

V444 CYG ÇİFT YILDIZ SİSTEMİNİN TAYFSAL ENERJİ DAĞILIMI VE GÖRSEL BÖLGE İÇİN PoWR MODEL ÇALIŞMASI

Figen Z. ERİŞ¹, Fehmi EKMEKÇİ¹, Paul CROWTHER²

¹Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümleri, 06100 Tandoğan, Ankara, Türkiye, figeneris@yahoo.com

¹Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümleri, 06100 Tandoğan, Ankara, Türkiye, fekmekci@science.ankara.edu.tr

²University of Sheffield, Dept of Physics and Astronomy, Hounsfield Road, Sheffield, S3 7RH, United Kingdom, Paul.Crowther@sheffield.ac.uk

Özet :Bu çalışmada galaktik WN türü çift çizgili bir tayfsal çift Wolf-Rayet yıldızı olan WR139 (V444 Cyg) yıldızının PoWR programı ile görsel bölge tayfının tayfsal enerji dağılımı incelenerek model parametreleri tanımlandı. Model'in süreklilik akısı optik ve kızılöte fotometrik çalışmaları ile karşılaştırıldı. WR139'un görsel bölge tayfındaki N IV ve He II çizgilerinin merkezi dalga boyu, çizgi şiddeti ve eşdeğer genişlik hesap sonuçları ilgili IRAF paket programında profil fitleri uygulanarak elde edildi. PoWR model çalışması sonucu elde edilen N IV ve He II model çizgilerine de aynı şekilde IRAF paket programında profil fitleri uygulandı ve model ile gözlemsel değerler karşılaştırıldı. Tayfsal enerji dağılımı için elde edilen en uygun model fitinin parametreleri Wolf-Rayet yıldızı için Rosseland optik derinliği $\tau=20'$ de $T_* = 62.745$ kK, $R_* = 3.78 R_\odot$, $\log L/L_\odot = 4.632$, $v_\infty = 1600$ km s⁻¹, $\dot{M} = 6.76 \cdot 10^{-6} M_\odot$ y⁻¹ ve uzaklık modülü DM= 10.31 kadir'den $M_v = -4.51$ kadir olarak belirlendi.

1. Giriş

Wolf-Rayet yıldızları (WR) ilk kez 1867 yılında C.J.E Wolf ve G. Rayet tarafından tanımlanmış olan, tayflarında görülen geniş salma çizgileri ile karakterize, büyük kütleli evrimleşmiş yıldızlardır ve 2000 km s⁻¹ e varan çok güçlü yıldız rüzgarları ile hızla kütle kaybederler. Bu tür yıldızların kütleleri 5 ile 60 M_\odot arasında yüzey sıcaklıkları ise 25,000 K den başlayarak 100,000 K üzerine kadar çıkmaktadır.

WR yıldızları tayflarında bulunan geniş salma çizgilerine göre WN, WC ve WO alt tayf türlerine ayrılmaktadır. WN yıldızlarının tayflarında C, Si ve H'e ait salmalar görülse de hakim olan He ve N salma çizgileridir. WC yıldızlarının tayflarında C ve He salma çizgileri hakimdir, H ve N'a ait çizgiler görülmemektedir. WO yıldızlarının tayfları WC yıldızlarınıninkine benzer, tek farkla ki bunlarda O çizgileri daha belirgindir ve daha yüksek iyonizasyon derecelerine ait çizgiler görülebilmektedir. Bu üç tayf sınıfı ayrıca iyonizasyona göre sınıflamayı veren alt sınıflara ayrılmaktadır. Yüksek iyonizasyon derecelerine ait salmalar gösteren (örn. He II, N V, O VI) WN yıldızları WN2, düşük iyonizasyon derecelerine ait salmalar gösteren (örn. He I, N III) WN yıldızları ise WN9 olarak tanımlanmaktadır. Sınıflama WN11'e kadar gitmektedir. WN2'den WN11'e doğru gidildikçe yüksek iyonizasyon potansiyellerine sahip iyonların çizgi şiddetleri azalırken düşük iyonizasyon potansiyeline sahip iyonların çizgi şiddetleri artmaktadır. (Willis et al. 2004). Yayınlarda ayrıca WN2-5 yıldızlar erken tür (WNE:WN-Early type), WN6-9 yıldızlar ise geç tür (WNL:WN-Late type) olarak tanımlanmaktadır. Önemli istisnalar olmasına rağmen WNE yıldızları genellikle H salma çizgileri göstermezler. Bu çizgiler WNL yıldızlarında mevcuttur (Hillier 2000). WC yıldızlarında da aynı özellik görülmesine

rağmen bazı WC alt türlerinde durum WN’de olduğu kadar belirgin değildir. Bunun nedeninin kimyasal bolluklardaki farklılıklar olduğu bildirilmektedir (Willis et al. 2004).

Şu ana kadar literatürde tespit edilmiş 501 WR yıldızı bulunmaktadır. Bunların 355’i galaktik, 134’ü Büyük Macellan Bulutunda ve 12’si Küçük Macellan Bulutunda yer almaktadır.

WR yıldızları 3 farklı şekilde karşımıza çıkmaktadır :

- a) Kütleli çift sistemlerin daha düşük kütleli bileşenleri olarak. Bilinen WR yıldızlarının $\approx 40\%$ ’i bir çift yıldız bileşenidir ve bunların da $\approx 30\%$ ’unda yoldaş bir O yıldızdır. Ayrıca WR-WR ve WR-kompakt bileşenlerden oluşan çift sistemlere de rastlamak mümkündür. Ancak tayflarında gösterdikleri daha dar salma çizgileri ve daha güçlü P-Cygni profilleri ile diğer WN yıldızlardan ayrılan bilinen WN8/9 yıldızlarının hemen hemen hiç biri WR+O çift sistemlerinde yer almazlar. Bu yıldızlar genellikle “runaway” yıldızlar olarak karşımıza çıkmaktadırlar. WN8/9 yıldızları ayrıca yüksek seviyede fotometrik gürültü gösteren yıldızlar olarak da diğer alt türlerden ayrılmaktadırlar. Buna karşın WN6/7 yıldızlarının $\approx 60\%$ ’i bir WR+O çift sistemi bileşenidir (Moffat 1995).
- b) Genellikle Pop I halka nebularla ilişkili tek yıldızlar olarak. Bu durumda WR yıldızı Z_{\odot} ’e sahip ve başlangıç kütlesi $> 20 M_{\odot}$ olan yıldızların son evrim aşamasıdır. Galaktik WR yıldızlarının 33% ’ünün etrafında halka nebula vardır. WN halka nebularının sayısı WC halka nebularının sayısından daha fazladır. WN halka nebularının sayıca WC halka nebulardan daha fazla olmasının WN \rightarrow WC evrimi kapsamında halka nebuların yıldız evrimi sırasında buharlaştığına işaret ettiği düşünülmektedir (van der Huch 2001).
- c) Bazı gezegenimsi bulutsuların çekirdekleri olarak. Gezegenimsi bulutsuların merkezi yıldızları genellikle, kütleleri $0.6M_{\odot}$ civarında olan ve ince bir He kabuk ve H’ce zengin dış atmosferle çevrili yoğun CO çekirdeğe sahip, sıcak, beyaz cüce öncesi yıldızlar olmakla birlikte, bilinen galaktik gezegenimsi bulutsulardan yaklaşık 50 tanesinin merkezinde yoğun WR özellikleri gösteren yıldızlar bulunmaktadır. Bunların hepsinin WC türü yıldızlar oldukları bildirilmiştir (Peña et al. 2001).

Yüksek hızlı yıldız rüzgarları sonucu tayflarında görülen geniş salma çizgileriyle karakterize olan Wolf-Rayet yıldızları büyük kütleli yıldızların bir evrim aşaması olup ayrıca da süpernova patlamaları ve gama ışın parlamaları gibi yüksek enerjili olayların ataları oldukları düşünülmektedir. Bu nedenlerle Wolf-Rayet yıldızları ile ilgili araştırmalar yıldızlararası ortamın kimyasal evrimi, dinamiği ve enerjisini anlayabilmek açısından önem taşımaktadır.

Bu çalışmada WR bileşenli bir galaktik çift yıldız sistemi olan V444 Cyg’nin, La Palma’da bulunan Isaac Newton Teleskobuna (INT) bağlı orta dispersiyon tayfçekeri (IDS) ile alınmış olan görsel bölge tayfinin tayfsal enerji dağılımı, Potsdam grubu tarafından hazırlanan PoWR modelleriyle karşılaştırıldı. Modelleme çalışması sistemin atmosfer parametreleri açısından değerlendirildi.

2. Model

Potsdam grubu tarafından özel olarak farklı WR alt tayf grupları için hazırlanmış olan PoWR modeli küresel olarak simetrik sabit kütle kaybı varsayımı üzerine kurulmuştur. Model çizgi örtüşmesini ve non-LTE rüzgar düzensizliğini dikkate almaktadır. Buna bağlı olarak kümeleşme faktörü (D) WNE, WNL ve WC yıldızları için ayrı ayrı hesaplanmış ve

sabitlenmiştir. Kimyasal bolluklar da aynı şekilde WNE, WNL ve WC alt grupları için ayrı ayrı hesaplanmış ve sabitlenmiştir. Çizgi genişlemesi için yalnızca Doppler genişlemesi dikkate alınmış ve modelde Doppler hızı 100 km s^{-1} olarak sabitlenmiştir. Yıldız yarıçapı R_* , $\tau = 20$ Rosseland optik derinliğine karşılık gelmektedir ve bu model için yıldızın iç sınırını temsil etmektedir. Yıldız sıcaklığı T_* , Stefan-Boltzman yasasına uygun olarak ışınım gücü L ve yıldız yarıçapı R_* ile tanımlanmaktadır. Her bir WR modeli kimyasal bileşim ve L , T_* , M , v_∞ ve D parametreleri ile tanımlanmıştır. Ancak Scmutz et al 1989 tarafından Wolf-Rayet yıldızları için belirlenen ölçekleme yasasının yardımıyla modeller yalnızca 2 serbest parametreyle tanımlanacak şekilde düzenlenmiştir. Bu parametrelerden biri T_* , diğeri ise “transformed radius” olarak bilinen R_t 'dir.

$$R_t = R_* \left(\frac{v_\infty / 2500}{M \sqrt{D} / 10^{-4}} \right)^{2/3}$$

WR bileşeninin etrafındaki kabukta hem gazın yoğunluğu azalmakta hem de yıldız ışınımı geometrik olarak bir seyrelmeye uğramaktadır. Modelde “transformed radius” kullanılmasının nedeni bu etkidir. “Transformed radius” hem yıldız yarıçapını, hem kümeleşme faktörünü, hem terminal hızı, hemde kütle kayıp hızını dikkate alır ve bu parametreler WR atmosferini karakterize eden, yıldızdan uzaklaştıkça ışınım üzerinde etkili olan parametrelerdir.

3. V444 Cyg ve Gözlemsel Bilgi

V444 Cyg hem Wilson tarafından 1939 yılında ortaya konduğu gibi bir tayfsal çift yıldız hem de Gaposchkin tarafından 1941 yılında gösterildiği gibi örten bir çift sistemdir. Bir WN5 Wolf-Rayet yıldızı ile O6V tayf türünden bir anakol yıldızından oluşmaktadır. Ekvator koordinatları $\alpha = 20^{\text{sa}} 19^{\text{dk}} 32^{\text{sn}}$ ve $\delta = +38^{\circ} 43' 53''$, galaktik koordinatları ise $\ell = 076^{\circ} .5980$ ve $b = +01^{\circ} .4287$ 'dir. Perryman et al. (1997) tarafından Hipparcos Kataloğu bilgilerine dayanılarak paralaksı 2.62 miliyay saniye (382 pc) olarak verilmektedir. Nugis 1996 ise V444 Cyg'nin uzaklığını 1.15 kpc olarak vermektedir. Forbes et al. (1992) V444 Cygni'nin Berkeley 86 açık kümesinin bir üyesi olduğunu bildirmişlerdir. Berkeley 86 açık kümesinin uzaklığı Forbes tarafından 1981 yılında 1.72 kpc olarak bildirilmiştir. Kron ve Gordon (1950) uzaklığı 1.50 kpc olarak hesaplamışlardır. V444 Cygni'nin U bandı parlaklığı 8.11 kadir, V bandı parlaklığı 8.02 kadir, K bandı parlaklığı 6.327 kadir ve dönemi 4.212 gündür (Mount Wilson GCRV).

Bu çalışmada V444 Cyg'nin 0.00 evresinde alınmış olan optik bölge tayfi ile kontrol amaçlı olarak yine aynı 0.00 evresinde alınmış olan IUE tayfi kullanıldı. IUE tayfi NASA'nın arşivinden alındı. Optik bölgede ise sistemin, La Palma'da bulunan Isaac Newton Teleskobuna (INT) bağlı orta dispersiyon tayf çeker (IDS) ile alınmış olan tayfi kullanıldı. Kullanılan tayfların listesi Tablo-1'de verilmiştir.

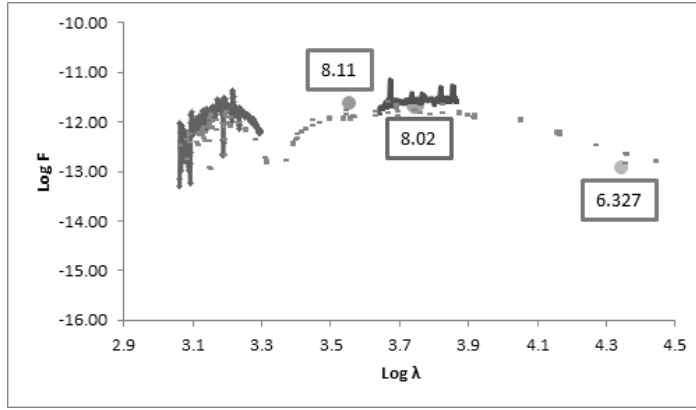
Tablo-1. PoWR model çalışmasında kullanılan tayflar

<u>Tayf</u>	<u>Tarih</u>	<u>Evre</u>	<u>Poz Süresi</u> <u>(sn)</u>	<u>Cözünürlük</u>
IUE SWP15401	05.11.1981	0.069	299.697	Düşük
WR139INT_IDS	19.09.1991	0.062	1960.006	Orta

4. Tayfsal Enerji Dağılımı

V444 Cyg çift yıldız sisteminin WR bileşeni için modelin serbest parametreleri R_t ve $\tau=20$ 'deki T_* hesaplandı. T_* 'nin hesaplanmasında $T_{\text{eff}} = 31$ kK (Eriş ve Ekmekçi 2011) olarak alındı ve $T^4 = \frac{3}{4} T_{\text{eff}}^4 (\tau + \frac{2}{3})$ 'den $T_* = 62.745$ kK olarak bulundu.

R_t 'nin hesaplanmasında ise $\dot{M} = 6.76 \cdot 10^{-6} M_{\odot} \text{y}^{-1}$ (Eriş ve Ekmekçi 2011) ile modelin öngördüğü $v_{\infty} = 1600 \text{ km s}^{-1}$, $D = 4$, $L=10^{5.3}$ alınarak $R_t = 10.656 R_{\odot}$ olarak bulundu. Bu parametrelerle elde edilen sentetik WR tayfının akısı $\text{Log } L/L_{\odot} = 4.632$ alınarak (Eriş ve Ekmekçi 2011) yeniden düzenlendi. Ayrıca yıldızın uzaklığı $d = 1150 \text{ pc}$ (Nugis 1996) olarak alınarak model akısına yıldızlararası ortam kızarma etkisi eklendi (Krelowski ve Papaj 1992). Model akısı CDS Strasbourg, Fransa tarafından işletilen SIMBAD veri tabanından sağlanan U, V ve K bandı fotometrik verileri ile karşılaştırıldı. Akı düzenlemesi yapılmış olan model tayfı ile gözlemsel tayfın birlikte çizdirildiği tayfsal enerji dağılımı Şekil-1'de gösterilmektedir.



Şekil-1. Tayfsal enerji dağılımı. WNE grid model no. 09-11. IUE gözlemi mavi ile, kadir cinsinden U, V ve K bandı parlaklıkları kutular içerisinde, bu parlaklıklara karşılık gelen akılar büyük renkli noktalarla, görsel bölge gözlemsel tayfı kahverengi ile ve model akısı noktalı çizgi ile gösterilmiştir.

Tayfsal enerji dağılımı için elde edilen en uygun model fitinin parametreleri Tablo-2'de listelenmiştir.

Tablo-2. Tayfsal enerji dağılımı model parametreleri

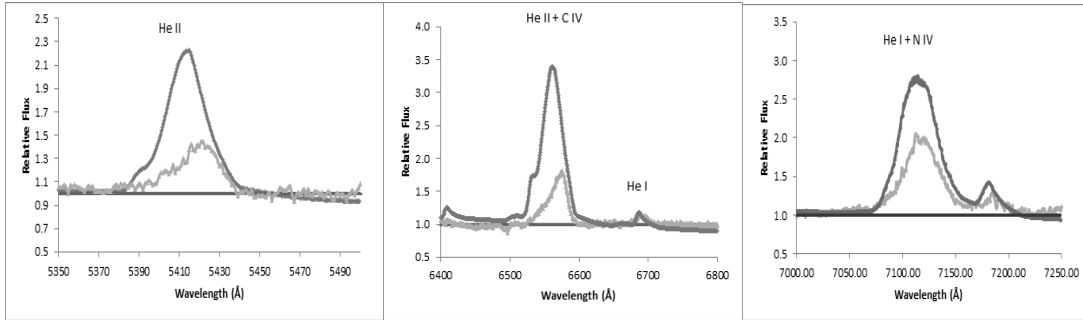
$T_*(\tau=20)$	62,745 K
$R_*(\tau=20)$	3.78 R_{\odot}
$\text{log}L/L_{\odot}$	4.632
V_{dop}	100 km s^{-1}
R_t	10.66 R_{\odot}
V_{∞}	1600 km s^{-1}
\dot{M}	$6.76 \cdot 10^{-6} M_{\odot} \text{y}^{-1}$
X_{H}	0
X_{He}	0.98
X_{N}	0.015

WR yıldızı için $L=10^{4.632}L_{\odot}$ alındığında Langer(1989) tarafından verilen kütle ışınım gücü bağıntısı kullanılarak $M_{WR}=6.13 M_{\odot}$ bulundu.

V444 Cyg sisteminin WR bileşeni için uzaklık modülü $DM= 10.31$ kadir'den mutlak parlaklık $M_v=-4.51$ kadir olarak hesaplandı.

5. Çizgi Tayfı

O tayf türünden yıldızlar HeII ve NIV salma çizgileri göstermezler ve bu iyonlara ait soğurmalar O tayf türünden yıldızlarda doymamış soğurmalarıdır(Shore 1988). Bu nedenle ayrıca çalışmamızda kullanılan görsel bölge tayfı WR yıldızının önde olduğu 0.00 evresinde alındığından O yıldızının katkısı gözardı edilerek He II ($\lambda 5412$, $\lambda 6562$) ile NIV ($\lambda 7116$) çizgilerinin WR bileşeninden kaynaklandığı değerlendirildi. Wolf-Rayet bileşeninin rüzgar özelliklerinin değerlendirilmesinde NIV $\lambda 7116 \text{ \AA}$ çizgisi ile HeII $\lambda 5412$ ve $\lambda 6562 \text{ \AA}$ çizgilerinin kullanılması uygun görüldü. Bunun için akı kalibrasyonu yapılmış olarak temin edilen gözlemsel tayf sürekliliğe normalize edildi ve NIV ile HeII çizgilerine IRAF paket program fitleri uygulanarak merkezi dalga boyları, eşdeğer genişlikleri ve yarı maksimumdaki tam genişlik (FWHM) değerleri elde edildi. WNE grid model 09-11 sentetik tayfı önce yıldızın kendi uzaklığı olan $d=1150 \text{ pc}$ 'e indirildi. Model akısı $L=10^{4.632}L_{\odot}$ alınarak yeniden düzenlendi ve sürekliliğe normalize edildi. Bu şekilde elde edilen sentetik tayf çizgilerine de IRAF paket program fitleri uygulandı ve elde edilen merkezi dalga boyları, eşdeğer genişlikleri ve FWHM değerleri gözlemsel değerlerle karşılaştırıldı. Çizgilere ait bu değerler Tablo-3'de listelenmiştir. HeII $\lambda 6562 \text{ \AA}$ çizgisi CIV çizgisi ile "blend" haldedir. IRAF paket programında deblending işleminden sonra HeII çizgisine ait değerler Tablo-3'de verilmiştir. NIV $\lambda 7116 \text{ \AA}$ çizgisi ise yine bir HeI çizgisi ile "blend" haldedir ve esasında 6 çizgiden oluşan bir çokludur ancak bu çoklunun en güçlü 3 çizgisi görüldüğünden Tablo-3'de deblending işleminden geçirilmiş olan bu 3 çizgiye ait IRAF paket fit sonuçları verilmiştir. Şekil-2'de ise gözlemsel çizgiler ile model çizgilerinin birlikte çizdirildiği durum görülmektedir.



Şekil-2. Model çizgileri ile gözlemsel çizgilerin karşılaştırılması

Tablo-3. Gözlemsel çizgiler ile model çizgilerinin merkezi dalgaboyu, eşdeğer genişlik ve FWHM değerleri.

	Model	Gözlemsel
NIV Çizgisi		
Merkez Dalgaboyu	7110.06	7108.75
Eşdeğer genişlik	-79.43	79.45
FWHM	36.20	41.58
Merkez Dalgaboyu	7116.55	7112.98
Eşdeğer genişlik	60.07	-123.7
FWHM	39.45	41.64
Merkez Dalgaboyu	7123.14	7120.58
Eşdeğer genişlik	-62.58	9.85
FWHM	40.27	40.4
He II λ 6562 Å Çizgisi		
Merkez Dalgaboyu	6561.88	6574.40
Eşdeğer Genişlik	-138.90	-52.3
FWHM	33.5 (Lorentz)	32.33 (Lorentz)
He II λ 5412 Å Çizgisi		
Merkez Dalgaboyu	5413.45	5422.55
Eşdeğer genişlik	-62.91	-19.74
FWHM	26.29(Lorentz)	25.26(Lorentz)

6. Sonuç Ve Tartışma

WR bileşenli galaktik bir çift yıldız sistemi olan V444 Cyg'nin atmosfer parametrelerinin değerlendirilmesinde, Potsdam grubu tarafından WR yıldızlarının modellenmesi için non-LTE atmosferleri ve çizgi örtüşmesini dikkate alınarak hazırlanan PoWR modeli kullanılarak tayfsal enerji dağılımı ve çizgi tayfları incelenmiştir. Tayfsal enerji dağılımı incelemesinde en uygun model fitini veren kütle kayıp hızı $\dot{M} = (6.76 \pm 0.39) \cdot 10^{-6} M_{\odot} y^{-1}$ Eriş ve Ekmekçi (2011) tarafından dönem değişiminden hesaplanmıştır ve PoWR modelinin dikkate aldığı gaz kümeleşmesi ile (düzensiz rüzgarlarla) uyum sağlamaktadır. Bu kütle kayıp hızı Kurosawa et al. (2002) tarafından non-LTE radyatif transfer modeli ile birlikte 3-D Monte Carlo modeli kullanılarak $\dot{M} = (0.6 \pm 0.2) \cdot 10^{-5} M_{\odot} y^{-1}$ olarak bulunan kütle kayıp hızı ve St. Louis et al. (1993) tarafından polarizasyon tutulma çalışması sonucu $\dot{M} = 0.75 \cdot 10^{-5} M_{\odot} y^{-1}$ olarak elde edilen kütle kayıp hızıyla uyum içindedir. Kızılöte ve radyo dalgaboyu bölgelerinde serbest-serbest ışınımdan kütle kayıp hızı hesaplayan Nugis et al (1998) düzensiz rüzgarların dikkate alınması gerektiği sonucuna varmıştır. Yakın kızılöte bölgede serbest-serbest akıdan V444 Cyg için kütle kayıp hızını $\dot{M} = 6.3 \cdot 10^{-6} M_{\odot} y^{-1}$ olarak hesaplayan Nishimaki et al (2008), düzensiz rüzgarlara ait kümeleşme faktörünü dikkate aldığı kütle kayıp hızını $\dot{M} = 1.6 \cdot 10^{-5} M_{\odot} y^{-1}$ olarak bulmuştur ki bu değer V444 Cyg için kütle kayıp hızını gaz kümeleşmesini dikkate alarak radyo bölge serbest-serbest akıdan belirleyen Nugis ve Lamers (2000)'in bulduğu $\dot{M} = 1.1 \cdot 10^{-5} M_{\odot} y^{-1}$ değeri ile uyumludur. Düzensiz rüzgarları dikkate almayan ve uzaklığa bağlı diğer hesaplama yöntemleri ile elde edilen kütle kayıp hızlarının ise yaklaşık 3 kat daha yüksek bulunduğu bilinmektedir (Bieging et al. 1982, Abbott et al. 1986, Prinja et al. 1990, Howarth ve Schmutz 1992, Eriş ve Ekmekçi 2011).

Langer (1989)'un kütle-ışınım gücü bağıntısı kullanıldığında $M_{WR}=6.13 M_{\odot}$ olarak elde edilmektedir. Eriş ve Ekmekçi (2011) tarafından ışık eğrisi analiz yöntemiyle $L=10^{4.632}L_{\odot}$ bulunurken aynı zamanda $M_{WR}=10.642\pm 1.544M_{\odot}$ olarak bulunmuştur. Langer (1989) bu bağıntıyı modelleme çalışmasına dayanarak çıkarttığından gözlemsel değerlerin daha uygun sonuçlar verdiği görülmektedir.

V444 Cyg sisteminin WR bileşeni için uzaklık modülünden hesaplanan mutlak parlaklık $M_v = -4.51$ kadir Hamann et al (2006)'nın galaktik WNE yıldızları için belirlediği mutlak parlaklık limitleri içerisindedir.

Çizgi tayfi incelemesinde gözlemsel tayfin HeII çizgisinin modele göre daha uzun dalga boyuna, NIV çizgilerinin ise daha kısa dalga boylarına kaydıkları görüldü. Bu durumun V444 Cyg'nin rüzgar yapısının düzensiz ve asimetric olduğuna işaret ettiği değerlendirilmektedir. Hem modelin hem de gözlemsel tayfin HeII ve NIV çizgilerinin FWHM değerlerinin birbirlerine yakın değerler olarak bulunması modelin 100 km s^{-1} olarak belirlediği Doppler hızının gözlemsel tayfla uyumlu olduğu sonucuna götürmektedir. Gözlemsel tayfin HeII çizgilerinin eşdeğer genişliklerinin modelinkinin yaklaşık 1/3'ü kadar olduğu görülmüştür. Bu durumun bolluk farkından kaynaklanıyor olabileceği değerlendirilmektedir. Modelin WNE yıldızları için kabul ettiği ve sabitlediği He bolluğu %98'dir. Oysa, V444 Cyg için ışık eğrisi analizinden He bolluğu Eriş ve Ekmekçi (2011) tarafından %90 olarak belirlenmiştir. Bolluk farkının yanısıra parçalı tutulma gösteren V444 Cyg'de O yıldızının ışığının HeII çizgisinin eşdeğer genişlikleri üzerinde etkili olabileceği de değerlendirilmektedir. 3 NIV çizgisinden ikisinin gözlemsel tayfta soğurmada, model tayfinda ise bu 3 çizgiden aynı 2 çizginin salmada olduğu görülmektedir. Bu durumun gözlemsel tayfin NIV çizgisinin merkezi akısının modelinkine göre daha düşük olmasına neden olduğu değerlendirilmektedir. N bolluğunun ise modelle uyum içinde olduğu söylenebilir(yaklaşık 0.015). Hem modelin hem de gözlemsel tayfin HeII çizgileri Lorentz profili fiti verirken NIV çizgileri Gauss profil fiti vermektedir. He II çizgilerinin şiddeti üzerinde çarpışmayla genişleme etkisinin var olabileceği düşüncesini He bolluğunun %90 larda olması da desteklemektedir.

Bu çalışmada IUE verileri NASA veritabanı MAST Archive'dan alınmıştır. Ayrıca CDS Strasburg, Fransa tarafından işletilen Simbad veritabanı ve NASA'nın "Astrophysics Data System Bibliographic Services" sitesinden yararlanılmıştır. Dr. Mesut YILMAZ, Dr. Özgür BAŞTÜRK ve Tolgahan KILIÇOĞLU'na katkı ve yardımlarından dolayı teşekkür ederiz.

7. Kaynaklar

- Abbott, D.C., Bieging, J.H., Churchwell, E., Torres, A.V., 1986, ApJ, 303, 239.
Bieging, J.H., Abbott, D.C., Churchwell, E.B., 1982, ApJ, 263, 207.
Eriş, F.Z., Ekmekçi, F., 2011, AN, 332, 616.
Forbes, D., 1981, PASP, 93, 441.
Forbes, D., English, D., De Robertis, M. M. and Dawson, P. C., 1992, A.J., 103, 916.
Gräfener, G., Koesterke, L., Hamann, W. -R., 2002, A&A, 387, 244.
Hamann, W.-R., Gräfener, G., Liermann, A., 2006, A&A, 457, 1015.
Hamann, W.-R., Gräfener, G., 2004, A&A, 427, 697.
Hillier, D. J., 2000, Wolf-Rayet Stars. Encyclopedia of Astronomy and Astrophysics, Ed. Paul Murdin..
Howarth, I.D., Schmutz, W., 1992, A&A, 261, 503.
Krelowski, J., Papaj, J., 1992, Acta Astronomica, 42, 233.

- Kron, G. E., Gordon, K. C., 1950, *Ap. J.*, 111, 454.
Kurosawa, R., Hillier, D.J., Pittard, J.M., 2002, *A&A*, 388, 957.
Langer, N., 1989, *A&A*, 210, 93.
Moffat, F.J.A., 1995, *IAUS*, 163, 213.
Nishimaki, Y., Yamamuro, T., Motohara, K., Miyata, T., Tanaka, M., 2008, *PASJ*, 60, 191.
Nugis, T., 1996, 33rd Liege International Astrophysics Colloquium, no.33, 283.
Nugis, T., Crowther, P.A., Willis, A.J., 1998, *A&A*, 333, 956.
Peña, M., Stasińska, G., Medina, S., 2001, *RevMaxAA*, 10, 9.
Perryman, M. A. C., Lindegren, L., Kovalevsky, J., Hog, E., Bastian, U., Bernacca, P. L.,
Creze, M., Donati, F., Grenon, M., Van Leeuwen, F., Van der Marel, H., Mignard,
F., Murray, C. A., Le Poole, R. S., Schrijver, H., Turon, C., Arenou, F., Froeschle,
M. and Petersen, C. S., 1997, *A & A*, 323, 49.
Prinja, R.K., Barlow, M.J., Howarth, I.D., 1990, *ApJ*, 361, 607.
Schmutz, W., Hamann, W.-R., Wesselowski, U., 1989, *A&A*, 210, 236.
Shore, S. N., Brown, D. N., 1988, *Ap. J.*, 334, 1021.
St.Louis, N., Moffat, A. F. J., Lapointe, L., Efimov, Y. S., Shakhovskoy, N. M., Fox, G.
K. and Piirola, V., 1993, *Ap.J.*, 410, 342.
van der Hucht, K. A., 2001, *New Astronomy Reviews*, 45, 135.
Willis, A. J., Crowther, P. A., Fullerton, A. W., Hutchings, J. B., Sonneborn, G.,
Brownsberger, K., Massa, D. L. and Walborn, N. R., 2004, *Ap.J.S.S.*, 154,
651.