

20 CVn YILDIZININ KİMYASAL BOLLUK ANALİZİ

Tolgahan KILIÇOĞLU¹, Kutluay YÜCE¹, Saul J. ADELMAN^{2,3}

¹ Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri
Bölümü, 06100, Tandoğan, ANKARA, Tel: 312-2126720 / 1350 ,
Faks: 312-223 23 95,

e-posta: tolgahan@astro1.science.ankara.edu.tr,
kyuce@astro1.science.ankara.edu.tr

² The Citadel, Physics Department of Physics, 171 Moultrie Street,
Charleston, SC 29409, USA, e-posta: adelmans@citadel.edu

³ Guest Investigator, Dominion Astrophysical Observatory,
Herzberg Institute of Astrophysics, National Research Council of
Canada, 5071 W. Saanich Road, Victoria V8X 4M6, Canada

Özet

Bu çalışma, HR diyagramının Sefeid kararsızlık kuşağında bulunan ve düşük genlikli bir δ Scuti yıldızı olan 20 CVn (F3III)'nin detaylı tayfsal analizidir. Dominion Astrofizik Gözlemevi'ndeki 1.22-m lik teleskoba bağlı Coude tayfçekerisiyle elde edilen yüksek kaliteli tayflarını kullanarak yıldızın atmosfer parametrelerini ve element bolluklarını belirledik. Tayflar normalize edildikten sonra çizgi profilleri üzerinde ölçümler yapıldı. Çizgi tanısı yöntemiyle bu çizgilerin hangi atom ve iyonlara ait oldukları tespit edildi. Atmosfer parametrelerinin belirlenmesi için üç farklı method kullanıldı. Bulunan sonuçlar birbirleriyle uyumlu olup $T_e = 6950K$ ve $\log g = 2.80$ değerlerinde birleşmektedir. Mikrotürbülans ve dönme hızları, sırasıyla, 2.6 ve 5.6 km/sn olarak bulundu. Model atmosfer kullanılarak gerçekleştirilen element bolluk hesapları 20 CVn'nin atmosferindeki 26 elementin kimyasal bolluklarını ortaya koydu. Genel olarak Güneş'in değerlerine yakın bolluklar elde edilmekle beraber Normal yıldızlarınkine benzeyen bazı bolluk farklılıkları

bulundu. Bu çalışma 20 CVn'nin Dev Kolu'na çıkmaya hazır yaşlı bir *Am* yıldızı olduğunu ortaya koymuştur. Bu tür yıldızların element çalışmaları literatürde az bulunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: 20 CVn, atmosfer parametreleri, model atmosfer, element bollukları

Abstract

This investigation is a detailed spectral analysis of the low amplitude δ Scuti type star 20 CVn (F3 III) which is in the region of classical Cepheid instability strip in the HR diagram. We determined the atmosphere parameters and the chemical abundances using high quality spectral data taken by Coude spectrograph of the 1.22-m telescope at the Dominion Astrophysical Observatory. Spectral line profiles were measured after normalization of spectra. The line identification method was made to determine lines of which atoms and ions. Three different methods are used to determine the atmosphere parameters. The results are consistent with each other and the values of $T_e=6950K$ ve $\log g = 2.80$ are adopted. The microturbulence and rotational velocity were found to be 2.6 ve 5.6 km/s, respectively. An abundance analysis using a model atmosphere found the chemical abundances of 23 elements in the atmosphere of 20 CVn. In generally the abundances are close to the solar but some discrepancies were found similar to those of Normal stars. This study suggest that 20 CVn is an old *Am* star which is ready to go up the giant branch. Elemental studies of such stars are scarce in the literature.

Key words: 20 CVn, atmosphere parameters, model atmospheres, elemental abundances

1. Giriş

Normal geç B tayf türünden erken F ve *Am* türüne kadar olan yıldızların element bolluk çalışmaları, bu yıldızların element bolluklarının birbirleri ile bazı benzer özellikler sergilediğini göstermektedir. (Adelman 2004). A2 ve F0 tayf türü aralığında anakol bandı, Kararsızlık Kuşağı ile kesişir (Wolff 1983). Bu bölgedeki

yıldızların tamamı, δ Scuti yıldızlarının değişim karakteristiğine sahiptir (Breger 2005). Bu bölgedeki yıldızlar, kimyasal bollukları, dönemleri ve genlikleri bakımından; kütlelerine, başlangıç kimyasal bileşimlerine ve evrim durumlarına göre çeşitlilik gösterirler. Bu bakımdan kararsızlık kuşağı, astrofizik ve astrosismoloji için çok uygun bir laboratuvardır. Bu bölgede bulunan yıldızlara ilişkin detaylı tayfsal çalışmalar, geç B ve erken A tayf türü yıldızlarındakinden daha azdır. Kararsızlık Kuşağı'nın alt kısmında bulunan yıldızlar arasındaki ilişkiyi anlayabilmek için geç tayf türü ve kimyasal tuhaf yıldızların çalışılmasına ihtiyaç vardır.

Bu çalışmamızda incelenen ve Kararsızlık Kuşağı'nın soğuk kısmında bulunan 20 CVn yıldızının, yüksek çözünürlüklü tayflar ile gerçekleştirilmiş detaylı bir tayfsal analizi bulunmamaktadır (Dickens *et al.* 1971, Ishikawa 1975, Hauck *et al.* 1985). Yıldız, erken F tayf türü ve keskin çizgili olduğundan, element bolluk analizi için iyi bir adaydır. Aynı zamanda bir bünyesel değişen olan 20 CVn'nin genliği düşük olduğundan, yıldızın atmosfer parametreleri, büyük genliklilere nazaran daha iyi belirlenebilir.

Çalışma, 20 CVn yıldızının Dominion Astrofizik Gözlemevi'nde elde edilen yüksek ayırma gücüne (0.072 Å) ve yüksek sinyal-gürültü oranına (200+) sahip tayfsal verileri ve modern ölçüm teknikleri kullanılarak, model atmosfer yöntemiyle gerçekleştirilen element bolluk analizini içermektedir. Düşük genlikli 20 CVn'nin en son detaylı tayfsal analizinin 1985'de yayınlanmış olduğu dikkate alındığında, bu çalışma, yıldız için elde edilen sonuçları daha güvenilir kılar. Yıldız astrofiziğinde öneme sahip olan ve kararsızlık kuşağında bulunan yıldızların bu türden tayfsal çalışmaları, onların evrim durumlarının ortaya konulmasında değerlidir.

2. δ Scuti Türü Yıldızların Genel Özellikleri

“ δ Scuti” terimi fotometrik bir sınıflamayı işaret eder. δ Scuti yıldızları, HR Diyagramı'nın kararsızlık kuşağında bulunan bünyesel değişenlerdir. İsmi prototip yıldızı δ Scuti'den alan bu sınıfın varlığı ilk olarak Eggen (1957) tarafından keşfedilmiştir. δ Scuti yıldızlarının tayf türleri, A2 ile F0 arasındadır (Rodrigues *et al.* 1994). HR Diyagramı'ndaki yerleri anakoldan başlar ve yaklaşık 2 kadir daha yukarıda bulunan dev koluna kadar uzanır. Zonklama dönemleri

genellikle 0.02 gün ile 0.25 gün arasındadır (Breger 2000). Işık değişim genlikleri V bandında 0.3 kadirde küçük olup, tipik olarak $0^m.02$ civarındadır (Rodriguez *et al.* 1994). Atmosfer dışı gözlemlerle daha düşük genlikli δ Scuti yıldızlarının varlıkları ortaya konulmuştur. Dikine hız genlikleri 2 ile 30 km/sn arasındadır. Bir çoğu 10 km/sn'den daha düşük genliklere sahiptir (Leung 1970). Uzay hızları düşüktür ve tipik olarak A-tayf türünden anakol yıldızları gibidirler (Eggen 1960). δ Scuti yıldızları çok sayıda zonklama frekansına sahip olabilirler.

3. Normal ve Metalle Zengin Yıldızlar

Normal yıldızların fiziksel özellikleri Adelman (2004) tarafından tanımlanmıştır. Genel olarak normal yıldızlar, sıradışı kimyasal özellikler göstermeyen yıldızlardır. Adelman'ın tanımına göre Normal A yıldızları, fotosferlerinde Güneş'tekine yakın element bollukları gösteren (süperdevler ve beyaz cüceler dışında), algılanabilir manyetik alanlara sahip olmayan, 120 km/sn'den büyük ekvatoryal hızlara sahip, tayflarında salma çizgileri görülmeyen, fotometrik olarak mümkün olduğunca değişmeyen yıldızlardır. Ayrıca bir çift sistemin üyesi ise bileşenler arası önemli ölçüde kütle aktarımları yoktur.

Am yıldızları ise, buldukları tayf türündeki diğer normal yıldızlara nazaran çok daha şiddetli metal çizgileri içerirler. Metalik çizgili ve aynı zamanda manyetik özellikli olmayan yıldızlardır. A - F tayf türü aralığında kimyasal tuhaf olmayan yıldızların hemen hemen %70 kadarı δ Scuti değişenleri olarak sınıflandırılır. Değişen yıldız olmayanların çoğu ise *Am* türü yıldızlardır. *Am* yıldızlarının zonklamadıkları gözlemsel olarak kanıtlanamamasına karşın şu iki olasılık üzerinde durulur: *Am* türü değişen yıldızlar, ya son derece azdır ya da sahip oldukları zonklamalar çok düşük genliklidir (Carrier 2007).

4. 20 CVn Yıldızının Özellikleri

20 CVn (AO CVn, HD 115604, HR 5017, +41° 2380, SAO 44549, HIP 64844)'nin bir değişen yıldız olduğu ilk kez Wehlau *et al.* (1966) ve Danziger and Dickens (1966) tarafından keşfedildi. Yıldız, Danziger and Dickens (1967) tarafından δ Scuti türünün bir üyesi olarak sınıflandırıldı. Breger (1969a) ise yaptığı fotoelektrik

gözlemlerle 20 CVn'in ışık değişimini doğruladı. 20 CVn yıldızının görünen görsel parlaklığı, değişim genliği ve dönemi Rodriguez *et al.* 1994 tarafından, sırasıyla, $V = 4^m.73$, $\Delta V = 0^m.02$ ve $P = 0^g.1217$ olarak verilmektedir. Yıldız, Oke and Greenstein (1954) tarafından F2 III, Slettebak (1955) tarafından F0 II – IIIp, Eggen (1962) tarafından F0 II – IIIvar, Morgan and Abt (1972) tarafından F3 III ve Abt and Morrell (1995) tarafından F3 IV tayf türleri ile sınıflandırılmıştır. Gray and Garrison (1989)'e göre, yıldızın Hidrojen Balmer çizgileri A9, metal çizgileri ise F2 tayf türü ile en iyi uyumu göstermektedir. 20 CVn'nin 2000 yılı için ekvatoryal koordinatları; $\alpha = 3^s 17^d 32^{sn}.54$, $\delta = +40^\circ 34' 21''.4$ ve galaktik koordinatları; $l = 102^\circ.74$, $b = +75^\circ.52'$ dir. Danziger and Dickens (1967), bu yıldızın Hyades-Moving-Group (HMG)'un bir üyesi olduğundan şüphelendiler. Yaptıkları çalışmada grup paralaksı ile verdikleri M_V mutlak parlaklık değeri $0^m.45$, Strömngren *uvby* fotometrisinden elde ettikleri $1^m.15$ değeri ile uyuşmamaktadır. Bununla birlikte $1^m.27$ ve $0^m.00$ değerleri, sırasıyla, Chevalier (1971, Strömngren *uvby* β) ve Antenello and Mantegazza (ESA 1997, Hipparcos paralaksından) tarafından verilmektedir.

4.1. Atmosfer Parametreleri

20 CVn yıldızının literatürde yer alan etkin sıcaklık (T_e), yüzey çekim ivmesi ($\log g$) ve mikrotürbülans hızına (ξ) ilişkin değerler Çizelge 1'de sunulmaktadır.

Çizelge 1: 20 CVn'nin atmosfer parametreleri

T_e (K)	$\log g$	ξ (km/sn)	Kaynaklar
6503	2.72		Danziger and Dickens (1967)
7522	4.10	2.0	Dickens <i>et al.</i> (1971)
7875	3.80	3.8	Ishikawa (1975)
7522	3.70		Kurtz (1976)
7650	3.70		Lyumbikov and Rachkovskaya (1985)
7200	3.00	0.9	Hauck <i>et al.</i> (1985)
7480	3.49	3.16	Takeda and Sadakane (1997)
7540	3.54		Rodrigues <i>et al.</i> (1998)
7546	4.22		Adelman <i>et al.</i> (2000)
7534	3.68	3.0	Russell (1995)
7046	3.27		Erspamer and North (2003)
7482	3.62		Daszynska- Daszkiewicz <i>et al.</i> (2003)

4.2. Element bolluk analizleri

20 CVn yıldızının literatürdeki element bolluk sonuçları, yıldızın bolluk dağılımının Hyades veya ρ Pup türü yıldızlara benzerlik gösterdiğini işaret eder. Yıldızın detaylı element bolluk analizi Dickens *et al.* (1971), Ishikawa (1975), Kurtz (1976), Hauck *et al.* (1985) tarafından çalışılmıştır. Bu çalışmalarda kullanılan tayfların ayırma gücü $6.8-20.7 \text{ \AA mm}^{-1}$ aralığında olup Ishikawa (1975)'nin gözlediği tayfların bir bölümü 3.9 \AA mm^{-1} değerine kadar ulaşmaktadır. Dickens *et al.* (1971) ve Ishikawa (1975), 20 CVn'nin metal bolluğunu bir miktar fazla bulmuş ve bu bolluk değerlerinin Hyades yıldızlarınıninkine benzer olduğunu belirlemiştir. Ancak Dickens *et al.* (1971), bu δ Scuti yıldızında *Am* veya *Ap* bolluk anormalliklerine rastlanmadığı belirtilmektedir. Ishikawa (1975) buna ek olarak Sr, Zr, Ba, Ce ve Eu'nun aşırı bolluklar sergilediğini belirtmektedir. Kurtz (1976) ise yıldızın metal bolluğunun Hyades yıldızlarının sahip olduğundan çok daha yüksek olduğunu bulmuş ve yıldızın yaşlı *Am* yıldızlarının özelliklerine sahip olduğu öne sürülmüştür. Hauck *et al.* (1985)'in çalışmasında da benzer şekilde ağır elementlerin bolluk fazlalıkları söz konusudur.

5. Gözlemler ve Tayf Ölçümleri

20 CVn'nin bu çalışmada kullanılan tayfları, 1996 ve 2002 yılları arasında, Prof. Dr. Saul J. Adelman tarafından Dominion Astrofizik Gözlemevi (DAO, Kanada)'ndeki 1.2 metrelik teleskoba bağlı Reticon ve CCD dedektörler kullanılarak yapılmıştır. Coude tayflarının dalgaboyu genişlikleri 63 \AA ve 147 \AA olup 2.4 \AA mm^{-1} 'lik ayırma gücüne sahiptir. $\lambda\lambda 3824-4938 \text{ \AA}$ dalgaboyu aralığında gözlenen tayfların sinyal gürültü oranı (S/G) = 200+ dir.

Tayf ölçümleri, Prof. Dr. Gulliver tarafından WINDOWS ortamlı PC bilgisayarlara uyarlananan PLOTFITS, REDUCE, VLINE (Hill *et al.* 1982a,b) programları kullanılarak Yüce (2003, 2005)'nin ölçüm teknikleri ile yapıldı.

20 CVn'nin bu tayfsal çalışması sırasında yaklaşık 5000 çizgi tayf üzerinde belirlenerek ölçümleri yapılmıştır. F3 III tayf türündeki bu yıldızda çizgi sayısının önemli ölçüde fazla olduğu görülmektedir.

Çizelge 2: Analizlerde kullanılan tayfların gözlem tarihleri, tayf bölgesinin merkezi dalgaboyu, sinyal-gürültü oranı, radyal hız hesabında kullanılan çizgi sayısı ve radyal hız değeri

Tayf	HJD (2400000+)	Merkezi Dalgaboyu (Å)	S/N	Çizgi sayısı	Radyal Hız (km/sn)
R122_02_3692	52368.884709	3900	460	6	8.5 ± 0.2
R122_99_6088	51378.970382	3910	250	5	7.2 ± 0.2
R122_99_1495	51292.018785	3970	500	6	9.0 ± 0.3
R122_98_5370	50933.989397	4025	250	6	7.7 ± 0.2
R122_98_5296	50932.998193	4130	460	6	8.6 ± 0.5
R122_98_5567	50936.931238	4190	260	6	8.8 ± 0.6
R122_00_1680	51593.938985	4240	420	6	9.5 ± 0.6
R122_00_6679	51717.825544	4310	280	5	9.6 ± 0.6
R122_98_7118	50965.846249	4350	350	6	8.6 ± 0.5
R122_98_5471	50935.012679	4410	436	6	8.4 ± 0.2
20CVn4450	birleştirilmiş tayf	4450	340	6	8.3 ± 0.4
R122_98_5774	50938.916823	4570	380	6	7.1 ± 0.6
R122_02_3494	52367.791612	4590	500	5	8.4 ± 0.4
R122_00_2605	51609.996505	4720	250	6	9.6 ± 0.4
20CVn4864	birleştirilmiş tayf	4860	240	6	8.7 ± 0.5

20 CVn'nin analiz edilen tayflarının numaraları, Güneş merkezli Jülyen günü olarak gözlem zamanları, merkezi dalgaboyları, sinyal-gürültü oranları, radyal hız belirlemede kullanılan çizgi sayıları, ortalama radyal hız değerleri ve onların standart hataları Çizelge 2'de verilmektedir. Bu değerler, literatürde yer alan değerlerle uyumludur. Kimyasal bolluk analizinde kullanılmak üzere elde edilen ve sistematik olmayan tayfsal verilere göre, yıldızın radyal hız değişim genliği 2.5 km/sn dir.

6. Atmosfer Parametrelerinin Belirlenmesi

Etkin sıcaklık ve yüzey çekim ivmesi için başlangıç değerleri, yıldızın Strömgren uvby β verilerinden (Hauck and Mermilliod 1998), Napiwotzki *et al.* (1993)'ün programı yardımıyla elde edildi: $T_e = 7452$ K ve $\log g = 3.66$ dex.

Bu iki önemli atmosfer parametre çifti, aşağıda belirtilen üç farklı ölçütle geliştirildi:

i) 20 CVn'nin optik bölge gözlemsel spektrofotometrik verileri, Güneş bolluklu ATLAS9 model atmosferleriyle karşılaştırıldı. Gözlemsel spektrofotometrik veriler Danziger and Dickens (1967) ve Adelman (1982) tarafından elde edilmiştir. Danziger and Dickens'in elde ettiği akılar, Breger (1976) tarafından Hayes-Latham sistemi (Hayes and Latham 1975) kullanılarak düzeltilmiş ve standarda çevrilmiştir. Başlangıç değerlerinden hareketle oluşturulan tüm modeller gözlemsel verilerle tek tek karşılaştırıldı. Yıldızın gözlemsel enerji dağılımlarına ilişkin en iyi uyum $T_e = 6950 \text{ K} - \log g = 2.8$ modelinden elde edilmiştir.

ii) Etkin sıcaklık ve yüzey çekim ivmesi, yıldızının gözlemsel ve kuramsal H_γ profillerinin karşılaştırılmasından belirlendi. Hem çizgi merkezi hem de çizgi profil kanatları dikkate alındığında en iyi uyum, ($T_e = 6950 \text{ K}$ ve $\log g = 2.8$) değerleri için elde edildi.

iii) Demir elementi için, 20 CVn'nin atmosferinde iyonizasyon dengesini sağlayan $T_e - \log g$ çifti araştırıldı. İyonizasyon dengesini sağlayan atmosfer parametrelerini bulabilmek için farklı değerler kullanılarak WIDTH9 programı yardımıyla Fe I ve Fe II çizgilerinden demir bolluğu hesaplandı. Bunu uygularken Strömgren fotometrisinden elde edilen başlangıç değerlerinden hareketle T_e 'de 50 K, $\log g$ de 0.2 dex'lik adımlarla hesaplamalar yapıldı. Fe I ve Fe II çizgilerinden elde edilen demir bollukları arasındaki en küçük fark değerini

$T_e = 6950 \text{ K}$ ve $\log g = 2.8$ çifti sağlamıştır.

Üç farklı ölçütün ayrı ayrı detaylı irdelenmesiyle elde edilen etkin sıcaklık ve yüzey çekim ivmesi, $T_e = 6950 \text{ K}$ ve $\log g = 2.8$ dex değerlerinde birleşmektedir. Bu özellik nedeniyle de Kiel diyagramının oluşturulmasına ihtiyaç duyulmamıştır.

7. Element Bolluk Analizi

Elementlerin bolluklarını hesaplayabilmek için tanımlanan her bir elementin atom ve iyon çizgileri kullanılarak ayrı ayrı çizgi kartları oluşturuldu. Güncellenmiş atomik veriler kullanıldı. Bu çizgi kartları, WIDTH9 programında girdi dosyası olarak kullanılıp fotosferdeki element bollukları aşağıdaki atmosfer parametreleri için hesaplandı:

($T_e = 6950$ K, $\log g = 2.8$ ve $\xi = 2.6$ km/sn).

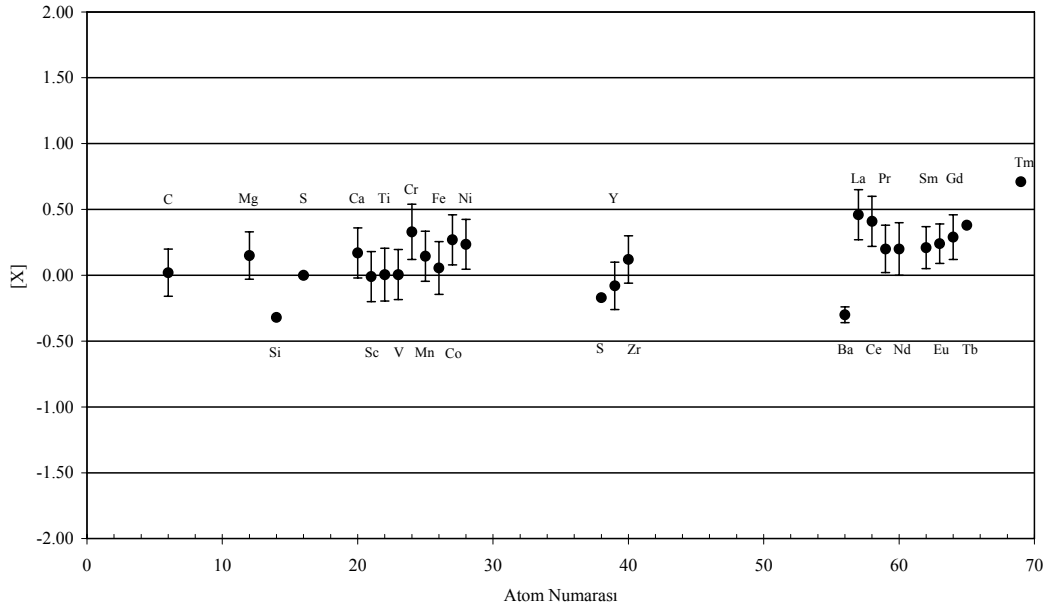
Çizgi tanısı yöntemiyle atmosferdeki varlıklarını kesin olarak belirlediğimiz C, Mg, Si, S, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Sr, Y, Zr, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb ve Tm elementlerinin bollukları elde edildi. Yıldız, görünür bölge tayflarında helyum çizgilerine sahip olamayacak kadar soğuk olduğundan bu çalışmada helyum bolluğu belirlenememiştir. Bollukları hesaplanan elementlere ilişkin sonuçların Güneş'inkilerden olan farkları Şekil 1'de verilmektedir.

C, N, O: 20 CVn'nin dört C I çizgisinden hesaplanan karbon bolluğu ortalamalog C/H = -3.43 dex olup Güneş'in değeri ile (-3.43) benzerdir. Tayflarda oksijen elementinin herhangi bir çizgisine rastlanmadığından ve mevcut iki azot çizgisinin varlığı kesinlik kazanmadığından, bu elementlerin bolluk hesapları yapılamadı.

Hafif elementler (Mg, Si, S, Ca): Mg I ve II çizgilerinden hesaplanan ortalama magnezyum bolluğunun standart sapmanın üzerinde olması, yıldızın magnezyum bakımından Güneş'ten bir miktar daha zengin olma eğiliminde olduğunu gösterir. Tek çizgiden bulunan silisyum bolluğu Güneş'e göre 0.32 dex daha az, üç çizgiden hesaplanan kükürt ise Güneş'in değeri ile aynıdır. Atmosferindeki kalsiyum bolluğu, Güneş'in değeri ile uyumlu gözükmemektedir.

Demir grubu elementler (Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni): Demir grubu elementlerden Sc, Ti, V, Mn ve Fe bollukları Güneş değerlerine yakın iken, Co ve Ni bollukları Güneş'tekinden biraz daha fazladır. Cr ise aşırı bolluk sergilemektedir. Aynı zamanda Ti, Cr, Fe ve Ni elementlerinin nötr çizgilerinden elde edilen bolluk değerleri, bir kez iyonlaşmış çizgilerinden elde edilenlere göre daha büyüktür, fakat bu farklılıklar hata sınırları içerisinde kalmaktadır.

Ağır elementler (Sr, Y, Zr, Ba): Stronsiyumun birbiriyle uyumlu sonuçlar veren iki çizgisinden bulunan ortalama bolluğu (-9.20 ± 0.01), Güneş'e göre 0.17 dex daha azdır. 20 CVn'nin daha çok sayıda çizgilerinden belirlenen yitrium ve zirkonyum bollukları, hata sınırları içinde Güneş'in değerleriyle aynıdır. Baryum elementine ait üç çizgisinden elde edilen bolluk değerleri, yıldızın baryum bakımından Güneş'e nazaran 0.30 dex daha fakir olduğunu göstermektedir.



Şekil 1: 20 CVn'nin element bolluklarının Güneş'teki bolluklardan olan farkları

Nadir toprak elementleri (La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Tm): Bu gruptaki elementler için elde edilen bolluk değerlerinin her biri Güneş'inkinden daha büyüktür. Bolluk hesabında La, Ce, Nd, Sm ve Gd elementlerinin çok sayıda çizgileri kullanıldığından, bunlar 20 CVn için nadir toprak elementlerinin iyi birer temsilcileridir (çizgi sayıları sırasıyla 18, 93, 48, 46, 19). Güneş'e göre La ve Ce elementleri aşırı bolluklar gösterirken Pr, Nd, Sm, ve Eu elementleri ise daha düşük düzeyde fazlalıklara sahiptir. Gd elementi için 0.29 dex'lik orta seviyede bir bolluk fazlalığı tespit edilmiştir. Sadece birkaç çizgiden hesaplanan Tb ve Tm bollukları Güneş'e göre önemli ölçüde fazladır.

8. Tartışma ve Sonuçlar

a) 3824 - 4938 Å dalgaboyu aralığındaki tayfların çizgi tanımlarından H I, C I, Mg I, Mg II, Si II, S I, Ca I, Ca II, Sc II, Ti I, Ti II, V I, V II, Cr I, Cr II, Mn I, Mn II, Fe I, Fe II, Co I, Ni I, Ni II, Sr II, Y II, Zr II, Ba II, La II, Ce II, Pr II, Nd II, Sm II, Eu II, Gd II, Tb II, Tm II atom ve iyonlarının varlığı tespit edildi. Bu çalışmada, Dickens *et al.* (1971), Ishikawa (1975), Hauck *et al.* (1985)'in belirlediklerine ek olarak Ni II, Pr II, Sm II, Gd II, Tb II, Tm II elementleri bu çalışma ile ilk kez tanımlanmıştır. Tayf

çizgilerinin eşdeğer genişlikleri literatürdekilerle karşılaştırıldığında, birbirleriyle uyumlu oldukları söylenemez. Uyumsuzluklar gözlemsel verilerin kalitesi ve Coude tayflarında sürekliliğin yerleşimi arasındaki farklardan kaynaklanmaktadır. Bu çalışmanın sonuçları, çok sayıda metal çizgileri içeren F tayf türünden yıldızların detaylı tayfsal çalışmaları için kaynak oluşturacaktır.

b) Blend olmamış tayf çizgilerinden yapılan radyal hız ölçümlerine göre, 20 CVn'nin en büyük ve en küçük radyal hız değerleri, sırasıyla, 9.6 ± 0.6 km/sn ve 7.1 ± 0.6 km/sn olarak bulundu. Bu değerler arasındaki fark, 2.5 km/sn'lik radyal hız değişimini işaret etmektedir. Bu fark, 20 CVn'nin radyal hız genliği olan $2K = 1.7$ km/sn'lik (Chadid *et al.* 2001) değerden yüksek olmakla beraber hata sınırları içerisinde uyumludur.

c) 20 CVn'nin dönme hızı 5.6 km/sn olarak bulundu. Bu değer, Fekel (2003) tarafından verilen 4 km/sn ile uyumlu gibi görülmektedir.

d) 20 CVn'nin atmosfer parametreleri, sonuçları birbirleriyle uyuşan üç yöntemden $T_e = 6950$ K ve $\log g = 2.80$ olarak elde edildi. Kullanılan yöntemler, Fe I ve Fe II'nin iyonizasyon dengesine, bununla beraber, gözlenen H γ profili ve görsel akıların, Güneş bolluklu ATLAS 9 modelleri ile hesaplanmış değerlerle karşılaştırılmasına dayanmaktadır.

e) Yıldızın mikrotürbülans hızı Fe I, Fe II, Cr I, Ti II metal çizgilerinden sırasıyla 2.3, 2.8, 2.9, 2.9 km/sn olarak hesaplandı. 20 CVn için kabul edilen ortalama değer, 2.6 km/sn dir.

f) Kimyasal bolluk analiziyle elde ettiğimiz sonuçlar, 20 CVn'nin atmosferindeki element bolluklarının Güneş'in değerlerine yakın olduğunu göstermektedir. Bununla beraber buradaki sonuçlar Normal yıldızlarda beklenen bazı bolluk farklılıklarını da içermektedir. Bu bolluk farklılıkları, demir grubu elementlerde biraz fazlalık, nadir toprak elementlerinde ise aşırı bolluk olarak kendini göstermektedir. Böylece, 20 CVn yıldızının marjinal *Am* yıldızlarına benzer özellikler gösterdiği söylenebilir. Demir grubu elementlerde ve Sr, Y, Zr ağır metallerde belirgin bir bolluk anormalliğine rastlanmamıştır. 20 CVn'nin önceki detaylı bolluk çalışmalarında metaller için genel bir aşırı bolluk söz konusudur. Bu çalışma ile elde edilen bolluk sonuçları, diğer çalışmalardan farklıdır. Bu farklılık, bu çalışma sırasında kullanılan gözlemsel verilerin daha kaliteli olması,

daha gerçekçi model atmosferlerin kullanılması ve atomik verilerin daha güncel olmasının yanı sıra güvenilir yollarla elde edilen atmosfer parametrelerinin (T_e , $\log g$, ξ) kullanılmasından kaynaklanmaktadır. 2005 yılına dayanan güncel atomik verilerle Fe I ve Fe II çizgilerinden hesaplanan $[Fe/H] = 0.06$ değeri, yıldızın Güneş'e göre aşırı metal bolluğu sergilemediğini göstermektedir.

g) 20 CVn, hemen hemen dev koluna çıkmaya hazırdır. Yıldız, yaşlı bir *Am* yıldızıdır. Bu tez çalışmasıyla elde edilen Ca ve Sc bollukları da bu sonucu desteklemektedir.

KAYNAKLAR

- Abt, H.A., Morrell, N.I., 1995, 'The Relation Between Rotational Velocities and Spectral Peculiarities Among A-Type Stars', *Astrophysical Journal Supplement.*, 99, 135.
- Adelman, S. J., Shore, S. N., 1982, 'Spectrophotometry of the RS CVn stars. I - The F, G, and K standards', *Astronomical Journal*, 87, 665-669.
- Adelman, S. J., Gulliver, A. F., Lodén, L. O., 2000, 'On the cobalt abundances of early-type stars', *Astronomy and Astrophysics*, 353, 335-338.
- Adelman, S. J., 2004, '*The physical properties of normal A stars*', New York, Cambridge University Press, 224, 530-532.
- Antonello, E., Mantegazza, L., 1997, 'Luminosity and related parameters of δ Scuti stars from HIPPARCOS parallaxes. General properties of luminosity', *Astronomy and Astrophysics*, 327, 240-244.
- Breger, M., 1969, 'Short-Period Variability of B, A, and F Stars. III. a Survey of Delta Scuti Variable Stars', *Astrophysical Journal Supplement*, 19, 79.
- Breger, M., 1976, 'Catalog of spectrophotometric scans of stars', *Astrophysical Journal Supplemental Series*, 32, 7-87.
- Breger, M., 2000, ' δ Scuti stars (Review)', *ASP Conference Series*, 210, 3.
- Breger, M., 2005, '*A-Star Puzzle*', New York, Cambridge University Press, 335.
- Carrier, F., Eggenberger, P., Leyder, J., C., Debernardi, Y., Royer, F., 2007, 'A search for solar-like oscillations in the Am star HD 209625', *Astronomy and Astrophysics*, 470, 1009-1012.
- Chadid, M., De Ridder, J., Aerts, C. and Mathias, P., 2001, '20 CVn: A monoperoiodic radially pulsating delta Scuti star', *Astronomy and Astrophysics*, 375, 113.

- Chevalier, C., 1971, 'Short-Period Variables. 8 Evolution and Pulsation of δ Sct Stars', *Astronomy and Astrophysics*, 14, 24.
- Danziger, I. J., Dickens, R. J., 1966, 'Observations of Variable F-Type Stars with Short Periods', *Information Bulletin on Variable Stars*, 150, 1.
- Danziger, I.J., Dickens, R.J., 1967, 'Spectrophotometry of New Short-Period Variable Stars', *Astrophysical Journal*, 197, 55.
- Daszyńska-Daszkiewicz, J., Dziembowski, W. A. and Pamyatnykh, A. A., 2003, 'Constraints on stellar convection from multi-colour photometry of delta Scuti stars', *Astronomy and Astrophysics*, 407, 999-1006.
- Dickens, R.J., French, V.A., Owst, P.W., Penny, A.J., Powell, A.L.T., 1971, 'An Abundance Analysis of δ SCT Variable 20 CVn', *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 153, 1-7.
- Eggen O.J., 1957, 'Population type I, short-period variable stars in the Hertzsprung gap', *The Astronomical Journal*, 62, 14.
- Eggen, O.J., 1960, 'Stellar groups, VI. Space motions of the dwarf A-type and giant M-type stars in the solar neighbourhood', *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. 102, 448.
- Eggen, O. J., 1962, 'Space Velocity Catalogue', *VizieR On-line Data Catalog*, 51, 79.
- Ersparmer, D., North P., 2003, 'Automated Spectroscopic Abundances of A and F-type Stars Using Echelle Spectrographs. II. Abundances of 140 A-F Stars from ELODIE', *Astronomy and Astrophysics*, 398, 1121.
- Fekel, F.C., 2003, 'Rotational Velocities of B, A, and Early-F Narrow-lined Stars', *The Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 115, 807-810.
- Garrido, R., Lopez de Coca, P., Quintana, J. M., Rolland, A., Saez, M., 1980, 'Photometric variability on the lower part of the Cepheid instability strip. I - Evolved AM stars', *Astronomy and Astrophysics*, 83, 114-117.
- Gray, R. O., Garrison, R. F., 1989, 'The early F-type stars - Refined classification, confrontation with Stromgren photometry, and the effects of rotation', *Astrophysical Journal Supplement Series*, 69, 301, 321.
- Gulliver, A. F., Hill, G., Adelman, S. J., 1996, 'A Spectrograph's Instrumental Profile and Scattered Light', *ASP Conference Series*. 108, 232.
- Hauck, B., Foy, R., Proust, D., 1985, 'Detailed analysis of the δ Del star HD 115604 = 20 CVn', *Astronomy and Astrophysics*, 149, 167-170.

- Hauck, B., Mermilliod, M., 1998, 'uvby β Photoelectric Photometric Catalogue', *Astronomy and Astrophysics Supplement Series*, 139, 431-433.
- Hayes, D. S., Latham, D. W., 1975, 'A rediscussion of the atmospheric extinction and the absolute spectral-energy distribution of VEGA', *Astrophysical Journal*, 197, 593.
- Hill, G., Fisher, W. A., Poeckert, R., 1982a, 'The Reduction of Spectra - Part Two - Vline - an Interactive Line Fitting Spectrophotometric Reduction Program', *Publications of Dominion Astrophysical Observatory* 3, 27.
- Hill, G., Fisher, W. A., Poeckert, R., 1982b, 'The Reduction of Spectra - Part Three - Reduce - an Interactive Spectrophotometric Program', *Publications of Dominion Astrophysical Observatory*, 4, 43.
- Ishikawa, M., 1975, 'Spectrum of the delta Scuti variable 20 Canum Venaticorum - A model-atmosphere analysis', *Astronomical Society of Japan*, 27, 1-33.
- Kurtz, D. W., 1976, 'Metallicism and Pulsation: an Analysis of the δ Del stars', *Astrophysical Journal Supplement Series*, 32, 651-680.
- Leung, K. C., 1970, 'An interpretation of δ SCT stars', *Astronomical Journal*, 75, 643.
- Lyumbikov, L.S., Rachkovskaya, T.M., 1985, 'Atmospheres of Delta-Scuti Type Pulsating Stars - Part One - Spectra of 20 Canum-Venaticorum and Delta-Delphini', *Bulletin of Crimean Astrophysics Observatory*, 71, 128.
- Morgan, W. W., Abt H. A., 1972, 'The spectral classification of the F stars of intermediate luminosity', *Astronomical Journal*, 77, 35-37.
- Napiwotzki, R., Schoenberner, D., Wenske, V., 1993, 'On the determination of effective temperature and surface gravity of B, A, and F stars using Stromgren UVBY beta photometry', *Astronomy and Astrophysics*, 268, 653-666.
- Oke, J. B., Greenstein, J. L., 1954, 'The Rotational Velocities of A, F, and G-Type Giant Stars', *Astrophysical Journal*, 120, 384.
- Rodríguez, E., López de Coca, P., Rolland, A., Garrido, R., Costa, V., 1994, ' δ Sct stars: a new revised list', *Astronomy and Astrophysics*, 106, 21.
- Rodriguez, E., Rolland, A., Garrido, R., Costa, V., Lopez-Gonzalez, M. J., Lopez de Coca, P., 1998, '20 CVn: simultaneous UVBY photometry', *Astronomy and Astrophysics*, 331, 171-178.
- Russell, S. C., 1995, 'Lithium Abundances in delta Scuti Stars and Their Relationship with the Lithium Dip', *Astrophysical Journal*, 451, 747.

- Slettebak, A., 1955, 'The spectra and rotational velocities of the bright stars of Draper types A3-G0', *Astrophysical Journal*, 121, 653-669.
- Takeda, Y., Sadakane, K., 1997, 'Oxygen lambda7771--5 Triplet in Hyades A-Type Stars: A Quest for the Key to the AM Phenomenon', *Astronomical Society of Japan*, 49, 367-382.
- Wehlau, W. H., Chen S. C. N., Symonds, G., 1966, 'Light Variability of 20 Canum Venaticorum', *Information Bulletin on Variable Stars*, 143.
- Wolff, S.C., 1983, '*The A-Stars: Problems and Perspectives*', Washington, DC, NASA SP-463.
- Yüce, K., 2003, '*4 Lac and nu Cep Yıldızlarının Tayfsal Analizleri*', Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara.
- Yüce, K., 2005, 'Spectral Analysis of 4 Lacertae and nu Cephei', *Baltic Astronomy*, 14, 51-82.