



**YEREL EVRENDE DÜŞÜK IŞINIM
GÜCÜNE SAHİP
AKTİF GALAKTİK ÇEKİRDEKLER**

Tuba İKİZ

**Doktora Tezi
Astronomi ve Astrofizik Anabilim Dalı
Astronomi ve Astrofizik Bilim Dalı
Doç. Dr. Cahit YEŞİLYAPRAK
2018
Her hakkı saklıdır**

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**YEREL EVRENDE DÜŞÜK IŞINIM GÜCÜNE SAHİP AKTİF
GALAKTİK ÇEKİRDEKLER**



Tuba İKİZ

**ASTRONOMİ VE ASTROFİZİK ANABİLİM DALI
Astronomi ve Astrofizik Bilim Dalı**

**ERZURUM
2018**

Her hakkı saklıdır



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TEZ ONAY FORMU

YEREL EVRENDE DÜŞÜK IŞINIM GÜCÜNE SAHİP AKTİF GALAKTİK
ÇEKİRDEKLER

Doç. Dr. Cahit YEŞİLYAPRAK danışmanlığında, Tuba İKİZ tarafından hazırlanan bu çalışma 10/08/2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Astronomi ve Astrofizik Anabilim Dalı – Astronomi ve Astrofizik Bilim Dalı'nda Doktora Tezi olarak ~~oybirliği/oy çokluğu~~ (.../...) ile kabul edilmiştir.

Başkan: Prof. Dr. Lütfü DEMİR

Üye : Prof. Dr. İbrahim KÜÇÜK

Üye : Doç. Dr. Cahit YEŞİLYAPRAK

Üye : Doç. Dr. Nazım AKSAKER

Üye : Dr. Öğr. Üyesi İlham NASIROĞLU

İmza :

İmza :

İmza :

İmza :

İmza :

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulunun 06.../09.../2018... tarih ve 35.../...49... nolu kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Mehmet KARAKAN
Enstitü Müdürü

Bu çalışma, TÜBİTAK 2214A ve 2211C Burs Programları tarafından desteklenmiştir.

Proje No: 1059B141400919, 1649B031406125

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

Doktora Tezi

YEREL EVRENDE DÜŞÜK IŞINIM GÜCÜNE SAHİP AKTİF GALAKTİK ÇEKİRDEKLER

Tuba İKİZ

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Astronomi ve Astrofizik Anabilim Dalı
Astronomi ve Astrofizik Bilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Cahit YEŞİLYAPRAK

Spitzer/IRAC seçimi, Aktif Galaktik Çekirdekleri (Active Galactic Nucleus, AGN) tanımlamak için güçlü bir araçtır. Yakın evrende, Düşük Işınım Gücüne Sahip Aktif Galaktik Çekirdekleri (Low Luminosity Active Galactic Nucleus, LLAGN) tespit etmenin basit ve etkili yolu 3,6 ve 4,5 μm arasındaki akı oranlarına bakmaktır; Aktif galaktik çekirdeklerin akı oranları, yıldız oluşumu ve sıcak toz salması içeren, yıldız ışığının baskın olduğu kaynaklardan daha düşüktür. Kırmızı öte seçim yöntemi, 2500'den daha fazla galaksi içeren S⁴G (Spitzer Survey of Stellar Structures in Galaxies) (Sheth *et al.* 2010) örnekleme ile birlikte 400'den fazla galaksi içeren S⁴G Genişletilmiş (S⁴G Extension) örneklemesine uygulanmıştır. Bunlar, yakınlardaki galaksilerin geniş ve eksiksiz bir örneklemesini oluştururlar; bu galaksilerin çeşitli yönleri ayrıntılı olarak incelenmiştir. Bulgularımız, WISE (Wide-Field Infrared Survey Explorer) taraması ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca S⁴G galaksileri, ne kadarlık kesrinin radyo ve X-ışın karşılıklarına sahip olduğu incelenmek için, radyo taramalarında VLA FIRST (Radio Images of the Sky at Twenty-Centimeters), NVSS (NRAO VLA Sky Survey), Chandra ve XMM-Newton X-ışın arşivlerinde araştırılmıştır. Morfolojik türün bir fonksiyonu olarak tespit oranlarına bakılmıştır. Kırmızı öte rengine göre AGN olarak tanımladığımız galaksilerin %78'inin X-ışın veya radyoda da tespit edildiği gösterilmiştir. Bu tür tespit edilen AGN'lerin X-ışını ve radyo kesirleri sırasıyla %55 ve %46'dır. S⁴G örneklemesinin %22'si, daha önce X-ışın veya radyo taramaları tarafından tespit edilmeyen AGN'lerdir. WISE renkleri kullanılarak kaynaklar sınıflandırılmış ve her bir popülasyonda bulmayı umduğumuz aktivite türleri (Mingo *et al.* 2016) gösterilmiştir.

2018, 118 sayfa

Anahtar Kelimeler: Aktif Galaksiler, Kırmızı Öte Çekirdek, Galaksiler, Galaksi Fotometresi

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

LOW LUMINOSITY AGNS IN THE LOCAL UNIVERSE

Tuba İKİZ

Atatürk University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Astronomy and Astrophysics

Department of Astronomy and Astrophysics

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Cahit YEŞİLYAPRAK

Spitzer/IRAC selection is a powerful tool for identifying Active Galactic Nuclei (AGNs). We present a simple and efficient way to detect the fraction of Low Luminosity Active Galactic Nucleus (LLAGN) in the nearby Universe by looking at the flux ratio between 3,6 and 4,5 μm , which is lower for AGNs than for objects dominated by stellar light, even containing star formation and warm dust emission. The infrared selection method is applied to the Spitzer Survey of Stellar Structures in Galaxies (S4G) (Sheth *et al.* 2010) sample of more than 2500 galaxies, together with its S⁴G extension sample of more than 400 galaxies. Together, they form a large, complete, sample of nearby galaxies, of which various aspects have been studied in detail. We compare our results with those of the WISE (Wide-Field Infrared Survey Explorer) survey. We search for S⁴G galaxies which also have detections in the radio surveys VLA FIRST (Faint Images of the Radio Sky at Twenty-Centimeters), NVSS (the NRAO VLA Sky Survey), in the archives of Chandra and XMM-Newton to study what fraction has radio and X-ray counterparts. We look at the detection fraction as a function of morphological type. We show that 78% of the galaxies we define as AGN based on infrared color are also detected in X-ray or radio. The X-ray and radio fractions of such detected AGNs are 55% and 46%, respectively. 22% of S⁴G sample are non-detected AGNs which are non-detected by X-ray or radio surveys before. We classify sources with using the WISE colors and indicate the activity types we expect to find in each population (Mingo *et al.* 2016).

2018, 118 pages

Keywords: Active Galaxies, Infrared Nuclei, Galaxies, Galaxies Photometry

TEŞEKKÜR

Tezin oluşumunda her türlü yardım ve önerilerini esirgemeyen, bilgi ve tecrübelerinden yararlanma fırsatı sağlayan ve zorlandığım her konuda bana destek olan tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Cahit YEŞİLYAPRAK'a ve yurt dışı danışmanın Prof. Dr. Reynier PELETIER'e sonsuz teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Bu tez çalışması sırasında, Avrupa Birliği tarafından finanse edilen ve DAGAL (PI Johan Knapen) olarak adlandırılan DAGAL EU RTN (European Union-funded Initial Training Network) ağına ait verilere erişebilmeme ve kullanabilmeme imkan sağlayan, yurt dışı danışmanımın da yer aldığı DAGAL grubuna teşekkür ederim.

Groningen Üniversitesi Kapteyn Astronomi Enstitüsü'ne, çalışmamı yapabilmem için araştırmacı olarak kabul ettiği, her türlü imkan ve olanağı sağladığı için teşekkür ederim.

1059B141400919 ve 1649B031406125 nolu araştırma burslarıyla çalışmamı destekleyen Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TUBİTAK)'na ve Atatürk Üniversitesi'ne teşekkür ederim.

Hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme de sonsuz teşekkürü bir borç bilirim.

Tuba İKİZ

Ağustos, 2018

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Galaksi Türleri.....	2
1.2. Kara Delik	5
1.3. Aktif Galaktik Çekirdek	6
1.3.1. Süper kütleli karadeliğin gaz ve tozu toplaması.....	8
1.3.2. Kara deliği besleyen madde	9
1.4. Aktif Galaktik Çekirdeklerin Sınıflandırılması	10
2. KAYNAK ÖZETLERİ	18
2.1. AGN Bulma Tekniklerinin Kısa Tarihçesi.....	18
2.1.1. AGN Tayfsal enerji dağılımı ve AGN tespiti.....	20
2.1.2. Optik renk seçimi ve yarı-yıldızsal çekirdeğin varlığı	20
2.1.3. Radyo seçimi	23
2.1.4. Kırmızı öte seçimi	25
2.1.5. Yüksek enerji seçimi	28
2.1.6. Moröte (ultraviyole, UV) seçimi	29
2.1.7. X-Işın seçimi	30
2.1.8. Çok yüksek enerjiler.....	33
2.2. Spitzer Uzay Teleskobu ile Galaksilerdeki Yıldız Yapısını Tarama Gözlemleri (Spitzer Survey of Stellar Structure in Galaxies, S ⁴ G).....	34
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	38
3.1. Materyal - Spitzer Uzay Teleskobu (SST)	38
3.1.1. Spitzer uzay teleskobuna takılı aletler.....	40
3.2. Yöntem	43

4. ARAŞTIRMA BULGULARI	48
4.1. Aktivite Türü	50
4.2. AGN Sınıflandırma Kriteri.....	52
4.3. Hubble Türleriyle Birlikte 3,6 µm Parlaklıkları	56
5. SONUÇ ve TARTIŞMA	59
KAYNAKLAR	70
EKLER	76
EK 1.....	76
ÖZGEÇMİŞ	119



SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

'	: Yay dakikası
"	: Yay saniyesi
AB	: Astronomik Birim
cm	: Santimetre
d	: Uzaklık
dex	: x faktörü 10^x dex olarak değişir, birimsizdir. Metallilik için kullanılır.
GHz	: Gigahertz
Jy	: Jansky
K	: Kelvin
keV	: Kilo Elektron Volt
km	: Kilometre
kpc	: Kiloparsek
L	: Işıtma
MeV	: Mega Elektron Volt
MJy	: Megajansky
Mpc	: Megaparsek
nm	: Nanometre
°	: Derece
pc	: Parsek
s	: Saniye
sr	: Steradyan
T	: Sıcaklık
W	: Watt
z	: Kırmızıya Kayma
µm	: Mikrometre, micron

Kısaltmalar

2dF	: Two Degree Field
-----	--------------------

AGN	: Aktif Galaktik Çekirdek (Active Galactic Nucleus)
ANGST	: ACS Nearby Galaxy Survey Treasury
DAGAL	: Detailed Anatomy of GALaxies
DENIS	: Deep Near Infrared Survey of the Southern Sky
GALEX	: Galaxy Evolution Explorer
IRAS	: Infrared Astronomical Satellite
IRSA	: Infrared Science Archive
LLAGN	: Düşük Işınım Gücüne Sahip Aktif Galaktik Çekirdek (Low Luminosity AGN)
LVL	: The Local Volume Legacy Survey
NIRSOS	: Near Infrared SO Survey
NVSS	: NRAO VLA Sky Survey
OSUBGS	: Ohio State University Bright Galaxy Survey
S ⁴ G	: Spitzer Survey of Stellar Structures in Galaxies
SDSS	: Sloan Digital Sky Survey
SINGS	: Spitzer Infrared Nearby Galaxies Survey
SST	: Spitzer Space Telescope
VLA FIRST	: Radio Images of the Sky at Twenty-Centimeters
WISE	: Wide-Field Infrared Survey Explorer

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Hubble düzeni galaksi sınıflandırması.....	1
Şekil 1.2. Eliptik galaksi türleri görüntüleri	2
Şekil 1.3. Sarmal galaksi türleri görüntüleri	3
Şekil 1.4. Çubuklu sarmal galaksi türleri görüntüleri	4
Şekil 1.5. Merceksi galaksi türleri görüntüleri.....	4
Şekil 1.6. Düzensiz galaksi türleri görüntüleri	5
Şekil 1.7. Aktif galaksi ve aktif galaktik çekirdek gösterimi.....	7
Şekil 1.8. AGN standart modelinin gösterimi.....	9
Şekil 1.9. Seyfert II galaksi NGC 7742	10
Şekil 1.10. Radyo galaksi Cygnus A	11
Şekil 1.11. Kuazar ve Blazar gösterimi	12
Şekil 1.12. ESO NTT ile elde edilmiş R filtresinde BL Lacertae (z=0,147) görüntüsü	13
Şekil 1.13. AGN tayfi örnekleri.....	14
Şekil 1.14. Geniş ve dar çizgi bölgelerinin şematik diyagramı	15
Şekil 1.15. NGC 4261'in radyo jetleri ve gaz/toz diski	15
Şekil 1.16. AGN'nin kenardan görünüşü	16
Şekil 1.17. AGN'nin 45 derece görüş açısıyla görünümü.....	17
Şekil 1.18. Işık hüzmesi hattı boyunca AGN'nin görünüşü.....	17
Şekil 2.1. (Sol panel) X-ışını (ROSAT High-Resolution Imager) ve (Sağ panel) yakın Seyfert galaksi NGC 4051'in optik (SDSS) görüntüleri.	30
Şekil 2.2. Z = 10'daki iki AGN'nin X-ışını tayfi, birinde soğurma yokken, diğerinin bakış açısı kolon yoğunluğu $\sim 10^{24}$ atom cm^{-2} ve fotoelektrik soğurmaya sahip. 2 keV'den daha yüksek enerjilerde (gözlemcinin görüntüsü), kaynak akısında herhangi bir azalma olmamaktadır. Daha düşük enerjilerdeki etkiler çok daha büyüktür.	31
Şekil 2.3. S ⁴ G örnekleme 2352 galaksi tüm gökyüzü ISSA (IRAS Sky Survey Atlas) görüntüsü üzerinde kırmızı işaretlenmiştir	36
Şekil 3.1. NASA/JPL-Caltech tarafından gösterimi ve uçuş mimarisi.....	38

Şekil 3.2. IRAC model gösterimi	40
Şekil 3.3. IRS model gösterimi	41
Şekil 3.4. MIPS şematik diyagramı	42
Şekil 3.5. Böötes alanının AGES taramasından tayfsal olarak belirlenen kaynakların IRAC renkleri	43
Şekil 3.6. Spitzer renk-renk diyagramı	44
Şekil 3.7. DAGAL veri tabanı gösterimi	46
Şekil 3.8. IRAF programı “ <i>imexam</i> ” taskıyla galaksilerin merkez parlaklıkları ölçümü gösterimi	47
Şekil 4.1. WISE Uzay Teleskobu gösterimi ve WISE foton sayma görelisi sistem yanıtı (RSR) eğrileri.	48
Şekil 4.2. Spitzer [3,6]-[4,5] rengine karşılık WISE [W1]-[W2] renk-renk diyagramı	49
Şekil 4.3. WISE [W2]-[W3] rengine karşılık [W1]-[W2] renk parlaklık diyagramı	50
Şekil 4.4. S ⁴ G galaksilerinin [W1]-[W2] renklerine karşılık [W2]-[W3] renk - renk diyagramı	52
Şekil 4.5. X-ışın HR’ye karşılık 1,4 GHz radyo akısının (mJy) X-ışın akısına (yumuşak, 0,2-2 keV, erg cm ⁻¹ s ⁻¹) oranı	54
Şekil 4.6. X-ışın HR’ye karşılık 1,4 GHz radyo akısının (mJy) X-ışın akısına (sert, 2-10 keV, erg cm ⁻¹ s ⁻¹) oranı	55
Şekil 4.7. S ⁴ G veri seti galaksilerinin 3,6 µm (M _[3,6]) salt parlaklıklarına karşılık morfolojik türleri (TT) kırmızı artı sembolleriyle gösterilmiştir	57
Şekil 5.1. S4G galaksilerinin 3,6 µm (M _[3,6]) salt parlaklıkları elde edilenlerin morfolojik türlerine göre yüzde oranları	59
Şekil 5.2. Kırmızı ötede tespit edilmiş AGN’lerin ([3,6]-[4,5] ≤ 0,1 ve ≥ 0,3 kadir) (yüzde olarak) diğer tarama gözlemlerinden (koyu yeşil ve bordo) elde edilen yüzdeleri	60
Şekil 5.3. AGN ([3,6]-[4,5] ≥ 0,1 ve AGN olmayan ([3,6]-[4,5] < 0,1) galaksilerin yüzde oranları ve morfolojik türlerine göre ayrımı.	61
Şekil 5.4. AGN ([3,6]-[4,5] ≥ 0,3 ve AGN olmayan ([3,6]-[4,5] < 0,3) galaksilerin yüzde oranları ve morfolojik türlerine göre ayrımı.	62

Şekil 5.5. S⁴G veri seti galaksilerinin X-ışın ve radyo tarama gözlemleriyle tespit edilmiş yüzde oranları.....65



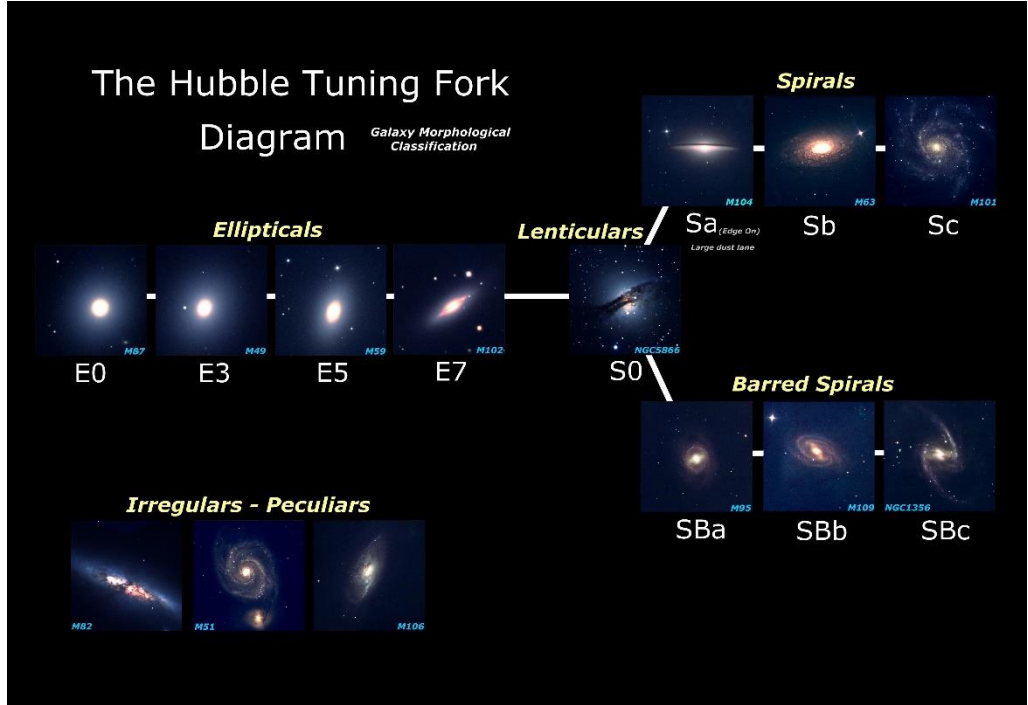
ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Spitzer uzay teleskobunun özellikleri.....	39
Çizelge 3.2. Spitzer aletlerinin karakteristik özellikleri.....	42
Çizelge 4.1. Mingo <i>et al.</i> 2016'nın çalışmasına dayalı aktivite çizelgesi.....	51
Çizelge 4.2. HR'ye karşılık 1,4 GHz radyo akısının (mJy) X-ışın akısına oranı diyagramlarından tespit edilen AGN'lerin koordinatları, Spitzer ve WISE renkleriyle birlikte morfolojik türleri	56
Çizelge 4.3. Morfolojik Türe karşı kodlandırma	58
Çizelge 5.1. Gruplandırılan galaksi türlerinin morfolojik kod aralıkları	59
Çizelge 5.2. Spitzer ile tespit edilmiş AGN'ler ($[3,6]-[4,5] \geq 0,3$)	63
Çizelge 5.3. X-ışın veya Radyo taramalarında tespit edilmiş AGN'ler	66
Çizelge 5.4. X-ışın ve Radyo tarama gözlemleriyle tespit edilmemiş AGN'lerin koordinatları (J2000) morfolojik türleri (TT), Spitzer ($[3,6]-[4,5]$)ve WISE ($[W1]-[W2]$, $[W2]-[W3]$) renkleri.....	67

1. GİRİŞ

Galaksiler evrenin temel yapı taşlarıdır. Kütle çekimi ile birarada duran yıldızlar, toz, gaz bulutları ve karanlık madde galaksileri oluştururlar. Ne zaman toz ve gaz bulutları kendi kütle çekimiyle çökerse o zaman yeni yıldızlar oluşur. Galaksilerin toz, gaz ve yıldızlarının yapısı ile bunların kinematik hareketlerinin haritalanması, oluşumları ve evrimlerini anlamak için oldukça önemlidir. Galaksilerin biçimsel sınıflandırılması, galaksileri görünüşlerine göre çeşitli gruplara ayırdıkları bir sınıflandırma sistemidir. Bu sistem içinde kullanılan çeşitli gösterimlerin en bilineni, Edwin Hubble'ın bulduğu ve Gérard de Vaucouleurs ile Allan Sandage'ın ortaya koyduğu Hubble düzenidir.

Hubble düzeni Edwin Hubble tarafından 1936 yılında geliştirilmiş bir galaksi sınıflandırma düzenidir. Biçimi nedeniyle çatal (Hubble tuning fork) olarak da anılır (Şekil 1.1). Bu düzen galaksileri dört ana gruba ayırır: eliptik (elliptical), sarmal (spiral, barred spiral), merceksi (lenticular) ve düzensiz (irregular-peculiar) galaksiler.

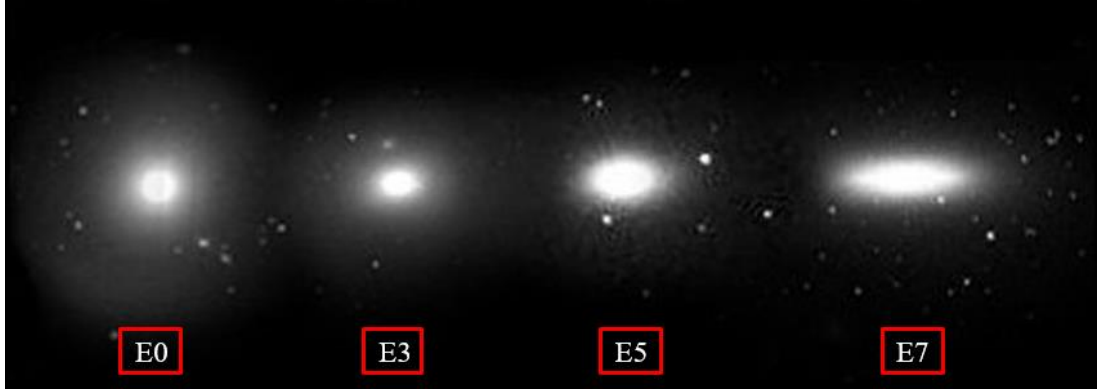


Şekil 1.1. Hubble düzeni galaksi sınıflandırması (Anonim 2018a)

1.1. Galaksi Türleri

a) Eliptik galaksiler

Eliptik galaksiler görüş açısından bağımsız olarak, elips biçimine sahip galaksilerdir. Hubble düzenine göre eliptik galaksiler daire biçimine yakınlıktan aşırı ovalliğe kadar uzanan bir yelpaze içinde kodlanır veya adlandırılır. Bu yelpaze içinde daire biçimine en yakın eliptik galaksiler E0 olarak, en basık veya en oval olanlar ise E7 olarak adlandırılır (Şekil 1.2).

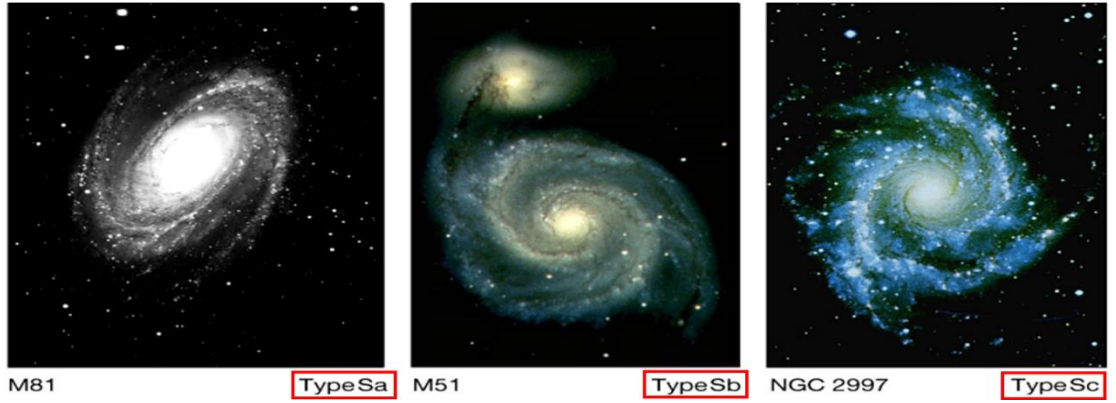


Şekil 1.2. Eliptik galaksi türleri görüntüleri (Anonim 2018b)

Eliptik galaksiler küçük yapılı, yıldızlararası maddesi fazla olmayan galaksilerdir. Bu galaksilerde yeni yıldız oluşumu oldukça düşüktür, yani yıldız oluşumlarının sonlandığı veya en aza indiği galaksiler olarak düşünülebilir; dolayısıyla açık kümelere az sayıda sahiptirler. Bu galaksiler, ortak kütleçekim merkezini temel alan, rastgele yörüngelerde dönen evrimleşmiş yaşlı yıldızların baskın olduğu galaksilerdir. Bu açıdan çok daha küçük olan küresel yıldız kümeleri ile bazı benzerlikler taşırlar (Barstow 2005). Bunun yanı sıra en büyük galaksiler “dev eliptik galaksiler”dir. Dev eliptik galaksiler genellikle büyük galaksi kümelerinin çekirdekleri yakınında bulunurlar.

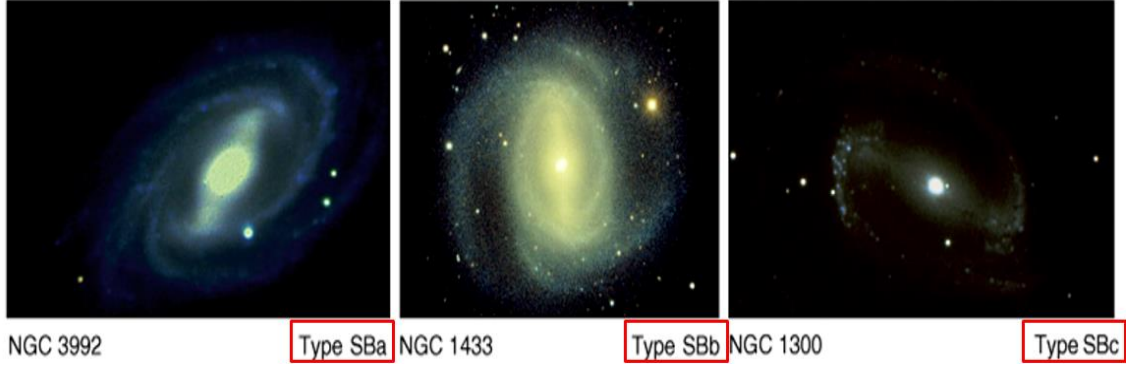
b) Sarmal galaksiler

Evrendeki galaksilerin büyük bir çoğunluğu sarmal galaksilerdir. Nispeten yüksek açısız hıza sahiptirler. Sarmal galaksiler, yıldızların oluşturduğu dönen bir diskten, yıldızlararası ortamdan ve genellikle daha yaşlı yıldızlardan meydana gelmiş bir şişkinlikten (karın) oluşur. Etrafı teker adlı yıldız topluluğu tarafından sarılı bu karın veya çekirdek kısmından dışarı doğru nispeten parlak kollar uzanır. Hubble düzeninde sarmal galaksiler S harfiyle kodlanır; bu S harfinin yanına galaksinin bazı özelliklerini belirtmek üzere küçük harfler (a, b, c, d) eklenir (Şekil 1.3).



Şekil 1.3. Sarmal galaksi türleri görüntüleri (Anonim 2018c)

Galaksiler kollarını çoğunlukla kaybetmiş ve çok zayıf nükleer çekirdeğe sahip ise geçür spiral galaksiler “Sd”, sıkıca sarılmış sarmal kollara ve parlak nükleer çekirdeğe sahip olanlara erken-tür spiral galaksiler “Sa” denir. Bu ek harfler, kolların sıkılık ya da dallanmadaki dağınıklık derecesini ve merkezî karın veya çekirdeğin boyut durumunu gösterir. Daha küçük çekirdek ve daha dağınık kollara sahip olanlarına “Sb” sınıfı, en küçük çekirdeğe ve en açılmış kollara sahip olanlarına ise “Sc” adı verilir (Smith 2000). Sarmal galaksilerin büyük bir çoğunluğunda, çekirdeğin bir ucundan diğerine uzanan, yıldızlardan oluşmuş çubuk biçiminde bir yapı bulunur (Eskridge *et al.* 1999). Çubuklu sarmal galaksiler denilen bu sınıftaki galaksilerin Hubble düzeninde isimlendirilmesi, kolların durumunu belirten küçük harfin (a, b, c) geldiği SB kodlaması şeklinde gösterilir (Şekil 1.4).

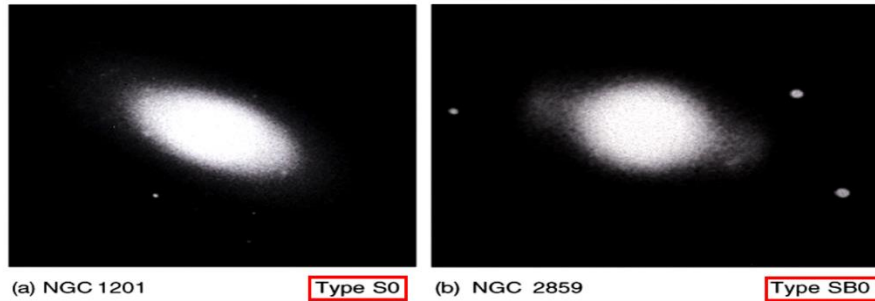


Şekil 1.4. Çubuklu sarmal galaksi türleri görüntüleri (Anonim 2018c)

Çekirdekteki çubuğun, çekirdekten dışarı doğru hareketlenen bir yoğunluk dalgası nedeniyle, bazen de bir başka galaksinin gelgit etkisi nedeniyle meydana gelen geçici bir oluşum olduğu düşünülmektedir (Bournaud *et al.* 2002).

c) Merceksi galaksiler

Çoğunlukla galaksi kümeleri içerisinde yer alan (S0) galaksileri, yıldızlar arası gaz ve toz bulundurmazlar. S0 veya SB0 olarak Hubble sınıflandırılmasında isimlendirilirler (Şekil 1.5). “Mercek” de denilen bu tür, şekil olarak eliptik ile sarmal galaksiler arasında bir yere sahip olan bu galaksilerin şişim (bulge) ve zayıf bir diski vardır fakat sarmal kolları yoktur.

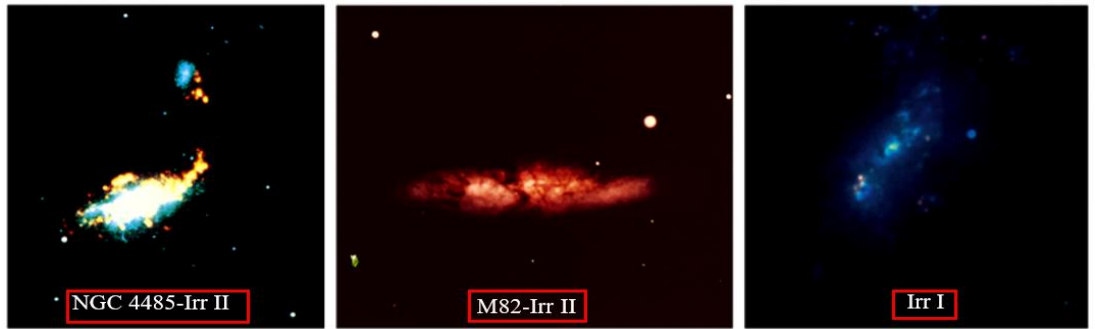


Şekil 1.5. Merceksi galaksi türleri görüntüleri (Anonim 2018c)

Öncelikle yaşlı, Popülasyon II türü yıldızlarından oluşurlar ve bu nedenle bakış açımıza dönük (face on) göründüklerinde sıklıkla eliptik galaksiler olarak sınıflandırılırlar. S0 gökadalalarının kökenleri hala bilinmemektedir, bu galaksilerin aslında sarmal galaksiler oldukları ve başka bir galaksiyle etkileşimleri sonucu kendi yıldızlararası malzemelerini kaybettikleri veya tükettikleri düşünülmektedir.

d) Düzensiz galaksiler

Yukarıda anlattığımız galaksi türleri arasına girmeyen tüm galaksiler düzensiz galaksiler olarak adlandırılır. Irr I veya Irr II olarak kodlandırılırlar (Şekil 1.6). Bunlardan Irr I olarak kodlananlar düşük düzeyde bir yapılanma gösterirlerse de bu yapının biçimi biçimsel galaksi sınıflarından herhangi birine uymaz. Irr II olarak kodlanan galaksiler ise biçimsel galaksi sınıflarını andıran hiçbir yapı izi göstermezler.



Şekil 1.6. Düzensiz galaksi türleri görüntüleri (Anonim 2018c)

Galaksiler; yıldız, toz ve gazın yanı sıra “süper kütleli kara delikler” barındırırlar. Bu kara delikler neredeyse tüm galaksilerin çekirdeklerinde bulunur.

1.2. Kara Delik

Kara delik çekim alanı her türlü maddesel oluşumun ve ışınının kendisinden kaçmasına izin vermeyecek derecede güçlü olan, uzayda çekimsel tekillilik denilen bir noktaya konsantre olmuş kütle yoğunluğudur. Bu kütle karadeliğin olay ufku denilen ve söz

konusu tekilliliği merkez alan bir küreyi oluşturur. Bu küre karadeliğin uzayda kapladığı yer olarak da düşünülebilir. Bir karadeliği doğrudan gözlemlemek imkansızdır. Bilindiği gibi bir nesnenin görülebilmesi için kendisinden ışık çıkması veya kendisine gelen ışığı yansıtması gerekmektedir oysa kara delikler çok yakınından geçen ışıkları bile yutmaktadır. Bununla birlikte varlığı çevresine uyguladığı güçlü çekim kuvveti ile özellikle mikrouazarlarda ve aktif galaksi çekirdeklerinde kara delik üzerine düşen yakınlardaki maddenin son derece ısınmış olmasından ve çeşitli dalgaboylarında ışınım yaymasından anlaşılmaktadır.

Gözlemsel çalışmalar göstermiştir ki süper kütleli kara delikler (super massive blackholes, SMBHs, kütle aralığı $10^6 < M_{BH} < 10^{9.5} M_{\odot}$; Kormendy & Gebhardt, 2001), tüm şişime sahip galaksilerin merkezlerinde bulunmaktadır. SMBH ile içinde bulunduğu galaksi arasında yapılan çok sayıdaki kritik ölçekleme oranları (örn., şişimdeki yıldızların kütlesi, yıldızların hız dağılımları, yoğunluk indeksi; bakınız örn., Magorrian *et al.* 1998; Ferrase and Merritt 2000; Gebhardt *et al.* 2007; Gültekin *et al.* 2009), SMBH ile içinde barındığı galaksinin evrim süreçlerinin ortak olduğunu desteklemektedir (Cattaneo *et al.* 2009). SMBH'nin büyümesi genellikle iki yolla gerçekleşir; başka bir SMBH ile birleşme veya karadeliğin gaz ve tozu toplama yoluyla biriktirmesiyle...

SMBH'nin “aktif” evre süresinde (Soltan 1982; Marconi *et al.* 2004; Shankar *et al.* 2004; Merloni and Heinz 2008) gazın doğrudan karadeliğe yaklaştığı zaman (<1 kpc; Rees 1984; Magorrian *et al.* 1998), radyal olarak etkin bir toplanmanın ortaya çıkmasıyla büyüdüğü bilinmektedir.

1.3. Aktif Galaktik Çekirdek

Gözlemleyebildiğimiz galaksilerin bir kısmı “aktif” olarak sınıflandırılır. Galaksiden çıkan toplam enerjinin önemli bir kısmı yıldızlar, toz ve yıldızlararası ortamdan değil, bir başka kaynaktan yayılmaktadır. Aktif olarak gaz ve toz toplayan süper kütleli kara

delikler “Aktif Galaktik Çekirdek (Active Galactic Nucleus, AGN)” olarak adlandırılırlar (Şekil 1.7).



Şekil 1.7. Aktif galaksi ve aktif galaktik çekirdek gösterimi (Anonim 2018d; Anonim 2018e)

Aktif galaksi çekirdeği için standart örnek, çekirdek bölgesindeki süper kütleli bir dev karadeliğin çevresinde oluşan bir “toplanma diski”ne dayanır. Bir aktif galaksi çekirdeğinin ışınımı maddenin diskten hareketle karadeliğe doğru düşmesi sırasındaki “kütle çekimsel enerji” den kaynaklanır. AGN'den dışarı çıkan enerjinin büyük bir kısmı yıldızsal olmayan (non-stellar) ışınımdır. AGN'lerin büyük çoğunluğu optik bölgede olduğu gibi X-ışın, kırmızı öte, radyo ve morötesi bölgede de güçlü ışınım kaynaklarıdır. Yüksek enerji ve radyo salmaları doğrudandır. Karadeliğin kendisi etrafında merkez bölgelerden gelir. Optik ve kırmızı öte dalgaboylarındaki salma doğrudan değildir. Işık soğurur ve daha sonra yeni bir dalgaboyunda tekrar salınır. Bu durum, merkez bölgesini çevreleyen gaz bulutları ve tozdan kaynaklanır.

Uzun zamandır galaksilerin evrendeki en egzotik objeler olarak nitelendirilen bu aktif çekirdekleri barındırdıkları biliniyordu fakat içlerinde buldukları galaksilerin evrimleri üzerine etkileri olduğu bilinmiyordu. Ancak son zamanlardaki kozmolojik simülasyonlar bu mekanik karşılıklı geri beslemenin (feedback) galaksinin büyümesini oldukça yönlendiği görülmüştür (Di Matteo *et al.* 2005; Springel *et al.* 2005; Hopkins *et al.* 2005; Croton *et al.* 2006). AGN etrafındaki gazı ısıtır ve nükleer çevreye doğru

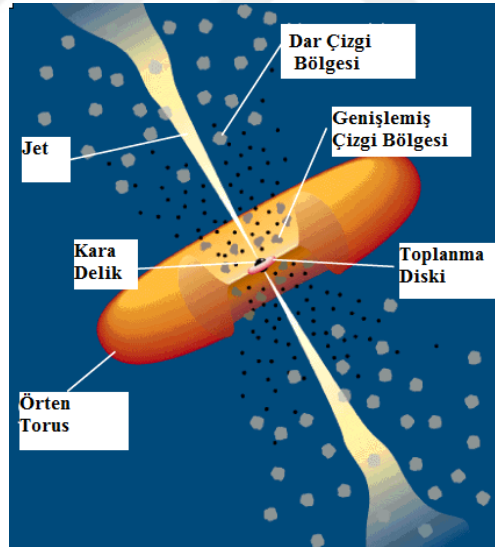
sürer. Bu şekilde dışarıya akan nötral, ılık ya da sıcak gaz, çok sayıdaki aktif galakside gözlenmiştir (Heckman *et al.* 1981; Holt *et al.* 2003; Morganti *et al.* 2005b; Emonts *et al.* 2005). Bu durum, karadeliğin büyümesini ayarlayan bir bileşene sahip olduğunu desteklemektedir. Dolayısıyla gözlenen bu ölçekleme ilişkileri en azından bir parça açıklanmıştır. Dahası, ölçekleme ilişkilerinin varlığı, çoğu galaksilerin Hubble zamanı boyunca bu aktif evrelerden geçtiğini öngörmektedir. Bu yüzden galaksilerin nasıl evrimleştiğini bilmek için bu aktif evrelerin çok iyi anlaşılması oldukça önemlidir.

1.3.1. Süper kütleli karadeliğin gaz ve tozu toplaması

Açısal momentumun korunumu sebebiyle, içeriye düşen madde kara delik etrafında “toplanma diski” olarak adlandırılan düz bir yapı oluşturacaktır. Toplanma diskinin öngörülen çapı çok küçüktür ($\sim 10^{-3}$ pc; Peterson, 1997). Diskteki madde çok yüksek hızlarda dönerken çoğunlukla görsel, moröte ve X-ışın bandlarında büyük miktarda ışınım salınır (Rees 1984; Peterson 1997; Magorrian *et al.* 1998). AGN’nin %15-20’si kadarlık kısmı (Kellermann *et al.* 1998) olan karadeliğe doğru düşen madde, jet yapıları oluşturarak toplanma diskine dik yönde her iki taraftan kaçabilir. Mpc’e kadar büyüyen jet yapıları (onlarca kpc boyutundaki galaksilerin boyutundan daha büyük) kara deliğin ve toplanma diskinin diferansiyel dönmesi sonucu açığa çıkan helix şeklindeki manyetik alanı (Meirer *et al.* 2010) takip eden relativistik elektronlardan oluşan plazmadan (plazma radyo dalgaboylarında ışınım salar) meydana gelmektedirler. Plazma, radyo dalgaboylarında gözlenebilir. Güçlü salmaya sahip kara delikler “radyo-gürültülü” AGN olarak adlandırılırken zayıf ya da hiç bir radyo salmasına sahip olmayanlar “radyo-sakin” olarak adlandırılırlar. Radyo-gürültülü ve radyo-sakin AGN arasında belirgin bir sınır yoktur. Ancak pratikte 1.4 GHz’deki radyo gücü $P_{1.4\text{GHz}} \approx 10^{22} - 10^{23} \text{ W Hz}^{-1}$, radyo-gürültülü ve radyo-sakin arasında bir sınır olarak konur Düşük değerlerdeki AGN için, yıldız salmasından olan katkı galaksinin toplam radyo ışınımı için baskın faktör olmaya başlar (Sadler *et al.* 1989; Wrobel and Heeschen 1991).

1.3.2. Kara deliği besleyen madde

AGN'in standart modeline dayalı olarak (Antonucci 1993; Urry and Padovani 1995) kara delik ve toplanma diski torus ile çevrelenmiştir (Şekil 1.8). Torus, gaz ve tozdan meydana gelmektedir ve boyutu yaklaşık olarak 1-10 pc kadardır. Son zamanlarda yapılan gözlemler ile bu tozlu torus yapıları doğrudan görüntülenmiştir (Jaffe *et al.* 2004; Tristram *et al.* 2009; van der Wolk *et al.* 2010). Torusun varlığına dair sonraki çalışmalar, AGN'in ısıttığı tozun kırmızı öte tayfsal enerji dağılımının modellenmesi ile kanıtlanmıştır (Nenkova *et al.* 2008b; Privon 2009). Biraz daha büyük ölçeklerde (onlarca pc) atomik ve moleküler gazın çekirdeği çevreleyen diskleri bir kaç kaynakta tespit edilmiştir (Schinnerer *et al.* 2000; van Langevelde *et al.* 2000; Peck and Taylor 2001; Lo 2005; Hicks *et al.* 2009). Bu şekilde çekirdeği çevreleyen diskler AGN'i tetiklemek için ihtiyaç duyulan gaz kütlelerini sağlamaktadır.



Şekil 1.8. AGN standart modelinin gösterimi (Urry and Padovani 1995)

Bazı galaksilerde merkez bölgesinin, içindeki milyarlarca yıldızdan çok daha parlak olduğu görülmektedir. Tayfı, gözlenen yıldız tayflarından farklıdır ve salma tüm dalgaboylarında gözlenir. Işınım çok küçük zaman ölçeklerinde (1 günden az) değişir, bu da merkez bölgesinin boyutunun 1 ışık gününden daha az (~180 AB) olduğu anlamına gelir. Maddeden enerjiye olan dönüşümün büyük çoğunluğu (%10 kadar) kara

delik tarafından toplanma ile olur. Buradan salmaya neden olan bir süper kütleli karadeliğin olduğu sonucunu çıkarılabilir.

1.4. Aktif Galaktik Çekirdeklerin Sınıflandırılması

Carl Seyfert, AGN'lerin ilk sınıfını keşfetmiştir ve daha sonra ismiyle adlandırılmıştır. 1940'larda Carl Seyfert tarafından fotoğraflanan 15 Mpc uzaklıktaki NGC 4151 spiral galaksisi parlak bir çekirdeğe sahiptir.

a) Seyfert Galaksiler

Seyfert galaksilerinin çekirdeği sürekli zemin ve soğurma çizgilerine ek olarak güçlü salma çizgileri gösterir. Bazıları bilenen hidrojen çizgileridir (örn. Balmer serisi H-alpha ve H-beta çizgileri). Diğerleri nadir görünen iki kez iyonlaşmış oksijen çizgileri (oksijen atomu iki elektronunu kaybetmiş, oluşumu son derece sıcak gaz gerektiren) gibi çizgilerdir. Çizgiler genişlemiştir, gaz $\sim 20,000$ km/s'ye kadar tüm yönlerde Doppler kaymasına uğramıştır. Çekirdek, parlaklığını birkaç ay zaman ölçeğinde değiştirir; bu da boyutunun <1 parsec olmasını gerektirir. Seyfertler, I ve II olmak üzere temel olarak iki alt türe ayrılmışlardır. Seyfertlerin I ve II arasında Seyfert 1,5 veya Seyfert 1,9 gibi alt sınıflar da vardır. Şekil 1.9'da Seyfert II türü galaksilere bir örnek verilmiştir.

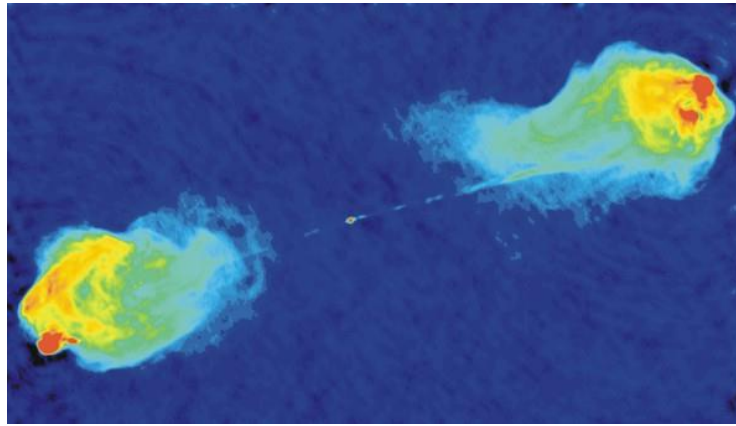


Şekil 1.9. Seyfert II galaksi NGC 7742 (Anonim 2018f)

I türü Seyfert galaksiler, dar ve genişlemiş optik tayfsal çizgilerin her ikisini gösterir. Genişlemiş çizgiler, 1,000 – 5,000 km/s hıza sahip gazın çekirdeğe çok yakın olduğunu belirtmektedir. Seyfert II türü galaksiler sadece dar salma çizgileri (normal galaksilerdeki salma çizgilerinden daha geniş) gösterir ve gazın hızı ~ 500 – 1,000 km/s'dir. Bu dar çizgiler, çekirdekten büyük uzaklıklardaki düşük yoğunluklu gaz bulutlarından kaynaklanır. Seyfert I türü galaksiler alt sınıflara ayrılmıştır. Örneğin, Seyfert 1,9 sadece genişlemiş H alpha (653 nm) çizgileri gösterir. Seyfert 1,5 genişlemiş ve dar H beta (486 nm) benzer salma çizgilerine sahiptir. Seyfert galaksileri, tüm galaksilerin yaklaşık %10'unu oluşturur. Seyfertlerin yanı sıra diğer galaksiler de AGN olarak sınıflandırılır. Bunlar; radyo galaksiler, kuazarlar, blazarlar ve düşük iyonizasyonlu nükleer salma çizgili bölge galaksileridir (Low Ionisation Nuclear Emission-line Region galaxies, LINERs).

b) Radyo Galaksiler

Radyo galaksiler, isimlerinden de anlaşıldığı gibi güçlü radyo ışınımı yayımlayan kaynaklardır. Bunlar, çekirdeğinden radyo ışınımı salan ve genellikle tek ya da ikiz radyo lobların (galaksiden yayılan) eşlik ettiği Mpc boyutlu eliptik galaksilerdir. Radyo ışınımı ısısal olmayan ışınım, manyetik alan içerisinde spiral hareketi yapan elektronların ürettiği synchotron ışınımından kaynaklanmaktadır. Bazen radyo loblar ve radyo ışınımı, dar radyo jetler tarafından birleştirilir (Cygnus Şekil 1.10).



Şekil 1.10. Radyo galaksi Cygnus A (Anonim 2018g)

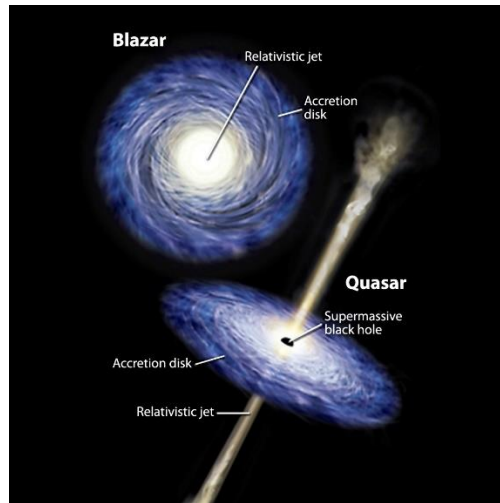
c) Kuazarlar

Kuazarlar en yüksek ışınım gücüne sahip AGN'lerdir. Kuazarların tayfı Seyfertlere benzer olup, yıldız soğurma çizgi özellikleri zayıf ya da bulunmamaktadır. Işınım güçleri $10^{12} L_{\odot}$ 'e ulaşabilir. Dar salma çizgileri, Seyfertler'de görülen genişlemiş çizgilere benzer şekilde olup, daha zayıftır.

d) Blazarlar

Blazarlar, radyo kaynaklarıdır. Yüksek enerjilerde (>100 MeV) gözlenmişlerdir. Hem Optikçe Şiddetli Değişenler (Optically Violent Variables, OVVs) hem de BL LAC objelerini içeren bir AGN sınıfıdır. Tayflarında salma çizgileri göstermezler. Kısa zaman ölçeklerinde (bir kaç günden az) çok yüksek optik değişim gösteren AGN'lerdir. Kuazarların güçlü ve genişlemiş salma çizgileri gösteren kaynakları "Düz Tayflı Radyo Kuazarlar" olarak adlandırılır.

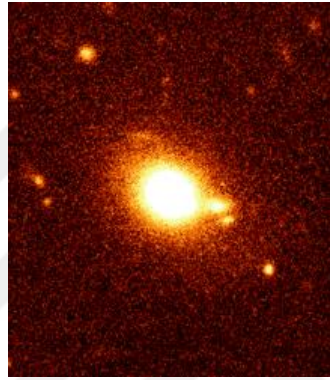
Kuazar ve Blazar, uzaydaki yönelimleri yüzünden farklı isimlendirilir. Eğer galaksinin jeti Dünya'ya doğru ise biz bu galaksiye "Blazar" denir. Eğer galaksiyi biraz daha yandan ve açılı görüyorsak "Kuazar" olarak adlandırılır (Şekil 1.11).



Şekil 1.11. Kuazar ve Blazar gösterimi (Anonim 2018h)

e) BL Lac Objeleri

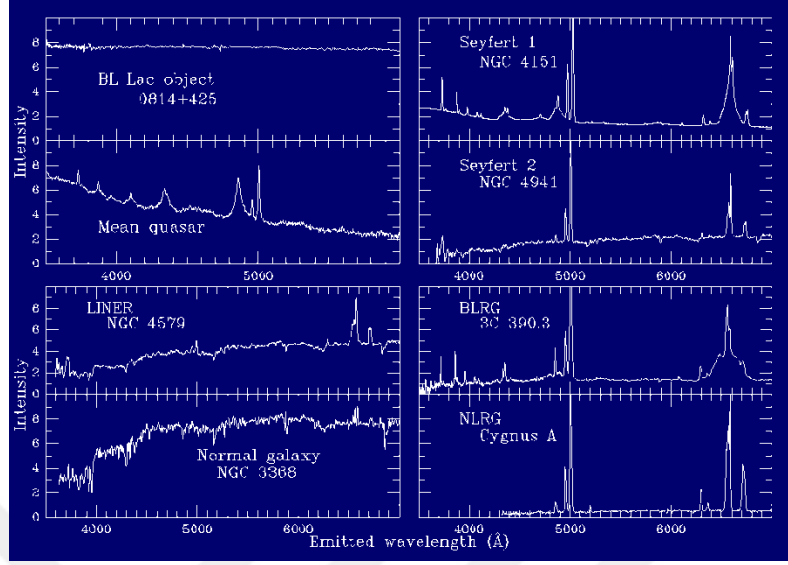
BL Lac objeleri, BL Lacertae'dan sonra isimlendirilmiştir (Şekil 1.12), sınıfın prototipidir ve çok yüksek değişim gösteren AGN'dir (aslında değişen bir yıldız olduğu düşünülüyordu). Kuazarların özelliiksiz optik tayf gösterenleri "BL Lac Objeleri" olarak adlandırılır.



Şekil 1.12. ESO NTT ile elde edilmiş R filtresinde BL Lacertae ($z=0,147$) görüntüsü (Anonim 2018i)

f) Düşük İyonizasyonlu Nükleer Salma Çizgili Bölge Galaksileri (Low Ionisation Nuclear Emission-line Region galaxies, LINERs)

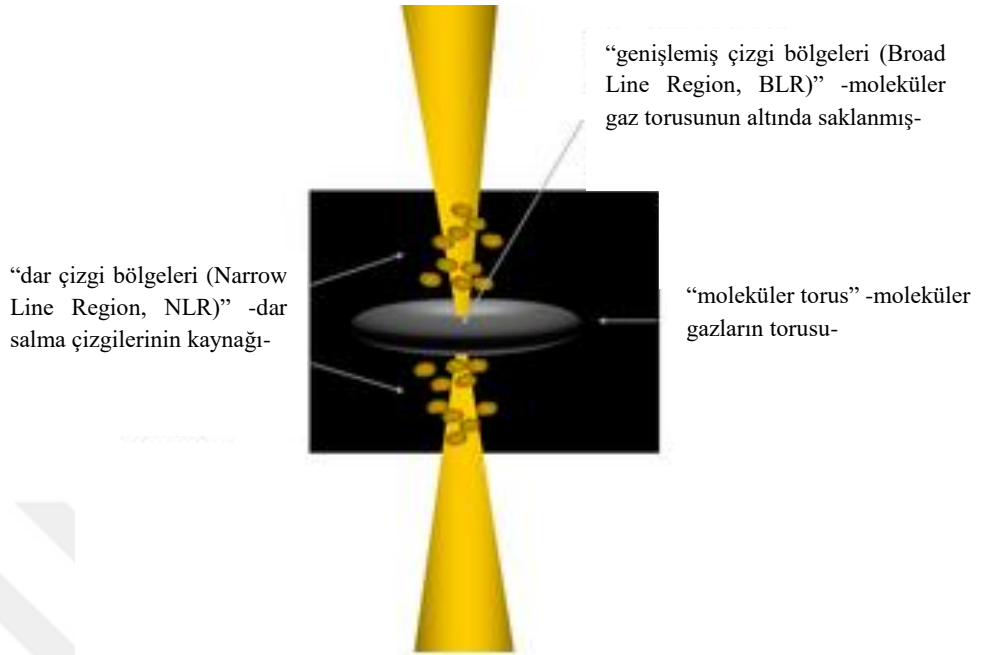
Düşük İyonizasyonlu Nükleer Salma Çizgili Bölge Galaksileri, Seyfert II türü galaksilere çok benzerler. İsimleri [O I] ve [N II] gibi düşük iyonizasyonlu ve güçlü çizgilerden gelir. AGN'lerin tayf örnekleri Şekil 1.13'te gösterilmiştir:



Şekil 1.13. AGN tayfı örnekleri (Anonim 2018j)

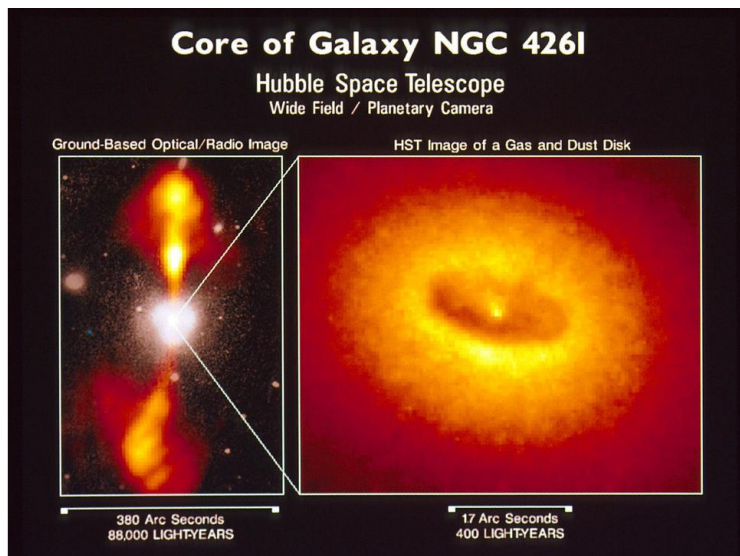
AGN'lerin gücünün merkez bölgelerinde yer alan süper kütleli kara delikten kaynaklandığı öngörülmektedir. Tüm AGN'lerin merkez bölgelerinin benzer olduğu (AGN'lerin Birleştirilmiş Modeli - Unified Model of AGN) düşünülmektedir. AGN özelliklerindeki değişimin, AGN'nin merkez bölgesi ile bakış doğrultumuz arasındaki ilişki ile ilgili olduğu belirtilmektedir.

AGN'lerin merkezinden dış kısımlara doğru gidildikçe, $\sim 1,000$ ışık yılı çapta, moleküler soğuk gaz bulutlarının “torus” u (simit, halka) vardır. Optikçe kalındır ve eğer kenardan görülürse toplanma diski ve genişlemiş çizgi bölgesinin görünümünü bloke eder. $\sim 1,000$ ışık yılı uzaklıklarda “dar çizgi bölgeleri” vardır. Düşük hızlarda (genişlemiş bölgelerden) hareket eden düşük yoğunluklu, küçük gaz bulutlarıdır. Bu bulutlar enerji kazanır (radyo jetlerin doğrultusuna yakın olanlar) ve bazı AGN tayflarında dar salma çizgileri üretirler (Şekil 1.14).



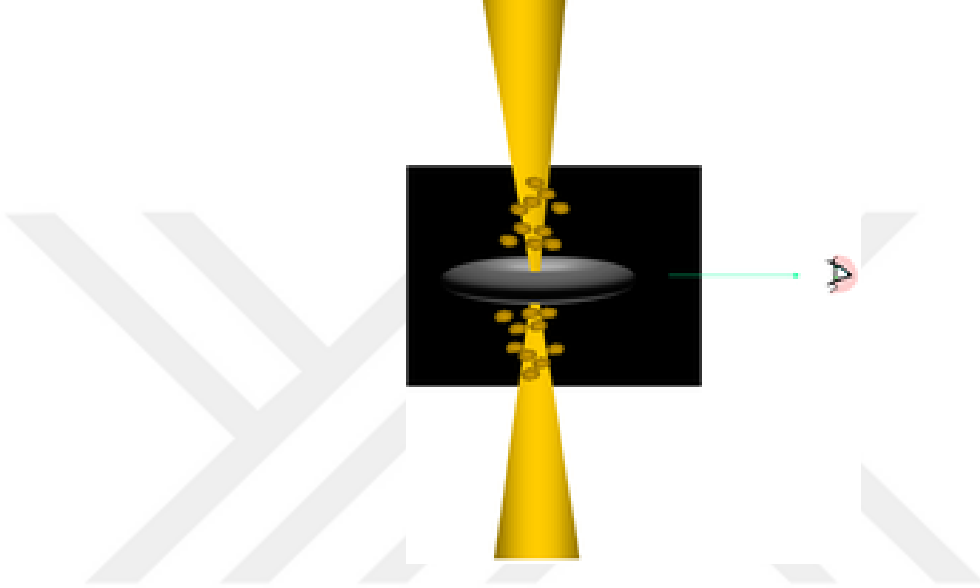
Şekil 1.14. Geniş ve dar çizgi bölgelerinin şematik diyagramı (Anonim 2018k)

AGN'lerin çoğu radyo (synchrotron) ışınımı üretir, jetler içinde paralelleştirilir ve toplanma diski düzlemine dik doğrultuda yayılır (Şekil 1.15). Bu radyo jetler bazı galaksilerde öne çıkar ve bir kaç Mpc boyutunda olabilir. Bir çok jet, genişlemiş ve yayınlamış radyo loblarda sonlanır.



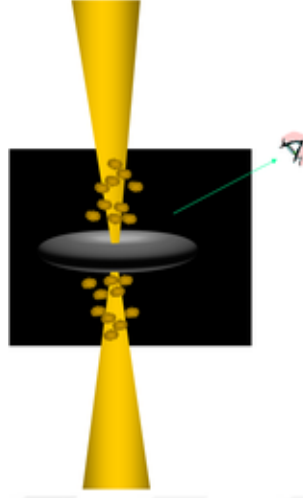
Şekil 1.15. NGC 4261'in radyo jetleri ve gaz/toz diski (Anonim 2018l)

Moleküler torus kenardan görüldüğünde kara delik, toplanma diski ve genişlemiş çizgi bölgesi gizlenir (Şekil 1.16). Bu yüzden tayf alındığında sadece dar bölgeden gelen salma çizgileri ve torusun kendinden gelen kırmızı öte salma görülür. Bu durumda; Seyfert II, radyo galaksiler (dar çizgili) ve kuazarlar tespit edilir.



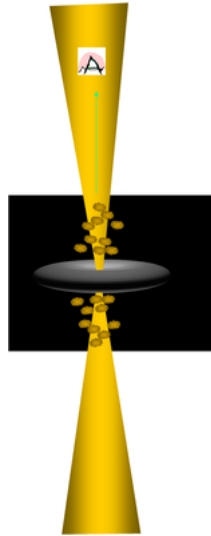
Şekil 1.16. AGN'nin kenardan görünüşü (Anonim 2018k)

Eğer bakış doğrultumuz merkez bölgesini görmemize izin veriyorsa - örneğin torus 45 derece eğik halde – genişlemiş ve dar çizgilerin her ikisinde görülebilir (Şekil 1.17). Bu durumda; Seyfert I, genişlemiş çizgili radyo galaksileri ve kuazarlar tespit edilebilir.



Şekil 1.17. AGN'nin 45 derece görüş açısıyla görünümü (Anonim 2018k)

Eğer doğrudan torusun içine bakıyorsak (bakış açımızla 90 derece eğime sahip ise), çekirdek ve jetleri görürüz (Şekil 1.18). Jetlerden gelen ışınım, ışık hızına yakın hızlarda hareket eder, ışık hüzmeleri oluşturabilir ve saatler ile günler mertebesinde döneme sahip değişimler gösterebilir. Bu ışınımın tayfında herhangi bir dar ya da genişlemiş çizgi baskın olabilir. Tayflarında belirgin soğurma veya salma çizgileri gibi özellikler göstermezler.



Şekil 1.18. Işık hüzmeleri hattı boyunca AGN'nin görünüşü (Anonim 2018k)

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. AGN Bulma Tekniklerinin Kısa Tarihçesi

Tarihsel perspektife bakıldığında, galaksilerdeki “Yıldızsal olmayan” aktivite, ilk defa NGC 1068 (Fath 1913; Slipher 1917) galaksisindeki güçlü ve geniş salma çizgilerinin ve M87’deki jetin keşfi ile belirtilmiştir (örn. Osterbrock 1961). NGC 1068’de bulunan tayfsal özelliklerin yıldızlarda ve süpernova kalıntılarında neredeyse hiç bulunamayışı, bazı yeni olayların göstergesi olmuştur. M87’deki “jet”in morfolojisinin yıldızsal olmayan süreçlerle ilişkilendirilmesinin üstünden 50 yıl geçmiştir. Yıldızsal olmayan aktivitenin ilk “örneği”, Seyfert’in 1943 yılında bulduğu normal galaksilerde olmayan çekirdekteki güçlü genişlemiş” çizgilerdir (başka yerde olmayan). Bir sonraki adım, galaksimiz dışındaki radyo kaynaklarının keşfedilmesiyle gerçekleşmiştir ve onlara optik karşılık bulma (counterpart) girişiminde bulunulmuştur. Düşükten orta dereceye olan kırmızıya kaymalara sahip “aktif galaksiler”in keşfi ve bunların bir çok parlak radyo galaksinin optik karşılığı olması (Baade and Minkowski 1954) “aktif galaksi” diye yeni bir türün olduğunu göstermiştir. 1958’de Minkowski, sabit radyo akısındaki tanımlamalarda optik özelliklerde oldukça muazzam dağılma olduğunu ortaya koymuştur.

Schmidt (1963), Greenstein and Matthews (1963) ve Schmidt and Matthews (1964) bir kaç radyo kaynağın optik karşılıklarının büyük kırmızıya kaymalarda yıldızsal görünüme sahip olduklarını keşfetmiştir ve bu nedenle çok parlak sıkışık galaksimiz dışındaki kaynaklar yıldızsal olmayan tayflara sahiptir. Yıldıza benzer radyo kaynaklar “kuazarlar” olarak isimlendirilmiştir. Bu kaynakların optik özellikleri birbirlerine çok benzerdir, bu da onların yeni bir tür olduğunu ortaya koymuştur. Sandage (1965) kuazarlarla benzer optik özelliklere sahip fakat radyo kaynak olmayan kaynakları farketmiştir. Bu kaynaklar, optik ışınımına göre çok daha büyük moröte (UV) ışınımına sahip olduklarından mavi renklere sahip, süreklilik akısında oldukça yüksek değişimler ve geniş iyonizasyon aralığı üstünde genişlemiş salma çizgileri gösteren kaynaklardır.

Bazı ‘‘Seyfert galaksileri’’nin çekirdeklerinin, kuazarlara benzer özelliklere sahip oldukları fark edilmiş (Woltjer 1959; Burbidge and Sandage 1963) ve son 30 yılda bu kaynaklar Aktif Galaktik Çekirdekler veya AGN adı altında gruplandırılmıştır (Richard Mushotzk’a göre bu ismin literatürde ilk defa kullanılması Burbidge 1970 tarafındandır). Tüm AGN’lerin kuazarlara benzemediği açıktı. Seyfert II galaksileri, genişlemiş çizgilere ve güçlü yıldızsal olmayan sürekliliğe sahip değildi fakat normal yıldızlardan iyonlaşma ile üretilemeyen güçlü, dar yasaklanmış çizgilere sahiptir.

Ayrıca BL Lacertea kaynakları, genellikle optik ve moröte salma çizgilerine sahip değildi fakat oldukça güçlü ısısal olmayan sürekliliğe ve geniş optik renk çeşitliliğine sahipti. Bu da gösteriyor ki tüm AGN veri örneklemelerinin (sample) tanımlanmasının çok çeşitli teknikler ve kriterler gerektireceği açıktır.

Radyo kaynakların optik karşılıklarının bulunması dışında (3CR taraması, tüm kaynakların belirlenmesi 30 yıl kadar sürmüştür, ilk büyük radyo taramasıdır; Spinder *et al.* 1985), literatürdeki AGN’ler için yapılmış ilk sistematik tarama Markarian taramasıdır. Sıkışık galaksileri ve mavi yıldızsal renklere sahip çok sayıdaki kaynakla birlikte Seyfert galaksilerinin özelliklerini kapsayan bir tarama gözlemdir. Ayrıca hemen hemen aynı zamanda yapılan Zwicky taraması ile oldukça fazla AGN bulmuştur. Bu iki çalışma radyo taramaları ile birleştirildiğinde, AGN taramaları fotografik teknikleri kullanarak mavi sıkışık çekirdeklerin bulunması ve devamında optik tayflarının elde edilmesi şeklinde standart haline getirilmiştir (bakınız Weedman 1977). Ancak bu araştırmalar tamamen deneyseldi; yani aktif galaksiler olduğunu bildikleri kaynakların özelliklerine sahip olan kaynakları arıyorlardı. AGN’lerin, çizgi kuvvetlerinden çizgi genişliklerine (herhangi bir salma çizgisi olmayan kaynaklara, örn. BL Lacertae nesnelere kadar uzanan), süreklilik renklerine, genliklerine ve değişimlerinin zaman ölçeklerine kadar çok geniş bir bağıl parametre aralığına sahip olduğu açıktır. Dolayısıyla, kapsayıcı bir tanımlama yapmak çok zordur. Çoğu çalışanın, tamamen eksiksiz güçlü seçim etkilerine tabi olmayan bir AGN tanımı yapmakta zorlandığını söylemek doğru olur. Son zamanlarda yapılan Two Degree Field (2dF) ve Sloan Digital Sky Survey (SDSS) gibi taramalar, iyi tanımlanmış renklere ya

da çizgi kuvvetleri kriterlerine odaklanmış ve iyice tanımlanmasına imkan sağlamıştır fakat eksiksiz tamamlanamamıştır.

2.1.1. AGN Tayfsal enerji dağılımı ve AGN tespiti

Tanım gereği, bir kara delik etrafından gelen salma, normal yıldızlardan gelen salmaya benzemez. Farklı bir geniş band tayfsal dağılımı (Spectral Energy Distribution, SED), çok yüksek ışınım yoğunluğu ve çok farklı zaman değişkenliği özellikleri vardır. Kabaca, optik olarak seçilmiş bir AGN'nin geniş band tayfı, her on yılda 10^{13} - 10^{20} Hz'e kabaca eşit enerjili olan bir güç yasasıyla temsil edilebilir (Elvis *et al.* 1994). Bu, yaklaşık olarak 10^3 - 10^5 K'lik etkin sıcaklıktaki karacisimlerin toplamı olan yıldızlardan gelen tayflardan çok daha geniştir. Bu güç yasası üstünde, hidrojenden, yüksek iyonize C, N ve O'den ve düşük iyonizasyonlu Fe çizgilerinin karışımından gelen güçlü optik ve UV çizgileri vardır. Dolayısıyla, kaynakların bir AGN SED'a benzerliklerine ya da yıldızsal bir SED'dan farklarına bakarak seçilmesi oldukça verimlidir.

Optik olarak seçilmiş AGN için SED iyi çalışılmışken, radyo, kırmızı öte (IR) ve X ışını tarafından seçilen kaynaklar için SED çok daha az çalışılmıştır. Radyo seçilmiş ve sert X-ışın seçilmiş AGN'lerin çoğunluğunun yer tabanlı UV/optik/IR gözlemleri yıldızsal olmayan renk belirtileri göstermemektedir, bu yüzden SED'nin bu bandlarda AGN belirteci olarak kullanılmasıyla kaynaklar bulunamayacaktır.

2.1.2. Optik renk seçimi ve yarı-yıldızsal çekirdeğin varlığı

Sandage (1971) tarafından AGN'nin optik renkleri ve ev sahibi galaksiden gelen yıldız ışığının sistematik bir yolla ayrımı, güç yasasının indeksi olarak saf yıldız renklerinden, kırmızıya kaymadan ve ısısal olmayan süreklilikteki toplam ışığın bir bölümünden gerçekleştirilmiştir. Bu tekniği ve çok renk veriyi kullanarak beklenmedik renklere sahip kaynakların ayırt edilmesi ve renk oranlarının elde edilmesi mümkündür (örn. Koo and Kron 1988). Bunlar daha sonra optik tayf, radyo ve X-ışın takip gözlemlerine aday olurlar. Bu teknik, beş-renk (u, g, r, i, z bandları) uzayında sapmalarına göre

kaynakları bulan SDSS ile bugünkü önceliğine ulaşmıştır (Fan 1999; Richards *et al.* 2001). Bu teknik bilinen kaynaklarda denenmiş, bu şekilde elde edilen kuazarların renkleri, fotometrik kırmızıya kaymalarının tahmin edilebilmesi için yeterince dar aralıklarla dağıtılmıştır. Fakat özellikle, 2dF alanlarının XMM-Newton ve Chandra gözlemleriyle yapılan X-ışını görüntüleri, bu optik araştırmayla tespit edilmemiş birçok AGN bulmaktadır.

30 yıldan fazladır oldukça çok sayıda program (bakınız Hartwick and Schade 1990) AGN tespitinde Schmidt (1969)'in kuazarların tespiti için olan kriterlerini kullanmıştır.

Bu kriterler:

- Her hangi bir kırmızıya kaymada çekirdekleri normal yıldızlara benzer renge sahip olmayan kaynaklar. Bunlar, AGN “ayırma” yöntemi ile bulunurlar.
- Işıtmalı yarı-yıldızsal çekirdeğe sahip kaynaklar (Seyfert I galaksisinin tanımı için Weedman 1977 ve son bulgular için bakınız Sararedini *et al.*1999) Zamanla değişkenlik gösteren kaynaklar.
- Hemen hemen tüm AGN'lerin farklılık gösterdiği bilinmektedir (Schmidt 1969; Cannon *et al.* 1971).
- Güçlü, nispeten genişlemiş UV / optik salma çizgileri gösteren kaynaklar.
- Öz hareketi bilinmeyen yıldızsal kaynaklar. Bu kriter son zamanlarda derin Hubble Uzay teleskopu (HST) görüntülerinin analizleriyle yeniden kullanılmıştır.
- Lyman bozulmasıyla optik renkleri ayırt edilen ışıtmalı yüksek kırmızıya kaymaya sahip kaynaklar.

Bu kriterler, kuazar benzeri kaynaklar için en iyi şekilde kullanılmıştır ve Seyfert II benzeri kaynakları çok iyi seçmemektedir (Seyfert II galaksilerinin, parlak ya da genişlemiş çizgilere sahip çekirdeklerdeki kadar güçlü olmayan çizgileri vardır ve optik bantlarda zaman değişkenliği göstermezler veya az gösterirler). AGN bolometrik ışırtmasının galaksi ışırtması ile iyi ilişkilendirilmediğinin farkına varılması (Urry 2003), düşük ışırtım gücüne sahip AGN'lerin optik seçim yöntemleriyle kütleli galaksilerde tespitinin çok zor olduğunu göstermektedir. Yıldız ışığı, ortalama kırmızıya kaymalarda

($z < 0,2$) AGN'nin tüm çizgilerinin eşdeğer genişliklerini azaltarak bulunmasını zorlaştırır. AGN çekirdeğinin renginin tespitini sağlayacak izleri azaltır ya da yok eder.

Yarı yıldızsal çekirdeğin varlığı, kuazarlar için özgün belirleyici kriterlerden biriydi. Bununla birlikte, bu kriter teleskobun açısal çözünürlüğüne, çekirdeğin ve ev sahibi galaksinin görelî kontrastına oldukça duyarlıdır. Aynı zamanda parlak süper yıldız kümelerini ve diğer sıkışık kaynakları da bulur. Sarajedini *et al.* (1999), HST tarafından gözlemleri yapılan geniş örneklemedeki galaksilerde yıldızsal çekirdekleri araştırmış ve %10'unu, toplam ışığın %5'inden fazlasına katkıda bulunan çözümlenememiş yarı yıldızsal çekirdeklerin oluşturduğunu bulmuştur. Şimdiye kadar, orta kırmızıya kaymalarda düşük ışınım gücüne sahip AGN benzeri aktivite için yapılmış en iyi optik taramadır.

Optik teknikler çok güçlü olmasına rağmen birkaç problemi vardır. Tekniğin kullanılabilmesi için, çekirdeğin fotometrik sönümlene içindeki yıldızlardan daha çok parlaması ve tespit edilebilmesi için farklı renge sahip olması gereklidir. Yıldız oluşumunun optik renkler üzerinde etkisi oldukça fazladır. Örneğin Byrukan taramalarında, mavi sürekliliğin araştırılmasıyla kaynaklar seçilmiştir ve bunların %90'ı Seyfert yerine yıldız patlamaları gösteren galaksiler olarak bulunmuştur.

SDSS gibi geniş veri tabanları için renk seçimi oldukça etkin bir yöntemdir. Ancak, bu yöntemlerin yıldızların kuazarlara oranının büyük olması nedeniyle dikkatle değerlendirilmesi gereklidir. Bu nedenle teknikler, kapsamlı tayfsal takip için tarama gözlemleri yapılmadıkça, "tüm kuazarları bulma" yerine "yıldız eleme" üzerine odaklanmıştır.

Buna ek olarak, bir çok AGN'nin görüş açısında büyük miktarda toz ve gaz bulunması nedeniyle sönümlene etkisinin çok büyük olduğu iyi bilinmektedir ve güvenilir örneklemeler üretmek için çok iyi modellenmiş olması gerekmektedir.

Sönümlenme etkileri, yakın IR verilerini kullanarak kısmen iyileştirilebilir, ancak yalnızca bir sınır limitine kadar bu gerçekleştirilebilir. AGN'deki kızılşma eğrisinin, Samanyolu'nun yıldızlar arası ortamındakinden (Maiolino *et al.* 2001) farklı olduğu çok uzun yıllardır bilinmektedir; ve dolayısıyla güvenilir optik akıların elde edilmesi için AGN tayfinin nasıl “kızılşmasının azaltılacağı” açıkça belli değildir.

2.1.3. Radyo seçimi

AGN bulmak için ilk yol radyo kriteriydi. Çünkü güçlü ısıtılmalı süper kütleli kara deliğe sahip hemen hemen tüm radyo kaynaklar tanımımız gereği AGN'dir - tek karmaşa şudur; düşük ısıtılmalarda radyo salmasının önemli bir bölümü yıldız oluşum bölgelerinden gelebilir. Bu yüzden, en parlak kaynakların, radyoda daha fazla algılanması, AGN varlığının göstergesidir. Radyo araştırmaları oldukça duyarlı ve konumlar son derece doğrudur. Morfolojik bilgiler de ayrıca önemlidir çünkü çift loblu veya jet benzeri yapılar gösteren tüm radyo kaynaklar AGN'dir.

Ancak radyo taramaları çok eksiktir, çünkü AGN'lerin %10'undan azı ısıtılmalı radyo salmasına sahiptir (White *et al.* 2000), bolometrik parlaklığın radyo parlaklığına oranı 10^5 kat değişir ve toplam enerjinin radyoda yayılan kesri küçüktür. Çoğu “radyo-sakin” AGN'in bir miktar radyo salmasına sahip olduğu doğru olsa da, göreceli yoğunluk çok düşük olduğundan, bu cisimlerin radyoda araştırılması çok zordur. İlk zamanlardaki radyo örneklemeleri geniş bir aralıktaki optik özelliklere ve büyük kırmızıya kaymaya sahip kaynakları bulmuştur. Radyo akısı ile kırmızıya kayma arasında korelasyon olmaması, geniş bir ışınım fonksiyonu olduğunu göstermiştir.

1960'lı yıllarda, radyo kaynaklarının önemli bir bölümünün genişlemiş çizgileri olmadığı ya da hiç çizgi olmadığı ve optik renklerinin olağan dışı olmadığı belirtilmektedir (Kristian *et al.* 1974). Ulrich'den (1971) alıntı yaparak, “Çekirdeklerin optik ve radyo özelliklerinin karşılaştırılması; sıkışık nükleer radyo kaynakları olan galaksilerin, merkezlerinde radyo kaynakları olmayan galaksilere göre büyük bir olasılıkla daha çok salma çizgileri gösteren optik tayflara sahip olduklarını”

göstermektedir; bu da, radyoda seçilmiş AGN'lerde geniş veya güçlü çizgilerin görelî olarak az bulunduğunu göstermektedir. Bu, son zamanlarda güney radyo taraması (Sadler *et al.* 2002; Magliocchetti *et al.* 2002) ile birlikte yapılmış 2dF taramasının birlikte olduğu çalışmanın yanı sıra SDSS ve FIRST (Faint Images of the Radio Sky at Twenty-cm) verilerinde de görülmüştür (Ivezic *et al.* 2002).

Bu verilere göre, yakın radyo galaksilerinin %60'ından fazlası, herhangi bir genişlikte güçlü salma çizgileri olduğuna dair herhangi bir kanıt göstermemektedir ve optik süreklilikleri, ısısız olmayan aktivitenin varlığının zayıf olduğunu ya da hiç olmadığını göstermektedir. Bu durum, radyo kaynaklarının X-ışını kaynakları olarak bile bulunamadığı yüksek kırmızı kaymalarda da geçerlidir (Cowie *et al.* 2004a). SDSS verilerinde, radyo kaynaklarının optik karşılıklarının yalnızca %10'unun, güçlü AGN benzeri salma çizgilerine sahip olduğu gösterilmiştir. Bununla birlikte, yer tabanlı verilerde belirgin çekirdek veya genişlemiş çizgilerin bulunmadığı bir çok yakın kaynağın HST görüntülemesi, zayıf ısısız olmayan sürekliliğın olduğuna dair kanıtlar bulmuştur (Chiaberge *et al.* 2003). Gerçekte, radyo galaksilerde güçlü çizgilerin olmayışı optik tayfın belirlenmesini zorlaştırdığından, ilk radyo kataloğunu tamamen tanımlamak için 30 yılı aşkın bir süre gerekmiştir (Spinrad *et al.* 1985).

Oldukça ilginç bir şekilde, radyo AGN'lerin büyük çoğunluğunun hiçbir zaman optik tekniklerle tespit edilemeyeceği düşünölmekteydi. Bu, farklı seçim tekniklerinin farklı kaynakları bulma eğiliminde olduğunun ilk göstergesiydi. Başka şekilde ifade etmek gerekirse, optik olarak seçilen AGN'lerin sadece %10'u “radyo gürültülü” iken radyo da seçilen AGN'lerin %30'undan daha azı “optik olarak gürültülü” dür.

AGN'lerin “radyo” renkleri, diğér ısıtmalı radyo kaynaklara karşı ayırım yapabilme imkanı sağlar. Hemen hemen tüm düz tayfa sahip sıkışık radyo kaynaklar, AGN'dir. Buna ek olarak, yıldız oluşumu gösteren galaksiler için bulunan radyo akı ile orta kırmızı öte akının kuvvetli korelasyonu, eğer kırmızı öte veriye sahipse, ayırma yolu ile AGN olarak tespitine imkan sağlar (Yun *et al.* 2001). Yani, IR-radyo ışınım oranı düşük olan kaynakların hemen hemen tümü AGN'dir (Condon *et al.* 1995) ve yüksek IR /

radyo ışıltma oranının dar bir aralığına yayılan kaynaklar ise yıldız patlaması gösterenlerdir (veya radyo-sakin AGN). Bu teknik, ROSAT All Sky Survey verilerinde yıldız patlamaları olduğu düşünölen kaynakların birçoğunun gerçekten daha önce kataloglanmamış AGN olduğunu göstermek için kullanılmıştır (Condon *et al.* 1998). Bununla birlikte, X-ışını ile seçilmiş kaynakların (en ünlöleri NGC 1068 olan) geniş bir örneklemesinin incelenmesi, çoğunun “yıldız oluşumu” göstermesi ile birlikte IR ve radyo ışıltmaları oranları, IR ve radyo ışıltmalarının çoğunun AGN ile ilişkili olmadığını belirtir. Bu nedenle, yıldız oluşturan galaksileri, daha düşük görelî uzak-IR/radyo ışıltmalara sahip ve korelasyonda daha büyük dağılım eğilimi gösteren AGN’lerden ayırt etmek için epeyce uğraş gerekmektedir (Miller and Owen 2001).

SDSS (Ivezic *et al.* 2002) ile radyo seçilmiş kaynaklar üzerinde yapılan araştırmada, yıldız patlaması gösteren galaksilerin sayısı, AGN benzeri optik tayflara sahip olan kaynaklardan 5:2 oranında daha çoktur ve olağan dışı optik özelliklere sahip olmayan kaynak sayısının, optik olarak aktif AGN'lere 12:1 oranında baskın olduğu belirtilmiştir. Bu nedenle, derin radyo taramaların, AGN olmayan popölyasyonlar kaynaklı büyük bir katkı faktörüne sahip olduğu görölmektedir fakat keşfedilmiş çok sayıda AGN klasik optik kriterle ayırt edilememiştir. Çoğu radyo verisinin oldukça doğru konumlara sahip olması (45" den daha iyi olan en büyük radyo taraması NRAO VLA Sky Survey veya NVSS için ve 7" den daha iyi olan en hassas büyük katı açılı tarama FIRST için) diğêr dalga boyu bandlarındaki karşılıklarının kolaylıkla belirlenmesine imkan sağlar. Bununla birlikte, optik olarak seçilen AGN'lerin yalnızca ~%8'i (Ivezic *et al.* 2002) radyo “yüksek”tir ve radyo araştırmalarında seçilebilirdir.

2.1.4. Kırmızı öte seçimi

AGN sürekliliğini ölçmek için IR teknikleri kullanımı 1970'lerde ilk hassas IR dedektörlerinin ortaya çıkmasıyla başladı (Low and Kleinmann 1968). Ancak, Seyfert galaksilerinin IR “renkleri” normal galaksilerinkilerden (Kuraszkiewicz *et al.* 2003) farklıdır ve IR çizgilerinin eşdeğêr genişlikleri bir bulgu mekanizması olarak kullanmak

için yeterli değildir. Bu nedenle, IR renk araştırmalarına büyük özen gösterilmedikçe, AGN'lerin büyük bir bölümü “yanlış” olarak saptanabilir.

IR'de AGN bulmaya yönelik ilk büyük girişim, Infrared Astronomical Satellite (IRAS) verilerine dayanıyordu. De Grijp, Lub and Miley (1987), AGN'nin normal galaksilere göre 60 μm /25 μm renkleri ile sistematik olarak farklı olduğunu gösterdi. Alternatif bir yaklaşım (Spinoglio and Malkan 1989) IR tarafından seçilen her galaksinin optik tayfını elde etmektir. Bu, Huchra and Burg'un (1992) her optik olarak seçilmiş galaksinin optik tayflarını elde etme düşüncesinden yola çıkarak ortaya konmuştur, ancak gerçek bir tarama tekniği değildir. Aktif galaksileri bulmak için IR'nin en son kullanımını Two Micron All Sky Survey (2MASS; Cutri *et al.* 2002) ile yapılmıştır. Bu taramada, J-K > 2 olan kaynakların ~ %60'ının AGN'lerin optik özelliklerine sahip olduğu bulunmuştur. Bu seçim kriteri, bilinen radyo ve optik olarak seçilmiş AGN'lerin (Elvis *et al.* 1994) yakın IR renklerini kullanarak başlatılmıştır ve bu yüzden benzer özelliklere sahip kaynakları bulma eğiliminde olacaktır. Bu IR seçili kaynakların geniş uzay yoğunluğu, AGN nüfusuna önemli katkıda bulunmaktadır.

IR'nin önemli avantajlarından biri, en azından bilinen AGN için, orta IR (3 - 10 μm), SED'de bir “dönüm noktası” gibi görünmektedir. Yani, aynı bolometrik ışıtmaya sahip kaynaklar oldukça benzer bir orta IR ışıtmaya sahiptir fakat radyo, optik, UV ve yumuşak X-ışını ışıtmaları çok değişkendir. Tam olarak bu bilginin renk-renk diyagramları yoluyla bir taramada nasıl kullanılacağı Andreani ve arkadaşları tarafından araştırılmıştır (2003) ve potansiyel olarak oldukça güçlü görünmektedir. Bununla birlikte, çok sayıda yanlış tespitten kaçınmak için, IR seçimi 4 - 100 μm 'den çok geniş bantlı, hassas IR fotometri gerektirir. Normal galaksilerin aktif galaksilere oranının yüksek olması nedeniyle, fotometrik hatalar küçük olmadığı sürece seçim kriterinde “fire” olabilir. Optik olarak seçilen AGN'lerin oldukça büyük çoğunluğunun “orta IR artığa” sahip olduğu ve normal galaksilere kıyasla “daha sıcak” olduğu kanıtlanmıştır (de Grijp *et al.* 1987). Bunun radyo tarafından seçilen AGN'ler için de geçerli olduğu görünmektedir. Ancak, AGN'lerin orta-kırmızı öte etkin toz sıcaklığının “daha sıcak” olma eğilimi yüzünden bu etki hemen göze çarpmaz. Bununla birlikte, AGN'lerin

Infrared Space Observatory (ISO) ile edilen renklerini temel olarak (Haas *et al.* 2003) bu tekniğin ne kadar net tamamlandığı açık değildir çünkü orta-kırmızı öte eğimler 0,9 - 2,2 aralığı kapsamaktadır ve orta kırmızı öte AGN bileşeninin, yıldızsal sürekliliğe ve yıldızla ısıtılmış toza olan göreceli parlaklığı çok geniş bir aralığa yayılmaktadır. Uzun IR dalga boylarında normal yıldızların katkısı kaybolur ve burada AGN'den ve yıldız oluşumu ile ısıtılmış tozdan gelen salma vardır.

IR topluluğunda, tozlu AGN'lerin yıldız oluşumu gösteren galaksilerden optik ve IR verilerine dayalı olarak nasıl ayırt edilebileceği konusunda uzun süren bir tartışma vardır (mevcut durumun mükemmel bir özeti için Veilleux 2002'ye bakınız). Bu, IR tayfları olmadan temelde mümkün değildir. Toz salmasının bileşenleri, yıldız oluşum bölgeleri ve galaksilerin kırmızı öte tayfına katkıda bulunur. Birincisi; Polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAHs), 13 μm ve üzerinde yükseliş gösteren orta kırmızı öte tayf verir ve bu parçacıkların ısınmasıyla ilişkilendirilen salma özellikleri gösterir. PAH'lar, büyük moleküllerdir, bir kaç Angström çapında, çoğunlukla karbon atomları içerirler (Leger and Puget 1984). İkinci bileşen; 10 μm boyunca artan süreklilik, boyutu <10 nm olan çok küçük parçacıklardan kaynaklanır (VSGs). Bunlar ~30K e kadar ısınırlar ve uzak kırmızı öte dalgaboylarında pik verirler. PAH çizgileri, soğurma içindeki toz tanelerinin büyüklüğünü tahmin etmek için de kullanılmaktadır. Genel olarak, moleküller ne kadar büyük olursa, salma daha uzun dalga boylarına doğru kayacaktır. Üçüncüsü; Moleküler, atomik ve iyonik türdeki salmalardan doğan ilaveten diğer çizgilerdir (Soifer *et al.* 2008). Moleküler çizgi tayfı, mevcut moleküler türlerin çok sayıda titreşim ve dönme modları nedeniyle karmaşıktır. Dördüncü olarak; kırmızı öte tümsek, sıcak toz parçacıklarıyla ilişkilendirilir ve sıcaklıklar 150K'den 1700K'e kadardır ve bunlar güçlü yıldız oluşumu ya da aktif galaksiler tarafından kaynaklanmış olmak zorundadır. Bu bileşenler ile orta kırmızı ötede yıldız oluşumu izleri oldukça güvenilirdir (Calzetti 2008). Uzak kırmızı öte dalgaboylarında evrimleşmiş yıldız popülasyonlarından kaynaklanan tozun da karışması yıldız oluşum oranının doğru tespitini zorlaştırır. Sadece yakın kırmızı öte tümsek oldukça büyük oranda yıldız oluşumuyla ilişkilendirilir. Toz içeren torus AGN'nin merkez bölgesi tarafından ısıtılır, bu da IR bandta ışınımına sebep olur. Torusun termal tayfsal enerji dağılımı bu yüzden

AGN ışırtmasının dolaylı ölçümünü sağlar. Bu bilgi, merkez bölgesi doğrudan ölçümün mümkün olmadığı oldukça örtülü kaynaklar için önemlidir. IR ışınımın tozlu torustan geldiğini varsayarsak gözlenen tayfa dayalı bir çok soğurma parametresi tespit edilebilir. IR'deki salma çizgilerinin çalışılmasıyla SED'nin tanısının yapılması sağlanabilmektedir. Bu durum, belirli çizgi oranlarının sürekliliğin şekline duyarlı olması, fakat benzer iyonizasyon enerjilerine sahip türlerin optik veya UV çizgilerinden daha az etkilenmesi nedeniyle gerçekleşmektedir.

Orta IR'de, PAH'lar ve yüksek iyonizasyonlu IR çizgileriyle (Laurent *et al.* 2000) ilişkili olan IR salma özelliklerinin varlığı ve yokluğu, güçlü AGN teşhisi sağlar. Bununla birlikte, aktif galaksilerin bulunması için tasarlanmış geniş açı IR tayfsal araştırmalar henüz yapılmamıştır. Bu durum, Spitzer Uzay Teleskobu ile değişecektir. Veri eksikliği nedeniyle, orta IR'de "sakin" AGN olup olmadığı bilinmemektedir. X-ışını seçilmiş (Kuraszkiewicz *et al.* 2003) ve optik olarak seçilmiş (Haas *et al.* 2003) AGN örneklemelerinin kımızı öte gözlemleri, çok geniş bir aralıkta IR-X-ışını SED'leri ve AGN'lerin IR renklerinde önemli değişiklikler göstermektedir. AGN taramasında IR renklerini kullanmayı biraz sorunlu hale getirmektedir. IR tayfsal parametreleri, ne optik tayfsal eğimle, ne IR ışırtmasıyla ne orta IR'den uzak IR'ye olan ışınım oranıyla ne de tozlu torusun eğimden-bağımsız sönümlenme etkileri ile ilişkilendirilmez.

2.1.5. Yüksek enerji seçimi

Aktif galaksileri bulmak için kullanılan diğer iki teknik, X-ışını ve γ -ışını seçimidir. Radyo salması gibi, parlak, sıkışık X-ışını ve γ -ışını salması, bir AGN varlığının neredeyse kesin bir göstergesidir ve diğer dalga boyu bantlarındaki veriler tarafından "onaylanması" gerekmez.

Yakın zamanda Chandra ve XMM-Newton verileri ile X-ışın/optik/yakın-IR normal galaksilerin dağılımı ölçülmüştür ve dolayısıyla AGN "kontaminasyon faktörü" nün bir tahmini elde edilmiştir. En alt limit, ışırtmaları $\sim 10^{42}$ erg s⁻¹ (2-10 keV)'den büyük olan tüm sıkışık X-ışını kaynakları, AGN olarak kabul edilir. "Yüksek ışırtmalı X-ray

kaynakları” (ULX'ler; Colbert and Ptak 2002) 4×10^{39} ve 10^{42} erg s⁻¹ arasındaki X-ışını ışıtmalarına sahip kaynaklardır ve ev sahibi galaksilerin çekirdeklerinde yer almamaktadır. Düşük kırmızıya kaymalarda kolayca tanınırken, Chandra görüntüleme ile $z > 0,1$ 'de (Hornschemeier *et al.* 2003) görülür. 10^{42} erg s⁻¹'in altındaki X-ışını ışıtmalarında, nükleer kaynak AGN yerine M33'de görüldüğü gibi (Long *et al.* 2002) ULX olabilir. Ancak, ULX'ler süper kütleli kara deliklere dönüşürse, bu ayrım anlamlı olmaz. Yıldız patlaması gösteren galaksileri, AGN'den oldukça daha düşük bir X-ışını-optik akı oranına sahiptir ve genellikle ULX'leri barındırırken (Grimm *et al.* 2003), toplam ışıtmalarını 10^{42} erg s⁻¹'e nadiren ulaşır ve IR ışıtmaları ile iyi bir korelasyon gösterirler (Ranalli *et al.* 2003).

X-ışın bandının geniş dalga boyunu kapsamaması nedeniyle (dalga boyunda yaklaşık 100 faktör civarında); yumuşak band (0,2 - 2 keV), sert band (2 - 6 keV) ve çok sert band (5-10 keV) taramalar arasında önemli farklar vardır. Yumuşak bantlı taramalar, UV ve optik taramalardaki gibi benzer sönümlenme etkilerinden muzdaripken, daha sert bantlarda soğurma çok daha küçük bir etkidir. ROSAT ve Chandra verileri temel alındığında, yumuşak ve sert X-ışını seçimi, farklı nesnelere bulma eğilimidir. Yumuşak X-ışın seçimi, genişlemiş çizgi gösteren kuazarları ve dar çizgi gösteren Seyfert galaksilerini (bu kaynaklar düz, yüksek enerji, güç yasası tayfı yanı sıra parlak, yumuşak bir tayfsal bileşene sahip olma eğilimindedir) bulur. Sert X-ışın seçimi, klasik Seyfert 1 galaksilerine ve kuazarlara ek olarak, zayıf optik salma çizgili (veya hiç optik çizgisi olmayan) ve ısısal olmayan çekirdeklerden yoksun çok sayıda kaynak bulur.

2.1.6. Moröte (ultraviyole, UV) seçimi

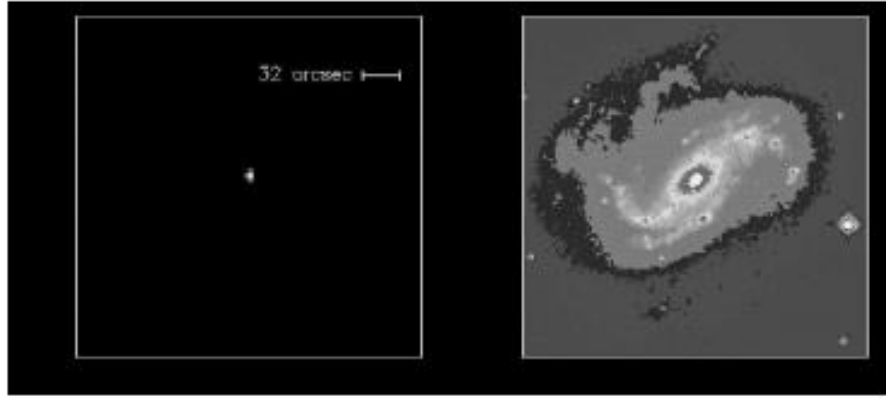
UV arka görüntüsü (restframe) içerisinde yüksek kırmızıya kaymaya sahip kaynakları seçmek mümkün olsa da - kuazarların optik seçimi için izlenen yol - 2003 yılına kadar aktif galaksiler için UV'de büyük çaplı bir tarama yapılmamıştır.

Bu durum, Galaxy Evolution Explorer (GALEX) uydusunun 2003 yılında fırlatılmasıyla büyük oranda giderilmiştir. O zamana kadar makul bir katı açıyla ve hassasiyetle AGN'leri kapsayan, arka görüntü (restframe)-UV taraması yapılmamıştır.

2.1.7. X-Işın seçimi

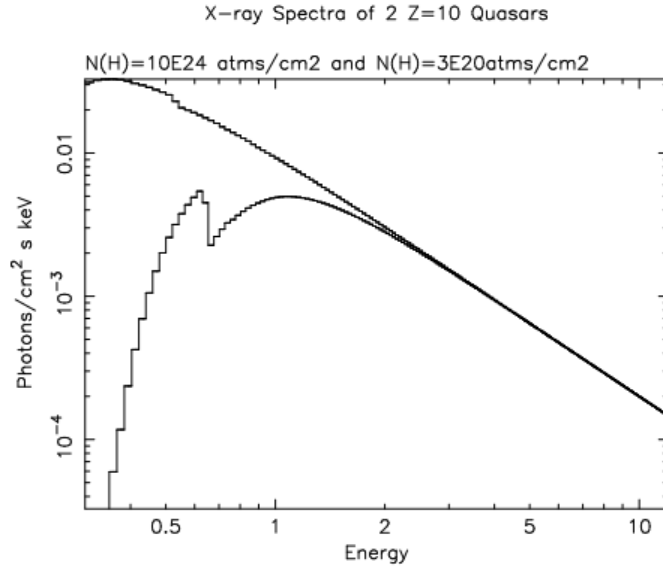
AGN'lerin X-ışını seçiminin avantajları;

- AGN ve yıldız ışığı arasındaki yüksek kontrast (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. (Sol panel) X-ışını (ROSAT High-Resolution Imager) ve (Sağ panel) yakın Seyfert galaksi NGC 4051'in optik (SDSS) görüntüleri. Dikkat edildiğinde, optik görüntüde yıldız ışığı baskınken, X-ışın'da esasen gözlemlenen tek salma AGN'den kaynaklanmaktadır. Seyfert (1943) tarafından tanımlanan ilk cisimlerden biridir.

- X-ışınların nüfuz gücü. $3 \times 10^{23} \text{ cm}^{-2}$ ($AV \sim 150$ kadire karşılık gelir) bile sütun yoğunlukları $E > 5 \text{ keV}$ 'de akıyı önemli ölçüde azaltmaz (bakınız Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Z = 10'daki iki AGN'nin X-ışını tayfı, birinde soğurma yokken, diğerinin bakış açısı kolon yoğunluğu $\sim 10^{24}$ atom cm^{-2} ve fotoelektrik soğurmaya sahip. 2 keV'den daha yüksek enerjilerde (gözlemcinin görüntüsü), kaynak akısında herhangi bir azalma olmamaktadır. Daha düşük enerjilerdeki etkiler çok daha büyüktür.

- Chandra ve XMM-Newton'nun muhteşem hassasiyeti. Işıtma aralığı 10^{42} - 10^{46} erg s^{-1} 'deki kaynaklar, ev sahibi galaksinin doğasından bağımsız olarak (örn. Steffen *et al.* 2003) $z \sim 3$ 'e kadar tespit edilebilir.
- Chandra'dan elde edilen doğru konumlar. Diğer dalga boyu bandlarındaki karşılıkları için tanımlamalar yapılabilir.
- Bolometrik enerjinin (%3-20) oldukça büyük bir bölümü klasik X-ışını bantlarında yaygındır (Ho 1999).
- X-ışını tarafından seçilen AGN'nin yüksek alan yoğunluğu $F_X \sim 10^{-15}$ erg $\text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ 'de 2-8 keV bandında (Moretti *et al.* 2002) 400 kaynak derece⁻²'ye ulaşırken, Chandra ve XMM-Newton ile orta derecede pozlamalarla, optik araştırmalardaki ~ 150 derece⁻² maksimal değerine kıyasla kolaylıkla ulaşılabilir.
- Büyük genlik ve X-ışın bandındaki değişkenlik frekansı (X-ışını görüntüleme ve optik değişkenlik teknikleri ile seçilen kaynakların ilginç bir karşılaştırması için Dobrzycki *et al.* 2003'e bakınız).

Yıldız ışığının önemli katkıda bulunduğu optikle veya genç kütleli yıldızlardan gelen ışığın baskın olduğu UV veya kütleli yıldızların toz geri-ışınımının baskın olduğu IR veya HII bölgelerinden gelen salmanın bulunduğu, genç süpernovalar ve hızlı yıldız oluşumunun diğer göstergelerinin çoğunlukla çok önemli olduğu radyo ile karşılaştırıldığında, sert X-ışın bandındaki az sayıdaki bir kaç kaynağın ışınımı sorun yaratabilir.

Nokta kaynak benzeri X ışını salmasının, düşük ışınımlı AGN'den kaynaklandığının anlaşılması kolaydır. Düşük-kırmızıya kayma taramaları bir kılavuz olarak kullandığında, küçük (<2 kpc boyutundaki) kaynağın toplam X-ışını ışıması 10^{42} erg s^{-1} 'den büyükse, kaynak kesinlikle bir AGN'dir. Düşük kırmızı öte evrende, toplam (AGN olmayan) ışıtmaları bu seviyeyi aşan galaksi yoktur. Böylece, detaylı X-ışın tayfi veya görüntüleme olmaksızın, kaynağın doğası kesin olarak belirlenebilir.

X-ışını salması daha fizik odaklı bir bakış açısıyla (Mushotzky *et al.* 1993), merkezdeki karadeliğin çok yakınından kaynaklanır, genellikle büyük genlikli hızlı değişkenlik gösterir ve ısısal olmayan bir tayf ile karakterize edilir. Böylece, X-ışını özellikleri doğrudan AGN'nin kara delik doğasına bağlıdır ve ışınımın yeniden salınmasına bağlı değildir.

Kara deliklerin temel özellikleri, metallilik veya çevrenin bir fonksiyonuna bağlı olmamalı, sadece kütle, toplanma oranı ve karadeliğin dönmesi olmalıdır. Çünkü X ışını akısı, olay ufkuна çok yakın kökenlidir. Yüksek kırmızıya kaymalı “başlangıçta var olan” kara deliklerin X-ışını özellikleri, daha düşük kırmızıya kaymalı kaynaklarınkine çok benzer olmalıdır.

Bu, yüksek kırmızıya kaymalarda gözlemlenebilir özelliklerinin makul bir şekilde hesaplanmasını sağlar (Haiman and Loeb 1999; bakınız. Haiman and Quataert, bu cilt).

2.1.8. Çok yüksek enerjiler

Bir kaç yakın düşük ısıtma gösteren kaynaktan gelen $E > 10$ keV salması (örneğin, NGC4945; Done *et al.* 2003), 2-8 keV bandında bile seçim etkilerinden zarar görebileceğini göstermektedir. Seyfert 2 galaksilerinin (Risaliti, Maiolino & Salvati 1999) BeppoSAX taraması, sütun yoğunluğunun dağılımının log uzayında 10^{21} 'den 3×10^{24} atom cm^{-2} 'ye kadar düz olduğunu göstermektedir. Çok yüksek sütun yoğunluğu olan kaynaklar Chandra örneklemelerinde bulunmayabilirken, Fabian (2000) tarafından en yakın AGN'lerin beşte üçünün çok yüksek sütun yoğunluğuna sahip olduğu argümanı, güçlü bir değere sahiptir. Katı açılı, duyarlı, geniş bir $E > 10$ keV taramasının bulunmaması, bu tür kaynakların istatistiklerinin sınırlandırılması zor olduğu anlamına gelir. Ancak, $z < 0,5$ 'de, çok büyük kolon yoğunluklarıyla birlikte düşük ile orta ısıtmalardaki kaynakların sayısının daha az salma gösteren kaynaklara benzer olabileceği kesinlikle mümkün görünmektedir. Temel soru, “soğurulan” toplanmanın, toplam AGN ısıtmasının büyük bileşeni olup olmadığıdır.

Sonuç olarak;

AGN'yi saptamak için kullanılan çok çeşitli teknikler, muazzam çeşitlilikteki seçme efektleri ile geniş bir kaynak dizisinin oluşmasına neden olmuştur. Yüksek ısıtmalarda, optik ve X-ışını seçimi eşit derecede hassastır. Daha düşük ısıtmalarda, ışığın azlığı, soğrulma ve optik olarak sakin AGN'nin muhtemel varlığı, X-ışını seçimini daha güvenilir hale getirmektedir. Sert X-ışını salması AGN'lerin gözlemsel özelliği ise en tarafsız örneklemeler, $E > 2$ keV X-ışını taramalarında bulunmalıdır. Bu alan hızla değişmektedir ve AGN olgusunun ilk tam olarak anlaşılabilmesi için yakında gökyüzünün tam olarak aynı yerlerinden alınmış görüntülerin X-ışını, optik, radyo ve IR bantlarında çok hassas teknikler kullanılarak doğrudan karşılaştırmalarını yapabilmek mümkün olacaktır.

2.2. Spitzer Uzay Teleskobu ile Galaksilerdeki Yıldız Yapısını Tarama Gözlemleri (Spitzer Survey of Stellar Structure in Galaxies, S⁴G)

Galaksiler evrenin temel yapı taşlarıdır. Evrimlerinin ve oluşumlarının anlaşılması astrofizik için evreninin oluşumunu, madde dağılımını ve evrimini anlamak açısından çok önemlidir. Yakın galaksiler, galaksi evrimlerinin ‘fosil kayıtlarını’ içerirler ve galaksi oluşumu ile evrimine dair mevcut modelleri ayrıntılı bir şekilde test etmeyi sağlarlar. Bir galaksinin yapısı hem kütlesi hem de evrimsel geçmişiyle ilişkilidir. Galaktik yapıyı inceleme, her türdeki ve ışınım gücündeki galaksiler içindeki yıldızların dağılımını anlamayı gerektirir.

Son 70 yılda yakın galaksilerin temel veri setlerini elde etmek için onlarca galaksiden (ACS Nearby Galaxy Survey Treasury [ANGST], Dalcanton *et al.* 2009; Spitzer Infrared Nearby Galaxies Survey [SINGS], Kennicutt *et al.* 2003) binlercesine (örn., Third Reference Catalog of Bright Galaxies [RC3], de Vaucouleurs *et al.* 1991) çok sayıda tarama çalışması yapılmıştır. Bu taramalar özellikle belirli bilimsel hedefler doğrultusunda tasarlanmış olup hiçbiri yakın galaksilerdeki yıldız yapılarının ve yıldız kütlelerinin doğru tespitini ortaya koymamıştır. Kırmızı öte taramaların yeryüzü gözlemlerindeki avantajı, yaşlı yıldız popülasyonlarından gelen ışığın toz sönmülmesi ve yıldız oluşumlarından dolayı azalmasıdır.

En geniş yer tabanlı kırmızı öte taramalar (örn., Deep Near Infrared Survey of the Southern Sky [DENIS], Epchtein *et al.* 1994; Paturel *et al.* 2003b; Two Micron All Sky Survey [2MASS], Skrutskie *et al.* 2006;) oldukça yüzeyseldir ve bunun sonucu olarak yakın galaksilerin çalışılması yüksek yüzey parlaklığına sahip iç diskleriyle sınırlandırılmıştır. Buna karşın derin kırmızı öte taramalar (örn., Ohio State University Bright Galaxy Survey [OSUBGS], Eskridge *et al.* 2002; Near Infrared SO Survey [NIRSOS], Laurikainen *et al.* 2010) sadece bir kaç yüz galaksiyi görüntülemiştir.

Galaksilerdeki yıldız yapılarının Spitzer Uzay teleskobu ile taranması (Spitzer Survey of Stellar Structure in Galaxies, S⁴G) bir Spitzer bilimsel keşif programıdır. S4G geçmişte

yapılmış iki Spitzer Legacy taramalarına dayalıdır; SINGS (The Spitzer Infrared Nearby Galaxies Survey - Physics of the Star-Forming ISM and Galaxy Evolution, Kennicutt *et al.* 2003) ve LVL (The Local Volume Legacy Survey, Lee *et al.* 2008). Spitzer Uzay Teleskobuyla daha önce yapılan taramalarda (SINGS, LVL ve S⁴G) geç tür galaksilerin (2300+ galaksi haritalanmıştır) derin uzaya ait homojen, uniform veri setleri derlenmiştir fakat karşılaştırma yapabilmek için erken tür galaksilere (S0s ve daha erken tür ya da Hubble zamanı, $T < 0$) ait veri örneği yoktur. Erken tür galaksilerin kökeni, oluşumu ve evrimsel geçmişi büyük ölçüde belirsizdir.

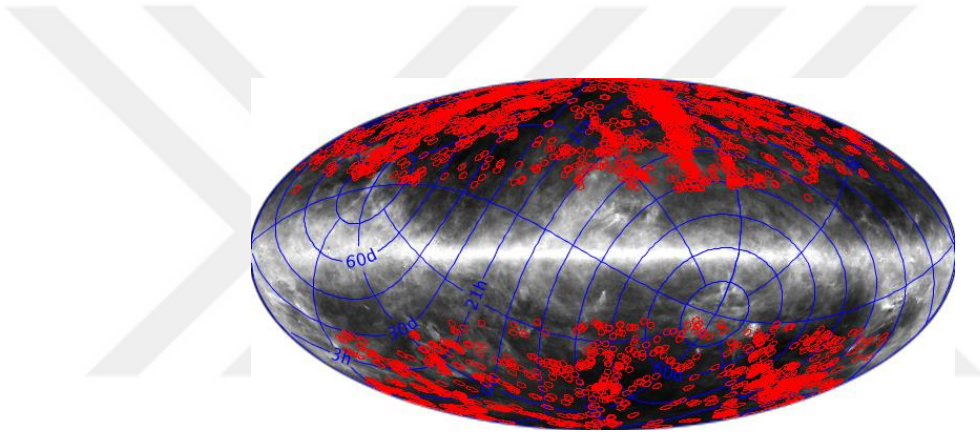
Sheth ve arkadaşları (2010), yerel evrendeki 695 erken tür galaksinin (ETGs, Early Type Galaxies) 3.6 ve 4.5 μm dalgaboylarındaki taramasını tamamlayarak yapbozun kalan parçasını doldurmak istemişlerdir. Bu çalışmalarını ile erken tür galaksilerin kökeni hakkındaki temel soruları ele alacak, geç ve erken tür sistemlerin evrimlerinin karşılaştırılmasını sağlayacaklardır.

Daha önceden başlatılan Spitzer Uzay Teleskobunun SINGs, LVL ve geç tür galaksiler için S⁴G gibi tarama çalışmalarına, tüm galaksilerdeki yıldızların yapısı ve kütlesini ekleyerek, Spitzer gözlemlerini yakın galaksiler için tamamiyle bitirmeyi hedeflenmiştir.

Spitzer Uzay Teleskobuna takılı IRAC kırmızı öte kamerasının 3,6 ve 4,5 μm bandları galaksilerdeki yıldızların kütle dağılımının ideal belirleyicisidir. Çünkü bu bandlar, $T > 2000$ K olan yıldızların karacisim ışınımının, Rayleigh-Jeans limitini görüntüler. Ayrıca, yakın galaksilerde [3,6] - [4,5] orta-kırmızı öte rengi sabittir, yıldız topluluğunun yaşından ve kütle fonksiyonundan bağımsızdır sadece metallilik (Temi *et al.* 2008) ile biraz değişim gösterir. Toz sönmemesinin etkisi optik bandlara kıyasla (örn. Pahre 2004) göz ardı edilebilir. Sheth ve arkadaşları (2010), 3,6 ve 4,5 μm görüntülerinin her ikisinde kirlenici etkilerin (sıcak toz, PAHs ve tozlu orta yaş yıldızları) ortadan kaldırılarak yıldızların kütlelerinin 0,06 dex belirsizliğinden (Meidt *et al.* 2012, 2013) daha iyi ölçülebileceğini göstermişlerdir. Bu bandlar galaksilerdeki yıldız kütlelerinin izlenmesi için en uygun bandlardır. Buna ek olarak; Spitzer üzerindeki

bu bandlar çok küçük kütleyle sahip yıldızın yüzey yoğunluğunu elde etmek için oldukça duyarlıdır. Bunu yeryüzü gözlemleri ile elde etmek mümkün değildir.

Spitzer Uzay teleskobuna takılı kırmızı öte alan tarama kamerası (IRAC, Infrared Array Camera) ile 3,6 ve 4,5 μm dalgaboylarında belirli hacim parlaklık ve boyutta ($d < 40$ Mpc, $|b| > 30^\circ$, $m_{\text{Bcorr}} < 15,5$, ve $D_{25} > 1'$), 2300'den fazla galaksi taranmıştır (Şekil 2.3). Her bir galaksi 240 s gözlenmiş ve $1,5 \times D_{25}$ 'e haritalanmıştır, uzaklıklar r HI radyal hızlarından saptanmıştır. Ocak 2013 itibariyle veriler ve temel bilim ürünleri kullanımına açılmıştır.



Şekil 2.3. S⁴G örnekleme 2352 galaksi tüm gökyüzü ISSA (IRAS Sky Survey Atlas) görüntüsü üzerinde kırmızı işaretlenmiştir (Anonim 2018m)

Bu tez çalışmasında, Avrupa Birliği tarafından finanse edilen ve DAGAL (PI Johan Knapen) olarak adlandırılan DAGAL EU RTN (European Union-funded Initial Training Network) ağına (<http://www.dagalnetwork.eu/>) ait veriler kullanılmıştır. DAGAL, S⁴G verilerine ek veri ekleyerek yararlanmaya devam etmektedir.

Gözlemi yapılmış galaksilerin listesi ve gözlem verileri aşağıdaki linkte mevcuttur:

<http://www.astro.rug.nl/~dagal/>

Bu gözlemlere ek olarak S⁴G Genişletilmiş (S⁴G Extension) gözlemleriyle; önceden Spitzer Legacy programıyla (SINGs, LVL ve geç tür galaksiler için S⁴G) başlatılan

yerel evrendeki yıldız yapısı ve kütle envanteri tamamlanmış ve bu programdan arda kalan eliptik galaksilerde taranmıştır. Galaksilerin HI eliptik galaksilerle tamamlanması gerekiyordu, orijinal S⁴G örnekleme bunları içermiyordu bu yüzden S⁴G Genişletilmiş gözlemler alınmıştır.

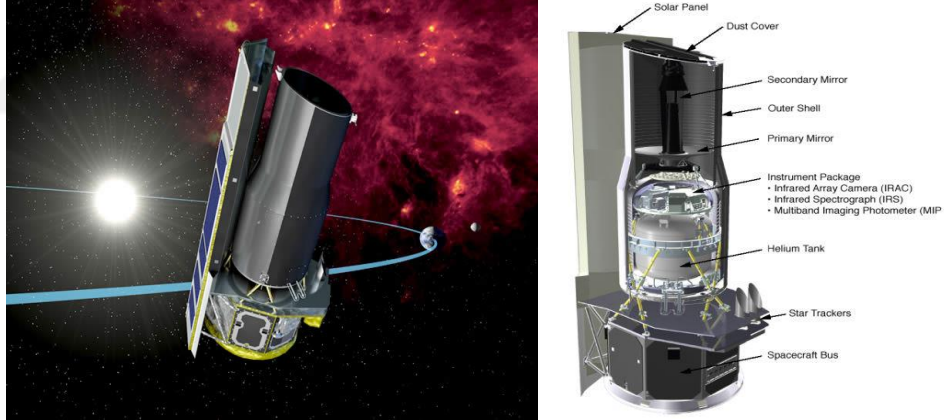


3. MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalışmada Spitzer Uzay Teleskobu IRAC aleti ile alınmış gözlem verileri kullanılmıştır. Spitzer Uzay Teleskobu ve üzerindeki algılayıcılar ile ilgili bilgiler aşağıda verilmiştir:

3.1. Materyal - Spitzer Uzay Teleskobu (SST)

Spitzer Uzay Teleskobu (Spitzer Space Telescope, SST), 2003 yılında uzaya gönderilmiş (daha önceki adı Kızılötesi Uzay Teleskobu, Space Infrared Telescope Facility, SIRTf) kırmızı öte uzay gözlemevidir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. NASA/JPL-Caltech tarafından gösterimi ve uçuş mimarisi (Anonim 2018n; Anonim 2018o)

Bu proje, NASA'nın Hubble Uzay Teleskobu, Chandra X-ışını Teleskobu ve Compton Gamma Işını Teleskobunu da içermekte olan Büyük Gözlemevleri Programı'ndaki dördüncü ve son gözlemevidir. Fırlatma öncesinde planlanan likid helyumun miktarı tükenme süresi 2,5 yıldır, daha sonra görev beş yıldan biraz fazla uzatılmıştır. Likid helyum olmadan teleskobu çalıştırmak için düşük sıcaklıklara kadar soğutmak gereklidir, aletlerin çoğu bu şekilde uzun süre kullanılamaz. Ancak IRAC (Kırmızı öte alan kamerası, Infrared Array Camera) kamerasının iki en kısa dalgaboylu modülü

soğutucu madde tükenmeden önceki gibi hala aynı duyarlılıkla çalışmaktadır, “Spitzer Sıcak Hedef (Spitzer Warm Mission)” görevi için kullanılmaya devam edecektir. Hem en başta gelen hem de sıcak evrelerdeki tüm Spitzer verileri, kırmızı öte bilim arşivinde depolanmıştır. NASA geleneğine bağlı olarak teleskobun ismi operasyon başarı gösterdikten sonra 18 Aralık 2003 tarihinde değiştirilmiştir.

Bilim adamları kurulunun ünlü astronomların adlarının çoğunu teleskoplara vermesinin aksine SIRTf için yeni isim halka açık bir yarışma ile belirlenmiştir. Yarışma sonucunda teleskop 20. Yüz yılın en önemli bilim adamlarından Lyman Spitzer’e itafen Spitzer Uzay Teleskobu ismini almıştır.

Çizelge 3.1. Spitzer uzay teleskobunun özellikleri

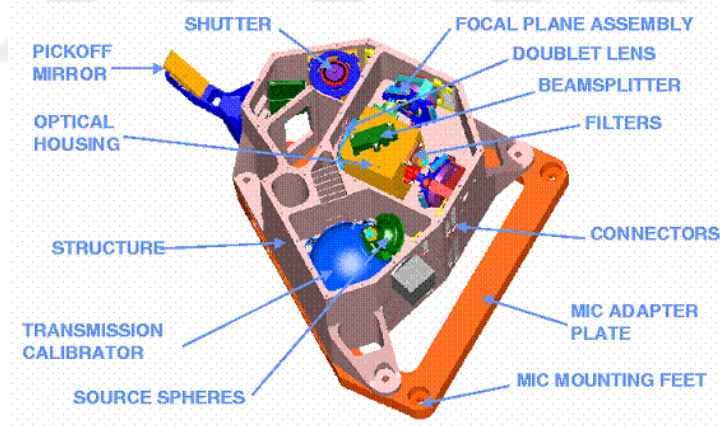
Açıklık (çap)	85 cm
Yörünge	Solar (earth trailing)
Kriyojenik Kullanım Ömrü	5,5 yıl (tahmini,); 5,7 yıl fiili
Dalgaboyu aralığı	3,6 - 160 μm (görüntüleme)
(Filtre merkezleri)	5,3 - 40 μm (tayf) 55 - 95 μm (tayfsal enerji dağılımı)
Kırınım Sınırı	5,5 μm
Görüntü Boyutu	1,55" 6,5 μm de
Takip Kararlılığı (1σ, 200s, yıldız takibi kullanılırken)	< 0,15"
Takip Hassasiyeti (1σ radyal)	< 0,5"
Takip reconstruction (gerekli)	< 1,05"
Görüş Alanı (görüntüleme dizilerinin)	~ 5'x 5' (her bir band); 160 μm de görüş alanı 0,053' x 5,33'
Teleskop Minimum Sıcaklık	5,6 K (cryo); 27,5 K (post-cryo)
Maksimum Takip Oranı	1,0% saniye
Dönme Zamanı ~ 90°	~ 8 dakika

3.1.1. Spitzer uzay teleskobuna takılı aletler

Spitzer Uzay Teleskobu üzerinde üç gözlem aleti bulunmaktadır:

1. IRAC (Kırmızı öte Alan Kamerası, Infrared Array Camera)

Dört dalgaboyunu ($3,6 \mu\text{m}$, $4,5 \mu\text{m}$, $5,8 \mu\text{m}$ and $8 \mu\text{m}$) eş zamanlı çalıştırabilen kırmızıöte kameradır (Şekil 3.2). Her bir modül 256×256 - piksel dedektör kullanır - kısa dalgaboyları çifti indiyum antimonide teknolojisini kullanır, uzun dalgaboyları çifti arsenik katkılı silikon bandı iletim teknolojisi kullanır. İki kısa dalgaboyu ($3,6 \mu\text{m}$, $4,5 \mu\text{m}$) bandları likid helyum tükenmesinden sonra teleskobun denge sıcaklığı olan 30 K civarında üretken halde kalmıştır, bu yüzden IRAC “Spitzer Sıcak Hedef” görevine devam etmiştir.

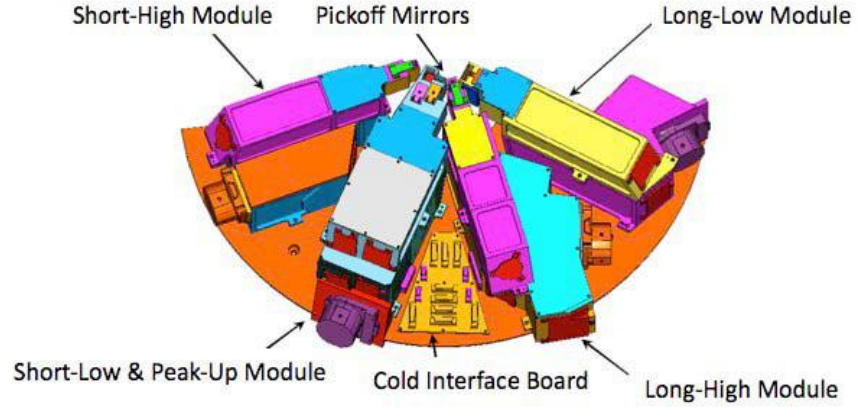


Şekil 3.2. IRAC model gösterimi (Anonim 2018p)

2. IRS (Kırmızı öte Tayfçeker, Infrared Spectrograph)

Hem düşük hem de yüksek çözünürlüklü tayfölçüm yapan dört alt modüle sahip kırmızıöte tayfölçer $5,3-14 \mu\text{m}$ (düşük çözünürlük), $10-19,5 \mu\text{m}$ (yüksek çözünürlük), $14-40 \mu\text{m}$ (düşük çözünürlük), ve $19-37 \mu\text{m}$ (yüksek çözünürlük) dalgaboylarında çalışmaktadır. $13,5-18,5$ mikron (mavi) ve $18,5-26$ mikron olan (kırmızı) iki filtresi

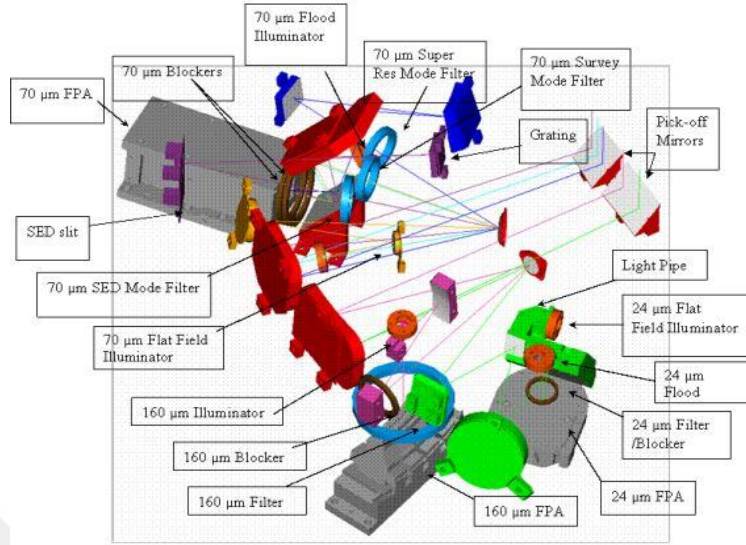
kullanıma hazırdır. Her bir modül 128×128 - piksel dedektör kullanır - kısa dalgalı boyları çifti silikon kaplı safsızlık bandı teknolojisi, uzun dalgalı boyları çifti antimon katkı silikon kaplı safsızlık bandı teknolojisi kullanır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. IRS model gösterimi (Anonim 2018p)

3. MIPS (Spitzer için Çok Bandlı Görüntüleme Fotometresi, Multiband Imaging Photometer for Spitzer)

Fotometri ve yüksek çözünürlüklü görüntüleme için tasarlanmıştır. Uzak kırmızıötede üç dedektör dizilimi (128×128 piksel $24 \mu\text{m}$ de, 32×32 piksel $70 \mu\text{m}$ de, 2×20 piksel $160 \mu\text{m}$ de) vardır. $24 \mu\text{m}$ dedektörü, IRS kısa dalgalı boyları modüllerinden biriyle özdeşdir. $24 \mu\text{m}$ dedektörü, galyum katkıli germanyum teknolojisi kullanır. $160 \mu\text{m}$ dedektörü de galyum katkıli germanyum teknolojisi kullanır fakat düşük band aralıklarına her bir piksel için mekanik gerilim eklenmiştir ve uzun dalgalı boylarına duyarlılık arttırılmıştır (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. MIPS şematik diyagramı (Anonim 2018p)

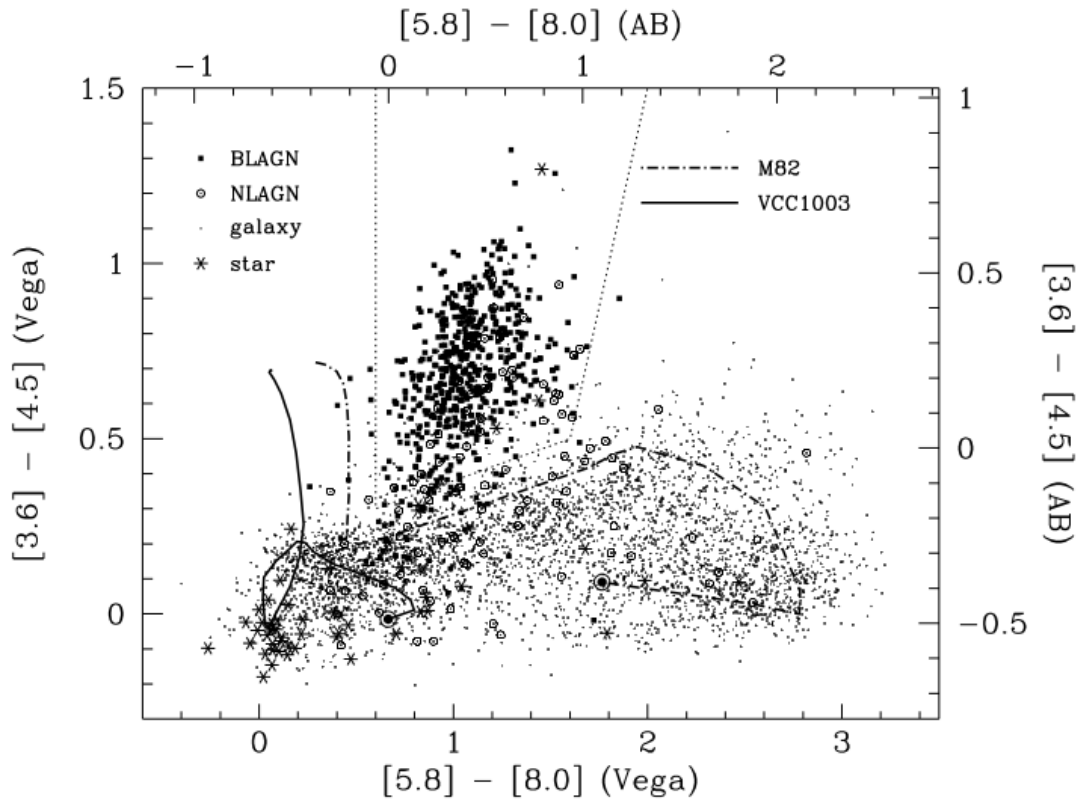
Çizelge 3.2. Spitzer aletlerinin karakteristik özellikleri

	λ (mikron)	Dizilim Türü	$\lambda/\Delta\lambda$	Görüş Alanı	Piksel Boyutu (yay saniyesi)	Duyarlılık (μJy) (5 in 500 sec, incl. confusion)
IDAC	3,6	InSb	4,7	5,21'x 5,21'	1,2	1,6 (3,4)
	4,5	InSb	4,4	5,18'x 5,18'	1,2	3,1 (4,3)
	5,8	Si:As(IBC)	4,0	5,21'x 5,21'	1,2	20,8 (21)
	8,0	Si:As(IBC)	2,8	5,21'x 5,21'	1,2	26,9 (27)
IDC	5,2-14,7	Si:As(IBC)	64-128	3,7"x 57"	1,8	250
	13,5-18,5	Si:As(IBC)	~ 3	54"x 80"	1,8	116
	18,5-26	Peak-Up				80
	9,9-19,5	Si:As(IBC)	~ 600	4,7"x 11,3"	2,3	$1,2 \times 10^{-18} \text{ W/m}^2$
	14,3-35,1	Si:Sb(IBC)	64-128	10,6"x 16,8"	5,1	1500
	18,9-37,0	Si:Sb(IBC)	~ 600	11,1"x 22,3"	4,5	$2 \times 10^{-18} \text{ W/m}^2$
MIDC	24	Si:As(IBC)	5	5,4'x 5,4'	2,55	110
	70	Ge:Ga	4	2,7'x 1,4' 5,2'x 2,6'	5,20 9,98	14,4 mJy 7,2 mJy
	55-95	Ge:Ga	15-25	0,32' x 3,8'	10,1	57, 100, 307 mJy (@60, 70, 90 μm)
	160	Ge:Ga (Stressed)	5	0,53' x 5,33'	16×18	29 (40) mJy

Çizelge 3.2’de Spitzer’de bulunan tüm aletlerin özellikleri gösterilmiştir.

3.2. Yöntem

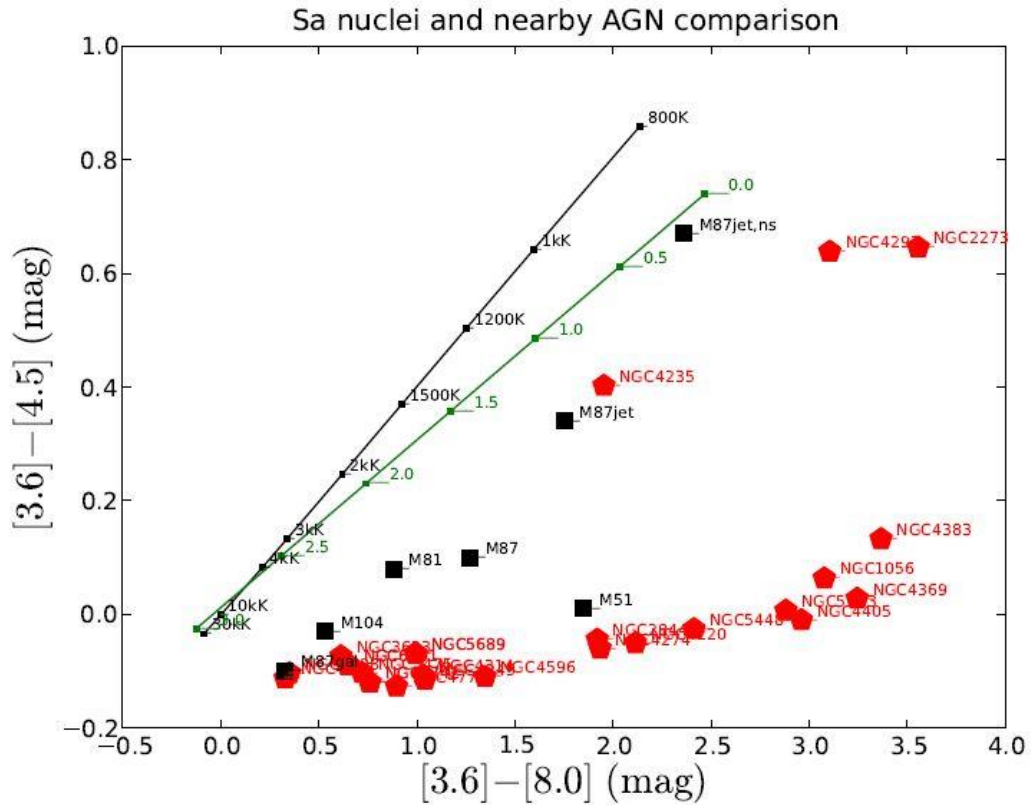
Bu çalışmada düşük ışınım gücüne sahip AGN’leri yeni bulunan bir yöntemi kullanarak keşfetmek hedeflenmiştir. Bu yöntem, Stern ve arkadaşlarının (2005) çalışmalarına dayanmaktadır. Spitzer Uzay Teleskobunun IRAC kırmızı öte aleti ile [3,6], [4,5], [5,8] ve [8,0] mikrometre dalgaboylarında elde edilmiş [3,6] - [4,5]’e karşı [5,8] - [8,0] renk-renk diyagramındaki belirli bir alanı dolduran objeleri gösterilmiştir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Böötes alanının AGES taramasından tayfsal olarak belirlenen kaynakların IRAC renkleri. Kaynakların tayfsal sınıflandırması sol üstte yapılmıştır. Eksenler Vega ve AB parlaklıklarının her ikisini de belirtmektedir. Evrimleşmemiş iki galaksi için $0 \leq z \leq 2$ renk izleri Devriendt *et al.* (1999)’dan elde edilmiştir. M82 yıldız patlaması gösteren galaksi iken VCC 1003 (= NGC 4429) yıldız oluşum oranı yaklaşık 400 kat az olan S0/Sa galaksisidir. Noktalı çizgi aktif galaksileri normal galaksilerden ayırmaktadır.

Daha sonra van der Wolk (2011), Groningen’de Peletier ve Barthel ile çalışarak yakın galaksilerin [3,6] - [4,5] renkleri ile LLAGN’leri ayırmanın mümkün olduğunu ortaya koymuşlardır (Peletier *et al.* 2011; MNRAS, ArXiv e-prints).

van der Wolk, Barthel, ve Peletier, galaktik çekirdeğin doğasını yakın-kırmızı öte [3,6] - [4,5] renk artığından incelemiştir. Bu tür kırmızı çekirdekler SAURON (Spectroscopic Areal Unit for Research on Optical Nebulae) örnekleme 24 Sa türü galaksinin 3’ünde (NGC 2273, NGC4235, NGC 4293) mevcuttur. 24 Sa türü çekirdeğin tümünün Spitzer renkleri ile birkaç en iyi bilinen yakın aktif galaktik çekirdek (M51, M81, M87 ve M104) karşılaştırılmıştır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Spitzer renk-renk diyagramı. SAURON Sa örnekleme çekirdekler gri, yakın AGN'ler siyah renkle gösterilmiştir. Çeşitli sıcaklıklardaki karacisimler siyah çizgiyle çizilmiştir. Çeşitli indekslerde $-1 \leq \alpha \leq 3$ güçlü tayfsal dağılım modelleri $v F_v \propto v^\alpha$ yeşil çizgiyle çizilmiştir.

Bu AGN'lerin seçilme nedeni tayfsal enerji dağılımlarının çoğu dalgaboylarında iyi çalışmış olması, düşük aktivite göstermeleri ve içlerinde buldukları galaksilerin Hubble diziliminde tüm aralığı kapsamıştır. Yakın aktif çekirdekler, evrimleşmiş yıldızlar ve yıldız oluşumu ışınimleri baskın olan normal çekirdekler ile karşılaştırıldığında yakın kırmızı öte artık göstermektedirle, bu artık, süper kütleli kara delik etrafındaki birikim ile ilişkilendirilmiştir.

Yakın kırmızı öte bölgedeki artığın görülme sebebi hem çekirdek etrafındaki sıcak tozdan hem de aktif galaktik çekirdeğin ısısal olmayan güçlü tayfsal dağılımından kaynaklanıyor olabileceği şeklinde açıklanabilmiştir (Peletier *et al.* 2011; MNRAS, ArXiv e-prints). Bu artışa sahip kaynakların hepsi yüksek parlaklık sıcaklığında sıkışık radyo çekirdeklere sahiptirler.

Diğer Spitzer çalışmalarıyla karşılaştırdıklarında iki boyutlu yüksek çözünürlüklü yakın kırmızı öte görüntülemenin, düşük ışınım gücüne sahip aktif galaktik çekirdeklerin bulunmasının en etkin yolu olduğu görülmüştür. Eğer düşük aktiviteye sahip galaksilerin çekirdeği benzer şekilde [3,6]- [4,5] renge kırmızılaşmışsa bu, yakın kırmızı öte artığın AGN'leri bulmanın en verimli yolu olduğu anlamına gelmektedir.

AGN'ler sıcak çekirdek içerirler ve bu sıcak çekirdek, [3,6] - [4,5] renginin 0.4'den (Vega sistemi) daha büyük olmasına neden olur. Galaksilerin merkezindeki diğer ışınimler, yıldızlar ya da PAH-toz ışınımı asla bu kadar kırmızı [3,6] - [4,5] renge ulaşamaz. [3,6] mikron görüntüleri tozun sönümlenmesinden neredeyse etkilenmez ve galaksilerdeki yıldız kütlelerinin doğru tahminlerini elde etmek için kullanılabilir (örn. Meidt *et al.* 2014). Ayrıca, [3,6] - [4,5] rengi, galaksilerdeki AGB yıldızlarının oranının faydalı bir göstergesidir (R. F. Peletier *et al.* 2012). Amacımız, S⁴G örneklemelerini kullanarak galaksilerin merkezi renklerini çalışarak LLAGN'lerin oranını tespit etmektir.

Bu çalışma, DAGAL EU RTN ağı (<http://www.dagalnetwork.eu/>) ile işbirliği içinde yapılmıştır (Şekil 3.7).

Welcome to the DAGAL image repository and data archive system.

Last update: April 29, 2014
Created: May, 2014

Go to the String Search Page

Welcome to the searchable DAGAL database v2.1 (@Kapteyn Institute) of the S⁴G sample. Click here to go back to main page.

SEVENTH FRAMEWORK PROGRAMME MARIE CURIE ACTIONS

DAGAL ANATOMY OF GALAXIES

DAGAL database String Search

1. Search for ? : _____ in (name : [available galaxy])
(Pro-Tip: search for all galaxies by leaving the box empty, then narrow down your selection with the filters)

2. Show/Hide Filters

3. Display Mode?: [] Data table [] Data and images [] Available FITS images [] GALEX images gallery

4. Search/Refresh

Reset

Last update: July 28, 2014
Created and maintained by Alexandre Y.K. Bouquin

NGC	Name	GALEX	GALEX/SDSS	SDSS/L	SDSS/S	SDSS/Z	Spitzer/Cropped	Spitzer/Cropped	Spitzer/Flat	Spitzer/Flat	Spitzer/WT	Spitzer/WT	Spitzer/Mask	Spitzer/Mask	III cube	Kinematic data
000018	UGC2893	FLY	FLY	W	R	T	F	2.6	4.5	3.6	4.5	3.6	4.5	3.6	4.5	
000043	PGC00043															
0000181	ESO012-014	FLY	FLY					3.6	4.5	3.6	4.5	3.6	4.5	3.6	4.5	
0000218	NGC784	FLY	FLY	W	R	T	F	2.6	4.5	3.6	4.5	3.6	4.5	3.6	4.5	
0000215	UGC08017	FLY	FLY	W	R	T	F	2.6	4.5	3.6	4.5	3.6	4.5	3.6	4.5	
0000279	NGC787	FLY	FLY	W	R	T	F	2.6	4.5	3.6	4.5	3.6	4.5	3.6	4.5	
0000388	ESO049-015	FLY	FLY					2.6	4.5	3.6	4.5	3.6	4.5	3.6	4.5	
0000474	ESO293-034	FLY	FLY					2.6	4.5	3.6	4.5	3.6	4.5	3.6	4.5	
0000627	NGC007	FLY	FLY					2.6	4.5	3.6	4.5	3.6	4.5	3.6	4.5	
0000647	NGC004			W	R	T	F	2.6	4.5	3.6	4.5	3.6	4.5	3.6	4.5	
0000695	IC1332	FLY	FLY					2.6	4.5	3.6	4.5	3.6	4.5	3.6	4.5	
0000701	NGC0024	FLY	FLY					2.6	4.5	3.6	4.5	3.6	4.5	3.6	4.5	
0000757	UGC0099			W	R	T	F	2.6	4.5	3.6	4.5	3.6	4.5	3.6	4.5	
	ESO0381															

Şekil 3.7. DAGAL veri tabanı gösterimi (Anonim 2018r)

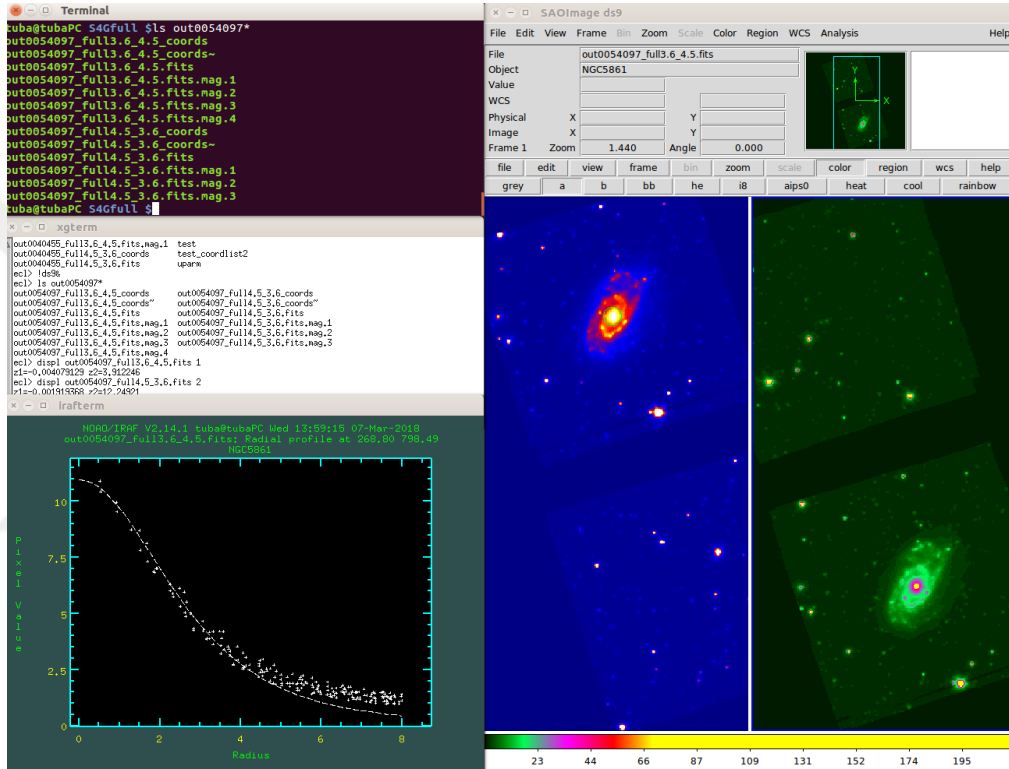
R F. Peletier, Spitzer Uzay Teleskobunun IRAC aleti ile [3,6] ve [4,5] mikronda derin uzayın görüntülemesini elde eden S⁴G / DAGAL ekibinin (Sheth *et al.* 2010) bir üyesidir. DAGAL projesinde A. Vazdekis ve J. H. Knapen ile işbirliğiyle [3,6] - [4,5] merkezi rengi yorumu için modeller geliştirilmiştir.

Bu çalışmada şu ana kadar; Spitzer Uzay Teleskobu, IRAC aleti (Kırmızı öte Alan Kamerası, Infrared Array Camera) ile [3,6] ve [4,5] mikron dalgaboylarında derin uzay gözlemleri yapılmış S⁴G örnekleme 3000 civarında galaksinin görüntüleri;

<http://www.astro.rug.nl/~dagal/> adresinden indirilerek gözlem verisi toplanmıştır.

Galaksilerin merkezi yüzey parlaklıklarının ve renklerinin belirlenebilmesi için; Spitzer Uzay Teleskobu IRAC kırmızı öte kamerasıyla alınan [3,6] ve [4,5] mikron dalgaboylarındaki görüntülerin yüzey parlaklık birimleri MJy/sr'dir. Görüntülerin yüzey parlaklık birimleri MJy/sr'yi Jy/piksel'e çevirmek ve farklı dalgaboylarında, farklı PSF değerlerinde alınmış iki görüntüye tek bir PSF değeri ayarlamak için IDL programı çalıştırılıp "conv_image" programı kullanılır. Ardından IRAF programı yardımıyla "proto." paketi çalıştırılıp, "imexam" taskı kullanılarak görüntülerin merkez x, y

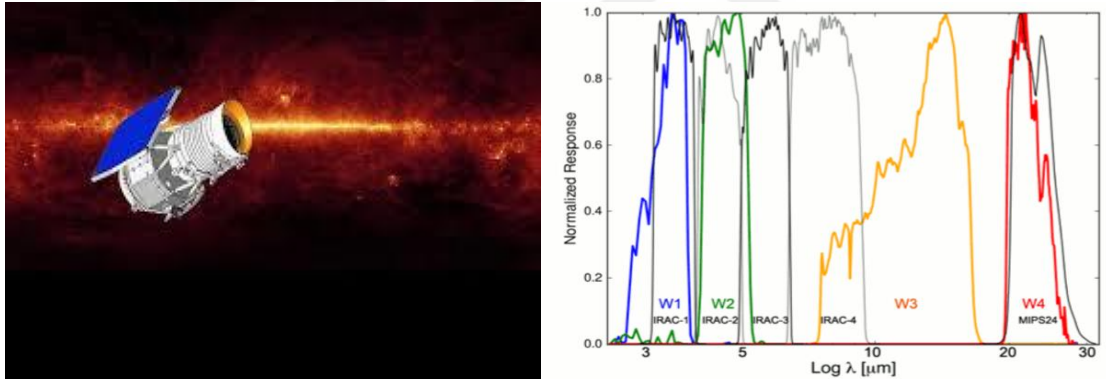
koordinatları belirlenir ve fotometriye geçilir. IRAF programıyla “*imcntr*” taskıyla galaksilerin merkez koordinatları kaydedilir. “*Apphot*” paketi çalıştırılıp bu koordinatlar kullanılarak galaksilerin merkez parlaklıkları “*phot*” taskıyla ölçülür (Şekil 3.8). “*Apphot->fitskypars*” taskı kullanılarak aynı zamanda görüntülerin sky kalibrasyonu yapılır.



Şekil 3.8. IRAF programı “*imexam*” taskıyla galaksilerin merkez parlaklıkları ölçümü gösterimi

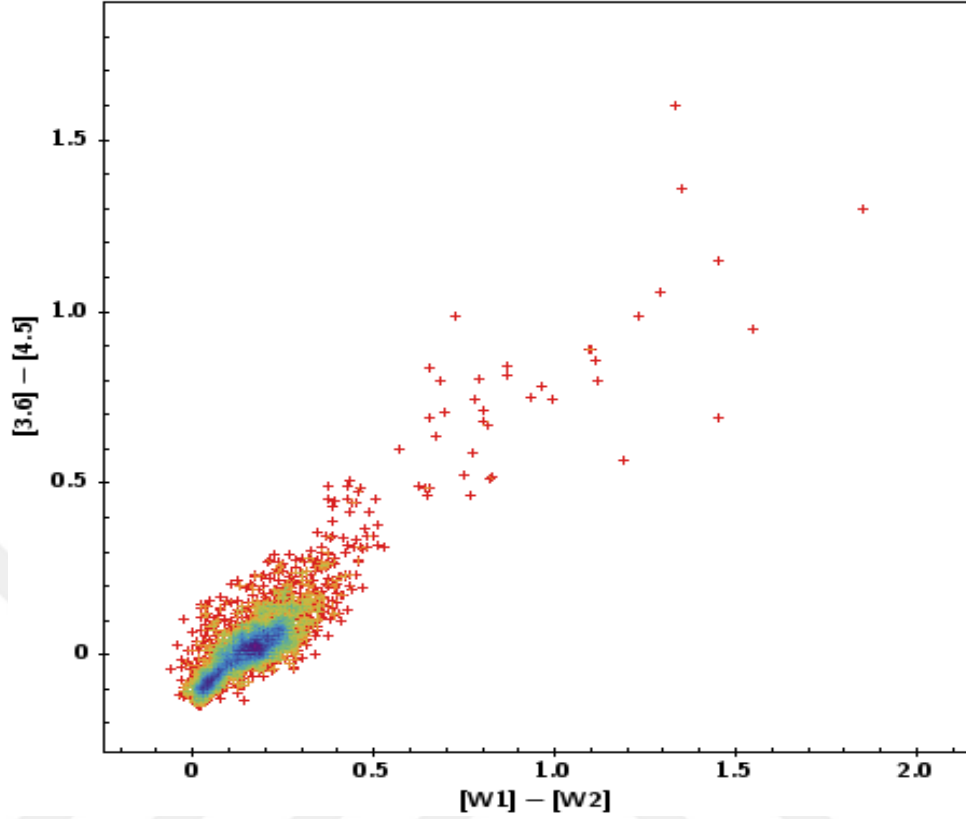
4. ARAŞTIRMA BULGULARI

S⁴G örneklemeindeki galaksilerinin merkez parlaklıkları ölçülüp, Spitzer [3,6] - [4,5] renkleri saptanmıştır ve düşük ışınım gücüne sahip aktif galaktik çekirdekler (LLAGN'ler) tespit edilmiştir. Sönük, düzensiz galaksiler ve sature görüntüler analizlere dahil edilmemiştir. Ayrıca görüntünün arka planında ya da galaksiye çok yakın yıldızların bulunduğu galaksiler elenmiştir. Toplamda 2816 galaksinin Spitzer Uzay Teleskobu IRAC kamerasıyla elde edilmiş 3,6 ve 4,5 μm 'deki görüntüleri analiz edilmiştir. Buna ek olarak WISE (Wide Field Infrared Survey Explorer) uydusuyla elde edilmiş S⁴G galaksilerine ait görüntüler de karşılaştırma yapabilmek için analiz edildi (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. WISE Uzay Teleskobu gösterimi ve WISE foton sayma göreli sistem yanıtı (RSR) eğrileri. W1 (3,4 μm ; mavi), W2 (4,6 μm ; yeşil), W3 (12 μm ; turuncu) ve W4'ün (22 μm ; kırmızı) WISE RSR'leri ile Spitzer IRAC-1 (3,6 μm), IRAC-2 (4,5 μm), IRAC-3 (5,8 μm), IRAC-4 (8,0 μm) ve MIPS-24 (24 μm) dizi-ortalama yanıt eğrileri (hepsi siyah ve gri çizgiler ile gösterilmiştir) ile karşılaştırılması (Anonim 2018s)

WISE uydusu kara delik bulmada oldukça etkin bir uydu olmakla birlikte gökyüzünü 4 kırmızı öte bandda haritalanmıştır. W1, W2, W3 ve W4 bandları 3,4, 4,6, 12 ve 22 μm de merkezlenmiş olan, 40 cm'lik teleskoptur. 4 bandın görüntüleme çözünürlüğü (FWHM) sırasıyla 6,1", 6,4", 6,5" ve 12,0" 'dır. 3,4 ve 4,6 μm de iki orta kırmızı öte banda sahiptir. S⁴G galaksilerinin bu iki bandtaki görüntüleri WISE Image Service veri tabanından indirilip [W1]-[W2] renkleri tüm galaksiler için elde edilmiştir.

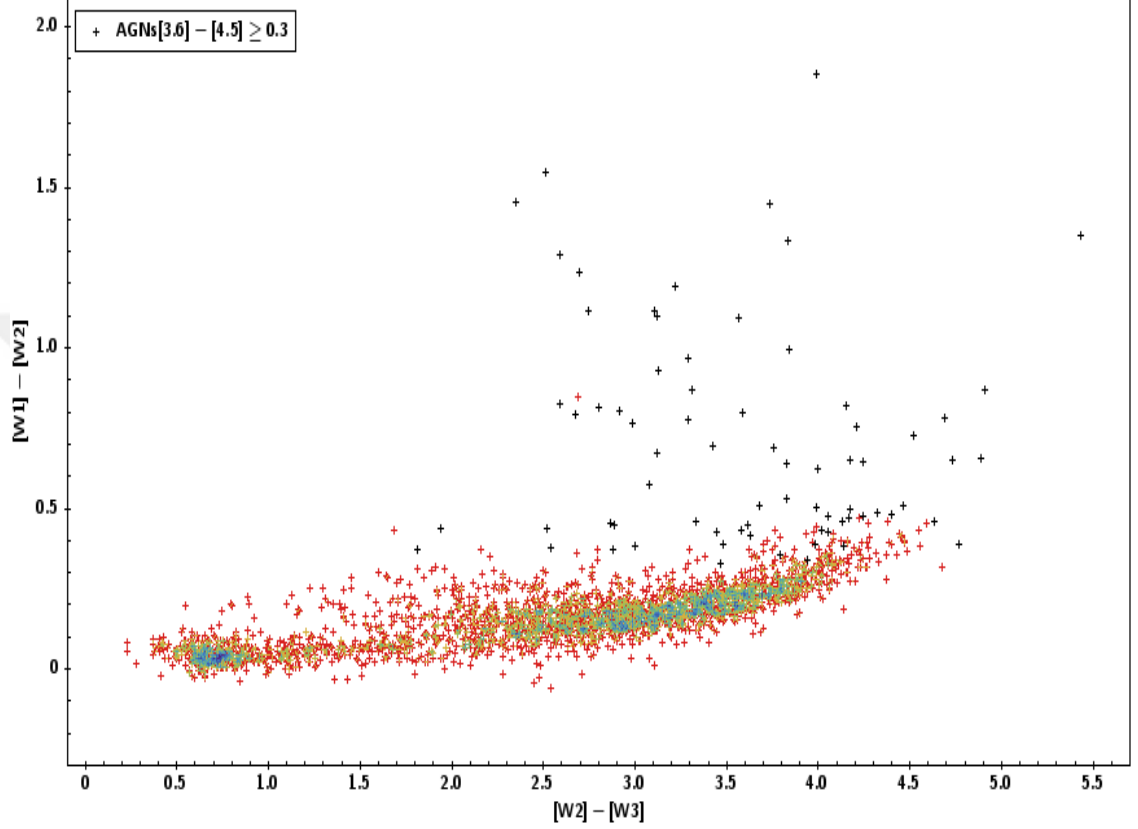


Şekil 4.2. Spitzer [3,6]-[4,5] rengine karşılık WISE [W1]-[W2] renk-renk diyagramı

Şekil 4.2’de WISE [W1] - [W2] renklerine karşılık Spitzer [3,6] - [4,5] renkleri noktalanmıştır. Spitzer ve WISE renkleri IRAF programının *apphot* paketi ve *phot* taskı kullanılarak sırasıyla 3 ve 4 (piksel) açıklıkları (aperture) kullanılarak ölçülmüştür. Bu açıklıklar kullanılarak S⁴G galaksilerinin tümünün Spitzer ve WISE görüntülerinin merkez parlaklıkları bulunmuştur. S⁴G verilerinde [3,6] - [4,5] renkleri $\geq 0,3$ kadir olan galaksilerin tümü Stern *et al.* 2005’te belirtildiği gibi kırmızı merkez parlaklıkları göstermektedir ve bu galaksilerin hepsi aktif galaktik çekirdeğe (AGN) sahiptir.

Öncelikli olarak aktif galaktik çekirdek adayları tespit edildikten sonra ikinci adım bu kaynakların ne tür kaynaklar olduğunu anlamaktır. Bu galaksilerin Şekil 4.3’te [W2] - [W3] renklerine karşılık [W1] - [W2] renkleri noktalanarak diyagramda Spitzer ile tespit edilmiş renkleri [3,6] - [4,5] $\geq 0,3$ kadir olan galaksiler gösterilmiştir. NGC 0253 dışında, Spitzer ile tespit tüm AGN’ler diyagramda gösterilmiştir. NGC 0253

galaksisinin WISE görüntüsü saturé olduğundan WISE parlaklık ölçümü yapılamamıştır.



Şekil 4.3. WISE [W2]-[W3] rengine karşılık [W1]-[W2] renk parlaklık diyagramı. Siyah semboller Spitzer ile tespit edilmiş $[3,6]-[4,5] \geq 0,3$ kadir olan AGN'leri göstermektedir.

Spitzer ile tespit edilen AGN'lerin tümü kırmızı renklere sahip olup aynı zamanda WISE ölçümleriyle karşılaştırıldıklarında da aynı şekilde kırmızı renklere sahip oldukları görülmüştür. $[W1] - [W2] \geq 0,5$ kadir olan tüm galaksiler Spitzer tarafından da AGN olarak tespit edilmiştir.

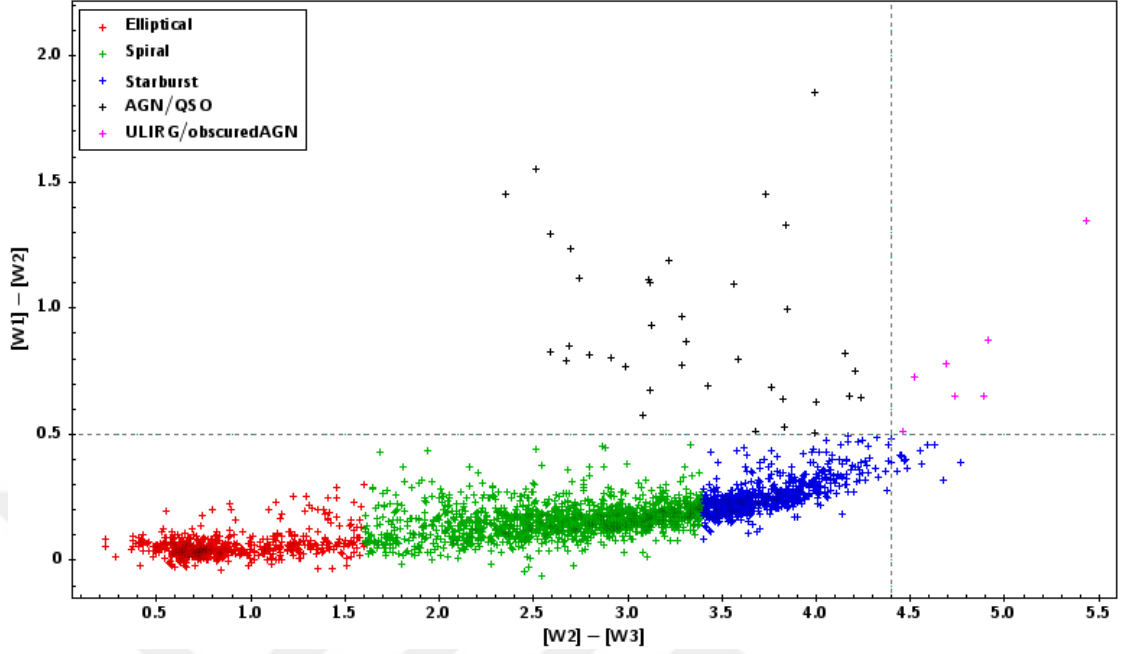
4.1. Aktivite Türü

Kaynakların kabaca sınıflandırılması Lake *et al.* 2012'nin çalışmasındaki etiketlendirmeye dayanarak yapılmış olup elde edilen diyagram Şekil 4.4'te

gösterilmiştir. Mingo *et al.* 2016 çalışmasında detaylı olarak hangi tür aktiviteleri bulmayı hedeflediklerini gösteren Çizelge 4.1 kullanılarak kaynaklar sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırmaya ek olarak Mingo *et al.* 2016 çalışmasında yer verilmeyen kaynaklar pembe sembollerle belirtilmiş olup bu kaynaklar ULIRG / örtülmüş AGN'lerdir ($[W1] - [W2] > 0,5$ ve $[W2] - [W3] \geq 4,4$).

Çizelge 4.1. Mingo et al. 2016'nın çalışmasına dayalı aktivite çizelgesi. Her bir kaynağın türü, WISE renk/renk diyagramından seçilmiştir ve bu çizelge her dalga boyunda en olası bulunacak aktivite türünü göstermektedir. Her bir renk kategorisi için 2-4 sütunlarındaki öğelerin birkaç kombinasyonu yapılabilir (örn. Birinci grupta, bir kümedeki eliptik bir galaksi, X ışınlarında radyasyonu verimsiz bir AGN ve radyoda bir LERG'dir. LINER, düşük iyonizasyona sahip nükleer salma çizgisi gösterenleri temsil etmektedir. ULIRG, oldukça yüksek ışınımına sahip kırmızı öte galaksidir. QSO, kuasarlar için kullanılır. LERG düşük uyarılmalı radyo galaksi anlamına gelmektedir; Yüksek uyarılmalı kaynaklar (HERG), NLRG (dar çizgili radyo galaksileri) ve BLRG (genişlemiş çizgili radyo galaksileri)'dir.

Tanım	WISE renkleri seçimi	Orta kırmızı öte / Optik	X-ışın	Radyo
Eliptik (Elliptical)	$W1-W2 < 0,5;$ $0 < W2-W3 < 1,6$	Eliptik galaksi (izole) Eliptik galaksi (küme) LINER	Işınımı yetersiz AGN Sıcak yıldızlararası gaz	LERG
Sarmal (Spiral)	$W1-W2 < 0,5;$ $1,6 \leq W2-W3 < 3,4$	Yıldız oluşumu gösteren galaksi Yıldız oluşumu gösteren galaksi + AGN	Yıldız Oluşumu Seyfert galaksi	Yıldız oluşumu Düşük ışınımlı NLRG LERG
Yıldız patlaması (Starburst)	$W1-W2 < 0,5;$ $W2-W3 \geq 3,4$	Yıldız patlaması gösteren galaksi ULIRG	Yıldız Oluşumu Seyfert galaksi	Yıldız Oluşumu Düşük ışınımlı NLRG
AGN / QSO	$W1-W2 \geq 0,5;$ $W2-W3 < 4,4$	AGN	Parlak Seyfert galaksi BL-Lac QSO	NLRG BLRG QSO



Şekil 4.4. S⁴G galaksilerinin [W1]-[W2] renklerine karşılık [W2]-[W3] renk - renk diyagramı. Sınıflandırma Çizelge 3'e dayanılarak yapılmıştır.

Spitzer ile AGN olarak tespit ettiğimiz kaynaklar, WISE ile de tespit edilmiş olup aktivite diyagramında da öngörüldüğü gibi AGN olarak sınıflandırılmıştır.

4.2. AGN Sınıflandırma Kriteri

Burada örtülü ve örtülü olmayan X-ray kaynaklarının ayrımı gösterilmiştir. Optik olarak örtülü (Tür II) ve örtülü olmayan (Tür I) AGN optik tayfsal çalışma ile ayırt edilebilirler. Optik Tür I AGN genişlemiş salma çizgilerine ($> 2000 \text{ km s}^{-1}$) sahipken optik Tür II AGN genişlemiş salma çizgileri göstermez fakat yüksek uyarmalı dar salma çizgilerine sahiptir. Fakat bu AGN sınıflandırması, optik tayf salma çizgilerini doğru olarak tespit etmekte yetersiz kaldığında başarısız olur. Optik veya X-ışını bantlarında sınıflandırma zorluklarının üstesinden gelmek için, birleştirilmiş Optik / X-ışını sınıflandırma şemaları getirilmiştir (Schmidt *et al.* 1998; Szokoly *et al.* 2004; Zheng *et al.* 2004). İlk olarak en parlak yıldız oluşturan galaksilere karşı ayırt etmek için $\log(L_x) > 42 \text{ erg s}^{-1}$ olarak belirlenen bir eşik X-ışını parlaklığı bulunur. Çok daha yüksek

ışınıma sahip nokta kaynak benzeri tüm X-ışın kaynakları AGN olarak kabul edilir. İkinci parametre X-ray sertlik oranı olan HR (X-ray hardness ratio)'dir. HR;

$$HR = (H - S) / (H + S) \text{ olarak tanımlanır.}$$

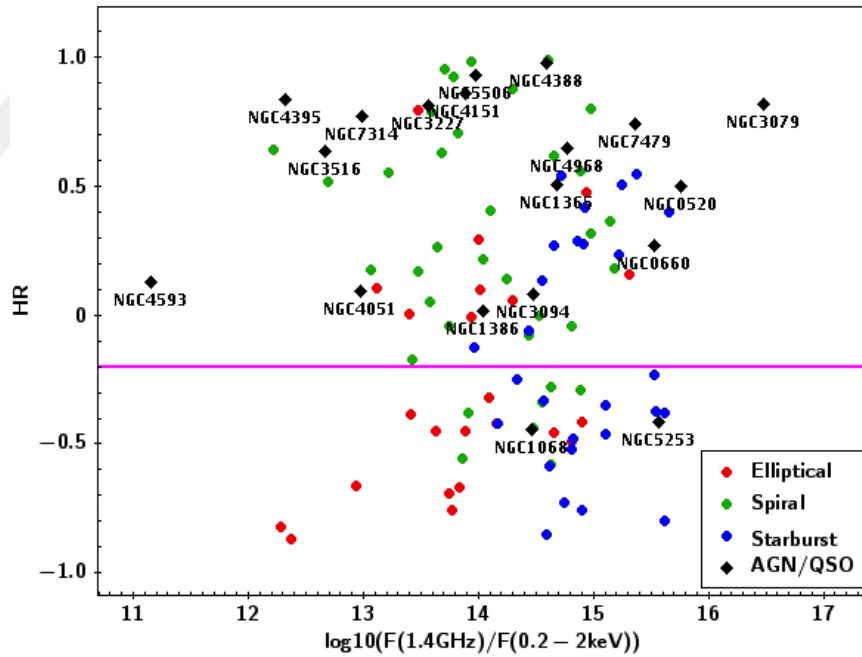
S ve H sırasıyla yumuşak ve sert bandların sayım oranlarıdır. Optik tayf ile Tür I ve Tür II ayrımı belirsiz olmayacak şekilde yapılamayan kaynaklar HR oranları kullanılarak ayırt edilebilirler. Bu sınıflandırma, ayrıca, tayfsal bilgi içermeyen fakat güvenilir fotometrik kırmızıya kayma değerlerine sahip kaynaklara uygulanabileceği avantajına sahiptir (Hasinger 2008).

Kaynakları WISE renkleri kullanarak öncelikli olarak sınıflandırdıktan sonra, sertlik oranları ve radyoya karşı X-ışın "gürültü (loudness)" diyagramlarını çizdirdik. Burada önemi itibariyle akılda tutulması gereken tam bir HR sınırı ile yumuşak artık içeren kaynaklar ile en önemlisi jetle ilişkilendirilen salmalar ile yumuşak X-ışın üreten gürültülü-radyo kaynaklar tasfiye edilebilir. Ayrıca, AGN radyo salması örtünmeden etkilenmez. X-ışın verilerimiz için 3XMM-DR5 kataloğu kullanılmıştır. Yumuşak X-ışın akı elde etmek için ilk üç banttaki (0,2-2 keV) akıları ve sert X-ışın akı için dördüncü ve beşinci bandın akılarını (2-12 keV) birleştirdik. Kaynakların radyo akıları için ARCHES (Astronomical Resource Cross-matching for High Energy Studies) tarafından hazırlanmış olan FIRST+NVSS birleştirilmiş radyo kataloğunu kullanılmıştır (katolog kullanımı ile ilgili detaylı bilgi için Mingo *et al.* 2016 çalışmasına bakınız). Bu radyo kataloğu FIRST ve NVSS ile edilen 1,4 GHz verilerini birleştirmiştir. VLA FIRST ve NVSS radyo taramaları ve XMM-Newton arşivlerinde 5" yarıçap içinde olan S⁴G veri seti kaynakları araştırılmıştır. Çoğu X-ışın seçilmiş veri setleri AGN-olmayan kaynakları tasfiye etmek ve belirli bir AGN setinin örtülmesini ve uzaklığını belirlemek için HR sınırlarına güvenir. Normalde, HR değerini hesaplamak için akılardan ziyade net (ardalan çıkartılmış) sayımların kullanılması tercih edilir. Bununla birlikte, X-ışını kataloğumuzun doğası gereği, belirli bir kaynak için birden çok aletle birden fazla gözlem yapılabileceği için, analiz için Mingo *et al.* 2016 çalışmasında yapıldığı gibi

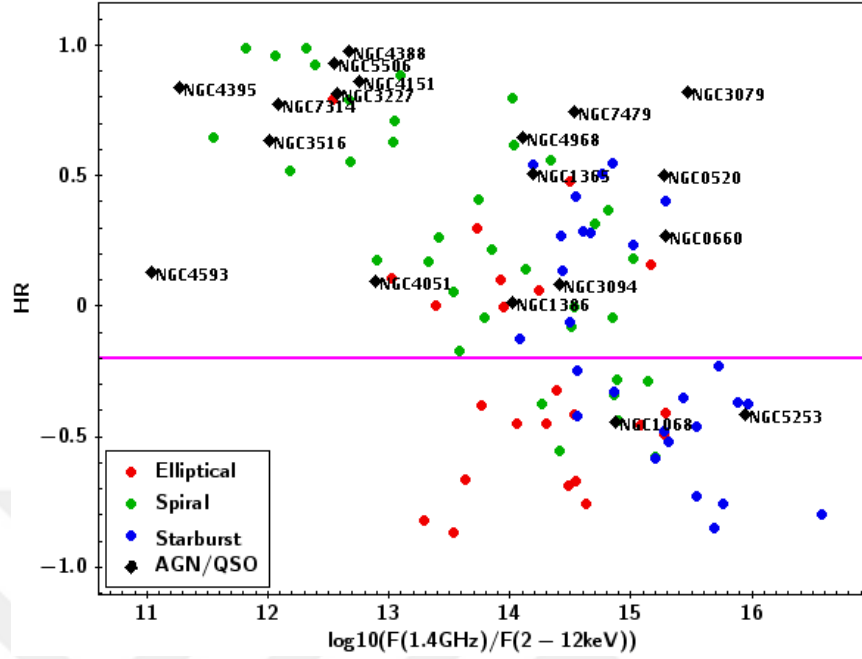
ortalama (tüm kaynaklar için gözlemlerin hepsinde), net akıları kullanmaya karar verdik. Kullandığımız HR;

$$HR = (F_{2-12\text{keV}} - F_{0,2-2\text{keV}})/(F_{2-12\text{keV}} + F_{0,2-2\text{keV}})$$
 olarak tanımlanmıştır.

Şekil 4.5 ve 4.6’da y ekseninde tüm kaynaklar için HR dağılımı, x ekseninde radyonun görelî X-ışın akısına oranı göstermektedir (yumuşak ve sert, sırasıyla Şekil 4.5 ve 4.6). Kaynakların radyo gürültüleri ve “X-ışını gürültülerini” hızlı bir şekilde değerlendirmenin yanı sıra yumuşak artığın varlığının veya yokluğunun, radyo salmasını üreten aynı süreçlerle ilişkili olup olmayacağını belirlemek için çok iyi bir yoldur. Tipik HR sınırını (= -0,2) kullanılmıştır.



Şekil 4.5. X-ışın HR’ye karşılık 1,4 GHz radyo akısının (mJy) X-ışın akısına (yumuşak, 0,2-2 keV, $\text{erg cm}^{-1}\text{s}^{-1}$) oranı Sembollerin renkleri ve tanımlamaları Şekil 33 ile aynı belirlenmiştir. Pembe düz çizgi HR (= -0.2) sınırını göstermektedir.



Şekil 4.6. X-ışın HR'ye karşılık 1,4 GHz radyo akısının (mJy) X-ışın akısına (sert, 2-10 keV, $\text{erg cm}^{-1}\text{s}^{-1}$) oranı. Sembollerin renkleri ve tanımlamaları Şekil 33 ile aynı belirlenmiştir. Pembe düz çizgi HR (= -0.2) sınırını göstermektedir.

Genel eğilim, x eksenlerindeki oran için sert veya yumuşak X-ışını akı kullanılıp kullanılmadığına bağlı olarak değişir; yumuşak X-ışınlar için (Şekil 4.5) oran, $F_{(1.4\text{ GHz})} / F_{(0.2-2)\text{ keV}} \sim 10^{14}-10^{15}$ de dikey bir çizgi çevresindeki kaynaklarda özellikle çizginin sol tarafında olan (daha büyük göreceli X-ışın akıları) bazı aykırı olanlarla birlikte oldukça sabit görülmektedir.

Sert X-ışınlar için (Şekil 4.6), genel davranış biraz farklıdır ve radyo / sert X-ışınları akı ile HR arasında hafif bir negatif eğilim var gibi görünüyor; yani daha 'sert X-ışın gürültülü' (daha az radyo gürültülü) kaynaklar daha sert tayflara sahiptir. Spitzer ve WISE ile tespit edilmiş 19 oldukça kırmızı çekirdeğe sahip AGN, hem X-ışın hem de radyo akılara sahiptir. Çizelge 4.4'de gösterildiği üzere 17'si yüksek HR değerlerine sahiptir, geriye kalan 2'sinin HR değeri -0,2'den düşüktür, bu da örtülü olmayan tayfla ilişkilendirilir. Ayrıca bu AGN'lerin [3,6]-[4,5] ve [W1]-[W2] renkleri de morfolojik türleri ile birlikte Çizelge 4.2'de verilmiş olup hepsinin oldukça kırmızı renklere sahip AGN'ler olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.2. HR'ye karşılık 1,4 GHz radyo akısının (mJy) X-ışın akısına oranı diyagramlarından tespit edilen AGN'lerin koordinatları, Spitzer ve WISE renkleriyle birlikte morfolojik türleri Altı çizilerek belirtilen AGN'erin HR değerleri -0,2'den küçüktür.

Galaksi	Sağ Açıklık (derece)	Dik Açıklık (derece)	TT	[3,6]-[4,5] (kadir)	[W1]-[W2] (kadir)
NGC 3094	150,35812	15,77011	1,1	0,950	1,549
NGC 5506	213,31209	-3,20757	1,2	1,059	1,292
NGC 3516	166,69780	72,56850	-2,0	0,519	0,825
NGC 4151	182,63561	39,40578	2,0	0,988	1,233
NGC 520	21,14538	3,79159	1,3	0,522	0,752
NGC 4593	189,91437	-5,34414	3,0	0,667	0,816
NGC 7314	338,94252	-26,05043	4,0	0,712	0,804
NGC 4395	186,45360	33,54686	8,9	0,462	0,766
NGC 4388	186,44490	12,66209	2,8	0,855	1,114
NGC 4051	180,79007	44,53131	4,0	0,748	0,931
NGC 660	25,75969	13,64581	1,3	0,568	1,189
NGC 3227	155,87740	19,86513	1,5	0,590	0,775
NGC 1386	54,19239	-35,99920	-0,7	0,783	0,965
NGC 1365	53,40155	-36,14039	3,2	0,679	0,800
NGC 3079	150,49090	55,67988	6,6	0,317	0,510
NGC 7479	346,23590	12,32293	4,3	1,150	1,449
NGC 4968	196,77420	-23,67690	-2,0	0,744	0,995
<u>NGC 5253</u>	204,98315	-31,64006	8,9	1,298	1,852
<u>NGC 1068</u>	40,66962	-0,01331	3,0	0,797	1,116

HR değerleri -0,2'den yüksektir bu nedenle X-ışını soğuran ve soğurmeyen kaynakları ayırt eden bir eşik olarak kullanılabilir. AGN'ler, tüm popülasyonların en geniş dağılımını gösterir ve aynı zamanda en büyük HR oranlarına sahiptir ve yumuşak ve sert X-ışın HR diyagramlarının her ikisinin de 'X-ışın gürültülü' tarafında yer almaktadır.

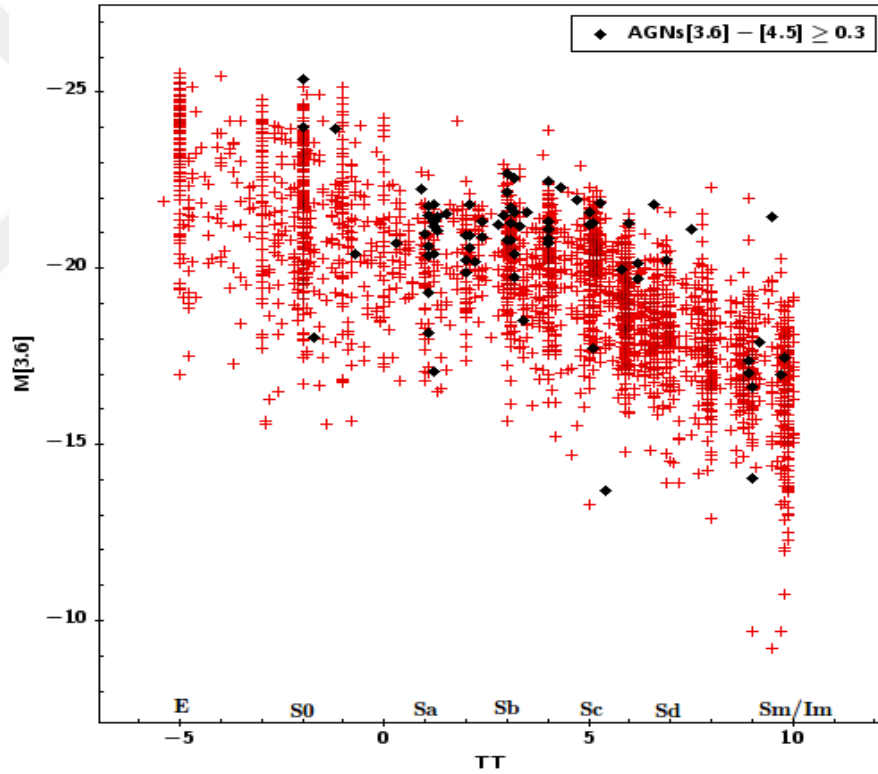
4.3. Hubble Türleriyle Birlikte 3,6 μ m Parlaklıkları

Şekil 4.7'de S⁴G galaksilerinin 3,6 μ m salt parlaklıkları ($M_{[3,6]}$) optik morfolojik türlerinin fonksiyonu olarak noktalanmıştır. Spitzer ile tespit edilmiş AGN'ler

diyagramda belirtilmiştir. S⁴G galaksilerinin 3,6 μm salt parlaklıkları Vizier (Astronomical Catalogues and Large Surveys from CDS) veri tabanından elde edilmiş ve 3,6 μm salt parlaklıkları olmayan galaksilerin K_s parlaklıkları 2MASS All Sky Extended Catalog'tan bulunmuştur.

K_s parlaklıkları olan galaksilerin uzaklık modülleri NED (NASA/IPAC Extragalactic Database) veritabanından bulunmuş ve 3,6 μm salt parlaklıkları;

$M_K - M_{[3,6]} = 0,2$ ortalama rengi uygulanarak elde edilmiştir.



Şekil 4.7. S⁴G veri seti galaksilerinin 3,6 μm ($M_{[3,6]}$) salt parlaklıklarına karşılık morfolojik türleri (TT) kırmızı artı sembolleriyle gösterilmiştir. Siyah kare semboller [3,6]-[4,5] renkleri $\geq 0,3$ kadir olan AGN'leri belirtmektedir.

Sonuç olarak toplamda 2771 galaksiye ait $M_{[3,6]}$ elde edilmiştir. Şekil 4.7'de görüldüğü üzere S⁴G galaksileri oldukça parlaktır. Özellikle AGN'ler oldukça parlaktır ve AGN'lerin çoğunluğu spiral galaksi olup Sa ve Sb morfolojik türündendirler.

Çizelge 4.3. Morfolojik Türe karşı kodlandırma

KOD	TÜR (TT)
-5	E
-3	E-S0
-2	S0
1	S0a
2	Sa
3	Sab
4	Sbc
5	Sc
6	Scd
7	Sd
8	Sdm
9	Sm
10	Irr

TT burada morfolojik türü göstermektedir ve Third Reference Catalogue of Bright Galaxies (de Vaucouleurs *et al.* 1991) ve HyperLeda veritabanından elde edilmiştir (Çizelge 4.3).

İlk olarak yapılması gereken, bu kaynakların AGN'ler için beklenen radyo ve X-ışın süreklilik karşılıklarının olup olmadığını görmektir. S⁴G galaksilerinin 5" yarıçap içinde yer alan koordinatlarına, VLA FIRST ve NVSS radyo taramalarında ve Chandra ve XMM-Newton (3XMM-DR5) X-ışın arşivlerinde bakılmıştır. Bu tarama $[3,6]-[4,5] \geq 0,1$ ve $\geq 0,3$ kadar olan tüm S⁴G galaksileri için radyo ve X-ışın karşılıklarını elde etmek amaçlı yapılmıştır.

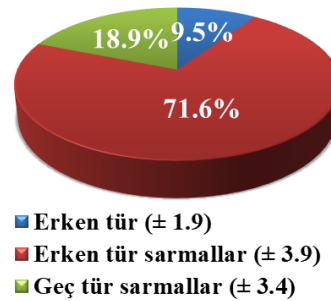
5. SONUÇ ve TARTIŞMA

2500'den fazla galaksi içeren S⁴G ve S⁴G Extension veri setinin Spitzer teleskobu IRAC kamerasıyla elde edilmiş [3,6] ve [4,5] μm görüntüleri analiz edilmiş olup daha küçük veri setlerine uygulanan kırmızı öte renk seçimi yöntemi daha büyük veri setine uygulanarak (~ 3000 galaksi) düşük ışınım gücüne sahip AGN'ler çalışılmıştır. Ölçümleri yapılan galaksilerin sağ açıklık ve dik açıklık koordinatları, morfolojik türleri, [3,6] - [4,5], [W1] - [W2] [W3] - [W4] renkleri Ek'ler kısmında Çizelge'ler halinde listelenmiştir. Bulunan sonuçlar temel olarak şunlardır:

(i) Şekil 5.1'de X-ışın ve radyo tarama gözleriyle tespit edilmiş [3,6] - [4,5] $\geq 0,1$ ve [3,6] - [4,5] $\geq 0,3$ kadir olan AGN'lerin yüzde oranlarını gösteren histogramlar gösterilmiştir. Galaksiler morfolojik türlerine göre üç ana gruba ayrılarak değerlendirilmiştir (Çizelge 5.2)

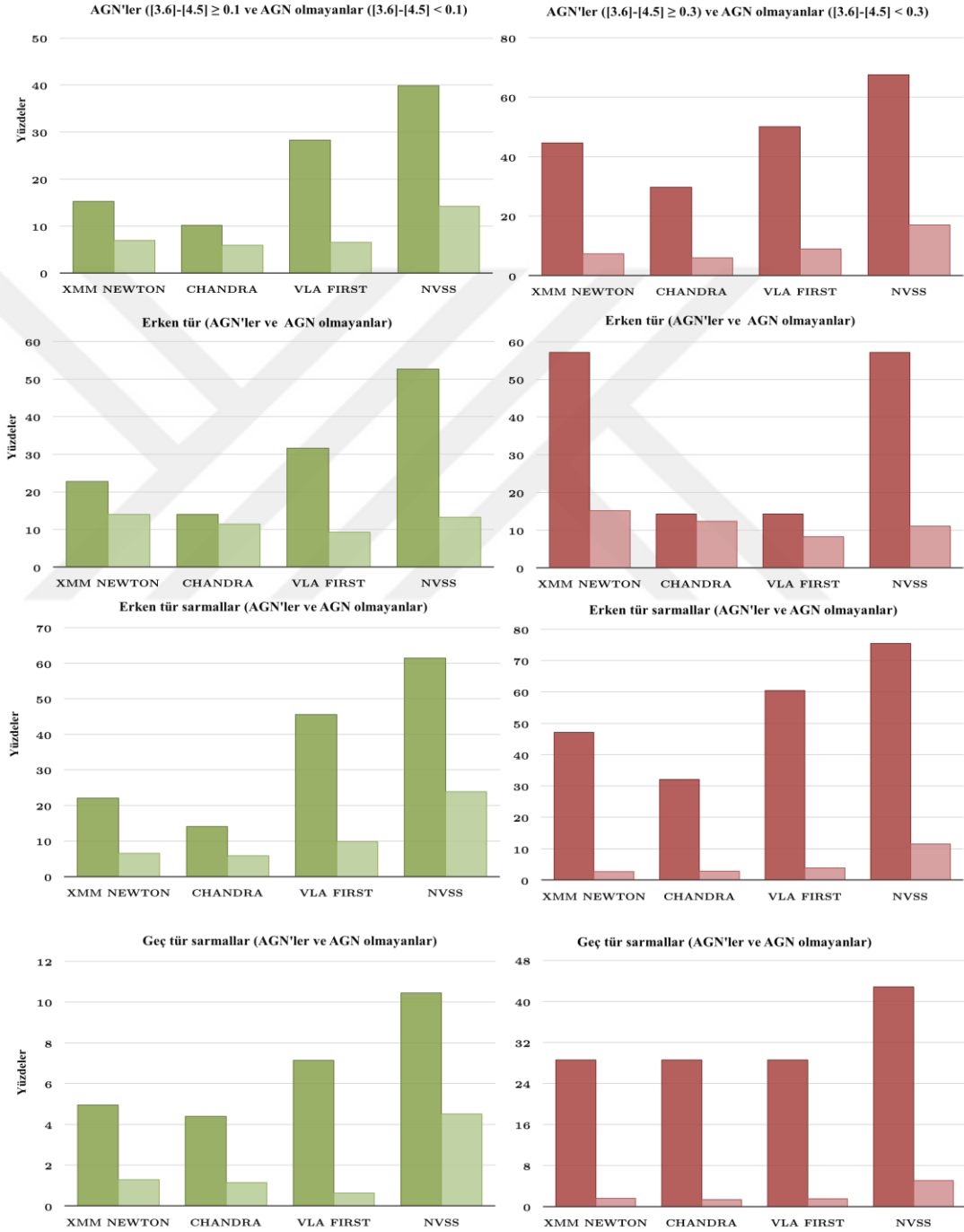
Çizelge 5.1. Gruplandırılan galaksi türlerinin morfolojik kod aralıkları

Galaksiler	Morfolojik Kod
Erken Tür	-6, -5, -4, -3, -2, -1, 0
Erken Tür Sarmallar	1, 2, 3, 4, 5
Geç Tür Sarmallar	6, 7, 8, 9, 10



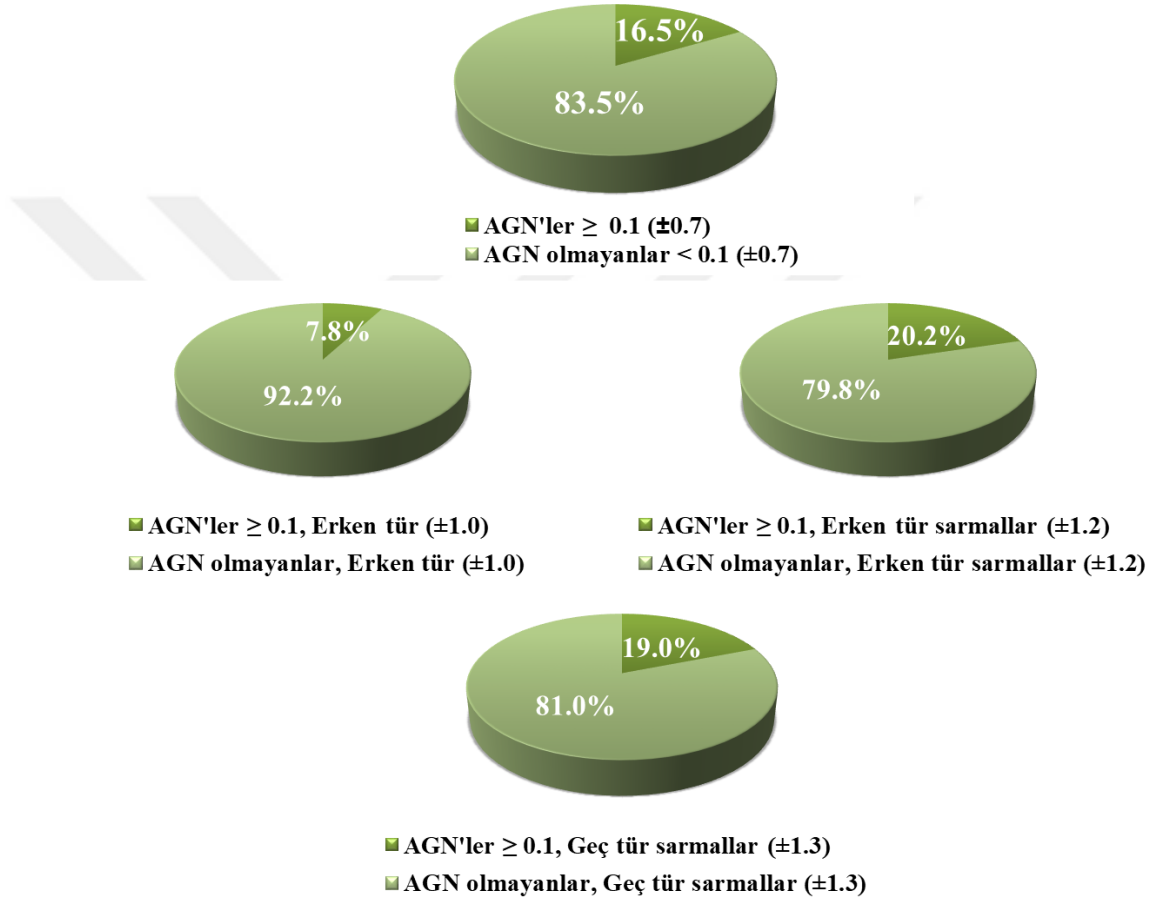
Şekil 5.1. S4G galaksilerinin 3,6 μm ($M_{[3,6]}$) salt parlaklıkları elde edilenlerin morfolojik türlerine göre yüzde oranları

S4G galaksilerinin 3,6 μm ($M_{[3,6]}$) salt parlaklıkları elde edilenlerin dağılımları %71 erken tür sarmal galaksiler, %19 geç tür sarmal galaksiler ve %10 erken tür galaksiler olmak üzere Şekil 5.1’de gösterilmiştir.



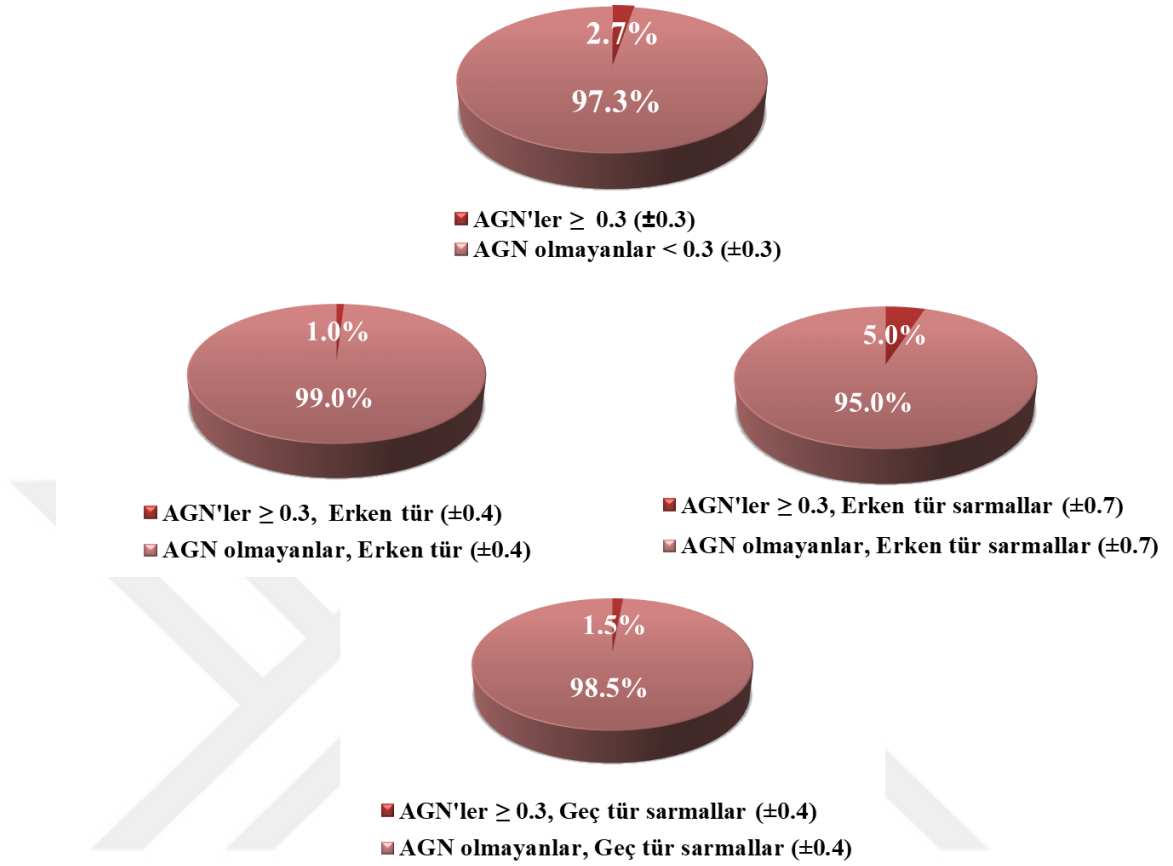
Şekil 5.2. Kırmızı ötede tespit edilmiş AGN'lerin ($[3,6]-[4,5] \leq 0,1$ ve $\geq 0,3$ kadar) (yüzde olarak) diğer tarama gözlemlerinden (koyu yeşil ve bordo) elde edilen yüzdeleri. Açık yeşil ve bordo renkler AGN-olmayan galaksileri göstermektedir. Altta üç histogram verileri erken tür, erken tür ve geç tür sarmal galaksiler olarak morfolojik türlerine ayırmaktadır.

AGN'lerin ve AGN-olmayan galaksilerin erken ve geri tür olmak üzere X-ışın ve radyo tarama gözlemlerindeki oranları bulunmuştur. AGN'ler ($[3,6]-[4,5]$ renkleri $\geq 0,3$) oldukça kırmızı çekirdeklere sahiptir ve X-ışın ve radyo tarama gözlemleriyle de tespit edilmişlerdir.



Şekil 5.3. AGN ($[3,6]-[4,5] \geq 0,1$ ve AGN olmayan ($[3,6]-[4,5] < 0,1$) galaksilerin yüzde oranları ve morfolojik türlerine göre ayrımı.

Şekil 5.3'de görüldüğü üzere S⁴G galaksilerinin %17'sinin $[3,6]-[4,5]$ renkleri $\leq 0,1$ 'dir. Bu galaksilerin hepsi kırmızı öte bölgede tespit edilmiştir. Galaksiler ayrıca morfolojik türlerine göre de ayrılmıştır. Bu oran erken tür galaksileri için %8, erken tür sarmal galaksiler için %20 ve geç tür sarmal galaksiler için %19'dur.



Şekil 5.4. AGN ($[3,6]-[4,5] \geq 0,3$ ve AGN olmayan ($[3,6]-[4,5] < 0,3$) galaksilerin yüzde oranları ve morfolojik türlerine göre ayrımı.

Şekil 5.4'de S^4G galaksileri içinde $[3,6]-[4,5]$ renkleri $\geq 0,3$ kadar olan AGN'lerin yüzde oranları gösterilmiştir. %3 oranındaki bu galaksiler ise oldukça kırmızı çekirdeklere sahiptir ve oldukça iyi tespit edilmiş AGN'lerdir. Ayrıca bu galaksiler de morfolojik türlerine göre ayrı ayrı incelenmiştir. Bu oran erken tür galaksileri için %1, erken tür sarmal galaksiler için %5 ve geç tür sarmal galaksiler için %1'dir.

(ii) Merkez $[3,6]-[4,5]$ renkleri $\geq 0,3$ olan tüm galaksileri AGN olarak kabul ettik (Çizelge 5.2'de listelenmişlerdir).

Çizelge 5.2. Spitzer ile tespit edilmiş AGN'ler ($[3,6]-[4,5] \geq 0,3$)

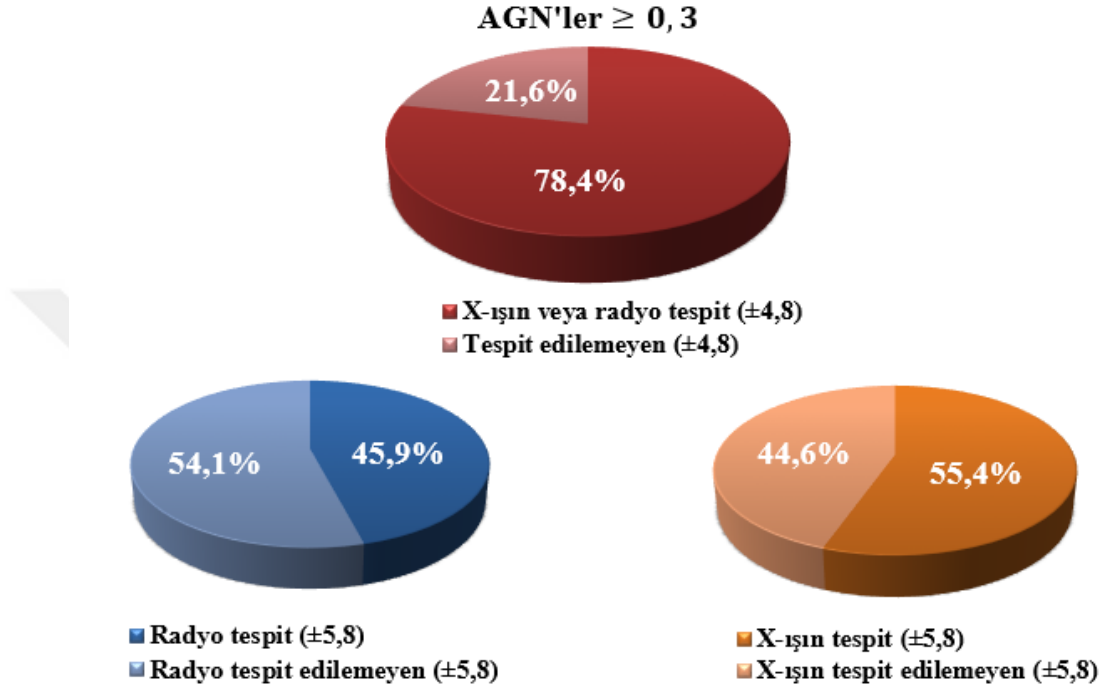
Galaksi	Sağ Açıklık (derece)	Dik Açıklık (derece)	TT	[3,6]-[4,5] (kadir)	[W1]-[W2] (kadir)	[W2]-[W3] (kadir)
UGC05456	151,83179	10,36202	9,0	0,303	0,326	3,470
NGC5937	232,69221	-2,82946	3,2	0,307	0,469	4,165
NGC0613	23,57571	-29,41857	4,0	0,313	0,446	3,614
NGC3982	179,11723	55,12527	3,2	0,313	0,356	3,793
PGC052809	221,85073	-17,44557	5,8	0,313	0,478	4,244
NGC2782	138,52129	40,11366	1,1	0,314	0,529	3,829
NGC1808	76,92638	-37,51284	1,2	0,316	0,461	4,134
NGC3079	150,49090	55,67988	6,6	0,317	0,510	3,676
NGC7541	348,68282	4,53392	4,7	0,318	0,428	4,056
IC2461	139,99153	37,19107	3,3	0,333	0,449	2,884
ESO361-019	73,71962	-37,32085	1,1	0,339	0,382	4,137
NGC2712	134,87702	44,91395	3,1	0,343	0,416	3,632
NGC1566	65,00156	-54,93800	4,0	0,345	0,369	2,877
NGC0986	38,39309	-39,04500	2,4	0,345	0,496	4,172
NGC1022	39,63627	-6,67742	1,1	0,348	0,482	4,397
UGC06545	173,43367	32,63377	3,5	0,348	0,387	3,480
NGC4491	187,73812	11,48328	1,2	0,359	0,341	3,943
NGC5073	199,83614	-14,84460	5,1	0,365	0,474	4,055
NGC4818	194,20372	-8,52524	2,0	0,381	0,509	4,463
NGC5899	228,76359	42,04988	5,3	0,388	0,384	2,997
NGC4214	183,91305	36,32800	9,8	0,414	0,487	4,324
NGC4235	184,29123	7,19160	1,0	0,415	0,435	1,939
NGC4519	188,37614	8,65484	6,9	0,433	0,388	4,767
NGC7213	332,31753	-47,16668	0,9	0,443	0,438	2,516
NGC4941	196,05461	-5,55156	2,1	0,445	0,451	2,868
IC3258	185,93534	12,47838	9,7	0,448	0,390	3,986
NGC4258	184,73957	47,30398	4,0	0,454	0,375	2,544
NGC3556	167,87910	55,67401	6,0	0,455	0,503	3,991
NGC5728	220,59953	-17,25304	1,2	0,455	0,429	3,443
NGC4395	186,45360	33,54686	8,9	0,462	0,766	2,987
NGC7496	347,44700	-43,42784	3,2	0,464	0,646	4,241
NGC3786	174,92709	31,90948	1,1	0,473	0,457	3,332
NGC3628	170,07064	13,58899	3,1	0,484	0,641	3,825
NGC3353	161,34330	55,96055	3,4	0,486	0,461	4,632
NGC4194	183,54020	54,52652	9,5	0,487	0,653	4,176
NGC4102	181,59603	52,71108	3,1	0,489	0,430	4,016
ESO293-034	1,58355	-41,49728	6,2	0,490	0,372	1,810
NGC3504	165,79679	27,97265	2,1	0,491	0,625	3,999

Çizelge 5.2. (devam)

NGC5427	210,85854	-6,03075	5,0	0,506	0,432	3,579
NGC7552	349,04494	-42,58496	2,4	0,511	0,822	4,154
NGC3516	166,69780	72,56850	-2,0	0,519	0,825	2,593
NGC0520	21,14538	3,79159	1,3	0,522	0,752	4,207
NGC0660	25,75969	13,64581	1,3	0,568	1,189	3,220
NGC3227	155,87740	19,86513	1,5	0,590	0,775	3,287
ESO443-042	195,87400	-29,82870	3,0	0,597	0,573	3,081
NGC4293	185,30347	18,38261	0,3	0,635	0,672	3,121
NGC4593	189,91437	-5,34414	3,0	0,667	0,816	2,800
NGC1365	53,40155	-36,14039	3,2	0,679	0,800	3,587
NGC0625	23,76455	-41,43722	9,0	0,688	0,654	4,890
NGC3034	148,96800	69,67975	7,5	0,690	1,453	2,351
NGC3729	173,45578	53,12555	1,2	0,704	0,693	3,424
NGC7314	338,94252	-26,05043	4,0	0,712	0,804	2,912
NGC0814	32,65672	-15,77344	-1,7	0,744	0,780	4,688
NGC4968	196,77420	-23,67690	-2,0	0,744	0,995	3,844
NGC4051	180,79007	44,53131	4,0	0,748	0,931	3,126
NGC1386	54,19239	-35,99920	-0,7	0,783	0,965	3,289
NGC1068	40,66962	-0,01331	3,0	0,797	1,116	2,744
ESO409-015	1,38364	-28,09991	5,4	0,800	0,686	3,759
NGC7378	341,94867	-11,81664	2,2	0,803	0,793	2,673
NGC4628	190,60520	-6,97103	2,9	0,812	0,869	3,310
UGC06433	171,38258	38,06064	9,2	0,834	0,651	4,733
PGC009354	36,88651	-10,16587	5,1	0,843	0,871	4,912
NGC4388	186,44490	12,66209	2,8	0,855	1,114	3,108
NGC5347	208,32421	33,49085	2,0	0,890	1,095	3,566
NGC7582	349,59837	-42,37034	2,1	0,890	1,100	3,122
NGC3094	150,35812	15,77011	1,1	0,950	1,549	2,513
NGC4151	182,63561	39,40578	2,0	0,988	1,233	2,699
IC1953	53,42431	-21,47868	6,2	0,989	0,728	4,522
NGC5506	213,31209	-3,20757	1,2	1,059	1,292	2,591
NGC7479	346,23590	12,32293	4,3	1,150	1,449	3,735
NGC5253	204,98315	-31,64006	8,9	1,298	1,852	3,991
NGC4355	186,72764	-0,87767	1,1	1,358	1,348	5,433
NGC5861	227,31709	-11,32171	5,0	1,601	1,331	3,837

Bu galaksiler oldukça kırmızı çekirdeklere sahip olup yıldızsal ve yıldız oluşumu salmalarının baskın olduğu normal çekirdeklerle karşılaştırıldıklarında kırmızı öte artık

göstermektedirler. Bu artığa sahip kaynakların tümü sıkışık radyo ve X-ışın çekirdeklere sahiptir.



Şekil 5.5. S⁴G veri seti galaksilerinin X-ışın ve radyo tarama gözlemleriyle tespit edilmiş yüzde oranları

Şekil 5.5’de S⁴G galaksilerinin %78’inin X-ışın veya radyo taramalarıyla da AGN olarak tespit edildiği gösterilmiştir. Çizelge 5.3’de kaynaklar listelenmiştir. S⁴G galaksilerin %22’si AGN-olmayan galaksilerdir. Tespit edilmiş AGN’lerin X-ışın ve radyo bulunma oranları sırasıyla %55 ve %46’dır. [3,6]-[4,5] renkleri $\geq 0,3$ kadar olan AGN’ler çoğunlukla X-ışın ve radyo taramalarıyla tespit edilmiştir. X-ışın tespitleri radyoya göre daha fazla olup çoğunlukla sarmal galaksiler AGN olarak tespit edilmiştir. X-ışın ve radyo taramalarında daha önce AGN olarak tespit edilmemiş olup ilk defa bizim kullandığımız renk yöntemi ile tespit edilmiş AGN’ler Çizelge 5.4’te listelenmiştir. Bu AGN’ler oldukça kırmızı çekirdeklere sahip olup [3,6]-[4,5] renkleri $\geq 0,3$ kadirden büyüktür.

Çizelge 5.3. X-ışın veya Radyo taramalarında tespit edilmiş AGN'ler ($[3,6]-[4,5] \geq 0,3$)

Galaksi	Sağ Açıklık (derece)	Dik Açıklık (derece)	TT	[3,6]-[4,5] (kadir)	[W1]-[W2] (kadir)	[W2]-[W3] (kadir)
NGC 5937	232,69221	-2,82946	3,2	0,307	0,469	4,165
NGC 0613	23,57571	-29,41857	4,0	0,313	0,446	3,614
NGC 3982	179,11723	55,12527	3,2	0,313	0,356	3,793
PGC 052809	221,85073	-17,44557	5,8	0,313	0,478	4,244
NGC 2782	138,52129	40,11366	1,1	0,314	0,529	3,829
NGC 1808	76,92638	-37,51284	1,2	0,316	0,461	4,134
NGC 3079	150,49090	55,67988	6,6	0,317	0,510	3,676
NGC 7541	348,68282	4,53392	4,7	0,318	0,428	4,056
IC 2461	139,99153	37,19107	3,3	0,333	0,449	2,884
NGC 2712	134,87702	44,91395	3,1	0,343	0,416	3,632
NGC 0986	38,39309	-39,04500	2,4	0,345	0,496	4,172
NGC 1022	39,63627	-6,67742	1,1	0,348	0,482	4,397
UGC 06545	173,43367	32,63377	3,5	0,348	0,387	3,480
NGC 5073	199,83614	-14,84460	5,1	0,365	0,474	4,055
NGC 4818	194,20372	-8,52524	2,0	0,381	0,509	4,463
NGC 5899	228,76359	42,04988	5,3	0,388	0,384	2,997
NGC 4235	184,29123	7,19160	1,0	0,415	0,435	1,939
NGC 7213	332,31753	-47,16668	0,9	0,443	0,438	2,516
NGC 4941	196,05461	-5,55156	2,1	0,445	0,451	2,868
NGC 4258	184,73957	47,30398	4,0	0,454	0,375	2,544
NGC 5728	220,59953	-17,25304	1,2	0,455	0,429	3,443
NGC 3556	167,87910	55,67401	6,0	0,455	0,503	3,991
NGC 4395	186,45360	33,54686	8,9	0,462	0,766	2,987
NGC 3786	174,92709	31,90948	1,1	0,473	0,457	3,332
NGC 3628	170,07064	13,58899	3,1	0,484	0,641	3,825
NGC 3353	161,34330	55,96055	3,4	0,486	0,461	4,632
NGC 4194	183,54020	54,52652	9,5	0,487	0,653	4,176
NGC 4102	181,59603	52,71108	3,1	0,489	0,430	4,016
NGC 3504	165,79679	27,97265	2,1	0,491	0,625	3,999
NGC 5427	210,85854	-6,03075	5,0	0,506	0,432	3,579
NGC 7552	349,04494	-42,58496	2,4	0,511	0,822	4,154
NGC 3516	166,69780	72,56850	-2,0	0,519	0,825	2,593
NGC 0520	21,14538	3,79159	1,3	0,522	0,752	4,207
NGC 0660	25,75969	13,64581	1,3	0,568	1,189	3,220
NGC 3227	155,87740	19,86513	1,5	0,590	0,775	3,287
ESO 443-042	195,87400	-29,82870	3,0	0,597	0,573	3,081
NGC 4293	185,30347	18,38261	0,3	0,635	0,672	3,121
NGC 4593	189,91437	-5,34414	3,0	0,667	0,816	2,800
NGC 1365	53,40155	-36,14039	3,2	0,679	0,800	3,587
NGC 0625	23,76455	-41,43722	9,0	0,688	0,654	4,890
NGC 3034	148,96800	69,67975	7,5	0,690	1,453	2,351
NGC 3729	173,45578	53,12555	1,2	0,704	0,693	3,424
NGC 7314	338,94252	-26,05043	4,0	0,712	0,804	2,912

Çizelge 5.3. (devam)

NGC 4968	196,77420	-23,67690	-2,0	0,744	0,995	3,844
NGC 4051	180,79007	44,53131	4,0	0,748	0,931	3,126
NGC 1386	54,19239	-35,99920	-0,7	0,783	0,965	3,289
NGC 1068	40,66962	-0,01331	3,0	0,797	1,116	2,744
NGC 4628	190,60520	-6,97103	2,9	0,812	0,869	3,310
NGC 4388	186,44490	12,66209	2,8	0,855	1,114	3,108
NGC 5347	208,32421	33,49085	2,0	0,890	1,095	3,566
NGC 7582	349,59837	-42,37034	2,1	0,890	1,100	3,122
NGC 3094	150,35812	15,77011	1,1	0,950	1,549	2,513
NGC 4151	182,63561	39,40578	2,0	0,988	1,233	2,699
IC 1953	53,42431	-21,47868	6,2	0,989	0,728	4,522
NGC 5506	213,31209	-3,20757	1,2	1,059	1,292	2,591
NGC 7479	346,23590	12,32293	4,3	1,150	1,449	3,735
NGC 5253	204,98315	-31,64006	8,9	1,298	1,852	3,991
NGC 4355	186,72764	-0,87767	1,1	1,358	1,348	5,433

Çizelge 5.4. X-ışın ve Radyo tarama gözlemleriyle tespit edilmemiş AGN'lerin koordinatları (J2000) morfolojik türleri (TT), Spitzer ([3,6]-[4,5])ve WISE ([W1]-[W2], [W2]-[W3]) renkleri

Galaksi	Sağ Açıklık (derece)	Dik Açıklık (derece)	TT	[3,6]-[4,5] (kadir)	[W1]-[W2] (kadir)	[W2]-[W3] (kadir)
UGC 05456	151,83179	10,36202	9,0	0,303	0,326	3,470
ESO 361-019	73,71962	-37,32085	1,1	0,339	0,382	4,137
NGC 1566	65,00156	-54,93800	4,0	0,345	0,369	2,877
NGC 4491	187,73812	11,48328	1,2	0,359	0,341	3,943
NGC 4214	183,91305	36,32800	9,8	0,414	0,487	4,324
NGC 4519	188,37614	8,65484	6,9	0,433	0,388	4,767
IC 3258	185,93534	12,47838	9,7	0,448	0,390	3,986
NGC 7496	347,44700	-43,42784	3,2	0,464	0,646	4,241
ESO 293-034	1,58355	-41,49728	6,2	0,490	0,372	1,810
NGC 0814	32,65672	-15,77344	-1,7	0,744	0,780	4,688
NGC 0253	11,86515	-31,42178	-1,2	0,789	-	-
ESO 409-015	1,38364	-28,09991	5,4	0,800	0,686	3,759
NGC 7378	341,94867	-11,81664	2,2	0,803	0,793	2,673
UGC 06433	171,38258	38,06064	9,2	0,834	0,651	4,733
PGC 009354	36,88651	-10,16587	5,1	0,843	0,871	4,912
NGC 5861	227,31709	-11,32171	5,0	1,601	1,331	3,837

Bu çalışmada LLAGN'lerin varlığı tayf yöntemi kullanılmadan fotometrik olarak incelenmiştir. AGN'ler, günümüzde, tipik olarak, AGN'nin evsahibi galaksi üzerindeki etkisini tartışan (ya da tam tersi) optik tayf (örn., Kauffmann *et al.* 2003) kullanılarak

bulunurlar. Ancak optik tayf bu kaynaklar oldukça tozla örtülü olduğu için sönümlemeden oldukça ciddi bir şekilde etkilenir. Bu yüzden AGN hakkında kısmi bilgiler verebilir. Spitzer Uzay Teleskobu, IRAC aleti ile [3,6] ve [4,5] μm dalgaboylarında derin uzay gözlemleri yapılmış S^4G örnekleme 3000 civarında galaksiye uygulanan yakın kırmızı öte seçim yöntemi ile özellikle tozla örtülü olanlarda dahil olmak üzere tüm AGN'ler fotometrik olarak tespit edilmiştir. Karşılaştırma yapabilmek adına S^4G veri seti galaksilerinin WISE uzay teleskobu ile [3,4], [4,6], [12] ve [22] μm bandlarında elde edilen görüntüleri analiz edilmiştir. Galaksiler erken tür, erken tür sarmal ve geç tür sarmal olmak üzere morfolojik türlerine göre üç ana gruba ayrılarak değerlendirilmiştir. 3,6 μm salt parlaklıkları, WISE renkleri kullanarak sınıflandırılan aktive türleri, sertlik oranları ve radyoya karşı X-ışın "gürültü" akıları gösterilmiştir.

AGN'lerin tümü belirlenmiştir çünkü [3,6]-[4,5] rengi neredeyse hiç toz sönümlemesinden etkilenmez. X-ışın ve radyo tarama gözleriyle tespit edilmiş edilmiş AGN'lerin ($[3,6] - [4,5] \geq 0,1$ ve $[3,6] - [4,5] \geq 0,3$ kadir) yüzde oranları elde edilmiştir. S^4G galaksileri içinde [3,6]-[4,5] renkleri $\geq 0,1$ kadir olan AGN'ler içerisinde yıldız oluşumu gösteren galaksilerin dahil olduğu görülmüştür. S^4G galaksileri içinde [3,6]-[4,5] renkleri $\geq 0,3$ kadir olan galaksiler AGN olarak kabul edilmiştir. %3 oranındaki bu galaksiler oldukça kırmızı çekirdeklere sahiptir ve oldukça iyi tespit edilmiş AGN'lerdir. Bu oran erken tür galaksileri için %1, erken tür sarmal galaksiler için %5 ve geç tür sarmal galaksiler için %1'dir. Bu galaksiler oldukça kırmızı çekirdeklere sahip olup yıldızsal ve yıldız oluşumu salmalarının baskın olduğu normal çekirdeklerle karşılaştırıldıklarında kırmızı öte artık göstermektedirler. Bu artışa sahip kaynakların tümü sıkışık radyo ve X-ışın çekirdeklere sahiptir.

S^4G galaksilerinin %78'inin X-ışın veya radyo taramalarıyla da AGN olarak tespit edildiği gösterilmiştir. S^4G galaksilerin %22'si AGN-olmayan galaksilerdir. Tespit edilmiş AGN'lerin X-ışın ve radyo bulunma oranları sırasıyla %55 ve %46'dır. [3,6]-[4,5] renkleri $\geq 0,3$ kadir olan AGN'ler çoğunlukla X-ışın ve radyo taramalarıyla tespit edilmiştir. X-ışın tespitleri radyoya göre daha fazla olup çoğunlukla sarmal galaksiler

AGN olarak tespit edilmiştir. X-ışın ve radyo taramalarında daha önce AGN olarak tespit edilmemiş olup ilk defa bizim kullandığımız renk yöntemi ile tespit edilmiş AGN'ler bulunmaktadır.

Bu çalışma potansiyel olarak çok önemlidir ve AGN'lerin anlaşılmasında önemli gelişmelere yol açabilir. Chandra ve XMM Newton'un yüksek duyarlılığı ile LLAGN'lerin nokta kaynak gibi olan X-ışın salmalarını tanımlamanın kolay olduğu gösterilmiştir. Işıtmalı sıkışık X-ışın salması radyo salmasından çok daha kesin belirteçtir. X-ışın özellikleri doğrudan AGN'deki kara delik ile ilişkilidir.

Spitzer Uzay Teleskobunun AGN nüfusunu incelemek için güçlü bir araç olduğu gösterilmiştir. Aktif galaktik çekirdeklerin doğasını, güçlü bir yöntem olan kırmızı öte [3,6]-[4,5] renk artığı kullanarak incelenmiştir. Spitzer'in tespit ettiği AGN'lerin tümünün ($[3,6]-[4,5] \geq 0.3$) WISE renklerinin de oldukça kırmızı olduğu gösterilmiştir. $[W1] - [W2]$ renkleri $\geq 0,5$ kadar olan tüm galaksiler Spitzer tarafından da AGN olarak tespit edilmiştir.

AGN'leri normal galaksilerden ayırmanın en iyi yollarından biri olan kullandığımız renk kriteri yönteminin büyük bir veri setinde LLAGN'leri etkili bir şekilde bulduğu bu çalışma ile ortaya konmuştur. Bu teşhis, çok daha büyük AGN ve galaksi veri setleri için son derece yararlı olabilir ve gelecek yeni nesil araçlardan elde edilen veriler geldiğinde kaynakların verimli bir şekilde sınıflandırma yollarını geliştirmemize yardımcı olacaktır.

KAYNAKLAR

- Anonim, 2018 a. <http://col21-perceret.ac-dijon.fr/col-astro/spip.php?article9>
- Anonim, 2018 d. <http://www.holoscience.com/wp/electric-galaxies>
- Anonim, 2018 e. <https://astrobites.org/2013/09/09/whats-next-for-kepler/>
- Anonim, 2018 f. <http://heritage.stsci.edu/1998/28/big.html>
- Anonim, 2018 g. <http://images.nrao.edu/110>
- Anonim, 2018 i. https://en.wikipedia.org/wiki/BL_Lacertae_object
- Anonim, 2018 j. <http://www.astr.ua.edu/keel/agn/spectra.html>
- Anonim, 2018 k. <http://astronomy.swin.edu.au/cosmos/A/Active+Galactic+Nuclei>
- Anonim, 2018 l. <http://hubblesite.org/newscenter/archive/releases/1992/27/image/b/>
- Anonim, 2018 m. <http://irsa.ipac.caltech.edu/data/SPITZER/S4G/>
- Anonim, 2018 n. <http://legacy.spitzer.caltech.edu/about/orbit.shtml>
- Anonim, 2018 p. Spitzer Heritage Archive Documentation, IRAC Instrument and Instrument Support Teams
- Anonim, 2018 r. <http://www.dagalnetwork.eu/>
- Anonim, 2018 s. <https://www.jpl.nasa.gov/news/news.php?feature=2425>
- Anonim, 2018b. http://prancer.physics.louisville.edu/astrowiki/index.php/Galaxies_Near_and_Far
- Anonim, 2018c. <http://lifeng.lamost.org/courses/astrotoday/CHAISSON/AT324/HTML/AT32401.HTM>
- Anonim, 2018h. http://www.astro.caltech.edu/palomar/current/20170616_djorgovski.html
- Anonim, 2018o. <https://irsa.ipac.caltech.edu/data/SPITZER/docs/spitzermission/missionoverview/spitzertelescopehandbook/4/>
- Antonucci, R. 1993, ARAA, 31, 473
- Baade, W., & Minkowski, R. 1954, ApJ, 119, 215
- Barstow, M. A. (2005). "Elliptical Galaxies". Leicester University Physics Department.
- Bournaud, F., Combes, F., 2002, A&A, 392, 83
- Burbidge, G. R., Burbidge, E. M., & Sandage, A. R. 1963, Reviews of Modern Physics, Vol. 35, p947
- Calzetti, D. 2008, in Astronomical Society of the Pacific Conference Series, Vol. 390, Pathways Through an Eclectic Universe, ed. J. H. Knapen, T. J. Mahoney & Vazdekis 121
- Cannon, R. D., Penston, M. V., & Brett, R. 1971, MNRAS, 152, 79
- Cattaneo, A., Faber, S. M., Binney, J., Dekel, A., Kormendy, J., Mushotzky, R., Babul, A., Best, P. N., Brüggen, M., Fabian, A. C., Frenk, C. S., Khalatyan, A., Netzer, H., Mahdavi, A., Silk, J., Steinmetz, M., Wisotzki, L., 2009, Nature, 460, 213
- Chiaberge, M., Macchetto, F. D., Sparks, W. B., Capetti, A., & Celotti, A. 2003, in "Active Galactic Nuclei: from Central Engine to Host Galaxy", Eds. S. Collin, F. Combes, & I. Shlosman. (San Francisco: ASP Conference Series), 290, p331
- Colbert, E. J. M., & Ptak, A. F. 2002, ApJS, 143, 25
- Condon, J. J., Anderson, E., & Broderick, J. J. 1995, AJ, 109, 2318
- Condon, J. J., Yin, Q. F., Thuan, T. X., & Boller, Th. 1998, AJ, 116, 2682
- Cowie, L. L., Barger, A. J., Fomalont, E. B., & Capak, P. 2004a, ApJ, 603, L69

- Croton, D. J. 2006, MNRAS, 369, 1808
- Cutri, R. M., Nelson, B. O., Francis, P. J., & Smith, P. S. 2002, in “AGN Surveys”, Eds., R. F. Green, E. Ye. Khachikian, & D.B. Sanders. (San Francisco: ASP Conference Series), 284, p127
- Dalcanton, J. J., Williams, B. F., Seth, A. C., Dolphin, A., Holtzman, J., Rosema, K., Skillman, E. D., Cole, A., Girardi, L., Gogarten, S. M., Karachentsev, I. D.; Olsen, K., Weisz, D., Christensen, C., Freeman, K., Gilbert, K., Gallart, C., Harris, J., Hodge, P., de Jong, R. S., Karachentseva, V., Mateo, M., Stetson, P. B.; Tavarez, M., Zaritsky, D., Governato, F., Quinn, T., 2009, ApJS, 183, 67
- de Grijp, M. H. K., Lub, J., & Miley, G. K. 1987, A&AS, 70, 95
- de Vaucouleurs, G., de Vaucouleurs A., Corwin Jr. H. G., Buta R. J., Paturel G., Fouqué P., 1991, Third Reference Catalogue of Bright Galaxies. Volume I: Explanations and references. Volume II: Data for galaxies between 0h and 12h. Volume III: Data for galaxies between 12h and 24h
- Di Matteo, T., Springel, V., & Hernquist, L. 2005, Nature, 433, 604
- Dobrzycki, A., Macri, L. M., Stanek, K. Z., & Groot, P. 2003, AJ, 125, 1330
- Done, C., Madejski, G. M., Zycki, P.T., & Greenhill, L. J. 2003, ApJ, 588, 763
- Elvis, M., Wilkes, B. J., McDowell, J. C., Green, R. F., Bechtold, J., Willner, S. P., Oey, M. S., Polomski, E., Cutri, R., 1994, ApJS, 95, 1
- Emonts, B. H. C., Morganti, R., Oosterloo, T. A., van der Hulst, J. M., Tadhunter, C. N., van Moorsel, G., Holt, J., 2006, AN, 327, 139
- Eskridge, P. B., Frogel, J. A., Pogge, R. W., Quillen, A. C., Berlind, A. A., Davies, R. L., DePoy, D. L., Gilbert, K. M., Houdashelt, M. L., Kuchinski, L. E., Ramírez, S. V., Sellgren, K., Stutz, A., Terndrup, D. M., Tiede, G. P., 2002, ApJS, 143, 73
- Eskridge, P.B., Frogel, J.A., 1999, A&A, 269, 427
- Fabian, A. C. 2000, in “Large Scale Structure in the X-ray Universe”, Eds. M. Plionis, & I. Georgantopoulos. (Paris: Atlantisciences), p5
- Fan, X. 1999, AJ, 117, 2528
- Fath, E. A. 1913, ApJ, 37, 198
- Ferrarese, L., Merritt, D., 2000, ApJ, 539, L9
- Gebhardt, K., Lauer, T. R., Pinkney, J., Bender, R., Richstone, D., Aller, M., Bower, G., Dressler, A., Faber, S. M., Filippenko, Al. V.; Green, R., Ho, L. C.; Kormendy, J., Siopis, C., Tremaine, S., 2007, ApJ, 671, 1321
- Greenstein, J. L., & Matthews, T. A. 1963, AJ, 68, 279
- Grimm, H. J., Gilfanov, M., & Sunyaev, R. 2003, MNRAS, 339, 793
- Gültekin, K., Cackett, E. M., Miller, J. M., Di Matteo, T., Markoff, S., Richstone, D. O., 2009, ApJ, 706, 404
- Haas, M., *et al.* 2003, A&A, 402, 87
- Haiman, Z., & Loeb, A. 1999, ApJ, 521, 9
- Heckman, T. M., Miley, G. K., van Breugel, W. J. M., Butcher, H. R. 1981, ApJ, 247, 403
- Hicks, E. K. S., Davies, R. I., Malkan, M. A., Genzel, R., Tacconi, L. J., Müller Sánchez, F., Sternberg, A., 2009, ApJ, 696, 448
- Ho, L. C. 1999, ApJ, 516, 672
- Holt, J., Tadhunter, C. N., Morganti, R. 2003, MNRAS, 342, 227
- Hopkins, P. F., Hernquist, L., Martini, P., Cox, T. J., Robertson, B., Di Matteo, T., Springel, V., 2005, ApJ, 625, L71

- Hornschemeier, A. E., Bauer, F. E., Alexander, D. M., Brandt, W. N., Sargent, W. L. W., Vignali, C., Garmire, G. P., Schneider, D. P., 2003, AN, 324, 12
- Huchra, J., & Burg, R. 1992, ApJ, 393, 90
- Ivezic, Z., Menou, K., Knapp, G. R., Strauss, M. A., Lupton, R. H., Vanden Berk, D. E., Richards, G. T., Tremonti, C., Weinstein, M. A., Anderson, S., Bahcall, N. A., Becker, R. H., Bernardi, M., Blanton, M., Eisenstein, D., Fan, X., Finkbeiner, D., Finlator, K., Frieman, J., Gunn, J. E., Hall, P. B., Kim, R. S. J., Kinkhabwala, A., Narayanan, V. K., Rockosi, C. M., Schlegel, D., Schneider, D. P., Strateva, I., SubbaRao, M., Thakar, A. R., Voges, W., White, R. L., Yanny, B., Brinkmann, J., Doi, M., Fukugita, M., Hennessy, G. S., Munn, J. A., Nichol, R. C., York, D. G., 2002, AJ, 124, 2364
- Jaffe, W., Meisenheimer, K., Röttgering, H. J. A., Leinert, Ch., Richichi, A., Chesneau, O., Fraix-Burnet, D., Glazenborg-Kluttig, A., Granato, G.-L., Graser, U., Heijligers, B., Köhler, R., Malbet, F., Miley, G. K., Paresce, F., Pel, J. W., Perrin, G., Przygodda, F., Schoeller, M., Sol, H., Waters, L. B. F. M., Weigelt, G., Woillez, J., de Zeeuw, P. T. 2004, Nature, 429, 47
- Kauffmann, G. Heckman, T.M., Tremonti, C., Brinchmann, J., Charlot, S., White, S.D.M., Ridgway, S.E., Brinkmann, J., Fukugita, M., Hall, P.B., Ivezic, Z., Richards, G.T., Schneieder, D.P., 2003, MNRAS, 346, 1055
- Kellermann, K. I., Sramek, R., Schmidt, M., Shaffer, D. B., Green, R. 1989, AJ, 98, 1195.
- Kennicutt, R. C., Bendo, G., Engelbracht, C., Gordon, K., Li, A., Rieke, G. H., Rieke, M. J., Smith, J. D.; Armus, L., Helou, G., Jarrett, T. H., Roussel, H., Calzetti, D., Leitherer, C., Malhotra, S., Meyer, M., Regan, M. W., Dale, D. A., Draine, B., Grauer, A. D., Hollenbach, D. J., Kewley, L. J., Murphy, E., Thornley, M. D., Walter, F., 2003, AAS, 203, 9010
- Koo, D. C., & Kron, R. G. 1988, ApJ, 325, 92
- Kormendy, J., Gebhardt, K., 2001, AIPC, 586, 363
- Kristian, J., Sandage, A., & Katem, B. 1974, ApJ, 191, 43
- Kuraszkiewicz, J. K., Wilkes, B. J.; Hooper, E. J.; McLeod, K. K.; Wood, K.; Bjorkman, J.; Delain, K. M.; Hughes, D. H.; Elvis, M. S.; Impey, C. D.; Lonsdale, C. J.; Malkan, M. A.; McDowell, J. C.; Whitney, B., 2003, ApJ, 590, 128
- Lake, S. E., Wright E. L., Petty S., Assef R. J., Jarrett T. H., Stanford S. A., Stern D., Tsai C.-W., 2012, AJ, 143, 7
- Laurikainen, E., Salo, H., Buta, R., Knapen, J. H., Comerón, S., 2010, MNRAS, 405, 1089
- Lee, J. C., Kennicutt, R. C., Engelbracht, C. W., Calzetti, D., Dale, D. A., Gordon, K. D., Dalcanton, J. J., Skillman, E., Begum, A., Funes, J. G., Gil de Paz, A., Johnson, B., Sakai, S., van Zee, L., Walter, F., Weisz, D., Williams, B., Wu, Y., Block, M., 2008, ASPC, 396, 151
- Leger, A. & Puget J. L. 1984, A&A, 315, L64
- Lo, K. Y., 2005, ARAA, 43, 625
- Long, K. S., Charles, P. A., & Dubus, G. 2002, ApJ, 569, 204
- Low, J., & Kleinmann, D. E. 1968, AJ, 73, 868
- Magliocchetti, M., Maddox, S. J., Jackson, C. A., Bland-Hawthorn, J., Bridges, T., Cannon, R., Cole, S., Colless, M., Collins, C., Couch, W., Dalton, G., de Propris,

- R., Driver, S. P., Efstathiou, G., Ellis, R. S., Frenk, C. S., Glazebrook, K., Lahav, O., Lewis, I., Lumsden, S., Peacock, J. A., Peterson, B. A., Sutherland, W., Taylor, K., 2002, *MNRAS*, 333, 100
- Magorrian, J., Tremaine, S., Richstone, D., Bender, R., Bower, G., Dressler, A., Faber, S. M., Gebhardt, K., Green, R., Grillmair, C.I., Kormendy, J., Lauer, T., 1998, *AJ*, 115, 2285
- Maiolino, R., Marconi, A., Salvati, M., Risaliti, G., Severgnini, P., Oliva, E., La Franca, F., & Vanzani, L. 2001, *A&A*, 365, 28
- Marconi, A., Risaliti, G., Gilli, R., Hunt, L. K., Maiolino, R., Salvati, M., 2004, *MNRAS*, 351, 169
- Meidt, S. E., Schinnerer, E., García-Burillo, S., Hughes, A., Colombo, D., Pety, J., Dobbs, C. L., Schuster, K. F., Kramer, C., Leroy, A. K., Dumas, G., Thompson, T. A., 2013, *ApJ*, 779, 45
- Meidt, S. E., Schinnerer, E., Knapen, J. H., Bosma, A., Athanassoula, E., Sheth, K., Buta, R. J., Zaritsky, D., Laurikainen, E., Elmegreen, D., Elmegreen, B. G., Gadotti, D. A., Salo, H., Regan, M., Ho, L. C., Madore, B. F., Hinz, J. L., Skibba, R. A., Gil de Paz, A., Muñoz-Mateos, J., Menéndez-Delmestre, K., Seibert, M., Kim, T., Mizusawa, T., Laine, J., Comerón, S., 2012, *ApJ*, 744, 17
- Meidt, S. E., Schinnerer, E., Knapen, J. H.; Bosma, A.; Athanassoula, E., Sheth, K., Buta, R. J., Zaritsky, D., Laurikainen, E., Elmegreen, D., Elmegreen, B. G., Gadotti, D. A., Salo, H., Regan, M., Ho, L. C., Madore, B. F., Hinz, J. L., Skibba, R. A., Gil de Paz, A., Muñoz-Mateos, J., Menéndez-Delmestre, K., Seibert, M., Kim, T., Mizusawa, T., Laine, J., Comerón, S., 2012, *ApJ*, 744, 17
- Meidt, S. E., Schinnerer, E., van de Ven, G., Zaritsky, D., Peletier, R., Knapen, J. H.; Sheth, K., Regan, M., Querejeta, M., Muñoz-Mateos, J., Kim, T., Hinz, J. L., Gil de Paz, A., Athanassoula, E., Bosma, A., Buta, Ronald J., Cisternas, M., Ho, L. C.; Holwerda, B., Skibba, R., Laurikainen, E., Salo, H., Gadotti, D. A., Laine, J., Erroz-Ferrer, S., Comerón, S., Menéndez-Delmestre, K., Seibert, M., Mizusawa, T., 2014, *ApJ*, 788, 144.
- Meier, D. L., Koide, S., Uchida, Y. 2001, *Science*, 291, 84
- Merloni, A., Heinz, S. 2008, *MNRAS*, 388, 1011
- Miller, N., & Owen, F. 2001, *AJ*, 121, 1903
- Mingo, B., Watson, M. G., Rosen, S. R., Hardcastle, M. J., Ruiz, A., Blain, A., Carrera, F. J., Mateos, S., Pineau, F.-X., Stewart, G. C., 2016, *MNRAS*, 462, 2631
- Moretti, A., Lazzati, D., Campana, S., & Tagliaferri, G. 2002, *ApJ*, 570, 502
- Morganti, R., Tadhunter, C. N., & Oosterloo, T. A. 2005b, *A&A*, 444, L9
- Mushotzky, R. F., Done, C., & Pounds, K. 1993, *ARA&A*, 31, 717
- Nenkova, M., Sirocky, M. M., Nikutta, R., Ivezić, Z., Elitzur, M. 2008b, *ApJ*, 685, 160
- Osterbrock, D. E. 1991, *ApJ*, Centennial Issue, 525, 337
- Pahre, M. A., Ashby, M. L. N., Fazio, G. G., Willner, S. P. 2004, *ApJS*, 154, 235
- Paturel, G., Petit, C., Prugniel, P., Theureau, G., Rousseau, J.Brouty, M., Dubois, P., Cambrésy, L. 2003b, *A&A*, 405, 1
- Peck, A. B., Taylor, G. B., 2001, *ApJL*, 554, L147
- Peletier, R.F., Kutdemir, E., van der Wolk, G., Falcon-Barroso, J., Bacon, R., Bureau, M., Cappellari, M., Davies, R.L., de Zeeuw, P.T., Emsellem, E., Krajnovic, D., Kuntschner, H., McDermid, R.M., Sarzi, M., Scott, N., Shapiro, K.L., van den Bosch, R.C.E., van de Ven, G., 2011, *MNRAS*, ArXiv e-prints

- Peterson, B. M. 1997, *An Introduction to Active Galactic Nuclei* (Cambridge University Press).
- Privon, G. C., 2009, ArXiv e-prints
- Ranalli, P., Comastri, A., & Setti, G. 2003, *A&A*, 399, 39
- Rees, M. J. 1984, *ARAA*, 22, 471
- Richards, G. T., Fan, X.; Schneider, D. P.; Vanden Berk, D. E.; Strauss, M. A.; York, Donald G.; Anderson, J. E., Jr.; Anderson, S. F.; Annis, J.; Bahcall, N. A.; Bernardi, M.; Briggs, J. W.; Brinkmann, J., Brunner, R., Burles, S., Carey, L., Castander, F. J., Connolly, A. J., Crocker, J. H., Csabai, I., Doi, M., Finkbeiner, D., Friedman, S. D., Frieman, J. A., Fukugita, M., Gunn, J. E., Hindsley, R. B., Ivezić, Ž., Kent, S., Knapp, G. R., Lamb, D. Q., Leger, R. F., Long, D. C., Loveday, J., Lupton, R. H., McKay, T. A., Meiksin, A., Merrelli, A., Munn, Jeffrey A., Newberg, H. Jo, Newcomb, M., Nichol, R. C., Owen, R., Pier, J. R., Pope, A., Richmond, M. W., Rockosi, C. M., Schlegel, D. J., Siegmund, W. A., Smee, S., Snir, Y., Stoughton, C., Stubbs, C., SubbaRao, M., Szalay, A. S., Szokoly, G. P., Tremonti, C., Uomoto, A., Waddell, P., Yanny, B., Zheng, W., 2001, *AJ*, 121, 2308
- Risaliti, G., Maiolino, R., & Salvati, M. 1999, *ApJ*, 522, 157
- Sadler, E. M., Jenkins, C. R., & Kotanyi, C. G. 1989, *MNRAS*, 240, 591
- Sadler, E., Jackson, C. A., Cannon, R. D., McIntyre, V. J., Murphy, T., Bland-Hawthorn, J., Bridges, T., Cole, S., Colless, M., Collins, C., Couch, W., Dalton, G., De Propriis, R., Driver, S. P., Efstathiou, G., Ellis, R. S., Frenk, C. S., Glazebrook, K., Lahav, O., Lewis, I., Lumsden, S., Maddox, S., Madgwick, D., Norberg, P., Peacock, J. A., Peterson, B. A., Sutherland, W., Taylor, K., 2002, *MNRAS*, 329, 227
- Sandage, A. 1965, *ApJ*, 141, 1560
- Sarajedini, V. L., Green, R. F., Griffiths, R. E., & Ratnatunga, K. 1999, *ApJ*, 514, 746
- Schinnerer, E., Eckart, A., Tacconi, L. J., Genzel, R., & Downes, D. 2000, *ApJ*, 533, 850
- Schmidt, M. 1963, *Nature*, 197, 1040
- Schmidt, M. 1969, in “Quasars and High-Energy Astronomy”, Eds. K. N. Douglas, I. Robinson, A. Schild, E. L. Schucking, J. A. Wheeler, & N. J. Woolf. (New York: Gordon & Breach), p55
- Schmidt, M., & Matthews, T. A. 1964, *ApJ*, 139, 781
- Schmidt, M., Hasinger, G., Gunn, J., Schneider, D., Burg, R., Giacconi, R., Lehmann, I., MacKenty, J., Trumper, J., Zamorani, G., 1998, *A&A*, 329, 495
- Seyfert, C. K. 1943, *ApJ*, 97, 28
- Shankar, F., Salucci, P., Granato, G. L., De Zotti, G., & Danese, L. 2004, *MNRAS*, 354, 1020.
- Sheth, K., Regan, M., Hinz, J.L., gil de Paz, A., Menendez-Delmestre, K., Munoz-Mateos, J.C., Seibert, M., Kim, T., Laurikainen, E., Salo, H., Gadotti, D.A., Laine, J., Mizusawa, T., Armus, L., Athanassoula, E., Bosma, A., Buta, E.J., Capak, P., Jarrett, T.H., Elmegreen, D.M., Elmegreen, B.G., Knapen, J.H., Koda, J., Helou, G., Ho, L.C., Madore, B.F., Peng, C.Y., Schinnerer, E., Surace, J.A., Zaritsky, D., Comeron, S., de Swardt, B., Meidt, S.E., Kasliwal, M., Aravena, M., 2010, *PASP*, 122, 1397

- Skrutskie, M. F., Cutri, R. M., Stiening, R., Weinberg, M. D., Schneider, S., Carpenter, J. M., Beichman, C., Capps, R., Chester, T., Elias, J., Huchra, J., Liebert, J., Lonsdale, C., Monet, D. G., Price, S., Seitzer, P., Jarrett, T., Kirkpatrick, J. D., Gizis, J. E., Howard, E., Evans, T., Fowler, J., Fullmer, L., Hurt, R., Light, R., Kopan, E. L., Marsh, K. A., McCallon, H. L., Tam, R., Van Dyk, S., Wheelock, S., 2006, *AJ*, 131, 1163
- Slipher, V. M. 1917, *Lowell Observatory Bulletin*, 3, 59
- Smith, G. (2000). "Galaxies -The Spiral Nebulae". University of California, San Diego Center for Astrophysics & Space Sciences
- Soifer, B.T., Helou, G., and Werner, M. (2008) The Spitzer view of the extragalactic universe. *Annu. Rev. Astron. Astrophys.*, 46, 201–240,
- Soltan, A. 1982, *MNRAS*, 200, 115
- Spinoglio, L., & Malkan, M. A. 1989, *ApJ*, 342, 83
- Spinrad, H., Marr, J., Aguilar, L., & Djorgovski, S. 1985, *PASP*, 97, 932
- Springel, V., Di Matteo, T., Hernquist, L. 2005, *MNRAS*, 361, 776
- Steffen, A. T., Barger, A. J., Cowie, L. L., Mushotzky, R. F., & Yang, Y. 2003, *ApJ*, 596, L23.
- Szokoly, G. P., Bergeron, J., Hasinger, G., Lehmann, I., Kewley, L., Mainieri, V., Nonino, M., Rosati, P., Giacconi, R., Gilli, R., Gilmozzi, R., Norman, C., Romaniello, M., Schreier, E., Tozzi, P., Wang, J. X., Zheng, W., Zirm, A., 2004, *ApJS*, 155, 271
- Temi, P., Brighenti, F., Mathews, W. G., 2008, *ApJ*, 672, 244
- Tristram, K. R. W., Raban, D., Meisenheimer, K., Jaffe, W., Röttgering, H., Burtscher, L., Cotton, W. D., Graser, U., Henning, Th., Leinert, Ch., Lopez, B., Morel, S., Perrin, G., Wittkowski, M., 2009, *A&A*, 502, 67
- Urry, C. M., Padovani, P. 1995, *PASP*, 107, 803
- Urry, M. 2003, in "Active Galactic Nuclei: from Central Engine to Host Galaxy", Eds. S. Collin, F. Combes, & I Shlosman. (San Francisco: ASP Conference Series), 290, p3
- van der Wolk, G., 2011, PhD thesis
- van Langevelde, H. J., Pihlstrom, Y. M., Conway, J. E., Jaffe, W., Schilizzi, R. T., 2000, *A&A*, 354, L45
- Veilleux, S. 2002, in "AGN Surveys", Eds. R. F. Green, E. Ye. Khachikian, & D. B. Sanders. (San Francisco: ASP Conference Series), 284, p111
- Weedman, D. W. 1977, *ARA&A*, 15, 69
- Woltjer, L. 1959, *ApJ*, 130, 38
- Wrobel, J. M. & Heeschen, D. S. 1991, *AJ*, 101, 148
- Yun, M. S., Reddy, N., & Condon, J. 2001, *ApJ*, 554, 803
- Zheng, W., Mikles, V. J., Mainieri, V., Hasinger, G., Rosati, P., Wolf, C., Norman, C., Szokoly, G., Gilli, R., Tozzi, P., Wang, J. X., Zirm, A., Giacconi, R., 2004, *ApJS*, 155, 73

ÖZGEÇMİŞ

Tuba İKİZ, 1988 yılında Kocaeli’nde doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Kocaeli’nde tamamladı. 2009 yılında Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümünden ve 2012 yılında Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü yüksek lisans programından mezun oldu. 2012 yılında Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Astronomi ve Astrofizik Bölümünde doktora programına başladı. 2015 yılında Atatürk Üniversitesi Fen Fakültesi Astronomi ve Astrofizik Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başladı ve halen çalışmaya devam etmektedir.