



ERKEN TÜR YILDIZLAR VE YARI-AYRIK SİSTEMLERDE CII 4267 Å ÇİZGİSİNİN EŞDEĞER GENİŞLİK KALİBRASYONU

Melek DÜLGER¹ Ahmet DERVIŞOĞLU¹

Erciyes Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, 3809, Kayseri

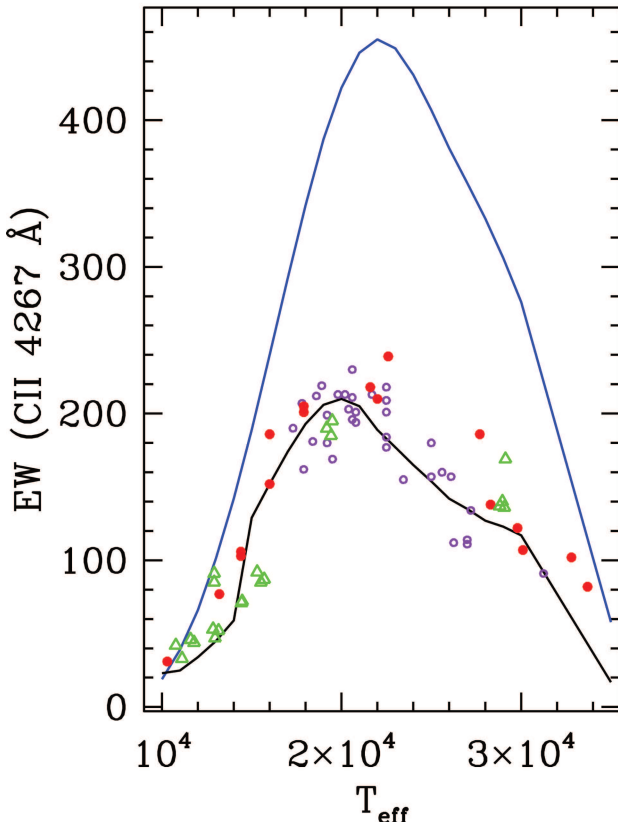
ÖZET

Evrendeki en bol elementlerden biri karbondur (C). Karbon, Organik kimyanın merkezi yapı taşıdır. Erken tip yıldızlardan türetilen bolluklar, yıldızların ve galaksimizin kimyasal evrimine ilişkin önemli sınırlamalara sunar. Yıldızların merkezinde gerçekleşen nükleer tepkimeler, yıldızın külesine göre farklı etkinlikte gerçekleşmektedir. Orta ve büyük kütleli yıldızlarda baskın olarak Karbon-Azot-Oksijen (CNO) çevrimi görülür. Bu çevrim sırasında CNO elementleri katalizör olarak kullanılır. Ancak tek yıldızlarda CNO çevriminin gerçekleştiği katman çok derindedir ve gözlenmesi mümkün değildir. Çift yıldızlara baktığımızda ise, evrimleşen bileşen Roche Lobe'ünü dolduracak ve yoldaş bileşen üzerine kütle aktaracaktır. Artık yarı-ayrık hale gelmiş bu sistemlerde merkezi bölgelerin açığa çıkması, kütle aktaran bileşenlerin bu katmanlarının gözlemlenmesi mümkün hale gelecektir. Fakat gerek böylesi sistemlerin sayısının tek yıldızlara göre azlığı, gerekse tayfta her iki bileşenin görünür olması yarı-ayrık sistemlerin atmosfer analizlerinin yapılmasını güçleştirmektedir. Örnek olarak iyonize Karbon durumunda CII 4267 çizgileri sıcak yıldızlarda tayfta kendini gösteren en şiddetli çizgilerdir. Ancak bu çizgiler gerek atmosferik parametrelerin seçimine, gerekse de Non-LTE etkilere çok duyarlıdır. Çünkü bu çizgiler triplet (üçlü) çizgilerdir. Ve bilindiği gibi CII 4267 Å çizgisinden elde edilen karbon bolluğu diğer karbon çizgilerinin bolluğunda uyumsuzluk göstermektedir. Yapılan birçok çalışmada bu çizgilerin tutarlı bolluklarını saptamakta başarısız olunmuştur.

Bu çalışmada Karbon çizgilerinin bolluğu belirlenmekte yetersiz kaldığı için, CII 4267 Å çizgilerinin eşdeğer genişlikleri hesaplanıp tek yıldızlar için etkin sıcaklığa karşı karbon bolluğu kalibrasyonu yapılacaktır. Erken tür tek yıldızlardan elde edilmiş eşdeğer genişlikler ve bolluklar ile yarı-ayrık sistemlerden elde edilmiş eşdeğer genişlikler karşılaştırılacaktır. Bunun için TLUSTY ve SYNSPEC paket programları yardımı ile elde edilmiş Non-LTE atmosfer modelleri ve sentetik tayflar kullanılacaktır.

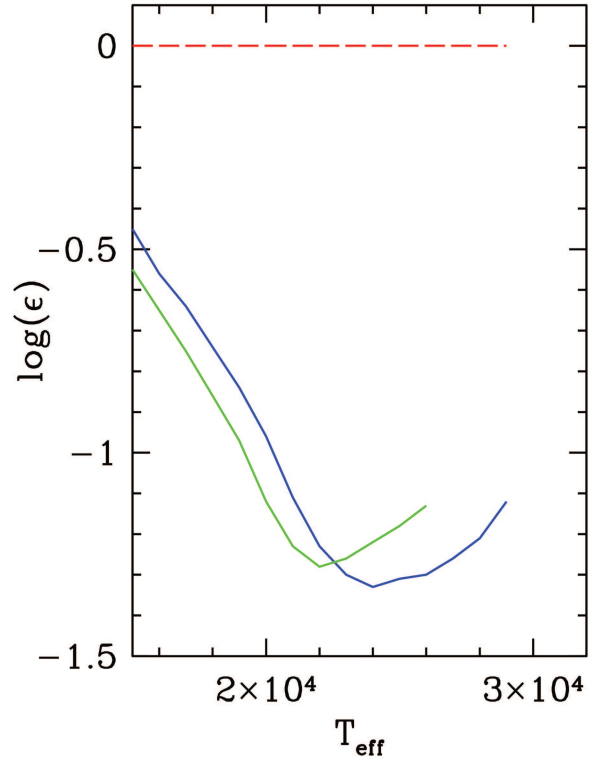
GİRİŞ

Erken tür yıldızlar, galaktik kimyasal evrim açısından kimyasal bolluğu elde etmek için kullanılan önemli astrofizik nesnelere sahiptir. Erken tür yıldızlardan elde edilen bolluklar, yıldızların ve galaksimizin kimyasal evrimine ilişkin önemli sınırlamalara sunar (Nieva & Przybilla 2006). Yıldızların merkezinde gerçekleşen nükleer tepkimeler, yıldızın külesine göre farklı etkinlikte gerçekleşmektedir. Orta ve büyük kütleli yıldızlarda baskın olarak CNO çevrimi görülür. Bu çevrim sırasında CNO elementleri katalizör olarak kullanılır. Tepkimenin gerçekleşebilmesi için öncelikle yıldız içerisinde CN dengesi sağlanmalıdır (Caughlan & Fowler 1962). Denge koşulları sağlanırken C miktarında azalma, N miktarında ise artma görülür. Oksijen miktarında ki değişim ise çok küçüktür (Tomkin, Lambert, Lemke, 1993). Yıldızlarda CNO çevriminin gerçekleştiği katman çok derindedir ve gözlemlenmesi mümkün değildir. Ancak Kütle aktarımı çift sistemlerde yıldız fotosferinin derin katmanları, nükleosentez süreçlerinin ve bileşenlerin geçmişi hakkında bilgiyi korur (Kolbas ve ark., 2014). Evrimleşen bileşen Roche Lobe'ünü dolduracak ve yoldaş bileşen üzerine kütle aktaracaktır. Bu durum ise merkezi bölgelerin açığa çıkmasını sağlayıp, kütle aktaran bileşenin bu katmanlarının gözlemlenmesi mümkün hale getirmektedir (Kolbas ve ark., 2014). Her ne kadar tek ve parlak yıldızların tayflarında CNO elementlerinin çizgileri görülse de sönük yıldızlara doğru gidildikçe çalışılabilecek çok az sayıda çizgi bulunmaktadır. Örnek olarak CII 4267/6578/6582 Å çizgileri, tayfta kendini gösteren en baskın çizgilerdir. Ancak bu çizgiler elektronik geçişlerden dolayı, tayfta doublet (ikili) veya multipl (çoklu) çizgiler halinde görülürler (Nieva & Przybilla 2008; Eber & Butler 1988). Bu yüzden yapılan tayf analizlerinde sağlıklı sonuçlar



Şekil 1: Etkin sıcaklığın bir fonksiyonu olarak eşdeğer genişlik (EW) değişimi. Mavi çizgi UCLSYN/Kurucz modelleriyle elde edilen LTE eşdeğer genişlik, siyah çizgi TLUSTY/Non-LTE modellerle elde edilen eşdeğer genişlik değişimlerini göstermektedir. Kırmızı daireler İbanoğlu ve ark. (2012), mor çemberler Hunter ve ark. (2011), yeşil üçgenler ise ELODIE arşivinden indirilen tayflarla ölçtüğümüz $\log(g)$ 3.5 - $\log(g)$ 4.0 aralığında eşdeğer genişlik dağılımları göstermektedir.

almamaktadır. CII 4267 Å çizgisi için elde edilen bolluklar diğer Karbon çizgilerinden elde edilen bolluklarla uyumsuzdur (C. İbanoğlu, A. Dervişoğlu 2012). Biz bu problemi göstermek için TLUSTY (Hubeny, Lanz 1995) paket programı ile Non-LTE çizgiler kullanarak model atmosfer yaratıttık. TLUSTY temel olarak atmosferik yapının belirlenmesinde rol oynayan elementlerle hesaplama yapmaktadır. Bu program, temel denklemleri hibrid CL/ALI yöntemiyle çözer (Hubeny 1992). Daha sonra oluşturduğumuz model atmosferlerden SYNSPEC paket programı ile sentetik tayflar ürettik. Ve bunların eşdeğer genişlik ölçümlerini yaptık. SYNSPEC, TLUSTY programı ile hesaplanan model atmosferden tayfları sentezlemek için özellikle yazılmıştır (Hubeny & Lanz 1995).



Şekil 2: Verilen bir sıcaklık için LTE ve Non-LTE model arasındaki bolluk farkı. Yeşil olan çizgi $\log(g) = 3.5$, mavi çizgi ise $\log(g) = 4.0$ olan ölçüm değerlerini göstermektedir. Görüldüğü üzere sıcak yıldızların LTE model atmosferi ile elde edilen bollukları -1.3 dex'e kadar hatalı olabilmektedir.

Daha sonra UCLSYN (Smith & Dworetzky 1988; Smith 1992) programını kullanarak Kurucz listeleriyle LTE tayflarını ürettik ve bunların eşdeğer genişlik ölçümlerini yaptık. UCLSYN, eşdeğer genişliklerin ölçümü ve bolluk belirlenmesi için ideal bir programdır. Elde edilen dağılım Şekil 1'de görüldüğü üzere CII 4267 çizgisi Non-LTE etkilere çok duyarlıdır. Bunu ise gerçekte ölçülmüş yıldızlardan alınan tayfsal sonuçlarla karşılaştırarak anlıyoruz. Ölçümlerimiz İbanoğlu ve ark., gözlemsel tayflarla hesapladıkları eşdeğer genişlik ölçümleriyle (C. İbanoğlu, A. Dervişoğlu ve ark., 2012), I.Hunter'in uygun Gauss profilleriyle ölçmüş olduğu yaklaşık gözlemsel 50 Galaktik B türü yıldız eşdeğer genişlikleriyle (I. Hunter 2011) ve ELODIE arşivinden indirdiğimiz sıcaklık aralığı 10000-30000 K aralığında kendi ölçtüğümüz eşdeğer genişliklerle karşılaştırılmıştır. Görülmüştür ki Non-LTE etkiler katılarak oluşturulan modeller, eşdeğer genişlik ölçümleriyle daha iyi uyumaktadır. Şekil 1'de sıcaklık arttıkça Non-LTE etkilerin arttığı görülmüştür.

SONUÇ

Sonuç olarak gözlemlenmiş ve ölçülmüş değerlere bakılarak söylenebilir ki; CII 4267 çizgisinin şiddeti ve eşdeğer genişliği büyük ölçüde sıcaklığa bağlıdır. Şekil 1'de 15000 K den itibaren, Non-LTE etkiler katılarak hesaplanan modellerin ölçülen eşdeğer genişliklerle daha uyumlu olduğu görülmüştür. İyonize Karbon durumunda CII 4267 çizgilerinin gerek eşdeğer genişliklerinin gerekse bolluklarının ölçümleri bize bu çizgilerin Non-LTE etkilere ne kadar duyarlı olduğunu gösteriyor.

İlerleyen çalışmalarımızda erken tür tek yıldızlardan elde edilmiş bolluklar ve güçlü CNO çizgilerinin eşdeğer genişlikleri arasında bir ilişki bulunarak yarı-ayrık sistemlerden ölçülmüş eşdeğer genişliklerin karşılaştırılması ve nihayetinde standart yıldızlara göre relatif bollukların bulunması hedeflenmektedir.

KAYNAKLAR :

- Caughlan, G. R., & Fowler, W. A., 1962, ApJ, 136, 453
- İbanoğlu, C., Dervişoğlu, A., Çakırlı, Ö., Sipahi, E., Yüce, K., 2012, MNRAS, 419, 1472
- Nieva, M. F., & Przybilla, N. 2008, A&A, 481, 199
- Eber, F., & Butler, K. 1988, A&A, 202, 153
- Nieva, M. F., & Przybilla, N. 2006, ApJ, 639, L39
- Tomkin J., Lambert D. L., Lemke M., 1993, MNRAS, 265, 581
- Hubeny, I., & Lanz, T. 1995, ApJ, 439, 875
- Hubeny, I., & Lanz, T. 1992, A&A, 262, 501
- Kolbas V., Dervişoğlu A., Pavlovski K., Southworth J., 2014, MNRAS, 444
- Smith K.C., 1992, PhD thesis, University of London
- Dworetzky, M.M. Jomaron C.M., Smith C.A., 1998, A&A, 333, 665
- Hunter, D.A., Elmegren, B. G., Oh, S.-H., et al. 2011, AJ, 142, 121