T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

XTE J1810-197 ANORMAL X-IŞINI ATARCASININ UZUN DÖNEMLİ TAYFSAL EVRİMİ

EDA VURGUN

Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı

Astronomi ve Uzay Bilimleri Programı

DANIŞMAN
Doç. Dr. Tolga GÜVER

Aralık, 2016

İSTANBUL

Bu çalışma 13/12/ 2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı Astronomi ve Uzay Bilimleri programında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi:

Doç. Dr. Tolga GÜVER (Danışman)
İstanbul Üniversitesi
Fen Fakültesi

Prof. Dr. Tansel AK
İstanbul Üniversitesi
Fen Fakültesi

Prof. Dr. Selçuk BİLİR
İstanbul Üniversitesi
Fen Fakültesi
Fen Fakültesi

Prof. Dr. Ersin GÖĞÜŞ
Sabancı Üniversitesi
Fen Bilimleri Fakültesi

Prof. Dr. K.Yavuz EKŞİ
İstanbul Teknik Üniversitesi
Fen Edebiyat Fakültesi

20.04.2016 tarihli resmi gazetede yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi'nin abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Fen Bilimleri Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

Bu tez, İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliğinin 57462 numaralı projeleri ile desteklenmiştir.

Bu tez, 113F270 numaralı TÜBİTAK araştırma projesi ile desteklenmiştir.

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında, anormal X-ışını pulsarı olan XTE J1810-197 kaynağına ait X-ışın uydu verilerinin incelenmesi, tayflarının analiz edilmesi ve nötron yıldızının soğuma mekanizması hakkında literatüre katkıda bulunmak amaçlanmıştır.

Yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmam süresince desteğini bir an olsun esirgemeyen, her zaman ve her konuda bilgisini, deneyimlerini ve hoşgörüsünü benimle paylaşan ve bu süreçte kendimi geliştirirken birkaç adım önde olmamı sağlayan değerli hocam Doç. Dr. Tolga Güver'e teşekkürü bir borç bilirim.

Yüksek lisansımın başlangıcından bitiş aşamasına kadar beni projesiyle destekleyen ve bana olan inancını daima hissettiren değerli hocam Prof. Dr. Tansel Ak'a sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Tez konumun belirlenmesinde ve yürütülmesinde büyük katkı sağlayan ve aynı zamanda makaleye dönüşen bu projede birlikte çalışmaktan onur duyduğum sayın hocam Prof. Dr. Ersin Göğüş'e içten teşekkürlerimi sunarım.

Her zaman yanımda olan, fedakarlığını, sabrını ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen sevgili arkadaşım Armin Vahdat'a sonsuz teşekkür ederim.

Eğitim hayatım süresince maddi, manevi hiçbir desteği esirgemeyen ve bugünlere gelmemde büyük pay sahibi olan aileme teşekkürlerimi sunarım.

Aralık, 2016 Eda VURGUN

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ ..... **i**
İÇİNDEKİLER ..... **ii**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **iv**
TABLO LİSTESİ ..... **viii**
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ ..... **ix**
ÖZET ..... **x**
SUMMARY ..... **xi**
1. GİRİŞ **1**
2. GENEL KISIMLAR **4**
2.1. NÖTRON YILDIZLARININ SINIFLANDIRILMASI 8
2.1.1. Radyo Pulsarları 9
2.1.2. Milisaniye Pulsarları (MSP) 11
2.1.3. Magnetarlar 12
2.1.3.1. Yumuşak gama-ışını Tekrarlayıcıları (YGT) 13
2.1.3.2. Anormal X-ışını Pulsarları (AXP) 13
3. MALZEME VE YÖNTEM **20**
3.1. UYDU VE ALICILAR 20
3.1.1. XMM-Newton Uydusu 20
3.1.2. Chandra Uydusu 22
3.2. VERİLERİN KALİBRASYONU 23
XMM-Newton Veri Analizi 26
Chandra Veri Analizi 28
3.3. TAYF ANALİZİ 29
3.4. ÇALIŞMADA KULLANILAN PROGRAMLAMA KODU VE MODELLER 30
3.4.1. ZDCF Kodu ve Çapraz Eşleme 30
3.4.2. TCL Kodu ve F-testi 31
3.4.3. Karacisim modeli 32
3.4.4. Asimetrik Gauss Modeli 34
4. BULGULAR **35**
5. TARTIŞMA VE SONUÇ **75**
5.1. LİTERATÜRDEKİ DİĞER SÜREKSİZ KAYNAKLARA ÖRNEKLER 82

5.1.1. Swift J1822.3-1606 82
5.1.2. SGR 0418+5729 83
KAYNAKLAR 86
ÖZGEÇMİŞ 90

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1: XTE J1810-197'nin 2004, 2005, 2006 yıllarındaXMM-Newton EPIC-pn ile alınmış tayfları (Gotthelf ve Halpern, 2006). 2

Şekil 2.1: Jocelyn Bell Burnell (sol panel) ve Antony Hewish (sağ panel). ……4

Şekil 2.2: Yıldız oluşumu (Encylopedia Britannica, 2010). ……6

Şekil 2.3: Periyot-Periyot türevi diyagramı. ……..……..7

Şekil 2.4: Galaksimizdeki pulsarların dağılımı. ……8

Şekil 2.5: "Fener etkisi" (Pogge, 2006). ...…….……...……9

Şekil 2.6: Manyetik dipol ışınım modeli (Lorimer ve Kramer, 2005). ...……10

Şekil 2.7: Bileşen yıldızdan milisaniye pulsarına madde aktarımı sürecinin gösterimi. ……12

Şekil 2.8: Magnetar gösterimi (NASA/CXC/M.Weiss). ……..……..14

Şekil 2.9: XTE J1810-197 kaynağına ait patlamadan önce alınmış ROSAT uydu görüntüsü (Sol panel). Patlamadan sonra XMM-Newton ile tespit edilen görüntü (Sağ panel). 16

Şekil 3.1: XMM-Newton uydusunun şematik gösterimi (Lumb,2012). ……21

Şekil 3.2: Chandra uydusuna ait şematik görünüm (Güver, 2008). 22

Şekil 3.3: ACIS enstrüman düzeni (http://cxc.harvard.edu/cal/Acis/). 23

Şekil 3.4: DS9 programı ekran görüntüsü. Kaynak ve arka plan bölgesi yeşil çemberler ile gösterilmiştir. ……27

Şekil 4.1: Üst panelde XTE J1810-197'nin XMM-Newton uydusu ile elde edilmiş 0161360301 gözlem numaralı X-ışın enerji tayfı, model ve artıklar gösterilmiştir. Alt panelde kaynağın X-ışın tayfı akı biriminde çizilmiştir. 41

Şekil 4.2: Üst panelde XTE J1810-197'nin XMM-Newton uydusu ile elde edilmiş 0161360401 gözlem numaralı X-ışın enerji tayfı, model ve artıklar gösterilmiştir. Alt panelde kaynağın X-ışın tayfı akı biriminde çizilmiştir. 42

Şekil 4.3: Üst panelde XTE J1810-197'nin XMM-Newton uydusu ile elde edilmiş 0161360501 gözlem numaralı X-ışın enerji tayfı, model ve artıklar gösterilmiştir. Alt panelde kaynağın X-ışın tayfı akı biriminde çizilmiştir. 43

Şekil 4.4: Üst panelde XTE J1810-197'nin XMM-Newton uydusu ile elde edilmiş 0164560601 gözlem numaralı X-ışın tayfı, model ve artıklar gösterilmiştir. Alt panelde kaynağın X-ışın tayfı akı biriminde çizilmiştir. 44

Şekil 4.5: Üst panelde XTE J1810-197'nin XMM-Newton uydusu ile elde edilmiş 0301270501 gözlem numaralı X-ışın enerji tayfı, model ve artıklar gösterilmiştir. Alt panelde kaynağın X-ışın tayfı akı biriminde çizilmiştir. 45

Şekil 4.6: Üst panelde XTE J1810-197'nin XMM-Newton uydusu ile elde edilmiş 0301270401 gözlem numaralı X-ışın tayfı, model ve artıklar gösterilmiştir. Alt panelde kaynağın X-ışın tayfı akı biriminde çizilmiştir. 46

Şekil 4.7: Üst panelde XTE J1810-197'nin XMM-Newton uydusu ile elde edilmiş 0301270301 gözlem numaralı X-ışın tayfı, model ve artıklar gösterilmiştir. Alt panelde kaynağın X-ışın tayfı akı biriminde çizilmiştir. 47

Şekil 4.8: Üst panelde XTE J1810-197'nin Chandra uydusu ile elde edilmiş 6660 gözlem numaralı X-ışın tayfı, model ve artıklar gösterilmiştir. Alt panelde kaynağın X-ışın tayfı akı biriminde çizilmiştir. 48

Şekil 4.9: Üst panelde XTE J1810-197'nin XMM-Newton uydusu ile elde edilmiş 0406800601 gözlem numaralı X-ışın tayfı, model ve artıklar gösterilmiştir. Alt panelde kaynağın X-ışın tayfı akı biriminde çizilmiştir. 49

Şekil 4.10: Üst panelde XTE J1810-197'nin XMM-Newton uydusu ile elde edilmiş 0406800701 gözlem numaralı X-ışın tayfı, model ve artıklar gösterilmiştir. Alt panelde kaynağın X-ışın tayfı akı biriminde çizilmiştir. 50

Şekil 4.11: Üst panelde XTE J1810-197'nin XMM-Newton uydusu ile elde edilmiş 0504650201 gözlem numaralı X-ışın tayfı, model ve artıklar gösterilmiştir. Alt panelde kaynağın X-ışın tayfı akı biriminde çizilmiştir. 51

Şekil 4.12: Üst panelde XTE J1810-197'nin Chandra uydusu ile elde edilmiş 7594 gözlem numaralı X-ışın tayfı, model ve artıklar gösterilmiştir. Alt panelde kaynağın X-ışın tayfı akı biriminde çizilmiştir. 52

Şekil 4.13: Üst panelde XTE J1810-197'nin XMM-Newton uydusu ile elde edilmiş 0552800201 gözlem numaralı X-ışın tayfı, model ve artıklar gösterilmiştir. Alt panelde kaynağın X-ışın tayfı akı biriminde çizilmiştir. 53

Şekil 4.14: Üst panelde XTE J1810-197'nin XMM-Newton uydusu ile elde edilmiş 0605990201 gözlem numaralı X-ışın tayfı, model ve artıklar gösterilmiştir. Alt panelde kaynağın X-ışın tayfı akı biriminde çizilmiştir. 54

Şekil 4.15: Üst panelde XTE J1810-197'nin XMM-Newton uydusu ile elde edilmiş 0605990301 gözlem numaralı X-ışın tayfı, model ve artıklar gösterilmiştir. Alt panelde kaynağın X-ışın tayfı akı biriminde çizilmiştir. 55

Şekil 4.16: Üst panelde XTE J1810-197'nin XMM-Newton uydusu ile elde edilmiş 0605990401 gözlem numaralı X-ışın tayfı, model ve artıklar gösterilmiştir. Alt panelde kaynağın X-ışın tayfı akı biriminde çizilmiştir. 56

Şekil 4.17: Üst panelde XTE J1810-197'nin Chandra uydusu ile elde edilmiş 11102 gözlem numaralı X-ışın tayfı, model ve artıklar gösterilmiştir. Alt panelde kaynağın X-ışın tayfı akı biriminde çizilmiştir. 57

Şekil 4.18: Üst panelde XTE J1810-197'nin Chandra uydusu ile elde edilmiş 12105 gözlem numaralı X-ışın tayfı, model ve artıklar gösterilmiştir. Alt panelde kaynağın X-ışın tayfı akı biriminde çizilmiştir. 58

Şekil 4.19: Üst panelde XTE J1810-197'nin Chandra uydusu ile elde edilmiş 11103 gözlem numaralı X-ışın tayfı, model ve artıklar gösterilmiştir. Alt panelde kaynağın X-ışın tayfı akı biriminde çizilmiştir. 59

Şekil 4.20: Üst panelde XTE J1810-197'nin XMM-Newton uydusu ile elde edilmiş 0605990501 gözlem numaralı X-ışın tayfı, model ve artıklar gösterilmiştir. Alt panelde kaynağın X-ışın tayfı akı biriminde çizilmiştir. 60

Şekil 4.21: Üst panelde XTE J1810-197'nin Chandra uydusu ile elde edilmiş 12221 gözlem numaralı X-ışın tayfı, model ve artıklar gösterilmiştir. Alt panelde kaynağın X-ışın tayfı akı biriminde çizilmiştir. 61

Şekil 4.22: Üst panelde XTE J1810-197'nin XMM-Newton uydusu ile elde edilmiş 0605990601 gözlem numaralı X-ışın tayfı, model ve artıklar gösterilmiştir. Alt panelde kaynağın X-ışın tayfı akı biriminde çizilmiştir. 62

Şekil 4.23: Üst panelde XTE J1810-197'nin Chandra uydusu ile elde edilmiş 13149 gözlem numaralı X-ışın tayfı, model ve artıklar gösterilmiştir. Alt panelde kaynağın X-ışın tayfı akı biriminde çizilmiştir. 63

Şekil 4.24: Üst panelde XTE J1810-197'nin Chandra uydusu ile elde edilmiş 13217 gözlem numaralı X-ışın tayfı, model ve artıklar gösterilmiştir. Alt panelde kaynağın X-ışın tayfı akı biriminde çizilmiştir. 64

Şekil 4.25: Üst panelde XTE J1810-197'nin XMM-Newton uydusu ile elde edilmiş 0671060101 gözlem numaralı X-ışın tayfı, model ve artıklar gösterilmiştir. Alt panelde kaynağın X-ışın tayfı akı biriminde çizilmiştir. 65

Şekil 4.26: Üst panelde XTE J1810-197'nin XMM-Newton uydusu ile elde edilmiş 0671060201 gözlem numaralı X-ışın tayfı, model ve artıklar gösterilmiştir. Alt panelde kaynağın X-ışın tayfı akı biriminde çizilmiştir. 66

Şekil 4.27: Üst panelde XTE J1810-197'nin Chandra uydusu ile elde edilmiş 13746 gözlem numaralı X-ışın tayfı, model ve artıklar gösterilmiştir. Alt panelde kaynağın X-ışın tayfı akı biriminde çizilmiştir. 67

Şekil 4.28: Üst panelde XTE J1810-197'nin Chandra uydusu ile elde edilmiş 13747 gözlem numaralı X-ışın tayfı, model ve artıklar gösterilmiştir. Alt panelde kaynağın X-ışın tayfı akı biriminde çizilmiştir. 68

Şekil 4.29: Üst panelde XTE J1810-197'nin XMM-Newton uydusu ile elde edilmiş 0691070301 gözlem numaralı X-ışın tayfı, model ve artıklar gösterilmiştir. Alt panelde kaynağın X-ışın tayfı akı biriminde çizilmiştir. 69

Şekil 4.30: Üst panelde XTE J1810-197'nin XMM-Newton uydusu ile elde edilmiş 0691070401 gözlem numaralı X-ışın tayfı, model ve artıklar gösterilmiştir. Alt panelde kaynağın X-ışın tayfı akı biriminde çizilmiştir. 70

Şekil 4.31: Üst panelde XTE J1810-197'nin XMM-Newton uydusu ile elde edilmiş 0720780201 gözlem numaralı X-ışın tayfı, model ve artıklar gösterilmiştir. Alt panelde kaynağın X-ışın tayfı akı biriminde çizilmiştir. 71

Şekil 4.32: Üst panelde XTE J1810-197'nin Chandra uydusu ile elde edilmiş 15870 gözlem numaralı X-ışın tayfı, model ve artıklar gösterilmiştir. Alt panelde kaynağın X-ışın tayfı akı biriminde çizilmiştir. 72

Şekil 4.33: Üst panelde XTE J1810-197'nin XMM-Newton uydusu ile elde edilmiş 0720780301 gözlem numaralı X-ışın tayfı, model ve artıklar gösterilmiştir. Alt panelde kaynağın X-ışın tayfı akı biriminde çizilmiştir. 73

Şekil 4.34: Üst panelde XTE J1810-197'nin Chandra uydusu ile elde edilmiş 15871 gözlem numaralı X-ışın tayfı, model ve artıklar gösterilmiştir. Alt panelde kaynağın X-ışın tayfı akı biriminde çizilmiştir. 74

Şekil 5.1: Uzun dönemli tayfsal model parametreleri ve atım oranı. Üst panel: Soğuk ve sıcak karacisim bileşenlerinin sıcaklıklarının evrimi. İkinci panel: Her iki bileşen için emisyon yayan bölgenin görünen yarıçapındaki değişkaracisim bileşeninin akı evrimi. En alt panel: Atım oranının 0.5−1.5 keV (siyah) ve 1.5-10 keV (kırmızı) enerji aralığındaki zamanla değişimi. Dikey kesikli mali çizgi frekans değişim zamanını, kesikli sarı çizgi ise muhtemel anti-glitch zamanını göstermektedir (Pintore, 2016). 76

Şekil 5.2: İlk panel: Soğurma çizgi merkezinin uzun dönemli evrimi. İkinci panel: Asimetrik yapının sağ ve sol genişlikleri. Üçüncü panel: Soğurma çizgisinin eşdeğer genişlikleri. Aşağı yönü gösteren oklar değerler için üst limitleri göstermektedir. 78

Şekil 5.3: XMM-Newton uydusundan elde edilen 0301270301 ve 0301270401 numaralı gözlemlerin simetrik ve asimetrik çizgi yapısını gösteren örnek artıkları..... 80

Şekil 5.4: Pintore ve diğerlerinin (2016) yaptığı çalışmada gösterilen frekans değişim ve anti-glitch zamanları. İlk panel: Akı evrimi çizilmiştir. İkinci panel: Dönme frekansının evrimi gösterilmiştir. Üçüncü panel: Frekans türevlerinin ölçümleri gösterilmektedir. 81

Şekil 5.5: Swift J1822.3–1606 kaynağına ait 1-10 keV enerji aralığındaki akı evrimi (Rea ve diğ., 2012). 82

Şekil 5.6: Swift J1822.3–1606 kaynağına ait XMM-Newton ve Suzaku tarafından elde edilen gözlemlerin karacisim ve güç kanunu modelleriyle fit edilmiş spektrumları (Rea ve diğ., 2012).. 83

Şekil 5.7: SGR 0418+5729 kaynağında gözlenen patlama sonrası X-ışın akısında görülen azalma (Esposito ve diğ., 2010). 84

Şekil 5.8: SGR 0418+5729 magnetarına ait karacisim modeli ile fit edilen tayf (Guillot ve diğ., 2015). 84

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1 : Bilinen AXP'lerin bazı gözlemsel özellikleri (Olausen ve Kaspi, 2014 [(1)]). 15

Tablo 2.2 : XTE J1810-197 anormal X-ışını pulsarının Chandra uydusu tarafından alınan gözlemlerine ait veri arşiv bilgileri. 24

Tablo 2.3: XTE J1810-197 anormal X-ışını pulsarının XMM-Newton uydusu tarafından alınan gözlemlerine ait veri arşivi bilgileri. 25

Tablo 4.1: XTE J1810-197'nin tayflarının fit edilmesi sonucu elde edilen model parametrelerine ait değerler. 37

Tablo 4.2: XTE J1810-197'nin tayflarının fit edilmesi sonucu elde edilen soğurma çizgisinin parametrelerine ait değerler. 37

SİMGE VE KISALTMA Lİ

STESİ

Simgeler **Açıklama**

G **:** Gauss
Kpc **:** kiloparsek

Kısaltmalar **Açıklama**

ACIS **:** Advanced CCD Imaging Spectrometer
AXP **:** Anormal X-ışını Pulsarı
ESA **:** European Space Agency
EPIC **:** European Photon Imaging Camera
IDL **:** Interactive Data Language
MSP **:** Milisaniye Pulsarı
SAS **:** Science Analysis System
TCL **:** Tool Command Language
YGT **:** Yumuşak Gama-ışını Tekrarlayıcıları
ZDCF **:** Z-transformed discrete correlation function

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

XTE J1810-197 ANORMAL X-IŞINI ATARCASININ UZUN DÖNEMLİ TAYFSAL EVRİMİ

Eda VURGUN

İstanbul Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Tolga GÜVER

Anormal X-ışın Pulsarları (AXP), dönme periyotları 2-12 saniye aralığında, X-ışın akıları normal bir pulsardan beklenenden çok daha fazla olan, genç, izole nötron yıldızlarıdır. Magnetar modeline göre bu fazladan akının sebebi, bu pulsarların yüksek yüzey manyetik alanlarına sahip olmalarıdır. Manyetik alan pulsar kabuğu ile etkileşerek bozunur ve yüzeyi ısıtır, bu da X-ışınlarında gözlenir. Manyetik evrim sürecinde, manyetik stresle elastik bir şekilde dengelenen kabuk bu stresi kaldıramayacak kadar zayıflar ve belirli bölgelerde yerel olarak çatlamalar meydana gelir. Bu çatlamaların bir sonucu olarak ortaya çıkan enerji X-ışınlarında patlamalar ya da parlamalar şeklinde gözlenir (Duncan ve Thompson, 1992, 1996). XTE J1810-197 isimli anormal X-ışın pulsarı ilk defa 2003 yılında X-ışın akısında 100 katlık ani bir artış olduğunda keşfedilmiştir (Halpern ve Gotthelf, 2005). Kaynağın ışıma gücü 2003 yılından 2006'ya kadar düzenli bir şekilde azalma göstermiş ve günümüzde sakin evrededir. Bu tez çalışmasında, keşfedilen ilk geçici anormal X-ışın pulsarı olan XTE J1810-197'nin verileri XMM-Newton ve Chandra Gözlemevleri'nden alınmıştır. Kaynağın tayfları iki karacisim bileşeni ile modellenmiştir. Ayrıca kaynağın tayfında bir soğurma çizgisi tespit edilmiş ve bu çizgi yapısı asimetrik Gauss fonksiyonu ile modellenmiştir. Yapılan analizler sonucunda kaynağın yüzey sıcaklığı, X-ışın akısı ve görünen yarıçapı ve soğurma çizgisine dair temel parametreler elde edilmiştir. Tez kapsamında, XTE J1810-197'nin soğuma mekanizması çalışılmıştır.

Aralık, 2016, 104 sayfa.

Anahtar kelimeler: yıldız, nötron, X-ışını, patlama.

SUMMARY

M.Sc. THESIS

LONG-TERM SPECTRAL EVOLUTION OF ANOMALOUS X-RAY PULSAR XTE J1810-197

Eda VURGUN

Istanbul University

Institute of Graduate Studies in Science and Engineering

Department of Astronomy and Space Sciences

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Tolga GÜVER

Anomalous X-ray Pulsars (AXPs) are young and isolated neutron stars with spin periods of 2-12 second, whose X-rays luminosities are larger than expected from a normal pulsar. According to the magnetar model the reason for the high luminosity is their strong magnetic fields. The magnetic field interacts and decays with the pulsar crust and heat the surface, which is observed in the X-rays. In the magnetic evolution process, the crust which is balanced by the interaction with the magnetic field elastically becomes sufficiently weaker and cracks ocur locally in the certain parts of the crust. The energy that occurs as a result of this cracking is observed in the X-rays as bursts and flares (Duncan and Thompson, 1992, 1996). The anomalous X-ray pulsar named XTE J1810-197 was discovered for the first time in 2003 when its X-ray luminosity increased ~100 fold. The luminosity of the source declined from the year 2003 till 2006 and is currently in the quiescence state. In this thesis, the data of this first transient anomalous X-ray pulsar, XTE J1810-197, is obtained from XMM-Newton and Chandra Observatories. The spectra of the source has been modeled by two blackbody components. An absorption line is also detected in spectra and this line feature is fitted with an asymmetric Gaussian function. As a result of the analysis, surface temperature, X-ray flux, apparent radius as well as the basic physical parameters of the source has been obtained such the absorption line has been determined. Within the scope of the thesis, the cooling mechanism of XTE J1810-197 has been studied.

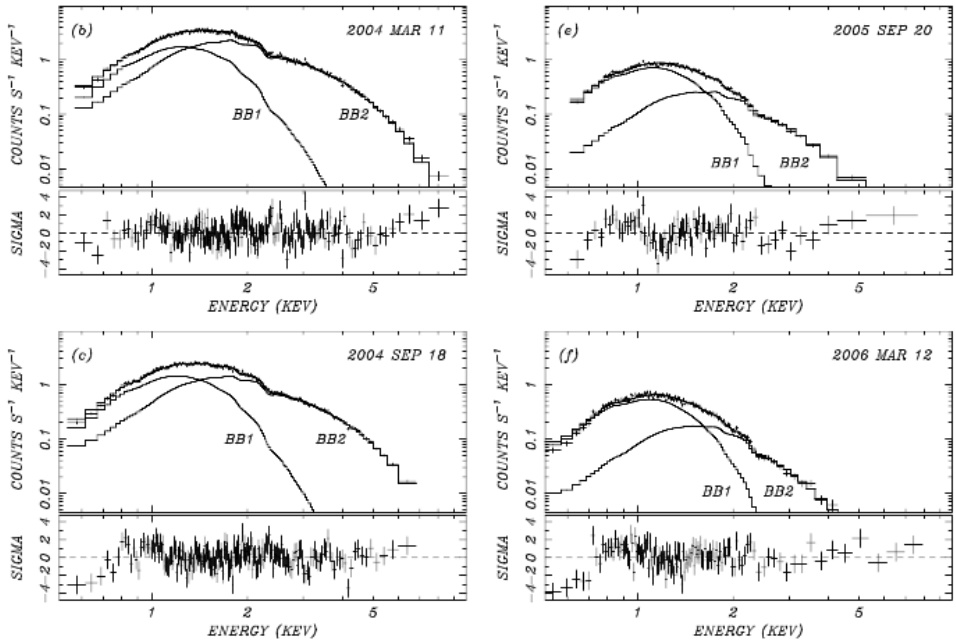
December, 2016, 104 page.

Keywords: stars, neutron, X-rays, outbursts.

1. GİRİŞ

Yıldızlar yaşamlarının son aşamalarında kütlelerine bağlı olarak bir beyaz cüce, nötron yıldızı veya karadeliğe evrimleşirler. Yıldızın merkezindeki termonükleer tepkimelerin sona erdiği bu süreçte, yıldızın ata kütlesi 8 ila 20 Güneş kütlesi ($M_\odot$) arasında ise yıldız süpernova patlaması geçirerek, geriye merkezde kompakt nötron bir çekirdek bırakır. Nötron yıldızları 1,4-2 $M_\odot$ aralığında, ortalama 10 km yarıçapında ve yüksek manyetik alana sahip cisimlerdir. Ortalama yoğunlukları $3{,}7\times10^{17}$ – $5{,}9\times10^{17}$ kg/m^3 arasında değişmekte olan nötron yıldızlarının çok küçük bir çapa sığdırılmış olmaları, onları kompakt nesneler haline getirmektedir. Nötron yıldızlarının bir alt sınıfı olan magnetarlar, yüksek manyetik alan şiddeti ve gösterdikleri ani dev patlamalar ile karakterize edilmektedir. Bu sınıfın bir alt üyesi olan Anormal X-ışın Pulsarları (AXP) dönme periyotları 2-12 saniye aralığında, X-ışınlarında gözlenen akıları beklenenden çok daha fazla olan, genç ve izole nötron yıldızlarıdır. Magnetar modeline göre bu fazladan akının sebebi, pulsarların yüksek yüzey manyetik alanlarına sahip olmalarıdır (Duncan ve Thompson, 1992). Manyetik alanın pulsarın kabuğu ile etkileşerek bozunması, yıldız yüzeyinde ısınmaya yol açar. AXP'lerin X-ışın akılarının fazla olmasının sebebinin bu bozunma sonucu ısınan yüzeyin yaptığı ışınım olduğu düşünülür (Özel, 2012). Sürekli ışınım yapan AXP ve SGR'lerin ölçülen yüzey sıcaklıkları ~0,3 – 0,6 keV mertebesinde olabilir. Ancak son yıllarda yapılan gözlemler tüm magnetarların X-ışınlarında sürekli parlak kaynaklar olmadığını göstermiştir.

Bazı magnetar adayları bir patlama ile gözlenebilir olur ve belirli bir süre gözlendikten sonra yeniden çok düşük akı seviyelerine inebilirler. Bunlara geçici magnetarlar denmektedir. Bu kaynaklara en güzel örnekler SGR 0418+5937 (Rea ve diğ., 2012) ve XTE J1810-197'dir (İbrahim ve diğ., 2004). Geçici magnetarların parlamalarının sebebi yüzey üzerine etkiyen manyetik alandır. Bu alanın nötron yıldızı kabuğuna etkilerinin anlaşılması, daha önemlisi de nötron yıldızı yüzeyinin bu olaydan sonraki soğumasının yani ısı ve enerji iletiminin anlaşılması, çok yüksek manyetik alanların nötron yıldızı maddesinin doğası üzerine yaptığı etkilerin anlaşılabilmesi için son derece önemlidir. XTE J1810-197 bu anlamda en iyi takip edilmiş AXP'lerden biridir.



Şekil 1.1: XTE J1810-197'nin 2004, 2005, 2006 yıllarındaXMM-Newton EPIC-pn ile alınmış tayfları (Gotthelf ve Halpern, 2006).

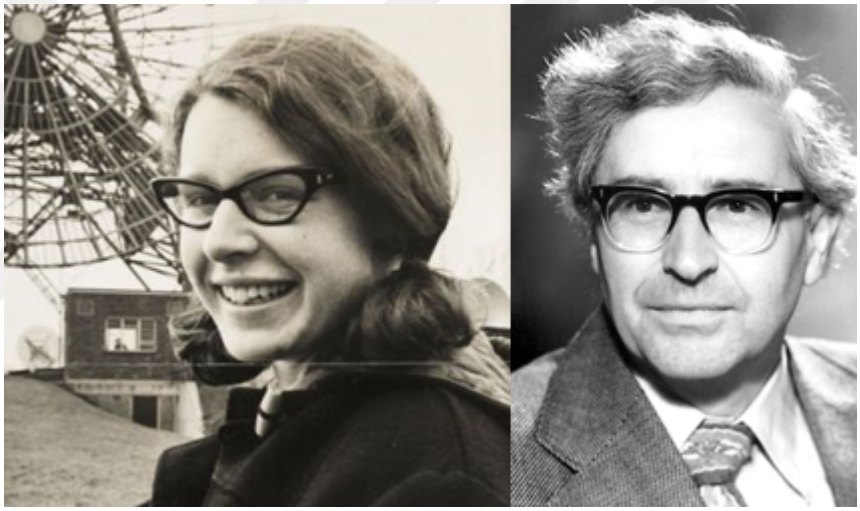
XTE J1810-197 anormal X-ışın pulsarının dönme periyodu 5,54s, periyodun zamanla değişimi 10^{-11} s/s ve manyetik alanı $2{,}1\times10^{14}$ Gauss'tur. 2003 yılında X-ışın akısında 100 katlık ani bir artış olduğu sırada keşfedilmiştir (Halpern ve Gotthelf, 2005). Kaynağın ışınım gücü 2003 yılından 2006 yılına kadar bir azalma göstermiş olup günümüzde sakin bir evrede gözlenmektedir. Ayrıca bu kaynak keşfedilmiş ilk geçici anormal X-ışın pulsarı olarak bilinmektedir (İbrahim ve diğ., 2004).

2003 yılında keşfedildiğinden beri birçok kez farklı X-ışın uydularıyla gözlenmiş Anormal X-ışın Pulsarı XTE J1810-197, keşfedildiği günden bugüne azalan akısına rağmen hala X-ışınlarında gözlemlenebilmektedir (Şekil 1.1). Sakin evresinden 100 kat daha parlak bir evrede keşfedilen bu kaynak, X-ışın tayfında belirgin değişiklikler göstermiştir (Gotthelf ve Halpern, 2007). Kaynak keşfedildiğinden beri *RXTE*, *XMM-Newton*, *Chandra* gibi pek çok uydu tarafından gözlenmiştir. Uydunun tayfsal çözünürlüğü ve foton toplama alanları verilerin analizi için büyük önem taşımaktadır. *XMM-Newton* ve *Chandra,* bu özellikler bakımından gelişmiş aletlere sahip uydular olması sebebiyle tez çalışmasında bu uydu verilerinden yararlanılmıştır.

Bu kapsamda tez çalışmasının amacı, XTE J1810-197 kaynağına ait X-ışın uydu verilerinin incelenmesi ve tayflarının analiz edilmesidir. Bu şekilde nötron yıldızının yüzey sıcaklığı, X-ışın akısı, yarıçap gibi temel fiziksel parametreleri ve bu parametrelerin zamanla değişimini elde edebilmek, ayrıca nötron yıldızının soğuma mekanizması hakkında literatüre katkıda bulunmaktır.

2. GENEL KISIMLAR

Nötron yıldızları, 1967 senesinde ilk defa Jocelyn Bell ve Antony Hewish tarafından keşfedilen, bugün ise gelişen teknoloji sayesinde evrende çok sayıda gözlediğimiz ilgi çekici ve merak uyandırıcı cisimlerdir. Şüphesiz nötron yıldızlarını ilginç kılan özelliklerden biri de, güçlü manyetik alanlarıdır. Bu şiddet Dünya'da üretilen en yüksek manyetik alandan yaklaşık 1 milyon kat daha büyüktür ($10^{8\text{-}15}$ Gauss). Nötron yıldızları bu denli güçlü manyetik alana sahip olmalarına rağmen, yaşamlarının son evresine adım atmış ölü yıldızlardır.



Şekil 2. 1: Jocelyn Bell Burnell (sol panel) ve Antony Hewish (sağ panel)

Nötron yıldızları, büyük kütleli yıldızların evrimlerinin sonunda süpernova patlaması geçirerek geriye bıraktıkları kalıntılardır. Büyük kütleli yıldızlar anakolda evrimlerini tamamlayıp çekirdeklerindeki hidrojeni tamamen tükettikten sonra helyum elementini yakma sürecine geçerler. Bu süreçte merkezde yanan helyum nükleer reaksiyonlar sonucu karbon atomuna dönüşmektedir. Kırmızı dev evresine girmiş olan yıldızda çekirdeğin sıcaklığı ve basınç, merkezde biriken karbonu yakacak seviyeye ulaşır ve gerçekleşen reaksiyon helyum reaksiyonundan daha fazla enerji açığa çıkarır. Çekirdekte karbon elementi yakıldıktan sonra sırasıyla Oksijen, Neon, Magnezyum ve Silisyum elementleri reaksiyona girer. Bu süreç demir elementine kadar devam eder. Evrendeki en kararlı çekirdek demir olarak bilinir ve demirin yakılabilmesi için çok

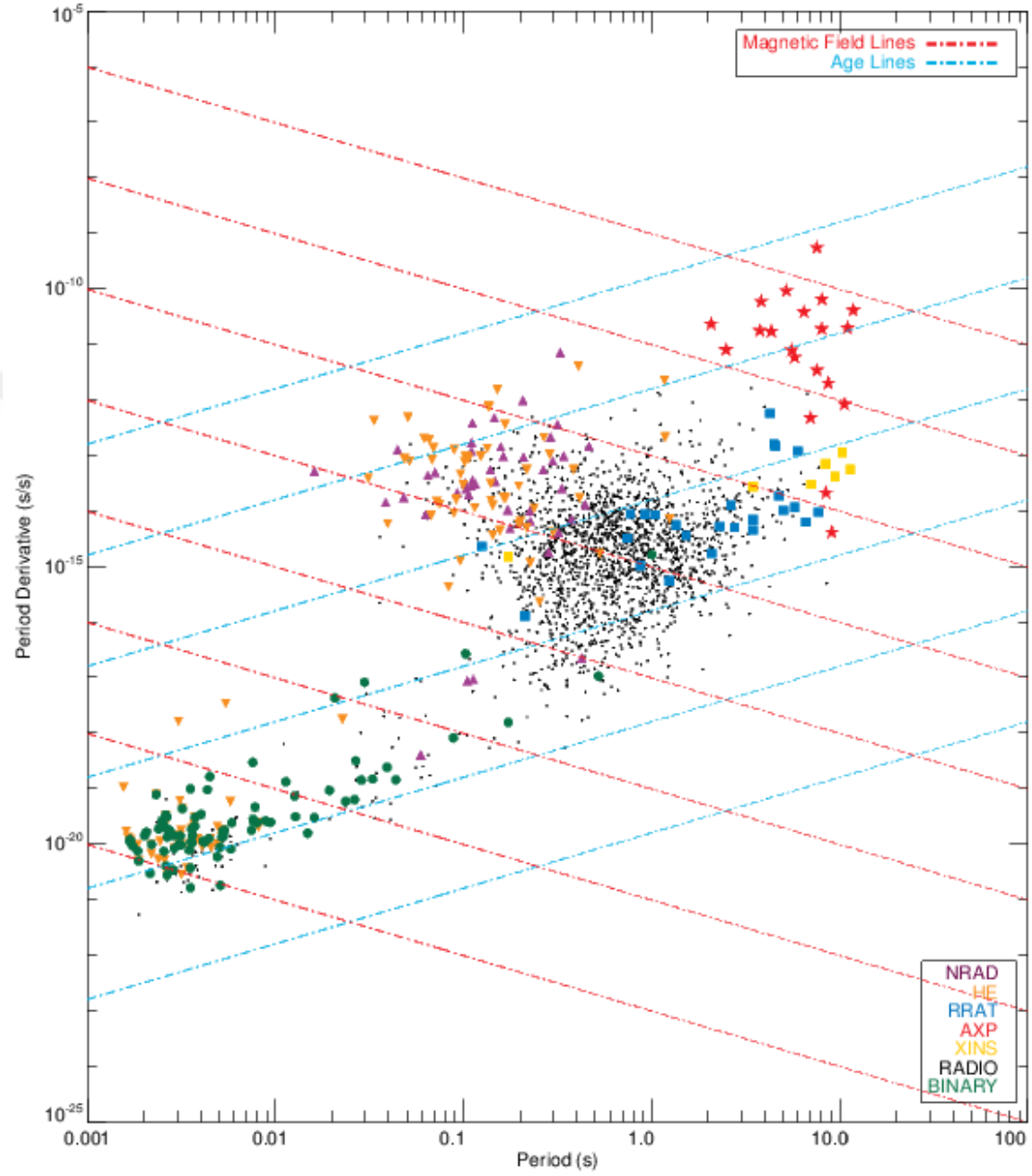
daha fazla enerji gerektir. Yıldızların çekirdeklerinde demir elementinin füzyonuna sıra geldiğinde, yıldızın içerisinde üretilen radyasyon basıncı yok olur ve yıldız kararlı olamaz. Bu nedenle demir ve demirden sonraki tüm elementler çok daha büyük enerji doğuran süpernova patlaması ile meydana gelmektedir. Kütleçekiminin bir sonucu olarak yıldız merkeze doğru çökmeye ve demir elementi merkezde sıkışmaya başlar. Yüksek sıcaklıkta sıkışmaya devam eden yıldız bir beyaz cüceden çok daha sıcak ve onun kadar yoğun duruma gelir. Fakat nötron yıldızlarını beyaz cücelerden ayıran kritik fark Chandrasekhar limitidir (Anderson, 1929). Eğer çekirdeğin kütlesi 1,44 $M_{\odot}$'den daha büyükse dejenere elektron basıncı sıkışmayı engellemeye yeterli olmayacak ve yıldız çökmeye devam edecektir. Sıkışma sonucu demir atomları birbirlerine değecek kadar yakınlaşır. Bu yakınlaşmayı önlemek için tüm elektron ve protonlar birleşir ve yüksüz nötronlara dönüşürler.

Artık çökme nötronların dejenerasyonu basıncı ve aralarındaki itici nükleer kuvvet tarafından dengelenir ve yıldız dev bir nötron çekirdek haline gelir. Bu yıldızlar tamamen nötronlardan oluşsa da bünyelerinde az miktarda proton ve elektron da barındırırlar. Çekirdeğin sıkışması ve bu ani çöküş, dev bir şok dalgası yaratır ve şiddetli bir patlama ile yıldızın dış katmanları uzay boşluğuna saçılır. Süpernova patlaması olarak bilinen bu olay, muazzam derecede enerji açığa çıkarır ve demir atomu da dahil olmak üzere tüm elementler daha ağır elementlere dönüşmeye devam ederler. Ata yıldızın kütlesine bağlı olarak süpernova patlamasının ardından geriye kalan kalıntı değişmektedir. 8-20 $M_{\odot}$'deki yıldızlar, patlamanın ardından geriye kompakt bir nötron çekirdek bırakırlar.



Şekil 2. 2: Yıldız oluşumu (Encylopedia Britannica, 2010).

Nötron yıldızlarının ortalama kütleleri 1,44 $M_{\odot}$ Chandrasekhar kütlesinden büyük olmak üzere 1,5 ila 2 $M_{\odot}$ arasında değişmektedir. Kuramsal olarak maksimum kütleleri ise $3M_{\odot}$ civarındadır. Nötron yıldızları, süpernova patlaması sırasında yaşadıkları sıkışma ve dış katmanlarının da uzaya fırlatılmasından ötürü oldukça kompakt ve küçük cisimlerdir (Şekil 2.2). Öyle ki bir nötron yıldızının yarıçapı ortalama 10 km'dir. Böylesine küçük bir çapta sıkışan atomlar nötron yıldızını hayli yoğun hale getirmektedir. Ortalama yoğunlukları $3{,}7\times10^{17}$ – $5{,}9\times10^{17}$ kg/m^3 arasında değişmektedir. Muazzam derecede sıcaklığa ve yoğunluğa sahip olan nötron çekirdek aynı zamanda evrendeki en güçlü manyetik alana sahiptir. Eğer bu dev çekirdeğin manyetik eksenleri bizim görüş doğrultumuzda ise, nötron yıldızı dönerken manyetik kutuplardan salınan ışınımı periyodik olarak gözlemlenebilir. Bu atımlar nötron yıldızına atarca ya da pulsar denmesine sebep olmuştur. Nötron yıldızları çökme sırasında momentumlarını korumak zorunda oldukları için kendi eksenleri etrafındaki dönüş hızları milisaniye gibi çok yüksek mertebelere ulaşabilir. Fakat nötron yıldızları manyetik frenleme ve benzeri sebeplerden ötürü sonsuza kadar açısal momentumlarını koruyarak dönmeye devam edemezler. En nihayetinde dönmelerinde yavaşlamalar meydana gelir (Şekil 2.3).

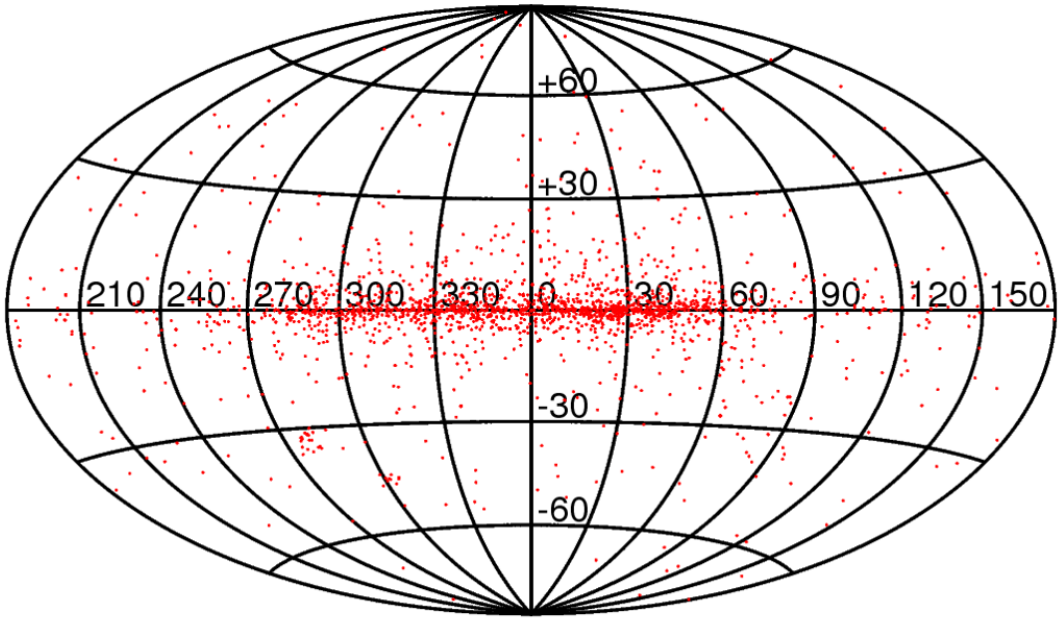


Şekil 2. 3: Periyot-Periyot türevi diyagramı. Şekilde çizilen mavi kesikli çizgiler yaş eğrilerinii kırmızı kesikli çizgiler ise manyetik alan eğrilerini temsil etmektedir. Yeşil noktalar çift sistemleri, siyah noktalar radyo pulsarlarını, sarı noktalar X-ışınlarında yarı izole pulsarları, kırmızı noktalar anormal X-ışını pulsarlarını, mavi noktalar belli aralıklarla radyoda ışınım yapan pulsarları, turuncu noktalar radyodan kızılötesine kadark, bölgelerde ışınım yayınlayan pulsarları, mor noktalar ise yalnızca kızılötesi ve daha yüksek frekanslarda ışınım yapan pulsarları temsil etmektedir.

Gözlemlerden itibaren periyot ve periyot türevi parametrelerini kullanarak nötron yıldızlarının enerji kayıp oranını, manyetik alan şiddetlerini ve karakteristik yaşlarını hesaplayabilmek mümkündür.

2.1. NÖTRON YILDIZLARININ SINIFLANDIRILMASI

Galaksimizde yaklaşık olarak 100 milyon nötron yıldızı bulunduğu düşünülmektedir. Bilinen pulsarların sayısı yaklaşık olarak 2500'dür (Şekil 2.4). Bilinen magnetarların sayısı 29 olup, bunlardan 15 tanesi Yumuşak Gama-ışını Tekrarlayıcısı (YGT), 14 tanesi ise AXP'dir. Milisaniye pulsarlarının galaksimizde bilinen sayısı küresel kümeler dışında 251 ve küresel kümelerde 149'dur (Paulo, 2007).



Şekil 2. 4: Galaksimizdeki pulsarların dağılımı.

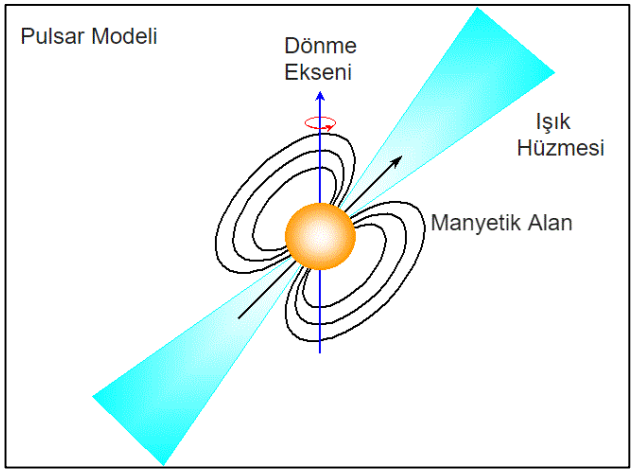
Nötron yıldızlarını genel olarak birkaç alt sınıfa ayırmak mümkündür. Şekil 2.3'te gösterilen periyot-periyot türevi diyagramı nötron yıldızlarını periyot başta olmak üzere,

manyetik alan ve karakteristik yaş parametrelerine göre sınıflara ayırmaktadır. Nötron yıldızları ayrıca elektromanyetik ışınım kaynaklarına göre de sınıflandırılabilir:

- Dönme kinetik enerjisi (yıldız enerjisini dönme kinetik enerjisinden karşılar),
- Kütle aktarımı (yıldızın enerji kaynağı akan maddenin çekimsel potansiyel enerjisidir),
- Manyetik alan bozunması.

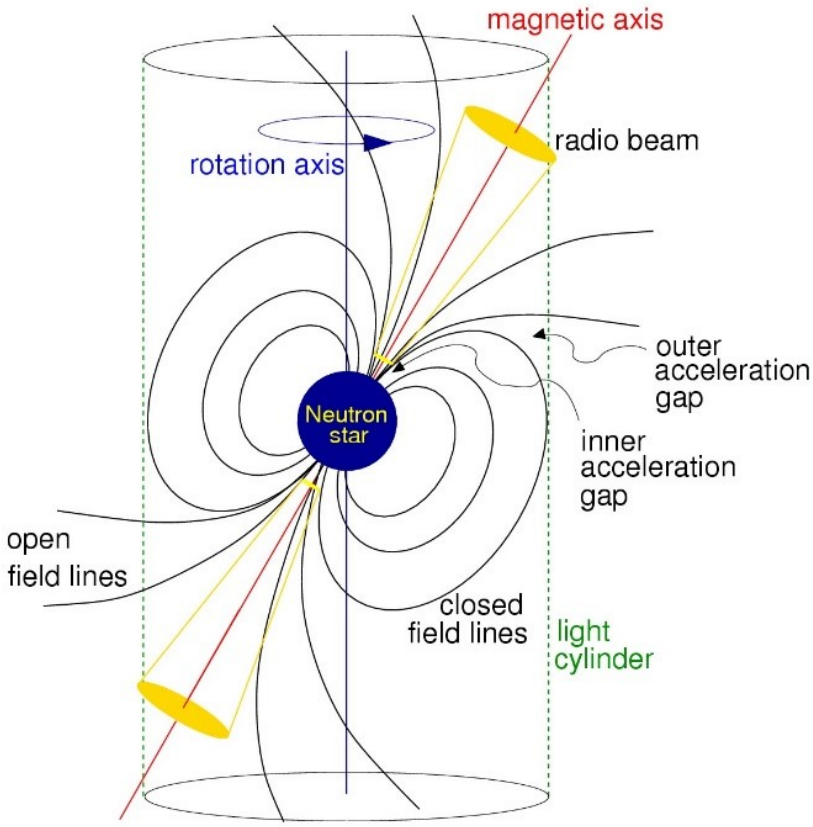
2.1.1. Radyo Pulsarları

İlk radyo pulsarı 1967 yılında Jocelyn Bell ve Antony Hewish tarafından keşfedilmiştir (Longair, 1994). Bir pulsarın oluşumuna yol açan olay, büyük kütleli bir yıldızın süpernova tarafından kompakt bir çekirdeğe sıkıştırılmasıyla başlar. Çökme sırasında açısal momentumu korunan yıldızın çok küçük bir yarıçapa sıkışması ve bu nedenle atalet momentinin de hızla azalması sonucu oluşan pulsar oldukça yüksek hızda dönmektedir. Radyo pulsarları, elektromanyetik tayfın radyo bölgesinden 0,001 saniye ile 10 saniye periyodunda enerji yayınlarlar. Pulsar kelimesi atım anlamına gelen "pulse" ve "star" kelimelerinin bir araya gelmesinden oluşmuştur. Fakat pulsarlar gerçekte bir atım veya zonklama göstermezler. Yayınladıkları enerji ışık hüzmesi şeklinde olmakla birlikte radyo bölgesinde sürekli bir enerjidir. Işık hüzmesinin görüş alanımızdan her bir geçişinde bir pulse/atım görürüz. Bu etki "lighthouse effect" yani fener etkisi olarak da bilinmektedir (Şekil 2.5). Işınım manyetik eksen boyunca konumlanmıştır.



Şekil 2. 5: "Fener etkisi" (Pogge, 2006).

Yıldızın manyetik ekseni ile dönme ekseni birbiriyle çakışmadığı durumda uygulanan tork sonucu bir enerji kaybı meydana gelir. Yıldızın kaybettiği bu enerji radyo dalgaboyunda yayınlanır (Şekil 2.6). Enerji kaybedildikçe yıldızın dönmesinde yavaşlama meydana gelir. Yeteri kadar yavaşladığında ise tükenen ışınımdan ötürü pulsar kaybolur. Bu süreç 10 ila 100 milyon yıl sürmektedir. Pulsarlar genel olarak bilinen manyetik dipol ışınım modeli varsayımı altında ışınım yaparlar (Pacini, 1968).



Şekil 2. 6: Manyetik dipol ışınım modeli (*Lorimer ve Kramer, 2005)*

Şekil 2.6'da görüldüğü üzere bir nötron yıldızının manyetik ekseni ve dönme ekseninin birbiriyle çakışmadığı durumda, bir enerji kaybı meydana gelir. I atalet momenti, Ω açısal periyot, P periyot olmak üzere kinetik enerjisi;

$$E = \frac{1}{2} I\Omega = \frac{1}{2} I \left(\frac{2\pi}{P}\right)^2 = 2\pi^2 I P^{-2} \quad (2.1)$$

şeklinde olan bir pulsarın ışıma gücü;

$$L = -I\Omega\dot{\Omega} = \frac{dE}{dt} = -\frac{d}{dt}\left(\frac{1}{2} I\Omega^2\right) = -4\pi^2 I P^{-3} \dot{P} \quad (2.2)$$

şeklinde hesaplanabilir. Burada $\dot{P}$ periyot türevini temsil etmektedir. Söz konusu kaybedilen enerji:

$$\frac{dE_{rot}}{dt} = \frac{-4\pi^2 I \dot{P}}{P^3} \quad (2.3)$$

periyot, periyot türevi ve eylemsizlik momenti parametrelerine bağlıdır. Bu enerji kaybı nötron yıldızından salınan ışınım gücüne eşdeğerdir:

$$L = -\frac{dE}{dt} \quad (2.4)$$

Bu varsayım altında manyetik alan şiddeti B ve karakteristik yaş τ yine aynı şekilde gözlemlerden itibaren periyot ve periyot türevine bağlı şekilde hesaplanabilir:

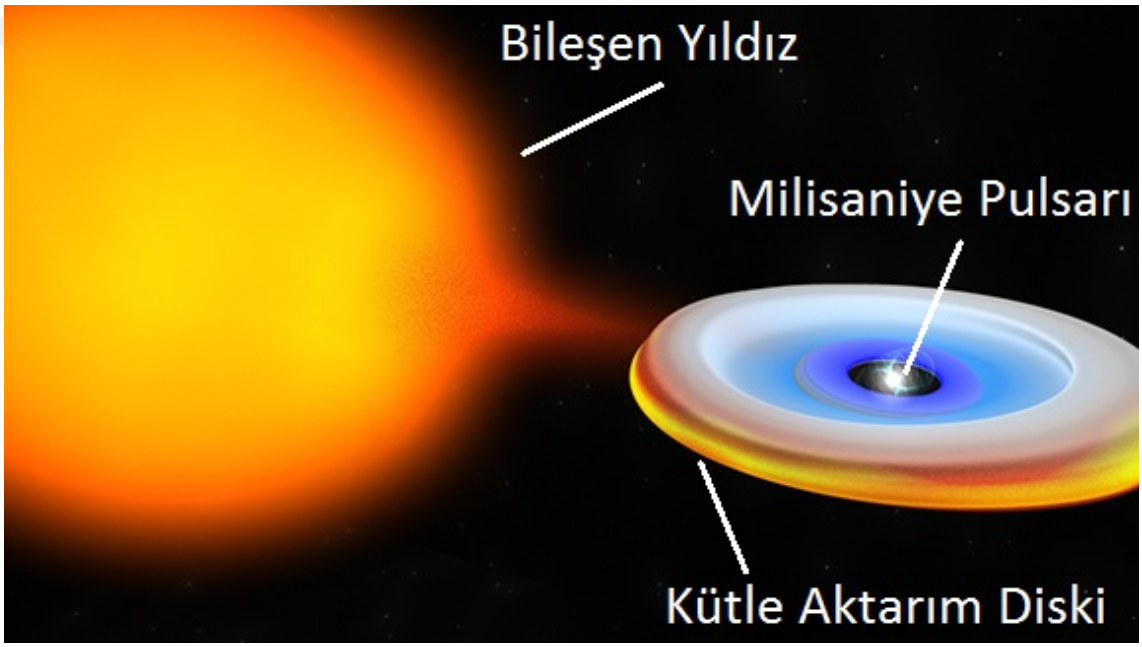
$$\tau \equiv \frac{P}{2\dot{P}}. \quad (2.5)$$

$$\left(\frac{B}{Gauss}\right) = 3.2\times10^{19} \left(\frac{P\dot{P}}{s}\right)^{1/2} \quad (2.6)$$

2.1.2. Milisaniye Pulsarları (MSP)

İlk kez 1982 yılında Backer tarafından keşfedilen milisaniye pulsarları 1-10 milisaniye periyot aralığında ve oldukça yaşlı nötron yıldızlarıdır. Yaşları 1 ila 10 milyar yıl arasında değişmektedir (Lorimer, 1998). Manyetik alanları 10^8 G kadardır. Elektromanyetik tayfın radyo, X-ışını ve gama bölgesinde ışınım yapabilmektedirler. MSP'lerin yaşam senaryosunun altında yatan süreç radyo pulsarlarınınkinden oldukça farklıdır. MSP'ler çoğunlukla çift sistemlerde bulunurlar ve bulundukları durumdan ötürü bileşen yıldızı ile etkileşim söz konusu olabilmektedir (Şekil 2.7). Eğer çift sistemde MSP'nin bileşeni olan yıldız ömrünün son safhalarında ise evrim süreci gereği kütle atımı gerçekleşmesi beklenir. Yıldızdan atılan kütle kütleçekimsel potansiyel

sebebiyle kompakt ve yoğun olan MSP'ye doğru hareket eder. Ancak tabii ki atılan maddenin bir açısal momentumu olduğu için madde doğrudan MSP'nin üzerine düşmez. Bunun yerine MSP'nin etrafında bir disk meydana getirir. Disk içinde Kepleryen hızlarda hareket eden madde nötron yıldızı ile kıyaslandığında çok daha yüksek hızlara erişebilir ve zamanla onun manyetik alanı ile etkileşerek nötron yıldızına momentum kazandırır. Kütle aktarımına bağlı olan bu fazda, MSP radyo ve X-ışınlarında radyasyon yayar. Bu süreçten dolayı MSP'ler çoğu zaman "recycled pulsars" yani geri dönüştürülmüş pulsarlar olarak da anılmaktadır.



Şekil 2. 7: Bileşen yıldızdan milisaniye pulsarına madde aktarımı sürecinin artistik gösterimi (Wikipedia).

2.1.3. Magnetarlar

Nötron yıldızlarının bir alt grubuna üye olan magnetarlar (Şekil 2.8), evrende bilinen en yüksek manyetik alana sahip cisimlerdir (10^8-10^{15} G). İzole ve genç yıldızlardır. Karakteristiğinde ani ve dev parlamalar barındıran magnetarların enerji kaynağı yüksek yüzey manyetik alan şiddetidir (Duncan ve Thompson, 1992). Bu şiddetli patlamalar üzerine öne sürülen iki genel teori:

- Güçlü manyetik alan şiddetine bağlı olarak kabukta kırılma/çatlamalar (Duncan ve Thompson, 1992),
- Manyetosferin rekonfigürasyonu (Lyutikov, 2003).

Duncan ve Thompson'ın klasik magnetar modeline göre (1992), manyetik alanın pulsarın kabuğu ile etkileşerek bozunması, yüzeyde ısınmaya yol açar. Magnetarların X-ışın akılarının sebebinin bu bozunma sonucu ısınan yüzeyin yaptığı ışınımı olduğu düşünülür (Thompson ve Duncan, 1996). Lyutikov'un (2003) ortaya attığı model ise şiddetli patlamaların, manyetik alan çizgilerinin birleşip kopmaları sonucunda açığa çıkarabileceğini öne sürmüştür. Magnetarlar kendi içlerinde Anormal X-ışını pulsarı (AXP) ve Yumuşak Gama-ışını Tekrarlayıcıları (YGT) olmak üzere iki alt gruba ayrılırlar.

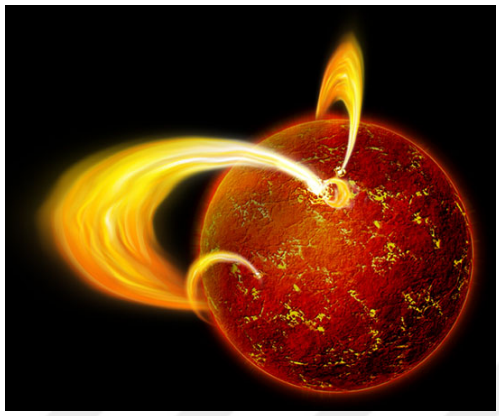
2.1.3.1. Yumuşak gama-ışını Tekrarlayıcıları (YGT)

YGT'ler sakin evrelerinde yüksek X-ışını ve parlama dönemlerinde de yumuşak gama-ışını yayarlar. Bu durum "starquake" ya da yıldız depremi fenomeni olarak bilinir. Örnek olarak 1998'de gözlenen 20.000 ışık yılı uzaklıktaki SGR 1900+14 kaynağından salınan gama-ışını o kadar büyüktü ki atmosfer ve uzayda bulunan birçok uydu dedektörünün çalışmaz hale gelmesine sebep olmuştur. YGT'lerin periyotları 6 ile 12 saniye arasında değişmektedir. Periyotlarının yavaşlama oranı 0,26 s/yüzyıl civarındadır. Bu değer normalde pulsarlarda gözlenen yavaşlama hızından daha fazladır. Bu da manyetik alan kırılma teorisini destekleyen başka bir faktördür. Bu hızlı yavaşlama YGT'lerin çok genç olmalarına işaret etmektedir (yaklaşık 10.000 yıl). Bu cisimlerden sadece 15 tane biliniyor olması bu kanıyı desteklemektedir (Mereghetti, 2008).

2.1.3.2. Anormal X-ışını Pulsarları (AXP)

AXP'lerin periyotları 2 ile 12 saniye arasında değişmektedir. Periyodun zamanla değişimi bu cisimlerde oldukça hızlıdır. X-ışınlarında yayınladıkları enerji miktarı 10^{33}-10^{36} erg/s arasındadır. Fakat dönme hızları bu ışıma gücünü karşılamaya yetmeyecek kadar yavaştır. Bu parlamaları açıklamak için altenatif olarak magnetar modeli ortaya sürülmüştür (Duncan ve Thompson, 1992). İzole halde bulunan bu genç yıldızların bu denli yüksek enerjiler yayan patlamalar göstermesinin sebebi sahip oldukları yüksek manyetik alandır. Yüksek manyetik alan şiddetinin bozunması, nötron yıldızının

kabuğunun çatlamasına ve kabuğun altında biriken enerjinin aniden açığa çıkmasına sebep olmaktadır.



Şekil 2. 8: Magnetar gösterimi (NASA/CXC/M.Weiss).

YGT'lerin ortalama yaşı 10.000 yıldır. Literatürdeki genel düşünce, bu süre zarfında YGT'lerin dönme periyotlarının yavaşlayıp manyetik alanları zayıflayınca AXP'lere doğru evrildiğidir. Hızlı yavaşlamadan ötürü AXP'lerin de YGT'ler gibi yaklaşık olarak 10.000 sene yaşamaları beklenmektedir. Literatürde bilinen 12 AXP ve 2 potansiyel AXP bulunmaktadır.

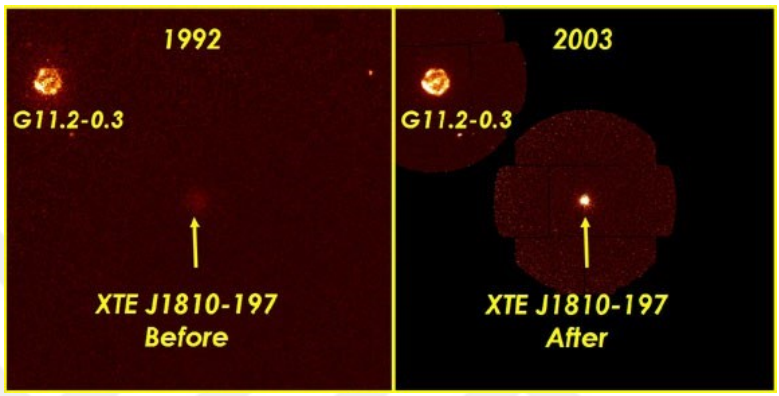
Magnetar modeline alternatif olarak 2000'li yıllarda öne sürülen "Fallback Disk" veya süpernova kalıntısı diski modeline göre X-ışın emisyonu, süpernova patlamasının ardından çevreye dağılan maddenin tekrar nötron yıldızının üzerine düşmesi sonucu bir kütle aktarım diski oluşumundan gelmektedir (Alpar 2001). Son yıllarda keşfedilen yeni bir AXP türü olan geçici AXP'ler X-ışın akılarında 10 ila 1000 katlık ani artışlarla karakterize edilmektedir. Bu ani değişim, kaynağa ait tayf ve ışık eğrisini oldukça fazla etkilemektedir. Evrende bilinen AXP'lerin sayısı yalnızca 12 tanedir (Olausen ve Kaspi, 2014). Bu AXP'lere dair bazı gözlemsel özellikler Tablo 2.1'de sunulmuştur.

Tablo 2.1 : Bilinen AXP'lerin bazı gözlemsel özellikleri (Olausen ve Kaspi, 2014 [(1)]).

Kaynak ismi	**Periyot**	**Periyot türevi**	**Manyetik alan**	**Uzaklık**	**L_x**
	s	10^{-11} s/s	10^{14}G	kpc	10^{33}erg/s
CXOU J010043.1−721134	8,020	1,88	3,9	62,4	65
4U 0142+61	8,689	0,202	1,3	3,6	105
1E 1048.1−5937	6,458	2,25	3,9	9,0	49
CXOU J164710.2−455216	10,611	<0,04	<0,66	3,9	0,45
1RXS J170849.0−400910	11,005	1,945	4,7	3,8	42
XTE J1810−197	5,540	0,777	2,1	3,5	0,043
1E 1841−045	11,789	4,092	7,0	8,5	184
1E 1547.0−5408	2,072	4,77	3,2	4,5	1,3
1E 2259+586	6,979	0,048	0,59	3,2	17
PSR J1622−4950	4,326	1,7	2,7	9	0,44
CXOU J171405.7−381031	3,825	6,40	5,0	~13,2	56
3XMM J185246.6+003317	11,559	<0,014	<0,41	7,1	<0,006

(1) http://www.physics.mcgill.ca/~pulsar/magnetar/main.html

Onlardan biri olan XTE J1810-197 kaynağı, 2003 yılında RXTE uydusu ile keşfedilen ilk geçici AXP'dir (İbrahim ve diğ., 2004). X-ışınlarındaki parlaklığının 100 kat artmasıyla kayıtlara giren ve 5,5 saniyelik periyoda sahip olan XTE J1810-197 kaynağının Güneş'e olan uzaklığı yaklaşık 3,5 kiloparsek ve manyetik alan şiddeti de $2{,}1\times10^{14}$ G'tur. Şekil 2.9'da kaynağın *ROSAT* ve *XMM-Newton* olmak üzere iki farklı uydu tarafından patlama öncesi ve sonrasında alınmış görüntüsü verilmiştir.



Şekil 2.9: XTE J1810-197 kaynağına ait patlamadan önce alınmış ROSAT uydu görüntüsü (Sol panel). Patlamadan sonra XMM-Newton ile tespit edilen görüntü (Sağ panel). https://www.nasa.gov/centers/goddard/news/topstory/2004/0106magnetar.html

AXP'lerin X-ışın emisyonları $10^{35\text{-}36}$ erg/s mertebelerine ulaşır. AXP'lerden, haftalarca veya aylarca azalarak devam eden patlamalar (outburst), ani ve kısa sürede sönümlenen kısa patlamalar (burst) gibi gözlenen zamansal değişimler, kaynağın akısı ve atım profilleri hakkında bilgi veren mekanizmalardır.

Radyo pulsarları için kullanılan magnetik dipol ışınım modeli ne yazık ki magnetarlarda gözlenen bu ani ve dev patlamaların ortaya çıkardığı devasa enerjileri açıklamaya yeterli bir model değildir. Magnetarlardan yayınlanan ışınım gücü, dönmesel kinetik enerji ile karşılanamayacak kadar fazladır. Radyo pulsarları için kullanılan klasik manyetik dipol frenleme metodunu magnetarlara uygulanırsa;

$$B = \left(\frac{3Ic^3}{8\pi^2R^2sin^2\alpha}P\frac{dP}{dt}\right)^{1/2} = 3.2\times10^{19}\left(P\frac{dP}{dt}\right)^{1/2} \qquad (2.7)$$

atalet momenti I=10^{45} gcm^2 , manyetik eksen ile dönme ekseni arasındaki açı α=90° ve yarıçap R=10^6 cm olarak alındığında, magnetarların dipol manyetik alan şiddetlerinin

radyo pulsarlarınınkinden 100-1000 kat daha fazla olduğu görülür. Manyetik alanın pulsarın kabuğu ile etkileşerek bozunması yüzeyde ısınmaya yol açar. AXP'lerin X-ışın akılarının sebebinin bu bozunma sonucu ısınan yüzeyin yaptığı ışınım olduğu düşünülmektedir (Thompson ve Duncan, 1996).

Magnetarlarda manyetik alanın içten dışa evrilmesi sonucu nötron yıldızının kabuğunda manyetik stres meydana gelir. Bu stres nötron yıldızının kabuğu ile elastik bir şekilde dengelenir (Duncan ve Thompson, 1996) ve manyetik evrim sürecinde kabuk bu stresi kaldıramayacak kadar zayıflar. Belirli bölgelerde yerel olarak çatlamalar (yıldız depremleri) meydana gelir. Ortaya çıkan enerji X ve gama ışınlarında gözlenir.

Şekil 2.3'te gösterilen, nötron yıldızlarının en genç alt sınıfı olduğu bilinen magnetarların manyetik alanları 10^{14} -10^{15} G olmakla birlikte kuantum kritik değeri olan $B_q = 4\times10^{13}$ G'u aşmaktadır. Bu değerin üstünde manyetik alan o kadar güçlüdür ki elektronların arasındaki boşluk, aşağıda eşitliği verilen *Kompton* dalgaboyuna (λ) çok yakındır:

$$\lambda = \frac{h}{mc}. \qquad (2.8)$$

Burada h Planck sabitini, m parçacığın kütlesini ve c de ışık hızını temsil etmektedir. Yüksek manyetik alan altında parçacıklar, alan çizgilerine dik şekilde dairesel hareketler çizerler. Parçacıkların bu davranışı ortamdan bir foton yayınlanmasına sebep olur. Parçacıkların rölativistik olması durumunda yapılan ışınım sinkrotron ($\gamma>>1$), rölativistik olmaması durumunda ise siklotron ($\gamma\sim1$) adını almaktadır. Bunu belirleyen gama parametresi aşağıdaki *Lorentz faktörü* tarafından tanımlanır.

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{\frac{1-v^2}{c^2}}} \quad . \qquad (2.9)$$

Bu durumu siklotron ışınımı için daha yakından inceleyelim. q yükü ve v hızı ile hareket eden bir parçacık, B manyetik alan içeren bir ortama girsin. Bu durumda parçacığa etkiyen kuvvet:

$$F = \frac{q}{c} v\times B \quad . \qquad (2.10)$$

şeklinde olur. *v* hızının alan çizgilerine dik yönde çalıştığını varsayalım. Bu durumda uygulanan kuvvetin yönü parçacığın hareketiyle eşit ve sabit olacaktır. Yapılan dairesel hareket sonucu meydana gelen hızlanma, *m* parçacığın kütlesi olmak üzere;

$$a = \frac{qvB}{mc} \quad . \tag{2.11}$$

tarafından belirlenir. Dairesel hareket varsayımı altında salınan enerji *Larmor formülü* ile tanımlanır:

$$P = \frac{2q^4\beta^2\mathrm{B}^2}{3c^3m^2} \quad . \tag{2.12}$$

Burada *B* manyetik enerji yoğunluğu, m parçacığın kütlesi ve $\beta = v/c$ olarak tanımlanır. Enerji kaybı doğrudan enerji yoğunluğu ile orantılıdır. Düşük kütleli parçacıklarda enerji kaybı daha fazladır ve bu bağlamda elektronlar protonlardan çok daha fazla ışınım yayar. Yüklü parçacığın manyetik alan içeren ortamda yaptığı dairesel hareketin yarıçapı ise *Larmor yarıçapı* veya *gyroradius* olarak bilinir:

$$r_g = \frac{mv_\perp}{|q|B} \quad . \tag{2.13}$$

Bu yarıçap aynı zamanda açısal frekansa karşılık gelir ve *siklotron frekansı* olarak tanımlanır:

$$w_g = \frac{|q|B}{m} \quad . \tag{2.14}$$

Genel olarak radyo pulsarlarının manyetik alanlarını ölçmek için kullanılan manyetik dipol ışınımı ve elektron sinkrotron çizgi ölçümü metotları, güçlü manyetik alandan ötürü, magnetarlar için maalesef kullanılamaz. Elektron çizgisi manyetik alan ile doğrısal şekilde ölçeklendirildiği için bu çizgi genellikle 100 keV'nin üzerinde bir band aralığında görülür. Bu durum tayfsal açıdan ölçülmesi oldukça güç bir durumdur. Bu sebeple magnetarlarda daha çok proton siklotron rezonansı ölçülür. Bunun nedeni protonların elektronlardan daha büyük kütleli olmaları ve siklotron enerjisinin kütle ile ters orantılı olmasıdır (Zane ve diğ., 2001).

Tezin ikinci bölümünde nötron yıldızları, magnetarlar ve Anormal X-ışını Pulsarlarının detaylı özellikleri anlatılmıştır. Üçüncü bölümde, kaynağa ait gözlem verilerinin

kullanıldığı *Chandra* ve *XMM-Newton* X-ışını uyduları tanıtıldıktan sonra veri indirgemesi ve analiz kapsamında bilgi verilmiştir. Dördüncü bölümde, yapılan analizler sonucu elde edilen bulgular sunulmuştur. Tezin son bölümünde, yapılan çalışma ve analizler özetlenmiş olup elde edilen bulgular yorumlanmıştır.

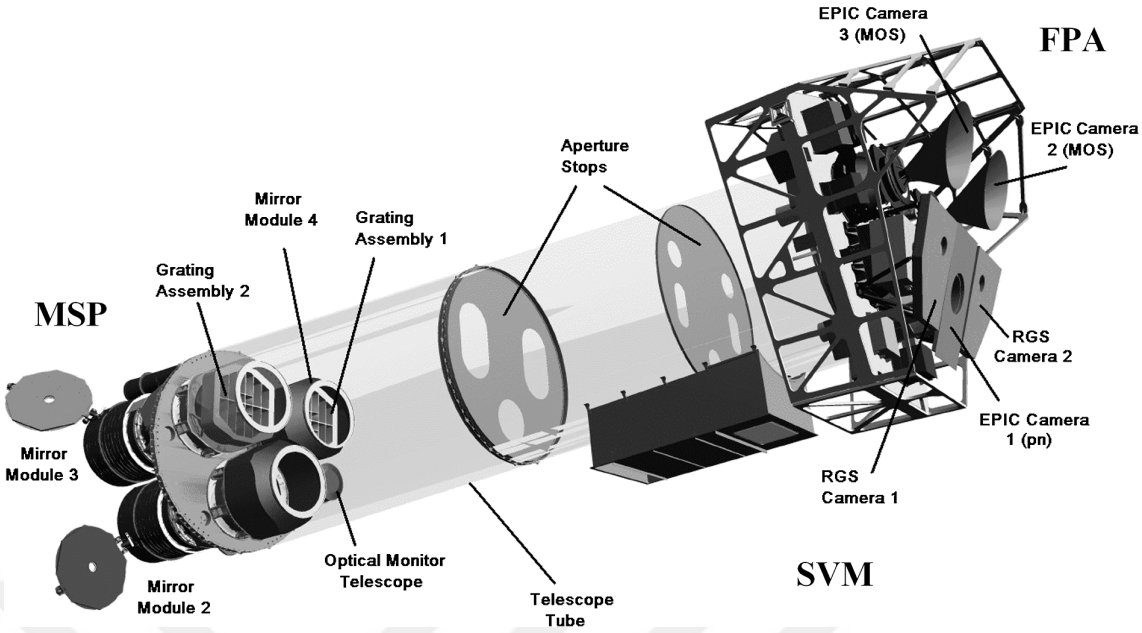
3. MALZEME VE YÖNTEM

Bu çalışma kapsamında, XTE J1810-197 kaynağına ait *Chandra* ve *XMM-Newton* uydularından elde edilen X-ışın verileri analiz edilmiştir. Gözlemlerin kalibrasyonu ve veri analiz işlemleri bu uyduların paket programları kullanılarak yapılmıştır. Bu bölümde verilerin ait olduğu uydular ve kullanılan paket programlar hakkında bilgi verilecek olup gözlemlerin kalibrasyon ve analizlerinin nasıl yapıldığı açıklanacaktır.

3.1. UYDU VE ALICILAR

3.1.1. XMM-Newton Uydusu

4 tonluk ve 10 m uzunluğundaki *XMM-Newton* (X-ray Multi-Mirror Mission) uydusu, 10 Aralık 1999 tarihinde Avrupa Uzay Ajansı (ESA) tarafından fırlatılan en büyük bilimsel uydudur. *XMM-Newton*, 7,5m odak uzunluğunda ve açısal çözünürlüğü yarı yükseklikteki tam genişlikte 6 yay saniyesi olan, üzerinde eş zamanlı çalışabilen dört adet dedektör bulunduran bir X-ışın teleskobudur (ESA Bilim ve Teknoloji). *European Photon Imaging Camera (EPIC), Reflection Grating Spectrometer (RGS)* ve *Optical Monitor (OM)* uydunun temel bilimsel aletleridir. *EPIC, MOS* (Metal-Oxide-Silicon) ve *pn* olmak üzere iki ayrı türde CCD kameraya sahiptir. Dedektörler, eş zamanlı olarak X-ışın fotometrisi ve görüntüleme yapabilmekle beraber spektrum da elde edebilmektedir. Teleskobun gövdesini oluşturan uzun karbonfiber tüp *Focal Plane Assembly (FPA)* ile *Mirror Support Platform (MSP)*'unu birbirine bağlamaktadır. *MSP*, birbirine monteli üç ayna, *Optical Monitor (OM)* ve iki yıldız takip mekanizması içermektedir. *Servis Modülü (SVM)*, uydu için gerekli kaynakları, alt sistemleri ve ilgili birimleri taşımaktadır. İki adet güneş paneli kanadı, Güneş Teleskop Kalkanı (*Telescope Sun Shield, TSS)* ve iki adet S-band anten servis modülüne monte edilmiştir (Şekil 2.10).



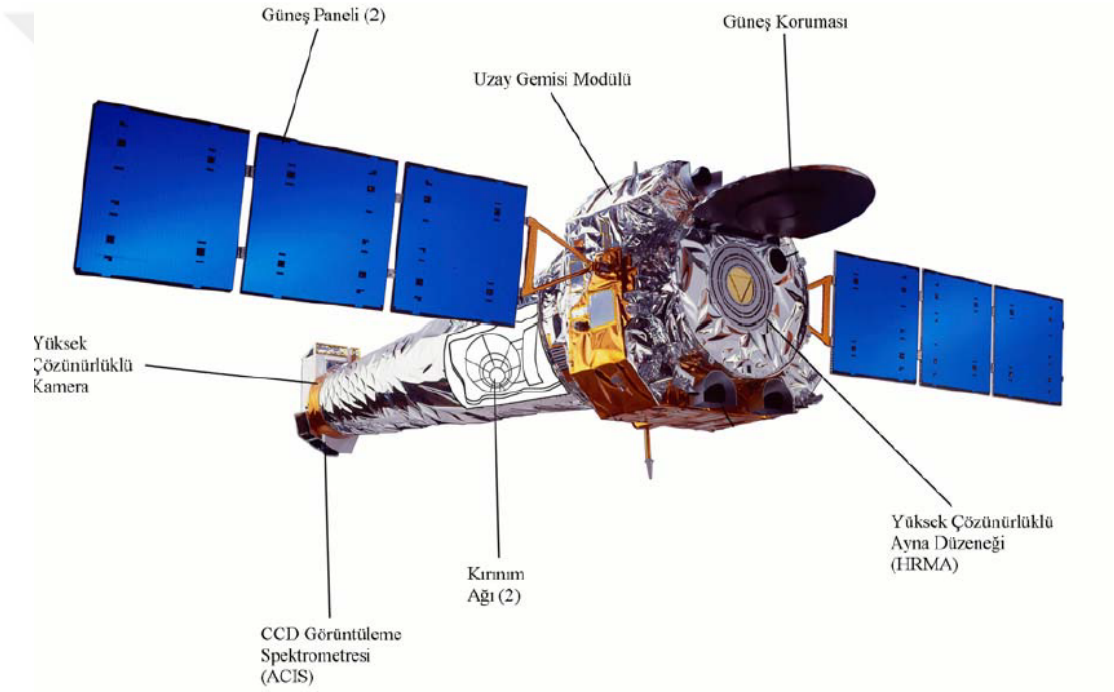
Şekil 3. 1: XMM-Newton uydusuna ait teleskop modülünün şematik gösterimi (Lumb, 2012).

Bu çalışma kapsamında uyduya ait detektörlerden biri olan European Photon Imaging Camera (EPIC)-pn kullanılmıştır. EPIC-pn detektörü uydu üzerindeki en büyük foton toplama alanına sahip detektördür. Bu özellik sayesinde, gözlenen kaynağa ait X-ışın tayfları çok daha kaliteli sonuçlar doğurmaktadır. EPIC-pn aleti, Full Frame mode, Small Window mode ve Timing mode olmak üzere üç farklı modda çalıştırılabilir. Full Frame modunda CCD üzerindeki tüm pikseller okunur. Bu modda zamansal çözünürlük çok düşüktür (73 ms). Small Window modunda, yüksek zamansal çözünürlükte (6 ms), CCD'nin tam odağında bulunan pikseller, Timing modda ise yüksek zaman çözünürlüğünde tek bir piksel kolonu okunur (0,03 ms).

Enerji aralığı 0,1-12 keV olan XMM-Newton uydusunun en verimli olduğu enerji bölgesi 0,1 ile 10 keV'tur. Maksimum etkin olduğu enerji ise 1,5-2 keV aralığıdır. Teleskobun tasarım hedefi 150 eV'luk enerji için 19 m^2'lik alan, 2 keV'lik enerji için 15 m^2'lik alan, 7 keV'lik enerji için 9 m^2'lik alan ve 10 keV'lik enerji için 3,5 m^2'lik foton toplama alanı elde edebilmektir.

3.1.2. Chandra Uydusu

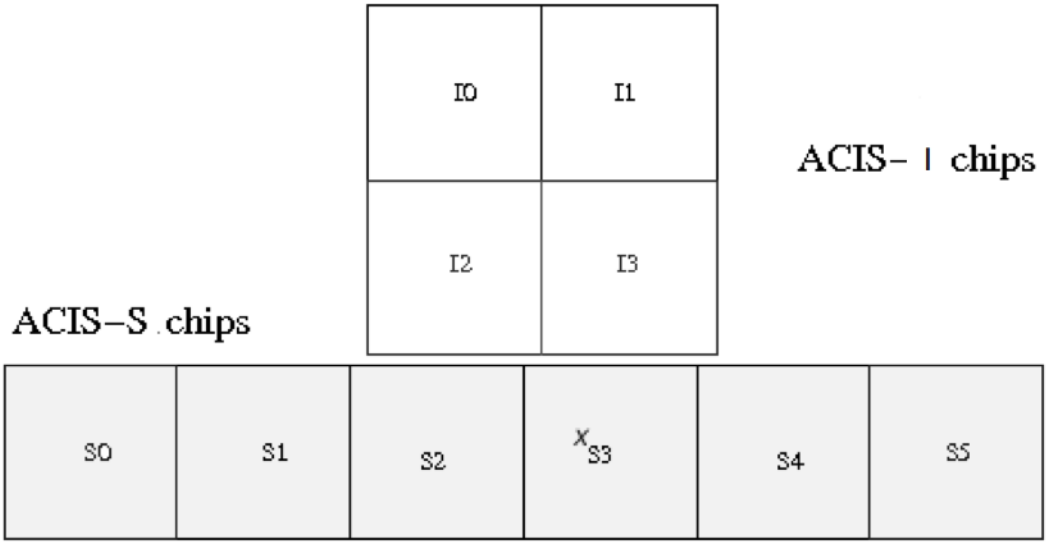
Chandra X-ışını Gözlemevi 23 Temmuz 1999 yılında NASA tarafından uzaya gönderilen, daha önceki X-ışın teleskoplarına nazaran daha yüksek uzaysal çözünürlüğe sahip, X-ışın görüntüleme ve tayfsal gözlemler için tasarlanmış bir teleskoptur (Şekil 2.11). Uydunun üzerinde bulunan başlıca aletler: Advanced CCD Imaging Spectrometer (*ACIS*), High Resolution Camera (*HRC*), High Energy Transmission Grating (*HETG*), Low Energy Transmission Grating (*LETG*), High Resolution Mirror Assembly (*HRMA*) aletleridir.



Şekil 3. 2: Chandra uydusuna ait şematik görünüm (Güver, 2008).

HRMA, herhangi bir anda sadece bir dedektör odak düzleminde olabileceğinden, *ACIS* veya *HRC* aletlerinden en fazla birine X-ışını odaklayabilmektedir. İki grating spektrometresi (*LETG* ya da *HETG*), *HRMA* arkasındaki optik yola yerleştirilebilir. Tayflar *ACIS* veya *HRC* tarafından okunur. Tez kapsamında kullanılan gözlem verileri, Chandra uydusunun temel algılayıcılarından biri olan *ACIS* detektörü ile elde edilmiştir. *ACIS*, bir X-ışın görüntüleme aletidir. Kameraya çarpan X-ışın fotonlarının enerjileri

pozisyonları ve varış zamanları tek tek kaydedilmektedir. Bu işlem yüksek çözünürlükte (0.6 yay saniyesi.) görüntüleme, orta derece çözünürlükte tayf ve zaman analizi yapılabilmektedir. Ayrıca yüksek çözünürlüklü tayflar için *HETG* ile birlikte de kullanılabilmektedir. ACIS, önden aydınlatmalı altı ve arkadan aydınlatmalı dört adet CCD olmak üzere toplamda 10 detektörden oluşmaktadır (Şekil 2.12). ACIS, sürekli okuma ve poz-süreli okuma olmak üzere iki modda çalıştırılmaktadır. Magnetalar parlak cisimler olduklarından ve bu sebeple poz-süreli okuma durumunda CCD kameralarda taşma meydana gelebileceğinden, sürekli okuma modunda alınan gözlemler tercih edilmektedir.



Şekil 3. 3: ACIS enstrüman düzeni (http://cxc.harvard.edu/cal/Acis/).

3.2. VERİLERİN KALİBRASYONU

XTE J1810-197'nin 2003 yılından günümüze kadar Chandra X-Işın gözlemevine ve, XMM-Newton gözlemevine ait sırasıyla, 14 ve 25 adet veri seti bulunmaktadır. Bu gözlemlere ait bazı veriler Tablo 2.2 ve 2.3'te verilmiştir. Ayrıca kaynağın keşfedilmeden önce sakin evrede bulunduğu zamanlarda *ROSAT* uydusu ile tespit edildiği de bilinmektedir. Kaynağın tüm tayfları *XSPEC* ve *Sherpa* adlı paket programlar ve çeşitli yazılımlar kullanılarak modellenmiştir. Ayırca *IDL* ve *Python* programlama dillerinde hazırlanan bazı özel yazılım ve betik programlar ile simülasyonlar üretilmiştir.

Tablo 2.2 : XTE J1810-197 anormal X-ışını pulsarının Chandra uydusu tarafından alınan gözlemlerine ait veri arşiv bilgileri.

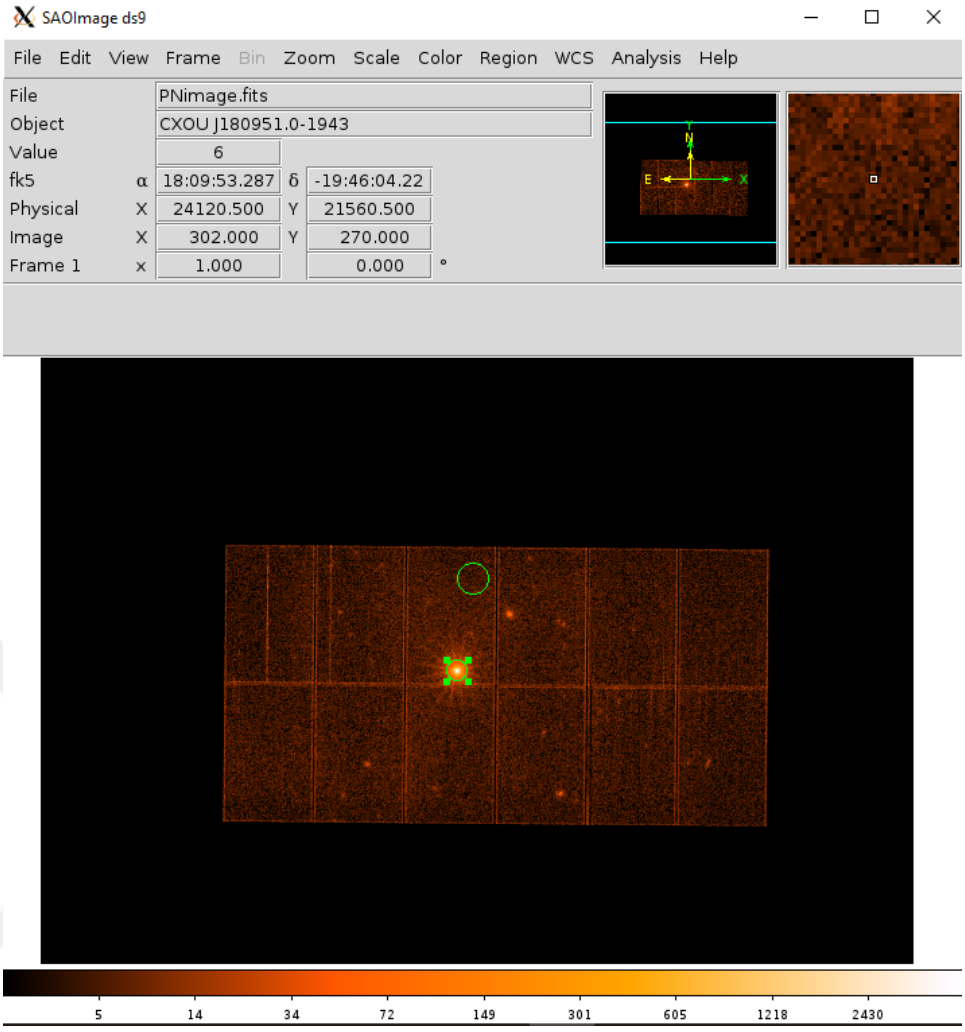
Gözlem Numarası	Algılayıcı	Poz Süresi (ks)	Gözlem Tarihi	Veri Modu
4454	HRC-I	2.3	2003-08-27	-
5240	HRC-I	2,87	2003-11-01	-
6660	ACIS-S	27,36	2006-09-10	VFAINT
7594	ACIS-S	26,9	2008-03-18	VFAINT
11102	ACIS-S	22,79	2009-11-01	VFAINT
11103	ACIS-S	11,47	2010-02-17	VFAINT
12105	ACIS-S	11,45	2010-02-15	VFAINT
12221	ACIS-S	9,51	2010-06-07	FAINT
13149	ACIS-S	14,6	2010-10-25	FAINT
13217	ACIS-S	13,61	2011-02-08	FAINT
13746	ACIS-S	18,2	2012-02-19	VFAINT
13747	ACIS-S	18,2	2012-05-24	VFAINT
15870	ACIS-S	18,2	2014-03-01	VFAINT
15871	ACIS-S	18,2	2014-09-07	VFAINT

Tablo 2.3: XTE J1810-197 anormal X-ışını pulsarının XMM-Newton uydusu tarafından alınan gözlemlerine ait veri arşivi bilgileri.

Gözlem Numarası	Poz Süresi (ks)	Gözlem Tarihi
0161360301	6,076	2003-09-08
0161360401	0,2823	2003-09-08
0161360501	8,863	2004-03-11
0164560601	20,91	2004-09-18
0301270501	30,48	2005-03-18
0301270401	26,5	2005-09-20
0301270301	19,21	2006-03-12
0406800601	37,94	2006-09-24
0406800701	32,92	2007-03-06
0504650201	67,03	2007-09-16
0552800201	39,85	2009-03-05
0605990201	17,89	2009-09-05
0605990301	16,31	2009-09-07
0605990401	11,05	2009-09-23
0605990501	7,98	2010-04-09
0605990601	8,397	2010-09-05
0671060101	14,27	2011-04-03
0671060201	11,79	2011-09-09
0691070301	14,63	2012-09-06
0691070401	7,434	2013-03-03
0720780201	18,85	2013-09-05
0720780301	19,61	2014-03-04

XMM-Newton Veri Analizi

XMM-Newton uydusunun 2003 ve 2014 yılları arasında elde ettiği veri seti kullanılarak toplamda 22 gözlemin kalibrasyon ve analizi yapılmıştır. Bir dizi algoritma ve Current Calibration File (*CCF*) bileşenlerinden oluşan veri kalibrasyonu, *Science Analysis Software (SAS)* adlı paket programın 12.0.1 versiyonu kullanarak yapılmıştır. SAS, Calibration Access Layer (*CAL*) sayesinde veri tabanına erişmektedir. *CAL, CCF* dosyası üzerinden CCF Index File (*CIF*) bileşenlerine yölendirilir. Veri analizi için gereken aşamaların otomatik olarak yapıldığı bu pratik paket program *cifbuild* ve *odfingest* komutları ile birlikte çalışmaktadır. Cifbuild verilen gözlem ve analizlere uygun olan CIF dosyalarını üretmek için kullanılır. Gözlemciye dağıtılan veri dosyası (Observation Data File, *ODF*), bir özet dosya (summary file, *SF*) içermektedir. Odfingest'in içerdiği özet dosya, kalibre edilmiş dosyalara, veri tabanına uzanır. Komut SAS ODF Summary File (*SOSF*) adında yeni bir dosya oluşturur. *SOSF* bileşeninin bulunduğu klasörde, ortam değişkeni *SAS_ODF* olarak ayarlanır. *Odfingest*, data dosyalarını içeren klasörde çalışır. *Odfingest* komutu *ODF* klasöründeki tüm dosyaları inceleyerek poz süresi bakımından gözlemleri yeniden yapılandırır. Teknik olarak, odfingest, her pozlama sırasında kullanılan enstrüman modunu belirler. Bir dizi komut dosyası sayesinde indirgenecek olan verilere ait kalibrason dosyalarının listesi oluşturulur. Kalibre edilmiş gözlem verilerinin işlenmesi için *SAS*'ın paket programlarından biri olan *epicproc*'a ait *epproc* ve *emproc* komutları çalıştırılmaktır. *Epproc* EPIC PN ve *emproc* EPIC MOS aletlerini temsil etmektedir. Bu aşamadan sonra gözleme ait görüntüde kaynak seçimi yapılmaktadır. Bu işlem *DS9* programı ile, görüntüde yalnızca kaynağı çevreleyen bir bölge ve aynı ölçüde bir arka plan seçilerek yapılmaktadır (Şekil 2.13). Kaynak seçiminden sonra ilgili komutlar kullanılarak tayflar oluşturulur.



Şekil 3. 4: DS9 programının ekran görüntüsü. Kaynak ve arka plan bölgesi yeşil çemberler ile gösterilmiştir.

Bu tez kapsamında, χ^2 analizinin veriye uygulanabilmesi için, spektrumlar her bir spektrel aralıkta en az 50 foton olacak şekilde gruplanmıştır. Bahsedilen aşamalar XMM-Newton uydusunun web sitesinde adım adım detaylı olarak açıklanmıştır (http://xmm.vilspa.esa.es/sas/7.1.0/documentation/threads/).

Chandra Veri Analizi

2006 ile 2015 yılları arasında toplanan, kaynağa ait uydu verileri toplamda 14 adet olup, bunlardan 12 tanesi *ACIS*, 2 tanesi ise *HRC* ile yapılmış gözlemlerdir. *HRC*'nin tayfsal çözünürlüğü düşük olduğundan, bu tez çalışmasında yalnızca ACIS verileri kullanılmıştır. Verilerin kalibrasyonu ve tayfların indirgenmesi *Chandra* gözlemevine ait *CIAO* ve *CALDB* isimli pratik paket program ve kalibrasyon dosyaları kullanılarak yapılmıştır (4.5, 4.5.5.1 versiyon). *CIAO* komutları kullanılarak nokta veya yaygın kaynaklar için spektrum çıkartılır. Gereken durumlarda arka plan tayfları gruplanabilmektedir. Kaynak ve arka plan için gerekli *Response Matrix Files* (*RMFs*) ve *Ancillary Response Files* (*ARFs*) dosyaları oluşturulur. Tayflar *specextract* ile elde edilir. Specextract komutu, *ACIS* dedektörü ile gözlenmiş olan yaygın veya nokta kaynak için gerekli tüm aşamaları otomatik olarak yürütmektedir. Response ve ancillary response dosyaları *mkacisrmf* ve *mkarf* ile üretilmiştir. Tayflar, her bir tayf aralığında en az 50 foton olacak şekilde gruplanmıştır.

3.3. TAYF ANALİZİ

Chandra ve *XMM-Newton* uydularından alınarak kalibre edilen ve tayfları elde edilen toplam 34 gözlem, *XSPEC*[2] (X-ray Spectral Fitting Package) adlı interaktif ve komut tabanlı program kullanılarak analiz edilmiştir (Arnaud, 1996). Her bir tayf 0,3-10 keV aralığında fit edilmiştir. Analizler sırasında tayflara çeşitli modeller fit edilerek, modellerin veriye istatistiksel olarak gerekliliği tartışılmıştır. Magnetarların X-ışını emisyonu genellikle karacisim ve güç kanunu modelleri kullanılarak fit edilmektedir (Kaspi, 2007; Woods ve Thompson, 2006). Bölüm 2'de tartışıldığı gibi, magnetarların ışınım modeline göre manyetik alanın bozunması sonucu ısınan yüzeyden gelen radyasyonun karacisim ışınımını temsil ettiği düşünülmektedir. Fakat bir yandan da yapılan benzeri çalışmalar sonucunda, nötron yıldızlarından gelen ışınımın atmosferdeki fotonların enerjisine bağlı olarak bir takım radyatif süreçlerden geçtiği ve bu etkilerin de karacisim ışınımını etkilediği ortaya konulmaktadır. Güç kanunu ile modellenen durumlarda kabul edilen görüş ise ışınımın manyetosferden geldiğidir. Fakat güç kanunu modeli kaynakların manyetosferik özellikleri hakkında bilgi vermemektedir. Bu çalışmada, veri üzerinde denenen başlıca modeller güç kanunu ve karacisim modelleridir. Yapılan simülasyon ve testler sonucunda tüm veriye karacisim modelinin fit edilmesi istatistiksel olarak daha fazla anlamlı görülmüştür. Veriler fit edilirken karacisim modeli ile birlikte yıldızlar arası ortamdan *nH*, hidrojen kolon yoğunluğu parametresi $0{,}92\times10^{22}$ cm^{-2} olarak alınmıştır. Ayrıca tez çalışmasında XTE J1810-197 geçici magnetarına ait 1,2 keV enerji bölgesinde bir soğurma çizgisi tespit edilmiştir. Bernardini (2009) ve Alford ve Halpern (2016)'in daha önce yapmış oldukları çalışmalarda da gözlenen bu çizgi bileşeni, elimizdeki verilerden 15 tanesinde belirgin şekilde tespit edilirken, 19 tanesinde belirlenememiştir. Soğurma çizgisindeki değişimleri araştırmak için yapılan incelemeler, değişimin gözlemsel ve aletsel etkilerden kaynaklanmadığına ilişkin olumlu bir sonuç vermektedir. Alford ve Halpern'in (2016) çalışmasında soğurma çizgisinin sürekli varlığı Gauss bileşeni ile modellenerek ortaya konulmuştur. Yapılan analizler sonucu 19 gözlemde tespit edilen soğurma çizgisinin her zaman simetrik bir yapı göstermediği görülmektedir. Bu bulguya göre tez çalışmasında tanımlanan yeni model Bölüm 3.4.4'de verilmiştir.

[2] https://heasarc.gsfc.nasa.gov/xanadu/xspec/

3.4. ÇALIŞMADA KULLANILAN PROGRAMLAMA KODU VE MODELLER

3.4.1. ZDCF Kodu ve Çapraz Eşleme

Çalışmada, tayfların modellenmesi sonucu elde edilen sıcaklık, yarıçap, akı ve atım profilleri arasında olası korelasyonların araştırılması için Alexander Tal tarafından Fortran programlama dilinde hazırlanmış olan *Z-transformed discrete correlation function (ZCDF*[3]*)* kodu kullanılmıştır. Bu programın kullanabilmesi için üç veri sütunu içeren bir veri dosyası hazırlanmış olup, dosyanın içerisinde veriler sırasıyla: zaman, akı ve akının hatası şeklinde sıralanmıştır. Veriyi okumadan önce program, kullanıcı tarafından girilmesi gereken bazı seçenekler sunmaktadır. Buna göre ilk olarak program tarafından *Auto-Correlation* veya *Cross-Correlation* (1/2) seçimi sunulur. Bu tez kapsamında *Cross-Correlation* hesabı yapılmıştır. İkinci aşamada veri grubunun ismi yazılır. Ardından verilerin düzenli ya da düzensiz aralıklar ile alınıp alınmadığı sorulur. Çalışmada veriler düzensiz olarak alınmıştır. Sonraki aşamada gruplanacak verinin sayısı girilmelidir. "0" seçeneği otomatik ayarlanmış bin sayısını göstermektedir. Daha sonra program, veriler arasındaki zaman gecikmesinin hesaplamasının istenip istenmediğini sorar. Devamında hata tahmini için Monte Carlo simülasyonunun kaç defa uygulanması gerektiği yazılmalıdır. Tez kapsamında her bir analiz için 1000 simülasyon yapılmıştır. Son olarak veri gruplarının ismi girilir ve program bittikten sonra parametreler üretilir, veriler ayrı ayrı dosyalara yazılır. Elde edilen sonuçlar sayesinde iki veri arasındaki korelasyonun varlığı üzerine yorum yapılarak, aralarındaki zaman gecikmesi hatalarıyla beraber hesaplanmış olur. Parametreler arasındaki korelasyon hesabını elde etmek için ayrıca *Cross-Correlation* adlı ölçüm metodu kullanılmıştır. *C-correlation*, iki dizi arasındaki benzerliği zaman gecikmesinin bir fonksiyonu olarak ölçmektedir.

[3] https://webhome.weizmann.ac.il/home/tal/zdcf2.html

3.4.2. TCL Kodu ve F-testi

Tayfları modellemek için kullanılan XSPEC programında çalıştırılabilen Tool Command Language (*TCL*[4]) programı komut girişini işleme sokan otomatik ve pratik bir araçtır. Tcl arayüzü, kullanıcılara *XSPEC* komutlarını kullanarak karmaşık döngüler içeren kodlar yazmaya olanak sağlar ("Practical Programming in Tcl and Tk", Welch, 1997). Bu tez çalışmasında, *F-test* sınama yöntemi kullanılarak, istatistiksel olarak veriye uygulanan üçüncü bir karacisim modelinin ve çizgi bileşeni için normal bir gauss eğrisi yerine asimetrik Gauss eğrisi kullanmanın istatistiksel gerekliliği araştırılmıştır. Eklenmesi gerektiği düşünülen modelin anlamlı olup olmadığı tartışılırken, örneklerin fazla olması istatistiksel güvenilirlik için son derece önemlidir. Bu nedenle *TCL* arayüzünde hazırlanan kod sayesinde Monte Carlo simülasyonu kullanılarak isteğe göre 1.000 adet tayf üretilir. Simülasyon çalıştırıldıktan sonra keyfi olarak isimlendirdiğimiz "seed.fits" ve "test.fits" şeklinde iki adet dosya çıktısı üretilir. Bu çıktılar gerçek modelimiz ve denemek istediğimiz test model anlamına gelmektedir. Bu dosyalar daha sonra IDL programında yazılan başka bir kod ile birleştirilerek bize, simülasyon sonucu üretilen F-dağılımı ile Xspec'ten bulunan F-istatistiği arasında bir karşılaştırma sunar. Bulunan *P*, olasılık değerinin çıktısını ekrana yazdıran program aynı zamanda F-dağılımını da görüntü şeklinde üretir. *F-testi*, bir çeşit istatistiksel sınama yöntemi olup, yapılan hesabın tesadüfen mi anlamlı yoksa istatistiksel olarak mı anlamlı olduğunu ortaya koyan verimli bir yöntemdir. Bu çalışmada yapılan simülasyonlar, üçüncü karacisim bileşeni eklemenin istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını ve soğurma çizgi bileşeninin simetrik veya asimetrik olduğu durumların istatistiksel olarak geçerliliğini test etmektedir.

[4] https://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/xanadu/xspec/tcl/tcl..html

3.4.3. Karacisim modeli

Çalışmada kullanılan verilere ait tayfların tamamı iki karacisim bileşeni ile modellenmiştir. Karacisim ışıması termodinamik dengede olan bir cismin yaydığı elektromanyetik ışımanın termal bir türüdür. Cisimler sıcaklıkları mutlak sıfırın (−273.15°C) altında olduğunda, ısısal enerjisini elektromanyetik enerjiye dönüştürerek termal bir ışınım yapmış olurlar. Tüm dalgaboylarındaki ışınımı tamamen soğurarak kendi sıcaklarına bağlı bir frekansta tekrar geri yayınlarlar. Karacisim terimi ilk defa Gustav Kirchhoff tarafından ortaya atılmıştır (1860). Bu ışınım, cismin yalnızca yüzey sıcaklığına bağlı olacak şekilde bir yoğunluğa sahiptir ve her cisim kendi sıcaklığını maksimum bir dalgaboyunda yayınlamaktadır. Bu ışınımın bağlı olduğu enerji dağılımı *Planck* tayfı tarafından belirlenir. Tayf yapısında zirve noktası, cismin sıcaklığının maksimum olduğu bir frekansa karşılık gelir ve artan sıcaklıkla birlikte daha yüksek frekanslara geçiş yapılır. *Planck* kanununa göre birim zamandaki enerji şöyle tanımlanmaktadır:

$$I(v,T) = \frac{2hv^3}{c^2} \text{ x} \frac{1}{e^{\frac{hv}{kT}}-1} \tag{3.1}$$

Burada T cismin sıcaklığı, v birim başına elektromanyetik ışınım frekansı, h Planck sabiti ve c ışığın boşluktaki hızını göstermektedir. *Planck* fonksiyonu aynı zamanda *Wien*'in *yer değiştirme* yasası ile ilişkilidir. *Wien* yasası, herhangi bir sıcaklıkta bulunan karacismin tayfından elde edilen sıcaklığın başka formlara dönüşümü için olanak sağlamaktadır. Yani, *Planck* kanununun ifade ettiği enerji ya da frekans işlevi, *Wien* yasası tarafından elde edilen dalgaboyunun sıcaklığa bağlı olması ile dönüşümlü bir ilişki sunmaktadır. *Wien* yasası:

$$\lambda_{max} = \frac{b}{T} \tag{3.2}$$

şeklindedir ve buradaki b *Wien*'in yer değiştirme sabitidir (2.898×10^{-3} K m). λ_{max} maksimum sıcaklığa karşılık gelen dalgaboyudur. *Planck* kanunu bu formülasyonun frekans işlevidir. *Stefan-Boltzmann* kanunu ile birlikte karacisim ışımasından yayınlanan enerjinin cismin sıcaklığının dördüncü kuvveti ile doğrudan orantılı olduğu açıklanmıştır.

$$j = \sigma T^4 \tag{3.3}$$

Burada *j* birim alandaki toplam enerji, *T* sıcaklık ve $\sigma = 5.67\times10^{-8}$ W m^{-2} K^{-4} , Stefan-Boltzmann sabitidir.

Bu kaynağın tayfında iki karacisim bileşeni kullanılmasının nedeni, biri nötron yıldızının bütününden gelen yüzey ışınımı, diğeri ise patlama bölgesinden alınan ışınım olmak üzere kaynaktan iki farklı yüzey ışınımı alıyor olmamızdır. Tayf analizleri sırasında *XSPEC* programında fit edilen karacisim modeli *kT* ve *normalizasyon* olmak üzere iki ayrı parametreye sahiptir. kT parametresi cismin keV cinsinden sıcaklığını temsil eder. Normalizasyon parametresinin elde edilmesi durumunda, aşağıda verilen bağıntı sayesinde kaynağın görünen yarıçapının hesaplanabilir.

$$K = \frac{R^2_{km}}{D^2_{10kpc}} \tag{3.4}$$

K normalizasyon olmak üzere, R_{km} kaynağın km cinsinden yarıçapı, *D* ise kaynağın 10 kpc birimindeki uzaklığını temsil etmektedir.

XTE J1810-197'nin X-ışın verileri, 2003 yılından bu yana güç kanunu ve karacisim gibi çeşitli modeller ile fit edilerek hem zaman hem de tayf analizleri ile pek çok kez çalışılmıştır. Bunlara verilebilecek örneklerden bazıları Gotthelf ve Halpern (2005), Bernardini (2009), Alford ve Halpern (2016) ve Pintore'dir (2016). XMM-Newton'un geniş veri arşivinden yararlanan ve kapsamlı bir çalışma sunan Alford ve Halpern'in (2016) makalesinde kaynağın patlama anından itibaren ilk 3 yıllık gözlemi üç karacisim modeli ile fit edilmiştir. Sonraki gözlem verileri ise kaynağın X-ışın akısı sakin bir döneme girdiğinden ve üçüncü karacisim bileşeninin kaybolmasından ötürü iki karacisim bileşeni kullanılarak fit edilmiştir. Karacisimlerden en soğuk olan bileşenin nötron yıldızının yüzeyinden, en sıcak olanın ise küçük patlama bölgesinden geldiği düşünülmüştür. Üçüncü karacisim bileşen için patlamanın gerçekleştiği küçük bölgeyi çevreleyen bir halkanın olabileceğini öne sürmüşlerdir. Kaynaktan gelen ışınımı çeşitli modeller kullanarak incelemek, bu ışınıma sebep olan mekanizmanın ardında yatan fiziksel süreci anlamak için izlenen en önemli yoldur. Bu anlamda literatürdeki bu çeşitlilik kaynağı daha fazla çalışılmaya iten bir yolun önünü açmıştır.

3.4.4. Asimetrik Gauss Modeli

Bu çalışmaya özgü olarak oluşturulan yeni model Asimetrik Gauss fonksiyonu (ASG), Xspec programında tanımlanarak kullanıma hazır hale getirilmiştir. Modele göre, çizginin düşük enerjideki yarı genişliği yüksek enerjideki yarı genişliğinden farklıdır. XSPEC'te çalıştırılmak üzere oluşturulan ASG modeli aşağıdaki gibi tanımlıdır:

$$A(E) = \begin{cases} K_e^{\frac{-(E-E_c)^2}{2\sigma_1^2}}, & E < E_c \\ K_e^{\frac{-(E-E_c)^2}{2\sigma_2^2}}, & E \geq E_c \end{cases} \tag{3.5}$$

Burada K parametresi normalizasyonu, E_c çizgi merkezini, σ_1 ve σ_2 ise çizginin sol ve sağ genişliklerini temsil etmektedir. Analiz sonucu, σ_1'in σ_2'den her zaman küçük olduğu tespit edilmiştir.

4. BULGULAR

Bu bölümde, gözlemleri kullanılan anormal X-ışın pulsarı XTE J1810-197'nin X-ışın tayfları ve belirlenen modelin uygulanması sonucunda elde edilen parametreler sunulmuştur. Model kaynakların X-ışın tayflarına istatistiksel olarak çok iyi uyum sağlamış ve tutarlı sonuçlar elde edilmiştir. İnceleme sonucunda kaynağın yüzey sıcaklığı, *kT*, akısı ve yarıçapı, *R* belirlenebilmiş olup bunların zamanla değişimi incelenmiştir. Bu bölümde elde edilen bulgular Bölüm 5'te detaylı olarak yorumlanacaktır. Tez çalışmasında tayfsal çözünürlüğü nispeten daha yüksek olan *Chandra* ve *XMM-Newton* uydu verileri kullanılmıştır. Gözlemlere ait bilgiler Tablo 2.2 ve Tablo 2.3'te verilmiştir.

0,3 ile 10 keV arasında analiz edilen gözlem verileri iki karacisim modeli ve asimetrik Gauss modeli ile fit edilmiştir. Fit işlemi sonucu elde edilen değerler Tablo 4.1'de verilmiştir. Analizler sırasında *Xspec*'deki *tbabs* modeli (Wilms ve diğ., 2000) kullanılarak görüş doğrultusundaki yıldızlararası ortam miktarı belirlenmiş ve bu değerin 2003'ten bu yana $0{,}9-1{,}5\times10^{22}$ cm^{-2} arasında değiştiği görülmüştür. Parametrelere daha iyi kısıtlamalar getirebilmek açısından, kaynağın yüksek akıya sahip olduğu ilk 17 XMM-Newton gözlemi *nH* parametresi linklenerek eş zamanlı fit edilmiştir ve $0{,}92\pm0{,}02\times10^{22}$ cm^{-2} ile *nH*'ın sahip olabileceği en iyi değere ulaşılmıştır. *nH* parametresi gözlemcinin görüş doğrultusunda ve kaynak ile arasındaki madde yoğunluğuna dair hesaplanan bolluk miktarıdır. İzole sistem olan XTE J1810-197'nin görüş doğrultusunda yıldızlararası ortamdaki madde miktarının 10 yıl mertebesinde bir zaman aralığında önemli miktarda değişmesi beklenmemektedir. Bu sebeple gözlenen değişimin kaynağın akısındaki değişime bağlı bir istatistiksel problem olduğu yorumlanmıştır. Elde edilen *nH* parametre değeri tüm gözlemlerin analizleri boyunca sabit tutularak modeller fit edilmiştir. İndirgenmiş χ^2 değeri kabaca 0,8 ile 1,4 arasında değişmektedir.

Çalışmada karacisim modeline ait normalizasyon parametresi kullanılarak kaynağa ait yarıçap hesaplanmıştır. Normalizasyon ve yarıçap arasındaki ilişki Bölüm 3.4.3'teki bağıntı ile verilmiştir (Eşitlik 3.4). Kaynağın uzaklığı 3,1±0,5 kpc olarak alınmıştır (Durant ve van Kerkwijk, 2006). Soğuk olan karacisim bileşeninin yarıçapı, R_1 ortalama

7 km olarak bulunmuştur. Sıcak olan karacisim bileşeninin yarıçapının, R_2 ise 0,20 değerinde sabit kaldığı görülmektedir.

Sıcaklık ve yarıçap parametrelerinin yanı sıra 0,3 ile 10 keV arasındaki soğurulmamış akı hesaplanmıştır. Soğuk olan karacisim bileşeninin akısı, F_1 yaklaşık olarak 4×10^{-12} erg cm^{-2} s^{-1} değerini göstermektedir. Sıcak olan karacisim bileşeninin akısı, F_2 ilk 1000 gün boyunca 5×10^{-11}'den 10^{-12} erg cm^{-2} s^{-1} değerine üstel bir azalma sergilemiştir.

Soğurma çizgisinin bulunduğu enerji aralığının 0,9 ile 1,4 keV arasında değiştiği görülmektedir. Gözlemden gözleme yapısal farklılık gösteren çizgi bileşeni kimi zaman asimetrik bir yapı kimi zaman simetrik bir yapı sergilemektedir. Özel (2001), bu tip asimetrik yapının yüksek manyetik alan altında vakum polarizasyonu etkisiyle meydana gelebileceğini göstermiştir. Yüksek manyetik alan, vakum ortamının polarizasyon modu, dielektrik tensörü ve manyetik geçirgenlik gibi parametrelerini değiştirmektedir (Melrose, 1977; Ho, 2001; Özel, 2001; Zane, 2001). Bu durum kaynağın tayfında, manyetik alana bağlı kritik enerjide bir nevi soğurma çizgisi gibi geniş bir yapının görülmesine sebep olmaktadır. Bu etkinin, proton siklotron çizgisi ile çakışması halinde bu tip benzer asimetrik durumlara yol açabileceği düşünülmektedir. Çizginin yüksek enerjideki yarı genişliğinde, σ_2 hatalar doğru bir şekilde hesaplanırken, düşük enerjideki yarı genişlik, σ_1 hataları hassas olarak hesaplanamamıştır. σ_1 parametresi için bu değer 0,09ve 0,31 keV arasında değişim göstermektedir. Soğurma çizgisine ait hesaplanan eşdeğer genişlikler de Tablo 4.2 'de gösterilmiştir.

Tablo 4.1: XTE J1810-197'nin tayflarının fit edilmesi sonucu elde edilen model parametrelerine ait değerler.

No	kT_1	F_1	kT_2	F_2	**Çizgi**	χ^2	**dof**
	keV	10^{-12}erg/cm^2/s	keV	10^{12}erg/cm^2/s			
1	0,26	1,9	0,69	45,2	A	118,8	110
2	0,25	1,9	0,67	44,8	--	58,1	62
3	0,26	1,0	0,70	22,9	A	120,1	107
4	0,29	8,6	0,70	11,3	A	161,8	109
5	0,23	7,5	0,61	5,3	S	125,1	95
6	0,21	6,0	0,56	1,6	A	66,6	66
7	0,19	5,1	0,53	0,9	S	56,2	54
8	0,18	4,2	0,45	0,8	--	83,3	81
9	0,18	4,4	0,38	0,7	S	65,1	52
10	0,18	4,4	0,38	0,5	A	37,2	45
11	0,18	4,4	0,36	0,6	S	87,6	60
12	0,18	4,0	0,41	0,5	A	59,1	67
13	0,19	4,5	0,42	0,2	A	80,4	51
14	0,19	4,4	0,50	0,2	A	65,1	34
15	0,19	4,2	0,40	0,3	A	66,2	34
16	0,17	4,1	0,37	0,4	--	47,0	34
17	0,18	4,2	0,41	0,5	S	66,9	60
18	0,18	4,0	0,49	0,5	--	28,1	29
19	0,17	4,0	0,42	0,6	--	26,9	30
20	0,18	4,8	0,42	0,3	A	29,0	26

Tablo 4.1. (devam)

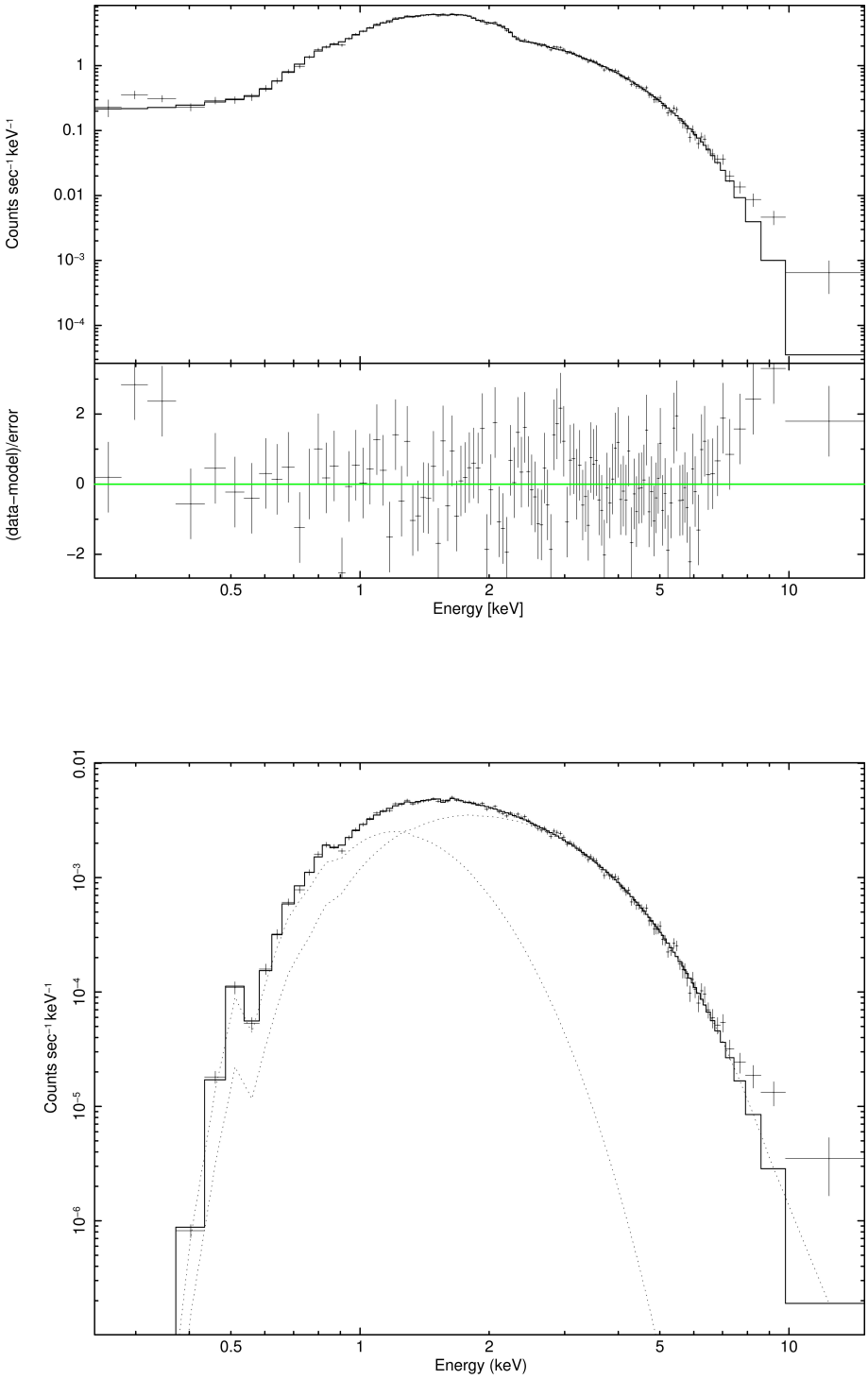
No	kT_1	F_1	kT_2	F_2	Çizgi	χ^2	dof
	keV	10^{-12}erg/cm^2/s	keV	10^{12}erg/cm^2/s			
21	0,17	4,3	0,47	0,5	--	26,9	27
22	0,18	4,5	0,51	0,2	S	29,0	26
23	0,17	4,2	0,46	0,5	A	30,2	33
24	0,17	4,3	0,52	0,4	--	47,3	34
25	0,19	4,4	0,42	0,2	S	40,2	33
26	0,17	4,8	0,42	0,3	A	26,9	30
27	0,17	4,0	0,38	0,5	--	45,0	48
28	0,18	4,3	0,43	0,4	--	14,4	93
29	0,17	4,4	0,38	0,4	--	10,7	96
30	0,17	4,2	0,35	0,4	--	70,5	54
31	0,17	4,4	0,37	0,4	--	14,7	123
32	0,18	4,1	0,36	0,6	--	59,1	86
33	0,17	4,1	0,31	0,6	--	161,5	126
34	0,17	4,6	0,39	0,5	--	90,3	89

Tablo 4.2: XTE J1810-197'nin tayflarının fit edilmesi sonucu elde edilen soğurma çizgisinin parametrelerine ait değerler.

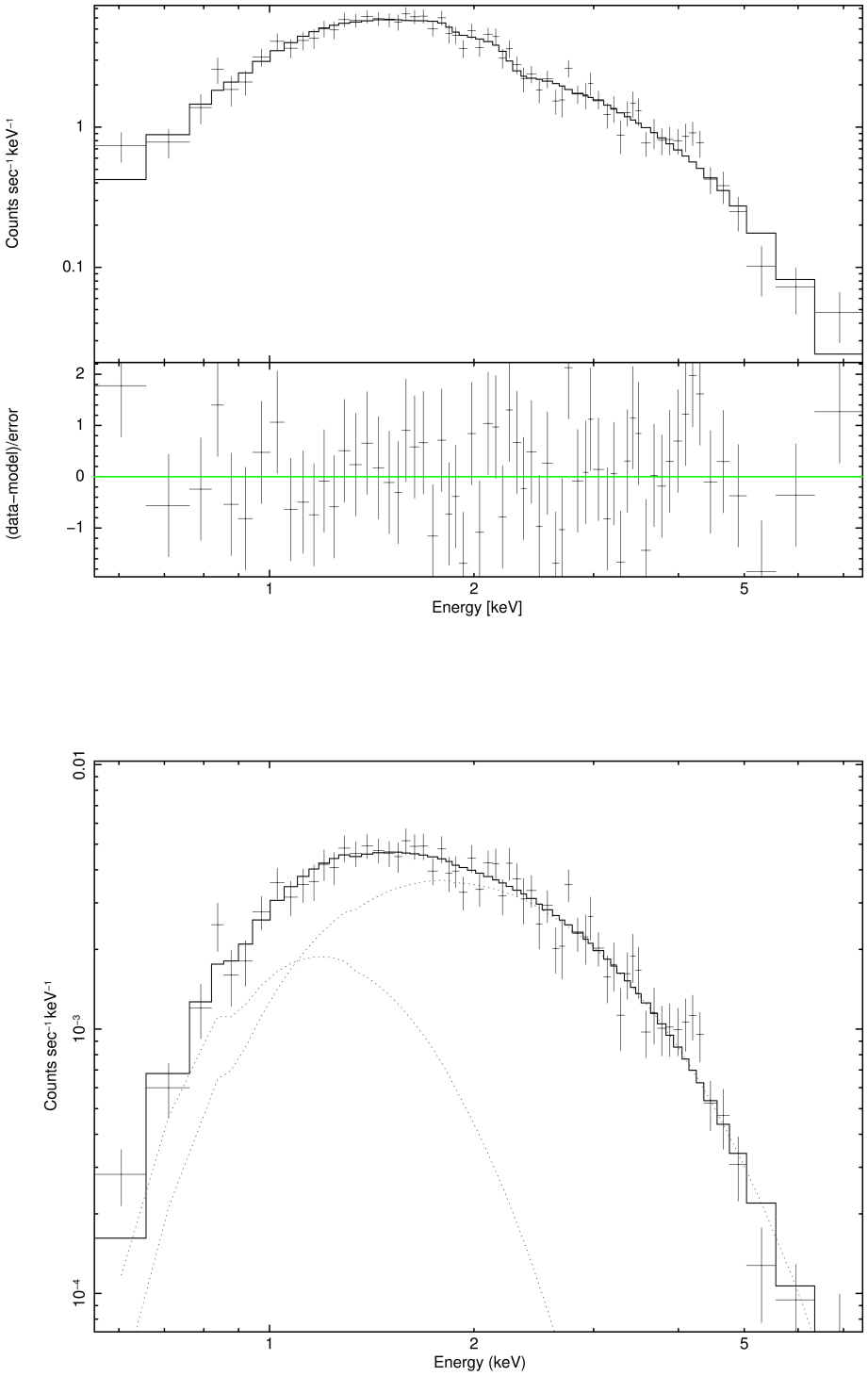
Numara	**Çizgi Enerjisi**	**σ_1**	**σ_2**	**Eşdeğer Genişlik**
	keV	keV	keV	keV
1	0,92	0,08	0,31	0,07
2	1,14	0,08	0,08	<0,05
3	1,15	0,08	0,16	0,02
4	1,21	0,08	0,30	0,04
5	1,21	0,08	0,17	0,04
6	1,12	0,08	0,16	0,05
7	1,23	0,13	0,13	0,05
8	1,19	0,08	0,08	<0,03
9	1,19	0,08	0,08	0,02
10	1,13	0,08	0,18	0,05
11	1,20	0,14	0,14	0,05
12	1,21	0,08	0,15	0,05
13	1,13	0,08	0,24	0,08
14	1,14	0,08	0,23	0,08
15	1,15	0,08	0,28	0,17
16	1,23	0,08	0,08	<0,03
17	1,17	0,08	0,08	0,03
18	1,17	0,08	0,08	<0,02
19	1,14	0,08	0,08	<0,05
20	1,14	0,08	0,15	0,07

Tablo 4.2. (devam)

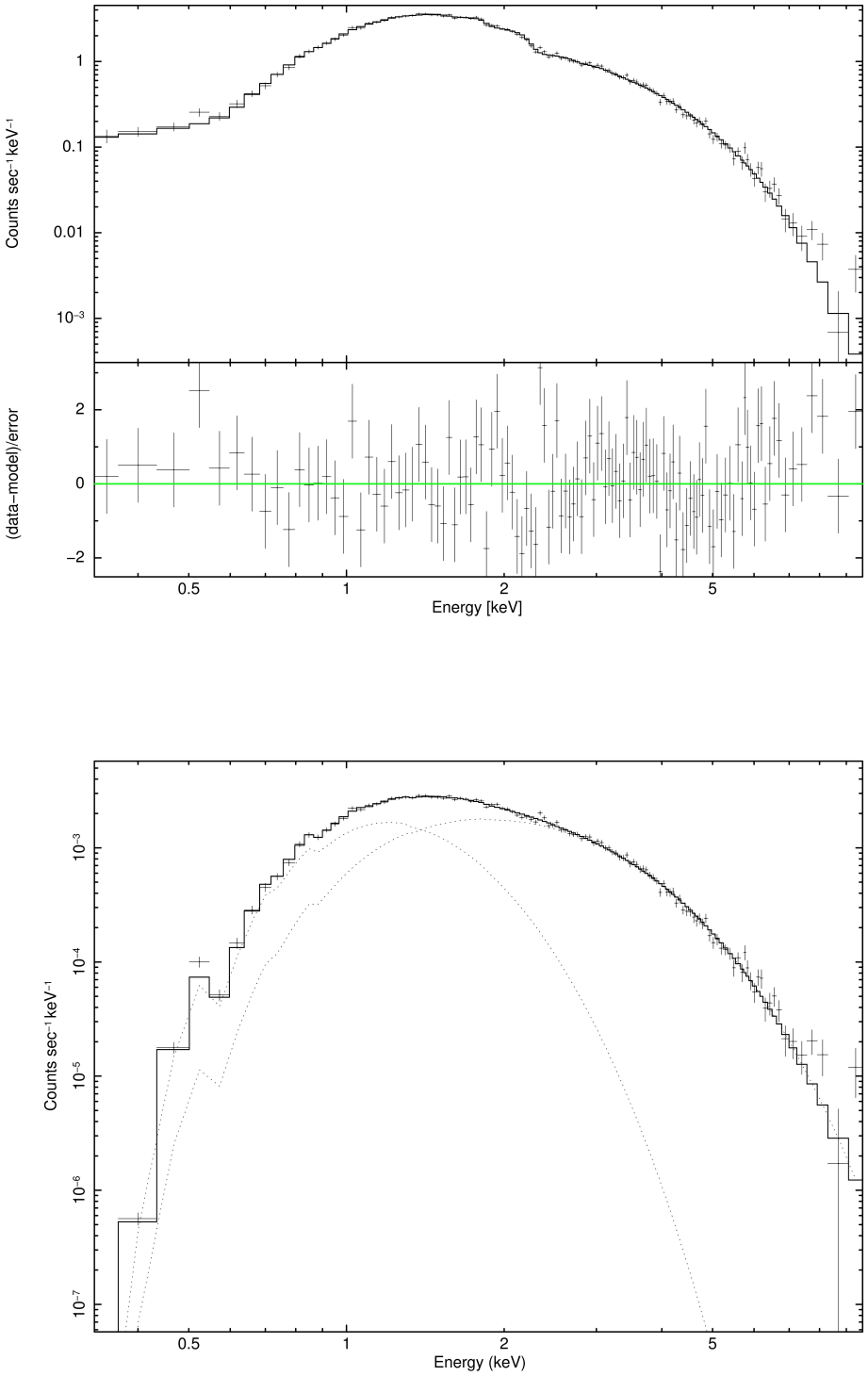
Numara	**Çizgi Enerjisi**	**σ_1**	**σ_2**	**Eşdeğer Genişlik**
	keV	keV	keV	keV
21	1,12	0,08	0,08	<0,04
22	1,31	0,08	0,08	0,05
23	1,22	0,08	0,09	0,05
24	1,22	0,08	0,08	<0,02
25	1,27	0,13	0,13	0,06
26	1,21	0,08	0,16	0,07
27	1,36	0,08	0,08	<0,04
28	1,26	0,08	0,08	<0,04
29	1,31	0,08	0,08	<0,04
30	1,27	0,08	0,08	<0,05
31	1,31	0,08	0,08	<0,04
32	1,21	0,08	0,08	<0,04
33	1,29	0,08	0,08	<0,05
34	1,31	0,08	0,08	<0,03



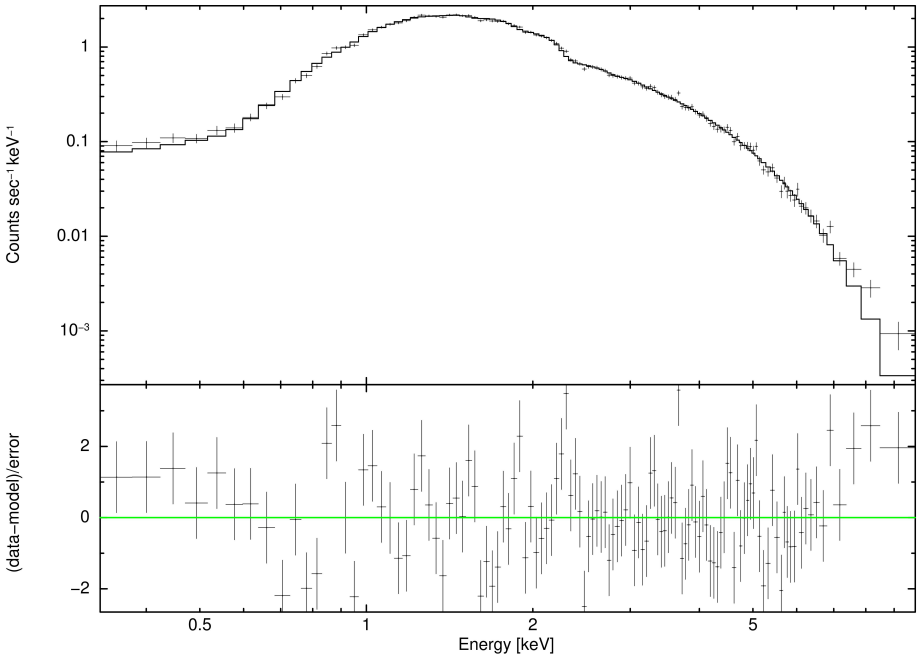
Şekil 4. 1: Üst panelde XTE J1810-197'nin XMM-Newton uydusu ile elde edilmiş 0161360301 gözlem numaralı X-ışın enerji tayfı, model ve artıklar gösterilmiştir. Alt panelde kaynağın X-ışın tayfı akı biriminde çizilmiştir.

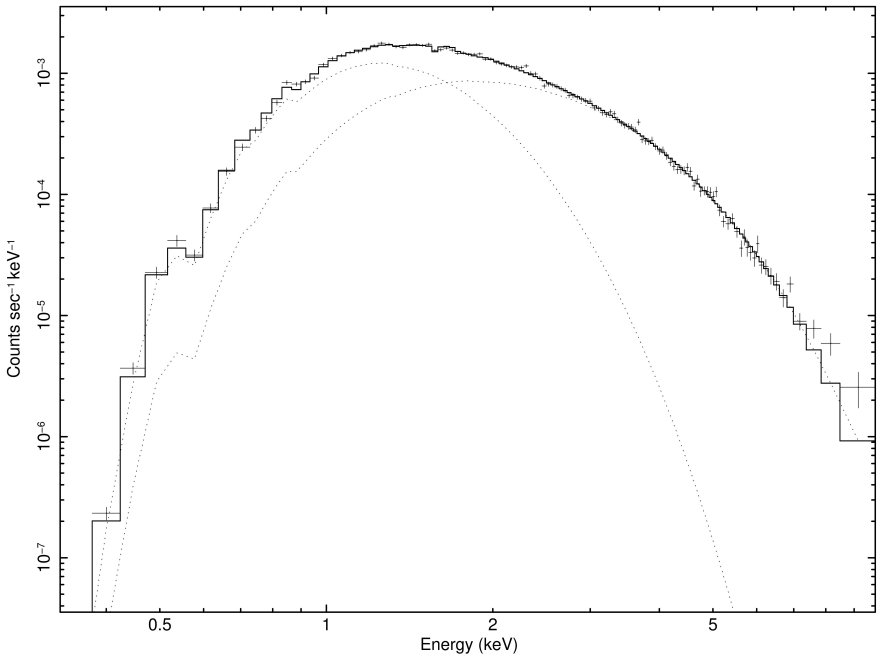


Şekil 4.2 : Üst panelde XTE J1810-197'nin XMM-Newton uydusu ile elde edilmiş 0161360401 gözlem numaralı X-ışın enerji tayfı, model ve artıklar gösterilmiştir. Alt panelde kaynağın X-ışın tayfı akı biriminde çizilmiştir.

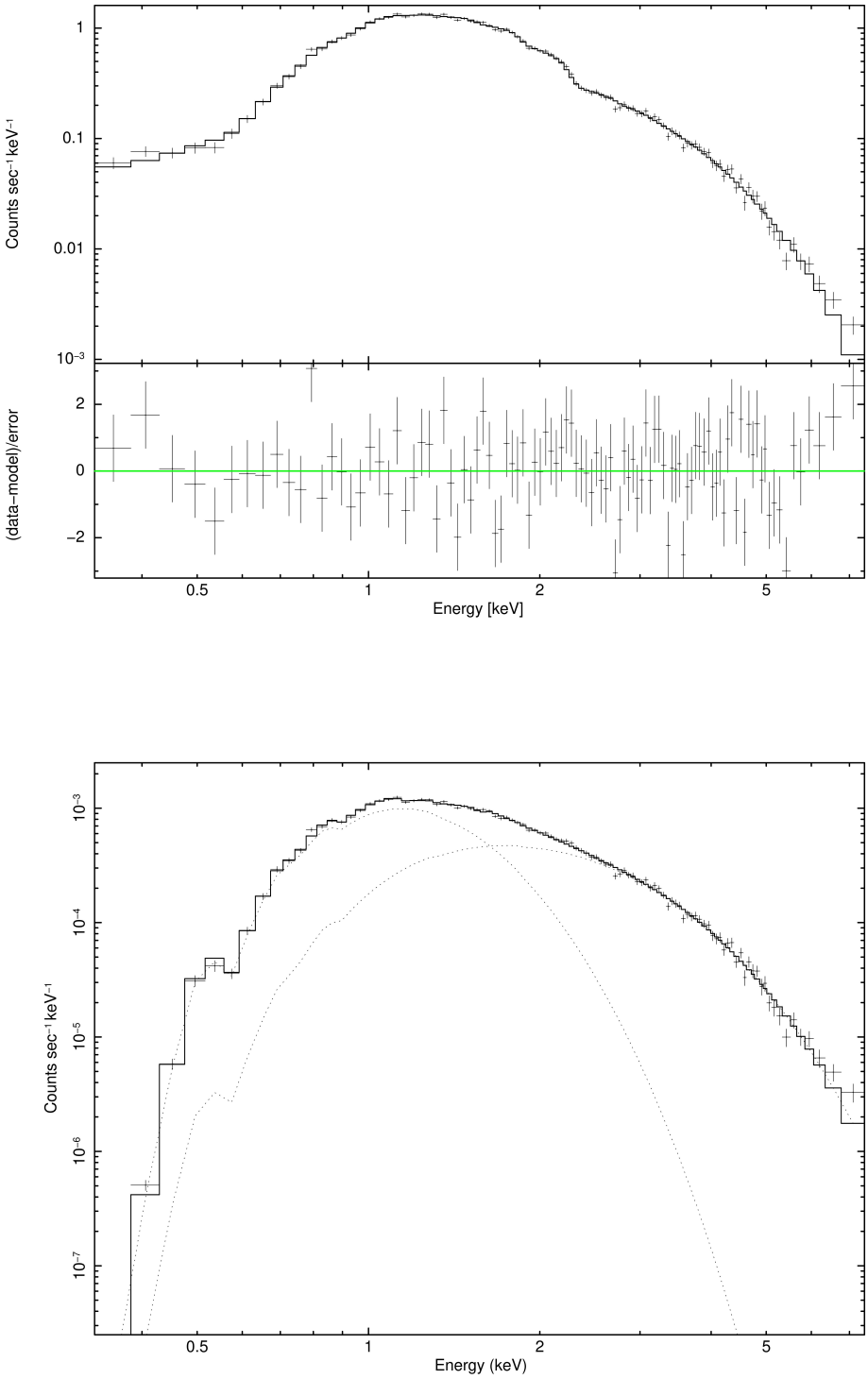


Şekil 4.3 : Üst panelde XTE J1810-197'nin XMM-Newton uydusu ile elde edilmiş 0161360501 gözlem numaralı X-ışın enerji tayfı, model ve artıklar gösterilmiştir. Alt panelde kaynağın X-ışın tayfı akı biriminde çizilmiştir.

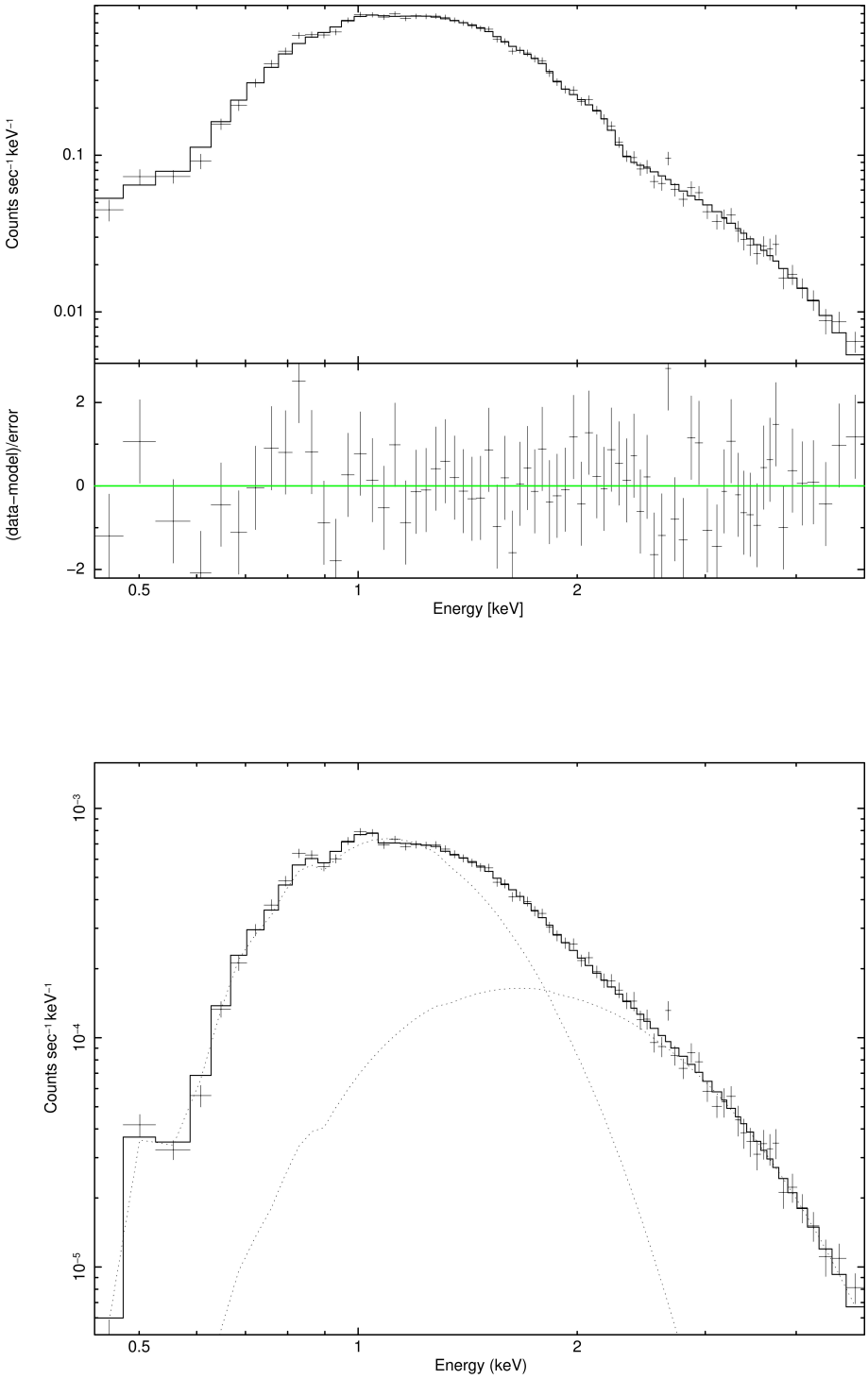




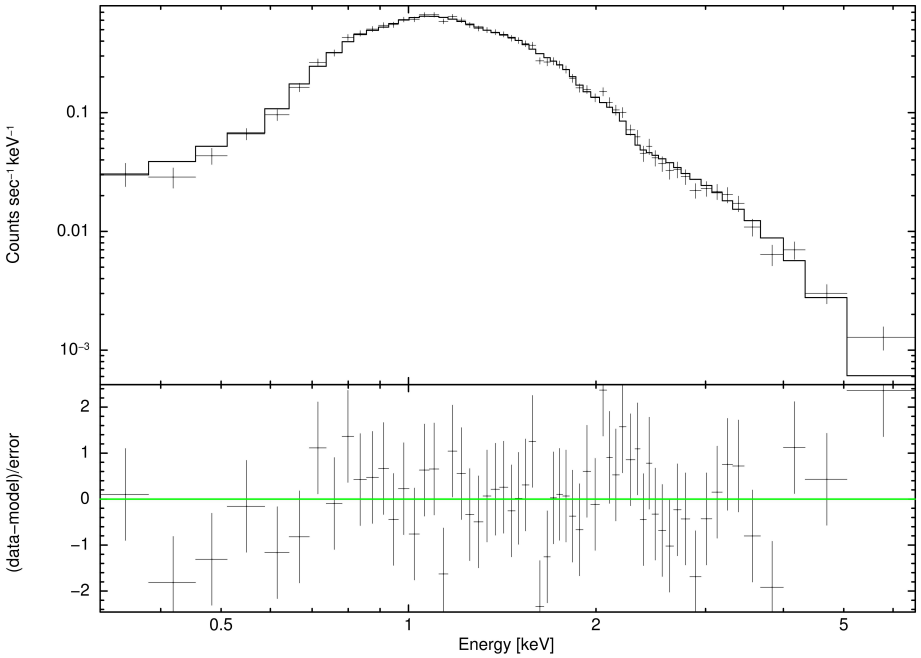
Şekil 4.4 : Üst panelde XTE J1810-197'nin XMM-Newton uydusu ile elde edilmiş 0164560601 gözlem numaralı X-ışın enerji tayfı, model ve artıklar gösterilmiştir. Alt panelde kaynağın X-ışın tayfı akı biriminde çizilmiştir.

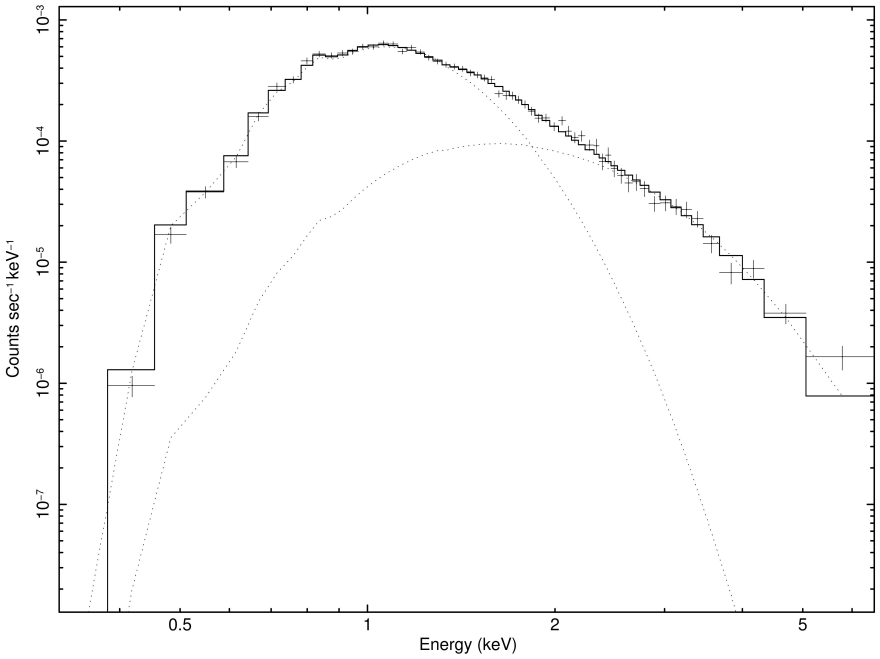


Şekil 4.5 : Üst panelde XTE J1810-197'nin XMM-Newton uydusu ile elde edilmiş 0301270501 gözlem numaralı X-ışın enerji tayfı, model ve artıklar gösterilmiştir. Alt panelde kaynağın X-ışın tayfı akı biriminde çizilmiştir.

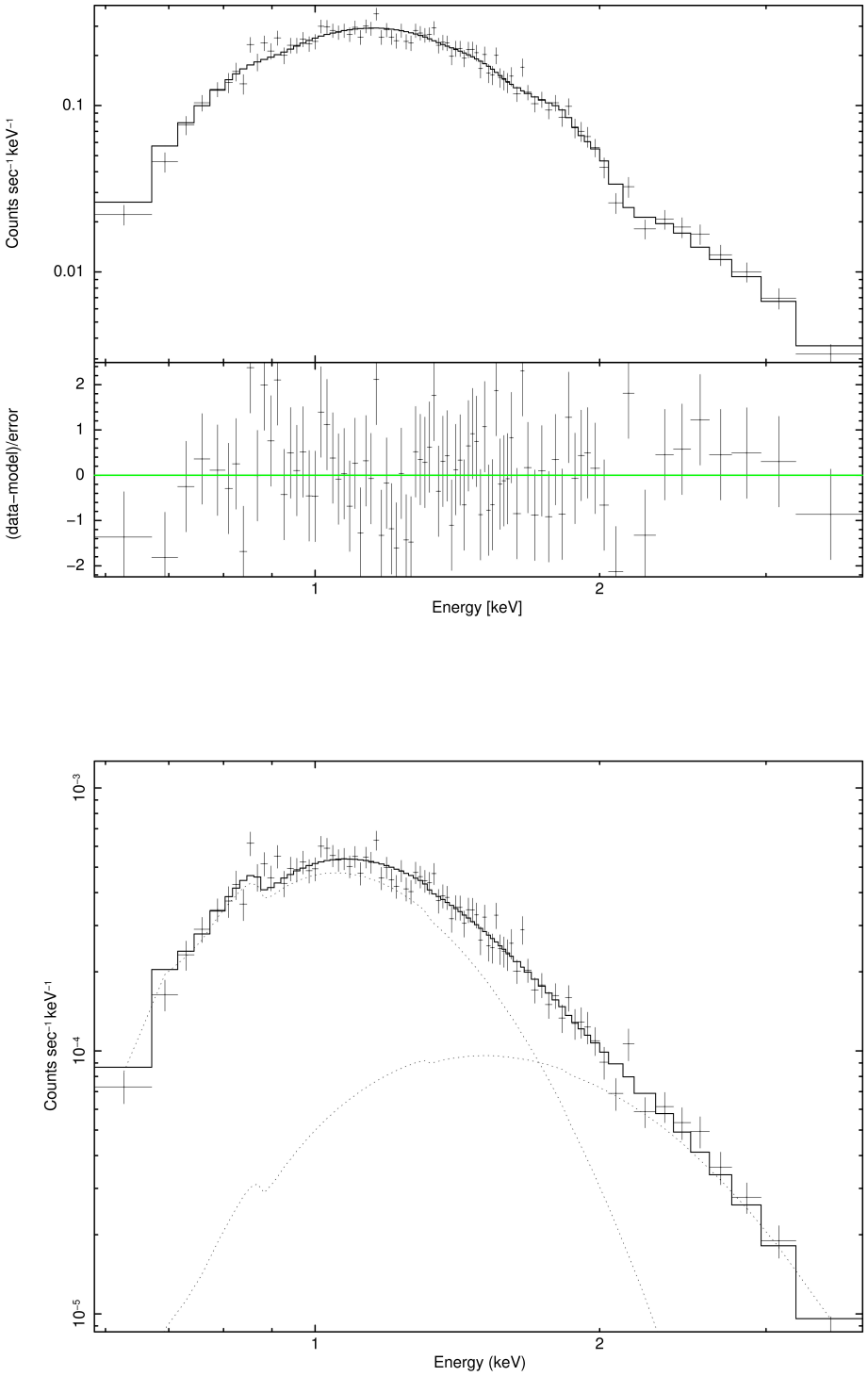


Şekil 4.6 : Üst panelde XTE J1810-197'nin XMM-Newton uydusu ile elde edilmiş 0301270401 gözlem numaralı X-ışın enerji tayfı, model ve artıklar gösterilmiştir. Alt panelde kaynağın X-ışın tayfı akı biriminde çizilmiştir.

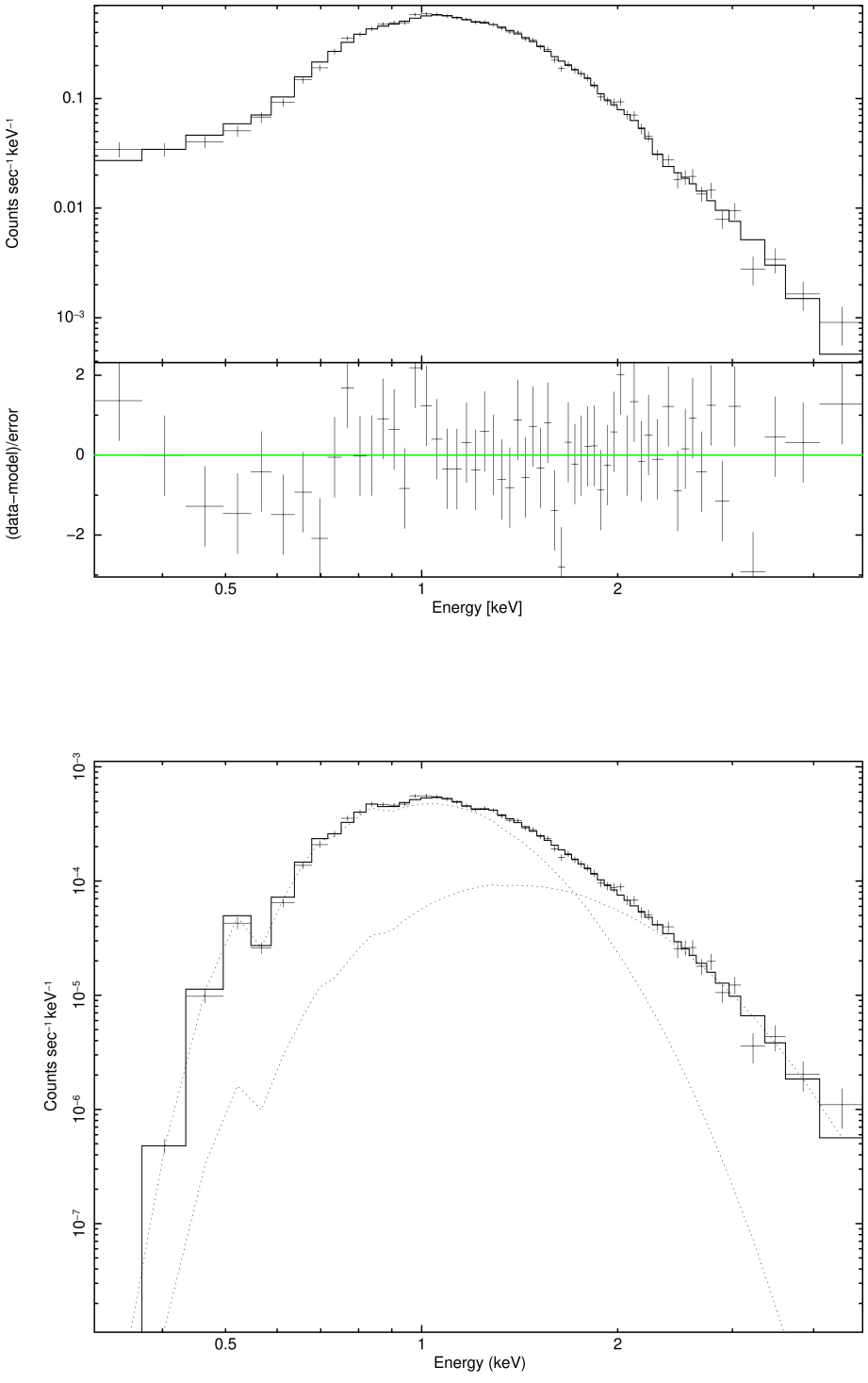




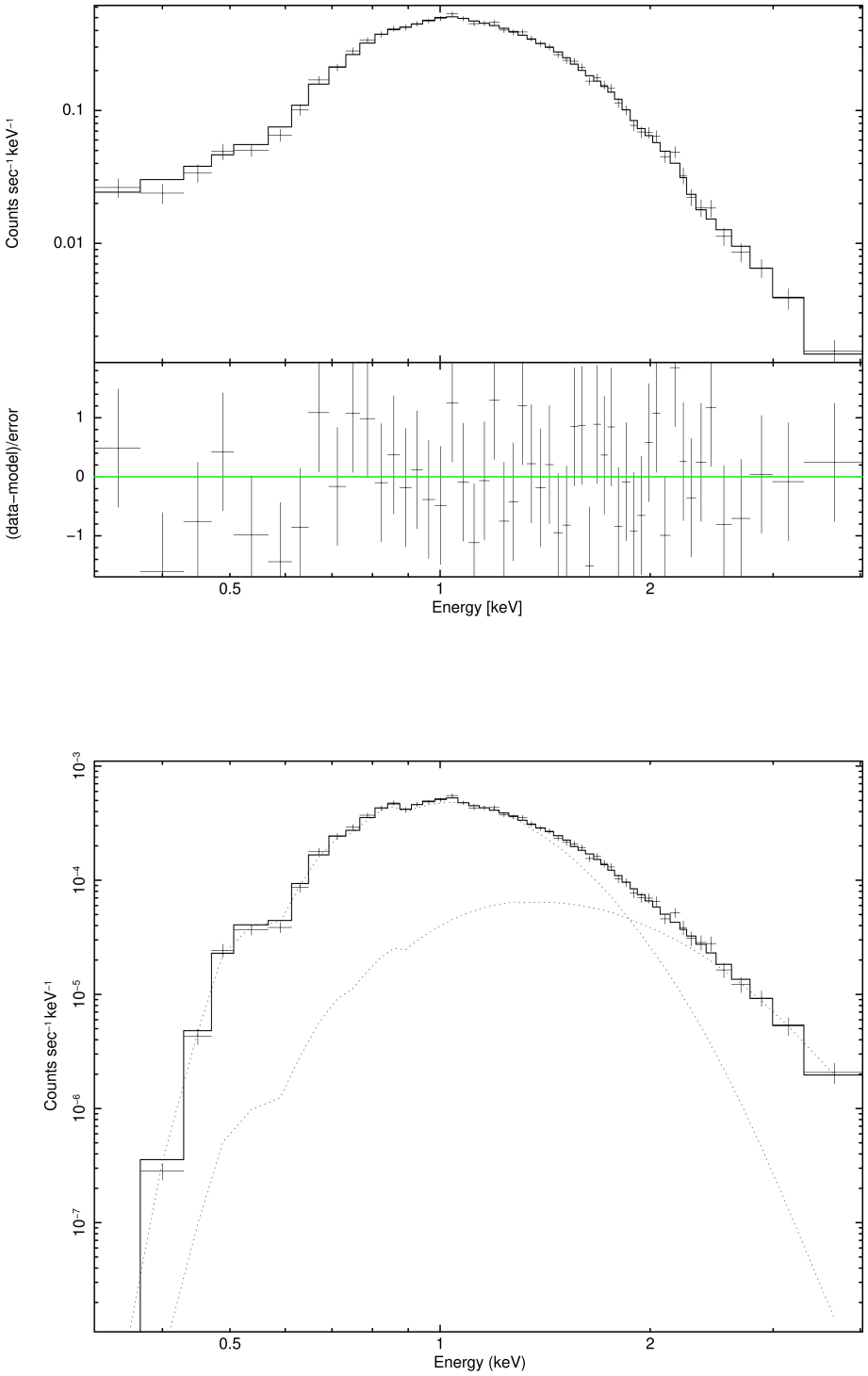
Şekil 4.7 : Üst panelde XTE J1810-197'nin XMM-Newton uydusu ile elde edilmiş 0301270301 gözlem numaralı X-ışın enerji tayfı, model ve artıklar gösterilmiştir. Alt panelde kaynağın X-ışın tayfı akı biriminde çizilmiştir.



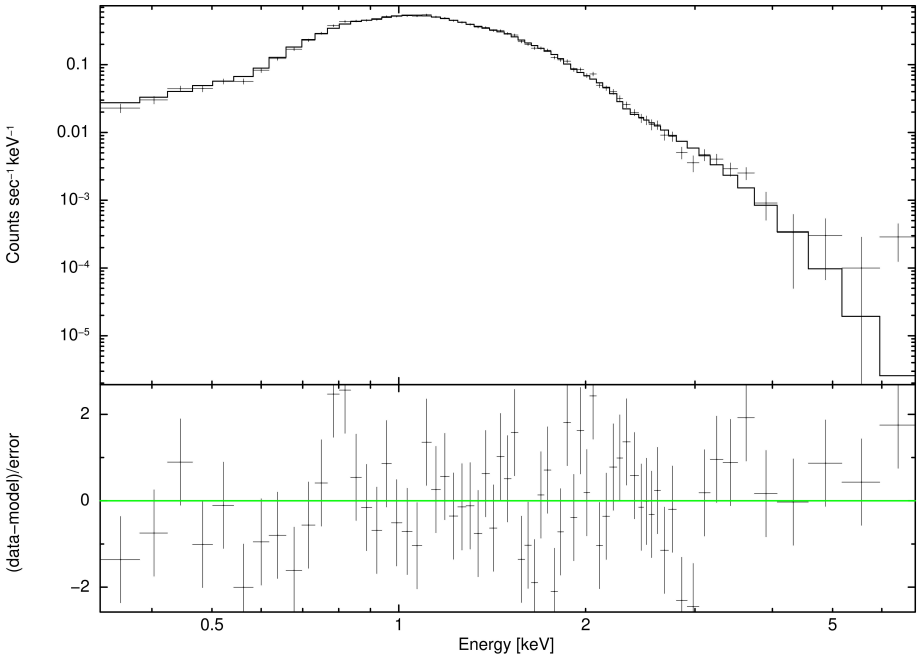
Şekil 4.8 : Üst panelde XTE J1810-197'nin Chandra uydusu ile elde edilmiş 6660 gözlem numaralı X-ışın enerji tayfı, model ve artıklar gösterilmiştir. Alt panelde kaynağın X-ışın tayfı akı biriminde çizilmiştir.

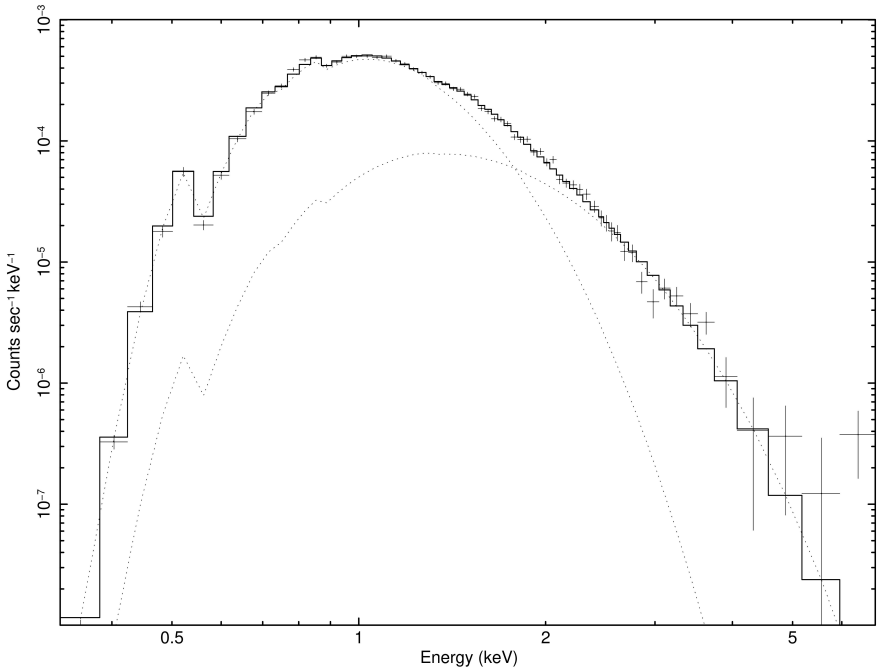


Şekil 4.9 : Üst panelde XTE J1810-197'nin XMM-Newton uydusu ile elde edilmiş 0406800601 gözlem numaralı X-ışın enerji tayfı, model ve artıklar gösterilmiştir. Alt panelde kaynağın X-ışın tayfı akı biriminde çizilmiştir.

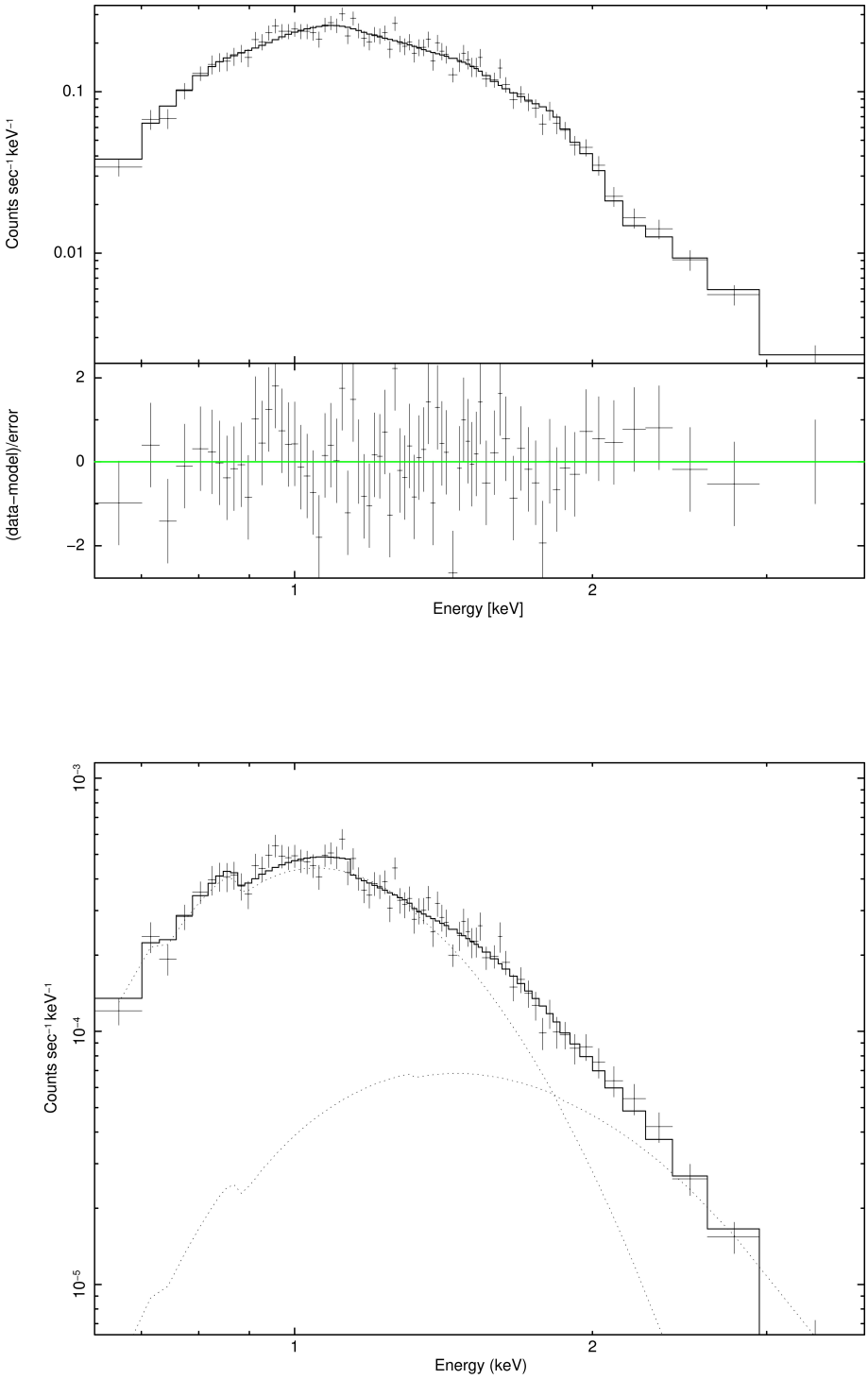


Şekil 4.10 : Üst panelde XTE J1810-197'nin XMM-Newton uydusu ile elde edilmiş 0406800701 gözlem numaralı X-ışın enerji tayfı, model ve artıklar gösterilmiştir. Alt panelde kaynağın X-ışın tayfı akı biriminde çizilmiştir.

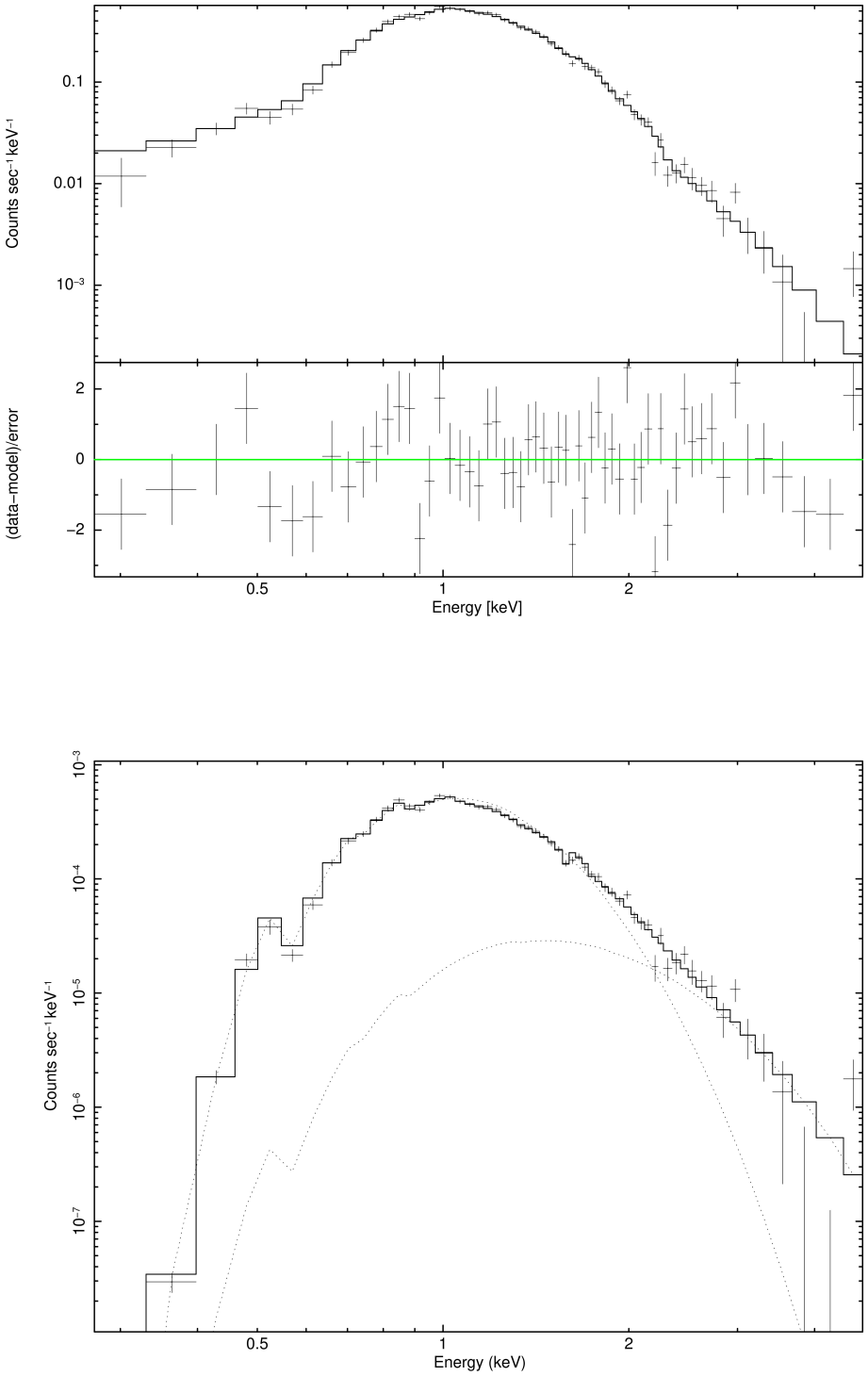




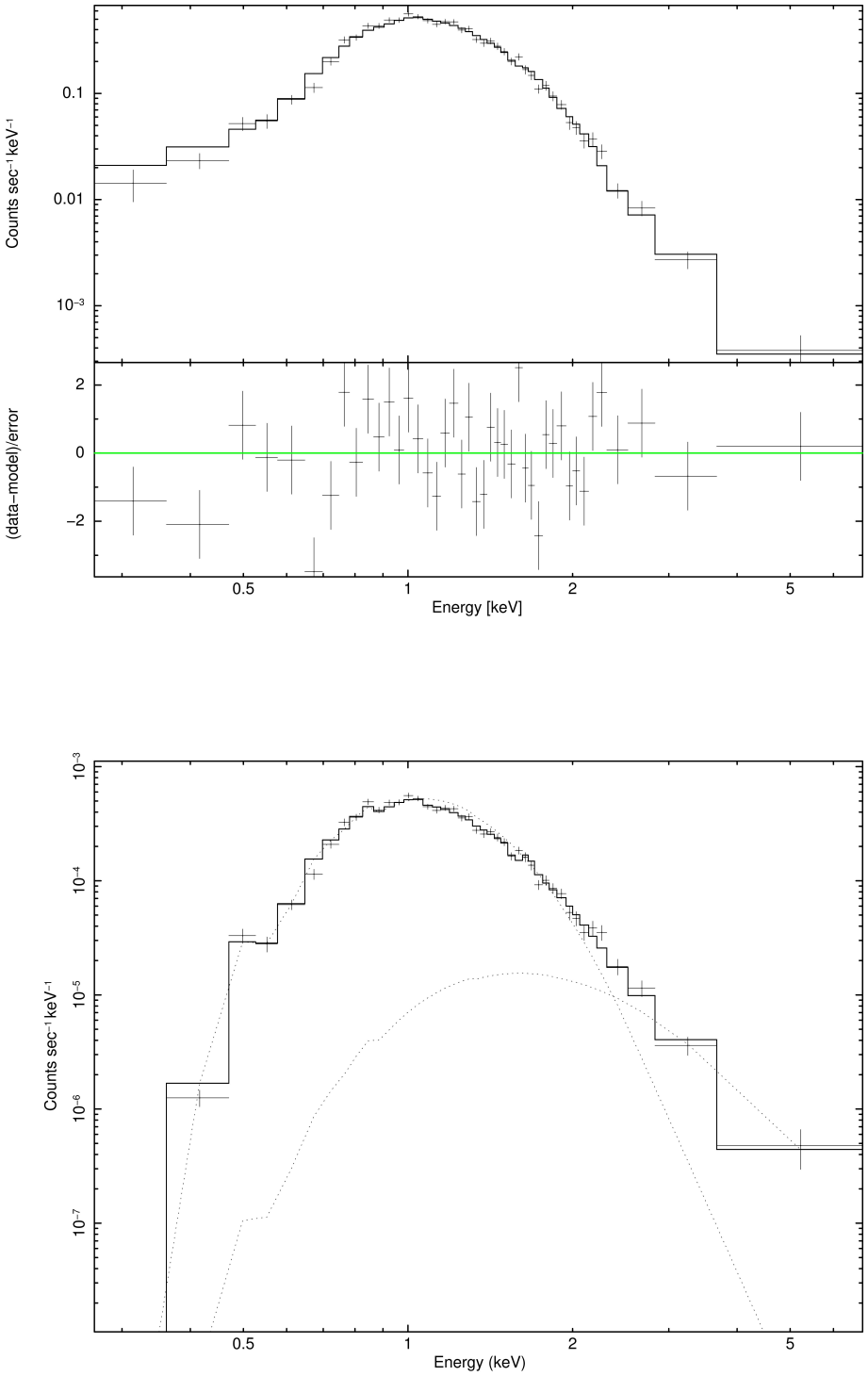
Şekil 4.11 : Üst panelde XTE J1810-197'nin XMM-Newton uydusu ile elde edilmiş 0504650201 gözlem numaralı X-ışın enerji tayfı, model ve artıklar gösterilmiştir. Alt panelde kaynağın X-ışın tayfı akı biriminde çizilmiştir.



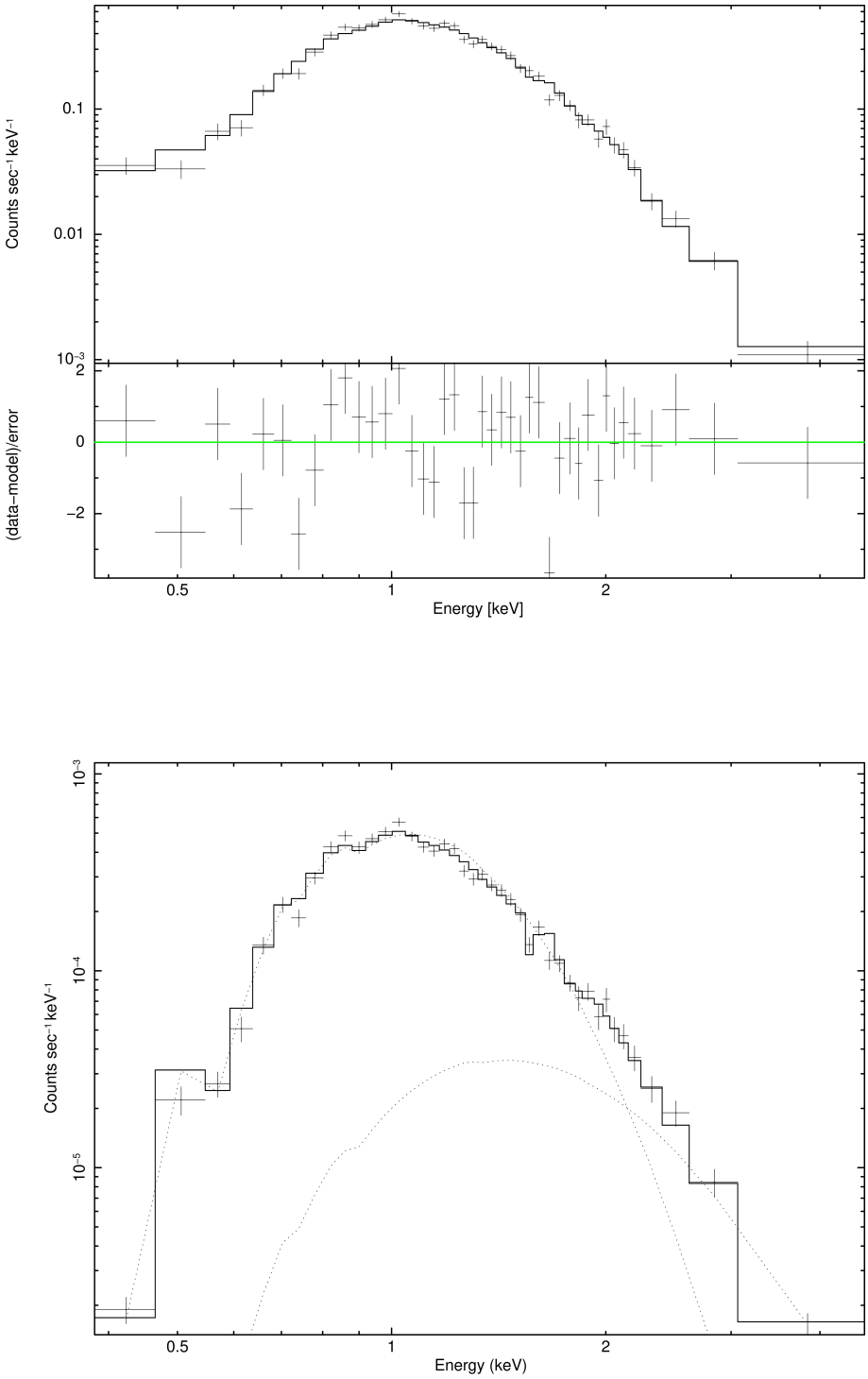
Şekil 4.12 : Üst panelde XTE J1810-197'nin Chandra uydusu ile elde edilmiş 7594 gözlem numaralı X-ışın enerji tayfı, model ve artıklar gösterilmiştir. Alt panelde kaynağın X-ışın tayfı akı biriminde çizilmiştir.



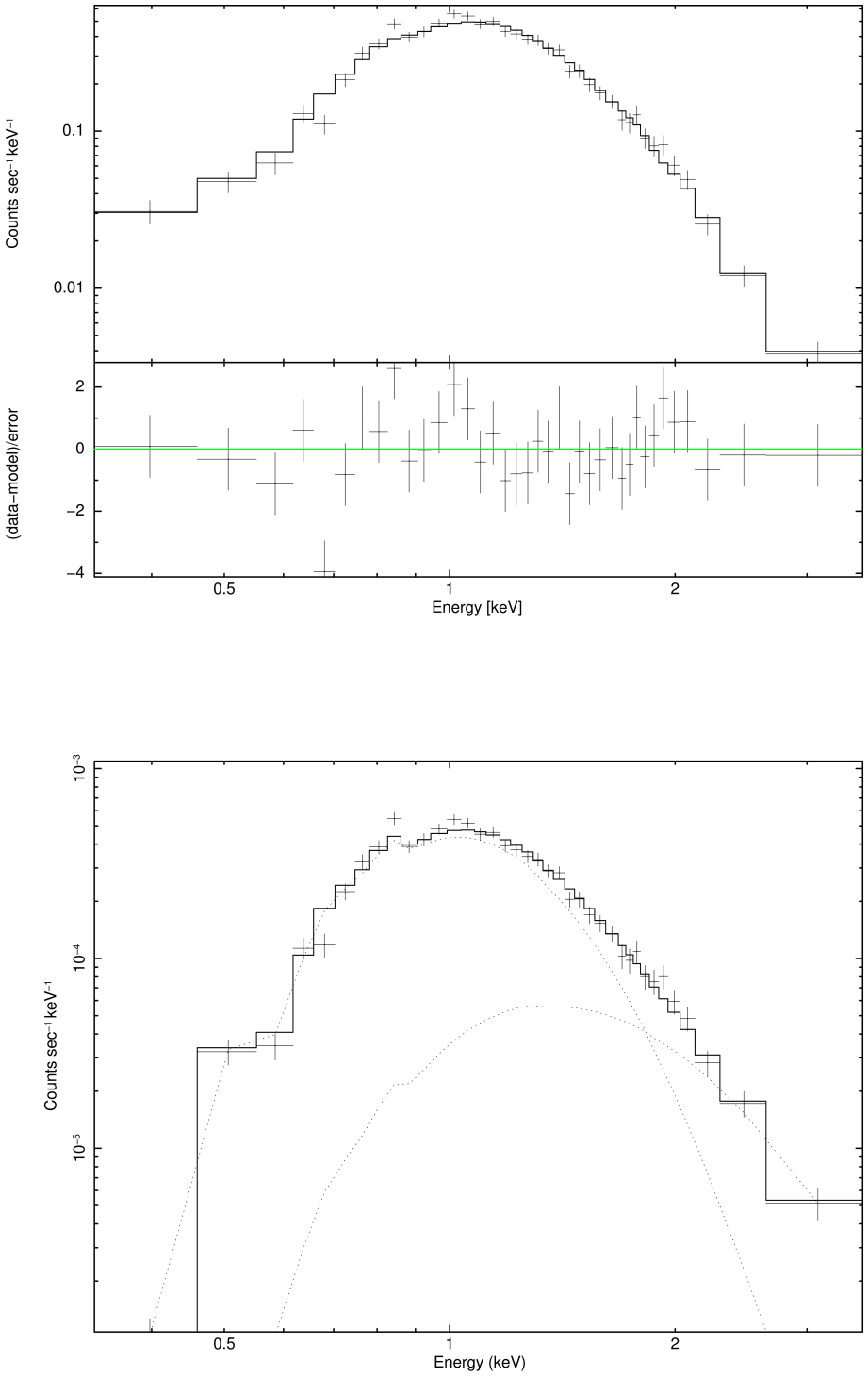
Şekil 4.13 : Üst panelde XTE J1810-197'nin XMM-Newton uydusu ile elde edilmiş 0552800201 gözlem numaralı X-ışın enerji tayfı, model ve artıklar gösterilmiştir. Alt panelde kaynağın X-ışın tayfı akı biriminde çizilmiştir.



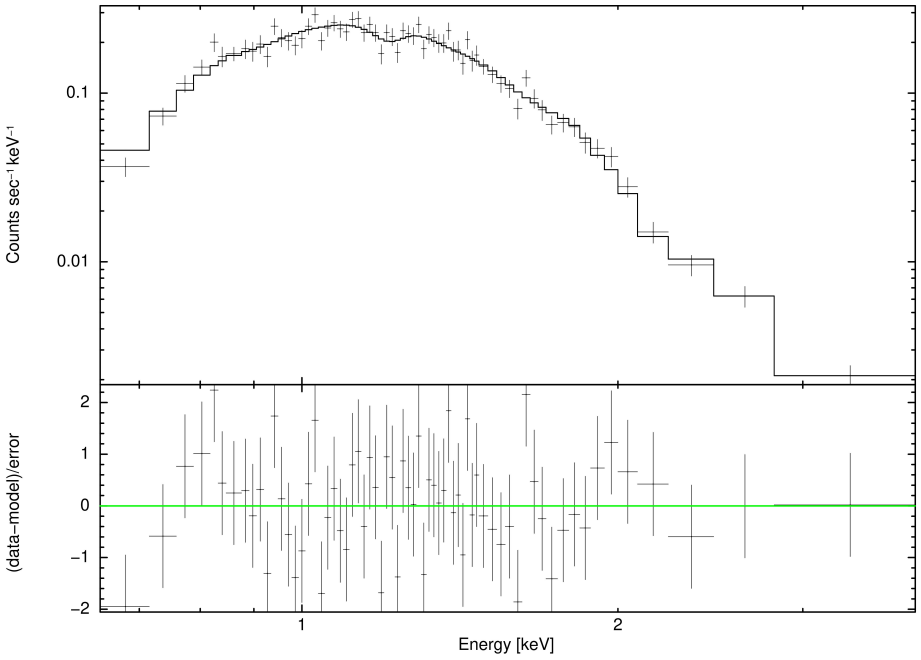
Şekil 4.14 : Üst panelde XTE J1810-197'nin XMM-Newton uydusu ile elde edilmiş 0605990201 gözlem numaralı X-ışın enerji tayfı, model ve artıklar gösterilmiştir. Alt panelde kaynağın X-ışın tayfı akı biriminde çizilmiştir.

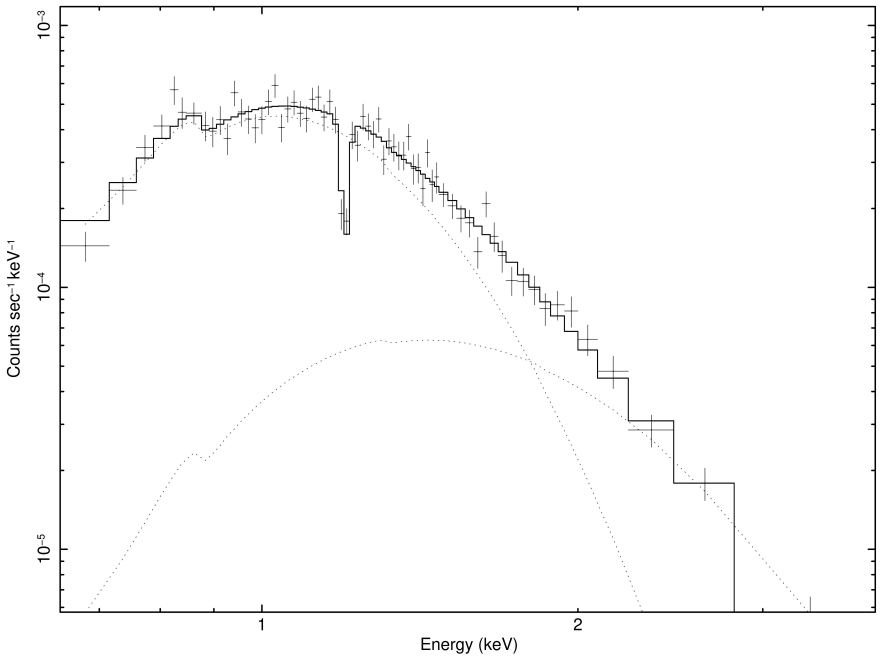


Şekil 4.15 : Üst panelde XTE J1810-197'nin XMM-Newton uydusu ile elde edilmiş 0605990301 gözlem numaralı X-ışın enerji tayfı, model ve artıklar gösterilmiştir. Alt panelde kaynağın X-ışın tayfı akı biriminde çizilmiştir.

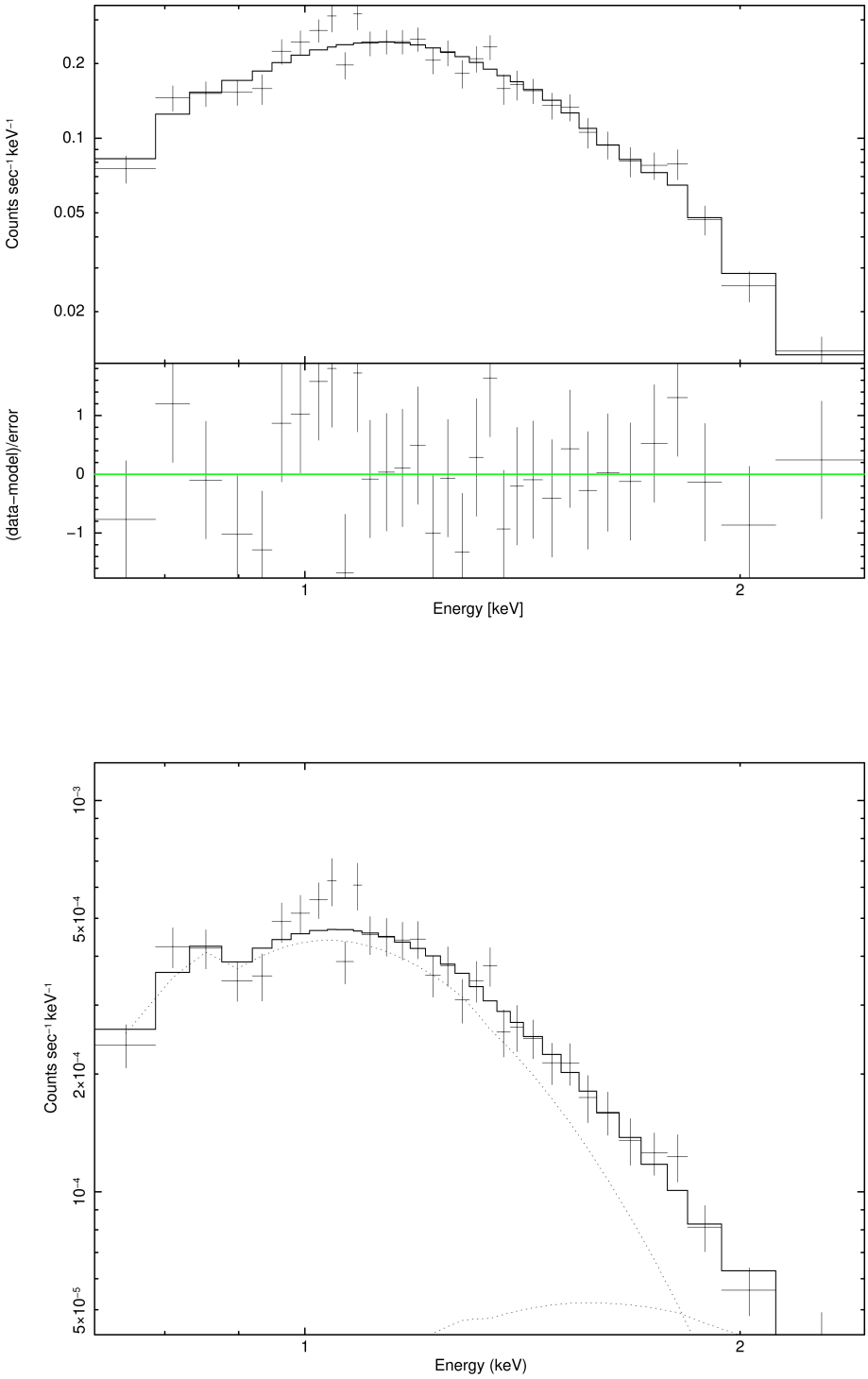


Şekil 4.16 : Üst panelde XTE J1810-197'nin XMM-Newton uydusu ile elde edilmiş 0605990401 gözlem numaralı X-ışın enerji tayfı, model ve artıklar gösterilmiştir. Alt panelde kaynağın X-ışın tayfı akı biriminde çizilmiştir.

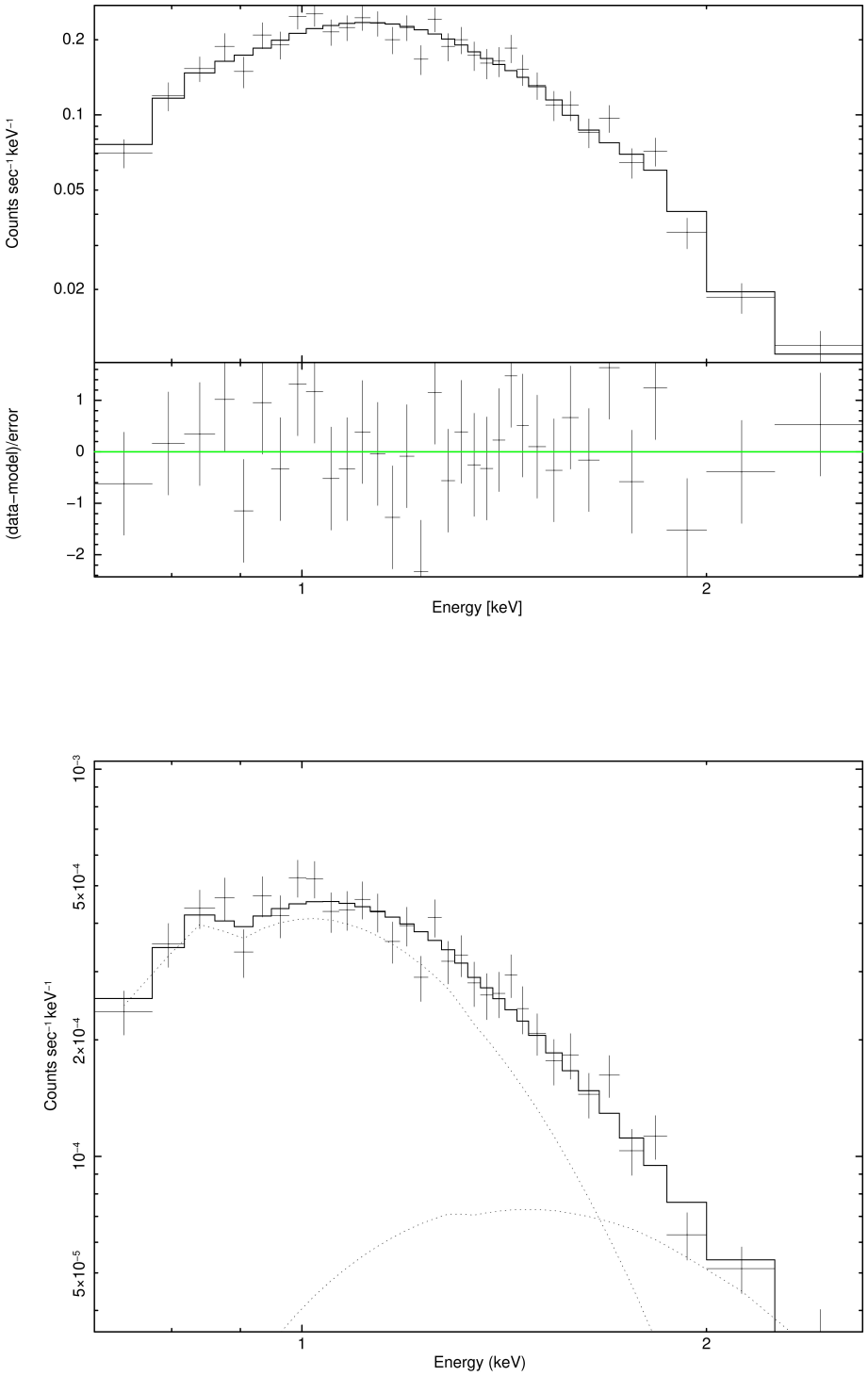




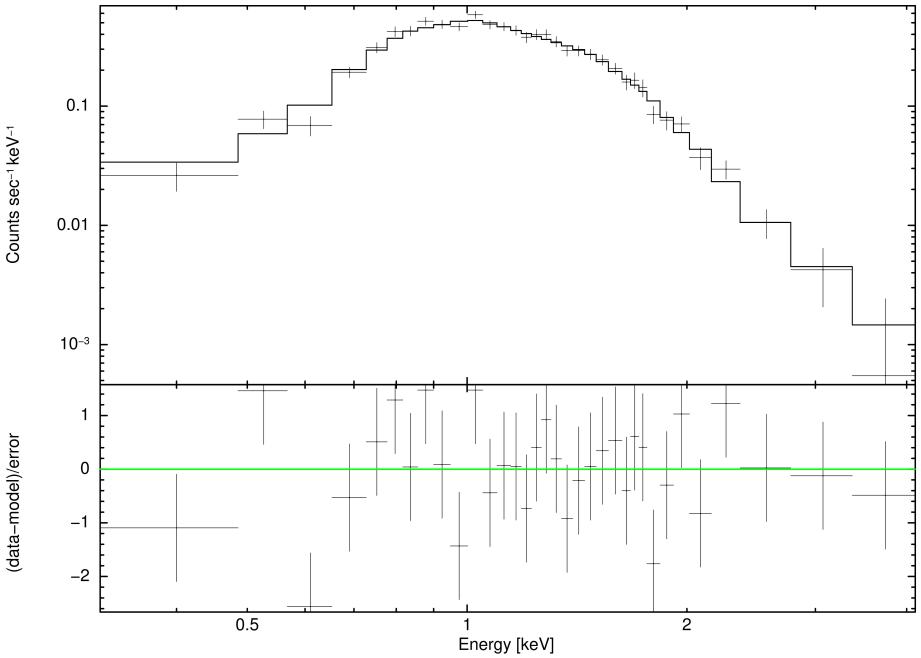
Şekil 4.17 : Üst panelde XTE J1810-197'nin Chandra uydusu ile elde edilmiş 11102 gözlem numaralı X-ışın enerji tayfı, model ve artıklar gösterilmiştir. Alt panelde kaynağın X-ışın tayfı akı biriminde çizilmiştir.

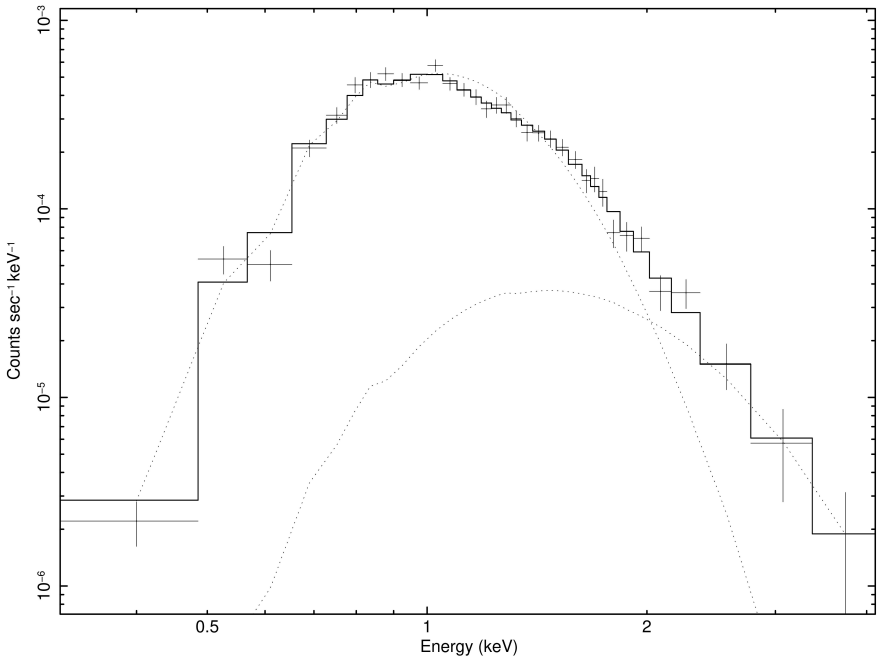


Şekil 4.18 : Üst panelde XTE J1810-197'nin Chandra uydusu ile elde edilmiş 12105 gözlem numaralı X-ışın enerji tayfı, model ve artıklar gösterilmiştir. Alt panelde kaynağın X-ışın tayfı akı biriminde çizilmiştir.

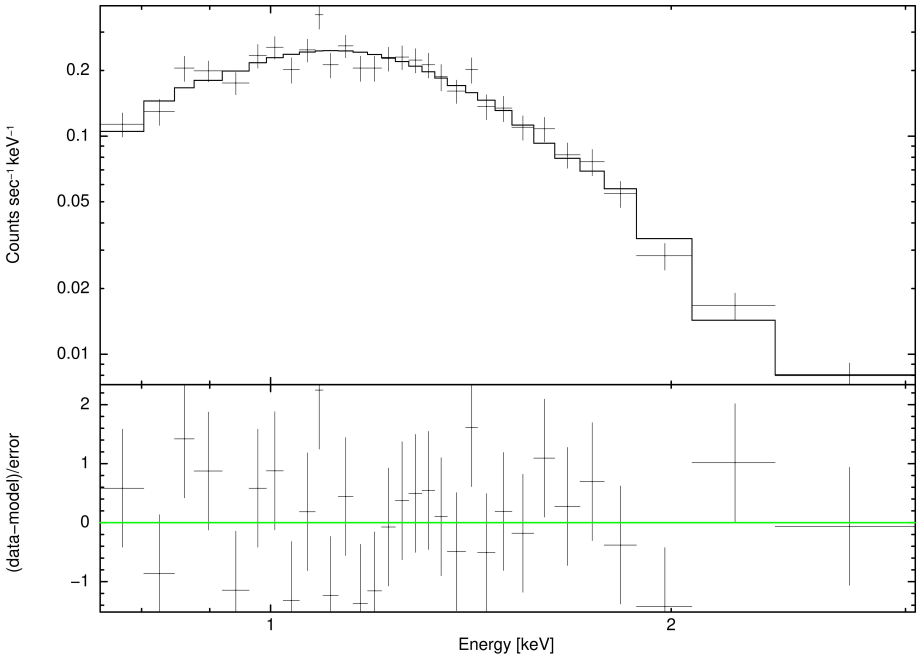


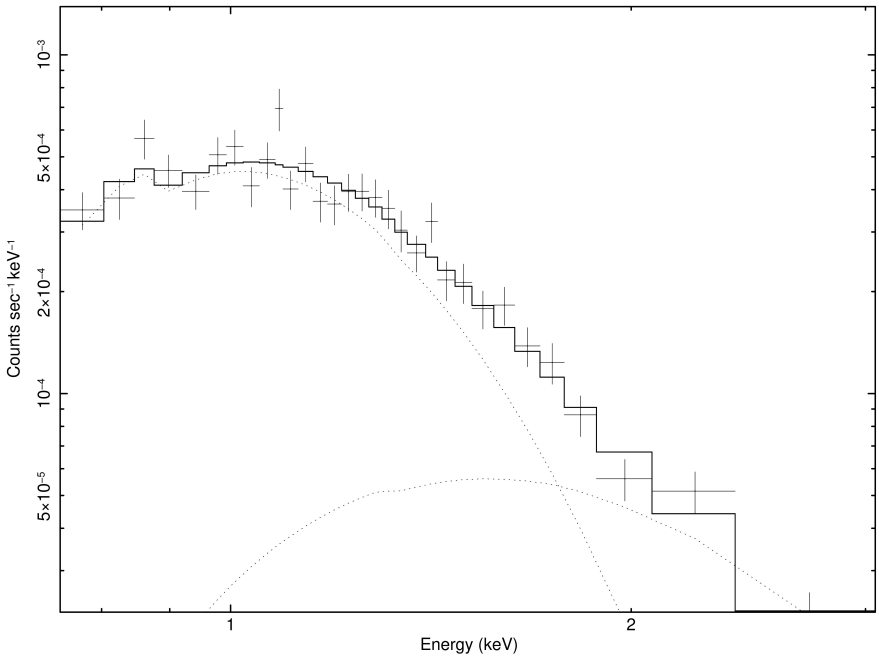
Şekil 4.19 : Üst panelde XTE J1810-197'nin Chandra uydusu ile elde edilmiş 11103 gözlem numaralı X-ışın enerji tayfı, model ve artıklar gösterilmiştir. Alt panelde kaynağın X-ışın tayfı akı biriminde çizilmiştir.



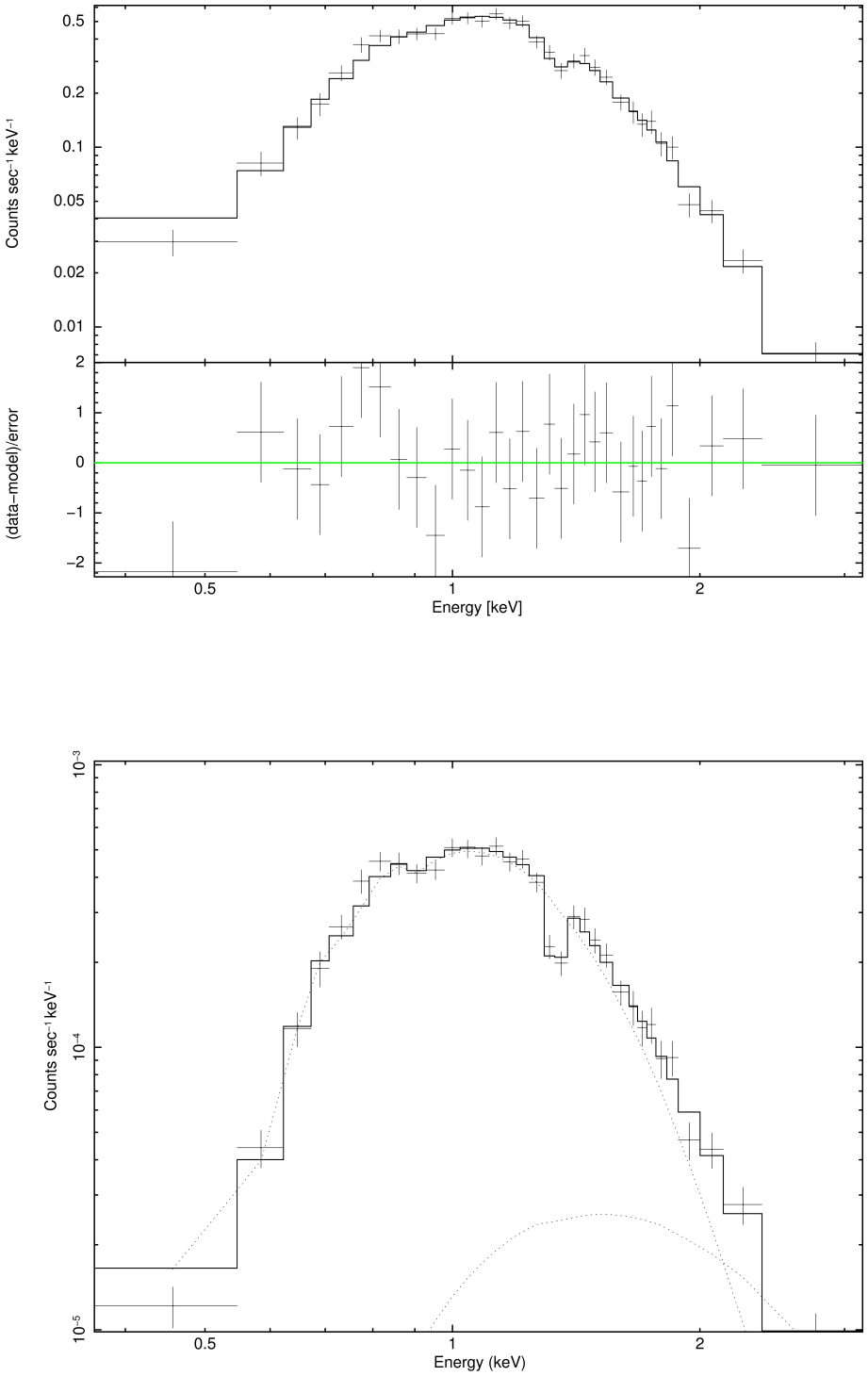


Şekil 4.20 : Üst panelde XTE J1810-197'nin XMM-Newton uydusu ile elde edilmiş 0605990501 gözlem numaralı X-ışın enerji tayfı, model ve artıklar gösterilmiştir. Alt panelde kaynağın X-ışın tayfı akı biriminde çizilmiştir.

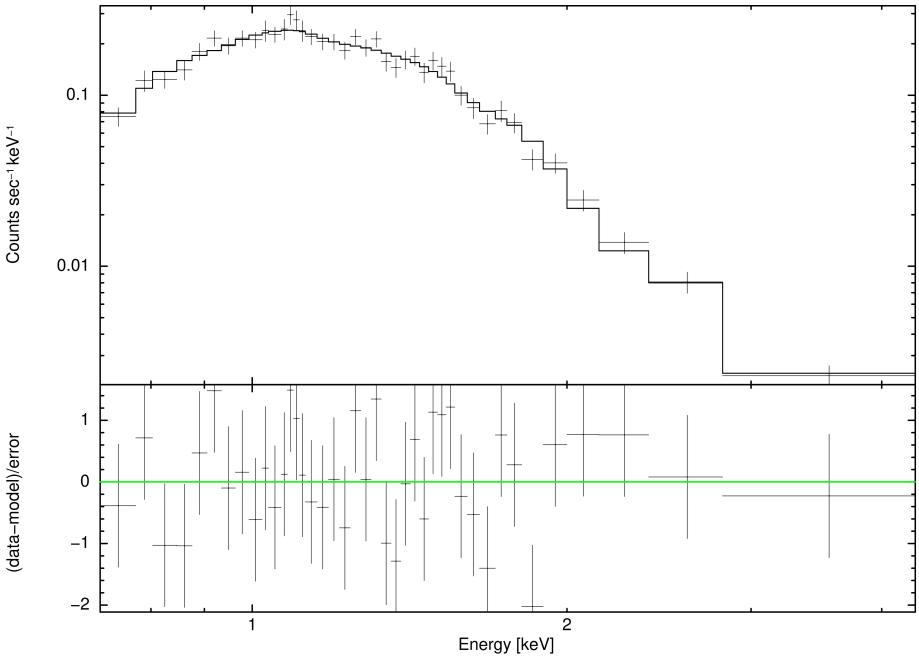


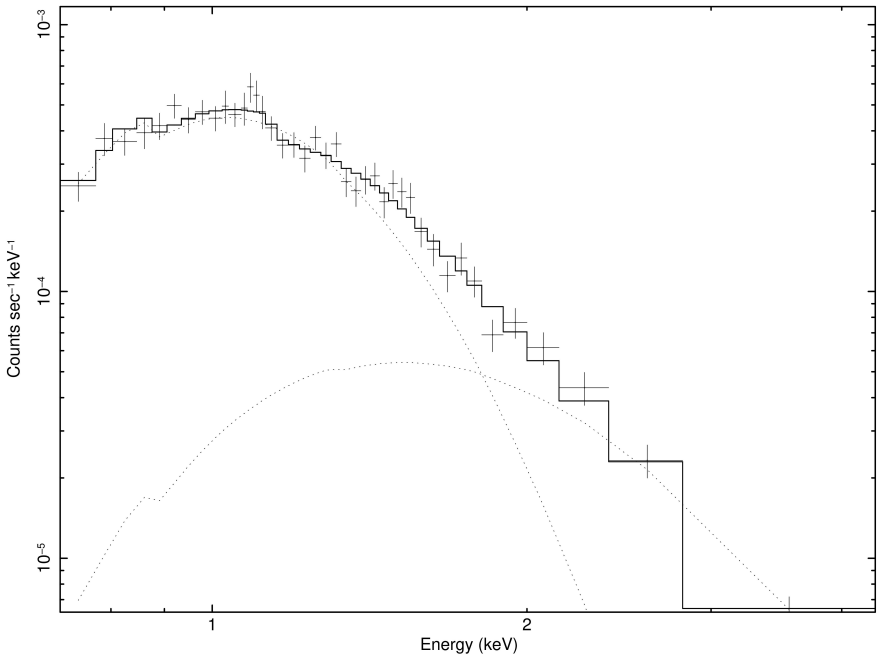


Şekil 4.21 : Üst panelde XTE J1810-197'nin Chandra uydusu ile elde edilmiş 12221 gözlem numaralı X-ışın enerji tayfı, model ve artıklar gösterilmiştir. Alt panelde kaynağın X-ışın tayfı akı biriminde çizilmiştir.

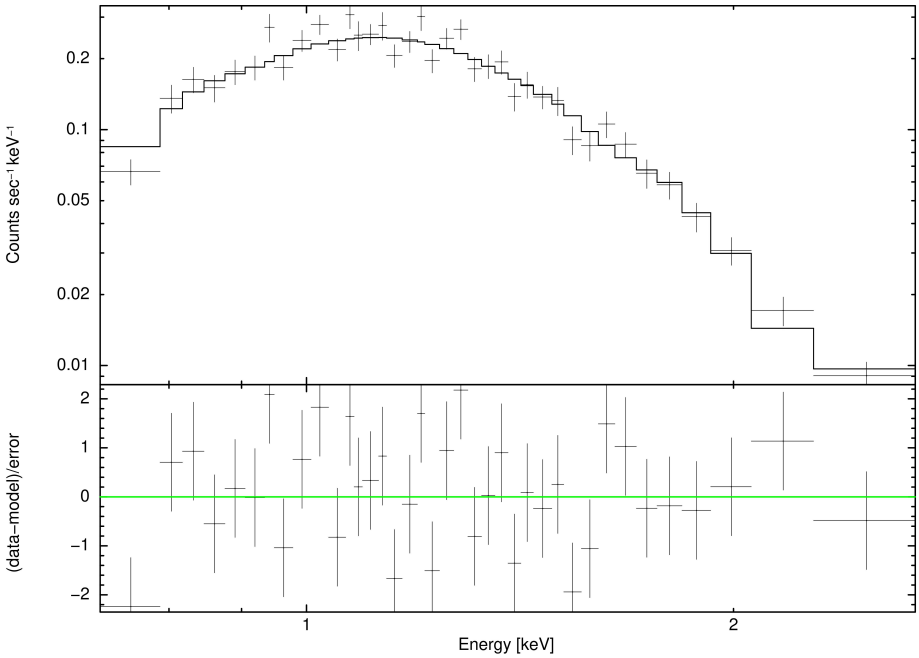


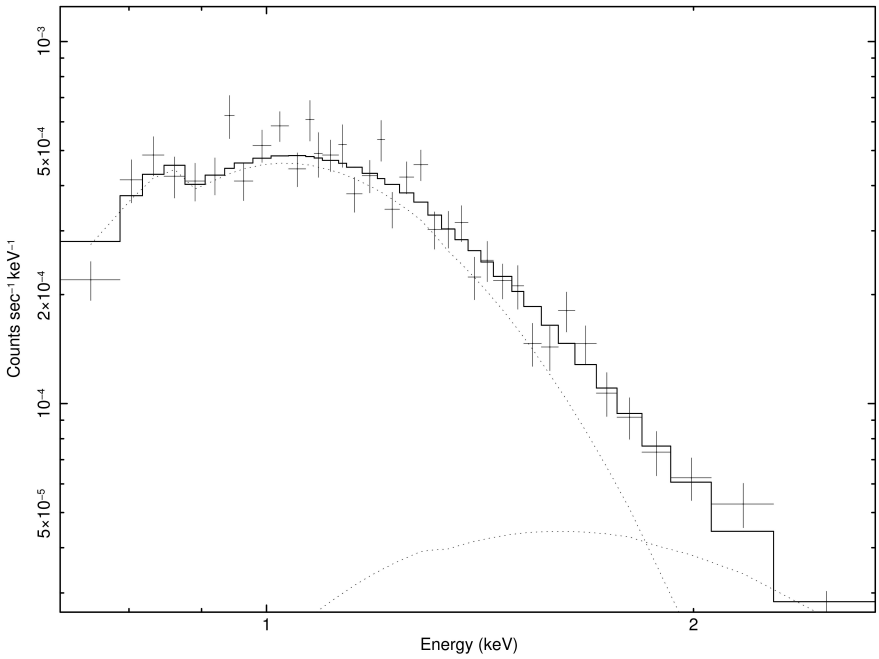
Şekil 4.22 : Üst panelde XTE J1810-197'nin XMM-Newton uydusu ile elde edilmiş 0605990601 gözlem numaralı X-ışın enerji tayfı, model ve artıklar gösterilmiştir. Alt panelde kaynağın X-ışın tayfı akı biriminde çizilmiştir.



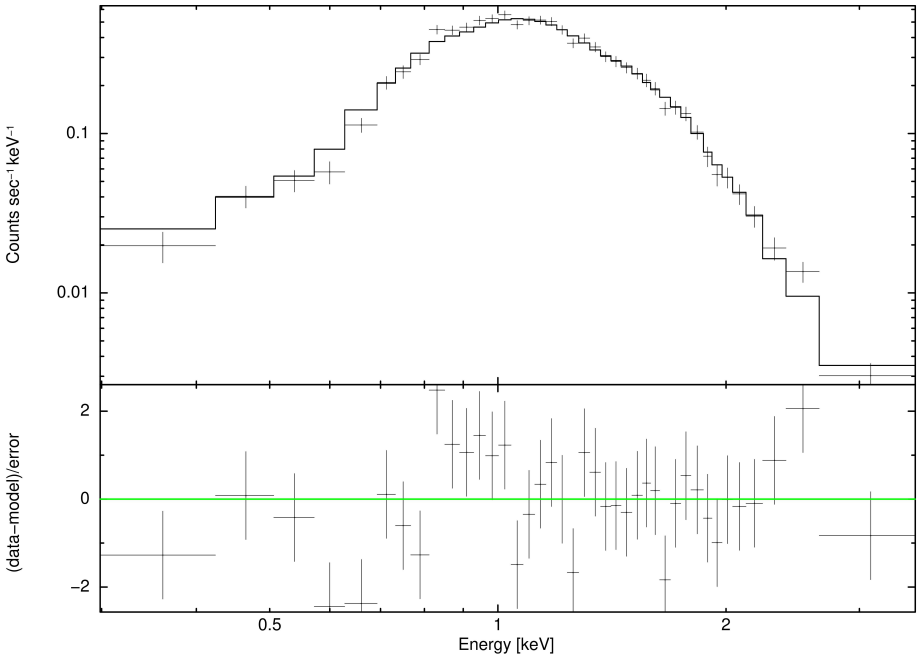


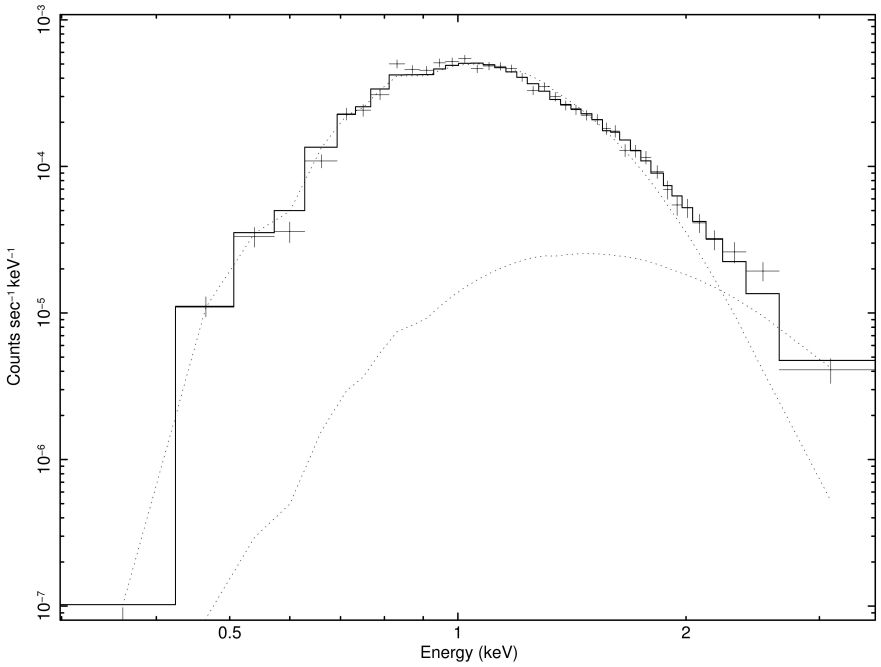
Şekil 4.23 : Üst panelde XTE J1810-197'nin Chandra uydusu ile elde edilmiş 13149 gözlem numaralı X-ışın enerji tayfı, model ve artıklar gösterilmiştir. Alt panelde kaynağın X-ışın tayfı akı biriminde çizilmiştir.



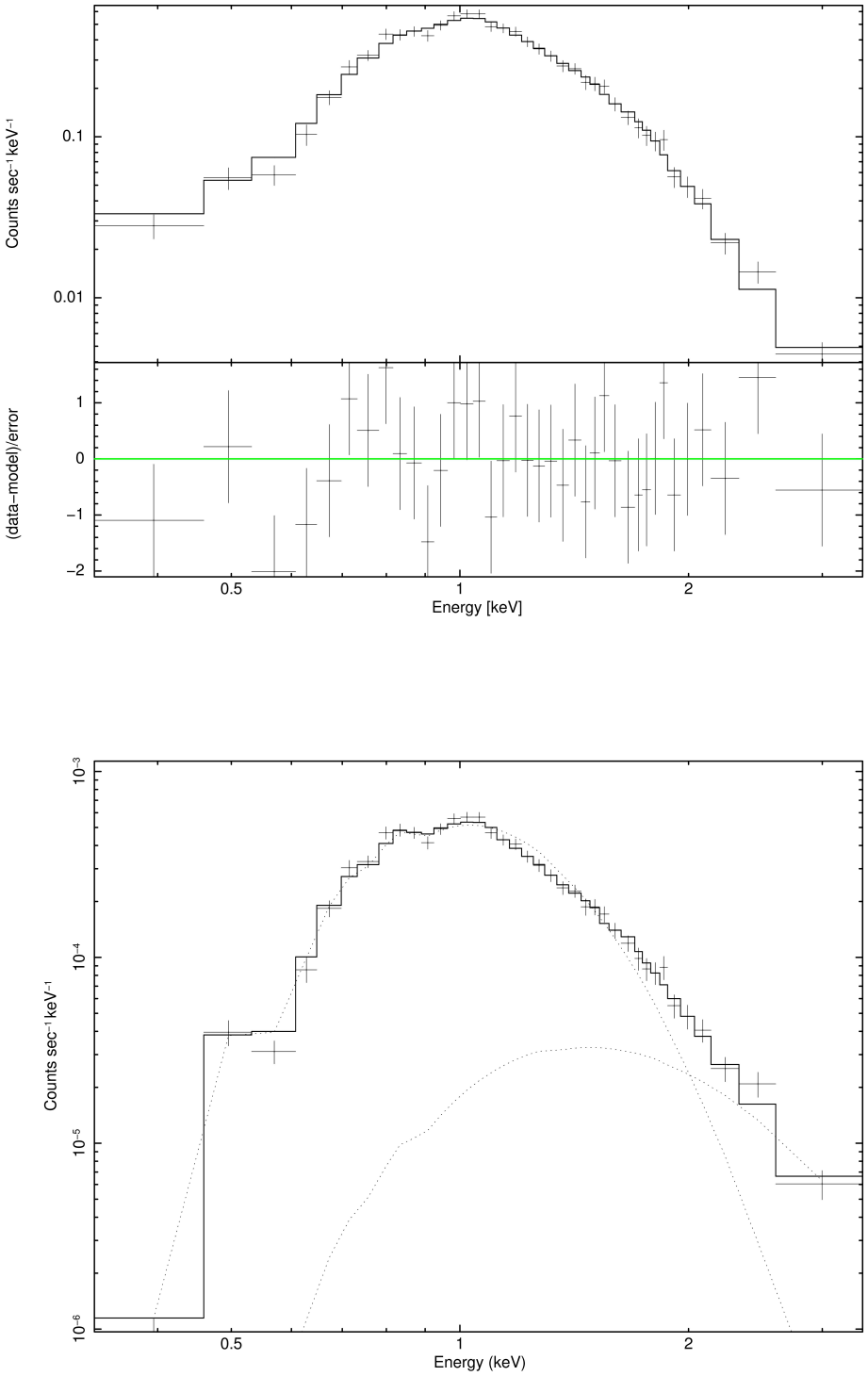


Şekil 4.24 : Üst panelde XTE J1810-197'nin Chandra uydusu ile elde edilmiş 13217 gözlem numaralı X-ışın enerji tayfı, model ve artıklar gösterilmiştir. Alt panelde kaynağın X-ışın tayfı akı biriminde çizilmiştir.

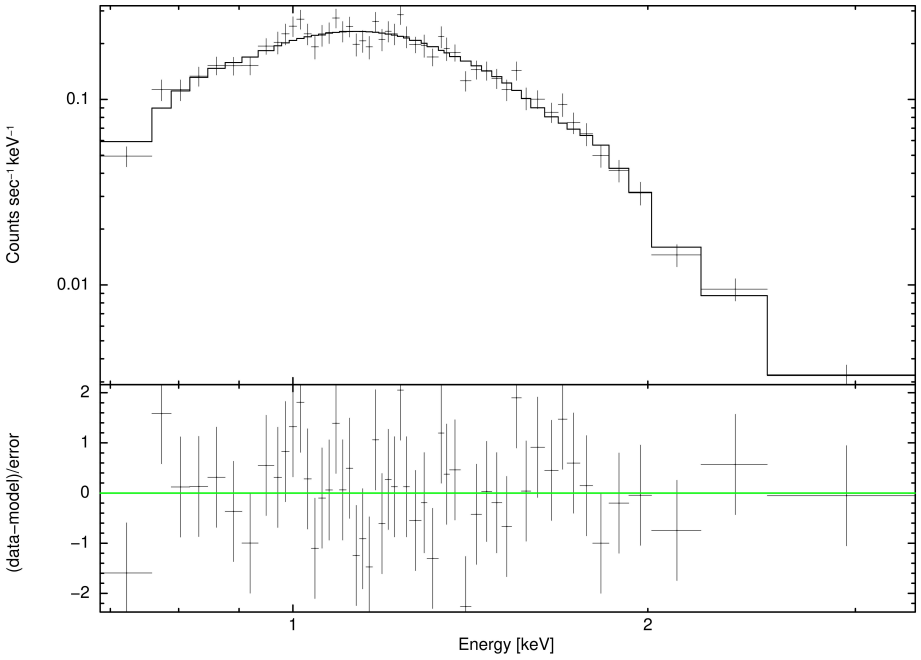


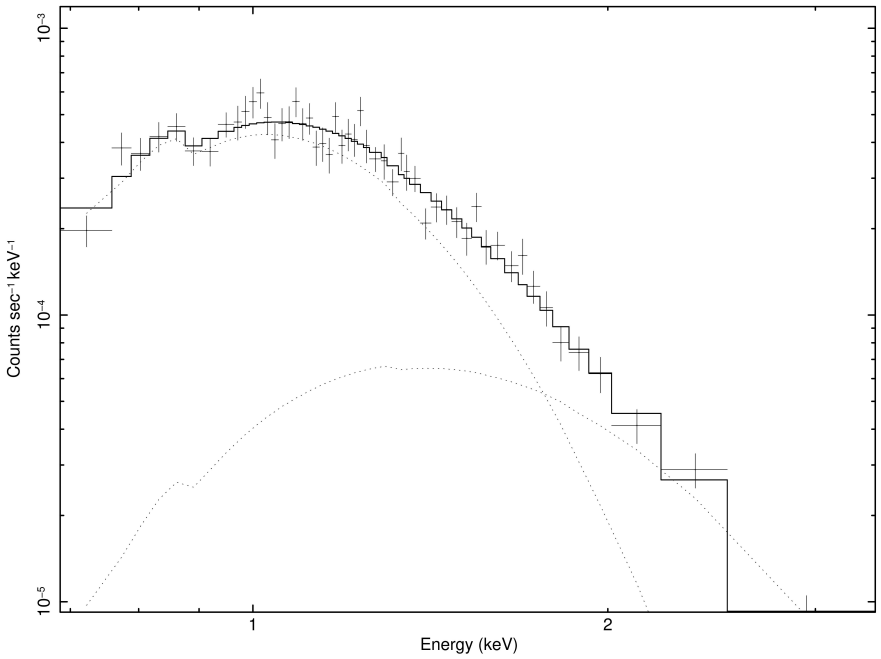


Şekil 4.25 : Üst panelde XTE J1810-197'nin XMM-Newton uydusu ile elde edilmiş 0671060101 gözlem numaralı X-ışın enerji tayfı, model ve artıklar gösterilmiştir. Alt panelde kaynağın X-ışın tayfı akı biriminde çizilmiştir.

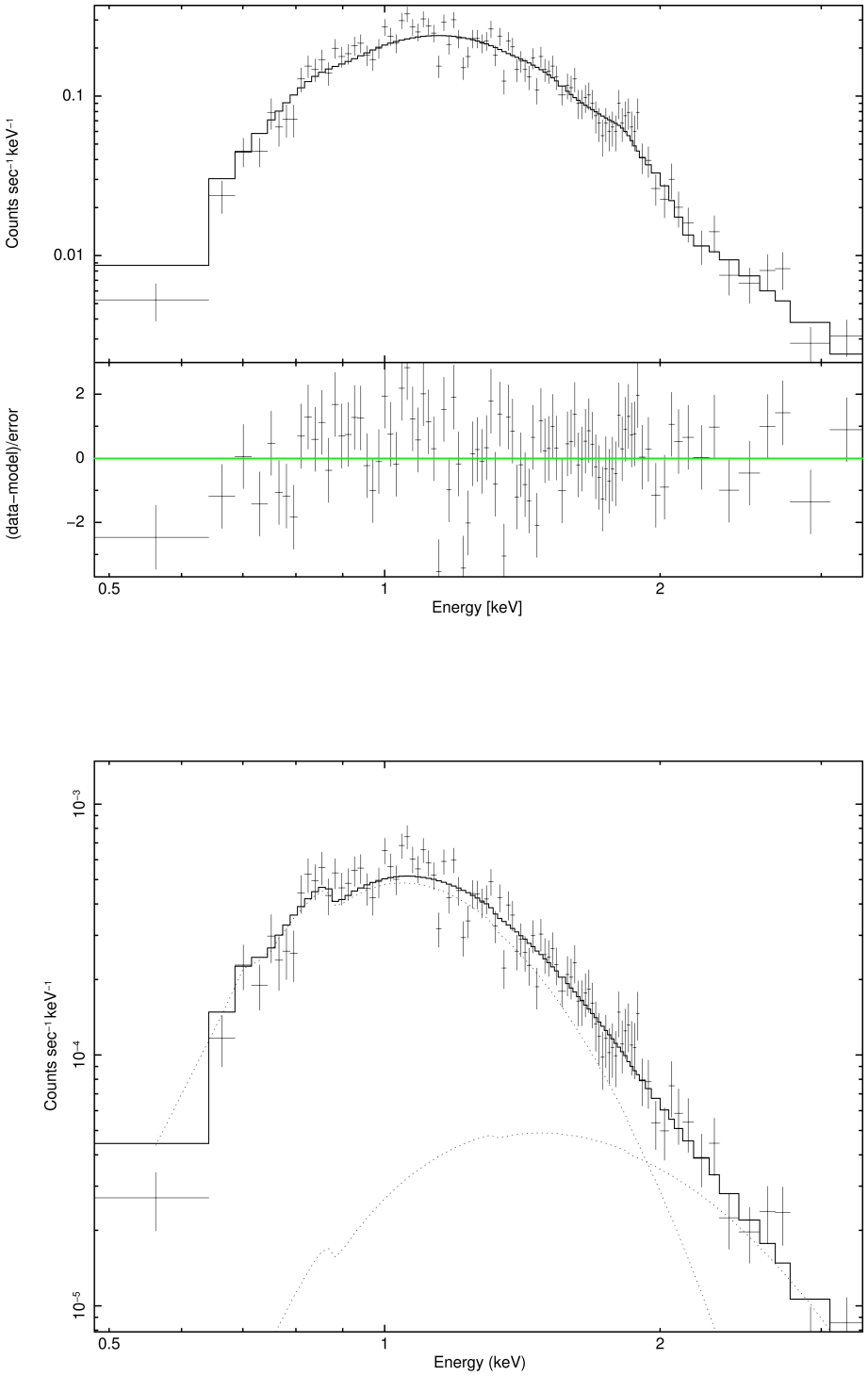


Şekil 4.26 : Üst panelde XTE J1810-197'nin XMM-Newton uydusu ile elde edilmiş 0671060201 gözlem numaralı X-ışın enerji tayfı, model ve artıklar gösterilmiştir. Alt panelde kaynağın X-ışın tayfı akı biriminde çizilmiştir.

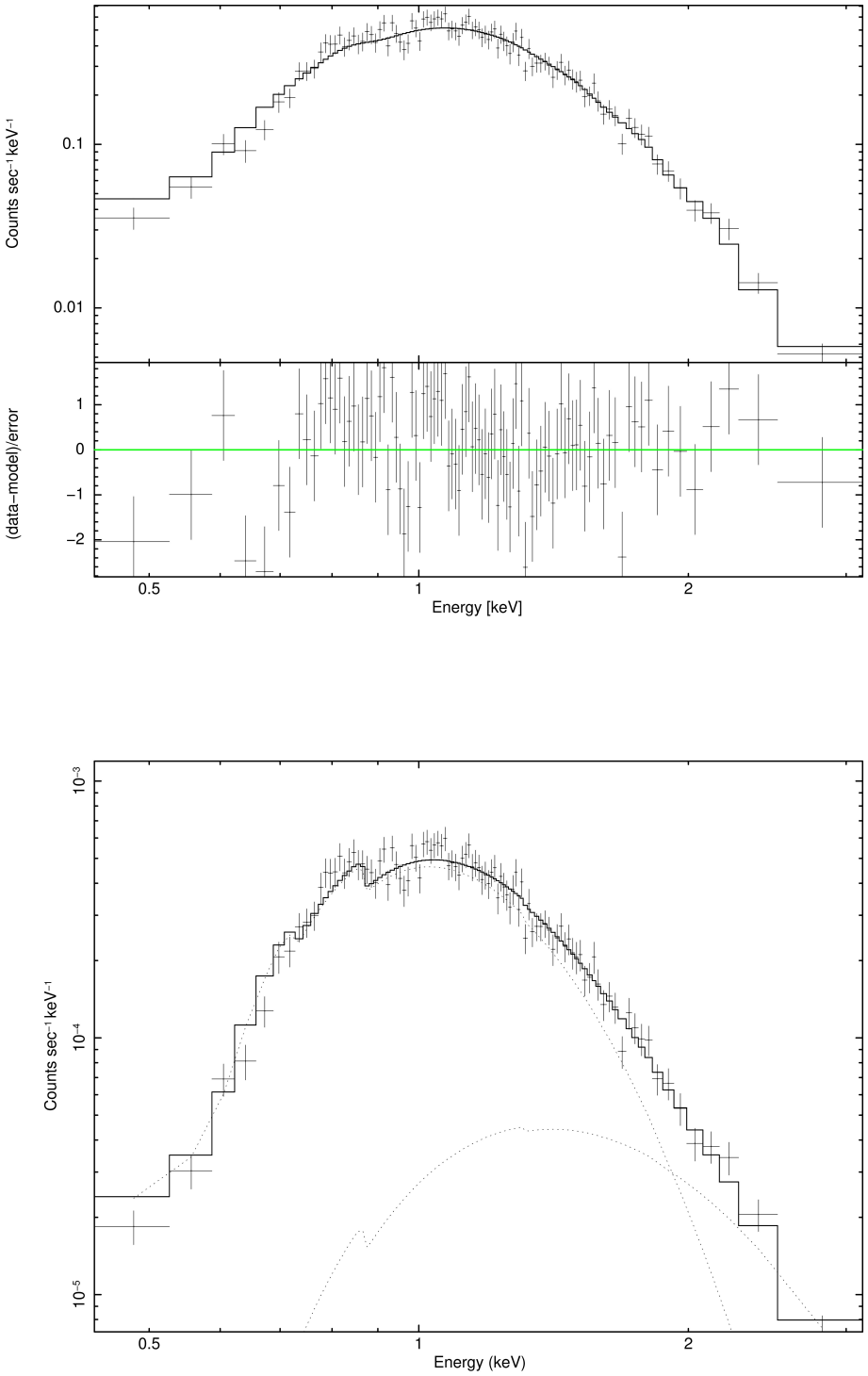




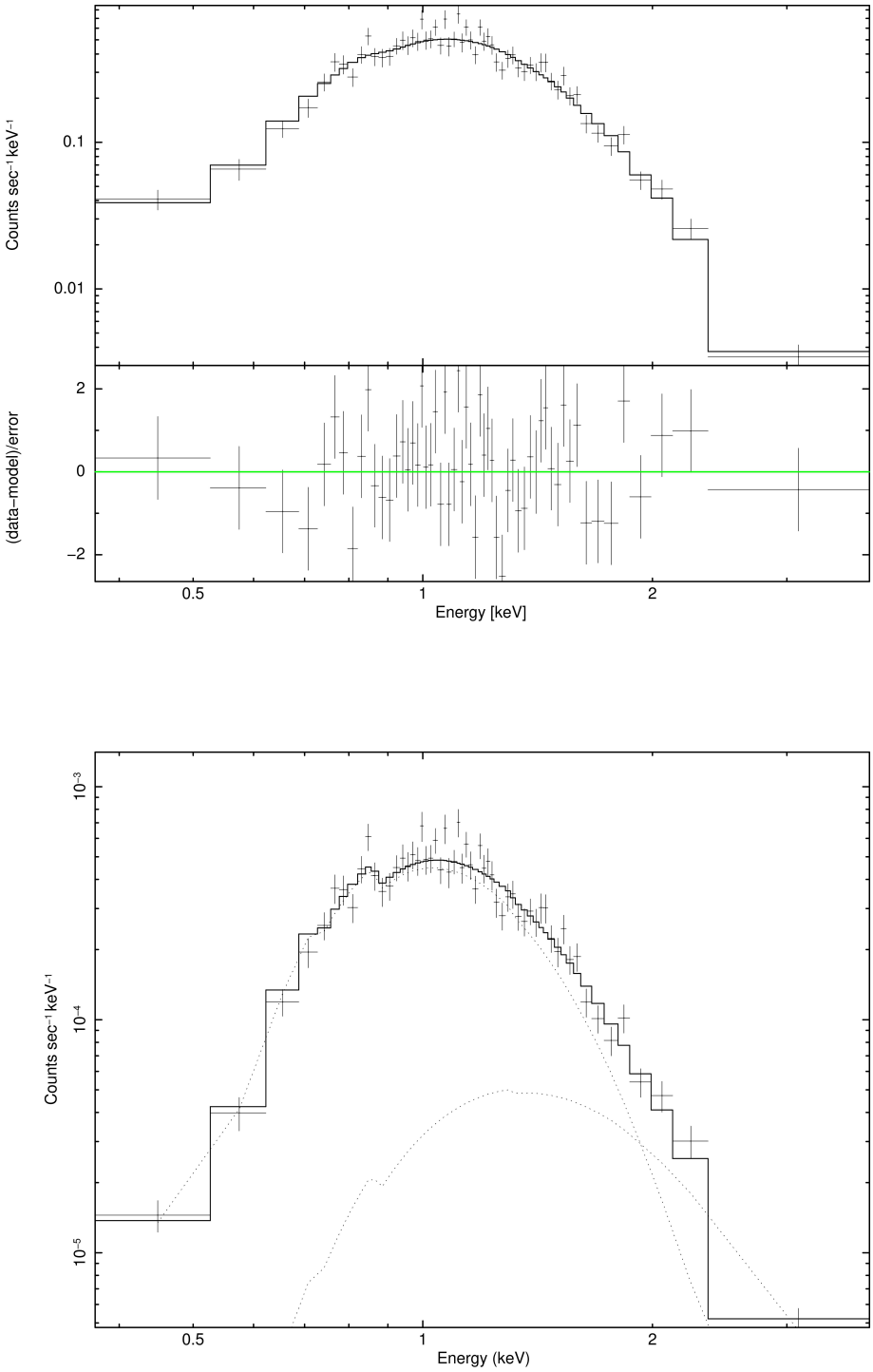
Şekil 4.27 : Üst panelde XTE J1810-197'nin Chandra uydusu ile elde edilmiş 13746 gözlem numaralı X-ışın enerji tayfı, model ve artıklar gösterilmiştir. Alt panelde kaynağın X-ışın tayfı akı biriminde çizilmiştir.



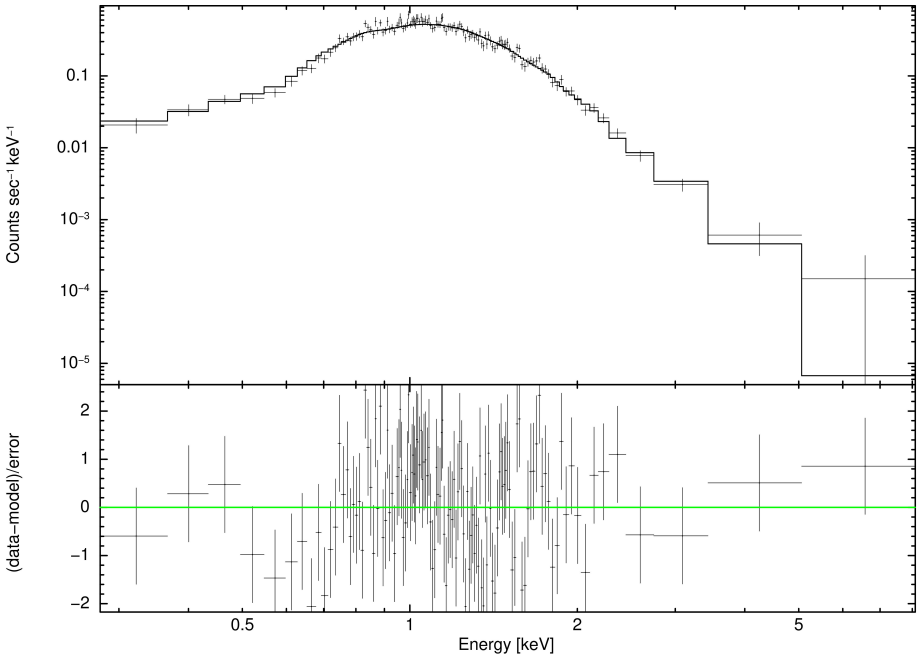
Şekil 4.28 : Üst panelde XTE J1810-197'nin Chandra uydusu ile elde edilmiş 13747 gözlem numaralı X-ışın enerji tayfı, model ve artıklar gösterilmiştir. Alt panelde kaynağın X-ışın tayfı akı biriminde çizilmiştir.

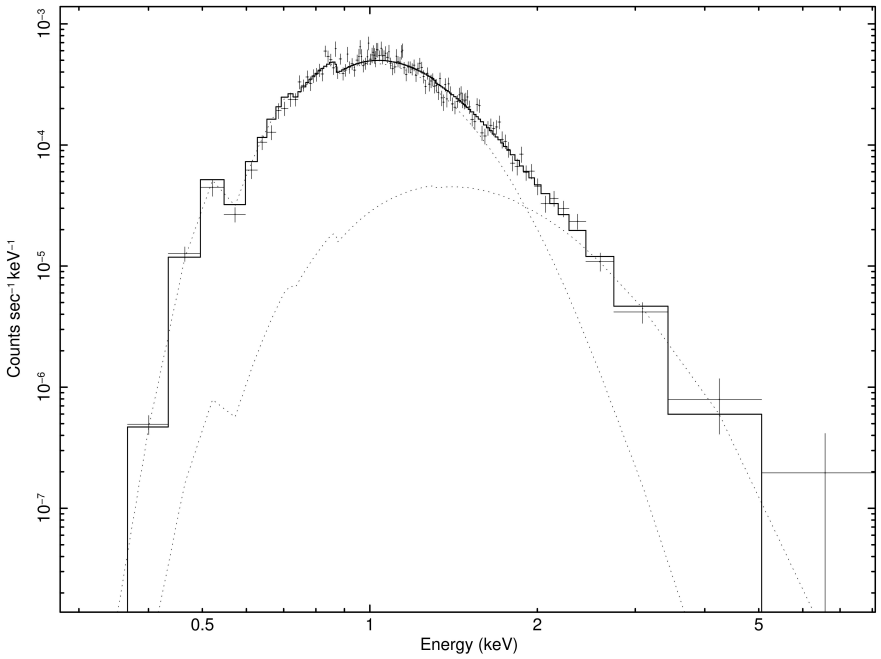


Şekil 4.29 : Üst panelde XTE J1810-197'nin XMM-Newton uydusu ile elde edilmiş 0691070301 gözlem numaralı X-ışın enerji tayfı, model ve artıklar gösterilmiştir. Alt panelde kaynağın X-ışın tayfı akı biriminde çizilmiştir.

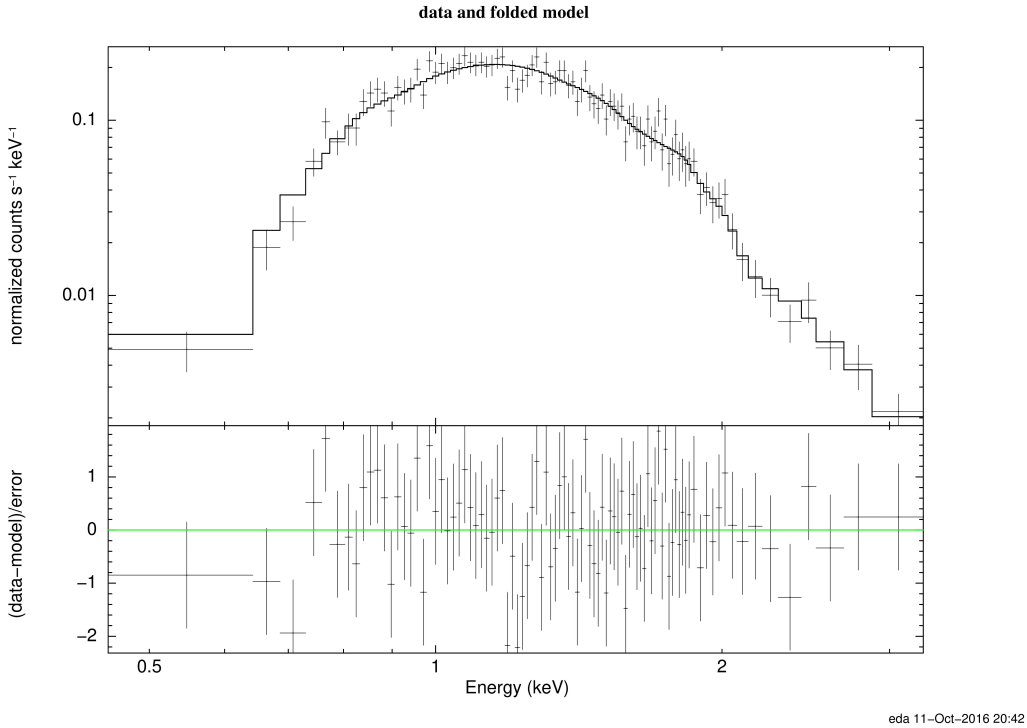


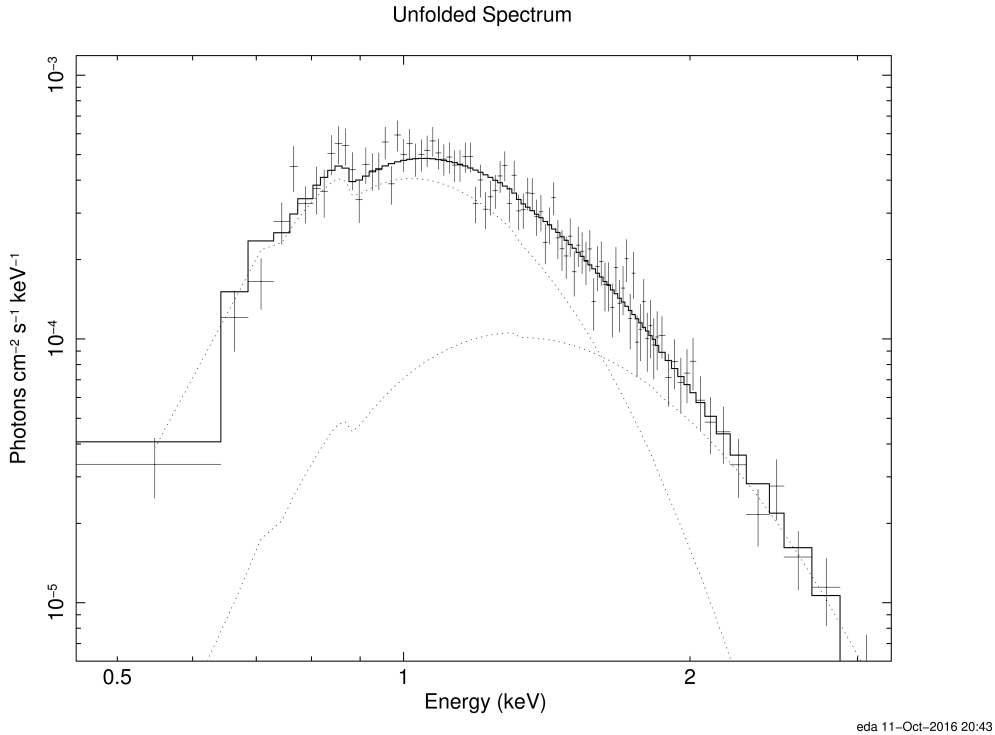
Şekil 4.30 : Üst panelde XTE J1810-197'nin XMM-Newton uydusu ile elde edilmiş 0691070401 gözlem numaralı X-ışın enerji tayfı, model ve artıklar gösterilmiştir. Alt panelde kaynağın X-ışın tayfı akı biriminde çizilmiştir.



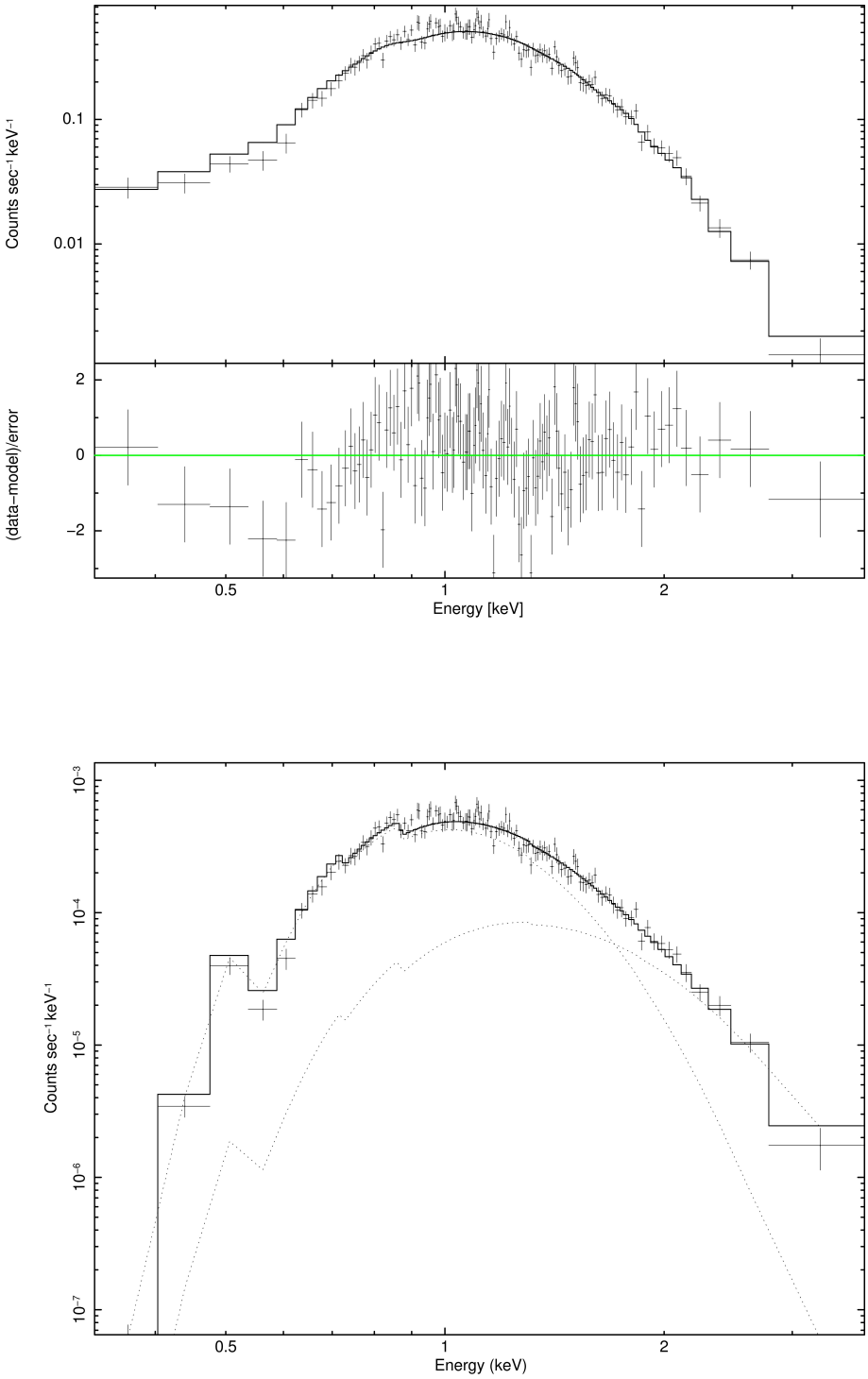


Şekil 4.31 : Üst panelde XTE J1810-197'nin XMM-Newton uydusu ile elde edilmiş 0720780201 gözlem numaralı X-ışın enerji tayfı, model ve artıklar gösterilmiştir. Alt panelde kaynağın X-ışın tayfı akı biriminde çizilmiştir.

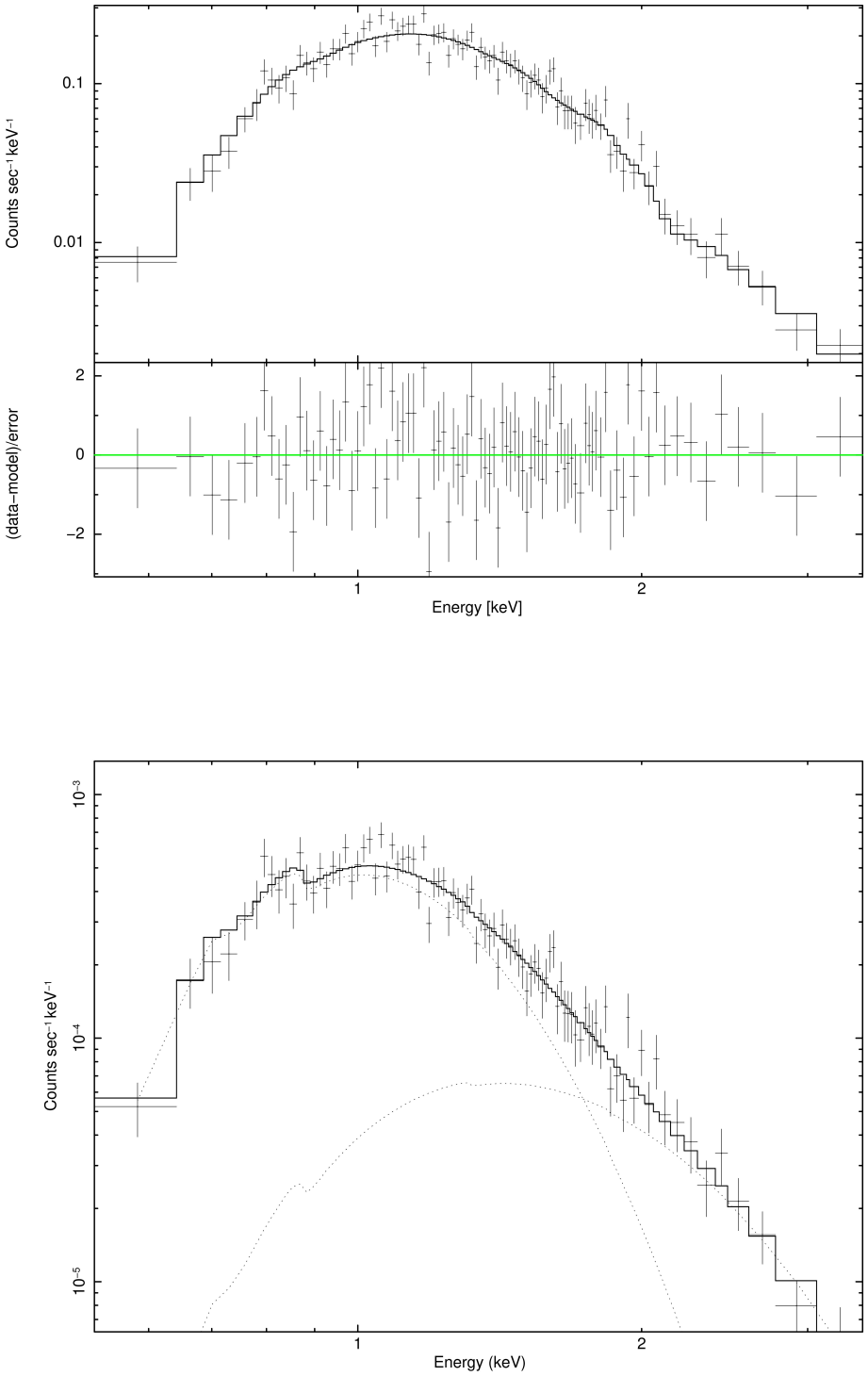




Şekil 4.32 : Üst panelde XTE J1810-197'nin Chandra uydusu ile elde edilmiş 15870 gözlem numaralı X-ışın enerji tayfı, model ve artıklar gösterilmiştir. Alt panelde kaynağın X-ışın tayfı akı biriminde çizilmiştir.



Şekil 4.33 : Üst panelde XTE J1810-197'nin XMM-Newton uydusu ile elde edilmiş 0720780301 gözlem numaralı X-ışın enerji tayfı, model ve artıklar gösterilmiştir. Alt panelde kaynağın X-ışın tayfı akı biriminde çizilmiştir.

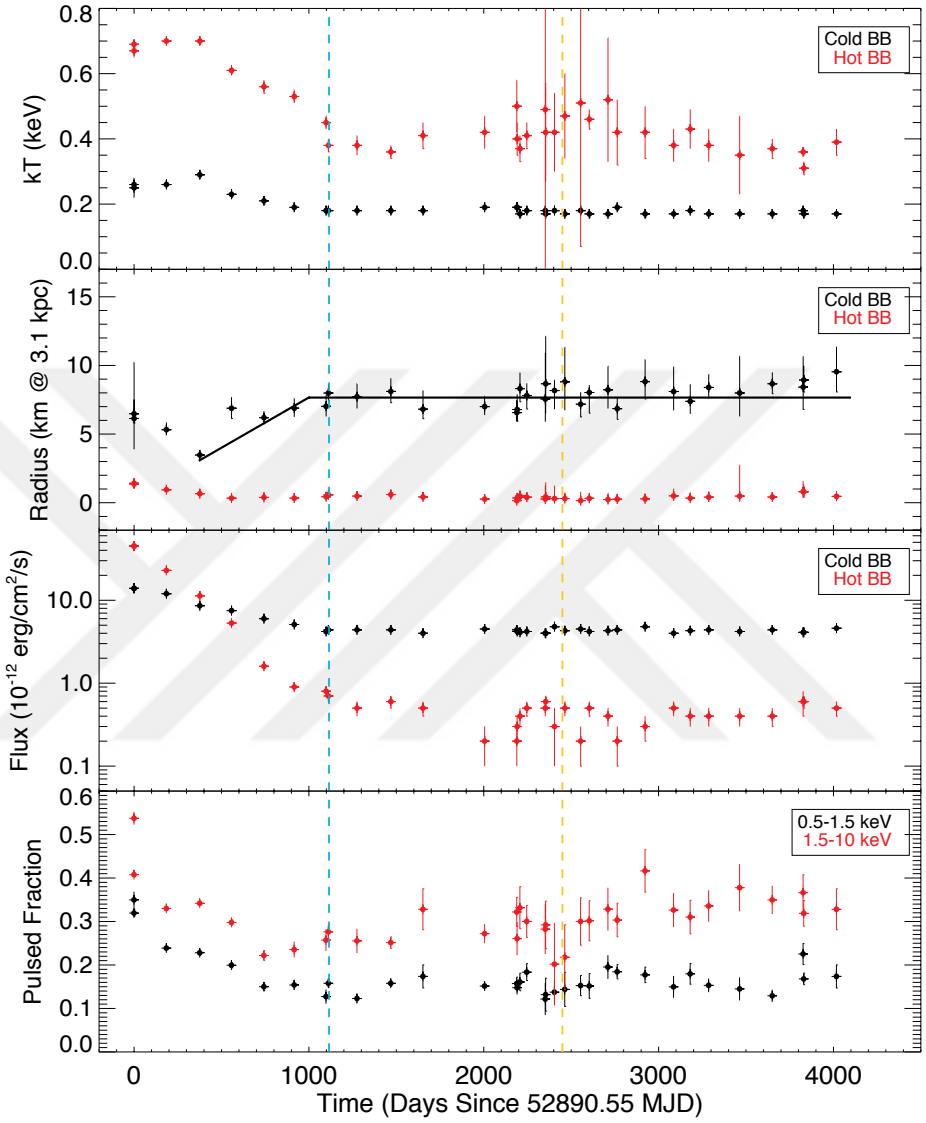


Şekil 4.34 : Üst panelde XTE J1810-197'nin Chandra uydusu ile elde edilmiş 15871 gözlem numaralı X-ışın enerji tayfı, model ve artıklar gösterilmiştir. Alt panelde kaynağın X-ışın tayfı akı biriminde çizilmiştir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

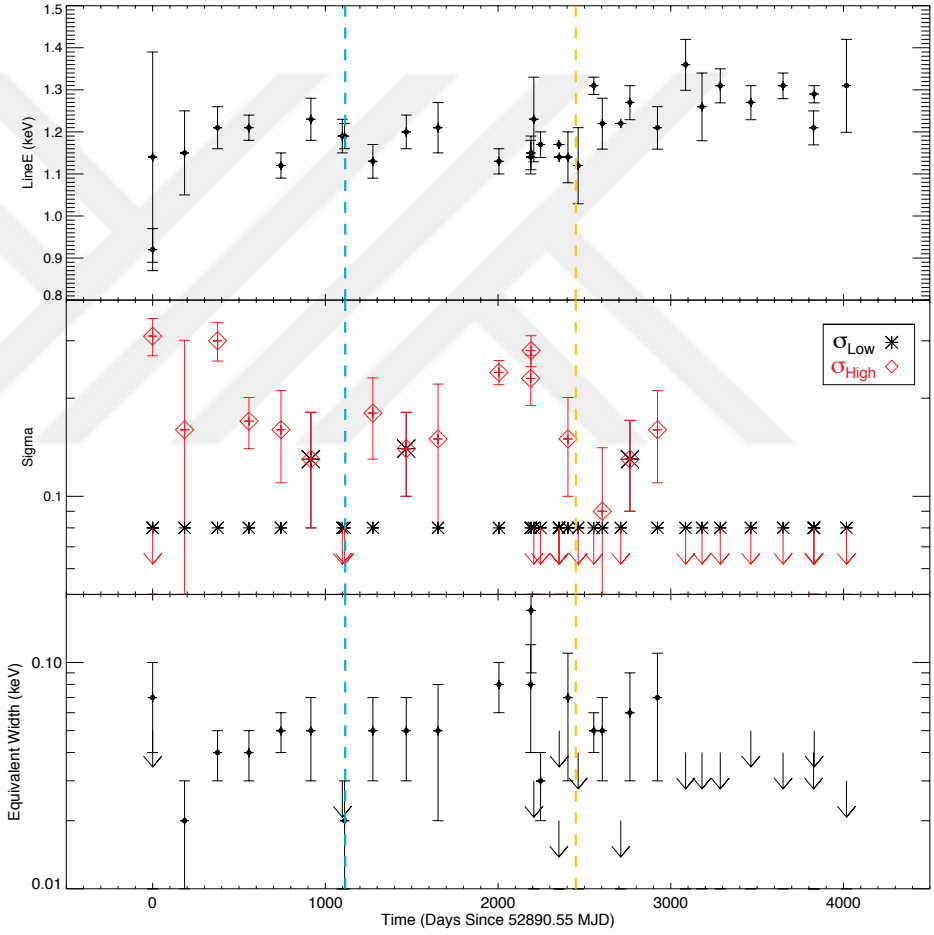
Bu tez çalışmasında XTE J1810-197 pulsarının son 12 yıl boyunca elde edilmiş X-ışın uydu verileri analiz edilmiş, kaynağın uzun dönemli tayfsal evrimi incelenmiştir. Tayfların modellenmesi ile kaynağın akı ve yüzey sıcaklığı evrimi ortaya konulmuştur. 2003 yılından günümüze kadar *Chandra* X-Işın Gözlemevi'ne ait 12, *XMM-Newton* Gözlemevi'ne ait 22 adet veri seti bulunmaktadır. Kaynağa ait son gözlem *Chandra* uydusundan 08/09/2015 tarihinde kullanıma açılmıştır. Bütün bu veri setleri homojen ve sistematik bir şekilde analiz edilmiş olup oluşturulan tayflara fiziksel ve istatistiksel açıdan en iyi uyan model fit edilerek, kaynağın termal bileşenleri tespit edilmiştir. Bu bileşenler belirlenirken, nötron yıldızından iki farklı enerji bölgesinde iki farklı yüzey ışınımı alınması göz önünde bulundurulmuştur. Yüksek enerjili ve görece daha küçük bölgeden gelen yüzey ışınımının, patlamanın meydana geldiği bölgeyi temsil ettiği düşünülmektedir. Daha düşük enerjide tezahür eden ve nispeten daha geniş bölgeden gelen yüzey ışınımının, nötron yıldızının kendisinden geldiği düşünülmektedir. Bu bağlamda tespit edilen iki farklı akı, iki ayrı karacisim modeli ile fit edilmiş termal bileşenlerdir.

İnceleme kapsamında kaynağın termal yüzey ışınımı iki karacisim bileşeni kullanarak analiz edilmiştir. Modele göre bileşenlerden soğuk olanı, kT_1 ~0,2 keV ile tüm nötron yıldızından gelen yüzey ışınımını, sıcak olan bileşen, kT_2 ise ~0,6 keV ile nötron yıldızı üzerindeki görece daha sıcak ve küçük olan bölgeyi temsil etmektedir. Soğuk bileşenin ışınım yaptığı bölgenin görünen yarıçapı, R_1 yaklaşık olarak 7 km'ye, sıcak olan bileşenin ışınım yaydığı bölgenin görünen yarıçapı, R_2 ise 0,2 km'ye karşılık gelmektedir. Yarıçap hesabı *Xspec*'teki karacisim ışınım modelinin formülasyonu kullanılarak yapılmıştır. Formül uzaklığa ve karacisim ışınım modelinin normalizasyon değerine bağlıdır. Uzaklığın değeri 3,1 ± 0,5 kpc (Durant ve van Kerkwijk, 2006) olarak alınmıştır. Yapılan analizler sonucunda sıcak noktanın yaydığı enerjinin 2003 yılından 2006 yılına kadar geçen üç yıllık zaman bir ölçeğinde azaldığı görülmektedir. 2006'dan bu yana kaynak stabil şekilde soğumaya devam etmektedir (Şekil 5.1).



Şekil 5.1 : Uzun dönemli tayfsal model parametreleri ve atım oranı. Üst panel: Soğuk ve sıcak karacisim bileşenlerinin sıcaklıklarının evrimi. İkinci panel: Her iki bileşen için emisyon yayan bölgenin görünen yarıçapındaki değişimler. Üçüncü panel: Her iki karacisim bileşeninin akı evrimi. En alt panel: Atım oranının 0.5−1.5 keV (siyah) ve 1.5-10 keV (kırmızı) enerji aralığındaki zamanla değişimi. Dikey kesikli mavi çizgi frekans değişim zamanını, kesikli sarı çizgi ise muhtemel anti-glitch zamanını göstermektedir (Pintore, 2016).

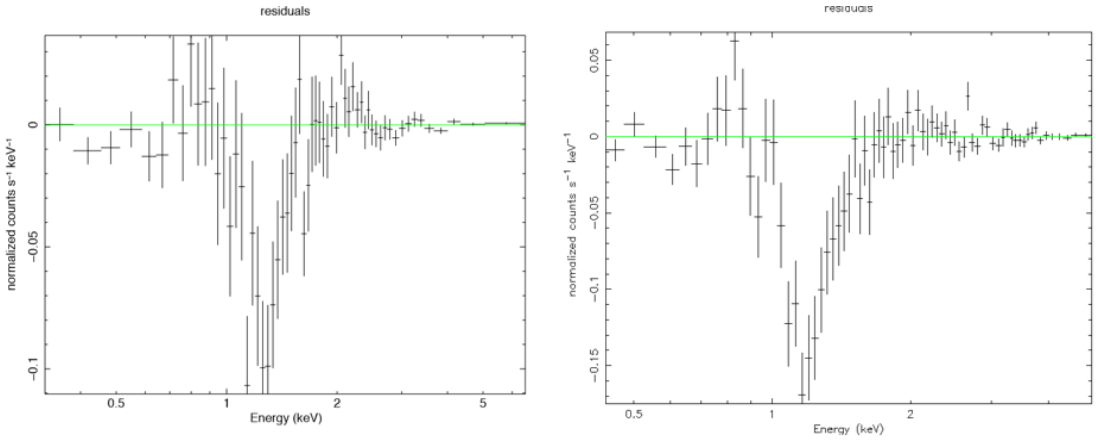
Daha önceki çalışmalarda kaynağın tayfında tespit edilen proton siklotron çizgisi bu kapsamlı tez çalışmasında da tespit edilmiştir. 34 gözlemden 19 tanesinde çizgi bileşeninin modele eklenmesinin istatistiksel olarak gerekli olduğu görülmüş, çizgi enerjisinin her bir gözlemde değiştiği belirlenmiştir. Buna ek olarak, siklotron çizgi yapısının her zaman simetrik olmadığı, bazı durumlarda asimetrik bir karakteristiğe sahip olduğu da görülmüştür (Şekil 5.2 ve 5.3). Asimetrik çizgi yapısı bu çalışma kapsamında tanımlanan asimetrik Gauss modeli ile fit edilmiştir. Model, çizginin düşük ve yüksek enerjideki genişliklerinin her zaman eşit olmadığını göstermektedir. Özel (2001, 2003) makalesine göre, vakum polarizasyonu bu tip asimetrik yapılara yol açabilmektedir. Tüm gözlemlerde tespit edilemeyen bu yapı önemli derecede değişimler sergilemektedir. Her bir gözlemin poz süresine bakılarak, çizgi yapısının değişkenliğinin, gözlemlere verilen poz süresiyle de alakası olmadığı görülmüştür (Tablo 4.2, Şekil 5.3). Soğurma çizgisi her iki uydu tarafından da tespit edildiğinden, çizginin bir gözlemden bir gözleme var olup kaybolmasının gözlemsel etkilerden kaynaklanmadığı görülmüştür. Çizginin bazı durumlarda gözlenip bazı durumlarda gözlenememesinin yarattığı bu değişkenlik optik derinlikle ilişkilendirilebilir (Lyutikov ve Gavriil 2006; Güver ve diğ., 2007; Fernández ve Thompson 2007). Daha önce yapılan çalışmalar göstermektedir ki, bir magnetarın atmosferinde oluşan proton siklotron çizgisi manyetosferdeki optik derinlikten etkilenebilir. Bu çalışmaya göre, manyetosferdeki optik derinlik büyüdükçe yani parçacık yoğunluğu arttıkça, gözlenen çizgi yapısı kaybolmaktadır. Parçacık yoğunluğuna bağlı olarak optik derinliğin azaldığı durumlarda ise çizgi yapısı belirgin şekilde görülmektedir.



Şekil 5.2 : İlk panel: Soğurma çizgi merkezinin uzun dönemli evrimi. İkinci panel: Asimetrik yapının sağ ve sol genişlikleri. Üçüncü panel: Soğurma çizgisinin eşdeğer genişlikleri. Aşağı yönü gösteren oklar değerler için üst limitleri göstermektedir.

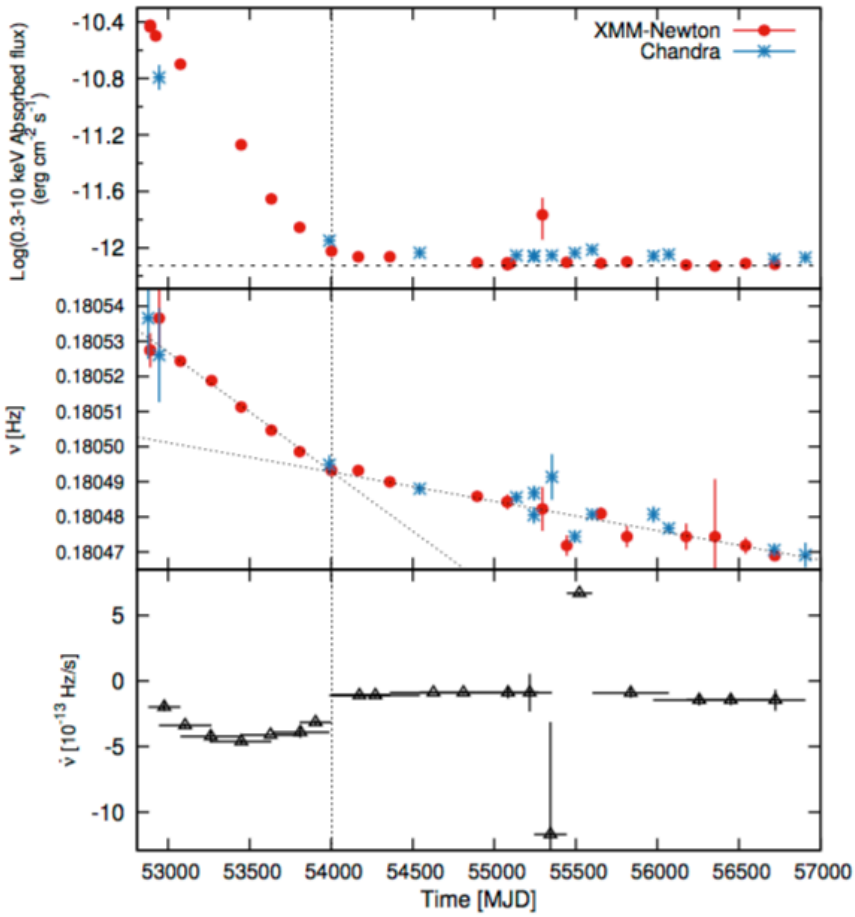
Analizlerde iki farklı emisyon bölgesi tanımlanmıştır: biri sıcak bölge ve diğeri ise daha geniş olan ve görece daha yavaş soğuyan nötron yıldızı yüzeyi. Sıcak nokta nötron yıldızının yüzey alanının yaklaşık %8'lik bir kısmını kaplamaktadır ve büyüklüğü sabit kalırken sıcaklığı hızlı bir şekilde azalmaktadır. Patlamanın açığa çıkardığı enerji birkaç yıllık bir zaman ölçeğinde nötron yıldızının yüzeyine yayılmaktadır. Patlamanın ilk 1000 gününe kadar karacisim sıcaklıkları önemli derecede değişim göstermektedir. Soğuk olan karacisim bileşeni, kT_1, patlama anında 0,26 keV'den başlayarak 0,29 keV değerine doğru marjinal bir artış göstermekte, sonraki 200 günde 0,19 keV'a düşmektedir. Devamında ise sabit bir eğilim sergilemektedir (Şekil 5.1). Sıcak olan karacisim bileşeninde de, kT_2 benzer bir durum söz konusudur. Patlama anında 0,69 keV olan kaynağın sıcaklığı 400 günde 0,70 keV'a ulaşmıştır. Sonraki 700 günde ise 0,5 keV'a düşmüştür ve bu değerde kalmıştır (Şekil 5.1). Soğuk olan karacisim bileşeninin yarıçapının, R_1, patlama anından itibaren 400 günde 6 km'den 3 km'ye azaldığı görülmektedir. Bir sonraki 400 günde yarıçap tekrar 7 km'ye çıkarak bu değerde sabit kalmıştır. Sıcak olan karacisim bileşeninin yarıçapının, R_2 ise patlamadan hemen sonra 0,26 km'den 0,20 km'ye düştüğü ve bu değerde sabit kaldığı görülmektedir (Şekil 5.1). Sıcaklık ve yarıçap parametrelerinin yanı sıra 0,5 ile 10 keV arasındaki absorbe edilmemiş akı hesaplanmıştır. Soğuk olan karacisim bileşeninin akısı, F_1 patlamanın erken evrelerinde hafif azalma göstermekte olup, yaklaşık olarak 4×10^{-12} erg cm^{-2} s^{-1} değerinde sabit kalmıştır. Sıcak olan karacisim bileşeninin akısı, F_2, ilk 1000 gün boyunca 5×10^{-11}'den 10^{-12} erg cm^{-2} s^{-1} değerine üstel bir azalma sergilemiştir. 1000 gün sonrasında 10^{-12} erg cm^{-2} s^{-1} civarında salınımlar gösterdiği görülmektedir. Neredeyse 10 yıllık bir zaman dilimi boyunca F_1'in F_2'ye oranının 4 kat olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 5.1).

İlk birkaç gözlem dışında, soğurma çizgisinin enerji aralığının 0,9 ile 1,4 keV arasında değiştiği görülmektedir (Şekil 5.2). Çizginin yapısı bazı gözlemlerde simetrik iken bazı gözlemlerde asimetrik bir yapı sergilemektedir (Şekil 5.2). Çizginin yüksek enerjideki yarı genişliğinde, σ_2 hatalar doğru bir şekilde hesaplanırken, düşük enerjideki yarı genişlik, σ_1 hatalarını hesaplamak kolay olmamıştır. σ_2 parametresi için bu değer 0,09±0,05 ve 0,31±0,04 arasında değişim göstermektedir. Soğurma çizgisine ait eşdeğer genişlikler de hesaplanarak Tablo 4.2 'de gösterilmiştir.



Şekil 5.3 : XMM-Newton uydusundan elde edilen 0301270301 ve 0301270401 numaralı gözlemlerin simetrik ve asimetrik çizgi yapısını gösteren örnek artıklar.

Pintore ve diğ. (2016)'nin yaptığı çalışmada XTE J1810-197 kaynağına ait dönme periyodunun evrimi gösterilmiştir. Çalışmaya göre 2010 (MJD 55400) yılında bir anti-glitch olduğu yorumlanmaktadır. 2006 (MJD 54000) yılı civarında ise bir frekans değişim zamanı tespit edildiği bildirilmektedir. Tespit edilen bu özel zamansal değişimler bu çalışmadaki bulgularla birleştirilmiştir. Anti-glitch yani ters sıçrama ve frekans değişim zamanları Şekil 5.1 ve Şekil 5.2'de işaretlenmiştir. Pintore ve diğ. (2016) tarafından gözlenen frekans değişimi bulgularının bu tez kapsamındaki sonuçlarla da tutarlı olduğu görülmektedir (Şekil 5.4). Öte yandan öngörülen anti-glitch zamanında kaynağın emisyonunda herhangi bir radyatif değişikliğe rastlanmamıştır. Bu durum 1E 1841-045 kaynağında gözlenen anti-glitch (Şaşmaz Muş ve diğ., 2014) ile de uyumludur.

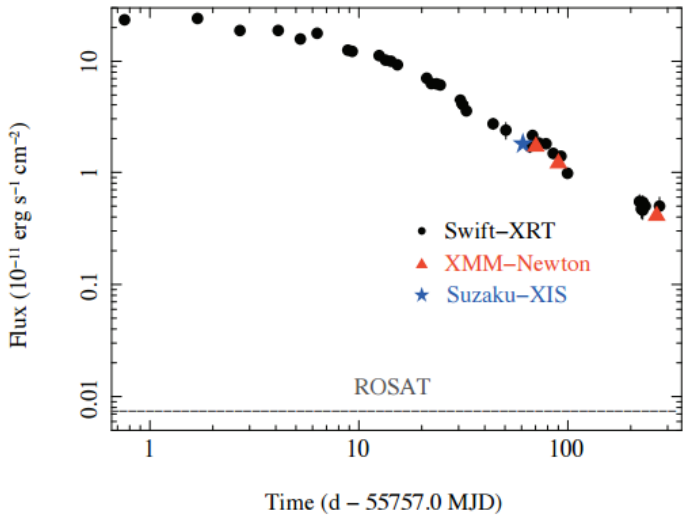


Şekil 5.4 : Pintore ve diğ.'nin (2016) yaptığı çalışmada gösterilen frekans değişim ve anti-glitch zamanları. İlk panel: Akı evrimi çizilmiştir. İkinci panel: Dönme frekansının evrimi gösterilmiştir. Üçüncü panel: Frekans türevlerinin ölçümleri gösterilmektedir.

Bu tezde XTE J1810-197 magnetarına dair sunulan kapsamlı çalışmanın yanı sıra literatürde benzer özellikler gösteren bazı kaynaklardan da aşağıda kısaca bahsedilmektedir.

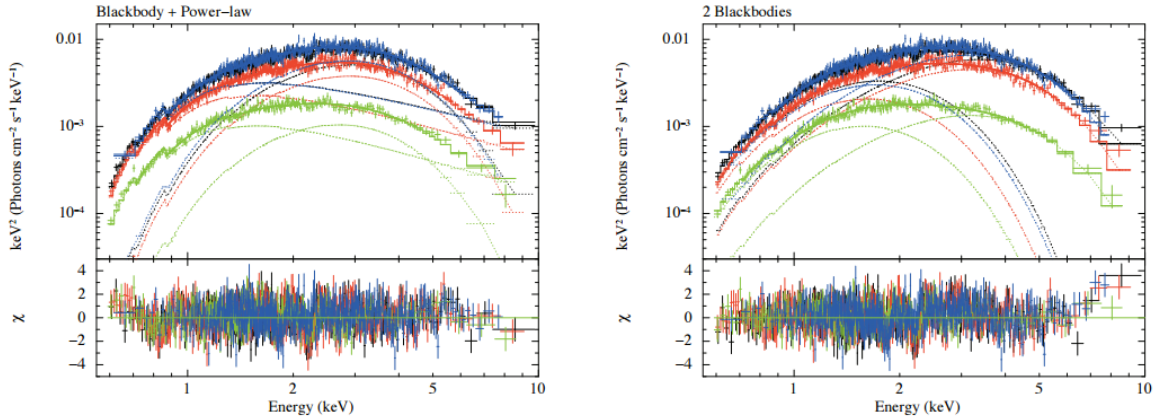
5.1. LİTERATÜRDEKİ DİĞER SÜREKSİZ KAYNAKLARA ÖRNEKLER

5.1.1. Swift J1822.3-1606



Şekil 5.5 : Swift J1822.3–1606 kaynağına ait 1-10 keV enerji aralığındaki akı evrimi (Rea ve diğ., 2012).

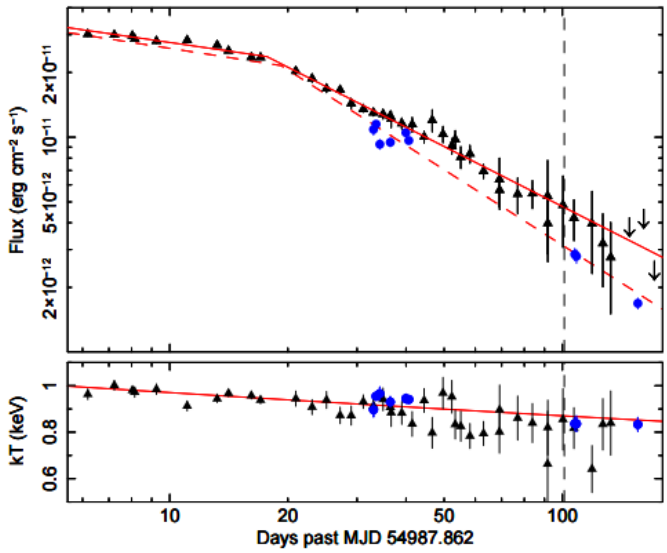
Geçici magnetarlar sınıfına ait bir örnek 14 Temmuz 2011'de *Swift BAT* (Burst Alert Telescope) uydusu ile keşfedilen J1822.3-1606 magnetarıdır. Periyodu 8,44 s, Periyot türevi $8{,}3\times10^{-14}$ ve manyetik alanı $2{,}7\times10^{13}$ G olmak üzere ikinci en düşük manyetik alanlı magnetar olarak literatüre girmiştir. Kaynaktan gelen akı bu zamana kadar güç kanunu ve karacisim modelleriyle fit edilmiştir (Şekil 5.5 ve 5.6). Castillo ve diğ. (2015) tarafından iki karacisim bileşeni ile modellenen Swift J1822.3–1606 geçici magnetar, XTE J1810-197 ile benzer bir evrim sergilemiş olup neredeyse sakin evresine geri döndüğü düşünülmektedir (Castillo ve diğ., 2015).



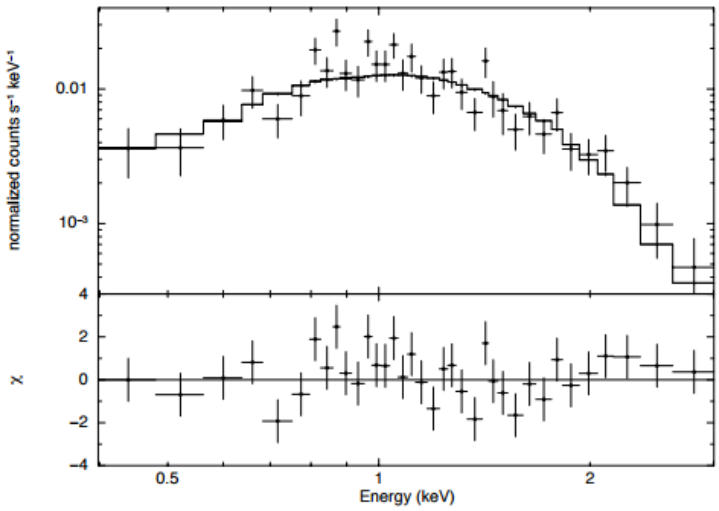
Şekil 5.6 : Swift J1822.3–1606 kaynağına ait XMM-Newton ve Suzaku tarafından elde edilen gözlemlerin karacisim ve güç kanunu modelleriyle fit edilmiş tayfları (Rea ve diğ., 2012).

5.1.2. SGR 0418+5729

5 Haziran 2009 yılında Rossi X-ray Timing Explorer (RXTE) uydusu tarafından keşfedilen ve en düşük manyetik alanlı magnetar olan kaynağın periyodu 9s, periyot türevi 4×10^{-15} s/s ve manyetik alanı $7{,}5\times10^{12}$G'tan küçüktür (van der Horst ve diğ., 2010; Esposito ve diğ., 2010; Rea ve diğ., 2013). Patlama gösterdikten sonra sürekli ışınım yapmaya devam eden magnetarın X-ışın emisyonu 160 günde 10 kat azalma göstermiştir (Esposito ve diğ., 2010). Tayfı bir karacisim modeli ile fit edilen SGR 0418+5729'un yüksek bir X-ışın akısına sahip olmasından ötürü sakin evreye girip girmediği hala tartışılmaktadır (Şekil 5.7 ve 5.8).



Şekil 5.7 : SGR 0418+5729 kaynağında gözlenen patlama sonrası X-ışın akısında görülen azalma (Esposito ve diğ., 2010).



Şekil 5.8 : SGR 0418+5729 magnetarına ait karacisim modeli ile fit edilen tayf (Guillot ve diğ., 2015).

XTE J1810-197, keşfedilen ilk geçici magnetar olmasıyla diğer geçici kaynaklar arasında en bilinen ve en çok çalışılmış kaynaklardan biridir. 2003 yılından bu yana XTE J1810-197'ye ek olarak patlama sonrasında yıllarca ışınım yapmayı sürdüren ve nihayetinde sakin evreye girdiği düşünülen veya tartışılan benzer kaynaklar mevcuttur. Geçici AXP'leri aynı grupta kategorize edebilmeyi sağlayan en önemli nokta, patlamanın maksimum olduğu anda kaynağın tespit edilişi, hızlı bir yükseliş ve ardından azalan bir akı olmasıdır. Bu bağlamda, XTE J1810-197, literatürde magnetar aktivitesi ile tanınan ve uzun dönemde geçici magnetar davranışının incelenmesine olanak sağlayan en önemli kaynaktır.

Tez kapsamında XTE J1810-197 anormal X-ışını pulsarının Chandra ve XMM-Newton uydularınca elde edilen gözlem verileri analiz edilerek iki karacisim ve asimetrik Gauss modelleri fit edilmiştir. Bu bağlamda sıcaklık, akı, görünen yarıçap ve soğurma çizgi parametreleri elde edilmiştir. Magnetarın uzun dönemli soğuması ve radyatif davranışı ortaya konulmuştur. Soğurma çizgisinin asimetrik bir yapıya sahip olduğunun gözlenmiş olmasıyla beraber bu durumun fiziki açıdan araştırılması ve nötron yıldızının patlama geçirdikten sonraki evrimsel sürecinin net bir şekilde anlaşılması, bir sonraki aşamada yapılacak olan en önemli hedeftir. Ayrıca, veriler Güver (2006) tarafından geliştirilen Surface Thermal Emission and Magnetospheric Scattering (*STEMS*) modeli ile fit edilerek soğurma çizgi yapısının anlaşılması üzerinde durulacaktır. Fakat bu tür analizlerin daha iyi incelenip yorumlanabilmesi için çok daha yüksek kalitede verilere ve uzun poz süreli gözlemlere ihtiyaç doğmaktadır. Bu amaçla kaynağa dair çeşitli uydulara gözlem projesinin verilmesi hedeflenmektedir.

Günümüzde AXP ve YGT'lerin sayıları sürekli olarak artmakta ve özellikle de yeni geçici AXP'ler keşfedilmektedir. Bu kaynakların soğuma zaman ölçeği ve soğuma karakteristikleri gibi patlamalardan sonra gözlenen tayfsal evrimlerine genel bir bakış, hem patlama mekanizmalarının anlaşılması hem de bu nötron yıldızlarının iç yapılarının anlaşılması açısından son derece önemlidir. Böylesi genel bir çalışmanın gerçekleştirilmesi, tezde elde edilen deneyim ve bilgi birikimi ile birlikte yine gelecek hedefler arasında yer almaktadır.

KAYNAKLAR

Aharonian, F., The crab nebula and pulsar between 500 GeV and 80 TeV: Observations with the HEGRA stereoscopic air Cerenkov telescopes, *The Astrophysical Journal*, 614, 897-913.

Alexander, T., 2013, Improved AGN light curve analysis with the z-transformed discrete correlation function, *arXiv*:1302.1508

Alford, J. A. J., 2016, Evolution of The X-Ray Properties of The Transient Magnetar XTE J1810–197, *The Astrophysical Journal*, 818, 122

Alpar, M. A., 2001, On Young Neutron Stars as Propellers and Accretors with Conventional Magnetic Fields, *The Astrophysical Journal*, 554, 1245-1254

Anderson, W., 1929, *Z. Phys*. 1, 851

Archibald, R. F., 2013, Anti-Glitch in the Magnetar 1E 2259+586, *AAS/High Energy Astrophysics Division*. p. 103.09

Arnaud, K. A., 1996, XSPEC: The First Ten Years, Jacoby G. H., Barnes J., Astronomical Society of the Pacific Conference Series Vol. 101, *Astronomical Data Analysis, Software and Systems*, V. p. 17

Backer, D., 1982, A millisecond pulsar, *Nature*, 300, 615

Beloborodov, A. M., 2009, Untwisting Magnetospheres of Neutron Stars, *The Astrophysical Journal*, 703, 1044

Bernardini F., et al., 2009, From outburst to quiescence: the decay of the transient AXP XTE J1810-197, *Astronomy ve Astrophysics*, 498, 195

Bernardini, F., 2011, Emission geometry, radiation pattern and magnetic topology of the magnetar XTE J1810-197 in its quiescent state, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 418, 638

Camilo, F., 2016, Radio disappearance of the magnetar XTE J1810-197 and continued X-ray timing, preprint, (*arXiv*:1603.02170)

Castillo, G. A., Israel, G. L., Tiengo, A., ve diğ., 2015, The Outburst Decay of the Low Magnetic Field Magnetar SWIFT J1822.3-1606: Phase-resolved Analysis and Evidence for a Variable Cyclotron Feature, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*

Duncan, R.C., Thompson, C., 1992, Formation of very strongly magnetized neutron stars - Implications for gamma-ray bursts, *The Astrophysical Journal*, 392, 9

Durant, M., Kerkwijk, V., 2006, Distances to Anomalous X-Ray Pulsars Using Red Clump Stars, *The Astrophysical Journal*, 650, 1070

Encylopedia Britannica, Inc., 2010

Esposito, P., Israel, G. L., Turolla, R., ve diğ., 2010, Early X-ray and optical observations of the soft gamma-ray repeater SGR0418+5729, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society,* 405, 1787-1795

Fernandez, R., Thompson, C., 2007, Resonant Cyclotron Scattering in Three Dimensions and the Quiescent Non-thermal X-ray Emission of Magnetars, *The Astrophysical Journal*, 660, 615

Fossati, G., 2008, Multiwavelength observations of Markarian 421 in 2001 March: an unprecedented view on the X-Ray/TeV correlated variability, The *Astrophysical Journal*, 677, 906-925.

Gotthelf, E. V., Halpern, J.P., 2005, The Spectral Evolution of Transient Anomalous X-Ray Pulsar XTE J1810-197, *The Astrophysical Journal*, 632, 1075-1085

Gotthelf, E. V., Halpern, J.P., 2007, The anatomy of a magnetar: XMM monitoring of the transient anomalous X-ray pulsar XTE J1810-197, *Astrophysics and Space Science,* 308, 79

Guillot, S., Perna, R., Rea, N., ve diğ., 2015, Modelling of the surface emission of the low magnetic field magnetar SGR 0418+5729, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 452

Güver, T., Özel, F., Göğüş, E., 2007, The Magnetar Nature and the Outburst Mechanism of a Transient Anomalous X-Ray Pulsar. *The Astrophysical Journal*, 667:L73

Güver, T., 2008, *Magnetarların X-ışın Spektrumları: Modeller ve Uygulamalar,* Doktora, İstanbul Üniversitesi

Halpern, J. P.; Gotthelf, E. V.; Becker, R. H.; Helfand, D. J.; White, R. L. 2005, *The Astrophysical Journal*, 632, L29

Ho, C. G., 2001, Atmospheres and Spectra of Strongly Magnetized Neutron Stars, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society,* 327:1081,2001

İbrahim, A.I., Markwardt, C.B., Swank, J.H., ve diğ., 2004, Discovery of a Transient Magnetar: XTE J1810–197, *The Astrophysical Journal*, 609, L21

Kaspi, V. M., 2007, Recent progress on anomalous X-ray pulsars, *ApveSS*, 308, 1

Kendall, M. G., 1969, *The advanced Theory of statistics*, 3rd ed., vol. I, Griffin, London.

Longair, M. S., 1994, *High energy astrophysics, Volume 2*. Cambridge University Press, p.99.

Lorimer, D. R., Lyne, A. G., Camilo, F., 1998, A search for pulsars in supernova remnants, *Astronomy ve Astrophysics,* 331, 1002, 1010

Lorimer, D., Kramer, M., 2005, *Handbook of Pulsar Astronomy,* Cambridge University Press, ISBN: 0 521 82823 6 hardback

Lumb, D. H., Schartel, N., Jansen, F. A., 2012, XMM-Newton (X-Ray Mulit-Mirror Mission) Observatory, *ArXiv e-prints*

Lyutikov, M., 2003, Explosive reconnection in magnetars, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society,* 346, 540-554

Lyutikov, M., Gavriil, F. P., 2006, Resonant cyclotron scattering and Comptonization in neutron star magnetospheres, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society,*368, 690-706

Lyne, A., Graham-Smith, F., 2005, *Pulsar Astronomy,* Cambridge University Press, ISBN-13 978-0-521-83954-9 hardback

Lyutikov, M., 2006, Resonant cyclotron scattering and Comptonization in neutron star magnetospheres, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 368, 690

Melrose, D. B., 1977, The polarization tensor for a magnetized vacuum, *J. Phys. A: Math. Gen*., Vol. 10, No. 7

Mereghetti, S., 2008, The strongest cosmic magnets: soft gamma-ray repeaters and anomalous X-ray pulsars, *The Astronomy and Astrophysics Review*, 15:225-287

Olausen, S. A., Kaspi, V. M., 2014, VizieR Online Data Catalog: The McGill magnetar catalog, *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 212, 6

Özel, F., 2001, Surface Emission Properties of Strongly Magnetic Neutron Stars, *The Astrophysical Journal*, 563, 276

Özel, F., 2003, The Effect of Vacuum Polarization and Proton Cyclotron Resonances on Photon Propagation in Strongly Magnetized Plasmas, *The Astrophysical Journal*, 583, 402

Özel, F. 2013, Surface emission from neutron stars and implications for the physics of their interiors, *Reports on Progress in Physics,* Volume 76, Issue 1, id. 016901

Pacini, F., 1968, *Nature*, 219, 145

Paulo, C. C. Freire, 2007, Pulsars in globular clusters, Arecibo Observatory

Pintore, F., Bernardini, F., Mereghetti, S., ve diğ., 2016, The variable spin-down rate of the transient magnetar XTE J1810-197, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*

Pogge, R., 2006, *Astronomy 162: Introduction to Stars, Galaxies, ve the Universe*, http://www.astronomy.ohio-state.edu/~pogge/Ast162/Unit3/extreme.html, [Ziyaret tarihi: 4 Ağustos 2016].

Rea, N., 2011, Magnetar outbursts: an observational review, *ArXiv* e-prints, p. 247

Rea, N., Israel, G.L., Esposito, P., ve diğ., 2012, A New Low Magnetic Field Magnetar: The 2011 Outburst of Swift J1822.3-1606, *The Astrophysical Journal*, 754,27

Rea, N., 2013, The Outburst Decay of the Low Magnetic Field Magnetar SGR 0418+5729, *The Astrophysical Journal*, 770, 65

Thompson, C., Duncan, R. C., 1996, The Soft Gamma Repeaters as Very Strongly Magnetized Neutron Stars. II. Quiescent Neutrino, X-Ray, and Alfven Wave Emission, *The Astrophysical Journal*, 473, 322

Şaşmaz, Muş., Berk, A., Göğüş, E., 2014, A glitch and an anti-glitch in the anomalous X-ray pulsar 1E 1841-045*, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 440, 2916

van der Horst, A., 2010, Discovery of a New Soft Gamma Repeater: SGR J0418 + 5729, *The Astrophysical Journal*, 711, L1-L6

Zane, S., Turolla, R., Stella, L., Treves, A., 2001, Proton Cyclotron Features in Thermal Spectra of Ultra-magnetized Neutron Stars, *The Astrophysical Journal*, 560:384-389

Wilms, J., 2000, On the Absorption of X-Rays in the Interstellar Medium, *The Astrophysical Journal*, 542, 914

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Eda Vurgun
Doğum Yeri	Şişli, İstanbul
Doğum Tarihi	05.06.1992
Uyruğu	☑ T.C. ❒ Diğer:
Telefon	0534 967 26 92
E-Posta Adresi	eda.vurgun@ogr.iu.edu.tr



Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Fakülte	Fen Fakültesi
Bölümü	Astronomi ve Uzay Bilimleri
Mezuniyet Yılı	2014

Yüksek Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Astronomi ve Uzay Bilimleri
Programı	Astronomi ve Uzay Bilimleri
Mezuniyet Tarihi	2016

Makale ve Bildiriler
X-ray bounds on the r-mode amplitude in millisecond pulsars, Schwenzer, K.; Boztepe, T.; Güver, T.; Vurgun, E., 2016, (Yayın aşamasında)
Long-Term Spectral and Temporal Evolution of XTE J1810−197, Vurgun, E.; Chakraborty, M.; Güver, T.; Göğüş, E., 2016, (MNRAS'a kabul edildi)
E. 'Long-Term Spectral Evolution of Anomalous X-ray Pulsar: XTE J1810-197' NewCompStar School - "Neutron stars: gravitational physics theory and observations", Lizbon, Portekiz, 2016
Vurgun, E. 'Long-Term Spectral Evolution of Anomalous X-ray Pulsar: XTE J1810-197' Doctoral Training Program, ECT*, Trento, Italy, 2016
Vurgun, E. 'X-ray Properties of Millisecond Pulsars' NewCompstar School, Bükreş Üniversitesi, Romanya, 2015
Vurgun, E. 'Milisaniye Pulsarlarının X-ışını Özellikleri' UAK Konferansı; ODTÜ, Ankara, Türkiye, Şubat 2015