

## 95 Leo (A3V) Yıldızının Tayfsal Analizi

Ayşegül Teker<sup>1</sup>, Dursun Koçer<sup>1,2</sup>, Saul J. Adelman<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup>İstanbul Kültür Üniversitesi, Fizik Bölümü, Fen-Edebiyat Fakültesi, E5 Karayolu Üzeri, Şirinevler, 34191, İstanbul

a.teker@iku.edu.tr, d.kocer@iku.edu.tr,

<sup>2</sup>TUBİTAK Ulusal Gözlemevi, Akdeniz Üniversitesi Yerleşkesi, 07058, Antalya

<sup>3</sup>Department of Physics, The Citadel, 171 Moultrie Street, Charleston, SC 29409, USA

adelman@citadel.edu

<sup>4</sup>Misafir Gözlemci,

Dominion Astrophysical Observatory, Herzberg Institute of Astrophysics,

5071 West Saanich Road, Victoria, BC,

V9E 2E7, Canada

**Özet:** Bu çalışmada keskin çizgili 95 Leo (A3V) yıldızı model atmosfer tekniği ile spektroskopik olarak incelenmiştir. DAO'daki (Dominion Astrophysical Observatory) 1.22 m'lik teleskopla yapılan gözlemlerde, CCD dedektörlerle  $\lambda\lambda$ 3830-6710 spektral aralığında 2.4 Å/mm çözünürlüklü spektrogramlar alınmıştır. Sinyal-gürültü oranı  $\geq 200$  dür. Spektrogramlar interaktif bilgisayar grafik programı REDUCE ile indirgenmiş ve ölçülmüştür. Spektrum VLINE alt programı ile ölçülürken, metalik çizgi blendlerini ayırmak ve zayıf çizgileri ölçebilmek için 'fix parameter' özelliği kullanılmıştır. Spektrofotometri ve H-gamma profili yöntemleri kullanılarak, etkin sıcaklık ve yüzey çekimi değerleri sırasıyla 8300 K ve 3.65 olarak verilmektedir.

**Anahtar kelimeler:** yıldızlar: özel yıldızlar – yıldızlar: yıldız atmosferleri: bolluk analizi – yıldızlar: dönme: radyal hız

**Abstract:** We've started an analysis of the sharp-lined superficially normal A3V star 95 Leo. We are using 2.4 Å/mm spectrograms covering  $\lambda\lambda$  3830-6710 obtained with the 1.22-m telescope of the DAO using CCD detectors. Their mean signal-to-noise ratios are  $\geq 200$ . The spectrograms are rectified and measured with the interactive computer graphics program REDUCE. In measuring the spectrum with the VLINE routine, we use the fixed parameter feature to deconvolute metallic line blends and to measure weak lines. Effective temperature and surface gravity estimates based on spectrophotometry and H-gamma profile fitting were given in the literature as 8300 K and 3.65 respectively.

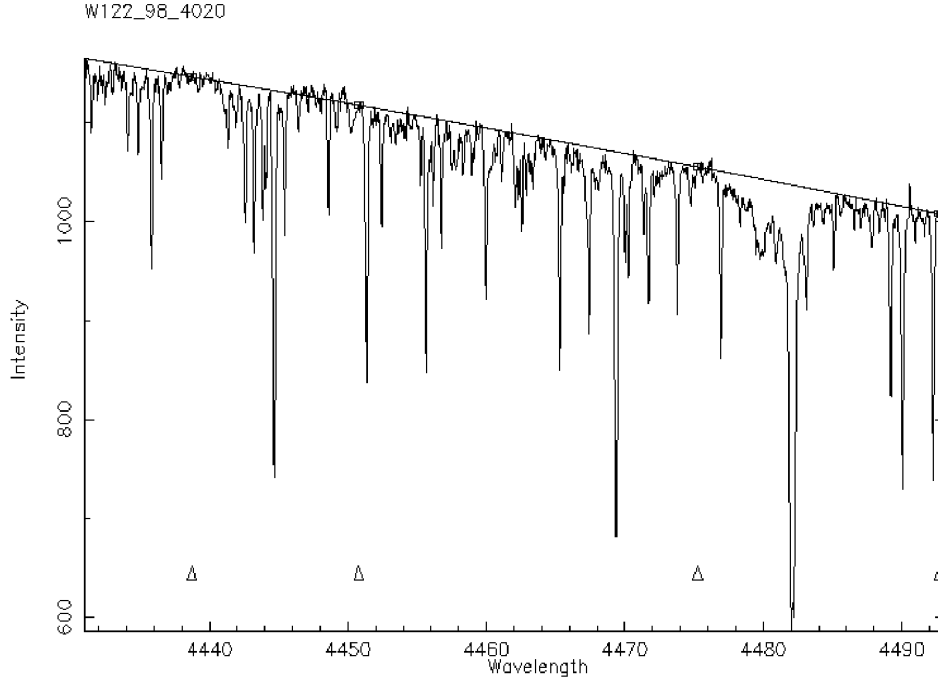
**Key words:** stars: peculiar stars — stars: stellar atmospheres: abundance analysis – stars: rotation: radial velocity

### 1. Giriş

Bu çalışmamızda A3V türünden bir yıldız olan 95 Leo nun atmosfer bolluk analizine başlanmıştır. 95 Leo yıldızı (HD 103578, BD+16°2319, GC 16311, HR 4564, HIP 58159) görel olarak yavaş dönen A tipi bir tayfsal çift yıldızdır. Yıldızın tayf türü Abt&Morell (1995) tarafından A3Ivp olarak verilirken ve Royer ve ark.(2002) tarafından SB2 çifti olarak tanımlanmıştır. Adelman ve ark. (1980) UBV ve uvby fotometrilerini kullanarak 95 Leo yıldızını incelemiş ve etkin sıcaklık için sırasıyla 8650 K ve 8350 K değerlerini elde etmiştir. Adelman ve ark. (2002) uvby $\beta$  fotometrisi ile  $T_{\text{eff}} = 8331$  K,  $\log g = 4.14$  değerlerini bulurken spektrofotometri ve H $\gamma$  profilini kullanarak  $T_{\text{eff}} = 8300$  K,  $\log g = 3.65$  değerlerini bulmuşlardır.

### 2. Gözlemler ve Yöntem

95 Leo yıldızının Dominion Astrophysical Observatory'de 1.22 m'lik teleskopla yapılan gözlemlerinde CCD dedektörlerle 2.4 Å/mm çözünürlüklü 19 spektrogram alınmıştır. Sinyal-gürültü oranı  $\geq 200$  olup spektrogramların kapsadığı dalgaboyu aralığı 63 Å ve 144 Å dur. H $\beta$  ve H $\gamma$  bölgelerini kapsayan 18 spektrogram  $\lambda\lambda$ 3830-4934 spektral aralığında, biri ise H $\alpha$  bölgesini içerecek şekilde alınmıştır.



**Şekil-1:** 95 Leo yıldızının  $\lambda$  4461 Å bölgesinin REDUCE programı ile normalizasyonu.

Gözlemler interaktif bilgisayar grafik programı REDUCE (Hill&Fisher 1986) ile indirgenmiş ve dispersiyon yönünde saçılan ışık için %3.5 luk bir düzeltme uygulanmıştır (Gulliver,Hill&Adelman 1996). REDUCE programının bir gösterimi olmak üzere Şekil-1;  $\lambda\lambda$ 4430-4493 spektrel aralığını kapsayan spektrogramın normalizasyon aşamasını göstermektedir.

Yıldızın radyal hızı, Yer'in yörünge hızı için düzeltme yapıldıktan sonra, yıldız ve laboratuvar dalgaboylarının karşılaştırılması sonucu bulunmuştur. Ölçülen bir spektrumun radyal hızı için  $-65.88 \pm 0.2 \text{ km s}^{-1}$  lik bir değer bulunmuştur. Bununla birlikte literatürde Evans (1979) yıldızın radyal hızını  $-21.4 \pm 0.9 \text{ km s}^{-1}$  olarak vermiştir.

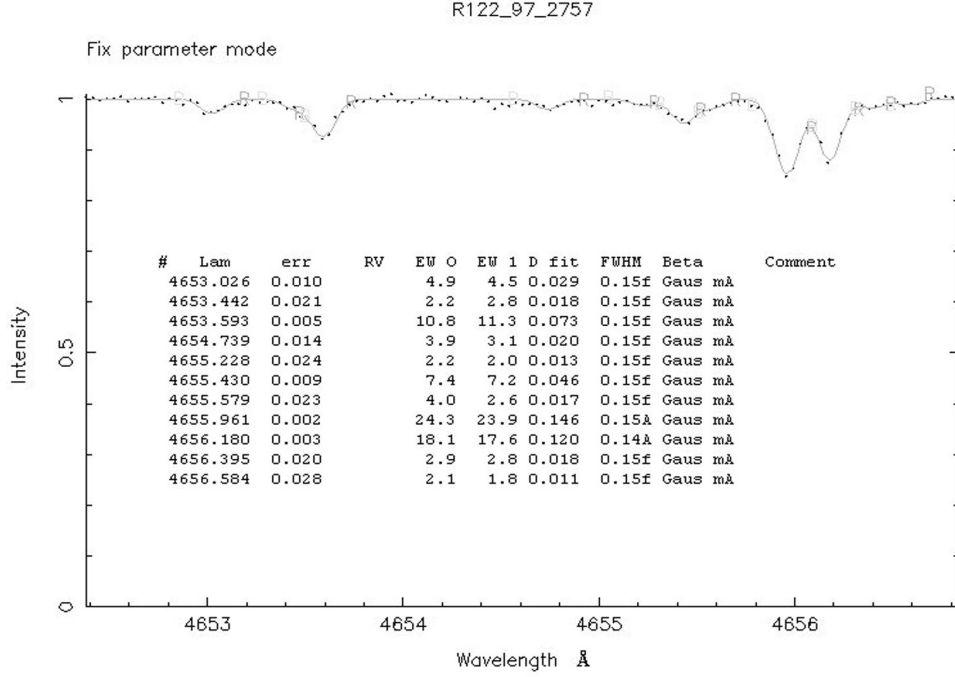
95 Leo'nun tayfında her bir çizginin ölçümünde VLINE (HillFisher 1986) programı kullanılarak, eşdeğer genişlik, merkezi dalgaboyu, çizgi derinliği ve geçirilen profilin FWHM değeri elde edilmektedir. Tayfdaki çizgilerden eşdeğer genişliği  $20 \text{ mÅ}$ 'dan büyük olanlar kuramsal Gauss profili ile karşılaştırılmıştır. VLINE ile tayfın ölçümü esnasında, özellikle çizgi genişlikleri için programın "fix parameter" özelliği kullanılarak blend haldeki yakın çizgilere daha iyi profil geçirilmesi sağlanmıştır. Bu işlemlere örnek

oluşturması için Şekil-2, 95 Leo'nun bir tayf bölgesinin ölçüm aşamasını göstermektedir.

$\lambda$  4481 Å yakınındaki blend halde olamayan, temiz, tek ve orta şiddetli çizgilerden ilk dönme hızı varsayımız 95 Leo için  $4.7 \text{ km s}^{-1}$  dir. Eşdeğer genişliği  $12 \text{ mÅ}$  civarındaki bu gibi çizgiler atomik çizgi genişlemesi, mikrotürbülans ve makrotürbülans etkilenmemek için çok zayıflardır ve büyüme eğrisinin lineer kolu üzerindedir. Kıyaslama açısından literatürde Abt&Morell (1995) 95 Leo'nun dönme hızı için  $v \sin i = 10 \text{ km s}^{-1}$  değerini vermiştir.

Çizgiler genel olarak "A Multiplet Table for Astrophysical Interest" (Moore 1945) ve "Wavelengths and Transition Probabilities for Atoms and Atomic Ions, Part I" (Reader&Corliss 1980) çizelgelerinden tanımlanmıştır. Bunların yanında; Ti II için Huldts ve ark. (1982), Mn II için Iglesias&Valesco (1964), Fe I için Nave ve ark. (1994) ve Fe II için Johansson (1978) katalogları kullanılmıştır. Çizgi tanısı için bir örnek Tablo-1'de verilmektedir. 95 Leo'nun tayfında şimdiye kadar ölçülen bir bölgede Mg I, Al II, Ca I, Sc I, Sc II, Ti

## A. Teker vd. : 95 Leo (A3V) Yıldızının Tayfsal Analizi



**Şekil-2:** 95 Leo yıldızına ait bir tayf bölgesinin VLINE programı ile ölçümü.

I, Ti II, VI, Cr I, Cr II, Mn I, Mn II, Fe I, Fe II, Co I, Ni I, Ni II, Zn I, Sr II, Y I, Zr I, Zr II, Cd I, La II, Pr II, Nd II ve Sm II çizgileri bulunmuştur.

### 3. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışma keskin çizgili A3V yıldızı olan 95 Leo için bir ön analiz niteliğinde olup yıldızın tayfının henüz bir kısmı için çizgi tanısı yapılmıştır. Diğer tayf bölgelerinin de indirgenmesi ve çizgi tanısı yapıldıktan sonra bolluk tayini elde edilecektir.

### 4. Kaynaklar

- Adelman, S. J., Pyper, D.M., ve White, R. 1980, ApJS, 43, 491.
- Adelman, S.J., Pintado, O.I., Nieva, F., Rayle, K.E., ve Sanders, Jr., S.E. 2002, A&A, 392, 1031.
- Abt, H.A., ve Morrell, N. I. 1995, ApJS, 99, 135.
- Evans, D.S. 1979, The Revision of The General Catalogue of Radial Velocities, IAU Symp., 30, 57.
- Gulliver, A. F., Hill, G., ve Adelman, S. J. 1996, in Model Atmospheres and Spectrum Synthesis, edt. S. J. Adelman, F. Kupka, ve W. W. Weiss, ASP Conf. Ser., 108, sf. 232.
- Hill, G., ve Fisher, W. A. 1986, Publ. Dom. Astrophys. Obs. Victoria, 16, No. 13.

Hoffleit, D. 1982, The Bright Star Catalogue, 4th revised edition, Yale University Observatory, New Haven, CT.

Huldt, S., Johansson, S., Litzen, U., ve Wyart J.-F. 1982, Phys. Scripta, 25, 401.

Iglesias, L., ve Valesco, R. 1964, Publ. Inst. Opt. Madrid, No.23.

Johansson, S. 1978, Phys. Scripta, 18, 217.

Moore, C. E. 1945, A Multiplet Table of Astrophysical Interest, Princeton University Observatory.

Nave, G., Johansson, S., Learner, R.C.M., Thorne, A.P., ve Brault, J.W. 1994, ApJS, 94, 221.

Reader, J., & Corliss C. H. 1980, NSRDS-NBS 68, Part 1, US Government Printing Office, Washington, DC.

Royer, F., Grenier, S., Baylac, M.-O., Gomez, A.E., & Zorec, J. 2002, A&A, 393, 897.

**Tablo-1:** 95 Leo yıldızının  $\lambda\lambda 4650-4713$  tayf bölgesi için çizgi tanısı.

Gözlenen $\lambda(\text{\AA})$	$W_\lambda$ (m $\text{\AA}$ )	Derinlik	Genişlik (FWHM)( $\text{\AA}$ )	Laboratuvar $\lambda(\text{\AA})$	Çizgi Tanısı
4653.026	4.5	0.029	0.146	4654.048	
4653.442	2.8	0.018	0.146	4654.464	Fe I (39)4654.501(5)
4653.593	11.3	0.073	0.146	4654.615	Fe I (554,821)4654.6050.,6286(3)
4654.739	3.1	0.020	0.146	4655.761	Ti II (38)4655.7771(5)
4655.228	2.0	0.013	0.146	4656.250	
4655.430	7.2	0.046	0.146	4656.452	Ti I (6)4656.468(25)
4655.579	2.6	0.017	0.146	4656.601	
4655.961	23.9	0.146	0.154	4656.983	Fe II (43)4656.974(1)
4656.180	17.6	0.120	0.138	4657.203	Ti II (59)4657.2005(33)
4656.395	2.8	0.018	0.146	4657.418	Co I (156)4657.390((1)
4656.584	1.8	0.011	0.146	4657.607	(Fe I (346)4657.598((1)))
4657.828	5.0	0.032	0.146	4658.851	
4658.020	3.0	0.020	0.146	4659.043	
4660.752	2.6	0.016	0.146	4661.776	Zr II (129)4661.78(5)
4662.030	8.0	0.052	0.146	4663.054	Al II (2)4663.054(0)
4662.372	3.0	0.019	0.146	4663.396	Cr I (186)4663.328(40); Co I (156)4663.403(12)
4662.681	14.8	0.095	0.146	4663.705	Fe II (44)4663.700(0)
4662.825	2.7	0.017	0.146	4663.849	Cr I (186)4663.832(55)
4663.319	1.8	0.011	0.146	4664.343	(Ni I (147)4664.32( ))
4663.770	3.1	0.020	0.146	4664.794	Cr I (186)4664.80(60)
4664.275	2.7	0.017	0.146	4665.299	(Fe I (1115)4665.24(±))
4664.556	7.8	0.050	0.146	4665.580	Ni II (KX)4665.548(p)
4664.781	4.2	0.027	0.146	4665.805	Fe II (26)4665.80(p)
4664.980	2.3	0.015	0.146	4666.004	
4665.234	2.1	0.013	0.146	4666.259	Cr I (99)4666.215(25)
4665.545	6.6	0.043	0.146	4666.570	Cr I (186)4666.512(55)
4665.726	37.6	0.236	0.150	4666.751	Fe II (38)4666.750(2)
4665.971	4.4	0.029	0.146	4666.996	Ni I (146)4666.994(2)
4666.205	4.5	0.029	0.146	4667.230	Cr I (99)4667.181(30))
4666.423	15.7	0.101	0.146	4667.448	Fe I (822)4667.4531(6)
4666.653	4.6	0.030	0.146	4667.678	(Ti I (6)4667.585(25))
4666.797	4.5	0.029	0.146	4667.822	Ni I (163)4667.766(3)
4667.105	12.7	0.082	0.146	4668.130	Fe I (554)4668.1344(6)
4667.423	4.0	0.025	0.146	4668.448	Ti I (77)4668.357(2)
4667.619	9.1	0.058	0.146	4668.644	
4667.890	4.5	0.029	0.146	4668.915	(La II (76)4668.91(250))
4668.147	8.9	0.057	0.146	4669.172	Fe I (821)4669.1711((4))
4668.334	7.9	0.051	0.146	4669.359	(Sm II(7)4669.396(500)); Cr I (186)4669.336(50)