



## Soğuk Yıldızlardan Sıcak Yıldızlara Kromosferik Aktivite Davranışı

Ezgi Yoldaş<sup>\*</sup>, Hasan Ali Dal<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Astrofizik Bölümü, 35100, İzmir, Türkiye.

**Özet:** Bu çalışmada, KIC 9641031 ve KIC 9761199 sistemlerinin fotometrik uydu verileri analizi ile ulaşılan sonuçlar sunulacaktır. Kepler Uydusu ile KIC 9641031 576.475 gün, KIC 9761199 için 289.829 gün boyunca yapılan gözlemlerden KIC 9761199 sisteminin literatürde ilk kez ışık eğrisi analizi yapılmış ve her iki sistem için tutulmalar dışında kalan ve soğuk yıldız lekelerinden kaynaklanan sinüzoidal değişim ve anlık kısa süreli parlamalar şeklinde ortaya çıkan flareler ayrı ayrı analiz edilip modellenmiştir. KIC 9761199 sisteminin ışık eğrisi analizi sonucunda tutulmalar dışında kalan sinüs benzeri değişim, aktif bileşen üzerindeki, gözlem süresi boyunca sabit kalan, +47° ve +30° enlemlerinde yer alan ve 180° boylam farkına sahip iki soğuk lekeden kaynaklandığı bulunmuştur. KIC 9641031 sisteminin sergilediği tutulmalar dışı sinüzoidal değişim toplam gözlem süresi boyunca birbirinden farklı 92 farklı ışık eğrisi ile tanımlanmış ve bu eğriler SPOTMODEL Programı ile yapılan modellerinde, +50° ile +100° enlemleri arasında 180° boylam farkı ile bir bileşen üzerinde çok hızlı konum ve şekil değiştiren iki farklı aktif bölgenin varlığına işaret etmiştir. Analizlerle KIC 9641031 için 240 flare, KIC 9761199 için 94 flare belirlenmiş ve tüm flareler için flare parametreleri hesaplanmıştır. Flareler için One Phase Exponential Association (OPEA) Modeli ve model parametreleri hesaplanmıştır. Bu parametreler, benzer yıldızlarla karşılaştırılmış, sistemlerin sahip oldukları kromosferik aktivite düzeyinin diğer aktif yıldızlara göre daha düşük düzeyde olduğu görülmüştür. Gözlenen kromosferik aktivite düzeyi her ne kadar düşük olsa da Kepler Uydusu'nun yüksek duyarlılığı sayesinde çok belirgin olarak kendini gösterdiği görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Örtün çift, veri analizi, UV Ceti, flare, leke, KIC 9641031, KIC 9761199

**Abstract:** In this study, we present the results obtained from the analyses of KIC 9641031 and KIC 9761199's light variations acquired by the Kepler Mission. KIC 9641031 was observed as long as 576.475 d while KIC 9761199 was 289.829 d. KIC 9761199's light variation was analysed for the first time in the literature, while the sinusoidal variation at out-of-eclipses caused by the cool spots and the flares occurring as the instant-short term light variations were separately analysed and modelled for both systems. The sinusoidal variation out-of-eclipses of KIC 9761199's light curve was found to be caused by two cool spots, which are stable for all the observing duration, longitudinal separated by 180° between latitudes of +47° and +30°. The sinusoidal variation out-of-eclipses of KIC 9641031's light curve that was defined by different 92 light variations from each other, was found to be caused by two cool spots, whose shape and location are rapidly changing, longitudinal separated by 180° between latitudes of +50° and +100°, when these light variations were modelling by the SPOTMODEL software. In the analyses, 240 flares were found for KIC 9641031 and 94 flares for KIC 9761199, then the parameters were computed for all flares. The One Phase Exponential Association (hereafter OPEA) models and their parameters were calculated for the flares. Comparing these parameters to those of the analogue systems, it was seen that these systems possess the chromospheric activity in lower levels according to other active stars. Although the observed chromospheric activity is in lower level, it demonstrates itself owing to high sensitivity of the Kepler Mission.

**Key Words:** Eclipsing binary, data analysis, UV Ceti, flare, stellar spot, KIC 9641031, KIC 9761199

### 1. Giriş

Gökadamızdaki yıldızların %65'i kırmızı cüce yıldızlardan oluşmaktadır. Bu yıldızların %75'i flare aktivitesi gösterir ve UV Ceti türü değişen yıldızlar olarak sınıflanır (Rodono 1986). Açık yıldız kümeleri ve oymalarda bulunan kırmızı cücelerin çok büyük kısmı flare aktivitesi gösterirken (Mirzoyan 1990); genç kümelerin yaşı ilerledikçe UV Ceti yıldızlarının sayısında azalmalar görülür (Skumanich 1972). Bu yıldızlarda, flare aktivitesi ile yıldız yaşamı boyunca büyük kütle kayıpları gerçekleşir ki bu kütle kaybı bu yıldızların evriminde önemli bir rol oynar. Güneş'in kütle kaybı günümüzde yılda yaklaşık  $2 \times 10^{-14} M_{\odot}$  iken (Gershberg 2005), UV Ceti türü yıldızlarda bu değer, yılda ortalama  $10^{-10} M_{\odot}$  düzeyine ulaşmaktadır. Diğer yandan Güneş'te ortaya çıkan en yüksek enerjili flareler olan "çift kurdela" flarelerinde ortaya çıkan enerji genellikle  $10^{30}$ - $10^{31}$  erg aralığında iken (Gershberg 2005) kromosferik aktif çift yıldızlar olan RS CVn yıldızlarında ortaya çıkan flarelere bakıldığında bu düzeyin  $10^{31}$  erg olduğu görülür, UV Ceti türü değişenlerde flare enerjisi  $10^{28}$ - $10^{34}$  erg aralığında ortaya çıkmaktadır (Haisch et al. 1991). Gerek gözlenen flare enerjisi gerekse de kütle kayıp oranları Güneş'in durumuna göre çok farklı olmasına rağmen, UV Ceti türü yıldızların flare aktivitesi de Standart Güneş Flare Modeli ile açıklanmaktadır. Ancak bu model tüm flareleri açıklamakta yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle farklı yıldızlardaki flareler örneklerinin iyi incelenip, ortaya çıkan benzerlik ve farklılıkların analiz edilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada, UV Ceti türü tek yıldızlardan farklı koşullara sahip ve bir örtün çift sistem olan KIC 9641031 ve KIC 9761199'un flare, leke aktivitesi ve bu ikisi arasındaki ilişki yıldızın salt parametreleri göz önüne alınarak incelenip, iyi bilinen UV Ceti türü yıldızların sergilediği kromosferik aktivite davranışı ile karşılaştırılacaktır. İyi bilinen bir sistem olan KIC 9641031'in değişen yıldız olduğu ilk kez Morgenroth (1935) tarafından belirlenmiştir. İlk kez Struve et al. (1950) tarafından tayfsal olarak gözlenen sistem, tek çizgili tayfsal çift olarak sınıflanmıştır. İlk fotometrik çalışması Macrae (1952) tarafından

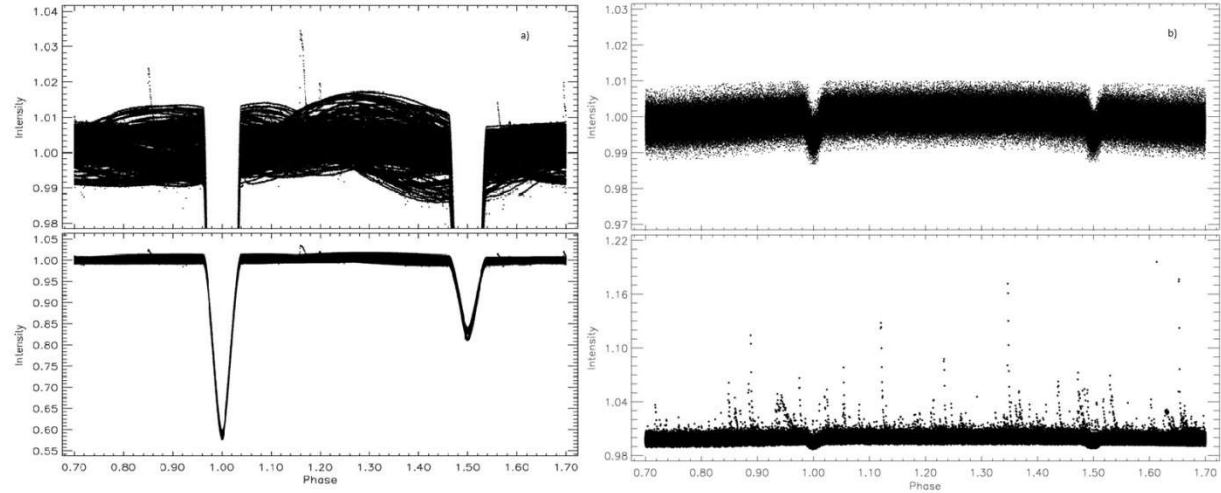
\*Sorumlu Yazar E-Posta: ezgiyoldas@gmail.com

yapılan sistemin ilk darbant gözlemleri ise Miner (1966) tarafından yapılmıştır. İlk ışık eğrisi analizi ise Jurkevich et al. (1976) tarafından yapılmıştır. Işık eğrisi ve dikine hız ortak çözümü Lacy et al. (1976) tarafından yapılarak, bileşenlerin yarıçap ve kütleleri hakkındaki ilk yaklaşımlar elde edilmiştir. Popper (1986) tarafından yapılan çalışmada sistemin ilk kez çift çizgili dikine hız eğrisi elde edilmiştir. KIC 9641031, bu kadar iyi çalışılan bir sistemken, bileşenlerin sergilediği leke ve flare aktivite davranışı üzerine çok çalışma yoktur. Sistemin bileşenlerinden en az birinin kromosferik aktivite gösterdiğine ilişkin ilk çalışma Botsula (1987) tarafından yapılmışken, flare aktivitesine ilişkin çalışma Balona (2015) tarafından yapılmıştır.

KIC 9761199 ise ilk olarak USNO ACT Catalog (Urban et al. 1997)'de listelenmiştir ve parlaklığı  $B=17^m.2$  ve  $R=15^m.6$  olarak verilmiştir. 2MASS All-Sky Survey Catalogue'da ise sistemin kıızılöte J, H ve K parlaklıkları;  $J=13^m.574$ ,  $H=12^m.926$ ,  $K=12^m.782$  olarak listelenmiştir (Kharchenko 2001). Sistemin dönemine ilişkin ilk yaklaşım  $P=0.692031$  gün olarak Watson et al. (2006) tarafından verilmiştir. Ayrıntılı ışık eğrisi analizi olmamakla birlikte, Borucki et al. (2011) yıldızın yarı büyük eksen uzunluğunu  $a=0.013$  AB olarak hesaplamıştır. Kepler Mission gözlemleri ile elde edilen yüksek duyarlılıklı gözlemlerle elde edilen ışık eğrileri incelendiğinde yıldızın  $P=0.6920310$  gün olarak belirtilen döneminin aslında  $P=1.3839980$  gün olduğu saptanmıştır (Coughlin et al. 2011). Aynı çalışmada sistemin yörünge eğim açısının  $i=74^\circ.47$  olduğu ve üçüncü bir cisme ait ışık eğrisi olmadığı belirlenmiş fakat bu hipotezin doğrulanabilmesi için ayrıntılı bir ışık eğrisi analizine ihtiyaç olduğu vurgulanmıştır. Muirhead et al (2012) tarafından yapılan tayf gözlemleri ile sistemin M1 tayf türünden olduğu, uzaklığının ise 198 pc olduğu hesaplanmıştır (Muirhead et al. 2014). Sisteme ilişkin verilen kütle  $0.51 M_\odot$  (Muirhead et al. 2014) ile  $0.65 M_\odot$  (Coughling et al. 2012) arasında değişirken, yarıçap  $0.48 R_\odot$  (Muirhead et al. 2014) ile  $0.84 R_\odot$  (Coughling et al. 2012), sıcaklık ise  $3742$  K (Muirhead et al. 2014) ile  $4060$  K (Coughling et al. 2012) arasında değişmektedir. Sistemin bileşenlerine ait kütle ve yarıçap değerlerinin ayrı ayrı olarak verildiği ilk çalışma olan Coughlin et al. (2012)'de kalibrasyonlar yardımıyla yapılan hesaplamalar sonucunda kütleler  $M_1=0.646 M_\odot$ ,  $M_2=0.444 M_\odot$ ; yarıçaplar  $R_1=0.830 R_\odot$ ,  $R_2=0.384 R_\odot$  ve sistemin sıcaklığı  $4060$  K olarak verilmiştir.

## 2. Data ve Analizler

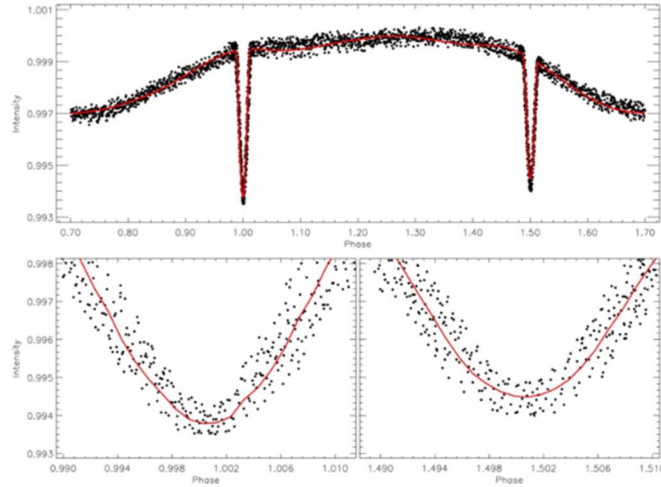
Bu çalışma kapsamında araştırılan hedeflere ait gözlem verileri Kepler Veri Taban'ından (Slawson et al. 2011) alınmıştır. Veri tabanından alınan ve teknik nedenlerle hatası büyük olan gözlem noktaları arındırıldıktan sonra geriye kalan ve analizlerde kullanılan tüm veri, Veri Tabanında verilen ephemerides kullanılarak evrendirilmiş ve tüm veri ile elde edilen ışık eğrisi Şekil 1 a,b'de gösterilmiştir. Bu çalışmada, tüm analizlerde Short Cadence formatında sunulan veri kullanılmıştır.



Şekil 1: a) KIC 9641031 b) KIC 9761199 sistemlerinin Kepler Veri Taban'ında verilen short cadence verileri ile elde edilen ışık eğrileri.

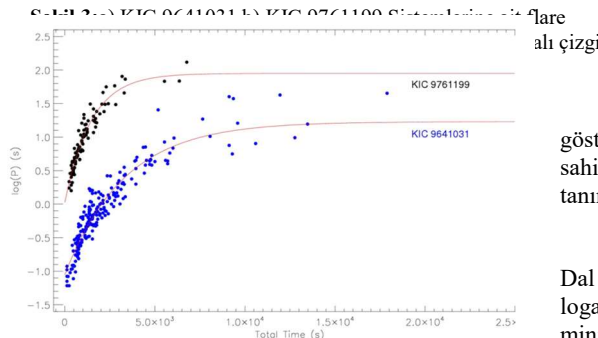
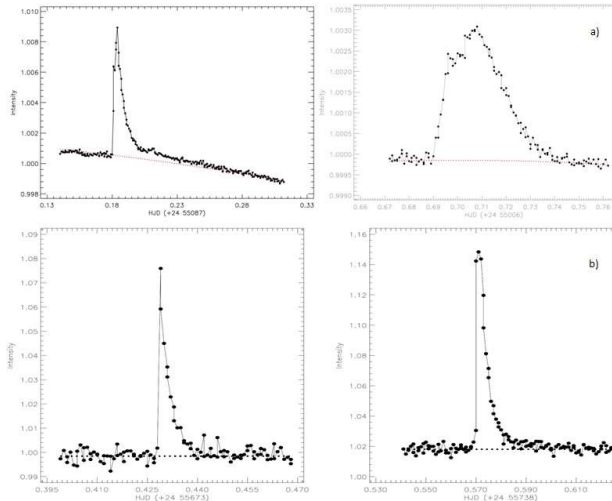
### 2.1 Işık Eğrisi Analizi

KIC 9761199'un ışık eğrisi analizi, PHOEBE V.0.32 (Prsa and Zwitter 2005) ile yapılmıştır. PHOEBE V.0.32, Wilson-Devinney Code'un 2003 versiyonunda (Wilson and Devinney 1971) kullanılan yöntemde dayanmaktadır. Işık eğrisi analizinde Mod 2 (detached system)'de uygun bir çözüm elde edilebilmiştir. Flare aktivitesi nedeniyle ışık eğrisinde ortaya çıkan bozulmalar arındırıldıktan sonra, tüm verinin 0.001 evre aralığı ile ortalaması alınmıştır. Işık eğrisi analizi, Şekil 2'deki panellerde içi dolu noktalarla gösterilen bu ortalama veri üzerinden yapılmıştır. Sistemin Kharchenko (2001) tarafından verilen kıızılöte parlaklıklarından Tokunaga (2000) tarafından verilen kalibrasyonlar yardımıyla yıldızlararası kıızılışmadan arındırılmış renk indeksleri  $(H-K)_0=0^m.15$  ve  $(J-K)_0=0^m.58$  değerleri hesaplanmıştır. Bu kalibrasyonlar yardımıyla bu renk indekslerine karşılık gelen sıcaklık hesaplanmış ve  $4040 \pm 20$  K değeri elde edilmiştir. Işık eğrisi analizinde başbilenin sıcaklığı  $4060$  K olarak alınmış ve sabitlenmiştir. Yoldaşın sıcaklığı ise serbest parametre olarak bırakılmıştır. Tayf türleri gözönüne alınarak bileşenler için gerekli sabitler Lucy (1967), Rucinski (1969) ve van Hamme (1993)'den alınmıştır. Potansiyeller, baş bileşenin ısıtması ve sistemin yörünge eğim açısı serbest parametre olarak alınmıştır. Tutulmalar dışında kalan sinüzoidal değişim başbilen üzerinde iki soğuk leke ile temsil edilmiştir. Elde edilen sentetik ışık eğrisi, gözlemlerden elde edilen ortalama ışık eğrisi ile birlikte Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2: KIC 9761199 sisteminin HJD 24 54964.50251 - 24 56424.01145 aralığındaki tüm Short Cadence verisinde 0.001 evre aralığı ile ortalama alınarak elde edilen ışık eğrisi verisi (içi dolu noktalar) ve analiz sonucu elde edilen sentetik ışık eğrisi (kırmızı düz çizgi).

## 2.2 Flare Parametreleri ve Modelleri



Şekil 4: KIC 9641031 ve KIC 9761199 sistemlerinin short cadence verisinde belirlenen, sırasıyla 240 ve 94 flare üzerinden elde edilen OPEA modeli. İçi dolu noktalar flareleri, kırmızı düz çizgi ise OPEA modelini temsil etmektedir.

Flare parlamaları dışında kalan ışık eğrisi baz alınarak sistemin ışık değişimi fourier serisi ile modellenmiş ve tüm evreler fourier ile temsil edilmiştir. Şekil 3 a,b'de gösterildiği gibi bu sentetik modellerle her bir flare için temel düzey tanımlanmıştır. Flarenin başlangıç ve bitiş zamanları belirlendikten sonra flare parlama ( $T_r$ ) ve sönümlenme ( $T_d$ ) zamanları, flare genişliği, eşdeğer süresi ( $P$ ) tüm flareler için hesaplanmıştır. Sistemlerin gözlem verisinden toplam 240 (KIC 9641031) ve 94 (KIC 9761199) flare tespit edilmiştir. Tüm flarelerin eşdeğer süreleri Gershberg (1972) tarafından tanımlanan Eşitlik (1) ile hesaplanmıştır.

$$P = \int (I_{\text{flare}} - I_0) / I_0 dt, \quad (1)$$

burada  $P$ , saniye biriminde flare eşdeğer süresi,  $I_{\text{flare}}$  flare anındaki akı,  $I_0$  ise sistemin flare dışı sakin düzey akısıdır. Flare eşdeğer süresinin flare toplam süresine göre belirli bir kural çerçevesinde değiştiği görülür. Gerçekte de Dal and Evren (2010, 2011) tarafından yapılan çalışmalarda, the SPSS V17.0 (Green et al. 1999) ve GrahP Pad Prism V5.02 (Dawson & Trapp 2004) programları ile yapılan regression hesaplamaları, flare eşdeğer sürelerinin dağılımı için en iyi fonksiyonun OPEA olduğunu göstermiştir. OPEA fonksiyonu (Motulsky 2007), Plateau terimine sahip olan özel bir fonksiyondur. Eşdeğer sürelerinin dağılımını tanımlayan bu fonksiyon:

$$y = y_0 + (Plateau - y_0) \times (1 - e^{-k \times x}), \quad (2)$$

Dal and Evren (2010) tarafından yapılan tanımlarda buradaki  $y$ , logaritmik ölçekte eşdeğer süredir,  $x$  flare toplam süresi, and  $y_0$  ise minimum toplam flare süresi için logaritmik ölçekte flare eşdeğer süresidir. 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 and Evren 2011). Elde edilen OPEA modelleri, Şekil 4'te gösterilmiştir. OPEA modeline ait parametreler Çizelge 1'de listelenmiştir. Çizelgede listelenen span

value, Plateau ile  $y_0$  değerleri arasındaki farktır. Half-life value ise Plateau değeri olarak tanımlanan maksimum flare eşdeğer süresine ulaşılan ilk x value'nun yarısıdır ki en yüksek flare enerjisinin görüldüğü flare toplam süresinin yarısıdır.

**Çizelge 1:** En küçük kareler yöntemi ile OPEA Modellerinden türetilen parametreler.

One-Phase Association Best-fit Values		
	KIC 9641031	KIC 9761199
<b><math>Y_0</math></b>	-1.052±0.037	0.026859±0.054224
<b>Plateau</b>	1.232±0.069	1.9509±0.069182
<b>K</b>	0.0003±0.0001	0.00068356±0.000064199
<b>Tau</b>	3306.2	1462.9
<b>Half-time</b>	2291.7	1462.9
<b>Span</b>	2.285±0.061	1.924±0.062328
<b>95% Confidence Intervals</b>		
<b><math>Y_0</math></b>	-1.1255 to -0.979	-0.081028 to 0.13475
<b>Plateau</b>	1.097 to 1.368	1.8132 to 2.0885
<b>K</b>	0.0003 to 0.0003	0.00055582 to 0.00081129
<b>Tau</b>	2904.7 to 3836.5	1232.6 to 1799.1
<b>Half-time</b>	2013.4 to 2659.3	854.37 to 1247.1
<b>Span</b>	2.165 to 2.405	1.8000 to 2.0480

KIC 9641031 sisteminin 24 54964.50251 - 24 56424.01145 HJD aralığında toplam 576.47474 gün (13835.39366 saat) gözlenmiştir. Bu gözlemlerde 240 flare elde edilmiştir. 240 flare için eşdeğer süreler toplamı 628.116711584 saniye (0.174476864 saat) olarak hesaplanmıştır. KIC 9761199 sisteminin HJD 24 55641.50630957 - HJD 24 55931.33562156 aralığında toplam 289.82931 gün (6955.90349 saat) gözlenmiştir. Bu gözlemlerde 94 flare elde edilmiştir. 94 flare için eşdeğer süreler toplamı 628.11671 saniye (0.17448 saat) olarak hesaplanmıştır. Ishida et al. (1991) tarafından yapılan çalışmada flare aktivitesi için iki farklı flare frekansı tanımlanmıştır. Bu frekanslar Eşitlik (3,4) ile ifade edilir:

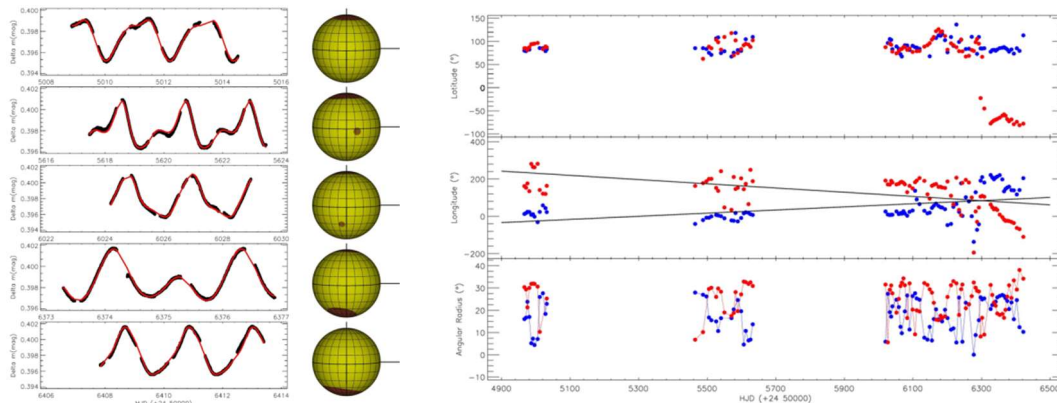
$$N_1 = \Sigma n_f / \Sigma T_f, \quad (3)$$

$$N_2 = \Sigma P_u / \Sigma T_f, \quad (4)$$

Burada  $\Sigma n_f$  elde edilen toplam flare sayısı,  $\Sigma T_f$  yıldızın toplam gözlem süresini tanımlar.  $\Sigma P_u$  ise elde edilen tüm flarelerin eşdeğer süreleri toplamıdır. Bu tanımlara göre KIC 9641031 için,  $N_1 = 0.017346814 \text{ h}^{-1}$  olarak bulunurken;  $N_2 = 0.00001261$  olarak bulunmuştur. KIC 9761199 için,  $N_1 = 0.01351 \text{ h}^{-1}$  olarak bulunurken;  $N_2 = 0.00006$  olarak bulunmuştur.

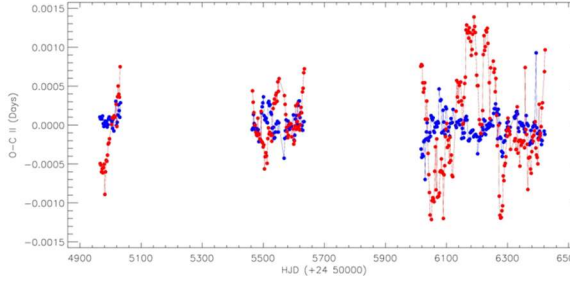
### 2.3. SPOTMODEL

KIC 9641031'in sergilediği leke dağılımlarını ortaya çıkarabilmek için arındırılmış ışık eğrisi SPOTMODEL program (Ribarik 2002) ile modellenmiştir. Benzer sistemler için belirlenen leke sıcaklık değerlerine uygun şekilde sıcaklık faktörü birinci leke için  $k_w=0.75$ , ikinci leke için  $k_w=0.85$  alınmasıyla elde edildiği görülmüştür. Her bir set için ayrı ayrı yapılan modellerde leke sıcaklık faktörünün sabit alınmasıyla, lekeli bölgelerin boylamsal, enlemsel dağılımları ve yarıçap değişimleri belirlenmeye çalışılmıştır. SPOTMODEL program kullanılarak 92 set için elde edilen modellere örnek olarak seçilmiş 5 set için modeller Şekil 5'te sol panelde, elde edilen parametrelerin birbirine göre değişimi ise sağ panelde gösterilmektedir.



**Şekil 5:** Sol panelde oluşturulan veri setlerinin SPOTMODEL ile modellenmesi ile elde edilen sentetik eğri ve elde edilen yıldız model yüzey konfigürasyonu için örnekler. Sağ panelde SPOTMODEL Programı ile elde edilen leke parametrelerinin zamana göre değişimi. Şekilde siyah noktalar birinci lekenin ( $k_w=0.75$ ), kırmızı noktalar ise ikinci lekenin ( $k_w=0.85$ ) parametrelerini göstermektedir. Orta paneldeki düz çizgiler ise, iki lekenin yarıçap değişiminin doğrusal temsilleridir.

#### 2.4 Yörünge Döneminin Değişimi



Şekil 6: Minimum zamanlarına liner düzeltme yapıldıktan sonra elde edilen artıkların (O-C II) zamana göre değişimi.

benzeyen değişim Şekil 6'da gösterilmiştir.

#### 3. Tartışma ve Sonuçlar

-KIC 9761199'un ilk kez ışık eğrisi analizi yapılmış ve analiz sonucunda yoldaş yıldızın sıcaklığı  $3891 \pm 1$  K olarak bulunmuştur. Bileşenlerin kütleler oranı ( $q$ )  $0.689 \pm 0.001$  olarak bulunurken, sistemin yörünge eğim açısı ( $i$ ) ise  $77^\circ.44 \pm 0^\circ.01$  olarak elde edilmiştir. Sistemin yörünge eğim açısı Coughlin et al. (2011) tarafından  $i=74^\circ.47$  olarak verilmiştir. Sistemin ışık değişiminde, baskın flare aktivitesi arındırıldığında geriye kalan ışık eğrisine bakıldığında saçılmanın yüksek olmasından dolayı tutulmalar dahil diğer tüm değişimler çok zor ayırt edilmektedir. Ancak bu çalışmada, verinin 0.001 evre aralığı ile ortalaması alındığında tutulmalar çok net olarak ortaya çıkmıştır. Şekil 2'de üst panelde verilen bu ortalama ışık eğrisinden de görüldüğü gibi sistemin baş ve yan minimumları net olarak ortaya çıkmaktadır ki bu durum, literatürde (Watson et al. 2006, Coughlin et al. 2011) tartışma konusu olan sistemin yörünge döneminin,  $P=1.3839980$  gün olduğunu teğit etmektedir. Işık eğrisi analizinde, baş bileşen üzerinde orta enlemlerde ( $47^\circ.0 \pm 0^\circ.2$  ve  $30^\circ.0 \pm 0^\circ.2$ ) birbirinden yaklaşık  $180^\circ$  aralıklı iki lekenin olduğu görülmüştür. Leke aktivitesi sergileyen yıldızın baş bileşen olduğu kabul edilmiştir.

-Işık eğrisi analizinde bulunan lekelerin, gözlem verisinin elde edildiği 289.82931 gün boyunca hiç yer değiştirmedeği görülmüştür. 9.66 ay boyunca gerek boyutu gerekse de konumu değişmeyen bir leke grubunun varlığı tartışma konusudur. Çünkü, Güneş'te leke yapılarına bakıldığında, Güneş yüzeyinde lekelerin en fazla 2 - 3 ay kadar kalabildiği görülür (Gershberg 2005). Ancak, Hall et al. (1989) ve Gershberg (2005)'e göre, literatürde V478 Lyr gibi bazı RS CVn türü yıldızlarda yüzey lekelerinin iki yıl boyunca varlığını koruduğu bilinmektedir. Dolayısıyla KIC 9761199 örten çift sisteminde gözlenen leke davranışı, klasik yıldız leke davranışına aykırı bir durum oluşturmamaktadır. Burada not edilmesi gereken bir nokta da burada her ne kadar "bir leke"den söz edilse de aslında ifade edilen "bir aktif bölge"dir, dolayısıyla yıldız yüzeyinde kısa süreli lekeler oluşup kaybolursa da aktif bölge varlığını uzun süre sürdürmektedir. Burada tartışılması gereken ise, bu bölgenin 289.82931 gün boyunca neden yer değiştirmedeğidir. Bu ise tamamen yıldızlarda diferansiyel dönmeyi ilgilendiren bir tartışmadır.

-KIC 9761199'un saatteki flare sayısını ifade eden  $N_1$  frekansı  $0.01351 \text{ h}^{-1}$  olarak hesaplanırken, bu sistemde gözlenen flarelerin enejisini ifade eden  $N_2$  frekansı  $0.00006$  olarak bulunmuştur.  $N_1=0.01735 \text{ h}^{-1}$  ve  $N_2=0.00001$  gibi flare frekanslarına sahip KIC 9641031 örten çift sistem ile KIC 9761199 örten çift sisteminin frekansları karşılaştırıldığında, KIC 9641031'de  $N_1$  frekansı yüksek iken, KIC 9761199'un  $N_2$  frekansının yüksek olduğu görülür. Bunun anlamı, her ne kadar KIC 9641031 sisteminde çok daha sık flare ortaya çıksa da, KIC 9761199 sisteminde ortaya çıkan flareler daha yüksek enerjilere sahiptir. KIC 9761199'de elde edilen bu frekanslar, UV Ceti türü genç anakol dMe cücelerinin sergilediği flarelerle karşılaştırıldığında, KIC 9761199'un sergilediği flarelerin hem enerjilerinin hem de saatte gösterdiği flare sayısının çok düşük olduğu görülür (Dal and Evren 2011). UV Ceti türü bu tek yıldızlarla karşılaştırıldığında KIC 9761199'un flare frekansları oldukça düşük değerlerde kaldığı açıktır. Ancak, Dal and Evren (2011) tarafından yapılan çalışmada V1005 Ori ve EV Lac gibi bilinen en aktif flare yıldızlarında da sezondan sezona flare frekanslarında çok büyük değişimler olduğu bilinmektedir.

-KIC 9761199'un OPEA modelinde Plateau değerinin  $1.951 \pm 0.069$  s olduğu görülür. Plateau değeri, KIC 9641031 için  $1.232 \pm 0.069$  s olarak bulunmuştur. KIC 9761199, KIC 9641031'in sergilediği flarelerde elde edilen maksimum enerji seviyesinden daha yüksek düzeyde flare oluştuğu görülürken UV Ceti türü tek yıldızların sergilediği flarelerden elde edilen maksimum enerji seviyesinden düşük bir düzeyde flare oluşabildiği görülür. Dal and Evren (2011), Plateau değerinin her bir yıldız için sabit olduğunu ancak yıldızdan yıldıza Plateau seviyesinin yıldızın (B-V) renk indeksine göre değişiklik gösterdiğini bulmuştur. Yazarlar bu değeri, bir yıldızın üzerinde ortaya çıkan flarelerin doyuma ulaştıkları enerji düzeyi olarak tanımlamışlardır. KIC 9761199'un flare aktivitesinde Half-life parametresinin 1014.0 s iken, bu değer KIC 9641031'de 2291.7 s'dir. Bunun anlamı KIC 9641031 yıldızında ortaya çıkan flare parlamalarında, flare enerjisi maksimum enerji seviyesine yaklaşık 38 dakikada ulaşırken, KIC 9761199'da bu süre yaklaşık 17 dakikadır. Diğer yandan, KIC 9761199 örten çift sisteminde gözlenen flarelerde elde edilen maksimum flare parlama süresi  $T_1=1118.098$  s iken maksimum toplam flare süresi  $T_1=6767.72$  s'dir. Oysa bu değerler, KIC 9641031'de  $T_1=5179.00$  s ve  $T_1=12770.62$  s'dir. Bu sonuçlara göre, KIC 9641031'de elde edilen sürelerin çok daha yüksek olduğu görülür. Bu sonuç da Dal and Evren (2011) tarafından dMe türü tek flare yıldızlarında bulunan sonuçlarla uyum içindedir, çünkü KIC 9761199'nin baş bileşeni (B-V)= $1^m.303$ 'lik renk indeksi ile (B-V)= $0^m.74$  renk indeksine



sahip KIC 9641031'in aktif bileşenine göre daha soğuktur. Bu, Dal and Evren (2011) tarafından "daha soğuk anakol yıldızlarında flareler daha yüksek enerjilere daha kısa zamanlarda ulaşmaktadır" bulgusuna uymaktadır.

Gerek Plateau gerekse de flare frekans ve sürelerine bakıldığında KIC 9761199 gözlenen flare aktivite düzeyi, KIC 9641031'de olduğu gibi UV Ceti türü tek yıldızlara göre çok belirgin olarak düşüktür. Ancak bu, (Dal and Evren 2011) tarafından ulaşılan sonuçlara uygundur. Yazarlar, the OPEA modelinden türetilen ve burada tartışılan parametrelerin tamamının, flare parlamasının gözlemlendiği yıldızın (B-V) renk indeksinin bir fonksiyonu olarak azalıp arttığını göstermişlerdir. Doğal olarak, KIC 9761199'un sergilediği flare aktivitesinin parametreleri de baş bileşenin yüzey sıcaklığına göre beklenen seviyelerde çıkmaktadır. Bu çalışma kapsamında elde edilen sonuçlara göre baş bileşen için  $(B-V)=1^m.303$  değerine ulaşılmıştır. Bu noktada tekrarlanmasında fayda olan bir nokta ise, sistemin sergilediği flare aktivite düzeyinin diğer sistemlerle karşılaştırılması, baş bileşenin aktif bileşen olarak kabul edilmesinin doğru bir yaklaşım olduğunu göstermektedir. Diğer yandan the OPEA modelinin istatistiksel analizi, bu modelin tek bir yıldızdan gelen flareler için oluşturulduğunu göstermektedir. Bu durumda, çiftin bileşenlerindeki yalnızca bir tanesi kromosferik aktivite sergilemektedir.

KIC 9761199 sisteminin yaşı 0.77 Gyr (Walkowicz et al. 2013) verilirken, KIC 9641031 sisteminin yaşı 3.05 Gyr ile 15.25 Gyr aralığında verilmiştir. Kromosferik aktivite için Skumanich (1972) tarafından ifade edilen yasa da gözönüne alındığında, KIC 9761199'da aktivite düzeyinin KIC 9641031'den neden daha yüksek olduğu anlaşılabilir. Ancak hem KIC 9641031 hem de KIC 9761199 birer çift sistemdir. Dolayısıyla bu yıldızların aktiviteleri tartışılırken, bu durum da gözönüne alınmalıdır. Coughlin et al. (2012), KIC 9761199'un bileşenlerinin yarıçaplarını  $R_1=0.830 R_\odot$ ,  $R_2=0.384 R_\odot$  olarak verilirken; Borucki et al. (2011) sistemin yarı büyük eksen uzunluğunun  $a=2.78 R_\odot$  olarak hesaplamıştır. Oysa bu çalışma da bu değerler  $R_1=0.646 R_\odot$ ,  $R_2=0.493 R_\odot$  ve  $a=5.164 R_\odot$  olarak hesaplanmıştır. KIC 9641031 içinse Eker et al. (2014), bileşenlerin yarıçaplarını  $R_1=1.283 R_\odot$ ,  $R_2=0.963 R_\odot$  olarak listelerken, sistemin yarı büyük eksen uzunluğunu  $a=9.17 R_\odot$  olarak listelemiştir. Dolayısıyla, gerek bu çalışmada gerekse literatürde verilen değerler gözönüne alındığında, KIC 9761199 öten çift sisteminde bileşenlerin birbirine KIC 9641031'inkilere göre görece daha yakın olduğunu gösterir. Bu yakınlık KIC 9761199'un aktif bileşeninin, KIC 9641031'in aktif bileşenine göre neden daha yüksek enerjili flare ürettiğini açıklayabilir.

#### 4. Kaynaklar

- Balona, L.A., 2015, MNRAS, 447, 2714  
Borucki, W.J., Koch, D.G., Basri, G., et. al., 2011, ApJ, 736, 19  
Botsula, R. A., 1978, Perem. Zvezdy, 20, 588  
Coughlin, J.L., López-Morales, M., Harrison, T.E., Ule, N., Hoffman, D.I., 2011, AJ, 141, 78  
Coughlin, J.L.; López-Morales, M., 2012, AJ, 143, 39  
Dal, H.A. & Evren, S., 2010, AJ, 140, 483  
Dal, H.A. & Evren, S., 2011, AJ, 141, 33  
Dawson, B., & Trapp, R. G., 2004, "Basic and Clinical Biostatistics" (New York: McGraw-Hill), 61  
Eker, Z., Bilir, S., Soyudugan, F., et. al., 2014, PASA, 31, 24  
Gershberg, R.E., 1972, Astrophys. Space Sci., 19, 75  
Gershberg, R.E., 2005, "Solar-Type Activity in Main-Sequence Stars", Springer Berlin Heidelberg, New York  
Haisch, B., Strong, K.T., Rodono, M., 1991, ARA&A, 29, 275  
Hall D.S., Henry G.W., and Sowell J.R., 1989. AJ, 99, 396.  
Ishida, K., Ichimura, K., Shimizu, Y., & Mahasnaputra, 1991, Ap&SS, 182, 227  
Jurkevich, I., Willman, W. W., Petty, A. F., 1976, Ap&SS, 44, 63  
Kharchenko, N.V., 2001, KFNT, 17, 409  
Lacy C.H., Moffett T.J., and Evans D.S., 1976. Astrophys. J. Suppl. Ser., 30, 85.  
Lucy, L.B., 1967, Z. Astrophys, 65, 89  
Macrae, D. A., 1952, ApJ, 116, 592  
Miner, E. D., 1966, ApJ, 144, 1101  
Mirzoyan, L.V., 1990. IAUS 137, 1.  
Morgenroth, O., 1935, AN, 255, 425  
Muirhead, P.S., Becker, J., Feiden, G.A., et. al., 2014, ApJS, 213, 5  
Muirhead, P.S., Hamren, K., Schlawin, E., Rojas-Ayala, B., Covey, K.R., Lloyd, J.P., 2012, ApJL, 750, 37  
Popper, D. M., Lacy, C. H., Frueh, M. L., Turner, A. E., 1986, AJ, 91, 383  
Prša, A., Zwitter, T., 2005, ApJ, 628, 426  
Ribárik, G., 2002, Occasional Technical Notes from Konkoly Observatory No. 12  
Rodonó, M. 1986, NASSP, 492, 409  
Rucinski, S.M., 1969, AcA, 19, 245  
Skumanich, A., 1972. ApJ 171, 565.  
Slawson, R., Prša, A., Welsh, W.F., et al. 2011, AJ, 142, 160  
Struve, O., Horak, H. G., Canavaggia, R., Kourganoff, V., Colacevich, A., 1950, ApJ, 111, 658  
Tokunaga, A.T., 2000, "Allen's Astrophysical Quantities", Fourth Edition, ed. A.N. Cox (Springer), p.143  
Tran, K., Levine, A., Rappaport, S., et al., 2013, ApJ, 774, 81  
Urban, S., Corbin, T., Wycoff, G., 1997, AAS, 191, 5707  
van Hamme, W., 1993, AJ, 106, 2096  
Walkowicz, L.M., Basri, G.S., 2013, MNRAS, 436, 1883  
Watson, C.L., 2006, SASS, 25, 47W  
Wilson, R.E., Devinney, E.J., 1971, ApJ, 166, 605