

DEĞEN ÇİFTLERDE SON DURUM: EL Aqr ve V407 Peg'in MUTLAK PARAMETRELERİ

Fahri ALIÇAVUŞ^{1,2}, Filiz KAHRAMAN^{1,2},
Faruk SOYDUGAN^{1,2} ve Esin SOYDUGAN^{1,2}

¹Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik bölümü

²Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Astrofizik Araştırma Merkezi ve Ulupınar Gözlemevi
(eposta: fahrialicavus@comu.edu.tr)

Özet: Bu çalışmada, W UMa türü çift sistemler olan EL Aqr ve V407 Peg' in çok renk ışık eğrileri elde edilerek literatürde bulunan tayfsal verilerden elde edilen dikine hız değerleri ile birlikte eş zamanlı olarak çözülmüş ve sistemlerin bileşenlerinin salt parametreleri elde edilmiştir. V407 Peg için ışık eğrisinde görülen tutulmalar dışında, soğuk bileşen yüzeyinde manyetik etkinlik kaynaklı değişimler, olası soğuk lekeler yardımıyla modellenmiş ve leke parametreleri belirlenmiştir. Çözümler sonucunda EL Aqr' nın baş ve ikinci bileşenlerinin kütleleri ve yarıçapları sırasıyla, $1.61 M_{\odot}$ ve $0.36 M_{\odot}$, $1.75 R_{\odot}$ ve $0.94 R_{\odot}$ olarak bulunurken V407 Peg için ise sırasıyla, $1.76 M_{\odot}$ ve $0.46 M_{\odot}$, yarıçaplar ise $2.09 R_{\odot}$ ve $1.16 R_{\odot}$ olarak belirlenmiştir. Bulunan parametreler, 111T224 kodlu “Çift Yıldızlarda Açısal Momentum ve Yörünge Evrimi” adlı TÜBİTAK projesinin bir parçası olarak kullanılmak üzere oluşturulmakta olan “Değen Çift Yıldızlar” kataloğuna eklenmiştir. EL Aqr ve V407 Peg'in bileşenlerinin HR diyagramında ve diğer temel düzlemler üzerindeki yerleri, diğer W UMa bileşenleri ile birlikte ele alınarak yorumlanmıştır.

1. Giriş

Örten çift sistemlerin bir alt grubu olan W UMa değişenleri, bir günden daha kısa dönemli ve bileşenlerin her ikisi de Roche loblarını doldurmuş olan çoğunluğu anakolda bulunan yıldızlardır. Bu tür sistemler, yıldız evrimlerinin incelenmesi ve araştırılması bakımından önem taşımakta ve bu tür yıldızların kısa dönemli ayırık çift sistemlerin evrimleri sonucunda veya aynı ortamda oluşan birbirine çok yakın iki yıldız çekirdeğinin ortak zarf içinde meydana geldiği öngörülmektedir (Vilhu, 1982). Bu konuda yapılan araştırmalar devam etmektedir. Bu nedenle bu tür sistemlerle ilgili yapılan analizler bu araştırmalara ve bu tür sistemlerle ilgili daha ayrıntılı bilgiler elde edilmesine ışık tutması açısından önemlidir. Bu çalışmada da, W UMa türü çift sistemler olan EL Aqr ve V407 Peg' in çok renk ışık eğrileri elde edilerek literatürde bulunan tayfsal verilerden elde edilen dikine hız değerleri ile birlikte eş zamanlı olarak çözülmüş ve sistemlerin salt parametreleri elde edilmiştir.

V407 Peg ($V = 9.45$) ilk olarak Maciejewski ve ark. (2002) tarafından keşfedilmiş ve W UMa türü değişim gösterdiği belirtilmiştir. Sistemin dönemi 0.636889 gün, tayf türü ise F0V olarak verilmektedir (Rucinski ve ark. 2008). İlk fotometrik ve tayfsal çalışması ise yine Maciejewski ve ark. (2003) tarafından yapılmıştır. Yapılan bu çalışmada sisteme ait ışık eğrisi çözümü Wilson Devinney programı ile yapılırken sistemin tayfsal çalışmasından da elde edilen radyal hız eğrisinden $V_{\gamma} = 4.2 \pm 0.8$ km/s, kütle oranında $q = 0.253 \pm 0.034$ olarak elde edilmiştir. Işık eğrisi çözümü ise birinci yıldızın üzerine sıcak leke konularak yapılmıştır. Sistemin ikinci radyal hız çalışması da Maciejewski ve Ligeza (2004) tarafından yapılmış ve bu çalışmada da yıldızın kütle merkezinin hızı $V_{\gamma} = 22.1 \pm 5.9$ km/s bulunurken $q = 0.234 \pm 0.022$ olarak elde edilmiştir. Sistemin son radyal hız çalışmasında

Rucinski ve ark. (2008) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada da sistemin kütle oranı $q = 0.256 \pm 0.006$ olarak verilmiştir. Sistemin son fotometrik çalışması ise Deb ve Singh (2011) tarafından ASAS (All Sky Automatic Survey) ışık eğrisi çözümü ile yapılmıştır. Sistemin dönem değişim ile ilgili olarak tek bilgi Zasche (2011) tarafından verilmiş ve sistemde eksen dönmesi olabileceği belirtilmiş fakat detaylı bir analiz yapılmamıştır.

EL Aqr (BD-08 6189, HIP 117317, $V = 10^m.572$) ise ilk kez Hoffmeister (1933) tarafından önemli ışık değişimi gösteren bir yıldız olarak tanımlanmıştır. Daha sonra Stepień (1968), sistemin ışığının 0.35 kadirlik genlikle ve 0.48141 günlük bir dönem ile W UMa türü değişim gösterdiğini duyurmuştur. Sistemin ilk tayfsal çalışması Rucinski ve ark. (2001) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada sistemin toplam 41 adet tayf verisi alınmış ve dikine hız çözümü yapılmıştır. Çözümler sonucunda $K_1 = 53.38$ km/s, $K_2 = 263.34$ km/s olarak belirlenmiştir. Ayrıca $V_\gamma = 12.51$ km/s olarak hesaplanmıştır. Rucinski ve ark. (2001), sistemin A tipinden W UMa türü değişen bir çift sistem olduğunu ortaya koyarak baş bileşenin tayf türünü F3V olarak belirlemişlerdir. Sistemin ilk ayrıntılı ışıkölçüm çalışması *Hipparcos* ve ASAS ışık eğrileri kullanılarak Wadhwa ve Zealey (2004) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada da sistemin A tipi degen çift olduğu ve degen/taşma parametresinin %44 olduğu belirlenmiştir. Rucinski ve Duerbeck (2006), EL Aqr' nın 15 adet tayfını alarak analiz etmişlerdir. Bu çalışmada elde edilen dikine hız çözümü ile Rucinski ve ark. (2001) tarafından yapılan çözümün uyumlu olduğu görülmektedir. Sisteme ilişkin bir diğer araştırmada ise, Rucinski ve ark. (2007) tarafından, adaptive optik yöntemi kullanılarak üçüncü bileşen taraması yapılmıştır ancak herhangi bir üçüncü cisim gözlenememiştir. Sistem için son bir fotometrik çalışma da Deb ve Singh (2011) tarafından ASAS verilerinin incelenmesi ile yapılmıştır.

2. Gözlemler

EL Aqr ve V407 Peg'in fotometrik gözlemleri, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ulupınar Gözlemevi'nde, 2011 gözlem sezonu boyunca yapılmıştır. EL Aqr sisteminin ışık eğrisi T122'lik teleskop ve ona bağlı STL1001E kamera ile VRI süzgeçleri kullanılarak toplam 3 gece, V407 Peg sisteminin ise 30 cm'lik teleskop ve ona bağlı STL1001E kamera ile BVR süzgeçleri kullanılarak toplam 4 gece yapılmıştır. Her iki sistem içinde seçilen mukayese ve denet yıldızları sırasıyla EL Aqr ve V407 Peg için GSC 5830-53 ile GSC 583-782 ve GSC 1720-1719 ile GSC 1720-986 yıldızlarıdır ve herhangi bir ışık değişimi göstermedikleri görülmüştür. EL Aqr'nın VRI filtrelerindeki gözlem verilerinde ortalama hatalar sırasıyla $0^m.006$, $0^m.007$ ve $0^m.006$ olarak V407 Peg sisteminin ise BVR filtrelerinde gözlem duyarlılıkları ise B filtresi için $0^m.01$ iken VR filtrelerinde $0^m.008$ olarak elde edilmiştir.

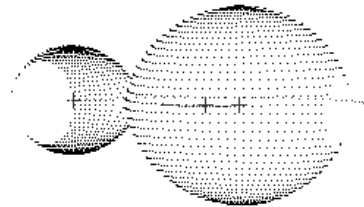
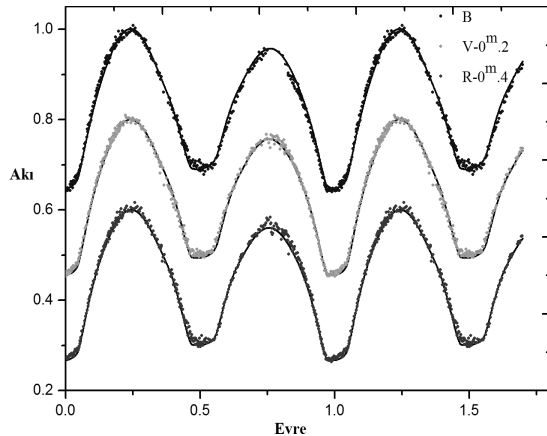
3. Analiz ve Bulgular

EL Aqr ve V407 Peg sisteminin elde edilen ışık eğrileri literatürde yer alan dikine hız verileri yardımıyla Wilson-Devinney (WD) programının 2003 versiyonu ile çözülmüştür. Sistemlerin fotometrik çözümleri, WD programının degen örten çift sistemler için kullanılan mod3 yardımıyla yapılmıştır. Sistemlerinin baş bileşen sıcaklıkları ise sırasıyla EL Aqr için Rucinski ve ark. (2001) tarafından verilen F3V tayf türüne göre, V407 Peg için ise yine Rucinski ve ark. (2008) tarafından verilen F0V tayf türüne göre Cox (2000)'dan 6883 K ve 7300 K olarak seçilmiş ve sabit parametre olarak alınmıştır. Kütle oranlarının başlangıç değeri olarak ise sistemlerin tayf türlerinin alındığı makalelerdeki yörünge çözümünden bulunan değerler alınmış (EL Aqr için 0.203, V407 Peg sistemi içinde 0.256) ve çözüm sırasında serbest bırakılmıştır. V407 Peg sisteminin ışık eğrisinde

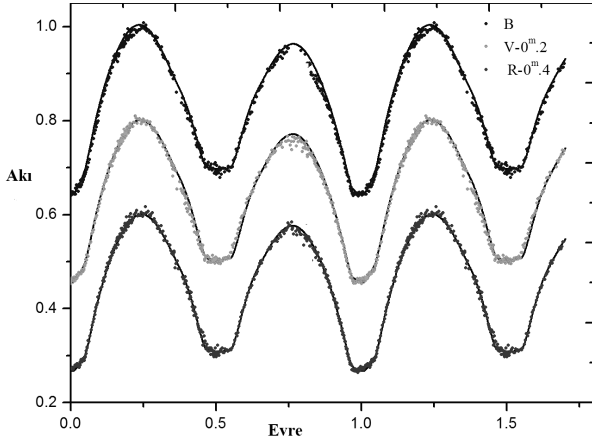
maksimumlarda yer alan asimetri ler ise olası soğuk-sıcak lekeler ile irdelenmiştir ve çözülmüştür. Sistemlerinin ışık eğrileri ve bileşenlerin dikine hızlarının analizi sonucunda bulunan parametreler Çizelge 1’de verilmiştir. Bu parametreler ile elde edilen kuramsal eğrilerin gözlem noktaları ile birlikte gösterimi ise Şekil 1, 2 ve 3’te verilmiştir.

Çizelge 1. EL Aqr ve V407 Peg sistemlerinin ışık eğrisi çözüm parametreleri.

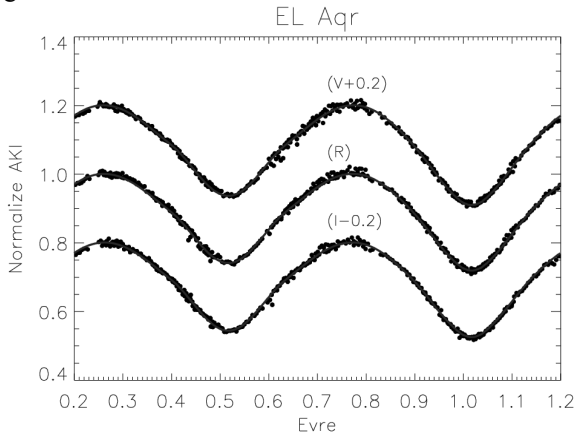
Parametre	EL Aqr	V407 Peg Soğuk leke Çözümü	V407 Peg Sıcak leke Çözümü
T_0	2452500.1191	2455795.452551	2455795.452551
P (gün)	0.48141	0.6368831	0.6368831
Φ	0.0168 ± 0.0002	0.0068 ± 0.0011	0.0089 ± 0.00112
q	0.224 ± 0.002	0.26034 ± 0.002	0.227 ± 0.001
Tayf Türü	F3V	F0V	F0V
T_1 (K)	6883	7300	7300
T_2 (K)	6606 ± 19	6315 ± 12	6653 ± 10
i (°)	69.24 ± 0.24	87.489 ± 0.218	88.777 ± 0.299
Ω_1	2.212 ± 0.005	2.3289 ± 0.004	2.2408 ± 0.003
Ω_2	2.212 ± 0.005	2.3289 ± 0.004	2.2408 ± 0.003
M_1 (M_\odot)	1.61	1.76	1.62
M_2 (M_\odot)	0.36	0.46	0.35
R_1 (R_\odot)	1.75	2.09	2.08
R_2 (R_\odot)	0.94	1.16	1.1
$L_1 / (L_1+L_2)$ B	0.806 ± 0.003	0.86 ± 0.083	0.84 ± 0.002
$L_1 / (L_1+L_2)$ V	0.803 ± 0.003	0.85 ± 0.081	0.84 ± 0.002
$L_1 / (L_1+L_2)$ R	0.802 ± 0.003	0.84 ± 0.078	0.83 ± 0.002
Fill-out	55	29	40
I_3 B	0.0	0.1496 ± 0.0006	0.1327 ± 0.0006
I_3 V	0.0	0.1341 ± 0.0005	0.1136 ± 0.0005
I_3 R	0.0	0.1263 ± 0.0004	0.1048 ± 0.0004
V_γ (kms^{-1})	13.3 ± 0.5	5.75 ± 0.07	6.6 ± 0.075
a (R_\odot)	3.24 ± 0.01	4.0607 ± 0.014	3.9168 ± 0.014
Enlem ₁	-	92.57	90.96
Boylam ₁	-	196.1 ± 0.0213	341 ± 0.0645
R_1	-	19.26 ± 0.246	8.6 ± 0.250
T_1	-	0.8	1.53 ± 0.016
Enlem ₂	-	92.57	-
Boylam ₂	-	258.2 ± 0.452	-
R_2	-	47.37 ± 0.006	-
T_2	-	0.8	-



Şekil-1. V407 Peg sisteminin soğuk leke modeli çözümünün gözlem noktaları ile uyumu ve Roche geometrisi.

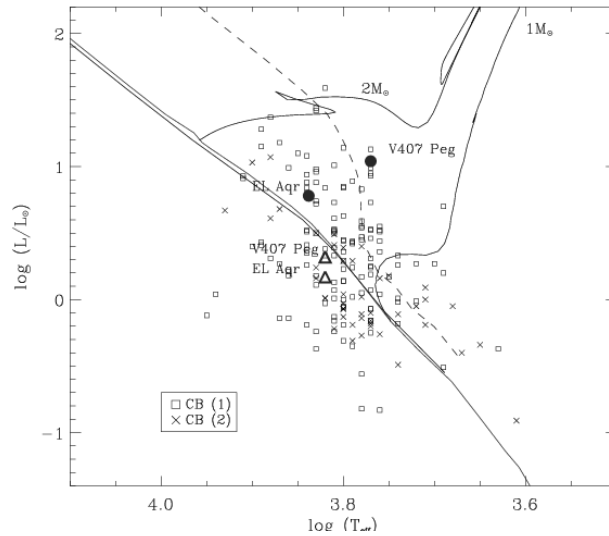


Şekil-2. V407 Peg sisteminin sıcak leke modelli çözümü için gözlem noktaları ile uyumu ve Roche geometrisi.



Şekil-3. EL Aqr sisteminin çözümü için gözlem noktaları ile uyumu ve Roche geometrisi.

Ayrıca bu çözümler ışığında, her iki çift sistem için de bulunan temel parametreleri dikkate alarak ve daha önceki çalışmalarda elde edilen şimdiye kadar mutlak parametreleri belirlenen yıldızlar ile birlikte birinci ve ikinci bileşenleri ayrı ayrı çizdiğimizde, H-R diyagramında (Şekil-4), bilinen W Uma türü örten çift sistemler ile her iki sistemin bileşenlerinin konumları için oldukça iyi bir uyum söz konusudur.



Şekil-4. EL Aqr ve V407 Peg için elde edilen çözümler ışığında hesaplanan mutlak parametrelerin, H-R diyagramı üzerinde diğer W Uma türü yıldızlar ile karşılaştırılması.

4. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada EL Aqr ve V407 Peg sistemlerinin ışık eğrileri, literatürde bulunan dikine hız verileri ile birlikte çözülmüş ve sistemlere ait mutlak parametreler elde edilmiştir. V407 Peg'in ışık eğrisinde görülen asimetri de olası bir soğuk veya sıcak leke yaklaşımı ile temsil edilmiştir. Lekeli çözümler incelendiğinde ise, soğuk lekeli yaklaşım da soğuk bileşen için manyetik aktivite kaynaklı soğuk lekenin varlığı olası görünürken, sıcak bileşendeki soğuk lekenin varlığını açıklamak için radyatif dış katmanı düşündüğümüzde çok mümkün görünmemektedir. Bu tür yıldızların genişlemiş atmosferleri ve atmosfer hareketleri düşünüldüğünde soğuk leke yüzeyde homojen olmayan bir madde dağılımı sonucu olabileceği düşünülebilir ancak bu yaklaşımda beraberinde birçok sorun getirmektedir. Bu tür yıldızlar bu açıdan araştırmaya açıktır. Sıcak lekeli çözümü incelediğimizde ise, küçük kütleli bileşenden gelen maddenin bazı bölgelerinde ısınmalara sebep olacağı düşünülebilir. V407 Peg sisteminin yapılan analizinde sisteme ortalama %13'lük katkı sağlayan üçüncü bir cisim saptanmıştır. Bu üçüncü cismin kanıtlanabilmesi açısından daha önceki dikine hız çözümleri sonucunda görülen sistemin uzay hızındaki değişim incelenebilir ve bunun için zamana yayılmış dikine hız eğrisi çözümlerine ihtiyaç vardır. Her iki sistem içinde yapılan analizler sonucunda sistemlerin değme/taşma oranları sırasıyla, EL Aqr için %55, V407 Peg içinse soğuk leke modelinde %29, sıcak leke modelinde ise %40 elde edilmiştir ve sistemlerin aşırı değen çift yıldızlar olduğu görülmüştür. EL Aqr ve V407 Peg yıldızlarının analizler sonucu bulunan kütle oranlarının ise literatürde tayfsal çalışma sonucunda bulunan değerlerle uyum içinde olduğu söylenebilir. Fakat V407 Peg sistemi için yapılan olası sıcak leke yaklaşımında elde edilen kütle oranının, literatürdeki çalışma ile uyumunun biraz daha az olduğu görülmüştür. Sistemlerin elde edilen mutlak parametreleri yardımıyla sistemlerin ışıtmaları EL Aqr için $L_1=6.16 L_{\odot}$, $L_2=1.51 L_{\odot}$, V407 Peg için sırasıyla sıcak ve soğuk leke modelleri için $L_1=11.11L_{\odot}$, $L_2=1.92L_{\odot}$ ve $L_1=11.01 L_{\odot}$, $L_2=1.04L_{\odot}$ elde edilmiş ve 111T224 kodlu "Çift Yıldızlarda Açısız Momentum ve Yörünge Evrimi" adlı TÜBITAK projesinde oluşturulmakta olan "Değen Çift Sistemler" katalogunda ele alınmıştır. Ayrıca çalışılan sistemlerin, tüm W Uma sistemleri için verilen kütle- yarıçap ve kütle-ışıtma dağılımlarına uydukları görülmüştür.

Teşekkür. Bu çalışma, TÜBİTAK tarafından 111T224 nolu proje ile desteklenmiştir.

5. Kaynaklar

- Deb, Sukanta; Singh, Harinder P., 2011, MNRAS, 412, 1787D.
Hoffmeister, Cuno, 1933, AN, 247, 281H.
Kalomeni, B.; Yakut, K.; Keskin, V.; Değirmenci, Ö. L.; Ulaş, B.; Köse, O., 2007, AJ, 134, 642K.
Maciejewski, Gracjan; Karska, Agata; Niedzielski, Andrzej, 2002, IBVS, 5343, 1M.
Maciejewski, Gracjan; Ligeza, Piotr; Karska, Agata, 2003, IBVS, 5400, 1M.
Maciejewski, Gracjan; Ligeza, Piotr, 2004, IBVS, 5504, 1M.
Rucinski, Slavek M.; Lu, Wenxian; Mochnacki, Stefan W.; Ogłozza, Waldemar; Stachowski, Greg, 2001, AJ, 122, 1974R.
Rucinski, Slavek M.; Duerbeck, Hilmar W. 2006, AJ, 132, 1539R.
Rucinski, Slavek M.; Pribulla, Theodor; van Kerkwijk, Marten H. 2007, AJ, 134, 2353R.
Rucinski, Slavek M.; Pribulla, Theodor; Mochnacki, Stefan W.; Liokumovich, Evgenij;

Lu, Wenxian; DeBond, Heide; De Ridder, Archie; Karmo, Toomas; Rock, Matt; Thomson, J. R.; and 3 coauthors, 2008,AJ,136,586R.
Stepien, Kazimierz,1968,PASP,80,220S.
Vilhu, O., 1982, A&A, 109, 17.
Wadhwa, Surjit S.; Zealey, William J., 2004,Ap&SS,291,21W.
Zasche, P.2011,IBVS,5991,1Z.