.002055	-0.002055
55106.579599	97.5	II	0.000997	0.000997	55425.436570	302.0	I	-0.001330	-0.001330
55107.359898	98.0	I	0.001689	0.001689	55426.995740	303.0	I	-0.001374	-0.001374
55108.139615	98.5	II	0.001799	0.001799	55428.554338	304.0	I	-0.001990	-0.001990
55108.919101	99.0	I	0.001678	0.001678	55430.114188	305.0	I	-0.001355	-0.001355
55109.698821	99.5	II	0.001790	0.001790	55433.232154	307.0	I	-0.001817	-0.001817
55110.478971	100.0	I	0.002333	0.002333	55434.791244	308.0	I	-0.001941	-0.001941
55111.258067	100.5	II	0.001822	0.001822	55436.351138	309.0	I	-0.001261	-0.001261
55112.037179	101.0	I	0.001327	0.001327	55437.909936	310.0	I	-0.001678	-0.001678
55112.817040	101.5	II	0.001581	0.001581	55439.469043	311.0	I	-0.001785	-0.001785
55114.376396	102.5	II	0.001723	0.001723	55441.028835	312.0	I	-0.001207	-0.001207
55115.156342	103.0	I	0.002062	0.002062	55442.587655	313.0	I	-0.001601	-0.001601
55115.935736	103.5	II	0.001849	0.001849	55444.146912	314.0	I	-0.001558	-0.001558
55116.715058	104.0	I	0.001564	0.001564	55445.706136	315.0	I	-0.001548	-0.001548
55117.494620	104.5	II	0.001519	0.001519	55447.265634	316.0	I	-0.001265	-0.001265
55118.274676	105.0	I	0.001968	0.001968	55448.824467	317.0	I	-0.001646	-0.001646
55119.054550	105.5	II	0.002234	0.002234	55450.383740	318.0	I	-0.001587	-0.001587
55119.834123	106.0	I	0.002200	0.002200	55451.943418	319.0	I	-0.001123	-0.001123
55120.613284	106.5	II	0.001754	0.001754	55453.501905	320.0	I	-0.001850	-0.001850
55121.393265	107.0	I	0.002128	0.002128	55455.061790	321.0	I	-0.001179	-0.001179
55122.172379	107.5	II	0.001635	0.001635	55456.621134	322.0	I	-0.001050	-0.001050

55122.952297	108.0	I	0.001946	0.001946	55458.180236	323.0	I	-0.001162	-0.001162
55124.511993	109.0	I	0.002428	0.002428	55459.739509	324.0	I	-0.001103	-0.001103
55125.291477	109.5	II	0.002305	0.002305	55461.298887	325.0	I	-0.000939	-0.000939
55126.070850	110.0	I	0.002071	0.002071	55464.417027	327.0	I	-0.001227	-0.001227
55126.849772	110.5	II	0.001386	0.001386	55465.976889	328.0	I	-0.000580	-0.000580
55127.630295	111.0	I	0.002301	0.002301	55467.535513	329.0	I	-0.001170	-0.001170
55128.409610	111.5	II	0.002009	0.002009	55469.094848	330.0	I	-0.001049	-0.001049
55129.189500	112.0	I	0.002292	0.002292	55470.654079	331.0	I	-0.001032	-0.001032
55129.968996	112.5	II	0.002181	0.002181	55472.213615	332.0	I	-0.000710	-0.000710
55130.748652	113.0	I	0.002230	0.002230	55473.772229	333.0	I	-0.001310	-0.001310
55131.528041	113.5	II	0.002012	0.002012	55475.331745	334.0	I	-0.001009	-0.001009
55132.307946	114.0	I	0.002310	0.002310	55476.891311	335.0	I	-0.000657	-0.000657
55133.087248	114.5	II	0.002005	0.002005	55478.450254	336.0	I	-0.000928	-0.000928
55133.866898	115.0	I	0.002048	0.002048	55480.009410	337.0	I	-0.000986	-0.000986
55134.646707	115.5	II	0.002250	0.002250	55481.568991	338.0	I	-0.000619	-0.000619
55135.426893	116.0	I	0.002829	0.002829	55483.127911	339.0	I	-0.000913	-0.000913
55136.205470	116.5	II	0.001799	0.001799	55484.687300	340.0	I	-0.000739	-0.000739
55136.985232	117.0	I	0.001953	0.001953	55486.246728	341.0	I	-0.000525	-0.000525
55137.764883	117.5	II	0.001997	0.001997	55487.805650	342.0	I	-0.000817	-0.000817
55138.544708	118.0	I	0.002215	0.002215	55489.364819	343.0	I	-0.000862	-0.000862
55139.324137	118.5	II	0.002037	0.002037	55490.924253	344.0	I	-0.000642	-0.000642
55140.104247	119.0	I	0.002540	0.002540	55492.483942	345.0	I	-0.000168	-0.000168