

T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

ABELL 576 VE ABELL 665 GALAKSİ KÜMELERİNİN
XMM-NEWTON VERİ ANALİZİ
İkbal BOZKAN
FİZİK ANABİLİMDALİ
Tezin Sunulduğu Tarih:14.09.2009

Tez Danışmanları:
Yrd. Doç. Dr. Gülnur İKİS GÜN
Dr. Murat HÜDAVERDİ

ÇANAKKALE

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

İkbal BOZKAN, tarafından Yrd. Doç. Dr. Gülnur İKİS GÜN ve Dr. Murat HÜDAVERDİ yönetiminde hazırlanan “Abell 576 Galaksi Kümesi’nin XMM_Newton Veri Analizi” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

.....
Yrd. Doç. Dr. Gülnur İKİS GÜN

Yönetici

.....
Prof. Dr. İsmail TARHAN

Jüri Üyesi

.....
Yrd. Dç. Dr. Özlem KOCAHAN YILMAZ

Jüri Üyesi

.....
Dr. Murat HÜDAVERDİ

Jüri Üyesi

.....
Yrd. Doç. Dr. Çetin CAMCI

Jüri Üyesi

Sıra No:.....

Tez Savunma Tarihi: 14 /09/ 2009

Prof. Dr. Neşet AYDIN

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

TEŞEKKÜR

Danışman hocalarım Yrd. Doç. Dr. Gülnur İKİS GÜN ve Dr. Murat HÜDAVERDİ'ye çalışmam boyunca sağladıkları destek için sonsuz saygı ve teőekkürlerimi sunarım.

Lisans oğrenimim boyunca engin bilgilerini esirgemeyen değerli hocalarım Yrd. Doç. Dr. Gülnur İKİS GÜN, Prof. Dr. Zeki EKER, Prof. Dr. İsmail TARHAN ve tüm hocalarıma teőekkürü bir borç bilirim.

Tez yazım aşamasındaki yardımları için değerli arkadaşlarım İsmail DEMİRAL ve Mete DOĐANAY' a; tez çalışmam boyunca manevi desteklerini esirgemeyen dostlarım İsmail MANAY, Nejla LEVENT, Neriman VARLIKLİ ve tüm arkadaşlarıma sonsuz sevgi ve teőekkürlerimi sunarım.

Tüm oğrenim hayatım boyunca bana her konuda destek olan aileme sevgi, saygı ve teőekkürü bir borç bilirim.

İkbal BOZKAN

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

| | |
|---------------------------------------|--|
| A,ACO: | Abell Kataloğu |
| A576: | Abell 576 |
| Å: | Angstrom |
| ApJ: | the Astrophysical Journal |
| APEC: | Astrofiziksel Plazma Emisyon Kodu |
| APED: | Astrofiziksel Plazma Emisyon Veri Tabanı |
| Cz: | Radyal Hız |
| CCD: | Charge Coupled Devices (Yük Bağımlı Aygıt) |
| D_A: | Uzaklık |
| E0-E7: | Eliptik Gaşaksi |
| EPIC: | European Photon Imaging Camera (Avrupa Foton Görüntü Kamerası) |
| ESA: | European Space Agency (Avrupa Uzay Ajansı) |
| \mathcal{E}_{ff}: | Gazın Güç Yayılımı (Power Emitted) |
| Fe: | Demir |
| FWHM: | Full Width at Half Maximum (Yarı Yükseklikteki Tam Genişlik) |
| g_B: | Gaunt Faktörü |
| H_I: | Hubble Sabiti |
| HEW: | Half Energy Width (Yarı Enerji Genişliği) |
| kT: | Sıcaklık |
| L_x: | Işınma Değeri |
| n_e: | Hidrojen kolon yoğunluğu |
| n_h: | Elektron kolon yoğunluğu |
| n_i: | İyon kolon yoğunluğu |
| N_h: | Hidrojen kolon yoğunluğu |
| M_\odot: | Güneş kütlesi |
| MOS: | Metal Oksit Yarı İletken |
| Mpc. | Mega parsek |
| NASA: | The National Aeronautics and Space Administration |
| OM: | Optik Monitor |
| RGAs: | Reflection Grating Array (Yansıtımlı Izgara Düzenleyici) |

| | |
|----------------|--|
| RGS: | Reflections Gratings Spectrometer (Yansıtımalı Izgara Tayfölçer) |
| SAS: | Science Analysis Software (Bilimsel Analiz Yazılımı) |
| SM: | Service Module (Servis Modülü) |
| Sa: | Çubuksuz Sarmal Galaksi |
| Sb: | Çubuklu Sarmal Galaksi |
| Kpc: | Kilo Parsek |
| T: | Sıcaklık |
| XMM: | X-Ray Multi Mirror (X-Işın Çoklu Ayna) |
| XMM-OM: | X-Işın Çoklu Ayna-Optik Monitör |
| V: | Hız |
| z: | Kırmızıya Kayma |

ÖZET

ABELL 576 GALAKSİ KÜMESİNİN XMM-NEWTON VERİ ANALİZİ

İkbal BOZKAN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Fizik Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Danışmanlar: Yrd. Doç. Dr. Gülnur İKİS GÜN

Dr. Murat HÜDAVERDİ

14.09.2009

Bu çalışmada Abell Galaksi Kümelerinden Abell 576'nın XMM-Newton uydusundan alınan veriler kullanılarak X-ışın analizi yapılmıştır. Çalışmanın ilk kısmında galaksiler, galaksi türleri, galaksi grup ve kümeleri, süper kümeler, takımyıldızlar, Abell kataloğu hakkında temel bilgiler verilmektedir.

Linux işletim sistemi altında çalışan SAS yazılımı (Science Analyis Software) kullanılarak, XMM-Newton verileri analiz edilmiştir. Bu analizler ile Abell 576 galaksi kümesinin tayfı bulunmuştur.

Anahtar sözcükler: Galaksiler, Galaksi Kümeleri, XMM-Newton, Abell Kataloğu

ABSTRACT
XMM-NEWTON DATA ANALYSIS OF
ABELL 576 CLUSTER

İkbal BOZKAN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Fizik Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Danışmanlar: Yrd. Doç. Dr. Gülnur İKİS GÜN

Dr. Murat HÜDAVERDİ

14.09.2009

In this study, X-ray data of Abell Galaxy Cluster Abell 576 obtained by XMM-Newton satellite were analyzed. Basic information about galaxies, galaxy types, galaxy groups and clusters, superclusters, constellations and Abell catalog were given in the first part of study.

XMM-Newton data were analyzed by using SAS software (Science Analysis Software) which runs under Linux operating system. The spectra of Abell 576 was obtained as a result of analyses.

Key Words: Galaxies, Cluster of Galaxies, XMM-Newton, Abell Catalogue

İÇERİK

Sayfa

| | |
|---------------------------------------|------|
| TEZ SINAVI SONUÇ BELGESİ | ii |
| İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI | iii |
| TEŞEKKÜR | iv |
| SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ | v |
| ÖZET | vii |
| ABSTRACT | viii |
| BÖLÜM 1-GİRİŞ | 1 |
| 1.1. Dünyanın Evrendeki Yeri | 1 |
| 1.2. Galaksiler | 2 |
| 1.3. Galaksilerin Sınıflandırılması | 3 |
| 1.3.1. Eliptik Galaksiler | 4 |
| 1.3.2. Sarmal (Spiral) Galaksiler | 5 |
| 1.3.3. Düzensiz Galaksiler | 7 |
| 1.4. Galaksi Grup Ve Kümeleri | 8 |
| 1.4.1. Galaksi Grupları | 8 |
| 1.4.2. Galaksi Kümeleri | 8 |
| 1.5. Süper Kümeler | 10 |
| 1.6. Takımyıldız | 11 |
| 1.7. Abell Kataloğu | 12 |
| BÖLÜM 2-ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR | 13 |
| 2.1. Abell 576 (A576) Galaksi Kümesi | 13 |
| BÖLÜM 3-MATERYAL VE YÖNTEM | 19 |
| 3.1. XMM-Newton Uydusu ve Özellikleri | 19 |

| | |
|--|----|
| 3.1.1. XMM-Newton Uydusunun Bileşenleri | 20 |
| 3.1.2. Teleskop Konfigürasyonu | 21 |
| 3.1.3. Aynalar | 22 |
| 3.1.4. Etkin Alan | 22 |
| 3.1.5. Avrupa Foton Görüntüleme Kamerası (EPIC) | 22 |
| 3.1.5.1. Yonga (Çip) Geometrisi | 23 |
| 3.1.5.1.1. MOS Yapılı CCD | 23 |
| 3.1.5.1.2. PN Yapılı CCD | 24 |
| 3.1.6. Yansıtma Izgara Tayfölçer (RGS) | 25 |
| 3.1.7. Optik Monitör | 26 |
| 3.2. Analiz Yöntemi | 27 |
| BÖLÜM 4-ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA | 29 |
| 4.1. Abell 576 Galaksi Kümesinin Işık Eğrileri | 29 |
| 4.2. Abell 576 Galaksi Kümesinin X-Işın Görüntüleri | 31 |
| 4.3. Abell 576 Galaksi Kümesinin Tayf analizi | 34 |
| 4.4. Abell 576 Galaksi Kümesinin Nokta Kaynak İstatistiği | 46 |
| 4.5. Abell 576 Galaksi Kümesine Ait Sıcaklık Ve Metal Haritaları | 53 |
| BÖLÜM 5-SONUÇLAR VE ÖNERİLER | 64 |
| KAYNAKLAR | 69 |
| ÇİZELGE LİSTESİ | 71 |
| ŞEKİL LİSTESİ | 72 |
| ÖZGEÇMİŞ | 76 |

BÖLÜM 1 GİRİŞ

1.1. Dünyanın Evrendeki Yeri

Çapı yaklaşık 128000 km olan Dünya Samanyolu Galaksisi'nin milyarlarca yıldızından biri olan Güneş çevresinde dönmektedir ve Güneş Sistemi'nin bir gezegenidir (<http://www.bolbilgi.com/evren-t98702.html>).

Samanyolu Galaksisinin çapı yaklaşık 100 000 ışık yılıdır ve Güneş, merkezden 28 000 ışık yılı uzaklıkta (yani merkeze yarıçapın üçte ikisi kadar bir uzaklıkta) olduğu sanılmaktadır (1 ışık yılı $\approx 9,467 \times 10^{12}$ km) (<http://www.zamandayolculuk.com/cetinbal/HTMLdosya1/Astronomibilgisi-2.htm>).

Samanyolu Galaksisi otuz kadar komşu galaksi ile birlikte çapı yaklaşık 5 milyon ışık yılı olan Yerel grubu oluşturmaktadır ve söz konusu yerel grup da daha büyük bir sistemin, Yerel süper kümenin içinde yer alır. Şekil 1'de Güneş Sistemi ve içinde yer aldığı daha büyük sistemler gösterilmektedir.



Şekil 1: Evrendeki Köşemiz (Bilim Teknik Dergisi, Sayı 387).

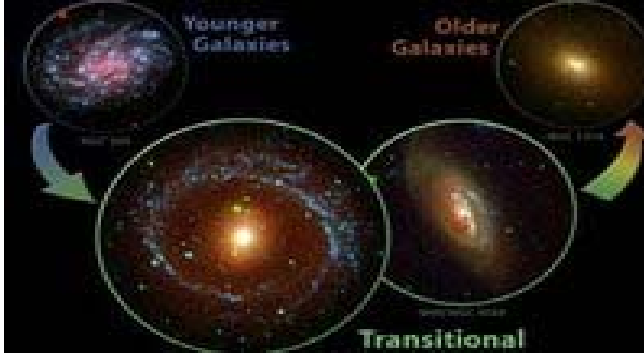
1.2. Galaksiler

Galaksiler, kütle çekim ile birbirine bağlı yıldızlar, bulutsular, yıldızlar arası gaz ve toz bulutları, plazma ve karanlık maddeden oluşan dev kütlelerdir. Çoğu galaksinin %90'ı karanlık maddeden oluşmuştur. Bilimsel aygıtlarla görülmeyen ve bu nedenle doğası henüz açıklanamamış olan karanlık madde ışın yaymayan ya da doğrudan algılanabilecek şekilde elektromanyetik ışınları yeterince yansıtamayan, varlığı yalnızca görünür madde üzerindeki kütle çekimsel etki ile belirlenebilen madde olarak tanımlanır.

Galaksilerin çoğu bin ile birkaç yüz bin parsek (1 parsek $\approx 3,09 \times 10^{13}$ km) genişliğinde olup aralarında milyonlarca parsek mesafe olacak biçimde evrende dağılmış halde bulunmaktadır. Astronomlar galaksiler arası ortamda ortalama yoğunluğun yaklaşık 1 atom/m³ gaz olduğunu ileri sürmüşlerdir. Galaksilerin bazıları uzayda kümelenmiş halde bulunurken bazıları da dağınık halde bulunurlar. Yeni araştırmalar galaksi kümelerinin uzantılarının varlığını ortaya koymaktadır. Bu da galaksilerin tabaka (sheet) ve ipliksi (filament) hallerde bulunduğunu ve bu yapıların da büyük boşluklarla çevrili olduğunu göstermektedir. Bu galaktik tabakalar ve ipliksi uzantılar 100 milyon ışık yılı büyüklüğündedir (Bilir, 1997).

Astronomlar evrendeki önemli yapıları yıldızlardan galaksilere, kümelere ve galaksilerin süper kümelerine kadar gözlemlemişler ve Samanyolu'na benzer genç galaksi yığınlarının gözlemlerinden Samanyolu'nun nasıl oluştuğuna dair önemli ipuçlarına ulaşmışlardır (http://www.atominsan.com/buyuk_patlama2.php).

Astronomlar, milyarlarca yıl önce evrenin son derece ince ve neredeyse sadece gaz biçiminde olduğunu, sonra gazların birleşerek zayıf ön-galaksilerin (proto-galaxies) oluşmaya başlamasını sağladığını öngörmüşlerdir. Birleşme ve çarpışmalarla bir araya gelen bu bileşenlerin daha sonra Şekil 2’de görüldüğü gibi olgun galaksileri oluşturduğu sonucuna varmışlardır (<http://www.torpil.com/bilisim/?durum=ayrinti&no=3363>).

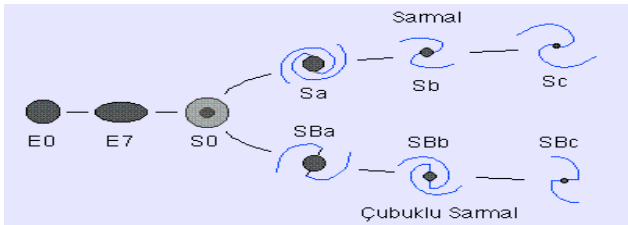


Şekil 2: Galaksilerin Oluşumu

(<http://www.cnnturk.com/2007/bilim.teknoloji/bilim/11/28>).

1.3. Galaksilerin Sınıflandırılması

Galaksilerin sınıflandırılmasında genellikle Edwin Hubble’ın galaksilerin fiziksel özelliklerine bakarak yaptığı ve Şekil 3’de görülen Hubble Çatal Diyagramı kullanılır. Bu diyagrama göre 2 farklı tür galaksi bulunur: Eliptik galaksiler ve sarmal galaksiler. Ancak fiziksel özelliği bakımından bu iki galaksi türünden farklı olan başka bir galaksi türü vardır ki bu sınıfta yer alan galaksiler düzensiz galaksiler olarak anılır.



Şekil 3: Hubble Çatal Diyagramı

(<http://www.bilimveteknoloji.net/astronomi/kozmozoloji/galaksi.htm>).

1.3.1. Eliptik Galaksiler

Küresel ya da eliptik görünüme sahip olan bu galaksilerin sınıflandırılması E0 dan E7'ye doğru yapılmaktadır. E0 türü galaksiler dairesel görünümlüdür, E7 galaksi türüne doğru gidildikçe görünüm eliptikleşir. Eliptik galaksilerin merkezlerinden dışarıya doğru parlaklık düzenli bir şekilde azalma gösterir ve yapılarında önemli miktarda gaz ve toz bulunmaz ve genel olarak yaşlı yıldızlardan (Population II) oluşurlar. Yarıçapları 1~200 kpc (kilo parsek), kütleleri ise $10^6 - 10^{13} M_{\odot}$ (Güneş kütlesi) kadardır (<http://www.bilimveteknoloji.net/astronomi/kozmoloji/galaksi.htm>).

Edwin Hubble tarafından incelenen, şekilleri çok iyi belirlenmiş 600'e yakın galaksinin ancak % 20'si eliptik galaksi tipindedir. Şekil 4'de verilen M87 eliptik galaksisi bu türdeki galaksilere iyi bir örnek oluşturur.



Şekil 4: M87 Eliptik Galaksisi (apod.nasa.gov/apod/ap060520.html).

1.3.2. Sarmal (Spiral) Galaksiler

Evrendeki galaksilerin birçoğu bu tip galaksilerden oluşmuştur. Yüksek miktarda gaz ve toz içerdikleri için görünüşleri çok parlaktır. Hem genç (Populasyon I) hem de yaşlı yıldızlar (Populasyon II) içerirler. Kütleleri ortalama $10^9 - 10^{11} M_{\odot}$ kadar, çapları da yaklaşık 5–50 kpc kadardır. Çoğunlukla galaksi kümelerinin dışında yer alırlar (<http://www.bilimveteknoloji.net/astronomi/kozmoloji/galaksi.htm>).

Sarmal galaksiler çekirdeğin şekline göre ikiye ayrılır:

a) Çubuksuz Sarmal Galaksiler (S)

b) Çubuklu Sarmal Galaksiler (Sb)

a) Çubuksuz Sarmal Galaksiler: Bu tip galaksilerde genellikle çekirdek yuvarlak ve küresel şekillidir. Kolları merkeze yakın olan bu tip galaksiler normal sarmal galaksi adını alır ve S ile gösterilir. İçinde bulunduğumuz Samanyolu Galaksisinin komşusu olarak bilinen ve Şekil 5’te görülen Andromeda Galaksisi bu tip galaksilere örnek olarak verilebilir.



Şekil 5: Andromeda Sarmal Galaksisi (http://astom.omu.edu.tr/ga_galaksiler.html).

b) Çubuklu Sarmal Galaksiler: Bu tip galaksilerde genellikle yuvarlak şekilli çekirdeğin merkezinden bir çubuk geçmiş gibi gözükür ve bu galaksiler Sb harfleri ile gösterilir. Şekil 6'de gösterilen M58 sarmal galaksisi bu tip galaksilere örnek olarak verilebilir.



Şekil 6: M58 Sarmal Galaksi (http://astom.omu.edu.tr/ga_galaksiler.html).

S ve Sb sınıfları kendi içlerinde kolların özelliğine göre a,b,c ve d olmak üzere 4 ara sınıfa ayrılır. Spiral galaksiler ister normal ister çizgili olsun a sınıfında çekirdek büyük, kollar çekirdek etrafında sıkıca sarılmış ve az parçalanmış, b sınıfında çekirdek küçük kollar çekirdeği sıkıca sarmış ve parlak, c sınıfında çekirdek kolların büyüklüğüne göre çok küçük kollar açık ve bazılarında çok parçalanmış, d sınıfında çekirdek çok çok küçük, kollar çok açıktır (<http://tr.wikipedia.org/wiki/Galaksi>).

1.3.3. Düzensiz Galaksiler

İncelenen galaksilerin küçük bir bölümü bu gruptandır. Bu tip galaksilerde çekirdek gözlenmez ve bu nedenle belirgin şekilleri yoktur. Genç yıldızlar ve çok miktarda gaz ve toz bulutundan oluşan bu galaksilerin çapları 1–10 kpc arasında, kütleleri ise $10^8 - 10^{10} M_{\odot}$ kadardır. Çok bilinen Büyük Magellan ve Küçük Magellan Bulutsularının yanında Şekil 7’de görülen Orion Bulutsusu da muhteşem görünümüyle düzensiz galaksilere örnek olarak verilebilir (<http://tr.wikipedia.org/wiki/Galaksi>).



Şekil 7: Orion Bulutsusu (http://astom.omu.edu.tr/ga_galaksiler.html).

1.4. Galaksi Grup ve Kümeleri

Galaksi grup ve kümeleri çekimsel olarak hareket eden nesnelere en büyükleridir. Grup ve kümeler 10'dan 1000'e kadar galaksi içerebilir. Kümeler süper kümeler olarak adlandırılan daha büyük toplulukları oluşturur.

1.4.1. Galaksi Grupları

Galaksi grupları, galaksilerin bir araya geldiği en küçük topluluklardır. Çoğunluğu 50 galaksiden daha az galaksi içerirler ve çapları 1 Mpc (mega parsek)' ten 2 Mpc'e kadar değerler alır. Kütleleri yaklaşık $10^{13} M_{\odot}$ 'dir. Galaksi grupları gibi büyük galaksi toplulukları için her bir galaksinin hız dağılımı yaklaşık 150 km/s'dir.

Samanyolu galaksisi de yerel grup olarak adlandırılan 40'tan daha çok galaksi içeren grubun içinde yer almaktadır. Yerel grup 4 milyon ışık yılı çapında olmakla beraber büyük cüce galaksilerin çoğu, yerel grubun merkezi bölgesinden 2 milyon ışık yılı içerisinde bulunur.

1.4.2. Galaksi Kümeleri

Kümeler gruplardan büyük olmalarına rağmen küme ve grup arasında kesin bir ayrım yoktur. Galaksilerin karşılıklı çekimsel etkileşimle oluşan yığılması küme olarak gözükür. Bu nedenle bir galaksi kümesinin galaksilerden ve kızgın gazdan oluştuğu söylenebilir. Kümenin ortasındaki gaz yoğunluğu en yüksek seviyede bulunmaktadır (Uğraş, 2008).

Kümeler için tipik olarak aşağıdaki özellikler sıralanır;

- 50 ile 1000 galaksi içerirler.
- X-ışın yayan sıcak gaz ve büyük miktarda karanlık madde vardır.
- Toplam kütle 10^{14} ile $10^{15} M_{\odot}$ arasındadır.
- Tipik olarak çapları 2 Mpc ile 10 Mpc arasında değer alır.
- Hız dağılımı her bir galaksi için yaklaşık 800–1000 km/s'dir.

Gözlemlerden yola çıkarak küme içindeki ortam olarak bilinen galaksiler arası gazın oldukça sıcak olduğu (10^7 ve 10^8 °K) ve bu yüzden X-ışınları yaydığı, ayrıca gazın toplam kütesinin galaksilerin kütlelerinden büyük olduğu sonucuna varılmaktadır. Ancak galaksilerin kütlelerinin gazın kütesinden küçük olması küme içindeki galaksinin tutulmasını zorlaştırmaktadır. Gaz bütün kümenin çekim alanıyla hidrostatik dengede olacağından toplam kütle hesaplandığında yapısı henüz bilinmeyen karanlık maddenin varlığı ortaya çıkmaktadır.

Bu çalışmada incelenen Abell 576 galaksi kümesinin optik bölgede resmedilmiş hali Şekil 8’de görülmektedir. Pembe renkler X-ışınlarını, mavi renkli bölge ise karanlık maddeyi temsil etmektedir.



Şekil8: Abell 576 Galaksi Kümesi

(http://www.esa.int/esaCP/SEMHOENSP3F_index_1.html).

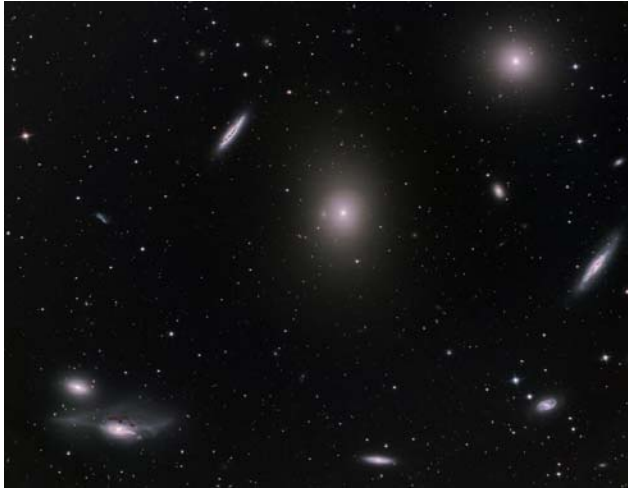
1.5. Süper Kümeler

Süper kümeler daha küçük galaksi grup ve kümelerinin birleşiminden oluşurlar ve evrendeki en büyük yapılar arasında bulunurlar. Süper kümeler birkaç yüz milyon ışık yılı büyüklüğünde olabilirler. Kütleleri Güneş kütesinin 10^{17} katıdır. Süper kümelerin varlığı evrendeki galaksilerin düzenli olarak dağılmadıklarının bir göstergesidir ve gruplar 50 civarında galaksi içerirlerken kümeler bir kaç bin galaksi içerebilirler. Evrendeki Süper küme sayısının 10 milyona yakın olduğuna inanılmaktadır.

Süper kümelerin kümesi bilinmemektedir fakat bunlardan daha büyük yapıların varlığı tartışılmaktadır. Bugün milyarlarca ışık yılı büyüklüklerinde süper küme komplekslerinin var olabileceği anlaşılmıştır.

Yerel grup, Yerel Süper kümenin bir parçasıdır. Yerel süper küme içinde, birçok dev eliptik galaksi, birçok galaksinin birbirine sıkı olarak bağlı olduğu bu kümenin merkezinde yer alır. Örneğin, M87 ve M49, Başak Süper kümesinin merkezinde bulunur. Spiral galaksiler ise yerel süper kümenin merkezi dışındaki kısımlarında çok sayıda bulunur, örneğin; Hydra da M83, Büyük Ayı (Ursa Major) takımyıldızında gözlenen M101 kümenin dış kısımlarındadırlar.

Yakın galaksi kümeleri içinde Başak Kümesi (Şekil 9), Herkül Kümesi ve Coma Kümesi vardır (Atkinson, 1998).



Şekil 9: Başak Süper Kümesi (<http://www.nasa.gov>).

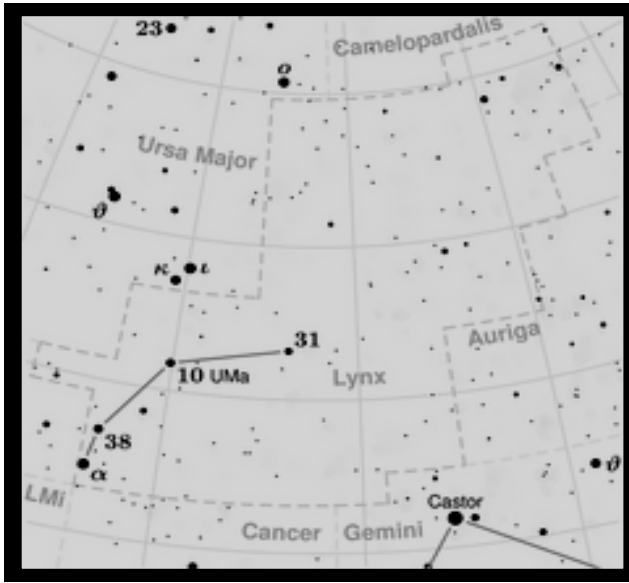
1.6. Takımyıldızlar

Birbirine göre konumları sabit gibi algılanan yıldız topluluklarına verilen isim olmakla birlikte takımyıldızlar aslında birbirlerine çekimsel olarak bağlı olmayan ve uzay boşluğunda Dünyaya olan uzaklıkları birbirinden farklı olan yıldızlardan oluşurlar. Gökyüzünde 44 tane kuzey yarım kürede ve 44 tane güney yarımkürede olmak üzere toplam 88 takımyıldız vardır.

Takımyıldızlar genellikle şekillerine göre adlandırılırlar. Büyükayı, Küçükayı, Kuğu, Aslan, Kartal takımyıldızları bunlara örnek olarak verilebilir.

Galaksiler, galaksi kümeleri ve birçok gökcisimi bu takımyıldızlarla aynı doğrultuda gözlemlenirken uzaydaki konumları bu takımyıldızların isimleri ve konumları ile kolayca belirlenebilir.

Bu çalışmada incelenen Abell 576 galaksi kümesi Vaşak takımyıldızında yer almaktadır. Şekil 10'da görülen ve Lynx olarak da bilinen Vaşak takımyıldızı; Büyük Ayı (Ursa Major), Zürafa (Camelopardalis), Kartal (Auriga), İkizler (Gemini), Yengeç (Cancer) ve Aslan (Leo) takımyıldızları tarafından çevrelenmiştir (<http://tr.wikipedia.org/wiki/Lynx>).



Şekil 10: Vaşak (Lynx) Takımyıldızı (<http://tr.wikipedia.org/wiki>).

1.7. Abell Kataloğu

Abell Kataloğu (A, ACO) George Ogden Abell'in 1958 yılında Palomar Gökyüzü Araştırma plakalarını inceleyerek yaptığı galaksi kümeleri kataloğudur. Kuzey yarımküredeki kümeleri içeren ve 1958 yılında yayımlanan katalog, 1989 yılında Harold Corwin ve Ron Olowin'in katkılarıyla güney yarımküredeki kümeleri de kapsayacak şekilde genişletilmiştir.

Katalogda yaklaşık 4000 Abell kümesi bulunmaktadır. Kümelerin en az otuzu $z=0,2$ kırmızıya kayma değerine sahiptir. Bu katalogda kümelerin uzaklık ve zenginlik sınıfı değerlerinin nasıl düzenlendiği çizelge1'de gösterilmiştir.

Çizelge 1: Abell Kataloğunda Kümelerin Uzaklık ve Zenginlik Sınıfı (Uğraş, 2008)

| UZAKLIK SINIFI | | ZENGİNLİK SINIFI | |
|----------------|-------------------|------------------|----------------|
| Sınıf | Parlaklık (kadir) | Sınıf | Galaksi Sayısı |
| 0 | <13,3 | 0 | 30-49 |
| 1 | 13,3-14 | 1 | 50-79 |
| 2 | 14,1-14,8 | 2 | 80-129 |
| 3 | 14,9-15,6 | 3 | 130-199 |
| 4 | 15,7-16,4 | 4 | 200-299 |
| 5 | 16,5-17,2 | 5 | 300- |
| 6 | 17,3-18 | | |
| 7 | >18 | | |

BÖLÜM 2**ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR****2.1. Abell 576 (A576) Galaksi Kümesi**

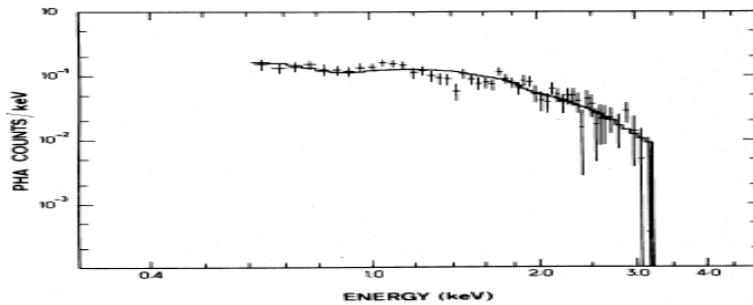
Şekil 11: Abell 576'nın optik bölgede alınan CCD görüntüsü (<http://www.jburnell.com>)

Vaşak (Lynx) takımyıldızında bulunan Abell 576 kümesi $07^{\text{h}} 21^{\text{m}} 02^{\text{s}} 33$ sağ açıklık ve $+55^{\circ} 43' 23'' 0$ dik açıklık değerlerine sahiptir (Mohr ve ark.,1996). Mohr ve ark. (1996) Einstein uydusunun $0,5 - 8,0$ keV enerji aralığında IPC ve MPC aletlerinden alınan 27,9 kilosaniyelik gözlemlerini kullanarak, $z = 0,0377$ kırmızıya kayma değerinde Abell 576 galaksi kümesinin çekirdeğinin, küçük alt kümelerin birleşmesinden oluştuğunu önermişlerdir. 1993 ve 1994 kışları sırasında Michigan-Dartmouth-MIT 2,4 m teleskopa monte edilmiş MkIII ve Decaspec tayfçekerlerini kullanarak Abell 576 galaksi kümesi içindeki 230 galaksinin hızlarını ölçmüşlerdir. Yine aynı teleskopla gözlemlenen $2h^{-1}$ Mpc x $2h^{-1}$ Mpc bölgede 281 galaksi kümesinin kırmızıya kayma değerlerini kullanarak galaksi kümesinin radyal hızını $cz = 11,600\text{km s}^{-1}$ olarak hesaplamışlardır.

Yaptıkları tayf analizinde elde edilen tayfa en iyi uyan model olarak iki sıcaklıklı Raymond-Smith modelini (ısısal frenleme mekanizmasını temel alan ama element bolluklarını Güneş bolluğu cinsinden değil kozmolojik bolluklar cinsinden alan bir modeldir) bulmuşlar ve iki sıcaklık değerinden birini $kT = 4,3$ keV hesaplamışlar, diğerini ise $kT = 1,6$ keV (sabit kabul edilmiştir) olarak almışlardır. Bu modeli kullanarak 0,3–3,5 keV enerji aralığı için buldukları ışınım gücü değeri $L_x \approx 8,2 \times 10^{43} \text{ h}^{-2} \text{ ergss}^{-1}$ dir.

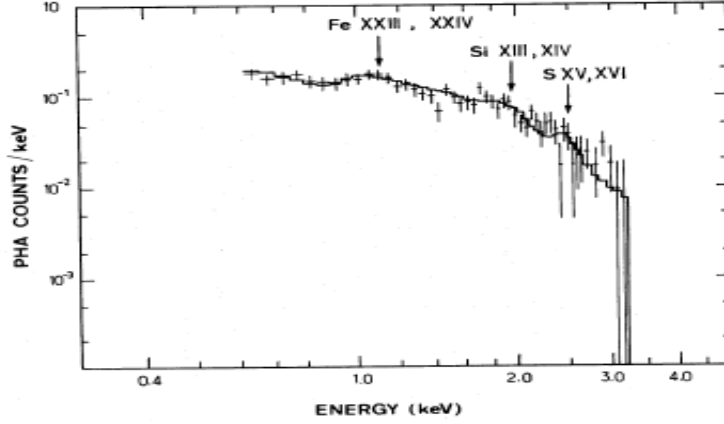
Rothenflug ve Vigroux tarafından HEAO-1 ve HEAO-2 uydularından 0,5–4,5 keV enerji aralığında alınan X-ışınları üzerinde yapılan çalışma sonucunda galaksi kümesinin merkezindeki gazdan bulunan sıcaklık değeri $kT \approx 1,9 \times 10^7 \text{ }^0\text{K}$, tüm kümeye uygulanan tayf analizi sonucunda bulunan sıcaklık değeri ise $kT \approx 4^{+3,5}_{-1,4} \times 10^7 \text{ }^0\text{K}$ dir. A576 kümesi X-ışını fotonlarının oluşturduğu tayfa en iyi uyum sağlayan model olarak ısısal frenleme mekanizması modeli bulunmuştur. Küme doğrultusundaki N_h için bulunan değer ise $1,1 \times 10^{21} \text{ atom cm}^{-2}$ dir (Rothenflug ve ark., 1984).

Aynı çalışmada kümenin merkez bölgesi için Fe (Demir), Si (Silisyum) ve S (Kükürt) emisyon çizgileri bulunmuştur. Kümenin metal bolluğuna ait tayf için R-S olarak bilinen Raymond&Smith ve K-R olarak bilinen Rothenflug&Arnaud modelini kullanmışlardır. Şekil12’de A576 galaksi kümesinin çekirdeğinden gelen fotonların sayımlarının dağılımı bulunmaktadır. Düz çizgi $2.3 \times 10^7 \text{ }^0\text{K}$ sıcaklığıyla ısısal frenleme mekanizmasını temel alan Raymond&Smith modeli için en iyi uyumlu eğriyi göstermektedir.



Şekil 12: A576 için foton sayım dağılımı

Şekil 13’de ise plazma emisyon çizgilerinin K-R modeli için en iyi uyan eğrisi gösterilmektedir. Modelin tayfı ile çakışan foton sayımları oklarla gösterilmiştir. Burada plazma sıcaklığı 1.9×10^7 K olarak alınmıştır.



Şekil 13: A576 için K-R modeline uyan foton sayım dağılımı

Aynı çalışmada yazarların küme için buldukları sıcaklık ve metal bolluğu değerleri çizelge 2’de gösterildiği gibidir.

Çizelge 2: A576’nın sıcaklık ve metal bolluğu değerleri

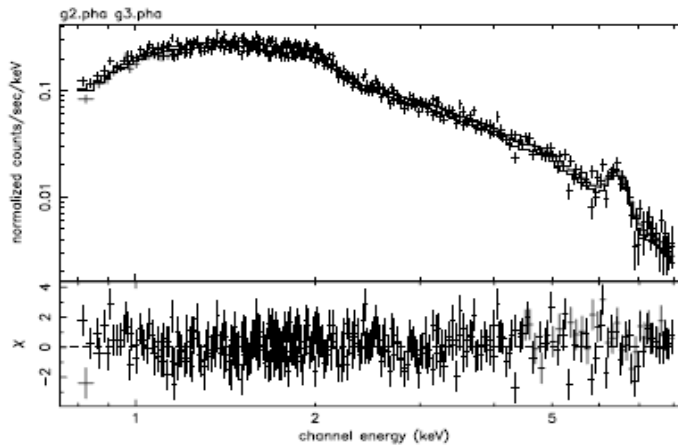
| Parameter | R.S. Model Best Fit | K.R. Model Best Fit | 90% Confidence Range for K.R. Model |
|---------------------------------------|------------------------|------------------------|--|
| Temperature (keV)..... | 1.67 | 1.55 | 1.3-2 |
| N_H (10^{21} atoms cm^{-2}).. | 1.1 | 1.1 | ... |
| Abundances: ^a | | | |
| Mg | 0.0 | 0.0 | ≤ 0.4 (99%) |
| Si | 0.72 | 0.45 | 0.3-1 |
| S | 0.41 | 0.40 | 0.1-1.2 |
| Fe | 0.18 | 0.18 | 0.1-0.5 |
| χ^2 | 39 | 36 | ... |
| Degrees of freedom | 46 | 46 | ... |

David ve ark. (1993) Einstein uydusundan alınan X-ışın verileri ile yaptıkları çalışmada A576'nın tamamından gelen emisyonu tek sıcaklıklı modele uygun bulmuşlar ve sıcaklık değeri olarak da $kT=4,3^{+0,5}_{-0,4}$ keV hesaplamışlardır (David ve ark., 1993).

Abell 576 galaksi kümesi için çeşitli yazarlar tarafından verilen bilgiler derlendiğinde düşük merkezi gaz sıcaklığı ($T \approx 4$ keV) ve ortalama metal bolluğuyla zenginlik sınıfı 1 olan kümedir (Çizelge1) denilebilir. Optik kırmızıya kayması $z=0,0389$ dur (Rothenflug ve ark., 1984, David ve ark., 1993, Mohr ve ark., 1996).

Rines ve ark (2000) ASCA (0,5–10,0 keV) uydusu verileri ile yaptıkları çalışmada A576'nın merkezindeki gaz için elde ettikleri tayfa en iyi uyan modelin Raymond-Smith modeli olduğunu görmüşlerdir. Bu modeli kullanarak buldukları sıcaklık değeri $kT=3,77 \pm 0,10$ keV ve demir bolluğu değeri $0,27 \pm 0,05$ (kozmetik değerler) dir. İki sıcaklıklı Raymond-Smith modeli ASCA verisine uygulanmamıştır çünkü bu durumda sıcaklığın biri $<0,1$ keV değerine doğru gitmekteyken diğeri çok yüksek değerlere ulaşmıştır.

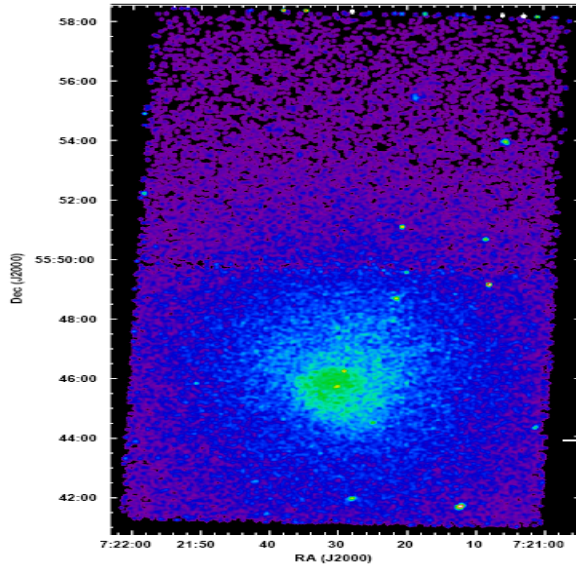
Yazarlar A576 için 0,3–3,5 keV enerji aralığında ışınım gücünü $L_x \approx 0,46 \times 10^{44} \text{ h}^{-2} \text{ ergs}^{-1}$ olarak bulmuşlardır. ASCA verisinden yararlanarak elde ettikleri tayf Şekil 14'de gösterilmektedir. Kalın çizgi en iyi uyumlu tek sıcaklıklı Raymond-Smith ısısal plazma modelidir. (Rines ve ark., 2000).



Şekil 14: A576'nın 0,3–3,5keV enerji aralığında oluşturulmuş tayfi.

Daha sonra Kempner ve ark. (2004) Chandra gözlemlerinden elde edilen X- ışın verileri ile Abell 576 galaksi kümesinin çekirdeğindeki gazlarla, birleşen alt kümelerin artık gazlarının oldukça benzer olduğunu ve Şekil 15’de gösterildiği gibi Abell 576 ’nın merkezinde dengede olmayan gazın kuzey yönünde kayma gösterdiğini söylemişlerdir. Ayrıca uyguladıkları tayf analizinde $N_h = 5,71 \times 10^{20} \text{ cm}^{-2}$ olarak en iyi uyan teorik modelin MEKAL modeli olduğunu bulmuşlardır. Bu ısısal frenleme mekanizmasını temel alan bir modeldir (Kempner J.C. ve David L.P., 2004).

Bu bilgilerden yola çıkılarak ana kümenin merkezinde alt kümelerin hala yerleşim süreci içinde olduğunu ve kümenin çekirdeği içinde dinamik aktivitelerin devam ettiğini öngörerek bu aktivitelerin oluşmasının nedeninin ana kümenin potansiyel kuyusu içine düşen galaksiler olduğunu açıklamışlardır. Kümenin içe düşme bölgesi içindeki galaksilerin hareketi merminin elmanın içinden geçmesine benzetilir ve bu nedenle küme “mermi kümesi (bullet cluster)” olarak anılır.



Şekil 15: A576’nın 0,3–6,0 keV enerji aralığındaki resmi.

Kempner ve arkadaşları tarafından Chandra ACIS-S ‘nin 0,5 – 8 keV enerji aralığında 27,9 kilosaniyelik verileri kullanılarak ve $H_0 = 71$, $\Omega_m = 0.27$, $\Omega_\Lambda = 0.73$ ve $l'' = 0,0738$ kpc alınarak küme için $z = 0,0377$ kırmızıya kayma değeri tayin edilmiştir (Kempner ve ark.,2003).

Dupke ve ark. (2007) XMM ve Chandra gözlemlerini birleştirerek Abell 576 galaksi kümesinin Kuzeydoğu / Doğu-Batı / Güneybatı yönleri boyunca önemli bir hız gradyentinin var olduğunu hesaplamışlar ve “bullet cluster” için tahmini hız limitinin $>3,3 \times 10^3 \text{ km s}^{-1}$ olduğunu belirtmişlerdir. Birkaç gün arayla 0,5 – 9,0 keV enerji aralığında Chandra ile yapılan gözlemler sonucunda Hidrojen kolon yoğunluğunu $N_h = 5,7 \times 10^{20} \text{ cm}^{-2}$ olarak hesaplamışlardır.

BÖLÜM 3 MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. XMM-Newton Uydusu Ve Özellikleri

Yer merkezinden yaklaşık olarak 110000 km ötede yer alan XMM-Newton uydusu, İngiltere yönetiminde yapılan ESA'nın yürütücüsü olduğu proje ile 1999 yılında göreve başlamıştır. Dünya'nın atmosferi dışında yer aldığından X-ışını fotonlarından alınan veriler net ve kullanışlıdır. Güneş panellerine sahip olan uydu Güneş ışığı ile çalışmaktadır.

Bu uydu ile yapılan analizler evrenin oluşumu, kuazarlardaki kara delikler, galaksiler, galaksi kümeleri, çift yıldız sistemleri ve ışık ile madde arasındaki etkileşimler gibi birçok konuda yeni bilgilere ulaşılmasını sağlar.

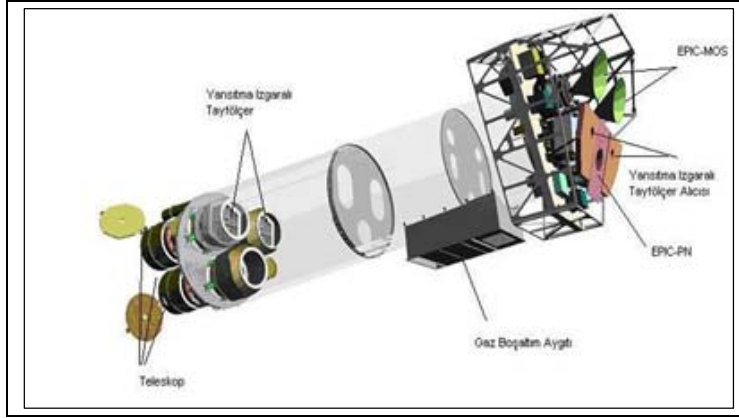
Uydu 0,1-15keV enerji aralığında gözlem yapabilme özelliğine sahiptir. Ayrıca çok geniş bir alanı gözlemleyebilmekte (30') ve X-ışını gözlemleri ile optik gözlemleri eş zamanlı olarak yapabilmektedir. XMM'in çözünürlüğü 6" dir. Bu yüksek çözünürlük X-ışını evreni açısından yeni detaylar elde edilmesini sağlamaktadır. XMM-Newton uydusunun temel özellikleri çizelge 3'de verilmiştir (<http://xmm.vilspa.esa.es>; Ehle, 2007; Uğraş B., 2008).

Çizelge 3: XMM-Newton Uydusunun Özellikleri

| | |
|--|-----------|
| Kütlesi | 4000 kg |
| Uzunluğu | 10 m |
| Görev Süresi | 2- 10 yıl |
| Max. Genişlik | 16 m |
| Max. X- Işını Saptama Enerjisi (EPIC-PN) | 15 keV |
| Min. X- Işını Saptama Enerjisi (EPIC-PN) | 0.15 keV |
| Odak Uzunluğu | 7,7 m |
| Çözünürlük (FWHM) | 6" |
| Çözünürlük (HEW) | 14" |
| Yörüngesel Yükseklik (Yöröte) | 114000 km |
| Yörüngesel Yükseklik (Yerberi) | 7000 km |

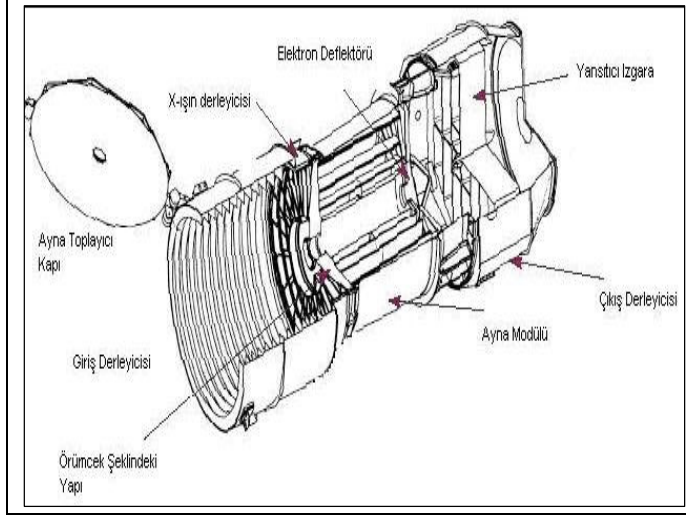
3.1.1. XMM-Newton Uydusunun Bileşenleri

XMM-Newton uydusu modüler olarak tasarlanmıştır ve dört ana parçadan oluşmaktadır. Uyu, Şekil 16'da görüldüğü gibi iki tane Yansıtma Izgaralı Tayföçer (Reflections Gratings Spectrometer-RGS), bir adet EPIC PN (Avrupa Foton Görüntü Kamerası-European Photon Imaging Camera) ile iki adet EPIC MOS görüntü detektörü ve kameralar için veri işleme ile birlikte güç dağıtım birimlerine sahiptir (<http://xmm.vilspa.esa.es>; Uğraş, 2008).



Şekil 16: XMM-Newton Uydusunun bileşenleri (<http://xmm.vilspa.esa.es>).

3.1.2. Teleskop Konfigürasyonu

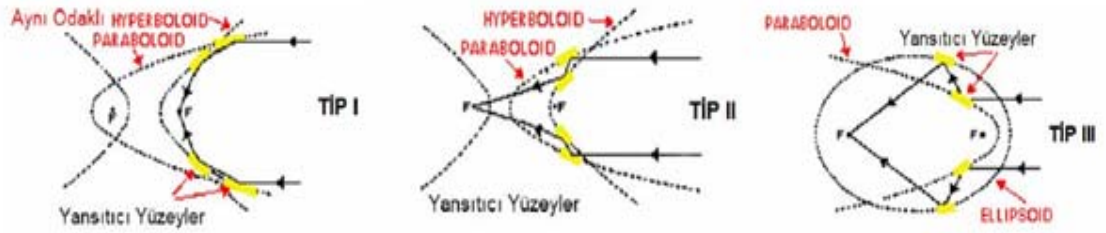


Sekil 17: Teleskop konfigürasyonu (<http://xmm.vilspa.esa.es>).

Şekil 17’de görüldüğü gibi XMM-Newton uydusu üzerindeki 3 tane teleskoptan her biri üzerinde; optik aletlerin birleştirilmesini, fırlatma ve erken yörünge evresi boyunca korunmasını sağlayan Ayna Toplayıcı Kapı, 47° den daha geniş açılarda görünen parazit ışınları tutmayı sağlayan Giriş derleyicisi, Odak düzlem kameralarının görüş alanı içindeki kaçak ışık miktarını önemli ölçüde düşüren X-ışını derleyicisi, Ayna modülü, bir elektron saptırıcısı, Yansıtıcı Izgara Düzenleyici (Reflection Grating Array-RGA) ve Çıkış Derleyicisi bulunur (<http://xmm.vilspa.esa.es>; Uğraş, 2008).

3.1.3. Aynalar

Şekil 18’de görüldüğü gibi XMM-Newton üzerindeki üç X-ışını teleskopunun her birisi aynı odaklı ve aynı eksenli yapılandırmada sabitlenmiş 58 Wolter I yansıtıcı aynaları içerir. Wolter teleskopları Alman Fizikçi Hans Wolter (1911–1978) tarafından geliştirilmiştir. Bu teleskoplar, I, II ve III olmak üzere üç tipe ayrılır.



Sekil18: Wolter Teleskop tipleri(http://en.wikipedia.org/wiki/Wolter_telescope).

3.1.4. Etkin Alan

XMM-Newton teleskopunun tasarımı, yüksek enerjilerde (>7 keV) ve düşük enerjilerde (<2 keV) maksimum alan elde etmek için yapılmıştır. XMM aynaları 0,1 ile 10 keV enerji aralığı içinde en yüksek duyarlılığa sahiptir. Bu tasarımın amacı her bir teleskop için 10 keV’da 350 cm², 7 keV’da 900 cm², 2keV’de 1500 cm² ve 150 eV’a kadar enerjiler için 1900 cm² bir toplama alanı elde etmektir.

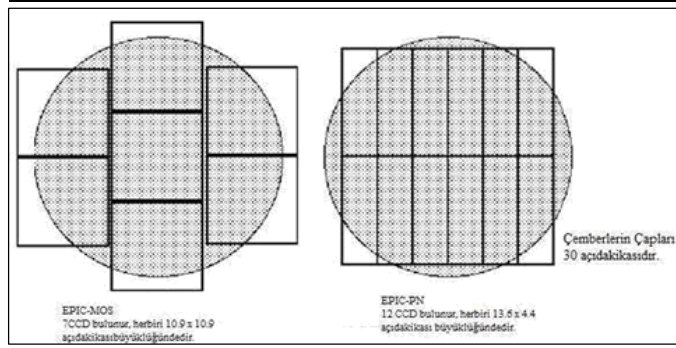
3.1.5. Avrupa Foton Görüntüleme Kamerası (EPIC)

XMM-Newton uydusu, üç X-ışını CCD’si içeren kamera takımı taşımaktadır. Bunlardan ikisi MOS CCD’dir. MOS CCD’ler, X-ışını teleskoplarının arka kısmında bulunur ve yansıtma ızgaralı tayföçer ızgaraları ile donatılmıştır. Üçüncü kameradan ise engellenmemiş bir ışık demeti geçer. Bu kameranın odağında EPIC aygıtlarından PN-CCD kullanır ve bu CCD, PN-kamera olarak da bilinir.

EPIC kameraları, yarı yükseklikteki tam genişlik (FWHM) 6” olan bir açısal ayırma, $E/\Delta E \approx 20-50$ olan bir orta tayfsal ayırma gücü ile 0.15–15 keV enerji aralığında 30’ teleskop görüş alanı içindeki bölgelerde son derece hassas görüntüleme gözlemleri yapabilirler.

3.1.5.1 Yonga (Çip) Geometrisi

Şekil 19'da XMM-Newton uydusunda bulunan iki adet EPIC-MOS ve bir adet EPIC-PN CCD'lerinin şematik bir gösterimi bulunmaktadır. MOS ve PN CCD'lerinin ebatları farklı olsa da görüş doğrultuları ve gözlem alanları aynıdır. CCD'lerin boyutlarının farklı olmasının nedeni herhangi bir CCD'de yakalanamayan fotonun diğer CCD'de yakalanmasını sağlamak ve böylelikle gözlem alanının her bir noktasını inceleyebilmektir.



Şekil 19: CCD'lerin şematik gösterimi (<http://xmm.vilspa.esa.es>).

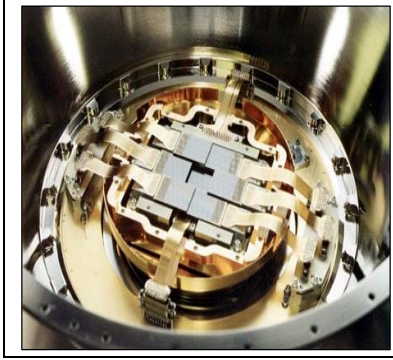
3.1.5.1.1. MOS Yapılı CCD

MOS detektörleri verimli enerji çözünürlüğü ile X-ışını tayfının yumuşak kısmında fotonları kaydeder. Her bir MOS-CCD (MOS-1 ve MOS-2) 10.9x10.9 açı dakikası büyüklüğünde yedi silikon çipten oluşur ve her çip 600x600 pikselden meydana gelmiştir. MOS-CCD'leri 0,2–10 keV enerji aralığındaki fotonlara karşı duyarlıdır. Şekil 20a'da XMM MOS CDD'leri görülmektedir.

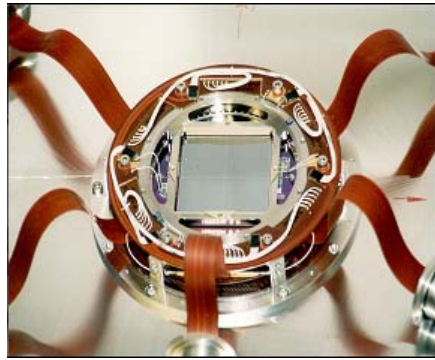
3.1.5.1.2. PN Yapılı CCD

PN-CCD, 0,5 keV ile 10 keV enerji aralığındaki fotonlara karşı duyarlıdır. PN CCD, kanallara bağlı 768 paralel çıktı kameranın hızlı çalışmasına olanak sağlar; sadece bir resim veya kare (frame) elde etmek için 8 ms yeterlidir.

Özel çıktı biçimleri sadece 40 ms'lik bir zaman çözünürlüğü ile geçici bir cismin gözlenmesine izin verir. PN CCD, 13.6x4.4 açı dakikası büyüklüğünde 12 tane dikdörtgen CCD'den oluşur. Şekil 20b'de PN CCD'leri görülmektedir (<http://xmm.vilspa.esa.es>; Uğraş B., 2008).



Şekil 20a) XMM-MOS CCD
(<http://xmm.vilspa.esa.es>).

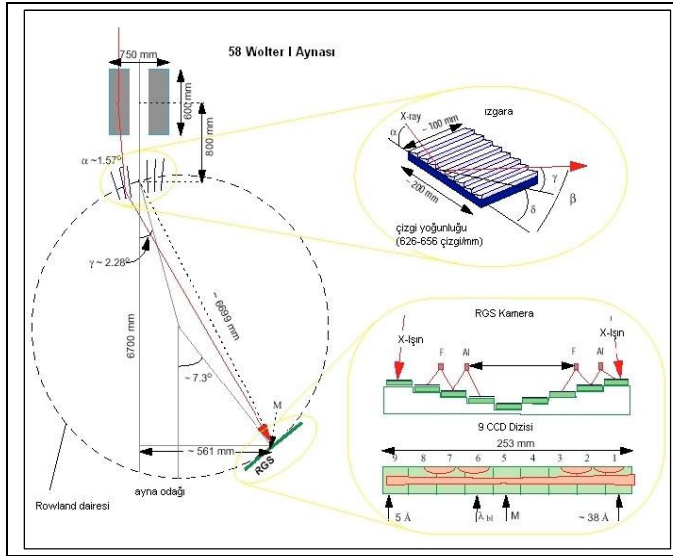


Şekil 20b) XMM-PN CCD

3.1.6. Yansıtma Izgara Tayföçer (RGS)

Yansıtma ızgara tayföçer, yansıtma ızgaralar dizisinden oluşur ve bu ızgara dizisi CCD detektörlerine doğru X-ışınlarını saptırır.

Yansıtma ızgara tayföçer elemanları 5 ile 35 Å (0.33 ile 2,5 keV) bir aralık üzerinde yüksek çözme gücü sağlar. İki tayföçer için etki alanı yaklaşık 150 cm² de 15 Å (0.83 keV) civarında zirve yapar. Şekil 21'de yansıtma ızgara tayföçerin şematik bir gösterimi bulunmaktadır.



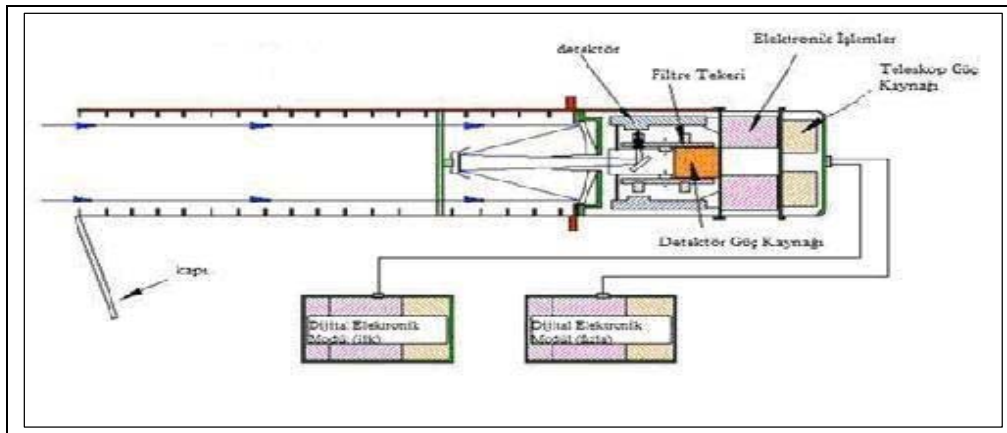
Şekil 21: Yansıtma Izgara Tayföçerin şematik gösterimi (<http://xmm.vilspa.esa.es>).

3.1.7. Optik Monitör

Optik/UV Monitör XMM-Newton ayna destek platformu üzerine monte edilmiştir. Şekil 23’de görüldüğü gibi XMM-OM bir teleskop modülü ve bir ayrı dijital elektronik modül içerir. XMM-OM’ün özellikleri çizelge 4’de görülmektedir.

Çizelge 4: Optik Monitör’ün özellikleri (<http://xmm.vilspa.esa.es>)

| | |
|------------------------|--------------------|
| Toplam Band Genişliği | 180 - 600 nm |
| Tayfsal Band Genişliği | 180 - 600 nm |
| Hassaslık Seviyesi | 20.7 mag |
| Görüş Alanı | 17' |
| Piksel Büyüklüğü | 0.476513 arsec/pxl |
| PSF (<i>FWHM</i>) | 1",4 - 2" |
| Zamansal Çözünürlük | 0.5 s |
| Ayırma Gücü | ~250 |
| Parlaklık Seviyesi | $m_v=7.4$ mag |



Şekil 22: Optik Monitör Bileşenleri (<http://xmm.vilspa.esa.es>).

3.2. Analiz Yöntemi

XMM-Newton uydusundan alınan veriler SAS (Science Analysis Software)-Bilimsel Analiz Programı kullanılarak işlenip incelenen gök cisimlerinin yapıları hakkında bilgi edinilmesi sağlanır. Programın çalıştırılmasında Linux işletim sisteminin kullanılması önerilmektedir.

Analiz işlemine geçilmeden önce terminal ile indirilen veri arasındaki ayarlar yapılarak analiz için gerekli komutlar çalıştırılır.

İncelenecek kaynak belirlendikten sonra NASA'nın <http://heasarc.gsfc.nasa.gov/cgi-bin/W3Browse/w3browse.pl> adresinden kaynağın ham verisi çalışılacak dizin içine indirilir. Çalışılacak klasörler (Ör. mos1, mos2, pn) ilgili komutlarla oluşturulur. Böylece analiz işlemine geçilmiş olur.

Analizin ilk aşamasında ışık eğrisi elde edilir. Işık eğrisi incelenip filtreleme yapılacak aralık belirlenir. Filtreleme işlemi, alınan ham veri içinde kaynağa ait olmayan dış etkilerden kurtulmak amacıyla yapılmaktadır. Filtreleme aralığı belirlendikten sonra ilgili komutla kısıtlama aralığı oluşturulur. Kaynağa ait temizlenmiş veri ve kısıtlama aralığı oluşturularak elde edilmiş dosya tüm analiz boyunca kullanılır.

Temizlenmiş veri üzerinde 0,3–1,0keV (yumuşak), 1,0–1,6keV (orta), 1,6–10,0keV (sert) ve 0,3–10,0keV (geniş) olmak üzere dört farklı enerji aralığında görüntüler oluşturulur. XMM-Newton uydusuna ait her üç detektör (Mos1, Mos2 ve Pn) için bu görüntüler oluşturulur. Her bir detektör için oluşturulan görüntüler birleştirilerek MOSAIC (EPIC) olarak adlandırılan birleşmiş görüntü elde edilir. Görüntü üzerinde değişiklikler yapmak için Ximage programı çalıştırılır.

Görüntü üzerinde konturlar (eş yoğunluk çizgileri) oluşturulur ve kontur yoğunluğuna bakılarak kaynağın sıcaklık, metal bolluğu gibi özellikleri hakkında bilgi edinilir. Ayrıca görüntü üzerinde yazı yazma ve görüntü üzerinde ızgaralar oluşturma işlemi de bu program ile yapılır.

Kaynağa ait temizlenmiş veri kullanılarak Xspec programı yardımıyla kaynağın tayfi oluşturulur. Program aktif hale getirilmeden önce Mos1, Mos2 ve pn detektörleri için .pi, .rmf., .arf ve bgd. uzantılı dosyalar oluşturulur. X-ışın verilerinden elde edilen tayfa teorik tayf modelleri uygulanır. Böylece kaynağın merkezinde X-ışın yayan gazın yapısı belirlenmeye çalışılır.

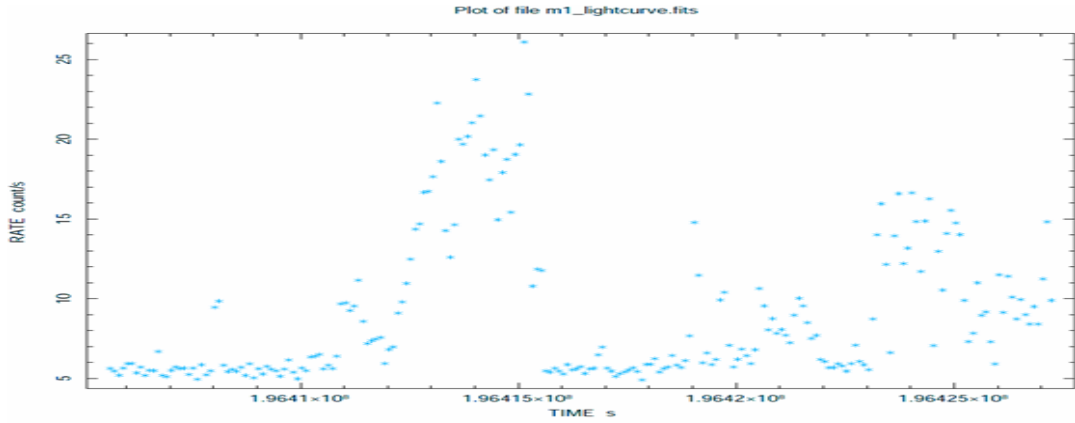
Analizin devamında farklı enerji aralıklarında ilgili komutlarla kümenin nokta kaynakları tespit edilmeye çalışılır. Bu bölümde de diğer bölümlerdeki gibi farklı enerji aralıkları kullanılır. Bu kaynaklar az da olsa X-ışın yayan galaksilerdir.

BÖLÜM 4

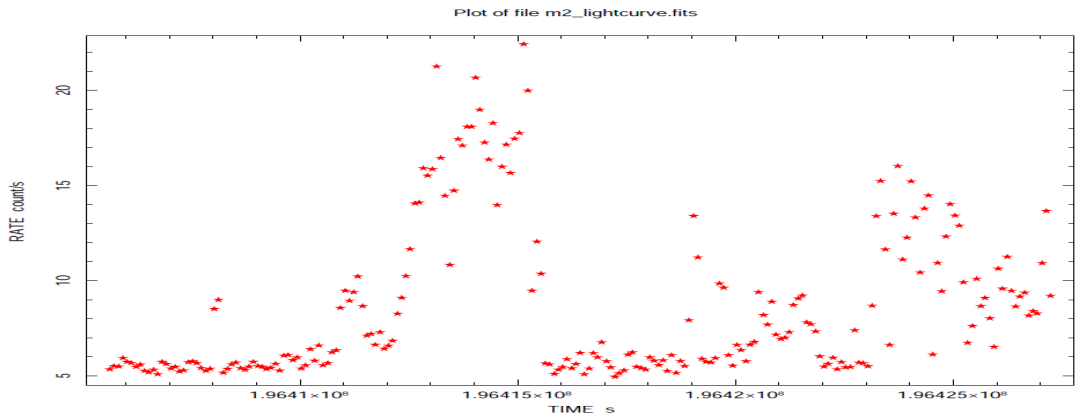
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Abell 576 Galaksi Kümesinin Işık Eğrileri

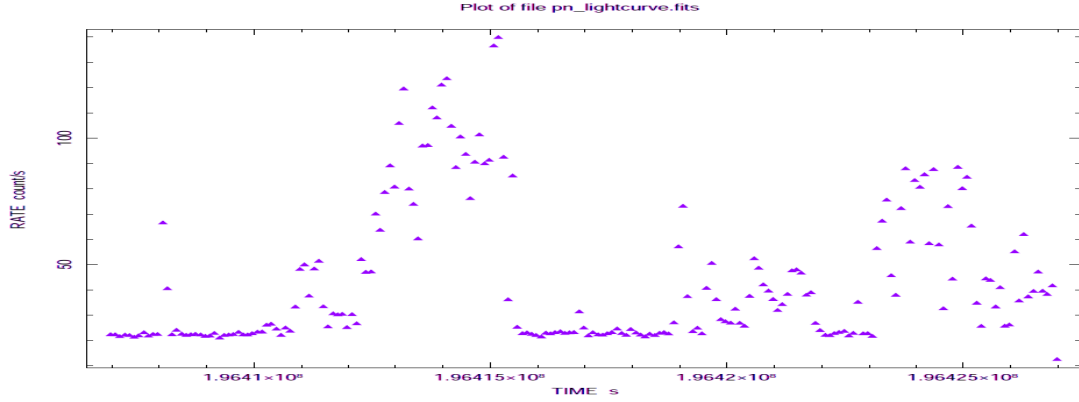
Abell 576 galaksi kümesi için; XMM-Newton uydusunda 21913 s'lik gözlem süresi ile 23 Mart 2004 tarihinde yapılan 0205070301 gözlem kod numaralı veri kullanılarak analiz yapılmıştır. Kümenin MOS-1, MOS-2 ve PN detektörlerinden alınan verilerle oluşan ışık eğrileri sırasıyla Şekil 23, 24 ve 25 'de gösterildiği gibidir.



Şekil 23: Abell 576 Galaksi kümesi için MOS-1 detektöründen elde edilen ışık eğrisi.



Şekil 24: Abell 576 Galaksi kümesi için MOS-2 detektöründen elde edilen ışık eğrisi.



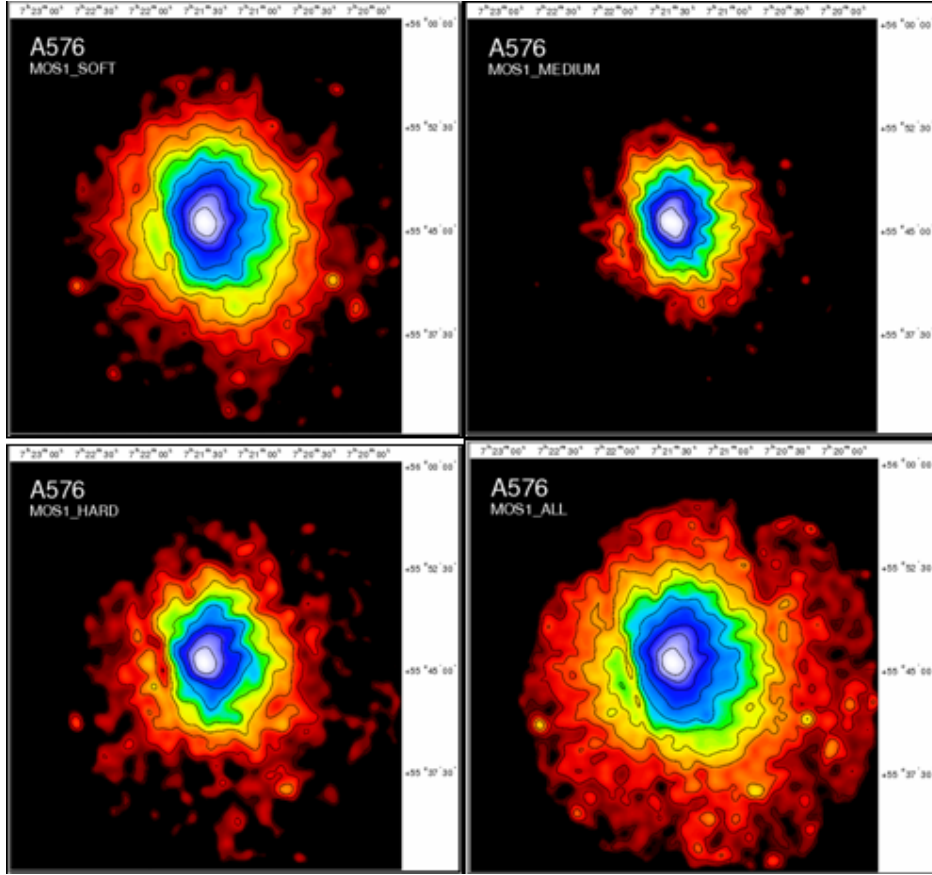
Şekil 25: Abell 576 Galaksi kümesi için PN detektöründen elde edilen ışık eğrisi.

MOS-1 ve MOS-2 CCD'lerinin enerji aralıkları 0.2–10 keV ve PN CCD'nin enerji aralığı 0.5–10 keV'dur. MOS-1 ve MOS-2 detektörlerinde elde edilen ortalama foton sayım oranı yaklaşık $5.5 \text{ sayım} \times \text{s}^{-1}$ ve PN detektöründeki ise yaklaşık $23 \text{ sayım} \times \text{s}^{-1}$ dir. Bu ortalama değerlerin üstlerinde görülen sayımdaki sapmalar galaksi kümesi dışındaki kaynaklardan gelmektedir.

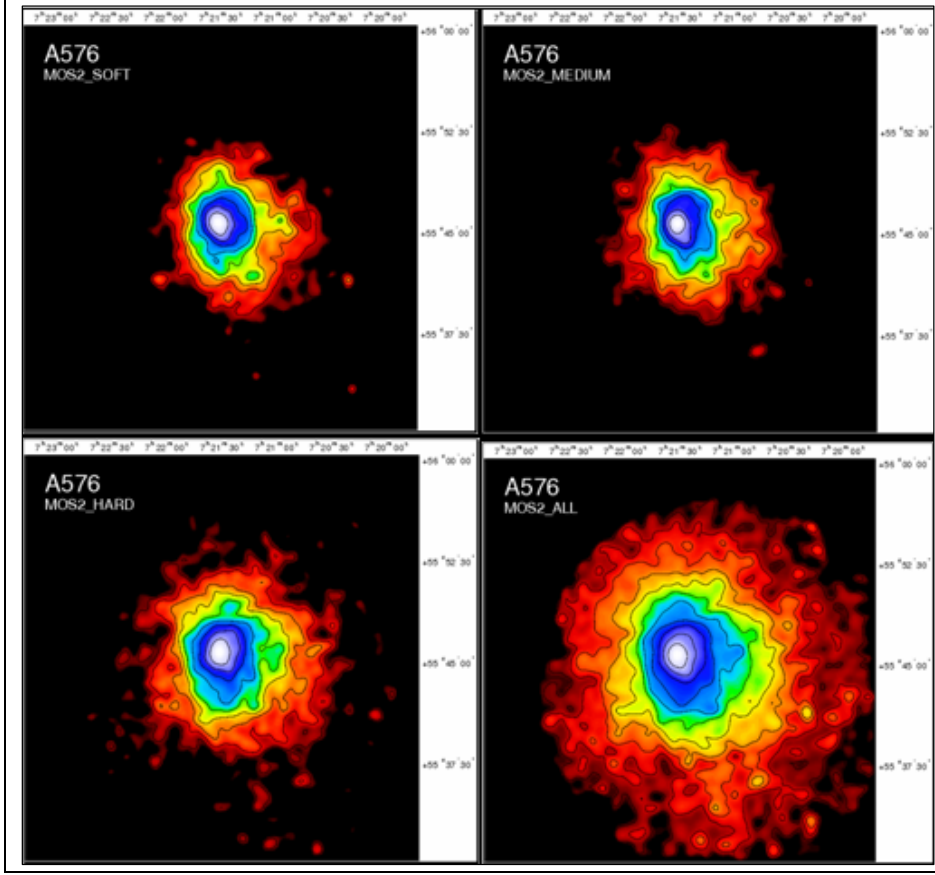
Şekil 26'da görüldüğü gibi PN detektöründen elde edilen sayım oranı diğerlerinden yüksektir. Bunun nedeni; detektörlere gelen fotonlar içinde 0,5–10 keV enerji aralığındaki foton sayısının 0,2–10 keV enerji aralığındaki foton sayısına göre daha fazla olmasıdır.

4.2. Abell 576 Galaksi Kümesinin X-Işın Görüntüleri

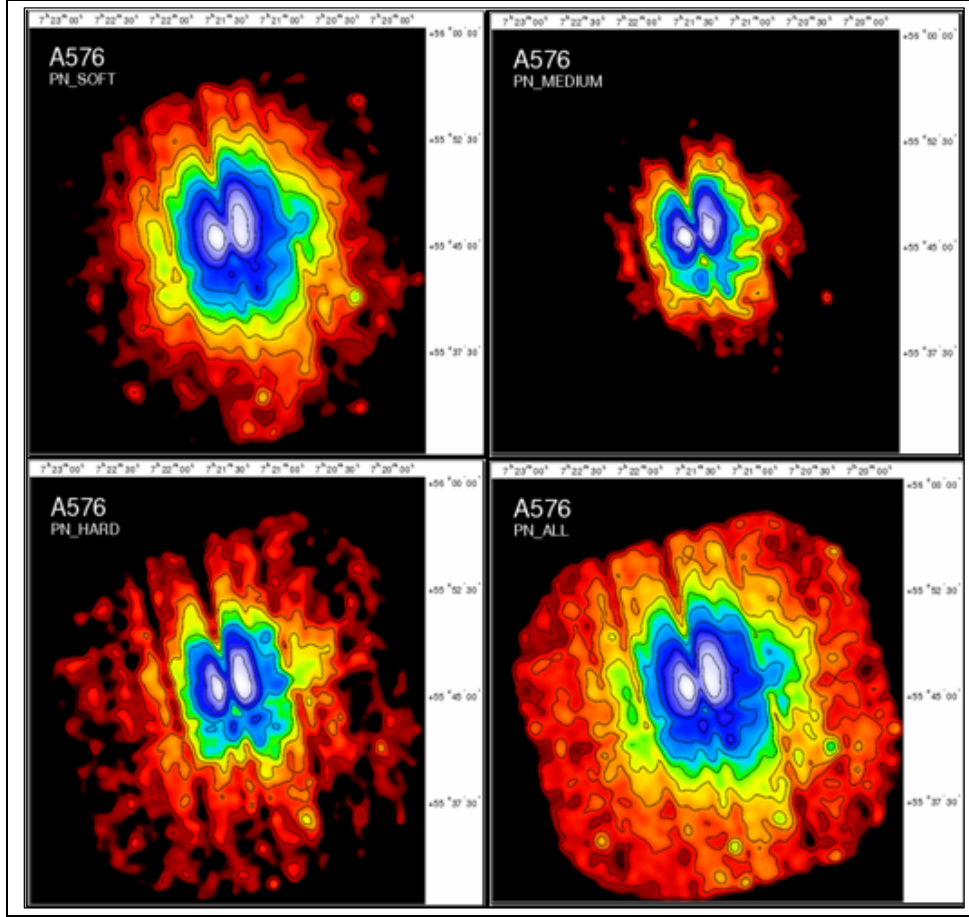
EPIC kameralarından alınan görüntülerle, kümeye ait yumuşak (soft; 0,3–1,0keV), orta (medium; 1,0–1,6keV), sert (hard; 1,6–10,0keV) ve geniş (all; 0,3–10,0keV) enerji aralığında X-ışın görüntüleri oluşturulmuştur. MOS–1, MOS–2 ve PN kameralarından alınan verilerle oluşturulan görüntüler sırasıyla Şekil 26, Şekil 27 ve Şekil 28’de verilmektedir.



Şekil 26: A576'nın MOS–1 detektöründen yumuşak, orta, sert ve geniş enerji aralıklarında elde edilen görüntüleri.



Şekil 27: A576'nın MOS-2 detektöründen yumuşak, orta, sert ve geniş enerji aralıklarında elde edilen görüntüleri.



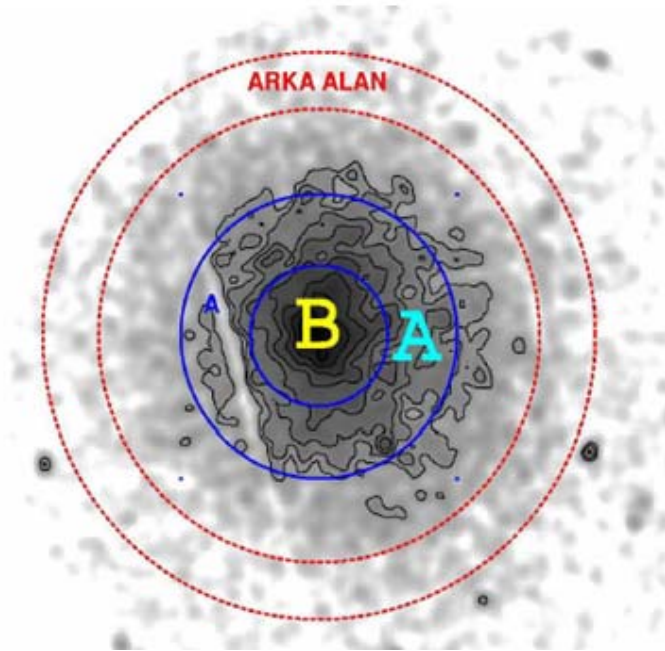
Şekil 28: A576'nın PN detektöründen yumuşak, orta, sert ve geniş enerji aralıklarında elde edilen görüntüleri.

Şekillerde görülen beyaz, mavi, sarı ve kırmızı renkler ortamın giderek azalan sıcaklıklarını temsil etmektedir. Beyaz renk ile gösterilen bölgeler sıcak, kırmızı renk ile gösterilen bölgeler daha soğuk bölgeleri göstermektedir.

4.3. Abell 576 Galaksi Kümesinin Tayf Analizi

Tayf analizine başlarken, kümedeki nokta kaynaklar temizlenmiş ve sadece küme merkezindeki gazın tayf analizi yapılmıştır.

Kümenin tayf analizi yapılırken; Şekil 29'da B harfi ile işaret edilen küme merkezinden itibaren 2,5 yay dakikası yarıçaplı daire, A harfi ile işaret edilen küme merkezinden itibaren 5 yay dakikası yarıçaplı daire ve 2,5 yay dakikası ile 5 yay dakikası arasında kalan kırmızı noktalarla çevrilmiş halka için ayrı ayrı tayflar oluşturulmuştur.

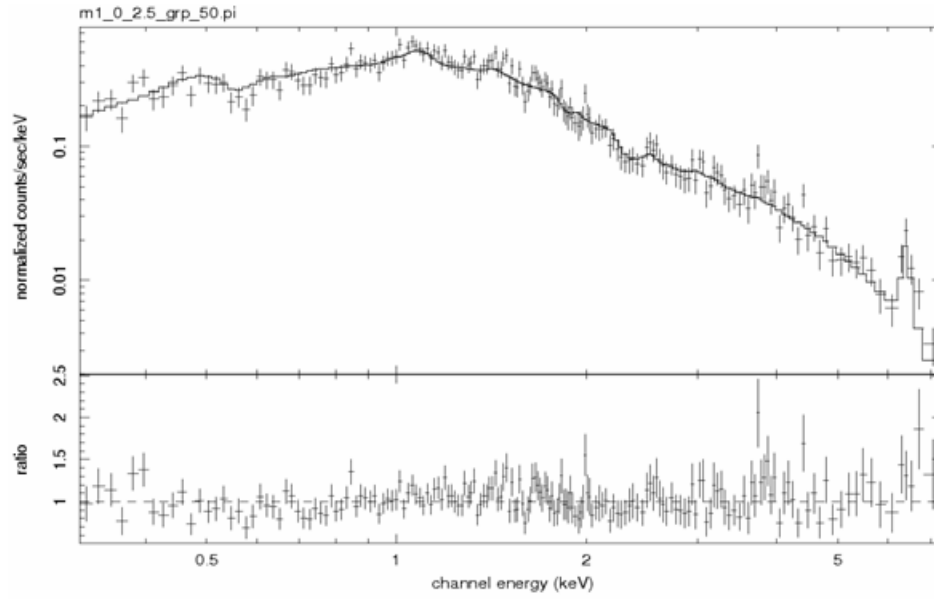


Şekil 29: Abell 576 Galaksi kümesinin tayf analizi bölgeleri (Şekilde görülen Kuzeybatı-Güney doğrultusundaki boşluk çip boşluklarıdır.).

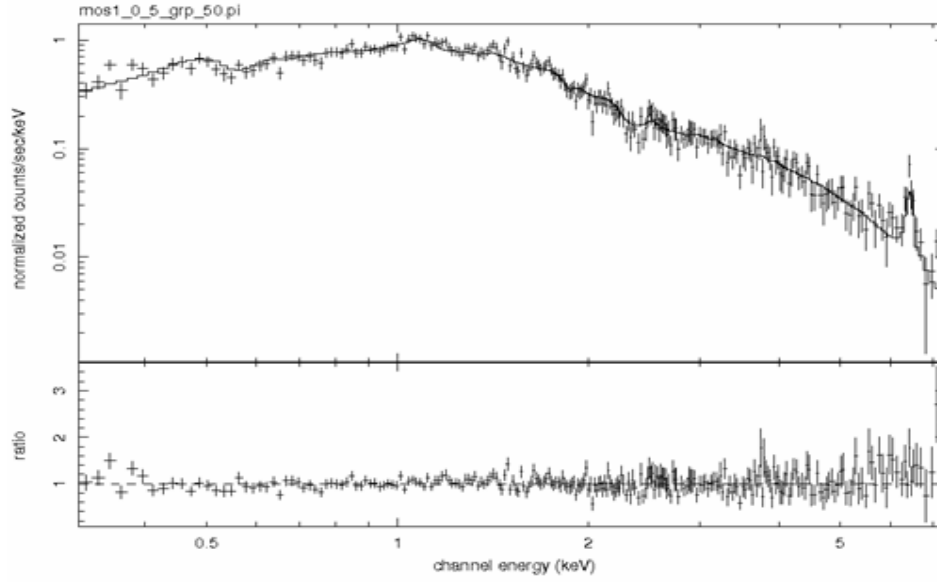
Arka plan fotonlarının temizlenmesinde ise Şekil 29'da kırmızı çizgilerle gösterilmiş bulunan 8 yay dakikası yarıçaplı daire ile 10 yay dakikası yarıçaplı daireler arasında kalan halkadan alınan fotonlar kullanılmıştır.

Literatürde Galaksi kümelerinin merkezinde bulunan yayılmış gazın ısısal ışımaya yaptığı belirtilmektedir. Abell 576 galaksi kümesi için yapılan tayf analizinde ısısal-temelli (thermal) veya ısısal-temelli olmayan (non-thermal) teorik tayf modelleri uygulanmış ve en iyi uyumu ısısal “APEC” modelinin verdiği görülmüştür. Isısal-temelli olmayan diğer modellerin uyumları kabul edilir durumda değildir. Bu tür analizlerde Galaksi kümesinin merkezinde aktif bir galaksi olması durumunda, enerjiye üssel bağlılık (Power-Low) modeli Abell 576 analizlerinde uygun sonuç vermemiştir.

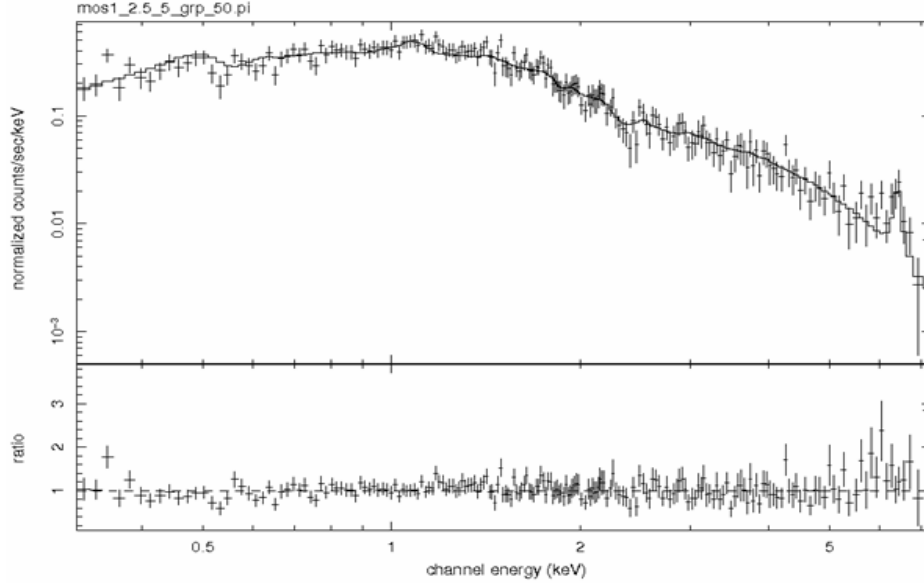
Elde edilen tayf uyumları Şekil 30–31–32–33–34–35–36–37 ve 38’de gösterilmektedir. Analiz sonucunda elde edilen metal bolluğu, ışımaya gücü ve sıcaklık değerleri ise çizelge 3’de gösterilmektedir.



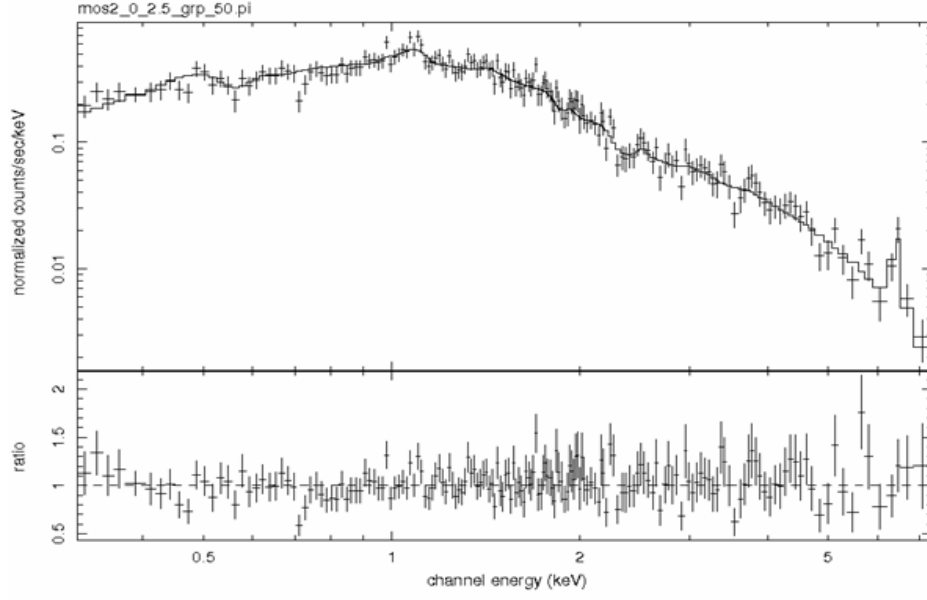
Şekil 30: Abell 576 Galaksi Kümesinin merkezinden 2,5 yay dakikası yarıçaplı bölge için “Xspec” programı ile MOS–1 detektöründen elde edilen tayf ve χ^2 -enerji (keV) grafiği.



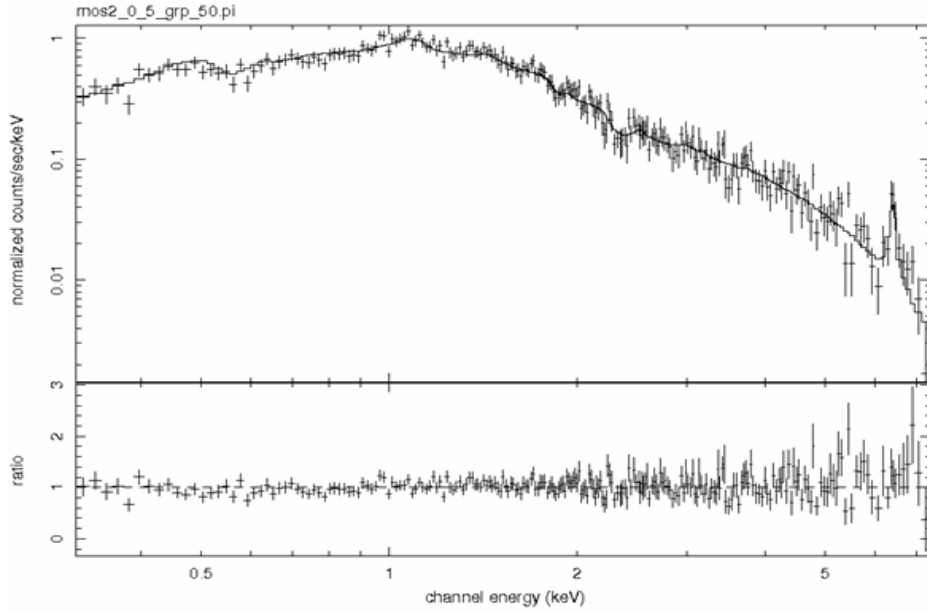
Şekil 31: Abell 576 Galaksi Kümesinin merkezinden 5 yay dakikası yarıçaplı bölge için “Xspec” programı ile MOS-1 detektöründen elde edilen tayf ve χ^2 -enerji (keV) grafiği.



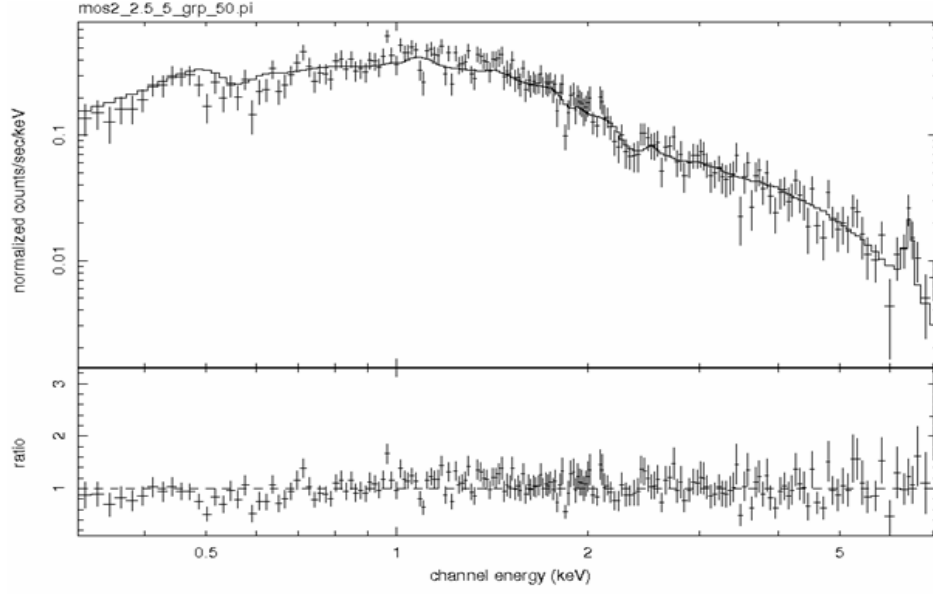
Şekil 32: Abell 576 Galaksi Kümesine ait 2,5-5 yay dakikası arasında kalan bölge için “Xspec” programı ile MOS-1 detektöründen elde edilen tayf ve χ^2 -enerji (keV) grafiği.



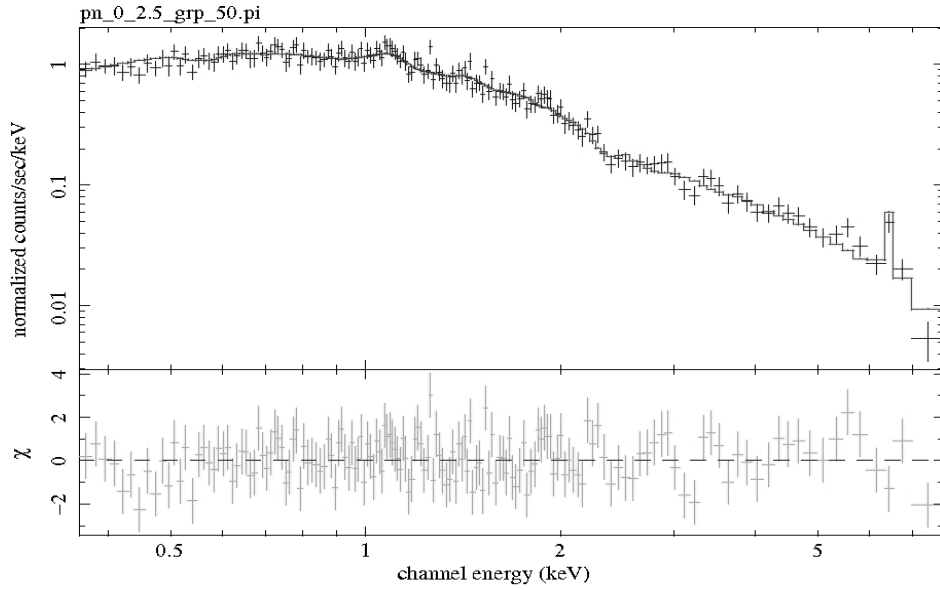
Şekil 33: Abell 576 Galaksi Kümesinin merkezinden 2,5 yay dakikası yarıçaplı bölge için “Xspec” programı ile MOS–2 detektöründen elde edilen tayf ve χ^2 -enerji (keV) grafiği.



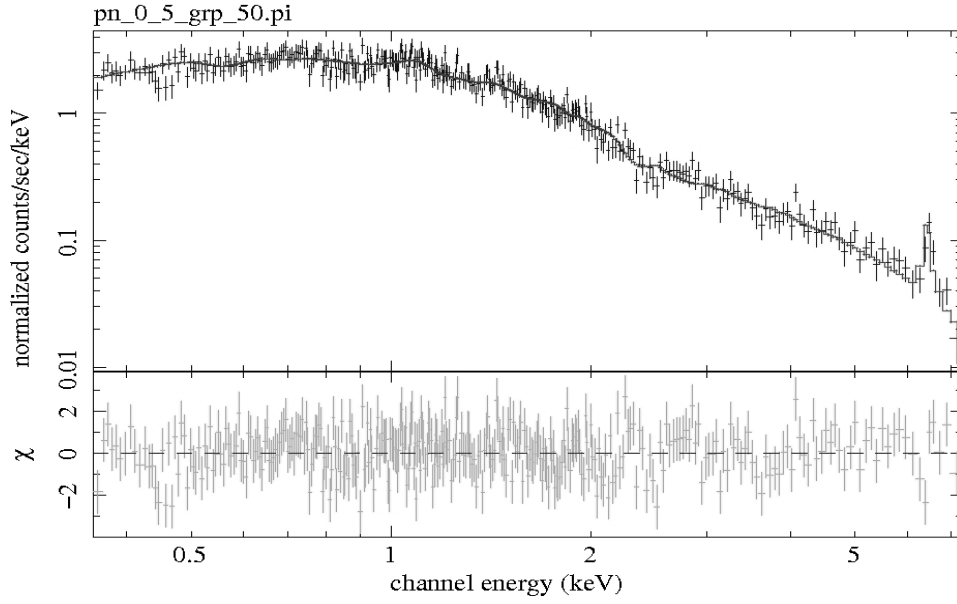
Şekil 34: Abell 576 Galaksi Kümesinin merkezinden 5 yay dakikası yarıçaplı bölge için “Xspec” programı ile MOS–2 detektöründen elde edilen tayf ve χ^2 -enerji (keV) grafiği.



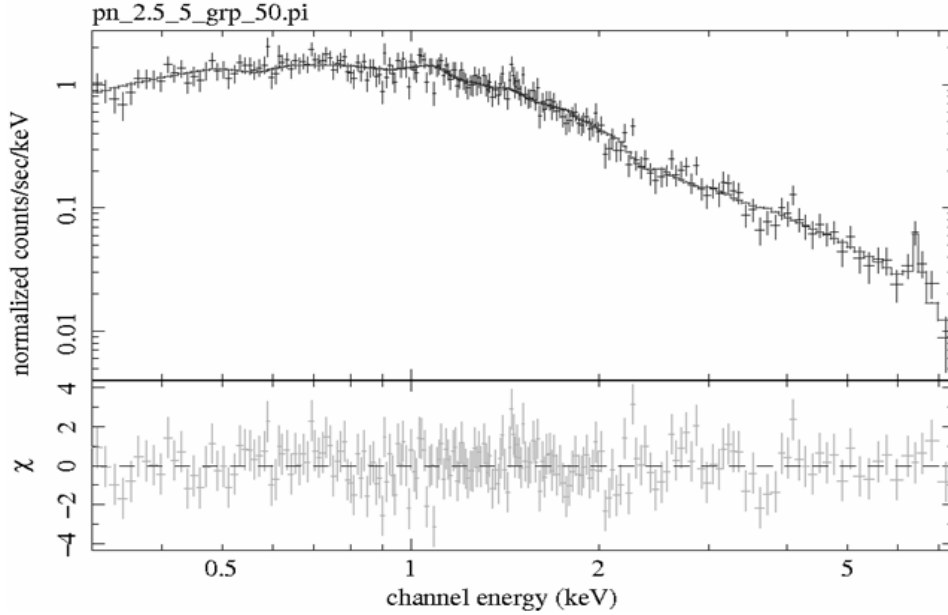
Şekil 35: Abell 576 Galaksi Kümesine ait 2,5–5 yay dakikası arasında kalan bölge için “Xspec” programı ile MOS–2 detektöründen elde edilen tayf ve χ^2 -enerji (keV) grafiği.



Şekil 36: Abell 576 Galaksi Kümesinin merkezinden 2,5 yay dakikası yarıçaplı bölge için “Xspec” programı ile PN detektöründen elde edilen tayf ve χ^2 -enerji (keV) grafiği.



Şekil 37: Abell 576 Galaksi Kümesinin merkezinden 5 yay dakikası yarıçaplı bölge için “Xspec” programı ile PN detektöründen elde edilen tayf ve χ^2 -enerji (keV) grafiği.



Şekil 38: Abell 576 Galaksi Kümesine ait 2,5–5 yay dakikası arasında kalan bölge için “Xspec” programı ile PN detektöründen elde edilen tayf ve χ^2 -enerji (keV) grafiği.

Abell 576 galaksi kümesi için 0,35–7,5 keV enerji aralığında küme merkezinden itibaren 2,5 yay dakikası yarıçaplı daire için yapılan analizde MOS–1, MOS–2 ve PN kameralarından alınan verilerle elde edilen kT (sıcaklık) değerleri sırasıyla;

$$kT = 3,39^{+0,13}_{-0,13} \text{ keV} \approx 3,99 \pm 0,2 \times 10^7 \text{ K},$$

$$kT = 3,71^{+0,22}_{-0,21} \text{ keV} \approx 4,31 \pm 0,3 \times 10^7 \text{ K},$$

$$kT = 4,00^{+0,22}_{-0,21} \text{ keV} \approx 4,6 \pm 0,3 \times 10^7 \text{ K} \text{ olarak bulunmuştur.}$$

Aynı bölge için metal bolluğu değerleri ise sırasıyla $0,40^{+0,11}_{-0,10}$, $0,40^{+0,11}_{-0,10}$ ve $0,43^{+0,12}_{-0,11}$ olarak hesaplanmıştır. (Burada k Boltzmann sabitini göstermektedir. Boltzmann sabiti enerji ile sıcaklık arasındaki ilişkiyi veren fiziksel bir katsayıdır. Gaz sabitinin Avogadro sayısına bölümü ile bulunabilir. $k = \frac{R}{N_A} = 8,617343 \times 10^{-5} \text{ eVK}^{-1}$ (http://tr.wikipedia.org/wiki/Boltzmann_sabiti)).

Küme merkezinden itibaren 5 yay dakikası yarıçaplı daire için 0,35–7,5 keV enerji aralığında yapılan analizde MOS–1, MOS–2 ve PN kameralarından alınan verilerle elde edilen kT (sıcaklık) değerleri sırasıyla;

$$kT = 4,11^{+0,18}_{-0,17} \text{ keV} \approx 5,26 \pm 0,2 \times 10^7 \text{ K},$$

$$kT = 4,06^{+0,18}_{-0,18} \text{ keV} \approx 5,21 \pm 0,2 \times 10^7 \text{ K},$$

$$kT = 4,05^{+0,17}_{-0,16} \text{ keV} \approx 5,2 \pm 0,19 \times 10^7 \text{ K} \text{ olarak hesaplanmıştır.}$$

Aynı bölge için metal bolluğu değerleri ise MOS–1, MOS–2 ve PN detektörleri için sırasıyla $0,32^{+0,7}_{-0,7}$, $0,34^{+0,8}_{-0,7}$ ve $0,35^{+0,08}_{-0,07}$ olarak hesaplanmıştır.

Küme merkezinden itibaren, 2,5 yay dakikası ve 5 yay dakikası yarıçaplı daireler arasında bulunan halka için, MOS–1, MOS–2 ve PN detektörlerinden elde edilen kT değerleri sırasıyla;

$$kT = 3,72^{+0,24}_{-0,23} \text{ keV} \approx 4,2 \pm 0,26 \times 10^7 \text{ K},$$

$$kT = 4,55^{+0,39}_{-0,35} \text{ keV} \approx 5,03 \pm 0,41 \times 10^7 \text{ K},$$

$$kT = 3,22^{+0,15}_{-0,15} \text{ keV} \approx 3,7 \pm 0,17 \times 10^7 \text{ K} \text{ ve metal bolluğu değerleri ise sırasıyla;$$

$0,18^{+0,08}_{-0,07}$, $0,20^{+0,07}_{-0,07}$ ve $0,21^{+0,07}_{-0,07}$ olarak hesaplanmıştır.

Kümenin bu ortalama sıcaklık değerleri hesaplandığında; 2,5 yay dakikası ile 5 yay dakikası yarıçaplı çemberler ve bu çemberler arasında kalan halka için sıcaklık sırasıyla; $3,7^{+0,26}_{-0,18}$ keV, $4,07^{+0,18}_{-0,17}$ keV, $3,83^{+0,26}_{-0,24}$ keV olarak hesaplanmıştır.

Akı (flux) ve ışınım (Luminosity) değerleri hesaplanırken, 2–10 keV enerji aralığı kullanılmış ve $z=0,039$, $H_0 = 70$ ve $\Omega_0=0,730$ sabit değerlerinde küme merkezinden 2,5 yay dakikası yarıçaplı daire için MOS–1, MOS–2 ve PN kameralarından alınan verilerle elde edilen ışınım değerleri sırasıyla;

$$L_x = 0,9445 \times 10^{44} \text{ ergss}^{-1} \approx 0,46 \times 10^{40} \text{ h}^{-2} \text{ ergss}^{-1}$$

$$L_x = 0,15 \times 10^{44} \text{ ergss}^{-1} \approx 0,73 \times 10^{40} \text{ h}^{-2} \text{ ergss}^{-1}$$

$$L_x = 0,28 \times 10^{44} \text{ ergss}^{-1} \approx 0,14 \times 10^{40} \text{ h}^{-2} \text{ ergss}^{-1}$$

5 yay dakikası yarıçaplı daire için;

$$L_x = 0,31 \times 10^{44} \text{ ergss}^{-1} \approx 0,15 \times 10^{40} \text{ h}^{-2} \text{ ergss}^{-1}$$

$$L_x = 0,30 \times 10^{44} \text{ ergss}^{-1} \approx 0,15 \times 10^{40} \text{ h}^{-2} \text{ ergss}^{-1}$$

$$L_x = 0,59 \times 10^{44} \text{ ergss}^{-1} \approx 0,29 \times 10^{40} \text{ h}^{-2} \text{ ergss}^{-1}$$

Bu daireler arasında kalan halka için;

$$L_x = 6,10 \times 10^{44} \text{ ergss}^{-1} \approx 0,30 \times 10^{40} \text{ h}^{-2} \text{ ergss}^{-1}$$

$$L_x = 7,26 \times 10^{44} \text{ ergss}^{-1} \approx 0,36 \times 10^{40} \text{ h}^{-2} \text{ ergss}^{-1}$$

$$L_x = 9,50 \times 10^{44} \text{ ergss}^{-1} \approx 0,46 \times 10^{40} \text{ h}^{-2} \text{ ergss}^{-1} \text{ olarak hesaplanmıştır.}$$

Kümenin bu ortalama ışınım gücü değerleri hesaplandığında; 2,5 yay dakikası ile 5 yay dakikası yarıçaplı çemberler ve bu çemberler arasında kalan halka için sırasıyla; $0,46^{+0,15}_{-0,15}$ ergss⁻¹; $0,40^{+0,41}_{-0,39}$ ergss⁻¹; $7,62^{+0,11}_{-0,14}$ ergss⁻¹ olarak hesaplanmıştır.

Tüm bu bulgular detektörler için ayrı ayrı tablolar halinde çizelge 5, çizelge 6 ve çizelge 7'de görülebilir.

Çizelge 5: MOS–1 detektöründen alınan verilerle analiz sonucunda elde edilen sıcaklık, metal bolluğu ve ışıma gücü değerleri

| Seçilen Bölge(arcmin) | Sıcaklık(keV) | Metal Bolluğu | İşıma Gücü 10^{44} erg/s | χ^2 |
|-----------------------|--|--|--|----------|
| 0–2,5 | 3,39 ^{+0,13} _{-0,13} | 0,40 ^{+0,11} _{-0,10} | 0,94 ^{+0,03} _{-0,03} | 1,02 |
| 0–5 | 4,11 ^{+0,18} _{-0,17} | 0,32 ^{+0,7} _{-0,7} | 0,31 ^{+0,35} _{-0,31} | 1.01 |
| 2,5–5 | 3,72 ^{+0,24} _{-0,23} | 0,18 ^{+0,08} _{-0,07} | 6,10 ^{+5,87} _{-5,87} | 0.91 |

Çizelge 6: MOS–2 detektöründen alınan verilerle analiz sonucunda elde edilen sıcaklık, metal bolluğu ve ışıma gücü değerleri

| Seçilen Bölge(arcmin) | Sıcaklık(keV) | Metal Bolluğu | İşıma Gücü 10^{44} erg/s | χ^2 |
|-----------------------|--|--|--|----------|
| 0–2,5 | 3,71 ^{+0,22} _{-0,21} | 0,40 ^{+0,11} _{-0,10} | 0,15 ^{+0,15} _{-0,15} | 0,96 |
| 0–5 | 4,06 ^{+0,18} _{-0,18} | 0,34 ^{+0,8} _{-0,7} | 0,30 ^{+0,31} _{-0,30} | 0,95 |
| 2,5–5 | 4,55 ^{+0,39} _{-0,35} | 0,20 ^{+0,07} _{-0,07} | 7,26 ^{+7,54} _{-6,98} | 1,27 |

Çizelge 7: PN detektöründen alınan verilerle analiz sonucunda elde edilen sıcaklık, metal bolluğu ve ışınma gücü değerleri

| Seçilen Bölge(arcmin) | Sıcaklık(keV) | Metal Bolluğu | Işınma Gücü 10 ⁴⁴ erg/s | χ^2 |
|-----------------------|--|--|--|----------|
| 0-2,5 | 4,00 ^{+0,22} _{-0,21} | 0,43 ^{+0,12} _{-0,11} | 0,28 ^{+0,28} _{-0,27} | 0,95 |
| 0-5 | 4,05 ^{+0,17} _{-0,16} | 0,35 ^{+0,08} _{-0,07} | 0,59 ^{+0,58} _{-0,58} | 1,12 |
| 2,5-5 | 3,22 ^{+0,15} _{-0,15} | 0,21 ^{+0,07} _{-0,07} | 9,50 ^{+9,78} _{-9,58} | 1,01 |

Optik olarak ince, çarpışma ile iyonize olmuş gazlardan oluşan sıcak plazmadan gelen ışınımın modellenmesi astrofizikte uzun yıllardır üzerinde çalışılan bir problemdir. Yıllar geçtikçe bilinen temel ışınım mekanizmaları üzerine yeni parametreler veya parametrelere yeni kodlar eklenerek analizlerde kullanılmak üzere yeni modeller oluşturulmaktadır. Yeni radyatif plazma kodu APEC (Astrofiziksel Plazma Emisyon Kodu) yardımcısı olan APED (Astrofiziksel Plazma Emisyon Veri Tabanı) 'den aldığı atomik bilgileri kullanarak sıcak plazma için tayfsal modeller hesaplamaktadır. XMM-Newton tayf analizinde kullanılan kodlardan biri olan APEC aslında daha önceden kullanılan ve Isısal Frenleme mekanizmasını temel alan MEKA modelinin genişletilmiş halidir denilebilir. MEKA'dan üstünlüğü bu modelde kullanılan atom ve iyon sayısının çok fazla olabilmesidir.

Smith R.K., ve ark. APEC ve APED hakkında yazdıkları ilk makalelerinde (2001) amaçlarının Chanda ve XMM_Newton uydularının yüksek ayırma güçlü X-Işın tayf ölçerlerinden alınan veriyi analiz edebilecek plazma ışınım modelleri yaratmak olduğunu belirtmektedirler. Bilgisayarların sınırlı hız ve hafızaları sonucu sınırlı sayıda atomik veriyi depolayabilmeleri ve işleyebilmeleri nedeniyle modellere daha önceleri sadece en güçlü ışınım çizgilerinin dahil edilmekte olduğuna dikkat çekmektedirler. Onların modelinde atomik bilgiler başka bir veri tabanından (APED) alınıp işlendiğinden bu problemler ortadan kalkmakta ve çok sayıda atomik çizgi için hesaplama yapılabilmektedir.

APEC çarpışma iyonizasyon dengesindeki sıcak, optik olarak ince plazma için hem sürekli tayfı hem de çizgileri hesaplayabilmektedir (Smith R.K.ve ark., 2001).

APEC modeli dört parametre ile işlem yapmaktadır. Bunlar sırasıyla plazma sıcaklığı (keV biriminde), Metal bollukları (He kozmik bolluk değerinde sabit tutulmakta ve C,N,O,Ne, Mg, Al, Si, S,Ar, Ca, Fe, Ni elementlerinin göreceli bollukları (He bolluğuna göre) alınmaktadır), Kırmızıya kayma değeri (z) ve Normalizasyon değeridir ki

$(\frac{10^{-14}}{4\pi[D_A(1+z)^2]} \int n_e n_h dV)$ formülü ile hesaplanır. Bu son formülde D_A kaynağa kadar olan açısal uzaklık (cm), n_e ve n_h elektron ve H yoğunluklarıdır (cm^{-3}) dir (http://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/xmm/xmmhp_analysis.html).

APEC modelinin temel aldığı “Meka” ısısal tabanlı bir modeldir. Meka modeli, Mewe ve Gronenschild’in model hesaplamalarına dayanan, yaygın sıcak gazın ışımaya tayfidir. Bu model birkaç elementin çizgi ışımalarını içermektedir. Hesaplamalarda element bollukları Güneş bollukları cinsinden, “hidrojen çekirdeği başına çekirdek sayısı” olarak verilmektedir. Bu modelde, kullanılan parametreler; plazma sıcaklığı (keV), hidrojen yoğunluğu (cm^{-3}), metal bollukları, kırmızıya kayma (z) ve normalizasyon

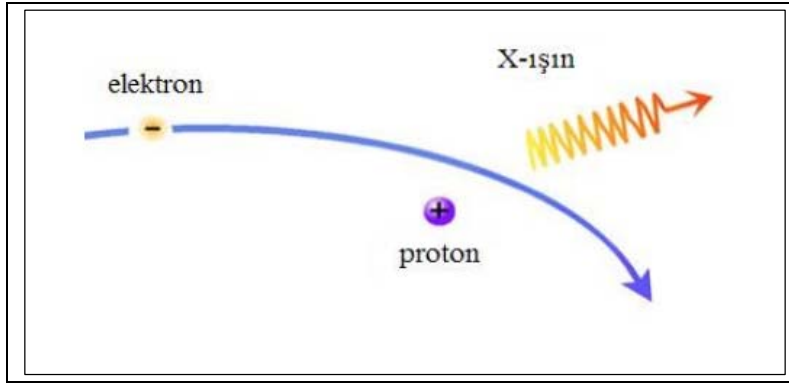
$(\frac{10^{-14}}{4\pi[D_A(1+z)^2]} \int n_e n_h dV)$ katsayısıdır. Burada D_A uzaklık, n_e ve n_h sırasıyla elektron ve hidrojen kolon yoğunluklarıdır (Mewe ve Gronenschild, 1985; Mewe ve diğ., 1986).

Bu modelin temelinde Bremsstrahlung (frenleme) ışınması bulunmaktadır. Bremsstrahlung, Almancada *bremsen* “fren” ve *Strahlung* “ışımaya” kelimelerinden oluşmuştur. Yüklü bir parçacığın saptırılmasıyla üretilen elektromanyetik ışımadır.

Bremsstrahlung sürekli bir tayftır. Nikola Tesla, 1888 ve 1897 yılları arasında yüksek frekans araştırmaları sırasında bu olguyu keşfetmiştir. Bremsstrahlung, serbest-serbest ışımaya veya frenleme ışınması olarak da bilinir.

10^7 K’nin üzerindeki sıcak gazlar, optik olarak ince olduklarında frenleme ışınımı yayarlar. Optik olarak ince demek; gazın yetersiz derecede kalın ve kendi ışınımını fark edilebilir şekilde soğuramayacak kadar az yoğun olduğu anlamına gelir. Bu da olayda, gözlenen X-ışını tayfinin hiç değişmeden üretildiği yerden bize kadar ulaştığı sonucunu doğurur.

10^7 ^0K civarındaki sıcaklıklarda atomlar iyonize olmuştur ve gaz, pozitif iyon ile negatif elektron içerdiğinden ısısal enerji bu parçacıklar arasında paylaştırılmıştır ve çarpışmalar sırasında bir parçacıktan diğer parçacığa doğru hızlıca bir enerji transferi olur. Şekil 39'da gösterildiği gibi bir elektron, pozitif iyonun yakınından geçtikçe güçlü bir elektriksel kuvvet, elektronun yörüngesinde değişime neden olur. Böylece bir çarpışmada elektron hızlanması elektromanyetik enerji yayar ve bu ışınım frenleme olarak tanımlanır.



Şekil 39: Bremsstrahlung ışınımının şematik gösterimi
(<http://en.wikipedia.org/wiki/Bremsstrahlung>).

Bir galaksi kümesinde baskın parlak bileşen 10^7 ile 10^8 ^0K sıcaklıklarındaki ortamda bulunan gazdır. Bu gazdan yayılan ışıma “Isısal Frenleme Işınımı (Thermal Bremsstrahlung)” ile ifade edilir. Isısal frenleme plazmada düzenli bir sıcaklıkta parçacık topluluğu ışıma yaptığı zaman Maxwell-Boltzmann dağılımına göre

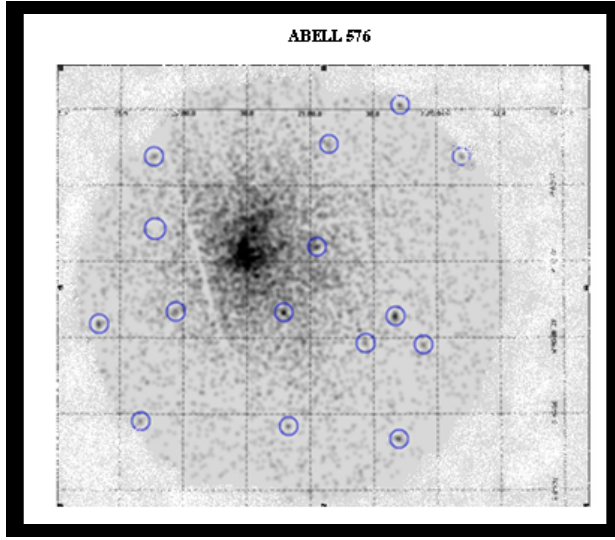
$$f(v) = 4\pi \left(\frac{m}{2\pi kT} \right)^{3/2} v^2 \exp \left[\frac{-mv^2}{2kT} \right]$$

şeklinde verilir Burada v hızı, $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$. Bu gazın güç yayılımı (power emitted) ise (cgs biriminde [$\text{erg cm}^{-3} \text{s}^{-1}$]), $\epsilon_{ff} = 1.4 \times 10^{-27} T^{1/2} n_e n_i Z^2 g_B$. Burada n_e ve n_i elektron ve iyon yoğunlukları, sırasıyla Z proton sayısı, g_B Gaunt faktörü ve T ise X-ışın sıcaklığıdır. Bu ışıma X-ışınlarının enerji bölgesi içindedir.

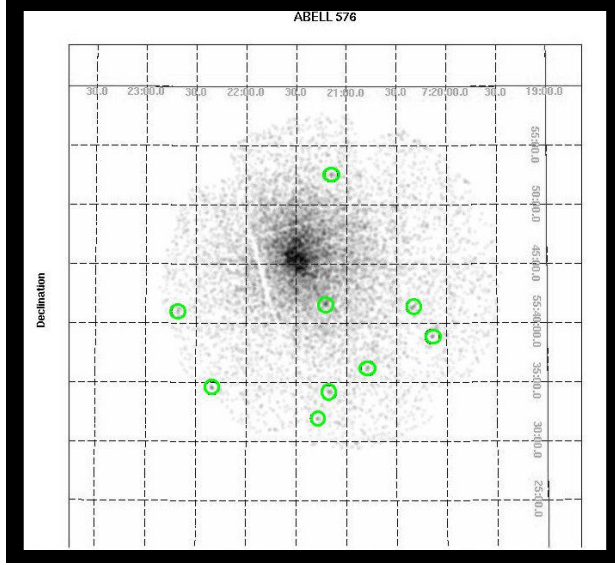
4.4. Abell 576 Galaksi Kümesinin Nokta Kaynak İstatistiği

Kümeye ait nokta kaynak analizi yapılırken yumuşak (0,3–1,0 keV), orta(1,0–1,6 keV) ve sert(1,6–10,0 keV) olmak üzere üç farklı enerji aralığı alınmıştır. MOS–1, MOS–2 ve PN detektörlerinden alınan verilerle nokta kaynak analizi sonucunda elde edilen görüntüler Şekil 40–41–42–43–44–45–46–47–48–49–50–51’de görülmektedir.

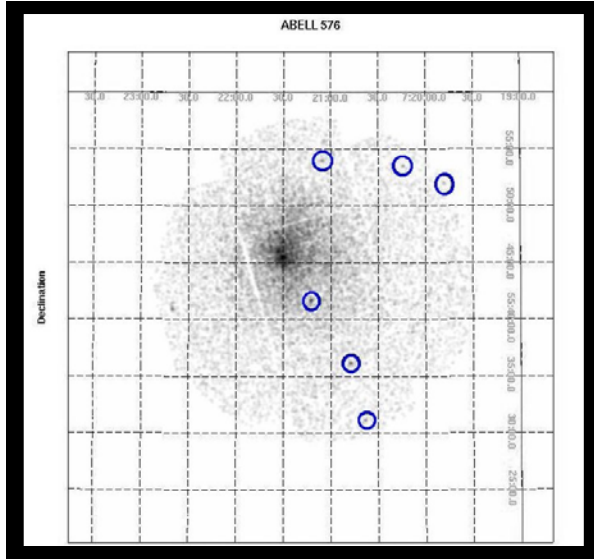
Nokta kaynak analizi sonucunda ele edilen istatistiksel sonuçlar ise çizelge 4’de verilmiştir.



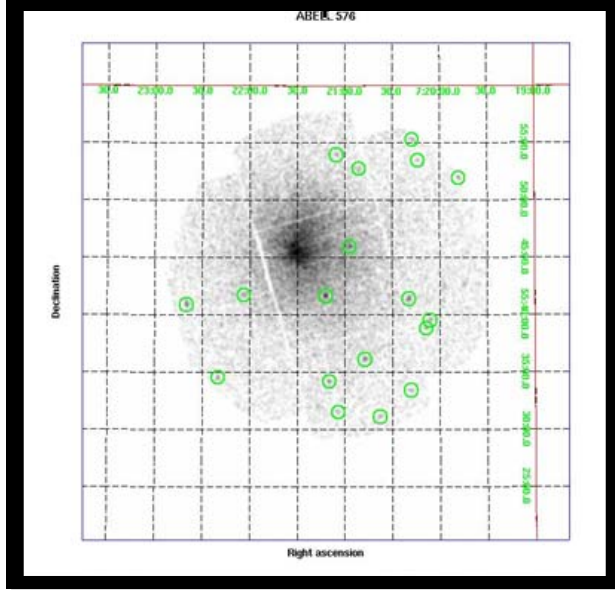
Şekil 40: Abell 576 Galaksi kümesinin MOS–1 detektöründen yumuşak enerji aralığında elde edilen nokta kaynaklar.



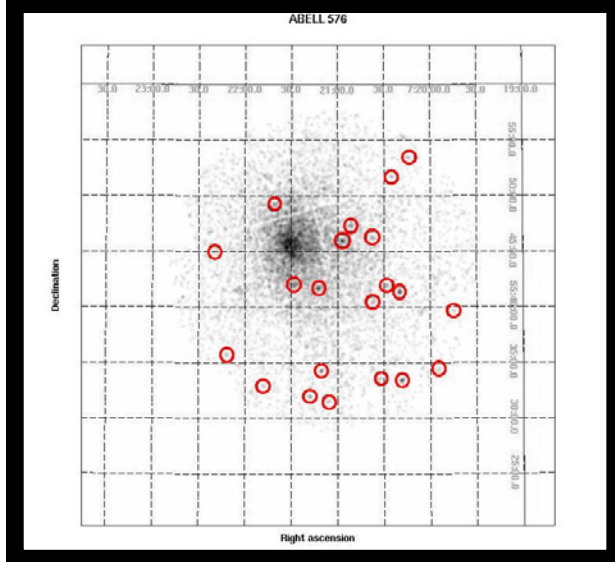
Şekil 41: Abell 576 Galaksi kümesinin MOS-1 detektöründen orta enerji aralığında elde edilen nokta kaynaklar.



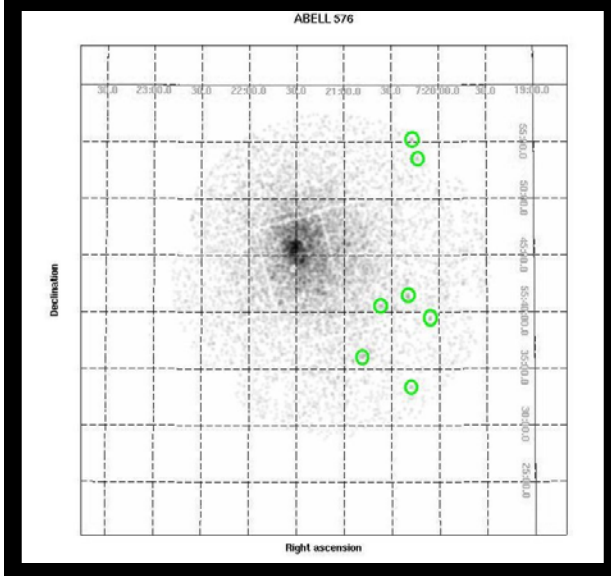
Şekil 42: Abell 576 Galaksi kümesinin MOS-1 detektöründen sert enerji aralığında elde edilen nokta kaynaklar.



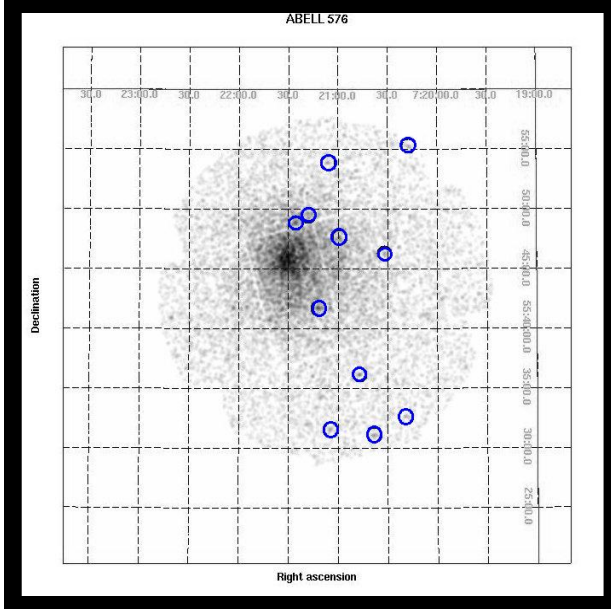
Şekil 43: Abell 576 Galaksi kümesinin MOS-1 detektöründen geniş enerji aralığında elde edilen nokta kaynaklar.



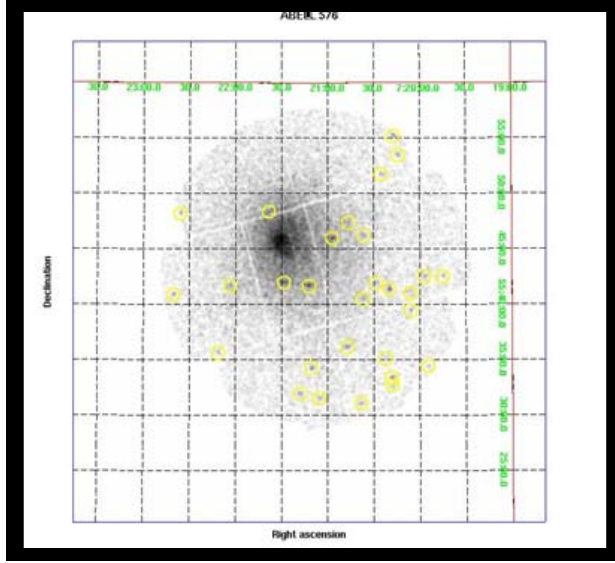
Şekil 44: Abell 576 Galaksi kümesinin MOS-2 detektöründen yumuşak enerji aralığında elde edilen nokta kaynaklar.



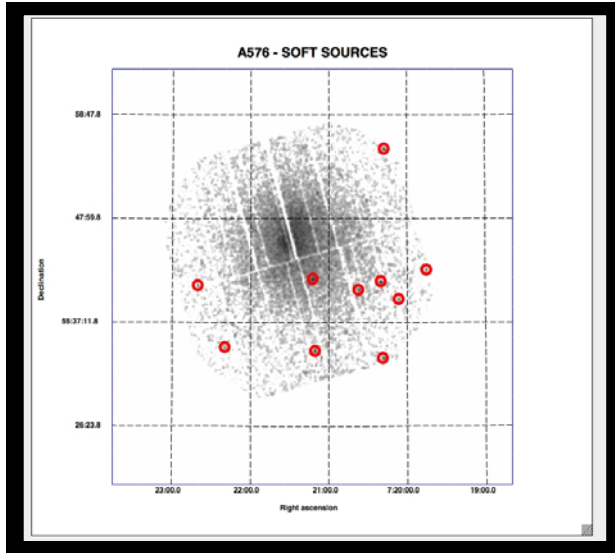
Şekil 45: Abell 576 Galaksi kümesinin MOS-2 detektöründen orta enerji aralığında elde edilen nokta kaynaklar.



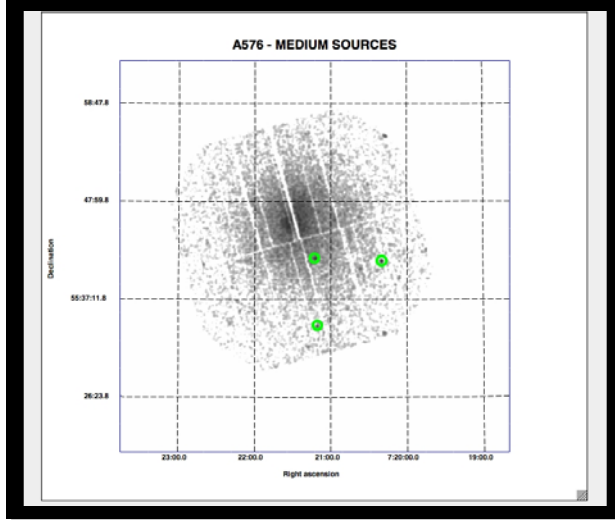
Şekil 46: Abell 576 Galaksi kümesinin MOS-2 detektöründen sert enerji aralığında elde edilen nokta kaynaklar.



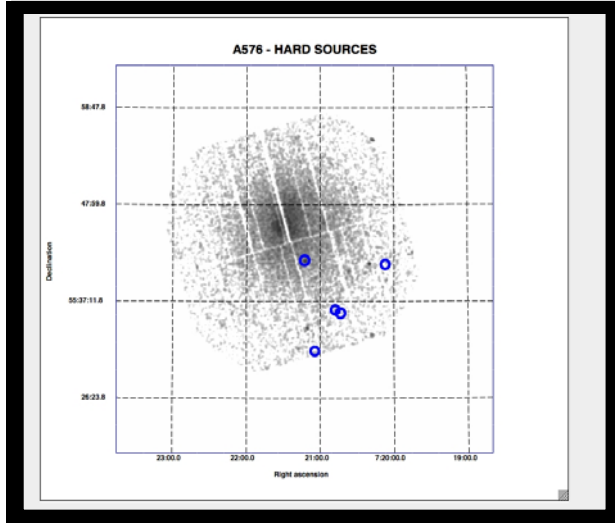
Şekil 47: Abell 576 Galaksi kümesinin MOS-2 detektöründen geniş enerji aralığında elde edilen nokta kaynaklar.



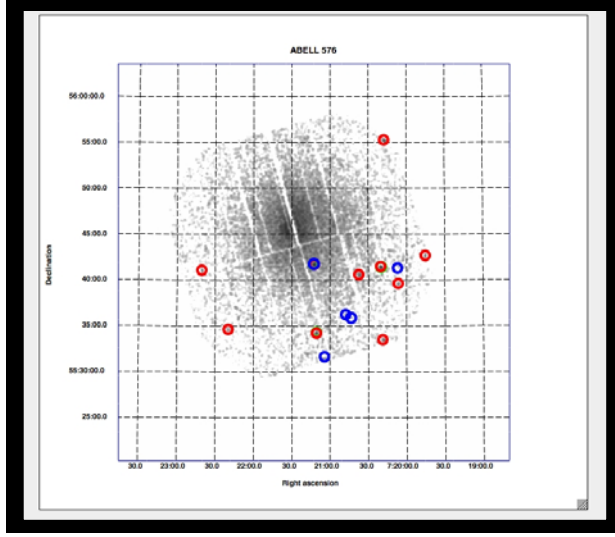
Şekil 48: Abell 576 Galaksi kümesinin PN detektöründen yumuşak enerji aralığında elde edilen nokta kaynaklar.



Şekil 49: Abell 576 Galaksi kümesinin PN detektöründen orta enerji aralığında elde edilen nokta kaynaklar.



Şekil 50: Abell 576 Galaksi kümesinin PN detektöründen sert enerji aralığında elde edilen nokta kaynaklar.



Şekil 51: Abell 576 Galaksi kümesinin PN detektöründen geniş enerji aralığında elde edilen nokta kaynaklar.

Çizelge 8: A576'nın MOS-1, MOS-2 ve PN kameralarından alınan verilerle elde edilen nokta kaynakların sayıları

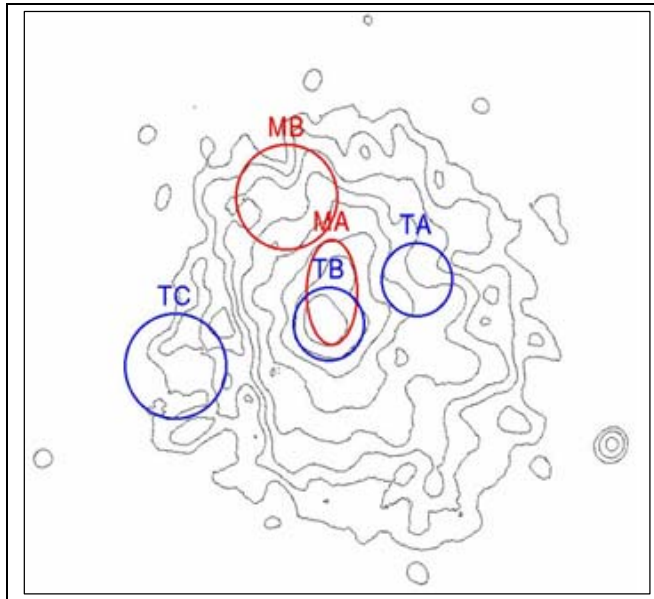
| Kamera tipi | Yumuşak | Orta | Sert | Geniş |
|-------------|---------|------|------|-------|
| MOS-1 | 15 | 9 | 6 | 18 |
| MOS-2 | 21 | 7 | 11 | 29 |
| PN | 10 | 3 | 5 | 14 |

Nokta kaynak analizinde, herhangi bir enerji aralığında görülmeyen kaynak başka bir enerji aralığında görülebildiği gibi farklı enerji aralıklarında aynı kaynaklara rastlanabilir. Örneğin; burada da Şekil 49’de verilen ve PN detektöründen alınan verilerle elde edilen orta enerji bandındaki üç kaynağı temsil edilen yeşil renkli çemberler, kaynakların diğer enerji bantlarında da yayınımlar yapmasından dolayı Şekil 51’de görülmemektedir. Bunun yanında her üç enerji bandında da görülen bir kaynak vardır ki her üç görüntüde de merkeze en yakın olandır. Bundan başka sert enerji aralığında görülen sağ kenara yakın kaynak aynı zamanda orta enerji aralığında da görülmektedir.

4.5. Abell 576 Galaksi Kümesine Ait Sıcaklık ve Metal Haritaları

Abell 576 galaksi kümesinin X-ışın görüntüleri üzerindeki eş yoğunluk çizgilerinden galaksi kümesinin oluş doğrultusunun, sıcaklık ve metal haritalarının incelenmesi ile kümenin evrimi ve yapısı hakkında bilgilere ulaşılmaya çalışılmıştır.

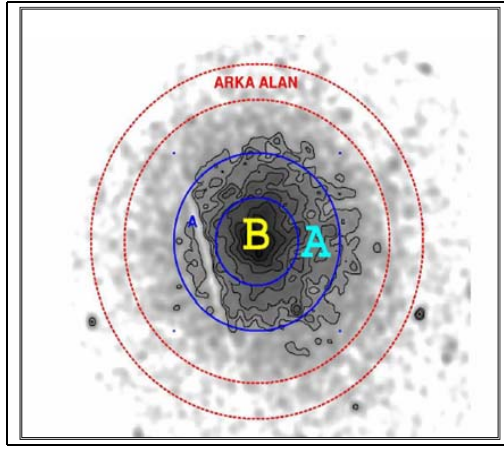
Şekil 52 ‘ de küme üzerinde çalışılan bölgeler görülmektedir. TA, TB ve TC ile gösterilen ve mavi renkle işaretlenmiş çemberler kümenin sıcaklık analizi yapılan bölgelerini, MA ve MB ile gösterilen ve kırmızı renkli elips ve çember şeklinde işaretlenen bölgeler ise kümenin metal bolluğu çalışılan bölgelerini göstermektedir.



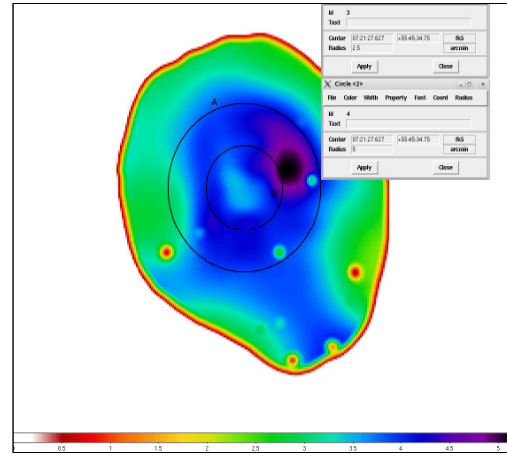
Şekil 52: Abell 576 Galaksi Kümesinin Sıcaklık ve Metal Bolluğu Bölgeleri

Şekil 53a'da tayf analizi sırasında kullanılan A ve B bölgeleri ile Şekil 54b'de sıcaklık analizi sonucunda elde edilen tayf üst üste bindirilmiştir.

Şekil 53b'de kırmızıdan siyaha doğru gidildikçe sıcaklık artmaktadır. O halde 2,5 yay dakikası ile 5 yay dakikası yarıçapa sahip B ve A çemberleri arasında kalan halkada yoğun siyah bölge oluştuğuna göre, burada sıcaklık diğer bölgelere nazaran daha fazla olmalıdır. Aynı şekilde 2,5 yay dakikası yarıçapa sahip çember içinde açık mavi olarak görülen bölgede ise beklenen sıcaklık değeri az olmalıdır.

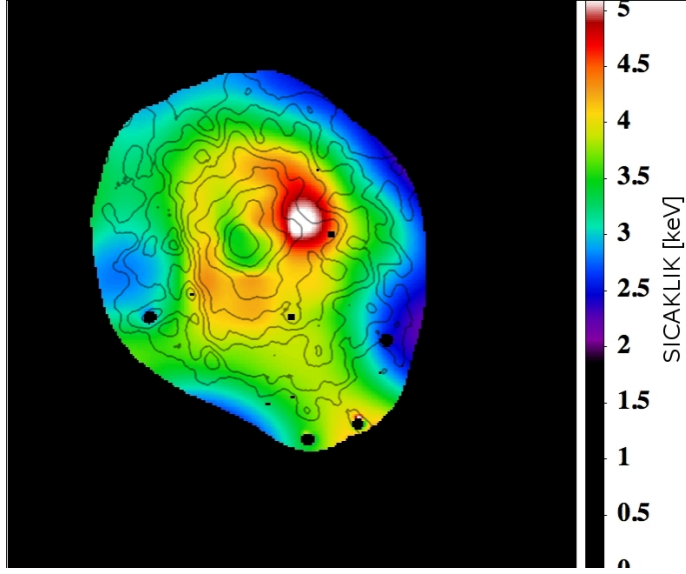


Şekil 53a) A576 Tayf Bölgeleri



Şekil 53b) A576 Sıcaklık Bölgeleri

Şekil 54’de kümenin nokta kaynakları çıkartılarak eş yoğunluk çizgileriyle X-ışın bölgesi üzerinde oluşturulan sıcaklık haritası görülmektedir. Haritanın sağ kısmında sıcaklık değerlerini veren renk göstergesi bulunmaktadır.

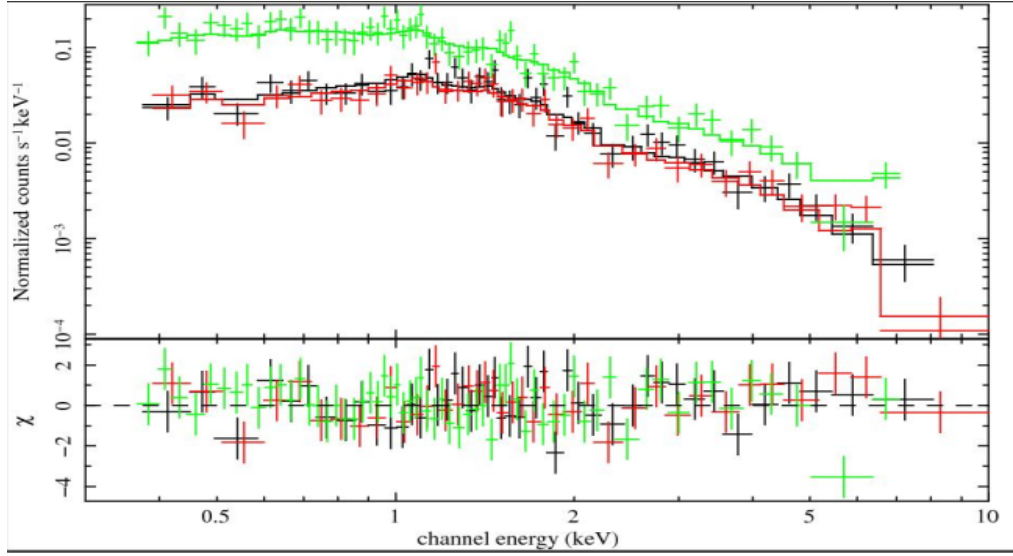


Şekil 54: A576’ya Ait Sıcaklık Haritası.

Renk göstergesine bakılarak; TA bölgesinin sıcaklığı için 5 keV civarında, TB bölgesinin sıcaklığı için 3 ile 3,75 keV civarında, TC bölgesinin sıcaklığı için ise 2,25 ile 3 keV civarında olduğu söylenebilir.

Mos-1, Mos-2 ve PN detektörlerinden alınan verilerle elde edilen ve Şekil 53’de gösterilen TA, TB ve TC bölgelerine ait tayf uyumları Şekil 55, Şekil 56 ve Şekil 57’de gösterilmektedir. Siyah renk MOS-1, kırmızı renk MOS-2, yeşil renk ise PN detektörüne ait verilerinden elde edilen tayfı temsil etmektedir.

Tayflara ait istatistiksel bilgiler ise çizelge 9, çizelge 10, çizelge 11 ve çizelge 12’de verilmiştir.

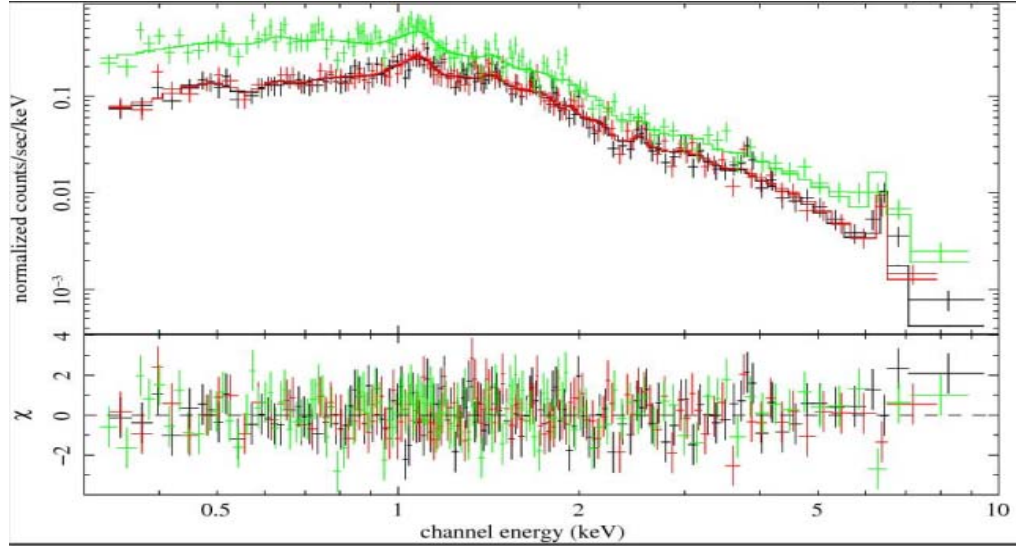


Şekil 55: Sıcaklık Haritasından Seçilmiş TA Bölgesine Ait Tayf.

Çizelge 9: TA Bölgesine Ait Işıma Gücü Değerleri

| Detektör Tipi | Işıma gücü değerleri ($10^{43} \text{ ergss}^{-1}$) |
|---------------|---|
| MOS-1 | $0,21^{+0,94}_{-0,19}$ |
| MOS-2 | $0,17^{+0,02}_{-0,02}$ |
| PN | $0,17^{+0,02}_{-0,02}$ |

(Ortalama ışıınım gücü değeri; $L=0,18^{+0,33}_{-0,07} \times 10^{43} \text{ ergs/s}$ ' dir.)

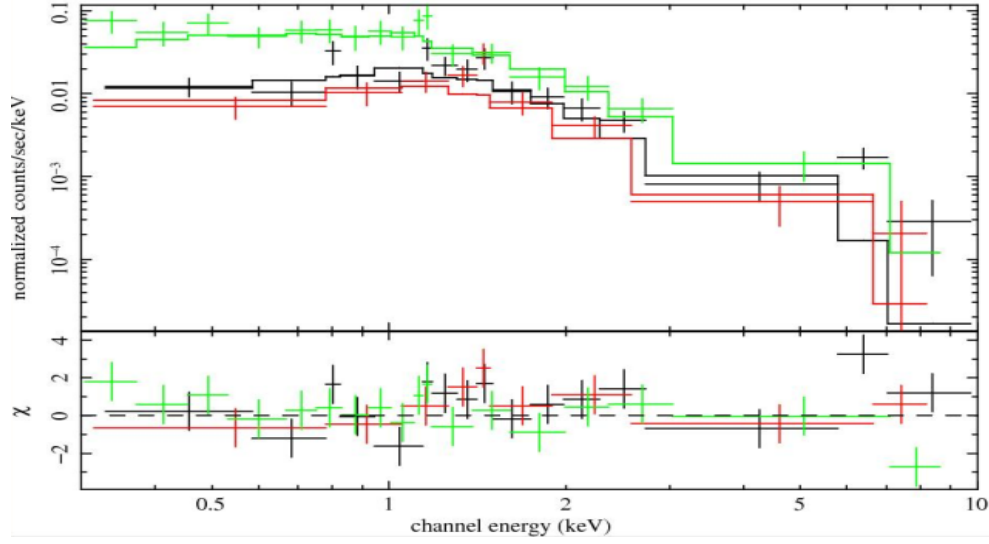


Şekil 56: Sıcaklık Haritasından Seçilmiş TB Bölgesine Ait Tayf

Çizelge 10: TB Bölgesine Ait Işıma Gücü Değerleri

| Detektör Tipi | Işıma gücü değerleri ($10^{43} \text{ ergs s}^{-1}$) |
|---------------|--|
| MOS-1 | $0,67^{+0,03}_{-0,02}$ |
| MOS-2 | $0,69^{+0,03}_{-0,04}$ |
| PN | $1,11^{+0,01}_{-0,01}$ |

(Ortalama ışınım gücü değeri; $L=0,82^{+0,03}_{-0,02} \times 10^{43} \text{ ergs/s' dir.}$)



Şekil 57: Sıcaklık Haritasından Seçilmiş TC Bölgesine Ait Tayf

Çizelge 11: TC Bölgesine Ait Işıma Gücü Değerleri

| Detektör Tipi | Işıma gücü değeri ($10^{42} \text{ ergss}^{-1}$) |
|---------------|--|
| MOS-1 | $0,75^{+0,09}_{-0,24}$ |
| MOS-2 | $0,59^{+0,15}_{-0,16}$ |
| PN | $0,60^{+0,11}_{-0,14}$ |

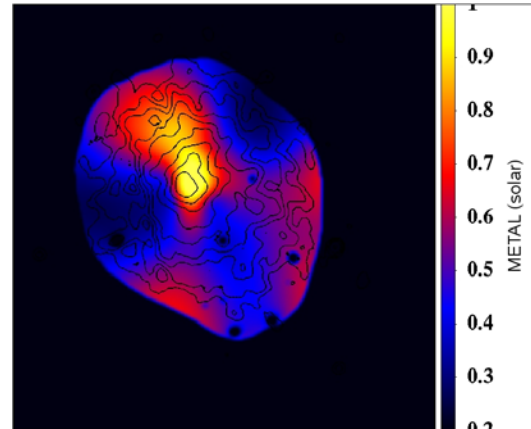
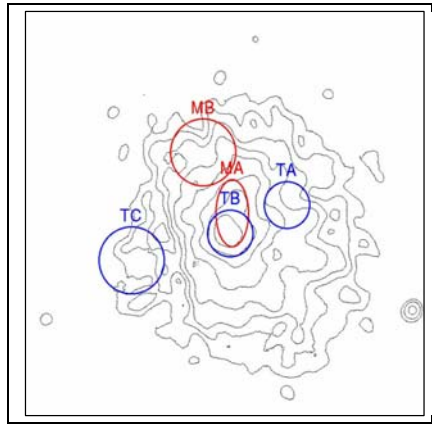
(Ortalama ışıınım gücü değeri; $0,65^{+0,11}_{-0,12} \times 10^{42} \text{ ergs/s' dir.}$)

Çizelge 12’de TA, TB ve TC bölgeleri için yapılan tayf analizleri sonucunda elde edilen sıcaklık ve metal bolluğu değerleri görülmektedir.

Çizelge 12: A576’ya Ait Sıcaklık ve Metal Bolluğu Değerleri

| Seçilen Bölge | Sıcaklık (keV) | Metal Bolluğu | χ^2 |
|---------------|--|--|----------|
| TA | 4,49 ^{+0,57} _{-0,41} | 0,65 ^{+0,37} _{-0,32} | 0,99 |
| TB | 3,78 ^{+0,16} _{-0,16} | 0,82 ^{+0,14} _{-0,13} | 0,96 |
| TC | 3,00 ^{+0,96} _{-0,67} | 0,30 ^{+0,67} _{-0,30} | 1,34 |

Şekil 58 b’ de kümenin nokta kaynakları çıkartılarak eş yoğunluk çizgileriyle X-ışın bölgesi üzerindeki metal haritası görülmektedir. Haritanın sağ kısmında metal bolluğu değerlerini Güneş bolluğu cinsinden veren renk göstergesi bulunmaktadır.



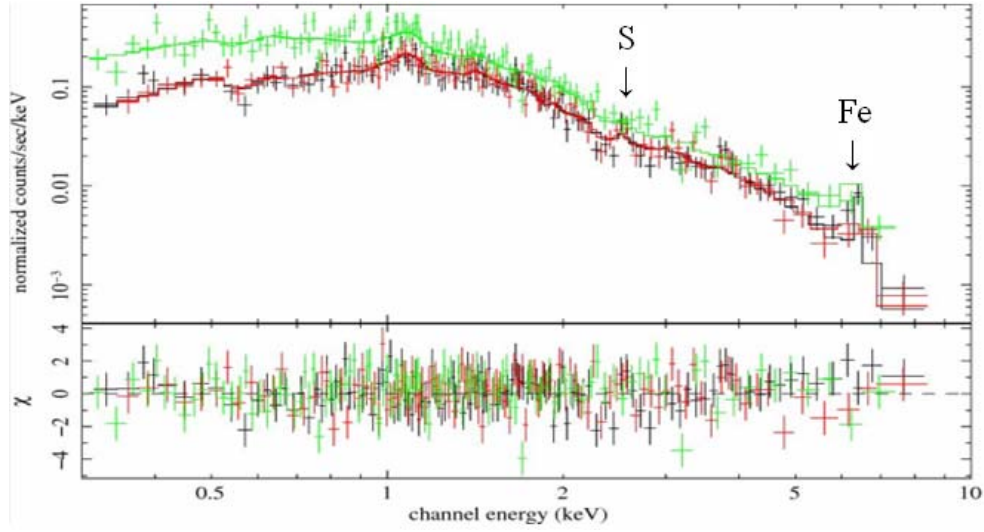
Şekil 58 a) A576’ya Ait Tayf Bölgeleri

Şekil 58 b) A576’ya Ait Sıcaklık Haritası

Renk göstergesine bakılarak; MA ile işaret edilen bölgenin metal değeri 1 civarında, MB ile işaret edilen bölgenin metal değeri ise 0,7 civarında olduğu görülmektedir.

MOS-1, MOS-2 ve PN detektörlerinden alınan verilerle elde edilen ve Şekil 58’de gösterilen MA ve MB bölgelerine ait tayf uyumları Şekil 59 ve Şekil 60’de görülmektedir. Siyah renk MOS-1, kırmızı renk MOS-2, yeşil renk ise PN detektörüne ait verilerinden elde edilen tayfi temsil etmektedir.

Tayflara ait istatistiksel bilgiler ise çizelge 14, çizelge 15 ve çizelge 16’da verilmiştir.



Şekil 59: Metal Bolluğu Haritasından Seçilmiş MA Bölgesine Ait Tayf.

Şekil 60'da 2–5 keV ile 5-10keV enerji aralığında tayfta sıçramalara neden olan fotonların olduğu saptamıştır. Çizelge13'den buradaki fotonların (oklarla gösterildiği gibi) S ve Fe elementlerine ait olduğu görülmektedir.

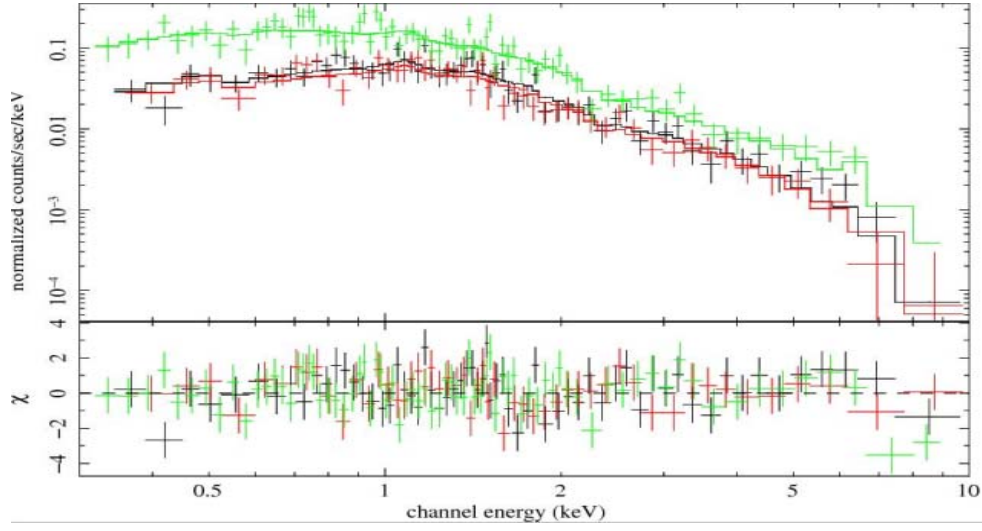
Çizelge 13: Bazı ağır elementler için enerji, dalga boyu ve verim tablosu (Osterbrock,D.E., Ferland G.J.; 2005)

| Atom | E(K α) (keV) | λ (K α) (Å) | Yield |
|-----------------|----------------------|-----------------------------|-------|
| Si ⁰ | 1.74 | 7.10 | 0.042 |
| S ⁰ | 2.31 | 5.35 | 0.078 |
| Ar ⁰ | 2.96 | 4.18 | 0.112 |
| Ca ⁰ | 3.69 | 3.35 | 0.124 |
| Fe ⁰ | 6.40 | 1.93 | 0.304 |

Çizelge 14: MA Bölgesine Ait Işıma Gücü Değerleri

| Detektör Tipi | Işıma gücü değeri ($10^{43} \text{ ergss}^{-1}$) |
|---------------|--|
| MOS-1 | $0,65^{+0,03}_{-0,04}$ |
| MOS-2 | $0,70^{+0,08}_{-0,03}$ |
| PN | $0,99^{+0,07}_{-0,02}$ |

(Ortalama ışıma gücü değeri; $L=0,78^{+0,06}_{-0,03} \times 10^{43} \text{ ergss}^{-1}$)



Şekil 60: Metal Bolluğu Haritasından Seçilmiş MB Bölgesine Ait Tayf.

Çizelge 15: MB Bölgesine Ait Işıma Gücü Değerleri

| Detektör Tipi | Işıma gücü değeri ($10^{43} \text{ ergss}^{-1}$) |
|---------------|--|
| MOS-1 | $0,36^{+0,03}_{-0,03}$ |
| MOS-2 | $0,26^{+0,03}_{-0,10}$ |
| PN | $0,57^{+0,05}_{-0,05}$ |

(Ortalama ışınım gücü değeri; $L=0,40^{+0,03}_{-0,06} \times 10^{43} \text{ ergss}^{-1}$)

Çizelge 16: A576'ya Ait Sıcaklık ve Metal Bolluğu Değerleri

| Seçilen Bölge | Sıcaklık (keV) | Metal Bolluğu | χ^2 |
|---------------|--|--|----------|
| MA | 3,79 ^{+0,19} _{-0,19} | 0,65 ^{+0,37} _{-0,32} | 1,10 |
| MB | 3,89 ^{+0,42} _{-0,42} | 0,68 ^{+0,15} _{-0,14} | 1,09 |

**BÖLÜM 5
SONUÇLAR VE ÖNERİLER**

Bu çalışmada XMM-Newton uydusundan alınan A576'ya ait X-ışın verileri üzerinde yapılan tayfsal analiz sırasında kümenin merkezi kısmı üç bölüm halinde incelenerek bu bölümler arasında tayfsal parametrelerde bir fark bulunup bulunmadığı tespit edilmeye çalışılmıştır. Her üç bölüme uygulanan teorik model uygulamalarında "APEC" modelinin en iyi uyumu sağladığı tespit edilmiştir. Bu model daha önceki çalışmalarda bulunan (HEAO-1, Rothenflug ve ark. 1984, Einstein, Kenneth ve ark. 2000, Chandra, Kempner ve ark. 2004) Raymond-Smith ve Meka (veya Mekal) modelleri ile aynı teorik temeli paylaşmaktadır: ısısız frenleme mekanizması. Bu modeller arasındaki farklar element bolluklarının hangi kaynağa göre alındığı (Güneş bolluğu cinsinden – *Mekal modeli* veya kozmik bolluklar cinsinden - *Raymond-Smith* modeli) veya elementlere ait çizgilerin ne kadar çok (*Apec modeli*) alınabildiğidir. Sonuç olarak gerek Einstein, gerek ASCA, gerek Chandra ve gerekse de XMM-Newton uydusu ile yapılan tayf analizleri A576'nın sıcak, optik olarak ince, iyonize bir merkezi gaza sahip olduğunu göstermektedir. Bu çalışmada bulunan Apec modeli de bu sonucu teyit etmektedir.

Bu çalışmada uygulanan teorik kuvvet kanunu modelinin kümenin tayfına uyum göstermemesi küme merkezinde X-ışınlarında aktif bir galaksi bulunmadığının bir kanıtıdır. Çünkü bu tür bir tayf ancak böyle bir galaksi bulunursa elde edilebilmektedir.

Bu çalışmada 0,35–7,5 keV enerji aralığında MOS-1, MOS-2 ve PN kameralarından alınan verilerle elde edilen ve küme merkezinden itibaren yarıçapı 2,5 yay dakikası ve 5 yay dakikası olan çemberler ile bu çemberler arasında kalan bölgenin ortalama sıcaklık değeri çizelge 17'de gösterildiği gibidir;

Çizelge 17: A576' ya Ait Sıcaklık Değerleri

| Seçilen Bölge (arcmin) | Sıcaklık Değeri (keV) |
|---------------------------|--|
| 0-2,5 | 3,7 ^{+0,26} _{-0,18} |
| 0-5 | 4,07 ^{+0,18} _{-0,17} |
| 2,5-5 | 3,83 ^{+0,26} _{-0,24} |

Kümenin sıcaklık haritasına bakıldığında; kümenin eteğindeki gazları temsil eden TC bölgesinin 3 keV civarında sıcaklığa sahip olduğu görülmektedir. Aynı bölge için yapılan tayf analizi sonucunda sıcaklık değeri $3,00^{+0,96}_{-0,67}$ keV olarak hesaplanmıştır.

Kümenin merkezi içinde yer alan TB bölgesinin sıcaklığı 3 ile 3,75 keV civarında, TA bölgesinin sıcaklığı ise; 5 keV civarında değerler almaktadır. Bu bölgeler için yapılan tayf analizi sonucunda TB bölgesinin sıcaklık değeri $3,78^{+0,16}_{-0,16}$ keV, TA bölgesinin sıcaklık değeri ise; $4,49^{+0,57}_{-0,41}$ keV olarak hesaplanmıştır.

Bahsedilen üç bölge için sıcaklık haritasındaki değerler ile tayf sonucunda elde edilen değerler karşılaştırıldığında bulunan sonuçların hata payı içinde uyumlu olduğu görülmektedir.

TA bölgesi kümenin 2,5 yay dakikası ile 5 yay dakikası arasında kalan halkanın içinde yer almaktadır. Küme için yapılan tayf analizinden elde edilen sonuca göre halkanın sıcaklık değeri ortalama $3,83^{+0,26}_{-0,24}$ keV olarak bulunmuştur. Ancak TA bölgesi için sıcaklık haritasına veya yapılan tayf analizinden elde edilen sıcaklık değerlerine (sırasıyla; 5 keV civarı – $4,49^{+0,57}_{-0,41}$ keV) bakılarak karşılaştırma yapıldığında sıcaklık değerleri arasında uyumsuzluk olduğu görülmüştür.

Bunun nedeni; bahsedilen halkanın sıcaklık değeri hesaplanırken 2,5 yay dakikası ile 5 yay dakikası arasında kalan gazın neredeyse tamamından alınan fotonların kullanılması, TA bölgesinde ise yalnızca halkanın belirli bir bölgesinden (TA bölgesi) gelen gazın sıcaklık değerinin hesaplanmış olmasıdır.

TB bölgesi, kümenin merkezinden itibaren 2,5 yay dakikası yarıçapa sahip çemberin içinde yer almakta hatta çemberin merkez bölgesinin büyük bir kısmını kaplamaktadır. Küme için yapılan tayf analizinde bahsedilen çember bölgesi için sıcaklık değeri ortalama $3,70^{+0,26}_{-0,18}$ keV olarak hesaplanmıştır. Bu değer; TB bölgesi için sıcaklık haritasından bulunan (3–3,75 keV civarı) veya tayf analizi sonucu elde edilen sıcaklık değeriyle ($3,78^{+0,16}_{-0,16}$ keV) uyum göstermiştir.

Beklenildiği gibi sıcaklık değeri en az olan bölge kümenin eteğinde kalan gazların bulunduğu TC bölgesidir. 2,5 yay dakikası ile 5 yay dakikası yarıçaplı çemberlerin arasında kalan halkada bulunan TA bölgesinde ise sıcaklık değeri diğer bölgelere nazaran daha yüksektir. Kümenin sıcaklık ve metal haritalarına bakıldığında küçük bir küme A576'nın içerisine bir süre önce yaklaşık kuzeybatı-güneydoğu doğrultusunda girmiş ve kümeye ait gazı ısıtmış olabilir. TA bölgesi bu ısınan bölgenin baş kısmı olmak üzere A576 içerisine gömülmeye başlamış olabilir. Buna ek olarak giren alt küme kendisi de sıcak bir küme olabilir.

Kümenin MA bölgesinin tayfına bakıldığında bazı fotonların tayf çizgisinde sıçramaya neden oldukları görülmüştür. Bunun nedeni bölgede element bolluklarının farklılık göstermesidir. Gelen fotonların enerjileri karşılaştırıldığında bölgede S ve Fe elementlerinin bulunduğu anlaşılmıştır. Rothenflug ve Vigroux (1984) tarafından yapılan çalışmada; kümenin merkezinde Fe, Si ve S emisyon çizgileri bulunmuş, bu çalışmada ise Si elementine ait kesin bir emisyon çizgisine rastlanmamıştır.

Kullanılan analiz yöntemi içerisinde kümeye ait sağ açıklık ($07^h 21^m 29^s$) ve dik açıklık ($+55^0 45' 30''$) değerleri ilgili komutlarla yazıldığında A576 galaksi kümesinin Hidrojen kolon yoğunluğu $N_h = 5,50 \times 10^{20} \text{ cm}^{-2}$ olarak hesaplanmıştır. Kempner ve ark. (2004) küme için hidrojen kolon yoğunluğunu $N_h = 5,71 \times 10^{20} \text{ cm}^{-2}$, Dupke ve ark. (2007) ise $N_h = 5,7 \times 10^{20} \text{ cm}^{-2}$ olarak hesaplamışlardır. Bu çalışmada hesaplanan hidrojen kolon yoğunluğu değeri hata payı içinde bu değerlerle uyumaktadır.

Bu çalışmada 2–10 keV enerji aralığında MOS–1, MOS–2 ve PN kameralarından alınan verilerle elde edilen ve küme merkezinden itibaren yarıçapı 2,5 yay dakikası ve 5 yay dakikası olan çemberler ile bu çemberler arasında kalan bölgenin ortalama ışımaya gücü değeri çizelge 18’de gösterildiği gibidir;

Çizelge 18: A576’ya Ait Işıma Gücü Değerleri

| Seçilen Bölge (arcmin) | Işıma Gücü Değeri (10^{43} ergss ⁻¹) |
|---------------------------|--|
| 0–2,5 | 0,46 ^{+0,15} _{-0,15} |
| 0–5 | 0,40 ^{+0,41} _{-0,39} |
| 2,5–5 | 7,62 ^{+0,11} _{-0,14} |

Kümenin TA, TB ve TC bölgeleri için yapılan tayf analizinden elde edilen ortalama ışımaya gücü değeri; $0,18^{+0,33}_{-0,07} \times 10^{43}$ ergs/s, $0,82^{+0,03}_{-0,02} \times 10^{43}$ ergs/s, $0,65^{+0,11}_{-0,12} \times 10^{42}$ ergs/s olarak hesaplanmıştır.

MA ve MB bölgeleri için yapılan tayf analizinden elde edilen ışımaya gücü değerleri ise; $0,78^{+0,06}_{-0,03} \times 10^{43}$ ergs/s, $0,40^{+0,03}_{-0,06} \times 10^{43}$ ergs/s olarak hesaplanmıştır.

Küme merkezinden itibaren 5 yay dakikası yarıçaplı daire için hesaplanan ışımaya değeri dikkate alındığında (ki bu alan küme üzerinde çalışılan tüm tayf bölgesini kapsar) Mohr ve ark. (1996) tarafından 0,3–3,5 keV enerji aralığı için hesaplanan $L_x \approx 8,2 \times 10^{43} \text{ h}^{-2} \text{ ergss}^{-1} = 8,2 \times 10^{39} \text{ ergss}^{-1}$ ve Kenneth ve ark. (2000) tarafından 0,3–3,5 keV enerji aralığı için hesaplanan $L_x \approx 0,46 \times 10^{44} \text{ h}^{-2} \text{ ergss}^{-1} = 0,46 \times 10^{40} \text{ ergss}^{-1}$ değerleriyle farklı olduğu görülür.

Bu farklar ışınım gücü hesaplanan enerji aralıklarının (0,35–7,5 keV-bu çalışma) (0,3–3,5keV- Mohr ve ark, 1996 ve Kenneth ve ark. 2000) farklı olmasından kaynaklanmaktadır.

Abell 576 galaksi kümesi için çeşitli yazarlar tarafından (Rothenflug ve ark.,1984, David ve ark.,1993, Mohr ve ark.,1996, Kenneth ve ark.,2000) bulunan sıcaklık değeri ortalama $T \approx 4\text{keV} \approx 4,6 \times 10^7 \text{ K}$ olarak alınabilir.

Bu çalışmada bulunan gaz sıcaklığı hata payı içinde $T \approx 4\text{keV} \approx 4,6 \times 10^7 \text{ K}$ sıcaklık değeriyle uyuşmaktadır.

KAYNAKLAR

- Atkinson S., 1998. Astronomi, (Çev:M.Alev), TÜBİTAK, Popüler Bilim Kitapları, Ankara.
- Bilim teknik dergisi, sayı 387 .
- Bilir S.,1997. İstanbul Üniversitesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, Popüler Bilim, 40 , 15-18.
- David L.P., Slyz A., Jones C., Forman W., Vrtilik S.D. ve Arnaud K.A., 1993.A Catalog of Intracluster Gas Temperatures *ApJ*, 412, 479-488.
- Ehle M., Breittellner M., Díaz T. M., González R.R., Guainazzi M., Loiseau N., Rodríguez P., Santos-Lleó M., Schartel N., Tomás L., Verdugo E. ve Dahlem M., 2007. ESA Pres, XMM-Newton Users' Handbook Issue 2.5.
- Kempner, J.C., ve David,L.P., A Chandra Study Of The Core Of The Nearby Cluster A576, 2004. *ApJ*, 607:220-225.
- Kempner J.C. ve David L.P., 2003. Chandra Observation of the Core of Abell 576, *Proceedingd of The Riddle of Cooling Flows in Galaxies and Clusters of Galaxies: E26, Charlottesville, Virginia, USA*.
- Moche D. L., 1993. Astronomy: A Self-Teaching Guide (5th ed.), USA, 138.
- Mohr J.J., Geller M.J., Fabricant D.G., Wegner G., Thorstensen J., ve Richstone D.O., 1996. An Optical And X-Ray Study Of Abell 576, A Galaxy Cluster With A Cold Core, *ApJ*, 470:724-742.
- Mewe R., Gronenschild E.H.B.M. and van den Oord, G.H.J. 1985. A &AS, 62, 197.
- Mewe R., Lemen J.R., and van den Oord, G.H.J. 1986. A &AS, 65, 511.
- OsterbrockD.E.; Ferland G.J. (2th ed.), 2005. *Astrophysics of Gaseous Nebulae and Active Galactic Nuclei*.
- Rothenflug R.,Vigroux L, Mushotzky R.F. ve Holt,S.S.,1984. Temperature And Elemental Abundances In The Abell Cluster A576 Derived From X-Ray Observations, *ApJ*, 279:53-59.
- Smith R.K., Brickhouse N.S., Liedahl D.A. ve Raymond J.C.,2001. Collisional Plasma Models With Apec/Aped: Emission-Line Diagnostics Of Hydrogen-Like And Helium-Like Ions, *Apj*, 556:L91-L95
- Uğraş B., 2008. *Abell 1589 ve Abell 3530 Galaksi Kümelerinin XMM-Newton Veri Analizi* (Yüksek Lisans Tezi). Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale.

22 Nisan 2009, apod.nasa.gov/apod/ap060520.html
14 Mart 2009, http://astom.omu.edu.tr/ga_galaksiler.html
10 Mart 2009, http://www.atominsan.com/buyuk_patlama2.php
3 Mart 2009, <http://www.bolbilgi.com/evren-t98702.html>
12 Mart 2009, <http://www.jburnell.com>
14 Mart 2009, http://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/xmm/xmmhp_analysis.html
20 Mart 2009, <http://www.torpil.com/bilisim/?durum=ayrinti&no=3363>
3 Nisan 2009, <http://xmm.vilspa.esa.es>
25 Mart 2009, http://tr.wikipedia.org/wiki/Boltzmann_sabiti
14 Mart 2009, <http://tr.wikipedia.org/wiki/Galaksi>
17 Mart 2009, <http://tr.wikipedia.org/wiki/Lynx>
27 Mart 2009,
<http://www.zamandayolculuk.com/cetinbal/HTMLdosya1/Astronomibilgisi-2.htm>

ÇİZELGE LİSTESİ

| | |
|---|----|
| Çizelge 1: Abell Kataloğunda Kümelerin Uzaklık ve Zenginlik Sınıfı | 12 |
| Çizelge 2: A576'nın sıcaklık ve metal bolluğu değerleri | 15 |
| Çizelge 3: XMM-Newton Uydusunun Özellikleri | 19 |
| Çizelge 4: Optik Monitör'ün özellikleri | 26 |
| Çizelge 5: MOS–1 detektöründen alınan verilerle analiz sonucunda elde edilen sıcaklık, metal bolluğu ve ışımaya gücü değerleri | 42 |
| Çizelge 6: MOS–2 detektöründen alınan verilerle analiz sonucunda elde edilen sıcaklık, metal bolluğu ve ışımaya gücü değerleri | 42 |
| Çizelge 7: PN detektöründen alınan verilerle analiz sonucunda elde edilen sıcaklık, metal bolluğu ve ışımaya gücü değerleri | 43 |
| Çizelge 8: A576'nın MOS–1, MOS–2 ve PN kameralarından alınan verilerle elde edilen nokta kaynakların sayıları | 52 |
| Çizelge 9: TA Bölgesine Ait Işıma Gücü Değerleri | 56 |
| Çizelge 10: TB Bölgesine Ait Işıma Gücü Değerleri | 57 |
| Çizelge 11: TC Bölgesine Ait Işıma Gücü Değerleri | 58 |
| Çizelge 12: A576'ya Ait Sıcaklık ve Metal Bolluğu Değerleri | 59 |
| Çizelge 13: MA Bölgesine Ait Işıma Gücü Değerleri | 61 |
| Çizelge 14: MB Bölgesine Ait Işıma Gücü Değerleri | 62 |
| Çizelge 15: A576'ya Ait Sıcaklık ve Metal Bolluğu Değerleri | 62 |
| Çizelge 16: A576'ya Ait Sıcaklık Değerleri | 63 |
| Çizelge 17: A576'ya Ait Metal Bolluğu Değerleri | 65 |

ŞEKİL LİSTESİ

| | |
|---|----|
| Şekil 1: Evrendeki Köşemiz | 1 |
| Şekil 2: Galaksilerin Oluşumu | 3 |
| Şekil 3: Hubble Çatal Diyagramı | 3 |
| Şekil 4: M87 Eliptik Galaksisi | 4 |
| Şekil 5: Andromeda Sarmal Galaksisi | 5 |
| Şekil 6: M58 Sarmal Galaksi | 6 |
| Şekil 7: Orion Bulutsusu | 7 |
| Şekil 8: Abell 576 Galaksi Kümesi | 9 |
| Şekil 9: Başak Süper Kümesi | 10 |
| Şekil 10: Vaşak (Lynx) Takımyıldızı | 11 |
| Şekil 11: Abell 576'nın optik bölgede alınan CCD görüntüsü | 13 |
| Şekil 12: A576 için foton sayım dağılımı | 14 |
| Şekil 13: A576 için K-R modeline uyan foton sayım dağılımı | 15 |
| Şekil 14: A576'nın 0,3–3,5keV enerji aralığında oluşturulmuş tayfi | 16 |
| Şekil 15: A576'nın 0,3–6,0 keV enerji aralığındaki resmi | 17 |
| Şekil 16: XMM-Newton Uydusunun bileşenleri | 20 |
| Şekil 17: Teleskop Konfigürasyonu | 21 |
| Şekil 18: Wolter Teleskop Tipleri | 22 |
| Şekil 19: CCD'lerin Şematik Gösterimi | 23 |
| Şekil 20a) XMM-MOS CCD b) XMM-PN CCD | 24 |
| Şekil 21: Yansıtımlı Izgara Tayföçlerin şematik gösterimi | 25 |
| Şekil 22: Optik Monitör Bileşenleri | 26 |

| | |
|--|----|
| Şekil 23: Abell 576 Galaksi kümesi için MOS–1 detektöründen elde edilen ışık eğrisi | 29 |
| Şekil 24: Abell 576 Galaksi kümesi için MOS–2 detektöründen elde edilen ışık eğrisi | 29 |
| Şekil 25: Abell 576 Galaksi kümesi için PN detektöründen elde edilen ışık eğrisi | 30 |
| Şekil 26: A576'nın MOS–1 detektöründen yumuşak, orta, sert ve geniş enerji aralıklarında elde edilen görüntüleri | 31 |
| Şekil 27: A576'nın MOS–2 detektöründen yumuşak, orta, sert ve geniş enerji aralıklarında elde edilen görüntüleri | 32 |
| Şekil 28: A576'nın PN detektöründen yumuşak, orta, sert ve geniş enerji aralıklarında elde edilen görüntüleri | 33 |
| Şekil 29: Abell 576 Galaksi kümesinin tayf analizi bölgeleri | 34 |
| Şekil 30: Abell 576 Galaksi Kümesinin merkezinden 2,5 yay dakikası yarıçaplı bölge için “Xspec” programı ile MOS–1 detektöründen elde edilen tayf ve χ^2 -enerji (keV) grafiği | 35 |
| Şekil 31: Abell 576 Galaksi Kümesinin merkezinden 5 yay dakikası yarıçaplı bölge için “Xspec” programı ile MOS–1 detektöründen elde edilen tayf ve χ^2 -enerji (keV) grafiği | 36 |
| Şekil 32: Abell 576 Galaksi Kümesine ait 2,5–5 yay dakikası arasında kalan bölge için “Xspec” programı ile MOS–1 detektöründen elde edilen tayf ve χ^2 -enerji (keV) grafiği | 36 |
| Şekil 33: Abell 576 Galaksi Kümesinin merkezinden 2,5 yay dakikası yarıçaplı bölge için “Xspec” programı ile MOS–2 detektöründen elde edilen tayf ve χ^2 -enerji (keV) grafiği | 37 |
| Şekil 34: Abell 576 Galaksi Kümesinin merkezinden 5 yay dakikası yarıçaplı bölge için “Xspec” programı ile MOS–2 dedektöründen elde edilen tayf ve χ^2 -enerji (keV) grafiği | 37 |
| Şekil 35: Abell 576 Galaksi Kümesine ait 2,5–5 yay dakikası arasında kalan bölge için “Xspec” programı ile MOS–2 detektöründen elde edilen tayf ve χ^2 -enerji (keV) grafiği | 38 |
| Şekil 36: Abell 576 Galaksi Kümesinin merkezinden 2,5 yay dakikası yarıçaplı bölge için “Xspec” programı ile PN dedektöründen elde edilen tayf ve χ^2 -enerji (keV) grafiği | 38 |

| | |
|---|----|
| Şekil 37: Abell 576 Galaksi Kümesinin merkezinden 5 yay dakikası yarıçaplı bölge için “Xspec” programı ile PN dedektöründen elde edilen tayf ve χ^2 -enerji (keV) grafiği | 39 |
| Şekil 38: Abell 576 Galaksi Kümesine ait 2,5–5 yay dakikası arasında kalan bölge için “Xspec” programı ile PN dedektöründen elde edilen tayf ve χ^2 -enerji (keV) grafiği | 39 |
| Şekil 39: Bremsstrahlung ışımasının şematik gösterimi | 45 |
| Şekil 40: Abell 576 Galaksi kümesinin MOS–1 dedektöründen yumuşak enerji aralığında elde edilen nokta kaynaklar | 46 |
| Şekil 41: Abell 576 Galaksi kümesinin MOS–1 dedektöründen orta enerji aralığında elde edilen nokta kaynaklar | 47 |
| Şekil 42: Abell 576 Galaksi kümesinin MOS–1 dedektöründen sert enerji aralığında elde edilen nokta kaynaklar | 47 |
| Şekil 43: Abell 576 Galaksi kümesinin MOS–1 dedektöründen geniş enerji aralığında elde edilen nokta kaynaklar | 48 |
| Şekil 44: Abell 576 Galaksi kümesinin MOS–2 dedektöründen yumuşak enerji aralığında elde edilen nokta kaynaklar | 48 |
| Şekil 45: Abell 576 Galaksi kümesinin MOS–2 dedektöründen orta enerji aralığında elde edilen nokta kaynaklar | 49 |
| Şekil 46: Abell 576 Galaksi kümesinin MOS–2 dedektöründen sert enerji aralığında elde edilen nokta kaynaklar | 49 |
| Şekil 47: Abell 576 Galaksi kümesinin MOS–2 dedektöründen geniş enerji aralığında elde edilen nokta kaynaklar | 50 |
| Şekil 48: Abell 576 Galaksi kümesinin PN dedektöründen yumuşak enerji aralığında elde edilen nokta kaynaklar | 50 |
| Şekil 49: Abell 576 Galaksi kümesinin PN dedektöründen orta enerji aralığında elde edilen nokta kaynaklar | 51 |
| Şekil 50: Abell 576 Galaksi kümesinin PN dedektöründen sert enerji aralığında elde edilen nokta kaynaklar | 51 |
| Şekil 52: Abell 576 Galaksi Kümesinin Sıcaklık ve Metal Bolluğu Bölgeleri | 53 |
| Şekil 53a) A576 Tayf bölgeleri | |
| b) A576 Sıcaklık Bölgeleri | 54 |
| Şekil 55: A576’ya Ait Sıcaklık Haritası | 55 |

| | |
|---|----|
| Şekil 55: Sıcaklık Haritasından Seçilmiş TA Bölgesine Ait Tayf | 56 |
| Şekil 56: Sıcaklık Haritasından Seçilmiş TB Bölgesine Ait Tayf | 57 |
| Şekil 57: Sıcaklık Haritasından Seçilmiş TC Bölgesine Ait Tayf | 58 |
| Şekil 58a) A576'ya Ait Tayf Bölgesi | 59 |
| b) A576'ya Ait Sıcaklık Haritası | |
| Şekil 59: Metal Haritasından Seçilmiş MA Bölgesine Ait Tayf | 60 |
| Şekil 60: Metal Haritasından Seçilmiş MA Bölgesine Ait Tayf | 62 |

ÖZGEÇMİŞ

Adı: İkbal

Soyadı: BOZKAN

Doğum Yeri: İzmir

Doğum Tarihi: 29.06.1982

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi
Fizik Bölümü

Yüksek Lisans Öğrenimi: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Edebiyat
Fakültesi, Fizik Bölümü

Bildiği Yabancı Diller: İngilizce

BİLİMSEL FAALİYETLERİ

2008 IARS Astrofizik Yaz Okulu –Boğaziçi Üniversitesi/İstanbul

2008 XVI.Ulusal Astronomi Kongresi V.Ulusal Öğrenci Astronomi Kongresi –
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi/Çanakkale

İŞ DENEYİMİ

Çalıştığı Kurumlar ve Yıl: Çanakkale Özel Boğaz Dershanesi, 2007–2009

İLETİŞİM

ikbalbozkan@gmail.com