

MAVİ AYKIRI YILDIZLAR

Evrım KIRAN¹, Funda KIVANÇ¹

Özet

Kümelerin renk-parlaklık diyagramlarının biçimi o kümelerin yaşı hakkında bilgi verir: daha sönük ve kırmızı anakol dönme noktaları, kümenin daha yaşlı olduğuna işaret eder. Çünkü anakoldaki en büyük kütleli yıldız, daha küçük kütleli yıldızlara göre daha erken evrimleşip anakoldan ayrılacaktır. Pek çok açık ve küresel kümenin renk parlaklık diyagramlarına bakıldığında, anakol dönme noktasının uzantısında yer alan bazı yıldızlar görülür. Anakol dönme noktasından daha parlak ve daha mavi olan bu yıldızlar “mavi aykırı yıldızlar” olarak adlandırılır.

Anakol dönme noktasındaki yıldızlara göre büyük kütleyle sahip bu yıldızların, anakoldan kırmızı dev bölgesine doğru evrimleşmek yerine hala anakol uzantısında yer alması standart evrim kuramına göre beklenmeyen bir durumdur. Bu yıldızların oluşumlarının ve evrimlerinin, bu aykırı duruma yol açtığı düşünülmektedir. Mavi aykırı yıldızların keşfinden beri, mavi aykırı yıldızlar üzerine pek çok oluşum mekanizmaları öne sürülmüştür. Bu çalışmada mavi aykırı yıldızların varlığı ve doğasına ilişkin bir tartışma sunulacaktır.

Anahtar kelimeler: mavi aykırı yıldızlar, yıldız evrimi, değişen yıldızlar

Abstract

The shape of the colour–magnitude diagrams of the clusters gives information about ages of the clusters: the main sequence turn off points of the clusters which is more faint and redder, points that the cluster, is older; because the massive star on the main sequence will be evolved and left the main sequence against the weak stars. In the most of the open and the globular clusters’ colour magnitude diagrams, we see that there are some stars that lie among the turn of points of the clusters. These stars, which is more brightness and bluer than the cluster’s turn of point, call “blue stragglers”.

It is an unexpected event that why these stars, which is more massive than the stars on the turn of point of the main sequence, have been lied down through the main sequence instead of evolving to the red giant branch. It has been thought that the formation and evolution of these stars are responsible to this contrary situation. Since the discovery of the blue stragglers, many mechanisms have been suggested on the formation of these stars. In this work, it will be presented an investigation about the existence and the nature of the blue stragglers.

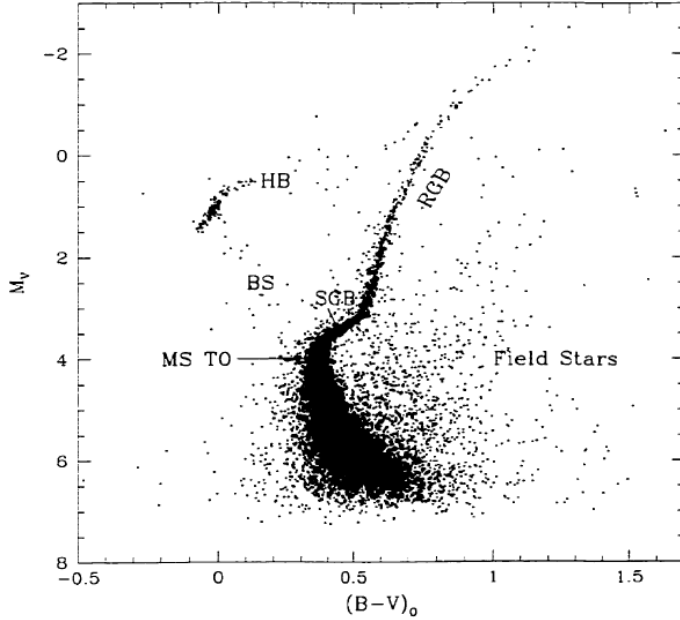
Key words: blue stragglers, the evolution of the stars, the variable stars

1. Giriş

Kümelerin renk-parlaklık diyagramına baktığımızda anakol dönme noktasının uzantısında yer alan bazı yıldızlar görülür. Bu yıldızlar anakol dönme noktasında yer alan

¹ Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, 35100, Bornova, İzmir
e-mail: evrimbady@yahoo.com, fkivanc@mail.ege.edu.tr

yıldızlardan daha mavi, daha parlak ve çok daha büyük kütlelidir. Bu yıldızlar “*mavi aykırı yıldızlar*” olarak adlandırılır. Mavi aykırı yıldızlar, küme evrim kuramıyla çelişki içindedir. Çünkü, HR diyagramında buldukları konum itibariyle (bkz. Şekil 1) çoktan evrimleşip anakoldan ayrılmış olmaları gerekir. Bu gizemli görüntü pek çok kişi tarafından merak konusu olmuş ve yaklaşık elli yılı aşkın süredir çalışılmıştır. Mavi aykırı yıldızlar ilk olarak [1] tarafından M3 küresel kümesinde keşfedilmiştir. Daha sonra bir çok kümede mavi aykırı yıldız rastlanmıştır. Günümüzde küresel kümeler gibi açık yıldız kümeleri ve genç yıldızlar içeren oymaklarda da mavi aykırı yıldızların olduğu bilinmektedir.



Şekil 1. NGC 6397 küresel kümesinin renk-parlaklık diyagramı. Burada MS TO, anakol dönme noktasını; BS, mavi aykırı yıldızları; HB, yatay kolu; RGB, kırmızı dev kolunu; SGB, alt dev kolunu ve field stars ise alan yıldızlarını göstermektedir.

evrimine ait bildiklerimizin değişmesi gerekeceğine dikkat çekmiştir. Günümüze kadar bu yıldızları açıklamak ve onların kökenini belirlemek için pek çok görüş bildirilmiştir ve pek çok gözlemsel çalışma yapılmıştır.

2. Mavi Aykırı Yıldızların Oluşum Mekanizmaları

Küme oluşum kuramına göre, küme yıldızları aynı anda oluşmaktadır. Eğer mavi aykırı yıldızlar, şu anki kütleleriyle, kümedeki diğer yıldızlarla aynı zamanda oluştuysa, o zaman yıldız oluşum ve evrimine ilişkin bilgilerimizde bazı eksiklikler veya çelişkiler ortaya çıkar. Mavi aykırı yıldızlar anakol dönme noktasındaki yıldızlardan daha büyük kütleli yıldızlardır. Yıldız evrim kuramına göre bu yıldızlar çok uzun bir süre önce anakoldan ayrılıp evrimleşmiş olmalıydılar. Ancak bu yıldızların neden hâlâ evrimini tamamlayıp anakoldan ayrılmadığını ve diğer evrim basamaklarına geçemediğini açıklayabilmek oldukça güçtür.

Çizelge 1’de, mavi aykırı yıldızların oluşumuna ilişkin literatürde yer alan olası mekanizmalardan en çok kabul görülenler listelenmiştir. Buradaki tüm senaryolara aşağıda kısaca yer verilecektir.

Mavi aykırı yıldızlar, yıldız evrim kuramı açısından bakıldığında ilginç cisimlerdir. Genel olarak kabul edilen yıldız evrim kuramına göre yıldızlar, hidrostatik ve ısısal dengedeki gaz küreleri olarak modellenir. Yıldızın evrimi, içindeki değişen koşullara karşılık gelen yıldızın sürekli olarak yeniden dengeye ulaşma çabasının sonucudur. Dönme ya da yakın bir bileşenin varlığından dolayı, yıldız beklenen evrim yolundan sapabilir. Standart kuramlar, yıldız kümeleri içinde yer alan ve dönme noktasındaki yıldızlardan daha kütleli olan yıldızların varlığını açıklamada pek başarılı değildir [2]. [3], standart modellerin yıldız evrimini açıklamak için yeterli olduğunu ifade etmiştir. Ancak eğer mavi aykırı yıldızların evrimi, normal yıldızların evrimine benzemiyorsa, bu durumda yıldız

Çizelge 1: Mavi aykırı yıldızların oluşum mekanizmalarına ilişkin senaryolar

TEK YILDIZLAR	ÇİFT YILDIZLAR
(1) Evrimleşen yıldızların tekrar anakola geri dönüşü [4].	(1) Çift sistemlerde kütle aktarımı [8].
(2) Kümeler tarafından yakalanan genç alan yıldızları [5].	(2) Değen çift sistemlerin birleşmeleri [9]. Aynı zarfa sahip değen çiftlerin birleşmesi [10].
(3) İç karışım etkisiyle yıldız yaşam süresinin uzaması [6].	(3) Yıldız çarpışmalarıyla yıldız oluşumu [11].
(4) Anakol yıldızlarının kararsızlık kuşağı boyunca kütle kaybederek anakol dönme noktasının geri tayf türlerine doğru gelmesi [7].	(4) Fiziksel yıldız etkileşmeleri sonucu yıldız oluşumu [12].

2.1. Tek Yıldızların Evrimi ile Mavi Aykırı Yıldızların Oluşumu

(a) *Evrimleşen yıldızların tekrar anakola geri dönüşü:* İlk başlarda mavi aykırı yıldızların, alan yıldızları veya evrimleşmiş yatay kol yıldızlarının konum itibarıyla anakol ile kesişen bölgesinde bulunan yıldızlar olabileceği düşünülmüştür. Ancak bu yıldızlardaki Li bollukları araştırmalarıyla bu yıldızların anakol yıldızları olduğu anlaşılmıştır.

(b) *Kümeler tarafından yakalanan genç alan yıldızları:* Mavi aykırı yıldızların oluşumuna ilişkin kuramlardan birisi küme üyesi olmayıp, küme tarafından yakalanmış bir alan yıldızı olduğuna ilişkin durumdur. [13], açık yıldız kümelerinde ve yüksek gökada enlemlerinde bulunan küresel yıldız kümelerindeki mavi aykırı yıldızların, yapılmış olan dikine hız ve öz hareket çalışmaları ile kesinlikle küme üyesi olduğunu belirlemiştir. Mavi aykırı yıldızlar, içinde bulunduğu söz konusu sistemlerin üyesi olarak kabul edilir.

(c) *İç karışım etkisiyle yıldız yaşam süresinin uzaması:* Mavi aykırı yıldızların oluşumuna ilişkin mekanizmalardan bir diğeri hidrojenin yüzeyden içe doğru karışım yoluyla taşınması ve anakol yaşam süresini uzatmasıdır. İç karışıma neden olacak üç mekanizma önerilmektedir: *dönme*, *manyetik alanlar* ve *çiftlerdeki karşılıklı çekimsel etkileşmeler*. Manyetik alanların etkisiyle karışım olmasına ilişkin yapılan hesaplamalar başarısız olmuştur. Çekimsel etkileşme, çiftler başlığı altında incelenecektir. Yüksek dönme hızının ise, mavi aykırı yıldızların karakteristik bir özelliği olmadığı gözlemsel olarak ortaya konmuştur (örn. [14], [15]).

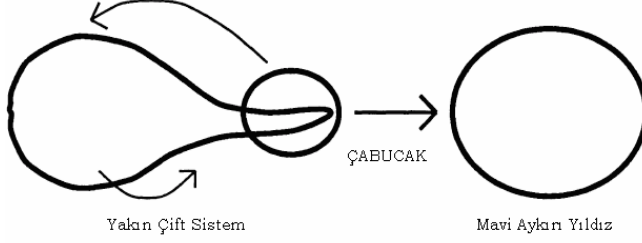
(d) *Anakol yıldızlarının kararsızlık kuşağı boyunca kütle kaybederek anakol dönme noktasının geri tayf türlerine doğru gelmesi:* [7], $1-3M_{\odot}$ arasında kütlelere sahip olan anakol yıldızlarının evrimleşerek kararsızlık kuşağı bölgesine geleceğini, kararsızlık kuşağı boyunca bu yıldızların kütle kaybedip mavi aykırı yıldızlara göre daha az kütleli görüneceğini öne sürmüşlerdir. Böylece kümenin anakol dönme noktası daha geri tayf türlerine doğru kayacak ve kümeleri gerçek yaşlarından daha büyük gösterecektir. Bu durumda küresel kümelerin yaşları, evren için kabul edilen olası yaş sınırından daha fazla olacaktır.

2.2. Çift Yıldızların Evrimi ile Mavi Aykırı Yıldızların Oluşumu

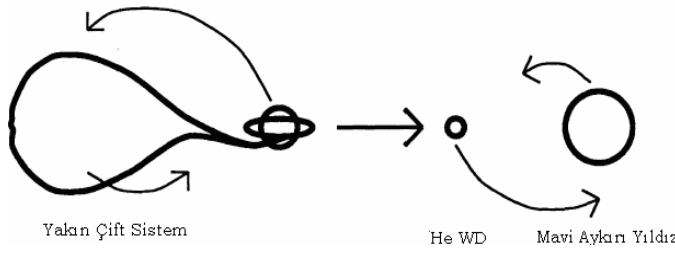
Çift yıldızların evrimi ile mavi aykırı yıldızların oluşumu *çift sistemlerde kütle aktarımı*, *çift yıldızların birleşmeleri*, *yıldızlar arasındaki fiziksel etkileşmeler* ve *yıldız çarpışmaları* kuramları ile açıklanabilir.

(a) *Çift sistemlerde kütle aktarımı:* Çift yıldızlarda kütle aktarımı ilk olarak [8] tarafından öne sürülmüştür. Kütle aktarımı pek çok yakın çift sistemde gözlenmiştir. Gözlemsel olarak da pek çok mavi aykırı içeren çift, değen veya yarı ayırık sistemlerdir (Bkz. Şekil 2, Şekil 3 ve Şekil 4). Kütle aktarımından sonra meydana gelen sistem, birbirinden

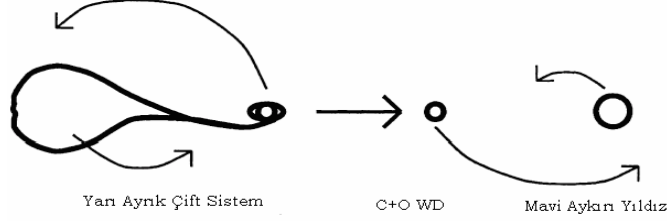
uzakta, küçük kütleli ve dikine hız değişimleri gösteren bir bileşen ile bir mavi aykırı yıldız bileşeninden oluşacaktır. Ortaya çıkan cismin türü, kütle aktaran yıldızın evrim durumuna bağlı olarak değişecektir. Oluşan mavi aykırı yıldızda da anormal yüzey bollukları olacaktır. Kütle aktaran yıldızdan aktarılan madde, nükleer işlemlere uğramış maddedir. Bu da lityum bolluğunun tüketilmesine ve evrimleşmiş bir yıldızda görmeyi beklediğimiz türden CNO bolluklarına ve belki de yüzey helyum bolluğunun artmasına neden olmalıdır. Bu mekanizma, mavi aykırıların çoğunun varlığını açıklamakta yetersiz kalır [3].



Şekil 2. Yakın bir çift sistemde baş bileşen anakol evrim aşamasındayken kütle aktarımı sonucu mavi aykırı yıldız oluşumu [16].

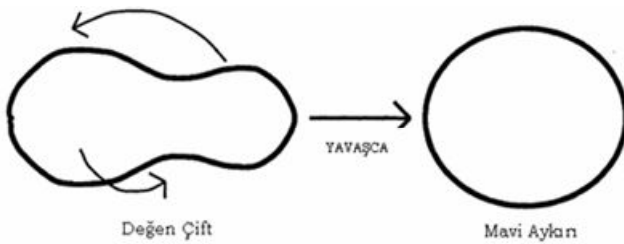


Şekil 3. Yakın bir çift sistemde baş bileşen çekirdeğinde helyum yakma aşamasındayken olan kütle aktarımı sonucu mavi aykırı yıldız oluşumu [16].



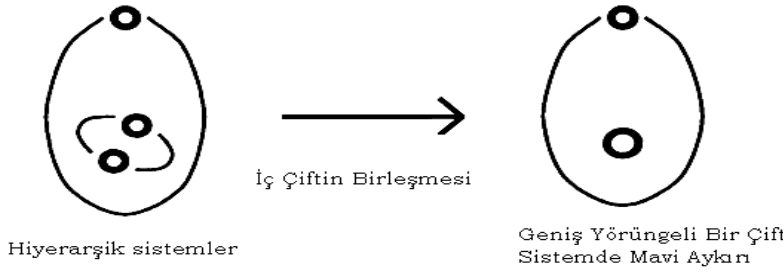
Şekil 4. Yakın bir çift sistemde baş bileşen yatay koldan ayrıldıktan sonraki evrelerdeyken kütle aktarımı sonucu mavi aykırı yıldız oluşumu [16].

(b) *Değen çift sistemlerin birleşmeleri:* [17], çift yıldız birleşmesinin mavi aykırı yıldızların oluşumu üzerine en önemli kuram olduğunu söyler (Bkz. Şekil 5). [9] ile [17]'nin öne sürdüğü birleşme senaryosu, mavi aykırıların çoğunun dikine hız değişimlerine sahip olmaması, bir başka deyişle çift olmaması ve yavaş dönme gibi bazı gözlemsel bulgular nedeniyle, tüm mavi aykırıları açıklayabilen bir mekanizma değildir. Buna rağmen, çift yıldız birleşmeleri en etkili ve kabul gören mekanizmalardan biridir.

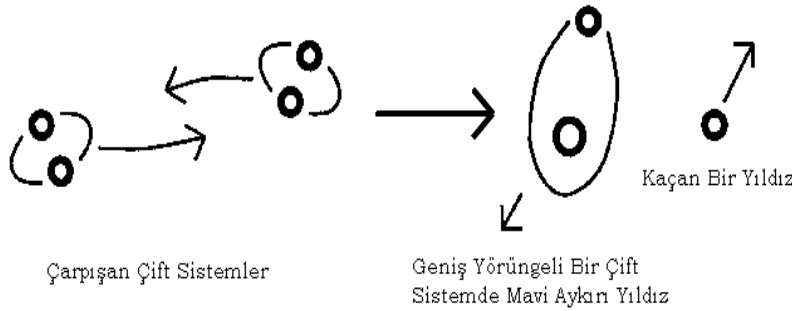


Şekil 5. Çift yıldızların birleşmesi ile mavi aykırı yıldız oluşumu [16].

(c) *Yıldız çarpışmaları:* Açık ve küresel kümelerin merkezlerindeki mavi aykırı yıldızların üretimini açıklayabilmek açısından çarpışma mekanizmaları oldukça elverişlidir. [11], yıldız çarpışmalarının küresel kümelerin merkezlerinde tek yıldızlar arasında meydana gelebileceğini öne sürmüştür (Bkz Şekil 6a). Çarpışmalarla üretilen mavi aykırı yıldızların dönme hızları büyük olabilir.



Şekil 6a. Yıldız çarpışmalarıyla mavi aykırı yıldız oluşumu [16].



Şekil 6b. Çift-çift yıldız çarpışmalarıyla mavi aykırı yıldız oluşumu [16].

(d) *Fiziksel yıldız etkileşimleri:* Düşük yoğunluklu küresel kümeler için [18], mavi aykırı yıldızların fiziksel çarpışmalarla üretildiği kuramını ele almış ve küresel kümelerdeki yıldız çarpışmalarının tek yıldız karşılaşmalarından çok, çift yıldız karşılaşmaları sonucu olduğunu öne sürmüştür. Çift yıldız sistemleri arasındaki kuvvetli dinamik etkileşimler düşük yoğunluklu kümelerde ortaya çıkar. Bu tür etkileşimler sırasında yıldızlar arasındaki yakın karşılaşmalar, fiziksel yıldız çarpışmaları ve birleşmeleriyle sonuçlanabilir [18]. [19] düşük yoğunluğa sahip bir küresel küme olan NGC 5053 kümesinde çift-çift ve çift-tek sistemlerin dağılım gözlemlerini yapmıştır. Leonard ve Fahlman'ın yaptığı hesaplamalarla çift-çift çarpışmalarıyla üretilen yıldız sistemlerinin çoğu uzak bir bileşene sahiptir (Bkz. Şekil 6b). [19], yoğunluğu az olan küresel kümelerdeki mavi aykırı yıldızların oluşumlarının çift-çift çarpışmalarıyla meydana geldiğini önermiştir.

[13], [17] tarafından küresel kümelerde gözlenen W UMa türü degen çiftlerin bir kısmının çift yıldız karşılaşmalarıyla üretilebileceğini ifade etmiştir. Bu karşılaşmaların, fiziksel çarpışmaların ortaya çıkması için çok zayıf olduğu, fakat daha sonra mavi aykırı yıldız olacak olan W UMa yıldızları olacağı ileri sürülmüştür. Yine mavi aykırı yıldızla sahip olan uzun dönemli çiftlerin sayısının çok olmasının, çarpışmalarla açıklanabileceğine işaret edilmiştir.

[20] bir küresel kümede mavi aykırı yıldız bulunma sıklığının, o kümenin yıldız sayısı ile ilişkili olduğunu bulmuştur. Buna göre, bir küresel kümenin yıldız sayısı ne kadar az ise mavi aykırı yıldız bulunma olasılığı o kadar yüksektir. Bu sonuç onları çarpışma ile mavi aykırı yıldız oluşması yerine kütle aktarımı veya birleşme ile mavi aykırı yıldız oluşmasının daha kuvvetli bir olasılık olduğuna götürmüştür.

Günümüzde mavi aykırı yıldızların oluşumu için kabul edilen kesin bir mekanizma olmamasına rağmen, öne sürülen mekanizmaların pek çoğu mavi aykırı yıldızların daha iyi anlaşılmasına yardımcı olmaktadır.

3. Mavi Aykırı Yıldızların Değişim Türleri

Değişen yıldızlar, yıldız evrim aşamalarını anlamamızda büyük rol oynamaktadır. Bu nedenle değişen mavi aykırıların incelenmesi, mavi aykırı sorununu aydınlatmak için önemli bir yere sahiptir. Değişim gösteren mavi aykırıların fotometrik gözlemleri, bize onların doğası ve özelliklerine dair pek çok bilgi sunar.

Günümüzde mavi aykırı yıldızlar için temel olarak iki tür değişim mekanizması belirtilmektedir. Bunlardan ilki *zonklama*, diğeri ise *örten çift* değildir [21], [22]. Bununla beraber mavi aykırı yıldızların HR diyagramındaki konumu, kimyasal garip yıldızlar bölgesine karşılık gelmektedir. Dolayısıyla, *kimyasal gariplik* gösteren mavi aykırı yıldızları da bu listeye eklemek gerekir.

3.1 Zonklayan Mavi Aykırı Yıldızlar

Açık ve küresel kümelerde pek çok zonklayan mavi aykırı yıldız vardır. Bu yıldızlar buldukları küme veya yıldız gruplarının yaşlarına göre değişik isimler almaktadır. Bu yıldızlar genel olarak Sefeid türü değişen özelliklerine sahiptir. Cüce Sefeid yıldızları, genç küme ve yıldız gruplarında (Öbek I) *δ Scuti* ve yaşlı küme ve yıldız gruplarında (Öbek II) ise *SX Phoenicis* yıldızları olarak adlandırılır.

Küresel kümelerde pek çok zonklayan mavi aykırı yıldız bulunmuştur. Örneğin ω Centauri küresel kümesinde iki cüce sefeid [23] ve daha sonra aynı kümede [24] üçüncü bir cüce Sefeid yıldızının da mavi aykırı bölgesinde olduğunu belirlemiştir. Ayrıca, ulaşılan diğeri bir gözlemsel sonuç: küresel kümelerdeki zonklayan mavi aykırı yıldızların sıklığı yaşlı açık kümelerdeki zonklayan mavi aykırı yıldızlardan daha fazladır [21].

3.2 Örten Çift Üyesi Olan Mavi Aykırı Yıldızlar

Mavi aykırı yıldızlarda gözlenen bir başka değişim mekanizması örten çift üyesi değildir. İlk keşfedilen örten mavi aykırı yıldız, ω Cen küresel kümesindeki NJL 5'dir [25].

CCD gözlemleri sayesinde birçok örten çift mavi aykırı yıldızın yaşlı açık kümelerde olduğu bilinmektedir. Küresel kümeler içinde bazı uzun dönemli örten mavi aykırı çiftler olmasına rağmen, bu sistemlerin birçoğu W UMa türü çift sistemlerdir. Aynı durum yaşlı açık kümeler için de geçerlidir. Fakat yaşlı açık kümelerin hepsinde örten çift sistemler keşfedilememiştir. W UMa türü örten çift sistemlerin varlığının kanıtlanması için daha kapsamlı çalışmalara gereksinim vardır [21].

Zonklayan mavi aykırı yıldızlardan farklı olarak yaşlı disklerde veya halo öbeklerine ait olan alan örten mavi aykırı yıldızlarını ayırt etmek için bilinen kolay bir yol yoktur. Bunun nedeni, bu yıldızlara ait metal bolluğuna ve kinematik özelliklerine ilişkin kullanışlı verilerin olmamasıdır.

Yıldız yoğunluğu az olan açık kümelerdeki örten çift mavi aykırı yıldızların sayısı, yıldız yoğunluğu çok olan küresel kümelerdeki mavi aykırı yıldızların sayısından yaklaşık 4 kat fazladır. Az yoğun açık kümelerle çok yoğun küresel kümelerdeki çift yıldız sayılarındaki farklılık, mavi aykırı yıldız oluşum mekanizmalarının küresel ve açık kümelerde farklılığa sahip olduğunu göstermektedir [3].

3.3. Kimyasal Garip Mavi Aykırı Yıldızlar

[26] yapılan gözlemleri kullanarak mavi aykırı yıldızların iki özelliğine değinmiştir. Bunlardan ilki mavi aykırı yıldızların yaklaşık olarak B3-A2 tayf türlerindeki Ap yıldızları olup orta yaşlı kümelerde yer alan yavaş dönen yıldızlar olabileceğidir. Halen anakol bölgesinde bulunma nedenleri manyetik karışımla ilgili olabilir. İkinci özellik ise mavi aykırı yıldızların yaklaşık olarak O6-B2 tayf türlerindeki salma çizgili hızlı dönen yıldızlar olduğu ve genç kümelerde yer aldığıdır.

Açık kümelerdeki mavi aykırıları -0.20 ile +0.20 kadir aralığında B-V değerine sahip bölgelerde bulunurlar. Burası aynı zamanda Ap yıldızlarının bölgesidir. [27] kimyasal garip yıldızları belirlemek üzere fotometrik bir gariplik parametresi tanımlamıştır. Buna göre, Ap yıldızlarının tayfında $\lambda 5200 \text{ \AA}$ akısındaki orta band fotometri ile azalma keşfedilebilir. Bu gariplik parametresinin belirlenebilmesi için ek olarak iki süzgece daha gereksinim vardır: etkin dalgaboyu $\lambda 5020 \text{ \AA}$ ve band genişliği 100 \AA olan g_1 ve 5210 \AA ve band genişliği 120 \AA

olan g_2 bandları. g_2 bandı, Ap yıldızlarındaki $\lambda 5200 \text{ \AA}$ çöküntüsünün merkezine çok yakındır. Maitzen'in gariplik indeksi şöyle tanımlanır: $\Delta a = a - a_0$, $a = g_2 - (g_1 + y)/2$. a_0 , Ap yıldızı olarak aynı bünyesel $(b-y)_0$ 'lı "normal" yıldızlar için karşılık gelen standart değerdir. [28], bu yöntemi kullanarak 9 kümedeki, $-0.10 \leq (b-y)_0 \leq 0.17$ kadir renk aralığında (yani B3 ile F0 tayf türü aralığında) bulunan mavi aykırılar arasında kimyasal garip yıldızları belirlemiştir. Bu çalışmanın ortaya çıkardığı dikkat çekici bir nokta vardır: mavi aykırılar içindeki Ap yıldızlarının yüzdesi, açık kümelerdeki normal sıklıklarından fazla değildir, yani toplam sayının %10'u Ap yıldızıdır.

4. Tartışma

Mavi aykırı yıldızların sıklığı kümelerin yaşlarıyla orantılı olarak artar. Neredeyse her küme en az bir tane mavi aykırı yıldızla sahiptir. Genç kümelerdeki mavi aykırı yıldızların sıklıkları daha azdır. Mavi aykırı yıldızlar, aynı tür ve gariplikteki anakol yıldızları gibi özellikler göstermektedir; elde edilen veriler hangi yıldızların mavi aykırı yıldızlar olduğu sorununa cevap veremezler.

Mavi aykırı yıldızların oluşumuna ilişkin öne sürülen mekanizmalar günümüzde halen daha tartışılmaktadır. Mavi aykırı yıldızlar üzerine pek çok araştırma yapılmış olmasına rağmen bu yıldızların varlığına ilişkin sorun henüz çözülememiştir. Mavi aykırı yıldızların doğasının daha iyi anlaşılabilmesi ve kökenlerine ilişkin öne sürülen kuramların açıklanabilmesi için bu yıldızlara ait daha fazla istatistiksel verilere ihtiyaç vardır.

Teşekkür. Bu çalışma 2005-2006 eğitim ve öğretim yılı içinde, sayın Doç. Dr. Günay TAŞ danışmanlığında yapmış olduğumuz DİPLOMA ÇALIŞMAMIZIN kısa bir özetiştir.

5. Kaynaklar

- [1] Sandage, A.R., 1953, *AJ*, 58, 61.
- [2] Andrievsky, S.M., Schönberner, D., Drilling, J.S., 2000, *A&A*, 356, 517.
- [3] Ouellette, J.A., 2000, *PhDT*, 50.
- [4] Sargent, W.L.W., 1968, *ApJ*, 152, 885.
- [5] Leonard, P.J.T., 1985, *BAAS*, 17, 882.
- [6] Wheeler, J.C., 1979, *ApJ*, 234, 569.
- [7] Wilson, L.A., Bowen, G.H., Struck-Marcell, C., 1987, *Comments on Ap*, 12, 17.
- [8] McCrea, W.H., 1964, *MNRAS*, 128, 147.
- [9] Zinn, R., Searle, L., 1976, *ApJ*, 209, 734.
- [10] Meyer, F., Meyer-Hoffmeister, E., 1980, in *Close Binary Stars: Observations and Interpretation*, IAU Symp. 88, eds. M.J. Plavec, D.M. Popper, R.K. Ulrich, p.145.
- [11] Hills, J.G., Day, C.A., 1976, *Astrophys. Lett.*, 17, 18.
- [12] Leonard, P.J.T., Linnell, A.P., 1992, *AJ*, 103, 1928.
- [13] Stryker, L.L., 1993, *PASP*, 105, 1081.
- [14] Pritchett, C.J., and Glaspey, J.W., 1991, *ApJ*, 373, 105.
- [15] Maeder, A., 1987, *AA*, 178, 159.
- [16] Leonard, P.J.T., 1996, *ASPC*, 90, 33.
- [17] Mateo, M., Harris, H.C., Nemec, J., Olszewski, E.W., 1990, *AJ*, 100, 469.
- [18] Leonard, P.J.T., 1989, *AJ*, 98, 217.
- [19] Leonard, P.J.T., Fahlman, G., 1991, *AJ*, 102, 994.
- [20] Piotto, G., De Angeli, F., King, I.R., Djorgovski, S.G., Bono, G., Cassisi, S., Meylan, G., Recio-Blanco, A., Rich, R.M., Davies, M.B., 2004, *ApJ*, 604, 109.
- [21] Mateo, M., 1993, *ASPC*, 53, 74.
- [22] Bailyn, C.D., 1995, *ARA&A*, 33, 133.
- [23] Niss, B., Jorgensen, H.E., Laustsen, S., 1978, *A&A*, 32, 387.
- [24] Da Costa, G.S., Norris, J., Villumsen, J.V., 1986, *ApJ*, 308, 743.
- [25] Jensen, K. S., Jorgensen, H. E., 1985, *A&AS*, 60, 229.
- [26] Abt, H.A., 1985, *ApJ*, 294, 103.
- [27] Maitzen, H.M., 1976, *AA*, 51, 223.
- [28] Maitzen, H.M., Seggewiss, W., Tueg, H., 1981, *AA*, 96, 174.

