

TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi - Coude Eşel Tayf İndirgemesi ve Element Bolluk Analizi: 29 And ve 89 Cet

Sıla ERYILMAZ¹, Kutluay YÜCE¹

¹Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, 06100, Tandoğan, ANKARA
(e-posta: silaeryilmaz84@gmail.com, kyuce@ankara.edu.tr)

Özet

29 And (B5 V) ve 89 Cet (B7 IV) yıldızlarının yüzey element bollukları çizgi ölçüm tekniği (fine analysis) ile hesaplandı. Yıldızlar, TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde RTT150 teleskobuna bağlı Coude Eşel Tayfçeki (CET) kullanılarak Dr. Kutluay YÜCE tarafından Ağustos 2009 tarihinde, Yüce vd. (2008)'in tayfsal karakteristik sonuçları dikkate alınarak gözlenmiştir. Gözlemsel ham veriler, IRAF programı yardımıyla indirgendi. Tayfların sinyal-gürültü oranını (S/G) arttırmak için, aynı gecede ve ardışık olarak 29 And'ın iki adet 1200 sn, beş adet 1800 sn ve 89 Cet'in beş adet 1200 sn poz sürelerinde alınmış tayfsal verilere birleştirme işlemi uygulandı. Geniş bir dalgaboyu aralığındaki (3720-9850 Angström) tayflar, G.Hill'in REDUCE ilgili programları ile ölçülerek, çizgi profillerinin merkezi dalgaboyu, eşdeğer genişliği ve çizgi bulundu. 29 And ve 89 Cet'in belirlenen dönme hızı değeri, sırasıyla, 14 ± 0.5 km/sn ve 20 ± 0.5 km/sn dir.

Model atmosfer ve element bolluk hesaplamalarını, LINUX ortamda yerel termodinamik denge varsayımı ATLAS9 ve WIDTH9 (Kurucz 1995, Castelli 2005) kodları yardımıyla gerçekleştirdik. Etkin sıcaklık ve yüzey çekim ivme değerlerini, 29 And için, sırasıyla, 15130 K, 3.70 dex olarak belirledik. 89 Cet yıldızına Fossati vd. (2009)'nin güncel değerleri (12800 K, 3.75 dex) uygulandı. Demir elementinden belirlediğimiz mikrotürbülans hız değerleri 29 And ve 89 Cet için, sırasıyla, 0 km/sn ve 1 km/sn dir.

29 And yıldızı için 25 element (He, C, O, Mg, Al, Si, P, S, Cl, A, Ca, Sc, Ti, Cr, Mn, Fe, Sr, Y, Zr, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Gd), 89 Cet için 27 elemente (He, C, N, O, Ne, Mg, Al, Si, P, S, Cl, A, Ca, Sc, Ti, Cr, Mn, Fe, Ni, Sr, Y, Zr, La, Ce, Pr, Nd, Gd) ilişkin bolluk hesabı yapıldı. Bolluk sonuçlarımız bu çalışma kapsamında verilmekte ve literatürde mevcut olan değerlerle karşılaştırılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: 29 And, 89 Cet, tayfsal analiz, atmosfer parametreleri, model atmosfer, yüzey element bollukları.

1. GİRİŞ

Yıldızların ayrıntılı tayfsal analizi, yıldız astrofiziğinin önemli çalışma alanlarından biridir. Yıldızların atmosfer parametrelerinin (etkin sıcaklık; T_e , yüzey çekim ivmesi; $\log g$, mikrotürbülans hızını; ξ) belirlenmesini ve uygun model atmosfer hesabı ile yüzey kimyasal bileşiminin ortaya çıkarılmasını içerir. Buradan elde edilen güvenilir bilgiler, yıldızların evrim durumunu ve atmosferlerinde meydana gelen fiziksel süreçleri anlamada önemli bilgiler sağlar.

Ülkemizde son zamanlarda, TUG'dan elde edilen ait yüksek ayırma güçlü tayflar, yıldızların ayrıntılı tayfsal analizlerinde kullanılmaya başlandı (HD 43836; Şahin 2008 ve HD 39866; Eminoğlu 2009). Kutluay Yüce tarafından RTT150 Coude Eşel Tayfçeki ile elde edilen bir dizi yıldızın tayfi kullanılarak TUG tayflarının genel karakteristiği ayrıntılı olarak irdelenmiştir (Yüce vd. 2008). Adelman ve Yüce (2010) üç adet civa mangan yıldızının TUG tayflarını incelediler.

Bu çalışma, Yrd. Doç. Dr. Kutluay Yüce danışmanlığında ve Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde gerçekleştirilen "29 And ve 89 Cet Yıldızlarının TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi Coude Eşel Tayf İndirgemeleri ve Kimyasal Bolluk Analizleri" başlıklı yüksek lisans tez çalışmasının özellikle indirgeme ve analiz bilgilerini içermektedir.

29 And (B5 V) ve 89 Cet (B7 IV) yıldızlarını seçme nedenlerimiz:

a) 29 And'ın literatürde az sayıda tayfsal çalışması yer alması nedeniyle, bu çalışma, 29 And yıldızının ilk ayrıntılı tayfsal analizi niteliğindedir. 89 Cet'in en güncel çalışması Fossati vd. (2009) dir.

b) 29 And ($m_v = 4^m.3$) ve 89 Cet ($m_v = 4^m.2$) yıldızlarının parlak yıldızlar olması, RTT150 CET ile yüksek Sinyal/Gürültü (S/G) değerlerine sahip verilerin elde edilmesinde onları ideal kılar (Yüce vd. 2008).

c) Her iki yıldızın düşük dönme hızına sahip olması, bu tayf türünden yıldızların tayf analizi sayesinde, çok sayıda atom ve iyon çizgilerini, sağlıklı inceleme imkanı sağlar.

2. 29 And ve 89 Cet Yıldızlarının Genel Özellikleri

29 And ve 89 Cet, normal B tayf türünden anakol ve alt dev ışınım sınıfı yıldızlardır. 29 And yıldızı π And, HD 3369, HR 154, GSC 02279-01665, HIP 2912, BD +32°101, SAO 4033 olarak isimlendirilir. Tayf türü ve ışınım sınıfı Lesh (1968) ve Murphy (1969) tarafından B5 V, Ahmad (1952), Herbig ve Spalding (1955), Kopylov (1958), Belyakina ve Chugailov (1960) tarafından B5 V SB olarak sınıflandırılmıştır. Literatürde belirtilen görsel parlaklık ve renk ölçeği, sırasıyla, yaklaşık $4^m.3$ ve -0.13 dir.

89 Cet yıldızı π Cet, HD 17081, HR 811, GSC 05292-00970, HIP 12770, BD -14°519, SAO 148575 isimleri ile de anılır. Tayf türü ve ışınım sınıfı, Johnson ve Morgan (1953), Herbig ve Spalding (1955), Borgman (1960), Jugaku ve Sargent (1961) tarafından B7 V, Vaucouleurs (1957) tarafından B6 III ve diğer bazı eski çalışmalarda B5 V SB olarak belirtilmiştir. 89 Cet için görsel parlaklık ve renk ölçeğine ilişkin değerler, sırasıyla, yaklaşık $4^m.2$ ve -0.14 dir. Literatürde 89 Cet' ait tayfsal çalışmaların, moröte bölgede yoğunluk kazandığı görülür. Moröte bölge tayfları, anormal bolluk özelliği sergileyen B, Be, Cu, Ga, Hg, Bi gibi kimyasal tuhaf yıldızların bilgisine ulaşmamızı sağlar. Böyle yıldızlara ait bolluk çalışmalarında 89 Cet genellikle “normal yıldız” olarak sınıflandırılmakta ve karşılaştırma/standart yıldızı olarak ele alınmaktadır. 29 And ve 89 Cet yıldızlarının literatürde yer alan atmosfer parametrelerine ait değerler ve genel özellikleri Eryılmaz (2011)'de verilmiştir.

29 And'ın literatürdeki tek ayrıntılı tayfsal çalışması Heacox (1979)'a aittir. Normal yıldız grubunda yer alan 29 And yanında kontrol grubundaki yıldızlar arasında 89 Cet de yer almaktadır. 29 And ve 89 Cet için mikrotürbülans etkisi dahil edilmeden ve mikrotürbülans hızı 3 km/sn alınarak elde edilen bolluk değerleri çalışmalarında verilmiştir. Adelman (1984, 1991, 1998) tarafından 89 Cet'in atmosfer parametreleri ve yüzey element bollukları belirlenmiştir. Roby ve Lambert (1990) çalışmalarında 89 Cet ve 29 And yıldızlarının karbon, azot, oksijen (CNO) bolluklarını hesaplamışlardır. Fossati vd. (2009) tarafından yapılan çalışma 89 Cet'e ait güncel ve ayrıntılı tayfsal analiz niteliği taşımaktadır. Fossati, tarafından 10 000 - 13 000 K sıcaklık aralığında çalışmanın ideal olduğu belirtilir. Çünkü böyle yıldızların tayfları şiddetli blend etkisi göstermezler. 89 Cet, optik bölge tayfi fark edilir şekilde bileşeni tarafından bozulmadığı için bu çalışmaya dahil edilmiştir. LTE varsayımı ile hesaplanan bolluk değerleri Asplund vd. (2005)'den alınan Güneş'e ait bolluk değerleri karşılaştırılmıştır. Yıldızın doğasının daha iyi anlaşılması için non-LTE analizine ve fotometrik gözlemlere ihtiyaç olduğu vurgulanır. Bu çalışmalar detaylı olarak Eryılmaz (2011)'de irdelenmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 TUG RTT150 CET Verilerinin İndirgenmesi

Bu çalışmada incelenen 29 And, 89 Cet ve Altair yıldızlarının geniş dalgaboyu aralığındaki görünür bölge tayfları, TUG RTT 150 Coude Eşel Tayfçekeri ile gözlemci Dr. Kutluay Yüce tarafından 30 Ağustos 2009 tarihinde elde edildi. Coude kamerası olarak $R = 40\,000$ ayırma gücüne sahip $2k \times 2k$ Andor CCD dedektörü kullanılmıştır. Yıldızların tayf indirgemelerinde kullanılan ham gözlemsel veriler Çizelge-1’de listelenmiştir. RTT150 CET verilerinin indirgemeleri, Linux ortamında çalışan IRAF 2.14 programı yardımıyla uzun sürede dikkatlice gerçekleştirildi.

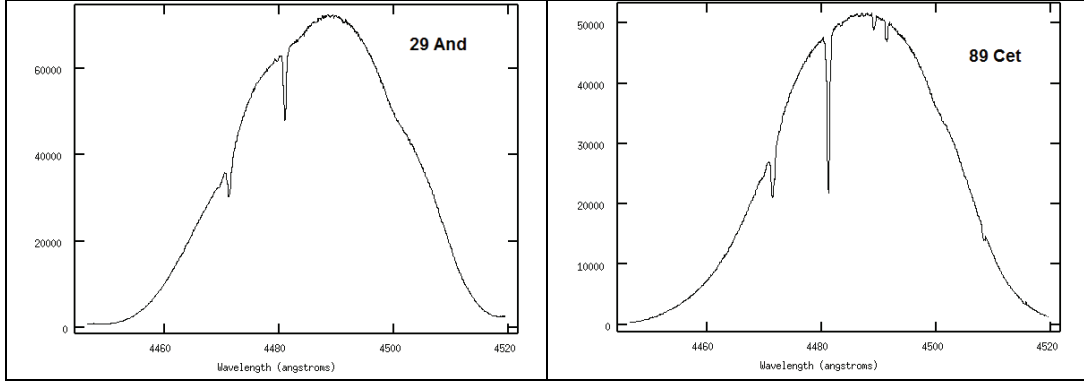
Çizelge-1. 29 And ve 89 Cet yıldızlarının gözlemsel ham verileri

	Yıldız 1200 sn	Yıldız 1800 sn	BIAS	FLAT	SKYFLAT	DARK 1200 sn	DARK 1800 sn	ThAr Lamba
29 And	2	5	60	40	5	10	4	6
89 Cet	5	-	60	60	5	10	-	10
Altair	2	-	60	40	5	10	-	6

Gözlemsel ham tayfların ilk incelemesi sırasında, verilerin başlıklarına eksik/gerekli bilgiler (gözlemevi adı, dispersiyon eksen, görüntü türü, poz süresi, evrensel zaman) eklendi. Görüntü kesilme (trimming) işlemine gerek olmadığı anlaşıldı. Yüksek sinyal gürültü oranına sahip tayf kalitesine ulaşabilmek için, çok sayıda elde edilmiş gözlemsel ‘bias’, ‘dark’, ‘flat’ görüntüleri birleştirilip, ‘master’ görüntüler elde edildi. Kötü piksel düzelmesi, piksellerin konumları dikkatlice belirlenerek ‘object’, ‘zero’, ‘dark’, ‘flat’, ‘skyflat’, ‘comp’ verileri için gerçekleştirildi. Daha sonra ‘Zero’, ‘Dark’ düzeltmeleri yapılarak ön indirgeme işlemi tamamlandı. Tayfsal gözlemlerde elde edilen ‘master flat’ görüntüsü bilimsel yıldız verilerine doğrudan bölünemediğinden; tüm görüntüye karşılık ‘1.000’ ortalama değeriyle bir düz alan elde edilerek, CCD indirgemesinin önemli bir adımı olan düz alan (flat flatting) düzeltmesi verilere uygulandı. Daha sonra saçılmış ışık etkisi giderildi. RTT150 CET verileri için 80 adet açıklık dikkatlice belirlenerek, boyutlandırıldı. Gerçekleştirilen bütün temel CCD ön indirgeme işlemleri başlığa otomatik olarak eklenmiş oldu. Harici etkilerin giderildiği bilimsel görüntülerden yıldızların tayfi elde edildi. Dalgaboyu kalibrasyonu sırasında ilk olarak; dalgaboyu ile CCD piksel numaraları arasındaki ilişkiyi sağlamak amacıyla Th_Ar lamba tayfi çizgilerinin ayrı ayrı laboratuvar dalgaboylarının bilinmesi gerektiğinden, dalgaboyu çözümüne ilişkin tanımlamaları yaparken RTT150 CES-ANDOR ThAr SPECTRAL ATLAS (B.Gürol, 2009) kaynağından yararlandı. Dalgaboyu kalibrasyonunda ikinci adım olarak lamba tayfları, bilimsel tayflarla eşleştirildi. Son adım ise, bilimsel görüntülerin başlığında yazılan referans lamba tayflarına göre dalgaboyu çözümünün yıldız (object) tayflarına aktarılması sağlandı. Bu işlem sonunda “wbsfdz_object.ec.fits” isimli tayflar elde edildi. Bilimsel yıldız tayflarında, radyal hızlardaki Güneş merkezli düzeltme hesaplandı.

29 And yıldızının iki adet 1200 saniye, beş adet 1800 saniye poz süreli tayfına kendi içerisinde birleştirme işlemi gerçekleştirildi: ‘wbsfdz_29_And_1200_all.ec.fits ve wbsfdz_29_And_1800_all.ec.fits’. İki farklı poz sürelerinde alınmış tayflardan, uzun poz süresi verilerek alınan tayfların, daha belirgin tayf çizgilerine sahip olduğunu görüldü. 29 And’a ait mevcut yedi yıldız tayfının, S/G değerini yükseltmek için tayflar (coaddition) birleştirme işlemine tabii tutulup, bir tek sonuç tayfi elde edildi: “wbsfdz_29_And_ALL.ec.fits”. Daha sonra yıldız tayfi, kozmik ışın etkisinden arındırıldı. İndirgeme işlemi, benzer şekilde, 89 Cet ve Altair yıldızlarına da uygulanarak sonuç tayflar elde edildi: “wbsfdz_89_Cet_ALL.ec.fits” ve “wbsfdz_Altair_ALL.ec.fits”. Yapılan tayfsal indirgemeler sonucunda 29 And, 89 Cet ve Altair’in tayfları “.fits ve .fts”

formatlarında elde edilerek, tayf ölçümlerini gerçekleştirmek üzere eşel açıklıkları ayrı ayrı elde edildi. Her iki yıldızın 59. açıklığına ait tayfsal görüntü Şekil-1’de görülmektedir.



Şekil-1. 29 And ve 89 Cet’in indirgenmiş tayfları; ‘açıklık 59’

3.2 Dönme Hızının Belirlenmesi ve Tayf Ölçümü

29 And ve 89 Cet yıldızlarının “fine analiz” yöntemiyle yapılan ayrıntılı tayfsal analizlerinde, her iki yıldızın $\lambda\lambda 3800-10000 \text{ \AA}$ dalgaboyu aralığındaki indirgenmiş sonuç tayfları kullanıldı. Tayfların ölçümü sırasında aşağıdaki işlem adımları uygulandı:

1) Her bir eşel açıklık/order için süreklilikler belirlenerek, 1-80 açıklıkları için normalize işlemi çok amaçlı interaktif program olan REDUCE (Hill vd. 1982a, b) kodu ile gerçekleştirildi.

2) RTT150 CET verilerinin normalize tayf kalitelerini görebilmek amacıyla, eşel bölgelerinin kısa dalgaboyu, merkezi bölgesi ve uzun dalgaboyu tarafına ait S/G değerleri ölçülerek, en az üç ölçümün S/G ortalaması alındı (Çizelge-2). TUG RTT 150 CET verilerinin, diğer eşel bölgeleri için S/G değerleri ayrıntılı olarak Eryılmaz (2011)’de listelenmiştir.

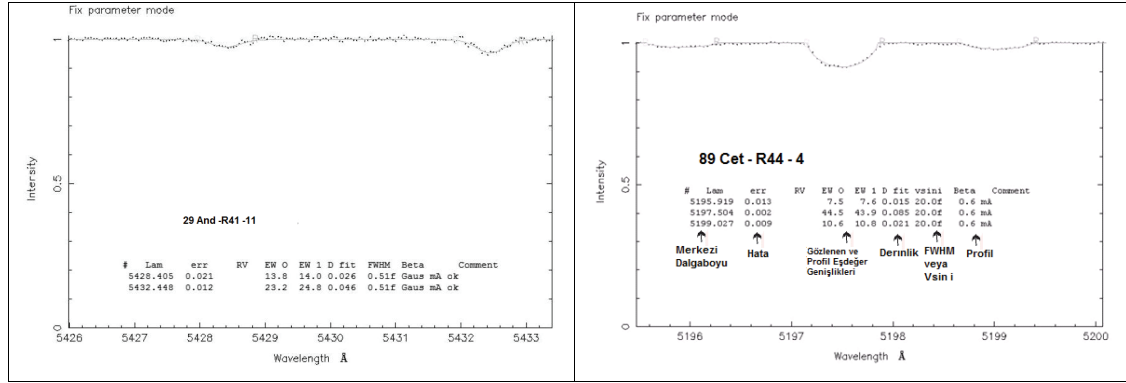
Çizelge-2. 29 And ve 89 Cet’in kaliteli eşel açıklıklarına ait S/G belirlemeleri

	29 And			89 Cet		
	Mavi (açıklık)	Merkez (açıklık)	Kırmızı (açıklık)	Mavi (açıklık)	Merkez (açıklık)	Kırmızı (açıklık)
(S/G) _{asgari}	279(53.)	287(66.)	285(58.)	243(60.)	337(67.)	288(62.)
(S/G) _{azami}	877(37.)	1361(38.)	791(38.)	704(47.)	1438(34.)	841(27.)

3) Özellikle, $> 5000 \text{ \AA}$ bölgesinde yer alan yıldız çizgilerinden çok daha dar çizgi yapısına sahip, Yer atmosferi kaynaklı (tellürik) çizgilerin tespit edilmesi ve de ayıklanma işlemi için yüksek dönme hızlı Altair (Abt ve Morrell, 1995: 200 km/sn) yıldızının eşel tayflarından yararlanıldı. Altair yıldızının, bu çizgilerden etkilendiği ve etkilenmediği bölgeler belirlenerek, 29 And ve 89 Cet yıldızlarının tayfları ile karşılaştırıldı.

4) 29 And ve 89 Cet’in dönme hızı değerleri, yıldızların blend olmamış ve gürültüden en az etkilenmiş orta şiddetli ($50 > EW > 20 \text{ m\AA}$) metal çizgilerinden (Fe II, Al II, Cr II), sırasıyla, $14 \pm 0.5 \text{ km/sn}$ ve $20 \pm 0.5 \text{ km/sn}$ olarak belirlendi. Bu dönme hızı değerleri, bir sonraki işlemde çizgi profillerinin tamamına uygulanarak tayfsal çizgi ölçümleri gerçekleştirildi. VLINE ve onun “Fix Parameter Mode” özelliği yardımıyla, tayfta yer alan tüm çizgi profilleri tespit edildi. Tahmini dönme hızı değeri kullanılarak oluşturulan kuramsal fitler yardımıyla gözlemsel çizgilere en iyi fitler yapıldı. Tayflara en iyi uyumun, 89 Cet için ‘Rotational’, 29 And için ‘Gaussian’ profil fitlerinden elde edildiğini gördük (Şekil-2). Helyum çizgilerinde ise ‘Lorentzian’ profilleri kullandık.

Tayf ölçümleri sonucunda, çizgilerin merkezi dalgaboyunu ($\lambda_{gözlenen}$), eşdeğer genişliğini (EW), çizgi derinliğini ve yarı-yükseklikteki tam genişliğini (FWHM) tespit edildi.



Şekil-2. 29 And ve 89 Cet'in tayf çizgi profillerine yapılan fit ve elde edilen ölçümlere ilişkin kesit

TUG RTT150 CET indirgenmiş gözlemsel tayf kalitesini görebilmek için Grunhut (2009)'un çalışmasında yer alan 89 Cet ($T_e = 13000 \pm 400$ K, $\log g = 4.0$, $\xi = 2$ km/sn, $v_{\text{sin}i} = 20$ km/sn)'e ilişkin iki gözlem gecesine ait ESPaDOnS tayfları karşılaştırıldı. Çizgi profillerinin oldukça uyumlu olduğu gözlemlendi.

3.3 Çizgi Tanısı

Bu çalışmada tayf çizgilerinin hangi atom ve iyonlara ait olduklarını klasik çizgi tanı yöntemiyle tanımlandı. Çizgi tanısında gürültüye çok fazla maruz kalmamış, keskin ve orta şiddetli temiz tayf çizgilerinden yararlanıldı, çok zayıf çizgiler (< 2 mÅ) kullanılmamaya dikkat edildi. Çizgi tanısı işleminde "A Multiplet Table of Astrophysical Interest" (Moore 1945), Wavelengths and Transition Probabilities for Atoms and Atomic Ions, Part I (Reader & Corliss 1980) ve diğer güncel atomik veri kaynaklarından yararlanıldı. B tayf türünden 29 And ve 89 Cet'in RTT150 Cet tayflarında 500'ün üzerinde atom ve iyonun ait çizgi profili tanımlandı.

89 Cet tayflarında kesin olarak tanımlanan atomik ve iyonik çizgiler; Paschen serisi çizgiler, H_α , H_β , H_γ , H_δ , He I, C I, C II, C III, N I, N II, O I, Ne I, Mg I, Mg II, Al II, Al III, Si I, Si II, Si III, P II, S II, Cl II, A II, Ca I, Ca II, Sc II, Ti II, V II, Cr I, Cr II, Mn I, Mn II, Fe I, Fe II, Fe III, Ni I, Ni II, Zn I, Sr II, Y II, Zr II, La II, Ce II, Pr II, Nd II, Sm II, Gd II, Er II dir. 29 And'in tayflarında belirlenen çizgiler ise; Paschen serisi çizgiler, H_α , H_β , H_γ , H_δ , He I, C I, C II, N II, O I, O II Ne II, Mg II, A II, Al II, Al III, Si II, Si III, P II, S II, Cl II, Ca I, Ca II, Sc II, Ti I, Ti II, V II, Cr I, Cr II, Mn I, Mn II, Fe I, Fe II, Fe III, Ni I, Sr II, Y II, Zr II, La II, Ce II, Pr II, Nd II, Sm II, Gd II dir. 29 And'in tüm tayf üzerinden hesaplanan ortalama radyal hız değeri yaklaşık 11 km/sn dir.

Gözlemsel ve indirgenmiş TUG tayflarının çizgi ölçümündeki kaliteyi/hassasiyeti görebilmek için Fossati vd. (2009)'nin Fe II, Si II, N II, Ni II, S II, Cr II ve Ti II eşdeğer genişlik değerleri ile karşılaştırıldı. Oluşan farklılıkların; tayfsal verilerin değişik gözlemevlerinden elde edilmiş olmasından ve indirgeme ile çizgi ölçümlerinde kullanılan yöntem farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir. Fossati vd.'nin çalışmasında 142 adet Fe II çizgisi ($1.2 \text{ mÅ} < EW < 91.8 \text{ mÅ}$) kullanılırken, RTT150 CET için 107 adet Fe II çizgisinden ($2.5 \text{ mÅ} < EW < 83.6 \text{ mÅ}$) yararlanıldı.

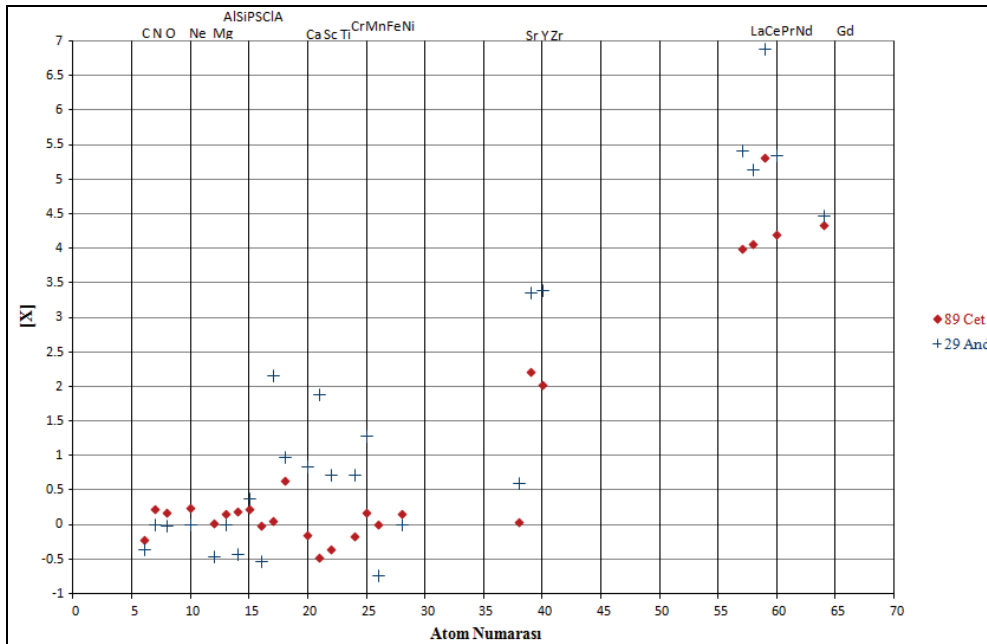
3.4 Bolluk Analizi

29 And yıldızının atmosfer parametre değerleri, Strömngren uvby β fotometrisinden (Hauck ve Mermilliod, 1998); $V = 4.335$, $(b-y) = -0.061$, $c_1 = 0.433$, $m_1 = 0.107$, $H_\beta = 2.683$, $T_e = 15\ 130\ K$, $\log g = 3.70\ dex$ ve $E(b-y) = 0.009$ olarak belirlendi. 89 Cet için Fossati vd. (2009)'in Strömngren fotometrisinden ve gözlemsel $H_\beta - H_\gamma$ çizgilerinin kuramsal profillerle karşılaştırılmasından belirledikleri $T_e = 12\ 800\ K$, $\log g = 3.75\ dex$ güncel değerleri bu çalışmada kullanıldı.

Her iki yıldızın mikrotürbülans hızına ait değerlerini, en fazla çizgiye sahip demir elementinden belirledik: Atmosfer parametre çiftleri ve olası mikrotürbülans hız değerleri için demir bolluğunu hesaplandı. Bolluk değerlerinin eşdeğer genişliğe göre değişimlerinden, bağlılığın en az olduğu dağılımlar için $0\ km/sn$ (29 And) ve $1\ km/sn$ (89 Cet) mikrotürbülans hız değerleri olarak kabul edildi. Bu değerler, her iki yıldızın Güneş bolluklu model atmosferlerinin oluşturulmasında ve diğer element bolluklarının hesaplamalarında kullanıldı.

Model atmosfer hesaplamaları ATLAS9 (Kurucz 1995) programının Linux versiyonu (Sbordone vd. 2004) ile gerçekleştirildi. Blend olmayan He I çizgileri tespit edilerek SYNPEC (Hubeny vd. 1994) programı ile Helyum bolluğu ve diğer element bollukları WIDTH9 (Kurucz 1995) programının Linux versiyonu (Castelli 2005) yardımı ile hesaplandı.. He/H değerleri 29 And için 0.07 ($\lambda 4387$), 0.06 ($\lambda 4438$), 0.07 ($\lambda 4713$), 0.11 ($\lambda 5016$) olarak belirledik, ortalama değer 0.08 olup, helyum bolluğu $\log(He/H) = -1.11 \pm 0.02$ dir. 89 Cet için 0.12 ($\lambda 4121$), 0.08 ($\lambda 4387$), 0.10 ($\lambda 4438$), 0.05 ($\lambda 4472$), 0.14 ($\lambda 4713$), 0.07 ($\lambda 4922$) olup; ortalama değer 0.09 ve helyum bolluğu $\log(He/H) = -1.03 \pm 0.03$ dir.

Her iki yıldızın bu çalışmadan hesaplanan ortalama yüzey element bollukları Güneş'in değerleriyle (Grevesse vd. 1996) Çizelge-3'de karşılaştırıldı. Sayısal sonuçlarımızın daha iyi anlaşılması için yüzey bolluklarının, Güneş'teki değerlerden olan farkları Şekil-3'de görülmektedir.



Şekil-3. 29 And ve 89 Cet'in element bolluklarının Güneş'teki bolluklardan olan farkları

Çizelge-3. 29 And ve 89 Cet yıldızlarının element bollukları ve Güneş'teki değerlerden olan farklar

¹Grevesse vd. (1996)'den alınmıştır. ²[X] = $\log \epsilon (x)_{\text{yıldız}} - \log \epsilon (x)_{\text{Güneş}}$

Element	29 And (B5 V)			89 Cet (B7 IV)			Güneş ¹
	n	log N/N _T	[X] _{29 And} ²	n	log N/N _T	[X] _{89 Cet} ²	log N/H
C I	-	-	-	2	-3.86 ± 0.15	-0.37	-3.45
C II	3	-3.85 ± 0.05	-0.36	4	-3.76 ± 0.18	-0.27	-3.45
C III	-	-	-	1	-3.51	-0.02	-3.45
N I	-	-	-	8	-4.16 ± 0.13	-0.09	-4.03
N II	-	-	-	7	-3.54 ± 0.11	+0.53	-4.03
O I	7	-3.19 ± 0.20	-0.02	7	-3.00 ± 0.11	+0.17	-3.13
Ne I	-	-	-	2	-3.72 ± 0.15	+0.24	[-3.92]
Mg I	-	-	-	2	-4.35 ± 0.07	+0.11	-4.42
Mg II	3	-4.92 ± 0.13	-0.46	3	-4.52 ± 0.14	-0.06	-4.42
Al II	-	-	-	1	-5.69	-0.12	-5.53
Al III	3	-5.33 ± 0.17	+0.24	2	-5.12 ± 0.11	+0.45	-5.53
Si II	4	-5.40 ± 0.18	-0.91	23	-4.47 ± 0.20	+0.02	-4.45
Si III	3	-4.44 ± 0.19	+0.05	2	-4.14 ± 0.07	+0.35	-4.45
P II	3	-6.21 ± 0.18	+0.38	3	-6.36 ± 0.15	+0.23	-6.55
S II	14	-5.23 ± 0.17	-0.52	30	-4.72 ± 0.20	-0.01	-4.67
Cl II	2	-4.38 ± 0.14	+2.16	1	-6.49	+0.05	[-6.50]
A II	1	-4.54	+0.98	2	-4.88 ± 0.15	+0.64	[-5.48]
Ca II	1	-4.83	+0.85	2	-5.83 ± 0.17	-0.15	-5.64
Sc II	1	-6.99	+1.88	1	-9.35	-0.48	-8.83
Ti II	4	< -6.30 ± 0.22	+0.72	9	-7.38 ± 0.12	-0.36	-6.98
Cr II	3	-5.65 ± 0.04	+0.72	20	-6.54 ± 0.19	-0.17	-6.33
Mn II	2	-5.37 ± 0.07	+1.28	4	-6.47 ± 0.07	+0.18	-6.61
Fe I	-	-	-	5	-4.51 ± 0.07	+0.03	-4.50
Fe II	20	-5.28 ± 0.17	-0.74	113	-4.59 ± 0.20	-0.05	-4.50
Fe III	-	-	-	4	-4.51 ± 0.11	+0.03	-4.50
Ni II	-	-	-	14	-5.64 ± 0.19	+0.15	-5.75
Sr II	1	-8.47	+0.60	1	-9.04	+0.03	-9.03
Y II	2	-6.44 ± 0.01	+3.36	2	-7.58 ± 0.22	+2.22	-9.76
Zr II	6	-6.05 ± 0.20	+3.39	2	-7.41 ± 0.34	+2.03	-9.40
La II	3	-5.45 ± 0.17	+5.42	4	-6.87 ± 0.14	+4.00	-10.83
Ce II	8	-5.32 ± 0.21	+5.14	6	-6.40 ± 0.15	+4.06	-10.42
Pr II	3	-4.44 ± 0.19	+6.89	1	-6.02	+5.31	-11.29
Nd II	3	-5.20 ± 0.11	+5.34	1	-6.34	+4.2	-10.50
Sm II	3	-5.31 ± 0.26	+5.72	-	-	-	-10.99
Gd II	1	-6.45	+4.47	1	-6.60	+4.34	-10.88

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

1- Kullanılan eşel tayfin en önemli avantajı, bu türden yıldızların elektromanyetik tayfin geniş bir dalgaboyu aralığını ($\lambda\lambda 3720 - 9850 \text{ \AA}$) inceleme imkanı sunmuş olmasıdır.

2- TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde uluslararası ortaklı bir proje kapsamında gözlenen iki yıldızın (29 And, 89 Cet) süreklilik ve çizgi profili olarak tayf kalitesini yükseltmek için, aynı gecede ve ardışık olarak alınmış çok sayıda gözlemsel ham tayflar üzerinde birleştirme tekniği ile indirgemeleri gerçekleştirildi. Birleştirilmiş sonuç eşel

tayfların sinyal gürültü oranları, her iki yıldız için tüm açıklıklarda > 250 dir ($250 - 1400$ aralığındadır).

3- RTT150 CET Andor CCD'den ölçülen çizgi şiddetlerini bir başka gözlemevinin kaliteli verileri ile karşılaştırıldı. RTT150 eşdeğer genişlikleri Fossati vd.(2009)'den yaklaşık % 10'dan daha küçüktür. RTT150 için benzer bir karşılaştırma Adelman ve Yüce (2010) tarafından yapılmış ve SAO-RAS CCD için %12 olarak belirlenmiştir.

4- Her iki yıldızın dönme hız değerleri, Fe II çizgilerinden, 89 Cet için 20 ± 0.5 km/sn ve 29 And için 14 ± 0.5 km/sn elde edildi. 89 Cet için bulunan bu değer, Fekel (2002: 21 km/sn) ve Fossati vd. (2009: 20 km/sn) ile uyumludur.

5- Mikrotürbülans hız değeri, 29 And ve 89 Cet için demir elementinden, sırasıyla, 0 km/sn ve 1 km/sn olarak elde edildi.

6- Her iki yıldızın model atmosferi oluşturuldu: 29 And için ($T_e=15\ 130$ K, $\log g = 4.0$ dex) ve 89 Cet için ($T_e = 12\ 800$ K, $\log g = 3.75$ dex; Fossati 2009).

7- 29 And yıldızı için 25 elemente (He, C, O, Mg, Al, Si, P, S, Cl, A, Ca, Sc, Ti, Cr, Mn, Fe, Sr, Y, Zr, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Gd) ilişkin yüzey bolluğu ortaya konuldu. 29 And'ın ilk ayrıntılı kimyasal bolluk analizidir. Heacox (1979) 29 And'ın fotografik verileri kullanarak büyüme eğrisi yöntemiyle bolluk belirlemeleri gerçekleştirmiştir.

8- 89 Cet için 27 elemente (He, C, N, O, Ne, Mg, Al, Si, P, S, Cl, A, Ca, Sc, Ti, Cr, Mn, Fe, Ni, Sr, Y, Zr, La, Ce, Pr, Nd, Gd) ilişkin yüzey bolluğuna ulaşıldı. 89 Cet için Fossati vd. (2009)'nin belirlediği element bolluklarının dışında Y, Zr, Ce, Nd, Gd, La, Pr'e ilişkin değerler ilk kez bu çalışma ile elde edilmiştir.

9- Güneş'teki değerler ile karşılaştırıldığında; 29 And karbon bakımından oldukça fakir ve oksijen bakımından Güneş bolluğundadır ve Roby ve Lambert (1990) ile uyumludur. 89 Cet yıldızı karbon bakımından oldukça fakir, azot bakımından fakir olma ve oksijen bakımından Güneş'teki miktara göre zengin olmaya eğiliminde olup, Roby ve Lambert (1990) ile uyumludur. 89 Cet yıldızının magnezyum, sülfür, klor, kalsiyum, krom, mangan, demir, nikel, stronsiyum bollukları Güneş'in değerlerine yakın yani normal bolluktadır. 29 And yıldızı Güneş'e göre aşırı bolluğa sahip olma eğilimindedir. Her iki yıldızın nadir toprak elementler bakımından Güneş'e göre aşırı bolluk gösterdiklerini bulduk.

10- Kimyasal bolluk analizleri konusunda yapılan önceki çalışmalara bakıldığında; 89 Cet Heacox (1979), Adelman (1991), Fossati vd. (2009) ve 29 And Heacox (1979) tarafından incelenmiştir. Bu çalışmada kullandığımız tayfların, yüksek sinyal gürültü oranına ve çözünürlüğe sahip olması, sürekliliğin yerleştirilmesinde ve blend çizgilerin ayırt edilebilmesinde kolaylık sağlamıştır. Ayrıca çalışmamızda daha güncel atomik veriler kullanıldı.

- 89 Cet'in diğer çalışmalardan farklı olarak, bu çalışmada Ce II, Nd II, Gd II, La II, Pr II çizgilerinden seryum, neodimyum, gadolinyum, lantan, praseodim elementlerinin bolluk değerleri ilk kez belirleme yoluna gidildi. Adelman (1991)'da çoğu element için elde edilen sonuçlar TUG verilerinden elde edilenler ile uyumlu veya daha boldur. Fossati vd. (2009)'nin verilen; C, O, Ne, Mg, Al, Si, P, S, Ca, Sc, Ti, Mn, Fe elementleri için bolluk değerleri RTT150 CET'inkiler ile oldukça uyumlu olduğu görülür.
- 29 And yıldızının TUG verilerinden elde edilen O, Al, Cl, A, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Gd elementlerinin bolluk değerleri bu çalışmada ilk kez hesaplandı. Yıldız Güneş'e göre P, Sc, Ti, Sr, Y, Zr bakımından zengin ve C, Mg, Si, Fe bakımından fakirdir.
- Her iki yıldızın ait karbon, azot ve oksijen bollukları, Roby ve Lambert (1990) tarafından da hesaplanmıştır. Hata sınırları içerisinde bolluklar TUG sonuçları ile uyumludur. Eryılmaz (2011) ve Fossati vd. (2009)'un CNO bollukları için ortak sonucu: "29 And için C II ve O I çizgilerinden elde edilen karbon ve oksijen

bollukları Güneş'in değerine göre daha büyük, 89 Cet için karbon ve oksijen bolluk değerleri uyumlu iken azot elementi daha bol miktardadır”.

5. KAYNAKLAR

- Abt, A.H. and Morrell, N.I. 1995. “The Relation Between Rotational Velocities and Spectral Peculiarities Among A-Type Stars”, *Astrophysical Journal Supplement Series*, Vol. 99, pp. 135-172.
- Adelman, S.J. 1984. “Optical region elemental abundance analyses of B and A stars- I. Pi Ceti, 134 Tauri, HR 2154, HR 5780”, *MNRAS*, Vol. 206, p. 637.
- Adelman, S.J. 1991. “Elemental abundance analyses with DAO spectrograms – VII. The late normal B stars Pi Ceti, 134 Tauri, 21 Aquilae, Nu Capricorni and the use of Reticon spectra”, *MNRAS*, 252, 116-131.
- Adelman S.J. 1998. “Elemental abundance analyses with DAO spectrograms – XIX. The superficially normal B stars ζ Draconis, η Lyrae, 8 Cygni and 22 Cygni”, *MNRAS*, Vol. 296, pp. 856-862.
- Adelman, S.J. Pintado O.I., Nieva F., Rayle K.E. and Sanders S.E., 2002. “On the effective temperatures and surface gravities of superficially normal main sequence band B and A stars”, *Astron. Astrophys.*, Vol. 392, p. 1031.
- Adelman, S.J. and Yüce, K. 2010. “Elemental abundance analyses with Coude Echelle spectrograms from the TÜBİTAK National Observatory of Turkey: I. The HgMn stars 11 Per, HR 2801, and v Cnc”, *Astron. Nachr*, 331, No. 8, pp. 785 – 793.
- Ahmad, I.I. 1952. “The Intensity of Certain Lines of He I in The B Stars”, *Astrophysical Journal*, 115, p. 341.
- Anders, E. and Grevesse, N. 1989. “Abundances of the elements - Meteoritic and solar”, *Geochimica et Cosmochimica Acta* (ISSN 0016-7037), vol. 53, p. 197-214.
- Asplund, M. et al., 2005. “The Solar Chemical Composition“ *Astronomical Society of the Pacific Conference Series*, 336, 25.
- Belyakina T.S. and Chugainov P.F. 1960. “On the precision of the determination of spectral classes and colour excesses of O-A2 stars by the methods of two color diagrams”, *Izv. Krym. Astrofiz. Obs.*, Vol. 22,p. 257.
- Borgman, J. 1960. “Seven-colour photometry of O, B and A stars”, *Bull. Astron. Inst. Netherlands*, Vol. 15,p. 255.
- Castelli, F. 2005. “Kurucz's WIDTH code and INPWIDTH”, *Memorie della Società Astronomica Italiana Supplement*, 8, 44.
- Crawford, D.L. et al., 1971. “Four-color, H-beta and UVB photometry for bright B-type stars in the northern hemisphere”, *Astron. J.*, Vol. 76, pp. 1058-1071.
- De Vaucouleurs A., 1957. “Spectral types and luminosities of B, A and F southern stars”, *Mon. Not. R. Ast. Soc.*,117, 449.
- Eminoğlu, F.B., 2009. “Tübitak Ulusal Gözlemevi Coude Eşel Tayflarını Kullanarak HD39866 (A2II) Yıldızının Kimyasal Bolluk Analizi”, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Ankara.
- Eryılmaz, S., 2011. “29 And ve 89 Cet Yıldızlarının TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi Coude Eşel Tayf İndirgemeleri ve Kimyasal Bolluk Analizleri”, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Ankara.
- Fekel, F.C., 2003. “Rotational velocities of B, A and early F narrow-lined stars”, *PASP*, 115, 807-810.
- Fossati, L. et al., 2009. “The chemical abundance analysis of normal early A- and late B-type stars”, *A&A*, 503, p. 945.
- Grevesse, N., Noels, A. and Sauval, A. J. 1996. “Standard Abundances”, *Astronomical Society of the Pacific Conference Series*, Vol. 99, p. 117.
- Grunhut, J.H. 2009. “Using High-Resolution Spectroscopy to Improve the Determination of Effective Temperatures of Pre-Main Sequence Stars”, *Queen's University Kingston, Ontario, Kanada*.
- Gürol, B. “RTT150 CES-ANDOR ThAr SPECTRAL ATLAS 2009”.
- Hauck, B. and Mermilliod M. 1998. “uvby β photoelectric photometric catalogue”, *A&A Supplement*, 129, 431-433.
- Heacox, W. D. 1979. “Chemical Abundance in Hg-Mn Stars”, *Astrophysical Journal Suppl. Ser.*, Vol. 41, pp. 675-688.
- Herbig, G.H. and Spalding J.J. 1955. “Axial rotation and line broadening in stars of spectral types F0-K5”, *AJ.*, 121, 118.
- Hill, G., Fisher, W. A. , Poeyckert, R. 1982 a. *Pub. Dominion Astroph. Obs. Vol. 3*,p. 27.
- Hill, G., Fisher, W. A. , Poeyckert, R. 1982 b. *Pub. Dominion Astroph. Obs. Vol. 4*, p. 43.
- Hubeny, I. et al., 1994. *TLUSTY & SYNSPEC - A brief Description*.Daresbury Lab. New. *Anal. Astron. Spectra*, 20, 30.
- Johnson, H.L. and Morgan W.W. 1953. “Fundamental stellar photometry for standards of spectral type on the Revised System of the Yerkes Spectral Atlas”, *Astrophys. Jour.*, Vol. 117, p. 313.
- Jugaku, J. and Sargent W.L.W. 1961. “The spectrum of alpha Sculptoris”, *Publ. Astron. Soc. Pac.*, 73, p. 249.
- Kopylov, I.M. 1958. ” The equivalent widths of absorption lines in the spectra of 109 O5-B7stars”, *Izv. Krym. Astrofiz. Obs.*, 20, 123.
- Kurucz, R.L., Bell, B., 1995. *Atomic Line Data*, Kurucz CD-ROM no. 23,Smithsonian Astro. Observatory, Cambridge.
- Lesh, J.R. 1968. “The kinematics of the Gould belt: an expanding group”, *Astr.. J., Suppl. Ser.*, 17, p.371.
- Mermilliod, J.C. 1986. “Compilation of Eggen's UBV data, transformed to UBV (unpublished)“.
- Moore, C. E. 1945. “A Multiplet Table Astrophysical Interest”, *Princeton University Observatory*.
- Murphy, R.E. 1969. “A Spectroscopic Investigation of Visual Binaries with B Type Primaries”, *AJ*, 74, 9, p. 1082.
- Reader, J. et al., 1980.” Wavelengths and Transition Probabilities for Atoms and Atomic Ions, Part I”, *Wavelengths*, part 2. *Transition probabilities*. NSRDS-NBS, 68.
- Roby, S.W. and Lambert, D.L. 1990. “Carbon, Nitrogen, and Oxygen Abundances in the Chemically Peculiar Stars of the Upper Main Sequence”, *Astrophysical Journal Suppl.*, Vol. 73, p. 67.
- Sbordone, L., Bonifacio, P., Castelli, F. and Kurucz, R. L. 2004.“ATLAS and SYNTHÉ under Linux” *Memorie della Società Astronomica Italiana Supplement*, 5, p. 93.
- Şahin, C. 2008. “Tübitak Ulusal Gözlemevi Coude Eşel Tayfı Kullanılarak HD 43836 (B9II) Yıldızının Tayf Ölçümü”, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Dönem Sonu Projesi*, Ankara.
- Yüce, K., Gürol B., Adelman S.J. 2008. “TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi- Coude Eşel Tayflarının Tayfsal Karakteristikleri”, *Ulusal Astronomi Kongresi, Çanakkale*, sayfa 1077-1089.
- www.iraf.noao.edu, www.simbad.u-strasbg.fr/simbad/

