

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**ÇOK BANT BOLOMETRİK DÜZELTME YÖNTEMİ İLE BULUNAN YILDIZ
YARIÇAPLARININ KLASİK AÇIK KÜME ÇALIŞMALARIYLA BULUNAN
DEĞERLERİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI**

Ahmet KÖKER

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
UZAY BİLİMLERİ VE TEKNOLOJİLERİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

TEMMUZ 2025

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**ÇOK BANT BOLOMETRİK DÜZELTME YÖNTEMİ İLE BULUNAN YILDIZ
YARIÇAPLARININ KLASİK AÇIK KÜME ÇALIŞMALARIYLA BULUNAN
DEĞERLERİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI**

Ahmet KÖKER

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
UZAY BİLİMLERİ VE TEKNOLOJİLERİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

TEMMUZ 2025

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇOK BANT BOLOMETRİK DÜZELTME YÖNTEMİ İLE BULUNAN YILDIZ
YARIÇAPLARININ KLASİK AÇIK KÜME ÇALIŞMALARIYLA BULUNAN
DEĞERLERİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI

Ahmet KÖKER
UZAY BİLİMLERİ VE TEKNOLOJİLERİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEMMUZ 2025

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÇOK BANT BOLOMETRİK DÜZELTME YÖNTEMİ İLE BULUNAN YILDIZ
YARIÇAPLARININ KLASİK AÇIK KÜME ÇALIŞMALARIYLA BULUNAN
DEĞERLERİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI**

Ahmet KÖKER
UZAY BİLİMLERİ VE TEKNOLOJİLERİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 09/07/2025 tarihinde jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Hicran BAKIŞ (Danışman)

Doç. Dr. Murat KAPLAN

Doç. Dr. Burcu ÖZKARDEŞ

ÖZET

ÇOK BANT BOLOMETRİK DÜZELTME YÖNTEMİ İLE BULUNAN YILDIZ YARIÇAPLARININ KLASİK AÇIK KÜME ÇALIŞMALARIYLA BULUNAN DEĞERLERİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI

Ahmet KÖKER

Yüksek Lisans Tezi, Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Hicran BAKIŞ

Temmuz 2025; 58 sayfa

Bir gaz ve toz bulutundan oluşan benzer kimyasal bileşime ve yaşa sahip homojen yıldız grupları olduğundan kümeler, yıldız oluşumu ve evrimi üzerine yapılan çalışmalar için ideal laboratuvarlardır. Açık kümeler Samanyolu'nun yapısının araştırılması, Samanyolu'ndaki yıldız popülasyonları, yıldız oluşum dinamikleri, tekli ve çoklu yıldız evrimlerini incelemek adına önemlidir. Açık küme gözlemlerinden elde edilen astrofizik parametrelerinin duyarlı ve iyi bilinen yöntemlerle belirlenmesi, yıldız oluşumu ve evrimi modellerinin tutarlı ve hassas hale gelmesinde önemlidir.

Açık kümeye üye yıldızların fotometrik ve astrometrik verilerinden oluşturulan renk-parlaklık diyagramları kullanılarak açık kümedeki yıldızların mutlak parlaklıkları belirlenmektedir. Yıldızların renkleri de bilindiği için Bolometrik parlaklıklarına geçilebilmektedir. Bolometrik parlaklıktan ısıtmaya ve yarıçapa geçilebilir. Bu tez çalışmasında, açık kümenin renk-parlaklık diyagramını elde etmeden, açık kümedeki yıldızların Spectral Enerji Dağılımı (SED) analizleri yapılarak yarıçaplarının elde edilmesi amaçlanmaktadır. Çok bant bolometrik düzeltme yöntemi olarak adlandırdığımız bu yöntem, literatürde renk-parlaklık diyagramı elde edilmiş bir açık kümeye uygulanmıştır. Bu tez çalışmasında seçilen NGC 6819 açık kümesinin yıldızlarını kullanarak bu iki farklı yöntemle belirlenen yıldız yarıçapları karşılaştırılmıştır. Kullanılan bu yöntem literatürdeki klasik yöntemlerden daha duyarlı yıldız yarıçaplarının belirlenmesini sağlamıştır. Böylece açık kümeler için yeni bir yöntem geliştirilmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Açık Kümeler, Spectral Enerji Dağılımı (SED), NGC 6819

JÜRİ: Prof. Dr. Hicran BAKIŞ

Doç. Dr. Murat KAPLAN

Doç. Dr. Burcu ÖZKARDEŞ

ABSTRACT

COMPARISON OF STELLAR RADII FOUND BY MULTI-BANT BOLOMETRIC CORRECTION METHOD WITH THE VALUES FOUND BY CLASSICAL OPEN CLUSTER STUDIES

Ahmet KÖKER

MSc Thesis in SPACE SCIENCE AND TECHNOLOGIES

Supervisor: Prof. Dr. Hicran BAKIŞ

July 2025; 58 pages

Clusters are ideal laboratories for studies on star formation and evolution, as they are homogeneous groups of stars with similar chemical composition and age, formed from a cloud of gas and dust. Open clusters are important for studying the structure of the Milky Way, stellar populations in the Milky Way, star formation dynamics, and single and multiple star evolution. Determining the astrophysical parameters obtained from open cluster observations using sensitive and well-established methods is crucial for creating consistent and precise models of star formation and evolution.

The absolute brightness of the stars in the open cluster is determined using colour-magnitude diagrams generated from photometric and astrometric data of the stars in the open cluster. Since the colours of the stars are also known, it is possible to proceed to their bolometric brightness. It is possible to proceed from bolometric brightness to luminosity and radius. In this thesis, it is aimed to obtain the radii by performing Spectral Energy Distribution (SED) analyses of the stars in the open cluster without obtaining the colour-magnitude diagram of the open cluster. This method, which we call the multi-bant bolometric correction method, was applied to an open cluster whose colour-magnitude diagram was obtained in the literature. In this thesis, the radii of the stars determined by these two different methods were compared using the stars of the selected NGC 6819 open cluster. This method used provided a more sensitive determination of star radii than the classical methods in the literature. Thus, a new method was developed for open clusters.

KEYWORDS: Open Clusters, Spectral Energy Distribution (SED), NGC 6819

COMMITTEE: Prof. Dr. Hicran BAKIŞ

Assoc. Prof. Dr. Murat KAPLAN

Assoc. Prof. Dr. Burcu ÖZKARDEŞ

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim sürecinde gelişimime katkı sağlayan başta Prof. Dr. Hicran BAKIŞ ve Prof. Dr. Volkan BAKIŞ olmak üzere değerli hocalarıma ayrı ayrı teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisansımı tamamlamamı isteyen rahmetli babama, anneme, eşim ve çocuklarıma anlayışları ve destekleri için teşekkürler...



İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
AKADEMİK BEYAN	v
SİMGELER VE KISALTMALAR	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK TARAMASI.....	2
2.1. Yıldız Kümeleri	2
2.1.1. Küresel Yıldız Kümeleri	2
2.1.2. Yıldız Oymakları	3
2.1.3. Açık Kümeler.....	3
2.2. Yıldız Kümelerini İncelemenin Önemi.....	4
2.3. Küme Üyeliği	5
2.3.1. Astrometrik Üyelik	5
2.3.2. Fotometrik Üyelik.....	6
2.3.3. Üyelik Sorunları.....	6
2.4. Küme Parametrelerinin Belirlenmesinde Kullanılan Diyagramlar	7
2.5. NGC 6819 Açık Kümesi.....	10
3. MATERYAL VE METOT	13
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	17
5. SONUÇLAR.....	21
6. KAYNAKLAR.....	24
7. EKLER	27
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “**ÇOK BANT BOLOMETRİK DÜZELTME YÖNTEMİ İLE BULUNAN YILDIZ YARIÇAPLARININ KLASİK AÇIK KÜME ÇALIŞMALARIYLA BULUNAN DEĞERLERİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI**” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

...../...../2025

Öğrencinin Adı Soyadı

Ahmet KÖKER

İmzası

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler:

[Fe/H] : Metal bolluğu

Teff : Etkin sıcaklık

R : Yarıçap

E(B-V) : Sönümleme miktarı

erg : Erg

$R_{\odot}$: Güneş yarıçapı

Å : Angstrom

SED : Tayfsal enerji dağılımı

BC : Bolometrik Düzeltme

A_V : Johnson V bandında sönükleştirme miktarı

π : Paralaks

χ^2 : Kikare

cgs : Cgs

pc : Parsek

M_{yr} : 10^7 yıl

G_{yr} : 10^{10} yıl

RPD : Renk Parlaklık Diyagramı

D : Uzaklık (parsek)

t : Yaş

A_{λ} : Dalga boyundaki sönümleme katsayısı

B_{λ} : Enerji dağılım fonksiyonu

μ_v : Uzaklık modülü

η_M : Yıldız kütlelerinin sabit kesri

m_v : Görünür Parlaklık

M_v : Mutlak Parlaklık

m_{bol} : Görünür Bolometrik Parlaklık

M_{bol} : Mutlak Bolometrik Parlaklık

L : Yıldız Işıması

OC : Açık Küme (Open Cluster)

GC : Küresel Küme (Global Cluster)

$M_{\odot}$: Güneş Kütlesi

$L_{\odot}$: Güneş Işıması

Kısaltmalar :

bkz. : Bakınız

örn. : Örneğin

vd. : ve diğerleri

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Açık yıldız kümesi NGC 609	6
Şekil 2.2. Hyades kümesine ait renk parlaklık diyagramı	8
Şekil 2.3. 10 Myr, 100 Myr, 1 Gyr ve 10 Gyr yaşları için MIST'ten teorik izokronlar	9
Şekil 2.4. M36 kümesi için $E(B-V)$ değerinin hesaplanması için bir yöntem	10
Şekil 3.1. Pgm2013 746842 yıldızı için kızıllaşmamış (kırmızı) ve kızıllaşmış (yeşil) SED modelleri	14
Şekil 4.1. NGC 6819 açık kümesine üye 4 yıldızın SED modellemesi örneği	17
Şekil 5.1. SED modellemesi ve BC yöntemi ile elde edilen yarıçap değerleri ile renk-renk diyagramları kullanılarak elde edilen yarıçaplar arasındaki ilişkisi	21
Şekil 5.2. SED modellemesi ve BC yöntemi ile elde edilen yarıçap değerleri ile Gaia Dr3 kataloğundan alınan yarıçaplar arasındaki ilişkisi	22
Şekil 5.3. BC yöntemi ile hesaplanan yıldız yarıçaplarının yüzde hataları	22
Şekil 5.4. Bakış ve Eker (2022) tarafından verilen renk- sıcaklık ilişkisinden elde edilen etkin sıcaklık değerleri ile literatürde Lee-Brown vd. (2015) tarafından verilen sıcaklıklar arasındaki ilişki	23

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Galaktik OC'lerin ve GC'lerin parametreleri arasındaki bir karşılaştırma	4
Çizelge 2.2. NGC 6819 açık kümesi için literatürde verilen renk artıkları $E(B-V)$, uzaklık modülü μ_v , uzaklık d , yaş t ve metal bolluğu $[Fe/H]$ değerleri.....	11
Çizelge 3.1. GBP ve GRP parlaklıkları ile T_{eff} arasındaki ilişki	15
Çizelge 3.2. Farklı dalga boylarındaki BC ve BC- T_{eff} ilişkileri	15
Çizelge 4.1. NGC 6819 açık küme üyesi yıldızlar için SED eğri modellemesinden elde edilen renk artıkları ve Gaia ve Johnson V filtreleri için sönmeme katsayıları örnekleri.....	18
Çizelge 4.2. NGC 6819 açık küme üyesi yıldızların Gaia ve Johnson V filtreleri için hesaplanan bolometrik düzeltmeleri	19
Çizelge 4.3. NGC 6819 açık küme üyesi yıldızların hesaplanan ısıtma ve yarıçap değerleri hatalarıyla birlikte verilmektedir	20

1. GİRİŞ

Bir fotometrik gözlemle bir yıldız ışırtmasının (L) gözlemlenmemiş eksik kesri, parlaklık birimleri ile ifade edilirse bolometrik düzeltme (BC) olarak adlandırılır. Bu kusuru düzeltmek veya eksik kısmı belirlemek için, BC değerini bir yıldızın belirli bir dalga boyu aralığında sınırlı olduğu bilinen görünür (m_V) veya mutlak (M_V) parlaklıklara ekleyerek, yıldızın toplam L değerini temsil eden görünür (m_{bol}) veya mutlak (M_{bol}) bolometrik parlaklıklar elde edilir. Daha önceki gökbilimcilerin (Kuiper 1938, Mc Donald ve Underhill 1952, Popper 1959, Wildey 1963, Smak 1966, Johnson 1966, Weidemann ve Bues 1967, Heintze 1973) karşılaştığı en büyük zorluk, BC'nin önce gözlemlerden belirlenmesi gerektiğidir ancak L 'nin gözlemlenemez olduğu zaten bilindiği halde bolometrik parlaklığı ölçmek için ne bir teleskop ne de bir dedektör vardır. Ancak bu zorluk, hem bolometrik büyüklükler hem de BC ölçęi için keyfi sıfır noktalarının varsayılmasıyla aşıldı. BC ve bolometrik büyüklük ölçeklerine atfedilen keyfilik, bazıları tamamen negatif (Kuiper 1938, Popper 1959, Wildey 1963, Cox 2000, Pecaut ve Mamajek 2013) BC değerleri içeren, diğerleri ise sınırlı sayıda pozitif BC içeren birçok farklı BC çizelgesinin yayınlanmasına neden oldu (Code vd. 1976, Johnson 1964, 1966, Flower 1977, 1996, Bessel vd. 1998, Sung vd. 2013, Cassagrande ve VandenBerg 2018, Eker vd. 2020). Çizelgelerdeki BC değerlerinin yanlış kullanımı Torres (2010) tarafından tartışıldı. Ancak en büyük sorun, bir yıldızın birden fazla çizelgeden birden fazla BC'ye sahip olabileceğidir; bu da tek bir L 'yi temsil eden M_{bol} değerinin, hatalı bir şekilde, birden fazla farklı değerde belirlenmesi anlamına gelir.

Bir yıldızın L 'si mutlak parlaklığından (M_ξ , burada ξ fotometrik sistemdeki bir filtreyi gösterir) ve ona karşılık gelen standart BC'den hesaplanırsa, buna standart L denir. Bakış ve Eker (2022) farklı bantlar (Johnson B, V, Gaia G, Bp ve Rp) için BC-Teff ilişkisini vermektedir. Bir yıldızın spektral enerji dağılımı (SED) Planck fonksiyonu ile modellenenilmektedir. Bu modelleme ile incelenen yıldızın farklı dalgaboylarındaki sönümleme katsayıları da hesaplanabilmektedir. Dolayısıyla yıldızların farklı bantlardaki görünür parlaklıklarından Gaia paralaksıları da kullanılarak farklı bantlardaki mutlak parlaklıkları elde edilir. BC ve mutlak parlaklıklardan bolometrik parlaklıklara ve buradan L değerine geçilir.

Belirli bir bandın tek bir BC-Teff ilişkisinden bir standart L tahmin edilirse, hatalar yaklaşık yüzde 10 dan daha doğru olamayacaktır. Tahmin edilen L 'nin doğruluğu, çeşitli bantlarındaki BC-Teff ilişkilerinin sayısının artırılmasıyla artar.

Bu çalışmada NGC 6819 açık kümesinin yıldızlarının farklı bantlar (Johnson V, Gaia G, Bp ve Rp) için L değerleri Bolometrik düzeltme yöntemi ile belirlenmiştir. Etkin sıcaklık ve L bilgisi kullanılarak her bir yıldızın yarıçapları hesaplanmıştır. Klasik açık küme çalışmalarında M_V değeri gözlemsel HR diyagramı elde edilerek belirlenmekte ve çizelgelerden BC değeri ile tek bir dalgaboyundaki parlaklık değerinden L ve yarıçap parametreleri hesaplanmaktadır.

Bu çalışmada NGC 6819 açık kümesinin yıldızlarının yarıçapları çok-bant bolometrik düzeltme yöntemi ile hesaplanmış ve bu değerler literatürdeki klasik yöntemle de hesaplanarak karşılaştırılmıştır.

2. KAYNAK TARAMASI

Evrende farklı türlerde yıldızlar bulunmaktadır. Bu yıldızlardan bazıları, ortak kökene sahip olup yaklaşık olarak aynı zamanda ve aynı bölgede oluşmuşlardır. Bu şekilde oluşan yıldız gruplarına "yıldız kümeleri" denir. Yıldız kümeleri, milyonlarca hatta milyarlarca yıl boyunca kütleçekim etkisiyle bir arada kalabilen, fiziksel olarak bağlı sistemlerdir.

2.1. Yıldız Kümeleri

Yıldızlar, tüm koşullar uygun olduğunda gaz ve toz bulutları içinde doğarlar. Çekim bu gazın ve tozun çökmesine neden olur. Bulut çöktükçe ve basınç artmaya başladıkça çekirdeği ısınır. Proto-yıldız olarak bilinen bu sıcak çekirdek, madde biriktirmeye ve bir yıldız dönüşmeye devam edebilir. Bir yıldız oluşma süreci kütlesine bağlı olarak ortalama yaklaşık bir milyon yıl sürer. En uzun ömürlü yıldızlar doğduktan sonra 10 milyar yıl veya daha fazla yaşayabilir.

Yıldızların oluşması için koşullar uygun olduğunda, genellikle birden fazla yıldız oluşur ve bunlar bir küme oluşturabilir. Zamanla, bazı yıldızlar yavaşça dağılarak veya dışarı atılarak kümeyi terk ederken, diğerleri küme içinde kalarak evrimine devam eder. Ek olarak, ultraviyole ışık, yıldız rüzgarları ve süpernovalar yıldız kümesinden gaz ve tozu uzaklaştırarak yeni yıldız oluşumunu durdurabilir.

Farklı yıldız türlerinin farklı yaşam süreleri vardır, bu nedenle kümeler yıldızlar evrimleştikçe zamanla değişecektir. Bazı kümeler, milyonlarca yıl içinde hızla yanıp süpernova olarak patlayan yıldızlar olan büyük, sıcak O tipi yıldızlar içerebilir. Diğerleri, milyarlarca yıl içinde yaşanan ve değişen daha küçük, daha soğuk yıldızlar içerebilir. Yıldız kümelerinde yer alan yıldız sayısı, birkaç düzineden milyonlara kadar geniş bir aralıkta değişebilir. Bu kümeler, evrenin farklı bölgelerinde bulunabilir ve içerdikleri yıldızlar, birkaç ışık yılıyla yüzlerce ışık yılı arasında değişen mesafelere yayılmış şekilde konumlanabilir. Temel olarak, boyut, kimyasal bileşim ve yıldız sayısı bakımından değişen üç farklı yıldız kümesi türü vardır.

2.1.1. Küresel Yıldız Kümeleri

Milyarlarca yıl hayatta kalabilirler ve evrendeki en eski yıldızlardan bazılarını barındırırlar. Küresel yıldız kümeleri, 50 ila 450 ışık yılı çapında yoğun kümeler halinde sıkıca bir araya gelmiş on binler ile milyonlarca yıldız içerir ve Samanyolu galaksimizin halosu veya dış bölgeleri boyunca bulunabilirler. Bu yıldızlar yaklaşık 8 ila 13 milyar yıl önce herhangi bir yerde büyük gaz bulutları içinde oluşmuştur. Küresel yıldız kümeleri, tüm galaksi türleriyle ilişkilidir. Samanyolu Galaksisi, çoğu galaktik yörüngelerinde ters yönde hareket eden yaklaşık 150 bilinen küresel kümeye ev sahipliği yapmaktadır. Bu durum, söz konusu kümelerin galaksimizin başka bir galaksiyle geçmişte yaşadığı etkileşimler sonucunda yakalanmış olabileceğini göstermektedir. Bu kümeler o kadar yoğun ve büyük doğarlar ki, zamanla kütleçekimi tarafından parçalandıktan sonra bile bir küme olarak kalabilirler. Çok sayıda yıldız içerdiklerinden, küresel kümeler genellikle belirgin kümelerdir. Gökyüzü gözlemcileri bunların bazılarını çıplak gözle görebilirler. Samanyolu galaksisindeki en büyük ve en parlak küresel küme olan Omega Centauri (NGC 5139), teleskop olmadan görülebilen kümelerden biridir.

2.1.2. Yıldız Oymakları

Küresel ve açık kümeler genellikle iki ana yıldız kümesi türü olarak anılsa da, yıldız oymakları adı verilen ve en dağınık olan üçüncü bir yıldız grubu çeşidi daha vardır. Aslında, yıldızların büyük çoğunluğu bir yıldız oymağının üyesi olarak doğar. Samanyolu'nda, yıldız oymaklarının en yoğun olduğu yer galaksinin sarmal kollarıdır. Yıldız oymakları, 10 ila 10.000'den fazla yıldızdan oluşan çok az sıkı bağlı kümelerdir. Yıldızlar çok yayılmış olduğundan diğer küme türlerinden daha az yıldız barındırabilirler, ancak yıldız oymakları ortalama 700 ışık yılı genişliğinde çok büyük olabilir. Yıldız oymakları, içerdikleri yıldız türlerine göre kategorilere ayrılır. OB oymakları, genç ve büyük kütleli O ve B tipi yıldızlardan oluşur (B tipi yıldızlar tipik olarak Güneş'ten 2 ila 15 kat daha büyük kütlelidir ve O tipi yıldızlar genellikle 15 ila 90 kat daha büyüktür); R oymakları, Güneş'in kütlelerinin 3 ila 10 katı arasında orta kütleli genç, parlak yıldızlara sahiptir ve T oymakları, Güneş'imizin kütlelerine benzer düşük kütleli genç yıldızlar olan çoğunlukla T Tauri yıldızlarını içerir. Yıldız oymaklarındaki yıldızlar o kadar yayılmıştır ki bir "küme" olarak adlandırılmaları zorlaşır. Sonuç olarak, yıldız oymakları en az kararlı yıldız kümesi çeşididir.

2.1.3. Açık Kümeler

Küresel kümelerden daha küçük olan açık kümeler, genellikle on ila binlerce yıldız içeren daha az sıkı bağlı gruplardır. Düzensiz galaksilerde ve Samanyolu gibi sarmal galaksilerde bulunan açık kümeler hem yaşlı hem de genç yıldızları içerir ve genellikle küresel kümelerden çok daha gençtir - tipik olarak bir milyar yıldan daha gençtirler. Açık kümeler, seyrek dağılımları ve merkezi yoğunlaşmalarının düşük olması nedeniyle çıplak göz ile kolaylıkla görünmezler (McKee ve Ostriker, 2007). Açık kümelerdeki yıldızlar ayrıca daha yayılmıştır, bu nedenle bu kümeler çok kararlı değildir ve yıldızlar birkaç milyon yıl sonra dağılma eğilimindedir. Galaksimizde küresel kümelerden daha bol miktarda bulunan Samanyolu'nda binlerce açık küme vardır, ancak çok daha fazlası olabileceği düşünülmektedir. Samanyolu'nda, bu kümeler galaksimizin diskinde, hem sarmal kollarında hem de kollarının arasında görülebilir. Özellikle Galaksi'nin spiral kollarında yoğunlaşan açık kümelerin daha genç, spiral kollar arasında yer alanların ise daha yaşlı olduğu tespit edilmiştir (Grebel ve Grebel, 2004; Shara ve Madore, 2010).

Açık kümeler Samanyolu'nun yapısının araştırılması, Samanyolu'ndaki yıldız popülasyonları, yıldız oluşum dinamikleri, tekli ve çoklu yıldız evrimlerini incelemek adına önemlidir (Friel, 1995). Açık kümeye üye yıldızların fotometrik ve astrometrik verilerinden oluşturulan renk-parlaklık diyagramları kullanılarak yıldız evrim modellerinin sınanması yıldız astrofiziği açısından son derece önemlidir (Adams vd. 2001; Binney vd. 2009; Piskunov vd. 2007). Literatürde bu yöntemle kümedeki yıldızların mutlak parlaklıkları belirlenmektedir. Yıldızların renkleri de bilindiği için Bolometrik parlaklıklarına, ısıtma ve yarıçaplarına geçilebilmektedir. Bu tez çalışmasında açık küme yıldızlarına uygulanacak çok bant bolometrik düzeltme yöntemi ile yıldız yarıçapları gözlemsel veriye ihtiyaç olmadan belirlenmiştir.

Sonuç olarak, yıldız kümeleri, çekim ile birbirlerine bağlı yaklaşık 10^2 ila 10^7 yıldız veya yıldız sistemlerinden oluşur. Boyut, kütle, farklı elementlerin kimyasal bolluğu (metallik) vb. gibi fiziksel parametrelerinde büyük bir çeşitlilik gösterirler, ancak

Samanyolu'nda genel olarak iki gruba ayrılabilirler: açık kümeler (Open Cluster, OC'ler) ve küresel kümeler (Global Cluster, GC'ler), burada ikinciler daha yaşlı, daha kütleli ve metal açısından fakirdir. Çizelge 2.1, Samanyolu'ndaki OC'lerin ve GC'lerin temel özelliklerini karşılaştırmaktadır.

Çizelge 2.1. Galaktik OC'lerin ve GC'lerin parametreleri arasındaki bir karşılaştırma. Bu çizelge Binney ve Tremaine (2011)'den yeniden üretilmiştir. GC'ler ve OC'lerin verileri Harris (1996) ve Piskunov vd. (2007)'den alınmıştır

Parametre	GCs	OCs
Merkezi Yoğunluk	$8 \times 10^3 \text{ M}_\odot \text{ pc}^{-3}$	$10 \text{ M}_\odot \text{ pc}^{-3}$
Yarı Kütle Yarıçapı	3 pc	2 pc
Merkezi Hız Dağılımı	6 km s^{-1}	$0,3 \text{ km s}^{-1}$
Kütle Işınım Gücü Oranı	$2 \text{ M}_\odot \text{ L}^{-1}_\odot$	$1 \text{ M}_\odot \text{ L}^{-1}_\odot$
Kütle	$2 \times 10^5 \text{ M}_\odot$	$300 \text{ M}_\odot$
Yaş	10 Gyr	300 Myr
Popülasyon	II (Metalce fakir)	I (Metalce zengin)

2.2. Yıldız Kümelerini İncelemenin Önemi

Yıldız kümelerinin astrofizikte önemli olmasının birkaç nedeni vardır. İlk olarak, yıldız kümelerinin galaksilerin temel yapı taşları olduğuna inanılmaktadır (Kroupa 2005; Assmann vd 2011). Neredeyse tüm yıldızların izole bir şekilde değil, büyük yıldız kümeleri halinde olduğu ve daha sonra galaksiye dağıldığı yaygın olarak kabul gören bir düşüncedir. Bu, yoğunlukla genç kümelerde veya oymaklarda bulunan O tipi yıldızların (Parker ve Goodwin 2007) gözlenen dağılımı veya Samanyolu'ndaki gaz içine gömülü yıldız kümelerinde başlangıç kütle fonksiyonu (Initial Mass Function: IMF) için bir kuvvet yasası varsayıldığında, tüm halo alan yıldızlarının, artık gaz atımı veya dinamik evrim nedeniyle çözünmüş yıldız kümelerinden kaynaklanabileceğini gösteren Baumgardt vd. (2008) gibi çalışmalarla desteklenmektedir. Yıldız kümeleri galaksilerin oluşumunda (Searle ve Zinn 1978; Ashman ve Zepf 1992; Brodie ve Strader 2006) ve galaksilerin kimyasal zenginleşmesinde/evriminde önemli bir rol oynar. Toplam galaktik IMF gibi galaksilerin birçok astrofizik parametresi yıldız kümelerinin parametreleriyle güçlü bir korelasyona sahiptir (Kroupa ve Weidner 2003). Yıldız kümeleri bize çok sayıda yıldızın uzaklık, parlaklık ve metalikliği gibi değerlerini bilmemizi sağlar. Bu parametrelerden kümenin kütle fonksiyonu belirlenerek yıldız oluşumu ve evrimi incelenebilir. Yaşları ve metalce zenginlikleri, doğrudan onlarla ilişkili olmayan astrofiziksel ve kozmolojik teorileri, örneğin evrenin yaşıyla ilgili kısıtlamaları (Krauss ve Chaboyer 2003) sınırlamamıza olanak tanır. Dahası, bunlar gelgit alanı ve ev sahibi galaksilerinin yoğunluk profili için bir araç olarak kullanılabilir (örn. Cole vd. 2012;

Hasani Zonoozi vd. 2016). Yıldız kümeleri ayrıca orta kütleli kara deliklerin olduğu ortam olabilir (örn. Portegies Zwart vd. 2006; Giersz vd. 2015). Tüm bu yönler yıldız kümelerini astrofizikteki en ilgi çekici nesnelerden biri yapar.

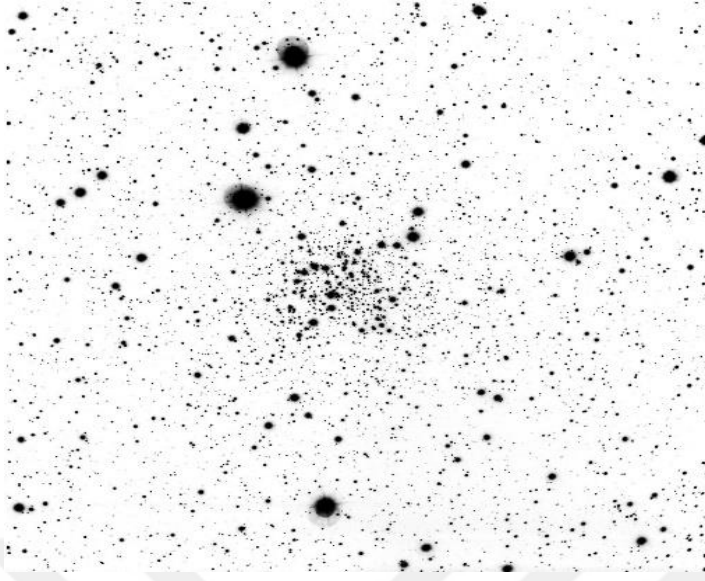
2.3. Küme Üyeliği

Bir yıldız popülasyonu çalışması yürütülebilmesi için öncelikle hangi yıldızların kümenin gerçekten üyesi olduğu ve hangi yıldızların aynı görüntüde görünen ön plan veya arka plan yıldızları olduğu belirlenmelidir. Özellikle kalabalık galaktik alanlarda, küme üyelerinin belirlenmesi küme çalışmasının en zor yönlerinden biridir. Küme üyeliğini belirlemek için iki ana yaklaşım vardır: yıldızların konumu ve hareketine dayanan astrometrik yöntemler ve yıldızların renginden ve parlaklığından türetilen fotometrik yöntemler.

2.3.1. Astrometrik Üyelik

Küme üyelerini tanımlamanın en eski yaklaşımı astrometrikidir. Kümeler, Şekil 2.1'de görüldüğü gibi gökyüzünde aşırı yoğunluktaki yıldızlar olarak görünür, küme yıldızları birbirine yakın bulunur, bu nedenle küme yıldızlarının konumları uzaysal olarak ilişkili olmalıdır. Başlangıçta, küme yıldızları, kümenin merkezinde, görünür yıldızların çoğunluğunu içeren bir daire çizerek tanımlanırdı: dairenin içindeki yıldızlar küme üyesi olarak adlandırılırken, dışındaki yıldızlar ise küme üyesi olamazdı. Modern çağda, elle çizilmiş dairelerin yerini sayısal eğri uydurma almıştır, ancak yine de amaç aşırı yoğunluğu arka plandan ayırmaktır.

Kümeleri astrometrik olarak tanımlamanın daha güvenilir bir yolu, öz hareketlerinden (veya eşdeğer olarak, radyal hızlarından) geçer. Kümeler kütle-çekimsel olarak bağlı olduğundan, bir kümedeki tüm yıldızlar aynı kütle merkezi hareketini yapar. Bir alandaki tüm yıldızların öz hareketi çizilirse, küme birlikte hareket eden yıldızlardan oluşan belirgin bir "öbek (clump)" oluşturacaktır. Küme yıldızlarını öz hareketlerine göre tanımlamak için en yaygın kullanılan yöntem, küme üyeliği olasılıklarını çıkarmak için maksimum olabilirliği kullanan Sanders'in (1971) çalışmalarına dayanmaktadır.



Şekil 2.1. Açık yıldız kümesi NGC 609

Görüntünün merkezinde bir kümenin varlığı şüphe götürmez, ancak küme yıldızlarını çevredeki alan yıldızlarından ayırmak küme çalışmaları için önemlidir.

2.3.2. Fotometrik Üyelik

Açık kümeleri ilginç kılan şey, uzaysal konumları değil, aynı gaz bulutundan oluşmuş olmaları ve böylece birlikte evrimleşen yıldızlardan oluşan bir sistemi temsil etmeleridir. Küme yıldızları aynı evrim yolunu izlediği için, renk-renk ve renk-parlaklık diyagramları kullanılarak fotometrik olarak da tanımlanabilirler. Fotometrik yaklaşımların hepsi, renk ve parlaklık bilgilerini kullanarak küme yıldızlarını arka plan yıldızlarından bir şekilde ayırmaya çalışır. Bu, çoğunlukla iki adımlı bir prosedür kullanılarak yapılır. İlk olarak, renk-parlaklık diyagramı, kümeyi içeren bölgedeki yıldızlar ve yakındaki bir referans görüntüdeki yıldızlar için belirlenir. Hem küme alanındaki renk-parlaklık diyagramında hem de referans alanındaki renk-parlaklık diyagramında bulunan yıldızlar, kümeyle ilişkili olmayan alan yıldızları olarak kabul edilir. İkisini ayırmak için genellikle deneysel bir seçim eşiği kullanılır (Sarro vd. 2014). Ancak, sönük veya geç tip yıldızlar için alan ve küme fotometrisi örtüşür. Bu durumlarda bir tür istatistiksel ayırım metodu gereklidir (Bica ve Bonatto 2005; Bonatto ve Bica 2007; Krone-Martins ve Moitinho 2014). Sınıflandırma daha sonra aday küme üyelerine teorik bir izokron uydurularak ve nihai aykırı değerler atılarak geliştirilir.

2.3.3. Üyelik Sorunları

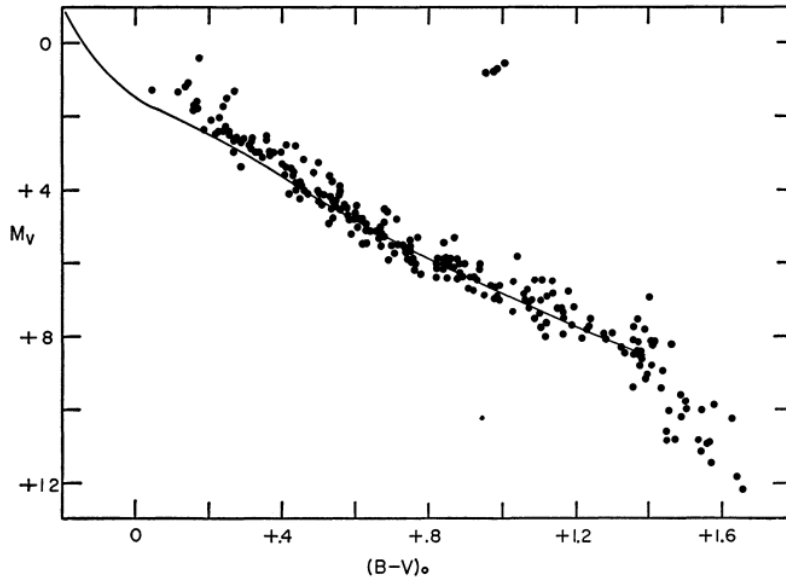
Astrometrik ve fotometrik üyelik yaklaşımların her ikisinin de eksiklikleri vardır. Genel olarak güvenilir olsa da, öz hareket araştırmaları yakın kümeler ve daha parlak yıldızlarla sınırlıdır (Krone-Martins ve Moitinho 2014). Diğer astrometrik yöntemler (yıldız sayımları, k-ortalamaları, Voronoi döşemeleri, vb.) bir kümenin mevcut olduğunu göstermek için mükemmeldir, ancak küme üyeleri ile alan yıldızları arasında tek tek yıldızlar düzeyinde ayırım yapmadıkları için ayırt edicilikleri düşüktür (Schmeja 2011).

Öte yandan, arka plandaki alan yıldızları veri kümesinden temizlendikten sonra (Bonatto ve Bica 2007; Sarro vd. 2014) fotometrik çalışmalar iyi ayırt ediciliğe sahip olabilir. Kalabalık alanlarda küme üyesi ve alan yıldızlarını ayırmak zor olabilir: istatistiksel ayırma yöntemleri en güçlü aday yıldızlar dışında hepsini reddedebilir ve izokronlar yüksek kızıllaşmalarda veya düşük kütleli küme üyeleri ararken alan yıldızları arasında kaybolabilir. Dahası, tek başına fotometrik araştırmalar yıldızların uzaysal dağılımını göz ardı eder ve genel ilgi alanındaki en uygun izokronun yakınına düşen herhangi bir yıldız küme üyesi olarak yanlış tanımlayabilir.

2.4. Küme Parametrelerinin Belirlenmesinde Kullanılan Diyagramlar

Açık yıldız kümeleri, tek bir gaz bulutundan aynı anda doğan yıldız gruplarıdır. Bir kümedeki tüm yıldızlar aynı yaş, kimyasal bileşim ve uzaklığa sahiptir, ancak farklı kütlelere sahiptirler. Kümelere üye yıldızların ve kümelerin temel astrofizik parametrelerini belirlemek için renk-parlaklık ve renk-renk diyagramları kullanılmaktadır. Bu diyagramlar, kütle fonksiyonu, kızıllaşma, uzaklık ve metal bolluğu gibi temel astrofiziksel parametrelerin tayininde kullanılır.

Renk-parlaklık diyagramı (RPD) astronomide çok yaygın olarak kullanılan bir diyagramdır. Bu diyagramı doğru bir şekilde çizmek için, parametreleri standart bir ölçeğe göre kalibre edilmesi gerekir. Şekil 2.2, tipik bir açık küme olan Hyades için RPD'yi göstermektedir. Yıldızların çekirdeklerinde nükleer füzyonla (Güneş gibi) hidrojeni helyuma dönüştürerek enerji ürettikleri yer HR diyagramında anakol olarak adlandırılmaktadır. Anakoldaki yıldızlar ne kadar sönükse, kütleleri o kadar düşüktür. Güneş'in mutlak parlaklığı $M_V \approx 4.8$ kadir ve rengi, $B - V \approx 0.66$ kadirdir, bu nedenle Hyades'teki anakol yıldızlarından bazılarının Güneş'ten daha büyük kütleli olduğu görülmektedir. Anakoldaki yıldızlar için, ısıtma L ile kütle M arasında $L \propto M^4$ olarak orantılıdır. Toplam yıldız kütlelerinin sabit bir kesrinin, ηM , nükleer yakıt olarak mevcut olduğunu varsayarsak, anakoldaki yaşam süresinin $\propto M^{-3}$ ile orantılı olduğunu görürüz-büyük kütleli yıldızların düşük kütleli yıldızlardan çok daha kısa yaşam süreleri vardır. Güneş yaklaşık 10^{10} yıl sonra anakolda yakıtını tüketecektir; Güneş'ten 10 kat daha büyük kütleli bir yıldızın yalnızca yaklaşık 10 milyon yıl yaşayacağı hesaplanmıştır. Anakolun sona erdiği nokta (anakoldan ayrılma noktası) bu nedenle bir yıldız kümesinin yaşının iyi bir göstergesidir.



Şekil 2.2. Hyades kümesine ait renk parlaklık diyagramı (Johnson vd. 1962)

Hyades kümesinde yıldızların anakoldan ayrılma noktasının mutlak parlaklığı yaklaşık +2 kadir değerindedir. Bu noktanın üzerindeki yıldızlar çekirdeklerindeki tüm hidrojeni tüketmişlerdir ve bu nedenle anakoldan ayrılarak kırmızı devlere dönüşürler. Bu tür yıldızlar He'yi daha ağır elementlere dönüştürerek (veya bazı durumlarda çekirdeğin dışındaki bir kabukta H'yi yakarak) enerji üretirler. Bir yıldızın yaşamının bu aşaması anakol ömründen çok daha kısadır ve bu nedenle bir yıldız kümesindeki dev yıldızların sayısı her zaman anakol yıldızlarının sayısından çok daha azdır. Hyades'in RPD'sinde de birkaç kırmızı dev görülebilir ($M_V \approx 0$ ve $B - V \approx 1.0$).

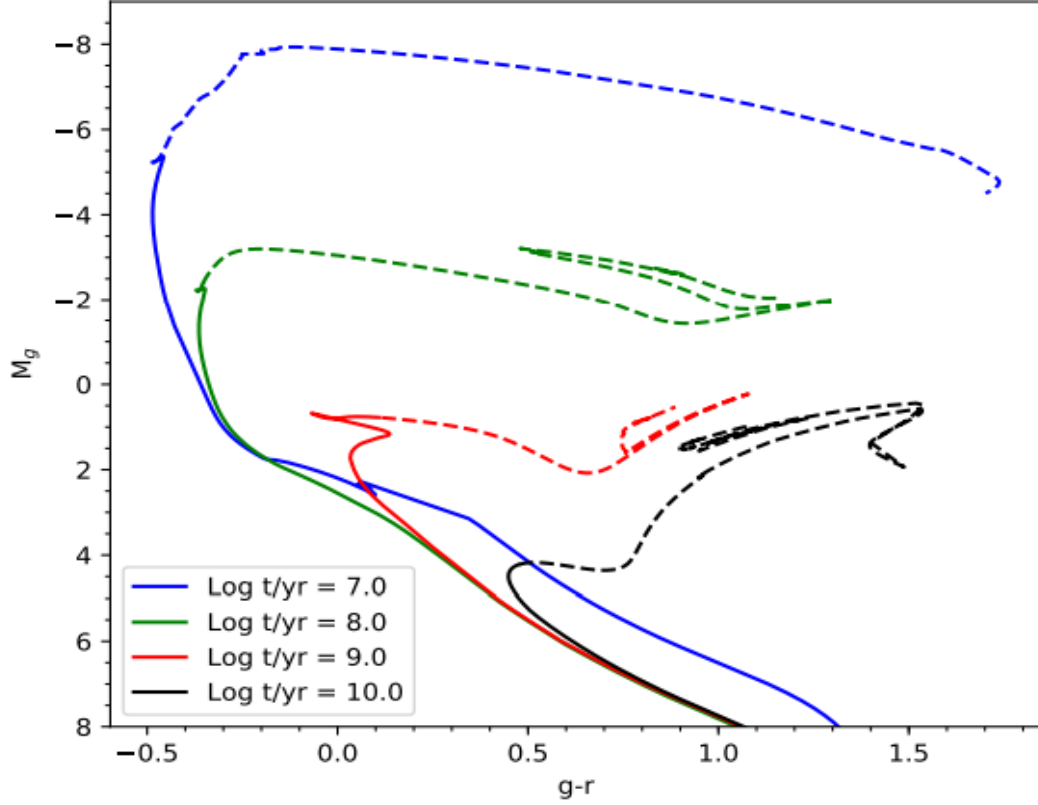
Hyades'in RPD'sinin y eksenini mutlak V parlaklığıdır (M_V). Mutlak parlaklık, bir yıldızın parlaklığının bir ölçüsüdür ve dolayısıyla uzaklıktan bağımsızdır. Doğrudan ölçebileceğimiz şey (fotometrimizi kalibre ettikten sonra), bunun yerine, yıldızdan aldığımız akının bir ölçüsü olan görünür parlaklıktır. Mutlak ve görünür parlaklık arasındaki fark uzaklık modülü olarak tanımlanmaktadır;

$$(m - M)_0 = 5 \log_{10} d - 5 + A_V \dots\dots\dots(1)$$

burada uzaklık d parsek cinsindendir. Dolayısıyla, gözlenen bir küme için uzaklık, anakoldan ayrılma noktasının (belirli bir renkte, örneğin V parlaklığında) görünen parlaklığı ve Şekil 2.2'deki gibi bir diyagramdan okunan mutlak parlaklığı kullanılarak uzaklık modülü ile bulunabilir. Bu formülde, A_V yıldızlararası sönmüleme katsayısıdır, bu parametre renk-renk diyagramı kullanılarak $E(B-V)$ değeri hesaplandıktan sonra bulunabilir (bakınız materyal ve method bölümü).

Yıldız kümeleri için fiziksel parametreleri belirlemenin bir yolu da, renk-parlaklık diyagramlarının gözlemlerini yıldız evrimi için teorik modellerle karşılaştırmaktır. Aşağıdaki Şekil 2.3, 10 Myr (10^7 yıl) ile 10 Gyr (10^{10} yıl) arasındaki yaşlar için izokronları (eş-yaş eğrilerini) göstermektedir (<http://waps.cfa.harvard.edu/MIST/index.html>). Her izokron, belirli bir yaştaki ancak farklı kütlelere sahip yıldızlar

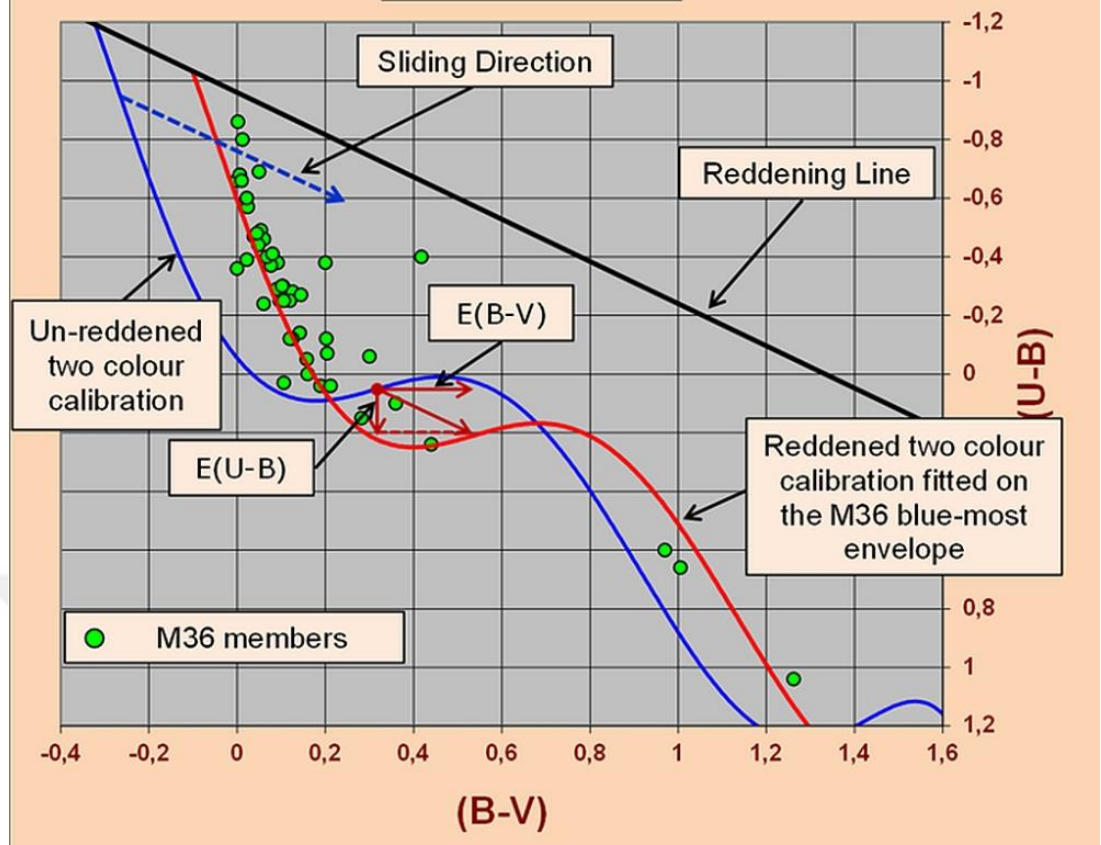
için renk ve mutlak parlaklık arasındaki ilişkiyi gösterir. Şekil 2.3'de gösterilen modeller, yıldızların kimyasal bileşiminin Güneş'inkine benzer olduğunu varsayar; bu, Samanyolu'ndaki açık kümeler için genellikle makul bir varsayımdır.



Şekil 2.3. 10 Myr, 100 Myr, 1 Gyr ve 10 Gyr yaşları için MIST'ten (MESA İzokronları ve Yıldız İzleri) teorik izokronlar. Düz ve kesik çizgiler sırasıyla anakol ve anakol sonrası evreleri göstermektedir

Yıldızlararası ortamdaki (Inter Stellar Matter, ISM) gaz ve toz, filtre görevi görür ve yıldızları sönmüştür ve yıldızlar gerçek renklerinden daha kırmızı (kızılama) görünür. Bu nedenle, bir yıldızın renklerini kullanarak fiziksel parametrelerine geçebilmek için gerçek renklere elde edilmelidir. Sönmüş, gözlenen ile ISM tamamen şeffaf olsaydı ölçülecek büyüklük arasındaki fark olarak tanımlanabilir. Kızılama veya renk artışı (örneğin, $E(B-V)$), gözlenen renk ile bir yıldızın bünyesel rengi arasındaki fark olarak tanımlanabilir ($E(B-V) = (B-V) - (B-V)_0$).

Şekil 2.4'de, M36 kümesi örneği kullanılarak kızılamanın belirlenmesi için bir yöntem gösterilmektedir. Kızılama renk-renk diyagramı, yani bünyesel renklerin yeri (mavi eğri), kümenin en mavi kısmına (kırmızı eğri) ulaşılan kadar kızılama çizgisinin (RL; siyah çizgi) eğimi boyunca kaydırılmış olarak gösterilmiştir. Bu kaydırmanın miktarı, kümenin ortalama renk artışı $\langle E(B-V) \rangle$ değerini temsil eder.



Şekil 2.4. M36 kümesi için $E(B-V)$ değerinin hesaplanması için bir yöntem

2.5. NGC 6819 Açık Kümesi

NGC 6819 ($\alpha_{2000.0} = 19^h41^m18^s$, $\delta_{2000.0} = +40^\circ11'12''$; WEBDA veritabanı (webda.physics.muni.cz)) Kepler alanında iyi bilinen bir orta yaşlı (~ 2.3 Gyr) açık kümedir (Borucki vd. 2011). Yaşı ve Kepler alanındaki konumu, onu yıldız modellerini ve evrimlerinin farklı aşamalarındaki yıldızların astrosismik çalışmalarını araştırmak için en uygun kümelerden biri yapar. Önceki çalışmalarda NGC 6819 için elde edilen renk artıkları, uzaklık modülleri, uzaklıklar, yaşlar, metal bolluğu değerleri Çizelge 2.2'de özetlenmiştir.

Çizelge 2.2. NGC 6819 açık kümesi için literatürde verilen renk artıkları $E(B-V)$, uzaklık modülü μ_v , uzaklık d , yaş t ve metal bolluğu $[Fe/H]$ değerleri. En son kolonda bu değerler için kaynakları verilmektedir

$E(B-V)$ (mag)	μ_v (mag)	D (kpc)	T (Gyr)	$[Fe/H]$ (dex)	Ref.
0,12	-	2,04	4	-0,02±0,02	Burkhead (1971)
0,3	-	2,2	2	-	Lindoff (1972)
0,28	-	2,17	2	-	Auner (1974)
0,16	-	-	2,4	-0,05	Rosvick ve Vanderberg (1998)
0,14 ± 0,04	-	-	-	+0,09±0,03	Bragaglia vd.(2001)
0,1	12,30 ± 0,12	2,5	-	-	Kalirai vd.(2001)
0,10 ± 0,03	12,11 ± 0,20	2,3	2,5 ± 0,6	0,07	Kang ve Ann (2002)
0,15	12,32 ± 0,05	2,3	2,5 ± 0,6	0,07	Basu vd.(2011)
0,14± 0,04	12,36 ± 0,10	2,4	2,6	0,09	Yang vd.(2013)
0,15	12,20 ± 0,06	2,2	2,5	0,11	Balona vd.(2013)
0,12	12,27 ± 0,01	2,4	-	-	Rodrigues vd.(2014)
0,160 ± 0,01	12,40 ± 0,12	2,4	2,3 ± 0,2	-0,06±0,04	Anthony-Twarog vd.(2015)
-	-	-	2,25 ± 0,2	-	Bedin vd.(2015)
-	-	-	-	-	Friel vd.(1989)
-	-	-	-	+0,05±0,11	Friel and Janes (1993)
-	-	-	-	-	Glushkova vd.(1993)
-	-	-	-	-	Thogersen vd.(1993)
0,1	12,3	2,5	2,4	0	Hole vd (2009)
-	-	-	-	-0,02±0,02	Lee-Brown vd.(2015)

NGC 6819 kümesi sıklıkla yıldız sismolojik çalışmaları ve değişen yıldızları aramak için gözlenmiştir. (örn. Street vd. 2005; Talamantes vd. 2010; Basu vd. 2011; Hekker vd. 2011; Stello vd. 2011; Miglio vd. 2012; Corsaro vd. 2012; Sandquist vd. 2013; Wu vd. 2014a,b). Gosnell vd. (2012) küme içinde X-ışını kaynakları keşfetmiştir. Bir kümenin ayrıntılı fotometrik analizi yıldız modellerini incelemek için çok önemli olsa da, bu kümenin üyelerinin tayfsal çalışması kümenin metalikliği ve radyal hızı hakkında değerli bilgiler sağlayabilir (bkz. Çizelge 2.1). Lee-Brown vd. (2015) NGC 6819'daki 333 yıldızın yüksek çözünürlüklü tayflarını analiz ederek Li 6708 Å çizgisini çevreleyen 400 Å bölgesindeki tayfsal özelliklerden demir ve diğer metallerin bolluğunu belirledi. Anakolda dönme noktasındaki yıldızlarla sınırlı bir alt örnek grubu kullanarak metalliğinin $[Fe/H] = -0.02 \pm 0.02$ dex olduğunu buldular.

NGC 6819 açık yıldız kümesi Kepler alanında yer almaktadır. (Borucki vd. 2011) V bandındaki parlaklığı 16.7 kadirde daha parlak olan küme üyelerinin ortalama radyal hızı ve metalik değerleri yüksek çözünürlüklü tayflarından belirlenmiştir. (Lee-Brown vd. 2015). Daha sonra, NGC 6819 açık yıldız kümesinin CCD UBV gözlemleri ise Ak vd. (2016) tarafından yapılmıştır. Fotometrik ve tayfsal verileri kullanılarak, kümenin astrofiziksel ve kinematik parametrelerini yeniden hesaplamışlardır. Kümenin alanındaki yıldızların üyelik olasılıklarını, öz hareketlerine ve kümenin ortalama radyal hızına

dayanarak hesaplamışlardır. NGC 6819'un kızıllaşmasını ve metalikliğini iki bağımsız yöntem kullanarak belirlemişlerdir. Kızıllaşmayı ve metalikliğı sabit tutarken, kümenin gözlenen renk-parlaklık diyagramlarına yıldız izokronlarını yerleştirerek uzaklık modülünü ve yaşını hesaplamışlardır (Yontan vd. 2015; Bostancı vd. 2015).



3. MATERYAL VE METOT

Açık kümelerin incelenmesinde, genellikle geniş bant fotometrisi kullanılır. *UBVRI* bantları kullanılarak küme doğrultusundaki yıldızların çok renk fotometrik gözlemleri ile küme yıldızlarına ait renk-parlaklık ve renk-renk diyagramları elde edilir. Renk-renk diyagramları kullanılarak küme doğrultusundaki yıldızların renk artıkları belirlenebilirken, renk-parlaklık diyagramlarından kümenin ortalama uzaklığı hesaplanabilir. Bu tür çalışmalarda yıldızların fotometrik ölçüm hassasiyetlerinin de 0,01 kadirinden az olması beklenmektedir. Açık kümeye üye yıldızların fotometrik verilerinden oluşturulan renk-parlaklık diyagramları kullanılarak yıldız evrim modellerinin sınanması yıldız astrofiziği açısından da son derece önemlidir (Adams vd. 2001; Binney vd. 2009; Piskunov vd. 2007, Ak vd. 2016).

Bu tez çalışmasında açık kümenin renk-parlaklık diyagramını elde etmeden, açık kümedeki yıldızların SED (Spectral Enerji Dağılımı) analizleri yapılarak yarıçaplarının elde edilmesi amaçlanmaktadır. Bu yöntem çok bant bolometrik düzeltme yöntemi olarak adlandırılmaktadır (Bakış ve Eker 2022).

NGC 6819 kümesine üye bir yıldız için bu yöntemle yapılanlar adım adım anlatılmıştır. Öncelikle küme üyeliği olasılığı %90'ın üzerinde (Lee-Brown vd. 2015) olan yıldızlar bu çalışmaya dahil edilmiştir. Seçilen küme üyesi yıldızların koordinatları ve paralaksarı kullanılarak her bir yıldızın SED verileri Vizier (<http://vizier.cds.unistra.fr/vizier/sed/>) veri tabanından alınmaktadır. SED verilerine karacisim yaklaşımı altında Planck fonksiyonu fit edilir. Planck fonksiyonu için yer atmosferi dışında ölçülen her bir dalgaboyundaki monokromatik akının elde edilebilmesi için (2) denkleminin geçerli olması gerekir. Bu denklemde $B_{\lambda}(T_{eff})$ karacisim enerji dağılım fonksiyonu, R Güneş yarıçapı biriminde yıldızın yarıçapı, d uzaklıktır. A_{λ} gözönüne alınan dalgaboyundaki sönümleme katsayısı ve $E(B-V)$ renk artığıdır (denklem (3) ve (4))

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

$$A_{\lambda} = R_{\lambda} * E(B - V) \dots\dots\dots(3)$$

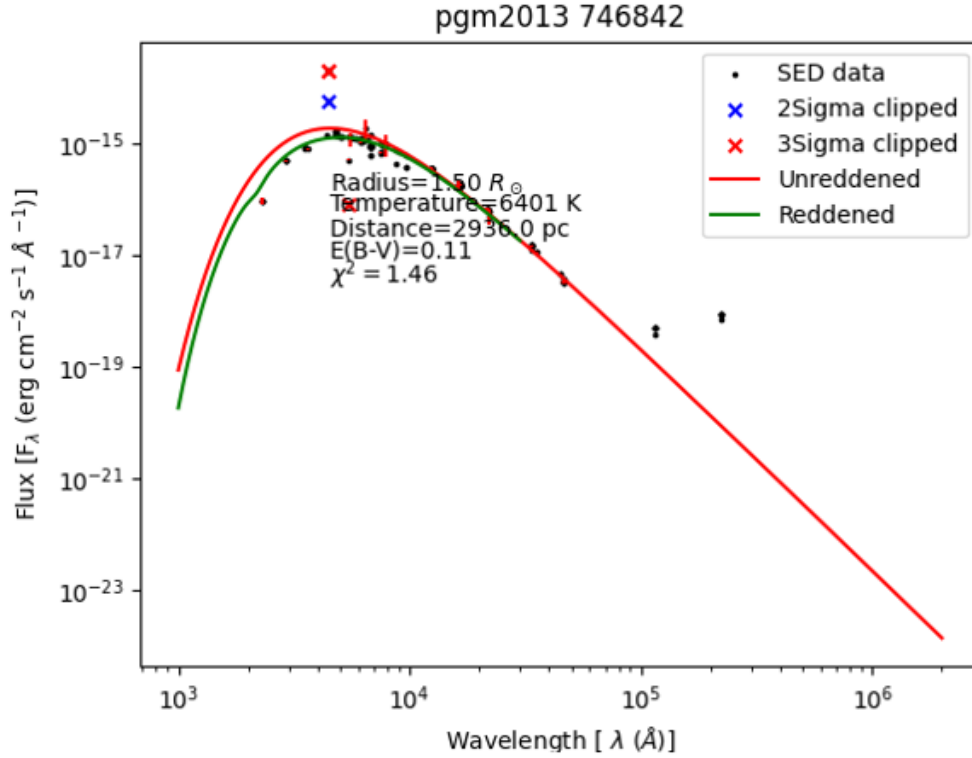
$$E(B - V) = A(B) - A(V) \dots\dots\dots(4)$$

Etkin sıcaklığı ve uzaklığı bilinen yıldızın SED eğrisine χ^2 ((5) denklemi) yöntemiyle en iyi temsil eden modellerin A_{λ} ve $E(B-V)$ ve R değerleri o yıldızın parametreleri olacaktır.

$$\chi^2 = \frac{\sum(O-C)^2}{N} \dots\dots\dots(5)$$

Uzaklıklar Gaia uydusunun verdiği paralakslardan hesaplanmaktadır. Gaia aynı zamanda yıldızların etkin sıcaklıklarını da vermektedir. Ancak bu sıcaklıklar çok duyarlı değildir. Dolayısıyla bu sıcaklıklar başlangıç değeri olarak kullanılarak SED eğrileri Planck fonksiyonu kullanılarak modellenmektedir. Şekil 3.1'de NGC 6819 açık kümesindeki Pgm2013 746842 yıldızına ait SED eğrisine yapılan model örneği

verilmektedir. Şekil 3.1'de yıldızın kızıllaşmamış SED eğrisi, kırmızı eğri ile, SIMBAD veri tabanından alınan gözlenen spektrofotometrik akı verileri (Wenger vd. 2000) dolu daireler ile gösterilmiştir. Kızıllaşmamış SED eğrisinden daha kısa dalgalıboylarına doğru gözlenen uyumsuzluğun nedeni yıldızlararası sönmülemedir. Dolayısıyla buraya en iyi uyan modelin $E(B-V)$ değeri yıldızın kızıllaşma miktarını verecektir. Şekil 3.1'de yeşil eğri ile gösterilen kızıllaşmış eğridir.



Şekil 3.1. Pgm2013 746842 yıldızı için kızıllaşmamış (kırmızı) ve kızıllaşmış (yeşil) SED modelleri. Kızıllaşmış gözlenen spektrofotometrik akı verileri dolu dairelerle gösterilmiştir. Çaprazlar 2σ ve 3σ 'dan fazla sapmış verilerdir

Kızıllaşmamış SED modelleri, Fitzpatrick (1999)'in kızıllaşma modelleri kullanılarak en iyi uyan kızıllaşmış gözlenen SED eğrisi elde edilene kadar $E(B-V)$ ayarlanarak kızıllaştırılır. Başlangıçta $R(V) = 3,1$ alınır ve her filtre için $R_\lambda = A_\lambda/E(B-V)$ 'yi ayrı ayrı hesaplanır, Kızıllaşmış SED'in uyumunu gösteren χ^2 , Şekil 3.1'de verilmektedir.

SED eğrisine yapılan modellerden A_λ ve $E(B-V)$ belirlendikten sonra, açık kümeye üye olan yıldızların literatürden Johnson V, Gaia G, Bp ve Rp gibi farklı bantlardaki parlaklıkları toplanmaktadır. Farklı dalgalıboylarındaki sönmüleme değerleri belirlendiği için uzaklık modülü formülü (denklem (6)) ile her bir dalgalıboyundaki mutlak parlaklıklar renk-renk diyagramını elde etmeden hesaplanır.

$$M_{\lambda} = m_{\lambda} + 5 \log\left(\frac{\pi}{1000}\right) + 5 - A_{\lambda} \dots \dots \dots (6)$$

Bolometrik parlaklıkları (7) denkleminden hesaplamak için farklı dalgaboylarındaki BC düzeltmesinin hesaplanması gerekir.

$$M_{bol} = M_{\lambda} + BC_{\lambda} \dots \dots \dots (7)$$

Bakış ve Eker (2022), gerekli olan farklı dalgaboylarındaki BC ve BC–Teff ilişkilerini, bileşenleri anakolda ve Gaia EDR3 paralaksı olan 209 ayırık çift yıldızın SED analizlerinden belirledi. Ayrıca bu makalede Gaia parlaklıklarından etkin sıcaklığa geçebilmek için kullanılan denklem ve katsayıları (Çizelge 3.1) verilmektedir.

Çizelge 3.1. GBP ve GRP parlaklıkları ile Teff arasındaki ilişkisi

$\log T_{eff} = a + b(G_{BP} - G_{RP}) + c(G_{BP} - G_{RP})^2 + d(G_{BP} - G_{RP})^3 + e(G_{BP} - G_{RP})^4$				
a	b	c	d	e
4,046950	-0,591370	0,423410	-0,199622	0,035176

Gaia parlaklıklarından etkin sıcaklıklar açık kümedeki tüm yıldızlar için hesaplandıktan sonra Çizelge 3.2. de verilen katsayılar ve (8) denklemindeki BC–Teff ilişkisi kullanılarak BC değerleri hesaplanır.

Çizelge 3.2. Farklı dalgaboylarındaki BC ve BC–Teff ilişkileri

Katsayılar	BC _B	BC _V	BC _G	BC _{GBP}	BC _{GRP}	BC _{TESS}
a	-1272,43	-3767,98	-1407,14	-3421,55	-1415,67	-318,533
b	1075,85	3595,86	1305,08	3248,19	1342,38	232,298
c	-337,831	-1286,59	-453,605	-1156,82	-475,827	-55,2916
d	46,8074	204,764	70,2338	183,372	74,9702	4,27613
e	-2,42862	-12,2469	-4,1047	-10,9305	-4,44923	-

$$BC_{\lambda} = a + b(\log(T_{eff})) + c(\log(T_{eff}))^2 + d(\log(T_{eff}))^3 + e(\log(T_{eff}))^4 \dots \dots (8)$$

Uzaklık modülü kullanılarak belirlenen mutlak parlaklıklar ve hesaplanan bolometrik düzeltmeler kullanılarak farklı dalgaboylarındaki bolometrik parlaklıklar (M_{bol}) belirlenir. Sonuçta her bir yıldız için (9) denklemi ile ortalama bolometrik parlaklıklar elde edilir.

$$M_{bol} = \frac{1}{N} \sum_i^N M_{bol,i} \dots \dots \dots (9)$$

Bolometrik parlaklık bilindiğinde yıldızların ısıtmaları (10) denklemi ve (11) denklemi kullanarak da yıldızların yarıçapları hesaplanmış olur.

$$10^{-\left(\frac{M_{bol(ort)}-71,197425}{2,5}\right)} \dots\dots\dots(10)$$

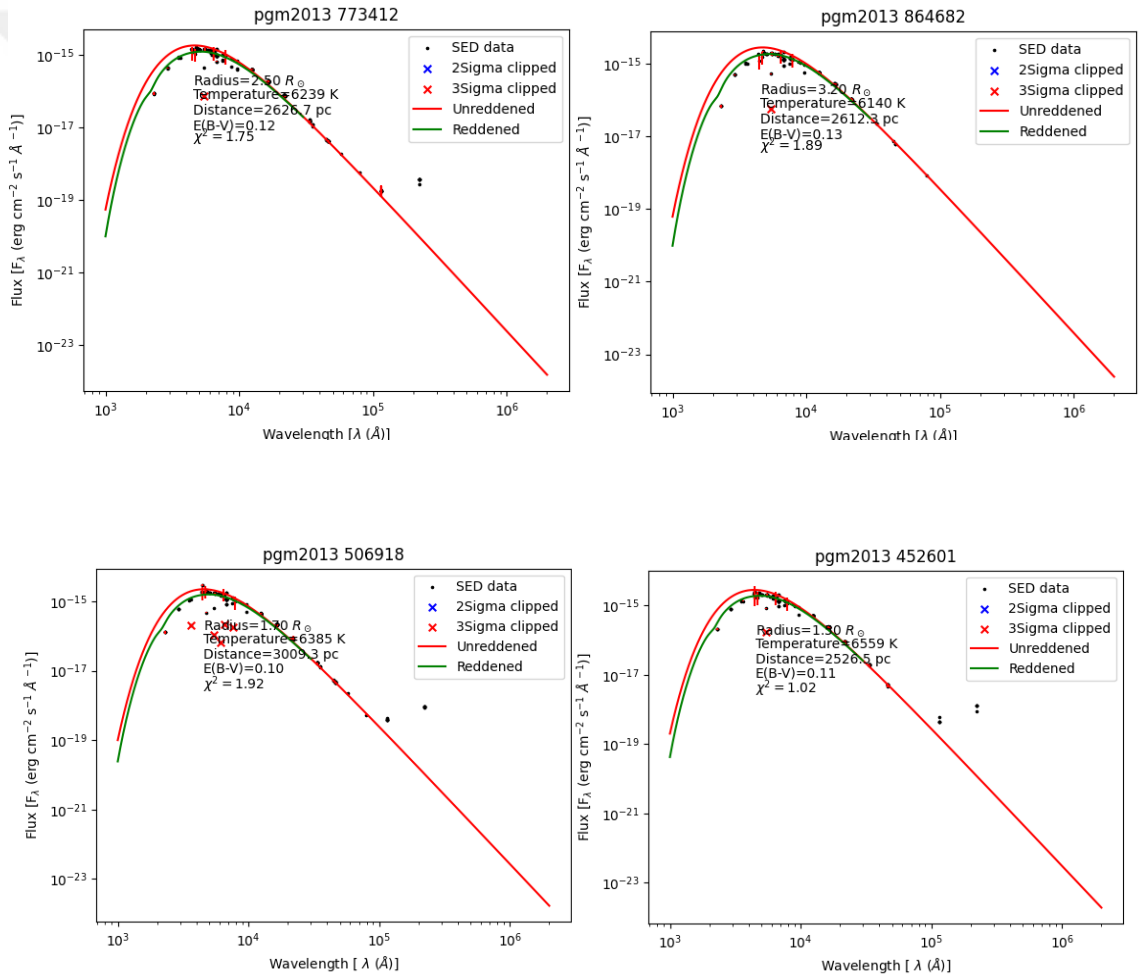
$$L = 4 * \pi * R^2 * \sigma * (T_{eff})^4 \dots\dots\dots(11)$$

Bu tez çalışmasında, geliştirilen bu yeni yöntem ile elde edilen yarıçaplar ile literatürde renk-parlaklık diyagramı elde edilmiş bir açık küme kullanılarak elde edilen yarıçaplar karşılaştırılacaktır. Böylece açık kümeler için yarıçapların belirlenmesinde yeni bir yöntem geliştirilmiş olacaktır.



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu tez çalışmasında, NGC 6819 açık kümesinin üye yıldızlarının SED analizleri yapılarak elde edilen A_λ değerleri ve Bakış ve Eker (2022) makalesinde verilen Bolometrik düzeltme ve etkin sıcaklık ilişkileri kullanılarak yıldızların renk-renk diyagramlarını elde etmeden yarıçapları duyarlı bir şekilde elde edilmiştir. Şekil 4.1’de küme üyesi bazı yıldızların SED eğri fitleri örnek olarak verilmektedir. Çizelge 4.1’de küme üyesi bazı yıldızların SED eğri modellemesinden elde edilen renk artıkları ve Gaia ve Johnson V filtreleri için sönmüleme katsayıları örnek olarak verilmektedir. Çizelge 4.2’de, Çizelge 4.1’de verilen yıldızların Gaia ve Johnson V filtreleri için hesaplanan bolometrik düzeltmeleri örnek olarak sunulmaktadır. Çizelge 4.3’te ise yine aynı yıldızların hesaplanan ısıtma ve yarıçap değerleri hatalarıyla birlikte verilmektedir.



Şekil 4.1. NGC 6819 açık kümesine üye 4 yıldızın SED modellemesi örneği

Çizelge 4.1. NGC 6819 açık küme üyesi yıldızlar için SED eğri modellemesinden elde edilen renk artıkları ve Gaia ve Johnson V filtreleri için sönmüleme katsayıları örnekleri

pgm2013	E(B-V)	Ag	Agb	Agr	Av
670726	0,17	0,43	0,54	0,31	0,51
651311	0,14	0,35	0,45	0,26	0,42
560620	0,13	0,33	0,42	0,24	0,39
632982	0,15	0,38	0,48	0,28	0,45
505772	0,17	0,43	0,54	0,32	0,51
647602	0,14	0,35	0,45	0,26	0,42
698498	0,11	0,28	0,35	0,20	0,33
725354	0,13	0,33	0,42	0,24	0,39
611400	0,10	0,26	0,32	0,19	0,30
730339	0,10	0,26	0,32	0,19	0,30
746124	0,18	0,46	0,58	0,33	0,54
657242	0,13	0,33	0,42	0,24	0,39
648574	0,17	0,43	0,55	0,32	0,51
575765	0,15	0,38	0,48	0,28	0,45
608178	0,12	0,31	0,39	0,22	0,36
656659	0,17	0,43	0,55	0,32	0,51
638506	0,08	0,21	0,26	0,15	0,24
702563	0,13	0,34	0,42	0,24	0,39
763063	0,16	0,41	0,52	0,30	0,48
744158	0,13	0,34	0,42	0,24	0,39
606619	0,15	0,39	0,49	0,28	0,45
594983	0,14	0,37	0,46	0,26	0,42
652955	0,15	0,39	0,49	0,28	0,46
651983	0,11	0,30	0,36	0,21	0,33
632882	0,11	0,30	0,37	0,21	0,34
615142	0,11	0,30	0,37	0,21	0,34
626063	0,14	0,38	0,47	0,26	0,43
558828	0,14	0,39	0,47	0,27	0,43
722971	0,16	0,44	0,54	0,30	0,49

Çizelge 4.2. NGC 6819 açık küme üyesi yıldızların Gaia ve Johnson V filtreleri için hesaplanan bolometrik düzeltmeleri

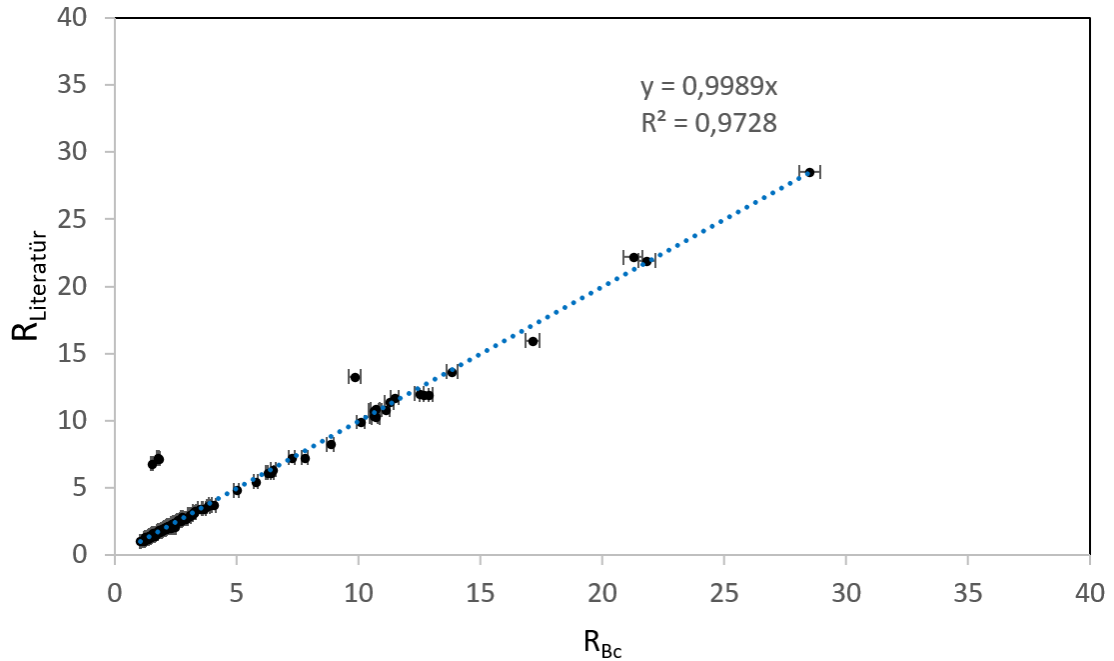
pgm2013	Te(Gaia)	BC _v	BC _g	BC _{bp}	BC _{rp}
670726	4500	-0,33	-0,04	-0,63	0,71
651311	4519	-0,27	-0,01	-0,56	0,71
560620	4539	-0,26	-0,01	-0,55	0,71
632982	4567	-0,25	-0,01	-0,54	0,71
505772	4569	-0,24	0,00	-0,52	0,70
647602	4623	-0,22	0,01	-0,50	0,70
698498	4681	-0,20	0,02	-0,47	0,70
725354	4688	-0,19	0,02	-0,46	0,70
611400	4692	-0,19	0,02	-0,46	0,70
730339	4709	-0,18	0,02	-0,46	0,70
746124	4710	-0,18	0,03	-0,45	0,70
657242	4731	-0,17	0,03	-0,44	0,70
648574	4739	-0,17	0,03	-0,44	0,70
575765	4744	-0,16	0,03	-0,44	0,70
608178	4779	-0,16	0,03	-0,43	0,69
656659	4790	-0,15	0,04	-0,42	0,69
638506	4839	-0,14	0,04	-0,40	0,69
702563	4865	-0,12	0,05	-0,39	0,69
763063	4882	-0,12	0,05	-0,38	0,69
744158	4890	-0,11	0,05	-0,37	0,68
606619	5041	-0,06	0,07	-0,31	0,67
594983	5061	-0,06	0,07	-0,31	0,67
652955	5208	-0,06	0,07	-0,31	0,67
651983	5471	0,02	0,10	-0,20	0,62
632882	5861	0,03	0,10	-0,19	0,61
615142	5887	0,08	0,11	-0,12	0,55
626063	5978	0,08	0,10	-0,12	0,55
558828	6105	0,08	0,10	-0,11	0,53
722971	6129	0,09	0,10	-0,09	0,51

Çizelge 4.3. NGC 6819 açık küme üyesi yıldızların hesaplanan ısıtma ve yarıçap değerleri (Güneş biriminde) hatalarıyla birlikte verilmektedir

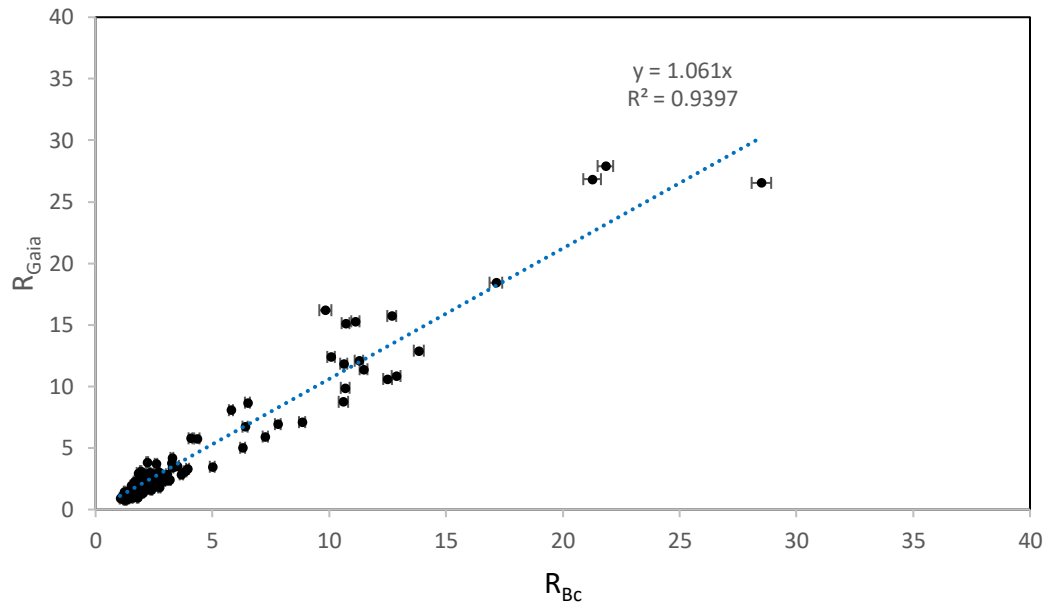
pgm2013	Teff	Teff(BC)	L (erg/s)	R (BC)	R(Ort)	R(Gaia)
670726	4500	4567	4,20E+28	17,1±0,3	16,0	18,4
651311	4519	4595	1,20E+29	28,5±0,4	28,5	26,5
560620	4539	4527	2,80E+28	13,8±0,2	13,6	12,9
632982	4567	4610	2,30E+28	12,5±0,2	12,0	10,6
505772	4569	4567	2,40E+28	12,7±0,2	11,9	15,7
647602	4623	4648	1,90E+28	11,1±0,2	10,8	15,3
698498	4681	4643	2,10E+28	11,3±0,2	11,4	12,1
725354	4688	4676	1,70E+28	10,1±0,2	9,9	12,4
611400	4692	4562	1,90E+28	10,6±0,2	10,8	8,8
730339	4709	4613	1,90E+28	10,7±0,2	10,9	9,9
746124	4710	4865	2,80E+28	12,9±0,2	11,9	10,9
657242	4731	4739	2,30E+28	11,5±0,2	11,7	11,4
648574	4739	4825	1,10E+28	7,8±0,1	7,2	6,9
575765	4744	4754	2,00E+28	10,7±0,2	10,2	15,1
608178	4779	4752	9,50E+27	7,3±0,1	7,2	5,9
656659	4790	4884	1,40E+28	8,8±0,1	8,3	7,1
638506	4839	4714	8,50E+28	21,3±0,4	22,2	26,8
702563	4865	4854	8,20E+27	6,5±0,1	6,3	8,7
763063	4882	4913	6,60E+27	5,8±0,1	5,5	8,1
744158	4890	4872	7,80E+27	6,3±0,1	6,1	5,0
606619	5041	5068	3,50E+27	3,9±0,1	3,8	3,3
594983	5061	4999	9,30E+27	6,4±0,1	6,1	6,7
652955	5208	5141	4,20E+27	4,1±0,1	3,7	5,8
651983	5471	5331	3,30E+27	3,3±0,1	3,3	3,4
632882	5861	5602	4,30E+27	3,2±0,1	3,2	3,8
615142	5887	5635	5,10E+27	3,5±0,1	3,5	3,5
626063	5978	5748	5,90E+27	3,7±0,1	3,5	2,9
558828	6105	5899	4,70E+27	3,1±0,1	3,0	2,4
722971	6129	5891	9,80E+26	1,4±0,1	1,3	1,0

5. SONUÇLAR

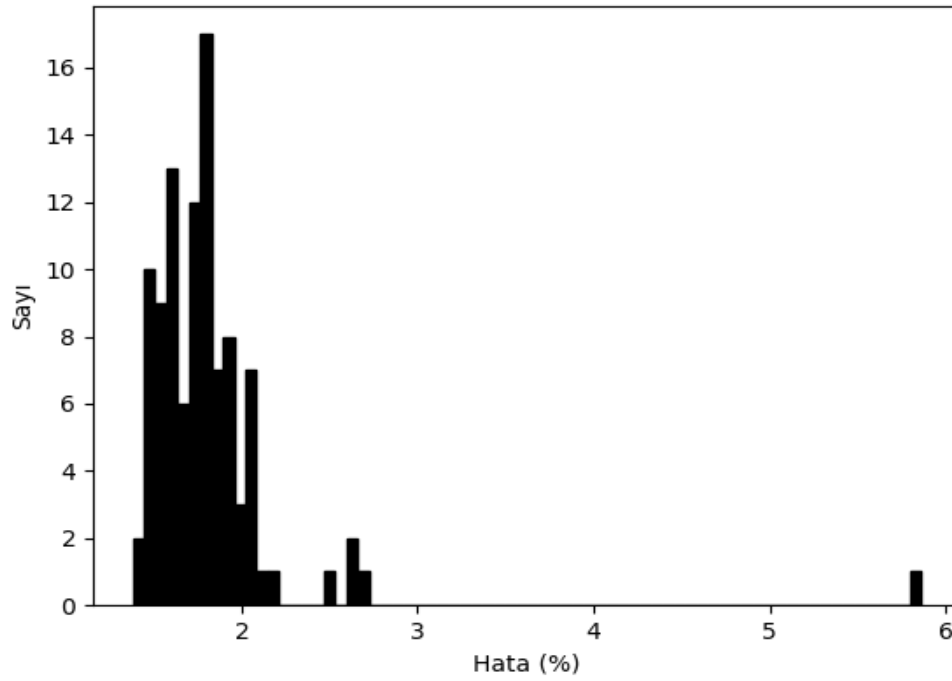
NGC 6819 açık kümesine üye 205 yıldızın SED analizleri ve BC yöntemi kullanılarak elde edilen yarıçaplarının renk-renk diyagramları kullanılarak elde edilen yarıçaplarla karşılaştırılması Şekil 5.1’de ve Gaia uydusu tarafından verilen yarıçaplarla karşılaştırılması Şekil 5.2’de verilmektedir. Farklı yöntemlerle elde edilen yarıçap değerlerinin karşılaştırılması sonucu, elde edilen grafiklerin eğimi, yöntemlerin uyumlu ve tutarlı sonuçlar verdiğini göstermektedir. Şekil 5.3’da ise BC yöntemi ile belirlenen yarıçapların yüzde hatalarının histogram grafiği verilmektedir. Yıldız yarıçaplarının hata dağılımı incelendiğinde, hataların büyük çoğunluğunun %2’nin altında olduğu görülmektedir. En sık rastlanan hata oranı yaklaşık %1.7 civarındadır. Bu durum, yarıçap hesaplamalarının genel olarak yüksek hassasiyete sahip olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, %5’in üzerinde gözlemlenen birkaç büyük değer ölçüm belirsizliklerine işaret etmektedir. Bu yüksek hata değerleri, gözlem koşulları ya da yıldızların fiziksel özelliklerinden kaynaklanıyor olabilir. Bu durum bu yöntem ile yarıçap belirlemenin güvenilir bir yöntem olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla, bu yeni yöntem diğer açık kümelerdeki yıldızların önemli parametrelerinden olan yarıçapların hesaplanmasında kullanışlı bir yöntem olacaktır. Şekil 5.4’te ise Gaia parlaklıklarını kullanılarak elde edilen etkin sıcaklıkların (Bakış ve Eker, 2022) literatürde Lee-Brown vd. (2015) tarafından verilen etkin sıcaklıklar ile uyumu verilmektedir. Dolayısıyla bu yöntem, fotometrik yöntemle etkin sıcaklığın belirlenebilmesi açısından da alternatif ve kullanışlı bir yöntem olur.



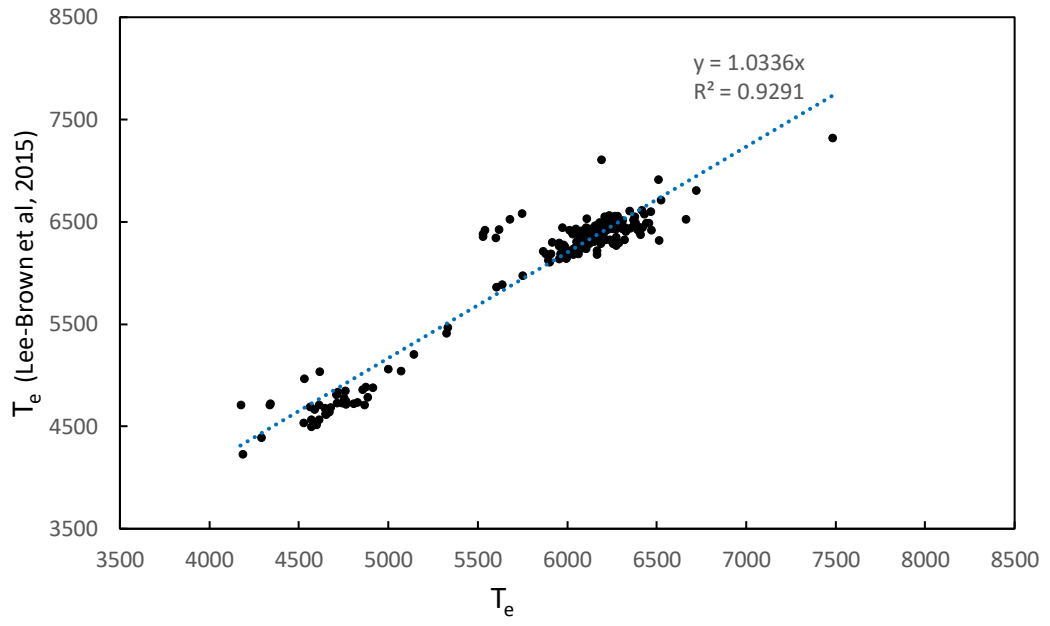
Şekil 5.1. SED modellemesi ve BC yöntemi ile elde edilen yarıçap değerleri ile renk-renk diyagramları kullanılarak elde edilen yarıçaplar arasındaki ilişki



Şekil 5.2. SED modellemesi ve BC yöntemi ile elde edilen yarıçap değerleri ile Gaia Dr3 kataloğundan alınan yarıçaplar arasındaki ilişkisi



Şekil 5.3. BC yöntemi ile hesaplanan yıldız yarıçaplarının yüzde hataları



Şekil 5.4. Bakış ve Eker (2022) tarafından verilen renk- sıcaklık ilişkisinden elde edilen etkin sıcaklık değerleri ile literatürde Lee-Brown vd. (2015) tarafından verilen sıcaklıklar arasındaki ilişkisi

6. KAYNAKLAR

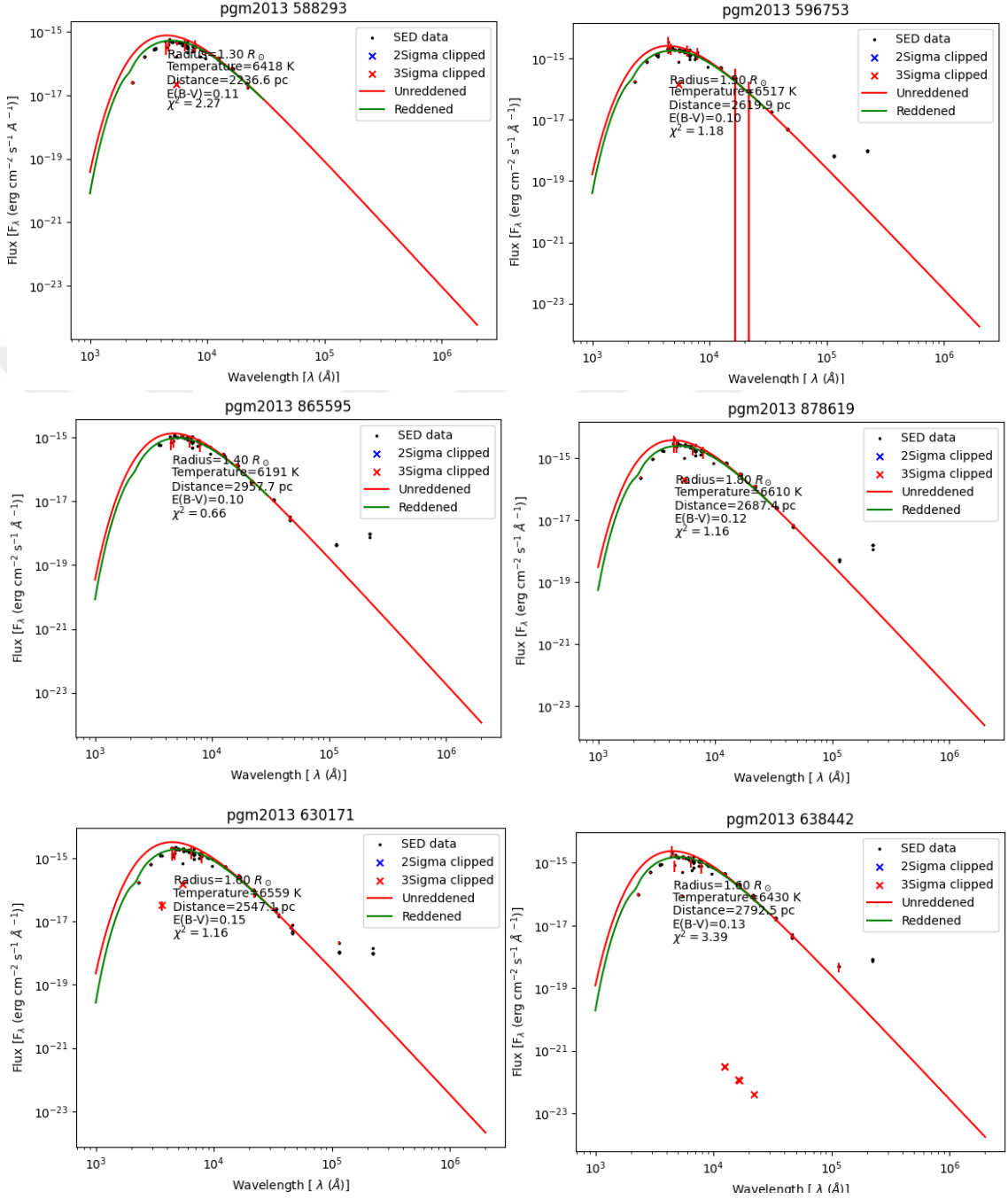
- Adams, J. D., Stauffer, J. R., Skrutskie, M. F., Monet, D. G., Portegies Zwart, S. F., Beichman, C. A. 2001. The Mass Function and Structure of the Praesepe Cluster: Additional Proper Motion Candidates. *Bulletin of the American Astronomical Society*, Vol. 33, p.1387.
- Ak, T., Bostancı, Z. F., Yontan, T., Bilir, S., Güver, T., Ak, S., Ürgüp, H., Paunzen, E. 2016. CCD UBV Photometry Of The Open Cluster NGC 6819. *Astrophysics and Space Science*, Volume 361, article id.126, pp. 14.
- Ashman ve Zepf. 1992. Globular Clusters, Mergers, and Galaxy Evolution. *Bulletin of the American Astronomical Society*. Vol. 24, p.1186
- Assmann, P., Fellhauer, M., Kroupa, P., Brüns, R. C., Smith, R. 2011. Popping Star Clusters as Building Blocks of the Milky Way's Thick disc. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Volume 415, Issue 2, pp. 1280-1289.
- Bakış ve Eker 2022. A Method of Improving Standard Stellar Luminosities with Multiband Standard Bolometric Corrections. *Acta Astronomica*, vol 72, no 3, p. 195-232.
- Baumgardt, H., Kroupa, P., Parmentier, G. 2008. The Influence Of Residual Gas Expulsion On The Evolution Of The Galactic Globular Cluster System And The Origin Of The Population II Halo. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. Volume 384, Issue 3, pp. 1231-1241.
- Basu vd. 2011. Sounding Open Clusters: Asteroseismic Constraints from Kepler on the Properties of NGC 6791 and NGC 6819. *The Astrophysical Journal Letters*, Volume 729, Issue 1, article id. L10, pp. 6.
- Bica ve Bonatto. 2005. Properties Of Five Low-Contrast Open Clusters In The Third Quadrant. *Astronomy and Astrophysics*, Volume 443, Issue 2, November IV 2005, pp.465-475.
- Binney, J., Tremaine, S., Freeman, K. 2009. Galactic Dynamics. *Physics Today*, vol. 62, issue 5, p. 56.
- Bonatto ve Bica. 2007. FSR 584 - A New Globular Cluster In The Galaxy? *Astronomy and Astrophysics*, Volume 472, Issue 2, September III 2007, pp.483-488.
- Bostancı Z. F. vd. 2015. A comprehensive Study Of The Open Cluster NGC 6866. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Volume 453, Issue 1, p.1095-1107.
- Borucki W. J. 2011. VizieR Online Data Catalog: Kepler planetary candidates. II. (Borucki+, 2011); VizieR On-line Data Catalog: J/ApJ/736/19.
- Brodie ve Strader. 2006. Extragalactic Globular Clusters and Galaxy Formation. *Annual Review of Astronomy & Astrophysics*, vol. 44, Issue 1, pp.193-267.
- Cole, D. R., Dehnen, W., Read, J. I., Wilkinson, M. I. 2012. The Mass Distribution Of The Fornax Dsph: Constraints From Its Globular Cluster Distribution. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Volume 426, Issue 1, pp. 601-613.

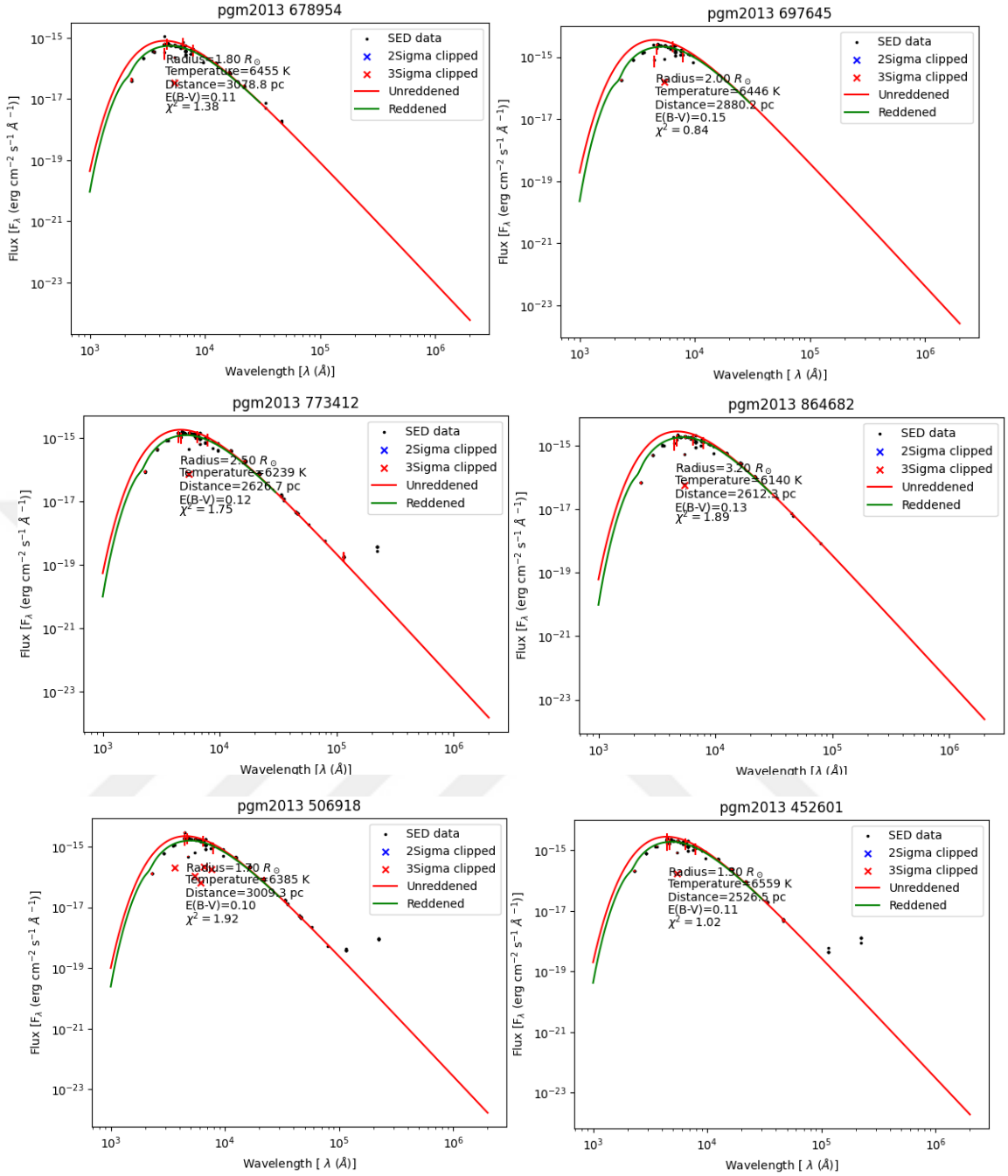
- Corsaro E. vd. 2012. Asteroseismology of the Open Clusters NGC 6791, NGC 6811, and NGC 6819 from 19 Months of Kepler Photometry. *The Astrophysical Journal*, Volume 757, Issue 2, article id. 190, 13 pp.
- Friel. 1995 The Old Open Clusters Of The Milky Way. *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, Volume 33, 1995, pp. 381-414.
- Giersz, M., Leigh, N., Hypki, A., Lützgendorf, N., Askar, A. 2015. MOCCA Code For Star Cluster Simulations - IV. A New Scenario For Intermediate Mass Black Hole Formation In Globular Clusters. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Volume 454, Issue 3, p.3150-3165.
- Gosnell, N. M., Pooley, D., Geller, A. M., Kalirai, J., Mathieu, R. D., Frinchaboy, P., Ramirez-Ruiz, E. 2012. An Unexpected Discovery in the Rich Open Cluster NGC 6819 Using XMM-Newton. *The Astrophysical Journal*, Volume 745, Issue 1, article id. 57, pp. 13.
- Hasani Zonoozi. 2016. Stellar Population Synthesis Models With A Physically Varying IMF. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Volume 537, Issue 3, pp.2782-2797.
- Hekker vd. 2011. Asteroseismic Inferences On Red Giants In Open Clusters NGC 6791, NGC 6819, and NGC 6811 Using Kepler. *Astronomy & Astrophysics*, Volume 530, id.A100, pp. 9.
- Johnson H.L., Mitchell R.I., Iriarte B. 1962. The Color-Magnitude Diagram of the Hyades Cluster. *Astrophysical Journal*, vol. 136, p.75
- Krauss ve Chaboyer. 2003. Age Estimates of Globular Clusters in the Milky Way: Constraints on Cosmology. *Science*, Volume 299, Issue 5603, pp. 65-70.
- Krone-Martins ve Moitinho. 2014. UPMASK: Unsupervised Photometric Membership Assignment In Stellar Clusters. *Astronomy & Astrophysics*, Volume 561, id.A57, pp.12.
- Kroupa. 2005. The Fundamental Building Blocks of Galaxies, "Proceedings of the Gaia Symposium "The Three-Dimensional Universe with Gaia" (ESA SP-576). Held at the Observatoire de Paris-Meudon. 4-7 October 2004. p.629.
- Kroupa ve Weidner. 2003. Galactic-Field Initial Mass Functions Of Massive Stars. *The Astrophysical Journal*, Volume 598, Issue 2, pp. 1076-1078.
- Lee-Brown, D. B., Anthony-Twarog, B. J., Deliyannis, C. P., Rich, E., Twarog, B. A. 2015. Spectroscopic Abundances in the Open Cluster NGC 6819. *The Astronomical Journal*, Volume 149, Issue 4, article id. 121, pp. 9.
- McKee ve Ostriker. 2007. Theory of Star Formation. *Annual Review of Astronomy & Astrophysics*, vol. 45, Issue 1, pp.565-687.
- Miglio vd. 2012. Asteroseismology Of Old Open Clusters With Kepler: Direct Estimate Of The Integrated Red Giant Branch Mass-Loss In NGC 6791 and 6819. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Volume 419, Issue 3, pp. 2077-2088.
- Parker ve Goodwin. 2007. Solar Wind Effects of a Persistent, High Latitude Coronal Brightness Enhancement. American Geophysical Union, Fall Meeting 2007, abstract id.SH53A-1074.

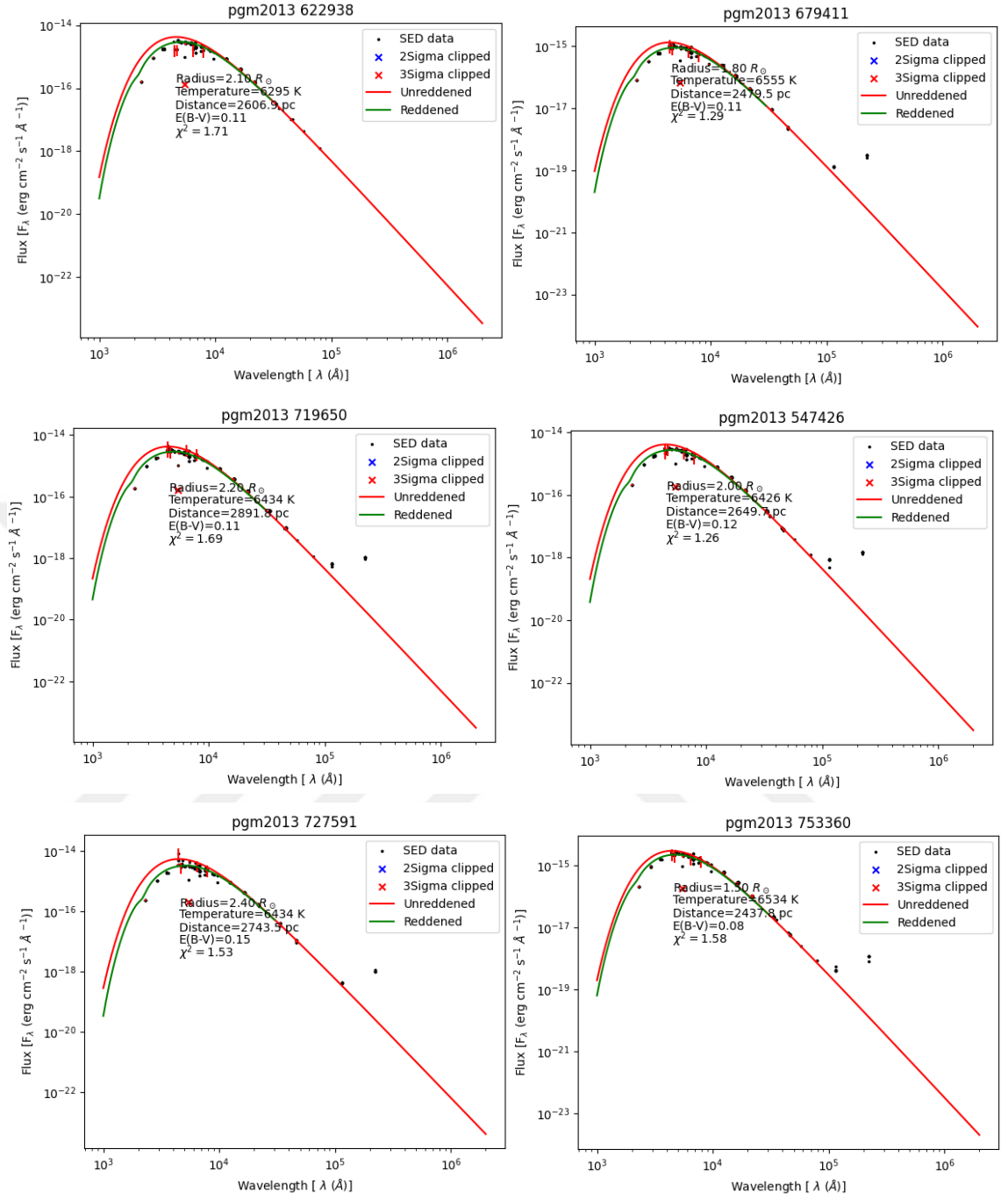
- Piskunov, A. E., Schilbach, E., Kharchenko, N. V., Röser, S., Scholz, R. -D. 2007. Towards absolute scales for the radii and masses of open clusters. *Astronomy and Astrophysics*, Volume 468, Issue 1, June II 2007, pp.151-161.
- Sandquist vd. 2013. A Long-period Totally Eclipsing Binary Star at the Turnoff of the Open Cluster NGC 6819 Discovered with Kepler. *The Astrophysical Journal*, Volume 762, Issue 1, article id. 58, pp. 14.
- Sarro, L. M., Bouy, H., Berihuete, A., Bertin, E., Moraux, E., Bouvier, J., Cuillandre, J. - C., Barrado, D., Solano, E. 2014. Cluster Membership Probabilities From Proper Motions And Multi-Wavelength Photometric Catalogues. I. Method And Application To The Pleiades Cluster. *Astronomy & Astrophysics*, Volume 563, id.A45, pp 14.
- Schmeja. 2011. Identifying Star Clusters In A Field: A Comparison Of Different Algorithms. *Astronomische Nachrichten*, Vol.332, Issue 2, p.172.
- Searle ve Zinn. 1978. Composition Of Halo Clusters And The Formation Of The Galactic Halo. *Astrophysical Journal*, Vol. 225, p. 357-379.
- Stello vd. 2011. An Asteroseismic Membership Study of the Red Giants in Three Open Clusters Observed by Kepler: NGC 6791, NGC 6819, and NGC 6811. *The Astrophysical Journal*, Volume 739, Issue 1, article id. 13, pp. 13.
- Street, R. A., Horne, K., Lister, T. A., Penny, A., Tsapras, Y., Quirrenbach, A., Safizadeh, N., Cooke, J., Mitchell, D., Collier Cameron, A. 2005. Variable Stars In The Field Of Open Cluster NGC 6819 -II . *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Volume 358, Issue 3, pp. 795-812.
- Talamantes, A., Sandquist, E. L., Clem, J. L., Robb, R. M., Balam, D. D., Shetrone, M. 2010. Bright Variable Stars In NGC 6819: An Open Cluster in The Kepler Field. *The Astronomical Journal*, Volume 140, Issue 5, pp. 1268-1281.
- Wu, T., Li, Y., Hekker, S. 2014. Asteroseismic Study on Cluster Distance Moduli for Red Giant Branch Stars in NGC 6791 and NGC 6819. *The Astrophysical Journal*, Volume 786, Issue 1, article id. 10, pp. 10.
- Yontan, T., Bilir, S., Bostancı, Z. F., Ak, T., Karaali, S., Güver, T., Ak, S., Duran, Ş., Paunzen, E. 2015. CCD UBVRI Photometry of NGC 6811. *Astrophysics and Space Science*, Volume 355, Issue 2, pp. 267-281.

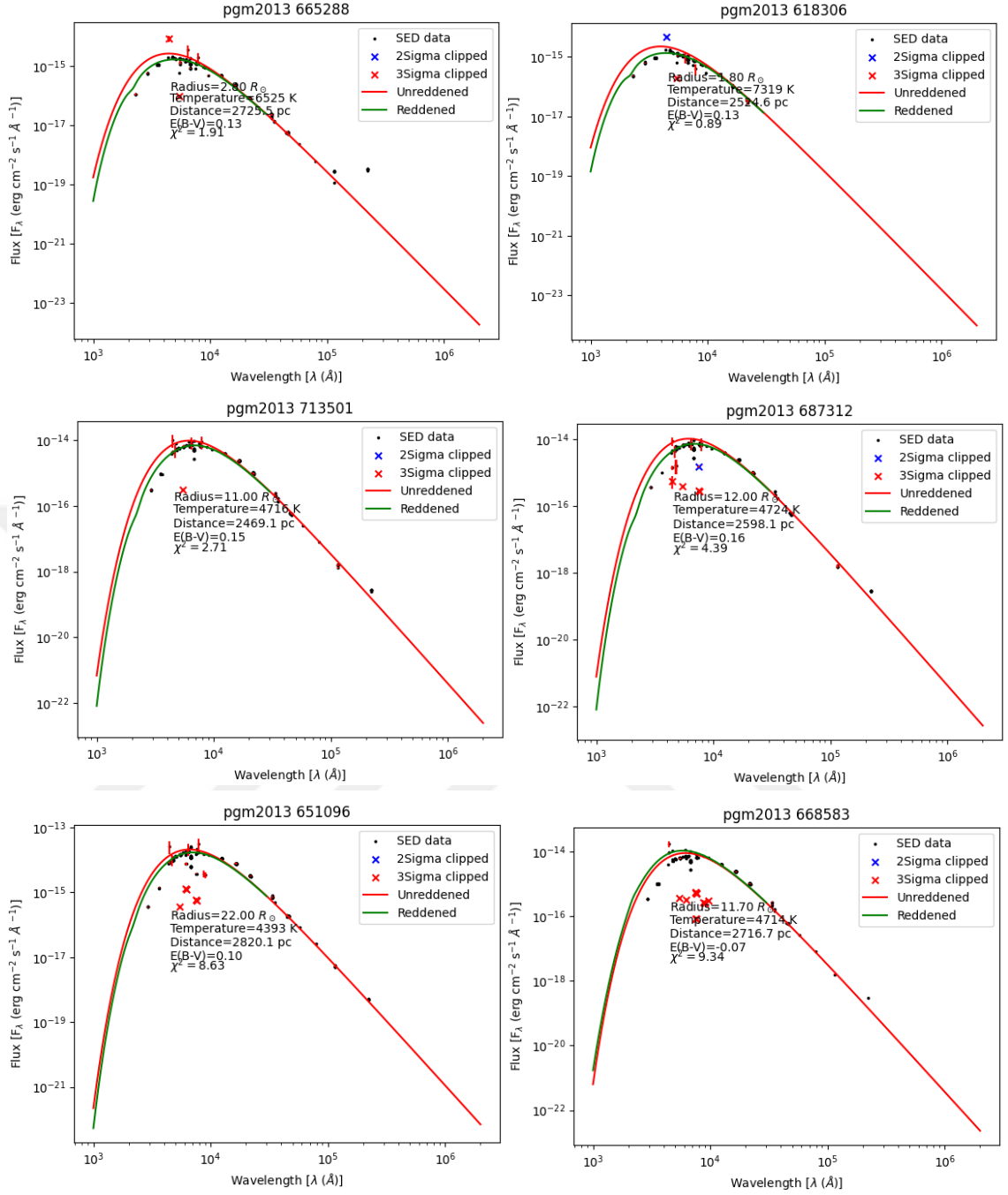
7. EKLER

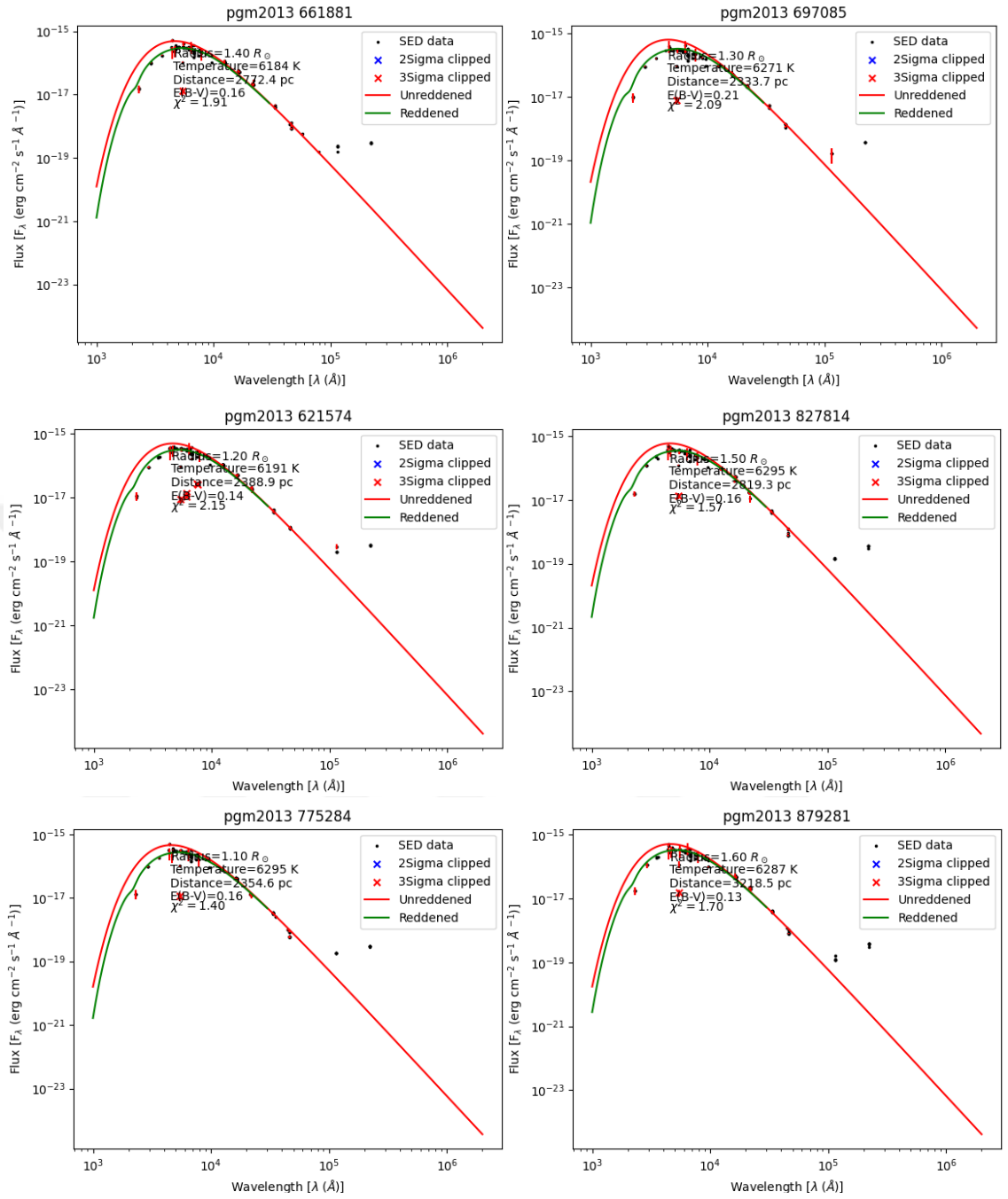
EK 1. Tez kapsamında NGC 6819 açık kümesine üye yıldızların SED modellerini gösteren şekiller

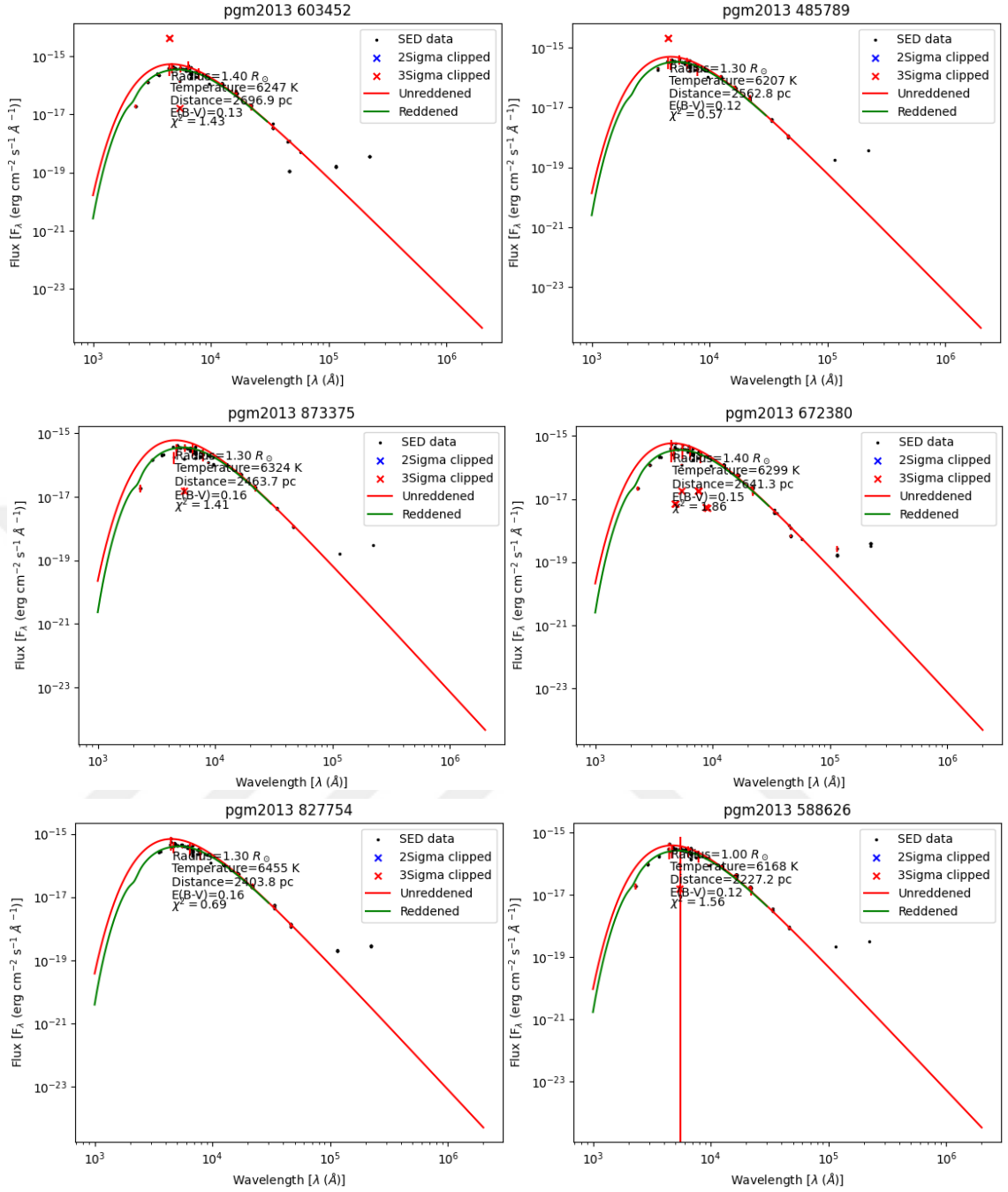


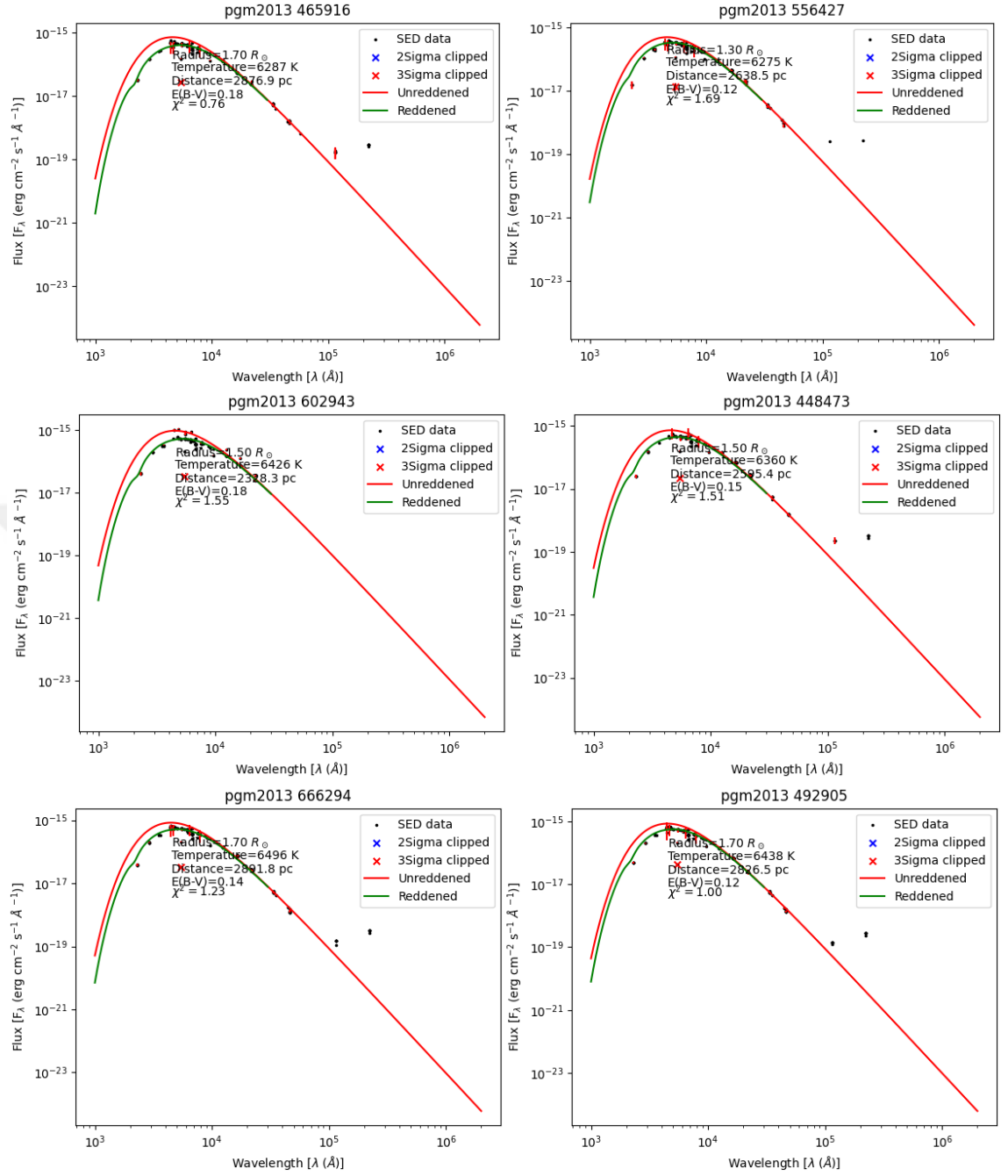


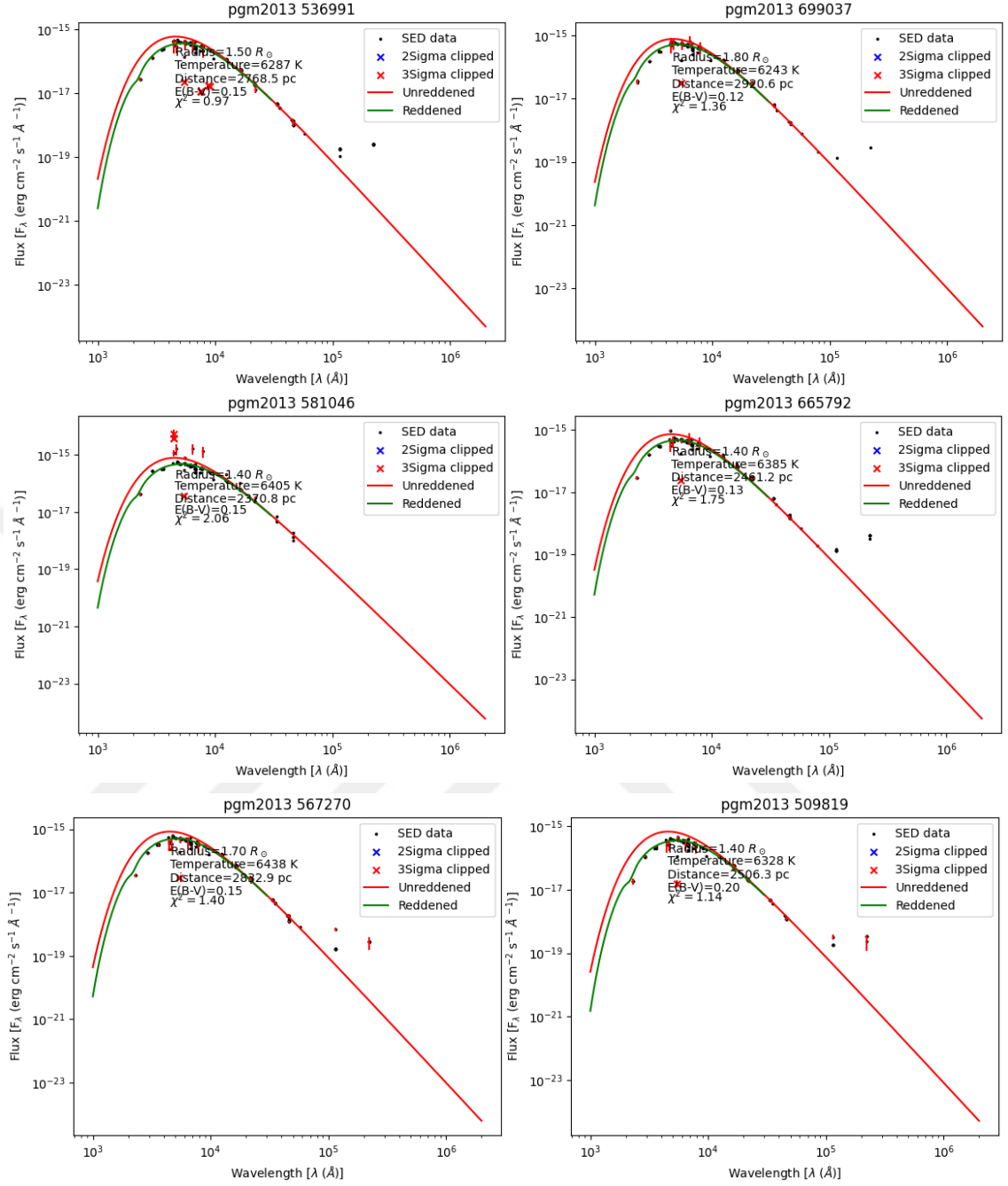


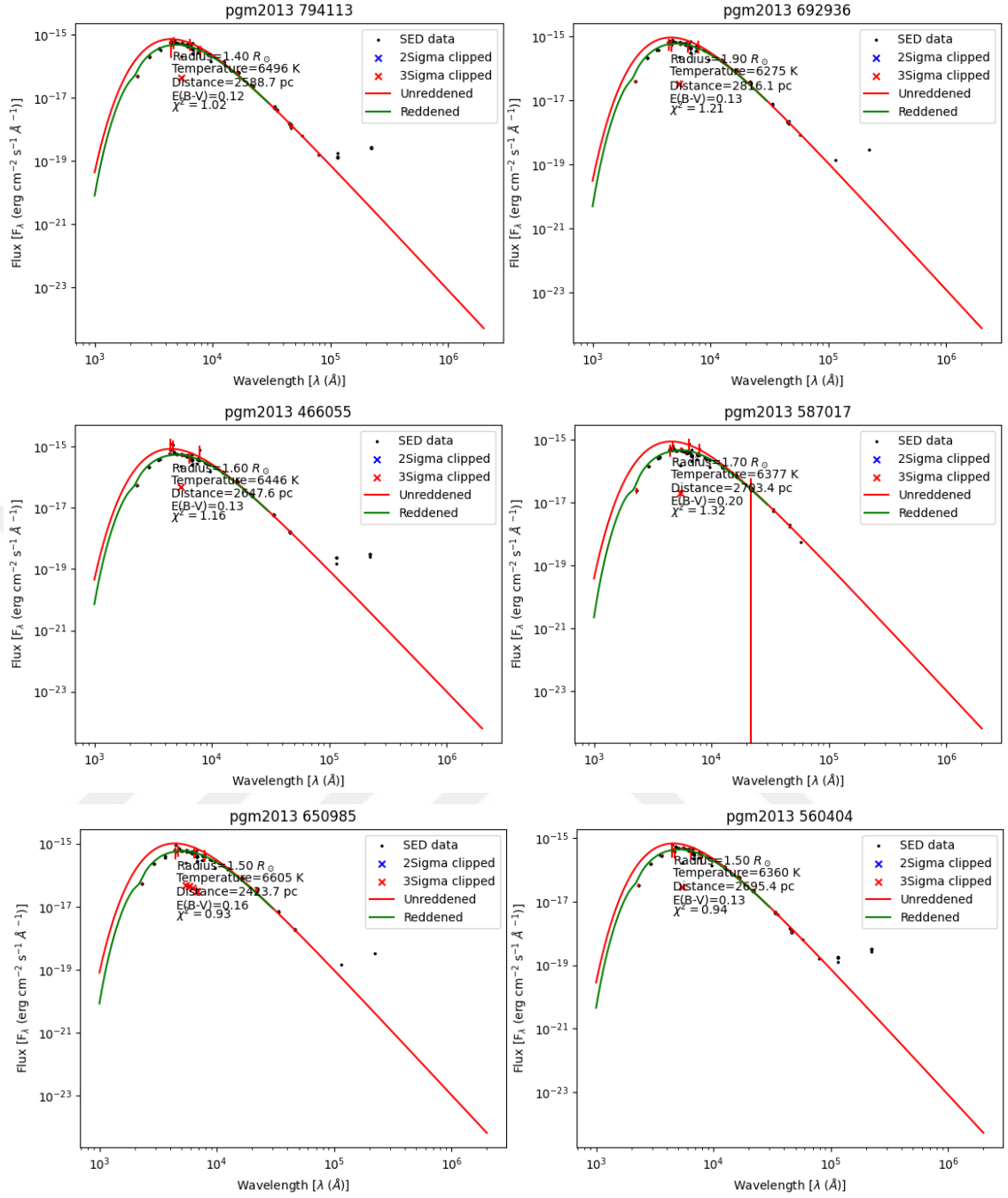


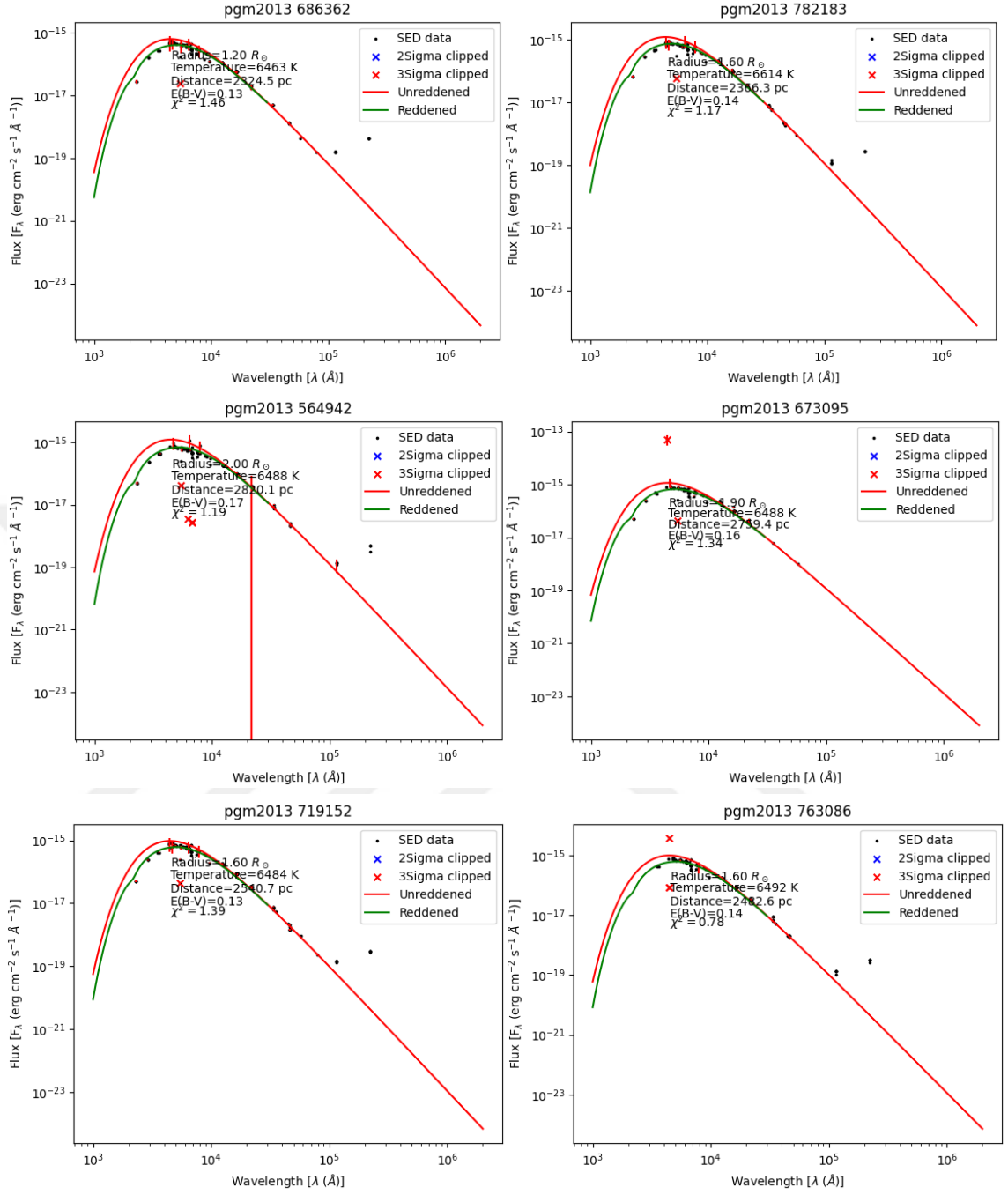


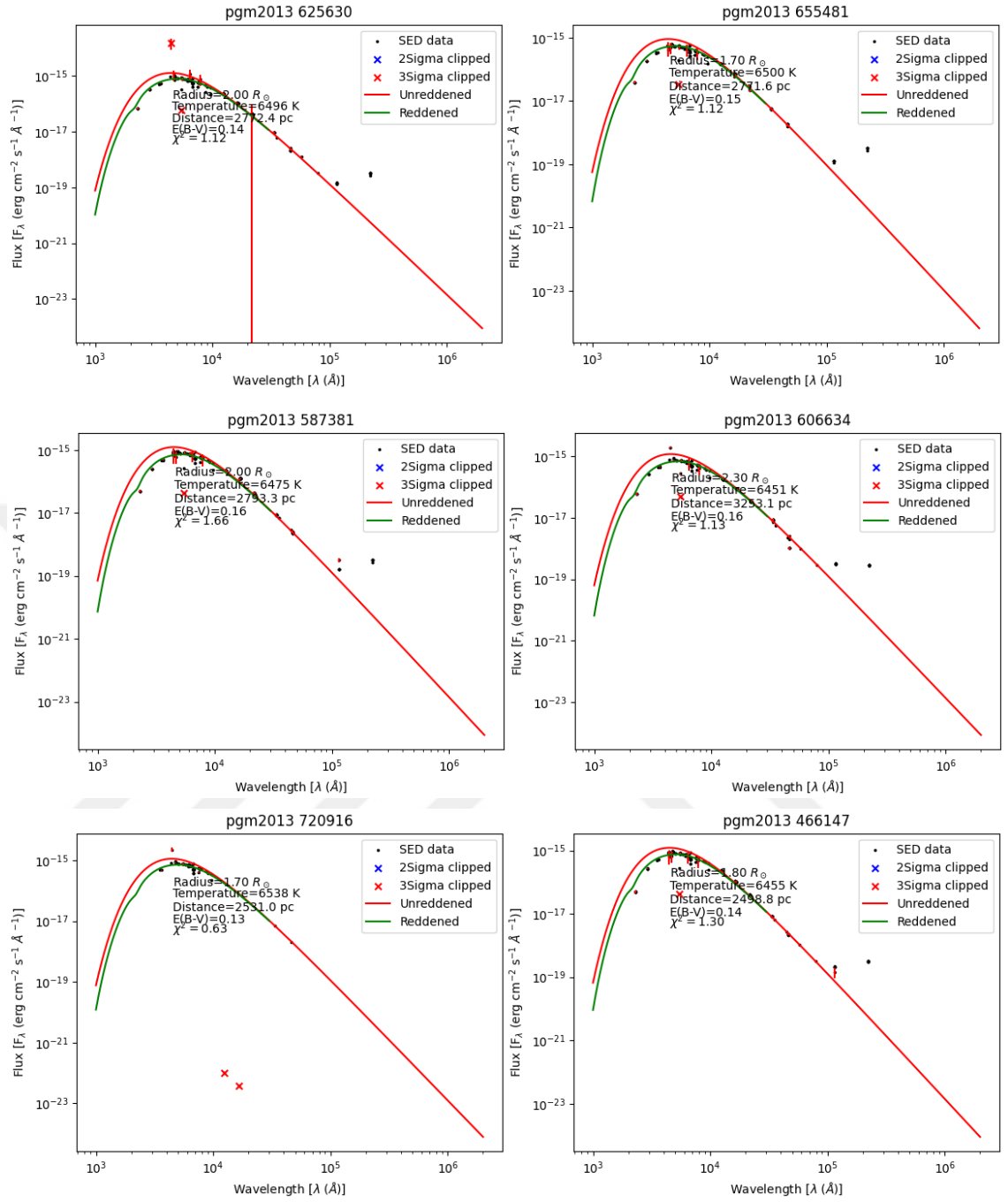


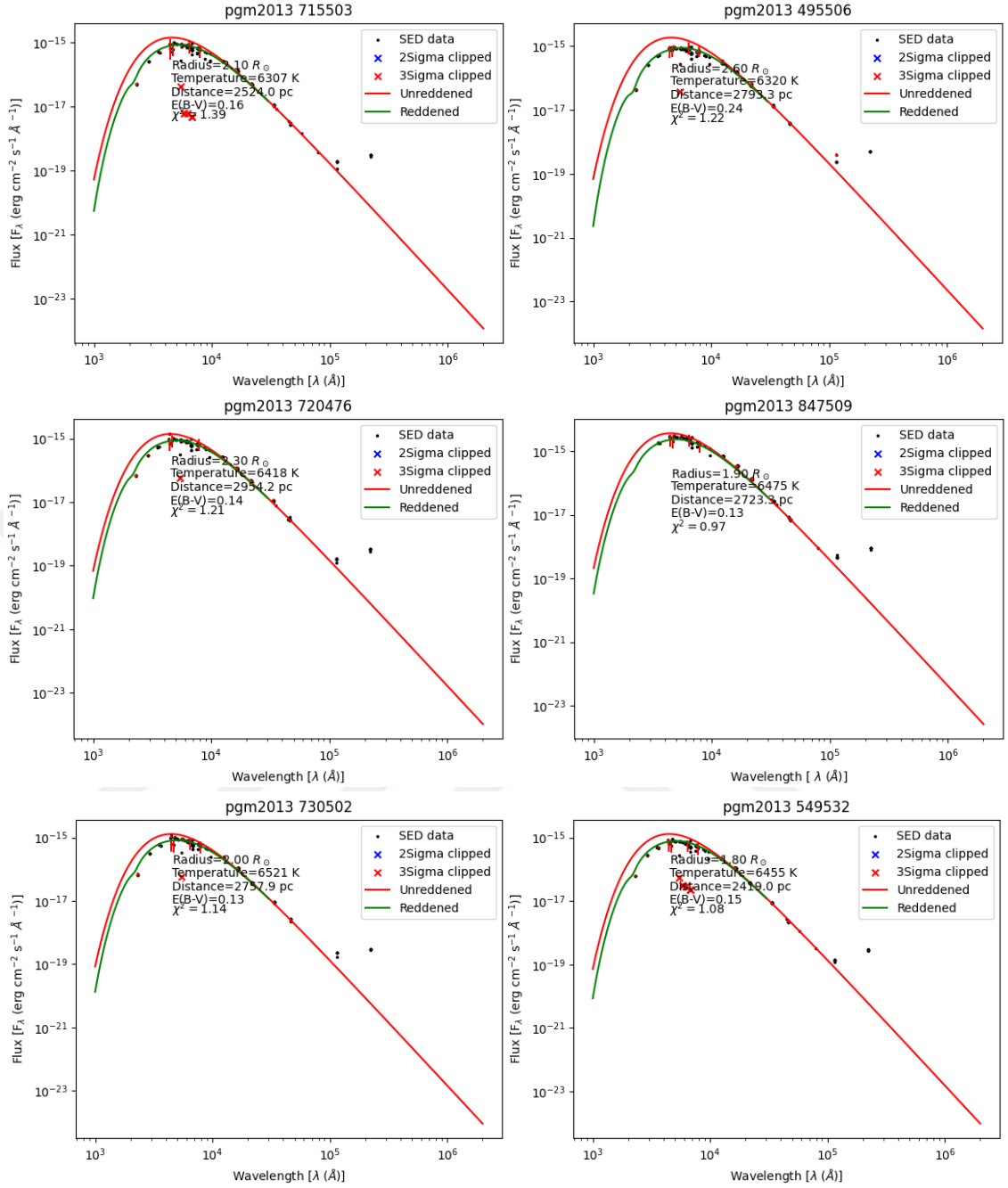


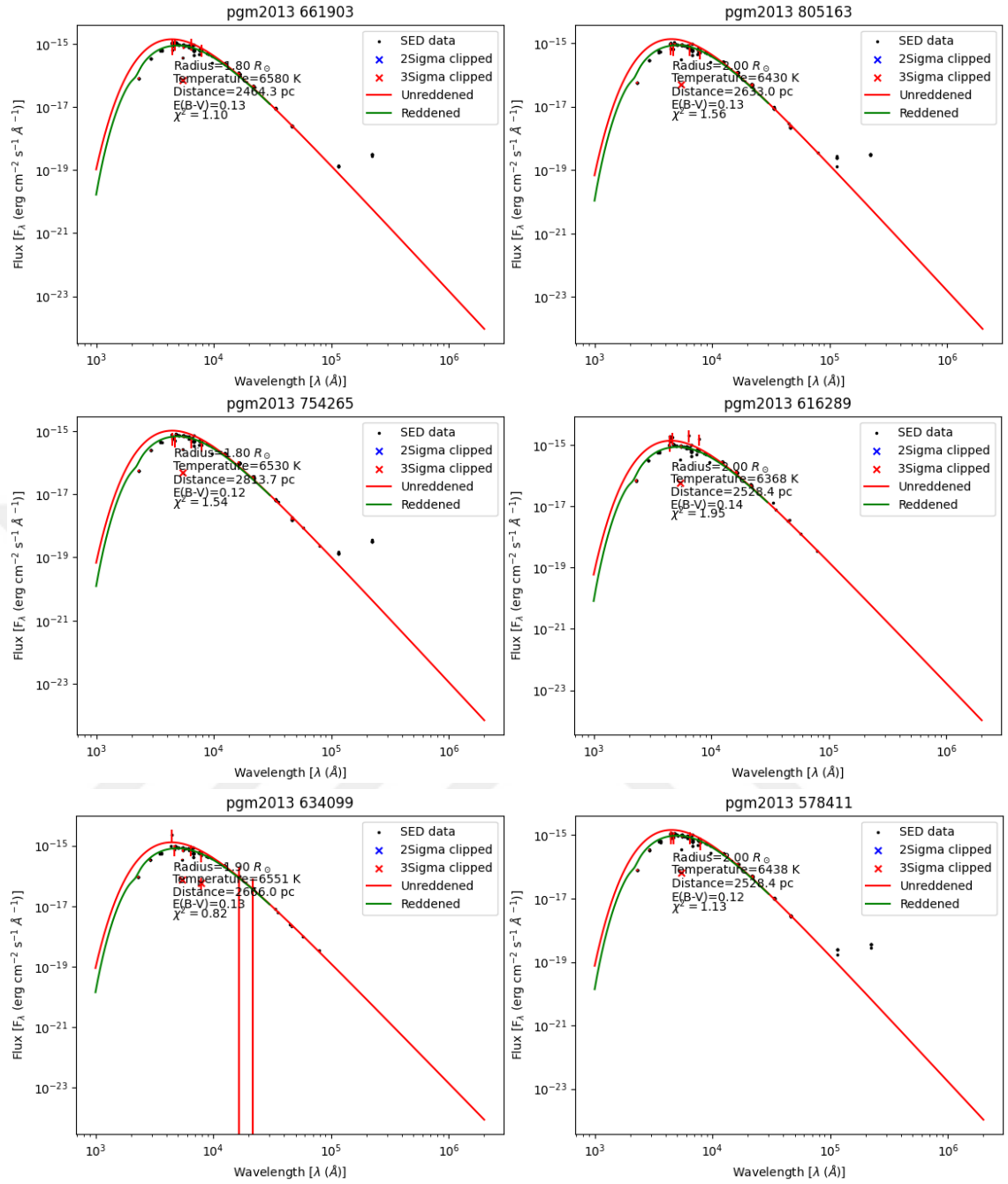


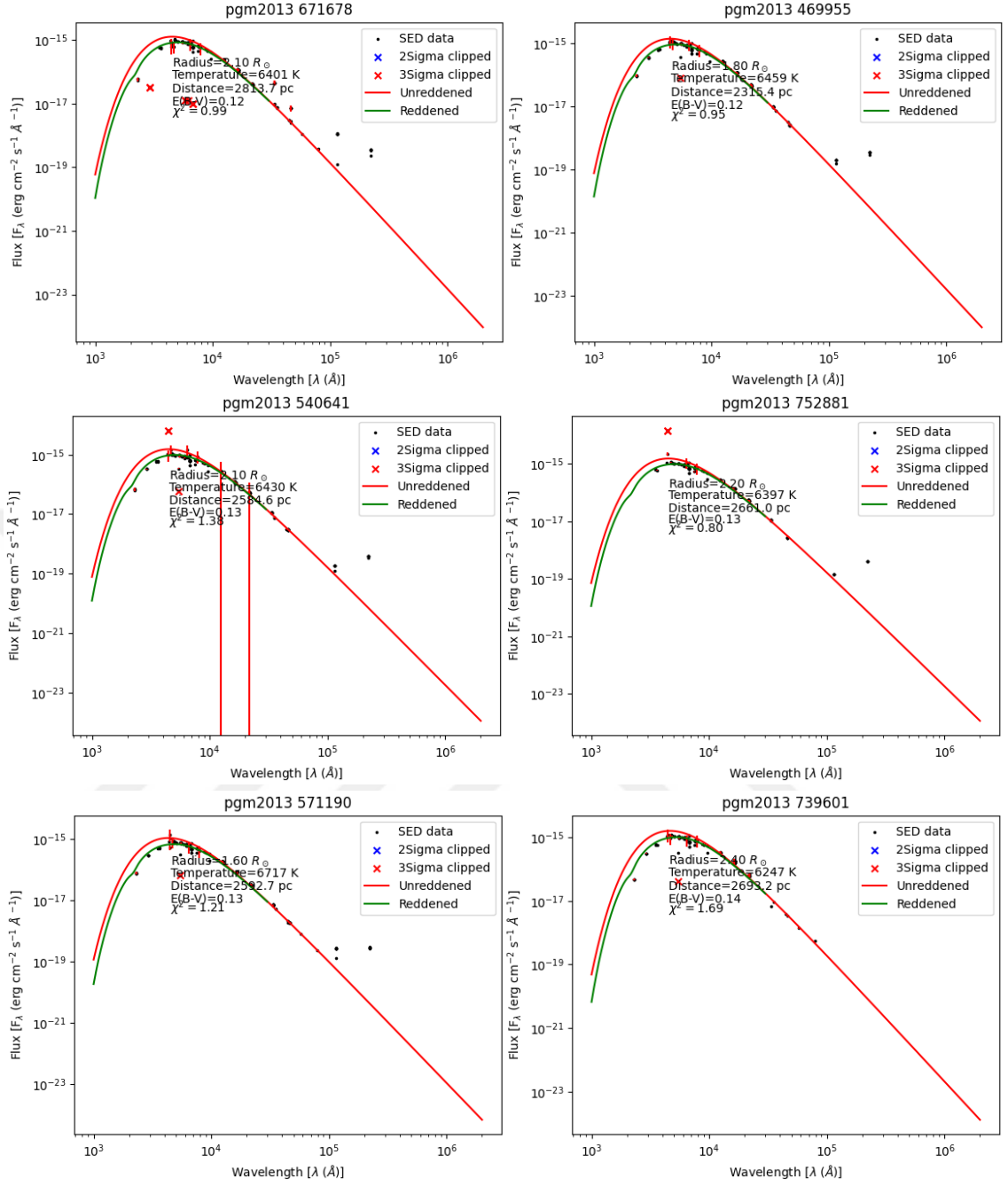


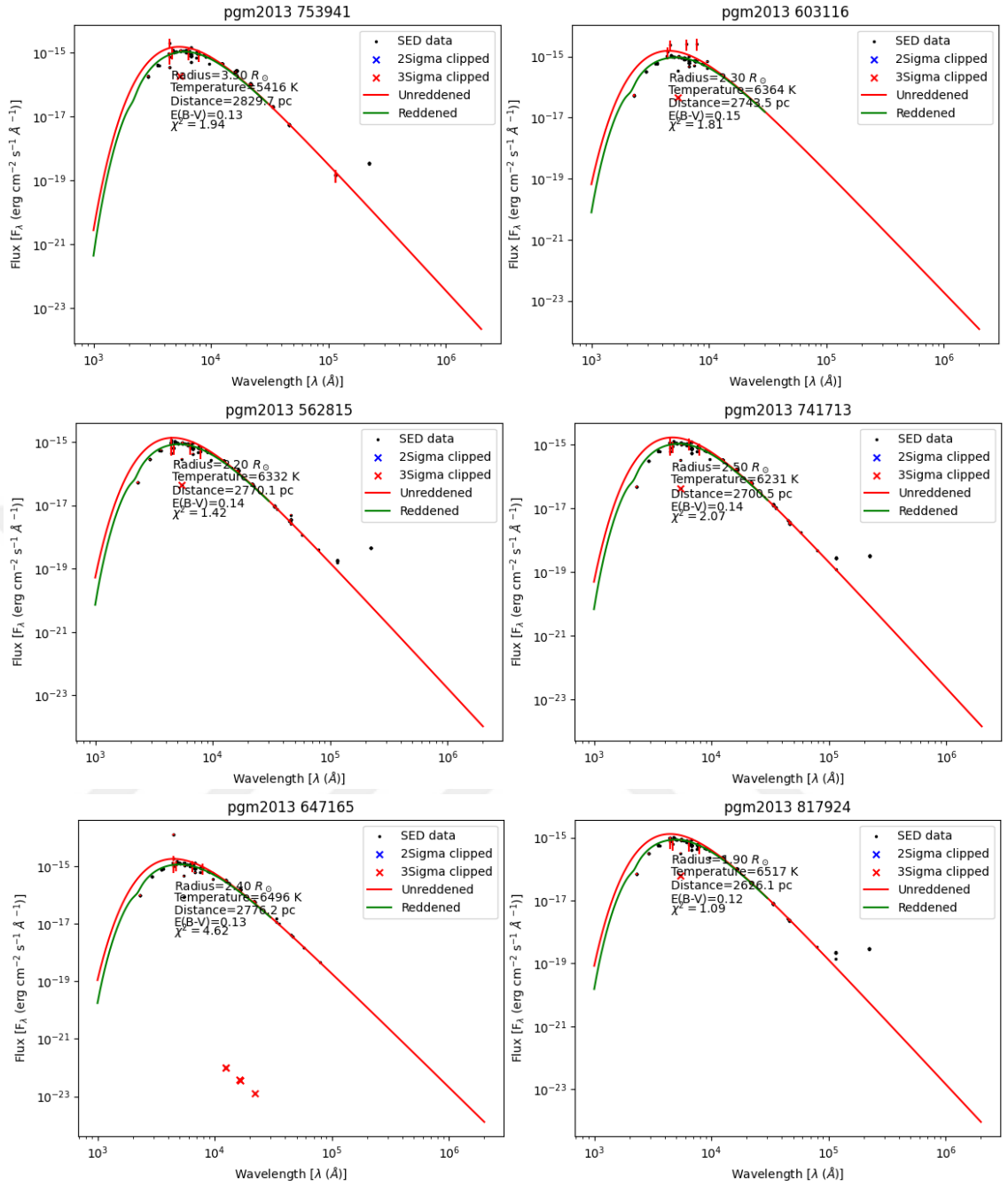


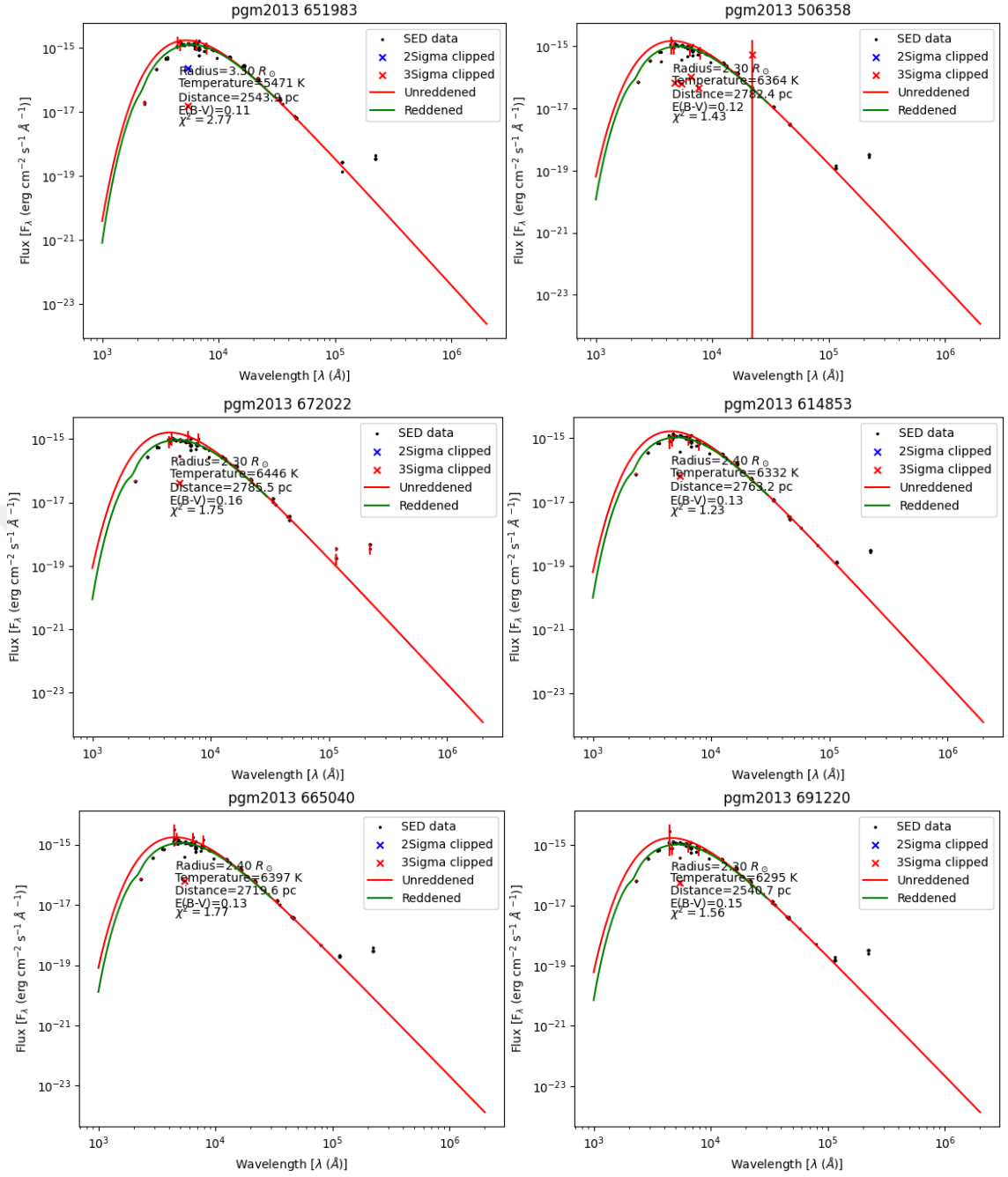


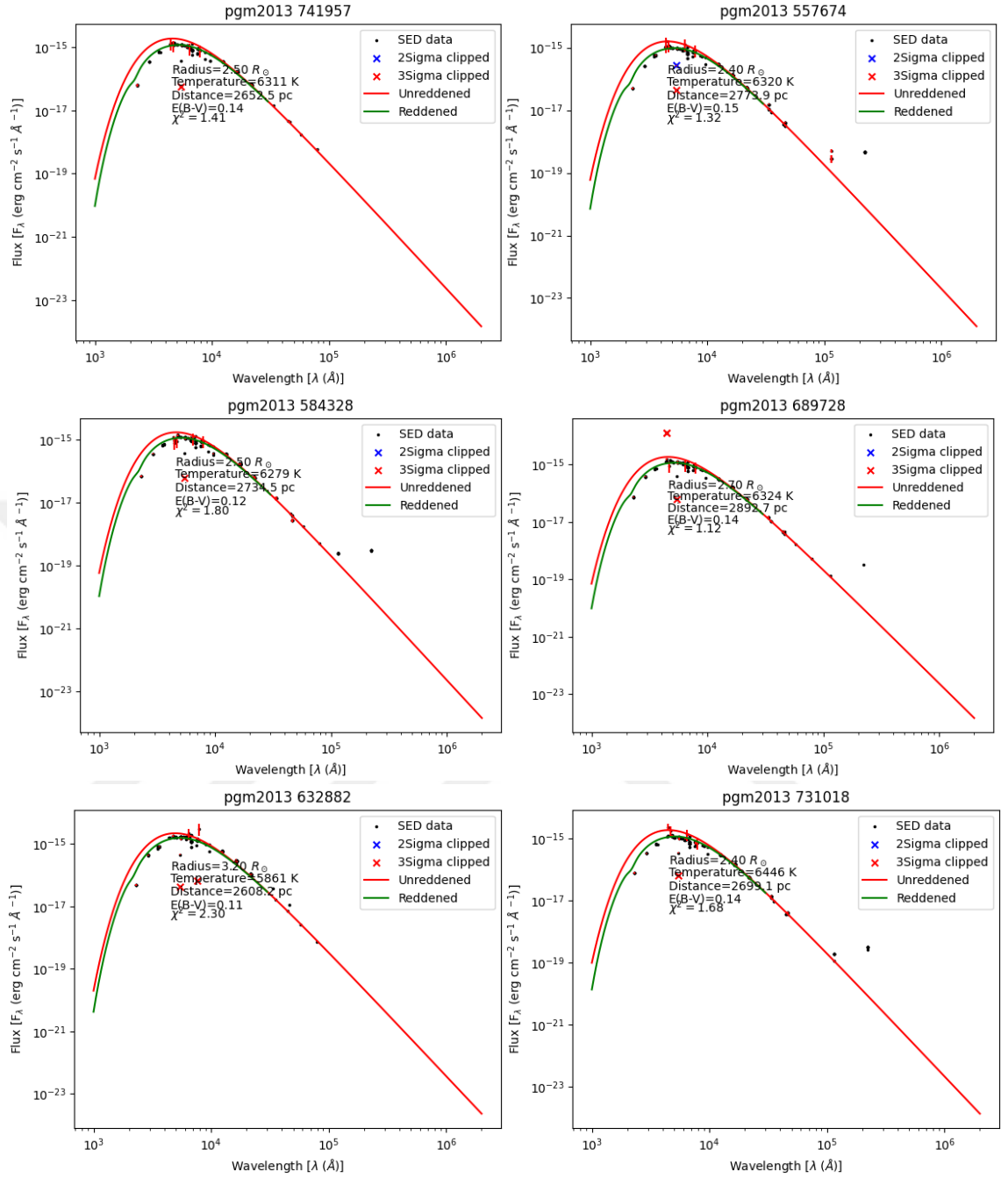


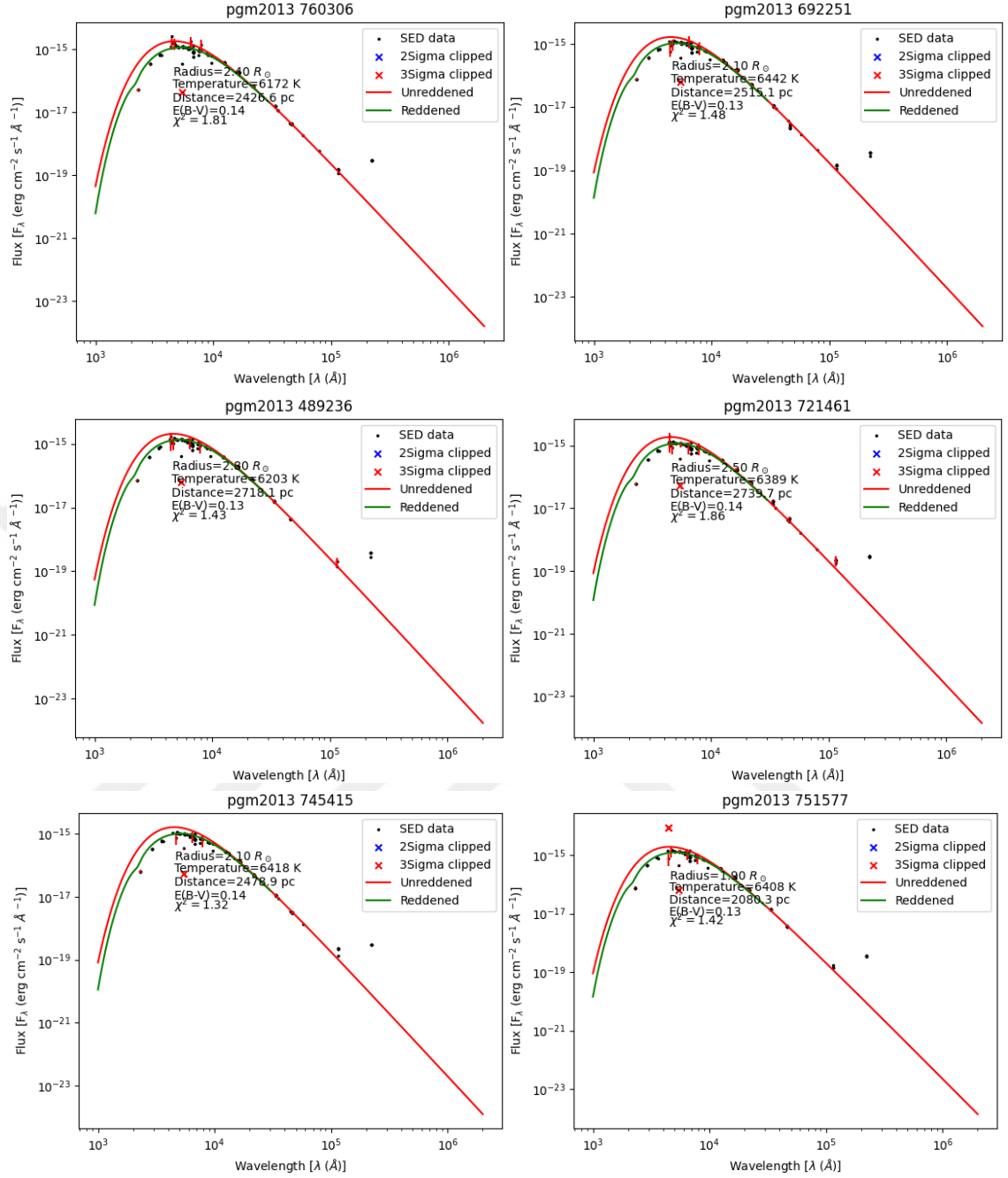


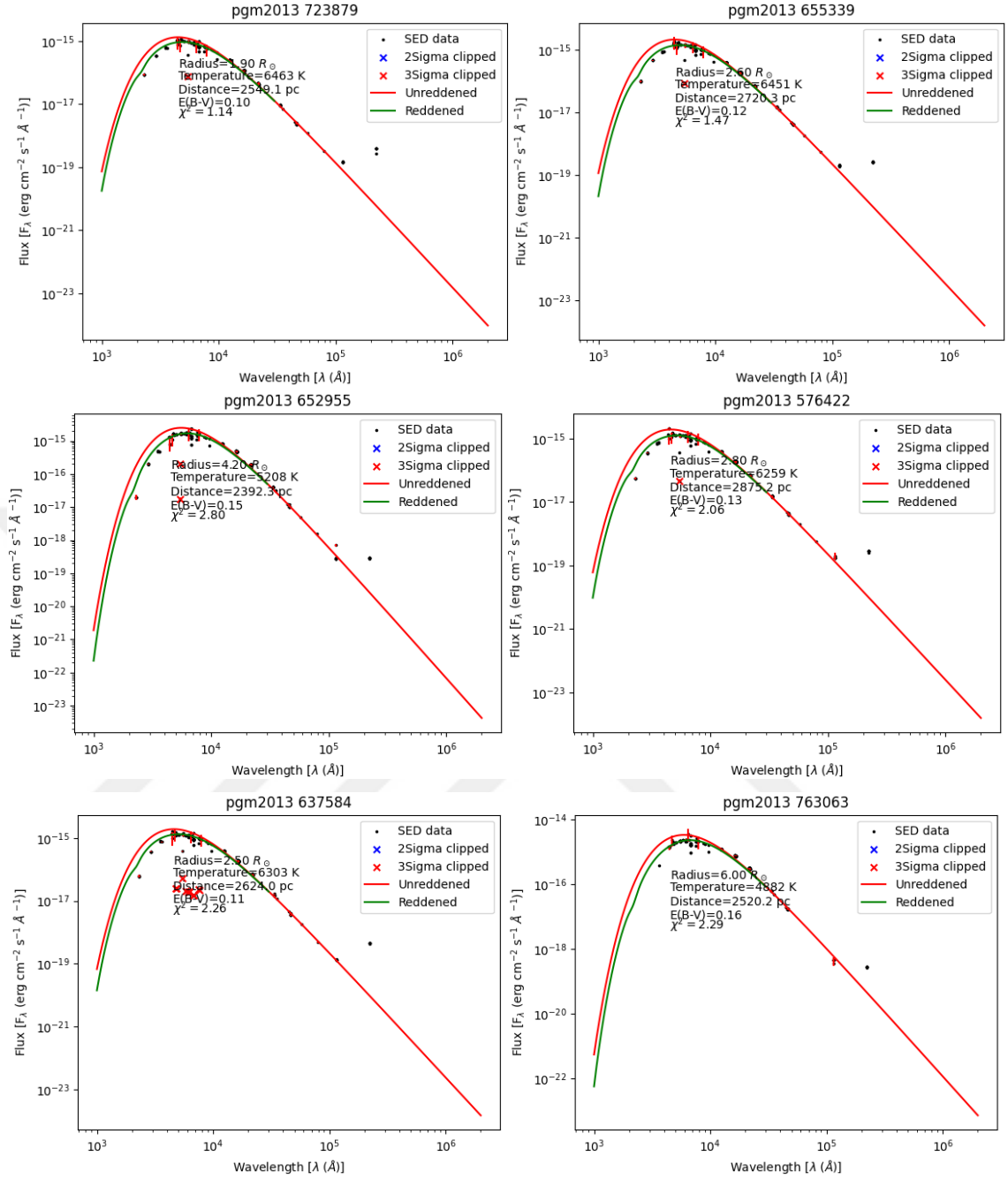


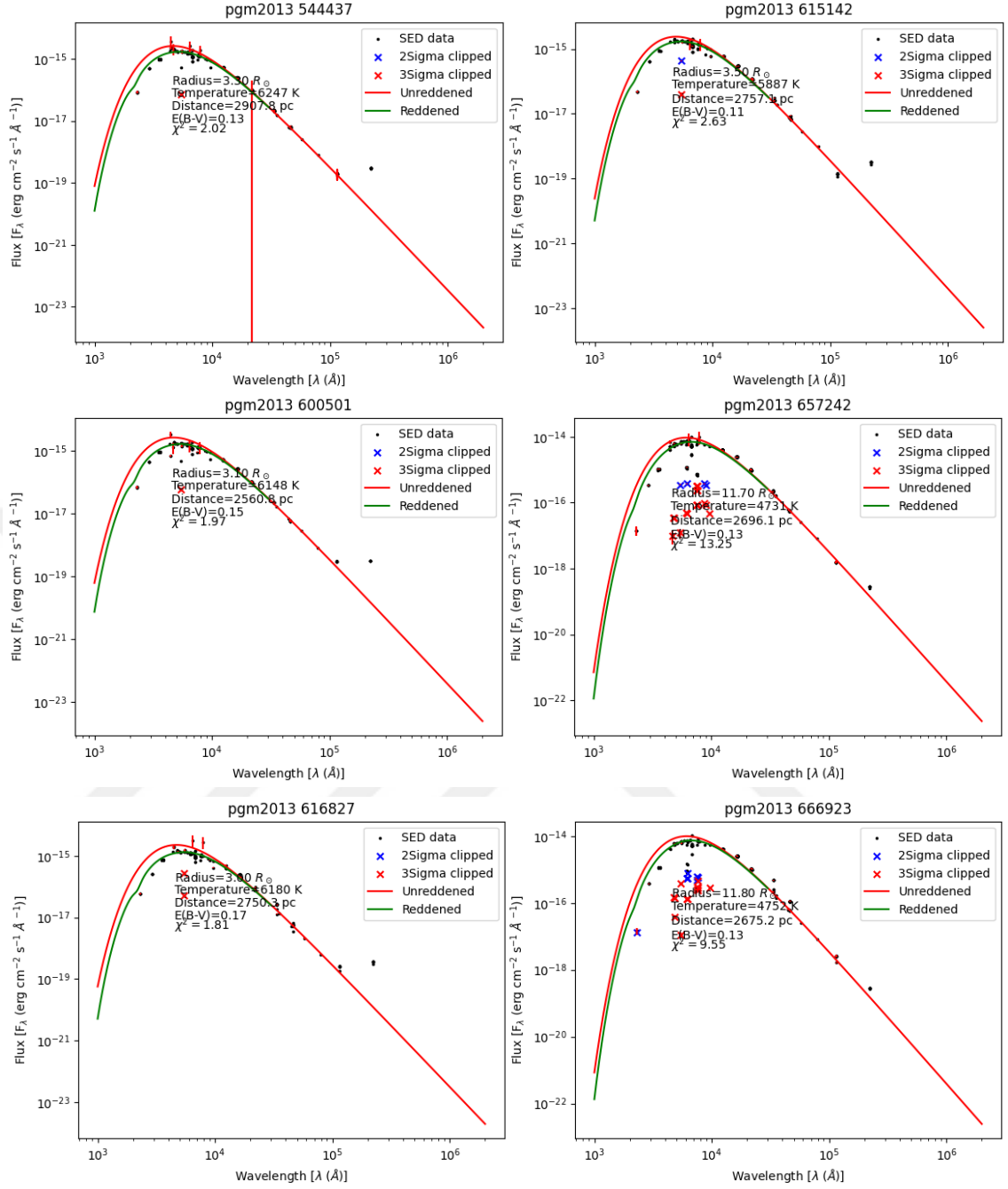


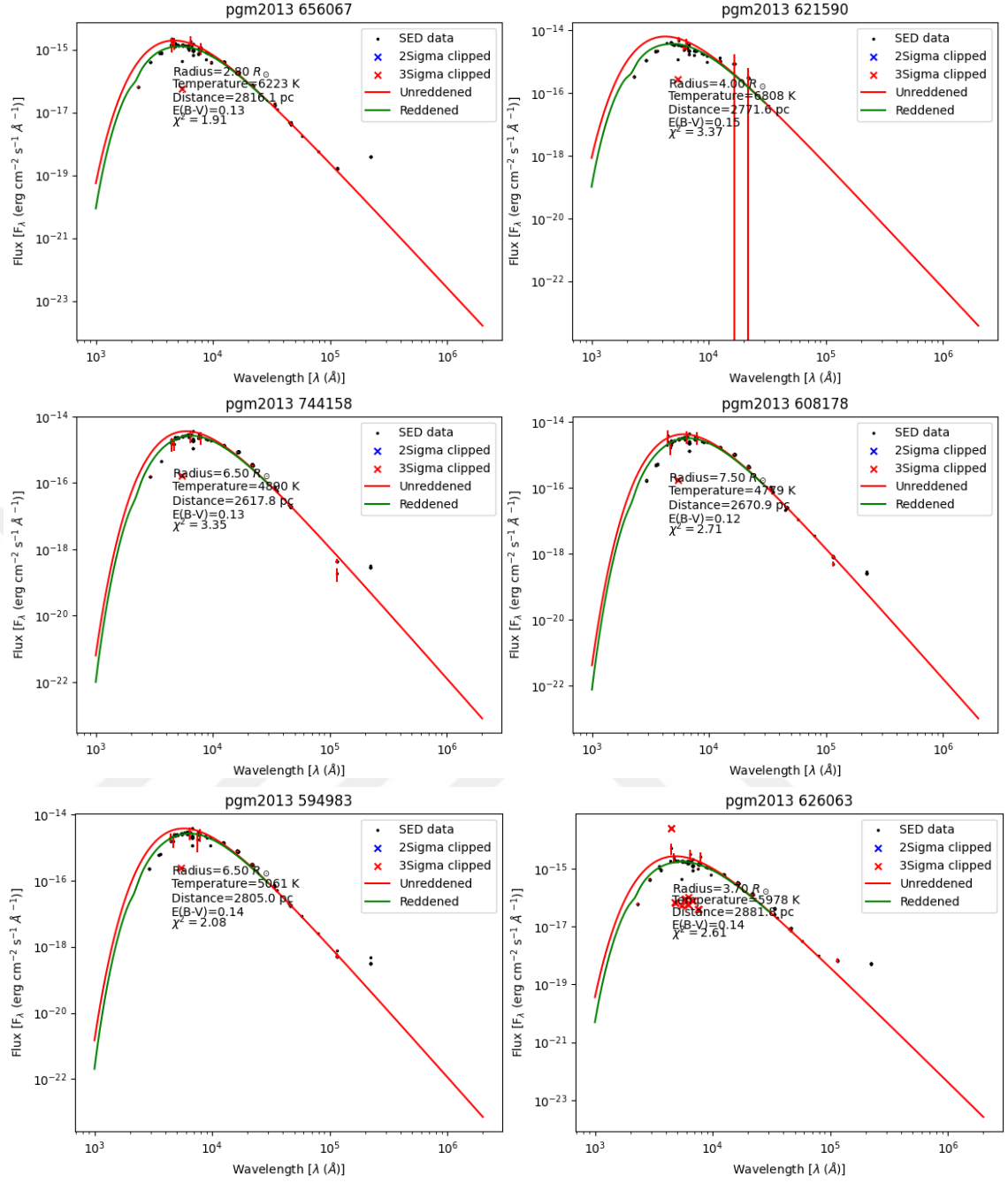


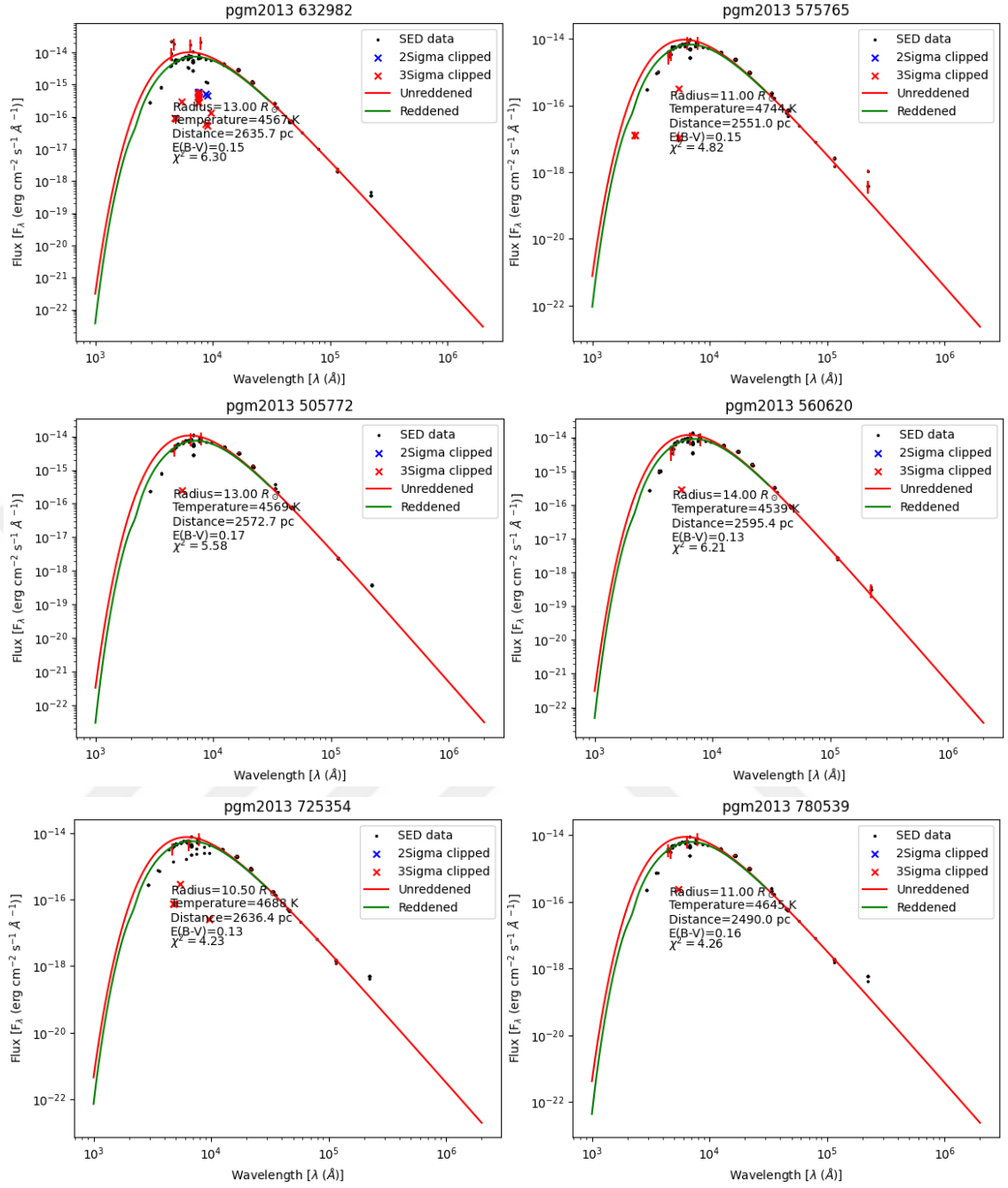


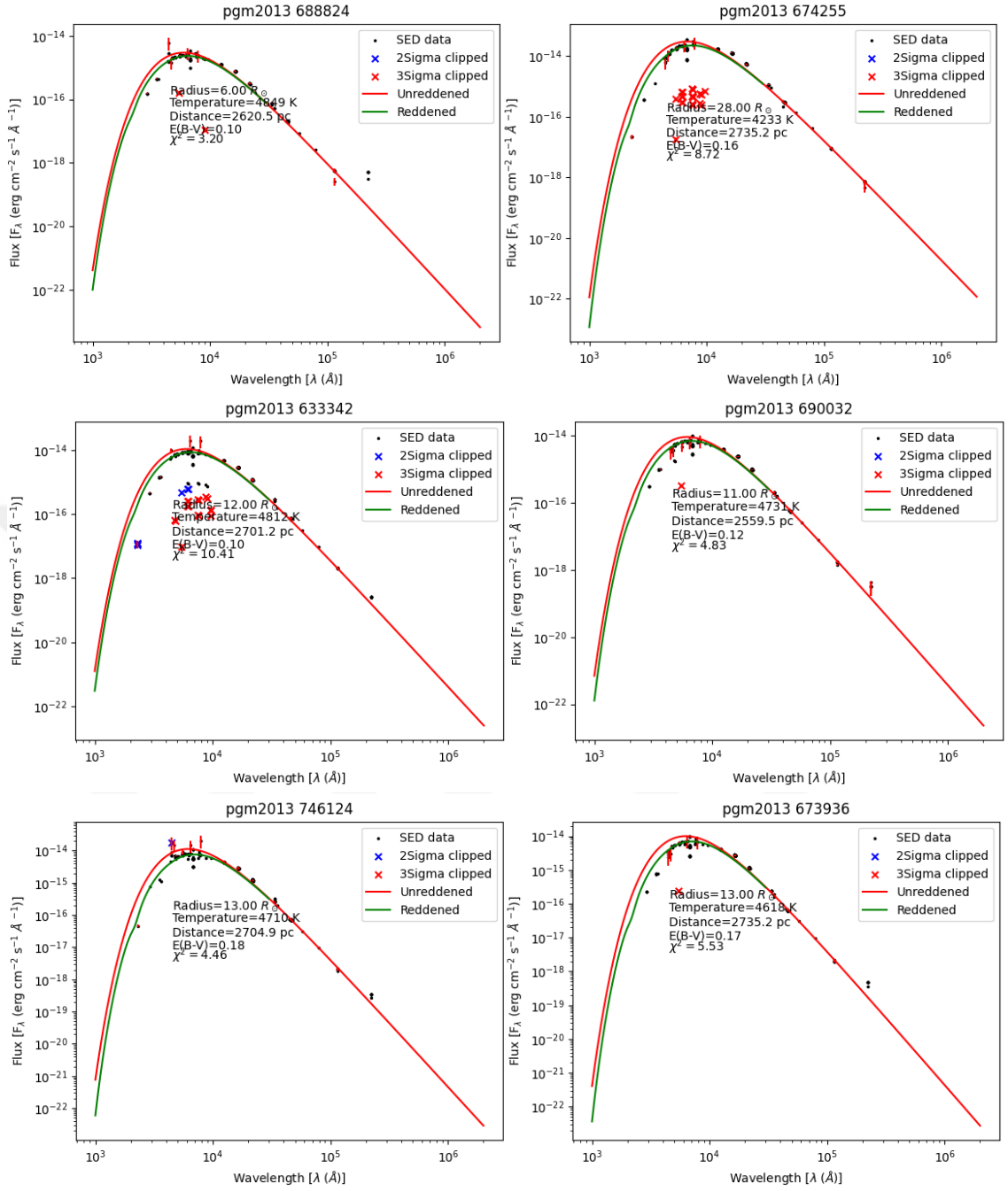


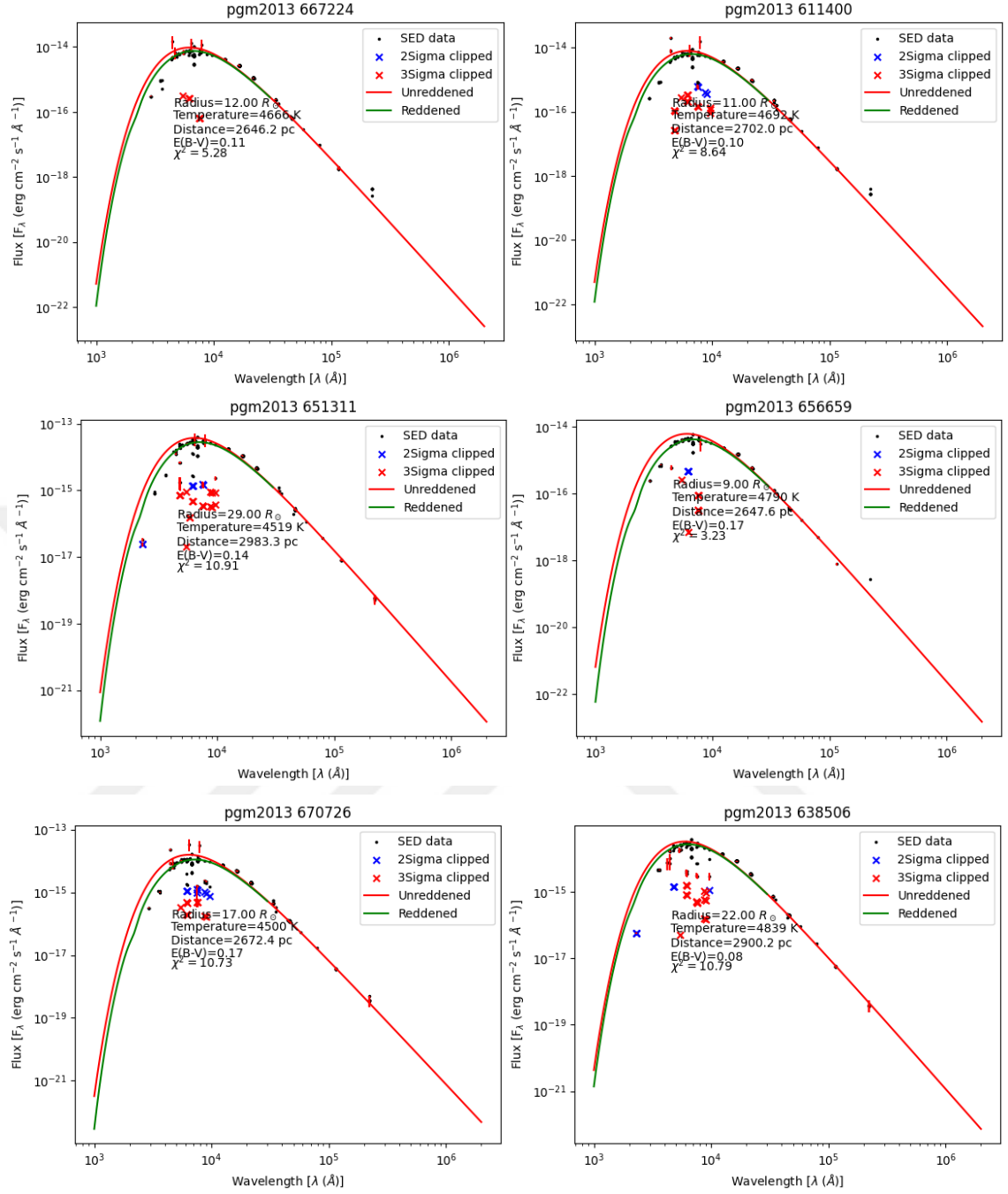


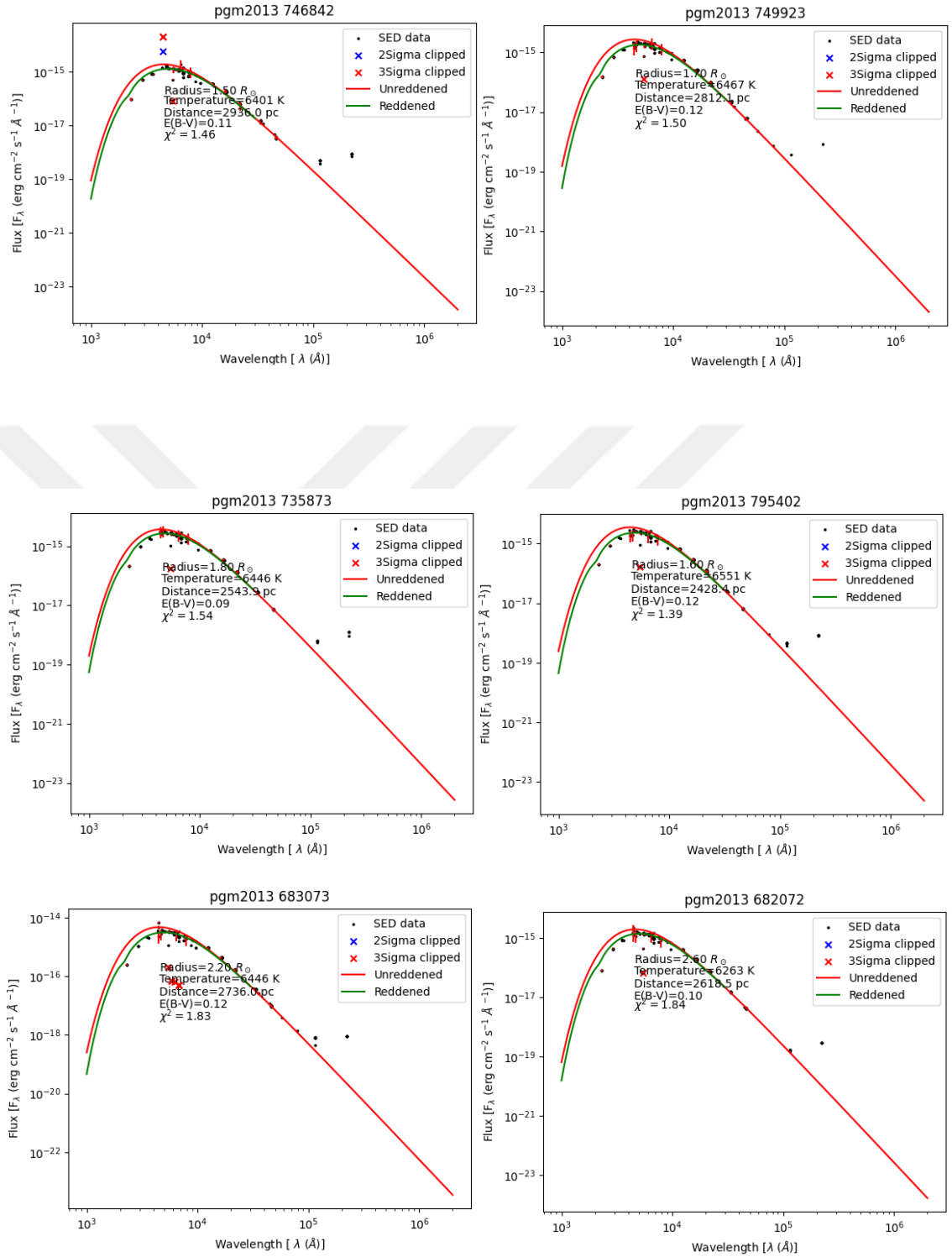


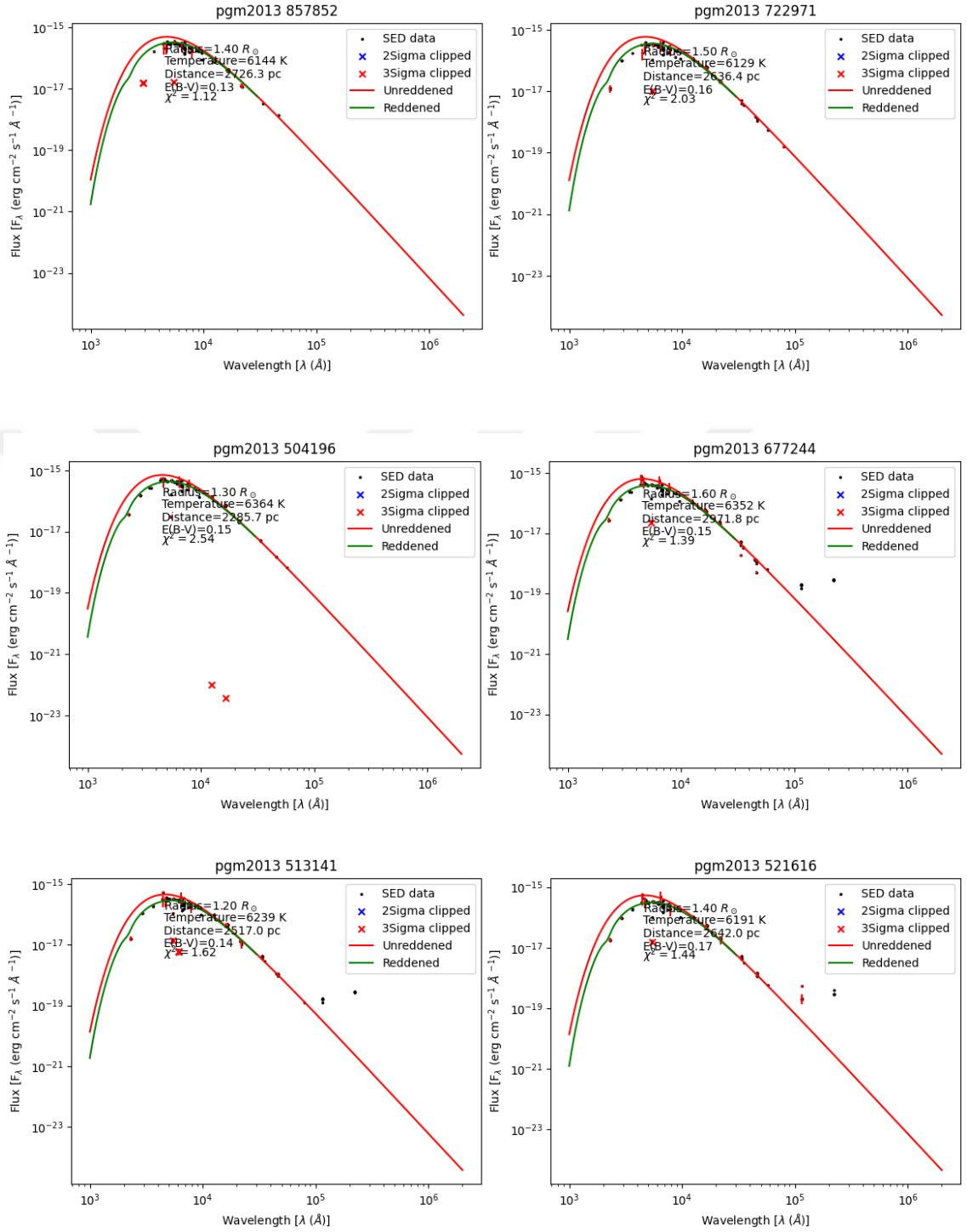


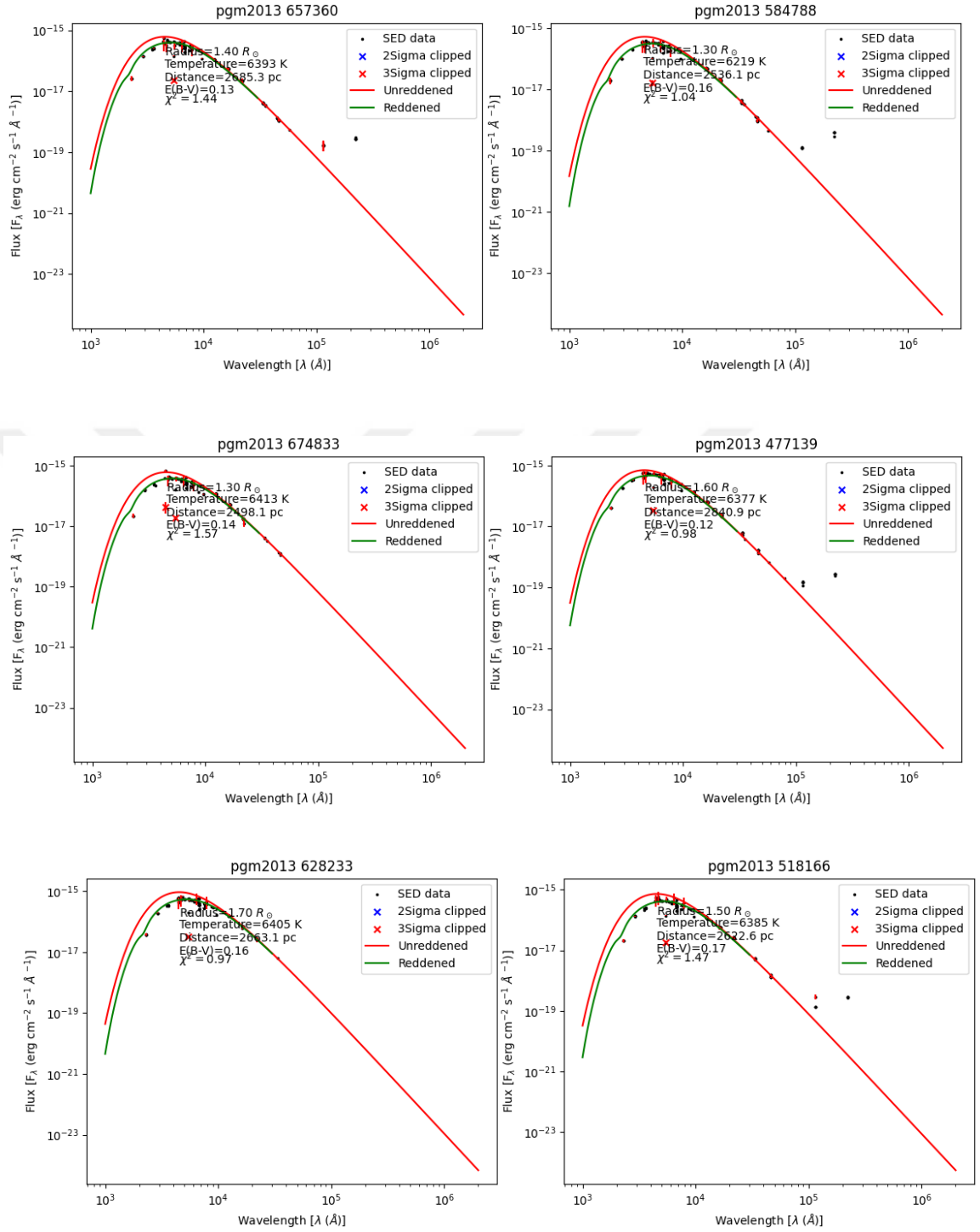


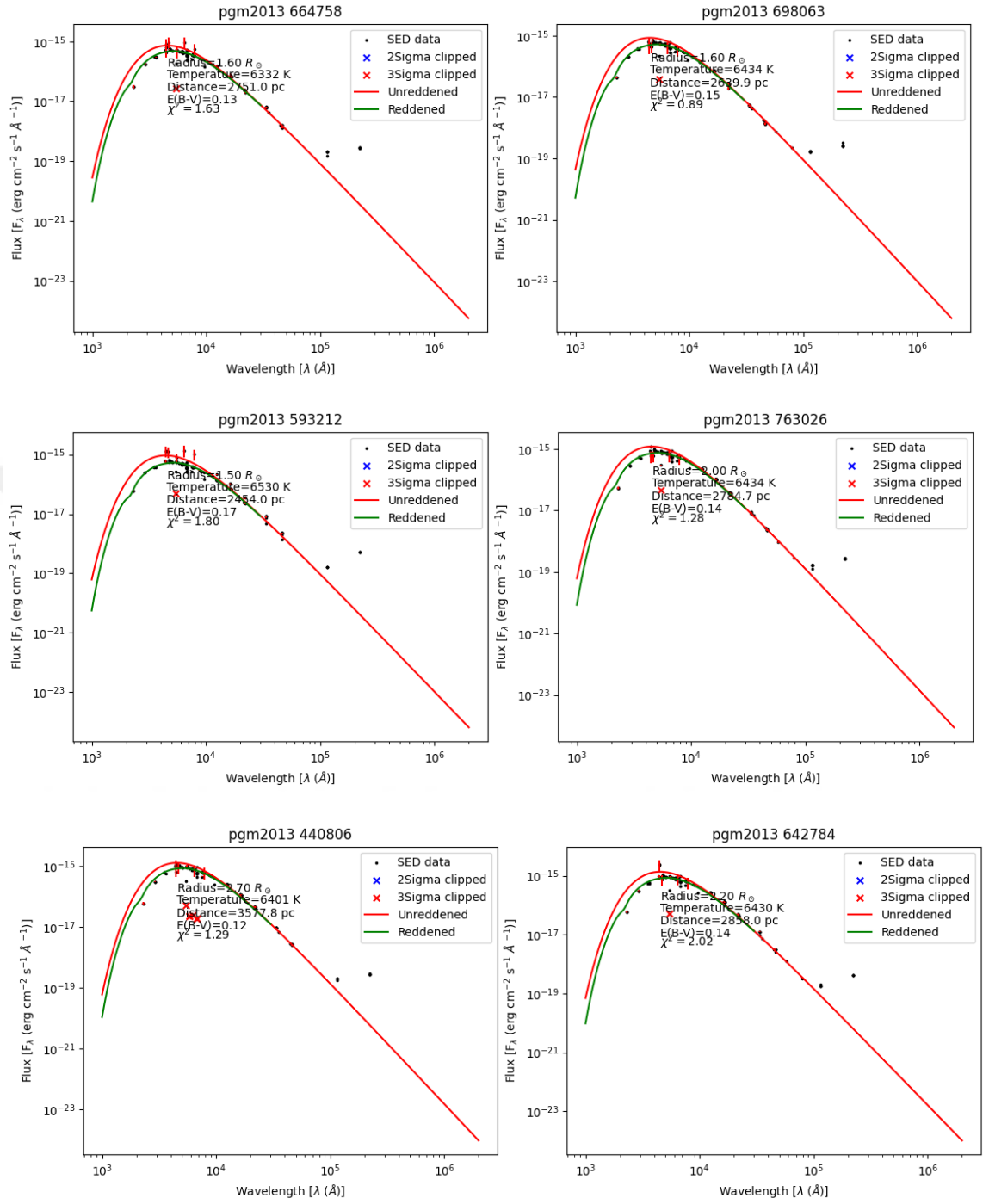


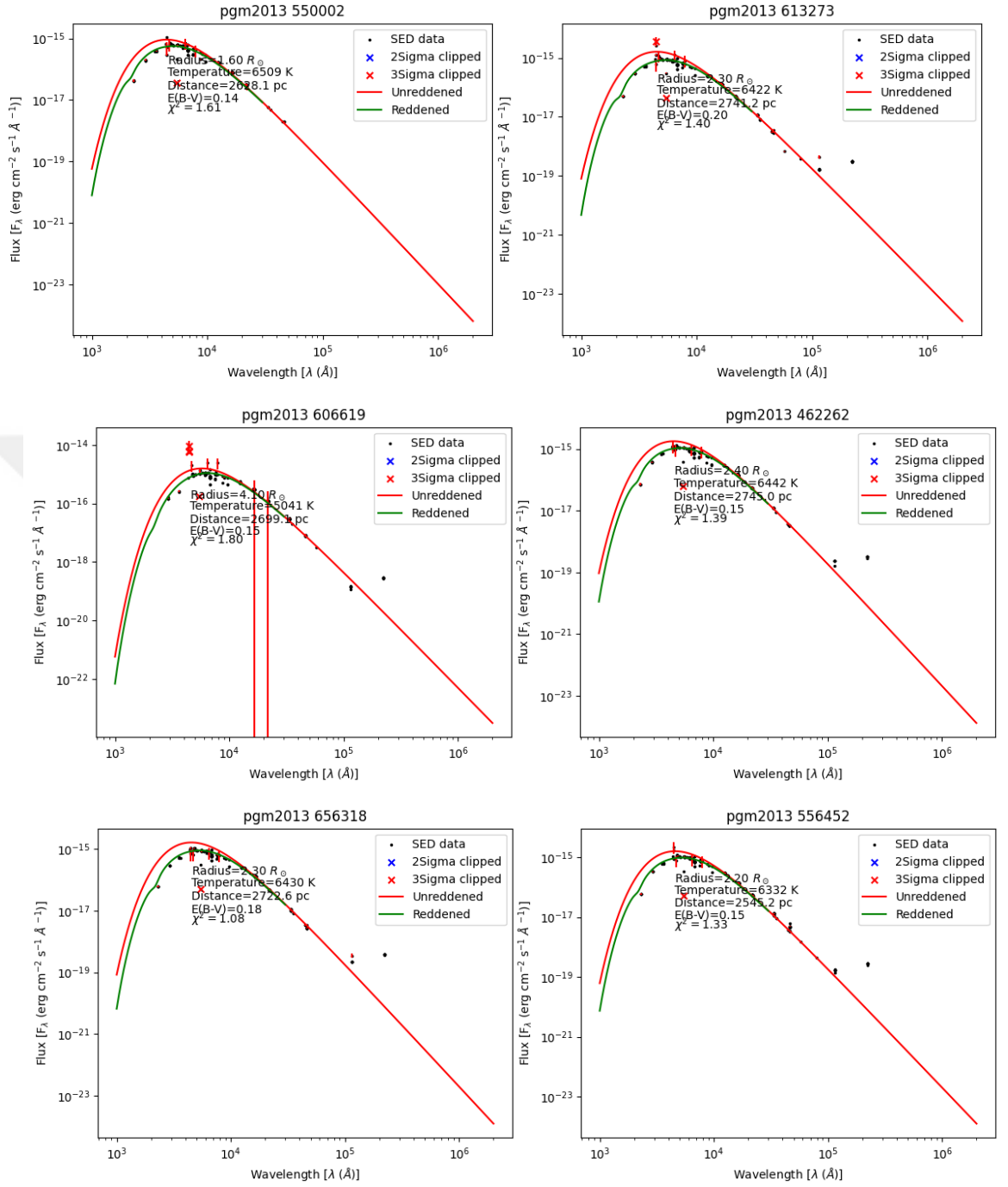


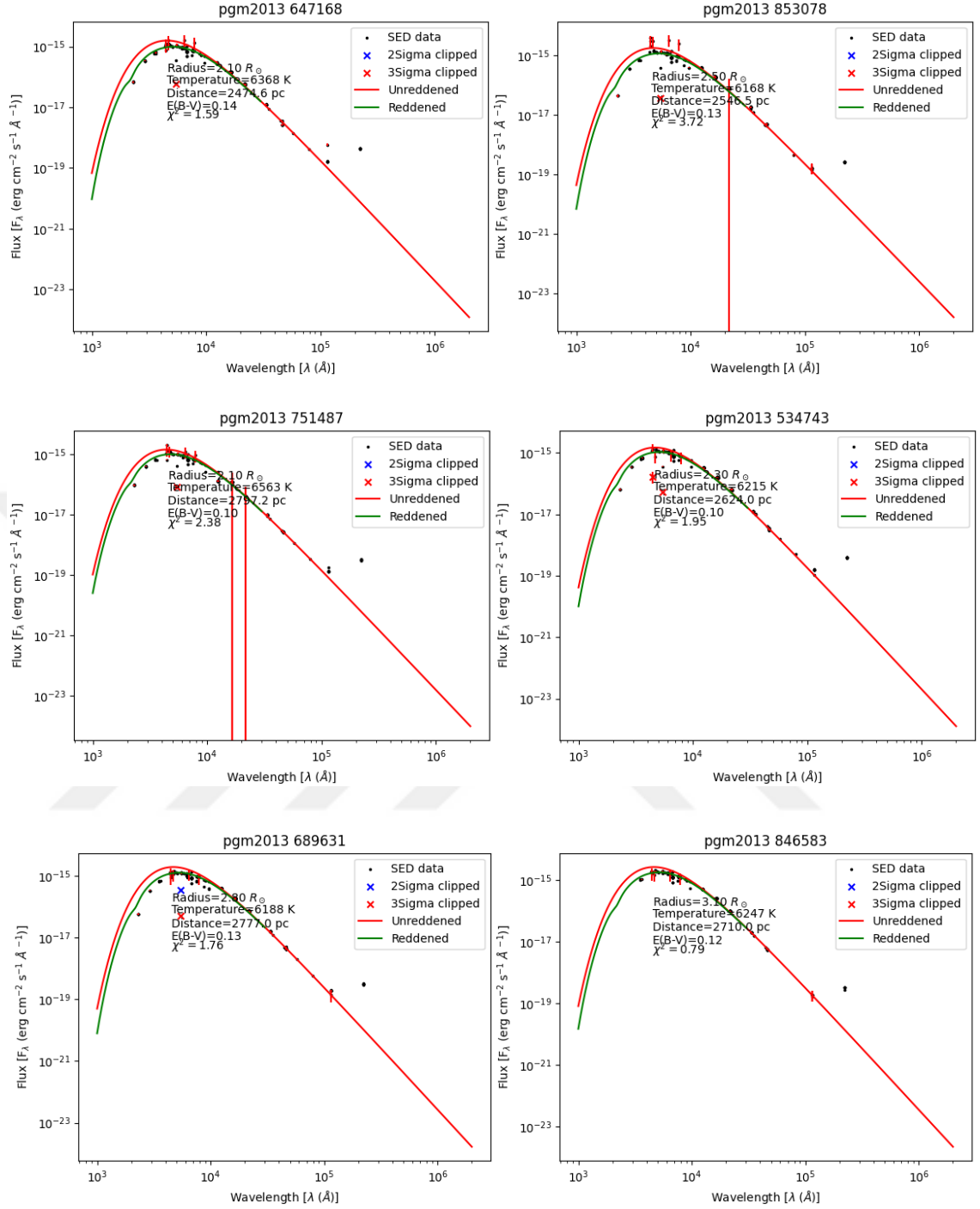


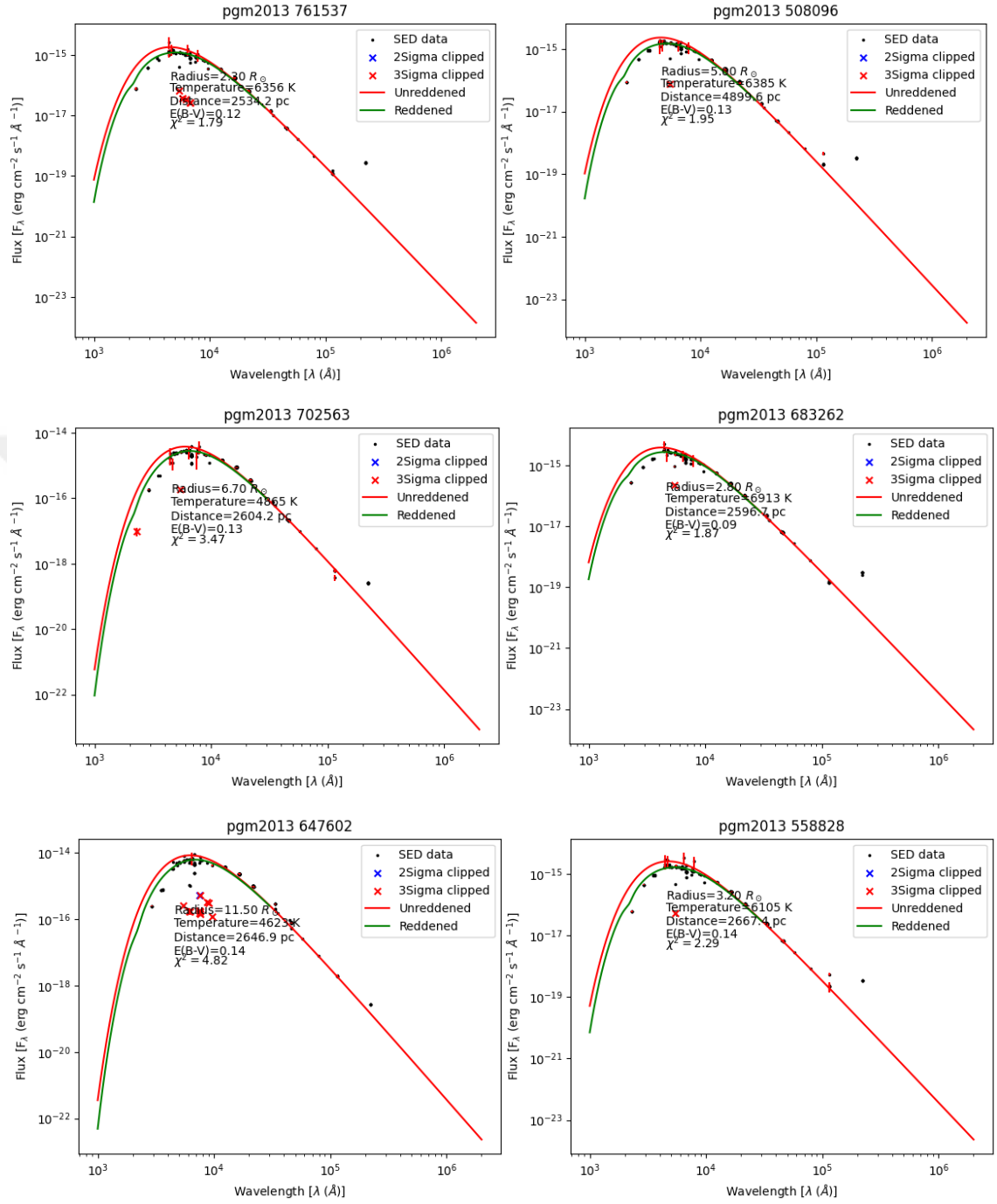


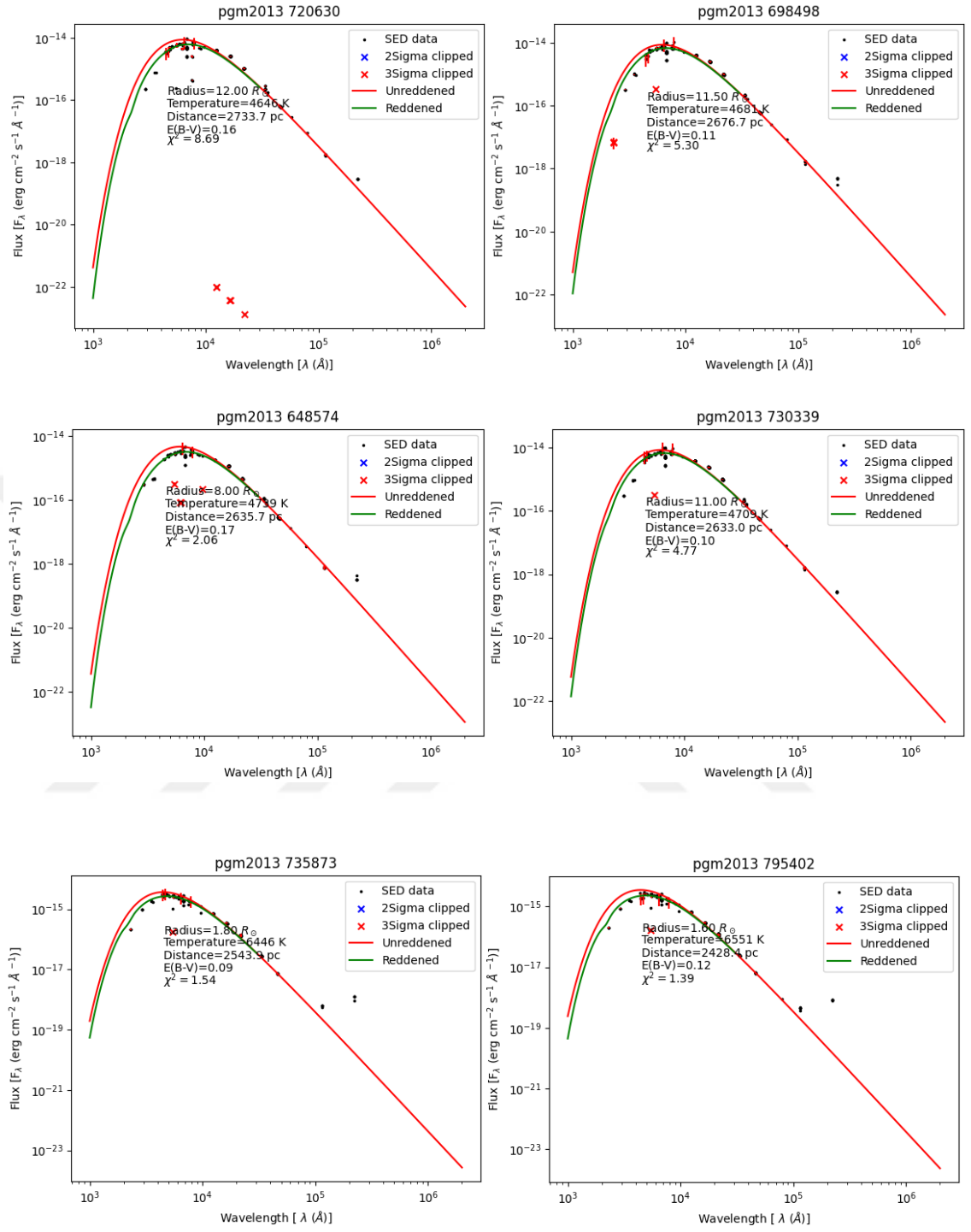












ÖZGEÇMİŞ

Ahmet KÖKER

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2018-2025	Fen Bilimleri Enstitüsü, Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Anabilim Dalı, Antalya
Lisans	Ege Üniversitesi
1995-2000	Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri

MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

Öğretmen	Milli Eğitim Bakanlığı
2017-Devam ediyor	Konyaaltı Çankırı A.İ.H. Lisesi ANTALYA
2010-2017	Atatürk Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi ANTALYA
2005-2010	Şehit Adnan Kısar Ç.P. Lisesi ANTALYA
2004-2005	Naci Gökçe Lisesi AĞRI
2001-2004	Şehit Adnan Kısar Ç.P. Lisesi ANTALYA