

## σ Cygni ve η Leo'nun tayfsal analizi

T. Tanrıverdi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Niğde Üniversitesi, Fen -Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, 51240, Niğde, Türkiye  
ttanriverdi@nigde.edu.tr

**Özet:** Bu çalışmada erken tür süper dev yıldızlardan σ Cyg (B9 Iab) ve η Leo (A0 Ib)'nun Dominion Astrofizik gözleminde (DAO) 1.22 m'lik coude teleskobun tayf çekerine bağlı SITE-2 ve SITE-4 dedektörlerle alınmış yüksek çözünürlüklü ( $R \sim 62500$ ) ve yüksek sinyal gürültü ( $S/N \sim 200-300$ ) oranına sahip tayfları kullanıldı. ATLAS9 (Kurucz 1993, Sbordone vd. 2004) model atmosfer programı ile σ Cyg için  $T_{\text{et}}=10388$  K ve  $\log g=1.80$ , ve η Leo için Przybilla vd. (2006)'nın belirlediği  $T_{\text{et}}=9600$  K ve  $\log g=2.00$  için her iki yıldıza ait kimyasal bolluklar hesaplandı.

### 1. Giriş

Geç B ve erken A türü super devler ile ilgili yapılan tayfsal çalışmalar bir çok açıdan önemlidir.

- İlk olarak, tayfları temiz olduğu için hafif elementlerden daha ağır elementlere kadar bir çok elementin bolluğunun hesaplanmasına olanak vermektedirler (Przybilla, 2002; Przybilla et al., 2006; Venn et al., 1998).
- Bu tür yıldızlar görsel bölgede daha parlak oldukları için diğer yıldızlara göre hem galaksi hem de galaksi dışında gözlemleri daha kolaydır. Momentum-parlaklık (WLR-Wind momentum luminosity relation) ilişkisi (Puls et al. 1996, Kudritzki et al. 1999) ve akı-çekim-parlaklık (FGLR-flux weighted luminosity relation) ilişkisi (Kudritzki et al. 2003, Kudritzki and Przybilla 2003) kullanılarak hem galaksimizde hem diğer galaksilerde uzaklık belirteci olarak da kullanılabilirler.
- Ayrıca, bu parlak tür super devler galaksinin kimyasal gradyenti ve kimyasal evrimi hakkında da bilgi vermektedirler (i.e. Gehren, 1988; Przybilla, 2002).

σ Cyg (B9 Iab)'nin ekvatoryal koordinatları  $\alpha = 21^{\text{sa}} 17^{\text{dk}} 24.9526^{\text{sn}}$ ,  $\delta = 39^{\circ} 23' 40''.85$ 'dir ve galaktik koordinatları ise  $l = 84^{\circ}.1943$  ve  $b = -6^{\circ}.8723$ 'dir. Cyg OB4 oymağı üyesidir ve disk yıldızıdır. η Leo (A0 Ib)'nun ekvatoryal koordinatları,  $\alpha = 10^{\text{sa}} 07^{\text{dk}} 19.9523^{\text{sn}}$ ,  $\delta = +160 45' 45''.592$  ve galaktik koordinatları,  $l = 219^{\circ}.53$  ve  $b = 50^{\circ}.75$ 'dir ve alan yıldızıdır. Her iki yıldız için literatürde yapılan son çalışmalar sırasıyla çizelge 1'de verilmektedir.

### 2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada kullanılan tayflar Dominion Astrofizik Gözleminde (DAO) Dr. Saul Adelman tarafından alınmıştır. Tayflar 1.22 m'lik teleskoba bağlı  $\lambda < 6500$  için SITE-2 (2.4 Å/mm)  $\lambda < 6500$  ve  $\lambda > 6500$  için SITE-4 (4.8 Å/mm),  $\lambda > 6500$  dedektörlerle elde edilmiştir. Tayflardaki çözünürlük  $\lambda 4500$  için  $R \sim 62500$  ve yüksek sinyal gürültü ( $S/N \sim 200-300$ ) oranına sahiptir. σ Cyg, için  $\lambda \lambda 3830-5210$ ,  $\lambda \lambda 5580-6240$  ve η Leo için  $\lambda \lambda 3800-6680$ ,  $\lambda \lambda 6610-6740$  dalgaboyu aralığında tayflar kullanılmıştır.

Tayfların normalizasyonu REDUCE (Hill&Fisher 1986) programı ile yapıldı. Daha sonra, normalize edilen tayflar VLINE programı ile çizgi eşdeğer genişlikleri ölçülüp, radyal hız düzeltilmesi yapıldıktan sonra, çizgi tanısı yapıldı. Çizgi tanısı için Moore 1945 kaynağı,

farklı atom ve iyonlar için; bkz. Albayrak vd 2003, ve bu konudaki son çalışmalar (Albayrak, 1999-2000, Yuce 2005) kullanıldı.

**Çizelge 1.**  $\sigma$  Cyg ve  $\eta$  Leo için literatürde yapılmış son çalışmalar ve atmosfer parametreleri.

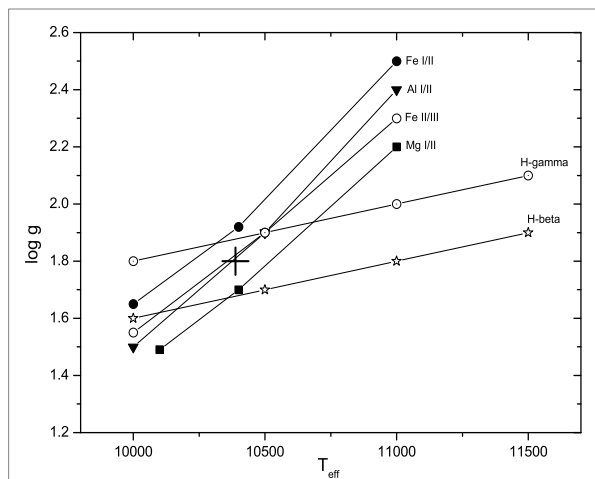
Kaynak	$T_{\text{et}}$	$\log g(\text{cgs})$	Yöntem
$\sigma$ Cyg			
Pryzbilla vd (2010)	10800±200	1.85±0.10	H,He çizgileri, iyonizasyon dengesi SED
Markova&Puls (2008)	11000±500	1.85	Balmer çizgileri, SiII/SiIII
$\eta$ Leo			
Cenarro vd (2007)	9730±150	1.97	-
Pryzbilla vd (2006)	9600±150	2.00±0.15	Balmer çizgileri, nLTE MgI/II, SED
Venn (1995)	9700±200	2.00±0.20	H $\gamma$ , nLTE Mg I/II

## 2.1 Atmosfer Parametrelerinin Belirlenmesi

Bu çalışmada yerel termodinamik dengeyi (LTE-Local Thermodynamic Equilibrium) esas alan ATLAS9 (Kurucz 1993, Sbordone vd. 2004) model atmosfer programı kullanılmıştır. Eşdeğer genişliklerden, element bolluğunun hesaplanabilmesi için öncelikli olarak etkin sıcaklık ( $T_{\text{et}}$ ) ve yüzey çekim ivmesi ( $\log g$ -cgs) ve mikrotürbülans hızının belirlenmesi gerekmektedir.

- Balmer serisi çizgilerinin (H-alpha, H-beta, H-gamma) kanatları, etkin sıcaklık ve yüzey çekim ivmesine duyarlıdır.
- Diğer yandan ardışık iyonizasyon dengeleri de, etkin sıcaklık ve yüzey çekim ivmesini belirlemede kullanılabilir.

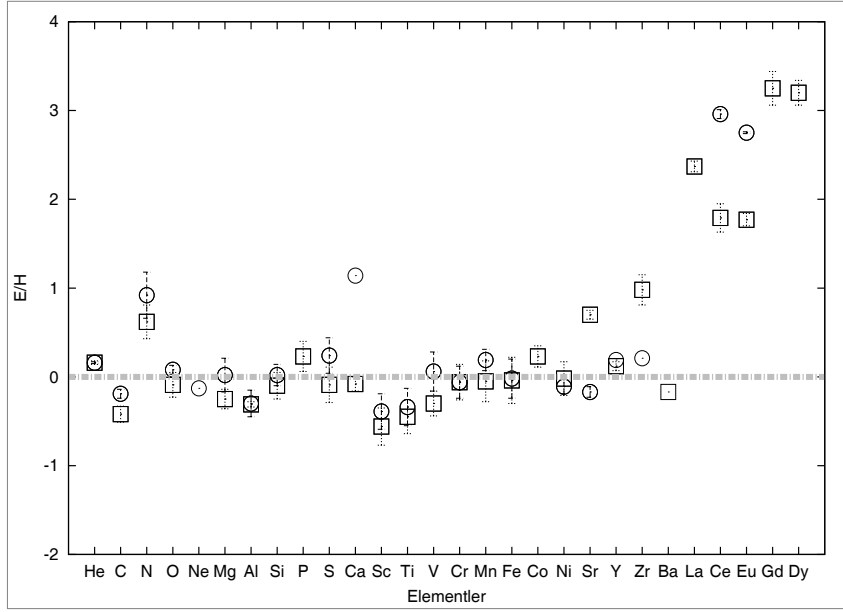
$\sigma$  Cyg için Balmer serisi çizgilerine yapılan sentetik tayf çakıştırmaları ile Mg I/II, Al I/II Fe I/II ve Fe II/III ardışık iyonizasyon dengeleri için elde edilen etkin sıcaklık ve  $\log g$  parametreleri sırasıyla, 10388 K ve 1.80'e yakınsadığı görülmektedir (bkz. Şekil 1).  $\eta$  Leo içinse Przyzbilla vd. 2006'da verilen 9600 ve 2.00 değerleri kullanıldı.



Şekil 1  $\sigma$  Cyg için Kiel diyagramı ile farklı  $T_{\text{et}}$  ve  $\log g$  değerleri için yakınsayan değer  $T_{\text{et}}=10388\text{K}$  ve  $\log g=1.80$ .

### 3. Bolluk Analiz Sonuçları

Element bollukları gerekli atomik veriler girilerek, WIDTH9 programı ile hesaplandı. Her iki yıldızla ilişkin element bolluğu sonuçları Şekil 2’de verilmiştir.  $\sigma$  Cyg; karbonca fakir, azotça zengin oksijen ise güneş bolluğundadır. Sc, Ti ve V bakımından  $\sigma$  Cyg’nin atmosferi fakirdir. Ayrıca ağır elementlere bakacak olursak, Güneş bolluğu yöresinde olduğu görülmektedir. Diğer yandan,  $\eta$  Leo’nun karbon, azot ve oksijen bolluğu  $\sigma$  Cyg’dekine benzer yapıdadır. Sc, Ti ve V yine Güneş’e göre fakirdir. Ağır element bolluğu ise Y hariç güneşe göre oldukça zengindir.



Şekil 2  $\sigma$  Cyg (halka) ve  $\eta$  Leo (kutu)’nun güneşe göre bolluklarının (Grevesse vd. 1996) karşılaştırması.

### 4. Sonuç ve Tartışma

$\sigma$  Cyg ve  $\eta$  Leo’nun atmosferinde çizgi tanısı sonucunda Şekil 2’deki elementler tespit edildi ve bunlardan temiz olan çizgilere ilişkin element bollukları verildi.  $\sigma$  Cyg için balmer çizgilerine yapılan uygun çakıştırmalardan ve Mg I/II, Al I/II Fe I/II ve Fe II/III’nin ardışık iyonizasyon dengesinden  $T_{\text{et}}=10388$  K ve  $\log g=1.80$  olarak hesaplandı.  $\eta$  Leo için ise Przybilla vd. 2006 tarafından hesaplanan  $T_{\text{et}}=9600$  K ve  $\log g=2.00$  değeri kullanıldı.

Her iki yıldız için yukarıdaki  $T_{\text{et}}$  ve  $\log g$  değerlerine göre element bolluklarına bakılacak olursa, CNO bolluğunun geç B ve erken A türü yıldızlarda görülen genel durumla uyduğu görülmektedir. Ca’un  $\sigma$  Cyg’nin atmosferinde aşırı bol olduğu tespit edildi. Sc, Ti ve V, nLTE’ye duyarlı olduğu için çalışmada kullandığımız model atmosfer programı ATLAS9, LTE olduğu için, bu elementler nLTE’ye göre daha az hesaplanmışlardır. Przybilla vd. 2006 tarafından hesaplanmış nLTE etkisini dikkate aldığımız zaman güneş yöresinde olacaktır. Ayrıca,  $\sigma$  Cyg ve  $\eta$  Leo’nun atmosferinde ağır elementlerin ise Sr hariç, Güneşe göre zengin olduğu da belirlenmiştir.

## 5. Kaynaklar

- Albayrak, B. 1999. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Albayrak, B., 2000. *A&A* 364, 237.
- Albayrak, B., Gulliver, A.F., Adelman, S.J., Aydın, C., Koçer, D. 2003 *A&A* 400, 134
- Cenarro, A.J., Peletier, R.F., Sanchez-Blazquez P., Selam S.O., Toloba E., Cardiel N., Falcon-Barroso J., Gorgas J., Jimenez-Vicente, J., Vazdekis, A., 2007. *MNRAS* 374, 664
- Gehren, T., 1988. *Rev. Mod. Astron* 1, 52.
- Grevesse, N., Noels, A., Sauval, A.J., 1996. In: Holt S.S., Sonneborn G.(eds.) *Cosmic Abundances. ASP Conference Series*, p. 117.
- Hill, G. and Fisher, W.A. 1986. *PDAO*, 16, No. 13., 159
- Ivanova, Z.K., Lyubimkov, L.S., 1988. *Izv. Krym. Astrofiz. Obs.* 79, 49.
- Kurucz, R. 1993. CD-ROM, No. 13, <http://kurucz.harvard.edu>
- Kudritzki, R.P., Puls, J., Lennon, D.J., Venn, K.A., Reetz, J., Najarro, F., McCarthy, J.K., Herrero, A., 1999. *A&A* 350, 970.
- Kudritzki, R.P., Bresolin, F., Przybilla, N. 2003, *ApJ* 582, L83.
- Kudritzki, R. P., Przybilla, N. 2003, in *Stellar Candles for the Extra-galactic Distance Scale*, ed. D. Alloin, & W. Gieren, *Lecture Notes in Physics*, Vol. 635 (Berlin: Springer Verlag), 123
- Markova, N. and Puls, J. 2008. *A&A*, 478, 823-842.
- Moore, C.E. 1945. *A Multiplet Table Astrophysical Interest*, Princeton University Observatory.
- Puls, J., Kudritzki, R.P., Herrero, A., Pauldrach, A.W.A., Haser, S.M., Lennon, D. J., Gabler, R., Voels, S. A., Vilchez, J. M., Wachter, S., Feldmeier, A., 1996. *A&A* 305, 171.
- Przybilla, N. 2002. *Quantitative Spectroscopy of Supergiants*. PhD Thesis, Ludwig-Maximilians-Universität, München
- Przybilla, N. Butler, K., Becker, S.R. and Kudritzki, R.P. 2006. *A&A*, 445, 1099-1126
- Przybilla, N., Firnstein, M., Nieva, M.F., Meynet, G., Maeder, A., 2010. *A&A* 517, 38.
- Sbordone, L., Bonifacio, P., Castelli F. and Kurucz, R.L. 2004. *astro-ph/0406268*
- Venn, K.A., 1995a. *APJS* 99, 659.
- Venn, K.A., McCarthy, J.K., Lennon D.J., Kudritzki, R.P., 1998. *ASPC* 147, 54.
- Yüce, K. 2005. *BaltA*, 14, 51-82