

EJONS

Uluslararası Matematik, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Dergisi
International Journal on Mathematic, Engineering and Natural Sciences

Research Article

e-ISSN: 2602 - 4136

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17937399>

KP And Örtlen Çift Yıldız Sistemin İlk TESS Işık Eğrisi Analizi

Oğuz ÖZTÜRK ^{*1,2}, Ahmet ERDEM ^{1,2}, Derya SÜRGİT ^{2,3}

¹ Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü, Çanakkale, Türkiye

² Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Astrofizik Araştırma Merkezi ve Ulupınar Gözlemevi, Çanakkale, Türkiye

³ Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Fakültesi, Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Bölümü, Çanakkale, Türkiye

Sorumlu Yazar Email: oguzozturk@comu.edu.tr

Makale Tarihçesi

Geliş: 10.10.2025

Kabul: 10.11.2025

Anahtar Kelimeler

Örtlen Çift Yıldızlar,
KP And,
Fotometrik,
Veri Analizi,
TESS

Özet: Literatürde ayrıntılı bir fotometrik çalışması bulunmayan KP And örtlen çift yıldız sisteminin Transiting Exoplanet Survey Satellite (TESS) uydu gözlemlerinden elde edilen ışık eğrisi ilk olarak bu çalışmada modellenmiştir. Sistemin TESS gözlemlerinden hesaplanan minimum zamanları kullanılarak güncel ışık elemanı elde edilmiştir. Çözüm sonucunda ayırık bir çift yıldız sistem olduğu görülen KP And sisteminin ışık eğrisi çözüm parametreleri kullanılarak sistemin mutlak parametreleri $M_1 = 1.67 \pm 0.17 M_{\odot}$, $R_1 = 2.20 \pm 0.14 R_{\odot}$ ve $M_2 = 0.36 \pm 0.10 M_{\odot}$, $R_2 = 1.56 \pm 0.26 R_{\odot}$ olarak tahmin edilmiştir.

First TESS Light Curve Anaysis of Eclipsing Binary Star KP And

Article Info

Received: 10.10.2025

Accepted: 10.11.2025

Keywords

Eclipsing Binary
Stars,
KP And,
Photometric,
Data Analysis,
TESS

Abstract: The light curve of KP And eclipsing binary star system, which lacks a detailed photometric study in the literature, obtained from Transiting Exoplanet Survey Satellite (TESS) observations, was first modeled in this study. The updated light element was obtained using the minimum times calculated from the TESS observations of the system. The solution revealed that the KP And system is a detached binary star system. Using the light curve solution parameters, the absolute parameters of the system were estimated as $M_1 = 1.67 \pm 0.17 M_{\odot}$, $R_1 = 2.20 \pm 0.14 R_{\odot}$ and $M_2 = 0.36 \pm 0.10 M_{\odot}$, $R_2 = 1.56 \pm 0.26 R_{\odot}$.

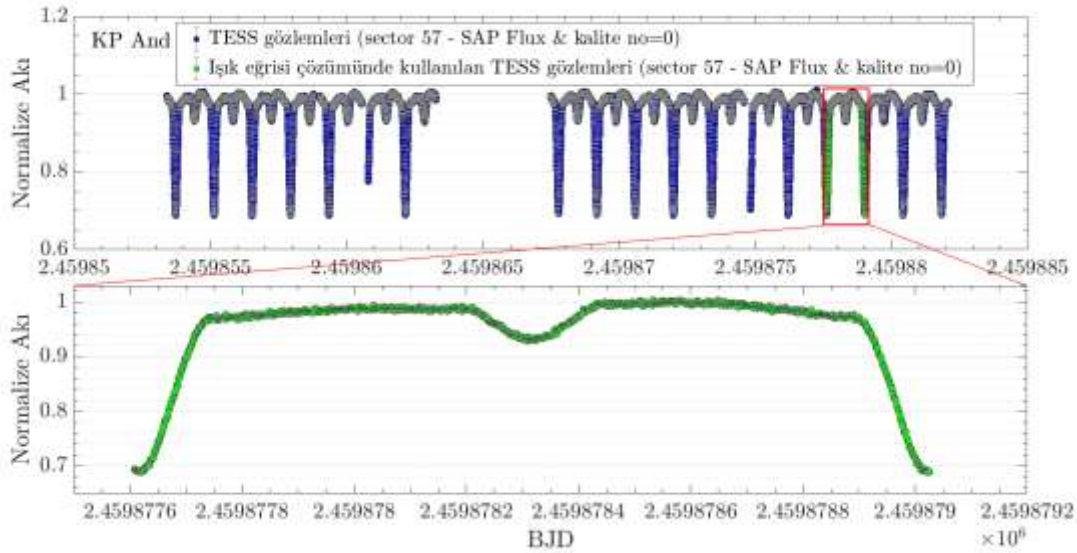
1. Giriş

Bu çalışmada, KP And örten çift yıldız sisteminin ışık eğrisi analizi sunulmuştur. Literatürde KP And sistemi ile ilgili ayrıntılı fotometrik analiz bulunmamakla birlikte sistem sadece bazı katalog çalışmalarında yer almaktadır (Avvakumova ve ark., 2013; Heinze ve ark., 2018; Cruzalêbes ve ark., 2019; Mowlavi ve ark., 2023). Bu nedenle sistemin ayrıntılı fotometrik analizi ilk olarak bu çalışmada sunulmuştur.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. TESS gözlemleri

TESS uydu gözlemleri hakkında ayrıntılı bilgiye Ricker ve ark. (2015) çalışmasından bakılabilir. Bu çalışmada ele alınan KP And sisteminin TESS gözlemleri hakkında özet bilgi Tablo 1’de verilmiştir. KP And sisteminin TESS gözlem verileri Mikulski Archive for Space Telescopes (MAST) (<https://mast.stsci.edu/>) veri tabanından alınmıştır. Işık eğrisi oluşturulurken veri tabanında verilen SAP_FLUX ölçümleri kullanılmıştır. Kaynağın Işık eğrisi çözümünü duyarlı bir şekilde yapabilmek için en duyarlı gözlem noktaları olarak belirtilen QUALITY = 0 verileri alınmıştır. Sistemin TESS sektör 57 verileri kullanılarak elde edilen ışık eğrisi Şekil 1’de sunulmuştur. Işık eğrisi çözümünde Şekil 1’de kutu içerisine alınan sektör 57 gözlemleri kullanılmıştır.



Şekil 1. KP And kaynağının TESS sektör 57 gözlemlerinden elde edilen ışık eğrisi

Tablo 1. KP And sisteminin TESS gözlem bilgileri

	Sector 16	Sector 57	Sector 83	Sector 84
Gözlem başlangıcı (gün.ay.yıl)	12.09.2019	30.09.2022	05.09.2024	01.10.2024
Gözlem bitişi (gün.ay.yıl)	06.10.2019	29.10.2022	30.09.2024	26.10.2024
Poz süresi (s)	1800	200	600	200
Gözlemin yapıldığı kamera/CCD	1/4	2/3	2/4	2/3
Toplam gözlem sayısı	1121	10802	10505	10841
QUALITY=0 gözlem sayısı	697	10265	10412	10035

TESS gözlemlerinden gözlenen minimum zamanlar AVE yazılımı (Barberá, 1996) kullanılarak hesaplanmış ve Tablo 2’de verilmiştir. TESS minimum zamanları kullanılarak elde edilen O (gözlenen minimum zaman) - C (hesaplanan minimum zaman) diyagramı Şekil 2’de sunulmuştur.

Şekil 2’de verilen O-C diyagramını oluştururken kullanılan ışık elemanı (1) denkleminde verilmiştir. Burada $T_0 = 2459853.72563(13)$ BJD zamanı, TESS gözlemlerinden okunan minimum zamanıdır ve 1.4054332 gün yörünge dönemi ise ASAS-SN kataloğundan (Shappee ve ark., 2014; Kochanek ve ark., 2017) alınmıştır.

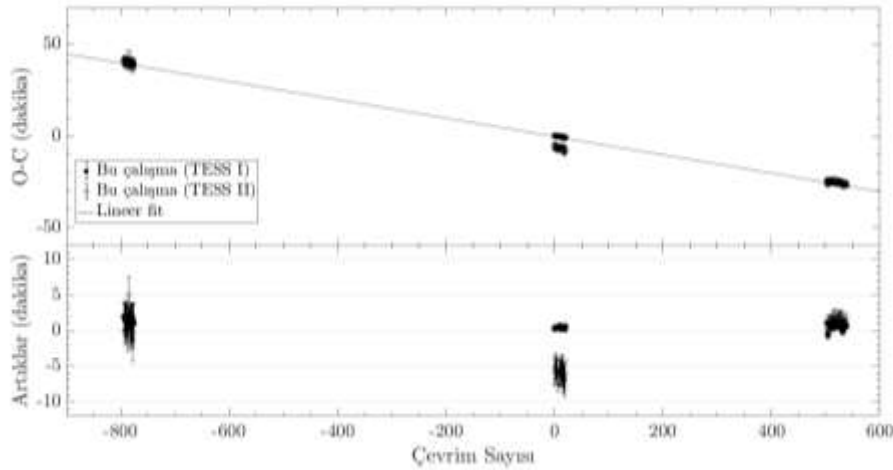
$$C_1 = BJD\ 2459853.72563(13) + 1^{gün}.4054332 \times E \quad (1)$$

O-C verilerine en küçük kareler yöntemi kullanılarak yapılan lineer fit düzeltmesi sonucu elde edilen güncel ışık elemanı (2) denkleminde verilmiştir.

$$C_2 = BJD\ 2459853.72543(15) + 1^{gün}.4053984(3) \times E \quad (2)$$

Şekil 2’de ikinci minimum zamanlarından elde edile O-C verilerinin çevrim boyunca salınım gösterdiği görülmektedir. Bu salınımın genliğinin yaklaşık 5 dakika olduğu görülmektedir. Bir sonraki bölümde bahsedileceği üzere, ikinci bileşen üzerinde olası bir soğuk lekenin etkisi bu küçük genlikli salınıma neden olabilir. Benzer küçük genlikli salınımlar V608 Cam (Şebek ve ark., 2022) ve OO Leo (Zi-Bin Meng ve ark., 2024) sistemlerinin TESS minimum zamanları kullanılarak oluşturulan O-C diyagramlarında da görmüş ve bu salınımların leke etkisi kaynaklı olabileceği öne sürülmüştür.

Sistemin Şekil 1’de içi dolu yeşil renk ile gösterilen TESS gözlemleri, (2) denklemi ile verilen güncel ışık elemanı kullanılarak evrelendirilmiş ve Şekil 3’te verilen ışık eğrisi elde edilmiştir.



Şekil 2. KP And sisteminin TESS minimum zamanları kullanılarak oluşturulan O-C diyagramı. Siyah düz çizgi, O-C verisine yapılan lineer fiti göstermektedir. O-C verilerinden lineer fit çıkartılarak elde edilen O-C artıkları alt panelde gösterilmiştir

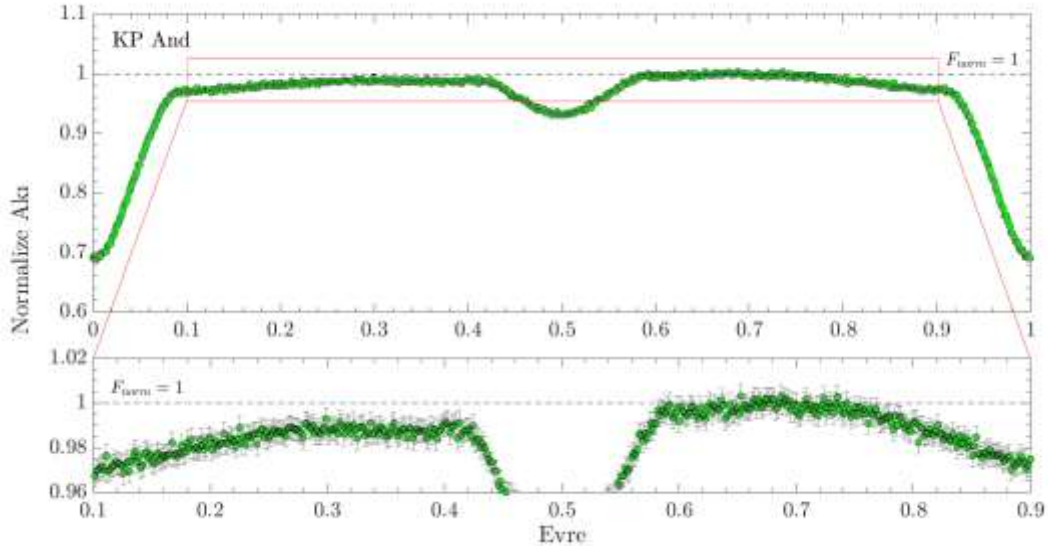
Tablo 2. KP And çift yıldız sisteminin TESS gözlemlerinden okunan minimum zamanları

Minimum zaman (BJD)	Hatası	Minimum türü	Sektör
2458739.24583	0.00139	Min I	16
2458739.94722	0.00110	Min II	16
2458740.65133	0.00135	Min I	16
2458741.35224	0.00104	Min II	16
2458742.05638	0.00167	Min I	16
2458742.75911	0.00123	Min II	16
2458743.46213	0.00156	Min I	16
2458744.16492	0.00108	Min II	16
2458744.86696	0.00150	Min I	16
2458745.56932	0.00173	Min II	16
2458746.27269	0.00140	Min I	16
2458746.97387	0.00168	Min II	16
2458747.67800	0.00042	Min I	16

2458748.38067	0.00189	Min II	16
2458749.08322	0.00113	Min I	16
2458749.78853	0.00169	Min II	16
2458751.89421	0.00117	Min I	16
2458752.59607	0.00190	Min II	16
2458753.30009	0.00093	Min I	16
2458754.00167	0.00165	Min II	16
2458754.70503	0.00061	Min I	16
2458755.40674	0.00148	Min II	16
2458756.11073	0.00126	Min I	16
2458756.81190	0.00170	Min II	16
2458757.51555	0.00169	Min I	16
2458758.21779	0.00128	Min II	16
2458758.92135	0.00149	Min I	16
2458759.62190	0.00208	Min II	16
2458760.32640	0.00163	Min I	16
2458761.02850	0.00125	Min II	16
2458761.73186	0.00150	Min I	16
2458762.43342	0.00158	Min II	16
2458763.13699	0.00201	Min I	16
2459853.72563	0.00013	Min I	57
2459854.42408	0.00132	Min II	57
2459855.13114	0.00013	Min I	57
2459855.82992	0.00112	Min II	57
2459856.53649	0.00014	Min I	57
2459857.23548	0.00124	Min II	57
2459857.94188	0.00014	Min I	57
2459858.64031	0.00114	Min II	57
2459859.34731	0.00015	Min I	57
2459860.04584	0.00129	Min II	57
2459861.45105	0.00121	Min II	57
2459862.15816	0.00015	Min I	57
2459862.85578	0.00121	Min II	57
2459867.07300	0.00091	Min II	57
2459867.77987	0.00018	Min I	57
2459868.47792	0.00122	Min II	57
2459869.18503	0.00017	Min I	57
2459869.88344	0.00137	Min II	57
2459870.59064	0.00018	Min I	57
2459871.28875	0.00134	Min II	57
2459871.99594	0.00016	Min I	57
2459872.69406	0.00121	Min II	57
2459873.40122	0.00017	Min I	57
2459874.09984	0.00154	Min II	57
2459875.50531	0.00128	Min II	57
2459876.21218	0.00017	Min I	57
2459876.90976	0.00132	Min II	57
2459877.61746	0.00016	Min I	57
2459878.31536	0.00140	Min II	57
2459879.02295	0.00016	Min I	57
2459879.72045	0.00159	Min II	57
2459880.42816	0.00018	Min I	57
2459881.12651	0.00138	Min II	57
2459881.83383	0.00009	Min I	57
2460559.93836	0.00035	Min II	83
2460560.64154	0.00011	Min I	83
2460561.34459	0.00037	Min II	83
2460562.04581	0.00041	Min I	83
2460562.74950	0.00038	Min II	83
2460563.45235	0.00011	Min I	83

2460564.15440	0.00054	Min II	83
2460565.56025	0.00042	Min II	83
2460566.26300	0.00013	Min I	83
2460566.96515	0.00044	Min II	83
2460567.66832	0.00013	Min I	83
2460568.37171	0.00040	Min II	83
2460569.07357	0.00013	Min I	83
2460569.77685	0.00048	Min II	83
2460570.47898	0.00010	Min I	83
2460571.18226	0.00047	Min II	83
2460572.58774	0.00037	Min II	83
2460573.29002	0.00011	Min I	83
2460573.99259	0.00043	Min II	83
2460574.69539	0.00011	Min I	83
2460575.39856	0.00042	Min II	83
2460576.10061	0.00011	Min I	83
2460576.80447	0.00041	Min II	83
2460577.50607	0.00009	Min I	83
2460578.20880	0.00057	Min II	83
2460578.91156	0.00009	Min I	83
2460579.61471	0.00039	Min II	83
2460580.31684	0.00009	Min I	83
2460581.02088	0.00038	Min II	83
2460581.72222	0.00009	Min I	83
2460582.42536	0.00060	Min II	83
2460583.12754	0.00009	Min I	83
2460583.83053	0.00053	Min II	83
2460585.23637	0.00050	Min II	84
2460585.93878	0.00022	Min I	84
2460587.34391	0.00015	Min I	84
2460588.04705	0.00050	Min II	84
2460588.74928	0.00009	Min I	84
2460589.45281	0.00041	Min II	84
2460590.15463	0.00010	Min I	84
2460591.55997	0.00009	Min I	84
2460592.26377	0.00047	Min II	84
2460592.96546	0.00011	Min I	84
2460593.66906	0.00049	Min II	84
2460594.37089	0.00009	Min I	84
2460595.07454	0.00052	Min II	84
2460595.77632	0.00014	Min I	84
2460597.18157	0.00014	Min I	84
2460597.88459	0.00049	Min II	84
2460598.58659	0.00019	Min I	84
2460599.29015	0.00112	Min II	84
2460599.99229	0.00022	Min I	84
2460600.69515	0.00074	Min II	84
2460601.39768	0.00014	Min I	84
2460602.10005	0.00046	Min II	84
2460602.80329	0.00010	Min I	84
2460603.50569	0.00050	Min II	84
2460604.20883	0.00062	Min I	84
2460604.91168	0.00048	Min II	84
2460605.61403	0.00010	Min I	84
2460606.31696	0.00043	Min II	84
2460607.01933	0.00009	Min I	84
2460607.72301	0.00034	Min II	84
2460608.42489	0.00009	Min I	84
2460609.12788	0.00034	Min II	84
2460609.83017	0.00008	Min I	84

2.2. Işık eğrisi çözümü



Şekil 3. KP And sisteminin, güncel ışık elemanı ile evrelendirilmiş TESS ışık eğrisi

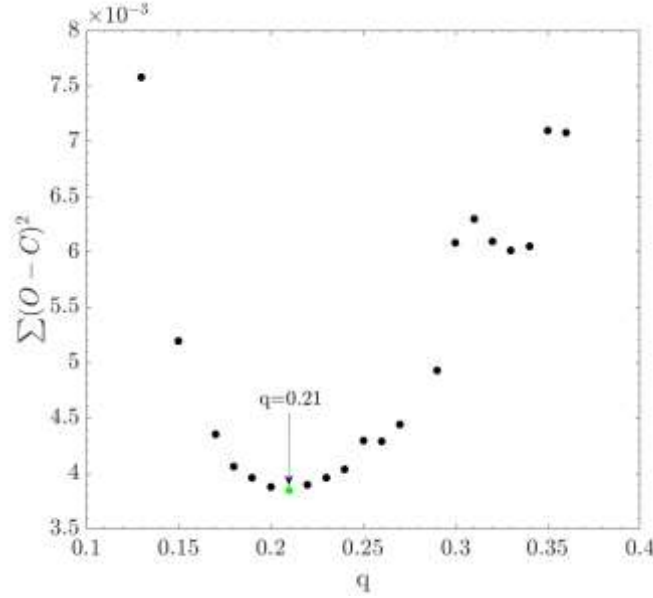
Işık eğrisi analizi Wilson-Devinney yazılımı (Wilson ve Devinney, 1971; Wilson, 2012) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çözümde gözlemlerin yapıldığı filtrenin etkin dalgaboyu 786.5nm olarak alınmıştır (Ricker ve ark., 2015). Yıldız atmosferlerini F5 tayf türünden öncekileri ışımsal ve F5 tayf türünden sonrakileri konvektif olarak kabul ederiz. Buna göre; ışımsal ve konvektif atmosfer modelleri için bolomerik çekim kararma katsayıları (g_1 ve g_2) sırasıyla 1.0 ve 0.32 değerlerinde alınmıştır (von Zeipel, 1924; Lucy, 1967). Bileşenlerin bolometrik albedosu (A_1 ve A_2), ışımsal atmosfere sahip yıldız atmosferleri için 1,0'a, konvektif atmosfere sahip yıldız atmosferleri için 0,5 değerine sabitlenmiştir (bkz. Ruciński, 1969). Işık eğrisi analizlerinde, ikinci dereceden kenar kararma kanunu kullanılmış ve kenar kararma katsayıları Claret (2017)'den alınmıştır. Çözümlerde bileşen yıldızların dairesel bir yörüngede ($e = 0$) senkronize olarak döndükleri ($F_1 = F_2 = 0$) kabul edilmiştir.

Sistemin ışık eğrisi çözümü mod 2 ayırık konfigürasyonda yapılmıştır. Bu çözümlerde, evre kayması (ϕ), yörünge eğimi (i), ikinci bileşenin etkin sıcaklığı (T_2), bileşenlerin yüzey potansiyelleri (Ω_1, Ω_2), kütle oranı (q) ve birinci bileşenin ısıtması (L_1) serbest bırakılan parametrelerdir. Üçüncü ışık katkısı parametresi (L_3) çözümlerde ilk olarak serbest bırakılmıştır. Ancak üçüncü cisim kaynaklı bariz bir ışık katkısı tespit edilemediğinden üçüncü ışık katkısı ışık eğrisi çözümlerine dâhil edilmemiştir.

KP And sisteminin ışık eğrisinde maksimum seviyeleri arasında bariz bir fark görülmektedir (Şekil 3). Bu nedenle ışık eğrisi çözümü, ikinci bileşen üzerinde bir tane leke olduğu varsayımı yapılarak, hem sıcak leke hem de soğuk leke varsayımında ayrı ayrı yapılmıştır. Bu nedenle, ışık eğrisi çözümünde ele alınan lekenin yıldız atmosferi üzerindeki enlemi, boylamı, leke yarıçapı ve sıcaklık faktörü serbest bırakılan parametreler arasındadır.

Sistem ile ilgili ne fotometrik ne de tayfsal bir çalışma bulunmadığından baş bileşenin sıcaklığı Tunçel Güçtekin ve ark. (2016) tarafından verilen yöntem kullanılarak tahmin edilmiştir. Bunun için öncelikle sistemin kızılışmadan arındırılmış $B - V$ rengi ($(B - V)_0$), Tunçel Güçtekin ve ark. (2016) tarafından verilen yöntem kullanılarak 0.274 ± 0.055 kadir değerinde hesaplanmıştır. Sonrasında, Drilling and Landolt (2000) çalışmasında verilen, kızılışmadan arındırılmış $(B - V)_0$ rengi ile sıcaklık kalibrasyonu tablosundan, sisteminin baş bileşeninin sıcaklığı 7451 ± 200 K değerinde hesaplanmış ve çözümde baş bileşen sıcaklığı bu değerle sabit tutulmuştur.

Çözümüne başlanmadan önce sistemin fotometrik kütle oranı taraması da yapılmıştır. Kütle taraması işleminde sistemin ışık eğrisi, yukarıda serbest bırakılan parametrelerden sadece kütle oranı parametresi sabit kütle oranı (q) değerleri için sabit tutularak çözülmüştür. Çözümlerde en küçük $\sum(O - C)^2$ değerine ikinci bileşen üzerinde bir tane soğuk leke olduğu varsayımı altında ulaşılmıştır. Bu nedenle ışık eğrisi çözümünde, ikinci bileşen üzerinde bir tane soğuk leke olduğu kabul edilmiştir. Çözümlerden elde edilen kütle oranı (q) - $\sum(O - C)^2$ diyagramı Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. KP And sistemi için kütle taraması işlemi sonucu elde edilen kütle oranı (q) - $\sum(O - C)^2$ diyagramı

Şekil 4'ten görüldüğü üzere en küçük $\sum(O - C)^2$ değerine $q = 0.21$ değerinde ulaşılmıştır. Bu nedenle çözüm esnasında kütle oranı bu değerde alınıp serbest parametre olarak bırakılmıştır. Işık eğrisi çözümlerinden elde edilen parametreler Tablo 3'de verilmiştir. Çözüm sonucu elde edilen teorik fit Şekil 5'te sunulmuştur. Binary Maker programına (Bradstreet ve Steelman, 2002) ışık eğrisi çözümü sonucu elde edilen geometrik parametre değerleri girilerek sistemin Roche geometrisi elde edilmiştir ve Şekil 6'da sunulmuştur.

Şekil 6'dan görüldüğü üzere, ikinci bileşen Roche lobunu neredeyse doldurmuştur. Bu durumda sistemin ışık eğrisi Mod5 yarı-ayrık konfigürasyonda da tekrar çözülmüş ancak bu çözüm sonrası elde edilen $\sum(O - C)^2$ değerinin Mod2 ayrık konfigürasyon çözümünden elde edileninkinden neredeyse 5 kat daha büyük olduğu görülmüştür. Bu nedenle sistemin ayrık ancak ikinci bileşenin kendi Roche lobunu doldurmaya yakın olduğu sonucuna varılmıştır.

Şekil 4'ten görüldüğü üzere en küçük $\sum(O - C)^2$ değerine $q = 0.21$ değerinde ulaşılmıştır. Bu nedenle çözüm esnasında kütle oranı bu değerde alınıp serbest parametre olarak bırakılmıştır. Çözüm sonucu elde edilen teorik fit Şekil 5'te sunulmuştur. Binary Maker programına (Bradstreet ve Steelman, 2002) ışık eğrisi çözümü sonucu elde edilen geometrik parametre değerleri girilerek sistemin Roche geometrisi elde edilmiştir ve Şekil 6'da sunulmuştur.

Tablo 3. KP And sisteminin ışık eğrisi çözümü sonucu elde edilen parametreler

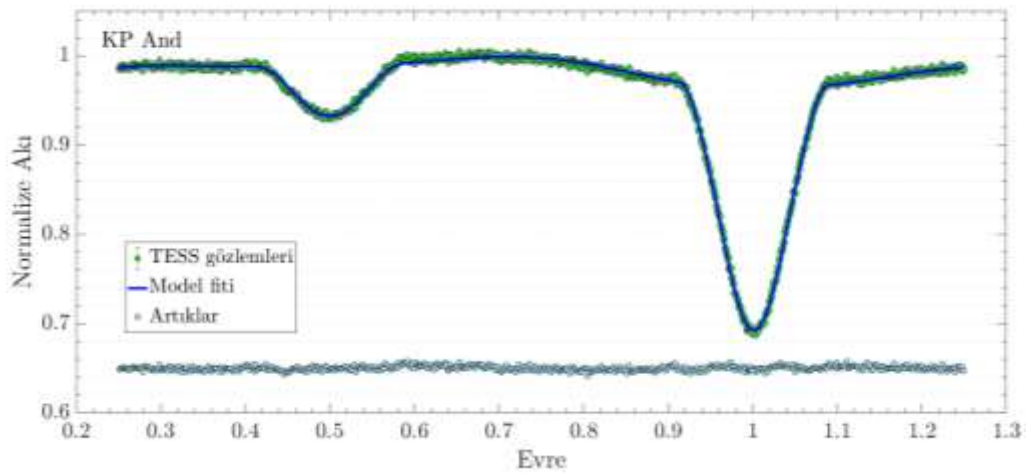
Parametre	Değer
ϕ	0.0012(5)
i (derece)	75.90(12)
T_1 (K)	7451(200)
T_2 (K)	4177(125)
$q (= M_2 / M_1)$	0.215(7)
Ω_1	3.307(9)
Ω_2	2.370(8)
r_1 (hacim)	0.330(7)
r_2 (hacim)	0.233(8)
L_1 / L_{Toplam}	0.943(9)
L_2 / L_{Toplam}	0.057
Leke parametreleri	
Enlem (derece)	98(10)
Boylam (derece)	89(13)
Leke yarıçapı (derece)	27(5)
T_{leke} / T_2	0.70(10)
$\sum(O - C)^2$	0.0038

3. Bulgular ve Tartışma

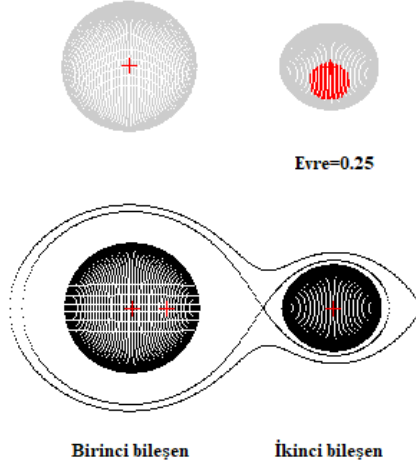
Sistemin Tablo 3’de verilen geometrik parametreleri kullanılarak mutlak parametre değerleri tahmin edilmiş ve Tablo 4’te verilmiştir.

Baş bileşen kütlesi, Drilling ve Londolt (2000) çalışmasında Tablo 15.7 ve 15.8 de verilen ana kol yıldızlarının renk ölçeği, etkin sıcaklık, kütle ve tayf türü kalibrasyonları kullanılarak ara değer hesabı ile hesaplanmıştır. Hesaplanan kütlelerin %10’u hata payı olarak kabul edilmiştir. İkinci bileşenin kütlesi (M_2), Tablo 3’de verilen fotometrik kütle oranı kullanılarak hesaplanmıştır.

Bileşenlerin yarıçapları ($R_{1,2}$), Tablo 3’te verilen kesirsel yarıçaplar ($r_{1,2}=R_{1,2}/A$) kullanılarak hesaplanmıştır. Yarı büyük eksen uzunluğu (A) Kepler’in üçüncü kanunu kullanılarak hesaplanmıştır. Bileşenlerin bolometrik parlaklıkları ($M_{1,2\ bol}$) ve yüzey çekimleri ($\log g_{1,2}$), Pecaute ve Mamajek (2013) tarafından verilen güneşin etkin sıcaklığı (5771.8(7)K), güneşin bolometrik parlaklığı (4.7554(4) kadir) ve güneşin yüzey çekim (27423.2(7.9) cm/s²) değerleri kullanılarak hesaplanmıştır.



Şekil 5. KP And sisteminin ışık eğrisi analizi sonucu elde edilen teorik model fiti ve çözümde elde edilen artıklar



Şekil 6. KP And sisteminin ışık eğrisi çözüm parametreleri kullanılarak elde edilen Roche geometrisi

Tablo 4. KP And sisteminin bu çalışmada hesaplanan mutlak parametreleri

Parametre	Değer	
Parametre	Birinci Bileşen	İkinci Bileşen
$A(R_{\odot})$	6.68(13)	
$M_{1,2}(M_{\odot})$	1.67(17)	0.36(10)
$R_{1,2}(R_{\odot})$	2.20(14)	1.56(26)
$\log g_{1,2}$ (cgs)	3.97(10)	3.61(9)
$M_{1,2\ bol}$ (kadir)	1.92(23)	5.18(68)
$BC_{1,2\ TESS}$ (kadir)	0.20(2)	0.67(6)
$M_{1,2\ TESS}$ (kadir)	1.71(31)	4.51(57)
$A_{d,TESS}(b)$ (kadir)	0.29(6)	
m_{TESS} (sistem) (kadir)	11.7709 ^(a)	
M_{TESS} (sistem) (kadir)	1.63(26)	
d (pc)	933(157)	
$d_{Gaia\ DR3}$ (pc)	1002	

^(a)TESS veri tabanından (mast.stsci.edu) alınmıştır.

Bileşenlerin mutlak TESS bandı parlaklıkları ($M_{1,2\ TESS}$), $M_{1,2\ TESS} = M_{1,2\ bol} - BC_{1,2\ TESS}$ denkleminde hesaplanmıştır. Bu denklemde yer alan bileşen yıldızların bolometrik düzeltme katsayıları ($BC_{1,2\ TESS}$), Eker ve Bakış (2023) makalesindeki (4) denklemi kullanılarak hesaplanmıştır. d uzaklığındaki sistemlerin yıldızlararası soğurma katsayısı ($A_{d,TESS}$), Eker ve Bakış (2023) tarafından aşağıda verilen denklem kullanılarak hesaplanmıştır.

$$A_{d,TESS}(b) = 1.940(2)E_d(B - V) \quad (3)$$

(3) denkleminde görülen $E_d(B - V)$ renk artığı terimini hesaplamak için, d uzaklığındaki sistemin yıldızlararası soğurma katsayısı ($A_{d,V}$), Bahcall ve Soneira (1980) tarafından verilen aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanmıştır.

$$A_{d,V}(b) = A_{\infty,V}(b) \left[1 - \exp\left(-\frac{|d \sin b|}{125}\right) \right] \quad (4)$$

(4) denkleminde yer alan $A_{\infty,V}(b)$ terimi, b galaktik enleminde yer alan kaynağın V filtresindeki toplam sönüm katsayısı, NASA Extragalactic Database veri tabanı kullanılarak Schlafly ve Finkbeiner (2011)'den alınmıştır. $A_{d,V}(b)=0.46(12)$ kadir olarak hesaplanmış ve $E_d(B - V) = A_{d,V}(b)/3.1 = 0.15(4)$ kadir değeri elde edilmiştir. $E_d(B - V) = 0.15(4)$

kadir değerini (3) denkleminde yerine koyduğumuzda $A_{d,TESS}(b) = 0.29(6)$ kadir değerinde elde edilmiştir.

Sistemin TESS bandındaki görsel parlaklığı (m_{TESS} (sistem)) TESS veri tabanından (mast.stsci.edu) alınmıştır. Sistemin TESS abndındaki mutlak görsel parlaklıkları (M_{TESS} (sistem)) ise bileşen yıldızların mutlak görsel parlaklıkları ($M_{1,2,TESS}$) kullanılarak aşağıdaki denklemden hesaplanmıştır.

$$M_{TESS}(\text{sistem}) = -2.5 \log_{10}(10^{-0.4M_{1,TESS}} + 10^{-0.4M_{2,TESS}}) \quad (5)$$

Son olarak, sistemin uzaklığı (d), aşağıda verilen uzaklık modülü formülünden 933(157)pc olarak hesaplanmıştır. Bu değer Gaia DR3 (Mowlavi ve ark., 2023) verilen 1002 pc uzaklık değeri ile uyumlu görülmektedir.

$$d = 10^{\frac{m_{TESS}(\text{sistem}) - M_{TESS}(\text{sistem}) + A_{d,TESS}(b)}{5}} \quad (6)$$

4. Sonuç

Bu çalışmada KP And sisteminin mutlak parametrelili, fotometrik analiz sonucu elde edilen geometrik parametreler kullanılarak tahmin edilmiştir. Mutlak parametrelerin duyarlı olarak elde edebilmek ve bileşenlerin evrim durumlarını detaylı olarak inceleyebilmek için sistemlerin ileride yapılacak olan duyarlı tayfsal gözlemlerine ihtiyaç vardır.

Yazarların Katkı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit katkıda bulunduklarını, makalenin yayına hazır son halini gördüklerini/okuduklarını ve onayladıklarını beyan ederler.

Çıkar Çatışması Beyanı

Tüm yazarlar, bu çalışma için herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi (ÇOMÜ) Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Koordinasyon Birimi tarafından Proje Kodu: FHD-2023-4527 altında desteklenmiştir. Çalışmada, (Space Telescope Science Institute; STScI) MAST veri arşivinden elde edilen TESS gözlemleri kullanılmıştır.

Kaynaklar

- Avvakumova, E.A., Malkov, O.Y., Kniazev, A.Y., 2013. Eclipsing variables: Catalogue and classification. *Astronomische Nachrichten*, 334(8): 860.
- Bahcall, J.N., Soneira, R.M., 1980. The universe at faint magnitudes, I. Models for the galaxy and the predicted star counts. *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 44: 73–110.
- Barberá, R., 1996. AVE. (www.astrogea.org/soft/ave/introave.htm), (Erişim Tarihi: 15.02.2025).
- Bradstreet, D.H., Steelman, D.P., 2002. AAS 201, id. 75.02.
- Claret, A., 2017. Limb and gravity-darkening coefficients for the TESS satellite at several metallicities, surface gravities, and microturbulent velocities. *Astronomy and Astrophysics*, 600: A30.
- Cruzalèbes, P., Petrov, R.G., Robbe-Dubois, S., Varga, J., Burtscher, L., Allouche, F., ... & Schertl, D., 2019. A catalogue of stellar diameters and fluxes for mid-infrared interferometry. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 490(3): 3158-3176.

- Drilling, J.S., Landolt, A.U., 2000. Allen's Astrophysical Quantities (4th. edn.). Springer, New York.
- Eker, Z., Bakış, V., 2023. Testing multiband (G, GBP, GRP, B, V, and TESS) standard bolometric corrections by recovering luminosity and radii of 341 host stars. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 523(2): 2440.
- Heinze, A.N., Tonry, J.L., Denneau, L., Flewelling, H., Stalder, B., Rest, A., ... & Weiland, H., 2018. A first catalog of variable stars measured by the asteroid terrestrial-impact last alert system (ATLAS). *The Astronomical Journal*, 156(5): 241.
- Kochanek, C.S., Shappee, B.J., Stanek, K.Z., 2017. The all-sky automated survey for supernovae (ASAS-SN) light curve server v1.0. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 129(980): 104502.
- Lucy, L.B., 1967. Gravity-darkening for stars with convective envelopes. *Zeitschrift für Astrophysik*, 65: 89–92.
- Meng, Z.B., Wu, P.R., Yu, Y.X., Hu, K., Xiang, F.Y., 2024. OO Leo: An active contact binary with possible solar-like differential rotation. *The Astrophysical Journal*, 971(1): 113.
- Mowlavi, N., Holl, B., Lecoœur-Taïbi, I., Barblan, F., Kochoska, A., Prša, A., ... & Eyer, L., 2023. Gaia data release 3-the first gaia catalogue of eclipsing-binary candidates. *Astronomy & Astrophysics*, 674: A16.
- Pecaut, M.J., Mamajek, E.E., 2013. Intrinsic colors, temperatures, and bolometric corrections of pre-main-sequence stars. *Astrophysical Journal Supplement Series*, 208(1): 9.
- Ricker, G.R., Winn, J.N., Vanderspek, R., 2015. Transiting exoplanet survey satellite (TESS). *Journal of Astronomical Telescopes, Instruments, and Systems*, 1(1): 014003.
- Ruciński, S.M., 1969. The proximity effects in close binary systems. II. The bolometric reflection effect for stars with deep convective envelopes. *Acta Astronomica*, 19: 245-255.
- Schlafly, E.F., Finkbeiner, D.P., 2011. Measuring reddening with sloan digital sky Survey stellar spectra and recalibrating SFD. *The Astrophysical Journal*, 737(2): 103.
- Shappee, B.J., Prieto, J.L., Grupe, D., 2014. The man behind the curtain: X-Rays drive the UV through NIR variability in the 2013 active galactic nucleus outburst in NGC 2617. *Astrophysical Journal*, 788(1): 48.
- Šebek, F., Walter, F., Wolf, M., 2022. A photometric study of V608 Cam: apparent period changes as a result of surface activity. *New Astronomy*, 97: 101879.
- Tunçel Güçtekin, S., Bilir, S., Karaali, S., Ak, S., Ak, T., Bostancı, Z.F., 2016. Metallicity calibration and photometric parallax estimation: I. UBV photometry. *Astrophysics and Space Science*, 361(6): 18.
- von Zeipel, H., 1924. The radiative equilibrium of a rotating system of gaseous masses. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 84: 665–683.
- Wilson, R.E., 2012. Spotted star light curves with enhanced precision. *The Astronomical Journal*, 144(3): 73.
- Wilson, R.E., Devinney, E.J., 1971. Realization of accurate close-binary light curves: Application to MR Cygni. *Astrophysical Journal*, 166: 605–619.