







CQ UMa'nın Atmosferik Parametrelerinin Belirlenmesi

Ebru Uzunçam¹ *, Eda Burcu Yorulmaz¹ , Hakan Volkan Şenavcı¹ ,
Tolgahan Kılıçoğlu¹ , İbrahim Özavcı¹ , Engin Bahar¹ 

¹ Ankara Üniversitesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı, Tandoğan, TR-06100, Ankara, Türkiye

Accepted: April 2, 2023. Revised: December 26, 2022. Received: November 14, 2022.

Özet

Bu çalışmada, Ankara Üniversitesi Kreiken Rasathanesi'nde bulunan T80 Prof. Dr. Berahitdin Albayrak Teleskobu ve ona bağlı tayfçeker kullanılarak Ap türü manyetik kimyasal tuhaf CQ UMa yıldızının farklı dönme evrelerinde yüksek çözünürlüklü ($R \approx 30000$) tayfları elde edildi. Tayfsal verilerin analizleri yardımıyla CQ UMa'nın atmosferik parametreleri belirlenip literatürdeki çalışmalarla karşılaştırıldı ve TESS ışık eğrisi verileri ile bazı elementlerin bolluk dağılımlarıyla korelasyonu incelendi.

Abstract

In this work, using the T80 Prof. Dr. Berahitdin Albayrak Telescope and its attached spectrograph, high resolution ($R \approx 30000$) spectra at different rotational phases of the Ap type magnetic-chemically peculiar star CQ UMa were obtained. Atmospheric parameters of CQ UMa were determined with the help of the analysis of the spectral data and compared with the studies in the literature, and its correlation of TESS lightcurve data with the abundance distributions of some elements were examined.

Anahtar Kelimeler: stars: spectra, stars: chemically peculiar stars

1 Giriş

Kimyasal tuhaf yıldızlar genel olarak sıcak yıldızlar olup (B tayf türünden erken F tayf türüne kadar) tayflarında görülen anormallikler, madde hareketlerinin ışınım basıncı ve çekim kuvvetine bağlı olarak değiştiği atomik difüzyon teorisiyle açıklanmaktadır (Michaud 1970; Richer ve diğ. 2000). Kimyasal tuhaf yıldızlar, optik bölge tayflarında görülen özelliklere göre 4 alt sınıfta toplanmaktadır (Preston 1974). Bunlar;

- CP1 – Metalik Çizgili Yıldızlar (Am),
- CP2 – Manyetik Ap Yıldızları (Ap ve Bp),
- CP3 – HgMn (Cıva- Mangan) Yıldızları,
- CP4 – Helyumca Fakir Kimyasal Tuhaf Yıldızlar (He-Weak)

olarak sıralanabilir.

Ap/Bp veya CP2 sınıfı yıldızlar, yüzey- lerinde güçlü ve kararlı manyetik alanlara sahiptirler. Eğik çift kutuplu geometrilere sahip bu alanların dinamo tarafından üretilen veya yıldızlararası ortamdan alınan manyetik akının fosil kalıntıları olduğu düşünülmektedir (Kochukhov 2017). Kimyasal bolluk farklılıkları yıldızın ışık eğrilerinde dönme dönemi ile modüle olmuş ışık değişimleri ve yıldızın yüzeyinde anormal bolluğa sahip elementlerin tayf çizgi profillerinin evreye bağlı değişimi olarak kendini göstermektedir. Tayf çizgilerinin zamana bağlı profil değişimleri, temeli Deutsch (1958) tarafından yapılan çalışmalara kadar uzanan Doppler görüntüleme tekniği yardımıyla modellenerek yıldızın yüzey yapısı elde edilebilmektedir.

Bu çalışma kapsamında incelenen CQ UMa yıldızı, A1p tayf türünden CP2 sınıfına ait peküler bir yıldız olup, güçlü stronsiyum çizgileri ile karakterize edilmiştir (Mikulasek 1979).

TESS veritabanında CQ UMa'ya ait toplam 5 sek- törde ışık eğrileri mevcuttur. Bu sektörler 15,16,22 ve 49. sektörlerdir. TESS'in sağladığı bu kesintisiz ve hassas ışık eğrileri sayesinde yıldızın yüzey parlaklık dağılımındaki anormalliklerin yıldızın dönme evresi boyunca parlaklığını nasıl değiştirdiği ortaya çıkarılabilmektedir. Bu tür yıldızlardaki değişimin manyetik aktivite kaynaklı kimyasal lekeler olduğu varsayımı altında bu çalışma kapsamında bazı elementlere ilişkin elde ettiğimiz evreye bağlı Güneş'e nazaran bolluk değerlerini TESS ışık eğrileriyle de karşılaştırdık.

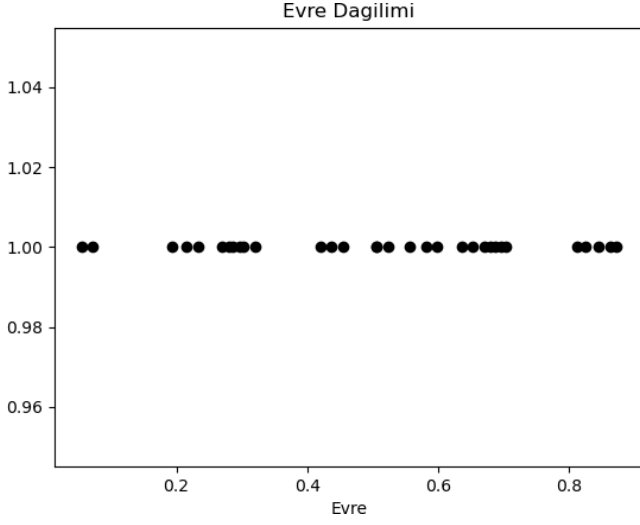
1.1 CQ UMa

CQ UMa yıldızı, (HR 5153, HD 119213) $m_V = 6^m 28$ SrCrEu türüne ait bir manyetik kimyasal tuhaf yıldız olup, fotometrik olarak iyi çalışılmış bir yıldızdır (Mikulasek & Ziznovsky 2001). CQ UMa'nın fotometrik doğasının ortaya çıkarılabilmesi için birçok çalışma yapılmıştır (Mikulasek ve diğ. 1978; Mikulasek 1987; Mikulasek & Ziznovsky 2001; Pavlovski 1979; Ziznovsky & Mikulasek 1995). CQ UMa yıldızının manyetik alan şiddetinin anlaşılabilmesi için çalışmalar da yapılmış ve bu yıldızın güçlü manyetik alanlara sahip olduğu anlaşılmıştır (Glagolevskij ve diğ. 1984).

2 Gözlemler ve Verilerin İndirgenmesi

Yıldıza ait yüksek çözünürlüklü tayfsal veriler, Ankara Üniversitesi Kreiken Rasathanesi'nde yer alan T80 Prof. Dr. Berahitdin Albayrak Teleskobu ve ona bağlı tayfçeker kullanılarak 26 Mart'tan itibaren 9 Ağustos 2022 tarihine kadar belirtilen bu aralıklarda tahsis edilen günlerde elde edildi. Bu çalışma için 1, 5, 8 ve 9 Ağustos 2022 tarihlerinde alınan veriler tercih edildi. Yıldızın farklı dönme evrelerindeki yüksek çözünürlüklü tayfları alındı ve bu verilerin evre dağılımı oluşturuldu (bkz. Şekil 1). Tayfların ön indirgenmesi (Bias dark

* ebru.uz.euz@gmail.com



Şekil 1. CQ UMa yıldızına ait evre dağılımı.

flat düzeltmesi, dalgaboyu kalibrasyonu, dikine hız ve Doppler düzeltmeleri vb.) IRAF'ın standart paketleri kullanılarak yapıldı. Elde edilen tayflar, çalışma grubumuzca Python programlama dilinde geliştirilen bir kod yardımıyla normalize edildi. Bu çalışma, tez çalışmasının parçası olup Ulusal Astronomi Kongresi için kısa zamanda bulgular elde etmek amacıyla 4300-5000 Å dalgaboyu aralığını kapsayan veriler tercih edildi. Ancak yapılacak olan tez çalışmasında mevcut dalgaboyu aralığının tamamı kullanılacaktır.

3 Analizler

Bu çalışma kapsamında, CQ UMa yıldızına ait farklı dönme evreleri seçildi. Bu evreler sırasıyla; 0.005, 0.270, 0.450 ve 0.690 olarak belirlendi. Kuramsal tayflar gözlemsel tayflarla karşılaştırılarak her bir tayf çizgisinin kanatlarının iyi bir şekilde modellenmesi gerekmektedir. Özellikle izdüşümsel dönme hızı, çizgileri genişlettiği için profilleri etkilemektedir. Gözlemsel tayflara, 8600 K sıcaklığına ve yüzey çekim ivmesine (Ghazaryan ve diğ. 2018) ve $v \sin i = 30 \text{ km s}^{-1}$ kriterlerine uygun bir sentetik tayf fit edildi (bkz. Şekil 3).

Bu bağlamda 4300-5000 Å dalgaboyu aralığında mümkün olduğunca blend olmamış FeII, TiII, CrII ve MnI çizgilerinin bolluğunu hesaplandı (Çizelge 1). Tayfsal analizler gerçekleştirilirken, SYNSPEC49 kodunun χ^2 minimizasyonu için revize edilmiş bir versiyonu olan kod (Hubeny & Lanz 1995; Kılıçoğlu ve diğ. 2016) kullanıldı.

Kimyasal bolluğu hesaplamak için literatürden alınan etkin sıcaklık ve yüzey çekim ivmesi değerleri için kuramsal tayflar oluşturuldu (Çizelge 2). Bu süreçte bollukların Güneş bolluğunda olduğu kabul edildi. Bolluk hesabında, FeI, MnI, CrII ve TiII çizgilerinden karışmamış ve yeterli şiddete sahip olanları seçildi böylelikle profili bozulmamış bu atomik türlere ait tayf çizgileri dikkate alındı. Kuramsal tayf, gözlemsel tayfa fit edildikten sonra 10 ila 20 Å aralığında açıldı. Revize edilmiş SYNSPEC49 kodunun measure komutuyla ilgili elemente ait tayf çizgisinin başlangıç dalgaboyu ve bitiş dalgaboyunun işaretlenmesiyle en uygun bolluk değerleri elde edilene kadar iterasyon gerçekleştirildi. Aynı elementlere ait belirlenen bollukların ortalamaları ve standart sapmaları hesaplandı.

Çizelge 1. 0.005 evresindeki bolluk değerleri.

Evre	FeII	TiII	CrII	MnI
0.005	-0.368	0.543	0.581	-0.138
0.270	-0.419	-0.754	0.866	-0.166
0.450	-0.344	-0.701	0.786	-0.044
0.690	-0.352	-0.450	0.654	0.032

Çizelge 2. Literatürden alınan etkin sıcaklık ve yüzey çekim ivmesi değerlerinin karşılaştırılması.

$\log g \text{ (cm s}^{-2}\text{)}$	$T_{\text{eff}} \text{ (K)}$	$v \sin i \text{ (}^\circ\text{)}$
4.11	8802	33
3.75	8600	30

Mikrotürbülans hızını belirlemek için literatürde farklı bağıntılar mevcuttur. Bu çalışma kapsamında kullanılan bağıntı Takeda ve diğ. (2008) tarafından III – IV – V ışınım sınıflarından olan ve $10 \text{ km s}^{-1} < v \sin i < 290 \text{ km s}^{-1}$ hızlarına sahip olan Am yıldızlarını da içeren 46 adet yıldızın tayfı kullanılarak elde edilmiş çalışmanın revize edilmiş versiyonu olan Aydın, M. (2020) çalışmasıyla hesaplandı. Yapılan bu çalışmada A ve F tayf türünden olan yıldızların $\log g$ ve T_{eff} değerleri literatürden toplanmıştır. Literatürden toplanan veriler grafiğe geçirildikten sonra teorik mikrotürbülans değerleri elde edilerek grafik üzerine eklenmiştir. Dağılımı en iyi temsil eden model eğrisinden yıldızların mikrotürbülans değerleri ortaya konulmuştur. Bu bağlamda elde edilen mikrotürbülans değeri 3.10 olarak hesaplanmıştır. CQ UMa yıldızı tayfsal olarak az çalışılmış bir yıldız olduğundan, bu çalışma kapsamında, CQ UMa yıldızına ait atmosferik parametreler belirlendi ve literatürdeki çalışmalarla kıyaslandı.

TESS ışık eğrisi verileri alınarak bir çevrime denk gelecek şekilde CQ UMa yıldızının ışık elemanlarına göre evrelendirildi. Işık elemanları;

$$\text{BJD} = 2453200.00 + 1^d 756608 \times E \quad (1)$$

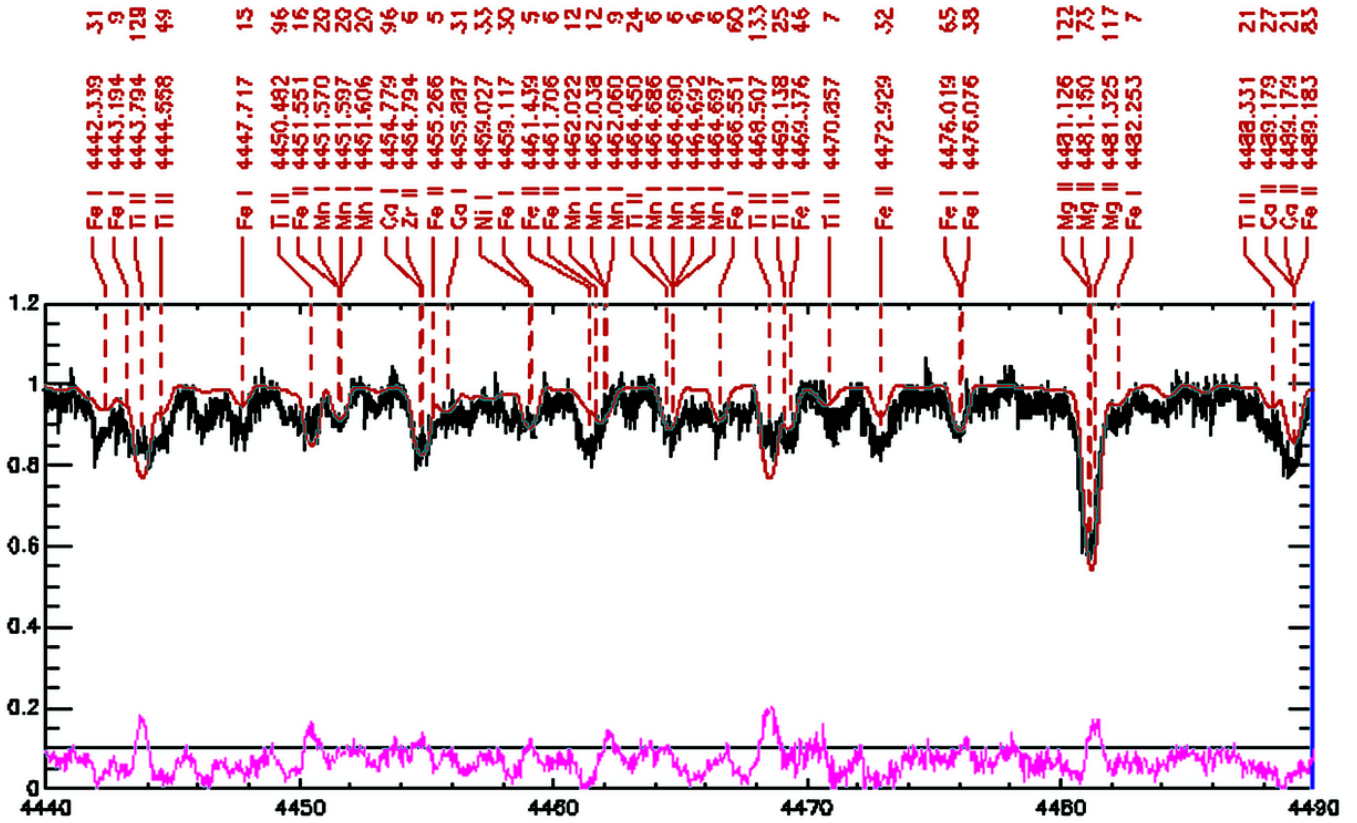
olarak alındı (Ziznovsky & Mikulasek 1995).

Bu çalışma için seçilmiş bazı elementlerin bolluk değerlerinin ortalaması alındıktan sonra elde edilen bu verilerin ışık eğrisiyle korelasyonu irdelendi.

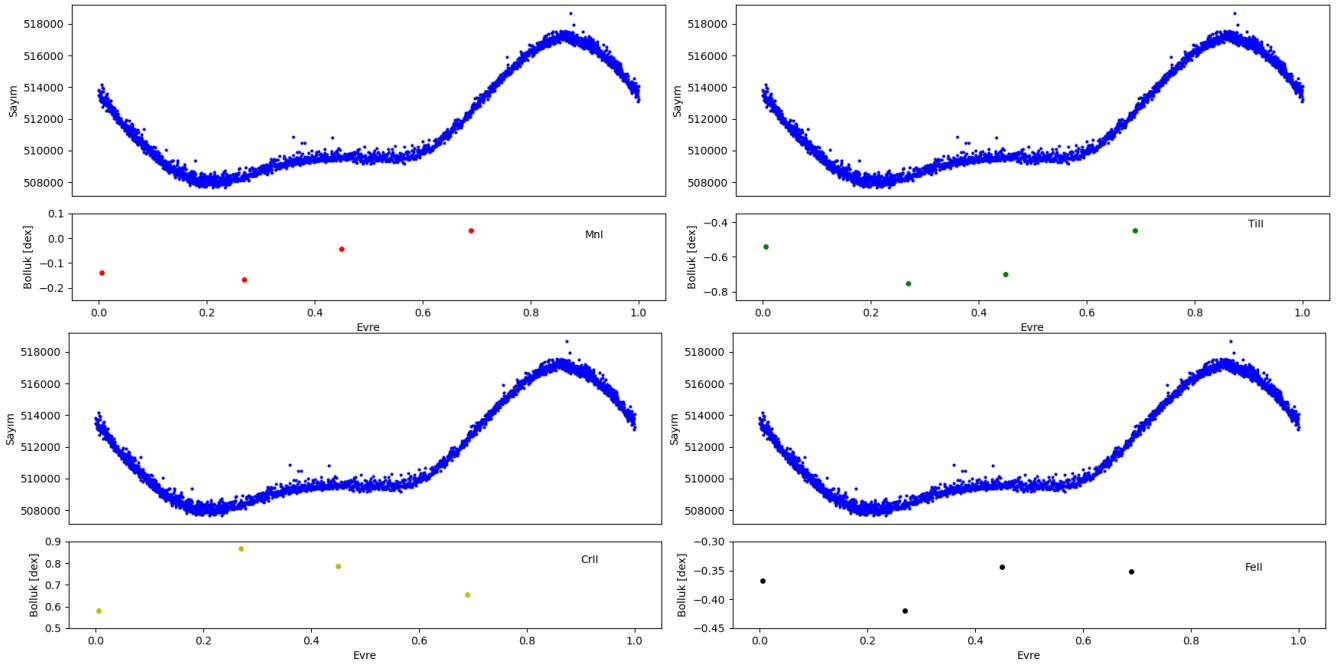
4 Sonuç ve Tartışma

CQ UMa yıldızı tayfsal olarak az çalışılmış bir yıldız olduğundan, bu çalışma kapsamında, CQ UMa yıldızına ait atmosferik parametreler belirlendi. Yapılan çalışmaya göre incelenen dalgaboyu aralığında, CrII elementinin incelenen diğer elementlere göre (TiII, MnI, FeII) bolluk değerlerinin daha fazla olduğu görüldü. TESS verileri kullanılarak elde edilen ışık eğrilerinin MnI, TiII, CrII ve FeII elementleri ile korelasyonu Şekil 3'de verilmiştir.

Bu çalışma için seçilmiş bazı elementlerin bolluk değerlerinin ışık eğrisi ile korelasyonunun irdelenmesi sonucunda, TiII, MnI, FeII elementlerin korele bir şekilde dağılım gösterdiği ancak CrII elementinin anti-korele bir dağılım gösterdiği sonucuna varıldı. Sonuç olarak, bu çalışmada elimizdeki veriler ışığında CQ UMa yıldızının atmosferik parametreleri belirlenmiş, bazı elementlerin bolluğu hesaplanmış ve ışık eğrisi ile korelasyonu incelenmiştir. İleride



Şekil 2. Revize edilmiş SYNSPEC49 kodu kullanılarak verilen parametrelere uygun biçimdeki sentetik tayf (beyaz) ve CQ UMa yıldızının tayfı (kırmızı).



Şekil 3. Üst panellerde CQ UMa yıldızına ait TESS ışık eğrileri verilmiştir. Işık eğrilerinin altında is (üst panel, sol, sağ) MnI, TiII, (alt panel, sol, sağ) CrII ve FeII elementlerinin dex biriminden bolluk dağılımı.

yapılacak gözlemler ve analizler, manyetik kimyasal tuhaf bir yıldız olan CQ UMa yıldızının doğası hakkında daha ayrıntılı bilgiler edinmemize olanak sağlayacaktır.

Kaynaklar

- Aydın, M. 2020, Master's thesis, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
- Deutsch A. J., 1958, in Lehnert B., ed., IAU Symposium Series Vol. 6, Electromagnetic Phenomena in Cosmical Physics. Cambridge University Press, p. 209
- Ghazaryan S., Alecian G., Hakobyan A. A., 2018, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 480, 2953
- Glagolevskij Y. V., Bychkov V. D., Romanyuk I. I., 1984, *Astrofizicheskie Issledovaniia Izvestiya Spetsial'noj Astrofizicheskoy Observatorii*, 18, 57, [ADS](#)
- Hubeny I., Lanz T., 1995, *ApJ*, 439, 875
- Kochukhov O., 2017, *A&A*, 597, A58
- Kılıçoğlu T., Monier R., Richer J., Fossati L., Albayrak B., 2016, *The Astronomical Journal*, 151, 49
- Michaud G., 1970, *ApJ*, 160, 641
- Mikulasek Z., 1979, *Bulletin of the Astronomical Institutes of Czechoslovakia*, 30, 234, [ADS](#)
- Mikulasek Z., 1987, *Information Bulletin on Variable Stars*, 3010, 1, [ADS](#)
- Mikulasek Z., Ziznovsky J., 2001, *Information Bulletin on Variable Stars*, 5188, 1, [ADS](#)
- Mikulasek Z., Harmanec P., Grygar J., Zdarsky F., 1978, *Bulletin of the Astronomical Institutes of Czechoslovakia*, 29, 44, [ADS](#)
- Pavlovski K., 1979, *A&A*, 76, 362, [ADS](#)
- Preston G. W., 1974, *ARA&A*, 12, 257
- Richer J., Michaud G., Turcotte S., 2000, *The Astrophysical Journal*, 529, 338
- Takeda Y., Han I.-W., Kang D.-I., Lee B.-C., Kim K.-M., 2008, *Journal of Korean Astronomical Society*, 41, 83
- Ziznovsky J., Mikulasek Z., 1995, *Information Bulletin on Variable Stars*, 4259, 1, [ADS](#)

Access:

M23-0385: [Turkish J.A&A](#) — Vol.4, Issue 3.