

**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ**
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

# DERİN GÖKYÜZÜ TARAMASINDA YILDIZ POPÜLASYONLARI

**Astronom Orhan GÜNEŞ**
**Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı**
**Astronomi ve Uzay Bilimleri Programı**

**Danışman**
**Doç.Dr. Yüksel KARATAŞ**

**İSTANBUL**

Bu çalışma 30.06.2008 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı Astronomi ve Uzay bilimleri programında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Doç.Dr. Yüksel KARATAŞ (Danışman)
İstanbul Üniversitesi
Fen Fakültesi

Prof.Dr. H. Gökmen TEKTUNALI
İstanbul Üniversitesi
Fen Fakültesi

Prof.Dr. H. Hüseyin MENTEŞE
İstanbul Üniversitesi
Fen Fakültesi

Doç. Dr. A. Talat SAYGAÇ
İstanbul Üniversitesi
Fen Fakültesi

Yard.Doç.Dr. Saffettin YILDIRIM
İstanbul Üniversitesi
Fen Fakültesi

# ÖNSÖZ

Bu yüksek lisans tezinde Derin Gökyüzü Taramasına ait alan yıldızlarının CFHT/MegaCam $u^{*}g'r'i'z'$ fotometrik verileri ile galaksi-yıldız ayırımı, yıldız popülasyonlarının metal bolluğu dağılımı, metal bolluğu gradiyenti konuları araştırılmıştır. Bu ilişkilerden çıkan sonuçlarla galaksinin evrimini anlamaya yönelik yorumlar yapılmaya çalışılmıştır.

Bu tez çalışmasının yürütülmesindeki destek ve yardımlardan dolayı danışmanım Doç. Dr. Yüksel KARATAŞ'a teşekkür ederim. Teze ait verilerinin sağlanmasında Doç. Dr. Füsun Limboz, Dr. C. Benoist, Araş.Gör. Sinan Aliş'e teşekkürlerimi sunarım.

Gerek lisans gerek yüksek lisans eğitimim boyunca eğitimime katkılarından dolayı hocalarıma teşekkür ederim. Bu tez çalışması süresince her türlü kaynaklarından yararlanmamı sağlayan İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü Başkanlığı'na teşekkür ederim.

**Haziran, 2008** **Orhan GÜNEŞ**

# İÇİNDEKİLER

**ÖNSÖZ** ..... **i**

**İÇİNDEKİLER** ..... **ii**

**ŞEKİL LİSTESİ** ..... **iv**

**TABLO LİSTESİ** ..... **v**

**SEMBOL LİSTESİ** ..... **vi**

**ÖZET** ..... **vii**

**SUMMARY** ..... **viii**

**1. GİRİŞ** ..... **1**

**2. GENEL KISIMLAR** ..... **3**

**2.1. CFHT/MEGACAM ve SDSS FOTOMETRİ SİSTEMLERİ** ..... **3**

**2.2 GALAKTİK YILDIZ POPÜLASYONLARI VE GALAKSİNİN EVRİMİ** ..... **5**

**3. MALZEME VE YÖNTEM** ..... **13**

**3.1 MALZEME** ..... **13**

**3.1.1 Gözlemsel Veriler** ..... **13**

**3.2 YÖNTEM** ..... **14**

**3.2.1 Yıldız - Galaksi Ayırımı** ..... **14**

**3.2.2 Kızarmadan Arındırma** ..... **15**

**3.2.3 Metal Bolluğu Tayini** ..... **15**

**3.2.4 Mutlak Kadir Tayini** ..... **16**

**3.2.5 Dev Yıldızların Ayırımı** ..... **17**

**3.2.6 Yaş Verileri** ..... **18**

**3.2.7 M, L, T Spektrel Tipten Kahverengi Cüceler** ..... **19**

**4. BULGULAR .....21**

**4.1. YILDIZ GALAKSİ AYIRIMI .....21**

**4.2. YILDIZ POPÜLASYONLARININ RENK UZAYLARI.....23**

**4.3. KAHVERENGİ CÜCELER .....25**

**4.4. DEV YILDIZLARIN AYIRIMI .....27**

**4.5. METAL BOLLUĞU DAĞILIMI .....28**

**4.6. METAL BOLLUĞU GRADİYENTİ.....34**

**4.7. RENK - YAŞ – METAL BOLLUĞU İLİŞKİSİ.....35**

**5. TARTIŞMA VE SONUÇ .....37**

**KAYNAKLAR .....41**

**ÖZGEÇMİŞ .....43**

# ŞEKİL LİSTESİ


**Şekil 2.1** : u*g′r′i′z′ (MEGACAM) ve u′g′r′i′z′ (SDSS) filtrelerinin geçirgenlik eğrilerinin karşılaştırılması .....4
**Şekil 2.2** : Samanyolu Galaksisinin oluşumu ve evrimi .....5
**Şekil 2.3** : Samanyolu Galaksisinin oluşumu ve evrimi .....6
**Şekil 2.4** : Samanyolu Galaksisinin bileşenleri .....6
**Şekil 3.1** : (r′-i′), (i′-z′), (z′-J), (i′-J) renk indesleri ile M, L, T spektrel tipler arasındaki ilişkiler .....20
**Şekil 4.1** : D4 alanına ait i′ - Half-Light Radius (HLR) ilişkisi .....21
**Şekil 4.2 a-b** : D4 alanında ayrımı yapılan yıldızların (u′-g′) - (g′-r′) ve (g′-r′) – (r′-i′) iki renk diyagramları .....22
**Şekil 4.3** : D4 alanında 4791 yıldızın g′ kadirine göre dağılımı .....23
**Şekil 4.4 a-b** : D4 alanında tamlık sınırı içerisindeki yıldızların g′- (g′-r′) (panel a) ve (g′-r′) (panel b) dağılımı .....24
**Şekil 4.5** : D4 alanında (r′-i′) - (i′-z′) diyagramı .....25
**Şekil 4.6** : Şekil 4.1 de sağ üst bölgedeki kahverengi cüce adaylarının (z′- J) - (i′-z′) diyagramı .....26
**Şekil 4.7** : D4 alanındaki yıldızların (g′-r′) – (r′-i′) diyagramı .....27
**Şekil 4.8** : D4 alanında ayrımı yapılan yıldızların ($u^*$-g′) - (g′-r′) iki renk diyagramı .....28
**Şekil 4.9 a-b** : 0.20 ≤ (g′-r′) ≤ 0.60 renk indeksi aralığındaki 834 yıldızın (a) g′ - ($u^*$-g′) diyagramı, (b) ($u^*$-g′) dağılımı .....29
**Şekil 4.10** : Alanımızdaki yıldızların metal bolluğu dağılımı .....30
**Şekil 4.11 a-b** : Galaksi düzleminden uzaklığın (z kpc) fonksiyonu olarak metal bolluğu dağılımı .....31
**Şekil 4.11 c-d** : Galaksi düzleminden uzaklığın (z kpc) fonksiyonu olarak metal bolluğu dağılımı .....32
**Şekil 4.11 e-f** : Galaksi düzleminden uzaklığın (z kpc) fonksiyonu olarak metal bolluğu dağılımı .....33
**Şekil 4.12** : Şekil 4.11a-f deki yıldız popülasyonlarının <[Fe/H]> - z (kpc) ilişkisi .....34
**Şekil 4.13** : (g′-r′) - [Fe/H] ilişkisi .....35

# TABLO LİSTESİ

**Tablo 3.1** : D4 alanına ait bilgiler ..... **13**
**Tablo 3.2** : Z ağır element bolluğu ve farklı yaş değerleri için, Girardi ve diğ. (2004) e ait yaş veri setinden belirlenen (g′-r′) dönüm noktaları……...**18**
**Tablo 4.1** : D4 alanına ait Şekil 4.5 de ayırımı yapılan 3 kahverengi cüce adayının fotometrisi …….....**26**
**Tablo 4.2** : (g′-r′) < 0.20 değerlerinde 11 Gyr dan genç 4 yıldızın (g′-r′) , [Fe/H] ve z (kpc) verileri .....**36**

# SEMBOL LİSTESİ

| | |
|---|---|
| **(α, δ)** | : Galaktik rektasasyon ve deklinasyon |
| **(*l, b*)** | : Galaktik enlem ve galaktik boylam |
| **(u*,g′,r′,i′,z′)** | : ugriz fotometrisinde kızarmadan arındırılmamış renkler |
| **(u*$_0$,g′$_0$,i′$_0$,r′$_0$,z′$_0$ )** | : ugriz fotometrisinde kızarmadan arındırılmış renkler |
| **(u′-g′)** | : u′ ile g′ parlaklıkları arasındaki fark |
| **(g′-r′)** | : g′ile r′ parlaklıkları arasındaki fark |
| **(r′-i′)** | : r′ ile i′ parlaklıkları arasındaki fark |
| **$\sigma_W$** | : W hız dispersiyonu |
| **[Fe/H]** | : Demir/metal bolluğu |
| **[α/Fe]** | : α element bolluğu |
| **d** | : Güneşten olan uzaklık |
| **dex** | : Deka-eksponansiyel = $10^1$ |
| **e** | : Eksentriste |
| **E(B-V)** | : Renk artığı |
| **HLR** | : CCD görüntülerindeki cisimlerin ışığının % 50 si ile sınırlandığı yarıçap |
| **$h_r$** | : Uzunluk ölçeği |
| **$h_z$** | : Yükseklik ölçeği |
| **J** | : 2MASS kırmızıötesi bölgeye ait görünen kadir |
| **JHK** | : 2MASS kırmızı ötesi fotometri |
| **$M_\odot$** | : Güneş kütlesi |
| **$M_{r'}$** | : r′ rengindeki mutlak kadir |
| **$m_s$** | : s değerlerine ait medyan |
| **$m_v$** | : Görünen kadir |
| **$P_1$ ve $P_2$** | : (u′-g′) - (g′-r′) iki renk diyagramında kırmızı dev yıldızların bulunduğu alanı tanımlayan bölge |
| **s** | : Spaghetti derin gökyüzü taraması sonuçları alınarak tanımlanan vektör |
| **<t>** | : Ortalama yaş |
| **<[Fe/H]>** | : Ortalama Demir/metal bolluğu |
| **t** | : Yaş |
| **$V_{rot}$** | : Rotasyon hızı |
| **VIRMOS-VLT** | : Galaksilerin evrimini çalışmak için yürütülen tarama programı |
| **VMP** | : Metalce çok fakir yıldızlar |
| **VVDS** | : VIRMOS-VLT Deep Survey |
| **W** | : Uzay hızı |
| **WBLUW** | : Walraven fotometrisi |
| **z** | : Galaksi düzleminden olan uzaklık |
| **z′- J** | : z' ile J arasındaki fark |
| **Z** | : Yıldızların ağır element bolluğu |
| **$Z_\odot$** | : Güneş'in ağır element bolluğu |

# ÖZET


## DERİN GÖKYÜZÜ TARAMASINDA YILDIZ POPÜLASYONLARI

Bu çalışamada, D4 alanının MEGACAM $u^*g'r'i'z'$ fotometrisi ile $17 \leq i' \leq 21$ ve HLR $\leq$ -2.82 kriterlerine göre yıldızların galaksilerden ayırımı yapılarak, F ve G spektrel tipten alan yıldızları için, yıldız popülasyonlarının ayırımı, metal bolluğu dağılımı, metal gradiyenti çalışılmıştır. 834 yıldızın metal bolluğu dağılımında yıldız popülasyonlarının ortalama metal bolluğu değeri, kalın diskin $<[Fe/H]> = -0.72 \pm 0.39$, yıldızlar halosunun $-1.35 \pm 0.96$ ve VMP yıldızlarının ise $-2.22 \pm 0.66$ olarak elde edilmiştir. Kalın diskin [Fe/H] = $-0.72 \pm 0.39$ değeri, (Trefzger ve diğ. 1989 ; [Fe/H] ~ -0.60), (Gilmore ve Wyse 1985; [Fe/H] = -0.60), (Allende Prieto ve ark. 2006; [Fe/H] = -0.70) dex değeri ile uyum içerisindedir. Kalın diskte ortalama metal bolluğunda bir metal gradiyenti tespit edilememiştir.

Yıldızlar halosu için elde edilen $<[Fe/H]> = -1.35 \pm 0.96$ değeri, (Allende Prieto ve ark. 2006; [Fe/H] = -1.40 ) değeri ile uyum içerisindedir.
z = [4, 8.5] kpc uzaklığında iç haloda -0.10 dex/kpc değerinde küçük bir metal gradiyent tespit edilmiştir. Metalce çok fakir VMP yıldızları için bulunan $-2.22 \pm 0.66$ dex bolluk değeri, Carollo ve ark. (2007) a ait SDSS DR5 verilerinden elde edilen [Fe/H] = -2.2 değeri ile oldukça uyum içerisindedir.

Şekil 4.13 deki yaş- [Fe/H]- $(g'-r')$ diyagramında, ($1.55 \leq [Fe/H] \leq -1.95$ ; $< 11$ Gyr; $(g'-r') < 0.2$; $z \sim 14 - 17$ kpc) değerlerindeki 3 yıldız cüce galaksilerden galaksimize etkileşmesi sürecinde bırakılmış yıldızlar olabilir (Searle ve Zinn 1978).
($g'-r < 0.2$; [Fe/H] = -0.73 ; $<$ 6 Gyr; $z \sim 22$ kpc) değerlerine sahip bir yıldız, Blue Straggler adayı olabilir (Carney ve diğ. 1994).

# SUMMARY


## STELLAR POPULATIONS IN DEEP SKY SURVEY

In this study we have separated stars from galaxies via the criterions HLR ≤ 2.82 and 17 < i' < 21, by using MegaCam $u^*g'r'i'z'$ photometry in D4 field. We have studied the metal abundance and metallicity gradient of Galactic stellar populations in CFHTLS D4 field. Our mean abundance values, which are derived from the metallicty distribution of 834 distant F and G type stars are -0.72 ± 0.39 dex for the thick disk, -1.35± 0.96 dex for stellar halo, and -2.22 ± 0.66 dex for VMP stars, respectively. Metal abundance value, -0.72 dex for the thick disk is in concordance well with the ones of (Trefzger et al. 1989 ; [Fe/H] ~ -0.60), (Gilmore and Wyse 1985; [Fe/H] = -0.60), (Allende Prieto et al. 2006; [Fe/H] = -0.70) . No vertical abundance gradient for the thick disk at the distance of z =[2.5, 6.5] kpc is detected.

Derived abundance value -1.35 dex for stellar halo is in agreement well with the one of (Allende Prieto et al. 2006; [Fe/H] = -1.40). There does not exist any change in mean metal abundance for inner halo, z = [4, 8.5] kpc. A metallicity peak around -2.22 dex for VMP stars is in good agreement with the -2.2 dex, given by Carollo et al. (2007) from the spectroscopic and kinematic data of SDSS DR5.
The two mean metal abundances -1.35 dex (inner halo) and -2.2 dex (outer halo) support an idea that halo is two broadly overlapping structural components - inner and outer halo.

As can be seen from Figure 4.13, which shows the relation of [Fe/H]- (g′-r′) in terms of age, three stars with the values of (1.55 ≤ [Fe/H] ≤ -1.95 ; < 11 Gyr; (g′-r′) < 0.2; $z$ ~ 14 - 17 kpc) may be accreted via the collisional processes between dwarf galaxies such as Sagittarius, Carina and our Galaxy ( Searle ve Zinn 1978). Only one star with (g′-r < 0.2; [Fe/H] = -0.73 ; < 6 Gyr; $z$ ~ 22 kpc) may be Blue Straggler candidate, according to the work of Carney et al 1994.

# 1.GİRİŞ

Bu tez çalışmasında, CFH/MegaCam'a ait $u^*g'r'i'z'$ fotometrisi ile yıldızların galaksilerden literatürde yer alan yeni bir teknik ile ayırımı yapılmıştır. Alan yıldızlarının metal bolluğu ve mutlak kadir tayininde Sloan Digitial Sky survey (SDSS) ye ait en yeni bağıntılar kullanılmış, yıldız popülasyonları olan kalın disk ve yıldızlar halosunun metal bolluğu dağılımı elde edilmiştir. Metal bolluğu dağılımında Metalce Çok Fakir (VMP) yıldızlarının varlığı dikkati çekmiş ve literatürdeki sonuçlar ile karşılaştırılarak yorumlanmaya çalışılmıştır.

Yıldız popülasyonlarının metal bolluğu dağılımından tespit edilen ortalama değer ve galaksi düzleminden uzaklık bilgileri ile metal bolluğu gradiyenti araştırılmıştır. SDSS filtreleri için oluşturulmuş yaş verileri ile renk-yaş-metal bolluğu ilişkisi araştırılmış ve halonun dönüm noktasından küçük değerlerde genç, metalce fakir mavi yıldızlar tespit edilmiştir. Yıldız popülasyonlarının, metal bolluğu, uzay dağılımı ve renk-yaş-metal bolluğu ilişkileri, galaksimizin evrimi ve oluşumu senaryoları ile açıklanmıştır.

Alanımızda kahverengi M, L, T spektrel tipten cücelerin olup olmadığı en yeni analiz teknikleri kullanılarak araştırılmıştır.

Bu tez çalışmasının genel kısmında Sloan Digital Sky Survey (SDSS), Canada-France-Hawaii Telescope Legacy Survey (CFHTLS/MegaCaM) gibi spektrumun optik bölgesinde fotometrik derin gökyüzü taramalarından elde edilen fotometri sistemleri ile ilgili genel bilgiler verilmiştir. Ayrıca, galaktik yıldız popülasyonlarının metal bolluğu, uzay dağılımı, yaş vb. özelliklerinin araştırılmasında öneme sahip bilgiler galaksimizin oluşumu ve evrimi ile ilişkilendirilerek sunulmuştur.

Malzeme kısmında CFH/MegaCam'a $u^*g'r'i'z'$ fotometrisine ait D4 alanı verileri tanıtılmıştır. Yöntem kısmında ise, $u^*g'r'i'z'$ filtreleri ile galaksi yıldız ayırımı

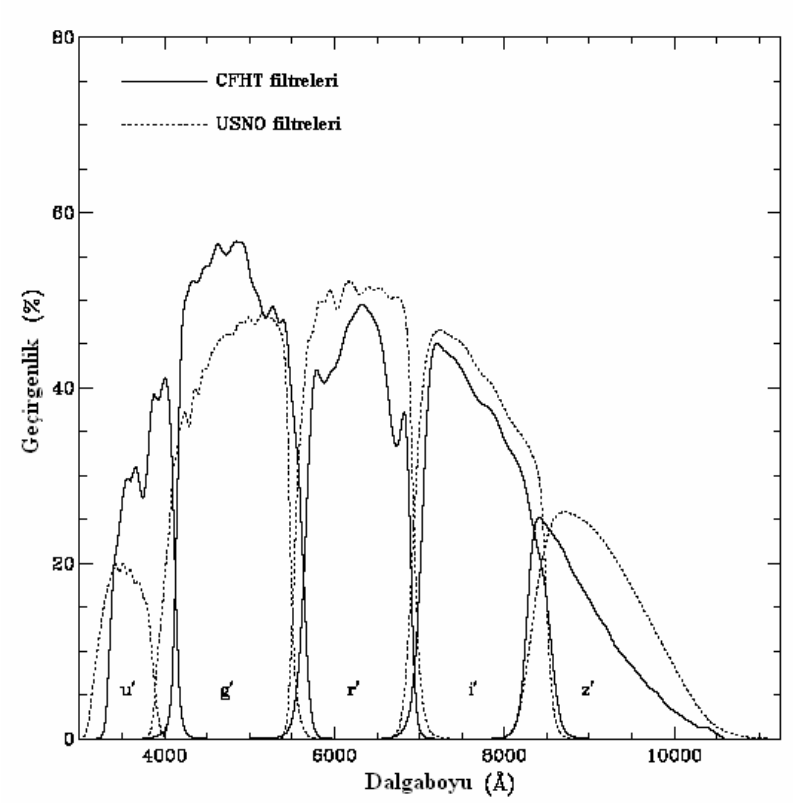
tekniği, yıldızlar arası kızarmadan arındırma, metal bolluğu ve mutlak kadir tayini, dev yıldızların ayırımı ile ilgili güncel yöntemler verilmiştir. Ayrıca, kahverengi M, L, T spektrel tipten cücelerin tespiti için en yeni yöntemler tanıtılmıştır. Bulgular kısmında, D4 alanına ait yıldız-galaksi ayırımı istatistiği, yıldız popülasyonlarının renk uzaylarındaki ayırım limitleri, dev yıldızların ayırımı, metal bolluğu dağılımı ve yıldız popülasyonlarının ortalama metal bolluğu değerlerinin tespiti ve literatür değerleri ile karşılaştırılması verilmiştir. Ortalama metal bolluğu değerlerinden oluşturulan metal bolluğu – galaksi düzleminden uzaklık ilişkisi ile metal bollluğu gradiyenti araştırılmıştır. Renk-yaş-metal bolluğu ilişkisi ile metalce fakir genç mavi yıldızların varlığı tespit edilmiştir. M6 tipinden bir kahverengi cüce yıldız adayı tespit edilmiştir. Tartışma ve Sonuç kısmında, elde edilen bulguların literatür değerleri ile ve galaksinin oluşumu ve evrimi senaryoları ile karşılaştırılması yapılmıştır.

# 2.GENEL KISIMLAR

## 2.1 CFHT/MEGACAM VE SDSS FOTOMETRİ SİSTEMLERİ

Sloan Digital Sky Survey (Sayısal Gökyüzü Taraması, SDSS) (Gunn ve diğ. 2006, Fukugita ve diğ. 1996, Smith ve diğ. 2002) , verilerin üç farklı teleskoptan elde edildiği çok adımlı bir süreçtir: (1) US Arizona Naval Gözlemevi'ndeki (USNO) 1 m lik teleskop, $9 \leq r' \leq 14$ kadir aralığında 158 birincil standart yıldızın standart yıldız gözlemi için kurulmuştur. Buradaki fotometri USNO u′g′r′i′z′ sistemi olarak adlandırılır. (2) New Mexico' daki Apache Point Gözlemevi'ndeki 0.5 m lik teleskop, $r' = 18$ kadire kadar gece sönükleşme etkilerini hesaplamak ve ikincil standart yıldız gözlemlerini yapmak için kurulmuştur. Bu gözlemler SDSS gökyüzü taramasında kullanılmıştır. (3) New Mexico' daki Apache Point Gözlemevi'ndeki 2.5 m lik teleskop ile SDSS gökyüzü taramaları yapılmıştır. Buradaki ugriz fotometri sistemi SDSS 2.5 m ugriz sistemi olarak adlandırılmaktadır.

USNO 1-m u′g′r′i′z′ fotometri sistemi, SDSS 2.5 m ugriz fotometri sisteminden farklıdır. Tucker ve diğ (2006) bu iki sistem arasında dönüşüm bağıntıları yayınladılar.




Şekil 2.1. u*g′r′i′z′ (MEGACAM) (katı çizgi) ve u′g′r′i′z′ (SDSS) (kesikli çizgi) filtrelerinin geçrigenlik eğrilerinin karşılaştırlması.

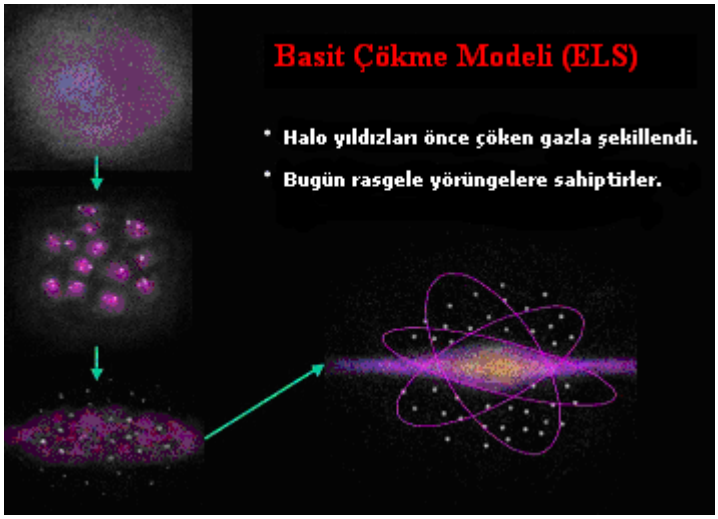
Diğer taraftan, Kanada-Hawai-Fransa Derin Gökyüzü Taraması (CFHTLS) MegaCam adı verilen bir düzenekle u*g′r′i′z′ filtrelerinde dört farklı doğrultuda D1,2,3,4 alanlarını gözlemiştir. Şekil 2.1 den de görüleceği gibi, u*g′r′i′z′ filtrelerinin etkin dalgaboyları ve bant genişlikleri USNO/SDSS ile çok benzerlik göstermektedir. UV morötesi bölgedeki MegaCam da tanımlanmış u* filtresinin, USNO/SDSS u′ filtresinden olan farklılığı çok azdır. CFHT/MegaCam da tanımlanmış u* filtresinin bazı avantajları vardır. u* filtresinin kısa dalgaboylarında CFHT/MegaCam CCD lerine duyarlılığı çok muhteşemdir. Ayrıca, u* filtresinin Manua Kea da yüksek enlemlerde UV deki atmosferik sönümlemeyi azaltıcı bir önemi vardır. Şekil 2.1 den de görüleceği gibi, CFHT/MegaCam u* filtresinin merkezî dalgaboyu, USNO/SDSS u′ filtresinin merkezî dalgaboyuna göre ~ 200 A$^{o}$ daha kırmızı tarafta konumlanmıştır.

CFHTLS, SDSS den daha derin ve daha iyi görüntü kalitesine sahip olmakla beraber gökyüzünün çok daha küçük alanını taramaktadır.

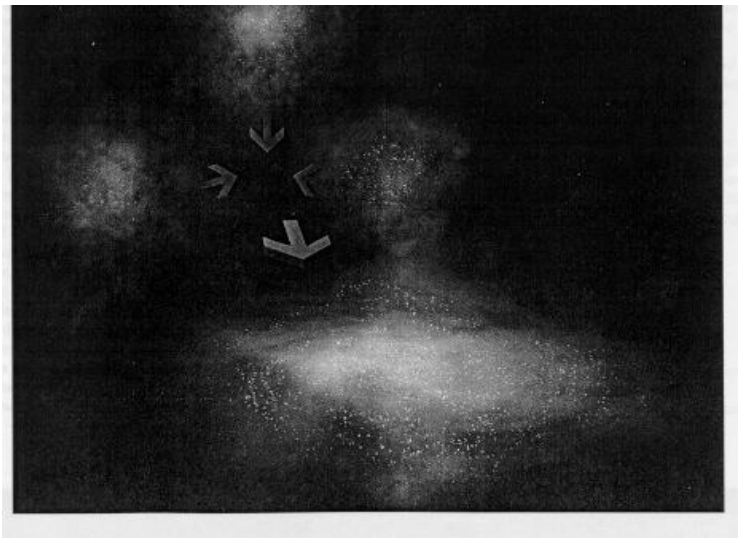
Sloan Digital Sky Survey (SDSS), Canada-France-Hawaii Telescope Legacy Survey (CFHTLS/MegaCaM) gibi spektrumun optik bölgesinde fotometrik derin gökyüzü taramalarından elde edilen veriler, galaktik yıldız popülasyonlarının metal bolluğu, uzay dağılımı, yaş vb. özelliklerinin araştırılmasında öneme sahiptir. Böyle özelliklerin araştırılabilmesi, bu fotometri sistemlerinin yıldızların ,renk ve kadirlerinin metal bolluğu, mutlak kadir gibi astrofiziksel niceliklerine göre oluşturulan bağıntıları ile olabilmektedir. SDSS ve CFH/MegaCam'a ait ugriz filtrelerinin birbirleri ile benzerlik göstermesi, SDSS için oluşturulmuş yıldızların metal bollluğu ve mutlak kadir kalibrasyonlarının CFH/MegaCam verileri için kullanımına olanak vermektedir.

## 2.2 GALAKTİK YILDIZ POPÜLASYONLARI VE GALAKSİNİN EVRİMİ

En yeni gözlemler galaksimizin, daha önce mevcut olan gaz ve yıldızların bulunduğu küçük galaksiler şeklindeki parçaların toplaşması (aggregation) (Şekil 2.2; Şekil 2.3) ile oluşmuş olabileceğini göstermektedir (Buser 2000). Bu işlev, 12 milyar yıl önce başladı. O zamanlarda açısal momentumları farklı olan madde iki ayrı evrimsel yol izledi. Bu maddelerden biri yavaşça dönen haloya ve merkezî şişkin bölgeye, diğeri ise hızlı bir şekilde dönen diske doğru evrimleşti.

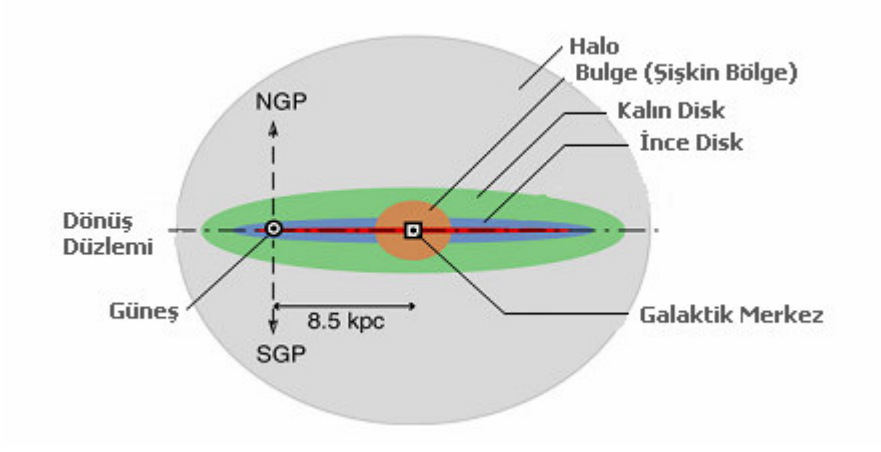



Şekil 2.2. Samanyolu Galaksisinin oluşumu ve evrimi .



Şekil 2.3 . Samanyolu Galaksisinin oluşumu ve evrimi .

Birbirinden farklı kalın ve ince diskin varlığı şunu göstermektedir: Sürmekte olan cüce uydu galaksilerin galaksimiz ile birleşmesi, galaksimizin temel yapısal bileşeninin ilk evrimini belirlemiştir. Galaksimizin merkezinden yaklaşık 25 kpc ten daha küçük uzaklıkta, Sagittarius cüce galaksisi son zamanlarda keşfedilmiş ve galaksimiz ile birleşmiş bir halde gözlenmiştir.




Şekil 2.4. Samanyolu Galaksisinin bileşenleri. Güneş, Galaksi merkezinde 8.5 kpc ötededir. Galaksinin temel bileşenleri, yıldızlar halosu, kalın ve ince disk ve Şişkin bölge (Bulge) dir. Halo, kalın ve ince diskler yıldız popülasyonları olarak bilinmektedir.

Galaksimiz dört büyük bileşenden ibarettir (Şekil 2.4). Yıldızlar ile yaklaşık 170 küresel kümeden ibaret seyrek ve hemen hemen dönmeyen sferoid bir halo, 100 kpc bir uzaklığa kadar yayılmıştır. 25 kpc içerisindeki halo ise, yıldız ve açık kümeleri içermektedir.

Bu uzaklıktaki halo, farklı yoğunluk, yassılaşma ve dönme hızına sahip iki diske yoğunlaşmıştır. Bunlar, kalın ve ince disktir. Bu bileşenler, Şekil 2.4 den görüldüğü gibi, yassılaşmış bir dağılım gösterirler. İnce disk , ortadaki düzlemde yer alır ve bir çubuk yapı gösteren şişkin bölge ile birleşmiştir. Şişkin bölge, galaksimizdeki en parlak maddenin merkezî olarak yoğunlaştığı kısımdır. Galaktik astronomide günümüzdeki çabalar, galaksimizin evrimsel tarihini ve erken evrendeki orijinini çözmek için bu hiyerarşik yapılara ait çalışmalara odaklanmaktadır. Galaksimizin büyük ölçekteki uzaysal bileşenleri halo, diskler ve şişkin bölgedir. Bu yapısal bileşenlerin evrimsel tarihleri, galaksimizin oluşumuna uygun ipuçları sağlamaktadır.

Yıldızların uzaysal dağılımı önemli bir iştir. Çok farklı yıldız tipleri ve kümeler için uzaklıklar, doğrulukla elde edilmektedir. Güneş civarındaki galaktik uzayda disk veya halo yıldızları hakimdir. Bu bileşenler uzaysal özellikleri ayrık olmakla beraber üst üste gelebilmektedir. Bu üst üste gelmeden ileri gelen belirsizlik, yıldızların kinematik parametrelerini hesaplayarak ortadan kaldırılabilir. Bu parametreler yıldızların galaksimizdeki yaşam sürelerini belirlediği gibi, tek tek galaktik bileşenlerin boyut ve şeklini de belirlerler. Gerçekten de, güneş civarındaki ince disk yıldızları, aynı düzlemde hemen hemen dairesel yörüngelerde galaksimizin merkezi etrafında, ~220 km/s hız ile dolanmaktadırlar. Disk yıldızlarının dönme düzlemine dik ortalama hızları ~ 20 km/s kadardır.

İnce disk çok yassılaşmış olup kalınlığının çapına oranı < 1/10 mertebesindedir. Tersine kalın disk yıldızları ortalama olarak daha küçük dönme hızlarına fakat daha büyük dikey hız değerlerine sahiptir. Bu yıldızlar, düzlemden 1 kpc uzaklığa kadar seyahat edebilmektedirler. Güneş civarında halo yıldızlarının dönme hızları küçük değerlerdedir. Galaksi düzlemine dik yüksek hızlara sahiptirler. Halo yıldızları, disk içerisinden geçecek şekilde hayli eksentrik (e > 0.5) ve eğimli yörüngelere

sahiptirler. Halo yıldızları bu yörüngelerde, düzlemden çok uzağa, halo içerisine kadar hareket edebilirler. Bu yerler, muhtemelen bunların doğdukları yerlerdir.

Yıldızlar, galaksimizin diskinde oluşmaktadır. Buradaki esas sorun, galaksimizde oluşmamış olan, bir başka ifade ile, başka yerde oluşan, belki de galaksimiz gazını, yıldızlara dönüştürmeye başladıktan sonra veya daha önce, önemli miktarda yıldıza sahip bir galaktik bileşenin olup olmamasıdır. Eğer böyle bir yıldız populasyonu var ise, bu yıldızlar galaksimizden bağımsız olarak kendi yıldız oluşum tarihlerini geçiren parçaların birleşmeleri sonucu oluşmuş olmalılar. Daha sonraları ise galaksimiz ile karışmışlardır (Şekil 2.2).

Gerçekten de her yıldız ait olduğu yıldız oluşum tarihine bir parça katkıda bulunuyor. Gözlemsel spektrumlar, yıldızın gaz bulutundan itibaren oluştuğu zaman ki yıldızlararası ortamın kimyasal bileşiminin ayrıntılı bir kaydını bize sağlamaktadır. Tüm yıldızlar ağır elementlerden ibaret yeni çekirdeklerini yaratarak, kendilerine miras kalan gaz içinde yaşamakta ve ürünlerini süpernova patlamaları ile yıldızlararası ortama atmaktadırlar. Bu nedenle yıldız oluşumuna giren mevcut gaz, bir yıldız neslinden diğerine metalce zenginleşmektedir. Bu yüzden yıldızların spektrumlarında gözlenen metal bollukları, bir zaman ölçeğinde yıldızların rölatif yaşlarını hesap etmek için kullanılan bir saat sağlar. Örneğin, metalce fakir bir yıldız ilk önce doğmuştur ve bu yüzden metalce zengin bir yıldızdan daha yaşlıdır.

Küme ve alan yıldızları için uzaysal, kinematik, metal bolluğu ve rölatif yaş verilerinin istenen nitelikte elde edilmesiyle, galaksimizin bileşenlerinin uzaysal ve kinematik özelliklerinin, metal bollukları ve yaşlar ile ilişkili olduğu anlaşılmıştır.Haloya ait yıldızlar ve küresel kümeler, metalce fakir ve ~ 12 Gyr kadar yaşlıdırlar. Halbuki kalın diskin, halodaki yıldız ve küresel kümeler kadar yaşlı fakat diske göre nispeten metalce fakir olduğu anlaşılmıştır.

İnce diske ait yıldızlar ve açık kümeler, metalce zengin ve 10 Gyr dan 1 Gyr a uzanan yaşlara sahiptirler. Diskte, yıldızlar gaz ve tozdan oluşmaya devam etmektedir. Merkezdeki şişkin bölgenin oldukça heterojen bir bileşen olduğu anlaşılmıştır. Bu bileşen, yaşlı ve ortalama olarak metalce zengindir. Metal bolluğu

gözlemsel bir niceliktir ve oluşmakta ve yapılaşmakta olan galaktik uzay ve zamanda, maddeyi kavramak için kullanılabilir.

Metal bolluğu bir saat gibi işledikçe, genç bileşenler arasında bir yaş-metal bolluğu ilişkisi gözlenir. Ayrıca büyük ölçekte uzaysal metal bolluğu gradiyenti oluşur. Gözlenen ortalama metal bolluğu, bileşenlerin artan yoğunluğu ve yassılaşması ile artar. Galaksimizdeki böyle bağıntılar, galaksimizin ilkel gazdan oluştuğunu ve böylelikle kendi oluşum tarihini başlattığını gösteriyor. Eggen, Lyden-Bell ve Sandage (ELS) e göre, proto-galaksi, metalce fakir bir küresel gaz bulutu olarak kendi çekimi ile büzülmeye başladı (Şekil 2.1). Bulut, daha küçük yarıçapa doğru yoğunlaştıkça, başlangıçtaki açısal momentum korunumundan dolayı kazanılan artan dönme hızı ile katlanarak artan enerjinin dağınıma uğraması, bulutu dönme ekseni boyunca anisotropik olarak çöktürdü. Bulutun şekli birbiri ardına gelen yassı biçimlere doğru hızlı bir şekilde bozuldu. En sonunda da merkezî olarak yoğunlaşan bulut, hızlı dönen ince bir gaz ile kuşatılarak dengeye geldi.

Çökmenin ilerleyen aşamalarında bulut, küme ve yıldızları oluşturdu. Yıldızlar, süpernova patlamaları ile arta kalan gazı metaller ile zenginleştirdi. Kümeler ve yıldızlar ortama saçıldılar ve doğdukları zaman ki gazın hız ve metal bolluğunu koruyarak bugüne geldiler ve bir anlamda geçmişten miras bıraktılar.

Böylelikle kümeler ve yıldızlardan ibaret bir galaksi ortaya çıktı. Bugün galaksimizde gözlenen yıldız ve kümelerin uzaysal, kinematik ve kimyasal özellikleri büyük ölçekte yapısal bileşenlerin ayırt edici özellikleri olup, galaksimizin oluşum ve evrimsel tarihinin temel safhalarını gösterirler.

Güneş civarında ve galaktik düzlemden büyük uzaklıklarda, özellikleri halo ve disk bileşenlerinden çok farklı olan alan yıldız popülasyonları bulunmuştur. Bunlar dış bir kaynaktan akresyonun bir göstergesidir. Yerel halo yoğunluğunun %10 unu, orta kinematik değerlerde [Fe/H] < -1 yani metalce fakir ve mavi bir popülasyonun oluşturduğu anlaşılıyor. Bu yıldızlar orta yaşlarda metalce fakir bir yıldız bileşenine sahip olup, Carina cüce uydu galaksisine benzer bir cüce galaksiden aktarılmış olabilirler.Yüksek galaksi enlemlerinde, galaksi düzleminden 10 kpc den büyük

uzaklıklarda alışılmadık şekilde genç (2 Gyr) ve metalce zengin A-tipi anakol yıldızları tespit edilmiştir. Bu yıldızlar ya aktarılma ya da birleşme olayı sürecindeki gazdan oluşmuş olabilirler. Yerel haloda bulunan erken tipte yıldızların varlığı, Sagittarius veya Carina galaksileri gibi çok az sayıda yıldız oluşturan cüce galaksilerin, son 10 Gyr içerisinde nispeten genç yıldızları galaksimize sağlamış olabileceklerini gösteriyor.

Galaksimizin ilk oluşum tarihinde, birleşen çok sayıda metalce fakir küçük parça veya galaksiler, belkide 1000 tane Droco veya Ursa Minör gibi cüce galaksiler, metalce fakir yaşlı kümeler ve yıldızlardan ibaret bir popülasyon olarak bugün galaksimizin halosunda gözlenen $\sim 10^9 M_{\odot}$ kütleyi oluşturmuş olabilirler (Şekil 2.2). Böyle bir senaryo, galaksimizin merkezinden itibaren uzaklığın fonksiyonu olarak halodaki küresel kümelerin yaş ve metal bollukları ilgili bir çalışmayı yayınlayan Searle - Zinn (1978) tarafından ileri sürüldü. Searle - Zinn yaş aralığı ile ilgili bir delil buldular. Fakat metal bolluğu gradiyenti için delil bulamadılar. Bu sonuçlar, gazdan ibaret proto-galaksinin, süpernova patlamaları ile atılan maddenin yeni yıldız nesillerinin oluşmasına imkan sağlayacak kadar yeterince uzun bir zaman aralığında dağınıma uğrayarak büzüldüğüne işaret etmektedir. Searle-Zinn, halonun daha karmaşık bir biçimde geçici proto galaktik parçaların daha uzun sürelerde birleşmesi ile oluştuğunu ileri sürdü. Bu farklı parçalarda, farklı zamanlarda doğan ve evrimleşen yıldız ve kümeler oluştu. Bu nedenle, haloda metal bolluğu ve kinematik özelliklerde sistematik bir gradiyent beklenemez.

Halo ve disk arasında orta değerlerde bir kalın diskin varlığı, güney galaksi kutbuna doğru büyük ölçekte gökyüzü taramalarından elde edilen veriler ile gösterildi. Sonraları galaksimize benzer şişkin bölgeleri olan bazı kenardan görülen kalın diskleri olan galaksiler keşfedildi. Galaksimizin dışına doğru, güneş civarında kalın diskin yerel yoğunluğu, ince diskin % 4 ü ile % 10'u arasındadır. Yükseklik ölçeği ise 700 ile 1200 pc arasındadır.

Fotometrik ve öz hareket verilerinin bir araya getirilmesi, kalın diskin ortalama dönme hızının ~170 km/sn olduğunu ve $0 < z < 2$ kpc uzaklığında, asimetrik sürüklenme hızında bir gradiyent olmadığını gösteriyor. Ne var ki, $z < 6$ kpc uzaklığa kadar

-14 ± 5 km/sn lik bir gradiyent bulunmuştur. Böyle bir gradiyent önemlidir. Çünkü böyle bir gradiyent dağınıma uğramış bir çökme ile oluşmuş olabilir. Halbuki gradiyentin olmayışı, kalın ve ince disklerin kinematik olarak farklı olduğunu gösteriyor. Bolluk kriterine göre ( [Fe/H] < - 0.6) hemen hemen 2000 tane metalce fakir yıldıza ait hız verilerinden, $V_{rot}$ ~ 190 km/s , $\sigma_w$ ~ 40 km/s ve $h_R$ ~ 4.7 kpc ve $h_z$ ~1 kpc değerlerinde, -0.6 ≥ [Fe/H] ≥ -1 bolluk aralığında kalın disk yıldızları tespit edilmiştir. Kalın ve ince disk ile halonun metal bolluğunu, Gilmore ve Wyse (1985), sırası ile [Fe/H] = -0.60 ± 0.30 , [Fe/H] = 0.00 ± 0.15 ve [Fe/H] = -1.50 ± 0.50 olarak vermektedir. Trefzger ve diğ. (1989) F ve G yıldızlarının WBLUW fotometrisinden elde ettiği metal bolluğu dağılımında, yaşlı diskin [Fe/H] ~ -0.10 değerinde, kalın diskin ise [Fe/H] ~ -0.60 değerinde bir mod değeri verdiğini tespit etmiştir. Carney ve diğ. (1989), W uzay hızlarına göre [Fe/H] dağılımında, ince ve kalın disk ile halo için metal bolluğunu sırası ile [Fe/H] = 0.0, -0.5, -1.6 olarak vermektedir. Norris (1996), ince ve kalın disk ile metalce fakir halonun ortalama metal bolluğunu, sırasıyle <[Fe/H]> = -0.3 , -0.6 ve -1.6 olarak vermektedir. Metalce fakir kalın diskin ortalama metal bolluğu ise, Norris (1996), <[Fe/H]> = -1.2 olarak vermektedir. Chiba ve Beers (2000) metalce fakir yıldızların kinematik çalışmalarından itibaren metalce fakir kalın diski -2.2 ≤ [Fe/H] ≤ -0.5 aralığında tanımladılar.

Güneş bolluğunda $\sigma_w$ ~ 15 km/sn değerinden [Fe/H] ~ - 0.5 bolluğundaki $\sigma_w$ ~ 30 km/s değerine doğru yumuşak olan geçiş, [Fe/H] ~ - 0.6 ve $\sigma_w$ ~ 40 km/s değerlerinde birden bire belirgin bir şekilde artar. Bu davranışın nedeninin, ince diskin dinamikel evriminden dolayı olduğuna inanılmaktadır. [Fe/H] ~ -0.6 civarında $\sigma_w$ ~ 40 km/s değerindeki süreksizlik, kalın ve ince diskin kinematik olarak farklı olduğunun kuvvetli bir göstergesidir. Disk galaksileri ile uydu akresyonunun bilgisayar simülasyonu, orijinal ince diskin nasıl ısıtıldığını ve birleşme kalıntılarının kalınlaşmış diske nasıl dağıldığını göstermektedir. Bu çarpışma ve ısıtma olayları, disk gazdan ibaret olduğu zaman meydana gelmiş olmalıdır. Bir ya da daha fazla akresyon olayından sonra ince disk tekrardan sakinleşmiş olabilir.

Galaksi düzleminin üzerinde 500 ile 3000 kpc uzaklıklarda kalın diski araştırmak için 15 ≤ V ≤ 18 kadir aralığında iki alandaki birkaç yüz tane sönük yıldızın düşük

ayırma gücünde spektroskopik gözlemlerinden metal bolluğu tespiti, [Fe/H] = -0.7 civarında geniş bir maksimuma sahiptir. Bu değer, galaksimizdeki kalın diske ait olan küresel kümelerin [Fe/H] = -0.6 ± 0.2 değeri ile uyum içersindedir. Bu uzaklık aralığında metal bolluğunda dikey bir gradiyent tespit edilememiştir. < [Fe/H] > = - 0.7 civarında kalın disk için bir çok araştırmalarda, çok küçük bir metal bolluğu gradiyentinin (-0.05 dex/kpc) yanısıra önemli bir gradiyent (-0.10 dex/kpc) bulunmuştur. Bu bakımdan, kalın diskte bir metal bolluğu gradiyentinin varlığı kuvvetli bir şekilde dağınıma uğramış bir oluşum prosesini gösterirken, bir gradiyentin olmayışı ise esasında bir birleşme olayına işaret etmeyebilir de. Çünkü bu birleşme olayının sonucu, birleşmenin sadece yıldız ve gazdan ibaret olup olmadığına bağlıdır. Eğer uydu galaksi büyük miktarda gaz içeriyorsa, gaz yeniden oluşmakta olan diske doğru biriktikçe bir metal bolluğu gradiyenti gelişebilir.

Daha ilginci, ~ -0.03 dex/kpc değerinde radyal bir metal bolluğu gradiyenti ve ~ - 0.06 dex /kpc değerinde dikey bir bolluk gradiyentine dair belirtiler, kalın diskin -1.6 < [Fe/H] < -1 bolluk aralığında metalce fakir kuyruğuna ait olan kırmızı dev ve RR Lyrae yıldızlarından ibaret küçük bir örneğin HIPPARCOS öz hareket gözlemlerinden tespit edilmiştir (Chiba ve Beers, 2000). Bu tür küçük gradiyentler, dağınıma uğramış bir proseste halo ve kalın diskin oluşum tarihlerini birbirine bağlayan 'kayıp bağlantıyı' sağlayabilir.Galaksimizin kalın diskinin en güvenilir yaşı, bu bileşendeki kümelerden elde edilebilir. Üzerinde çok çalışılan kalın disk kümeleri olan 47 Tuc , NGC 6352 ve M 71 in ortalama yaşı < t > = 11.4 ±0.8 Gyr dir. Bu kümelerin ortalama metal bolluğu [Fe/H] = - 0.64 dir. Diğer taraftan, isokron (yaş) fitleri galaksimizin ince diskinde şimdiye kadar bulunan en yaşlı küme olan Berkeley 17 nin t = 12 ± 2 Gyr yaşında olduğunu gösteriyor. Halbuki gözlemsel beyaz cücelerin ışıma gücü fonksiyonundan, soğuma teorileri yerel diskin yaşını t = 11.3 ± 3 Gyr olarak veriyor. Bu yaş verilerine bakıldığında, kalın ve ince diskin yaşı ayırt edilememektedir.Bu durumda, ince ve kalın disklerin gerek kinematik ve kimyasal özellikleri arasındaki büyük farklılıklar gerekse kalın diskte önemli değerlerde metal bolluğu ve kinematik gradiyentin olmayışı, bu iki galaktik disk bileşeni arasındaki genetik ilişkiyi anlaşılmaz hale getiriyor.

# 3. MALZEME VE YÖNTEM

## 3.1 MALZEME

### 3.1.1 Gözlemsel Veriler

Bu tez çalışmasında, Canada-France-Hawaii Legacy Survey (CFHTLS) D4 alanının T3 CCD (Charged Couple Device) $u^*g'r'i'z'$ fotometrisi kullanılmıştır. CFHTLS için gözlemsel kataloglar TERAPIX T3 verisi ile kullanıcılara açılmıştır. Kataloglar SEXTRACTOR kullanılarak üretilmiştir (Bertin ve Arnouts 1996). CFHTLS, 2003 yılı Mayıs ayında başlamış ve Mauna Kea da halen devam etmekte olan fotometrik bir gözlem programıdır. Görüntüler MEGACAM düzeneği ile elde edilmiştir. CFHTLS derin gökyüzü taraması, SDSS den daha iyi bir görüntü kalitesine sahiptir.

D4 alanı için koordinatlar, $u^*g'r'i'z'$ fotometrisine ait limit kadirler, görüş kalitesi (seeing: yay saniyesi), alanının derece kare cinsinden büyüklüğü, Tablo 3.1 de listelenmiştir.

Tablo 3.1: D4 alanına ait bilgiler.

| **Kaynak** | **D4** |
|---|---|
| $\alpha$ (2000 ) | $22^h\ 15^m\ 31^s$ |
| $\delta$ (2000) | $-17^o$ 43' 56'' |
| $l$ | $39^o.2$ |
| b | $-52^o.6$ |
| $u^*$ (mag) | 26.5 |
| $g'$ (mag) | 26.3 |
| $r'$ (mag) | 26.4 |
| $i'$ (mag) | 26.0 |
| $z'$ (mag) | 25.0 |
| Seeing (") | 0.87 |
| Alan ($deg^2$) | 0.86 |

## 3.2 YÖNTEM

### 3.2.1 Yıldız - Galaksi Ayırımı

D4 alanındaki yıldızları, galaksi ve kuazarlardan ayırt etmek için i′ filtresi görüntülerindeki Half-Light Radius (HLR) olarak isimlendirilen ölçümler kullanılmıştır. Görüntülerde yıldız ve kuazarlar nokta kaynak, galaksiler ise yaygın kaynak olarak adlandırılır. Half-Light Radius, CCD görüntülerindeki cisimlerin ışığının % 50 si ile sınırlandığı bir yarıçapı ölçmektedir. i′ filtresinin seçilmesinin nedeni bu filtredeki görüş kalitesinin diğer filtrelerdekine göre daha iyi olmasındandır. $i' < 17$ kadirlerindeki parlak yıldızlar satüre olduklarından bunların HLR leri güvenilir değildir. Nokta benzeri kaynaklar $i' = 21 - 22$ kadire kadar galaksilerden ayırt edilebilirler. Nokta kaynakların ayırt edilebilmesi için, Le Fevre ve diğ. (2005) e ait VIRMOS-VLT deki spektroskopik veri kullanılarak, Schulthesis ve diğ. (2006) ve Limboz ve diğ. (2008) alanlardaki nokta kaynakları (yıldızlar, kuazarlar), galaksilerden ayırt edebilmişlerdir. Örneğin, CFHTLS D1 alanı ile VVDS arasında 361 yıldız ve 1610 galaksi ortak olarak bulunmaktadır. İki taramanın konumları arasındaki fark yıldızlar için $0.33 \pm 0.16$ arc sec $^2$, galaksiler için $0.33 \pm 0.14$ arc sec $^2$ dir. i′ filtresindeki kadirlerdeki ortalama farklar yıldızlar için $0.23 \pm 0.14$ mag, galaksiler için $0.11 \pm 0.14$ mag dir. $i' < 21.00$ değerindeki spektroskopik olarak doğrulanmış 233 yıldızdan 7 si, HLR $\leq 2.82$ pixel değerine sahiptir. 233 yıldızın HLR dağılımına Gausssian bir fit uygulandığında, ortalama olarak HLR, $2.23 \pm 0.14$ pixel değeri bulunmuştur. $i' < 21$ değerlerinde 7 yıldızın HLR değerleri 3 pixel değerinden daha büyüktür ve HLR ölçümlerine etkileyen yakın kaynaklardır. $i' < 21$ değerlerinde 4 galaksi için HLR $\leq 2.82$ olup, bu değer % 1.7 galaksi bulaşma oranına uygun düşüyor. Bu yüzden HLR $\leq 2.82$ pixel değerleri $i' < 21$ değerindeki nokta kaynaklar için güvenilir bir seçim kriteri olduğu anlaşılmıştır. Sönük kadirlerde yıldızlar ve galaksiler arasındaki ayırım galaksilerin hakim olmaya başlamasından dolayı zorlaşmaktadır. $i' = 21–22$ değerlerinde yıldız örneğine galaksilerin bulaşması % 28 e kadar artmaktadır. $i' = 17 - 22$ değerlerinde tüm örnek için galaksilerin bulaşması % 10.1 dir. Bu değer Schulthesis ve diğ. (2006) in verdiği % $13.1 \pm 2.3$ değeri ile uyum içerisindedir.

D4 alanı için HLR dağılımı D1 inkine benzemektedir. Bundan dolayı, HLR $\leq$ 2.82 pixel ve $i' < 21$ kiriterleri nokta kaynakları seçmek için kabul edilmiştir.

Parlak limit kadirin $i' = 17$ olarak seçilmesindeki neden, daha parlak kadirdeki yıldızların uzun poz süresinden dolayı CCD üzerinde bir doyuma (saturation) ulaşmaları, sönük limit kadir olarak $i' < 21$ seçilmesinin nedeni ise uzun poz süresine rağmen daha sönük kaynakların, CCD nin kuantum etkinliğinden dolayı, CCD üzerindeki görüntülerinin oluşamaması ve galaksilerin bu kadirlerde hakim olmaya başlamasındadandır.

### 3.2.2 Kızarmadan Arındırma

D4 alanına ait yıldızların $u^*g'r'i'z'$ fotometrisine ait kadirler aşağıdaki bağıntılar ile kızarmadan arındırılmıştır.

$u^*_o = u^* - 4.716E(B-V)$, $g'_o = g' - 3.654\ E(B-V)$

$r'_o = r' - 2.691\ E(B-V)$, $i'_o = i' - 1.998\ E(B-V)$ (3.1)

$z'_o = z' - 1.94\ E(B-V)$

Bağıntılara ait katsayılar CFHT / MEGACAM filtrelerine aittir.

### 3.2.3 Metal Bolluğu Tayini

Astronomlar H (hidrojen) ve He (helyum) dan daha ağır tüm kimyasal elementler için kısa bir terim olarak metal terimini kullanıyorlar. Bir yıldızın tek tek element bollukları $X_i$ genellikle H nin bolluğuna ve güneşe göre normalize edilir ve logaritmik bir ölçekte ifade edilir. Birimi ise dex (deka exponansiyel) ile verilir.

1 dex = $10^1 = 10$ a eşittir. Element bolluğu veya metal bolluğu $[X_i/H] = \log (X_i/H)_{yıldız} - \log (Xi/H)_{\odot}$ bağıntısı ile verilir. Astronomlar [Fe/H] ifadesini metal bolluğu olarak adlandırmaktadır. [Fe/H] = 0 dex in anlamı, yıldızın Fe (demir) bolluğu 0 dex, $10^0 = 1$, güneşinkinin 1 katı kadardır ; [Fe/H] = -1 dex in anlamı ise , $10^{-1} = -1$ dex, yıldızın demir bolluğu güneşinkinin 1/10 kadarıdır.

SDSS DR6 deki spektroskopik [Fe/H] metal bolluğu verileri ile standart (u′-g′), (g′-r′) renk indeskleri arasında bir metal bollluğu bağıntısı, $0.20 < (g'-r') < 0.60$ renk indeksi aralığındaki F ve G tipi yıldızları için Ivezic ve diğ. (2008) tarafından oluşturulmuştur. Ivezic ve diğ. (2008) tarafından verilen üçüncü mertebeden metal bolluğu bağıntısı aşağıdaki gibidir.

$$[Fe/H] = -4.37 - 8.56\,(u'-g') + 15.5(g'-r') - 39.0(u'-g')(g'-r') + 23.5(u'-g')^2 + 20.5(g'-r')^2 + 12.1(u'-g')^2(g'-r') + 7.33(u'-g')(g'-r')^2 - 10.1(u'-g')^3 - 21.4(g'-r')^3 \quad (3.2)$$

$(g'-r') \leq 0.40$ olan yıldızlar için, (u′-g′) değerleri (3.2) de doğrudan kullanılmalıdır. $(g'-r') > 0.40$ olan yıldızlar için, (u′-g′) renk indeksleri yerine, $(u'-g') - 2(g'-r') + 0.8$ bağıntısı ile hesaplanan (u′-g′) renk indeksleri kullanılmalıdır.

### 3.2.4 Mutlak Kadir Tayini

SDSS u′g′r′i′z′ fotometrisinde M2, M3, M5, M13, M15 küresel kümelerinin SDSS gözlemlerinden itibaren (g′-i′) renk indeksi ile $M_r$ (g′-i′) mutlak kadiri arasında metal bolluğu bilgisini dikkate alan mutlak kadir bağıntısı, Ivezic ve ark. (2008) tarafından şu şekilde verilmiştir.

$$\Delta M_r([Fe/H]) = 4.50 - 1.11[Fe/H] - 0.18[Fe/H]^2 \quad (3..3)$$

$$M_r^o(g'-i') = -5.06 + 14.32(g'-i') - 12.97(g'-i')^2 + 6.127(g'-i')^3 - 1.267(g'-i')^4 + 0.0967(g'-i')^5 \quad (3.4)$$

$$M_r(g'-i', [Fe/H]) = M_r^o(g'-i') + \Delta M_r([Fe/H]) \quad (3.5)$$

Yıldızların metal bollukları [Fe/H], (3.2) deki bağıntı ile hesaplandıktan sonra, $\Delta M_r([Fe/H])$ değerleri (3.3) bağıntısı ile hesaplanmalıdır. $M_r^o(g'-i')$ değerleri ise (3.4) bağıntısında hesaplandıktan sonra, (3.5) bağıntısı ile yıldızların metal bolluğuna göre

mutlak kadirleri tayin edilir. Daha ayrıntılı bilgi, Ivezic ve ark. (2008) a ait çalışmada bulunabilir.

Yıldızların uzaklıkları , d (pc) = $10^{(r\prime - Mr +5)/5}$ bağıntısından, galaksi düzleminden uzaklıkları ise, *b* galaktik enlem olmak üzere, *z* (kpc) = d sin*b* bağıntısından hesaplanmıştır.

### 3.2.5 Dev Yıldızların Ayırımı

Alanımızdaki dev yıldızların ayırımı Helmi ve diğ. (2003) tarafından verilen bir algoritmaya göre yapılmıştır. Helmi ve diğ. (2003) (u′-g′) - (g′-r′) iki renk diyagramında kırmızı dev yıldızların bulunduğu bölgeyi aşağıda verilen bağıntılardaki $P_1$ ve $P_2$ iki vektör ile ifade etmişlerdir.

$$P_1 = 0.910(u'-g') + 0.415(g'-r') - 1.28 \qquad (3.6)$$

$$P_2 = -0.415(u'-g') + 0.910(g'-r') + 0.12 \qquad (3.7)$$

(3.6) ve (3.7) nolu bağıntılar r′ < 19 kadir aralığı ile $1.1 \leq (u'-g') \leq 2.0$ ve $0.3 \leq (g'-r') \leq 0.8$ renk indeksi aralığında geçerlidir.

Spaghetti derin gökyüzü taraması sonuçları da dikkate alınmak suretiyle yeni bir s vektörü tanımlanma gereksinimi duyulmuştur. s vektörü aşağıda (3.8) nolu bağıntıda verilmiştir.

$$s = - 0.249u' + 0.794g' - 0.555r' + 0.24 \qquad (3.8)$$

Bu durumda, $-0.1 < P_1 < 0.6$ aralığındaki yıldızların s değerlerinin $m_s$ medyanı hesap edilmelidir. Sonuçta, yukarıdaki algoritma takip edildikten sonra, (3.9) nolu bağıntıdaki şarta uyan yıldızlar kırmızı dev yıldız adayı olarak sınıflanmıştır.

$$s > m_s + 0.05 \qquad (3.9)$$

Helmi ve diğ. (2003), yukarıdaki algoritma kullanılmak suretiyle metalce fakir dev yıldızların ayırımının % 50 gibi tatmin edici bir etkinlikte yapılabileceği sonucuna varmaktadır. Daha sönük kadirlerde ($r' \geq 19$), Helmi ve diğ. (2003), bu yöntemin % 50 den daha düşük etkinlikte çalıştığını ve bunda fotometrik hatalar ile alt cücelerin bulaşmasının önemli bir faktör olduğunu belirtmiştir.

### 3.2.6 Yaş Verileri

Alanımızdaki yıldızların, $(g'-r')$ – [Fe/H] diyagramı Girardi ve diğ. (2004) e ait $u'g'r'i'z'$ fotometrisine ait yaş isokronları ile kalibre edilmiştir. Girardi ve diğ. (2004) e ait yaş verilerinden 6, 8, 10, 11, 12 Gyr e ait yaş verileri benimsenmiştir. Z ağır element bolluğu, $[Fe/H] = \log10\ (Z/Z_{\odot})$ bağıntısı ile metal bolluğu [Fe/H] değerine dönüştürülmüştür. Burada güneşin ağır element bolluğu olarak $Z_{\odot} = +0.019$ değeri kabul edilmiştir. Her bir yaş değeri için Z ağır element bolluğu ve [Fe/H] değerleri Tablo 3.2 de verilmiştir. Z ağır element bolluğuna uyan [Fe/H] değeri, $+0.57 \leq [Fe/H] \leq -2.28$ aralığına düşmektedir. Farklı Z, [Fe/H] ve yaş değerleri için, dönüm noktasına ait $(g'-r')$ renk indeksleri Girardi ve diğ. (2004) e ait veri setinden elde edilmiş ve Tablo 3.2 de kolon 3-7 de listelenmiştir.

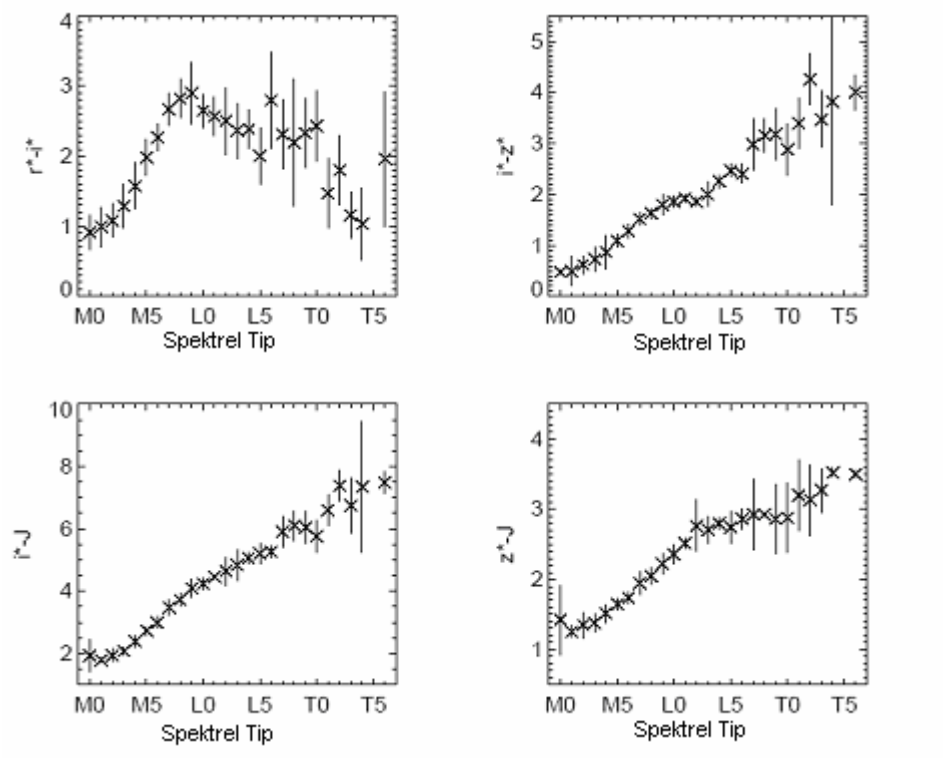
Tablo 3.2: Z ağır element bolluğu ve farklı yaş değerleri için, Girardi ve diğ. (2004) e ait yaş veri setinden belirlenen $(g'-r')$ dönüm noktaları

| Z | [Fe/H] | 6 Gyr $(g'-r')$ | 8 Gyr $(g'-r')$ | 10 Gyr $(g'-r')$ | 11 Gyr $(g'-r')$ | 12 Gyr $(g'-r')$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.0001 | -2.28 | 0.010 | 0.114 | 0.138 | 0.139 | 0.163 |
| 0.0004 | -1.68 | 0.087 | 0.143 | 0.185 | 0.203 | 0.220 |
| 0.008 | -0.38 | 0.334 | 0.36 | 0.379 | 0.393 | 0.432 |
| 0.019 | 0.00 | 0.433 | 0.465 | 0.483 | 0.515 | 0.534 |
| 0.03 | +0.20 | 0.504 | 0.536 | 0.572 | 0.609 | 0.608 |
| 0.04 | +0.32 | 0.485 | 0.511 | 0.545 | 0.563 | 0.581 |
| 0.07 | +0.57 | 0.540 | 0.591 | 0.602 | 0.619 | 0.636 |

### 3.2.7 M, L, T Spektrel Tipten Kahverengi Cüceler

(i′-z′) – (r′-i′) ve (z′-J) – (i′-z′) renk - renk diyagramlarında M, L, T spektrel tipten kahverengi cüce yıldız adayları tespit edilebilir (Hawley ve diğ. 2002, Delorme ve diğ. 2006, Schultheis ve diğ. 2006). Kahverengi cüce yıldız adayları, (i′-z′) renk indeksi ve 2MASS J bandı kullanılarak z = 6 kırmızıya kayma gösteren kuazarlardan ayırt edilebilir (Delorme ve diğ. 2006). Kahverengi cüce yıldızlar (z′- J) > 2 değerlerine sahip iken, yüksek kırmızıya kayma değerine sahip kuazarlar (i′-z′) – (r′-i′) iki renk diyagramında (r′-i′) > 2.0 ve (i′-z′) > 1.3 olan bölgeye denk düşmektedir. Bu bölgede yer alan yıldızlar potansiyel olarak M, L, T spektrel tipten cüce yıldız adaylarıdır. L, T cüce yıldızları ise (z′-J) > 2 ve (i′-z′) > 1.7 değerlerine sahiptir.

Hawley ve diğ. (2002) çalışmasına göre, M, L, T spektrel tipten kahverengi cüce yıldızlar için (r′-i′) (i′-z′), (z′-J) , (i′-J) renk indesleri ile spektrel tip ilişkisi Şekil 3.1 de verilmiştir. Şekil 3.1 yardımı ile, CFHTLS D4 alanında tespit edilebilecek olası kahverengi cüce yıldız adaylarının spektrel tipleri belirlenebilir. Şekil 3.1 e göre, L0 tipi cüceler z′- J > 2.04 ve i′-z′ > 1.85 renk indeksi aralığında, T0 tipi cüceler ise z′- J > 2.88 ve i′-z′ > 2.88 renk indeksi aralığında bulunmaktadırlar.

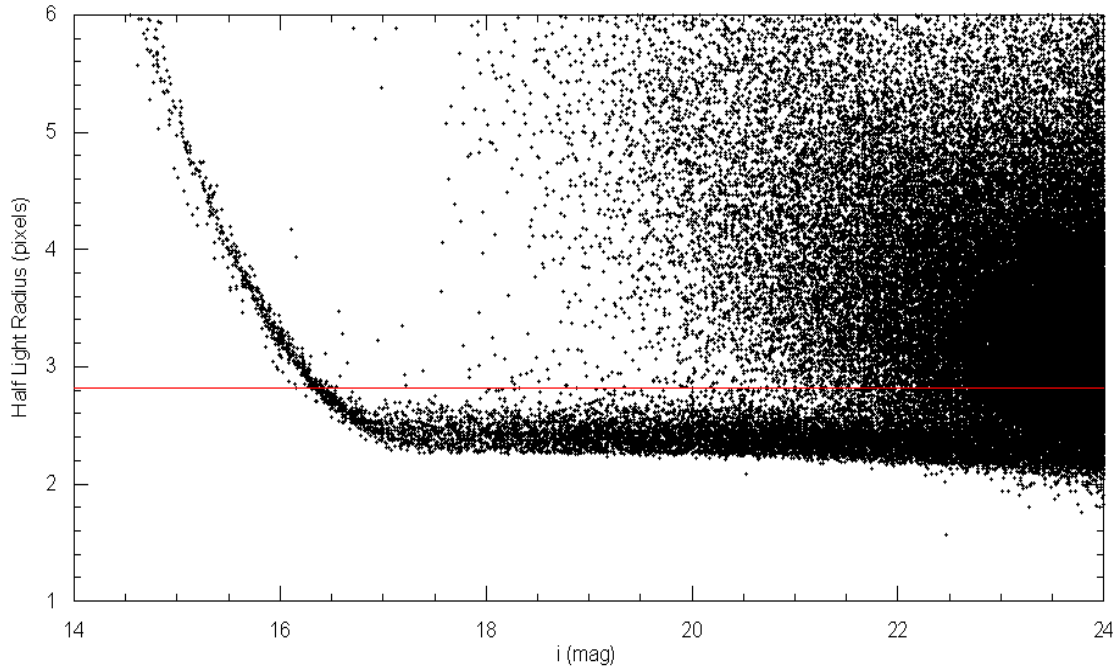



Şekil 3.1 (r′-i′), (i′-z′), (z′-J), (i′-J) renk indesleri ile M, L, T spektrel tipler arasındaki ilişkiler..

# 4. BULGULAR

## 4.1 YILDIZ GALAKSİ AYIRIMI

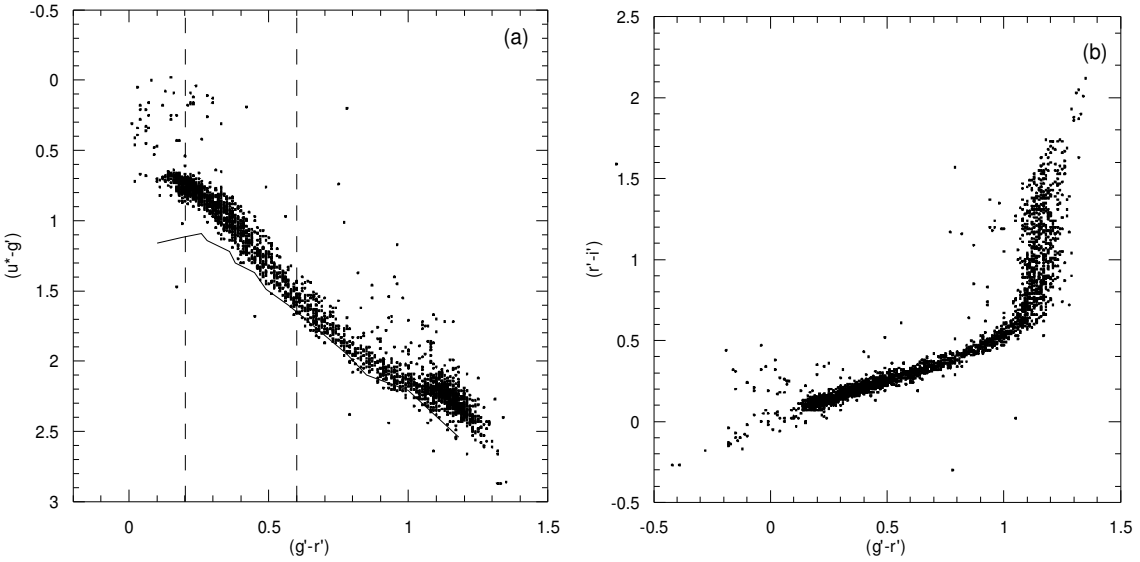
D4 alanındaki yıldızların ayırımı, Bölüm 3.2.1 de anlatıldığı gibi, Şekil 4.1 deki i′ - Half-Light Radius (HLR) diyagramında yapılmıştır. Şekil 4.1 de i′ < 17.00 kadirlerindeki parlak yıldızlar satüre olduklarından bunların HLR leri güvenilir değildir. 17 ≤ i′ ≤ 21 ve HLR ≤ 2.82 pixel değerindeki nokta kaynaklar yıldız olarak sınıflanmıştır. i′ > 21 değerlerinde ise galaksiler yıldız örneğine bulaştığından, bu kadirden sonra yıldızları galaksilerden ayırmak zorlaşmaktadır.




Şekil 4.1. D4 alanına ait i′ - Half-Light Radius (HLR) ilişkisi. i′ < 17.00 kadirlerindeki parlak yıldızlar satüre olduklarından bunların HLR leri güvenilir değildir. 17 ≤ i′ ≤ 21 ve HLR ≤ 2.82 kriterine uyanlar yıldız olarak sınıflanmıştır.

Şekil 4.2a ve b de, D4 alanında ayrımı yapılan yıldızların ($u^*$-g′) - (g′-r′) ve (g′-r′) – (r′-i′) iki renk diyagramları Şekil 4.2 de verilmiştir. Şekil 4.2a daki katı çizgi Pickles (1998) e ait sentetik SDSS fotometrisine ait bağıntıyı göstermektedir. Yıldızlar katı çizgi civarında dağılmış olup çoğunluğu yıldız popülasyonları olan metalce fakir kalın

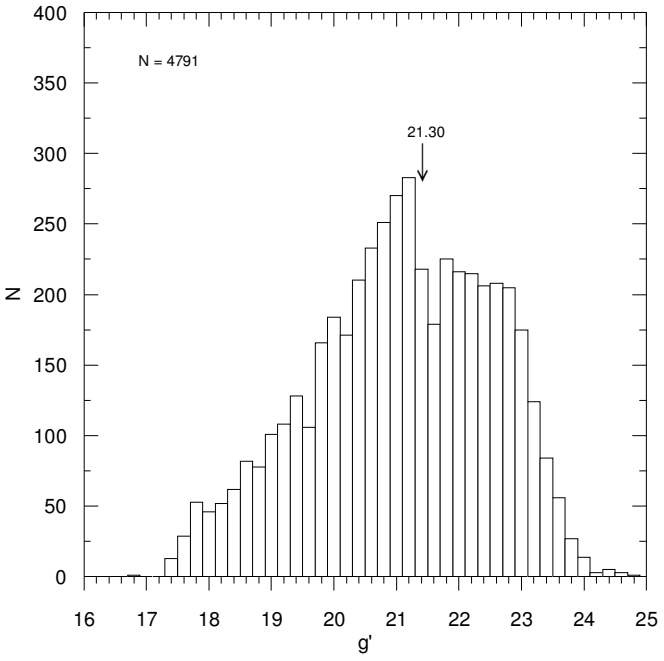
disk ve halo yıldızlarıdır. Birkaç saçılmış cisim dışında, Şekil 4.2a ve b den de görüleceği gibi, kriterlere göre yıldızların ayırımının doğrulukla yapılmış olduğu gözükmektedir. Şekil 4.2a daki dikey kesikli çizgiler F ve G tipi yıldızlarına ait $0.20 < (g'-r') < 0.60$ bölgesini göstermektedir. Kuazarlar $(u^*-g') < 0.3$ ve $(g'-r') < 0.2$ değerlerinde hakim olduğundan, Şekil 4.2a daki iki renk diyagramından görüleceği gibi, alanımızdaki yıldızlara kuazar bulaşma olasılığı yoktur.



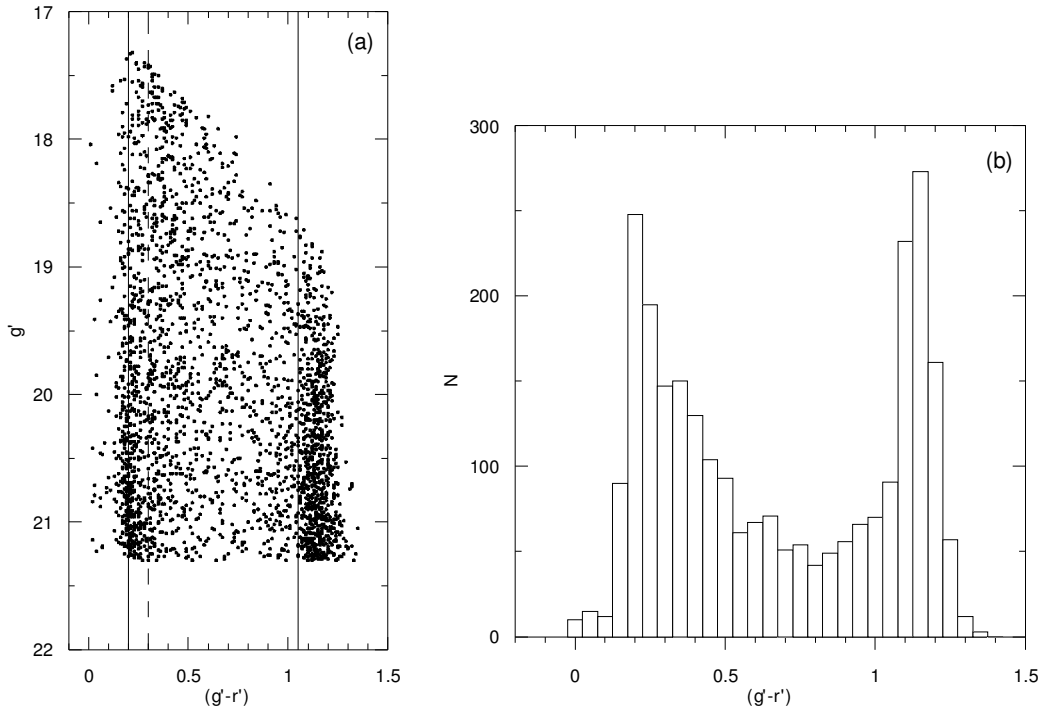

Şekil 4.2 a ve b. D4 alanında ayrımı yapılan yıldızların (a) (u′-g′) - (g′-r′) ve (b) (g′-r′) – (r′-i′) iki renk diyagramları. Panel (a) daki katı çizgi Pickles (1998) e ait sentetik SDSS fotometrisine ait bağıntıyı göstermektedir. Yıldızlar katı çizgi civarında dağılmış çoğunluğu metalce fakir kalın disk ve halo yıldızları olup, birkaç saçılmış cisim dışında, kriterlere göre ayırımın doğrulukla yapılmış olduğu gözükmektedir.

## 4.2 YILDIZ POPÜLASYONLARININ RENK UZAYLARI

Ayırımı yapılan 4791 yıldızın g′ kadirine göre dağılımı Şekil 4.3 de gösterilmiştir. Şekil 4.3 de g′ = 21.30 kadir değerinde bir azalma görülmektedir. Bu değeri tamlık sınırı olarak kabul edip, g′ < 21.30 tamlık sınırı içerisinde kalan yıldızlar bu çalışmada değerlendirilmiştir.




Şekil 4.3: D4 alanında 4791 yıldızın g′ kadirine göre dağılımı. g′ = 21.30 kadir değerindeki azalma tamlık sınırı olarak kabul edilmiş ve g′ < 21.30 tamlık sınırı içerisinde kalan yıldızlar bu çalışmada değerlendirilmiştir.

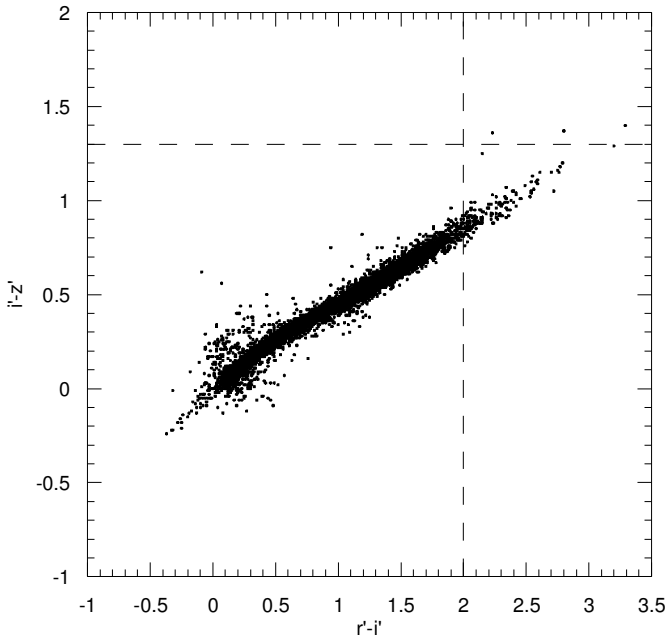



Şekil 4.4a ve b. D4 alanında tamlık sınırı içerisindeki yıldızların (a) g′- (g′-r′) ve (b) (g′-r′) (panel b) dağılımı.

Alanımızdaki yıldızların g′ < 21.30 tamlık sınırı içerisindeki g′- (g′-r′) dağılımı Şekil 4.4a da gösterilmiştir. Chen ve diğ. (2001) nin belirlemiş olduğu yıldızlar halosunun (g′-r′) = 0.20 değerindeki kesikliliğe göre, (g′-r′) < 0.20 ve g′ > 18.00 aralığına uyan yıldızların halo yıldızlarıdır. Chen ve diğ. (2001) kalın diskin kesikliliğini (g′-r′) = 0.33 ve 15 < g′ < 18 olarak vermişlerdir. İnce disk ise (g′-r′) = 1.30 değerinde bir kesiklilik göstermektedir. Chen ve diğ. (2001) nin verdiği yıldız popülasyonlarına ait bu kesiklilik değerleri göz önüne alınmak suretiyle, halonun g′ > 19.50 aralığında ve (g′-r′) ~ 0.20 kesiklilik değerine sahip olduğu Şekil 4.4a dan görülmektedir. Şekil 4.4a dan, kalın diskin 18.50 < g′ < 19.50 aralığında (g′-r′) ~ 0.30 kesiklilik değerine, ince diskin ise (g′-r′) ~ 1.05 değerinde bir kesiklilik değerine sahip olduğu görülmektedir. Şekil 4.4b de iki belirgin peak değerinin varlığı dikkati çekmektedir. Halo popülasyonu (g′-r′) ~ 0.20 değerinde, ince disk popülasyonu ise (g′-r′) ~ 1.15 değerinde bir peak değeri göstermektedir. Şekil 4.4b de, kalın disk (g′-r′) ~ 0.35 de bir bir mod göstermektedir.

## 4.3 KAHVERENGİ CÜCELER

D4 alanında, (i′-z′) – (r′-i′) ve (z′-J) – (i′-z′) renk-renk diyagramlarında M, L, T spektrel tipten kahverengi cücelerinin tespiti için bir çaba harcanmıştır. Bunun için bu tez çalışmasında kullanılan D4 alanının yanında diğer alanlardan D1, D2, D3 alanları da göz önünde bulundurulmak suretiyle tüm yıldızlar Şekil 4.5 deki (r′-i′) - (i′-z′) renk uzayına işaretlenmiştir. Delorme ve diğ. (2006), Schultheis ve diğ. (2006) e göre, iki renk diyagramında (r′-i′) > 2.0 ve (i′-z′) > 1.3 olan bölgeye denk düşen yıldızlar, potansiyel olarak M, L, T cüce yıldız adaylarıdır.

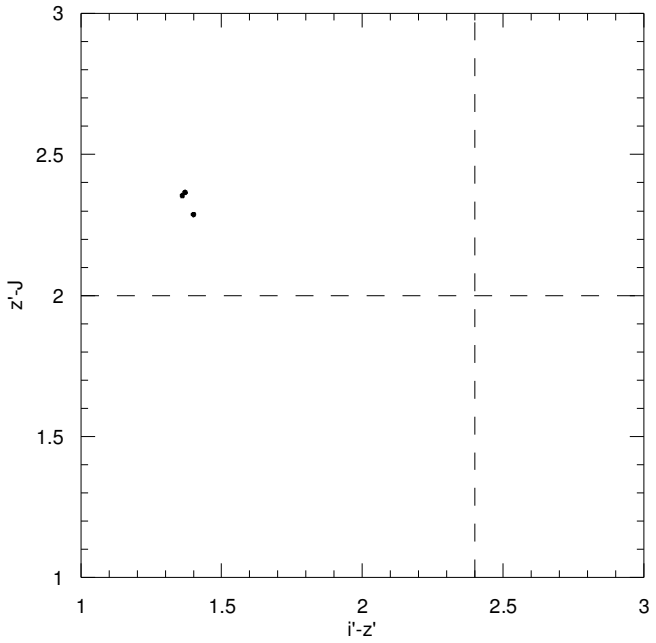



Şekil 4.5. D4 alanında (r′-i′) - (i′-z′) diyagramı. (r′-i′) > 2.0 ve (i′-z′) > 1.3 olan bölgedeki yıldızlar potansiyel kahverengi cüce adaylarıdır.

Şekil 4.5 deki sağ üst bölgede yer alan 3 kahverengi cücenin JHK fotometrisi, SIMBAD ALADIN JAVA programı kullanılarak ($\alpha$, $\delta$) koordinatlarından elde edilmiştir ve ilgili fotometri Tablo 4.1 de verilmiştir.

Tablo 4.1: D4 alanına ait Şekil 4.5 de ayırımı yapılan 3 kahverengi cüce adayının fotometrisi.

| Kaynak Adı | α. (J 2000) | δ. (J2000) | r′ | i′ | z′ | J | r′-i′ | i′-z′ | z′-J |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D4: 22135535-1746327 | 333.48 | -17.78 | 22.85 | 19.56 | 18.16 | 15.873 | 3.29 | 1.40 | 2.29 |
| D2: 09594216+0234281 | 149.93 | 2.57 | 22.47 | 19.67 | 18.30 | 15.935 | 2.80 | 1.37 | 2.36 |
| D3: 14220162+5248464 | 215.51 | 52.81 | 22.82 | 20.59 | 19.23 | 16.876 | 2.23 | 1.36 | 2.35 |

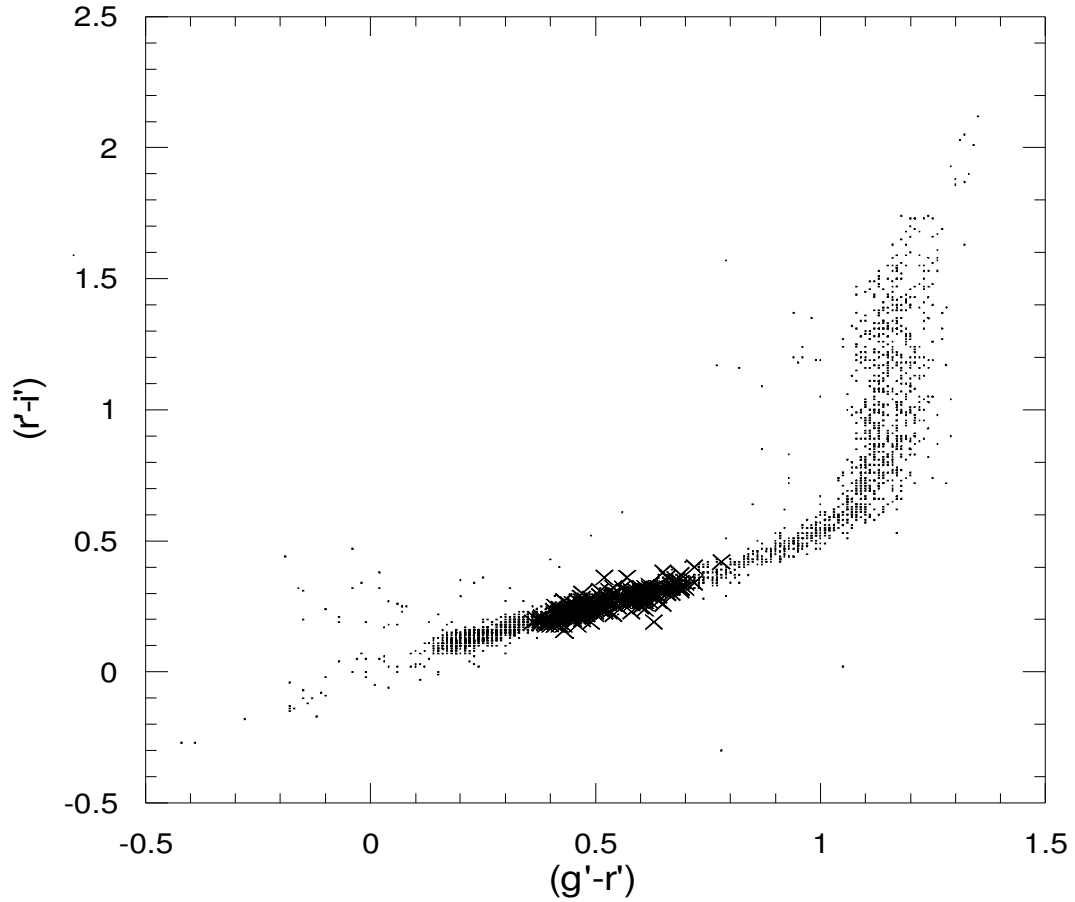



Şekil 4.6. Şekil 4.6 da sağ üst bölgedeki kahverengi cüce adaylarının (z′- J) - (i′-z′) diyagramı.

Tablo 4.1 deki bu 3 yıldızın (i′-z′) - (z′-J) renk-renk diyagramı Şekil 4.6 da verilmiştir. Kahverengi cüceler z′- J > 2.0 olan renklere, yüksek kırmızıya kayma gösteren kuazarlar ise 0 < z′- J < 1.5 renk indeksi aralığında bulunurlar (Delorme ve diğ. 2006). Bu 3 yıldız z′-J > 2.0 aralığında bulunduğundan kuazar değildirler. i′-z′ = [1.36, 1.40] renk indeksi aralığındaki bu 3 yıldız kahverengi cüce yıldız adayıdır. Hawley ve diğ. (2002) e göre, L0 tipi cücelerin z′- J > 2.04 ve i′-z′ > 1.85, T0 tipi cücelerin ise z′- J > 2.88 ve i′-z′ > 2.88 renk indeksi aralığında bulunabileceği bilgisi gözönünde bulundurulduğunda, Şekil 4.6 daki 3 kahverengi cüce yıldız L, T cüce adayı olamadıkları görülmektedir. Bölüm 3.2.7 de verilen Hawley (2002) e ait Şekil 3.1 e göre, bu 3 yıldız M5- M9 spektrel tipinden kahverengi cüce adayıdır.

## 4.4 DEV YILDIZLARIN AYIRIMI

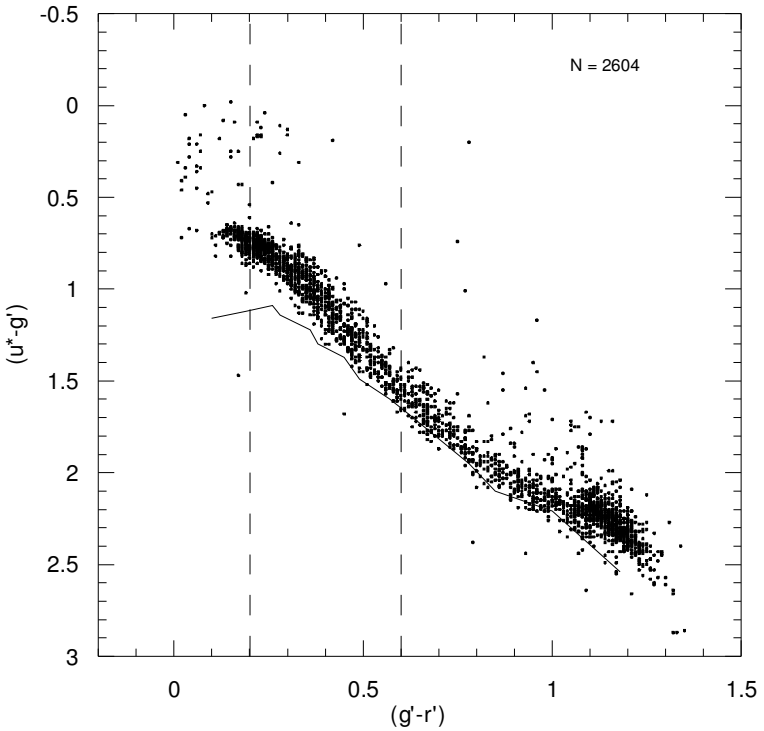
Alanımızdaki dev yıldızların cüce yıldızlardan ayırımı, Helmi ve diğ. (2003) ce verilen ve Bölüm 3.2.5 de açıklanan yönteme göre yapılmıştır. Alanımızdaki $r' < 19$ kadir aralığındaki yıldızların, $P_1$, $P_2$, s değerleri (3.6), (3.7), (3.8) bağıntıları ile hesaplanmıştır. $-0.10 < P_1 < 0.60$ aralığında $m_s$ medyan değeri -0.005 olarak hesaplanmıştır. Bu medyan değeri (3.9) nolu bağıntıya uygulanmış ve alanımızda 223 kırmızı dev yıldız sınıflanmıştır. 223 kırmızı dev yıldızın $r'$ ve $P_1$ değerleri, $r' = [17.20, 18.99]$ ve $-0.10 < P_1 < 0.59$ olup, Şekil 4.7 de (x) sembolü ile gösterilmiştir.




Şekil 4.7. D4 alanındaki yıldızların (g′-r′) – (r′-i′) diaygramı. ( x ) sembolü Helmi ve diğ. (2003) nin yöntemine göre ayırımı yapılan 223 kırmızı dev yıldızı göstermektedir.

## 4.5 METAL BOLLUĞU DAĞILIMI

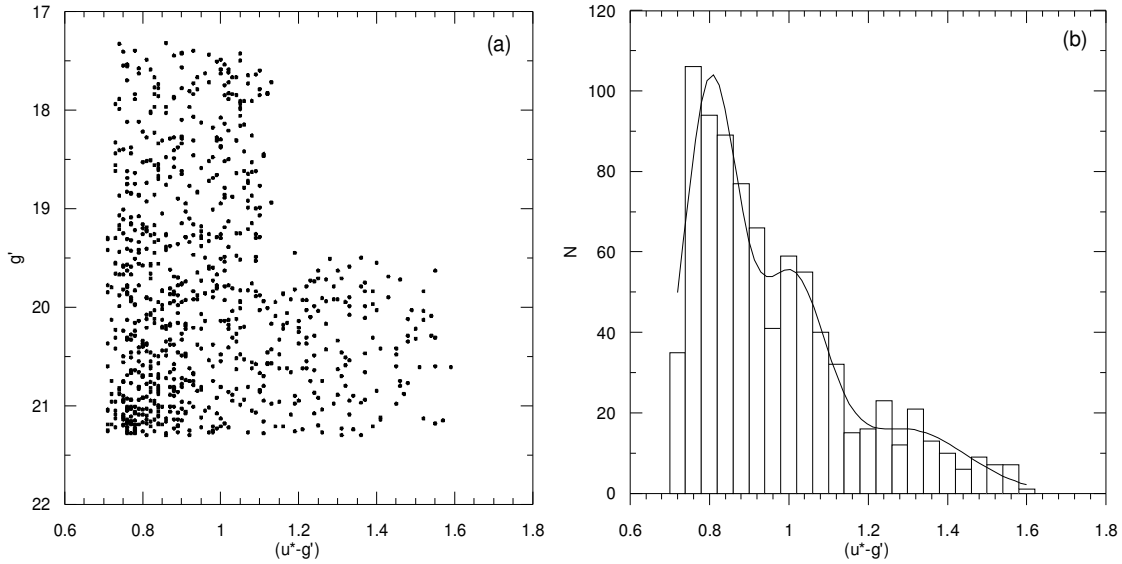
$g' < 21.30$ tamlık sınırı içerisinde alanımızdaki 2604 yıldızın $(u^*-g') - (g'-r')$ iki renk diyagramı Şekil 4.8 de gösterilmiştir. F ve G tipi yıldızların metal bolluğu analizi yapılmak istendiğinden dolayı , UBV fotometrisinde $0.35 \leq (B-V) \leq 0.90$ renk indeksi aralığı, $u^*g'r'i'z'$ fotometrisindeki karşılığı, UBV ile $u'g'r'i'z'$ fotometrileri arasında Smith ve diğ. (2002) e ait dönüşüm formülleri kullanılarak $0.20 < (g'-r') < 0.60$ olarak belirlenmiştir. Bu renk indeksi aralığı Şekil 4.8 de dikey çizgiler ile gösterilmiştir. $0.20 < (g'-r') < 0.60$ renk indeksi aralığındaki yıldız sayısı 834 dür. Ayırımı yapılan dev yıldızlar istatistikten çıkarılmıştır.



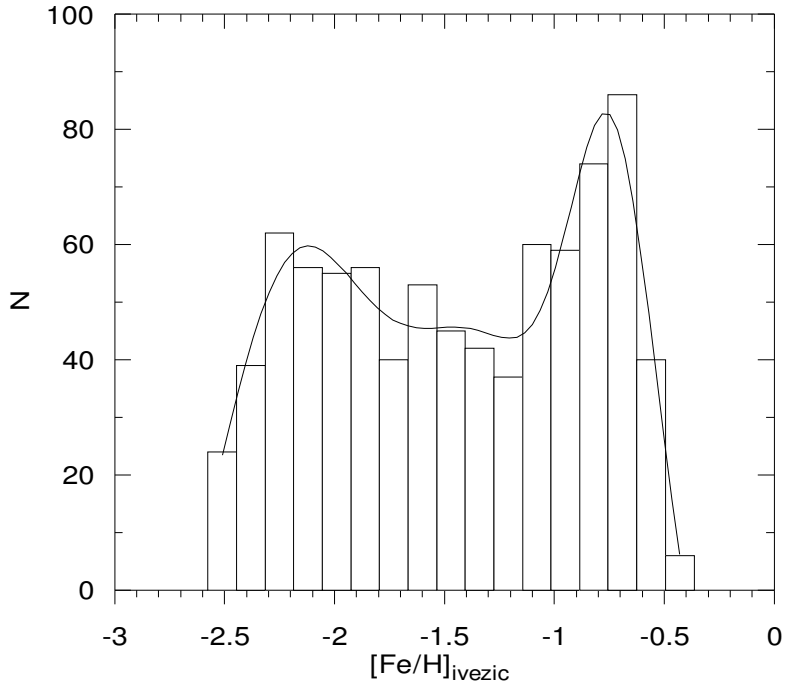

Şekil 4.8. D4 alanında ayrımı yapılan yıldızların $(u^*-g') - (g'-r')$ iki renk diyagramı. Katı çizgi Pickles (1998) e ait sentetik SDSS fotometrisine ait bağıntıyı göstermektedir. Yıldızlar katı çizgi civarında dağılmış olan çoğunlukla metalce fakir kalın disk ve halo yıldızlarıdır.

$0.20 < (g'-r') < 0.60$ renk indeksi aralığındaki 834 yıldızın $g' - (u^*-g')$ diyagramı ve $(u^*-g')$ dağılımı, Şekil 4.9a ve b de verilmiştir. Şekil 4.9a da, $(u^*-g') \sim 1.10$ renk indeksi aralığında iki ayrı grubun varlığı dikkati çekmektedir.

$19.50 < g' < 21.30$ görünen kadir ve $1.10 \leq (u^*-g') < 1.60$ renk indeksi aralığında bir grubun, $17.00 < g' < 21.30$ görünen kadir ve $0.60 < (u^*-g') < 1.10$ renk indeksi aralığında ise diğer bir grubun varlığı dikkati çekmektedir. Şekil 4.9b deki $(u^*-g')$ renk indeksine ait dağılımda, üç ayrı mod göze çarpmaktadır. Histogramdan geçirilen Gauss fit, bu modları standart sapma değerleri ile birlikte, $(u^*-g') = 0.80 \pm 0.14$, $1.06 \pm 0.17$, $1.30 \pm 0.30$ olarak vermektedir. Bu modlar alanımızdaki yıldız popülasyonları olan, metalce fakir kalın disk ve halo nun varlığının ilk işaretleridir.




Şekil 4.9 a ve b. $0.20 \leq (g'-r') \leq 0.60$ renk indeks aralığındaki 834 yıldızın (a) $g'$ - $(u^*-g')$ ve (b) $(u^*-g')$ dağılımı
Sol panelde, $(u^*-g') \sim 1.10$ renk indeksi aralığında iki ayrı grubun varlığı dikkati çekmektedir. $19.50 < g' < 21.30$ görünen kadir ve $1.10 \leq (u^*-g') < 1.60$ renk indeksi aralığında bir grup dağılım, diğer grup ise $17.00 < g' < 21.30$ görünen kadir ve $0.60 < (u^*-g') < 1.10$ renk indeksi aralığındadır. Sağ paneldeki $(u^*-g')$ dağılımından geçirilen Gauss fit, $(u^*-g') = 0.80 \pm 0.14$, $1.06 \pm 0.17$, $1.30 \pm 0.30$ şeklinde üç farklı mod göstermektedir. Bu modlar alanımızdaki yıldız popülasyonları olan, kalın disk , halo ve metalce çok fakir halo popülasyonunun ilk işaretleridir.



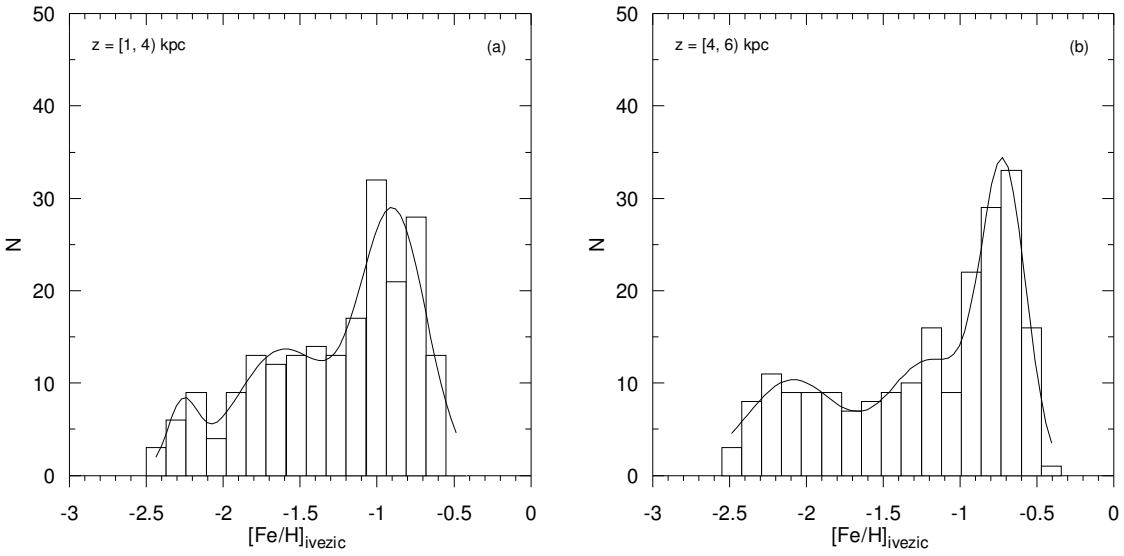

Şekil 4.10. Alanımızdaki yıldızların metal bolluğu dağılımı. Dağılım 0.13 dex aralığına göre oluşturulmuştur. Dağılıma uygulanan Matematiksel Gaussian fit bu dağılımın modlarını standart sapma değerleri ile birlikte sırası ile, [Fe/H] = -0.72 ± 0.39 , -1.35 ± 0.96 ve , -2.22 ± 0.66 olarak vermektedir.

834 yıldızın metal bolluğu dağılımı Şekil 4.10 da verilmiştir. Dağılım 0.13 dex aralığına göre oluşturulmuştur. Metal bolluğu dağılımında üç ayrı modun varlığı dikkati çekmektedir. Şekil 4.10 daki dağılıma uygulanan Gauss fit bu dağılımın modlarını standart sapma değerleri ile birlikte, [Fe/H] = -0.72 ± 0.39, -1.35 ± 0.96 , -2.22 ± 0.66 olarak vermektedir. Bu değerler bize, alanımızda üç farklı yıldız popülasyonun varlığını göstermektedir. Gözlenen ortalama metal boluğu değerleri [Fe/H] = -0.72 ± 0.39 kalın diskin, -1.35 ± 0.96 ise yıldızlar halosunun ortalama metal bolluğu değerleridir.

Şekil 4.10 daki metal bolluğu dağılımında metalce çok fakir bir modun varlığı dikkati çekmektedir. Bu mod ortalama -2.22 ± 0.66 dex metal bolluğu değerinde kendini göstermiş olup, yıldızlar halosunun tipik metal bolluğu değerine göre metalce oldukça fakirdir. Beers ve Christlieb (2005) farklı metal bolluğundaki yıldızlar için metallilik değerine göre bir tanımlama getirmiştir. Beers ve Christlieb (2005) in tablosuna göre [Fe/H] < -2.0 değerindeki yıldızlar "Very Metal-Poor (VMP)" , "Metalce Çok Fakir Yıldızlar" olarak sınıflanmıştır. Şekil 4.10 da <[Fe/H]> = -2.22 metal bolluğundaki bu

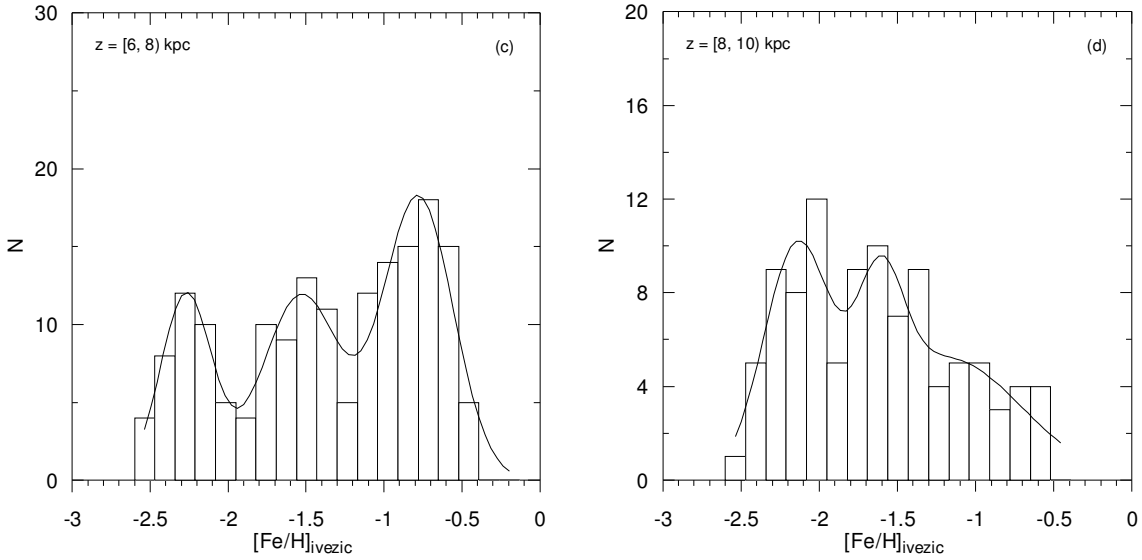
yıldızlar, Beers ve Christlieb (2005) in sınıflamasını dikkate almak suretiyle, VMP yani metalce çok fakir yıldızlar olarak sınıflandırılmış ve adlandırılmıştır.

Şekil 4.11a-f de galaksi düzleminden uzaklığın $z$ ( kpc ) bir fonksiyonu olarak alanımızdaki yıldızların metal bolluğu dağılımı verilmiştir.




Şekil 4.11a – b. Galaksi düzleminden uzaklığın (z kpc) fonksiyonu olarak metal bolluğu dağılımı. Dağılım 0.13 dex aralığına göre oluşturulmuştur.

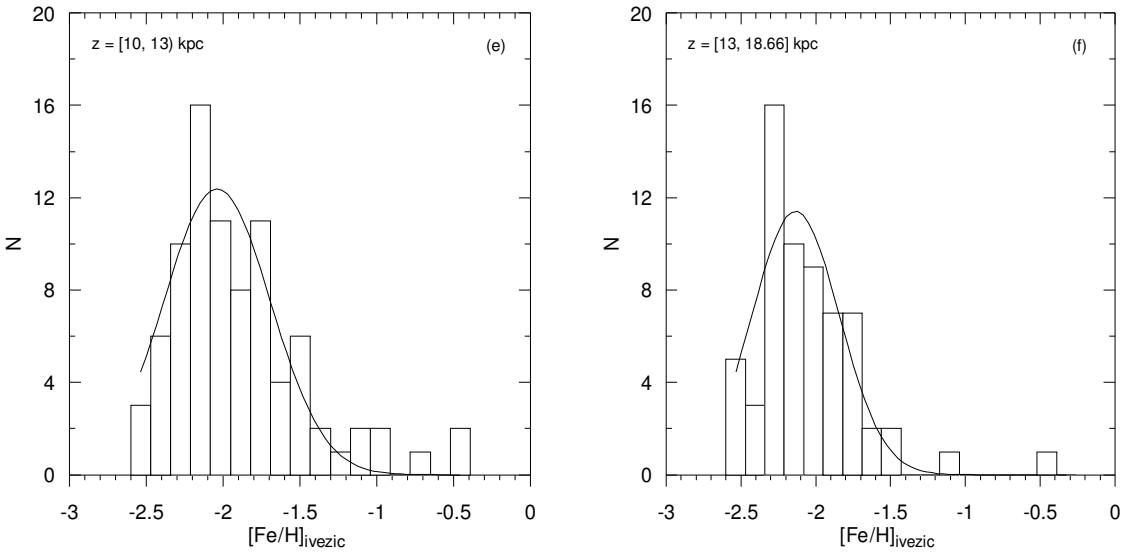
Şekil 4.11a da z = [1, 4) kpc uzaklığında, [Fe/H] dağılımında kalın disk [Fe/H] = -0.89 ± 0.43 değerinde ve metalce fakir yıldızlar halosu -1.61 ± 0.62 dex değerinde hakimdir. Metalce çok fakir VMP yıldızları -2.26 ± 0.20 dex ortalama metal bolluğu değerinde nispeten az sayıda dikkati çekmektedir. z = [4, 6) kpc uzaklıkta, Şekil 4.11b den de görüldüğü gibi, metalce çok fakir yıldızların hakimiyeti belirginleşmeye başlamaktadır. VMP yıldızları -2.09 ± 0.61 dex ortalama metal bolluğu değerine sahiptir. Kalın disk ve metalce fakir halonun ortalama metal bolluğu sırası ile, [Fe/H] = -0.71 ± 0.29 ve -1.19 ± 0.56 dir.




Şekil 4.11 c – d.

Şekil 4.11 c de, z = [6, 8) kpc uzaklığında, [Fe/H] dağılımında metalce fakir kalın diskin <[Fe/H]> = -0.78 ± 0.45 değerinde hakimiyetinin belirgin bir şekilde azaldığı dikkati çekmektedir. Yıldızlar halosu -1.52 ± 0.50 dex değeri ile önemli olmaya başlamaktadır. VMP yıldızları, -2.27 ± 0.33 dex ortalama metal bolluğu değeri ile z = [6, 8) kpc uzaklık aralığında belirginliği artmaktadır.

Şekil 4.11 d de, z = [8, 10) kpc uzaklığında, <[Fe/H]> = -1.61 ± 0.30 değerinde yıldızlar halosu ile -2.14 ± 0.43 dex değerinde VMP yıldızlarından ibaret iki popülasyon hakimdir. Kalın disk bu uzaklıkta artık önemsizdir.

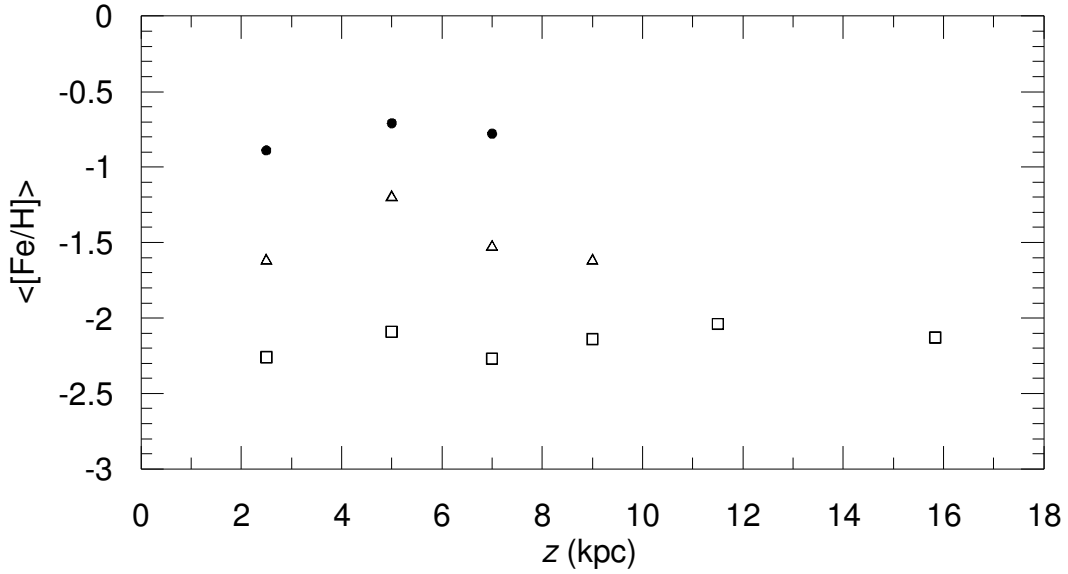



Şekil 4.11 e – f.

Şekil 4.11e den görüleceği gibi, z = [10, 13) kpc uzaklığında alanımızda tek bir popülasyon hakim olup, VMP yıldızlarının ortalama bolluk değeri <[Fe/H]> = -2.04 ± 0.69 dir. Şekil 4.11f de ise, z = [13, 18.33] kpc uzaklığında, VMP yıldızları <[Fe/H]> = -2.13 ± 0.58 ortalama bolluk değeri ile tek bir popülasyondur.

## 4.6 METAL BOLLUĞU GRADİYENTİ

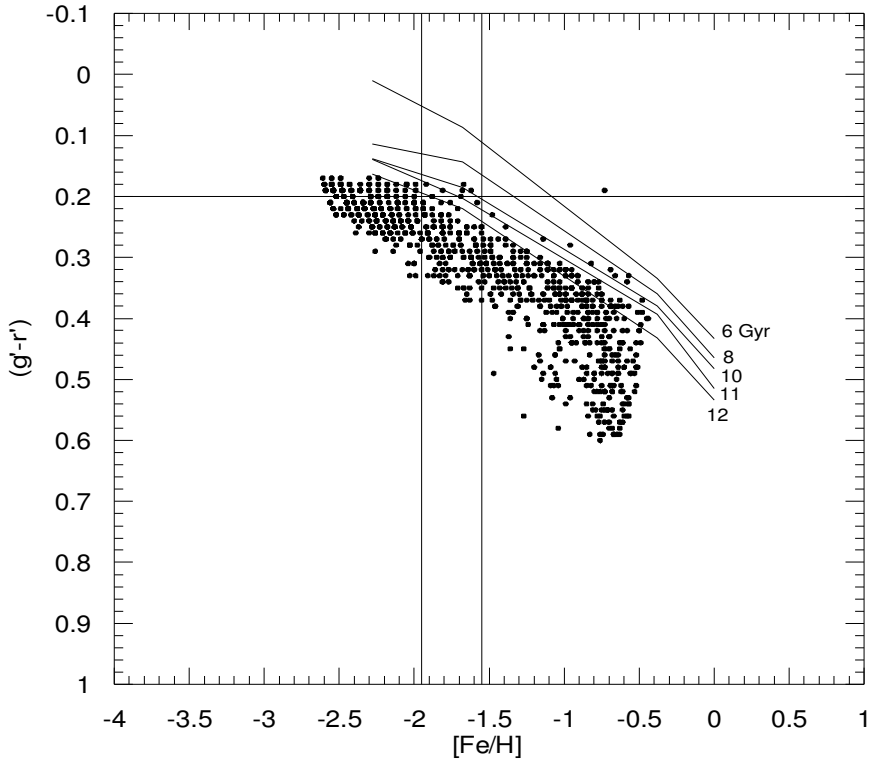
Şekil 4.11a-f de galaksi düzleminden uzaklığın $z$ (kpc) fonksiyonu olarak yıldız popülasyonlarının ortalama metal bolluğu değişimi Şekil 4.12 de gösterilmiştir. Kalın diskin ortalama metal bolluğu değerleri içi dolu daireler (•) ile, metalce fakir yıldızlar halosunun bolluk değerleri içi boş açık üçgenler (Δ) ile, VMP yıldızlarının bolluk değerleri ise açık kareler ( ) ile gösterilmiştir.




Şekil 4.12. Şekil 4.11a-f deki yıldız popülasyonlarının <[Fe/H]> - z (kpc) ilişkisi. Kalın diskin ortalama metal bolluğu değerleri içi dolu daireler (•) ile, metalce fakir yıldızlar halosunun bolluk değerleri içi boş açık üçgenler (Δ) ile, VMP yıldızlarının bolluk değerleri ise açık kareler ( ) ile gösterilmiştir.

## 4.7 RENK – YAŞ – METAL BOLLUĞU İLŞKİSİ

Yaş değerlerine göre (g′-r′) - [Fe/H] ilişkisi Şekil 4.13 de verilmiştir. Şekil 4.13 deki katı çizgiler, Bölüm 3.2.6 da bahsedildiği gibi, Girardi ve diğ. (2004) e ait yaş kütüphanesinde 6, 8, 10, 11, 12 Gyr yaş ve farklı Z ağır element bolluğu değerlerine göre dönüm noktasına ait (g′-r′) değerleri için oluşturulmuştur. İvezic ve ark. (2008) a ait metal bolluğu kalibrasyonu $0.20 < (g'-r') < 0.60$ renk indeksi aralığı ile sınırlandırıldığı için, alanımıza ait yıldızların bolluk tayini bu renk indeksi aralığı için yapılmıştır. Halonun dönüm noktası kesikliliğinden ( $g'-r' < 0.20$) küçük renk indeksi ve < 11 Gyr yaş değerlerinde, metalce fakir genç yıldızların olup olmadığını araştırmak için, İvezic ve ark. (2008) a ait bolluk kalibrasyonunu $0.17 < (g'-r') < 0.20$ renk indeksi aralığına bir miktar extrapole edilerek metal bolluğu tayini yapıldı.




Şekil 4.13. (g′-r′) - [Fe/H] ilişkisi. Katı çizgiler 6, 8, 10, 11, 12 Gyr yaş eğrilerini göstermektedir. Yıldızlar halosunun kesikliliği olan (g′-r′) < 0.20 değerlerinde ve < 11 Gyr değerlerinde, 4 yıldız dikkati çekmektedir. Unavane ve diğ. (1996) tarafından verilen bolluk aralığı $-1.55 \leq [Fe/H] \leq -1.95$ dikey çizgiler ile gösterilmiştir. Alanımızdaki 944 yıldızın metal bollukları içi dolu daireler (•) ile gösterilmiştir.

Tablo 4.2. (g′-r′) < 0.20 değerlerinde 11 Gyr dan genç 4 yıldızın (g′-r′) , [Fe/H] ve z (kpc) verileri.

| (g′-r′) | **[Fe/H]** | **z (kpc)** |
|---|---|---|
| 0.18 | -1.67 | 14.16 |
| 0.19 | -1.62 | 17.34 |
| 0.19 | -1.68 | 14.76 |
| 0.19 | -0.73 | 21.63 |

Şekil 4.13 deki (g′-r′) - [Fe/H] ilişkisinde, yıldızların büyük çoğunluğu 12 Gyr yaş değeri ile oldukça iyi uyumludur. Şekil 4.13 deki (g′-r′) = 0.2 deki kesiklilik ( yatay çizgi) yıldız sayımlarında da belirgin şekilde göze çarpmaktadır (Chen ve diğ. 2001, Siegel ve diğ. 2002). Bu kesiklilik değerinden büyük değerlerde yer alan yıldızlar çoğunlukta olup, yaşlı yıldızlardır. Dönüm noktası (g′-r′) = 0.2 değerinden daha mavi ve < 11 Gyr olan 4 yıldızın varlığı dikkati çekmekte olup, bunlar Tablo 4.2 de listelenmiştir.

Böyle metalce fakir mavi yıldızlar, Unavane ve diğ. (1996) e ait Şekil 2 de gözlenmiştir. Şekil 4.13 de, Unavane ve diğ. (1996) tarafından verilen -1.55 ≤ [Fe/H] ≤ -1.95 bolluk aralığı dikey çizgiler ile gösterilmiştir. Yıldızlar halosunun kesikliliğinden (g′-r′) < 0.2 daha metalce fakir 3 mavi yıldız, Şekil 4.13 den de görüleceği üzere, bu bolluk aralığında ve < 11 Gyr yaş değerlerine sahiptir. Metalce fakir bu 3 mavi yıldızın galaksi düzleminden uzaklığı $z$ ~ 14 - 17 kpc arasındadır.

Şekil 4.13 de, (g′-r′) < 0.2 ve [Fe/H] = -0.73 değerinde 6 Gyr dan küçük bir yıldız dikkati çekmektedir. Bu yıldız $z$ ~ 22 kpc uzaklıkta olup, [Fe/H] = -0.73 değeri ile, Carney ve diğ. (1994) tarafından da dikkat çekildiği gibi, Blue Straggler adayı olabilir.

# 5. TARTIŞMA SONUÇ

Bu tez çalışmasında elde edilen sonuçlar tartışmaları ile birlikte şu şekildedir.

1) Şekil 4.1 deki i′ - Half-Light Radius (HLR) diyagramında D4 alanında $17 \leq i' \leq 21$ kadir aralığında ve HLR ≤ 2.82 pixel değerinde 4791 yıldız galaksilerden ayrılmıştır. Şekil 4.3 de $g' = 21.30$ kadir değerinde bir azalma tamlık sınırı olarak alınmış ve bu değerden daha sönük yıldızlar çalışmaya katılmamıştır.

2) Alanımızdaki $r' < 19$ kadir aralığındaki yıldızların, $P_1$, $P_2$, s vektörleri hesaplanmak sureti ile 223 yıldız, kırmız dev olarak sınıflanmıştır. Bu dev yıldızları, metal bolluğu tayininde gözönünde bulundurulmamıştır.

3) D4 alanında M, L, T spektrel tipten kahverengi cücelerinin tespiti için bir çaba harcanmıştır. D4 alanının yanında diğer alanlardan D1, D2, D3 alanların daki yıldızlar, renk uzaylarında $(r'-i') > 2.0$ ve $(i'-z') > 1.3$ olan bölgeye denk düşmediklerinden dolayı, bu alanlarda L ve T cüce yıldızları tespit edilememiştir. Şekil 4.6 daki 3 kahverengi cüce yıldız $z'-J > 2.0$ aralığında bulunduğundan kuazar değildirler. $(i'-z') > 2.4$ değerlerine sahip olduğundan dolayı da bunlar L ve T cüce yıldızları da değildir. M5 - M9 spektrel tipinden kahverengi cüce adayıdır.

4) Şekil 4.10 da 834 F ve G tipi yıldızın metal bolluğu dağılımında üç ayrı modun varlığı dikkati çekmekte olup, kalın disk $<[Fe/H]> = -0.72 \pm 0.39$, yıldızlar halosu $-1.35 \pm 0.96$ dex ve VMP yıldızları ise $-2.22 \pm 0.66$ dex ortalama bolluk değerlerine sahiptirler.

5) Şekil 4.10 daki metal bolluğu dağılımından elde edilen, kalın diskin [Fe/H] = -0.72 ± 0.39 değeri, Trefzger ve diğ. (1989) tarafından F ve G yıldızları için elde edilen [Fe/H] ~ -0.60 ve Gilmore ve Wyse (1985) in verdiği [Fe/H] = -0.60 ± 0.30 ortalama bolluk değerlerine yakın ve dispersiyonlar gözönüne alındığında bir uyumluluk vardır. Örneğimize ait kalın disk için elde edilen [Fe/H] = -0.72 değeri, SDSS DR6 spektroskopik bolluk verileri kullanılmak suretiyle, Allende Prieto ve diğ. (2006) a ait kalın disk için elde edilen [Fe/H] = -0.70 değeri ile uyum içerisindedir.

6) Şekil 4.10 daki metal bolluğu dağılımı yıldızlar halosunun ortalama bolluğunu [Fe/H] = -1.35 ± 0.96 olarak vermektedir. Bu değer, hata sınırları içerisinde Norris (1996) ve Carney ve diğ. (1989) tarafından verilen -1.6 dex değeri ile Gilmore ve Wyse (1985) a ait -1.5 dex değerine yakındır. Bununla birlikte, SDSS DR6 spektroskopik bolluk verileri kullanılmak suretiyle Allende Prieto ve diğ. (2006) a ait halo için elde edilen [Fe/H] = -1.40 değeri ile uyum içerisindedir. İç haloya ait bu bolluk değeri şöyle açıklanabilir: Küçük kütleli gaz parçaları ilk aşamada oluştular. Bu parçalar hızlı şekilde birleşerek daha küteleli yığınları oluşturdular. Bu kütleli yığınlarda yıldızlar oluştu. Bu yıldız oluşumları bu yığınlardaki ortalama metal bolluğunu zenginleştirdi. Bunlar olurken kütleli diskin büyümesinden dolayı iç halo bir miktar düzleşti ve yığınlarda oluşan yıdızlar ve kümeler bugün gözlenen iç haloyu oluşturdu. Bu iç halonun metal bolluğu ~ -1.20 dex ile -1.80 dex aralığına uzanmaktadır. Başlangıçtaki parçaların bir kısmı ise iç halo oluşumuna katılmadılar ve galaksimizin etrafında uyduları oluşturup halen galaksimiz ile etkileşmektedirler.

7) Şekil 4.10 da bolluk dağılımında metalce çok fakir bir modun varlığı dikkati çekmektedir. Bu mod ortalama -2.22 ± 0.66 dex metal bolluğu değerinde kendini göstermiş olup, yıldızlar halosunun tipik metal bolluğu değerine göre metalce oldukça fakirdir. Beers ve Christlieb (2005) e göe bu yıldızlar [Fe/H < -2.0 değerinde "Metalce Çok Fakir Yıldızlar" (VMP) olarak sınıflanmıştır. Carollo ve ark. (2007) SDSS DR5 veri tabanındaki spektroskopik metal bolluğu ve kinematik çalışmadan haloda ikili bir yapı (düalite) nın varlığını

doğruladılar. Buna göre iç halo [Fe/H] = -1.6, dış halo ise [Fe/H] = -2.2 metal bolluğu değerlerine sahiptir. Örneğimizde göze çarpan metalce çok fakir yıldız (VMP) lar için elde edilen -2.22 ± 0.66 dex değeri, Carollo ve diğ. (2007) e ait dış halonun bolluk değeri ile uyum içindedir. Dış haloya ait bulunan değer şöyle açıklanabilir: Kütleli sistemler iç haloya düşmeden önce halonun dış kısımlarında gelgitsel olarak bozulmaya uğradılar. Eğer böyle olmuş ise, bunlar metalce çok fakir yıldızlar içeriyorlardı ve bu yıldızlar bulundukları ortama saçıldı ve bozulduklarından dolayı bugün hayatta kalamadılar.

8) Şekil 4.11a-f de, galaksi düzleminden uzaklığın $z$ (kpc ) bir fonksiyonu olarak alanımızdaki yıldızların metal bolluğu dağılımında kalın disk, yıldızlar halosu ve VMP yıldızlarının ortalama metal bolluğu değişimi görülebilir. z = [1, 4) kpc uzaklığında, [Fe/H] dağılımında kalın disk [Fe/H] = -0.89 ± 0.43 değerinde ve metalce fakir yıldızlar halosu -1.61 ± 0.62 dex değerinde hakimdir. VMP yıldızları -2.26 ± 0.20 dex değeri nispeten az sayıda dikkati çekmektedir. z = [4, 6) kpc uzaklıkta VMP yıldızların hakimiyeti belirginleşmeye başlamaktadır. VMP yıldızları -2.09 ± 0.61 dex ortalama metal bolluğu değerine sahiptir. Kalın disk ve metalce fakir halonun ortalama bolluğu sırası ile, [Fe/H] = -0.71 ± 0.29 ve -1.19 ± 0.56 dir. z = [6, 8) kpc uzaklığında, kalın diskin hakimiyeti azalmaktadır. Metalce fakir yıldızlar halosu -1.52 ± 0.50 dex değeri ile önemli olmaya başlamaktadır. VMP yıldızları, -2.27 ± 0.33 dex ortalama bolluk değerinde bu uzaklıklarda belirginliği artmaktadır. z = [8, 10) kpc uzaklığında, [Fe/H] = -1.61 ± 0.30 değeri ile metalce fakir yıldızlar halosu ile -2.14 ± 0.43 dex değeri ile VMP yıldızlarından ibaret iki popülasyon hakimdir. z = [10, 13) ve z = [13, 18.33] kpc uzaklarında, alanımızda VMP yıldız popülasyonu hakim olup, ortalama bolluk değerleri sırası ile [Fe/H] = -2.04 ± 0.69 ve [Fe/H] = -2.13 ± 0.58 dir.

9) Galaksi düzleminden uzaklığın $z$ (kpc) fonksiyonu olarak yıldız popülasyonlarının ortalama metal bolluğu değişimini gösteren Şekil 4.12 de,

z = [2, 6.5] kpc aralığında kalın disk yıldızlarının (içi dolu sembol; •) ortalama metal bolluğunda bir değişim görülmemektedir. İç halo yıldızları (içi boş üçgen sembolü; Δ) , z = [6.5, 8.5] kpc uzaklığında hakim olup, metal bolluğunda bir gradiyent gözlenmemiştir. VMP yıldızları (içi boş kare sembolü; ) , z > 8.5 kpc uzaklığında hakim olup, ortalama bolluk değerinde bir değişim görülmemektedir.

10) Bu çalışmada kalın disk için elde ettiğimiz <[Fe/H]> = -0.72 ± 0.39 değeri, kalın diskin ayrık bir popülasyon olduğunu bir kez daha göstermiştir. Bu popülasyon Şekil 4.12 ten görüleceği gibi (içi dolu sembol; •) , [2, 6.5] kpc uzaklığında hakim olup, metal bolluğunda bir gradiyent görülmemektedir. Bir gradiyentin olmayışı, kalın diskin akresyon orijinli, bir başka ifade ile cüce bir galaksinin galaksimiz ile etkileşmesi sürecinde oluşmuş olabileceği ile açıklanabilir.

11) Şekil 4.13 deki yaş değerlerine göre ifade edilen (g′-r′) - [Fe/H] ilişkisinde, 1.55 ≤ [Fe/H] ≤ -1.95 bolluk aralığında 11 Gyr den küçük yaş değerinde metalce fakir 3 yıldızın varlığı dikkati çekmiştir. Bu yıldızlar halonun kesiklilik değerine ( g′-r′ < 0.2 ) sahiptir. Böyle mavi renk indeksi değerlerinde metalce fakir yıldızlar, Unavane ve diğ. (1996) a ait çalışmada da rastlanmıştır. Metalce fakir bu 3 mavi yıldızın galaksi düzleminden uzaklığı $z$ ~ 14 - 17 kpc arasında olup, bu değerler dış haloya ait uzaklık değerleridir. Bu 3 yıldız cüce galaksilerin galaksimizle etkileşmesi sürecinde galaksimize bırakılmış yıldızlar olabilir (Searle ve Zinn 1978). Şekil 4.13 de, (g′-r′) < 0.2 ve [Fe/H] = -0.73 değerinde 6 Gyr dan küçük bir yıldız dikkati çekmektedir. Bu yıldız $z$ ~ 22 kpc uzaklıkta olup, [Fe/H] = -0.73 değeri ile, Carney ve diğ. (1994) tarafından da dikkat çekildiği gibi, Blue Straggler adayı olabilir.

# KAYNAKLAR


BEERS, TIMOTHY, C. VE CHRISTLIEB, N., 2005, The Discovery and Analysis of Very Metal-Poor Stars in the Galaxy, *A&A*,43, 531

BERTIN, E. VE ARNOUTS, S., 1996, SExtractor: Software for source extraction, *A&A*, 117, 393

BUSER, R., The Formation and Early Evolution of the Milky Way Galaxy, 2000, Science, 287, No. 5450, sayfa: 1-180

CARNEY, B. W. VE DİĞ., 1989, A survey of proper-motion stars. VIII - On the Galaxy's third population, *AJ*, 97, 423

CARNEY, B. W. VE DİĞ., 1994, A survey of proper motion stars. 12: an expanded sample, *ApJ*, 107, 2240

CAROLLO, D. VE DİĞ., 2007, Two stellar components in the halo of the Milky Way, *Nature*, 450, 1020

CHEN, B. VE DİĞ., 2001, Stellar Population Studies with the SDSS. I. the Vertical Distribution of Stars in the Milky Way, ApJ, 553, 184

CHIBA, M. VE BEERS, TIMOTHY, C., 2000, Kinematics of Metal-poor Stars in the Galaxy. III. Formation of the Stellar Halo and Thick Disk as Revealed from a Large Sample of Nonkinematically Selected Stars, *AJ*,119, 2843

DELORME, P. VE DİĞ., 2006, Probing Milky Way's Brown Dwarfs using CFHTLS, SF2A-2006: Proceedings of the Annual meeting of the French Society of Astronomy and Astrophysics Eds., , 461

FUKUGITA, M. VE DIG., 1996, Nearby stars of the Galacitc disk and halo. III., *AN*, 325, 3

GILMORE, G. VE WYSE, R. F. G., 1985, The Abundance Distribution in the Inner Spheroid, AJ, 90, 2015

GIRARDI, L. VE DIG., 2004, Nearby Theoretical isochrones in several photometric systems. II. The Sloan Digital Sky Survey ugriz system, *A&A*, 422, 205

GUNN, J. E. VE DİĞ., 2006, The 2.5 m Telescope of the Sloan Digital Sky Survey, *AJ*, 131, 2332

HAWLEY, S. L. VE DİĞ., 2002, Characterization of M, L, and T Dwarfs in the Sloan Digital Sky Survey, *AJ*, 123, 3409

HELMI, A. VE DİĞ., 2003, Selection of Metal-Poor Giant Stars Using the Sloan Digital Sky Survey Photometric System, *ApJ*, 586, 195

IVEZIC, Z. VE DİĞ., 2008, The Milky Way Tomography With SDSS:II. Stellar Metallicity, *arXiv:0804.3850v2*

LE FEVRE, O. VE DİĞ., 2005, The VIMOS VLT deep survey. First epoch VVDS-deep survey: 11 564 spectra with $17.5 \leq IAB \leq 24$, and the redshift distribution over $0 \leq z \leq 5$, A&A , 439, 845

LIMBOZ, F. VE DİĞ., 2008, White dwarfs in the CFHTLS Deep fields, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 383, 957

NORRIS, J. E., 1996, The Relationship Between the Halo and Disk Populations, *ASP*, 92, 14

PICKLES, A. J., 1998, A Stellar Spectral Flux Library: 1150-25000 Å, The Publications of the Astronomical Society of the Pacific, 110, 863

PRIETO, C. A. VE DİĞ., 2006, A Spectroscopic Study of the Ancient Milky Way:F- and G- type Stars in the Third Data Release of the Sloan Digital Sky Survey, ApJ, 636, 804

SCHULTHEIS, M. VE DİĞ., 2006, Stellar Populations in the CFHTLS. I. New Constraints on the IMF at Low Mass, A&A, 447, 185

SEARLE, L. VE ZINN, R., 1978, Compositions of halo clusters and the formation of the galactic halo, *ApJ*, 225, 357

SIEGEL, M. H. VE DİĞ., 2002, Star Counts Redivivus. IV. Density Laws Through Photometric Parallaxes, ApJ, 578, 151

SMITH, M. VE DİĞ., 2002, Stellar Populations in the CFHTLS. I. New Constraints on the IMF at Low Mass, A&A, 447, 185

TREFZGER, C. F., 1989, Photometric and Kinematic Study of F-Stars and G-Stars at the South Galactic Pole - Preliminary Results, Gravit. Force Perpendicular To The Galactic Plane P.29

TUCKER, D. L. VE DİĞ., 2006, The Sloan Digital Sky Survey Monitor Telescope Pipeline, AN, 327, 821

UNAVANE, M. VE DİĞ., 1996, The Merging History of the Milky Way, MNRAS, 278, 727

# ÖZGEÇMİŞ

**Adı:** Orhan
**Soyadı:** GÜNEŞ
**Doğum tarihi:** 20/01/1978
**Doğum Yeri:** Trabzon
**Uyruğu:** T.C.
**Yabancı dil:** İngilizce
**E-posta:** ogunes@gumruk.gov.tr

**Eğitim**

**İlkokul:** Abidin Pak İlkokulu, İzmit-Kocaeli (1984-1988)
**Ortaokul:** Cumhuriyet Ortaokulu, Gaziosmanpaşa-İstanbul (1988-1991)
**Lise:** Sağmalcılar Lisesi, Bayrampaşa-İstanbul (1991-1994)
**Lisans:** İ.Ü. Fen Fakültesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, Beyazıt-İstanbul (1996-2000)
**Yüksek lisans:** İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, Beyazıt-İstanbul

**Bilgisayar Yetenekleri:**

İşletim Sistemi: Linux, MS Windows,Solaris
Programlama: VB.NET,C#,ASP.NET
Diğer: MS SQL Server,ORACLE

**Çalıştığı Kurumlar:**

T.C. Başbanlık Gümrük Müsteşarlığı İstanbul Gümrük ve Muhafaza Baş Müdürlüğü, Bilgisayar İşletmeni (Ocak, 2003- )
**Projeler: -**