









TUG-SRG Kaynakları Arasından Simbiyotik Keşfi

Hasan H. Esenoğlu¹ *, Ebru Aktekin Çalışkan² , Eda Sonbaş³ , Şölen Balman¹ ,
Irek Khamitov⁴ , Korhan F. Yelkenci¹ , Süleyman Fişek¹ ,
Dicle Zengin Çamurdan⁵ 

¹ İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, İstanbul-34119, Türkiye

² Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, Isparta-32200, Türkiye

³ Adıyaman Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, Adıyaman-02040, Türkiye

⁴ TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi, Akdeniz Üniversitesi Kampüsü, Antalya-07070, Türkiye

⁵ Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, İzmir-35100, Türkiye

Accepted: January 16, 2023. Revised: January 13, 2023. Received: November 6, 2022.

Özet

SRGA J021303.5+604536, TUG-KFU(Kazan Federal Üniversitesi)-IKI(Rus Bilimler Akademisi Uzay Araştırmaları Enstitüsü) arasındaki protokole göre paylaşılan yeni ART-XC (Astronomik Röntgen Teleskopu X-ışın Yoğunlaştırıcısı) kaynaklarından biridir. 13/03/2021–19/10/2022 tarihleri arasında gözlemlendi. Toplamda yaklaşık 1.5 yıla yayılan 17 gece boyunca bu parlak (yaklaşık 11 kadir) kaynağın RTT150 ile 127 adet tayfı alınmıştır. Kaynağın tayf sürekliliği kırmızı olduğu gibi düz özelliği de var. Hidrojenin Balmer çizgileri (şiddetli H α , H β ve zayıf H γ), Ca II üçlüsü (8500, 8544 ve 8664 Å) ve O I (8446 Å) çizgileri salmadır. Ayrıca öne çıkan bazı çizgilerin akılarını da ($\times 10^{-15}$ erg cm $^{-2}$ s $^{-1}$) aşağıdaki gibi hesapladık: 11.04 (H β), 232.02 (H α) ve 141.05 (O I). Kaynağın farklı teleskoplarla fotometrik verisi de alınmıştır. Sistemin yörünge periyodu yaklaşık 16 gün bulunmuştur. Verilerin değerlendirilmesi ile kaynak ilk kez simbiyotik olarak tanımlanmıştır. Sistemin tayflarında TiO soğurma çizgileri görülmediğinden beyaz cüce bileşenli aktif fazda bir simbiyotik olarak değerlendirilebilir.

Abstract

SRGA J021303.5+604536 is one of the new ART-XC (Astronomical Roentgen Telescope X-ray Concentrator) sources on board Spektrum X-Gamma Satellite (SRG) shared according to the protocol between TUG-KFU (Kazan Federal University) – IKI (Russian Academy of Sciences Institute for Space Studies). It was observed between 13/03/2021–19/10/2022. 127 spectra of this bright (approximately 11 magnitude) source were taken with the RTT150 during 17 nights spanning approximately 1.5 years in total. The spectral continuum of the source is red as well as flat. The Balmer lines of hydrogen (strong H α , H β and weak H γ), Ca II triplet (8500, 8544 and 8664 Å) and O I (8446 Å) are in emission. We also calculated the fluxes of some the prominent lines ($\times 10^{-15}$ erg cm $^{-2}$ s $^{-1}$): 11.04 (H β), 232.02 (H α) and 141.05 (O I). Photometric data of the source were also taken with different telescopes. The orbital period of the system was found to be about 16 days. The source was defined as symbiotic for the first time with the evaluation of the data. It can be considered as a symbiotic star in the active phase with a white dwarf component since TiO absorption lines are not seen in the spectra of the system.

Anahtar Kelimeler: Cataclysmic Variables, Symbiotic – X-ray Binaries, white dwarf – Accretion Discs

1 Giriş

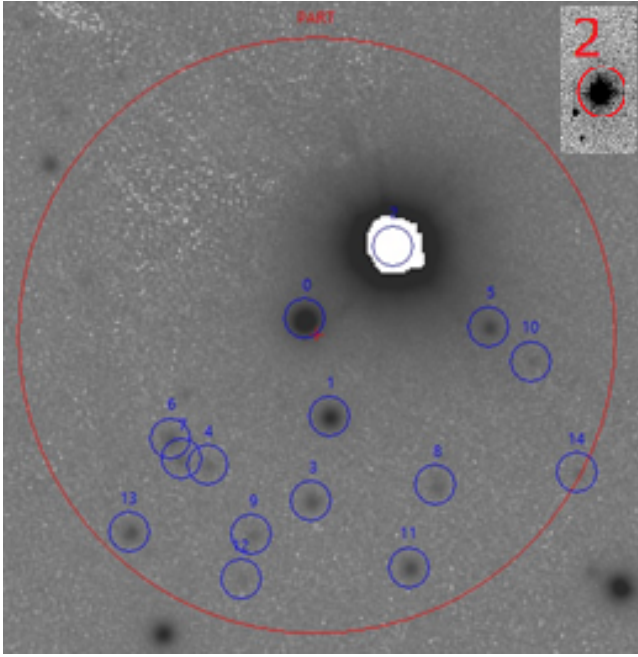
Kataklizmik değişenler (CV'ler) ve ilgili sistemler (örneğin, AM CVn'ler, simbiyotikler), baş yıldızı beyaz cüce olan sıkışık çift yıldızlardır ve bunlar "Madde Aktaran Beyaz Cüce Çiftleri" olarak adlandırılırlar. CV'ler esas olarak beyaz cüce etrafında yığılarak oluşan bir disk aracılığıyla büyük oranda ışıma yaparlar ve ikinci bileşen, geç tipte bir ana kol yıldızı veya bazen biraz evrimleşmiş bir yıldızdır. Bu sistemler, 2-2.5 gün olan birkaç istisna dışında 1.4-13 saatlik yörünge periyotları gösterir (Balman 2020).

Örtülme gösteren çift sistemlerden simbiyotik yıldızlar benzer özellikleri nedeniyle CV'lere dahil edilirler. Bunların tayfları biri sıcak diğeri soğuk olan iki yıldızın bileşimi şeklindedir

(Percy 2007). Dolayısıyla simbiyotik yıldızlar, tayfları kısa dalga boylarında yüksek enerjili olduğunda sıcak, daha uzun (kırmızı öteye yakın) dalga boylarında yüksek enerjili olduğunda ise soğuk yıldızlar (dev ve genellikle M tipi) olarak görünürler. Bunun yanı sıra G türü tayfa sahip olanlar da vardır ve "sarı simbiyotik yıldızlar" olarak adlandırılır. Sonuç olarak, simbiyotik sistemlerin tayfları, ışımanın üç ana bileşeninden oluşur (soğuk dev bileşeni, sıcak yıldız bileşeni ve bulutsu salma bileşeni). Simbiyotikler bu bileşenlerin enerjilerini büyük oranda uzak mor ötesinde yaydığı gibi aynı zamanda radyoda ve X-ışını dalga boylarında ışıma yaparlar ve bu gözlem bölgelerinin her birinde önemli bilgiler verirler (Skopal 2005). Sınırlı dalga boyu bölgelerinde yapılan çalışmalar, simbiyotik yıldızların yanlış sınıflandırılmasına neden olabilmektedir.

Simbiyotikleri sıcak bileşenin (tipik olarak 10⁵ K) soğuk bileşenle etkileşimi nedeniyle "değişen simbiyotik yıldızlar"

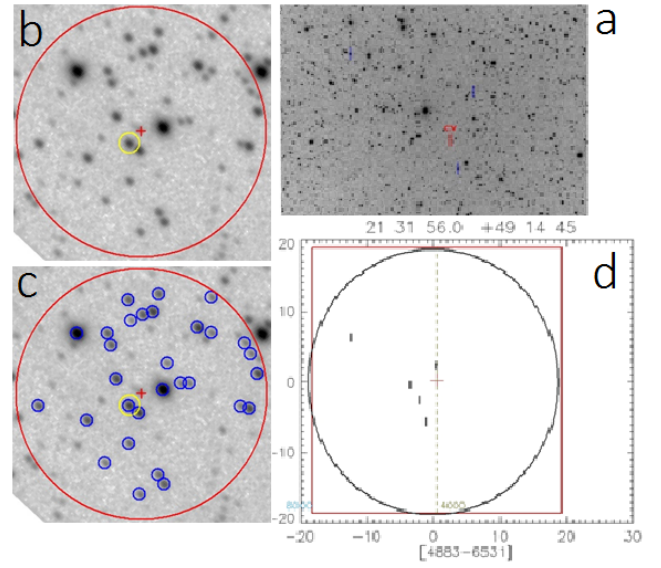
* esenoglu@istanbul.edu.tr



Şekil 1. SRGA J021303.5+604536 koordinatlarında 50'' çaplı hata çemberi içindeki X-ışın kaynağının aranacağı mavi ile işaretlenmiş 14 adet aday. 2 nolu parlak yıldız ile birlikte 0 ve 1 nolu yıldızları da içerecek şekilde küçük ölçeklendirilmiş resimde belirtilmiştir.

ve "simbiyotik novalar" şeklinde çeşitli alt gruplara dahil etme eğilimi de vardır. Değişen simbiyotiklere "Z Andromedae yıldızları" da denir. Her iki türün ışık eğrilerindeki değişimler (1) örtülme, (2) soğuk M dev bileşenin zonklaması ve (3) soğuk yıldızdan sıcak olana kütle aktarımı gerçekleşiyorsa yığılma diskinde küçük genlikli parlaklık değişimleri (flickering) veya uzun aralıklı ve 9-11 kadir parlaklık artışlı patlamalar gibi sebeplerle olabilir (Percy 2007; Kenyon 1986; Allen 1980; Shore ve diğ. 2011, 2012). Söz konusu patlamaların, sistemlerin çoğunda tipik parlaklıkları kabaca $10^3 L_{\odot}$ olan beyaz cüce yüzeyinde, yarı kararlı nükleer kabuk yanması ile oluştuğu düşünülmektedir (VanderPlas 2018; Sokolovsky 2020 ve Mürset ve diğ. 1991). Belki bu yüzden simbiyotikler tekrarlayan novalar ile sıkı ilişkilidirler (Mikolajewska 2007). Maksimum ışımaya güçleri Eddington miktarına bağlı olarak patlama şekli, basitçe beyaz cüce fotosferinin genişlemesi ve yavaş daralması da olabilir (Warner 2003). Bununla birlikte, tüm klasik simbiyotik yıldız patlamalarının aynı fiziksel mekanizmadan kaynaklanmadığı da bilinmektedir (Sokoloski & Bildsten 1999). Ayrıca, bu sistemlerde yığılma diski oluşabilir veya oluşmayabilir (Livio 1988). Simbiyotik yıldızlar toz ve jet yapılarının çalışmasına olanak tanırlar özellikle diğer sistemlerdeki jetlerin anlaşılmasına katkıda bulunabilirler. Bilindiği gibi jetler en çok aktif fazda veya patlamada olan yıldızlarda gözlenir. Symbiotik sistemlerdeki jetler sürekli –çoğunlukla– ve bunlar X-ışınlarında bile görüntüleme ile gözleniyor.

Simbiyotik novaların soğuk bileşeni normal M dev olanlar S-tipi ve aşırı derecede tozla kırmızılaşan Mira değişeni ise bu sefer D-tipi şeklinde de isimlendirilmiştir. Bunlardaki rüzgar ile birincil bileşene taşınan kütle miktarları sırasıyla 10^{-8} – 10^{-7} ve 10^{-6} – $10^{-5} M_{\odot} \text{ yıl}^{-1}$ şeklinde tahmin edilmiştir. CV'lerin kısa dönemli olmalarına karşın tüm simbiyotikler



Şekil 2. (a) Uydu kaynağının bulunduğu alan, (b) 50'' çaplı kırmızı ile çizili hata çemberi, merkez kırmızı artı işareti ile belirtilmiştir, merkeze en yakın aday da sarı yuvarlak içerisinde alınmıştır, (c) çember içine giren mavi ile işaretli yıldızları kaynaklar ve nihayet (d) yıldızların toplu tayflarının alınması için şablon maske.

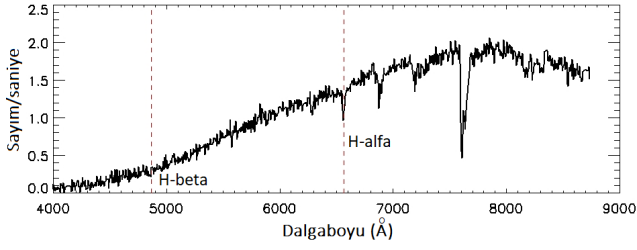
uzun yörünge periyotlarına sahiptirler. Bu sistemlerin bu kadar yavaş yörünge dolanımları ayrık çift yıldız olduklarını gösterir ki bu da ortak zarf evresinin olmaması sonucuna götürür (Kenyon & Truran 1983 ve Warner 2003). Ayrıca, bileşenlerin bu ayrıklığı ve evrimsel durumları simbiyotiklerde görülen aktivitenin derecesini de belirlemektedir. Öteyandan ikinci bileşenlerinin Roche loblarını dolduranlar olduğu gibi henüz bu süreci tamamlamayan simbiyotik yıldızlar da bulunmaktadır (Kenyon 1986 ve Munari ve diğ. 2020). Simbiyotik novaların bolometrik parlaklıklarının, klasik novalardaki gibi, yaklaşık sabit olduğuna ilişkin kanıtlar da bulunmuştur (Kenyon ve diğ. 1993).

Bu makalede hiçbir X-ışın katalogunda yer almayan SRGA J021303.5+604536 kaynağının RTT150 (Rus-Türk 1.5 m) ve ADYU60 (Adıyaman Üniversitesi 0.6m) teleskoplarıyla elde edilen tayfsal ve fotometrik gözlemlerini sunup, optik bileşen tanımlamasının aktif bir simbiyotik yıldız olduğuna nasıl ulaştığımızı tartışıyoruz.

2 Materyal ve Yöntem

Mart 2021 tarihinde ART-XC uydusunun gönderdiği koordinattaki alan akşam saatlerinde kısa süreliğine gözlenmiştir. Alanın merkezinden itibaren 50'' çaplı hata çemberi içinde g-bandında 22 kadire kadar olan 14 kaynak seçilmiştir (bkz. Şekil 1). TUG'un (TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi) MOS tekniğiyle 14 kaynağın tamamının tayfı, merkezdeki 1 ve 2 nolu kaynaklarla beraber eş zamanlı alınmıştır. Bu teknik ile pinhole açıklıklar kullanılarak üretilen maskelerin oluşturulması ve her bir tayfın çıkarılması ve akı kalibrasyonu gibi ayrıntılar için Khamitov ve diğ. (2020) çalışması incelenebilir. Ayrıca, bu yöntemin aşamalı bir görsel de örnek olarak Şekil 2'de verilmiştir.

MOS dışında uzun yarık tayf verileri de alınmış olup standart indirgenmesi yaygın kullanımdaki IRAF'ta



Şekil 3. 1 nolu yıldızın mavi-görsel bölgeye düşen (3650-8740 Å) 749 Å çözünürlüklü grism 15 tayfı.

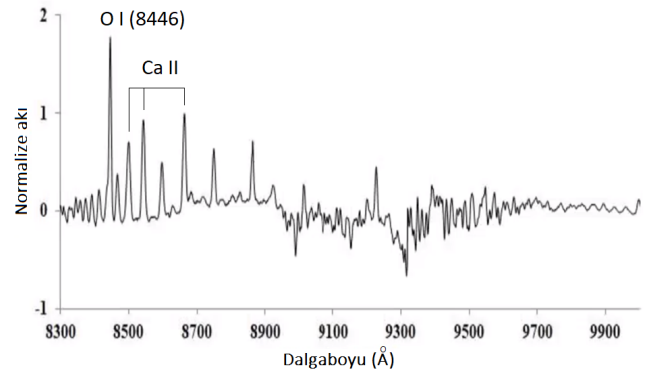
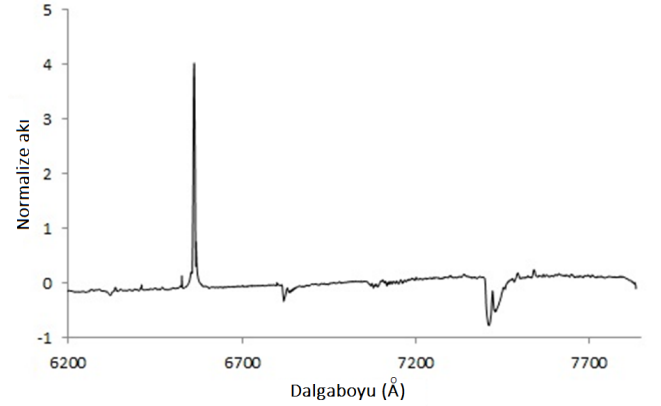
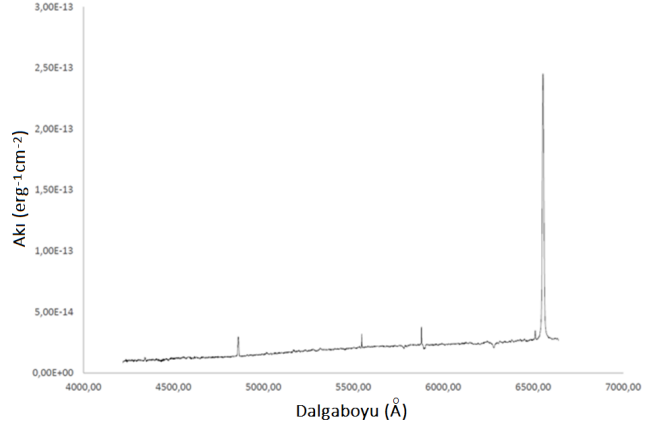
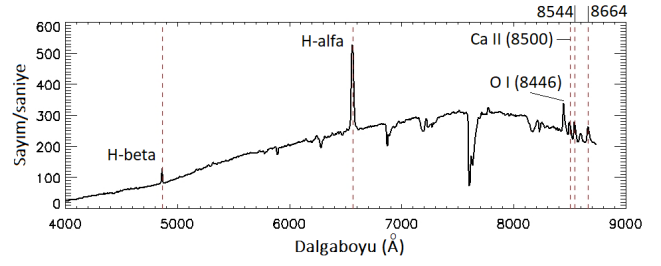
yapılmıştır (Tody 1993). Bu süreçte aynı grismde olanlar birleştirilerek indirgenmiştir. Tayfların alındığı CCD'nin karanlık (dark) verisindeki sayım düşük olduğundan, yalnızca temel elektronik gürültü (bias) ve düz alan (flat field) düzeltmeleri uygulanmıştır. Söz konusu standart indirgemede yıldızlararası sönümleme yapılmış, akı (seçilen standart yıldız ile) ve dalga boyu (demir-argon tayfı ile) dönüştürmeleri yapılmıştır. Spektrel çizgi ölçümleri de yine IRAF içindeki sp1ot modülünde gerçekleştirilmiştir. Fotometrik analizler için normalize edilmiş TESS ışık eğrileri MAST (Misulski Archive for Space Telescopes) web sitesinden elde edilmiştir ve ADY60 verileri için AstrolmageJ yazılımı kullanılmıştır. MIDAS environment yazılım paketi sürüm 17FEBp11.24 ile de güç yoğunluğu spektrumları oluşturularak dönem belirlenmiştir.

2.1 Gözlem: Tayf

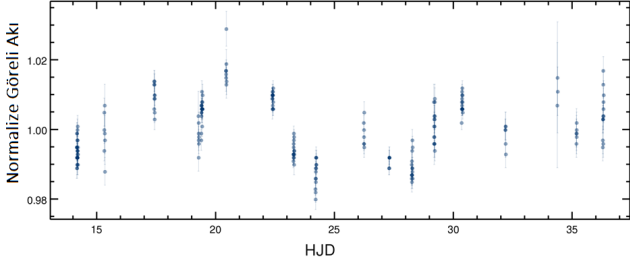
Şekil 1'de belirtilen 1 nolu sönük kaynağın tayfı 13/03/2021 tarihinde RTT150'nin TFOSC (TUG Sönük Nesne Spektrografi ve Kamerası) grism 15 ile 1800 s poz verilerek alınmıştır (bkz. Şekil 4, üst panel). Tayf tamamen soğurma çizgilerini içerdiğinden aranan X-ışın kaynağı olmadığı anlaşılmıştır. Tayfta hidrojenin iki çizgisinin yerleri de belirtilmiştir. Aynı tarih ve şartlarda oldukça parlak (V bandında 11.8 kadir) bu sefer 2 nolu kaynağın 600 s poz ile tayfı elde edilmiştir (bkz. Şekil 4, üstten ikinci panel). Bu tayfta da hidrojenin iki çizgisi ile O I ve Ca II çizgilerinin yerleri işaretlenmiştir. Çizgi genişlikleri yaklaşık 20-30 Å civarındadır. 6 gün sonra 19/03/2021 tarihinde bu sefer grism 7 ve 8 ile 300 s pozlarla toplam 9 tayf alınmıştır (bkz. Şekil 4, üstten ikinci ve üçüncü panel). 1 gün sonrası da 20/03/2021 tarihinde grism 17 ile 600 s pozla 3 tayf elde edilmiştir (bkz. Şekil 4, alt panel). Tayf üzerinde O I ve Ca II çizgileri belirtilmiştir. Yaklaşık 1.5 yıla yayılmış (13/03/2021-19/10/2022) 17 gece boyunca 4 Å spektral çözünürlüklü toplam 127 tayf alınmıştır. Poz sürelerinin toplamı 33 saattir, en çok grism 7 ve 9 kullanılmıştır.

2.2 Gözlem: Fotometri

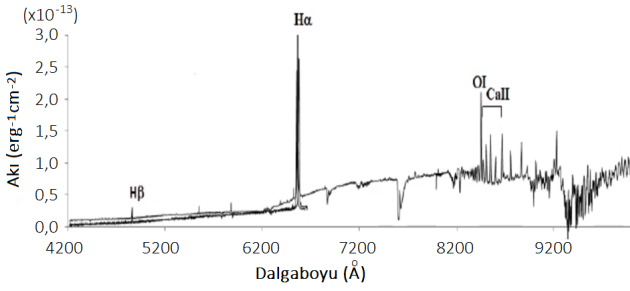
2 nolu kaynağın öncelikle mevcut TESS (Geçiş Yapan Ötegezegen Araştırma Uydusu) verileri kullanılmış ve analizlerinden sonra parlak olması ile birlikte Adıyaman Üniversitesinin ADYU60 teleskopu ile 26/10/2021-17/11/2021 tarihleri arasında 17 gece Johnson V bandında (Johnson & Morgan 1953) fotometrik gözlemleri gerçekleştirilmiştir. Işık eğrisi Şekil 5'de verilmiştir. Toplamda 1.5 yıla dağılmış (19/03/2021-19/10/2022) 42 gece boyunca SDSS g' , r' , i' , z' ve Johnson V süzgeçlerinde çok miktarda fotometrik veri alınmıştır.



Şekil 4. 2 nolu yıldızın tayfları: grism 15 tayfı (üst panel); görsel bölgede (4220-6650 Å) 1331 Å çözünürlüklü grism 7 tayfı (üstten ikinci panel); kırmızı bölgede (6190-8190 Å) 2189 Å çözünürlüklü grism 8 tayfı (üstten üçüncü panel); kırmızı bölgede (8000-10250 Å) 2659 Å çözünürlüklü grism 17 tayfı (alt panel).



Şekil 5. 2 nolu yıldızın V bandındaki ışık eğrisi.



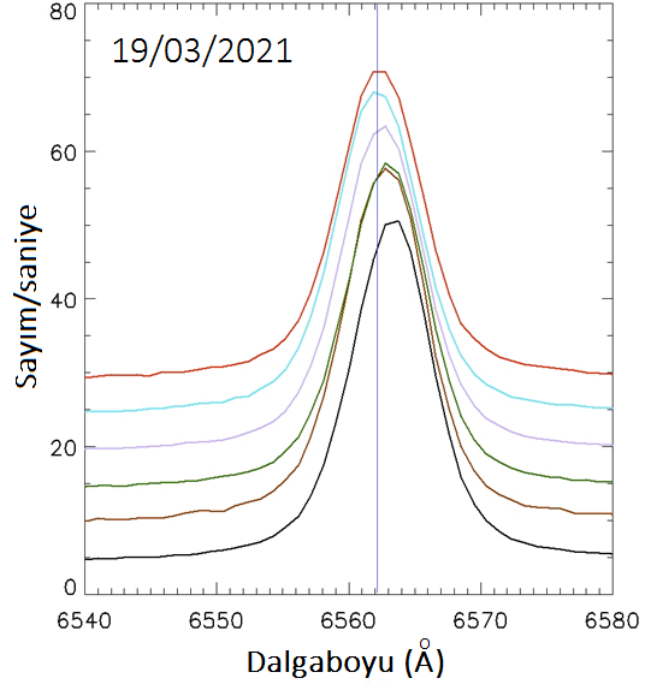
Şekil 6. 2 nolu yıldızın bütünleşik tayflarının kırmızı sürekliliği.

3 Sonuç

SRGA J021303.5+604536 koordinatında 50'' çaplı alanda yer alan 14 kaynak arasından 2 nolu kaynağın aranan X-ışın kaynağı olduğu bulunmuştur. Bu 2 nolu kaynağın koordinatı $\alpha=02^h13^m04^s.7$, $\delta=+60^\circ45'43''.5$ olup ART-CX merkezinden 11'' uzakta yer almaktadır. Araştırmanın ilk basamağı böylelikle tamamlanmıştır. Araştırmanın ikinci adımı, bilinmeyen bu kaynağın tanımlanması Sonuçlar ile birlikte Tartışma bölümünde verilmiştir.

3.1 Tayf

2 nolu yıldızın salma tayflarına sahip olduğu görülmüştür. Tayflarda $H\alpha$ şiddetli olmak üzere (akısı 232.02×10^{-15} erg $\text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$, Sinyal/Gürültü Oranı-SNR 75) Hidrojen Balmer çizgileri ($H\beta$ -akısı 11.04×10^{-15} erg $\text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$; SNR 5 ve $H\gamma$ zayıf), O I (8446 Å, akısı 141.05×10^{-15} erg $\text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$, SNR 24) ve Ca II üçlüsü (8500, 8544 ve 8664 Å) yer almaktadır. Grism 7, 8 ve 17 tayfları birleştirildiğinde, 4220-10250 Å aralığında (6030 Å boyunca) süreklilik kırmızıya doğru yükselmektedir (bkz. Şekil 6). Şiddetli $H\alpha$ çizgilerinde kayma olup olmadığına bakmak için 19/03/2021 tarihinde grism 8 (Şekil 4, üstten üçüncü panel) ile 300 s poz verilerek 6 adet tayf alınmıştır. Bu tayflardaki $H\alpha$ çizgi profillerinin, laboratuvar dalgaboyuna karşılık gelen çizgi (mavi düz) etrafındaki konumları Şekil 7'da verilmiştir. Şekle bakıldığında, 6 tayfın 300 s pozlarla alınması süresince $H\alpha$ 'da 1 Å kadar küçük de olsa kırmızıya kaymanın olduğunu söyleyebiliriz. Bu değer 44 km/s'lik bir hıza karşılık gelmektedir. Benzer şekilde, 20/03/2021 tarihinde grism 7 (Şekil 4, üstten ikinci panel) ile 100 s pozlarda 48 adet tayf da alınmıştır. Söz konusu tayflardaki $H\alpha$ çizgi profillerinin, laboratuvar dalgaboyuna karşılık gelen çizgi (kırmızı kesikli) etrafındaki konumları hepsi bir arada olacak şekilde Şekil 8'in sol kısmında ve ayrıntılı görmek için de gruplandırılarak, iki set



Şekil 7. 2 nolu yıldızın grism 8 tayflarındaki $H\alpha$ çizgilerinin kırmızıya kayması.

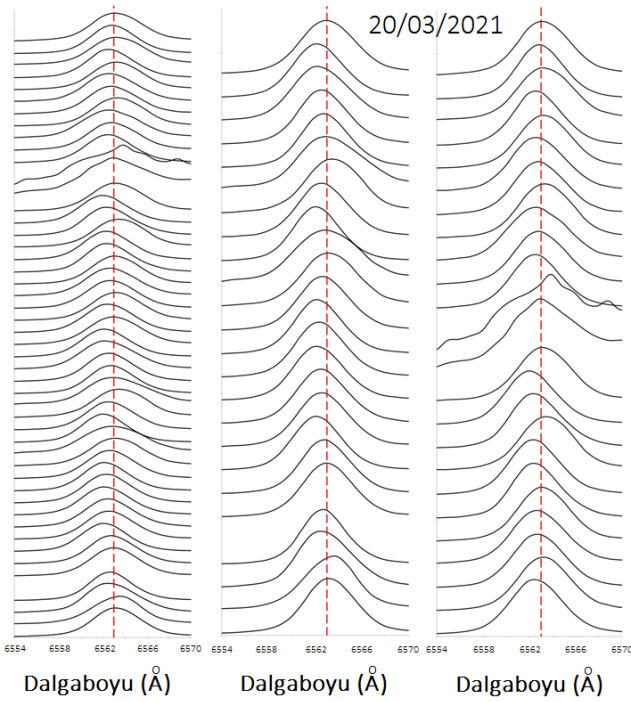
halinde, Şekil 8'in sağ kısmında verilmiştir. Şekle bakıldığında, 48 tayfın 100 s pozlarla alınması süresince $H\alpha$ 'da az da olsa kırmızı ve mavi yönüne doğru bir kaymanın olduğunu belirtebiliriz. Bununla birlikte, yıldızdaki madde hareketliliğine ilişkin bu aşamada bir çıkarım edinilememiştir.

3.2 Fotometri

2 nolu kaynağın TESS normalize edilmiş ışık eğrilerinden Lomb-Scargle periodogramı (Lomb 1976, Scargle 1982, VanderPlas 2018) kullanılarak analizinden çıkan iki adet periyodu sırasıyla 16.37 gün ve 14.18 saattir (bakınız Şekil 9). Kısa periyodun genliği 0.001 kadir kadardır. Uzun olan periyot TESS'in orbital periyodu olan 13.7 gün'den etkilenmektedir. Sistemin periyotlarını bulmak ve izlemek için ADYU60'dan 17 gece gözlem verisi alınmıştır. ADYU60'dan alınan verilerin analizi yapılmıştır. ADYU60 ışık eğrisi yaklaşık 2 hafta gibi uzun dönemli değişimler göstermiş olup yaklaşık 16 günlük bir salınım vermiştir. TESS değerleri, sistemin parlaklığında mili kadir mertebesindeki değişim olduğundan dikkatli analizleri gerektirmektedir.

4 Tartışma

2 nolu kaynak uzun dalgaboylarında sürekliliğin yüksek olması (bkz. Şekil 4, üst panel ve üstten ikinci panel; Şekil 6) ile tayfları sıcak dev yıldızlarinkine benzemektedir. Kısa dalga boylarından uzuna doğru kaynağın çeşitli süzgeçlerdeki kadir parlaklıkları: 11.8(V), 11.2(G, Gaia-Avrupa Uzay Ajansı'nın uydu teleskopu), 8.9(J), 8.3(H) ve 7.9(K) olup kırmızıda parlaktır (Gaia DR2'de kaynağın etkin sıcaklığı 4053 K verilmiştir). Salma çizgileri ile birlikte CV olmasını da gözönüne alırsak kaynağın ikincil soğuk bileşeni kırmızı bir devdir (Gaia DR2 verileri temelinde kaynak K5 türünde kırmızı bir dev yıldız olduğu yönündedir).



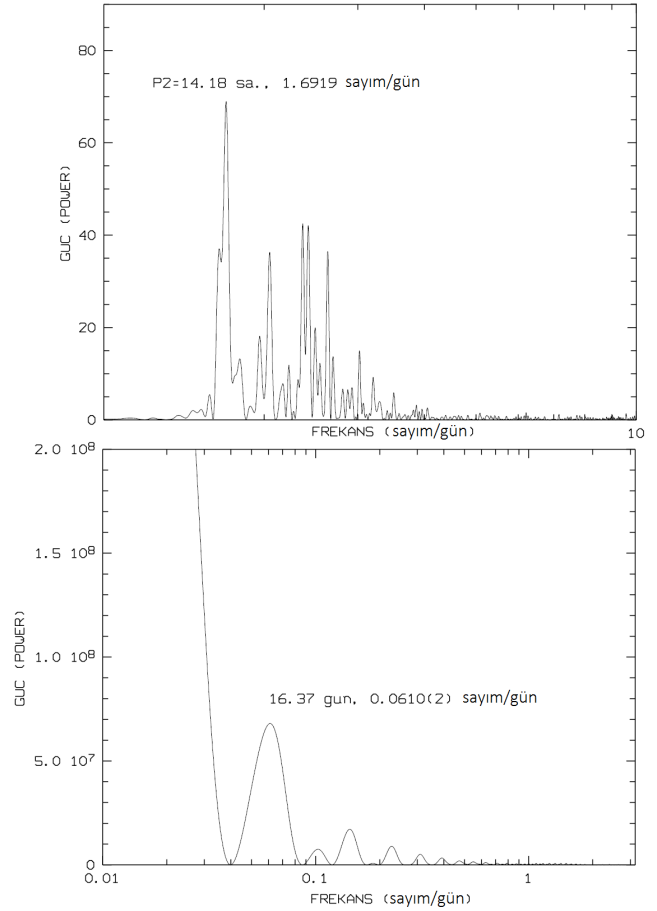
Şekil 8. 2 nolu yıldızın grism 7 tayflarındaki H α çizgilerinin her iki yöndeki kayması.

Sistem çok parlak (Gaia DR3'de verilen 0,000382'' paralaksına göre mutlak parlaklık yaklaşık -9 kadir) olduğu halde kaynak; (1) kırmızı tayf vermesine rağmen bazı bölgelerde süreklilik düzdür (bkz. Şekil 4, üstten üçüncü ve alt panel), (2) Ca II çizgilerini göstermiştir (bkz. Şekil 4, üst ve alt panel; Şekil 10), (3) genel olarak salma çizgileri baskın değil ve tayflar sakin görüntü vermemektedir. Dolayısıyla bu kaynak CV ancak cüce nova değildir.

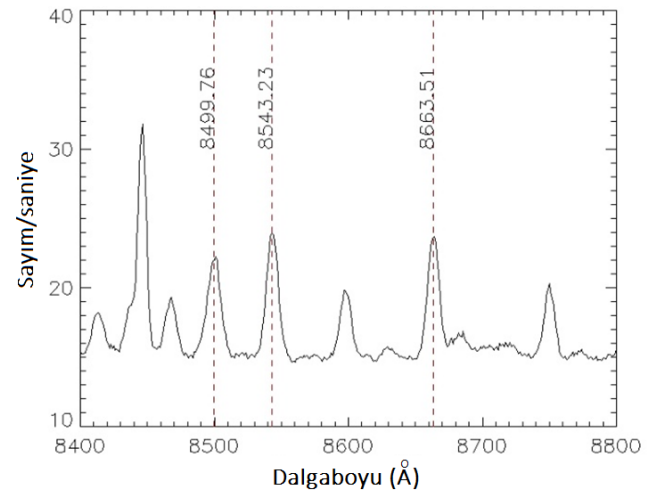
Simbiyotik çift sistemlerin doğası spektrumlarından bellidir, biri sıcak diğeri soğuk olan iki yıldızın tayfının bir bileşimidir (Mikolajewska ve diğ. 2003) ki 2 nolu kaynak bu durumu göstermiştir. Buraya kadar yapılan tartışma ile araştırmanın son aşamasına ulaşılmıştır; 2 nolu X-ışın kaynağı bir simbiyotik yıldızdır.

Simbiyotiklerde soğuk bileşenin soğurma spektrumu uzun dalga boylarında sıcak bileşenin özellikle toplanma diskinin tayfı da kısa dalga boylarında yığılma diskinden gelen yüksek uyarmalı (yani kırmızı dev rüzgarının oluşturduğu bulutsuyu beyaz cüce ışımalarının kısmen iyonize ettiği) salma çizgileri ile birlikte görülebilir (Mikolajewska ve diğ. 2003). 2 nolu adayın tayflarında salma çizgileri var ancak kırmızıya doğru bölgede (4750-6200 Å) TiO soğurma bandları görülmemiştir. Bizim kaynağımızda olduğu gibi, yığılma disk aktivitesine bağlı olarak, disk ve nebula salmaların daha baskın olması nedeniyle beyaz cüce içeren simbiyotik çift yıldızlarda soğurmalar çıkmayabiliyor. Özellikle de sistemde yığılma oranı artarsa bu çizgiler yine görülmeyebiliyor. 2 nolu adayı bu durumda aktivite gösteren simbiyotik bir yıldız olarak tanımlayabiliriz. Böyle sistemlerin aktif durumları uzun da sürmektedir.

Sıcak bileşenin parlaklıkları yalnızca 1-10 L $_{\odot}$ kadar düşük olan az sayıda simbiyotik vardır. Bu küçük miktarlar, enerjilerinin tek kaynağının yığılma olduğunu göstermektedir (Skopal 2005). Gaia DR2'de kaynağın ışımaya gücü 20 L $_{\odot}$



Şekil 9. 2 nolu yıldızın TESS fotometrik gözlemlerinden 14.18 saat ve 16.37 gün olarak elde edilen dönem analizlerinin güç tayfı.



Şekil 10. 2 nolu kaynağın tayftaki Ca II salma çizgilerini içeren ayrıntılı kısmı.

verilmiştir ki yukarıdaki değerden oldukça büyüktür. Bu durumda 2 nolu aktif simbiyotik yıldızda yığılma dışında ikincil dev yıldızın ve rüzgarının katkısı bulunmaktadır.

Simbiyotik yıldızlar 200-1000 gün gibi geniş bir aralıkta uzun yörünge periyotlarına sahiptirler (Kenyon 1988). Belki bu yüzden çoğu simbiyotik, CV'lerin ve X-ışın çiftlerinin uzun dönemli akrabalarıdır. Örneğin, çok yavaş novalar simbiyotik yıldızların ilginç bir alt grubudur (Mikolajewska & Kenyon 1996 ve Mikolajewska 2007). Bununla birlikte, bu araştırmada ortaya çıkan aykırı bir durum şu olmuştur; sistemin, fotometrik olarak bulunan, yörünge dönemi yaklaşık 16 gün kabul edilirse, 2 nolu kaynak simbiyotiklerin olması gereken periyot aralığının çok altında kalmakta (hızlı dolanan) ancak CV'lere göre ise yavaş dolanan bir sistemdir.

Bu X-ışın kaynağının araştırılmasında bulunan sonuçları 3 maddede şöyle özetleyebiliriz.

- Simbiyotik çift yıldız, büyük olasılıkla yığılmalı (disk baskın) beyaz cüce içeren aktif bir sistemdir.
- Sistemin yörünge periyodu yaklaşık 16 gün bulunmuştur. Ancak bunun kesinleştirilmesi gerekecektir.
- Bu kaynak bir keşiftir.

Bu araştırma, alınan tayfların yaklaşık %40'ının değerlendirilmesi sonuçlarına dayanmaktadır. Tüm veriler kullanıldığında X-ışın kaynağı simbiyotik yıldızın ayrıntılı (sistem mesela simbiyotik nova mı? veya beyaz cüce içeren başka türlü bir çift yıldız mı?) bilgisi alınabilecektir. 1.5 yıl boyunca beş çeşit süzgeç ile birlikte literatürden bulunabilecek daha uzun yıllara uzanan fotometrik verilerin oluşturacağı ışık eğrisi simbiyotik yıldızın aktivite durumuna ve özellikle döneminin kesinleştirilmesine katkı verebilecektir.

Teşekkür

1805, 1824 ve 1927 numaralı SRG ART-XC projeleriyle RTT150'nin kullanımına destek verdiği için TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'ne (TUG'a) ve ADYU60 teleskopu ile gözlem verisi sağladığı için de Adıyaman Üniversitesi'ne teşekkür ederiz. Bu çalışmada MAST (Mikulski Archive for Space Telescopes) web sitesinde yer alan TESS uydu arşiv verileri kullanılmıştır. Makaleyi iyi seviyeye yükselten önerilerinden dolayı TJAA hakemlerine ayrıca teşekkür ederiz. İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'nin (BAP) FBA-2020-36956 nolu projesi tarafından HHE'nun kongreye katılımı desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Allen, D. A., MNRAS **190** (1980) 75–86
 Balman, S., Advances in Space Research **66** (2020) 1097–1122
 Johnson, H.L., Morgan, W.W., ApJ **117** (1953) 313–352
 Kenyon, S., The Symbiotic Stars, Cambridge University Press (1986)
 Kenyon, S. J., Symbiotic Phenomenon, Proceedings of IAU Colloq. **103** (1988) 11–22
 Kenyon, S. J., Truran, J. W., ApJ **273** (1983) 280–288
 Kenyon, S. J., Mikolajewski, J., Mikolajewski, M., Polidan, R. S., Slovak, M., AJ **106** (1993) 1573–1598
 Khamitov I.M., Bikmaev I.F., Burenin R.A., Glushkov M.V., Melnikov S.S., Lyapin A.R., Astronomy Letters **46** (2020) 1–11
 Livio, M., IAU Colloq. **103** (1988) 149–160
 Lomb N.R., Ap&SS **39** (1976) 447–462
 Mikolajewska, J., Symbiotic stars Probins Stellar Evolution, Corradi, R.L.H., Mikolajewska, R., Mahoney, T.J. (eds.), ASP Conference Series **303** (2003)
 Mikolajewska, J., Baltic Astronomy **16** (2007) 1–9

- Mikolajewska, J., Kenyon, S.J., AJ **112** (1996) 1659–1669
 Munari, U., Whitelock, P. A., Gilmore, A. C., Blanco, C., Massone, G., Schmeer, P., AJ **104** (1992) 262–274
 Mürset, U., Nussbaumer, H., Schmid, H.M., Vogel, M., A&A **248** (1991) 458–474
 Percy, J. R., Understanding Variable Stars, Cambridge University Press, ISBN-10 0-511-28662-7 (2007)
 Scargle J.D., ApJ **263** (1982) 835–853
 Shore, S. N. ve diğ., A&A **527** (2011) A98
 Shore, S. N. ve diğ., A&A **540** (2012) A55
 Skopal, A., ASP Conference Series **330** (2005) 463–464
 Sokolosi, J.L., Bildsten, L., H., W.C.G., MNRAS **326** (2001) 553–577
 Sokolosi, J.L., Bildsten, L., ApJ **517** (1999) 919–924
 Tody D., Astronomical Data Analysis Software and Systems II (eds. R.J. Hanisch, R.J.V. Brissenden, & J. Barnes) in Astronomical Society of the Pacific Conference Series **52** (1993) 173–183
 van den Heuvel, E.P.J., Bhattacharya, D., Nomoto, K., Rappaport, S.A., A&A **262** (1992) 97–105
 Vander-Plas J.T., ApJS **236** (2018) 16–44
 Warner, B., Cataclysmic Variable Stars, Cambridge University Press, ISBN 0-521-41231-5 (1995)

Access:

M23-0339: [Turkish J.A&A](#) — Vol.4, Issue 3.