



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**MAGNETARLARIN X-IŞIN SPEKTRUMLARI :
MODELLER VE UYGULAMALAR**

Tolga GÜVER

Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı

Astronomi ve Uzay Bilimleri Programı

Danışmanlar

Prof. Dr. M. Türker Özkan

Prof. Dr. Feryal Özel

Ocak, 2008

İSTANBUL



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**MAGNETARLARIN X-IŞIN SPEKTRUMLARI :
MODELLER VE UYGULAMALAR**

Tolga GÜVER

Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı

Astronomi ve Uzay Bilimleri Programı

Danışmanlar

Prof. Dr. M. Türker Özkan

Prof. Dr. Feryal Özel

Ocak, 2008

İSTANBUL

Bu çalışma 04/01/2008 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı Astronomi ve Uzay Bilimleri programında Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Prof. Dr. M. Türker Özkan (Danışman)
İstanbul Üniversitesi
Fen Fakültesi

Prof. Dr. M. Ali Alpar
Sabancı Üniversitesi
Mühendislik ve Dođa
Bilimleri Fakültesi

Doç. Dr. A. Talat Saygaç
İstanbul Üniversitesi
Fen Fakültesi

Doç. Dr. Ersin Göğüş
Sabancı Üniversitesi
Mühendislik ve Dođa
Bilimleri Fakültesi

Doç. Dr. Tansel Ak
İstanbul Üniversitesi
Fen Fakülte

Bu alışma İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliđinin T-933/06102006 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

ÖNSÖZ

2004’de bir çalıştayda tanıştığımız Prof. Dr. Feryal Özel ile kısa bir çalışma olarak başlayan fakat sonra benim doktora tez konuma dönüşen bu araştırmada, evrendeki en yüksek manyetik alan şiddetlerine sahip nötron yıldızlarının, ‘*Magnetarların*’, günümüz X-ışın uydularınca elde edilmiş, X-ışın spektrumları fiziksel varsayımlar ile geliştirilen ‘*Yüzey Isısal Işınım ve Manyetosferik Saçılma*’ modeli kapsamında incelenmiştir.

Tez süresince ve tüm lisansüstü eğitimim boyunca danışmanım olarak beni her konuda destekleyen, önerileriyle bu uzun süreci daha iyi geçirmemi sağlayan değerli hocam Prof. Dr. M. Türker Özkan’a içten teşekkürlerimi sunarım.

Tez konumun belirlenmesinden, çalışmaların yürütülmesine ve tez savunmasına kadar, çoğunlukla benden binlerce kilometre uzakta olmasına rağmen hep yanımda olan tez ikinci danışmanım Prof. Dr. Feryal Özel’e desteklerinden ötürü çok teşekkür ederim. Feryal hanım’la birlikte çalışıyor olmak benim için hem büyük bir onur hem de çok büyük bir keyif olmuştur.

Tez izleme komitesi üyelerim sayın Prof. Dr. M. Ali Alpar, Prof. Dr. Adnan Ökten ve Doç. Dr. A. Talat Saygıç’a tezimin gelişimi boyunca verdikleri değerli öneriler için teşekkür ederim.

Özellikle birlikte Amsterdam Üniversitesi’ne gerçekleştirdiğimiz ziyaret sırasında geceleri geç saatlere kadar benimle tez danışmanım gibi ilgilenen, sorularıma cevap veren Doç. Dr. Ersin Göğüş’e içten teşekkürlerimi sunarım.

Yaklaşık 10 yıldır öğrenim gördüğüm İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü’ne ve bana emeği geçen tüm hocalarıma teşekkür ederim.

2001 yılından beri sayısız toplantı, çalıştay gibi bilimsel aktiviteler düzenleyerek benim nötron yıldızları konusunda ufkumu açan Sabancı Üniversitesi Astrofizik ve Uzay Forumu’na ve üyelerine, ayrıca AB 6. Çerçeve Programı’nca desteklenen “Astrophysics of Neutron Stars” projesine teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak, ama en fazla, her zaman yanımda olup beni destekleyen sevgili eşim Funda’ya ve aileme içten teşekkürlerimi sunarım. Onların bu desteği olmasaydı, bu tez çalışması hiç bitmeyebileceği gibi hiç başlayamazdı da.

Ocak, 2008

Tolga GÜVER

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİL LİSTESİ.....	iv
TABLO LİSTESİ	v
ÖZET	vi
SUMMARY	vii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL KISIMLAR.....	5
2.1.MAGNETARLAR	5
2.1.1.Yumuşak Gama-Işın Yineleyicileri	7
2.1.1.1.Yumuşak Gama-Işın Yineleyicilerinden Gözlenen Patlamalar .	10
2.1.1.2. Yumuşak Gama-Işın Yineleyicilerinin Spektrel Özellikleri	13
2.1.2. Anormal X-Işın Pulsarları.....	14
2.1.2.1. Zamansal Özellikleri.....	16
2.1.2.2. X-Işın Spektrumları.....	18
3. MALZEME VE YÖNTEM	20
3.1. VERİLERİ KULLANILAN UYDULAR.....	20
3.1.1. XMM-Newton Uydusu.....	20
3.1.2. Chandra X-Işın Gözlemevi.....	22
3.2.VERİLERİN KALİBRASYONU VE TAYFLARIN İNDİRGENMESİ ...	23
3.2.1. XMM-Newton Verileri.....	23
3.2.2. Chandra X-Işın Uydusu Verileri	25
3.3. KULLANILAN GÖZLEM VERİLERİ.....	26
3.4. YÜZEY ISISAL IŞINIM VE MANYETOSFERİK SAÇILMA MODELİ	28
3.4.1. Yüksek Manyetik Alanlı Nötron Yıldızlarının Yüzey Işınımları	30
3.4.2. Manyetosferik Saçılma	33

3.4.3. Manyetosferik Saçılmanın Yüzey Işınımına Etkileri.....	35
3.4.4. XSPEC Tablo Modelinin Oluşturulması	38
3.4.5. Işınım Yapan Yarıçapın Hesabı.....	40
4.BULGULAR	42
4.1. ANORMAL X-IŞIN PULSARLARI	42
4.1.1. 4U 0142+61.....	42
4.1.2. XTE J1810-197	46
4.1.3. 1RXS J170849.0-400910	50
4.1.4. 1E 1048.1-5937.....	54
4.1.5. 1E 2259+586.....	56
4.1.6. 1E 1841-045.....	58
4.2. YUMUŞAK GAMA-IŞIN YİNELEYİCİLERİ.....	60
4.2.1. SGR 0526-66	60
4.2.2. SGR 1900+14	63
4.2.3. SGR 1806-20	64
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	66
5.1 MAGNETARLARIN ZAMANSAL DEĞİŞİMLERİ.....	66
5.1.1. 4U 0142+61.....	66
5.1.2. XTE J1810-197	67
5.1.3. 1RXS J1708.0-400910	69
5.1.4. 1E 1048.1-5937.....	70
5.1.5. 1E 2258+586.....	74
5.1.6. SGR 1900+14	76
5.2. KAYNAKLARIN GENEL ÖZELLİKLERİ.....	78
KAYNAKLAR	86
ÖZGEÇMİŞ.....	101

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1	: Nötron yıldızlarının periyot ve periyotlarının türevlerinin grafiği.....	3
Şekil 2.1	: SGR 1900+14'den gözlenen dev patlamanın ışık eğrisi	11
Şekil 2.2	: SGR 1806-20'den gözlenen dev patlamanın ışık eğrisi	11
Şekil 2.3	: Seçilmiş bazı kısa patlamalara ait ışık eğrileri.....	12
Şekil 2.4	: 1E 2259+586'dan gözlenen atım profili değişimleri	18
Şekil 3.1	: XMM-Newton uydusunun şematik bir gösterimi	20
Şekil 3.2	: Chandra uydusunun şematik bir görünümü	22
Şekil 3.3	: DS9 programı ekran görüntüsü.....	25
Şekil 3.4	: Çeşitli metal bollukları ve yüzey sıcaklıkları için nötron yıldızı atmosfer modelleri	29
Şekil 3.5	: Bir karacisim eğrisinin artan optik derinlik ile değişimi	35
Şekil 3.6	: 10^{14} Gauss yüzey manyetik alan şiddetine ve 0.3 keV yüzey sıcaklığına sahip bir magnetar'ın farklı manyetosferik optik derinliklere göre hesaplanmış X-ışın spektrumu. Alt panelde ise proton-siklotron çizgisinin optik derinliğin bir fonksiyonu olarak değişimi farklı elektron hızlarına göre çizilmiştir.....	37
Şekil 4.1	: 4U 0142+61 yıldızının tek tek gözlemlerden elde edilen X-ışın spektrumları ve model	43
Şekil 4.2	: 4U 0142+61'nin XMM-Newton uydusu ile elde edilmiş X-ışın spektrumları.....	44
Şekil 4.3	: 4U 0142+61 için eş zamanlı fit sonuçlarından itibaren çizdirilen güvenilirlik eğrileri.....	46
Şekil 4.4	: XTE J1810-197'nin tüm XMM-Newton uydusu gözlemleri	47
Şekil 4.5	: XTE J1810-197'nin analiz edilen tüm gözlemleri ve model.....	49
Şekil 4.6	: 1708 kaynağına ait X-ışın spektrumları ve model.....	52
Şekil 4.7	: Bazı parametreleri için elde edilen güvenilirlik eğrileri	53
Şekil 4.8	: 1E 1048.1-5937 kaynağına ait tüm gözlemler ve model	55
Şekil 4.9	: 1E 2259+586 yıldızının X-ışın spektrumları ve YIIMS modeli	57
Şekil 4.10	: Kes 73 süpernova kalıntısının X-ışın görüntüsü.....	58
Şekil 4.11	: 1E 1841-045 kaynağına ait X-ışın spektrumu	60
Şekil 4.12	: N49 süpernova kalıntısının X-ışın görüntüsü	61
Şekil 4.13	: SGR 0526-66'ya ait X-ışın spektrumları ve model	62
Şekil 4.14	: SGR 0526-66 için çeşitli parametreleri ait güvenilirlik eğrileri.....	63
Şekil 4.15	: SGR 1900+14'e ait X-ışın spektrumları	64
Şekil 4.16	: SGR 1806-20'ye ait X-ışın spektrumu	65
Şekil 5.1	: XTE J1810-197'ye ait tüm gözlemlerden elde edilen güvenilirlik eğrileri	68
Şekil 5.2	: 1RXS 1708'in çeşitli parametreler için güvenilirlik eğrileri.....	70
Şekil 5.3	: 1E 1048.1-5937 kaynağının parametrelerinin zamanla değişimi.....	73
Şekil 5.4	: 1E 2259+586 kaynağının parametrelerini zamanla değişimi.....	75
Şekil 5.5	: SGR 1900+14 kaynağının parametrelerini zamanla değişimi	77
Şekil 5.6	: Manyetik alan şiddeti ve yüzey sıcaklığının yaş ile değişimi	80
Şekil 5.7	: Yarıçap ile manyetik alan ve yüzey sıcaklığının değişimi.....	81
Şekil 5.8	: Yüzey sıcaklığı ile yüzey manyetik alan şiddetinin karşılaştırması	82
Şekil 5.9	: Yüzey sıcaklığı ve karacisim sıcaklığı ve manyetik alan şiddetleri karşılaştırması	82

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1	: YGY'lerin bazı gözlemsel özellikleri.....	9
Tablo 2.2	: AXP'lerin bazı gözlemsel özellikleri.....	15
Tablo 3.1	: AXP'lere ait tezde kullanılan uydu verileri	27
Tablo 3.2	: YGY'lere ait tezde kullanılan uydu verileri.....	28
Tablo 3.3	: Siklotron çizgilerinin eş değer genişlikleri	37
Tablo 4.1	: YIIMS modelinin fit sonuçları.....	44
Tablo 4.2	: XTE J1810-197'nin gözlemlerine YIIMS modelinin fit sonuçları.....	47
Tablo 4.3	: 1708 yıldızına ait YIIMS modeli sonuçları	51
Tablo 4.4	: 1E 1048.1-5937 yıldızına ait YIIMS modeli sonuçları.....	56
Tablo 4.5	: 1E 2259+586 yıldızına ait YIIMS modeli sonuçları.....	57
Tablo 4.6	: 1E 1841-045 yıldızına ait YIIMS modeli sonuçları.....	59
Tablo 4.7	: SGR 0526-66 yıldızına ait YIIMS modeli sonuçları	62
Tablo 4.8	: SGR 1900+14 yıldızına ait YIIMS modeli sonuçları	64
Tablo 5.1	: Kaynakların karşılaştırılmalarında kullanılan parametreler.....	79

ÖZET

MAGNETARLARIN X-IŞIN SPEKTRUMLARI: MODELLER VE UYGULAMALAR

Anormal X-ışın Pulsarları (AXP) ve Yumuşak Gama-ışın Yineleyicileri (YGY), gösterdikleri yüksek enerjili patlamalar, nispeten yavaş dönmeleri ve dönmelerindeki hızlı yavaşlama sebebiyle, evrendeki en yüksek manyetik alan şiddetlerini (10^{14-15} Gauss) barındırdıkları düşünülen genç ve izole nötron yıldızlarıdır. Ancak bugüne kadar kaynakların yüzey manyetik alan şiddetleri direkt olarak ölçülemediği.

Yüksek yüzey manyetik alan şiddetinin, nötron yıldızlarının hem yüzey ışınımını hem de manyetosferinin yapısını önemli ölçüde etkilemesi ve kaynakların X-ışın spektrumlarında, manyetik alanın ihmal edilmesi durumuna göre belirgin farklara yol açması beklenmektedir. Yüksek manyetik alanın, gerek yüzey ışınımına ve gerekse bu yıldızların manyetosferlerine etkisi ayrı ayrı çalışılmalarına rağmen, iki etki birlikte daha önce çalışılmamış ve bu nötron yıldızlarının X-ışın spektrumları fiziksel modeller kapsamında incelenmemiştir.

Bu tezde, kaynakların X-ışın spektrumlarının fiziksel modeller çerçevesinde açıklanabilmesi ve fiziksel parametrelerinin belirlenebilmesi amacıyla, Özel (2001, 2003) ve Lyutikov ve Gavriil (2006) tarafından sunulan iki ayrı model temel alınarak *Yüzey Isısal Işınım ve Manyetosferik Saçılma (YIIMS)* modeli geliştirilmiştir. Bu model kullanılarak, *magnetar*'lar olarak da adlandırılan yüksek manyetik alanlı 9 nötron yıldızının farklı zamanlarda ve farklı gözlem uyduları ile alınmış 54 X-ışın spektrumuna uygulanmış ve kaynakların yüzey manyetik alan şiddetleri, yüzey sıcaklıkları ve manyetosferlerindeki optik derinlik ile manyetosferlerindeki yüklü parçacıkların hızlarının bulunmasını sağlamıştır. Bu bilgiler ışığında kaynakların doğaları anlaşılmasına çalışılmıştır. Buna ek olarak kaynakların arşivlerdeki tüm gözlemleri analiz edilerek model parametrelerinin her bir kaynak için zamansal değişimleri de incelenmiştir.

Sonuç olarak, geliştirilen YIIMS modeli, günümüz X-ışın uyduları (Chandra ve XMM-Newton) arşivlerindeki tüm magnetar gözlemlerine uygulanmış ve modelin kaynakların X-ışın spektrumlarını başarıyla açıklayabildiği görülmüştür. Elde edilen sonuçlar, kaynakların yüzey manyetik alan şiddetlerinin teori ile öngörüldüğü gibi, $\sim 2 - 6 \times 10^{14}$ Gauss mertebesinde olduğunu göstermiştir.

SUMMARY

X-RAY SPECTRA OF MAGNETARS : MODELS AND APPLICATIONS

Anomalous X-ray Pulsars (AXP) and Soft Gamma Repeaters (SGR) are young and isolated neutron stars that are believed to harbour the strongest magnetic fields (10^{14-15} Gauss) in the universe, as indicated by their energetic bursts, relatively slow spin and their rapid spindowns. However, a direct measurement of their surface field strengths has not been made to date.

It is expected that strong surface magnetic fields have important effects on both the surface emission of neutron stars and their magnetospheres, which creates strong deviations from a zero field strength assumption. Although the effects of strong surface magnetic field strengths on the surface emission of neutron stars and on the structure of their magnetospheres have been studied, both effects have not been investigated together to date and X-ray spectra of these neutron stars have not been analysed within the framework of a model with physical assumptions.

In this thesis, with an aim of analysing the X-ray spectra of these sources with physical models, *Surface Thermal Emission and Magnetospheric Scattering (STEMS)* model have been developed, based on two physical models calculated by Özel (2001, 2003) and Lyutikov and Gavriil (2006). Using the model, 54 X-ray spectra of 9 magnetars, neutron stars with strong magnetic fields, that are obtained in different dates with different satellites, have been analysed and the surface magnetic field strength, surface temperature as well as the optical depth and the velocity of charged particles in the magnetosphere of these sources have been inferred. In the light of the analysis, nature of these sources have been studied. In addition, by an analysis of all the archival X-ray observations, the changes of these parameters have also been investigated.

As a result, STEMS model have been applied to all the archival observations, obtained by recent X-ray observatories (Chandra and XMM-Newton), of magnetars and the STEMS model could very well fit the X-ray spectra. Inferred results further show that the surface magnetic field strengths of these sources are in the order of $\sim 2 - 6 \times 10^{14}$ Gauss as predicted by the theory.

1. GİRİŞ

Yıldızların ana kolda kalış süreleri kütleleri ile orantılıdır, yüksek kütleli bir yıldız çekirdeğinde daha fazla kütle çekimsel basınç oluşacağından nükleer yakıtını, düşük kütleli bir yıldızdan daha çabuk bitirecek ve normal bir yıldız olarak yaşamı daha kısa sürecektir. Ancak yüksek kütleli bir yıldızın kısa süren bu hayatı kadar ilgi çekici olanı, normal bir yıldız olarak ölümünden sonrasındır. Ölümünü tüm evrene bir süpernova patlaması ile duyuran yüksek kütleli yıldız, aynı zamanda bir nötron yıldızı ya da bir kara deliğin de doğumunu müjdelir.

Evrende maddenin bilinen kararlı en sıkışık halini temsil eden nötron yıldızları ilk olarak Baade ve Zwicky (1934) tarafından, nötronun keşfinden (Chadwick, 1932) birkaç yıl sonra öngörülüklerinden bugüne karşımıza pek çok farklı gözlemsel özellikler ile çıkmışlardır. İlk olarak Hewish ve diğ. (1968) tarafından radyo pulsarları olarak keşfedildikten sonra, Giacconi ve diğ. (1971) Cen X-3 isimli çift yıldız sisteminden X-ışın bandında 4.8 saniyelik atımlar gözlemiş ve bunun kendi ekseninde etrafında dönen bir nötron yıldızından geldiğini ortaya koymuşlardır. Bugün nötron yıldızları, manyetik frenleme ile yavaşlayan radyo pulsarlarından, yoldaş yıldızlarından madde aktaranlarına ya da izole olarak soğuyan ve X-ışınlarında yüzey ışıınımı gözlenenlerine kadar pek çok şekilde karşımıza çıkmaktadırlar.

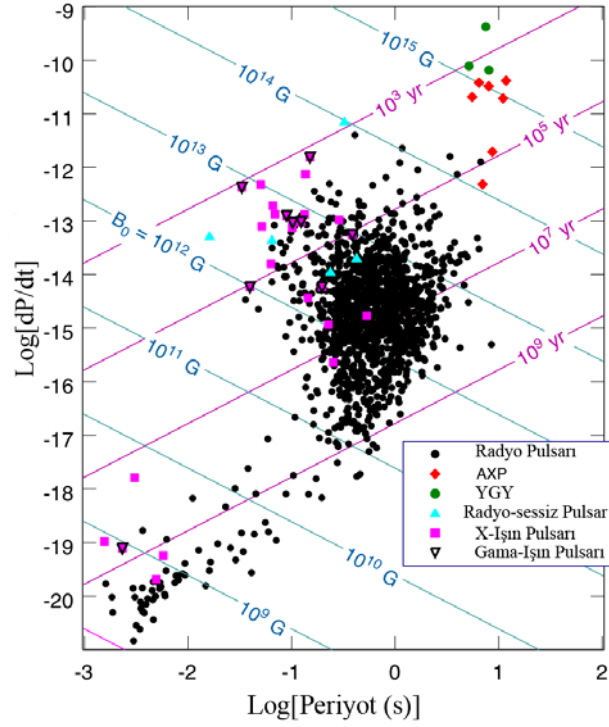
Güneş'in kütlelerinin ~ 1.4 katı kütlelerin ~ 11 km yarıçapa sıkıştırıldığı nötron yıldızları, yukarıda da söylendiği gibi maddenin bilinen kararlı en yoğun halindedirler. Manyetik alan şiddetleri (bir milisaniye pulsarı için $\sim 10^8$ Gauss, bir radyo pulsarı için $\sim 10^{12}$ Gauss ve bir magnetar için $\sim 10^{14}$ Gauss) dünyadaki hiçbir laboratuvar tarafından ulaşılamamış derecede yüksektir. Bu ve benzeri pek çok özellikleri, nötron yıldızlarının, keşfedildiklerinden beri, özellikle yıldız evriminin anlaşılması konusu ile astronominin, genel rölativitenin test edilmesi, bu kadar yüksek yoğunluklardaki maddenin hal denkleminin belirlenmesi ve yüksek manyetik alanın atomlar ve parçacıklar üzerindeki

etkilerinin incelenmesi açısından da fiziğin ve astrofiziğin en çok ilgi duyulan cisimlerinden biri olmalarını sağlamıştır.

Bu tezde, *Anormal X-ışın Pulsarları* (Anomalous X-ray Pulsars, AXP) ve *Yumuşak Gamma-ışın Yineleyicileri* (Soft Gamma Repeaters, YGY) olarak adlandırılan, nötron yıldızlarının iki grubu üzerinde durulacaktır. Bilinen 9 AXP (8 kesinleşmiş üye +1 aday) ve 5 YGY (4 kesinleşmiş üye +1 aday), radyo ışınımı yapan diğer bütün genç nötron yıldızlarının aksine, radyo bandında sessiz (XTE J1810-197 hariç), X-ışın bandında ise $L_X \sim 10^{34} - 10^{36}$ erg s⁻¹ mertebelerindeki ışınım güçleri ile oldukça parlaktırlar. Her iki gruptaki nötron yıldızlarının da X-ışın bandından gözlenen dönme periyotları 5 – 12 saniye aralığında kümelenmiştir. Periyodun zamanla değişimini gösteren periyot türevleri ise ($dP/dt \sim 10^{-10} - 10^{-13}$ ss⁻¹) izole nötron yıldızları için oldukça hızlı bir yavaşlamayı işaret etmektedir. Bu yıldızlar ile ilgili en önemli sorun ışınımlarının kaynağı ve doğasının anlaşılammış olmasıdır. Radyo pulsarlarının enerji kaynağının, kendi dönüş kinetik enerjileri olduğu düşünülmektedir. Ancak AXP ve YGY'lerin gözlenen X-ışın ışınım güçleri, dönüş kinetik enerjileri ile açıklanamayacak kadar fazladır. Herhangi birinin etrafında bir yoldaş yıldızın bulunamamış olması da bu kaynakların bir çift sistemde olmadıklarına işaret etmektedir. Radyo pulsarları için kullanılan klasik manyetik dipol frenleme (Pacini, 1967; Gunn ve Ostriker, 1969) formülü

$$B = \left(\frac{3I}{8\pi^2 R^6 \sin^2 \alpha} P \frac{dP}{dt} \right)^{1/2} \approx 3.2 \times 10^{19} \left(P \frac{dP}{dt} \right)^{1/2} \quad (1.1)$$

(Burada atalet momenti $I=10^{45}$ gcm³, manyetik ve dönme eksenleri arasındaki açı $\alpha=90^\circ$ ve $R=10^6$ cm olarak alınmıştır) bu yıldızlardan gözlenen periyot (P) ve periyot türevlerine (dP/dt) uygulanacak olursa yıldızların bir diğer ortak özellikleri daha ortaya çıkar. Bu özellik yıldızların tamamının dipol manyetik alan şiddetlerinin normal radyo pulsarlarınınkinden 100 – 1000 kat daha fazla olduğudur. Bunun sebebi, kaynakların periyotlarının radyo pulsarlarına göre uzun ve periyotlarının zamanla değişimlerinin de oldukça yüksek olmasıdır. Kaynakların zamansal özellikler açısından diğer pulsarlardan nasıl ayrıldıkları Şekil 1.1'deki *Periyot – dP/dt* grafiğinde daha açık olarak görülebilir.



Şekil 1.1 Bilinen izole nötron yıldızlarının periyot ve periyotlarının zamanla değişimlerinin grafiği. Sabit çizgiler manyetik dipol formülüne göre hesaplanmış dipol manyetik alan şiddeti ve $\tau = P/2(dP/dt)$ formülü kullanılarak hesaplanan karakteristik yaş eğrileridir (Harding ve Lai, 2006).

Kaynakların yüksek X-ışın akılarını ve diğer davranışlarını açıklamak üzere halen geçerli iki önemli teori bulunmaktadır : Bunlardan birine göre en azından AXP'lerin ışınımı, süpernova patlaması sırasında uzaya dağılan maddenin bir kısmının, nötron yıldızı etrafında bir disk oluşturacak şekilde geri dönmesi ve bu diskin beslediği düşük kütle yığılma oranlı bir sistemin oluşması sebebiyle üretilmektedir (ör. Alpar, 2001). Teoriye göre nötron yıldızının etrafındaki bu ince diskten madde aktarılması, kaynakların gözlemsel özelliklerini belirler (ör. Ertan ve diğ., 2006). Ancak bu teori YGY'lerden gözlenen yumuşak gama-ışın patlamaları için bir açıklamaya sahip değildir. İlk olarak YGY'ler için geliştirilen fakat pek çok ortak gözlemsel özellikler gösteren AXP'ler için de öngörülen bir diğer teori ise : *Magnetar modeli*'dir (Duncan ve Thompson, 1992; Thompson ve Duncan, 1993, 1995, 1996; Usov, 1992). Bu teoriye göre AXP ve YGY'ler normal radyo pulsarlarından 100 – 1000 kat daha fazla manyetik alana sahip nötron yıldızlarıdır. Işınımalarının kaynağı manyetik alanlarının bozunmasıdır.

Tezin amacı; AXP ve YGY'lerin günümüz X-ışın uydularınca elde edilmiş X-ışın spektrumlarını (0.1 – 10 keV) incelemek, yine tez kapsamında gözlemler ile karşılaştırılabilecek fiziksel bir model geliştirmek ve bu model çerçevesinde yıldızların yüzey sıcaklığı, yüzey manyetik alan şiddeti gibi temel fiziksel özelliklerini elde edebilmektir. Daha sonra bu bilgiler kullanılarak AXP ve YGY'lerin uzun dönemli akı değişimlerinin sebeplerini ve birbirleri ile olan ilişkilerini tartışmaktır.

Tezin ilk bölümünde, nötron yıldızları ve magnetarlar hakkında kısa ve tanıtıcı bir giriş yapıldıktan sonra, ikinci bölümde magnetar modeli ve magnetar'ların gözlemsel karşılıkları oldukları düşünülen Anormal X-ışın Pulsarları ve Yumuşak Gama-ışın Yineleyicileri'nin gözlemsel özellikleri tanıtılmıştır. Üçüncü bölümde ilk olarak gözlem verileri kullanılan Chandra ve XMM-Newton X-ışın uyduları kısaca tanıtılmış, gözlemlerin analizlerinin nasıl yapıldığı açıklanmış ve tez kapsamında kullanılan gözlem verileri hakkında bilgiler sunulmuştur. Daha sonra yüksek manyetik alan şiddetlerinin nötron yıldızlarının yüzey ışınımına yaptığı etkiler tanıtılmış, tez kapsamında geliştirilen *Yüzey Isısal Işınım ve Manyetosferik Saçılma* modeli tanıtılmıştır. Tezin dördüncü bölümde, geliştirilen bu model kullanılarak gözlemlerin analizleri sonucu elde edilen bulgular sunulmuş ve verileri kullanılan kaynaklar hakkında bilgiler verilmiştir. Tezin son bölümünde, yapılan çalışma kısaca özetlenmiş, elde edilen bulgular literatürden derlenen diğer bilgiler ile birleştirilerek kaynaklardan gözlenen zamansal değişimlerin doğası ve genel olarak kaynakların fiziksel parametrelerinin karşılaştırılması yapılmıştır.

2. GENEL KISIMLAR

2.1. MAGNETARLAR

AXP ve YGY'lerin ışınlamalarının doğası günümüzde tam olarak açıklanamamıştır. Bu nötron yıldızlarına ilişkin özel bir modele olan gereksinimi anlamak için, onları diğer radyo pulsarlarından ya da X-ışın çiftlerindeki nötron yıldızlarından ayıran özelliklerin bazılarını sıralamakta fayda vardır: AXP ve YGY'lerin en önemli gözlemsel özelliklerinden biri, bu kaynakların X-ışın emisyonlarının radyo pulsarlarının aksine dönme kinetik enerjisi kaybı mekanizması sonucu ortaya çıkabilecek olandan fazla olmasıdır. Ancak, X-ışın çiftlerinin aksine bu fazla akının kaynağı olabilecek madde yığılmasını sağlayacak yoldaş yıldızlar gözlenememiştir. Kaynakların en önemli gözlemsel özelliklerinden birini de hiç kuşkusuz önceleri yalnızca YGY'lerde gözlenen ancak son yıllarda pek çok AXP'den de gözlenen patlamalar oluşturmaktadır. Magnetar modeline göre; YGY'lerin sakin evre ışınlamaları ve AXP'lerin atımlı X-ışın emisyonları, yüksek manyetik alanlarının bozunması sonucu nötron yıldızının kabuğunun ısınması ile oluşmaktadır. Böyle yüksek manyetik alan şiddetlerine, nötron yıldızı ilk oluşurken ortaya çıktığı düşünülen dinamo işlevleri sonucu ulaşıldığı düşünülmektedir (Usov, 1992; Thompson ve Duncan, 1993).

İlk olarak yüksek manyetik alan şiddetlerinin YGY'lerden gözlenen dev patlamaları açıklayabileceği düşünülmüştür (Thompson ve Duncan, 1995). Magnetar modeline göre YGY'lerden gözlenen dev patlamaların sebebi, bu yıldızların dipol manyetik alan şiddetlerinin çok yüksek olmasıdır, öyle ki bu manyetik alan, nötron yıldızının kabuğundan içine doğru bozundukça kabuğu çatlatabilecek seviyededir. Manyetik alanın büyük bir hızla yüzeyden içeri doğru bozunurken kabuk üzerinde yarattığı stresler zaman zaman kabuğun çatlamasına ve bu sırada ortaya çıkan enerjide gözlenen dev patlamaların oluşmasına neden olur (Thompson ve Duncan, 1995).

Magnetar modeline göre, yeni doğmakta olan sıcak bir nötron yıldızının doğumu sırasında, yüksek hızlarda (~ 1 ms) konvektif hareketler meydana gelebilir (Burrows ve Lattimer, 1988; Thompson ve Duncan, 1993). Bu konvektif hareketler ve yıldızın ilk doğum sırasında yüksek diferansiyel hızlarla dönmesi bir dinamo etkisi yaratabilir ve bu etki nötron yıldızının başlangıçta sahip olduğu manyetik alan şiddetini normal radyo pulsarlarından çok daha yüksek seviyelere çıkarabilir (Thompson ve Duncan, 1993). Oluşan yüksek manyetik alan, yıldızı normal radyo pulsarlarından daha büyük bir manyetik frenlemeye maruz bırakacak böylece magnetarlar radyo pulsarlarından çok daha kısa sürelerde uzun dönme periyotlarına ulaşacaktır (Thompson ve Duncan, 1992).

Thompson ve Duncan'a (1996) göre magnetarların sakin evre ışınımları bu nötron yıldızlarının sahip oldukları yüksek manyetik alanlarının bozunması ile yıldızın yüzeyinin ısınması sonucu oluşmaktadır. Kısa bir süre önce, Pons ve diğ. (2007) izole nötron yıldızlarında ve magnetarlarda manyetik alanın bozunmasının nötron yıldızlarının yüzeyini ısıttığını göstermişlerdir. Yüzey sıcaklığı ile nötron yıldızlarının manyetik alan şiddetleri arasında gözlenen korelasyon, etkili bir bozunmanın ve bu bozunma sebebiyle yüzey katmanlarının ısınmasının göstergesi olarak kabul edilmektedir (Pons ve Geppert, 2007). Nötron yıldızlarında manyetik alanın bozunması için birkaç mekanizma önerilmektedir. Manyetik alan, maddenin sıfır olmayan direnci sebebiyle bozunabilir (*Ohmik bozunma*). Bu bozunma manyetik alan şiddetinden bağımsız ve elektrik iletkenliği ile orantılıdır. Ancak tek başına Ohmik bozunma nötron yıldızları ölçeğindeki manyetik alan şiddetlerini direkt olarak etkileyebilecek kadar hızlı değildir (Goldreich ve Reisenegger, 1992). Diğer yandan, uygulanan elektrik alan sebebiyle içinden akım geçen bir iletkene dikine bir manyetik alan uygulanırsa elektrik alanın, hem akım yönüne hem de uygulanan manyetik alan şiddetine dik bir bileşeni oluşur ki bu, iletkenin iki yanında bir voltaj farkı oluşmasına sebep olur. Bu etkiye *Hall etkisi* denir (Jackson, 1998). Hall etkisi, Ohm kanununa iki lineer olmayan terimin eklenmesine sebep olur. Bu etkilerden biri olan Hall sürüklenmesi, manyetik alanı bozucu bir işlem olmamasına rağmen büyük ölçekli manyetik alanların (ör. dipol) küçük ölçekli bileşenlere bozunmasına sebep olur. Bu küçük ölçekli yapılar ise dipol alandan daha hızlı bir şekilde bozunur, bu işlem nötron yıldızlarında manyetik alanın bozunması için öngörülen mekanizmalardan biridir (ör. Rheinhardt ve Geppert, 2002; Cumming ve diğ., 2004; Pons ve Geppert, 2007). Ohm kanununa eklenen bir diğer

parametre ise *ambipolar difüzyon*'dur ancak eğer iletken madde elektronlardan oluşuyor ve taşınım işleminde nötral parçacıklar rol almıyorsa bu bozunma etkili değildir (Yakovlev ve Shalybkov, 1991). Bu yüzden ambipolar difüzyonun nötron yıldızının kabuğu yerine, içindeki manyetik alanın şiddetinin bozunması için etkin bir mekanizma olabileceği düşünülmektedir (Thompson ve Duncan, 1996).

Nötron yıldızlarının yüzeyinde manyetik alanın nasıl bozunduğu konusu henüz kesin olarak bilinmemekte ise de yukarıdaki mekanizmaların çalışıp nötron yıldızı yüzeyini ısıtmasının magnetarların durağan zamanlarındaki X-ışın akılarını açıklayabileceği düşünülmektedir (Thompson ve Duncan, 1996; Arras ve diğ., 2004). Aşağıda bu tez kapsamında incelenen ve magnetar olabilecekleri düşünülen Anormal X-ışın Pulsarı ve Yumuşak Gama-Işın Yineleyicilerinin bazı gözlemsel özellikleri verilmiştir.

2.1.1. Yumuşak Gama-Işın Yineleyicileri

YGY'ler zaman zaman birkaç hafta ya da birkaç ay süren aktif patlama dönemine giren, atım gösteren, sürekli X-ışın kaynaklarıdır. Bu patlamalar genellikle ~ 0.1 saniye sürer ve tepe noktasında ışınım güçleri $\sim 10^{41}$ erg s^{-1} mertebesinde olur. Diğer yandan kaynaklardan gözlenen dev patlamalar daha uzun sürebilir (5 dakikaya kadar) ve genellikle tepe noktasındaki ışınım gücü 10^{47} erg s^{-1} 'e ulaşabilir (Woods ve Thompson, 2006).

İlk YGY (SGR 0526-66), 7 Ocak 1979'da Venera uyduları tarafından bir yumuşak gama-ışın patlamasının tespit edilmesi ile keşfedilmiştir. Bu ve benzeri bazı patlamalar başlarda gama-ışın patlamalarının kısa süreli, yumuşak spektruma sahip bir alt grubu olarak sınıflandırılmışlardır (Mazets ve Golenetskii, 1981). 1983 yılında SGR 1806-20 ikinci kez patlama gösterince bu kaynakların normal gama-ışın patlamalarından farklılıkları ortaya konulmuştur (Laros ve diğ., 1987). Çünkü bilinen hiçbir gama-ışın patlaması tekrar etmemiştir. İlk YGY patlamasının keşfinin ardından 5 Mart 1979 yılında yeni bir patlama daha gözlenmiştir. Bu patlama 2004 yılı Aralık ayında SGR 1806-20 tarafından rekoru kırılıncaya kadar gözlenen en yüksek ışınım güçlü YGY patlamasıdır (Daha sonra bu olaylar zaman içerisinde dev patlama olarak tanımlanmıştır). Patlama yaklaşık 10^{45} erg s^{-1} 'lik bir şiddette gözlenmiş (Golenetskii ve diğ., 1984) ve bunu takip eden 3 dakika boyunca 8 saniyelik atımlar göstererek yarı-

eksponansiyel bir şekilde akısı azalmıştır (Feroci ve diğ., 2001). Patlamının Büyük Macellan Bulutu'ndaki N49 isimli bir süpernova kalıntısında olduğu gösterilmiş ve kaynağın ismi SGR 0526-66 olarak belirlenmiştir (Cline ve diğ., 1982). Yüksek ışınım gücü, gözlenen 8 saniye periyotlu atımlar ve olayın bir süpernova kalıntısı ile ilişkilendirilmesi kaynağın genç bir nötron yıldızı olduğu savını güçlendirmiştir.

YGY'lerin doğalarının anlaşılmasındaki en önemli gelişmelerden biri, SGR 1806-20'nin 7.5 saniyelik dönme periyodunun ve periyodun zamanla değişiminin Kouveliotou ve diğ. (1998a) tarafından tespit edilmesi olmuştur. Kouveliotou ve diğ. (1998a) bu ölçümleri, dipol manyetik alan şiddeti,

$$B \approx 10^{15} \left(\frac{P}{7.5} \right) \left(\frac{\dot{P}}{5.5 \times 10^{-10}} \right) Gauss \quad (2.1)$$

olan bir izole nötron yıldızının manyetik frenlenmesi olarak yorumlamışlardır. Bu iki YGY'nin keşfinden sonra, 1998 yılında iki YGY daha yine yumuşak gama-ışın patlamaları gösterirken keşfedilmiştir. 27 Ağustos 1998 yılında bir dev patlama gösteren SGR 1900+14'ün periyot ve periyot türevi Hurley ve diğ. (1999) tarafından bulunmuş, yaklaşık 100 tane patlama gösteren SGR 1627-41'de Kouveliotou ve diğ. (1998b) ve Woods ve diğ. (1999) tarafından keşfedilmiştir. YGY oldukları kesinleşen bu kaynaklara ek olarak, 1997 yılında yapılan gözlemlere dayanılarak Cline ve diğ. (2000) yeni bir YGY adayı daha önermiştir. SGR 1801-23 olarak önerilen bu adayın, patlama gözlemlerinde koordinatlarının çok büyük hata payları ile belirlenmesi sebebiyle görüntüleme cihazları ile takip gözlemleri yapılamamış ve kaynak, koordinatlarının daha iyi belirlenebileceği bir gözleme imkan verecek yeni bir patlamayı göstermediği için bir YGY adayı olarak kalmıştır. Tablo 2.1'de bilinen YGY'lerin bazı gözlemsel özellikleri verilmiştir.

Tablo 2.1 YGY'lerin bazı gözlemsel özellikleri Tablodaki bilgiler Mereghetti ve diğ. (2007) ve McGill Kataloğundan⁽¹⁾ (Tam 2007) derlenmiştir. Verilen akı değerleri 2-10 keV arasında ölçülmüştür.

Kaynak Adı	Periyot (s)	Zamansal Özellikler			Tayfsal Özellikler			
		dP/dt ^(a) ($\times 10^{-11}$)	B ^(b) ($\times 10^{14}$ G)	Değişkenlik	nH 10^{22} cm ⁻²	kT (keV)	Γ	Akı 10^{-12} erg cm ⁻² s ⁻¹
SGR 0526 – 66	8.0470	6.5	7.3	Dev patlama, Patlamalar	0.55	0.53	3.14	~ 0.70
SGR 1627 – 41	--	--	--	Patlamalar	9.0	--	3	~ 0.27
SGR 1801 – 23	--	--	--	Patlamalar	--	--	--	--
SGR 1806 – 20	7.55592	54.9	21	Dev patlama, Patlamalar	6.78	0.65	1.36	16.4
SGR 1900 + 14	5.16891778	7.783	6.2	Dev patlama, Patlamalar	2.7	0.43	1.98	~ 10.3

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

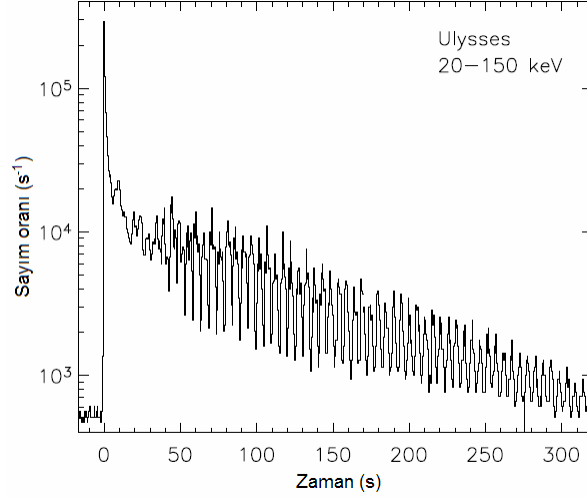
^(a) Uzun Dönemli ortalama değerler.

^(b) $B = 3.2 \times 10^{19} \sqrt{P \frac{dP}{dt}}$ Gauss, ortalama yüzey dipol alanı.

2.1.1.1. Yumuşak Gama-ışın Yineleyicilerinden Gözlenen Patlamalar

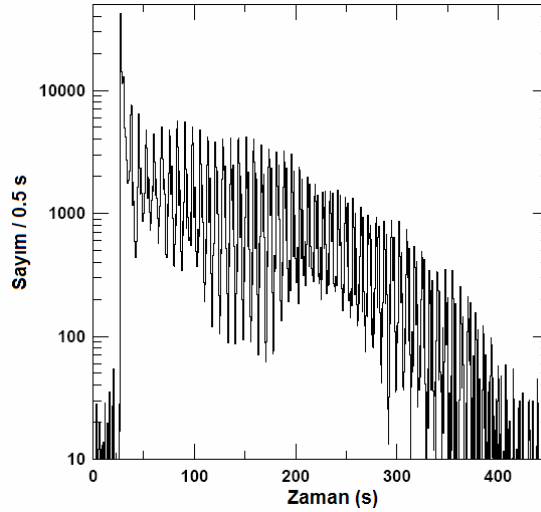
Kaynakların biraz sönük olan sürekli X-ışın ışıyım güçleri ($10^{33} - 10^{35}$ erg s^{-1}) ile dev patlamalarda gösterdikleri $\sim 10^{47}$ erg s^{-1} mertebesindeki ışıyım güçleri karşılaştırılırsa, YGY'lerin yaklaşık 14 mertebelik bir ışıyım gücü aralığında ışıyım yapabildikleri ortaya çıkar (Woods ve Thompson, 2006). Bu bulgular, kaynakların en belirgin özelliklerinin, emisyonlarının zamanla değişimi yani patlamalar ve parlamalar gibi olaylar olduğunu ortaya koyar.

Dev patlamalar : YGY patlamalarının en uç örneklerindedir. Patlamalar genellikle yaklaşık 1 saniyelik, spektral olarak sert bir tepe ile başlarlar bu tepe kısa sürede yumuşak ve atım gösteren bir kuyruğa bozunur ve birkaç yüz saniye daha gözlenmeye devam eder. İlk dev patlama 5 Mart 1979'da SGR 0526-66'dan gözlenmiştir (Mazets ve diğ., 1979). Patlamanın Büyük Magellan Bulutu'ndaki bir kaynaktan geldiği anlaşılınca, patlamadan çıkan toplam izotropik enerji 5×10^{44} erg olarak hesaplanmıştır. Patlamanın ilk tepesi yaklaşık 0.2 saniye sürmüş ve bu süre içinde 2 ms'lik zaman ölçeğinde değişen yapılar gözlenmiştir. İkinci büyük patlama ilkinden yaklaşık 20 yıl sonra 27 Ağustos 1998 tarihinde SGR 1900+14'den gözlenmiştir (Hurley ve diğ., 1999; Feroci ve diğ., 1999; Mazets ve diğ., 1999; Feroci ve diğ., 2001). Bu patlama, 5 Mart olayına çok benzemektedir. Önce yaklaşık 0.35 saniye süren bir tepe ve daha sonra birkaç yüz saniye süren ve nötron yıldızının atım periyodunun görülebildiği bir kuyruk oluşmuştur. Patlamanın ışık eğrisi Şekil 2.1'de gösterilmiştir. Bu patlamanın toplam ışıyım gücü için, patlamayı gözleyen tüm detektörlerin doyuma ulaşmasından dolayı, sadece bir alt limit elde edilebilmiştir. En azından 3×10^{44} erg s^{-1} mertebesindeki ışıyım gücü (Kaynağın uzaklığı 15 kpc kabul edilerek) ile Dünya'nın gece olan tarafındaki iyonosferi gündüz seviyesine inmeye zorlamıştır (Inan ve diğ., 1999).



Şekil 2.1 SGR 1900+14'den gözlenen dev patlamanın ışık eğrisi. Ulysses uydusu üzerindeki sert X-ışın dedektörü (20 - 150 keV) tarafından gözlenen patlamada 5.16 saniyelik atım periyotları açıkça görünmektedir (Hurley ve diğ., 1999).

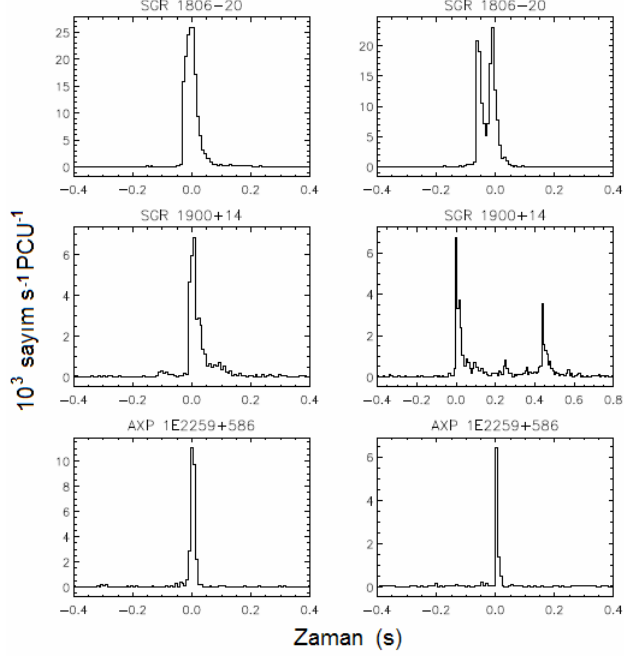
Son dev patlama SGR 1806-20'den 27 Aralık 2004'de gözlenen olmuştur (Hurley ve diğ., 2005; Palmer ve diğ., 2005; Mereghetti ve diğ., 2005). Bu patlama gözlenen en parlak gama-ışını olayıdır. Patlamanın ulaştığı en yüksek ışınım gücü $\sim 2 \times 10^{47}$ erg s⁻¹'dir ve SGR 1900+14'den 27 Ağustos 1998'de gözlenen patlamadan ~ 100 kat daha kuvvetlidir (Hurley ve diğ., 2005). Patlama'nın tepe noktaya ulaşması yaklaşık 1 ms sürmüştür ve bu tepede 65 ms kalmıştır. Patlamanın *Reuven Ramaty High Energy Solar Spectroscopic Imager* (RHESSI) ile alınan ışık eğrisi Şekil 2.2'de verilmiştir.



Şekil 2.2 SGR 1806-20'den 27 Aralık 2004'de gözlenen dev patlamanın ışık eğrisi. Veriler RHESSI detektörü tarafından elde edilmiştir (Hurley ve diğ., 2005).

Kısa süreli YGY patlamaları : Yakın zamanlarda benzerleri AXP'lerde de gözlenene dek YGY'lerin en önemli ayırt edici özelliklerinden biri kısa süreli düşük-enerjili gama-

ışın patlamaları idi. Bu en sık görülen YGY patlamaları yaklaşık 0.1 saniye sürer, ısısal bir spektrumları vardır ve tepe noktadaki ışınım güçleri 10^{41} erg s^{-1} mertebelerindedir (Woods ve Thompson, 2006).



Şekil 2.3 SGR 1806-20, SGR 1900+14 ve AXP 1E 2259+586'dan seçilmiş bazı patlamalara ait ışık eğrileri. RXTE PCA detektörü ile 2-20 keV arasında gözlenmiş patlamalar 7.8 ms zaman çözünürlüğü ile çizdirilmiştir (Woods ve Thompson, 2006).

Patlamaların genel özellikleri zamanla hatta kaynaktan kaynağa bile çok değişmez (Aptekar ve diğ., 2001; Göğüş ve diğ., 2001). Genellikle patlamaların yükselme zamanı iniş (bozunma) zamanlarından daha uzundur ve toplamda bir patlama ~ 100 ms sürer. Şekil 2.3'de SGR 1806-20, SGR 1900+14 ve AXP 1E 2259+586'ya ait bazı örnek patlamaların ışık eğrileri verilmiştir. Patlama sürelerinin dar bir dağılımı vardır ve patlamanın toplam ışınım gücü ile küçük bir pozitif ilişki gösterir (Göğüş ve diğ., 2001). Ancak, patlama süresi foton enerjisine bağlı değildir. Genelde X-ışın çiftlerinde görülen patlama enerjisi ile bir sonraki patlamaya kadar geçen süre arasındaki ilişki YGY patlamalarında görülmemektedir (Laros ve diğ., 1987; Göğüş ve diğ., 1999). Benzer şekilde, AXP patlamalarında da böylesi bir ilişki gözlenmemiştir (Gavriil ve diğ., 2004). Bu da patlamaların sebebinin yığılma olmadığı yönündeki düşünceleri doğrulamaktadır.

Orta seviyedeki patlamalar : Patlama süresi, tepe noktadaki ışınım gücü ve foton enerjileri açısından yukarıda sunulan patlamalar arasında kalırlar. Süreleri genelde

saniyeler, ışınım güçleri ise $\sim 10^{41-42}$ erg s⁻¹ mertebesindedir. Orta seviyedeki patlamalar genellikle dev patlamalardan sonraki günler ya da aylarda gözlemlenirken, dev patlamaların yeryüzündeki depremlere benzer şekilde ardılları oldukları düşünülür (Woods ve Thompson, 2006).

2.1.1.2. Yumuşak Gamma-Işın Yineleyicilerinin Spektrel Özellikleri

SGR 0525-66 dışında bilinen tüm YGY'lerin galaksinin oldukça kalabalık bölgelerinde yer alması, diğer yandan SGR 0525-66'nın da Büyük Magellan Bulutsusu'nda olması sebebiyle, gözlenen akısının düşüklüğü görüntüleme cihazları dışında 0.5 – 10 keV enerji aralığında kaliteli X-ışın spektrumlarının alınmasını yakın zamana kadar engellemiştir. Son yıllarda ASCA, Chandra ve XMM-Newton uydularının yardımı ile bu kaynaklara ait oldukça kaliteli X-ışın spektrumları elde edilebilmiştir.

Kaynakların X-ışın spektrumları genel olarak AXP'lerin X-ışın spektrumları ile büyük benzerlikler göstermektedir. Spektrumları 0.4 – 0.7 keV arasında sıcaklıklarda bir karacisim ve 1.3 – 3.2 arasında değişen eğimlere sahip bir güç kanunu modeli ile açıklanabilirler (Mereghetti ve diğ., 2007). Kaynakların spektrumlarından elde edilen spektrel parametreleri Tablo 2'de verilmiştir.

YGy'ler içinde en kaliteli spektrumlar elde edilen kaynak SGR 1806-20 olmuştur. Uzun dönemli gözlemler, kaynağın sakin evre spektrumunda yüzey sıcaklığı ve güç kanunu eğimine bağlı değişimler gözlenmesini sağlamıştır (Mereghetti ve diğ., 2007).

Diğer yandan oldukça iyi gözlenen bir başka YGY, SGR 1900+14 olmuştur. Yakın zamana kadar bu kaynağın koordinatları, XMM-Newton uydusu tarafından gözlenebilmesine imkan vermiyordu. Ancak, 2005 yılı Eylül ayında XMM-Newton ile de bu kaynak gözlenebildi. Kaynağın spektrumunda uzun dönemli bir değişim gözlenmese de, 2002-2005 yılları arasında patlama aktivitesinin de azalması ile kaynağın akısında %30'a varan bir düşüş olmuştur (Mereghetti ve diğ., 2007).

Geriye kalan iki YGY, yukarıda bahsi geçenler kadar iyi gözlenememiştir. SGR 0526-66'nın çok uzakta olması, kaynaktan Dünyadaki bir detektöre gelen foton sayısını oldukça azaltmakta ve kaliteli X-ışın spektrumu elde edilmesini zorlaştırmaktadır. Buna ek olarak kaynağın N49 isimli bir süpernova kalıntısının içinde olması bir nokta kaynak

olarak bu kalıntının içinden ayırt edilebilmesini de zorlaştırmaktadır. Kaynağın spektral parametreleri Chandra uydusu ile elde edilmiş az sayıdaki gözleme dayanmaktadır (Kulkarni ve diğ., 2003).

SGR1627-41 ise yıldızlararası soğurma çok fazla olması ve kaynağın kendi akısının düşüklüğü sebebiyle yine az çalışılmış kaynaklardan biridir. Bu kaynak doğrultusundaki Hidrojen kolon yoğunluğu $\sim 10^{23} \text{ cm}^{-2}$ mertebelerindedir, böyle bir kolon yoğunluğu V bandında yaklaşık 40 – 50 kadırlık bir sönümlenmeye karşılık gelir (Mereghetti ve diğ., 2007).

2.1.2. Anormal X-Işın Pulsarları

AXP'lere, '*anormal*' denmesinin sebebi: Yukarıda da bahsedildiği gibi, X-ışın akılarının, diğer nötron yıldızlarının aksine dönüş kinetik enerjileri sonucu beklenen akıdan çok daha fazla olmasıdır. Dönme periyotları 5 – 12 saniye arasına kümelenmiş bu izole nötron yıldızları, pek çok özellikleri ile kendilerini diğer izole nötron yıldızlarından ayırırlar. Bilinen tüm AXP'lerin genel bazı özellikleri Tablo 2.2'de sunulmuştur.

Tablo 2.2 Bilinen ve aday AXP'lerin bazı gözlemsel özellikleri. Tablodaki bilgiler Kaspi (2007) ve McGill Kataloğundan⁽¹⁾ (Tam 2007) derlenmiştir. Verilen akı değerleri 2-10 keV arasında ölçülmüştür.

Kaynak Adı	Zamansal Özellikler				Tayfsal Özellikler			
	Periyot (s)	$dP/dt^{(a)}$ ($\times 10^{-11}$)	$B^{(b)}$ ($\times 10^{14}$ G)	Değişkenlik ^(c)	nH 10^{22} cm ⁻²	kT (keV)	Γ	Akı 10^{-12} erg cm ⁻² s ⁻¹
CXOU J010043.1-721134	8.02	1.9	3.9	K	0.3	0.38	2.0	~ 0.2
4U 0142+61	8.69	0.2	1.3	UD, AD	0.91	0.395	3.62	70.2
1E 1048.1-5937	6.45	2.7	4.2	K, P, P, B	1.10	0.623	1.04	~ 7.5
CXOU J164710.2-455216	10.61	0.16	1.3	P, B	1.21	0.61	--	~ 0.6
1RXS J170849.0-400910	11.00	1.9	4.7	K	1.48	0.456	2.83	25
XTE J1810-197 ^(d)	5.54	0.5	1.7	O, B	1.02	0.68	3.75	~ 12
1E 1841-045	11.78	4.2	7.1	K	2.54	0.44	2.0	26
AX J1845-0258 ^(e)	6.97	--	--	O	5.6	2.0	1.0	0.25
1E 2259+586	6.98	0.048	0.59	K, O, B, AD	1.098	0.411	4.10	16.3

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

^(a) Uzun Dönemli ortalama değerler.

^(b) $B = 3.2 \times 10^{19} \sqrt{P \frac{dP}{dt}}$ Gauss, ortalama yüzey dipol alanı.

^(c) K = Kararlı, UD = Ufak Değişimler, P = Bir parlama, B = Bir kısa patlama, O = patlama, AD = Atım profili değişimleri.

^(d) Verilen değerler 2003 yılında kaynağın aktifleşmesinden hemen sonra elde edilen değerlerdir.

^(e) Bu aday bir AXP'dir ve 1993'de yüksek evrede keşfedildikten sonra kaynaktan atımlar gözlenememiştir. Bu sebeple bu kaynağa ait spektral bilgiler doğru olmayabilir.

2.1.2.1. Zamansal Özellikleri

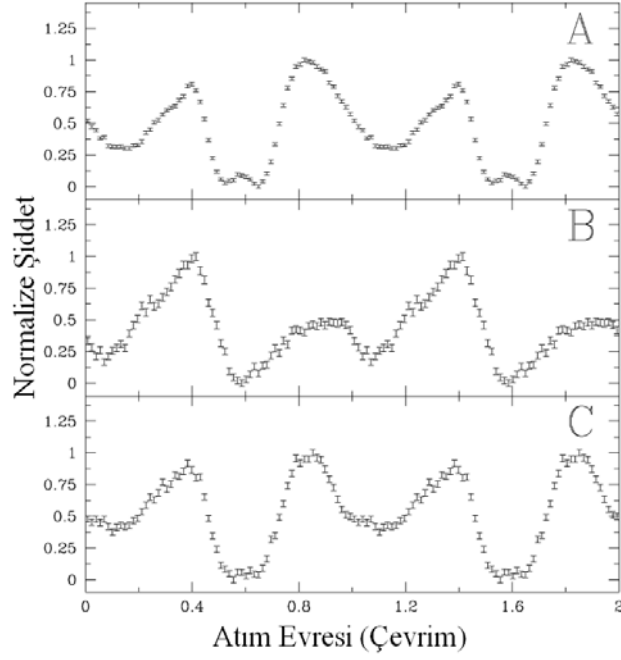
Yakın zamana kadar, AXP'lerin en önemli özelliklerinden biri X-ışın emisyonlarının, $10^{35} - 10^{36}$ erg s⁻¹ gibi dar bir aralıkta ve oldukça kararlı olması idi. Ancak, özellikle son yıllarda yapılan takip gözlemleri ile bu kaynakların en azından yarısının ve büyük bir olasılıkla da aslında hepsinin ışınımlarında zamana bağlı değişkenlikler gösteren kaynaklar olduğu anlaşılmıştır. Bugün AXP'ler için en azından 4 farklı türde X-ışın değişimleri bildirilmiştir. Bu zamansal değişimler, atımlı ve sürekli emisyonda ani ve yüksek artış ile tanımlanabilen ve haftalar ya da aylar mertebesinde sönümlenen patlamalar (outburst), ani ve milisaniyeler mertebesinde gözlenen akı artışları olarak tanımlanabilecek kısa patlamalar (burst), yıllar ölçekli uzun dönemli akı değişimleri ve atım profilindeki değişimlerdir (Kaspi, 2007).

Patlamalar (Outburst) ve Süreksiz Kaynaklar: AXP patlamalarına en güzel örneklerden biri 1E 2259+586'dan 2002 yılında gözlenen patlamadır (Kaspi ve diğ., 2003; Woods ve diğ., 2004). Patlama, Rossi X-ray Timing Explorer (RXTE) uydusu tarafından gerçekleştirilen bir takip gözlemi sırasında olduğu için tüm detayları incelenebilmiş ve 18 Haziran 2002 tarihinde gözlenmiştir. Patlama sırasında kaynağın toplam akısı ~ 20 kat artmış, birkaç saat içinde 80 kısa YGY benzeri patlama ve atım profilinde değişiklikler gözlenmiştir (Kaspi, 2007). Buna ek olarak X-ışın spektrumu önemli ölçüde sertleşmiştir (Kaspi, 2007).

XTE J1810-197, 2003 yılında 5.5 saniye dönme periyoduna sahip bir nötron yıldızı olarak keşfedilinceye kadar (İbrahim ve diğ., 2004) bilinmiyordu. Keşfedildiği günden beri sönükleşen kaynağın ayrıca daha sonra ROSAT uydusu arşivlerinde sakin evrede olduğu zamanlarda da gözlendiği ortaya çıkmıştır. Kaynağın sakin evre akısı ile patlamadan sonraki akısı arasında yaklaşık iki mertebe fark vardır (Gotthelf ve diğ., 2004). Bu tip yüksek akı değişimli patlamalara bir başka örnek de AX J1845-0258 olabilir. 1993 yılında yapılmış bir ASCA arşiv araştırmasında 7 saniyelik atımlar gösterdiği görülen (Torii ve diğ., 1998, Gotthelf ve Vasisht, 1998) bu kaynağın akısı daha sonraki gözlemlerinde çok hızlı bir şekilde düşmüş ve atımlar da tekrar gözlenememiştir.

Kısa Patlamalar: AXP'lerden kısa patlamalar ilk olarak, 1E 1048.1-5937'ye ait arşiv RXTE verilerinde görülmüştür (Gavriil ve diğ., 2002). Ancak, RXTE uydusunda bir görüntüleme dedektörü olmadığı için patlamaların gerçekten bu kaynaktan gelip gelmediği tam olarak belirlenememiştir. Bu keşiften 3 yıl sonra aynı kaynaktan bir patlama daha gözlenip ve aynı anda kaynağın atımlı akısı da artınca, patlamaların 1E 1048.1-5937'ye ait olduğu anlaşılmıştır. Bu patlamalar toplam patlama süreleri, patlama morfolojileri gibi pek çok özellikleri itibariyle YGY'lerden gözlenen patlamalar ile büyük benzerlikler göstermektedir (Gavriil ve Kaspi, 2004). XTE J1810-197'den de 4 benzer patlama gözlenmiştir (Woods ve diğ., 2005). Bu patlamalar, 1 saniyelik bir tepe tarafından takip edilen azalan bir ışık eğrisinden oluşmuştur. Patlamanın azalan ışık eğrisinde atımlı akıda artış gözlenmiştir. Bu patlamalar 1E 1048.1-5937'den gözlenen üçüncü patlama ve 1E 2259+586'da gözlenen bazı patlamalarla benzerdir ve bütün bu patlamalar atımlı ışınım şiddeti ile ilişki göstermektedir. Bu gözlemlerden hareketle Woods ve diğ. (2005) iki farklı AXP patlaması olduğunu öne sürmüştür: Tip A patlamaları YGY patlamalarına benzerdir öyle ki; atımlı akı ile ilişkili değildir ve tepe noktasından sonra azalan bir ışık eğrisi göstermemektedir. Tip B patlamaları ise, atımlı akı ile ilişkilidir ve genel olarak azalan bir ışık eğrisi göstermektedirler, bu azalan ışık eğrisi genel olarak patlamanın kendisinden daha fazla enerji içermektedir. Woods ve diğ. (2005), Tip A patlamalarının manyetosferik kaynaklı, diğer yandan Tip B patlamalarının nötron yıldızının kabuğu ile ilişkili olabileceğini öne sürmüştür.

Uzun dönemli akı değişimleri: 1E 1048.1-5937'nin uzun zamandır akı değişimleri gösterdiği bildirilmektedir (Corbet ve Mihara, 1997; Oosterbroek ve diğ., 1998; Baykal ve diğ., 2000; Mereghetti ve diğ., 2004). Uzun dönemli ve düzenli RXTE gözlemleri bu değişimlerin zaman ölçeğinin çok daha kesin bir şekilde belirlenebilmesini sağlamıştır (Gavriil ve Kaspi, 2004). RXTE uydusu bu kaynağı gözlediği toplam ~7 yıl süresince iki akı parlaması tespit etmiştir. Bunlardan biri, yaklaşık 100 gün diğeri ise yaklaşık bir yıl sürmüştür. Her iki parlamanın da yükselme zamanı birkaç hafta mertebesindedir. Bu akı parlamaları diğer AXP'lerde henüz gözlenememiştir. Yakın zamanda 4U 0142+61'de de uzun dönemli akı değişimleri olduğu gösterilmiştir (Gonzalez ve diğ., 2007). Öyle ki, atımlı akı 2000 yılından beri artmaktadır ve 2006 yılında patlamaları ve atım profili değişimlerini göstermeden hemen önceye kadar akı artışı %20'yi bulmuştur.



Şekil 2.4 1E 2259+586'nın 2002 yılında gözlenen patlama öncesinde sırasında ve sonrasındaki atım profilleri (Kaspi ve diğ., 2003) gösterilmiştir. Üst panelde kaynağın patlama öncesi atım profili, orta bölümde patlamalar sırasındaki ortalama atım profili ve en alt bölümde patlama sonrası atım profili RXTE uydusu verileri kullanılarak çizilmiştir (Kaspi ve diğ., 2003).

Atım profili değişimleri: Atım profili değişimleri ilk olarak 1E 2259+586'dan gözlenmiştir (Iwasawa ve diğ., 1992). Bu gözlemlerde iki tepe noktasının genliklerinin oranlarının birden ikiye çıktığı gözlenmiştir. Çok benzer bir atım profili değişimi, Şekil 2.4'de görüldüğü gibi, aynı kaynağın 2002 yılındaki patlamasından hemen sonra da gözlenmiştir (Kaspi ve diğ., 2003, Woods ve diğ., 2004). Bu gözlemlerde iki atımın oranları patlamadan önce bir civarında patlamanın ortasında yaklaşık ikiye çıkmış patlamadan sonra ise yine başlangıçtaki değerine dönmüştür. Son zamanlarda uzun dönemli akı değişimleri ile birlikte 4U 0142+61'den de benzer atım profili değişimleri daha uzun zaman ölçekli olarak yaklaşık 7 yıllık gözlemler incelendiğinde gözlenmiştir (Gonzalez ve diğ., 2007).

2.1.2.2. X-ışın spektrumları

0.5 – 10.0 keV aralığında AXP'ler ampirik olarak iki bileşenli bir modelle açıklanabilen spektrumlar göstermektedirler. Bunlardan biri, bir karacisim modeli ile modellenen ($kT \sim 0.3 - 0.6$ keV) ve nötron yıldızının yüzeyinden geldiği düşünülen bileşendir. Bu bileşene ek bir güç kanunu ($\Gamma \sim 2 - 5$) bileşeni spektrumun sert X-ışın aralığını ($\sim 2 - 10$ keV) daha iyi modellemek için gerekir (ör. Woods ve Thompson, 2006; Kaspi, 2007). Magnetar modeli çerçevesinde, karacisim ışınımı yüksek manyetik alanın bozunması

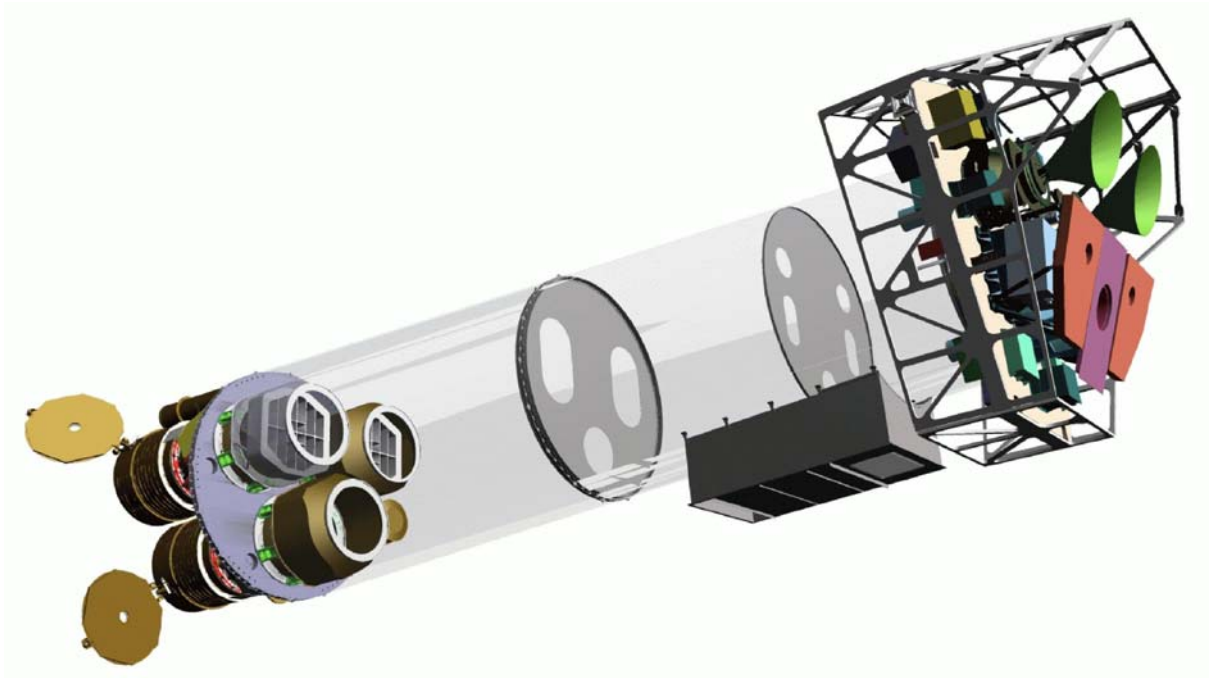
sonucu ortaya çıkan yüzey ışınlamını modellemekte kullanılır. Diğer yandan, güç kanunu modeli ile modellenen bileşen, yüzeyden çıkan ısısal fotonların manyetosferdeki yüklü parçacıklar tarafından saçılması sonucudur (Thompson ve diğ., 2002). Bu modele ek olarak, yakın zamanda Halpern ve Gotthelf (2005), XTE J1810-197 kaynağı için iki karacisim modelinin tercih edilmesi gerektiğini öne sürmüştür. Bu düşünceye göre, nötron yıldızının toplam yüzey ışınlamı, biri kendi soğumasından kaynaklanan daha düşük sıcaklıklı bir bileşenden ve diğeri de manyetik kutup bölgelerindeki daha sıcak bölgeden oluşmaktadır. Ancak her iki model de ampirik modeller olup, kaynakların fiziksel özellikleri hakkında detaylı ve gerçekçi parametreler içermemektedirler.

3. MALZEME VE YÖNTEM

Tez kapsamında, magnetarlara ait günümüz X-ışın uydusu teleskopları ile alınmış gözlemler, geliştirilen ‘*Yüzey Isısal Işınım ve Manyetosferik Saçılma*’ (YIIMS) modeli kullanılarak incelenmiştir. Bu bölümde, gözlemlerin elde edildiği uydular ve kullanılan detektörler hakkında kısaca bilgi verildikten sonra, gözlemlerin kalibrasyonlarının nasıl yapıldığı kısaca açıklanacak, kaynakların çalışmada kullanılan gözlem verileri sunulacaktır. Son olarak, tez çalışması kapsamında geliştirilen ve gözlemleri modellemekte kullanılan yüzey ısısal ışınım ve manyetosferik saçılma modeli açıklanacaktır.

3.1. VERİLERİ KULLANILAN UYDULAR

3.1.1. XMM-Newton Uydusu

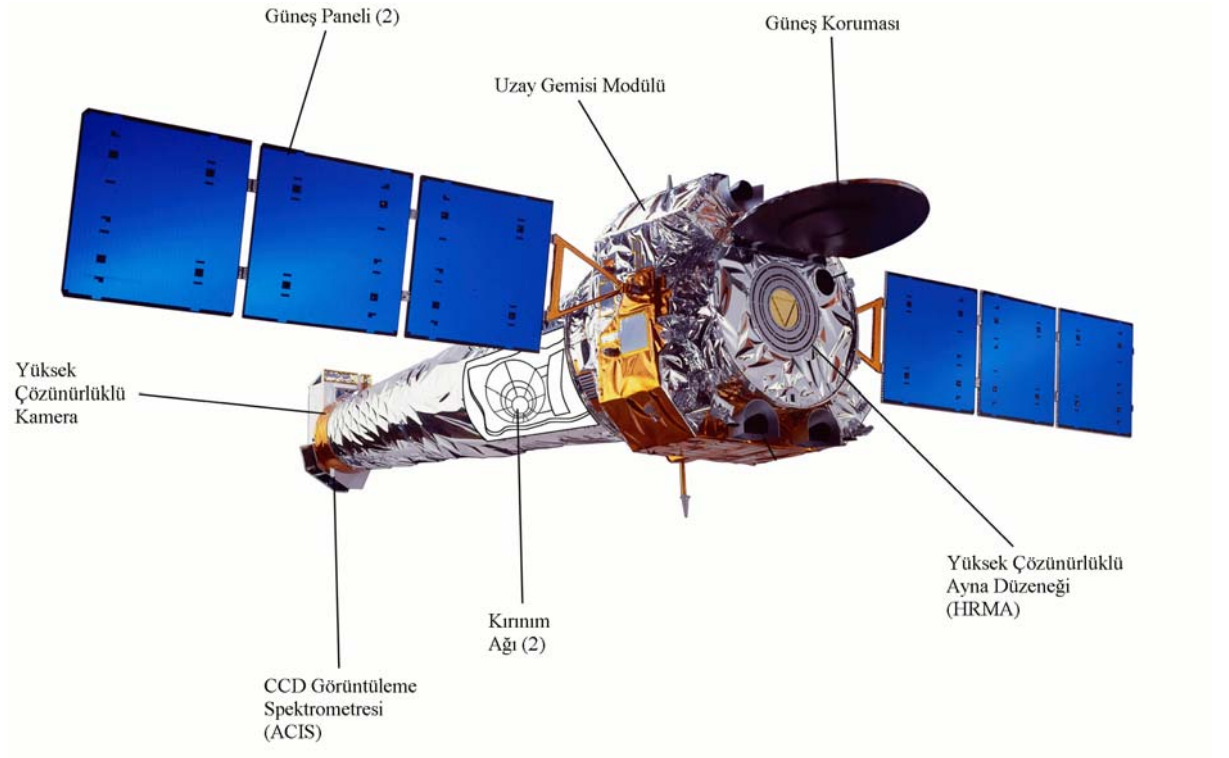


Şekil 3.1 XMM-Newton uydusunun teleskop modülünün şematik bir gösterimi. Sağ üstte (yeşil ile) EPIC-MOS, mor ile EPIC-pn ve bordo renk ile RGS CCD'leri gösterilmiştir. Sol altta ise ayna sistemleri görülmektedir.

XMM-Newton uydusu 10 Aralık 1999 yılında Avrupa Uzay Ajansı (ESA) tarafından uzaya fırlatılmıştır. Uydu üzerinde her biri eş zamanlı çalışabilen 4 detektör bulunmaktadır (bkz. Şekil 3.1). *European Photon Imaging Camera* (EPIC), *MOS* ve *pn* isimli iki farklı türde CCD'ye sahiptir. Bu iki detektör orta çözünürlükte ($E/\Delta E \sim 20-50$) spektrum elde edebilmek, X-ışın fotometresi ve görüntüleme (çözünürlük $\sim 6''$) amacıyla eş zamanlı olarak kullanılabilir. EPIC'e ek olarak *Reflection Grating Spectrometer* (RGS) yüksek çözünürlüklü X-ışın spektrumları elde etmek için tasarlanmış bir kırınım ağı spektrometredir. XMM-Newton uydusu üzerinde *Optical Monitor* (OM) isimli bir de morötesi/optik detektör bulunmaktadır. Bu 2 metre odak uzunluklu 30 cm çaplı teleskop sayesinde eş zamanlı optik ve X-ışın gözlemleri yapabilmek mümkündür.

Tez kapsamında EPIC-pn detektörü kullanılmıştır. EPIC-pn, uydu üzerindeki en büyük foton toplama alanına sahip detektördür. Yüksek foton toplama kabiliyeti sayesinde XMM-Newton uydusu Sinyal/Gürültü oranı çok yüksek X-ışın spektrumları elde etmek için ideal bir araçtır. Böyle bir imkan AXP ve YGY'lerin X-ışın tayflarının modellenmesi ve bu kaynakların fiziksel özelliklerinin belirlenebilmesi için son derece önemlidir. EPIC-pn detektörleri çeşitli modlarda çalıştırılabilirler. *Full-frame modu*'nda CCD'ler üzerindeki tüm pikseller okunur ve bu mod zamansal çözünürlüğü en düşük moddur (73 ms). Küçük pencere (Small Window) modunda ise sadece tam odaktaki CCD'nin bir kısmı okunur. AXP ve YGY gibi nokta kaynaklar için bu mod sıkça kullanılır çünkü, aynı zamanda yüksek zamansal çözünürlükte (6 ms) gözlemler elde edilmiş olur. En yüksek zaman çözünürlüklü mod olan *Timing mode*'da (zamanlama modu) ise Chandra'dakine benzer olarak tek bir piksel boyutunda bir piksel kolonu yüksek zaman çözünürlüğünde okunur (0.03 ms). XMM-Newton uydusu ile ilgili çok detaylı bilgi web sitesinden (<http://xmm.vilspa.esa.es>) elde edilebilir.

3.1.2. Chandra X-ışın Gözlemevi



Şekil 3.2 Chandra uydusunun şematik bir görünümü. Detektörlerin uyduda bulunduğu yerler işaretlenmiştir.

Chandra X-ışın Gözlemevi, NASA tarafından 23 Temmuz 1999 tarihinde uzaya fırlatılmıştır. Chandra, NASA'nın 4 büyük uydusu gözlemevi projesinin X-ışın gözlem uydusudur (bkz. Şekil 3.2). Uydunun, kendinden önceki X-ışın teleskoplarından uzaysal ve spektral çözünürlük bakımından birkaç mertebe daha kaliteli olmak üzere tasarlanmıştır. Yüksek Çözünürlüklü Ayna Düzeneği (HRMA) sayesinde nokta saçılma fonksiyonu 0.5 yay saniyesi olan görüntüler elde etmek mümkündür. Uydudaki her iki kırınım ağı kendi enerji aralıklarında (0.1–10.0 keV) önceki detektörlerden (ROSAT uydusu gibi) yaklaşık 500 kat daha yüksek spektral çözünürlüklü ($\sim 0.012 \text{ \AA}$) X-ışın tayfları elde etmeyi mümkün kılar.

Bu tez çalışmasında, Chandra uydusu üzerindeki ana gözlem aracı olan *Advanced CCD Imaging Spectrometer* (ACIS) dedektörü ile alınan gözlemler kullanılmıştır. Detektörün en önemli avantajlarından biri, yüksek uzaysal çözünürlüklü ($\sim 0''.5$) görüntüler ile orta spektral çözünürlüklü ($E/\Delta E \sim 20-50$) spektrumların eş zamanlı olarak alınabilmesidir. Detektör *Yüksek Enerji Kırınım Ağı* (High Energy Transmission

Grating, HETG) ile eş zamanlı olarak da kullanılabilir. Bu durumda kırınım ağında dalga boylarına ayrılan fotonlar, detektör üzerinde farklı piksellerce algılanarak, kaynaklara ait yüksek çözünürlüklü spektrumlar oluşturulur. ACIS önden aydınlatmalı 8 ve arkadan aydınlatmalı 2 X-ışını CCD'sinden oluşur. Bu CCD'ler iki farklı moda çalıştırılabilirler: poz-sürelili (*Timed Exposure*) ve sürekli okuma (*Continuous Clocking, CC*) modu. Poz-sürelili moda; 0.2–10 saniye poz süreleri arasında bir seçim yapılabilir. Tüm CCD'lerin kullanılması durumunda normal bir poz süresi 3.2 saniyedir. Sürekli okuma modunda ise, zamansal çözünürlüğü arttırmak için CCD'ler üzerinde 1 piksel kalınlığında 1024 piksel boyunda bir şerit boyunca gelen fotonlar okunur. Böylece gözlemin zamansal çözünürlüğü 3 milisaniyeye kadar düşürülebilir. AXP ve YGY'ler genelde parlak X-ışın kaynakları olduğundan, poz süreli moda gözlenmeleri CCD'lerde taşma olmasına sebep olmaktadır. Bu yüzden tezde daha çok sürekli okuma modunda alınmış gözlemler kullanılmıştır. Chandra X-ışın gözlemevi hakkında ayrıntılı bilgi <http://chandra.harvard.edu> web adresinden alınabilir.

3.2. VERİLERİN KALİBRASYONU VE TAYFLARIN İNDİRGENMESİ

3.2.1. XMM-Newton Verileri

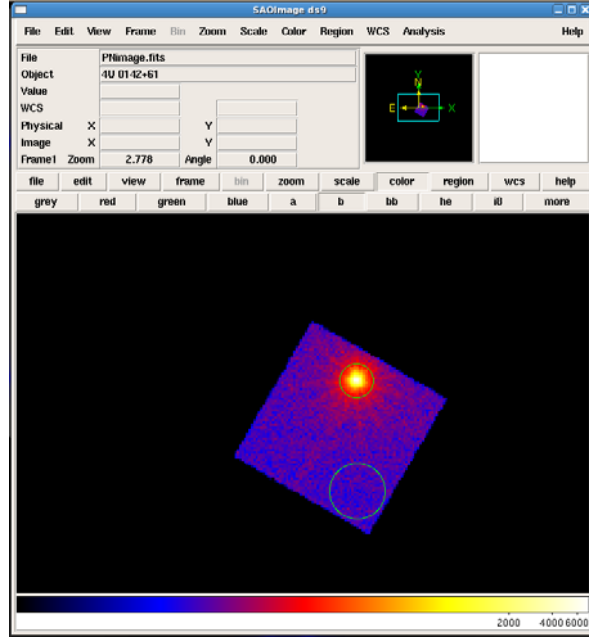
Tezde kullanılan, XMM-Newton verilerinden kaynaklara ait tayfları elde etmede *Science Analysis System* (SAS) isimli programın 7.1.0 versiyonu kullanılmış, ayrıca kalibrasyon için de yine uyduya ait en güncel kalibrasyon dosyaları kullanılmıştır. SAS programı, üzerinde çalıştığı sistemde bazı ortam değişkenlerinin belirlenmesinden sonra veri analizi için gerekli pek çok aşamanın otomatik olarak yapıldığı pratik bir programdır. İlk aşamada kullanıcının SAS programına bildirmesi gereken üç değişken vardır. Bunlar:

- SAS programının bilgisayar üzerinde nerede yüklü olduğu,
- Kullanılan bilgisayarda kalibrasyon arşivinin nerede olduğu,
- XMM-Newton gözlemlerinin bilgisayarda nerede saklandığı.

Bu soruların cevapları, kullanılan bilgisayardaki işletim sisteminde birer ortam değişkeni olarak verildikten sonra, gözlemlerde kullanılacak kalibrasyon dosyalarının seçimi *cifbuild*, ve *odfingest* rutinleri ile yapılır. Bu rutinler gözlemin yapıldığı tarih ve kullanılan detektörler gibi bilgileri kullanarak gözlemin indirgenmesinde kullanılacak kalibrasyon dosyalarının bir listesini oluştururlar. Bundan sonra kalibrasyonu yapılmış

gözlem verilerinin elde edilmesi için yapılması gereken; EPIC-pn gözlemleri için, *epproc* isimli rutini çalıştırmaktır. Bu rutin çalıştırıldıktan sonra kalibre edilmiş gözlem verileri elde edilmiş olur. Bundan sonra yapılması gereken iki önemli aşama vardır.

İlk olarak XMM-Newton gözlemlerinde sıkça görülebilen bir düzeltmenin, yüksek enerjili parçacıkların çok olduğu zamanların elenmesinin yapılması gerekir. XMM-Newton uydusu yörüngesinde hareket ederken Güneş'ten gelen yüksek enerjili parçacıklara da zaman zaman maruz kalmaktadır. Bu parçacıklar, kimi zaman spektrumunu etkileyecek miktarda olabilir. Bu sebeple önce gözleme ait bir ışık eğrisi oluşturulur. Öyle ki; sadece enerjisi 12 keV'nin üzerinde belirlenmiş fotonlar hesaba katılır. Bu ışık eğrisinde, parlamaların olduğu aralıklar belirlenir ve bu aralıkların hesaba katılmadığı bir gözlem verisi seti oluşturulur. Bundan sonraki önemli aşama ise gözlemlerde kaynağın seçilmesidir. Tezde EPIC-pn detektörünün pek çok modunda farklı kaynaklara ait gözlemler kullanılmıştır. Her bir modda kaynağın CCD üzerinde bulunduğu yer ve şekli farklılıklar gösterebilir. Örneğin; Timing Mod'da iken kaynak CCD üzerinde ince uzun bir kolon şeklinde görülmektedir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta, görüntü üzerinde sadece kaynağı içine alacak bir bölgenin seçilmesi ve yine aynı CCD üzerinde mümkünse aynı düşey eksen üzerinde en az kaynak için seçilen bölge ile aynı boyutlarda bir arka plan bölgesinin seçilmesidir. Bu bölgeler, verilerden oluşturulan görüntünün *DS9* programında açılmasıyla kolayca seçilebilir (bkz. Şekil 3.3). En son olarak, sadece bu bölgelere ait fotonların hesaba katılacağı tayflar oluşturulur. Tezde kullanılan tayflar her bir spektral aralıkta en az 25 foton olacak şekilde gruplanmıştır. Bunun amacı χ^2 analizinin uygulanabilmesidir.



Şekil 3.3 DS9 programı ekran görüntüsü. Kaynağın ve zemin bölgesinin seçildiği bölgeler yeşil çemberler ile gösterilmiştir.

Bu aşamalar adım adım <http://xmm.vilspa.esa.es/sas/7.1.0/documentation/threads/> adlı web adresinde XMM-Newton uydusu yardım masası tarafından daha detaylı olarak açıklanmıştır.

3.2.2. Chandra X-Işın Uydusu Verileri

Chandra X-ışını uydusu kullanılarak elde edilen veriler uydunun verilerinin kalibrasyonu için hazırlanan *CIAO* isimli program kullanılarak analiz edilmiştir. Çalışmada *CIAO* programının en son versiyonu olan 3.4 versiyonu kullanılmış ve bu program ile birlikte uyduya ait kalibrasyon verilerinin de en son versiyonu 3.4.0 kullanılmıştır. Verilerin kalibrasyonunda ve analizinde kullanılan programlar değişse de genel prensipler değişmemektedir. Chandra uydusu veri analizi için farklı bir nokta son zamanlarda veri analizi programlarından birinde araştırmacılar tarafından bulunan bir hatadır. Bu hata yüzünden veri arşivi tarafından verilen standart kötü piksel (bad pixel) dosyası kullanılmamalı onun yerine bu dosya *acis_run_hotpix* programı kullanılarak yeniden yaratılmalıdır. Yeni kötü piksel dosyası yaratıldıktan sonra, *acis_process_events* programı kullanılarak, kalibrasyonu yapılmış veri seti elde edilmiş olur.

Tezde genellikle kırınım ağı spektrumları yerine, daha çok foton içerdiği için, ACIS dedektörü ile elde edilen CCD spektrumları kullanılmıştır. Bu spektrumları elde etmek için, aynı XMM-Newton veri analizinde olduğu gibi bir kaynak ve bir arka alan bölgesi CCD üzerinden birbirlerine mümkün olduğunca yakın yerlerden seçilmelidir. Bu bölgeler seçildikten sonra *psextract* isimli rutin kullanılarak, kolayca spektrumlar üretilebilir. Bu aşamada *psextract* rutini ile üretilen duyarlılık eğrisi matrisini içeren dosya kullanılmamalı onun yerine *mkacisrmf* rutini ile bu dosya yeniden üretilmelidir. Tezde kullanılan Chandra spektrumları, aynı XMM-Newton verilerinde olduğu gibi her bir spektrel aralıkta en az 25 foton olacak şekilde gruplanmıştır.

Yukarıda bahsedilen bu aşamalar <http://cxc.harvard.edu/ciao/threads/all.html> isimli web adresinde daha detaylı şekilde açıklanmıştır.

3.3. KULLANILAN GÖZLEM VERİLERİ

Tezde verileri analiz edilen tüm kaynaklara ait tüm gözlemler, AXP'ler ve YGY'ler için ayrı ayrı Tablo 3.1 ve Tablo 3.2'de verilmiştir.

Tablo 3.1 Anormal X-ışın pulsarlarına ait, tezde kullanılan uydu verileri.

Kaynak Adı	Uydu	Detektör	Mod	Poz Sür. (ks)	Gözlem No.	Tarih
4U 0142+61	Chandra	ACIS-S	CC	5.94	724	21.05.2000
	XMM-Newton	EPIC-PN	Small Window	1.9	0112780301	13.02.2002
	XMM-Newton	EPIC-PN	Small Window	4.0	0112781101	24.01.2003
	XMM-Newton	EPIC-PN	Fast Timing	35.78	0206670101	01.03.2004
	XMM-Newton	EPIC-PN	Fast Timing	21.1	0206670201	25.07.2004
XTE 1810-197	XMM-Newton	EPIC-PN	Small Window	12.1	0161360301	08.09.2003
	XMM-Newton	EPIC-PN	Full Frame	9.0	0152833201	12.10.2003
	XMM-Newton	EPIC-PN	Large Window	19.0	0161360501	11.03.2004
	XMM-Newton	EPIC-PN	Large Window	28.9	0164560601	18.09.2004
	XMM-Newton	EPIC-PN	Large Window	42.2	0301270501	19.03.2005
	XMM-Newton	EPIC-PN	Large Window	42.2	0301270401	20.09.2005
	XMM-Newton	EPIC-PN	Large Window	51.4	0301270301	13.03.2006
1RXS J170849.0-400910	Chandra	ACIS-S	HETG	32.1	2757	09.09.2002
	XMM-Newton	EPIC-PN	Small Window	44.9	0148690101	29.08.2003
	Chandra	ACIS	CC	30.0	4605	03.07.2004
1E 1048.1-5937	XMM-Newton	EPIC-PN	Full Frame	8.4	0112780401	28.12.2000
	XMM-Newton	EPIC-PN	Full Frame	69.27	0147860101	16.06.2003
	XMM-Newton	EPIC-PN	Fast Timing	33.92	0164570301	08.07.2004
	Chandra	ACIS-S	CC	28.86	4653	10.07.2004
	Chandra	ACIS-S	CC	28.08	4654	15.07.2004
	XMM-Newton	EPIC-PN	Small Window	32.44	0307410201	16.06.2005
	XMM-Newton	EPIC-PN	Small Window	25.92	0307410301	28.06.2005
	Chandra	ACIS-S	CC	22.17	6733	26.02.2006
	Chandra	ACIS-S	CC	20.63	6734	20.04.2006
	Chandra	ACIS-S	CC	22.18	6735	14.06.2006
	Chandra	ACIS-S	CC	22.18	7347	30.07.2006
	Chandra	ACIS-S	CC	22.11	6736	23.09.2006
	XMM-Newton	EPIC-PN	Small Window	48.91	0510010601	14.06.2007
	1E 2259+586	Chandra	ACIS-S	CC	12.18	726
XMM-Newton		EPIC-PN	Full Frame	19.60	0057540101	22.01.2002
XMM-Newton		EPIC-PN	Small Window	52.50	0038140101	11.06.2002
XMM-Newton		EPIC-PN	Small Window	31.00	0155350301	21.06.2002
XMM-Newton		EPIC-PN	Full Frame	17.65	0057540201	09.07.2002
XMM-Newton		EPIC-PN	Full Frame	17.65	0057540301	09.07.2002
XMM-Newton		EPIC-PN	Small Window	8.35	0203550201	11.02.2004
XMM-Newton		EPIC-PN	Small Window	5.95	0203550301	20.02.2004

	XMM-Newton	EPIC-PN	Small Window	7.44	0203550601	06.06.2004
	XMM-Newton	EPIC-PN	Small Window	5.55	0203550401	22.06.2004
	XMM-Newton	EPIC-PN	Small Window	5.55	0203550501	19.12.2004
	XMM-Newton	EPIC-PN	Small Window	5.55	0203550701	28.07.2005
1E 1841-045	Chandra	ACIS-S	CC	10.5	730	29.07.2000

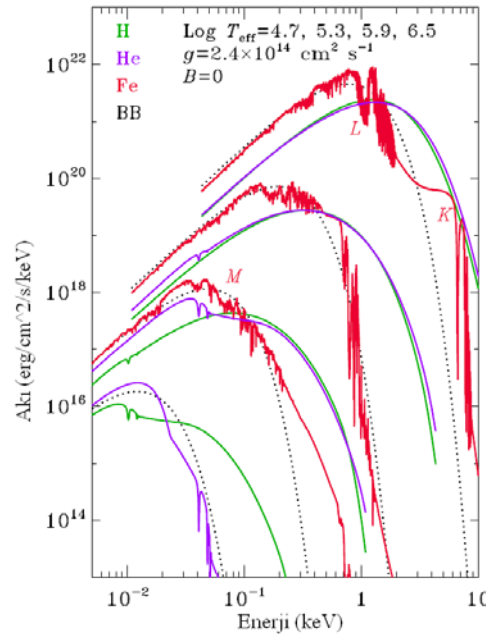
Tablo 3.2 Çalışmada incelenen YGY'lere ait gözlemler.

Kaynak Adı	Uydu	Detektör	Mod	Poz Sür. (ks)	Gözlem No.	Tarih
SGR 0526-66	Chandra	ACIS	FAINT	43.95	747	04.01.2000
	Chandra	ACIS	FAINT	53.42	1957	31.08.2001
SGR 1900+14	Chandra	ACIS	CC	20.84	2458	22.04.2001
	Chandra	ACIS	CC	18.9	2459	30.04.2001
	Chandra	ACIS	CC	48.22	3858	06.11.2002
	Chandra	ACIS	CC	25.23	3862	18.02.2003
	Chandra	ACIS	CC	25.7	3863	02.06.2003
	Chandra	ACIS	CC	25.4	3864	18.10.2003
	XMM-Newton	EPIC-PN	Full Frame	25.45	0305580101	20.09.2005
	XMM-Newton	EPC-PN	Full Frame	28.95	0305580201	22.09.2005
	Chandra	ACIS	CC	40.14	6709	29.03.2006
	XMM-Newton	EPIC-PN	Full Frame	22.55	0410580101	01.04.2006
SGR 1806-20	XMM-Newton	EPIC-PN	Full Frame	33.00	0164561401	10.04.2005

3.4. YÜZEY ISISAL IŞINIM VE MANYETOSFERİK SAÇILMA MODELİ

Magnetar'ların X-ışın emisyonunun modellenmesi, daha çok karacisim ya da güç kanunu modelleri gibi ampirik modeller ile yapılmaktadır (ör. Kaspi, 2007; Woods ve Thompson, 2006). Magnetar modeline göre; karacisim ışınımının güçlü manyetik alanın bozunması sonucu ısınmış yüzeyden gelen ısısal ışınımı temsil ettiği düşünülür (Thompson ve Duncan, 1996). Ancak yapılan teorik çalışmalar, nötron yıldızlarının yüzey ışımalarının karacisim ışınımından farklı olduğunu ortaya koymuştur. Atmosferdeki foton enerjisine bağlı radyatif işlevler nötron yıldızının derinlerinden gelen emisyonu önemli ölçüde karacisim ışınımından uzaklaştırırlar (ör. Shibano ve diğ., 1992). Diğer yandan güç kanunu bileşeninin ise manyetosferik kaynaklı olduğu (Thompson ve diğ., 2002) düşünülse de, sadece güç kanunu modeli ile spektrumların modellenmesi, kaynakların manyetosferlerinin fiziksel özellikleri hakkında bilgi vermemektedir.

Magnetarların yüzey ışınımlarının fiziksel parametreler içeren modeller ile açıklanabilmesi amacıyla pek çok atmosfer modeli hazırlanmıştır. Radyatif denge varsayımı altında uzaysal ve polarizasyona bağlı saçılmalar Özel (2001) ve Lloyd (2003) tarafından hesaba katılmıştır. Yüksek manyetik alanlarda ortaya çıktığı düşünülen vakum polarizasyonunun etkileri Özel (2001, 2003), Lloyd (2003) ve Lai ve Ho (2003) tarafından hesaplanmıştır. Yine böyle yüksek manyetik alanlarda 0.5–10.0 keV arasına denk gelen proton-siklotron çizgileri Zane ve diğ. (2001), Ho ve Lai (2001) ve Özel (2003) tarafından hesaplanmıştır. Manyetik alanın iki boyutlu yapısı Lloyd (2003) ve tam iyonizasyon varsayımı yerine kısmi iyonizasyon hesapları da Ho ve diğ. (2003) ve Potekhin ve diğ. (2004) tarafından hesaplanmıştır. Pek çok model yukarıda söylendiği ve Şekil 3.4’de gösterildiği gibi yüksek manyetik alanlı bir nötron yıldızının yüzeyinden çıkan emisyonun bir karacisim emisyonundan farklılaşmasını ve bir miktar vakum polarizasyonundan dolayı bastırılmış olsa da manyetik alan şiddeti ile orantılı frekanslarda proton-siklotron çizgilerinin varlığını öngörmektedir.



Şekil 3.4 Çeşitli metal bollukları ve yüzey sıcaklıkları için nötron yıldızı atmosfer modelleri ile aynı sıcaklıktaki karacisim eğrilerinin (noktalı çizgi ile gösterilmiştir) karşılaştırması (Zavlin ve Pavlov, 2002). K, L ve M demir atomunun sırasıyla en alt seviyesi ve sonraki seviyelerdeki geçişlerine verilen isimdir.

Ancak bir nötron yıldızının yüzey ışınımı, uzaklardaki gözlemciye ulaşmadan önce, nötron yıldızının manyetosferindeki aşağıda belirtilen bazı işlemler ile bir kez daha değişikliğe uğrar. Goldreich ve Julian (1969), manyetik eksenini dönme eksenine göre çakışan bir nötron yıldızının manyetosferinde $n = 7 \times 10^{-2} B/P \text{ cm}^{-3}$ (B , Gauss biriminde nötron

yıldızının dipol manyetik alan şiddeti, P saniye biriminde dönme periyodu olmak üzere) ile orantılı miktarda bir plazma yoğunluğu olduğunu göstermiştir. Thompson ve diğ., (2002) magnetar rejiminde manyetosferde akan büyük ölçekli elektrik akımlarının Goldreich-Julian yoğunluğundan çok daha fazla parçacık yoğunluğuna sebep olabileceğini ortaya koymuşlardır. Bu miktarda yoğunluk, Thompson ve diğ.'ne (2002) göre nötron yıldızı yüzeyinden çıkan fotonların rezonant-siklotron saçılma mekanizması ile saçılmasına sebep olacak ve nötron yıldızının yüzey ışınımı, manyetosferde saçılarak değişime uğratılmış olacaktır. Bu mekanizma, AXP ve YGY'lere ait X-ışın spektrumlarında gözlenen güç kanunu bileşenini açıklamak üzere kullanılmıştır. Bu fikirden hareketle Lyutikov ve Gavriil (2006), bir karacisimden gelen ışınım, manyetosferdeki saçılmanın etkilerini hesaplamıştır. Lyutikov ve Gavriil (2006) gerçekten de manyetosferdeki saçılmanın karacisim ışınımını önemli ölçüde bozabildiğini göstermiş ve oluşturdukları modeli 1E 1048.1-5937 isimli kaynağın bir X-ışın spektrumuna, nötron yıldızının bir karacisim gibi ışıdığı varsayımı altında uygulamışlar ve bu kaynağın X-ışın spektrumunu modellemişlerdir. Daha sonra Rea ve diğ., (2007) bu modeli 1RXS J1708-4009, 1E 1048.1-5937 ve SGR 1900+14 isimli iki AXP ve YGY'ye uygulamış fakat model 1E 1048.1-5937 dışında kalan kaynakların X-ışın tayflarını başarıyla modelleyememiştir.

Bir magnetardan uzaktaki bir gözlemciye gelen ışınım, hem atmosferin hem de manyetosferin etkileri olmalıdır. Bu iki etki, birlikte daha önce çalışılmamıştır. Bu tezde her iki etki Özel (2001, 2003) ve Lyutikov ve Gavriil (2006) çalışmalarından faydalanılarak hesaba katılmış ve magnetarlar için mümkün olan en gerçekçi ışınım modeli elde edilmeye çalışılmıştır.

Bu bölümde, çalışmada kullanılan Yüzey Isısal Işınım ve Manyetosferik Saçılma (YIIMS) modeli, önce yüzey ışınımına atmosferin ve manyetosferin etkileri, daha sonra da, bu iki modelin birleştirilmesi ve tablo model oluşturulmasının açıklanması ile tanıtılacaktır.

3.4.1. Yüksek Manyetik Alanlı Nötron Yıldızlarının Yüzey Işınımları

Hem normal yıldızlarda hem de nötron yıldızlarında gözlenen ışınım, yüzeydeki atmosfere ve atmosferin kimyasal kompozisyonuna son derece bağlıdır. Normal

yıldızlar ile nötron yıldızları atmosferleri arasındaki en önemli farklardan biri, atmosferin pek çok element yerine, nötron yıldızlarında tek bir elementten (mümkün en hafifi) oluşmasıdır. Bunun sebebi; nötron yıldızının yüksek çekim kuvvetinden dolayı daha ağır elementlerin derin katmanlara kadar batmasıdır (Alcock ve Illarianov, 1980). Yüksek kütle çekimleri, nötron yıldızlarının atmosferlerini başka açılardan da farklılaştırır. $g \sim 10^{14}-10^{15} \text{ cm s}^{-2}$ mertebelerindeki kütle çekim ivmeleri, nötron yıldızı atmosferlerinin çok ince ($\sim 0.1-10 \text{ cm}$) ve yoğun ($\sim 10^{-2}-10^2 \text{ g cm}^{-3}$) olmasına yol açar (Zavlin ve Pavlov, 2002).

Yüksek manyetik alan şiddetleri de ($B \sim 10^{11}-10^{15} \text{ Gauss}$) nötron yıldızlarının yüzeylerinden gelen ışınımı önemli ölçüde etkiler. Böyle yüksek manyetik alanlı nötron yıldızlarının atmosferlerindeki radyatif opasite, manyetik alanın yönüne ve polarizasyonuna bağlı olarak değişeceğinden gelen ışınımı etkileyecektir (ör. Adler, 1971; Tsai ve Erber 1975; Zavlin ve Pavlov 2002). Yüksek manyetik alanın bir başka etkisi ise; elektronların siklotron enerjisinin ($E_{ce} = eB/m_e c$), Coulomb enerjisinden büyük olmasıdır (ör. Hidrojen atomu için, $\gamma = E_{ce}/(1Ry) = 850 (B/10^{12} \text{ Gauss})$). Siklotron enerjisi daha yüksek olduğu için elektronlar manyetik alan çizgileri boyunca hareket etmeye çalışacak, bu da atomların yapısında değişiklikler oluşmasına sebep olacaktır. Ayrıca, elektronların atomlara bağlanma enerjileri artacak, böylelikle nötron yıldızı atmosferindeki maddenin iyonizasyon durumu etkilenecektir (Greenstein ve Hartke, 1983; Zavlin ve Pavlov, 2002). Örneğin 10^{13} Gauss mertebesinde bir manyetik alan şiddetinde Hidrojenin iyonizasyon potansiyeli 310 eV'dir (Zavlin ve Pavlov, 2002). Magnetarlar için beklenen yüzey sıcaklıkları seviyesinde ise (0,3 – 0,5 keV) iyonize olmamış Hidrojenin iyonize olmuş Hidrojen'e sayı oranı 10^{-5} 'den küçüktür (Özel, 2001). Bu sebeple magnetarların X-ışın spektrumları modellenirken atmosferin tamamen iyonize Hidrojenden oluştuğu varsayılabilir. Yüksek manyetik alanın bir başka etkisi ise, nötron yıldızı kabuğundaki ısı iletkenliğinin manyetik alanın varlığından dolayı anizotropik olmasıdır. Yüzeyde izotropik olmayan bir sıcaklık dağılımına sebep olan bu etki, ısısal ışınımın nötron yıldızı dönüşü boyunca atım göstermesine sebep olur (Greenstein ve Hartke, 1983).

Bu tezde nötron yıldızlarının yüzey ışınımalarının hesaplanmasında Özel'in (2001, 2003) çalışmaları takip edilmiştir. Nötron yıldızı yüzey ışınımaları hesaplanırken tamamen

iyonize Hidrojenden oluşan yerel termodinamik dengede, düzlem-paralel bir atmosfer yapısı varsayılmıştır. Bu atmosfer tabakası üzerinde serbest-serbest absorpsiyon ve saçılma işlemleri dikkate alınarak radyatif denge modelleri hesaplanmıştır. Yüzeğe dik olarak kabul edilen manyetik alan ve vakum polarizasyonunun etkileri de hesaba katılmıştır (Özel 2001, 2003).

Yüksek manyetik alan rejiminde elektron siklotron enerjisi, çalışmada dikkate alınan yüzey sıcaklıklarından çok daha yüksek olduğu için ($E_{SE} \gg kT_e$), elektronların ısısal hareketleri ihmal edilmiştir. Bu, ‘soğuk plazma’ yaklaşımı olarak da bilinir. Ayrıca yine benzer manyetik alan şiddetlerinde foton enerjileri elektronların siklotron enerjilerinden küçük olduğundan, siklotron rezonanslarının da hesaba katılmasına gerek kalmaz. Bu durumda fotonların taşınımı, her biri fotonların farklı polarizasyon hallerine karşılık gelen birbirine dik iki mod ile açıklanabilir (Gnedin ve Pavlov, 1979; Pavlov ve Shibanov, 1979). Böyle yüksek manyetik alanlarda fotonların saçılma ve soğurulma sabitleri, fotonların polarizasyon modlarına yüksek bağlılık gösterir ki bu da atmosferin opasitesinin farklı modlarda farklı olmasına yol açar (Özel, 2001). Salt plazma durumunda, normal modlar, sağ ve sol el kuralına uygun şekilde ve yayılma açıları $\theta \approx 0$ ve $\theta \approx \pi/2$ olacak şekilde dairesel polarize olmuşlardır Diğer tüm yönelimler için normal modlar eliptik polarize olmuştur (Özel, 2001).

Bu durum vakum polarizasyonunun varlığında değişebilir. Kuantum elektrodinamiğine göre vakum sanal elektron–pozitron çiftlerinden oluşmaktadır. Kuantum kritik limitin üzerindeki manyetik alan şiddetlerinde ($B \geq 4.3 \times 10^{13}$ G), bu çiftler ortamın dielektrik ve manyetik geçirgenlik tensörlerini önemli ölçüde etkiler (Adler, 1971; Gnedin ve diğ., 1978; Meszaros ve Ventura, 1978, 1979). Bu etkiler sebebiyle vakum polarizasyonu normal modların polarizasyonunu ve plazmadaki etkileşim tesir kesitlerini etkiler (Özel, 2001). Nötron yıldızı atmosferleri gibi yoğunluk değişimi barındıran plazmalarda vakum polarizasyonu, fotonların yayılımlarının normal modları, daha çok dairesel polarize olan yoğun bölgelerden daha çok lineer polarize olduğu düşük yoğunluklardaki bölgelere doğru geçerken bir rezonansın oluşmasına yol açar. Bu rezonansın oluşmasının sebebi, foton yayılımının normal modlarının çok yüksek yoğunluklu bölgelerde (plazmanın baskın olduğu bölgeler) çok düşük yoğunluklu bölgelerden (vakumun baskın olduğu bölgeler) farklı olması ve kritik bir yoğunlukta iki bölge

arasında geçişin yaşanmasıdır. Bu kritik yoğunlukta normal modların lineer polarizasyonları yok olur ve sadece dairesel polarize modlar kalır (daha detaylı bilgi için : Özel, 2001; Adler, 1971; Tsai ve Erber, 1975; Meszaros ve Ventura, 1979; Kaminker ve diğ., 1982). Vakum polarizasyonunun bu etkileri Özel (2003) tarafından hesaba katılmış ve bu tezde kullanılmıştır.

Böyle yüksek manyetik alan şiddetlerinde, 0.5 – 10 keV enerji aralığında hesaba katılması gereken bir diğer nokta ise proton-siklotron absorpsiyon çizgileridir (Zane ve diğ., 2001). Çizgilerin enerjileri

$$E = 6.3n \times \left(\frac{B}{10^{15}} \right) keV \quad (3.1)$$

ile verilir, burada n harmonik sayısıdır ve nötron yıldızı atmosfer modeline Özel (2003) tarafından eklenmiştir.

Tezde kullanılan hesaplarda, radyatif transfer denklemi *Feautrier metodu* (Mihalas, 1978) kullanılarak çözülmüştür. Oluşan X-ışın spektrumu, etkin yüzey sıcaklığı, yüzey manyetik alan şiddeti ve kütle-çekimsel ivmeye bağlıdır. Bu çalışmada kütle-çekimsel ivme $g=1.9 \times 10^{14} \text{ cm s}^{-2}$ olarak alınmıştır.

3.4.2. Manyetosferik Saçılma

Magnetar şiddetinde manyetik alana sahip nötron yıldızlarında manyetosferdeki yüklü parçacık yoğunluğu gözlenen X-ışınımını etkileyecek ölçekte olabilir (Thompson ve diğ., 2002; Lyutikov ve Gavriil, 2006; Fernandez ve Thompson, 2007). Atmosferden çıkan fotonlar gözlemciye doğru yol alırken nötron yıldızı yüzeyinin hemen üzerinde manyetosferdeki parçacıklar tarafından saçılırlar. Bu saçılmayı hesaba katmak için çalışmada Lyutikov ve Gavriil (2006) tarafından geliştirilen model takip edilmiştir.

Eğer bir nötron yıldızının manyetosferi rölativistik olmayan plazma ile dolmuşsa, yüzeyden gelen ısısal ışınım, aşağıda verilen r yarıçapında, rezonant siklotron saçılmaya maruz kalır (Lyutikov ve Gavriil, 2006).

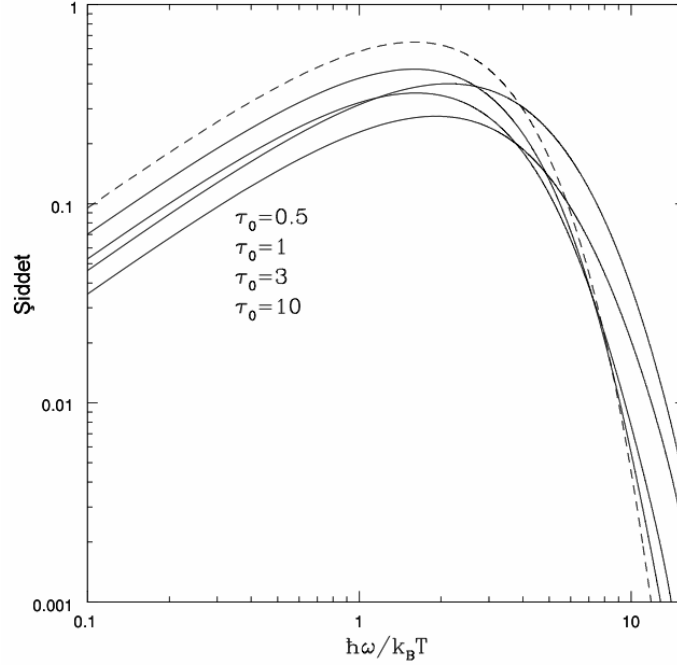
$$r \sim r_{NS} \left(\frac{(h/2\pi)eB_{NS}}{\varepsilon mc} \right)^{1/3} \sim 8r_{NS} b^{1/3} \left(\frac{\varepsilon}{1keV} \right)^{-1/3} \quad (3.2)$$

Burada $r_{NS}=10^6$ cm nötron yıldızının yarıçapı, B_{NS} yüzey manyetik alanı, $b=B_{NS}/B_{kr}$, $B_{kr}=4 \times 10^{13}$ G kritik manyetik alan, m elektronun kütlesi, ε fotonun enerjisi, c ışık hızı ve h Planck sabitidir. Bu durumda rezonant saçılmayı karakterize etmek için kullanılan optik derinlik şu şekilde verilmiştir : (Zhelezniakov, 1996),

$$\tau_0 = \frac{\pi^2 e^2 n r}{3 m c \omega_B} \quad (3.3)$$

Burada $\omega_B = eB/mc$, yani siklotron frekansıdır. Optik derinlik, τ_0 , herhangi bir doğrultudan gelen fotonların ancak, $\exp(-\tau_0)$ kadar bir oranının rezonant katmanı geçebileceğini ifade eder.

Lyutikov ve Gavriil (2006), bu saçılmayı hesaplayabilmek için, fotonların yayılımını bir boyut üzerinde çözmüşlerdir. Buna *Schwarzschild – Schuster Yaklaşımı* da denir. Lyutikov ve Gavriil (2006) bu yaklaşımı ve manyetosferdeki parçacıkların hızlarını kullanarak, fotonların böyle bir saçılma bölgesinden nasıl geçeceklerini ve kazanacakları enerjileri hesaplayarak karacisim ışınımı yapan bir kaynaktan gelen ışınımın bu tabakadan geçmesi sonucu oluşacak X-ışın spektrumlarını oluşturmuştur. Şekil 3.5’den görülebileceği gibi böyle bir saçılma bölgesinden geçen düşük enerjili fotonlar saçılma bölgesinde kazandıkları enerji ile spektrumun daha yüksek enerjili bölgesindeki akıyı arttırmaktadırlar. Bu da, toplam foton sayısında bir değişim olmamasına rağmen saçılma ile akının değişmesine ve ek olarak gözlenen spektrumların daha sert olmasına sebep olmaktadır.



Şekil 3.5 Bir karacisim eğrisinin (kesikli çizgi ile gösterilmiştir) artan optik derinlik ile değişimi. Bütün spektrumlarda manyetosferdeki parçacıkların hızı $0.3c$ olarak alınmıştır (Lyutikov ve Gavriil, 2006).

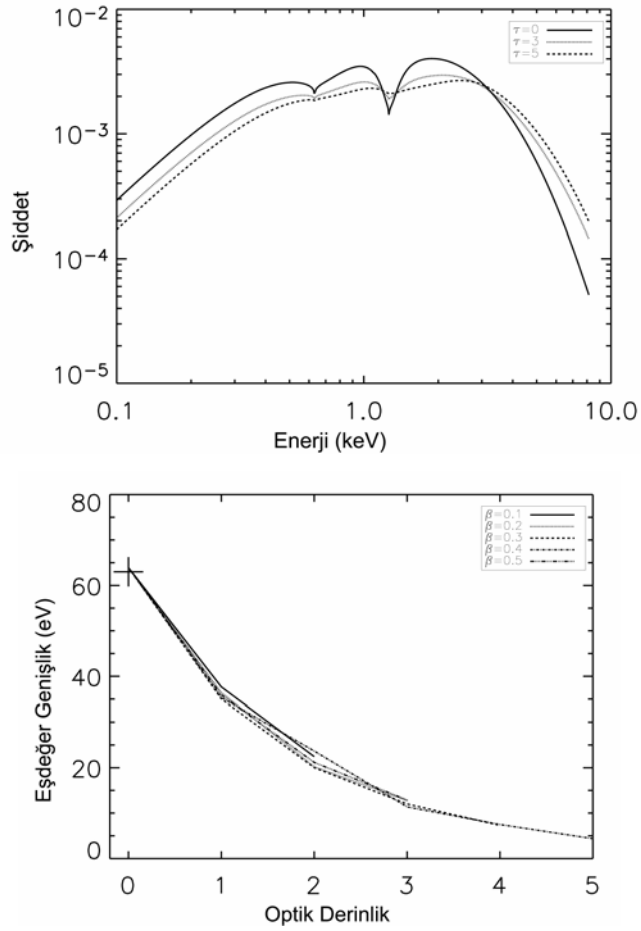
3.4.3. Manyetosferik Saçılmanın Yüzey Işınımına Etkileri

YIIMS (Yüzey ısısal ışınım ve manyetosferik saçılma) modelinde, yüzey ışınımı olarak karacisim ışınımı yerine Özel (2003) tarafından hesaplanan yüksek manyetik alanlı nötron yıldızlarının yüzey ışınım modeli kullanılmış ve bu ışınımın manyetosferdeki saçıcı bir bölgeden geçmesi durumunda oluşacak spektrumlar hesaplanmıştır. Böylece bir nötron yıldızının hem atmosferinin hem de manyetosferinin yüzey ışınımına etkileri hesaba katılmış olmaktadır. Manyetosferik saçılmanın yüzey ışınımına olan bu etkileri aşağıda açıklanmıştır.

Rezonant siklotron saçılmanın etkilerini göstermek için, 0.3 keV yüzey sıcaklığında 10^{14} Gauss alana sahip bir nötron yıldızı için hesaplanan model spektrum, manyetosferdeki farklı optik derinlik değerleri için elde edilmiştir (Şekil 3.6). Spektrumun tepesinden sonraki foton enerjilerinde, zaten atmosfer hesaplarında ortaya çıkan, karacisim ışınımından farklı bir kuyruk daha da sert olarak görülür. Bunun sebebi, fotonların her bir saçılmada enerji kazanmalarındır. Derin proton-siklotron çizgileri de rezonant-siklotron saçılmanın etkileri arttıkça aşama aşama yok olur. Bu etkinin sebebi rezonant bölgede rasgele hareket eden elektronların yüzeyden gelen

fotonları saçmasıdır. Bu da vakum polarizasyonunun proton-siklotron çizgilerini zayıflatmasına ek bir etkidir (Ho ve Lai, 2003; Lloyd, 2003; Özel, 2003).

Şekil 3.6 ve Tablo 3.3’de manyetosferik saçılma sonucu proton siklotron çizgisinin eşdeğer genişliğinin değişimi verilmiştir. Şekil 3.6’nin alt panelinde gösterilen grafik, 4×10^{14} Gauss manyetik alanlı ve yüzey sıcaklığı 0.3 keV olan bir atmosfer modeli için çizilmiştir. Şekil 3.6’dan da görüldüğü gibi, proton-siklotron çizgisinin eş değer genişliği, parçacık hızı β ’ya çok bağlı değildir. Görülebileceği gibi birim optik derinlik bile proton-siklotron çizgisinin eş değer genişliğini yarı yarıya azaltır. Bu hesaplar için kullanılan model parametreleri manyetosferdeki parçacık yoğunluğunun yaklaşık $3 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ olduğunu gösterir. Bu da 6 saniye dönme periyotlu böyle bir nötron yıldızı için hesaplanan Goldreich-Julian yoğunluğu’ndan $\sim 10^4$ kat fazladır.



Şekil 3.6 10^{14} Gauss yüzey manyetik alan şiddetine ve 0.3 keV yüzey sıcaklığına sahip bir magnetar'ın farklı manyetosferik optik derinliklere göre hesaplanmış X-ışın spektrumu. Karşılaştırma için düz kalın çizgi ile aynı spektrumun manyetosferik etkilerin hiç hesaba katılmamış hali de çizdirilmiştir (üst panel). Alt panelde ise proton-siklotron çizgisinin optik derinliğin bir fonksiyonu olarak değişimi farklı elektron hızlarına göre çizilmiştir. + işareti ile manyetosferik etkilerin hiç hesaba katılmadığı durum gösterilmiştir. Artan optik derinlik ve elektron hızı ile çizginin tamamen yok olabildiği görülebilir.

Tablo 3.3 Siklotron çizgilerinin eş değer genişlikleri ^(a).

Manyetik Alan (10^{14} Gauss)	Çizgi Enerjisi (keV)	Eşdeğer Genişlik (eV)		
		$\tau = 1$	$\tau = 3$	$\tau = 5$
0.1	0.063	0.87	0.44	-(^b)
0.1	0.126	0.80	0.41	-(^b)
1	0.635	27.96	14.61	6.7
1	1.263	19.78	9.54	3.9
4	2.529	35.05	12.02	-(^b)
4	5.051	130.29	44.07	14.6
8	5.050	129.68	27.56	-(^b)
8	6.295	122.77	-(^b)	-(^b)

^(a) Manyetosferdeki yüklü parçacık hızları $\beta = (v/c) = 0.3$ olarak alınmıştır.

^(b) Bu saçılma miktarında çizgi süreklilik spektrumundan ayırt edilememektedir.

Hem vakum polarizasyonu hem de manyetosferdeki rezonant siklotron saçılmanın, bir magnetarın X-ışın spektrumundaki etkileri benzerdir. Her iki etki de siklotron çizgilerinin eş değer genişliklerini azaltır ve spektrumun yüksek enerjili kısmında bir kuyruğa sebep olur. Literatürde genel olarak ikinci bir karacisim modeli ya da bir güç kanunu modeli kullanılarak açıklanan bileşen işte bu spektrumun doğal olarak açığa çıkan sert bileşenidir.

3.4.4 XSPEC Tablo Modelinin Oluşturulması

YIIMS modelini gözlemler ile karşılaştırabilmek için, gözlemlere uygulanmak üzere XSPEC (Arnaud, 1996) tarafından kullanılacak bir ‘tablo model’ oluşturulmuştur. XSPEC programı kullanıcının, tablo modelin okunacağı bir dosyanın isminin girilmesiyle modeli okuyup işleyebilir.

Bir tablo modelin temel işleyişi şöyledir: Dosya N-boyutlu model spektrumlarından bir ağ içerir. Bu ağdaki her bir noktaya ait spektrum modeldeki N sayıdaki parametreden bir set ile ayrıca hesaplanmıştır. XSPEC bu ağ üzerinde fit için gerekli gördüğünde parametre değerleri arasında interpolasyon yaparak veri ile en iyi uyuma sahip model parametrelerini belirler. Her bir parametre için interpolasyonun lineer mi yoksa logaritmik mi yapılacağı belirtilebilir. Tablo modellerin yapıları ve standartları konusunda detaylı bilgi Arnaud (1999)’dan elde edilebilir.

Bir tablo model için girilen spektrumların akı birimi $\text{foton/cm}^2/\text{s}$ olması gereklidir. XSPEC modele, bir normalizasyon parametresi ve bir de kırmızıya kayma parametresi ekler. Eğer kırmızıya kayma (z) değeri sıfırdan farklı ise, XPSEC, modeli enerji uzayında kaydırır ve zaman genişlemesi (time dilation) etkisinin hesaba katılması için $(1+z)$ ile çarpar.

Son tablo model elde edilmeden önce tamamlanması gereken bazı adımlar vardır. İlk adım, yüzey ısısal ışınım modelinin atmosferin sıcaklık profilini elde etmek üzere iteratif olarak çalıştırılmasıdır. Model bu şekilde çalışırken, aynı zamanda atmosferden çıkan toplam akının, giren ile aynı miktarda olacağı sıcaklık profilini belirlemeye çalışır. Bu işlem iteratif olarak yapıldığı için zaman almaktadır. Bu yüzden program bu aşamada düşük enerji çözünürlüğü ile 0.05 – 10.0 keV arasında spektrum üretir (51

nokta ile). Doğru sıcaklık profili bulunduğundan sonra, program bu profili tekrar okuyabilir ve bu profili kullanarak daha yüksek çözünürlüklü spektrumlar üretilebilir. Bu şekilde kod tekrar çalıştırılır ve 1001 enerji noktalı yüksek çözünürlüklü spektrumlar hesaplanır. Böyle yüksek çözünürlüklerde program, artan enerji ile yumuşak bir biçimde değişmesi gereken spektrum üzerinde ufak saçılmalar yaratabilir. Bunu aşabilmek için IDL programlama dili kullanılarak spektrumları lineerize edecek programlar yazılmıştır. Spektrumlarda oluşacak proton-siklotron çizgilerinin hangi enerjilerde oldukları bilindiğinden, bu çizgilerin olduğu bölgelerde söz konusu işlem uygulanmamıştır. Lineerize etme aşaması bittikten sonra yüzey ısısal ışınım modeli ile hesaplanmış 1001 enerji noktalı bir spektrum üretilmiş olmaktadır. Manyetosferik saçılmanın etkilerinin hesaplanması için bu spektrum, manyetosferik saçılma programına (Lyutikov ve Gavriil, 2006) girdi olarak verilir ve C dilinde yazılmış bir program kullanılarak bu etkilerin hesaba katıldığı model spektrumlar üretilir. XSPEC, iki enerji noktası arasındaki bir değere ait akıya ihtiyaç duyduğunda lineer interpolasyon yapar. Sayısal hesaplarda sürekli enerji noktaları üretmek imkansız olsa da, çözünürlüğü arttırmak yine de faydalı olur. Bunu sağlamak için, IDL dilinde programlar yazılmıştır. Programlar art arda gelen iki enerji noktasına *spline* fonksiyonu uygulayarak yeni enerji noktaları ve bunlara karşılık gelen akı değerlerini hesaplarlar. Bu aşamadan sonra model spektrumlar 9009 enerji noktası içerirler ki; bu değer günümüz X-ışın uydularından alınan spektrumların çözünürlüğü göz önüne alınırsa fazlasıyla yeterlidir. Son olarak model spektrumların birimleri XSPEC ile uyumlu hale getirilir.

Bu şekilde her bir parametre setine karşılık gelen model spektrum hesaplandıktan sonra FORTRAN dilinde yazılmış bir program ile modeller XSPEC programı tarafından okunabilecek formatta bir FITS dosyası içine gömülür. Sonuç olarak, 4 farklı parametrenin alabileceği her bir değer için bir model spektrum üretilmiş ve tablo model dosyasının içine gömülmüş olur. XSPEC programı bu tablo modelin tamamını okuyacak ve model spektrumlar içinden veri ile en iyi uyanı seçerek ona karşılık gelen model parametrelerini belirleyecektir.

Bu şekilde YIIMS modeli nümerik olarak 5×10^{13} - 5×10^{15} Gauss manyetik alan şiddeti, 0.1 – 0.6 keV yüzey sıcaklığı, 1 – 10 manyetosferik optik derinlik ve manyetosferdeki

parçacıkların hızı için $0.1 - 0.5 c$ limitlerinde hesaplanarak XSPEC programına yerleştirilmiştir.

3.4.5. Işınım Yapan Yarıçapın Hesabı

Nötron yıldızlarının fiziksel özellikleri belirlenirken yüzeyinden çıkan ışınımın maruz kaldığı genel rölativistik etkiler de göz önüne alınmalıdır. Tez kapsamında yapılan analiz ile elde edilen yüzey sıcaklığı ve ışınım yapan yarıçapın hesaplanmasında genel rölativistik etkiler, kütleçekimsel kırmızıya kayma ve ışığın bükülmesi hesaba katılmıştır. Aşağıda bu etkilerin nasıl hesaplandıkları kısaca açıklanacaktır.

Yüksek kütleleri ($\sim 1.44 M_{\odot}$) ve ~ 11 km yarıçapları ile nötron yıldızları kompakt cisimlerdir ve etraflarındaki uzay-zamanı önemli ölçüde bükerekler. Genel rölativite'de hesapların yapılabileceği en basit bükülmüş uzay-zamanlar en çok simetri barındıranlardır. Bunların içinde en kullanışlı olanları da boş uzayda küresel simetrik bir eğim kaynağının olduğu durumdur. Bu durum *Schwarzschild Geometrisi* olarak bilinir. Anormal X-ışın Pulsarları ve Yumuşak Gama-Işın Yineleyicileri kendi eksenleri etrafında görece çok yavaş döndüklerinden (5 – 12 saniye) bu kaynakların etrafındaki uzay-zaman *Schwarzschild metriği* ile açıklanabilir (Psaltis diğ., 2000). Bu metrikte, nötron yıldızının yüzeyinden çıkan bir foton da nötron yıldızının yüksek kütleçekim ivmesi ile karşı karşıya kalır ve frekansı ile orantılı bir kırmızıya kaymaya maruz kalır.

Yüzey Isısal Işınım ve Manyetosferik Saçılma (YIIMS) modeli, nötron yıldızı yüzeyindeki bir gözlemciye göre hesaplanmıştır. Sonsuzdaki bir gözlemci için parametreleri belirlerken kütleçekimsel kırmızıya kayma, model ile verilerin karşılaştırıldığı XSPEC programı yardımıyla hesaba katılmıştır. Yukarıda da söylendiği gibi XSPEC programı, kullanıcının belirtmesi durumunda, model spektrumu, belirtilen oranda kırmızıya kaydırmaktadır bu şekilde programdan elde edilen yüzey sıcaklıkları genel rölativistik etkilerden arındırılmış şekilde bulunmaktadır. Tez kapsamında incelenen tüm kaynaklar için kütleçekimsel kırmızıya kayma $z = 0.2$ olarak alınmıştır. Bu değer yaklaşık 13 km yarıçaplı ve $1.44 M_{\odot}$ kütleli bir nötron yıldızının yüzeyindeki kırmızıya kaymaya denk gelmektedir.

Genel rölativiteye göre kütleli bir cisim, etrafındaki uzay-zamanı bükecektir. Bu bükülmenin bir sonucu olarak nötron yıldızı yüzeyinden çıkan bir fotonun da doğrultusu değişecektir. Bu sebeple yıldızın sadece bir yarısından çıkan fotonlar gözlemciye ulaşmayacak ayrıca başka yöne giden fotonlar da yolları saptırıldığı için gözlemciye ulaşabilecektir.

Nötron yıldızlarının yüzey ışınımının T_{NY} sıcaklığındaki bir karacisimden oluştuğunu varsayarsak yıldızın ışınım şiddeti : $\pi I_{NY} = \sigma T_{NY}^4$ ile verilir (σ Stefan-Boltzmann sabiti). Eğer emisyonun küresel simetrik olduğunu varsayarsak sonsuzdaki bir gözlemcinin ölçtüğü ışınım şiddeti: $I_\infty = (-g_{00})I_{NY}$ olur. Burada $g_{00} = -(1-2M_{NY}/R_{NY})$ Schwarzschild metriğinin 00 bileşenidir, metrik yazılırken ışık hızı c ve kütleçekim sabiti $G = 1$ olarak alınmıştır. Tezde $z = 0.2$ 'ye karşılık gelecek şekilde bir metrik değeri seçilmiş ve tüm gözlemlerde sabit olarak hesaba katılmıştır. Nötron yıldızında ışınımı yapan bölgenin gözlemciye doğru eğim açısı gibi bilgiler ihmal edilirse ışınım yapan bölgenin alanı :

$$S_\infty \equiv \frac{4d^2 F_\infty}{I_\infty} = 4\pi d^2 \frac{F_\infty}{\sigma T_\infty^4} \quad (3.4)$$

ile bulunabilir. Burada, F_∞ kaynağın sonsuzdaki bir gözlemci tarafından ölçülen akısı ve d kaynağın uzaklığıdır. Işınım yapan S alanının bir küre olduğu varsayılırsa, bu kürenin yarıçapı da kolayca bulunabilir.

Tezde verilen yarıçaplardaki hatalar sadece kaynaklara ait verilen uzaklık bilgilerinin hataları kullanılarak hesaplanmıştır. Yarıçap hesabında en büyük belirsizlik kaynakların uzaklıklarından geliyor olsa da bunun yanı sıra yukarıdaki varsayımlar ve akı ve yüzey sıcaklığı bilgilerinin elde edilmesindeki sistematik ve istatistiksel hatalar da hesaba katılmalıdır. Bu sebeple verilen yarıçap değerlerine mutlak değerler olarak bakmak yerine yarıçaplardaki görelî değişimi incelemek daha gerçekçi olacaktır.

4. BULGULAR

Bu bölümde, tezde gözlemleri kullanılan Anormal X-ışın Pulsarları (AXP) ve Yumuşak Gama-Işın Yineleyicileri'nin (YGY) X-ışın spektrumları ve YIIMS modelinin uygulanması sonucu elde edilen parametreler verilmiştir. YIIMS modeli olarak incelenen kaynakların X-ışın spektrumlarına istatistiksel olarak çok iyi uyum sağlamış ve tutarlı sonuçlar elde edilebilmiştir. Model kullanılarak kaynakların ilk defa olarak yüzey sıcaklıkları (T), yüzey manyetik alan şiddetleri (B), manyetosferlerindeki yüklü parçacık sayı yoğunlukları (τ) ve bu parçacıkların hızları (β) belirlenebilmiş ve bunların zamanla değişimi incelenmiştir. Bu bölümde elde edilen bulgular Bölüm 5'de detaylı olarak yorumlanacaktır.

4.1. ANORMAL X-IŞIN PULSARLARI

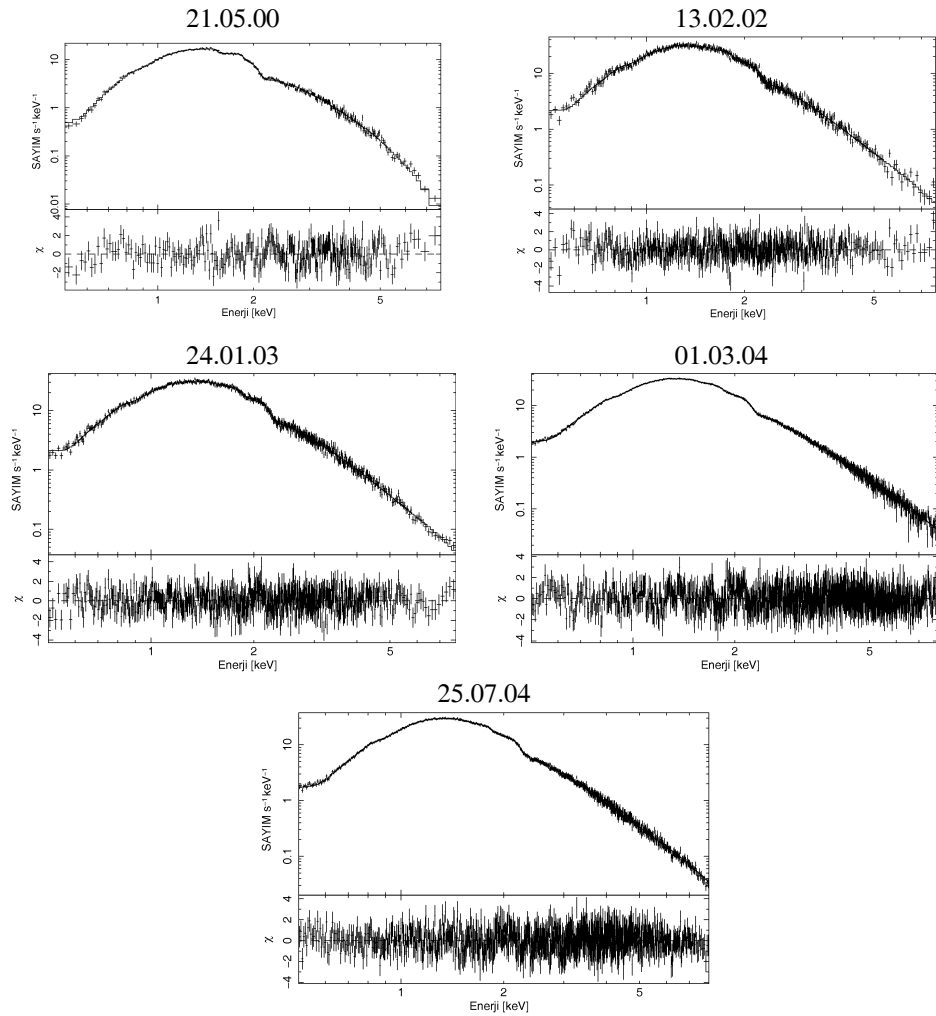
4.1.1. 4U 0142+61

4U 0142+61 anormal X-ışın pulsarı, tüm AXP'lerin içinde en parlak ve en kararlı olanıdır. Uhuru uydusu ile keşfedildikten sonra EXOSAT uydusu ile yapılan gözlemler ile 8.7 saniyelik bir dönme periyodu bulunmuştur (Israel ve diğ., 1994). Uzun dönemli Chandra ve XMM-Newton gözlemleri kaynağın akısının uzun dönemde benzer seviyelerde olduğunu ortaya koymuştur (Juett ve diğ., 2002; Patel ve diğ., 2003; Göhler, Wilms ve Staubert, 2005). Kaynak son yıllarda ilk kez YGY benzeri patlamalar göstermiştir (Kaspi ve diğ., 2006; Dib ve diğ., 2006; Gavriil ve diğ., 2007).

INTEGRAL uydusu gözlemlerinde, 4U 0142+61'in sert X-ışın bölgesinde (20 – 230 keV) güçlü bir kaynak olduğu bulunmuştur (Kuiper ve diğ., 2006; den Hartog ve diğ., 2007). 4U 0142+61'in sert X-ışın spektrumu en iyi şekilde eğimi 0.79 olan bir güç kanunu ile modellenilebilir ve kaynağın 20-230 keV arasındaki akısı $1.7 \times 10^{-10} \text{ erg cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ olarak ölçülmüştür (den Hartog ve diğ., 2007). Burada dikkat edilmesi gereken bir nokta, eğer 8-10 keV ile 20 keV arasında kaynağın spektrumunda ani bir kırılma olmuyorsa, sert X-ışın bileşeninin düşük enerjili X-ışın emisyonuna da önemli bir

oranda katkıda bulunduğudur. Bu tezde kaynağın sert X-ışın modellemesinden elde edilen değerler de spektrel analize sabit değerler olarak katılmıştır.

Kaynak Tablo 4.1’de gösterilen gözlemlerin dışında, 2001 yılında Chandra uydusu ile de gözlenmiştir, ancak uydunun bu gözlem sırasında kullanılan modu ve kaynağın parlaklığı bu gözlemlerde uydu CCD’lerinde taşma (pile-up) oluşmasına sebep olmuştur. Bu sebeple söz konusu gözlem bu tezde kullanılmamıştır. Tüm gözlemlerin kalibrasyonu Bölüm 3’de gösterildiği şekilde yapılmıştır.

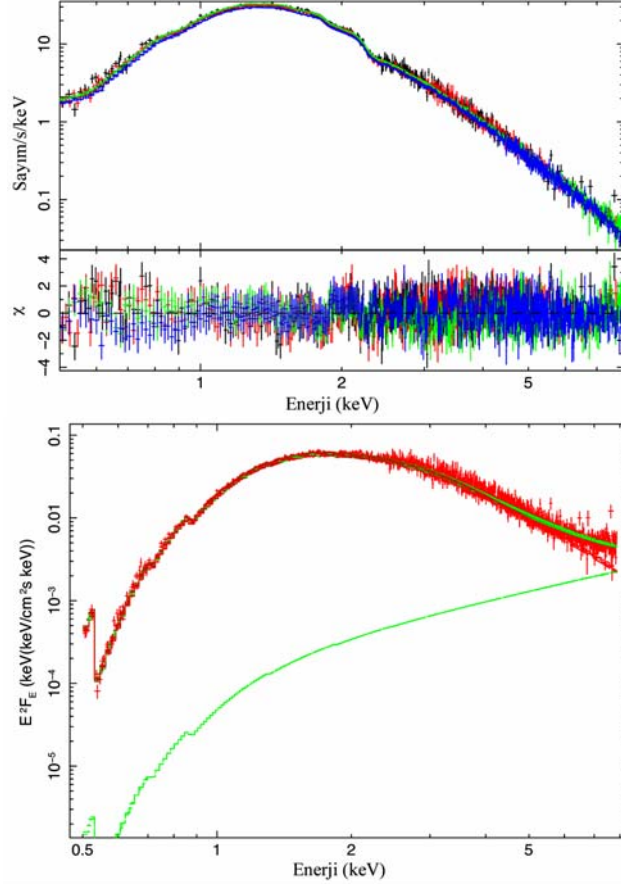


Şekil 4.1 4U 0142+61 yıldızının tek tek gözlemlerden elde edilen X-ışın spektrumları ve model (düz çizgi ile gösterilmiştir). Verilerin alındıkları tarihler şekillerin üzerinde belirtilmiştir.

Tablo 4.1 Yüzey ısısal emisyon ve manyetosferik saçılma modelinin sonuçları.

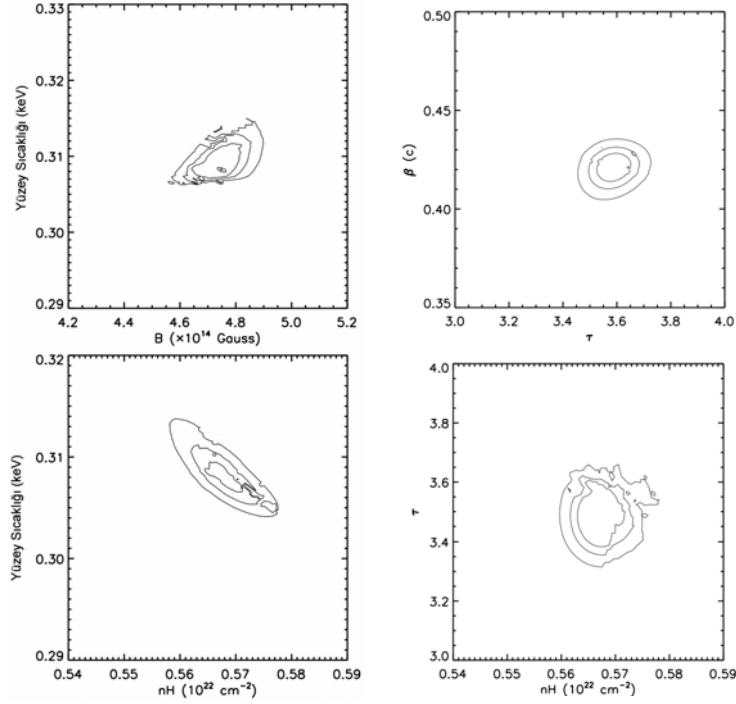
Gözlem zamanı	N_H (10^{22} cm^{-2})	Man. Alan (10^{14} G.)	Sıcaklık (keV)	β (c)	τ	Ak ^a	χ^2_ν (d.o.f.)
21.05.00	0.57 ± 0.02	3.96 ± 0.31	0.307 ± 0.006	0.46 ± 0.02	5.44 ± 0.52	1.92 ± 0.20	1.174 (283)
13.02.02	0.54 ± 0.02	4.66 ± 0.56	0.31 ± 0.01	0.42 ± 0.05	3.68 ± 0.59	2.07 ± 0.54	1.027 (310)
24.01.03	0.55 ± 0.02	5.16 ± 0.42	0.31 ± 0.01	0.45 ± 0.03	3.16 ± 0.33	2.10 ± 0.23	0.999 (345)
01.03.04	0.57 ± 0.01	4.60 ± 0.07	0.310 ± 0.002	0.40 ± 0.01	3.55 ± 0.14	2.04 ± 0.06	0.974 (402)
25.07.04	0.58 ± 0.01	4.67 ± 0.16	0.305 ± 0.002	0.43 ± 0.01	3.54 ± 0.14	1.98 ± 0.07	0.931 (462)

^a $10^{-10} \text{ erg cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ biriminde soğurulmamış 0.5 – 8.0 keV arası akı.



Şekil 4.2 Üst panelde 4U 0142+61'nin XMM-Newton uydusu ile elde edilmiş X-ışın spektrumları, model ve artıklar (rezidüeller) gösterilmiştir. Alt panelde kaynağın X-ışın spektrumu akı biriminde çizilmiştir. Spektrumda INTEGRAL uydusundan gözlenen güç kanunu bileşeninin (yeşil ile çizilmiştir) etkisi özellikle 6-8 keV arasında yumuşak X-ışın bileşeni ile karşılaştırılabilecek mertebelere ulaşmaktadır.

YIIMS modeli önce verilere tek tek uygulanmıştır. Modelin her bir gözleme uygulanması ile elde edilen sonuçlar Tablo 4.1'de verilmiştir. Her bir gözlem ile modelin karşılaştırması Şekil 4.1'de verilmiştir. Tüm gözlemlerde elde edilen değerlerin birbirleri ile ve eş zamanlı modelleme ile uyumlu oldukları Tablo 4.1'den görülmektedir. Gözlemler boyunca kaynağın akısının ve elde edilen parametrelerinin değişim göstermemesi sebebiyle, her bir parametreyi daha yüksek bir kesinlikle belirlemek amacıyla model bir de tüm verilere eş zamanlı olarak uygulanmıştır. Ancak kalibrasyonlardaki farklardan dolayı, eş zamanlı analiz sadece 4 ayrı XMM-Newton gözlemi üzerinden yapılmıştır. Model, veri ile mükemmel bir uyum göstermiştir (1534 serbestlik derecesi için $\chi^2_{\nu} = 0.949$). Modelleme sonucu yıldızın fiziksel özelliklerine dair parametreler yüksek bir kesinlikle belirlenebilmiştir. Bu parametreler, yüzey sıcaklığı $kT = 0.309 \pm 0.001$ keV, yüzey manyetik alan şiddeti $B = (4.75 \pm 0.02) \times 10^{14}$ Gauss, manyetosferdeki optik derinlik $\tau = 3.47 \pm 0.03$ ve manyetosferdeki parçacıkların hızı $\beta = 0.417 \pm 0.002$ 'dir. Hidrojen kolon yoğunluğu ise $nH = (0.566 \pm 0.002) \times 10^{22}$ cm^{-2} olarak bulunmuştur. Bu değer yakın zamanda model bağımsız bir metot ile Durant ve van Kerkwijk (2006) tarafından bulunan değer ($0.64 \pm 0.07 \times 10^{22}$ cm^{-2}) ile uyum içindedir. Eğer kolon yoğunluğu değeri bu değere sabitlenirse, daha kötü fakat yine de kabul edilebilir bir modelleme elde edilmektedir (1535 serbestlik derecesi için $\chi^2_{\nu} = 1.361$). Eş zamanlı analiz Şekil 4.2'de gösterilmiştir. Ayrıca Şekil 4.3'de parametreler için güvenilirlik eğrileri gösterilmektedir.



Şekil 4.3 4U0142+61 için eş zamanlı fit sonuçlarından itibaren çizdirilen güvenilirlik eğrileri.

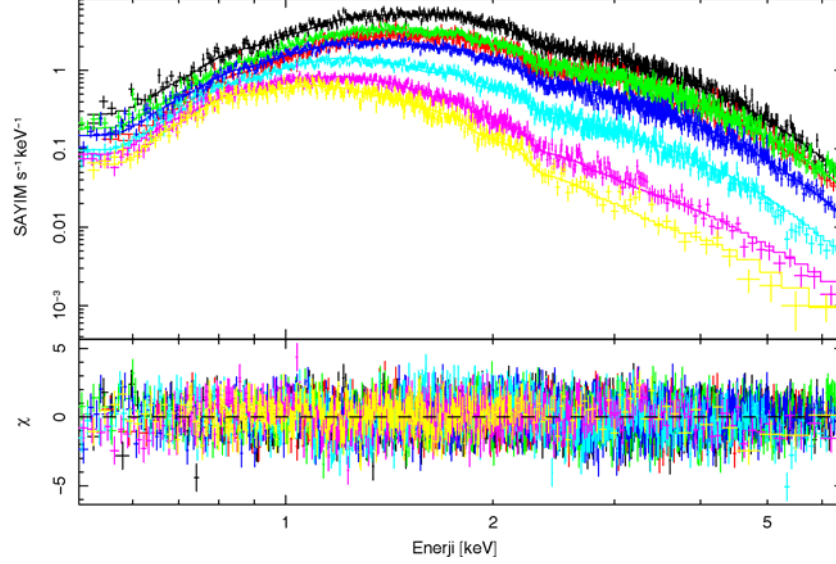
4.1.2. XTE J1810-197

XTE J1810-197 ilk olarak sakin evresinden 100 kat daha parlak (Halpern ve Gotthelf, 2005) olduğu bir sırada 2003 yılında keşfedilmiştir (İbrahim ve diğ., 2004). Kaynak 2003'den 2007'ye kadar sürekli olarak X-ışın akısında bir azalma göstermekte ve X-ışın spektrumunda belirgin spektral değişiklikler gözlenmektedir (Gotthelf ve Halpern, 2007). Kaynağın 5.54 saniyelik dönme periyodu ve yüksek periyot türevi, $dP/dt \approx 10^{-11} \text{ s s}^{-1}$ (İbrahim ve diğ., 2004) AXP doğasını ortaya koymuştur.

Kaynak ilk keşfedildiğinden beri pek çok kereler RXTE uydusu ile gözlemlenmiş de bu uydunun spektral çözünürlüğü tezde gerçekleştirilen analiz için çok düşük kaldığından, bu çalışmada kaynağın arşivlerdeki XMM-Newton gözlemleri kullanılmıştır. XTE J1810-197 yedi kez XMM-Newton ile gözlenmiştir, bu gözlemlere ait bilgiler Tablo 2.1'de verilmiştir.

Kaynak XMM-Newton uydusu ile gözlemlendiği dönem boyunca kızarmadan arındırılmış 0.5 – 7.0 keV akısı maksimumda $57.96 \times 10^{-12} \text{ erg s}^{-1} \text{ cm}^{-2}$ ile minimumda $4.17 \times 10^{-12} \text{ erg}$

$s^{-1} \text{ cm}^{-2}$ arasında değişmiştir. Bu sebeple kaynağın tüm gözlemlerini aynı anda YIIMS modeli ile karşılaştırmak yerine, gözlemler tek tek modellenmiştir. Her bir gözleme modelin uygulanması ile elde edilen sonuçlar Tablo 4.2’de verilmiştir. Model ve gözlemler Şekil 4.4 ve 4.5’de görülebilir.



Şekil 4.4 XTE J1810-197'nin tüm XMM-Newton uydusu gözlemleri, ayrı renkler ile ve model spektrumlar da düz çizgiler ile gösterilmiştir.

Tablo 4.2 XTE J1810-197 'nin tüm XMM-Newton gözlemlerinin YIIMS modeli ile karşılaştırılması sonucu elde edilen değerler.

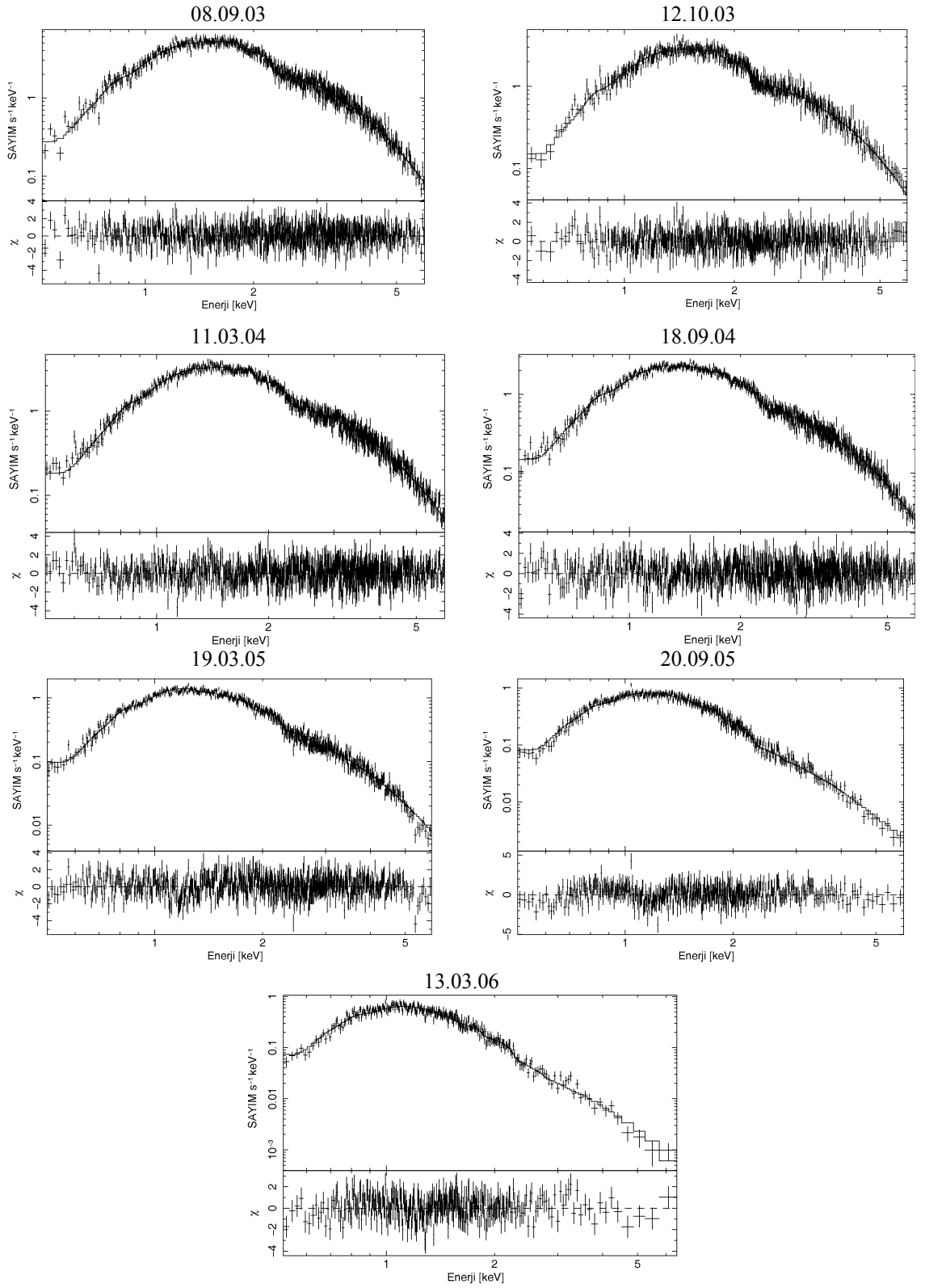
Gözlem zamanı	N_H (10^{22} cm^{-2})	Man. Alan (10^{14} G)	Sıcaklık (keV)	β (c)	τ	Akırı ^a	χ^2_{ν} (d.o.f.)
08.09.03	0.65 ± 0.03	2.25 ± 0.05	0.49 ± 0.02	0.17 ± 0.02	5.15 ± 1.53	57.96	1.07 (732)
12.10.03	0.71 ± 0.05	2.33 ± 0.08	0.44 ± 0.04	0.18 ± 0.05	7.67 ± 2.32	51.66	0.95 (548)
11.03.04	0.65 ± 0.02	2.32 ± 0.05	0.41 ± 0.01	0.21 ± 0.02	6.48 ± 1.28	33.18	1.11 (820)
18.09.04	0.62 ± 0.02	2.45 ± 0.06	0.38 ± 0.02	0.22 ± 0.02	4.87 ± 0.93	21.03	1.12 (772)
19.03.05	0.69 ± 0.02	2.68 ± 0.06	0.31 ± 0.01	0.25 ± 0.03	2.36 ± 0.36	12.10	1.21 (653)
20.09.05	0.55 ± 0.04	3.09 ± 0.07	0.24 ± 0.01	0.29 ± 0.02	4.04 ± 0.46	5.37	1.02 (423)
13.03.06	0.56 ± 0.03	3.33 ± 0.10	0.22 ± 0.03	0.25 ± 0.07	2.65 ± 0.58	4.17	1.02 (302)

^a $10^{-12} \text{ erg cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ biriminde soğurulmamış 0.5 – 7.0 keV arası akı.

Şekil 4.4’de 2003 yılından itibaren tez kapsamında incelenen tüm XMM-Newton gözlemleri, kaynaktan gözlenen spektrel değişimin daha iyi görülebilmesi için üst üste çizilmiştir. Kaynağın spektrumundaki bu yüksek değişime rağmen YIIMS modeli Tablo 4.2’den de görülebileceği gibi gözlemler ile çok iyi uyum sağlamıştır. Şekil 4.4’de alt panelde veri ile model arasındaki fark çizilmiştir, modelin gözlemler ile ne kadar iyi

uyum sağladığı bu farkın incelenen tüm enerji aralığı boyunca sabit olarak kalmasından da görülmektedir. Modelin verilere uyumunun daha iyi görülebilmesi için tek tek gözlemler ile karşılaştırması da Şekil 4.5’de verilmiştir.

Tablo 4.2’den de görülebileceği gibi kaynağın bütün gözlemler boyunca gösterdiği spektral değişiklikte hakim olan parametre, düzenli ve sürekli azalması ile yüzey sıcaklığıdır. Benzer şekilde manyetik alan şiddetinde de ufak bir artış gözleniyorsa da bu değişim muhtemelen fiziksel sebeplerden ötürü değildir. Değişimin sebebi kaynağın akısının her bir gözlemde azalması ile parametrelerin belirsizliklerinin de artması ya da modelin nötron yıldızı yüzeyindeki manyetik alan değişimlerini hesaba katmıyor olması olabilir.



Şekil 4.5 XTE J1810-197'nin incelenen tüm gözlemleri ve model (düz çizgi ile gösterilmiştir) ile karşılaştırmaları gösterilmiştir. Gözlemlerin alındığı tarihler her bir şeklin üzerinde verilmiştir.

4.1.3. 1RXS J170849.0-400910

1RXS J170849.0-400910 (1708), 10.999 saniyelik dönme periyodu, $1.945 \times 10^{-11} \text{ ss}^{-1}$ 'lik periyot türevi ile tipik bir AXP'dir (Gavriil ve Kaspi, 2002). Zaman analizi ile elde edilen verilerden itibaren bulunan dipol manyetik alan şiddeti $\sim 4.7 \times 10^{14}$ Gauss'dur. Diğer pek çok AXP'nin aksine, gözlenen akısında zamanla artış yönünde çok az bir değişiklik gözlenmiştir (Campana ve diğ., 2007). Bu kaynağın da 4U 0142+61 gibi INTEGRAL uydusu ile gözlemleri yapılmış ve bir sert X-ışın bileşeni keşfedilmiştir (Kuiper ve diğ., 2006; den Hartog, 2007). Burada da bir güç kanunu ($\Gamma = 1.17$) modeli ile modellenebilen sert X-ışın bileşeninin yine yumuşak X-ışınlarında etkisi olabileceği düşünülmüş, spektrel analizde INTEGRAL uydusundan elde edilen değerler sabit olarak alınmıştır. Kaynağın sert X-ışınlarında (20 – 150 keV) akısı $6.2 \times 10^{-11} \text{ erg cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ olarak ölçülmüştür (den Hartog, 2007). Götz ve diğ. (2007) kaynağın INTEGRAL gözlemlerini kullanarak sert X-ışın akısında uzun dönemli bir değişim olduğunu göstermiştir. Tezde, incelenen gözlemler ile kaynağın sert X-ışın gözlem tarihleri uyuşmadığından, ortalama değerler sabit olarak alınmıştır.

Uzun dönemli akı değişimleri göstermese de kaynak radyo pulsarlarında gözlenen sıçramalara (glitch) benzer zamansal değişimler göstermiştir (ör. Kaspi ve diğ., 2000; Dib ve diğ., 2007). Bazı radyo pulsarları zaman zaman dönme frekanslarında ani değişimler gösterirler. Bu olaylar sıçrama olarak adlandırılır. 1708'den de, radyo pulsarlarında gözlenen bu sıçramalara benzer sıçramalar gözlenmiştir (Kaspi ve diğ., 2000; Israel ve diğ., 2007; Dib ve diğ., 2007). Ancak AXP'lerden gözlenen sıçramalar radyo pulsarlarından gözlenenlerden bazı farklılıklar göstermektedir. Örneğin AXP'lerden gözlenen sıçramalar, iki türlü gibi görünmektedir, bazı sıçramalar kaynakların X-ışın akısı ve spektrumunda değişiklikler ile birlikte gözlenmekte bazıları ise radyo pulsarlarına benzer şekilde başka bir değişim olmaksızın gerçekleşmektedir (Dib ve diğ., 2007).

Kaynak, X-ışın görüntüleme uyduları Chandra ve XMM-Newton ile fazla gözlenmemiştir. Arşivlerde kullanılabilecek iki Chandra ve bir XMM-Newton gözlemi bulunmaktadır. Bu gözlemler ile ilgili bilgiler Tablo 2.1'de verilmiştir.

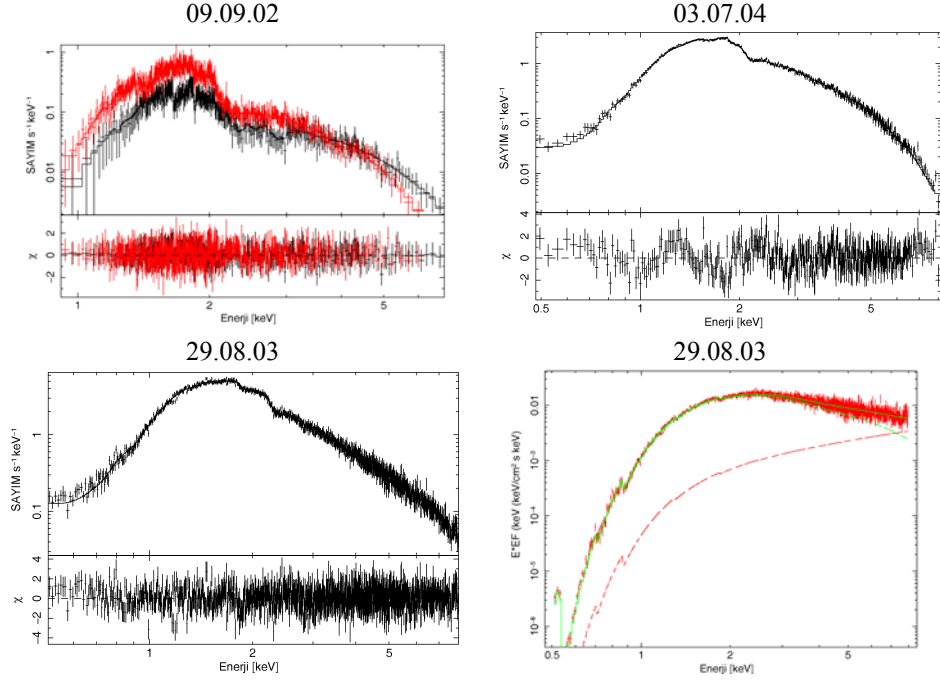
Kaynağın gözlemlerinde akısı değişmese de, bir spektral değişiklik göze çarpmaktadır. Bu sebeple, gözlemler ayrı ayrı analiz edilmiştir. YIIMS modelinin gözlemlere uygulanması sonucu bulunan parametreler Tablo 4.3’de verilmiştir. Ayrıca gözlemlerden elde edilen spektrumlar ve model Şekil 4.6’da, elde edilen parametrelere ait güvenilirlik eğrileri de Şekil 4.7’de gösterilmiştir.

Tablo 4.3 YIIMS modelinin 1708 kaynağının X-ışın spektrumlarına uygulanması ile elde edilen model parametreleri.

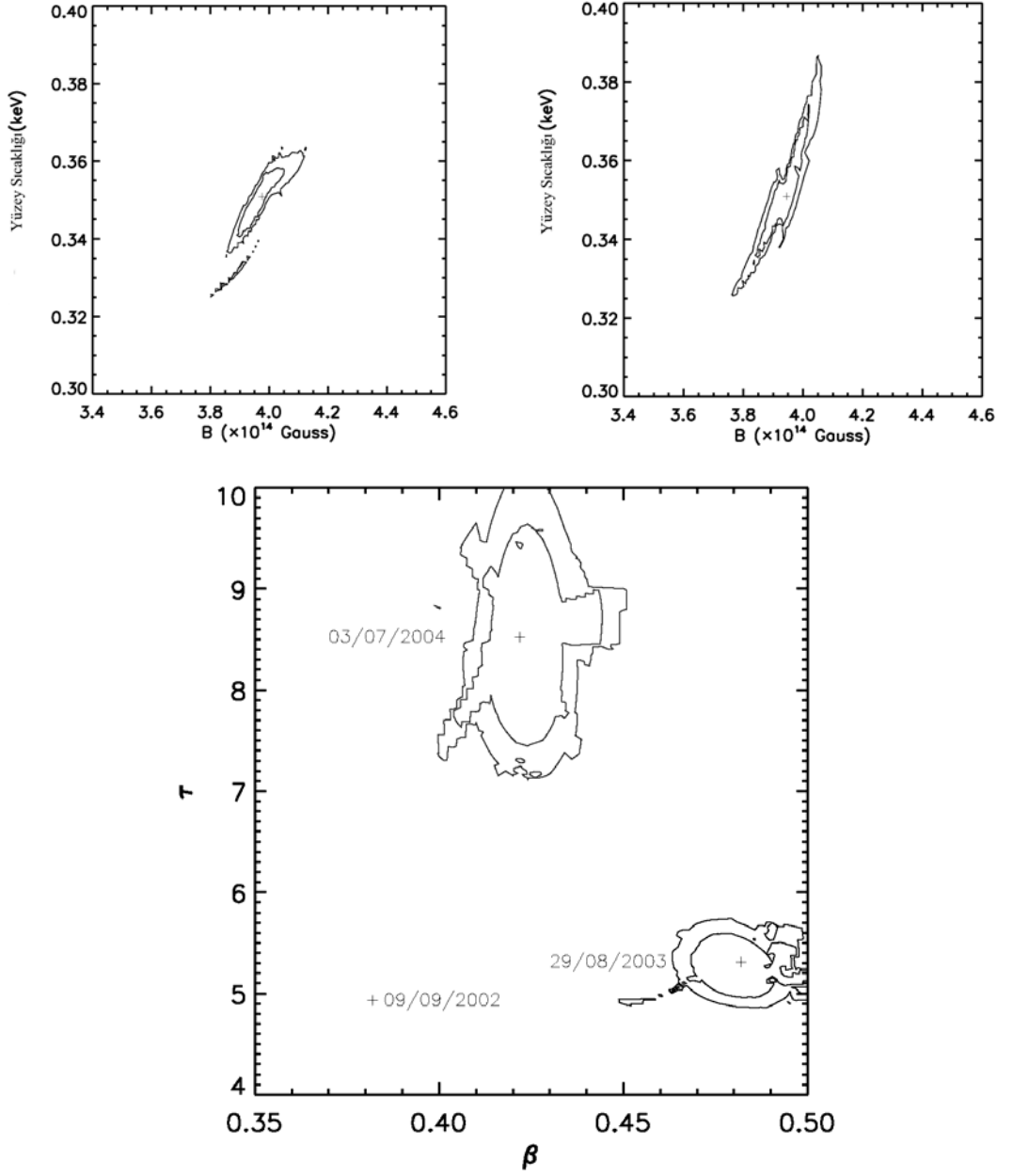
Gözlem zamanı	N_H (10^{22} cm^{-2})	Man.Alan (10^{14} G.)	Sıcaklık (keV)	β (c)	τ	Akı ^a	χ^2_ν (d.o.f.)
09.09.02	1.43±0.24	3.48±0.82	0.33±0.11	0.38±0.12	4.88±2.98	6.68±2.75	1.015 (884)
29.08.03	1.09±0.02	3.96±0.17	0.35±0.01	0.48±0.01	5.26±0.36	6.43±2.39	1.050 (1187)
03.07.04	1.20±0.03	3.93±0.11	0.35±0.02	0.42±0.02	8.47±1.29	6.40±2.89	1.155 (394)

^a $10^{-11} \text{ erg cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ biriminde soğurulmamış 0.5 – 8.0 keV arası akı.

Tablo 4.3’den de görülebileceği YIIMS modeli yine 2 farklı uydu üzerindeki 3 farklı detektörden elde edilen gözlemler ile son derece iyi uyum sağlamıştır. YIIMS modeli kullanılarak kaynağın yüzey manyetik alan şiddeti 3.96×10^{14} Gauss olarak bulunmuştur. Bu değer kaynağın dipol manyetik alan şiddeti ile uyum içindedir. Kaynağın tüm parametrelerinin en iyi şekilde belirlenebildiği son iki gözlem arasındaki en büyük fark manyetosferinde optik derinliğin değişmesidir. Bu değişiklik daha belirgin olarak Şekil 4.7’de görülebilir. Şekil 4.7’den ve Tablo 4.3’den görülebileceği gibi her iki gözlemde de sıcaklık ve manyetik alan şiddetinde neredeyse hiç değişiklik yoktur. Buna karşılık kaynağın manyetosferik parametrelerinde önemli oranlarda değişiklik görülmektedir. 2003 yılındaki XMM-Newton gözleminden sonra kaynağın manyetosferindeki optik derinlikte yaklaşık %60 oranında bir artış olmuştur.



Şekil 4.6 1708 kaynağına ait Chandra (üstte) ve XMM-Newton (altta) uydularından elde edilen X-ışın spektrumu ve model. Chandra gözleminde 0.9 – 2.0 keV arasında görülen artıklar uydunun bu enerji aralığındaki kalibrasyonunun yeterince iyi olmamasındandır (Campana ve diğ., 2007). Altta sağda XMM-Newton uydusu gözleminin akı spektrumu verilmiştir. 20 – 150 keV arasındaki verilere en iyi uyan modelin 0.5 - 8 keV arasındaki spektruma etkisi de görülmektedir (Kırmızı kesikli çizgi ile gösterilmiştir). Gözlemlerin alındığı tarihler şekillerin üzerinde belirtilmiştir.



Şekil 4.7 1708 kaynağına ait son iki gözlemden elde edilen parametreler için $2\text{-}\sigma$ güvenilirlik eğrileri gösterilmiştir. Sol üstte 2004 yılındaki Chandra ve sağ üstte 2003 yılındaki XMM-Newton gözleminde bulunan yüzey sıcaklık ve manyetik alan şiddeti değerleri için güvenilirlik eğrileri verilmiştir. Chandra gözlemindeki Sinyal / Gürültü oranı daha düşük olduğu için bu gözlemden elde edilen parametreler daha büyük hatalar ile belirlenebilmiştir. Altta ise üç gözlemden elde edilen manyetosferik parametreler birlikte çizilmiştir. Her bir değer yanında gözlemin yapıldığı tarih de verilmiştir. Sinyal / Gürültü oranı çok düşük olduğu için Tablo 3’de de gösterildiği gibi 2002 yılındaki Chandra gözleminin hataları büyüktür. Bu sebeple sadece fikir vermesi açısından bu gözlemden elde edilen en iyi uyum değeri gösterilmiş fakat güvenilirlik eğrisi çizilmemiştir.

4.1.4. 1E 1048.1-5937

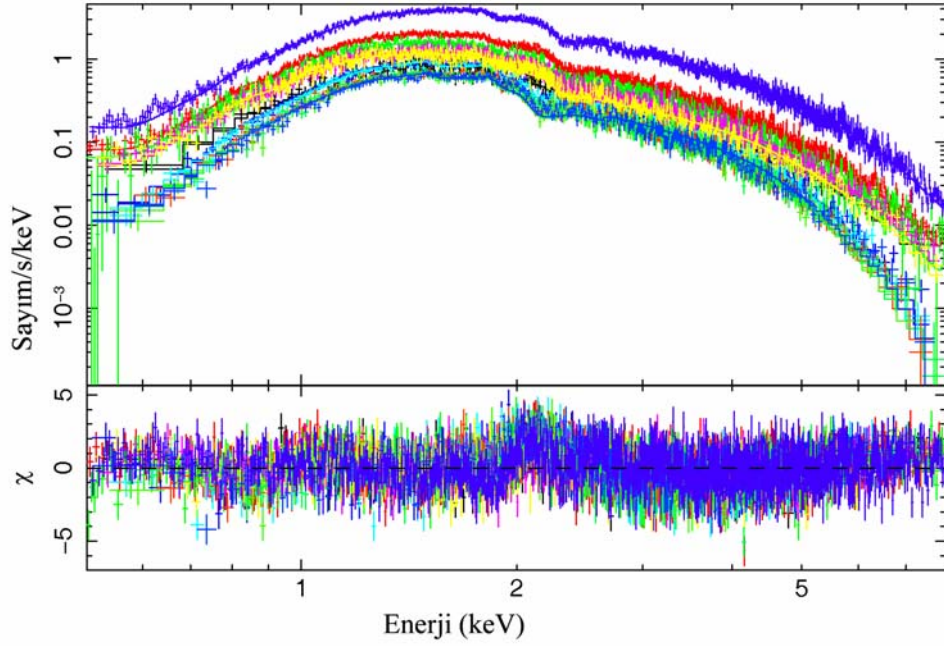
1E 1048.1-5937 ilk olarak Einstein Gözlemevi ile 6.4 saniye dönme periyodu olan bir pulsar olarak keşfedilmiştir (Seward ve diğ., 1986). YGY benzeri X-ışın patlamaları da ilk olarak bu AXP'de gözlenmiştir. Kısa süreli bu patlamaların yanı sıra kaynak aynı zamanda uzun dönemli akı değişimleri göstermektedir (Oostebroek ve diğ., 1998; Mereghetti ve diğ., 2004). Bu değişim, daha sonra RXTE uydusu ile yapılan uzun dönemli gözlemler ile de doğrulanmış, kaynak ayrıca bu gözlemler sırasında iki dev patlama olayı da göstermiştir (Gavriil ve Kaspi, 2004).

Kaynak, XMM-Newton ve Chandra uyduları ile de en çok gözlenen AXP'lerden biridir. Tezde kullanılan gözlemler Bölüm 2 Tablo 1'de listelenmiştir. Kaynak 2000 yılından itibaren birçok kez Chandra ve XMM-Newton uydusu ile gözlenmiş ve bu gözlemlerin analizleri çeşitli makalelerde yayınlanmıştır (ör. Tiengo ve diğ., 2002, 2005; Mereghetti ve diğ., 2004; Tam ve diğ., 2007).

1E 1048.1-5937'den 29 Haziran 2004 yılında bir patlama gözlenmiş (Gavriil ve diğ., 2006) ve bu patlamadan hemen sonra elde edilen gözlemler tezde kullanılabilmiştir. 29 Haziran 2004 patlaması kaynaktan 2001 yılında rapor edilen patlamalara benzemektedir. Patlama kaynaktan gözlenen en uzun süreli (>699 s) en yüksek toplam akı (2-20 keV arasında $>3.3 \times 10^{-8}$ erg cm⁻²) ve yine tepe noktasındaki akının da (2-20 keV arasında 59×10^{-10} erg s⁻¹ cm⁻²) en yüksek olduğu patlama olmuştur (Gavriil ve diğ., 2006). Bu patlamadan hemen sonra alınan XMM-Newton gözleminde, EPIC-MOS ve pn dedektörü ile elde edilen yüzey sıcaklığı değeri farklılıklar göstermiştir. EPIC-pn dedektörünün fast timing modu henüz yeterince iyi kalibre edilmediği için (Gavriil ve diğ., 2006) bu gözlemlerde pn verileri yerine MOS CCD'lerinden elde edilen değerler kullanılmıştır.

Tezde kaynağın tüm gözlemleri eş zamanlı olarak uygulanmıştır edilmiştir. Ancak, kaynaktan gözlenen uzun dönemli akı değişimi, X-ışın parlamaları ve patlamalarının yüzey parametrelerini değiştirmesi beklenir. Bu sebeple gözlemlere YIIMS modeli uygulanırken, galaktik kolon yoğunluğu ve yüzey manyetik alan değeri sabit olarak alınmış fakat akı, yüzey sıcaklığı, manyetosferdeki optik derinlik ve parçacık hızı değerleri serbest bırakılmıştır. Bu, aynı zamanda veri analizini yaparken de bir

gereklilik olarak kendini göstermiştir. Örneğin; bütün gözlemler aynı yüzey sıcaklığı ile modellenmeye çalışıldığında χ^2 değeri 2.1 (6117 serbestlik derecesi için) olurken, sadece yüzey sıcaklıklarının gözlemden gözleme değişmesine izin verilmesi halinde χ^2 değeri 1.42 (6104 serbestlik derecesi için) olmaktadır. Yüzey manyetik alan şiddeti ve kolon yoğunluğu değerleri dışındaki tüm parametrelerin serbest bırakılması durumunda ise χ^2 1.34 (6078) olmaktadır. Bu, kaynağın yüzey parametrelerinin gözlemler boyunca değişimini de göstermektedir (bkz. Şekil 4.8).



Şekil 4.8 1E 1048.1-5937 kaynağına ait tezde kullanılan tüm XMM-Newton ve Chandra X-ışın spektrumları, model ve artıklar çizilmiştir. Kaynağın X-ışın tayfinin zaman içindeki değişimi açıkça görülebilmektedir.

YIIMS modelinin gözlemlere uygulanması sonucu elde edilen model parametreleri Tablo 4.4 'de verilmiştir. Model kullanılarak kaynağın yüzey manyetik alan şiddeti dipol manyetik alan şiddeti ile uyumlu olarak 2.26×10^{14} Gauss olarak belirlenmiştir. Tablo 4.4'den de görülebileceği gibi kaynağın yüzey sıcaklığında ve 0.5 – 8.0 keV soğurulmamış akısında çeşitli dönemlerde, sırasıyla %20 ve %200'e varan oranlarda artışlar olmuştur.

Tablo 4.4 1E 1048.1-5937 kaynağına ait X-ışın spektrumlarına YIIMS modelinin uygulanması ile elde edilen değerler.

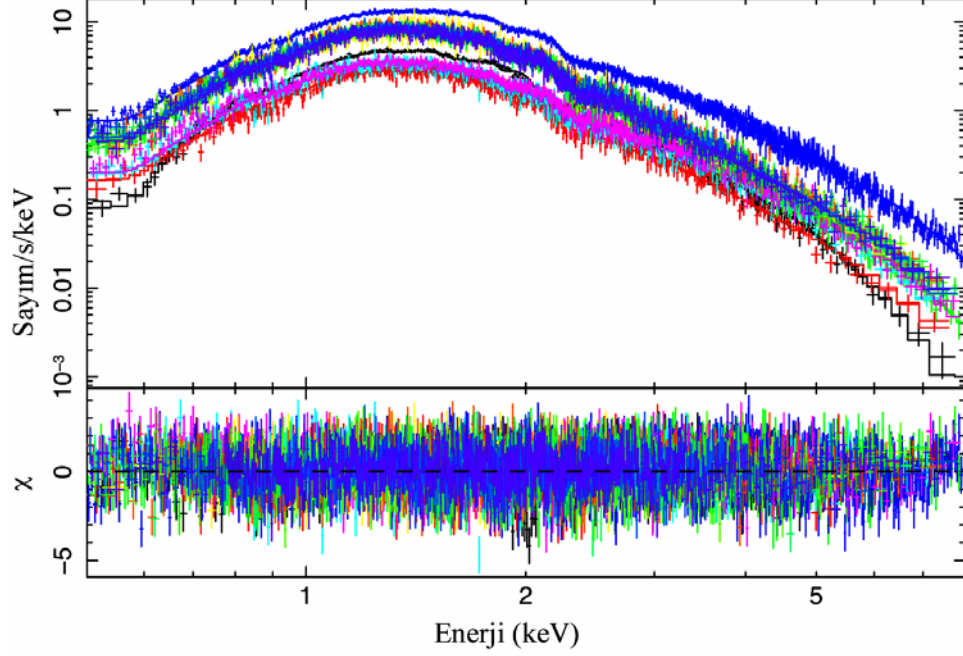
Gözlem zamanı	N_H (10^{22} cm^{-2})	Man. Alan (10^{14} G.)	Sıcaklık (keV)	β (c)	τ	Akl ^a	χ^2_ν (d.o.f.)
28.12.00	0.823±0.005	2.26±0.01	0.355±0.004	0.31±0.05	2.95±0.68	1.02±0.35	1.34 (6078)
16.06.03			0.383±0.003	0.25±0.01	2.89±0.13	2.34±0.28	
08.07.04			0.377±0.018	0.21±0.01	2.96±0.33	1.92±0.27	
10.07.04			0.397±0.003	0.21±0.02	2.79±0.25	1.77±1.15	
15.07.04			0.400±0.003	0.20±0.01	2.69±0.20	1.72±1.17	
16.06.05			0.333±0.001	0.23±0.02	3.83±0.38	1.52±0.60	
28.06.05			0.318±0.001	0.21±0.02	3.67±0.40	1.43±0.30	
26.02.06			0.391±0.016	0.21±0.03	2.45±0.27	1.25±0.95	
20.04.06			0.392±0.012	0.21±0.02	2.48±0.28	1.21±0.96	
14.06.06			0.391±0.003	0.20±0.02	2.73±0.27	1.22±0.88	
30.07.06			0.394±0.008	0.21±0.03	3.21±0.38	1.23±0.92	
23.09.06			0.391±0.011	0.21±0.03	2.44±0.28	1.13±0.79	
14.06.07			0.424±0.001	0.25±0.01	3.96±0.15	4.77±0.21	

^a $10^{-11} \text{ erg cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ biriminde soğurulmamış 0.5 – 8.0 keV arası akı.

4.1.5. 1E 2259+586

1E 2259+586, 1981 yılında CTB 109 isimli süpernova kalıntısının merkezinde keşfedilmiştir (Fahlman ve Gregory, 1981). İlk zamanlarda, X-ışın çiftlerinin optik bileşeni keşfedilememiş ve spektrumu normal yığılma gösteren nötron yıldızlarınınkinden çok daha yumuşak özel bir türü olarak sınıflandırılmıştır. Daha sonra kaynağın düzenli olarak yavaşladığı bulunmuş (Koyama ve diğ., 1987) ve ışınım gücünün dönüş enerjisi kaybından çok daha yüksek olduğu gösterilmiştir. 6×10^{13} Gauss olarak belirlenen dipol manyetik alan şiddeti ile 1E 2259+586 dipol manyetik alan şiddeti en düşük AXP'dir. Kaynak 2002 yılında 4 saat içinde yaklaşık 80 X-ışın patlaması göstermiş ve bu patlamalar sırasında ve sonrasında Chandra ve XMM-Newton uydularınca çok sayıda gözlemi alınmıştır. Tezde CCD'lerde taşma saptandığından kullanılmayan iki Chandra gözlemi dışında kaynağın tüm arşiv gözlemleri kullanılmıştır. Model 0.5 – 8.0 keV enerji aralığında veri ile çok iyi uyum sağlamıştır (6746 serbestlik derecesi için, $\chi^2_\nu = 0.98$) ancak, 4.37×10^{14} Gauss olarak belirlenen yüzey manyetik alan şiddeti kaynağın dipol manyetik alan şiddetinden çok daha yüksektir (yaklaşık 8 kat). Spektrel analiz sonucu $0.59 \times 10^{22} \text{ cm}^{-2}$ olarak bulunan görüş doğrultusundaki Hidrojen kolon yoğunluğu değeri Durant ve van Kerwijk (2006) tarafından verilen $(1.12 \pm 0.33) \times 10^{22} \text{ cm}^{-2}$ değeri ile $\sim 1.5\sigma$ seviyesinde uyumludur. Diğer yandan Sasaki ve diğ. (2004) tarafından kaynağın içinde olduğu düşünülen CTB 109 süpernova kalıntısı için verilen $5-7 \times 10^{21} \text{ cm}^{-2}$ değeri ile son derece uyumludur. ve

patlama sırasında manyetosferik parametrelerde ilgi çekici değişikliklere rastlanmıştır. Şekil 4.9’de kaynağın tüm gözlemlerindeki spektrumları gösterilmiş ve Tablo 4.5’de de kaynaktan YIIMS modeli yardımıyla elde edilen parametre değerleri gösterilmiştir.



Şekil 4.9 1E 2259+586 yıldızının X-ışın spektrumları ve YIIMS modeli ile karşılaştırılması. Alt panelde model ile veri arasındaki farklar standart sapma biriminden verilmiştir.

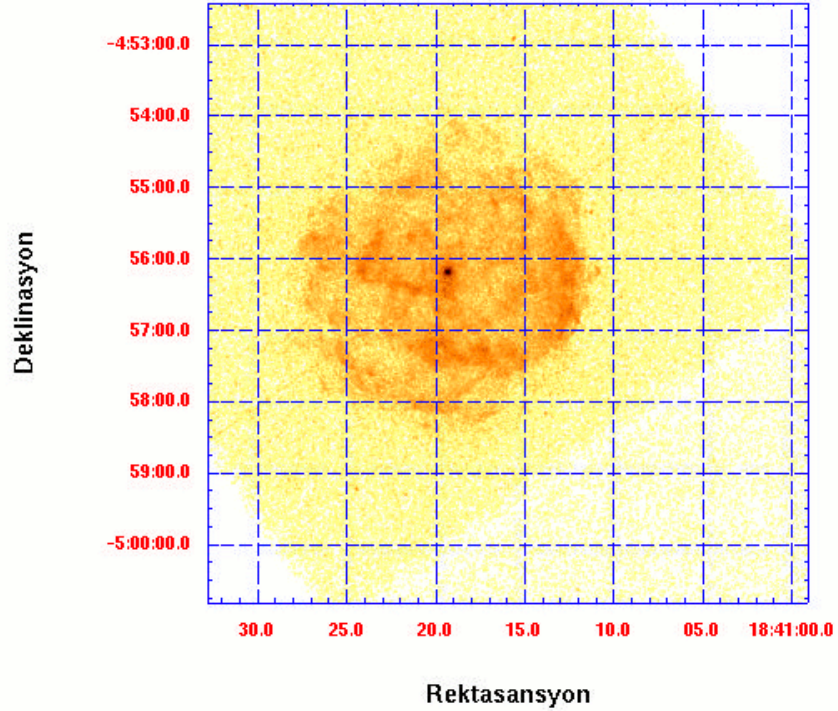
Tablo 4.5 1E 2259+586 yıldızına ait YIIMS modeli sonuçları.

Gözlem zamanı	N_H (10^{22} cm^{-2})	Man. Alan (10^{14} G.)	Sıcaklık (keV)	β (c)	τ	Akır ^a	χ^2_ν (d.o.f.)
11.01.00	0.591 ± 0.005	4.37 ± 0.08	0.320 ± 0.007	0.34 ± 0.02	5.27 ± 0.34	5.07 ± 0.43	0.98 (6746)
22.01.02			0.311 ± 0.02	0.45 ± 0.07	3.63 ± 0.21	5.51 ± 0.46	
11.06.02			0.308 ± 0.002	0.38 ± 0.01	4.17 ± 0.17	4.94 ± 0.22	
21.06.02			0.321 ± 0.002	0.5	4.20 ± 0.13	9.80 ± 3.25	
09.07.02			0.343 ± 0.017	0.5	2.75 ± 0.19	8.46 ± 7.10	
09.07.02			0.345 ± 0.009	0.5	2.98 ± 0.18	10.3 ± 7.5	
11.02.04			0.314 ± 0.011	0.35 ± 0.04	4.85 ± 0.64	5.48 ± 1.3	
20.02.04			0.314 ± 0.007	0.38 ± 0.03	3.92 ± 0.27	5.68 ± 1.17	
06.06.04			0.310 ± 0.005	0.38 ± 0.02	4.31 ± 0.27	5.52 ± 0.99	
22.06.04			0.311 ± 0.006	0.39 ± 0.03	3.76 ± 0.23	5.62 ± 1.11	
19.12.04			0.311 ± 0.006	0.39 ± 0.03	3.82 ± 0.24	5.59 ± 1.02	
28.07.05			0.317 ± 0.011	0.36 ± 0.03	4.02 ± 0.36	5.33 ± 1.11	

^a $10^{-11} \text{ erg cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ biriminde soğurulmamış 0.5 – 8.0 keV arası akı.

4.1.6. 1E 1841-045

1E 1841-045, Kes 73 isimli süpernova kalıntısının içinde Einstein uydusu gözlemleri ile keşfedilmiştir (Kriss ve diğ., 1985). Daha sonraları ASCA uydusu ile kaynağın 11.8 saniyelik dönme periyodu bulunmuş ve cisim dipol manyetik alan şiddeti $\sim 7 \times 10^{14}$ Gauss şiddetinde olan bir anormal X-ışın pulsarı olarak adlandırılmıştır (Vasisht ve Gotthelf, 1997). Ginga, ROSAT, ASCA, RXTE ve BeppoSAX (Helfand ve diğ., 1994; Gotthelf ve Vasisht, 1998; Gotthelf ve diğ., 1999, 2002) gibi pek çok uydu tarafından gözlenmiş olmasına rağmen, süpernova kalıntısından ayırt etmek çok güç olduğu için, kaynağın detaylı spektrel analizinin yapılması mümkün olmamıştır. Kaynağın spektrel özellikleri ilk olarak bu tezde de kullanılan Chandra uydusu gözlemleri yardımıyla Morii ve diğ. (2003) tarafından yapılabilmektedir. Kaynağın ve Kes 73 süpernova kalıntısının Chandra uydusu ile alınmış bir görüntüsü Şekil 4.10'da verilmiştir.



Şekil 4.10 Kes 73 süpernova kalıntısının Chandra X-ışın teleskopu ile elde edilen X-ışın görüntüsü. 1E 1841-045 süpernova kalıntısının merkezinde görünmektedir.

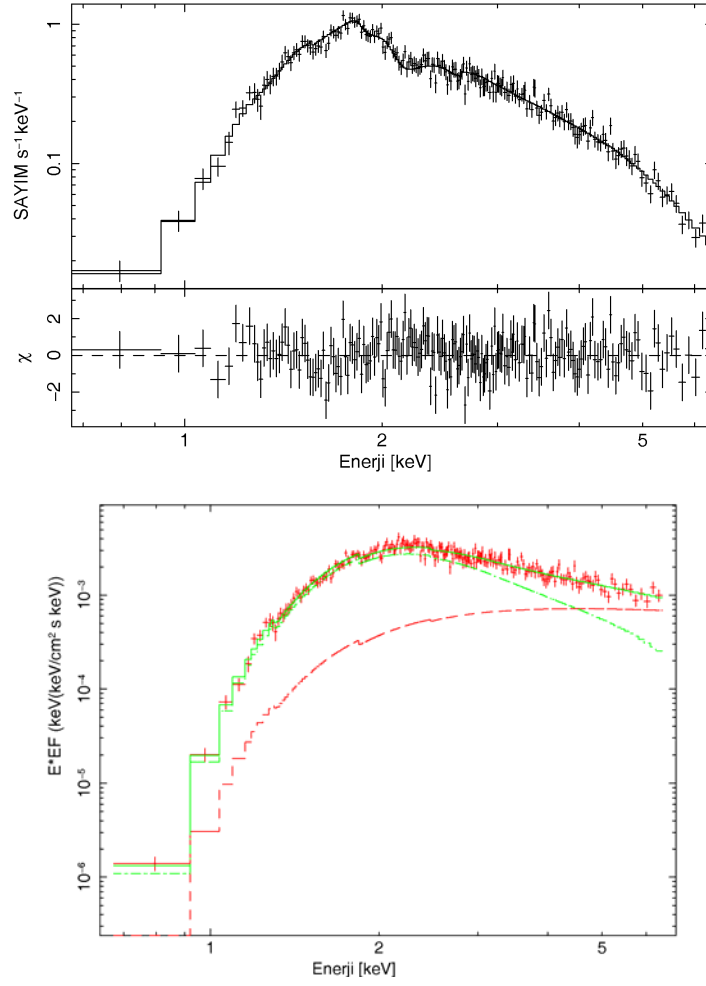
Kaynağın X-ışın spektrumu, Chandra uydusu üzerindeki ACIS dedektörü sürekli okuma (CC) modunda çalıştırılarak elde edilmiştir. Sürekli okuma modunda, yüksek zaman çözünürlüğü elde edilmesi için tüm görüntü bir boyuta sıkıştırılır. Bu sıkıştırma kullanılarak sadece kaynağa ait gözlem verisi elde edilmiştir.

1E 1841-045, sert X-ışın (10 – 100 keV) ışıması keşfedilen ilk AXP'dir (Kuiper ve diğ., 2004). 4U 0142+61 ve 1RXS J170849.0-400910 gibi, eğimi 1.32 olan bir güç kanunu ile modellenebilen sert X-ışın ışıının gücü (uzaklığı 6.7 kpc olarak alınarak) Kuiper ve diğ. (2006) tarafından 2.975×10^{35} erg s⁻¹ olarak verilmiştir. Tezde bu bileşenin parametreleri, diğer kaynaklarda yapıldığı gibi 0.5 – 8.0 keV X-ışın spektrumunun modellenmesinde sabit parametreler olarak alınmıştır. Bu kaynakta sert X-ışın akısının yumuşak X-ışın bölgesine etkisi 4U 0142+61 ve 1RXS J170849.0-400910'den çok daha fazla olduğu Şekil 10'dan görülebilir. YIIMS modelinin X-ışın spektrumuna uygulanması sonucu elde edilen fiziksel parametreler Tablo 4.6'da verilmiş ve spektrum ve rezidüeller Şekil 4.11'da gösterilmiştir. Tablo 4.6'dan da görülebileceği gibi kısa gözlem süresi ve sert X-ışın akısının yumuşak X-ışın bölgesinde de çok etkin olması kaynağa ait spektrel parametrelerin daha hassas olarak belirlenmesini engellemiştir.

Tablo 4.6 1E 1841-045 kaynağının X-ışın spektrumuna YIIMS modelinin uygulanması ile elde edilen en iyi parametreler.

Gözlem zamanı	N_H (10^{22} cm ⁻²)	Man. Alan (10^{14} G.)	Sıcaklık (keV)	β (c)	τ	Akısı ^a	χ^2_ν (d.o.f.)
29.07.00	2.39 ± 0.13	5.46 ± 1.75	0.44 ± 0.13	0.21 ± 0.18	10.0	4.09 ± 2.56	0.949 (198)

^a 10^{-11} erg cm⁻²s⁻¹ biriminde soğurulmamış 0.5 – 8.0 keV arası akı.



Şekil 4.11 Üstte 1E 1841-045 kaynağına ait X-ışın spektrumu ve artıklar gösterilmiştir. Altta ise kaynağın akı spektrumu ve kırmızı ile INTEGRAL uydusu gözlemleri ile elde edilen sert X-ışın spektrel model çizilmiştir. Sert X-ışın spektrumunun kaynağın yumuşak X-ışın akısına etkileri açık şekilde görülmektedir.

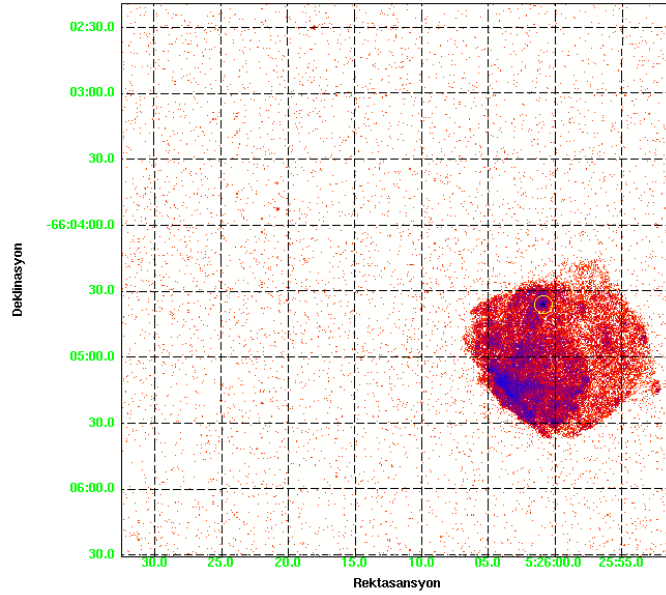
4.2. YUMUŞAK GAMMA-IŞIN YİNELEYİCİLERİ (YGY)

4.2.1. SGR 0526-66

SGR 0526-66'nın yüksek enerji astrofizikinde özel bir yeri vardır. 5 Mart 1979 tarihinde çok şiddetli bir patlama ile keşfedilmiştir (Mazets ve diğ., 1979; Cline ve diğ., 1980). Patlamadan sonraki ardıl ışınımında 8 saniyelik periyodik atımlar gözlenmiştir. Patlamanın kaynağı Büyük Magellan Bulutsusu'ndaki N49 Süpernova Kalıntısı olarak belirlenmiştir (Evans ve diğ., 1980). Sonraları ROSAT uydusu ile yapılan gözlemler, $L_x \sim 10^{36}$ erg s^{-1} ışınım gücünde bir X-ışın bileşeninin varlığını ortaya koymuştur

(Rottschild ve diğ., 1994). Kaynağın dipol manyetik alan şiddeti $\sim 7.5 \times 10^{14}$ Gauss olarak belirlenmiştir (Kulkarni ve diğ., 2003).

Kaynak Chandra uydusu ile 2000 ve 2001 yıllarında gözlenmiş ve bu gözlemlerin sonuçları Kulkarni ve diğ. (2003) tarafından yayınlanmıştır. Bu tezde spektral analiz için kullanılmış ve detayları Tablo 2.2’de verilen gözlemlerinden başka, kaynak, 2001 yılında N49 süpernova kalıntısının X-ışın görüntüsünün elde edilmesi için de gözlenmiştir. Teleskopun farklı modunda alınan bu gözlem kaynağa ait yeterince foton elde edilememesi sebebiyle spektral analizde kullanılmamıştır. Ancak, gözlem analiz edilmiş ve N49 süpernovasının X-ışın görüntüsü Şekil 4.12’de verilmiştir.



Şekil 4.12 N49 Süpernova kalıntısının Chandra uydusu ile elde edilmiş X-ışın görüntüsü. SGR 0526-66, kalıntının yukarısına doğru duran nokta kaynaktır. Görüntüde kuzey yukarıya, doğu sola doğrudur, kaynak sarı bir halka içinde işaretlenmiştir.

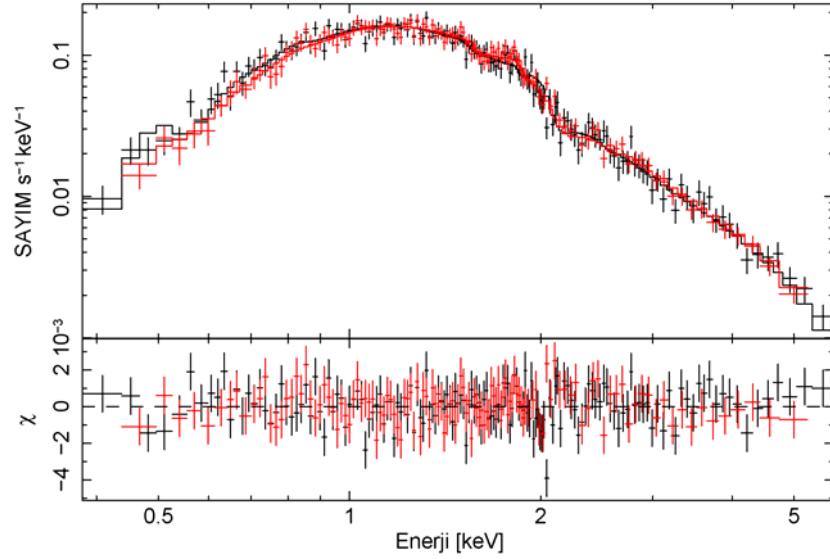
Kaynağa ait spektrumlar Şekil 4.13’den de görülebileceği gibi her iki gözlemden de neredeyse hiç değişmemiştir. Bu sebeple, serbestlik derecesini artırarak kaynağa ait fiziksel parametreleri daha iyi belirleyebilmek için iki veri eş zamanlı olarak modellenmiş ve bu gözlemden tek bir sonuç bulunmuştur. İki gözlem arasındaki tek değişiklik 2001 yılında yapılan gözlemden kaynağın soğurulmamış 0.5 – 7.0 keV akısı 1.32×10^{-12} erg s⁻¹ cm⁻² olarak ölçülürken, 2000 yılındaki gözlemden bu değerin, 1.26×10^{-12} erg s⁻¹ cm⁻² olarak bulunmasıdır. Kaynağın çalışmada incelenen iki gözlemden elde edilen sonuçlar Tablo 4.7’de verilmiştir. Görülebileceği gibi kaynağın yüzey manyetik

alan şiddeti $\sim 3 \times 10^{14}$ Gauss olarak belirlenmiştir. Bu değer dipol manyetik alan şiddetinin yaklaşık yarısına denk gelmektedir.

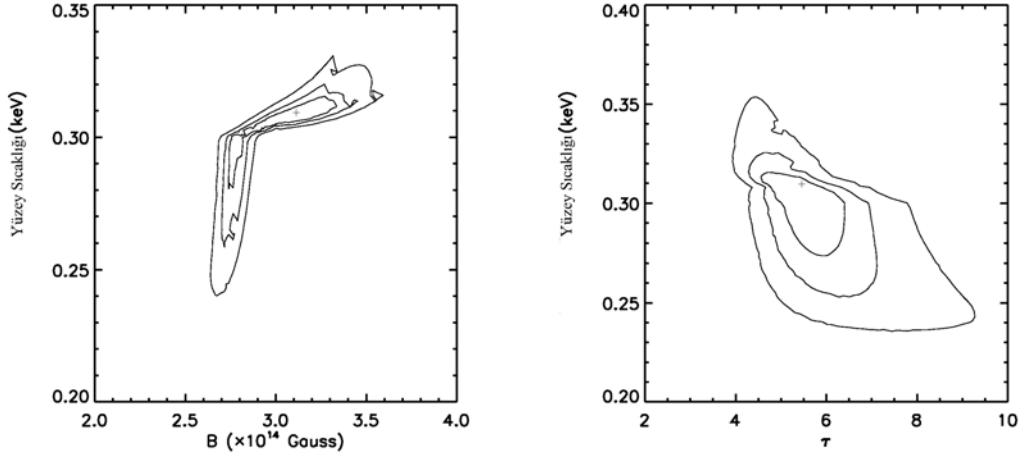
Tablo 4.7 SGR0526-66 kaynağının iki Chandra gözleminde elde edilen en iyi fit parametreleri.

N_H (10^{22} cm^{-2})	Man. Alan (10^{14} G.)	Sıcaklık (keV)	β (c)	τ	χ^2_ν (d.o.f.)
0.22 ± 0.04	3.10 ± 0.21	0.309 ± 0.009	0.5	5.31 ± 0.86	0.929 (275)

Şekil 4.13'de kaynağın iki gözlemden elde edilen X-ışın spektrumları verilmiştir. Şekil 4.14'de ise yüzey sıcaklığı, manyetik alan şiddeti ve manyetosferdeki optik derinlik için güvenilirlik eğrileri çizdirilmiştir. Tablo 4.7'den de görülebileceği gibi, bu kaynağın elde edilen gözlemlerinde manyetosferdeki parçacıkların hızı modelin üst limitine ulaştığı için, bu değer tam olarak belirlenememiştir.



Şekil 4.13 SGR 0526-66'ya ait Chandra X-ışın spektrumları. Kırmızı ile 2000 yılında, siyah ile 2001 yılında yapılan gözlemler çizilmiştir.



Şekil 4.14 SGR 0526-66 için, solda yüzey sıcaklığı ve manyetik alan şiddeti, sağda ise yine yüzey sıcaklığı ve manyetosferdeki optik derinlik için 3σ güvenilirlik eğrileri gösterilmiştir.

4.2.2. SGR 1900+14

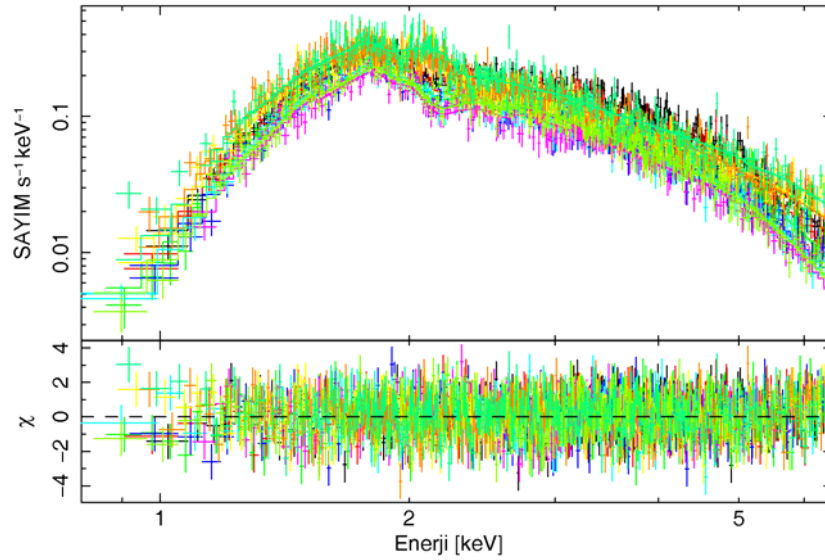
Bilinen 4 YGY'den en iyi çalışılan ikisi SGR 1900+14 ve SGR 1806-20'dir. SGR 1900+14'nin dönme periyodu 5.2 saniye olarak (Hurley ve diğ., 1999) gözlenmiş ve dipol manyetik alan şiddeti 6.4×10^{14} Gauss olarak hesaplanmıştır. Kaynak, 18 Ağustos 1997 yılında bir dev patlama göstermiş, ayrıca kaynaktan orta şiddetli bir parlama da 18 Nisan 2001'de gözlenmiştir.

Kaynak özellikle Chandra uydusu ile ve 2005 yılında uydu ile gözlenebilmeye başladıktan sonra XMM-Newton uydusu ile pek çok kereler gözlenmiştir. YIIMS modeli arşivlerdeki tüm Chandra ve XMM-Newton gözlemlerine uygulanmıştır. Model, manyetik alan ve kolon yoğunluğunun gözlemden gözleme değiştirilmesine gerek kalmadan, veri ile son derece iyi uyum sağlamıştır (2677 serbestlik derecesi için $\chi^2_{\nu} = 0.97$). Modelin uygulanması sonucu elde edilen parametreler Tablo 4.8'de gösterilmiştir. 2001 yılındaki aktif döneminden sonra akısında ve belirlenen yüzey sıcaklığında uzun dönemli bir azalma gözlenen SGR 1900+14 minimum akısına 2005 yılında ulaşmış bu tarihten sonra ise akısında yeniden bir artış gözlenmiştir. Tüm gözlemlerin eş zamanlı analiz edilmesi ile elde edilen manyetik alan şiddeti kaynak için belirlenen dipol manyetik alan şiddeti ile uyumludur. Pek çok gözlemden kaynağa ait manyetosferdeki optik derinlik değerleri 10 olan üst limite kadar çıkmıştır. Şekil 4.15'de tezde kullanılan X-ışın spektrumları ve en iyi uyan model gösterilmiştir.

Tablo 4.8 SGR 1900+14 verilerine YIIMS modelinin uygulanması sonucu elde edilen parametreler.

Gözlem zamanı	N_H (10^{22} cm^{-2})	Man. Alan (10^{14} G.)	Sıcaklık (keV)	β (c)	τ	Ak i^a	χ^2_ν (d.o.f.)
22/04/01	2.417±0.057	5.00±0.06	0.573±0.016	0.37±0.03	8.66±1.78	14.80±0.04	0.9864 (2677)
30/04/01			0.554±0.015	0.34±0.03	10	12.70±0.04	
06/11/02			0.553±0.009	0.28±0.01	10	11.40±0.06	
18/02/03			0.543±0.009	0.27±0.01	10	9.77±0.83	
02/06/03			0.53±0.01	0.29±0.02	10	9.65±0.67	
18/10/03			0.529±0.008	0.28±0.02	10	7.92±0.75	
20/09/05			0.522±0.006	0.25±0.02	7.8±2.39	7.11±0.93	
22/09/05			0.519±0.006	0.30±0.04	3.94±0.75	7.26±0.99	
29/03/06			0.526±0.008	0.32±0.02	8.71±1.62	9.43±0.91	
01/04/06			0.528±0.008	0.30±0.03	5.4±1.64	8.31±1.2	

^a $10^{-12} \text{ erg cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ biriminde soğurulmamış 0.5 – 8.0 keV arası akı.



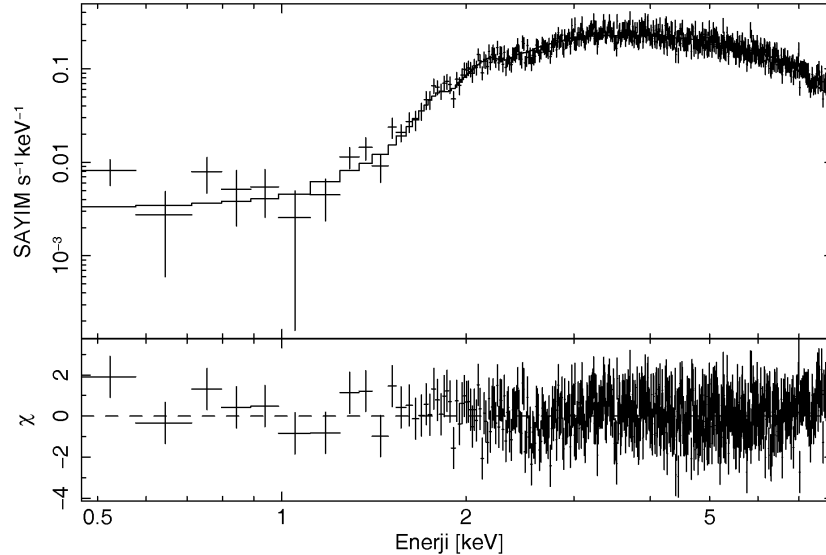
Şekil 4.15 Üstte SGR 1900+14 kaynağına ait çalışmada kullanılan X-ışın spektrumları aşağıda da artıklar gösterilmiştir.

4.2.3. SGR 1806-20

SGR 1806-20, 1979 yılında Laros ve diğ. (1986, 1987) tarafından keşfedilmiştir. Kaynağın sürekli X-ışın akısı ASCA uydusu ile 1993 yılında (Murakami ve diğ., 1994) gözlenmiştir. 1998 yılında Kouveliotou ve diğ. (1998a) tarafından RXTE uydusu kullanılarak yapılan gözlemler ile periyot (7.47 s) ve periyodun zamanla değişimi ($2.6 \times 10^{-3} \text{ s/yıl}$) belirlenmiştir. Bu değerler, SGR 1806-20'nin yaklaşık 8×10^{14} Gauss şiddetinde dipol manyetik alana sahip bir magnetar olduğuna dair ilk kanıt olarak yorumlanmıştır (Kouveliotou ve diğ., 1998a). Kaynaktan 27 Aralık 2004 tarihinde,

gözlenen dev patlamada toplam $\sim 10^{47}$ erg enerji yayınlanmıştır (15 kpc uzaklık ve ışınım gücünün izotropik olduğu varsayılarak) (Hurley ve diğ., 2005). Bu patlama SGR 0526-66 ve SGR 1900+14'den gözlenen dev patlamalardan yaklaşık 100 kat daha parlaktır.

Tez kapsamında SGR 1806-20'ye ait Chandra ve XMM-Newton gözlemlerinden kaynağın akısının en düşük seviyede olduğu bir gözlem seçilmiş ve analiz edilmiştir. Kaynağın kullanılan gözleminin modellenmesi sonucu görüş doğrultusundaki Hidrojen kolon yoğunluğu $7.7 \times 10^{22} \text{ cm}^{-2}$, yüzey manyetik alan şiddeti 4.0×10^{14} Gauss olarak bulunmuş, yüzey sıcaklığı, manyetosferdeki optik derinlik ve manyetosferdeki parçacıkların hızı parametreleri üst limitleri olan, sırasıyla, 0.6 keV, 10 ve 0.5 olarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar istatistiksel olarak modelin veriyi başarıyla açıkladığını gösterse de, bir çok parametre limit değerlere ulaştığı için elde edilen sonuçları tutarlı olarak kabul etmek güçtür. Şekil 4.16'de model ve spektrum gösterilmiştir. SGR 1806-20 magnetarlar içinde en sert X-ışın spektrumuna ait kaynaklardan biridir. Bu özelliği sebebiyle YIIMS modeli ile verilerin karşılaştırılması sırasında bir çok parametre (yüzey sıcaklığı, manyetosferdeki parçacık yoğunluğu ve parçacıkların hızı) modelin fiziksel varsayımlarından ileri gelen üst limitlerine ulaşmışlardır.



Şekil 4.16 SGR 1806-20 kaynağına ait çalışmada kullanılan X-ışın spektrumu ve alt panelde artıklar gösterilmiştir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Tez kapsamında geliştirilen, *Yüzey Isısal Işınım ve Manyetosferik Saçılma* (YIIMS) modeli, 6 *Anormal X-Işın Pulsarı* (AXP) ve 3 *Yumuşak Gama-ışın Yineleyicisi*'nin (YGY) uzun zaman aralığına yayılan pek çok gözlemine uygulanarak hem kaynakların bazı fiziksel parametrelerinin belirlenebilmesine hem de bu parametrelerin uzun dönemli değişimlerinin incelenebilmesine olanak vermiştir.

Bu bölümde, Bulgular kısmında elde edilen sonuçlar derlenerek magnetarların doğası YIIMS modeli çerçevesinde incelenecektir. İlk olarak tek tek kaynaklara ait sonuçlar, ardından tüm kaynaklar için elde edilen bulgular karşılaştırmalı olarak sunulacaktır.

5.1. MAGNETARLARIN ZAMANSAL DEĞİŞİMLERİ

5.1.1. 4U 0142+61

Tezde 4U 0142+61 kaynağının 2000 – 2004 yılları arasında Chandra ve XMM-Newton uydusu ile elde edilen gözlemleri analiz edilmiştir. YIIMS modeli tüm gözlemler ile son derece iyi uyum sağlayarak, kaynağın 0.5 – 8.0 keV arasındaki X-ışın spektrumunun fiziksel yaklaşımlar ile açıklanabilmesini mümkün kılmıştır.

Modelden ölçülen kaynağın yüzey manyetik alan şiddeti $(4.75 \pm 0.02) \times 10^{14}$ Gauss olarak bulunmuştur. Bu manyetik alan şiddeti kaynağın periyot ve periyot türeviden yararlanılarak ölçülen dipol manyetik alan şiddetine (1.3×10^{14} Gauss) yakın olsa da farklıdır. Farkın sebeplerinden biri, tezde bulunan manyetik alan şiddeti yüzeydeki manyetik alana karşılık gelirken, kaynağın dönmesinin yavaşlamasından itibaren bulunan manyetik alan şiddetinin nötron yıldızının yüzeyinden çok uzaktaki ışık silindiriindeki değeri ölçüyor olması olabilir. Buna ek olarak dipol manyetik alan şiddeti hesaplanırken nötron yıldızının dönme eksenini manyetik eksenine karşılık keyfi bir açı varsayılmaktadır, bu açı için verilecek farklı değerler, belirlenen dipol manyetik alan şiddetinin de farklı değerler almasını sağlar. Yine de dipol manyetik alan değerine yakın

bir manyetik alan şiddetinin belirlenmesi ölçümlerin güvenilirliğini ve kaynağın magnetar doğasını ortaya koymaktadır.

YIIMS modeli kaynağın yüzey ışınım özelliklerine ek olarak manyetosferine ait iki fiziksel parametre daha içerir ki bunlar manyetosferdeki parçacıkların hızı ve yoğunluğu hakkında fikir edinilmesini sağlarlar. Bu tezde 4U 0142+61'in manyetosferindeki optik derinlik 3.57 olarak bulunmuştur. Bu optik derinliğe karşılık gelen parçacık sayı yoğunluğu Eşitlik 3.3 kullanılarak hesaplanırsa, nötron yıldızının manyetosferindeki parçacık sayı yoğunluğunun kaynak için hesaplanan Goldreich-Julian yoğunluğundan ($n = 7 \times 10^{-2} B/P \text{ cm}^{-3}$) yaklaşık 3×10^5 kat daha fazla olduğu görülmektedir. Bu farkta magnetarları diğer izole nötron yıldızlarından ayıran bir başka özelliği daha ortaya koymaktadır.

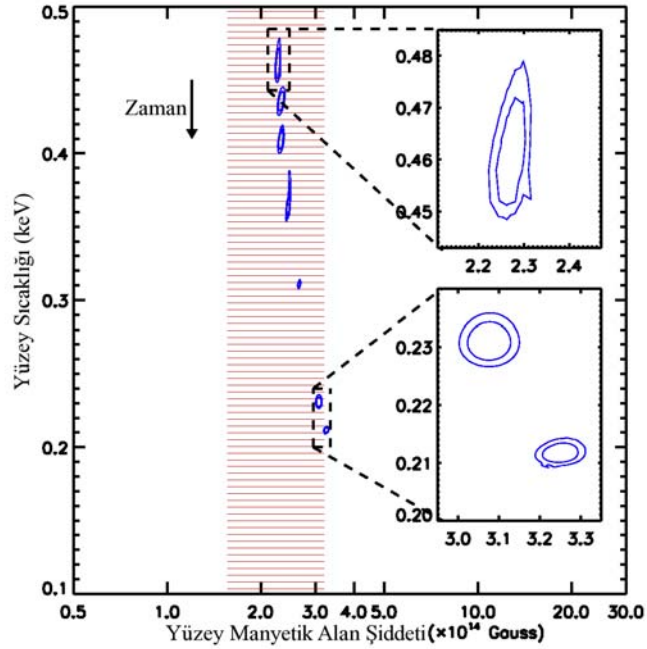
Gonzalez ve diğ. (2007) 4U 0142+61'de uzun (2000 – 2006) dönemli akı değişimleri olduğu ortaya çıkarmışlardır. Bu değişimler kaynağın 2006 yılında gösterdiği patlama aktivitesi ile ilişkili gibi görünmektedir. 2006 yılı öncesi kaynağa ait gözlemler bu tezde de kullanılan XMM-Newton ve Chandra uydusu gözlemleridir. Bu gözlemlerde 2000 – 2004 yılları arasında belirgin bir akı ya da yüzey sıcaklığı değişimi gözlenememiştir. Ancak kaynak 2006 yılında patlamalar göstermeden hemen önce ve hemen sonra yapılan SWIFT uydusu gözlemleri, kaynağın akısında değişimler olduğunu ortaya koymuştur (Gonzalez ve diğ., 2007).

5.1.2. XTE J1810-197

Kaynağın 2003 yılındaki keşfini takiben (İbrahim ve diğ., 2004) yapılan sürekli gözlemler, kaynağın akısının ve spektral özelliklerinin sürekli olarak azalma yönünde değiştiğini ortaya koymuştur (Gotthelf ve Halpern, 2007). Keşfinden sonra incelenen arşiv ROSAT görüntüleri, patlama ile kaynağın akısının sakin evredeki akısına göre 100 kat arttığı ortaya koymuştur (Gotthelf ve Halpern, 2005). X-ışın spektrumunda gözlenen bütün bu değişimler sebebiyle kaynak, tez kapsamında geliştirilen model için önemli bir test oluşturmaktadır. Tez kapsamında kaynağa ait 2003 – 2006 yılları arasında alınmış 7 XMM-Newton uydusu gözlemi analiz edilmiştir. Modelin gözlemlerde elde edilen 0.5 – 7.0 keV arasındaki X-ışın spektrumlarına uygulanması sonucu hem kaynağın bazı

fiziksel parametreleri belirlenmiş, hem de patlama sonrası uzun dönemli davranışı açıklanabilmiştir.

YIIMS modeli çerçevesinde incelendiğinde, kaynağın uzun dönemli değişiminin sebebinin kaynağın yüzey sıcaklığının azalması, yani patlamanın olduğu bölgenin soğuması olduğu anlaşılmaktadır. Bu değişim ayrıca Şekil 5.1’de görülebilir. Buna karşılık diğer parametrelerde ve sıcak bölgenin alanında bir değişiklik olmamıştır. Şekil 5.1’de kaynağa ait her bir gözlemden elde edilen yüzey sıcaklığı ve yüzey manyetik alan değerlerinin 1σ ve 2σ güvenilirlik eğrileri çizilmiştir. Gözlemler boyunca kaynağın yüzey sıcaklığı sürekli olarak azalmış, spektrumdaki bu değişim devam ederken modelin diğer parametrelerinde bu şekilde sistematik ve önemli bir değişim gözlenmemiştir. Bu sebeple kaynağın akısının azalması tamamen nötron yıldızı kabuğunun soğuması ile açıklanabilir. Kaynağın uzaklığı 3.5 kpc (Helfand ve diğ., 2007) olarak alınır, nötron yıldızı yüzeyinde ışınım yapan bölgenin yarıçapı yaklaşık 3.7 km olarak bulunmaktadır. Bu bölgenin büyüklüğü tüm gözlemler boyunca değişmemektedir.



Şekil 5.1 XTE J1810-197'nin tüm XMM-Newton gözlemleri kullanılarak elde edilen yüzey sıcaklığı ve manyetik alan şiddeti gösterilmiştir. Güvenilirlik eğrileri 1σ ve 2σ için çizilmiştir. Kırmızı taralı bölge kaynağın gözlenen yavaşlamasından itibaren bulunmuş dipol manyetik alan şiddetini göstermektedir (Gotthelf ve Halpern, 2007; İbrahim ve diğ., 2004; Camilo ve diğ., 2007).

4U 0142+61'nin aksine, kaynağın manyetik alan şiddeti dipol manyetik alan şiddeti (2.4×10^{14} Gauss) (Gotthelf ve Halpern, 2007; İbrahim ve diğ., 2004) ile son derece uyumlu olarak $(2.72 \pm 0.03) \times 10^{14}$ Gauss olarak bulunmuştur.

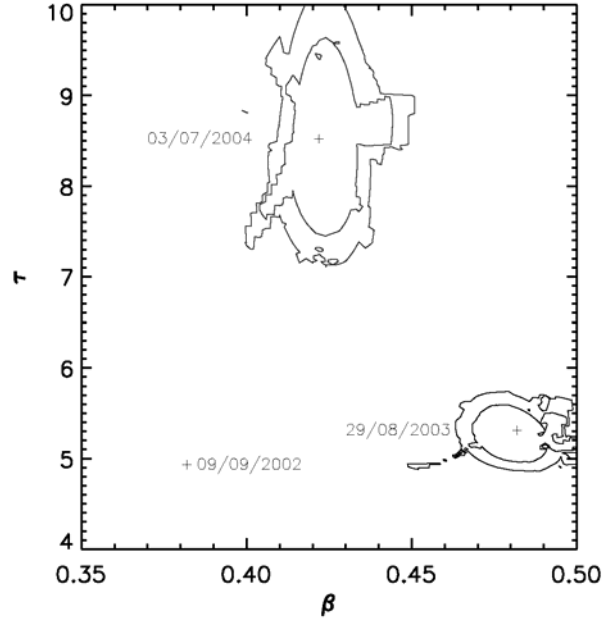
Şekil 5.1'de görülebileceği gibi kaynağın manyetik alanı farklı gözlemlerde az da olsa bir değişim göstermektedir. Bunun sebebi tezde geliştirilen modelin nötron yıldızı yüzeyindeki manyetik alan değişimlerini hesaba katmaması ya da dönme fazına bağlı analiz değil de tüm gözlemde elde edilen toplam spektrum üzerinde çalışılması olabilir. Bu sebeple bu değişimin sebeplerini incelemek için öncelikle nötron yıldızı üzerindeki manyetik alan topolojisini de hesaba katan modeller geliştirmek gerekir.

5.1.3. 1RXS J170849.0-400910

YIIMS modeli 1RXS J170849.0-400910 (1708) gözlemlerine uygulanmış ve modelin, kaynağın gözlenen 0.5 – 8.0 keV arasındaki X-ışın spektrumunu son derece iyi bir şekilde açıklayabildiği görülmüştür. Kaynağın yüzey manyetik alan şiddeti $(3.93 \pm 0.11) \times 10^{14}$ Gauss olarak belirlenmiştir. Bu değer kaynağa ait dipol manyetik alan şiddeti $(4.7 \times 10^{14}$ Gauss) ölçümleri (Gavriil ve Kaspi, 2002) ile uyum içindedir.

Rea ve diğ., (2005) kaynağın uzun dönemli akı ve karacisim + güç kanunu modellemesi sonucu elde edilen foton-indeksi değerleri ile kaynaktan gözlenen sıçramalar arasında bir ilişki olduğunu göstermiştir. Rea ve diğ., (2005) bu ilişkinin, magnetarların *bükülmüş manyetosfer* (twisted magnetosphere) teorisine göre (Thompson ve diğ., 2002; Beloborodov ve Thompson, 2007) açıklanabileceğini iddia etmişlerdir. Bükülme açısı $\Delta\phi_{NS}$, arttıkça, manyetosferdeki yük taşıyıcı sayısı artmakta ve bu rezonant siklotron saçılma için gerekli optik derinliği arttırmaktadır. Optik derinliğin artması daha sert X-ışın spektrumlarının gözlenmesine sebep olmaktadır. 2003 yılına kadar elde edilen gözlemler, sıçramalardan önce bükülme açısının ve manyetosferdeki optik derinliğin sürekli arttığı düşüncesi ile uyum göstermektedir (Campana ve diğ., 2006). Israel ve diğ., (2007), tez kapsamında ele alınan Chandra gözleminden kısa bir süre sonra (01-02-2005 tarihinde) kaynağın yeni bir sıçrama gösterdiğini ortaya koymuştur. Böylece model, sıçramalardan önce rapor edilen spektral değişikliklerin manyetosferik değişimlerden kaynaklandığını doğrulamakta, bu değişimin manyetosferdeki yük taşıyıcılarının sayı yoğunluğunun artması sebebiyle olduğunu göstermektedir. Optik

derinlik, 2005 yılında gözlenen sıçramadan kısa bir süre önce elde edilen Chandra gözleminde, 2003 yılında XMM-Newton uydusunca elde edilen değerden %60 daha fazla olarak bulunmuştur değişim Şekil 5.2’de görülebilir.



Şekil 5.2 1RXS J1708'in Chandra (2002 ve 2004 yıllarında) ve XMM-Newton (2003 yılında) gözlemlerine YIIMS modellerinin uygulanması ile elde edilen manyetosferdeki optik derinliğin (τ) ve yüklü parçacıkların hızlarının (β) değişimi.

Her ne kadar iki gözlem arasında bulunan optik derinlik değerleri arasındaki fark çok belirgin ise de, iki gözlemin farklı uydu ile yapılması ve uyduların farklı kalibrasyonlara sahip olması gibi sebepler iki gözlemin birbiri ile direkt olarak karşılaştırılmasını güçleştirmektedir. Daha sık aralıklarla elde edilecek yüksek kaliteli X-ışın spektrumları bu kaynakta sıçramalardan önce gözlenen spektral değişikliklerin sebebinin anlaşılması ve bu gözlemin doğrulanması konusunda çok yardımcı olabilir.

5.1.4. 1E 1048.1-5937

1E 1048.1-5937, tez kapsamında çok sayıda (13 gözlem) verisi incelenen AXP'lerden biridir. Gözlenen iki büyük uzun dönemli akı parlaması, kısa patlamalar ve büyük tork değişimleri ile kaynak 2001-2004 yılları arasında aktif bir dönem geçirmiştir. YGY benzeri patlamaların gözlemlendiği ilk AXP olmuştur. Kaynak bu çok sayıdaki gözlemlerinde uzun dönemli akı değişimleri göstermiş ve bazı patlama dönemleri geçirmiştir (Tam ve diğ., 2007). 26 Ekim 2001 ve 6 Nisan 2002 tarihlerinde gözlenen iki büyük akı parlaması sırasında ve sonrasında ne yazık ki o dönemlerde Chandra ya da

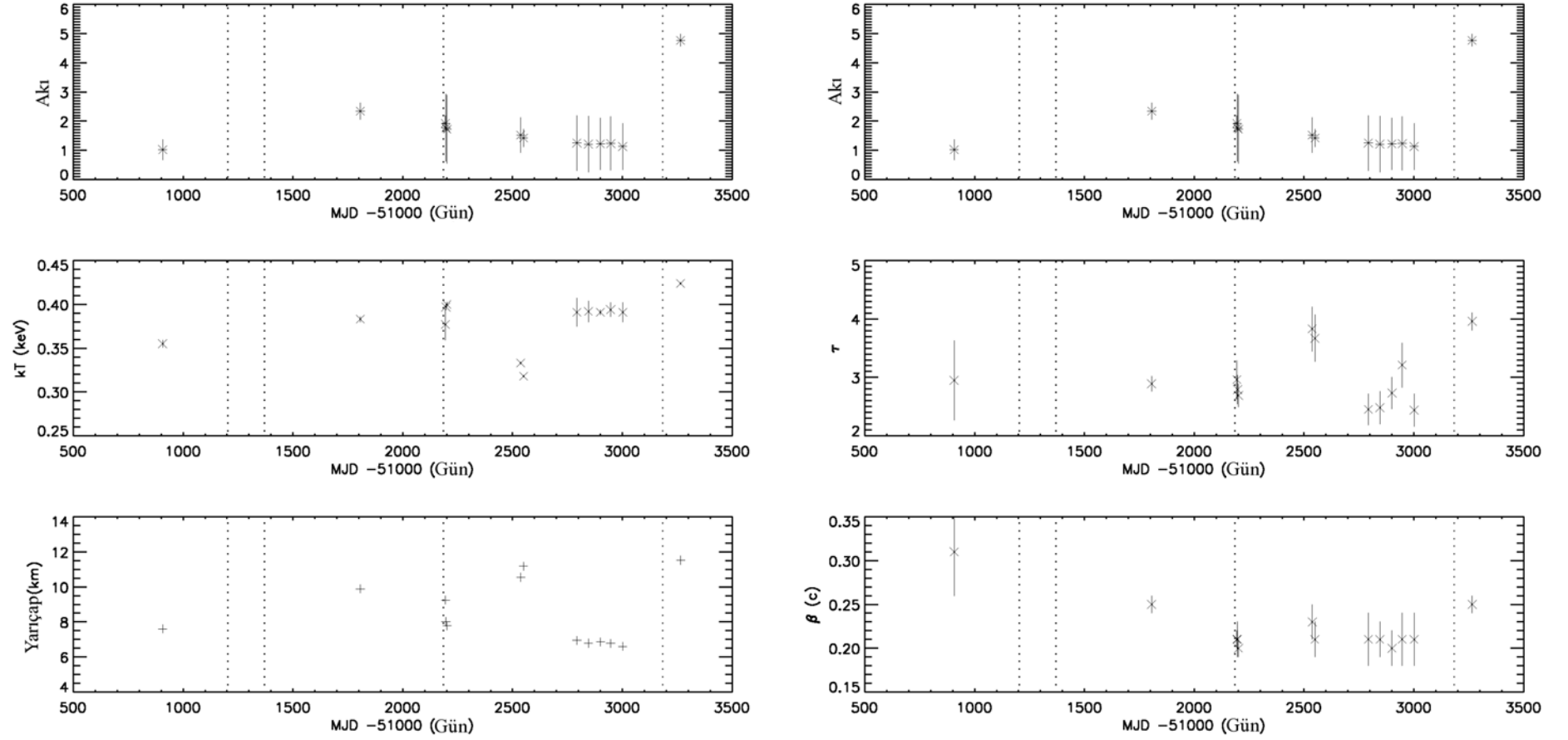
XMM-Newton uydusu ile gözlem alınmadığı için yeterli bilgi elde edilememiştir. Kaynaktan 24 Mart 2007’de gözlenen patlamalar ise hem Chandra hem de XMM-Newton uydularınca takip edilmiş ise de bir gözlem hariç henüz bu sırada alınan bütün gözlemler halka açık arşivlere geçmediği için tezde kullanılamamıştır. Yine de 1E 1048.1-5937’den 29 Haziran 2004 yılında gözlenen patlamadan (Gavriil ve diğ., 2006) hemen sonra elde edilen gözlemler tezde kullanılabilmiştir.

Kaynaktan 29 Haziran 2004’de gözlenen patlamanın uzun süresi bu patlamayı YGY’lerden gözlenen kısa süreli (0.1 s) patlamalardan ayırmaktadır. Atımın maksimum olduğu anda gözlenişleri, hızlı yükseliş ve bu tepe noktasını takip eden ve toplam akının önemli bir miktarını içeren bir kuyruk benzeri bir ışık eğrisine sahip olmaları, AXP’lerden gözlenen bazı patlamaların ortak özellikleri gibi görünmektedirler. Bu özellikler XTE J1810-197’den gözlenen tüm ve 1E 2259+586’dan gözlenen bazı patlamaların da ortak özellikleridir (Gavriil ve diğ., 2006).

YGY patlamalarından farkları dolayısıyla bu patlamaların YGY’lerde gözlenen kısa patlamalardan farklı bir mekanizma ile oluştukları düşünülmektedir (Woods ve diğ., 2005). Magnetar modeline göre patlamalar için iki sebep olabilir: i) Yüzeyde kırılmaların oluşması ya da ii) Manyetosferik yeniden birleşme. Woods ve diğ., (2005) XTE J1810-197’den gözlenen patlamalar üzerine, bu tip uzun kuyruklara sahip patlamaların yüzeyde kırılmalar oluşması sebebiyle ortaya çıktıklarını iddia etmişlerdir. 29 Haziran 2004 (53185 MJD) patlaması da tipik özellikleri açısından benzer sebepler ile oluşmuş olabilir (Gavriil ve diğ., 2006).

Şekil 5.3’den de görülebileceği gibi patlamadan yaklaşık bir hafta sonra (8 Temmuz 2004, 53194 MJD) alınan gözlemlerde toplam akıda belirgin bir değişim görülmemiştir. Yüzey sıcaklığında ise, patlamadan sonra alınan ilk gözlem ile sonraki iki gözlem arasında hatalar sınırında kalan bir fark görülmektedir. Ancak, bu farkın sebebi muhtemelen ilk gözlemin XMM-Newton uydusu ile sonraki iki gözlemin ise Chandra uydusu ile elde edilmiş olmasıdır. Farklı uydu ve detektörler ile elde edilen bu yüzey sıcaklığı değerleri arasındaki bu fark normal karşılanabilir. Bu durumda patlamanın sonraki bir hafta içinde nötron yıldızının fiziksel parametreleri üzerindeki etkilerini yitirdiği söylenebilir.

Kaynak 2007 yılında yine aktif bir döneme girmiştir. Ancak bu patlama sonrasına alınan Chandra ve XMM-Newton gözlemleri henüz halka açık olmadığı için tezde kullanılamamıştır. Yine de, kaynağın parametrelerinin uzun dönemli değişimleri incelendiğinde, manyetosferdeki optik derinlikte 2007 yılına doğru sistematik bir artış olduğu görülmektedir. Ancak bu dönemde kaynakta ne gibi değişimler olduğu konusunda yorum yapmak için diğer gözlemlerin de incelenmesi gerekmektedir.



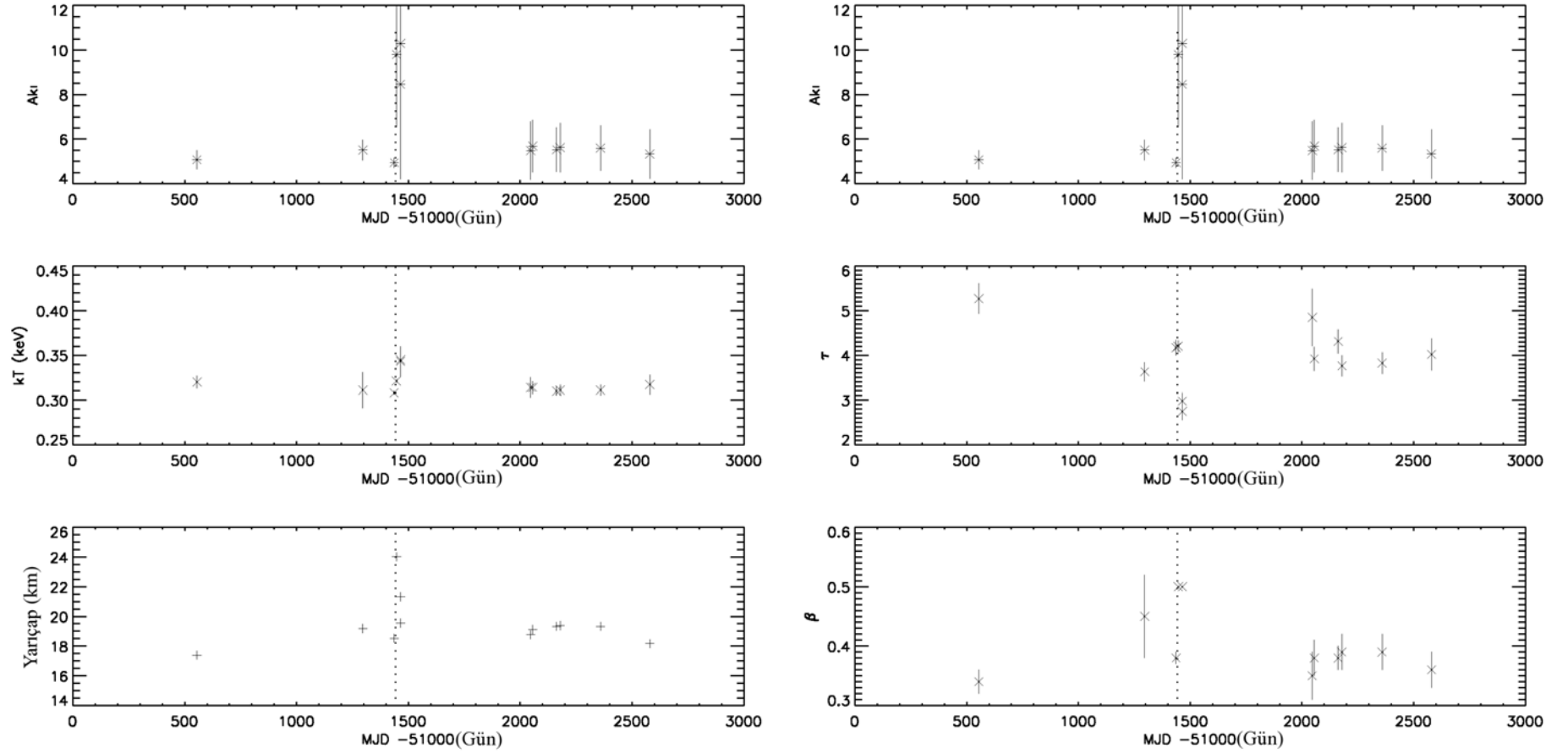
Şekil 5.3 1E 1048.1-5937 kaynağının uzun dönemli değişim, kaynağın rapor edilen patlamaları kesikli çizgiler ile işaretlenmiştir.

5.1.5. 1E 2259+586

1E 2259+586 da tez kapsamında çok sayıda gözlemi analiz edilen kaynaklardan biridir. Kaynak 2000 – 2005 yılları arasında 12 kez Chandra ve XMM-Newton uydularınca gözlenmiş ve bu gözlemler tezde analiz edilerek YIIMS modeli kapsamında modellenmiştir. Şekil 5.4’de YIIMS modelinin verilere uygulanması ile elde edilen fiziksel parametrelerin uzun dönemli değişimi verilmiştir.

1E2259+586, 18 Haziran 2002 tarihinde YGY benzeri patlamalar göstermiştir (Kaspi ve diğ., 2003). Yaklaşık 4 saatlik bir RXTE gözleminde, ortalama süreleri 2 ms ile 3 ms arasında değişen toplam 80 X-ışın patlaması gözlenmiştir (Kaspi ve diğ., 2003). Patlamadan 3 gün sonra elde edilen ilk XMM-Newton gözleminde kaynağın akısı patlamadan önceki akı seviyesinin yaklaşık iki katına çıkmıştır. Yüzey sıcaklığı patlama öncesindeki 0.308 keV’den 0.321 keV’ye çıkmış ve patlamadan yaklaşık 15 gün sonraki gözlemlerde ise sıcaklık 0.345 keV’ye kadar çıkmıştır. Ancak bu dönemden sonra 2004 yılına kadar Chandra ya da XMM-Newton gözlemi olmadığı için yüzeyin patlamadan sonra nasıl soğuduğu gözlenememiştir.

Patlama ile birlikte kaynağın manyetosferik parametrelerinde de ilgi çekici değişiklikler olmuştur. Kaynağın 2004 – 2005 yıllarındaki gözlemleri de incelenirse, sakin evresindeki manyetosferik optik derinliğinin 4 civarında olduğu söylenebilir. Patlamadan sonra elde edilen ikinci gözlemden itibaren ise, optik derinliğin bu seviyelerden daha aşağılara düştüğü görülmektedir. Aynı gözlemlerde manyetosferdeki parçacıkların hızının modelin limiti olan $0.5c$ olarak belirlenmiştir. Ancak bu parametrenin patlamadan hemen sonra elde edilen gözlemlerde modelin limitine ulaşması daha detaylı analiz yapılmasını engellemiştir.

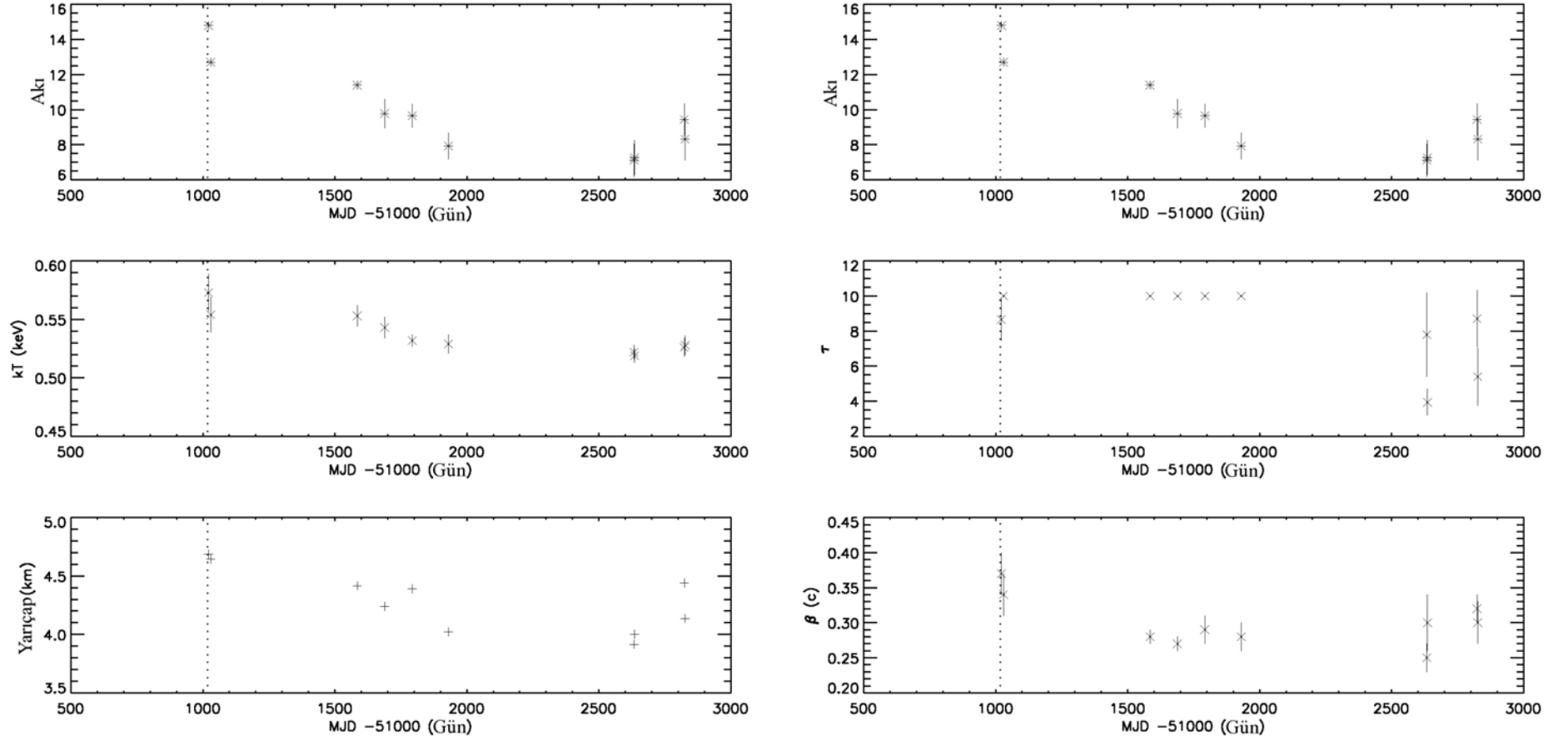


Şekil 5.4 1E 2259+586 için elde edilen parametrelerin uzun dönemli değişimi.

5.1.6. SGR 1900+14

SGR 1900+14 tez kapsamında uzun dönemli değişimi takip edilen tek YGY ve son kaynaktır. YIIMS modelinin uygulanması ile kaynağa ait fiziksel parametrelerin uzun dönemli değişimleri Şekil 5.5’de verilmiştir.

SGR 1900+14 1998 yılında gösterdiği dev patlamadan sonra durgun bir dönem geçirmiş daha sonra 2001 yılında yeniden kısa patlamalar gösterdiği aktif bir döneme girmiştir. Tez kapsamında incelenen ilk gözlemler bu patlamaları gösterdiği dönemin hemen sonrasına rastlamaktadır. Kaynağın 2001 yılından beri hızlı akı ve sıcaklık düşüşü gösterdiği ve bu iki parametreye bağlı olarak ışınım yapan yarıçapının da düzenli olarak azaldığı Şekil 5.5’den görülebilir. Bu düzenli azalış yaklaşık 4 km’lik yarıçap ve 0.52 keV’lik yüzey sıcaklığında dengeye ulaşmış ve 2006 yılında kaynak yeniden patlamalar göstermeye başlayana kadar bu seviyede kalmıştır. Şekil 5.5’de verilen son iki gözleme ait noktalar kaynak 2006 yılında yeniden patlamalar göstermeye başladığında alınmıştır. Bu dönemde akının ve yüzey sıcaklığının tekrar artmaya başladığı görülebilir. SGR 1900+14’ün spektrumlarının YIIMS modelinin uygulanması sırasında manyetosferdeki optik derinlik değeri pek çok gözlem için 10 olan modelin üst limitine ulaşmıştır. Bu sebeple, kaynağın manyetosferik parametrelerinin zamanla değişimi konusunda yorum yapabilmek güçtür. Kaynağın manyetosferik parametreleri ancak akısının en düşük olduğu sıralarda alınan gözlemler ile belirlenebilmiştir.



Şekil 5.5 SGR 1900+14 kaynağına ait elde edilen yüzey parametrelerinin uzun dönemli değişimi gösterilmiştir.

5.2. KAYNAKLARIN GENEL ÖZELLİKLERİ

Tez kapsamında 6 AXP ve 3 YGY'nin arşivlerdeki bütün Chandra ve XMM-Newton uydu gözlemlerinin analizi yapılmış ve elde edilen kaynak spektrumları YIIMS modeli çerçevesinde incelenmiştir. Bunlardan elde edilen sonuçların, bir önceki kısımda yapıldığı gibi tek tek değil de genel olarak hepsini kapsayacak şekilde literatürden toparlanan fiziksel parametrelerin karşılaştırılması ile AXP ve YGY'lerin doğalarının daha iyi anlaşılması sağlanabilir.

Ancak kaynakların genel özellikleri ile ilgili yorumlar yapmadan önce, modelin gözlemler ile uyumluluğunu bir kez daha tartışmak gerekir. YIIMS modeli istatistiksel olarak bütün kaynakların 0.5 – 8.0 keV aralığındaki X-ışın spektrumlarını başarıyla modellemiştir. Ancak bazı parametreler bazı spektrumlarda limit değerlere ulaşmışlardır. Genel olarak bakıldığında, süpernova kalıntılarının içine gömülü iki kaynak SGR 0526-66 ve 1E 1841-045'de sırasıyla, manyetosferdeki parçacıkların hızı ve manyetosferdeki parçacık sayı yoğunluğuna ilişkin parametreler limit değerlere ulaşmıştır. Bunun sebebi; gerçekten kaynak spektrumunun modelin limit değerlerine ulaşmasını gerektirecek şekilde olması olabileceği gibi, kaynakların süpernova kalıntıları içinde gömülü bulunmaları da olabilir. Her ne kadar Chandra X-ışın uydusunun uzaysal çözünürlüğü ondan önceki uydulardan çok daha iyi olsa da, nokta saçılma fonksiyonu 0".5 mertebesinde dir. Bu da, ne kadar dikkatli analiz edilirse edilsin gözlemden elde edilen X-ışın spektrumuna süpernova kalıntısının etkisi olabileceğini gösterir. İndirgemelerde bu etkinin düzeltilmesi, kalıntının görüntüsünden zemin kabul edilen bir bölgenin ışınımının kaynak spektrumundan çıkarılması ile yapılmasına rağmen süpernova kalıntısının etkisinin tamamıyla çıkarılabildiği anlamına gelmez, ve böylece kaynaklara ait spektrumlar analiz edilirken bazı anormalliklere yol açabilir.

Verileri incelenen iki YGY, SGR 1900+14 ve SGR 1806-20'de de yine bazı parametreler limit değerlere ulaşmış ve tam olarak belirlenememiştir. Her iki YGY doğrultusunda da yüksek miktarda Hidrojen kolon yoğunluğu vardır ve bu 2 keV'den düşük enerjili fotonların önemli bir bölümünün soğurulmasına yol açmaktadır. Yüzey sıcaklığı 0.4-0.5 keV civarında olan bir nötron yıldızının X-ışın ışınımının tepe

noktasının 1.5-2.0 keV civarında olduğu düşünülürse, bu kaynaklardan gelen önemli miktarda fotonun yıldızlararası madde tarafından soğurulmuş olduğu görülebilir. Manyetosferik rezonant siklotron saçılma, düşük enerjili yüzey fotonlarının manyetosferdeki saçılma bölgesine girmesi ve saçılma sırasında enerji kazanması ile gözlemciye daha yüksek enerjili fotonlar olarak görülmesi şeklinde hesaplara katılmaktadır. Bu durumda manyetosferik parametrelerin belirlenmesinde önemli bir gösterge de, düşük enerjilerdeki foton akısıdır. YGY'ler doğrultusundaki yüksek kolon yoğunluğu bu düşük enerjili fotonların akısının belirlenmesini güçleştirmekte bu da manyetosferik parametrelerin belirlenmesinde zorluk yaratmaktadır.

Tablo 5.1 Kaynakların genel özelliklerinin karşılaştırılmasında kullanılan değerler verilmiştir *.

Kaynak Adı	SGR 0526-66	SGR 1900+14	XTE 1810-197	4U 0142+61	IRXS J170849.0- 400910	1E 1048-5937	1E 2259+586	1E 1841-045
Gözlem Tarihi	31/08/01	20/22/05	08/09/03	25/07/04	29/08/03	6/16/05	2004- 2005	29/07/00
Uzaklık (kpc)	50 ^{±2}	12 ^{±3}	3.4 ^{±0.5}	3.6 ^{±0.4}	3.8 ^{±0.5}	9 ^{±1.7}	7.5 ^{±1.0}	6.7 ^{±1.8}
Periyot (s)	8.047	5.198	5.539	8.688	11.002	6.457	6.979	11.776
dP/dt (10 ⁻¹¹)	6.6	9.2	0.81	0.196	1.945	1.6677	0.0484	4.1551
kT (keV) ⁽¹⁾	0.53	0.47	-- ⁽²⁾	0.421	0.456	0.633	0.4	0.44
T (keV) ⁽³⁾	0.31 ^{±0.01}	0.52 ^{±0.01}	-- ⁽²⁾	0.305 ^{±0.002}	0.35 ^{±0.01}	0.37 ^{±0.01}	0.31 ^{±0.02}	0.44 ^{±0.13}
B (10 ¹⁴ G) ⁽³⁾	3.1 ^{±0.21}	5.0 ^{±0.06}	2.25 ^{±0.05}	4.6 ^{±0.07}	3.96 ^{±0.17}	2.25 ^{±0.05}	4.02 ^{±0.13}	5.46 ^{±1.75}
R (km)	18.55 ^{±0.74}	3.65 ^{±0.91}	-- ⁽²⁾	16 ^{±2}	7 ^{±1}	7.44 ^{±1.41}	16 ^{±2}	5.0 ^{±2.0}

* Tablodaki veriler Durant ve van Kerwijk (2006), Kulkarni ve diğ. (2003), Mereghetti ve diğ. (2006), Rea ve diğ. (2005, 2007), Tam ve diğ. (2007), Morii ve diğ. (2003), çalışmaları kullanılarak derlenmiştir.

⁽¹⁾ Kaynakların literatürden elde edilen karacisim sıcaklıkları.

⁽²⁾ XTE J1810-197 kaynağının gözlemlerinde kaynağın akısı ve yüzey sıcaklığı sürekli değiştiği için bu kaynağa ait sıcaklık ve yarıçap değerleri bu analizde dikkate alınmamıştır.

⁽³⁾ YIIMS modelinin dikkate alınan gözleme tekrar uygulanması ile elde edilen değerlerdir.

Bu zorluklara rağmen kaynakların YIIMS modeli kullanılarak elde edilen fiziksel parametrelerin kaynaktan kaynağa nasıl değiştiği ve bu parametrelerin kaynakların dönme periyodu gibi zamansal özellikleri ile karşılaştırılmaları, doğalarının anlaşılmasında yararlı olacaktır. Bu düşünce ile kaynakların bütün gözlemleri içinden sakın evrede oldukları görülen ve poz süresi en uzun gözlemler alınmış ve YIIMS modeli bu gözlemlere tekrar uygulanmıştır. Bu analiz için kullanılan değerler Tablo 5.1'de verilmiştir. Kaynaklara ait kullanılan dipol manyetik alan şiddeti,

$$B = 3.2 \times 10^{19} \sqrt{P \frac{dP}{dt}} \quad 5.1$$

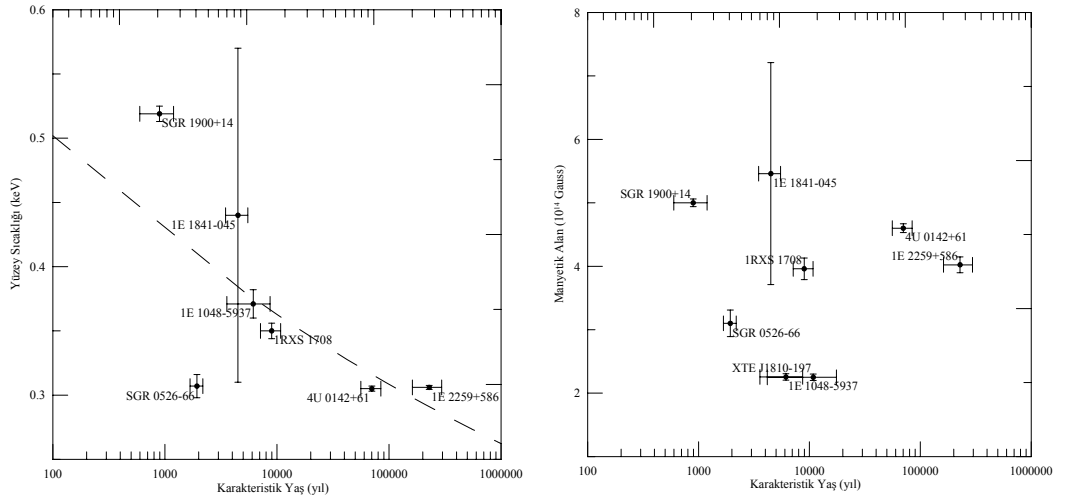
karakteristik yaş değerleri,

$$\tau = \frac{P}{2 \frac{dP}{dt}}$$

5.2

ve uzaklık değerleri Bölüm 2’de açıklandığı şekilde Tablo 5.1’de verilen değerler kullanılarak hesaplanmıştır.

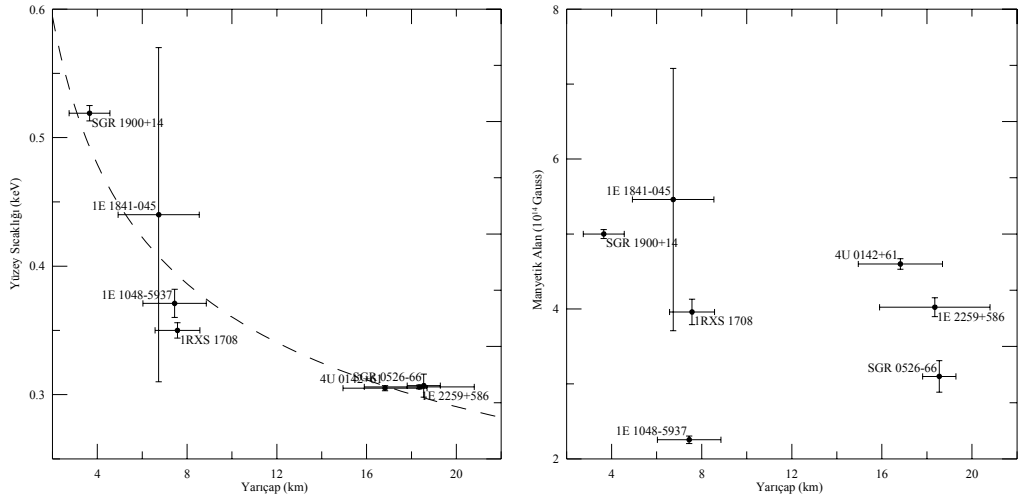
Aşağıda bu modelleme sonucu elde edilen özellikler kullanılarak bazı grafikler çizilmiştir. Ancak tezde kullanılan XTE J1810-197 kaynağı, 2003 yılındaki keşfinden beri akısı ve spektral özellikleri sürekli değiştiği için sakin evredeki sıcaklık değerleri tam olarak belirlenememiş ve bu analizde kullanılmamıştır. Ayrıca SGR 1806-20’nin modellenmesi sırasında YIIMS modeli parametrelerinin büyük bir çoğunluğu da limit değerlere ulaştığı için bu analizden çıkarılmıştır.



Şekil 5.6 Manyetik alan şiddeti ve yüzey sıcaklığının karakteristik yaş ile değişimi.

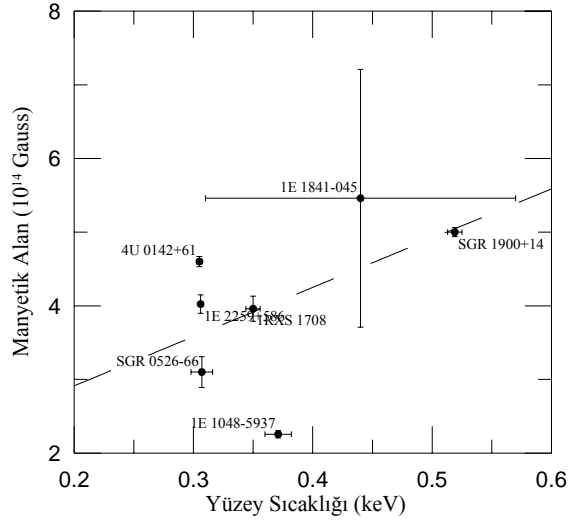
Böylece XTE J1810-197 ve SGR 1806-20 dışındaki 7 AXP ve YGY için, modelden çıkarılan fiziksel parametrelerin, gerek kendi içinde gerekse literatürden alınan (başka analizlerden) değerler arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. Bu bağlamda ilk olarak gözlenen magnetarların, yüzey manyetik alan şiddeti ve yüzey sıcaklığının, kaynakların karakteristik yaşları ile nasıl değiştiği incelenmiştir. Amaç yüzey manyetik alan şiddetinin kaynaklar yaşlandıkça bozunma ile azalıp azalmadığının ve benzer şekilde soğuma sebebiyle yüzey sıcaklığının yaşla azalması olasılığının incelenmesidir. Şekil 5.6’da her bir kaynak için kullanılan gözlem sırasında verilen dönme periyodu ve dP/dt değerleri ile hesaplanan karakteristik yaş ile yüzey sıcaklığı ve yüzey manyetik alan şiddetleri çizilmiştir. SGR 0526-66 dışında kalan kaynaklarda gerçekten karakteristik

yaşın artması ile yüzey sıcaklığı azalmaktadır. SGR 1900+14’ünde SGR 0526-66’nın tersine ortalamadan daha yüksek bir yüzey sıcaklığına sahip olduğu görülmektedir. Burada SGR 0526-66’dan uzun bir süredir, hiçbir patlama aktivitesinin gözlenmediğini, diğer yandan SGR 1900+14’ün ise aktif bir kaynak olduğu ve sık sık patlamalar gösterdiği de not edilmelidir. YGY’lerden gözlenen patlamaların uzun dönemde kaynakların yüzey sıcaklığını belirli bir miktarda arttırması beklenebilir. Diğer yandan manyetik alan şiddeti ile yarıçap arasında belirgin bir ilişki görülmemiştir.



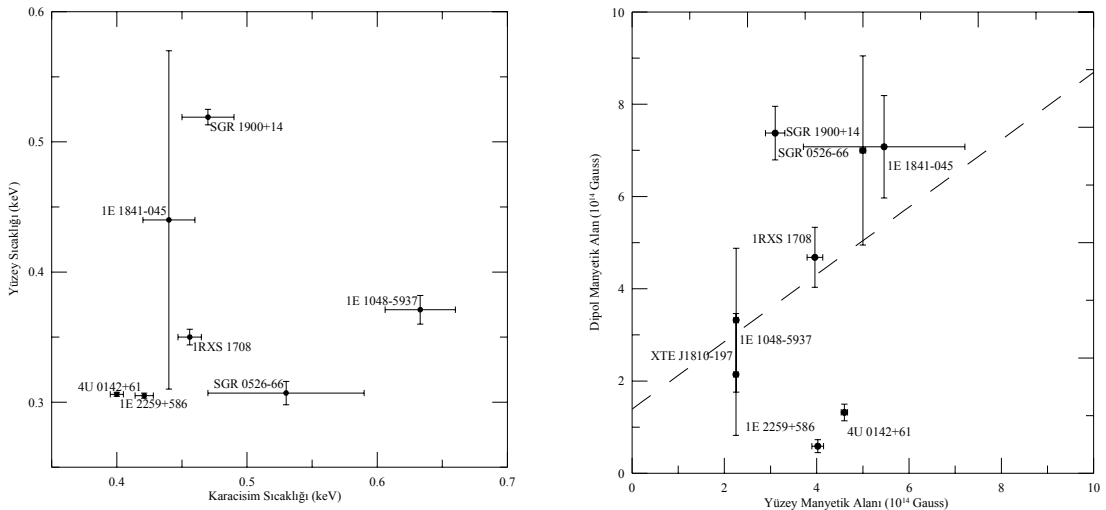
Şekil 5.7 Yarıçap ile manyetik alan ve yüzey sıcaklığının ilişkisi.

Daha yüksek yüzey sıcaklığı ve daha yüksek manyetik alan şiddetine sahip kaynakların yüzey sıcaklık dağılımlarında anizotropilerin artacağı düşünülmektedir (ör. Aguilera, 2007). Bu düşüncenin eldeki magnetar örnekleri ile test edilebilmesi için kaynaklara ait verilen uzaklık değerleri (bkz. Tablo 2.1 ve 2.2) kullanılarak ışınım yapan yarıçaplar bulunmuştur. Eğer yüzey sıcaklığının ya da manyetik alan şiddetinin artması anizotropi’yi arttırıcı bir etki yapıyorsa bu, ışınım yapan yarıçapın büyüklüğüne yansımalıdır. Şekil 5.7’de yüzey sıcaklığı azaldıkça ışınım yapan yarıçapın arttığı görülmektedir. Benzer şekilde yüzey manyetik alan şiddeti ile bir ilişki görülmemiştir. Yüzeydeki anizotropi bu analizlerin yanı sıra atım profilleri incelenerek de belirlemek mümkün olabilir.



Şekil 5.8 Yüzey sıcaklığı ile yüzey manyetik alan şiddeti.

Pons ve diğ. (2007) yüzey manyetik alan şiddeti ile nötron yıldızlarının yüzey sıcaklığı arasında pozitif korelasyon olduğunu, pek çok farklı nötron yıldızı için, verilen karacisim sıcaklıkları ve dipol manyetik alanlarını kullanarak, göstermişlerdir. Pons ve diğ., (2007)'e göre nötron yıldızlarının dipol manyetik alan şiddetleri arttıkça yüzey sıcaklıklarının da artması, manyetik alanın bozunarak yüzeyi ısıtmasının bir sonucudur. Şekil 5.8'de, benzer bir ilişki eldeki magnetar adaylarında da var gibi görünse de magnetarlar arasında böyle bir ilişkinin kolayca gözlenebileceği kadar çok sayıda gözlemsel veri yoktur.



Şekil 5.9 Yüzey sıcaklığı ve karacisim sıcaklığı ve manyetik alan şiddetleri karşılaştırması.

Son olarak kaynakların yüzey sıcaklıkları ile literatürden aynı gözlemlerde elde edilen karacisim sıcaklıkları ve dipol manyetik alan şiddetleri arasındaki ilişki incelenmiştir.

Şekil 5.9'da, 1E 1841-045 ve SGR 1900+14 hariç kaynakların yüzey sıcaklıkları ve karacisim sıcaklıkları arasında bir ilişki görülmektedir. Genel olarak yüzey atmosfer modeli ile bulunan sıcaklıklar karacisim sıcaklıklarından daha düşük olmaktadır (Pavlov ve Zavlin, 2002). Bu ilişki Şekil 5.9'da da görülmektedir. 1E 1048.1-5937 ve SGR 1900+14'ün genel ilişkiden uzak olmasının sebebi YIIMS modelinde yüzey sıcaklığı parametresine ek olarak manyetosferik parametrelerin de hesaba katılıyor olması olabilir. Şekil 5.9'da tez kapsamında belirlenen yüzey manyetik alan şiddeti ile bağımsız olarak literatürde verilen dipol manyetik alan şiddeti değerleri, bazı kaynaklar hariç uyumlu görülmektedir. Burada, tez kapsamında elde edilen yüzey manyetik alan şiddetlerinin tüm yüzey üzerinden ortalama değere, diğer yandan her bir kaynağa ait verilen dipol manyetik alan şiddetlerinin ekvatordaki alan şiddetine karşılık geldiği not edilmelidir. Tüm yüzey üzerinden dipol manyetik alan şiddetinin ortalamasının alınmasının bütün kaynaklar için benzer şekilde alan şiddetinde bir artışa sebep olması beklenir. Alan şiddetlerinin hesaplanmasında yapılan varsayımlar aralarındaki farkların sebebi olabileceği gibi kaynakların yüzeyindeki manyetik alan şiddeti manyetik alanın dipol bileşeni yerine çok kutuplu daha yüksek şiddete sahip bileşenlerin olması da başka bir sebep olabilir.

Tez kapsamında Anormal X-ışın Pulsarı ve Yumuşak Gama-ışın Yineleyicilerinin, arşivlerdeki tüm XMM-Newton ve Chandra uydusu X-ışın verileri alınarak analiz edilmiş, gözlemler yine tez kapsamında geliştirilen Yüzey Isısal Işınım ve Manyetosferik Saçılma modeli ile karşılaştırılmış ve fiziksel parametreleri ilk kez bu model çerçevesinde belirlenmiştir.

AXP ve YGY'ler magnetar oldukları düşünülen genç izole nötron yıldızlarıdır, ancak bu yıldızların manyetik alan şiddetlerine dair bugüne kadar elde edilen tek gözlemsel kanıt gözlenen uzun dönme periyotları ve bu periyotlarının hızlı değişimlerinden gelmektedir. İlk keşiflerinden beri bu kaynakların X-ışın spektrumları çoğunlukla bir karacisim ve bir güç kanununun birleşimi bir model ile incelenmektedir. Ancak manyetik alanın hesaba katılmadığı durumlarda bile nötron yıldızlarının yüzey ışınlamalarının bir karacisimden farklı olduğu bilinmektedir (Zavlin ve Pavlov, 2002). Buna ek olarak Thompson ve diğ. (2002) AXP ve YGY'lerin yüksek manyetik alan şiddetlerinin manyetosferde normal radyo pulsarlarına göre çok daha büyük yüklü parçacık

yoğunluklarına sebep olacaklarını ve bu yoğunluğun yüzeyden gelen fotonlar için bir saçılma bölgesi yaratabileceğini öne sürmüşlerdir. Bu fikirden hareketle Lyutikov ve Gavriil (2006) bu saçılma bölgesinin yüzey fotonlarına etkisini, bir karacisimden çıkan fotonların bölgede bir boyutlu bir saçılmaya uğramaları varsayımı altında hesaplamış ve bu durumdaki teorik X-ışın spektrumunun $1E\ 1048.1-5937$ 'nin X-ışın spektrumunu açıklayabildiğini göstermiştir. Ancak, bu model daha sonra Rea ve diğ. (2007) tarafından farklı kaynaklara uygulanmış fakat farklı kaynakların X-ışın spektrumlarının model ile açıklanamadığı görülmüştür.

Yüksek şiddette yüzey manyetik alanlarının nötron yıldızlarının yüzey ışınımına önemli etkileri olmaktadır (Özel, 2001, 2003; Lai, 2003). Magnetarların X-ışın spektrumlarında ise hem yüzeydeki manyetik alanın hem de manyetosferik saçılmaların etkilerinin olması gerekir. Bu iki etki birlikte daha önce çalışılmamıştır. Bu tezde, hem nötron yıldızlarının gerçekçi fiziksel varsayımlar ile belirlenmiş yüzey ışınimleri, hem de nötron yıldızı yüzeyinden çıkan bu fotonların maruz kaldığı manyetosferik rezonant siklotron saçılmanın etkileri birlikte hesaplanmış ve gözlemler ile karşılaştırılabilecek bir model oluşturulmuştur. Oluşturulan bu model 6 AXP ve 3 YGY'nin arşivlerdeki tüm Chandra ve XMM-Newton gözlemlerine uygulanmıştır. Kaynakların X-ışın spektrumları kullanılarak hem yüzey manyetik alan şiddetleri ve yüzey sıcaklıkları gibi önemli fiziksel parametreleri belirlenmiş, hem de bu parametrelerin zamanla değişimleri takip edilerek kaynaklardan gözlenen patlama ya da sıçrama benzeri olayların sebepleri araştırılmıştır.

Yüzey Isısal Işınım ve Manyetosferik Saçılma (YIIMS) modeli, nötron yıldızı üzerinde tamamen iyonize Hidrojenden oluşan düzlem paralel bir atmosferden gelen ışınımı yüzeye dik magnetar şiddetlerinde yüksek (10^{14-15} Gauss) bir manyetik alanı da hesaba katarak radyatif denge varsayımı altında hesaplar. Yüzey ışınımına ek olarak atmosferden çıkan fotonların manyetosferdeki yüklü parçacıklar tarafından saçılmasını da hesaba katan model, bu iki unsuru da içinde barındıran ilk teorik ışınım modeli olmaktadır. Bu modelin genel rölativistik etkiler de hesaba katılarak gözlemlere uygulanması ve AXP ve YGY'lerin fiziksel parametrelerinin belirlenmesi de yine bu tez kapsamında ilk defa gerçekleştirilmiştir.

YIIMS modeli magnetarların X-ışın spektrumlarına başarıyla uygulanan ilk fiziksel modeldir. Bu modelin bazı varsayımları gelecek çalışmalarda detaylı bir şekilde irdelenecek ve modelin geliştirilmesine devam edilecektir. Örneğin; manyetik alan şiddetinin yüzeye dik olduğu varsayımının kaldırılması bir sonraki aşamada yapılabilecek önemli değişikliklerden biridir. Bu, nötron yıldızlarının manyetik alanlarının topolojisinin daha gerçekçi bir şekilde hesaba katılması için de bir ilk adım olacaktır.

Bu tezde de gösterildiği gibi magnetarların yüzeylerinde sıcaklık izotropik olarak dağılmamıştır, ancak çalışmada kaynakların dönme periyotlarından çok daha uzun süreler üzerinden ortalama spektrumlar kullanıldığı için bu gibi anizotropiler yok sayılmıştır. Bunun için kaynakların dönme evrelerine göre spektrumların yaratılması ve bu spektrumların tek tek incelenmesi gereklidir. Bu aynı zamanda kaynakların yüzey sıcaklık ve manyetik alan şiddet haritalarının çıkarılması için de çok önemlidir. Ancak bu tip analizler için çok daha yüksek kaliteli ve uzun poz süreli gözlemlere ihtiyaç vardır. Bu amaçla çeşitli uydulara gözlem projesi verilmiş olup sonuçları beklenmektedir.

KAYNAKLAR

- ADLER, S.L., 1971, Photon splitting and photon dispersion in a strong magnetic field, *Annals of Physics*, 67, 599-647.
- AGUILERA, D.N., PONS, J.A., MIRALLES, J.A., 2007, 2D Cooling of Magnetized Neutron Stars, arXiv:0710.0854v1 [astro-ph].
- ALCOCK, C., ILLARIANOV, A.F., 1980, The surface chemistry of stars. I - Diffusion of heavy ions in white dwarf envelopes. II - Fractionated accretion of interstellar matter, *The Astrophysical Journal*, 235, 534-553.
- ALPAR M.A., 2001, On Young Neutron Stars as Propellers and Accretors with Conventional Magnetic Fields, *The Astrophysical Journal*, 554, 1245-1254.
- APTEKAR, R. L., FREDERIKS, D. D., GOLENETSKII, S. V., IL'INSKII, V. N., MAZETS, E. P., PAL'SHIN, V. D., BUTTERWORTH, P. S., CLINE, T. L., 2001, Konus Catalog of Soft Gamma Repeater Activity: 1978 to 2000, *The Astrophysical Journal*, 137, 227-277.
- ARRAS, P., CUMMING, A., THOMPSON, C., 2004, Magnetars: Time Evolution, Superfluid Properties, and the Mechanism of Magnetic Field Decay, *The Astrophysical Journal*, 608, L49-L52.
- ARNAUD, K. A., 1996, XSPEC: The First Ten Years, *Astronomical Data Analysis Software and Systems V, A.S.P. Conference Series*, 101, 17-20.
- ARNAUD, K.A., 1999, The XSPEC Table Model File Format, NASA HEASARC, http://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/heasarc/ofwg/docs/summary/ogip_92_009_summary.html, [06/12/2007].
- BAADE, W. VE ZWICKY, F., 1934, Remarks on Super-Novae and Cosmic Rays, *Physical Review*, 46, 76-77.

- BAYKAL, A., STROHMAYER, T., SWANK, J., ALPAR A.M. STARK, M.J., 2000, Differences between the two anomalous X-ray pulsars: variations in the spin-down rate of 1E 1048.1-5937 and an extended interval of quiet spin-down in 1E 2259+586, *Monthly Notices of Royal Astronomical Society*, 319, 205-208.
- BELOBORODOV, A.M., THOMPSON, C., 2007, Corona of Magnetars, *The Astrophysical Journal*, 657, 967-993.
- BURROWS, A., LATTIMER, J.M., 1988, Convection, Type II supernovae, and the early evolution of neutron stars, *Phys. Rep.*, 163, 51-62.
- CAMPANA, S., REA, N., ISRAEL, G.L., TUROLLA, R., ZANE, S., 2007, Swift and Chandra confirm the intensity-hardness correlation of the AXP 1RXS J170849.0-400910, *Astronomy & Astrophysics*, 463, 1047-1051.
- CHADWICK, J., 1932, On the possible existence of a neutron, *Nature*, 129, 312.
- CLINE, T. L., DESAI, U., MUSHOTZKY, R., RAMATY, R., TEEGARDEN, B. J., EVANS, W. D., LAROS, J., KLEBESADEL, R., HURLEY, K., NIEL, M., VEDRENNE, G., ESTULINE, I. V., KUZNETSOV, A., ZENCHENKO, V., 1980, The 1979 March 5 Gamma Ray Transient Reviewed: Its Source Location in N49 Within the LMC and Its Characteristics As Evidence for a Vibrating Neutron Star, *Bulletin of the American Astronomical Society*, 12, 448.
- CLINE, T. L., DESAI, U. D., TEEGARDEN, B. J., EVANS, W. D., KLEBESADEL, R. W., LAROS, J. G., BARAT, C., HURLEY, K., NIEL, M., WEISSKOPF, M. C., 1982, Precise source location of the anomalous 1979 March 5 gamma-ray transient, *The Astrophysical Journal*, 255, L45-L48.
- CLINE, T., FREDERIKS, D. D., GOLENETSKII, S., HURLEY, K., KOUVELIOTOU, C., MAZETS, E., VAN PARADIJS, J., 2000, Observations of a Possible New Soft Gamma Repeater, SGR 1801-23, *The Astrophysical Journal*, 531, 407-410.
- CORBET, R. H. D., MIHARA, T., 1997, The Spin-down Rate and X-Ray Flux of 1E 1048.1-5937, *The Astrophysical Journal*, 475, L127-L130.

- CUMMING, A., ARRAS, P., ZWEIBEL, E., 2007, Magnetic Field Evolution in Neutron Star Crusts Due to the Hall Effect and Ohmic Decay, *The Astrophysical Journal*, 609, 999-1017.
- DEN HARTOG, P. R., KUIPER, L., HERMSEN, W., REA, N., DURANT, M., STAPPERS, B., KASPI, V. M., DIB, R., 2007, The first multi-wavelength campaign of AXP 4U 0142+61 from radio to hard X-rays, 308, 647.
- DIB, R., KASPI, V.M., GAVRIIL, F.P., WOODS, P.M., 2006, 4 Bursts from AXP 4U 0142+61, *ATel*, 845, 1.
- DUNCAN, R.C., THOMPSON, C., 1992, Formation of very strongly magnetized neutron stars - Implications for gamma-ray bursts, *The Astrophysical Journal*, 392, L9-L13.
- DURANT, M., VAN KERKWIJK, M.H., 2006, Extinction Columns and Intrinsic X-Ray Spectra of the Anomalous X-Ray Pulsars, *The Astrophysical Journal*, 650, 1082-1090.
- ERTAN, Ü., ALPAR, M.A., ERKUT, M.H., EKŞİ, K.Y., ÇALIŞKAN, Ş., 2007, Anomalous X-ray pulsars: persistent states with fallback disks, *Astrophysics and Space Sciences*, 308, 73-77.
- EVANS, W. D., KLEBESADEL, R. W., LAROS, J. G., CLINE, T. L., DESAI, U. D., TEEGARDEN, B. J., PIZZICHINI, G., HURLEY, K., NIEL, M., VEDRENNE, G., 1980, Location of the gamma-ray transient event of 1979 March 5, *The Astrophysical Journal*, 237, L7-L9.
- FAHLMAN, G. G., GREGORY, P. C., 1981, An X-ray pulsar in SNR G109.1-1.0, *Nature*, 293, 202-204.
- FEROCI, M., FRONTERA, F., COSTA, E., AMATI, L., TAVANI, M., RAPISARDA, M., ORLANDINI, M., 1999, A Giant Outburst from SGR 1900+14 Observed with the BeppoSAX Gamma-Ray Burst Monitor, *The Astrophysical Journal*, 515, L9-L12.
- FEROCI, M., HURLEY, K., DUNCAN, R. C., THOMPSON, C., 2001, The Giant Flare of 1998 August 27 from SGR 1900+14. I. An Interpretive Study of BeppoSAX and Ulysses Observations, *The Astrophysical Journal*, 549, 1021-1038.

- FERNÁNDEZ, R., THOMPSON, C., 2007, Resonant Cyclotron Scattering in Three Dimensions and the Quiescent Nonthermal X-ray Emission of Magnetars, *The Astrophysical Journal*, 660, 615-640.
- GAVRIIL, F. P., KASPI, V. M., WOODS, P. M., 2002, Magnetar-like X-ray bursts from an anomalous X-ray pulsar, *Nature*, 419, 142-144.
- GAVRIIL, F.P., KASPI, V.M., 2002, Long-Term Rossi X-Ray Timing Explorer Monitoring of Anomalous X-Ray Pulsars, *The Astrophysical Journal*, 567, 1067
- GAVRIIL, F.P., KASPI, V.M., WOODS, P.M., 2004, A Comprehensive Study of the X-Ray Bursts from the Magnetar Candidate 1E 2259+586, *The Astrophysical Journal*, 607, 959-969.
- GAVRIIL, F.P., KASPI, V.M., 2004, Anomalous X-Ray Pulsar 1E 1048.1-5937: Pulsed Flux Flares and Large Torque Variations, *The Astrophysical Journal*, 609, L67-L70.
- GAVRIIL, F.P., KASPI, V.M., WOODS, P.M., 2006, A Burst and Simultaneous Short-Term Pulsed Flux Enhancement from the Magnetar Candidate 1E 1048.1-5937, *The Astrophysical Journal*, 641, 418-426.
- GAVRIIL, F.P., DIB, R., KASPI, V.M., WOODS, P.M., 2007, Large X-ray Burst from Anomalous X-ray Pulsar 4U 0142+61, *ATel*, 993, 1.
- GIACONNI, R., GURSKY, H., KELLOG, E., SCHREIER, E., TANANBAUM, H., 1971, Discovery of periodic X-ray pulsations in Centaurus X-3 from UHURU, *The Astrophysical Journal*, 167L, 67.
- GNEDIN, IU. N., PAVLOV, G. G., SHIBANOV, IU. A., 1978, The effect of vacuum birefringence in a magnetic field on the polarization and beaming of X-ray pulsars, *Soviet Astronomy Letters*, 4, 117-119.
- GNEDIN, IU.N., PAVLOV, G.G., 1979, *JETP*, 38, 903.
- GOLENETSKII, S. V.; ILINSKII, V. N.; MAZETS, E. P., 1984, Recurrent bursts in GBS0526 - 66, the source of the 5 March 1979 gamma-ray burst, *Nature*, 307, 41-43.

- GONZALEZ, M.E., DIB, R., KASPI, V.M., WOODS, P.M., TAM, C.R., GAVRIIL, F. P., 2007, Long-term X-ray changes in the emission from the anomalous X-ray pulsar 4U 0142+61, *arXiv:0708.2756v2 [astro-ph]*.
- GOTTHELF, E. V., VASISHT, G., 1998, Discovery of a 7 second anomalous X-ray pulsar in the distant Milky Way, *New Astronomy*, 3, 293-300.
- GOTTHELF, E. V., GAVRIIL, F. P., KASPI, V. M., VASISHT, G., CHAKRABARTY, D., 2002, A Phase-connected Timing Solution for the Magnetar Candidate 1E 1841-045, *The Astrophysical Journal*, 564, L31-L34.
- GOTTHELF, E. V., VASISHT, G., DOTANI, T., 1999, On the Spin History of the X-Ray Pulsar in Kes 73: Further Evidence for an Ultramagnetized Neutron Star, *The Astrophysical Journal*, 522, L49-L52.
- GOTTHELF, E. V., HALPERN, J. P., BUXTON, M., BAILYN, C., 2004, Imaging X-Ray, Optical, and Infrared Observations of the Transient Anomalous X-Ray Pulsar XTE J1810-197, *The Astrophysical Journal*, 605, 368-377.
- 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 Sciences*, 308, 79-87.
- GOLDREICH, P., JULLIAN, W.H., 1969, Pulsar Electrodynamics, *The Astrophysical Journal*, 157, 869-880.
- GOLDREICH, P., REISSENEGER, A., 1992, Magnetic field decay in isolated neutron stars, *The Astrophysical Journal*, 395, 250-258.
- GÖĞÜŞ, E., WOODS, P.M., KOUVELIOTOU, C., VAN PARADIJS, J., BRIGGS, M.S., DUNCAN, R.C., THOMPSON, C., 1999, Statistical Properties of SGR 1900+14 Bursts, *The Astrophysical Journal*, 526, L93-L96.

- GÖĞÜŞ, E., KOUVELIOTOU, C., WOODS, P.M., THOMPSON, C., DUNCAN, R.C., BRIGGS, M. S., 2001, Temporal and Spectral Characteristics of Short Bursts from the Soft Gamma Repeaters 1806-20 and 1900+14, *The Astrophysical Journal*, 558, 228-236.
- GÖHLER, E., WILMS, J. & STAUBERT, R., 2005, XMM-Newton observation of the anomalous X-ray pulsar 4U 0142+61, *Astronomy & Astrophysics*, 433, 1079-1083.
- GÖTZ, D., REA, N., ISRAEL, G. L., ZANE, S., ESPOSITO, P., GOTTHELF, E. V., MEREGHETTI, S., TIENGO, A., TUROLLA, R., 2007, Long term hard X-ray variability of the anomalous X-ray pulsar 1RXS J170849.0-400910 discovered with INTEGRAL, *Astronomy & Astrophysics*, 475, 317-321.
- GREENSTEIN, G.; HARTKE, G. J., 1983, Pulselike character of blackbody radiation from neutron stars, *The Astrophysical Journal*, 271, 283-293.
- GUNN, J. E.; OSTRIKER, J. P., 1969, Magnetic Dipole Radiation from Pulsars, *Nature*, 221, 454.
- HALPERN, J. P., GOTTHELF, E. V., 2005, The Fading of Transient Anomalous X-Ray Pulsar XTE J1810-197, *The Astrophysical Journal*, 618, 874-882.
- HARDING, A.K., LAI, D., 2006, Physics of strongly magnetized neutron stars, *Rep. Prog. Phys.*, 69, 2631-2708.
- HARTLE, J.B., 2003, GRAVITY : An Introduction to Einstein's General Relativity, Addison-Wesley, ABD, *Astrophysics & Space Sciences*, 0-8053-8662-9.
- HELFAND, D.J., BECKER, R. H., HAWKINS, G., WHITE, R. L., 1994, The nature of the compact X-ray source in the supernova remnant G27.4+0.0, *The Astrophysical Journal*, 434, 627-634.
- HELFAND, D. J., CHATTERJEE, S., BRISKEN, W. F., CAMILO, F., REYNOLDS, J., VAN KERKWIJK, M. H., HALPERN, J. P., RANSOM, S. M., 2007, VLBA Measurement of the Transverse Velocity of the Magnetar XTE J1810-197, *The Astrophysical Journal*, 662, 1198-1203.

- HEWISH A., BELL, S. J., PILKINTON J. D., SCOTT, P. F., COLLINS, R. A., 1968, Observation of a rapidly pulsating radio source, *Nature*, 217, 709.
- HO, W.C.G., LAI, D., 2001, Atmospheres and spectra of strongly magnetized neutron stars, *Monthly Notices of Royal Astronomical Society*, 327, 1081-1096.
- HURLEY, K., CLINE, T., MAZETS, E., BARTHELMEY, S., BUTTERWORTH, P., MARSHALL, F., PALMER, D., APTEKAR, R., GOLENETSKII, S., IL'INSKII, V., FREDERIKS, D., MCTIERNAN, J., GOLD, R., TROMBKA, J., 1999, A giant periodic flare from the soft γ -ray repeater SGR1900+14, *Nature*, 397, 41-43.
- HURLEY, K., BOGGS, S.E., SMITH, D.M., DUNCAN, R.C., LIN, R., ZOGLAUER, A., KRUCKER, S., HURFORD, G., HUDSON, H., WIGGER, C., HAJDAS, W., THOMPSON, C., MITROFANOV, I., SANIN, A., BOYNTON, W., FELLOWS, C., VON KIENLIN, A., LICHTI, G., RAU, A., CLINE, T., 2005, An exceptionally bright flare from SGR 1806-20 and the origins of short-duration γ -ray bursts, *Nature*, 434, 1098-1103.
- IBRAHIM, A.I., MARKWARDT, C.B., SWANK, J.H., RANSOM, S., ROBERTS, M., KASPI, V., WOODS, P.M.; SAFI-HARB, S., BALMAN, S., PARKE, W.C., KOUVELIOTOU, C., HURLEY, K., CLINE, T., 2004, Discovery of a Transient Magnetar: XTE J1810-197, *The Astrophysical Journal*, 609, L21-L24.
- INAN, U. S., LEHTINEN, N. G., LEV-TOV, S. J., JOHNSON, M. P., BELL, T. F., HURLEY, K., 1999, Ionization of the lower ionosphere by γ -rays from a magnetar: Detection of a low energy (3-10 keV) component, *GeoRL*, 26, 3357-3360.
- ISRAEL, G. L., MEREGHETTI, S., STELLA, L., 1994, The discovery of 8.7 second pulsations from the ultrasoft X-ray source 4U 0142+61, *The Astrophysical Journal*, 433, L25-L28.
- ISRAEL, G. L., GÖTZ, D., ZANE, S., DALL'OSSO, S., REA, N., STELLA, L., 2007, Linking the X-ray timing and spectral properties of the glitching AXP 1RXS J170849-400910, *Astronomy & Astrophysics*, 476, L9-L12.

- IWASAWA, K., KOYAMA, K., HALPERN, J.P., 1992, Pulse period history and cyclotron resonance feature of the X-ray pulsar 1E 2259+586, *Publications of The Astronomical Society of Japan*, 44, 9-14.
- JACKSON, J.D., 1998, *Classical Electrodynamics*, John-Wiley & Sons, New York, 0-471-30932-X.
- JUETT, A. M., MARSHALL, H.L., CHAKRABARTY, D., SCHULZ, N.S., 2002, Chandra High-Resolution Spectrum of the Anomalous X-Ray Pulsar 4U 0142+61, *The Astrophysical Journal*, 568, L31-L34.
- KAMINKER, A. D., PAVLOV, G. G., SHIBANOV, I. A., 1982, Radiation for a strongly-magnetized plasma - The case of predominant scattering, *Astrophysics and Space Sciences*, 86, 249-297.
- KASPI, V.M., LACKEY, J.R., CHAKRABARTY, D., 2000, A Glitch in an Anomalous X-ray Pulsar, *The Astrophysical Journal*, 537, L31-L34.
- KASPI, V. M., GAVRIIL, F. P., WOODS, P. M., JENSEN, J. B., ROBERTS, M. S. E., CHAKRABARTY, D., 2003, A Major Soft Gamma Repeater-like Outburst and Rotation Glitch in the No-longer-so-anomalous X-Ray Pulsar 1E 2259+586, *The Astrophysical Journal*, 588, L93-L96.
- KASPI, V., DIB, R., GAVRIIL, F., 2006, SGR-like Burst from Direction of AXP 4U 0142+61, *ATel*, 794, 1.
- KASPI, V., 2007, Recent progress on anomalous X-ray pulsars, *Astrophysics and Space Sciences*, 308, 1-11.
- KOUVELIOTOU, C., DIETERS, S., STROHMAYER, T., VAN PARADIJS, J., FISHMAN, G. J., MEEGAN, C. A., HURLEY, K., KOMMERS, J., SMITH, I., FRAIL, D., MURAKAMI, T., 1998, An X-ray pulsar with a superstrong magnetic field in the soft γ -ray repeater SGR1806 – 20, *Nature*, 393, 235-237.
- KOYAMA, K., HOSHI, R., NAGASE, F., 1987, X-ray observations of the extraordinary pulsar 1E 2259 + 586, *Publications of The Astronomical Society of Japan*, 39, 801-807.

- KRISS, G. A., BECKER, R. H., HELFAND, D. J., CANIZARES, C. R., 1985, G27.4+0.0 - A galactic supernova remnant with a central compact source, *The Astrophysical Journal*, 288, 703-706.
- KUIPER, L., HERMSEN, W., MENDEZ, M., 2004, Discovery of Hard Nonthermal Pulsed X-Ray Emission from the Anomalous X-Ray Pulsar 1E 1841-045, *The Astrophysical Journal*, 613, 1173-1178.
- KUIPER, L., HERMSEN, W., DEN HARTOG, P. R., COLLMAR, W., 2006, Discovery of Luminous Pulsed Hard X-Ray Emission from Anomalous X-Ray Pulsars 1RXS J1708-4009, 4U 0142+61, and 1E 2259+586 by INTEGRAL and RXTE, *The Astrophysical Journal*, 645, 556-575.
- KULKARNI, S.R., KAPLAN, D.L., MARSHALL H.L., FRAIL, D.A., MURAKAMI, T., YONETOKU, D., 2003, The Quiescent Counterpart of the Soft Gamma-Ray Repeater SGR 0526-66, *The Astrophysical Journal*, 585, 948-954.
- KOUVELIOTOU, C., KIPPEN, M., WOODS, P., RICHARDSON, G., CONNAUGHTON, V., 1998b, Discovery of a new Sgr source, SGR1627-41, *GRB Coordinates Network*, 107,1.
- LAI, D., HO, W.C.G., 2003, Transfer of Polarized Radiation in Strongly Magnetized Plasmas and Thermal Emission from Magnetars: Effect of Vacuum Polarization, *The Astrophysical Journal*, 588, 962-974.
- LAROS, J. G., FENIMORE, E. E., KLEBESADEL, R. W., ATTEIA, J.-L., BOER, M., HURLEY, K., NIEL, M., VEDRENNE, G., KANE, S. R., KOUVELIOTOU, C., CLINE, T. L., DENNIS, B. R., DESAI, U. D., ORWIG, L. E., KUZNETSOV, A. V., SUNYAEV, R. A., TEREKHOV, O. V., 1987, A new type of repetitive behavior in a high-energy transient, *The Astrophysical Journal*, 320, L111-L115.
- LLOYD, D.A., 2003, Model atmospheres and spectra of cooling neutron stars, *Doktora Tezi*, Harvard Üniversitesi.
- LYUTIKOV, M., GAVRIIL, F.P., 2006, Resonant cyclotron scattering and Comptonization in neutron star magnetospheres, *Monthly Notices of Royal Astronomical Society*, 368, 690-706.

- MAZETS, E. P., GOLENTSKII, S. V., ILINSKII, V. N., APTEKAR, R. L., GURYAN, I. A., 1979, Observations of a flaring X-ray pulsar in Dorado, *Nature*, 282, 587-589.
- MAZETS, E.P., GOLENETSKII, 1981, Recent results from the gamma-ray burst studies in the KONUS experiment, *Astrophysics and Space Sciences*, 75, 47-81.
- MAZETS, E. P., CLINE, T. L., APTEKAR, R. L., BUTTERWORTH, P. S., FREDERIKS, D. D., GOLENETSKII, S. V., IL'INSKII, V. N., PAL'SHIN, V. D., 1999, Activity of the soft gamma repeater SGR 1900 + 14 in 1998 from Konus-Wind observations: 2. The giant August 27 outburst, *Astronomy Letters*, 25, 635-648.
- MEREGHETTI, S., TIENGO, A., STELLA, L., ISRAEL, G. L., REA, N., ZANE, S., OOSTERBROEK, T., 2004, Pronounced Long-Term Flux Variability of the Anomalous X-Ray Pulsar 1E 1048.1-5937, *The Astrophysical Journal*, 608, 427-431.
- MEREGHETTI, S., GÖTZ, D., VON KIENLIN, A., RAU, A., LICHTI, G., WEIDENSPÖTNER, G., JEAN, P., 2005, The First Giant Flare from SGR 1806-20: Observations Using the Anticoincidence Shield of the Spectrometer on INTEGRAL, *The Astrophysical Journal*, 624, L105-L108.
- MEREGHETTI, S., ESPOSITO, P., TIENGO, A., 2007, XMM Newton observations of soft gamma-ray repeaters, *Astrophysics and Space Sciences*, 308, 13-23.
- MÉSZAROS, P., VENTURA, J., 1978, Vacuum-Polarization Effects on Thomson Cross Sections in a Magnetized Plasma, *Physics Review Letters*, 41, 1544-1547.
- MÉSZAROS, P., VENTURA, J., 1979, Vacuum polarization effects on radiative opacities in a strong magnetic field, *Physical Review D - Particles and Fields*, 19, 3565-3575.
- MIHALAS, D., 1978, *Stellar Atmospheres*, W.H. Freeman and Company, ABD,0-7167-0333-5.
- MIKHAILOVSKII A. B., ONISHCHENKO O. G., SURAMLISHVILI G. I., SHARAPOV S. E., 1982, *SvA*, 8, L369

- MORII, M., SATO, R., KATAOKA, J., KAWAI, N., 2003, Chandra Observation of the Anomalous X-Ray Pulsar 1E 1841-045, *Publications of The Astronomical Society of Japan*, 55, L45-L48.
- OOSTERBROEK, T., PARMAR, A. N., MEREGHETTI, S., ISRAEL, G. L., 1998, The two-component X-ray spectrum of the 6.4 S pulsar 1E 1048.1-5937, *Astronomy & Astrophysics*, 334, 925-930.
- ÖZEL, F., 2001, Surface Emission Properties of Strongly Magnetic Neutron Stars, *The Astrophysical Journal*, 563, 276-288.
- ÖZEL, F., 2003, The Effect of Vacuum Polarization and Proton Cyclotron Resonances on Photon Propagation in Strongly Magnetized Plasmas, *The Astrophysical Journal*, 583, 402-409.
- PACINI, F., 1967, Energy Emission from a Neutron Star, *Nature*, 216, 567.
- PAVLOV, G. G., SHIBANOV, I. A., 1979, Influence of vacuum polarization by a magnetic field on the propagation of electromagnetic waves in plasmas, *Zhurnal Eksperimental'noi i Teoreticheskoi Fiziki*, 76, 1457-1473.
- PALMER, D. M., BARTHELMEY, S., GEHRELS, N., KIPPEN, R. M., CAYTON, T., KOUVELIOTOU, C., EICHLER, D., WIJERS, R. A. M. J., WOODS, P. M., GRANOT, J., LYUBARSKY, Y. E., RAMIREZ-RUIZ, E., BARBIER, L., CHESTER, M., CUMMINGS, J., FENIMORE, E. E., FINGER, M. H., GAENSLER, B. M., HULLINGER, D., KRIMM, H., MARKWARDT, C. B., NOUSEK, J. A., PARSONS, A., PATEL, S., SAKAMOTO, T., SATO, G., SUZUKI, M., TUELLER, J., 2005, A giant γ -ray flare from the magnetar SGR 1806 – 20, *Nature*, 434, 1107-1109.
- PATEL, S.K., KOUVELIOTOU, C., WOODS, P.M., TENNANT, A.F., WEISSKOPF, M.C., FINGER, M.H., WILSON, C.A., GÖĞÜŞ, E., VAN DER KLIS, M., BELLONI, T., 2003, Chandra Observations of the Anomalous X-Ray Pulsar 4U 0142+61, *The Astrophysical Journal*, 587, 367-372.
- PONS, J.A., LINK, B., MIRALLES, J.A., GEPPERT, U., 2007, Evidence for Heating of Neutron Stars by Magnetic-Field Decay, *Physical Review Letters*, 98, 071101.1-071101.4.

- PONS, J.A., GEPPERT, U., 2007, Magnetic field dissipation in neutron star crusts: from magnetars to isolated neutron stars, *Astronomy & Astrophysics*, 470, 303-315.
- POTEKHIN, A.Y., LAI, D., CHABRIER, G., HO, W.C.G., 2004, Electromagnetic Polarization in Partially Ionized Plasmas with Strong Magnetic Fields and Neutron Star Atmosphere Models, *The Astrophysical Journal*, 612, 1034-1043.
- PSALTIS, D., ÖZEL, F., DEDEO, S., 2000, Photon Propagation around Compact Objects and the Inferred Properties of Thermally Emitting Neutron Stars, *The Astrophysical Journal*, 544, 390-396.
- REA, N., OOSTERBROEK, T., ZANE, S., TUROLLA, R., MÉNDEZ, M., ISRAEL, G. L., STELLA, L., HABERL, F., 2005, Post-glitch variability in the anomalous X-ray pulsar 1RXSJ170849.0-400910, *Monthly Notices of Royal Astronomical Society*, 361, 710-718.
- REA, N., ZANE, S., LYUTIKOV, M., TUROLLA, R., 2007, Our distorted view of magnetars: application of the resonant cyclotron scattering model, *Astrophysics and Space Sciences*, 308, 61-65.
- RHEINHARDT, M., GEPPERT, U., 2002, Hall-Drift Induced Magnetic Field Instability in Neutron Stars, *Physical Review Letters*, 88, 101103.1-101103.4.
- ROTSCHILD, R.E., KULKARNI, S.R., LINGENFELTER, R.E., 1994, Discovery of an X-Ray Source Coincident with the Soft Gamma-Repeater 0425-66, *Nature*, 368, 432.
- SEWARD, F. D., CHARLES, P. A., SMALE, A. P., 1986, A 6 second periodic X-ray source in Carina, *The Astrophysical Journal*, 305, 814-816.
- SHIBANOV, I.U. A., ZAVLIN, V. E., PAVLOV, G. G., VENTURA, J., 1992, Model atmospheres and radiation of magnetic neutron stars. I - The fully ionized case, *Astronomy & Astrophysics*, 266, 313-320.
- TAM, C., 2007, *SGR/AXP Online Catalog*,
<http://www.physics.mcgill.ca/~pulsar/magnetar/main.html>, [03/12/2007].

- TAM, C.R., GAVRIIL, F.P., DIB, R., KASPI, V.M., WOODS, P.M., BASSA, C., 2007, X-ray and Near-IR Variability of the Anomalous X-ray Pulsar 1E 1048.1-5937: From Quiescence Back to Activity, arXiv:0707.2093v1 [astro-ph]
- THOMPSON, C., DUNCAN, R.C., 1993, Neutron star dynamos and the origins of pulsar magnetism, *The Astrophysical Journal*, 408, 194-217.
- THOMPSON, C., DUNCAN, R.C., 1995, The soft gamma repeaters as very strongly magnetized neutron stars - I. Radiative mechanism for outbursts, *Monthly Notices of Royal Astronomical Society*, 275, 255-300.
- THOMPSON, C., DUNCAN, R.C., 1996, The Soft Gamma Repeaters as Very Strongly Magnetized Neutron Stars. II. Quiescent Neutrino, X-Ray, and Alfvén Wave Emission, *The Astrophysical Journal*, 473, 322-342.
- THOMPSON, C., LYUTIKOV, M., KULKARNI, S. R., 2002, Electrodynamics of Magnetars: Implications for the Persistent X-Ray Emission and Spin-down of the Soft Gamma Repeaters and Anomalous X-Ray Pulsars, *The Astrophysical Journal*, 574, 332-355.
- TIENGO, A., GÖHLER, E., STAUBERT, R., MEREGHETTI, S., 2002, The anomalous X-ray pulsar 1E 1048.1-5937: Phase resolved spectroscopy with the XMM-Newton satellite, *Astronomy & Astrophysics*, 383, 182-187.
- TIENGO, A., MEREGHETTI, S., TUROLLA, R., ZANE, S., REA, N., STELLA, L., ISRAEL, G. L., 2005, Three XMM-Newton observations of the anomalous X-ray pulsar 1E 1048.1-5937: Long term variations in spectrum and pulsed fraction, *Astronomy & Astrophysics*, 437, 997-1005.
- TORII, K., KINUGASA, K., KATAYAMA, K., TSUNEMI, H., YAMAUCHI, S., 1998, Discovery of a 7 Second X-Ray Pulsar, AX J1845.0-0300, *The Astrophysical Journal*, 503, 843-847.
- TSAI, W.Y., ERBER, T., 1975, Propagation of photons in homogeneous magnetic fields: Index of refraction, *Physical Review D (Particles and Fields)*, 12, 1132-1137.

- USOV, V.V., 1992, Millisecond pulsars with extremely strong magnetic fields as a cosmological source of gamma-ray bursts, *Nature*, 357, 472-474.
- VASISHT, G., GOTTHELF, E. V., 1997, The Discovery of an Anomalous X-Ray Pulsar in the Supernova Remnant Kes 73, *The Astrophysical Journal*, 486, 129-132.
- YAKOVLEV, D. G., SHALYBKOV, D. A., 1991, Electrical Conductivity of Neutron Star Cores in the Presence of a Magnetic Field - Part Two - a Free-Particle Model of Npe - / Matter, *Astrophysics and Space Sciences*, 176, 191-215.
- WOODS, P. M., KOUVELIOTOU, C., VAN PARADIJS, J., HURLEY, K., KIPPEN, R. M., FINGER, M. H., BRIGGS, M. S., DIETERS, S., FISHMAN, G. J., 1999, Discovery of a New Soft Gamma Repeater, SGR 1627-41, *The Astrophysical Journal*, 519, L139-L142.
- WOODS, P. M., KASPI, V. M., THOMPSON, C., GAVRIIL, F. P., MARSHALL, H. L., CHAKRABARTY, D., FLANAGAN, K., HEYL, J., HERNQUIST, L., 2004, Changes in the X-Ray Emission from the Magnetar Candidate 1E 2259+586 during Its 2002 Outburst, *The Astrophysical Journal*, 605, 378-399.
- WOODS, P.M., KOUVELIOTOU, C., GAVRIIL, F.P., KASPI, V.M., ROBERTS, M.S.E., IBRAHIM, A., MARKWARDT, C.B., SWANK, J.H., FINGER, M.H., 2005, X-Ray Bursts from the Transient Magnetar Candidate XTE J1810-197, *The Astrophysical Journal*, 629, 985-997.
- WOODS, P., THOMPSON, C., 2006, Soft gamma repeaters and anomalous X-ray pulsars: magnetar candidates, *Compact stellar X-ray sources*, Cambridge : Cambridge University Press, 547 – 586.
- WOODS, P.M., KOUVELIOTOU, C., GAVRIIL, F.P., KASPI, V.M., ROBERTS, M.S.E., IBRAHIM, A., MARKWARDT, C.B., SWANK, J.H., FINGER, M.H., 2005, X-Ray Bursts from the Transient Magnetar Candidate XTE J1810-197, *The Astrophysical Journal*, 629, 985-997.
- ZANE, S., TUROLLA, R., STELLA, L., TREVES, A., 2001, Proton Cyclotron Features in Thermal Spectra of Ultramagnetized Neutron Stars, *The Astrophysical Journal*, 560, 384-389.

ZAVLIN, V. E.; PAVLOV, G. G., 2002, Modeling Neutron Star Atmospheres, *Proceedings of the 270. WE-Heraeus Seminar on Neutron Stars, Pulsars, and Supernova Remnants. MPE Report 278*. Edited by W. Becker, H. Lesch, and J. Trümper. Garching bei München: Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik, 263

ZHELEZNIAKOV V. V., 1996, *Radiation in Astrophysical Plasmas*, Kluwer, Dordrecht.

ÖZGEÇMİŞ

TOLGA GÜVER

Tel. : (90212) 440-0000 (10535)

Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü

Fax: (90212) 440-0370

Istanbul University

e-posta : tolga@istanbul.edu.tr

34119, Beyazıt, Türkiye

Doğum Tarihi ve Yeri : 11 Kasım 1978; İstanbul, Şişli

Eğitim :

Doktora : Astronomi, İstanbul Üniversitesi, 2007 (Beklenmekte)

Tez Başlığı : Magnetarların X-ışın Spektrumu : Modeller ve Uygulamaları

Yüksek Lisans : Astronomi, İstanbul Üniversitesi, 2003

Tez Başlığı: Bazı Düşük Kütleli X-ışın Çiftlerinin Uydu Verilerinin Analizi

Diploma Tezi : Astronomi ve Uzay Bilimleri, İstanbul Üniversitesi, 2001

Tez Başlığı : Gama-Işın Astronomisi: Bazı Özel Gama-Işın Kaynakları ve Gama-Işın Gözlem Teknikleri

Araştırma Konuları :

Gözlemsel ve Bilişimsel Astrofizik,

Yüksek Enerji Astrofiziği,

Magnetarların X-ışın Emisyonları,

X-Işın Çiftlerinin X-ışın spektrel ve zamansal Özellikleri

Profesyonel Aktiviteler :

Araştırma Görevlisi 2002- Halen

Istanbul Üniversitesi

Ziyaretçi Araştırmacı 04/01/2007 – 06/29/2007

Amsterdam Üniversitesi

Ziyaretçi Araştırmacı 01/15/2006 – 05/20/2006

Arizona Üniversitesi

Teknik Komite Üyeliği 2006 – Halen

TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi

Projeler :

- Observation Of U Gem During Outburst with XMM-Newton, 2006-2008, European Space Agency, XMM-Newton Satellite, 050275.
- Prompt Optical Observations Of Gamma-Ray Bursts With ROTSE-III Global Telescope Array, 2000 - halen, NASA, NASA Research Proposal NRA 03-OSS-01.
- Nature of the Galaxies in ABELL Clusters: X-ray and Optical Analysis, TUBITAK Project 106T310.
- X-ray Spectral Variations of U Gem: From Outburst to Quiescence 2006-2007, I.U. Research Projects Dpt., BYPF-10-18/201006.
- X-ray Spectra of Magnetars: Models and Applications, 2006-2008, I.U. Research Projects Dpt., T-933/06102006.
- Fine Structure, Polarization and Coronal White light observations of 29 Mart 2006 Solar Eclipse 2006-2007, I.U. Research Projects Dpt., 470/27122005.
- Separation of Main Sequence and Giant Stars with ROTSE IIIId Telescope, 2006-2006, I.U. Research Projects Dpt., BYP 914/01022006.
- Daytime Seeing Observations of TUBITAK-National Observatory, 2005-2006, TUBITAK-National Observatory, TUG P05 (TUG - Special Project).
- Analysis of Cataclysmic Variables using Literature, Archive and Observations at the TUBITAK National Observatory, 2004-2006, I.U. Research Projects Dpt., 217/290042004.

- Spectral analysis of some LMXB Satellite Observations 2003-2003, I.U. Research Projects Dpt., T-222/06032003.
- Searching For Periodic Phenomenon, Superhumps, QPO's, And Eclipse Characteristics in Selected Type Of Cataclysmic Variables, 2002-2004, TUBITAK National Observatory.

Bazı Seçilmiş Konuşmalar ve Posterler

- X-ray Spectral Modelling of Magnetars, **Güver, T.**, Astrophysics of Neutron Stars, 2-6 July 2007 Istanbul, Turkey
- Rotse-IIIId Telescope **Güver, T.** et al., NATO-Advanced Study Institute (ASI), The Electromagnetic Spectrum of Neutron Stars, June 7-18, 2004 Marmaris, Turkey
- Statistical Properties of Low Mass X-ray Binaries, **Güver, T.**; XII. Turkish National Astronomy Congress, 2-6 Sep. 2002, TUBITAK National Observatory (TUG), Antalya.
- Gamma Ray Astronomy, **Güver, T.**; Uluyazi, C.; Bektore, E., XII. Turkish National Astronomy Congress & I. National Students Congress, 1-8 Sep. 2000, Ege University Astronomy & Space Sciences Dept., Bornova, Izmir.

Katılınan Bazı Çalıştaylar :

- Gamma-Ray Bursts The First Three Hours 29/08 - 02/09 2005, Santorini Island, Greece
- 5. XMM-Newton SAS Workshop 7-10 Jun 2005, European Space Agency Astronomy Center, San Lorenzo de El Escorial, Spain
- NATO-ASI, The Electromagnetic Spectrum of Neutron Stars 7-18 Jun 2004, Marmaris, Turkey

Yayın Listesi :

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

- *Physical Properties of the AXP 4U 0142+61 from X-ray Spectral Analysis* , **Güver, T.**; Özel, F.; Göğüş, E., 2007,arXiv:0705.3982G, Accepted by The Astrophysical Journal
- *Inferring the Magnetic Fields of Magnetars from their X-ray Spectra*, **Güver, T.**; Özel, F.; Lyutikov, M., 2006,astro.ph:0611405, Accepted by The Astrophysical Journal
- *Hardness-Intensity Correlations in Magnetar Afterglows* , Özel, F.; **Güver, T.**, 2007, The Astrophysical Journal, 659, 141
- *The Dark Side of ROTSE-III Prompt GRB Observations* , Yost, S. A.; Aharonian, F.; Akerlof, C. W.; Ashley, M. C. B.; Barthelmy, S.; Gehrels, N.; Gogus, E.; **Güver, T.**; Horns, D.; Kiziloglu, U.; Krimm, H. A.; McKay, T. A.; Özel, M.; Phillips, A.; Quimby, R. M.; Rowell, G.; Rujopakarn, W.; Rykoff, E. S.; Schaefer, B. E.; Smith, D. A.; Swan, H. F.; Vestrand, W. T.; Wheeler, J. C.; Wren, J.; Yuan, F., 2007, Accepted by The Astrophysical Journal
- *Detection of GRB 060927 at $z = 5.47$: Implications for the Use of Gamma-Ray Bursts as Probes of the End of the Dark Ages*, Ruiz-Velasco, A. E.; Swan, H.; Troja, E.; Malesani, D.; Fynbo, J. P. U.; Starling, R. L. C.; Xu, D.; Aharonian, F.; Akerlof, C.; Andersen, M. I.; Ashley, M. C. B.; Barthelmy, S. D.; Bersier, D.; Castro Cern, J. M.; Castro-Tirado, A. J.; Gehrels, N.; Gogus, E.; Gorosabel, J.; Guidorzi, C.; **Güver, T.** ; Hjorth, J.; Horns, D.; Huang, K. Y.; Jakobsson, P.; Jensen, B. L.; Kiziloglu, U.; Kouveliotou, C.;Krimm, H. A.; Ledoux, C.; Levan, A. J.; Marsh, T.; McKay, T.; Melandri, A.; Milvang-Jensen, B.; Mundell, C. G.; O'Brien, P. T.; Özel, M.; Phillips, A.; Quimby, R.; Rowell, G.; Rujopakarn, W.; Rykoff, E. S.; Schaefer, B. E.; Sollerman, J.; Tanvir, N. R.; Thone, C. C.; Urata, Y.; Vestrand, W.T.; Vreeswijk, P. M.; Watson, D.; Wheeler, J. C.; Wijers, R. A. M. J.; Wren, J.; Yost, S. A.; Yuan, F.; Zhai, M.; Zheng, W. K., Submitted to The Astrophysical Journal
- *Exploring Broadband GRB Behavior during γ -Ray Emission*, Yost, S. A.; Swan, H. F.; Rykoff, E. S.; Aharonian, F.; Akerlof, C. W.; Alday, A.; Ashley, M. C. B.; Barthelmy, S.; Burrows, D.; Depoy, D. L.; Dufour, R. J.; Eastman, J. D.; Forgey, R. D.; Gehrels, N.; Gogus, E.; **Güver, T.**; Halpern, J. P.; Hardin, L. C.; Horns, D.; Kiziloglu, U.; Krimm, H. A.; Lepine, S.; Liang, E. P.; Marshall, J. L.; McKay, T. A.; Mineo, T.; Mirabal, N.; Özel, M.; Phillips, A.; Prieto, J. L.;

- Quimby, R. M.; Romano, P.; Rowell, G.; Rujopakarn, W.; Schaefer, B. E.; Silverman, J. M.; Siverd, R.; Skinner, M.; Smith, D. A.; Smith, I. A.; Tonnesen, S.; Tro ja, E.; Vestrand, W. T.; Wheeler, J. C.; Wren, J.; Yuan, F.; Zhang, B., 2007, *The Astrophysical Journal*, 657, 925
- *X-ray spectral variations of U Gem from quiescence to outburst*, **Güver, T.**; Uluyazi, C.; Ozkan, M. T.; Gogus, E., 2006, *Monthly Notices of Royal Astronomical Society*, 372, 450
 - *Status of the ROTSE-III telescope network*, Yost, S. A.; Aharonian, F.; Akerlof, C. W.; Ashley, M. C. B.; Barthelmy, S.; Gehrels, N.; Gogus, E.; **Güver, T.**; Horns, D.; Kiziloglu, U.; Krimm, H. A.; McKay, T. A.; Ozel, M.; Phillips, A.; Quimby, R. M.; Rowell, G.; Rujopakarn, W.; Rykoff, E. S.; Schaefer, B. E.; Smith, D. A.; Swan, H. F.; Vestrand, W. T.; Wheeler, J. C.; Wren, J.; Yuan, F., 2006, *AN*, 327, 803
 - *Separation of dwarf and giant stars with ROTSE-III*, Bilir, S.; **Güver, T.**; Aslan, M., 2006, *AN*, 327, 693
 - *Early-Time Observations of the GRB 050319 Optical Transient*, Quimby, R. M.; Rykoff, E. S.; Yost, S. A.; Aharonian, F.; Akerlof, C. W.; Alatalo, K.; Ashley, M. C. B.; Gogus, E.; **Güver, T.**; Horns, D.; Kehoe, R. L.; Kiziloglu, U.; Mckay, T. A.; Ozel, M.; Phillips, A.; Schaefer, B. E.; Smith, D. A.; Swan, H. F.; Vestrand, W. T.; Wheeler, J. C.; Wren, J., 2006, 640, 402
 - *The Anomalous Early Afterglow of GRB 050801*, Rykoff, E. S.; Mangano, V.; Yost, S. A.; Sari, R.; Aharonian, F.; Akerlof, C. W.; Ashley, M. C. B.; Barthelmy, S. D.; Burrows, D. N.; Gehrels, N.; Gogus, E.; **Güver, T.**; Horns, D.; Kiziloglu, U.; Krimm, H. A.; McKay, T. A.; Ozel, M.; Phillips, A.; Quimby, R. M.; Rowell, G.; Rujopakarn, W.; Schaefer, B. E.; Smith, D. A.; Swan, H. F.; Vestrand, W. T.; Wheeler, J. C.; Wren, J.; Yuan, F., 2006, *The Astrophysical Journal*, 638, 5
 - *Optical Light Curve and Cooling Break of GRB 050502A*, Yost, S. A.; Alatalo, K.; Rykoff, E. S.; Aharonian, F.; Akerlof, C. W.; Ashley, M. C. B.; Blake, C. H.; Bloom, J. S.; Boettcher, M.; Falco, E. E.; Gogus, E.; **Güver, T.**; Halpern, J. P.; Horns, D.; Joshi, M.; Kiziloglu, U.; McKay, T. A.; Mirabal, N.; Ozel, M.; Phillips, A.; Quimby, R. M.; Rujopakarn, W.; Schaefer, B. E.; Shields, J. C.; Skrutskie, M.; Smith, D. A.; Starr, D. L.; Swan, H. F.; Szentgyorgyi, A.;

- Vestrand, W. T.; Wheeler, J. C.; Wren, J., 2006, *The Astrophysical Journal*, 636, 959
- *Galactic model parameters for field giants separated from field dwarfs by their 2MASS and V apparent magnitudes*, Bilir, S.; Karaali, S.; **Güver, T.**; Karatas, Y.; Ak, S. G., 2006, *AN*, 327, 72
 - *Prompt Optical Detection of GRB 050401 with ROTSE-IIIa*, Rykoff, E. S.; Yost, S. A.; Krimm, H. A.; Aharonian, F.; Akerlof, C. W.; Alatalo, K.; Ashley, M. C. B.; Barthelmy, S. D.; Gehrels, N.; Gogus, E.; **Güver, T.**; Horns, D.; Kiziloglu, U.; McKay, T. A.; Ozel, M.; Phillips, A.; Quimby, R. M.; Rujopakarn, W.; Schaefer, B. E.; Smith, D. A.; Swan, H. F.; Vestrand, W. T.; Wheeler, J. C.; Wren, J., 2005, *The Astrophysical Journal*, 631, 121
 - *A Search for Untriggered GRB Afterglows with ROTSE-III*, Rykoff, E. S.; Aharonian, F.; Akerlof, C. W.; Alatalo, K.; Ashley, M. C. B.; **Güver, T.**; Horns, D.; Kehoe, R. L.; Kiziloglu, U.; McKay, T. A.; Ozel, M.; Phillips, A.; Quimby, R. M.; Schaefer, B. E.; Smith, D. A.; Swan, H. F.; Vestrand, W. T.; Wheeler, J. C.; Wren, J.; Yost, S. A., 2005, *The Astrophysical Journal*, 631, 1032
 - *Discovery of CVs ROTSE3 J151453.6+020934.2 and ROTSE3 J221519.8-003257.2*, Rykoff, E. S.; Akerlof, C. W.; Ashley, M. C. B.; Gogus, E.; **Güver, T.**; Kiziloglu, U.; McKay, T. A.; Ozel, M.; Phillips, A.; Quimby, R.; Smith, D. A.; Thorstensen, J. R.; Vestrand, W. T.; Wheeler, J. C.; Wren, J., 2004, *IBVS*, 5559, 1