

QQ Boötes: İlk Fotometrik Araştırma

Seda Kaptan¹★, M. Türker Özkan²

¹ İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı, İstanbul

² İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, İstanbul

Özet

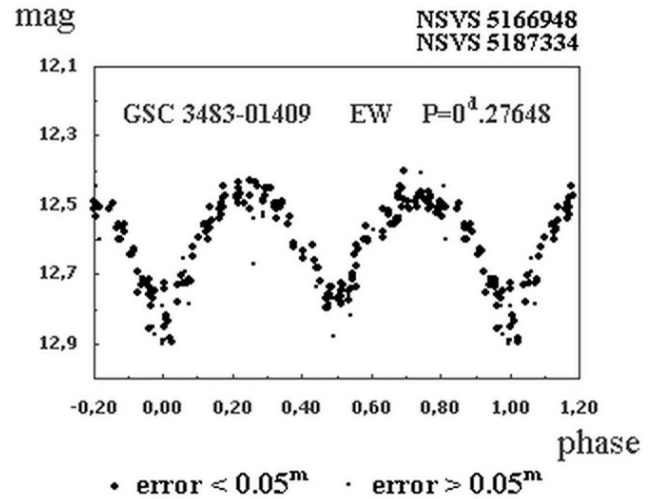
Literatürde fotometrik çalışması bulunmayan W UMa tipi çift sistemlerin üyesi QQ Boötes'in (QQ Boo, GSC 03483-01409, $V=12^m.568$, $P=0^d.276478$) gözlemleri Ça-nakkale Ulupınar Gözlemevi'nde bulunan İST60 teleskobuyla yapılmıştır. Gözlemlerde, 60cm ayna çaplı Cassegrain teleskoba bağlı SBIG-STL-1001E CCD kamerası ve Bessell-BVR filtreleri kullanılmıştır. Baş bileşenin sıcaklığı 5790K bulunmuştur. Üç renk ışık eğrilerinin Wilson-Devinney ile analizinden, sistemin kütle oranı $q=2.88$ olarak hesaplanmıştır. %22 doluluk oranına sahip, W-alt tipi, lekeli bir sistem olan QQ Boo'nun %11 oranında üçüncü ışık etkisinde olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: (stars:) binaries: eclipsing, İkili Yıldızlar

1 Giriş

W UMa türü sistemler(EW), ışık eğrilerinde neredeyse eşit derinlikte minimumlar ve sürekli değişimler gözlenen örten çift sistemlerdir. Bu sistemlerde bileşenler birbirlerine değme yakınlığındadırlar ve çekim etkisinin yarattığı gelgitler sebebiyle bileşenlerin küresel yapıları bozulmuştur. Yörünge periyotları $0^g.2 - 1^g$ arasındadır. Bu tür sistemlerin bileşenleri, spektral tipleri A - K arasında değişen anakol yıldızlarıdır.

Gözlemsel çalışmalar, geç tip W UMa sistemlerinin doğası için en iyi ipuçlarını sağlamıştır, buna göre bu sistemlerde toplam kütle oldukça düşüktür ve bileşenlerinin kütleleri birbirlerine eşit değildir (Li ve ark. 2004). Kütle oranı 0.008 - 0.8 arasındadır (Skelton ve Smith 2009). Eşit sıcaklıkların göstergesi olan benzer derinliğe sahip minimumların sebebi konvektif ortak zarf vasıtası ile bileşenler arası enerji transferi olarak düşünülse de bu transferin nasıl ve nereye olacağı konusu açık değildir (Li ve ark. 2004). EW sistemlerinde başlangıçta daha düşük kütleli bileşenin, baş bileşenin evrimi sırasında aktarılan madde sayesinde kütlesi büyür ve sistem genellikle tersine dönmüş kütle oranı olarak adlandırılan bir evreye gelir. Bu durum aynı sistemde birçok defa gerçekleşebilir (Çalışkan ve ark. 2014). Fotometrik ve spektroskopik gözlemler göz önünde bulundurularak Binnen-dijk (1970) W UMa'ları, A-alt tipi ve W-alt tipi olarak iki sınıfa ayırmıştır. Genel olarak erken tayf türlerinde olan A-alt tipi sistemler, yüksek ışıma, büyük kütle ve küçük kütle oranına sahiptirler ($q < 0.3$). Derin minimum "örtülme" ile oluşur. Bu tip, genellikle aşırı değen çift sistemlerdir ve kalın bir ortak zarfa sahiptir. W-alt tipi sistemler ise genel olarak geç tayf türlerindedir. Bu sistemler düşük ışıma, küçük kütle ve büyük kütle oranına sahiptirler ($q > 0.3$). Derin minimum "örtme" ile oluşur. A-alt tipinin tersine bu sistemdeki ortak zarf o denli belirgin değildir. W UMa sistemlerinde bir çevrim içerisinde maksimum ışık seviyeleri arasındaki belirgin fark ortaya çıkar, buna "O'Connell etkisi" denir. Bu parlaklık değişimi, yaygın olarak, yıldız yüzeyinde manyetik etkinlik, kütle transferi gibi etkenlerden oluşan sıcak veya soğuk bir lekenin varlığıyla açıklanmaktadır (Wilsey ve Beaky 2009). Soğuk leke gösteren sistemler, genel olarak geç tayf türlerindedir (F-M) ve bu nedenle manyetik olarak aktif olan bileşene sahip çift sistemlerdir (Milone ve ark. 1980;



Şekil 1. Khruslov(2006) tarafından elde edilen ışık eğrisi.

Samec ve Terrell 1995). Shaw (1994), kütle aktarımında, kütlenin düştüğü bileşen üzerinde bir sıcak leke oluşabileceğini ve sistemin ışık eğrisinde maksimumlar arasında belirgin bir farkın gözlenebileceğini belirtmiştir.

Bu çalışmanın hedef sistemi QQ Boo, (GSC03483-01409, 2MASSJ15320482+4534073, $V=12^m.5$, $J=11^m.072$, $H=10^m.730$, $K=10^m.682$) 1996'dan beri çeşitli kataloglarda yer almıştır. Khruslov (2006), Northern Sky Variability Survey (NSVS) (Woźniak ve ark. 2004) gökyüzü tarama projesi ile elde edilen ışık eğrisi verisini kullanarak sistemin ilk minimum zamanlarını ve yörünge dönemini belirlemiştir ($T_0=2451415.775\text{JD}$, $P=0^g.27648$)(Şek.1). Yıldızın günümüzü kadar ayrıntılı fotometrik ve tayfsal çalışması yapılmamıştır.

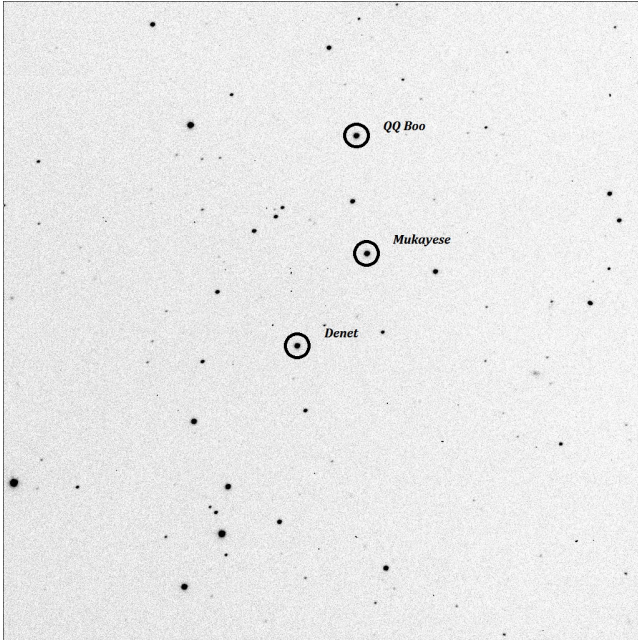
2 Gözlemler

QQ Boo sisteminin gözlemleri, Çanakkale Astrofizik Araştırma Merkezi (ÇAAM) Ulupınar Gözlemevi'nde ($40^{\circ}06'01''$ K, $154^{\circ}45'54''$ D, 410m) bulunan Ritchey-Chretien optik tasarımı İST60 teleskobu ($D=60\text{cm}$, $f/8$) ve ona bağlı olan SBIG-STL-1001E CCD kamerası ile B,V,R filtreleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

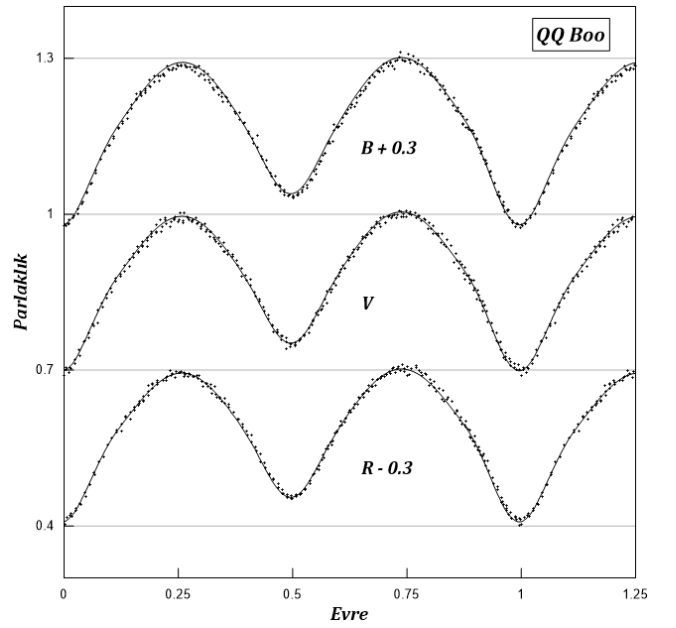
★ sedakaptan@gmail.com

Çizelge 1. QQ Boo, gözlem zamanları (HJD+2456000).

Filtreler		B			V			R				
Gözlem Tarihi	Başlangıç	Bitiş	Poz Süresi (sn.)	Görüntü Sayısı	Başlangıç	Bitiş	Poz Süresi (sn.)	Görüntü Sayısı	Başlangıç	Bitiş	Poz Süresi (sn.)	Görüntü Sayısı
3.3.2013	355.35101	55.58918	120	98	355.35214	355.58979	60	96	355.35276	355.59017	30	91
4.3.2013	356.38110	56.61747	120	87	356.38223	356.62133	60	89	356.38285	356.62193	30	83
5.3.2013	357.37038	57.62084	120	89	357.37152	357.61925	60	91	357.37213	357.61986	30	90
12.3.2013	364.39414	64.65171	120	23	364.39527	364.6474	60	21	364.39588	364.65344	30	26
17.3.2013	369.34304	69.42191	120	30	369.34417	369.42304	60	28	369.34479	369.42093	30	28
17.4.2013	400.33403	00.55315	120	71	400.33525	400.55428	60	71	400.33594	400.55217	30	70
18.4.2013	401.30081	01.59998	120	99	401.30195	401.59839	60	102	401.30255	401.59901	30	103



Şekil 2. QQ Boo, R bandı gözlem görüntüsü.



Şekil 3. QQ Boo, B-V-R gözlemsel ve teorik ışık eğrisi.

Çizelge 2. Yıldızların koordinat bilgileri.

Yıldız	α	δ
V342 Dra	15 53 02.364	+55 04 31.47
TYC 3870 72	15 53 26.4995	+54 56 26.015
GSC 3873 1697	15 52 30.849	+55 02 45.38

tirilmiştir. Elde edilen CCD görüntüleri C-Munipack programı ile indirgenmiştir. Gözlemler Mart - Nisan 2013 tarihleri arasında toplam 7 gecede yapılmıştır. Gözlem gecelerine ait bilgiler Çizelge 1'de verilmiştir.

3 Sıcaklık Tayini

Baş bileşenin sıcaklığını tayin edebilmek için Wang (1994) tarafından ortaya konulan renk-periyot ilişkisinden yararlanılmıştır. A ve W tiplerinden oluşan 22 yıldız ile yaptığı çalışmada ortaya çıkan bağıntı şu şekildedir:

$$(B - V)_0 = 0.077 - 1.003 \log P \text{ (gün)} \quad (1)$$

Burada, $(B - V)_0$ sistemin öz rengi; P ise gün mertebesinde sistemin periyodudur. (1) numaralı bağıntıdan elde edilen değer,

Drilling ve Landolt (2000) tarafından hazırlanan renk - sıcaklık kalibrasyon tablosunda 5790K sıcaklığa denk gelmektedir. Bu sıcaklık, sistemin baş bileşenine aittir.

4 Fotometri ve Işık Eğrisi Analizi

Sistemin ışık eğrisi, diferansiyel fotometri yöntemi (değişen yıldız parlaklığı - mukayese yıldız parlaklığı) kullanılarak elde edilmiştir. Bu yöntemde kullanılan hedef, mukayese ve denet yıldızların bilgileri Çizelge 2'de, R bandı gözlem görüntüsü Şekil 2'de verilmiştir. QQ Boo'nun hesaplanan minimum zamanları ise Çizelge 3'de yer almaktadır.

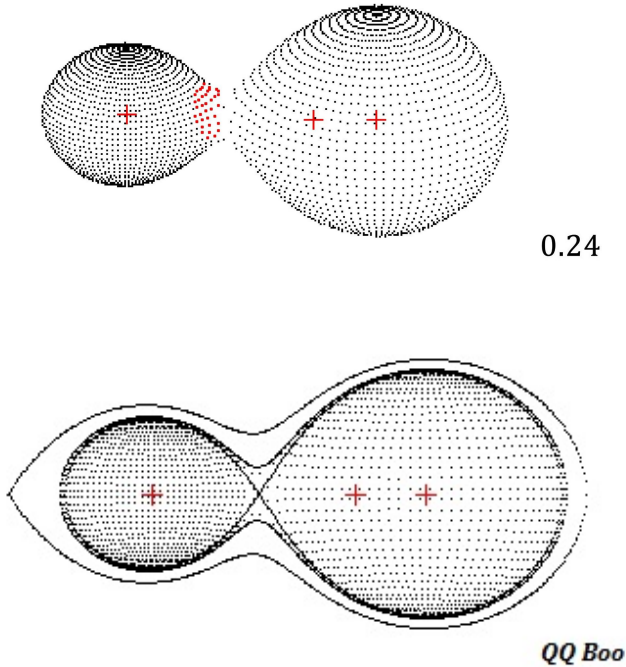
0.75 evresine göre normalize edilmiş üç renk (B-V-R) ışık eğrisinin analizi, Wilson ve Devinney (1971) tarafından yazılan programın WD96 sürümüyle yapılmıştır. Farklı yapıdaki sistemler için farklı tür modlar içeren programda, W UMa türü sistemler için hazırlanmış "Mod3" kullanılmıştır. Sistemin maksimum parlaklık seviyeleri arasında fark gözlenmiştir. O'Connell etkisi sebebiyle lekeli çözüme gidilmiştir. Gözlemlerden elde edilen üç renk ışık eğrisi ve çözümden elde edilen teorik eğrilerin birleştirilmiş hali Şekil 3'de verilmiştir.

Çizelge 3. QQ Boo, minimum zamanlar.

B		V		R	
Min I (HJD 2456?)	Min II (HJD 2456?)	Min I (HJD 2456?)	Min II (HJD 2456?)	Min I (HJD 2456?)	Min II (HJD 2456?)
356.41600 ± 0.00029	355.44860 ± 0.00024	356.41570 ± 0.00060	355.44820 ± 0.00033	356.41590 ± 0.00030	355.44840 ± 0.00030
357.52200 ± 0.00016	356.55390 ± 0.00027	357.52170 ± 0.00032	356.55370 ± 0.00022	357.52190 ± 0.00015	356.55410 ± 0.00028
400.37590 ± 0.00007	357.38410 ± 0.00028	364.43400 ± 0.00061	357.38320 ± 0.00036	364.43460 ± 0.00053	357.38330 ± 0.00034
401.48120 ± 0.00063	400.51480 ± 0.00043	369.41050 ± 0.00034	400.51450 ± 0.00045	369.41070 ± 0.00034	400.51450 ± 0.00057
	401.34300 ± 0.00038	400.37620 ± 0.00040	401.34240 ± 0.00085	400.37540 ± 0.00042	401.34260 ± 0.00072
			401.48140 ± 0.00034		401.48150 ± 0.00028

Çizelge 4. QQ Boo, çözüm parametreleri.

Parametreler	B-V-R	Parametreler	B-V-R
T1(K)	5790	A1 = A2	0.5
T2(K)	5350 ± 0.00060	g1 = g2	0.32
$\Omega_1 = \Omega_2$	6.324 ± 0.01171	r1(pole)	0.281732 ± 0.000296
$q = m_2/m_1$	2.88256 ± 0.00802	r1(side)	0.294955 ± 0.000345
f (fillout, %)	%22	r1(back)	0.335600 ± 0.000558
Pshift	-0.0042 ± 0.00014	r2(pole)	0.453617 ± 0.000686
i (°)	68.034 ± 0.11927	r2(side)	0.488243 ± 0.000952
l3	%11	r2(back)	0.51765 ± 0.001293
L1(B,V,R)	3.8702 ± 0.02583	$\Sigma(O-C)^2$	0.161939
	3.7449 ± 0.02491	Leke Parametreleri	
	3.6481 ± 0.02262	Enlem (ϕ)	81°.01
L2(B,VR)	6.5809	Boylam (θ)	349°.2
	6.7537	Açısal Çap (α)	19°.2
	6.8764	Sıcaklık Faktörü (T)	0.851



Şekil 4. QQ Boo sisteminin modeli.

5 Sonuç

Baş bileşenin sıcaklığı 5790K olan QQ Boo sisteminin ışık eğrisi analizi sonucunda ikinci bileşenin sıcaklığının 5350K

olduğu hesaplanmıştır. Dikkat çeken bir parametre, 2.88 olarak bulunan sistemin kütle oranıdır. İkinci bileşen birinci bileşene göre daha kütleliken daha soğuktur. Bu durum, sistemin ışık eğrisinde derin minimumun "örtme" ile oluştuğu W-alt tipi olduğunu göstermektedir. O'Connell etkisi göz önünde bulundurulmuş yapılan çözümde, konvektif yüzeyde manyetik alan etkinliğinden oluşan, bileşenlerin değme noktasına yakın ($\phi = 81^\circ.01; \theta = 349^\circ.2$) soğuk bir leke tespit edilmiştir. Roche lobu doluluk oranı %22 olan sistemin ışık eğrisine %11 oranında üçüncü ışık etkisi vardır. İlk kez bu çalışma ile elde edilen QQ Boo sisteminin çözüm parametrelerine ait bilgiler Çizelge 4'de, sistemin modeli ve eşpotansiyel yüzeyleri Şekil 4'de verilmiştir.

Teşekkür

Bu çalışma, İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliğinin, 39319 ve 3685 numaralı projeleri ile desteklenmiştir. Bu çalışmanın yazarlarından SK, katkılarından dolayı İstanbul Üniversitesi ve Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi öğretim üye ve elemanlarına teşekkür eder.

Kaynaklar

- Binnendijk, L.: , The orbital elements of W Ursae Majoris systems. *Vistas in Astronomy*. **12** (1970) 217–256
- Çalışkan, Ş., Latković, O., Djurašević, G., Özavcı, İ., Baştürk, Ö., Cséki, A., Şenavcı, H.V., Kılıçoğlu, T., Yılmaz, M., Selam, S.O.: PHOTOMETRIC ANALYSIS OF OVERCONTACT BINARIES AK HER, HI DRA, V1128 TAU, AND V2612 OPH. *The Astronomical Journal* **148** (2014) 126
- Drilling, J.S., Landolt, A.U.: , Normal Stars. Allen's astrophysical quantities, 4th ed. Edited by Arthur N. Cox. **381** (2000) ISBN: 0-387-98746-0.

- Khruslov, A.V.: New Short Periodic Eclipsing Binaries. PZP. **6** (2006) 16
- Li, L., Han, Z., Zhang, F.: Structure and evolution of low mass W UMa type systems. MNRAS **351** (2004) 137–146
- Milone, E.F., Chia, T.T., Castle, K.G., Robb, R.M., Merrill, J.E.: RW Comae Berenices.I.Early Photometry and UBV Light Curves. The Astrophysical Journals Supplement Series **43** (1980) 339–364
- Samec, R.G., Terrell, D.: YZ Phoenicis: Photometric Study of a W UMa Binary Near the Short-period Limit. Publications of the Astronomical Society of the Pacific **107** (1995) 427–442
- Shaw, J.S.: Near-contact binaries. OCR **65** (1994) 95
- Skelton, P.L., Smith, D.P.: Modelling of W UMa-type variable stars. SAJS **105** (2009) 120
- Wang, J.M.: The thermal relaxation oscillation states of contact binaries. ApJ. **434** (1994) 277–282
- Wilsey, N.J., Beaky, M.M.: Revisiting the O'Connell Effect in Eclipsing Binary Systems. The Society for Astronomical Sciences 28th Annual Symposium on Telescope Science **28** (2009) 107
- Wilson, R.E., Devinney, E.J.: Realization of Accurate Close-Binary Light Curves: Application to MR Cygni The Astrophysical Journals **166** (1971) 605–619
- Woźniak, P.R., Vestrand, W.T., Akerlof, C.W., Balsano, R., Bloch, J., Casperon, D., Fletcher, S., Gisler, G., Kehoe, R., Kinemuchi, K., Lee, B.C., Marshall, S., McGowan, K.E., McKay, T.A., Rykoff, E.S., Smith, D.A., Szymanski, J., Wren, J.: NORTHERN SKY VARIABILITY SURVEY: PUBLIC DATA RELEASE. The Astronomical Journal **127** (2004) 2436–2449

Erişim:

O34-1740: [UAK-2015 Program](#) — [UAK Bildiri](#) — [Turkish J.A&A](#).