

NGC3184 VE NGC2903 GALAKSİLERİNDE SÜPERNOVA KALINTILARININ ARAŞTIRILMASI

Eda SONBAŞ¹, Aysun AKYÜZ¹, Şölen BALMAN²,
Eyyüp EKMECELİOĞLU¹, Hasan ESENOĞLU³, Yakup PEKON⁴

Özet

Bu çalışmada, TUG'da bulunan RTT150 cm teleskopu kullanılarak Yakın Galaksilerde Süpernova Kalıntılarının Araştırılması Projesi çerçevesinde NGC3184 ve NGC2903 galaksilerinin gözlemlerinden elde edilen sonuçlar sunulacaktır. Bu iki sarmal galaksinin sürekli-ışınma çıkarılmış H α ve [SII] $\lambda\lambda$ 6716,6731 filtreleri ile alınan görüntülerinde, süpernova kalıntı adayı belirleme kriteri olarak bilinen [SII]/ H α >0.4 oranını veren yapılar araştırıldığında NGC 3184 için 29, NGC2903 için 10 kalıntı adayı belirlendi. Görüntü analizlerinden belirlenen adayların pozisyonlarının TFOSC (TUG Sönük Nesne Tayfölçer ve Kamerası) gözlemleriyle onaylanması ve akı değerlerinin belirlenmesi amaçlandı. Belirlenen kalıntı adaylarının pozisyonları, galaksilerin X-ışın gözlemleriyle karşılaştırıldı. Kalıntılarının pozisyonlarının bilinmesiyle galaksi içindeki dağılımları hesaplanabilecek ve süpernova kalıntılarını oluşturan ata yıldızlar ve patlama tipleri çalışılacaktır. Ayrıca, bu çalışmada incelenen iki sarmal galaksi ve daha önce gözlenen NGC6946 ve NGC628 ile gözlenmesi planlanan diğer yakın galaksilerle birlikte galaksi ötesi süpernova kalıntıları katalogunun genişletilmesi amaçlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Süpernova Kalıntıları, Spiral Galaksiler

Abstract

In this work, we present the results of an optical search for Supernova Remnants (SNRs) in the spiral galaxies NGC3184 and NGC2903. The SNR identification technique consisted of constructing continuum-subtracted H α and [SII] $\lambda\lambda$ 6716, 6731 images and then using [SII] / H α ratios obtained from the image. The SNR candidates are normally identified as nebulae that have risen [SII] / H α ratios ≥ 0.4 compared with HII regions $\approx 0.1 - 0.3$. Our list of candidates contains 29 objects in NGC3184 and 10 objects in NGC2903. We compare our SNR candidate list against the existing X – ray observations of the two galaxies. Knowing the positions of the SNRs, we can compare their distributions relative to HII regions and spiral arms. From these distributions, we can investigate such properties of possible SNR progenitors as their parent stellar populations and supernova types. These observations were performed with the 1.5m Russian-Turkish Telescope (RTT150) Spectrograph TFOSC's (TUG Faint Object Spectrograph and Camera) CCD imaging system using narrowband interference filters at Turkish National Observatory (TUG) in March 2006. Furthermore, it is aimed to have the extended SNR catalogue with these two spiral galaxies and previously examined NGC6946 and NGC628 galaxies.

Key Words: Supernova Remnants, Spiral Galaxies

¹ Çukurova Üniversitesi, Fen-Edeb. Fakültesi, Fizik Bölümü, Adana, E-Postalar: aakyuz@cu.edu.tr, esonbas@student.cu.edu.tr, eyyup_ce@yahoo.com

² ESA/ESTEC/RSSD/SCI-SA, The Netherlands, sbalman@rssd.esa.int

³ İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, İstanbul, esenoglu@istanbul.edu.tr

⁴ ODTU, Fen-Edeb. Fakültesi, Fizik Bölümü, Ankara, e122741@metu.edu.tr

1. Giriş

Süpernova kalıntıları (SNK), yıldız evriminin son aşaması olan süpernova patlamalarından geriye kalan atıklardır. Süpernova patlamaları ile yıldızlararası ortama aktarılan büyük miktarlarda termal ve kinetik enerjinin bu ortama ve galaktik yapıya etkisini anlatan teorilerde süpernova kalıntılarının rolü oldukça önemlidir. SNK'nın çalışılması, süpernovaları oluşturan ata yıldızları ve patlamaların oluşum oranlarının tahmininin yanı sıra, yıldızlararası ortamın madde bolluğu ve yoğunluğunun anlaşılmasında oldukça önemlidir. Ayrıca çok sayıda süpernova kalıntısının çalışılmasıyla bu gök cisimlerinin evrimleri konusunda daha fazla bilgi edinilmektedir.

Galaksi düzlemimizde bulunan yoğun gaz ve tozun söndürme etkisi, Galaksimiz içindeki SNK'ların özellikle optik, morötesi ve X – ışın dalgaboylarında gözlenmesini engelleyen önemli bir faktördür. Galaktik SNK'ların uzaklıklarının belirlenmesindeki zorluklar onların çalışılmasında önemli bir dezavantaj oluşturmaktadır. Oysa ki Galaksi-ötesi SNK'ların çalışılmasında bu sorunlar büyük oranda ortadan kalkmaktadır. Yakın sarmal galaksilerde SNK çalışılmasındaki temel avantajlar; i) gözlenen galaksideki bütün SNK'lar aynı uzaklıkta ve dolayısıyla galaksinin bizden uzaklığı ile aynı alınmaktadır, ii) galaksinin tümü bir ya da birkaç gözlemlerle incelenebilmekte, iii) SNK'ların birbirlerine göre görelî pozisyonları kesin olarak hesaplanabilmekte ve iv) gözlenen galaksiyle bakış doğrultusundaki soğurma iyi bilinmekte ve bunun SNK akıları üzerindeki etkisi kolayca düzeltilenmektedir [18].

Galaksi-ötesi SNK'ları belirleme çalışmaları yaklaşık elli yıldır devam etmektedir. SNK'ları optik bölgede tanımlamak için SII/H α kriteri ilk olarak Mathewson ve Clarke (1973) tarafından kullanılmış ve bu yöntem ile SNK'ların optik bölgede belirlenmesine öncülük etmişlerdir. Tablo 1. de bazı yakın galaksilerde SNK'ların optik bölgede araştırılmasının sonuçları sunulmuştur.

Tablo 1. Farklı galaksilerde belirlenen SNK'ların optik bölgede incelenmesi

Galaksi	Uzaklık (Mpc)	SNK Sayısı	Referans
KMB	0,055	32	[15], [16], [17], [30]
BMB	0,063	11	[5], [15], [16], [17]
NGC 2403	3.2	35	[8], [18]
M31	0,69	221	[1], [4], [8], [13], [14], [22]
M33	0,84	98	[2], [8], [10], [11] [27], [28],
M101	5,4	93	[6], [18], [26], [31]
NGC 6946	5,5	27	[3], [23], [24], [29]
NGC300	2.1	44	[20]
M81	3.6	41	[21], [18]

2. Yöntem

SNK'ların belirlenmesinde [SII]/H α oranının alınmasının fiziksel temeli; bir süpernova patlamasının ardından şok dalgaları ortamda ilerlerken değişik iyonizasyon durumları oluşur. Bunların içerisinde bulunan S⁺ şok dalgalarının arkasında kalan soğuma bölgesinde çarpışarak uyarılır ve daha sonra güçlü bir [SII] $\lambda\lambda 6716, 6731$ yayını yapar bu durumda tipik olarak [SII] / H α yayını oranı ≥ 0.4 değerindedir.

HII bölgeleri ve gezegenimsi bulutsu gibi diğer yayını bulutsuları SNK 'dan farklı şekilde ışımaya yaparlar. Hidrojen bulutlarına gömülü yıldızlardan oluşan tipik bir HII bölgesi

merkezdeki sıcak yıldız veya yıldızlardan yayımlanan morötesi fotonlarının akısıyla uyarılmış ve iyonize olmuştur. Bulutsu boyunca hidrojenlerin yeniden birleşmesiyle çok miktarda $H\alpha$ foton akısı oluşur. Bununla beraber merkez yıldızların güçlü fotoiyonizasyon akısından dolayı HII bölgesinde oksijenin ve kükürtün çoğu yüksek iyonizasyon (O^+ , O^{++} , S^{++}) durumda tutulur. Bundan dolayı HII bölgelerinde yasak çizgiler zayıftır ve tipik olarak $SII/H\alpha \approx 0.1-0.3$ oranına sahiptirler [4]. Bu yüzden optik bölgede gözlenen belirgin yayımlı bulutsuları için $SII/H\alpha \geq 0.4$ oran değeri olası SNK adayları olarak tanımlanmaktadır.

Optikte SNK' lar belirgin yayımlı çizgi kaynakları olarak bilinmelerine rağmen, kalıntıların algılanmasındaki en büyük sorun, o galakside yayımlı yapan diğer cisimler ile karıştırılmasıdır. Bu cisimler; Süper Kabuk, Süper Kabarcık, O-B türü ve Wolf-Rayet yıldızları olarak verilebilir. Uygulanan değişik gözlemsel kriterlerle SNK' lar farklı yayımlı çizgi kaynaklarından ayırt edilmektedir [14].

SNK' ları tanımlamak için gözlenmesi planlanan galaksilerin eğim açısının 0° veya daha düşük olması (face on) ve parlak yayımlı bölgelerinin bulunduğu yakın sarmal galaksilerin seçilmesi başlangıçta belirlenen önemli kriterlerdir. Ayrıca, gözlemlerimizin TUG' da yapıldığından, gözlenmesi planlanan galaksilerin deklinasyon açıları $>20^\circ$ olarak belirlenmiştir. Yüzey parlaklığı düşük olan SNK' ları yakın galaksilerde belirlemek daha kolay olduğundan uzaklıkları ≤ 10 Mpc olan galaksiler seçilmektedir. Seçtiğimiz galaksilerin özellikleri Tablo 2' de gösterilmektedir.

Tablo 2: Seçilen galaksilerin özellikleri

Galaksi Adı	RA (J2000)	DEC (J2000)	Tipi	Eğim Açısı (deg)	Pozisyon Açısı (deg)	Uzaklık (Mpc)
NGC3184	10:18:16.9	+41:25:26	Scd	17.3°	135°	8.7, [12]
NGC2903	09:36:9.6	+21:30:02	Sc	60°	17°	6.4, [19]
NGC6946	20:34:52.33	+60:09:14.18	Sb	42°	64°	5,1 [9]
NGC628	1:36:41.77	+15:47:0.50	Sc	60°	25°	7,3 [25]

3. Gözlemler ve Veri Analizi:

TUG' da, NGC3184 ve NGC2903 galaksilerinde bulunan SNK adaylarını belirlemek için 2-5 Mart 2006 tarihleri arasında gözlemler yapıldı. Bu gözlemlerde RTT150 cm teleskop ile teleskopa bağlı olarak çalışan TFOSC ve girişim filtreleri kullanıldı. 2048×2048 pixel olan CCD görüntülerimiz $13' \times 13'$ büyüklüğünde alanı kaplamaktadır. Girişim filtrelerinin özellikleri ve galaksilerin gözlem bilgileri sırasıyla Tablo 3 ve Tablo 4' de verilmektedir.

Tablo 3: Girişim Filtrelerinin Karakteristik Özellikleri

Filtreler	λ_c (Å)	FWHM (Å)	T_{Peak} (%)
[SII]	6728	54	83
$H\alpha$	6563	80	80
$H\alpha$ sürekli ($H\alpha c$)	6446	123	81
SII sürekli ([SII]c)	6964	350	92

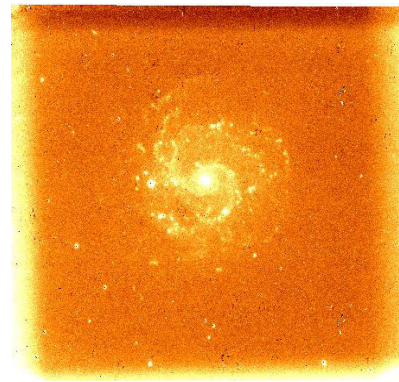
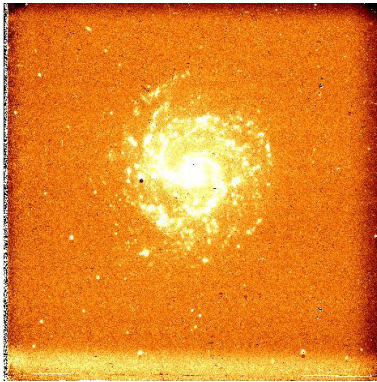
Tablo 4: NGC3184 ve NGC2903 galaksilerinin gzlem özellikleri

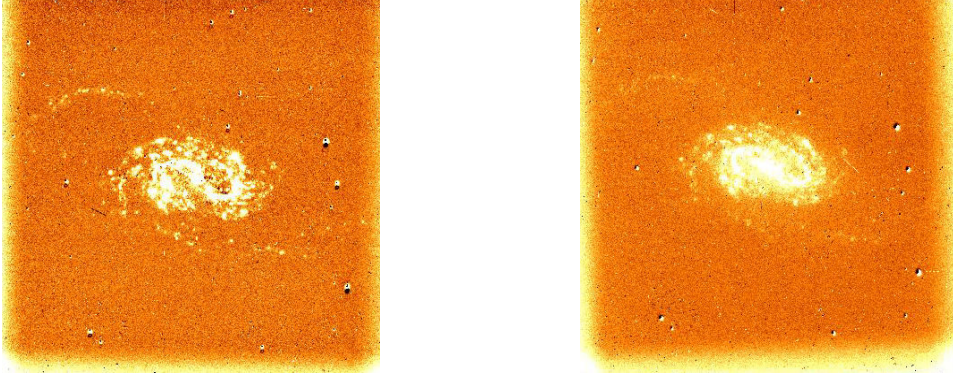
Date	NGC3184		Date	NGC2903	
	Exposure (s) Seeing('')			Exposure (s) Seeing('')	
	[SII] H α c	H α [SII]c		[SII] H α c	H α [SII]c
3/4 Mart	6x600 3x300	6x600 3x300	4/5 Mart	3x600 2x300	2x600 2x300
5/6 Mart	5x600 2x300	5x600 2x300	5/6 Mart	6x600 4x300	6x600 4x300
	~1.9''			~1.9''	

Alınan veriler LINUX işletim sisteminde ESO – MIDAS (The European Southern Observatory Munich Image Data Analysis System) ve IRAF paket programları kullanılarak analiz edildi. H α ve [SII] ve bunların sürekli filtreleriyle alınan her bir görüntü için standart veri indirgeme işlemleri olan düz alan (flat fielded) ve yönlendirme (alignment) yapılmış ve sonra her bir filtreye ait toplam görüntüyü elde etmek üzere toplanmıştır. Bütün bu işlemlerden sonra toplam [SII] ve H α , [SII]_c ve H α _c görüntüleri elde edilmiştir. SII ve H α görüntülerinde yıldız ışığını çıkarabilmek için bunlara ait sürekli ışımalarmn çıkarılması gerekmektedir. Her bir galaksi için sürekli ışıması çıkarılmış görüntüler şekil 1(a – d)' de gösterilmektedir.

Başlangıçta SNK adayları sürekli ışıma çıkarılmış H α görüntüsü ve sürekli ışıma çıkarılmış SII görüntülerinin 2' lik alanlarla karşılaştırılmasıyla belirlenmiştir. Eğer belirlenen bulutsular SII görüntüsünde H α ' ya göre daha parlak ise bunlar olası SNK adayları olarak belirlenmiştir. Sonuçta, NGC3184 ve NGC2903 galaksilerinde sırasıyla 29 ve 10 tane SNK adayı belirlenmiştir.

Her iki galaksi için SNK pozisyonları H α görüntülerinde şekil 2a ve 2b de gösterilmiştir. NGC3184 ve NGC2903 galaksilerinde belirlenen toplam 39 SNK adayının pozisyonları ve standart yıldızın tayfindan elde edilen akı oranları kullanılarak düzeltilmiş akı oran değerleri Tablo 5a ve 5b' de verilmektedir. Bir sonraki dönemde alınacak gözlem zamanında TUG' da bulunan TFOSC tayfölçeri kullanılarak her bir galakside belirlenen SNK adaylarının tayfsal gözlemleri yapılacak ve bu gözlemlerden elde edilecek [SII]/H α oran değerleri esas alınarak optik görüntüden elde edilen oran değerleri dzeltililecek ve kalıntılar onaylanabilecektir.

**şekil 1-a:** NGC3184 (H α – H α _c) görüntüsü **şekil 1-b:** NGC3184 (SII – SII_c) görüntüsü



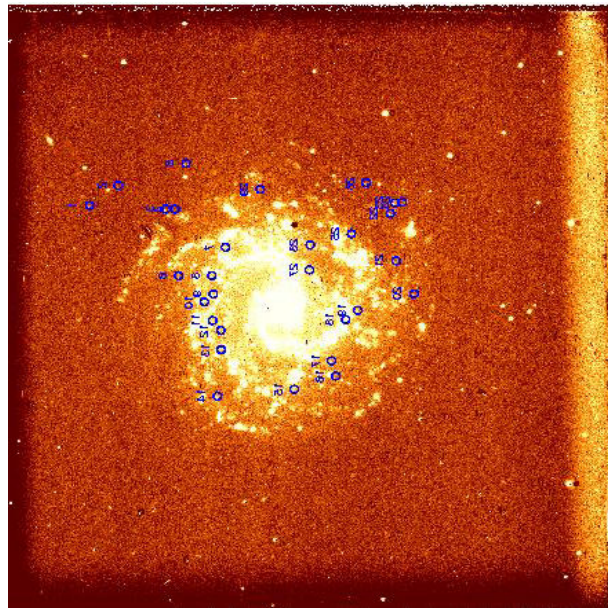
Şekil 1-c: NGC2903 ($H\alpha - H\alpha_c$) görüntüsü Şekil 1-d: NGC2903 ($SII - SII_c$) görüntüsü

Tablo 5a: NGC3184' de belirlenen SNK adayları

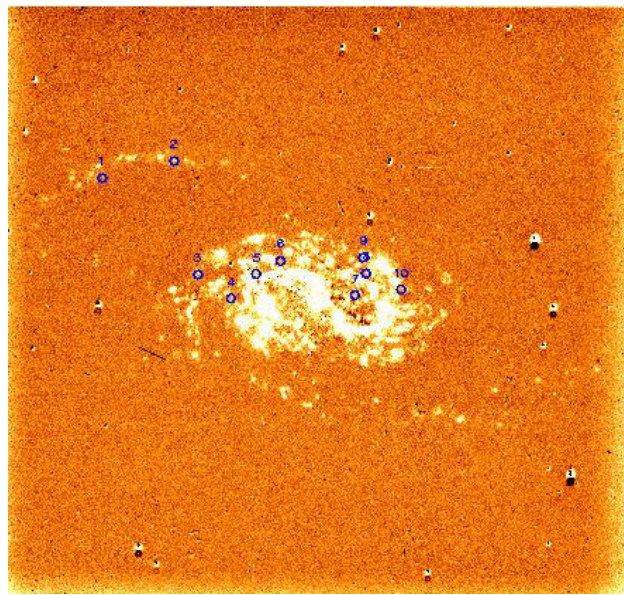
SNK NO	RA (J2000)	DEC (J2000)
1	10:18:38.369	+41:27:40.76
2	10:18:35.175	+41:28:06.59
3	10:18:29.831	+41:27:35.93
4	10:18:28.916	+41:27:34.24
5	10:18:27.712	+41:28:37.69
6	10:18:28.588	+41:26:06.86
7	10:18:23.264	+41:26:44.72
8	10:18:24.779	+41:26:06.98
9	10:18:24.773	+41:25:44.70
10	10:18:25.684	+41:25:30.96
11	10:18:24.764	+41:25:07.00
12	10:18:23.694	+41:24:53.32
13	10:18:23.688	+41:24:27.62
14	10:18:24.130	+41:23:25.91
15	10:18:15.604	+41:23:34.72
16	10:18:11.039	+41:23:53.68
17	10:18:11.500	+41:24:14.24
18	10:18:09.987	+41:25:09.11
19	10:18:08.617	+41:25:19.42
20	10:18:02.374	+41:25:43.54
21	10:18:04.362	+41:26:26.34
22	10:18:04.982	+41:27:29.74
23	10:18:04.526	+41:27:43.45
24	10:18:03.612	+41:27:43.47
25	10:18:09.397	+41:27:02.22
26	10:18:07.732	+41:28:10.81
27	10:18:13.961	+41:26:15.85
28	10:18:13.815	+41:26:46.70
29	10:18:19.470	+41:28:01.95

Tablo 5b: NGC2903' de belirlenen SNK adayları

SNK NO	RA (J2000)	DEC (J2000)
1	9:32:20.896	+21:34:26.28
2	9:32:22.336	+21:32:58.73
3	9:32:12.510	+21:32:30.20
4	9:32:10.411	+21:31:49.17
5	9:32:12.609	+21:31:19.89
6	9:32:13.702	+21:30:48.95
7	9:32:10.728	+21:29:19.97
8	9:32:12.563	+21:29:06.14
9	9:32:13.913	+21:29:09.48
10	9:32:11.077	+21:28:23.36



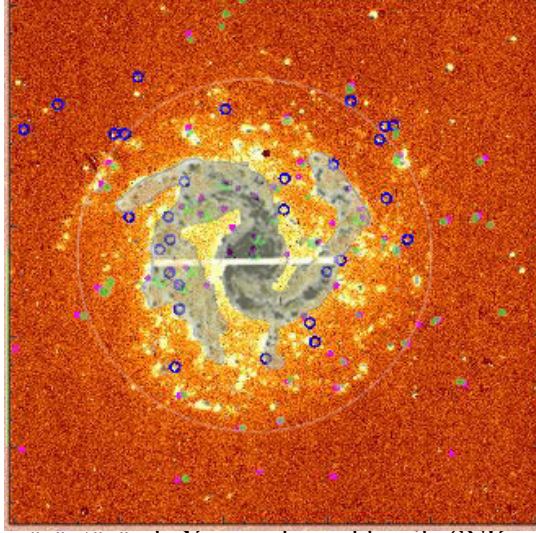
şekil 2a: NGC3184 H α görüntüsünde SNK pozisyonları



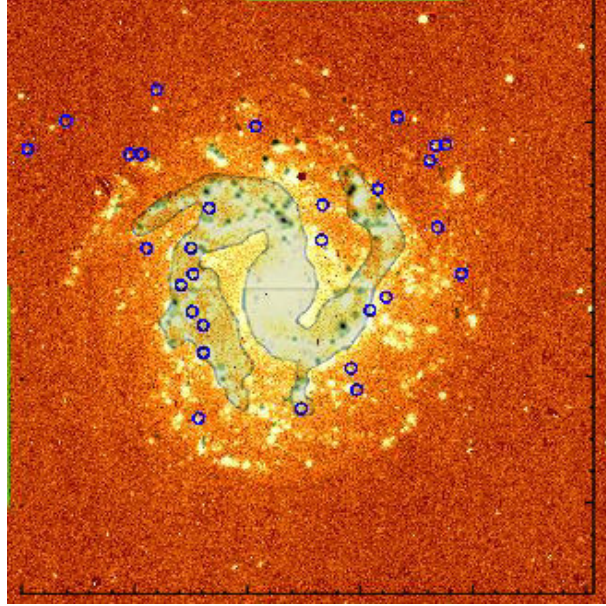
şekil 2b: NGC2903 H α görüntüsünde SNK pozisyonları

4. Optik Olarak Belirlenen SNK Adaylarının X – Işın Gözlemleriyle Karşılaştırılması

Kalıntılar optik yayınının yanı sıra iki farklı tipte yayınım yapabilir: yıldızlararası gazdan gelen şok dalgalarıyla ısıtılan ısısal x – ışın yayınımı ve SNK’ nın genişleyen manyetik alanı içindeki relativistik elektronlardan gelen (sinkrotron) radyo yayınımı. Bu çalışmada her iki galakside gözlenen x – ışın kaynaklarıyla bu galaksilerdeki süpernova kalıntı adaylarının belirlenen alan içindeki pozisyon uyumu karşılaştırıldı.



Şekil 3a: NGC3184 H α görüntüsünde X – ışın kaynakları ile SNK adaylarının karşılaştırılması



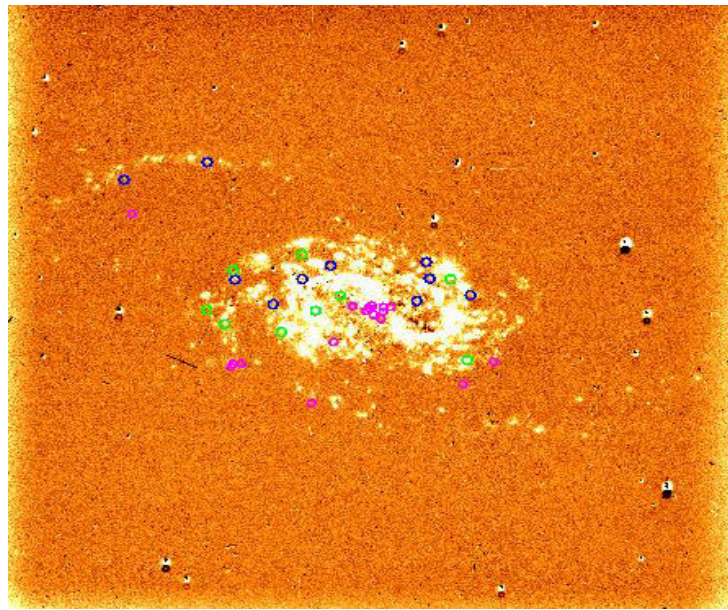
Şekil 3b: NGC3184 H α görüntüsünde HII dağılımı ile SNK adaylarının karşılaştırılması

Daone ve ark. (2004) Chandra ve optik gözlemlerden aldıkları verileri kullanarak NGC3184’ ün B – bant görüntülerinin radyal yüzey parlaklık profilini çalışmışlardır. Onlar aynı zamanda galaksinin sarmal kollarını tanımlamış ve optik diskin %24’ ünün kol yapısında olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca H α gözlemlerinden galaksinin sadece %2.4’ ünün parlak H α yayınımı yaptığını tanımlamışlardır. Şekil 3a ve 3b’ de spiral kol yapısı ve parlak H α bölgeleri tespit ettiğimiz SNK adaylarıyla birlikte sürekli ışığa çıkarılmış H α görüntümüz

üzerinde gösterilmektedir. şekil 2b' da SNK' lar ve spiral kollar arasında bir uyum olduğu görölmektedir.

“Chandra XAssist Source” kataloğundan alınan 100 X - ışın kaynağı sürekli ışımaya çıkarılmış H α görüntümüzde şekil 2a üzerinde gösterilmiştir. Bu X - ışın kaynaklarından iki tanesi 11 ve 12 nolu SNK adayları ile 2” lik yarıçap içinde pozisyon uyumu göstermektedir.

şekil 4' de NGC2903' ün sürekli ışımaya çıkarılmış H α görüntüsü üzerinde HII bölgelerinin pozisyonları belirlenen SNK adaylarıyla birlikte gösterilmiştir. 5” lik yarıçap içinde herhangi bir pozisyon uyumu görölmemiştir. Aynı zamanda Master X – ışın katalogundan alınan 21 X – ışın nokta kaynağı şekil4' de gösterilmektedir. 2” lik yarıçap içinde SNK adaylarımızla bu X – ışın nokta kaynakları arasında herhangi bir pozisyon uyumu görölmemektedir.



şekil 4: NGC2903 H α görüntüsünde HII dağılımları, X – ışın kaynakları ile SNK adaylarının karşılaştırılması

5. Sonuç

NGC3184 ve NGC2903 sarmal galaksilerin TUG' da yapılan gözlemleri sonucu yayılım çizgi oranı $SII/ H\alpha \geq 0.4$ kriteri temel alınarak NGC3184' de 29 bulutsu ve NGC2903' de 10 bulutsu SNK adayı olarak belirlenmiştir. Bulunan SNK adayları, Chandra X – ışın nokta kaynaklarıyla karşılaştırılarak pozisyon uyumuna bakılmıştır. NGC3184' de 11 ve 12 nolu SNK' lar dışında herhangi bir pozisyon uyumuna rastlanmamıştır.

Yakın galaksilerde bulunan SNK' ların optik bölgede araştırılması devam eden bir projedir. NGC3184 ve NGC2903' de belirlediğimiz SNK adaylarının tayf gözlemlerinin yapılmasıyla daha önce bulunduğumuz çizgi oranlarını kalibre ederek bu çalışmanın sonuçlarını güçlendirmeyi planlamaktayız.

Kaynaklar

- [1] Blair, W. P., Kirshner, R. P., Chevalier, R. A. (1981), “Supernova Remnants in M31” ApJ. 247:879
- [2] BLAIR, W. P. , KIRSHNER, R. P. 1985. “Improved optical spectrophotometry of supernova remnants in M33”. ApJ. 289:582-597
- [3] Blair, W. P., Fesen, R. A. 1994. “The optical counterpart to the luminous X-ray supernova remnant in NGC 6946”. ApJ. 424:103-106

- [4] Braun, R., Walterbos, R., 1993. "An atlas of supernova remnant candidates in Messier 31". A&ASS. 98:327-364
- [5] Chu, You – Hua, Kennicutt, R. C., 1988a. "Environments and populations of supernova remnants in the Large Magellanic Cloud". ApJ. 96:1874-1883.
- [6] Chu, You – Hua, Kennicutt, R. C., 1986. "Kinematic detection of supernova remnants in giant H II regions". ApJ. 311:85-97.
- [7] Daone, N. E. Ve ark. Apj, 2004,128:2712–272
- [8] D'odorico 1980. "A catalogue of supernova remnant candidates in nearby galaxies". A&AS.40:67D
- [9] de Vaucouleurs, G., 1979. "The extragalactic distance scale. VI - Distances of 458 spiral galaxies from tertiary indicators" ApJ...227..729D
- [10] Gordon, S., Kirshner, R. P., Long, K. S. & et al., 1998. "A New Optical Sample of Supernova Remnants in M33". ApJS 117:89-133
- [11] Gordon, S., Duric, N., Kirshner, R. P.; & et al. 1999. "A New Sample of Radio-selected and Optically Confirmed Supernova Remnants in M33". ApJS. 120:247-264
- [12] Kilgard, R. E. ve ark. "A Minisurvey of X-Ray Point Sources in Starburst and Nonstarburst Galaxies" 2002ApJ...573..138K
- [13] Kumar, S. 1976. Aa. 28:579-591.
- [14] Magnier, E.,Prints, S. Van Paradijs, J. and et al., 1995. "New supernova remnant candidates in M 31". A&AS 114:215-245
- [15] Mathewson, D. & Clarke, N.,1973. "Supernova remnants in the Large Magellanic Cloud". ApJ, 180:725-738
- [16] MATHEWSON,D. & CLARKE,N., 1972. "A Supernova Remnant in the Small Magellanic Cloud." ApJ.178:105
- [17] MATHEWSON, D., 1984. "Supernova remnants in the Magellanic Clouds." ApJS, 55:189
- [18] MATONICK, D. & FESEN, R., 1997. "Optically Identified Supernova Remnants in the Nearby Spiral Galaxies: NGC 5204, NGC 5585, NGC 6946, M81, and M101." ApJS 112:49-107
- [19] Niklas, S. ve ark. , 1995. "A radio continuum survey of Shapley-Ames Galaxies at $\lambda=2.8$ cm. I. Atlas of radio data." A&AS..114...21N
- [20] Pannuti, T.G. ve ark. (2000). "An X-Ray, Optical, and Radio Search for Supernova Remnants in the Nearby Sculptor Group Sd Galaxy NGC 300" ApJ. 544 – 780P
- [21] Pannuti, T.G. Ve ark. (2002). "An X-ray, Optical and Radio Search for Supernova Remnants in M81". AAS. 200 – 3505P
- [22] Rubin (1972). "Variation of Emission-Line Strengths across M31." ApJ.177:31R
- [23] Schlegel, E. M., 1994a. "The very luminous supernova remnant in NGC 6946." ApJ, 424, L99
- [24] Schlegel, E. M., 1994b. "A ROSAT observation of the nearby spiral galaxy NGC 6946." ApJ. 434: 523
- [25] Sharina, M.E. ve ark., 1996 "Photometric distances to NGC 628 and its four companions." A&AS..119..499S
- [26] Skillman, E. D., 1985. "Spatial variations in the physical conditions in the giant extragalactic H II region NGC 5471".ApJ. 290:449-461.
- [27] Smith, R. C., Kirshner, R. P., Blair, W. P.; Winkler, P. F. 1991. "Six Balmer-dominated supernova remnants ."ApJ. 375:652
- [28] Smith, R. C. Kirshner, R. P., Blair, W. P, Long, K. S., Winkler, P. F 1993. "Optical emission-line properties of M33 supernova remnants "ApJ. 407:564
- [29] Van Dyk, S. D. Sramek, R. A., Weiler, K. W., Hyman, S. D. Virden, R. E. 1994. „The radio counterpart to the luminous X-ray supernova remnant in NGC 6946." ApJ. 425:L 77
- [30] Westerlund, B. E., & Mathewson, D. S., 1966. "Supernova remnants in the large Magellanic Cloud." MNRAS. 131:371
- [31] Yang, Wei – Hong.1994." Self-similar evolution of magnetized plasmas. 2: Nonequilibrium solutions and Hubble's expansion." ApJ. 425:439-441

