

# A2384 Galaksi Kümesinin ve Galaksi Kümeleri Arasındaki Köprünün

## Spektral Araştırması

Elif Naz Toktaş<sup>1</sup>, Stefano Ettori<sup>2</sup>, E.Nihal Ercan<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Fizik Bölümü, Boğaziçi Üniversitesi

<sup>2</sup> INAF, Osservatorio di Astrofisica e Scienza dello Spazio

23. Ulusal Astronomi Kongresi, İstanbul Üniversitesi, 2-6 Eylül 2024



UAK  
2024



INAF  
ISTITUTO NAZIONALE  
DI ASTROFISICA

OAS  
BOLOGNA

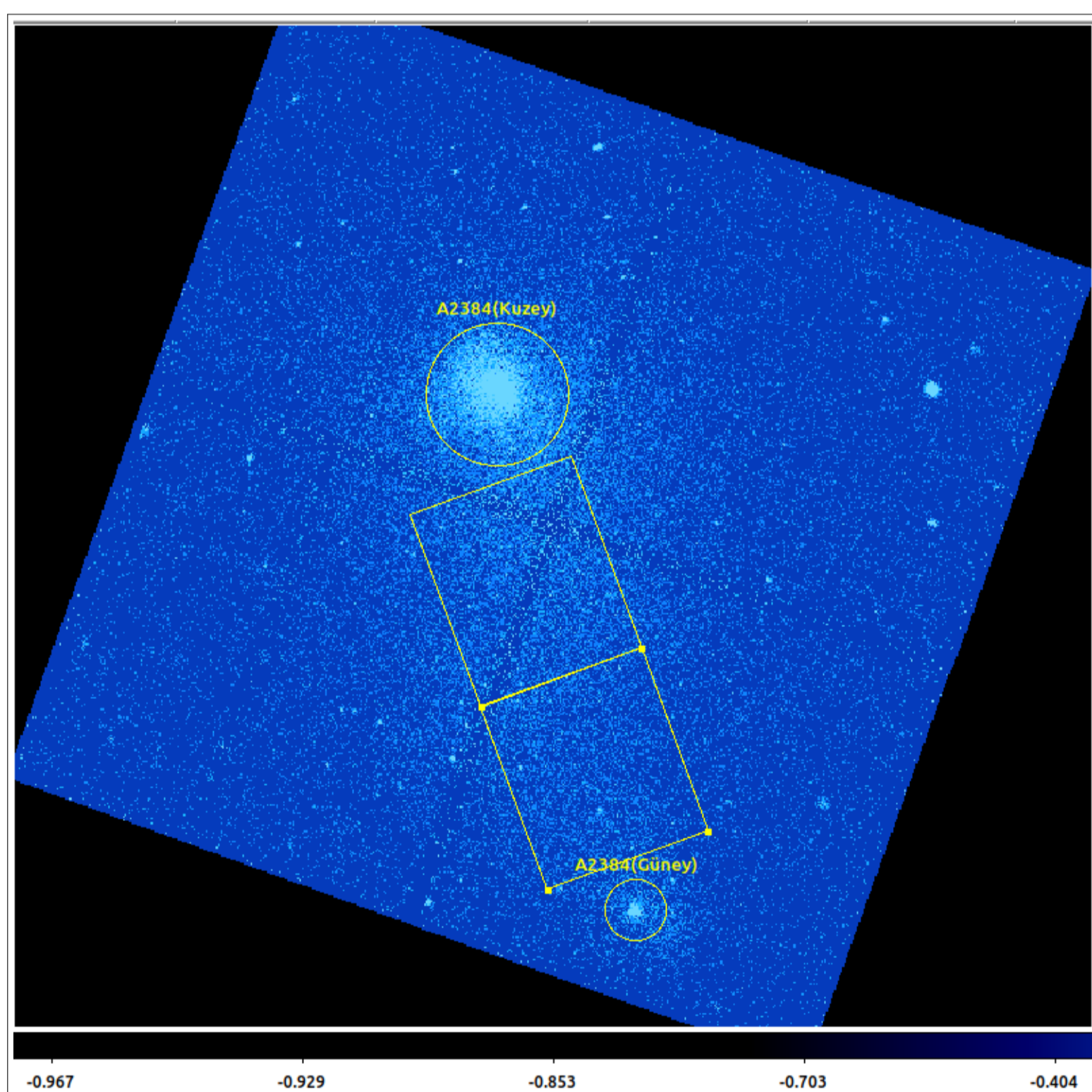
### Özet

Bu çalışmada, birleşme sonrası galaksi kümesi olarak bilinen Abell 2384 ( $z = 0.0943$ ) incelenmektedir. A2384(S) ve A2384(N) kümeleri ve bu kümeler arasında uzanan köprünün XMM-Newton/EPIC ve Chandra/ACIS-I gözlemleri analiz edilmiş olup sıcaklık ve metalik profillerinin analizi sunulmaktadır.

### Giriş

Kütleçekimsel olarak birbirine bağlı evrendeki en büyük sistemler galaksi kümeleridir. Galaksi kümeleri, sıcak, X-ışını yayan ve Küme İçi Ortam "Intracluster Medium" adı verilen bir gazın içinde bulunur. Bu gaz, süpernova patlamaları sayesinde yıldızlarda üretilen metaller ile zenginleşmiştir. Küme içi ortamdan (ICM) gelen X-ışını emisyonu, gözlemlenen sistemin sıcaklık ve metalik profilleri hakkında bilgi sağlamaktadır.

### Seçilen Bölgelerin Görüntüsü

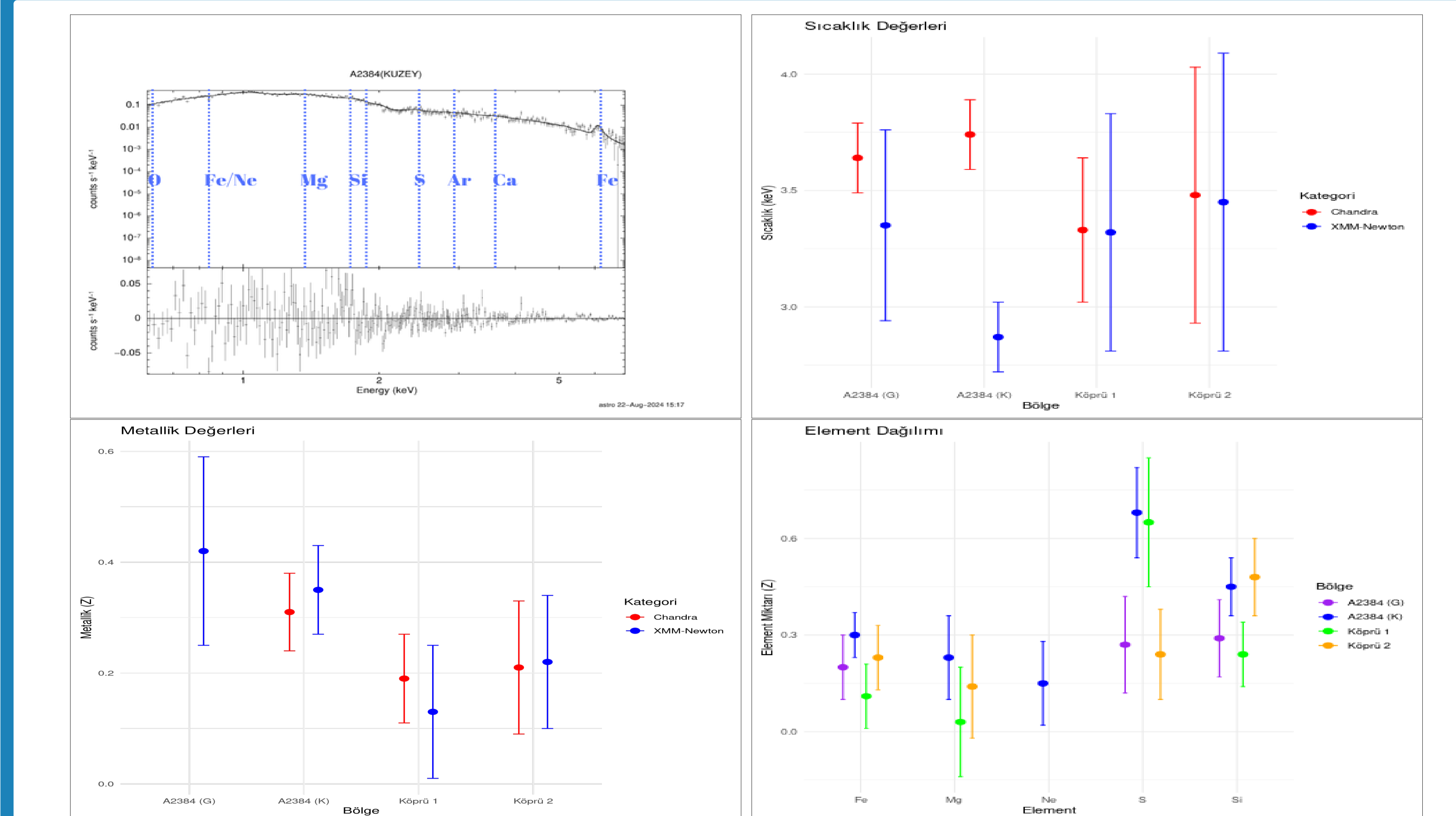


Şekil 1:A2384 Galaksi kümesinin tayfsal analizi için seçilen Bölgelerin (sırasıyla A2384(K), Köprü 1, Köprü 2, A2384(G)) Chandra tarafından oluşturulan DS9 görüntüsü gösterilmektedir.

Simbad ve NED veritabanlarına göre kırmızıya kayma değeri  $z = 0,0943$  olan A2384, Maurogordato ve ark.(2011) tarafından Abell zenginlik sınıfı 1 ve BM tipi II-III olarak sınıflandırılmıştır.

Çalışmamızda A2384 kümesinin kuzey ve güney bölgelerinin merkez bölgelerine ve bu iki yaka arasında kalan köprüye odaklanıyoruz. XMM-Newton ve Chandra'nın arşivlenmiş verilerini kullanarak gerçekleştirdiğimiz bu çalışmada, verilerin indirgenmesi sonrası Abell 2384'ün spektrumları belirtilen bölgelerdeki emisyonlar incelenerek kümenin termal özellikleri de incelenmiştir.

### Seçilen Bölgelerin Emisyon Grafikleri



Şekil 2:A2384'ün Kuzey bölgesine ait tayfsal model ve elementler sol üst panelde etiketlenmiştir. Kümenin şekil 1'de belirtilen bölgelere ait modellerinin sırasıyla Sıcaklık, Metalik ve Element Dağılımı, sağ üst, sol alt ve sağ alt panelde gösterilmiştir.

### XMM-Newton Veri Sonuçları

| Bölge     | Sıcaklık (keV)         | Metallik               | $\chi^2$ (d.o.f.) |
|-----------|------------------------|------------------------|-------------------|
| A2384 (K) | $2.87^{+0.15}_{-0.14}$ | $0.35^{+0.08}_{-0.07}$ | 2228 (2599)       |
| Köprü 1   | $3.32^{+0.25}_{-0.23}$ | $0.11^{+0.08}_{-0.08}$ | 2091 (2610)       |
| Köprü 2   | $4.35^{+0.74}_{-0.60}$ | $0.22^{+0.12}_{-0.12}$ | 2742 (2601)       |
| A2384 (G) | $1.67^{+0.12}_{-0.11}$ | $0.18^{+0.17}_{-0.10}$ | 31601 (2769)      |

Tablo 1:En iyi tayfsal model üzerinden elde edilen sonuçlar yukarıda gösterilmektedir.

|    | A2384 (K)              | Köprü 1                | Köprü 2                | A2384(G)               |
|----|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Fe | $0.30^{+0.10}_{-0.12}$ | $0.15^{+0.15}_{-0.13}$ | $0.23^{+0.15}_{-0.13}$ | $0.20^{+0.25}_{-0.10}$ |
| Ne | $0.63^{+0.54}_{-0.63}$ | $0.14^{+1.3}_{-0.14}$  | -                      | -                      |
| Mg | $0.17^{+0.36}_{-0.17}$ | $0.78^{+0.76}_{-0.62}$ | $0.34^{+0.59}_{-0.34}$ | -                      |
| Si | $0.31^{+0.40}_{-0.31}$ | $0.51^{+0.57}_{-0.51}$ | -                      | $0.31^{+0.29}_{-0.25}$ |
| S  | $0.68^{+0.61}_{-0.59}$ | -                      | $0.65^{+0.51}_{-0.46}$ | $0.24^{+0.47}_{-0.24}$ |

Tablo 2:En iyi tayfsal model üzerinden elde edilen sonuçlar yukarıda gösterilmektedir.

### Chandra Verisi Sonuçları

| Bölge     | Sıcaklık (keV)         | Metallik               | $\chi^2$ (d.o.f.) |
|-----------|------------------------|------------------------|-------------------|
| A2384 (K) | $3.74^{+0.15}_{-0.14}$ | $0.31^{+0.07}_{-0.06}$ | 549 (368)         |
| Köprü 1   | $4.64^{+0.38}_{-0.34}$ | $0.27^{+0.13}_{-0.11}$ | 428 (437)         |
| Köprü 2   | $4.28^{+0.55}_{-0.51}$ | $0.19^{+0.18}_{-0.15}$ | 559 (437)         |
| A2384 (G) | $1.67^{+0.27}_{-0.21}$ | $0.26^{+0.19}_{-0.12}$ | 1364 (403)        |

Tablo 3:En iyi tayfsal model üzerinden elde edilen sonuçlar yukarıda gösterilmektedir.

|    | A2384 (K)              | Köprü 1                | Köprü 2                | A2384(G)               |
|----|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Fe | $0.23^{+0.05}_{-0.06}$ | $0.21^{+0.11}_{-0.09}$ | $0.15^{+0.16}_{-0.11}$ | -                      |
| Ne | $0.76^{+0.76}_{-0.68}$ | $0.16^{+1.3}_{-0.16}$  | $0.33^{+1.8}_{-0.33}$  | -                      |
| Mg | $0.53^{+0.57}_{-0.51}$ | $0.25^{+0.92}_{-0.25}$ | $0.38^{+1.2}_{-0.38}$  | -                      |
| Si | -                      | -                      | -                      | $0.26^{+0.33}_{-0.24}$ |
| S  | $0.40^{+0.41}_{-0.39}$ | $0.16^{+0.80}_{-0.16}$ | -                      | $0.77^{+0.70}_{-0.52}$ |

Tablo 4:En iyi tayfsal model üzerinden elde edilen sonuçlar yukarıda gösterilmektedir.

### Yöntem

Chandra veri işleme CIAO v4.16 yazılımı ve kalibrasyon dosyaları CALDB v4.11.2 ile analiz edildi. Veri indirgenmesi *chandra\_repro* komut dosyası kullanılarak gerçekleştirildi. XMM-Newton EPIC verileri Science Analysis System (SAS) v21.0 yazılımı ile analiz edildi. Noktasal kaynaklar, CIAO'da bulunan wavdetect paketi ile XMM-Newton verilerinden çıkarılmıştır. İşlenen veriler, phabs, apec ve vpec modelleri kullanılarak modellenmiştir.

### Gözlemler

Abell 2384 galaksi kümesinin tayfsal analizinde XMM-Newton ve Chandra uyduları için Tablo 5'te gösterilen gözlem verileri kullanılmış olup 0.5-10 keV enerji bandındaki tayfsal analiz incelemesi yapılmıştır.

| Gözlemler  | ID         | RA             | DEC             |
|------------|------------|----------------|-----------------|
| Chandra    | 4202       | 21h 52m 21.00s | -19h 32m 52.00s |
| XMM-Newton | 0201902701 | 21h 52m 14.23s | 21h 52m 14.23s  |

Tablo 5:A2384 Galaksi kümesinin Chandra ve XMM-Newton Uydularından alınan gözlem verilerine ait bilgiler.

### Sonuçlar

Yapılan modellemeler, köprü 1 ve köprü 2 bölgelerinin, A2384(K) ve A2384(G) bölgelerine kıyasla daha sıcak, daha aktif ve metal açısından daha zengin olduğunu göstermektedir. Chandra ve XMM-Newton gözlemleriyle elde edilen verilere dayanan modellemeler, A2384(G) bölgesine yaklaştıkça metal bolluğunun arttığını, ancak bu artışın alt bölgelerde azalmaya başladığını ortaya koymaktadır. Bu durum, Parekh ve diğerlerinin çalışmalarında da belirtilen radyo kaynağının daha ayrıntılı bir şekilde incelenmesi gerektiğini işaret etmektedir.

### Kaynaklar

- HEASOFT XSPEC kılavuzu 2023
- Maurogordato S. vc., 2011, AA, 525, A79
- Kuntz K. D.vd., 2008, AA, 478, 575
- Florian Pranger1 vd., 2014, AA, 570, A40
- Parekh, V. vd., 2020, MNRAS, 491(2), 2605-2616.

### Teşekkürler

Bu araştırma fırsatını ve beraberindeki fonu sağladığı için AHEAD (TNA) programına ve TÜBİTAK'a 122F305 kodlu projemiz için verdiği maddi destek için teşekkür ederiz.