

ERKEN TÜR BİLEŞENLERE SAHİP EM CEP VE V745 CAS SİSTEMLERİNDEKİ RÜZGAR GEOMETRİSİ

Mehmet TANRIVER*, Osman DEMİRCAN**

ÖZET

OB veya WR türü bileşenli, kısa dönemli büyük kütleli çiftlerin ışık eğrilerinin, bazı anormallikler gösterdiği bilinmektedir; çevrimden çevrime değişimler, tutulma minimumların eşit olmayan genişlikleri ve asimetriklikler, seviyeleri eşit olmayan maksimumlar, tutulma aralığı dışında görülen asimetriler, gözlemlerin büyük saçılımı ve düzensiz minimum çukurları. Böyle anormalliklerin, genişleyen zarflara ve rüzgar çarpışmalarına sahip sistem etrafındaki homojen olmayan sıcak, güçlü rüzgar materyalinden ileri geldiği zannedilmektedir. Işık eğrilerine yapılan en iyi fiti temsil eden sentetik eğrilerle gözlemsel ışık eğrilerinin asimetrilerle birlikte evreye bağlı artıklar, homojen olmayan rüzgar materyali tarafından yıldız ışığının zayıflaması nedeniyle olmaktadır. Bu nedenle evreye bağlı ışık artıkları, bu asimetrikliği üreten rüzgar materyalinin geometri ve yapısını modellemek için kullanılabilir.

Burada erken tür OB bileşenli çift sistemlerden yıldız rüzgarlarının yapısını (geometrisini) ortaya çıkarmak için literatürde verilen yöntemler haricinde yeni bir yaklaşım sunulmakta ve fotometrik gözlemsel verilere dayanan bir yöntem verilmektedir.

Anahtar Kelimeler: OB bileşenli etkileşen çift yıldızlar, yıldız rüzgarları, Yıldızlar: EM Cep, V745 Cas

ABSTRACT

It is known that the light curves of massive binaries with short period of OB or WR type components show some anomalies; variations from cycle to cycle, asymmetries and unequal widths of eclipse minima, maxima level of unequal, asymmetries seen out of eclipse interval, large scattering of observations and unsteady minimum dips. It is supposed that such anomalies are caused by hot and strong non-homogeneous wind material around system having

expanding envelopes and wind collisions. Residuals depending on phase between synthetic curves which represents best fit done in light curves and observational light curves in conjunction with asymmetries, take place by reason of weakening of star light by means of non-homogeneous wind material. Thus light residuals depending on phase can be used for modelling the structure and geometry of wind material which produces those asymmetries.

In this study, it is presented a new approach differently given in literature in order to introduce stellar winds structure (geometry) from binary system with early type OB components and a method depending on photometric observational data.

Key Words: *OB type interacting binaries, stellar winds, Individual stars: EM Cep, V745 Cas*

1. GİRİŞ

OB veya WR türü bileşenli, kısa dönemli büyük kütleli çiftlerin ışık eğrilerinin, bazı anormallikler gösterdiği bilinmektedir; çevrimden çevrime değişimler, tutulma minimumların eşit olmayan genişlikleri ve asimetriklikler, seviyeleri eşit olmayan maksimumlar, tutulma aralığı dışında görülen asimetriklikler, gözlemlerin büyük saçılımı ve düzensiz minimum çukurları. Böyle anormalliklerin, genişleyen zarflara ve rüzgar çarpışmalarına sahip sistem etrafındaki homojen olmayan sıcak, güçlü rüzgar materyalinden ileri geldiği zannedilmektedir. Işık eğrilerine yapılan en iyi fiti temsil eden sentetik eğrilerle gözlemsel ışık eğrilerinin asimetrikliklerle birlikte evreye bağlı artıklar, homojen olmayan rüzgar materyali tarafından yıldız ışığının zayıflaması nedeniyle olmaktadır. Bu nedenle evreye bağlı ışık artıkları, bu asimetrikliği üreten rüzgar materyalinin geometri ve yapısını modellemek için kullanılabilir.

Burada erken tür OB bileşenli çift sistemlerden yıldız rüzgarlarının yapısını (geometrisini) ortaya çıkarmak için literatürde verilen yöntemler haricinde yeni bir yaklaşım sunulmakta ve fotometrik gözlemsel verilere dayanan bir yöntem verilmektedir.

Her şeyden önce, ışık eğrilerinde görülen asimetrikliklerin, sistemin etrafını saran küresel olarak homojen olmayan zarf

maddesinin soğurmasından kaynaklandığı kabul edilmiştir. Eliptik yörünge, manyetik aktivite (leke), kütle transferi, vb. gibi asimetri oluşturan etkiler dikkate alındığında bunun doğru olduğu gösterilebilir. Çift yıldız ışık eğrilerinde asimetri oluşturan süreçler olarak, eliptik yörünge ve manyetik aktivite sürecinin olmayacağı açıktır. Çünkü küçük yörünge dönemli sistemlerde yörünge çemberdir ve erken tür sıcak yıldızlarda, sıcak-soğuk lekeler görülmez. Fiziksel olarak, yıldız rüzgarları ve kütle transferi sırasında L_1 noktasından sistemden kaçan maddenin sistem etrafını sarması ile oluşan zarf maddesinin soğurma etkisinin böyle bir asimetri oluşturduğunu düşünmek mümkündür. Zarf maddesinin soğurucu etkisinin ışık eğrisi üzerinde asimetri oluşturmaması, zarfın sistem etrafında küresel olarak dağılmadığını ve soğurmanın her yerde aynı olmaması da zarf maddesinin optik derinliğinin değiştiğini göstermektedir. Burada, sistemin çember yörüngelerde dolandığı kabulüyle bulunan teorik ışık eğrisi ve gözlemsel ışık eğrisi arasındaki farklar (artıklar) dikkate alınarak soğurucu ortamın optik derinliği hesaplanmıştır. Teorik ışık eğrisi oluşturulurken, gözlemsel ışık eğrisinin minimum çukurlarının iniş koluna (daha dar kısmına) uygunluğu dikkate alınmıştır ve böylelikle maksimumlar farklı normalize değerlerine gelebilmektedir. Bu, ışık eğrilerindeki soğurucu etkinin göreceli olarak değişimini vermektedir.

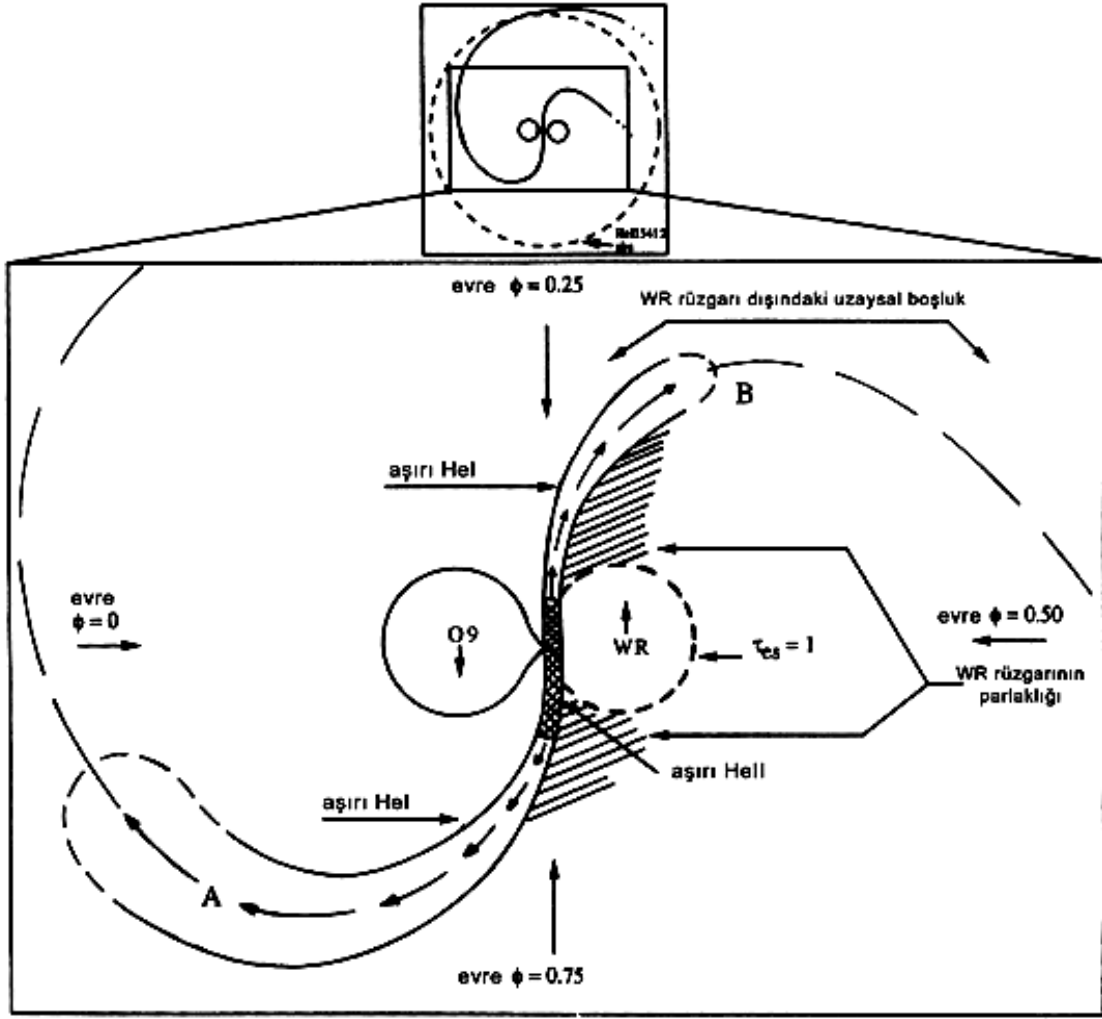
Işık eğrisi üzerinde her gözlemsel nokta ile teorik eğrinin şiddet değerleri ölçülerek evreye göre τ değerleri çıkarılmıştır. Bulunan bu τ değerleri evreye göre polar – kutupsal diagram ile çizildiğinde, zarf maddesinin sistem etrafındaki geometrik yapısı ortaya çıkmaktadır ve bu yapı da örtme örtülme göstermektedir. polar (kutupsal) diagramlar, aynı zamanda bipolar rüzgar yapısını göstermektedir. Bipolar yapılar rüzgar - rüzgar etkileşimiyle oluşmuştur. Sistemi saran zarf, rüzgar yapısı, küresel bir hacim içinde dağılmaktan ziyade yörünge hareketinin coriolis etkisiyle şekillenmektedir. Ortamdaki Thompson saçılması ve elektron yoğunluğu dikkate alınarak $N_e \sim 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ [2] sistem etrafındaki ışığı soğuran bipolar rüzgar yapısının boyutu tahmin edilebilir.

CQ Cep sistemindeki rüzgar yapısı, tayfsal çalışma sonucunda ortaya çıkarılmıştır [18]. CQ Cep deki rüzgar – rüzgar etkileşimi, UV ve optik çizgilerin profil değişimleri kullanılarak bulunmuştur. HeI ve

HeII çizgilerindeki aşırı salma güçlü rüzgar – rüzgar etkileşimi için bir delil oluşturmaktadır. Böylelikle sistemin WR + O olarak ortaya çıktığını ve sisteme ait rüzgar yapısının iki kollu olacağını belirtmişlerdir. Sisteme ait rüzgar – rüzgar etkileşimini gösteren temsili resim Şekil 1.'de gösterilmektedir. Bir diğer kanıt da, HeII $\lambda 4686 \text{ \AA}$ salma çizgisinin evreye göre değişim göstermesidir [11] (Şekil 2.). Normal ışık eğrisi gibi minimum ve maksimumlar gösteren bu eğrinin evreleri zarf yapısına uygunluk göstermektedir. Üstelik minimum ve maksimumlar tam 0, 0.25, 0.50 ve 0.75 evrelerinde değil belli bir evre kaymasıyla gerçekleşmektedir ve bu da zarfın geometrik yapısıyla açıklanabilir. Sonuç olarak HeII $\lambda 4686 \text{ \AA}$ salma çizgisi esas olarak zarf maddesinden gelmektedir ve bu da zarfın yüksek derecede iyonize, sıcak ortamdan oluştuğunu gösterir.

Eğer sistem rüzgar etkinliği gösteriyorsa, dolayısıyla gözlenen ışık eğrisinde bir soğurmaya neden olacaktır ve fotometride kendini gösterecektir. Böylelikle, fotometrik olarak erken tür çift sistemler için böyle bir rüzgar geometrisi ortaya konulabilir. CQ Cep gibi büyük kütleli OB bileşenli çift yıldız sistemlerine benzeri bir çalışma uygulanabilir.

Büyük kütleli yıldızlar, çok güçlü yıldız rüzgarlarına sahiptirler. Bu yolla yılda 10^{-5} - $10^{-4} M_{\odot}$ mertebelerinde kütle kayıpları sözkonusudur. Tek yıldız durumunda rüzgar muhtemelen küresel olacak ve yıldızdan çok uzaklara taşınacaktır. Ancak, her iki bileşeni de erken tür OB yıldızlarından oluşan bir sistemde, bu yolla sistemi terkeden madde sistem etrafında küresel olarak bir zarf oluşturmayacaktır.



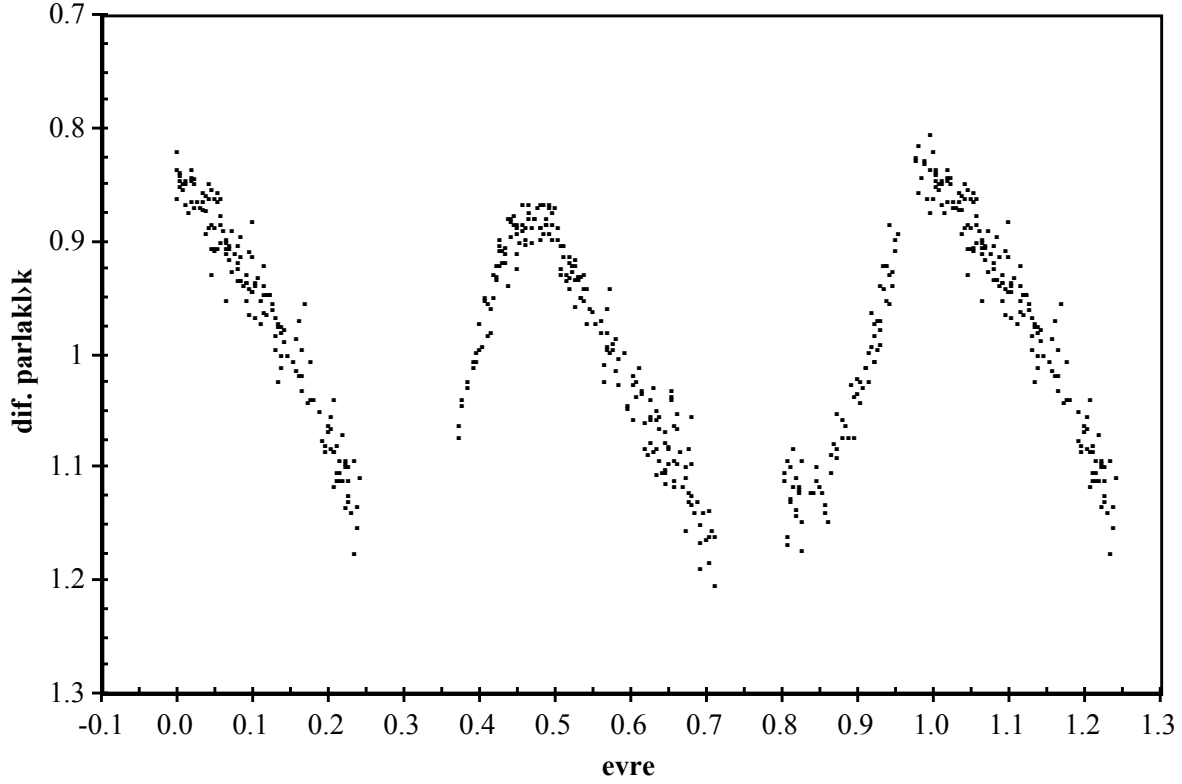
Şekil 1. CQ Cep sistemindeki rüzgar- rüzgar etkileşimini gösteren temsili bir şekil [18].

2. Gözlemler

Rüzgar yapısının belirlenmesinde kullanılan gözlemsel veriler, fotoelektrik fotometre tekniği kullanılarak TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi (TUG) de 40 cm'lik Dall - Kirkham optik modeli Cassegrain türü teleskoba bağlı, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Astrofizik Araştırma Merkezi ve Gözlemevi (ÇAAM) da 40 cm çaplı Schmidt – Cassegrain teleskobuna bağlı OPTEC SSP-5A tek kanallı fotoelektrik fotometre başlığıyla farklı gözlem mevsimlerinde yapılmıştır.

EM Cep sistemi için HD208218 ve HD208440 mukayese ve denet yıldızı olarak seçilmiştir. V745 Cas çift yıldız sistemi daha önce hiç bir araştırmaya konu olmadığı için bu çalışmada fotometrik gözlemler

sırasında HD1383 ve HD1950 yıldızları mukayese ve denet yıldızı olarak seçilmiştir.



Şekil 2. HeII (4686 Å) salma çizgisinin evre bağımlılığı. Gözlemler [11] CQ Cep sisteminin dönem ve ışık elemanına göre evrelendirilmiştir

Yıldızların gözlem bilgileri aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.

Yıldız	Göz.HJD	Gece Sayısı	Gözlem	Gözlemevi	Gözlemci
EM Cep	2452449-52	2	140	ÇAAM	MT
	2452096-839	7	597	TUG	MT
V745 Cas	2452448-53	3	105	ÇAAM	MT
	2452095-182	9	612	TUG	MT

Tüm sistemler için mukayese yıldızlarının gözlemleri kullanılarak her gözlem gecesi için U, B, V renklerinde ayrı ayrı atmosfer sönmükleştirme katsayıları hesaplanarak tüm gözlemlerin diferensiyel sönmükleştirme düzeltmeleri yapılmıştır. Düzeltme işlemlerinde doğrusal yöntem kullanılmıştır [8]. Gözlem zamanları, Yer'in Güneş etrafındaki hareketi nedeniyle ışık-zaman etkisi düzeltilerek, Güneş merkezine indirgenmiştir [23].

3. EM Cep Çift Yıldız Sistemi

EM Cep sistemi (HD 208392, BD+61 2216) Beta Lyr / W UMa türü tutulma gösteren bir çift yıldız sistemidir (EB / EW). EM Cep sistemi için yapılan önceki araştırmalar, içinden çıkılması güç ışık eğrilerinden dolayı, sistem parametreleri güvenilir bir şekilde belirlenememiştir. Dönemin değişmezliği hala tartışmalara açıktır. Bunun için tayfsal gözlemlere de ihtiyaç vardır. tarafından sistemin UBV ışık eğrisi elde edilmiştir ve değişimin genliğinin $0^m.15$ kadar ve dönemin 0.80624 gün olan EW-türü ışık değişimine sahip olduğu belirtilmiştir [16, 17]. Önceki gözlemler kullanılarak dönemi $P = 0.806277$ gün olarak bulunmuştur [12].

Sistemin ışık eğrisinin maksimum ve minimumlarında, çevrimden çevrime dikkate değer değişimler gösterdiğini belirtmişlerdir, dönemi $P = 0.806478$ gün ve kütle transfer oranını da $dM/dt = 8.10^{-4} M_{\odot} \text{ yıl}^{-1}$ bulmuşlardır [1]. Önceki fotoelektrik gözlemlerden, ışık eğrisinde dalgalanmaları belirlemiş, ve dönemi $P = 0.806179$ gün olarak bulmuştur, değişimin β Cephei türü olabileceğini ifade etmiştir [21].

$P = 0.80648$ gün, ve $P = 0.80618$ gün olarak iki farklı dönem değeri bulmuştur [4]. bu dönem değişimlerinin, birinci ve ikinci minimumun muhtemelen karıştırılmasından meydana geldiğini belirtmişlerdir [14]. dönemin ya sabit olduğunu ya da muhtemelen oldukça yavaş bir şekilde azaldığı sonucuna varmışlardır [1, 20, 21]. Işık eğrisinin iki farklı durum arasında değişim gösterdiğini belirtmişlerdir [4].

Işık eğrisinde parlaklıkta büyük bir değişimin olduğunu bulmuşlardır, özellikle birinci minimuma yakın ve bunu izleyen ikinci maksimumda. Değişimi açıklamak için, degen sistemi çevreleyen bir zarf (shell - kabuk) olduğunu kabul etmişlerdir [27]. ışık eğrisinin genliğinin $0^m.05$ kadirde $0^m.1$ kadire kadar değiştiğini bulmuştur. Ayrıca sistemin toplam parlaklığının $0^m.05$ kadar azaldığını belirtmiştir [20].

Işık eğrisinin değişiminin nedenin bir yıldızdan veya her iki yıldızdan kütle aktarımı olduğu önerilmektedir [12]. Bir tayfsal çalışma, özellikle H_{α} çizgisinin emisyon profili, tüm sistemi saran bir kabuğun varlığını doğrulamaktadır [22]. kütle kaybeden yıldızın daha

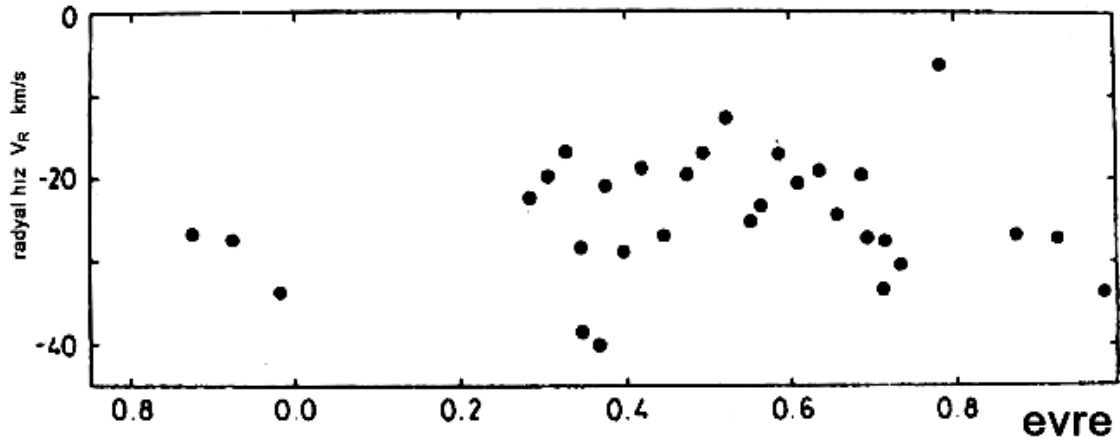
soğuk yıldız olduğunu göstermektedir. Muhtemelen yıldız, bir alt devdir. Eğer yörünge dönemi azalıyorsa, o zaman kütle kaybeden yıldız, daha yoğun (daha büyük kütleli) yıldızdır. Işık eğrisinin böyle düzensizliği, düzensiz kütle aktarımı, değişen bir yoğunluk ve değişen bir kalınlığa sahip bir zarfın varlığıyla açıklanmaktadır [27].

EM Cep'in bir çift yıldız olduğu kabul edilerek, iki farklı çözüm parametreleri verilmektedir [6]. Bu çözüm parametreleri Çizelge 1. de verilmektedir.

Çizelge 1. EM Cep yıldızı için literatürdeki çözüm parametreleri [6].

Parametreler	Model		Sabit tutulan parametreler	Model	
	1	2		1	2
$r_{\text{sıcak}}$	0.5266	0.3908	$T_{\text{sıcak}}$ (K)	23800	23800
$r_{\text{soğuk}}$	0.1183	0.1099	Kenar kararım katsayısı $u_{\text{sıcak}}$	0.31	0.31
i (derece)	59.743	67.181	Kenar kararım katsayısı $u_{\text{soğuk}}$	0.60	0.60
$T_{\text{soğuk}}$ (K)	13994	12092	Yansıma katsayısı $w_{\text{sıcak}}$	0	0
Dış merkezlik (e)	0.087	0.087	Yansıma katsayısı $w_{\text{soğuk}}$	2.0	1.0
Ω	10.361	10.361	q	0.5	1.0
			$L_{\text{sıcak}}$ (norm)	0.9826	0.9839
			$L_{\text{soğuk}}$ (norm)	0.0174	0.0161
			$L_{\text{sıcak}}$	0.7869	0.4332
			$L_{\text{soğuk}}$	0.0139	0.0071
			rms hata	0.00899	0.01009

Sistemin EW türü ışık değişimine sahip ve birbirinin aynı iki erken B yıldızından oluştuğunu gösterilmiştir [16, 17]. Radyal hız ölçümlerini kullanarak, yıldızın bir çift sistem olmadığı verilmektedir. EM Cep'in bir Be yıldızı olduğu önerilmektedir. Sadece HeI $\lambda 4471$, $\lambda 4388$, $\lambda 4026$ çizgilerine dayanan radyal hız sonuçları, Şekil 3. de verildiği gibidir [9]. Buradaki radyal hız verileri, bu hipotezi test etmek için yeterli değildir.



Şekil 3. EM Cep sisteminin fotometrik evreye göre radyal hız verileri [9]

Bir Be yıldızı için tamamen normal davranışlar göstermektedir. EM Cep'teki bu değişimin simetrik olmayan bir zarfın dönmesi sonucu olduğu önerilmektedir ve ışık eğrisinin değişimi bu şekilde açıklanmaktadır ve ayrıyeten 53 Per değişen özelliği de göstermektedir [9].

3.1. (O-C) değişimi

Bu çalışmada yapılan gözlemlerde kullanılan ışık elemanları; T_0 birinci minimum zamanı değeri, ($T_0 = 2449170.422$) ve P yörünge dönemi ise Hipparcos gözlemi sonucunda elde edilen değer ($P = 0.806187$ gün) kullanılmıştır. Yapılan gözlemler sonucunda evre kayması görüldüğünden ilk önce bu evre kayması giderilmiştir.

Bu çalışmada iki tane birinci minimum ve bir tane ikinci minimum gözlenmiş ve elde edilen minimum çukurlarına Kwee van Woerdan yöntemi [15] uygulanarak minimum zamanları hesaplanmıştır. Evre kayması yüzünden bu çalışmada gözlenen birinci minimum zamanının ağırlıklı ortalaması yeni T_0 (2452839.33585962) değeri olarak kullanılmıştır. Gözlemsel veriler bu T_0 'a göre evrelendirilerek evre kayması düzeltilmiştir ve buna göre sistemin ışık eğrileri çizilmiştir.

Daha önceden yapılmış çalışmalarda elde edilen minimum zamanları ve bu çalışmada elde edilen minimum zamanları kullanılarak sisteme ait (O-C) değişimi incelenmiştir.

Gözlemler sonucunda elde ettiğimiz minimum zamanları Çizelge 2. de verilmektedir. Bu çizelgede her üç bandede elde ettiğimiz

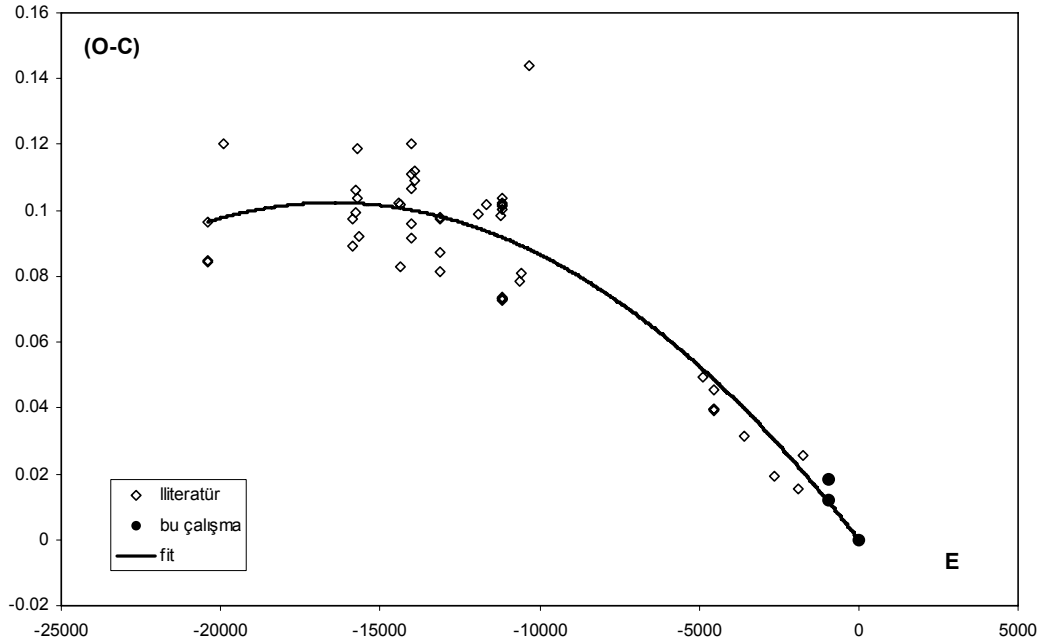
minimum zamanlarının ağırlıklı ortalamaları verilmiştir. Literatürden elde edilen ve bu çalışmada bulunan minimum zamanları birleştirilerek EM Cep çift yıldız sisteminin (O-C) değişimi Şekil 4. de verilmiştir.

(O-C) değişimi (Şekil 4.), kolları aşağı yönde olan bir parabol değişimi olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla bu sistemde kütle transferi söz konusudur. büyük kütleli bileşenden küçük kütleli bileşene madde aktarılmakta ve sistemin dönemi azalmaktadır.

Çizelge 2. EM Cep sisteminin (O-C) değişiminde kullanılan minimum zamanları

HJD 2400000+	Min	gözle m türü	E	E''	(O-C)	Hata	kayna k
52096.4467			-	-	0.0122	0.0006	
4	2	UBV	921.484	921.5	0	5	Bu çalış.*
52098.4682			-	-	0.0182	0.0009	
7	1	UBV	918.977	919.0	7	8	Bu çalış.*
52839.3358			0.0000	0.0	0.0000	0.0021	
6	1	UBV			0	3	Bu çalış.*

$T_0 = 2452839.33586$, $P = 0.806187$ gün, UBV: her üç renkte ağırlıklı ortalamayı belirtmektedir.



Şekil 4. EM Cep'in (O-C) değişimi

Bu (O-C) değişimine parabol yaklaşımı yapılacak olursa,

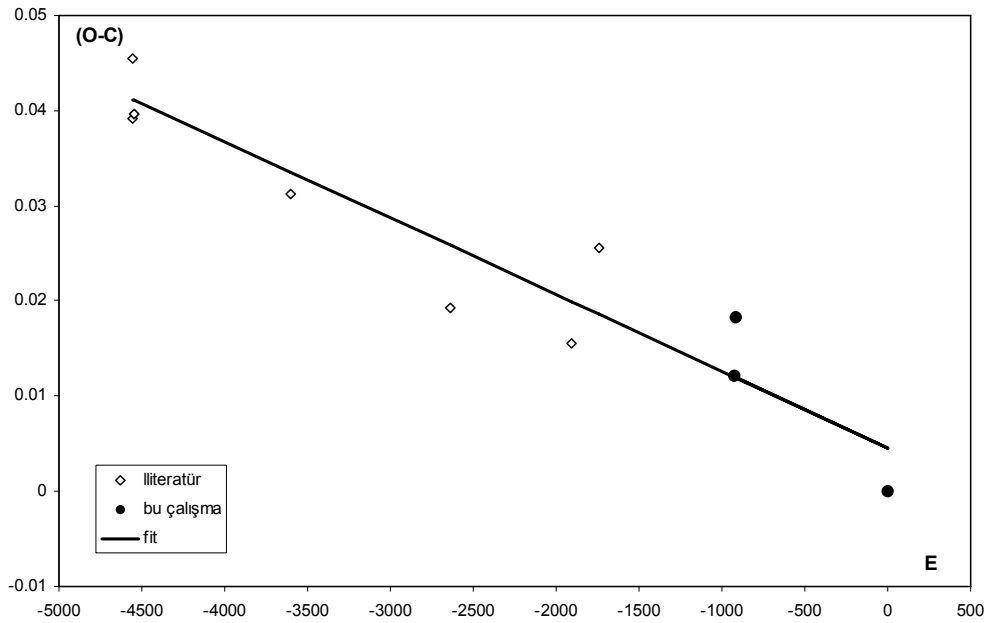
$$(O-C) = -3.77415 \times 10^{-10} E^2 - 1.24258 \times 10^{-05} E + 7.37994 \times 10^{-05} \quad (6.11)$$

şeklinde bir parabol ifadesi vermektedir.

Yıldızımızın bundan sonraki evre hesabını yapabilmemiz için doğrusal ışık elemanlarına ihtiyacımız vardır. Önümüzdeki 5-6 yıllık zaman içinde yıldızımızın ışık elemanlarının pek fazla değişmeyeceği varsayımıyla, literatürde şimdiye kadar gözlenen minimum zamanları içinde son gözlenen minimum zamanları kullanılarak, doğrusal yaklaşım sonucunda, EM Cep çift yıldız sistemine ait düzeltilmiş doğrusal ışık elemanları elde edilmiştir. Buna göre elde edilen yeni ışık elemanları;

$$\begin{aligned} \text{Min I (HJD)} &= 2452839.3404926 + 0.8061789758 E \\ (6.12) & \\ &\pm 0.0015904 \quad \pm 0.0000006598 \end{aligned}$$

dır Yeni ışık elemanlarını elde etmek için yapılan doğru fiti kullanılan minimum zamanlarıyla birlikte Şekil 5. de verilmiştir.



Şekil 5. EM Cep'in doğrusal yaklaşımın yapıldığı (O-C) değişimi

3.2. Işık eğrisi ve çözümü

Bu çalışmada ışık eğrilerinde saçılma çok fazla olduğundan analizler yapılmadan önce çok saçılma gösteren noktalar dışlanmıştır. Denet yıldızı kullanılarak her band (U, B, V) için elde edilen gecelik ortalama standart sapmalar Çizelge 3. de verilmiştir. Çizelgede yer alan nokta sayısı, o geceye ait gözlenen denet sayısını, $\sigma(U)$, $\sigma(B)$, ve

$\sigma(V)$, sırasıyla U, B, V bandlarına ait standart sapmaları göstermektedir.

Çizelge 3. EM Cep sisteminin gözlem gecesine ait gecelik ortalama standart sapmalar

GÖZLEM TARİHI (HJD)	nokta sayısı	gecelik ortalama standart sapmalar			Gözlem yeri
		$\sigma(U)$	$\sigma(B)$	$\sigma(V)$	
2452096	14	0.0030	0.0023	0.0020	TUG
2452098	14	0.0022	0.0019	0.0015	TUG
2452449	8	0.0056	0.0035	0.0031	ÇAAM
2452451	8	0.0030	0.0038	0.0024	ÇAAM
2452810	6	0.0034	0.0023	0.0028	TUG
2452815	12	0.0024	0.0026	0.0023	TUG
2452837	11	0.0019	0.0017	0.0014	TUG
2452838	10	0.0028	0.0016	0.0028	TUG
2452839	10	0.0019	0.0019	0.0015	TUG

Gözlem yeri: ÇAAM: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Astrofizik Araştırma Merkezi Gözlemevi, Çanakkale; TUG: Tübitak Ulusal Gözlemevi, Antalya.

Daha sonra verilerin her 5'er noktasında bir parlaklık ve evre ortalaması alınarak normalizasyon işlemi U bandında; $0^m.19796$ kadir parlaklığına, B bandında; $0^m.21766$ kadir parlaklığına, ve V bandında; $0^m.21868$ kadir parlaklığına yapılmıştır.

Bu sisteme ait normalize edilmiş gözlemsel veriler, Işık eğrisi daha üst parlaklık değerlerine normalize edilmiş böyle bir sistemin nasıl bir geometrik yapıda olabileceği düşüncesiyle, tahmini bir geometrik yapı vermesi açısından BINARY MAKER programı ile [3] EM Cep sisteminin normalize edilmiş ışık eğrilerine teorik yaklaşımda bulunulmuştur. Sistemin ışık eğrisinde minimum derinliklerinde asimetrikler ve maksimumlarda ışığın azalması gibi değişimler görülmesinden dolayı sistemin çözüm parametreleri BINARY MAKER programıyla çözülmeye karar verilmiştir.

Burada öncelikle katalog taraması sonucunda elde edilen bileşenlerin tayf türlerine göre sıcaklıklar seçilmiştir. birinci bileşen; B0.5V, B1IV, B1III, B1V, B3 ve B0 olarak, ikinci bileşenin ise tayf türü; B1III/V olarak verilmektedir. tayf türleri birbirine yakın olan iki bileşen içeren sistem için çözüm yapılmıştır. Bu tür bir sistem için kütle oranı 1'e yakın olacaktır. Biz burada 0.98 olarak aldık.

Minimum çukurları hemen hemen birbiriyle aynı derinlikte olduğu için ve spektral türleri bir birine çok yakın olan iki bileşenli çift yıldız olduğu için kütle oranı 0.98 alınmıştır. Bu kütle oranı çözüm sırasında sabit tutulmuştur.

Kataloglarda genelde birincinin tayf türünü B1 olarak verildiğinden dolayı, sıcaklıklar, çizelgelerden tayf türüne uygun şekilde seçilmiştir ($T_1 = T_2 = 26500K$) [26]. Seçilen bu sıcaklıklar sistemin ışık eğrisi analizi yapılırken sabit tutulmuştur. Lineer kenar kararma katsayıları çizelgelerden sıcaklığa uygun olarak seçilmiştir ($x_1 = x_2 = 0.3883$) [5] ve çözümde sabit tutulmuştur. Her iki bileşenin her üç band için seçilen kenar kararma katsayıları Çizelge 4. de verilmektedir. Sistemin yakınlık etkileri göstermesi nedeniyle, yansımaya ait A_1 , A_2 albedo parametreleri ve her iki bileşenin çekim kararması sabiti g_1 , g_2 parametreleri 1 alınarak ve sabit tutularak, görsel bir şekilde bileşenlerin potansiyelleri ve sistemin yörünge eğim açısı değiştirilerek her üç bandtaki gözlemsel veriler için uygunluk sağlanmaya çalışılmıştır.

Çizelge 4. EM Cep sisteminin bileşenlerine uygun kenar kararma katsayıları [5]

K. Kar. Kat.	U	B	V
x_1	0.3883	0.3849	0.3371
x_2	0.3883	0.3849	0.3371

Bir dizi iterasyon sonucunda görsel kararımıza dayanan en iyi uyuşumu veren sentetik ışık eğrisi sistemi temsil eden en iyi teorik eğri olduğu kararlaştırılmıştır. Burada fark karelerinin en küçük olması beklenemez. Çünkü amacımız sistem etrafındaki rüzgar maddesini ortaya çıkarmaktır. Doğal olarak teorik eğri, bazı evrelerde gözlemsel eğrinin üzerinde (daha üst parlaklık değerlerinde) yer almaktadır. Dolayısıyla bu durumda teorik ve gözlemsel değerler arasında toplam fark kare en küçük olmamaktadır. Bu şekilde elde edilen sisteme ait çözüm parametreleri Çizelge 5. de verilmiştir.

EM Cep değişeninin her banda ait 5'er noktadan oluşan ortalama noktalar ile elde edilen ışık eğrisi ile birlikte teorik olarak elde edilen bu çözüm ile ışık eğrileri Şekil 8. de ve sistemin geometrik görünümünleri de Şekil 6. ve Şekil 7. de verilmiştir. Şekil 8. de gözlenen ışık eğrisi ile teorik ışık eğrisi arasında maksimumlarda gözle görülür parlaklık farkı vardır. Bunun nedeninin sistem etrafında

homojen olarak dağılmamış rüzgar maddesinin sistem ışığını soğurması olduğu söylenebilir. Bu 0.12 ile 0.38 evre arasında ve 0.64 ile 0.88 evre arasında yıldız ışığı soğurucu rüzgar maddesi tarafından soğurulmuş olduğu söylenebilir.

Böylelikle gözlenen ışık eğrisinde maksimumlarda soğurma nedeniyle teorik eğriye göre zayıflamanın olduğu söylenebilir. Işık eğrisinde minimumlarda ise teorik eğri, gözlenen ışık eğrisini iyi bir şekilde temsil etmektedir. Bu da sistem etrafındaki rüzgar maddesinin 0 ile 0.5 eksen boyunca olmadığını, 0.25 ile 0.75 eksen boyunca uzandığını söylemektedir. Dolayısıyla sistemin dönmesi sonucu bipolar rüzgar yapısının sistem etrafındaki dağılımını coriolis kuvveti şekillendirmektedir [18].

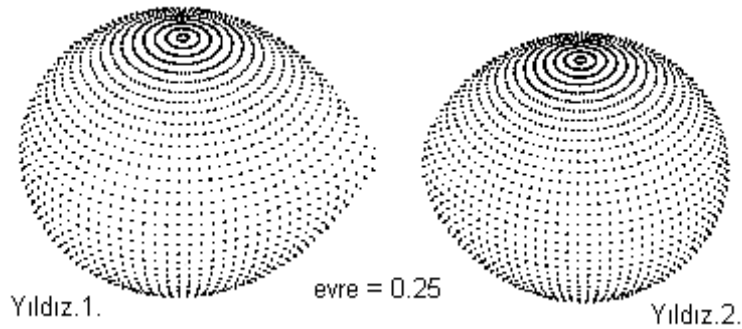
Sistemin, birinci bileşeni tamamen roche lobunu doldurmuş, ikinci bileşenin doldurmaya çok yakın olduğu görülmektedir (Şekil 7.). Böylelikle sistemin degen çift olma durumuna çok yakın bir durumda olduğu söylenebilir. Böylelikle sistem Roche loblarını doldurmuş, madde transfer eden degen bir çift sistem olduğu söylenebilir. Bu madde transferinin de yıldız rüzgarıyla olduğu elde edilen teorik ve gözlemsel ışık eğrilerinden görülebilir. Şekil 8.de açıkça görüldüğü gibi gözlemsel noktaların bazı evrelerde parlaklığında bir azalmanın olduğu görülmektedir.

Çizelge 5. EM Cep sisteminin Binary Maker çözüm parametreleri (her renk için)

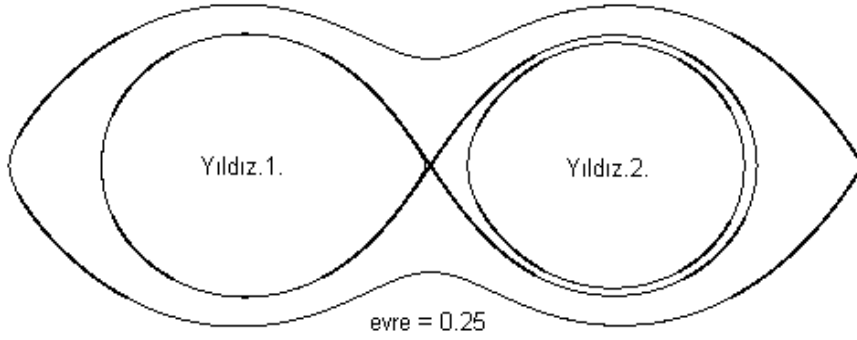
	U	B	V	U & B & V
i (°)	53.9	53.9	53.9	53.9
q (kütle oranı)	0.98	0.98	0.98	0.98
Ω_1 (potansiyel)	3.72	3.72	3.72	3.72
Ω_2 (potansiyel)	3.9	3.9	3.9	3.9
T_1 (sıcaklık, K)	26500	26500	26500	26500
T_2 (sıcaklık, K)	26500	26500	26500	26500
r_1 (back)	0.406238	0.406238	0.406238	0.406238
r_1 (point)	0.489718	0.489718	0.489718	0.489718
r_1 (pole)	0.357501	0.357501	0.357501	0.357501
r_1 (side)	0.375524	0.375524	0.375524	0.375524
r_2 (back)	0.369014	0.369014	0.369014	0.369014
r_2 (point)	0.395899	0.395899	0.395899	0.395899
r_2 (pole)	0.333189	0.333189	0.333189	0.333189
r_2 (side)	0.346761	0.346761	0.346761	0.346761

r_1 (ort.k.yarıçap)	0.379754	0.379754	0.379754	0.379754
r_2 (ort.k.yarıçap)	0.349655	0.349655	0.349655	0.349655
x_1 (k.kararma k.)	0.3883	0.3849	0.3371	0.3883 / 0.3849 / 0.3371
x_2 (k.kararma k.)	0.3883	0.3849	0.3371	0.3883 / 0.3849 / 0.3371
g_1 (çekim sabiti)	1	1	1	1
g_2 (çekim sabiti)	1	1	1	1
A_1 (albedo)	1	1	1	1
A_2 (albedo)	1	1	1	1
L_1 (k.luminosite)	0.5441	0.5441	0.5441	0.5441
L_2 (k.luminosite)	0.4559	0.4559	0.4559	0.4559
Üçüncü Işık	0	0	0	0
λ (dalga boyu, Å)	3650	4400	5500	

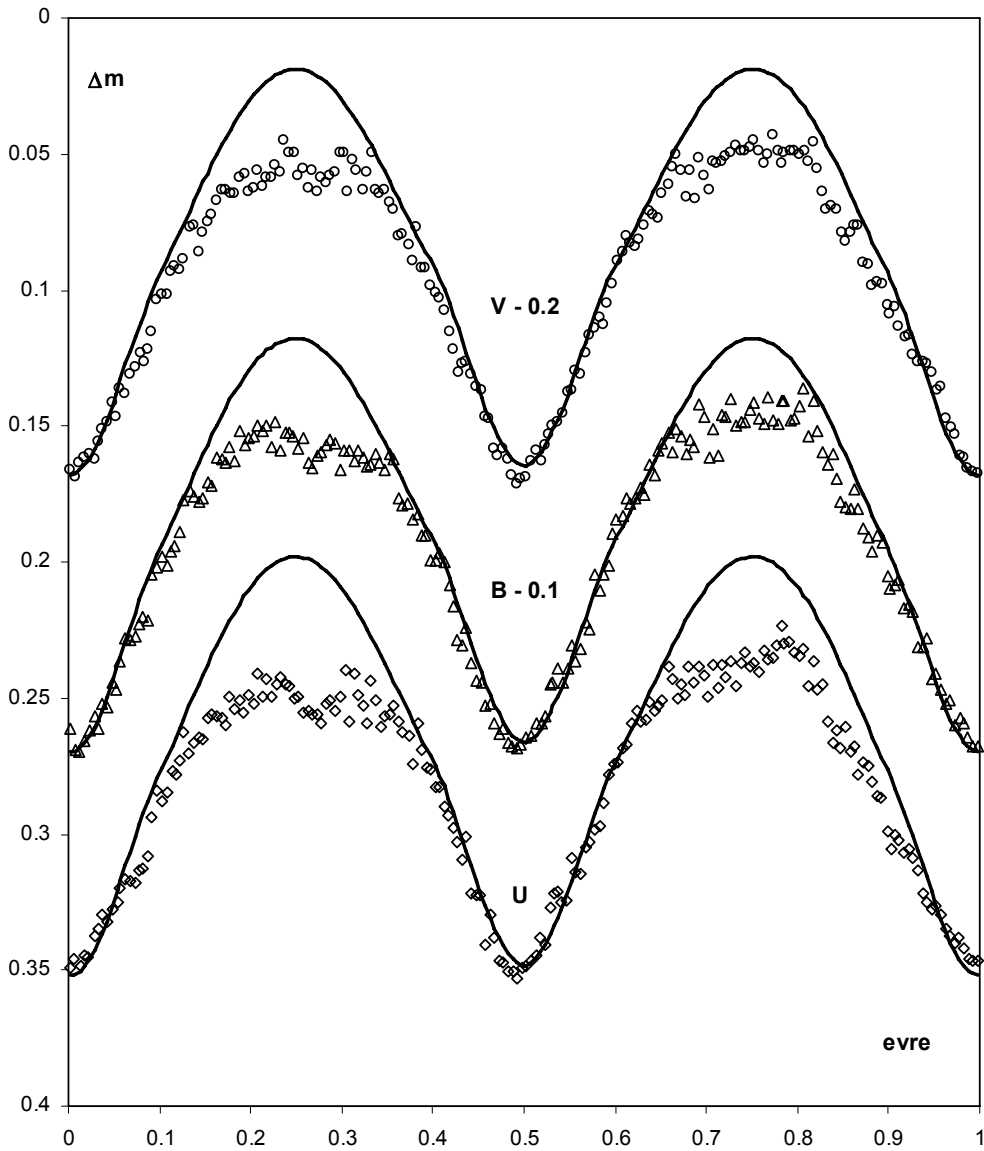
Bu parlaklık azalmasının kaynağının sistemin etrafındaki bir soğurucu ortamın olduğu kabul edilmektedir. Bu soğurucu ortamın yıldızlardan madde kaybı olarak açıklanan yıldız rüzgarı tarafından oluşturulduğu düşünülmektedir. Böylelikle Binary Maker çözümü sonucunda elde edilen teorik verilere göre gözlenen ışık eğrilerinin göstermiş olduğu azalma miktarları modellenerek yıldız rüzgarının oluşturduğu çift yıldız sistemi etrafındaki soğurucu ortamın geometrik yapısı elde edilebilir.



Şekil 6. EM Cep çift yıldız sisteminin 0.25 evresindeki üç boyutlu geometrik görünümü



Şekil 7. EM Cep sisteminin 0.25 evresindeki Roche geometrisini gösteren şekil



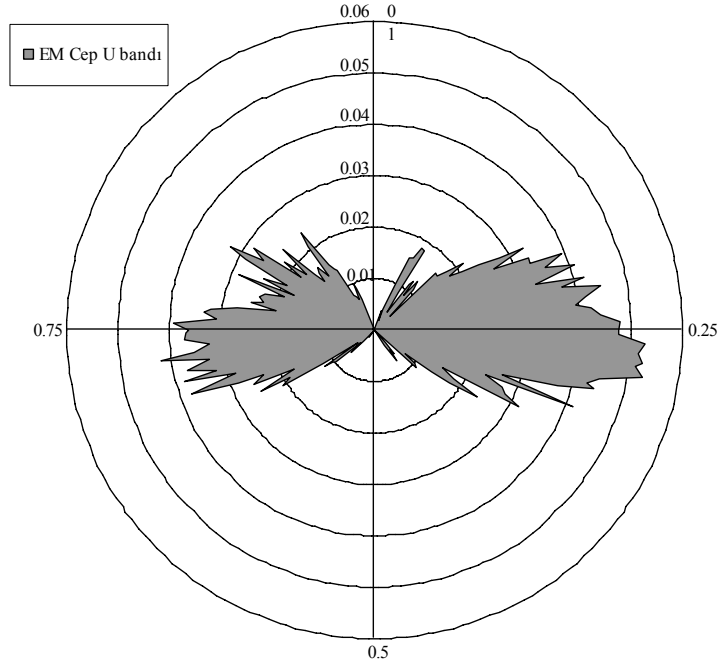
Şekil 8. EM Cep sisteminin V-0.2, B-0.1, U bandı ışık eğrisi

Bu geometrik yapının nasıl elde edileceği ayrıntılı bir şekilde verilmiştir. Bu bölümde böyle bir yıldız rüzgarının yapısını fotometrik

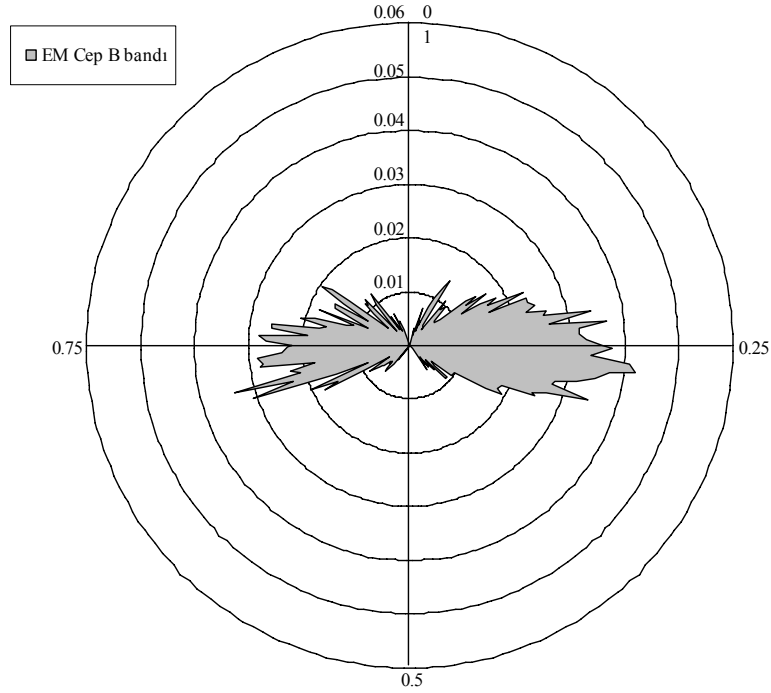
yolla yeni bir yöntemin uygulanmasıyla nasıl elde edildiği de açıklanmıştır. Gözlemsel ışık eğrilerinin asimetrileriyle birlikte değişimlerinin evreye bağlı artıklar (farklar), homojen olmayan rüzgar materyali tarafından yıldız ışığının zayıflaması nedeniyle olabilir. Bu nedenle evreye bağlı ışık (parlaklık) artıkları (farkları), bu asimetriyi üreten rüzgar materyalinin geometri ve yapısını modellemek için kullanılabilir.

Her şeyden önce, ışık eğrilerinde görülen asimetrilerin, sistemin etrafını saran küresel olarak homojen olmayan zarf maddesinin soğurmasından kaynaklandığı kabul edilmiştir. Bunun, asimetri oluşturan etkiler (eliptik yörünge, manyetik aktivite (leke), kütle transferi, vb.) dikkate alındığında doğru olduğu gösterilebilir. EM Cep sistemi için, çift yıldız ışık eğrilerinde asimetri oluşturan süreçler olarak, eliptik yörünge (EM Cep'te yörünge dönemi küçüktür ve yörünge çemberdir) ve manyetik aktivite (sıcak-soğuk lekeler) (sıcak yıldızlarda bu etki görülmez) sürecinin olmayacağı açıktır.

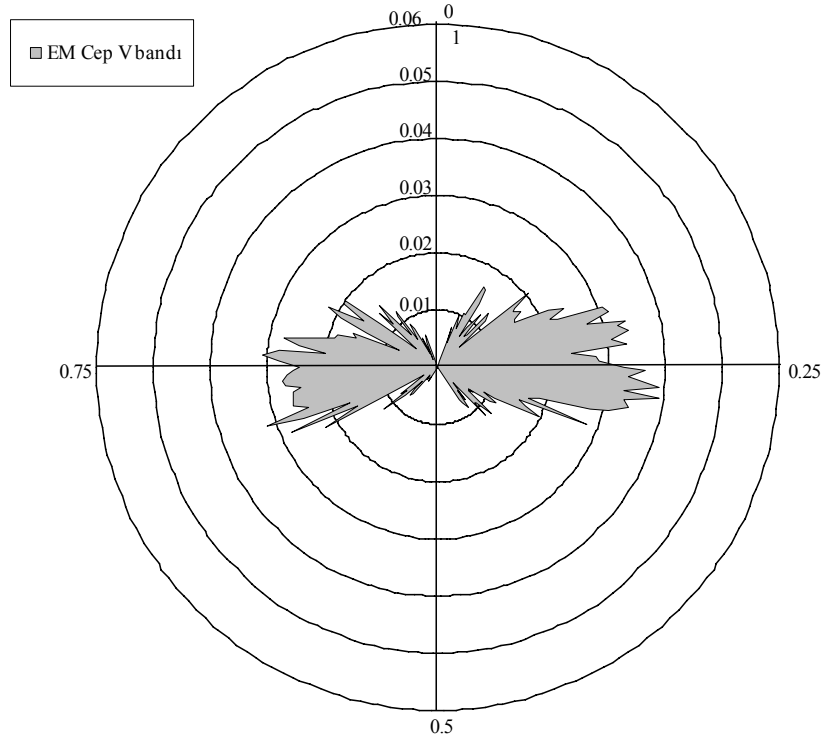
Burada, sistemin çember yörüngelerde dolandığı kabulüyle bulunan teorik ışık eğrisi ve gözlemsel ışık eğrisi arasındaki soğurma farkları (şiddet olarak) dikkate alınarak soğurucu ortamın optik derinliği hesaplanmıştır. Teorik fitin minimum çukurlarına uygunluğu dikkate alındığından maksimumlar farklı normalize değerlerine gelebilmektedir ve böylelikle maksimumlarda bir parlaklık azalması söz konusu olacaktır. Bu, ışık eğrilerindeki soğurucu etkinin göreceli olarak değişimini verecektir. Işık eğrisi üzerinde her gözlemsel nokta ile teorik eğrinin şiddet değerleri ölçülerek evreye göre τ optik derinlik değerleri hesaplanırsa, bulunan bu τ değerleri evreye göre özel bir grafik gösterimi ile çizildiğinde (polar – kutupsal diagram), zarf maddesinin sistem etrafındaki geometrik yapısı ortaya çıkmaktadır. Bu farkların rüzgar materyalinin tahmin edilen optik derinliğe göre değişimini veren polar (kutupsal) diagramlar, her renk (U, B, V) için ayrı ayrı Şekil 9., Şekil 10. ve Şekil 11. de verilmiştir.



Şekil 9. EM Cep sistemi etrafında rüzgar materyalinin optik derinlik ile değişimi (U Bandı rüzgar yapısı).



Şekil 10. EM Cep sistemi etrafında rüzgar materyalinin optik derinlik ile değişimi (B Bandı rüzgar yapısı)



Şekil 11. EM Cep sistemi etrafında rüzgar materyalinin optik derinlik ile değişimi (V Bandı rüzgar yapısı)

Bipolar yapılar, rüzgar - rüzgar etkileşimiyle oluşmuştur. Bileşenlerden çıkan yıldız rüzgarları birbirleriyle çarpışması sonucu oluşmuştur. Şekil 9. – 11. deki böyle bipolar yapılar, sentetik ışık eğrilerinin model parametreleri, kabul edilebilir (makul) bölge içinde değişmiş olsa bile, çok fazla değişmemiştir. O yüzden Şekil 9. – 11. deki bipolar geometri, kısa dönemli büyük kütleli çiftlerde rüzgar - rüzgar etkileşiminin sonucu olarak oluştuğu söylenebilir., rüzgar - rüzgar etkileşimi üzerine deliller sunulmuştur [24, 25, 18]. yıldızlar arasındaki düzleme ait şok bölgelerinin bipolar rüzgar yapısının iki kolunu ve yörünge hareketi nedeniyle derece derece dışa doğru bükülmesini tanımlamışlardır [18].

Biz, sistemdeki bipolar şok bölgelerinin optik derinliği (veya geometrisi) nin evreye bağımlı değişimini Şekil 9. – 11. de verdik. Coriolis kuvveti, sistemde çarpışan bipolar rüzgar yapısının şekillenmesinde önemli bir rol oynamaktadır [18]. Rüzgar, bileşenin Roche lobunu doldurmasıyla artmaktadır. Bileşenler arasında beklenen sıcak lekeler hakkında herhangi bir fotometrik delil görülmemiştir. Sıcak leke ışınması, rüzgar materyalinin karşılıklı etkileşimiyle dışlanmaktadır.

Bipolar rüzgar materyalinin geometrik mutlak boyutları da, ortamda baskın olan soğurmanın elektron saçılması olduğu ve ortamın elektron yoğunluğu içinde $N_e=10^{10} \text{ cm}^{-3}$ ve sönümlenme miktarı (tek atom için soğurma katsayısı) $a=6.654 \times 10^{-25} \text{ cm}^2$ [2] değeri alınmasıyla hesaplandığında rüzgar maddesinin sistemden yaklaşık olarak 0.53 Astronomi Birimi uzaklığa kadar yayıldığı bulunur.

Binary Maker ışık eğrisi analiz programıyla EM Cep çift yıldızı için değerlendirme yapılmıştır. Yapılan fotometrik analizler, EM Cep'in bileşenlerinin fotometrik parametrelerinin tahmin edilmesine izin vermiştir. Sistemin her iki bileşeninin aynı tayf türüne sahip olan ve sistemin her iki bileşeni de Roche lobunu dolduran değen bir çift sistem olabileceği görülmektedir.

(O-C) değişimine bakıldığında parabol benzeri bir değişimin olduğu görülmektedir. Bizim elde ettiğimiz minimum zamanlarının (O-C) değerlerinin genel trende uyum göstermesi değişimin gerçekten parabol benzeri ya da doğrusal olabileceğini göstermektedir. Sistem için yeni ışık elemanları HJD 2449170 sonra gözlenen minimum zamanlarına doğrusal yaklaşım uygulanarak elde edilmiştir. Çünkü parabol benzeri değişimin sonucu olarak sistemden madde aktarımı söz konusudur. Daha fazla minimum zamanının belirlenmesi EM Cep sistemi için daha doğru ışık elemanları elde etmek için gereklidir ve böylelikle dönem değişimi daha iyi açıklanabilir.

4. V745 Cas Çift Yıldız Sistemi

V745 Cas sistemi (HD 1810, BD+61 50) Beta Lyr / W UMa türü tutulma gösteren bir çift yıldız sistemidir. 4659 sayılı Information Bulletin on Variable Stars (IBVS) dergisinde değişen yıldız olarak yer almaktadır [13]. Bu tarihten sonra literatürde herhangi bir araştırmacı tarafından ne ışık eğrisi elde edilmiş ne de sistem parametreleri elde edilmiştir. Sadece bu yıldızın Hipparcos uydusundan elde edilen verileri, ışık eğrisi mevcuttur. Dolayısıyla bu sistemin literatür bilgisi yoktur. Sadece bizim yapmış olduğumuz fotometrik gözlemler vardır. Bu gözlemlerin ayrıntıları aşağıda verilmiştir. Bu çalışmada kullanılan dönem Hipparcos kataloğunun verdiği $P=1.41057$ gün değeri kullanılmıştır.

4.1. Işık elemanları

Bu sistemin herhangi bir verisi olmadığı için daha önceden gözlenen herhangi bir minimum zamanı olmadığından sisteme ait (O-C) değişimi incelenememiştir. Sadece bu çalışmada yapılan fotometrik gözlemlerden elde edilen bir tane birinci minimum çukuru her üç band (U, B, V) da gözlenmiştir. Elde edilen minimum çukurlarına KW yöntemi [15] uygulanarak minimum zamanları hesaplanmıştır. Hesaplanan bu minimum zamanları, türleri, gözlemsel minimum zamanlarının ağırlıklı ortalama değerleri ve hataları ile birlikte aşağıdaki Çizelge 6. da verilmiştir.

Çizelge 6. V745 Cas sisteminin minimum zamanları ve hataları

HJD Min (2400000+)	Min.	band	Hata	
52100.44843	1	U	0.001011	Bu çalışm
52100.46287	1	B	0.003301	Bu çalışm
52100.45990	1	V	0.000944	Bu çalışm
52100.45956	1	UBV	0.003920	Bu çalışm

Çizelgede, UBV: her üç renkte ağırlıklı ortalamayı belirtmektedir.

Yapılan gözlemler sonucunda elde edilen ışık eğrilerinde evre kayması görüldüğünden elde edilen ışık eğrileri gözlemsel olarak elde edilen her üç bandın ağırlıklı ortalaması olan minimum zamanı değerine göre tekrar evrelendirilmiştir. Bu evrelendirmede kullanılan T_0 değeri; 2452100.45956 ve P değeri; 1.41057 gün dür. Böylelikle bu sistem için ilk ışık elemanları;

$$\text{Min I (HJD)} = 2452100.45956081 + 1.41057 E \quad (6.13)$$

$$\pm 0.00392041$$

olarak verilebilir.

4.2. Işık eğrisi ve çözümü

Bu çalışmada gözlemsel olarak elde edilen ışık eğrilerinde saçılma çok fazla olduğundan analizler yapılmadan önce çok saçılma gösteren noktalar dışlanmıştır. Denet yıldızı kullanılarak her band (U, B, V) için elde edilen gecelik ortalama standart sapmalar Çizelge 7. da verilmiştir. Çizelgede yer alan nokta sayısı, o geceye ait gözlenen denet sayısını, $\sigma(U)$, $\sigma(B)$, ve $\sigma(V)$, sırasıyla U, B, V bandlarına ait standart sapmaları göstermektedir.

Gözlem verilerinin her 5 noktasında bir parlaklık ve evre ortalaması alınarak, normalizasyon işlemi U bandında; $0^m.085$, B bandında; $0^m.17323$, ve V bandında; $0^m.33658$ diferensiyel parlaklığına yapılmıştır. Bu yıldızın çözümüne başlamadan önce, sistemin yapısı ve astrofiziksel değerlere yakından bağlı olan q kütle oranı değerinin bilinmesi gerekir. Kütle oranı bilinmezse sisteme ait herhangi bir çözüm oluşturamayız. Bunun için sistemin q kütle oranı değeri tahmin edilmeye çalışılmıştır.

Çizelge 7. V745 Cas sisteminin gözlem gecesine ait gecelik ortalama standart sapmalar

GÖZLEM TARİHİ (HJD)	nokta sayısı	gecelik ortalama standart sapmalar			Gözlem yeri
		$\sigma(U)$	$\sigma(B)$	$\sigma(V)$	
2452095	9	0.0047	0.0018	0.0019	TUG
2452097	17	0.0034	0.0047	0.0022	TUG
2452100	10	0.0045	0.0058	0.0032	TUG
2452178	2	0.0009	0.0066	0.0038	TUG
2452182	6	0.0050	0.0034	0.0022	TUG
2452448	5	0.0043	0.0048	0.0011	ÇAAM
2452450	6	0.0056	0.0040	0.0050	ÇAAM
2452453	6	0.0071	0.0047	0.0047	ÇAAM
2452507	12	0.0025	0.0016	0.0010	TUG
2452508	17	0.0029	0.0020	0.0015	TUG
2452814	9	0.0049	0.0033	0.0038	TUG
2452836	8	0.0027	0.0034	0.0024	TUG

ÇAAM: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Astrofizik Araştırma Merkezi Gözlemevi, Çanakkale; TUG: Tübitak Ulusal Gözlemevi, Antalya.

Bunun için herhangi bir tayf türü yada sıcaklık bilgisine sahip olabilirsek q kütle oranını yaklaşık olarak tahmin edebiliriz. Bunun için öncelikle katalog taraması yapılır ve sisteme ait yararlı bilgiler elde edilir. Tarama sonucunda genelde birinci bileşen için elde edilen tayf türü, B0IV veya B3 dür. İkinci bileşenin tayf türü için herhangi bir bilgi yoktur. Kataloglardan her iki bileşene ait kadir cinsinden parlaklık değerleri verilmiştir. Kataloglarda birinci bileşenin parlaklığı $m_1=8^m.2$ kadir, ikinci bileşenin parlaklığı $m_2=11^m.1$ kadirdir [19]. Böylelikle Pogson ifadesinden L_1/L_2 bileşenlerin parlaklık (luminosite) oranı bulunur. kütle-parlaklık ifadesinden ikinci bileşene (yoldaşa) ait teorik kütle değeri yaklaşık olarak bulunur. Böylelikle elimizde iki bileşene ait teorik kütle değerleri vardır. Buradan da $q =$

M_2 / M_1 kütle oranı tahmin edilir. Bu yolla bulunan kütle oranı ~ 0.7 dür. Çözümde 0.7 kütle oranı değeri sabit alınmıştır. Böylelikle birinci bileşene (baş yıldız) ve ikinci bileşene (yoldaş) ait bulunan sıcaklık değerleri; $T_1 = 29000$ K ve $T_2 = 26500$ K dir [26]. Her iki bileşene ait sıcaklıklara karşılık gelen lineer kenar kararma katsayıları x_1 , x_2 ; çizelgelerden alınmıştır [5]. Bu kenar kararma katsayıları Çizelge 8. de verilmektedir.

Işık eğrisi daha üst (daha parlak) diferensiyel parlaklık değerlerine normalize edilmiş böyle bir sistemin nasıl bir geometrik yapıda olabileceği düşüncesiyle, tahmini bir geometrik yapıyı vermesi açısından BINARY MAKER programı ile V745 Cas sisteminin normalize edilmiş ışık eğrilerine teorik yaklaşımda bulunulmuştur. Sistemin ışık eğrisinde minimum derinliklerinde asimetriler ve maksimumlarda ışığın azalması gibi değişimler (düzensizlikler) görülmesinden dolayı sistemin çözüm parametreleri Binary Maker programıyla [3] çözülmeye karar verilmiştir. Bize sistem hakkında ön bir bilgi vermesi açısından Binary Maker programı ile ışık eğrisi analizi yapılmıştır.

Çizelge 8. V745 Cas sisteminin bileşenlerine uygun kenar kararma katsayıları [5]

K. Kar. Kat.	U	B	V
x_1	0.397	0.392	0.348
x_2	0.388	0.385	0.337

Çözüm esnasında elde edilen q kütle oranı, her iki bileşenin T_1 ve T_2 sıcaklık değerleri, x_1 ve x_2 kenar kararma katsayıları sabit tutulmuştur. Sistemin yakınlık etkileri göstermesi nedeniyle, yansımaya ait A_1 , A_2 albedo parametreleri ve her iki bileşenin çekim kararması sabiti g_1 , g_2 parametreleri 1 alınarak ve sabit tutularak, görsel bir şekilde bileşenlerin potansiyelleri ve sistemin yörünge eğim açısı değiştirilerek her üç banttaki gözlemsel veriler için uyum sağlanmaya çalışılmıştır.

Sistem etrafındaki rüzgar yapısını fotometrik olarak ortaya çıkarmaya çalıştığımızdan dolayı teorik eğri, bazı evrelerde gözlemsel eğrinin üzerinde (daha üst parlaklık değerlerinde) yer alacaktır. Bundan dolayı teorik ve gözlemsel değerler arasındaki toplam fark kare değerinin küçük olması ile en iyi uyumu sağlayamayız. Böylelikle elde edilen sisteme ait BinaryMaker çözüm parametreleri

Çizelge 9. da verilmiştir. V745 Cas değişeninin her banda ait 5'er noktadan oluşan ortalama değerleri ile elde edilen ışık eğrileri ile birlikte teorik olarak elde edilen (çözüm sonucunda elde edilen) ışık eğrileri Şekil 12. de verilmiştir.

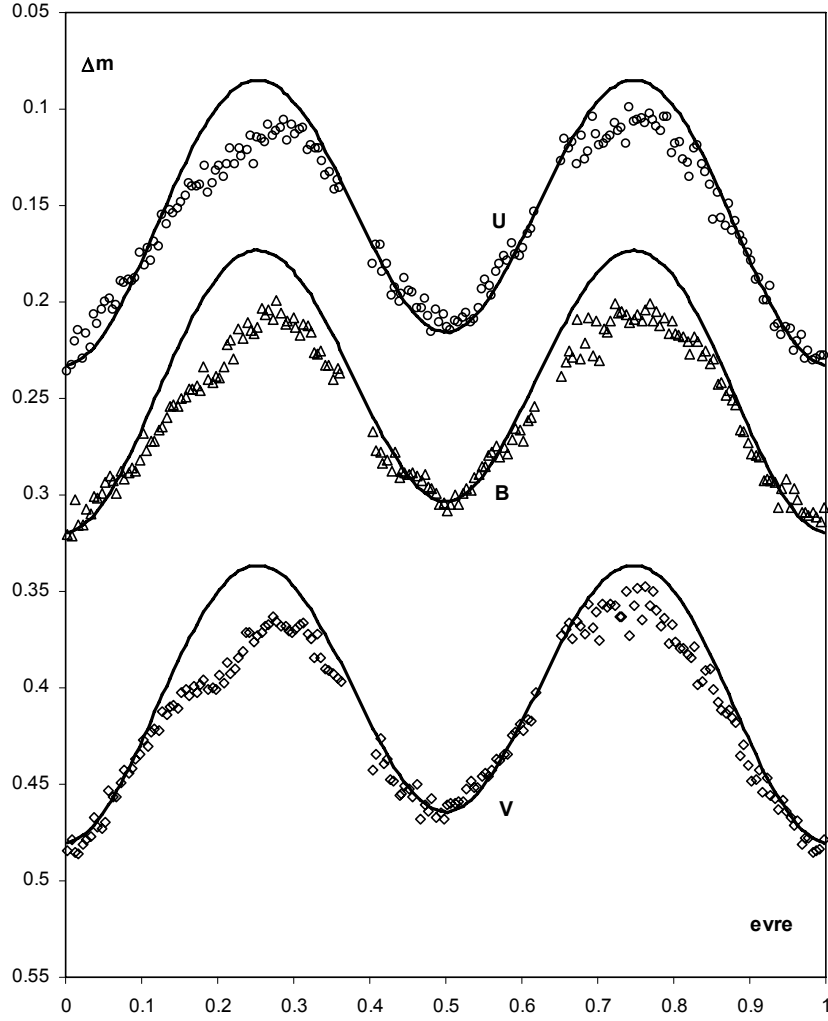
Şekil 12. de gözlenen ışık eğrisi ile teorik ışık eğrisi arasında maksimumlarda gözle görülür parlaklık farkı vardır. Bunun nedeninin sistem etrafında homojen olarak dağılmamış rüzgar maddesinin sistem ışığını soğurması olduğu söylenebilir. Bu soğurucu etki, 0.14 evre civarında başlamakta 0.36 evresine kadar devam etmektedir. Bunun yanında 0.64 evre civarında da başlayıp 0.86 evresine kadar devam eden ikinci bir soğurma bölgesi daha vardır.

Çizelge 9. V745 Cas sisteminin çözüm parametreleri

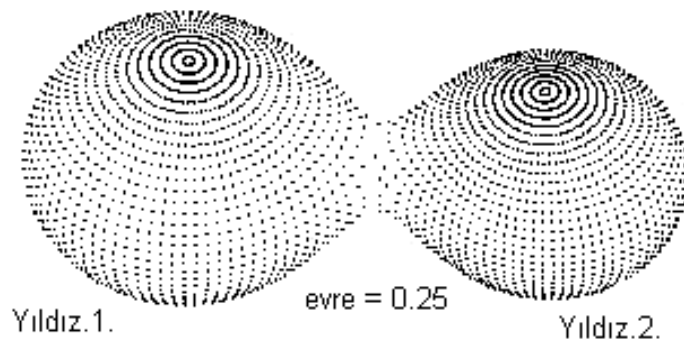
	U	B	V	U & B & V
i (°)	43	43	43	43
q (kütle oranı)	0.7	0.7	0.7	0.7
Ω_1 (potansiyel)	3.15	3.15	3.15	3.15
Ω_2 (potansiyel)	3.15	3.15	3.15	3.15
T_1 (sıcaklık, K)	29000	29000	29000	29000
T_2 (sıcaklık, K)	26500	26500	26500	26500
r_1 (back)	0.46147	0.46147	0.46147	0.46147
r_1 (point)	0.536634	0.536634	0.536634	0.536634
r_1 (pole)	0.39999	0.39999	0.39999	0.39999
r_1 (side)	0.42514	0.42514	0.42514	0.42514
r_2 (back)	0.400089	0.400089	0.400089	0.400089
r_2 (point)	0.463366	0.463366	0.463366	0.463366
r_2 (pole)	0.340884	0.340884	0.340884	0.340884
r_2 (side)	0.359117	0.359117	0.359117	0.359117
r_1 (ort.k.yarıçap)	0.428866	0.428866	0.428866	0.428866
r_2 (ort.k.yarıçap)	0.366697	0.366697	0.366697	0.366697
x_1 (k.kararma k.)	0.397	0.392	0.348	0.397 / 0.392 / 0.348
x_2 (k.kararma k.)	0.388	0.385	0.337	0.388 / 0.385 / 0.337
g_1 (çekim sabiti)	1	1	1	1
g_2 (çekim sabiti)	1	1	1	1
A_1 (albedo)	1	1	1	1
A_2 (albedo)	1	1	1	1
L_1 (k.luminosite)	0.536634	0.536634	0.536634	0.536634
L_2 (k.luminosite)	1.639039	1.639039	1.639039	1.639039
Üçüncü Işık	0	0	0	0
λ (dalgaboyu, Å)	3650	4400	5500	

Bu 0.14 ile 0.36 evre arasında ve 0.64 ile 0.86 evre arasında yıldız ışığı soğurucu rüzgar maddesi tarafından soğurulmuş olabilir.

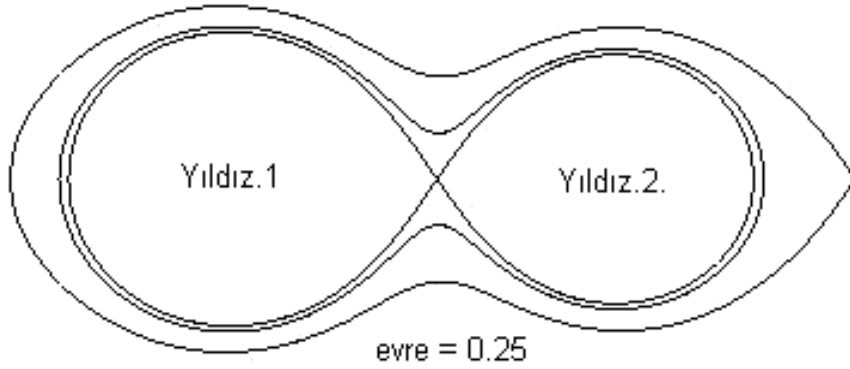
Böylelikle gözlenen ışık eğrisinde maksimumlarda soğurma nedeniyle teorik eğriye göre zayıflamanın olduğu söylenebilir. Işık eğrisinde minimumlarda ise teorik eğri, gözlenen ışık eğrisi ile uyum içindedir. Buda sistem etrafındaki rüzgar maddesinin 0 ile 0.5 eksen boyu boyunca olmadığını, 0.25 ile 0.75 eksen boyu boyunca uzandığını söylemektedir. Sistem bileşenlerinin birbirleri etrafında dönmesi sonucu sistem etrafındaki bipolar rüzgar yapısının dağılımını coriolis kuvveti şekillendirmektedir [18]. Çözüm sonucunda elde edilen veriler ışığında sisteme ait üç boyutlu geometrik görünüm ve yıldız diskini birinci kritik Roche lobu ve ikinci kritik Roche lobu ile birlikte Roche geometrisi Şekil 13. ve Şekil 14. de verilmektedir. Yatık 8 şekli içinde her iki yıldızın kendi Roche loblarını doldurup doldurmadıkları görülebilir. Şekillerden her iki bileşenin de tamamen Roche lobunu doldurmuş olduğu söylenebilir. Böylelikle V745 Cas, aşırı degen çift sistem olabilir. Böylelikle sistem Roche loblarını doldurmuş, aşırı degen bir çift sistem olduğu söylenebilir. Yıldız rüzgarıyla madde kaybının sözkonusu olduğu elde edilen teorik ve gözlemsel ışık eğrilerinden görülmektedir (Şekil 12). Şekil 12. de açıkça görüldüğü gibi gözlemsel noktaların bazı evrelerde parlaklığında bir azalmanın olduğu görülmektedir. Bu parlaklık azalmasının kaynağının sistemin etrafında olan bir soğurucu bipolar rüzgar yapısı tarafından olduğu kabul edilmektedir.



Şekil 12. V745 Cas sisteminin teorik ışık eğrisi ile gözlemsel verilerin birlikte görüldüğü değişimi.

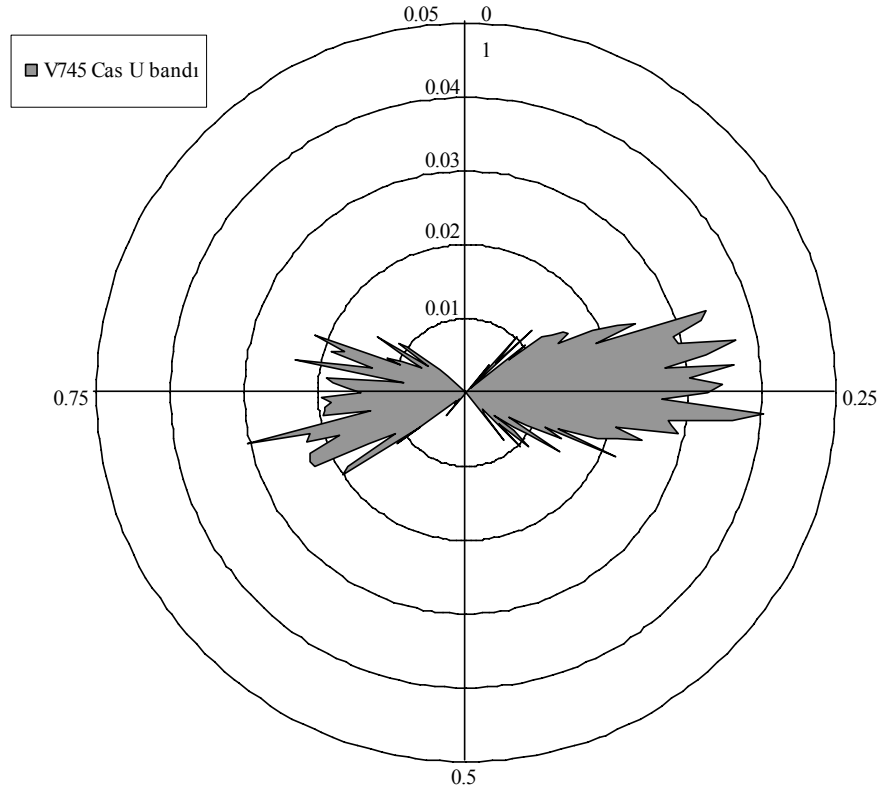


Şekil 13. V745 Cas sisteminin 0.25 evresindeki üç boyutlu geometrik görünümü

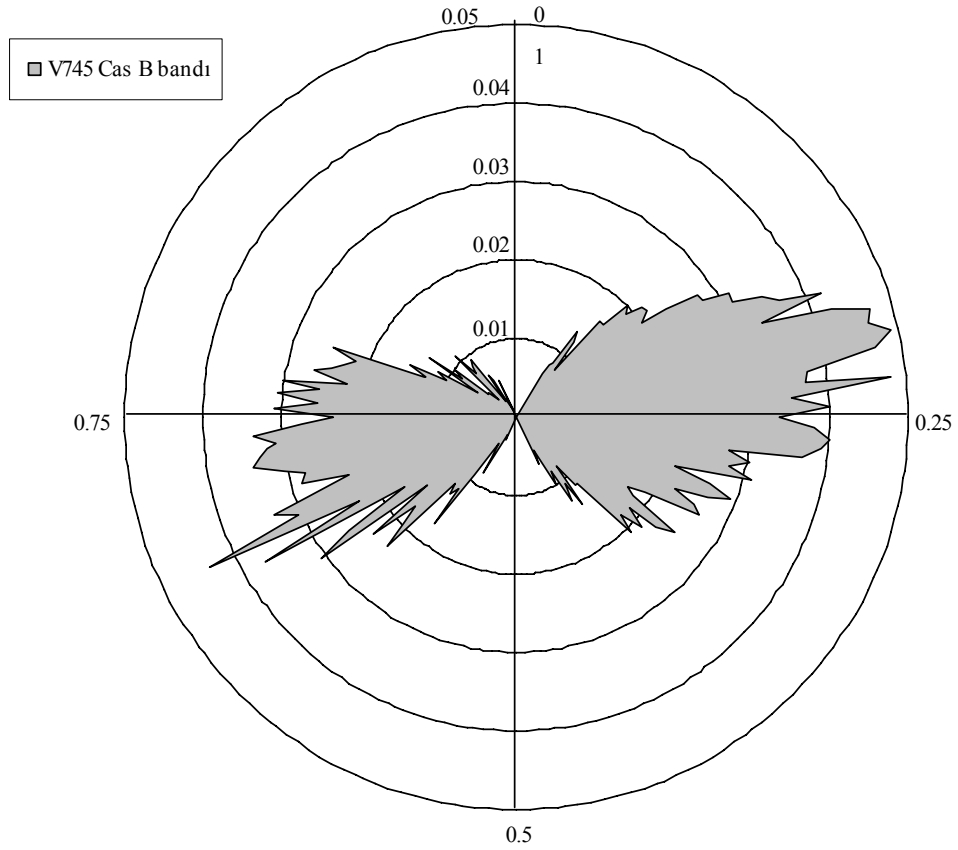


Şekil 14. V745 Cas sisteminin 0.25 evresindeki Roche geometrisini gösteren şekil

Böylelikle Binary Maker çözümü sonucunda elde edilen teorik verilere göre gözlenen ışık eğrilerinin göstermiş olduğu azalma miktarları modellenerek yıldız rüzgarının oluşturduğu çift yıldız sistemi etrafındaki soğurucu ortamın geometrik yapısı elde edilebilir. Ayrıca V745 Cas sistemi, EM Cep sistemi için yapılan çalışma ile paralellik göstermektedir. V745 Cas sisteminde de, EM Cep sisteminde olduğu gibi rüzgar yapısı tahmin edilmeye çalışılmıştır ve Şekil 15.-17. polar diagramlar burada da optik derinlik değişimini ve sistemin bipolar rüzgar yapısını vermektedir.

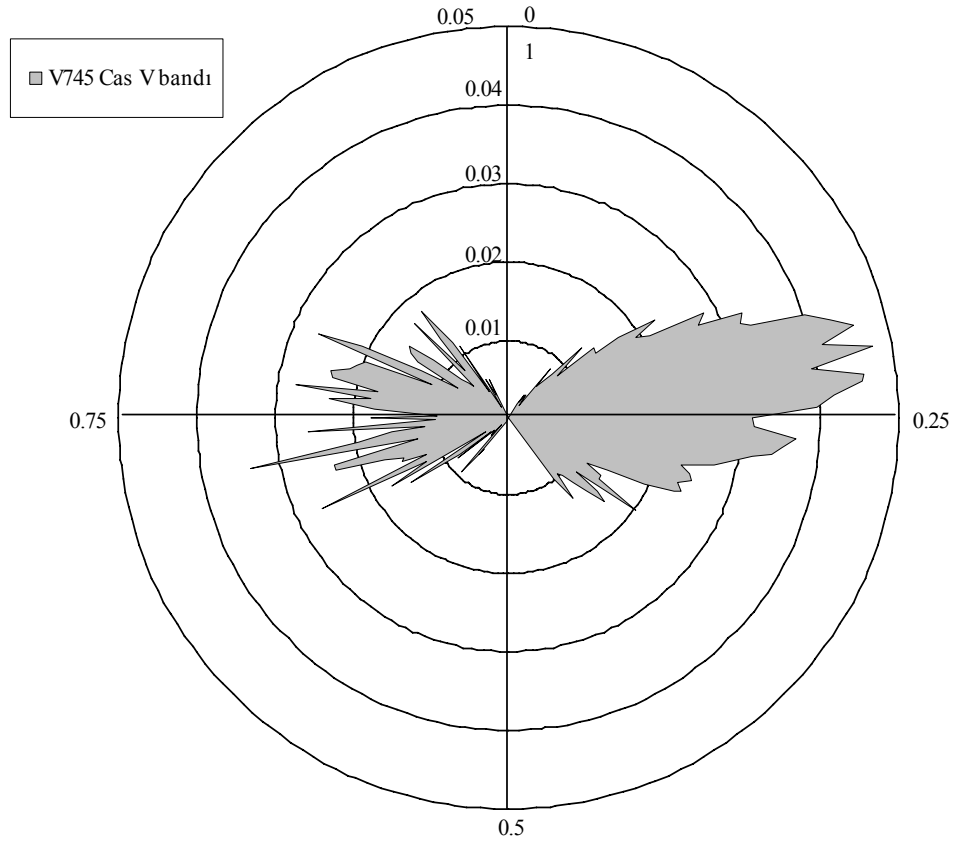


Şekil 15. V745 Cas sistemi etrafında rüzgar materyalinin optik derinlik ile değişimi (U Bandı rüzgar yapısı)



Şekil 16. V745 Cas sistemi etrafında rüzgar materyalinin optik derinlik ile değişimi (B Bandı rüzgar yapısı)

Gözlemsel ışık eğrilerine yapılan teorik yaklaşım, minimum çukurlarına uygunluğu dikkate alındığından maksimumlar farklı normalize değerlerine gelebilmektedir ve böylelikle maksimumlarda bir parlaklık azalması söz konusu olacaktır. Bu, ışık eğrilerindeki soğurucu etkinin göreceli olarak değişimini vermektedir. Optik derinliğe göre değişimini veren polar (kutupsal) diagramlar, her renk (U, B, V) için ayrı ayrı Şekil 15 – 17. de verilmiştir.



Şekil 17. V745 Cas sistemi etrafında rüzgar materyalinin optik derinlik ile değişimi (V Bandı rüzgar yapısı)

Bipolar rüzgar materyalinin geometrik mutlak boyutları da, ortamda baskın olan soğurmanın elektron saçılması olduğu ve ortamın elektron yoğunluğu içinde $N_e=10^{10} \text{ cm}^{-3}$ ve sönmleme miktarı (tek atom için soğurma katsayısı) $a=6.654 \times 10^{-25} \text{ cm}^2$ [2] değeri kullanılarak, rüzgar maddesinin sistemden yaklaşık olarak 0.49 Astronomi Birimi uzaklığa kadar yayıldığı bulunur. Binary Maker ışık eğrisi analiz programıyla V745 Cas çift yıldızı için değerlendirme yapılmıştır. Yapılan fotometrik analizler, V745 Cas'ın bileşenlerinin fotometrik parametrelerinin tahmin edilmesine izin vermiştir. Sistem, birinci bileşenin (baş yıldız) B0IV ve ikinci bileşenin (yoldaş) B1 tayf türüne sahip olduğu kabul edilmesiyle sistemin her iki bileşenide Roche lobunu doldurmuş iç içe geçmiş aşırı degen bir çift sistem olabileceği görülmektedir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

OB ve WR yıldızları galaksiye yaydıkları ışınım enerjisi ve rüzgarla galaksinin (ve dolaylı olarak küçük yıldızların) kimyasal evrimini ve dinamiğini oluştururlar. OB ve WR-türü büyük kütleli yıldızlar kısa yaşamlarının % 15'ini yoğun molekül bulutları içinde geçirirler. Sadece kırmızı öte ve radyo bölgede gözlenebildikleri için yaşamlarının bu oluşum dönemi sırlarla doludur. Özellikle çift oluşumu ile ilgili bilgimiz sıfır denecek kadar azdır. Bu açık araştırma alanında etkinlik gösterebilmek için Türk astronomlarının da artık kırmızı öte ve radyo gözlem tekniklerini bu alanda kullanabilmeleri gerekmektedir. Ulusal Gözlemevi'nde bir kırmızı öte görüntüleme kamerasının ve mm dalgaboylarında çalışacak bir radyo teleskobun kurulması bu araştırmaları ülkemizde de başlatmak için yeterli olacaktır.

Optik bölgedeki gözlemsel verilere göre OB-bileşenli yakın çift yıldızların kütle oranlarının bire yakın olması [7] bu sistemlerin oluşum mekanizmalarıyla ilgili olmalıdır. Kırmızı öte ve radyo bölge gözlemlerinde disk yapılarının ve jet benzeri "bipolar" madde akımlarının nasıl oluştuğu, çift yıldız oluşumu ile nasıl bağlantılı oldukları bilinmemektedir. Başka kanıtların da gösterdiğine göre OB-bileşenli çift yıldızlarda kütle oranının bire yakın olması gözlemsel bir seçim etkisi değildir. Büyük kütleli çift yıldızlar özel bir mekanizma ile aşağı yukarı eşit kütleli yıldızlardan oluşsa bile standart modellere göre büyük kütleli bileşen Roche lobunu doldurup diğerine kütle aktaracak ve sistemlerin kütle oranları Algol'lerde olduğu gibi hızla değişerek birden uzak bir yere yığılım gösterecektir. Büyük kütleli yakın çift yıldızlarda böyle bir belirti gözlenmemektedir. Önceki derleme makalelerde 31 büyük kütleli sistemin çoğunda bileşen yıldızlar birbirine değen veya değmeye yakın konumda oldukları halde kütle oranları hep bire yakındır [10]. Bu sistemlerde büyük olasılıkla bileşenler arası madde aktarımı yoktur. Işınım basıncı ve karşılıklı rüzgar, maddenin bir yandan bir yana akmasını engellemekte sistem uzaya madde kaybetmekte ama kütle oranı değişmemektedir. Bu durumda OB-bileşenli sistemler için Roche modeli de geçerli değildir. Sistem kütle oranı fazla değişmeden uzaya büyük oranda kütle kaybederse bu kütle sistemi sarar ve sistem ortak zarf evresi geçirir. Ortak zarf evresinde yörünge döneminin

hızla küçülmesi gerekir. Sonuçta bileşen yıldızlar birbirine yaklaşır ve büyük kütleli degen çift yıldızlar oluşur. V1898 Cyg, V1182 Aql, EM Cep, V745 Cas, ve CQ Cep gibi büyük kütleli degen çift yıldızlar bu şekilde oluşmuş olmalı. Büyük kütleli çift yıldızlarla ilgili tüm bu öngörüler detaylı gözlemlerle denetlenmeyi beklemektedir. Bu çalışmada OB bileşenli V1898 Cyg, V1182 Aql, EM Cep, ve V745 Cas çift yıldız sistemlerinin yeni fotometrik gözlemleri elde edilmiş ve bu gözlemler sistem parametreleri ve çevredeki soğurucu madde özellikleri için analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre elde edilen bulgular şöyle sıralanabilir:

1) EM Cep çift yıldız sistemi, yapılan fotometrik analiz sonucunda, her iki bileşenin aynı tayf türüne sahip bir sistem olduğu ve her iki bileşeni de Roche lobunu dolduran degen bir çift sistem olduğu bulunmuştur. (O-C) değişiminden sistemin önemli bir dönem değişimi gösterdiği ve sistemden madde aktarımı söz konusudur.

2) V745 Cas çift yıldız sistemi, yapılan fotometrik analiz sonucunda her iki bileşeni de Roche lobunu doldurmuş aşırı degen bir çift sistem olarak bulunmuştur. Şimdiye kadar minimum zamanları tespit edilmediği için sistemde herhangi bir (O-C) değişimi yoktur.

3) EM Cep ve V745 Cas çift yıldız sisteminde görülen evreye bağlı parlaklık farkları, homojen olmayan rüzgar materyali tarafından yıldız ışığının zayıflaması (soğrulması) nedeniyledir. Bu nedenle parlaklık farkları, ışık eğrilerindeki asimetriyi oluşturan rüzgar yapısını modellemek için kullanılmıştır.

4) EM Cep ve V745 Cas çift yıldız sisteminde elde edilen polar diagramlar (Şekil 9. – 11., Şekil 15. – 17.), sistem etrafındaki rüzgar materyalinin tahmin edilen optik derinlik değişimini göstermektedir. Yıldız rüzgarı materyalinin yoğunluğu ve soğurma katsayısı sabitse, o zaman tahmin edilen optik derinlik değişimi sistem etrafındaki rüzgar materyalinin geometrisini göstermektedir.

5) EM Cep ve V745 Cas çift yıldız sisteminde görülen bipolar rüzgar yapıları (Şekil 9. – 11., Şekil 15. – 17.), kısa dönemli büyük kütleli çiftlerde rüzgar - rüzgar etkileşimiyle oluşmuştur. Coriolis kuvveti, sistemlerde bipolar rüzgar yapısını şekillendirmede önemli rol oynamaktadır. Sistemlerde sıcak lekeler hakkında herhangi bir fotometrik delil görülmemiştir.

6) EM Cep ve V745 Cas çift yıldız sistemlerinin yeni yıldız parametrelerinin ve mutlak boyutlarının belirlenmesi için daha iyi bir

tayfsal çalışmanın yapılması ve radyal hız eğrilerinin elde edilmesi gerekir. Ayrıca olası dönem değişiminin açıklanması, daha iyi ışık elemanlarının belirlenmesi ve daha geniş bilgiye sahip olunması açısından yeni fotometrik çalışmaların devam ettirilmesi ve daha fazla minimum zamanının gözlenmesi gerekmektedir.

8. KAYNAKLAR

- [1] Bakos, G. A. and Tremko, J. 1975. The Eclipsing Binary EM Cephei. *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada*, 69; 307.
- [2] Bhatia, A.K., Underhill, A.B. 1986. The statistical equilibrium of hydrogen and helium in a rad. field, with an application to interpreting WR. *Astrop. Jour. Supp. Ser.*, 60; 323-356
- [3] Bradstreet, D. H. 1993, BinaryMaker 2.0, Contact Software.
- [4] Breinhorst, R. A., and Karimie, M. T. 1980. The period of EM Cephei - Constant or variable?, *Astronomical Society of the Pacific, Publications*, 92; 432-457.
- [5] Claret, A. 2000. Non-linear limb-dark. law, LTE models. *Astron. & Astrop.*, 363; 1081-1190
- [6] Cristescu C., Oprescu G., and Suran M. D. 1981 The light curve and elements for EM Cep. *Information Bulletin on Variable Stars*, 2050, 1.
- [7] Demircan, O., Ergun, I., Gok, F., Huseyinov, O.H., Selam, S. 1995. Space Velo. of Pulsars. *The Lives of the Neutron Stars: Proceedings of the NATO Ad. Study Inst. on the Lives of the Neutron Stars*, Eds, Alpar, M.A., Kiziloglu, U., van Paradijs, J., Pub., Kluwer Acad., Dordrecht, The Nether., Boston, Massachusetts, 275.
- [8] Hardie, R. H. 1962. On Reducing the Periodic Error in a Telescope Drive Photoelectric Reductions, *The Arthur J. Dyer Obs. Public. of the Astron. Soc. of the Pac.*, 74-438; 242.
- [9] Hilditch, R.W., McLean, B.J., and Reid, I.N. 1982. A Spectroscopic Study of the Shortperiod Variable Be-Star EM-Cephei. *Royal Astron. Soc. Monthly Not.*, 200; 1153.
- [10] Hilditch, R. W. and Bell, S. A. 1987. On OB-type close binary stars. *Royal Astronomical Society, Monthly Notices*, 229; 529-538.

- [11] Hiltner, W. A. 1950. The Light-Curve of UX Monocerotis. *Astrop. Journal*, 112; 504
- [12] Johnston, K. 1970. The Light Variation of EM Cephei. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 82; 1093.
- [13] Kazarovets, A. V., Samus, N. N., Durlevich, O. V., Frolov, M. S., Antipin, S. V., Kireeva, N. N., and Pastukhova, E. N. 1999. The 74th Special Name-list of Variable Stars. *Information Bulletin on Variable Stars*, 4659, 1.
- [14] Kreiner, J., M., and Tremko, J. 1979. The investigation of early type eclipsing binary system EM Cephei. *Acta Astronomica*, 29; 97-100.
- [15] Kwee, K. K. and Van Woerden, H. 1956. A method for computing accurately the epoch of minimum of an eclipsing variable. *Bull. of the Astron. Inst. of the Nether.*, 12, 327.
- [16] Lynds, C. R. 1959a. A New Eclipsing Binary of Very Short Period. *Astrophysical Journal*, 130; 603
- [17] Lynds, C. R. 1959b. The Light-Variation of HD 224151. *Astrophysical Journal*, 130; 606
- [18] Marchenko, S. V., Moffat, A. F. J., Eenenes, P. R. J., Hill, G. M., and Grandchamps, A. 1995. Wind-Wind Interaction in the Close Wolf-Rayet Binary CQ Cephei (WN6+O9 II--Ib). *Astrophysical Journal*, 450; 811.
- [19] Perryman, M. A. C. et al. 1997. The HIPPARCOS and TYCHO catalogues. *Astrometric and photometric star catalogues*, Publisher: Noordwijk, Netherlands: ESA Publications Division, 1997, Series: ESA SP Series, 1200.
- [20] Rachkovskaya, T. M. 1975. A spectrophotometric study of the some eclipsing binaries. *Bulletin of the Crimean Astrophysical Observatory*, 58; 46
- [21] Rachkovskaya, T. M. 1976. Spectrophotometric study of the some eclipsing binaries. *Bulletin of the Crimean Astrophysical Observatory*, 59; 106
- [22] Rachkovskaya, T. M. 1977. Spectrophotometric Study of the Some Eclipsing Binaries. *Bulletin. Crimean Astrophysical Obs.*, 59; 106
- [23] Schneller, H. 1964. Über die Deutung beobachteter Periodenänderungen von Bedeckungsveränderlichen durch Lichtzeitbahnen. *Astron. Nachrichten*, 288; 189.

- [24] Shore, S. N., and Corcoran, M. J. 1992. Colliding Stellar Winds in Close Binary Systems. Evolutionary Processes in Interacting Binary Stars. Proceedings of the 151st. Symposium of IAU, held in Cordoba, Argentina, Editors, Y. Kondo, R. F. Sistero, R. S. Polidan; Publisher, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, MA;359
- [25] Stickland, D.J., Bromage G.E., Budding E., Burton W.M., Howarth, I.D., Jameson, R., Sheerington, M.R., and Willis, A.J. 1984. Ultraviolet, optical and infrared observations of the WR contact-eclipsing binary CQ Cephei. *Astron. and Astrophysics*, 134-1; 45-76.
- [26] Straizys, V. and Kuriliene, G. 1981. Fundamental stellar parameters derived from the evolutionary tracks. *Astrophysics and Space Science*, 80; 353-368
- [27] Tremko, J., and Bakos, G. A. 1980. Variations of the light curve of the eclipsing binary EM Cep. *Royal Astronomical Society of Canada, Journal*, 74; 321-326.