

## Yerel Evrende Düşük Işınım Gücüne Sahip Aktif Galaktik Çekirdekler

Tuba İkiz<sup>1\*</sup>, Reynier F. Peletier<sup>2</sup>, Cahit Yeşilyaprak<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Atatürk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Astrofizik Bölümü, Erzurum, Türkiye.

<sup>2</sup>Kapteyn Astronomical Institute, University of Groningen, PO Box 800, NL-9700 AV Groningen, the Netherlands.

<sup>3</sup>Atatürk Üniversitesi, Astrofizik Araştırma ve Uygulama Merkezi, Erzurum, Türkiye.

**Özet:** Spitzer/IRAC seçimi, Aktif Galaktik Çekirdek (Active Galactic Nucleus, AGN)'leri 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 and 4.5  $\mu$ m arasındaki akı oranlarına bakmaktır; Aktif galaktik çekirdeklerin akı oranları, yıldız oluşumu ve sıcak toz salması içeren, yıldız ışığının baskın olduğu kaynaklardan daha düşüktür. Bu çalışmada, kırmızı öte seçim yöntemi, 2500'den daha fazla galaksi içeren S<sup>4</sup>G (Spitzer Survey of Stellar Structures in Galaxies) (Sheth et al. 2010) örnekleme ile birlikte 400'den fazla galaksi içeren S<sup>4</sup>G Genişletilmiş (S<sup>4</sup>G Extension) örnekleme uygulanmıştır. Birlikte, yakınlardaki galaksilerin geniş ve eksiksiz bir örnekleme oluştururlar; bu galaksilerin çeşitli yönleri ayrıntılı olarak incelenmiştir. Bulgularımız, WISE (Wide-Field Infrared Survey Explorer) taraması ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca S<sup>4</sup>G 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) ve NVSS (NRAO VLA Sky Survey) ve Chandra ve XMM-Newton X-ışın arşivlerinde araştırılmıştır. Morfolojik türün bir fonksiyonu olarak tespit kesrine bakılmıştır. Kırmızı öte rengine göre AGN olarak tanımladığımız galaksilerin %78'inin X-ışın veya radyoda da tespit edildiğini gösterilmiştir. Bu tür tespit edilen AGN'lerin X-ışın ve radyo kesirleri sırasıyla %55 ve %46'dır. S<sup>4</sup>G örnekleme %22'si, daha önce X-ışın veya radyo taramaları tarafından tespit edilmeyen AGN'lerdir. Kauffmann ve arkadaşları (2003) tarafından optik tayf kullanılarak tespit edilen AGN'lerden daha büyük bir kesri bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** aktif galaksiler, aktif galaktik çekirdek, kırmızı öte çekirdek, galaksi fotometri

**Abstract:** 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  $\mu$ m, which is lower for AGNs than for objects dominated by stellar light, even containing star formation and warm dust emission. In this study, infrared selection method is applied to the Spitzer Survey of Stellar Structures in Galaxies (S<sup>4</sup>G) (Sheth et al. 2010) sample of more than 2500 galaxies, together with its S<sup>4</sup>G 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 S<sup>4</sup>G galaxies which also have detections in the radio surveys VLA FIRST (Faint Images of the Radio Sky at Twenty-Centimeters) and NVSS (the NRAO VLA Sky Survey) and 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 S<sup>4</sup>G sample are non-detected AGNs which are non-detected by X-ray or radio surveys before. We find a larger fraction of AGNs than detected by Kauffmann et al. (2003) using optical spectroscopy.

**Key Words:** active galaxies, active galactic nuclei, infrared nuclei, galaxy photometry

### 1. Giriş

Galaksilerin karadelikler içerdiği bilinmektedir (Ferrarese & Meritt 2000) ve bu karadeliklerin kütleleri galaksilerin merkez kütleleri ile ilişkilidir. Aktif olarak gaz ve toz toplayan süper kütleli kara delikler "Aktif Galaktik Çekirdek" olarak adlandırılırlar. Galaksilerin büyük bir kısmı aktif galaktik çekirdeğe sahiptir, ışınımın büyük çoğunluğunun, galaksinin merkezindeki süper kütleli karadelik tarafından toplanan maddeden kaynaklandığı düşünülmektedir. AGN'lerin dışarıya büyük oranda madde atımı yaratmasıyla galaksi içinde yıldız oluşumunu durdurarak galaksilerin oluşumu sürecinde çok önemli bir rol oynadığı düşünülmektedir (Kormendy & Ho 2013).

Günümüzde AGN'ler genellikle optik tayfölçüm yolu ile bulunmaktadırlar (Kauffmann, Heckman ve ark. 2003). AGN'nin ve içinde bulunduğu galaksinin birbirleri üzerindeki etkileri de tartışma konusudur. Ancak, optik tayflar sönümlemeden ciddi bir şekilde etkilenir. Çünkü bunlar genellikle çok toz içeren nesnelere ve bu yüzden optik tayflar AGN'ler hakkında sadece belli bilgileri verebilmektedir. Bu çalışmada, düşük ışınım gücüne sahip aktif galaktik çekirdeklerin oluşumunu incelemek için, yeni bulunan bir yöntemi S<sup>4</sup>G ve S<sup>4</sup>G Genişletilmiş örnekleme büyük galaksilerin tamamına uygulanmış ve literatüre önemli katkı yapacak sonuçlara ulaşmak hedeflenmiştir. Galaksilerdeki karadeliklerin ve AGN'lerin içinde buldukları galaksilerle ilişkisi günümüzde galaksi oluşumu hakkındaki sorulardan birisidir.

\*Sorumlu Yazar E-Posta: tuba.ikiz@atauni.edu.tr

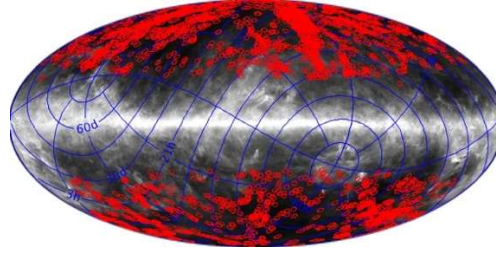
Amacımız, yakın evrendeki düşük ışınım gücüne sahip aktif galaktik çekirdeklerin oranını tespit ederek AGN'ler ile oluşumları için önemli olduğu düşünülen içlerinde buldukları galaksiler arasındaki ilişkiyi daha iyi bir şekilde anlamaktır. Çalışmayı birlikte yürüttüğümüz DAGAL (Galaksilerin Detaylı Anatomisi, Detailed Anatomy of Galaxies) ekibinin bu alanda büyük bir katkı yapacak deneyime ve birikime fazlasıyla sahip olduğu bilinmektedir (<http://www.dagalnetwork.eu/>).

## 2. Literatür Taraması

Galaksilerdeki yıldız yapılarının Spitzer Uzay teleskobu ile taranması (Spitzer Survey of Stellar Structure in Galaxies, S<sup>4</sup>G) bir Spitzer bilimsel keşif programıdır. S<sup>4</sup>G geçmişte yapılmış iki Spitzer Legacy taramalarına dayalıdır; SINGS (The Spitzer Infrared Nearby Galaxies Survey - Physics of the Star-Forming ISM and Galaxy Evolution, Kennicutt ve ark. 2003) ve LVL (The Local Volume Legacy Survey, Lee et al. 2008). Spitzer Uzay Teleskobuyla daha önce yapılan taramalarda (SINGS, LVL ve S<sup>4</sup>G) geç tür galaksilerin (2300+ galaksi haritalandı) 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 çalışmaları 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 S<sup>4</sup>G gibi tarama çalışmalarına, tüm galaksilerdeki yıldızların yapısı ve kütlelerini ekleyerek, Spitzer gözlemlerini yakın galaksiler için tamamen bitirmeyi hedeflemişlerdir.

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,  $|b| > 30^\circ$ ,  $m_{Bcorr} < 15,5$  ve  $D_{25} > 1'$ ) 2300'den fazla galaksi taranmıştır (Şekil 1). Her bir galaksi 240s gözlenmiş ve  $\geq 1,5 \times D_{25}$  'e haritalanmıştır, uzaklıklar r HI radyal hızlarından saptanmıştır. Ocak 2013 itibarıyla veriler ve temel bilim ürünleri topluluğa açılmıştır.



Şekil 1. S<sup>4</sup>G örnekleme 2352 galaksi tüm gökyüzü ISSA (IRAS Sky Survey Atlas) görüntüsü üzerinde kırmızı işaretlenmiştir (<http://irsa.ipac.caltech.edu/data/SPITZER/S4G/>).

Bu çalışmada, 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, S<sup>4</sup>G 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 S<sup>4</sup>G Genişletilmiş (S<sup>4</sup>G Extension) gözlemleriyle; önceden Spitzer Legacy programıyla (SINGS, LVL ve geç tür galaksiler için S<sup>4</sup>G) başlatılan yerel evrendeki yıldız yapısı ve kütle envanteri tamamlanmış ve bu programdan arda kalan eliptik galaksilerde taranmıştır. Galaksilerin HI eliptik galaksilerle tamamlanması gerekiyordu, orijinal S<sup>4</sup>G örnekleme bunları içermiyordu bu yüzden S<sup>4</sup>G Genişletilmiş gözlemler alınmıştır.

## 3. Yöntem

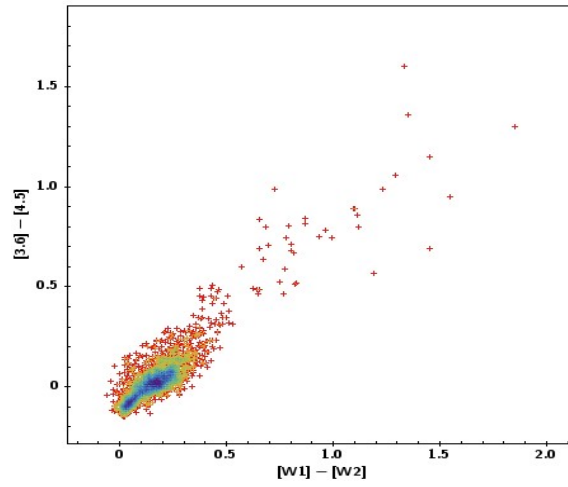
Bu çalışmada düşük ışınım gücüne sahip AGN'leri yeni bulunan bir yöntemi kullanarak keşfetmek hedeflenmiştir. Bu yöntem, Stern ve arkadaşlarının (2005) çalışmalarına dayanmaktadır. Spitzer Uzay Teleskobunun IRAC kırmızı öte aleti ile [3.6], [4.5], [5.8] ve [8.0] mikrometre dalgaboylarında elde edilmiş [3.6] - [4.5]'e karşı [5.8] - [8.0] renk-renk diyagramındaki belirli bir alanı dolduran objeleri göstermişlerdir. Daha sonra van der Wolk (2011), Groningen'de R. F. Peletier ve P. D. Barthel ile çalışarak yakın galaksilerin [3.6] - [4.5] renkleri ile LLAGN'leri ayırmanın mümkün olduğunu ortaya koymuşlardır (Peletier, R. F. ve ark. 2011, MNRAS, ArXiv e-prints). G. van der Wolk, P.D. Barthel, ve R.F. Peletier, galaktik çekirdeğin doğasını yakın kırmızı öte [3.6] - [4.5] renk artığından incelemişlerdir.

Yakın aktif çekirdekler, evrimleşmiş yıldızlar ve yıldız oluşumu ışınımını baskın olan normal çekirdekler ile karşılaştırıldığında yakın kırmızı öte artık göstermektedirler ve bu artık, süper kütleli karadeliğin etrafındaki birikim ile ilişkilendirilmiştir. Yakın kırmızı öte bölgedeki artışın görülme sebebi hem çekirdek etrafındaki sıcak tozdan hem de aktif galaktik çekirdeğin ısısal olmayan güçlü tayfsal dağılımından kaynaklanıyor olabileceği şeklinde açıklanabilmiştir (Peletier, R.F. ve ark. 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] renginde kırmızılaşmışsa bu, yakın kırmızı öte artığıdır.

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 ışınımlar, 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 kütesinin doğru tahminlerini elde etmek için kullanılabilir (örn. Meidt ve ark. 2014). Ayrıca, [3.6] - [4.5] rengi, galaksilerdeki AGB yıldızlarının oranının faydalı bir göstergesidir (R. F. Peletier ve ark. 2012).

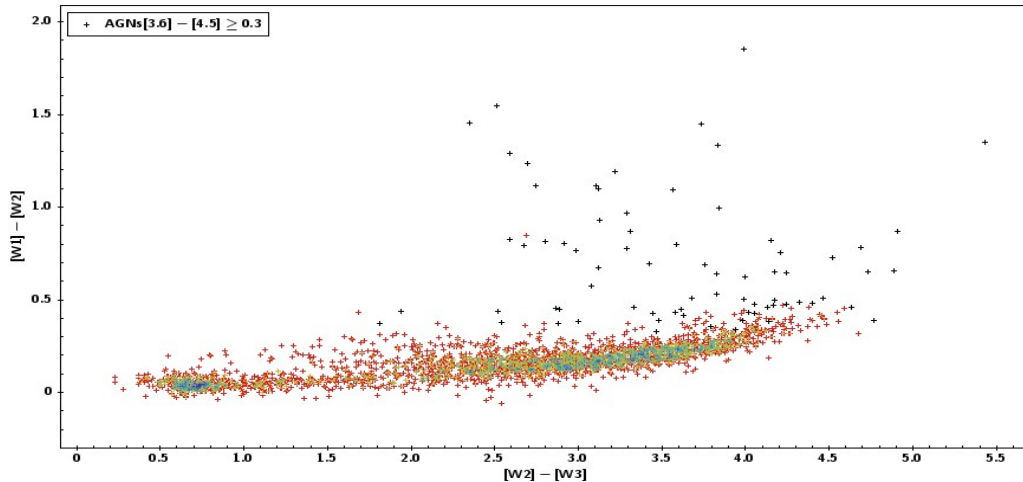
#### 4. Araştırma Bulguları

S<sup>4</sup>G örneklemeindeki galaksilerinin merkez parlaklıkları ölçülüp, Spitzer [3.6] - [4.5] renkleri saptandı ve düşük ışınım gücüne sahip aktif galaktik çekirdekler tespit edildi. Sönük, düzensiz galaksiler ve sature görüntüler analizlere dahil edilmedi. Ayrıca görüntünün arka planında ya da galaksiye çok yakın yıldızların bulunduğu galaksiler elendi. Toplamda 2816 galaksinin Spitzer Uzay Teleskobu IRAC kamerasıyla elde edilmiş 3.6 ve 4.5  $\mu\text{m}$ 'deki görüntüleri analiz edildi. Buna ek olarak WISE (Wide Field Infrared Survey Explorer) uydusuyla elde edilmiş S<sup>4</sup>G galaksilerine ait görüntüler de karşılaştırma yapabilmek için analiz edildi. WISE uydusu 3.4 ve 4.6  $\mu\text{m}$  de iki orta kırmızı öte banda sahiptir. S<sup>4</sup>G galaksilerinin bu iki bandtaki görüntüleri WISE Image Service (<http://irsa.ipac.caltech.edu/applications/wise/>) veri tabanından indirilip [W1]-[W2] renkleri tüm galaksiler için elde edilmiştir.



Şekil 2. Spitzer [3.6]-[4.5] rengine karşılık WISE [W1]-[W2] renk-renk diyagramı

Şekil 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 S<sup>4</sup>G galaksilerinin tümünün Spitzer ve WISE görüntülerinin merkez parlaklıkları bulunmuştur. S<sup>4</sup>G verilerinde [3.6] - [4.5] renkleri  $\geq 0.3$  kadar olan galaksilerin tümü Stern ve ark. 2005'te belirttiği gibi kırmızı merkez parlaklıkları göstermektedir ve bu galaksilerin hepsi aktif galaktik çekirdeğe sahiptir.



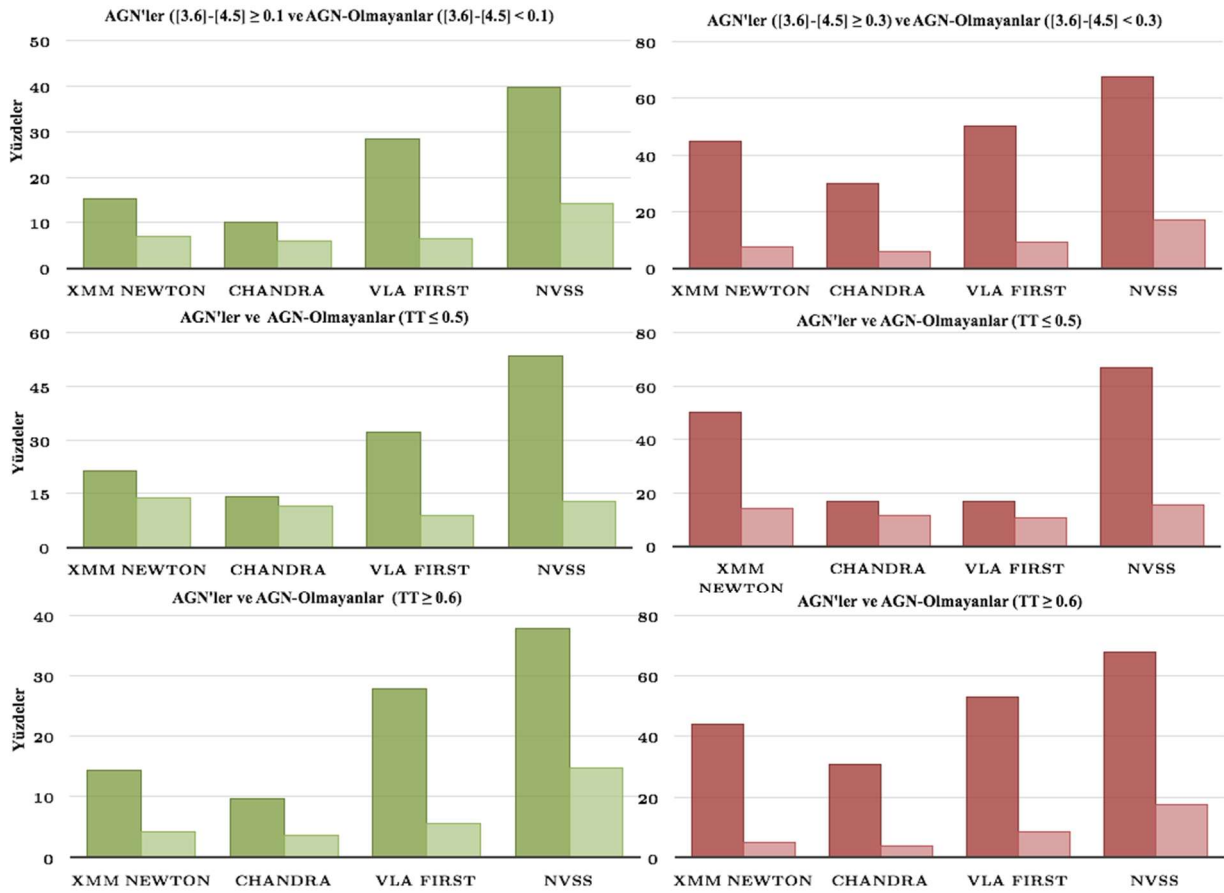
Şekil 3. WISE [W2]-[W3] rengine karşılık [W1]-[W2] renk parlaklık diyagramıdır. Siyah semboller Spitzer ile tespit edilmiş [3.6]-[4.5]  $\geq 0.3$  kadar olan AGN'leri göstermektedir.

Öncelikli olarak aktif galaktik çekirdek adayları tespit edildikten sonra ikinci adım bu kaynakların ne tür kaynaklar olduğunu anlamaktır. Bu galaksilerin Şekil 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 satire olduğundan WISE parlaklık ölçümü yapılamamıştır. 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.

### 5. Sonuçlar

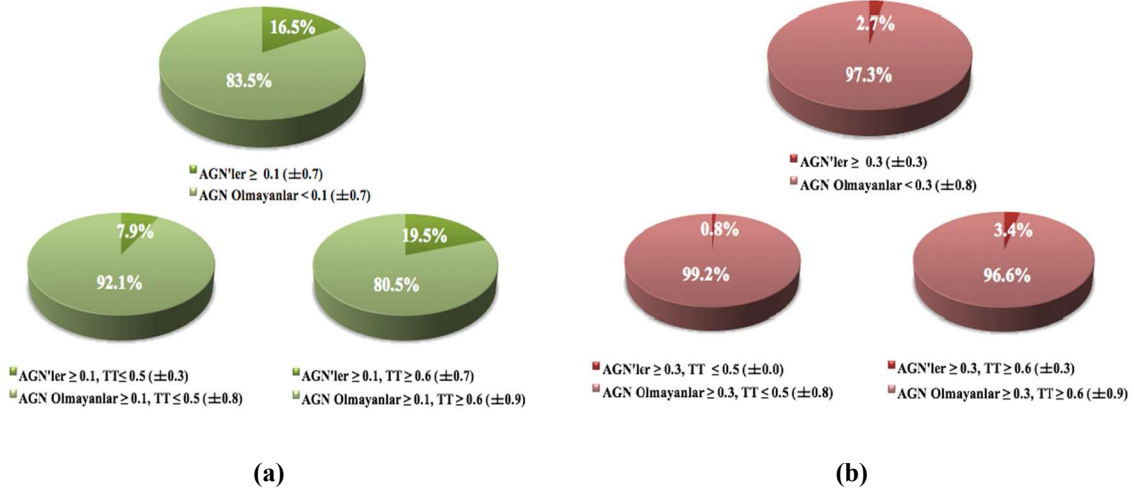
-2500'den fazla galaksi içeren S<sup>4</sup>G ve S<sup>4</sup>G Extension veri setinin Spitzer teleskobu IRAC kamerasıyla elde edilmiş [3.6] ve [4.5]  $\mu$ m görüntüleri analiz edilmiş olup yeni bulunan bir yöntem kullanılarak düşük ışınım gücüne sahip AGN'ler çalışılmıştır. Bulunan sonuçlar temel olarak şunlardır:

(i) Şekil 4'te X-ışın ve radyo tarama gözlemleriyle tespit edilmiş  $[3.6] - [4.5]$  renkleri  $\geq 0.1$  ve  $\geq 0.3$  kadir olan AGN'lerin yüzde oranlarını gösteren histogramlar gösterilmiştir.



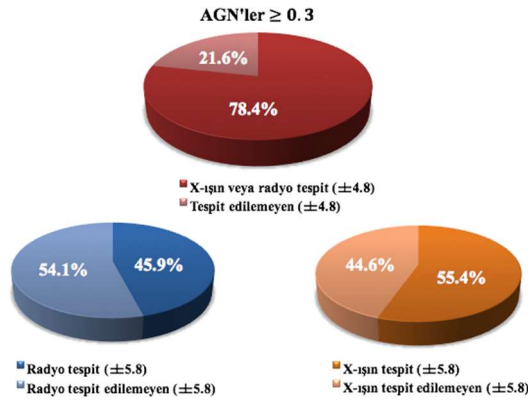
**Şekil 4.** Kırmızı ötede tespit edilmiş AGN'lerin  $[3.6]-[4.5] \leq 0.1$  (yeşil) ve  $[3.6]-[4.5] \geq 0.3$  (bordo) kadir diğer tarama gözlemlerindeki yüzde olarak oranları gösterilmiştir. Açık yeşil ve bordo renkler AGN-olmayan galaksileri temsil etmektedir. Altta iki histogram, galaksileri erken ve geri tür olarak ayırmaktadır.

-AGN'lerin ve AGN-olmayan galaksilerin erken ve geri tür olmak üzere X-ışın ve radyo tarama gözlemlerindeki oranları bulunmuştur. AGN'ler  $[3.6]-[4.5] \geq 0.3$  oldukça kırmızı çekirdeklere sahiptir ve X-ışın ve radyo tarama gözlemleriyle de tespit edilmişlerdir.



(a)

(b)



(c)

Şekil 5. (a)  $[3.6]-[4.5]$  renkleri  $\geq 0.1$  olan  $S^4G$  galaksilerinin oranı. Morfolojik türlere göre ayırım yapılmıştır. (b)  $[3.6]-[4.5]$  renkleri  $\geq 0.3$  olan  $S^4G$  galaksilerinin oranı. Morfolojik türlere göre ayırım yapılmıştır. (c)  $[3.6]-[4.5]$  renkleri  $\geq 0.3$  olan  $S^4G$  galaksilerinin X-ışın veya radyo tarama gözlemlerindeki tespit oranı. X-ışın ve radyo tespit oranları da verilmiştir.

Şekil 5 (a)'da görüldüğü üzere  $S^4G$  galaksilerinin %17'sinin  $[3.6]-[4.5]$  renkleri  $\geq 0.1$ 'dir. Bu galaksilerin hepsi kırmızı öte bölgede tespit edilmiştir. Galaksiler ayrıca morfolojik türlerine göre de ayrılmıştır.  $TT \leq 0.5$  erken tür galaksileri ve  $TT \geq 0.6$  sarmal galaksileri temsil etmektedir. Bu oran erken tür galaksiler için %8, sarmal galaksiler için %20'dir. Şekil 5 (b)'de  $S^4G$  galaksileri içinde  $[3.6]-[4.5]$  renkleri  $\geq 0.3$  kadar olan AGN'lerin yüzde oranları gösterilmiştir. Bu galaksiler ise oldukça kırmızı çekirdeklere sahiptir ve oldukça iyi tespit edilmiş AGN'lerdir. Morfolojik türlerine göre bu oran, erken tür galaksiler için %1 ve sarmal galaksiler için %3'tür.

(ii) Merkez  $[3.6]-[4.5]$  renkleri  $\geq 0.3$  olan tüm galaksileri AGN olarak kabul edilmiştir. 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.

Şekil 5 (c)'de  $S^4G$  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  $\geq 0.3$  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 Tablo 1'de listelenmiştir. Bu AGN'ler oldukça kırmızı çekirdeklere sahip olup  $[3.6]-[4.5]$  renkleri  $\geq 0.3$  kadirden büyüktür.





**Tablo 1.** 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 verilmiştir.

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

(iii) Bu çalışmada LLAGN'lerin varlığı incelenmiştir. AGN'ler, günümüzde, tipik olarak, AGN'nin evsahibi galaksi üzerindeki etkisini tartışan (ya da tam tersi) optik tayf (örn., Kauffmann ve ark., 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. Biz bu çalışma ile Kauffmann ve ark. (2003)'larının optik tayf kullanarak AGN tespit ettiği çalışmalarındaki orandan çok daha fazla AGN tespit bulunmaktayız. Bizim yöntemimiz özellikle tozla örtülü olanlarda dahil olmak üzere tüm AGN'leri tespit etmiştir. AGN'lerin tümünü tespit edebildik çünkü [3.6]-[4.5] rengi neredeyse hiç toz sönümlemesinden etkilenmez. Öncelikli olarak AGN'lerin tespit edilişiyle optik tayflarına da bakılarak (SDSS gibi güncel arşivler kullanılarak), optik tayf ile yapılan sınıflandırma ile kırmızı öte yapılan sınıflandırma karşılaştırılabilir. Bu çalışma potansiyel olarak çok önemlidir ve AGN'lerin anlaşılmasında önemli gelişmelere yol açabilir.

(iv) 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.

(v) 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 artışı kullanarak incelenmiştir. Spitzer'in tespit ettiği AGN'lerin hepsinin WISE renklerinin de oldukça kırmızı olduğu açıktır. [W1] - [W2] renkleri  $\geq 0.5$  kadir olan tüm galaksiler Spitzer tarafından da AGN olarak tespit edilmiştir.

(vi) 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, 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 olabilir.

## 6. Kaynaklar

- Ferrarese L., Merritt D., 2000, ApJ, 539, L9  
Kauffmann G., et al. 2003, MNRAS, 346, 1055  
Kennicutt, R. C., Jr., et al. 2003, PASP, 115, 928  
Kormendy J., Ho L. C., 2013, preprint, (arXiv:1308.6483)  
Lee, J. C., et al. 2008, ASPC, 396, 151  
Peletier R. F., et al. 2012, MNRAS, 419, 2031  
Peletier, R.F., et al. 2011, MNRAS, ArXiv e-prints  
Sheth K., et al. 2010, PASP, 122, 1397  
Stern D., et al. 2005, ApJ, 631, 163