


# Oymaklardaki Yıldızların Fiziksel Özellikleri Üzerine: Yukarı Akrep Örneği

Volkan Bakış\* 

Akdeniz Üniversitesi, Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Bölümü, 07054, Antalya

Accepted: April 19, 2022. Revised: April 18, 2022. Received: March 25, 2022.

## Özet

Yıldız oymakları ve açık kümeler gibi yıldız topluluklarındaki üye yıldızların fiziksel parametrelerini elde etmek bizi topluluğa ait temel fiziksel parametrelere (örn. yaş, başlangıç kütle fonksiyonu) götürür. Bu parametreler de galaksimizin dinamiğini anlamamız açısından gereklidir. Bu çalışmada yıldızların fiziksel özelliklerine (sıcaklık, yarıçap) ulaşılabilmesi için onların tayfsal enerji dağılımının (SED) nasıl modellenebileceği anlatılmıştır. SED analiz yöntemi en çok çalışılan oymak bölgelerinden biri olan Yukarı Akrep oymak bölgesindeki üyelere uygulanarak oymaktaki yıldız oluşumunun en az 17 milyon yıl önce başladığını ve oymaktaki anakol öncesi yıldızların varlığı yıldız oluşumunun devam ettiğini göstermektedir. Bu yaşın literatürle uyumlu olduğu görülmektedir. Ayrıca GAIA EDR3 ile kullanıma sunulan hassas astrometrik veriler kullanılarak oymak bölgesinin kinematik parametreleri güvenilir üyeler kullanılarak güncellenmiştir. Bununla birlikte SED analizi ile Güneş ile yıldızlar arasındaki dalgaboyuna bağlı sönmükleştirme bilgisine de ulaşılabilmesi bize oymak bölgesinin sönmükleştirme haritasını elde etmemizi sağlamıştır.

## Abstract

Reaching the physical parameters of member stars in stellar associations such as stellar formation regions and open clusters takes us to the basic physical parameters of the ensemble (e.g. age, initial mass function). These parameters are also necessary for us to understand the dynamics of our galaxy. In this study, it is explained how the spectral energy distribution (SED) of stars can be modeled to obtain their physical properties (such as temperature and radius). The SED analysis method was applied to the members of the Upper Scorpion association, which is one of the most studied associations. It was determined that the star formation in the association started at least 17 million years ago, which appears to be in agreement with the literature, and the detection of pre-main sequence stars in the association show that the stellar formation goes on. In addition, the kinematic parameters of the association region were updated using reliable members, using the sensitive astrometric data made available with GAIA EDR3. In addition to this, the wavelength depended dimming between the Sun and the stars can be obtained with the SED analysis, allowing us to obtain the extinction map of the region.

**Anahtar Kelimeler:** Galaxy: open clusters and associations: general – methods: data analysis – techniques: photometric

## 1 Giriş

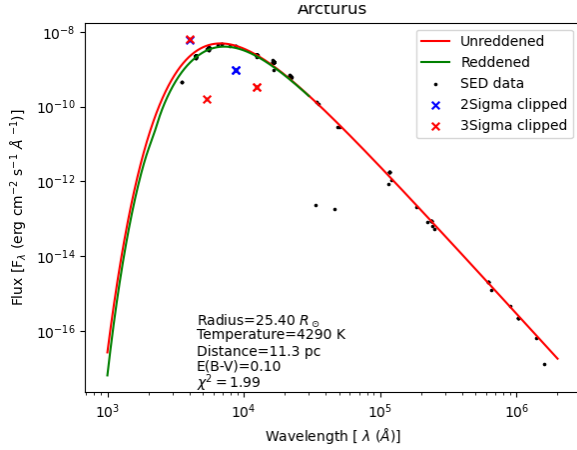
OB oymakları yıldız oluşumunun devam ettiği veya yakın bir zamanda son bulduğu bölgelerdir. Bu sebeple, çok sayıda anakola yeni gelen genç yıldız ve/veya anakol öncesi yıldız bir arada görebileceğimiz yegane yerlerdir. Bununla birlikte, bu bölgelerde normal yıldızlardan farklı olarak Be yıldızları, T-Tauri türü yıldızlar ve Herbig-Haro cisimlerine sıkça rastlarız. Bu kadar zengin yıldız çeşidinin bir arada olduğu oymaklar, yıldız evriminin ilk aşamalarına çalışmak için muazzam laboratuvarlardır.

Oymak üyeleri her ne kadar ortak kinematik özelliklere sahip olsalar da birbirlerine zayıf çekimsel kuvvetlerle bağlı olmaları onların zayıf galaktik ivmelerle kolayca dağılabileceğine işaret etmektedir. Bu sebeptendir ki oymaklar kadar geniş alanlar kaplayan nispeten yaşlı yıldız topluluklarıyla karşılaşmıyoruz. Yıldız evriminin ilk basamakları hakkında zengin bilgi sunan oymaklar çok sayıda çoklu yıldız sistemini de bünyelerinde barındırırlar. Sco OB2 oymak kompleksindeki A ve B-türü

yıldızlar arasında çift yıldız oranını modeller yüzde 100 ima etmekle berabe en az yüzde 70 olduğu iddia edilmiştir (Kouwenhoven et al. 2007). Kobulnicky & Fryer (2007)'in Cygnus OB2 oymağındaki büyük kütleli yıldızlar için yaptığı çoklu sistem araştırma sonuçlarının Kouwenhoven et al. (2007)'nin bulguları ile mükemmel uyum içerisinde olması Kouwenhoven et al. (2007)'nin de dediği gibi birden fazla bileşen içerenin yıldız oluşumunun bir parametresi olduğuna işaret etmektedir. Yakın geçmişte oymak bölgelerindeki örten çift/çoklu sistemlerin analizleri üzerine yapılan seri bilimsel çalışmalar (Bakış et al. 2007, 2014, 2015, 2016, 2019) sadece incelenen yıldız sistemlerinin değil içinde buldukları oymakların da bazı temel özelliklerini (uzaklık, yaş, metal bolluğu, uzay hız vektörleri) ortaya çıkarmıştır. Bu çalışmalar Kouwenhoven et al. (2007) ve Kobulnicky & Fryer (2007)'in çalışmalarını doğrular nitelikte bulgular üretmiştir.

Günümüz tüm gökyüzü gözlemleri (örn. All-Sky Automated Survey, ASAS (Pojmanski 1997)) ve uydu görevleri (örn. Kepler görevi (Borucki et al. 2010)) bu bölgelerdeki örten çift yıldızların belirlenmesine oldukça büyük katkı sağlamış olup yeni görevlerle de (örn. TESS görevi (Ricker et al. 2014)) katkı sağlamaya devam etmektedir (bkz. Prša et al. (2022)). Ancak

\* volkanbakis@akdeniz.edu.tr



**Şekil 1.** Arcturus yıldızının SED verisi (içi dolu daire) ve Denklem 5 ile oluşturulan SED modeli (sürekli eğri). Yeşil sürekli eğri sönükleştirmeye uğramış (burada  $E(B - V) = 0.1$  alınmıştır), kırmızı sürekli eğri de sönükleştirmeye uğramamış karacisim eğrisini göstermektedir. Çarpı ile gösterilen noktalar  $2 \sigma$  (mavi) ve  $3 \sigma$  (kırmızı) ile saçılma gösteren noktalar.

oymak bölgelerinde örten çift yıldızlar dışındaki çift ve çoklu yıldız sistemlerinin de belirlenmesi, mümkünse bileşenlerinin fiziksel özelliklerinin elde edilmesi çift ve/veya çoklu yıldız oranının daha duyarlı belirlenmesi açısından faydalı olacaktır. Böylece, [Kouwenhoven et al. \(2007\)](#) gibi araştırmacıların teorik model sonuçlarını test etmek mümkün olabilecektir.

Başka bir önemli parametre de ilk kez [Salpeter \(1955\)](#) tarafından ortaya konulan başlangıç kütle fonksiyonudur. Bu fonksiyon belli bir yıldız topluluğu için yıldız oluşumunun başındaki kütle dağılımını tanımlayan empirik bir fonksiyondur. Bu fonksiyon oymak bölgelerindeki yıldız oluşum verimliliğini anlama açısından önemli bir parametre olup yıldız oluşum simülasyonlarında parametre olarak kullanılmaktadır. Yıldızların kütlelerini doğrudan ölçemesek de bizi kütleyle götürecektir gözlemsel empirik bağıntıları (örn. kütle-ısıtma bağıntısı; [Eker et al. 2018](#)) kullanabiliriz. O halde bizi yıldızların duyarlı ısıtmalarına oradan da kütlelerine götüren analizler çok işimize yarayabilir. Yıldız topluluklarındaki SED analizi ile elde edilecek sıcaklık ve yarıçap gibi bazı temel yıldız parametreleri ile anakol yıldızlarının kütle dağılımına ilişkin bir resim çizmek de mümkündür.

Bu makalede ilk olarak yıldızların atmosfer dışı gözlemler ile tespit edilebilen tayfsal enerji dağılımının (SED) modellenerek yıldızın bazı temel fiziksel özelliklerinin (yarıçap  $R$ , etkin sıcaklık  $T_{eff}$ ) ve yıldızlararası ortamın sönükleştirme miktarının ( $A_{filtre}$ ) elde edilmesi için matematiksel taban oluşturulmuştur (§2). Sco OB2 oymak kompleksinin üç alt grubundan biri olan Yukarı Akrep (Upper Scorpius) oymak bölgesinin üyelerinin SED verileri örnek bir çalışma olarak §3'te incelenmiştir. Yukarı Akrep bölgesinin sönükleştirme haritası SED analizi ile elde edilen renk artışı ( $E(B - V)$ ) kullanılarak hesaplanmış olup §3.5'te sunulmaktadır. Son olarak oymağın anakol ve anakol öncesi üyelerinin sıcaklık ve ısıtma verileri kullanılarak §3.4 bir yaş tayini yapılmıştır.

## 2 Yıldız Akılarının Modellenmesi

Yıldızların dalgaboyuna ( $\lambda$ ) bağlı yüzey akısını  $F_\lambda$  ile gösterirsek,  $R$  yarıçapına sahip ve güneşten  $d$  uzaklığındaki bir

yıldızın Yer atmosferi dışında ölçülen monokromatik akıyı

$$f_\lambda = \frac{R^2}{d^2} F_\lambda = \frac{R^2}{d^2} \pi B_\lambda(T_{eff}) \quad (1)$$

ile gösterebiliriz. Bu ifade yıldızın dalgaboyuna göre enerji dağılımını verir (SED). Denklem 1'deki  $B_\lambda$ ,  $T_{eff}$  sıcaklığındaki karacisim enerji dağılımı fonksiyonudur. Yıldızlar tam bir karacisim olmasalar da karacisim enerji dağılımı yıldız tayfinin süreklilik düzeyini oldukça iyi temsil eder (örn. [Fialho & Mortari 2019](#)). [Fialho & Mortari \(2019\)](#)'nun Güneş ve  $\alpha$  Lyr (Vega) yıldızının enerji dağılımlarının karşılaştırmasına ilave olarak bu çalışmada Bölüm 2.1'de yarıçap ve sıcaklığı iyi bilinen bir yıldız olan  $\alpha$  Boo'nun (Arcturus) Yer atmosferi dışındaki akısı ile karacisim enerji dağılımı karşılaştırmıştır.

Denklem 1'deki akıyı  $d$  uzaklığı boyunca yıldızlararası soğurmanın etkisinde bırakırsak, yer atmosferi dışında dalgaboyuna bağlı akı  $f_\lambda^*$  için:

$$f_\lambda^* = f_\lambda 10^{-0.4(A_{filtre})} \quad (2)$$

yazabiliriz. Denklem 2'deki  $A_{filtre}$ , seçilen bir filtre için kadir cinsinden sönükleştirme miktarı olup aşağıdaki gibi hesaplanabilmektedir:

$$A_{filtre} = 2.5 \log \frac{\int_0^\infty S_\lambda(filtre) f_\lambda d\lambda}{\int_0^\infty S_\lambda(filtre) f_\lambda^* d\lambda} \quad (3)$$

Burada  $S_\lambda(filtre)$ , filtrenin geçirgenlik eğrisidir. Johnson  $V$ -bandı için  $A_V$  sönükleştirme miktarı, Johnson sistemindeki  $B - V$  renk artışı ile

$$R_{filtre} = \frac{A_{filtre}}{E(B - V)}. \quad (4)$$

şeklinde ilişkilendirilmektedir. Buradaki  $R_{filtre}$  filtreye bağlı parametre olarak adlandırılmaktadır. Güneş civarı için  $R(V)$  parametresi ortalama 3.1 olarak kabul edilmektedir.

Denklem 1 ve 2'yi birleştirirsek atmosfer dışında yıldızlardan gelen ve gözlenebilen akı ( $f_\lambda^*$ ) ile yıldızlararası sönükleştirme ve yıldızların fiziksel parametrelerini ( $R$  ve  $T_{eff}$ ) ilişkilendiren ifadeyi elde etmek mümkündür:

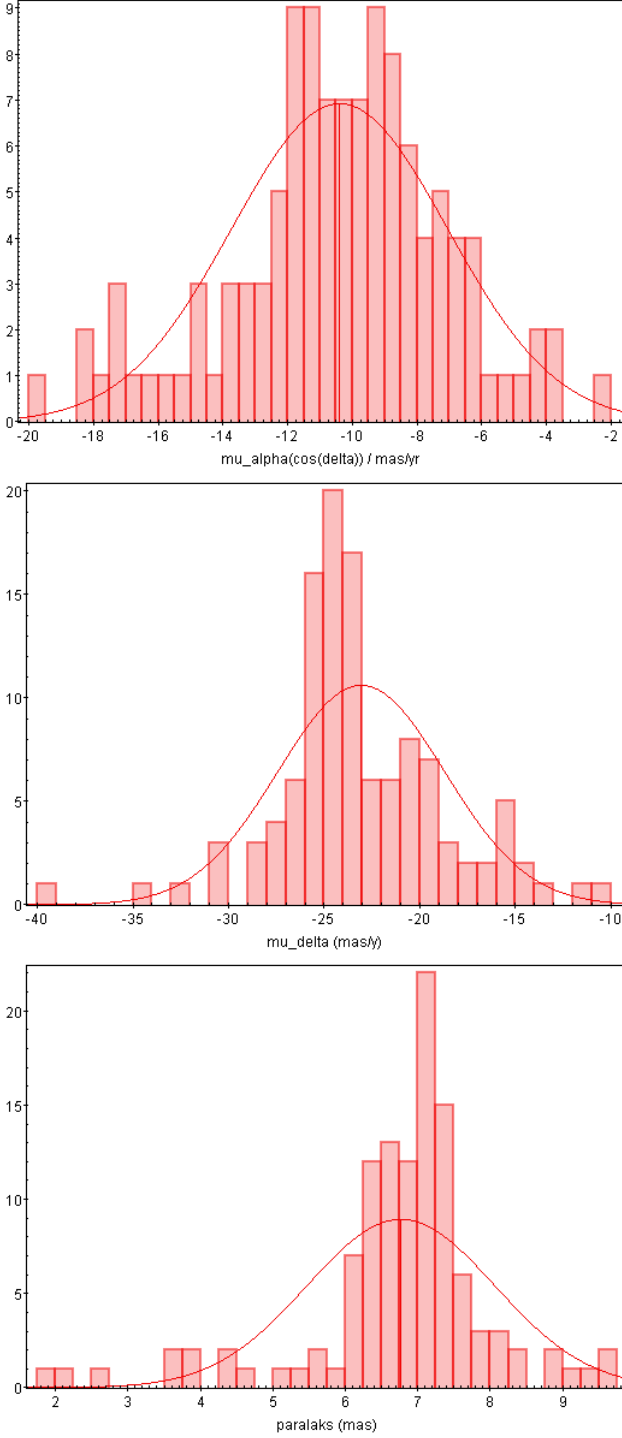
$$f_\lambda^* = \pi \frac{R^2}{d^2} B_\lambda(T_{eff}) 10^{-0.4(A_{filtre})} \quad (5)$$

### 2.1 Modelin Test Edilmesi

Denklem 5'in bir yıldızın gözlenen SED verisini ne kadar iyi temsil ettiğini görmek için fiziksel özellikleri iyi bilinen yıldızlar ile test edebiliriz. Bunun için Arcturus yıldızının parametreleri ve SED verisi Denklem 5'te kullanarak Şekil 1'de modellendi. SED verileri CDS (Strasbourg astronomical Data Center) veri tabanından, Arcturus'un duyarlı sıcaklık ve yarıçap değerleri ( $R = 27.9 \pm 3.4 R_\odot$ ,  $T_{eff} = 4290 \pm 30 K$ ) [Kallinger et al. \(2010\)](#)'den ve yıldızın paralaksı  $\pi = 88.83$  mys ( $d = 11.3$  pc) Hipparcos ([van Leeuwen 2007](#)) kataloğundan alınmıştır.

Arcturus yıldızının SED verisi modellenirken Denklem 5'teki parametrelerden sadece  $A_V$  sönükleştirmesi serbest bırakılarak  $\chi^2$  minimizasyon tekniği ile yer atmosferinde gözlenen akıya en iyi uyan SED modeli belirlenmiştir. Şekil 1'deki model  $A_V = 0.31$  kadir için hesaplanmış olup SED verisine en iyi uyan ( $\chi^2 = 1.99$ ) modeldir.

Şekil 1, Arcturus yıldızının yer atmosferi dışında gözlenen



**Şekil 2.** Yukarı Akrep bölgesinde üye olarak belirlenen (de Zeeuw et al. 1999) objelerin GAIA EDR3 paralaks ve öz hareket verilerine göre dağılımı.

akısının bilinen fiziksel parametreleri ve Hipparcos uydusu paralaks açısı ile hesaplanan uzaklığı kullanılarak elde edilen karacisim SED modeli ile ne kadar iyi uyum sağladığını göstermektedir. Yıldızların dalgaboyuna bağlı açıkları yer atmosferi dışına yerleştirilen dedektörlerle duyarlı şekilde ölçülebildiğinden eğer sıcaklık yıldız renklerinden hassas

şekilde belirlenebilirse Denklem 5'ten belirlenebilecek yarıçapın duyarlılığı aynı denklemdeki uzaklığın duyarlılığına bağlıdır. Çünkü filtreye bağlı sönmükleştirme kızılötesi ve radyo dalgaboyu bölgesinde sifıra yakın değerlerde olduğundan SED modelinin seviyesini belirlemek için bu bölgelerde  $A_{\text{filtre}}$  ihmal edilebilir. Böylece uzun dalgaboyu bölgesinde Denklem 5 sadece uzaklık ve yarıçapın fonksiyonu olur. Yarıçapın hatasını da uzaklıktaki hata belirler. Örtün çift yıldızlarda en iyi durumda yüzde 1'den daha duyarlı hata ile yarıçap belirlemek için aynı hata oranında uzaklık ( $d(\text{pc}) = \frac{1}{\pi(\text{y.s})}$ ) bilgisine ihtiyaç duyulur (100 pc için  $\sigma=1$  pc, 1000 pc için  $\sigma=10$  pc vb.).

### 3 Yukarı Akrep Örneği

Güneşe en yakın genç oymak kompleksi olan Sco-Cen ( $\tau < 20$  Myıl, Pecaut et al. 2012) üç ana alt gruptan oluşmaktadır: Yukarı Erboğa Kurt (UCL), Alt Erboğa Güneyhaçı (LCC), Yukarı Akrep (US). Pecaut & Mamajek (2016) kompleksin alt gruplarının anakol öncesi ve anakoldan ayrılma yaşlarını (nükleer yaş) ayrı ayrı incelemiştir. Buna göre grupların ortalama yaşlarını Pecaut & Mamajek (2016)  $\tau_{\text{UCL}} = 16 \pm 2$  Myıl,  $\tau_{\text{LCC}} = 15 \pm 3$  Myıl ve  $\tau_{\text{US}} = 10 \pm 3$  Myıl olarak belirlemişler. Bulunan yaşlarının geniş bir aralıkta dağılım gösterdikleri göze çarpmaktadır. Görüldüğü gibi Yukarı Akrep bölgesi en genç alt grup olup aynı zamanda da diğerlerine nazaran uzaysal olarak en küçük hacim içerisinde yer alandır ( $98 \times 24 \times 14 \text{pc}^3$ , Parker 2014).

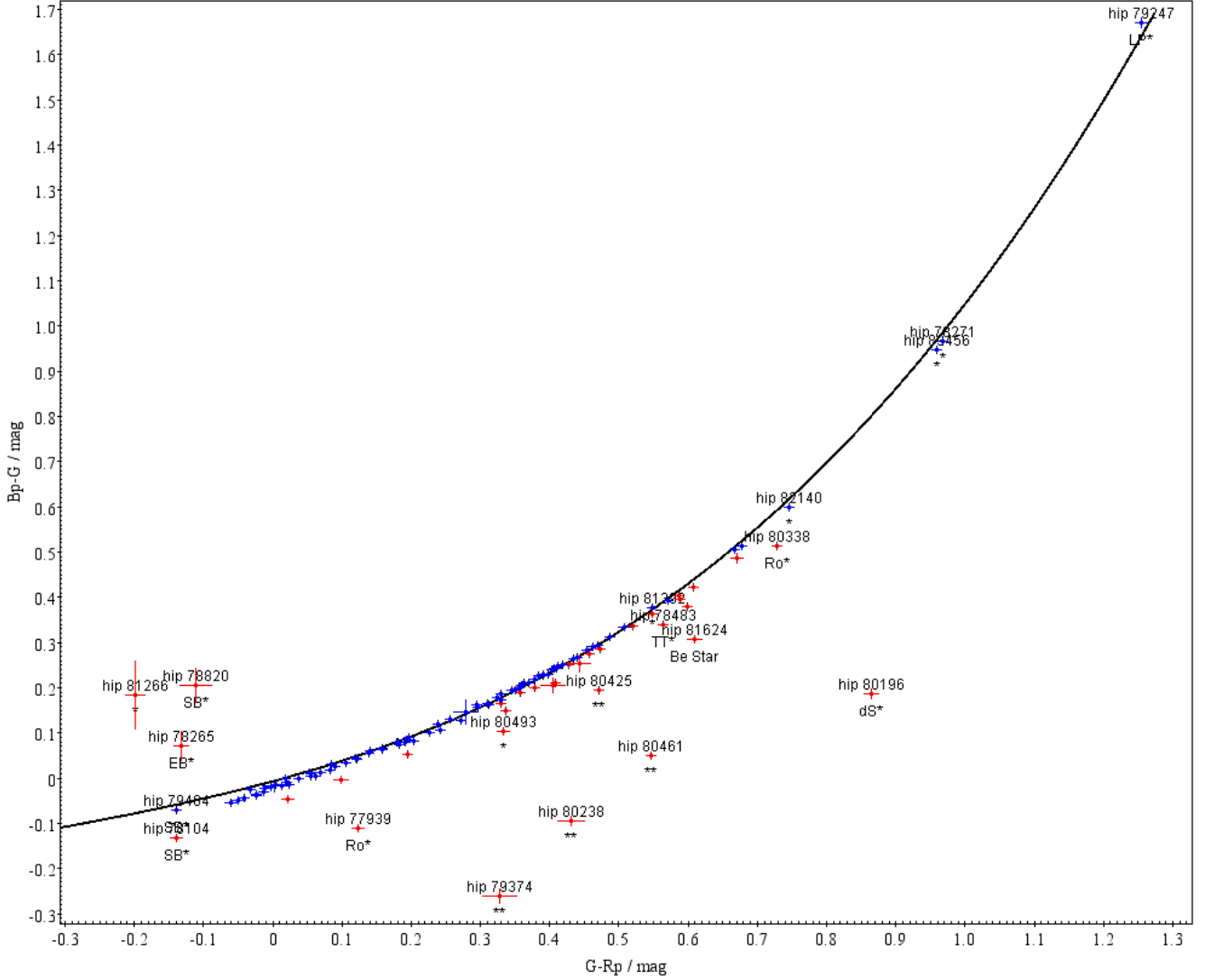
#### 3.1 Güncel Kinematik Özellikler

OB oymaklarının kinematik özellikleri onların oluşum anındaki kinematik özellikleri olarak görülebilir (Wright et al. 2016). de Zeeuw et al. (1999) Hipparcos uydusunun (Perryman et al. 1997) sağladığı uzaklık ve öz hareket verilerini kullanarak Güneş'ten  $\sim 650$  pc uzaklık içerisinde yer alan 12 oymağın üyelerini belirlemiştir. Bu çalışmada de Zeeuw et al. (1999) tarafından verilen ve 120 üye içeren liste temel alınmıştır. de Zeeuw et al. (1999) listesindeki üyelerin SIMBAD veri tabanına göre nesne türü dağılımı şöyledir: 53 tek yıldız, 22 dönen değişen, 14 çift veya çoklu sistem, 6 tayfsal çift, 5 Be türü, 5  $\delta$  Scuti, 2 örtün çift, 2  $\alpha$  CVn, 2  $\beta$  Cep, 2 değişen, 2 T Tauri, 1 Cepheid, 1  $\gamma$  Dor, 1 uzun dönemli değişen, 1 Herbig Ae ve 1  $\rho$  Oph (kendisi) türü değişen yıldız içermektedir.

Bu çalışmanın amacı Yukarı Akrep oymağının üyelerini yeniden belirlemek olmasa da GAIA uydusu görevinin (Gaia Collaboration et al. 2016) sağladığı muazzam duyarlılıktaki güncel astrometrik verisini kullanıp (Gaia Collaboration et al. 2021, EDR3) Yukarı Akrep oymağının kinematik özelliklerini yeniden hesaplayabiliriz. Oymak üyelerinin uzaklık ve öz hareket verilerine ilişkin GAIA EDR3 veri tabanında yer alan ölçüm hatalarının ortalamaları  $\langle \sigma(\mu_\alpha \cos \delta) \rangle = 0.087$  mys/yıl,  $\langle \sigma(\mu_\delta) \rangle = 0.064$  mys/yıl,  $\langle \sigma(\pi) \rangle = 0.075$  mys/yıl olup üyelerin uzaklık ve öz hareket dağılımı Şekil 2'de gösterilmiştir. Oymak üyelerinin iraksımının ve öz hareket bileşenlerinin dağılımının incelenmesi oymak için bu parametrelerin ortalama değerlerini ortaya koymuştur. Şöyle ki, Yukarı Akrep bölgesinin paralaksı  $\pi = 6.77 \pm 1.30$  mys, sağ açıklık öz hareket bileşeni  $\mu_\alpha \cos \delta = -10.4 \pm 3.34$  mys/yıl ve dik açıklık öz hareket bileşeni  $\mu_\delta = -23.07 \pm 4.36$  mys/yıl'dır.

#### 3.2 Renk-Renk Diyagramı ve Anakol Yıldızları

Bakış & Eker (2022) GAIA EDR3 fotometrik bantları için renk-renk diyagramı ve galaktik sönmükleştirme doğrultusu için



**Şekil 3.** Yukarı Akrep üye (de Zeeuw et al. 1999) listesindeki nesnelere için  $(G - G_{Rp}) - (G_{Bp} - G)$  renk-renk diyagramı. Kırmızı noktalar anakol için renk-renk eğrisi (siyah sürekli eğri) dışında kalan noktalar. Yıldızların SIMBAD veri tabanındaki nesne türleri belirtilmiştir. Hata çubukları GAIA parlaklık hatalarından hesaplanarak oluşturulmuştur.

ortalama değerleri belirlemiştir. de Zeeuw et al. (1999)'un belirlediği Yukarı Oymak üyeleri GAIA fotometrik bantları  $G - G_{Rp} - G_{Bp} - G$  için oluşturulan renk-renk diyagramında konumlandırıldığında Şekil 3'deki gibi bir dağılım görmekteyiz. Şekil 3'te mavi renkle gösterilen noktalar sönükleştirmenin sıfıra yakın olduğu yıldızları gösterirken, kırmızı noktalar kızıllaşması büyük olan veya anakolda olmayan yıldızları göstermektedir. Kırmızı ile gösterilen sembollerin mavilere göre dağınık bir yapı sergilemesi bu yıldızların ya farklı bir uzaklıkta olduğunu böylece daha farklı bir kızıllaşmaya uğradığını ya da oymak içerisinde yerel gaz ve toz yoğunlaşmalarına gömülü olduklarını göstermektedir. Başka bir durum da çok parlak olan üyelerin GAIA tarafından duyarlı parlaklık belirlenemeyişidir. Bu türde olanların renk-renk diyagramındaki hata çubukları nispeten daha büyüktür.

SED analizi için Şekil 3'te mavi ile gösterilen yıldızlardan SIMBAD veri tabanında tek yıldız olarak belirtilen 55 adet üye yıldız seçilmiştir. Bakış & Eker (2022), anakol yıldızları için

$G_{Bp} - G_{Rp}$  GAIA rengi ile etkin sıcaklık arasında duyarlı bir bağıntı vermiştir. Böylece kızıllaşması olmayan bu yıldızlar için bünyesel renklerden sıcaklık belirlemek suretiyle SED analizinde serbest parametre sayısı azaltılarak daha duyarlı yarıçap ve sönükleştirme belirlenebilir.

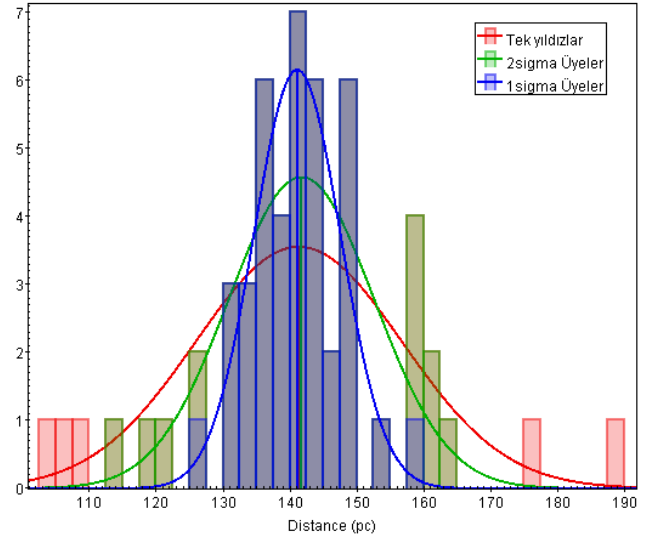
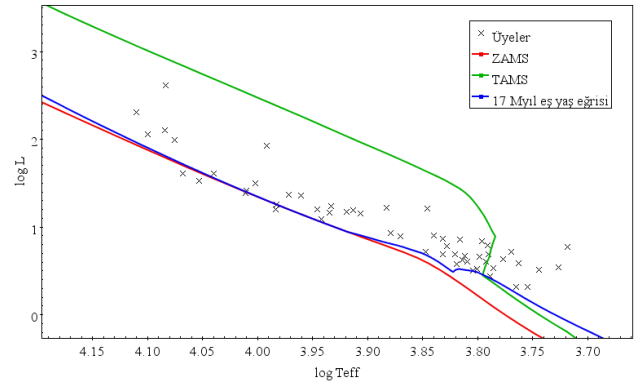
### 3.3 SED Analizi ve Fiziksel Özellikler

Şekil 3'de SED analizi için belirlenen 55 adet Yukarı Akrep üyelerinin analiz sonucunda belirlenen parametreleri Tablo 1'de verilmiştir. Tabloda SED analizi yapılan yıldızların HIP numaraları, GAIA ıraksımından belirlenen uzaklıkları ve uzaklıktaki hatanın yüzdelik oranı, Bakış & Eker (2022) tarafından verilen  $G_{Bp} - G_{Rp} - \log T_{eff}$  bağıntısı ile belirlenen sıcaklık değerleri ile SED analizinden belirlenen yarıçap ve nihayetinde hesaplanan ısıtma miktarı verilmiştir. Buradaki yıldızların renk artıkları 0.01 kadar duyarlılıkla sıfırdır, tabloda verilmesi gerek görülmemiştir.

SED analizi yapılan 55 tek yıldız dışında kalan diğer üye

**Çizelge 1.** Yukarı Akrep yıldızlarının SED analizi ile elde edilen fiziksel özellikleri.

HIP No	Uzaklık (pc)	hata (%)	$\log T_{eff}$ (K)	$R$ ( $R_{\odot}$ )	$\log L$ ( $L_{\odot}$ )
75916	141.3	0.2	3.7542	1.50	0.3219
76071	158.5	0.5	4.0020	1.86	1.4998
76310	136.6	0.4	4.0109	1.57	1.3882
76633	164.7	0.6	4.0104	1.62	1.4134
77457	125.3	0.3	3.8792	1.71	0.9359
77545	148.5	0.3	3.7855	1.66	0.5350
77635	147.5	2.1	4.0833	4.62	2.6152
77813	176.8	6.0	3.7180	2.98	0.7734
77900	149.0	0.8	4.0996	2.25	2.0556
77909	144.2	0.8	4.0842	2.54	2.0995
77960	121.6	0.3	3.8204	1.69	0.6901
78099	143.1	0.5	3.9061	1.94	1.1530
78196	141.4	0.5	4.0681	1.56	1.6115
78246	142.8	1.3	4.1100	2.87	2.3088
78494	158.8	1.2	3.8459	2.72	1.2058
78530	134.7	0.4	3.9715	1.84	1.3685
78549	142.6	0.4	3.9605	1.91	1.3568
78581	104.4	0.5	3.7651	1.42	0.3180
78663	136.9	0.3	3.7924	1.74	0.6036
78702	148.4	0.5	3.9342	1.72	1.1608
78809	143.7	0.6	3.9830	1.53	1.2542
78968	149.1	0.4	3.9459	1.70	1.1973
78996	141.4	0.4	3.8160	2.08	0.8532
79031	159.8	1.1	4.0751	2.35	1.9953
79054	161.2	0.5	3.7899	1.95	0.6925
79258	146.2	0.3	3.8042	1.47	0.5043
79288	141.9	0.3	3.8091	1.62	0.6084
79366	139.2	0.4	3.8398	1.98	0.9053
79369	140.5	0.3	3.7766	1.94	0.6350
79392	147.8	0.5	3.8698	1.71	0.8981
79410	137.0	0.4	3.9188	1.87	1.1716
79439	137.4	0.4	3.9129	1.96	1.1888
79599	113.0	0.5	4.0399	1.78	1.6134
79622	147.4	0.7	3.9913	3.20	1.9283
79733	189.5	0.5	3.7905	2.19	0.7959
79878	134.6	0.5	4.0534	1.51	1.5245
79897	141.2	0.7	3.9327	1.90	1.2414
79910	138.6	0.2	3.7625	1.95	0.5831
80024	130.7	0.4	3.8829	2.34	1.2228
80059	130.2	0.5	3.8316	1.60	0.6877
80088	143.5	0.3	3.7985	1.80	0.6575
80130	157.5	0.4	3.7962	2.25	0.8422
80311	154.6	0.3	3.8470	1.54	0.7161
80320	135.2	0.2	3.7444	1.96	0.5151
80535	134.7	0.4	3.7691	2.21	0.7180
80586	109.5	0.3	3.8112	1.73	0.6738
80799	132.2	0.4	3.9422	1.53	1.0910
80896	106.6	1.8	3.8192	1.49	0.5760
81392	161.3	0.3	3.7266	2.19	0.5402
81455	139.2	0.3	3.8007	1.53	0.5249
81851	135.1	0.3	3.8281	1.81	0.7808
82218	118.4	0.2	3.7883	1.46	0.4346
82319	138.8	0.3	3.8136	1.61	0.6210
82397	126.2	0.4	3.9831	1.44	1.2020
82534	141.7	0.4	3.8318	1.96	0.8645

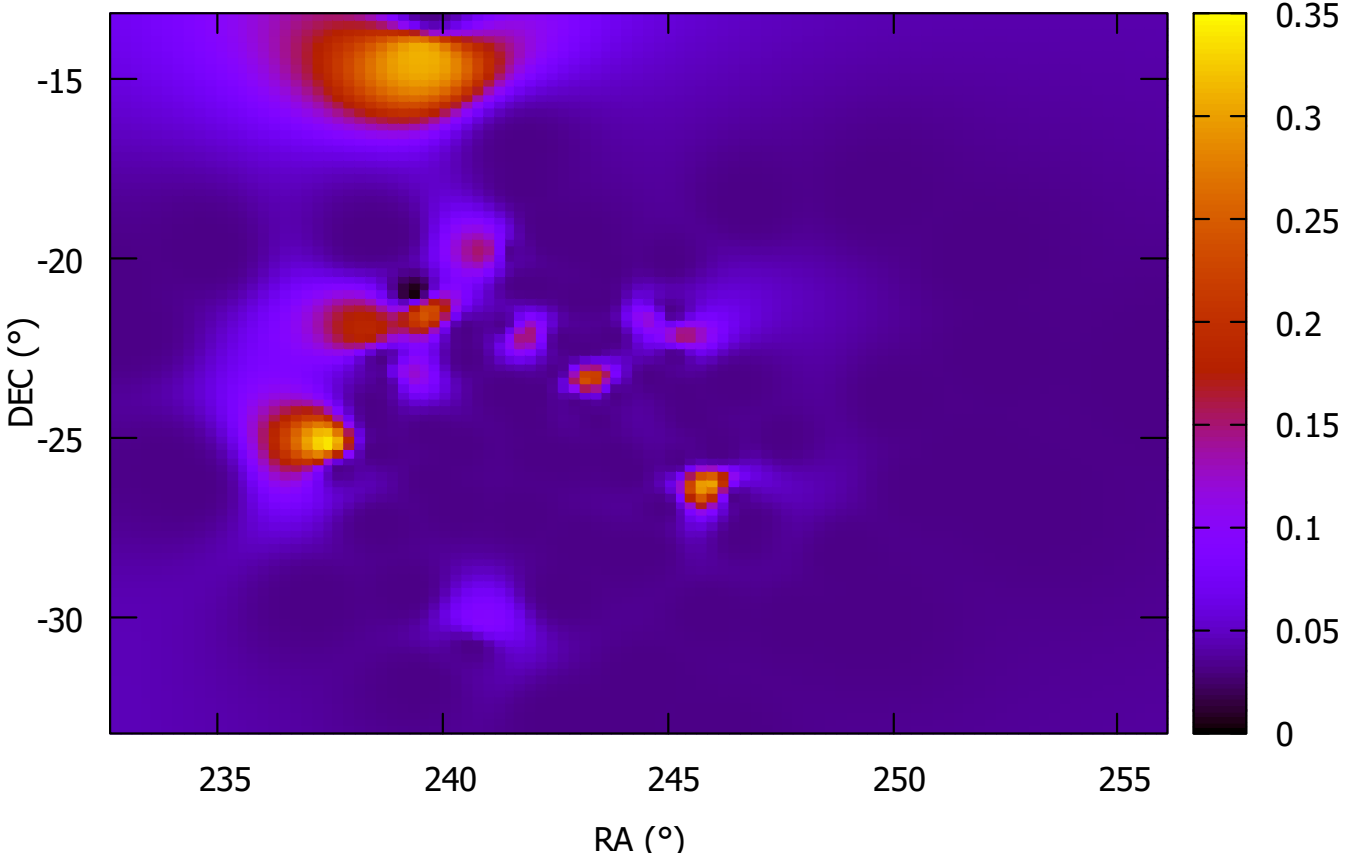
**Şekil 4.** Be yıldızları, çift ve çoklu sistemler ile tayfsal çiftler çıkarıldıktan sonra kalan yıldızların uzaklık dağılımı.  $1\sigma$  ve  $2\sigma$  hata sınırları içerisinde kalan dağılım ayrıca gösterilmiştir.**Şekil 5.** Yukarı Akrep yıldızları için H-R diyagramı ve  $\tau = 17$  milyon yıl eş yaş eğrisi. Sıfır yaş anakol (SYAK, kırmızı), terk yaş anakol (TYAK, yeşil) ve eş yaş eğrisi mavi sürekli çizgi ile gösterilmiştir.

yıldızların da SED verileri sadece sönmükleştirme belirlemek için (Ş3.5) incelenmiştir.

### 3.4 Oymak Yaşı

Yukarı Akrep bölgesindeki yıldızların Ş3.3'te belirlenen sıcaklık ve yarıçap verileri kullanılarak bu yıldızlar için Hertzsprung-Russell (HR) diyagramı oluşturulabilir. Ancak HR diyagramında çift ve çoklu yıldızlar, Be-türü yıldızlar ve tayfsal çift yıldız sağlıklı bir yaş tayini yapılmasını engelleyecektir. Bu sebeple bu tür yıldızlar örnekten çıkarıldı. Kalan yıldızlar arasında da çift olduğu yüksek ihtimal iki yıldız vardır. Kalan tek yıldızların uzaklık dağılımı Şekil 4'de gösterilmektedir. Bu yıldızlardan bulunan ortalama uzaklık  $d = 141 \pm 15$  pc'tir. Şekil 4'de aynı zamanda  $1\sigma$  ve  $2\sigma$  hata sınırları içerisinde kalan uzaklık dağılımı da gösterilmiştir.

Şekil 5'te örneğimizdeki yıldızların HR diyagramı gösterilmiştir. Şekilde sıfır yaş anakol (SYAK, kırmızı) ile terk yaş anakol (TYAK, yeşil) eğrileri de gösterilmiştir.  $\tau = 17$



Şekil 6. Johnson V-bandı için yıldızlararası sönükleştirmenin ( $A_V$ ) Yukarı Akrep bölgesindeki dağılımı.

Milyon yıl için Bressan et al. (2012) tarafından sağlanan yıldız evrim modellerinden elde edilen eş yaş eğrisi Şekil 5'teki en yaşlı üyelerin yaşını iyi temsil etmektedir. Böylece oymaktaki yaş dağılımı için bir üst sınırdan bahsedebiliriz. Şekil 5'te anakolun soğuk tarafında anakola gelmekte olan küçük kütleli yıldızlar da göze çarpmaktadır. Bu da bize oymağın aktif olduğunu ve yıldız oluşumunun devam ettiğini söylemektedir.

### 3.5 Sönükleştirme Haritası

Oymak bölgesinin sönükleştirme haritasını çıkarmak için de Zeeuw et al. (1999) tarafından belirlenen üyelerin tamamına SED analizi uygulanmıştır. Buradaki amaç sadece sönükleştirmeyi elde etmek olduğu için analiz edilen kaynakların çift, T-Tauri veya Be-türü yıldız olması SED verisinin Planck eğrisi ile modellenmesine engel olmamaktadır. Ancak §3.3'te analiz edilen tek yıldızlar dışındakiler için yapılan modellemelerde elde edilen yarıçap ve sıcaklık değerleri hatalı olabilir. Çünkü bu tür kaynakların SED verileri modellenirken kaynağın özelliklerine uygun fiziksel parametreleri içeren modellerin kullanılması gerekmektedir (örn. çift yıldız uygulaması için bkz. Bakış & Eker 2022). Bununla birlikte doğru sönükleştirme elde edilebilmektedir. Kaynakların SED analizi ile elde edilen  $E(B-V)$  renk artıklarından sönükleştirme miktarları  $A_V = 3.1E(B-V)$  bağıntısı kullanılarak belirlenmiştir. Sönükleştirme ifadesindeki 3.1 katsayısı galaksimiz için ortalama değer olarak kabul edilmektedir. Bu şekilde elde edilen sönükleştirme miktarlarından bölgenin

sönükleştirme haritası Şekil 6'da gösterilmiştir. Bu harita Yukarı Oymak bölgesinin ortalama uzaklığı olan  $d = 141$  pc'deki kaynaklar için belirlenen sönükleştirmedir. Bölgenin sönükleştirme etkisi ortalama 0.1 kadire yakın değerlerde olmakla birlikte yer yer 0.35 kadire kadar çıkabilmektedir.

## 4 Tartışma ve Sonuç

Yıldızların Yer atmosferi dışında farklı dalgaboylarında ölçülen monokromatik akıplarının modellenmesi onların sıcaklık ve yarıçap değerleri gibi fiziksel özelliklerinin yanısıra kaynakla aramızdaki yıldızlararası sönükleştirmenin belirlenmesinde kuvvetli bir araçtır. Bu yöntem, oymaklar ve açık kümeler gibi benzer uzaklıktaki yıldızların oluşturdukları topluluklardaki yıldızların ışına güçlerini doğrudan belirlemek için kullanılabilir.

SED analizi ile üyelerini incelediğimiz Yukarı Akrep bölgesindeki T tauri yıldızların varlığı oymaktaki yıldız oluşumunun halen aktif olduğuna işaret etmektedir. H-R diyagramında gösterilen 17 Milyon yıl eş yaş eğrisi de yıldız oluşumunun başladığı zamana işaret etmektedir. Bu senaryo Sco-Cen OB2 oymağındaki F-türü yıldızları inceleyen Pecaut et al. (2012)'nin bulguları ile uyumludur.

Bu çalışma ile SED analizi kullanarak yıldız gruplarındaki yıldızlara ilişkin fiziksel özellikler ve yıldızlararası ortamın sönükleştirmesine ilişkin bilgi sahibi olabileceğimiz gösterilmiştir. SED analizinin sağlayacağı fiziksel parametrelerin duyarlılığı uzaklıktaki hata ile doğrudan ilişkilidir. Bugün



yüksek duyarlıklı GAIA uydusunun sağladığı paralaks verileri ile güvenilir sıcaklık ve yarıçap elde etmek mümkün hale gelmiştir.

SED analizinin bir başka güzel yanı da belirlenen bantlarda belirlenen sönükleştirmenin miktarı ile belirli uzaklıklardaki yıldız toplulukları için sönükleştirme haritasının oluşturulmasıdır. Örneğin yıldız oluşum bölgelerinde bu tür bir harita yıldız oluşumunun aktif olduğu bölgeleri tanımlamak için kullanışlı olabilir.

## 5 Teşekkür

Bu çalışmada SIMBAD veri tabanı yoğun şekilde kullanılmıştır. Prof.Dr. Zeki EKER'e önerileri için teşekkür ederim.

## Kaynaklar

- Bakış V., Eker Z., 2022, değerlendirme aşamasında.  
 Bakış V., Bakış H., Eker Z., Demircan O., 2007, *MNRAS*, 382, 609  
 Bakış V., et al., 2014, *AJ*, 147, 149  
 Bakış V., Hensberge H., Demircan O., Zejda M., Bilir S., Nitschelm C., 2015, in Rucinski S. M., Torres G., Zejda M., eds, *Astronomical Society of the Pacific Conference Series Vol. 496, Living Together: Planets, Host Stars and Binaries*. p. 189  
 Bakış V., Bakış H., Bilir S., Eker Z., 2016, *Publ. Astron. Soc. Australia*, 33, e046  
 Bakış V., et al., 2019, *Ap&SS*, 364, 162  
 Borucki W. J., et al., 2010, *Science*, 327, 977  
 Bressan A., Marigo P., Girardi L., Salasnich B., Dal Cero C., Rubele S., Nanni A., 2012, *MNRAS*, 427, 127  
 Eker Z., et al., 2018, *MNRAS*, 479, 5491  
 Fialho M. A. A., Mortari D., 2019, *Sensors*, 19, 5355  
 Gaia Collaboration et al., 2016, *A&A*, 595, A1  
 Gaia Collaboration et al., 2021, *A&A*, 649, A1  
 Kallinger T., et al., 2010, *A&A*, 509, A77  
 Kobulnicky H. A., Fryer C. L., 2007, *ApJ*, 670, 747  
 Kouwenhoven M. B. N., Brown A. G. A., Portegies Zwart S. F., Kaper L., 2007, *A&A*, 474, 77  
 Parker R. J., 2014, *MNRAS*, 445, 4037  
 Pecaut M. J., Mamajek E. E., 2016, *MNRAS*, 461, 794  
 Pecaut M. J., Mamajek E. E., Bubar E. J., 2012, *ApJ*, 746, 154  
 Perryman M. A. C., et al., 1997, *A&A*, 500, 501, *ADS*  
 Pojmanski G., 1997, *Acta Astron.*, 47, 467, *ADS*  
 Prša A., et al., 2022, *ApJS*, 258, 16  
 Ricker G. R., et al., 2014, in Oschmann Jacobus M. J., Clampin M., Fazio G. G., MacEwen H. A., eds, *Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) Conference Series Vol. 9143, Space Telescopes and Instrumentation 2014: Optical, Infrared, and Millimeter Wave*. p. 914320 ([arXiv:1406.0151](https://arxiv.org/abs/1406.0151)), [doi:10.1117/12.2063489](https://doi.org/10.1117/12.2063489)  
 Salpeter E. E., 1955, *ApJ*, 121, 161  
 Wright N. J., Bouy H., Drew J. E., Sarro L. M., Bertin E., Cuillandre J.-C., Barrado D., 2016, *MNRAS*, 460, 2593  
 de Zeeuw P. T., Hoogerwerf R., de Bruijne J. H. J., Brown A. G. A., Blaauw A., 1999, *AJ*, 117, 354  
 van Leeuwen F., 2007, *A&A*, 474, 653

## Access:

M22-0316: *Turkish J.A&A* — Vol.3, Issue 3.