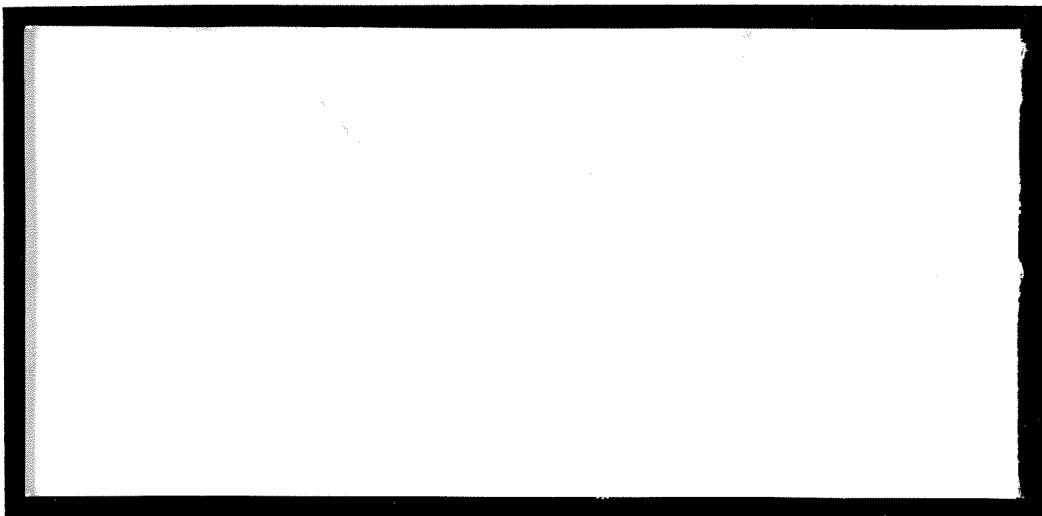


1899\_124



TÜRKİYE BİLİMSEL VE  
TEKNİK ARAŞTIRMA KURUMU

THE SCIENTIFIC AND TECHNICAL  
RESEARCH COUNCIL OF TURKEY



TBAG Yüksek Enerji Astrofiziği Ünitesi  
ODTÜ Fizik Bölümü

High Energy Astrophysics Unit METU Physics Department  
Ankara 06531, TURKEY

TBAG Ü/18  
YÜKSEK ENERJİ ASTROFİZİĞİ  
ARAŞTIRMA ÜNİTESİ  
SONUÇ RAPORU

M. Ali Alpar  
Ümit Kızıloğlu  
Altan Baykal  
Akif Esendemir  
Nihal Ercan  
Oktay Hüseyinov  
Hakki Ögelman

Ağustos 1998  
Ankara

## ÖNSÖZ

Bu rapor TÜBİTAK TBAG Ü/18 Yüksek Enerji Astrofiziği Araştırma Ünitesinin 1/2/1994- 1/2/1997 tarihleri arasındaki normal faaliyet süresi ve 1/2/1997- 1/2/1998 arasındaki uzatma süresinde yapılan çalışmaları sunan son rapordur. Bu ünitenin genel amacı yüksek enerji astrofiziğinde araştırma yapmak, özel olarak da Spektrum X-Gamma (SNG) uydusu ile yapılacak gözlemlere hazırlanmaktadır. Bizim dışımızdaki sebeplerle uydunun yörüngeye yerleştirilmesi 1999 sonuna ertelenmiştir. Bu aşamada ünitemiz amaçlarına uygun olarak işlevini tamamlamıştır. SNG ve diğer astrofizik araştırma uydularının verilerini işlemeye uygun bilgisayar donanımı, yazılım ve kullanma tecrübeşi olmuştur, periyodik olarak yenileştirilmektedir. Bu imkanlar kullanılarak çeşitli uydularla gözlem yapılmış, gözlem ve arşiv verileri işlenmiştir. Türkiye'deki tüm araştırmacıların Spektrum X-Gamma uydusuna gözlem teknifi verebilmeleri için gereken rehber ve başvuru olanağı (Fırsat Bildirimi- Announcement of Opportunity: AO) bilgisayar ortamında hazırlanmış ve ünitemizin internet sayfasına yerleştirilmiştir. Bu sistem (AO) Spektrum X-Gamma uydusu genelinde kullanım kuralları belirlendiğinde kullanıma hazırır. Ünitemiz TÜBİTAK'ın sağladığı destekle Spektrum X-Gamma uydusunun uluslararası karar ve danışma mekanizmalarına da katkıda bulunmuştur.

Spektrum X-Gamma işbirliğimizin bir önemli yan ürünü olarak TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'ne Kazan Devlet Üniversitesi Engelhardt Gözlemevi ve Rusya Bilimler Akademisi Uzay Araştırmaları Enstitüsüne ait 1,5 mlik optik teleskop getirilmiş ve TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi kuruluş çalışmalarını böylece hız kazanmıştır. Şu günlerde aynası takılan ve gözlemlere hazırlanan bu teleskop zamanının bir kısmını Spektrum X-Gamma uydusunun bulacağı yeni kaynakların gözlenmesine

ayıracaktır.

Bu ünitenin amacı ve etkinliği hem araştırma hem de yüksek enerji astrofiziğinde örgütlenme ve geliştirme boyutlarında olmuş, Ulusal Gözlemevi kuruluş çalışmaları ile de bir işbirliği gelişmiştir. Ünitemizin kuruluşundan bugüne kadar bu startejik boyutlarıyla sahip çıkan TÜBİTAK yöneticilerine, TBAG Sekreter ve üyelerine, yardım ve destekleri için tüm TBAG personeline teşekkür ederiz.

Ünitenin yapı ve işlevi itibarıyle genel bölümler ve yayın listesi tüm ünite için tek bir ana metin olarak yazılmış, araştırma projelerin araştırma sonuç raporları Ek A ve Ek B olarak verilmiştir.

## ÖZ

Raporun giriş bölümünde uydularla yapılan X ve  $\gamma$  ışınları astronomisi, Türkiye'de bu konudaki araştırmaların tarihçesi, Spektrum X-Gamma (SXG) uydusu ve TÜBİTAK'ın bu uydu girişimine katılımı ile ilgili özet bilgi verilmiştir. Sonraki bölümlerde SXG'nin şimdiki durumu ve takvimi, ünite çerçevesinde yapılan hazırlıklar, sağlanan birikim ve donanım, araştırmalar, yayınlar, yüksek enerji astrofiziği araştırmaları ile TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde (TUG) yapılacak optik gözlemler arasında ilişkiler ve ülkemizde uzay araştırmalarının ilerki gelişme aşamaları için öneriler yer almaktadır.

## ABSTRACT

The introductory section of this report gives brief information on satellite based X and gamma ray astronomy, on the history of research in this field, on the Spectrum X-Gamma (SXG) satellite, and on TÜBİTAK's participation in the SXG project. In the following sections, current status and schedule of SXG, the preparations, research and publications made by the unit are presented. The relations between this high energy astrophysics research and optical observations that to be carried out at the TÜBİTAK National Optical Observatory (TUG), and suggestions for Turkish space research in the future are also discussed.

## İÇİNDEKİLER

1. Giriş	6
2. Spektrum X-Gamma Uydusunun Uluslararası Hazırlıkları ve Son Durum	9
3. Bilgisayar Donanımı, Yazılım, Programların Uygulanması ve Geliştirilmesi, Oluşturulan Altyapı ve Kazanılan Deneyim	9
4. Türkiye İçin Fırsat Bildirimi (Announcement of Opportunity-AO)	13
5. Uluslararası Uydulara Verilen Gözlem Teklifleri ve Alınan Veriler	15
6. Araştırmalar	17
6.1. Devam Eden Araştırma Konuları	17
7. X-ışını Çiftyıldızları Kataloğu	18
8. TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'ne Katkılar	19
9. İleriye Dönük Görüş ve Öneriler	22
10. Referanslar	24
10.1. Hakemli Bilimsel Dergilerde Çıkmış Yayınlar	24
10.2. Yayına Kabul Edilen Makaleler	25

<b>10.3.</b> Tebliğler	26
<b>10.4.</b> Poster Özeti	26
<b>10.5.</b> IAU Circulars (Uluslararası Astronomi Birliği Sirkülerleri)	27

**EK A.** Nötron Yıldızlarının Soğuması (TBAG Ü-18/1 Proje Sonuç Raporu)

**EK B.** Pulsarlar ve Süpernova Kalıntıları (TBAG Ü-18/2 Proje Sonuç Raporu)

**EK 1.** Spektrum X-Gamma Uydusu

**EK 2.** Spektrum X-Gamma Uydu Gözlemleri Türkiye İçin Fırsat Bildirimi  
(Announcement of Opportunity)

**EK 3.** A Catalogue of Low and High Mass X-ray Binaries

# 1 Giriş

Dünya atmosferi X ve  $\gamma$  ışınlarını geçirmeden X ve  $\gamma$  ışınları astronomisi 1960'lardan başlayarak balon ve roketlerle, 1970'den beri de uydularla yapılıyor. X ve  $\gamma$  ışınları verileriyle anakol yıldızlarının korona ışımalarından çökmüş yıldızların (beyaz cüceler, nötron yıldızları ve kara delikler) gözlenmesine, galaksi kümelerine ve kuazarlara kadar her tür gök cismini kapsayan yüksek enerji astrofiziği gelişmiştir. Bu alan, bilimsel önemi ile birlikte yeni teknoloji gelişimi açısından da önemlidir. Özellikle büyük uydular geniş uluslararası işbirliği gerektirmektedirler. Şimdiye kadarki (1970'ten itibaren) başlıca yüksek enerji astrofiziği uyduları NASA'nın SAS 2, HEAO-1 (Uhuru), HEAO-2 (Einstein), RXTE, ve en son hazırlanmakta olan AXAF uyduları; ESA'nın EXOSAT ve COS-B, Rusya'nın (Fransa ile birlikte) Granat-Sigma, Almanya'nın ROSAT, İngiltere'nin Ariel, Hollanda ve İtalya'nın SAX ve Japonya'nın Hakucho, Tenma, Ginga ve ASCA uydularıdır.

Spektrum X-Gamma Uydusu 1980lerin sonundan itibaren Rusya Bilimler Akademisi Uzay Araştırmaları Enstitüsü (IKI)'den Prof. Raşid Sunyaev'in önderliğinde, Rus Uzay Ajansının İngiltere, Danimarka, İtalya, Almanya, İsviçre, Finlandiya, Macaristan ve İsrail'den bilimsel araştırma kurumları ve uzay ajanslarının ve ABD'den NASA'nın katıldığı bir büyük bilimsel-teknik işbirliği olarak geliştirilmiştir. Bu uydunun kuvvetli yönü, morötesinden tüm X ışınları bandına ve gama enerjilerine kadar yüksek enerji spektrumunun hemen tamamında geniş efektif alanlı toplayıcılarla gözlem yapacak olmasıdır. Tasarlanan 4 gün periyodlu, Dünya'ya mesafesi en yakın 500 Km, en uzak 200,000 Km olan çok eksantrik yörünge, uydunun her yörüngede üç gün kesintisiz gözlem yapmasına olanak verecektir. İki büyük X-ışını teleskopu Jet-X ve SODART ve diğer detektörler ile birlikte uydunun ağırlığı 6 tondur. Spektrum X-Gamma

uydusu 1999 yılında Baykonur uzay üssünden Proton roketi ile yörüngeye yerleştirilecektir.

Türkiye'de yüksek enerji astrofiziği ünitemiz üyesi Prof. Hakkı Ögelman'ın çalışmaları ve yetiştirdiği grupla başlamıştı. Türk araştırmacılar SAS-2, EX-OSAT, Ariel, ROSAT gibi uydularda kabul edilen gözlem projeleri ile çalışmışlar, özellikle nötron yıldızları, X-ışını çift yıldızları ve pulsarlar konusunda teorik çalışmalarla da desteklenen bir birikim oluşmuştur. 1992 de ülkemizi ziyaret eden Raşid Sunyaev'in tekliyle ve hükümetin kararı ile TÜBİTAK'la Rusya Bilimler Akademisi Uzay Araştırmaları Enstitüsü (IKI) arasında Ocak 1993'te yapılan bir protokol ile Türkiye Spektrum X-Gamma girişimine katıldı. Bu protokolle bağlantılı olarak yine 1993'te başlayarak Kazan Devlet Üniversitesi Engelhardt Gözlemevi, IKI ve TÜBİTAK arasında imzalanan protokollerle Rusya'dan gelen 1,5 mlik optik teleskop TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'ne (TUG) yerleştirilmiştir. Spektrum X-Gamma'nın gözleyeceği yeni X-ışını kaynaklarının öncelikle haber verilerek TUG'daki bu 1,5 mlik optik teleskopla gözlenmesi de bu protokollerle öngörülmektedir.

Türkiye'nin SXG'ye katkısı olan iki milyon dolar, hükümetimiz tarafından bu amaçla tahsis edilmiş olup TÜBİTAK başkanlığında aktarılmaktadır. Bu transferler ünitenin bütçesi dışındadır. İki taksit yatırılmış, kalan \$666,667. miktarındaki son taksit, uydunun atılmasındaki gecikmeler sebebiyle Rus tarafının önerisiyle ileriki bir tarihte ödenecektir.

Ünitenin kuruluş amacı SXG'nin Türkiye'deki bilim adamlarınca kullanımı için gerekli birikimi oluşturmaktı. Yazılım, donanım, SXG kullanım yöntemleri ve X-ışınları astronomisinde yapılan araştırmalar çerçevesinde bu hazırlıkları verilen uzatma süresi ile birlikte dört yıl içinde tamamladık. Ünite etkinlikleri ve sonuçları aşağıdaki bölümlerde verilmiştir.

Türk ekibi olarak Spektrum X-Gamma projesinin uluslararası planlama sürecine, International Scientific Committee ve Technical Implementation Committee'nin önemli toplantılarına da ünitenin imkanları ile katıldık. Bunun yararı, hem SXG projesinin organizasyon ve gelişimini izlemek, hem uluslararası işbirliğinde kişiler olarak değil ülke olarak görünmek, hem de SXG gözlem seçim ve değerlendirme yönteminin belirlenmesine katkıda bulunmak olmuştur. SXG'nin uluslararası toplantılarından biri de 1995 Şubat ayında TÜBİTAK'ın desteğiyle Ankara'da yapılmıştır.

SXG'nin yörüngeye çıkma tarihi 1996 olarak öngörlürken Rusya'nın maddi güçlükleri nedeni ile bu tarih 1999'a kadar ertelenmiştir. Sistem genelindeki normal belirsizlikler bir yana Türkiye'deki birikim olarak şimdı hazır duruyoruz. Bundan sonraki işleyiş aşamasında TBAG bünyesinde bir Çalışma Grubu kurulması SXG ile çalışacak Türk araştırmacıların gereksinimlerini karşılamakta yararlı olacaktır. Uzun vadede uzay tabanlı araştırmaların ülkemizde gelişebilmesi için burada bazı detektörlerin yapımına önemle gerekmektedir. Bu konulara sonuç bölümünde değiniyoruz.

## **2 Spektrum X-Gamma Uydusunun Uluslararası Hazırlıkları ve Son Durum**

Uydunun çeşitli parçaları Moskova'da Lavochkin Enstitüsüne ulaşmış ve son ya da sondan bir önceki test modeli olarak montajı yapılmış ya da yapılmamış aşamasındadır. Ünitemizin <http://astroa.physics.metu.edu.tr> internet sayfası üzerinden tüm aletlerin genel bilgileri, son durumları ile ilgili bilgiler ve resimlere ulaşılabilir. Bu sitedeki Spektrum X-Gamma uydusu ile ilgili başlıca sayfalar bu raporun sonunda basılı olarak da verilmektedir (Ek 1).

## **3 Bilgisayar Donanımı, Yazılım, Programların Uygulanması ve Geliştirilmesi, Oluşturulan Altyapı ve Kazanılan Deneyim**

Projenin sağlıklı yürütülebilmesi, gerek Spectrum-X-Gamma gerekse diğer uydularla alınan verilerin analiz edilebilmesi için bir bilgisayar altyapısı oluşturulmuştur. Burada model olarak güclü bir sunucu ve bunlara ulaşmak için gerekli yan birimler temel yapı olarak tasarlanmıştır. Sunucu olarak Digital Alpha sunucusu (DEC 3000/800 AXP) alınmış, bağlı yan birimler olarak arşiv birimleri (teyp birimleri), disk birimleri, laser yazıcı ve PC alınmıştır. İşletim sistemi olarak DecUNIX kullanılmaktadır. Sistem özellikleri kısa olarak:

DEC 3000/800 AXP:

64 MB bellek (sonradan 128 oldu),  
çift SCSI veri yolu,  
toplam 19 GB disk kapasitesi,

21 inch renkli ekran.

DAT 4 mm arşiv ve veri ünitesi

EXABYTE 8 mm arşiv ve veri ünitesi.

İşletim sistemi yazılım desteğinin sağlanması için TÜBİTAK merkezinde kullanılan DeeCampus programına dahil olarak başlangıcta 2.0 sürümü olan işletim sistemi devamlı güncellendirildi (son olarak 4.0b kullanılmakta). Ayrıca TÜBİTAK'taki aynı program yolu ile çok pahalı olan kullanım paketlerinin bazıları da bedelsiz olarak sisteme ilave edildi.

Çeşitli uydulara ait veri analizlerinin yapılabilmesi, Spectrum-X-Gamma uydusu veri analizi ve genel amaçlı kullanım için çeşitli astronomi paketleri sisteme yerleştirildi. Bunlar arasında:

FTOOLS (version 4.1) genel ve özel amaçlı FITS formatında veri indirgeme paketi,

MIDAS (97NOV) ve EXSAS (98APL-EXP),

IRAF ve PROS,

XANADU

sayılabilir.

FTOOLS: Bu paket NASA tarafından geliştirilmekte olan genel amaçlı bir pakettir. Özellikleri arasında astronomi dünyasında genel veri protokolu olarak kabul edilen FITS protokolu ile dağıtılan dosyalar üzerinde çalışma, ROSAT, ASCA, SAX, RXTE.. gibi uyduların ham verilerinin indirgenerek astronomik analize hazır hale getirilmesi vardır.

**MIDAS:** Bu paket ESA tarafından geliştirilmiş genel görüntü işleme ve manipülasyon paketidir. Üzerinde çeşitli uygulama paketleri vardır. MIDAS, aynı zamanda dünyada IRAF'dan sonra kabul edilen en kapsamlı optik veri analizi yazılımıdır. Bu paket ile her türlü CCD indirgemesi, tayf analizi, tek ve çok yarıklı Echelle spektrometre verilerinin ve Fabry-Perot spektrometre verilerinin indirgenmesini yapılmaktadır.

**EXSAS:** MIDAS üzerinde çalışan Münih-Garching, Max-Planck- Institut für Extraterrestrische Physik tarafından geliştirilmiş ROSAT uydusu veri indirgeme ve x-ışını analiz paketi.

**IRAF ve PROS:** Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics tarafından desteklenen genel görüntü işleme ve x-ışını analiz paketleri. IRAF mevcut en iyi optik veri indirgeme paketlerinden biri, PROS ise IRAF'a bağlı x-ışını analiz paketidir.

**XANADU:** NASA tarafından yürütülen genel x-ışın uydusu görüntü işleme, ve analiz paketi.

Spectrum-X-Gamma uydusu verilerinin değerlendirilmesi için temel olarak FTOOLS ve XANADU paketlerinin kullanılması planlanmaktadır. Yukarıda bahsedilen genel paketler çok kapsamlı programlar olup her türlü veri analizi için kullanılabilecek yapıdadır. Ünite çerçevesinde yapılan çalışmalarla tamamı kullanılmaktadır. Şimdiye kadar genellikle 6 aylık süreler içinde güncelllemeleri yapılmış ve en güncel halleri ile kullanılmışlardır. ROSAT, SAX, RXTE, ASCA uydularının veri analizlerinde yoğun olarak kullanılmaktadırlar. Sunucu

üzerindeki bu paketler ve ünite çerçevesinde oluşan birikim ile gerek eski (EXOSAT, EINSTEIN, VELA, gibi) gerekse çalışmakta olan ROSAT, ASCA, SAX, RXTE uyduların veri analizleri yapılıyor. Ünitelenin araştırma faaliyetlerinde ve hazırlanan bütün yaynlarda yukarıdaki altyapı kullanılmıştır.

Bu yazılım birikimi, özellikle MIDAS ve IRAF, optik gözlem verilerinin indirgenmesi için de geçerli çağdaş ortamı oluşturmaktadır. Bu imkanlar Ulusal Gözlemevi'ne de aktarılarak oradaki gözlemcilerin kullanımına sunulacaktır. Bunun için Ulusal Gözlemevi'ndeki teknik altyapının ve donanımının tamamlanmasını bekliyoruz.

## **4 Türkiye İçin Fırsat Bildirimi (Announcement of Opportunity-AO)**

Spektrum X-Gamma uydusu ile gözlem projelerinin Türkiye'de alınması, değerlendirilmesi ve uygulanması için temel hazırlık olarak Türkiye için bir Fırsat Bildirimi (Announcement of Opportunity-AO) oluşturulmuştur. Fırsat Bildirimi aşağıdaki kısimlardan oluşmaktadır:

- Spektrum X- Gamma ile ilgili tanıtım ve tanımlar: Burada Spektrum X-Gamma üzerinde yer alan temel gözlem aletleri, bunların özellikleri; gözlem tekliflerinin nasıl değerlendirileceği ve veri hakları gibi konulara açıklık getirmeye çalışılmıştır.
- Tekliflerin hazırlanması, simülasyonlar ve teklif verme usulleri: Bu bölümdeki bilgiler kimlerin nasıl gözlem teklifi verebileceğini, formatları ve gerekli başvuru adreslerini içermektedir.
- Simülasyon ve yardımcı olanaklar: Gözlem tekliflerinin hazırlanmasında en önemli yeri teklif edilecek kaynaklar için fizibilite çalışması oluşturmaktadır. Herhangi bir kaynağın uydu üzerinde olan aletlerle gözlenebilmesi için sayma hızlarının tahmin edilmesi ve buna göre süre tahmini gereklidir. Sayma hızları ise kaynaktan hangi fiziksel mekanizma ile x-ışını meydana getiyorsa onun bilinmesine bağlıdır. Bu nedenle olası çeşitli mekanizmalar ve yıldızlar arası ortam yoğunluğuna bağlı olarak beklenen akıların tam bir simülasyonu gereklidir. Bu kısımda uyduda bulunan temel gözlem aletlerinin simülasyonları için gerekli programlar hazırlanmıştır. Bunlar kullanılarak gözlem teklifi verecek kişiler beklentilerini sinyabilirlər. Gözlem tekliflerinin verilmesi ise elektronik ortamda gerçekleştirilecektir. Bunun için etkileşimli bir web sayfası hazırlanmış olup gözlem tekliflerinin bu yolla verilmesi ve otomatik arşivlenmesi sağlanmıştır.

- Takvim
- Bilgi alınabilecek adresler.

Konu ile ilgili web sayfaları ünite web sitesi (<http://astroa.physics.metu.edu.tr>) üzerinde oluşturulmuştur. Adresi:  
<http://astroa.physics.metu.edu.tr/SXG/AO>  
Bu sayfalar basılı olarak Ek 2'de verilmektedir.

## **5 Uluslararası Uydulara Verilen Gözlem Teklifleri ve Alınan Veriler**

X-işinleri astronomisinde faal olan çeşitli uydulara ünite üyelerince gözlem teklifleri verilmiştir. Yoğun bir rekabetle hakem değerlendirmesinden geçerek kabul edilen projeler aşağıdadır. Bu gözlem projelerinin bazlarına ABD'deki gruplarla başlanmışsa da veri analizi tümüyle ünitemizde yapılmış ve yapılmaktadır. Aşağıdaki listeye ünitemiz üyelerinin yanısıra ODTÜ Fizik Bölümüne 1997 Eylülünde katılan Dr. Şölen Balman'ın birlikte çalıştığımız bir projesi de eklenmiştir.

Kabul edilen SAX uyuuprojesi:

- 1) "The Hard Tail of PSR J0437-4715" Gözlem zamanı 50000 saniye. Principle Investigator (PI)- Ümit Kızılıoğlu (gözlendi).

Kabul edilen RXTE (NASA Rossi X-ray Timing Experiment) uyuuprojeleri:

- 1) "X-ray Monitoring of 1E 2259+586; Short Term Pulse Frequency Fluctuations". Gözlem zamanı 125,000 saniye. Principle Investigator (PI)- Altan Baykal. Co-investigators: Jean Swank, Mike Stark, Tod Strohmeyer (NASA Goddard Space Flight Center-GSFC) (gözlendi).
- 2) "The Torque and X-ray Flux Changes of OAO 1657-414". Gözlem zamanı 120,000 saniye. Principle Investigator (PI)- Altan Baykal. Co-investigators: Jean Swank, Mike Stark, Tod Strohmeyer (NASA -GSFC). (gözlendi).

3) "X-Ray Monitoring of 1E 2259+586 In High State" Gözlem zamanı 100,000 saniye. Target of Opportunity- Fırsat gözleme. Principle Investigator (PI)- Altan Baykal. Co-investigators: Jean Swank, Mike Stark, Tod Strohmeyer (NASA -GSFC) (henüz gözlenmedi).

4) "The Vela Pulsar- Postglitch Observations". Gözlem zamanı 25,000 saniye. Target of Opportunity- Fırsat gözleme. Principle Investigator (PI)- Tod Strohmeyer (NASA -GSFC). Co-investigators : Altan Baykal, M. Ali Alpar. (gözlendi)

Kabul edilen ROSAT uydusu projesi:

1) "The Vela Pulsar as a Target of Opportunity". Gözlem zamanı 100,000 saniye. Principle Investigator (PI) Fred Seward (Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics). Co-investigators: Hakkı Ögelman, M. Ali Alpar, D. Pines, C. Flanagan, P. McCulloch (gözlendi).

Kabul edilen NASA AXAF (Advanced X-ray Astronomy Facility) uydusu projesi:

1) "GK Persei". Gözlem zamanı 100,000 saniye. Principle Investigator (PI) Şolen Balman. Co-investigators: Ümit Kızılıoğlu, M. Ali Alpar, Altan Baykal, Akif Esendemir. (henüz gözlenmedi).

## **6 Araştırmalar**

Ünitemizin araştırma sonuçları her projenin sonuç raporu olarak Ek A ve Ek B'de sunulmuştur. Genel tartışmalar tüm ünite için bu metinde verildiği için proje sonuç raporlarında sadece araştırma sonuçlarına yer verilmiştir. TBAG Ü-18/1 "Nötron Yıldızlarının Soğuması" projesinin araştırma sonuçları Ek A'da; TBAG Ü-18/2 "Pulsarlar ve Süpernova Kalıntıları" projesinin araştırma sonuçları ise Ek B'de verilmiştir. TBAG-Ü 18/3 projesi ile ilgili bilgiler Grubun daha önce bildirilen kararı uyarınca bu raporun dışında bırakılmıştır. Araştırma sonuçlarının tümü yayınlanmış ya da yayına sunulmuştur. Ünite yayınlarının listesi tüm projeler için birarada aşağıda "Referanslar" kısmında alfabetik sıra ile verilmiştir.

### **6.1 Devam Eden Araştırma Konuları**

Ünite süresinin bitmesinden sonra devam etmekte olan araştırma konuları şunlardır: (i) X-ışını detektörleri için CdZnTe malzeme karakterizasyonu, (ii) PSR J0437-4715 adlı milisaniyelik pulsarın SAX verilerinin değerlendirilmesi, (iii) X-ışını çiftyıldızlarında "propeller" evresi, ve 6-10 saniye periyodlu sistemler ("anomalous X-ray pulsars" - "anormal X-ışını pulsarları" - AXP) , (iv) 1E2259+586 adlı AXP türü kaynağın RXTE gözlemlerinin değerlendirilmesi, (v) OAO 1657-414 adlı kaynağın RXTE gözlemlerinin değerlendirilmesi (vi) X-ışını çiftyıldızlarında zamanlama ve parlaklık değişimleri, (vii) Kara delikli geçici kaynaklarda X-ışını eğrisi, parlama ve sönümdede disk dinamiği, (viii) Vela pulsar sıçramaları etrafında ROSAT ve XTE verilerinin değerlendirilmesi.

## 7 X-ışını Çiftyıldızları Kataloğu

Spektrum X-Gamma'nın Türkiye ve uluslararası kullanıcıları ve tüm astrofizikçiler için bir kaynak olarak ünitemiz üyesi Prof. Oktay Hüseyin'in İstanbul ve Ankara Üniversiteleri doktora öğrencilerinden bir ekip (A. Talat Saygaç, Hülya Çalışkan, Sacit Özdemir) ve o tarihlerde TÜBİTAK-MAM'da bulunan Dr. Ahad Allakhverdiev ile başladığı Galaksimizdeki X-ışını kaynakları katalogu bilgisayar ortamında ünitemiz web sayfasına yerleştirilmiştir.

( Web sayfası adresi: <http://astroa.physics.metu.edu.tr/XRBC> ) .

Katalogun sürekli olarak izlenmesi ve güncelleştirilmesi işini ODTÜ doktora öğrencisi Aşkın Ankay üstlenmiştir. Bu katalog daha önce yayınlanan kataloglardan daha geniş şekilde, literatürdeki referanslarla ilgili notları da içерerek, bilinen galaktik X-ışını çiftyıldızlarının isimlerini, uzaklıklarını, pozisyonlarını, eşleniklerini, tayfsal ve zamanlama ile ilgili bilgilerini kapsamaktadır. Bu bilgiler küçük ve büyük kütleli X-ışını çiftyıldızları için beşer tablo halinde katalogda sunulmuştur.

Katalogun tanıtımı ve kullanım kılavuzu olarak hazırlanan ve Astronomy and Astrophysics Supplement Series dergisine gönderilen makale Ek 3 de verilmiştir.

## 8 TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'ne Katkılar

Spektrum X-Gamma işbirliği Rus ve Tatar astrofizikçileri ile ilişkileri başlatırken, Türkiye'nin ilk kez ülke olarak büyük bir uluslararası işbirliğinde yer alması Avrupa ve Amerikalı bilim grupları ile ve dünya astrofizik camiası ile ilişkilerde yeni bir boyut getirmiştir. Spektrum X-Gamma işbirliğinin bir yan ürünü olarak TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'ne Kazan Devlet Üniversitesi Engelhardt Gözlemevi ve Rusya Bilimler Akademisi Uzay Araştırmaları Enstitüsüne (IKI) ait 1,5 mlik optik teleskop getirilmiştir. Ünite bu konudaki ön görüşmelerden başlayarak anlaşmaların yapılması, haberleşme, planlama, koordinasyon ve teleskopun Bakırköy'e nakli aşamalarında katkıda bulunmuştur. Bu teleskop ülkemizdeki ilk büyük araştırma teleskopudur. Alt yapı ve Gözlemevi binaları karşılığında böyle bir teleskopun edinilmesi imkanı TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi kuruluş çalışmalarını somut plana getirmiştir, Ulusal Gözlemevi'nin kuruluşu böylece hız kazanmıştır. 25 Ocak 1993'te Moskova'da TÜBİTAK adına Prof. M. Ali Alpar ve Kazan Engelhardt Gözlemevi- Tataristan Bilimler Akademisi adına Prof. Nail Sakhibullin tarafından imzalanan 1,5 mlik teleskopla ilgili ilk niyet protokolünden itibaren sadece 4,5 yıl içinde TÜBİTAK yönetiminin kuvvetli ve sürekli politikası, Ulusal Gözlemevi kuruluş projesinin, TBAG'nun ve Ulusal Gözlemevi kuruluktan sonra da Gözlemevi yönetiminin gayretleri ve tüm Türk astronomi camiasının desteği ile 1997 Temmuz'unda 1,5 m ve 40 cmlik teleskop binaları, kubbeleri ve servis binası ile Ulusal Gözlemevi açılmış, 40 cmlik teleskop gözlemlere başlamıştır. Şu günlerde (Ağustos 1998) aynası takılan 1,5 mlik teleskop da Eylül 1998'de gözlemlere başlayacaktır. Bu teleskopla ülkemizde spektroskopik gözlemlere başlanacak, ismarlanan CCD ile de ilk kez CCD teknolojisinin verdiği yeni imkanlarla gözlem yapılabilecektir. 40 cmlik teleskop ise geçici olarak ODTÜ Fizik Bölümüne ait CCD ile kul-

lanılacaktır. Ünitemiz üyeleri Ümit Kızıloğlu ve (özellikle 40 cmlik teleskopun İsviçre'den sökülp getirilmesi ve Bakırhitepe'de montajı ile ilgili olarak) Akif Esendemir Ulusal Gözlemevi ve teleskoplarla ilgili bilgisayar, elektronik ve teknik konularda katkılarda bulunmuşlar ve bu katkılarını sürdürmektedirler.

1,5 mlik teleskopun gözlem zamanı Ulusal Gözlemevi, Engelhardt Gözlemevi ve Uzay Araştırmaları Enstitüsü (IKI) arasında % 40, % 45 ve % 15 oranlarında paylaşılmaktadır. Gözlem zamanının bir kısmı Spektrum X-Gamma uydusunun bulacağı yeni kaynakların gözlenmesine ayrılmaktadır.

Yüksek enerji astrofiziği ile optik astronomi arasındaki etkileşme bütün bu gelişmelerin bilimsel temelini oluşturmaktadır. Bizim araştırma konularımız arasında X-ışını çift yıldızlarının önemli yeri vardır. Bu sistemlerde X-ışınlarının kaynağı olan çökmüş cisimlerin yanı sıra optik dalgaboylarında eşyıldızın gözlenmesi de önemlidir. Öte yandan temel gözlemleri tipik olarak fotosfer sıcaklıklarına denk gelen optik bantta yapılan bir çok tek yıldız türünün korona etkinlikleri X-ışınlarında gözlenmektedir. Galaksimiz dışında da aktif galaksiler, galaksi grupları ve gamma ışını patlamaları henüz ülkemizde çalışılmasa da gerek yüksek enerji astrofiziğinde gerekse optik astronomide çok ilginç konulardır. Spektrum X-Gamma gibi yeni ve geniş spektrumlu bir uydunun yeni bulacağı ya da parlama aşamalarında yakalayacağı X-ışını kaynaklarının ilk öncelikle TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'ne bildirilecek olması ve 1,5 mlik teleskopla bu kaynaklar üzerinde yapılacak gözlemler astronomomarımıza yeni güncel araştırma alanları açacaktır. Yüksek enerji astrofiziği ile optik astronomi arasındaki ilişki, ve gerek Ulusal Gözlemevi'nin gerekse ünitemizin tanınması Spektrum X-Gamma dışında yeni bilimsel işbirliği teklifleri de getirecektir. Buna ilk örnek bu raporun yazımı sırasında gelen bir tekliftir: NASA'ya Amerikalı bir grubun (Columbia, Caltech, MIT, Princeton) hazırladığı gamma ışını parla-

malarını izleyecek bir uydu teklifine bizim boyamlarımızda optik gözlem zamanı için Ulusal Gözlemevi 1,5 mlik teleskopunun katılması önerilmiştir.

## 9 İleriye Dönük Görüş ve Öneriler

Ünitemiz Spektrum X-Gamma ve diğer uydu verileri ile yüksek enerji astrofiziği araştırmaları için birikim ve altyapı oluşturmak yönünde temel işlevini yerine getirmiştir. Bundan sonra daha esnek bir yapı ile ülkemizdeki ilgili tüm araştırmacıların oluşturacağı bir Çalışma Grubu çerçevesinde yüksek enerji astrofiziği araştırmaları ve Spektrum X-Gamma ile ilgili servisler ve bağıntılı optik gözlemler yürütülebilir. Ünite için oluşturulan donanım (bilgisayar ve faks) böyle bir Çalışma Grubu başlatmak için yeterlidir.

Yetenekli gençlerin yeni ve canlı araştırma konularına girmeleri araştırmaların gelişmesi için esastır. Yüksek enerji astrofiziğinde bu grup sağlıklı bir şekilde oluşmaya başlamıştır. Bu gelişme devam etmelidir.

Türkiye Spektrum X-Gamma'dan sonra katılacağı bilimsel araştırma uydusuna mutlaka bir detektör ya da parça geliştirerek katılmalıdır. Bunun için teknik olanaklar mevcuttur. Kritik nokta deneyden ve alet tasarımindan anlayan genç astrofizikçilerin yetişmesidir. Bu konuyu kritik bulduğumuz için deney merak ve yeteneği olan gençleri teşvik ediyoruz. Şimdilik bir öğrencimiz ABD'de University of California at San Diego'da iyi bir deneysel yüksek enerji astrofiziği grubunda doktora yapmaktadır. Bir başka öğrencimiz de ODTÜ'de CdZnTe detektörleri ile ilgili deneysel bir yüksek lisans çalışması正在做着. Gerek yüksek enerji astrofiziğinde gerek optik astronomide gerekse astronomi ve uzay bilimlerinin diğer dallarında deneysel fizik donanımlı araştırmacıların sayısının artması ve araştırmmanın deney ve enstrümantasyon tarafının da Türkiye'de yapılması astronomi, astrofizik, uzay alanlarında temel strateji olmalıdır.

Son olarak uzayla ilgili girişimlerde mutlaka astrofizik araştırmalarının dikkate alınması ve araştırmayı merkez alan bir koordinasyon yapılması gerektiğini vurgulamak isteriz. Bunun hayatı önemi NASA'nın araştırma etkinliği ve Avrupa

Uzay Ajansı ESA'nın üyelik için araştırma etkinliklerini şart koyması ile örneklenebilir.

## 10 Referanslar

Ünite yayınlarının listesi aşağıda alfabetik sıra ile verilmiştir. Her yayının kaynak referanslar listesi doğal olarak kendi içinde bulunmaktadır.

### 10.1 Hakemli Bilimsel Dergilerde Çıkmış Yayınlar

1. Alev M. , Alpar M.A. , Esendemir A. and Kızıloğlu Ü. , "AB Dor: A single star with RSCVn like activity in the X-ray Band" , *Ap. SS* ,**245** , 15 , (1996).
2. Allakhverdiev A.O. , Alpar M.A. , Gök F. and Guseinov O.H. , "On Pulsar Velocities and Pulsar Supernova Remnant Associations" , *Turkish J. of Phys.* ,**21** , 688 , (1997).
3. Alpar M.A. , Chau H.F. , Cheng K.S. , Pines D. , "Postglitch Relaxation of the Crab Pulsar After its Four Major Glitches: The Combined Effects of Crust Cracking, Formation of Vortex Depletion Regions and Vortex Creep" , *Ap.J.* , **459** , 706 , (1996).
4. Alpar M.A. , Guseinov O.H. , Kızıloğlu Ü. and Ögelman H. , "A search for X-rays from five pulsars: PSR's 0740-28, 1737-30, 1822-09, 1915+13 and 1916+14" , *Astron. Astrophys.* ,**297** , 470 , (1995).
5. Alpar M.A. and Yılmaz A. , "Modelling of Quasi Periodic Oscillations with Wave Packets" , *New Astronomy* , **2** , 225 , (1997).
6. Baykal A. , "The Torque and X-Ray Flux Changes of OAO 1657-415" , *Astron. and Astrophys.* , **319** , 515 , (1997).
7. Baykal A. , Esendemir A. , Kızıloğlu Ü. , Alpar M.A. , Ögelman H. , Erçan N. and İkis G. , "X-ray variability and 1mHz oscillations in TT Arietis" , *Astron. and Astrophys.* , **299** , 421 , (1995).
8. Baykal A. , Kızıloğlu Ü. , "Low Frequency Flickering of TT Arietis: Hard

- and Soft x-ray Emission Regions” , *Astrophysics and Space Science* , **246** , 29 , (1997).
9. Baykal A. , Swank J. , ”Pulse Frequency Changes of 1E2259+586 and the Binary Interpretation” , *Ap.J.* , **460** , 470 , (1996).
  10. Stark M.J. , Baykal A. , Strohmayer T. , Swank J.H. , ”Pulse Arrival-Time Glitches in GRO J1744-28” , *Ap.J. Lett.* , **470** , L109, (1996).
  11. Int’T Zand J.J.M. , Baykal A. , Strohmayer T.E. , ”Recent X-Ray Measurements of The Accretion Powered Pulsar 4U 1907+09”, *Astrophys J.* , **496** , 386 , (1998).
  12. Int’T Zand, J.J.M. , Strohmayer, T.E. and Baykal, A. , ”Dipping Activity in the X-Ray Pulsar 4U 1907+09” , *Astrophys. J. Lett.* , **479** , L47 , (1997).

## 10.2 Yayına Kabul Edilen Makaleler

1. Baykal A. , Swank J.H. , Strohmayer T. , Stark T. , ”Spin-down rate of 1E 2259+586 from RXTE observations” , *Astron. Astrophys.*’de çıkacak, (1998).
2. Ertan Ü. , Alpar M.A. , ”On the Outburst Light Curves of Soft X-Ray Transients as Response of the Accretion Disk to Mass Deposition” , *Astron. Astrophys.*’de çıkacak, (1998).
3. Kızılıoglu Ü, Baykal A. , Alev M. , Göğüş E. , ”The Spectrum and Dips of RE 0751+14: A joint evaluation of ROSAT and ASCA Archival Data” , *Astronomy and Space Science* ’de çıkacak, (1998).

### **10.3 Tebliğler**

1. Alpar M.A., invited talk, "Neutron Star Dynamics, Braking Indices and Energy Dissipation", *Proc. COSPAR Meeting*, Birmingham, (1996), Advances in Space Research, **21**, 159, 1998.
2. Alpar M.A..contributed talk, "Quasiperiodic Oscillations at Kepler and Beat Frequencies as Wave Packets" *Proc. COSPAR Meeting*, Birmingham, (1996), Advances in Space Research, **21**, 1998.
3. Alpar M.A., invited talk, "Glitch Dynamics and Energy Dissipation in Neutron Stars" , *Proc. International conference on Neutron Stars and Pulsars*, Tokyo, (Nov. 1997), eds. N. Shibasaki, N. Kawai, S. Shibata, T. Kifune; Universal Academy Press, Tokyo, 1998
4. Alpar M.A., invited talk, "Dynamics of the Neutron Star Interior" , *Proc. NATO ASI*, Lipari-Italy, (1996), to be published in "The Many Faces of the Neutron Stars" eds. L. Bucceri, J. van Paradijs and M.A. Alpar, Kluwer, 1998.
5. Alpar M.A., invited talk, "Interglitch Braking Indices of Pulsars and Energy Dissipation in Neutron Stars" , *Proc. Pacific Rim Conference*, Hong Kong , (1997), eds. K.L. Chan, K.S. Cheng and H.P. Singh, Publications of the Astronomical Society of the Pacific- Conference Series, **138**, 7, 1998.

### **10.4 Poster Özетleri**

1. Baykal A., Alpar M.A., "Expectancy of Large Pulsar Glitches" , in "Pulsars: Problems and Progress", *IAU Colloquium 160*, Edited by S. Johnston, M.A Walker and M.Bailes, ASP Conference Series, Vol. 105, 1996.

2. Stark M.J., Baykal A., Lamb F.K. , "The Flux From the Bursting Pulsar and the Resulting Accretion Torque", *Bull. American Astron. Soc.*, **189**, 113.01, 1997.

## 10.5 IAU Circulars (Uluslararası Astronomi Birliği Sirkülerleri)

1. Stark M.J., Baykal A., Strohmayer T. Swank J.H., *IAU Circular 6324*
2. Stark M.J., Baykal A., Strohmayer T. Swank J.H., *IAU Circular 6334*

BİBLİYOGRAFİK BİLGİ FORMU	
1- Proje No: TBAG Ü/18	2- Rapor Tarihi: Ağustos 1998 – August 1998
3- Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri: 1.2.1994 - 1.2.1998	
4- Projenin Adı: Yüksek Enerji Astrofiziği Ünitesi / Yönetim Projesi High Energy Astrophysics Research Unit / Administration	
5- Proje Yürüttücsü ve Yardımcı Araştırmacılar: M. Ali Alpar, Ü. Kızıloğlu, A. Baykal A. Eseñdemir, N. Ercan, O. Hüseyinov, H. Ögelman	
6- Projenin Yürüttüğü Kuruluş ve Adresi: ODTÜ Fizik Bölümü, 06531 ANKARA METU, Department of Physics, 06531 ANKARA	
7- Destekleyen Kuruluş(ların) Adı ve Adresi: TÜBİTAK	
8- Öz (Abstract): Spektrum X-Gamma uydusuna Türkiye'nin katılımıyla ilgili hazırlıklar tamamlanmıştır. X-ışını uydu verilerini işlemek için gerekli donanım ve yazılım tamamlanmış ve ROSAT, XTE, SAX uydu verilerini işlenerek araştırılmıştır. 15 makale ve çeşitli tebliğler yayınlanmıştır. SXG'nin Türkiye'deki kullanıcıları için gereken bilgi ve formlar oluşturulmuş ve internete yerleştirilmiştir. SXG ile bağlantılı olarak TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'ne getirilen 1.5 mlik Rus teleskopu SXG kaynaklarının optik gözlemlerini yapacaktır.	
<p>The preparations for the Turkish participation in the Spectrum X-Gamma (SXG) satellite have been completed. The Hardware and software for the analysis of X-ray astronomy data have been acquired and used for research with ROSAT, XTE and SAX data. 15 research articles and several contributions to scientific conferences have been published. Information and forms for Turkish users of SXG have been prepared and placed on our internet site. The Russian 1.5 m optical telescope placed at TUBITAK National Observatory observe optical counterparts of SXG X-ray sources.</p> <p>X and Gamma ray astronomy – SXG satellite  <b>Anahtar Kelimeler:</b> X ve Gamma ışını astronomisi SXG uydusu.</p>	
9- Proje ile ilgili Yayın/Tebliğlerle ilgili Bilgiler	
10- Bilim Dalı: Astrofizik/Astrophysics Doçentlik B. Dalı Kodu: ISIC Kodu: Uzmanlık Alanı Kodu:	
11- Dağıtım (*): <input type="checkbox"/> Sınırlı <input checked="" type="checkbox"/> Sınırsız	
12- Raporun Gizlilik Durumu : <input type="checkbox"/> Gizli <input checked="" type="checkbox"/> Gizli Değil	

(\*) Projenizin Sonuç Raporunun ulaştırılmasını istediğiniz kurum ve kuruluşları ayrıca belirtiniz

EK-A

**TBAG Ü/18 YÜKSEK ENERJİ ASTROFİZİĞİ  
ARAŞTIRMA ÜNİTESİ:  
"NÖTRON YILDIZLARININ SOĞUMASI"  
ARAŞTIRMA PROJESİ SONUÇ RAPORU**

**PROJE NO: TBAG Ü/18-1**

Prof. Dr Ümit Kızılıoglu  
Prof. Dr M. Ali Alpar  
Prof. Dr Oktay Hüseyinov  
Doç. Dr. Akif Esendemir  
Doç. Dr. Altan Baykal

AĞUSTOS 1998  
ANKARA

## **1 Önsöz:**

Bu rapor TÜBİTAK TBAG Ü/18 Yüksek Enerji Astrofiziği Araştırma Ünitesi içinde yer alan TBAG Ü/18-1 "Nötron Yıldızlarının Soğuması" araştırma projesinin 1/2/1994- 1/2/1997 tarihleri arasındaki normal faaliyet süresi ve 1/2/1997- 1/2/1998 arasındaki uzatma süresinde yapılan çalışmaları sunan son rapordur. Projenin amacı yüksek enerji astrofiziğinde araştırma yapmak, özel olarak da Spektrum X-Gamma (SXG) uydu ile yapılacak gözlemlerle nötron yıldızlarının soğuma evrelerine ait bulguları araştırmaktı. SXG uydusunun yörüngeye yerleştirilmesi 1999 sonuna ertelenmiş olduğundan başlangıcta düşündülen hedefe varılamamıştır. Bunun yerine yine proje dönemi içinde yörüngeye yerleştirilmiş olan ve halen yörüngede olan x-işın uyduları ve arşivler kullanılarak çalışılmıştır. SXG yörüngeye yerleştirildiğinde önceden planlanan gözlemler yapılacaktır.

Bu projeye verilen destek için TÜBİTAK Temel Bilimler Araştırma Grubuna teşekkür ederiz.

## 2 Giriş:

Yaşları  $10^5$ - $10^6$  yıl civarında olan yakın radyo pulsarları genellikle nötron yıldızlarının termal evrimlerinin incelenebileceği x-ışın kaynaklarını oluşturmaktadır. Yüzey sıcaklıklarının ölçülebilmesi nötron yıldızlarının yarı çaplarının tayini dolayısı ile hal denklemlerinin incelenmesi, atmosfer ve iç ışınma mekanizmalarının anlaşılması ve sıcaklıklara bağımlı çeşitli taşıma mekanizmalarının araştırılması için çok önemlidir. Kuramsal olarak ortaya konulmuş olan nötron yıldızlarının çeşitli evrim senaryolarının incelenmesi bunların deneysel verilerle desteklenmesi projenin esas amacını oluşturmaktadır.

İlk olarak standart soğuma eğrilerinin deneysel desteğini aramak için ROSAT, PSPC dedektörü ile yapılmış olan atarcı (pulsar) gözlemlerinden (PSR 0740-28, PSR 1737-30, PSR 1822-09, PSR 1915+13 ve PSR 1916+14) yola çıkarak gözlenen x-ışını akılarından termal işimlarına bir üst limit getirilmeye çalışılmıştır.

İkinci ilginç konu Vela atarcasında meydana gelen hızlı period değişimleri ("glich") sonrası nötron yıldızı dış katmanları sıcaklığı ve olası ışma gücü değişiklikleri problemi üzerinde gerek arşiv gerekse 1996 "glich" öncesi ve sonrası (fırsat gözlemi, TOO) ROSAT, HRI dedektörü verileri ile çalışılmıştır.

Son konu ise bir çift yıldız sistemi içinde yaşlı bir nötron yıldızı içeren PSR J0437-415 atarcasında görülen ışımının yüksek enerji (2-10 keV) kısmı üzerinde SAX, LE ve ME dedektörleri verileri ile çalışılarak yapısının incelenmesidir.

### 3 Gelişmeler:

**ROSAT, PSPC gözlemleri:** Çok sönüklü olan ve yapılan gözlem süreleri içinde standart soğuma eğrilerine koymak için gerekli sinyal çok düşük olduğundan ancak 5 atarca içinde ışıma güçlerine bir üst limit konulabilmistir. Sonuçlar makale olarak yayınlanmıştır. (M. A. Alpar et. al. Astron. Astrophysics, **297**, 470-472 (1995))

**Vela (PSR 0833-45):** Bu atarcانın ROSAT, PSPC gözlemleri daha önce yayınlanmış idi (H. Ögelman, P. Finley & H. U. Zimmermann, Nature, **361**, 136-138 (1993)). Ekim 1996 da aynı atarcانın büyük bir "glicht" yapması üzerine fırsat gözlemi (TOO) olarak ROSAT, HRI dedektörü ile gözlem yapıldı. Uydu yönlendirilmesindeki öncelikler sebebi ile gözlem ancak "glicht"ten 14 gün sonra gerçekleşti. Aynı "glicht" sonrası RXTE, PCA dedektörü ile aralıklı 3 gözlem yapıldı. Çalışmamızda ışıma gücü değişimlerini incelemek için ayrıca ROSAT, HRI ile daha önce yapılmış olan 5 gözlem yeni gözlem ile beraber incelendi. Ekim 1996 gözlemi verilerinde görülen sayma hızı değişimi şekil 1 de görülmektedir. Şekil 2 de ise Ekim 96 "glicht" sonrası ışık eğrisinin ve ortalama enerjinin fazaya göre değişimi görülmektedir.

Bulgular RXTE sonuçları ile beraber yayına hazırlanmaktadır.

**PSR J0437-415:** Atarcانlardaki ışıma mekanizmasının önemli kısmı kaynağın yüksek enerji fotonlarındaki davranışıdır. Yüksek enerji kuyruğu ve bura daki kuvvet indeksi ışımanın orijinin magnetosferik olup olmadığını kanıtlı durumundadır. Bu tip kaynaklardan genelde 2 tür ışıma beklenmektedir. Eğer kaynak soğuma fazında ise yüzeyden gelebilecek kara cisim ışımı işaretleri ve manyetik alan kaynaklı ve yüksek enerjili parçacıkların yer aldığı fizikal mekanizmalardan oluşan üssel ışıma. Şekil 3 te kaynağın LECS ve MECS dedektörlerinden elde edilmiş olan spektrum v e buna uydurulmuş

model görülmektedir. Şekil 4 ve 5 SAX, MECS dedektöründen elde edilmiş puls şekli ve değişik enerji aralıklarındaki davranışları görülmektedir.

PSR J0437-415 in SAX uydusu verilerin analizi tamamlanmış olup yayına hazırlanmaktadır.

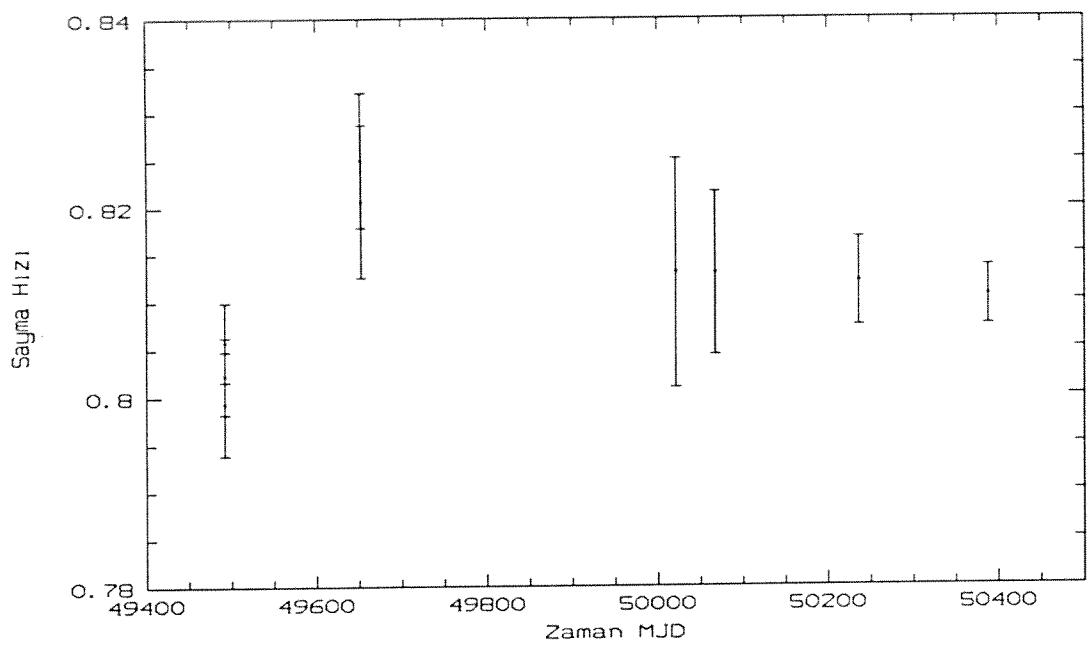
## 4 Sonuç:

Bu araştırmada alde edilen sonuçlar kısa olarak:

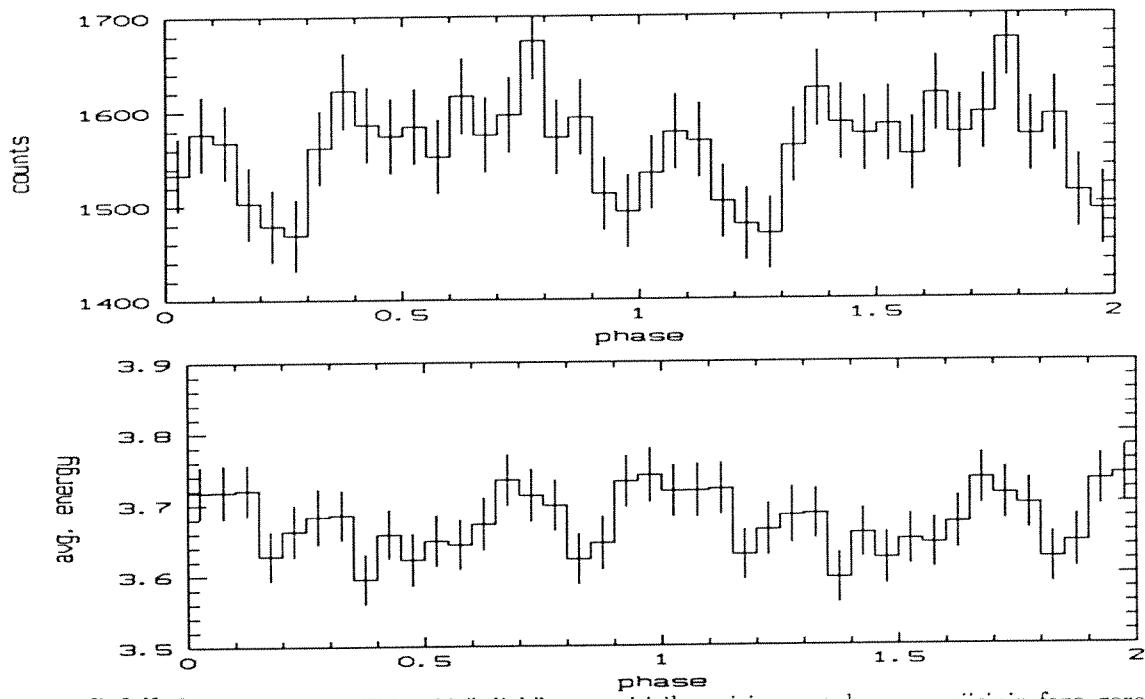
Standart nötron yıldızı soğuma eğrilerine katkıda bulunacak şekilde 5 ışma gücü düşük pulsar için ışma gücüne bir üst limit getirilmiş.

Vela pulsarı "gliche" öncesi ve sonrası ışma gücü değişimlerinin hata oranları içinde gözlenmediği görülmüş.

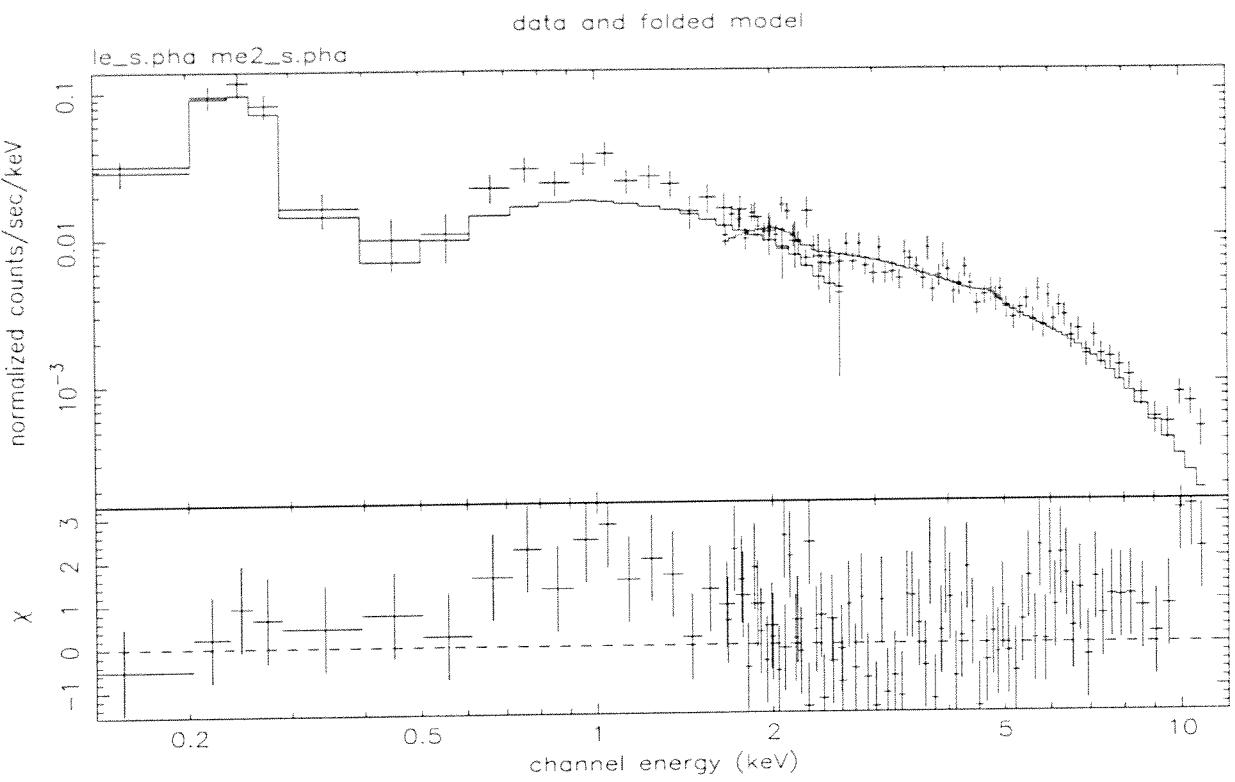
PSR J0437-415 atarcasının daha önce gözlenmemiş olan yüksek enerji bölgesinde enerji bağımlı faz kaymalarının olduğu bulunmuştur.



**Şekil 1:**Vela atarcası 3 yıllık ROSAT,HRI sayma hızı değişimi.

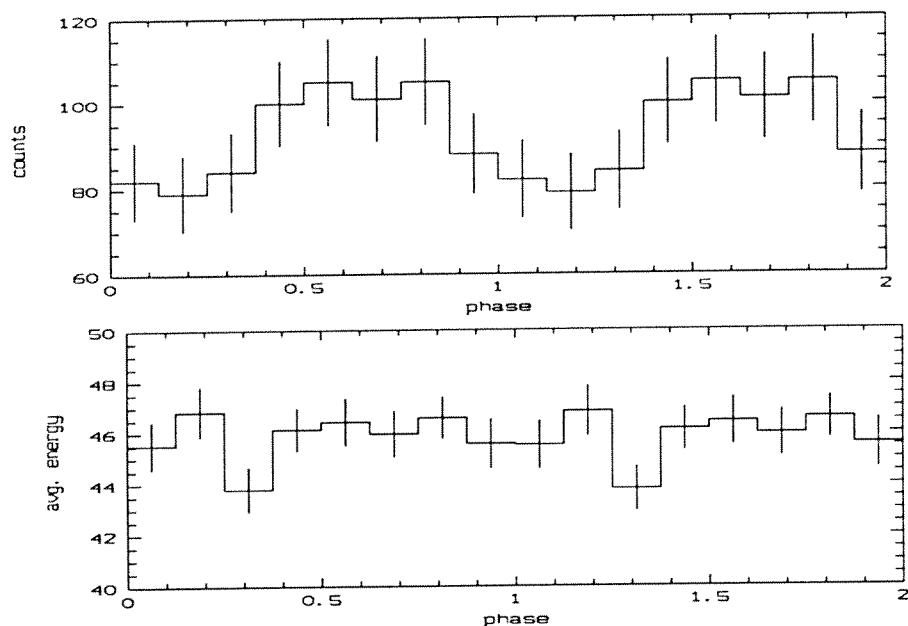


**Şekil 2:**Vela atarcası Ekim 96 "gliche" sonrası ışık eğrisi ve ortalama enerjisinin faza göre değişimi.

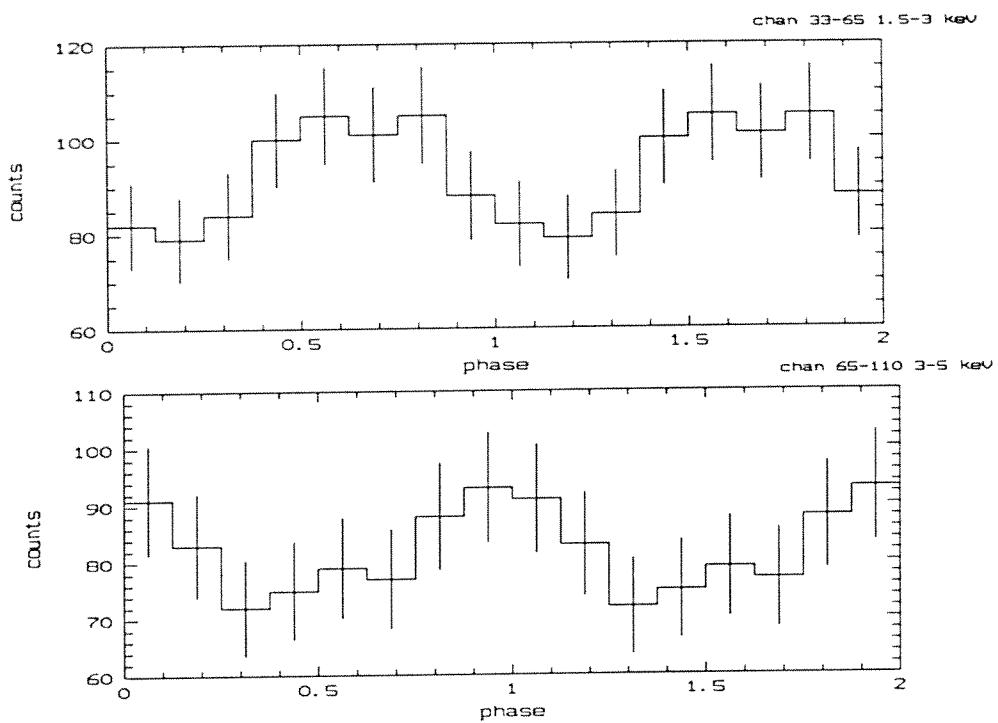


umk 28-Mar-1997 12:20

**Şekil 3:**PSR J0437-4715 atarcası LECS ve MECS-2 dedektöründen elde edilmiş olan spektra ve uygulanmış model.



**Şekil 4:**PSR J0437-4715 atarcası MECS dedektöründen elde edilmiş olan puls şekli.  
(phase=0 beklenen radyo baslangic noktası).



**Şekil 5:**PSR J0437-4715 atarcası MECS dedektöründen elde edilmiş olan puls şekli.  
(phase=0 beklenen radyo baslangic noktası). 1.5-3 keV ile 3-6 keV pulse sekillerinde faz  
kayması açık olarak görülmüyor.

BİBLİYOGRAFİK BİLGİ FORMU	
1- Proje No: TBAG Ü/18-1	2- Rapor Tarihi: Ağustos 1998
3- Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri: 1.2.1994 - 1.2.1998	
4- Projenin Adı: Nötron Yıldızlarının Soğuması	
5- Proje Yürüttücsü ve Yardımcı Araştırmacılar: Ümit Kızılıoğlu' M. Ali Alpar' Oktay Hüseyinov' Akif Esendemir Altan Baykal	
6- Projenin Yürüttüğü Kuruluş ve Adresi: ODTÜ Fizik Bölümü 06531 ANKARA	
7- Destekleyen Kuruluş(ların) Adı ve Adresi: TÜBİTAK	
8- Öz (Abstract):  Bu projede X-ışın uyduları ile yapılan gözlemler yardımcı ile nötron yıldızlarının soğuma ve sonraki evreleri araştırılmıştır. Ayrıca 1999 yılında yöngeye oturması planlanan Spektrum X-Gamma (SXG) uydu ile yapılacak gözlemler için alt yapı hazırlanmıştır. Çıkan sonuçlar uluslararası hekemli dergilerde yayınlanmıştır.  In this project neutron star cooling and later phases have been searched through observations with X-ray satellites. In addition infra structure for the observations with Spektrum X-Gamma (SXG) satellite which is planned to be launched in 1999 have been prepared. All the results obtained are published in international refereed journals.	
Anahtar Kelimeler: X-İşını Astronomisi / X-Ray Astronomy	
9- Proje ile ilgili Yayın/Tebliğlerle ilgili Bilgiler	
10- Bilim Dalı: Doçentlik B. Dalı Kodu: Uzmanlık Alanı Kodu: ISIC Kodu:	
11- Dağıtım (*): <input type="checkbox"/> Sınırlı <input type="checkbox"/> Sınırsız	
12- Raporun Gizlilik Durumu : <input type="checkbox"/> Gizli <input type="checkbox"/> Gizli Değil	

(\* ) Projenizin Sonuç Raporunun ulaştırılmasını istediğiniz kurum ve kuruluşları ayrıca belirtiniz

EK-B

**TBAG Ü/18 YÜKSEK ENERJİ ASTROFİZİĞİ  
ARAŞTIRMA ÜNİTESİ:**

**”Pulsarlar ve Süpernova Kalıntıları”  
ARAŞTIRMA PROJESİ SONUÇ RAPORU**

**PROJE NO: TBAG Ü/18-2**

Doç. Dr. Altan Baykal

Prof. Dr M. Ali Alpar

Prof. Dr Oktay Hüseyinov

Prof. Dr Ümit Kızılıoğlu

Doç. Dr. Akif Esendemir

EYLÜL 1998

ANKARA

## **1 Önsöz:**

Bu rapor TÜBİTAK TBAG Ü/18 Yüksek Enerji Astrofiziği Araştırma Ünitesi içinde yer alan TBAG Ü/18-2 "Pulsarlar ve Süpernova Kalıntıları" araştırma projesinin 1/2/1994- 1/2/1997 tarihleri arasındaki normal faaliyet süresi ve 1/2/1997- 1/2/1998 arasındaki uzatma süresinde yapılan çalışmaları sunan son rapordur. Projenin amacı yüksek enerji astrofiziğinde araştırma yapmak, özel olarak da Spektrum X-Gamma (SXG) uydusu ile yapılacak gözlemlerle nötron yıldızlarının süpernova ilişkilerini araştırmaktır. SXG uydusunun yörüngeye yerleştirilmesi 1999 sonuna ertelenmiş olduğundan başlangıçta düşünülen hedefe varılamamıştır. Bunun yerine yine proje dönemi içinde yörüngeye yerleştirilmiş olan X-Ray Timing Explorer (XTE) uydusu ve halen yörungede olan X-ışını uydularından gelen veri ve arşivler kullanılarak çalışmalar yapılmıştır. SXG yörüngeye yerleştirildiğinde önceden planlanan gözlemler yapılacaktır.

Bu projeye verilen destek için TÜBİTAK Temel Bilimler Araştırma Grubuna teşekkür ederiz.

## **2 Giriş:**

Bu projedeki esas amaç pulsarların süpernova kalıntıları ile ilişkilerini araştırmaktı. Proje yürütücüsü 18/7/1994-18/9/1996 tarihleri arasında Amerika Birleşik Devletleri'nden aldığı araştırma bursu sonucu araştırmalarına NASA Goddard Space Flight Centerde devam etmiştir. Araştırmalar genel olarak 1995 Aralık ayında yörüngeye bırakılan Rossi X-Ray Timing Explorer (RXTE) uydusundan gelen verilerle ve ASCA, ROSAT uydularının arşiv verileriyle yapılmıştır. Bu çalışmalarda aşağıda belirtilen konularda yayınlar yapılmıştır:

## **3 Gelişmeler:**

. 1E2259+586, adlı kaynak süpernova kalıntısı içinde olup, 7 saniyelik puls periodu düzenli olarak yavaşlamaktadır. Bu kaynak, düşük kütleli X-işimi çift yıldızları arasında nadir olan pulsarlardan biridir. (Süpernova kalıntısı içinde bulunan ilk ve halen iki taneden biri olarak, düşük kütleli sistemler arasında çok ilginç bir yere sahiptir. Düşük kütleli X-işimi pulsarları sınıfı (anomalous X-ray pulsars- anormal X-işimi pulsarları) üzerinde araştırmalarımız sürdürmektedir.) ROSAT ve ASCA uydusundan gelen verilerle Baykal ve Swank (1996), bu yavaşlamanın gürültülü olduğunu, yani puls periodunda ani küçük değişimelerle birlikte olduğunu gösterdiler ve bu kaynağın davranışının kütle aktarımı yapan sistemlerin tipik davranışına benzediğini buldular. Proje sonucu elde edilen RXTE verilerinde ise kaynağın kısa zamanlı yavaşlaması ile uzun süreli yavaşlamasının aynı olduğunu buldular (Baykal et al., 1998). Kaynağın detaylı puls period zaman serisinin oluşması için RXTE uydusu ile yapılan gözlemler devam etmektedir.

. GRO 1744-28, X-işimasında sürekli parlamlar (burst) yapan bir kay-

naktır. Bu parlamalar kütle aktarımındaki ani artışlardan kaynaklanmaktadır. Bu parlamaların süresi yaklaşık 8-10 saniye olmaktadır. Parlamalar sırasında kütle aktarımı yaklaşık on kat artmaktadır. Bu kaynağın puls periodu 0.46 saniyedir. RXTE verilerinin analizi sonucu pulsların parlamalar sırasında 28 milisaniye geciği bulunmuştur (Stark, M., Baykal, A., Strohmayer, T., Swank, J., 1996). Bu gecikmelerin olası nedeni plazmayı atarcanın (pulsar) üzerine taşıyan manyetik alanın parlama sırasında eğilmesidir. Bu konu grubumuzda çalışılmaktadır.

. 38 saniyelik puls periodu olan OAO 1657-415, yüksek kütleli bir eş yıldız sahip olan bir nötron yıldızıdır. Kararsız kütle aktarımı yapan bu kaynak, eş yıldızdan gelen plazma rüzgarında oluşan geçici dönmelerden açısal momentum kazanmaktadır ve gürültülü bir puls period zaman serisine sahiptir. Bu kaynağın zaman serisinin gürültü analizi, adımları 8-19 gün olan bir serbest yürüyüş ile tutarlıdır (Baykal 1997). Bu kaynağın çok kısa zamanlı puls period değişimlerini anlamak için kabul edilmiş bir RXTE gözlem projesi vardır.

. 4U 1907+09, 440 saniyelik puls periodu ve yüksek kütleli eş yıldız sahip olan bir nötron yıldızıdır. Kaynağın, eş yıldızın rüzgarından kütle aktarımı yaptığı bilinmektedir. RXTE gözlemleri bize düzensiz kütle aktarımından ötürü zaman zaman kütle aktarımının kesildiğini göstermektedir (In't Zand J., Strohmayer, T., Baykal A., 1997). Kaynağın eş yıldız etrafındaki periodu 8.35 gün'dür. Detaylı puls zamanlama analizleri kaynağın eş yıldız etrafındaki yörünge model parametrelerini belirgin hale getirmiştir (In't Zand J., Baykal A., Strohmayer, T., 1998).

#### **Referanslar:**

- Baykal, A., Swank, J., 1996, *Astrophysical Journal*, vol. 460, sayfa 470  
Baykal, A., Swank, J., Strohmayer, T., Stark, M., 1998, *Astronomy and As-*

trophysics, vol. 336, 173

Baykal, A., 1997, Astronomy and Astrophysics, vol. 319, sayfa 515

Stark, M., Baykal, A., Strohmayer, Swank, J., 1996, Astrophysical Journal, vol. 470, sayfa L109

In'T Zand, J., Strohmayer, T., Baykal, A., 1997, Astrophysical Journal, vol. 479, sayfa L47

In'T Zand, J., Baykal, A., Strohmayer, T., 1998, Astrophysical Journal, vol. 496

## 4 Sonuç:

Bu projede RXTE uydusundan gelen verilerle 1E 2259+586, GRO 1744-28, OAO 1657-415 ve 4U 1907+09 adlı kaynaklar üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmaların sonuçları uluslararası bilimsel dergilerde yayınlanmıştır. Proje X-işını pulsarları üzerine yoğunlaşmıştır. Bunlar arasında 1E 2259+586, etrafında süpernova kalıntısı bulunması ile dikkati çeken (bu özellikteki ilk) düşük kütleyeli X-işını pulsarıdır. Daha çok veri analizine dayanan yayınlar, yörüngeye bırakılmış 1999 olan SXG uydusundan gelecek verilerin analizi açısından önemli bir taban oluşturmaktadır.

İBLİYOGRAFİK BİLGİ FORMU	
Proje No: TBAG Ü/18-2	2- Rapor Tarihi: Agustos - 1998
Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri: 1.2.1994 - 1.2.1998	
<p>Projenin Adı: PULSARLAR (ATARCALAR) ve SÜPERNOVA KALINTILARI PULSARS and SUPERNOVA REMNANTS</p>	
<p>Proje Yürüttücsü ve Yardımcı Araştırmacılar: Altan Baykal - Ali Alpar - Oktay Hüseyin - Ümit Kızıloğlu - Akif Esendemir</p>	
<p>Projenin Yürüttüğü Kuruluş ve Adresi: ODTÜ Fizik Bölümü 06531 ANKARA METU Department of Physics 06531 ANKARA</p>	
<p>Destekleyen Kuruluş(ların) Adı ve Adresi:</p>	
<p>Öz (Abstract):             Spektrum X-Gamma uydusunu Türkiye'nin katılımını ilgilendiren hazırlıklar yapılmıştır. ROSAT, XTE, ASCA uydu verileri analiz edilmiştir. Çıkan sonuçlar uluslararası hakemli dergilerde yayınlanmıştır.</p>	
<p>The preparation for the Turkish participation in the Spectrum X-Gamma satellite have been completed. The data from ROSAT, XTE, ASCA satellites have been analysed. Results have been published in international journals.</p>	
<p>X-ışını astronomisi X-ray astronomy</p>	
<p>Anahtar Kelimeler:</p>	
<p>)- Proje ile ilgili Yayın/Tebliğlerle ilgili Bilgiler</p>	
<p>0- Bilim Dalı: Doçentlik B. Dalı Kodu: ISIC Kodu: Uzmanlık Alanı Kodu:</p>	
<p>11- Dağıtım (*): <input type="checkbox"/> Sınırlı <input type="checkbox"/> Sınırsız</p>	
<p>12- Raporun Gizlilik Durumu : <input type="checkbox"/> Gizli <input type="checkbox"/> Gizli Değil</p>	

) Projenizin Sonuç Raporunun üretilmesini istediğiniz kurum ve kuruluşları ayrıca belirtiniz