

GALAKTİK SÜPERNOVA KALINTISI KES 27’NİN SUZAKU X-IŞINI UYDUSU İLE “MIXED-MORFOLOJİ” ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Aytap SEZER¹ ve Fatma GÖK²

¹TÜBİTAK UZAY Teknolojileri Araştırma Enstitüsü, 06531, Ankara
(eposta: aytap.sezer@boun.edu.tr)

² Akdeniz Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, 07058, Antalya
(eposta: gok@akdeniz.edu.tr)

Özet: Bu çalışmada, Suzaku X-ışını uydu verileri kullanılarak Kes 27’nin görüntü ve tayf analizi yapılmıştır. Kes 27, X-ışını Spektrometresi ile Şubat 2012’de uzun poz süresinde (~109 ks) gözlenmiştir. Bu gözlem verisi kullanılarak elde edilen tayf en iyi uyumu non-equilibrium ionization (VNEI) modeli ile göstermiştir. Bu model plazmanın elektron sıcaklığını $kT_e \sim 1.2$ keV ve iyonlaşma zamanını $n_e t \sim 1.2 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3} \text{ s}$ olarak vermiştir. 0.3–10 keV enerji aralığında elde edilen bu tayfta Si, S ve Fe elementlerinin bolluk değerleri Güneş değerlerinden büyük çıkmıştır. Plazmada “ejecta” etkisinin varlığını gösteren bu durum, mixed-morfoloji sınıfına ait süpernova kalıntıları için ilginç bir sonuçtur. Kalıntının radyal sıcaklık ve yüzey parlaklığı değişimine bakılarak mixed-morfoloji özellikleri incelenmiş, elde edilen sonuçlar teorik modellerle karşılaştırılmıştır.

1. Giriş

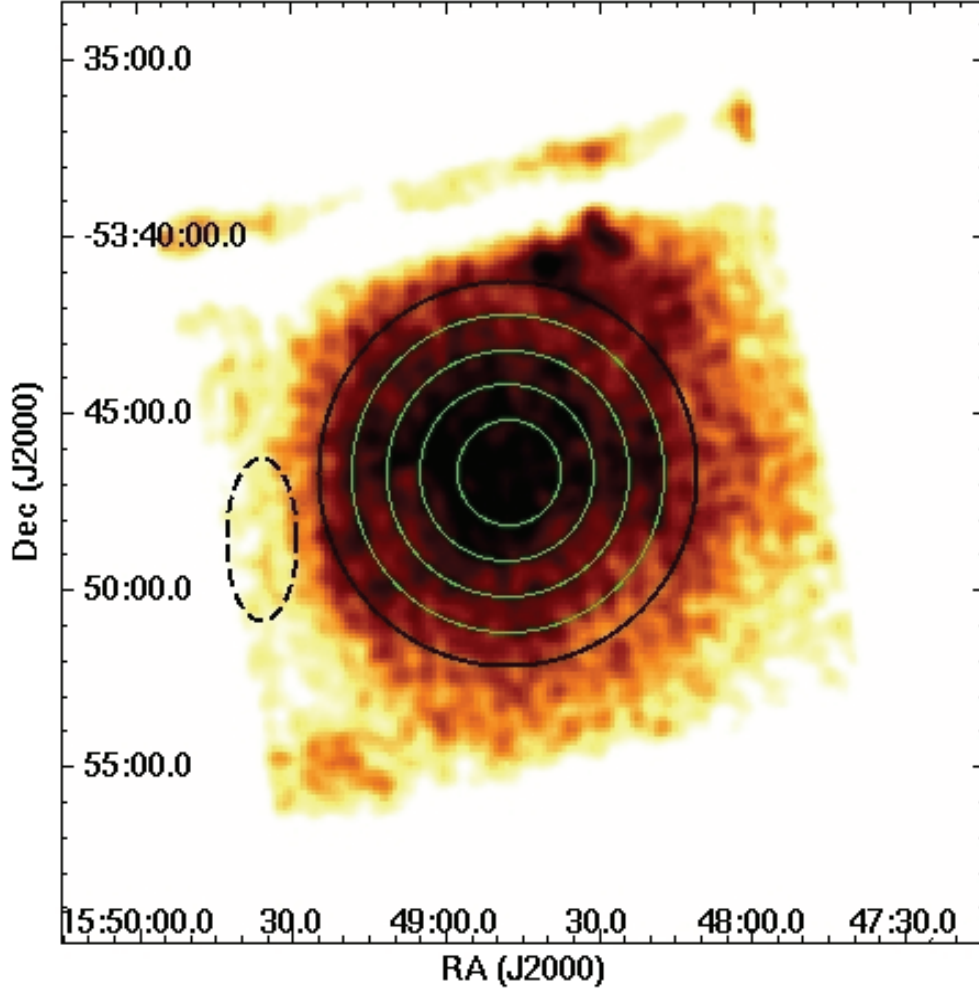
Kes 27 (G327.4+0.4) kalıntısı Caswell vd (1975) tarafından radyo bölgesinde keşfedilmiştir. S (shell, kabuk) tiplidir ve 21x21 açı dakikalık bir büyüklüğe sahiptir. Chandra X-ışını gözlemleri ile bu kalıntının tayfında Mg, Si, S, Ar ve Ca çizgileri tespit edilmiştir (Chen vd 2008). Bu çalışmada Suzaku X-ışını verileri kullanılarak kalıntının mixed-morfoloji (MM; radyo ışınması kabuktan, X-ışını ise kabuğun çevrelediği iç bölgeden gelir) özellikleri incelenmiştir. Son yıllarda ilgi çeken bir konu olan MM kalıntılarının genel özellikleri Rho & Petre (1998) tarafından verilmiştir; 1.) Radyal sıcaklık dağılımları genellikle düzdür, 2.) Çok yoğun bir ortamda bulunurlar, genellikle moleküler bulutsularla etkileşirler, 3.) Kalıntılardan gelen X-ışınması ısısal kökenlidir. Bilinen 26 MM kalıntısı Lazendic & Slane (2006) tarafından bir araya getirilmiş ve genel özellikleri incelenmiştir.

2. Gözlem ve Analiz

Kes 27, Suzaku uydusu (Mitsuda vd 2007) tarafından X-ışını spektrometresi ile (X-ray Imaging Spectrometer XIS: Koyama vd (2007)) Şubat 2012’de ~109 ks boyunca gözlenmiştir (Gözlem no:506063010). Bu gözlemlerde XIS’e ait XIS0, XIS1 ve XIS3 alıcılıkları kullanılmıştır. XIS1 arka aydınlatmalı, diğer ikisi ise ön aydınlatmalı alıcılardır. Veri analizinde HEADAS (version 6.5) ve XSPEC (version 11.3.2) (Arnaud 1996) yazılımları kullanılmıştır.

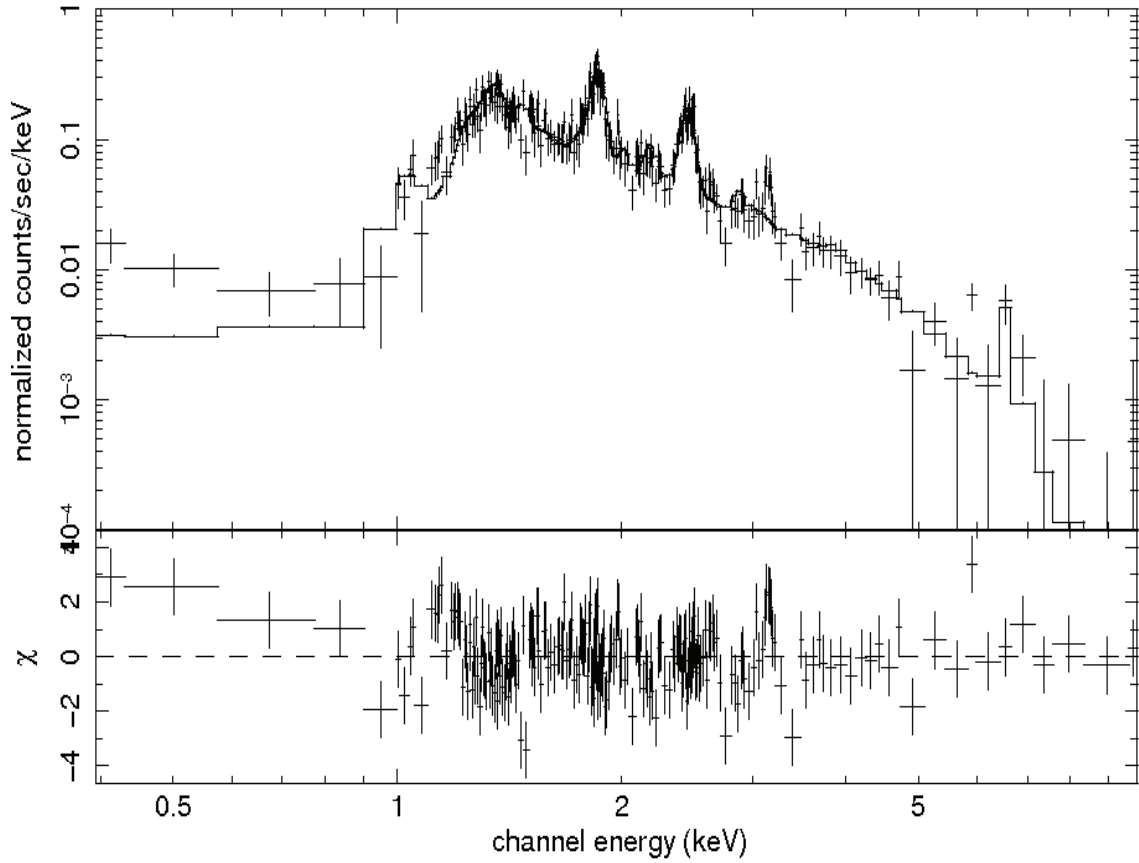
3. Görüntü ve Tayf analizi

Şekil 1’de Kes 27’nin 0.3–10 keV enerji aralığındaki XIS0 görüntüsü verilmektedir. Bu görüntü üzerinde siyah çember ile gösterilen bölge tayf analizi için seçilmiştir (RA(2000) = $15^{\text{h}}48^{\text{m}}48^{\text{s}}$, Dec.(2000)= $-53^{\circ}46'44''$ ve yarıçap=5.5 açı dakikası).



Şekil-1. Kes 27’nin 0.3–10 keV enerji aralığındaki XIS0 görüntüsü. Siyah çember ile gösterilen bölge tayf analizi için seçilen bölgeyi temsil etmektedir. İçteki yeşil çemberler ise radyal analiz için seçilen bölgelerdir. Kesikli elips ise aralan için seçilen bölgeyi göstermektedir.

Veriler 50 sayım/bin olarak gruplandırılmış ve χ^2 istatistiği kullanılmıştır. Bu veriler ile en iyi uyumu wabs*VNEI modeli sağlamıştır ($\chi^2/\text{d.o.f.}=459.9/435=1.06$). Model uygulanırken N_{H} , kT_e ve Si, S ve Fe bolluk değerleri serbest bırakılmış, diğer elementlerin bolluk değerleri ise Güneş değerlerine sabitlenmiştir (Anders & Grevesse 1989). Wabs*VNEI modeli uygulanarak elde edilen XIS0 tayfı (0.3–10 keV enerji aralığında) Şekil 2’de, elde edilen parametreler ise Tablo 1’de verilmiştir.

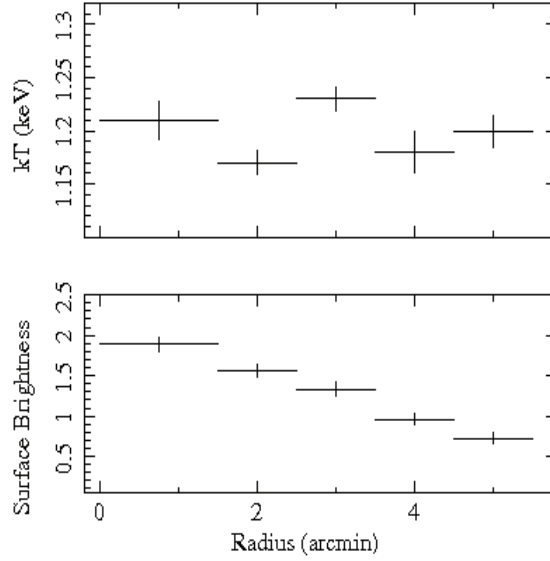


Şekil-2. Kes 27'nin wabs*VNEI modeli uygulanarak elde edilen 0.3–10 keV enerji aralığındaki XIS0 tayfı

Tablo 1. Kes 27'nin XIS0 tayfindan elde edilen parametreler ve hata değerleri

Model	Parametreler	Değerler
wabs VNEI	N_H (cm ⁻²)	$(2.7 \pm 0.1) \times 10^{22}$
	kT_e (keV)	1.2 ± 0.1
	Si (Güneş)	1.5 ± 0.2
	S (Güneş)	1.8 ± 0.2
	Fe (Güneş)	3.1 ± 0.7
	n_{et} (cm ⁻³ s)	$(1.2 \pm 0.1) \times 10^{11}$
	norm	1.6 ± 0.1
	$\chi^2/d.o.f$	$459.9/435=1.06$

Ayrıca kalıntının radyal sıcaklık ve yüzey parlaklık dağılımları incelenmiştir. Bu amaçla merkezden 0-1.5, 1.5-2.5, 2.5-3.5, 3.5-4.5 ve 4.5-5.5 açı dakikası büyüklüğünde çemberler (bkz. Şekil 1) seçilerek tayf analizleri yapılmıştır. Elde edilen dağılımlar Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil-3. Kes 27'nin radyal sıcaklık ve yüzey parlaklık ($\times 10^{-12}$ erg s $^{-1}$ cm $^{-2}$ arcmin $^{-2}$ biriminde ve 0.3–10 keV enerji aralığında) dağılımları.

4. Tartışma ve Sonuç

Kes 27'nin tayfında Si, S ve Fe çizgileri açıkça görülmektedir ve bu elementlerin bolluk değerleri Güneş değerlerinin üzerinde çıkmıştır. Bu durum kalıntıda ejecta'nın varlığına işaret eder. Bu kalıntının OH (1720 MHz) maser kaynakları ile etkileşimde olduğu bilinmektedir (Green vd 1997). Bulduğumuz büyük $N_H \sim 2.7 \times 10^{22}$ cm $^{-2}$ değeri de kalıntının yoğun bir ortamda genişlediğine diğer bir işarettir, bu durum MM kalıntılarının genel özelliklerine uymaktadır. İyonlaşma zamanı, $\sim 1.2 \times 10^{11}$ cm $^{-3}$ s, kalıntıda iyonlaşmanın devam ettiğini ve henüz iyonlaşma denge durumuna ($n_e t \geq 10^{12}$ cm $^{-3}$ s) gelmediğini gösterir. MM sınıfına ait kalıntılar için 2 temel model vardır (cloud evaporation; White & Long (1991) ve thermal conduction; Cox vd (1999)). Elde edilen radyal sıcaklık dağılımının yaklaşık sabit olması her iki modelin öngördüğü sonuçlarla uyumlu iken yüzey parlaklığının merkezde yüksek, dışa doğru azalıyor olması ise “cloud evaporation” modeli ile uyumludur.

5. Kaynaklar

- Anders, E., Grevesse, N., 1989, *Geochimica Cosmochimica Acta*, 53, 197
 Arnaud, K. A., 1996, in Jacoby G., Barnes J., eds, ASP Conf. Ser. Vol.101, *Astronomical Data Analysis Software and Systems V*. Astron.Soc. Pac., San Francisco, p. 17
 Caswell, J.L., Clark, D.H., Crawford, D.F., 1975, *Aust. J. Phys., Astrophys. Suppl.*, No. 37, 39
 Chen, Y., Seward, F. D., Sun, M., Li, J., 2008, *ApJ*, 676, 1040
 Cox, D. P., Shelton, R. L., Maciejewski, W., Smith, R. K., Plewa, T., Pawl, A., Royyczka, M., 1999, *ApJ*, 524, 179
 Green, A.J., Frail, D.A., Goss, W.M., Otrupcek, R., 1997, *AJ*, 114, 2058.
 Koyama, K. et al., 2007, *PASJ*, 59, 23
 Lazendic, J. S., Slane, P. O., 2006, *ApJ*, 647, 350
 Mitsuda, K. et al., 2007, *PASJ*, 59, 1
 Rho, J., Petre, R., 1998, *ApJ*, 503, L167
 White, R. L., Long, K. S., 1991, *ApJ*, 373, 543