

# W UMA TÜRÜ ÇİFT SİSTEMLERDE O'CONNELL ETKİSİ

Gonca SALMAN<sup>1</sup>, Zekeriya MÜYESSEROĞLU<sup>1</sup>

## Özet

W UMa türü örten çiftlerin bileşenleri, genel olarak Güneş benzeri yıldızlardır. Değen çiftlerin bazılarının ışık eğrilerinde tutulmalar dışındaki maksimumlar seviyelerinde farklılık görülmektedir. Bu asimetri, O'Connell etkisi olarak bilinir ve zamanla değişmektedir. Bu etkinin nedeni tam olarak bilinmemekle birlikte, yaygın olarak, çiftin bileşenleri üzerindeki sıcak ya da soğuk lekenin sonucu olduğuna inanılır. Burada, O'Connell etkisine sahip beş tane değen çift sistemi incelendi. Gözlenmiş ışık eğrisinden, her iki maksimuma ayrı ayrı normalize edilmiş iki tane ışık eğrisi elde edildi ve bunların fotometrik analizleri yapıldı. Bu analizlerden hangisinin çözüm parametrelerinin, değen çiftlerin deneysel genel özelliklerine (dönem-yoğunluk ve yarıçap oranı-kütle oranı bağıntıları) daha iyi uyduğu araştırıldı. Böylece, O'Connell etkisi lekeden kaynaklanıyorsa, lekenin türü (parlak/sönük) tahmin edilmeye çalışıldı.

**Anahtar Kelimeler:** değen çiftler, W UMa türü sistemler, O'Connell etkisi, ışık eğrisi çözümü; özel: V781 Tau, UY UMa, MW Pav, RW Com, YZ Phe

## Abstract

The components of the eclipsing binaries of W UMa type are commonly Sun-like stars. Differences are observed at the maximum levels out of the eclipses of the light curves eclipsing of some of the binaries. This asymmetry is known as O'Connell effect and changes in course of time. The reason of this effect is not known exactly yet; however, it is widely believed that it is the result of the hot or cold spots on the surface of the binary components. Five contact binary systems have been studied here. Two light curves normalized separately to each maxima have been derived from the observed light curve, and their photometric analysis have been made. Solution parameters of which of these analysis corresponds better to the empirical common properties (period-density and radius ratio-mass ratio correlations) have been questioned. By this way, the type of the spot (bright/dark) have been sought to guess if the spot is responsible for O'Connell effect.

**Key Words:** contact binaries, W UMa type systems, O'Connell effect, light curve analyse; individual: V781 Tau, UY UMa, MW Pav, RW Com, YZ Phe

## 1.Giriş

W UMa türü örten çift yıldızlar, ışık eğrilerinin tutulmalar dışında kalan kısımlarının değişir olması ve minimum derinliklerinin neredeyse birbirine eşit olması ile karakterize edilirler. İki yıldızın birbirine fiziksel olarak değmesi nedeniyle birinden diğerine kütle ve enerji akışı mümkün olmaktadır. Binnendijk ([1],[2]) W UMa türü sistemleri, ışık eğrilerindeki derin minimumun bir örtülme (transit) veya bir örtme (occultation) sonucuna

<sup>1</sup> Ankara Üniversitesi Gözlemevi, 06837 Ahlatıbel-Ankara (312) 212 67 20  
salman@science.ankara.edu.tr, muyes@astro1.science.ankara.edu.tr

göre A ve W türü olmak üzere iki alt sınıfa ayırmıştır. Bu iki türün ayrımı dikine hız eğrilerinde daha açık görülmektedir, kütleli yıldız ana minimumda A türünde arkada iken; W türünde gözlemciye daha yakın konumdadır. Ardından bu sınıflamanın, sistemin ve bileşenlerin fiziksel özelliklerine göre bir ayırım olduğu görülmüştür [3]. W UMa türü sistemlerde A ve W türünü birbirinden ayıran önemli bir nokta, A türlerinin daha yakın değen olmalarına rağmen, W türlerinin birbirlerine daha az değmeleridir [4]. Daha sık bir konvektif zarfa sahip olan W türlerindeki yıldızların her biri kendi özelliklerini A türündeki yıldızlara göre daha iyi koruyabilmektedir. Diğer taraftan A türü sistemlerde iki yıldız çok yakın olacak şekilde değdikleri için bileşenlerin manyetik alan kuvveti özdeş sayılır. Buna göre A türlerinde, eğer bileşenlerden birinin üzerinde leke olabilirse, her ikisinde de olabilir.

Son yıllarda A ve W alt sınıflarının yanına yeni alt türler eklenmiştir; B, E ve H. Işık eğrileri  $\beta$  Lyrae türü olan, fiziksel (geometrik) değil ama *ısısal değen* bileşenli sistemler B; OB erken tayf sınıfından sıcak bileşenli sistemler E alt sınıfı üyelerini oluşturmaktadır. Pribulla'nın katalogundaki [5] değen çift yıldızların %43'ü W, %39'u A, %11'i B ve %7'si E alt sınıfındadır. B alt sınıfından olanlar, kütle oranları bakımından W, dönemleri açısından da A alt sınıfına benzemektedirler. Ayrıca Csizmadia [6], kütle oranları 0.7'den büyük olan değen çiftleri H alt sınıfı olarak gruplanmaktadır.

Ağırlıklı olarak A ve W türü W UMa'lar için yapılan çalışmalar göz önüne alındığında dönem-yoğunluk ve yarıçap oranı-kütle oranı arasında bazı ilişkiler bulundu.

### 1.1. Değen Çiftlerde Dönem - Yoğunluk ve Yarıçap Oranı - Kütle Oranı İlişkileri

Bu çalışmada, değen çift yıldızların büyük kütleli bileşeni (daha soğuk bile olsa) ana bileşen olarak alındı (kütle ve yarıçap sembollerinde 1 indisli).

Bu nedenle  $q = m_2/m_1$  kütle oranı her alt sınıf için birim veya ondan daha küçüktür ( $q \leq 1$ ). Bileşenlerin kütleleri Güneş kütleli, yarıçapları ile bileşenler arası uzaklık Güneş yarıçapı ve yörünge dönemi gün biriminde olmak üzere, Kepler'in üçüncü yasası;  $a^3 = 74.5P^2(M_1 + M_2)$  dir. Aynı birimlerle bileşenlerin  $gr/cm^3$  olarak ortalama yoğunlukları;

$\rho_i = \frac{M_i}{R_i^3} 1.4091$  ile ( $i=1, 2$ ) verilir. Bu iki bağıntı birleştirilerek, her iki bileşenin ayrı ayrı ortalama yoğunlukları için;

$$\rho_1 = \frac{0.01891}{r_1^3 P^2 (1+q)}, \quad \rho_2 = \frac{0.01891 q}{r_2^3 P^2 (1+q)}$$

(1.1)

elde edilir. Yoğunluk ifadelerinin sağ tarafındaki parametreler, ışık eğrisi analizinden bulunabilir.

$$\rho_1 = 0.10(\pm 0.01)P^{-2.19(\pm 0.07)} (r = 0.97; \sigma = 0.13) \quad (1.2)$$

$$\rho_2 = 0.17(\pm 0.01)P^{-2.03(\pm 0.05)} (r = 0.99; \sigma = 0.09) \quad (1.3)$$

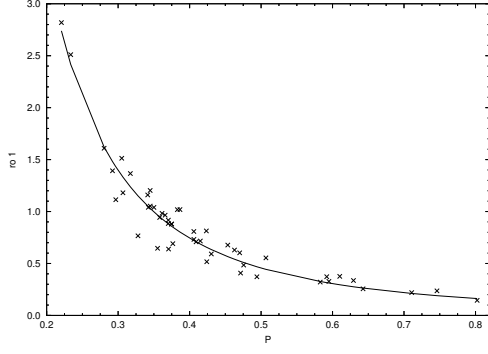
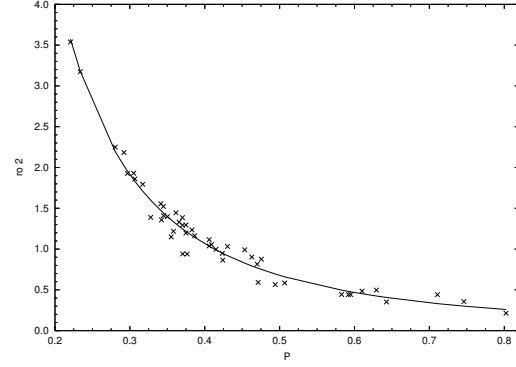
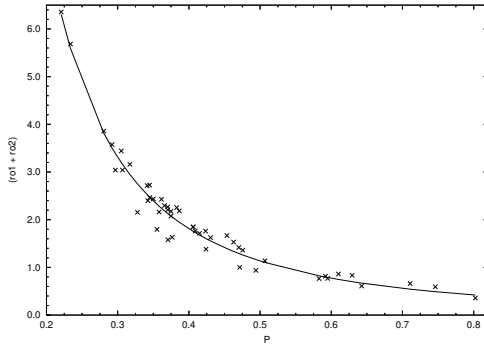
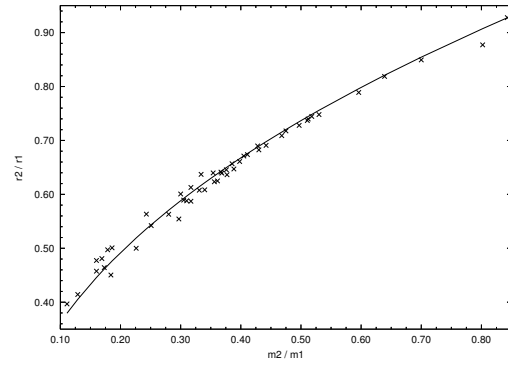
$$(\rho_1 + \rho_2) = 0.27(\pm 0.02)P^{-2.10(\pm 0.06)} (r = 0.98; \sigma = 0.21) \quad (1.4)$$

Burada parantez içindeki  $r$ ; korelasyon katsayısı,  $\sigma$ ; birim ağırlığın standart hatasıdır.

Yine aynı çizelgeden  $k=r_2/r_1$  yarıçap oranı ile  $q=m_2/m_1$  kütle oranı arasında

$$k = q^{0.44(\pm 0.003)} (r = 0.99; \sigma = 0.01) \quad (1.5)$$

biçiminde bir bağıntı bulundu. Bu bağıntılar ve gözlemsel değerler sırasıyla Şekil 1.1'de gösterilmektedir.

a)  $\rho_1$  - P grafiğib)  $\rho_2$  - P grafiğic)  $\rho_{top}$  - P grafiği

d) k - q grafiği

Şekil 1.1 W UMA'larda dönem-yoğunluk ve kütle oranı-yarıçap oranı ilişkileri

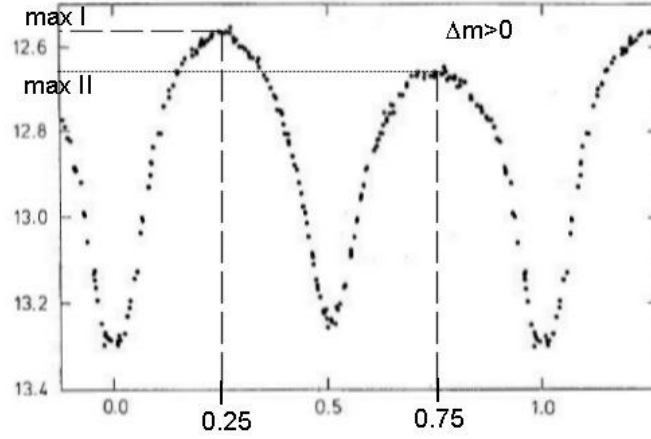
## 1.2. O'Connell Etkisi

W UMA'ların ışık eğrilerinde maksimumlar dışındaki değişimlerden başka, zamanla değişen düzensizlikler de gözlenebilmektedir. Bunlar farklı biçimde kendini gösterebilir;

- i. maksimum seviyeleri arasındaki farklılıklar
- ii. minimumlar seviyesindeki farklılıklar
- iii. maksimum ya da minimum evrelerindeki kaymalar

Bu etkiler ya uzun zaman aralığında "ışık eğrisi değişimi" ya da kısa sürede (bir sezonluk) tek bir ışık eğrisinde "düzensizlikler" olarak karşımıza çıkabilir.

Bu çalışmada göz önüne alınan farklılık, ışık eğrilerinin maksimumları arasındaki seviye farklarıdır. Bu farklılık O'Connell etkisi olarak isimlendirilir. O'Connell etkisi degen sistemlerin en meşhur ve zor problemi olarak nitelenmektedir. O'Connell [7]'in alışkanlığı kullanılarak, ikinci minimumdan sonraki maksimum parlaklığı ile birinci minimumdan sonraki maksimum parlaklığı arasındaki farktır ( $\Delta m = \max II - \max I$ ). Eğer birinci minimumu izleyen maksimum, ikinci minimumu izleyen maksimumdan daha parlak ise  $\Delta m > 0$ 'dır (Şekil 1.2). O'Connell, küçük boyutlu yoğun yıldızlarda  $\Delta m$ 'nin daha büyük olduğunu, bileşenlerin boyutları ve yoğunlukları farkı arttıkça  $\Delta m$ 'nin arttığını söyledi.  $\Delta m$  ile örten sistemin yörüngesine ve bileşenlerine ait parametreler arasında korelasyonlar buldu.

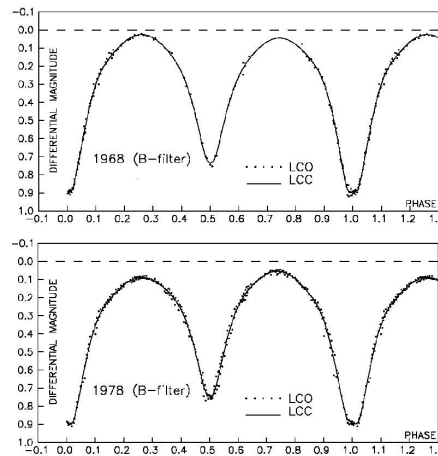


Şekil 1.2 O'Connell etkisi, II. ve I. maksimumlar arasındaki fark

Maceroni and van't Veer [8] leke etkinlik modelinin O'Connell etkisini açıklamada oldukça uygun olduğunu ve kuramsal modellerle açıklanabileceğini söylediler. Shaw [9] değmeye yakın çiftteki O'Connell etkisinin bir bileşenden kütle aktarımıyla sıcak bir lekenin oluşmasıyla açıkladı. Davidge and Milone [10], O'Connell'ın önceki çalışmasına benzer biçimde, ayırık ve yarı-ayırık sistemlerde maksimumlar farkının, çift sistemin parametreleriyle ilişkisini, duyarlı fotometrik veriler kullanarak yeniden araştırdılar. [9]'a göre yörünge döneminin veya bileşenler arası uzaklığın artması ile  $\Delta m$  negatif olmakta ve ayrıca asimetrinin rengi ile  $(\Delta m_b - \Delta m_v)$  asimetri  $(\Delta m_v)$  arasında kuvvetli bir ilişki bulunmaktadır. Şöyle ki;  $(\Delta m_b - \Delta m_v)$  farkı negatif iken  $\Delta m_v$  pozitif,  $(\Delta m_b - \Delta m_v)$  farkı pozitif iken  $\Delta m_v$  negatif olmaktadır.

Liu and Yang [11], yakın çift yıldızlarda, bileşenlerin çevrel maddeden yakaladıkları düşük yoğunluklu ( $10^{-12}$  ile  $10^{-11}$  gr  $cm^{-3}$  kadar) kütlelerin O'Connell etkisini açıklayabileceğini önerdiler. W alt türlerinde her iki bileşen tarafından yakalanan madde yoğunluğu aynı iken A türlerinde bileşenler farklı yoğunluktaki maddeleri toplamaktadır. Bu modelde tayf türü ve dönem büyük rol oynamaktadır; geç tayf türlü ve/veya kısa dönemli çiftlerde O'Connell etkisi görülmektedir. Sistemi çevreleyen maddenin bileşenler tarafından yakalanmasıyla kinetik enerjiden ısısal enerjiye dönüşüm sonucu, maddenin yakalandığı (ön/arka) yüzeyin diğer yüzeyden (arka/ön) farklı sıcaklığa sahip olacağını ve bunun da ışık eğrisinde 0.25 ve 0.75 evrelerinde yükseklik farkı olarak görüleceğini söylediler.

O'Connell etkisi gözlenen çoğu sistemde  $\Delta m$  büyüklüğünün ve işaretinin zamanla değiştiği görülmüştür. Bunun bir örneği Şekil 1.3'de görülmektedir.



Şekil 1.3 AB And'ın 1968 ve 1978 yılı B bandı ışık eğrileri [12]

## 2. O'Connell Etkisi Görülen Sistemlerin İncelenmesi

Çalışmada W UMa'ların ışık eğrisinde gözlenen maksimumlardaki parlaklık farkı, bileşenlerin birinde homojen olmayan sıcaklık dağılımı (leke) nedeni ile olduğu kabul edildi ve bu maksimum evrelerin herhangi birinin normal seviye olduğu varsayılarak araştırıldı. İncelenecek değen çift yıldızların seçiminde aşağıda belirtilen noktalar dikkate alındı;

- i. Örnekler içinde pozitif ve negatif  $\Delta m$  değeri olan yıldız sistemleri olsun,
- ii. Işık eğrileri gözlemsel olarak fazla saçılma göstermesin,
- iii. Işık eğrileri, mutlak değerce büyük O'Connell etkisine sahip olsun,
- iv. Seçilen örten çift sistemlerin, ışık eğrilerinin yanında, tayfsal olarak dikine hız eğrisi gözlemleri olsun (tercih).

Bu kriterlere göre 5 yıldız seçildi. Bunlardan bir tanesi A alt türü (MW Pav) ve dört tanesi de W alt türüdür (RW Com, UY UMa, YZ Phe ve V781 Tau).

### 2.1. MW Pavonis

MW Pav örten değişen çift yıldızındaki değişimler ilk olarak Eggen [13] tarafından gözlemlendi. Strohmeier [14] ve Williamon [15] sistemin ışık elemanlarını ayrı ayrı yayınladılar. Yörünge dönemi ise Strohmeier gözlemleri kullanılarak, [15] tarafından 0.7949 gün olarak hesaplandı. Işık eğrisini ise ilk kez Lapasset [16] gözledi. Sistemin ışık eğrisi analizi sonunda [17], MW Pav çift sisteminin A alt türünden bir W UMa olduğu anlaşıldı ve sistemin fotometrik kütle oranı  $q = 0.1826$  olarak hesaplandı. [17] yaptığı analizlerde sistemin ışık eğrisindeki maksimum düzeylerinin eşit olmadığını ( $\Delta m_B = 0.^m03$ ) gözledi ve bu parlaklık farkının da muhtemel bir sıcak lekeden kaynaklanabileceğini belirtilmektedir.

### 2.2. YZ Phoenics

YZ Phe çift sistemi, ilk kez Hoffmeister [18] tarafından gözlemlendi. Jones [19], UBVRİ bantlarında fotometrik gözlemini gerçekleştirdi ve sistemin yörünge döneminin 0.234 gün olduğunu söyledi. Kilkenny and Marang [20] tarafından yapılan fotometrik gözlemlerde sistemde oldukça büyük bir O'Connell etkisi ( $\Delta m \approx 0.^m1$ ) gözlemlendi. Daha sonra Samec and Terrel [21] yaptıkları çok renk (BVRI) fotometrik çalışmada, sistemin dönemini 0.235 gün; kütle oranını 0.408 olarak hesapladılar. Gözlenen ışık eğrilerini, kuramsal olarak büyük bileşene ayrı ayrı konumlandırılan sıcak ve soğuk leke ile modellediler. Bunlardan, ana bileşen yüzeyinin % 21'ini kaplayan sıcak lekenin daha gerçekçi olduğu sonucuna vardılar.

### 2.3. UY Ursae Majoris

UY UMa çift yıldızının değişen olduğu ilk kez Beljawsky [22] tarafından gözlemlendi. UY UMa  $12^m.7$  parlaklığında, W alt türü W UMa ve 0.3760 günlük bir yörünge dönemine sahip olan sistemin fotometrik kütle oranı  $q = 0.134$  olarak hesaplandı [23]. Sistemin ışık eğrisinde maksimumlardaki parlaklık farkı  $\Delta m_V = 0.^m034$  dir. Bu parlaklık farkının nedeni ise; birinci (büyük kütleli) bileşende muhtemel bir soğuk (karanlık) leke ile açıklandı.

### 2.4. RW Comae Berenices

Kısa dönemli örten değişen sistem olan RW Com ilk kez Jordan [24] tarafından gözlemlendi ve daha sonra fotometrik ve tayfsal [25] gözlemleri yapıldı. Soğuk (büyük) bileşen üzerinde bulunan soğuk leke kabulü ile yapılan ışık eğrisi çözümlerinin, gözlemlerle daha iyi uyduğu görülmüştür [26].

## 2.5. V781 Tauri

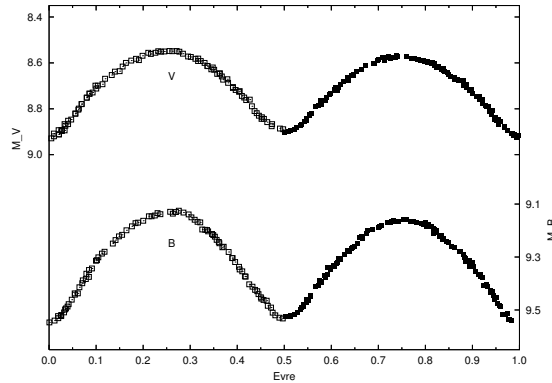
V781 Tau örten değişen çift yıldız sistemi ilk kez Haris [27] tarafından gözlemlendi ve W UMa türü olarak sınıflandırıldı. Sistemin B ve V bantlarında ışık eğrisi analizi ilk kez [28] 1988 yılında yapıldı, bu analiz sonunda sistemin W türü bir W UMa olduğu anlaşıldı. Sistemin ışık eğrisinde maksimum parlaklıklarının yükseklik farklarından kaynaklanan O'Connell etkisi  $\Delta m = 0.03$  olarak gözlemlendi ve uygun olarak sıcak ve soğuk leke için ayrı ayrı yapılan çözümlerden soğuk leke olasılığının daha fazla olduğuna dikkat çekildi [29]. Sistemin son fotometrik analizini ise Yakut [30] yaptı. Onlar, sistemde görülen O'Connell etkisinin küçük kütleli bileşendeki muhtemel bir soğuk lekeden kaynaklanabileceğini açıkladı.

İncelenen sistemlerin genel özellikleri Çizelge 2.1.'de verilmektedir.

Çizelge 2.1. Seçilen yıldızların genel özellikleri

		UY UMa	MW Pav	V781 Tau	RW Com	YZ Phe
Alt tür		W	A	W	W	W
Tayf türü		-	A7 V / F2	G0 V	K0 V	K3 V
Dönem (gün)		0.3760	0.7949	0.3449	0.2373	0.2347
Kütle oranı ( $m_2/m_1$ )		0.134	0.183	0.396	0.343	0.408
Yörünge eğikliği ( $^\circ$ )		72.7	85.1	65.4	75.2	84.4
Sıcaklık ( $^\circ K$ )	1	5486	7620	5861	5078	4800
	2	5900	7520	5950	5400	5055
Kütle ( $M_\odot$ )	1	1.19	2.13	1.24	0.92	0.87
	2	0.16	0.39	0.50	0.31	0.52
Yarıçap ( $R_\odot$ )	1	1.40	2.70	1.18	0.84	0.79
	2	0.63	1.31	0.80	0.52	0.35
Işınım Gücü ( $L_\odot$ )	1	1.58	22.10	1.39	0.50	0.65
	2	0.42	5.05	0.70	0.31	0.34

Analiz yapılırken, seçilen değen sistemin her birinin gözlenen ışık eğrisinin, yüksek ve alçak maksimumlarına göre simetrisi alınarak iki ışık eğrisi oluşturuldu. Bu iki yeni ışık eğrisi Wilson-Devinney yöntemi ile ayrı ayrı çözüldü. Aynı sistem için elde edilen her iki çözüm sonuçlarından hangisinin dönem-yoğunluk bağıntısına ve W UMa türü sistemlerin genel özelliklerine daha uygun olduğu araştırıldı. Böylece bakışimsızlığa neden olan lekenin türü (sıcak/soğuk) ortaya çıkarılmaya çalışıldı. Şekil 2.1'de ikiye ayrılacak ışık eğrisinin temsili gösterimi görülmektedir.



Şekil 2.1 V781 Tau'nun, B ve V bantlarında gözlenmiş ışık eğrisi (içi boş semboller 0.25 evre için, içi dolu semboller 0.75 evre için seçildi)

Göz önüne alınan yakın çiftlerin ikişer tane ışık eğrilerinin çözümlerinden bileşenlerin ortalama yarıçaplar oranı ve (1.4) bağıntısı yardımıyla bileşenlerin ortalama yoğunlukları hesaplandı. Bunlar Çizelge 2.2’de ilgili parametreleri ile birlikte listelenmiştir. Çizelgenin 9. sütununda, çözümden elde edilen kütle oranına göre (1.8) yardımıyla hesaplanan ( $k_q$ ) yarıçap oranları, 12. ve 13. sütunlarda sistemin yörünge dönemine göre (1.5) ve (1.6) yardımıyla hesaplanan bileşen ortalama yoğunlukları ( $\rho_{1p}$ ,  $\rho_{2p}$ ) bulunmaktadır.

**Çizelge 2.2** Çözümde ve genel bağıntıdan bulunan parametrelerin karşılaştırılması

Sistem	Dönem	$\Delta m$	Simetri evresi	q	Kesirsel ortalama		k	$k_q$	$\rho_{1f}$	$\rho_{2f}$	$\rho_{1p}$	$\rho_{2p}$
					$r_1$	$r_2$						
V781 Tau	0.3449	0.03	0.25	0.4033	0.4736	0.3164	0.6682	0.6726	1.0658	1.4411	1.0185	1.4329
			0.75	0.4043	0.4695	0.3124	0.6654	0.6734	1.0930	1.5000		
UY UMa	0.3760	0.034	0.25	0.1816	0.5673	0.2927	0.5160	0.4747	0.6196	0.8189	0.8518	1.2038
			0.75	0.1656	0.5590	0.2613	0.4674	0.4560	0.6567	1.0650		
RW Com	0.2373	-0.08	0.25	0.3424	0.4753	0.2896	0.6093	0.6262	2.3275	3.5241	2.2079	3.0463
			0.75	0.3429	0.4911	0.3072	0.6255	0.6266	2.1093	2.9555		
MW Pav	0.7950	0.03	0.25	0.1836	0.5384	0.2532	0.4703	0.4770	0.1619	0.2857	0.1808	0.2657
			0.75	0.1766	0.5445	0.2551	0.4685	0.4690	0.1575	0.2704		
YZ Phe	0.2347	0.09	0.25	0.3793	0.4752	0.3074	0.6468	0.6548	2.3171	3.2487	2.2592	3.1152
			0.75	0.4093	0.4674	0.3122	0.6681	0.6769	2.3845	3.2732		

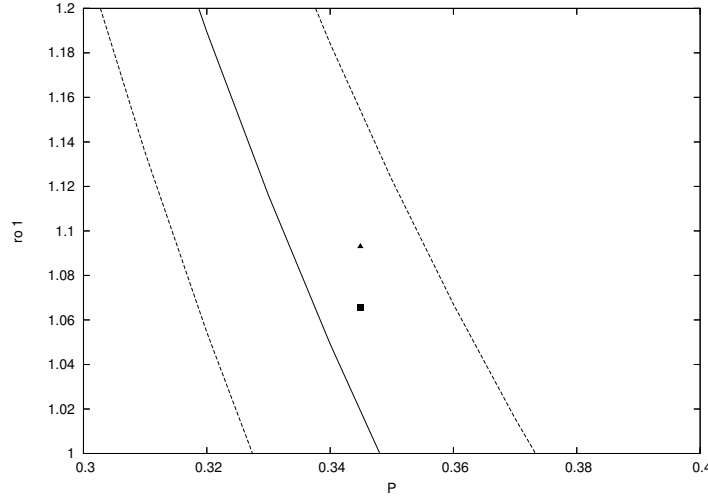
Çizelge 2.3’de, analiz sonuçları ve deneysel bağıntılar sonucu elde edilen yarıçap oranları ile yoğunlukların kendi aralarındaki mutlak farkları verilmiştir. Yedinci sütunda, farkların değerine göre olabilecek muhtemel leke özelliği ve son sütunda ise sistemlerin daha önceki analizlerinde elde edilmiş leke önerileri verilmektedir. Herhangi bir sistem için en küçük mutlak farkı veren eğri, W UMa’ların Bölüm 1.1’de söz edilen genel özelliklerine daha yakındır. Bu yüzden o evreye göre normalize edilmiş eğrinin çözüm sonuçları sistemin lekeden bağımsız geometrik ve ışımsal değerlerini daha iyi temsil edebilir.

**Çizelge 2.3** Çözümde ve genel bağıntıdan elde edilen parametrelerin mutlak farkları

Sistem	$\Delta m$	Simetri Bölgesi	k	$\rho_1$	$\rho_2$	Leke Özelliği	Önceki Çalışmalar
V781 Tau	0.030	0.25	<b>0.0045</b>	<b>0.0473</b>	<b>0.0081</b>	Soğuk	Soğuk (II)
		0.75	0.0080	0.0745	0.0671		
UY UMa	0.034	0.25	0.0413	0.2322	0.3849	Sıcak	Soğuk (I)
		0.75	<b>0.0114</b>	<b>0.1951</b>	<b>0.1388</b>		
RW Com	-0.080	0.25	0.0170	0.1196	0.4779	Soğuk	Soğuk (I)
		0.75	<b>0.0011</b>	<b>0.0986</b>	<b>0.0907</b>		
MW Pav	0.030	0.25	0.0067	<b>0.0190</b>	0.0199	Sıcak	Sıcak
		0.75	<b>0.0004</b>	0.0233	<b>0.0047</b>		
YZ Phe	0.090	0.25	<b>0.0081</b>	<b>0.0579</b>	<b>0.1334</b>	Soğuk	Sıcak (I)
		0.75	0.0089	0.1253	0.1579		

Gözlenmiş ışık eğrilerinin maksimum seviyeleri arasındaki fark çok küçük olduğundan, simetri alınarak analiz edilen her iki ışık eğrisinin çözüm sonuçları da, Bölüm

1.1’de verilen bağıntıların hata sınırları içinde kalacaktır (Şekil 2.1). O zaman, simetrik eğrilerden hangisinin lekesiz çözüm olduğunu söylemek güçtür. Biz burada farkların sistematik davranışını göz önüne aldık. Örneğin, Çizelge 2.3’de V781 Tauri’nin 0.25 evresine göre dikkate alınan eğrisinin farklarının her üçü de diğerinden daha küçüktür. O halde bu sistem için 0.25’e göre simetrlendirilmiş eğri lekesiz olmalı. V781 Tau’nun gözlenen ışık eğrisinde parlak olan maksimum genel davranışına benzediğinden bu sistemde soğuk bir lekenin baskın olduğu söylenebilir. Benzer yargılamalar sonucu diğer sistemler için sıcak ya da soğuk lekelerin durumu çıkarılabilir (Çizelge 2.3, yedinci sütun)



**Şekil 2.1.** V781 Tau için analiz sonucu bulunan ve deneysel olarak belirlenen ana bileşen ortalama yoğunluklarının karşılaştırılması. (Sürekli çizgi deneysel  $P-p_1$  bağıntısı, kesikli çizgiler bu bağıntının hata sınırları, kare 0.25 ışık eğrisinden, üçgen ise 0.75 eğrisinden bulunan ilgili yoğunluklar)

### 3. Tartışma ve Sonuç

Bir çift yıldız sisteminin bileşenlerinden biri yada her ikisi üzerindeki homojen (tekdüze) olmayan enerji dağılımı, fotometrik olarak elde edilen ışık eğrilerinde kendi imzalarını taşıyacaktır. Bu çeşit yüzey anormalliklerinin sonucu, karanlık (yıldız fotosferine göre daha soğuk) veya parlak (fotosfere göre daha sıcak) lekeler karşımıza çıkmaktadır. Bunlar yıldız üzerindeki konumları, boyutları ve fotosfere göre olan sıcaklıkları ile modellenilebilir. Bu leke parametreleri, ışık eğrisinin hangi evreleri aralığında ve parlaklıkta hangi seviyelerde bozulmalara neden olacağını belirler.

**V781 Tau**’da yörünge döneminin zamanla azalması, daha kütleli bileşenden diğerine kütle aktarımı olduğunu göstermektedir ([30], [31]). Bu şekildeki kütle aktarımı evrimin, açısal momentum kaybı (AML) kontrolünde yürütüldüğü evreyi işaret eder. Büyük bileşenden küçük bileşene kütle aktarımı yörünge döneminin ve bileşenler arası uzaklığın azalmasını sağlarken sistemde taşma parametresinin (değme derecesi) artmasına yol açacaktır. Yakınlaşan bileşenlerin kuvvetli yüzey manyetik alanları karışarak (manyetik frenleme) açısal momentumu azaltacak ve dönem artarak değme azalacaktır. Ardından bileşenleri saran zarfta manyetik alan karışımı azalacak ve bileşenleri tekrar kuvvetli manyetik alana sahip olacaktır. Bunun sonucu AML büyümesini, ardından dönem azalmasını getirecektir. Senaryonun başındaki evre tekrar ederek sürecelecektir. Çiftin elemanlarından birisinin G0 V tayf türünde olması, bu bileşende soğuk leke beklentisini desteklemektedir. Bu bizim bulgumuzla uyşmaktadır.



**RW Com**'un minimum zamanı gözlemleri de, V781 Tau'da olduğu gibi azalan dönem değişimi göstermektedir. Buna ek olarak, dönemde çevrimsel değişim de bulunmaktadır. 0.<sup>4</sup>0035 genlikli ve 13.3 yıl dönemli çevrimsel değişimin kaynağının (bir üçüncü cismin ışık-zaman etkisine göre) manyetik etkinlik olması daha olasıdır [32]. Bu sonuç bizim bulgumuzla desteklenmektedir.

**YZ Phe**'nin yaklaşık 30 yıldır yapılan minimum zamanı gözlemlerine dayanarak, önemli bir dönem değişimi görülmediği söylenebilir [21]. Ancak maksimum seviyeleri farkı nedeniyle ana bileşene soğuk, ikinci bileşene sıcak leke konarak ayrı ayrı çözümü yapılmış, fark kare toplamına bakılarak ikinci çözümün uygun olduğu önerilmiştir. Bizim önerimiz ise soğuk lekenin olduğudur. Bileşenin K3 tayf türünde olması ve kütle aktarımının gözlenememiş olması, sonucumuzu destekler görünmektedir.

Burada **MW Pav** ve **UY UMa** için sıcak leke modeli önerilmektedir. Bunlardan ilk sistem için dönem değişimi hakkında bilgi verecek kadar veri bulunmamaktadır [33]. MW Pav için önerilen sıcak leke kabulü [17] burada verilen sonuçla uyuzmaktadır. UY UMa'nın tayf türü hakkında bilgi yoktur, O-C değişiminin çizgisel artması ([34], [23]), dönem değişiminden değil, ışık elemanlarının saptanmasından kaynaklanmaktadır. [23] soğuk leke modeli bizim önerimizle uyuzmaktadır.

Sonuç olarak, ışık eğrilerinin iki simetrik yapıya dönüştürülerek analiz edilmesi, leke tipi için kesin bir bilgi vermese de, bir öneri olarak göz önüne alınabilir. Burada, küçük kütle oranlı sistemlerde sıcak leke modelinin, etkileşen yakın çift yıldızların genel davranışına daha iyi uyduğu söylenebilir.

#### Kaynaklar

- [1] Binnendijk, L. 1960. "*Properties of double stars: A survey of parallaxes and orbits*" (Philadelphia: Univ. Pennsylvania Press). p.258
- [2] Binnendijk, L. 1977. "Synthetic light curves for contact binaries". *Vistas in Astr.* 21, 359-391
- [3] Rucinski, S.M. 1974. "Binaries. II. A- and W-type systems. The W UMa-type systems as contact". *AcA*, 24, 119-151
- [4] Mullan, D.J. 1975. "On the possibility of magnetic starspots on the primary components of W Ursae Majoris type binaries". *ApJ*, 198, 563-573
- [5] Pribulla, T., Kreiner, J.M. and Tremko, J. 2003. "Catalogue of the field binary stars". *CoSka*, 33, 38-70
- [6] Csizmadia, Sz., Patkos, L., Moor, A. and Konyves, V. 2004. "Photometric study of the contact binary star V861 Herculis". *A&A*, 417, 745-750
- [7] O'Connell, D.J.K. 1951. "The so-called periastron effect in close eclipsing binaries, New variable stars (fifth list)". *Pub. Riverwiew College Obs.*, 2, 85-100
- [8] Maceroni, C. and van't Veer, F. 1996. "The properties of W Ursae Majoris contact binaries: new results and old problems". *A&A*, 311, 523-531
- [9] Shaw, J.S. 1994. "Near-contact binaries". *Memorie della Societa Astronomia Italiana*, 65, 95-103
- [10] Davidge, T.J. and Milone, E.F. 1984. "A study of the O'Connell effect in the light curves of eclipsing binaries". *ApJSS*, 55, 571-584
- [11] Liu, Q. and Yang, Y. 2003. "A possible explanation of the O'Connell effect in close binary stars". *Chin. J. A&A*, 3, 142-150
- [12] Djurasevic, G., Rovithis-Livaniou, H. And Rovithis, P. 2000. "Long-term activity of the eclipsing binary AB Andromedae". *A&A*, 364, 543-551
- [13] Eggen, O. J. 1968. "Eclipsing binary BV 894 - part a: Photoelectric observations". *IBVS*, No:308
- [14] Strohmeier, W. 1968. "Eclipsing Binary BV 894 - Part b: Photographic Observations". *IBVS*, NO:308
- [15] Williamson, R. M. 1971. "The period of MW Pavonis". *IBVS*, No:574
- [16] Lapasset, E. 1977. "UBV light variation and orbital elements of MW Pavonis". *Ap&SS*, 46, 155-164

- [17] Lapasset, E. 1980. "Fundamental photometric data for two contact binaries: MW Pavonis and TY Mensae". *AJ*, 85, 1098-1102
- [18] Hoffmeister, C. 1963. "Neue veränderliche Sterne". *AN*, 287, 169-182
- [19] Jones, J. H. 1989. "A note on the period of the W UMa star YZ Phoenicis". *IBVS*, No:3296
- [20] Kilkenny, D., Marang, F. 1990. "On the period of the W UMa star YZ Phoenicis". *IBVS*, No:3438
- [21] Samec, R.G., Terrel, D. 1995. "YZ Phoenicis: photometric study of a W UMa binary near the short-period limit". *PASP*, 107, 427-442
- [22] Beljawsky, S. 1933. *Pi34*, 196
- [23] Yang, Y., Liu Q., Leung, K.C. 2001. "UY Ursae Majoris: a W-subtype W UMa system with a small mass ratio". *A&A*, 370, 507-512
- [24] Jordan, F.C. 1923. "An eclipsing variable with an unusually short period". *AJ*, 35, 44-44
- [25] Milone, E.F., Hrivnak, B.J., Hill, G., Fisher, W.A. 1985. "RW Comae Berenices. II. Spectroscopy". *AJ*, 90, 109-114
- [26] Milone, E. F., Wilson, R. E., Hrivnak, B. J. 1987. "RW Comae Berenices. III - Light curve solution and absolute parameters". *ApJ*, 319, 325-333
- [27] Harris, A. W. 1979. "A Bright, Short Period Eclipsing Variable in Taurus". *IBVS*, No:1556
- [28] Cereda, L. 1988. "BV Photometry of the eclipsing W Ursa Majoris systems V781 Tauri and GR Virginis". *A&AS*, 76, 255-261
- [29] Lu, W. 1993. "Radial velocity observations and absolute dimensions of eclipsing binaries: V781 Tau". *AJ*, 105, 646-651
- [30] Yakut, K., Ulas, B., Kalomeni, B., Gülmen, Ö. 2005. "Basic physical properties of the low-temperature contact binary system V781 Tau and the near-contact binary system V836 Cyg". *MNRAS*, 363, 1272-1278
- [31] Kaltrath, J., Milone, E.F., Breinhorst, R.A., Wilson, R.E., Schnell, A. and Purgathofer, A. 2006. "V781 Tauri: a W Ursae Majoris system with decreasing period". *A&A*, 452, 959-967
- [32] Qian, S. 2002. "On the orbital period changes of two W-type overcontact binaries: RW Comae Berenices and CE Leonis". *A&A*, 384, 908-911
- [33] Qian, S. 2003. "Are overcontact binaries undergoing thermal relaxation oscillation with variable angular momentum loss?" *MNRAS*, 342, 1260-1270
- [34] Nelson, B. 2006. Eclipsing binary O-C files, [http://www.aavso.org/observing/programs/eclipser/omc/nelson\\_omc.shtml](http://www.aavso.org/observing/programs/eclipser/omc/nelson_omc.shtml).