

Ülkü Asena ÇEVİK¹, Kadri YAKUT¹

¹Ege Üniversitesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, Fen Bilimleri Enstitüsü, 35100 İzmir

ÖZET

Bu çalışmada Büyük Macellan Bulutu'nda (LMC) bulunan XMMU J045315.1-693242 (J0453) ve XMMU J045736.9-692727 (J0457) Be X-ışın çift sistemlerinin (BeXRB) XMM-Newton Teleskobu ile yapılan gözlemlerinden X-ışın tayf ve ışık eğrisi grafikleri elde edilmiş, X-ışın akı ve ışıtmaları bulunmuştur.

GİRİŞ

Be X-ışın çiftleri, bir Be yıldızı ve bir nötron yıldızı/karadeliğin oluşturduğu çift yıldız sistemleridir. Bu sistemlerde, Be yıldızı hızlı dönen, genellikle B tayf türünden olan ve güçlü yıldız rüzgarları üreten bir yıldızdır. Be yıldızlarının etrafında bir gaz diski bulunur ve bu diskten salınan madde, periyodik olarak sıkışık nesne tarafından çekilerek toplanma diski oluşturur. Madde aktarımı sırasında sıkışık nesne, X-ışını yayar. Be X-ışın çiftlerinin en önemli özelliklerinden biri, X-ışını ışınımalarının değişken olmasıdır. Bu ışınımalar, sıkışık nesnenin Be yıldızının diskinden madde çektiği dönemlerde artar. Ayrıca, Be X-ışın çiftleri genellikle büyük yörünge basıklık değerlerine sahiptirler, bu da sıkışık nesnenin Be yıldızına olan mesafesinin zamanla büyük ölçüde değiştiği anlamına gelir. Bu tür sistemler, özellikle yüksek enerji astrofizik alanında, yıldız evrimi, madde toplanma süreçleri ve nötron yıldızlarının manyetik alanları hakkında önemli bilgiler sağlar.

Bu çalışmada uygun yöntemler ve yazılımlar kullanılarak LMC galaksisinde bulunan J0453 ve J0457 Be X-ışın çiftlerinin XMM Newton Teleskop gözlemleri XMM-Newton arşivinden alınarak X-ışın aralığındaki tayf ve ışık eğrisi grafikleri elde edilerek tayf modelinden X-ışın akı ve ışıtmaları bulunmuştur.

GÖZLEMLER VE ANALİZLER

Sistemlerin indirgemeleri **SAS¹** ve **DS9²**; tayfı, tayf modeli ve ışık eğrileri **HEASOFT³** yazılımları kullanılarak Tablo 1'de belirlenen değerlerle elde edilmiştir. İndirgemelerde EPIC-pn için **PATTERN 0-4** and **FLAG 0** ve EPIC-MOS'lar için **PATTERN 0-12** and **FLAG 0** olarak belirlenmiş, **rmfgen** ve **arfgen** komutlarıyla yanıt dosyaları oluşturulmuştur. Tayf analizleri ve modelleri yapılırken foton sayımları 20'şerli olarak gruplanıp, Samanyolu sabit ve Büyük Macellan Bulutu serbest parametreler olmak üzere iki ayrı soğurma uygulanarak **powerlaw** modelleri yapılmıştır.

XMMU J045315.1-693242

0804550201 gözlem kimliğine sahip XMM-Newton Teleskobu'nun EPIC-pn ve EPIC-MOS2 verileri kullanılmıştır. Kaynağın merkezi **RA:44 53 42.5** ve **Dec: -69 32 42.5** olacak şekilde indirgemeler yapılmıştır. Işık eğrisi foton sayımları 600 saniye olarak gruplanarak elde edilmiştir.

XMMU J045736.9-692727

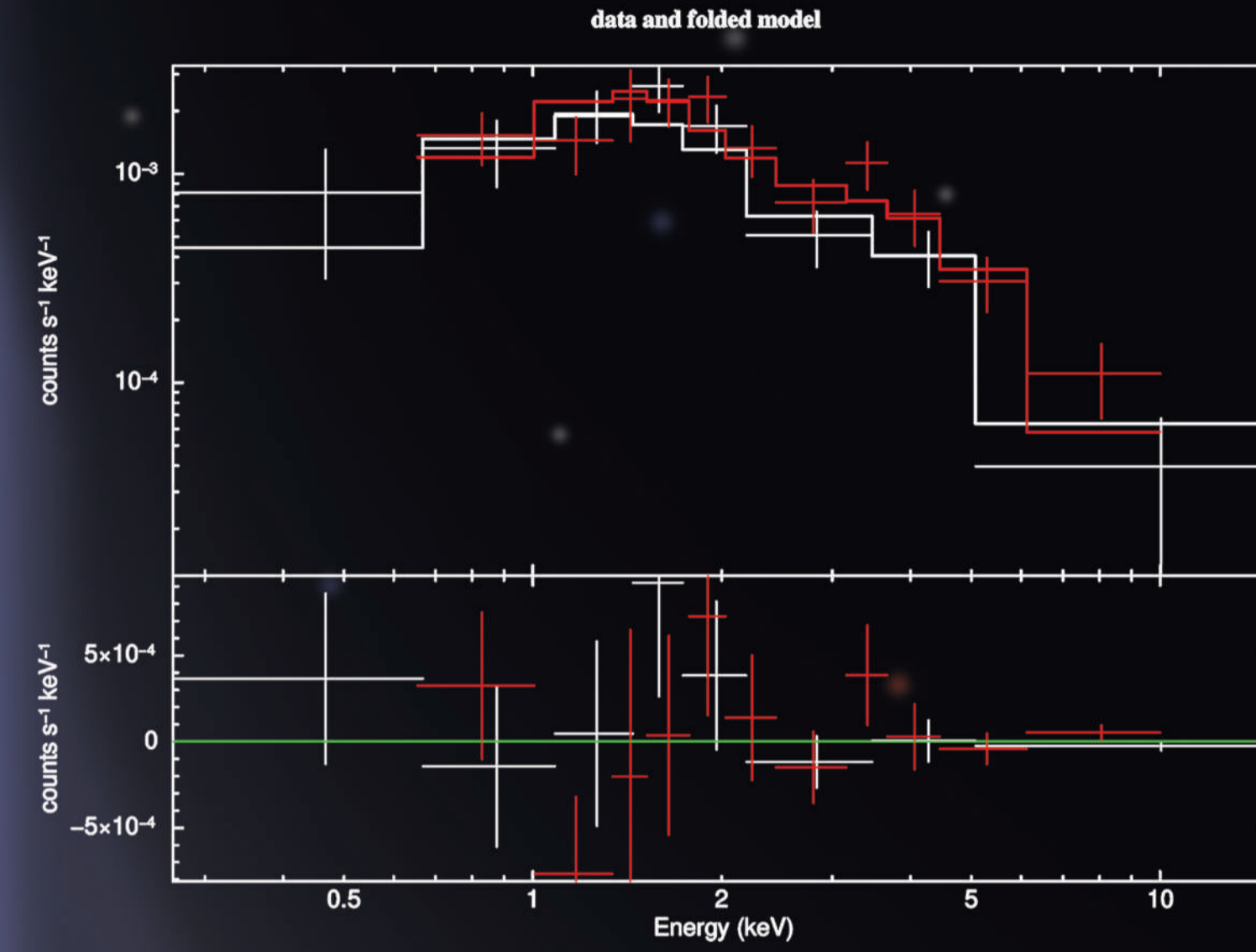
0804550101 gözlem kimliğine sahip XMM-Newton Teleskobu'nun EPIC-pn, EPIC-MOS1 ve EPIC-MOS2 verileri kullanılmıştır. Kaynağın merkezi **RA:04 57 36.91** ve **Dec:-69 27 27.2** olacak şekilde indirgemeler yapılmıştır. Işık eğrisi foton sayımları 318 saniye olarak gruplanarak elde edilmiştir.

SONUÇLAR

Bu çalışmada yapılan analizlerin bulguları Tablo 2'de, analizler sonucu elde edilen değerler ise Şekil 1, 2, 3 ve 4'te görülmektedir. Çalışmanın doğruluğu aynı sistemlerin X-ışın analizlerinin yapılmış olduğu Haberl ve diğ. (2022) yaptığı çalışma ile karşılaştırılarak test edilmiş ve benzer sonuçların bulunduğu görülmüştür.

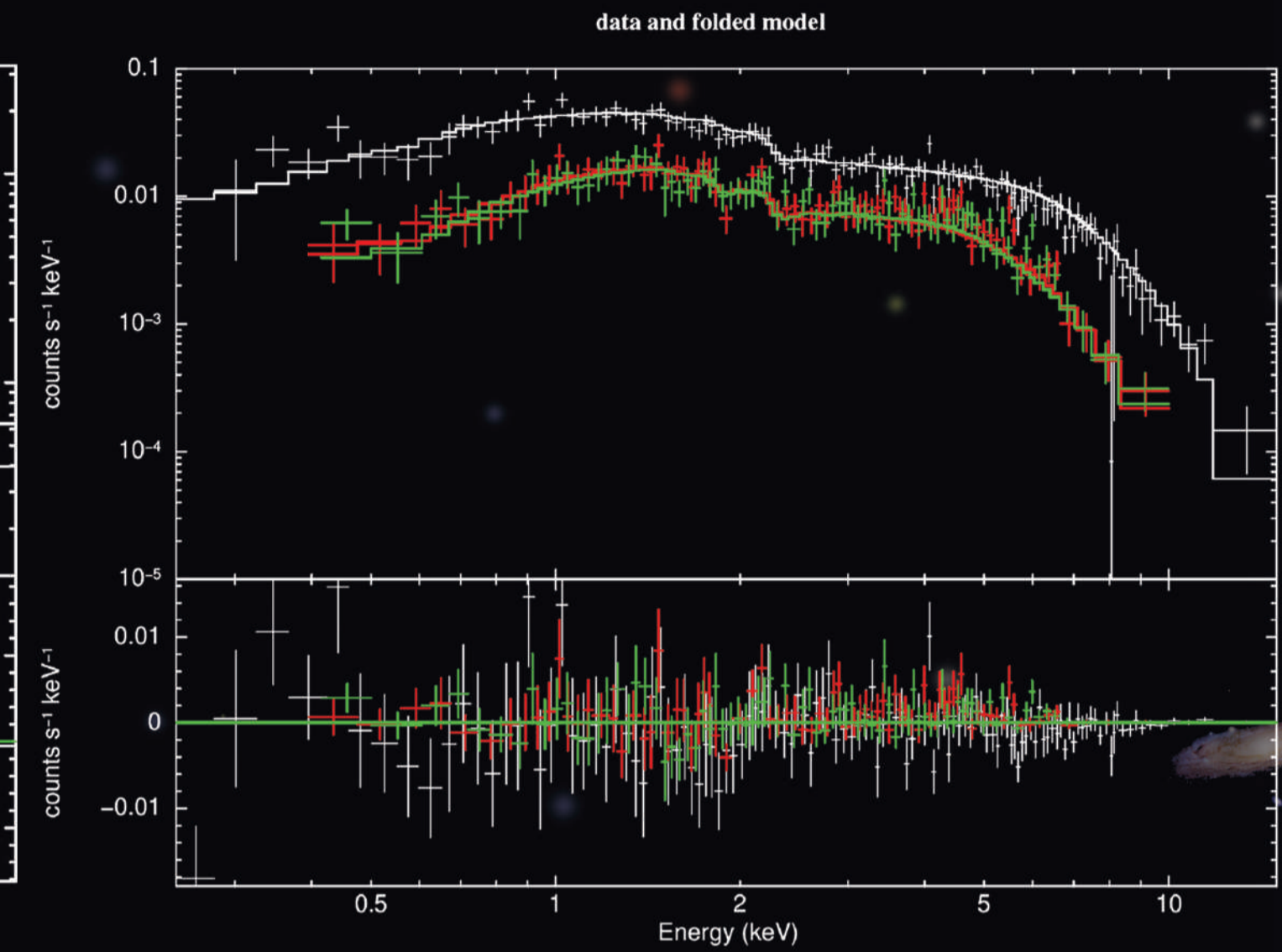
Elde edilen sonuçlar, her iki sistemde de güçlü X-ışını salmaları olduğunu ve bu salmaların kaynağının, sistemlerdeki nötron yıldızları ya da karadeliğin çevresindeki madde birikimi ile ilişkili olduğunu göstermektedir. Ayrıca bu değerler, Be X-ışını çiftlerinin tayf özelliklerinin belirlenmesi ve karşılaştırılması için referans teşkil edebilecek önemli veriler sunmaktadır.

XMMU J045315.1-693242



Şekil 1: XMM-Newton gözlemlerinden J0453'ün EPIC tayfları ve en uygun powerlaw modeli. EPIC pn ve MOS2 verileri ve en uygun model, gözlem kimliği 0804550201 için sırasıyla siyah ve kırmızı renkte gösterilmiştir.

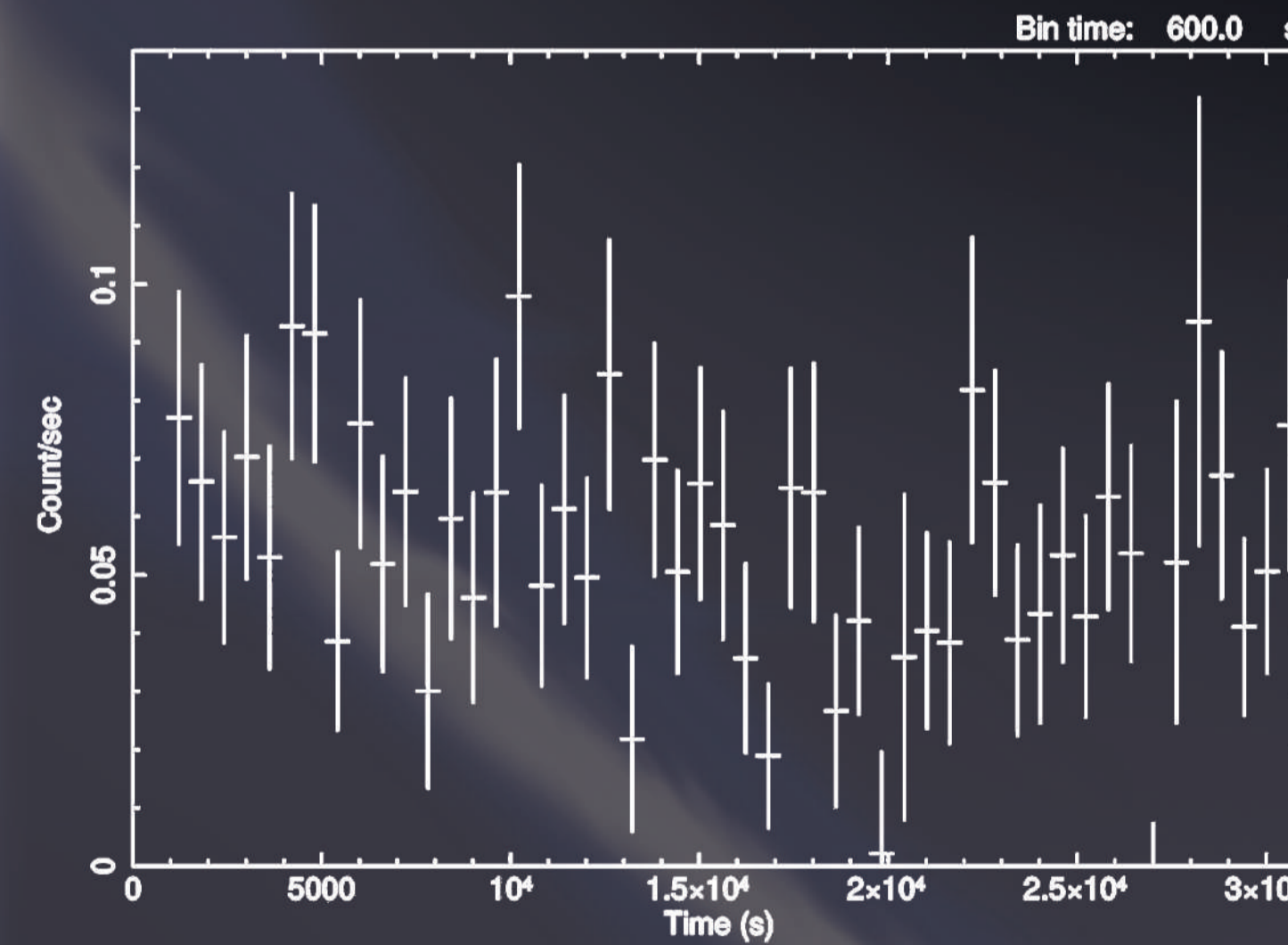
XMMU J045736.9-692727



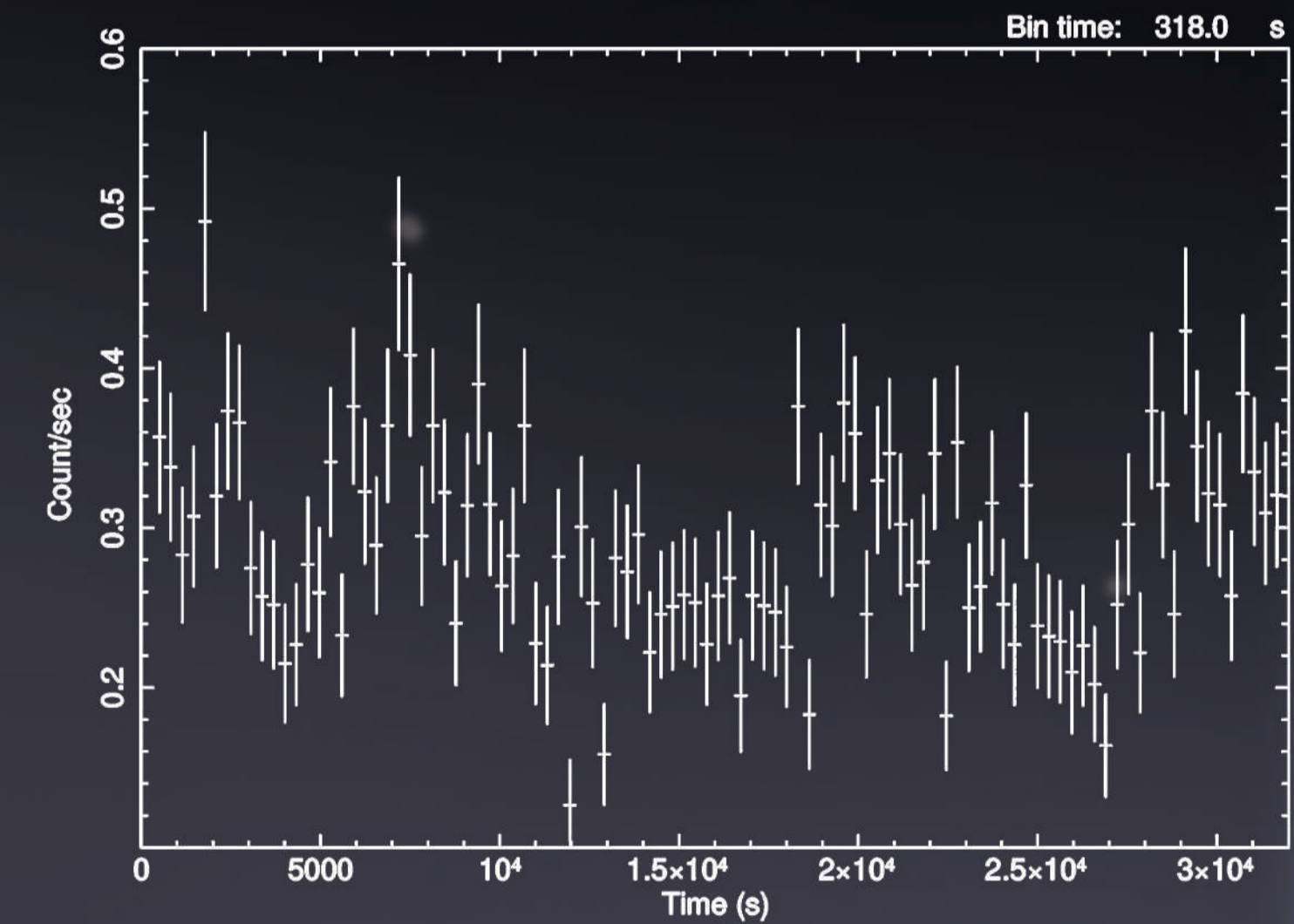
Şekil 2: XMM-Newton gözlemlerinden J0457'nin EPIC tayfları ve en uygun powerlaw modeli. EPIC pn, MOS1 ve MOS2 verileri ve en uygun model, gözlem kimliği 0804550101 için sırasıyla siyah, kırmızı ve yeşil renkte gösterilmiştir.

Kaynak Adı	Gözlem Kimliği	Model	Foton İndeksi	N_H^{Gal} (10^{21} cm^{-2})	N_H^{LMC} (10^{21} cm^{-2})	χ_r^2	Serbestlik derecesi	F_{obs} ($\text{erg cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	L (erg s^{-1})
J0453	0804550201	PL	$1.27^{+0.22}_{-0.22}$	0.85	$3.1^{+1.83}_{-1.83}$	0.88	16	1.54×10^{-13}	4.6×10^{34}
J0457	0804550101	PL	$0.68^{+0.03}_{-0.03}$	0.85	$0.05^{+0.02}_{-0.02}$	0.99	287	1.76×10^{-12}	5.47×10^{35}

Tablo 2: J0453 ve J0457 için güç yasasına uygun salmalara sahip bir model kullanılarak çıkarılan en uygun parametreler. Akılar 0,2-10,0 keV bandı için elde edilmiştir. Kaynak ışınımı (0,2-10,0 keV), 50 kpc'lik bir mesafe varsayılarak düzeltilmiştir (Pietrzyński ve ark. 2013). Galaktik Hidrojen kolon yoğunluğu Dickey & Lockman'dan (1990) alınmıştır. Akı ve parlaklıklar farklı EPIC cihazlarından alınan değerlerin ortalaması olarak alınır.



Şekil 3: 600 saniyelik zaman aralıklarıyla 0,2-12 keV enerji bandında J0453'ün arka plandan çıkarılmış X-ışını ışık eğrisi. Işık eğrisi EPIC-pn ve MOS2 verilerini birleştirilmesiyle elde edilmiştir.



Şekil 4: 318 saniyelik zaman aralıklarıyla 0,2-12 keV enerji bandında J0457'nin arka plandan çıkarılmış X-ışını ışık eğrisi. Işık eğrisi EPIC-pn, MOS1 ve MOS2 verilerini birleştirilmesiyle elde edilmiştir.

KAYNAKÇA

Haberl, F., Maitra, C., Vasilopoulos, G., Maggi, P., Udalski, A., Monageng, I. M., & Buckley, D. A. H. (2022). *Three new high-mass X-ray binaries in the Large Magellanic Cloud*. *Astronomy & Astrophysics*, 662, A22.

Seward, F. D., & Charles, P. A. (2010). *Exploring the X-ray Universe*. Cambridge University Press.

Tan, C. (2021, September). *High-mass x-ray binary: Classification, formation, and evolution*. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 2012, No. 1, p. 012119). IOP Publishing.

Wilms, J., Allen, A., & McCray, R. (2000). *On the absorption of X-rays in the interstellar medium*. *The Astrophysical Journal*, 542(2), 914.

Pietrzyński, G., Graczyk, D., Gieren, W., Thompson, I. B., Pilecki, B., Udalski, A., ... & Karczmarek, P. (2013). *An eclipsing-binary distance to the Large Magellanic Cloud accurate to two per cent*. *Nature*, 495(7439), 76-79.

Dickey, J. M., & Lockman, F. J. (1990). *HI in the Galaxy*. In: *Annual review of astronomy and astrophysics*. Vol. 28 (A91-28201 10-90). Palo Alto, CA, Annual Reviews, Inc., 1990, p. 215-261, 28, 215-261.

¹<https://www.cosmos.esa.int/web/xmm-newton/sas>

²<https://sites.google.com/cfa.harvard.edu/saoinmageds9>

³<https://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/software/heasoft/>