












# TUG-SRG İşbirliği Çalışma Grubunun AGN Araştırmaları

Nurten Filiz Ak<sup>1,2,3</sup> \*, Seyit Hökelek<sup>1,2,3</sup> , Tuğba Boztepe<sup>4</sup> , Esmâ Yaz Gökçe<sup>5</sup> ,  
Elif Köksal<sup>4</sup> , F. Korhan Yelkenci<sup>5</sup> , Süleyman Fişek<sup>5,6</sup> , Oğuzhan Çakır<sup>7,8,9</sup> ,  
Sinan Aliş<sup>5</sup> , Hasan H. Esenoğlu<sup>5</sup> , Irek Khamitov<sup>10,11</sup> 

<sup>1</sup> Erciyes Üniversitesi, Fen Fakültesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, 38039, Kayseri, Türkiye

<sup>2</sup> Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Astronomi ve Uzay Bilimleri Ana bilim Dalı, 38039, Kayseri, Türkiye

<sup>3</sup> Erciyes Üniversitesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Araştırma ve Uygulama Merkezi, 38039, Kayseri, Türkiye

<sup>4</sup> İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Astronomi ve Uzay Bilimleri Programı, Beyazıt, 34116, İstanbul, Türkiye

<sup>5</sup> İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, Beyazıt, 34116, İstanbul, Türkiye

<sup>6</sup> İstanbul Üniversitesi Gözlemevi Uygulama ve Araştırma Merkezi, 34116, İstanbul, Türkiye

<sup>7</sup> School of Mathematical and Physical Sciences, Macquarie University, NSW 2109, Australia

<sup>8</sup> Astronomy, Astrophysics and Astrophotonics Research Centre, Macquarie University, Sydney, NSW 2109, Australia

<sup>9</sup> ARC Centre of Excellence for All Sky Astrophysics in 3 Dimensions (ASTRO 3D), Australia

<sup>10</sup> TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi, Antalya, Türkiye

<sup>11</sup> Kazan Federal Üniversitesi, Kazan, Rusya

Accepted: December 18, 2022. Revised: December 6, 2022. Received: November 13, 2022.

## Özet

Rusya ve Türkiye arasında imzalanan işbirliği protokolü kapsamında Mikhail Pavlinsky ART-XC uzay teleskobu verileri ile araştırmalar yapmak üzere TUG-SRG çalışma grubu oluşturulmuştur. Bu bildiri, TUG-SRG çalışmaları hakkında bir özet sunulmuş ve Aktif Galaksi Çekirdeklerinin (AGÇ), adaylarının optik gözlemlerinin elde edilmesi ve analizleri ile ilgili süreçler ve ön sonuçlar verilmiştir. Bu işbirliği kapsamında gözlenen SRGAJ03p76 kaynağının RTT150 tayf gözlemleri, ışık eğrisi ve Tayfsal Enerji Dağılımı (TED) üzerine çalışmaları özetlenmiştir. ART-XC teleskobu ile sert X-ışın kaynağı olarak belirlenen SRGAJ03p76'nın ilk kez optik tayfsal gözlemi yapılarak  $z \approx 0.2$  bir kuazar olduğu doğrulanmıştır. TUG-SRG grubunun sert X-ışın kaynağı olan AGÇ'ler için çalışmaları devam edecektir.

## Abstract

iA protocol signed between Russia and Turkey endures a collaboration over the data from the Mikhail Pavlinsky ART-XC space telescope. The TUG-SRG workgroup has been built to organize collaborative studies among Turkish researchers. This proceeding briefs the procedures running within the TUG-SRG workgroup in a specific example of an Active Galactic Nuclei (AGN) candidate. The proceeding precedes the analysis of the RTT-150 optical spectra, ZTF light curve, and SED modeling for SRGAJ03p76. The first spectroscopic confirmation of the optical counterpart of this hard X-ray source reveals SRGAJ03p76 to be a  $z \approx 0.2$  quasar. AGN studies will continue within the TUG-SRG group to pursue optical identification of the hard X-ray sources.

**Anahtar Kelimeler:** galaxies: active surveys – X-rays: galaxies – techniques: spectroscopic – galaxies: active – instrumentation: spectrographs

## 1 Giriş

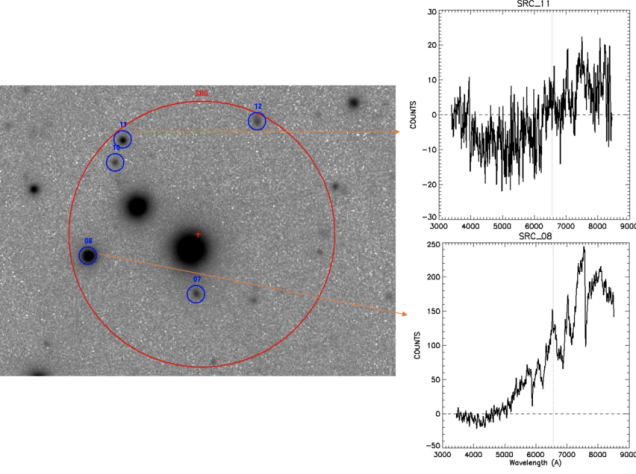
The Spectrum Röntgen Gamma (SRG) uydusu üzerinde (Sunyaev ve diğ. 2021) yer alan iki X-ışın teleskobundan biri olan Mikhail Pavlinsky Astronomical Roentgen Telescope – X-ray Concentrator (ART-XC), 2020 yılı başlarından bu yana sert X-ışın kaynaklarının keşfini yapmaktadır. Yaklaşık 4-30 keV enerji bandı aralığında, her altı ayda bir tüm gökyüzünün taramasını yapan ART-XC çok sayıda bilinen kaynağın yeni gözlemlerini sağlamakla beraber yeni sert X-ışın kaynaklarının keşfedilmesine de katkı vermektedir (Uskov ve diğ. 2022). Pavlinsky ve diğ. (2022) çalışmasında Mikhail Pavlinsky ART-XC ile tüm gökyüzü taramasının ilk yılında (Aralık 2019-Aralık 2020), 4-12 keV enerji aralığında tespit edilen 867

kaynağın yer aldığı ilk X-ışın kataloğu yayınlanmıştır. Bu kaynakların çoğu (%56) AGÇ olmak üzere, galaksi kümeleri, kataklizmik değişenler, büyük ve düşük kütleli X-ışın çiftlerinden oluşmaktadır. Katalogdaki kaynakların 114'ü, ART-XC ile ilk defa X-ışınlarında gözlenmiştir.

ART-XC verilerinin ortak kullanımı üzerine Rusya ve Türkiye arasında imzalanan protokol, yeni keşfedilen sert X-ışın kaynaklarının bir kısmının Türk araştırmacılarının çalışmalarına özel olarak ayrılmasını ve bir kısmının da Rus ve Türk araştırmacıların ortak incelemelerine sunulmasını sağlamaktadır.

ART-XC tarafından keşfedilen kaynakların optik karşılıklarının belirlenmesi, gözlemlerinin yapılması ve her bir kaynağın doğasının belirlenmesi için Türk araştırmacılardan oluşan bir çalışma grubu oluşturulmuştur. Gözlenen kaynakların olası çeşitliliği dikkate alındığında, bu kaynakların kolay ve

\* nfak@erciyes.edu.tr



**Şekil 1.** TUG-SRG çalışma grubunun incelediği sert X-ışın kaynağı barındıran bir alanda optik eşlenik belirlemek için seçilen aday kaynaklar ve bu kaynaklara ait MOS gözlemleri.

hızlı incelenmesi için alt çalışma grupları belirlenmiştir: Aktif Galaksi Çekirdekleri, X-ışın Çiftleri, Madde Aktaran Beyaz Cüce Çiftleri, Galaksiler ve Galaksi Kümeleri, Yıldız Astrofiziği, Optik Gözlem ve Veri İndirgeme, X-ışın Veri Analizi, Veri Yönetimi ve Yazılım Geliştirme. TUG-SRG çalışma grubu, katkıda bulunabilecek tüm araştırmacılara ve öğrencilere açıktır (bkz. SRG-TR çalışma grubu [katılım formu](#)).

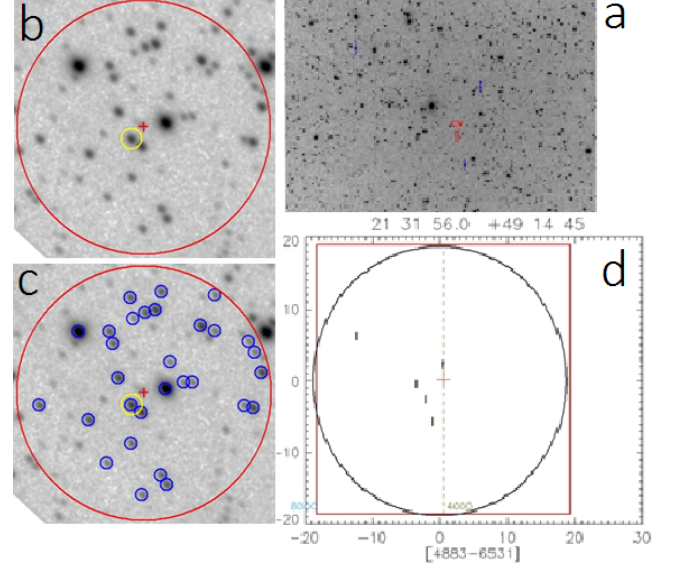
Bu bildiri metninde, program kapsamında araştırılan X-ışın kaynaklarının optik bileşenlerinin keşfedilmesi ve sınıflanması için izlenen prosedürler §2'de kısaca özetlenmiştir. AGÇ kaynaklarından SRGAJ03p76 için yapılan bir örnek çalışmadan elde edilen ön sonuçlar §3'de sunulmuştur. §3'de ise TUG-SRG AGÇ grubunun çalışmaları özetlenmiş ve çalışma grubunun sağladığı kazanımlar anlatılmıştır.

## 2 ART-XC Kaynakları için Optik Eşlenik Aranması

ART-XC tarafından keşfedilen sert X-ışın kaynaklarına ait koordinatlar, protokolde verilen şartları sağlayacak şekilde listelenerek TR çalışma grubuna iletilmektedir. TUG-SRG çalışma grubu içerisinde, verilen koordinatlar çevresinde ART-XC'nin görüş alanı dikkate alınarak 60'' alan içerisinde yer alan optik kaynaklar belirlenmektedir. Şekil 1'de örnek bir koordinat için incelenen alanın görüntüsü verilmiştir. Bir alanda belirlenen her bir kaynak için veri tabanı aramaları yapılarak tayfsal gözlemler için planlama ve hazırlık süreçleri başlatılmaktadır.

### 2.1 Veritabanlarının Taranması

Bir alandaki optik kaynakların belirlenmesi için, alanın merkez koordinatları ve görüş alanı dikkate alınarak, *GAIA*, *Pan-STARRS*, *SDSS* ve *WISE* gibi açık kaynak listelerinde çapraz eşleştirmeler yapılmaktadır. Gökyüzü görüntüleri ile elde edilen eşleştirme sonuçlarından her bir alandaki aday kaynaklar listelenmektedir. Bu kaynakların literatürdeki parlaklıkları dikkate alınarak gözlemi yapılacak adaylara karar verilmektedir. İncelemeye alınacak kaynak sayısı alandan alana değişmektedir. Bazı kalabalık alanlarda aday kaynakların sayısı 40-50 civarında çıkabilirken bazı alanlarda yalnızca bir kaç aday bulunabilmektedir.



**Şekil 2.** (a) Uydu kaynağının bulunduğu alan, (b) 60'' çaplı kırmızı ile çizili hata çemberi, merkez kırmızı artı işareti ile belirtilmiştir, merkeze en yakın aday da sarı yuvarlak içerisinde alınmıştır, (c) çember içine giren mavi ile işaretli yıldızimsi kaynaklar ve nihayet (d) yıldızların toplu tayflarının alınması için şablon maske.

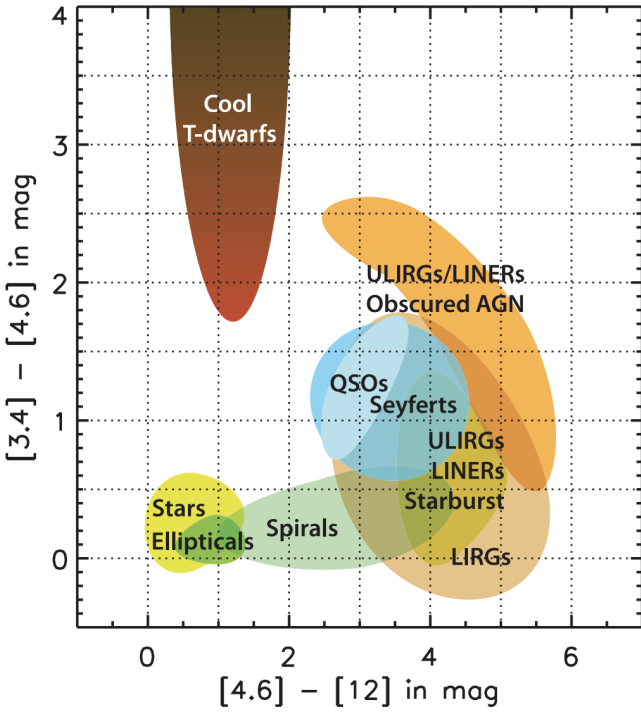
### 2.2 MOS Gözlemleri

SRG-RTT150 işbirliği kapsamında, ART-XC tarafından sert X-ışın kaynağı olarak tanımlanan koordinatlarda optik eşleniklerin aranması için Çoklu Nesne Tayfçekeri (Multi-Object Spectroscopy – MOS) kullanılmaktadır. Şekil 1'de gösterilen bir örnek alanda numaralandırılmış aday kaynaklar için MOS ile elde edilen tayflar gösterilirken, Şekil 2'de ise TUG'un MOS tekniğinin aşamalı bir görseline örnek verilmiştir. MOS, TUG'da bulunan TFOSC tayf çekerin filtre tekerine eklenen alan plakaları ile kullanılmaktadır. TUG-SRG grubu içerisinde, her alan için seçilen aday kaynakların MOS ile gözlenmesi için o alana ait plakalar hazırlanmakta ve bu sayede X-ışın alanın optik karşılığı MOS maskeleri ile gözlenmektedir.

Alanlardaki X-ışın kaynağının optik eşleniği için adaylar belirlendikten sonra yapılan işlemler; kullanılacak maskelerin hazırlığı, maskeler için konumsal ince ayarların yapılması, optik gözlemlerin yapılması, görüntü kalibrasyonlarının alınması ve analizleri şeklindedir. TUG ekibi, gözlemcinin zaman kaybını azaltacak şekilde düzenekleri ayarlamıştır (bkz. [MOS tayfsal gözlem kılavuzu](#)). ART-XC SRGA J030538.1+762238 X-ışın alanının optik eşleniği 3.11.2021 tarihinde tarihinde RTT150-TFOSC MOS ile grims15'de gözlenmiştir. Bu gözlem ile AGÇ kaynağı optik olarak tespit edilmiş ve kaynağın detaylı gözlemleri alınmıştır.

### 2.3 AGÇ Adaylarının Belirlenmesi için Renk-Renk Diyagramları

AGÇ'lerin, yıldızlar ve galaksiler ile kıyaslandığında renk-renk diyagramları üzerinde belirli alanlarda yığıldığı bilindiğinden, çok-bant fotometrik ölçümlerinin kullanılmasıyla aday kaynakların belirlenmesi üzerine çok sayıda çalışma yapılmıştır (örneğin; [Richards ve diğ. 2009](#); [Nakos ve diğ. 2009](#); [Wright ve diğ. 2010](#); [Wu & Jia 2010](#); [Wang ve diğ. 2016](#)). Bu çalışmalar, optik bantlarda alınan ölçümler için veya *WISE* gibi



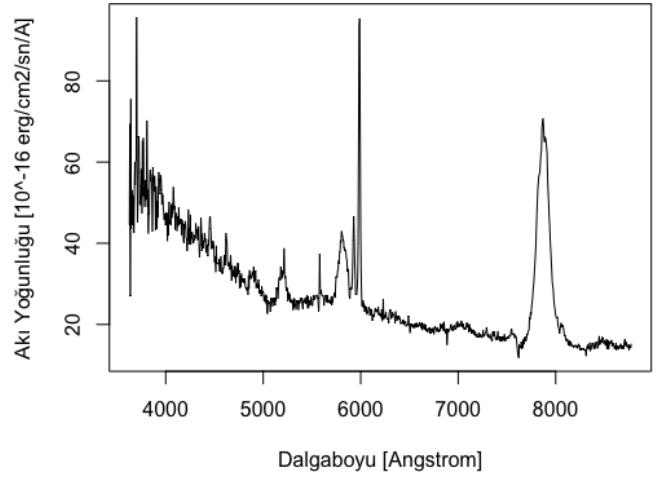
Şekil 3. Farklı türdeki kaynakların WISE bantları ( $W2-W3$ ,  $W1-W2$ ) için elde edilen renk-renk diyagramındaki buldukları yerlerinin gösterimi (Wright ve diğ. 2010).

orta kıvılcıkta bölgede alınan ölçümler için ayrı ayrı yapıldığı gibi farklı dalgaboyu aralıklarında alınmış ölçümlerin kıyaslanması ile de genişletilmiştir. Şekil 3'de, Wright ve diğ. (2010) tarafından WISE bantları için hazırlanan farklı özelliklerdeki kaynakların renk-renk diyagramı üzerindeki dağılımları şematik olarak gösterilmiştir.

Özellikle TUG-SRG grubunun AGÇ çalışmaları için yapılan araştırmalar, çok-bant renk-renk diyagramlarına dayanan bir aday belirleme algoritmasının gereksinimini ortaya koymuştur. Bu nedenle, iki milyon kaynağa ait SDSS, Pan-STARSS ve WISE verilerini kullanarak Yapay Zeka algoritması ile AGÇ adayı belirleyen bir kodun geliştirilmesine başlanmıştır. Filiz Ak vd. (hazırlanıyor) tarafından geliştirilmekte olan bu program, fotometrik ölçümleri verilen kaynakların AGÇ olma ihtimalini hesaplamaktadır. Kod üzerinde yapılan testler, AGÇ kaynakların doğru belirlenmesinde başarı yüzdesinin  $\sim 98\%$  olduğunu göstermektedir.

#### 2.4 Tek-Yarıklı Tayf Gözlemleri

Bir adayın AGÇ olup olmadığının doğrulanması için optik tayfının incelenmesi gereklidir. Tayflarda görülen geniş ya da dar salma çizgileri, bu çizgilerin ışımaya gücü oranları kaynağın doğasını belirlemek için yeterlidir. SRGA J030538.1+762238 alanının TFOSC-MOS gözlemlerinden elde edilen ve AGÇ adayı olduğu düşünülen kaynaklar, 17.12.2021 ve 03.01.2022 tarihlerinde RTT150 teleskobu TFOSC tayfçeki ile uzun yarıklı (*long-slit*) ve grism15 kullanılarak gözlenmiştir. RTT150 ile 3230-9120 Å dalgaboyu aralığında elde edilen optik tayflar, gözlenen kaynakların AGÇ karakteristiği olan salma çizgilerine sahip olup olmadığı göstermek için yeterli çözünürlük sağlamaktadır.



Şekil 4. TUG-SRG çalışma grubunun incelediği SRGAJ03p76 isimli aday AGÇ kaynağının RTT150 TFOSC ile alınan tayfı.

### 3 AGÇ Araştırmaları

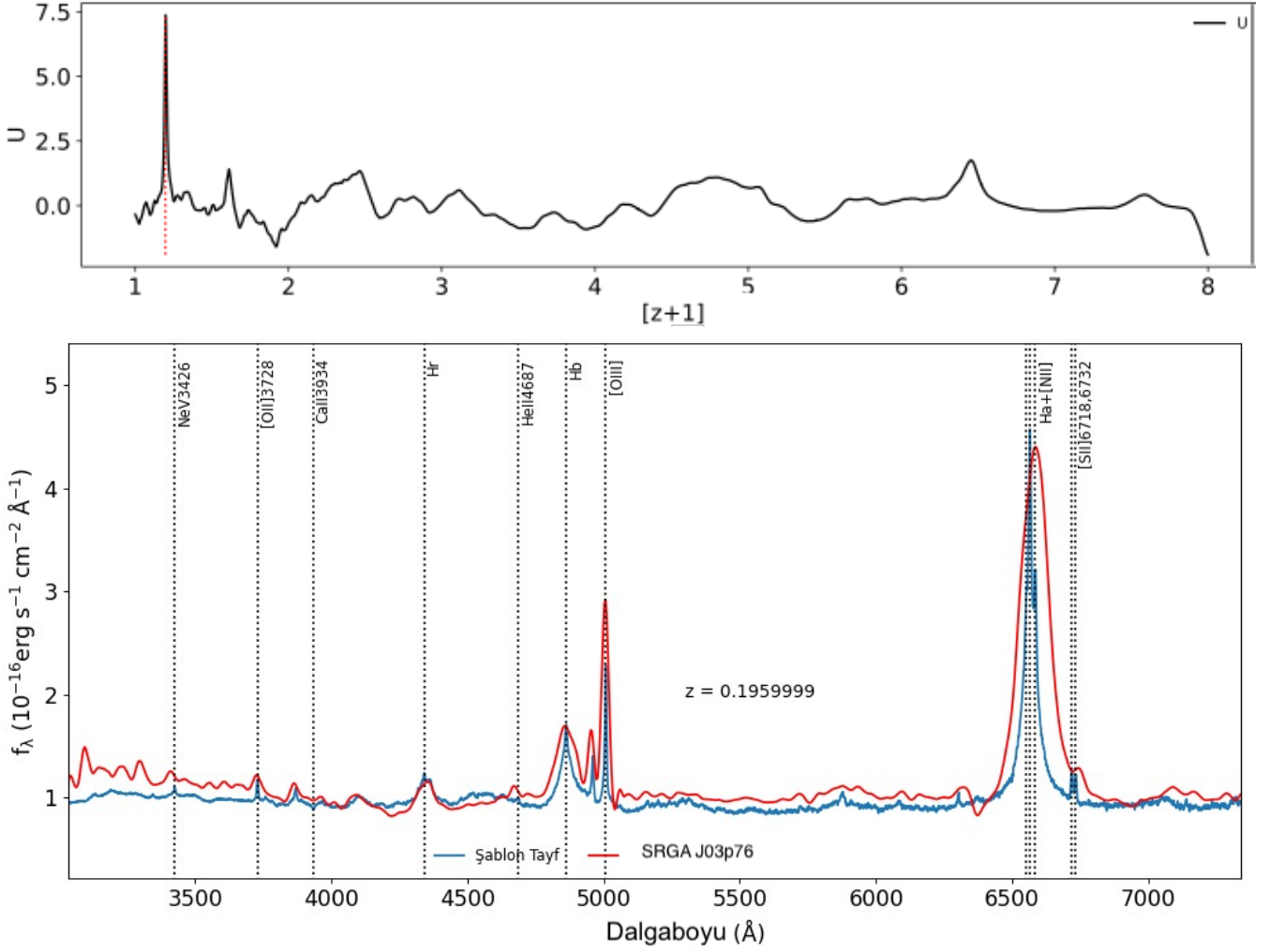
Bu bölümde, SRG-TR AGÇ çalışma grubu tarafından gözlemleri yapılan ve analizleri devam eden SRGAJ03p76 isimli kaynağa ilişkin ön sonuçlar sunulmuştur. SRGAJ03p76'nın renk-renk verileri ile yapılan sınıflaması, AGÇ adayı olma ihtimalini  $90\%$  olarak vermiştir. Kaynağın gözlenen slit tayfının indirgenmiş ve akı kalibrasyonu tamamlanmış hali Şekil 4'de sunulmuştur.

#### 3.1 Tayf Analizleri

SRGAJ03p76 kaynağının RTT150 TFOSC ile gözlenen tayfı incelendiğinde, AGÇ'lerin en güçlü ışınımaya sahip olan kuazar sınıfının tipik özelliklerini sergilediği görülmektedir. Gözlenen dalgaboyları  $\sim 6000$  Å ve  $\sim 8000$  Å olan geniş salma çizgilerinin sırasıyla  $H_{\beta}$  ve  $H_{\alpha}$  olduğu dikkate alınır, kuazarların tayfında yaklaşık 4000 Å civarında gözlenen eğim kırılmasının da bu tayfta  $\sim 5000$  Å civarında ortaya çıktığı görülebilmektedir.

SRGAJ03p76'nin bir kuazar (Tip-I AGÇ) olduğuna karar verildiğinden, kırmızıya kayma belirlemede Vanden Berk ve diğ. (2001) tarafından üretilen kuazar şablon tayfı kullanılmıştır. Tayfın kırmızıya kayma değerini ölçmek için Kaçan ve diğ. (2022) tarafından hazırlanan zFinder programının RTT150 gözlemleri için düzenlenmiş versiyonu kullanılmıştır. zFinder, gözlenen tayflar ve seçilen şablon tayfın hem çapraz korelasyon ile en küçük kare yönteminden belirlenen en iyi sonucu hem de renk korelasyon ile elde edilen en iyi sonucu birlikte değerlendiren bir uyumluluk parametresi ( $U$ ) kullanarak kaynakların kırmızıya kayma değerini ve hatasını ölçmeyi sağlamaktadır. Olası  $z$  değerleri için 0 ila 7 aralığı dikkate alınmaktadır. Bir ön belirleme sonrasında her bir tayf çizgisi için yeniden  $U$  hesaplaması ile hassas bir  $z$  değeri ve hatası bulunmaktadır.

zFinder programı içerisindeki gözlenen tayfın gürültüsünü azaltmak için yumuşatılmış, Galaktik sönümlemeyen arındırılmış ve sürekliliğe normalize edilmiş hali kullanılmaktadır. zFinder programı ile belirlenen korelasyon sonuçları ve  $U$  parametresinin dağılımı ile bulunan en iyi  $z$  değeri için gözlenen tayfın şablon tayf ile kıyaslanması Şekil 5'de verilmiştir. Bu kaynak için elde edilen kırmızıya kayma değeri  $z=0.196 \pm 0.012$  olarak bulunmuştur. Elde edilen  $z$  değeri, SDSS  $i$  bandındaki görünür parlaklığı 15.867 kadir



Şekil 5. (Üst Panel) SRGAJ03p76 kaynağının kırmızıya kayma belirlemede  $z$ Finder ile elde edilen uyumluluk sonuçları. (Alt Panel) RTT150 TFOSC ile alınan normalize edilmiş tayfın kırmızıya kaymadan arındırılmış hali.

olan bu kaynağın mutlak parlaklığının  $M_i(z=2)=-22.66$  kadar olduğunu göstermektedir. Mutlak parlaklık hesaplamasında, kaynağın renklerinden kırmızıya kayma etkisinin arındırılması için yapılan  $k$ -düzeltmesi,  $z=2$  tabanına göre hesaplanmıştır.

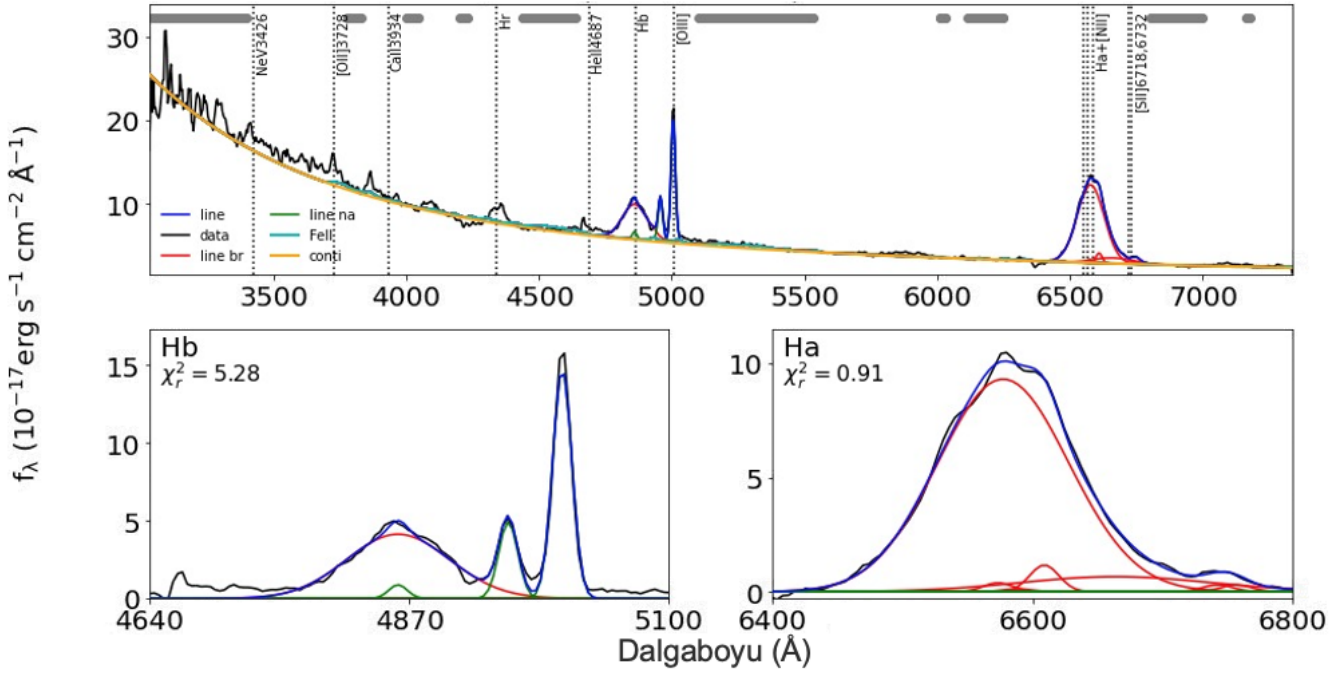
SRGAJ03p76'nin kuazar uzayındaki tayfı  $f_\nu = a\lambda^b$  şeklinde tanımlanan güç-kanunu ile modellendiğinde, eğimi  $-3.96$  olarak elde edilmiş ve buradan optik indeks  $\alpha_\lambda = -1.95$  bulunmuştur. Elde edilen bu değer, kuazarlar için verilen ortalama  $-1.54$  değeri ile uyumludur (Vanden Berk ve diğ. 2001). Kuazarların tayflarında görülen geniş salma çizgilerinin modellenmesi, çizgi ışımaya güçlerinin ve merkezi süper kütleli karadeliğin kütesinin hesaplanması için gerekli olan parametreleri sağlamaktadır. Bu amaçla, gözlenen ve kuazar uzayına indirgenen tayfta yer alan salma çizgileri için çoklu Gauss eğrileri ile modellemeler yapılmıştır. Yapılan modelleme sonuçları Şekil 6'de sunulmuştur.

Çizelge 1'de salma çizgilerinin modellenmesi ile elde edilen Yarı Yükseklikteki Tam Genişlik (Full Width at Half Maximum – FWHM) ve Eşdeğer Genişlik (Equivalent Width – EW) parametreleri listelenmiştir. Tayftan elde edilen parametreler kullanılarak SRGAJ03p76'nın ışımaya gücü ve

Çizelge 1. SRGAJ03p76 kaynağının gözlenen RTT150 tayfından salma çizgileri için yapılan ölçümleri.

Salma Çizgisi	FWHM (km s <sup>-1</sup> )	EW (Å)
H <sub>α</sub> geniş	5585	393.4
H <sub>α</sub> dar	-	5.2
H <sub>β</sub> geniş	6610	82.0
H <sub>α</sub> dar	-	3.1
OIII 5007	1191	58.3
NII 6585	1206	11.1
SiII	1209	3.1

kütlesini hesaplamak için Rakshit ve diğ. (2020) çalışmasında (ve referanslarında) verilen yöntemler kullanılmıştır. Buna göre 5100 Å'daki ışımaya gücü  $\log(L_{5100})=43.45 L_\odot$  ve bolometrik ışımaya gücü ise  $\log(L_{\text{BOL}})=44.31 L_\odot$  bulunmuştur. H<sub>α</sub> ve H<sub>β</sub> çizgilerinin geniş bileşenlerinden ölçülen parametreleri ile merkezi karadeliğin kütesi  $\log(M_{\text{KD}})=8.26 M_\odot$  elde edilmiştir.



Şekil 6. SRGAJ03p76 kaynağının, Galaktik sönmülemekten arındırılmış ve kuazar uzayına indirgenmiş tayfı üzerinde yığılan süreklilik (üstte) ve salma çizgisi (altta) analizleri. Dalgaboyu değerleri kırmızıya kaymadan arındırılarak kuazar uzayında verilmiştir.

### 3.2 Işık Eğrisi ve SED

SRGAJ03p76'nın Zwicky Transient Facility (ZTF, Masci ve diğ. 2019) veri tabanında yer alan fotometrik gözlemlerinden elde edilen ışık eğrisi Şekil 7'de üst panelde gösterilmiştir. Kuazarların bir karakteristiği olan sürekli ve düzensiz ışık değişimlerinin, SRGAJ03p76 ışık eğrisinde de orta düzeyli değişimler olarak ortaya çıktığı görülmektedir. Kuazarların genelinde parlaklık artışı ile beraber mavileşme davranışı olduğu bilinmektedir (Filiz Ak & Sayılı 2022). Ancak, SRGAJ03p76 ZTF ışık eğrisinden elde edilen ilk bulgular, genel davranıştan farklı değişimlerin olduğuna işaret etmektedir.

SRGAJ03p76'nın literatürde yer alan tüm ışık ölçümleri ele alınarak Tayfsal Enerji Dağılımı (TED) elde edilmiştir. Kaynakların TED incelemeleri, tüm dalgaboylarındaki ışımaya özelliklerinin incelenmesi ve modellenmesi için önemli bilgiler içermektedir. SRGAJ03p76'nın gözlemlerinden elde edilen TED'in modellenmesi için kullanılan X-CIGALE (Yang ve diğ. 2020) programından elde edilen modelleme sonuçları Şekil 7'nin alt panelinde verilmiştir. ART-XC verilerinin de hesaplamalara dahil edilmesi ile TED modellemesi yeniden yapılacaktır.

X-CIGALE, Python dilinde yazılmış, morötesi-radyo dalgaboyu aralığında çalışan CIGALE (Boquien ve diğ. 2019) kodu üzerine inşa edilmiştir ve ek olarak X-ışın akılarını da işleme dahil etmektedir. X-CIGALE, genç yıldızların morötesi ışınımının toz tarafından soğurulup kızılötesinde tekrar yayıldığı "enerji dengesi" prensibine dayanmaktadır. Gözlemsel değerleri, galaksi, toz, AGÇ modelleri ile uyumlandırarak galaksilere ait kütle, yıldız oluşum oranı, AGÇ parlaklığı gibi fiziksel parametreleri tayin etmektedir.

SRGAJ03p76 cismi için literatür taraması yapılmış ve GALEX (NUV), SDSS (ugriz), 2MASS (JHK<sub>s</sub>) ve WISE (W1, W2, W3, W4) gökyüzü taramalarında verisi olduğu

belirlenmiştir. X-CIGALE programı girdi olarak mJy cinsinden akı değeri istemektedir. Dolayısıyla bahsedilen gökyüzü taramalarından elde edilen AB ya da Vega görünen parlaklıklar mJy akı değerlerine dönüştürülerek TED uyumlandırma işlemine sokulmuştur.

Şekil 7'deki alt panelde, SRGAJ03p76'ye ait en iyi X-CIGALE TED modellemesi (siyah) gösterilmektedir. X-CIGALE çalıştırılırken, yıldız oluşum geçmişi için gecikmeli yıldız oluşum geçmişi, toz sönmülemesi için Calzetti ve diğ. (2000) (sönmülemekten arındırılmış TED sarı ile gösterilmektedir), toz ışınımı için Dale ve diğ. (2014) (kırmızı) ve AGÇ ışınımı içinse Fritz ve diğ. (2006) (turuncu) modelleri kullanılmıştır.

## 4 Sonuçlar

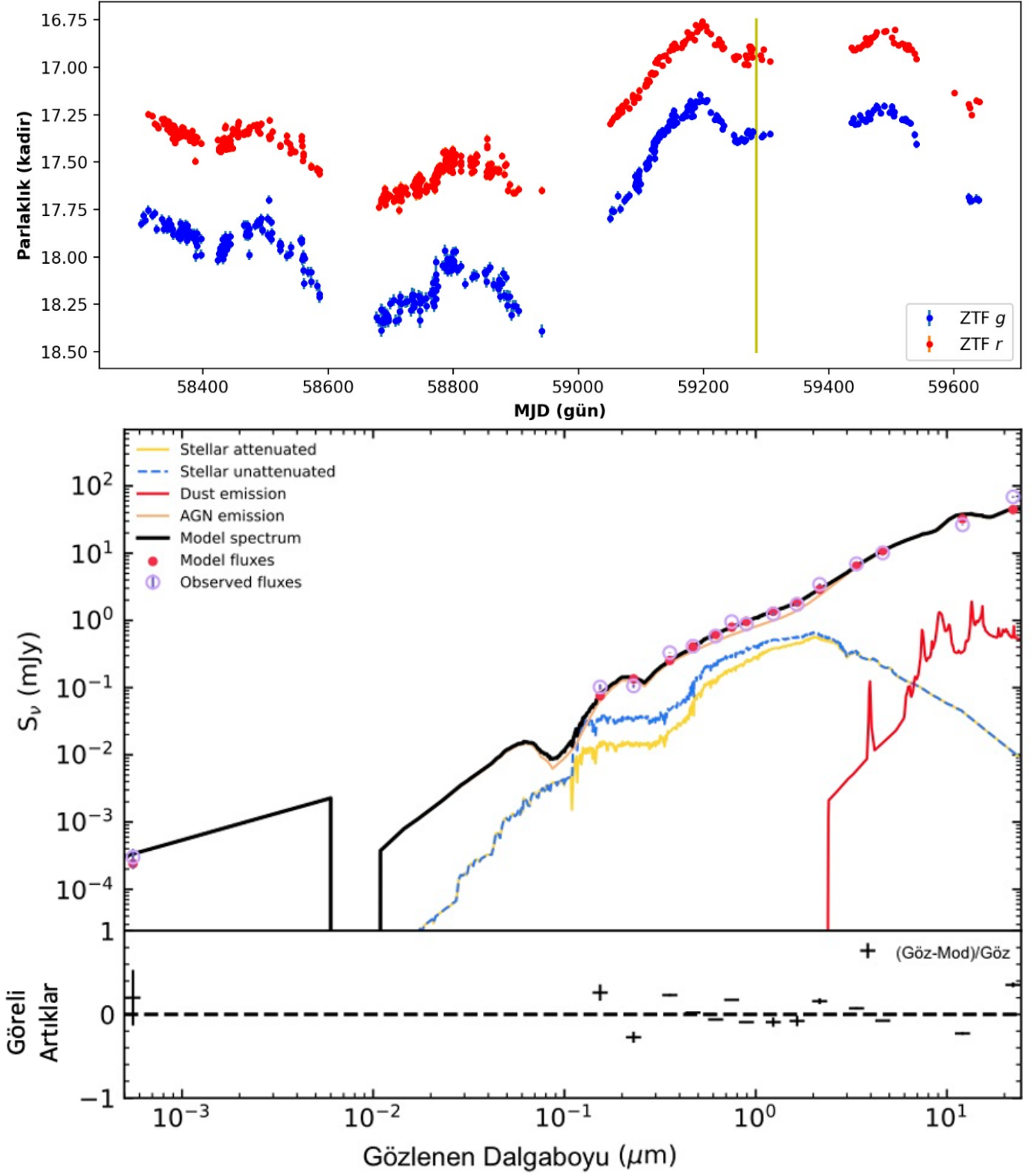
ART-XC verilerine dayalı çalışmalar yapmak için bir araya gelen AGÇ çalışma grubunun şimdiye kadar elde ettiği sonuçlar bu kısımda özetlenmiştir. TR çalışma grubunun doğrudan ve dolaylı olarak sebep olduğu çok sayıda kazanımdan birkaçına değinilmiştir.

### 4.1 AGN Araştırmaları Özeti

TUG-SRG çalışma grubu içerisinde yürütülmekte olan AGÇ ve AGÇ aday kaynakları üzerine yapılan çalışmalar kısaca şöyle özetlenebilir:

- 2 Seyfert/Liner kaynak keşfedilmiştir.
- 4 AGÇ adayının optik tayfı ile ilk doğrulaması yapılmıştır.
- Bilinen 2 Blazar kaynağın güncel optik tayfları alınmıştır.
- Tip I ve II AGÇ'lerin tayflarından kırmızıya kayma değerleri belirlenmiştir.

Bu kaynakların her birinin ayrıntılı analizlerinin yapılması,



**Şekil 7.** Üst panel; SRGAJ03p76 kaynağının, ZTF ışık eğrisi. Mavi noktalar  $g$  bandında ve turuncu noktalar  $r$  bandında alınan gözlemleri temsil etmektedir. Grafiğin sağ kenarında yer alan dikey sarı çizgi ise, RTT150 ile yapılan tayf gözleminin tarihini göstermektedir. Alt panel;  $\chi$ -CIGALE kodu ile yapılan TED modellemesi. Elde edilen en iyi model;  $z=0.196$  için  $\chi^2=2.9$  sonucunu vermektedir. TED'e katkısı olan bileşenler, farklı renklerde gösterilmiştir. En alt panelde görelî artıklar gösterilmektedir.

ışma gücü ve merkezi kütle gibi temel parametrelerinin belirlenmesi için çalışmalar devam etmektedir.

#### 4.2 SRG-TR Çalışma Grubunun Kazanımları

ART-XC telekop verilerinin incelenmesi için oluşturulan SRG-TR araştırma grubu çok sayıda gönüllü araştırmacının katılımı ile oluşmuştur. Bu oluşum, Türk araştırmacılar arasında iş birliği ve koordinasyonun oluşturulması için itici bir platform sağlamıştır. Hem alanında uzman hem de kariyerinin başındaki genç araştırmacıların ortak çalışmalarda yer alması, araştırmacı yetiştirilmesine önemli katkı sağlamaktadır. Örneğin, çalışma grubuna katılan genç araştırmacılar, grup içerisindeki görevlerini yerine getirirken aynı zamanda RTT150 ile tayfsal gözlem yapmak konusunda önemli tecrübeler kazanmıştır. Gerekli görülen alanlarda grup içi araştırmacıların katılımına özel çalıştayların düzenlenmesi bu süreci hızlandırmıştır.

Çok sayıda ve farklı karakterlere sahip kaynakların tayfsal ve fotometrik gözlemlerinin elde edilmesinin yanı sıra indirgenmesi de önemli bir iş yükü oluşturmuştur. Bu çalışmalar için RTT150 ile elde edilen tayfların hem IRAF gibi platformlar yardımı ile hem de teleskoba özel olarak oluşturulan Python rutinleri ile indirgenebilmesi için pratik çözümler (örn. Python ile MOS tayf indirgeme) geliştirilmektedir.

ART-XC verileri ile hızlı ve etkili çalışmaların yapılmasında önemli bir faktörü olan MOS yönteminin RTT150 için geliştirilmesi ve uygulanması önemli bir kazanımdır.

SRG-TR çalışma grubu içerisinde elde edilen verilerin analizlerinin hızlı ve standart hale getirilmesi için Python dilinde yeni kodlar hazırlanmış ya da geliştirilmiştir. Örneğin, kaynakların kırmızıya kaymasını belirlemek için kullanılan zFinder kodu, RTT150 gözlem verileri ile kullanıma uygun hale getirilmiştir. Devam eden ve yeni yapılacak olan çalışmaların buna benzer çok sayıda yeni yazılımların geliştirilmesi için itici güç olduğu öngörülmektedir. getirilmiştir.

#### Teşekkür

Bu çalışmaya temel oluşturan gözlem verileri 21ARTT150-1805, 21ARTT150-1824 ve 22ARTT150-1927 numaralı gözlem projeleri çerçevesinde, SRG-Türkiye Çalışma Grubu iş birliğiyle TÜBİTAK Ulusal Gözlemevinin (TUG) RTT150 teleskobu ve ona bağlı TFOSC tayfçekeri ile elde edilmiştir. TÜBİTAK Ulusal Gözlemevine ve gözlemevi çalışanlarına desteklerinden ötürü teşekkür ederiz.

Mikhail Pavlinsky ART-XC teleskobu, Rusya Bilimler Akademisi (Russian Academy of Sciences)'nin isteği doğrultusunda Rus Uzay Ajansı (Russian Space Agency) tarafından gerçekleştirilen Rusya Federal Uzay Programı (Russian Federal Space Program)'nin astrofizik projesi olan SRG gözlemevinde bulunan sert X-ışını gözlem aracıdır. ART-XC ekibine, SRG projesinin ve ART-XC teleskopunun desteği için Rus Uzay Ajansı, Rusya Bilimler Akademisi ve Rosatom şirketine'a teşekkür ediyoruz. SRG uzay aracının yapılması ve işletilmesi sağlayan Lavochkin Association (NPOL)'ne, X-ışın dedektörleri için AcroRad Co., Ltd.'ne de teşekkür ediyoruz. ART-XC teleskobuna önemli katkıları olan ve aramızdan ayrılan Valery Akimov, Oleg Kozlov, Mikhail Gubarev'e teşekkür ediyoruz.

TUG-SRG grubu içinde bulunan tüm araştırmacılara teşekkür ederiz (alfabetik sırada verilmiştir): A. T. Saygıç, A. Özdönmez, A. F. Yelkenci, A. Akyüz, B. Hasırcı, B. Civelekler,

C. Kayhan, D. Z. Çamurdan, E. A. Çalışkan, E. Kilerci, E. Sonbaş, E. S. Kaçan, E. K. Ülgen, H. B. Atalı, H. Çakmak, H. Dereli-Bégué, H. G. Gökay, İ. Nasıroğlu, İ. H. Çay, M. Özbey Arabacı, M. T. Çay, M. K. Erdim, N. Ercan, O. Okuyan, S. M. Çolak, Ş. Balman, Ş. Duran, T. Güver, T. Çağlar, V. Bakış. Katkılarından dolayı hakemlere teşekkür ederiz.

#### Kaynaklar

- Boquien M., Burgarella D., Roehly Y., Buat V., Ciesla L., Corre D., Inoue A. K., Salas H., 2019, *A&A*, 622, A103  
 Calzetti D., Armus L., Bohlin R. C., Kinney A. L., Koornneef J., Storchi-Bergmann T., 2000, *ApJ*, 533, 682  
 Dale D. A., Helou G., Magdis G. E., Armus L., Díaz-Santos T., Shi Y., 2014, *ApJ*, 784, 83  
 Filiz Ak N., Sayılı O., 2022, *Journal of Advanced Research in Natural and Applied Sciences*, 8, 149  
 Fritz J., Franceschini A., Hatziminaoglou E., 2006, *MNRAS*, 366, 767  
 Kaçan E. S., Hökelek S., Filiz Ak N., 2022, *Turkish Journal of Astronomy and Astrophysics*, 3, 27  
 Masci F. J., ve diğ., 2019, *PASP*, 131, 018003  
 Nakos T., ve diğ., 2009, *A&A*, 494, 579  
 Pavlinsky M., ve diğ., 2022, *A&A*, 661, A38  
 Rakshit S., Stalin C. S., Kotilainen J., 2020, *ApJS*, 249, 17  
 Richards G. T., ve diğ., 2009, *ApJS*, 180, 67  
 Sunyaev R., ve diğ., 2021, *A&A*, 656, A132  
 Uskov G. S., ve diğ., 2022, *Astronomy Letters*, 48, 87  
 Vanden Berk D. E., ve diğ., 2001, *AJ*, 122, 549  
 Wang F., ve diğ., 2016, *ApJ*, 819, 24  
 Wright E. L., ve diğ., 2010, *AJ*, 140, 1868  
 Wu X.-B., Jia Z., 2010, *MNRAS*, 406, 1583  
 Yang G., ve diğ., 2020, *MNRAS*, 491, 740

#### Access:

M23-0376: *Turkish J.A&A* — Vol.4, Issue 3.