

α CrB Çift Yıldızının Yaşanabilir Bölgesi

Hande Pazan^{1*}, Ahmet Keskin¹, Mehmet Tanriver^{1,2}

¹Erciyes Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, KAYSERİ

²Erciyes Üniversitesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi-UZAYBİMER, KAYSERİ

Özet

Bu çalışma birbirlerinden 0.2 AB uzaklıkta bulunan bileşenlere sahip α CrB çift yıldızı çevresinde yaşanabilir bölge sınırlarını hesaplamak üzerinedir. α CrB çift yıldızının bileşenleri $2.89 R_{\odot}$ ve $0.90 R_{\odot}$ yarıçapında 6310 K ve 5010 K sıcaklığında ve A0V-G5 tayf türündendir. Birinci ve ikinci bileşen yıldızların lüminosite ve kütle değerleri sırasıyla $L_1 = 74 L_{\odot}$, $L_2 = 0.81 L_{\odot}$, $M_1 = 2.58 M_{\odot}$, $M_2 = 0.92 M_{\odot}$ dir (Nouh1 v.ark 2013). Yaşanabilir bölge hesabı yapılırken, ikinci bileşenin ışınım gücü ve görsel akım etkisi birinci bileşenin doğrultusu boyunca dikkate alınmıştır. Bu çalışma çift yıldız etrafında yaşanabilir ötegezegenlerin keşfine büyük katkı sağlayacaktır. Daha önceden model çift yıldızlara uyguladığımız yaşanabilir bölge hesaplama yöntemimizi, α CrB çift yıldız sistemi için gerçekleştirdik.

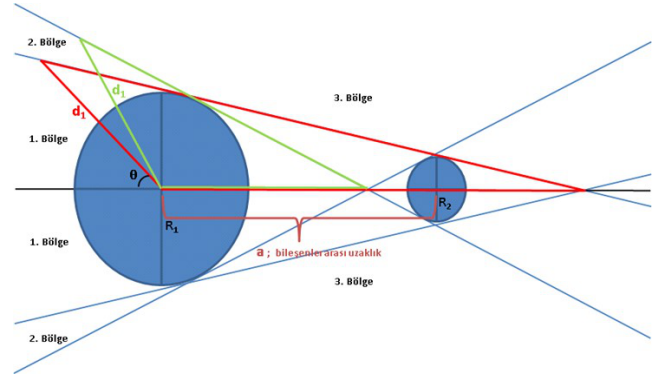
Anahtar Kelimeler: (stars:) binaries: general, Yıldızlar, Ötegezegenler

1 Çift Yıldızlarda Yaşanabilir Bölge Sınırı

Yaklaşık 20 yıl öncesine kadar Güneş Sistemi dışında herhangi bir gezegenin varlığından tamamen habersizdik. Dış gezegen veya ötegezegen olarak bilinen, ilk ötegezegen yaşlı bir pulsar olan PSR 1257+12 etrafında ilk kez 1992 yılında keşfedildi (Wolszczan ve Frail 1992). Bu keşiften sonra pulsar gibi yaşama elverişsiz yıldızlar yerine yaşanabilir gezegenlere sahip olabilecek yıldızlar etrafında gezegen arayışları başladı. Güneş benzeri bir yıldızın etrafındaki ilk ötegezegen ise ilk kez 1995 yılında 51 Pegasi yıldızının etrafında keşfedildi (Mayor M. ve Queloz D. 1995). Bu keşiflerden sonra daha binlerce yeni ötegezegen keşfedildi.

Bir gezegenin yaşanabilir olup olmadığı, bağlı bulunduğu yıldızın yaşanabilir bölgesi incelenerek belirlenmektedir. Yaşanabilir bölge suyun sıvı halde bulunabileceği ne çok sıcak ne de çok soğuk olan bir bölgedir. Yaşanabilir bölge içinde bulunan gezegenlerin atmosferlerindeki sera gazı da yaşanabilirlik için önemli bir etkidir. Yaşanabilir bölgenin iç sınırı, sera etkisinin bir sonucu olarak suyun kaybedilebileceği, yani gezegenin atmosferindeki sera gazlarının gezegene gelen kızılötesi ışınımı hapsedip, gezegenin yüzeyindeki suyun kaynayıp buharlaşabileceği kadar sıcak olmasına yol açacağı yerdir. Yaşanabilir bölgenin dış sınırı ise böyle bir sera gazı ısınmasının, gezegenin herhangi bir yerinde donma noktasının üzerindeki yüzey sıcaklıklarını koruyamayacağı bir uzaklıktaki yerdir. Güneş'in yaşanabilir bölge sınırı yaklaşık 0.9 ile 1.5 AB uzaklık olduğu hesaplanmıştır. Bir yıldızın yaşanabilir bölgesi yıldızın kütlesi, yarıçapı, yüzey sıcaklığı, ışınım gücüne ve görsel akısına bağlıdır. Bir yıldızın ışınım gücü zamanla artar ve yaşanabilir bölgenin iç ve dış sınırı daha dışa doğru genişler. Dünya benzeri bir gezegen bulmak için en umut verici bölge, yıldızın yaşamının başından günümüze kadar suyun sıvı halde kalabileceği bölge olan "sürekli yaşanabilir bölge" olacaktır (Jack J. Lissauer 2018). Dolayısıyla ötegezegen araştırmalarının başarıya ulaşabilmesi için bir yıldızın etrafındaki yaşama elverişli bölgenin sınırlarının ve gezegenlerin hangi özelliklere sahip olması gerektiğinin doğru bir şekilde tanımlanması gerekir.

* handepazan@gmail.com



Şekil 1. α CrB çift yıldız sistemi için yaşanabilir bölge sınırı hesaplamada kullanılan geometrik yapı

2 Yöntem

Bu çalışmada birbirlerinden 0.2 AB uzaklıkta bulunan bileşenlere sahip α CrB çift yıldız çevresinde yaşanabilir bölge sınırları hesaplanmıştır. α CrB çift yıldızının bileşenleri sırasıyla $2.89 R_{\odot}$ ve $0.90 R_{\odot}$ yarıçapında 6310 K ve 5010 K sıcaklığında ve A0V-G5 tayf türündendir. Birinci ve ikinci bileşen yıldızların ışınım gücü ve kütle değerleri sırasıyla $L_1=74 L_{\odot}$, $L_2 = 0.81 L_{\odot}$, $M_1 = 2.58 M_{\odot}$, $M_2 = 0.92 M_{\odot}$ dir.

Çalışmada her iki bileşenin ışınım gücü katkısı göz önünde tutulup sistem etrafındaki yaşanabilir bölge sınırları α CrB çift yıldız sistemine uygulanmıştır. Bu çalışmada, Güneş için belirlenen yaşanabilir bölge sınırları Kopparapu R.K. v.ark (2013) tarafından belirlenen uzaklık değerleri kullanılmıştır. Bu sınır değerleri Çizelge 1'de gösterilmiştir. Bu çizelge literatürde yaşanabilir bölge sınırlarını Güneş sistemi için açıklayan bir çizelgedir.

Yaşanabilir bölge hesabı yapılırken, ikinci bileşenin ışınım gücü ve görsel akısı birinci yıldız doğrultusu boyunca ihmal edilmemiştir. Bu şekilde bu etkiyi göz önünde bulundurarak yaşanabilir bölge sınırı hesaplarını yaptık. Çift yıldızın 2 boyutlu yörünge düzlemi boyunca yaşanabilir bölge sınırlarının hesabı yapılmıştır. Her iki bileşenin yörüngesinin dairesel olduğu kabul edilmiştir.

Çizelge 1. Güneş için yaşanabilir bölge sınırı ve akı değerleri (Kopparapu R.K. v.ark 2013)

	Yaşanabilir bölge için dar sınır		Yaşanabilir bölge için geniş sınır		
	Minimum Sera Gazı Etkisi	Maximum Sera Gazı Etkisi	Dünya	Yakın Venus	Yakın Mars
1 L_{\odot} için d_x (AB)	0,97	1,67	1,00	0,75	1,77
f_x ($\text{cal/cm}^2\text{dk}$)	2,082064	0,702433	1,959014 (= f_{\odot})	3,482692	0,625304

Çizelge 2. Bölgelerde ki akı katkıları

1. Bölge	L_1	f_1	$\alpha = 0$
2. Bölge	$L_1 + \alpha L_2$	$f_1 + \alpha f_2$	$0 < \alpha < 1$
3. Bölge	$L_1 + L_2$	$f_1 + f_2$	$\alpha = 1$
4. Bölge	$L_1 + L_2$	$f_1 + f_2$	$\alpha = 1$

Şekil 1'de her bölge için (1. Bölge, 2. Bölge, 3. Bölge ve 4. Bölge) ışınım gücü ve yerel akı katkıları aşağıda verilmiştir: Birinci yıldızın lüminositesi L_1 , ikinci yıldızın lüminositesi L_2 , birinci yıldızın d uzaklığındaki akısı f_1 , ikinci yıldızın d uzaklığındaki akısı f_2 ise bölgelerdeki katkıları Çizelge 2'de gösterildiği gibi olacaktır; Işınım gücü ve yerel akı formülleri, kosinüs teoremi ifadesi ile birlikte yaşanabilir bölge sınırlarının hesabı için kullanılmıştır. Hesaplamalar için kullanılacak formüller aşağıda belirtilmiştir.

Küresel bir yıldızın tüm yüzeyinden çıkan ışınım gücü ifadesi

$$L = 4\pi R^2 \sigma T^4 \quad ,$$

F yüzey akısı olmak üzere

$$L = 4\pi R^2 F \quad ,$$

d uzaklığındaki ışınım gücü ifadesi $L = 4\pi d^2 f$ dir. Burada aynı zamanda görsel akıdır. Bu ifadeyi güneşe orantılayacak olursak

$$\frac{L}{L_{\odot}} = \left(\frac{d}{d_{\odot}}\right)^2 \frac{f}{f_{\odot}} \quad (1)$$

olur.

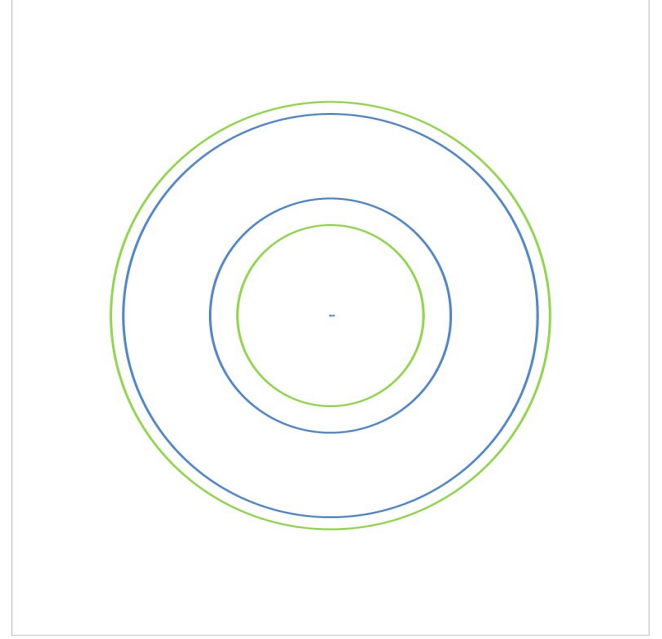
Hesaplamalarda kullanılacak kosinüs teoremi, $a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos A$ şeklindedir.

1. Bölge: Sadece birinci yıldızın ışımsal katkısı olacaktır ve tek yıldızlar için yapılan yaşanabilir bölge sınırı hesabı ile aynı olacaktır.

2. Bölge: Birinci yıldızın ışımsal katkısına ilaveten, ikinci yıldızın α faktörü kadar kesirsel katkısı da dikkate alınmıştır ve yaşanabilir bölge sınırı bu bölge içinde $L_1 + \alpha L_2$ toplam ışınım gücünü ve $f_1 + \alpha f_2$ görsel akısı çizelge 1 deki akılara eş değer olacak ve $L_1 + \alpha L_2$ toplam ışınım gücüne karşılık gelecek yaşanabilir bölge sınırı değeri θ açısı değerleri hesaplanmıştır. Dolayısıyla bu uzaklık birinci bölgedeki uzaklıktan daha büyük değerlere karşılık gelir. 2. bölgede θ açısı arttıkça yaşanabilir bölge sınırı uzaklık değerleri de artar. Bu bölge de α değeri 0 ile 1 arasında değer alır.

3. Bölge: Birinci yıldızın ışımsal katkısına ilaveten ikinci yıldızın ışımsal katkısı da eklenecektir. Yani bu bölgede ışınım gücü katkısı $L_1 + L_2$ olacaktır. Dikkate alınacak görsel akı/yerel akı değeri $f_1 + f_2$ olacaktır.

4. Bölge: Bu bölgede $L_1 + L_2$ 'lik bir ışınım gücü katkısı vardır ve $f_1 + f_2$ akısı çizelge 1 deki akılar ile özdeş olacaktır ve sabit tutularak yaşanabilir bölge sınırı uzaklıkları hesaplanmıştır.

**Şekil 2.** α CrB çift yıldız sistemi için hesaplanan yaşanabilir bölge sınırları

3 Tartışma ve Sonuçlar

Sonuç olarak; α CrB çift yıldız sistemi için hesaplanan yaşanabilir bölgenin geniş ve dar sınırları Şekil 2'de gösterilmiştir. Çift yıldızın bileşenleri şeklinin merkez bölgesinde nokta şeklinde gösterilmiştir. Yeşil çizgiler arası geniş yaşanabilir bölge sınırını, mavi çizgiler arası dar yaşanabilir bölge sınırını göstermektedir. Bu çift sistem için yaptığımız hesaplama da mavi renk ile gösterilen bölge de yaşanabilir bölge için sınır uzaklıkları 7 AB ve 13 AB, yeşil ile gösterilen bölge de sınır uzaklıkları ise 6 AB ve 14 AB civarında değerler bulunmuştur. Buradan α CrB çift yıldız sisteminin etrafında bir gezegen varsa ve bu gezegen de yaşam olabilmesi için gezegenin çift yıldız sisteminden olan uzaklığının en küçük değer olarak 6 AB, en büyük değer ise 14 AB olması gerektiği sonucuna varılmıştır. Daha önceden model çift yıldızlara uyguladığımız yaşanabilir bölge sınırı hesaplama yöntemimizi, bu çalışmada (α CrB) çift yıldız için gerçekleştirdik. Bu çalışmanın sürdürülmesi geliştirilmesiyle daha birçok yıldız-gezegen sistemi için yaşanabilir bölge sınırı uzaklıkları kolaylıkla hesaplanabilecektir.

Kaynaklar

- Lissauer Jack J (2018) "Habitable Zone" Encyclopædia Britannica, inc. Erişim:20 Ağustos 2018 <https://www.britannica.com/science/habitable-zone>
Kopparapu, R.K., Ramirez, R., Kasting, J.F. "Habitable Zones Aro-

- und Main-Sequence Stars: New Estimates". The Astrophysical Journal **765**,(2013) 131.
- Mayor, M. and Queloz, D. "A Jupiter-mass companion to a solar-type star". Nature, **Vol. 378** (1995) 355-359.
- Nouh1 M. I., Saad, S. M. B. Korany and Elkhamisy, M. A. : "Spectroscopic Analysis of the Eclipsing Binary α CrB" J. Astrophys. Astr. **34** (2013) 193-205
- Wolszczan, A. and Frail, D.A. "A planetary system around the millisecond pulsar PSR1257+12". Nature **Vol. 355** (1992) 145-147.

Erişim:

O41-1035: [UAK-2018 Program](#) — [UAK Bildiri](#) — [Turkish J.A&A](#).