

"UV Ceti Türü Yıldızlarda Flare Enerjisinin Ve Mekanizmasının Tayf Türüne Göre Değişimi" Başlıklı TÜBİTAK 1001 Projesi'nin Sonuçları

Ezgi Yoldaş¹★, Hasan Ali Dal¹

¹Ege Üniversitesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, 35100 Bornova İzmir

Özet

Bu çalışmada "UV Ceti Türü Yıldızlarda Flare Enerjisinin ve Mekanizmasının Tayf Türüne Göre Değişimi" başlıklı Tübitak 1001 Projesinde ulaşılan ilk sonuç sunulacaktır. Flare aktivitesi gösteren 12 sistem seçilmiştir. Seçilen bu sistemlerin tayfsal ve fotometrik gözlemlerinin analiziyle aktiviteye dair elde edilen sonuçları tartışılacaktır. Tespit edilen flare parlamaları, her yıldız için modellenmiş, elde edilen model parametrelerinin yıldızların B-V renk ölçeğine göre değişim sergileyip sergilemediği araştırılmıştır. Özellikle kromosferik aktivite doyum seviyesi belirteci olan Plateau ve flare süreçlerinin zaman ölçeklerinden flare parlama ve toplam süreleri ile doyum seviyesine ulaşma süresi olan Half-Life parametresinin, B-V renk ölçeğine göre sergilediği değişimin, yıldızların yüzeyinde gözlenen manyetik alan şiddeti ve özellikle de yıldız atmosferlerindeki elektron yoğunluğuna bağlı olarak kurallı bir değişim sergilediği bulunmuştur. Bu sonuç, UV Ceti türü değişim sergileyen yıldızlarda kromosferik aktivitenin bu iki temel parametreye göre şekillendiğini ortaya koyulmuştur.

Anahtar Kelimeler: stars: activity, İkili Yıldızlar

1 Giriş

Bu proje kapsamında, kromosferik aktif anakol cücelerinin gösterdiği flare parlamalarından hesaplanan flare enerjisi, flare parlama ve sönmeme süresi, vb. gibi parametreler ile elde edilen OPEA (One-Phase Association) modelleri ve bu modellerden her bir yıldız için ayrı ayrı hesaplanan flare doyma seviyesi, flare yarı ömrü, flare çıkış ve toplam süreleri için maksimum değerler gibi o yıldızın flare mekanizmasının davranışını tanımlayan parametreler ve bu parametrelerin F2 - M1 tayf türü aralığında nasıl davrandığını, bunların yıldız yüzeyinde flare sürecine dahil olan hangi parametrelerle (manyetik alan şiddeti, manyetik lup elektron yoğunluğu, vb.) yönlendirildiğinin bulunması amaçlanmıştır.

Bu amaç doğrultusunda, Kepler Uydusu'nun gözlemleri (Prsa ve ark. 2011) ile yeni keşfedilen, bileşenlerinden biri veya her ikisi de flare parlaması gösteren, verileri kullanıma açık, F2 tayf türünden M1 tayf türüne kadar homojen olarak dağılmış, bileşenleri anakol üyesi olan toplam 10 örten çift sistem seçilmiştir. Bu sistemlerin TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi olanaklarıyla fotometrik gözlemleri ile flare örnekleri elde edilecek bunun yanı sıra tayfsal gözlemleri de yapıp, dikine hızları belirlenecektir. Elde edilen dikine hız verisi ile Kepler Uydusu Veri Tabanı'ndan (Prsa ve ark. 2011) alınacak uzun dönemli fotometrik veri ile ışık eğrisi analizi yapılacak ve her bir sistemin salt parametreleri elde edilecektir.

Kepler Uydusu Veri Tabanı'nda (Prsa ve ark. 2011) verilen, flare aktivitesi gösteren diğer tüm sistemlerin kısa süreli poz süreleri ile elde edilen gözlemsel flare verisinin analizlere eklenmesi ile model sinanmış ve güçlendirilmiş olacaktır. F2 - M1 tayf türleri arasında elde edilen modeller, yazarların önceki çalışmalarında M1 - M5 tayf türü aralığında elde ettikleri ilk modellerle karşılaştırılıp, F2 tayf türünden M5 tayf türüne kadar anakol yıldızlarında flare davranışının yıldızların yarıçap ve kütlelerine göre nasıl davranış sergilediği ve bunun sonucunda

yıldız evrimine (özellikle kütle kaybı bakımından) nasıl bir etkisi olduğu tespit edilecektir.

2 Gözlem Verileri ve Ön analizler

Tüm hedeflerin fotometrik verileri Kepler Veri Tabanı'ndan alınmıştır (Slawson ve ark. 2011; Matijevic ve ark. 2012). Yıldızların dönme veya yörünge döneminin uzunluğuna bakılmaksızın, tüm yıldızlar için Short Cadence veri kullanılmıştır. Bunun nedeni ise, çalışmanın konusu olan flare parlamalarının çok kısa süreli değişimler sergilemesidir.

Tüm sistemlerin tayfsal gözlemleri, TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde 1.5 metrelik RTT150 teleskopu'na takılı TFOSC alıcısı ile yapılmıştır. Gözlemlenen tayfın sinyal-gürültü oranı (SNR) atmosferik koşullara ve maruz kalma süresine bağlı olarak genel olarak 85'in üzerindedir. Elde edilen tayf verisi IRAF paketleri kullanılarak indirgenmiştir. Normalize tayflar kullanılarak öncelikle bileşenlerin sıcaklıkları tespit edilmeye çalışılmış, ardından her sistem için dikine hız belirlenmesi yapılmaya çalışılmıştır.

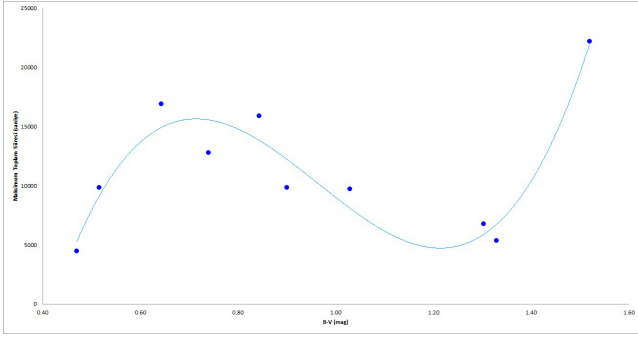
Her bir sistemin ışık eğrileri, elde edilen dikine hız eğrileri ile birlikte analiz edilerek, sistem bileşenlerinin salt parametreleri elde edilmiştir. Elde edilen sentetik eğriler ile fotometrik gözlem verilerinin farkı alınarak, flare aktivitesi gibi tutulmalar dışı değişimler belirlenmiştir.

3 Flare Aktivitesi

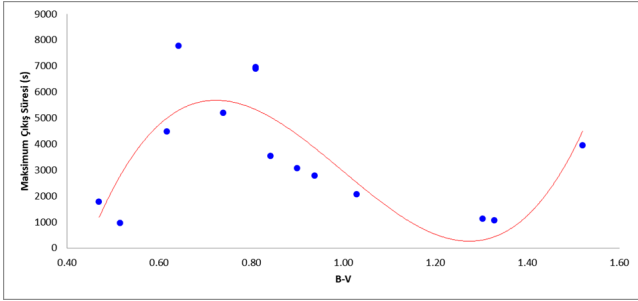
Dal ve Evren (2010, 2011) tarafından izlenen yöntemler kullanılarak sistemlerin sergilediği flareler ve parametreleri hesaplanmıştır. SPSS V17.0 (Green ve ark. 1999) ve GrahPad Prism V5.02 (Dawson ve Trapp 2004) programları ile yapılan regression hesaplamaları ile flare eşdeğer sürelerinin dağılımı için One Phase Exponential Association (OPEA) modelleri elde edilmiş ve ardından da bu modellere ait parametreler hesaplanmıştır.

Her bir sistemde hangi bileşen ya da bileşenlerin flare aktivitesi sergilediğinin tespit edilebilmesi için detayları Dal ve Evren (2010, 2011) tarafından verilen Plateau parametresi benzer

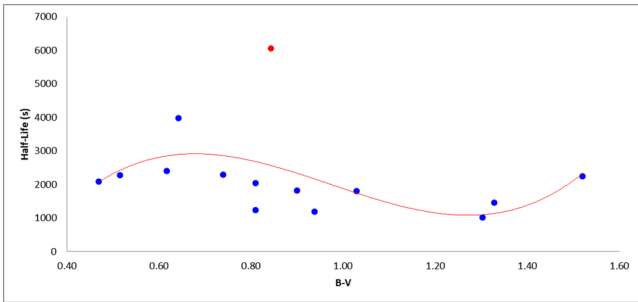
★ ezgiyoldas@gmail.com



Şekil 1. Gözlenen en yüksek flare toplam sürelerinin bileşenlerin B-V renk indeksine göre değişimi.



Şekil 2. Gözlenen en yüksek flare çıkış sürelerinin bileşenlerin B-V renk indeksine göre değişimi.



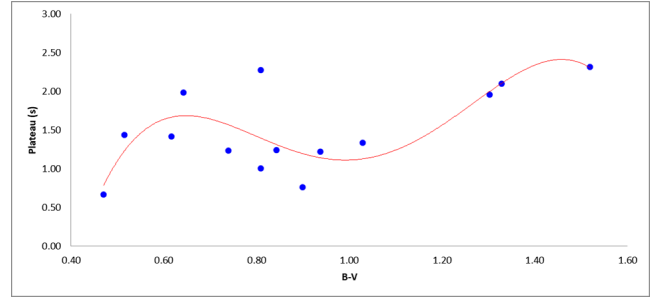
Şekil 3. OPEA modellerinden elde edilen Half-Life parametresinin, B-V renk indeksine göre değişimi.

özellikler sergileyen UV Ceti türü yıldızların Plateau değerleri ile karşılaştırılmıştır. Ardından her bir sistem için elde edilen OPEA parametrelerinin, flare aktivitesi sergileyen bileşenlerin B-V indeksine göre değişimleri incelenmiştir.

İlk olarak, Şekil 1'de görüldüğü üzere flare aktivitesi sergileyen bileşenlerin B-V renk indeksine göre, o bileşende elde edilmiş flarelerde gözlenen en büyük toplam sürenin değişimi incelenmiştir.

Bir sonraki adımda ise, her bileşen için elde edilmiş olan en yüksek flare çıkış sürelerinin değişimi (Şekil 2) ve ardından da her bir OPEA modelinden elde edilen Half-Life parametrelerinin değişimi incelenmiştir (Şekil 3).

Son aşamada ise, Şekil 4'te en önemli parametre olan Plateau'nun B-V'ye göre değişimi incelenmiştir.



Şekil 4. OPEA modellerinden elde edilen Plateau parametresinin, B-V renk indeksine göre değişimi.

4 Sonuçlar ve Tartışma

Elde edilen model parametrelerinin yıldızların tayf türüne göre yani (B-V) renk indeksine göre değişimlerine bakıldığında, hemen hemen her parametrenin sistematik değişim sergilediğini görülür. Süreye ilişkin parametrelerde genelde sinüzoidal bir değişim ortaya çıkmaktadır. Örneğin Şekil 1'de görüldüğü üzere flare toplam süresinin B-V renk indeksine göre değişimi, soğuk yıldızlarda flare toplam süresinin uzun olduğunu, daha sıcak yıldızlara doğru azalır sonra tekrar arttığı görülmektedir. Yine değişimi Şekil 2'de gösterilen flare maksimum çıkış sürelerinin B-V indeksine göre değişiminde de benzer bir yapının ortaya çıktığı görülür.

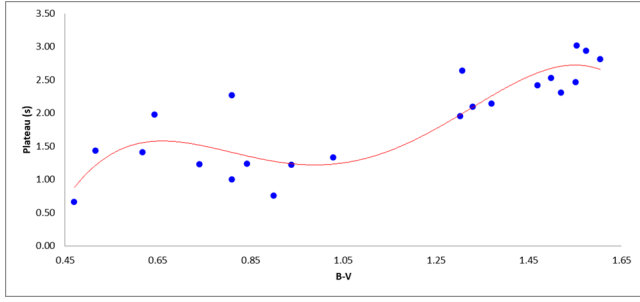
Diğer yandan Şekil 3'de görüldüğü gibi, Half-Life süresi olarak tanımlanan yarı ömür, bir yıldızın üzerinde gerçekleşen flarenin enerji açısından doyuma ulaşması için gereken sürenin yarı süresine bakıldığında öncelikler kadar net olmasa da benzer bir sinüzoidal değişimin olduğunu görülür. Diğer tüm şekillerde olduğu gibi burada da içi dolu mavi noktalar gözlemlerden elde edilen flare parametreleri kırmızı çizgi ise en küçük kareler yöntemi ile yapılan temsildir. Diğer parametrelerin aksine, ilginçtir ki bu şekilde gösterilen kırmızı nokta genel değişim şekline uymamaktadır. Bu yıldızın uyumsuzluğunun nedeni, projenin ilerleyen aşamalarda yayınlanacak makalelerle duyurulacaktır.

OPEA modellerinin en önemli parametresi olan Plateau düzeylerinin B-V'ye göre değişimine bakıldığında Şekil 4'de görüldüğü gibi yine bir sinüzoidal değişim görülmektedir. Ancak bu değişim, soğuk yıldızlardan sıcak yıldızlara doğru gidildikçe genel olarak azalan bir eğime sahiptir.

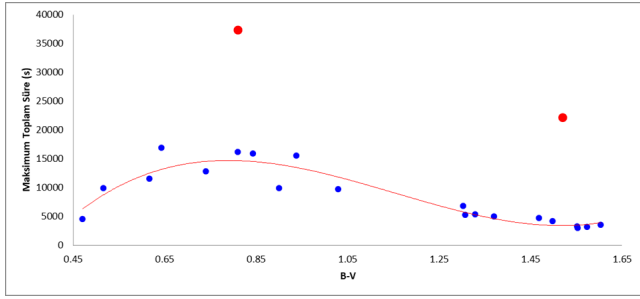
Bu proje, yazarlardan birine ait bir doktora tezinin M tayf türünden F tayf türüne genişletilmiş halidir. Doktora çalışmasında ise UV Ceti türü tek yıldızlar için bu sonuçlar elde edilmiştir. UV Ceti yıldızları ile seçilen örtün çiftin üyesi olan flare yıldızlarında elde edilen flare parametrelerini karşılaştırmak amacıyla Şekil 5 ve 6'da birlikte değerlendirilmiştir.

Şekil 5'den görüldüğü üzere, Plateau parametresinin değişimi, UV Ceti yıldızları ve çift üyesi flare yıldızları için birbirlerini tam olarak desteklemekte ve aynı değişimi sergilemektedirler. Şekil 6'dan görüldüğü üzere, benzer durum toplam flare süresi için de geçerlidir. Ancak Şekil 6'da iki nokta genel değişime uymamaktadır. Bu noktaları gözardı edersek iki projeden elde edilen sonuçlar, tek bir eğri ile modellenmeye çalışıldığında uyumlu bir sonuç ile karşılaşılmaktadır.

Şekil 6'da kırmızı cücelerden K yıldızlarına doğru geldikçe sürelerin uzadığını, K yıldızlarından F yıldızlarına doğru sürelerin tekrar azaldığını görülür. Bu, ilginç bir sonuçtur. Bu za-



Şekil 5. UV Ceti ve çift yıldız üyesi flare yıldızları için OPEA modellerinden elde edilen Plateau parametresinin, B-V renk indeksine göre değişimi.



Şekil 6. UV Ceti ve çift yıldız üyesi flare yıldızları için en yüksek flare toplam sürelerinin, B-V renk indeksine göre değişimi.

man değişiminin nedenini, anlamak için kuramsal çalışmalardan elde edilen sonuçlara bakılması gerekmektedir. Flare parlama süresi, flare'nin lup yüksekliği ve bu lupu oluşturan manyetik alan şiddeti ile ilişkilidir. Sönümlenme süresi ise flarelerden kaynaklanan ısısal enerjinin ve plazmanın soğuma katsayısı ile ilişkilidir. Bu sonuçlar değerlendirildiğinde toplam süreye ilişkin bulunan sonuç, aslında tayf türüne göre manyetik lupun yüksekliğinin değişimini vermektedir. Kırmızı cücelerde manyetik lup yüksekliğinin düşük olduğu, K yıldızlarına doğru yükseldiği ve F yıldızlarına doğru tekrar düştüğü görülmektedir.

M cücelerinde konvektif katman ne kadar kalın olsa da manyetik lup yüksekliğinin yeterince yükselmediğini görüyoruz ki bunun nedeni ise bu yıldızların tamamen kaotik bir manyetik yüzey topolojisine sahip olmasıdır. Aktiviteden kaynaklanan manyetik luplar yüzeyde sık sık ortaya çıksa da manyetik yeniden birleşme süreçleri ile birbirini yok etmekte ve gelişimleri durmaktadır. Dolayısıyla manyetik luplar yeterince büyüyemeden sönümlenmektedir. Orta kısımda, manyetik lup yüksekliği yıldızın dönme hızı arttıkça manyetik luplarında büyüdüğü görülmektedir. Bu büyüme F yıldızlarına gidildiğinde azalmakta hatta gerilemektedir. Bunun nedeni ise bu yıldızlarda konvektif katman derinliğinin azalması ve manyetik aktivitenin ortadan kalkmasıdır. Bu sonuç, Şekil 5'de görülen Plateau parametresinin değişimi ile de uyumaktadır. Kırmızı cücelerde lup yüksekliğinin beklenilenden düşük kalırken, Plateau düzeyi bu yıldızların yüksek enerjili flareler ortaya çıkardığını göstermektedir. Yüksek enerjinin varlığı da manyetik yeniden birleşme süreçlerinin bu yıldızlarda baskın olduğuna işaret etmektedir.

Kaynaklar

- Dal, H. A. & Evren, S., 2010, AJ, 140, 483
 Dal, H. A. & Evren, S., 2011, AJ, 141, 33
 Dawson, B., & Trapp, R. G., 2004, "Basic and Clinical Biostatistics" (New York: McGraw-Hill), 61
 Green, S. B., Salkind, N. J., & Akey, T. M., 1999, "Using SPSS for Windows: Analyzing and Understanding Data" (Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall), 50
 Matijević, G., Prša, A., Orosz, J. A., et al. 2012, AJ, 143, 123
 Prsa, A., Batalha, N., Slawson, R. W., Doyle, L. R., Welsh, W. F., Orosz, J. A., Seager, S., Rucker, M., Mjaseth, K., Engle, S. G., and 5 coauthors, 2011, AJ, 141, 83
 Slawson, R., Prša, A., Welsh, W. F., et al. 2011, AJ, 142, 160

Erişim:

O21-1000: [UAK-2018 Program](#) — [UAK Bildiri](#) — [Turkish J.A&A](#).