

# EKSEN DÖNMESİ GÖSTEREN SİSTEMLER ÜZERİNE İSTATİSTİKSEL İNCELEME

Uğurcan SAĞIR<sup>1</sup>, Birol GÜROL<sup>2</sup>

## Özet

Bu çalışma, Kreiner ve ark. [1] tarafından O-C değişimi yayınlanmış ve literatürden fiziksel ve yörüngesel parametreleri elde edilmiş toplam 84 adet sistem kullanılarak gerçekleştirilmiştir. O-C değişimine göre eksen dönmesi gösteren sistemlerin  $eDa$  ve  $eDb$  şeklinde iki farklı yapıda sınıflandırılmıştır. Eksen dönmesi gösteren sistemlerin büyük bir çoğunluğunun bileşenleri anakolda bulunan Algol türü çift sistemler oldukları ortaya çıkmıştır. Bileşen yıldızların neredeyse tamamının  $B$  veya  $A$  tayf türünden oldukları ve galaktik düzleme çok yakın konumlarda buldukları görülmüştür. Çoğu sistem için kütle oranının 1'e yakın değerler aldığı ve yüzey potansiyel değerlerinin birbirlerine göre doğrusal bir bağıntı gösterdikleri ortaya çıkmıştır. Doğrusal değişim üzerinde bulunan fakat henüz eksen dönmesi görülmeyen sistemlerde eksen dönmesi görülme olasılığının fazla olduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Örtün çift yıldızlar, Dönem değişimi, Eksen dönmesi gösteren sistemler, İstatistiksel dağılım.

## Abstract

This work is a part of a study made using the O-C variations published by Kreiner et al. [1] for 84 systems which physical and orbital parameters obtained from literature. The systems classified as apsidal motion systems shows two type of variation which classified as  $eDa$  and  $eDb$  systems. We derived that most of the systems that showing apsidal motion are Algol type binaries which most of the components located on the main sequence. Nearly all of the components are  $B$  or  $A$  spectral type and located nearly on the galactic plane. The masses of the components are nearly identical which the resulting mass ratio of the systems is near to 1. We found that the potentials of the components vary linearly with each other and any systems located on this line has a high probability of being apsidal motion systems.

**Key words:** Eclipsing binary stars, Period variation, Systems showing apsidal motion, Statistical distribution.

## 1. Giriş

Örtün değişen yıldızların gözlemi sonucunda elde edilen minimum zamanları, onların dönem değişimlerinin incelenmesinde kullanılan en önemli gözlemsel veriyi oluşturur. Çift yıldız sistemlerinde karşılaştığımız dönem değişimlerinin nedenleri konusunda çok sayıda inceleme literatürde bulunmaktadır. Dönem değişiminin nedenleri arasında; bileşen yıldızlar arasında kütle alış-verişi veya uzaya kütle aktarımı, görülmeyen üçüncü bileşenin varlığı

<sup>1</sup> Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bil. Böl. Ankara, ugurcansagir@hotmail.com

<sup>2</sup> Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bil. Böl. Ankara, gurol@science.ankara.edu.tr

(birden fazla bileşen bulunabilir), bileşen yıldızların manyetik etkinlikleri ve yörüngenin uzayda dönmesi (eksen dönmesi) gibi nedenler sayılabilir. Bu nedenlerden bazıları dönemli bazıları ise zaman zaman gerçekleşen olaylardır ve etkileri sistem için çizilen O-C grafiklerinde görülür. Çoğu çift yıldız sisteminde bu mekanizmalardan biri veya birkaçının aynı anda dönem değişimine etkide bulunduğu bilinmektedir.

Dönem değişimine ilişkin bilgi, sisteme ait gözlenmiş minimum zamanlarından yararlanarak oluşturulan O-C eğrisi incelenerek elde edilebilmektedir. Bu türden çalışmaların doğru bir şekilde gerçekleştirilmesi, gözlem kalitesi yüksek (fotometrik ve ccd gözlemleri) verilerin uzun bir zaman aralığına dağılmış olması durumunda mümkündür. Bu kritere uyan sistem sayısı literatürde çok fazla değildir, en iyi durumda 100 yılı aşkın bir zamana yayılmış gözlemsel veri ile karşılaşmak mümkündür.

Eksen dönmesi gösteren sistemler, yukarıda bahsedilen dönem değişim türlerinden sadece birini oluşturmaktadır ve çizilen O-C grafiklerindeki değişim nedeniyle kolaylıkla diğer dönem değişimi gösteren sistemlerden ayrılabilir. Büyük dışmerkezliğe sahip çift yıldız sistemlerinde, eğer yörünge doğrultusu uzayda yer değiştiriyorsa, bileşen yıldızların birbirlerini örtme ve örtülme zamanlarında değişiklikler ortaya çıkar. Bu tür sistemlerin O-C değişimleri incelendiğinde, birinci ve ikinci minimumların birbirlerine zıt fazda ve dönemli olarak yer değiştirdikleri görülür. Ayrıca bu tür sistemlerde, diğer dönem değişimin nedenlerinden biri veya birkaçı aynı zamanda bulunabilir (örn. Eksen dönmesi gösteren sistemlerde üçüncü cismin varlığı: Wolf ve ark. [2]) ve bu etki O-C değişimi üzerinde çeşitli şekillerde kendini gösterir.

Dışmerkezliğe sahip sistemlerde bileşen yıldızların birbirlerine uyguladıkları çekimsel kuvvetler, yörünge üzerindeki her noktada sabit kalmaz. Genel davranış, dönme-dolanma kitlenmesini ve yörüngenin dairesel hale gelmesi şeklindedir. Bir çift yıldız sisteminde işleyen bu kuvvetler, sistemin yörüngesinin uzayda konum değiştirmesine neden olur. Bu nedenle bakış doğrultumuza göre bileşen yıldızların birbirlerini örtmeleri veya örtülmeleri arasında zaman farklılıklarının ortaya çıkmasına neden olur. Yörüngenin uzaydaki dönme hızına bağlı olarak, örtme ve örtülme zamanları değişeceğinden bu tür sistemler için çizilen O-C grafiklerinden yörüngenin uzayda dönme süresinin belirlenmesi mümkündür. Yörüngenin uzayda tam bir tur atması için geçmesi gereken süreye “*eksen dönme dönemi*” adı verilir ve  $U$  sembolüyle gösterilir.  $U$  değeri yakın çift sistemler için birkaç yıl olabileceği gibi, ayrık çift sistemlerde birkaç yüzyıl gibi değerler alabilmektedir. Bu tür sistemlerin en önemli özellikleri bileşen yıldızların iç yapılarına ait bilgilere ulaşılabilmesi ve yörünge dışmerkezliğinin belirlenebilmesidir (Cowling [3], Sterne [4]).

Eksen dönmesine ilişkin parametrelerin gözlenen minimum zamanlarından hesaplanması, bilinen O-C analizi yöntemleri ile gerçekleştirilir. Bu tür çalışmalar için yararlanılabilecek bazı kaynaklar Gimenez & Garcia-Pelayo [5], Lacy [6], Wolf ve ark.[7] olarak verilebilir.

Bu çalışmanın temel düşüncesi; O-C değişimleri üzerinde yapılacak şekilsel bir sınıflandırma ile yıldızların fiziksel ve/veya geometrik parametreleri arasında bir ilişkinin bulunup bulunmadığının ortaya konmasıdır. Çalışma aslında her türden dönem değişimi gösteren sistemleri kapsamaktadır, fakat burada bu çalışmanın sadece eksen dönmesi ile ilgili kısmı sunulacaktır.

## 2. Materyal

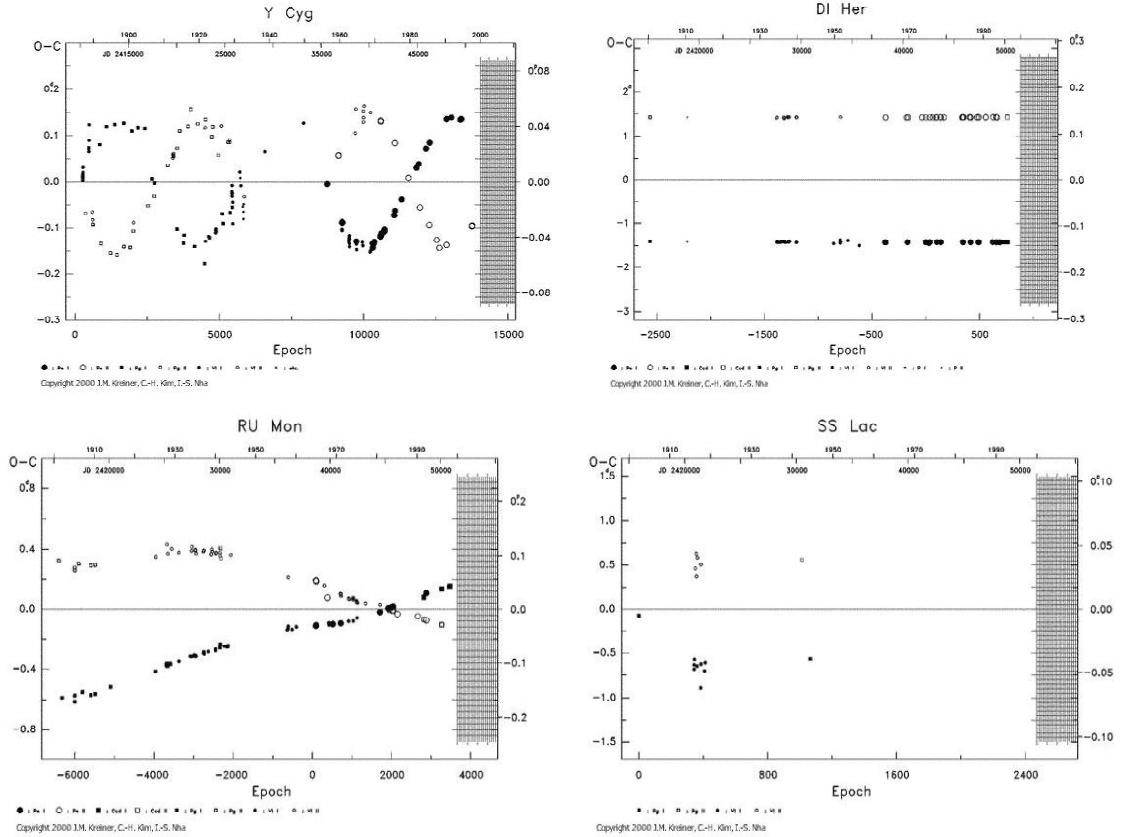
Bu çalışmada kullanılan materyal, Kreiner ve ark. [1]'nin örten değişen sistemler için yayınladıkları O-C grafikleri ve bu sistemler için literatür taraması sonucu elde edilen fiziksel ve geometrik parametrelerdir. O-C değişimi yayınlanmış toplam 1115 sistemin dönem değişim karakteristiğinin sınıflandırılması gerçekleştirilmiş ve yoğun bir emek harcanarak gerçekleştirilen literatür taraması sonucunda toplam 654 sistem için yeterli sayıda parametre

toplana bilmiştir. Yapılan O-C sınıflandırması sonucunda toplam 84 adet sistemin eksen dönmesi gösteren sistem olduğu belirlenmiş ve istatistiksel inceleme bu sistemler kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Şekilsel olarak incelendiğinde, eksen dönmesi ( $eD$ ) gösteren sistemlerin iki ana sınıfta toplanabileceği görülmüştür. Bu iki ana sınıf sistem  $eDa$  ve  $eDb$  olarak sembolize edilmiştir. Şekil 1’de sol üst  $eDa$  türü sistemleri ve sağ üst  $eDb$  türü sistemleri temsil etmek için kullanılan örnek O-C değişimlerini göstermektedir. Bu iki tür sistem arasındaki temel farklılık  $eDa$  türü sistemlerde birbirine zıt fazda minimumların dönemli olarak yer değiştirmesi,  $eDb$  türü sistemlerde ise birinci ve ikinci minimumların birbirlerine paralel şekilde değişim göstermesidir.

$eDb$  olarak sınıflandırılan sistemlerde görülen bu tür değişim için yapılabilecek iki açıklama olabilir. Bunlardan ilki, sistemin  $U$  değerinin çok büyük olmasıdır ve diğeri ise bu sistemlerin eksen dönmesi göstermiyor olmasıdır. Şayet bu açıklamalardan ikincisi doğru ise bu durumda dönme-dolanma kitlenmesine ilişkin teorinin bu tür sistemlerde neden işlemediğinin açıklanması gerekmektedir.

Şekil 1’de sol alt kısımda gösterilen ve  $eDa$ ’ların bir alt sınıfı olarak sınıflandırılan sistemlerde, birinci ve ikinci minimumların eksen dönmesine ilişkin değişimin yanında ayrıca periyodik değişimlerin görüldüğü sistemler olarak dikkate alınmış ve  $eDa+s$  gösteriminin bu tür sistemler için uygun olduğu kabul edilmiştir. Bu tür sistemlerin sayısı çok fazla değildir ve bileşen yıldızlar açısından  $eDa$  türü sistemler olarak bakılabilir.  $s$  sembolü sinüsel değişimi temsil etmek amacıyla kullanılmıştır ve muhtemelen üçüncü bir bileşenin varlığı bu türlü bir değişime neden olmaktadır. Şekil 1’de alt sağ’da gösterilen ve  $eD?$  ile sembolize edilen sistemler; yeterince gözlemsel verisi bulunmayan fakat birinci ve ikinci minimumların



**Şekil 1.** Eksen dönmesi gösteren sistemlerde dikkate alınan sınıflandırmaya örnek O-C değişimleri. Sol üst şekil  $eDa$  türü, sol alt şekil  $eDa+s$ , sağ üst şekil  $eDb$  ve sağ alt şekil  $eD?$  türüne örnek olarak verilmiştir (şekiller Kreiner [1] den alınmıştır).

birbirlerine zıt fazda bulunduğu sistemlerdir. Bu tür sistemlere ilişkin gözlemsel verisinin artması ile *eDa* veya *eDb* türü sistemlerden biri olarak sınıflandırılacak sistemler olarak dikkate alınacaktır.

Eksen dönmesinin temel nedeni, büyük dışmerkezliğe sahip sistemlerde yörünge dairesel hale gelmesini ve dönme/dolanma kitlenmesini sağlayacak çekimsel kuvvetlerin işlemesi olduğuna göre, *eDb* türü dönem değişimi gösteren sistemler aslında *eDa* türü değişim gösterecek sistemler olarak bakılabilir.

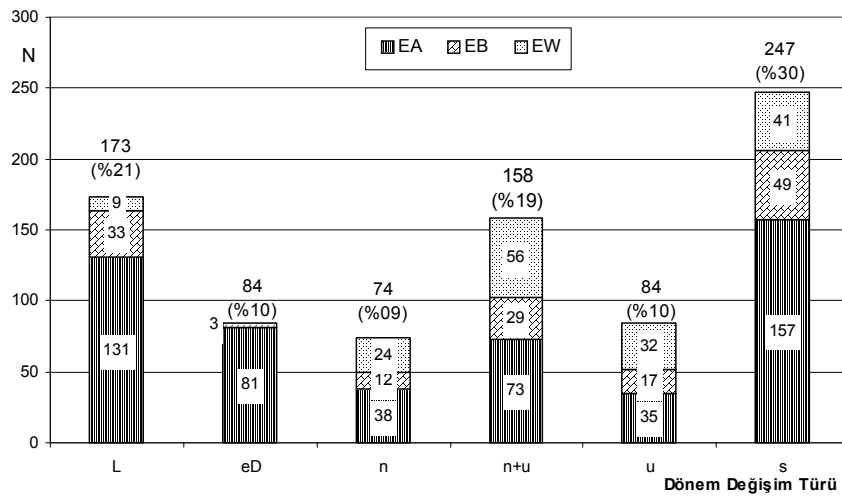
Dikkate alınan sistemlerin ışık eğrilerinin biçimlerine göre dağılımları Tablo 1’de verilmiştir. Işık eğrisi biçimleri dikkate alındığında, eksen dönmesinin neredeyse tamamının *Algol* türü sistemlerde görüldüğü ortaya çıkmıştır. Dikkate alınan sistemler arasında üç adet  *$\beta$  Lyrae* ve bir adet eliptik değişen sistem bulunmaktadır. *Algol* türü sistemler, genel olarak uzun dönemli ve bileşenleri küresel yapıya sahip ayrı sistemlerdir. Nisbeten kısa yörünge dönemine sahip olan  *$\beta$  Lyrae* ve *W UMa* türü sistemlerde eksen dönmesinin görülmemesi, bu tür sistemlerde dönme ve dolanma kitlenmesinin gerçekleştiği ve yörünge dairesel hale geldiğini gösterir. Tablo 1’den çıkarılabilecek bir başka sonuç ise *eDa* türü dönem değişimi gösteren sistemlerin, *eDb* türü sistemlere göre yaklaşık iki kat daha fazla olmasıdır. Bu ise *eDb* türü sistemlerin zamanla *eDa* türü değişim göstereceklerini desteklemektedir.

Şekil 2’de dönem değişimi gösteren bütün sistemler dikkate alındığında, eksen dönmesi gösteren sistemlerin diğer incelenen sistemler arasında %10’luk bir orana sahip olduğu ve yaklaşık %96’lık bir oranda *Algol* türü sistemlerden oluştuğu ortaya çıkmaktadır. Ayrıca Şekil 2’den çıkarılan bir başka sonuç, dönem değişiminin çift yıldız sistemlerinde olağan bir olay olduğudur. Dikkate alınan sistemlerin sadece %21’inde dönem değişimi görülmemektedir (veya henüz görülmemektedir).

**Tablo 1.** Işık eğrisi biçimlerine göre *eDa*, *eDb*, *eDa+s* ve *eD?* sınıfı dönem değişimi gösteren sistemlerin dağılımları. EA (*Algol*), EB ( *$\beta$  Lyrae*) ve EW (*W UMa*) türü ışık eğrisi gösteren sistemleri temsil etmektedir.

Dönem Değişim Türü	EA(N)	EB(N)	EW(N)	Toplam
eDa	43	2	-	45
eDb	21	1	-	22
eDa+s	5	-	-	5
eD?	10	-	-	12*

\* Sistemlerden biri ELL/KE türü değişen olarak sınıflandırılmıştır (GCSV).



**Şekil 2.** Işık eğrisi biçimi ve dönem değişim türlerine göre sistemlerin dağılımı. *N* sembolü sistemlerin sayısını, *L*, dönem değişimi görülmeyen veya henüz görülmeyen sistemleri, *eD* eksen dönmesi gösteren sistemleri, *n* ve *u* kütle aktarımı veya atımı nedeniyle dönem değişimi gösteren sistemleri ve *s* ise sinüs benzeri dönemli değişim gösteren sistemleri temsil etmektedir.

Tablo 2’de eksen dönmesi gösteren sistemlerin GCVS’de verilmiş olan değişen yıldız kodlamasına göre dağılımı verilmiştir. Eksen dönmesi gösteren sistemlerin yaklaşık %90’ının *EA*, *EA/DM* ve *EA/D* türü ayrı sistemlerden oluştuğu görülmektedir. Ayrıca dikkate alınan sistemlerin yaklaşık %73’ünün anakol bileşenlerine sahip oldukları anlaşılmaktadır.

**Tablo 2.** Eksen dönmesi gösteren sistemlerin GCVS’de verilen ışık değişim türüne göre dağılımları

Tür	Adet	Yüzde
E	1	
EA	6	7.14%
EA/D	9	10.71%
EA/DM	61	72.62%
EA/KE:	1	
EA/SD:	1	
EA+DSCTC	1	
EB	1	
EB/DM	1	
EB/GS+ACYG	1	
ELL/KE	1	
Toplam:	84	90.48%

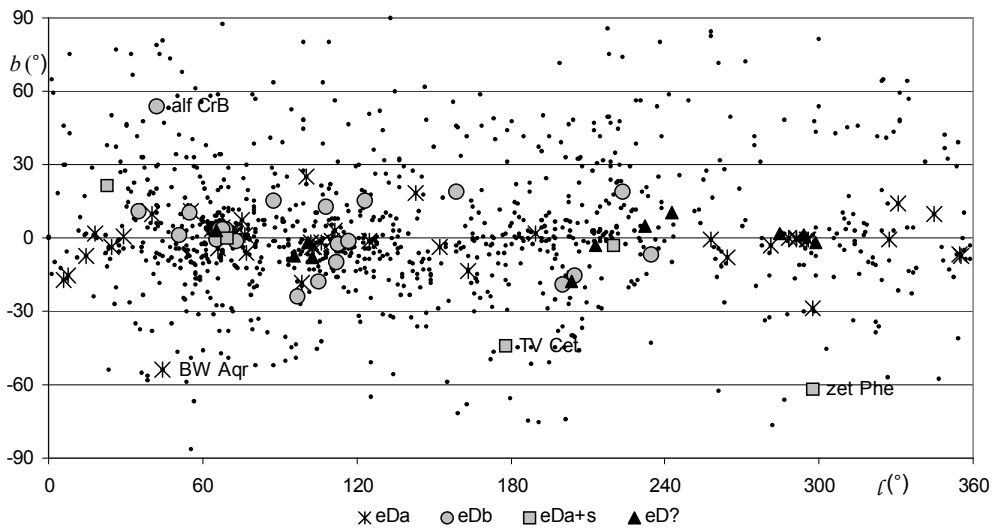
### 3. Eksen Dönmesi Gösteren Sistemlerde İncelenen Dağılımlar

#### 3.1. Galaktik Dağılım

Şekil 3’de dikkate alınan 84 adet sistem ile birlikte dönem değişimi gösteren diğer sistemlerin galaktik dağılımları gösterilmiştir. Grafik üzerinde belirtilen dört adet sistem hariç, eksen dönmesi gösteren sistemlerin neredeyse tamamı galaktik düzleme çok yakın konumlarda bulunmaktadır. Bu ise onların genç sistemler olduğunun bir göstergesidir. Eksen dönmesi gösteren sistemlerin galaktik dağılımlarına bakarak, kendi aralarında bir ayırım yapmak mümkün görülmemektedir. Bu türden sistemlerin büyük bir kısmı  $-15 < b(^{\circ}) < +15$  (%75) aralığında bulunmaktadır.

*Zet Phe* ( $P=1^{\text{g}}.67$ ,  $B6V+B9V$ ,  $e=0.0113$ ) ve *TV Cet* ( $P=9^{\text{g}}.1$ ,  $F2+F5$ ,  $e=0.055$ ) sistemleri *eDa+s* türü dönem değişimi gösteren sistemler olarak sınıflandırılan sistemler arasındadır ve muhtemelen üçüncü bileşene sahip sistemlerdir. *Zet Phe* sistemi aynı zamanda dönemi  $P=210$  yıl olan WDS 01084-5515 olarak adlandırılan görsel çift yıldızın bileşenlerinden biridir (Ling [8], Chambliss [9]).

*TV Cet* sistemi, Wolf ve ark.[10] tarafından üçüncü bileşene sahip olduğu yaptıkları O-C analizi sonucunda belirtilen bir sistemdir. Sistemin eksen dönmesi dönemi  $U=30000$  yıl’dır. Mevcut O-C eğrisine bakılarak sınıflandırma gerçekleştirildiğinde, sistem *eDb* benzeri bir yapıya sahiptir. Ayrıca her iki bileşeni *F* tayf türünden olan ender sistemlerden biridir (bkz. Kesim 3.11).



**Şekil 3.** *eDa*, *eDa+s*, *eDb* ve *eD?* sınıfı dönem değişimi gösteren sistemlerin galaktik dağılımları.

*eDa* sınıfı olan *BW Aqr* ( $P=6^s.7$ ,  $e=0.17$ , F8IV+F7IV) her iki bileşeni *F* tayf türünden olan başka bir sistemdir ve *eDa* türü dönem değişimi gösteren sistemler içerisinde en geç tayf türüne sahip tek sistemdir (bkz. Kesim 3.11). Sistem Clausen [11] tarafından incelenmiş ve her iki bileşenin anakolun üst kısmına doğru evrimleşme aşamasında bulunan ender sistemlerden biri olduğunu belirtmiştir, sistemin eksen dönme dönemi,  $U=7400\pm 900$  yıl olarak hesaplanmıştır.

$\alpha$  CrB ( $P=17^s.36$ ,  $e=0.37$ , A0V+G5V) sistemi *eDb* türü dönem değişimi gösteren sistem olarak sınıflandırılmıştır ve aynı türdeki diğer sistemler ile karşılaştırıldığında düşük kütle oranı ( $q=0.356$ ) dikkati çekmektedir (bkz. Kesim 3.5). Ayrıca dönem değişim genliği en büyük olan dördüncü sistemdir ve en geç tayf türünden yoldaş bileşene sahip sistemlerden birini oluşturmaktadır. Dönem değişim türünün belirlenmesinde kullanılan O-C grafiğindeki gözlemsel verisi sayısı son derece az olduğu için dönem değişim türünde belirsizlik olabilir.

*Zet Phe* sistemi hariç diğer sistemlerin geç tayf türünden bileşenlere sahip sistemler oldukları dikkati çekmektedir.

### 3.2. Yörünge Yarı-Büyük Eksen Uzunluğu ve Dönem Dağılımı

Kepler yasaları gereği birbirlerine bağımlı olan bu iki parametrenin karşılaştırılmasının temel nedeni, bu türden dönem değişimi gösteren sistemler için dönem ve yörünge yarı-büyük eksen büyüklüğü olarak alt ve üst sınırların bulunup bulunmadığının incelenmesidir.

Tablo 3 incelendiğinde, *eDa* türü sistemler için dönemi 1 günden küçük, *eDb* türü sistemler için ise dönemi 3 günden küçük herhangi bir sistemin bulunmadığı görülür. En küçük döneme sahip *eDb* türü sistemlerden IT Cas ( $P=3^s.897$ ,  $e=0.085$ , F5+F5), MY Cyg ( $P=4^s.005$ ,  $e=0.01$ , A7:m+A5:m (F0m+F0m)), CO Cep ( $P=4^s.138$ ,  $e=0.094$ , G0V) ve EK Cep ( $P=4^s.428$ ,  $e=0.109$ , A0V+F9 (A1,5V+G5)) sistemleridir.

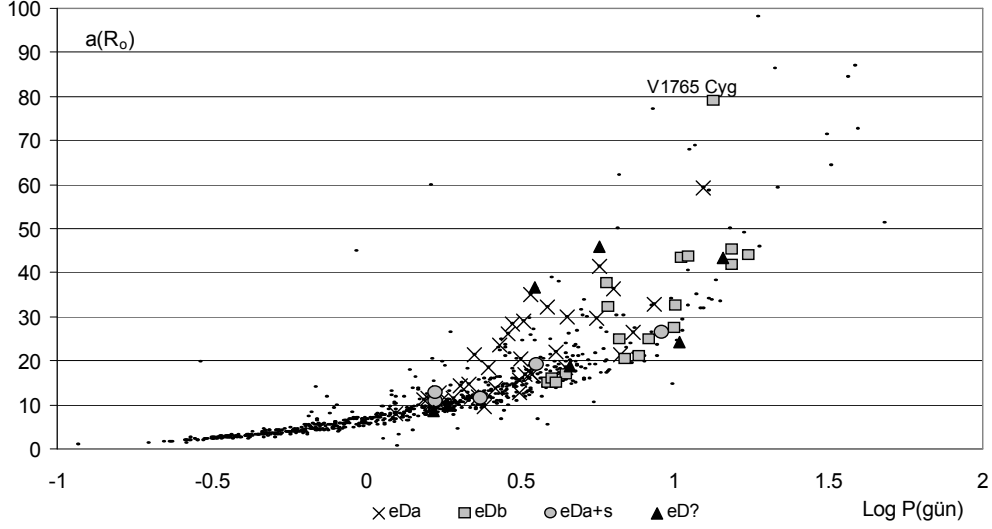
*eDb* türü olan bu dört sistemin ortak özelliği küçük dışmerkezliğe sahip yörüngeleri ve geç tayf türünden bileşenlere sahip olmalarıdır. Geç tayf türünden bileşene sahip *eDb* türü diğer sistemlerde ise yörünge dışmerkezliklerinin daha büyük değerlere sahip olduğu görülmüştür.

*eDa* türü sistemler için yığılmanın  $1 < P(\text{gün}) \leq 4$  (%74) aralığında bulunması ve bu aralığa karşılık *eDb* türü sistemlerin sayısının son derece az olması (%0.05), *eDa* türü sistemler ile *eDb* türü sistemlerin birbirlerinden farklı olduklarının bir göstergesi olabilir.  $P > 5$  gün için hem *eDa* hemde *eDb* türü sistemlerin bulunması, eksen dönme mekanizmasında sadece dönem parametresinin etkin olmadığını, aynı zamanda yörünge dışmerkezliklerinin de dikkate alınması gerektiğini göstermektedir.  $P > 5$  gün sınırı için *eDb* türü sistemlerden sadece iki adet sistemin yörünge dışmerkezliği 0.1 den küçük olduğu belirlenmiştir ve bu sistemlerden birinde yoldaş bileşen geç tayf türüne sahiptir.

Tablo 3 dikkate alındığında yakın çift sistemlerde eksen dönmesinin görülmediği ortaya çıkmaktadır. Yakın çift yıldız sistemleri oluşurken dairesel yörüngeye sahip bir şekilde oluşmuyorsa bu durumda yakınlık etkisinin yörüngeyi hızla dairesel hale getirdiği söylenebilir. Tablo 3 dikkate alındığında eksen dönmesi görülen sistemlerde

**Tablo 3.** Dönem değişim türlerine göre dönem ve yörünge yarı-büyük eksen uzunlukları dağılımı.

P(gün)	eDa	eDb	a(R <sub>o</sub> )	eDa	eDb
0<P≤1	-	-	0<a≤3	-	-
1<P≤2	11	-	3<a≤6	-	-
2<P≤3	13	-	6<a≤9	1	-
3<P≤4	13	1	9<a≤12	11	-
4<P≤5	4	3	12<a≤15	6	1
5<P≤6	2	-	15<a≤18	4	3
6<P≤7	2	5	18<a≤21	4	1
7<P≤8	2	1	21<a≤24	4	1
8<P≤9	1	1	24<a≤27	3	2
9<P≤10	1	2	27<a≤30	4	1
P>10	1	9	a>30	6	9
<b>Toplam:</b>	<b>50</b>	<b>22</b>	<b>Toplam:</b>	<b>43</b>	<b>18</b>



**Şekil 4.** Eksen dönmesi gösteren sistemlerde dönem-yörünge yarı büyük eksen uzunlukları arasındaki değişim. Küçük siyah semboller O-C değişimi bilinen diğer sistemleri göstermektedir.

yörünge yarı-büyük eksen uzunlukları için sınır değerler verilebilir, bu sınır değerler *eDa* türü sistemler için  $a > 9 R_{\odot}$  ve *eDb* türü sistemler için  $a > 12 R_{\odot}$  dir.

Şekil 4’de eksen dönmesi gösteren sistemlerde en aykırı konumda bulunan fakat genel dağılımın bir uzantısı olduğunu düşündüğümüz V1765 Cyg ( $P=13^{\text{g}}.37$ ,  $e=0.335$ , B0.5Ib+B2V (B0IV), EB/GS+ACYG) sistemi bulunmaktadır. Bu sistemde bileşen yıldızlardan biri süperdev’dir ve yoldaş bileşen ise nonradyal zonklama yapan bir yıldızdır. Bu konfigürasyonu dikkate alındığında eksen dönmesi gösteren sistemler içerisinde rastlanan ender sistemlerden birini oluşturmaktadır. Ayrıca sistemin  $q=0.488$  kütle oranı ile en düşük kütle oranına sahip sistemlerden biri olma özelliğini taşıdığı görülmüştür (bkz. Kesim 3.5).

### 3.3. Sıcaklık Dağılımı

Tablo 4’de eksen dönmesi gösteren sistemlerde bileşen yıldızların sıcaklık dağılımları verilmiştir. *eDa* türü sistemlerde baş bileşenlerin çoğunlukla  $7500 < T \leq 15000$  K (%59) aralığında bulunmasına rağmen belirli bir sıcaklıkta yığılmadan bahsetmek mümkün değildir. *eDb* türü sistemlerde ise yığılma genel olarak  $5000 < T \leq 10000$ K (%71) aralığında bulunmaktadır.

Yoldaş bileşenler dikkate alındığında *eDa* türü sistemler için  $5000 < T \leq 12500$ K (%59) aralığı ve *eDb* türü sistemler için  $5000 < T \leq 10000$ K (%77) aralığı yığılmanın en fazla olduğu sıcaklık aralığı olarak verilebilir.

**Tablo 4.** Dönem değişim türlerine göre baş ve yoldaş bileşenlerin sıcaklık dağılımı.

T(K)	Baş Bileşen		Yoldaş Bileşen	
	eDa	eDb	eDa	eDb
2500<T≤5000	-	1	-	1
5000<T≤7500	3	7	4	9
7500<T≤10000	9	6	13	5
10000<T≤12500	8	-	6	-
12500<T≤15000	5	-	3	-
15000<T≤17500	3	2	4	2
17500<T≤20000	2	1	-	-
20000<T≤22500	1	-	1	1
22500<T≤25000	2	-	3	-
25000<T≤27500	2	1	2	-
27500<T≤30000	3	-	2	-
T>30000	6	1	6	-
<b>Toplam:</b>	<b>44</b>	<b>18</b>	<b>44</b>	<b>18</b>

Bileşen yıldızların sıcaklıkları dikkate alındığında *eDb* türü sistemlerin *eDa* türü sistemlere göre daha düşük sıcaklığa sahip bileşenlere sahip sistemler oldukları söylenebilir. Ayrıca *eDb* türü sistemlerde 10000 K'den büyük baş ve yoldaş bileşenlerin sayısının çok az olduğu (~%20) dikkati çekmektedir.

### 3.4. Kütle Dağılımı

Tablo 5'de bileşen yıldızların kütlelerinin dağılımı verilmiştir. Her iki tür dönem değişimi gösteren sistemler için baş ve yoldaş bileşenlerin kütlelerinin  $1 M_{\odot}$ 'den büyük olduğu (küçük olan tek örnek var) görülmektedir. Bileşen yıldızların kütleleri anlamında verilen bu alt sınırın dışında *eDa* türü sistemler için dağılımda dikkat çeken bir yığılmanın bulunmadığı, fakat *eDb* türü sistemlerde baş ve yoldaş bileşenler için  $1.0 < M_{1,2}(M_{\odot}) \leq 2.5$  aralığında bir yığılmanın bulunduğu söylenebilir.

### 3.5. Kütle Oranı Dağılımı

Tablo 6'de verilen ve *eDa* ile *eDb* türü dönem değişimi gösteren sistemler için kütle oranı dağılımları incelendiğinde, genel olarak eksen dönmesinin büyük kütle oranına sahip sistemlerde görüldüğü ortaya çıkmaktadır.  $q < 0.5$  (%4.5) kütle oranına sahip çok az sistem bulunmaktadır. *eDb* türü için sistemlerin yaklaşık %72'sinin kütle oranının  $q > 0.8$  olduğu, *eDa* türü sistemler için ise yaklaşık %91'inin kütle oranının  $q > 0.6$  olduğu görülmektedir. Kütle oranı  $q < 0.3$  olan herhangi bir sistemde eksen dönmesi mevcut değildir.

Küçük kütle oranına sahip sistemlerde eksen dönmesi görülmemesi ve yığılmanın genel olarak büyük kütle oranlarında bulunmasından, eksen dönmesi nedeniyle dönem değişiminin birbirlerine yakın kütlelere sahip bileşenli sistemlerde gerçekleştiğini göstermektedir.

### 3.6. Yarıçap Dağılımı

Tablo 7 incelendiğinde  $R \leq 1 R_{\odot}$  olan ve eksen dönmesi görülen sistem sayısının yok denecek kadar az (tek örnek var:  $\alpha$  CrB,  $R_2 = 0.9 R_{\odot}$ ) olduğu görülmektedir. *eDa* türü sistemlerde baş ve yoldaş bileşenler için yığılma  $1.5 < R_{1,2}(R_{\odot}) < 3.0$  (%56) aralığında bulunmaktadır.

*eDb* türü sistemler için baş bileşenlerin büyük bir çoğunluğu  $1.0 < R_1(R_{\odot}) < 3.0$  (%83) aralığında yığılma gösterirken, yoldaş bileşenler için bu yığılma  $1.0 < R_2(R_{\odot}) < 2.5$  (%72) aralığında bulunmaktadır.

**Tablo5.** *eDa* ve *eDb* türü dönem değişimi gösteren sistemlerde bileşen yıldızların kütleleri dağılımı.

M( $M_{\odot}$ )	Baş Bileşen		Yoldaş Bileşen	
	eDa	eDb	eDa	eDb
0.0 < M ≤ 0.5	-	-	-	-
0.5 < M ≤ 1.0	-	-	-	1
1.0 < M ≤ 1.5	5	4	7	5
1.5 < M ≤ 2.0	1	3	6	3
2.0 < M ≤ 2.5	7	6	4	6
2.5 < M ≤ 3.0	2	1	5	-
3.0 < M ≤ 3.5	2	-	2	-
3.5 < M ≤ 4.0	5	-	1	-
4.0 < M ≤ 4.5	1	-	-	-
4.5 < M ≤ 5.0	4	-	4	1
5.0 < M ≤ 5.5	2	1	1	-
5.5 < M ≤ 6.0	-	1	-	-
M > 6.0	14	2	13	2
<b>Toplam:</b>	43	18	41	18

**Tablo 6.** *eDa* ve *eDb* türü sistemlerde kütle oranı ( $q = m_2/m_1$ ) dağılımı.

q( $m_2/m_1$ )	eDa	eDb
0.0 < q ≤ 0.1	-	-
0.1 < q ≤ 0.2	-	-
0.2 < q ≤ 0.3	-	-
0.3 < q ≤ 0.4	1	2
0.4 < q ≤ 0.5	1	1
0.5 < q ≤ 0.6	2	1
0.6 < q ≤ 0.7	5	-
0.7 < q ≤ 0.8	6	1
0.8 < q ≤ 0.9	6	3
0.9 < q ≤ 1.0	23	10
<b>Toplam:</b>	44	18



**Tablo 7.** *eDa* ve *eDb* türü dönem değişimi gösteren sistemlerde bileşen yıldızların yarıçapları dağılımı.

R(R <sub>0</sub> )	Baş Bileşen		Yoldaş Bileşen	
	eDa	eDb	eDa	eDb
0.0<R≤0.5	-	-	-	-
0.5<R≤1.0	-	-	-	1
1.0<R≤1.5	1	2	6	3
1.5<R≤2.0	7	6	11	8
2.0<R≤2.5	8	4	7	2
2.5<R≤3.0	9	3	3	1
3.0<R≤3.5	3	-	2	-
3.5<R≤4.0	1	-	2	1
4.0<R≤4.5	2	1	4	-
4.5<R≤5.0	3	-	1	-
5.0<R≤5.5	1	1	1	1
5.5<R≤6.0	1	-	2	1
R>6.0	7	1	4	-
<b>Toplam:</b>	<b>43</b>	<b>18</b>	<b>43</b>	<b>18</b>

**Tablo 8.** *eDa* ve *eDb* türü dönem değişimi gösteren sistemlerde kesirsel yarıçapları dağılımı.

r (R/a)	Baş Bileşen		Yoldaş Bileşen	
	eDa	eDb	eDa	eDb
0.0<r≤0.1	4	11	6	13
0.1<r≤0.2	15	6	26	5
0.2<r≤0.3	24	1	10	-
0.3<r≤0.4	1	-	2	-
r>0.4	-	-	-	-
<b>Toplam:</b>	<b>44</b>	<b>18</b>	<b>44</b>	<b>18</b>

### 3.7. Kesirsel Yarıçaplar Dağılımı

Tablo 8'de *eDa* ve *eDb* türü dönem değişimi gösteren sistemler için kesirsel yarıçaplara ilişkin dağılım verilmiştir. Baş bileşenler için *eDa* türü sistemlerde  $0.1 < r_1 \leq 0.3$  aralığında %88, *eDb* türü sistemlerde ise  $0.0 < r_1 \leq 0.2$  aralığında %94 oranında bir yığılma bulunmaktadır.

Yoldaş bileşenler dikkate alındığında *eDa* türü sistemlerde  $0.1 < r_2 \leq 0.3$  aralığında %88 ve *eDb* türü sistemlerde ise yıldızların tamamının  $0.2$ 'den küçük kesirsel yarıçapa sahip olduğu ve  $0.0 < r_2 \leq 0.1$  aralığında %72 oranında yığıldıkları görülmektedir.

### 3.8. log g Dağılımı

Tablo 9'da eksen dönmesi gösteren sistemlere ilişkin bileşen yıldızların log g dağılımı verilmiştir. Her iki tür dönem değişimi gösteren sistemler için bileşen yıldızların çekim ivmelerine ilişkin değerlerin çok sınırlı bir aralıkta buldukları görülmektedir.

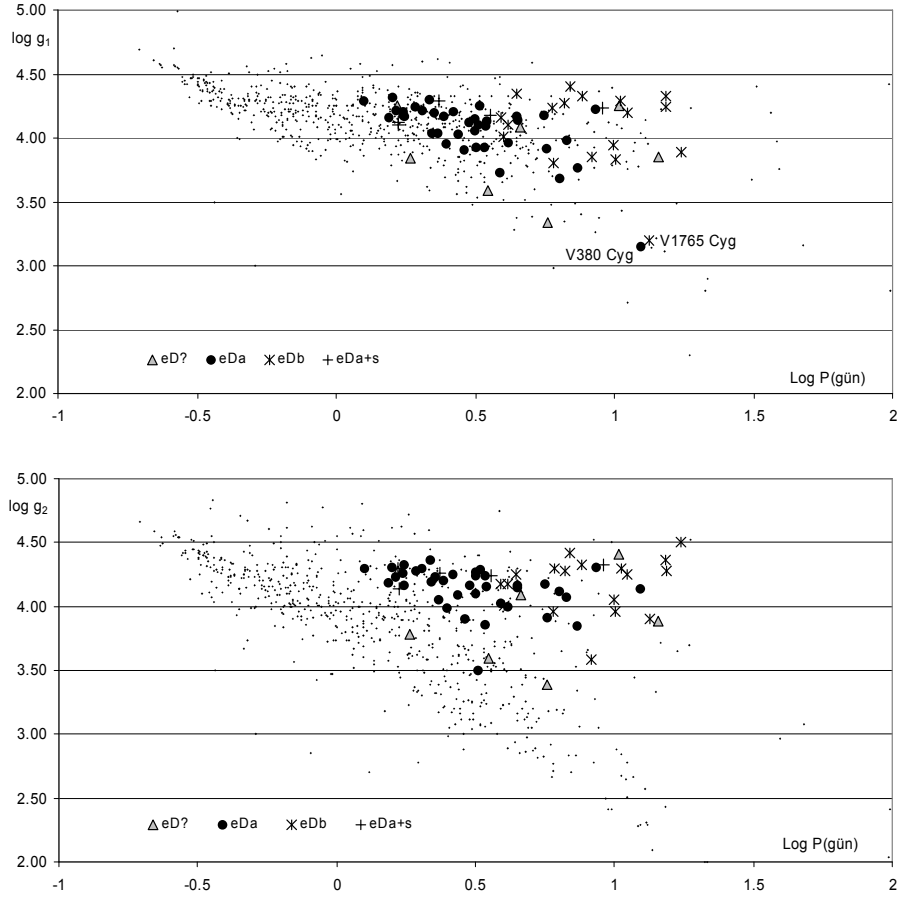
Baş ve yoldaş bileşenlerin yaklaşık %98'i  $3.5 < \log g \leq 4.5$  aralığında bulunmaktadır. Bu aralığın dışında çok az sayıda yıldız mevcuttur. Bu tür dönem değişimi gösteren sistemlerde bileşen yıldızların sıkışık cisimler olduklarının bir göstergesidir. Aynı aralıkta *eDb* türü sistemlerin %94'ü ve yoldaş bileşenlerin ise tamamı bulunmaktadır.

Şekil 5'de bileşen yıldızların diğer dönem değişimi gösteren sistemlere göre log g dağılımı verilmiştir. Genel olarak büyük dönemlere gidildiğinde diğer türden dönem değişimi gösteren sistemler için log g değerlerinin küçüldüğü dikkati çekerken, eksen dönmesi gösteren sistemlerde, özellikle yoldaş bileşenler için değişimin olmadığı ve baş bileşenler için ise hafif bir eğimle değişim gösterdikleri söylenebilir.

*eD* türü sistemlerin tamamı dikkate alındığında ortalama olarak  $[\log g_1]=4.06 \pm 0.25$  ve  $[\log g_2]=4.13 \pm 0.22$  olduğu hesaplanmıştır. Sistemler ayrı ayrı dikkate alındıklarında *eDa* türü baş ve yoldaş bileşenler için  $[\log g_1]=4.07 \pm 0.22$  ve  $[\log g_2]=4.14 \pm 0.17$ , *eDb* türü sistemler

**Tablo 9.** *eDa* ve *eDb* türü sistemlerde Log g dağılımı.

log g	Baş Bileşen		Yoldaş Bileşen	
	eDa	eDb	eDa	eDb
3.0<Log g≤3.5	1	1	1	-
3.5<Log g≤4.0	10	5	6	5
4.0<Log g≤4.5	32	12	36	13
Log g>4.5	-	-	-	-
<b>Toplam:</b>	<b>43</b>	<b>18</b>	<b>43</b>	<b>18</b>



**Şekil 5.** *eDa* ve *eDb* türü dönem değişimi gösteren sistemlerde  $\log g_1$  (üst) ve  $\log g_2$  (alt) değerinin döneme ve diğer dönem değişimi gösteren sistemlere göre dağılımı.

için ise  $[\log g_1]=4.08\pm 0.29$  ve  $[\log g_2]=4.17\pm 0.22$  değerleri hesaplanmıştır. Hata sınırları içerisinde  $\log g$  değerlerine bakıldığında, *eDa*'lar ile *eDb*'ler arasında önemli bir farklılığın bulunmadığı görülmektedir.

Şekil 5'te aykırı konumda bulunan V1765 Cyg sistemi ışınım sınıfı *Ib* olan bir süperdev baş bileşene ve zonklama yapan bir B2V tayf türünden bir bileşene sahiptir. V380 Cyg ise B1III+B3V: tayf türünden bileşene sahip bir sistemdir ve yine süperdev bir baş bileşenin bulunduğu görülmektedir.

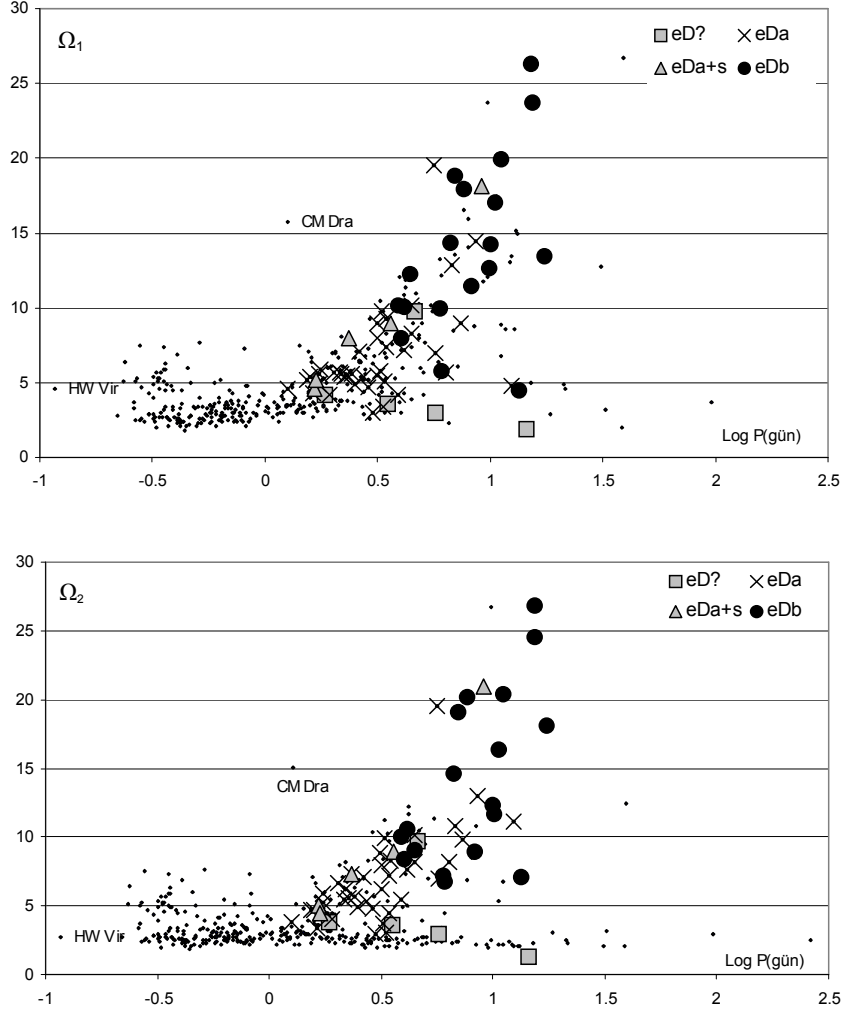
### 3.9. Yüzey Potansiyeli Dağılımı

Tablo 10'da *eDa* ve *eDb* türü dönem değişimi gösteren sistemler için bileşenlere ait yüzey potansiyeli dağılımları verilmiştir. Literatürde verisi bulunmayan toplam 28 adet sistem için yüzey potansiyeli değerleri *Binary Maker 3.0* programı kullanılarak hesaplanmış ve incelemelerde kullanılmıştır.

*eDa* türü sistemlerde baş bileşenlerin %57'si  $4 < \Omega_1 \leq 6$  aralığında, %84'ü ise  $4 < \Omega_1 \leq 10$  aralığında bulunmaktadır. *eDb* türü sistemler için belirgin bir

**Tablo 10.** *eDa* ve *eDb* türü dönem değişimi gösteren sistemlerde bileşen yıldızların yüzey potansiyelleri dağılımı.

$\Omega$	Baş Bileşen		Yoldaş Bileşen	
	<i>eDa</i>	<i>eDb</i>	<i>eDa</i>	<i>eDb</i>
$0 < \Omega \leq 2$	-	-	-	-
$2 < \Omega \leq 4$	2	-	5	-
$4 < \Omega \leq 6$	25	2	16	-
$6 < \Omega \leq 8$	6	1	10	3
$8 < \Omega \leq 10$	6	1	7	3
$10 < \Omega \leq 12$	1	3	3	3
$12 < \Omega \leq 14$	1	3	1	1
$14 < \Omega \leq 16$	1	2	-	1
$16 < \Omega \leq 18$	-	2	-	1
$18 < \Omega \leq 20$	2	2	1	2
$\Omega > 20$	-	2	1	4
<b>Toplam:</b>	44	18	44	18



**Şekil 6.** *eDa* ve *eDb* türü sistemlerde yüzey potansiyellerinin döneme göre değişimi. Üst şekil baş bileşenler için, alt şekil yoldaş bileşenler içindir.

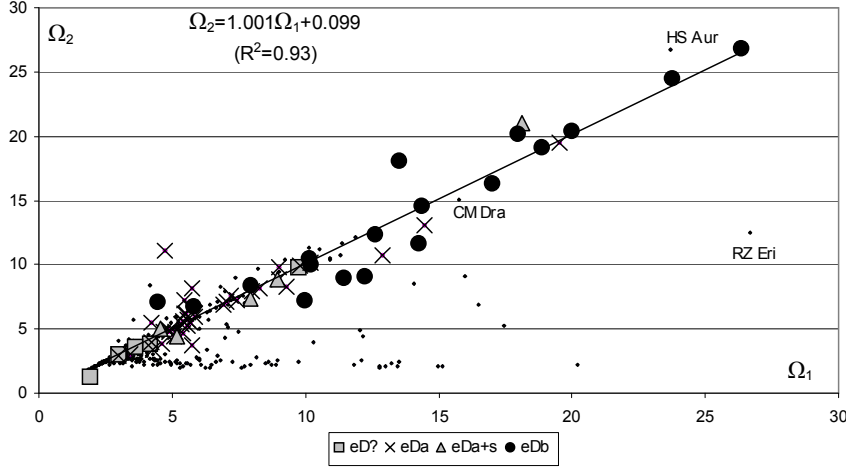
yığılma görülmemektedir, fakat alt sınır olarak  $\Omega_1 > 4$  değeri verilebilir.

Yoldaş bileşenler dikkate alındığında dağılım baş bileşenlerdekine çok benzer olduğu (%86'sının  $2 < \Omega_2 \leq 6$ ) görülmektedir. *eDb* türü sistemlerde ise alt sınır  $\Omega_2 > 6$  değeri verilebilir.

Şekil 6'da *eDa* ve *eDb* sistemlerine ilişkin yüzey potansiyeli değerlerinin döneme göre dağılımı verilmiştir. Şekil 6 dikkate alındığında dönem değişimi gösteren diğer sistemler için büyük dönemlere gidildiğinde iki farklı kolun ortaya çıktığı (özellikle yoldaş bileşenler için) görülmektedir. Genel olarak eksen dönmesi gösteren sistemler için büyük dönemlere gidildiğinde yüzey potansiyellerinin arttığı söylenebilir. *eD?* olarak gösterilen ve eksen dönme türü belirlenemeyen çok az sayıdaki sistemin bu genellemeye uymadığı dikkati çekmektedir.

Şekil 7'de bileşen yıldızların yüzey potansiyellerinin karşılaştırması verilmiştir. Eksen dönmesi gösteren sistemlerin tamamı için yüzey potansiyel değerlerinin doğrusal bir yapıda değiştiği görülmektedir. Bu doğrusal değişim üzerine düşen diğer sistemlerin eksen dönmesi gösterme olasılıklarının bulunduğunu söyleyebiliriz.

Bu amaçla grafik üzerinde dikkati çeken bir konumda bulunan HS Aur ( $P=9^{\text{g}}.815$ ,  $G8+K0$ ,  $q=0.976$ ) sistemi incelenmiştir. Popper ve ark.[12] tarafından sistem, bileşenleri anakolda bulunan G tayf türünden ayrık ender sistemlerden biri olduğu belirtilmiştir. O-C grafiği incelendiğinde çok az sayıda verisinin bulunduğu ve varolan veriler dikkate



**Şekil 7.** Eksen dönmesi gösteren sistemler (yuvarlak renkli semboller) ile dönem değişimi gösteren diğer sistemler (siyah küçük semboller)'in yüzey potansiyeli değişimi.

alındığında ise sistemde dönem değişimi olduğunu söylemenin mümkün olmadığı görülmüştür. Sistemin günümüze kadar iki adet fotoelektrik minimumu ve bir adet 2006 yılında olmak üzere CCD ile alınmış ikinci minimum bulunmaktadır. İki adet birinci minimum birbirini takip ederken en son alınmış olan ikinci minimum ayrı bir konumda bulunmaktadır. O-C farkı yaklaşık olarak 0.021 gün kadardır. Bu farklılık dikkate alındığında sistemin eksen dönmesi gösteren sistemler arasında bulunma olasılığının yüksek olduğu ortaya çıkmıştır. Fakat desteklenmesi amacıyla bu sistemin acilen ikinci minimum gözlemlerine ihtiyaç duyulmaktadır.

### 3.10. Tayf Türü Dağılımı

Tablo 11'de *eDa* ve *eDb* türü dönem değişimi gösteren sistemlerde baş ve yoldaş bileşenlerin tayf türleri dağılımı verilmiştir. *eDa* türü dönem değişimi gösteren sistemler için baş bileşenin genel olarak *B* ve *A* (%91) tayf türünden yıldızlar olduğu görülmektedir. Bu sınıfın dışında çok az sayıda örnek bulunmaktadır. *eDb* türü sistemler dikkate alındığında *F* tayf türünden de örneklerin bulunduğu görülmektedir.

*eDa* türü sistemlerde yoldaş bileşenler, baş bileşenlere göre benzer bir dağılım göstermektedir ve *B* ve *A* (%82) tayf türünden ve az sayıda *F* tayf türünden yıldızlar oldukları görülmektedir. *eDb* türü sistemler için dikkati çeken bir yığılma görülmemektedir.

*eDa* türü sistemler için *G* tayf türünden daha geç bileşeni bulunan bir sistem bulunamamıştır. *eDb* türü sistemlerde *K* tayf türünden yoldaş bileşene sahip tek örnek VW Peg sistemidir ve sistemin tayf türü  $F2+[K1IV]$ , Budding et. al. [13]'dan alınmıştır. Bunun dışında başka bir kaynaktan sistemin tayf türü hakkında bir bilgi bulunamamıştır. Sistem için GCVS'de verilen 2.341295 döneminin hatalı ve gerçek dönemin 21.0717511 gün olduğu Ahtenberg ve ark.[14] tarafından gösterilmiştir.

Yukarıdaki çıkarımlar dikkate alındığında, eksen

**Tablo 11.** Bileşen yıldızların tayf türü dağılımı.

Tayf Türü	Bileşen	eDa	eDb
O	1	4	-
	2	3	-
B	1	30	7
	2	25	4
A	1	11	5
	2	12	3
F	1	5	4
	2	5	5
G	1	-	2
	2	-	2
K	1	-	-
	2	-	1
M	1	-	-
	2	-	-
Toplam:	1	50	18
	2	45	15

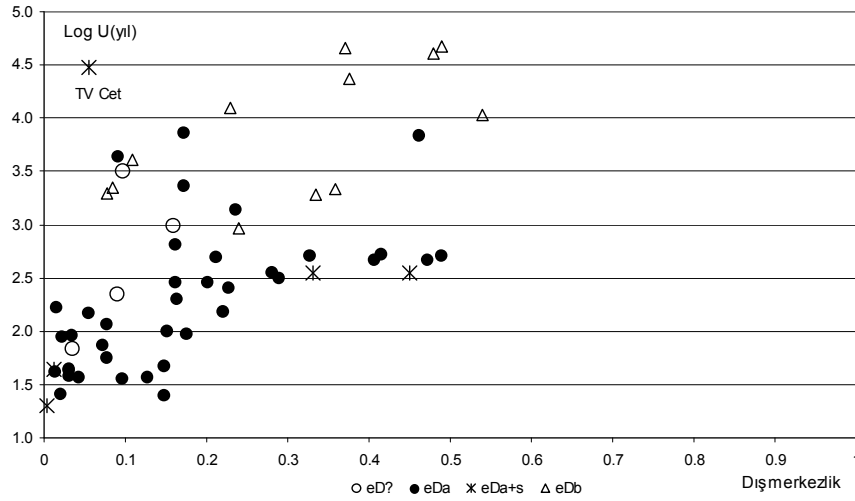
dönmesi nedeniyle dönem değişiminin çoğunlukla erken tayf türünden bileşene sahip sistemlerde görüldüğü, geç tayf türünden sistemlerde ise görülmediği söylenebilir.

Ayrıca bileşen yıldızların ışınım sınıfları incelendiğinde baş bileşenlerin %86'sının ve yoldaş bileşenlerin %89'unun anakolda buldukları belirlenmiştir. Bir başka ilginç bir dağılım ise eksen dönmesi gösteren sistemlerde benzer tayf türünden bileşene sahip sistemlerin yaklaşık %60 oranına sahip olmasıdır.

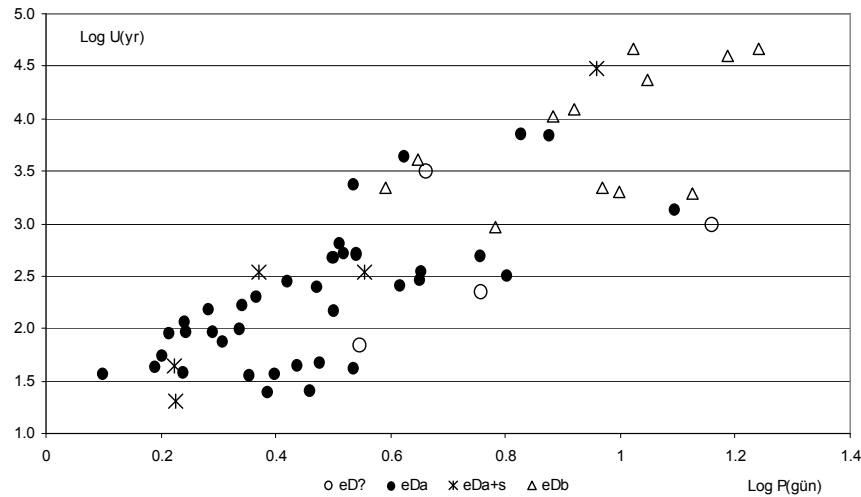
### 3.11. Dışmerkezlilik ve Eksen Dönme Dönemi Dağılımı

Şekil 8'de dikkate alınan sistemler için dışmerkezlilik değerlerine göre eksen dönme dönemleri arasındaki ilişki gösterilmiştir. Artan dışmerkezlilik değerlerine göre eksen dönme dönemlerinin,  $U(\text{yıl})$ , artma gösterdiği söylenebilir.  $eDb$  türü sistemler sınıflandırılırken, henüz eksen dönmesi görülmeyen ve gelecekte görülecek sistemler olarak sınıflandırılmasına rağmen literatürde bu sistemlerden bazıları için yapılmış çalışmalarda  $U(\text{yıl})$  dönemi hesaplanmış olduğu için Şekil 8'de bu verilerin kullanılması uygun görülmüştür. TV Cet sistemi bu diagramda küçük döneme sahip olmasına rağmen büyük eksen dönme dönemine sahip sistem olması ile dikkat çekmektedir. Bu sistem galaktik düzlemde biraz uzakta bulunan bir sistemdir ve O-C değişim türü  $eDa+s$  olarak sınıflandırılmıştır.

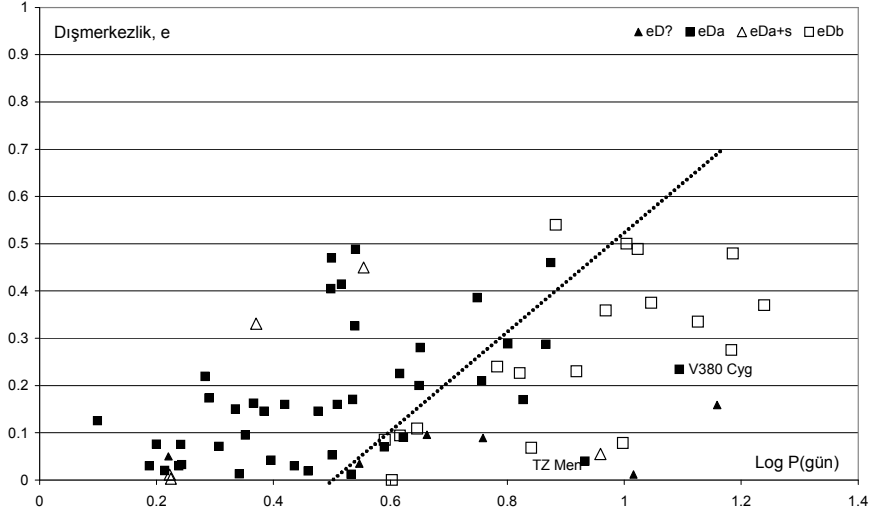
Şekil 9'da eksen dönmesi gösteren sistemler için yörünge dolanma dönemlerine



Şekil 8. Eksen dönmesi dönemine göre dışmerkezlilik değerlerinin değişimi.



Şekil 9. Sistemin dönemine göre eksen dönmesi dönemi arasındaki ilişki.



Şekil 10. Yörünge dolanma dönemine göre sistemlerin dışmerkezliklerinin değişimi.

karşılık eksen dönme dönemlerinin değişimi verilmiştir. Şekilden de görülebileceği gibi büyük yörünge dönemlerine sahip sistemler için eksen dönme dönemlerinin de arttığı görülmektedir. Buradan büyük yörünge dönemlerine sahip sistemlerde eksen dönme süresinin de büyük olacağı söylemek mümkündür.

Şekil 8 ve 9 birlikte dikkate alındığında, eksen dönme dönemine göre yörünge dışmerkezliği ile yörünge dönemi arasında bir ilişkinin bulunması muhtemeldir. Bu amaçla Şekil 10'da yörünge dönemine karşılık sistemlerin dışmerkezlikleri grafike edilmiştir. Benzer yörünge dönemi ve dışmerkezliğe sahip sistemlerin aynı konumlarda bulunmaları (örn. *eDb* türü EK Cep (A1.5V+G5), CO Cep (G0+?) ve IT Cas (F5+F5) ve *eDa* türü V453 Cyg (B0.5IV+B0.5IV) ile CR Sct (A3+?)) neden *eDb* türü sistemlerde eksen dönmesinin hala başlamadığı sorusunu gündeme getirmektedir. Çok az sayıda bir örnek dikkate alındığında bu sistemlerin geç tayf türünden veya evrimleşmiş bileşenleri buldukları görülmektedir. Ayrıca Şekil 10'da aykırı konumlarda olduğu düşünülen iki sistem den biri olan V380 Cyg ( $P=12^{\text{e}}.426$ ,  $e=0.234$ , B1III+B3V:) ve TZ Men ( $P=3^{\text{e}}.414$ ,  $e=0.04$ , A1III+B9V:) sistemlerinin farklı konumlarda bulunmalarının temel nedeni baş bileşenlerinin dev (evrimleşmiş) yıldız olmaları olabilir. Yukarıda bahsedilen sistemler dikkate alındığında bileşen yıldızların evrimsel durumlarının, eksen dönmesi gösteren sistemlerde önemli bir parametre olduğu söylenebilir.

#### 4. Sonuçlar

Eksen dönmesi gösteren toplam 84 adet sistemin incelenmesi sonucunda aşağıdaki sonuçlara varılmıştır;

1. Eksen dönmesi gösteren sistemlerin yaklaşık %75'inin  $-15 < b(^{\circ}) < +15$  (%75) aralığında bulunmaları nedeniyle galaktik düzlemde oluşmuş genç sistemler olduklarını,
2. Eksen dönmesi gösteren sistemlerin %98'i Algol türü ayırık sistemlerden oluştuklarını,
3. Bileşen yıldızların %89'unun anakolda bulunduğu ve yaklaşık %60'ının aynı veya birbirine çok yakın tayf türlerine sahip oldukları,
4. O-C değişimleri incelenen sistemler içerisinde yaklaşık %10'unun eksen dönmesi gösterdiği,
5. Yörünge dönemi 1 günden küçük eksen dönmesi gösteren sistemin bulunmadığı ve dönem için herhangi bir üst sınır değer belirlenemediğini,
6. Yörünge yarı-büyük eksen uzunluğu için alt sınır olarak  $9 R_{\odot}$  verilebileceği bu sınırın altında eksen dönmesi gösteren sadece bir sistemin bulunduğu, bileşen yıldızların yarıçaplarının  $1 R_{\odot}$ 'den büyük olduğu,

7. Eksen dönmesi gösteren sistemlerde kesirsel yarıçap değerinin  $r \leq 0.3$  olduğu ve  $r > 0.4$  olan herhangi bir sistemin bulunmadığı,
8. Eksen dönmesi gösteren sistemlerde bileşen yıldızların kütle olarak  $1 M_{\odot}$  'den büyük olduğu,
9. Bileşen yıldızların %98'inin  $3.5 < \log g \leq 4.5$  aralığında değerler aldıkları ve bu nedenle evrimleşmemiş sıkışık cisimler oldukları,  $\log g$  değeri 4.5'dan büyük herhangi bir bileşene rastlanmadığı,
10. Bileşen yıldızların yüzey potansiyellerine bakarak sıkışık cisimler oldukları ve yüzey potansiyeli  $4 < \Omega$  olan bileşenlerin sayısının son derece az olduğu,
11. Kütle oranları için yaklaşık %91'inin  $q > 0.6$  olduğu ve  $q < 0.3$  olan herhangi bir eksen dönmesi gösteren sistemin bulunmadığı,
12. Eksen dönmesi birbirine yakın kütlelere sahip sistemlerde görüldüğü,
13. Bileşen yıldızların yüzey potansiyellerinin birbirlerine göre değişiminin doğrusal bir bağıntı oluşturduğu, bu doğrusal kol üzerinde bulunan sistemlerin eksen dönmesi gösteren sistemler arasına girme olasılıklarının bulunduğu,
14. Bileşen yıldızların tayf türlerinin %91'inin B ve A olduğu ve geç tayf türünden bileşene sahip sistemlerin sayısının son derece az olduğu,
15. Eksen dönme dönemleri ile yörünge dışmerkezliği ve yörünge dönemi arasında kaba bir ilişkinin bulunduğu,
16. Bileşen yıldızların tayf türlerinin ve ışıyım sınıflarının eksen dönme süresinde önemli derecede etkide bulunduğu görülmüştür.

#### Kaynaklar

- [1] Kreiner, J.M., Kim, C.-H. ve Nha, I.-S., (2001), "An Atlas of O-C Diagrams of Eclipsing Binary Stars". 2001aocd.book.....K
- [2] Wolf, M., Harmanec, P., Diethelm, R., Hornoch, K. and Eenens, P., (2002), "Apsidal motion and light-time effect in eclipsing binaries HS Herculis and U Ophiuchi", *A&A*, 383, 533. 1938MNRAS..98..528C
- [3] Cowling, T.G., (1938), "The stability of convective stars", *MNRAS*, 98, 734.
- [4] Sterne, T.E., (1939), "Apsidal motion in binary stars", *MNRAS*, 99, 662. 1939MNRAS..99..451S
- [5] Gimenez, A. & Garcia-Pelayo, J.M., (1983), "A new method for the analysis of apsidal motions in eclipsing binaries", *Ap&SS*, 92, 203. 1983Ap&SS..92..203G
- [6] Lacy, C.H.S., (1992), "An exact solution of the ephemeris-curve problem", *AJ*, 104, 2213.
- [7] Wolf, M.; Harmanec, P.; Sarounová, L.; Zejda, M.; Bozic, H.; Hornoch, K.; Kozyreva, V. S.; Hynek, T.; Král, L., (2004), "Apsidal motion in eccentric eclipsing binaries: V871 Aql, V345 Lac, V401 Lac and CR Sct", 2004A&A...420..619W
- [8] Ling, J.F., (2004), "Preliminary Orbits for Eight Visual Binaries", 2004ApJS..153..545L
- [9] Chambliss, Carlson R., (1992), "Eclipsing binaries in multiple-star systems", 1992PASP..104..663C
- [10] Wolf, M., Diethelm, R. and Hornoch, K., (2001), "Apsidal motion in eccentric eclipsing binaries: TV Ceti and V451 Ophiuchi", *A&A*, 374, 243. 2001A&A...374..243W
- [11] Clausen, J.V., (1991), "Absolute dimensions of eclipsing binaries: XIX. BW Aquarii: a late F-type indicator of overshooting", *Astron. Astrophys.* 246, 397. 1991A&A...246..397C
- [12] Popper, D. M.; Lacy, C. H.; Frueh, M. L.; Turner, A. E., (1986), "Properties of main-sequence eclipsing binaries - Into the G stars with HS Aurigae, FL Lyrae, and EW Orionis", 1986AJ.....91..383P
- [13] Budding, E.; Erdem, A.; Çiçek, C.; Bulut, I.; Soyduğan, F.; Soyduğan, E.; Bakis, V.; Demircan, O., (2004), "Catalogue of Algol type binary stars", 2004A&A...417..263B
- [14] Achterberg, H.; Frank, P.; Husar, D., (2000), "VW Peg: First Photoelectric Observations and Revised Elements" 2000IBVS.4916....1A

