

RADYO & X-IŞIN GAZI ETKİLEŞİMLERİ

Hüdaverdi¹, E. N. Ercan¹, M. Bozkurt¹, A. Furuzawa²

1- Boğaziçi Üniversitesi, Fizik Bölümü, 34342, İstanbul

Email: murat.hudaverdi@boun.edu.tr

2- EcoTopia Science Institute, Furu-cho, Chikusa, 464-8602, Japonya

ÖZET

Geniş-açı kuyruklu (GAK) radyo jetleri galaksi kümelerinin merkezlerinde gözlenir (örneğin A2626, A1446, A2052, A262). Bunun nedeni, jetlerin yüksek sürtünmeli plazma ortamında kıvrılarak yön değiştirmesidir. GAK radyo kaynakları dışında, geniş ölçek (~1Mpc) halo ve dış bölgelerde görülen kalıntılar diğer radyo ışıması türleridir. Radyo ve X-ışın plazmanın etkileşimleri henüz netlik kazanmamıştır. Radyo jetlerin küme içi gazı ısıttığı durumlar görüldüğü gibi (A194), jetlerin soğuk bölgelerde ilerlemeyi tercih ettiği kümeler de görülmüştür (A2634). Bu çalışmamızda, yapılan gözlemler ve literatür sonuçlarına göre radyo ve x-ışın olası etkileşimleri tartışıldı.

Anahtar Kelimeler: x-ışın, radyo; galaksiler, galaksi kümeleri; A194, A2634

ABSTRACT

Cluster centers are high-density plasma environments and thus radio jets proceeds by changing their trajectory. Wide-angle tail (WAT) radio jets are seen in cluster centers (A2626, A1446, A2052, A262 etc). Halo and relic are extend emissions (~1Mpc), the former is from center while the latter is from outskirts. Radio and X-ray gas interactions are still debating. There are cases that ICM seems like heated by radio jets (A194), and there are also cases that radio jets rather to locate in cooler regions of ICM (as in A2634). We present our analysis results for both cases and discuss the possible solutions and interactions of radio and xray emitting ICM.

Key Words: X-ray, radio; galaxies, clusters of galaxies; A194, A2634

1.Giriş

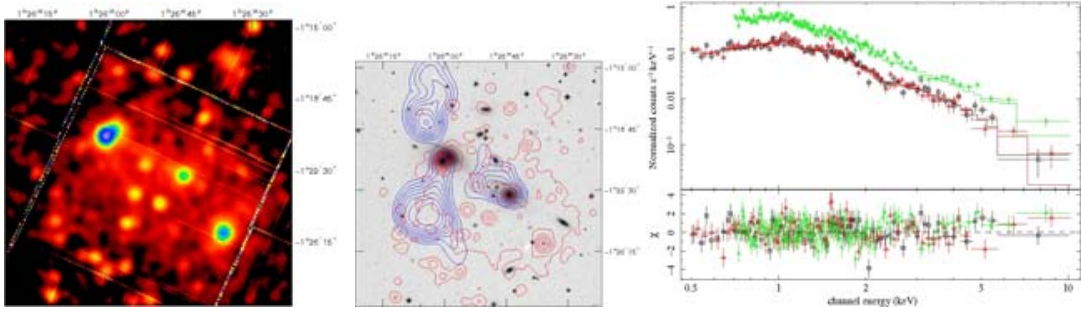
Küme içi gazı (ICM) gözlemlediğimiz yüksek

sıcaklıklara ulaşması küçük galaksi gruplarının, ana kümeye düşmeleri neticesinde olur. ICM sıcaklıkları ve yoğunluk dalgalanmaları x-ışın verileri ile çalışılır. Uyduların görüntü çözünürlük sınırlamaları nedeniyle sadece yakın uzaya ait kümelerin detaylı çalışmaları yapılabiliyordu.

Radyo frekansında yapılan çalışmalar bazı kümelerin geniş alana yaygın ($\sim 1\text{Mpc}$), merkezi ışımlar yaptıklarını göstermiştir. Ancak bu türden radyo haloları oldukça nadirdir. Bu ışıma ultrarelativistik parçacıkların kümenin manyetik alanında syncrotron ışıma yapımlarıyla oluşur. Bu elektronların ışıma ömürleri kısa ($\sim 10^8$ yr) olur (Sarazin 1999). Bu kısa zamanda halo gözlediğimiz geniş alana yayılmaları düşündürücüdür. Bu nedenle radyo ışıması yapan elektronların yayılımla genişledikleri değil, çarpışma şokları gibi yüksek enerjili dalgalarla aniden relativistik hızlara çıktıkları öngörülür. Bu hem x-ışın gazın yüksek sıcaklıklarını, hem de geniş alan radyo ışımlarını izah edebildiği için, tercih edilen bir çözümdür. Galaksi kümeleri üzerine radyo ışımları ve x-ışın morfoloji ilişkileri çalışmaları yapılmıştır (Buote 2001). Bunun yanında halosu olmayan düzensiz morfolojiye sahip kümeler de görülmüştür. Biz de bunu test etmenin bir yolu olarak, radyo jet ışımalı yakın uzay bölgesinden iki galaksi kümesi seçtik; A194 ($z=0.018$), A2634 ($z=0.0314$).

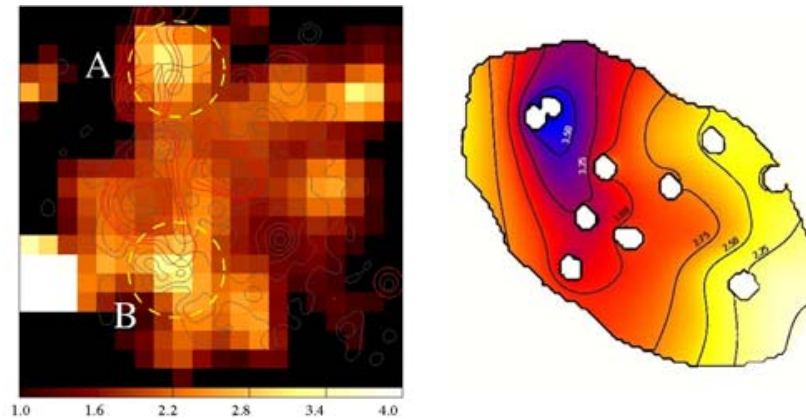
2. Abell 194

A194 oldukça sönük ($L_X \sim 10^{42}$ erg/s) bir x-ışın plazmaya sahiptir. Yaklaşık 73 Mpc mesafede yeralır. Şekil-1a'da MOS kamera x-ışın görüntüsünde kümenin sönüklüğü açıkça görülmektedir. A194 ayrıca geniş alan radyo ışıması ile de bilinir (Şekil-1b). Orta $r < 5$ açılı dak bölgesinin x-ışın tayfı alanın 2.7 keV sıcaklıkta olduğunu gösterdi (Şekil-1c). Tayfda yeşil veriler PN, siyah MOS1 ve kırmızılar MOS2 detektörlerine aittir ve simultane fit yapılmıştır. Bölgedeki x-ışın kaynakları Hüdaverdi ve diğ. (2006) tarafından detaylı şekilde çalışılmıştır.



Şekil-1. (a) X-ışın MOS (b) optik üzerine, x-ışın ve radyo kontürleri (c) merkezin x-ışın tayfı

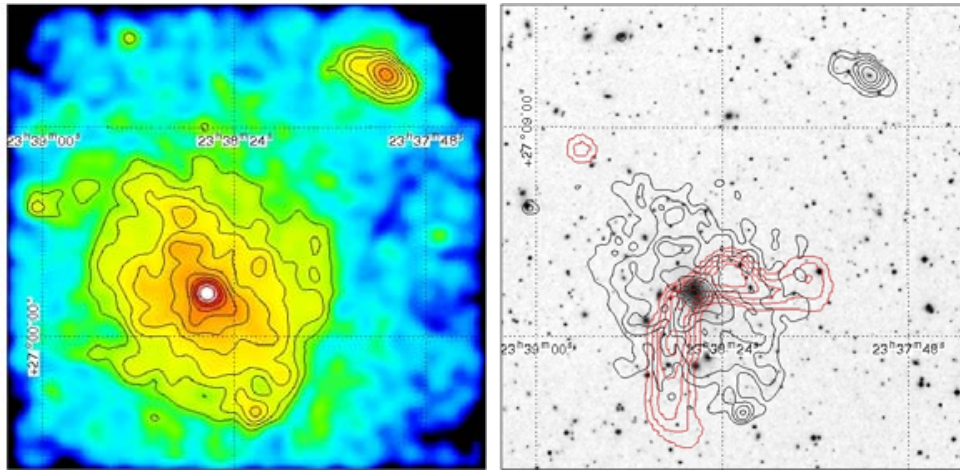
A194 x-ışın gazının 2 farklı yöntemle sıcaklık haritalarını oluşturduk. Bunlar i-yüksek ve düşük x-ışın görüntülerinin oranlanması ve ii- her bir piksel için tayf modellemesi yaptığımız wavelet analizi. Her iki methodla oluşturulan haritalar Şekil-2’de görülmektedir. Sıcaklığın ana dağılımı radyo jetleriyle aynı doğrultuda, kuzey-güney yönündedir. Şekil-2a’da sarı halkalar en sıcak 2 bölgeyi göstermektedir. Bu bölgeler 3.5 keV civarında sıcaklığa sahiptir ve hata aralıkları hesaba katıldığında bile ortalamanın (2.7 keV) üzerindedir. Kırmızı kontür çizgisinden takip edileceği üzere, bu bölgeler radyo-jetlerin tam kafa bölgelerine denk gelmektedir. Şayet bu görüş doğrultusunda oluşan şansa bir denk geliş değilse, radyo-jetlerin x-ışın gazını sıkıştırıp şoklayarak ısıttığını göstermektedir. Bu durum muhtemelen şok ısınımı bölgelerde radyo halo ışıması üreten relativistic hızdaki elektronların ivmelenmesinden kaynaklanmaktadır.



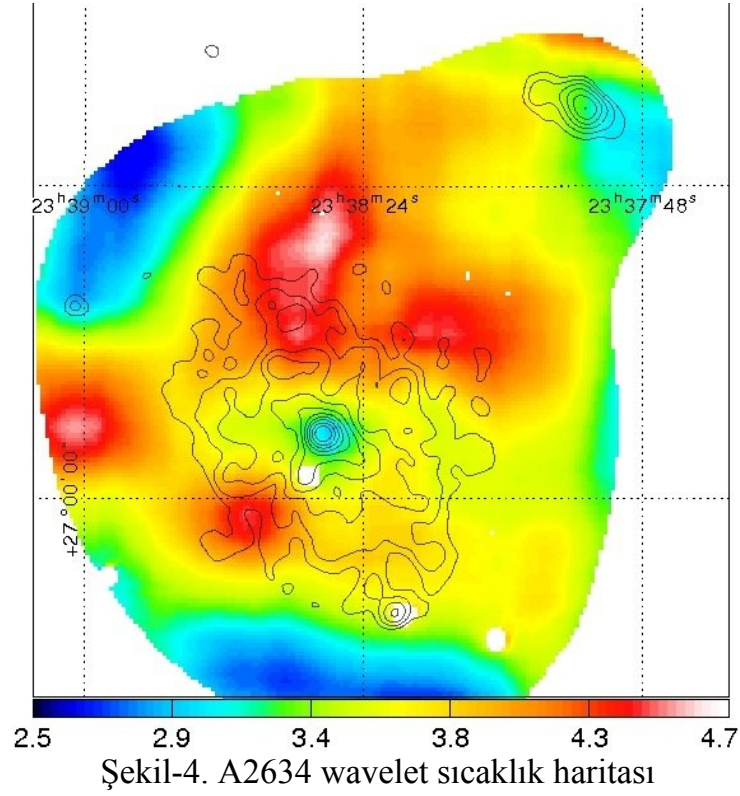
Şekil-2. A194 sıcaklık haritaları (a) sertlik oranı (b) wavelet analizi

2. Abell 2634

A2634 geniş açı kuyruklu (GAK) radyo ışınlı orta parlaklıkta ($L_X \sim 10^{43}$ erg/s) bir galaksi kümesidir. Yakın uzay kümelerindendir ve 127 Mpc mesafede yer alır. Şekil-3 MOS kamerası mozaik görüntüsü ve bu x-ışın eş-sayım kontürlerinin R-band DSS optik görüntüsü üzerine izdüşümünü göstermektedir. Yine aynı şekilde radyo ışınlı kırmızı eş-sayım çizgileriyle gösterilmektedir. Güney ve doğu yönlerine doğru oluşan radyo-jetler dikkat çekicidir. Şekil-4 wavelet sıcaklık haritası görülmektedir. Sıcaklık dağılımı ile parlaklık kontürleri arasında direk bir ilişki görülmemektedir. Kuzey ve güney bölgelerde sıcak alanlar görülmektedir. Ayrıca radyo-jetlerin sıcak bölgelerin tersi istikamette ilerlemesi A194'ün aksine bir durumdur. A2634 radyo-jetlerinin plazma içerisinde daha az yoğun, şoklanmamış bölgelerde ilerlemeyi tercih etmektedir. A194'e göre jetlerin daha zayıf olduğu düşünülmektedir.



Şekil-3. A2634 MOS x-ışın görüntüsü. R-Band optik üzerine radyo ve x-ışın izdüşümü.



Şekil-4. A2634 wavelet sıcaklık haritası

Kaynaklar

Boute N.A, 2001 ApJ, 553, L15

Hüdaverdi M. ve diğ. PASJ, 58, s. 931-943

Sarazin C.L., 1999, ApJ, 520, 529

Bu çalışma 106T310 nolu TÜBİTAK projesi tarafından desteklenmiştir.