

XMM-NEWTON Arşiv Verileri Kullanılarak Yakın Galaksilerdeki X-ışın Kaynaklarının Çalışılması (NGC4258, NGC4395, NGC4736)

Şenay KAYACI^{1,*}, Aysun AKYUZ², Hasan AK³

¹ Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Astronomi ve Uzay Bilimleri
Anabilim Dalı, Kayseri

² Çukurova Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, Adana

³ Erciyes Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, Kayseri

Özet Yüksek enerji astrofizikinin önemli çalışma alanlarından biri olan X-ışın astronomisi, gök cisimlerinden gelen X-ışın yayınımlarını incelemektedir. Galaksimizdeki X-ışın kaynaklarının yanı sıra yakın galaksilerde (< 10 Mpc) X-ışın kaynaklarının araştırılması 1978 yılında uzaya gönderilen EINSTEIN gözlemevi uydusu çalışmalarıyla başlamıştır ve 1999 yılından itibaren yeni nesil X-ışın uyduları XMM-Newton ve Chandra uydularıyla X-ışınlarında ayrıntılı çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmada XMM-Newton arşiv verileri kullanılarak, seçilen bazı yakın galaksilerde (NGC 4258, NGC 4395 ve NGC 4736) X-ışın noktasal kaynaklar (point-like sources) belirlenmiş, belirlenen kaynakların X-ışın özellikleri ve X-ışın tayfları elde edilmiştir.

1 Giriş

Yüksek enerjilerde gök cisimlerinin incelenmesi 1960 lı yıllarda başlamıştır. Yer-ötesi cisimlerden 0.1 keV ile 100 keV enerji aralığında algılanan X-ışınları, yıldızların doğumlarından ölümüne, yoğun yıldızlararası ortamdan tıkHz yıldız formlarına, galaksilerden galaksiler arası ortama kadar uzanan geniş bir alanda, yapısal ışınma mekanizması ve evrim konularında çok önemli bilgiler sağlamaktadır. 10^6 ile 10^8 K sıcaklıklarında gaz içeren kaynaklardan algılanan X-ışın yayınımları Galaktik ya da galaksi-ötesi yaygın (diffuse) ortamlardan geldiği gibi düşük ya da büyük kütleli X-ışın çiftleri (LMXB ve HMXB), çok parlak X-ışın kaynakları (ULX), Süpernova (SN), Süpernova kalıntıları (SNR) ve süper yumuşak X-ışın kaynakları (SSS) gibi noktasal (point-like) kaynaklardan gelmektedir.

Yeni nesil XMM-Newton ve Chandra uyduları gönderilene kadar (1999) geçen sürede X-ışınları yayan tüm bu yapılar hakkında bilinenler, uzaysal ve tayfsal çözümlene, duyarlılık ve enerji aralığı gibi gözlemsel değerlere bağlı olduğu için oldukça sınırlı kalmaktaydı. Yaklaşık 10 yıldır her iki uydudan sağlanan çok miktarda zengin veri X-ışın astronomisinde önemli bir dönemi başlatan bilgiler içermektedir (Fabbiano ve ark. 2004, Feng ve Kaaret 2005, Pietsch ve ark. 2005).

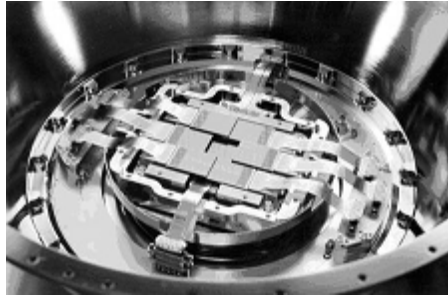
* email:kayaci.s@gmail.com

2 XMM (X-ray Multi Mirror, Çok Aynalı) Newton X-ışın Uydusu

XMM-Newton uydusu, Avrupa Uzay Ajansı (ESA, The European Space Agency)'nın Horizon 2000 uzay programının ikinci elemanıdır ve ESA ve NASA'nın ortak çalışması olarak 10 Aralık 1999 yılında uzaya gönderilmiştir. XMM-Newton, geniş bir etkin alana sahip 3 yüksek verili X-ışın teleskopu ve bir adet optik gözlemci (monitör) taşımaktadır. Büyük toplayıcı alan ve kesintisiz uzun poz alma kabiliyeti ile 0.1 keV ile 15 keV enerji aralığında yüksek hassasiyetli gözlemler sağlamaktadır.

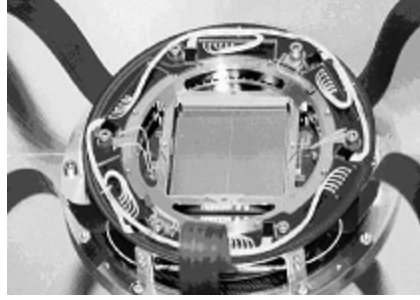
XMM-Newton uzay aracı 4 ton ağırlığında ve 10 m uzunluğunda devasa bir yapıya sahiptir. Bu aracın uzun tüpü özel olarak karbon fiberden yapılmıştır. Bunun nedeni ise karbon fiberin güçlü, dayanıklı ve hafif bir yapıya sahip olmasıdır. Şu anda hala çalışan uydu için ilk olarak 10 yıllık bir çalışma süresi düşünüldüyse de 2012 yılına kadar gözlemlerine devam etmesi planlanmaktadır.

EPIC MOS Kamera MOS kameraları 600x600 piksellik 7 CCD yongasının dizilişiyile oluşmaktadır. Bu kameralar XMM-Newton'a geniş bir görüntü alanı sağlamaktadır. Merkezde bir yonga bulunmaktadır ve diğer 6 yonga bu yonganın çevresine yerleştirilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. EPIC MOS Kamerası

EPIC PN Kamera PN CCD kameraları X-ışın CCD'lerinde yeni bir teknolojidir. Tek bir plaka üzerinde 6x2 yonga vardır. Her yonga 64x200 piksel boyutundadır. PN kamera 7 yongalı MOS kamerasına benzer bir görüntüleme alanı sağlamaktadır (Şekil 2). Yonga dizilimi bir elektronik kart taşıyan kamera elektronuğunun içinde yer almaktadır. XMM-Newton uydusunun 3 kamerasından sadece 1 tanesi PN diğer ikisi ise MOS kamerasıdır.



Şekil 2. EPIC PN Kamerası

3 Hedef Galaksilerin Seçimi

Nokta X-ışın kaynaklarının çalışılması için belirlenen galaksilerin seçiminde bazı özelliklere dikkat edilmiştir. Yaklaşık 32 yakın galaksinin bu çalışmaya uygun olup olmadığı araştırılmıştır. Bunun için kullanılan seçim kriterlerinden biri galaksilerin eğim açısıdır. Noktasal kaynakları birbirinden daha iyi ayırt edebilmemiz için seçtiğimiz galaksilerin eğim açısı 75° 'den daha düşüktür (yandan bakışlı değildir). Diğer önemli bir seçim kriteri ise galaksinin uzaklığının 10 Mpc'den daha küçük olmasıdır. Ayrıca galaksinin sarmal tipte olması galaksi düzlemi boyunca yayılmış olan kaynakları daha iyi çalışabilmemize olanak sağlar. Bu kriterlere uygun galaksilerden X-ışın kaynaklarını belirlemek için uygun üç galaksi (NGC 4395, NGC 4736 ve NGC 4258) seçilmiştir. Bu galaksilerin özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Seçilen galaksilerin özellikleri

Galaksiler	RA.Dec.	GalaksiSınıfı	Uzaklık (Mpc)	Eğim açısı (der.)	N_H 10^{20}cm^2	Acısalboyut (arcmin ²)	D25 (arcmin)
NGC 4395	12:25:48.9 +33:32:47.8	SA(s)m	4.2	38	1.33	13.2x11.0	13.3
NGC 4736	12:50:52.6 +41:07:09.3	(R)SA(r)ab	4.3	33	1.43	11.2x9.1	11.8
NGC 4258	12:18:57.6 +47:18:13.4	SAB(s)bc	7.7	71	1.20	18.6x7.2	14.2

4 Analiz ve Analiz Sonuçları

XMM-Newton uydusunun üç dedektöründen (EPIC PN ve iki EPIC MOS) ince filtreler ile alınan arşiv verilerinin analizlerinde XMM-Newton Science Analysis System (SAS v 9.0) programı ve bu programın içerisinde epcchain ve emchain komut dosyaları (scriptler) ve en yüksek olasılık (Maximum Likelihood) tekniği

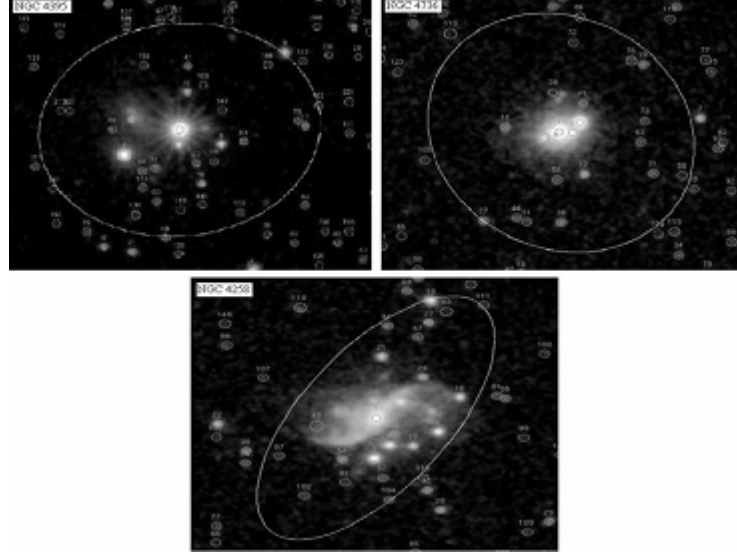
kullanılarak noktasal kaynaklar belirlenmiştir. EPIC PN dedektörü, EPIC MOS dedektörüne göre çok daha duyarlıdır. Bu yüzden tayf analizinde EPIC PN verileri kullanılmıştır. Bazı kaynaklar için MOS dedektörleri yeterli veri istatistiğine sahip olduğunda üç dedektörün tayf verileri aynı şekilde üzerinde verilmiştir. Optik bölgede parlaklığı 25m'den küçük (daha parlak) olan galaksi bölgesi (D25) içerisinde seçilen X-ışın kaynaklarının tayflarını belirlemek için her bir kaynağı merkez alan yarıçapı 15"-20" daireler seçildi. Kaynağa yakın ve özellikle ardalan ışınması yoğun olmayan ve başka noktasal kaynakları içermeyen yarıçapı 35"-40" bölgeler ise ardalanı belirlemek için seçildi. Kaynakların X-ışın tayfları ise XSPEC v12 programı yardımıyla oluşturuldu. Her bir galakside belirlenen kaynakların tayfına standart altı farklı model uygulandı. Önce tek bileşenli modeller olan 'blackbody' (BBODY), 'powerlaw' (PL), 'diskblackbody' (DISKBB) ve 'bremsstrahlung' (BREMSS), daha sonra ise çift bileşenli modeller olan 'powerlaw+blackbody' (PL+BBODY) ve 'powerlaw+diskblackbody' (PL+DISKBB) uygulandı ve 0.2-10 keV enerji aralığında kaynak tayfı ile model arasındaki uyuma (fit) genel olarak bakıldı. Bu uyumların sonucunda elde ettiğimiz model parametreleri, Hidrojen kolon yoğunluğu (N_H), kaynak ve disk sıcaklığı (kT ya da T_{in}), tayfsal indis (Γ) ve metal bolluklarıdır.

İncelenen üç galaksinin D25 alanı içerisinde toplam 74 noktasal X-ışın kaynağı belirlendi. Bu galaksilerin EPIC RGB (Red-Green-Blue) X-ışın görüntüsü ve D25 alanı (beyaz elips) Şekil 3'de gösterilmektedir. Ancak yeterli foton sayısına sahip 17 noktasal kaynağın X-ışın tayfları incelenebildi. Bu 17 kaynağın 0.2-10 keV enerji aralığında X-ışın akı değerleri $F=(0.1-7.8) \times 10^{-13}$ erg $\text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ galaksilerin uzaklıkları dikkate alınarak noktasal kaynakların ışınma gücü değerleri $L \sim (0.1-20) \times 10^{38}$ erg s^{-1} olarak hesaplandı.

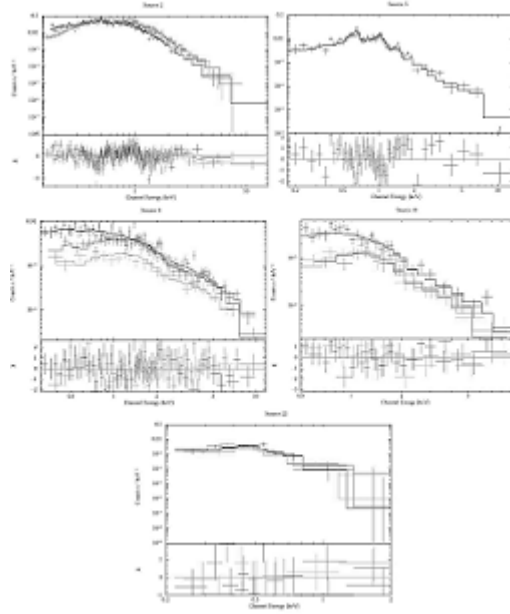
XMM verilerinden belirlenen noktasal kaynaklar farklı tiplerde X-ışın kaynakları olup seçtiğimiz galaksilerde heterojen bir dağılım göstermektedirler. X-ışın nokta kaynaklarının tanımlanmasında ve sınıflandırılmasında bu konuda genel olarak dikkate alınan ölçütler temel alındı. Bunlar: noktasal kaynakların tayflarına en iyi uyum gösteren model parametreleri ve hesaplanabilen ışınma gücü değerleri, zamanla değişimi (variability) farklı dalga boylarında yapılmış gözlemler, sertlik oranları şeklinde sıralanabilir.

NGC 4395'de D25 alanında bulunan 29 kaynaktan, X-ışın tayfı elde edilebilen 5 kaynağın akıları, $F=(0.3-1.4) \times 10^{-13}$ erg $\text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$, ve ışınma gücü değerleri $L \sim (0.9-2) \times 10^{38}$ erg s^{-1} olarak hesaplandı. Galakside belirlenen 5 noktasal kaynağın doğası hakkında yapılan sınıflandırma sonucu; bir ULX, bir SNR bir SSS ve iki XRB olabileceği varsayıldı. Bu sınıflandırma noktasal kaynakların tayflarına en iyi uyum gösteren model parametrelerine, ışınma güçlerine varsa diğer dalga boylarında yapılmış çalışmalara bakılarak yapıldı. NGC 4395'deki tayfları elde edilen kaynakların X-ışın tayfları ve tayfına en iyi uyum gösteren model Şekil 4'de, model parametreleri ise Çizelge 2'de verilmiştir.

NGC 4736 galaksisinde 4 noktasal X-ışın kaynağı; bir ULX, bir SSS ve iki XRB olarak tanımlandı. Bu kaynakların akı değerleri aynı enerji aralığında $F=(0.1-7.8) \times 10^{-13}$ erg $\text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ ve galaksinin uzaklığı 4.3 Mpc alınarak ışınma gücü, $L \sim (0.3-18) \times 10^{38}$ erg s^{-1} olarak hesaplandı. Bu galaksideki kaynakların



Şekil 3. Çalışılan üç galaksinin EPIC X-ışın görüntüsü ve D25 alanları

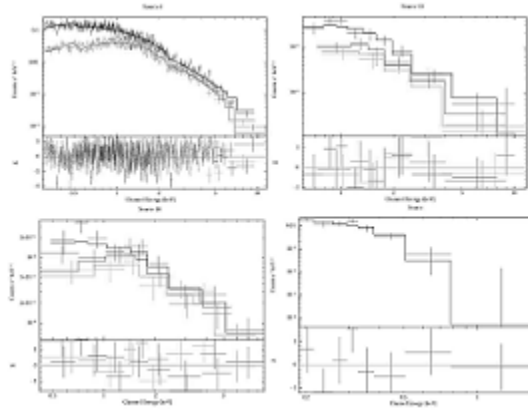


Şekil 4. NGC 4395'deki kaynakların model tayfları. Gri MOS, siyah PN verilerini temsil etmektedir. Tayfların alt panelleri ki-kare değerlerindeki sapmaları göstermektedir

Çizelge 2. NGC4395'de tayfları alınan kaynakların tayf parametreleri

<i>Kaynak</i>	<i>Model</i>	N_H 10^{22}cm^{-2}	Γ	kT (keV)	$\Delta\chi^2$	$F(10^{-13})$ $\text{erg cm}^{-2} \text{s}^{-1}$	$L(10^{38})$ erg s^{-1}
XMM-2	<i>PL + DISKBB</i>	$0.15^{+0.41}_{-0.30}$	$3.11^{+0.43}_{-0.36}$	$0.19^{+0.02}_{-0.02}$	171.80/140	1.23	2.2
XMM-5	<i>VPSHOCK</i>	$0.06^{+0.02}_{-0.01}$		$3.98^{+2.20}_{-0.91}$	106.32/71	0.52	1.08
XMM-6	<i>PL</i>	$0.06^{+0.02}_{-0.02}$	$1.42^{+0.09}_{-0.09}$		63.32/56	1.45	2.62
XMM-10	<i>PL</i>	$0.15^{+0.04}_{-0.05}$	$1.86^{+0.15}_{-0.17}$		27.12/29	0.51	0.92
XMM-23	<i>BBODY</i>	$0.28^{+0.22}_{-0.01}$		$0.06^{+0.03}_{-0.02}$	12.94/10	0.33	0.60

tayfı ve en iyi uyum gösteren model Şekil 5'de verilmiştir. Kaynakların X-ışın tayfına en iyi uyumu gösteren model parametreleri ise Çizelge 3'de verilmiştir.

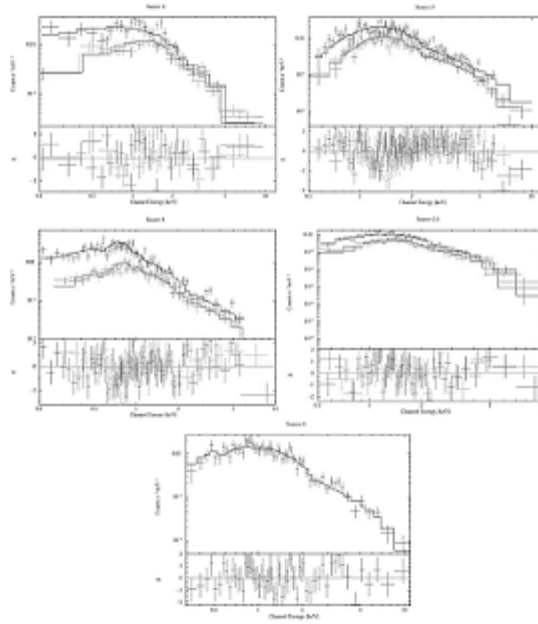


Şekil 5. NGC 4736'daki kaynakların tayfları. Gri MOS siyah PN verilerini temsil etmektedir. XMM-23 kaynağı için MOS verileri yeterli olmadığından sadece PN verileri kullanıldı. Tayfların alt panelleri ki kare değerlerini göstermektedir.

NGC 4258 galaksisinde ise benzer analizler yapılarak 8 noktasal X-ışın kaynağı, bir geçici X-ışın kaynağı, üç XRB ve dört ULX kaynağı şeklinde sınıflandırıldı. Bu kaynakların akıları $F=(0.5-3) \times 10^{-13} \text{ erg cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ aralığında ve ışınma güçleri galaksinin uzaklığı 7.2 Mpc alınarak $L \sim (5-18) \times 10^{38} \text{ erg s}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır. NGC 4258'deki tayfları alınan kaynakların tayfları ve en iyi uyum sağlayan modeller Şekil 6'de, bu modellerin hesaplanan parametreleri ise Çizelge 4'de verilmiştir.

Çizelge 3. NGC4736'de tayfları alınan kaynakların tayf parametreleri

<i>Kaynak</i>	<i>Model</i>	N_H 10^{22}cm^2	Γ	kT (keV)	$\Delta\chi^2$	$F(10^{-13})$ $\text{ergcm}^{-2}\text{s}^{-1}$	$L(10^{38})$ ergs^{-1}
XMM-2	<i>PL + DISKBB</i>	$0.02^{+0.005}_{-0.005}$	$1.82^{+0.11}_{-0.09}$	$0.79^{+0.04}_{-0.05}$	623.7/588	8.44	19.49
XMM-12	<i>DISKBB</i>	$0.01^{+0.06}_{-0.01}$		$1.90^{+1.36}_{-0.54}$	21.75/23	0.23	0.73
XMM-18	<i>PL</i>	$0.12^{+0.13}_{-0.07}$	$1.43^{+0.42}_{-0.33}$		20.12/23	0.31	0.71
XMM-39	<i>BBODY</i>	$0.05^{+0.16}_{-0.07}$		$4.02^{+0.03}_{-0.02}$	4.83/5	0.16	0.36



Şekil 6. NGC 4258'deki kaynakların tayfları. Gri MOS siyah PN verilerini temsil etmektedir. XMM-6 kaynağı için MOS verileri yeterli olmadığından sadece PN verileri kullanıldı. Tayfların alt panelleri ki kare değerlerini göstermektedir.

Çizelge 4. NGC4258’de tayfları alınan kaynakların tayf parametreleri

<i>Kaynak</i>	<i>Model</i>	N_H 10^{22} cm^{-2}	Γ	kT (keV)	$\Delta\chi^2$	$F(10^{-13})$ $\text{erg cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$	$L(10^{38})$ erg s^{-1}
XMM-2	<i>DISKBB</i>	$0.02^{+0.03}_{-0.02}$		$1.43^{+0.30}_{-0.25}$	29.28/22	2.53	15.24
XMM-3	<i>DISKBB</i>	$0.27^{+0.04}_{-0.03}$		$1.28^{+0.05}_{-0.05}$	221.14/231	3.23	19.46
XMM-6	<i>PL</i>	$0.21^{+0.03}_{-0.03}$	$1.87^{+0.09}_{-0.09}$		136.61/142	2.57	15.48
XMM-8	<i>PL + MEKAL</i>	$0.09^{+0.01}_{-0.02}$	$1.95^{+0.13}_{-0.07}$	$0.57^{+0.04}_{-0.05}$	105.93/107	1.96	11.81
XMM-10	<i>PL</i>	$0.58^{+0.05}_{-0.05}$	$2.80^{+0.15}_{-0.14}$		87.67/96	1.54	9.28

Kaynaklar

- Jenkins, L. P. et al.: An XMM-Newton view of M101-I. The Luminous X-ray source Population. Mon. Not. R. Astron. Soc. **349** 404-424(2004)
- Pietsch, W., Freyberg, M., Haberl, F.: An XMM-Newton survey of M 31. A&A**434** (2005)
- Pietsch, W. et.al.: XMM-Newton survey of the Local Group galaxy M 33. A&A**68** (2008)
- Pietsch, W.: X-ray source population studies in nearby galaxies. Mem S.A (2008)
- Swartz, D. A. et al.: Chandra X-ray observations of the spiral galaxy M81. Apj **144** 213-142(2003)
- Swartz, D.A. et al: The Ultraluminous X-ray Source Population From The Chandra Archive of Galaxies. Apj **154** 519-539 (2004)
- Winter, L. M. et al.: XMM-Newton Archival Study of The Ultraluminous X-ray Population in Nearby Galaxies. Apj **649** 730-752(2006)