

W UMa Türü Aktif Çift Yıldız: CN Andromedae

A. Erdem, F. Soyduğan, C. Çiçek, O. Demircan ve E. Budding

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü

Özet: CN And örten çift yıldızının TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde 2001 gözlem sezonunda B, V ve R süzgeçlerinde elde edilen fotoelektrik ışık eğrileri, Rucinski, Lu & Mochnacki (2000)'nin yayınladıkları dikine hız eğrisi ile birlikte Wilson-Devinney (1992) yöntemi kullanılarak çözülmüştür. Gözlenen ışık eğrilerindeki asimetrielerin olası nedeni/nedenleri tartışılmıştır. Ayrıca, sistemin dönem sorunu incelenmiş ve dönemin azaldığı bulunmuştur.

1. Giriş

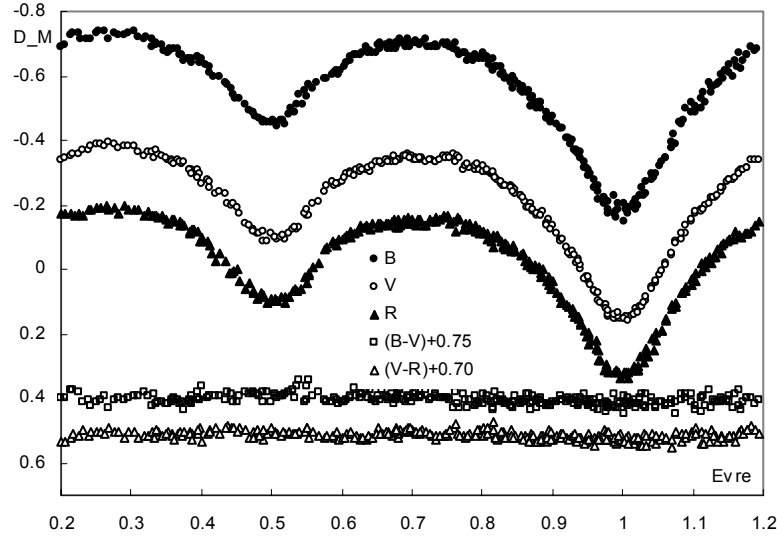
CN And (BD +39° 0059, PPM 42831) sisteminin kısa dönemli örten bir çift sistem olduğu ilk kez Hoffmeister (1949) tarafından bulundu. Tsesevich (1956), fotoğrafik veriye dayanarak sistemi, 2⁹.2599 döneme sahip Algol türü örten bir çift sistem olarak sınıflamıştır. Löchel (1960) ise sistemin 0⁹.462798 dönemli bir W UMa türü sistem olduğunu ortaya koymuştur. Bozkurt ve ark. (1976), B ve V süzgeçlerinde sisteme ilişkin ışık eğrisini elde etmişler ve ışık eğrisinin asimetric yapıda olduğunu belirtmişlerdir. CN And, dönem-renk diyagramında W UMa'ların bulunduğu bölgeye düşmesine rağmen, sistemi, 1982 yılında B ve V süzgeçlerinde gözleyen Kaluzny (1983), minimum derinliklerinin farklı olması nedeniyle ışık eğrisinin β Lyr türüne benzediğini belirtti. Yu-lan ve Qing-Yao (1985), 1981 yılında sisteme ilişkin iki flare olayı rapor etti. Bu tarihten sonra sisteme ilişkin ışık eğrisi ve ışık eğrisindeki asimetri üzerine çalışmalar yayınlandı (Rafert ve ark., 1985; Keskin, 1989 ve Samec ve ark., 1998). CN And'ın radyal hız ölçümleri Rucinski ve ark. (2000) tarafından yapıldı ve aynı çalışmada sistemin A-türü değen bir sisteme benzediği önerildi. CN And'a ilişkin en son çalışma Van Hamme ve ark. (2001) tarafından yayınlandı. Bu çalışmada, sistemin UBV ışık eğrisi ve radyal hız eğrisi eş-zamanlı olarak çözüldü. Sonuçta, sistemin yarı-ayrık olduğu ve büyük kütleli bileşenin Roche lobunu doldurduğu küçük kütleli bileşenin ise Roche lobunu doldurmak üzere olduğu ortaya koyuldu ve bileşenlerin tayf türleri birinci bileşen için F5 ve ikinci bileşen için G0-G1 olarak önerildi.

CN And'ın ışık eğrisi ve ışık eğrisindeki bozulmalar üzerine yapılan çalışmalardan başka yörünge döneminin değiştiğine ilişkin çalışmalar da yayınlandı: Kaluzny (1983), sisteme ilişkin O-C diyagramında parabolik bir değişim olduğunu buldu. Evren ve ark. (1987) ise yeni ışık öğelerini hesaplayarak yörünge döneminde $dP/dt = -3.07 \times 10^{-11}$ mertebesinde bir azalma olduğunu ortaya koydular. Samec ve ark. (1998) da parabolik bir değişim olduğunu belirterek dönemdeki azalma miktarını, $dP/dt, -4.24 \times 10^{-11}$ olarak hesapladılar. Son olarak Van Hamme ve ark. (2001) sistemin yayınlanan tüm minimum zamanlarını kullanarak dönemdeki azalma miktarını $dP/dt = -0.01951$ s/yıl olarak buldular ve bunun sonucunda baş bileşenden yoldaş bileşene doğru $1.4 \times 10^{-7} M_{\odot}/yıl$ oranında kütle aktarımı olması gerektiğini belirttiler.

2. Gözlemler

CN And örten çift sistemi 2001 Sonbahar gözlem sezonunda TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde B, V ve R süzgeçlerinde fotoelektrik olarak gözlenerek ışık eğrisi elde edildi (Şekil 1). Gözlemler sırasında mukayese yıldızı olarak HIP 1442 yıldızı kullanıldı.

Sistemin ışık eğrisine bakıldığında, özellikle 0.75 evre yakınından başlamak üzere etkin bir asimetri olduğu görülmektedir. Bu tür asimetric değişimlerin nedeni olarak sistemin bileşenleri üzerinde var olabilecek manyetik etkinlik gösterilebilir. B-V ve V-R renk eğrilerinde ise anlamlı bir değişim görülmemektedir. Ayrıca sistem değmeye yakın bir geometriye sahip olduğundan, ışık eğrisinde yakınlık etkileri de kendini göstermektedir.



Şekil 1. CN And'in B, V ve R süzgeçlerinde elde edilmiş ışık eğrileri, (B-V) ve (V-R) renk eğrileri.

3. Yörünge Dönemi Analizi

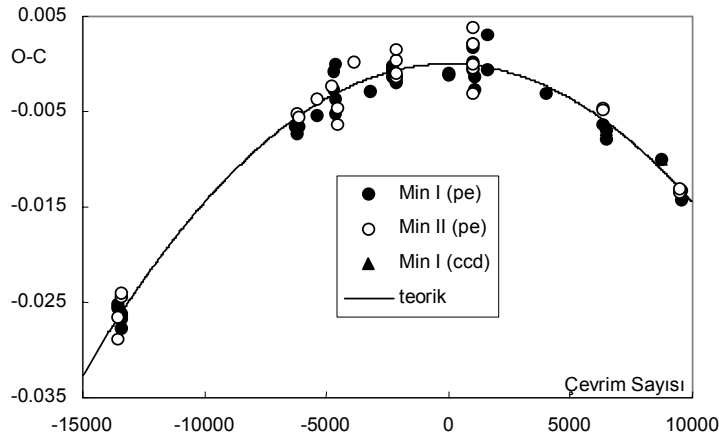
CN And'in 2001 yılı gözlemleri sırasında iki Min I ve iki Min II zamanı elde edildi. Gözlenen minimum zamanları ile literatürde yayınlanan minimum zamanları birleştirilerek sistemin O-C diyagramı oluşturuldu. O-C diyagramında görsel ve fotoğrafik minimum zamanlarının büyük saçılma göstermesi nedeniyle analizde sadece 63 fotoelektrik ve 2 CCD verisi kullanıldı.

Sisteme ilişkin O-C artıklarını hesaplamak için aşağıdaki ışık-zaman ögeleri kullanıldı:

$$\text{Min I HJD} = 24\,47777.3424 + 0^{\text{g}}.46279319 \times E \quad (1)$$

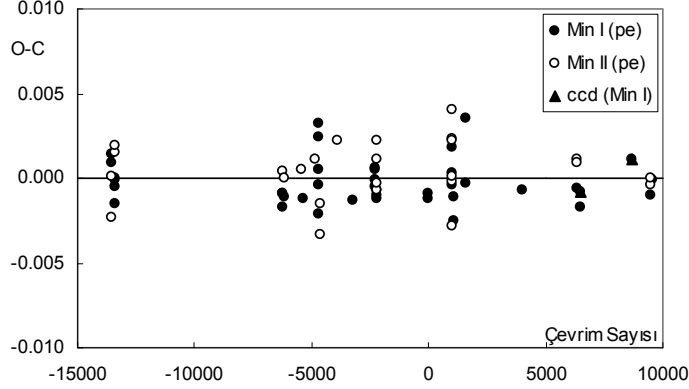
CN And'in O-C verileri parabolik değişim göstermektedir. Bu durumda sistemin dönem değişimini açıklamak için büyük kütleli yıldızdan küçük kütleli yıldızla doğru kütle aktarımı önerilebilir. Bu yaklaşım altında sistemin O-C verilerine parabolik fit uygulandı. Uygulanan parabolik fit sonucunda sistemin O-C verileri aşağıda Denklem (2) ile verilen ögeler kullanılarak temsil edildi.

$$\text{Min I HJD} = 24\,47777.3436 (\pm 0.0002) + 0.46279186 (\pm 4 \times 10^{-8}) \times E - 1.45 \times 10^{-10} (\pm 3.7 \times 10^{-12}) \times E^2 \quad (2)$$



Şekil 2. CN And'in Denklem (2)'deki ışık ögeleri kullanılarak hesaplanan O-C artıkları ve analiz sonucunda bulunan parametrelere göre oluşturulan kuramsal eğri.

O-C artıkları, bu veriyi temsil eden en iyi kuramsal eğri Şekil 2'de ve bu eğriden olan farklar da Şekil 3 'de görülmektedir.



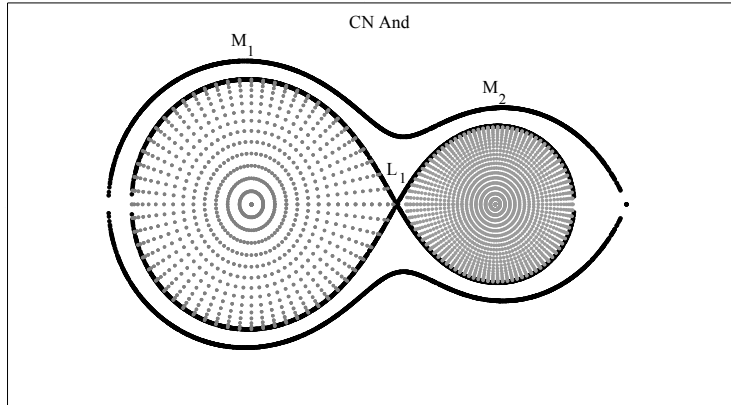
Şekil 3. O-C verisini temsil eden kuramsal eğriden olan farklar.

O-C verisini temsil etmek için kullanılan parabolik terimin katsayısını kullanarak dönem değişim miktarı, dP/dt , -1.977 s/yüzyıl olarak hesaplandı. Buna bağlı olarak, Roche lobunu dolduran büyük kütleli yıldızdan küçük kütleli yıldızına akan madde miktarı, dM/dt , $1.57 \times 10^{-7} M_{\odot}/yıl$ olarak bulundu.

4. Işık Eğrisi Analizi

CN And'ın bu çalışmada elde edilen ışık eğrilerini çözmek için Wilson-Devinney yönteminin Wilson (1992) tarafından geliştirilen 1992 versiyonu kullanıldı. Analiz sırasında B,V ve R süzgeçlerinde elde edilen tüm gözlem noktaları ve Rucinski ve ark. (2000) tarafından elde edilen radyal hız değerleri kullanıldı. Baş bileşenin sıcaklığı için literatürde F5 V tayf türüne karşılık gelen 6500 K değeri kullanıldı. Bolometrik logaritmik kenar kararma katsayıları ve tek renk logaritmik kenar kararma katsayıları, Van Hamme (1993)'in çalışmasından alındı. Çekim kararma üsleri Lucy (1967)'den $g_1=g_2=0.5$ (konvektif atmosferler için) olarak kullanıldı. Bolometrik albedolar, $A_1=A_2=0.5$ (konvektif atmosferler için) alındı. Ayrıca dönme parametresi senkronize dönme varsayımıyla $F=1$ alındı ve bu parametrelerin tümü analiz sırasında sabit alındı. Sisteme ilişkin kütle oranının başlangıç değeri olarak tayfsal olarak bulunan değer olan 0.389 (Rucinski ve ark., 2000) alınarak potansiyel değerleri de bu değere bağlı olarak seçildi.

Sisteme ilişkin başlangıç parametreleri bu şekilde seçildikten sonra, ışık eğrisine özellikle 0.75 evreden başlamak üzere oldukça etkin bir asimetrinin olduğu gözlemlendi. Bu durumda, asimetrinin bileşenlerde var olabilecek manyetik etkinlik ve buna bağlı olarak leke etkisi nedeniyle oluşabileceği düşünülerek baş bileşen üzerine soğuk leke yerleştirilmesi düşünüldü. Bu yaklaşım altında, sistemin B, V ve R banlarındaki ışık eğrileri ve radyal hız eğrisi, WD 1992 versiyonu ile başlangıçta ayrıklı sistemler için kullanılan MODE 2 seçilerek analiz edilmeye çalışıldı.



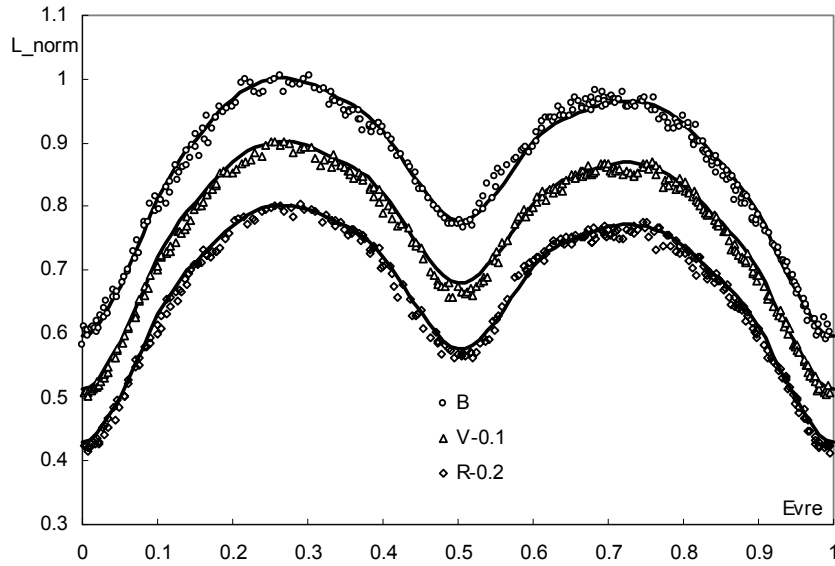
Şekil 4. CN And'ın Roche geometrisi.

Fakat potansiyel değerleri analiz sırasında sisteminin yarı-ayrık olabileceğini gösterir biçimde değişim gösterdiğinden çözüm yarı-ayrık konfigürasyona karşılık gelen MODE 4 ile sonuçlandırıldı. Çözüm sonunda bulunan sisteme ve lekeye ilişkin parametreler Çizelge 1'de listelenmiştir. Sistemin Roche geometrisi Şekil 4'te, kuramsal eğrinin gözlem noktaları ile karşılaştırılması ise Şekil 5'de verilmektedir. CN And'ın soğuk leke ile birlikte 0, 0.25, 0.50 ve 0.75 evrelerdeki konfigürasyonu ise Şekil 6'da görülmektedir.

Çizelge 1. Baş bileşen üzerinde olduğu düşünülen soğuk leke parametreleri ve ışık eğrisi analiz sonuçları

Enlem	Boylam	Yarıçap	Sıcaklık faktörü
22°.3	16°.9	32°.9	0.65

Parametre	B&V&R&2RV7	Parametre	B&V&R&2RV
a (R _☉)	3.209 ± 0.028	x ₁ ,y ₁ (B)	0.805, 0.236
e	0	x ₁ ,y ₁ (V)	0.710, 0.227
ω (°)	90	x ₁ ,y ₁ (R)	0.617, 0.283
V _γ (km/s)	-0.095 ± 0.004	x ₂ ,y ₂ (B)	0.830, 0.111
Evre kayması	0.0020 ± 0.0002	x ₂ ,y ₂ (V)	0.749, 0.248
F ₁ =F ₂	1	x ₂ ,y ₂ (R)	0.661, 0.259
i (°)	69.387 ± 0.099	x _{bol-1} , y _{bol-1}	0.639, 0.240
T ₁	6500	x _{bol-2} , y _{bol-2}	0.644, 0.217
T ₂	5899 ± 8	A ₁ =A ₂	0.5
Ω ₁	2.6493	g ₁ =g ₂	0.32
Ω ₂	2.6666 ± 0.0056	r ₁ (pole)	0.4354
q	0.387 ± 0.002	r ₁ (point)	0.5962
L ₁ /(L ₁ +L ₂) – B	0.7989 ± 0.0019	r ₁ (side)	0.4649
L ₁ /(L ₁ +L ₂) – V	0.7883 ± 0.0018	r ₁ (back)	0.4915
L ₁ /(L ₁ +L ₂) – R	0.7737 ± 0.0018	r ₂ (pole)	0.2773
L ₂ /(L ₁ +L ₂) – B	0.2011	r ₂ (point)	0.3685
L ₂ /(L ₁ +L ₂) – V	0.2117	r ₂ (side)	0.2887
L ₂ /(L ₁ +L ₂) – R	0.2263	r ₂ (back)	0.3196

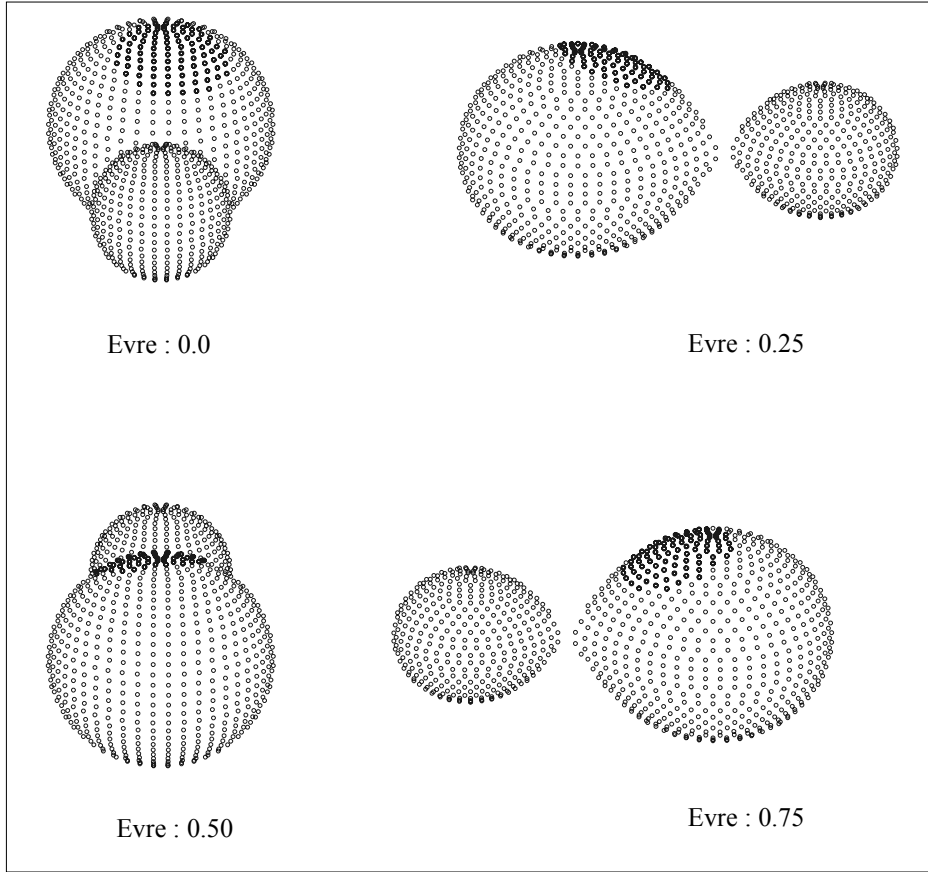


Şekil 5. CN And'ın B, V ve R süzgeçlerindeki gözlem noktaları ve analiz sonucunda bulunan parametrelere göre oluşturulan kuramsal eğriler.

6.Sonuçlar

CN And, ışık eğrisi analizi sonucunda, büyük kütleli bileşenin Roche lobunu doldurmuş, küçük kütleli bileşenin ise doldurmak üzere olduğu (%99 kadarını doldurmuş) yarı-ayrık bir sistem olarak görülmektedir. Yörünge dönemi analizi sonucunda bulunan, dP/dt 'nin negatif olarak çıkması bu sonucu doğrulamakta olup büyük kütleli bileşenden küçük kütleli bileşene doğru yılda $1.57 \times 10^{-7} M_{\odot}$ madde aktarması gerektiği bulunmuştur.

Sistemin ışık eğrisinde özellikle 0.75 evreden başlayan asimetri, sistemin baş bileşeni üzerinde var olabilecek manyetik aktivite ve bunun sonucu olarak da soğuk leke etkisi ile yorumlanmış olup lekenin ışık eğrisinin büyük bölümünde etkili olduğu görülmüştür. Sistemin ışık eğrisi analizi sonucu bulunan sisteme ve lekeye ilişkin parametreler Van Hamme ve ark. (2001)'in çalışması ile uyumlu olup sistemin kütle ve yarıçap değerleri sırasıyla $M_1=1.49 M_{\odot}$, $M_2=0.58 M_{\odot}$, $R_1=1.49 R_{\odot}$, $R_2=0.95 R_{\odot}$ olarak bulunmuştur. Van Hamme ve ark. (2001)'nin çalışmasında sıcak lekenin de varlığı önerilmiş fakat yapılan analiz sonucunda sistemin ışık eğrisinde sıcak leke etkisi görülmemiştir.



Şekil 6. CN And'ın soğuk leke ile birlikte 0, 0.25, 0.50 ve 0.75 evrelerdeki görünümü.

Teşekkür. Bu çalışma TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi tarafından gözlem projesi olarak desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Bozkurt, S., Gülmen, Ö., İbanoğlu, C. & Güdür, N. 1976, IBVS, 1087
Evren, S. et al. 1987, IBVS, 3109
Hoffmeister, C. 1949, AN, 12, 1
Kaluzny, J. 1983, AcA, 33, 345
Keskin, V. 1989, Ap&SS, 153, 191
Löchel, K. 1960, Mitt. Veranderl. Sterne, 457, 458
Lucy, L.B. 1967, Z. Astrophys. 65, 89
Rafert, J.B. et al. 1985, PASP, 97, 310
Rucinski, S.M., Lu, W. and Mochnacki, S.W. 2000, AJ, 120, 1133
Samec, R.G. et al. 1989, IBVS, 4753
Tsesevich, V.P. 1956, Astron. Circ., 170, 14
Van Hamme, W. et al. 2001, AJ, 122, 3436
Van Hamme, W., 1993, AJ, 106, 2096
Wilson, R.E. 1992, Documentation of Eclipsing Binary Computer Model, Revision of 1992: May, University of Florida
Yu-Lan, Y. and Qing-Yao, L. 1985, IBVS, 2705

101 Her Yıldızının Tayfsal Analizi

Teker, A.¹; Koçer, D.¹; Adelman, S.J.²; Çalışkan, H.¹; Tektunalı, H.G.¹; Çay, M.T.¹; Çay, İ.H.¹

1: İstanbul Üniversitesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü
2: The Citadel Fizik Bölümü Charleston ABD.

Özet

A7 V spektral tipinden bir yıldız olan 101 Her yıldızının 17 tane tayfı; Dominion Astrofizik Gözlemevi'nde 2.4 \AA mm^{-1} ayırma gücünde ve 122 cm^2 'lik teleskobu ile elde edilmiştir. Söz konusu tayflar, $3830 - 4740 \text{ \AA}$ dalgaboyu aralığını içermektedir. Tayflar REDUCE isimli yazılım ile indirgenmiş, eşdeğer genişlikler hesaplanmış ve çizgi tanısı yapılmıştır.

101 Her yıldızının rotasyon hızı; $\lambda 4481$ yakınındaki orta şiddetli tek çizgilerden 41 kms^{-1} olarak hesaplanmıştır. Bu yıldızın atmosfer parametreleri olan etkin sıcaklık, yüzey gravitesi ve mikrotürbülans; fotometrik ve tayfsal veriler kullanılarak elde edilmiştir. Buna göre $T_{\text{et}} = 8091 \text{ K}$, $\log g = 3.44$ ve $\xi = 4.5 \text{ km s}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır.

Son olarak atmosferin bolluk analizi için, Kurucz'un (1993) ATLAS9 programı kullanılarak model elde edilmiş; WIDTH9 programı ile de metal bollukları hesaplanmıştır.

1. Giriş ve Genel Bilgiler

Bu çalışmamızda A7 V türünden bir yıldız olan 101 Her'in (HD 166230; HR 6794) atmosfer bolluk analizi yapılmıştır. 101 Her üzerinde çok çalışılmış bir yıldız değildir. Jerzykiewicz (1993) büyük bir olasılıkla değişmeyen bir yıldız olduğunu öne sürmüştür. Diğer yandan Adelman (2001) Hipparcos fotometrisine göre en az değişen yıldızlardan biri olarak belirlemiştir. Daha önceki sınıflamalarda 101 Her, dev bir yıldız olarak tanımlanmıştır (Cowley ve ark. 1969).

2. Amaç

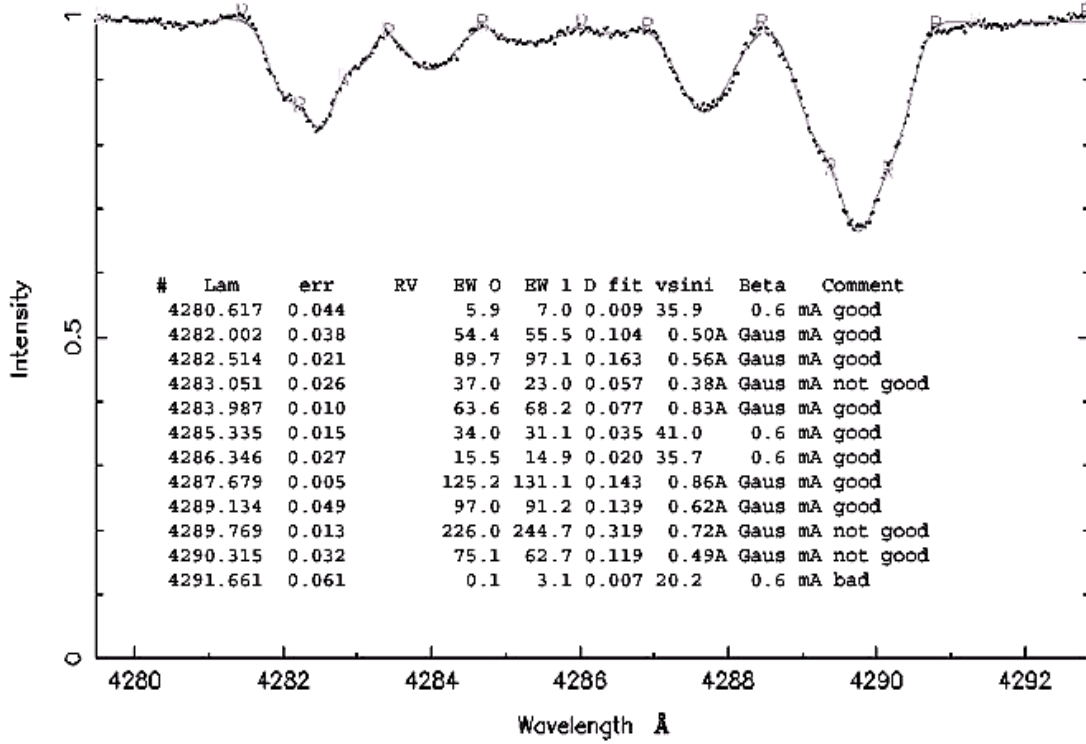
Bu çalışma daha önce analizlerine başlanılan, keskin çizgili geç A ve F, normal ve A_m yıldızlarının analizlerinin bir devamıdır. Normal yıldızlar üzerindeki çalışmalar, element bolluklarında bir standart belirlemeye yardımcı olmaktadır. Böylece sıcak yıldızlar ve güneş arasındaki bağıntı incelenebilir. Ayrıca bir çizgi atlası çalışmasına gidilmektedir.

3. Materyal ve Metod

Gözlemler, Prof. Dr. Saul J. Adelman tarafından Dominion Astrofizik Gözlemevi'nde 122 cm^2 'lik teleskop ile yapılmıştır. 2.4 \AA/mm ayırma gücünde 17 adet Retikon ve CCD spektrogramı elde edilmiştir ve herbirinin kapsadığı dalgaboyu aralığı Retikon için 67 \AA ve CCD için 63 \AA 'dur. Bu alıcıların sinyal gürültü oranı 200 dür. Spektral aralık 3830 \AA ile 4740 \AA arasında olup, spektrogramların merkezi dalgaboyları arasında 55 \AA fark vardır. $H\gamma$ bölgesini içeren 20 \AA/mm^2 'lik spektrum da elde edilmiştir. Spektrumlar, interaktif bilgisayar grafik programı REDUCE (Hill, Fisher ve Poeckert, 1982) ile indirgenmiş ve ölçülmüştür.

101 Her'in spektrumlarındaki çizgilerden eşdeğer genişliği 100 m\AA 'dan küçük olanlar kuramsal rotasyonel profil ile; 140 m\AA 'dan büyük olanlar kuramsal Gauss profiliyle ve ortalama eşdeğer genişliğe sahip olanlar en iyi uyan profil ile karşılaştırılmıştır. $\lambda 4481$ ' in yakınındaki temiz, tek ve orta şiddetli çizgilerden dönme hızı varsayımı yapılmıştır. Bu değer 101 Her için 41 kms^{-1} olarak alınmıştır. Çizgiler genel olarak Moore (1945)'un " A Multiplet Table of Astrophysical Interest " kataloğundan ve Reader ve Corliss (1981)'in " Wavelengths and Transition Probabilities for Atoms and Atomic Ions, Part I " çizelgesinden tanımlanmıştır. Bunların yanında Ti II için Hultdt ve ark. (1982), Mn I için Catalan ve ark. (1964), Mn II için Iglesias ve Valesco (1964), Fe I için Nave ve ark. (1994) ve Fe II için Johansson (1978)'un çizelgeleri kullanılmıştır.

Şekil-1 : 101 Her yıldızının $4280 \text{ \AA} - 4292 \text{ \AA}$ arasındaki spektrum bölgesinin REDUCE programı ile profil geçirilmesi ve eşdeğer genişlik ölçümü.



101 Her'in spektrumunda O I, Mg I, Mg II, Al I, Si II, Ca I, Sc II, Ti II, V II, Cr I, Cr II, Mn I, Mn II, Fe I, Fe II, Co I, Ni I, Ni II, Zn I, Sr II, Y II, Zr II, Ba II, La II, Nd II, Sm II, Eu II ve Gd II metal çizgileri element bolluğu analizinde kullanılmak üzere bulunmuştur. Si I ve Ti I gibi blend halde bulunan, diğer türlere ait çizgilerin yanısıra Ca II çizgileri de mevcuttur.

Yıldızın radyal hızı; Yer'in yörünge hızı için düzeltme yapıldıktan sonra, yıldız ve laboratuvar dalgaboylarının karşılaştırılması sonucu bulunmuştur. 101 Her için 16 spektrogramdan $-16.1 \pm 2.5 \text{ kms}^{-1}$ 'lik ortalama bir değer bulunmuştur. Bu değer Abt ve Biggs (1972) tarafından verilen -12.2 kms^{-1} ile -19.8 kms^{-1} arasındaki değerler ile kıyaslanabilir. Bu yüzden 101 Her olası bir çift olarak ileride çalışılmaya adaydır.

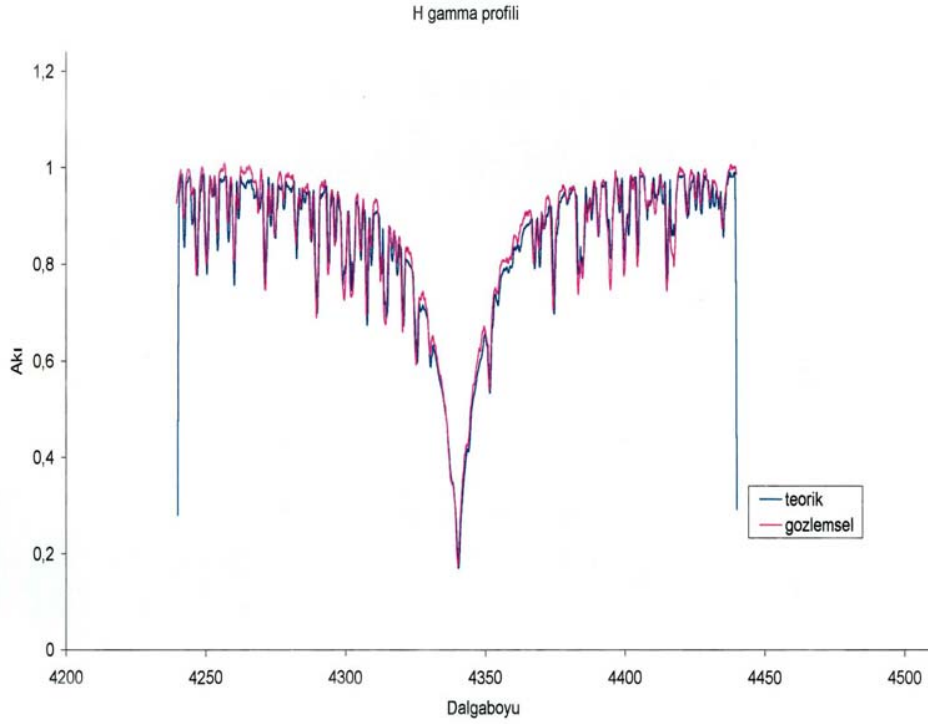
4. Bulgular

Çizelge-1 : Etkin sıcaklık ve yüzey çekimi tespitleri.

Yıldız	T_{et} (K)	Log g	Metod
101 Her	8091	3.44	Napiwotzki ve ark. (1993) ile uvby β fotometrisi
	8088	3.51	Adelman ve ark. (2001)'in bulduğu farklarla düzeltilen fotometrik değerler, Karışma Yüksekliği Teorisi
	8061	3.69	Adelman ve ark. (2001)'in bulduğu farklarla düzeltilen fotometrik değerler, CM Teorisi

Çizelge-1 etkin sıcaklık ve yüzey çekimi tahminlerimizi göstermektedir. Burada üç farklı yöntem kullanılmıştır. Smalley ve Kupka'nın öne sürdüğü üzere Canuto ve Mazzitelli'nin türbülanslı konveksiyon teorisi, karışım yüksekliği teorisinden daha gerçekçi olduğu için son değerler kabul edilmiştir.

A. Teker vd: 101 Her Yıldızının Tayfsal Analizi



Şekil-2 : H γ bölgesinin teorik ve gözlemsel değerlerinin karşılaştırılması.

101 Her'in spektrofotometrik değerleri iyi olmadığından Hipparcos'dan alınan fotometrik değerler; Adelman ve ark. (2001)'in bulduğu ortalama farklar kullanılarak düzeltilmiştir. Yüzey çekimi bir asalkol yıldızından beklenenden biraz küçüktür. H γ bölgesinin sentetik spektrumunu hesaplamak için SYNTHE (Kurucz ve Avrett, 1981) programı kullanıldığında, gözlenen ve teorik H γ profillerinin iyi uyduğu görülmüştür. Bu ise etkin sıcaklığın iyi belirlendiğini doğrulamaktadır.

Metal bollukları, Kurucz ve Bell (1995)'in metal çizgisi sönmüleme katsayıları kullanılarak WIDTH9 (Kurucz 1993) programı yardımıyla belirlenmiştir. Olası bir mikrotürbülans aralığı için Fe I ve Fe II çizgilerinden bolluklar çıkarılmıştır. Çizelge-2'deki ξ_1 eşdeğer genişlikten bağımsız bolluk değerini veren ve ξ_2 ise ortalamadan en az saçılmaya sahip bolluğu veren mikrotürbülans hızıdır.

Çizelge-2 : Fe I ve Fe II çizgilerinden mikrotürbülans hesaplamaları.

Yıldız	Tür	Çizgi Sayısı	ξ_1 (km s ⁻¹)	log N/N _T	ξ_2 (km s ⁻¹)	log N/N _T	gf değerleri
101 Her	Fe I	136	4.5	-4.61 ± 0.27	4.5	-4.61 ± 0.27	MF+KX
		118	4.5	-4.62 ± 0.26	4.6	-4.63 ± 0.26	MF
	Fe II	32	4.6	-4.55 ± 0.28	4.5	-4.54 ± 0.28	MF+KX
		kabul edilen	4.5				

101 Her için Fe I ve Fe II çizgilerinin en iyi uyumunda bulunan mikrotürbülans hızı 4.5 kms⁻¹ 'dir. Bu mikrotürbülans için her iki türden çıkarılan demir bolluğu değerleri, kabul edilebilir bir miktar olan 0.06 dex'lik bir fark göstermektedirler. Helyum bolluğunun güneşinki kadar olduğu varsayılmıştır. Bu yüzden log N/N_T değerlerini log N/H değerlerine çevirmek için -0.04 dex ilave edilmiştir.

Çizelge-3'de 101 Her'e ait çizgi sayısı ve bolluk değerleri Güneş'in (Grevesse, Noels ve Sauval, 1996) değerleri ile kıyaslanmaktadır. Aynı zamanda metalce zayıf bir yıldız olan 99 Her'in çizgi sayısı ve bollukları da verilmiştir. Tüm Al bollukları güneşinkinden azdır. 101 Her'in nadir toprak elementi bollukları diğer yıldızlardan daha büyüktür. Ancak sadece birkaç çizgiye dayanan bolluklar dikkatli ele alınmalıdır.

Çizelge-3 : Bollukların Güneş değerleriyle kıyaslanması.

Tür	99 Her log N/H	101 Her log N/H	Çizgi	Güneş
C I	-3.51	---	0	-3.45
O I	---	-3.65	1	-3.13
Na I	-5.95	---	0	-5.67
Mg I	-5.01	-4.90±0.32	3	-4.42
Mg II	-4.25	-4.36±0.16	4	-4.42
Al I	-6.65	-6.42±0.42	2	-5.53
Si II	-4.81	-4.29±0.34	4	-4.45
Ca I	-6.07	-5.65±0.22	13	-5.64
Sc II	-8.92	-8.68±0.10	2	-8.83
Ti I	-7.39	---	0	-6.98
Ti II	-7.22	-7.03±0.29	37	-6.98
V I	-8.24	---	21	-8.00
V II	-8.01	-7.71±0.30	6	-8.00
Cr I	-6.61	-6.31±0.25	9	-6.33
Cr II	-6.51	-6.27±0.28	17	-6.33
Mn I	-7.04	-6.47±0.27	9	-6.61
Mn II	-6.61	-6.42	1	-6.61
Fe I	-4.94	-4.57±0.26	41	-4.50
Fe II	-4.76	-4.50±0.28	32	-4.50
Co I	-7.31	-7.22±0.18	2	-7.08
Ni I	-6.22	-5.70±0.17	8	-5.75
Ni II	-5.78	-5.46±0.03	2	-5.75
Zn I	-7.84	-7.62±0.04	2	-7.40
Sr I	-8.94	---	0	-9.03
Sr II	-9.61	-8.96±0.35	2	-9.03
Y II	-10.02	-10.22	1	-9.76
Zr II	-9.53	-9.04±0.28	11	-9.40
Ba II	-10.22	-9.91	1	-9.87
La II	-10.42	-10.43±0.31	3	-10.83
Ce II	-10.37	---	0	-10.42
Pr II	-11.51	---	0	-11.29
Nd II	-10.61	-9.28±0.43	2	-10.50
Sm II	-10.58	-9.84	1	-10.99
Eu II	-11.87	-10.31	1	-10.49
Gd II	-10.22	-9.98	1	-10.88
T _{et} (K)	6100	8061		

101 Her'in sadece birkaç çizgiye dayanan Nd, Sm ve Gd bollukları, bazı nadir toprak elementlerinin aşırı bolluk verdiği ve ilave doğrulama gerektirdiğini gösterir. Diğer 19 element için 101 Her'in Güneş'e kıyasla ortalama bolluk azlığı -0.03 ± 0.32 dex'tir. Bu değer ise Güneş civarındır. En önemli istisna -0.89 dex az bolluk gösteren Al'dur. Mg I 'in çizgileri çizgi örtülmesi çok olan bölgelerde olduğundan Mg I yerine Mg II değeri kullanılmıştır. Sadece birkaç çizgiye dayanan O, Y ve Eu değerlerinin doğrulanması gerekmektedir. Cr I ve Cr II çizgileri benzer sonuçlar verirken, Ni I ve Ni II çizgilerinin değerleri pek iyi değildir. Ortalama dönmesi ve çizgi örtülme derecesine bağlı olarak 101 Her analiz etmek için zor bir yıldızdır.

5. Tartışma ve Sonuç

101 Her'in element bolluğu güneşinki ile benzerlik göstermektedir. Sadece Nd, Sm ve Gd gibi nadir toprak elementleri fazla bolluk gösterir. Al ise -0.89 dex'lik az bolluk vermektedir.

Ek çalışmalarla bulunacak pek çok bolluk değerleri sayesinde bolluk anormallikleri arasında bir bağıntı olup olmadığı incelenmeye devam edilecektir.

Çalışmamız Uluslararası hakemli bir dergi olan Astronomy and Astrophysics' de yayına kabul edilmiştir.

Bu çalışma İstanbul Üniversitesi Araştırma Fonu tarafından desteklenmiştir.

Proje No. ÖR-145/06112000

Kaynaklar

- Abt H. A., Biggs E. S., 1972, Bibliography of Stellar Radial Velocities, Kitt Peak National Observatory
Abt H. A., & Morrell N. I., 1995, ApJS 99, 135
Adelman S. J., 2001, A&A 367, 297
Canuto V. M., & Mazzitelli I., 1991, ApJ, 370, 295
Canuto V. M., & Mazzitelli I., 1992, ApJ, 389, 724
Castelli F., Gratton R. G., & Kurucz R. L., 1997, A&A, 318, 841
Catalan M. A., Meggers W. F., & Garcia-Riquelme O. 1964, J. Res NBS, 68A, 9
Cowley A., Cowley C., Jaschek M., & Jaschek C. 1969, AJ, 74, 375
Dworetzky M. M., 1971, PhD thesis, Univ. Of California at Los Angeles
Fuhr J. R., Martin G. A., & Wiese W. L., 1988, J. Phys. Chem. Ref. Data 17, Suppl. 4
Gulliver A. F., Hill G., Adelman S. J., 1996, in 5th Vienna Symposium on Stellar Atmospheres and Spectrum Synthesis, eds. S. J. Adelman, F. Kupka, & W. W. Weiss (San Francisco, Astron. Soc. Pacific), ASP Conference Series, 108, p. 232
Grevesse N., Noels A., & Sauval A. J., 1996, in Cosmic Abundances, eds. S. Holt & G. Sonneborn (San Francisco, Astron. Soc. Pacific), ASP Conference Series, 99, p. 117
Hauck B., & Mermilliod M., 1980, A&AS 40, 1
Hauck B., & Mermilliod M., 1998, A&AS 129, 431
Iglesias L., & Velasco R., 1964, Publs. Inst. Optica, No. 23
Jerzykiewicz M., 1993, A&AS, 97, 421
Johansson S., 1978, Phys. Scripta, 18, 217
Hill G., Fisher, W. A., Poeckert R., 1982, Publ. Dom. Astrophys. Obs. Victoria, 16, 27
Huldt S., Johansson S., Litzen U., Wyart J.-F., 1982, Phys. Scripta, 25, 401
Kurucz R. L., 1993, Atlas9 Stellar Atmosphere Programs and 2 km/s grid, Kurucz CD-Rom No. 13, Smithsonian Astrophysical Observatory, Cambridge, MA
Kurucz R. L., & Avrett E. H., 1981 SAO Special Report No. 391
Kurucz R.L., & Bell B. 1995, Atomic Data for Opacity Calculations, Kurucz CD-Rom No. 23, Smithsonian Astrophysical Observatory, Cambridge, MA
Lemke M., 1989, A&A 225, 125
Moore C. E., 1945, A Multiplet Table of Astrophysical Interest, Princeton University Observatory
Napiwotzki R., Schönberner D., & Wenske V., 1993, A&A 268, 653
Nave G., Johansson S., Learner R. C. M., Thorne A. P., Brault J. W., 1994, ApJS, 94, 221
Reader J., Corliss C. H., 1980, NSRDS-NBS 68, Part 1, US Government Printing Office, Washington
Smalley B., & Kupka F., 1997, A&A 328, 349