

XTE J1946+274 Be/X-ışın Çiftinin X-ışın Durgun Dönemdeki Boşaltım Diskinin İncelenmesi

Mehtap Özbey Arabacı^{1,2*}, Ascension-Camero Arranz³, Christina Zurita^{4,5}, Ümit Kızıloğlu⁶

¹Atatürk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Astrofizik Bölümü, Erzurum, Türkiye.

²Atatürk Üniversitesi, Astrofizik Araştırma ve Uygulama Merkezi, Erzurum, Türkiye.

³Institut de Ciències de l'Espai, (IEEC-CSIC), Campus UAB, Fac. de Ciències, Torre C5, 08193 Barcelona, Spain.

⁴Instituto de Astrofísica de Canarias, 38200 La Laguna, Tenerife, Spain.

⁵Universidad de La Laguna, Dept. Astrofísica, 38206 La Laguna, Tenerife, Spain.

⁶Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü, 06531, Ankara, Türkiye.

Özet: Bu çalışmada XTE J1946+274 Be/X-ışın çiftinin, X-ışın sakin dönemdeki boşaltım diski (decretion disk) çoklu dalgaboyu gözlemlerinden yararlanılarak incelenmiş ve geçmiş yıllardaki X-ışın aktif dönemleri tetikleyen fiziksel mekanizmanın ne(neler) olabileceği tartışılmıştır. X-ışın bölgedeki (12 Mart 2013) Chandra-ACIS gözleminin yanısıra durgun ve aktif dönemleri kapsayan FERMI/GBM, RXTE/ASM ve Swift/BAT arşiv verileri, uzun dönemli El Teide (Tenerife, İspanya), Roque de los Muchachos (La Palma, İspanya), TUG (Antalya, Türkiye) ve Sierra Nevada (Granada, İspanya) gözlemlerindeki teleskoplardan elde edilen fotometrik ve tayfsal verilerle beraber yorumlanmıştır. Optik bölge verilerinden sistemdeki Be yıldızının 2006 yılında başlayan uzun dönemli (yaklaşık 7 yıl) bir kütle atım dönemi geçirdiği ve benzer bir sürecin 2015 yılından bu yana devam ettiği görülmüştür. Ayrıca boşaltım diskinin büyük ve oldukça kararlı olduğu ve sistemin diğer Be/X-ışın çiftlerinden daha uzun süre X-ışın sessiz dönemde kalabildiği bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Boşaltım diski, salma çizgisi, Be yıldızı, X-ışın çiftleri, pulsar, XTE J1946+274

Abstract: In this study the decretion disk of the Be/X-ray binary system XTE J1946+274 during X-ray quiescent phase was investigated through the multiwavelength observations and what physical mechanism(s) can trigger the previous X-ray active states was discussed. Besides a pointed Chandra-ACIS observation (March 12, 2013) achieved during quiescence, FERMI/GBM, RXTE/ASM and Swift/BAT archival data including both quiescence and active periods have been interpreted with the long term photometric and spectroscopic data taken with the telescopes located at El Teide (Tenerife, Spain), Roque de los Muchacos (La Palma, Spain), TUG (Antalya, Turkey) and Sierra Nevada (Granada, Spain) observatories. Our optical study revealed that the Be star in the system underwent a long mass ejection event in 2006, lasting for about seven years, and another one is currently ongoing since 2015. In addition it was found the Be star had a large and relatively stable decretion disk and unlike the other Be/X-ray binary systems XTE J1946+274 was able stay in an X-ray quiescence state longer.

Key Words: Decretion disk, emission line, Be star, X-ray binaries, pulsar, XTE J1946+274

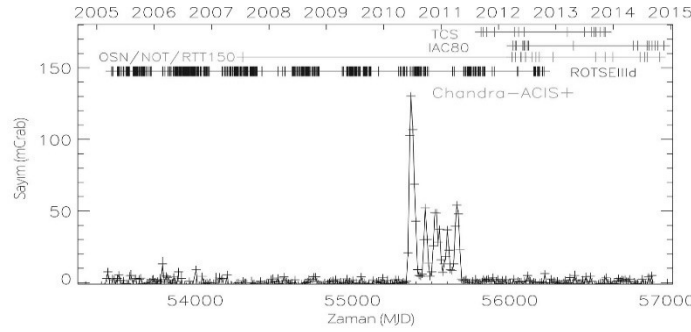
1. Giriş

Geçici sert X-ışın kaynağı XTE J1946+274, 1998 yılında Rossi X-ray Timing Explorer (RXTE)/All Sky Monitor (ASM) dedektörüyle keşfedilmesini sağlayan X-ışın patlamasından bu yana yüksek enerji bölgedeki davranışları detaylıca çalışılmış olmasına rağmen sistem özellikleri ve doğası en az anlaşılan Be/X-ışın çiftlerinden biridir (Smith ve Takeshima 1998). Kaynak 1998-2011 yılları arasında farklı X-ışın uydularıyla tespit edilen iki belirgin X-ışın aktivitesi göstermiştir. Bu aktivitelerden birincisi (en uzun olan) yaklaşık 3 yıl süren (Eylül 1998-Ağustos 2001) ve birbirini izleyen 13 patlamadan oluşmaktadır (Wilson ve ark. 2003). X-ışın akısı 2-60 keV enerji aralığında ~110 mCrab değerine ulaşan bu serinin ilk patlaması sırasında, sistemde dönme dönemi (P_{spin}) 15.83±0.02 s olan bir pulsarın, 8-10 kpc uzaklığında (Verrecchia ve ark. 2002) 169.2 günlük bir dolanma dönemiyle (P_{orb}) Be yıldızının etrafında eliptik bir yörüngede (e~0.33) hareket ettiği bulunmuştur (Campana ve ark. 1999; Wilson ve ark. 2003). Yaklaşık ~9 yıllık süren X-ışın bölgedeki sessiz dönemin ardından, sistem 2010 Haziran ayında tekrar aktivite göstermeye başlamıştır. Sistemin ikinci aktif dönemi de bir öncekine benzer şekilde, dev bir patlama (dev patlama/Tip II patlama) ve onu takip eden seri şeklindeki daha az kuvvetli patlamalar (ardarda 4 patlama) içermektedir (Camero-Arranz ve ark. 2010, Müller ve ark. 2010, Caballero ve ark. 2010). Ayrıca her iki aktivite sürecinde sırasıyla ~35 keV ve ~25 keV enerjilerinde siklotron rezonans çizgileri bulunmuştur (Heindl ve ark. 2001; Müller ve ark. 2012). Genel olarak XTE J1946+274 sistemi her bir dolanma döneminde iki X-ışın patlaması göstermektedir. Bu durum Be boşaltım diskinin ve yörünge düzleminin çakışık olmadığı sistemlerde gözlenen bir aktivite karakteri olmasına rağmen, benzer X-ışın patlamaları gösteren hizalanmamış sistemlerin aksine, XTE J1946+274 kaynağındaki patlama dönemleri Nötron yıldızının enberi ve enöte noktalarıyla çakışmamaktadır. Dolayısıyla bu davranışı açıklayacak başka mekanizmaların olması gerekmektedir. XTE J1946+274 çiftinin optik/kırmızıöte baş yıldızı 16.9 kadir parlaklığında, güçlü H_β ve H_γ salma çizgileri gösteren B0-1 IV-Ve tayf türü bir yıldızdır. Ayrıca birinci aktivite dönemi sonrasında elde edilen optik verilerden, H_β salma çizgi profillerinin değişimler gösterdiği bulunmuş ve bu durum disk içerisindeki global yoğunluk pertürbasyonlarının varlığı

*Sorumlu Yazar E-Posta: mehtap.ozbeyarabaci@atauni.edu.tr

olarak yorumlanmıştır (Wilson ve ark. 2003).

Bu çalışmada geçici X-ışın kaynağı XTE J1946+274'ün uzun dönemli çoklu dalgaboyu gözlemlerinin sonuçları sunulmuştur (Özbeç Arabacı ve ark. 2015). Optik/Kırmızıöte verileri farklı gözlemlerindeki teleskoaplardan elde edilmiş ve kaynağın 2013 yılındaki X-ışın sessiz dönemindeki yönlenmiş Chandra/ACIS gözlemi kullanılmıştır. Ayrıca birçok X-ışın teleskoplarına ait uydu verileri optik/kırmızıöte bölgede edilen gözlemlerle karşılaştırılarak incelenmiştir. Sistem yaşamının büyük kısmını X-ışın sessiz dönemde geçirdiğinden tayfsal ve fotometrik verilerimizin büyük çoğunluğu X-ışın patlamaları arasında kalan bu inaktif dönemleri kapsamaktadır (Şekil 1).



Şekil 1: 10 gün gruplama yapılarak elde edilmiş 15-50 keV aralığındaki Swift/BAT ışık eğrisi. Grafik üzerinde TCS, OSN, NOT, RTT150 ve ROTSEIII'd verilerinin ait olduğu zamanlar ayrıca belirtilmiştir. Yönlenmiş tek günlük Chandra-ACIS gözlemi (+) işaretiyle gösterilmiştir.

2. Optik/Kırmızı Öte Analizi

2.1 Fotometri

Çizelge 1.'de XTE J1946+274 sisteminin optik/kırmızıöte bantlarındaki gözlem sonuçları verilmiş Şekil 2.'de ise bulunan sonuçlar 2010 yılındaki X-ışın aktif dönemi de içeren Swift/BAT ışık eğrisiyle birlikte sunulmuştur. Kaynağın RotseIII'd parlaklığının 2005 yılından başlayarak düzgün bir şekilde 2013'e kadar değişimler gösterdiği, 2006 ve 2010 yılı ortalarında sırasıyla minimum ve maksimum değerlerine ulaştığı görülmektedir. Bu tarih sonrasında yaklaşık 60 güren bir X-ışın aktivitesi başlamış X-ışın akısı 15-50 keV enerji aralığında ~140 mCrab'e kadar ulaşmıştır (dev patlama/Tip II patlama). Takip eden seri halindeki 4 patlama ise, daha düşük akılarda ve ~60-90 gün aralıklarla oluşmuştur (normal patlama/Tip I patlama). Seri halinde normal X-ışın patlamaları gösteren diğer BeXRB kaynaklarının aksine bu aktivitelerin hiçbiri Nötron yıldızının enberi noktasında meydana gelmemiştir. Bu aktivite döneminden sonra kaynak X-ışın bölgede herhangi bir hareketlilik göstermemiştir. Kaynak uzun süredir X-ışın durgun dönemde olmasına karşın, optik/kırmızıöte parlaklığı 2012 yılından itibaren artan bir trend içindedir.

RotseIII'd ışık eğrisindeki 1747 nokta, 0-17.49 gün⁻¹ frekans aralığında Lomb-Scargle (Scargle 1982) ve Clean (Roberts ve ark. 1987) algoritmaları kullanılarak analiz edilmiş ve periyodik bir değişim bulunamamıştır. Ancak veriler 30 günlük aralıklarla gruplanarak tekrar çizildiğinde (Özbeç ve ark. 2014, Şekil 3), 2006 yılı başlarında (MJD~53700) minimum değerine sahip yarı sinüzoidal bir değişimin olduğu görülmektedir. Bu tarihten sonra kaynağın yaklaşık 4 yıl boyunca parlaklığı artmış ve maksimum değerine ulaştıktan sonra 2 yıl süresince azalmıştır. Değişimin frekansı ve frekanstaki belirsizlikler sırasıyla Period04 yazılımının Fourier Analiz modülü ve Monte Carlo simülasyonları kullanılarak hesaplanmıştır. Bulunan $3.3(8) \times 10^{-4}$ gün⁻¹ (3030 gün) olarak bulunan frekans değeri Be yıldızının parlama ve kütle atım süresini vermektedir.

2.2 H_β Çizgisi

Be yıldızının boşaltım diskinin varlığını gösteren H_β salma çizgisi 2012-2014 yılları arasında profil değişimi göstermemiş-tek tepeli salma- ancak eşdeğer genişlik (EW) ve yarı maksimumdaki tam genişlik (FWHM) değerleri belirgin bir farklılık göstermiştir (Çizelge 2). Ayrıca 2007 yılındaki çizgi kaynağın şimdiye kadar ölçülmüş en düşük EW değerine sahiptir (~18 Å). Disk içindeki madde miktarının bir belirteci olan H_β çizgisinin XTE J1946+274 kaynağı için kaydedilen ortalama değerlerden oldukça düşük olması, diskteki yoğunluk değişimlerinin bir sonucu olarak yorumlanabilir. EW değerindeki bu azalma, diskteki malzemin nötron yıldızı tarafından toplanması ya da yine diskin H_β salma çizgisinin oluşumdan sorumlu bölgenin-her ne kadar herhangi bir X-ışın aktivitesi görülme de- kesilmesi sonucu oluşmuş olabilir. Başka bir olasılık da, bulunan bu değer aslında minimum değer olmaması ve gerçek minimum değerinin daha önce gerçekleşmiş ve boşaltım diskinin belki de dağılıp tekrar dolun aşamasında olduğuna işaret etmesi olabilir. EW değerindeki minimum değer sonrasında gözlenen hızlı artış bu iddiayı destekler niteliktedir (bkz. Şekil 2). Yaklaşık 3 ay süren bu hızlı artışın sonunda EW~48 Å değerine ulaşmıştır. Bu değer kaynağın şimdiye kadar ölçülmüş en büyük H_βEW maksimum değeridir. Her ne kadar çizgi

ölçümleri MJD 56069-56209 aralığında saçılma gösterse de ortalama EW değerlerinden belirgin farklılıkları bulunmamaktadır. Kasım-Aralık 2013 gözlemleri süresince en geniş çizgi değerleri görülmesine rağmen EW değerleri ortalama değerinde kalmıştır. Genel olarak H β salma çizgisi dar ve tepeli olup, ortalama FWHM değeri $\sim 10.5 \text{ \AA}$ 'dür. Ayrıca beklenenin aksine FWHM ve EW değerleri negatif bir ilişki göstermektedir (Hanuschik 1989).

Çizelge 1: IAC80 ve TCS teleskoplarıyla elde edilen optik ve IR parlaklıklar (Çizelgenin tamamı için bkz. Özbey Arabacı ve ark. 2015).

MJD	B	V	J	H	K _s
55849.970	–	–	12.562 \pm 0.000	11.789 \pm 0.019	10.520 \pm 0.088
55970.815	–	–	12.602 \pm 0.042	11.899 \pm 0.152	11.260 \pm 0.055
56016.195	18.737 \pm 0.056	15.784 \pm 0.050	–	–	–
56978.825	18.558 \pm 0.042	15.646 \pm 0.051	–	–	–

Ortalama EW ve FWHM değerleri kullanılarak sistemin izdüşüm dönme hızı, $v \sin i$, $\sim 323 \text{ km/sn}$ olarak bulunmuştur. Wilson ve ark.'nın (2013) hesapladığı eğim açısı kullanıldığında sistemin gerçek dönme hızının, v_{rot} , 323-449 km/sn aralığında olduğu görülmektedir. Be yıldızının kütlelerinin $16 M_{\odot}$ ve yarıçapının B yıldızları için limit değer olan $8 R_{\odot}$ olduğunu kabul edersek, bu durumda kritik dağılma hızı, v_{crit} , $\sim 618 \text{ km/sn}$ bulunur. Dolayısıyla ekvatoryal dönme hızı ile dağılma hızının oranı olarak verilen, kritik oran değerinin, w , XTE J1946+274 sistemi için 0.5-0.72 aralığında olduğunu söyleyebiliriz. Diğer bir ifadeyle sistemdeki Be yıldızı dağılma hızının %50-70'ine karşılık gelen bir hızda dönmekte ve bu hız benzer türdeki yıldızlar için tipik bir değerdir.

3. X-Işın Durgun Dönem Chandra/Acis Analizleri

3.1 Görüntüleme

Bölüm 2.3'de belirtildiği gibi 2013 yılında alınan yönlendirilmiş Chandra gözlemi kullanılarak kaynağın 0.3-10 keV enerji aralığındaki görüntüsü elde edilmiştir. Daha sonra temizlenmiş 4600 sn'lik ACIS-S görüntüsüne CIAO *celldetect* aracı kullanılarak, XTE J1946+274 kaynağının koordinatları 11.025 sinyal gürültü oranı ve 0.03 yaysaniye istatistiksel hata ile $\alpha = 19^{\circ}45^{\prime}39^{\prime\prime}.91$ $\delta = 27^{\circ}21^{\prime}55^{\prime\prime}.36$ (J2000) olarak bulunmuş, 5.2 sinyal gürültü oranıyla $\alpha = 19^{\circ}45^{\prime}34^{\prime\prime}.91$ $\delta = 27^{\circ}18^{\prime}18^{\prime\prime}.04$ koordinatlarında başka bir X-ışın kaynağı daha saptanmıştır. Ayrıca her iki kaynak da 2MASS kataloğunda bulunan yıldızlardır. XTE J1946+274 sisteminin gerçek koordinatını belirleyebilmek için, 2MASS kaynağı ile X-ışın kaynağının fiziksel olarak aynı yıldız olduğu kabulü ile astrometrik düzeltme yapılmış, sonuç olarak $a = 19^{\circ}45^{\prime}39^{\prime\prime}.4$ $d = 27^{\circ}21^{\prime}55^{\prime\prime}.5$ bulunmuştur (0.2 yaysaniye hata çemberi içinde).

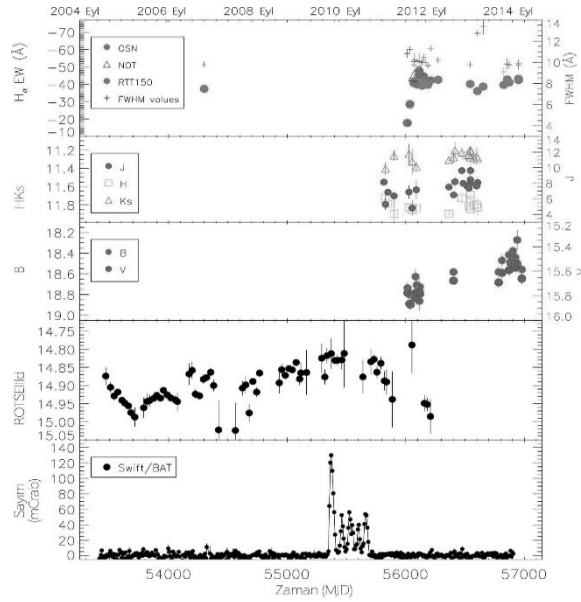
Çizelge 2: XTE J1946+274 sistemi optik bileşenine ait H β salma çizgisi ölçümleri (Çizelgenin tamamı için bkz. Özbey Arabacı ve ark. 2015).

MJD	EW(\AA)	FWHM(\AA)	TELESKOP
54299.816	-37.35 \pm 1.39	9.88 \pm 0.27	RTT150
56013.148	-17.73 \pm 0.76	11.09 \pm 0.46	OSN
56035.132	-28.49 \pm 1.20	11.57 \pm 0.30	OSN
56069.014	-41.65 \pm 1.31	10.19 \pm 0.46	OSN
56983.714	-38.24 \pm 1.12	10.00 \pm 0.47	RTT150

3.2 Tayfsal Analiz

0.3-10 keV aralığındaki evre ortalamalı tayfi elde edebilmek amacıyla, kaynak için 2".5, arkaplan için 18" büyüklüğünde dairesel alanlar seçilerek CIAO *specextract* kodu ile XTE J1946+274'ün ve arkaplanın tayfi elde edilmiştir. Tayf analizleri için XSPEC paketi kullanılarak (sürüm 12.8.1g; Arnaud 1996), verilere en iyi fiti veren soğurulmuş güç yasası (PL)

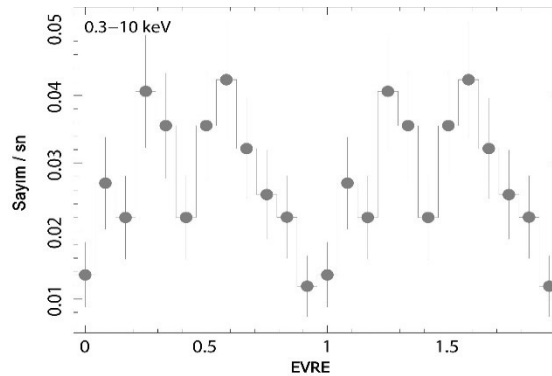
ve kara cisim (BB) modelleri uygulanmıştır. Fotoelektrik soğurma için, enine kesit değerleri Balucinska-Church&McCammon (1992) çalışmasından, Güneş bolluğu Anders & Grevesse'den (1989) alınmıştır. Foton indeks 1.5-7 keV enerji aralığındaki Swift/XRT ($\Gamma=0.84(8)$) ve 0.3-10 keV enerji aralığındaki Suzaku-XIS verilerinden bulunan ($\Gamma=1.09(5)$) değerlere benzerdir (Müller ve ark. 2012). Fakat diğer X-ışın uyduları verilerinden hesaplanan X-ışın akısı, bulunan değerden 100 kat daha büyüktür.



Şekil 2: XTE J1946+274 sisteminin Optik/IR ve X-ışın bölgedeki parlaklık ve H_{β} salma çizgisi EW değişimi

3.3 Zamanlama

Zamanlama analizi için öncelikle gelen fotonların varış zamanı CIAO xtbary aracı kullanılarak Dünya merkezine indirgenmiş, dmextract kodu aracılığıyla arkaplan çıkartılmış ve 0.4 sn zaman çözünürlüğü için ışık eğrileri elde edilmiştir. Xronos paketi kullanılarak bulunan atım periyodu $P_{atım} = 15.757(1)$ sn (epok=MJD 56363; $\Gamma=0.063464(4)$ Hz). Şekil 3 X-ışın verisinin bulunan periyot değerine katlanılarak elde edilen farklı enerji aralıklarındaki atım profillerini göstermektedir. Kaynağın düşük ışınım gücü seviyesine rağmen 0.4 ve 0.95 evrelerindeki çukurlarla ayrılmış 2 ayrı atım profili görülmektedir. Daha yüksek enerjilere gidildikçe bu çukur yokolmakta ve atım profili tek tepeli hale gelmektedir. 3-4.5 keV aralığındaki profil şekli, 1.5-3.5 keV ve 4.5-10 keV aralıklarında bulunanlara göre daha dar ve simetrik, bunun yanında farklı evrelerde maksimuma ulaşmaktadır. Şekil 3'deki atımın modülasyon büyüklüğü $PF_{rms}=32.1(3)\%$ olarak bulunmuştur.



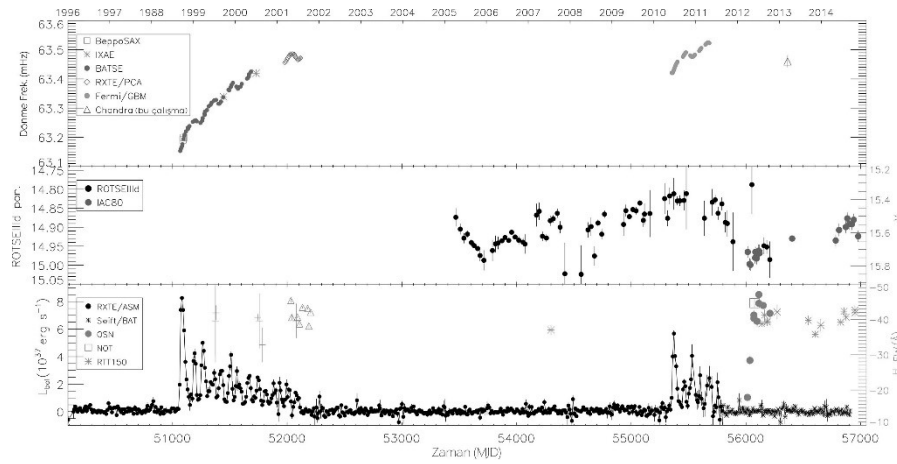
Şekil 3: XTE J1946+274 kaynağının arka plan çıkarılmış durgun dönem 0.3-10 keV aralıklarındaki evreye bağlı atım profilleri.

4. Tartışma

4.1 Be/Nötron Yıldızı Etkileşimi

XTE J1946+174 sistemi keşfedildiğinden bu yana uzun süreli inaktif dönemler geçiriyor olmasına karşın, Be/X-ışın çiftleri içerisindeki özgünlüğü X-ışın patlama özelliklerinin farklılığından kaynaklıdır. Her iki aktif döneminde de patlama zamanları Nötron yıldızının enberi ve enöte zamanlarıyla ilişkilendirilememiştir. Yörünge geçişleriyle bağlantılı olmayan bu tür patlamaların genellikle boşaltım diskinin Nötron yıldızı tarafından kesilmesiyle tetiklenen, disk içindeki küresel pertürbasyonlar nedeniyle olduğu düşünülmektedir ve bu tür hareketler kendini Be yıldızının tayfındaki salma çizgilerinde profil değişimleri olarak göstermektedir. Ancak XTE J1946+274 sisteminin durgun dönem H_{β} salma çizgi profillerinde herhangi bir değişim gözlenmemiştir. Wilson ve ark.'na (2003) göre düşük eğim açısına sahip sistemlerde, görüş açısı izdüşüm alanının tümünü görmemizi engellemekte ve bu nedenle ancak disk içerisindeki çok büyük pertürbasyonlar profil değişimi olarak kendini göstermektedir. Diğer bir yandan Silaj ve ark. (2010) salma çizgi profilleri kullanılarak bu tür sistemlerin eğim açısının bulunamayacağını aksine herhangi bir eğim açısı için farklı profiller üretilebileceğini kanıtlamışlardır. Bu durumda düşük eğim açısı ve disk içerisindeki pertürbasyonlara rağmen H_{β} salma çizgi profillerinin değişim göstermemesi açıklanabilir.

Be yıldızları farklı zaman ölçeklerinde değişimler gösterebilmektedir. Bunlardan kısa dönemli olanların Be yıldızının dönmesi ve/ya da radyal olmayan zonklamalar nedeniyle olduğu düşünülürken (Kızıloğlu ve ark. 2007) uzun dönemli olanların boşaltım diskindeki yapısal değişimler sonucu gerçekleştiği kabul edilmektedir. XTE J1946+274 kaynağında 2006-2010 yıllarında gözlenen parlaklıktaki artış Be yıldızından diske aktarılan madde miktarındaki artışın bir sonucu olmalıdır. Bunun yanında H_{β} çizgisinin sürekli olarak salma profili göstermesi ve yüksek EW değerleri, sistemdeki diskin neredeyse hep var olduğunu Tip II patlamalarına rağmen diskin zayıflayabildiği ancak tamamen yokolmadığını göstermektedir. 2010 yılında başlayan aktif dönem öncesi tayfsal tek veri 2007 yılına ait olup $EW \sim 37.5 \text{ \AA}$ 'dür ve ortalama değere yakındır. X-ışın aktif dönemde her dolanma döneminde 2 patlama göstermesi nedeniyle XTE J1946+274 çiftinin, boşaltım diski ile Nötron yıldızının yörünge düzleminin çakışık olmadığı düşünülmektedir. Bu tür sistemlerde diskin eğrilmesi de Nötron yıldızının diskin bu bölgelerinden madde yakalayarak X-ışın patlamaları üretmesine ve patlamaların yörünge geçiş zamanlarına denk gelmemesinin nedeni olabilir. Bu durumda XTE J1946+274 kaynağı için de geçerli olabileceğini varsayarsak, 2010 aktiviteleri eğrilmiş disk bölgesindeki madde miktarını azaltmış olabilir. 2011 yılından itibaren görülen ani düşüş ve sonrasında kaydedilen düşük EW değeri bu düşüncüyü desteklemektedir. Boşaltım diski bu aşamadan sonra hızlıca eski haline dönmüş ve maksimum değerine 2012 Ağustos ayında ulaşmıştır. Bu tür kararlı bir ortamda diskin eğrilmesi mümkün olmadığından X-ışın patlamalarının gözlenmemesi de olağandır. Dolayısıyla H_{β} çizgisindeki profillerin değişim göstermemesi bu varsayım da açıklanmış olur. Sistemdeki Be yıldızının 2012 yılı ortalarında başlayan parlaklık artışı daha önce 2006-2012 yılları arasında gözlenen madde atım dönemine benzerlik göstermektedir. Şayet bu periyodik bir davranış ise 2017-2018 yılları içerisinde yeni bir X-ışın aktivitesi gözlenebilir.



Şekil 4: Üst: XTE J1946+274 sisteminin 1998 yılındaki keşfinden bu yana kaydedilmiş spin periyodu değişimi. Orta: Uzun dönemli optik ışık eğrisi. Alt: Uzun dönemli bolometrik ışınım gücü ve H_{β} EW değişimi.

4.2 Nötron Yıldızı

XTE J1946+274 sistemi 2010-2011 yılları arasındaki X-ışın patlamaları sırasında Fermi/GBM detektörüyle gözlenmiş ve pulsarın dönme frekansı 0.0635228(3) Hz ($P_{\text{spin}}=15.74238(2)$) olarak bulunmuştur (Şekil 4). Her ne kadar GBM verilerine yörünge düzeltilmesi yapılmamış ve tork değişimleri yörüngesel modulyondan etkilenilebilir olsa da, Chandra verisinde bulunan

2013 yılına ait sonuç ile karşılaştırıldığında pulsarın $\nu \sim 0.98 \times 10^{-11}$ Hz s⁻¹ 'lik bir oranda yavaşladığı hesaplanmıştır. Wilson ve ark.'nın (2003) öne sürdüğü sistemde X-ışın aktif dönemde yığılma diskinin olabileceği fikri, Fermi/GBM sonuçlarıyla da doğrulanmıştır.

Kaynakta gözlenen X-ışın aktivitelere durmuş olma nedeninin yığılma sürecindeki merkezkaç engelleme nedeniyle olup olmadığını anlamak için Wilson ve ark. (2003) manyetosferik ve korotasyon yarıçapını eşitleyerek merkezkaç engelleme aşamasının başlangıcındaki eşik akısını $0.6-6.0 \times 10^{-11}$ erg cm⁻² s⁻¹ olarak bulmuşlardır. 2013 X-ışın durgun dönemine ait bu çalışmada bulunan akı bu değerin altındadır (0.1×10^{-11} erg cm⁻² s⁻¹) ve 0.3-10 keV aralığında $\sim 1.2 \times 10^{34}$ erg s⁻¹ X-ışın ışınım gücüne karşılık gelmektedir. Bu değerin düşük olmasının birkaç nedeni olmakla birlikte (Özbey Arabacı ve ark. 2015), Nötron yıldızı parametre ölçümlerindeki hatanın 20% civarında olduğunu kabul ederek geçici akının $\sim 0.12 \times 10^{-11}$ erg cm⁻² s⁻¹ olması gerektiği hesaplanmıştır ve bu sonuç Chandra verisi ile uyumludur. Başka bir deyişle akı alt sınırı Nötron yıldız parametrelerindeki yüksek hatalarla birlikte daha da düşecektir. Dolayısıyla sistemdeki pulsarın merkezkaç engelleme aşamasında değil fakat bu aşamaya girme sürecinde olduğunu söyleyebiliriz. Diğer bir yandan 2013 gözlem verilerine göre XTE J1946+274 kaynağının supersonik pervane etkisinde olduğunu varsayarsak beklenen dönme hızındaki yavaşlama,

$$\dot{\nu}_{\text{super}} = \left(-4\pi\nu^2 \mu^2 (GM)^{-1} I^{-1} \right) \left(c_s / \mu r_A \right) \nu$$

(1)

oranında olmalıdır (Davies & Pringle 1981; Henrichs 1983). Bu durumda durgun dönemdeki dönme hızındaki yavaşlama miktarı $\sim 0.13 \times 10^{-12}$ Hz sn⁻¹ olarak bulunur.

5. Sonuçlar

- Be yıldızı 2006 yılında başlayan bir kütle atım sürecine girmiş, 2010 yılında maksimum değerine ulaşmış 2012 yılında durgun dönemdeki seviyesine inmiştir. H_{β} salma çizgisinde ölçülen yüksek EW değerleri, Be yıldızının sürekli ve geniş bir boşaltım diskine sahip olduğunu göstermektedir. Boşaltım diski yörünge düzlemine göre eğimli olabilir.
- Sistemde görülen X-ışın aktiviteyi boşaltım diskinin eğrilmiş bölgelerindeki maddenin Nötron yıldızı ile etkileşimi sonucu olabileceği gösterilmiştir. Seri halindeki X-ışın patlamalarından sonra bu bölge zayıflamış ve dramatik bir şekilde EW değerlerinde düşüş izlenmiştir.
- Durgun dönemde kararlı hale gelen diskin eğrilmemesi nedeniyle, H_{β} salma çizgisi profillerinde herhangi bir değişim gözlenmemiştir. Bu durum aynı zamanda herhangi bir X-ışın aktivitesi oluşmamasının da nedenidir.
- 2013 yılındaki sakin dönem X-ışın analiz sonuçları Nötron yıldızında atım olduğu göstermiş ve periyodu $P_{\text{atım}}=15.757(1)$ sn olarak bulunmuştur.
- Nötron yıldızının 0.3-10 keV enerji aralığındaki X-ışın tayfına en iyi fit soğurulmuş güç yasası ve kara cisim modelleri uygulanarak elde edilmiştir ($kT=1.43 \pm 0.17$ ve $\tau=0.9 \pm 0.4$).
- X-ışın durgun dönemde gözlenen ışınım şiddeti Nötron yıldızının supersonik pervane sürecinde gözlenebilecek değerlerine yakındır. 2012 yılından bu yana devam eden optik parlaklık artışı daha önce gözlenen kütle aktarım sürecine benzerlik göstermektedir. Bu süreç periyodik bir kütle atım mekanizması nedeniyle gerçekleşiyor ise sistemde 2017-2018 yılları arasında yeni bir X-ışın aktivitesi başlayabilir.

6. Kaynaklar

- Anders, E., & Grevesse, N. 1989, Geochim. Cosmochim. Acta, 53, 197
Arnaud, K. A. 1996, Astronomical Data Analysis Software and Systems V, edit. G. H. Jacoby & J. Barnes, ASP Conf. Ser., 101, 17
Balucinska-Church, M., & McCammon, D. 1992, ApJ, 400, 699
Bertin, E., & Arnouts, S. 1996, A&AS, 117, 393
Caballero, I., Pottschmidt, K., Bozzo, E., ve ark. 2010, ATel, 2692, 1
Camero-Arranz, A., Finger, M. H., Ikhsanoz, N. R., Wilson-Hodge, C. A., & Beklen, E. 2010, ApJ, 708, 1500
Camero, A., Zurita, C., Gutierrez Soto, J., ve ark. 2014, A&A, 568, A115
Campana, S., Israel, G., & Stella, L. 1999, A&A, 352, L91
Kızıloğlu, Ü., Kızıloğlu, N., Baykal, A., Yerli, S. K., & Özbey, M. 2007, A&A, 470, 1023
Müller, S., Kühnel, M., Pottschmidt, K., ve ark. 2010, ATel, 3077, 1
Müller, S., Kühnel, M., Caballero, I., ve ark. 2012, A&A, 546, A125
Özbey Arabacı, M., Camero-Arranz, A., Zurita, C., ve ark. 2015, A&A, 582, A53
Roberts, D. H., Lehar, J., & Dreher, J. W. 1987, AJ, 93, 968
Scargle, J. D. 1982, ApJ, 263, 835
Silaj, J., Jones, C. E., Tycner, C., Sigut, T. A. A., & Smith, A. D. 2010, ApJS, 187, 228
Smith, D. A., & Takeshima, T. 1998, ATel, 36, 1
Verrecchia, F., Israel, G. L., Negueruela, I., ve ark. 2002, A&A, 393, 983
Wilson, C. A., Finger, M. H., Coe, M. J., & Negueruela, I. 2003, ApJ, 584, 996