

Kırmızı Dev Yıldızlardan Galaktik Metal Bolluğu Gradyentleri

Oğuz Han ATAŞ¹ , Tansel AK² 

¹İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

²İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, İstanbul, Türkiye

ORCID: O.H.A. 0000-0003-2522-9568; T.A. 0000-0002-0688-1983

ÖZ

Bu çalışmada, kırmızı dev kolundaki yıldızların tayfsal, fotometrik ve astrometrik verilerini kullanarak bugünkü ve dinamik yörünge parametrelerinden belirlenen uzaklıklar için metal bolluğu gradyentleri hesaplanmıştır. $0 < z_{\max} \leq 0.5$, $0.5 < z_{\max} \leq 1$ ve $1 < z_{\max} \leq 2$ kpc uzaklık aralıkları için hesaplanan radyal metal bolluğu gradyentlerinin yörünge basıklıklarıyla, sırasıyla, $-0.06 < d[\text{Fe}/\text{H}]/dR_m < -0.03$, $-0.05 < d[\text{Fe}/\text{H}]/dR_m < -0.01$ ve $-0.02 < d[\text{Fe}/\text{H}]/dR_m < -0.01$ dex/kpc değiştiği görülmüştür. Galaktik düzlemden $z_{\max} > 2$ kpc uzaklıklar için metal bolluğu gradyentlerinin yörünge basıklıklarına duyarlı olmadığı belirlenmiştir. Bu bulgular, Galaksi diski için belirgin bir metal bolluğu gradyentinin varlığını işaret etmek ile birlikte yıldızların Galaksi diskindeki tedirginliklerden dolayı radyal göçe maruz kalmasından dolayı metal bolluğu gradyentlerinin değiştiğini gösterir.

1. Giriş

Kırmızı dev yıldızlar, Galaktik yıldız popülasyonlarının evriminin anlaşılmasında önemli yıldız gruplarından. Kırmızı yığın ve asimptotik dev kolu yıldızlarından oluşan, Kırmızı Dev Kolu (KDK), yaşlı ve orta-yaş yıldız popülasyonlarının tayfsal ve fotometrik gözlemlerinden elde edilen, uzaklık (Pulone, 1992; Lee ve diğ., 1993), metal bollukları (Sarajedini, 1994) ve yıldız oluşum tarihi (Girardi ve Salaris, 2001; Salaris ve Girardi, 2002; Maness ve diğ., 2007) hakkında bilgiler sağlar.

KDK yıldızlarının seçimi, The Apache Point Observatory Galactic Evolution Experiment'in 13. veri sürümündeki (APOGEE DR13; Majewski ve diğ., 2017) tayfsal verilere getirilen bir

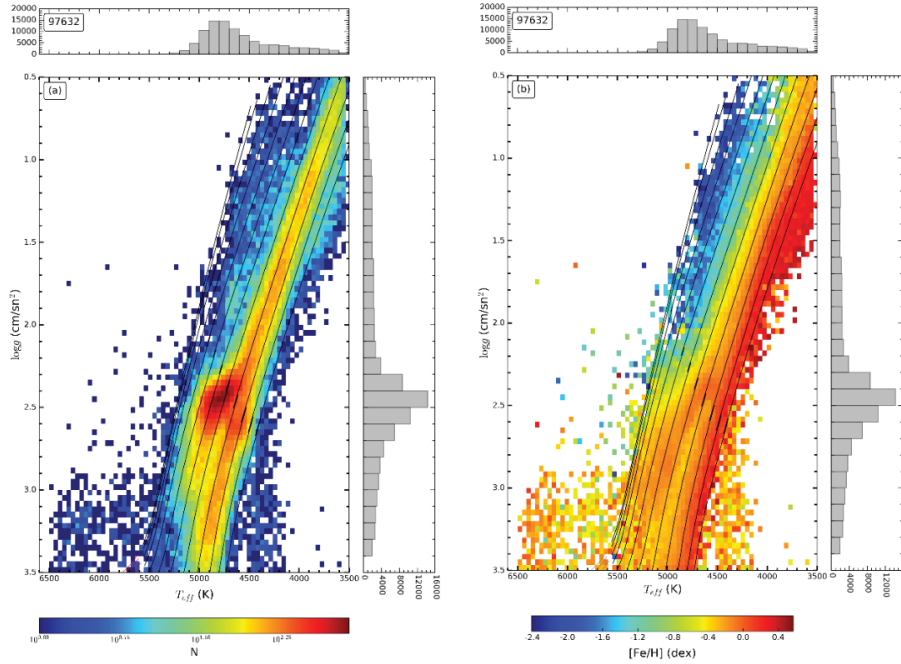
Submitted/Başvuru: 27.09.2019 Accepted/Kabul: 31.01.2020

Corresponding author/Sorumlu yazar: Oğuz Han Ataş, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye. E-mail: oguz.atas@ogr.iu.edu.tr

Citation/Atf: Ataş & Ak 2021, in: Kırmızı Dev Yıldızlardan Galaktik Metal Bolluğu Gradyentleri, eds. S. Ak & S. Bilir, *Galactic Astronomy Workshop Proceedings Book*, 223. <https://doi.org/10.26650/PB/PS01.2021.001.030>

takım sınırlandırmalar ile yapılmıştır. Yıldızların $\log g \times T_{\text{eff}}$ diyagramları oluşturularak, KDK yıldızlarının literatürden tespit edilmiş model atmosfer parametrelerine sınırlandırmalar ($3500 < T_{\text{eff}} \text{ (K)} < 6500$ ve $0.5 < \log g \text{ (cm/sn}^2\text{)} < 3.5$; bkz. [Hayden ve diğ., 2015](#)) getirilerek bu çalışmadaki KDK örneği belirlenmiştir.

Farklı ağır element bollukları ve 7 Gyl'lık PARSEC eş-yaş eğrilerine ([Bressan ve diğ., 2012](#)) kalibre edilen Hertzsprung-Russell (HR) diyagramı üzerinden seçilen 97632 KDK yıldızının sayı yoğunluğuna göre oluşturulmuş grafiği Şekil 1a'da gösterilmiştir. KDK yıldızı olarak seçilen 97632 APOGEE yıldızının metal bolluklarına göre oluşturulan HR diyagramı da Şekil 1b'de gösterilmiştir. Şekildeki HR diyagramına bakıldığında, KDK yıldızlarının geniş bir metal bolluğu aralığında dağıldığı görülmektedir. KDK yıldızlarının tayfsal analizleri sonucu hesaplanan $[\text{Fe}/\text{H}]$ bollukları farklı ağır element bolluklarına göre çizilen PARSEC eş-yaş eğrileriyle oldukça uyumludur. Metalce zengin KDK yıldızları (kırmızı renk) HR diyagramının sağ tarafında yoğunlaşırken, metalce fakir olan KDK yıldızları ise HR diyagramının sol kısmındadır.



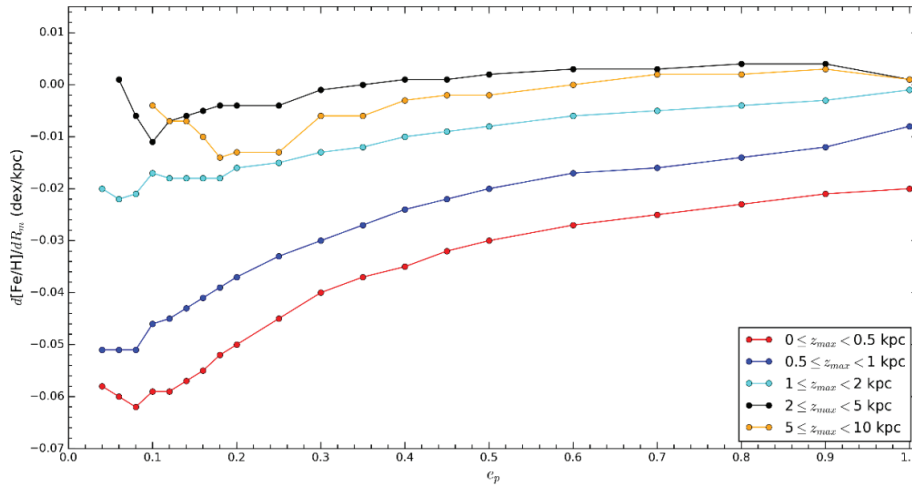
Şekil 1. KDK yıldızlarının bulunduğu $3500 < T_{\text{eff}} \text{ (K)} < 6500$ ve $0.5 < \log g \text{ (cm/sn}^2\text{)} < 3.5$ bölgesinin (a) sayı yoğunluğu (N) ve (b) metal bolluğu ($[\text{Fe}/\text{H}]$) değerlerine göre çizilmiş olan HR diyagramları.

2. KDK Yıldızlarının Yörünge Basıklıklarına Göre Metal Bolluğu Gradyentleri

Bu çalışmada APOGEE DR13 kataloğundan seçilmiş olan 82722 KDK yıldızı kullanılarak, Galaksimizin metal bolluğu gradyenti incelenmiştir. Metal bolluğu gradyent hesabı için kullanılan uzaklıklar, *galpy* koduyla ([Bovy, 2015](#)) hesaplanmış yıldız yörünge parametrelerinden (R_a , R_p , R_m , e_p ve z_{max}) tayin edilmiştir.

APOGEE DR13 kataloğundaki KDK yıldızlarının beş farklı z_{max} aralığı için 20 farklı yatay yörünge basıklığındaki alt-örneklerin $[\text{Fe}/\text{H}]$ ve Galaksi merkezine ortalama uzaklıklarına göre radyal metal bolluğu gradyentleri incelenmiştir. KDK yıldızlarının yatay yörünge basıklıkları (e_p) ve radyal metal bolluğu gradyentleri $d[\text{Fe}/\text{H}]/dR_m$ arasındaki ilişki Şekil 2'de gösterilmiştir.

Şekil 2 incelendiğinde, Galaktik düzleme en yakın $0 < z_{\max} \leq 0.5$ kpc bölgesinde yatay yörünge basıklığı $0 < e_p < 1$ aralığındaki KDK yıldızlarında görece kuvvetli bir radyal metal bolluğu gradyenti görülmektedir. Ancak, Galaktik düzlemde yukarıya doğru gidildikçe bu gradyent kaybolmaktadır. Galaktik düzleme en yakın $0 < z_{\max} \leq 0.5$ kpc bölgesinde, $e_p < 0.12$ 'ye kadar basıklığa sahip yörüngelerde dolanan KDK yıldızlarının verdiği metal bolluğu gradyenti kısmen düzdür. Bu basıklıktan itibaren, basıklık arttıkça gradyentin de var olduğu ve gittikçe düzleştiği görülmektedir (Şekil 2'de kırmızı çizgi). Benzer bir durum $0.5 < z_{\max} \leq 1$ kpc bölgesinde de görülmektedir (Şekil 2'de mavi çizgi). Bu iki bölge arasında sadece 0.01 dex/kpc'lik bir gradyent farkı tüm basıklık değerlerinde korunmaktadır. $1 < z_{\max} \leq 2$ kpc bölgesinde, $e_p < 0.2$ 'ye kadar basıklığa sahip yörüngelerde dolanan KDK yıldızlarının verdiği metal bolluğu gradyenti kısmen düzdür. Daha büyük basıklıklara doğru gradyent var olmakla beraber, nispeten düzdür ve gittikçe daha da düzleşme eğilimindedir (Şekil 2'de açık mavi çizgi). Kalın disk ($2 < z_{\max} \leq 5$ kpc) ve halo ($5 < z_{\max} \leq 10$ kpc) popülasyonuna gelince; bu iki popülasyonda metal bolluğu gradyentinin birbiriyle neredeyse aynı ve hemen hemen düz olduğu söylenebilir.



Şekil 2. KDK yıldızların yatay yörünge basıklıklarına (e_p) göre radyal metal bolluğu gradyentlerinin beş farklı z_{\max} aralığındaki değişimleri.

3. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada, ilk defa, böylesi çok sayıda yıldızın yüksek çözünürlüklü tayflarından elde edilmiş metal bolluklarına dayanan bir Galaktik gradyent çalışması yapılmıştır. Bu çalışmada başka hiçbir araştırmada görülmeyen önemli bir bulguya rastlanmıştır. $1 < z_{\max} \leq 2$ kpc aralığında belirgin metal bolluğu gradyenti (-0.02 dex/kpc) elde edilmiştir. Bu gradyent, kalın diskin etkin olduğu bir Galaktik bölgede elde edildiği için, dikkate alınması gereken bir bulguyu işaret etmektedir. Zira, yapılan kemo-dinamik çalışmalar, kalın diskte radyal metal bolluğu gradyentinin bulunamayacağını iddia etmektedir (Minchev ve diğ., 2017). Bu çalışmanın en önemli sonuçlarından biri, bu tür analizlerin yapılmasında z_{\max} ve e_p 'nin birer kriter olarak eş zamanlı değerlendirilmesinin gerekliliğini göstermiş olmasıdır. Yörünge basıklık değerlerinin (e_p) dikkate alınmasının nedeni, Galaksimizdeki uzun çubuğun ve spiral yapının yarattığı rezonans bölgelerinin yıldız yörüngelerini değiştirmesidir. Bu da yıldızların Galaksi içinde radyal göçüne neden olmaktadır. Bu radyal göç etkisinin verilerden arındırılmasının kinematik yönden en uygun yolu, z_{\max} ve e_p 'nin birer kriter olarak eş zamanlı değerlendirilmesidir.

Kaynaklar

- Bressan, A., Marigo, P., Girardi, L., Salasnich, B., Dal Cero, C., Rubele, S., Nanni, A., 2012, MNRAS, 427, 127
Bovy, J., 2015, ApJS, 216, 29
Girardi, L., Salaris, M., 2001, MNRAS, 323, 109
Hayden, M.R., Bovy, J., Holtzman, J.A. ve diğ., 2015, ApJ, 808, 132
Lee, M.G., Freedman, W.L., Madore, B.F., 1993, ApJ, 417, 553
Majewski, S.R., Schiavon, R.P., Frinchaboy, P.M. ve diğ., 2017, AJ, 154, a94, 46
Maness, H., Martins, F., Trippe, S. ve diğ., 2007, ApJ, 669, 1024
Minchev, I., Steinmetz, M., Chiappini, C. ve diğ., 2017, ApJ, 834, 27
Pulone, L., 1992, MmSAI, 63, 485
Salaris, M., Girardi, L., 2002, MNRAS, 337, 332
Sarajedini, A., 1994, AJ, 107, 618