

SA 107 Yıldız Alanının Standartlaştırılmış RGU Verileri ile İncelenmesi

Serap GÜNGÖR-AK, Salih KARAALI

İ.Ü.F.F Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü 34452, Üniversite-İstanbul
e-mail: serapak@istanbul.edu.tr

ÖZET: Bu çalışmada, galaktik koordinatları $l = 5^\circ.7$, $b = +41^\circ.3$, büyüklüğü 0.95 derece kare olan SA 107 alanında bulunan 431 yıldızın $G = 16^m.50$ limit kadirine kadar RGU fotometrik incelenmesi yapılmıştır. Mutlak kadir tayini yakın bir geçmişte oluşturulan $[M(G), (G-R)_0]$ renk-kadir diyagramları ile; evrimleşmiş yıldızların ayırımı da yine aynı çalışmalarda uygulanan bir yöntemle yapılmıştır (Karaali, 1996; Karaali ve Bilir, 1996; Bilir, 1996). Alanımıza ait anakol ve geç tipten devler için yoğunluk fonksiyonları gerek Gilmore-Wyse (GW, 1985) ve gerekse Buser-Rong-Karaali (BRK, 1998) modelleri ile uyumaktadır. Fakat, uyum Gilmore-Wyse modelinde daha iyidir. Yeni yöntemle ayırımı yapılan 101 tane geç tipten deve ait Güneş civarındaki yoğunluk değerlerinden, GW modeli yardımı ile bulunan $D^* = 6.60$ değeri Gliese'in (1969) $D^* = 6.64$ 'lük değerine çok yakın iken, BRK modeli ile bulunan $D^* = 6.39$ değeri, Gliese'in (1969) değerinden daha azdır. Işıma gücü fonksiyonu Gliese'in (1969) ışımaya gücü fonksiyonu ile iyi uyumaktadır.

1. Giriş

Galaksinin yapısı ile ilgili fotometri çalışmalarında yapılan ilk iş belirli bir alan içindeki yıldızların görünen kadirlerini tayin etmektir. UBV sistemi fotoelektrik olarak tanımlandığından, bu sistem için kararlar eğrilerinin çiziminde zorlukla karşılaşılıyor. Ancak RGU sistemi fotografik olarak tanımlandığından, kararlar eğrilerinin çiziminde kullanılan standart yıldızların RGU kadirlerinin fotoelektrik UBV kadirlerinden hesaplanmasını zorunlu kılıyor. Bu yüzden standart yıldızların fotoelektrik UBV kadirlerini RGU kadirlerine dönüştürmek için Buser'in (1988) dönüşüm formülleri kullanılmıştır.

Başlangıçta yıldızların $M(G)$ mutlak kadirleri yıldızların popülasyon tiplerinin belirlenmesinden sonra yapılmaktaydı. Fakat, Güneş civarında $[Fe/H] = -1.6$ değerinde metal bakımından fakir yıldızların bulunması (Morrison ve ark. 1990), mutlak kadir tayinini yıldızların popülasyon tipinden bağımsız olarak yapılmasını zorunlu kılmıştır. Çünkü mutlak kadir, metal bolluğunun bir fonksiyonudur ve metal bolluğu geniş bir aralığa dağılmış bir popülasyona ait yıldızlar için (belirli bir renk indeksi için) bir tek (ortalama) mutlak kadir kabul etmek duyarlılığı azaltır. Bu yüzden $M(G)$ mutlak kadir tayini, farklı metal bolluklarına sahip M67, M92, 47 Tuc. ve NGC 6752 kümelerine ait renk-kadir diyagramlarının kullanılması ile yapılmıştır.

Bu çalışmada uzay yoğunlukları Galaksi modelleri ile de karşılaştırılmıştır. Galaksi

modelleri, Galaksideki uzay yoğunluklarını galaksi koordinatlarının bir fonksiyonu olarak ifade eden matematik formüllerdir. Modellerdeki parametreler gözlemler yardımı ile tayin edilir. Gözlemsel bulguların fiziksel bir anlamı olması için modellerle uyumu gerekir.

Model eğrileri,

$$\Delta \log D(r) = \log[D(r,l,b)/D(0,l,b)]$$

gradyentleri şeklinde, gözlemsel fonksiyonlar ise histogramlar şeklinde verilir. Burada r uzaklığı, l ve b ise incelenen alanın galaktik koordinatlarını göstermektedir. Model eğrileri ile gözlemsel yoğunluk fonksiyonlarının apsis eksenlerine ait sıfır çakıştırıldıktan sonra histogram parçası olan dikdörtgenlerin kütle merkezine karşılık gelen üst kenarlarına ait noktaların eğriye olan düşey doğrultudaki uzaklıkları toplamı sıfır olacak şekilde model eğrisi düşey doğrultuda kaydırılır.

$\Delta \log D(r) = 0$ 'a karşılık gelen gözlemsel logaritmik $D^* = \log D + 10$ yoğunluk değeri, Güneş civarındaki yoğunluk değerini verir.

2. Materyal ve Metod

Yıldız alanının fotometrik incelenmesinde kullanılan standart yıldızların UBV kadirlerinin RGU kadirlerine dönüşümü, Buser (1988) tarafından O-K ve M spektral tipindeki anakol yıldızları ve A-K ve M spektral tipindeki devler için elde edilen farklı dönüşüm formülleri yardımı ile yapılmıştır.

SA 107 yıldız alanına ait yıldızların mutlak kadirlerinin tayini ise aşağıda açıklandığı gibi yapılmıştır:

[(U-G)₀,(G-R)₀] iki-renk diyagramına yerleştirilen yıldızlar, Buser ve Fenkart'ın (1990) eş metalilik eğrileri yardımı ile $-0.5 \leq [Fe/H]$ (1), $-1.5 \leq [Fe/H] < -0.5$ (2), $[Fe/H] < -1.5$ (3) gibi üç gruba ayrılmış ve bunlardan birinci ve üçüncü gruba girenlerin mutlak kadirleri sırası ile M67 ($[Fe/H] = -0.05$) ve M92 ($[Fe/H] = -2.24$) kümelerinin renk-kadir diyagramları kullanılarak tayin edilmiştir. Metal bolluğu $[Fe/H] = -1.00$ olan bir küme bulunmadığından, ikinci gruba giren yıldızların mutlak kadirleri, metal bollukları sırası ile $[Fe/H] = -0.65$ ve -1.54 olan , 47 Tuc. ve NGC 6752 kümelerine ait renk kadir diyagramları ile oluşturulan $[M(G), (G-R)_0$] diyagramı ile tayin edilmiştir (Karaali, 1996; Karaali ve Bilir, 1996).

Basel Halo Programında, son zamanlara kadar yapılan çalışmalarda geç tipten devler, boşluk kriterine göre anakol yıldızlarından ayrılmış ve mutlak kadirleri $0 \leq M(G) \leq 2$ aralığında kabul edilerek bunlar için $\langle M(G) \rangle = 1$ kadirlik ortalama bir değer kullanılmış iken, $2 < M(G)$ mutlak kadir aralığındaki evrimleşmiş yıldızların (alt devlerin) varlığı dikkate alınmamıştır. Bu çalışmada, yakın bir geçmişte uygulamaya konulan bir yöntemle (Karaali, 1996; Karaali ve Bilir, 1996), evrimleşmiş yıldızların ayırımı yapılmış ve mutlak kadirleri kümelerin renk-kadir diyagramlarından yararlanarak tayin edilmiştir. Evrimleşmiş yıldızlar içinde mutlak kadiri $M(G) \leq 2$ olanlar geç tipten dev olarak sınıflandırılmıştır. Bu yöntemle göre tayin edilen geç tipten devlerin sayısı 101 dir.

3. Bulgular

3.1. Ölçümler ve Kararma Eğrileri

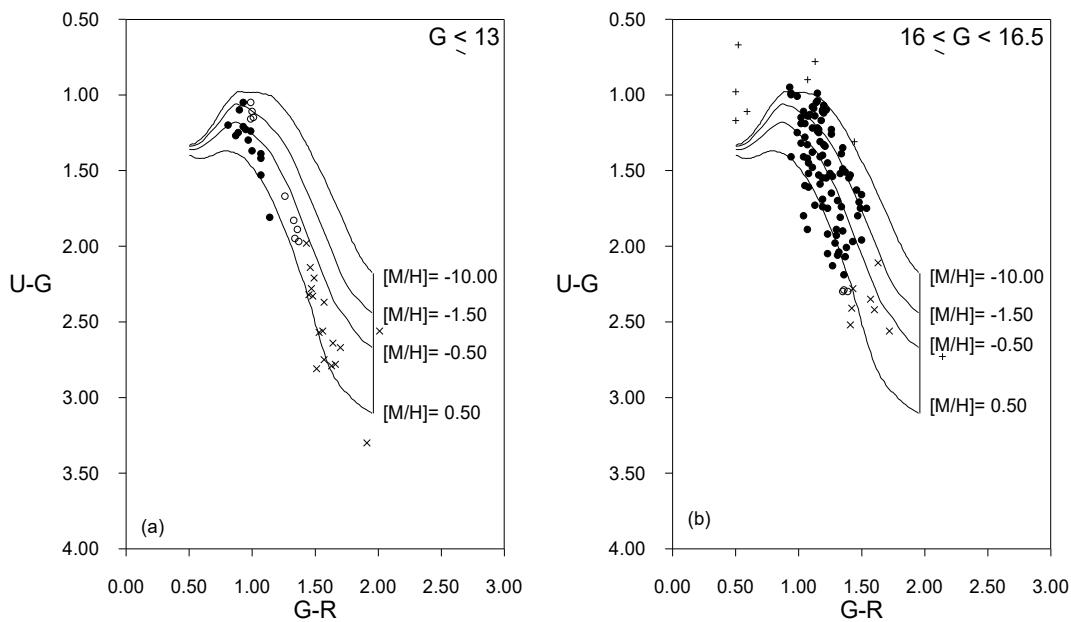
SA 107 yıldız alanına ait $G = 16^m.5$ limit kadire kadar 431 yıldız Basel İris Fotometresinde 1992 yılında S. Karaali tarafından ölçülmüştür. Kararma eğrilerinin çiziminde kullanılan 62 standart yıldız, Landolt (1973, 1992) ve Purgathofer (1969) tarafından fotoelektrik olarak ölçülen yıldızlar arasından seçilmiştir.

SA 107 alan yıldızları için her üç renkte (R, G, U) 5'er plak ölçülmüş, iris fotometresi yardımı ile alan yıldızlarının elde edilen iris okumalarının ortalamaları alınmış ve apsis ekseninde standart yıldızların dönüşüm formülleri yardımı ile hesaplanan RGU kadirleri, ordinat ekseninde ise bunların iris okumaları olmak üzere her renk için (R, G, U) bir kararma eğrisi çizilmiştir. R, G, U kadirleri standart şekle dönüştürülmüştür.

3.2. İki Renk Diyagramları

RGU kadirleri elde edilen alan yıldızları, aşağıda belirtilen ardışık G kadir aralıklarına bölünerek iki-renk diyagramları oluşturulmuştur: $G \leq 13.00$, $13.00 < G \leq 14.00$, $14.00 < G \leq 15.00$, $15.00 < G \leq 16.00$, $16.00 < G \leq 16.50$. Şekil 1a ve b'de, bu aralıklardan en parlak ve en sönük olana ait iki-renk diyagramı verilmiştir.

Iris okumaları ölçülemeyen, mutlak kadirleri belirlenemeyen yıldızlar incelemede dikkate alınmayıp istatistik dışı bırakılmışlardır.



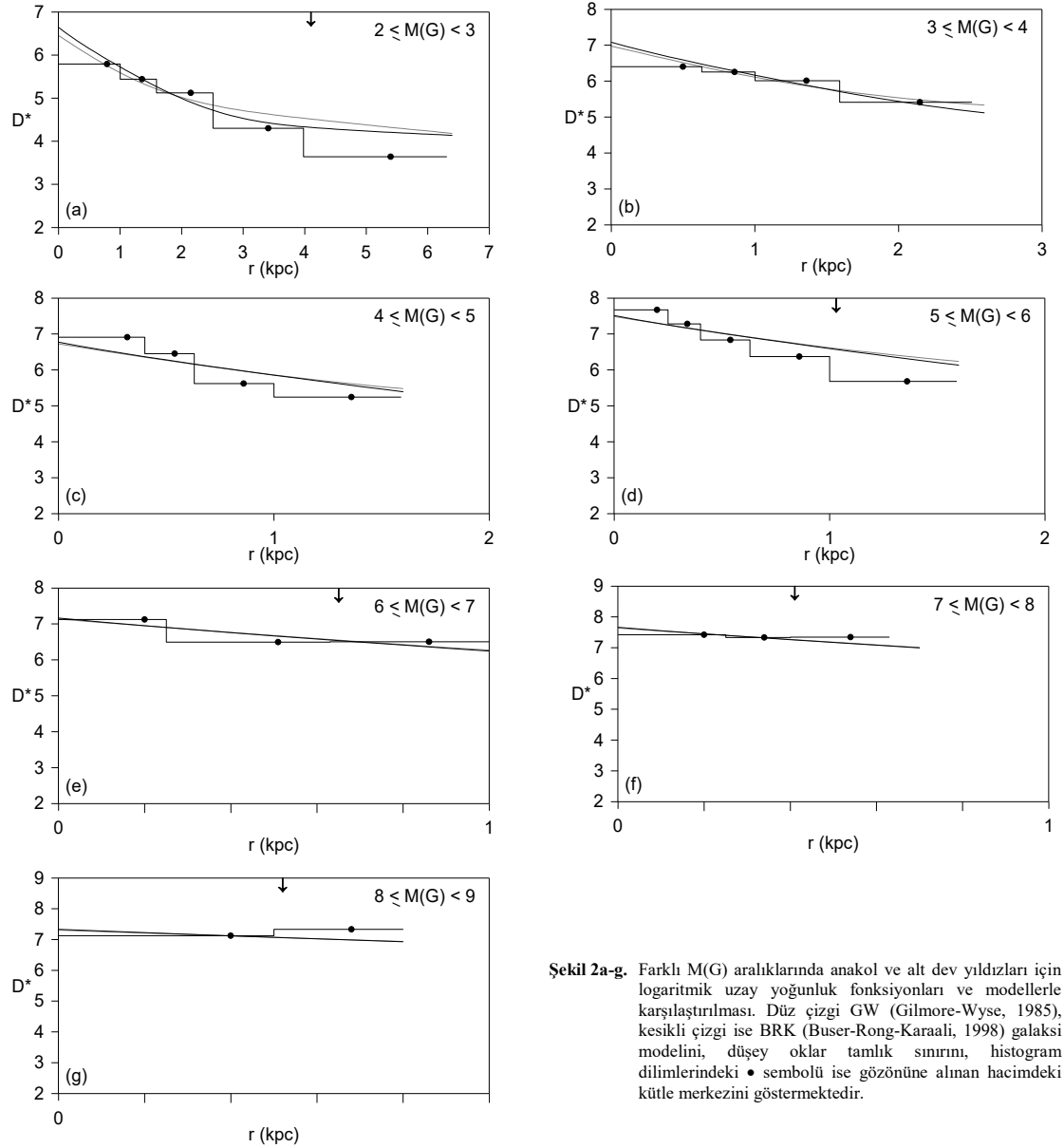
Şekil 1a ve b. Alan yıldızlarının iki-renk diyagramındaki yerleri. Düz olarak çizilen eş metalilik eğrileri, mutlak kadir tayininde, farklı renk-kadir diyagramlarının kullanıldığı bölgeleri ayırıyor. Semboller: (•):anakol, (o):alt dev, (x):geç tipten dev, (+):istatistik dışı.

Cetvel 1. $G = 16^{m.50}$ görünen limit kadiri için hesaplanan farklı mutlak kadirlere ait tamlık sınırları.

$M(G)$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$d_1(\text{pc})$	16331	10304	6501	4102	2588	1633	1030	650	410	259

Cetvel 2. Anakol ve alt dev yıldızlarına ait yoğunluk fonksiyonları (uzaklıklar kpc., hacimler pc^3 cinsindedir). Yatay çizgiler tamlık sınırını gösteriyor.

$r_1 - r_2$	r^*	$M(G)$		2 - 3		3 - 4		4 - 5		5 - 6		6 - 7		7 - 8		8 - 9	
		$\Delta V_{1,2}$	N	D^*	N	D^*	N	D^*	N	D^*	N	D^*	N	D^*	N	D^*	
0.00-0.16	0.13	3.95(2)	-	-	-	-	-	-	-	4	7.67	1	7.12	-	-	1	7.12
0.16-0.25	0.19	1.11(3)	-	-	-	-	3	6.91	3	7.67	1	7.12	4	7.42	1	7.12	
0.25-0.40	0.34	4.67(3)	1	5.79	1	6.40	2	6.91	9	7.28	-	-	10	7.33	10	7.33	
0.40-0.63	0.54	1.79(4)	1	5.79	5	6.45	5	6.45	12	6.83	7	6.49	39	7.34	10	7.33	
0.63-1.00	0.86	7.23(4)	4	5.79	13	6.25	13	6.25	17	6.37	23	6.50	39	7.34	10	7.33	
1.00-1.59	1.36	2.91(5)	8	5.44	30	6.01	30	6.01	5	5.24	14	5.68	39	7.34	10	7.33	
1.59-2.51	2.15	1.14(6)	15	5.12	29	5.41	29	5.41	5	5.24	14	5.68	39	7.34	10	7.33	
2.51-3.98	3.41	4.56(6)	9	4.30	9	4.30	9	4.30	9	4.30	9	4.30	9	4.30	9	4.30	
3.98-6.31	5.40	1.82(7)	8	3.64	8	3.64	8	3.64	8	3.64	8	3.64	8	3.64	8	3.64	



Şekil 2a-g. Farklı $M(G)$ aralıklarında anakol ve alt dev yıldızları için logaritmik uzay yoğunluk fonksiyonları ve modellerle karşılaştırılması. Düz çizgi GW (Gilmore-Wyse, 1985), kesikli çizgi ise BRK (Buser-Rong-Karaali, 1998) galaksi modelini, düşey oklar tamlık sınırını, histogram dilimlerindeki • sembolü ise gözönüne alınan hacimdeki kütle merkezini göstermektedir.

3.3. Yoğunluk Fonksiyonları

Yıldızların $D^* = \log D + 10$ logaritmik yoğunluk fonksiyonu, birim hacimdeki yıldız sayısının logaritmasının 10 fazlası olarak tanımlanır. Burada, $D = N/\Delta V_{1,2}$, N : $\Delta V_{1,2}$ hacmindeki yıldız sayısı ve $\Delta V_{1,2}$ ise $\Delta V_{1,2} = (\pi/3)(\pi/180)^2(r_2^3 - r_1^3)$ eşitliği ile verilir. π , incelenen yıldız alanının derece kare cinsinden büyüklüğü, r_1 ve r_2 ise Güneş'e olan uzaklıkları göstermekte olup hacmin hesaplandığı kesik piramidin tabanlarını belirler.

Yoğunluk fonksiyonlarının verildiği cetvellerde bulunan r^* , söz konusu kesik piramide ait kütle merkezinin Güneş'e uzaklığını göstermekte olup $r^* = [(r_1^3 + r_2^3)/2]^{1/3}$ eşitliği yardımı ile hesaplanır.

Yoğunluk fonksiyonları anakol yıldızları için $1 \leq M(G) < 2$, $2 \leq M(G) < 3$, ..., $9 \leq M(G) \leq 10$ mutlak kadir aralıkları için tayin edilmiş ancak, bundan önceki çalışmalarda olduğu gibi, yoğunluk histogramları $1 \leq M(G) < 2$ ve $9 \leq M(G) \leq 10$ mutlak kadir aralıkları için çizilmemiştir. Bunun sebepleri, birinci aralıkta çok az sayıda yıldızın bulunması veya yıldızın bulunmayışı ve son aralıkta bulunan yıldızların tamamının mutlak kadirlerinin tayin edilememesidir.

Yoğunluk cetvellerindeki yatay çizgiler, ilgili mutlak kadir aralığında sönmük mutlak kadir için hesaplanan tamlık sınıırını temsil ediyor. Farklı $M(G)$ mutlak kadirleri için $G_1 - M(G) - A(G) = 5 \log d - 5$ formülü ile hesaplanan d_1 tamlık sınırları Cetvel 1'de verilmiştir. Burada G_1 alanımıza ait limit görünen kadir, yani $16^m.50$, $A(G)$ de toplam absorpsiyondur (alanımız için $0^m.44$).

Mutlak kadirleri kümelerin renk-kadir diyagramlarından elde edilen anakol ve alt dev yıldızlarına ait yoğunluk fonksiyonları Cetvel 2 ve Şekil 2a-g de verilmiştir.

Geç tipten devlere ait yoğunluk fonksiyonu Cetvel 3 ve Şekil 3'te verilmiştir.

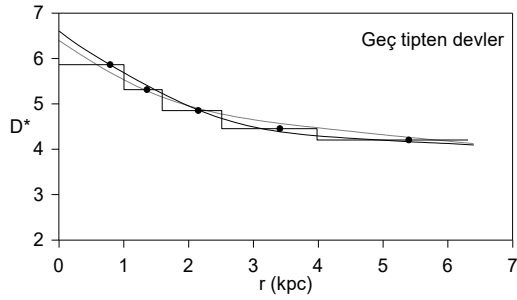
3.4. Yoğunluk Fonksiyonlarının Modellerle Karşılaştırılması

SA 107 yıldız alanı için çizilen $(\Delta \log D(r), r)$ model eğrisi her iki model için Şekil 4'te verilmiştir. Burada $\Delta \log D(r) = \log D(r, l, b) - \log D(0, l, b)$ olup gözönüne alınan Galaksi bileşeni veya bunların birleşimi için r uzaklığındaki yoğunluk değeri ile Güneş civarındaki yoğunluk değerinin logaritmik farkıdır.

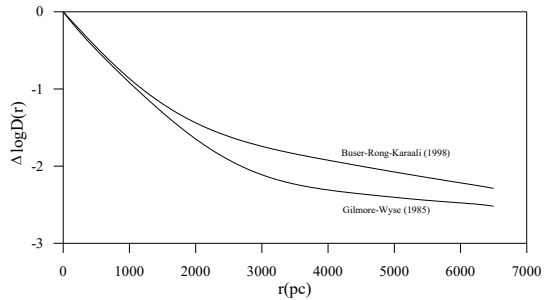
Yoğunluk fonksiyonları hem Gilmore-Wyse (1985) ve hem de Buser-Rong-Karaali (1998) modelleri ile karşılaştırılmıştır (Cetvel 4).

Cetvel 3. Geç tipten dev yıldızlarına ait yoğunluk fonksiyonları (uzaklıklar kpc., hacimler pc³ cinsindedir).

$r_1 - r_2$	r^*	$\Delta V_{1,2}$	N	D^*
0.00-0.16	0.13	8.32(2)	-	5.86
0.16-0.25	0.19	2.34(3)	-	
0.25-0.40	0.34	9.82(3)	1	
0.40-0.63	0.54	3.78(4)	2	
0.63-1.00	0.86	1.52(5)	4	
1.00-1.59	1.36	6.06(5)	6	5.31
1.59-2.51	2.15	2.41(6)	8	4.85
2.51-3.98	3.41	9.59(6)	13	4.45
3.98-6.31	5.40	3.82(7)	29	4.20
6.31-7.94	7.22	5.06(7)	12	3.70
7.94-10.00	9.09	1.01(8)	14	3.46
10.00-12.59	11.44	2.02(8)	5	-
12.59-15.85	14.40	4.03(8)	5	-
> 15.85	> 14.40	> 4.03(8)	2	-



Şekil 3. Geç tipten dev yıldızlarına ait logaritmik uzay yoğunluk fonksiyonu ve modellerle karşılaştırılması.



Şekil 4. SA 107 yıldız alanına ait model eğrileri.

Model eğrileri arasındaki fark, ≈ 1 kpc. te başlıyor. Bu uzaklıktan itibaren Buser-Rong-Karaali (1998) modeline ait değerler Gilmore-Wyse (1985) modeline ait değerlerden daha büyüktür.

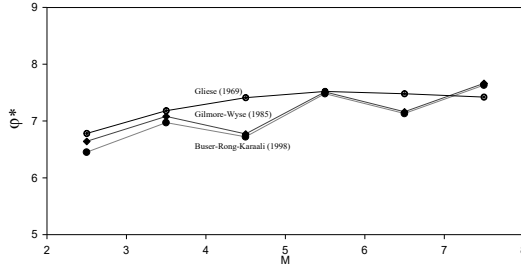
Bu çalışmada geç tipten devler için elde edilen iki modele göre Güneş civarındaki yoğunluk değerleri, Gilmore-Wyse (1985) modeli için Gliese'in (1969) $D^* = 6.64$ lük değerine oldukça yakındır ($D^* = 6.60$). Bununla beraber, Buser-Rong-Karaali (1998) modeline ait değer Gliese'in değerinden küçüktür ($D^* = 6.39$).

3.5. Işıma Gücü Fonksiyonu

Işıma gücü fonksiyonu, belirli bir uzaklık aralığı için hesaplanan, popülasyonların

Cetvel 4. Gözlemsel yoğunluk fonksiyonları ile GW ve BR modellerinin karşılaştırılmasına ait standart sapmalar ve Güneş civarındaki yoğunluk değerleri. Son satırda Gliese'in (1969) Güneş yoğunluk değerleri de verilmiştir.

M(G)	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	Devler
GW(☉)	6.64	7.08	6.77	7.51	7.16	7.66	7.33	6.60
S.S	±0.14	±0.12	±0.35	±0.27	±0.17	±0.02	±0.00	±0.05
BRK(☉)	6.45	6.97	6.72	7.48	7.13	7.63	7.30	6.39
S.S	±0.19	±0.10	±0.37	±0.25	±0.17	±0.02	±0.00	±0.10
Gliese(☉)(1969)	6.78	7.18	7.41	7.52	7.48	7.42	-	6.64



Şekil 5. SA 107 yıldız alanına ait ışıma gücü fonksiyonu.

birleşimine ait yoğunlukların mutlak kadirler göre değişimini ifade eder. Basel Halo Programında yapılan ve modellerle karşılaştırılan çalışmalarda, belirli bir uzaklık aralığı yerine Güneş civarındaki yoğunlukların alınması gelenek haline gelmiştir.

Anakol yıldızları ve alt devler için çizilen yoğunluk fonksiyonları ile model eğrilerinin karşılaştırılmasında $\Delta \log D(r) = 0$ 'a karşılık gelen D^* yoğunluk değeri, karşılaştırmanın yapıldığı mutlak kadir aralığı için, Güneş civarındaki yoğunluk değeridir.

Yoğunluk fonksiyonlarının GW ve BRK modelleri ile karşılaştırılmasından elde edilen ışıma gücü fonksiyonu Şekil 5 ve Cetvel 4'te verilmiştir. Elde edilen ışıma gücü fonksiyonunun GW modeli ile, $4 < M(G) \leq 5$ mutlak kadir aralığı hariç, iyi uyduğu görülmektedir. BRK modeli ile uyum ise daha azdır.

4. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada SA 107 yıldız alanına ait yıldızların anakol, alt dev ve geç tipten dev yıldızlar olmak üzere ayırımı yapılmış ve yıldızların mutlak kadirleri, yakın bir geçmişte uygulanan yeni bir yöntemle (Karaali, 1996; Karaali ve Bilir, 1996), kümelerin renk-kadir diyagramlarından tayin edilmiştir. Elde edilen sonuçların doğruluğunun sağlanması, yoğunluk fonksiyonlarının iki modelle, ışıma gücü fonksiyonunun da Gliese'in (1969) ışıma gücü fonksiyonu ile karşılaştırarak yapılmıştır.

Yıldızların elde edilen ışıma gücü fonksiyonu, $4 < M(G) \leq 5$ mutlak kadir aralığı dışında, Gliese'in (1969) ışıma gücü fonksiyonu ile uyumaktadır (Şekil 5). $4 < M(G) \leq 5$ aralığında

uyumun az oluşu renk-kadir diyagramının bu aralığa karşılık gelen kolunun çok dik olmasından kaynaklanıyor. İki modelden elde edilen değerler birbirine çok yakın olmakla beraber, GW modeline ait olanların uyumu daha iyidir.

Bu çalışmada geç tipten devler, mutlak kadiri $M(G) \leq 2$ olan evrimleşmiş yıldızlar olarak alınmış, boşluk kriterine uyulmamıştır. Böylece $M(G) > 6$ olan ve Gliese'in ışıma gücü fonksiyonundan daha büyük değerlerin bulunmasına sebep olan bazı yıldızlar, bu çalışmada mutlak kadiri $M(G) \leq 2$ olan dev olarak sınıflandırılmış ve Gliese'in ışıma gücü fonksiyonu ile uyuşan bir ışıma gücü fonksiyonu elde edilmiştir.

Bu çalışma İstanbul Üniversitesi Araştırma Fonunca desteklenmiştir. Proje No: Ö-4565/250898.

Kaynaklar

- Becker W., 1965, *ZfA*, **62**, 54.
 Bilir S., 1996, Yüksek Lisans Tezi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
 Buser R., 1978, *A&A*, **62**, 411.
 Buser R., 1988, *Basel Preprint*, No.28.
 Buser R., Rong J., Karaali S., 1998, *A&A*, **331**, 934.
 Gilmore G., Wyse R.F.G., 1985, *AJ*, **90**, 2015.
 Gliese W., 1969, *Veröff. Astron. Rechen Inst.*, No.22.
 Karaali S., 1996, *Proje No: 715/260495*, İ.Ü. Araştırma Fonu.
 Karaali S., Bilir S., 1996, *Proje No: TBAG-AY/74*, TÜBİTAK.
 Landolt A.U., 1973, *ApJ*, **78**, 850.
 Landolt A.U., 1992, *özel haberleşme*.
 Morrison H.L., Flynn C., Freeman K.C., 1990, *AJ*, **100**, 1191.
 Purgathofer A.Th., 1969, *Lowell Obs. Bull.*, **No.147**, 98.