



## Seçilen Kara Delik Bileşenli Çift Sistemlerin Işık Değişimi

Dolunay Koçak<sup>1,\*</sup>, Kadri Yakut<sup>1</sup>

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

**Özet:** Bu çalışmada V616 Mon ve V1343 Aql örten X-ışın çift sistemlerinin uzun ve kısa dönemli optik gözlemleri sunulmuştur. Yeni gözlemler TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde (TUG) bulunan T60 ve T100 teleskopları kullanılarak elde edilmiştir. Sistemlere ilişkin uzun ve kısa dönemli yeni ışık değişimleri elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** X-ışın çiftleri, kara delik

**Abstract:** We present short and long-term multicolor optical observations of the eclipsing X-ray binary system V616 Mon and V1343 Aql. New observations have been obtained at the TÜBİTAK National Observatory (TUG). We obtained short and long period light variation of the systems.

**Key Words:** X-ray binaries, Black hole

### 1. Giriş

Astrofizikte çift yıldızlar, yıldızlara ait özellikleri incelemek için çok iyi laboratuvarlardır. Kütleleri ve diğer fiziksel parametreleri bilinen yıldızların çoğu, bir çift sistemin üyesidir. Çift sistemlerde büyük kütleli bileşen daha hızlı evrimleşir. Büyük kütleli yıldızlar çekirdeklerinin çökmesi veya süpernova patlaması geçirdikten sonra evrimlerinin sonunda ardında bir nötron yıldızı ya da bir kara delik bırakırlar. Bir X-ışın çifti, bileşenlerinden biri kara delik veya nötron yıldızı olan diğer bileşeni ise anakol veya evrimleşmiş bir yıldızdan oluşan sistemdir. X-ışın çiftleri bileşen yıldızların kütlelerine göre üç alt sınıfa ayrılabilir; (i) düşük kütleli X-ışın çifti (LMXB), (ii) orta kütleli X-ışın çifti (IMXB), (iii) büyük kütleli X-ışın çifti (HMXB). X-ışın çiftlerini çalışarak pek çok farklı astrofiziksel süreci irdelemek mümkündür. Bu sistemler bize büyük kütleli yıldızların evriminin son aşamalarını anlama, nötron yıldızları ve kara deliklere ilişkin gözlemsel davranışları ve özellikleri belirleme, bileşen yıldızların fiziksel özelliklerini tespit etme, açılmal momentum kaybı, madde transferi ve madde kaybı mekanizmaları gibi süreçleri çalışma olanağı sağlar (bknz. Koçak 2016 ve burada yer alan referanslar). Bu bağlamda bu alan astrofizikte çok önemli bir yere sahiptir.

Kara delik bileşenli X-ışın çiftlerinin farklı dalgalı boylarındaki gözlemlerinden farklı bilgiler elde edilir. Örneğin Swift J1753.5-0127 sistemi BAT (Swift Burst Alert Telescope) ile 2005 yılında parlaklığı değişen bir X-ışın geçişi olarak keşfedilmiştir. Sistem düşük kütleli X-ışın çiftleri grubuna girmektedir. Sistemde bulunan baş yıldızın kütlesi dinamik olarak ölçülememesine rağmen, sistemin birkaç karakteristik özelliği onun bir kara delik olduğunu göstermektedir (Neustroev ve ark. 2014). Swift J1753.5-0127 sisteminin 2005 yılında meydana gelen patlamasından bu yana aktif kalmıştır. Neustroev ve ark. (2014) yaptıkları çalışmada sıkışık cismin kütlelerinin  $5 M_{\odot}$ 'den daha büyük olamayacağını göstermişlerdir. Böylece Swift J1753.5-0127'nin en kısa yörünge dönemi (0.1 gün) ve şimdiye kadar bulunan en küçük kütleli kara deliğe ev sahipliği yaptığı bulunmuştur. Bu bağlamda sistem önemli bir düşük kütleli X-ışın çiftidir. Tutulma gösteren bir sistem olan A0620-00 (V616 Mon) 1975 yılında meydana gelen patlamada keşfedilmiştir (Elvis ve ark. 1975). Sakin evrede sistemin optik akısı, K3-7 cücesi olan optik yıldızın ışığı tarafından bastırılmaktadır (Froning ve ark. 2007). Daha sonra yapılan çalışmalarda, bileşenin bir kara delik olduğu McClintock ve ark. (1986) tarafından tespit edilmiştir. Eachus ve ark. (1976) yaptıkları çalışmada sistemde tekrarlayan patlamalar gözlemişlerdir. Geçici yumuşak X-ışın kaynaklarının bir örneği olan sistem seyrek fakat yoğun X-ışın patlamaları göstermektedir (Gelino ve ark. 2001). V616 Mon sisteminde bulunan kara deliğin kütlesi  $M_{\text{KD}} = 6.61^{+0.23}_{-0.17} M_{\odot}$ , optik bileşenin kütlesi  $M_2 = 0.40 \pm 0.01 M_{\odot}$  ve sistemin dönemi  $P = 0.32$  gündür (Hernandez ve ark. 2014). Bir mikroküazar olan SS 433 (V1343 Aql) sistemi galaksinin bilinen en enerjik jetlerini barındırır (Bordas ve ark. 2015). INTEGRAL gözlemlerinden sistemin yörünge dönemini 13 gün olarak elde etmişlerdir (Cherepashchuk ve ark. 2013). Sistemde bulunan kara deliğin kütlesi  $4.3 M_{\odot}$  ve optik bileşenin kütlesi  $12.3 M_{\odot}$  (Gies 2003).

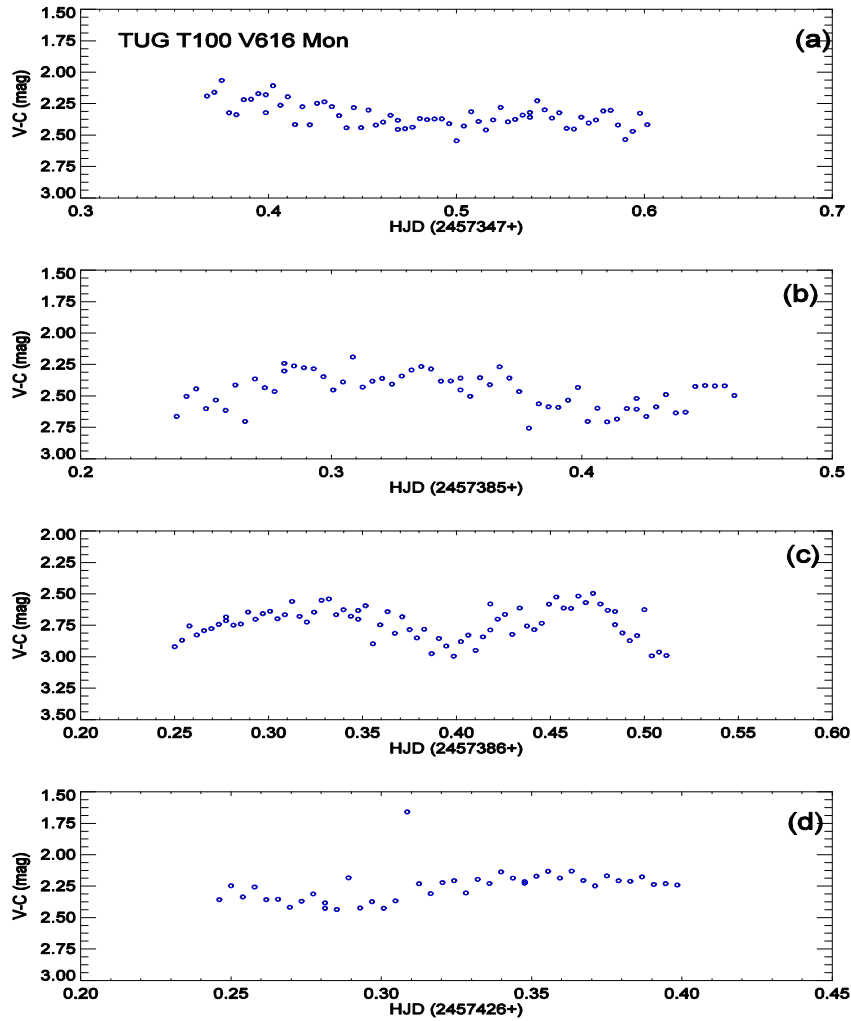
Bu çalışmada, bileşenlerden biri çok büyük kütleli yıldızların evriminin sonunda oluşan bir kara delik, diğeri bir anakol yıldızı veya evrimleşmiş bir yıldız olan çift sistemler gözlemsel olarak çalışılmıştır. Sistemlere ait yeni fotometrik değişimler TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde bulunan T60 ve T100 teleskopları kullanılarak elde edilmiştir. Elde edilen yeni gözlemler ile sistemlerin kısa ve uzun dönemli fotometrik davranışları incelenmiştir

\*Sorumlu Yazar E-Posta: [dolunay.kocak@gmail.com](mailto:dolunay.kocak@gmail.com)

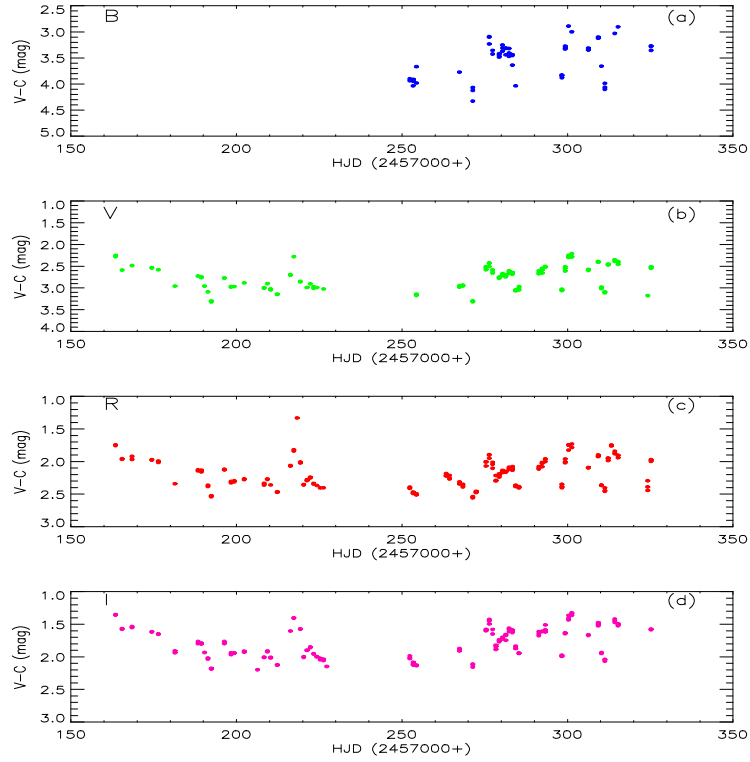
## 2. Yeni Gözlemler

Çalışma kapsamında V616 Mon ve V1343 Aql X-ışın çiftlerine ilişkin gözlemler yapılmıştır. Sistemlere ilişkin gözlemler TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde (TUG) T100 ve T60 teleskopları kullanılarak elde edilmiştir. Gözlemler sonucunda elde edilen görüntülere standart bias, dark ve flat düzeltmesi yapıp sonrasında zaman düzeltmesi ve fark fotometrisi işlemleri yapılmıştır. İndirgemeler sırasında IRAF paket programı kullanılmıştır. T100 gözlemi sırasında V616 Mon sistemine 400sn'lik poz süresi verilip R süzgeci kullanılmıştır. T60 gözlemlerinde V1343 Aql sistemi için BVRI süzgeçlerinde 20sn'lik poz süresi verilmiştir.

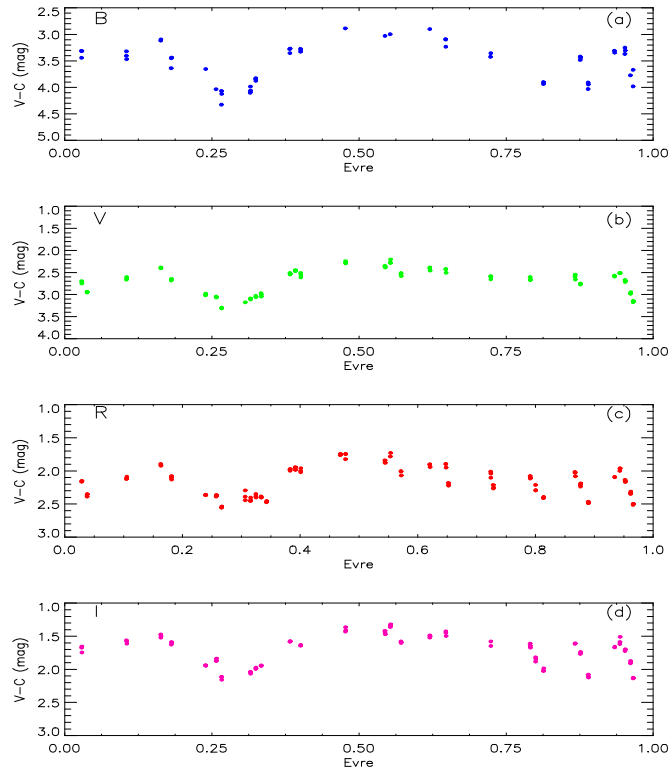
V616 Mon sisteminin gözlemlerinden elde edilen parlaklık değişimi (V-C) Şekil 1'de verilmiştir. Parlaklık değişimi dört farklı gözlem gecesi için ayrı ayrı gösterilmiştir. V1343 Aql sisteminin uzun dönemli gözlemleri robotik T60 teleskobu ile iki farklı dönemde elde edilmiştir. Gözlemler sırasında BVRI filtreleri kullanılmıştır. Gözlemlerin indirgenmesi sonucu elde edilen parlaklık farkının (V-C) zamana karşı değişimi Şekil 2 ve Şekil 3 te gösterilmiştir.



Şekil 1: V616 Mon sistemi için T100 teleskobu kullanılarak R bandında elde edilen ışık değişimi



Şekil 2: V1343 Aql sistemi için T60 teleskobu kullanılarak elde edilen zamana karşı parlaklık değişimi.



Şekil 3: V1343 Aql sistemi için T60 teleskobu kullanılarak elde edilen BVRI renklerindeki ışık eğrileri.



### 3. Sonuç ve Tartışma

-Bu çalışma kapsamında kara delik bileşenli çift sistemlerin uzun ve kısa dönemli optik gözlemleri TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde bulunan T60 ve T100 teleskopları kullanılarak elde edilmiştir. Gözlemler sonucunda elde edilen ışık değişimleri Şekil 1, Şekil 2 ve Şekil 3 te gösterilmiştir. V616 Mon sisteminin gözlemleri sırasında T100 teleskobunun R süzgeci kullanılmıştır yapılan gözlemler sonucunda dört farklı gözlem gecesi için değişimler saptanmış ve sadece bir gecede (29 Aralık 2015) tutulma benzeri bir değişim elde edilmiştir (Şekil 1c). Diğer gecelerde de çok kısa dönemli değişimleri görmek mümkün. Bu tür sistemlerin kısa dönemli gözlemleri yörünge dönemi boyunca gerçekleşen değişimleri belirtirken uzun dönemli değişimleri ise hem disk üzerindeki aktivite hem de bileşen yıldız yüzeyindeki aktivite etkilerinin izlerini gösterir. V1343 Aql (SS 433) sistemi 13 günlük bir yörünge dönemine sahiptir. Bu nedenle bu tür sistemlerin takibi için robotik teleskoplar uygun aletlerdir. Sisteme ilişkin T60 teleskobu ile elde edilen sonuçlar iki farklı gözlem dönemi için ayrı ayrı çizilmiştir. Özellikle Şekil 3 ile verilen gözlemlerde sistemin yörünge dönemi boyunca ışık değişiminin olduğunu ortaya koymuştur. Bu yeni gözlemler ile görelilik olarak daha uzun dönemli olan V1343 Aql sistemi literatürden elde edilen ışık değişimlerine göre tutulmanın daha belirgin olarak elde edildiğini söyleyebiliriz.

-Kara delik bileşenli çift sistemlerin uzun dönemli gözlemleri bize değerli bilgiler sunar ve onların doğasını anlamamıza olanak sağlar. Bu sistemlerde açıl momentum kayıp mekanizması sistemin türüne ve onun geometrik yapısına bağlıdır. Örneğin kataklizmik değişimlerde ve bazı diğer X-ışın çiftlerinde hem yıldız aktivitesi ile kütle kaybı hem de gravitasyonel ışınla açıl momentum kaybı önemli iken (Andronov ve ark. 2003; Kalomeni ve ark. 2016) anakol yıldızlarında yıldız rüzgarları ile açıl momentum kaybı baskındır (Nathan 2014, Yakut ve Eggleton 2005). Kara delik bileşenli çift sistemlerin hem optik değişimleri hem de açıl momentum kayıp mekanizmaları detaylı olarak Koçak (2016) da ele alınmıştır.

*Bu çalışmada TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde bulunan T60 ve T100 teleskopları kullanılmıştır. Gözlem projelerine verilen destekten dolayı TÜBİTAK'a teşekkür ederiz (Proje no:15CT100-916, 15AT60-775).*

### 4. Kaynaklar

- Andronov, N., Pinsonneault & M., Sills, A., 2003, AJ, 582, 358-368  
Bordas, P., Yang, R., Kafexhiu, E., & Aharonian, F. 2015, AJ, 807, L8, 5  
Eachus, L. J., Wright, E. L., & Liller, W. 1976, AJ, 203, L17-L19  
Elvis, M., Page, C. G., Pounds, K. A., Ricketts, M. J., ve ark. 1975, Nature, 257, 656, 657  
Froning, Cynthia S., Robinson, Edward L., & Bitner, Martin A., 2007, ApJ, 663, 1215-1224  
Gelino, D. M., Harrison, T. E., & Orosz, J. A., 2001b, AJ, 122, 2668-2678.  
Gies, D. R., Bolton, C. T., Thomson, J. R., Huang, W., McSwain, M. V., ve ark. 2003, ApJ, 583, 424-436  
Gonzalez Hernandez, J. I., Rebolo, R., & Casares, J., 2014, MNRAS, 438, 21  
Kalomeni, B.; Nelson, L.; Rappaport, S.; Molnar, M.; Quintin, J.; Yakut, K., 2016, ApJ, 833, 83  
Koçak, D., 2016, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi  
McClintock, J. E., & Remillard, R. A., 1986, ApJ, 308, 110-122  
Natham, S., 2014, ARA&A, 52, 487  
Neustroev, Vitaly V., Veledina, Alexandra., Poutanen, Juri., ve ark. 2014, MNRAS, 445,2424  
Yakut, K., Eggleton, P. P., 2005, ApJ, 629, 1055