

DELTA SCUTİ BİLEŞENLİ ALGOL TÜRÜ BİR ÇİFT SİSTEM: EF HERCULİS

Tunç ŞENYÜZ¹ ve Esin SOYDUGAN^{1,2}

¹*Çanakkale Onsekiz Mart Üni. Gözlemevi
tuncsenyuz@gmail.com*

²*Çanakkale Onsekiz Mart Üni. Fizik Böl
esoydugan@comu.edu.tr*

Özet

Bu çalışmada, δ Scuti türü zonklama gösteren Algol türü çift sistem EF Her'in 2007 gözlem sezonunda B,V ve R filtrelerinde elde edilen ışık eğrileri çözümlenmiştir. Çözüm sonunda sistemin geometrik ve fiziksel parametreleri belirlenmiş ve kütle oranı yaklaşık olarak 0.21 olarak bulunmuştur. Işık eğrisinin maksimumlarında, yan minumumda ve baş minumumda sıcak bileşenin zonklamasına bağlı olarak dönemsel zonklamalar görülmektedir. Baş bileşenin zonklama özelliklerini belirlemek için, artık ışık eğrileri PERIOD 04 programı kullanarak analiz edilmiş ve tüm renklerde 10.07 c/d frekans değeri elde edilmiştir. B, V ve R filtrelerindeki zonklama genlikleri sırasıyla $0^m.0694$, $0^m.0512$ ve $0^m.0408$ olarak belirlenmiş ve baş bileşenin zonklama özellikleri tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Değişen yıldızlar, Delta Scuti, Frekans Analizi, EF Her*

Abstract

In this study, Algol-type system EF Her, which indicate δ Scuti-type pulsation, the light curves obtained using B,V and R filters during 2007 observing season were analyzed. At the end of analysis, the geometrical and physical parameters of the system were determined and the mass ratio of EF Her was found about 0.21. It is clearly seen periodic oscillations in the maximum, secondary minima and also primary minima of the light curves due to the pulsation of the primary component. The residuals from the computed binary light curves were analyzed with PERIOD 04 program.

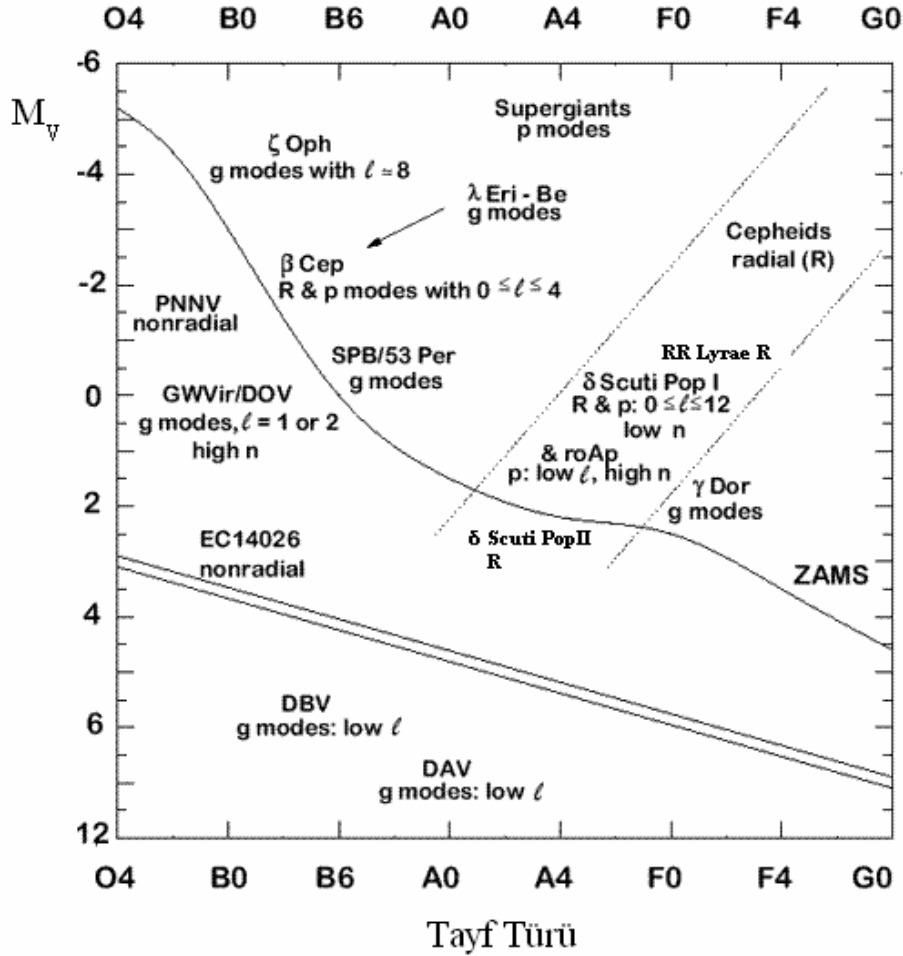
As a result of this, only one frequency was obtained in all filters to be about 10.07 c/d. The pulsation amplitudes in B, V and R filters were determined as $0^m.0694$, $0^m.0512$ and $0^m.0408$, respectively. Finally, the pulsational properties of the primary component have been discussed.

Key Words: *Variable stars, Delta Scuti, Frequence Analysis, EF Her*

1. Giriş

δ Scuti yıldızları genellikle anakol yıldızları veya anakol sonrası erken evrimde görülen kütleleri 1.4 ile 3 M_{\odot} arasında değişen yıldızlardır. H-R diyagramında klasik Cepheidlerin hemen alt kısmında bir bölgede yer alırlar ve hidrojen yakan bir konvektif çekirdek veya hidrojen yakan bir kabuk bölgesine sahiptirler. δ Scuti yıldızlarının tayf türleri genellikle A2 ile F2 tayf türü arasında değişmektedir. Bu yıldızlar tek ve çok modlu olarak çapsal (radyal) veya çapsal olmayan (radyal olmayan) zonklama modu içerirler. Zonklama dönemleri 20 dakika ile 6 saat arasında değişmektedir (Breger, 2005). Delta Scuti yıldızları genellikle düşük genlikli, çapsal ve çapsal olmayan, basınç ve çekim modları içerirler (Breger, 1979; Stobie, ve Shobbrook, 1976; Millis, 1973; Dziembowski, 1974). Bu zonklamalardan sorumlu mekanizma; Kappa mekazismasıdır. Fotometrik parlaklıktaki değişimler genellikle 1^m den az olmak ile birlikte $1^m-0^m.02$ arasındadır. Çoğu δ Scuti yıldızı Populasyon I yıldızdır. Fakat yüksek uzay hızları ve düşük metal bollukları bir kaç

değişenin Popülasyon II ve SX Phe olarak adlandırılan “alt grup” yıldızlarına ait olduklarını göstermiştir.



Şekil 1: Delta Scuti yıldızlarıyla H-R diyagramının daha sıcak bölgelerindeki zonklayan yıldızlar arasındaki konum ilişkisi (Breger, 1993).

Son yıllarda ki yapılan çalışmalarda Klasik Algoller’in sıcak bileşenlerinde Delta Scuti türü zonklamalar gözlenmiştir. Delta Scuti türü zonklama yapan yıldızlar 1970’lerde keşfedilmiştir (Tempesti, 1971; Broglia ve Martin, 1974; McInally ve Austin, 1977 ve Jørgensen ve Gönbech, 1978).

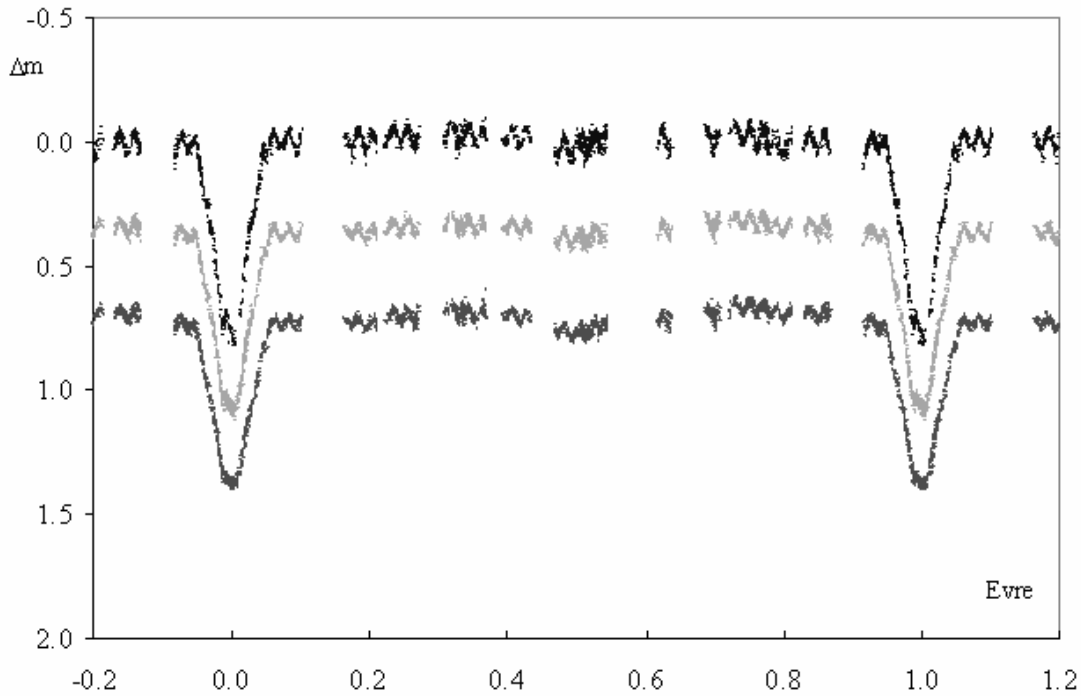
Bu çalışmada incelenen EF Her klasik Algol türü örten çift sistemdir (Budding ve ark. 2004). Bu sistemin literatürde fotometrik ve tayfsal hiçbir çalışması yoktur. Sistemin literatürdeki çalışmaları; 1975 yılında Hilditch ve Hill EF Her’in Strömgren renklerini vermişlerdir ve bu çalışmaya ek olarak Kim ve ark. (2004)’nın iki gecelik gözlem sonucunda elde ettikleri verilere uyguladıkları frekans

analizi verilebilir. Sistemin yörünge dönemi 4.729 gün ve V bandındaki fotometrik parlaklığı ve minI derinliği sırasıyla $\sim 11^m$ ve $0^m.7$ dir (Kreiner, 2004).

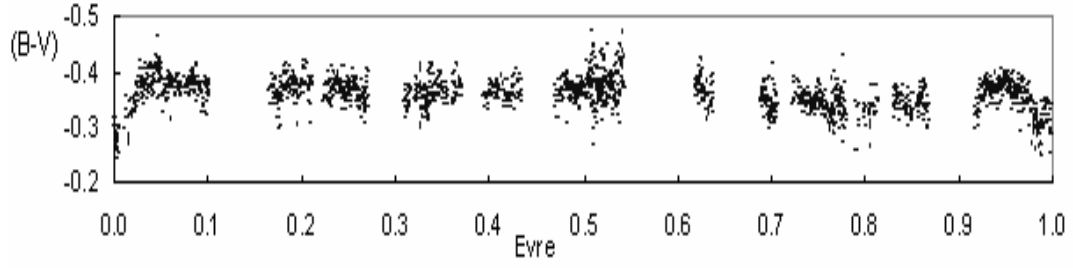
2. Gözlemler

Gözlemler 2007 gözlem sezonunda toplamda 18 gece olarak Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Gözlemevi'nde B, V ve R süzgeçlerinde yapıldı. Gözlemlerde 30 cm'lik Schmidt-Cassegrain teleskop ve SBIG 10MXE CCD kamera kullanıldı. Gözlemlerde GSC 1525 1000 mukayese, GSC 1525 856 denet yıldızı olarak seçildi. Mukayese yıldızı denet yıldızına göre çizdirildiğinde bir değişim görülmedi.

EF Her'in 82.4 saatlik gözlem süresinin dağılımı Tablo 1'de görülmektedir. Gözlem duyarlığımız B, V ve R filtreleri için sırası ile, $0^m.014$, $0^m.011$ ve $0^m.012$ dir. Şekil 2' de EF Her sistemine ait elde ettiğimiz ışık eğrisi gösterilmektedir. Maksimumlarda ve yan minumumda da zonklamadan kaynaklanan parlaklık değişimleri görülmektedir. Şekil 3 de ise sistemin renk eğrisi gösterilmektedir.



Şekil 2: EF Her sisteminin B, V, R filtrelerindeki ışık eğrisi.



Şekil 3: Sistemin renk eğrisi.

Tablo 1: EF Her'in gözlem süresi dağılımı.

Tarih (UT)	Başlangıç (UT)	Başlangıç (HJD 2454230 +)	Süre (Saat)
12/05/07	19:28:05	3.311	5.4
16/05/07	19:38:03	7.318	5.3
17/05/07	19:28:16	8.311	5.0
29/05/07	19:16:53	20.303	4.0
30/05/07	19:19:12	21.305	6.0
10/06/07	19:08:06	32.297	5.1
12/06/07	19:01:03	34.292	6.5
16/06/07	19:51:36	38.327	5.5
19/06/07	20:49:29	41.371	5.8
20/06/07	19:29:19	42.316	5.1
22/06/07	23:10:01	44.469	2.0
24/06/07	19:44:15	46.326	4.5
25/06/07	19:41:48	47.324	5.5
10/07/07	19:32:52	62.318	4.5
16/07/07	22:28:42	68.439	2.1
19/07/07	20:58:59	71.377	3.5
20/07/07	19:13:09	72.303	3.3
31/07/07	19:12:00	83.302	3.3

3. Işık Eğrisi Analizi

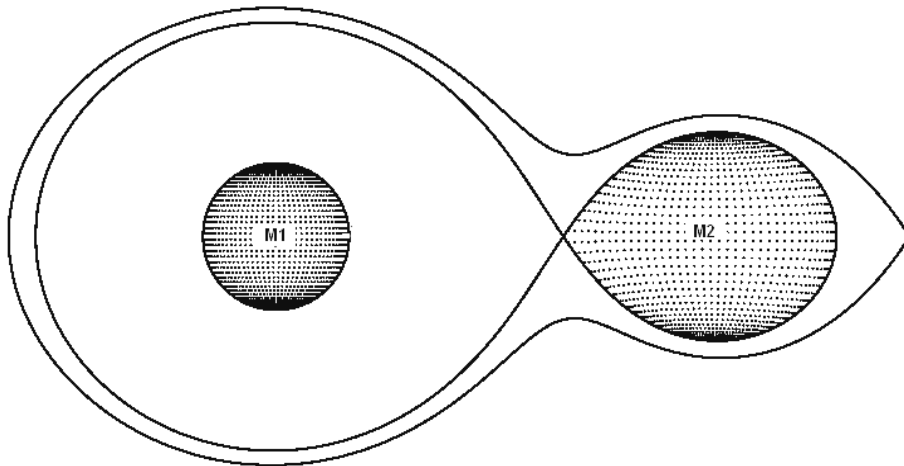
Çözümde Wilson-Devinney programının 2005 (van Hamme ve Wilson, 2003) versiyonunu kullanıldı. Sistemin bugüne kadar tayfsal ve fotometrik çalışması bulunmadığından dolayı sistemin parametreleri literatürde duyarlı olarak bulunmamaktadır. Çözüm ilk olarak Mod 2 de denendi fakat çözüm sonucunda bileşenlerin potansiyel ($\Omega_{1,2}$) değerlerine göre, ikinci bileşenin roche lobunu doldurduğu görüldü. Bu nedenle çözüm, Mod 5 te yapıldı. Simbad verilerine göre EF Her'in tayfı A olarak verilmekteydi. Bu değer gözönüne alınarak, A0 dan A9 a kadar bir sıcaklık taraması yapıldı ve bu sıcaklık taramasında kütle oranı değeri çok ufak bir aralık içerisinde değişim gösterdi. En küçük $\sum W(O - C)^2$ değeri A2 tayf türüne karşılık gelen sıcaklık değeri için elde edildi.

Çözümde bazı parametreler serbest, bazılarıda sabit parametre olarak kabul edildi. Serbest parametreler; evre kayması, yörünge eğikliği (i), yoldaş bileşenin yüzey sıcaklığı (T_2), baş bileşenin potansiyel değeri (Ω_1), kütle oranı (q), baş bileşenin ışıması (L_1) dır. Sabit parametreler ise; baş bileşenin sıcaklığıdır ve bu değer A2 tayf türü için 9327 K olarak alınmıştır (de Jager, 1987). Lineer ve bolometrik kenar kararma katsayıları (van Hamme, 1993), Bolometrik Albedolar A_1 ve A_2 Rucinski (1969), çekim kararma katsayıları g_1 ve g_2 sırasıyla radiatif atmosferler için (baş yıldız) von Zeipel (1924) ve konvektif atmosferler için (yoldaş yıldız) Lucy (1967)' den alınmıştır.

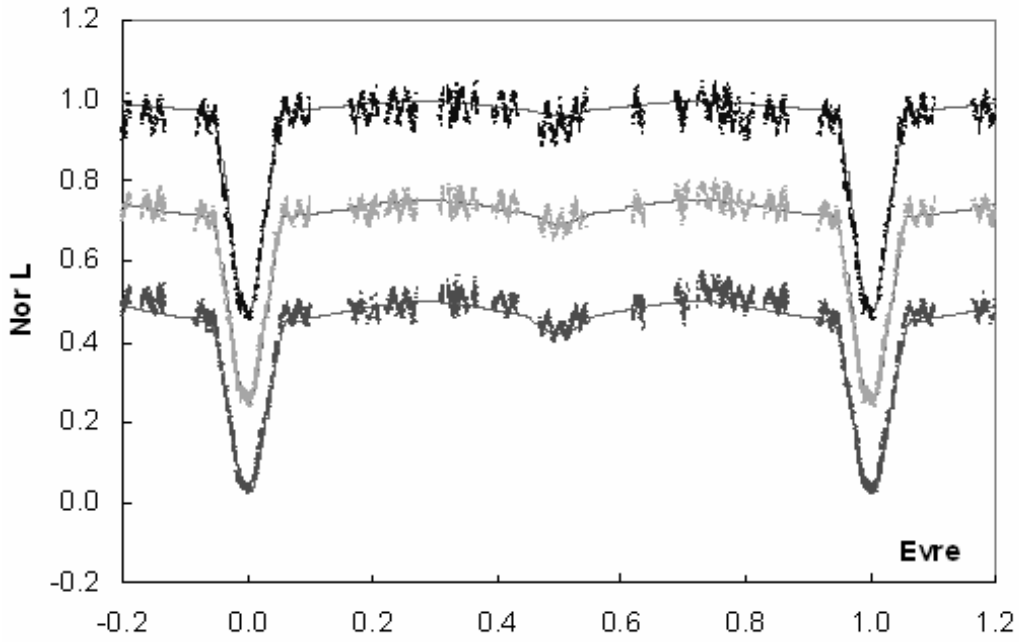
Şekil 5'te Wilson-Devinney programı sonucunda oluşturulan kuramsal eğri ile gözlem noktalarının uyumu gösterilmektedir. Tablo 2'de ise B, V, R filtrelerinin ortak çözümü sonucunda sistemin fiziksel ve geometrik parametreleri verilmektedir. Çözüm sonunda bulunan kütle oranı için ($q = 0.209$) sistemin roche geometrisi Şekil 4'te gösterilmektedir. Şekilden de görüldüğü gibi yoldaş bileşen evrimini tamamlamış ve roche lobunu doldurmuştur. Fakat baş bileşen (zonklama gösteren) ise Roche-lobunu doldurmamıştır ve anakolda bulunmaktadır.

Tablo 2: Eş zamanlı W-D çözümünden elde edilen sistemin parametreleri.

Parametre	B&V&R
i	$77^{\circ}.832 \pm 0.040$
T_1 (K)	9327
T_2 (K)	4767 ± 200
Ω_1	6.2315 ± 0.0280
Ω_2	2.2545
Evre Kayması	0.0006 ± 0.0001
q	0.2088 ± 0.0014
l_3	0.0
e	0.0
g_1	1.00
g_2	0.32
$L_1 / (L_1 + L_2)$	0.9574(B),0.8896(V),0.8125(R)
$L_2 / (L_1 + L_2)$	0.0426(B),0.1104(V),0.1875(R)
r_1 (pole)	0.1657 ± 0.0008
r_1 (point)	0.1664 ± 0.0008
r_1 (side)	0.1661 ± 0.0008
r_1 (back)	0.1663 ± 0.0008
r_2 (pole)	0.2354 ± 0.0005
r_2 (point)	0.3448 ± 0.0026
r_2 (side)	0.2449 ± 0.0005
r_2 (back)	0.2773 ± 0.0005
$\Sigma W(O-C)^2$	0.0316



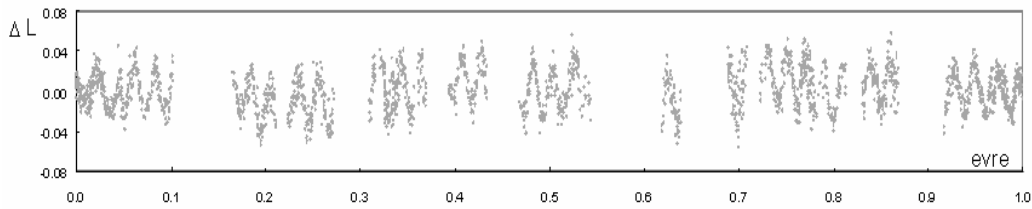
Şekil 5: $q=0.209$ için EF Her'in Roche gösterimi.



Şekil 4: EF Her'in normalize gözlem noktaları ve WD çözümü sonucunda elde edilen kuramsal eğri ile uyumu.

4. Frekans Analizi

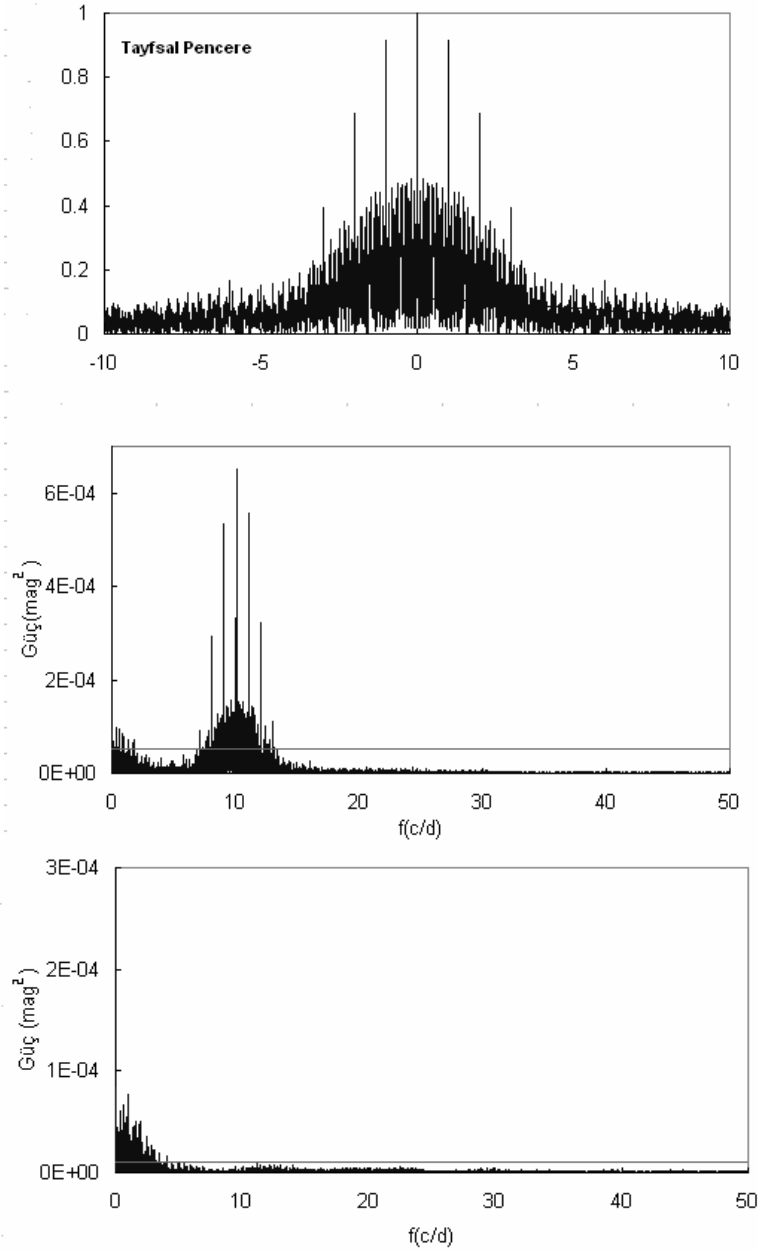
W-D çözümü sonucunda elde edilen kuramsal eğri ile her bir gözlem noktası arasındaki fark alınarak, geriye sadece Şekil 6'da görülen zonklamadan kaynaklanan parlaklık değişimleri elde edildi. Amaç çift sistemlerde zonklamadan kaynaklanan parlaklık değişimlerini elde etmek ve çiftlik etkilerini (yansıma, basıklık) ışık eğrisinden arındırmaktır.



Şekil 6: V filtresinde hesaplanan ve gözlenen ışık eğrileri arasındaki fark.

Elde edilen bu veri, frekans analizi için Period 04 (Lenz, ve Breger, 2005) programında kullanıldı. Her filtre seti için ayrı ayrı frekans değerleri ve bu değerler için genlik değerleri hesaplandı ve sonuçlar Tablo 3'te gösterildi. Her üç renkte de frekans değerleri

aynıdır. Şekil 7 a, b ve c de sırası ile elde edilen taysal pencere, güç tayfi ve artıklar için güç tayfi gösterilmektedir. Şekil 7 b ve c'deki sürekli çizgi hesapladığımız duyarlılık sınırıdır. Elde ettiğimiz ilk frekans değeri Breger, ve ark.'nın (1993) koyduğu kritere göre, anlamlı bir frekans değeridir ve Şekil 7b'de gösterilmektedir. Şekil 7 c de ise baskın moda ilişkin veri çıkartıldıktan sonra artıklara ikinci bir frekana analizi uygulanmış ve anlamlı bir frekans değeri elde edilememiştir.



Şekil 7: V rengindeki a) Tayfsal pencere b) Güç tayfi ve duyarlık sınırı c) Birinci baskın moda ilişkin frekans çıkarıldıktan sonra geriye kalan güç tayfi ve duyarlık sınırı.

Tablo 3: EF Her'in başbileşenin zonklama özellikleri.

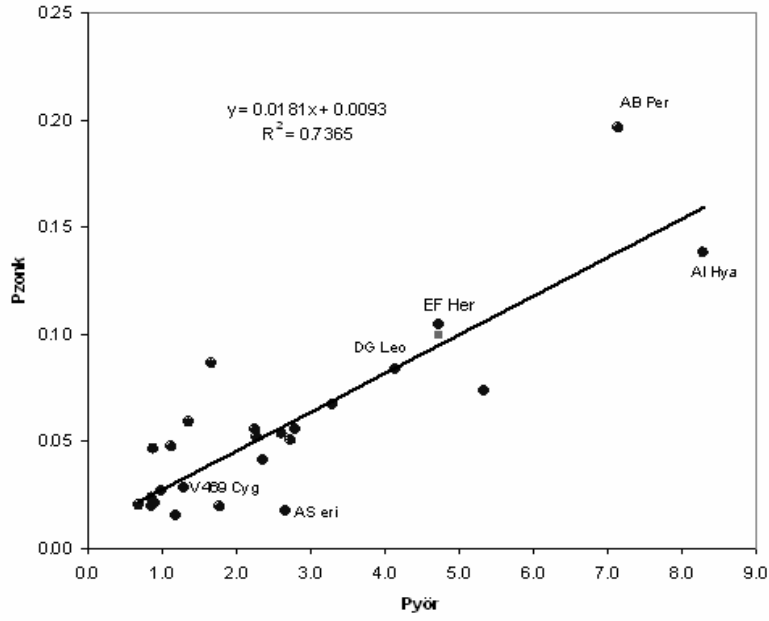
Parametre	B	V	R
Frekans (cd⁻¹)	10.0655 ± 0.0001	10.0653 ± 0.0001	10.0654 ± 0.0002
Genlik (mag)	0.0347 ± 0.0007	0.0256 ± 0.0005	0.0204 ± 0.0006
Evre	0.4479 ± 0.0030	0.4467 ± 0.0030	0.6132 ± 0.0047

4. Sonuçlar

EF Her sisteminin fiziksel ve geometrik parametreleri Wilson-Devinney programının 2005 versiyonu ile belirlendi. Her üç filtre seti için tek tek frekans değerleri ve bunlara ait genlik değerleri elde edildi. Bulunan zonklama döneminin ($P_{zonk} = 2.38$ saat; bu çalışma) Kim ve ark.'nın (2004) bulduğu dönem ($P_{zonk} = 2.5$ saat) ile uyum içerisinde olduğu görüldü. Her üç filtre seti içinde baskın moda ilişkin frekans değerleri çıkartılarak artıklar için ikinci bir frekans değeri uygulandı. Bulunan sonuçlar Breger, ve ark.'nın (1993) ortaya koyduğu belirtece göre Delta Scuti yıldızları için uygun olmadığından anlamlı kabul edilmedi. Bu nedenle sistemin tek bir modda zonklama yaptığı belirlendi.

EF Her'in zonklama döneminde yıllık bir değişimin olduğu görüldü. Genlik değeri Kim ve ark., (2004) $0^m.06(B)$ olarak elde ederken, bu çalışmada $0^m.068(B)$ olarak bulundu. Ayrıca zonklama genliğinde de gecelik bir değişimin olduğuna karar verildi. Bu iki sonuçta kütle aktarımı etkisi ile açıklanabilir. Kütle aktarımı ile farklı evrelerde farklı yoğunlukta madde miktarı ile karşılaşacağı için maddeyi az veya çok yoğun gördüğümüz evreye bağlı olarak zonklama genliğinde bir değişim beklenilebilir (Soydugan, ve ark., 2003, 2006).

Ayrıca elde edilen veriler ile Soydugan ve ark.'nın (2006) çalışması sonucunda elde ettikleri yörünge dönemi ile zonklama dönemi arasındaki ilişkide EF Her sisteminin yeri daha duyarlı olarak belirlendi.



Şekil 8: Yörünge Dönemi ile Zonklama Dönemi arasındaki bağıntıya uygunluğu. Yuvarlak nokta Kim, ve ark., (2004) tarafından elde edilen değerlere göre alttaki kare nokta ise sistemin hesaplanan yeni konumudur.

Teşekkür: Bu bildiri ÇOMÜ Bilimsel Araştırmalar Projesi (BAP) tarafından 2008/92 nolu Yüksek Lisans tez projesi olarak desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Breger, M., 1979, PASP 91, 5
Breger, M., Stich, J., R., Martin, B., Jiang, S. Y., Li, Z. P., Hube, D. P., Ostermann, W., Paparo, M., 1993b A&A, 271, 482
Breger, M., 2005 ASPC, 335, 85
Lenz, P., Breger, M.: 2005, CoAst, 146, 53
Broglia, P., Martin, F., 1974 A&A 34, 89
Budding, E., Erdem, A., Cicek, C., Bulut, I., Soydugan, F., Soydugan, E., Bakis, V., Demircan, O., 2004, A&A, 417, 263
Dziembowski, W. A., Kozłowski, M., 1974, AcA, 24, 245
de Jager, C., Nieuwenhuijzen, H., 1987, A&A, 177, 217
Jørgensen, H.E., Gønbech, B., 1978, A&A 66, 377
Kim, S.L., Lee, J.A., Koo, J.R., Kang, Y.B., Choo, K.J., Mkrtichian, D.E., Kim, S.H., Lee, D.J., Lee, J.W., 2004, IBVS, No.5537
Kreiner, J.M 2004AcA, 54, 207
Lucy, L.B., 1967, Astrophys., 65, 89
McInally, C.J., Austin, R.D., 1977, IBVS, No. 1334
Millis, R.L., 1973, PASP 79, 262

- Rucinski, S.M., 1969, *Acta Astron.* 19, 245
Soydugan, E., Demircan, O., Akan, M.C., Soydugan, F., 2003, *AJ*, 126, 1933
Soydugan, E., Demircan, O., Akan, M.C., Soydugan, F., 2006 *MNRAS* 366, 1289
Stobie, R.S., Shobbrook, R.R., 1976, *MNRAS* 174, 401
Tempesti, P., 1971, *IBVS*, No.596
van Hamme, W., 1993 *AJ*, 106, 2096
van Hamme, W., Wilson, R.E.: 2003, in: U. Munari (ed.), *GAIAspectroscopy: Science and Technology*, ASP Conf. Ser. 298, 323
von Zeipel H., 1924, *MNRAS*, 84, 665